

JAAF

Japan Association of
Athletics Federations



contents

特集企画

世界選手権ドーハ大会における
競技パフォーマンス分析

原著論文

研究資料

日本陸連科学委員会研究報告

日本陸連医事委員会
エキサイティングメディカルレポート

公益財団法人日本陸上競技連盟

陸上競技研究紀要

Vol.15, 2019



「陸上競技研究紀要」

(Bulletin of Studies in Athletics of JAAF)

投稿規定

陸上競技研究紀要編集委員会

1. 投稿資格について
特に制限は設けない。

2. 投稿内容および種類について
投稿内容は陸上競技についての理論と実践に関するもので、内容に応じて、総説、原著、研究資料、実践報告（指導法および指導記録の報告）、文献紹介に分類される。スタイルは和文、英文のどちらでもよい。

投稿論文には上記の投稿種別を明記し、英文のタイトル、著者、所属、総説および原著には要約（150語以内）をつけなければならない。（注：何らかの理由で英文要約等の作成が困難な場合は、編集委員会にその旨をご相談ください）

3. 採否等について
原稿は査読を行い、査読結果をもとに採否および掲載順序の決定、校正などは編集委員会が行う。

4. 原稿の書き方について
本文は、横42文字×縦38字でA4 1頁とする。1頁は約1600字、刷り上がり10頁以内、図表もその頁数に含む、すべて白黒にて作成すること。
計量単位は、原則として国際単位系（m, kg, sec など）とする。
また、英文字および数字は半角とする。

5. 文献の書き方について
本文中の文献は、著者（発行年）という形式で表記する。
例）田中（1996）は -----
文献は、原則として、本文最後に著者名のABC順で記載する。書誌データの記載方法は、著者名（発行年）、論文名、誌名、巻（号）、ページの順とする。
例）吉原 礼，武田 理，小山宏之，阿江通

良（2006）女子棒高跳選手の跳躍動作のバイオメカニクス的分析。陸上競技研究紀要，2：58-64.

伊藤 宏（1992）陸上競技の発育・発達。陸上競技指導教本—基礎理論編—。日本陸上競技連盟編，大修館書店，55-72.

同一著者、同発行年の文献を複数引用した場合は発行年の後に a, b, c をつける。

例）田中ら（1996 b）は、-----

6. 原稿の提出先
投稿原稿（本文、図表など）は、下記へ E-mail の添付資料として送付する。
〒160-0013
東京都新宿区霞ヶ丘町4-2
JAPAN SPORT OLYMPIC SQUARE 9階
日本陸上競技連盟
「陸上競技研究紀要」編集委員会宛
Tel：050-1746-8410
E-mail：kiyou@jaaf.or.jp

7. 原稿の締め切り
原稿の締め切りは特に設けず、随時受理し、査読を行う。ただし、2019年度版は、2020年1月末日とする。

8. その他
本研究紀要に掲載された内容の著作権は公益財団法人日本陸上競技連盟に帰属する。

(2019年10月 改訂)



鈴木 雄介



山西 利和



サニブラウン アブデルハキーム



高山 峻野



城山 正太郎



橋岡 優輝

写真提供：フォート・キシモト



戸邊直人 (写真提供：松尾／アフロスポーツ)



多田 修平



白石 黄良々



桐生祥秀

サニブラウン アブデルハキーム

あ い さ つ

公益財団法人日本陸上競技連盟
専務理事 尾縣 貢

2013年9月の“TOKYO”のコールから早7年近くが過ぎましたが、多くのアスリートが憧れのステージで競技することを目標としてきました。今夏に東京オリンピックを控え、アスリートは出場権獲得に向けての最後の階段を駆け上がっています。

東京オリンピックは、アスリートのみならず支えてきた者たちの集大成の場であり、晴れのステージです。コーチのみならずトレーナー、栄養士、医事・科学の関係者が持つノウハウ、知識、経験などを投入したサポートの成果を検証する場としても位置付いています。その活動は、研究ベースのエビデンスにも支えられており、世界にも誇れるものであるという自負があります。そして、その成果は、オリンピック後には広く陸上競技界の共有のレガシーになっていくことでしょう。

東京オリンピックに続く道を歩むとともに、もう一本の道を大切にしなければなりません。それは、陸上競技の普及、そして若いアスリートの育成の道です。2018年11月には、「一人でも多くの人が陸上競技を楽しみ、そして関わり続けること」をスローガンとした競技者育成指針を公表しました。すなわち、陸上競技愛好者を増やすこと、そして長く陸上競技に取り組むことで個々が有する潜在力を出し切ることを目標とした活動を本格化しています。この指針を具現化していくためには、「それぞれの活動のステージで陸上競技にどう取り組んでいくか」「発育発達に合った競技会のあり方はどうか」などを検討するエビデンスを得るための幅広い研究の遂行が必須となってきます。

継続的な研究は、陸上競技の頂点を高くすること、そして裾野を広くすることの両方に貢献します。本紀要が陸上競技の両方向への発展を支えている柱の一つであることを信じてやみません。皆様の陸上競技に関する様々な取り組みにも、この「陸上競技研究紀要」を役立てていただければ幸甚に存じます。

陸上競技研究紀要

Bulletin of Studies in Athletics of JAAF

Vol.15 2019

目 次

【特集企画】

世界選手権ドーハ大会における競技パフォーマンス分析
・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1

【原著論文】

国内高校生・大学生年代における競歩種目のパフォーマンス地域分布に関する研究
・・・・・・・・三浦康二・・ 70

高校生エリート陸上選手におけるサプリメント使用状況
・・・・・・・・酒井健介ほか・・ 81

【研究資料】

陸上競技指導におけるドローンの活用方法についての検討
・・・・・・・・山崎淳平・・ 98

男子 50km 競歩日本記録更新時のペース変化とキネマティクスおよび
キネティクスの変数の変化
・・・・・・・・佐藤高嶺ほか・・ 106

2019 年世界選手権ドーハ大会男子 400m ハードルのレース分析
—東京オリンピックへ向けた日本選手の課題考察—
・・・・・・・・欠畑岳ほか・・ 116

【日本陸連科学委員会研究報告 第 18 巻 (2019) 陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2019】
・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 125

【エキサイティング メディカル レポート】
・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 301

特集企画
世界選手権ドーハ大会における競技パフォーマンス分析

特集「世界選手権ドーハ大会における競技パフォーマンス分析」 によせて

日本陸上競技連盟は、2017年に発行した「JAAF VISION 2017」において「国際競技力の向上」と「ウェルネス陸上の実現」という2つのミッションを掲げているが、前者については「2028年までに世界のトップ8、2040年までに世界のトップ3を目指した競技者の育成・強化を推進する」という具体的な数値目標を掲げている。このような目標が達成されたか否かの評価については、世界大会でのメダル獲得や入賞数（順位）を得点化し、その合計点を競う「プレイシングテーブル」と呼ばれる量的な評価によって行うことが一般的である。

昨年の世界選手権ドーハ大会における我が国のメダル獲得数は3（男子20km競歩・1位、男子50km競歩・1位、男子4×100mR・3位）、入賞数は5（男子50km競歩・6位、女子20km競歩・6位、7位、女子マラソン・7位、男子走幅跳・8位）であり、合計33点のプレイシングテーブルは、1位のアメリカから、ケニア、ジャマイカ、中国、エチオピア、イギリス、ドイツ、ポーランド、カナダ、そして10位のウクライナに次ぐ11位であった。この結果は、これまでの世界選手権における最高順位であるが、8年後の目標とされている「世界トップ8」を射程したかといえ、10位のウクライナ（44点）とは10点以上の開きがあり、8位のポーランド（56点）や7位のドイツ（69点）のレベルに至るまでの道のりは険しいものであるといわざるを得ない。

測定競技に分類される陸上競技においては、競技パフォーマンスの総合的かつ絶対的な評価指標は「（競技）記録」であるといえる。全ての競技者は、その競技レベルを問わず何らかのかたちで目標記録を設定し、その達成や更新を目指してトレーニングを実践する。そして、そのトレーニング実践の結果として達成される自己ベスト記録は、歴年齢や競技者としての成熟度合いの高まりに呼応するように更新の難易度が高まるが、さらにオリンピックや世界選手権における更新確率は30%以下であることから、世界中の競技者が目指す最重要試合での「勝負は時の運」という表現はまさに正鵠を得たものであるといえる。

そこで本特集では、昨年の世界選手権ドーハ大会における参加者の国・エリア別分布や参加資格記録、ファイナリスト（8位入賞者）の記録（自己ベスト記録、シーズンベスト記録およびその相対値）、予選（準決勝）から決勝までの記録の推移などを踏まえて、東京オリンピック本番に向けた競技会準備や実際の試合行動戦略などに役立つ基礎的資料の作成を、各種目（カテゴリー）を専門的に研究している気鋭の研究者に依頼した。これらのデータは、個々の選手の目標設定の目安となるだけでなく、その蓄積と分析を継続的に行うことによって、個々の選手および種目カテゴリーごとの年次トレーニング計画や中長期的な育成・強化戦略の立案および再構築などにも寄与することが期待できる。

本特集が、「2028年までに世界のトップ8、2040年までに世界のトップ3」というミッションを達成するための、言いかえれば世界中の競技者が目指す最重要試合での「時の運」をリアルに引き寄せるための一助になれば幸いである。

＜特集企画＞ 世界選手権ドーハ大会における競技パフォーマンス分析

目次

| | |
|---|----|
| 短距離およびリレー種目における国際競技力の動向・・・・・・・・・・・・・・・・ | 4 |
| 高橋恭平，小林海 | |
| 男子ハードル種目における予選から決勝にかけての記録の変化に着目して・・・・・・・・ | 11 |
| 柴山一仁，杉本和那美，貴嶋孝太，森丘保典 | |
| 女子ハードル種目における予選から決勝にかけての記録の変化に着目して・・・・・・・・ | 16 |
| 杉本和那美，柴山一仁，貴嶋孝太，森丘保典 | |
| 中長距離種目における記録水準と強豪国・・・・・・・・・・・・・・・・ | 21 |
| 榎本靖士 | |
| 男女マラソン・競歩種目における国際パフォーマンスの現状とレース分析・・・・・・・・ | 31 |
| 岡崎和伸 | |
| 走高跳・棒高跳における入賞ラインの検討・・・・・・・・・・・・・・・・ | 43 |
| 木越清信 | |
| 走幅跳・三段跳の国際競技力の動向・・・・・・・・・・・・・・・・ | 48 |
| 青木和浩 | |
| シーズンベストに対する達成率からみた投てき種目の特徴・・・・・・・・ | 56 |
| 田内健二 | |
| 競技達成率と得点分析からみる混成競技の動向・・・・・・・・ | 59 |
| 森健一，松林武生，村山凌一 | |

世界選手権ドーハ大会における競技パフォーマンス分析 — 短距離およびリレー種目における国際競技力の動向 —

高橋 恭平¹⁾

小林 海²⁾

1) 鹿児島大学

2) 東京経済大学

1. はじめに

2020年東京オリンピック開催までいよいよ1年を切った中、日本男子短距離、特に男子100mにおいては、2017～2019年の3年間で9.98秒（桐生祥秀選手，2017年），9.97秒（サニブラウンハキーム選手，2019年）と日本記録が2度更新された他、小池祐貴選手の9.98秒（2019年）や山縣亮太選手の10.00秒（2017年，2018年）等個人種目での好記録が注目を集めている。また、東京オリンピックの前年に行われたドーハ世界選手権個人種目では、男子100mで3名、男子400mで1名、それぞれ日本代表選手が準決勝へ進出した。さらに、男子4x100mRにおいては、2016年リオデジャネイロオリンピックで日本代表チームの銀メダル獲得以降、ロンドン世界選手権、ジャカルタアジア大会、ドーハ世界選手権とメダルを獲得し続けている。一方、女子では、2019年日本選手権女子100mを制した御家瀬緑選手を始め、景山咲穂選手や高島咲季選手等、若い選手の活躍が目立ったが、日本女子短距離としてドーハ世界選手権への出場は男女混合4x400mRのみで、個人種目では無かった。

そこで本稿では、2019年ドーハ世界選手権短距離およびリレー種目出場選手・チームにおける基礎データを分析し、オリンピックへ向けた日本代表選手の準備や戦略の一助になる情報を整理することを目的とした。

2. 方法

World Athletics（世界陸連）の公表している2019年ドーハ世界選手権における短距離・リレー種目のStart listおよびResultから、次の項目について分析を行った。

- 参加者の分布（国，エリア）

- 準決勝（リレー種目は予選）進出者の自己ベスト記録（PB）および2019年シーズンベスト記録（SB）

- 決勝進出者における決勝および準決勝のパフォーマンス（フィニッシュタイム（FT），PBとSBに対するFTの達成率（それぞれ，%PBと%SB））

- 準決勝進出者における準決勝のパフォーマンス
なお，エリアは，世界陸連の分類するアジア・アフリカ・南アメリカ・ヨーロッパ・北中米カリブ・オセアニアの6地域とした。

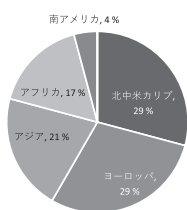
3. 結果および考察

3-1. 100m

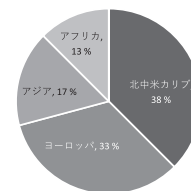
図1は100m準決勝および決勝進出者分布を国別，エリア別にまとめたものである。男子準決勝進出者は北中米カリブとヨーロッパがそれぞれ29%で，アジア21%，アフリカ17%と続いた。国別ではアメリカとイギリス，日本が，それぞれ3人進出しており最多だった。決勝進出者は北中米カリブが63%と最も多く，アメリカとカナダから，それぞれ2名進出していた。一方，女子準決勝進出者は北中米カリブが38%と最多で，次いでヨーロッパ33%，アジア17%，アフリカ13%であった。国別では，アメリカ4名，ジャマイカとイギリス，中国が3名と進出者が多かった。決勝進出者は北中米カリブが50%，次いでヨーロッパとアフリカがそれぞれ25%であった。特に，ジャマイカから3名の進出は顕著であった。アジア勢は男女共に準決勝まで20%程度の進出率であるが，決勝では過半数を占める北中米カリブを始め，ヨーロッパ，アフリカ勢が占めていた。

表1は100m準決勝および決勝進出者におけるPBとSB，準決勝・決勝レースのFT，そして，%PBと%

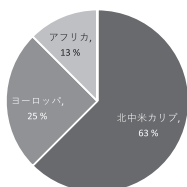
| 男子100m準決勝 | | | |
|-----------|-----|----------|-----|
| エリア | (人) | 国 | (人) |
| 北中米カリブ | 7 | アメリカ | 3 |
| | | ジャマイカ | 2 |
| | | カナダ | 2 |
| ヨーロッパ | 7 | イギリス | 3 |
| | | イタリア | 2 |
| | | オランダ | 1 |
| | | フランス | 1 |
| アジア | 5 | 日本 | 3 |
| | | 中国 | 2 |
| 南アメリカ | 1 | ブラジル | 1 |
| | | 南アフリカ | 1 |
| アフリカ | 4 | ナイジェリア | 1 |
| | | リベリア | 1 |
| | | コートジボワール | 1 |



| 女子100m準決勝 | | | |
|-----------|-----|------------|-----|
| エリア | (人) | 国 | (人) |
| 北中米カリブ | 9 | アメリカ | 4 |
| | | ジャマイカ | 3 |
| | | カナダ | 1 |
| | | トリニダード・トバゴ | 1 |
| | | イギリス | 3 |
| ヨーロッパ | 8 | ドイツ | 2 |
| | | オランダ | 1 |
| | | ポーランド | 1 |
| | | スイス | 1 |
| アジア | 4 | 中国 | 3 |
| | | バーレーン | 1 |
| アフリカ | 3 | コートジボワール | 2 |
| | | ガンビア | 1 |



| 男子100m決勝 | | | |
|----------|-----|-------|-----|
| エリア | (人) | 国 | (人) |
| 北中米カリブ | 5 | アメリカ | 2 |
| | | ジャマイカ | 1 |
| | | カナダ | 2 |
| ヨーロッパ | 2 | イギリス | 1 |
| | | イタリア | 1 |
| アフリカ | 1 | 南アフリカ | 1 |



| 女子100m決勝 | | | |
|----------|-----|----------|-----|
| エリア | (人) | 国 | (人) |
| 北中米カリブ | 4 | アメリカ | 1 |
| | | ジャマイカ | 3 |
| ヨーロッパ | 2 | ドイツ | 1 |
| | | オランダ | 1 |
| アフリカ | 2 | コートジボワール | 2 |

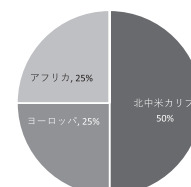


図1. 100m 準決勝（上段）および決勝（下段）進出者の国別，エリア別分布（左図：男子，右図：女子）

表1. 100m 準決勝（下段）および決勝（上段）進出者におけるPBとSB, FT, 並びに%PBと%SB（左表：男子，右表：女子）

| 男子100m決勝 | | | | | |
|----------|------|-------|-------|-------|-------|
| | PB | SB | FT | %PB | %SB |
| 最高 | 9.69 | 9.81 | 9.76 | 100.3 | 100.7 |
| 最低 | 9.99 | 10.10 | 10.08 | 97.2 | 98.8 |
| 平均 | 9.86 | 9.94 | 9.95 | 99.1 | 99.9 |

| 女子100m決勝 | | | | | |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | PB | SB | FT | %PB | %SB |
| 最高 | 10.70 | 10.73 | 10.71 | 100.2 | 100.4 |
| 最低 | 11.04 | 11.05 | 11.19 | 97.8 | 98.2 |
| 平均 | 10.84 | 10.91 | 10.95 | 99.1 | 99.5 |

| 男子100m準決勝（全体） | | | | | 男子100m準決勝（通過者8名） | | | | | |
|---------------|-------|-------|-------|------|------------------|------|-------|-------|------|------|
| | PB | SB | FT | %PB | %SB | PB | SB | FT | %PB | %SB |
| 最高 | 9.69 | 9.81 | 9.88 | 99.4 | 99.9 | 9.69 | 9.81 | 9.88 | 99.1 | 99.9 |
| 最低 | 10.12 | 10.12 | 10.34 | 96.0 | 96.0 | 9.99 | 10.10 | 10.12 | 96.0 | 97.8 |
| 平均 | 9.94 | 9.99 | 10.14 | 97.9 | 98.5 | 9.86 | 9.94 | 10.05 | 98.1 | 98.9 |
| サブライク | 9.97 | 9.97 | 10.15 | 98.2 | 98.2 | | | | | |
| 小池 | 9.98 | 9.98 | 10.28 | 97.1 | 97.1 | | | | | |
| 桐生 | 9.98 | 10.01 | 10.16 | 98.2 | 98.5 | | | | | |

| 女子100m準決勝（全体） | | | | | 女子100m準決勝（通過者8名） | | | | | |
|---------------|-------|-------|-------|------|------------------|-------|-------|-------|------|-------|
| | PB | SB | FT | %PB | %SB | PB | SB | FT | %PB | %SB |
| 最高 | 10.70 | 10.73 | 10.81 | 99.8 | 100.3 | 10.70 | 10.73 | 10.81 | 99.8 | 100.1 |
| 最低 | 11.13 | 11.20 | 11.35 | 96.9 | 97.5 | 11.04 | 11.05 | 11.10 | 97.3 | 97.5 |
| 平均 | 10.94 | 11.04 | 11.15 | 98.3 | 99.0 | 10.84 | 10.91 | 10.98 | 98.7 | 99.4 |

PB：自己ベスト記録（秒），SB：2019年シーズンベスト記録（秒），FT：フィニッシュタイム（秒）
%PB：PBIに対するFTの達成率（%），%SB：SBIに対するFTの達成率（%）

SBについてまとめたものである。男子100mファイナリストにおけるPBとSB，準決勝におけるFTの最低値は，それぞれ9.99秒（PB）と10.10秒（SB），10.12秒（FT）であった。一方，女子のファイナリストにおけるPBとSB，準決勝におけるFTの最低値は，それぞれ11.04秒（PB）と11.05秒（SB），11.10秒（FT）であった。ファイナリストらの準決勝レースは，特に男子では%PB，%SB共に決勝レースと比較して平均値が1%低かったため最大努力で無かった（流していた）可能性が考えられる。したがって，決勝レースの%PBおよび%SBに着目すると，男女共に%PBおよび%SBの最高値は100%を，平均値は99%を超え，世界選手権ファイナルという大舞台で高いパフォーマンスを発揮出来ていることが示唆された。

3-2. 200m

図2は200m準決勝および決勝進出者分布を国別，エリア別にまとめたものである。男子準決勝進出者

のエリア別割合は北中米カリブ46%，ヨーロッパ33%，アフリカ13%，アジア・南アメリカ4%であった。国別ではジャマイカとカナダ，イギリスが，それぞれ3人進出しており最多だった。決勝進出者は北中米カリブが50%と最も多かったが，100mでは無かったアジアと南アメリカの決勝進出があり，北中米カリブの割合が比較的低い傾向であった。また，カナダからの決勝進出2名が顕著であった。一方，女子準決勝進出者はヨーロッパが46%と最多で，次いで北中米カリブ33%，アジア8%，アフリカ13%であった。国別では，アメリカとイギリス，ドイツが，それぞれ3名と進出者が多かった。決勝進出者は北中米カリブが38%と最も多かったが，ヨーロッパの同率38%や，100mでは無かったアジアの決勝進出もあり，北中米カリブの割合は100mと比較して低かった。

表2は200m準決勝および決勝進出者におけるPBとSB，準決勝・決勝レースのFT，そして，%PBと%SBについてまとめたものである。男子200mファイ

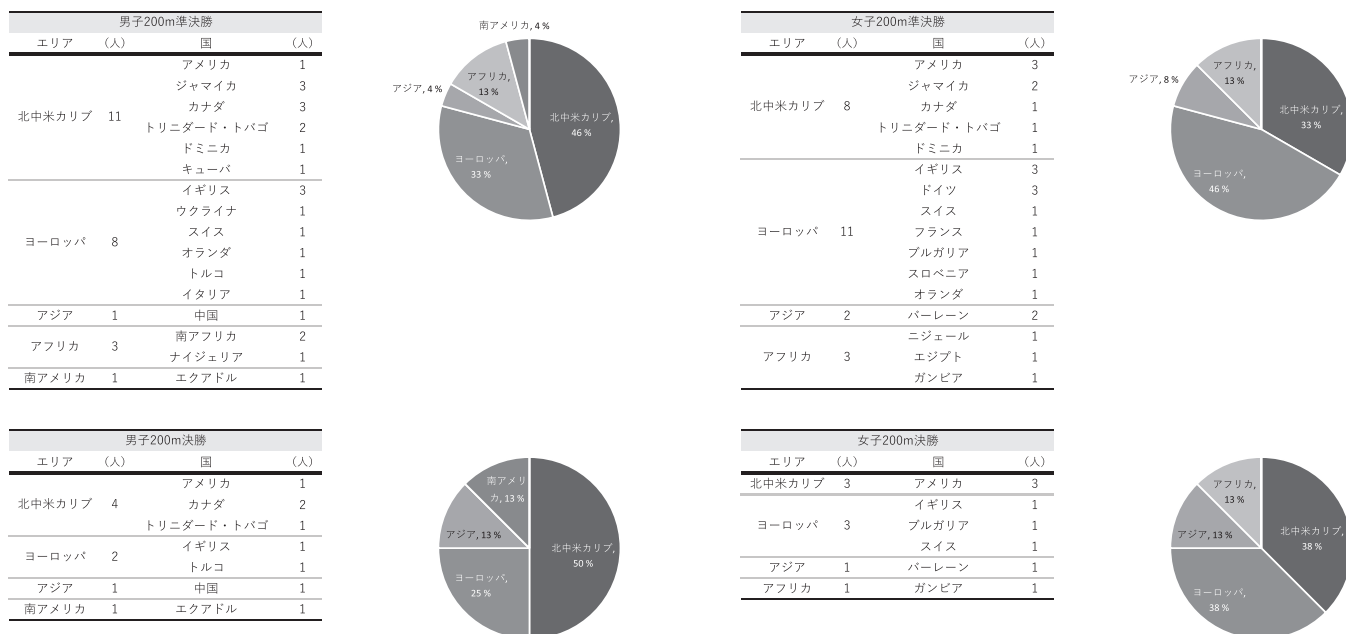


図 2. 200m 準決勝（上段）および決勝（下段）進出者の国別，エリア別分布（左図：男子，右図：女子）

表 2. 200m 準決勝（下段）および決勝（上段）進出者における PB と SB, FT, 並びに % PB と % SB（左表：男子，右表：女子）

| 男子200m決勝 | | | | | 女子200m決勝 | | | | | | |
|----------|-------|-------|-------|------|----------|----|-------|-------|-------|-------|-------|
| | PB | SB | FT | %PB | %SB | | PB | SB | FT | %PB | %SB |
| 最高 | 19.50 | 19.50 | 19.83 | 99.7 | 100.0 | 最高 | 21.89 | 22.08 | 21.88 | 100.5 | 100.9 |
| 最低 | 19.97 | 20.15 | 20.39 | 97.9 | 98.3 | 最低 | 22.58 | 22.58 | 22.90 | 98.0 | 98.1 |
| 平均 | 19.84 | 19.89 | 20.06 | 98.9 | 99.1 | 平均 | 22.28 | 22.36 | 22.53 | 98.9 | 99.3 |

| 男子200m準決勝（全体） | | | | | 男子200m準決勝（通過者8名） | | | | | 女子200m準決勝（全体） | | | | | 女子200m準決勝（通過者8名） | | | | | | | | |
|---------------|-------|-------|-------|-------|------------------|-------|-------|-------|------|---------------|-----|-------|-------|-------|------------------|-------|-----|-------|-------|-------|------|-------|-----|
| | PB | SB | FT | %PB | %SB | | PB | SB | FT | %PB | %SB | | PB | SB | FT | %PB | %SB | | PB | SB | FT | %PB | %SB |
| 最高 | 19.26 | 19.50 | 19.86 | 100.0 | 100.8 | 19.50 | 19.50 | 19.86 | 99.7 | 100.1 | | 21.66 | 22.00 | 22.16 | 99.9 | 101.0 | | 21.89 | 22.08 | 22.16 | 99.9 | 100.0 | |
| 最低 | 20.35 | 20.44 | 20.84 | 94.6 | 94.7 | 19.97 | 20.15 | 20.24 | 98.0 | 98.2 | | 22.89 | 23.05 | 25.44 | 87.7 | 89.7 | | 22.58 | 22.58 | 22.60 | 98.3 | 98.5 | |
| 平均 | 19.93 | 20.10 | 20.33 | 98.0 | 98.9 | 19.84 | 19.89 | 20.07 | 98.8 | 99.1 | | 22.49 | 22.63 | 22.93 | 98.3 | 98.9 | | 22.28 | 22.36 | 22.49 | 99.1 | 99.4 | |

PB：自己ベスト記録（秒），SB：2019年シーズンベスト記録（秒），FT：フィニッシュタイム（秒）
 %PB：PBに対するFTの達成率（%），%SB：SBに対するFTの達成率（%）

ナリストにおける PB と SB，準決勝における FT の最低値は，それぞれ 19.97 秒（PB）と 20.15 秒（SB），20.24 秒（FT）であった．一方，女子のファイナリストにおける PB と SB，準決勝における FT の最低値は，それぞれ 22.58 秒（PB）と 22.58 秒（SB），22.60 秒（FT）であった．% PB と % SB の平均値は 100m と異なり男女とも準決勝レースと決勝レースで大きく異ならなかったことから，男女 200m ファイナリストの多くは準決勝レースにおいて最大努力に近い力を発揮していることが考えられる．さらに，ファイナリストらの準決勝レース % PB の平均値は男子が 98.8%，女子が 99.1% で，% SB は男子が 99.1%，女子が 99.4% と非常に高いパフォーマンスを発揮していることが示唆された．

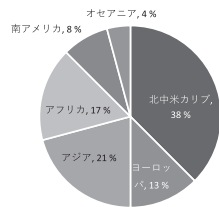
3-3. 400m

図 3 は 400m 準決勝および決勝進出者分布を国別，エリア別にまとめたものである．男子準決勝進出者

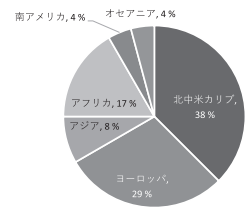
のエリア別割合は北中米カリブ 38%，アジア 21%，アフリカ 17%，ヨーロッパ 13%，南アメリカ 8%，オセアニア 4% であった．国別では北中米カリブエリアのアメリカが 4 名進出しており最多だったが，オセアニアを含む全 6 エリアからの進出者があった．決勝進出者は北中米カリブが 63% と男子 100m 決勝と並ぶ 5 名の進出者で最多で，一方，短距離種目で唯一この種目でヨーロッパからの進出者が無かった．女子準決勝進出者も男子同様，全 6 エリアからの進出者があり，最多の北中米カリブ 38% に続き，ヨーロッパ 29%，アジア 8%，アフリカ 17%，南アメリカ 4%，オセアニア 4% であった．国別でも，男子同様アメリカが 4 名で最多の進出者数であった．決勝進出者は北中米カリブが 50% と最多で，ヨーロッパとアジアが，それぞれ 25% で，アフリカ勢が女子短距離個人種目で唯一ゼロであった．

表 3 は 400m 準決勝および決勝進出者における PB

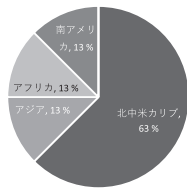
| 男子400m準決勝 | | | |
|-----------|-----|------------|-----|
| エリア | (人) | 国 | (人) |
| 北中米カリブ | 9 | アメリカ | 4 |
| | | ジャマイカ | 2 |
| | | カナダ | 1 |
| | | トリニダード・トバゴ | 1 |
| ヨーロッパ | 3 | グレナダ | 1 |
| | | イギリス | 1 |
| | | ベルギー | 1 |
| | | イタリア | 1 |
| アジア | 5 | サウジアラビア | 1 |
| | | ブルネイ | 1 |
| | | バーレーン | 1 |
| | | クウェート | 1 |
| | | 日本 | 1 |
| アフリカ | 4 | ケニア | 2 |
| | | 南アフリカ | 1 |
| | | ボツワナ | 1 |
| 南アメリカ | 2 | コロンビア | 2 |
| オセアニア | 1 | オーストラリア | 1 |



| 女子400m準決勝 | | | |
|-----------|-----|---------|-----|
| エリア | (人) | 国 | (人) |
| 北中米カリブ | 9 | アメリカ | 4 |
| | | ジャマイカ | 2 |
| | | メキシコ | 1 |
| | | キューバ | 1 |
| ヨーロッパ | 7 | バルバドス | 1 |
| | | イギリス | 2 |
| | | フランス | 1 |
| | | ポーランド | 2 |
| アジア | 2 | オランダ | 1 |
| | | チェコ | 1 |
| | | ブルネイ | 1 |
| | | バーレーン | 1 |
| アフリカ | 4 | ナイジェリア | 2 |
| | | ボツワナ | 1 |
| 南アメリカ | 1 | ケニア | 1 |
| オセアニア | 1 | ガイアナ | 1 |
| | | オーストラリア | 1 |



| 男子400m決勝 | | | |
|----------|-----|------------|-----|
| エリア | (人) | 国 | (人) |
| 北中米カリブ | 5 | アメリカ | 1 |
| | | ジャマイカ | 2 |
| | | グレナダ | 1 |
| アジア | 1 | トリニダード・トバゴ | 1 |
| | | バーレーン | 1 |
| アフリカ | 1 | ケニア | 1 |
| 南アメリカ | 1 | コロンビア | 1 |



| 女子400m決勝 | | | |
|----------|-----|-------|-----|
| エリア | (人) | 国 | (人) |
| 北中米カリブ | 4 | アメリカ | 2 |
| | | ジャマイカ | 2 |
| ヨーロッパ | 2 | ポーランド | 2 |
| アジア | 2 | ブルネイ | 1 |
| | | バーレーン | 1 |

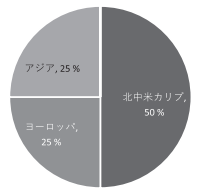


図 3. 400m 準決勝（上段）および決勝（下段）進出者の国別，エリア別分布（左図：男子，右図：女子）

表 3. 400m 準決勝（下段）および決勝（上段）進出者における PB と SB, FT, 並びに % PB と % SB（左表：男子，右表：女子）

| | 男子400m決勝 | | | | |
|----|----------|-------|-------|-------|-------|
| | PB | SB | FT | %PB | %SB |
| 最高 | 43.64 | 43.64 | 43.48 | 100.9 | 101.5 |
| 最低 | 44.55 | 44.66 | 45.36 | 96.9 | 97.9 |
| 平均 | 44.06 | 44.30 | 44.55 | 98.9 | 99.5 |

| | 女子400m決勝 | | | | |
|----|----------|-------|-------|-------|-------|
| | PB | SB | FT | %PB | %SB |
| 最高 | 48.97 | 49.05 | 48.14 | 102.0 | 102.1 |
| 最低 | 51.02 | 51.02 | 51.29 | 98.1 | 99.5 |
| 平均 | 49.90 | 50.11 | 49.79 | 100.2 | 100.7 |

| | 男子400m準決勝（全体） | | | | | 男子400m準決勝（通過者8名） | | | | |
|-----|---------------|-------|-------|-------|-------|------------------|-------|-------|-------|-------|
| | PB | SB | FT | %PB | %SB | PB | SB | FT | %PB | %SB |
| 最高 | 43.45 | 43.45 | 44.13 | 100.3 | 100.6 | 43.64 | 43.64 | 44.13 | 100.3 | 100.5 |
| 最低 | 45.28 | 45.62 | 46.11 | 94.6 | 94.6 | 44.68 | 44.83 | 44.77 | 98.1 | 98.6 |
| 平均 | 44.56 | 44.77 | 45.01 | 99.0 | 99.5 | 44.08 | 44.40 | 44.42 | 99.2 | 100.0 |
| ケチキ | 45.14 | 45.14 | 45.13 | 100.0 | 100.0 | | | | | |

| | 女子400m準決勝（全体） | | | | | 女子400m準決勝（通過者8名） | | | | |
|----|---------------|-------|-------|-------|-------|------------------|-------|-------|-------|-------|
| | PB | SB | FT | %PB | %SB | PB | SB | FT | %PB | %SB |
| 最高 | 48.97 | 49.05 | 49.66 | 100.7 | 101.1 | 48.97 | 49.05 | 49.66 | 100.7 | 101.1 |
| 最低 | 51.75 | 51.75 | 52.94 | 96.0 | 96.0 | 51.12 | 51.12 | 51.02 | 98.5 | 98.8 |
| 平均 | 50.67 | 50.90 | 51.29 | 98.9 | 99.3 | 49.96 | 50.24 | 50.32 | 99.3 | 99.8 |

PB：自己ベスト記録（秒），SB：2019年シーズンベスト記録（秒），FT：フィニッシュタイム（秒）
 %PB：PBに対するFTの達成率（%），%SB：SBに対するFTの達成率（%）

と SB, 準決勝・決勝レースの FT, そして, % PB と % SB についてまとめたものである。男子 400m ファイナリストにおける PB と SB, 準決勝における FT の最低値は, それぞれ 44.68 秒 (PB) と 44.83 秒 (SB), 44.77 秒 (FT) であった。一方, 女子のファイナリストにおける PB と SB, 準決勝における FT の最低値は, それぞれ 51.12 秒 (PB) と 51.12 秒 (SB), 51.02 秒 (FT) であった。女子決勝における % PB と % SB の平均値は, 準決勝レース時と比較して, それぞれ約 1% 高く, 男子 100m と同様の傾向を示した。一方, 男子 400m 決勝では, 0.3 ~ 0.5% にはあるが準決勝レース時より低かった。したがって, 男子ファイナリストの多くが準決勝において最大努力に近い力発揮をしていることが考えられる。また, 男女ともファイナリストにおける準決勝レース時の % PB および % SB は, 99.2 ~ 100.0% と非常に高いパフォーマンスを発揮していることが示唆された。

3-4. 4x100mR

図 4 は 4x100mR 予選および決勝進出チーム分布を国別, エリア別にまとめたものである。男子の世界選手権 (予選) 出場チームはヨーロッパが最多の 38% で, それに次いで北中米カリブ, アジア, アフリカが, それぞれ 19%, 南アメリカ 6% であった。決勝進出チームはヨーロッパが 38% (3 か国) と最も多く, 次いでアジア 25% (2 か国), 北中米カリブ, アフリカ, 南アメリカが, それぞれ 13% (1 か国ずつ) であった。一方, 女子の出場チームは男子同様ヨーロッパが最多 44% で, 次いで北中米カリブ 19%, アジアとアフリカが, それぞれ 13%, 南アメリカとオセアニアが, それぞれ 6% で, 全 6 エリアからの出場があった。決勝進出チームはヨーロッパが 50% (4 か国), 次いで北中米カリブが 38% (3 か国), アジア 13% (1 か国) であった。

表 4 は 4x100mR 予選および決勝進出チームにおける PB と SB, 予選・決勝レースの FT, そして, % PB と %

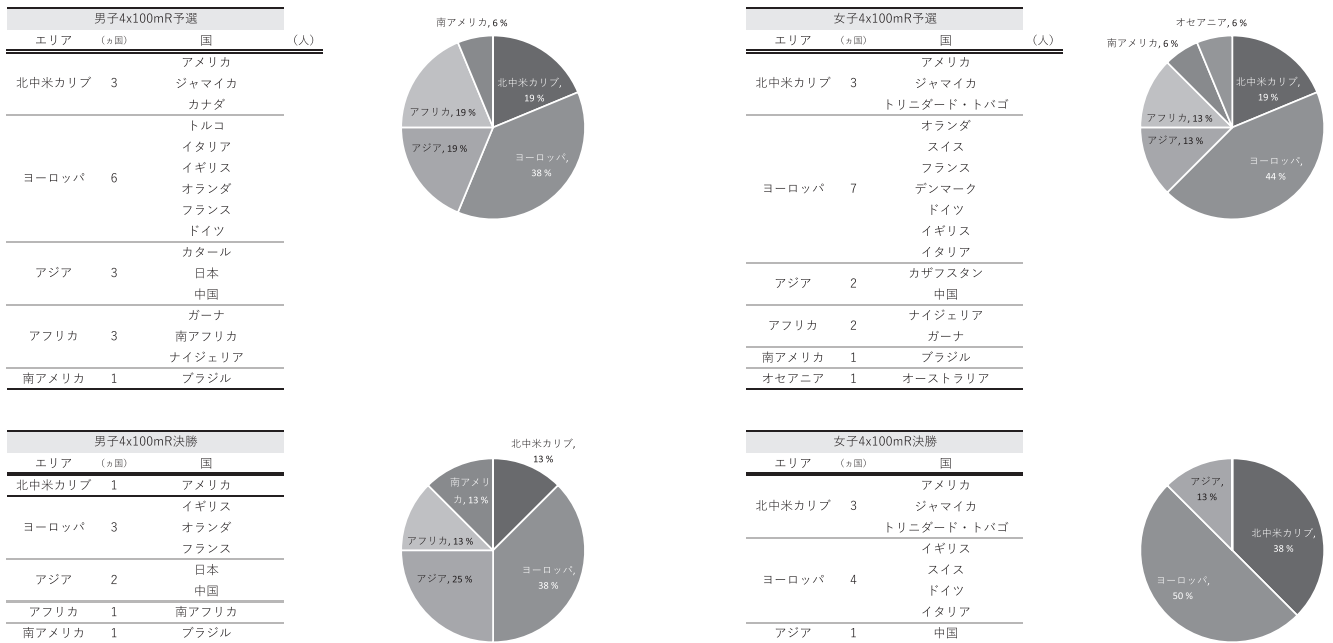


図 4. 4x100mR 予選（上段）および決勝（下段）進出チームの国別，エリア別分布（左図：男子，右図：女子）

表 4. 4x100mR 予選（下段）および決勝（上段）進出チームにおける PB と SB, FT, 並びに % PB と % SB（左表：男子，右表：女子）

| 男子4x100mR決勝 | | | | | |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | PB | SB | FT | %PB | %SB |
| 最高 | 37.38 | 37.56 | 37.10 | 100.8 | 102.5 |
| 最低 | 37.91 | 38.03 | 38.07 | 99.3 | 99.3 |
| 平均 | 37.69 | 37.81 | 37.57 | 100.2 | 100.6 |
| 日本 | 37.60 | 37.78 | 37.43 | 100.5 | 100.9 |

| 女子4x100mR決勝 | | | | | |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | PB | SB | FT | %PB | %SB |
| 最高 | 40.82 | 41.67 | 41.44 | 100.3 | 101.6 |
| 最低 | 42.90 | 42.90 | 42.98 | 97.0 | 98.1 |
| 平均 | 41.81 | 42.35 | 42.25 | 98.8 | 100.3 |

| 男子4x100mR予選（全体） | | | | | | 男子4x100mR予選（通過チーム8か国） | | | | | | | | | |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | PB | SB | FT | %PB | %SB | PB | SB | FT | %PB | %SB | PB | SB | FT | %PB | %SB |
| 最高 | 36.84 | 37.60 | 37.56 | 101.6 | 102.7 | 37.38 | 37.60 | 37.56 | 101.6 | 102.7 | 37.38 | 37.60 | 37.56 | 101.6 | 102.7 |
| 最低 | 39.05 | 40.17 | 38.24 | 96.6 | 100.0 | 38.24 | 38.65 | 38.03 | 98.3 | 100.0 | 38.24 | 38.65 | 38.03 | 98.3 | 100.0 |
| 平均 | 37.87 | 38.35 | 37.93 | 99.6 | 100.6 | 37.77 | 38.07 | 37.81 | 99.9 | 100.7 | 37.77 | 38.07 | 37.81 | 99.9 | 100.7 |
| 日本 | 37.60 | 37.78 | 37.78 | 99.5 | 100.0 | | | | | | | | | | |

| 女子4x100mR予選（全体） | | | | | | 女子4x100mR予選（通過チーム8か国） | | | | | | | | | |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | PB | SB | FT | %PB | %SB | PB | SB | FT | %PB | %SB | PB | SB | FT | %PB | %SB |
| 最高 | 40.82 | 41.67 | 42.11 | 100.3 | 101.9 | 40.82 | 41.67 | 42.11 | 100.3 | 101.9 | 40.82 | 41.67 | 42.11 | 100.3 | 101.9 |
| 最低 | 43.90 | 44.12 | 43.92 | 96.1 | 97.3 | 43.04 | 43.57 | 42.90 | 96.1 | 97.3 | 43.04 | 43.57 | 42.90 | 96.1 | 97.3 |
| 平均 | 42.23 | 42.92 | 42.91 | 98.3 | 99.9 | 41.83 | 42.54 | 42.56 | 98.3 | 100.0 | 41.83 | 42.54 | 42.56 | 98.3 | 100.0 |

PB：チームベスト記録（秒），SB：2019年シーズンベスト記録（秒），FT：フィニッシュタイム（秒）
 %PB：PBに対するFTの達成率（%），%SB：SBに対するFTの達成率（%）

SBについてまとめたものである。男子4x100mR決勝進出チームにおけるPBとSB，予選におけるFTの最低値は，それぞれ38.24秒(PB)と38.65秒(SB)，38.03秒(FT)であった。一方，女子の決勝進出チームにおけるPBとSB，予選におけるFTの最低値は，それぞれ43.04秒(PB)と43.57秒(SB)，42.90秒(FT)であった。男女の決勝進出チームにおける%PBおよび%SBの平均値は予選，決勝共に非常に高く，特に男子においては99.6～100.9%と顕著で，高いパフォーマンスを発揮していることが示唆された。また，決勝でメンバー変更を行ったチームは，男子では日本とアメリカ，中国の3か国，女子ではジャマイカとトリニダードトバゴ，イギリスの3か国であった。

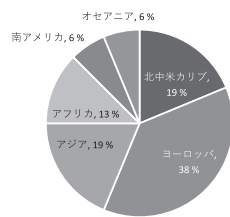
3-5. 4x400mR

図5は4x400mR予選および決勝進出チーム分布を国別，エリア別にまとめたものである。男子の世界選手権（予選）出場チームは，ヨーロッパが最多の

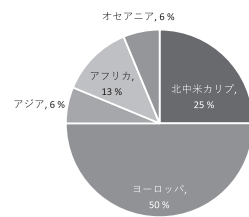
38%で，それに次いで北中米カリブとアジアが，それぞれ19%，アフリカ13%，南アメリカとオセアニアが，それぞれ6%で，全6エリアからの出場であった。決勝進出チームもヨーロッパが50%（4か国）と最多で，次いで北中米カリブ38%（3か国），南アメリカ13%（1か国）であった。一方，女子の出場チームはヨーロッパが最多50%で，次いで北中米カリブ25%，アフリカ13%，アジアとオセアニアが，それぞれ6%であった。しかしながら，決勝進出チームはヨーロッパ（63%，5か国）と北中米カリブ（38%，3か国）のみであった。また，男女混合の出場チームは，ヨーロッパが50%で最も多く，北中米カリブとアジアが，それぞれ19%，アフリカと南アメリカが，それぞれ6%であった。決勝進出チームもヨーロッパが最多38%（3か国）で，北中米カリブとアジアが，それぞれ25%（2か国），南アメリカ13%（1か国）であった。

表5は4x400mR予選および決勝進出チームにおけるPBとSB，予選・決勝レースのFT，そして，%PBと%

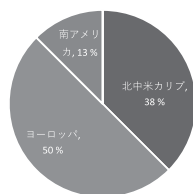
| 男子4x400mR予選 | | |
|-------------|------|------------|
| エリア | (ヶ国) | 国 |
| 北中米カリブ | 3 | アメリカ |
| | | ジャマイカ |
| | | トリニダード・トバゴ |
| ヨーロッパ | 6 | スペイン |
| | | イギリス |
| | | イタリア |
| | | ベルギー |
| | | フランス |
| | | チェコ |
| アジア | 3 | 日本 |
| | | カタール |
| | | インド |
| アフリカ | 2 | ボツワナ |
| | | 南アフリカ |
| 南アメリカ | 1 | コロンビア |
| オセアニア | 1 | オーストラリア |



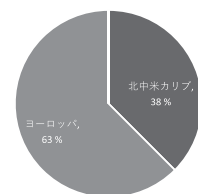
| 女子4x400mR予選 | | |
|-------------|------|---------|
| エリア | (ヶ国) | 国 |
| 北中米カリブ | 4 | ジャマイカ |
| | | カナダ |
| | | キューバ |
| | | アメリカ |
| ヨーロッパ | 8 | オランダ |
| | | ポーランド |
| | | フランス |
| | | ウクライナ |
| | | イギリス |
| | | ベルギー |
| | | スイス |
| | | イタリア |
| アジア | 1 | インド |
| アフリカ | 2 | ナイジェリア |
| | | ボツワナ |
| オセアニア | 1 | オーストラリア |



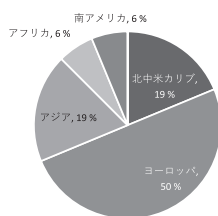
| 男子4x400mR決勝 | | |
|-------------|------|------------|
| エリア | (ヶ国) | 国 |
| 北中米カリブ | 3 | アメリカ |
| | | ジャマイカ |
| | | トリニダード・トバゴ |
| ヨーロッパ | 4 | ベルギー |
| | | イタリア |
| | | フランス |
| | | イギリス |
| 南アメリカ | 1 | コロンビア |



| 女子4x400mR決勝 | | |
|-------------|------|------------|
| エリア | (ヶ国) | 国 |
| 北中米カリブ | 3 | アメリカ |
| | | ジャマイカ |
| | | トリニダード・トバゴ |
| ヨーロッパ | 5 | ポーランド |
| | | イギリス |
| | | ベルギー |
| | | ウクライナ |
| | | オランダ |



| 男女混合4x400mR予選 | | |
|---------------|------|-------|
| エリア | (ヶ国) | 国 |
| 北中米カリブ | 3 | アメリカ |
| | | ジャマイカ |
| | | カナダ |
| | | ウクライナ |
| | | フランス |
| ヨーロッパ | 8 | チェコ |
| | | イギリス |
| | | ドイツ |
| | | ベルギー |
| | | イタリア |
| | | ポーランド |
| | | ブルネイ |
| | | インド |
| アジア | 3 | 日本 |
| | | インド |
| | | 日本 |
| アフリカ | 1 | ケニア |
| 南アメリカ | 1 | ブラジル |



| 男女混合4x400mR決勝 | | |
|---------------|------|-------|
| エリア | (ヶ国) | 国 |
| 北中米カリブ | 2 | アメリカ |
| | | ジャマイカ |
| | | イギリス |
| ヨーロッパ | 3 | ポーランド |
| | | ベルギー |
| | | イギリス |
| アジア | 2 | ブルネイ |
| | | インド |
| 南アメリカ | 1 | ブラジル |

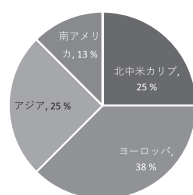


図5. 4x400mR 予選（上段）および決勝（下段）進出チームの国別，エリア別分布（左図：男子，右図：女子，左下図：男女混合）

SBについてまとめたものである。男子4x400mR決勝進出チームにおけるPBとSB，予選におけるFTの最低値は，それぞれ3:01.37秒（PB）と3:03.11秒（SB），3:01.96秒（FT）であった。一方，女子の決勝進出チームにおけるPBとSB，予選におけるFTの最低値は，それぞれ3:27.69秒（PB）と3:30.69秒（SB），3:27.40秒（FT）であった。男女の決勝進出チームにおける%SBの平均値は予選，決勝共に非常に高く100%を超えていた。しかしながら，予選レース時の%PB平均値は98%台に留まってい

た。これは，決勝レースでのメンバー変更を見据えたためであると考えられる。実際に，決勝でメンバー変更を行ったチームは，男子ではメダルを獲得した3か国を含む6か国（イギリス，アメリカ，ジャマイカ，ベルギー，イタリア，トリニダードトバゴ），女子でもメダルを獲得した3か国を含む4か国（ジャマイカ，イギリス，ポーランド，アメリカ）であった。その結果，%PBの平均値は，予選レース時よりも決勝レース時において男女とも0.7～0.8%高くなっていた。男女混合の決勝進出チームにおけ

表 5. 4x400mR 予選（下段）および決勝（上段）進出チームにおける PB と SB, FT, 並びに% PB と% SB（左表：男子，右表：女子，左下表：男女混合）

| 男子4x400mR決勝 | | | | | |
|-------------|----------|----------|----------|-------|-------|
| | PB | SB | FT | %PB | %SB |
| 最高 | 02:54.29 | 02:59.05 | 02:56.69 | 100.9 | 101.6 |
| 最低 | 03:01.37 | 03:01.96 | 03:03.06 | 97.8 | 99.1 |
| 平均 | 02:58.21 | 03:00.94 | 02:59.92 | 99.2 | 100.5 |

| 男子4x400mR予選（全体） | | | | | | 男子4x400mR予選（通過チーム8か国） | | | | | |
|-----------------|----------|----------|----------|-------|-------|-----------------------|----------|----------|-------|-------|-----|
| | PB | SB | FT | %PB | %SB | | PB | SB | FT | %PB | %SB |
| 最高 | 02:54.29 | 02:59.05 | 02:59.89 | 100.1 | 101.0 | 02:54.29 | 02:59.05 | 02:59.89 | 100.1 | 101.0 | |
| 最低 | 03:02.52 | 03:04.52 | 03:06.25 | 96.9 | 98.8 | 03:01.37 | 03:03.11 | 03:01.96 | 96.9 | 99.5 | |
| 平均 | 02:59.32 | 03:02.36 | 03:02.34 | 98.4 | 100.0 | 02:58.00 | 03:01.52 | 03:01.11 | 98.4 | 100.2 | |
| 日本 | 03:00.76 | 03:02.55 | 03:02.05 | 99.3 | 100.3 | | | | | | |

| 女子4x400mR決勝 | | | | | |
|-------------|----------|----------|----------|-------|-------|
| | PB | SB | FT | %PB | %SB |
| 最高 | 03:15.51 | 03:22.96 | 03:18.92 | 101.3 | 102.0 |
| 最低 | 03:26.98 | 03:27.40 | 03:27.89 | 97.3 | 99.6 |
| 平均 | 03:21.93 | 03:25.35 | 03:24.10 | 99.0 | 100.6 |

| 女子4x400mR予選（全体） | | | | | | 女子4x400mR予選（通過チーム8か国） | | | | | |
|-----------------|----------|----------|----------|-------|-------|-----------------------|----------|----------|-------|-------|-----|
| | PB | SB | FT | %PB | %SB | | PB | SB | FT | %PB | %SB |
| 最高 | 03:15.51 | 03:24.04 | 03:22.96 | 100.5 | 102.0 | 03:15.51 | 03:24.04 | 03:22.96 | 100.5 | 102.0 | |
| 最低 | 03:28.52 | 03:31.96 | 03:35.90 | 93.1 | 97.4 | 03:27.69 | 03:30.69 | 03:27.40 | 96.3 | 99.5 | |
| 平均 | 03:23.40 | 03:28.90 | 03:27.70 | 97.8 | 100.5 | 03:22.07 | 03:22.07 | 03:25.47 | 98.3 | 101.0 | |

| 男女混合4x400mR決勝 | | | | | |
|---------------|----------|----------|----------|-------|-------|
| | PB | SB | FT | %PB | %SB |
| 最高 | 03:12.42 | 03:12.42 | 03:09.34 | 101.6 | 101.6 |
| 最低 | 03:16.16 | 03:16.16 | 03:16.22 | 99.9 | 99.9 |
| 平均 | 03:14.27 | 03:14.32 | 03:12.97 | 100.7 | 100.7 |

| 男女混合4x400mR予選（全体） | | | | | | 男女混合4x400mR予選（通過チーム8か国） | | | | | |
|-------------------|----------|----------|----------|-------|-------|-------------------------|----------|----------|-------|-------|-----|
| | PB | SB | FT | %PB | %SB | | PB | SB | FT | %PB | %SB |
| 最高 | 03:13.20 | 03:15.46 | 03:12.42 | 103.4 | 103.4 | 03:13.20 | 03:15.46 | 03:12.42 | 103.4 | 103.4 | |
| 最低 | 03:19.71 | 03:19.71 | 03:18.77 | 99.5 | 99.5 | 03:19.40 | 03:19.40 | 03:16.16 | 99.8 | 100.0 | |
| 平均 | 03:16.93 | 03:17.15 | 03:15.89 | 100.5 | 100.7 | 03:16.60 | 03:17.05 | 03:14.32 | 101.2 | 101.4 | |
| 日本 | 03:19.71 | 03:19.71 | 03:18.77 | 100.5 | 100.5 | | | | | | |

PB：チームベスト記録（秒），SB：2019年シーズンベスト記録（秒），FT：フィニッシュタイム（秒）
 %PB：PBに対するFTの達成率（%），%SB：SBに対するFTの達成率（%）

るPBとSB，予選におけるFTの最低値は，それぞれ3:19.40秒（PB）と3:19.40秒（SB），3:16.16秒（FT）であった。男女混合の決勝進出チームにおける%PBと%SBの平均値も予選，決勝共に非常に高く100%を超えていた。また，決勝でメンバー変更を行ったチームは，メダルを獲得したアメリカとジャマイカを始め，ベルギー，ブラジル，ポーランドの5か国であった。

と男女混合4x400mR（%PB：100.7%，%SB：100.7%）は顕著であった。決勝レースにおける予選時からのメンバー変更を行ったチームは，男女4x100mRで3か国だったのに対し，男女・男女混合4x400mRでは半数以上であった。

4. まとめ

- ・北中米カリブ勢は，女子200mを除く全個人種目の決勝進出者の内，半数以上を占めていた。特に，リレー種目を含む短距離全種目で決勝進出を果たしたアメリカが顕著であった。
- ・全てのリレー種目において，ヨーロッパから3～5か国の最多決勝進出数で，北中米カリブより多かった。特に，全リレー種目に決勝進出をしていたイギリスが顕著であった。
- ・アジア勢では，特に，中国とバーレーンからの決勝進出が顕著であった。男女100mと男女4x400mRのみアジアからの決勝進出が無かった。
- ・個人種目決勝においては，男女共に%PB平均値が98.9～100.2%，%SB平均値が99.1～100.7%と，自己ベスト記録およびシーズンベスト記録に対する決勝レースのフィニッシュタイム（達成率）が非常に高かった。
- ・リレー種目決勝においても，個人種目同様，男女共%PBおよび%SBの平均値は高かったが，特に，男子4x100mR（%PB：100.5%，%SB：100.9%）

世界選手権ドーハ大会における競技パフォーマンス分析 —男子ハードル種目における予選から決勝にかけての記録の変化に着目して—

柴山一仁¹⁾ 杉本和那美²⁾ 貴嶋孝太³⁾ 森丘保典⁴⁾

1) 仙台大学 2) 弘前大学 3) 大阪体育大学 4) 日本大学

1. はじめに

男子ハードル種目は、110mハードル走（以下110mHと表記する）と、400mハードル走（以下400mHと表記する）の二つであり、これまでの世界大会では特に400mHにおける日本人選手の活躍が顕著である。世界の歴代記録100傑には4名（為末大氏、47秒89, 39位；成迫健児氏、47秒93, 42位；山崎一彦氏、48秒26, 82位；荻部俊二氏、48秒34, 94位）が名を連ねており、1997年の第5回世界陸上競技選手権大会では山崎一彦氏が7位入賞、2001年の第8回と2005年の第10回大会では為末大氏が銅メダルを獲得するなど、400mHは日本人選手が世界トップレベルにおける実績を残している種目である。一方110mHは世界大会における入賞はないものの、2018年から2年連続で日本記録が更新されており、近年急速に日本人選手のレベルが向上している種目である。2019年に開催された世界陸上競技選手権ドーハ大会では、男子ハードルの両種目にお

いて、日本人選手が決勝進出まであと一步のところまで迫る活躍を見せた。110mHでは高山峻野選手（ゼンリン）が予選で全体5番目の記録で準決勝に進むと、その準決勝でもレースの途中まで激しい順位争いを繰り広げた。残念ながら途中でハードルに接触して減速し決勝進出を逃したものの、東京オリンピックにおける活躍が大いに期待されるレース内容であった。400mHでは安部孝駿選手（ヤマダ電機）と豊田将樹選手（法政大）が準決勝に進出し、安部選手が8番目の記録の選手と0.25秒差の全体10位で惜しくも決勝への進出はならなかった。これらのことから、現在の男子ハードル種目における日本人選手は世界のトップ選手と近いレベルにあり、2020年の東京オリンピックにおける活躍が大いに期待される種目である。

本稿では、近年の世界大会における男子ハードル走種目の記録に関する基礎データをもとに、日本代表選手の準備および戦略に役立てられる情報を提示することを目的とする。

表1 過去3大会におけるラウンド毎の出場者数の内訳

| | 地域名 | 2016リオ | | | 2017ロンドン | | | 2019ドーハ | | |
|-------|------|--------|----|----|----------|----|----|---------|----|----|
| | | 決勝 | 準決 | 予選 | 決勝 | 準決 | 予選 | 決勝 | 準決 | 予選 |
| 110mH | アジア | 0 | 0 | 3 | 0 | 2 | 7 | 1 | 3 | 7 |
| | 大洋州 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| | 北米 | 3 | 4 | 6 | 1 | 5 | 5 | 2 | 2 | 3 |
| | 中南米 | 1 | 7 | 10 | 3 | 6 | 10 | 2 | 6 | 10 |
| | 欧州 | 4 | 12 | 17 | 4 | 9 | 14 | 4 | 10 | 15 |
| | 中東 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 | 0 | 1 | 1 |
| | アフリカ | 0 | 2 | 4 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 4 |
| | 合計 | 8 | 25 | 40 | 8 | 24 | 45 | 7 | 22 | 41 |
| 400mH | アジア | 0 | 2 | 5 | 0 | 1 | 5 | 0 | 4 | 5 |
| | 大洋州 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| | 北米 | 2 | 4 | 5 | 2 | 3 | 5 | 2 | 3 | 4 |
| | 中南米 | 1 | 5 | 9 | 2 | 6 | 9 | 1 | 3 | 5 |
| | 欧州 | 2 | 7 | 12 | 2 | 10 | 14 | 2 | 9 | 15 |
| | 中東 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| | アフリカ | 2 | 5 | 15 | 0 | 2 | 4 | 1 | 3 | 7 |
| | 合計 | 8 | 24 | 57 | 6 | 22 | 45 | 6 | 22 | 49 |

単位:[人]

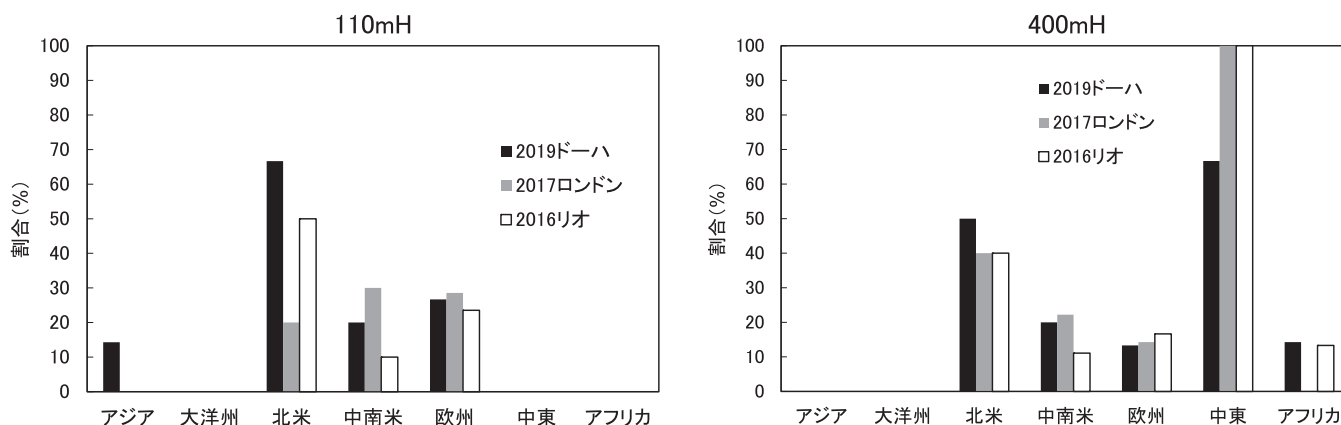


図1 過去3大会におけるエリア毎の全出場者に対する決勝進出者の割合

表2 110mHと400mHの過去3大会の記録水準

| | | 単位:[秒] | | | | | | | | |
|-------|----|---------------------|-------|-------|--------------------|-------|-------|-------------------|-------|-------|
| | | 2016年 リオデジャネイロ五輪 | | | 2017年 ロンドン世界選手権 | | | 2019年 ドーハ世界選手権 | | |
| 110mH | 1位 | 13.05(+0.2) | | | 13.04(±0) | | | 13.10(+0.6) | | |
| | 3位 | 13.24 | | | 13.28 | | | 13.18 | | |
| | 8位 | 13.41(7位) | | | 13.37 | | | 13.87 | | |
| | 準決 | 13.15 | 13.30 | 13.41 | 13.10 | 13.22 | 13.27 | 13.08 | 13.19 | 13.36 |
| | 予選 | 13.27 | 13.52 | 13.70 | 13.16 | 13.41 | 13.58 | 13.15 | 13.45 | 13.76 |
| 400mH | 1位 | 47.73 | | | 48.35 | | | 47.42 | | |
| | 3位 | 47.92 | | | 48.52 | | | 48.03 | | |
| | 8位 | 49.09(7位) | | | 50.07 | | | 49.46 | | |
| | 準決 | 48.26 | 48.50 | 48.85 | 48.35 | 48.74 | 49.13 | 48.28 | 48.47 | 48.72 |
| | 予選 | 48.37 | 49.00 | 49.77 | 49.13 | 49.61 | 50.12 | 49.08 | 49.69 | 50.34 |

※予選、準決勝の記録は、各ラウンドの通過記録のうち最高記録(左)、平均記録(中)と最低記録(右)

2. 男子110mHのレース戦略に関する分析

表1は、男子ハードル種目に関して、2019年と2017年の世界選手権と2016年のオリンピックにおいて、予選、準決勝、決勝それぞれに出場した選手数を、地域ごとに示したものである。110mHに関して、各大会への全ての参加者数は、中南米、欧州で10人以上と多かった。特に多かった国は、欧州ではフランス、イギリスなどであり、中南米ではジャマイカが多かった。他の地域では、アメリカの参加者が多い傾向にあった。これらの国では、陸上競技が盛んであることに加えて、過去の世界大会で金メダルを獲得するなど、長年110mHの強化を進めてきたことによって、参加標準記録を突破する選手が多いと考えられる。また、日本も2019年と2017年に3名ずつ参加しており、近年盛り上がりを見せている。決勝進出者の内訳をみると、主に北米、欧州、

中南米の選手がほとんどであった。図1は、表1と同様の競技会に関して、エリア毎の全出場者に対する決勝進出者の割合を示したものである。前述の3地域に関して、中南米と欧州では参加者数は多いものの、決勝進出者の割合は20から30%程度であったのに対して、北米は2019年と2016年では50%を超えていた。110mHは、歴史的にもアメリカが世界大会で数多くのメダルを獲得している種目であるが、参加者の半分以上が決勝に進出するということは、それだけ熾烈な国内の争いを勝ち抜いた選手が代表を務めている証であろう。

表2は、表1と同様の競技会に関して、男子ハードル種目の1位、3位、8位の記録と、準決勝および予選通過記録を示したものである。2020年の東京オリンピックでも同程度の記録水準であるならば、110mH種目で優勝するためには13秒0台、メダルを獲得するためには13秒1台から2台が必要

表3 過去3大会における110mH決勝進出者の各ラウンドのレース記録推移

| 順位 | 試合 | 選手名 | SB | 予選 | | | 準決勝 | | | 決勝 | | |
|----|------------|-------------------------|-------|----|-------|-------|-----|-------|-------|----|-------|-------|
| | | | | 順位 | 記録 | %SB | 順位 | 記録 | %SB | 順位 | 記録 | %SB |
| 1位 | 2019ドーハ | Grant HOLLOWAY | 12.98 | 1 | 13.22 | 98.2 | 1 | 13.10 | 99.1 | 1 | 13.10 | 99.1 |
| | 2017ロンドン | Omar MCLEOD | 12.90 | 1 | 13.23 | 97.5 | 1 | 13.10 | 98.5 | 1 | 13.04 | 98.9 |
| | 2016リオ | Omar MCLEOD | 12.98 | 1 | 13.27 | 97.8 | 1 | 13.15 | 98.7 | 1 | 13.05 | 99.5 |
| 3位 | 2019ドーハ | Pascal MARTINOT-LAGARDE | 13.24 | 1 | 13.45 | 98.4 | 2 | 13.12 | 100.9 | 3 | 13.18 | 100.5 |
| | 2017ロンドン | Balázs BAJI | 13.15 | 2 | 13.35 | 98.5 | 1 | 13.23 | 99.4 | 3 | 13.28 | 99.0 |
| | 2016リオ | Dimitri BASCOU | 13.12 | 1 | 13.31 | 98.6 | 1 | 13.23 | 99.2 | 3 | 13.24 | 99.1 |
| 8位 | 2019ドーハ | Milan TRAJKOVIC | 13.41 | 2 | 13.37 | 100.3 | 2 | 13.29 | 100.9 | 8 | 13.87 | 96.7 |
| | 2017ロンドン | Hansle PARCHMENT | 13.19 | 2 | 13.42 | 98.3 | 2 | 13.27 | 99.4 | 8 | 13.37 | 98.7 |
| | 2016リオ(7位) | Milan TRAJKOVIC | 13.39 | 3 | 13.59 | 98.5 | 2 | 13.31 | 100.6 | 7 | 13.41 | 99.9 |

単位:SB,記録[秒];%SB[%]

であることがわかる。また、準決勝に進出するためには最低でも13秒7台で走る必要があり、決勝に進出するためには13秒2台から3台が目安となるだろう。

表3は、表1と同様の競技会に関して、1位、3位、8位の選手の予選、準決勝、決勝の各レースにおける記録の推移を示したものである。優勝者は、全てのレースにおいて1着でゴールしていた。また、条件は異なるものの、全ての競技会において、予選、準決勝、決勝とラウンドが進むにつれてレース記録が向上、もしくは前のラウンドと同タイムを示した。加えて、優勝者の当該大会以前のシーズンベスト記録は、唯一の12秒台であった。このことから、優勝者は世界大会開始以前に好記録を保持しており、余裕をもって予選、準決勝を通過することができていたため、決勝でもさらに記録を伸ばすことができたと考えられる。しかし、シーズンベスト記録の100%を超えたレースはみられなかったことから、決勝のレースであってもある程度余裕を持ったレースを展開することができたといえる。表には示していないが、各大会で2着の選手も同様にラウンド毎に記録を向上させていることから、優勝争いをするためには、予選と準決勝において余力をもって通過することが重要であり、高い資格記録を保持して大会に臨むことによって可能となるだろう。

一方、8位(2016年リオオリンピックでは7位)の選手は、予選から準決勝で記録が向上し、準決勝でシーズンベスト記録の100%前後を記録して決勝に進出したものの、決勝では記録が低下した。これは、資格記録が決勝進出できるか微妙なラインであったために、準決勝にパフォーマンスのピークを

合わせた結果、決勝では記録を伸ばせなかったと推察される。表には示していないが、同様の傾向は他の7位の選手にもみられた。また、3位の選手にも8位の選手と同様の傾向がみられたが、表には示していない4~6位の選手では、ラウンド毎の記録の増減は選手によって様々であった。

以上のことから、110mHにおいて目標とする順位の獲得またはラウンドへの進出を果たすためには、次ラウンドでさらに記録を向上させられるだけの余力をもって予選または準決勝に臨む必要があるだろう。そのためにはより良い資格記録を保持しておく必要がある、目標とする大会までのシーズンの過ごし方が非常に重要と考えられる。

3. 男子400mHのレース戦略に関する分析

表1から、400mHでは主に中南米、欧州、アフリカの参加者が多い傾向にあるが、2019年と2017年の世界選手権では欧州以外は多くの地域で5人前後が参加していた。図1から決勝進出者の内訳をみると、110mHと同様に北米では40%前後の高い水準を示し、中南米と欧州では20%前後の水準を示した。一方、110mHとは異なり、出場者数は少ないものの中東の割合が非常に高く、出場者のほぼ全員が決勝に残っていた。これは、Abderrahman Samba選手(QAT)と、Yasmani Copello選手(TUR)が安定して高いパフォーマンスを発揮したことによるものである。アフリカからも2019年と2016年に決勝に進出していることから、400mHでは110mHに比べて多くの国と地域から、トップレベルの選手が排出されているといえるだろう。

表4 過去3大会における400mH決勝進出者の各ラウンドのレース記録推移

| 順位 | 試合 | 選手名 | SB | 予選 | | | 準決勝 | | | 決勝 | | |
|----|------------|----------------------|-------|----|-------|-------|-----|-------|-------|----|-------|-------|
| | | | | 順位 | 記録 | %SB | 順位 | 記録 | %SB | 順位 | 記録 | %SB |
| 1位 | 2019ドーハ | Karsten Warholm | 46.92 | 1 | 49.27 | 95.2 | 1 | 48.28 | 97.2 | 1 | 47.42 | 98.9 |
| | 2017ロンドン | Karsten WARHOLM | 48.25 | 2 | 49.50 | 97.5 | 2 | 48.43 | 99.6 | 1 | 48.35 | 99.8 |
| | 2016リオ | Kerron CLEMENT | 48.40 | 3 | 49.17 | 98.4 | 1 | 48.26 | 100.3 | 1 | 47.73 | 101.4 |
| 3位 | 2019ドーハ | Abderrahman Samba | 47.27 | 1 | 49.08 | 96.3 | 2 | 48.72 | 97.0 | 3 | 48.03 | 98.4 |
| | 2017ロンドン | Kerron CLEMENT | 48.02 | 1 | 49.46 | 97.1 | 1 | 48.35 | 99.3 | 3 | 48.52 | 99.0 |
| | 2016リオ | Yasmani COPELLO | 48.42 | 1 | 49.52 | 97.8 | 3 | 48.61 | 99.6 | 3 | 47.92 | 101.0 |
| 8位 | 2019ドーハ | Abdelmalik Lahoulou | 48.95 | 3 | 49.54 | 98.8 | 2 | 48.39 | 101.2 | 8 | 49.46 | 99.0 |
| | 2017ロンドン | Kariem HUSSEIN | 48.79 | 5 | 50.12 | 97.3 | 2 | 49.13 | 99.3 | 8 | 50.07 | 97.4 |
| | 2016リオ(7位) | Aron Kipchumba KOECH | 48.99 | 1 | 48.77 | 100.5 | 2 | 48.49 | 101.0 | 7 | 49.09 | 99.8 |

単位:SB, 記録[秒];%SB[%]

表2に示した記録水準から、2020年の東京オリンピックにおいて400mHで優勝するためには47秒台中盤が必要であるが、現在の競技レベルの急激な向上を考えると、さらに高い記録になる可能性もある。同様に、メダルを獲得するためには47秒後半～48秒前半が必要である。また、準決勝に進出するためには49秒台、決勝に進出するためには48秒台が目安となるだろう。

表4は、400mHにおける1位、3位、8位の選手の予選、準決勝、決勝の各レースにおける記録の推移を示したものである。優勝者は、110mHと同様に、ラウンドが進むにつれてレース記録が向上した。特に2019年の世界選手権では、優勝したKarsten Warholm選手(NOR)と、表には示していないが2位のRai Benjamin選手(USA)は、レース毎に約2%、記録にして約1秒ずつ向上していた。両者に共通しているのは、2019年の8月に開催されたDiamond leagueのZürich大会において、歴代2位、3位タイとなる46秒台を記録したことである。資格記録が他の選手に比べて高かったことにより、予選(約95%)と準決勝(約97%)を余力をもって通過するとともに、決勝でもシーズンベスト記録の約99%の記録で優勝や2位を獲得することができたと考えられる。400mHは最大下の疾走スピード、努力度における運動であることから、これらの余裕が安定したレース展開につながったといえるだろう。

一方、8位(2016年リオオリンピックでは7位)の選手は、110mHと同様に、予選から準決勝で記録が向上し、準決勝でシーズンベスト記録の100%前後を記録して決勝に進出したものの、決勝では記録が低下した。この要因として、110mHと同様に準決

勝にパフォーマンスのピークを合わせたことが考えられる。3位から7位に関しても、110mHと同様に選手によってラウンド毎の記録変動は様々であったが、110mHと比較して予選、準決勝、決勝と記録を向上させていた選手が多くみられた(110mH:2019年6名中2名,2017年8名中2名,2016年7名中4名;

400mH:2019年8名中7名,2017年8名中3名,2016年7名中5名)。これは、400mHでは110mHとは異なり、レースによって歩数を切り替えるインターバルを変更することができるなど、ピッチだけでなくストライドの変化によってレースパターンをコントロールすることができたためと考えられる。

以上のことから、400mHにおいて目標とする順位の獲得またはラウンドへの進出を果たすためには、110mHと同様に次ラウンドでさらに記録を向上させられるだけの余力をもつことが重要であるが、歩数の選択を考慮して、レース展開をコントロールすることが重要といえるだろう。

4. まとめ

本稿では、近年の世界大会における男子ハードル走種目の記録に関する基礎データをもとに、日本代表選手の準備および戦略に役立てられる情報を提示することを目的とした。過去3大会の結果をもとに、優勝、メダル獲得、決勝進出、準決勝進出に必要なレース記録の目安を提示することができた。110mHと400mHの優勝者に共通した特徴として、予選から準決勝、決勝とラウンドが進むにつれてレース記録が向上していた。したがって、本稿で提示した通過記録や順位決定記録に対する自己記録の位置づけを

考慮して，予選，準決勝の戦略を組み立てることが重要であろう．特に 400mH では，歩数の変化を考慮に入れる必要がある．

世界選手権ドーハ大会における競技パフォーマンス分析
— 女子ハードル種目における予選から決勝にかけての記録の変化に着目して —

杉本和那美¹⁾ 柴山一仁²⁾ 貴嶋孝太³⁾ 森丘保典⁴⁾
1) 弘前大学 2) 仙台大学 3) 大阪体育大学 4) 日本大学

1. はじめに

女子ハードル種目は、100m ハードル走（以下、100 m Hとする）と400m ハードル走（以下、400mHとする）の二つである。100mHは2016年にKendra Harrison選手（アメリカ）が12.20秒の世界記録を、400mHは世界記録保持者のDalilah Muhammad選手（アメリカ）が、2019年ドーハで開催された世界選手権決勝において自己記録を更新し52.16秒の世界記録を樹立しており、近年、女子ハードル種目の競技力が高まっている。一方、国内における競技力は、100mHにおいて寺田明日香選手（パソナグループ）が12.97秒で19年ぶりに日本記録を更新し、2017年ロンドン世界選手権で準決勝進出を果たした木村文子選手（エディオン）とともに2名が世界選手権に出場した。加えて、日本歴代10位（13.18秒）以内に入る選手が3名おり、国内の競技力も高まっている。400mHにおいては、2011年に久保倉里美氏が55.34秒の日本記録を樹立した後は、55秒台に迫る選手が表れておらず世界大会から遠のいている。

本稿では、近年の世界大会における女子ハードル走種目の記録に関する基礎データと、日本代表選手の準備および戦略に役立てられる情報を提示することを目的とする。

2. 100mH

2-1. 出場者の国およびエリア別の分布および資格記録

ドーハ世界選手権における女子100mHに出場した選手は38名であった。図1は、出場者の国およびエリア陸連（以下、エリア）別の分布を示したものである。出場国は25ヶ国で、ジャマイカが4名、フィンランド、フランス、アメリカ、オーストラリアが

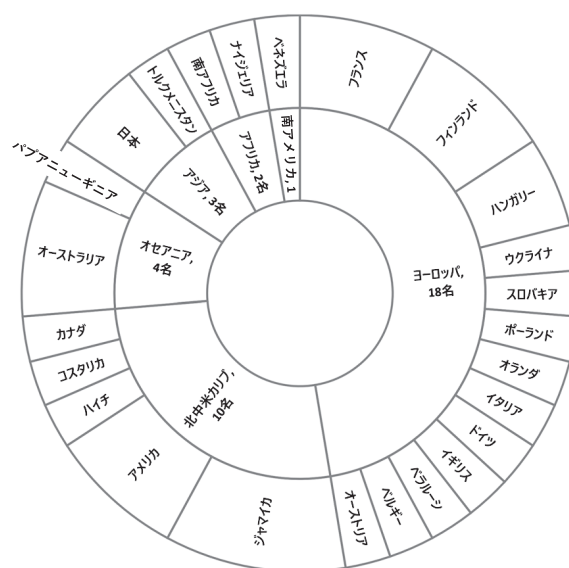


図1 女子100mH 出場者の国およびエリア別の分布

3名、日本とハンガリーが2名、その他の国が各1名であった。エリア別にみると、ヨーロッパが13か国（18名）、北中米カリブが5か国（10名）、オセアニア、アジア、アフリカが各2か国（それぞれ4名、3名、2名）、南アメリカが1か国（1名）であり、ヨーロッパおよび北中米カリブの出場者が多かった。

資格記録は、参加標準記録の12.98秒を切って出場している者は28名であった。その内訳は、Danielle Williams選手（ジャマイカ）が持つ12.32秒が最も高く、続いて12.4秒台が3名、12.5秒台が1名、12.6秒台が2名、12.7秒台が8名、12.8秒台が5名、12.9秒台が8名であった。資格記録が12.6秒台までの7名のうちジャマイカとアメリカが3名ずつであり、北中米カリブエリアの競技力が高かった。

2-2. 決勝進出者のパフォーマンス (PB, SB, %

表1 女子 100mH 決勝進出者のパフォーマンスと PB, SB に対する割合

| 順位 | 選手名 | PB | SB | 予選 | | | 準決勝 | | | 決勝 | | |
|----|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | 記録 | %PB | %SB | 記録 | %PB | %SB | 記録 | %PB | %SB |
| 1 | Nia Ali | 12.48 | 12.55 | 12.59 | 99.1 | 99.7 | 12.44 | 100.3 | 100.9 | 12.34 | 101.1 | 101.7 |
| 2 | Kendra Harrison | 12.20 | 12.43 | 12.55 | 97.2 | 99.0 | 12.58 | 97.0 | 98.8 | 12.46 | 97.9 | 99.8 |
| 3 | Danielle Williams | 12.32 | 12.32 | 12.51 | 98.5 | 98.5 | 12.41 | 99.3 | 99.3 | 12.47 | 98.8 | 98.8 |
| 4 | Tobi Amusan | 12.49 | 12.49 | 12.48 | 100.1 | 100.1 | 12.48 | 100.1 | 100.1 | 12.49 | 100.0 | 100.0 |
| 5 | Andrea Carolina Vargas | 12.75 | 12.75 | 12.68 | 100.6 | 100.6 | 12.65 | 100.8 | 100.8 | 12.64 | 100.9 | 100.9 |
| 6 | Nadine Visser | 12.71 | 12.72 | 12.75 | 99.7 | 99.8 | 12.62 | 100.7 | 100.8 | 12.66 | 100.4 | 100.5 |
| 7 | Janeek Brown | 12.40 | 12.40 | 12.61 | 98.3 | 98.3 | 12.62 | 98.3 | 98.3 | 12.88 | 96.3 | 96.3 |
| | Megan Tapper | 12.63 | 12.63 | 12.78 | 98.8 | 98.8 | 12.61 | 100.2 | 100.2 | DNF | | |

単位：PB、SB、記録 [秒]；%PB、%SB [%]

表2 女子 100mH における過去 3 世界大会の記録水準

単位：[秒]

| | 2016年 | | 2017年 | | 2019年 | |
|----|------------|-------|--------------|-------|--------------|-------|
| | リオデジャネイロ五輪 | | ロンドン世界選手権 | | ドーハ世界選手権 | |
| 1位 | 12.48 (±0) | | 12.59 (+0.1) | | 12.34 (+0.3) | |
| 3位 | 12.61 | | 12.72 | | 12.47 | |
| 8位 | 12.89 | | 13.04 | | 12.88 (7位) | |
| 準決 | 12.64 | 12.77 | 12.71 | 12.85 | 12.44 | 12.62 |
| 予選 | 12.85 | 13.04 | 12.97 | 13.15 | 12.78 | 13.14 |

※予選、準決勝の記録は、各ラウンドの着順通過最低記録のうち最高記録（左）と最低記録（右）

PB, % SB)

表1は、決勝進出者のパフォーマンスとして各ラウンドの記録と大会以前の自己記録（以下、PBとする）およびシーズン記録（以下、SBとする）に対するその割合を示したものである。決勝記録は、12.34秒から12.88秒であり、4名がPBをマークした。PBをマークし優勝したNia Ali選手（アメリカ）は、準決勝でも12.44秒のPB（100.3%PB）をマークしていた。その他のPBをマークした4～6位の選手は、優勝者と同様に準決勝においてもPBもしくはPBに近い記録をマークしていた。2、3位の選手はどのラウンドにおいてもPBを更新していないものの、4～6位の選手に比べPB、SBが高かった。以上のことから、より上位に入賞するには準決勝、決勝とPBに近い記録を出すこと、メダル獲得には高いPB、SBを有すること、優勝するには更に高いPBを上回る記録が求められる。

2-3. 予選、準決勝、決勝にみられる競技力の推移

表2は、過去3世界大会の記録水準をラウンド毎に示したものである。2019年ドーハ世界選手権の1位、3位、8位および準決勝の記録をみると、どれも過去2大会よりも高く、競技力が高まっていることが推測される。予選および準決勝の着順位通過最低記録は、各ラウンドにおける着順位通過者の各組の最低記録の最高値と最低値を示している。例え

ば2019年ドーハ世界選手権では、予選が5組あり、各組の4着までと5着以下の記録上位4名が準決勝に進出できる。したがって各組の4着、つまり5名の記録で1番目の記録と5番目の記録が着順位通過最低記録の最高値と最低値となる。準決勝に進出するには、13.0～1秒台が、決勝に進出するには12.6～7秒台が求められる。

3. 400mH

3-1. 出場者の国およびエリア別の分布および資格記録

ドーハ世界選手権における女子400mHに出場した選手は39名であった。図2は、出場者の国およびエリア別の分布を示したものである。出場国は26ヶ国で、アメリカが4名、オーストラリア、イタリア、ジャマイカが3名、ベルギー、イギリス、ロシアが2名、その他の国が各1名であった。エリア別にみると、ヨーロッパが11か国（17名）、北中米カリブが7か国（12名）、オセアニアが3か国（4名）、アジア、アフリカ、南アメリカが各2か国（各2名）であり、ヨーロッパおよび北中米カリブエリアの出場者が多かった。

資格記録は、参加標準記録の56.00秒を切って出場している者は35名であった。その内訳は、世界記録保持者のDalilah Muhammad選手（アメリカ）

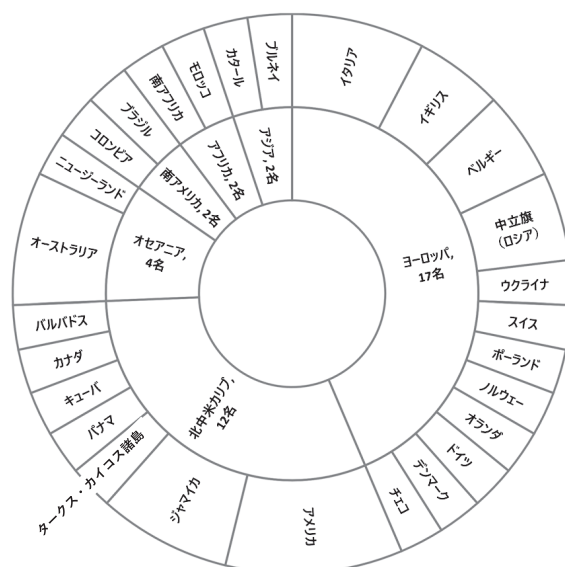


図2 女子 400mH 出場者の国およびエリア別の分布

表3 女子 400mH 決勝進出者のパフォーマンスと PB, SB に対する割合

| 順位 | 選手名 | PB | SB | 予選 | | | 準決勝 | | | 決勝 | | |
|----|-------------------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | 記録 | %PB | %SB | 記録 | %PB | %SB | 記録 | %PB | %SB |
| 1 | Dalilah Muhammad | 52.20 | 52.20 | 54.87 | 95.1 | 95.1 | 53.91 | 96.8 | 96.8 | 52.16 | 100.1 | 100.1 |
| 2 | Sydney McLaughlin | 52.75 | 52.85 | 54.45 | 96.9 | 97.1 | 53.81 | 98.0 | 98.2 | 52.23 | 101.0 | 101.2 |
| 3 | Rushell Clayton | 54.16 | 54.16 | 55.23 | 98.1 | 98.1 | 54.17 | 100.0 | 100.0 | 53.74 | 100.8 | 100.8 |
| 4 | Lea Sprunger | 54.29 | 55.13 | 54.98 | 98.7 | 100.3 | 54.52 | 99.6 | 101.1 | 54.06 | 100.4 | 102.0 |
| 5 | Zuzana Hejnová | 52.83 | 54.11 | 55.33 | 95.5 | 97.8 | 54.41 | 97.1 | 99.4 | 54.23 | 97.4 | 99.8 |
| 6 | Ashley Spencer | 53.11 | 53.11 | 55.28 | 96.1 | 96.1 | 54.42 | 97.6 | 97.6 | 54.45 | 97.5 | 97.5 |
| 7 | Anna Ryzhykova | 54.35 | 54.64 | 55.11 | 98.6 | 99.1 | 54.45 | 99.8 | 100.3 | 54.45 | 99.8 | 100.3 |
| 8 | Sage Watson | 54.52 | 55.16 | 55.57 | 98.1 | 99.3 | 54.32 | 100.4 | 101.5 | 54.82 | 99.5 | 100.6 |

単位：PB、SB、記録 [秒] ; %PB、%SB [%]

が持つ 52.20 秒が最も高く、52 秒台は彼女を含む 2 名、53 秒台が 1 名、54 秒台が 7 名、55 秒台前半 (55.50 秒未満) が 10 名、55 秒台後半 (55.50 秒～55.99 秒) が 15 名であった。資格記録が 53 秒台までの 3 名はアメリカの選手であり、54 秒台の 7 名のうち 2 名がアメリカが加盟する北中米カリブエリアの選手であった。このことから、400mH は北中米カリブエリアの競技力が高く、中でもアメリカが特に高い競技力を有していた。

3-2. 決勝進出者のパフォーマンス (PB, SB, %PB, %SB)

表 3 は、決勝進出者のパフォーマンスとして各ラウンドの記録と大会以前の PB および SB に対するその割合を示したものである。決勝記録は、52.16 秒から 54.82 秒であり、優勝記録は Muhammad 選手が PB を更新し世界新記録を樹立、2 位～4 位の選手も PB をマークし、4 位の Lea Sprunger 選手 (スイス) の 54.06 秒はスイス新記録であった。SB をマークした選手は、7 位の Anna Ryzhykova 選手 (ウクライナ) で、彼女は準決勝でも決勝と同じ 54.45 秒を

マークしていた。準決勝の記録をみると、優勝者は 53.91 秒と準決勝において 2 番目の記録をマークしているが、SB の 96.8% と他の選手と比べ低かった。予選においても同様であり、優勝者は余裕を持ってラウンドを進め、決勝で最大のパフォーマンスを発揮していたと考えられる。この傾向は 2 位の Sydney McLaughlin 選手 (アメリカ) にもみられた。3～8 位の選手をみると、準決勝で 54.17 秒から 54.52 秒と 0.35 秒以内に 6 名の混戦であり、SB に対する割合は 53 秒台の SB を持つ Ashley Spencer 選手 (アメリカ) を除いた全ての選手が SB もしくは SB に近い記録でありハイレベルなラウンドであった。決勝では、更にその記録を更新した者がより上位に入賞していた。これらのことから、より上位に入賞するには準決勝で SB に近い記録を出し、決勝ではそれを上回る記録が求められ、優勝するにはより高い資格記録を有するとともに決勝で最大のパフォーマンスが求められる。

3-3. 予選, 準決勝, 決勝にみられる競技力の推移

表 4 は、過去 3 世界大会の記録水準をラウンド毎

表4 女子 400mH における過去 3 世界大会の記録水準

単位：[秒]

| | 2016年 | | 2017年 | | 2019年 | |
|----|------------|-------|-----------|-------|----------|-------|
| | リオデジャネイロ五輪 | | ロンドン世界選手権 | | ドーハ世界選手権 | |
| 1位 | 53.13 | | 53.07 | | 52.16 | |
| 3位 | 53.72 | | 53.74 | | 53.74 | |
| 8位 | 54.61 | | 55.71 | | 54.82 | |
| 準決 | 53.89 | 54.99 | 54.59 | 55.05 | 53.81 | 54.52 |
| 予選 | 54.88 | 56.61 | 54.59 | 56.54 | 54.45 | 56.37 |

※予選、準決勝の記録は、各ラウンドの着順通過最低記録のうち最高記録（左）と最低記録（右）

表5 Dalilah Muhammad 選手のレース分析

| 大会名 | 記録 | 区間→ | S-H1 | H1-2 | H2-3 | H3-4 | H4-5 | H5-6 | H6-7 | H7-8 | H8-9 | H9-10 | H10-F |
|----------------------------|-----------------|-------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 世界選手権 (2019年10月4日) | 52.16 (世界記録) | 通過タイム (sec) | 6.19 | 10.11 | 14.23 | 18.49 | 22.86 | 27.24 | 31.72 | 36.39 | 41.21 | 46.23 | 52.16 |
| | | 区間タイム (sec) | 6.19 | 3.92 | 4.12 | 4.25 | 4.37 | 4.39 | 4.47 | 4.67 | 4.82 | 5.02 | 5.93 |
| | | 区間速度 (m/s) | 7.27 | 8.93 | 8.49 | 8.23 | 8.01 | 7.98 | 7.83 | 7.49 | 7.26 | 6.97 | 6.74 |
| | | 歩数 | | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 16 | 16 |
| ゴールデングランプリ (2019年5月19日) | 53.88 | 通過タイム (sec) | 6.21 | 10.23 | 14.51 | 18.94 | 23.47 | 28.16 | 32.75 | 37.49 | 42.46 | 47.80 | 53.88 |
| | | 区間タイム (sec) | 6.21 | 4.02 | 4.29 | 4.42 | 4.54 | 4.69 | 4.59 | 4.74 | 4.97 | 5.34 | 6.08 |
| | | 区間速度 (m/s) | 7.25 | 8.70 | 8.16 | 7.92 | 7.71 | 7.47 | 7.63 | 7.39 | 7.04 | 6.56 | 6.58 |
| | | 歩数 | | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 16 | 16 | |

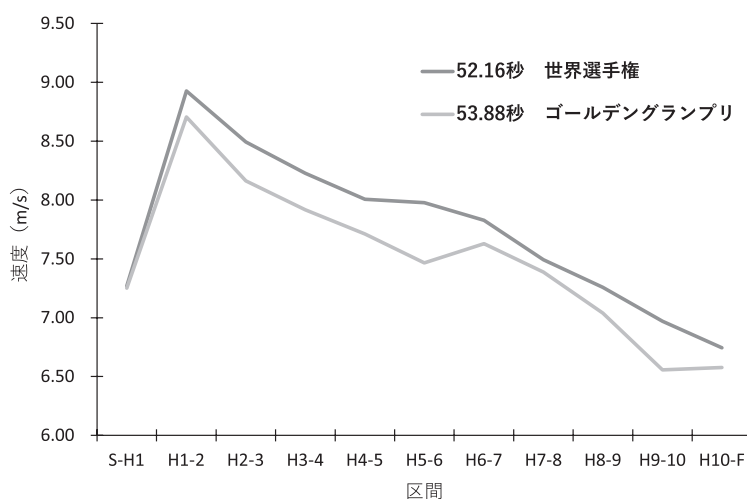


図3 Dalilah Muhammad 選手の 400mH における区間速度の変化

に示したものである。2019年ドーハ世界選手権の1位の記録をみると、2016年リオデジャネイロ五輪より約1秒も記録が高くなっているが、3位は53.7秒台、8位は54.6～8秒台で入賞している。準決勝に進出するには56秒前半、決勝に進出するには54秒台が求められる。

3-4. Dalilah Muhammad 選手（世界記録保持者）のレース分析

表5は、Dalilah Muhammad 選手の2019年ドーハ世界選手権決勝において世界記録マークしたレース（52.16秒）と、日本国内で出場したセイコーゴールデングランプリ2019大阪大会決勝（以下、GGP

とする）のレース（53.88秒）を分析したもので、図3は、その2レースにおける区間速度の変化を示したものである。スタートから1台目（S-H1）は、両レースともに6.20秒前後で入っているが、1から2台目（H1-2）で世界選手権は3秒台の区間タイムを出し、より高い区間速度を得ていた。その後はゴールまで速度が低下し続けたが、GGPの各区間速度よりも高い値で推移していた。また、最大区間速度（H1-2）に対して9から10台目（H9-10）の区間速度の比率は、世界選手権で78.1%、GGPで75.3%であり、世界選手権の方がより区間速度の低下を抑えた走りであった。歩数は、両レースとも変わらず、8台目まで15歩、その後は16歩であった。これらのこと

から、GGPより世界選手権ではピッチをより高めることで速度を向上させ、ゴールまで速度は低下するものの、その低下を抑え、より高い速度でレースを終えたことが世界記録につながったと考えられる。

4. まとめ

本稿では、近年の世界大会における女子ハードル走種目の記録に関する基礎データと、日本代表選手の準備および戦略に役立てられる情報を提示することを目的とした。過去3大会の結果をもとに、優勝、メダル獲得、決勝進出、準決勝進出に必要な記録の目安を提示することができた。100mHと400mHの優勝者に共通した特徴として、予選から準決勝、決勝とラウンドが進むにつれて記録が向上し、決勝では自己記録を更新していた。本稿で提示した各ラウンドの通過記録と自己記録を考慮し、予選、準決勝の戦略を組み立てることが重要であろう。

世界選手権ドーハ大会における競技パフォーマンス分析 —中長距離種目における記録水準と強豪国—

榎本靖士¹⁾

1) 筑波大学

1. はじめに

近年の世界大会におけるパフォーマンス向上は記録ばかりでなくレースにおけるペース配分やラストスパートに現れているようである。日本人選手がレース序盤からスピードに対応できない場合と中盤以降のペースアップあるいはスパートに対応できない場合が考えられる。今年度10月に開催されたドーハ世界選手権では中長距離種目で多くの大会記録(CR), 国の記録(NR), 自己ベスト(PB), シーズンベスト(SB)が樹立され, これまで以上にハイレベルなレースが多くみられた。これらを, 今後の国際大会における競技力の特徴を想定し戦略を立てる際に役立つ資料とするとともに日本人選手の長期育成に資することを目的として, データで検証する。データは世界陸連のオフィシャルサイトより入手したものである。

2. 中距離種目

表1は, 男子800m決勝の結果である。Brazier選手(アメリカ)が自己ベスト, 大会新記録で優

勝した。1周目をVázquez選手(プエルトリコ)が48秒99で通過し, Brazier選手が2番手で49秒21, 8番手が51秒21とかなり縦長の展開であった。Rudisha選手(ケニア)がロンドンオリンピック決勝において世界記録を樹立したときは49秒28であったので, 今回の1周目の通過が速かったことがわかる。2位のTuka選手(ボスニアヘルツェゴビナ)はSB, 4位のHoppel選手(アメリカ)はPBであった。上位進出が期待されていたMurphy選手(アメリカ)が大きく失速してしまい%PBと%SBがそれぞれ95.4%と96.4%と悪かったものの, 入賞選手の平均がそれぞれ98.9%と99.1%であった。Murphy選手を抜くと99.4%と99.5%で非常に高かった。男子800mは競技記録がほぼ100秒ほどであるので, ほとんどの選手が決勝においてPBあるいはSBから1.0秒以内で走っていたことになる。入賞者の平均年齢は24.1歳, 最高はRotich選手(ケニア)の30歳, 最低はBen選手(スペイン)とArop選手(カナダ)の21歳であった。

表2は, 女子800m決勝の結果である。Nakaayi選手(ウガンダ)がウガンダ記録で優勝した。スタートから優勝候補のWilson選手(アメリカ)が

表1 ドーハ世界選手権男子800m決勝結果

| 順位 | 選手 | 国 | 記録 | | %PB | %SB |
|----|---------------------------|-----|---------|----|-------|-------|
| 1 | Donavan Brazier | USA | 1:42.34 | CR | 100.4 | 100.4 |
| 2 | Amel Tuka | BIH | 1:43.47 | SB | 99.1 | 100.1 |
| 3 | Ferguson Cheruiyot Rotich | KEN | 1:43.82 | | 98.8 | 98.8 |
| 4 | Bryce Hoppel | USA | 1:44.25 | PB | 100.2 | 100.2 |
| 5 | Wesley Vázquez | PUR | 1:44.48 | | 99.4 | 99.4 |
| 6 | Adrián Ben | ESP | 1:45.58 | | 99.4 | 99.4 |
| 7 | Marco Arop | CAN | 1:45.78 | | 98.6 | 98.6 |
| 8 | Clayton Murphy | USA | 1:47.84 | | 95.4 | 96.4 |

表2 ドーハ世界選手権女子 800 m決勝結果

| 順位 | 選手 | 国 | 記録 | | %PB | %SB |
|----|---------------------|-----|---------|----|-------|-------|
| 1 | Halimah Nakaayi | UGA | 1:58.04 | NR | 100.3 | 101.1 |
| 2 | Raevyn Rogers | USA | 1:58.18 | SB | 99.6 | 100.4 |
| 3 | Ajee Wilson | USA | 1:58.84 | | 97.3 | 99.1 |
| 4 | Winnie Nanyondo | UGA | 1:59.18 | | 99.5 | 99.7 |
| 5 | Eunice Jepkoech Sum | KEN | 1:59.71 | | 97.7 | 99.4 |
| 6 | Natoya Goule | JAM | 2:00.11 | | 96.7 | 98.2 |
| 7 | Rababe Arafı | MAR | 2:00.48 | | 97.5 | 99.6 |
| 8 | Ce'Aira Brown | USA | 2:02.97 | | 96.0 | 97.4 |

表3 ドーハ世界選手権男子 1500 m決勝結果

| 順位 | 選手 | 国 | 記録 | | %PB | %SB |
|----|---------------------|-----|---------|----|-------|-------|
| 1 | Timothy Cheruiyot | KEN | 3:29.26 | | 99.6 | 99.8 |
| 2 | Taoufik Makhloufi | ALG | 3:31.38 | SB | 98.8 | 100.2 |
| 3 | Marcin Lewandowski | POL | 3:31.46 | NR | 100.2 | 100.2 |
| 4 | Jakob Ingebrigtsen | NOR | 3:31.70 | | 99.3 | 99.3 |
| 5 | Jake Wightman | GBR | 3:31.87 | PB | 101.0 | 101.2 |
| 6 | Josh Kerr | GBR | 3:32.52 | PB | 100.5 | 100.5 |
| 7 | Ronald Kwemoi | KEN | 3:32.72 | SB | 98.2 | 100.6 |
| 8 | Matthew Centrowitz | USA | 3:32.81 | SB | 98.9 | 101.9 |
| 9 | Kalle Berglund | SWE | 3:33.70 | NR | 100.6 | 100.6 |
| 10 | Craig Engels | USA | 3:34.24 | | 99.9 | 99.9 |
| 11 | Neil Gourley | GBR | 3:37.30 | | 99.4 | 99.4 |
| 12 | Youssef Hiss Bachir | DJI | 3:38.00 | | 99.0 | 99.4 |

飛び出し、1周目の通過はGoule選手（ジャマイカ）が代わって通過し57秒96、バックストレートでWilson選手が再び先頭に立ち、このまま逃げ切るかと思われたが、最後の直線でNakaayi選手が抜いて優勝。Wilson選手はRogers選手（アメリカ）にも抜かれ3位になった。2位のRogers選手はSBであった。PBであったのはNakaayi選手のみ、SBもNakaayi選手とRogers選手のみであった。平均の%PBと%SBは98.1%と99.4%と、男子同様に8位のBrown選手（アメリカ）がやや離れてしまっているが、全体として今シーズンの良い記録で走っていた。入賞者の平均年齢は26.1歳で、最高がSum選手（ケニア）の31歳、最低がRogers選手の23歳であった。

表3は、男子1500m決勝の結果である。Cheruiyot選手（ケニア）がスタート直後からハイ

ペースで先導し、一度も先頭を譲ることなく逃げ切って3分29秒26の好タイムで優勝した。400mの通過タイムは55秒01、800mと1200mの通過タイム（ラップタイム）は、それぞれ1分51秒74（56秒73）と2分48秒22（56秒48）で、ラスト300mは41秒04であった。2位以下も好記録で、NRが2名、PBが4名、SBが7名であった。12名の平均の%PBと%SBは、それぞれ99.6%と100.2%であり、12名中7名の選手が今シーズンのベストであった。Cheruiyot選手は23歳、入賞者の最年長は3位Lewandowski選手（ポーランド）の32歳、最年少は4位Ingebrigtsen選手（ノルウェー）の19歳で、平均は25.6歳であった。

表4は、女子1500m決勝の結果である。Hassan選手（オランダ）が200m過ぎに先頭に立ち、そこからは先頭を譲ることなく逃げ切って3分51秒95

表4 ドーハ世界選手権女子 1500 m決勝結果

| 順位 | 選手 | 国 | 記録 | | %PB | %SB |
|----|--------------------------|-----|---------|----|-------|-------|
| 1 | Sifan Hassan | NED | 3:51.95 | CR | 101.4 | 101.4 |
| 2 | Faith Kipyegon | KEN | 3:54.22 | NR | 100.9 | 102.1 |
| 3 | Gudaf Tsegay | ETH | 3:54.38 | PB | 101.3 | 101.3 |
| 4 | Shelby Houlihan | USA | 3:54.99 | AR | 101.0 | 102.0 |
| 5 | Laura Muir | GBR | 3:55.76 | SB | 99.8 | 100.4 |
| 6 | Gabriela DeBues-Stafford | CAN | 3:56.12 | NR | 101.5 | 101.5 |
| 7 | Winnie Chebet | KEN | 3:58.20 | PB | 100.4 | 100.7 |
| 8 | Jenny Simpson | USA | 3:58.42 | SB | 99.5 | 100.6 |
| 9 | Rababe Araf | MAR | 3:59.93 | | 99.5 | 99.5 |
| 10 | Ciara Mageean | IRL | 4:00.15 | PB | 100.4 | 100.4 |
| 11 | Winnie Nanyondo | UGA | 4:00.63 | | 99.6 | 99.6 |
| 12 | Nikki Hiltz | USA | 4:06.68 | | 97.9 | 97.9 |

表5 ドーハ世界選手権の中長距離種目における優勝, 3位, 8位および決勝進出の最低記録

| | | 800 | 1500 | 3000SC | 5000 | 10000 |
|---|---|----------------|----------------|----------------|-----------------|----------|
| M | 1 | 1:42.34 | 3:29.26 | 8:01.35 | 12:58.85 | 26:48.36 |
| | 3 | 1:43.82 | 3:31.46 | 8:03.76 | 13:01.11 | 26:50.32 |
| | 8 | 1:47.84 | 3:32.81 | 8:09.33 | 13:05.27 | 27:10.76 |
| | Q | 1:45.95 | 3:36.85 | 8:22.51 | 13:25.95 | |
| W | 1 | 1:58.04 | 3:51.95 | 8:57.84 | 14:26.72 | 30:17.62 |
| | 3 | 1:58.84 | 3:54.38 | 9:03.30 | 14:28.43 | 30:25.20 |
| | 8 | 2:02.97 | 3:58.42 | 9:13.53 | 14:45.00 | 31:05.71 |
| | Q | 2:00.33 | 4:01.52 | 9:30.01 | 15:08.82 | |

※太字は大会新記録を示している

の大会新記録で優勝した。これは Hassan 選手の PB でもあった。400 m の通過タイムは 63 秒 53, 800 m と 1200 m の通過タイム (ラップタイム) は、それぞれ 2 分 05 秒 95 (62 秒 42) と 3 分 07 秒 41 (61 秒 46) で、ラスト 300 m は 44 秒 54 であった。2 位以下もエリア記録 (AR) が 1 名, NR が 3 名, PB が 6 名, SB が 8 名であった。12 名の平均 %PB と %SB は 100.3% と 100.6% であり、12 名中 7 名が PB で、上位 8 名は全員がシーズンベストであった。Hassan 選手は 26 歳, 入賞者の最年長は 8 位 Simpson 選手 (アメリカ) の 33 歳, 最年少は 3 位 Tsegay 選手 (エチオピア) 22 歳で、平均は 26.3 歳であった。

表 5 は、男女の中長距離種目における優勝, 3 位, 8 位, 決勝進出最低記録を示したものである。男子 800 m では 8 位記録は 1 分 47 秒 84 と低かったものの、決勝進出最低記録は 1 分 45 秒 95 であった。準決勝はとくに戦略的になるため、記録のみでは判断できないが、参加標準記録 (1 分 45 秒 80) と同等の記録であったことは参加選手のすべてに決勝進出の可能性があったと言える。女子 800 m でも男子同様に 8 位記録は 2 分 02 秒 97 であったが、決勝進出最低記録は 2 分 00 秒 33 と参加標準記録 (2 分 00 秒 60) と同等であった。男子 1500 m では参加標準記録が 3 分 36 秒 00 に対して決勝進出最低記録が 3

表6 中距離種目において準決勝進出者の国別人数分布

| | M800 | W800 | M1500 | W1500 | 計 |
|-----|------|------|-------|-------|----|
| ALG | 1 | 0 | 1 | 0 | 2 |
| AUS | 0 | 1 | 2 | 3 | 6 |
| BEL | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| BEN | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| BIH | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| BLR | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| CAN | 2 | 1 | 0 | 1 | 4 |
| CHN | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| CUB | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| CZE | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| DJI | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 |
| ESP | 2 | 0 | 2 | 2 | 6 |
| ETH | 0 | 1 | 2 | 2 | 5 |
| FRA | 1 | 1 | 1 | 0 | 3 |
| GBR | 3 | 2 | 3 | 2 | 10 |
| GER | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 |
| IRL | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| JAM | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| KEN | 3 | 1 | 2 | 2 | 8 |
| LAT | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| MAR | 2 | 2 | 1 | 2 | 7 |
| NED | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| NOR | 0 | 1 | 2 | 0 | 3 |
| POL | 1 | 1 | 1 | 0 | 3 |
| PUR | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| QAT | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| ROU | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| RSA | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| SWE | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 |
| TUN | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| UGA | 0 | 2 | 1 | 1 | 4 |
| UKR | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 |
| USA | 4 | 3 | 3 | 3 | 13 |

分36秒85と800mと同様にほぼ同じ水準であったが、女子1500mでは参加標準記録の4分06秒50に対して決勝進出最低記録が4分01秒52と準決勝から高水準のレースであったことがわかる。

表6は、男女800mと1500mにおいて各種目の予選を通過して準決勝に進んだ24人の国別の人数分布を示している。男子800mではアメリカが4人で最多、次いでイギリスとケニアの3人であった。アメリカは、男子、女子の800mおよび1500mにおいてそれぞれ4、3人および3、3人と出場選手中では女子800mで1人が予選落ちしたのみであった（アメリカはワイルドカードによって男女の800mは4人がエントリーしていた）。このアメリカの13人に次ぐのはイギリスの10人、ケニアの8人、モロッ

コの7人で、これらの4カ国では4種目すべてで準決勝に進出していた。これらの国が中距離種目における強豪国と言えるであろう。

3. 長距離種目

表7は、男子5000m決勝の結果である。Edris選手（エチオピア）が12分58秒85で優勝した。同じくエチオピアのBarega選手が2位、Bekele選手が4位と上位に入った。アフリカ系選手が上位を独占するなか、Ingebrigtsen選手（ノルウェー）が5位に入っていることは注目に値するであろう。入賞者の年齢は平均で22.4歳、Edris選手は25歳、最高は7位Chelimo選手（アメリカ）の29歳、最

表7 ドーハ世界選手権男子 5000 m決勝結果

| 順位 | 選手 | 国 | 記録 | | %PB | %SB |
|----|--------------------------|-----|----------|----|-------|-------|
| 1 | Muktar Edris | ETH | 12:58.85 | SB | 99.5 | 103.4 |
| 2 | Selemon Barega | ETH | 12:59.70 | | 97.9 | 99.1 |
| 3 | Mohammed Ahmed | CAN | 13:01.11 | | 99.6 | 99.6 |
| 4 | Telahun Haile Bekele | ETH | 13:02.29 | | 98.8 | 98.8 |
| 5 | Jakob Ingebrigtsen | NOR | 13:02.93 | | 99.9 | 99.9 |
| 6 | Jacob Krop | KEN | 13:03.08 | PB | 101.5 | 101.5 |
| 7 | Paul Chelimo | USA | 13:04.60 | SB | 99.1 | 100.1 |
| 8 | Nicholas Kipkorir Kimeli | KEN | 13:05.27 | | 99.1 | 99.1 |
| 9 | Birhanu Balew | BRN | 13:14.66 | | 97.7 | 97.7 |
| 10 | Justyn Knight | CAN | 13:26.63 | | 97.9 | 97.9 |
| 11 | Hassan Mead | USA | 13:27.05 | | 97.0 | 99.4 |
| 12 | Stewart McSweyn | AUS | 13:30.41 | | 96.9 | 96.9 |
| 13 | Henrik Ingebrigtsen | NOR | 13:36.25 | | 97.4 | 97.4 |
| 14 | Isaac Kimeli | BEL | 13:44.29 | | 96.2 | 96.2 |
| | Filip Ingebrigtsen | NOR | DNF | | | |

表8 ドーハ世界選手権女子 5000 m決勝結果

| 順位 | 選手 | 国 | 記録 | | %PB | %SB |
|----|----------------------------|-----|----------|----|-------|-------|
| 1 | Hellen Obiri | KEN | 14:26.72 | CR | 99.0 | 99.3 |
| 2 | Margaret Chelimo Kipkemboi | KEN | 14:27.49 | PB | 100.5 | 100.5 |
| 3 | Konstanze Klosterhalfen | GER | 14:28.43 | | 99.8 | 99.8 |
| 4 | Tsehay Gemechu | ETH | 14:29.60 | PB | 103.5 | 103.5 |
| 5 | Lilian Kasait Rengeruk | KEN | 14:36.05 | PB | 100.1 | 101.4 |
| 6 | Fantu Worku | ETH | 14:40.47 | PB | 100.6 | 100.6 |
| 7 | Laura Weightman | GBR | 14:44.57 | PB | 100.8 | 100.8 |
| 8 | Hawi Feysa | ETH | 14:45.00 | | 99.3 | 99.3 |
| 9 | Karissa Schweizer | USA | 14:45.18 | PB | 100.8 | 100.8 |
| 10 | Eilish McColgan | GBR | 14:46.17 | PB | 100.2 | 100.2 |
| 11 | Elinor Purrier | USA | 14:58.17 | PB | 101.2 | 101.2 |
| 12 | Camille Buscomb | NZL | 14:58.59 | PB | 100.4 | 100.4 |
| 13 | Andrea Seccafien | CAN | 14:59.95 | PB | 100.5 | 100.5 |
| 14 | Nozomi Tanaka | JPN | 15:00.01 | PB | 100.5 | 100.5 |
| 15 | Dominique Scott | RSA | 15:24.47 | | | |

表9 ドーハ世界選手権男子 10000 m決勝結果

| 順位 | 選手 | 国 | 記録 | | %PB | %SB |
|----|----------------------|-----|----------|----|-------|-------|
| 1 | Joshua Cheptegei | UGA | 26:48.36 | WL | 100.1 | |
| 2 | Yomif Kejelcha | ETH | 26:49.34 | PB | 100.0 | 100.0 |
| 3 | Rhonex Kipruto | KEN | 26:50.32 | | 100.0 | 100.0 |
| 4 | Rodgers Kwemoi | KEN | 26:55.36 | PB | 101.8 | 102.0 |
| 5 | Andamlak Belihu | ETH | 26:56.71 | | 99.8 | 99.8 |
| 6 | Mohammed Ahmed | CAN | 26:59.35 | NR | 100.2 | |
| 7 | Lopez Lomong | USA | 27:04.72 | PB | 101.6 | 101.6 |
| 8 | Yemaneberhan Crippa | ITA | 27:10.76 | NR | 102.1 | 102.4 |
| 9 | Hagos Gebrhiwet | ETH | 27:11.37 | | 98.6 | 98.6 |
| 10 | Shadrack Kipchirchir | USA | 27:24.74 | SB | 99.0 | 101.4 |
| 11 | Alex Korio | KEN | 27:28.74 | PB | 100.0 | 100.0 |
| 12 | Sondre Nordstad Moen | NOR | 28:02.18 | | 97.8 | 97.8 |
| 13 | Leonard Korir | USA | 28:05.73 | | 97.3 | 98.1 |
| 14 | Soufiane Bouchikhi | BEL | 28:15.43 | | 98.0 | 99.3 |
| 15 | Aron Kifle | ERI | 28:16.74 | | 96.1 | 97.1 |

低は6位 Krop 選手（ケニア）の18歳であった。優勝した Edris 選手の1000 mごとのラップタイムは、2分39秒31、36秒03、38秒37、40秒84、24秒30であった。4000 mまでは安定したペースで、ラスト1000 mで大きくスピードアップしたことがわかる。ラスト1周は55秒07であった。これまでの国際大会においてラストスパートで52秒台もあったことから今回はラストがそこまで速かったわけではなく、平均ペースの上昇とラストスパート開始が早まる傾向が伺える。PBを更新した選手は1名、SBは3名と多くはなかったが、上位8名の平均%PBと%SBは99.4%と100.2%と達成度が高いレースであった。予選通過の最低記録は13分25秒95であったので（表5）、日本人選手にとって決勝進出は十分可能な水準であると考えられるが、8位入賞の13分05秒27は日本記録（13分08秒40）より高く、日本人選手はレース戦略よりもまずは5000 m記録の向上が急務であると言える。

表8は、女子5000 m決勝の結果である。Obiri 選手（ケニア）が14分26秒72の大会新記録で優勝した。ケニア選手が2位と5位に、エチオピア選手が4、6、8位に入賞し、ケニアとエチオピア選手が上位8位中6名を占めた。しかし、Klosterhalfen 選手（ドイツ）が銅メダルを獲得したことは注目に値する。Obiri 選手は29歳と入賞

者の中では最年長、最年少の20歳は3名おり、平均は23.4歳であった。Obiri 選手の1000 mごとのラップタイムは、2分56秒90、55秒58、51秒89、3分00秒69、2分41秒66であった。ラスト1周は58秒41と女子においてはかなり速いスピードまで増大していた。決勝15名中12名がPBであり、入賞者の平均%PBと%SBは100.4%と100.6%と記録水準の高いレースであったことがわかる。予選通過最低記録（表5）の15分08秒82はレベルが低いわけではないが、日本の田中希実選手は15分04秒66のPBで予選を通過し、決勝においても14位であったもののさらにPBを更新し、このハイレベルのレースにおいて大健闘の走りであったと言える。入賞ラインは14分45秒00と日本記録（14分53秒22）より高く、田中選手は入賞ラインとの15秒ほどの差を今後どのように埋めるかを検討する必要がある。

表9は、男子10000 m決勝の結果である。10000 m上位15名のみ示した。Cheptegei 選手（ウガンダ）が26分48秒36の今シーズン世界最高記録（WL）で優勝した。上位6位までが27分を切るハイレベルなレースで、NRが2名、PBが6名、SBが7名であった。入賞者の平均%PBと%SBは100.7%と101.0%であった。カナダ、アメリカ、イタリアの選手が6、7、8位に入賞したものの、いずれも

表 10 ドーハ世界選手権女子 10000 m 決勝結果

| 順位 | 選手 | 国 | 記録 | | %PB | %SB |
|----|-------------------------|-----|----------|----|-------|-------|
| 1 | Sifan Hassan | NED | 30:17.62 | WL | 103.3 | 103.3 |
| 2 | Letesenbet Gidey | ETH | 30:21.23 | PB | 100.9 | 100.9 |
| 3 | Agnes Jebet Tirop | KEN | 30:25.20 | PB | 102.1 | 103.3 |
| 4 | Rosemary Monica Wanjiru | KEN | 30:35.75 | PB | 102.0 | 102.0 |
| 5 | Hellen Obiri | KEN | 30:35.82 | PB | 102.7 | 102.7 |
| 6 | Senbere Teferi | ETH | 30:44.23 | SB | 99.8 | 100.0 |
| 7 | Susan Krumins | NED | 31:05.40 | PB | 100.8 | 101.0 |
| 8 | Marielle Hall | USA | 31:05.71 | PB | 101.7 | 103.7 |
| 9 | Molly Huddle | USA | 31:07.24 | | 97.1 | 99.5 |
| 10 | Emily Sisson | USA | 31:12.56 | | 98.8 | 98.8 |
| 11 | Hitomi Niiya | JPN | 31:12.99 | SB | 99.1 | 100.5 |
| 12 | Camille Buscomb | NZL | 31:13.21 | PB | 101.1 | 101.1 |
| 13 | Ellie Pashley | AUS | 31:18.89 | PB | 101.3 | 101.3 |
| 14 | Sinead Diver | AUS | 31:25.49 | PB | 101.4 | 103.2 |
| 15 | Stephanie Twell | GBR | 31:44.79 | | 98.1 | 98.1 |

アフリカ系の選手であった。Cheptegei 選手は 22 歳，入賞者の中で Lomong 選手（アメリカ）の 34 歳，Ahmed 選手（カナダ）の 28 歳が年長であるものの，その他は 22 歳以下で，平均は 23.5 歳であった。Cheptegei 選手の 1000m ごとのラップタイムは，最初の 1000m の 2 分 43 秒 98 が最も遅く，8000～9000m の 2 分 40 秒 46 とここまですべて最も速く，平均的に速く安定したペース配分であった。ラスト 1000m は 2 分 27 秒 57，ラスト 400m は 55 秒 38 であった。5000m と同様に平均して速いペースとラストスパート開始が早い傾向がみられた。入賞ラインの 27 分 10 秒 76 は日本記録（27 分 29 秒 69）よりも高く，日本人選手の長距離種目へのスピード化への対応が急務であろう。

表 10 は，女子 10000m 決勝の結果である。Hassan 選手（オランダ）が 30 分 17 秒 62 の WL で優勝した。Hassan 選手は 1500m との二冠であった。Hassan 選手の 1000m ごとの通過タイムは，最初の 1000m が 3 分 16 秒 80 と最も遅く，以降 8000m までは 3 分 00～08 秒の間で推移し，8000～9000m で 2 分 52 秒 87，9000～10000m で 2 分 39 秒 43 と，ラスト 3000m は 8 分 36 秒 62，1500m は 3 分 59 秒 09 で日本記録（8 分 44 秒 40，4 分 07 秒 86）よりも速く，驚異的なペースアップであったことがわかる。15 位までの選手で PB が 9 名，SB が 11 名であった。

表 11 ドーハ世界選手権長距離種目の 8 位入賞者の国別分布

| 国 | 人数 |
|-----|----|
| CAN | 2 |
| ETH | 10 |
| GER | 1 |
| GBR | 1 |
| ITA | 1 |
| KEN | 10 |
| NED | 2 |
| NOR | 1 |
| UGA | 1 |
| USA | 3 |

入賞者の平均 %PB と %SB は，101.7% と 102.1% と非常に高かった。Hassan 選手は 26 歳，最年長は 7 位 Krumins 選手（オランダ）の 33 歳で，最年少は 2 位 Gidey 選手（エチオピア）の 21 歳，入賞者

表 12 ドーハ世界選手権男子 3000m 障害決勝結果

| 順位 | 選手 | 国 | 記録 | | %PB | %SB |
|----|--------------------------|-----|---------|----|-------|-------|
| 1 | Conseslus Kipruto | KEN | 8:01.35 | WL | 99.7 | 102.6 |
| 2 | Lamecha Girma | ETH | 8:01.36 | NR | 101.3 | 101.3 |
| 3 | Soufiane El Bakkali | MAR | 8:03.76 | SB | 98.8 | 100.2 |
| 4 | Getnet Wale | ETH | 8:05.21 | PB | 100.1 | 100.1 |
| 5 | Djilali Bedrani | FRA | 8:05.23 | PB | 100.9 | 100.9 |
| 6 | Benjamin Kigen | KEN | 8:07.00 | | 99.6 | 99.6 |
| 7 | Abraham Kibiwot | KEN | 8:08.52 | | 99.4 | 99.4 |
| 8 | Hillary Bor | USA | 8:09.33 | | 99.8 | 99.8 |
| 9 | Leonard Kipkemoi Bett | KEN | 8:10.64 | | 99.6 | 99.6 |
| 10 | Stanley Kipkoech Kebenei | USA | 8:11.15 | SB | 99.4 | 100.6 |
| 11 | Fernando Carro | ESP | 8:12.31 | | 98.7 | 98.7 |
| 12 | Andrew Bayer | USA | 8:12.47 | PB | 100.4 | 100.8 |
| 13 | Avinash Sable | IND | 8:21.37 | NR | 100.8 | 100.8 |
| 14 | Matthew Hughes | CAN | 8:24.78 | | 97.4 | 97.7 |
| 15 | Zak Seddon | GBR | 8:40.23 | | 96.4 | 96.4 |
| | Chala Beyo | ETH | DNF | | | |

の平均は 25.9 歳であった。入賞ラインの 31 分 05 秒 71 (表 5) は日本人選手にも可能性はあり、新谷選手の SB で 11 位 (31 分 12 秒 99) は入賞に相当する走りであったと言えよう。

表 11 は、男女の 5000m と 10000m における 8 位入賞者の人数を国別で示したものである。エチオピアとケニアがともに 10 名と非常に多く、次いでアメリカの 3 名であった。アフリカ系選手が国籍を変更して生まれと異なる国で活躍していることが目立つ一方で、ドイツやノルウェーからも上位入賞者が出ており、各国における若いタレントの育成の成果も強調される結果であった。

4. 3000m 障害

表 12 は、男子 3000m 障害決勝の結果である。Kipruto 選手 (ケニア) が 8 分 01 秒 35 の今シーズン世界最高記録 (WL) で優勝した。ケニア上位独占が崩れ、エチオピアの Girma 選手が NR で 2 位、Wale 選手が 4 位と上位入賞した。入賞者には PB が 4 名、SB が 5 名で、平均の %PB と %SB はそれぞれ 100.0% と 100.5% であった。Kipruto 選手は 24 歳、入賞者の最年長は 8 位 Bor 選手 (アメリカ) 29 歳、最年少は Girma 選手の 18 歳で、平均は 23.9 歳であった。先頭の通過タイムは、1000m が 2 分 39 秒 55、2000m が 5 分 22 秒 95 で、1000 ~ 2000m のラップは 2 分 43 秒 40)、2000 ~ 3000m は 2 分 28 秒 40 であっ

た。他の中長距離種目と同様に平均的なペース配分とともにラスト 1000m において速かった。入賞ラインは 8 分 09 秒 33 と高かったが、予選通過最低記録は 8 分 22 秒 51 (表 5) と日本記録 (8 分 18 秒 93) より低く、日本人選手はまずは決勝進出が現実的な目標となるであろう。

表 13 は、女子 3000m 障害決勝の結果である。Chepkoech 選手 (ケニア) が 8 分 57 秒 84 の大会新記録で優勝した。Coburn 選手 (アメリカ) が PB で 2 位、Krause 選手 (ドイツ) が NR で 3 位と検討した。その他にも NR が 2 名、PB が 4 名、SB が 6 名と好記録が続出した。入賞者の平均 %PB と %SB は 99.3% と 100.1% であった。レースは Chepkoech 選手が終始先頭を引っ張り、通過タイムは 1000m が 2 分 52 秒 95、2000m が 5 分 55 秒 28 で、1000 ~ 2000m が 3 分 02 秒 33、2000 ~ 3000m が 3 分 02 秒 56 であった。スタートからかなり速いスピードで、それを維持したレースであったことがわかる。Chepkoech 選手 28 歳、Coburn 選手 28 歳、Krause 選手 27 歳とやや高い傾向がみられ、入賞者の平均は 24.6 歳であった。入賞ラインが 9 分 13 秒 53 と高いレベルであったが、予選通過最低記録は 9 分 30 秒 01 (表 5) と日本記録 (9 分 33 秒 93) よりやや高く、日本人選手にとってはまずは決勝進出を目指すことになる。

表 13 ドーハ世界選手権女子 3000m 障害決勝結果

| 順位 | 選手 | 国 | 記録 | | %PB | %SB |
|----|-----------------------------|-----|---------|----|-------|-------|
| 1 | Beatrice Chepkoech | KEN | 8:57.84 | CR | 97.5 | 99.6 |
| 2 | Emma Coburn | USA | 9:02.35 | PB | 100.0 | 100.5 |
| 3 | Gesa Felicitas Krause | GER | 9:03.30 | NR | 100.8 | 100.8 |
| 4 | Winfred Mutile Yavi | BRN | 9:05.68 | PB | 100.3 | 100.3 |
| 5 | Peruth Chemutai | UGA | 9:11.08 | SB | 99.4 | 101.0 |
| 6 | Courtney Frerichs | USA | 9:11.00 | | 98.2 | 99.8 |
| 7 | Anna Emilie Møller | DEN | 9:13.46 | NR | 101.0 | 101.0 |
| 8 | Hyvin Kiyeng | KEN | 9:13.53 | | 97.6 | 98.2 |
| 9 | Luiza Gega | ALB | 9:19.93 | NR | 100.4 | 101.0 |
| 10 | Genevieve Gregson | AUS | 9:23.84 | SB | 98.3 | 100.7 |
| 11 | Mekides Abebe | ETH | 9:25.66 | PB | 100.3 | 100.3 |
| 12 | Maruša Mišmaš | SLO | 9:26.00 | | 99.1 | 99.1 |
| 13 | Karoline Bjerkeli Grøvdal | NOR | 9:29.41 | | 97.2 | 98.5 |
| 14 | Geneviève Lalonde | CAN | 9:32.92 | | 99.5 | 99.5 |
| | Celliphine Chepteek Chespol | KEN | DNF | | | |

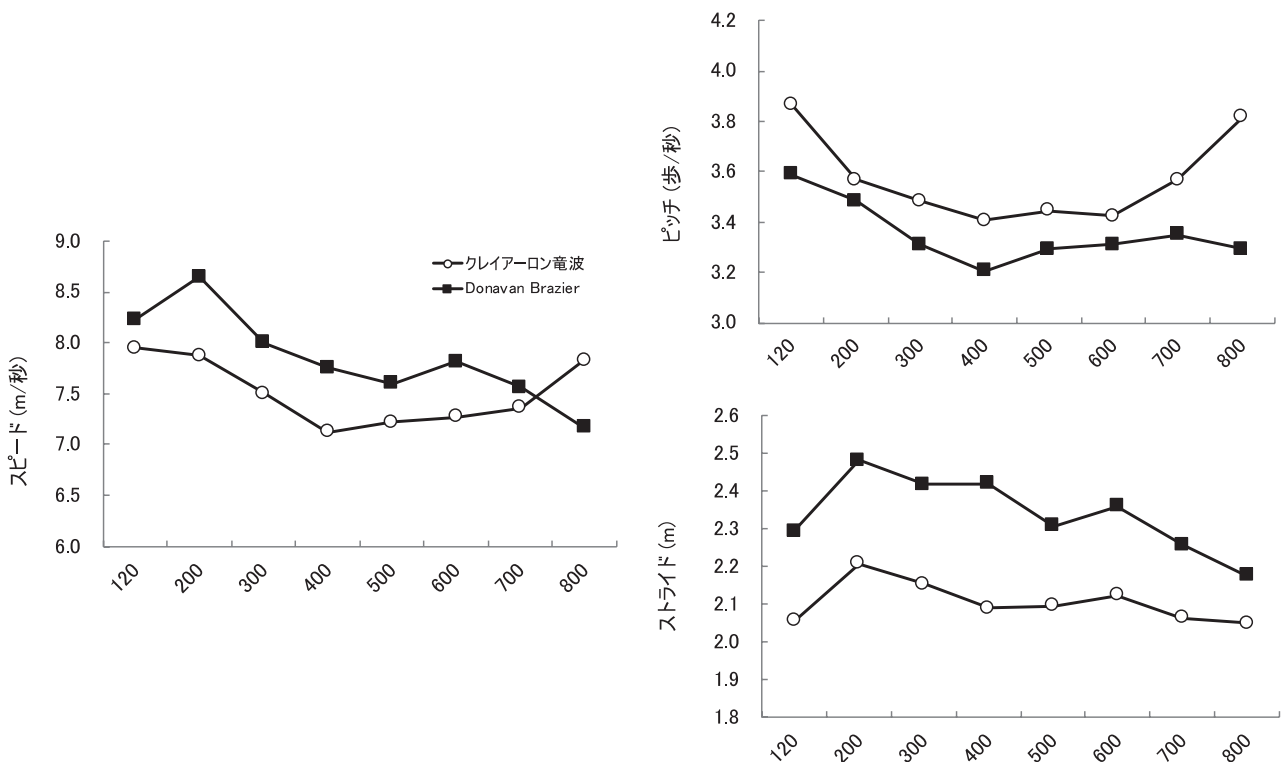


図 1 ブレーザー選手とクレイアーロン選手の 800 m レースにおけるスピード、ピッチおよびストライドの変化

5. まとめ

ドーハ世界選手権では、多くの中長距離種目において好記録が続出した。この要因は、中長距離種目のスピード化による高度化があり、それは各国の世界大会におけるパフォーマンスの組織的かつ計画的

準備の結果と考えられる。そして、今回は明確なデータはないものの大きなドーム型のスタジアムによる風が弱かった影響が大きいかもしれない。トラックを周回する種目において風が弱いことによる影響は大きく、また選手の心理にも大きく作用した可能性が考えられる。すなわち、集団の後方に待機するこ

とが必ずしも有利に働かず、むしろ積極的にペースを上げる、あるいは長いスパートを行なうことを促したのかもしれない。

中距離種目の短距離化、長距離種目の中距離化が進んでいることもふれておくべきであろう。長距離の中距離化は以前より、特に男子において指摘されてきた。10000mにおいて歴代の優勝者であるGebrselassie選手（エチオピア）、Bekele選手（エチオピア）、Farah選手（イギリス）らは、高いスピードによるラストスパートにより優勝していたとともに、5000mさらには1500mにおいても好記録を樹立している。しかし今回、Hassan選手（オランダ）が女子1500mと10000mの二冠を達成したことは驚異的である。長距離種目をメインとする選手であっても中距離種目において好記録を出せる力がないと競争に加われないことを意味している。中距離種目、特に800mにおいてもスピード化がさらに進んでいるようである。1周目が49秒を切っており、400mのスピードが必要不可欠になってきている。実際に、Korir選手（ケニア）は800mでは準決勝で3着になり敗退してしまっただが、400mでは決勝に進出し6位となった。彼のベスト記録は400mで44秒21、800mで1分42秒05である。以前から指摘されてきたものの、スピード化はこの先も進むと予想されるため、中長距離種目において持久力ばかりでなく、スピードの改善と持久力とのバランスを再検討する必要があろう。

図1は800m優勝者のBrazier選手のスピード、ストライド、ピッチを示したものである。このデータは日本陸連科学委員会の活動によって得られたものである。比較のため2019年日本選手権優勝のクレイアーロン竜波選手のデータも示している。Brazier選手はスタートから200mまでに高いスピードに到達し、その後は漸減していることがわかる。ラスト100mではクレイ選手の方がスピードが高かった。そして、Brazier選手はそのスピードを生み出すためにストライドが2.48mにも達している（クレイ選手は2.21m）。Brazier選手は身長が高いことによる部分があるかもしれないが（Brazier選手1.88m、クレイ選手1.78m）、最大のストライドを身長で規格化するとBrazier選手が1.32、クレイ選手が1.24である。クレイ選手も日本人のなかではストライドが大きく、それを最後まで維持できることが特徴であると考えられるが、国際的レベルではさらに大きなストライドを獲得、そして維持できる能力が必要であることがわかる。

3000m障害では男女ともケニア人選手が優勝した

ものの、これまでの上位独占とはいかなかった。長距離種目においてもケニアとエチオピアの独占状態から各国の選手が割って入るようになってきている。高い記録水準は国を超えたパフォーマンス分析、トレーニングやコンディショニングの分析と情報管理があるように思われる。実際にHassan選手や女子5000mで銅メダルを獲得したKlosterhalfen選手（ドイツ）はアメリカのオレゴンプロジェクトでトレーニングをおこなっていた。そして何よりも重要なことは、決勝レースにおける達成度（%PB）を高めることであろう。すなわち、上位に入賞している選手達は、最も重要なレースにおいて体力とコンディションを良い状態に保ち、レース戦略に基づき高度な駆け引きのなかで自身のパフォーマンスを引き出していると考えられる。今後、日本人選手のなかからもこの争いに加わる選手が育成されていくことを期待して本稿を閉じる。

世界選手権ドーハ大会における競技パフォーマンス分析 — 男女マラソン・競歩種目における国際パフォーマンスの現状とレース分析 —

岡崎和伸¹⁾

1) 大阪市立大学

1. はじめに

本稿では、2020 東京オリンピックおよび今後の世界大会に向け、日本代表選手の準備および戦略に役立てることを目的とし、男女のマラソン、および競歩種目について、2019 ドーハ世界選手権におけるデータを詳細に解析した結果を示し、本選手権の特徴、ならびに、国際パフォーマンスの現状と動向について分析した。上位 20 位の国別分布について示し、次に、競技時の気象データ、上位記録とトップリストに対する達成率などの基礎データについて解析した結果を示す。また、各種目の入賞者に加えて日本代表選手の 5km 毎のスプリットタイム、ラップタイム、パーソナルベスト、および、パーソナルベストに対する達成率について解析した結果について示し、入賞ラインあるいはメダル争いに食い込むための戦略について考察する。本稿で使用したデータは、World Athletics のサイト (World Athletics, 2019) から取得し、詳細は以下に示すとおり適宜解析した。

2. 上位 20 位の国別分布からみた国際パフォーマンスの現状と動向

男女マラソンの上位 20 位の国別分布を図 1 に示した。

男子マラソンでは、アフリカ 12 人、ヨーロッパ 5 人、アジア 2 人、中央・南アメリカ 1 人であった。ケニア、エチオピア、タンザニア、ウガンダ、エリトリアなどの東アフリカを中心としたアフリカ勢が半数以上を占めた。表 2 に詳細を示すが、上位入賞はアフリカ勢が占めるが、ヨーロッパ勢が健闘していた。一方、日本を含めたアジア、中央・南アメリカは少なく、北アメリカおよびオセアニアは含まれていなかった。今後もアフリカ勢は確実に上位を占めるだろうが、入賞ラインを狙うには、ヨーロッパ勢に劣らないことも重要であろう。

女子マラソンでは、アジア 7 人、ヨーロッパ 6 人、アフリカ 4 人、北アメリカ 3 人であった。男子と同様に、上位入賞はアフリカ勢が占める (表 3) が、アジア勢、および、ヨーロッパ勢が健闘していた。男子と同様に、入賞ラインを狙うには、ヨーロッパ勢やアジア勢に劣らないことも重要であろう。

男女 20km 競歩の上位 20 位の国別分布を図 2 に示

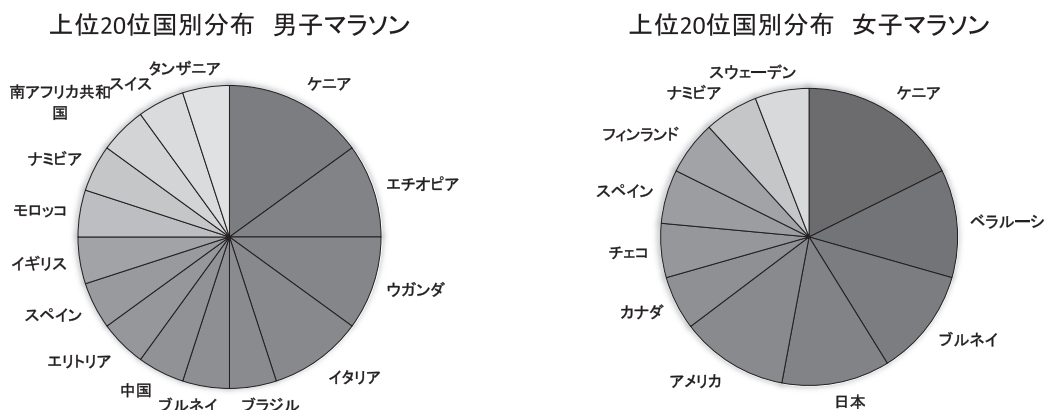


図 1. 男女マラソンの上位 20 位の国別分布

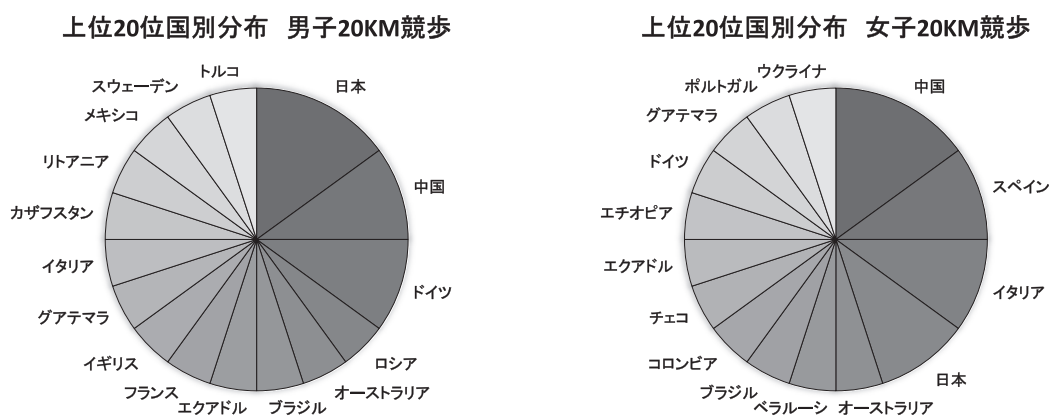


図 2. 男女 20km 競歩の上位 20 位の国別分布

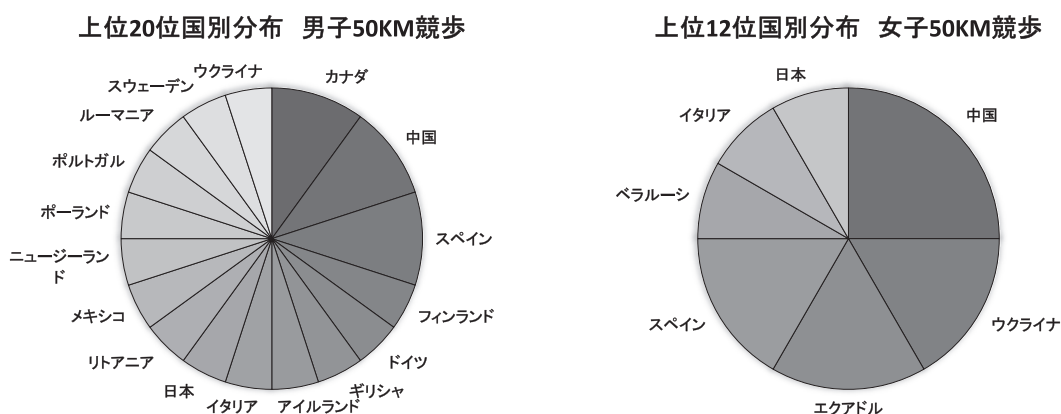


図 3. 男子 50km 競歩の上位 20 位, および, 女子 50km 競歩の上位 12 位の国別分布

した。

男子 20km 競歩では, アジア 7 人, ヨーロッパ 7 人, 中央・南アメリカ 4 人, オセアニア 1 人, ロシア (ANA) 1 人であった。上位入賞は日本を中心としたアジア勢, ヨーロッパ勢が占めていた (表 4)。特に, 日本が最大勢力となっている。今後もこの勢力を維持するためには, 中国とヨーロッパ勢に確実に勝利するための継続的な取り組みが必要であろう。

女子 20km 競歩では, ヨーロッパ 9 人, アジア 5 人, 中央・南アメリカ 4 人, オセアニア 1 人, アフリカ 1 人であった。上位入賞は中国および日本, 中央・南アメリカ勢が占めていた (表 5)。この種目は中国の強さが抜き出ているが, 入賞からメダル争いをするためには, 中国勢の一角を崩し, 中央・南アメリカ勢, ヨーロッパ勢に競り勝つことが今後もターゲットとなるだろう。

男子 50km 競歩の上位 20 位, および, 女子 50km 競歩の上位 12 位の国別分布を図 3 に示した。

男子 50km 競歩では, ヨーロッパ 13 人, アジア 3 人, 北アメリカ 2 人, オセアニア 1 人, 中央・南アメリカ 1 人であった。上位入賞は日本および中国, カナダ, ヨーロッパ勢が占めていた (表 6)。20km 競歩

と同様に, 日本がメダルの複数獲得, 複数入賞するためには, 中国とヨーロッパ勢に確実に勝利するための継続的な取り組みが必要であろう。

女子 50km 競歩では, ヨーロッパ 6 人, アジア 4 人, 中央・南アメリカ 2 人であった。上位入賞は中国, ヨーロッパ勢が占めていた (表 7)。20km 競歩と同様に中国の強さが抜き出ているが, 入賞ラインを狙うには, ヨーロッパ勢に競り勝つことがターゲットとなるだろう。

3. 基礎データ解析による本選手権の特徴

表 1 に, スタート時の気温, 湿度 (World Athletics, 2019), および, それらから算出した湿球黒球温度 (WBGT) (小野雅司ら, 2014), スタート者数, ゴール者数, 失格者数, トップリスト, および, 完走率を示した。また, 世界記録などのトップリスト (当時), 優勝, 3 位, 8 位の記録とそれらのトップリストに対する達成率も合わせて示した。

WBGT は, 男子マラソンで 23.1℃ (注意レベル) (川原ら, 2018), 女子マラソンで 28.8℃ (厳重警戒レベル), 男子 20km 競歩で 29.1℃ (厳重警戒レベル), 女子 20km 競歩で 27.4℃ (警戒レベル), 男女 50km

表 1. 2019 ドーハ世界選手権の男女マラソンおよび競歩の基礎データ

| | マラソン | | 競歩 | | | |
|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | 男子 | 女子 | 男子20km | 女子20km | 男子50km | 女子50km |
| 競技日 | 2019年10月5日 | 2019年9月27日 | 2019年10月4日 | 2019年9月29日 | 2019年9月28日 | 2019年9月28日 |
| スタート時刻 | 23:59 | 23:59 | 23:29 | 23:58 | 23:30 | 23:30 |
| スタート時 気温(°C) | 29 | 32 | 32 | 31 | 31 | 31 |
| 湿度(%) | 51 | 74 | 77 | 71 | 74 | 74 |
| WBGT(°C) | 23.1 | 28.8 | 29.1 | 27.4 | 27.8 | 27.8 |
| スタート者数(人) | 73 | 68 | 52 | 45 | 45 | 23 |
| ゴール者数(人) | 55 | 40 | 40 | 39 | 28 | 17 |
| 失格者(人) | 0 | 0 | 5 | 3 | 3 | 0 |
| 完走・完歩率(%) | 75.3 | 58.8 | 76.9 | 86.7 | 62.2 | 73.9 |
| 世界記録(当時) | 2:01:39 | 2:17:01 | 1:16:36 | 1:24:38 | 3:32:33 | 3:59:15 |
| シーズン最高記録(当時) | 2:01:41 | 2:17:08 | 1:17:15 | 1:24:31 | 3:37:43 | 3:57:08 |
| 大会記録(当時) | 2:06:54 | 2:20:57 | 1:17:21 | 1:25:41 | 3:33:12 | 4:05:56 |
| 日本記録(当時) | 2:05:50 | 2:19:12 | 1:16:36 | 1:27:41 | 3:39:07 | 4:19:56 |
| 優勝記録 | 2:10:40 | 2:32:43 | 1:26:34 | 1:32:53 | 4:04:20 | 4:23:26 |
| 達成率_世界記録(%) | 93.1 | 89.7 | 88.5 | 91.1 | 87.0 | 90.8 |
| 達成率_大会記録(%) | 97.1 | 92.3 | 89.4 | 92.2 | 87.3 | 93.4 |
| 達成率_日本記録(%) | 96.3 | 91.1 | 88.5 | 94.4 | 89.7 | 98.7 |
| 3位記録 | 2:10:51 | 2:34:15 | 1:27:00 | 1:33:17 | 4:05:02 | 4:29:13 |
| 達成率_世界記録(%) | 93.0 | 88.8 | 88.0 | 90.7 | 86.7 | 88.9 |
| 達成率_大会記録(%) | 97.0 | 91.4 | 88.9 | 91.9 | 87.0 | 91.4 |
| 達成率_日本記録(%) | 96.2 | 90.2 | 88.0 | 94.0 | 89.4 | 96.6 |
| 8位記録 | 2:11:49 | 2:41:24 | 1:29:52 | 1:35:43 | 4:11:28 | 4:38:20 |
| 達成率_世界記録(%) | 92.3 | 84.9 | 85.2 | 88.4 | 84.5 | 86.0 |
| 達成率_大会記録(%) | 96.3 | 87.3 | 86.1 | 89.5 | 84.8 | 88.4 |
| 達成率_日本記録(%) | 95.5 | 86.2 | 85.2 | 91.6 | 87.1 | 93.4 |

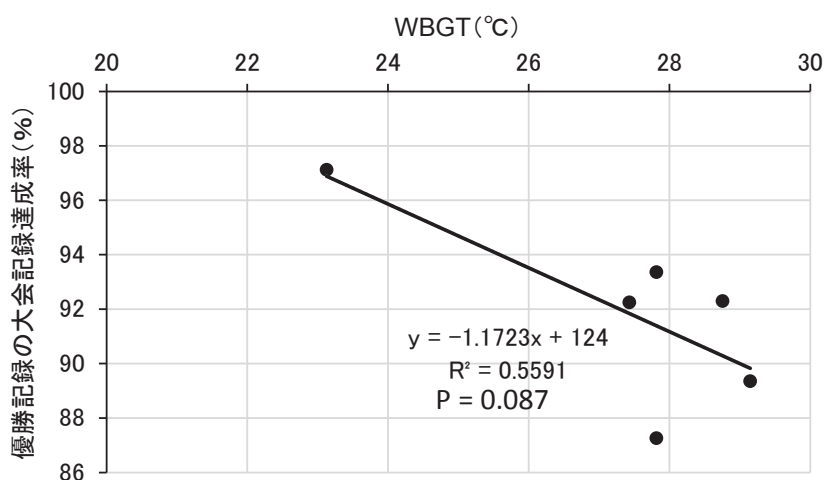


図 4. 各種目の優勝記録の大会記録達成率とスタート時の WBGT の関係

競歩で 27.8°C (警戒レベル) であった。完走・完歩率は、女子 20km 競歩の 86.7% で最も高く、女子マラソンの 58.8% で最も低かった。WBGT の上昇に伴い完走・完歩率が低下する傾向にあったが、両者の間に有意な相関関係は認められなかった。

一方、各種目の優勝記録の大会記録達成率は WBGT と負の相関関係を示す傾向にあった (図 4)。同様に、各種目の 3 位 (R=0.83, P=0.04) および 8 位 (R=0.92, P=0.009) の大会記録達成率と WBGT との間に有意な負の相関関係が認められた。

4. 各種目におけるレース分析

各種目において、入賞者に加えて日本代表選手の 5km 毎のスプリットタイム、ラップタイム、パーソナルベスト、および、パーソナルベストに対する達成率について解析した。

4.1 男子マラソン

男子マラソンのデータを表 2 に示した。また、図 5 に 5km 毎のラップタイムを、図 6 に 5km 毎のベストタイムペースに対する達成率を示した。さらに、図 7 に順位とパーソナルベスト、および、パーソナ

表 2. 男子マラソン入賞者および日本代表選手のパーソナルベスト, パーソナルベストペース (5 km), スプリットタイム (5 km), および, パーソナルベスト達成率

| POS | ATHLETE | COUNTRY | PB | PB Pace 5 km | Split Time | | | | | | | | | | %PB |
|-----|----------------------|---------|---------|-----------------|------------|-------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|------|
| | | | | | 5km | 10km | 15km | 20km | Half | 25km | 30km | 35km | 40km | FIN | |
| 1 | Lelisa Desisa | ETH | 2:04:45 | 14:47 | 16:08 | 31:41 | 47:39 | 1:02:45 | 1:05:57 | 1:17:39 | 1:33:14 | 1:48:51 | 2:04:25 | 2:10:40 | 95.5 |
| 2 | Mosinet Geremew | ETH | 2:02:55 | 14:34 | 16:07 | 31:43 | 47:39 | 1:02:45 | 1:05:58 | 1:17:39 | 1:33:13 | 1:48:50 | 2:04:25 | 2:10:44 | 94.0 |
| 3 | Amos Kipruto | KEN | 2:05:43 | 14:54 | 16:06 | 31:41 | 47:38 | 1:02:46 | 1:05:59 | 1:17:38 | 1:33:13 | 1:48:49 | 2:04:24 | 2:10:51 | 96.1 |
| 4 | Callum Hawkins | GBR | 2:08:14 | 15:12 | 16:09 | 31:41 | 47:37 | 1:03:03 | 1:06:21 | 1:18:11 | 1:33:32 | 1:49:05 | 2:04:24 | 2:10:57 | 97.9 |
| 5 | Stephen Mokoka | RSA | 2:07:40 | 15:08 | 16:08 | 31:42 | 47:39 | 1:02:50 | 1:05:58 | 1:17:39 | 1:33:13 | 1:48:48 | 2:04:25 | 2:11:09 | 97.3 |
| 6 | Zersenay Tadese | ERI | 2:08:46 | 15:16 | 16:08 | 31:42 | 47:38 | 1:02:44 | 1:05:56 | 1:17:39 | 1:33:13 | 1:48:51 | 2:04:35 | 2:11:29 | 97.9 |
| 7 | El Hassan El Abbassi | BRN | 2:04:43 | 14:47 | 16:09 | 31:45 | 47:42 | 1:03:09 | 1:06:30 | 1:18:35 | 1:34:07 | 1:49:40 | 2:05:10 | 2:11:44 | 94.7 |
| 8 | Hamza Sahli | MAR | 2:10:19 | 15:27 | 16:10 | 31:55 | 47:43 | 1:03:05 | 1:06:21 | 1:18:11 | 1:33:27 | 1:48:56 | 2:04:52 | 2:11:49 | 98.9 |
| 25 | Hiroki Yamagishi | JPN | 2:10:14 | 15:26 | 16:07 | 31:49 | 47:41 | 1:03:24 | 1:06:56 | 1:19:29 | 1:35:38 | 1:52:10 | 2:09:09 | 2:16:43 | 95.3 |
| 29 | Yuki Kawauchi | JPN | 2:08:14 | 15:12 | 16:08 | 31:56 | 48:13 | 1:04:41 | 1:08:22 | 1:21:28 | 1:37:51 | 1:54:32 | 2:11:12 | 2:17:59 | 92.9 |
| 37 | Kohei Futaoka | JPN | 2:09:15 | 15:19 | 16:10 | 31:56 | 47:43 | 1:03:47 | 1:07:26 | 1:20:42 | 1:37:54 | 1:55:15 | 2:12:01 | 2:19:23 | 92.7 |

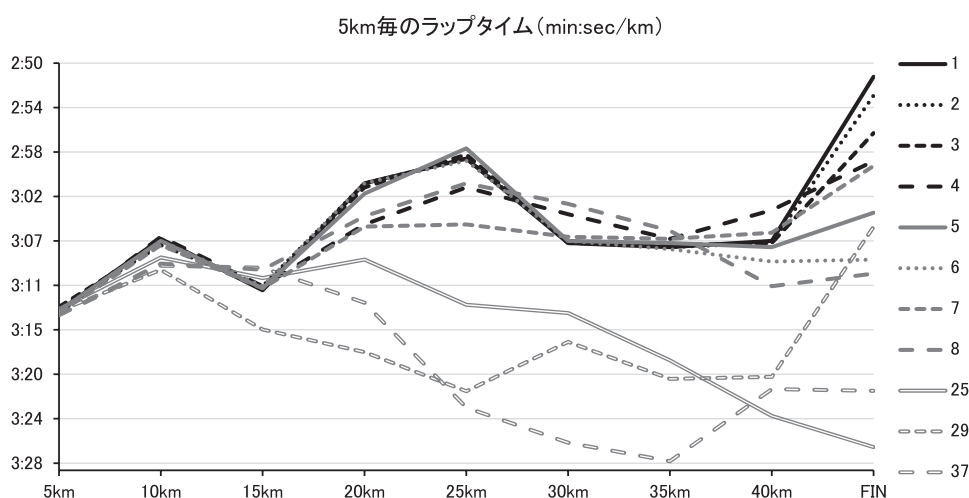


図 5. 男子マラソン入賞者および日本代表選手の 5km 毎のラップタイム

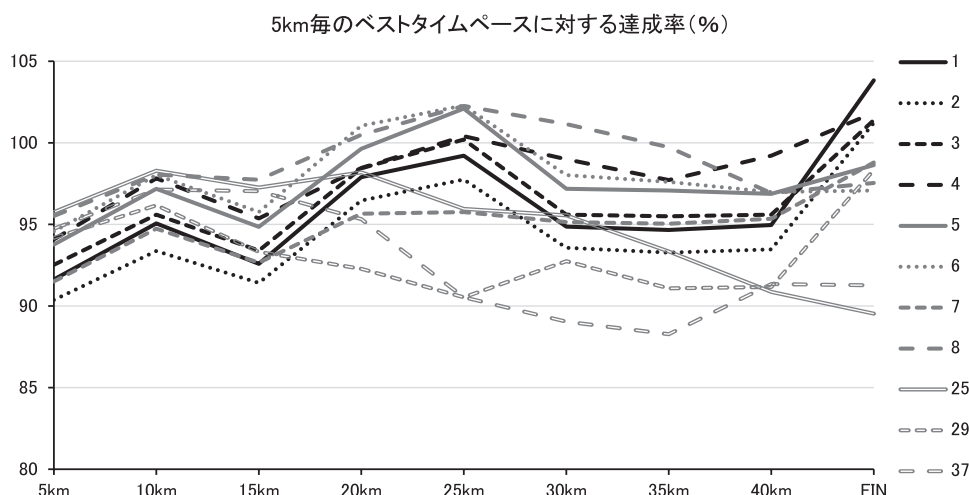


図 6. 男子マラソン入賞者および日本代表選手の 5km 毎のベストタイムペースに対する達成率

ルベスト達成率との関係を示した。

図 6 に示すとおり, 1~4 位の選手は, ベストタイムが高く, そのため, 集団で推移した 20km 程度までは, 5km 毎のベストタイムペースに対する達成率が低く, つまり, 前半の相対強度が低く抑えられ

ていた。上位入賞者は, その後, 後半にペースアップしてゴールしており, 前半での消耗を抑え, 後半の勝負所でペースアップできるかが勝敗を分けたレースであったことが分かる。

実際に, 図 7 に示すとおり, 1~8 位では, 順位

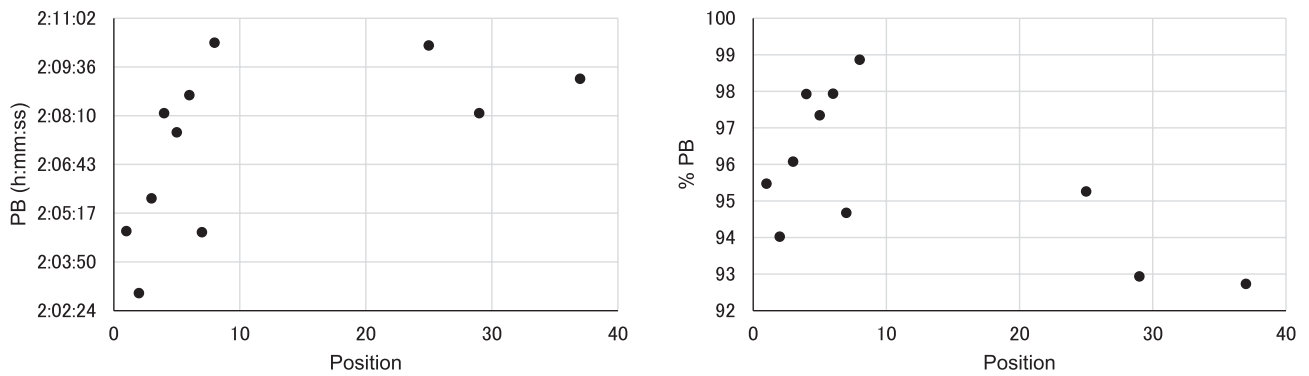


図7. 男子マラソンの順位とパーソナルベスト, および, パーソナルベスト達成率との関係

表3. 女子マラソン入賞者および日本代表選手のパーソナルベスト, パーソナルベストペース (5 km), スプリットタイム (5 km), および, パーソナルベスト達成率

| POS | ATHLETE | COUNTRY | PB | PB Pace 5 km | Split Time | | | | | | | | | | %PB |
|-----|------------------------------|---------|---------|-----------------|------------|-------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|------|
| | | | | | 5km | 10km | 15km | 20km | Half | 25km | 30km | 35km | 40km | FIN | |
| 1 | Ruth Chepngetich | KEN | 2:17:08 | 16:15 | 18:21 | 36:44 | 54:01 | 1:12:34 | 1:16:40 | 1:31:01 | 1:49:13 | 2:07:23 | 2:24:52 | 2:32:43 | 89.8 |
| 2 | Rose Chelimo | BRN | 2:24:14 | 17:05 | 18:21 | 36:44 | 54:03 | 1:12:34 | 1:16:40 | 1:31:01 | 1:49:13 | 2:07:24 | 2:25:22 | 2:33:46 | 93.8 |
| 3 | Helalia Johannes | NAM | 2:22:25 | 16:53 | 18:23 | 36:47 | 54:01 | 1:12:34 | 1:16:40 | 1:31:01 | 1:49:13 | 2:07:24 | 2:26:17 | 2:34:15 | 92.3 |
| 4 | Edna Ngeringwony Kiplagat | KEN | 2:19:50 | 16:34 | 18:25 | 36:48 | 54:01 | 1:12:34 | 1:16:40 | 1:31:01 | 1:49:13 | 2:07:24 | 2:26:39 | 2:35:36 | 89.9 |
| 5 | Volha Mazuronak | BLR | 2:23:54 | 17:03 | 18:33 | 36:50 | 55:19 | 1:13:50 | 1:17:58 | 1:32:37 | 1:51:20 | 2:09:57 | 2:28:24 | 2:36:21 | 92.0 |
| 6 | Roberta Groner | USA | 2:29:09 | 17:40 | 18:25 | 36:58 | 55:55 | 1:14:53 | 1:19:00 | 1:33:52 | 1:52:33 | 2:11:41 | 2:30:43 | 2:38:44 | 94.0 |
| 7 | Mizuki Tanimoto | JPN | 2:25:28 | 17:14 | 18:25 | 37:55 | 57:05 | 1:16:01 | 1:20:11 | 1:34:44 | 1:53:04 | 2:12:07 | 2:30:55 | 2:39:09 | 91.4 |
| 8 | Ji Hyang Kim | PRK | 2:28:06 | 17:33 | 18:23 | 36:49 | 56:39 | 1:16:01 | 1:20:12 | 1:34:44 | 1:53:18 | 2:12:34 | 2:32:28 | 2:41:24 | 91.8 |
| 11 | Madoka Nakano | JPN | 2:27:39 | 17:30 | 18:52 | 37:56 | 57:04 | 1:16:10 | 1:20:19 | 1:35:19 | 1:55:10 | 2:15:13 | 2:34:24 | 2:42:39 | 90.8 |

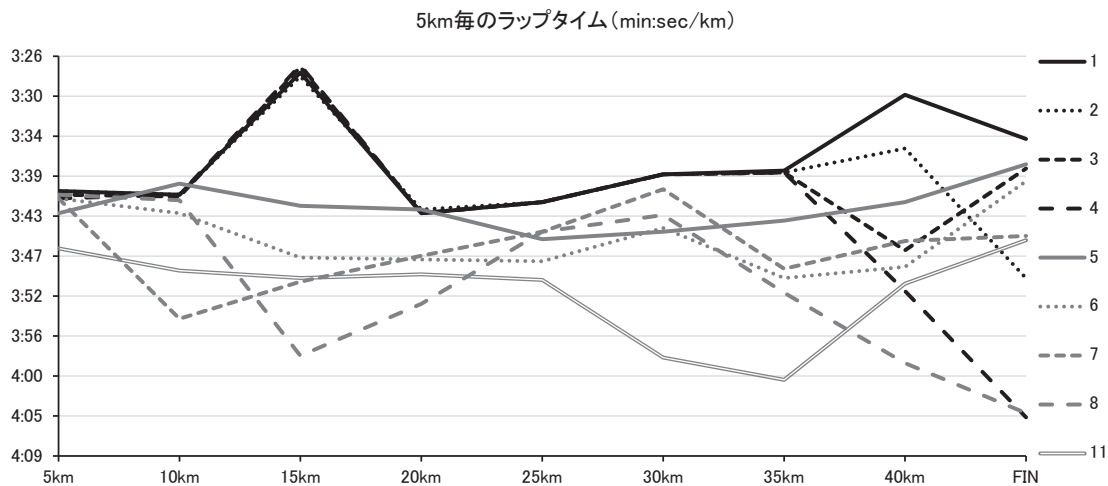


図8. 女子マラソン入賞者および日本代表選手の5km毎のラップタイム

はベストタイムと強く関連するが、一方、パーソナルベスト達成率が低い方が上位となる傾向にあった。今回のレースでは、他の種目に比べて気温、湿度、WBGTが低く、暑熱環境下における消耗戦とはならず、また、20kmまではスローペースで推移したため、後半の勝負所における余力度が勝敗を分ける結果となり、本来の走力が順位に大きく影響したことがうかがえる。日本代表選手においては、ベストタイムで見ると、6～8位入賞レベルに達することも可

能であったが、そのためには、今回の条件において98%前後のパーソナルベスト達成率が必要であった。

4.2 女子マラソン

男子と同様に、女子マラソンのデータを表3に、図8、および、図9に5km毎のラップタイム、および、ベストタイムペースに対する達成率を示した。また、図10に順位とパーソナルベスト、および、パーソ

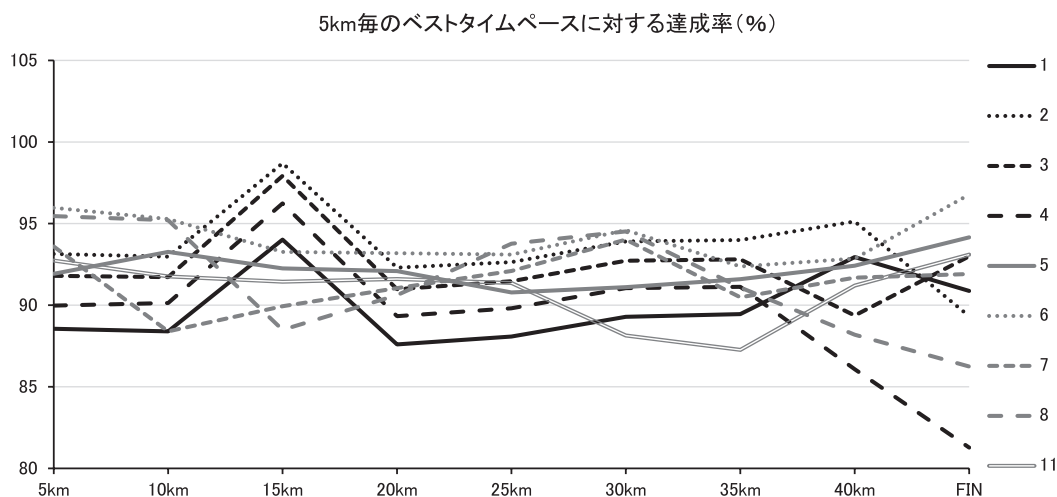


図 9. 女子マラソン入賞者および日本代表選手の 5km 毎のベストタイムペースに対する達成率

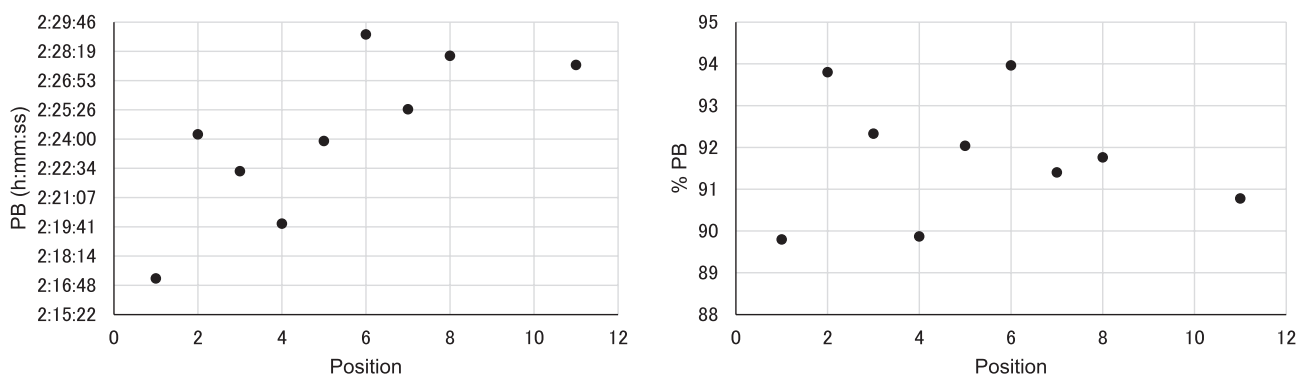


図 10. 女子マラソンの順位とパーソナルベスト, および, パーソナルベスト達成率との関係

ナルベスト達成率との関係を示した。

今回のレースでは、他の種目に比べても、気温、湿度、WBGT が高く、暑熱環境下における消耗戦となった。トップ集団では 15km で揺さぶりによるペースアップがあったものの、それ以外は、5km 毎のベストタイムペースに対する達成率は、各選手とも 92% 前後で推移していた。暑熱の影響によって、これ以上のペースアップが困難であったと考えられる。図 10 に示すとおり、11 位の日本代表選手を含め、順位はベストタイムと強く関連するが、一方、パーソナルベスト達成率とは関連が見られなかった。今回の様な暑熱環境下における消耗戦であっても、本来の走力が結果に大きく影響していることがうかがえる。暑熱環境下におけるレースでは、暑熱対策が必須であるが、日本代表選手がこのようなレースで上位に入賞するためには、ペースダウンしないでゴールできるペース設定と入賞ラインのターゲットの設定が重要となろう。今回の条件では、概ねベストタイムの 92% 程度がターゲットと考えられる。

4.3 男女 20km 競歩

男女の 20km 競歩のデータを表 4 および表 5 に、

5km 毎のラップタイム (図 11, 図 14), および, ベストタイムペースに対する達成率 (図 12, 図 15), 順位とパーソナルベスト, および, パーソナルベスト達成率との関係 (図 13, 図 16) をそれぞれ示した。

男子において、今回のレースでは、他の種目に比べても、気温、湿度、WBGT が高く、暑熱環境下における消耗戦となったが、前半はスローペースであり、後半にペースアップできた選手が上位に入賞していた。図 13 に示すとおり、ベストタイムの高い選手が上位に入っている一方で、順位はパーソナルベスト達成率と強く関連し、90 ~ 92% 程度の達成率を維持できた選手が上位に入っていた。今回、山西選手が金メダルに輝いたが、他の日本代表選手を含めてさらに上位を獲得していくためには、十分なスピード・実力に加えて、今回のような暑熱環境条件においても、ベストタイムペースに対する達成率を 90 ~ 92% 程度に維持できるように、十分な暑熱対策とともに準備する必要がある。

女子では、前半のスローペースから入賞者全員がペースアップしており、さらにペースアップできた選手がメダル獲得および上位入賞をしていた。図 16 に示すとおり、岡田選手、藤井選手を含め、入

表 4. 男子 20km 競歩入賞者および日本代表選手のパーソナルベスト, パーソナルベストペース (5 km), スプリットタイム (5 km), および, パーソナルベスト達成率

| POS | ATHLETE | COUNTRY | PB Pace 5 km | PB | Split Time | | | | %PB |
|-----|---------------------|---------|-----------------|---------|------------|-------|-------|---------|------|
| | | | | | 5km | 10km | 15km | 20km | |
| 1 | Toshikazu Yamanishi | JPN | 19:19 | 1:17:15 | 22:28 | 44:06 | 05:28 | 1:26:34 | 89.2 |
| 2 | Vasily Mizinov | ANA | 19:38 | 1:18:32 | 22:30 | 44:25 | 05:56 | 1:26:49 | 90.5 |
| 3 | Perseus Karlström | SWE | 19:32 | 1:18:07 | 22:27 | 44:23 | 05:43 | 1:27:00 | 89.8 |
| 4 | Christopher Linke | GER | 19:41 | 1:18:42 | 22:29 | 44:29 | 05:54 | 1:27:19 | 90.1 |
| 5 | Salih Korkmaz | TUR | 20:09 | 1:20:35 | 22:28 | 44:23 | 05:55 | 1:27:35 | 92.0 |
| 6 | Koki Ikeda | JPN | 19:21 | 1:17:25 | 22:27 | 44:23 | 05:57 | 1:29:02 | 87.0 |
| 7 | Tom Bosworth | GBR | 19:54 | 1:19:38 | 22:34 | 44:34 | 06:09 | 1:29:34 | 88.9 |
| 8 | Kaihua Wang | CHN | 19:28 | 1:17:54 | 22:27 | 44:23 | 06:48 | 1:29:52 | 86.7 |
| 10 | Eiki Takahashi | JPN | 19:22 | 1:17:26 | 22:27 | 44:29 | 06:47 | 1:30:04 | 86.0 |

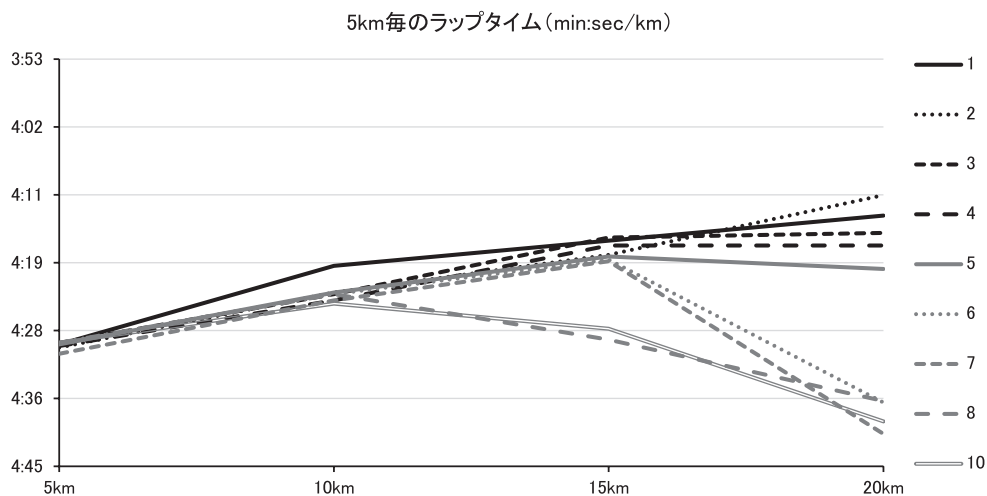


図 11. 男子 20km 競歩入賞者および日本代表選手の 5km 毎のラップタイム

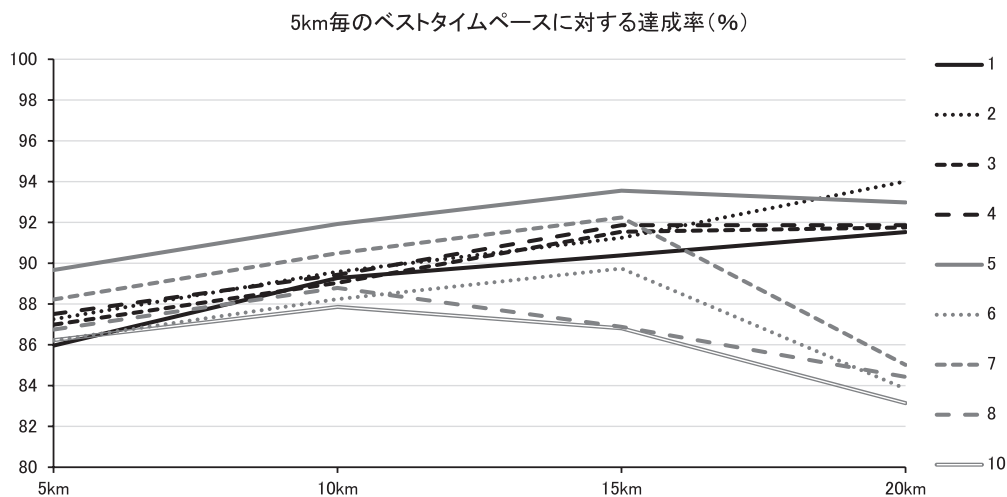


図 12. 男子 20km 競歩入賞者および日本代表選手の 5km 毎のベストタイムペースに対する達成率

賞者の順位はベストタイムと強く関連するが, 一方, パーソナルベスト達成率とは関連が低かった. 今回のレースでは, 他の種目に比べて気温, 湿度, WBGT が多少低く, 暑熱ストレスの程度は比較的 low だったため, スピード・実力が結果に大きく影響したこと

がうかがえる. 日本代表選手がメダル争いに加わるためには, 十分なスピード・実力を育成することに加えて, ベストタイムペースに対する達成率を高く維持できるように, 十分な暑熱対策とともに準備する必要がある. 今回の暑熱環境条件において,

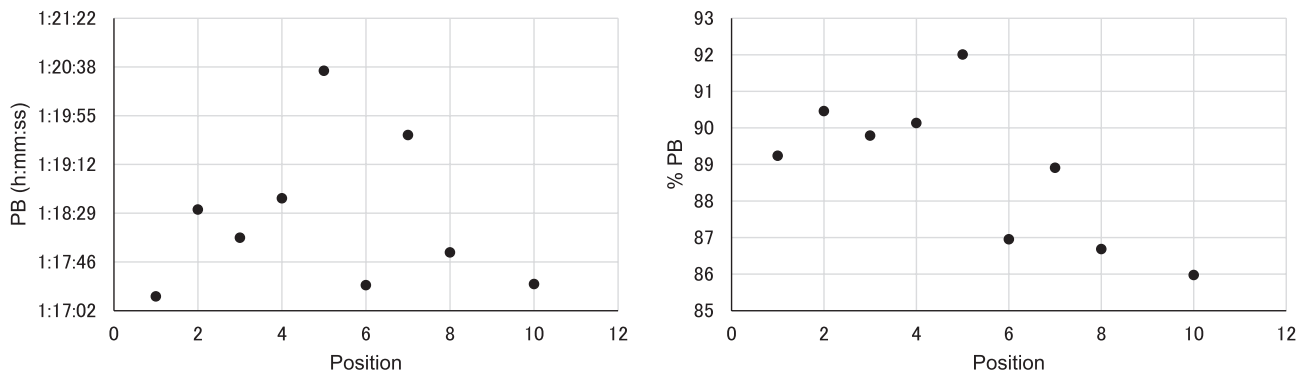


図 13. 男子 20km 競歩の順位とパーソナルベスト, および, パーソナルベスト達成率との関係

表 5. 女子 20km 競歩入賞者および日本代表選手のパーソナルベスト, パーソナルベストペース (5 km), スプリットタイム (5 km), および, パーソナルベスト達成率

| POS | ATHLETE | COUNTRY | PB Pace 5 km | PB | Split Time | | | | %PB |
|-----|----------------------|---------|-----------------|---------|------------|-------|-------|---------|------|
| | | | | | 5km | 10km | 15km | 20km | |
| 1 | Hong Liu | CHN | 21:10 | 1:24:38 | 24:01 | 47:51 | 11:02 | 1:32:53 | 91.1 |
| 2 | Shenjie Qieyang | CHN | 21:19 | 1:25:16 | 24:01 | 47:51 | 11:02 | 1:33:10 | 91.5 |
| 3 | Liuqing Yang | CHN | 21:49 | 1:27:15 | 24:01 | 47:51 | 11:02 | 1:33:17 | 93.5 |
| 4 | Erica Rocha De Sena | BRA | 21:45 | 1:26:59 | 24:01 | 47:51 | 11:02 | 1:33:36 | 92.9 |
| 5 | Sandra Lorena Arenas | COL | 22:01 | 1:28:03 | 24:01 | 47:51 | 11:04 | 1:34:16 | 93.4 |
| 6 | Kumiko Okada | JPN | 21:55 | 1:27:41 | 24:02 | 48:05 | 11:26 | 1:34:36 | 92.7 |
| 7 | Nanako Fujii | JPN | 22:14 | 1:28:58 | 24:03 | 48:06 | 11:26 | 1:34:50 | 93.8 |
| 8 | María Pérez | ESP | 21:39 | 1:26:36 | 24:05 | 48:05 | 11:58 | 1:35:43 | 90.5 |

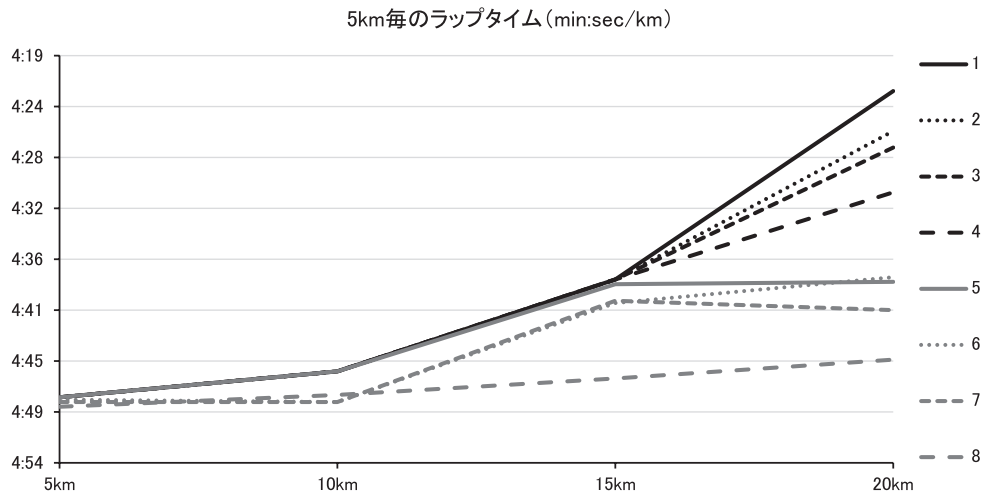


図 14. 女子 20km 競歩入賞者および日本代表選手の 5km 毎のラップタイム

94%程度のベストタイムペースに対する達成率を維持できると良いと考えられる。

4.4 男女 50km 競歩

男女の 50km 競歩のデータを表 6 および表 7 に, 5km 毎のラップタイム (図 17, 図 20), および, ベストタイムペースに対する達成率 (図 18, 図 21), 順位とパーソナルベスト, および, パーソナルベスト達成率との関係 (図 19, 図 22) をそれぞれ示した。

男子において, 今回のレースでは, 気温, 湿度, WBGT が高く, 暑熱環境下における消耗戦となり, 全ての選手が前半スローペースで入っており, 後半にペースアップした, あるいは, ペースダウンを最小限に抑えた選手が上位入賞していた. 今回, 鈴木選手が金メダルに輝いたが, 前半に作ったアドバンテージを活かして先着する結果となった. 図 19 に示すとおり, 順位はパーソナルベスト達成率と強く関連し, 90 ~ 92%程度の達成率を成し遂げた選手

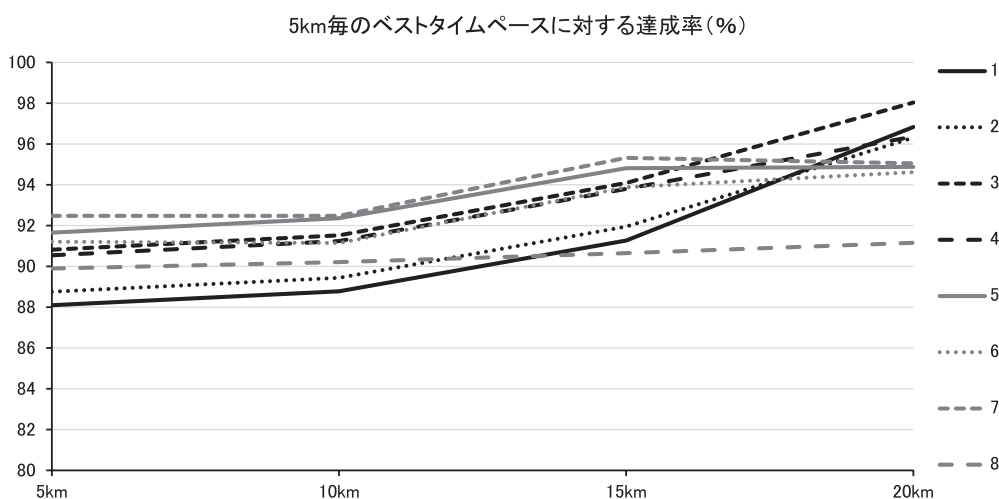


図 15. 女子 20km 競歩入賞者および日本代表選手の 5km 毎のベストタイムペースに対する達成率

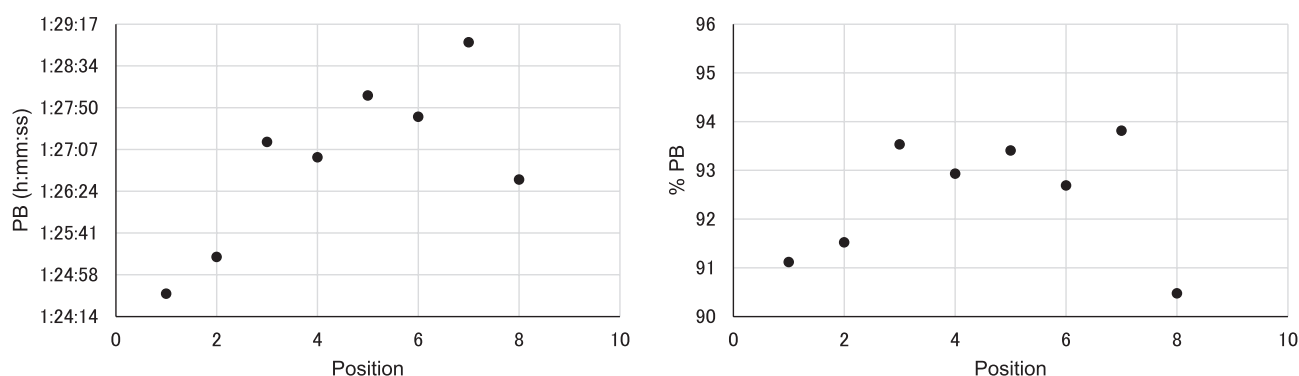


図 16. 女子 20km 競歩の順位とパーソナルベスト, および, パーソナルベスト達成率との関係

表 6. 男子 50km 競歩入賞者および日本代表選手のパーソナルベスト, パーソナルベストペース (5 km), スプリットタイム (5 km), および, パーソナルベスト達成率

| POS | ATHLETE | COUNTRY | PB | PB Pace 5 km | Split Time | | | | | | | | | | %PB |
|-----|--------------------|---------|---------|-----------------|------------|-------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|------|
| | | | | | 5km | 10km | 15km | 20km | 25km | 30km | 35km | 40km | 45km | 50km | |
| 1 | Yusuke Suzuki | JPN | 3:39:07 | 21:55 | 24:32 | 49:11 | 13:40 | 1:37:35 | 2:01:07 | 2:25:55 | 2:49:31 | 3:13:21 | 3:38:41 | 4:04:20 | 89.7 |
| 2 | João Vieira | POR | 3:45:17 | 22:32 | 25:21 | 50:30 | 15:45 | 1:40:49 | 2:05:32 | 2:29:53 | 2:53:53 | 3:17:54 | 3:41:48 | 4:04:59 | 92.0 |
| 3 | Evan Dunfee | CAN | 3:41:38 | 22:10 | 25:20 | 50:31 | 15:45 | 1:40:52 | 2:05:39 | 2:30:20 | 2:55:01 | 3:19:11 | 3:42:43 | 4:05:02 | 90.5 |
| 4 | Wenbin Niu | CHN | 3:41:04 | 22:06 | 25:11 | 50:03 | 15:04 | 1:39:57 | 2:04:45 | 2:29:16 | 2:53:05 | 3:16:44 | 3:40:46 | 4:05:36 | 90.0 |
| 5 | Yadong Luo | CHN | 3:41:15 | 22:08 | 25:10 | 50:00 | 14:59 | 1:39:48 | 2:04:47 | 2:28:54 | 2:53:06 | 3:18:05 | 3:43:04 | 4:06:49 | 89.6 |
| 6 | Brendan Boyce | IRL | 3:48:13 | 22:49 | 25:18 | 50:30 | 15:45 | 1:40:51 | 2:05:38 | 2:30:21 | 2:55:07 | 3:19:31 | 3:43:52 | 4:07:46 | 92.1 |
| 7 | Carl Dohmann | GER | 3:45:21 | 22:32 | 25:43 | 51:12 | 16:46 | 1:42:00 | 2:06:26 | 2:31:26 | 2:56:01 | 3:20:24 | 3:44:52 | 4:10:22 | 90.0 |
| 8 | Jesús Ángel García | ESP | 3:39:54 | 21:59 | 25:56 | 51:25 | 16:50 | 1:42:05 | 2:06:27 | 2:31:24 | 2:56:04 | 3:21:18 | 3:46:29 | 4:11:28 | 87.4 |
| 27 | Hayato Katsuki | JPN | 3:44:31 | 22:27 | 25:18 | 51:16 | 17:44 | 1:45:17 | 2:27:46 | 3:00:22 | 3:26:34 | 3:51:26 | 4:19:50 | 4:46:10 | 78.5 |

が上位入賞していた。これらの選手では、十分な暑熱対策が実施され、後半のペースアップ,あるいは、ペースダウンの抑制が達成されたと考えられる。今回のような暑熱環境条件において、他の日本代表選手を含めてさらに上位を獲得していくためには、十分なスピード・実力をつけることは当然のことながら、十分な暑熱対策とともに50kmを歩ききる環境条件に合わせたペース設定が重要であろう。

男子と同様に、女子では、今回のレースでは、気温、湿度、WBGTが高く、暑熱環境下における消耗

戦となり、全ての選手が前半スローペースで入っており、後半にペースアップした選手が上位入賞していた。しかしながら、図 19 に示すとおり、順位はベストタイムと強く関連しており、日本代表選手が上位入賞するためには、十分なスピード・実力の強化が必須である。また、男子と同様であるが、十分な暑熱対策とともに50kmを歩ききる環境条件に合わせたペース設定が重要であろう。

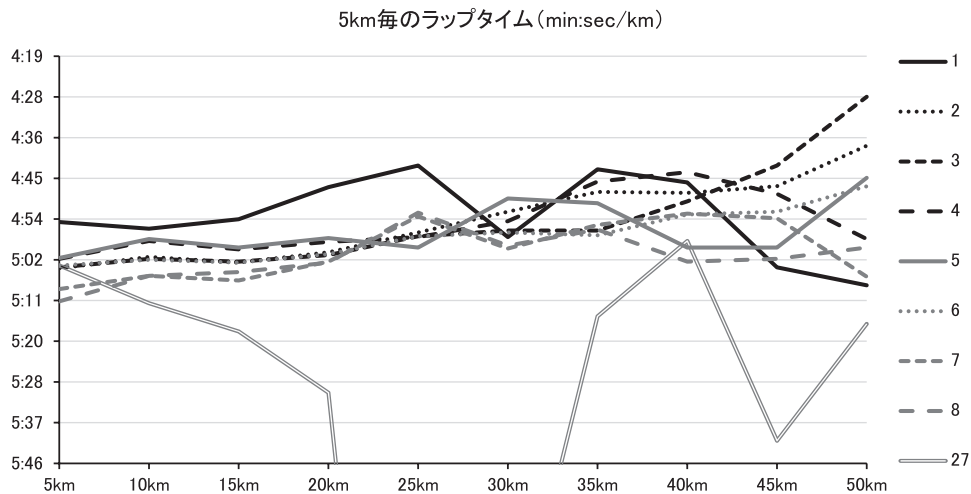


図 17. 男子 50km 競歩入賞者および日本代表選手の 5km 毎のラップタイム

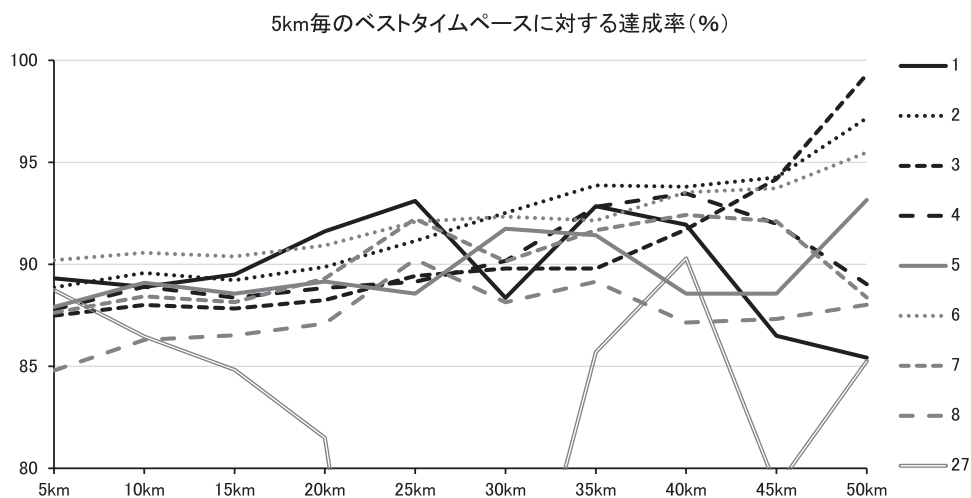


図 18. 男子 50km 競歩入賞者および日本代表選手の 5km 毎のベストタイムペースに対する達成率

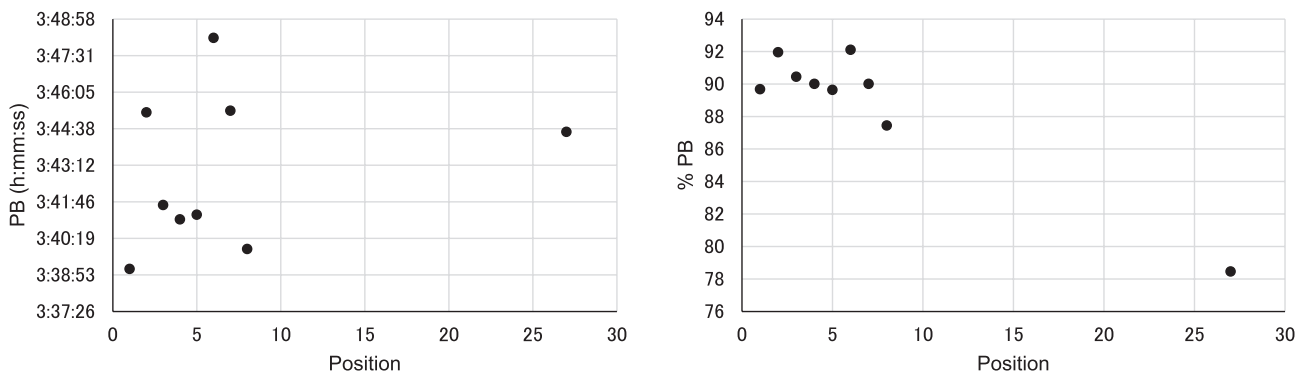


図 19. 男子 50km 競歩の順位とパーソナルベスト, および, パーソナルベスト達成率との関係

参考文献

World Athletics, IAAF World Athletics Championships, DOHA 2019: <https://www.worldathletics.org/competitions/world-athletics-championships/iaaf-world-athletics-championships-doha-2019-6033>

小野雅司, 登内道彦: 通常観測気象要素を用

いた WBGT (湿球黒球温度) の推定. 日生氣誌, 50(4), 147-157, 2014. doi:10.11227/seikisho.50.147

川原貴ら: スポーツ活動中の熱中症予防ガイドブック. 第4版. 公益財団法人日本スポーツ協会, 2018.

表 7. 女子 50km 競歩入賞者および日本代表選手のパーソナルベスト, パーソナルベストペース (5 km), スプリットタイム (5 km), および, パーソナルベスト達成率

| POS | ATHLETE | COUNTRY | PB | PB Pace 5 km | Split Time | | | | | | | | | | %PB |
|-----|----------------------|---------|---------|-----------------|------------|-------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|------|
| | | | | | 5km | 10km | 15km | 20km | 25km | 30km | 35km | 40km | 45km | 50km | |
| 1 | Rui Liang | CHN | 4:04:36 | 24:28 | 27:47 | 55:19 | 22:13 | 1:48:51 | 2:15:04 | 2:40:54 | 3:06:15 | 3:31:55 | 3:57:43 | 4:23:26 | 92.9 |
| 2 | Maocuo Li | CHN | 4:03:51 | 24:23 | 27:46 | 55:19 | 22:13 | 1:49:01 | 2:15:18 | 2:41:11 | 3:07:25 | 3:33:34 | 4:00:11 | 4:26:40 | 91.4 |
| 3 | Eleonora Anna Giorgi | ITA | 4:04:50 | 24:29 | 27:47 | 55:18 | 22:15 | 1:49:11 | 2:15:41 | 2:42:43 | 3:10:07 | 3:36:28 | 4:03:10 | 4:29:13 | 90.9 |
| 4 | Olena Sobchuk | UKR | 4:17:07 | 25:43 | 27:58 | 55:44 | 23:19 | 1:50:30 | 2:17:22 | 2:43:57 | 3:10:26 | 3:38:07 | 4:06:18 | 4:33:38 | 94.0 |
| 5 | Faying Ma | CHN | 4:07:30 | 24:45 | 27:58 | 55:55 | 23:40 | 1:51:15 | 2:19:00 | 2:46:51 | 3:14:37 | 3:42:10 | 4:09:07 | 4:34:56 | 90.0 |
| 6 | Khrystyna Yudkina | UKR | 4:19:57 | 26:00 | 27:57 | 55:44 | 23:19 | 1:50:49 | 2:17:46 | 2:45:19 | 3:12:57 | 3:41:13 | 4:09:17 | 4:36:00 | 94.2 |
| 7 | Magaly Bonilla | ECU | 4:19:04 | 25:54 | 27:58 | 56:01 | 24:23 | 1:52:27 | 2:20:09 | 2:48:02 | 3:16:01 | 3:43:58 | 4:11:13 | 4:37:03 | 93.5 |
| 8 | Júlia Takács | ESP | 4:05:46 | 24:35 | 27:58 | 56:01 | 24:23 | 1:52:27 | 2:20:09 | 2:48:02 | 3:16:01 | 3:43:58 | 4:11:13 | 4:38:20 | 88.3 |
| 11 | Masumi Fuchise | JPN | 4:19:56 | 26:00 | 28:17 | 56:22 | 24:23 | 1:52:27 | 2:20:47 | 2:48:02 | 3:16:01 | 3:44:25 | 4:12:48 | 4:41:02 | 92.5 |

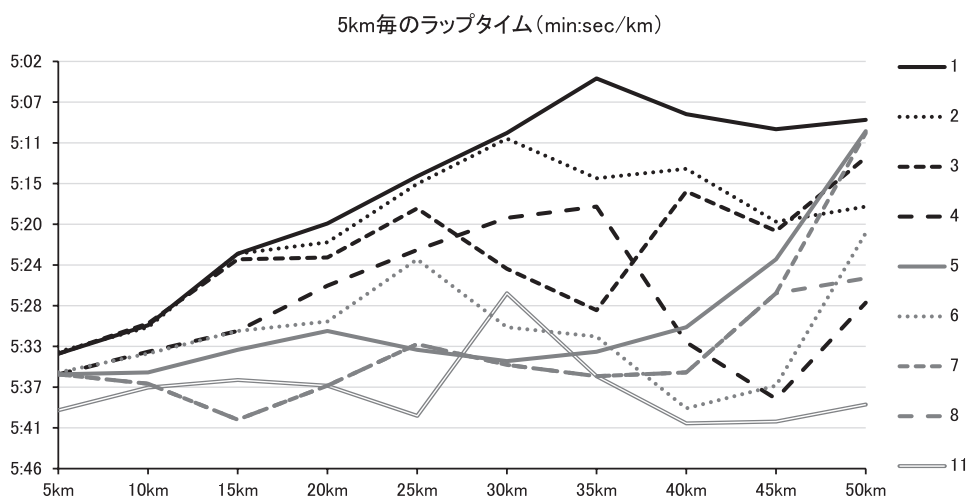


図 20. 女子 50km 競歩入賞者および日本代表選手の 5km 毎のラップタイム

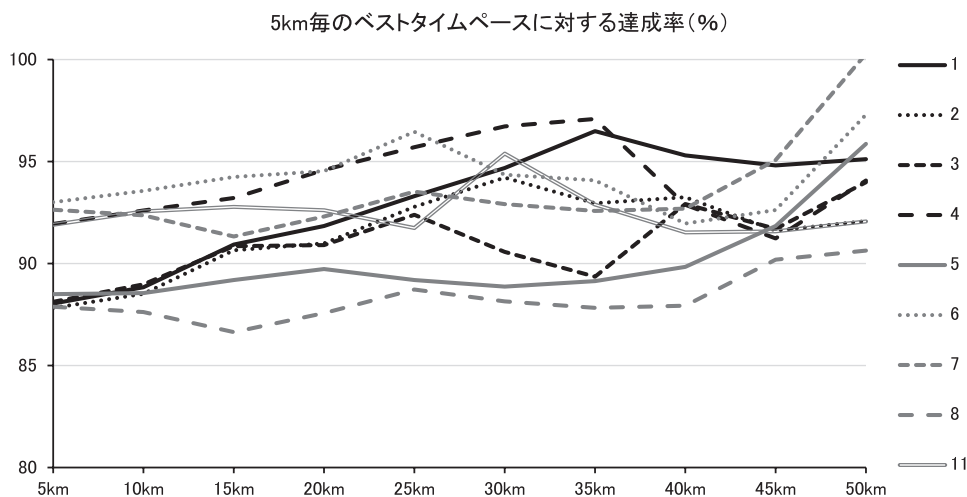


図 21. 女子 50km 競歩入賞者および日本代表選手の 5km 毎のベストタイムペースに対する達成率

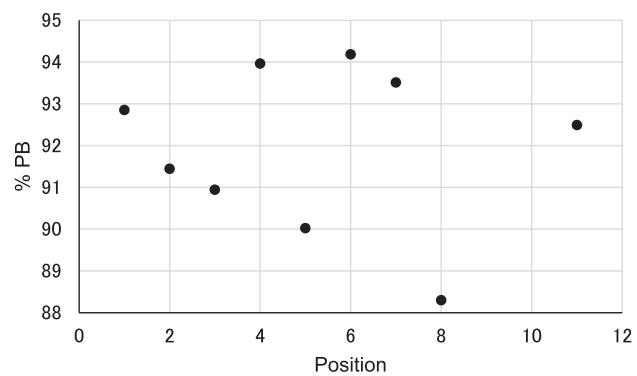
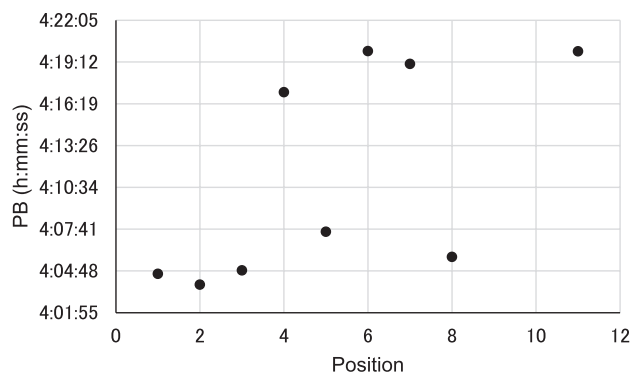


図 22. 女子 50km 競歩の順位とパーソナルベスト, および, パーソナルベスト達成率との関係

世界選手権ドーハ大会における競技パフォーマンス分析 — 走高跳・棒高跳における入賞ラインの検討 —

木越清信¹⁾

1) 筑波大学

1. はじめに

多くの日本人競技者にとって、オリンピックや世界選手権に出場すること、および出場して決勝に進出することが目標となる。これは、男女のバー種目においても同様である。今大会、男子走高跳において戸邊、衛藤、佐藤の3名がエントリーし、フルエントリーを果たした。また、男子棒高跳でも、澤野、山本、江島の3名がエントリーし、フルエントリーを果たした。これらの種目においてフルエントリーを果たすことは、日本の競技力の底上げがなされていることを示しており、東京オリンピックに向けて極めて心強い。しかし、終わってみると決勝に進出することができた日本人競技者はいなかったことを考えると、やはり東京オリンピックでは決勝に進出することが目標となりそうである。そこで、まず、ドーハ世界選手権におけるバー種目の予選通過者の

パフォーマンスを主にSB達成率から検討する。これに加えて、決勝において上位入賞者のパフォーマンスも検討する。

2. 男子走高跳

表1-1 および1-2に男子走高跳の予選A組およびB組における予選通過者の結果を示した。男子走高跳の予選通過記録は2m26であったが、これは無効試技の少ない競技者が拾われたためであり、無効試技数に関係なく予選を通過するためには、2m29が必要であった。予選における平均SB達成率は97.5%であり、予選通過者の平均SB達成率は99.0%、落選者の平均SB達成率は96.4%であった。なお、予選通過者の標準偏差が1.30%であったため、予選通過者の下限値はSB達成率で97.7%であり、この記録が予選通過記録の2m26に対しては、

表1-1 男子走高跳予選A組における予選通過者の結果

| ATHLETE | COUNTRY | MARK | PB | SB | %PB | %SB |
|--------------------|---------|------|------|------|------|-------|
| Mutaz Essa Barshim | QAT | 2.29 | 2.43 | 2.27 | 94.2 | 100.9 |
| Ilya Ivanyuk | ANA | 2.29 | 2.33 | 2.33 | 98.3 | 98.3 |
| Brandon Starc | AUS | 2.29 | 2.36 | 2.36 | 97.0 | 99.6 |
| Luis Enrique Zayas | CUB | 2.29 | 2.3 | 2.3 | 99.6 | 99.6 |
| Luis Castro Rivera | PUR | 2.26 | 2.29 | 2.29 | 98.7 | 99.1 |
| Maksim Nedasekau | BLR | 2.26 | 2.35 | 2.35 | 96.2 | 96.2 |

表1-2 男子走高跳予選A組における予選通過者の結果

| ATHLETE | COUNTRY | MARK | PB | SB | %PB | %SB |
|-------------------|---------|------|------|------|-------|-------|
| Mikhail Akimenko | ANA | 2.29 | 2.33 | 2.33 | 98.3 | 98.3 |
| Michael Mason | CAN | 2.29 | 2.33 | 2.31 | 98.3 | 99.1 |
| Yu Wang | CHN | 2.29 | 2.34 | 2.34 | 97.9 | 97.9 |
| Jeron Robinson | USA | 2.29 | 2.31 | 2.3 | 99.1 | 99.6 |
| Hup Wei Lee | MAS | 2.29 | 2.28 | 2.27 | 100.4 | 100.9 |
| Gianmarco Tamberi | ITA | 2.29 | 2.39 | 2.32 | 95.8 | 98.7 |

表 1-3 男子走高跳決勝における 8 位入賞者の結果

| POS | ATHLETE | COUNTRY | MARK | PB | SB | %PB | %SB |
|-----|--------------------|---------|---------|------|------|-------|-------|
| 1 | Mutaz Essa Barshim | QAT | 2.37 WL | 2.43 | 2.29 | 97.5 | 103.5 |
| 2 | Mikhail Akimenko | ANA | 2.35 PB | 2.33 | 2.33 | 100.9 | 100.9 |
| 3 | Ilya Ivanyuk | ANA | 2.35 PB | 2.33 | 2.33 | 100.9 | 100.9 |
| 4 | Maksim Nedasekau | BLR | 2.33 | 2.35 | 2.35 | 99.1 | 99.1 |
| 5 | Luis Enrique Zayas | CUB | 2.3 PB | 2.3 | 2.3 | 100.0 | 100.0 |
| 6 | Brandon Starc | AUS | 2.3 SB | 2.36 | 2.3 | 97.5 | 100.0 |
| 7 | Michael Mason | CAN | 2.3 | 2.33 | 2.31 | 98.7 | 99.6 |
| 8 | Hup Wei Lee | MAS | 2.27 | 2.29 | 2.29 | 99.1 | 99.1 |
| 8 | Gianmarco Tamberi | ITA | 2.27 | 2.39 | 2.32 | 95.0 | 97.8 |

表 2-1 女子走幅跳予選 A 組における予選通過者の結果

| ATHLETE | COUNTRY | MARK | PB | SB | %PB | %SB |
|---------------------|---------|------|------|------|-------|-------|
| Vashti Cunningham | USA | 1.94 | 2.00 | 2.00 | 97.0 | 97.0 |
| Mariya Lasitskene | ANA | 1.94 | 2.06 | 2.06 | 94.2 | 94.2 |
| Yaroslava Mahuchikh | UKR | 1.94 | 2.00 | 2.00 | 97.0 | 97.0 |
| Imke Onnen | GER | 1.94 | 1.96 | 1.96 | 99.0 | 99.0 |
| Mirela Demireva | BUL | 1.94 | 2.00 | 1.97 | 97.0 | 98.5 |
| Tynita Butts | USA | 1.92 | 1.92 | 1.92 | 100.0 | 100.0 |
| Claire Orsel | BEL | 1.92 | 1.94 | 1.94 | 99.0 | 99.0 |
| Ana Šimić | CRO | 1.92 | 1.99 | 1.94 | 96.5 | 99.0 |

表 2-2 女子走幅跳予選 B 組における予選通過者の結果

| ATHLETE | COUNTRY | MARK | PB | SB | %PB | %SB |
|-------------------|---------|------|------|------|------|-------|
| Karyna Demidik | BLR | 1.94 | 2.00 | 2.00 | 97.0 | 97.0 |
| Kamila Ličwinko | POL | 1.94 | 2.02 | 1.95 | 96.0 | 99.5 |
| Svetlana Radzivil | UZB | 1.94 | 1.98 | 1.94 | 98.0 | 100.0 |
| Yuliya Levchenko | UKR | 1.92 | 2.02 | 2.02 | 95.0 | 95.0 |

2m31 であり、2 m 29 に対しては 2m34 となる。したがって、東京オリンピックにおいて予選通過の難易度を今回の世界選手権と同程度と見込むのであれば、2m31 から 2m34 程度の SB が必要であろう。なお、今大会では、2m43 の PB を持つ Barshim (QAT) の SB が 2m27 であった。一方で、2m42 の PB と 2m31 の SB を持つ Bondarenko (UKR) が NM に終わった。これは、両者が前年に負った怪我の影響によるものである。そして、仮に彼らが実力通りの SB を有して世界選手権に乗り込み、世界選手権において実力通りの力を発揮したことを想定すると、2m31 から 2m34 という予選通過を目指す際の SB は変動する可能性のあることを申し添える。

表 1-3 に男子走高跳の決勝における 8 位入賞者の結果を示した。決勝における SB 達成率の平均値は、99.2% であり、この値は決勝進出者の予選におけるそれと比較して高い値を示した。加えて、決勝において SB を更新した競技者が 5 名みられた。

3. 女子走高跳

表 2-1 および 2-2 に女子走高跳の予選 A 組および B 組における予選通過者の結果を示した。女子走高跳の予選通過記録は 1m92 であったが、これは無効試技の少ない競技者が拾われたためであり、無効試技数に関係なく予選を通過するためには、1m94 が必要であった。予選における平均 SB 達成率は 96.2% であり、予選通過者の平均 SB 達成率は 97.9%、落選者の平均 SB 達成率は 95.0% であった。なお、予選通過者の SB 達成率の標準偏差が 1.90% であったため、予選通過者の SB 達成率の下限値は 96.0% であり、予選通過記録の 1m94 に対しては、2m02 であり、1m92 に対しては 2m00 となる。したがって、東京オリンピックにおいて予選通過の難易度を今回の世界選手権と同程度と見込むのであれば、2m02 から 2m 程度の SB が必要であろう。しかし、実際には今大会において 2m02 以上の SB を持ってい

表 2-3 女子走高跳決勝における入賞者の結果

| POS | ATHLETE | COUNTRY | MARK | PB | SB | %PB | %SB |
|-----|---------------------|---------|------------|------|------|-------|-------|
| 1 | Mariya Lasitskene | ANA | 2.04 | 2.06 | 2.06 | 99.0 | 99.0 |
| 2 | Yaroslava Mahuchikh | UKR | 2.04 WU20R | 2.00 | 2.00 | 102.0 | 102.0 |
| 3 | Vashti Cunningham | USA | 2.00 PB | 2.00 | 2.00 | 100.0 | 100.0 |
| 4 | Yuliya Levchenko | UKR | 2.00 | 2.02 | 2.02 | 99.0 | 99.0 |
| 5 | Kamila Lićwinko | POL | 1.98 SB | 2.02 | 1.95 | 98.0 | 101.5 |
| 6 | Karyna Demidik | BLR | 1.96 | 2.00 | 2.00 | 98.0 | 98.0 |
| 7 | Ana Šimić | CRO | 1.93 | 1.99 | 1.94 | 97.0 | 99.5 |
| 8 | Tynita Butts | USA | 1.93 PB | 1.92 | 1.92 | 100.5 | 100.5 |

表 3-1 男子棒高跳予選 A 組における予選通過者の結果

| ATHLETE | COUNTRY | MARK | PB | SB | %PB | %SB |
|------------------------|---------|------|------|------|-------|-------|
| Sam Kendricks | USA | 5.75 | 6.06 | 6.06 | 94.9 | 94.9 |
| Thiago Braz | BRA | 5.75 | 6.03 | 5.92 | 95.4 | 97.1 |
| Claudio Michel Stecchi | ITA | 5.75 | 5.80 | 5.80 | 99.1 | 99.1 |
| Bokai Huang | CHN | 5.75 | 5.75 | 5.71 | 100.0 | 100.7 |
| Valentin Lavillenie | FRA | 5.7 | 5.82 | 5.82 | 97.9 | 97.9 |
| Ben Broeders | BEL | 5.7 | 5.76 | 5.76 | 99.0 | 99.0 |

表 3-2 男子棒高跳予選 B 組における予選通過者の結果

| ATHLETE | COUNTRY | MARK | PB | SB | %PB | %SB |
|----------------------|---------|------|------|------|------|------|
| Piotr Lisek | POL | 5.75 | 6.02 | 6.02 | 95.5 | 95.5 |
| Cole Walsh | USA | 5.75 | 5.83 | 5.83 | 98.6 | 98.6 |
| Armand Duplantis | SWE | 5.75 | 6.05 | 6.00 | 95.0 | 95.8 |
| Raphael Holzdeppe | GER | 5.75 | 5.94 | 5.80 | 96.8 | 99.1 |
| Augusto Dutra | BRA | 5.7 | 5.82 | 5.80 | 97.9 | 98.3 |
| Bo Kanda Lita Baehre | GER | 5.7 | 5.72 | 5.72 | 99.7 | 99.7 |

たのはLasitskene(ANA)のみであった。このように、予選通過を目指す目標SBが高くなったのは、このLasitskene(ANA)のSB(PBでもある)が2m06と吐出して高いことによるものである。また、女子のSBの標準偏差も0.04mと男子の倍に当たる。このように、男子と比較してSBのばらつきが大きいことが、予選通過を目指す目標SBを押し上げている要因であろう。

表 2-3 に女子走高跳の決勝における 8 位入賞者の結果を示した。決勝における SB 達成率の平均値は 98.9%であり、この値は決勝進出者の予選におけるそれと比較して高い値を示した。加えて、決勝において SB を更新した競技者が 4 名みられた。

4. 男子棒高跳

表 3-1 および 3-2 に男子棒高跳の予選 A 組および B 組における予選通過者の結果を示した。男子棒高跳の予選通過記録は 5m75 であったが、これは無効

試技の少ない競技者が拾われたためであり、無効試技に関係なく予選を通過するためには、5m75が必要であった。予選における平均SB達成率は96.9%であり、予選通過者の平均SB達成率は98%、落選者の平均SB達成率は96.2%であった。なお、予選通過者の標準偏差が1.79%であったため、予選通過者の下限値はSB達成率で約96.2%であり、この記録が予選通過記録の5m75に対しては、5m97であり、5m70に対しては、5m92である。したがって、東京オリンピックにおいて予選通過の難易度を今回の世界選手権と同程度と見込むのであれば、日本記録と同程度、もしくはそれを超えるSBが必要であろう。

表 3-3 に男子棒高跳の決勝における 8 位入賞者の結果を示した。決勝における SB 達成率の平均値は 97.5%であり、この値は決勝進出者の予選におけるそれと比較して低い値を示した。加えて、決勝において SB を更新した競技者はみられなかった。

表 3-3 男子棒高跳決勝における入賞者の結果

| POS | ATHLETE | COUNTRY | MARK | PB | SB | %PB | %SB |
|-----|------------------------|---------|------|------|------|------|------|
| 1 | Sam Kendricks | USA | 5.97 | 6.06 | 6.06 | 98.5 | 98.5 |
| 2 | Armand Duplantis | SWE | 5.97 | 6.05 | 6.00 | 98.7 | 99.5 |
| 3 | Piotr Lisiek | POL | 5.87 | 6.02 | 6.02 | 97.5 | 97.5 |
| 4 | Bo Kanda Lita Baehre | GER | 5.7 | 5.72 | 5.72 | 99.7 | 99.7 |
| 5 | Thiago Braz | BRA | 5.7 | 6.03 | 5.92 | 94.5 | 96.3 |
| 6 | Raphael Holzdeppe | GER | 5.7 | 5.94 | 5.80 | 96.0 | 98.3 |
| 6 | Valentin Lavillenie | FRA | 5.7 | 5.82 | 5.82 | 97.9 | 97.9 |
| 8 | Claudio Michel Stecchi | ITA | 5.7 | 5.80 | 5.80 | 98.3 | 98.3 |

表 4-1 女子棒高跳予選 A 組における予選通過者の結果

| ATHLETE | COUNTRY | MARK | PB | SB | %PB | %SB |
|------------------------|---------|------|------|------|------|------|
| Holly Bradshaw | GBR | 4.60 | 4.87 | 4.81 | 94.5 | 95.6 |
| Katie Nageotte | USA | 4.60 | 4.91 | 4.86 | 93.7 | 94.7 |
| Alysha Newman | CAN | 4.60 | 4.82 | 4.82 | 95.4 | 95.4 |
| Anzhelika Sidorova | ANA | 4.60 | 4.91 | 4.91 | 93.7 | 93.7 |
| Iryna Zhuk | BLR | 4.60 | 4.70 | 4.70 | 97.9 | 97.9 |
| Nikoleta Kiriakopoulou | GRE | 4.60 | 4.83 | 4.81 | 95.2 | 95.6 |
| Ling Li | CHN | 4.60 | 4.72 | 4.72 | 97.5 | 97.5 |
| Angelica Moser | SUI | 4.60 | 4.65 | 4.65 | 98.9 | 98.9 |
| Lisa Ryzih | GER | 4.60 | 4.75 | 4.63 | 96.8 | 99.4 |

表 4-2 女子棒高跳予選 B 組における予選通過者の結果

| ATHLETE | COUNTRY | MARK | PB | SB | %PB | %SB |
|-----------------------|---------|------|------|------|------|------|
| Sandi Morris | USA | 4.60 | 5.00 | 4.85 | 92.0 | 94.8 |
| Katerina Stefanidi | GRE | 4.60 | 4.91 | 4.83 | 93.7 | 95.2 |
| Yarisley Silva | CUB | 4.60 | 4.91 | 4.75 | 93.7 | 96.8 |
| Robeilys Peinado | VEN | 4.60 | 4.70 | 4.70 | 97.9 | 97.9 |
| Jennifer Suhr | USA | 4.60 | 5.03 | 4.91 | 91.5 | 93.7 |
| Angelica Bengtsson | SWE | 4.60 | 4.81 | 4.81 | 95.6 | 95.6 |
| Ninon Guillon-Romarin | FRA | 4.60 | 4.75 | 4.73 | 96.8 | 97.3 |
| Tina Šutej | SLO | 4.60 | 4.73 | 4.73 | 97.3 | 97.3 |

5. 女子棒高跳

表 4-1 および 4-2 に女子棒高跳の予選 A 組および B 組における予選通過者の結果を示した。女子棒高跳の予選通過記録は 4m60 であった。予選における平均 SB 達成率は 96.2% であり、予選通過者の平均 SB 達成率は 96.3%、落選者の平均 SB 達成率は 96.0% であった。なお、予選通過者の SB 達成率の標準偏差が 1.70% であったため、予選通過者の SB 達成率の下限値は 94.6% であり、予選通過記録の 4m60 に対しては、4m86 となる。したがって、東京オリンピックにおいて予選通過の難易度を今回の世界選手権と同程度と見込むのであれば、日本記録を

大きく上回る SB が必要であろう。表 4-3 に女子棒高跳の決勝における 8 位入賞者の結果を示した。決勝における SB 達成率の平均値は 98.2% であり、この値は決勝進出者の予選におけるそれと比較して高い値を示した。加えて、決勝において SB を更新した競技者は 6 名みられた。

6. 全体を通して

ここまでバー種目の予選通過についてシーズンベスト達成率から検討してきた。予選通過者の SB 達成率は男子の走高跳で 99% と高い値を示したが、他の種目は概ね 98% から 96% であった。したがっ

表 4-3 女子棒高跳決勝における入賞者の結果

| POS | ATHLETE | COUNTRY | MARK | PB | SB | %PB | %SB |
|-----|--------------------|---------|---------|------|------|-------|-------|
| 1 | Anzhelika Sidorova | ANA | 4.95 WL | 4.91 | 4.91 | 100.8 | 100.8 |
| 2 | Sandi Morris | USA | 4.90 SB | 5.00 | 4.85 | 98.0 | 101.0 |
| 3 | Katerina Stefanidi | GRE | 4.85 SB | 4.91 | 4.83 | 98.8 | 100.4 |
| 4 | Holly Bradshaw | GBR | 4.80 | 4.87 | 4.81 | 98.6 | 99.8 |
| 5 | Alysha Newman | CAN | 4.80 | 4.82 | 4.82 | 99.6 | 99.6 |
| 6 | Angelica Bengtsson | SWE | 4.80 NR | 4.81 | 4.81 | 99.8 | 99.8 |
| 7 | Katie Nageotte | USA | 4.70 | 4.91 | 4.86 | 95.7 | 96.7 |
| 7 | Robeilys Peinado | VEN | 4.70 NR | 4.70 | 4.70 | 100.0 | 100.0 |
| 7 | Jennifer Suhr | USA | 4.70 | 5.03 | 4.91 | 93.4 | 95.7 |
| 7 | Iryna Zhuk | BLR | 4.70 NR | 4.70 | 4.70 | 100.0 | 100.0 |

て、広く認識されているものと推察するが、SBやPBを更新しなければ予選を通過することができないという状況では、そもそも予選を通過することは困難であると言える。実際に、予選通過者におけるPB更新者とSB更新者とをみると、男子走高跳でPB更新者とSB更新者がそれぞれ1名、女子走高跳においてもPB更新者とSB更新者がそれぞれ1名、男子棒高跳でPB更新者が1名、女子棒高跳ではPB更新者とSB更新者ともにみられなかった。したがって、予選通過を目指す際に、SBを、予選通過記録を上回る水準まで引き上げることが必要であろう。

加えて、決勝におけるパフォーマンスをみると、全ての種目において男子の棒高跳を除き、予選と比較してSB達成率が高く、決勝においてSBを更新した者が8位以内に入賞している傾向がみられた。このことは、決勝において入賞を目指すためには、余力を持った状態で予選を通過し、決勝においてもう一段レベルアップしたパフォーマンスを示す必要があるであろう。男子の棒高跳のように、天候や風向きなどの外的環境によっては、決勝においてSB更新者が一人もいないような状況は起こりうるが、ひとたび環境が整うと、上位入賞者は軒並みSBを更新するパフォーマンスを発揮する。したがって、決勝において上位を争うためには、日ごろから興奮状態をコントロールする訓練なども必要であろう。

また、決勝進出者を国別にみると、男子のハイジャンプを除いて、ヨーロッパの競技者が多い傾向にある。例えば、男子の棒高跳では14名中9名が、女子の棒高跳では17名中10名が、女子の走高跳では12名中10名がヨーロッパ諸国の出身である。女子の走高跳における12名中10名という状況は特に顕著であろう。走高跳は、他の陸上競技の種目と比べて、身長および立位での身体重心高が記録に大きく影響し、立位での身体重心高は脚の長さと同様に

占める脚の割合が影響することを考えると、女性においてこのような身体的特徴を有する人間が、ヨーロッパに多い可能性もあろう。一方で男子の走高跳では、このようなヨーロッパ偏重傾向はみられなかった。男子走高跳では、ヨーロッパ4名（うちANA2名）、オセアニア1名、アジア3名、北米2名、南米2名であり、アフリカ大陸を除き、さまざまなルーツを持った競技者が決勝に進出した。詳しいことは、人類学の専門家に論を譲る必要があるが、もし女性において背が高く長い脚を有する人間がアジアでは極めて少ない傾向にあれば、このような形態的に恵まれた競技者は早期に発掘して、陸上競技において大切に育成するような試みも、特に走高跳のように形態的な種目適正が認められるような種目では検討すべきかもしれない。

世界選手権ドーハ大会における競技パフォーマンス分析 — 走幅跳・三段跳の国際競技力の動向 —

青木和浩¹⁾

1) 順天堂大学スポーツ健康科学部

1. 男子走幅跳

表 1-1 に 2019 年ドーハ世界選手権の決勝と予選の戦績, 自己ベスト (PB), シーズンベスト (SB), 達成率を示した。

2019 年ドーハ世界選手権には, 日本代表として城山・橋岡・津波選手の 3 名でフルエントリーすることが出来た。他国でフルエントリーしたのは, オーストラリア・中国・アメリカであった。日本チームの戦績として, 橋岡が走幅跳で日本人初入賞となる 8 位, 城山も日本人 22 年ぶりの決勝進出であったが, 決勝では 11 位であった。なお, 優勝はジャマイカのゲイル選手 (23 歳) が 8 m 69 の今季世界最高・大幅自己記録を更新した。優勝候補であったキューバのエチェバリア選手は 8 m 34 で 3 位であった。

表 2 に過去世界大会 (2011 年～2019 年) の予選通過記録と 8 位入賞記録を示した。男子走幅跳においては, 予選通過の平均が 7 m 92 ± 0.05, 8 位入賞の平均が 8 m 03 ± 0.10 となっている。本大会においては予選通過記録 7 m 89, 8 位入賞記録 7 m 97 であり, 日本選手の 3 名もおおむねこの記録に当てはまった戦績であった。

今大会において予選通過をした 12 名の PB・SB の平均は 8 m 42・8 m 32, 予選落ちした 15 名の PB・SB の平均は 8 m 23・8 m 15 であった。予選時における予選通過者の PB・SB 達成率は, 95.2%・96.3%, 予選落ちした者の PB・SB 達成率は, 93.1%・94.0% であった。予選においては, 向かい風の試技が多いこともあり, 各選手の達成率に影響を及ぼしていたと考えられる。しかしながら, 予選通過者の PB・SB は参加標準記録 (8 m 17) より, はるかに高い上に, 達成率が 95% 以上になっているという点が特徴であった。

次に, 決勝進出者の決勝時における PB・SB の達成率を見ると 96.6%・97.8% と予選よりも高くなっ

ていることが分かる。特に 8 位入賞者までを見ると SB の 100% 以上の選手が 4 名も存在し, いかにか決勝時において, 高いパフォーマンス発揮ができるかという点が重要であることが伺われた。一方, 日本選手を見てみると橋岡選手は, 予選の PB 達成率が 97.0% に対し決勝では 95.8% であった。城山選手においては, 予選が 94.5%, 決勝が 92.5% と PB に対し十分な力が発揮されていなかった印象を受ける。また, 津波選手も予選の PB 達成率が 93.8% である。これらのことを踏まえると予選では 95% 以上の力を発揮し, 決勝ではそれよりも高い力を発揮できるようなトレーニング計画や調整方法が必要になるであろう。

2020 年東京オリンピックの参加標準記録は, 8 m 22 である。すでに 3 選手がこの記録を越えている。日本の男子走幅跳は, 城山選手の日本記録更新を契機として, 3 選手以外にも 8 m ジャンパーは多数おり標準記録を越えてくる選手が多くなることも予想される。決勝での入賞や表彰台を視野に入れた場合, 予選と決勝を踏まえた戦略が重要課題であることが明らかな結果であったと言える。

2. 男子三段跳

表 1-2 に 2019 年ドーハ世界選手権の決勝と予選の戦績, 自己ベスト (PB), シーズンベスト (SB), 達成率を示した。

2019 年ドーハ世界選手権には, 残念ながら日本選手は出場できなかった。他国でフルエントリーしたのは, 中国・キューバ・アメリカであった。

表 2 に過去世界大会 (2011 年～2019 年) の予選通過記録と 8 位入賞記録を示した。男子三段跳においては, 予選通過の平均が 16 m 70 ± 0.09, 8 位入賞の平均が 16 m 88 ± 0.17 となっている。本大会においては予選通過記録 16 m 87, 8 位入賞記録 17

m 06 となり、ここ数年ではレベルの高い試合であったと言える。なお、優勝はアメリカのテイラー選手(29歳)が17 m 92の今季最高記録で3連覇を果たした。

今大会において予選通過をした12名のPB・SBの平均は17 m 62・17 m 47、予選落ちした21名のPB・SBの平均は17 m 24・17 m 14であった。予選時における予選通過者のPB・SB達成率は、96.4%・97.3%、予選落ちした者のPB・SB達成率は、94.8%・95.3%であった。決勝進出者の決勝時におけるPB・SBの達成率を見ると96.7%・97.6%であった。

これらの事から、予選通過者のPB・SBは参加標準記録(16 m 95)より、はるかに高い上に、達成率が96%以上になっているという点である。しかしながら、決勝においても予選と同じ程度の達成率であったことを踏まえると多くの選手が、予選から達成率の高いパフォーマンスをしているといえる。また、決勝も同じように高い達成率となっている上に8位入賞者の中にSBの100%以上の選手が5名も存在していた。このことは、予選から達成率の高いパフォーマンスをしながら、決勝においてさらに高いパフォーマンスをしていることから、多くの選手が世界選手権にシーズンのピークを持ってきているということが伺われる。決勝進出した国別では、中国・キューバは2選手、アメリカは3選手が決勝進出を果たしている。これらの国々は、選手層も厚く、また、高い達成率を発揮する要因があると考えられ、その要因を見つけることも戦略の一つになると思われる。

2020年東京オリンピックの参加標準記録は、17 m 14である。しかしながら、今シーズンの日本ランキング1位は16 m 85の山本選手である。世界の基準は、17 mが最低ラインである。男子走幅跳の様に日本記録更新を契機に一人でも多くの選手が17 mを越える状況になることを期待したい。

3. 女子走幅跳

表1-3に2019年ドーハ世界選手権の決勝と予選の戦績、自己ベスト(PB)、シーズンベスト(SB)、達成率を示した。

2019年ドーハ世界選手権には、残念ながら日本選手は出場できなかった。他国でフルエントリーしたのは、フランス・イギリス・アメリカであった。

表2に過去世界大会(2011年～2019年)の予選通過記録と8位入賞記録を示した。女子走幅跳にお

いては、予選通過の平均が6 m 53 ± 0.08、8位入賞の平均が6 m 57 ± 0.13となっている。本大会においては予選通過記録6 m 53、8位入賞記録6 m 56となり、ほぼ過去大会と同じ傾向であったと言える。なお、優勝は、今季急成長のドイツのミハンボ選手(25歳)が7 m 30の今季世界最高・自己新記録を更新して優勝を果たした。

今大会において予選通過をした12名のPB・SBの平均は6 m 96・6 m 87、予選落ちした19名のPB・SBの平均は6 m 83・6 m 77であった。予選時における予選通過者のPB・SB達成率は、96.2%・97.5%、予選落ちした者のPB・SB達成率は、93.7%・94.5%であった。決勝進出者の決勝時におけるPB・SBの達成率を見ると96.2%・97.4%であった。

これらの事から、予選通過者のPB・SBは参加標準記録(6 m 72)より、高く、達成率が96%以上であった。また、決勝においても予選と同じ程度の達成率であったことを踏まえると多くの選手が、予選から達成率の高いパフォーマンスをしているといえる。また、決勝も予選同様に高い達成率となっている上に8位入賞者の中にSBの100%以上の選手が3名も存在していた。特に優勝のミハンボ選手は、予選通過1位、決勝においてはPBの102.0%の跳躍をしていた。決勝進出した国別では、イギリス・アメリカは2選手が決勝進出を果たしている。女子の走幅跳も男子の三段跳と同様に予選においても96%以上の達成率が見られた。

2020年東京オリンピックの参加標準記録は、6 m 72である。2019年のドーハ大会は、インビテーションもありSBが6 m 70付近の選手も出場することが出来た。今シーズンの日本ランキング1位は6 m 45の湊選手である。世界大会への基準は、6 m 70が最低ラインである。一人でも多くの選手が6 m 70を越える状況になることを期待したい。

4. 女子三段跳

表1-4に2019年ドーハ世界選手権の決勝と予選の戦績、自己ベスト(PB)、シーズンベスト(SB)、達成率を示した。

2019年ドーハ世界選手権には、残念ながら日本選手は出場できなかった。他国でフルエントリーしたのは、ポルトガルのみであった。

表2に過去世界大会(2011年～2019年)の予選通過記録と8位入賞記録を示した。女子三段跳においては、予選通過の平均が14 m 04 ± 0.11、8位入

賞の平均が 14 m 20 ± 0.10 となっている。本大会においては予選通過記録 14 m 12, 8 位入賞記録 14 m 40 となり, ここ数年では特に 8 位入賞ラインが高い結果であったと言える。なお, 優勝は, 今季世界歴代 2 位 (15 m 41) を記録したベネズエラのロハス選手 (23 歳) が 15 m 37 で優勝を果たした。

今大会において予選通過をした 12 名の PB・SB の平均は 14 m 79・14 m 65, 予選落ちした 14 名の PB・SB の平均は 14 m 45・14 m 29 であった。予選時における予選通過者の PB・SB 達成率は, 96.5%・97.4%, 予選落ちした者の PB・SB 達成率は, 95.1%・96.1% であった。決勝進出者の決勝時における PB・SB の達成率を見ると 97.9%・98.8% であった。

これらの事から, 予選落ちした選手の達成率が 95% であったにも関わらず, 決勝進出できなかった要因として, 予選通過者の PB・SB は参加標準記録 (14 m 20) より, はるかに高く, 達成率が 96% 以上になっているという点である。また, 決勝においては, 予選よりも高い達成率であったことを踏まえると多くの選手が, 決勝をポイントにした戦術を取っていたことが伺われる。特に決勝において, 入賞した選手は, 低くても SB の 98.2% であり, 決勝における達成率の高さが結果に反映される最たる例となる試合展開であったと言える。決勝進出した国別では, ジャマイカ・アメリカは 2 選手が決勝進出を果たしている。一方, フルエントリーしたポルトガルは 1 名のみ 8 位入賞であった。特に女子三段跳においては, 様々な国から才能のある選手が三段跳を行っている印象を受けた。今回の試合を契機に女子三段跳のレベルが高くなる様相を呈しているように思われる結果であった。

2020 年東京オリンピックの参加標準記録は, 14 m 32 である。2019 年のドーハ大会は, インビテーションもあり SB が 14 m 18 付近の選手も出場することが出来た。今シーズンの日本ランキング 1 位は 13 m 65 の河合選手である。世界大会への基準は, 14 m がスタートラインと言えよう。一人でも多くの選手が 14 m を越え, 世界大会にチャレンジできることを期待したい。

5. まとめ

本大会における水平跳躍種目の予選・決勝の結果から, 全ての種目に共通したものがみられた。当たり前ではあるが, どの種目も参加標準記録より, はるかに高い PB・SB を持っている選手が有利である

という点は明らかである。その中でも, 予選においては PB の 95% 以上, SB の 96% 以上の跳躍が必要であることが伺われた。さらに, 決勝においては, 上位入賞している選手の多くは 100% 近い達成率になっている点が特徴的であった。このことから水平跳躍種目においては, 予選と決勝を一体とした戦略と戦術の計画が重要であることが伺われる。

また, スプリント王国のジャマイカや急成長してきたベネズエラなど, 様々な国からポテンシャルを持っている選手達の台頭が特徴的であった。2020 にむけて, 様々な国の選手情報を得ることも重要である。我が国に目を向けると, 男子走幅跳において, 上位入賞の可能性も見えており, 期待を持てる状況である。その他の種目も来たる 2020 年に向けて, ターゲットとなる記録も踏まえながら, 大きなチャレンジに期待したい。

表 1-1 男子走幅跳の予選・決勝におけるパフォーマンス

M-LJ 【FINAL】

| POS | ATHLETE | COUNTRY | MARK | WIND | PB | %PB | SB | %SB |
|-----|------------------------|---------|------|---------|------|-------|------|-------|
| 1 | Tajay Gayle | JAM | 8m69 | WL 0.5 | 8m32 | 104.4 | 8m32 | 104.4 |
| 2 | Jeff Henderson | USA | 8m39 | SB -0.1 | 8m52 | 98.5 | 8m38 | 100.1 |
| 3 | Juan Miguel Echevarría | CUB | 8m34 | 0.1 | 8m68 | 96.1 | 8m65 | 96.4 |
| 4 | Luvo Manyonga | RSA | 8m28 | -0.1 | 8m65 | 95.7 | 8m37 | 98.9 |
| 5 | Ruswahl Samaai | RSA | 8m23 | SB -0.3 | 8m49 | 96.9 | 8m21 | 100.2 |
| 6 | Jianan Wang | CHN | 8m20 | SB 0.0 | 8m47 | 96.8 | 8m18 | 100.2 |
| 7 | Eusebio Cáceres | ESP | 8m01 | -0.4 | 8m37 | 95.7 | 8m19 | 97.8 |
| 8 | Yuki Hashioka | JPN | 7m97 | -0.2 | 8m32 | 95.8 | 8m32 | 95.8 |
| 9 | Thobias Montler | SWE | 7m96 | 0.0 | 8m22 | 96.8 | 8m22 | 96.8 |
| 10 | Miltiadis Tentoglou | GRE | 7m79 | -0.2 | 8m38 | 93.0 | 8m38 | 93.0 |
| 11 | Shoutarou Shiroyama | JPN | 7m77 | 0.2 | 8m40 | 92.5 | 8m40 | 92.5 |
| | Steffin McCarter | USA | NM | | 8m25 | | 8m25 | |

M-LJ 【QUALIFICATION】

| POS | ATHLETE | COUNTRY | MARK | WIND | PB | %PB | SB | %SB | FINAL |
|-----|------------------------|---------|------|--------|------|------|------|------|-------|
| 1 | Juan Miguel Echevarría | CUB | 8m40 | Q -0.6 | 8m68 | 96.8 | 8m65 | 97.1 | 3 |
| 2 | Jeff Henderson | USA | 8m12 | q -0.7 | 8m52 | 95.3 | 8m38 | 96.9 | 2 |
| 3 | Yuki Hashioka | JPN | 8m07 | q -0.7 | 8m32 | 97.0 | 8m32 | 97.0 | 8 |
| 4 | Steffin McCarter | USA | 8m04 | q -0.8 | 8m25 | 97.5 | 8m25 | 97.5 | - |
| 5 | Ruswahl Samaai | RSA | 8m01 | q -0.2 | 8m49 | 94.3 | 8m21 | 97.6 | 5 |
| 6 | Eusebio Cáceres | ESP | 8m01 | q -1.3 | 8m37 | 95.7 | 8m19 | 97.8 | 7 |
| 7 | Miltiadis Tentoglou | GRE | 8m00 | q -1.2 | 8m38 | 95.5 | 8m38 | 95.5 | 10 |
| 8 | Shoutarou Shiroyama | JPN | 7m94 | q -0.6 | 8m40 | 94.5 | 8m40 | 94.5 | 11 |
| 9 | Thobias Montler | SWE | 7m92 | q -0.3 | 8m22 | 96.4 | 8m22 | 96.4 | 9 |
| 10 | Luvo Manyonga | RSA | 7m91 | q -0.1 | 8m65 | 91.4 | 8m37 | 94.5 | 4 |
| 11 | Jianan Wang | CHN | 7m89 | q -0.6 | 8m47 | 93.2 | 8m18 | 96.5 | 6 |
| 12 | Tajay Gayle | JAM | 7m89 | q -0.7 | 8m32 | 94.8 | 8m32 | 94.8 | 1 |
| 13 | Henry Frayne | AUS | 7m86 | -0.6 | 8m34 | 94.2 | 8m19 | 96.0 | |
| 14 | Yaoguang Zhang | CHN | 7m82 | -0.6 | 8m29 | 94.3 | 8m25 | 94.8 | |
| 15 | Darcy Roper | AUS | 7m82 | -0.2 | 8m13 | 96.2 | 8m13 | 96.2 | |
| 16 | Changzhou Huang | CHN | 7m81 | -0.5 | 8m28 | 94.3 | 8m24 | 94.8 | |
| 17 | Andwuelle Wright | TTO | 7m76 | -1.3 | 8m25 | 94.1 | 8m25 | 94.1 | |
| 18 | Hibiki Tsuha | JPN | 7m72 | -0.1 | 8m23 | 93.8 | 8m23 | 93.8 | |
| 19 | Héctor Santos | ESP | 7m69 | -1.4 | 8m19 | 93.9 | 8m19 | 93.9 | |
| 20 | Emiliano Lasa | URU | 7m66 | 0.2 | 8m26 | 92.7 | 8m13 | 94.2 | |
| 21 | Trumaine Jefferson | USA | 7m63 | -1.0 | 8m18 | 93.3 | 8m18 | 93.3 | |
| 22 | Sreeshankar | IND | 7m62 | -0.7 | 8m20 | 92.9 | 8m00 | 95.3 | |
| 23 | Emanuel Archibald | GUY | 7m56 | -0.7 | 8m12 | 93.1 | 8m12 | 93.1 | |
| 24 | Henry Smith | AUS | 7m50 | -1.1 | 8m06 | 93.1 | 8m06 | 93.1 | |
| 25 | Tyrone Smith | BER | 7m49 | -1.0 | 8m34 | 89.8 | 7m96 | 94.1 | |
| 26 | Yahya Berrabah | MAR | 7m37 | -0.4 | 8m40 | 87.7 | 8m18 | 90.1 | |
| 27 | Chia-Hsing Lin | TPE | NM | | 8m14 | | 8m14 | | |

表 1-2 男子三段跳の予選・決勝におけるパフォーマンス

M-TJ 【FINAL】

| POS | ATHLETE | COUNTRY | MARK | WIND | PB | %PB | SB | %SB |
|-----|------------------------------|---------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | Christian Taylor | USA | 17m92 | SB 0.9 | 18m21 | 98.4 | 17m82 | 100.6 |
| 2 | Will Claye | USA | 17m74 | 0.9 | 18m14 | 97.8 | 18m14 | 97.8 |
| 3 | Hugues Fabrice Zango | BUR | 17m66 | AR 0.5 | 17m58 | 100.5 | 17m58 | 100.5 |
| 4 | Pedro Pablo Pichardo | POR | 17m62 | SB 0.1 | 18m08 | 97.5 | 17m53 | 100.5 |
| 5 | Cristian Nápoles | CUB | 17m38 | PB 0.8 | 17m34 | 100.2 | 17m21 | 101.0 |
| 6 | Donald Scott | USA | 17m17 | 0.3 | 17m43 | 98.5 | 17m43 | 98.5 |
| 7 | Alexis Copello | AZE | 17m10 | SB 0.6 | 17m68 | 96.7 | 17m02 | 100.5 |
| 8 | Jordan Alejandro Díaz Fortun | CUB | 17m06 | 0.8 | 17m49 | 97.5 | 17m49 | 97.5 |
| 9 | Ruiting Wu | CHN | 16m97 | 0.3 | 17m47 | 97.1 | 17m47 | 97.1 |
| 10 | Yaoping Fang | CHN | 16m65 | 0.4 | 17m17 | 97.0 | 17m17 | 97.0 |
| 11 | Necatî Er | TUR | 16m34 | 0.1 | 17m37 | 94.1 | 17m37 | 94.1 |
| 12 | Almir dos Santos | BRA | 15m01 | 0.7 | 17m53 | 85.6 | 17m46 | 86.0 |

M-TJ 【QUALIFICATION】

| POS | ATHLETE | COUNTRY | MARK | WIND | PB | %PB | SB | %SB | FINAL |
|-----|------------------------------|---------|-------|--------|-------|------|-------|------|-------|
| 1 | Pedro Pablo Pichardo | POR | 17m38 | Q -0.2 | 18m08 | 96.1 | 17m53 | 99.1 | 4 |
| 2 | Hugues Fabrice Zango | BUR | 17m17 | Q -0.3 | 17m58 | 97.7 | 17m58 | 97.7 | 3 |
| 3 | Donald Scott | USA | 16m99 | q -0.4 | 17m43 | 97.5 | 17m43 | 97.5 | 6 |
| 4 | Christian Taylor | USA | 16m99 | q 0.3 | 18m21 | 93.3 | 17m82 | 95.3 | 1 |
| 5 | Will Claye | USA | 16m97 | q -0.1 | 18m14 | 93.6 | 18m14 | 93.6 | 2 |
| 6 | Alexis Copello | AZE | 16m95 | q 0.1 | 17m68 | 95.9 | 17m02 | 99.6 | 7 |
| 7 | Jordan Alejandro Díaz Fortun | CUB | 16m93 | q 0.0 | 17m49 | 96.8 | 17m49 | 96.8 | 8 |
| 8 | Almir dos Santos | BRA | 16m92 | q -0.5 | 17m53 | 96.5 | 17m46 | 96.9 | 12 |
| 9 | Yaoping Fang | CHN | 16m92 | q 0.2 | 17m17 | 98.5 | 17m17 | 98.5 | 10 |
| 10 | Ruiting Wu | CHN | 16m90 | q -0.3 | 17m47 | 96.7 | 17m47 | 96.7 | 9 |
| 11 | Cristian Nápoles | CUB | 16m88 | q 0.0 | 17m34 | 97.3 | 17m21 | 98.1 | 5 |
| 12 | Necatî Er | TUR | 16m87 | q 0.2 | 17m37 | 97.1 | 17m37 | 97.1 | 11 |
| 13 | Omar Craddock | USA | 16m87 | 0.1 | 17m68 | 95.4 | 17m68 | 95.4 | |
| 14 | Dmitriy Sorokin | ANA | 16m86 | 0.1 | 17m31 | 97.4 | 17m31 | 97.4 | |
| 15 | Nelson Évora | POR | 16m80 | 0.3 | 17m74 | 94.7 | 17m13 | 98.1 | |
| 16 | Yaming Zhu | CHN | 16m79 | -0.1 | 17m40 | 96.5 | 17m40 | 96.5 | |
| 17 | Benjamin Williams | GBR | 16m77 | 0.3 | 17m27 | 97.1 | 17m27 | 97.1 | |
| 18 | Alexey Fyodorov | ANA | 16m71 | -0.3 | 17m42 | 95.9 | 16m97 | 98.5 | |
| 19 | Nazim Babayev | AZE | 16m65 | -0.2 | 17m29 | 96.3 | 17m29 | 96.3 | |
| 20 | Yasser Mohamed Triki | ALG | 16m62 | 0.0 | 17m12 | 97.1 | 17m12 | 97.1 | |
| 21 | Georgi Tsonov | BUL | 16m61 | 0.1 | 17m03 | 97.5 | 17m03 | 97.5 | |
| 22 | Benjamin Compaoré | FRA | 16m59 | -0.2 | 17m48 | 94.9 | 17m05 | 97.3 | |
| 23 | Simo Lipsanen | FIN | 16m47 | -0.4 | 17m14 | 96.1 | 16m98 | 97.0 | |
| 24 | Andy Díaz | CUB | 16m41 | -0.4 | 17m40 | 94.3 | 17m22 | 95.3 | |
| 25 | Chengetayi Mapaya | ZIM | 16m36 | -0.4 | 17m13 | 95.5 | 17m13 | 95.5 | |
| 26 | Jean-Marc Pontvianne | FRA | 16m31 | 0.1 | 17m13 | 95.2 | 16m95 | 96.2 | |
| 27 | Latario Collie-Minns | BAH | 16m26 | -0.3 | 17m18 | 94.6 | 17m04 | 95.4 | |
| 28 | Alexandro Melo | BRA | 16m26 | 0.3 | 17m31 | 93.9 | 17m31 | 93.9 | |
| 29 | Levon Aghasyan | ARM | 16m24 | 0.0 | 17m08 | 95.1 | 17m08 | 95.1 | |
| 30 | Lathone Collie-Minns | BAH | 15m89 | 0.4 | 16m99 | 93.5 | 16m99 | 93.5 | |
| 31 | Ruslan Kurbanov | UZB | 15m86 | -0.3 | 16m93 | 93.7 | 16m93 | 93.7 | |
| 32 | Andrea Dallavalle | ITA | 15m09 | -0.3 | 16m95 | 89.0 | 16m95 | 89.0 | |
| 33 | Jordan Scott | JAM | 14m73 | 0.4 | 17m08 | 86.2 | 17m08 | 86.2 | |

表 1-3 女子走幅跳の予選・決勝におけるパフォーマンス

W-LJ 【FINAL】

| POS | ATHLETE | COUNTRY | MARK | WIND | PB | %PB | SB | %SB |
|-----|-----------------------------|---------|------|---------|------|-------|------|-------|
| 1 | Malaika Mihambo | GER | 7m30 | WL -0.8 | 7m16 | 102.0 | 7m16 | 102.0 |
| 2 | Maryna Bekh-Romanchuk | UKR | 6m92 | SB 0.3 | 6m93 | 99.9 | 6m85 | 101.0 |
| 3 | Ese Brume | NGR | 6m91 | 0.2 | 7m05 | 98.0 | 7m05 | 98.0 |
| 4 | Tori Bowie | USA | 6m81 | SB -0.4 | 6m95 | 98.0 | 6m78 | 100.4 |
| 5 | Nastassia Mironchuk-Ivanova | BLR | 6m76 | 0.5 | 7m08 | 95.5 | 6m93 | 97.5 |
| 6 | Alina Rotaru | ROU | 6m71 | -0.4 | 6m91 | 97.1 | 6m91 | 97.1 |
| 7 | Abigail Irozuru | GBR | 6m64 | 0.1 | 6m86 | 96.8 | 6m86 | 96.8 |
| 8 | Chanice Porter | JAM | 6m56 | 0.0 | 6m75 | 97.2 | 6m73 | 97.5 |
| 9 | Sha'keela Saunders | USA | 6m54 | 0.2 | 6m90 | 94.8 | 6m78 | 96.5 |
| 10 | Brooke Stratton | AUS | 6m46 | 0.1 | 7m05 | 91.6 | 6m74 | 95.8 |
| 11 | Shara Proctor | GBR | 6m43 | -0.1 | 7m07 | 90.9 | 6m84 | 94.0 |
| 12 | Anasztázia Nguyen | HUN | 6m26 | -0.1 | 6m77 | 92.5 | 6m77 | 92.5 |

W-LJ 【QUALIFICATION】

| POS | ATHLETE | COUNTRY | MARK | WIND | PB | %PB | SB | %SB | FINAL |
|-----|-----------------------------|---------|------|--------|------|------|------|------|-------|
| 1 | Malaika Mihambo | GER | 6m98 | Q 0.5 | 7m16 | 97.5 | 7m16 | 97.5 | 1 |
| 2 | Ese Brume | NGR | 6m89 | Q -0.2 | 7m05 | 97.7 | 7m05 | 97.7 | 3 |
| 3 | Tori Bowie | USA | 6m77 | Q -0.4 | 6m95 | 97.4 | 6m78 | 99.9 | 4 |
| 4 | Maryna Bekh-Romanchuk | UKR | 6m74 | q -0.3 | 6m93 | 97.3 | 6m85 | 98.4 | 2 |
| 5 | Alina Rotaru | ROU | 6m72 | q 0.1 | 6m91 | 97.3 | 6m91 | 97.3 | 6 |
| 6 | Abigail Irozuru | GBR | 6m70 | q 0.4 | 6m86 | 97.7 | 6m86 | 97.7 | 7 |
| 7 | Nastassia Mironchuk-Ivanova | BLR | 6m69 | q -0.2 | 7m08 | 94.5 | 6m93 | 96.5 | 5 |
| 8 | Shara Proctor | GBR | 6m63 | q -0.1 | 7m07 | 93.8 | 6m84 | 96.9 | 11 |
| 9 | Brooke Stratton | AUS | 6m58 | q 0.6 | 7m05 | 93.3 | 6m74 | 97.6 | 10 |
| 10 | Chanice Porter | JAM | 6m57 | q -0.3 | 6m75 | 97.3 | 6m73 | 97.6 | 8 |
| 11 | Anasztázia Nguyen | HUN | 6m54 | q 0.0 | 6m77 | 96.6 | 6m77 | 96.6 | 12 |
| 12 | Sha'keela Saunders | USA | 6m53 | q 0.6 | 6m90 | 94.6 | 6m78 | 96.3 | 9 |
| 13 | Brittney Reese | USA | 6m52 | 0.6 | 7m31 | 89.2 | 7m00 | 93.1 | |
| 14 | Jasmine Todd | USA | 6m51 | 0.0 | 6m84 | 95.2 | 6m79 | 95.9 | |
| 15 | Eliane Martins | BRA | 6m50 | 0.2 | 6m74 | 96.4 | 6m74 | 96.4 | |
| 16 | Tissanna Hickling | JAM | 6m49 | 0.6 | 6m82 | 95.2 | 6m82 | 95.2 | |
| 17 | Tilde Johansson | SWE | 6m48 | 0.5 | 6m73 | 96.3 | 6m73 | 96.3 | |
| 18 | Hilary Kpatacha | FRA | 6m47 | 0.3 | 6m81 | 95.0 | 6m81 | 95.0 | |
| 19 | Yanis Esmeralda David | FRA | 6m46 | 0.5 | 6m84 | 94.4 | 6m84 | 94.4 | |
| 20 | Éloyse Lesueur-Aymonin | FRA | 6m46 | 0.0 | 6m92 | 93.4 | 6m72 | 96.1 | |
| 21 | Jazmin Sawyers | GBR | 6m46 | -0.2 | 6m86 | 94.2 | 6m71 | 96.3 | |
| 22 | Chantel Malone | IVB | 6m45 | 0.2 | 6m90 | 93.5 | 6m90 | 93.5 | |
| 23 | Petra Farkas | HUN | 6m44 | 1.0 | 6m72 | 95.8 | 6m72 | 95.8 | |
| 24 | Yelena Sokolova | ANA | 6m43 | 1.0 | 7m07 | 90.9 | 6m81 | 94.4 | |
| 25 | Adriana Rodríguez | CUB | 6m39 | 0.1 | 6m70 | 95.4 | 6m70 | 95.4 | |
| 26 | Maria Natalia Londa | INA | 6m36 | 0.3 | 6m70 | 94.9 | 6m68 | 95.2 | |
| 27 | Taika Koilahti | FIN | 6m35 | 0.3 | 6m69 | 94.9 | 6m69 | 94.9 | |
| 28 | Tania Vicenzino | ITA | 6m23 | -0.1 | 6m68 | 93.3 | 6m68 | 93.3 | |
| 29 | Florentina Costina Iusco | ROU | 6m22 | 0.6 | 6m92 | 89.9 | 6m92 | 89.9 | |
| 30 | Nektaria Panagi | CYP | 6m21 | 0.2 | 6m72 | 92.4 | 6m66 | 93.2 | |
| 31 | Laura Strati | ITA | 6m05 | 0.3 | 6m72 | 90.0 | 6m65 | 91.0 | |

表 1-4 女子三段跳の予選・決勝におけるパフォーマンス

W-TJ 【FINAL】

| POS | ATHLETE | COUNTRY | MARK | WIND | PB | %PB | SB | %SB |
|-----|-------------------|---------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | Yulimar Rojas | VEN | 15m37 | -0.6 | 15m41 | 99.7 | 15m41 | 99.7 |
| 2 | Shanicka Ricketts | JAM | 14m92 | 0.2 | 14m93 | 99.9 | 14m93 | 99.9 |
| 3 | Caterine Ibarguen | COL | 14m73 | 0.5 | 15m31 | 96.2 | 14m89 | 98.9 |
| 4 | Kimberly Williams | JAM | 14m64 | PB 0.1 | 14m64 | 100.0 | 14m56 | 100.5 |
| 5 | Olha Saladukha | UKR | 14m52 | SB 0.0 | 14m99 | 96.9 | 14m49 | 100.2 |
| 6 | Ana Peleteiro | ESP | 14m47 | 0.0 | 14m73 | 98.2 | 14m73 | 98.2 |
| 7 | Keturah Orji | USA | 14m46 | 0.4 | 14m72 | 98.2 | 14m72 | 98.2 |
| 8 | Patrícia Mamona | POR | 14m40 | -0.1 | 14m65 | 98.3 | 14m44 | 99.7 |
| 9 | Tori Franklin | USA | 14m08 | -0.6 | 14m84 | 94.9 | 14m57 | 96.6 |
| 10 | Rouguy Diallo | FRA | 14m08 | -0.1 | 14m39 | 97.8 | 14m39 | 97.8 |
| 11 | Andreea Panturoiu | ROU | 14m07 | -0.4 | 14m47 | 97.2 | 14m23 | 98.9 |
| 12 | Kristiina Mäkelä | FIN | 13m99 | 0.0 | 14m38 | 97.3 | 14m38 | 97.3 |

W-TJ 【QUALIFICATION】

| POS | ATHLETE | COUNTRY | MARK | WIND | PB | %PB | SB | %SB | FINAL |
|-----|-----------------------|---------|-------|-------|-------|------|-------|------|-------|
| 1 | Shanicka Ricketts | JAM | 14m42 | Q 0.6 | 14m93 | 96.6 | 14m93 | 96.6 | 2 |
| 2 | Caterine Ibarguen | COL | 14m32 | Q 0.5 | 15m31 | 93.5 | 14m89 | 96.2 | 3 |
| 3 | Olha Saladukha | UKR | 14m32 | Q 0.4 | 14m99 | 95.5 | 14m49 | 98.8 | 5 |
| 4 | Yulimar Rojas | VEN | 14m31 | Q 0.2 | 15m41 | 92.9 | 15m41 | 92.9 | 1 |
| 5 | Keturah Orji | USA | 14m30 | Q 0.3 | 14m72 | 97.1 | 14m72 | 97.1 | 7 |
| 6 | Kristiina Mäkelä | FIN | 14m26 | q 0.4 | 14m38 | 99.2 | 14m38 | 99.2 | 12 |
| 7 | Rouguy Diallo | FRA | 14m25 | q 0.1 | 14m39 | 99.0 | 14m39 | 99.0 | 10 |
| 8 | Ana Peleteiro | ESP | 14m23 | q 0.6 | 14m73 | 96.6 | 14m73 | 96.6 | 6 |
| 9 | Tori Franklin | USA | 14m23 | q 0.7 | 14m84 | 95.9 | 14m57 | 97.7 | 9 |
| 10 | Patrícia Mamona | POR | 14m21 | q 0.4 | 14m65 | 97.0 | 14m44 | 98.4 | 8 |
| 11 | Kimberly Williams | JAM | 14m20 | q 0.1 | 14m64 | 97.0 | 14m56 | 97.5 | 4 |
| 12 | Andreea Panturoiu | ROU | 14m12 | q 0.5 | 14m47 | 97.6 | 14m23 | 99.2 | 11 |
| 13 | Olga Rypakova | KAZ | 14m09 | 0.0 | 15m25 | 92.4 | 14m37 | 98.1 | |
| 14 | Dovilė Kilty | LTU | 14m09 | 0.6 | 14m28 | 98.7 | 14m28 | 98.7 | |
| 15 | Liadagmis Povea | CUB | 14m08 | 0.3 | 14m77 | 95.3 | 14m77 | 95.3 | |
| 16 | Gabriela Petrova | BUL | 13m98 | 0.3 | 14m66 | 95.4 | 14m22 | 98.3 | |
| 17 | Ottavia Cestonaro | ITA | 13m97 | 0.1 | 14m18 | 98.5 | 14m18 | 98.5 | |
| 18 | Evelise Veiga | POR | 13m89 | 0.1 | 14m32 | 97.0 | 14m32 | 97.0 | |
| 19 | Yosiris Urrutia | COL | 13m77 | 0.0 | 14m58 | 94.4 | 14m36 | 95.9 | |
| 20 | Susana Costa | POR | 13m77 | 0.3 | 14m43 | 95.4 | 14m43 | 95.4 | |
| 21 | Iryna Vaskouskaya | BLR | 13m67 | 0.7 | 14m30 | 95.6 | 14m10 | 97.0 | |
| 22 | Diana Zagainova | LTU | 13m64 | 0.0 | 14m43 | 94.5 | 14m43 | 94.5 | |
| 23 | Patricia Sarrapio | ESP | 13m58 | 0.1 | 14m27 | 95.2 | 14m27 | 95.2 | |
| 24 | Liuba Maria Zaldívar | ECU | 13m56 | 0.1 | 14m51 | 93.5 | 14m05 | 96.5 | |
| 25 | Anna Krasutska | UKR | 13m16 | 0.2 | 14m15 | 93.0 | 14m15 | 93.0 | |
| 26 | Aleksandra Nacheva | BUL | 13m05 | 0.3 | 14m18 | 92.0 | 14m13 | 92.4 | |
| 27 | Yanis Esmeralda David | FRA | DNS | | 14m35 | | 14m35 | | |
| 28 | Thea Lafond | DMA | DNS | | 14m38 | | 14m38 | | |

表2 2011～2019 世界選手権・オリンピック 予選通過・8位入賞ライン

| | 男子 LJ | | 男子TJ | | 女子LJ | | 女子TJ | |
|-------------|-------|------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
| | 予選通過 | 8位入賞 | 予選通過 | 8位入賞 | 予選通過 | 8位入賞 | 予選通過 | 8位入賞 |
| 2011年テグ大会 | 8m02 | 8m17 | 16m81 | 17m17 | 6m51 | 6m44 | 14m15 | 14m12 |
| 2012年ロンドン五輪 | 7m92 | 7m93 | 16m62 | 16m92 | 6m40 | 6m35※ | 14m11 | 14m12 |
| 2013年モスクワ大会 | 7m89 | 8m02 | 16m63 | 16m74 | 6m57 | 6m73 | 13m88 | 14m15 |
| 2015年北京大会 | 7m98 | 7m89 | 16m73 | 16m81 | 6m68 | 6m67 | 13m84 | 14m25 |
| 2016年リオ五輪 | 7m85 | 8m05 | 16m61 | 16m68 | 6m53 | 6m69 | 14m08 | 14m26 |
| 2017年ロンドン大会 | 7m91 | 8m18 | 16m66 | 16m79 | 6m46 | 6m55 | 14m07 | 14m13 |
| 2019年ドーハ大会 | 7m89 | 7m97 | 16m87 | 17m06 | 6m53 | 6m56 | 14m12 | 14m40 |
| 平均 | 7m92 | 8m03 | 16m70 | 16m88 | 6m53 | 6m57 | 14m04 | 14m20 |
| 標準偏差 | 0.05 | 0.10 | 0.09 | 0.17 | 0.08 | 0.13 | 0.11 | 0.10 |

※ドーピング失格3名

世界選手権ドーハ大会における競技パフォーマンス分析 — シーズンベストに対する達成率からみた投てき種目の特徴 —

田内健二¹⁾

1) 中京大学

1. はじめに

2019年9月27日～10月6日にカタール・ドーハにおいて世界陸上競技選手権大会（ドーハ大会）が開催された。本稿では、投てき種目における成績を基にして、世界トップレベルの選手たちがどのようなパフォーマンスを発揮したのかを分析し、東京オリンピックに臨むにあたっての課題を提案してみたい。

2. 分析の観点

本稿での分析の観点は以下3点である。

- ①ドーハ大会における投てき種目の決勝記録の特徴を過去の大会との比較から明らかにする。
- ②ドーハ大会における投てき種目の決勝記録（順位）に対する各選手のパーソナルベスト（PB）、シーズンベスト（SB）、PBおよびSBに対する決勝記録の達成率（%PB, %SB）の影響を検討する。

- ③ドーハ大会における投てき種目の決勝記録（順位）に対する予選記録の影響を検討する。

3. 結果および考察

①ドーハ大会における投てき種目の決勝記録の特徴
表1に、オリンピックおよび世界選手権の過去2大会とドーハ大会との決勝記録を示した。ドーハ大会において特徴的であったのは、男子砲丸投であり、1-3位平均が過去2大会と比較して突出して高く、4-8位平均でも高かった。男子砲丸投は、主流がグライド投法から回転投法へと変化しており、今大会の決勝進出者はすべて回転投法であった。田内（2007a）の報告した2000年から2005年までの世界大会と比較しても、1-3位平均、4-8位平均が徐々に高くなっており、回転投げの優位性を示す結果であるとも解釈できよう。また、男子やり投げを除くその他の種目については、優勝記録の高低はあるが、各順位平均からみればほぼ例年通りの結果で

表1 ドーハ大会およびオリンピック、世界選手権の過去2大会における決勝記録

| MEN | SP | | | DT | | | HT | | | JT | | |
|---------|-------|--------|--------------|-------|--------|--------------|-------|--------|--------------|-------|--------|--------------|
| | 16リオ | 17ロンドン | 19ドーハ | 16リオ | 17ロンドン | 19ドーハ | 16リオ | 17ロンドン | 19ドーハ | 16リオ | 17ロンドン | 19ドーハ |
| 1位 | 22.52 | 22.03 | 22.91 | 68.37 | 69.21 | 67.59 | 78.68 | 79.81 | 80.50 | 90.30 | 89.89 | 86.89 |
| 2位 | 21.78 | 21.66 | 22.90 | 67.55 | 69.19 | 66.94 | 77.79 | 78.16 | 78.19 | 88.24 | 89.73 | 86.21 |
| 3位 | 21.36 | 21.46 | 22.90 | 67.05 | 68.03 | 66.82 | 77.73 | 78.03 | 78.18 | 85.38 | 88.32 | 85.37 |
| 1-3位平均 | 21.89 | 21.72 | 22.90 | 67.66 | 68.81 | 67.12 | 78.07 | 78.67 | 78.96 | 87.97 | 89.31 | 86.16 |
| 4-8位平均 | 20.67 | 21.20 | 21.65 | 64.97 | 64.87 | 65.67 | 75.47 | 77.11 | 77.01 | 83.33 | 85.64 | 81.38 |
| 9-12位平均 | 20.33 | 20.59 | 20.71 | 61.76 | 61.83 | 63.09 | 73.69 | 74.96 | 75.27 | 79.94 | 80.11 | 78.40 |

| WOMEN | SP | | | DT | | | HT | | | JT | | |
|---------|-------|--------|--------------|-------|--------|--------------|-------|--------|--------------|-------|--------|--------------|
| | 16リオ | 17ロンドン | 19ドーハ | 16リオ | 17ロンドン | 19ドーハ | 16リオ | 17ロンドン | 19ドーハ | 16リオ | 17ロンドン | 19ドーハ |
| 1位 | 20.63 | 19.94 | 19.55 | 69.21 | 70.31 | 69.17 | 82.29 | 77.90 | 77.54 | 66.18 | 66.76 | 66.56 |
| 2位 | 20.42 | 19.49 | 19.47 | 66.73 | 69.64 | 68.44 | 76.75 | 75.98 | 76.35 | 64.92 | 66.25 | 65.88 |
| 3位 | 19.87 | 19.14 | 19.17 | 65.34 | 66.21 | 66.72 | 74.54 | 74.76 | 74.76 | 64.80 | 65.26 | 65.49 |
| 1-3位平均 | 20.31 | 19.52 | 19.40 | 67.09 | 68.72 | 68.11 | 77.86 | 76.21 | 76.22 | 65.30 | 66.09 | 65.98 |
| 4-8位平均 | 18.45 | 18.30 | 18.80 | 63.71 | 63.65 | 62.33 | 72.56 | 73.12 | 73.22 | 64.17 | 64.02 | 62.88 |
| 9-12位平均 | 17.65 | 17.81 | 18.02 | 61.26 | 60.87 | 59.48 | 68.10 | 68.67 | 70.99 | 59.77 | 60.52 | 57.99 |

あった。男子やり投については、過去2大会と比較して低いレベルであったといえるが、田内(2007b)の報告と比較すると必ずしも低いとはいえない。つまり、男子やり投の結果は大会ごとの高低差が大きく、今大会のみが低いわけではないことから、当日の環境などの影響に大きく左右される種目といえるのかもしれない。

②ドーハ大会における投てき種目の決勝記録(順位)に対する各選手のパーソナルベスト(PB)、シーズンベスト(SB)、PBおよびSBに対する決勝記録の達成率(%PB, %SB)の影響

表2に、ドーハ大会の投てき種目における決勝進出者のPB, SB, PBおよびSBに対する決勝記録の達成率(%PB, %SB), および各パラメータの順位相関係数を示した。まず、PBおよびSBにおいて有意な順位相関係数を示したのは、男女砲丸投、女子円盤投であった。これらの種目は、試合前までの選手の実力がそのまま決勝の結果を左右した種目であったといえる。一方、%PBおよび%SBにおいて有意な順位相関係数を示したのは、男子砲丸投、男子やり投、女子円盤投、女子ハンマー投、女子やり投げであった。これらの種目は、決勝当日に自らの実力を発揮できた選手が上位入賞した種目であったといえる。両者を合わせて考えると、男子砲丸投および女子円盤投は、試合前の記録上位者がそのまま決勝当日も順当に実力を発揮した種目であったこと、一方、男女やり投は、試合前の記録というよりは決勝当日に自らの実力を発揮できたものが上位入賞した種目であったといえよう。なお、%PBおよび%SBは、男女ともにやり投が他の投てき種目と比較して有意に低い値を示した。このことは、田内(2007a, b)

の報告と同様であり、やり投は自らの実力を決勝当日に発揮することが困難な種目であるといえるのかもしれない。今大会においては相対的に軽い重量を扱う女子円盤投も低い達成度であったことを考慮すると、投てき物の重さが達成率の高低に影響している(相対的に軽い重量を扱う種目において達成度が低い)ことも考えられる。

③ドーハ大会における投てき種目の決勝記録(順位)に対する予選記録の影響

表3, 4に、ドーハ大会の男女投てき種目における決勝進出者の予選記録, SBに対する予選記録の達成率(%SB_Q), 決勝記録と予選記録との差(F-Q), および各パラメータの順位相関係数を示した。男女全ての投てき種目のF-Qにおいて、有意な高い順位相関係数を示した。このことは、投てき種目の決勝においてより高い順位を獲得するためには、予選記録に対してどれだけ記録を伸ばすことができるかが重要であることを示している。また、グレーで網掛けした%SB_Qが100%以上であった(予選記録がシーズンベストを上回った)選手は、男女全ての投てき種目で14人いたが、その内12人がベスト8から漏れていた。これらのことは、決勝の上位者は、ある程度余力を残した状態で予選を通過し、決勝において自らの実力を発揮できる準備ができていたことを示唆するものであると考えられる。もちろん、予選において余力を残そうとすることによって、力を出し切れず、予選落ちすることは本望ではないが、予選で良い成績を収めたとしても、決勝において心身ともに充実させて臨むことは、世界トップレベルの選手といえども困難であるとも捉えることができる。

表2 ドーハ大会の投てき種目における決勝記録, PB, SB, PBおよびSBに対する決勝記録の達成率(%PB, %SB), およびそれらの順位相関係数(ρ)

| MEN | SP (n=11) | ρ | DT (n=12) | ρ | HT (n=12) | ρ | JT (n=11) | ρ | 差 |
|------------|------------|----------|------------|----------|------------|---------|------------|----------|------------|
| Record (m) | 21.74±0.92 | | 65.17±1.79 | | 76.91±1.62 | | 81.87±3.16 | | |
| PB (m) | 22.12±0.51 | -0.790** | 68.24±1.98 | -0.252 | 79.11±1.97 | -0.538 | 88.93±3.22 | 0.126 | |
| SB (m) | 22.01±0.50 | -0.762* | 67.53±2.02 | -0.385 | 78.40±1.79 | -0.483 | 86.90±2.19 | -0.196 | |
| %PB (%) | 98.01±2.76 | -0.811* | 95.56±3.34 | -0.516 | 97.25±2.10 | -0.182 | 92.51±4.34 | -0.564 | SP,HT>JT |
| %SB (%) | 98.51±2.75 | -0.818** | 96.56±3.07 | -0.308 | 98.12±1.64 | -0.497 | 94.32±3.34 | -0.736* | SP,HT>JT |
| WOMEN | SP (n=12) | ρ | DT (n=12) | ρ | HT (n=11) | ρ | JT (n=12) | ρ | Difference |
| Record (m) | 18.69±0.59 | | 63.13±3.57 | | 73.43±2.20 | | 62.02±3.50 | | |
| PB (m) | 19.64±2.81 | -0.615** | 67.19±2.45 | -0.741* | 75.68±1.77 | -0.441 | 66.99±2.79 | -0.273 | |
| SB (m) | 19.24±1.52 | -0.832** | 66.03±2.09 | -0.804** | 74.41±1.97 | -0.330 | 65.45±2.19 | -0.587 | |
| %PB (%) | 95.19±0.68 | -0.329 | 93.52±3.41 | -0.855** | 97.29±2.73 | -0.670* | 92.66±5.26 | -0.797* | HT>JT |
| %SB (%) | 97.14±0.51 | -0.497 | 95.30±3.29 | -0.920** | 98.94±1.79 | -0.493 | 94.75±4.16 | -0.836** | HT>DT, JT |

ρ : スピアマンの順位相関係数, *: $p<0.05$, **: $p<0.01$, 種目間の差は、ANOVAで検定し、Sheffe法により多重比較を行った。

表3 ドーハ大会の男子投てき種目における決勝進出者の予選記録, SB に対する予選記録の達成率 (% SB_Q), 決勝記録と予選記録との差 (F-Q), およびそれらの順位相関係数 (ρ)

| MEN | SP | | | | DT | | | | HT | | | | JT | | | |
|--------|-------|--------------------|--------------------------------|----------|--------------------|--------------------------------|---------|--------------------|--------------------------------|---------|--------------------|--------------------------------|---------|--------------------|--------------------------------|---------|
| | 順位 | FINAL Record(m) | QUALIFY Record(m) %SB_Q (%) | F-Q (m) | FINAL Record(m) | QUALIFY Record(m) %SB_Q (%) | F-Q (m) | FINAL Record(m) | QUALIFY Record(m) %SB_Q (%) | F-Q (m) | FINAL Record(m) | QUALIFY Record(m) %SB_Q (%) | F-Q (m) | FINAL Record(m) | QUALIFY Record(m) %SB_Q (%) | F-Q (m) |
| 1 | 22.91 | 20.92 | 93.8 | 1.99 | 67.59 | 67.88 | 94.5 | -0.29 | 80.50 | 79.24 | 98.0 | 1.26 | 86.89 | 85.34 | 97.7 | 1.6 |
| 2 | 22.90 | 21.67 | 95.3 | 1.23 | 66.94 | 65.44 | 92.5 | 1.5 | 78.19 | 77.44 | 99.1 | 0.75 | 86.21 | 88.36 | 97.5 | -2.2 |
| 3 | 22.90 | 21.92 | 97.7 | 0.98 | 66.82 | 63.31 | 92.9 | 3.51 | 78.18 | 76.9 | 97.9 | 1.28 | 85.37 | 89.35 | 99.2 | -4.0 |
| 4 | 22.53 | 21.69 | 95.9 | 0.84 | 66.46 | 65.05 | 96.6 | 1.41 | 77.69 | 77.89 | 95.3 | -0.2 | 82.49 | 82.26 | 97.8 | 0.2 |
| 5 | 21.65 | 21.25 | 95.1 | 0.40 | 66.32 | 64.50 | 99.0 | 1.82 | 77.39 | 76.56 | 99.8 | 0.83 | 82.19 | 84.31 | 98.3 | -2.1 |
| 6 | 21.46 | 21.16 | 95.1 | 0.30 | 65.43 | 65.08 | 99.7 | 0.35 | 77.38 | 76.46 | 97.7 | 0.92 | 81.26 | 84.29 | 97.0 | -3.0 |
| 7 | 21.45 | 21.12 | 98.4 | 0.33 | 65.16 | 64.84 | 96.5 | 0.32 | 76.57 | 76.9 | 96.9 | -0.33 | 80.56 | 82.44 | 96.2 | -1.9 |
| 8 | 21.18 | 20.94 | 96.1 | 0.24 | 64.98 | 63.65 | 96.4 | 1.33 | 76.00 | 76.28 | 97.4 | -0.28 | 80.42 | 84.85 | 98.6 | -4.4 |
| 9 | 20.85 | 20.94 | 98.9 | -0.09 | 63.72 | 63.65 | 95.9 | 0.07 | 75.41 | 76.22 | 100.0 | -0.81 | 79.73 | 83.42 | 101.2 | -3.7 |
| 10 | 20.79 | 21.02 | 97.0 | -0.23 | 63.67 | 64.54 | 95.2 | -0.87 | 75.31 | 76.36 | 97.4 | -1.05 | 77.99 | 83.40 | 93.7 | -5.4 |
| 11 | 20.48 | 21.00 | 96.2 | -0.52 | 63.42 | 63.96 | 95.9 | -0.54 | 75.20 | 77.06 | 100.7 | -1.86 | 77.47 | 84.44 | 98.1 | -7.0 |
| 12 | NM | 21.51 | 103.7 | - | 61.55 | 64.14 | 94.7 | -2.59 | 75.14 | 76.36 | 99.0 | -1.22 | NM | 83.86 | 95.6 | - |
| 平均値 | 21.74 | 21.26 | 96.92 | 0.50 | 65.17 | 64.67 | 95.82 | 0.50 | 76.91 | 76.97 | 98.27 | -0.06 | 81.87 | 84.69 | 97.58 | -2.90 |
| ρ | | -0.260 | 0.663* | -0.991** | | -0.498 | -0.184 | -0.685* | | -0.661* | -0.17 | -0.888** | | -0.448 | -0.210 | -0.727* |

ρ : スピアマンの順位相関係数, *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$

表4 ドーハ大会の女子投てき種目における決勝進出者の予選記録, SB に対する予選記録の達成率 (% SB_Q), 決勝記録と予選記録との差 (F-Q), およびそれらの順位相関係数 (ρ)

| WOMEN | SP | | | | DT | | | | HT | | | | JT | | | |
|--------|-------|--------------------|--------------------------------|---------|--------------------|--------------------------------|---------|--------------------|--------------------------------|---------|--------------------|--------------------------------|---------|--------------------|--------------------------------|----------|
| | 順位 | FINAL Record(m) | QUALIFY Record(m) %SB_Q (%) | F-Q (m) | FINAL Record(m) | QUALIFY Record(m) %SB_Q (%) | F-Q (m) | FINAL Record(m) | QUALIFY Record(m) %SB_Q (%) | F-Q (m) | FINAL Record(m) | QUALIFY Record(m) %SB_Q (%) | F-Q (m) | FINAL Record(m) | QUALIFY Record(m) %SB_Q (%) | F-Q (m) |
| 1 | 19.55 | 18.96 | 93.4 | 0.59 | 69.17 | 67.78 | 97.7 | 1.39 | 77.54 | 73.77 | 94.3 | 3.77 | 66.56 | 61.08 | 90.2 | 5.48 |
| 2 | 19.47 | 19.32 | 98.8 | 0.15 | 68.44 | 65.86 | 95.2 | 2.58 | 76.35 | 73.39 | 98.2 | 2.96 | 65.88 | 63.48 | 96.4 | 2.4 |
| 3 | 19.17 | 18.52 | 94.8 | 0.65 | 66.72 | 65.2 | 95.1 | 1.52 | 74.76 | 72.65 | 95.3 | 2.11 | 65.49 | 67.27 | 99.0 | -1.78 |
| 4 | 18.93 | 19.21 | 98.7 | -0.28 | 63.38 | 63.1 | 97.3 | 0.28 | 74.33 | 73.4 | 98.3 | 0.93 | 65.21 | 65.29 | 98.0 | -0.08 |
| 5 | 18.86 | 18.44 | 97.1 | 0.42 | 62.48 | 62.51 | 95.5 | -0.03 | 73.56 | 72.93 | 100.4 | 0.63 | 63.23 | 62.13 | 95.7 | 1.1 |
| 6 | 18.86 | 18.51 | 96.4 | 0.35 | 62.44 | 62.33 | 97.1 | 0.11 | 73.33 | 72.91 | 97.4 | 0.42 | 62.54 | 61.74 | 91.8 | 0.8 |
| 7 | 18.82 | 18.35 | 93.2 | 0.47 | 61.82 | 62.25 | 92.7 | -0.43 | 72.83 | 72.59 | 96.9 | 0.24 | 62.28 | 60.99 | 91.8 | 1.29 |
| 8 | 18.55 | 18.30 | 94.9 | 0.25 | 61.55 | 62.93 | 97.5 | -1.38 | 72.04 | 71.35 | 97.8 | 0.69 | 61.12 | 62.43 | 100.1 | -1.31 |
| 9 | 18.41 | 18.85 | 100.9 | -0.44 | 60.77 | 64.02 | 102.2 | -3.25 | 71.28 | 72.01 | 100.0 | -0.73 | 59.87 | 62.15 | 97.3 | -2.28 |
| 10 | 18.02 | 18.04 | 96.7 | -0.02 | 59.99 | 63.35 | 98.4 | -3.36 | 71.24 | 73.32 | 100.5 | -2.08 | 58.98 | 62.87 | 98.6 | -3.89 |
| 11 | 17.99 | 18.61 | 102.1 | -0.62 | 57.69 | 62.31 | 93.5 | -4.62 | 70.45 | 71.52 | 101.8 | -1.07 | 57.24 | 61.17 | 90.8 | -3.93 |
| 12 | 17.64 | 18.71 | 100.5 | -1.07 | | 63.94 | 100.4 | | NM | 71.72 | 93.8 | - | 55.86 | 60.9 | 99.3 | -5.04 |
| 平均値 | 18.69 | 18.65 | 97.28 | 0.04 | 63.13 | 63.80 | 96.88 | -0.65 | 73.43 | 72.63 | 97.88 | 0.72 | 62.02 | 62.63 | 95.76 | -0.60 |
| ρ | | -0.420 | 0.483 | -0.713* | | -0.455 | 0.287 | -0.964** | | -0.727* | 0.287 | -0.936** | | -0.399 | 0.292 | -0.832** |

ρ : スピアマンの順位相関係数, *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$

4. おわりに

本稿においては、投てき種目の成績を分析することによって、いくつかの示唆を得ることができた。特に、日本の投てき種目に関しては、東京オリンピックにおいて男女やり投の活躍が期待される。その男女やり投は、% PB および % SB がその他の投てき種目より低く、順位相関係数が高いことから、参加標準記録を突破した者であれば、誰しも上位入賞できる可能性を持っていると解釈できる。また、F-Q についても男女やり投ともに高い順位相関係数を示したことから、余力をもって予選を通過し、決勝でさらに記録を伸ばすことが上位入賞する可能性を高めるものと考えられる。このように記述すれば当たり前のことであろうが、先述したようにその当たり前のことを実施することは世界トップレベルの選手で

あっても非常に困難であるため、重要な課題であるといえよう。したがって、本稿で示された課題が選手、コーチたちにも周知され、具体的な対策を講じるきっかけになれば幸いである。

参考文献

- 田内健二 (2007a) 砲丸投げの競技特性と世界レベルに対する日本選手の課題. 陸上競技学会誌 6, Supplement : 95-99.
- 田内健二 (2007b) 槍投げの競技特性と世界レベルに対する日本選手の課題. 陸上競技学会誌 6, Supplement : 100-104.

世界選手権ドーハ大会における競技パフォーマンス分析 — 競技達成率と得点分析からみる混成競技の動向 —

森健一¹⁾ 松林武生²⁾ 村山凌一³⁾

1) 武蔵大学基礎教育センター 2) 国立スポーツ科学センター

3) 筑波大学大学院人間総合科学研究科

1. はじめに

2019年ドーハ世界陸上競技選手権大会(以下,世界陸上)における混成競技において,十種競技はNiklas Kaul選手(ドイツ)が8691点の自己最高記録で優勝し,七種競技はKatarina Johnson-Thompson選手(イギリス)が6981点の自己最高記録,更には今季世界最高記録(世界歴代6位:イギリス新記録)で優勝した。日本人選手の参加は,十種競技の右代啓祐選手のみであり,結果は7545点の16位であった。近年での十種競技における世界大会(オリンピックおよび世界選手権)への出場は2009年ベルリン世界選手権以降において継続して出場権を獲得しているものの,競技結果は16位(2015年北京世界選手権および2019年ドーハ世界選手権)が最高位である。一方,七種競技においては2007年大阪世界陸上への出場以来,出場権を得られていない状況であり,世界大会への参加から遠ざかっていることに加えて,日本記録(5962点)が参加標準記録(2019年ドーハ世界選手権:6300点,なお十種競技は8200点である)よりも下回っていることも大きな課題である。

日本陸連の強化方針では,十種競技はTop8ターゲット種目,七種競技においてはワールドチャレンジ種目にカテゴリーされている。今大会の十種競技における入賞ラインである8位の記録は8151点(Solomon Simmons選手:アメリカ)であったこと,また,近年の七種競技における日本人上位者の記録が日本歴代2~4位に位置していることを踏まえると,上記目標は両競技における実現可能な目標といえる。これらの目標達成のためには,競技力向上はもちろんのこと,主要大会において実力通りの力を発揮すること,そして,世界の競技力や動向を把握しておく必要もあると考えられる。

そこで本稿では,2019ドーハ世界選手権における競技力の基礎データおよび国際競技力の動向を分析し,日本代表選手の準備および戦略に役立てられる情報を整理することを目的とした。

2. 方法

(1) 対象者

2019ドーハ世界選手権における十種競技および七種競技に出場した選手を対象とした。十種競技のエントリーは24名であった。そのうち,1名が棄権,5名が途中棄権であり,すべての競技種目を終えられたのは18名であった。ただし,18名のうち2名は記録なしの種目があったため,10種目すべてで記録を残せた16名を分析対象とした。七種競技においては,エントリーが20名であり,1名が棄権,3名が途中棄権であり,すべての競技種目を終えられたのは16名であった。それぞれ,1-8位に入賞した選手を上位群,9-16位であった選手を下位群とした。

(2) 分析項目

競技結果から,総合得点と各種目得点との相関関係を求めた。また,自己最高記録に対する達成率(% Personal Best : % PB)およびシーズン最高記録に対する達成率(% Season Best : % SB)を算出した。加えて,種目群ごとの達成率も算出した。種目群の内訳は,Sprint(十種競技:100m,400m,110mH,七種競技:100mH,200m),Jump(十種競技:LJ,HJ,PV,七種競技:HJ,LJ),Throw(十種競技:SP,DT,JT,七種競技:SP,JT)の3カテゴリーであり,十種競技における1500m走,七種競技における800m走はその種目特性上,除外した。

総合得点に対する各種目得点の貢献度および累積

表1 十種競技における種目得点間の相関係数

| | 100m | LJ | SP | HJ | 400m | 110mH | DT | PV | JT | 1500m | 総合得点 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|------|
| 100m | | | | | | | | | | | |
| LJ | 0.50 | | | | | | | | | | |
| SP | -0.13 | -0.07 | | | | | | | | | |
| HJ | -0.07 | 0.55 | -0.06 | | | | | | | | |
| 400m | 0.73 | 0.29 | -0.12 | -0.14 | | | | | | | |
| 110mH | 0.76 | 0.55 | -0.07 | 0.29 | 0.59 | | | | | | |
| DT | -0.64 | -0.39 | 0.39 | 0.03 | -0.44 | -0.34 | | | | | |
| PV | -0.08 | 0.42 | 0.02 | 0.80 | -0.10 | -0.01 | 0.08 | | | | |
| JT | -0.36 | 0.08 | 0.27 | 0.22 | -0.11 | -0.28 | 0.25 | 0.25 | | | |
| 1500m | -0.24 | -0.12 | 0.23 | 0.25 | 0.20 | 0.00 | 0.19 | 0.17 | 0.51 | | |
| 総合得点 | 0.28 | 0.65 | 0.29 | 0.67 | 0.37 | 0.49 | 0.00 | 0.62 | 0.52 | 0.49 | |

p<0.05

表2 七種競技における種目得点間の相関係数

| | 100mH | HJ | SP | 200m | LJ | JT | 800m | 総合得点 |
|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|------|------|
| 100mH | | | | | | | | |
| HJ | 0.17 | | | | | | | |
| SP | -0.20 | 0.33 | | | | | | |
| 200m | 0.55 | 0.30 | -0.29 | | | | | |
| LJ | 0.37 | 0.63 | 0.09 | 0.76 | | | | |
| JT | -0.35 | 0.12 | 0.22 | -0.45 | -0.24 | | | |
| 800m | 0.05 | 0.29 | -0.32 | 0.47 | 0.56 | 0.02 | | |
| 総合得点 | 0.35 | 0.81 | 0.24 | 0.53 | 0.80 | 0.28 | 0.54 | |

p<0.05

貢献度を算出した。さらに、十種競技および七種競技においてそれぞれ1種目目から10種目および7種目にわたる順位変動を求めた。

(3) 統計処理

各算出値は、平均値±標準偏差で示した。十種競技および七種競技における総合得点と各種目得点との関係についてはPearsonの相関係数、1-8位および9-16位の達成率の比較には対応のないT検定を用いた。群間の差および種目間の差の検定には2要因分散分析を用いた(群×種目)。交互作用の有無を確認し、交互作用が認められた場合には単純主効果の検定を行い、交互作用が認められなかった場合には主効果の検定を行った。その後、それぞれでF値が有意であると認められた場合には、Bonferroniの方法を用いて多重比較検定を行った。貢献度の算出は重回帰分析(ステップワイズ変数増加法)を用いた。統計ソフトはSPSS version 23を用いた。統計的有意性は、危険率5%未満で有意差ありと判断した。

3. 結果

(1) 総合得点と各種目得点の関係

表1および2に、総合得点と各種目得点との相関関係を示した。十種競技においては、総合得点と相関関係が認められた種目はLJ, HJ, PVおよびJTであった。七種競技においては、HJ, 200m, LJおよび800mであった。

(2) 競技達成率

表3および4に、Personal BestおよびSeason Bestに対する達成率を示した。十種競技における1-8位と9-16位の達成率を比較すると、%PBにおいては総合得点, LJおよびHJにおいて、%SBにおいては総合得点, LJ, HJ, 400mおよび1500mにおいて1-8位が有意に高値を示した。一方で、七種競技においては有意な差は%PBおよび%SBともに、いずれの種目においてもみられなかった。

図1および2に、種目群ごとの達成率を示した。十種競技においては、交互作用が認められたため、単純主効果(群×種目)の検定を行った。%PBおよび%SBともに、9-16位ではSprintに対して

表3 十種競技における各種目のPBおよびSBに対する達成率

| %PB | 1-8位 | 9-16位 | Difference | %SB | 1-8位 | 9-16位 | Difference |
|-----------|----------|----------|------------|-----------|-----------|----------|------------|
| Decathlon | 99.4±1.4 | 96.7±2.5 | * | Decathlon | 100.9±2.7 | 97.9±1.2 | * |
| 100m | 99.1±1.0 | 98.6±1.2 | n.s. | 100m | 99.8±1.2 | 99.5±0.4 | n.s. |
| LJ | 97.6±1.6 | 93.1±1.6 | ** | LJ | 99.3±1.6 | 95.2±2.0 | ** |
| SP | 98.3±3.2 | 96.5±4.3 | n.s. | SP | 98.9±3.7 | 97.1±4.3 | n.s. |
| HJ | 98.0±1.6 | 94.9±1.8 | ** | HJ | 100.3±2.1 | 96.7±2.1 | ** |
| 400m | 99.0±1.5 | 97.9±1.4 | n.s. | 400m | 100.6±1.1 | 99.4±0.9 | * |
| 110mH | 98.2±1.8 | 97.8±1.5 | n.s. | 110mH | 99.4±2.6 | 99.8±1.0 | n.s. |
| DT | 96.4±6.4 | 97.1±2.7 | n.s. | DT | 98.5±7.2 | 99.1±5.1 | n.s. |
| PV | 97.6±2.4 | 94.5±4.1 | n.s. | PV | 98.4±2.0 | 95.6±3.5 | n.s. |
| JT | 95.4±6.4 | 92.2±7.1 | n.s. | JT | 97.6±7.4 | 97.8±5.2 | n.s. |
| 1500m | 97.4±2.7 | 96.6±2.5 | n.s. | 1500m | 100.3±2.7 | 97.7±1.3 | * |

*:p<0.05, **:p<0.01

表4 七種競技における各種目のPBおよびSBに対する達成率

| %PB | 1-8位 | 9-16位 | Difference | %SB | 1-8位 | 9-16位 | Difference |
|------------|-----------|----------|------------|------------|-----------|-----------|------------|
| Heptathlon | 98.6±2.4 | 96.8±1.6 | n.s. | Heptathlon | 99.5±2.0 | 98.1±1.3 | n.s. |
| 100mH | 100.0±1.5 | 99.4±1.4 | n.s. | 100mH | 100.1±1.4 | 100.0±1.0 | n.s. |
| HJ | 97.3±2.3 | 96.2±2.1 | n.s. | HJ | 99.2±2.4 | 97.9±2.5 | n.s. |
| SP | 97.6±4.2 | 97.1±2.9 | n.s. | SP | 98.8±3.6 | 98.5±3.8 | n.s. |
| 200m | 98.7±1.2 | 98.9±1.3 | n.s. | 200m | 99.4±1.0 | 99.4±0.9 | n.s. |
| LJ | 96.7±3.0 | 94.4±2.1 | n.s. | LJ | 97.6±3.0 | 94.9±1.7 | n.s. |
| JT | 95.1±6.7 | 92.4±6.4 | n.s. | JT | 99.5±3.2 | 94.5±6.2 | n.s. |
| 800m | 98.1±1.6 | 97.0±1.5 | n.s. | 800m | 99.5±1.2 | 98.4±2.4 | n.s. |

*:p<0.05, **:p<0.01

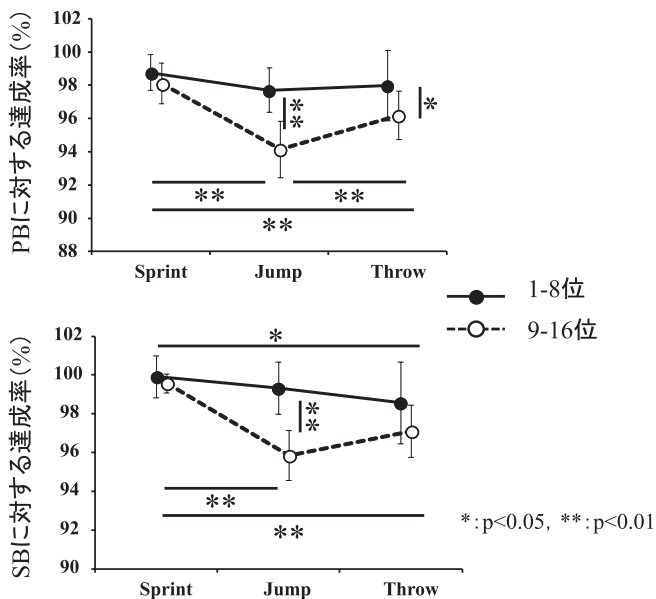


図1 十種競技における種目群ごとの達成率

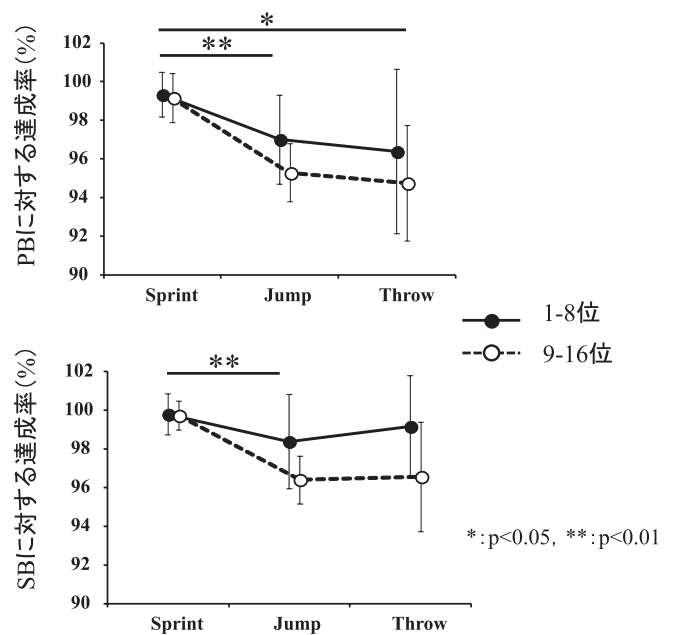


図2 七種競技における種目群ごとの達成率

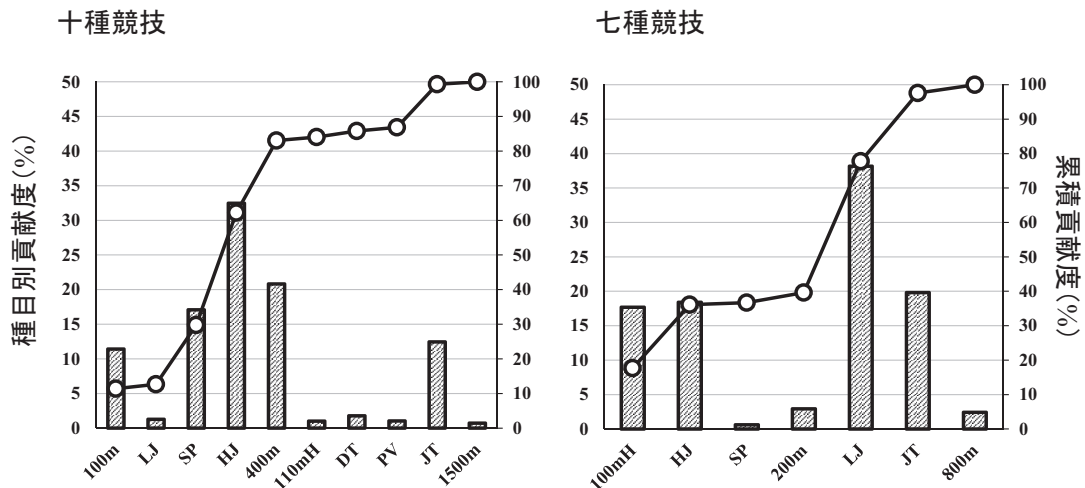


図3 十種競技および七種競技における種目別貢献度と累積貢献度

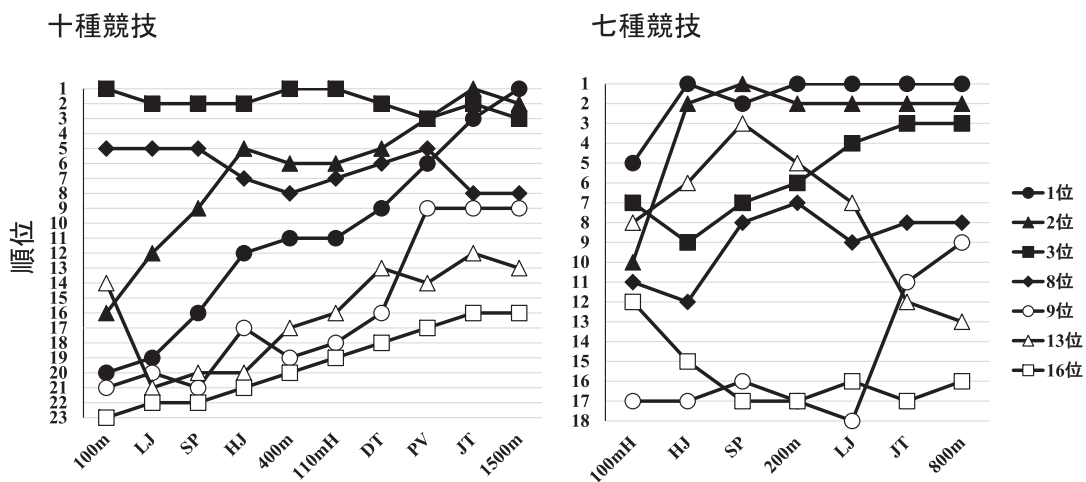


図4 十種競技および七種競技における各種目後の総合順位の変動

Jump および Throw における達成率が有意に低値を示した。また、1-8 位および 9-16 位との比較では、% PB および % SB とともに Jump に差が認められた。七種競技においては、交互作用が認められなかったため、主効果（種目）の検定を行った。その結果、% PB においては Sprint と比較して Jump および Throw が有意に低値を示し、% SB においては Sprint と比較して Jump が有意に低値を示した。

(3) 種目別貢献度および累積貢献度

図3に、種目別貢献度および累積貢献度を示した。十種競技において最も種目別貢献度が高かった種目は、HJ であり 32.5%、次いで 400m で 20.8% であった。累積貢献度では、初日終了時点ですでに 83.0% に達していた。七種競技において最も種目別貢献度が高かった種目は、LJ であり 38.2% であった。次いで、JT で 19.8% であった。累積貢献度は、初日終了時点では 39.6% であったが、LJ 終了時点

では 77.8% にまで達した。

(4) 順位変動

図4に、メダリストである1位～3位、入賞ラインである8位および9位、また13位、16位の選手の1種目目から10種目目および7種目目までの順位変動を示した。特筆すべきは、十種競技優勝者の Niklas Kaul 選手であり、1種目目の 100m では 20 位のスタートであり、初日終了時点で 11 位と入賞ラインの圏外であったものの、2 日目の 110mH 以降は着実に順位を上げ、JT 終了時点では 3 位となり、1500m で高得点を獲得し逆転優勝を果たした。七種競技においては、優勝した Katarina Johnson-Thompson 選手と 2 位の Nafissatou Thiam 選手（ベルギー）が初日は 1・2 位争いを繰り広げていたが、初日最終種目の 200 m 以降は Katarina Johnson-Thompson 選手が首位を堅持するかたちとなった。

4. 考察

(1) 十種競技

総合得点と各種目得点との間に相関関係が認められた種目はLJ, HJ, PVおよびJTであった。これらの種目はいずれもフィールド種目であり、すべての跳躍種目が含まれていた。競技達成率をみると、1-8位は9-16位と比較してLJおよびHJにおいて%PBおよび%SBともに有意に高値を示した。さらに、種目群ごとの比較においても、1-8位はJump種目において有意に高値を示した。すなわち、競技結果は跳躍種目の結果に大きく影響を受けていることが考えられる。村木(1994)が示す競技的状態の判定基準(短距離走種目は-2%, 跳躍種目は-3%, 投擲種目は-4%)を照らし合わせると、9-16位の下位群では跳躍種目すべてにおいて、その判定基準を下回っていた。すなわち、世界大会に出場するトップレベルの競技者においても、コンディショニングの困難さを示しているといえるだろう。一方で、上位入賞者はフィールド種目においても高い達成率であり、確実に得点を重ねていたといえる。十種競技においては、上位群と下位群との間には、自己記録に差があったことに加えて、さらに、大会でのパフォーマンス発揮にも差が表れたことを示しており、上位と下位の得点差はより大きく広がった結果であったといえる。

次いで、総合得点に対する種目別貢献度では、初日の4種目(HJ, 400m, SP, 100m)が上位5種目に入っており、初日終了時点では累積貢献度が80%を超える値にまで達していた。このことは、2019ドーハ世界選手権においては、初日終了時点の結果が大きく総合得点に影響していたことを示している。2日目で唯一、種目別貢献度が高かったやり投(12.4%)は、優勝したNiklas Kaul選手が記録した結果(79.05m; 十種競技内の世界選手権新記録)に起因しているものと考えられる。ステップワイズ変数増減法に従い、総合得点と関連が強い順に種目の貢献度を判断したが、種目間の関係性が強い(多重共線性を有する)場合には、先に選択された種目に多くの貢献度が反映され、後に選択された種目の貢献度が低く算出されると考えられる。例えば十種競技のLJは貢献度が低く算出されたが、HJに貢献度が吸収されてしまっている可能性が考えられた。しかし、このことを踏まえても十種競技において初日種目の貢献度が高いということは言えそうである。そのため、1種目目から着実に高いパフォーマンスを発揮することが求められているといえよう。

右代選手は、2日目を得意とする競技者であるが、今回の結果を踏まえると厳しい戦いを強いられている状況であったことが考えられる。なお、初日より2日目の得点が高かった選手は右代選手を含めてわずか3名のみであった。

近年の十種競技における得点分析を行った研究(Park and Zatsiorsky, 2011)によると、主成分分析の結果、スプリントパフォーマンス(100m, 400m, 110mH, LJ)によって総合得点に対する分散の43.1%を説明できることが報告されている。本研究の結果と合わせると、いわゆる、要求される体力および技術の特異性が高い種目が多い2日目よりも、初日のスプリント系に強く依存する種目において得点を獲得している傾向にあるといえよう。また、投擲種目において800点を超える得点を得る選手が非常に少なかった(27%)こともこれらのことを裏付けていると考えられる。

(2) 七種競技

総合得点と各種目得点との間に相関関係が認められた種目は、HJ, 200m, LJおよび800mであり、十種競技と同様に跳躍種目は両種目とも有意な正の相関関係が認められた。次いで、種目別貢献度をみると、最も高値を示したのはLJの38.2%であった。さらに、累積貢献度はLJ終了時点で77.8%にまで達していた。村山ほか(2018)は、世界トップレベルから日本一般レベルの七種競技者281名(7032 - 4511点)を対象に総合得点と各種目の記録との関係を検討した結果、いずれの種目においても有意な相関関係が認められたことを報告し、相関係数において最も高値を示した種目はLJ($r=0.92$)であったことを報告している。本研究における世界トップ競技者のみを対象とした場合においても、LJと強い相関関係が認められた($r=0.80$)。これらのことから、七種競技ではLJにおいて高いパフォーマンスを発揮することは必須条件となると考えられる。

次に、競技達成率をみると、1-8位および9-16位との間に%PBおよび%SBともにいずれの種目においても有意差は認められなかった。種目群ごとの比較では、9-16位が1-8位と比較して%PBおよび%SBともにSprintと比較してJumpにおいて有意に低値を示した。%PBでは、Throwにおいても有意に低値を示した。このことは、Sprint種目と比較し、フィールド種目において高いパフォーマンスを発揮することが困難であることを示している。しかしながら、十種競技者の上位者はフィール

表5 十種競技における各種目の獲得得点

| 順位 | 氏名 | 100m | LJ | SP | HJ | 400m | 110mH | DT | PV | JT | 1500m | 総合得点 |
|----|-------------------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|--------|
| 1 | Niklas KAUL | 801 | 859 | 796 | 822 | 886 | 894 | 854 | 910 | 1028 | 841 | 8691 |
| 2 | Maicel UIBO | 838 | 925 | 797 | 963 | 794 | 920 | 801 | 1035 | 796 | 735 | 8604 |
| 3 | Damian WARNER | 1011 | 977 | 800 | 822 | 903 | 1032 | 709 | 819 | 781 | 675 | 8529 |
| 4 | Ilya SHKURENYOV | 856 | 962 | 772 | 906 | 844 | 939 | 844 | 972 | 731 | 668 | 8494 |
| 5 | Pierce LEPAGE | 1008 | 1007 | 680 | 850 | 941 | 950 | 689 | 972 | 699 | 649 | 8445 |
| 6 | Janek ÓIGLANE | 874 | 891 | 802 | 767 | 855 | 834 | 733 | 910 | 927 | 704 | 8297 |
| 7 | Pieter BRAUN | 825 | 927 | 806 | 822 | 871 | 900 | 779 | 849 | 735 | 708 | 8222 |
| 8 | Solomon SIMMONS | 929 | 903 | 810 | 767 | 847 | 962 | 793 | 849 | 637 | 654 | 8151 |
| 9 | Thomas van der PLAETSEN | 778 | 862 | 715 | 878 | 774 | 874 | 791 | 1004 | 793 | 656 | 8125 |
| 10 | Tim NOWAK | 834 | 830 | 771 | 822 | 833 | 899 | 767 | 880 | 689 | 797 | 8122 |
| 11 | Cedric DUBLER | 917 | 874 | 633 | 822 | 889 | 958 | 752 | 819 | 723 | 714 | 8101 |
| 12 | Pawel WIESIOLEK | 915 | 818 | 806 | 767 | 844 | 892 | 812 | 880 | 663 | 667 | 8064 |
| 13 | Vitaliy ZHUK | 872 | 727 | 798 | 767 | 905 | 912 | 801 | 849 | 718 | 709 | 8058 |
| 14 | Harrison WILLIAMS | 915 | 847 | 715 | 740 | 913 | 920 | 751 | 849 | 568 | 674 | 7892 |
| 15 | Fredrik SAMUELSSON | 832 | 840 | 727 | 822 | 811 | 876 | 720 | 849 | 699 | 684 | 7860 |
| 16 | Keisuke USHIRO | 765 | 790 | 747 | 714 | 750 | 818 | 837 | 760 | 758 | 606 | 7545 |
| | World Decathlon Best | 1066 (10.12) | 1120 (8.23) | 1048 (19.17) | 1071 (2.28) | 1060 (45.00) | 1048 (13.44) | 1007 (56.50) | 1152 (5.76) | 1040 (79.80) | 963 (3:58.7) | 10575* |

■ ≥ 1000, ■ ≥ 900

参考として、十種競技内世界最高記録における得点を掲載した。()内は記録である。総合得点(*)は、それらを合わせた得点である。

ド種目においても十分な競技達成率であることから、更なる記録の向上が可能であるとも捉えることができよう。加えて、競技的状態の観点からでは、9-16位の下位群のLJおよびJTにおいて判定基準を下回っていた。そのため、これらの種目における改善の余地が残されているといえよう。

以上の結果を勘案すると、七種競技においては、いずれの選手も実力通りのパフォーマンスを発揮し、そのまま自己記録の差が競技結果として表れたかたちといえる。このことは、十種競技と比べて種目数が少ないことや、各種目間の競技時間の間隔が十分に確保されていることも影響していると考えられる。

(3) 世界大会での活躍を目指して

2019年世界選手権では、十種競技および七種競技ともにフィールド種目、特に跳躍種目が重要であることが見受けられた。しかし、多くの幅広い競技レベルの競技者を対象とした研究によると、Bilic et al. (2015) はPV, JT, DTおよび110mHが、Pavlovic and Idrizovic (2017) は、PV, HJ, DTおよび400mが重要な種目であることを報告している。また、日本人競技者を対象にした研究では、スプリント種目が得点源となっていることが報告されている(安田ほか, 2013)。このように総合得点に対する各種目得点の貢献度などは、対象者の競技レベルや対象数によって異なる結果を示しており、統一した見解は得られていない。しかしながら、世界大会においてメダルを獲得する競技者は、多くの種目において900点を超える点数を獲得し、得意種目においては1000点を獲得しているのが現状である(表5)。七種競技優勝者のKatarina Johnson-Thompson選手においては7種目中5種目で1000点

を超える点数を獲得している。さらに、七種競技の100mHにおいては19名中17名が1000点を超え、1000点を超えるパフォーマンスはスタンダードとなっており、1100点を超える選手も少なくない(表6)。また、個人毎の種目別自己記録達成数を数えてみると、十種競技優勝者のNiklas Kaul選手は4種目でSBを記録し、内、2種目はPB、1種目でPBタイであった。そして、特筆すべきは2位のMaicel Uibo選手であろう。10種目すべてにおいてSBを記録しており、内、3種目はPBであった。また、Katarina Johnson-Thompson選手もSBを5種目で記録し、内、4種目はPBであった。混成競技においては、試合出場数は年間を通して少なく、SBを記録しやすいとはいえ、疲労が蓄積されていく中、半分以上の種目において高いパフォーマンスを発揮できることは、調整力の高さや競技的状態への準備が十分に整えられていることが伺える。すなわち、世界レベルの競技者はいずれの種目においても非常に高いパフォーマンスを発揮しており、さらに、入賞、そしてメダル獲得となると、一つの種目も取りこぼすことなく非常に高いパフォーマンスを発揮することが求められているといえる。例えば、七種競技において13位となったAnnie Kunz選手(アメリカ)があげられる。LJ終了時点までは入賞を狙える位置(7位)にいたものの、JTの結果が81.5%SB(81.5%PB)であり、大きく順位を落としてしまう結果となった。混成競技においては、しばしば失敗を引きずらずに次の種目へ切り替えることが重要といわれるが、世界大会においては一つの失敗も通用しないことは明白であろう。近年ではワールドランキング制度が採用されたことから、ランクの高い競技会への参加が必要になり、これまでの年間計画を踏襲できなくなる可能性が考えられる。今後、

表6 七種競技における各種目の獲得得点

| 順位 | 氏名 | 100mH | HJ | SP | 200m | LJ | JT | 800m | 総合得点 |
|-----------------------|---------------------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|-------------------|-------|
| 1 | Katarina JOHNSON-THOMPSON | 1111 | 1171 | 785 | 1071 | 1095 | 743 | 1005 | 6981 |
| 2 | Nafissatou THIAM | 1071 | 1171 | 876 | 924 | 975 | 822 | 838 | 6677 |
| 3 | Verena PREINER | 1087 | 941 | 808 | 985 | 962 | 796 | 981 | 6560 |
| 4 | Erica BOUGARD | 1123 | 1054 | 685 | 991 | 915 | 734 | 968 | 6470 |
| 5 | Kendell WILLIAMS | 1189 | 941 | 708 | 1017 | 937 | 766 | 857 | 6415 |
| 6 | Nadine BROERSEN | 1034 | 1016 | 844 | 861 | 918 | 868 | 851 | 6392 |
| 7 | Emma OOSTERWEGEL | 1028 | 941 | 774 | 878 | 810 | 938 | 881 | 6250 |
| 8 | Odile AHOUANWANOU | 1058 | 941 | 803 | 976 | 850 | 797 | 785 | 6210 |
| 9 | Géraldine RUCKSTUHL | 1001 | 867 | 813 | 868 | 768 | 964 | 878 | 6159 |
| 10 | Ekaterina VORONINA | 890 | 978 | 771 | 884 | 798 | 891 | 887 | 6099 |
| 11 | Hanne MAUDENS | 993 | 867 | 735 | 999 | 978 | 595 | 921 | 6088 |
| 12 | Chari HAWKINS | 1090 | 941 | 767 | 904 | 834 | 669 | 868 | 6073 |
| 13 | Annie KUNZ | 1084 | 978 | 833 | 945 | 834 | 579 | 814 | 6067 |
| 14 | Solène NDAMA | 1140 | 867 | 773 | 948 | 843 | 622 | 841 | 6034 |
| 15 | Noor VIDTS | 1039 | 941 | 764 | 937 | 883 | 545 | 880 | 5989 |
| 16 | Katerina CACHOVÁ | 1055 | 903 | 700 | 891 | 786 | 785 | 867 | 5987 |
| World Heptathlon Best | | 1195 (12.54) | 1264 (2.02) | 1016 (17.31) | 1150 (22.30) | 1264 (7.27) | 1072 (60.90) | 1087 (2:01.84) | 8048* |

■ ≥ 1100, ■ ≥ 1000, ■ ≥ 900

参考として、七種競技内世界最高記録における得点を掲載した。()内は記録である。総合得点(*)は、それらを合わせた得点である。

戦略的に最重要競技会においてパフォーマンスを発揮できる年間計画立案およびそれに関する知見が必要になるであろう。

5. おわりに

本稿では、2019年ドーハ世界選手権の分析結果をもとに、世界の混成競技における現状を報告した。十種競技および七種競技ともに、フィールド種目、特に、跳躍種目の重要性がみられた。それと同時に、いずれの種目においても取りこぼすことなく、高いパフォーマンスを発揮することが重要であることも考えられた。Ramadani et al. (2019) は、十種競技者の強化方針として、まずは苦手種目を強化し、その後、得意種目の強化を行う順序を提唱している。混成競技においては、走・跳・投種目の得意種目から個々の選手の特性が分類されるが、苦手種目の強化だけでなく、全体的な強化による競技力の底上げを必要とすることは言うまでもない。また、尾縣(1991)は、混成競技のトレーニングについて、①全種目をオールラウンドに強化していく段階(初期の3-5年間)、②得意種目や大きく伸びる可能性のある種目を2-3種目集中的に強化する段階(2-3年間)、③得意種目のレベルを維持しつつ残りの種目を強化する段階、に分けられると述べているとおり、全体的なトレーニングビジョンを明確にし、トレーニング内容を計画することが必要であると考えられる。まさに、右代選手も自身が2回目の8000点を突破したときに、「勢いではなく、1種目ずつ自分がやらなければならないことを明確にし、それをクリアしていった結果、到達した」と記している(右代と眞鍋, 2015)とおりでであろう。

参考・引用文献

- Bilic M., Smajlovic N. and Balic A. (2015) Contribution to discipline decathlon total score results in relation to decathlon age and result-level. Acta Kinesiologica, 9(1): 66-69.
- 村木征人(1994) スポーツ・トレーニング理論. ブックハウスHD
- 村山凌一・伊藤明子・山元康平・大山卞圭吾・木越清信・尾縣貢(2018) 得点分析にもとづく女子七種競技者のアセスメントのための基準値の作成. 陸上競技研究紀要, 14: 36-47.
- Park J. and Zatsiorsky V. M. (2011) Multivariate statistical analysis of decathlon performance results in olympic athletes (1988-2008). International Journal of Sport and Health Sciences, 5(5): 779-782.
- Pavlovic R. and Idrizovic K. (2017) Factor analysis of world record holders in athletic decathlon. Sport Science, 10(1): 109-116.
- Ramadani L, Heta G, Bekolli L, Rashiti N, Ramabaja Q, Millaku A. (2019) The impact of short run distances to the final results of the decathlon at the 2019 Athletic World Championships. Journal of Education, Health and Sport, 9(12): 101-109.
- 右代啓祐・眞鍋芳明(2015) 右代啓祐, 十種競技世界レベルまでの道. 陸上競技研究, 100: 26-31.
- 安田昌弘・大山卞圭悟・木越清信(2013) 国内一流十種競技者におけるパフォーマンス向上過程に関する縦断的研究. 陸上競技研究, 93: 38-44.

原著論文

<原著論文>

目 次

| | |
|--|--|
| 国内高校生・大学生年代における競歩種目のパフォーマンス地域分布に関する研究・・・70 | |
| 三浦康二 | |
| 高校生エリート陸上選手におけるサプリメント使用状況・・・・・・・・・・・・・・81 | |
| 酒井健介，須永美歌子，貴嶋孝太，森丘保典，真鍋知宏，山本宏明，杉田正明 | |

国内高校生・大学生年代における競歩種目のパフォーマンス地域分布に関する研究

三浦 康二

独立行政法人 日本スポーツ振興センター

A research on the geographical distribution in performance of race walking event for high-school and collegiate athletes in Japan.

Koji MIURA

National Agency of Japan Sport Council

Abstracts

Aim: This study aimed to reveal the geographical distribution of race walking performance for high-school and collegiate athletes in Japan, normalizing with the population factor.

Methods: The annual performance points for each 11 (high-school) and 8 (collegiate) regions were calculated with the rank-weighted summation which was based on performance lists of top 100 for each year from 2003 to 2018 in high-school and collegiate athletes. The population-normalized annual performance points were calculated with the division of annual performance points with the number of registered athletes for each region. Kurtoses among regions were calculated on the performance points and the population-normalized points for each year. With the evaluation of Kurtosis, although the performance in race walking concentrated to certain regions, the population-normalized performance dispersed among regions of Japan in both high-school and collegiate athlete. However, the enhancement of performance likely related to the concentration of performance in population concentrated regions.

Key Words: Race walking, performance, population, kurtosis

1. 緒言

三浦 (2019) は、我が国における陸上競技の普及・育成の地域差について、全国高校総体の地区予選が行われる全国 11 地区ごとの高体連の登録者数と年度ごとの高校 100 傑のデータから国内における人口分布を考慮して検討している。スポーツにおける地域ごとの人口の違いを考慮した普及・分布に関する研究は、我が国では東川・岩田 (2005)、田村 (2008) が陸上競技において Rooney (1975) の方法を用いて研究を行なっている。これらの研究では、高齢者から乳幼児まで含んだ各地域の総人口で一定水準以上の競技者数を除することで人口分布の状況を考慮した地域ごとの競技水準を評価しているが、地域によって年齢構成が異なることが考えられ、総人口で競技水準の指標を除いた場合には年齢構成の違いの影響を受ける可能性が高い。さらに、分析対象とした競技者の標本内での競技水準の違いが考慮

されておらず、競技パフォーマンスの状況を十分に示す指標とはなっていない。そのため、三浦 (2019) は、全国高体連が公表している 2003 年度以降の地区別・競技別登録者数 (公益財団法人全国高等学校体育連盟, 2019) によって、実際に陸上競技に参加している高校生の地域ごとの人数を把握し、さらにベースボールマガジン社発行の陸上競技マガジン記録集計号 (ベースボールマガジン社, 2006, 2011, 2016) にもとづき、各年度・各種目の全国 100 傑の人数について順位による重み付け加算を行うことで各地域の競技パフォーマンスを示す指標として分析を行なっている。その結果、人口分布の影響を除いた場合、多くの種目で地域差がないものの、気候などの環境的要因が普及・育成に影響する種目や技術的要因が高い種目で地域差が見られることを報告している。

この報告は中学生から全国大会で実施されている種目が分析対象となっており、各地区における中学

生年代から高校生年代までの普及・育成の流れを反映したものといえる。高校生から全国大会で実施される種目は、トラック種目では距離の延伸、跳躍種目では跳躍様式の発展や他の運動要素との結合があるほか、投擲種目では投擲物の多様化によって運動様式が発展的に変化し、混成種目では種目増となるが、これらの種目はいずれも中学生での実施種目から発展したものといえるため、三浦（2019）の報告と同様の結果が予想される。

競歩種目も中学生では全国大会が行われず高校生から実施される種目である。しかし、学校教育においては、小学校の「陸上運動」から中学校・高等学校の「陸上競技」まで「歩」の運動様式が教育内容には含まれていないように（文部科学省，2008）、我が国において公的な認証を受けた指導体系が存在しない種目といえ、他の陸上競技種目よりも普及・育成の状況が全く異なる種目であるといえる。

トラック・フィールド種目の個人種目日本選手権とは別会場で開催されてきた日本陸上競技選手権男女20km競歩大会・男子50km競歩大会では、主管（開催地）陸上競技協会によって高校生年代を対象とした種目も同時に実施されてきた。そのほかにも日本陸上競技連盟の後援によって「全日本競歩」の名前を冠する競歩種目のみのロード大会も1960年代より実施されてきたが、それぞれ主管・主催陸上競技協会によって高校生種目が実施され、開催地以外の地域からも高校生種目への出場はあった。日本陸上競技連盟を主催者とする高校生を対象とした競歩種目の全国大会での実施は、1982年の国民体育大会における少年男子A（高校2-3年生相当）5000m競歩の実施まで待つことになるが、国民体育大会では実施全種目に全都道府県から選手が参加するわけではなく、高校生を対象とした競歩種目の全47都道府県から全国大会までの実施は、全国高校総体に競歩種目が採用された2001年に初めて行われたといえる。そのため、2000年までは高校生が専門指導を受ける機会や競歩種目への動機付けの機会などは全国から選手が参加するロード大会が古くから行われてきた地域に偏っており、競歩種目の普及・育成は特定の地域を中心として競技経験のある指導者などによって行われてきた。このように、競技経験者などから指導を受ける機会や、高水準の競技会観戦などの動機付けの機会も特定の地域に限られてきたといえ、競歩種目の普及・育成の地域差は人口分布の状況を考慮したとしても大きかったと考えられる。

普及・育成の次の年代に対する施策を指して「強

化」と呼ばれることが多いが、その境界の定義は明確ではない。森丘（2014）は日本における陸上競技全国大会および日本代表選手の生まれ月分布を3ヶ月ごとに分類し、相対年齢効果によって4月から始まる学年区分の中で早い月に生まれた選手が高校期まで優位にあることを示している。それに対して、大学生以上ではこのような傾向がほぼ消失している傾向にあり、「早熟型」に「晩熟型」が追いついてタレントが顕在化し、競技水準が一定の完成をみる時期として一般的な育成と強化の区分同様に大学生年代以降を強化年代、あるいは育成から強化への移行年代としても差し支えないであろう。

東川・岩田（2005）は、高校生年代から大学生年代への移行の段階で、競技者の都市部への大きな流れが発生することを報告している。しかし、普及・育成年代およびその後の年代における競技水準の地域差についてはまだ明らかになっておらず、わが国において競歩種目の競技水準を維持・向上させるための施策を検討するためには地域差の状況を明らかにする必要があると考えられる。

そこで、本研究では、陸上競技・競歩種目について、育成年代および育成から強化への移行年代における人口分布の影響を除いた地域差の変化について検討することを目的として、インターハイ地区大会の実施地域別および地区学連地域別の競技水準の変化について、競技人口の地域的分布の影響を除く方法で研究を行った。

2. 方法

2.1 データ収集方法

(1) 年度別都道府県高体連・学連登録者数

本研究では、三浦（2019）の方法に基づき、高校生については全国高等学校体育連盟がホームページ上で公開している2003年度から2018年度までの男女別・競技別・年度別の全国高体連登録者数を用いた（公益財団法人全国高等学校体育連盟，2019）。また、大学生についてはインターネット上に公開されている日本学生陸上競技連合が定期発行する機関誌上の男女別・年度別・地区別の登録者数を用いた（公益社団法人日本学生陸上競技連合，2019）。

(2) 競技パフォーマンスデータ

ベースボールマガジン社発行の2003年から2018年までの陸上競技マガジン記録集計号（ベースボールマガジン社，2004-2019）にもとづき、男女5000mW（2010年までの女子は3000m）の高校100傑データを収集した。

表1 各年度における国際競技会シニア日本代表選手の出身高校および高校新卒後の拠点所在地の地区別のべ人数累計 (2003-2018年度)

| | 北海道 | 東北 | 北関東 | 南関東 | 北信越 | 東海 | 近畿 | 中国 | 四国 | 北九州 | 南九州 | 合計 |
|----------|-----|----|-----|-----|-----|----|----|----|----|-----|-----|-----|
| 出身高校 | 0 | 10 | 20 | 10 | 44 | 6 | 19 | 4 | 0 | 12 | 0 | 125 |
| 高校新卒後の拠点 | 1 | 5 | 12 | 82 | 7 | 2 | 15 | 1 | 0 | 0 | 0 | 125 |

また、大学生の競技レベルの変動について検討するために、ベースボールマガジン社が管理するインターネット上のデータベースサービスサイトの陸上競技ランキング (ベースボールマガジン社、2019) に基づき、男女 10000mW の大学ランキングデータおよび男女 20kmW の大学 50 傑データを収集した。

2.2 データ処理方法

本研究では、三浦 (2019) の方法を用い、以下に示すように各順位に対して順位ごとに異なる重み付けを行って積算する方法を用いてパフォーマンス指標を算出した。

(1) 地区別高体連・学連登録者数

各都道府県の男女別陸上競技登録者数をインターハイ地区大会の地区割りとなる 11 地区ごとに集計し、地区登録者数 (R_{HS}) を算出した。また、大学生については各地区学連の正会員数を用い、全国 8 地区の地区登録者数 (R_{UNI}) とした。

(2) 地区別のパフォーマンスポイント

高校生については、年度別高校 100 傑データから、各種目の 1 位を 100 点、2 位を 99 点、100 位を 1 点として点数化し、種目別地区別のパフォーマンスポイント (RPP_{HS}) を算出した。大学生については、年度別大学 50 傑データから、各種目の 1 位を 50 点、2 位を 49 点、50 位を 1 点として点数化し、種目別地区別のパフォーマンスポイント (RPP_{UNI}) を算出した。なお、女子については全てのパフォーマンスを合わせても 50 傑に満たない年度が多く見られたが、ポイントの補正は行わなかった。また、大学生についてのみ拠点 (大学別) のパフォーマンスポイントも算出した。

(3) 地区別の登録者 1000 名あたりの規格化パフォーマンスポイント

人口要因を排除した各地区の種目ごとの競技力を比較するために、種目別地区別のパフォーマンスポイントを各地区の登録者数で除することで高校生・大学生ともに以下の式 (式 1) から種目別地区別の規格化パフォーマンスポイント ($NRPP$) を算出した。

$$NRPP = RPP/RN*1000 \quad (1)$$

2.3 統計処理

規格化パフォーマンスポイントの地域偏在度を評価するために、三浦 (2019) の分析と同じように 11 地区および 8 地区の $NRPP$ から Microsoft Excel の Kurt 関数によって尖度 (Kurtosis) を算出し、種目間の比較を行った。この尖度は、その種目のポイントが特定の地区に偏在しているのか、あるいは均等に分布しているのかを評価することができ、尖度が高い場合には偏った分布をしているが低い場合には均等に分布していることを示す。また、正規分布の場合には尖度が 0 となるため、正の場合には尖った分布であり、負の場合には平たい分布を示す。

3. 結果

(1) 日本代表選手の出身地域

表 1 は 2003 年から 2018 年までの 16 年間の各年の国際陸上競技連盟主催・共催大会 (オリンピック、世界選手権、世界競歩チーム選手権/ワールドカップ競歩) およびアジア大会におけるシニア種目日本代表選手の出身地 (出身高校所在地・高卒後の拠点所在地) を全国高校総体の地区予選開催 11 地域で分類したものである。16 年間の累計で見ると、のべ 44 名の日本代表選手を輩出した北信越が突出しているが、大都市圏である中京圏を含む東海からはのべ 6 名しか代表選手の輩出がないほか、北海道、四国、南九州からは代表選手の輩出がなく、シニアトップ選手の輩出状況には明らかな地域差があるといえる。高卒後の拠点所在地 (進学・就職後の拠点所在地) については、16 年間の累計ではのべ 94 名が北関東または南関東に所在地をおく大学等を高卒後の拠点としていて、高校よりも特定の地域への集中が進んでいたといえる。

(2) 地区別高体連・学連登録者数

図 1 に 2003 年度から 2018 年度までの地区別の高体連登録者数の変動を男女別に示した。

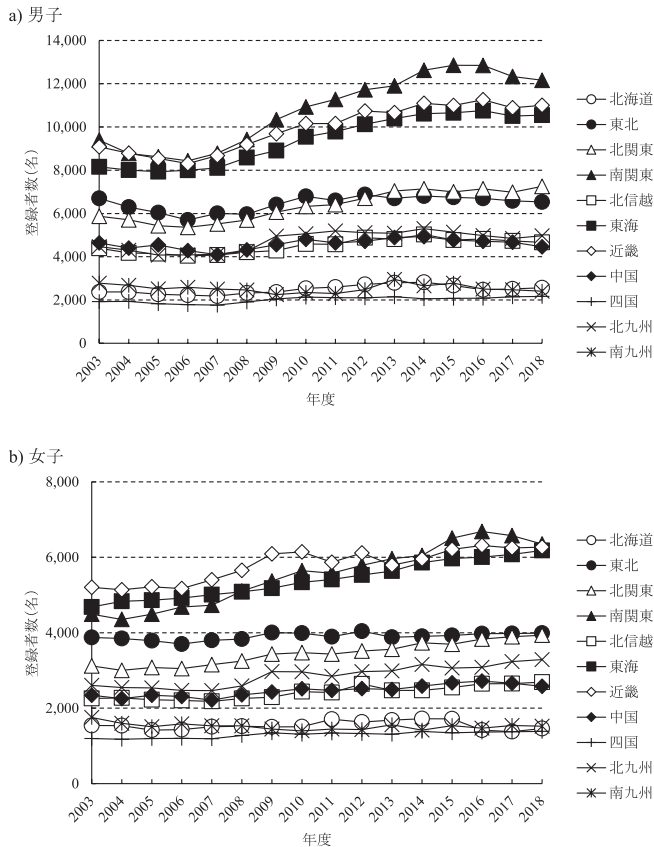


図1 男女別・地区別高体連陸上競技登録者数の推移

男子の登録者数は、各地区とも2003年度から2006年度まで減少した後、2015年度にかけてほとんどの地区で増加し、その後2018年度までわずかであるが減少に転じている。この間、全国では2003年の59,783名から2018年の68,733名まで約9,000名の増加が見られた。

女子の登録者数は、ほとんどの地区で男子の1/2から1/3の人数で、女子については近畿では男子同様の増加を示したほかは2018年度まで増加していた。全国では2003年度の33,076名から2018年度の39,650名まで男子の2/3の約6,500名の増加が見られた。

三浦(2019)が示すように、男女とも登録者数が多かったのは南関東、東海、近畿の3地区で、少なかったのは男女とも北海道、四国、南九州であり、登録者数の多い地区は少ない地区の3倍から4倍の規模であった。

図2に高校生と同じく2003年度から2018年度までの地区別の学連登録者数の変動を男女別に示した。

男子の登録者数は、各地区とも2008年度から2009年度にかけての時期を除いて2003年度から2018年度まで連続して増加する傾向が見られた。全国では2003年度の11,154名から2018年度の

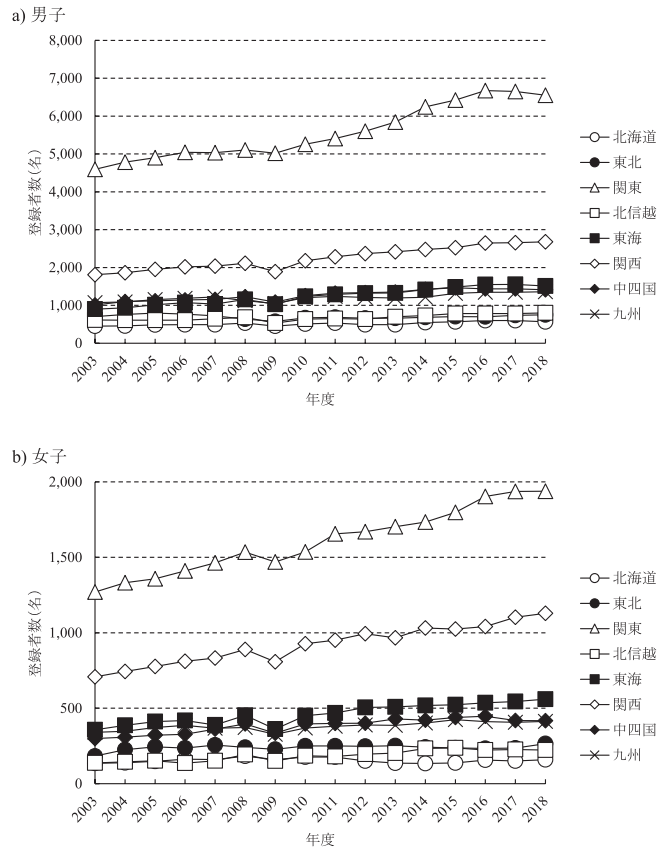


図2 男女別・地区学連別登録者数の推移

15,638名まで、約4,500名の増加があった。しかし、関東学連の登録者数が各年度とも関西学連の約2倍、また、関西学連は、他の北海道、東北、北信越、東海、中四国、九州の各学連の2倍から4倍といったように、関東と関西、とりわけ関東への強い集中があった。

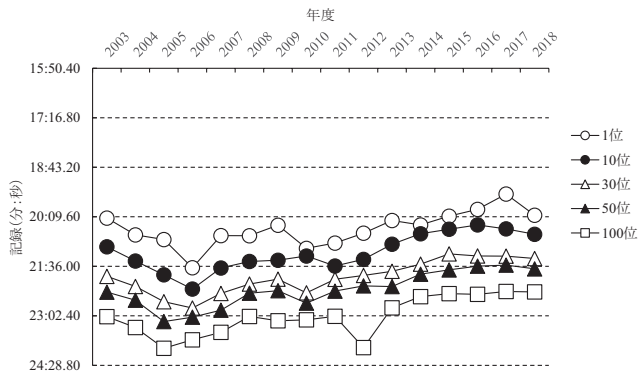
女子については、男子と同じく2003年度から2018年度までほとんどの地区で増加し、全国では2003年度の3,429名から2018年度の5,103名まで約1500名の増加があった。また、男子同様に関東と関西、中でも関東への強い集中がみられた。

(3) 競技パフォーマンスの変化

図3に各年度における高校生の競技パフォーマンス変化として、各年度における5000mWの記録の高校1位、10位、30位、50位、100位の記録の変化を示した。

男女とも、それぞれの順位で2003年度から2005年度まで、男子で約40秒-1分、女子で約30秒-1分と低下したあと、2018年度までほぼ毎年、男子で合計約50-1分30秒、女子で合計約30秒-3分の向上があった。ただし、女子については2010年度までは全国高校総体では3000mWとして行われていたため、高体連主催大会における5000mWの実施は2010年度の地区新人大会からであったが、

a) 男子5000mW



b) 女子5000mW

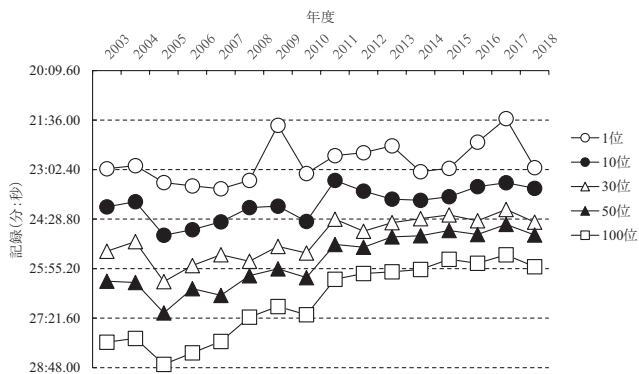
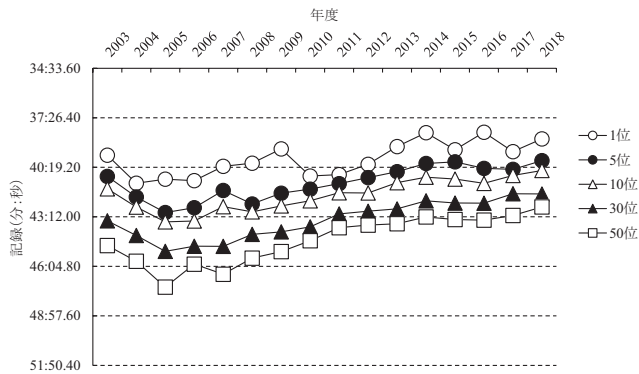


図3 5000mWにおける男女別・年度別高校1位、10位、30位、50位、100位記録の推移

a) 男子10000mW



b) 女子10000mW

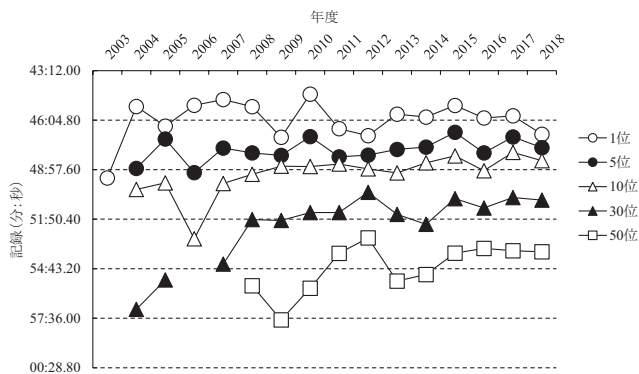


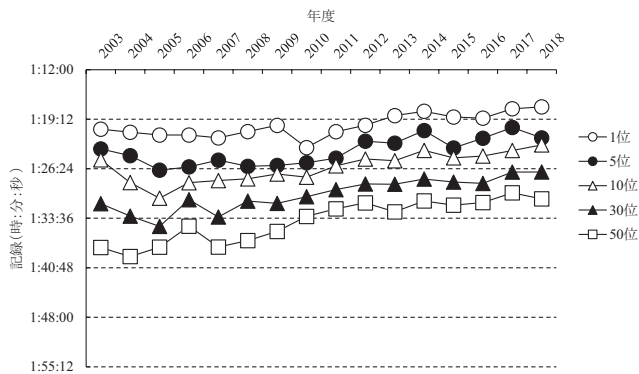
図4-1 10000mWにおける男女別・年度別大学1位、5位、10位、30位、50位記録の推移

2010年度に各順位ともに約1分30秒-10秒と記録を落としていたものの、2010年度から2011年度までの記録の変化が、30-60秒と大きくなっていた。

図4に各年度における大学生の競技パフォーマンスの変化として、各年度における10000mWと20kmWの記録の大学1位、5位、10位、30位、50位の記録の変化を示した。

男子においては、10000mWで2003年度から2005年度まで記録が約1分20秒-2分30秒と低下していたが、その後は各順位とも2018年度まで記録が約1分40秒-4分40秒と上昇する傾向がみられ、20kmWでは2003年度から2018年度まで全体に記録が約3分15秒-8分15秒と上昇していた。女子では、10000mWと20kmWの両方で、1位の記録は2003年度から2018年度まで大きな変化はなかったものの、5位、10位、30位では2018年度まで、10000mWでは約2分20秒-6分20秒、20kmWでは約4分15秒-13分40秒と、上昇していた。ただし、女子においてはオリンピック、世界選手権、アジア大会などの競歩種目の実施が1998年まで10kmW(10000mW)であり、1999年から20kmWに以降したことや、日本学生対校選手権など学生主要大会では2003年度

a) 男子20kmW



b) 女子20kmW

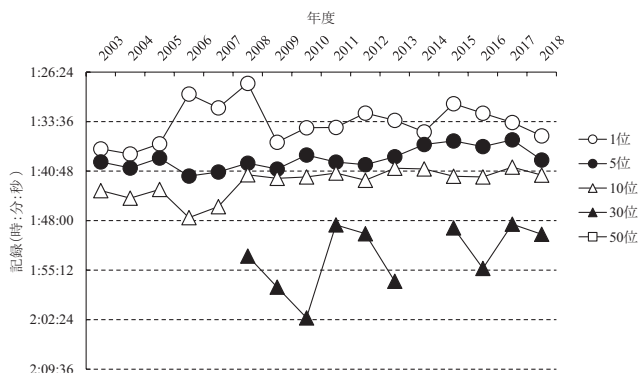


図4-2 20kmWにおける男女別・年度別大学1位、5位、10位、30位、50位記録の推移

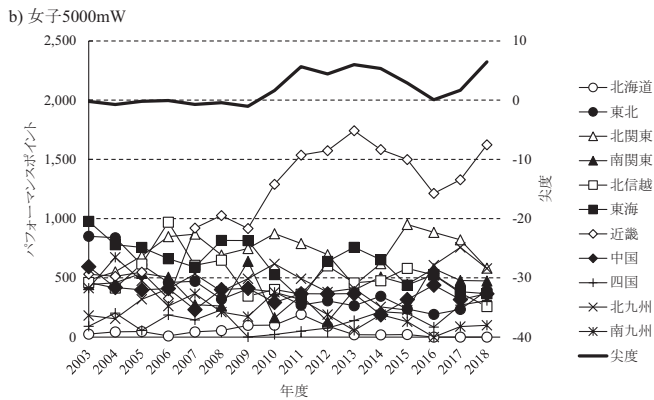
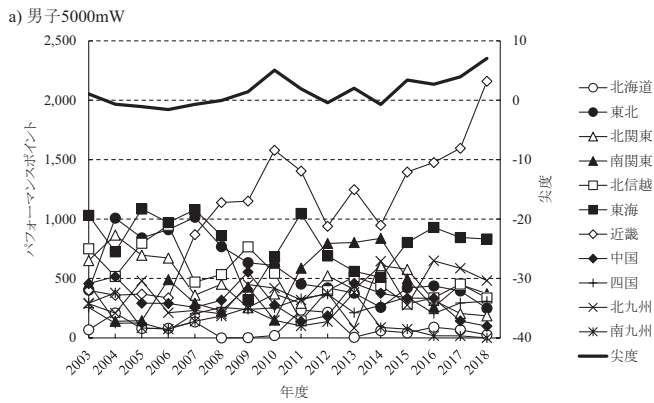


図5 高校 5000mW の男女別・地区別パフォーマンスポイントの推移

まで 5000mW で実施され、2004 年度から 10000mW に移行したことなどの背景もあって、本研究におけるデータでは 10000mW では 5 位以下のデータがない年度があり、20kmW では 30 位以下のデータがない年度があったほか、50 位のデータはすべての年度でなかった。

(4) パフォーマンスポイント

図 5 に高校生の 5000mW における男女別・地区別のパフォーマンスポイントの変化を示した。

男子では 2003 年度から 2007 年度にかけて、東海のポイントが約 1,000 で高かったが、2008 年から近畿のポイントが 1,000 を超えて突出するようになり、2014 年年度から 2018 年度まで 1,500 を超えて 2,000 に到達したように大きく増加していた。尖度についてみると、2004 年度から 2008 年度まで負の値を示したが、2009 年度からはほとんどの年度で正の値を示し、2016 年度の 3.39 から 2018 年度の 7.01 まで大きく増加していた。女子では 2003 年度、2004 年度は東北と東海のポイントが 851、977 と高かったが、2006 年度以降は近畿のポイントが 1,000 を超えて 1,500 を超えるまで大きく増加し、また、北関東のポイントが 582 - 951 で全体の中では上位だった。尖度についてみると、近畿が他地区よりも

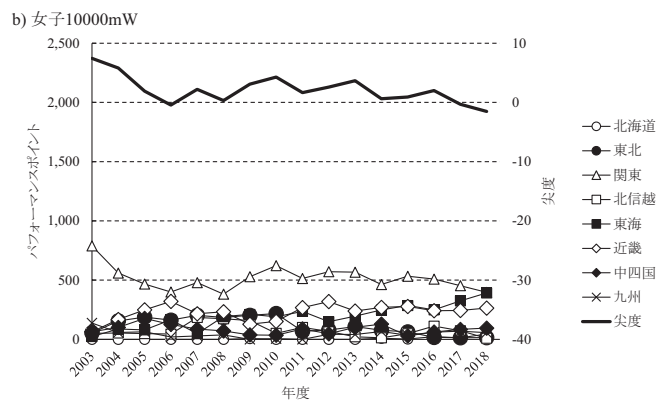
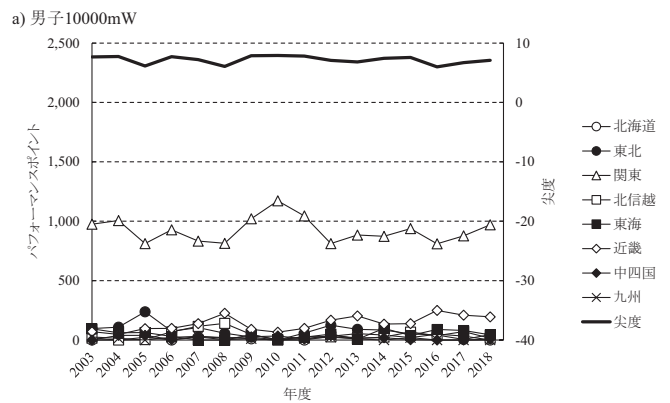


図 6-1 大学 10000mW の男女別・地区別パフォーマンスポイントの推移

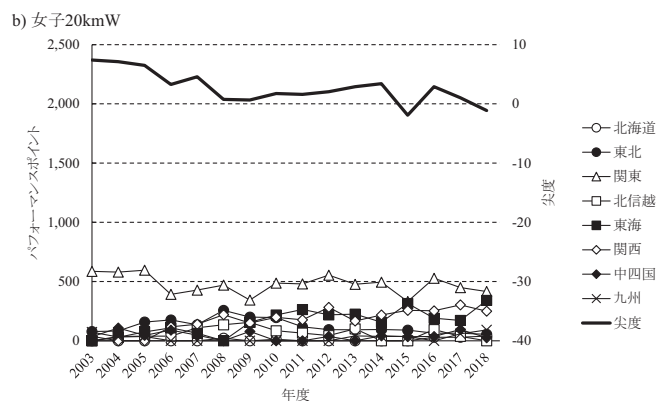
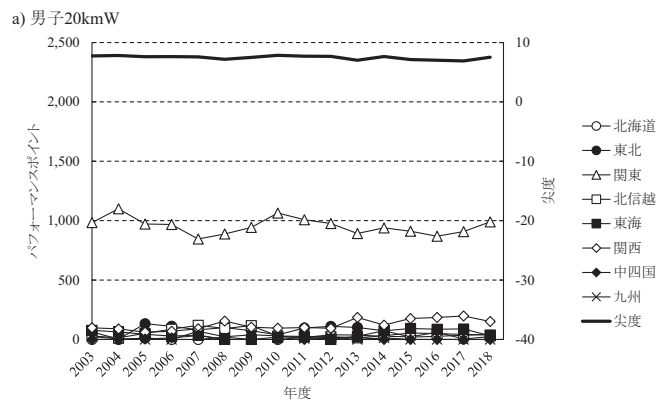


図 6-2 大学 20kmW の男女別・地区別パフォーマンスポイントの推移

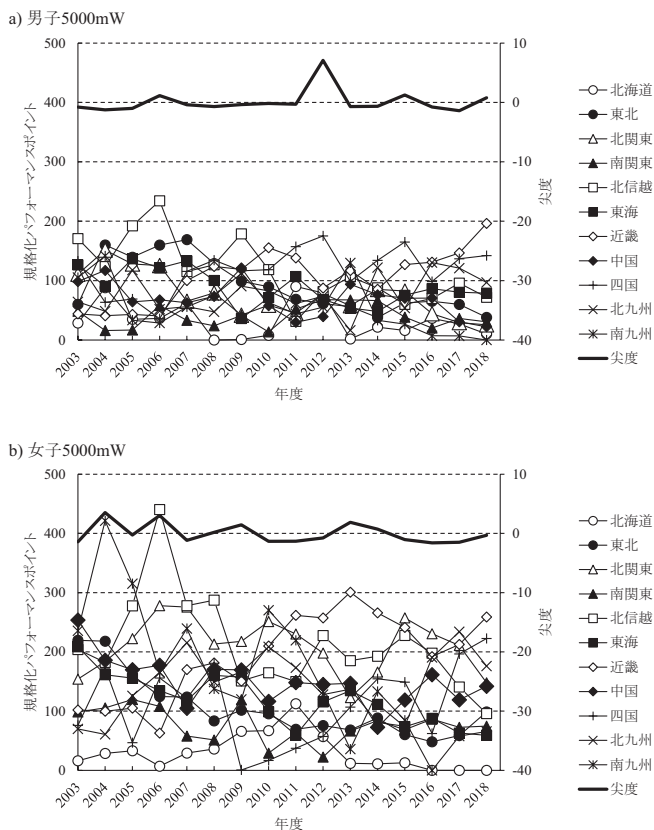


図7 高校 5000mW の男女別・地区別登録者 1000 名あたり規格化パフォーマンスポイントの推移

高いポイントを示し出した 2010 年度に 1.62 となった以降は、2018 年度まで 5.00 を超える年もあるなど大きな正の値を示した。

図 6 に大学生の 10000mW と 20kmW における男女別・地区別のパフォーマンスポイントの変化を示した。男子では 10000mW と 20kmW の両方で 2003 年度から 2018 年度まで関東のポイントが約 600 以上と大きく他の地区を引き離し、尖度についても 6.00 - 7.92 と大きな正の値を示していた。女子では、10000mW と 20kmW の両方ともに関東のポイントが他の地区よりも最大で約 650 と大きく他地区を引き離していたものの、2015 年度から下がり、2018 年度においては東海に抜かれていた。尖度については 2003 年度における 10000mW の 7.45、20kmW の 7.40 から 2008 年度における 10000mW の 0.31、20kmW の 0.71 まで正の値が小さくなるものの、2014 年度までは両方の種目で正の値を保っていた。20kmW で 2015 年度に負の値を示し、2018 年度は両方の種目で負の値を示した。

(5) 規格化パフォーマンスポイント

図 7 に高校生における 5000mW の男女別・地区別の規格化パフォーマンスポイントの変化を示した。男子では 2003 年度から 2009 年度まで、東北と北信

越が上位であったが、2010 年度からは近畿と四国が上位に入るようになった。尖度については、2012 年度に 7.10 と大きな正の値を示すものの、他の年度では負の値を示す年度が多くみられた。女子では 2003 年度から 2008 年度まで、北信越、北関東、南九州が上位であったが、2011 年度からは近畿が上位に入るようになった。尖度については、2004 年度に 3.53、2006 年度に 3.02 と大きな正の値を示したものの、他の年度では負の値を示す年度が多くみられた。

図 8 に大学生における 10000mW と 20kmW の男女別・地区別の規格化パフォーマンスポイントの変化を示した。男子では 2003 年度から 2009 年度までは東北の 2005 年度における 10000mW の 299 や北信越の 2008 年度における 20kmW の 218 など、関東以外の地区が高いポイントを示すことがあったが、関東は 2003 年度から 2018 年度まで 10000mW で 121 - 223、20kmW で 130 - 230 と高いポイントを示した。尖度については 10000mW では 2009 年度の 4.96 から 2011 年度の 3.91 まで、20kmW では 2003 年度の 3.02、2004 年度の 5.65 と 2010 年度の 5.68 と高い正の値を示したものの、他の年度では負の値を示す年度が多く見られた。女子では 2004 年度から 2010 年度まで東北や北信越のポイントが 500 を超えるレベルにあって大きく、また、2013 年度からは東海のポイントが 500 前後で大きかった。尖度については 2009 年度以降に両方の種目とも負の値を示す年度が多く見られた。

(6) 大学生拠点別パフォーマンスポイント

大学生の拠点（大学）別ポイントについて、各年度で 50 傑を輩出した大学の 2003 年度から 2018 年度までの累計が全体の平均値と標準偏差の和を上回る大学を「上位校」とし、各年度のポイントが上位校によって占められる比率を図 9 に示した。

上位校の数は、男子では 10000mW と 20kmW の両方とも 6 校で、女子では 10000mW で 11 校、20kmW で 10 校であった。男子では 10000mW と 20kmW の両方で上位校が全体のポイントの 70% から 50% を毎年占めていた。女子では、上位校の占有率は 2004 年度から 2008 年度までは 40% 程度しかなかったが、2009 年度以降は 60% から 50% を占めていた。

4. 考察

(1) 日本代表選手の出身地域

2003 年以降の日本代表選手の成績では、2008 年北京オリンピック男子 50km 競歩で山崎勇喜が 7 位

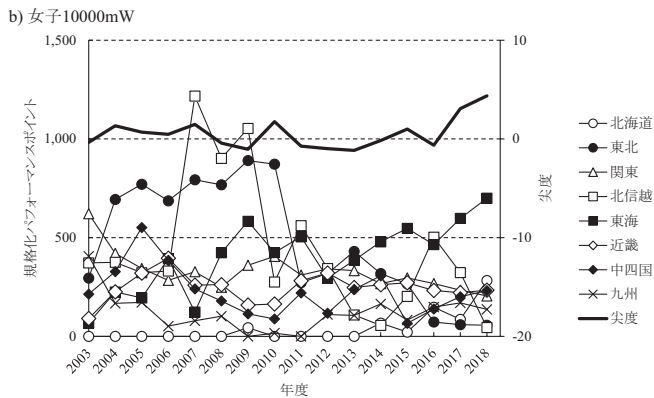
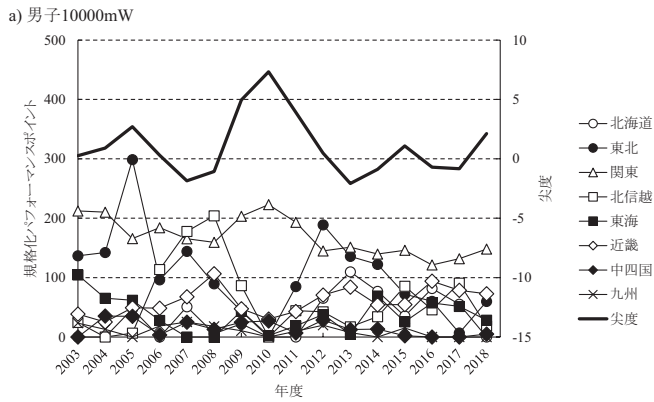


図 8-1 大学 10000mW の男女別・地区別登録者 1000 名あたり規格化パフォーマンスポイントの推移

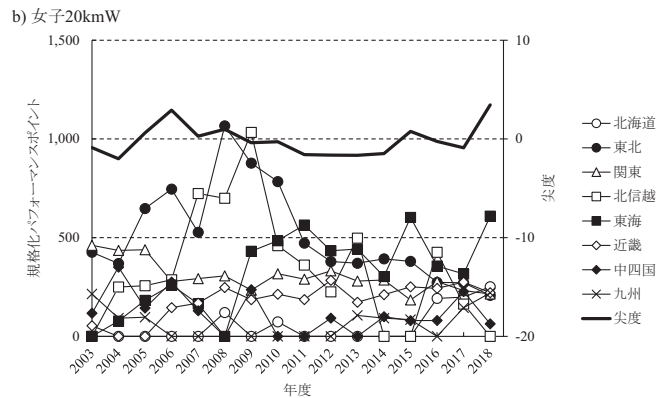
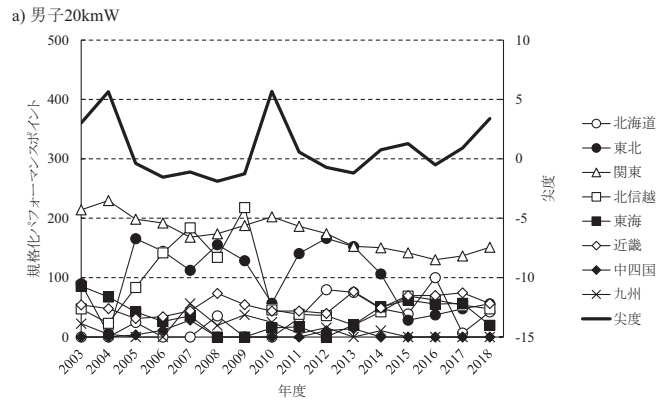


図 8-2 大学 20kmW の男女別・地区別登録者 1000 名あたり規格化パフォーマンスポイントの推移

入賞して以降、国際陸連主催・共催大会での入賞が継続するようになったほか、2015年の北京世界陸上競技選手権男子 50km 競歩で谷井孝行が銅メダルを獲得して以降はメダル獲得が継続するようになったように、日本代表選手の明らかな競技水準の上昇が見られるようになった。表 1 に示したように、出身高校の北信越地区への集中傾向、高校新卒後拠点の関東地区への集中傾向が見られるが、陸上競技の中学生より全国大会で実施される種目では全国的に均等な普及・育成が行われており（三浦，2019）、普及・育成および強化においては分散と集中のどちらが望ましいのかは明確ではないといえる。

(2) パフォーマンスポイントと規格化パフォーマンスポイント

パフォーマンスポイントについてみると、高校生では全国高校総体への競歩種目導入直後の時期である 2004 年度より地区ごとの登録者数の格差を考慮しなくても競技パフォーマンスは分散していたことが示された。緒言で述べたように競歩種目の普及は特定の地域に限られてきたが、その地域は、古くよりロード種目の日本陸連主催・後援大会が実施されてきた北信越や、北信越とともに全国高校総体導入

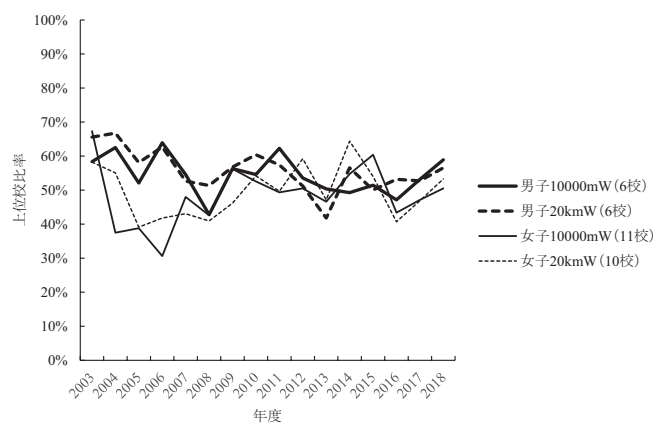


図 9 大学 10000mW および 20kmW のパフォーマンスポイントの上位校比率

2003 年度から 2018 年度までのパフォーマンスポイントの累計が 50 傑以上を輩出した全拠点の平均より標準偏差以上だった各拠点を上位校とした

前より地区高校総体で競歩種目が実際されていた東北などの地域であった。そのほかにも、南関東、東海、近畿のそれぞれの地区でも古くより元旦競歩(東

京)、愛知県元旦競歩(名古屋)、ジュニア選抜競歩(神戸)など、地区内外からひろく参加者が集まるロード大会が実施され、それぞれに早くから普及の進んできた地域であり、そのことでパフォーマンスが分散していたものと考えられる。

また、男子では2008年度以降、女子では2010年度以降、尖度の正の値が増加するが、男女共に近畿のパフォーマンスポイントの増加と連動するような変化を示しており、近畿において育成年代の競技水準が相対的に上がったことを示している。

大学についてみると、高校よりも大きな地域間格差があったといえるが、その背景として、高校では北関東と南関東の登録者数を合わせても近畿の2倍に満たないものの大学では関東が関西の約2倍となっていたことや、高校では近畿と東海がほぼ同数であるものの大学では関西が東海の約2倍となるなど、関東、そして関西と、大学では陸上競技の競技人口自体の地域差が大きいことがあると考えられる。

規格化パフォーマンスポイントでは負の尖度を示した年度が多かったが、これらの結果は、競技人口の分布を考慮した場合には普及と育成は全国で均等に行われていたことを示しており、競技人口の分布を考慮しない場合に高かった近畿のパフォーマンスポイントも、競技人口分布を考慮した場合には、特段突出したわけではないということが明らかになった。

大学についてみると、男女共に10000mWと20kmWの両方の種目で負の尖度を示していたことで、大学生年代における強化の密度は全国的に分散していたといえる。しかし、男女で比べると、男子では競技人口の分布を考慮しない場合に突出していた関東のパフォーマンスポイントが、競技人口の分布を考慮した場合でも常に上位であり、関東における強化のレベルが相対的に他の地区よりも高かったことを示している。

(3) 競技パフォーマンスの変化との関係

このようなパフォーマンスポイントおよび規格化パフォーマンスポイントの違いをパフォーマンスとの関係から見ると、高校の記録は男女ともに年を追って上昇し、大学では男子は上昇傾向であったにも関わらず、女子では下位層ではわずかな上昇がみられたのみで上位層では明らかな停滞が発生している。競技人口の分布を考慮した規格化パフォーマンスポイントでは特定地域へのパフォーマンスの集中はみられなかったことから、普及・育成、そして強化の地域差は小さかったものと考えられる。しかし、

競技人口の分布を考慮しないパフォーマンスポイントでは、高校男女では近年の近畿への集中がみられ、大学男子では関東への強い集中がみられたものの、大学女子では関東への集中は弱かった。そのため、パフォーマンスの向上にはパフォーマンスの集中地区の存在が関与していたと考えることができる。さらに、高校男女の近畿、大学男子の関東と、これらの地域は全て登録者数の多い地域であることから、パフォーマンスの向上の背景には競技人口の集積による要因が関与していたと考えられよう。

社会一般の様々な組織、個人の競争的状态は、社会科学、なかでも経済学分野の手法によって評価されることが多い。そういった組織、個人による経済活動は大都市圏のような人口集積地において盛んであるが、このことは「集積の経済」という現象として古くより説明がなされ、様々な経済主体が同一地域に集積することで技術革新が発生しやすいことなどがその要因のひとつとして挙げられている(佐藤ほか, 2011; 佐藤, 2014)。また、人口集積地における技術革新の発生しやすさの要因として、対面的な直接コミュニケーションの機会が多いことが挙げられている(内閣府, 2012; 山崎, 2015)。さらに、都市部においては公共交通機関などの「公共財」、すなわちそのための「場」の整備が進んでいることで、経済主体が集まって活動がより活発になりやすいとされている(佐藤ほか, 2011; 佐藤, 2014)。

以上のような経済活動における人口集積のメリットを本研究における結果にあてはめてみると、大都市圏のような人口集積地においては、技術的な指導が可能な指導者が多く在住し、競技参加への動機付けの機会が多くなるほか、指導者間の直接対面の機会が増えることで、言語化が困難な指導のノウハウの伝播や、議論による高度化、洗練化の機会が増えるなどのメリットが増加する。そのほか、「公共財」に相当する競技会や指導の機会の数が多く、そこへの参加も増えるなど、経済活動が活発になる因果関係とそのまま重なると考えることができる。

その一方で、集中による負の側面も「集積の不経済」として説明されるが(佐藤ほか, 2011; 佐藤, 2014)、本研究の対象においては都市化による競技場外のロードコースなどのトレーニング機会の減少がそういった現象のひとつとして考えられる。しかし、競歩種目の場合にはロード競技会は1周1kmから2kmの周回コースで実施され、練習も同様のコース設定で行われることが多いことから、公園整備が充実した都市部においては競技会と同様の設定で安全にトレーニングが可能な場所が増えることとな

り、この点でも都市化のメリットが大きいといえよう。反対に、人口が分散した場合には以上のような機会を得るための物理的な移動距離が大きく、都市部における人口集積によるメリットがそのままなくなると考えられる。以上から、高校生年代では近畿において、大学生年代では関東において、それぞれ人口の集積によるメリットがパフォーマンスの向上に関与したと考えられる。

また、都市への人口集積による効果は、そのまま全体の利益として都市を含む地域全体の向上に寄与するとされているが（内閣府，2012；山崎，2015）、人口集積地における集中のメリットによって向上したパフォーマンスは、他地区における競技パフォーマンスのための目標となるほか、そのための方法は人口集積地から他地区へと伝播していくことによって全体のレベルアップに貢献するなど、経済活動と同様の現象が発生していたと考えられる。

一方でパフォーマンスが停滞している大学女子の要因について考える必要があるが、登録者数では関東地区への強い集中がみられたにも関わらず、関東の女子では集中のメリットは発生していない。図9は大学生における拠点別のパフォーマンスポイントを示したものであるが、上位校によるポイントの占有率は男女共に大きな違いはないものの、男子では6校で占有しているのに対し、女子では10校から11校という2倍の数での占有となっている。このことは1校あたりの占有率が男女で2倍の開きがあることになり、男子では特定少数の拠点で集中的な強化が行われ効率的な強化になっていたものの、女子では男子よりも上位競技者が分散していることで強化が非効率なものになっていたことがうかがわれる。

特定の強化拠点への上位競技者の集中は拠点内競争などによる強化手法の高度化につながるほか、手法が継承され洗練化につながる、また、同地区の特定拠点同士の競争によってこれら手法がさらに高度化していく。これらは都市化による集中のメリットと同様のメカニズムが作用したと考えることができ（佐藤ほか，2011；内閣府，2012；佐藤，2014；山崎，2015）、これらのことが関東男子のレベルアップに影響していたといえる。その一方で、パフォーマンスの集中が女子にはなく、表1に示した2003年から2019年までのシニア日本代表のべ125名のうち女子のべ40名の中で、図9の上位11校の出身者は5校出身のべ17名しかなく、残りのべ23名は上位校以外の出身であった。このことは、男子の上位6校の全てがシニア日本代表を輩出しシニア日

本代表のべ85名のうち過半数となる50名が上位6校から輩出されていたのとは対照的で、女子の強化は拠点での育成・強化の延長ではなく、個人ごとの育成・強化を背景として行われてきたことを示している。

このように、個人ごとの育成・強化の体制は、近年のシニア女子競歩における停滞解決策の一つとして有効であると考えられ、2019年の世界陸上において女子の競歩種目で入賞した2名ともそのような育成・強化の体制の中でパフォーマンスを高めている。中でもU20年代を経た直後に世界陸上で入賞した藤井選手は高校生年代から停滞なくパフォーマンスを高めていることから、個人ごとの育成・強化の体制が停滞解決の方策の一つであることを示唆している。

その一方で、高いレベルでの強化を担う指導者の数には限りがあることから、このような個人ごとの育成・強化によるパフォーマンスの向上には限りがあると考えられる。そのため、大学生年代において男子同様に競技レベルの向上をリードするような特定少数の拠点が形成され、高度な拠点間競争が行われることは、高いパフォーマンスの競技者を増やしてレベルの高い選手層を形成していくために不可欠であるほか、上位のトップ競技者によるパフォーマンスを下支えすることになることから、女子の競技レベルを全体的に引き上げるために重要であると考えられる。

5. 結論

本研究の目的は、陸上競技・競歩種目について、育成年代および育成から強化への移行年代における人口分布の影響を除いた地域差の変化について検討することであった。そのために、インターハイ地区大会の実施地域別および地区学連地域別の競技水準の変化について、競技人口の地域的分布の影響を除く方法で研究を行った。

本研究の主な結果は以下の通りである。

- 1) 競技人口分布の影響を残した場合、高校では全国高校総体への競歩種目の採用直後からパフォーマンスが分散していたのが、2010年度以降に近畿へのパフォーマンスの集中がみられた（最大尖度：男子5000mW 7.07、女子5000mW 6.47）。大学では調査対象とした年度のほとんどで関東への集中がみられた（最大尖度：男

- 子 10000mW・20kmW 7.92、女子 10000mW・20kmW 7.45)。
- 2) 競技人口分布の影響を除いた場合、高校では男女ともに2010年、2011年を境にパフォーマンスが高い地域が変化したが、パフォーマンスの集中はみられなかった(最小尖度: 男子 5000mW -1.38、女子 5000mW -1.58)。大学では、男子で関東のパフォーマンスが高かったものの、男女ともに集中はみられなかった(最小尖度: 男子 10000mW・20kmW -2.07、女子 10000mW・20kmW -2.01)。
 - 3) パフォーマンスの変化との関係からみると、競技人口分布の影響を残した場合に強い集中がみられた地区があり、近畿に強く集中した高校男女、関東に強く集中した大学男子で継続的な記録の向上がみられたが(高校1位: 男子 5000mW 約40秒, 女子 5000mW 約1分30秒; 大学1位: 男子 10000mW 約1分20秒, 男子 20kmW 約3分)、関東への集中が弱かった大学女子ではパフォーマンスの停滞が発生していた(大学1位: 女子 10000mW 約-30秒, 女子 20kmW 約-1分30秒)。
 - 4) 大学男子では少数拠点へのパフォーマンスの集中が発生し(6校)、集中のメリットがパフォーマンス向上につながっていたが、大学女子では男子と比較してパフォーマンスが多数の拠点到分散し(10000mW: 10校; 20kmW: 11校)、集中のメリットが発生していなかった。

以上の結果から、国内の高校生・大学生年代における競歩種目の競技パフォーマンスは、経済活動と同様のメカニズムから、人口が集中している特定地域・特定拠点への集中によって高まり、また、その効果として、全体的な競技パフォーマンスの向上がみられたと考えることができる。

その背景としては、方法論の革新を発生させる最適の基盤的背景が集中による育成・強化であったと考えることができる。そのため、大学女子における競技パフォーマンス停滞の課題解決のためには、少数ではあるが高度な育成・強化を担う拠点の形成、パフォーマンスの集中が必要であると考えることができる。

6. 文献

ベースボールマガジン社 (2004-2019) 陸上競技マガジン増刊「記録集計号 2003-2018」, 陸上競技マガジン, 54 (5) - 69 (8).

- ベースボールマガジン社 (2019) 陸上競技ランキング (<https://rikumaga.com>).
- 東川 安雄, 岩田 昌太郎 (2005) 陸上競技における学生上級競技者の地域的分布と地域間移動に関する研究. 陸上競技研究, 61 (2), 13-21.
- 公益社団法人日本学生陸上競技連合 (2019) 会報 (<http://www.iuau.jp/kaiho.html>).
- 公益財団法人全国高等学校体育連盟 (2019) 公益財団法人全国高等学校体育連盟ホームページ・事業について・統計資料・加盟登録状況 (http://www.zen-koutairen.com/f_regist.html).
- 三浦 康二 (2019) 年度別高校100傑と高体連登録者数からみた陸上競技・競技水準の地域差について～100m, 1500m, 110mH/100mH, 走幅跳, 砲丸投による評価～. フェューチャーアスレティックス研究会紀要, 7, 1-10.
- 文部科学省 (2008) 小学校学習指導要領解説体育編. 文部科学省.
- 文部科学省 (2008) 中学校学習指導要領解説保健体育編. 文部科学省.
- 文部科学省 (2008) 高等学校校学習指導要領解説保健体育編. 文部科学省.
- 森丘 保典 (2014) タレントトランスファーマップという発想: 最適種目選択のためのロードマップ. 陸上競技研究紀要, 10, 51-55.
- 内閣府 (2012) 地域の経済2012- 集積を活かした地域づくり -. 155-173.
- Rooney, J. (1975) A Geography of American Sport. MA: Addison-Wesley.
- 佐藤 泰裕, 田淵 隆俊, 山本 和博 (2011) 空間経済学. 有斐閣, 67-71.
- 佐藤 泰裕 (2014) 有斐閣ストゥディア 都市・地域経済学への招待状. 有斐閣, 60-64.
- 田村 孝洋 (2008) 短距離走における高校生の競技水準と地域分布に関する傾向と特徴. 陸上競技研究, 74 (3), 39-46.
- 山崎 福寿 (2015) 都市集中のメカニズムと地方創生の問題点. 土地総合研究, 23(3), 113-120.

高校生エリート陸上選手におけるサプリメント使用状況

酒井健介¹⁾ 須永美歌子²⁾ 貴嶋孝太³⁾ 森丘保典⁴⁾ 真鍋知宏⁵⁾ 山本宏明⁶⁾ 杉田正明⁷⁾
 1) 城西国際大学 薬学部 2) 日本体育大学 児童スポーツ教育学部 3) 大阪体育大学 体育学部
 4) 日本大学 スポーツ科学部 5) 慶應義塾大学 スポーツ医学研究センター
 6) 北里大学 メディカルセンター 7) 日本体育大学 体育学部

Prevalence of dietary supplement use in Japanese elite high school track-and-field athletes

Kensuke SAKAI¹⁾ Mikako SUNAGA²⁾ Kota KIJIMA³⁾ Yasunori MORIOKA⁴⁾
 Tomohiro MANABE⁵⁾ Hiroaki YAMAMOTO⁶⁾ Masaaki SUGITA⁷⁾

1) Josai International University
 2) Nippon Sport Science University
 3) Osaka University of Health and Sport Sciences
 4) College of Sports Sciences, Nihon University
 5) Sports Medical Research Center, Keio University
 6) Kitasato University Medical Center
 7) Nippon Sport Science University

Abstracts

The intake of dietary supplements (DS) contribute to improving sports performance and/or to maintaining good health for many athletes, but some of them have been found to contain contaminants or banned substances. Therefore, proper use of DS was important for adolescent athletes. The purpose of this study was to examine the prevalence of DS use by elite youth track-and-field athletes who have placed in the Inter-High School Championships past three years (2017-2019). Five hundred and five (51.3% female) completed the questionnaire. The prevalence of DS use is 63.2% in male, and 45.7% in female. Frequently consumed DS were protein (60.1%), amino acids (50.0%) and creatine (25.0%) in male, and protein (42.4%), amino acids (40.7%) and iron (35.6%) in female. In male athletes, protein was most prevalent for thrower (96.2%), and amino acid was for middle and long distance runner (62.9%) and race walker (62.5%). In female, iron was most prevalent for middle and long distance runner (55.9%) and race walker (75.0%). The main motivation for DS use was to recover fatigue regardless of gender. In female athletes, positive perception of DS use was declined over time. As a result of this study, prevalence and pattern of DS use by elite high school track-and-field athletes was almost similar over 3 years.

1. はじめに

スポーツ選手における競技力の向上には、計画された適切なトレーニングを継続的に実施することが重要であり、この競技力向上に影響する因子として、身体的要因や技術的要因、戦術的要因や心理・社会的要因が挙げられている (Bangsbo et al., 2006). 一方で、適切な食事や栄養摂取もスポーツ選手の競技力の改善や身体の回復、また健康の保持増進には

欠かせない (Thomas et al., 2016). このため、ある種の食品成分が含まれるサプリメントを日常的に摂取するスポーツ選手が世界的にも多く存在する。陸上競技においては、2003年から2008年までの国際大会出場した6523名(3887名が回答)を対象としたサプリメントの使用状況に関する研究報告で、約66%の選手がサプリメントを使用していることが示された (Tscholl et al., 2010). 公益財団法人 日本陸上連盟 (JAAF) 科学委員会は、全国高等

学校総合体育大会（インターハイ）陸上競技における入賞者を対象に、サプリメントの使用状況を経年的に調査しており、半数以上の選手がサプリメントを使用していることがこれまでに報告されている（宮崎ら，2013；酒井ら，2017）。

2018年の国際オリンピック委員会（International Olympic Committee; IOC）の合意声明では、サプリメントは「特定の健康の維持やパフォーマンスの向上を目的に、習慣的な食事に意図的に加えられる食品、食品成分、栄養素あるいは非食品成分」として定義され、「ミネラルやビタミンが強化された食品」や「一般的な食事よりもエネルギーや栄養素を摂取しやすい食品（液体状の食事）や運動時の摂取に利便性の優れた食品（スポーツドリンク、ジェル、バー）」、また「食品やハーブ製品から抽出あるいは濃縮された単一の栄養素やその他の成分が含まれるもの」、「特定の結果を期待し、複数の成分から構成される製品」などが含まれるとしている（Maughan et al, 2018）。一方で、公益財団法人 日本アンチ・ドーピング機構（JADA）は、サプリメント認証枠組み検証有識者会議を組織し、スポーツにおけるサプリメントの製品情報公開の枠組みに関するガイドライン（JADA, 2019）を2019年に公表した。この中で、サプリメント製品とは上述のIOCの示す観点に加え、「栄養素また栄養成分を粉体、錠剤、カプセル、ジェル、液体等の医薬品的形状で摂取する場合にスポーツにおけるサプリメントとして捉えるべきで、発汗に伴う水分補給として利用しているスポーツドリンクや、生きていくために必要なエネルギーや栄養素を食事あるいは食事の一部として補給するための食品は、スポーツにおけるサプリメントのカテゴリーとして扱わず、あくまで「一般食品」と考えるべきである」としている。

サプリメントの使用に関して国際陸上競技連盟は、「ある種のサプリメントはパフォーマンスに貢献するものの、食事こそが重要でありスポーツサプリメントが食事の代わりをするものではなく、また若年選手は使用すべきではない」との声明を発表した（Burke et al., 2007）。しかしながら、サプリメントを用いることは、その形態的特徴による利便性などにより、スポーツ選手の栄養状態や競技パフォーマンスに有益性をもたらす場合もあると考えられる。IOCは、サプリメントも適切に使用することで食事から十分な摂取が望めない微量栄養素の補完や高強度トレーニング時の健康維持、さらには含まれる特定成分の生理的作用により直接的に競技パフォーマンスの向上に貢献することを示唆してい

る（Maughan et al, 2018）。JAAFは2019年、サプリメント摂取の基本8ヶ条を示したが（JAAF, 2019a）、この中でも食事の重要性を重視している。そしてサプリメントを使用する際は、その使用目的や健康へのリスクを十分に考慮することに加え、ドーピング禁止薬物の混入によるアンチ・ドーピング規則違反のリスクを回避するための注意喚起を行っている。

サプリメントの使用はドーピング禁止薬物の侵入経路として問題視されるばかりではなく、サプリメントの使用状況そのものがドーピングに対する態度や行動に影響していることが報告されている。Backhouse et al. は、212名のスポーツ選手を対象にサプリメントとドーピング禁止薬物の使用状況について検討した結果、サプリメント使用者は非使用者に対してドーピング禁止薬物の使用割合も3.5倍も高いことを示した（Backhouse et al., 2013）。さらにドーピングに肯定的な考えを持っている選手にサプリメント使用者が多いことも報告されている。Sekulic et al. は、105名の競技力の高いラグビー選手を対象にドーピング禁止薬物の使用に関する態度を検討した結果、サプリメント使用者はドーピング禁止薬物の使用に高い関心を持っていることを確認した（Sekulic et al., 2014）。また、複数のボールゲーム（バレーボール、ハンドボール、サッカー、バスケットボール）で高い競技性を有する457名を対象にした研究においては、若年期に成功をおさめた男子選手やサプリメントを使用する選手が、ドーピング禁止薬物使用のリスク集団であることを報告している（Sekulic et al., 2016）。

このようにサプリメントの使用は、含まれる一部の特定成分（ビタミンDや鉄、カルシウムといった微量栄養素やカフェイン、クレアチンといったエルゴジェニック作用を有する成分など）がスポーツ選手に対し生理的、身体的有益性をもたらすことの科学的根拠が報告されている一方で（Thomas et al., 2016）、有害性へのリスク、とりわけアンチ・ドーピング規則違反のリスクが潜んでいることが知られている。そのため、スポーツ選手のサプリメントの使用状況を把握することは選手の健全性を維持する上で意義深いことであると言える。そこで本研究では、過去3年間のインターハイ陸上競技における入賞者を対象に、サプリメントの使用状況に関して、競技種目の影響および調査年の影響について男女それぞれ独立して比較検討することを目的とした。

表 1-1 対象者の属性 (男子選手)

| 対象者 | 年 | 全数 | 短距離 | 中長距離 | 跳躍 | 投擲 | 障害 | 混成 | 競歩 | p-value | | |
|------------|-------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|---------|--------|--------|
| | | Mean ± SD | Mean ± SD | Mean ± SD | Mean ± SD | Mean ± SD | Mean ± SD | Mean ± SD | Mean ± SD | | | |
| 対象者 | 2017年 | 86 | 16 | 22 | 20 | 17 | 2 | 4 | 5 | | | |
| | 2018年 | 105 | 26 | 20 | 22 | 15 | 12 | 5 | 5 | | | |
| | 2019年 | 54 | 11 | 12 | 11 | 9 | 7 | 2 | 2 | | | |
| | | Mean ± SD | Mean ± SD | Mean ± SD | Mean ± SD | Mean ± SD | Mean ± SD | Mean ± SD | Mean ± SD | 調査年 | 種目 | 年 × 種目 |
| 平均学年 | 2017年 | 2.7 ± 0.5 | 2.6 ± 0.5 | 2.8 ± 0.5 | 2.8 ± 0.4 | 2.6 ± 0.7 | 3.0 | 3.0 | 2.8 ± 0.4 | 0.586 | 0.194 | 0.608 |
| | 2018年 | 2.8 ± 0.4 | 2.8 ± 0.4 | 2.7 ± 0.5 | 2.8 ± 0.5 | 2.7 ± 0.5 | 2.8 ± 0.4 | 3.0 | 2.6 ± 0.5 | | | |
| | 2019年 | 2.6 ± 0.6 | 2.5 ± 0.7 | 2.5 ± 0.5 | 2.4 ± 0.7 | 2.9 ± 0.3 | 3.0 | 3.0 | 2.5 ± 0.7 | | | |
| 平均身長, cm | 2017年 | 175.7 ± 5.7 | 174.6 ± 5.7 | 173.2 ± 5.3 | 177.1 ± 5.3 | 180.4 ± 4.7 | 173.8 ± 1.1 | 176.4 ± 3.4 | 169.4 ± 3.1 | 0.614 | <0.001 | 0.706 |
| | 2018年 | 175.7 ± 5.0 | 174.5 ± 4.3 | 173.1 ± 4.3 | 176.5 ± 5.6 | 178.9 ± 5.4 | 178.2 ± 3.1 | 177.4 ± 3.7 | 172.4 ± 4.0 | | | |
| | 2019年 | 175.3 ± 6.9 | 173.7 ± 6.3 | 170.3 ± 6.5 | 176.3 ± 3.8 | 178.6 ± 8.1 | 180.1 ± 3.9 | 182.5 ± 0.7 | 170.5 ± 10.6 | | | |
| 平均体重, kg | 2017年 | 67.6 ± 16.6 | 63.8 ± 5.2 | 56.4 ± 12.6 | 64.3 ± 5.3 | 94.5 ± 13.3 | 64.5 ± 7.8 | 63.0 ± 2.7 | 55.6 ± 2.7 | 0.849 | <0.001 | 0.999 |
| | 2018年 | 67.0 ± 12.9 | 64.3 ± 5.2 | 56.5 ± 3.7 | 65.3 ± 4.3 | 93.5 ± 12.1 | 65.2 ± 3.2 | 65.3 ± 5.4 | 55.8 ± 2.9 | | | |
| | 2019年 | 68.2 ± 13.9 | 63.8 ± 6.4 | 57.8 ± 7.4 | 65.3 ± 4.6 | 94.2 ± 8.8 | 68.5 ± 5.4 | 67.0 ± 2.8 | 52.5 ± 4.9 | | | |
| 平均練習時間, 時間 | 2017年 | 3.3 ± 1.4 | 3.1 ± 1.6 | 2.9 ± 1.0 | 3.6 ± 1.7 | 3.8 ± 1.5 | 3.8 ± 1.1 | 4.0 ± 2.0 | 2.9 ± 0.7 | 0.948 | 0.729 | 0.922 |
| | 2018年 | 3.7 ± 3.4 | 4.5 ± 6.5 | 3.3 ± 1.4 | 3.5 ± 1.6 | 3.9 ± 1.7 | 3.6 ± 1.8 | 3.1 ± 0.7 | 2.9 ± 0.4 | | | |
| | 2019年 | 3.5 ± 1.6 | 3.5 ± 1.8 | 3.0 ± 0.8 | 4.8 ± 2.3 | 2.9 ± 1.3 | 3.5 ± 1.3 | 2.8 ± 1.1 | 3.3 ± 0.5 | | | |
| 平均競技年数, 年 | 2017年 | 6.1 ± 2.1 | 7.1 ± 2.0 | 6.0 ± 2.0 | 6.5 ± 2.1 | 4.7 ± 1.9 | 7.5 ± 2.1 | 6.3 ± 0.5 | 5.0 ± 1.2 | 0.451 | <0.001 | 0.809 |
| | 2018年 | 5.9 ± 2.3 | 6.3 ± 2.1 | 5.5 ± 2.5 | 6.7 ± 2.3 | 4.6 ± 1.9 | 6.1 ± 1.0 | 6.5 ± 3.3 | 4.2 ± 3.6 | | | |
| | 2019年 | 6.1 ± 2.0 | 7.6 ± 1.7 | 5.0 ± 1.8 | 7.0 ± 1.4 | 5.1 ± 1.5 | 6.6 ± 1.3 | 5.0 ± 1.4 | 3.3 ± 2.5 | | | |

2. 方法

対象者および調査票

2017年、2018年および2019年の全国高等学校総合体育大会（インターハイ）陸上競技入賞者を対象に、石井らの作成した調査票（石井ら、2005）を一部改編したものをを用い、郵送法によるアンケート調査を実施した。調査票は対象者の属性に関する項目、過去の運動歴に関する項目、体調・食生活に関する項目、心身のコンディショニングに関する項目、スポーツ障害に関する項目、サプリメントに関する項目から構成される。サプリメントに関する項目は、調査票に「プロテイン、クレアチン、コラーゲン、アミノ酸、カルシウム、鉄、マルチミネラル、ビタミンA、ビタミンB、ビタミンC、ビタミンD、ビタミンE、マルチビタミン、糖質（炭水化物：エネルギー補給用）、知らされていない、覚えていない、その他」を掲げ、現在摂取しているものを複数選択してもらうよう指示した。なお、「その他」に関しては具体的商品名もしくは種類を記載する欄を設けた。また、サプリメント使用者に関してはサプリメント使用目的および使用による効果の実感（主観的効果）について回答を求めた。使用目的は「体重増量、減量、筋肉増量、瞬発力向上、持久力向上疲労回復、アンチオキシダント（抗酸化作用）、貧血予防・改善、コンディショニング維持、疾病予防、活力向上、安眠、不足栄養素の補給、その他」から複数選択するものとし、主観的効果については「ある、ない」の2件法にて回答を求めた。

毎年調査対象者は424名であり、2017年調査では169名（39.9%）、2018年調査では199名（46.9%）、2019年調査では106名（24.8%）から回答を得た。なお、調査票は対象者それぞれに手渡し、調査が無

記名であることや回答に際しては指導者の先生などと相談してもいいこと、回答の提出は本人の自由意思であることなどを口頭にて説明した。本研究は横断的観察研究であり、回収したデータは非識別加工情報として解析を施した。

解析

回収した調査票のうち、複数種目での競技実施が確認された対象者については、それぞれの種目で入賞したものとして扱った。また、データに欠損のある者は解析対象から除外した。その結果、2017年調査では男子86名（29.1%）女子93名（72.7%）、2018年調査では男子105名（35.5%）、女子102名（79.7%）、2019年調査では男子54名（18.2%）、女子63名（49.2%）を本研究の解析対象とした。

解析は男女別に行った。対象者の属性（学年、身長、体重、練習時間および競技継続年数）に関しては、調査年と競技種目を主効果とした二元配置分散分析を行った。対象者のサプリメント摂取に関する項目（摂取状況、主観的効果、摂取目的、サプリメント摂取に対する考え）に関しては、競技種目別にクロス集計を行った後、カイ二乗検定を行った。サプリメント摂取品目数に関しては、調査年と競技種目を主効果とした二元配置分散分析を行った。なお統計解析にはSPSS Windows Ver. 25.0を用い、危険率5%未満を有意水準とした。

3. 結果

表1-1には男子選手の属性を、表1-2には女子選手の属性を示した。男女ともに平均身長、平均体重および平均競技年数において競技種目間で統計的有意差を確認したが、調査年および交互作用において

表 1-2 対象者の特性 (女子選手)

| 対象者 | 年 | 全数 | 短距離 | 中長距離 | 跳躍 | 投擲 | 障害 | 混成 | 競歩 | p-value |
|------------|-------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------------|
| | | n | n | n | n | n | n | n | n | |
| 対象者 | 2017年 | 93 | 24 | 20 | 19 | 20 | 2 | 6 | 2 | |
| | 2018年 | 102 | 24 | 14 | 23 | 21 | 10 | 7 | 3 | |
| | 2019年 | 63 | 14 | 14 | 12 | 11 | 7 | 3 | 2 | |
| | | Mean ± SD | Mean ± SD | Mean ± SD | Mean ± SD | Mean ± SD | Mean ± SD | Mean ± SD | Mean ± SD | |
| 平均学年 | 2017年 | 2.5 ± 0.7 | 2.3 ± 0.8 | 2.6 ± 0.6 | 2.4 ± 0.7 | 2.6 ± 0.5 | 3.0 | 2.5 ± 0.8 | 3.0 | 調査年 種目 年 × 種目 |
| | 2018年 | 2.6 ± 0.7 | 2.1 ± 0.9 | 2.6 ± 0.5 | 2.7 ± 0.6 | 2.7 ± 0.6 | 2.7 ± 0.5 | 2.9 ± 0.4 | 2.7 ± 0.6 | |
| | 2019年 | 2.7 ± 0.6 | 2.6 ± 0.6 | 2.4 ± 0.6 | 2.8 ± 0.4 | 2.7 ± 0.6 | 2.7 ± 0.5 | 2.7 ± 0.6 | 3.0 | |
| 平均身長, cm | 2017年 | 162.5 ± 4.8 | 162.5 ± 4.7 | 159.9 ± 4.6 | 163.7 ± 4.2 | 163.7 ± 5.2 | 160.5 ± 2.1 | 165.5 ± 4.0 | 159.5 ± 0.7 | 0.744 0.071 0.440 |
| | 2018年 | 162.5 ± 5.2 | 161.9 ± 3.5 | 157.7 ± 5.2 | 162.3 ± 4.2 | 165.4 ± 5.3 | 164.1 ± 4.7 | 166.9 ± 5.2 | 156.7 ± 2.5 | |
| | 2019年 | 163.5 ± 5.4 | 162.8 ± 4.7 | 159.3 ± 3.4 | 165.3 ± 4.3 | 165.9 ± 6.8 | 165.4 ± 5.6 | 167.8 ± 3.9 | 160.0 | |
| 平均体重, kg | 2017年 | 53.3 ± 8.7 | 51.4 ± 3.9 | 45.3 ± 4.1 | 51.8 ± 3.8 | 66.2 ± 7.5 | 47.0 ± 1.4 | 53.5 ± 4.1 | 46.5 ± 4.9 | 0.067 <0.001 0.928 |
| | 2018年 | 54.6 ± 9.1 | 51.5 ± 4.0 | 45.9 ± 3.3 | 52.9 ± 4.4 | 67.9 ± 9.6 | 52.8 ± 3.5 | 54.7 ± 4.9 | 44.9 ± 1.7 | |
| | 2019年 | 52.0 ± 4.2 | 53.6 ± 4.7 | 46.0 ± 5.1 | 52.7 ± 2.4 | 70.7 ± 12.0 | 56.5 ± 6.0 | 55.9 ± 2.8 | 47.5 ± 2.1 | |
| 平均練習時間, 時間 | 2017年 | 3.4 ± 1.0 | 3.1 ± 0.7 | 3.5 ± 1.0 | 3.6 ± 1.2 | 3.5 ± 1.2 | 4.3 ± 0.4 | 3.4 ± 0.7 | 3.7 ± 0.4 | 0.702 0.697 0.528 |
| | 2018年 | 3.6 ± 1.2 | 3.6 ± 1.3 | 3.8 ± 1.1 | 3.4 ± 1.2 | 3.9 ± 1.2 | 3.0 ± 0.5 | 3.5 ± 0.8 | 2.5 ± 0.5 | |
| | 2019年 | 3.7 ± 1.4 | 3.9 ± 0.3 | 3.3 ± 1.3 | 4.0 ± 1.9 | 3.8 ± 1.6 | 3.6 ± 1.4 | 3.7 ± 1.2 | 2.7 ± 1.2 | |
| 平均競技年数, 年 | 2017年 | 6.1 ± 2.0 | 6.5 ± 2.0 | 6.4 ± 2.2 | 6.5 ± 2.2 | 4.9 ± 1.5 | 6.0 | 5.3 ± 0.8 | 7.0 ± 2.8 | 0.750 <0.001 0.603 |
| | 2018年 | 6.0 ± 2.1 | 6.3 ± 1.8 | 6.1 ± 2.4 | 6.3 ± 2.1 | 4.8 ± 1.6 | 7.9 ± 2.0 | 6.6 ± 1.5 | 4.0 ± 1.7 | |
| | 2019年 | 6.3 ± 1.4 | 6.6 ± 0.9 | 6.9 ± 1.5 | 6.1 ± 1.4 | 5.0 ± 1.4 | 6.7 ± 1.1 | 6.7 ± 1.5 | 6.0 | |

表 2-1 競技種目別サプリメント摂取状況 (男子選手)

| | 現在摂取している | | 過去に摂取していたが現在は摂取していない | | 摂取したことがない | | p-value |
|------|----------|--------|----------------------|--------|-----------|--------|---------|
| | n | (%) | n | (%) | n | (%) | |
| 全数 | 148 | (63.2) | 37 | (15.8) | 49 | (20.9) | 0.116 |
| 短距離 | 36 | (69.2) | 7 | (13.5) | 9 | (17.3) | |
| 中長距離 | 35 | (71.4) | 6 | (12.2) | 8 | (16.3) | |
| 跳躍 | 21 | (42.0) | 10 | (20.0) | 19 | (38.0) | |
| 投擲 | 26 | (65.0) | 6 | (15.0) | 8 | (20.0) | |
| 障害 | 16 | (76.2) | 4 | (19.0) | 1 | (4.8) | |
| 混成 | 6 | (54.5) | 2 | (18.2) | 3 | (27.3) | |
| 競歩 | 8 | (72.7) | 2 | (18.2) | 1 | (9.1) | |

表 2-2 競技種目別サプリメント摂取状況 (女子選手)

| | 現在摂取している | | 過去に摂取していたが現在は摂取していない | | 摂取したことがない | | p-value |
|------|----------|--------|----------------------|--------|-----------|--------|---------|
| | n | (%) | n | (%) | n | (%) | |
| 全数 | 118 | (45.7) | 48 | (18.6) | 92 | (35.7) | 0.001 |
| 短距離 | 28 | (45.2) | 8 | (12.9) | 26 | (41.9) | |
| 中長距離 | 34 | (69.4) | 5 | (10.2) | 10 | (20.4) | |
| 跳躍 | 14 | (25.5) | 14 | (25.5) | 27 | (49.1) | |
| 投擲 | 18 | (36.7) | 12 | (24.5) | 19 | (38.8) | |
| 障害 | 9 | (47.4) | 7 | (36.8) | 3 | (15.8) | |
| 混成 | 11 | (68.8) | 0 | (0.0) | 5 | (31.3) | |
| 競歩 | 4 | (50.0) | 2 | (25.0) | 2 | (25.0) | |

は有意差を確認しなかった。男子選手においては、平均身長および平均体重で投擲種目が高く、平均競技年数では短距離および跳躍種目が高い数値を示した。女子選手では平均身長および平均体重で中長距離および競歩種目が低値を示した。一方、平均練習時間においてはいずれの主効果、交互作用に統計的有意差を確認しなかった。

表 2-1 には男子選手の、表 2-2 には女子選手の競

技種目別サプリメント摂取状況を示した。男子選手では全体で 63.2% の選手が現在サプリメントを摂取しており、摂取したことがない選手は 20.9% であった。競技種目間では統計的有意差を示さなかった (p=0.116)。一方、女子選手では 45.7% の選手が現在サプリメントを摂取しており、摂取したことがない選手は 35.7% であった。競技種目別では、中長距離 (69.4%)、混成 (68.8%) 種目の選手に現在摂取

表 3-1 競技種目別・調査年別サプリメント摂取状況（男子選手）

| | | 現在摂取している | | 過去に摂取していたが現在は摂取していない | | 摂取したことがない | | p-value |
|------|-------|----------|---------|----------------------|--------|-----------|--------|---------|
| | | n | (%) | n | (%) | n | (%) | |
| 全数 | 2017年 | 49 | (60.5) | 13 | (16.0) | 19 | (23.5) | 0.924 |
| | 2018年 | 64 | (64.0) | 15 | (15.0) | 21 | (21.0) | |
| | 2019年 | 35 | (66.0) | 9 | (17.0) | 9 | (17.0) | |
| 短距離 | 2017年 | 9 | (60.0) | 2 | (13.3) | 4 | (26.7) | 0.741 |
| | 2018年 | 20 | (76.9) | 3 | (11.5) | 3 | (11.5) | |
| | 2019年 | 7 | (63.6) | 2 | (18.2) | 2 | (18.2) | |
| 中長距離 | 2017年 | 15 | (75.0) | 4 | (20.0) | 1 | (5.0) | 0.350 |
| | 2018年 | 12 | (70.6) | 1 | (5.9) | 4 | (23.5) | |
| | 2019年 | 8 | (66.7) | 1 | (8.3) | 3 | (25.0) | |
| 跳躍 | 2017年 | 6 | (33.3) | 3 | (16.7) | 3 | (16.7) | 0.565 |
| | 2018年 | 6 | (42.9) | 4 | (19.0) | 8 | (38.1) | |
| | 2019年 | 6 | (54.5) | 3 | (27.3) | 2 | (18.2) | |
| 投擲 | 2017年 | 12 | (70.6) | 2 | (11.8) | 3 | (17.6) | 0.839 |
| | 2018年 | 9 | (60.0) | 2 | (13.3) | 4 | (26.7) | |
| | 2019年 | 5 | (62.5) | 2 | (25.0) | 1 | (12.5) | |
| 障害 | 2017年 | 1 | (50.0) | 0 | (0.0) | 1 | (50.0) | 0.033 |
| | 2018年 | 9 | (75.0) | 3 | (25.0) | 0 | (0.0) | |
| | 2019年 | 6 | (85.7) | 1 | (14.3) | 0 | (0.0) | |
| 混成 | 2017年 | 3 | (75.0) | 1 | (25.0) | 0 | (0.0) | 0.600 |
| | 2018年 | 2 | (40.0) | 1 | (20.0) | 2 | (40.0) | |
| | 2019年 | 1 | (50.0) | 0 | (0.0) | 1 | (50.0) | |
| 競歩 | 2017年 | 3 | (60.0) | 1 | (20.0) | 1 | (20.0) | 0.737 |
| | 2018年 | 3 | (75.0) | 1 | (25.0) | 0 | (0.0) | |
| | 2019年 | 2 | (100.0) | 0 | (0.0) | 0 | (0.0) | |

表 3-2 競技種目別・調査年別サプリメント摂取状況（女子選手）

| | | 現在摂取している | | 過去に摂取していたが現在は摂取していない | | 摂取したことがない | | p-value |
|------|-------|----------|--------|----------------------|--------|-----------|--------|---------|
| | | n | (%) | n | (%) | n | (%) | |
| 全数 | 2017年 | 47 | (51.1) | 19 | (20.7) | 26 | (28.3) | 0.350 |
| | 2018年 | 41 | (40.6) | 20 | (19.8) | 40 | (39.6) | |
| | 2019年 | 30 | (46.2) | 9 | (13.8) | 26 | (40.0) | |
| 短距離 | 2017年 | 13 | (54.2) | 5 | (20.8) | 6 | (25.0) | 0.242 |
| | 2018年 | 10 | (41.7) | 2 | (8.3) | 12 | (50.0) | |
| | 2019年 | 5 | (35.7) | 1 | (7.1) | 8 | (57.1) | |
| 中長距離 | 2017年 | 15 | (75.0) | 0 | (0.0) | 5 | (25.0) | 0.350 |
| | 2018年 | 10 | (71.4) | 2 | (14.3) | 2 | (14.3) | |
| | 2019年 | 9 | (60.0) | 3 | (20.0) | 3 | (20.0) | |
| 跳躍 | 2017年 | 6 | (31.6) | 5 | (26.3) | 8 | (42.1) | 0.264 |
| | 2018年 | 3 | (13.0) | 8 | (34.8) | 12 | (52.2) | |
| | 2019年 | 5 | (38.5) | 1 | (7.7) | 7 | (53.8) | |
| 投擲 | 2017年 | 7 | (36.8) | 7 | (36.8) | 5 | (26.3) | 0.361 |
| | 2018年 | 6 | (30.0) | 4 | (20.0) | 10 | (50.0) | |
| | 2019年 | 5 | (50.0) | 1 | (10.0) | 4 | (40.0) | |
| 障害 | 2017年 | 1 | (50.0) | 1 | (50.0) | 0 | (0.0) | 0.818 |
| | 2018年 | 5 | (50.0) | 4 | (40.0) | 1 | (10.0) | |
| | 2019年 | 3 | (42.9) | 2 | (28.6) | 2 | (28.6) | |
| 混成 | 2017年 | 4 | (66.7) | 0 | (0.0) | 2 | (33.3) | 0.979 |
| | 2018年 | 5 | (71.4) | 0 | (0.0) | 2 | (28.6) | |
| | 2019年 | 2 | (66.7) | 0 | (0.0) | 1 | (33.3) | |
| 競歩 | 2017年 | 1 | (50.0) | 1 | (50.0) | 0 | (0.0) | 0.675 |
| | 2018年 | 2 | (66.7) | 0 | (0.0) | 1 | (33.3) | |
| | 2019年 | 1 | (33.3) | 1 | (33.3) | 1 | (33.3) | |

表 4-1 競技種目別主要なサプリメント摂取状況とその主観的効果 (男子選手)

| 摂取サプリメント | 全数 | | 短距離 | | 中長距離 | | 跳躍 | | 投擲 | | 障害 | | 混成 | | 競歩 | | | |
|----------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| | 摂取 | 効果 | 摂取 | 効果 | 摂取 | 効果 | 摂取 | 効果 | 摂取 | 効果 | 摂取 | 効果 | 摂取 | 効果 | 摂取 | 効果 | | |
| | n (%) | n (%) | n (%) | n (%) | n (%) | n (%) | n (%) | n (%) | n (%) | n (%) | n (%) | n (%) | n (%) | n (%) | n (%) | n (%) | n (%) | |
| プロテイン | 2017年 | 27 (55.1) | 7 (25.9) | 5 (55.6) | 0 (0.0) | 5 (33.3) | 1 (20.0) | 4 (66.7) | 2 (50.0) | 11 (91.7) | 4 (36.4) | 0 (0.0) | 1 (33.3) | 0 (0.0) | 1 (33.3) | 0 (0.0) | 1 (33.3) | 0 (0.0) |
| | 2018年 | 40 (62.5) | 8 (20.0) | 12 (60.0) | 2 (16.7) | 5 (41.7) | 0 (0.0) | 7 (77.8) | 1 (14.3) | 9 (100.0) | 3 (33.3) | 5 (55.6) | 2 (40.0) | 1 (50.0) | 0 (0.0) | 1 (33.3) | 0 (0.0) | 0 (0.0) |
| | 2019年 | 22 (62.9) | 10 (45.5) | 4 (57.1) | 3 (75.0) | 3 (37.5) | 0 (0.0) | 4 (66.7) | 1 (25.0) | 5 (100.0) | 3 (60.0) | 5 (83.3) | 3 (60.0) | 1 (100.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) |
| | p-value | 0.679 | 0.098 | 0.973 | 0.022 | 0.905 | 0.466 | 0.856 | 0.434 | 0.545 | 0.588 | 0.227 | 0.527 | 0.513 | — | 0.641 | — | — |
| クレアチン | 2017年 | 16 (32.7) | 8 (50.0) | 2 (22.2) | 1 (50.0) | 4 (26.7) | 3 (75.0) | 2 (33.3) | 1 (50.0) | 6 (50.0) | 2 (33.3) | 0 (0.0) | — | 2 (66.7) | 1 (50.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) |
| | 2018年 | 15 (23.4) | 7 (46.7) | 4 (20.0) | 2 (50.0) | 0 (0.0) | — | — | — | 5 (55.6) | 1 (20.0) | 3 (33.3) | 2 (66.7) | 1 (11.1) | 1 (100.0) | 2 (100.0) | 1 (50.0) | 0 (0.0) |
| | 2019年 | 6 (17.1) | 0 (0.0) | 1 (14.3) | 0 (0.0) | 1 (12.5) | 0 (0.0) | — | — | 1 (20.0) | 0 (0.0) | 1 (20.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) |
| | p-value | 0.251 | 0.086 | 0.920 | 0.646 | 0.142 | 0.171 | 0.595 | 0.477 | 0.474 | 0.435 | 0.881 | 0.157 | 0.223 | 1.000 | — | — | — |
| アミノ酸 | 2017年 | 24 (49.0) | 12 (50.0) | 3 (33.3) | 1 (33.3) | 7 (46.7) | 6 (85.7) | 4 (66.7) | 1 (25.0) | 6 (50.0) | 2 (33.3) | 1 (100.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | — | — | 3 (100.0) | 2 (66.7) |
| | 2018年 | 36 (56.3) | 15 (41.7) | 11 (55.0) | 5 (45.5) | 9 (75.0) | 5 (55.6) | 5 (55.6) | 2 (40.0) | 5 (55.5) | 1 (20.0) | 4 (44.4) | 1 (25.0) | 1 (50.0) | 1 (100.0) | 0 (0.0) | 1 (33.3) | 0 (0.0) |
| | 2019年 | 14 (40.0) | 9 (64.3) | 2 (28.6) | 2 (100.0) | 6 (75.0) | 3 (50.0) | 2 (33.3) | 2 (100.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 2 (33.3) | 1 (50.0) | 1 (100.0) | 0 (0.0) | 1 (50.0) | 1 (100.0) | 0 (0.0) |
| | p-value | 0.298 | 0.352 | 0.356 | 0.298 | 0.229 | 0.331 | 0.497 | 0.209 | 0.100 | 0.621 | 0.460 | 0.646 | 0.153 | 0.157 | 0.221 | 0.329 | — |
| カルシウム | 2017年 | 8 (16.3) | 2 (25.0) | 2 (22.2) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | — | — | — | 1 (16.7) | 0 (0.0) | 2 (16.7) | 1 (50.0) | 1 (100.0) | 0 (0.0) | 1 (33.3) | 1 (100.0) | 0 (0.0) |
| | 2018年 | 7 (10.9) | 1 (14.3) | 1 (5.0) | 0 (0.0) | 2 (16.7) | 1 (50.0) | 0 (0.0) | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 2019年 | 4 (11.4) | 1 (25.0) | 0 (0.0) | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | p-value | 0.670 | 0.858 | 0.202 | — | 0.156 | 0.248 | 0.437 | 0.157 | 0.302 | 0.171 | <0.001 | — | 0.549 | — | 0.915 | — | — |
| 鉄 | 2017年 | 12 (24.5) | 5 (41.7) | 3 (33.3) | 0 (0.0) | 7 (46.7) | 4 (57.1) | 0 (0.0) | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 2018年 | 15 (23.4) | 5 (33.3) | 2 (10.0) | 0 (0.0) | 8 (66.7) | 4 (50.0) | 1 (11.1) | 1 (100.0) | 1 (11.1) | 0 (0.0) | 1 (11.1) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 2 (66.7) | 0 (0.0) | 0 (0.0) |
| | 2019年 | 8 (22.9) | 1 (12.5) | 0 (0.0) | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | p-value | 0.984 | 0.379 | 0.121 | — | 0.546 | 0.415 | 0.603 | 0.157 | 0.751 | — | 0.881 | — | 0.549 | — | 0.221 | — | — |
| ビタミンC | 2017年 | 5 (10.2) | 0 (0.0) | 2 (22.2) | 0 (0.0) | 1 (6.7) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 2018年 | 11 (17.2) | 0 (0.0) | 3 (15.0) | 0 (0.0) | 1 (8.3) | 0 (0.0) | 1 (11.1) | 0 (0.0) | 2 (22.0) | 0 (0.0) | 3 (33.3) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 1 (33.3) | 0 (0.0) | 0 (0.0) |
| | 2019年 | 1 (2.9) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | p-value | 0.096 | — | 0.433 | — | 0.892 | — | 0.497 | — | 0.411 | — | 0.069 | — | — | — | 0.386 | — | — |
| マルチビタミン | 2017年 | 6 (12.2) | 1 (16.7) | 0 (0.0) | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 2018年 | 8 (12.5) | 1 (12.5) | 1 (5.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 2019年 | 8 (22.9) | 0 (0.0) | 3 (42.9) | 0 (0.0) | 1 (12.5) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | p-value | 0.314 | 0.514 | 0.011 | — | 0.266 | — | 0.229 | — | 0.894 | 0.513 | 0.411 | — | 0.050 | — | 0.717 | 0.513 | — |

表 4-2 競技種目別主要なサプリメント摂取状況とその主観的効果 (女子選手)

| 摂取サプリメント | 全数 | | 短距離 | | 中長距離 | | 跳躍 | | 投擲 | | 障害 | | 混成 | | 競歩 | | |
|----------|---------|-----------|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 摂取 | 効果 | 摂取 | 効果 | 摂取 | 効果 | 摂取 | 効果 | 摂取 | 効果 | 摂取 | 効果 | 摂取 | 効果 | 摂取 | 効果 | |
| | n (%) | n (%) | n (%) | n (%) | n (%) | n (%) | n (%) | n (%) | n (%) | n (%) | n (%) | n (%) | n (%) | n (%) | n (%) | n (%) | n (%) |
| プロテイン | 2017年 | 24 (51.1) | 5 (20.8) | 6 (46.2) | 1 (16.7) | 5 (33.3) | 1 (20.0) | 2 (33.3) | 0 (0.0) | 7 (100.0) | 2 (28.6) | 1 (100.0) | 0 (0.0) | 2 (50.0) | 1 (50.0) | 1 (100.0) | 0 (0.0) |
| | 2018年 | 16 (39.0) | 4 (25.0) | 6 (60.0) | 2 (33.3) | 2 (20.0) | 1 (50.0) | 1 (33.3) | 0 (0.0) | 5 (83.3) | 1 (20.0) | 1 (20.0) | 0 (0.0) | 1 (20.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) |
| | 2019年 | 10 (33.3) | 1 (100.0) | 2 (40.0) | 0 (0.0) | 3 (33.3) | 0 (0.0) | 1 (20.0) | 0 (0.0) | 2 (40.0) | 1 (50.0) | 2 (66.7) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) |
| | p-value | 0.266 | 0.642 | 0.713 | 0.568 | 0.739 | 0.392 | 0.869 | — | 0.044 | 0.730 | 0.217 | — | 0.382 | 0.386 | 0.135 | — |
| クレアチン | 2017年 | 10 (21.3) | 6 (60.0) | 4 (30.8) | 3 (75.0) | 2 (13.3) | 1 (50.0) | 3 (50.0) | 2 (66.7) | 0 (0.0) | — | — | — | 1 (25.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) |
| | 2018年 | 1 (2.4) | 1 (100.0) | 0 (0.0) | 1 (100.0) | 0 (0.0) | — | — | — | — | — | — | — | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) |
| | 2019年 | 3 (10.0) | 3 (100.0) | 1 (20.0) | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) |
| | p-value | 0.023 | 0.326 | 0.160 | 0.576 | 0.495 | 0.386 | 0.078 | — | 0.481 | — | — | — | 0.382 | — | — | — |
| アミノ酸 | 2017年 | 21 (44.7) | 7 (33.3) | 6 (46.2) | 1 (16.7) | 6 (40.0) | 4 (66.7) | 4 (66.7) | 2 (50.0) | 1 (14.3) | 0 (0.0) | 1 (100.0) | 0 (0.0) | 3 (75.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) |
| | 2018年 | 20 (48.8) | 9 (45.0) | 5 (50.0) | 2 (40.0) | 4 (40.0) | 1 (25.0) | 1 (33.3) | 1 (100.0) | 2 (33.3) | 0 (0.0) | 3 (60.0) | 2 (66.7) | 3 (60.0) | 2 (66.7) | 2 (100.0) | 1 (50.0) |
| | 2019年 | 7 (23.3) | 4 (57.1) | 1 (20.0) | 1 (100.0) | 2 (22.2) | 1 (50.0) | 1 (20.0) | 1 (100.0) | 2 (40.0) | 0 (0.0) | 1 (33.3) | 1 (100.0) | 0 (0.0) | — | — | — |
| | p-value | 0.075 | 0.501 | 0.514 | 0.241 | 0.633 | 0.435 | 0.277 | 0.472 | 0.577 | — | 0.487 | 0.329 | 0.209 | 0.083 | 0.135 | — |
| カルシウム | 2017年 | 6 (12.8) | 1 (16.7) | 2 (15.4) | 0 (0.0) | 2 (13.3) | 1 (50.0) | 0 (0.0) | — | — | — | — | — | 1 (100.0) | 0 (0.0) | 1 (25.0) | 0 (0.0) |
| | 2018年 | 5 (12.2) | 2 (40.0) | 0 (0.0) | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 (20.0) | 1 (100.0) | 1 (20.0) | 1 (100.0) |
| | 2019年 | 8 (26.7) | 1 (12.5) | 1 (20.0) | 0 (0.0) | 4 (44.4) | 1 (25.0) | 0 (0.0) | — | — | — | — | — | 1 (33.3) | 0 (0.0) | 1 (50.0) | 0 (0.0) |
| | p-value | 0.189 | 0.472 | 0.378 | — | 0.236 | 0.413 | — | — | 0.252 | — | 0.301 | 0.223 | 0.717 | 0.223 | — | — |
| 鉄 | 2017年 | 18 (38.3) | 8 (44.4) | 6 (46.2) | 1 (16.7) | 8 (53.3) | 4 (50.0) | 1 (16.7) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | — | — | — | 2 (50.0) | 2 (100.0) | 1 (100.0) | 1 (100.0) |
| | 2018年 | 11 (26.8) | 3 (27.3) | 0 (0.0) | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 3 (60.0) | 1 (33.3) | 2 (40.0) | 1 (50.0) |
| | 2019年 | 13 (43.3) | 4 (30.8) | 2 (40.0) | 0 (0.0) | 6 (66.7) | 3 (50.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | — | — | — | 1 (50.0) | 0 (0.0) | 1 (100.0) | 1 (100.0) |
| | p-value | 0.315 | 0.584 | 0.043 | 0.537 | 0.739 | 0.507 | 0.133 | — | — | — | 0.165 | — | 0.946 | 0.233 | 0.513 | 0.223 |
| ビタミンC | 2017年 | 6 (12.8) | 0 (0.0) | 3 (23.1) | 0 (0.0) | 1 (6.7) | 0 (0.0) | 1 (16.7) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | — | — | — | 1 (25.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) |
| | 2018年 | 7 (17.1) | 1 (14.3) | 3 (30.0) | 1 (33.3) | 2 (20.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | — | — | — | — | — | 1 (20.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) |
| | 2019年 | 1 (3.3) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) |
| | p-value | 0.203 | 0.584 | 0.402 | 0.273 | 0.285 | — | 0.488 | — | 0.252 | — | 0.638 | — | 0.748 | — | — | — |
| マルチビタミン | 2017年 | 8 (17.0) | 4 (50.0) | 2 (15.4) | 0 (0.0) | 3 (20.0) | 2 (66.7) | 1 (16.7) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | — | — | — | 2 (50.0) | 2 (100.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) |
| | 2018年 | 3 (7.3) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) |
| | 2019年 | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) |
| | p-value | 0.037 | 0.125 | 0.289 | — | 0.348 | 0.136 | 0.488 | — | 0.347 | — | — | — | 0.118 | — | — | — |

している者の割合が多く、跳躍 (49.1%) や短距離 (41.9%) 種目では摂取経験のない選手の割合が高かった (p=0.001)。

調査年別に詳細を見ると、男子障害種目では現在摂取している者の割合が増加しているが (p=0.033)、その他の競技種目では男女ともに調査年による有意差は確認されなかった (表 3-1、表 3-2)。

サプリメント摂取者において、調査対象の3年間

における各サプリメントの摂取割合は男子選手ではプロテイン (60.1%)、アミノ酸 (50.0%)、クレアチン (25.0%)、鉄 (23.6%) の順に多く、女子選手ではプロテイン (42.4%)、アミノ酸 (40.7%)、鉄 (35.6%)、カルシウム (16.1%) の順となり、プロテインとアミノ酸は男女ともに多くの選手が摂取していた。競技種目および調査年でみると、男子選手におけるプロテインは投擲 (96.2%) 種目で非常に高い摂取

表 5-1 競技種目別主要なサプリメント摂取目的とその主観的効果 (男子選手)

| 摂取目的 | 全数 | | 短距離 | | 中長距離 | | 跳躍 | | 投擲 | | 障害 | | 混成 | | 競歩 | |
|-----------|---------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|----------|----------|-----------|------------|----------|-----------|-----------|-----------|----------|---------|
| | 摂取 | 効果 | 摂取 | 効果 | 摂取 | 効果 | 摂取 | 効果 | 摂取 | 効果 | 摂取 | 効果 | 摂取 | 効果 | 摂取 | 効果 |
| | n (%) | n (%) | n (%) | n (%) | n (%) | n (%) | n (%) | n (%) | n (%) | n (%) | n (%) | n (%) | n (%) | n (%) | n (%) | n (%) |
| 体重増量 | 2017年 | 7 (14.3) | 1 (14.3) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 1 (16.7) | 1 (100.0) | 6 (50.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) |
| | 2018年 | 6 (9.4) | 0 (0.0) | 1 (5.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 2 (22.2) | 0 (0.0) | 3 (33.3) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | |
| | 2019年 | 5 (14.3) | 1 (20.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 1 (12.5) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 1 (20.0) | 1 (100.0) | 2 (33.3) | 0 (0.0) | 1 (100.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | |
| | p-value | 0.664 | 0.543 | 0.663 | — | 0.176 | — | 0.269 | — | 0.311 | 0.011 | 0.785 | — | 0.050 | — | — |
| 筋肉増量 | 2017年 | 22 (44.9) | 5 (22.7) | 5 (55.6) | 0 (0.0) | 2 (13.3) | 0 (0.0) | 3 (50.0) | 1 (33.3) | 12 (100.0) | 4 (33.3) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | |
| | 2018年 | 26 (40.6) | 3 (11.5) | 7 (35.0) | 2 (28.6) | 1 (8.3) | 0 (0.0) | 5 (55.6) | 0 (0.0) | 9 (100.0) | 1 (11.1) | 3 (33.3) | 0 (0.0) | 1 (50.0) | 0 (0.0) | |
| | 2019年 | 15 (42.9) | 3 (20.0) | 2 (28.6) | 0 (0.0) | 1 (12.5) | 0 (0.0) | 3 (50.0) | 0 (0.0) | 4 (80.0) | 1 (25.0) | 5 (83.5) | 2 (40.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | |
| | p-value | 0.901 | 0.570 | 0.474 | 0.311 | 0.916 | — | 0.969 | 0.231 | 0.113 | 0.498 | 0.097 | 0.206 | 0.301 | — | — |
| 瞬発力向上 | 2017年 | 18 (36.7) | 7 (38.9) | 4 (44.4) | 0 (0.0) | 4 (26.7) | 2 (50.0) | 2 (33.3) | 2 (100.0) | 6 (50.0) | 2 (33.3) | 0 (0.0) | 2 (66.7) | 1 (50.0) | 0 (0.0) | |
| | 2018年 | 18 (28.1) | 3 (16.7) | 6 (30.0) | 2 (33.3) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 5 (55.6) | 0 (0.0) | 4 (44.4) | 1 (25.0) | 1 (11.1) | 0 (0.0) | 2 (100.0) | 0 (0.0) | |
| | 2019年 | 8 (22.9) | 1 (12.5) | 1 (14.3) | 0 (0.0) | 1 (12.5) | 0 (0.0) | 2 (33.3) | 0 (0.0) | 1 (20.0) | 0 (0.0) | 3 (50.0) | 1 (33.3) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | |
| | p-value | 0.364 | 0.203 | 0.429 | 0.361 | 0.142 | 0.316 | 0.595 | 0.011 | 0.515 | 0.780 | 0.196 | 0.505 | 0.223 | 0.386 | — |
| 疲労回復 | 2017年 | 31 (63.3) | 10 (32.3) | 5 (55.6) | 1 (20.0) | 11 (73.3) | 5 (45.5) | 5 (83.3) | 1 (20.0) | 4 (33.3) | 1 (25.0) | 1 (100.0) | 0 (0.0) | 2 (66.7) | 1 (50.0) | |
| | 2018年 | 45 (70.3) | 15 (33.3) | 14 (70.0) | 5 (35.7) | 8 (66.7) | 3 (37.5) | 8 (88.9) | 4 (50.0) | 5 (55.6) | 0 (0.0) | 6 (66.7) | 1 (16.7) | 2 (100.0) | 0 (0.0) | |
| | 2019年 | 24 (68.6) | 11 (45.8) | 7 (100.0) | 4 (57.1) | 7 (87.5) | 3 (42.9) | 4 (66.7) | 2 (50.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 4 (66.7) | 1 (25.0) | 1 (100.0) | 0 (0.0) | |
| | p-value | 0.723 | 0.513 | 0.136 | 0.407 | 0.576 | 0.941 | 0.553 | 0.519 | 0.111 | 0.236 | 0.785 | 0.837 | 0.549 | 0.392 | 0.411 |
| 貧血予防・改善 | 2017年 | 7 (14.3) | 4 (57.1) | 1 (11.1) | 0 (0.0) | 6 (40.0) | 4 (66.7) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | |
| | 2018年 | 13 (20.3) | 4 (30.8) | 2 (10.0) | 0 (0.0) | 7 (58.3) | 3 (42.9) | 1 (11.1) | 1 (100.0) | 1 (11.1) | 0 (0.0) | 1 (11.1) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 1 (33.3) | |
| | 2019年 | 6 (17.1) | 1 (16.7) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 4 (50.0) | 1 (25.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 1 (16.7) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 1 (50.0) | |
| | p-value | 0.704 | 0.285 | 0.670 | — | 0.636 | 0.415 | 0.497 | — | 0.374 | — | 0.881 | — | — | 0.411 | — |
| コンディション維持 | 2017年 | 15 (30.6) | 0 (0.0) | 2 (22.2) | 0 (0.0) | 5 (33.3) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 4 (33.3) | 0 (0.0) | 1 (100.0) | 0 (0.0) | 1 (33.3) | 0 (0.0) | |
| | 2018年 | 23 (35.9) | 1 (4.3) | 6 (30.0) | 0 (0.0) | 6 (50.0) | 1 (16.7) | 5 (55.6) | 0 (0.0) | 3 (33.3) | 0 (0.0) | 1 (11.1) | 0 (0.0) | 1 (50.0) | 0 (0.0) | |
| | 2019年 | 14 (40.0) | 0 (0.0) | 3 (42.9) | 0 (0.0) | 4 (50.0) | 0 (0.0) | 3 (50.0) | 0 (0.0) | 1 (20.0) | 0 (0.0) | 1 (16.7) | 0 (0.0) | 1 (100.0) | 0 (0.0) | |
| | p-value | 0.663 | 0.526 | 0.671 | — | 0.615 | 0.448 | 0.074 | — | 0.845 | — | 0.096 | — | 0.513 | — | 0.717 |
| 不足栄養素の補給 | 2017年 | 11 (22.4) | 0 (0.0) | 3 (33.3) | 0 (0.0) | 2 (13.3) | 0 (0.0) | 1 (16.7) | 0 (0.0) | 3 (25.0) | 0 (0.0) | 1 (100.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 1 (33.3) | |
| | 2018年 | 11 (17.2) | 1 (9.1) | 2 (10.0) | 0 (0.0) | 2 (16.7) | 0 (0.0) | 2 (22.2) | 0 (0.0) | 2 (22.2) | 0 (0.0) | 3 (33.3) | 1 (33.3) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | |
| | 2019年 | 9 (25.7) | 0 (0.0) | 3 (42.9) | 0 (0.0) | 2 (25.0) | 0 (0.0) | 1 (16.7) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 2 (33.3) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 1 (50.0) | |
| | p-value | 0.579 | 0.391 | 0.129 | — | 0.778 | — | 0.950 | — | 0.472 | — | 0.411 | 0.549 | — | 0.411 | — |

表 5-2 競技種目別主要なサプリメント摂取目的とその主観的効果 (女子選手)

| 摂取目的 | 全数 | | 短距離 | | 中長距離 | | 跳躍 | | 投擲 | | 障害 | | 混成 | | 競歩 | |
|-----------|---------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-------|
| | 摂取 | 効果 | 摂取 | 効果 | 摂取 | 効果 | 摂取 | 効果 | 摂取 | 効果 | 摂取 | 効果 | 摂取 | 効果 | 摂取 | 効果 |
| | n (%) | n (%) | n (%) | n (%) | n (%) | n (%) | n (%) | n (%) | n (%) | n (%) | n (%) | n (%) | n (%) | n (%) | n (%) | n (%) |
| 体重増量 | 2017年 | 4 (8.5) | 2 (50.0) | 1 (7.7) | 0 (0.0) | 1 (6.7) | 1 (100.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 2 (28.6) | 2 (100.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | |
| | 2018年 | 2 (4.9) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 2 (33.3) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | | |
| | 2019年 | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | | |
| | p-value | 0.252 | 0.221 | 0.550 | — | 0.521 | — | — | — | 0.364 | 0.046 | — | — | — | — | — |
| 筋肉増量 | 2017年 | 13 (27.7) | 2 (15.4) | 3 (23.1) | 0 (0.0) | 2 (13.3) | 0 (0.0) | 1 (16.7) | 0 (0.0) | 4 (57.1) | 1 (25.0) | 1 (100.0) | 0 (0.0) | 2 (50.0) | 1 (50.0) | |
| | 2018年 | 12 (29.3) | 2 (16.7) | 3 (30.0) | 1 (33.3) | 1 (10.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 4 (66.7) | 1 (25.0) | 1 (20.0) | 0 (0.0) | 2 (40.0) | 0 (0.0) | |
| | 2019年 | 10 (33.3) | 0 (0.0) | 2 (40.0) | 0 (0.0) | 3 (33.3) | 0 (0.0) | 1 (20.0) | 0 (0.0) | 2 (40.0) | 0 (0.0) | 2 (66.7) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | |
| | p-value | 0.866 | 0.403 | 0.770 | 0.386 | 0.347 | — | 0.219 | — | 0.671 | 0.732 | 0.217 | — | 0.474 | 0.248 | |
| 瞬発力向上 | 2017年 | 10 (21.3) | 0 (0.0) | 3 (23.1) | 0 (0.0) | 1 (6.7) | 0 (0.0) | 2 (33.3) | 0 (0.0) | 3 (42.9) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 1 (25.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | |
| | 2018年 | 4 (9.8) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 4 (66.7) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | | |
| | 2019年 | 9 (30.0) | 4 (44.4) | 2 (40.0) | 1 (50.0) | 2 (22.2) | 1 (50.0) | 1 (20.0) | 0 (0.0) | 2 (40.0) | 2 (100.0) | 2 (66.7) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | | |
| | p-value | 0.096 | 0.023 | 0.130 | 0.171 | 0.216 | 0.386 | 0.514 | — | 0.604 | 0.011 | 0.076 | — | 0.382 | — | |
| 疲労回復 | 2017年 | 33 (70.2) | 11 (33.3) | 9 (69.2) | 1 (11.1) | 11 (73.3) | 5 (45.5) | 6 (100.0) | 3 (50.0) | 3 (42.9) | 2 (66.7) | 1 (100.0) | 0 (0.0) | 2 (50.0) | 0 (0.0) | |
| | 2018年 | 26 (63.4) | 8 (30.8) | 7 (70.0) | 1 (14.3) | 7 (70.0) | 2 (28.6) | 2 (66.7) | 1 (50.0) | 3 (50.0) | 1 (33.3) | 3 (60.0) | 1 (33.3) | 2 (40.0) | 1 (50.0) | |
| | 2019年 | 21 (70.0) | 4 (19.0) | 5 (100.0) | 1 (20.0) | 5 (55.6) | 3 (60.0) | 4 (80.0) | 0 (0.0) | 4 (80.0) | 0 (0.0) | 2 (66.7) | 0 (0.0) | 1 (50.0) | 0 (0.0) | |
| | p-value | 0.758 | 0.508 | 0.362 | 0.901 | 0.654 | 0.640 | 0.364 | 0.223 | 0.419 | 0.161 | 0.741 | 0.549 | 0.946 | 0.392 | |
| 貧血予防・改善 | 2017年 | 20 (42.6) | 9 (45.0) | 6 (46.2) | 1 (16.7) | 10 (66.7) | 5 (50.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 3 (75.0) | 2 (66.7) | 1 (100.0) | 1 (100.0) | |
| | 2018年 | 12 (29.3) | 1 (8.3) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 6 (60.0) | 1 (16.7) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 3 (60.0) | 0 (0.0) | 2 (40.0) | 0 (0.0) | |
| | 2019年 | 9 (30.0) | 4 (44.4) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 6 (66.7) | 3 (50.0) | 1 (20.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 1 (50.0) | 0 (0.0) | 1 (100.0) | 1 (100.0) | |
| | p-value | 0.349 | 0.081 | 0.012 | — | 0.934 | 0.367 | 0.379 | — | — | — | 0.165 | — | 0.572 | 0.223 | |
| コンディション維持 | 2017年 | 14 (29.8) | 1 (7.1) | 5 (38.5) | 1 (20.0) | 3 (20.0) | 0 (0.0) | 2 (33.3) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 1 (100.0) | 0 (0.0) | 2 (50.0) | 0 (0.0) | |
| | 2018年 | 15 (36.6) | 3 (20.0) | 5 (50.0) | 0 (0.0) | 2 (20.0) | 1 (50.0) | 1 (33.3) | 0 (0.0) | 3 (50.0) | 0 (0.0) | 2 (40.0) | 1 (50.0) | 2 (40.0) | 1 (50.0) | |
| | 2019年 | 8 (26.7) | 0 (0.0) | 2 (40.0) | 0 (0.0) | 2 (22.2) | 0 (0.0) | 2 (40.0) | 0 (0.0) | 1 (20.0) | 0 (0.0) | 1 (33.3) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | |
| | p-value | 0.644 | 0.290 | 0.849 | 0.466 | 0.990 | 0.233 | 0.969 | — | 0.096 | — | 0.487 | 0.513 | 0.474 | 0.248 | |
| 不足栄養素の補給 | 2017年 | 8 (17.0) | 0 (0.0) | 4 (30.8) | 0 (0.0) | 3 (20.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 1 (25.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | |
| | 2018年 | 2 (4.9) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 1 (10.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 1 (16.7) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | |
| | 2019年 | 4 (13.3) | 0 (0.0) | 1 (20.0) | 0 (0.0) | 1 (11.1) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 1 (33.3) | 0 (0.0) | 1 (50.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | |
| | p-value | 0.205 | — | 0.160 | — | 0.739 | — | — | — | 0.347 | — | 0.325 | — | 0.273 | — | — |

割合を示した一方、中長距離 (37.1%) および競歩 (25.0%) 種目では他種目より低い摂取割合であった。また、調査年による有意差はすべての競技種目で確認されなかった。アミノ酸は中長距離 (62.9%) および競歩 (62.5%) 種目で高い摂取割合が確認されたが、プロテインと同様に調査年による有意差はすべての競技種目で確認されなかった。クレアチンは、混成 (66.7%)、跳躍 (42.9%)、投擲 (38.5%) 種目において摂取割合が高く、競歩種目では摂取者は確認されなかった。鉄はアミノ酸と同様に中長距離 (57.1%) および競歩 (37.5%) 種目で比較的高い摂取割合が確認された。女子選手では、プロテインは投擲 (77.8%)、短距離 (50.0%)、障害 (44.4%)

種目で高い摂取割合が確認されたが、投擲種目では過去3年間において年々摂取者の割合が低下していた。アミノ酸は障害 (55.6%)、混成 (54.5%)、競歩 (50.0%) 種目で比較的高い摂取割合が確認されたが、調査年による有意差はすべての競技種目で確認されなかった。鉄は競歩 (75.0%) および中長距離 (55.9%) 種目で高い摂取割合が確認され、投擲種目には摂取者は確認されなかった。

同表には、それぞれの摂取者のうち主観的に効果を感じた者の割合も示した。男子選手ではアミノ酸 (48.6%)、クレアチン (40.5%)、鉄 (31.4%)、プロテイン (28.1%) の順に効果を感じる者の割合が高く、女子選手ではアミノ酸 (41.7%)、プロテイン (20.0%)、

表6 サプリメント摂取品目数

| 男子選手 | 2017年 | | 2018年 | | 2019年 | | 調査年 | 種目 | 年×種目 |
|------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------|-------|-----|----|------|
| | Mean ± SD | Mean ± SD | Mean ± SD | Mean ± SD | | | | | |
| 全数 | 2.2 ± 1.6 | 2.7 ± 2.2 | 2.1 ± 1.2 | | | | | | |
| 短距離 | 2.2 ± 1.5 | 2.4 ± 1.7 | 2.0 ± 1.4 | | | | | | |
| 中長距離 | 1.9 ± 0.9 | 2.5 ± 1.2 | 2.4 ± 1.4 | | | | | | |
| 跳躍 | 1.8 ± 1.0 | 2.3 ± 1.6 | 2.0 ± 1.1 | 0.232 | 0.785 | 0.848 | | | |
| 投擲 | 3.0 ± 2.4 | 3.8 ± 3.5 | 1.4 ± 0.9 | | | | | | |
| 障害 | 4.0 | 2.6 ± 1.9 | 2.2 ± 1.3 | | | | | | |
| 混成 | 1.7 ± 0.6 | 3.0 ± 1.4 | 3.0 | | | | | | |
| 競歩 | 2.0 ± 1.0 | 4.3 ± 5.8 | 2.5 ± 2.1 | | | | | | |

| 女子選手 | 2017年 | | 2018年 | | 2019年 | | 調査年 | 種目 | 年×種目 |
|------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------|-------|-----|----|------|
| | Mean ± SD | Mean ± SD | Mean ± SD | Mean ± SD | | | | | |
| 全数 | 2.2 ± 1.4 | 2.0 ± 1.7 | 1.5 ± 0.7 | | | | | | |
| 短距離 | 2.6 ± 1.7 | 1.8 ± 1.6 | 1.6 ± 0.9 | | | | | | |
| 中長距離 | 1.9 ± 1.2 | 2.4 ± 2.0 | 1.9 ± 0.8 | | | | | | |
| 跳躍 | 2.3 ± 1.5 | 0.7 ± 0.6 | 1.0 | 0.128 | 0.507 | 0.702 | | | |
| 投擲 | 1.1 ± 0.4 | 1.7 ± 1.8 | 1.6 ± 0.9 | | | | | | |
| 障害 | 3.0 | 2.6 ± 1.9 | 1.3 ± 0.6 | | | | | | |
| 混成 | 3.0 ± 1.4 | 2.4 ± 2.1 | 1.0 | | | | | | |
| 競歩 | 2.0 | 1.5 ± 0.7 | 1.0 | | | | | | |

鉄 (19.0%) の順であった。女子選手におけるクレアチンの摂取割合は 11.9% と低かったが、効果を感じる者の割合は 71.4% と高値を示した。プロテインを摂取する男子選手では、短距離種目において年々効果を感じる者の割合が増加し、調査年における有意差を確認した (p=0.022)。女子選手では、すべての競技種目において調査年による統計的有意差は確認されなかった。

サプリメント摂取の目的を表 5-1 および 5-2 に示した。男子選手では疲労回復 (67.6%)、筋肉増量 (42.6%)、コンディション維持 (35.1%) と続き、体重増量 (p<0.001)、減量 (p=0.038)、筋肉増量 (p<0.001)、瞬発力向上 (p=0.019)、持久力向上 (p=0.004)、疲労回復 (p=0.011)、貧血予防・改善 (p<0.001) では種目間に有意差が確認された。投擲種目は筋肉増量 (96.2%) で非常に高い値を示したものの、疲労回復 (34.6%) は他の競技種目に比べて低い値を示した。女子選手では疲労回復 (67.8%)、貧血予防・改善 (34.7%)、コンディション維持 (31.4%) と続き、体重増量 (p=0.036)、瞬発力向上 (p=0.020)、貧血予防・改善 (p<0.001) で競技種目間の有意差が確認された。投擲種目では、貧血予防・改善を目的としてサプリメントを摂取する者が確認されなかった。

またサプリメントの摂取により、期待する効果を獲得したとを感じる者は男子選手では疲労回復 (36.0%) が最も高く、次いで貧血予防・改善 (34.6%) であった。サプリメント摂取の目的として高い数値

を示した疲労回復に関しては、その効果を実感している者が多かった。同様に摂取目的として高い数値を示した筋肉増量は 17.5% の者がその効果を感じたものの、コンディション維持に関してはサプリメント摂取の効果を感じる者の割合は 1.9% に留まった。女子選手では、サプリメント摂取によりその効果を感じる者が貧血予防・改善 (34.1%)、疲労回復 (28.8%) において高い値を示した。コンディション維持に効果を感じる者は 10.8% と男子選手よりは高い数値を示したが、貧血予防・改善や疲労回復に比べると低い値を示した。

調査年別では、男子跳躍種目における瞬発力向上 (p=0.011)、男子投擲種目における体重増量 (p=0.011)、さらに女子投擲種目における瞬発力向上 (p=0.011) および体重増量 (p=0.046) において統計的有意差を確認した。

サプリメント摂取者における平均摂取品目数を表 6 に示した。男子選手の平均摂取品目数は 2.4 ± 1.8 であり、女子選手の 1.9 ± 1.4 よりも高値を示した (p=0.016)。しかしながら、調査年と競技種目を主効果とした二元配置分散分析の結果、男女ともいづれの主効果および交互作用に統計的有意差は確認されなかった。

サプリメント摂取に対する考えを表 7-1 および 7-2 に示した。男子選手では調査年による有意差は全数およびいづれの競技種目においても確認されなかったが、女子選手では全数で有意差を確認した (p=0.017)。具体的には積極的に摂取すべきと考え

表 7-1 競技種目別のサプリメント摂取に対する考え (男子選手)

| | | 積極的に摂取すべき | | 食事で不足する栄養素のみ摂取すべき | | パフォーマンス向上に役立つもののみ摂取すべき | | できるだけ摂取すべきでない | | 絶対に摂取すべきでない | | 自分の考えにあたるものはない | | p-value |
|------|-------|-----------|--------|-------------------|--------|------------------------|--------|---------------|--------|-------------|--------|----------------|--------|---------|
| | | n | (%) | n | (%) | n | (%) | n | (%) | n | (%) | n | (%) | |
| 全数 | 2017年 | 12 | (14.5) | 15 | (18.1) | 37 | (44.6) | 10 | (12.0) | 0 | (0.0) | 9 | (10.8) | 0.258 |
| | 2018年 | 7 | (7.1) | 30 | (30.3) | 45 | (45.5) | 12 | (12.1) | 0 | (0.0) | 5 | (5.1) | |
| | 2019年 | 6 | (11.8) | 16 | (31.4) | 18 | (35.3) | 7 | (13.7) | 1 | (2.0) | 3 | (5.9) | |
| 短距離 | 2017年 | 0 | (0.0) | 5 | (35.7) | 6 | (42.9) | 2 | (14.3) | 0 | (0.0) | 1 | (7.1) | 0.894 |
| | 2018年 | 1 | (4.0) | 8 | (32.0) | 13 | (52.0) | 2 | (8.0) | 0 | (0.0) | 1 | (4.0) | |
| | 2019年 | 1 | (9.1) | 3 | (27.3) | 6 | (54.5) | 0 | (0.0) | 0 | (0.0) | 1 | (9.1) | |
| 中長距離 | 2017年 | 5 | (23.8) | 5 | (23.8) | 9 | (42.9) | 0 | (0.0) | 0 | (0.0) | 2 | (9.5) | 0.569 |
| | 2018年 | 3 | (15.0) | 5 | (25.0) | 10 | (50.0) | 2 | (10.0) | 0 | (0.0) | 0 | (0.0) | |
| | 2019年 | 2 | (20.0) | 4 | (40.0) | 3 | (30.0) | 1 | (10.0) | 0 | (0.0) | 0 | (0.0) | |
| 跳躍 | 2017年 | 2 | (10.0) | 2 | (10.0) | 8 | (40.0) | 4 | (20.0) | 0 | (0.0) | 4 | (20.0) | 0.351 |
| | 2018年 | 1 | (5.3) | 4 | (21.1) | 9 | (47.4) | 5 | (26.3) | 0 | (0.0) | 0 | (0.0) | |
| | 2019年 | 0 | (0.0) | 3 | (27.3) | 5 | (45.5) | 3 | (27.3) | 0 | (0.0) | 0 | (0.0) | |
| 投擲 | 2017年 | 2 | (11.8) | 2 | (11.8) | 8 | (47.1) | 3 | (17.6) | 0 | (0.0) | 2 | (11.8) | 0.242 |
| | 2018年 | 0 | (0.0) | 3 | (20.0) | 8 | (53.3) | 0 | (0.0) | 0 | (0.0) | 4 | (26.7) | |
| | 2019年 | 0 | (0.0) | 2 | (25.0) | 2 | (25.0) | 2 | (25.0) | 1 | (12.5) | 1 | (12.5) | |
| 障害 | 2017年 | 1 | (50.0) | 0 | (0.0) | 1 | (50.0) | 0 | (0.0) | 0 | (0.0) | 0 | (0.0) | 0.145 |
| | 2018年 | 0 | (0.0) | 5 | (45.5) | 4 | (36.4) | 2 | (18.2) | 0 | (0.0) | 0 | (0.0) | |
| | 2019年 | 3 | (42.9) | 3 | (42.9) | 0 | (0.0) | 0 | (0.0) | 0 | (0.0) | 1 | (14.3) | |
| 混成 | 2017年 | 1 | (25.0) | 0 | (0.0) | 3 | (75.0) | 0 | (0.0) | 0 | (0.0) | 0 | (0.0) | 0.065 |
| | 2018年 | 1 | (25.0) | 3 | (75.0) | 0 | (0.0) | 0 | (0.0) | 0 | (0.0) | 0 | (0.0) | |
| | 2019年 | 0 | (0.0) | 0 | (0.0) | 1 | (50.0) | 1 | (50.0) | 0 | (0.0) | 0 | (0.0) | |
| 競歩 | 2017年 | 1 | (20.0) | 1 | (20.0) | 2 | (40.0) | 1 | (20.0) | 0 | (0.0) | 0 | (0.0) | 0.937 |
| | 2018年 | 1 | (20.0) | 2 | (40.0) | 1 | (20.0) | 1 | (20.0) | 0 | (0.0) | 0 | (0.0) | |
| | 2019年 | 0 | (0.0) | 1 | (50.0) | 1 | (50.0) | 0 | (0.0) | 0 | (0.0) | 0 | (0.0) | |

表 7-2 競技種目別のサプリメント摂取に対する考え (女子選手)

| | | 積極的に摂取すべき | | 食事で不足する栄養素のみ摂取すべき | | パフォーマンス向上に役立つもののみ摂取すべき | | できるだけ摂取すべきでない | | 絶対に摂取すべきでない | | 自分の考えにあたるものはない | | p-value |
|------|-------|-----------|--------|-------------------|--------|------------------------|--------|---------------|--------|-------------|--------|----------------|--------|---------|
| | | n | (%) | n | (%) | n | (%) | n | (%) | n | (%) | n | (%) | |
| 全数 | 2017年 | 10 | (11.4) | 25 | (28.4) | 34 | (38.6) | 17 | (19.3) | 0 | (0.0) | 2 | (2.3) | 0.017 |
| | 2018年 | 5 | (5.0) | 29 | (29.0) | 39 | (39.0) | 21 | (21.0) | 0 | (0.0) | 6 | (6.0) | |
| | 2019年 | 2 | (3.0) | 20 | (30.3) | 21 | (31.8) | 11 | (16.7) | 3 | (4.5) | 9 | (13.6) | |
| 短距離 | 2017年 | 4 | (17.4) | 6 | (26.1) | 9 | (39.1) | 3 | (13.0) | 0 | (0.0) | 1 | (4.3) | 0.444 |
| | 2018年 | 2 | (9.1) | 4 | (18.2) | 11 | (50.0) | 4 | (18.2) | 0 | (0.0) | 1 | (4.5) | |
| | 2019年 | 0 | (0.0) | 5 | (35.7) | 3 | (21.4) | 5 | (35.7) | 0 | (0.0) | 1 | (7.1) | |
| 中長距離 | 2017年 | 3 | (15.8) | 4 | (21.1) | 6 | (31.6) | 6 | (31.6) | 0 | (0.0) | 0 | (0.0) | 0.120 |
| | 2018年 | 1 | (7.1) | 7 | (50.0) | 2 | (14.3) | 2 | (14.3) | 0 | (0.0) | 2 | (14.3) | |
| | 2019年 | 0 | (0.0) | 4 | (26.7) | 6 | (40.0) | 2 | (13.3) | 2 | (13.3) | 1 | (6.7) | |
| 跳躍 | 2017年 | 1 | (5.3) | 6 | (31.6) | 8 | (42.1) | 4 | (21.1) | 0 | (0.0) | 0 | (0.0) | 0.212 |
| | 2018年 | 0 | (0.0) | 7 | (30.4) | 7 | (30.4) | 8 | (34.8) | 0 | (0.0) | 1 | (4.3) | |
| | 2019年 | 1 | (7.7) | 4 | (30.8) | 4 | (30.8) | 1 | (7.7) | 0 | (0.0) | 3 | (23.1) | |
| 投擲 | 2017年 | 1 | (5.6) | 6 | (33.3) | 6 | (33.3) | 4 | (22.2) | 0 | (0.0) | 1 | (5.6) | 0.768 |
| | 2018年 | 1 | (4.8) | 8 | (38.1) | 8 | (38.1) | 4 | (14.3) | 0 | (0.0) | 1 | (4.8) | |
| | 2019年 | 1 | (9.1) | 1 | (9.1) | 7 | (63.6) | 2 | (18.2) | 0 | (0.0) | 0 | (0.0) | |
| 障害 | 2017年 | 0 | (0.0) | 1 | (50.0) | 1 | (50.0) | 0 | (0.0) | 0 | (0.0) | 0 | (0.0) | 0.133 |
| | 2018年 | 0 | (0.0) | 1 | (10.0) | 5 | (50.0) | 4 | (40.0) | 0 | (0.0) | 0 | (0.0) | |
| | 2019年 | 0 | (0.0) | 3 | (42.9) | 0 | (0.0) | 1 | (14.3) | 1 | (14.3) | 2 | (28.6) | |
| 混成 | 2017年 | 1 | (20.0) | 1 | (20.0) | 3 | (60.0) | 0 | (0.0) | 0 | (0.0) | 0 | (0.0) | 0.178 |
| | 2018年 | 1 | (14.3) | 1 | (14.3) | 5 | (71.4) | 0 | (0.0) | 0 | (0.0) | 0 | (0.0) | |
| | 2019年 | 0 | (0.0) | 2 | (66.7) | 0 | (0.0) | 0 | (0.0) | 0 | (0.0) | 1 | (33.3) | |
| 競歩 | 2017年 | 0 | (0.0) | 1 | (50.0) | 1 | (50.0) | 0 | (0.0) | 0 | (0.0) | 0 | (0.0) | 0.926 |
| | 2018年 | 0 | (0.0) | 1 | (33.3) | 1 | (33.3) | 0 | (0.0) | 0 | (0.0) | 1 | (33.3) | |
| | 2019年 | 0 | (0.0) | 1 | (33.3) | 1 | (33.3) | 0 | (0.0) | 0 | (0.0) | 1 | (33.3) | |

る者の割合が年々低下するとともに、自分の考えにあたるものはないと回答する者の割合が増加した。絶対に摂取すべきではないと回答した者は2017年および2018年には確認されなかったが、2019年には3名(4.5%)が回答した。また、積極的に摂取すべき、食事で不足する栄養素のみ摂取すべき、パフォーマンス向上に役立つもののみ摂取すべきと考えるものを合わせた、サプリメント摂取に肯定的考えを持つ者の割合は男子選手では2017年で77.2%、2018年で82.9%、2019年では78.5%と調査対象の3年間で特徴的傾向は見られなかったが、女子選手では2017年で78.4%、2018年で73.0%、2019年では65.2%と年々低下していた。

4. 考察

本研究では、過去3年間(2017～2019年)の全国高等学校総合体育大会(インターハイ)陸上競技における入賞者を対象に、サプリメントの使用状況に関して検討した。男子選手のサプリメント使用割合は63.2%、女子選手は45.7%であったが、2004～2011年の8年間の同大会でのサプリメント使用率は男子選手で62.2%、女子選手で62.1%であることが報告されており(宮崎ら, 2013)、男子選手ではほぼ同じ摂取割合となり、女子選手では低下していることが明らかとなった。Suzic et al. は、陸上選手57名を含むスポーツ選手912名を対象に、2006～2008年の3年間にサプリメントを摂取している者の割合が56.1%から66.5%へと年々増加していることを報告し(Suzic et al., 2011)、Baltazar-Martins et al. は77%の陸上選手がサプリメントを使用していることを報告している(Baltazar-Martins et al., 2019)。スポーツ選手におけるサプリメントの使用率は競技レベルが高い選手ほどその割合は高く(Sobal and Marquart, 1994)、ジュニアの選手は成人のトップレベルの選手に比べサプリメントの使用率が低いことなどを考えると(Tscholl et al., 2010)、今回明らかとなったサプリメント使用率は妥当なのかもしれない。また、指導者をはじめ専門家等による食事指導や栄養教育が適切に行われた結果として、サプリメントの乱用防止が効果を現しているのかもしれない。性別および競技種目別に見た使用サプリメントの種類と使用割合に関しても、男子選手ではプロテインやアミノ酸、クレアチンなどが、女子選手ではプロテイン、アミノ酸、鉄などが頻用されているのは宮崎らの報告と一致している(宮崎ら, 2013)。男子選

手においてプロテインやクレアチンの使用頻度が高く、女子選手に鉄の使用頻度が高いことはKnapik et al. の報告とも一致している(Knapik et al., 2016)。しかしながら、男女ともにビタミンサプリメントの使用頻度は上述の報告に比べて低下している(宮崎ら, 2013)。これらの結果も、食事指導や栄養教育の成果としてビタミンをはじめとした栄養素の摂取がサプリメントに依存するのではなく、毎日の食事から補えていることを示唆しているのかもしれない。

競技種目別のサプリメント使用状況に関して、男子選手では統計的有意差が示されなかったが、跳躍および混成種目でサプリメント使用者の割合が低く、女子選手では跳躍や投擲種目での使用者の割合が低かった。Lun et al. は、持久系競技やパワー系競技を行う選手のサプリメント使用率が高いことを示しており(Lun et al., 2012)、女子選手における投擲種目の使用割合の低さを解釈するのは困難である。Lun et al. は、サプリメントの使用割合は練習時間の長さに比例的に増加することも示しているが、本研究では男女いずれにおいても競技種目間における平均練習時間に有意な差は確認されなかった。

過去3年間(2017～2019年)のサプリメントの使用状況を検討するにあたり、鉄サプリメントの使用割合の経年推移については関心を抱いていた。JAAFは2018年、鉄剤注射の乱用を問題視し、2019年には不適切な鉄剤注射の防止に関するガイドラインを策定した(JAAF, 2019 b)。持久系競技種目の選手や女子選手においては、ガイドラインの策定・公布に伴い、鉄サプリメントの使用割合の増加が懸念されたが、男女すべての競技種目において調査年による統計的有意差は確認されなかった。ガイドラインは鉄剤注射の原則禁止を制度化するものであり、鉄サプリメントの摂取を推奨するものではない。貧血と診断されれば第一選択薬として経口薬で治療し、予防の観点からは食事から鉄が豊富に含まれる食品を摂取することが推奨されている。しかしながら、形成された食習慣を変えることは容易なものではなく、また対象者は高校生であることから、食事は自らが調理するのではなく調理者によって提供されたものを喫食するといったように食品選択の機会が限られることが考えられる。一方でサプリメントは、店頭やインターネットなど販売経路が拡大しており、誰でも容易に入手可能である。このため、安易に鉄サプリメントを乱用する選手も今後現れることも考えられ、2020年以降も同大会の入賞者をは

じめ、高校生年代をはじめとする育成年代の鉄サプリメントの使用状況については引き続きモニタリングを行うことが重要であると考え。

サプリメントの使用には、ドーピングのリスクが常に存在する。ラベルに表示されている成分が禁止薬物である場合や、ラベルに表示されていない禁止薬物が混入されている場合もある (Peeling et al., 2019)。前者においては海外製品を個人輸入する際は、ラベルが母語表記ではない場合が多く、また日本と海外では法的背景のもと、サプリメント (食品) に利用可能な成分も異なるため、意図しないアンチ・ドーピング規則違反を犯すこともある。Martínez-Sanz et al. は、100 以上のサプリメントを分析した結果、12 ~ 58% の汚染のリスクがあることを報告している (Martínez-Sanz et al., 2017)。サプリメント使用を検討する際は、必ず医師をはじめとする専門家に相談することが望ましい。

また、ドーピングに対して肯定的考えを持っている選手は、サプリメントの使用頻度が高いことも報告されている (Sekulic et al., 2014; Sekulic et al., 2016)。一般的に男子選手は女子選手に対してドーピングに対する肯定感が高いと報告されているが (Devic et al., 2018), Sajber et al. は、女子選手においてもサプリメントを時々摂取する者 (OR: 7.9) や習慣的に摂取する者 (OR: 7.4) のドーピングに対する肯定的態度が非摂取者に対して有意に上昇することを報告している (Sajber et al., 2019)。また競技力の低い女子選手や若年期から強度の高い練習を行う選手も同様にドーピングに対する高い肯定的態度が認められている一方で、食事や栄養に関する知識が豊富な男子選手はドーピングに対する肯定的態度が低いことも示されている。

本研究では、対象者のドーピングに対する態度や食事や栄養に関する知識については調査検討していないが、男子選手においてはサプリメント摂取に対して肯定的考えを持つ者 (積極的に摂取すべき、食事で不足する栄養素のみ摂取すべき、パフォーマンス向上に役立つもののみ摂取すべきと考える者) の割合は 80% 前後と高い値を示しながらも、積極的に摂取すべきと考えるものは 10% 前後にとどまった (表 7-1)。一方で、女子選手においてはサプリメント摂取に対して肯定的考えを持つ者の割合は 2017 年で 78.4%, 2018 年で 73.0%, 2019 年では 65.2% と低下するとともに、積極的に摂取すべきと考えるものは 2017 年で 11.4%, 2018 年で 5.0%, 2019 年では 3.0% を顕著な低下を示した (表 7-2)。これらの結

果は、サプリメントの乱用およびそれに付随するアンチ・ドーピング規則違反を自発的に予防する上では重要であり、今後、サプリメントの適正使用に関する教育は啓発を一層推進することが望まれる。

まとめ

- 2017 ~ 2019 年の全国高等学校総合体育大会 (インターハイ) 陸上競技における入賞者のサプリメント使用率は男子選手で 63.2%, 女子選手で 45.7% であった
- 男子障害種目を除くすべての競技種目で、3 年間でのサプリメント使用者割合に有意差は確認されなかった
- 男子選手では、プロテイン (60.1%), アミノ酸 (50.0%), クレアチン (25.0%), 鉄 (23.6%) の使用割合が高く、女子選手ではプロテイン (42.4%), アミノ酸 (40.7%), 鉄 (35.6%), カルシウム (16.1%) の使用割合が高かった
- 使用するサプリメントに効果を感じる者の割合は、男子選手ではアミノ酸 (48.6%), クレアチン (40.5%), 鉄 (31.4%), プロテイン (28.1%) の順であり、女子選手ではアミノ酸 (41.7%), プロテイン (20.0%), 鉄 (19.0%) の順であった
- サプリメントの使用目的として、男子選手では疲労回復 (67.6%), 筋肉増量 (42.6%), コンディショニング維持 (35.1%) が、女子選手では疲労回復 (67.8%), 貧血予防・改善 (34.7%), コンディショニング維持 (31.4%) が高い割合を示した
- 男子選手の平均摂取品目は 2.4 ± 1.8 であり、女子選手の 1.9 ± 1.4 よりも高値を示した
- 女子選手では、サプリメントの摂取を肯定的に考える者は 2017 年で 78.4%, 2018 年で 73.0%, 2019 年では 65.2% と低下していた

参考文献

- Backhouse SH, Whitaker L, Petróczy A. (2013) Gateway to doping? Supplement use in the context of preferred competitive situations, doping attitude, beliefs, and norms. *Scand J Med Sci Sports*. 23(2):244-52
- Bangsbo J, Mohr M, Poulsen A, Perez-Gomez J, Krustrup P. (2006) Training and testing the elite athlete. *J Exerc Sci Fit*. 4(1):1-14

- Burke L, Maughan R, Shirreffs S. (2007) The 2007 IAAF Consensus Conference on Nutrition for Athletics. *J Sports Sci.* 25 Suppl 1:S1.
- Devic S, Bednarik J, Maric D, Versic S, Sekulic D, Kutlesa Z, Bianco A, Rodek J, Liposek S. (2018) Identification of Factors Associated with Potential Doping Behavior in Sports: A Cross-Sectional Analysis in High-Level Competitive Swimmers. *Int J Environ Res Public Health.* 15(8): 1720.
- Baltazar-Martins G, de Souza DB, Aguilar-Navarro M, Muñoz-Guerra J, del Mar Plata M, and Del Coso J. (2019) Prevalence and patterns of dietary supplement use in elite Spanish athletes. *J Int Soc Sports Nutr.* 16: 30.
- Knapik JJ, Steelman RA, Hoedebecke SS, Austin KG, Farina EK, Lieberman HR. (2016) Prevalence of Dietary Supplement Use by Athletes: Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med.* 46(1):103-123.
- Lun V, Erdman KA, Fung TS, Reimer RA. (2012) Dietary supplementation practices in Canadian high-performance athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 22(1):31-7.
- Martínez-Sanz JM, Sospedra I, Ortiz CM, Baladía E, Gil-Izquierdo A, Ortiz-Moncada R. (2017) Intended or Unintended Doping? A Review of the Presence of Doping Substances in Dietary Supplements Used in Sports. *Nutrients.* 9(10): E1093.
- Maughan RJ, Burke LM, Dvorak J, Larson-Meyer DE, Peeling P, Phillips SM, Rawson ES, Walsh NP, Garthe I, Geyer H, Meeusen R, van Loon L, Shirreffs SM, Spriet LL, Stuart M, Vernec A, Currell K, Ali VM, Budgett RGM, Ljungqvist A, Mountjoy M, Pitsiladis Y, Soligard T, Erdener U, Engebretsen L. (2018) IOC Consensus Statement: Dietary Supplements and the High-Performance Athlete. *Br J Sports Med,* 52(7):439-455.
- Peeling P, Castell LM, Derave W, de Hon O, Burke LM. (2019) Sports Foods and Dietary Supplements for Optimal Function and Performance Enhancement in Track-and-Field Athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 29(2):198-209.
- Sajber D, Maric D, Rodek J, Sekulic D, Liposek S. (2019) Toward Prevention of Doping in Youth Sport: Cross-Sectional Analysis of Correlates of Doping Tendency in Swimming. *Int J Environ Res Public Health.* 16(23): E4851.
- Sekulic D, Bjelanovic L, Pehar M, Pelivan K and Zenic N. (2014) Substance Use and Misuse and Potential Doping Behaviour in Rugby Union Players. *Research in Sports Medicine* 22(3):226-239.
- Sekulic D, Tahiraj E, Zvan M, Zenic N, Uljevic O, Lesnik B. (2016) Doping Attitudes and Covariates of Potential Doping Behaviour in High-Level Team-Sport Athletes; Gender Specific Analysis. *J Sports Sci Med.* 15(4):606-615
- Sobal J and Marquart LF. (1994) Vitamin/mineral supplement use among athletes: a review of the literature. *Int J Sport Nutr,* 4(4):320-334
- Suzic LJ, Dikic N, Radivojevic N, Mazic S, Radovanovic D, Mitrovic N, Lazic M, Zivanic S, Suzic S. (2011) Dietary supplements and medications in elite sport-polypharmacy or real need? *Scand J Med Sci Sports.* 21(2):260-7.
- Thomas DT, Erdman KA, Burke LM. (2016) American College of Sports Medicine Joint Position Statement. Nutrition and Athletic Performance. *Med Sci Sports Exerc,* 48(3):543-68.
- Tscholl P, Alonso JM, Dollé G, Junge A, Dvorak J. (2010) The use of drugs and nutritional supplements in top-level track and field athletes. *Am J Sports Med.* 38(1):133-40.
- 石井 好二郎, 鳥居 俊, 杉浦 克己 (2005) 2004 年度全国高等学校総合体育大会入賞陸上競技選手におけるサプリメント摂取状況. *陸上競技研究紀要*, 1: 95-102.
- 公益財団法人 日本アンチ・ドーピング機構 (JADA) (2019) スポーツにおけるサプリメント製品情報公開の枠組みに関するガイドライン https://www.playtruejapan.org/entry_img/s-guideline.pdf
- 公益財団法人 日本陸上競技連盟 (JAAF) (2019 a) サプリメント摂取の基本8ヶ条 <https://www>

jaaf.or.jp/files/upload/201909/27_150433.pdf
公益財団法人 日本陸上競技連盟 (JAAF) (2019 b)
不適切な鉄剤注射の防止に関するガイドライン
[https://www.jaaf.or.jp/files/upload/201905/
ガイドライン_パンフレット2019.pdf](https://www.jaaf.or.jp/files/upload/201905/gaidoлайн_パンフレット2019.pdf)

酒井 健介, 須永 美歌子, 貴嶋 孝太, 森丘
保典, 真鍋 知宏, 山本 宏明, 杉田 正明
(2017) 2017 年度全国高等学校総合体育大会陸上
競技入賞者におけるサプリメント摂取状況. 陸
上競技研究紀要, 13: 234-242.

宮崎 志帆, 石井 好二郎, 山崎 史恵, 鳥居
俊, 杉浦 克己, 持田 尚, 杉田 正明, 阿江
通良 (2013) 高校生トップレベル陸上競技選手
におけるサプリメント摂取状況の種目による分
析. 陸上競技研究紀要, 9: 136-140.

研究資料



研究資料 目次

| | |
|--|-----|
| 陸上競技指導におけるドローンの活用方法についての検討・・・・・・・・・・・・・・・・ | 98 |
| 山崎淳平 | |
| 男子 50km 競歩日本記録更新時のペース変化とキネマティクスおよび キネティクスの変数の変化 | 106 |
| 佐藤高嶺, 奥野哲弥, 三浦康二 | |
| 2019 年世界選手権ドーハ大会男子 400m ハードルのレース分析・・・・・・・・ | 116 |
| —東京オリンピックへ向けた日本選手の課題考察— | |
| 欠畑岳, 彼末一之, 磯繁雄 | |

陸上競技指導におけるドローンの活用方法についての検討

山崎 淳平

城西大学付属川越高等学校教諭

Examination of utilizing drone in guidance of athletics

Jumpei YAMAZAKI

Josai Kawagoe High School

Abstracts

The purpose of this study is to examine utilizing drone in guidance of athletics. In sprint event training, automatic tracking shooting system of the drone can provide easily aerial movies of the runner in the corner in real time, which fixed point cameras cannot. Hence, drone footage might discover some new guidance points. In field event training, drone footage might more easily give us feedback on twist movement in high jump training or rotation movement in throwing event training. In long-distance training, autopilot drone could become a pacemaker. In conclusion, the present result suggests that utilizing drone in guidance of athletics is useful.

1. はじめに

ドローンとは、広義として、遠隔操作や自動操縦による無人航空機全般を指す言葉であり、当初は軍事用の無人航空機として開発された。しかしながら、現在その用途は多岐に渡り、農薬散布や災害監視、測量点検、テレビ業界では報道番組やドラマ・CMなどの映像素材として使用され、今やドローンを使った映像を見ない日はないほどである。

2010年頃からは民間企業による開発競争が激化し、価格も一般人が手軽に購入できるほどの低価格化が進んでいる。このようなドローンの進化には、「加速度センサー」・「ジャイロセンサー」・「GPS」などの高度センサーが備わったスマートフォン(以下、スマホ)の普及が大きく影響している。近年のドローンは、本体に付いているカメラとスマホを連携させ、ライブ映像をスマホの画面で確認しながら飛行することを可能にした。これらの技術は、ドローンの「安全性」を高め、「操作」をより容易にし、ドローン普及の大きな後押しとなった。筆者もその操作性に魅力を感じ、ドローン購入に至っている。

昨今では、ドローンをスポーツの舞台でも活用する事例が目立っている。サッカーやラグビー

ではナショナルチームのポジション戦略検討などにもドローンが大いに活用され、また、エクストリームスポーツ「X GAMES」でもドローン中継を実現させている (<https://www.drone.jp/news/20150128130522.html>)。ドローンの大きな特徴である、「空撮」をうまくスポーツに活用している良い例である。そのような例から、私自身、指導をしている陸上競技にも活用できるのではないかと考えるようになった。

以上のことから本研究では、陸上競技におけるドローンの活用の有用性について、課題も含め検討する。ただし、本研究はドローンの活用を検討するものであり、詳細な動作解析は行わないものとする。

2. 使用するドローンの仕様・機能

本研究で使用する機体はDJI社製ドローン「MAVIC2 ZOOM」定価162,000円(図1)である。DJI社は中国広東省深圳にあり、民生用ドローンの企業としては最も大きな企業である。2016年時点では、ドローンの世界シェアの7割以上を占めており、ドローン関連の多くの特許を取得している。ドローンの飛行安定性・操作性・安全性、全てにおい



図1 MAVIC2 ZOOM 本体

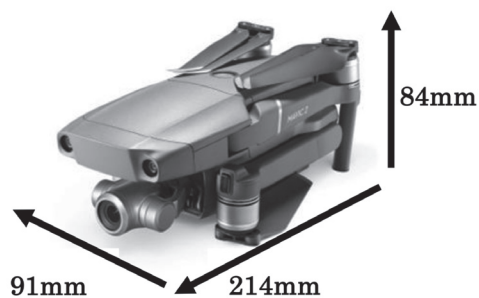


図2 折り畳み時

表1 MAVIC 2 ZOOM 機体 スペック

| | |
|------------|---|
| 機体重量 | 905g |
| サイズ | たたんだ状態: 214×91×84mm(L*W*H) 飛行状態: 322×242×84mm(L*W*H) |
| 対角寸法 | 354mm |
| 最大上昇速度 | 5m/s(Sモード) 4m/s(Pモード) |
| 最大下降速度 | 3m/s |
| 最大飛行速度 | 72km/h(Sモード) |
| 運用限界高度(海拔) | 6000m |
| 最大飛行時間(無風) | 31分 |
| 最大ホバリング時間 | 29分 |
| ホバリング精度 | 垂直±0.1m 水平±0.3m |
| バッテリー容量 | 3850mAh 交換可能なカートリッジ式 |

表3 送信機 スペック

| | |
|-------------|----------------------------------|
| 動作周波数 | 2.400~2.483GHz(日本国内) |
| 最大伝送距離 | 5000m(日本) |
| バッテリー | 3950mAh |
| 充電時間 | 約135分 |
| 対応モバイルサイズ | 最大長:160mm、最大厚さ:6.5~8.5mm |
| 対応USBポートタイプ | Lightning、MicroUSB(Type-B)、USB-C |

て定評のあるメーカーである。特に飛行安定性についてはGPS位置情報の精度が高く、操作レバーを離れた無操作状態でも安定したホバリングが可能である。初心者でも落ち着いて操作することができるという観点から、多くの消費者に選ばれている。

本研究で使用する「MAVIC2 ZOOM」に関連する主な仕様については表1~3に示す。MAVICシリーズは収納時に4本のアームを折り畳むことができ、持ち運びも容易である(図2)。また、カメラの性能も高く、動画はFHD設定で120pのスロー撮影ができ、4K30p撮影まで対応している。撮影時のブレや揺れを抑え、安定した撮影を可能にする3軸ジンバルの機構も備えている。さらに、機体名通り「ズーム」が可能で、拡大率は最大で4倍である。スポーツ場面を想定した活用では、安全面を考慮し、被写体から一定の距離を置く必要がある。ズーム機能は距離を取っても近接撮影と同じような画角で撮影することが可能であることから、機体選定の上で重要なポイントである。また、何らかのトラブルで送信機とドローンの無線通信が切れた場合は、自動で帰還す

表2 カメラ スペック

| | |
|---------|---|
| センサー | 1/2.3インチ CMOS 有効画素数:12MP |
| レンズ | FOV:約83°(24mm)、約48°(48mm) 35mm判換算:24-48mm 絞り:F2.8(24mm)-F3.8(48mm) 撮影範囲:0.5m~∞ |
| ISO感度 | 動画:100~3200 写真:100~1600(オート)~3200(マニュアル) |
| シャッター速度 | 電子シャッター:8~1/8000秒 |
| 静止画サイズ | 4000×3000 |
| 動画解像度 | 4K:3840×2160 24/25/30p 2.7K:2688×1512 24/25/30/48/50/60p FHD:1920×1080 24/25/30/48/50/60/120p |

る「フェイルセーフ」機能も充実している。安全性に関してもセンサーにより、上下前後左右の6方向の障害物を検知可能となっており、条件によっては障害物を自動に回避しながら飛行することも可能である。

機体操縦には専用の送信機があり、これとスマホを連動させ、モニターとして利用する(図3)。ドローンとスマホの連携にはDJI専用アプリケーション(以下アプリ)「DJI GO 4」を使い操作を行う。スマホ画面での操作も含め、全体でコントロールが可能な機能は、機体の前進後退、前後左右旋回、飛行高度調整、カメラの制御(動画解像度・拡大率・ISO感度・シャッタースピード)である。ドローンの機体操作については送信機の左右のレバーを操作し、コントロールする。操作設定は3つのパターンがあり(図4)、各自でカスタマイズが可能である。また、アプリの機能には、Active Track(自動追従機能)があり、選択した対象を自動で追従しながら(最大スピード72km/h)撮影することもできる(図5)。

3. 陸上競技への活用

3-1 短距離種目について

短距離走の指導現場では、ビデオカメラやタブレット端末を活用し、フィードバックを行う方法が一般的である。撮影方法は、定点の撮影者が選手を追いながらパンニングすることがほとんどだろう。

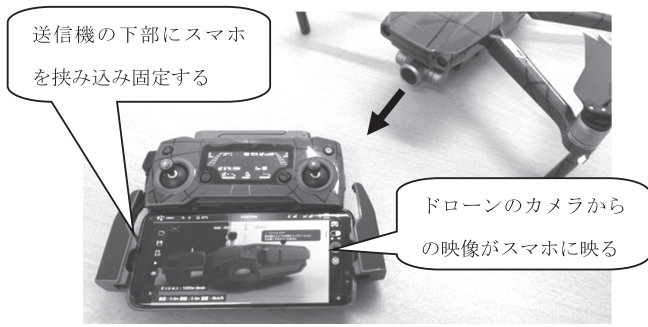


図3 送信機とスマホの画面



図5 Active Trackの様子

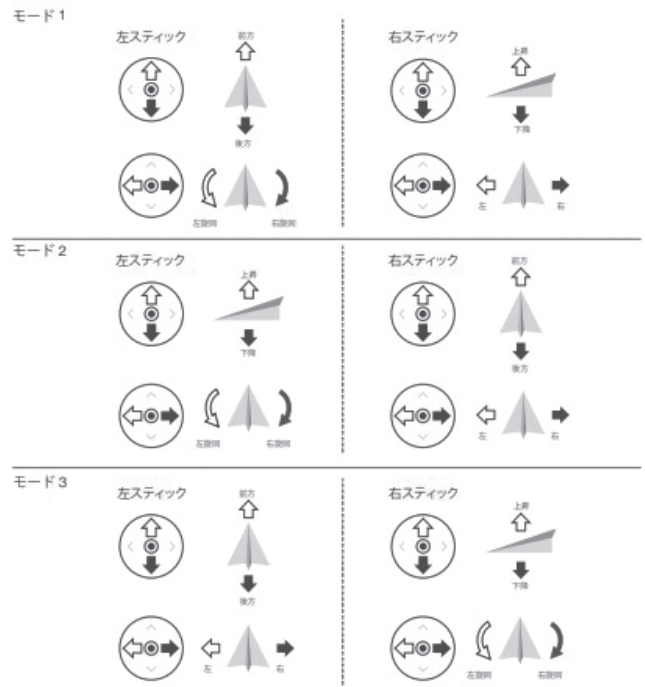


図4 ドローンの操作方法 (MAVIC2 マニュアル p43)



図6 バトンパス練習時の空撮



図8 一般的なビデオ撮影

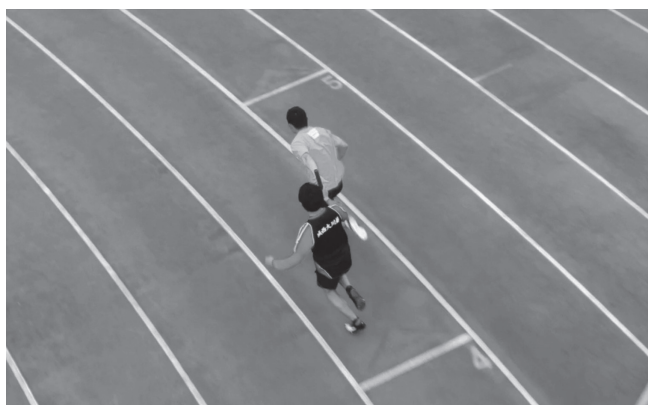


図7 バトンパス練習時の空撮1

一般的撮影方法のパンニングについての問題点は、撮影位置によっては走者の矢状面しか映らず、情報

としては不完全という点が挙げられる。また、これまでの短距離走の研究方法は主に直走路における研究であった。しかし、実際の陸上競技場の400mトラックは、直走路よりも曲走路の方が長い。つまり、100mを除くレースの半分以上が曲走路を疾走していることになる。しかしながら、曲走路疾走に関する研究はまだ十分に行われておらず、曲走路疾走技術の理解が進んでいないことが指摘されている(石村, 2017)。

ドローン活用の最大の利点に、空中からの映像(以下、空撮)によるフィードバックが挙げられる。空撮は、撮影する角度や距離、位置(高度)などを自由に定めることができ、大掛かりな機材準備を必要としない。また、2. 使用するドローンの使用・機

能で述べたように、対象となる物(人)を指定すれば、自動追従 (ActiveTrack) による撮影も可能である。

以上の理由から、曲走路疾走の指導にドローンを活用することを検討した。具体的には、リレーのバトン練習と400mHの練習における疾走時の様子をActiveTrackで撮影し、指導に活かした。ドローンのカメラ設定は基本的にAUTOとし、動画はFHD30fpsにて行った。

図6・7はバトンパス練習を空撮したものである。一般的なビデオカメラのパンニング撮影(図8)に比べ、コース取りや手の出し方まで詳細に確認することができたため、次走者の走り出しのタイミング以外にも腕の出し方、コース内の走り方など指導のポイントを多く伝えることができた。

次に、400mHの練習において、ドローンを使い指導した事例を紹介する。図9～11は第1ハードルを疾走する際の空撮である。図9・10は400mH初心者(男子選手59秒8)、図11は、400mH経験者(男子選手54秒3)である。図9～10にかけてのハードリングを見れば曲線の外側にかけて身体が流れてしまっていることがわかる。一方、経験者は曲走路が急な第1ハードルであっても走路内側をしっかりとトレースしながら疾走できていた。初心者の身体の内傾不足は、外側に流れてしまう原因であることを直感的に捉え指導することができた。また、経験者においても、曲走路ハードリングの走行軌跡を詳細に認識でき、自らの技術の向上を確認することができていた。

このように、いずれの使用方法でもドローンの追従機能を活用することで、直感的にフィードバックして指導することができた。

3-2 フィールド種目について

走高跳の背面跳びについては、助走～踏切までに曲線走～内傾動作があることと、跳躍時にも捻り動作があり回転動作が多いことから三次元の視覚情報が求められる(小賦, 2018)と言われている。ドローンを使った空撮であれば、指導のポイントに合わせ、撮影角度を自由に決めることができるため、今回の指導では、高跳のバーの鉛直上方約10mから真下を撮影した。映像からは踏切位置、肩のロール、バーに対する空中移動角度など見てとれる(図12～15)。

次に、投擲種目からは円盤投の事例である。サークルの鉛直上方約15mの高さから映像をズームし、真下を撮影した。円盤投においては前半ターンで捻りを作り、捻り戻しの力で投げるのが基本である

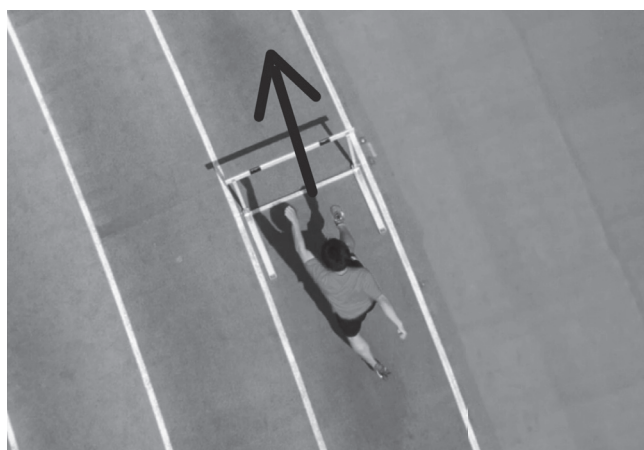


図9 400mH 初心者 1



図10 400mH 初心者 2



図11 400mH 経験者

が、図16・図17では、回転の中心から足が離れてしまっているため、回転スピードを失速させてしまっている。また、図18では、図19に比べ、左足の接地位置が閉じてしまっており、捻り戻しの力を十分に発揮できていないことがわかる。撮影後すぐに選手に映像を確認させ、自分の投擲フォームのどの部分に課題があるかを指導した。選手は、ターンの様子を直感的に把握できたため、修正ポイントが

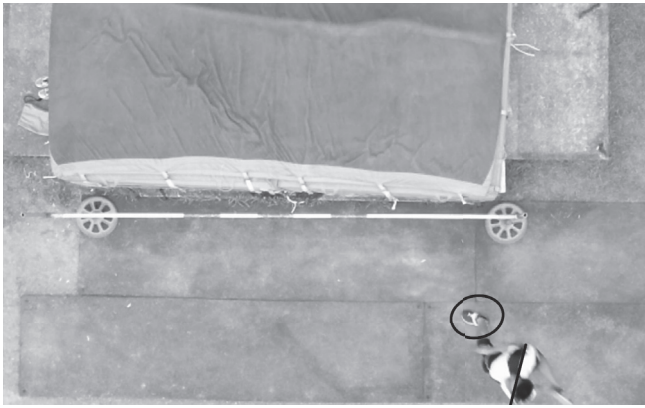


図 12 走高跳の指導 1



図 16 円盤投の指導 1

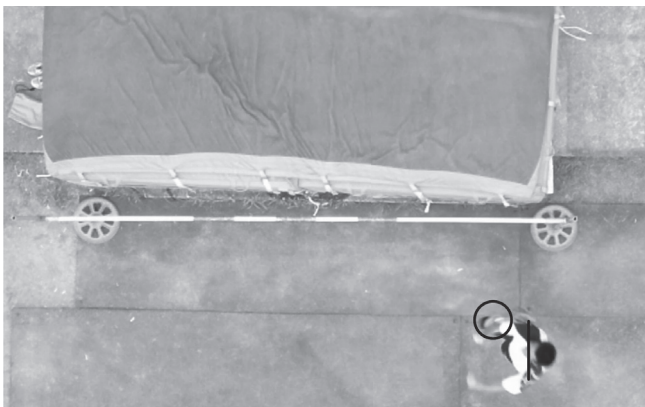


図 13 走高跳の指導 2

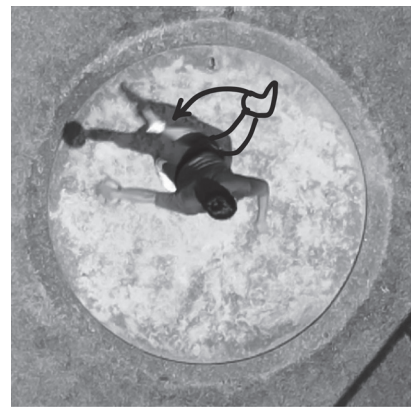


図 17 円盤投の指導 2

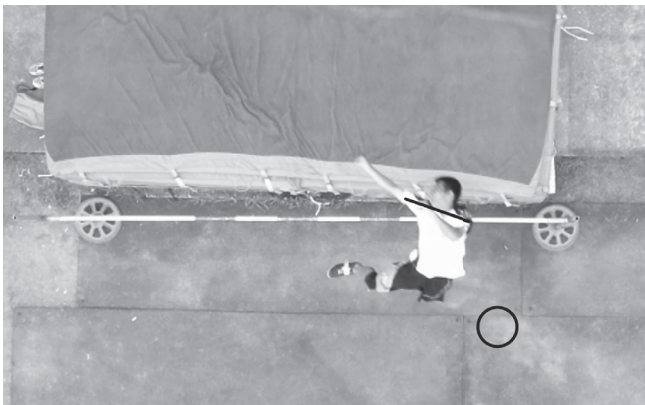


図 14 走高跳の指導 3

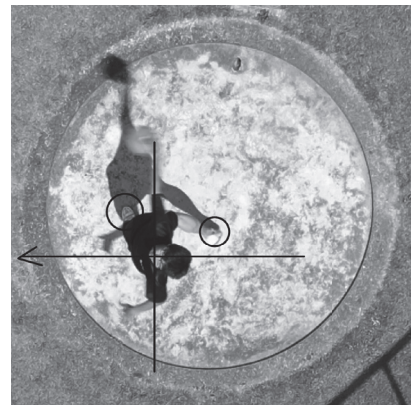


図 18 円盤投の指導 3

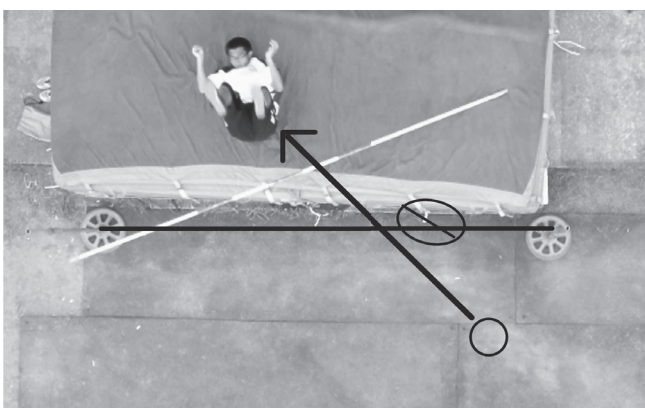


図 15 走高跳の指導 4

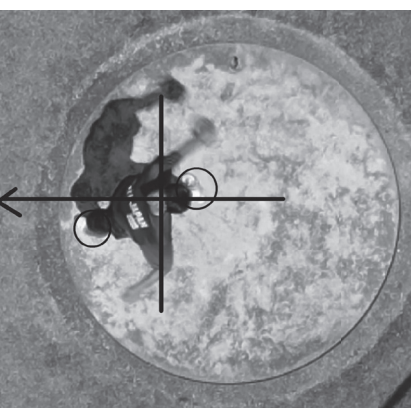


図 19 円盤投の指導 4

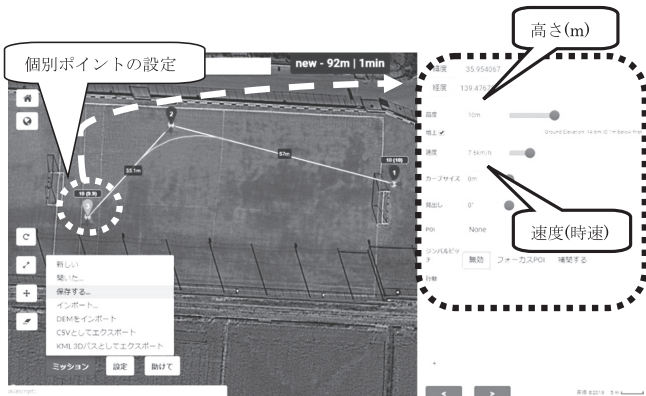


図 20 PC ブラウザ上でのフライトプラン作成例

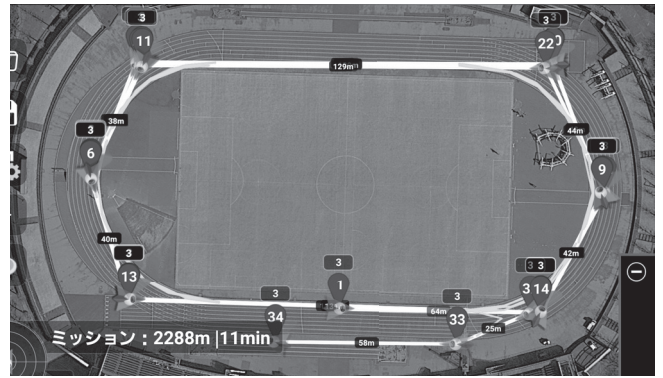


図 21 トラック上のフライトプラン

わかりやすかったようである。

3-3 長距離種目について

ドローンの長距離種目への活用については、空撮によるフィードバックの情報が他種目ほど得られないと考え、別の活用方法について検討した。ドローンは空撮のために使用するという発想を転換し、安定飛行するドローン自体をランナーが追従するという活用法を考案した。つまり、ドローンをペースメーカーにして走るという試みである。

「使用するドローンの仕様・機能」の際に述べたドローン操作において DJI 純正アプリを使用した。ここではサードパーティー製の有料アプリ「Litch for DJI Mavic (VC Technology Ltd 製) Android 版 2,720 円」を使用し、別の機能でドローンを操作する。このアプリでは GPS 情報を利用して地図上に指定ポイントを事前に設定し（以下フライトプラン）、ドローンの速度や高度も調整した上で自動航行をすることができる。（「Waypoint 機能」）また、アプリの HP (<https://flylitchi.com/hub>) に登録をしてログインをすれば PC ブラウザ上でもフライトプランを作成することができ、その情報はスマホアプリと相互で共有・編集することが可能である（図 20）。

筆者はアプリ地図上の 400m トラックにフライトプランを設定（図 21）し、周回あたりの設定タイムから平均速度を算出して実際にドローンペース走を練習に取り入れた。

対象選手は、本校陸上競技部長距離部員 8 名（高校 1 年生 5 名、高校 2 年生 3 名）。練習内容は、最初から最後まで均一のペースという設定ではなく、レース中の揺さぶりやラストスパートなどのチェンジオブペースを意識させたものを主と考え、可変ペース走を意識したものとした。距離についてはバッテリーにゆとりを持たせて（15 分以内のフラ

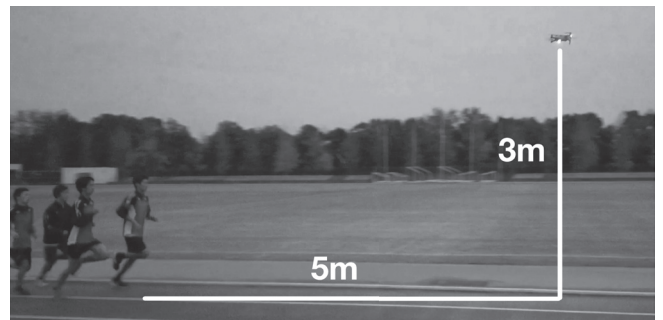


図 22 ドローンペース走の様子

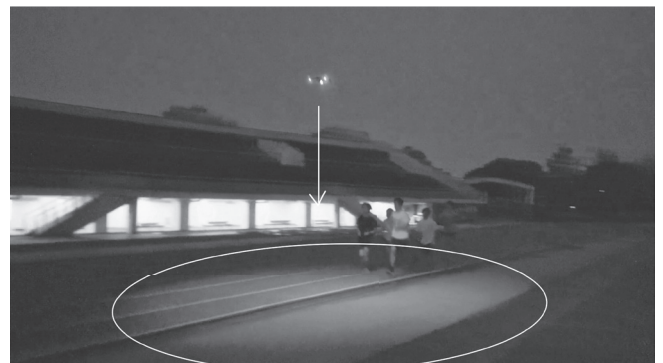


図 23 ドローン下部 LED 照射時 1

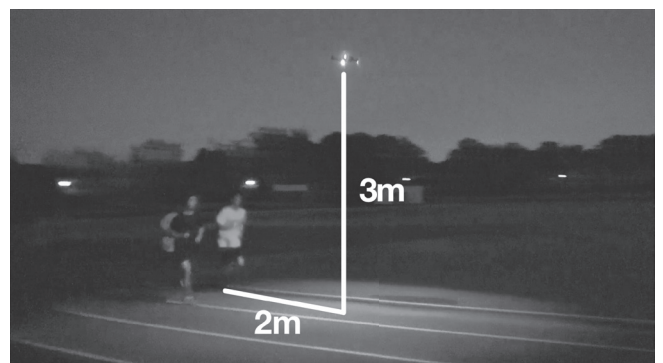


図 24 ドローン下部 LED 照射時 2

イト) 距離は 2000m とした。ドローンと選手の距離については、見上げすぎるとランニングフォームに影響がでることから、高さは 3m 固定、ドローン真

表4 3段階ビルドアップ

| 高さ | 3m 固定 | | |
|-------------|----------|----------|----------|
| 距離 | 600m | 600m | 800m |
| 積算距離 | (600m) | (1200m) | (2000m) |
| 速さ | 16.2km/h | 16.9km/h | 18.0km/h |
| 400m周回時間 | 88秒 | 85秒 | 80秒 |
| ペースイメージ | キロ3分40秒 | キロ3分30秒 | キロ3分20秒 |
| スピードの上下イメージ | → | ↑ | ↑ |

表5 5段階可変ペースA

| 高さ | 3m 固定 | | | | |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 距離 | 400m | 400m | 400m | 400m | 400m |
| 積算距離 | (400m) | (800m) | (1200m) | (1600m) | (2000m) |
| 速さ | 16.6km/h | 15.8km/h | 16.6km/h | 17.6km/h | 18.7km/h |
| 400m周回時間 | 86秒 | 91秒 | 86秒 | 82秒 | 77秒 |
| ペースイメージ | キロ3分35秒 | キロ3分47秒 | キロ3分35秒 | キロ3分25秒 | キロ3分12秒 |
| スピードの上下イメージ | → | ↓ | ↑ | ↑ | ↑ |

表6 5段階可変ペースB

| 高さ | 3m 固定 | | | | |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 距離 | 400m | 400m | 400m | 400m | 400m |
| 積算距離 | (400m) | (800m) | (1200m) | (1600m) | (2000m) |
| 速さ | 16.9km/h | 16.2km/h | 17.6km/h | 16.6km/h | 19.5km/h |
| 400m周回時間 | 85秒 | 88秒 | 82秒 | 86秒 | 74秒 |
| ペースイメージ | キロ3分32秒 | キロ3分40秒 | キロ3分25秒 | キロ3分35秒 | キロ3分12秒 |
| スピードの上下イメージ | → | ↓ | ↑ | ↓ | ↑ |

下からの距離は約5mとした(図22)。また、暗くなり始めた夕方の練習時には、ドローン機体下部に付いているLEDライトを点灯させての飛行をしたところコースが照らされ、視認性が向上して追従しやすくなったため、ドローン真下まで2mの位置で追従走行ができた(図23・24)。

今回行ったチェンジオブペース走は、以下の表4～6にデータをまとめた。3段階ビルドアップメニューは、600m・600m・800mの距離に分け、5段階可変ペースメニューは400mごとに5回ペースを変化させて練習した。また、ドローンペース走実施後に、選手のみで同じペース走を実施させた。ドローンペース走の際は、最後まで集団走ができていたが、ドローンなしでのペース走は、集団が崩れ縦長になってしまっている場面があった。

練習の結果、400mの周回で最大誤差が1～2秒の時があったが、概ね設定ペース通りに練習を行うことができた(表4, 5, 6)。誤差の原因は、練習当日に風速3mほどの強い風が吹いていたこと、曲走路における減速、地図上のトラックと実際のトラックに僅かな誤差が生じていることなどが考えられる。設定速度の微調整や、GPSのポジションを微調整すれば設定通りのペースを刻ませることは可能であろう。また、高度設定を3m固定としたが、時々5mほどの高さに上昇してしまうところがあり、選手の視線が高くなってしまったことがあった。こちら

も設定を調整すればクリアできるものと思われる。

選手からは、ドローンを使ったペース走練習の方が、“ペース感覚がつかめた”“自分でペースメイクするよりも練習が楽に感じた”という意見が多かった。また、全員が下部LEDについて見やすかったという回答だった。

現在、ペースの把握という点では、GPS情報を受信できるGPSウォッチが販売されており、ランナーに広く浸透している。しかし、GPSウォッチはロードで活用はできるが、トラックなどの小さい周回走での場合は精度が追い付かない。あくまでも走っている自分のペースを確認するための機能であり、今回のドローンペース走で行ったようなトラックレースを想定した練習は不可能である。

4. ドローンを陸上競技に活用する際の課題

ここまで、ドローンの利便性や陸上競技における活用について論じてきたが、実はいつでもどこでも誰でも気軽に飛ばせるというわけではない。

一つ目の課題は法的問題である。航空法により、バッテリーを含む重量が200g以上のドローンの場合、飛行に際して制限がかかる。また、飛行禁止区域や承認が必要となる飛行方法などが定められており、それらの手続きをしなければ飛ばすことができないのである。(国土交通省 <https://www.mlit>.)

go.jp/common/001303818.pdf)

本研究においては、機体の登録・許可申請までを行った上で使用しているが、はじめの申請から許可までには時間がかかり、すぐに飛ばすことはできなかった。航空法も厳しく、残念ながらロードでの活用や、大会での活用は現行法では不可能である。

二つ目の課題は、ドローンは自然環境の影響を受けるとのことである。雨天の場合、飛ばすことはできず、また、強風時や砂浜などでは落下の危険性が高まるため、推奨されていない。利用の前に天候を確認しなければならない。

三つ目の課題は、連続飛行可能時間である。機体のスペックにあるように一つのバッテリーにつき、最大飛行時間は31分である。もし、長距離での活用を本格的に考えるならば、30分前後の飛行時間は十分とは言えないだろう。

5. まとめと今後の展望

本研究では、陸上競技指導へのドローン活用方法の検討を目的とした。短距離種目では、曲走路疾走中の走者をドローンの自動追従機能で空撮することで、一般的なパンニング撮影よりも多くの情報を直感的にフィードバックでき、指導に役立てることができた。

フィールド種目では、回転動作の多い走高跳や回転動作を伴う投てき種目の空撮から、同様な結果が得られた。

長距離種目においては、ドローンを撮影という方法ではなく、自動航行するドローンを追う形でペース走を行うという実験を行った。誤差は数秒あったものの設定ペースにほぼ近い形でペース走を行うことができた。

課題としては、許可申請までの手続きがあることから、思い立ったらすぐに飛ばすという使い方はできないので、事前に活用方法について計画を立てた上で使用することが必要ということである。難点はあるが、選手にとって一般的な撮影映像と比較して、一目瞭然な点は大きい。

以上のことから、陸上競技指導におけるドローンの活用方法について、概ね有効であると考えられる。

ドローンを活用することによって、空撮による指導、自動航行でペース走を実現させたことは、陸上競技の指導における新たな試みとしては良い事例になったと考えている。しかし、ドローンペース走については、空撮のための自動航行を本来の目的にはないペース走への活用に転換して行ったものである

ことから、設定の微調整が煩雑であった。今後、本来の目的としてスポーツの場面で利用することを主としてプログラムが構築されてゆけば（例えば専用アプリの開発など）、ドローンの更なる活用場面が広がると考えられる。私自身も今後は、400mや400mHのスタートからフィニッシュの走行軌跡を分析するなど、ドローンを活用した研究など、様々な方法で試してみたい。

近い将来、さらなる発展を遂げたドローンの開発が進み、多様な視点での研究・動作解析が行われることで新しいスポーツの未来が展開されることに期待したい。

6. 参考文献

- ESPN スポーツ放送初のドローン中継を実施
<https://www.drone.jp/news/20150128130522.html> (2020年1月17日閲覧)
- MAVIC2 仕様について
MAVIC2 ユーザーマニュアル p61-p64
- MAVIC2 機体の制御について
MAVIC2 ユーザーマニュアル p43
- 石村 和博 (2017) 陸上競技曲走路疾走における左右ステップの非対称性に関するバイオメカニクス的研究 中京大学 博士論文 :8-11
- 小賦 肇 (2018) 陸上競技跳躍種目における指導法について : ICT 機器を用いた跳躍種目の指導法 名桜大学総合研究 (27) : 73-79
- LITCHI ログインページ フライトプラン作成
<https://flylitchi.com/hub> (2020年1月17日閲覧)
- 国土交通省 航空局による無人航空機ガイドライン
<https://www.mlit.go.jp/common/001303818.pdf> (2020年1月17日閲覧)
- DJI 安全飛行フライトマップ
<https://www.dji.com/jp/flysafe/geo-map> (2020年1月17日閲覧)

男子 50km 競歩日本記録更新時のペース変化とキネマティクスおよび
キネティクスの変数の変化佐藤 高嶺¹⁾ 奥野哲弥¹⁾ 三浦康二²⁾

1) 筑波大学大学院人間総合科学研究科 2) 日本スポーツ振興センター

Changes in pace and kinematics and kinetics parameters during 50km race walking competition achieved Japanese national record

Takane Sato¹⁾ Tetsuya Okuno¹⁾ Koji Miura²⁾

1) Graduate School of Comprehensive Human Sciences University of Tsukuba

2) Japan Sports Council

Abstracts

The aim of this study was to investigate factors of changes in speed during men's 50kmW race as a case study. This research focused on a subject who achieved a new Japanese national record at this race (Japan National Championship of Men 50kmW). Video data of every laps were collected on a single point of the 2km-circuit of the race using two high speed cameras. Walking speed increased in 35km, and reduced in 45km along with changes in stride length. These changes coincided with increase and reduce of hip joint torque and backward joint force in the late recovery phase of each step. Those were associated with the amount of mechanical energy flow from the recovery leg to the support leg in the late recovery phase and with the changes in the effectiveness of the whole body mechanical energy. Therefore, it is important to maintain or increase the magnitude of the hip joint torque and backward joint force in the late recovery phase on the second half of race.

I. 緒言

平川 (2012) は男子 50km 競歩において近い将来、日本の選手が銅メダル以上の順位を獲得することが期待されると述べており、実際にそのわずか 3 年後の 2015 年北京での世界陸上競技選手権大会 (世界陸上) の男子 50km 競歩において日本人競技者が初のメダルとなる銅メダルを獲得した。更にその後もオリンピック、世界陸上と立て続けにメダルを獲得し、2019 年ドーハでの世界陸上では、ついに日本の選手が金メダルを獲得した。また、この種目の日本記録は 2009 年に更新されてから 10 年近く破られることがなかったが、2018 年 10 月からの一年間に 3 回、計 4 名によって記録が更新されており、ここ数年での日本の 50km 競歩の成長、活躍は著しい。

その 50km 競歩は世界記録でも競技時間が 3 時間 30 分以上にも及び、オリンピックや世界陸上における現行の陸上競技種目の中で距離、時間ともに最

も長い競技種目である。そのため、レース序盤から中盤にかけてのペースが速すぎる場合には、レース終盤で大きなペース低下を引き起こす可能性が高く、自らのパフォーマンスを最大限に発揮するためにはペース配分が重要である (平川, 2012; Hanley, 2013)。しかしながら、近年のオリンピック、世界陸上における 50km 競歩レースのペース配分に関する研究では、上位者であってもレース終盤の 40-50km ではペースの低下が見られることを報告している (法元, 2010; 平川, 2012; Hanley, 2013)。一方で、平川 (2012) は国際大会において金メダルを獲得するためにはレース終盤におけるペースの維持あるいは漸増が起り得ることを指摘している。実際、2016 年リオ・デ・ジャネイロオリンピックでは、40km 地点で 2 位に着けていた日本人競技者がその後の 45km にかけてペースを低下させた一方で、3 位のスロバキア人競技者はペースを維持させることで 2 位に上がり、さらには

45-50km にかけてペースを増加させることで金メダルを獲得している。そのため、上位の中でも特に1位になるためにはレース終盤におけるペースの維持、あるいはさらに漸増させるようなペース変化が1つの鍵となる可能性がある。

これまでのペース変化に関する研究では、Hanley et al. (2013) が男子 50km 競歩におけるペース変化の要因について、ヨーロッパカップに出場した12名を対象に検討し、骨盤の回旋角度変位や離地時の足関節底屈角の減少が見られ、ストライドの低下とともにペースも低下していたことを報告している。しかし、その動作の変容がどのような要因によって生じたものであるのかは検討されておらず、ペース変化の要因について詳細には捉えきれていない。一方で、法元ほか (2011) は男子 20km 競歩レース中の動作分析を行い、キネマティクスの変数とキネティクスの変数を組み合わせて検討し、回復期後半における回復脚股関節の関節力パワーと後向きの関節力の変化がペース変化に関係していたことを明らかにしている。キネティクスの変数は動作を引き起こす力に関する変数であり、運動の状態に関する変数であるキネマティクスの変数と組み合わせて分析することでペース変化の要因をより詳細に捉えることができる。

そこで、本研究では男子 50km 競歩レース中のペース変化とキネマティクスおよびキネティクスの変数を組み合わせて分析することで、ペース変化の要因をより詳細に検討し、レース終盤におけるペースの維持、漸増に関する知見を得ることを目的とした。また、国際的にも水準の高いレースを対象に分析を行うことで、世界大会のような高水準のレースで勝つために有益な知見が得られると考えられる。そのため、本研究では日本記録という高水準の記録が2名の競技者によって更新された、国際的にもハイレベルなレースにおける歩行動作を分析し、そのうちレースを制した1名を事例的に検討することとした。

II. 方法

1. 分析対象者

本研究は男子 50km 競歩において日本記録を達成した、競歩種目を専門とする日本人男性競技者1名(50km 競歩自己最高記録：3時間39分07秒、年齢：31歳)を対象とした。ただし、男子 50km 競歩における現在の日本記録はその後、他の競技者によって更に更新されている。以下、対象者を A 選手とする。

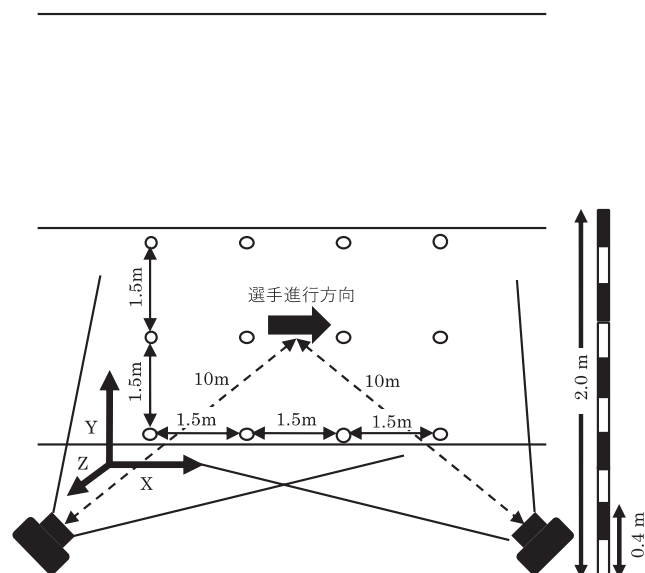


図1 キャリブレーション設定

2. データ収集

第103回日本陸上競技選手権大会において1周2kmの周回コースで行われた男子 50km 競歩レース中の 5.5km, 17.5km, 35.5km, 45.5km 地点での歩行動作をコース側方から2台のデジタルカメラ (DMC-FZ300, Panasonic 社製) を用いて撮影した。撮影スピードは 120fps, 露出時間は 1/120 秒 - 1/16000 秒での自動設定とした。2台のカメラはそれぞれコースに対して約 45 度, 135 度になるようにコース中央から約 10m の距離に三脚で固定し、選手の後方と前方から撮影を行った (図1)。また、コース上の合計 12 地点にマーク間隔 40cm のキャリブレーションポールを垂直に立て、選手の進行方向 (X 軸) に 4.5m, 進行方向に対して直行する方向 (Y 軸) に 3m, 鉛直方向 (Z 軸) に 2m とする右手系静止座標系を設定した。なお、本研究のデータ収集は日本陸上競技連盟科学委員会の活動によって行われた。

3. データ処理

2台のカメラから得られた各地点での映像は右足、もしくは左足の離地直前のコマ数を合わせることで同期した。その後、離地直前の 10 コマ前から同側足の離地直前 (以下、離地とする) の 10 コマ後までを動作解析ソフト (Frame-DIAS V, DKH 社製) を用いて、身体分析点 25 点およびコントロールポイントを 60Hz にてデジタル化した。撮影条件により時折身体の左側の分析点をとらえることが困難な場合が生じたため、その場合は分析者の目視によって分析点を推定した。デジタル化は熟練した分析者1名によって行われ、各分析点はポイント・オーバー・フレーム法を用いてデジタル化された。

(Bahamonde&Stevens, 2006). また, 分析点を特定しやすくするため, 動作解析ソフトの拡大機能を用いて, 各分析点周辺を 400% に拡大した. 得られた身体分析点の 3 次元座標値を 3 次元 DLT 法によって求めた. 算出した 3 次元座標値は, 残差分析法により最適遮断周波数を決定し, X 座標を 2.4-5.4Hz, Y 座標を 3.0-5.4Hz, Z 座標を 4.2-5.4Hz にて, バターワースデジタルフィルタを用いて平滑化した. なお, コントロールポイントから算出された 3 次元再構成後の位置座標の標準誤差は, いずれも 0.005m 未満であった.

4. 算出項目

(1)キネマティクスの変数

平滑化した座標データから阿江 (1996) の身体部分係数を用いて 15 の身体セグメント (左右の手部, 前腕, 上腕, 足部, 下腿, 大腿および頭部, 上胴, 下胴) および全身の重心位置, 部分の慣性モーメントを算出した. 分析点および算出した重心位置の変位を時間で数値微分することにより関節速度およびセグメントと全身の重心速度, 重心加速度を算出した.

右足, もしくは左足の離地から同側足の離地までを歩行の 1 サイクルとし, 1 サイクル中の重心の水平変位を 2 等分したものをストライド, 1 サイクルに要した時間を 2 等分し, その逆数をピッチとした. 歩行速度はストライドとピッチの積から算出した.

本来, 競歩は両足が同時に地面から離れることなく歩く競技であるが (日本陸上競技連盟, 2019), 本研究では人の目では捉えきれない程度の両足が地面から離れる局面が見られた. そのため, どちらかの足が地面と接している局面を支持期, 両足が地面と離れている局面を非支持期とし, 1 サイクル中の支持期および非支持期の時間および水平変位をそれぞれ 2 等分して支持時間, 非支持時間, 支持距離, 非支持距離とした.

(2)キネティクスの変数

本研究では地面反力を測定することが不可能であったため, 回復脚の各関節に作用する関節力, 関節トルクについてのみ, 回復脚足部の遠位端に作用する外力をゼロとして逆動力学的手法を用いて算出した.

(3)力学的エネルギー

各身体セグメントの力学的エネルギーを木下・藤井 (2015) の方法を参考に以下の式で算出した.

$$E_{s,t} = m_s g h_{scg,t} + \frac{1}{2} m_s \left| V_{scg,t} \right|^2 + \frac{1}{2} \left(I'_{scgx,t} \omega'^2_{scgx,t} + I'_{scgy,t} \omega'^2_{scgy,t} + I'_{scgz,t} \omega'^2_{scgz,t} \right)$$

ここで $E_{s,t}$ は時刻 t における身体セグメント s の力学的エネルギー, m_s, g, h_{scg}, V_{scg} はそれぞれ, 身体セグメント s の質量, 重力加速度, 静止座標系における身体セグメント重心座標データの Z 軸成分, 並進速度ベクトルである. また, I'_{scgx}, I'_{scgy} , および I'_{scgz} は身体セグメント s の重心回りの主慣性モーメント I_{scg} の各軸まわりの成分, $\omega'_{scgx}, \omega'_{scgy}$, および ω'_{scgz} は身体セグメント s の移動座標系における各軸回りの角速度である. また, 力学的エネルギーを時間で数値微分することにより力学的エネルギー変化率を算出した.

(4)力学的エネルギーの伝達量

身体部分感の力学的エネルギーの伝達量 (T_b) は Pierrynowski et al. (1980) の方法を参考に以下の式 1) - 4) で算出した.

$$\Delta E_{s,t} = E_{s,t+1} - E_{s,t} \quad 1)$$

$$W_{wb} = \sum_t^{fn-1} \left| \sum_s^{sn} (\Delta E_{s,t}) \right| \quad 2)$$

$$W_w = \sum_s^{sn} \sum_t^{fn-1} \left| \Delta E_{s,t} \right| \quad 3)$$

$$T_b = W_w - W_{wb} \quad 4)$$

ここで W_{wb} はセグメント内およびセグメント間での力学的エネルギーの変換および伝達が起ると仮定した場合の力学的仕事, W_w はセグメント内で力学的エネルギーの交換はあるがセグメント間での力学的エネルギーの伝達がないと仮定した場合の力学的仕事, fn は 1 歩行周期に要したフィールド数, sn はセグメントの数である.

(5)力学的エネルギー利用の有効性指数

歩行技術を評価する指標として力学的エネルギー利用の有効性指数 (EI) を阿江・藤井 (1996) の方法を用いて以下の式で算出した.

$$EI = \frac{\frac{1}{2} M V_x^2}{W_{wb}}$$

ここで M, V_x はそれぞれ身体質量, 歩行の 1 サイクルにおける身体重心速度前後成分の平均である.

(6)関節力パワー, セグメントトルクパワー

関節における関節力パワー (JFP_j) とセグメントトルクパワー (STP_j) を以下の式で算出した.

$$JFP_j = F_j \cdot V_j$$

$$STP_j = T_j \cdot \omega_s$$

ここで F_j, V_j, T_j はそれぞれ関節 j の関節力, 並進速度, 静止座標系における関節トルク, ω_s はセグメント s の角速度である. また, 関節力, 関節トルクによってセグメント s になされた仕事を JFP_j, STP_j を時間で積分することで算出し, その仕事を各局面に要した時間で除すことで関節力パワー

およびセグメントトルクパワーの平均値 (MJFP, MSTP) を算出した。

5. 局面分け

歩行動作の1サイクルのうち右足離地直前 (R-off) から右足接地 (R-on) までの右脚回復期を両足が地面から離れた非支持期を含めて以下の4つの局面に分けた。

- 第1局面：右足離地 (R-off) -左足接地 (L-on)
- 第2局面：左足接地 (L-on) -身体重心が左脚の足関節の真上を通過する左足支持期中点 (L-mid)
- 第3局面：左足支持期中点 (L-mid) -左足離地 (L-off) まで
- 第4局面：左足離地 (L-off) -右足接地 (R-on)

6. 時系列データの規格化

各分析地点での時系列データを回復期における各局面の動作時間によって規格化した。第1, 第4局面をそれぞれ15%, 第2局面を30%, 第3局面を40%とし, 全体を100%として規格化した。また, 力学的エネルギー, 関節力, 関節トルク, 関節力パワーおよび関節トルクパワーはA選手の身体質量で除すことで規格化した。

7. レース中のペース変化

レース中のペース変化をとらえるため, 試合の公式リザルトより5km毎のラップタイムを取得し, 5km毎の平均歩行速度を算出した。

III. 結果

1. レースにおける歩行速度, ストライド, ピッチの変化

図2は5km毎の区間平均速度の変化と各分析地点での歩行速度を示したものである。レース序盤の0-5kmでは, 3.70m/sとレース中最も遅い歩行ス

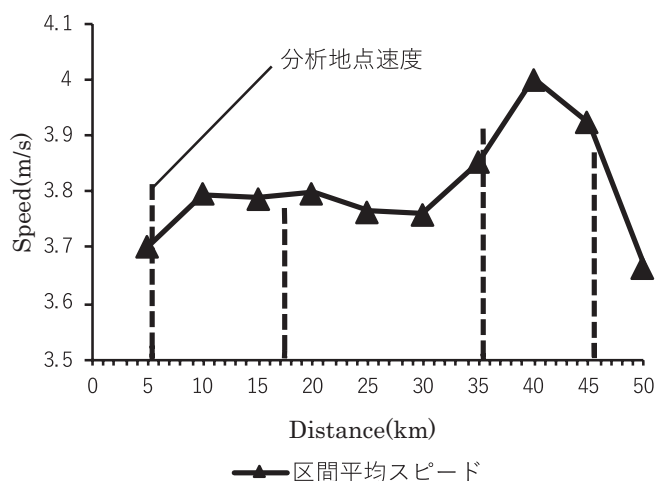


図2 5km 毎の区間平均速度の変化と各分析地点での歩行速度

ピードであった。その後, 5-20kmにかけて3.78-79m/sまで増加したが, 20-30kmではわずかに低下していた。30-35kmでは大きく歩行速度が増加し, 3.85m/sとこの時点までで最も高い歩行速度になり, 35-40kmで4.00m/sとさらに増加し, レース中最も高い歩行速度を示した。しかし, 40-45kmでは3.92m/sまで低下しており, 45-50kmで3.67m/sとさらに大きく低下し, レース中最も遅い区間となっていた。5.5, 17.5, 35.5, 45.5kmの各分析地点の歩行速度は, それぞれ3.80, 3.77, 3.91, 3.87m/sであった。なお, 1kmあたりが4分00秒ペースだと4.16m/s, 4分30秒ペースだと3.70m/sに相当する。

表1は各分析地点におけるキネマティクスの変数をまとめたものである。5.5km地点では, ピッチが3.43Hzでほかの地点よりも低く, ストライドは1.11mで歩行速度が最も高かった35.5km地点と変わらなかった。一方で, 17.5-45.5km地点ではピッチが3.53Hzと差はなく, ストライドが1.07-1.11mの間で変化していた。非支持時間はレース前半の2地点では0.05sであったが, レース後半の2地点では0.04sと減少していた。また, 非支持距離はレー

表1 各分析地点におけるステップパラメータ

| | ストライド (m) | ピッチ (Hz) | 歩行速度 (m/s) | 支持時間 (s) | 非支持時間 (s) | 支持距離 (m) | 非支持距離 (m) |
|--------|--------------|-------------|---------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
| 5.5km | 1.11 | 3.43 | 3.81 | 0.24 | 0.05 | 0.92 | 0.19 |
| 17.5km | 1.07 | 3.53 | 3.77 | 0.23 | 0.05 | 0.88 | 0.19 |
| 35.5km | 1.11 | 3.53 | 3.91 | 0.24 | 0.04 | 0.94 | 0.17 |
| 45.5km | 1.10 | 3.53 | 3.87 | 0.24 | 0.04 | 0.93 | 0.16 |

ス前半の 5.5km, 17.5km ではともに 0.19m であったが、レース後半の 35.5km, 45.5km ではそれぞれ 0.17m, 0.16m と前半と比べて減少していた。一方で、支持距離は 5.5km, 17.5km ではそれぞれ 0.92m, 0.88m であったが、35.5km, 45.5km ではそれぞれ 0.94m, 0.93m とレース後半で増加していた。

2. 力学的エネルギー

表 2 は各分析地点における力学的仕事、力学的エネルギー伝達量、力学的エネルギー利用の有効性指数 (EI) を示したものである。 W_{nb} は 1 サイクル中に全身で発揮したパワーの総和である全身の仕事量を表し、 T_b は発揮したパワーである力学的エネルギーの身体セグメント間での伝達量の総和を表している。 W_{nb} はレース前半では 2.8J/kg であったが、レース後半の 35.5km では低下し、2.0J/kg とレース中最も小さい値を示していた。しかし、45.5km では大きく増加しており、3.0J/kg と分析地点の中で最も大きい値を示した。また、後半の 2 地点では前半よりも T_b が大きな値を示したものの、45.5km では W_{nb} も大きかったため EI が低下し、最も低い値を示した。一方で、35.5km では最も EI が高くなっていた。

3. 力学的エネルギーの流れ

図 3 は各分析地点における右回復脚セグメントの力学的エネルギー変化率 (dE/dt)、関節力パワー (JFP)、セグメントトルクパワー (STP) の変化を示している。 dE/dt の正の値はセグメントの力学的エネルギーが増加したことを示し、負の値は減少したことを示す。また、JFP の正の値は関節力によってセグメントに力学的エネルギーが流入したことを示し、負の値は流出したことを示す。そして、STP の正の値は関節トルクによってセグメントに力学的エネルギーが流入したことを示し、負の値は流出したことを示す。

各分析地点における足部と下腿の dE/dt , JFP, STP の変化パターンはそれぞれ似ているパターンを示した。その一方で大腿部における変化は分析地点ごとでのばらつきが見られた。特に股関節における JFP は回復期 70% 前後から 100% にかけてばらつきがあり、最も EI が高かった 35.5km での大腿近位端に作用する股関節力による大腿部の力学的エネルギー流出が大きく、回復期 80% あたりから 100% にかけてのセグメントの力学的エネルギー減少量も大きかった。一方で、最も EI が低かった 45.5km では同様の股関節力による大腿部の力学的エネルギー流出が小さくなり、回復期 80% あたりから 100% にか

けてのセグメントの力学的エネルギー減少量も小さかった。

図 4 はそれぞれ各分析地点における右回復脚セグメント近位端の MJFP, MSTP を各局面に分けて示したものである。MJFP は MSTP と比べ、大きな値を示しており、足関節や膝関節よりも股関節において大きな値が示された。最も EI が高かった 35.5km での第 4 局面における股関節 MJFP は負の値となっており、17.5km と比べて負のパワーが大きく増加していた。一方で、 EI が最も低かった 45.5km では同じ局面での股関節における負のパワーは大きく低下していた。

4. 関節力と関節トルクの変化

図 5, 6 はそれぞれ各分析地点における右回復脚大腿近位端に作用する関節力前後成分、関節トルクの変化を示している。関節力の正の値は進行方向に対し前向きを示し、負の値は進行方向に対し後向きを示している。関節トルクの正の値は伸展トルクを示し、負の値は屈曲トルクを示している。

股関節力前後成分は R-off から回復期 30-40% までは前向き力であったが、回復期 30% 前後からは後向き力に変化し、回復期 80-90% にかけて後向きに増加していた。5.5km 地点は他の地点よりも早期に前向きから後向きへと変化し、回復期後半での後向き力の増加は緩やかで、ピーク値は -3.0N/kg と各分析地点の中で最も小さかった。一方で、その他の地点では、回復期後半において 5.5km 地点よりも後向き力が大きく増加しており、特に EI が最も高かった 35.5km 地点において -3.8N/kg と最もピーク値が大きかった。また、反対に EI が最も低かった 45.5km 地点での後向きピーク力は -3.4N/kg と 35.5km 地点よりも小さかった。

股関節トルクは R-off から回復期 40% 前後までは屈曲トルクを示していたが、回復期 40-50% からは伸展トルクに変化し、回復期 80% 前後まで増加していた。5.5km 地点は他の地点よりも早期に屈曲トルクから伸展トルクに変化しており、伸展トルクのピーク値は 1.6Nm/kg と最も小さかった。一方で、その他の地点では、回復期 50% で屈曲トルクから伸展トルクに変化しており、 EI が最も高かった 35.5km 地点において 1.8Nm/kg と最もピーク値が大きかった。また、反対に EI が最も低かった 45.5km 地点でのピークトルクは 1.6Nm/kg と 35.5km 地点よりも小さかった。

表2 各分析地点における力学的仕事, 力学的エネルギー伝達量, EI

| | W_{wb} (J/kg) | W_w (J/kg) | Tb (J/kg) | EI |
|--------|-----------------|--------------|-------------------|------|
| 5.5km | 2.8 | 16.7 | 13.9 | 2.6 |
| 17.5km | 2.8 | 17.1 | 14.4 | 2.6 |
| 35.5km | 2.0 | 18.3 | 16.4 | 3.9 |
| 45.5km | 3.0 | 18.2 | 15.2 <td>2.5</td> | 2.5 |

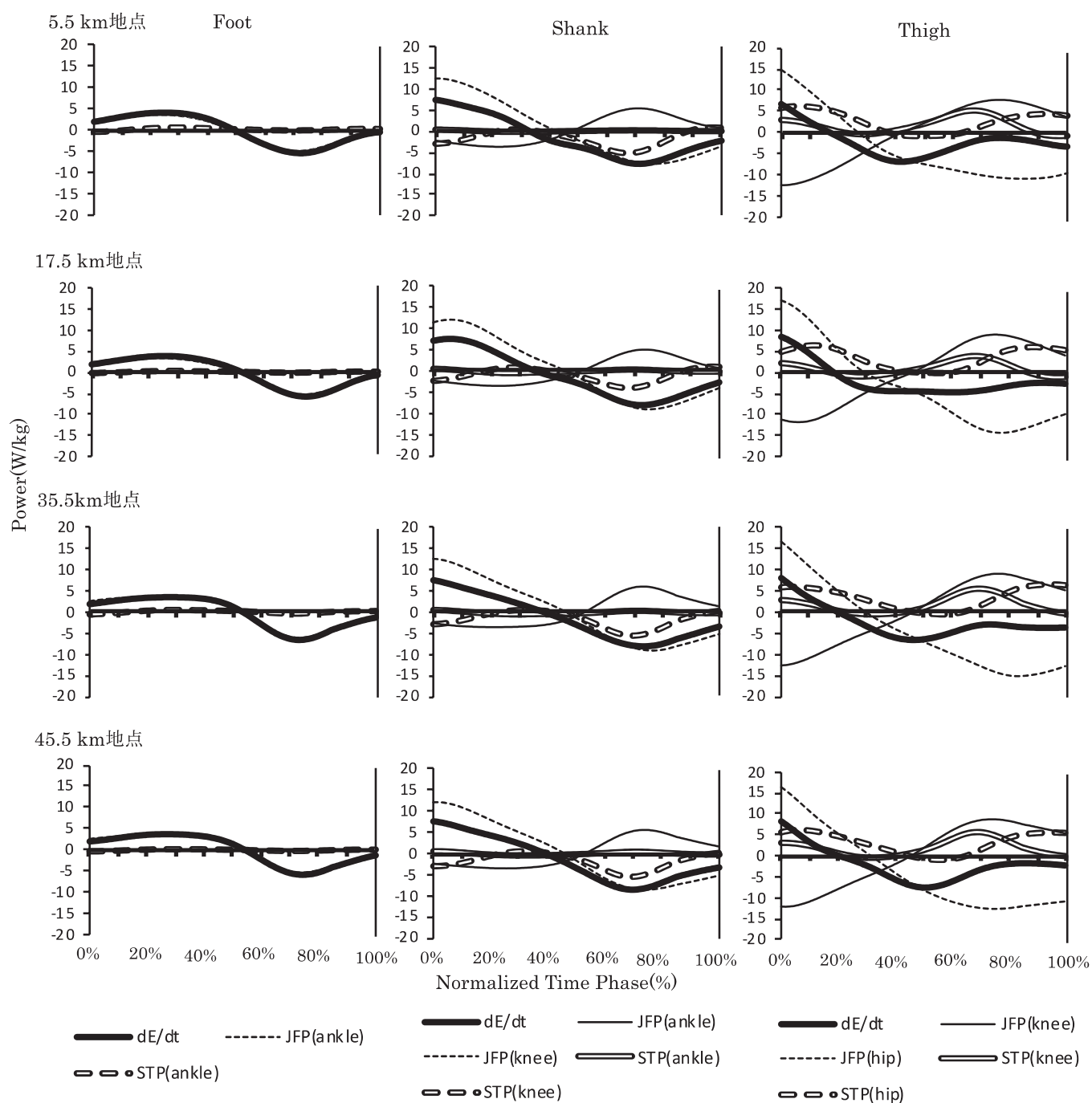


図3 各分析地点における右回復脚セグメントの力学的エネルギー変化率 (dE/dt), 関節力パワー (JFP), セグメントトルクパワー (STP) の変化パターン

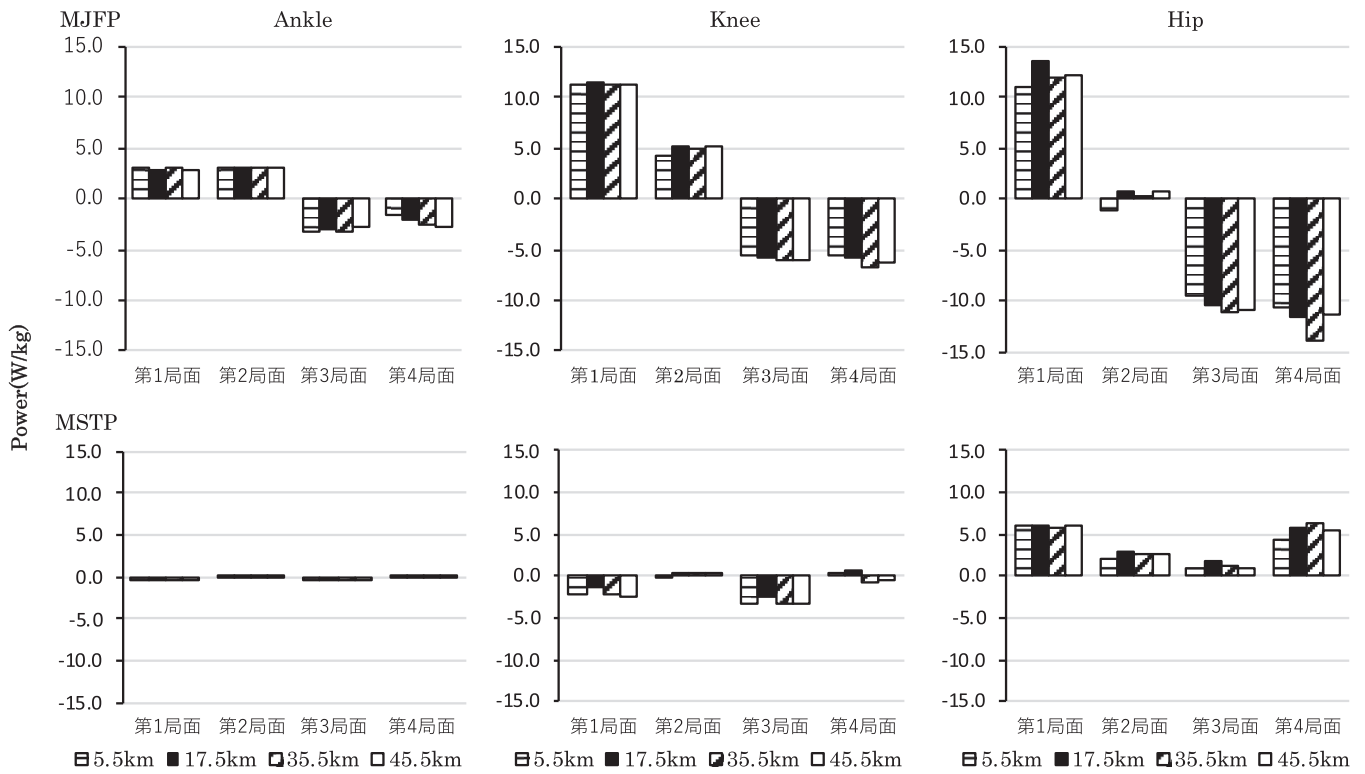


図4 各分析地点における右回復脚セグメント近位端のMJFPとMSTP

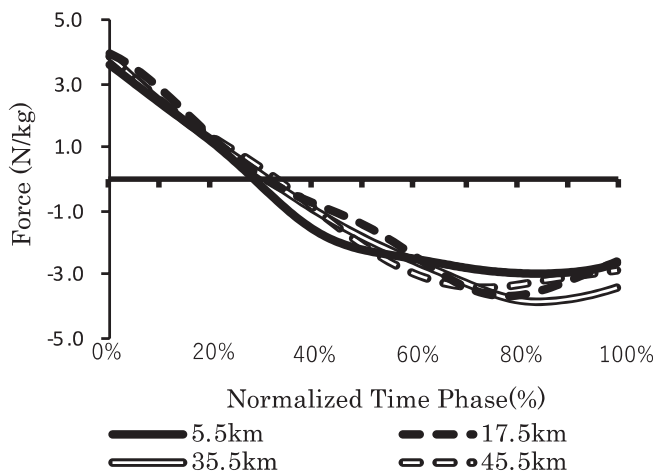


図5 各分析地点における右回復脚大腿近位端に作用する股関節力前後成分 (+前方; -後方)

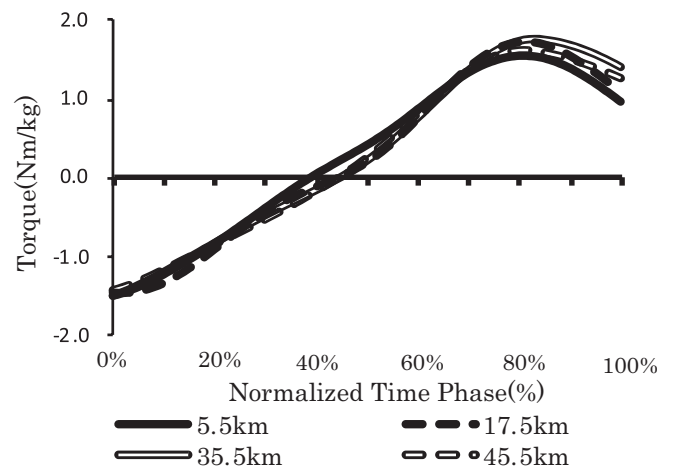


図6 各分析地点における右回復脚大腿近位端に作用する股関節トルク伸展屈曲成分 (+伸展; -屈曲)

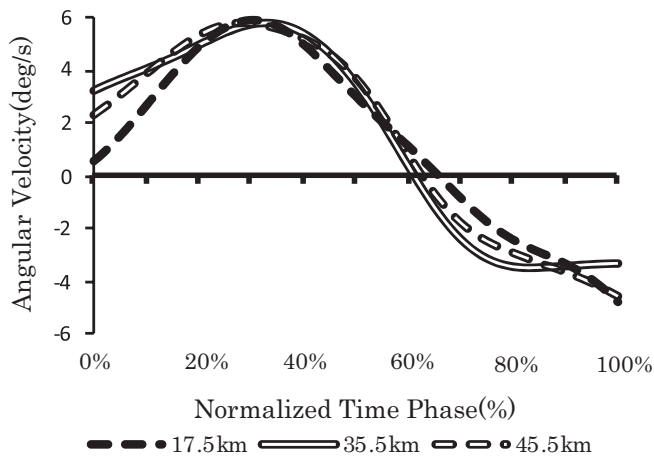


図7 各分析地点における右回復脚の股関節角速度 (+屈曲; -伸展)

IV. 考察

1. レースにおけるペースおよびキネマティクスの変数の変化

図2に示したように5.5km, 17.5km地点での歩行速度はその区間の5kmの平均歩行スピードと近い値となっていた。その一方で、35.5km, 45.5kmでは区間平均スピードと比較的大きな差があった。このことは、少なくとも35-40km, 45-50kmの区間内において歩行速度に大きな変化があったことを意味しており、分析地点はこれらの区間の極めて序盤であることから速度変化は分析地点よりも後で生じたと考えられる。また、これら2つの区間はそれぞれレース中の区間平均スピードが最も高かった区間と最も低かった区間であったことから、競技結果に大きな影響を与えた区間であったと考えられる。そのため、これらの区間内の各分析地点におけるパラメータをその前後の区間と比較することによってペース変化に影響を与えた要因を明らかにできると同時に、世界大会のような高水準のレースで勝つために有用な知見を得られると考えられる。以下、それらの分析地点を中心に考察を進めていく。

50km競歩レースにおいてはレース終盤に歩行スピードの低下が見られることが報告されてきた(法元, 2010; 平川, 2012; Hanley, 2013)。Hanley et al. (2013)は、50km競歩レースの18.5km, 28.5km, 38.5km, 48.5kmの計4地点における選手たちの動作を分析し、ピッチに有意な変化はなかったが、ストライドがレース後半に低下することで有意に歩行速度も低下したことを報告している。本研究の17.5km, 35.5km, 45.5km地点でもピッチは同

じ3.53Hzと変化はなく、ストライドが変化することによって歩行速度の増加と低下が生じており、先行研究と同様の結果となった。その一方で、Hanley et al. (2013)は非支持時間が長い選手ほど歩行速度が速い関係にあったとしているが、A選手は歩行速度が上昇したレース後半において非支持時間が短くなっており、非支持距離を短くする一方で支持距離を増加させることで歩行速度を高めていた。Hanley (2013)は、50km競歩ではレース序盤に歩行スピードが抑えられ、その後中盤にかけて増加していくことを報告しており、法元(2010)は国際大会において1-4位に入った選手は5-8位の選手よりもレース序盤から中盤にかけてより大きく歩行スピードを増加させていたとしている。そのため、世界大会において上位に入るためにはレース序盤から中盤にかけての大きな歩行スピードの増加が必要となると考えられる。これらのことから、A選手のように滞空時間を短くしながらも大きく歩行速度を高めることができることは、歩型の判定がなされる競歩種目において国際レースで上位に入るための強みになると考えられる。

一方、法元(2010)は国際大会において1-4位に入った選手は他の選手たちよりも歩行スピードの低下が小さく、歩行スピードが低下してもレース序盤のペースを維持できていたとしているが、A選手は40km過ぎから歩行スピードが低下し始めていた。特に45-50kmにおいては大きく歩行スピードが低下し、レース序盤よりも遅いスピードとなっていた。そのため、世界大会において上位に入るためにはこのレース終盤での歩行スピードの低下は不安要素となると考えられる。

2. 力学的エネルギーの流れ

表2に示したように、大きく歩行速度が増加していた35.5kmにおいて全身の力学的仕事(W_{nb})は最も小さく、力学的エネルギーの伝達量(T_b)および力学的エネルギー利用の有効性指数(EI)は最も大きくなっていった。このことは力学的エネルギーの伝達量を大きくすることで力学的エネルギーを有効に利用し、小さな仕事量で大きな歩行速度を獲得していたことを意味し、非常に効率良く高いパフォーマンスを発揮していたと言える。法元ほか(2011)は、20km競歩レースにおいてはレース後半で力学的エネルギーの伝達量が減少し、力学的エネルギーを有効に利用できなくなることが歩行速度の減少に影響するとしている。本研究においても歩行速度が低下した45.5kmでの力学的エネルギーの伝

達量は 35.5km よりも低下しており、力学的エネルギー利用の有効性指数が分析地点の中で最も小さかったことから、力学的エネルギーがレース終盤において有効に利用できなくなったことで歩行速度が低下したことがうかがえる。また、45.5km における全身の力学的仕事は最も大きな値となっていたことから、力学的エネルギーを伝達できなくなったことによる歩行速度の低下を全身の筋によって発揮する仕事量を大きくすることで抑えようとしていたと考えられる。ペース変化に関する考察から 45.5km 以降で大きく歩行速度が低下したと考えられることから、歩行速度の大きな低下が生じる以前に仕事量が増加したことが終盤での大きな歩行速度低下に影響していたと考えられる。

図 3 に示したように回復脚における力学的パワーは関節力によるパワーの方が関節トルクによるものと比べて非常に大きかった。法元ほか (2011) は、20km 競歩レース後半における力学的エネルギーの伝達量の増加や力学的エネルギーの有効な利用には、回復脚後半における回復脚股関節および膝関節の関節力パワーの増加が影響し、反対に、 T_b の低下には回復脚股関節力パワーの減少が影響するとしている。本研究においても歩行速度が増加した 35.5km では、回復期後半にあたる回復期 80% あたりから 100% にかけて負の股関節力パワーが 17.5km と比べて大きく増加していた。このことは力学的エネルギーの伝達量の増加に貢献したと考えられ、力学的エネルギーを有効に利用していたと考えられる。一方で 45.5km では歩行速度とともに回復期 80% あたりから 100% にかけての負の股関節力パワーが大きく低下しており、これによって力学的エネルギーの伝達量が減少し、有効に力学的エネルギーを利用できなくなったと考えられる。

図 4 に示した局面ごとでの平均パワーでは、第 4 局面での負の股関節力パワーが 35.5km では大きく増加し、反対に 45.5km では大きく減少していた。この回復期終盤にあたる第 4 局面は非支持局面であり、法元 (1999) は支持脚離地直後の非支持局面において股関節を素早く屈曲させ、ほぼ同時に反対脚の股関節を素早く伸展させるようなシザース動作によって着地後に支持足回りの身体的回転速度を大きくし、ステップ長が増加すること明らかにしている。図 7 は 17.5km, 35.5km, 45.5km での回復脚の股関節角速度を示したものである。35.5km では離地直後の第 1 局面において他の分析地点より素早い股関節屈曲が行われていたが、接地直前の第 4 局面では股関節伸展速度は他の分析地点よりも小さく

なっていた。このことは股関節を通して体幹部へと大きく力学的エネルギーが流出したため第 4 局面での股関節伸展速度が他の地点より低下したものの、その分支脚への力学的エネルギーの流れが大きくなったことで、第 1 局面での股関節屈曲角速度は大きくなっていったと考えられる。そのため、A 選手は回復期終盤において股関節の負の股関節力パワーを増加させることで支持脚へ大きく力学的エネルギーを伝達し、支持脚を離地後に素早く振り込むことでストライドを大きくし、大きな歩行速度を獲得していたと考えられる。一方で、歩行速度の低下した 45.5km では力学的エネルギーの伝達量が小さくなったことで支持脚離地後の股関節屈曲角速度が低下し、ストライドの低下につながったと考えられる。

図 5, 6 を見ると、負の関節力パワーの増加が見られた 35.5km では関節力前後成分の後向きの力の増加と股関節伸展トルクのわずかな増加が見られた。関節力は関節トルクにより生じるため、この股関節力前後成分の増加は股関節伸展トルクの増加が関わっていると考えられる。Hoga et al. (2003) は回復期後半での負の股関節力パワーに股関節力前後成分が影響していることを明らかにし、回復期後半で回復脚における股関節の後向きの力を大きくすることによって、作用反作用の法則によって支持脚の股関節を前方へ加速させているとしている。また、これにより回復脚から支持脚への力学的エネルギーの流れが大きくなり、ストライドが大きくなる可能性を示唆している。このことから、A 選手も回復期後半における関節力前後成分の後向きの力を大きくすることによって負の関節力パワーを増加させ、それによって支持脚側への力学的エネルギーの伝達を大きくしていたと考えられる。一方で、45.5km では回復期後半での関節力前後成分の後向きの力の減少と股関節伸展トルクのわずかな減少が生じていた。これにより、負の関節力パワーの減少が生じ、支持脚への力学的エネルギーの伝達が小さくなったと考えられる。

V. まとめ

本研究の目的は、競歩種目を専門とする日本人男性競技者 1 名を対象に事例的に男子 50km 競歩レース中のペース変化とキネマティクスおよびキネティクスの変数を組み合わせて分析することで、ペース変化の要因を詳細に検討し、レース終盤でのペースの維持、漸増に関する知見を得ることで、今後の世界大会で活躍を続けるために有用な知見を得ること

であった。

レース後半の35-40kmにかけて仕事量を小さくしながらもペースが大きく上昇しており、ここでの歩行速度の増加はストライドの増加によるものであった。この要因としては回復期終盤において回復脚の股関節伸展トルクおよび股関節力前後成分の後向きの力を増加させることで回復脚股関節を通しての力学的エネルギーの伝達量を大きくし、反対脚の振り込みを大きくすることが関係していると考えられた。その一方で、レース終盤の40km過ぎからはペースが低下し、45-50kmはレース中最も遅いラップとなっており、ここではストライドの低下によって歩行速度も低下していた。この要因としては、回復期終盤における回復脚の股関節伸展トルクおよび股関節力前後成分の後向きの力が低下したことで回復脚股関節を通しての力学的エネルギーの伝達量が低下したことが関係していると考えられた。また、歩行速度の低下を抑えようとしたことで仕事量が増加したため力学的エネルギーの利用効率が悪くなり、その後大きな歩行速度の低下を招いたと考えられる。

これらの結果から、男子50km競歩レース終盤においてペースを維持、漸増させるためには回復期終盤における回復脚の股関節伸展トルクおよび股関節力前後成分の後向きの力をレース終盤においても維持、増加することが必要になると考えられる。股関節力は股関節伸展トルクによる影響を受けると考えられ、この伸展トルクの維持能力には、股関節および膝関節の屈曲・伸展に関わる筋の持久力が関与しているとされる(尾縣ほか, 2003)。また、競歩種目における高い歩行速度の獲得、維持には股関節と膝関節の伸展・屈曲筋群の力発揮が関係していることから(Hoga et al., 2003; 法元ほか, 2011)、競歩における高度な持久性のトレーニングの実施によって、下肢におけるそれらの筋群の出力を維持する能力を高め、レース終盤に股関節トルクの低下をいかに抑えるかあるいは増加させるかが世界大会で勝つ上で1つの鍵になると考えられる。

文献

阿江通良 (1996) 日本人幼少年およびアスリートの身体部分係数. *Japanese Journal of Sports Science*, 15, 155-162.

Bahamonde, R. E., and Stevens, R. R. (2006) Comparison of two methods of manual digitization on accuracy and time of

completion. in *Proceedings of the 24th International Symposium of Biomechanics in Sports*.

- Hanley, B. (2013) An analysis of pacing profiles of world-class racewalkers. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 8 : 435-441.
- Hanley, B., Bissas, A., and Drake, A. (2013) Kinematic characteristics of elite men's 50 km race walking. *European Journal of Sports Science*, 13 : 272-279.
- 平川武仁 (2012) 国際大会の50km競歩におけるペースの変化. *陸上競技研究*, 91 (4) : 33-40
- 法元康二 (1999) 競歩の歩行速度に影響を及ぼすバイオメカニクスの要因. 平成11年度筑波大学大学院修士論文.
- Hoga, K., Ae, M., Enomoto, Y., Yokozawa, T., and Fujii, N. (2003) Mechanical energy flow in recovery leg of elite race walkers. *Sports Biomechanics*, 2 : 1-13.
- 法元康二 (2010) 2000-2009年の世界大会男子50km競歩におけるレースペース分析. *月刊陸上競技*, 44 (12) : 176-177
- 法元康二・阿江通良・横澤俊治・藤井範久 (2011) 男子20km競歩のレース経過に伴う歩行速度と力学的エネルギーの流れの変化. *コーチング学研究*, 24 : 139-152.
- 木下まどか・藤井範久 (2015) テコンドーの前回し蹴りにおける力学的エネルギーフロー. *バイオメカニズム学会誌*, 39 : 37-46.
- 日本陸上競技連盟 (2019) 陸上競技ルールブック2019-2020年度版. ベースボール・マガジン社, pp. 347-353.
- 尾縣貢・鍋芳明・高本恵美・木越清信 (2003) 400m走中の下肢関節トルク持続能力と下肢の筋持久性との関係. *体力科学*, 52 : 455-464.
- Pierrynowski, M. R., Winter, D. A., and Norman, R. W. (1980) Transfer of mechanical energy within the total body and mechanical efficiency during treadmill walking. *Ergonomics*, 23 : 147-156.

2019年世界選手権ドーハ大会男子400mハードルのレース分析
—東京オリンピックへ向けた日本選手の課題考察—欠畑岳^{1) 2)} 彼末一之²⁾ 磯繁雄²⁾

1) 早稲田大学スポーツ科学研究科 2) 早稲田大学スポーツ科学学術院

Race analysis of men's 400 m hurdles at the IAAF World Championships Doha 2019
-Consideration of Japanese athletes' challenges toward the Tokyo Olympic Games-Gaku Kakehata^{1),2)} Kazuyuki Kanosue²⁾ Shigeo Iso²⁾

1) Graduate School of Sport Sciences, Waseda University

2) Faculty of Sport Sciences, Waseda University

1. 緒言

日本の男子400mハードル(以下、400H)は、1990年代後半から2000年代前半まで、世界大会で入賞を果たしてきた。世界選手権イエテボリ大会(1995年)で山崎一彦選手が7位、エドモントン大会(2001年)とヘルシンキ大会(2005年)で為末大選手が2度銅メダルを獲得している。近年は世界大会の決勝の舞台から遠ざかっている現状があるが、日本の歴代10傑までに現役選手は3名、11~20傑までには5名と選手層は厚く(表1)、これらの選手を中心に2020年東京オリンピック(以下、東京五輪)での活躍が期待される。日本陸上競技連盟は東京五輪に向け、同種目について3位入賞を目指した、メダルターゲット種目に定め強化を進めている。

近年の世界一流選手の動向に目を向けると、2018年にA. サンバ選手(カタール)が世界歴代3位となる46.98秒(以下、sec)をマークしたことを皮切りに、2019年にはK. ワーホルム選手(ノルウェー)が世界歴代2位の46.92sec、R. ベンジャミン選手(アメリカ)が歴代3位タイの46.98secをマークし400Hのレベルは急激に高まっているといえる。2019年の世界選手権ドーハ大会には、日本からは安部孝駿選手と豊田将樹選手が出場した。両選手ともに準決勝に進出し、安部選手は決勝進出まであと0.25secに迫った。

これまでに400Hのレース分析は多く行われている(森丘ら, 2000, 2005; Yasui et al, 1996; 安

井ら, 2008; Otsuka & Isaka, 2019)。Otsuka & Isaka (2019)は世界一流選手と日本選手を対象に、同一選手における複数のレース分析の結果から、高いパフォーマンスを発揮できたレースほど、レース後半のタイム(5台目からフィニッシュ)が短いことを報告している。これは、世界一流選手、日本選手に共通する特徴であり、400Hにおいて高いパフォーマンスを発揮するためには、レース後半のパフォーマンスが重要であることを指摘している。同様に、高いパフォーマンスが発揮されたのは、ピッチあるいはストライドによるものかを個人内で検討

表1. 男子400mハードルの日本歴代10傑と20傑にランクインしている現役選手のパーソナルベスト記録

| 順位 | 記録(sec) | 選手 | 達成年月日 |
|----|---------|------|-------------|
| 1 | 47.89 | 為末大 | 2001/8/10 |
| 2 | 47.93 | 成迫健児 | 2006/5/6 |
| 3 | 48.26 | 山崎一彦 | 1999/5/8 |
| 4 | 48.34 | 荻部俊二 | 1997/10/5 |
| 5 | 48.41 | 岸本鷹幸 | 2012/6/9 ★ |
| 6 | 48.62 | 野澤啓佑 | 2016/8/15 ★ |
| 7 | 48.64 | 斎藤嘉彦 | 1998/10/4 |
| 8 | 48.65 | 千葉佳裕 | 2001/5/20 |
| 9 | 48.66 | 吉形政衡 | 2005/9/19 |
| 10 | 48.68 | 安部孝駿 | 2018/5/3 ★ |
| 13 | 48.92 | 鍛冶木峻 | 2019/9/22 ★ |
| 15 | 49.03 | 小西勇太 | 2017/6/23 ★ |
| 17 | 49.05 | 豊田将樹 | 2019/6/29 ★ |
| 18 | 49.06 | 前野景 | 2017/6/23 ★ |
| 19 | 49.10 | 松下祐樹 | 2016/5/8 ★ |

★は現役選手(2019年現在)

した結果、一様の傾向はなくピッチやストライドの重要性は個人により様々であった。つまり、エリート選手は、パフォーマンスを最大化させるためのピッチやストライドの組合せを熟考してトレーニングに臨む必要があり、選手個人に応じた課題点や強化方針を探る必要がある。本研究は、2019年世界選手権ドーハ大会を対象に、世界一流選手と日本選手との比較を通じて2020年東京オリンピックにむけ日本選手の課題点を考察する。

2 方法

2-1. 対象者

2019年世界選手権ドーハ大会男子400Hにおいて準決勝に進出した選手23名を分析対象とした(準決勝において52.01 secを要したアロウオンル選手については外れ値とみなし分析対象から除外した)。対象者23名の2019年シーズンベスト記録(SB)の平均は 48.67 ± 0.73 secであった。そのうち決勝進出を果たした8名をファイナリスト群(SB: 47.99 ± 0.80 sec)、日本選手2名を除く準決勝敗退者13名をセミファイナリスト群(SB: 49.03 ± 0.33 sec)とした。また、ワールドアスレティクス(旧:国際陸上競技連盟)のオフィシャルサイトより23名分の各ラウンドにおける公式記録(sec)を取得しトータルタイム(sec)とした。さらに、直近の主要2大会(2016年リオ五輪と2017年ロンドン世界選手権)におけるトータルタイム(sec)を同様に取得した。

2-2. 撮影方法

2019年世界選手権ドーハ大会男子400Hにおける予選、準決勝、決勝レースについて、競技場最上段より1台のデジタルビデオカメラ(DMC-FZ300, Panasonic, Japan)を用い(フレームレート:60 Hz、シャッタースピード1000 Hz)、スタートピストルの閃光を撮影した後に、全選手の10台のハードルに対するリード脚の接地の瞬間が判別できるように追従撮影を実施した。

2-3. 解析方法と分析項目

撮影した動画をPCに取り込み、動画再生ソフトウェア(Quick Time Player, Apple, USA)を用い、スタートピストルの閃光の瞬間と各ハードルにおけるリード脚の接地の瞬間の時刻を読み取った。得られた時刻とトータルタイムを基に、各インターバルにおける分析項目を以下の通り求めた。なお、400H

のスタートから1台目のハードル通過後のリード脚接地までのインターバルをS-H1と定義した。同様に、1台目のリード脚が接地した地点から2台目ハードル直後の接地までのインターバルをH1-2と定義し、3台目以降も同様にH3-4...H9-10とし、10台目のハードルからフィニッシュまでのインターバルをH10-Fと定義した。

- ①インターバルタイム(sec):各インターバルのリード脚接地の時刻(sec) - 前のインターバルのリード脚接地の時刻(sec)とした。ただし、S-H1については、{H1のリード脚が接地した時刻(sec) - スタートピストルの閃光の瞬間の時刻(sec)}とし、H10-Fについては{トータルタイム(sec) - H10のハードルのリード脚接地の時刻(sec)}とした。
- ②前半タイム(sec):S-H5までに要した時間(sec)とした。
- ③後半タイム(sec):H5-Fまでに要した時間(sec)とした。
- ④歩数(step):各インターバルに要した歩数とした。

2-4. 統計処理

予選と準決勝におけるトータルタイム、前半タイム、後半タイムの差の比較には対応のあるt検定を用いた。準決勝におけるセミファイナリスト群とファイナリスト群のインターバルタイム、歩数それぞれの差の検定には、対応のない2要因(インターバル×群)の分散分析を行った。多重比較検定にはBonferroni法を用いた。統計量の算出には統計解析ソフトウェア(SPSS statistics ver.25, IBM, USA)を使用した。有意水準はすべて5%未満とした。

3. 結果と考察

各ラウンドにおけるトータルタイムとシーズンベスト

予選の平均トータルタイムは 49.67 ± 0.31 sec、トップ通過は49.08 sec、豊田選手のマークした50.34 secまでが準決勝進出ラインであった。準決勝の平均トータルタイムは 49.17 ± 0.65 secと予選と比較して有意に短縮され($p < 0.001$)、決勝進出ラインは48.72 secだった。安部選手は48.97 secをマークし組3着となったが、全体の10番目で決勝進出はならなかった。表3には、直近の世界選手権ロンドン大会における結果(3位:48.52 sec、決勝進出:48.66 sec)と前回のリオ五輪の結

表 2. 対象者 23 名の各ラウンドにおけるトータルタイム（前半+後半）と大会前までのパーソナルベストおよびシーズンベスト

| | Heat | | | Semi-Final | | | Final | | | | |
|-----------|-------|-------|-------|------------|----------|---------|-------|----------|-------|-------|----------|
| | PB | SB | S-H5 | H5-F | Total | S-H5 | H5-F | Total | S-H5 | H5-F | Total |
| R.ワーホルム | 46.92 | 46.92 | 21.38 | 27.89 | 49.27 | 20.60 | 27.68 | 48.28 | 20.57 | 26.85 | 47.42 |
| K.ベンジャミン | 46.98 | 46.98 | 21.61 | 28.01 | 49.62 | 21.23 | 27.29 | 48.52 | 20.80 | 26.86 | 47.66 |
| A.サンバ | 46.98 | 47.27 | 22.22 | 26.86 | 49.08 | 21.40 | 27.32 | 48.72 | 21.22 | 26.81 | 48.03 |
| L.ベラン | 48.30 | 48.30 | 21.43 | 28.06 | 49.49 | 21.03 | 28.07 | 49.10 | - | - | - |
| K.マクマスター | 47.54 | 48.33 | 20.88 | 28.72 | 49.60 | 21.20 | 27.20 | 48.40 | 20.64 | 27.46 | 48.10 SB |
| A.ドスサントス | 48.45 | 48.45 | 21.75 | 27.91 | 49.66 | 21.48 | 26.87 | 48.35 PB | 21.53 | 26.75 | 48.28 PB |
| Y.コペロ | 47.81 | 48.47 | 21.85 | 27.90 | 49.75 | 21.28 | 27.11 | 48.39 SB | 20.82 | 27.43 | 48.25 SB |
| T.J.ホームズ | 48.3 | 48.58 | 21.11 | 28.39 | 49.50 | 20.97 | 27.70 | 48.67 | 20.97 | 27.23 | 48.20 PB |
| A.ラティン | 48.66 | 48.66 | 21.69 | 28.03 | 49.72 | 21.73 | 27.47 | 49.20 | - | - | - |
| K.モウアト | 48.49 | 48.7 | 21.53 | 28.10 | 49.63 | 20.97 | 28.35 | 49.32 | - | - | - |
| 安部選手 | 48.68 | 48.80 | 21.57 | 27.68 | 49.25 | 21.32 | 27.65 | 48.97 | - | - | - |
| P.ドベク | 48.8 | 48.8 | 22.01 | 27.88 | 49.89 | 21.73 | 28.45 | 50.18 | - | - | - |
| 陳傑 | 48.92 | 48.92 | 21.38 | 28.57 | 49.95 | 21.27 | 28.73 | 50.00 | - | - | - |
| A.ラオウロウ | 48.62 | 48.95 | 21.57 | 27.97 | 49.54 | 20.93 | 27.74 | 48.67 NR | 20.85 | 28.61 | 49.46 |
| 豊田選手 | 49.05 | 49.05 | 22.23 | 28.11 | 50.34 | 21.70 | 28.60 | 50.30 | - | - | - |
| T.バー | 47.97 | 49.11 | 21.74 | 27.67 | 49.41 | 21.33 | 27.69 | 49.02 SB | - | - | - |
| J.マダリ | 49.13 | 49.13 | 22.03 | 27.59 | 49.62 | 21.73 | 27.98 | 49.71 | - | - | - |
| L.キャンベル | 49.14 | 49.24 | 21.38 | 28.82 | 50.20 | 21.02 | 28.98 | 50.00 | - | - | - |
| C.マカリスト | 49.28 | 49.28 | 22.03 | 27.70 | 49.73 | 21.83 | 27.36 | 49.18 PB | - | - | - |
| M.トアチ | 49.29 | 49.29 | 22.27 | 27.49 | 49.76 | 21.88 | 27.26 | 49.14 PB | - | - | - |
| F.ベガ | 49.32 | 49.32 | 21.95 | 28.00 | 49.95 | 21.62 | 28.34 | 49.96 | - | - | - |
| V.ミュラー | 49.36 | 49.36 | 21.88 | 28.27 | 50.15 | 21.45 | 28.52 | 49.97 | - | - | - |
| R.マギ | 48.4 | 49.54 | 21.87 | 27.47 | 49.34 SB | 21.77 | 27.16 | 48.93 SB | - | - | - |
| 平均記録(sec) | 48.45 | 48.67 | 21.71 | 27.96 | 49.67 | 21.37 * | 27.80 | 49.17 * | 20.92 | 27.25 | 48.18 |
| 標準偏差 | 0.77 | 0.73 | 0.36 | 0.43 | 0.31 | 0.35 | 0.60 | 0.65 | 0.32 | 0.62 | 0.60 |

SBはシーズンベスト、PBはパーソナルベスト、NRはナショナルレコードを示す。
* 予選と準決勝で有意差がある($p < 0.05$)

表 3. 男子 400H ドーハ世界選手権と直近の主要 2 大会における 3 位入賞ラインと決勝進出ライン

| | 3位入賞 | 決勝進出 |
|------------------------|-------|-------|
| ロンドン世界選手権 | 48.52 | 48.66 |
| リオ五輪 | 47.92 | 48.64 |
| ドーハ世界選手権 | 48.03 | 48.72 |
| 3大会の平均 (東京五輪の予想タイム) | 48.16 | 48.67 |

単位(sec)

果(3位: 47.92 sec、決勝進出: 48.64 sec)を示した。これら3大会の平均値を東京五輪の予想タイムとして仮定すると、東京五輪では準決勝で48.6 sec台をマークすることが決勝進出の目安となる。なお、日本歴代6-10傑が(48.62 ~ 48.68 sec)が48.6 sec台に相当する記録である。世界選手権ドーハ大会の準決勝では約3分の1に相当する7名の選手がパーソナルベスト(PB)やナショナルレコード(NR)、SBに相当する好記録をマークし、決勝では4名がタイムを短縮させていた(表2)。リオ五輪においても同様に準決勝で8名がPB、SB、NR相当の記録をマークし、着順通過者はPBが3名、SBが3名であった。準決勝は決勝に駒を進めるための重要なラウンドであるため、多くの選手が決勝

進出を目指し高いパフォーマンスを発揮しようと努めていたと考えられる。

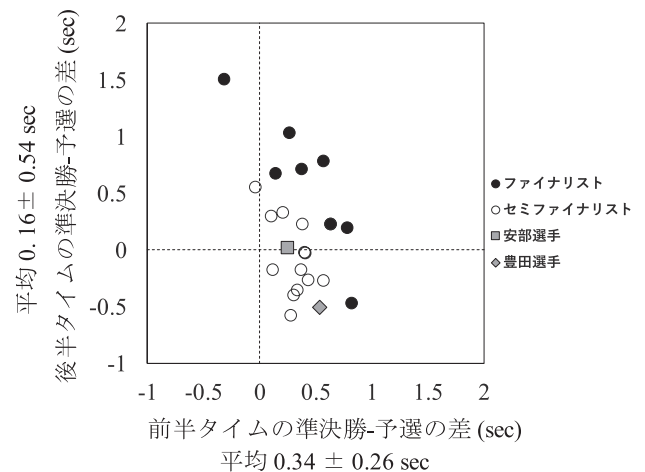


図 1. 前半タイムと後半のタイムの予選と準決勝の差

各ラウンドにおけるトータルタイムと前半タイム、後半タイムの違い

表 2 には各ラウンドにおける全対象者のSB、PB、前半タイム(S-H5までに要した時間)と後半タイム(H5-Fまでに要した時間)およびトータルタイムを示した。前半タイムおよびトータルタイムは、

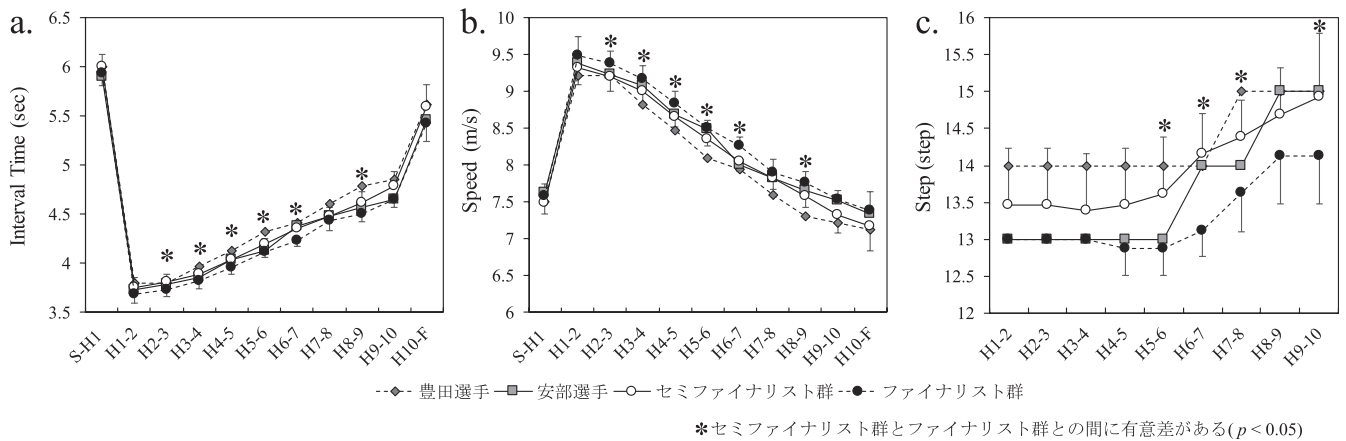


図2. 準決勝におけるインターバルタイム (a)、走速度 (b)、歩数 (c) の経時的変化

準決勝において有意に短縮された（前半タイム： $p < 0.001$ ，トータルタイム： $p < 0.001$ ）。一方、後半タイムに有意差はなかった（ $p = 0.180$ ）。また、前半タイムと後半タイムについて準決勝と予選とのタイム差をみると、前半タイム： 0.34 ± 0.26 sec、後半タイム： 0.16 ± 0.54 sec という結果を得た（図1）。準決勝で前半タイムを短縮した選手は23名中21名であったことから、準決勝では予選とは異なり多くの選手が前半からタイムを狙うレース展開に切り替えていたと考えられる。一方、後半タイムにおける予選と準決勝とのタイム差については個人差が大きく、後半タイムを短縮できた選手は12名（そのうち7名が決勝進出）で、残り11名は後半タイムを落とし、決勝進出を果たしたのはサンバ選手のみであった。両タイムともに短縮できた選手は10名で、安部選手（前半タイム： 0.25 sec，後半タイム： 0.03 sec）も同様であった。豊田選手（前半タイム： 0.53 sec，後半タイム： -0.49 sec）は準決勝で前半から積極的にレースを進めていたものの、後半タイムは予選より大きく低下していた。Otsuka & Isaka (2019) は、同一選手における複数の400Hのレース分析の結果、高いパフォーマンスを発揮できたレースでは後半タイムが短いことを報告しており、本研究の結果より準決勝で後半タイムを改善した選手12名のうち7名が決勝進出者であったことも考え合わせると、特に後半タイムが個人のパフォーマンスを高めるうえで重要になると考えられる。

インターバルタイム（走速度）の経時的変化と日本選手と世界一流選手との比較

図2には準決勝におけるインターバルタイム、インターバル走速度の経時的変化を示した。先行研究（森丘ら2000, 2005; 安井ら, 2008）と同様にイン

ターバル走速度はH1-2において最大値に達したあと漸減した（図2a, b）。競技レベルの高い選手は、H1-2におけるインターバル走速度が高いことが報告されているが（森丘ら2000, 2005; Yasui et al., 1996）、本研究ではファイナリスト群とセミファイナリスト群との間に有意差は認められなかった。この要因として、本研究は世界選手権の準決勝レースにおける数値を比較した結果であり、シーズンベストを対象として比較検討した先行研究とは異なる分析方法であることが一因として考えられる。

また、インターバルタイムは、H2-7およびH8-9においてファイナリスト群とセミファイナリスト群に有意差が認められた（H2-3: $p = 0.049$, H3-4: $p = 0.039$, H4-5: $p = 0.015$, H5-6: $p = 0.003$, H6-7: $p = 0.001$, H8-9: $p = 0.017$ ）。同様にインターバル走速度はH2-7およびH8-9において群間に有意差が認められた（H2-3: $p = 0.049$, H3-4: $p = 0.037$, H4-5: $p = 0.015$, H5-6: $p = 0.002$, H6-7: $p = 0.001$, H8-9: $p = 0.019$ ）。森丘ら(2000)は、世界一流選手のレース分析の結果、400Hのレース中盤にあたるH5-8区間に要したタイムがトータルタイムと強く相関したことから、レース中盤の走速度を高める（維持させる）ことの重要性を報告している。本研究も、中盤に相当するH5-7区間のインターバルタイムに有意な群間差が認められたことから、ファイナリスト群とセミファイナリスト群とのトータルタイムの差は主にレース中盤によるものが要因であったと考えられる。そもそも、陸上競技のトラック種目はタイムを争う種目であるため、いずれの局面においても高い走速度を獲得することが最も重要であることは言うまでもないが、インターバルタイムについて、日本選手2名も併せて比較すると、安部選手の場合は、H5-6まではファイナリスト群と遜色ないがH6-7で 0.14 sec、H8-9で 0.07

表 4. 準決勝におけるインターバルタイム（上段がファイナリスト群 8 名、中段がセミファイナリスト群 13 名、下段が日本選手 2 名）および決勝におけるインターバルタイムの一覧

| Semi-Final | S-H1 | H1-2 | H2-3 | H3-4 | H4-5 | H5-6 | H6-7 | H7-8 | H8-9 | H9-10 | H10-F | Total Time |
|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|------------|
| R.ワーホルム | 5.73 | 3.60 | 3.67 | 3.74 | 3.86 | 4.08 | 4.23 | 4.33 | 4.64 | 4.73 | 5.68 | 48.28 |
| A.ドスサントス | 6.12 | 3.72 | 3.84 | 3.83 | 3.98 | 4.07 | 4.20 | 4.37 | 4.52 | 4.60 | 5.12 | 48.35 |
| Y.コペロ | 5.97 | 3.69 | 3.80 | 3.86 | 3.97 | 4.12 | 4.20 | 4.42 | 4.38 | 4.67 | 5.32 | 48.39 |
| K.マクマスター | 5.88 | 3.88 | 3.75 | 3.78 | 3.90 | 4.05 | 4.18 | 4.43 | 4.50 | 4.62 | 5.42 | 48.40 |
| K.ベンジャミン | 5.82 | 3.65 | 3.77 | 3.93 | 4.07 | 4.14 | 4.18 | 4.32 | 4.44 | 4.61 | 5.60 | 48.52 |
| T.J.ホームズ | 5.90 | 3.59 | 3.69 | 3.77 | 4.02 | 4.19 | 4.29 | 4.60 | 4.54 | 4.79 | 5.29 | 48.67 |
| A.ラオウロウ | 6.05 | 3.62 | 3.63 | 3.73 | 3.90 | 4.12 | 4.33 | 4.52 | 4.58 | 4.63 | 5.56 | 48.67 |
| A.サンバ | 6.00 | 3.78 | 3.73 | 3.90 | 3.99 | 4.17 | 4.27 | 4.47 | 4.45 | 4.57 | 5.40 | 48.72 |
| ファイナリスト群平均 (n = 8) | 5.93 | 3.69 | 3.73 | 3.82 | 3.96 | 4.12 | 4.23 | 4.43 | 4.51 | 4.65 | 5.42 | 48.50 |
| 標準偏差 | 0.13 | 0.10 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.05 | 0.06 | 0.10 | 0.08 | 0.08 | 0.19 | 0.17 |
| R.マギ | 6.15 | 3.79 | 3.83 | 3.93 | 4.07 | 4.20 | 4.37 | 4.38 | 4.47 | 4.53 | 5.21 | 48.93 |
| T.バー | 5.87 | 3.75 | 3.82 | 3.87 | 4.03 | 4.13 | 4.38 | 4.43 | 4.55 | 4.68 | 5.50 | 49.02 |
| L.ペラン | 6.00 | 3.59 | 3.71 | 3.78 | 3.95 | 4.14 | 4.35 | 4.46 | 4.68 | 4.79 | 5.64 | 49.10 |
| M.トアチ | 6.20 | 3.84 | 3.88 | 3.88 | 4.08 | 4.18 | 4.22 | 4.35 | 4.48 | 4.65 | 5.37 | 49.14 |
| C.マカリスター | 6.13 | 3.83 | 3.88 | 3.92 | 4.06 | 4.19 | 4.32 | 4.47 | 4.52 | 4.62 | 5.25 | 49.18 |
| A.ラティン | 5.93 | 3.78 | 3.93 | 4.02 | 4.08 | 4.17 | 4.38 | 4.37 | 4.61 | 4.58 | 5.37 | 49.20 |
| K.モウァト | 5.93 | 3.64 | 3.68 | 3.80 | 3.92 | 4.18 | 4.28 | 4.49 | 4.62 | 4.88 | 5.90 | 49.32 |
| J.マダリ | 5.95 | 3.87 | 3.87 | 3.95 | 4.10 | 4.18 | 4.27 | 4.42 | 4.63 | 4.88 | 5.59 | 49.71 |
| F.ペガ | 5.93 | 3.85 | 3.86 | 3.98 | 4.00 | 4.18 | 4.40 | 4.48 | 4.67 | 4.90 | 5.71 | 49.96 |
| V.ミュラー | 6.08 | 3.75 | 3.73 | 3.83 | 4.05 | 4.16 | 4.44 | 4.62 | 4.70 | 4.87 | 5.74 | 49.97 |
| 陳傑 | - | - | 3.78 | 3.85 | 4.05 | 4.28 | 4.43 | 4.62 | 4.75 | 4.90 | - | 50.00 |
| L.キャンベル | 5.82 | 3.65 | 3.70 | 3.83 | 4.02 | 4.23 | 4.41 | 4.61 | 4.73 | 5.01 | 6.00 | 50.00 |
| P.ドベク | 6.08 | 3.76 | 3.83 | 3.92 | 4.15 | 4.26 | 4.33 | 4.48 | 4.63 | 4.95 | 5.80 | 50.18 |
| セミファイナリスト群平均 (n = 13) | 6.01 | 3.76 | 3.81 | 3.89 | 4.04 | 4.19 | 4.35 | 4.48 | 4.62 | 4.79 | 5.59 | 49.52 |
| 標準偏差 | 0.12 | 0.09 | 0.08 | 0.07 | 0.06 | 0.04 | 0.07 | 0.09 | 0.09 | 0.16 | 0.25 | 0.46 |
| 安部選手 | 5.90 | 3.73 | 3.79 | 3.86 | 4.03 | 4.13 | 4.38 | 4.48 | 4.58 | 4.65 | 5.45 | 48.97 |
| 豊田選手 | 6.00 | 3.80 | 3.80 | 3.97 | 4.13 | 4.33 | 4.41 | 4.61 | 4.79 | 4.85 | 5.62 | 50.3 |
| 全体平均 (n = 23) | 5.98 | 3.74 | 3.78 | 3.87 | 4.02 | 4.17 | 4.32 | 4.47 | 4.59 | 4.74 | 5.53 | 49.19 |
| 標準偏差 | 0.12 | 0.09 | 0.08 | 0.08 | 0.08 | 0.07 | 0.09 | 0.09 | 0.11 | 0.14 | 0.23 | 0.65 |
| Final | S-H1 | H1-2 | H2-3 | H3-4 | H4-5 | H5-6 | H6-7 | H7-8 | H8-9 | H9-10 | H10-F | Total Time |
| R.ワーホルム | 5.75 | 3.54 | 3.64 | 3.75 | 3.88 | 4.00 | 4.12 | 4.23 | 4.49 | 4.61 | 5.41 | 47.42 |
| K.ベンジャミン | 5.78 | 3.57 | 3.68 | 3.80 | 3.97 | 4.04 | 4.17 | 4.23 | 4.33 | 4.58 | 5.53 | 47.66 |
| A.サンバ | 5.97 | 3.68 | 3.75 | 3.87 | 3.95 | 4.07 | 4.23 | 4.33 | 4.45 | 4.50 | 5.23 | 48.03 |
| K.マクマスター | 5.75 | 3.58 | 3.69 | 3.76 | 3.86 | 4.03 | 4.18 | 4.40 | 4.47 | 4.77 | 5.62 | 48.10 |
| T.J.ホームズ | 6.00 | 3.63 | 3.73 | 3.72 | 3.88 | 4.10 | 4.28 | 4.42 | 4.72 | 4.62 | 5.10 | 48.20 |
| Y.コペロ | 5.87 | 3.63 | 3.67 | 3.77 | 3.88 | 4.02 | 4.24 | 4.42 | 4.48 | 4.77 | 5.52 | 48.25 |
| A.ドスサントス | 6.07 | 3.82 | 3.88 | 3.83 | 3.94 | 4.01 | 4.18 | 4.23 | 4.43 | 4.60 | 5.31 | 48.28 |
| A.ラオウロウ | 6.02 | 3.58 | 3.63 | 3.73 | 3.88 | 4.13 | 4.39 | 4.58 | 4.78 | 4.95 | 5.78 | 49.46 |
| ファイナリスト群平均 (n = 8) | 5.90 | 3.63 | 3.71 | 3.78 | 3.91 | 4.05 | 4.22 | 4.35 | 4.52 | 4.67 | 5.44 | 48.18 |
| 標準偏差 | 0.13 | 0.09 | 0.08 | 0.05 | 0.04 | 0.05 | 0.09 | 0.12 | 0.15 | 0.14 | 0.22 | 0.60 |

単位(sec) - は不可抗力により分析ができなかった区間を示す。

sec 差が開き、豊田選手の場合は、H4-5 以降において約 0.2 sec ずつファイナリスト群から後れを取り、セミファイナリスト群とは H7-9 におけるタイム差が大きかった（表 4）。

歩数の経時的変化

400H は 400m 走の基本的な走力 (Przednowek, 2017) に加えて、35m 間隔に設置されたハードルをクリアするためのハードリング技術、インターバル間をスムーズに走るためのピッチやストライドの調節すなわち歩数の切り替えが求められる。そのため、インターバル間の歩数選択は 400H の戦略を考慮するうえで重要な要因である。そこで、図 2c に準決勝における歩数の経時的変化を、表 5 には準決勝および決勝における各インターバルに要した歩数について示した。また、準決勝と決勝におけるすべての対象者のインターバルタイムと歩数の関係を図 3a に、各インターバルにおける歩数の人数を図 3b に

それぞれ示した。図 3b より、多くの選手が H4-5 までのインターバルにおいて 13 step をベースとし、H5-6 付近から徐々に増加させていくことがわかる。このことは、H5-8 において 74% の選手が歩数を切り替えていたという報告 (森丘ら, 2005) を支持する結果である。また、400m 走のレース後半は疲労の影響や運動中のエネルギー供給系が変化し走速度も低下していくため (Nummela et al., 1992; Hirvoen et al, 1992)、400H においても同様の理由で、レース後半では大きなストライド (少ない歩数) を維持させることが困難になり歩数を増やさざるを得なかったと推察される。

図 2c より、ファイナリスト群はセミファイナリスト群より有意に少ない歩数でレースを進めていた (H5-6: $p = 0.002$, H6-7: $p < 0.001$, H7-8: $p = 0.004$, H9-10: $p = 0.036$)。この結果は、森丘ら (2005) が報告しているように、47 ~ 49 sec 台の選手のレース分析の結果から、歩数を減らすこと

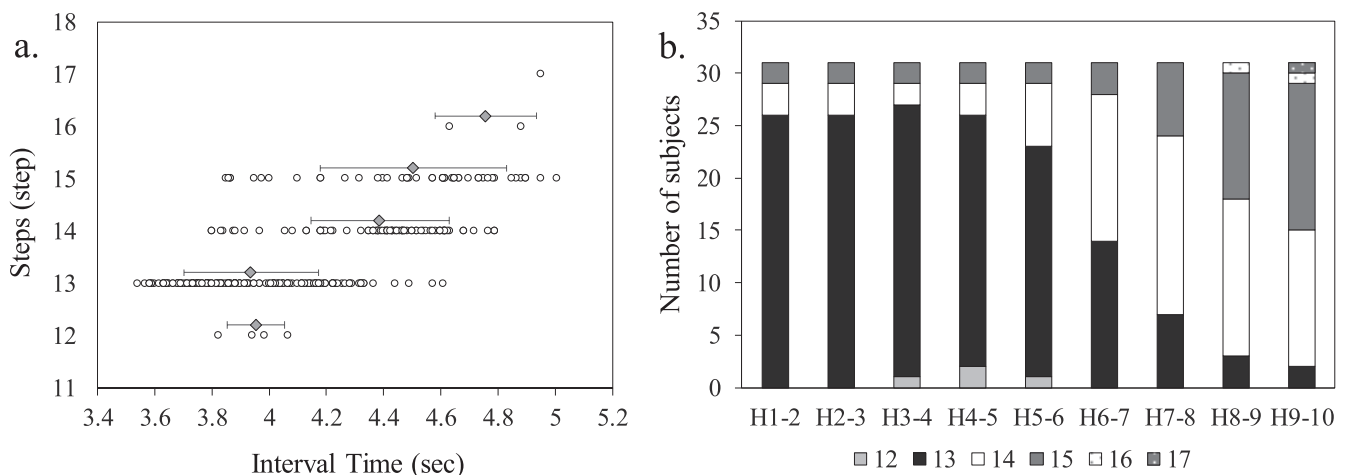


図 3. 準決勝と決勝におけるインターバルタイムと歩数の関係 (a) と各インターバルで選択した歩数の人数 (b)

がパフォーマンスの改善に有効である可能性を支持するものである。ただし、競技レベルが高くなるとインターバル間に要する歩数は 13 step が最小値となるため、競技レベルが高くなるほど歩数の差は小さくなることが指摘されている (森丘ら, 2005)。本研究では例外的に A. ドスサントス選手 (ブラジル) が 12 step で走っていたが (表 5)、ファイナリスト群はドスサントス選手以外のすべての選手が H5-6 まで 13 step を、セミファイナリスト群も多くの選手が H5-6 まで 13 step を選択し、14 step や 15 step を選択した選手はわずかであった。

インターバルタイムと歩数の関係とその個人差について

400H におけるインターバルの歩数選択はピッチとストライドに影響するため、インターバルタイムを含め個人に適切な歩数選択を考慮する必要がある。そこで、歩数とインターバルタイムの関係を図 3a に示した。13 step を選択した際のインターバルタイムの平均は 3.94 ± 0.23 sec、同様に 14 step を選択した際には 4.39 ± 0.24 sec、15 step では 4.50 ± 0.33 sec という結果から、全体平均で考えた場合、短いインターバルタイムは少ない歩数により達成されている関係にあると考えられる。実際、3.80 sec 以内のインターバルタイムはすべて 13 step により達成されており (図 3a)、加えてファイナリスト群の準決勝における平均のインターバルタイムが、H1-4 まで $3.69 \pm 0.10 \sim 3.82 \pm 0.07$ sec であることから (表 4)、ファイナル進出のためには H1-4 までを 3.80 sec 以内で通過することが一つの目安になると考えられる。したがって、3.80 sec 以内のインターバルタイムを実現するためには

ファイナリスト群の多くが採用している 13 step を扱う戦略が必要となる可能性が考えられる。

ただし、400H において幅広い競技レベルの対象者を分析した結果から「歩数を減らすこと」はパフォーマンスを向上させる要因であると考えられているものの、その一方で競技レベルが高い対象者内 (48.34 sec \sim 49.90 sec) で考慮した際には、歩数とパフォーマンスの関係はみられないことも報告されている (安井ら, 2008)。本研究も世界選手権の準決勝を対象にしていることから、競技レベルが近い対象者による結果とみなすことができるため、歩数の違いが直接的にパフォーマンスの違いを生じさせる要因かどうか、その解釈には注意が必要である。例えば、これまでの短距離走に関する研究においても、走速度を最大化させるためのピッチおよびストライドの組合せは選手個人により異なることが示されているように (Kakehata et al., 2020; Salo et al., 2011)、400H も同様にその個人に応じた適切なピッチとストライドの優位性が存在する (Otsuka & Isaka 2019)。本研究においても、選手個人で様々な歩数選択の戦略が読み取れた。

例えば、7 位入賞のドスサントス選手は準決勝で H1-4 までを 13 step、H4-6 を 12 step で走り、その後 H6-8 を 13 step に戻し、それ以降を 14 step で走るという他選手には見られない特異的な歩数選択をしていた (表 5)。H4-6 は直走路に相当し、曲走路よりも高い走速度を獲得しやすい局面であると考えられ、ドスサントス選手にとって走速度を最大化させるための最適な歩数 (ピッチとストライドの組合せ) が 12 step だったと推察される。さらにドスサントス選手は 12 step を扱うインターバルを準決勝と決勝で変化させていた。また、6 名の選手が

表 5. 準決勝における歩数（上段がファイナリスト群 8 名、中段がセミファイナリスト群 13 名、下段が日本選手 2 名）および決勝における歩数の一覧

| Semi-Final | H1-2 | H2-3 | H3-4 | H4-5 | H5-6 | H6-7 | H7-8 | H8-9 | H9-10 |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| R.ワーホルム | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 15 | 15 |
| A.ドスサントス | 13 | 13 | 13 | 12 | 12 | 13 | 13 | 14 | 14 |
| Y.コペロ | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 14 | 14 | 15 | 15 |
| K.マクマスター | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 14 | 14 | 14 |
| K.ベンジャミン | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 |
| T.J.ホームズ | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 14 | 14 | 14 |
| A.ラオウロウ | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 14 | 14 | 14 |
| A.サンバ | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 14 | 14 | 14 |
| ファイナリスト群平均 (n=8) | 13.0 | 13.0 | 13.0 | 12.9 | 12.9 | 13.1 | 13.6 | 14.1 | 14.1 |
| 標準偏差 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.6 |
| R.マギ | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 14 | 14 | 14 | 14 |
| T.バー | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 14 | 14 | 14 | 14 |
| L.ベラン | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 14 | 14 | 14 | 14 |
| M.トアチ | 14 | 14 | 13 | 14 | 14 | 14 | 14 | 15 | 15 |
| C.マカリスト | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| A.ラティン | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 14 | 14 | 14 | 14 |
| K.モウアト | 13 | 13 | 13 | 13 | 14 | 14 | 15 | 15 | 15 |
| J.マダリ | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 16 | 16 |
| F.ベガ | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| V.ミュラー | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 14 | 14 | 15 | 15 |
| 陳傑 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 14 | 14 | 15 | 15 |
| L.キャンベル | 13 | 13 | 13 | 13 | 14 | 14 | 15 | 15 | 15 |
| P.ドベク | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 14 | 14 | 17 |
| セミファイナリスト群平均 (n=13) | 13.5 | 13.5 | 13.4 | 13.5 | 13.6 | 14.2 | 14.4 | 14.7 | 14.9 |
| 標準偏差 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.6 | 0.5 | 0.6 | 0.9 |
| 安部選手 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 14 | 14 | 15 | 15 |
| 豊田選手 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 15 | 15 | 15 |
| 全体平均 (n=23) | 13.3 | 13.3 | 13.3 | 13.3 | 13.4 | 13.8 | 14.1 | 14.5 | 14.7 |
| 標準偏差 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.6 | 0.7 | 0.8 |
| Final | H1-2 | H2-3 | H3-4 | H4-5 | H5-6 | H6-7 | H7-8 | H8-9 | H9-10 |
| R.ワーホルム | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 15 |
| K.ベンジャミン | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 |
| A.サンバ | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 14 | 14 |
| K.マクマスター | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 14 | 14 | 14 | 14 |
| T.J.ホームズ | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 14 | 14 | 14 |
| Y.コペロ | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 14 | 14 | 15 |
| A.ドスサントス | 13 | 13 | 12 | 12 | 13 | 13 | 13 | 14 | 14 |
| A.ラオウロウ | 13 | 13 | 13 | 13 | 14 | 14 | 15 | 15 | 15 |
| ファイナリスト群平均 (n=8) | 13.0 | 13.0 | 12.9 | 12.9 | 13.1 | 13.3 | 13.6 | 13.9 | 14.3 |
| 標準偏差 | 0.0 | 0.0 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.5 | 0.7 | 0.6 | 0.7 |

単位(step)

準決勝と決勝とで扱う歩数を変化させていたことから、世界一流選手はラウンドに応じて歩数を柔軟に変化させることで、インターバルタイムを調節させていた可能性が考えられる。反対に、準決勝における F. ベガ選手（メキシコ）と準決勝と決勝における K. ベンジャミン選手（アメリカ）は歩数の切り替えをせず、レース全体を通じて同じインターバル歩数であった。また、インターバル歩数が偶数となる場合、リード脚は直前のインターバルと反対脚となるため逆脚でのハードリングが強いられる。そのため、逆脚によるハードリングが不得意な選手は 13 step から 14 step を経ずに 15 step を選択していた可能性も考えられたが、そのような戦略を取っていたと考えられるのは、優勝したワーホルム選手、

唯一であった（表 5）。

日本選手 2 名について示すと、安部選手の場合、H1-6 までを 13 step、H6-8 では 14 step、H8-10 において 15 step を選択し、豊田選手の場合、H1-7 までを 14 step、H7-10 は 15 step を選択していた。本研究の結果から、ファイナリスト群はセミファイナリスト群より有意に少ない歩数選択をしており（図 2c）、さらに 3.80 sec 以内のインターバルタイムを達成するためには 13 step が必要であることが示唆されることから（図 3a）、レース序盤は従来の 14 step でなく 13 step とすることや、H5-6 以降に少ない歩数選択をすることも視野に入れた戦略が有効である可能性がある。ただし、安部選手、豊田選手に最適な歩数については本研究の結果だけで結論

付けることは不可能である。本研究の結果から、レース中に歩数の切換えを行わなかった選手、レース途中で12 stepを選択した選手、逆脚を使わないような歩数選択をした選手、ラウンドごとに柔軟に歩数を変化させた選手など様々な戦略が存在することが確認された。そのため、単に歩数を少なくすることが重要ではなく、まず目標となるトータルタイムから各インターバルの目標タイムを設定し、その目標タイムで走るために必要となる歩数を、個人に最適なピッチとストライドの関係を考慮しながら決定すべきといえる。

4. まとめ

本研究は、2019年世界選手権の男子400mハードルを対象に、世界一流選手のレースパターンの解明と、日本選手2名の比較を通して2020年東京五輪にむけ日本選手が世界の決勝の舞台で入賞を果たすための課題を考察することを目的とした。しかし、本研究の結果は単一のレース分析の結果であり、世界一流選手と日本選手との違いをすべて日本選手の課題として断言できるものではない。本研究で得られた知見は以下の通りである。

- ・本研究の結果と直近の主要大会の傾向から、決勝進出ラインは48.6 sec台がおおよその目標であると考えられる。
- ・インターバルタイムとインターバル走速度はH2-7およびH8-9においてファイナリスト群とセミファイナリスト群に有意差が認められた。安部選手の場合、H6-7で0.14 sec、H8-9で0.07 sec差が開き、豊田選手の場合、H4-5以降において約0.2 secずつファイナリスト群から後れを取り、セミファイナリスト群とはH7-9における差が大きかった。
- ・H5-8およびH9-10において、ファイナリスト群はセミファイナリスト群より有意に少ない歩数を選択しており、3.80 sec以内のインターバルタイムはすべて13 stepにより達成されていたことからレース序盤では13 stepを採用した戦略が有効である可能性がある。ただし、歩数選択を考慮する際には、選手個人に最適なピッチとストライドの組合せが存在することに留意する必要がある。

参考文献

Hirvonen J, Nummela A, Rusko H, Rehnunen S, &

Härkönen M. (1992) Fatigue and changes of ATP, creatine phosphate, and lactate during the 400-m sprint. *Can J Sport Sci.* 17(2): 141-144.

Kakehata, G., Kobayashi, K., Matsuo, A., Kanosue, K., & Iso, S. (2020). Relationship between subjective effort and kinematics/kinetics in the 50 m sprint. *Journal of Human Sport and Exercise*, 15(1): 52-66. doi:10.14198/jhse.2020.151.06

森丘保典, 杉田正明, 松尾彰文, 岡田英孝, 阿江通良, 小林寛道 (2000) 陸上競技男子400mハードル走における速度変化特性と記録との関係: 内外一流選手のレースパターンの分析から. *体育学研究*. 45: 414-421.

森丘保典, 榎本靖士, 杉田正明, 松尾彰文, 阿江通良, 小林寛道 (2005) 陸上競技400mハードル走における一流男子選手のレースパターン分析. *バイオメカニクス研究*. 9(4), 196-204.

Nummela A, Vuorimaa, Rusko H. (1992) Changes in force production, blood lactate and EMG activity in the 400-m sprint. *J Sports Sci.* 10(3): 217-228.

Otsuka M, Isaka T. (2019) Intra-athlete and inter-group comparisons: Running pace and step characteristics of elite athletes in the 400-m hurdles. *PLoS ONE* 14(3) e0204185.

Przednowek K, Iskra J, Wiktorowicz K, Krzeszowski T, Maszczyk A. (2017) Planning training loads for the 400 m hurdles in three-month mesocycles using artificial neural networks. *J Hum Kinet.* 60. 175-189.

Salo AIT, Bezodis IN, Batterham AM, Kerwin DG. (2011) Elite sprinting: are athletes individually step-frequency or step-length reliant? *Med Sci Sports Exerc.* 43(6): 1055-1062.

Yasui T, Aoyama K, Ogiso K, Asaba K, Ogura Y. (1996) The study of the model interval time in 400m hurdle race for men. In: Abrantes JMCS, editor. *Proceedings 14th International Symposium of Biomechanics in Sports*; pp. 77-81.

安井年文, 本道慎吾, 高島瑠衣, 青山清英, 一川大輔, 遠藤俊典 (2008) 400 mハードル走におけるパフォーマンスレベルによるレース分析について. *陸上競技研究*. 75(4):12-21.

日本陸連科学委員会研究報告 第18巻 (2019)
陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2019

序 文

2019年度における科学委員会の主な活動は、1. U20/U18選手含むパフォーマンス分析サポート（競技会や合宿などでのパフォーマンス・コンディション分析、データフィードバックなど）、2. アジア選手権、世界選手権での科学的支援活動、3. 東京2020、ポスト2020に向けた活動およびジュニア選手に関する活動（タレントトランスファー、インターハイ、U18, 20選手権でのパフォーマンス分析、アンケート調査など）、4. マラソン・競歩の暑さ対策に関する調査研究・支援活動（マラソン夏季研修合宿、競技会や合宿帯同支援など）、5. 科学的データ普及支援（研修会やセミナー開催）などであった。

本委員会では、これまでブロック毎に主担当を配置し、強化委員会と連携しながら支援活動を実施してきたが、2017年4月以降は新強化体制のターゲット種目設定に伴い、そのターゲット種目毎に担当者を配置し、強化現場のニーズをきめ細かく汲み取る体制にシフトチェンジした。その成果として、強化現場とのスピード感のある双方向のやり取りによってパフォーマンスや暑熱対策及びコンディショニングにおけるバイオメカニクス、運動生理学などの諸科学データやエビデンスに基づく支援や外的要因である気象情報、海外情報等の収集活動も加えた諸活動を行ってきている。

本書では主として2019年度に実施した上記の活動内容を報告というかたちで主担当が中心となってまとめたものであり、本年度は25編（昨年度30編）を掲載することができた。その分野ごとの内訳は、短・中距離5本、リレー3本、ハードル2本、跳躍3本、投擲2本、混成1本、マラソン1本、競歩2本、調査（インターハイ、気象）3本、U20体力測定2本、気象情報1本となっていることから、広範囲かつ多岐にわたる科学的支援・調査活動が展開されていることがうかがい知れる。

これらはこれまでと同様にいずれも今後役に立つデータとして集積され活用されていくであろう。引き続き、強化現場のニーズに密着しながら個別的、実践的なデータ収集と即時的フィードバックに重点を置いた活動とともにトップからジュニア選手までを対象とした調査研究活動を展開していく予定である。

本活動報告書が選手の育成・強化に関わる全ての方々に資する貴重な情報となることを願ってやまない。今後も強化委員会、普及育成委員会並びに医事委員会等関連の委員会の先生方と緊密な連携を図りながら、東京オリンピックとその後に向けた選手強化・育成支援活動をより一層、充実させていく予定である。

最後になりましたが、科学委員会の活動に多大なご協力をいただいた関係各位に深く感謝申し上げます次第です。

科学委員会委員長
杉田正明

2019年度 科学委員会メンバー

| | |
|-------|---------------------|
| 杉田 正明 | 日本体育大学 |
| 高松 潤二 | 流通経済大学 |
| 持田 尚 | 帝京科学大学 |
| 森丘 保典 | 日本大学 |
| 松林 武生 | 国立スポーツ科学センター |
| 三浦 康二 | 独立行政法人日本スポーツ振興センター |
| 浅田佳津雄 | 株式会社ウェザーニューズ |
| 石橋 彩 | 国立スポーツ科学センター |
| 上地 勝 | 茨城大学 |
| 榎本 靖士 | 筑波大学 |
| 大沼 勇人 | 関西福祉大学 |
| 岡崎 和伸 | 大阪市立大学 |
| 奥野 真由 | 久留米大学 |
| 苅山 靖 | 山梨学院大学 |
| 貴嶋 孝太 | 大阪体育大学 |
| 久保田 潤 | 独立行政法人日本スポーツ振興センター |
| 小林 海 | 東京経済大学 |
| 小山 宏之 | 京都教育大学 |
| 佐伯 徹郎 | 日本女子体育大学 |
| 酒井 健介 | 城西国際大学 |
| 柴山 一仁 | 仙台大学 |
| 清水 悠 | 島根大学 |
| 杉本和那美 | 弘前大学 |
| 鈴木 岳 | 株式会社 R-body project |
| 須永美歌子 | 日本体育大学 |
| 田内 健二 | 中京大学 |
| 高橋 恭平 | 熊本高等専門学校 |
| 丹治 史弥 | 東海大学 |
| 塚田 卓巳 | 愛知淑徳大学 |
| 禰屋 光男 | びわこ成蹊スポーツ大学 |
| 橋本 峻 | 日本体育大学 |
| 広川龍太郎 | 東海大学 |
| 松生 香里 | 川崎医療福祉大学 |
| 真鍋 知宏 | 慶應義塾大学スポーツ医学研究センター |
| 村上 雅俊 | 大阪産業大学 |
| 森 健一 | 武蔵大学 |
| 柳谷登志雄 | 順天堂大学 |
| 山口 太一 | 酪農学園大学 |
| 山中 亮 | 新潟食料農業大学 |
| 山本 宏明 | 北里大学メディカルセンター |
| 渡辺 圭佑 | 独立行政法人日本スポーツ振興センター |
| 渡邊 將司 | 茨城大学 |
| 綿谷 貴志 | 光星学院八戸学院大学 |

※所属は2020年3月現在

日本陸連科学委員会研究報告 第18巻 (2019)
陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2019 目次

| | |
|--|-----|
| 2019 年度主要競技会における男子 100m のレース分析 | 131 |
| 大沼勇人, 小林海, 松林武生, 高橋恭平, 山中亮, 渡辺圭佑, 綿谷貴志, 広川龍太郎 | |
| 世界・アジア・日本における女子 100m 一流スプリンターの走パフォーマンス分析 | 138 |
| 高橋恭平, 広川龍太郎, 渡辺圭佑, 小林海, 大沼勇人, 松林武生, 山中亮 | |
| 一流 200m 選手のレース分析 | 148 |
| ー 2019 年シーズンの国内外主要競技会に着目してー | |
| 高橋恭平, 広川龍太郎, 小林海, 山中亮, 大沼勇人, 松林武生, 渡辺圭佑 | |
| 2019 年度競技会における男女 400m のレース分析 | 158 |
| 山中亮, 小林海, 高橋恭平, 松林武生, 渡辺圭佑, 大沼勇人, 綿谷貴志, 山本真帆, 広川龍太郎 | |
| クレイ・アーロン・竜波選手の記録向上とレースパターンの変化 | 168 |
| 榎本靖士, 中村康宏, 丹治史弥 | |
| 日本代表男女 4 × 100m リレーのバイオメカニクスサポート | 172 |
| ～ 2019 年の国際大会における日本代表リレーチームの分析結果について～ | |
| 小林海, 高橋恭平, 大沼勇人, 山中亮, 渡辺圭祐, 松林武生, 広川龍太郎, 土江寛裕 | |
| 2019 年シーズンにおける男子 4 × 400m リレーのレース分析 | 181 |
| ～横浜世界リレーとドーハ世界選手権の分析結果について～ | |
| 小林海, 山中亮, 大沼勇人, 高橋恭平, 渡辺圭祐, 山本真帆, 松林武生, 広川龍太郎, 山村貴彦 | |
| 2019 年度主要競技会における男女混合 4 × 400m のレース分析 | 191 |
| 大沼勇人, 小林海, 松林武生, 高橋恭平, 山中亮, 渡辺圭佑, 綿谷貴志, 広川龍太郎 | |
| 国内外一流女子 100m ハードルのレース分析 | 198 |
| ー 2019 シーズンの主要競技会についてー | |
| 貴嶋孝太, 柴山一仁, 杉本和那美, 森丘保典, 岩崎領, 前村公彦, 金子公宏 | |
| 2019 年シーズンにおける男子 110m ハードル走のレース分析 | 215 |
| 柴山一仁, 貴嶋孝太, 杉本和那美, 森丘保典, 岩崎領, 櫻井健一, 荻部俊二, 金子公宏, 谷川聡 | |

| | |
|---|-----|
| マラソングランドチャンピオンシップ (MGC) における測定について | 227 |
| 杉田正明, 橋本峻, 河村亜希, 岡崎和伸 | |
| 2018 年度および 2019 年度初頭国内主要競歩レースにおける世界・国内一流競技者の . . . | 231 |
| 下肢および体幹関節トルクの分析 | |
| 三浦康二, 佐藤高嶺, 奥野哲弥 | |
| 2019 年主要競技会における国内男子走幅跳選手の | 238 |
| 助走最高スピード, 踏切前の接地位置と記録の関係 | |
| 小山宏之, 柴田篤志, 清水悠, 荻山靖, 広川龍太郎 | |
| 第 17 回世界陸上競技選手権大会における跳躍種目のパフォーマンス分析 | 243 |
| ～男子棒高跳, 男子走幅跳, 男女三段跳について～ | |
| 小山宏之, 荻山靖, 広川龍太郎 | |
| 日本トップレベルの女子走高跳競技者における踏切動作のキネマティクスの特徴 | 251 |
| 柴田篤志, 杉浦澄美, 荻山靖, 清水悠, 奥野哲弥, 澤田尚吾, 小山宏之 | |
| 国内女子砲丸投選手における世代別の投てき動作の特徴 | 257 |
| —日本選手権と U20・U18 日本選手権の比較— | |
| 加藤忠彦, 瀧川寛子, 野中愛里, 前田奎, 山本大輔, 塚田卓巳, 村上雅俊 | |
| 堤選手における円盤投動作の特徴 | 261 |
| — 61.64m と 53.15m の比較— | |
| 山本大輔, 村上雅俊, 塚田卓巳, 加藤忠彦, 瀧川寛子 | |
| 十種競技選手の走幅跳助走速度と 100m レース最高走速度との関係 | 265 |
| —日本人選手と海外選手との比較— | |
| 松林武生, 小山宏之, 荻山靖, 山本真帆, 吉本隆哉, 大沼勇人, 岩崎領 | |
| ドーハ世界陸上における環境調査 | 268 |
| 橋本峻, 杉田正明, 三浦康二, 岡崎和伸 | |
| 2019 年夏における気象観測に関して | 271 |
| 浅田佳津雄, 堀内恒治, 杉田正明 | |
| U20 オリンピック育成競技者におけるフィットネス水準 | 276 |
| —フィールドテストによる体力評価— | |
| 荻山靖, 松林武生, 大橋祐二, 佐伯徹郎, 柴山一仁, 榎本靖士, 杉井将彦, 小松隆志, 高橋直之, 丸小野仁之, 雪下良治, 岩崎万知, 赤井裕明, 船津哲史, 松尾大介, 宮成康蔵, 豊里健, 高島恵子 | |

| | |
|---|-----|
| U20 オリンピック育成競技者長距離選手体力測定結果 | 286 |
| 丹治史弥, 榎本靖士, 柴田篤志 | |
| 2019 年全国高等学校総合体育大会入賞選手を対象としたアンケート調査 | 289 |
| —食生活とコンディションの関連性について— | |
| 須永美歌子, 貴嶋孝太, 森丘保典, 真鍋知宏, 山本宏明, 酒井健介, 杉田正明 | |
| 2019 年全国高等学校総合体育大会入賞選手を対象としたアンケート調査 | 294 |
| —相対的年齢効果や運動・スポーツ歴に注目して— | |
| 渡邊將司, 上地勝, 森丘保典, 須永美歌子, 貴嶋孝太, 真鍋知宏, 山本宏明, 酒井健介, 杉田正明 | |
| 2019 年全国高等学校総合体育大会入賞選手を対象としたアンケート調査 | 298 |
| —ストレス対処能力 SOC について— | |
| 山本宏明, 須永美歌子, 貴嶋孝太, 森丘保典, 真鍋知宏, 酒井健介, 杉田正明 | |

2019年度主要競技会における男子100mのレース分析

大沼 勇人¹⁾ 小林 海²⁾ 松林武生³⁾ 高橋恭平⁴⁾ 山中 亮⁵⁾ 渡辺圭佑⁶⁾ 綿谷貴志⁷⁾
広川龍太郎⁸⁾

1) 関西福祉大学 2) 東京経済大学 3) 国立スポーツ科学センター 4) 鹿児島大学
5) 新潟食料農業大学 6) 日本スポーツ振興センター 7) 八戸学院大学 8) 東海大学

1. はじめに

2019年シーズンは、サニブラウンハキーム選手(フロリダ大)が全米大学選手権で9.97秒を、小池祐貴選手(住友電工)がLondon Diamond Leagueで9.98秒をそれぞれ記録し、2017年にはじめて9.98秒を記録した桐生祥秀選手(日本生命)と合わせて3人の9秒台選手が誕生したシーズンとなった。また、上述の3選手は9月にカタールのドーハで行われた第17回世界陸上競技選手権大会(ドーハ世界選手権)において、全員が準決勝に進出しており、日本の短距離界を牽引する活躍を遂げたシーズンとなった。また、川上拓也選手(大阪ガス)が室内ツアーバーミンガム大会で6.54秒、サニブラウン選手がNCAA室内陸上競技選手権大会で6.54秒をそれぞれ記録し、60m走の室内日本記録を樹立するといった2019年シーズン序盤から日本人選手のレベルの高さを証明するシーズンであったといえる。

(公財)日本陸上競技連盟科学委員会はこれまでに国内外で行われた主要大会における100mレースについて、走速度やピッチ、ストライドに関するデータ測定を行ってきた。これらの結果は同強化委員会を通じてコーチや選手にもフィードバックされ、競技力向上の一助となる役割を果たしてきた。本報告では、2019年シーズンに科学委員会が測定を実施した国内外の対象競技会における100mのレース分析結果について報告する。

2. 方法

2-1. 対象競技会

- ・吉岡隆徳記念第73回出雲陸上競技大会(4月20-21日, 島根)(以下, 「出雲陸上」)
- ・2019年アジア選手権大会(4月19-24日, カター

ル・ドーハ)(以下, 「アジア選手権」)

- ・第53回織田幹雄記念国際陸上競技大会(4月27-28日, 広島)(以下, 「織田記念」)
- ・第6回木南道孝記念陸上競技大会(5月6日, 大阪)(以下, 「木南記念」)
- ・セイコーゴールデンングランプリ陸上2019(5月19日, 大阪)(以下, 「GGP」)
- ・布勢スプリント2019(6月2日, 鳥取)(以下, 「布勢スプリント」)
- ・第103回日本陸上競技選手権大会(6月27-30日, 福岡)(以下, 「日本選手権」)
- ・2019 IAAFダイヤモンドリーグ・ロンドン大会(7月20-21日, イギリス・ロンドン)(以下, 「DL London」)
- ・2019富士北麓ワールドトライアル(9月1日, 山梨)(以下, 「富士北麓競技会」)
- ・2019世界陸上競技選手権大会(9月27日-10月6日, カタール・ドーハ)(以下, 「世界選手権」)

2-2. 対象選手

対象選手は、上記競技会に出場した国内選手17名(計83レース)および世界選手権に出場した海外選手13名(計25レース)であった。

2-3. 撮影方法

100m走の撮影には6台のハイスピードデジタルビデオカメラ(LumixDMC-FZ300, Panasonic, JAPAN)を用い、スタンドから各校正地点(110mハードル1台目, 100mハードル1, 3, 5, 7, 9台目のグラウンドマーク)の延長線上に測定者を配置し、各校正地点が画角に収まるように撮影を行った。撮影のサンプリングレートは、239.76fpsに設定し、測定はスタート時のスターターの閃光を撮影した後、全選手がフィニッシュラインを通過するまで、カメラをパ

表1 2019年度分析対象者におけるレース分析結果

| 氏名 | 大会 | 風[m] | 記録[s] | 最高走速度 [m/s] | 最高走速度 到達地点[m] | 走速度 低下率[%] | ピッチ [step/s] | ストライド長 [m/step] |
|---------------------------|---------------|------|-------|----------------|------------------|---------------|-----------------|--------------------|
| Christian COLEMAN (USA) | 世界陸上 | 0.6 | 9.76 | 11.92 | 50-60 | -5.12 | 5.07 | 2.35 |
| Justin GATLIN (USA) | 世界陸上 | 0.6 | 9.89 | 11.71 | 60-70 | -3.62 | 4.61 | 2.54 |
| Andre DE GRASSE (CAN) | 世界陸上 | 0.6 | 9.90 | 11.86 | 60-70 | -3.33 | 4.94 | 2.40 |
| Akani SIMBINE (RSA) | 世界陸上 | 0.6 | 9.93 | 11.73 | 60-70 | -4.27 | 5.16 | 2.28 |
| 小池祐貴 (住友電工) | DL London | 0.5 | 9.98 | 11.58 | 50-60 | -3.19 | 5.43 | 2.13 |
| 桐生 祥秀 (日本生命) | GGP | 1.7 | 10.01 | 11.61 | 50-60 | -5.92 | 5.00 | 2.33 |
| サニブラウン アブデルハキーム (フロリダ大学) | 日本選手権 | -0.3 | 10.02 | 11.57 | 50-60 | -4.72 | 4.63 | 2.50 |
| Zharnel HUGHES (GBR) | 世界陸上 | 0.6 | 10.03 | 11.74 | 60-70 | -7.29 | 4.75 | 2.47 |
| ZOHRI Lalu Muhammad (INA) | GGP | 1.7 | 10.03 | 11.59 | 50-60 | -4.85 | 4.55 | 2.55 |
| 山縣 亮太 (セイコー) | GGP | 1.7 | 10.11 | 11.49 | 50-60 | -5.59 | 4.92 | 2.34 |
| BURRELL Cameron (USA) | GGP | 1.7 | 10.12 | 11.48 | 50-60 | -7.10 | 4.94 | 2.32 |
| 多田 修平 (住友電工) | GGP | 1.7 | 10.12 | 11.46 | 50-60 | -7.54 | 5.02 | 2.28 |
| Zhenye XIE (CHN) | 世界陸上 | -0.1 | 10.14 | 11.50 | 50-60 | -6.07 | 5.05 | 2.28 |
| WU Zhiqiang (CHN) | アジア選手権 | 1.5 | 10.18 | 11.28 | 50-60 | -3.39 | 4.92 | 2.29 |
| 白石黄良々 (セレスポ) | 織田記念 | 1.2 | 10.19 | 11.37 | 60-70 | -2.95 | 4.82 | 2.36 |
| FISHER Andrew (BRN) | アジア選手権 | 1.5 | 10.20 | 11.28 | 50-60 | -6.07 | 4.61 | 2.45 |
| WILLIAMS Kendal (USA) | GGP | 1.7 | 10.20 | 11.39 | 60-70 | -4.34 | 4.84 | 2.35 |
| ケンブリッジ 飛鳥 (Nike) | 日本選手権 | 0.1 | 10.20 | 11.36 | 50-60 | -5.37 | 4.70 | 2.42 |
| Bingtian SU (CHN) | 世界陸上 | -0.3 | 10.21 | 11.25 | 50-60 | -4.83 | 5.00 | 2.25 |
| 川上 拓也 (大阪ガス) | 富士北麓ワールドトライアル | 1.0 | 10.22 | 11.21 | 50-60 | -6.45 | 4.97 | 2.26 |
| 飯塚翔太 (ミズノ) | 日本選手権 | -0.3 | 10.24 | 11.33 | 50-60 | -5.40 | 4.92 | 2.30 |
| 宮城 辰郎 (中央大学) | 富士北麓ワールドトライアル | 0.9 | 10.25 | 11.33 | 60-70 | -3.09 | 5.30 | 2.14 |
| YANG Chun-Han (TPE) | アジア選手権 | 1.5 | 10.28 | 11.18 | 50-60 | -2.64 | 4.84 | 2.31 |
| 坂井 隆一郎 (関西大学) | 日本選手権 | 0.2 | 10.28 | 11.12 | 50-60 | -5.00 | 5.30 | 2.10 |
| デーデーブルーノ (東海大) | 織田記念 | 1.2 | 10.29 | 11.23 | 60-70 | -2.78 | 4.72 | 2.38 |
| 水久保 漱至 (城西大学) | 日本選手権 | 0.1 | 10.36 | 11.08 | 50-60 | -4.72 | 4.75 | 2.33 |
| 猶木 雅文 (大阪ガス) | 布勢スプリント | 0.1 | 10.39 | 11.09 | 50-60 | -6.16 | 4.72 | 2.35 |

*ピッチ・ストライドは最高走速度時点における数値

ンニングし、レース映像を撮影した。閃光が明確でない映像は、近しい地点の映像における同一選手の接地瞬間で同期し、同期に際しては少なくとも3箇所のカメラを用いた。

2-4. 分析方法

映像分析には動画再生および編集ソフト(QuickTimePro7, Apple, USA)を用い、いずれのレースにおいてもスターターの閃光をゼロとして、各校正点をトルソーが通過したフレーム数とカメラのサンプリングレートの逆数との積から通過時間を求めた。その後、先行研究(小林ら 2018, 小林ら 2017, 松尾ら 2011)をもとに、各地点の通過時間をスプライン補間によって内挿することで、レース全体の時間 - 距離情報を取得し、10 m 区間ごとの走速度、最高走速度とその出現区間、および走速度低下率を算出した。また、通過フレーム数を求めた映像から、4 ステップごとの接地時のフレーム数を求め、4 ステップに要した時間の逆数により、4 ステップごとのピッチを算出した。上記で算出した走速度をピッチで除すことで、ストライド長を算出した。またインターネットにて掲載されている身長をもとに、ピッチ指数およびストライド長指数を、先行研究(Alexander 1977)をもとに以下の式より算出した。

$$\text{ピッチ指数} = \text{ピッチ} \cdot \sqrt{\text{身長} / g} \quad \dots \text{式 1}$$

$$\text{ストライド長指数} = \text{ストライド} / \text{身長} \quad \dots \text{式 2}$$

本報告では、ピアソンの積率相関係数を用い、記録と最高走速度および走速度低下率との関係、最高走速度とピッチ、ストライド長、ピッチ指数およびストライド長指数との関係について検討した。なお、有意水準は5%未満に設定した。

3. 結果と考察

対象となった全30名の本年度の最高記録における、最高走速度、最高走速度到達地点、走速度低下率、最高走速度時におけるピッチおよびストライド長を表1に、10mごとの通過ラップタイムを表2に、10m区間ごとの走速度を表3に示した。

図1は、レース記録と最高走速度および走速度低下率の関係を示したものである。これまでの報告(小林ほか 2018, 松尾ほか 2017, 松尾ほか 2016, 松尾ほか 2015)と同様、本年度においてもレース記録と最高走速度との間に有意な負の相関関係が認められた。来年度はオリンピック東京大会の開催年であり、100m参加標準記録である10秒05を、サニブラウンハキーム選手、小池祐貴選手、桐生祥秀選手

表2 2019年度分析対象者における10mごとのスプリットタイム

| 氏名 | 大会 | 10m | 20m | 30m | 40m | 50m | 60m | 70m | 80m | 90m | 100m |
|---------------------------|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| Christian COLEMAN (USA) | 世界陸上 | 1.83 | 2.85 | 3.77 | 4.64 | 5.48 | 6.32 | 7.16 | 8.01 | 8.88 | 9.76 |
| Justin GATLIN (USA) | 世界陸上 | 1.84 | 2.88 | 3.81 | 4.70 | 5.56 | 6.42 | 7.27 | 8.13 | 9.00 | 9.89 |
| Andre DE GRASSE (CAN) | 世界陸上 | 1.88 | 2.94 | 3.88 | 4.77 | 5.63 | 6.48 | 7.32 | 8.17 | 9.03 | 9.90 |
| Akani SIMBINE (RSA) | 世界陸上 | 1.87 | 2.92 | 3.85 | 4.74 | 5.60 | 6.46 | 7.31 | 8.17 | 9.04 | 9.93 |
| 小池祐貴 (住友電工) | DL London | 1.88 | 2.91 | 3.85 | 4.74 | 5.61 | 6.47 | 7.34 | 8.21 | 9.09 | 9.98 |
| 桐生 祥秀 (日本生命) | GGP | 1.86 | 2.90 | 3.84 | 4.74 | 5.61 | 6.47 | 7.33 | 8.20 | 9.09 | 10.01 |
| サニブラウン アブデルハキーム (フロリダ大学) | 日本選手権 | 1.90 | 2.93 | 3.86 | 4.75 | 5.62 | 6.48 | 7.35 | 8.22 | 9.11 | 10.02 |
| Zharnel HUGHES (GBR) | 世界陸上 | 1.91 | 2.97 | 3.91 | 4.80 | 5.66 | 6.52 | 7.37 | 8.23 | 9.11 | 10.03 |
| ZOHRI Lalu Muhammad (INA) | GGP | 1.90 | 2.94 | 3.87 | 4.77 | 5.64 | 6.50 | 7.36 | 8.24 | 9.12 | 10.03 |
| 山縣 亮太 (セイコー) | GGP | 1.88 | 2.94 | 3.88 | 4.78 | 5.66 | 6.53 | 7.40 | 8.29 | 9.19 | 10.11 |
| BURRELL Cameron (USA) | GGP | 1.88 | 2.92 | 3.86 | 4.76 | 5.63 | 6.51 | 7.38 | 8.27 | 9.18 | 10.12 |
| 多田 修平 (住友電工) | GGP | 1.86 | 2.90 | 3.85 | 4.74 | 5.62 | 6.49 | 7.37 | 8.26 | 9.18 | 10.12 |
| Zhenye XIE (CHN) | 世界陸上 | 1.93 | 2.98 | 3.91 | 4.81 | 5.68 | 6.55 | 7.43 | 8.31 | 9.21 | 10.14 |
| WU Zhiqiang (CHN) | アジア選手権 | 1.87 | 2.92 | 3.88 | 4.79 | 5.69 | 6.58 | 7.46 | 8.36 | 9.26 | 10.18 |
| 白石黄良々 (セレスポ) | 織田記念 | 1.91 | 2.98 | 3.94 | 4.85 | 5.74 | 6.63 | 7.51 | 8.39 | 9.28 | 10.19 |
| FISHER Andrew (BRN) | アジア選手権 | 1.86 | 2.91 | 3.85 | 4.76 | 5.65 | 6.54 | 7.43 | 8.33 | 9.26 | 10.20 |
| WILLIAMS Kendal (USA) | GGP | 1.89 | 2.97 | 3.94 | 4.85 | 5.74 | 6.62 | 7.50 | 8.38 | 9.28 | 10.20 |
| ケンブリッジ 飛鳥 (Nike) | 日本選手権 | 1.87 | 2.95 | 3.91 | 4.82 | 5.71 | 6.59 | 7.47 | 8.36 | 9.27 | 10.20 |
| Bingtian SU (CHN) | 世界陸上 | 1.86 | 2.92 | 3.88 | 4.79 | 5.68 | 6.57 | 7.46 | 8.36 | 9.28 | 10.21 |
| 川上 拓也 (大阪ガス) | 富士北麓ワールドトライアル | 1.83 | 2.88 | 3.83 | 4.74 | 5.63 | 6.53 | 7.42 | 8.34 | 9.27 | 10.22 |
| 飯塚翔太 (ミズノ) | 日本選手権 | 1.91 | 2.97 | 3.93 | 4.84 | 5.73 | 6.61 | 7.50 | 8.39 | 9.31 | 10.24 |
| 宮城 辰郎 (中央大学) | 富士北麓ワールドトライアル | 1.92 | 3.00 | 3.97 | 4.89 | 5.79 | 6.67 | 7.56 | 8.44 | 9.34 | 10.25 |
| YANG Chun-Han (TPE) | アジア選手権 | 1.91 | 2.98 | 3.94 | 4.86 | 5.76 | 6.66 | 7.55 | 8.45 | 9.36 | 10.28 |
| 坂井 隆一郎 (関西大学) | 日本選手権 | 1.84 | 2.90 | 3.86 | 4.79 | 5.69 | 6.59 | 7.49 | 8.41 | 9.33 | 10.28 |
| デーデーブルーノ (東海大) | 織田記念 | 1.92 | 3.00 | 3.97 | 4.89 | 5.79 | 6.68 | 7.58 | 8.47 | 9.37 | 10.29 |
| 水久保 漱至 (城西大学) | 日本選手権 | 1.87 | 2.95 | 3.92 | 4.85 | 5.76 | 6.67 | 7.57 | 8.48 | 9.41 | 10.36 |
| 猶木 雅文 (大阪ガス) | 布勢スプリント | 1.87 | 2.96 | 3.93 | 4.86 | 5.77 | 6.67 | 7.58 | 8.49 | 9.43 | 10.39 |

[単位:s]

表3 2019年度分析対象者における10mごとの走速度

| 氏名 | 大会 | 0-10m | 10-20m | 20-30m | 30-40m | 40-50m | 50-60m | 60-70m | 70-80m | 80-90m | 90-100m |
|---------------------------|---------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| Christian COLEMAN (USA) | 世界陸上 | 5.47 | 9.78 | 10.92 | 11.51 | 11.81 | 11.92 | 11.90 | 11.78 | 11.57 | 11.31 |
| Justin GATLIN (USA) | 世界陸上 | 5.42 | 9.63 | 10.72 | 11.28 | 11.58 | 11.70 | 11.71 | 11.63 | 11.48 | 11.29 |
| Andre DE GRASSE (CAN) | 世界陸上 | 5.32 | 9.43 | 10.60 | 11.24 | 11.61 | 11.80 | 11.86 | 11.81 | 11.68 | 11.46 |
| Akani SIMBINE (RSA) | 世界陸上 | 5.36 | 9.53 | 10.67 | 11.27 | 11.59 | 11.72 | 11.73 | 11.64 | 11.47 | 11.23 |
| 小池祐貴 (住友電工) | DL London | 5.32 | 9.65 | 10.71 | 11.23 | 11.48 | 11.58 | 11.57 | 11.49 | 11.37 | 11.21 |
| 桐生 祥秀 (日本生命) | GGP | 5.39 | 9.53 | 10.64 | 11.22 | 11.51 | 11.61 | 11.58 | 11.45 | 11.22 | 10.93 |
| サニブラウン アブデルハキーム (フロリダ大学) | 日本選手権 | 5.27 | 9.68 | 10.75 | 11.27 | 11.50 | 11.57 | 11.53 | 11.42 | 11.24 | 11.03 |
| Zharnel HUGHES (GBR) | 世界陸上 | 5.24 | 9.46 | 10.61 | 11.23 | 11.57 | 11.72 | 11.74 | 11.62 | 11.35 | 10.88 |
| ZOHRI Lalu Muhammad (INA) | GGP | 5.28 | 9.60 | 10.68 | 11.22 | 11.49 | 11.59 | 11.57 | 11.45 | 11.27 | 11.03 |
| 山縣 亮太 (セイコー) | GGP | 5.32 | 9.45 | 10.55 | 11.11 | 11.39 | 11.49 | 11.46 | 11.32 | 11.11 | 10.85 |
| BURRELL Cameron (USA) | GGP | 5.33 | 9.55 | 10.64 | 11.17 | 11.42 | 11.48 | 11.41 | 11.24 | 10.98 | 10.67 |
| 多田 修平 (住友電工) | GGP | 5.38 | 9.55 | 10.62 | 11.15 | 11.40 | 11.46 | 11.39 | 11.21 | 10.93 | 10.60 |
| Zhenye XIE (CHN) | 世界陸上 | 5.18 | 9.57 | 10.65 | 11.19 | 11.43 | 11.50 | 11.45 | 11.30 | 11.07 | 10.80 |
| WU Zhiqiang (CHN) | アジア選手権 | 5.36 | 9.45 | 10.45 | 10.95 | 11.19 | 11.28 | 11.27 | 11.18 | 11.05 | 10.89 |
| 白石黄良々 (セレスポ) | 織田記念 | 5.24 | 9.34 | 10.40 | 10.94 | 11.23 | 11.35 | 11.37 | 11.31 | 11.19 | 11.03 |
| FISHER Andrew (BRN) | アジア選手権 | 5.38 | 9.54 | 10.56 | 11.03 | 11.24 | 11.28 | 11.21 | 11.05 | 10.83 | 10.60 |
| WILLIAMS Kendal (USA) | GGP | 5.30 | 9.25 | 10.33 | 10.92 | 11.23 | 11.38 | 11.39 | 11.31 | 11.13 | 10.90 |
| ケンブリッジ 飛鳥 (Nike) | 日本選手権 | 5.33 | 9.33 | 10.40 | 10.96 | 11.25 | 11.36 | 11.34 | 11.22 | 11.02 | 10.75 |
| Bingtian SU (CHN) | 世界陸上 | 5.37 | 9.46 | 10.46 | 10.95 | 11.18 | 11.25 | 11.22 | 11.11 | 10.94 | 10.71 |
| 川上 拓也 (大阪ガス) | 富士北麓ワールドトライアル | 5.46 | 9.56 | 10.53 | 10.99 | 11.18 | 11.21 | 11.13 | 10.97 | 10.75 | 10.48 |
| 飯塚翔太 (ミズノ) | 日本選手権 | 5.23 | 9.40 | 10.46 | 10.99 | 11.24 | 11.33 | 11.29 | 11.16 | 10.96 | 10.71 |
| 宮城 辰郎 (中央大学) | 富士北麓ワールドトライアル | 5.21 | 9.23 | 10.30 | 10.86 | 11.17 | 11.31 | 11.33 | 11.27 | 11.15 | 10.98 |
| YANG Chun-Han (TPE) | アジア選手権 | 5.23 | 9.39 | 10.40 | 10.88 | 11.10 | 11.18 | 11.17 | 11.10 | 10.99 | 10.89 |
| 坂井 隆一郎 (関西大学) | 日本選手権 | 5.44 | 9.40 | 10.37 | 10.84 | 11.06 | 11.12 | 11.08 | 10.96 | 10.78 | 10.57 |
| デーデーブルーノ (東海大) | 織田記念 | 5.21 | 9.27 | 10.30 | 10.83 | 11.10 | 11.21 | 11.23 | 11.17 | 11.06 | 10.92 |
| 水久保 漱至 (城西大学) | 日本選手権 | 5.35 | 9.26 | 10.26 | 10.76 | 11.00 | 11.08 | 11.05 | 10.94 | 10.77 | 10.56 |
| 猶木 雅文 (大阪ガス) | 布勢スプリント | 5.34 | 9.22 | 10.25 | 10.76 | 11.01 | 11.09 | 11.05 | 10.90 | 10.68 | 10.41 |

[単位:m/s]

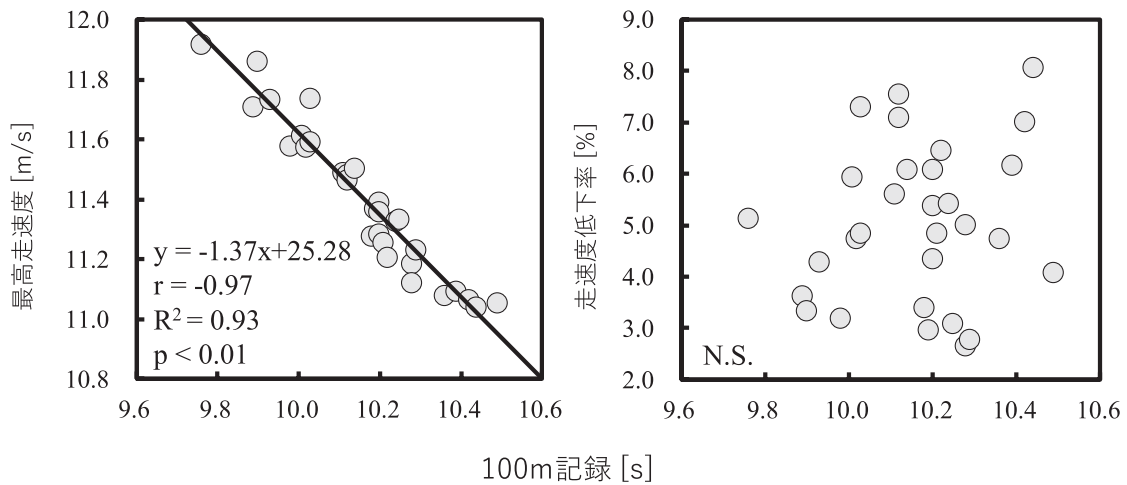


図1 2019年度分析対象者における100m記録と最高走速度および走速度低下率の関係

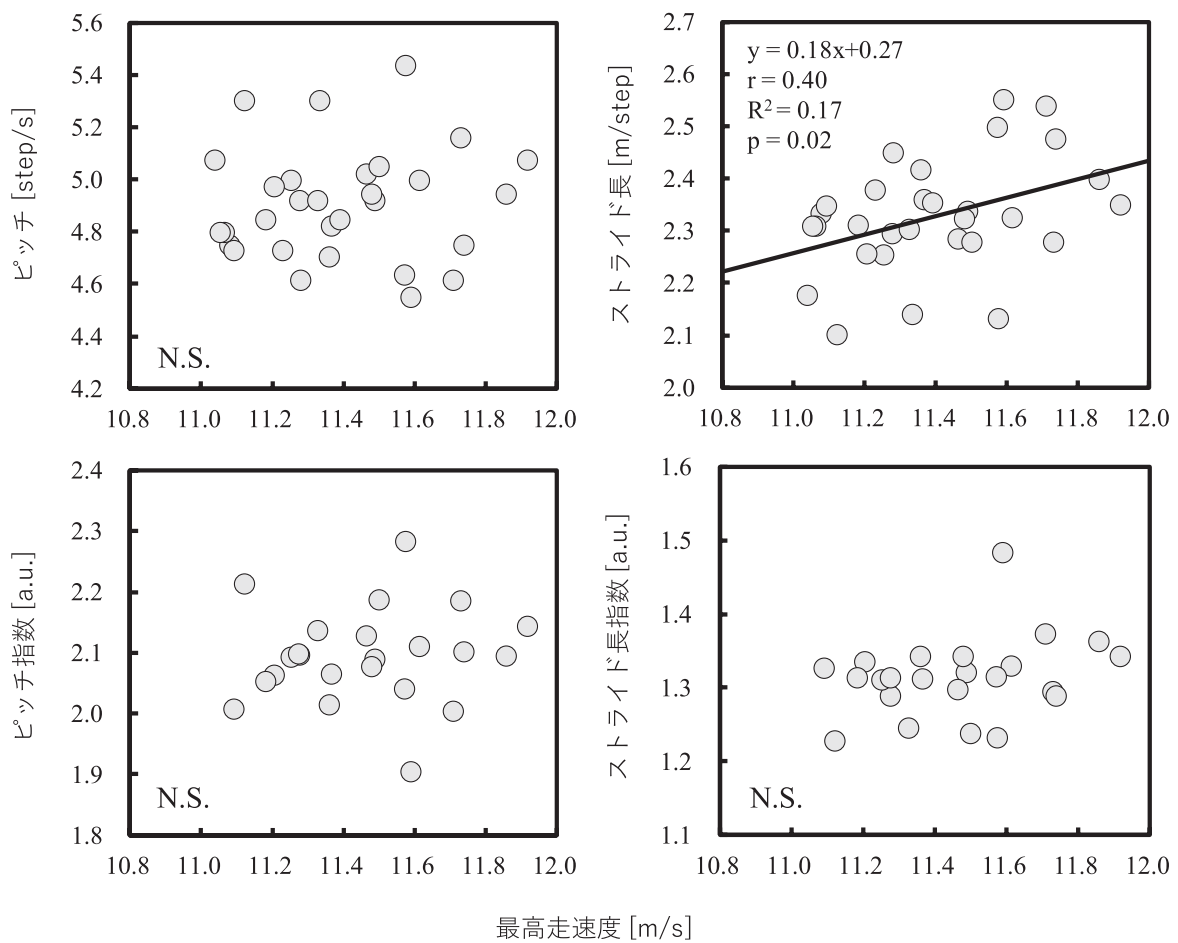


図2 2019年度分析対象者における最高走速度とピッチ、ストライド長、ピッチ指数およびストライド長指数との関係

の3名が突破している状況である。10秒05を突破するための最高走速度について、図2で得られた回帰直線をもとに計算すると11.55 m/sとなり、この数値はひとつの基準となると考えられる。

一方、レース記録と走速度低下率との間に有意な相関関係は認められなかった。これまでの報告では、正の相関関係が認められた報告（松尾ほか2017、

松尾ほか2016、松尾ほか2015）と、負の相関関係が認められた報告（小林ほか2018）があり、年度によって異なった結果となっている。本年度は、各選手の最も記録が良かったレースのみを報告対象としており、予選レース等（いわゆる流した）を報告対象から除外したことが影響していると考えられる。そのうえで、相関関係が認められなかった結果

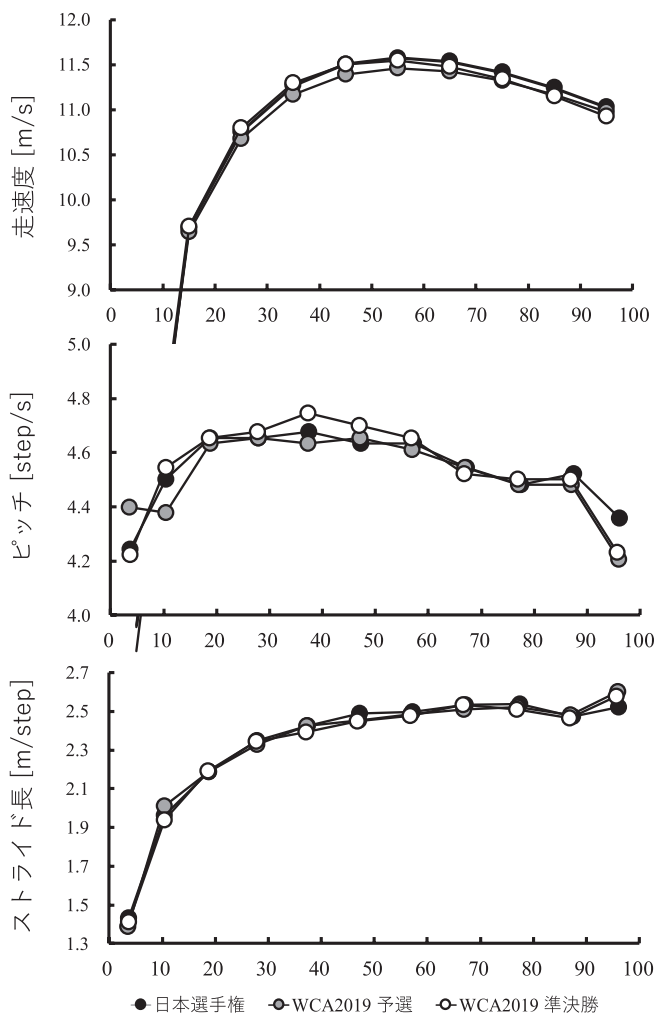


図3 サニブラウンハキーム選手の2019年度自己記録レースと世界選手権予選および準決勝レースの走速度、ピッチ、ストライド長

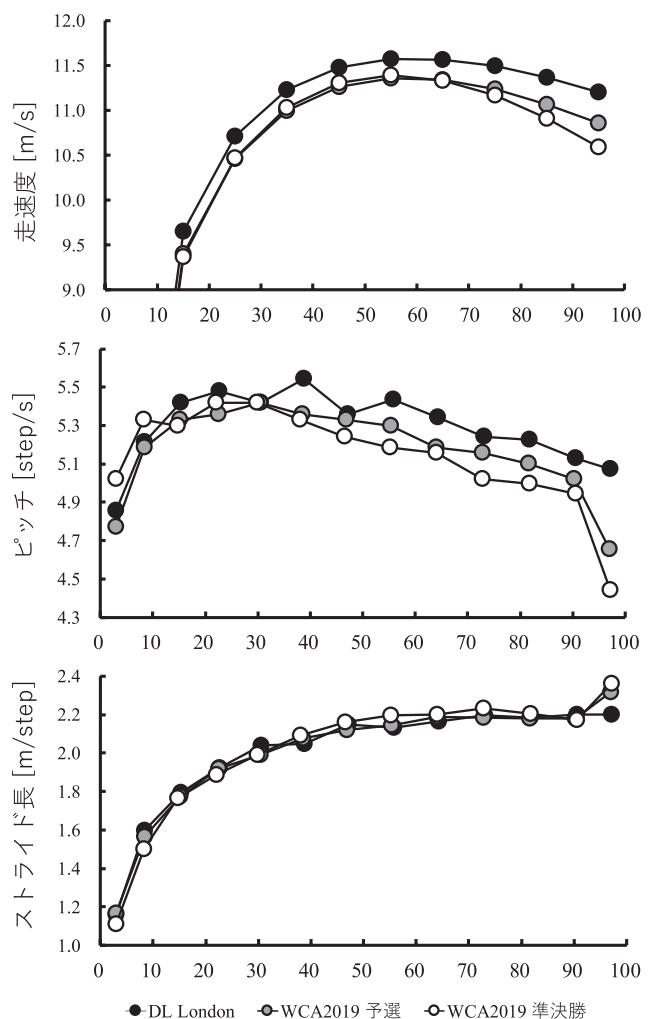


図4 小池祐貴選手の2019年度自己記録レースと世界選手権予選および準決勝レースの走速度、ピッチ、ストライド長

は、100mにおけるレースパターンが選手個々によって異なることを示唆するものであると考えられる。また走速度低下率はレース前半の加速局面の影響を受けると考えられ、その相互作用についても検討する必要がある。

図2は、最高走速度とピッチ、ストライド長、ピッチ指数およびストライド長指数との関係を示したものである。本報告においては最高走速度とストライド長との間でのみ有意な正の相関関係が認められ、他項目では有意な相関関係が認められなかった。松尾ほか(2017)も、男子100mにおいてストライド長には有意な正の相関関係が認められたが、ピッチには有意な相関関係が見られなかったことを報告しており、本年度もこれまでの報告を支持する結果であった。

ピッチ・ストライド長は、動作要因だけでなく、形態的要因による影響を受ける。そこで、形態的要因による影響を取り除き、動作要因を評価するため

に、ピッチ指数とストライド長指数を算出し、最高走速度との関係性について検討した。しかしながら、両項目とも最高走速度との間に有意な相関関係は認められなかった。これらの結果は、ピッチ・ストライド長の獲得に影響を及ぼす動作要因が選手個々によって異なることを示唆するものである。走速度を向上させるためのピッチとストライドの方略は一樣ではなく、個人によって異なることが報告されており(Salo et al. 2011)、日本人選手がさらなる記録向上のためには、選手個々の特性に応じて、動作的要因を高める必要があると考えられる。また、ストライド長指数には相関関係が認められなかったのに対し、ストライド長には有意な正の相関関係が認められた結果は、ストライド長さらには最高走速度の獲得には形態的要因が影響していることを示すものであり、身長の違いによっても高めるべき動作要因についても今後検討する必要がある。

図3-5は、サニブラウンハキーム選手、小池祐貴

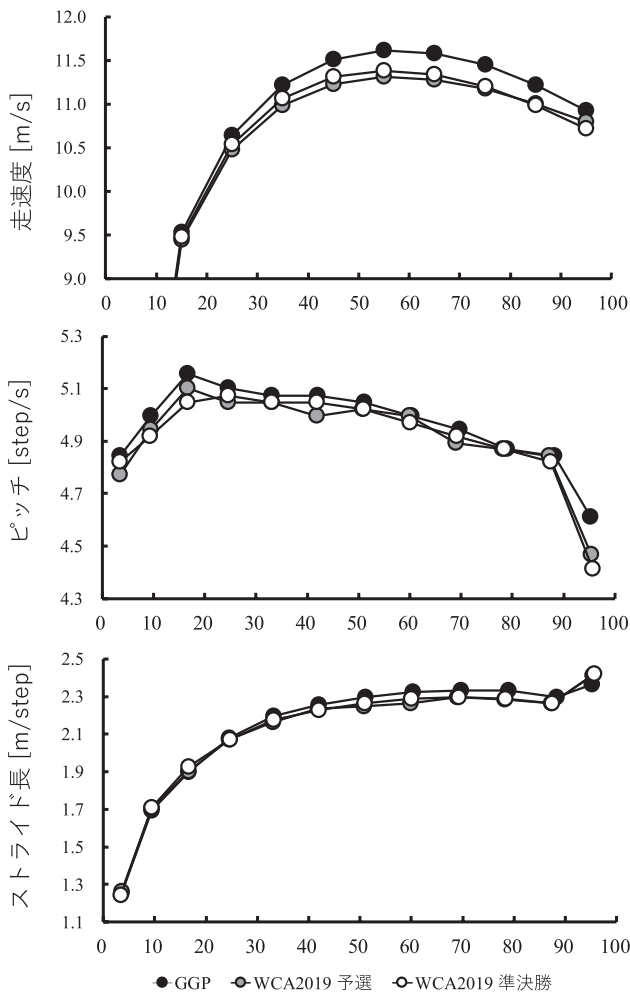


図5 桐生祥秀選手の2019年度自己記録レースと世界選手権予選および準決勝レースの走速度、ピッチ、ストライド長

選手、桐生祥秀選手の、日本陸上競技連盟科学委員会です計測できたレースにおける2019年度自己記録と、世界選手権予選および準決勝レースの走速度、ピッチ、ストライド長を示したものである。

サニブラウンハキーム選手の記録は、日本選手権決勝で10.02秒(-0.3)、世界選手権予選で10.09秒(+0.1)、世界選手権準決勝で10.15秒(-0.3)であった。走速度についてみると、最高走速度は日本選手権決勝と世界選手権準決勝で概ね同等であったが、走速度低下率は日本選手権決勝よりも世界選手権準決勝で大きかった。世界選手権決勝進出記録は、10.11秒であり、0.04秒及ばなかった。決勝進出を逃してしまった要因のひとつに、レース後半における走速度の低下が影響したと考えられる。ピッチについてみると、世界選手権準決勝ではレース前半において、他レースよりも高い値を示していることから、加速局面における走動作が走速度の低下に影響を及ぼした可能性がある。

小池祐貴選手の記録は、DL Londonで9.98秒(+0.5)、世界選手権予選で10.21秒(-0.3)、世界選手権準決勝で10.28秒(-0.1)であった。走速度についてみると、日本人3人目の9秒台レースとなったDL Londonと比較し、世界選手権予選・準決勝では10m以降で走速度は低い値であった。また走速度低下率もDL Londonよりも世界選手権予選・準決勝で大きかった。ピッチ・ストライド長についてみると、DL Londonでは世界選手権よりも、ストライド長には大きな差異はないが、ピッチが高い傾向を示した。小池選手の9.98秒の背景には、より高いピッチを実現できたこと、世界選手権予選・準決勝ではそのピッチを再現できなかったことが記録に影響を及ぼした可能性がある。

桐生祥秀選手の記録は、GGPで10.01秒(+1.7)、世界選手権予選で10.18秒(-0.3)、世界選手権準決勝で10.16秒(+0.8)であった。走速度についてみると、GGPと比較し、世界選手権予選・準決勝では20m以降で走速度は低い値であった。ピッチ・ストライド長についてみると、GGPでは世界選手権予選・準決勝よりも、スタートから50m地点までピッチが高く、40mから90m地点にかけてストライド長が長い傾向を示した。すなわち、世界選手権予選・準決勝では、レース前半から中盤にかけてはピッチ、レース中盤から後半にかけてはストライド長が低かったことが記録に影響を及ぼした可能性がある。

文献

Alexander RM (1977) Terrestrial locomotion. In: Alexander RM and Goldspink G (eds.) Mechanics and energetics of animal locomotion. Chapman and Hall, 168-203.

小林海, 高橋恭平, 山中亮, 渡辺圭祐, 大沼勇人, 松林武生, 広川龍太郎, 松尾彰文 (2018) 2018年シーズンにおける男子100mのレース分析結果. 陸上競技研究紀要, 14: 89-93.

松尾 彰文, 広川 龍太郎, 柳谷 登志雄, 松林武生, 高橋 恭平, 小林 海, 杉田 正 (2017) 2017シーズンにおける男女100mのレース分析および瞬間速度と瞬間加速度. 陸上競技研究紀要, 13: 154-164.

松尾 彰文, 広川 龍太郎, 柳谷 登志雄, 松林武生, 高橋 恭平, 小林 海, 杉田 正明 (2016) 2016シーズンおよび全シーズンでみた男女100mの速度分析とピッチ・ストライド分析について. 陸上競技研究紀要, 12: 74-83.

松尾 彰文 , 広川 龍太郎 , 柳谷 登志雄 , 松林
武生 , 高橋 恭平 , 小林 海 , 杉田 正明(2015)
2015 シーズンと記録別にみた男女 100m のレース
分析について. 陸上競技研究紀要, 11 : 141-149.
Salo AI, Bezodis IN, Batterham AM, Kerwin
DG (2011) Elite sprinting: are athletes
individually step frequency or step length
reliant? Med Sci Sports Exerc, 43: 1055-
1062.

世界・アジア・日本における女子 100m 一流スプリンターの走パフォーマンス分析

高橋恭平¹⁾ 広川龍太郎²⁾ 渡辺圭佑³⁾ 小林海⁴⁾ 大沼勇人⁵⁾ 松林武生⁶⁾ 山中亮⁷⁾

1) 鹿児島大学 2) 東海大学 3) 日本スポーツ振興センター 4) 東京経済大学
5) 関西福祉大学 6) 国立スポーツ科学センター 7) 新潟食料農業大学

1. はじめに

本研究では、2018年から2019年に日本陸上競技連盟科学委員会の活動として行われた国内並びに国外主要競技会における女子 100m のレース分析結果から、走速度、ピッチ、ストライドに焦点を当て検証する。

2020年東京オリンピックを控えた中、今シーズンにカタール・ドーハで行われた第17回世界陸上競技選手権大会（以下、世界選手権）では、残念ながら日本は女子短距離個人種目での出場が叶わなかった。そこで本稿では、特に、2018年インドネシア・ジャカルタで行われた第18回アジア競技大会（以下、アジア大会）、そして、2019年世界選手権の上位入賞者の走パフォーマンスに着目することで、アジア、または世界水準のパフォーマンスを明らかにし、日本との比較・検証することを目的とした。

2. 方法

2-1. 対象競技会

検証を行った対象競技会は下記3競技会であった。

- ・第18回アジア競技大会インドネシア・ジャカルタ大会（2018年8月25日～30日）
- ・第103回日本陸上競技選手権大会（2019年6月27日～30日）（以下、日本選手権2019）
- ・第17回世界陸上競技選手権大会（2019年9月27日～10月6日）

また、下記競技会の分析結果は参考資料としてまとめた。

- ・第52回織田幹雄記念国際陸上競技大会（2018年4月28日～29日）
- ・セイコーゴールデンングランプリ陸上2018大阪

（2018年5月20日）

- ・布勢スプリント2018（2018年6月3日）
- ・第102回日本陸上競技選手権大会（2018年6月22日～24日）
- ・第66回全日本実業団対抗陸上競技選手権大会（2018年9月21日～23日）
- ・第73回国民体育大会（2018年10月5日～9日）
- ・第53回織田幹雄記念国際陸上競技大会（2019年4月27日～28日）
- ・セイコーゴールデンングランプリ陸上2019大阪（2019年5月19日）
- ・布勢スプリント2019（2019年6月2日）

2-2. 対象選手

検証を行った対象選手は、アジア大会および日本選手権2019、世界選手権女子100m決勝上位4選手とし、各競技会における決勝レースの分析結果で比較を行った。

2-3. 測定方法

100mレースの測定は、液晶デジタルビデオカメラ Lumix (DMC-FZ300, Panasonic, JAPAN) を6台

表1. 撮影（測定）地点

| 撮影地点 | グラウンドマーカー |
|-------|--------------|
| 3.72m | 110mハードル 1台目 |
| 13m | 100mハードル 1台目 |
| 30m | 100mハードル 3台目 |
| 47m | 100mハードル 5台目 |
| 64m | 100mハードル 7台目 |
| 81m | 100mハードル 9台目 |

用いて、主に競技場内の観覧スタンドから映像をハイスピード撮影することで実施された。カメラの撮影速度は239.76fpsとし、各撮影ポイント（表1）においてそのレースに出場している全選手（全レーン）が入る画角を設定した。

測定者は3.72m, 13m, 30m, 47m, 64m, 81m地点の撮影を行うために観覧スタンドへそれぞれ配置された。そのうち、3.72m地点は無人の固定カメラとし、13m地点測定者が兼任した。全てのレースの撮影は、スターターのピストル閃光を撮影した後、全選手がゴールするまでパンニング撮影を行った。

2-4. 分析方法

映像分析には映像再生・編集ソフト(QuickTimePro7, Apple, USA)によるフレーム表示機能を用い、まず、全測定ポイントから撮影した映像において、スターターのピストル閃光をゼロフレームに編集した。閃光が撮影されていない、もしくは不明確な映像データは、近い測定地点の映像データにおける選手の接地の瞬間で時間を同期した。同期確認は、少なくとも3か所の接地地点の分析を行い判断した。

最高走速度および走速度低下率とフィニッシュタイムについて実施した相関分析はピアソンの積率相関分析を用い、有意水準は5%または1%とした。

2-4-1. 通過タイムおよび区間平均走速度

通過タイムの分析は、スターターの閃光をゼロフレームとし、各分析ポイントを選手の胴体部分が通過した時点のフレーム数をカウントした。そのフレーム数と測定に使用したカメラの設定サンプリングレート(239.76)の逆数との積により、区間平均走速度(以下、走速度)の算出を行った。その後、各地点の通過時間をスプライン補間によって内挿することで求めた通過時間と通過地点の比から10m毎の走速度および最高走速度、最高走速度出現区間を算出した(小林ら2018)。

2-4-2. 走速度低下率

走速度低下率は、最高走速度から低下した速度の割合を示す指標である。下に示す計算式により求めた。

$$([90m-100m \text{ 区間走速度}] / [\text{最高走速度}] \times 100) - 100$$

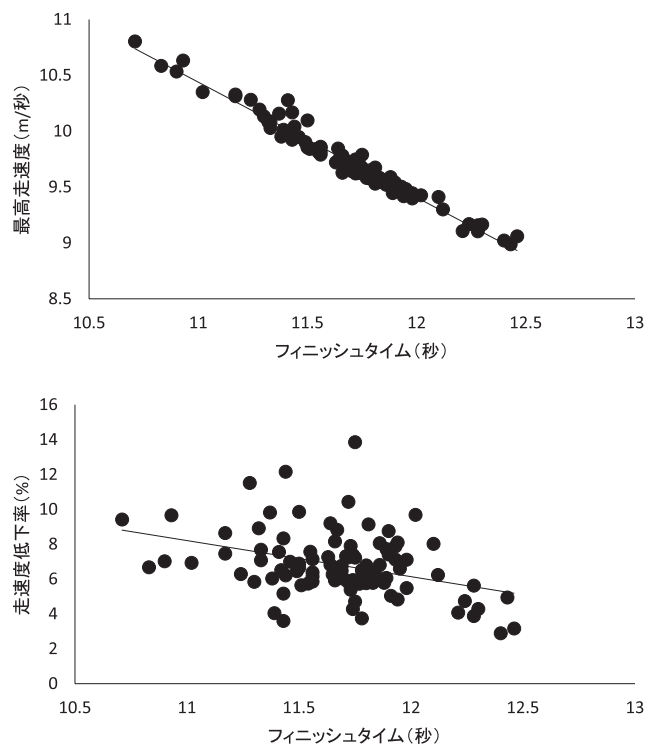


図1. 2018年, 2019年シーズン女子100mレースにおける最高走速度(上段)および走速度低下率(下段)とフィニッシュタイムの関係

2-4-3. 区間平均ピッチおよび区間平均ストライド

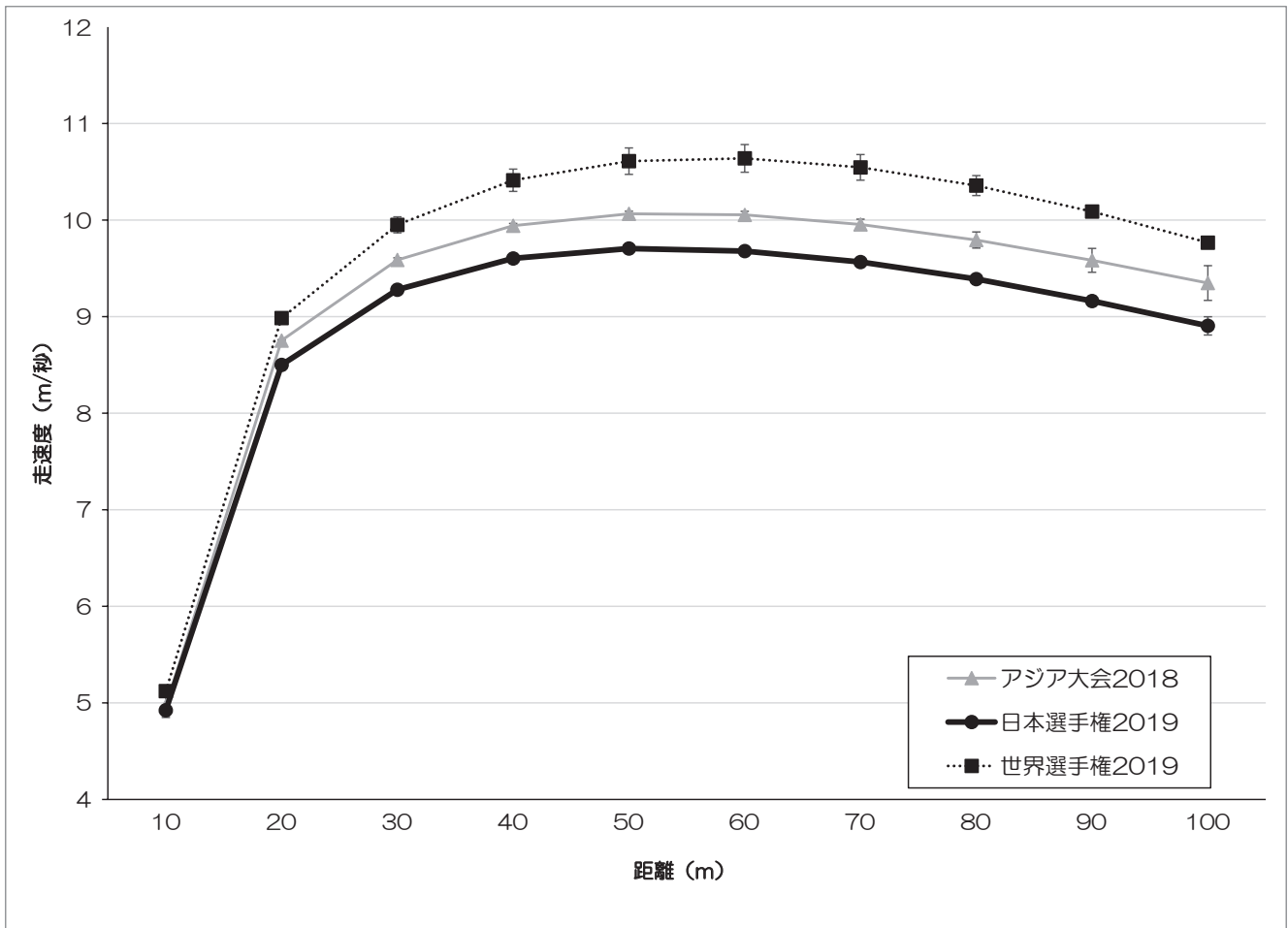
1秒毎の区間平均ピッチ(以下、ピッチ)は、4歩毎における接地の瞬間時のフレーム数をカウントし、その4歩に要した時間の逆数により算出した。

区間平均ストライド(以下、ストライド)は、2-4-1で求めた走速度をピッチで除すことにより求めた。

3. 結果および考察

図1は2018年および2019年シーズンの分析対象全レースにおけるフィニッシュタイムと最高走速度および速度低下率の関係を示している。ただし、含めたデータは決勝レースのみとし、予選や準決勝レースは除外した。最高走速度、走速度低下率共にフィニッシュタイムと有意な相関関係が認められた($p < 0.01$)。特に、最高走速度とフィニッシュタイムは強い関係性が認められ、これらは先行研究と同様の結果を示し(小林ら2018)、最高走速度が高ければ高い程、そして、最高走速度からの低下率が低ければ低い程高パフォーマンスに繋がっていることが明らかとなった。

次に、日本選手権2019と比較・検討を行ったアジア大会および世界選手権における各上位4選手の



| 競技会名 | 氏名(国・所属)_記録 | 10m | 20m | 30m | 40m | 50m | 60m | 70m | 80m | 90m | 100m |
|---------------|--------------------------|------|------|-------|-------|--------------|--------------|-------|-------|-------|------|
| アジア大会 2018 | ODIONG (BHR)_11.30 | 4.83 | 8.78 | 9.64 | 10.00 | 10.13 | 10.13 | 10.05 | 9.91 | 9.73 | 9.54 |
| | CHAND (IND)_11.32 | 5.06 | 8.76 | 9.60 | 9.96 | 10.09 | 10.07 | 9.95 | 9.75 | 9.49 | 9.19 |
| | WEI (CHN)_11.33 | 4.95 | 8.77 | 9.61 | 9.97 | 10.09 | 10.07 | 9.97 | 9.79 | 9.57 | 9.31 |
| | ALKHALDI (BHR)_11.38 | 5.02 | 8.70 | 9.50 | 9.84 | 9.95 | 9.94 | 9.86 | 9.72 | 9.54 | 9.35 |
| 日本選手権 2019 | 御家瀬(恵庭北高)_11.67 | 4.99 | 8.53 | 9.31 | 9.64 | 9.74 | 9.71 | 9.59 | 9.40 | 9.16 | 8.88 |
| | 土井(JAL)_11.72 | 4.96 | 8.52 | 9.32 | 9.65 | 9.75 | 9.71 | 9.56 | 9.34 | 9.06 | 8.73 |
| | 青山(大阪高)_11.73 | 4.91 | 8.57 | 9.31 | 9.60 | 9.67 | 9.63 | 9.51 | 9.34 | 9.13 | 8.91 |
| | 兒玉(福岡大)_11.74 | 4.84 | 8.38 | 9.17 | 9.53 | 9.66 | 9.67 | 9.60 | 9.47 | 9.30 | 9.10 |
| 世界選手権 2019 | FRASER-PRYCE (JAM)_10.71 | 5.22 | 9.05 | 10.06 | 10.55 | 10.77 | 10.80 | 10.70 | 10.49 | 10.17 | 9.79 |
| | ASHER-SMITH (GBR)_10.83 | 5.14 | 9.02 | 9.96 | 10.39 | 10.56 | 10.59 | 10.50 | 10.34 | 10.12 | 9.88 |
| | TA LOU (CIV)_10.90 | 5.10 | 8.97 | 9.89 | 10.33 | 10.51 | 10.53 | 10.45 | 10.29 | 10.06 | 9.80 |
| | THOMPSON (JAM)_10.93 | 5.03 | 8.90 | 9.90 | 10.39 | 10.60 | 10.63 | 10.53 | 10.31 | 10.00 | 9.61 |

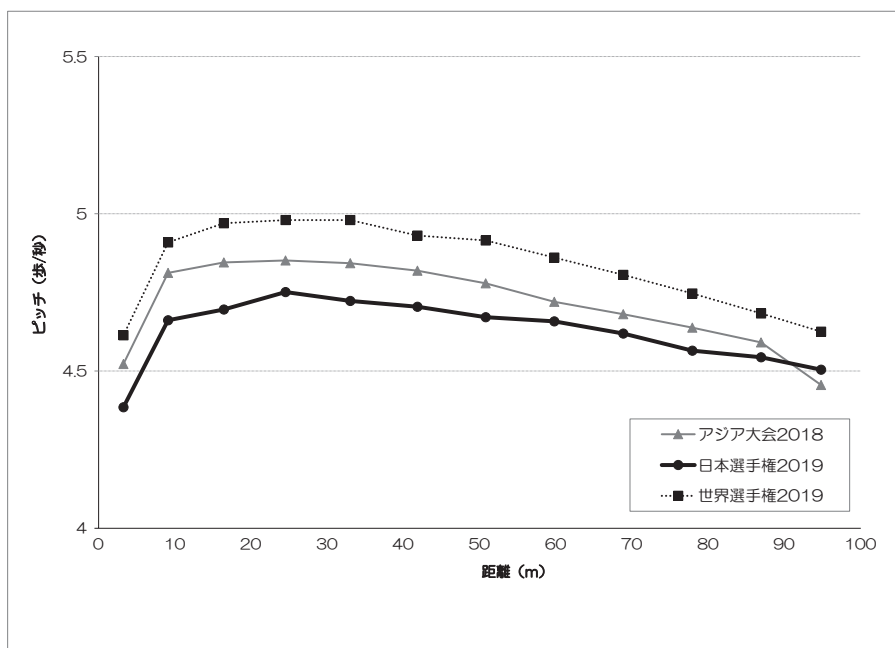
※太字は最高走速度出現時のもの

図2. アジア大会2018と日本選手権2019, 世界選手権2019女子100m決勝レースにおける上位4選手の走速度比較

フィニッシュタイムの平均値(±標準偏差)は、それぞれ、日本選手権2019が11.72±0.03秒、アジア大会が11.33±0.03秒、世界選手権が10.84±0.10秒であった。一方、2018年および2019年シーズンにおける全分析対象レースのフィニッシュタイム平均値は、それぞれ、2018年が11.85±0.28秒、2019年が11.76±0.16秒であった。

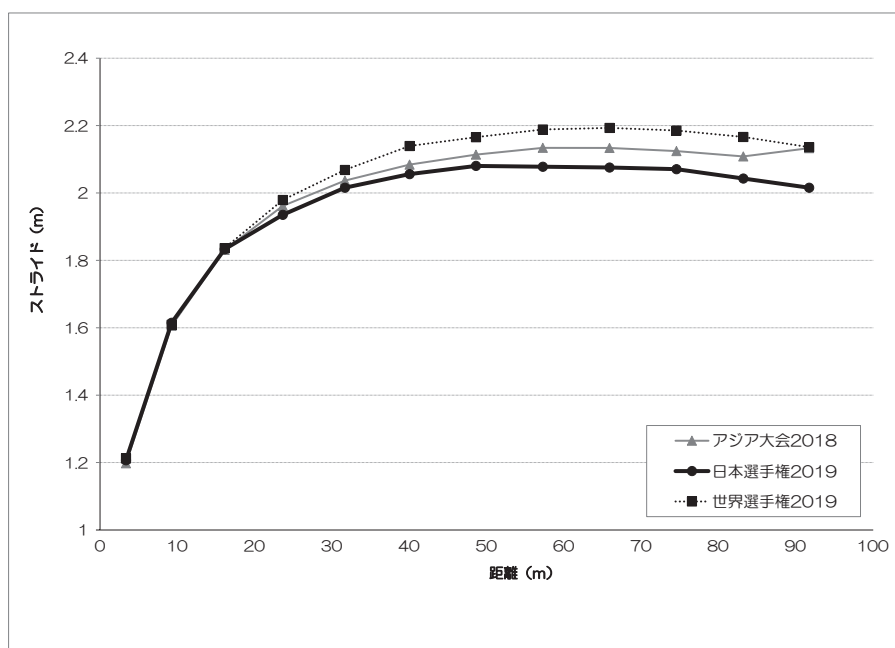
図2はアジア大会と日本選手権2019, 世界選手権女子100m決勝上位4選手の走速度における平均値を比較したものである。最高走速度は、世界選手

権が最も高く10.64±0.14m/秒で、次いでアジア大会の10.07±0.03m/秒、日本選手権2019の9.71±0.04m/秒であった。世界選手権の走速度は、最高走速度のみならず、全ての区間においてアジア大会および日本選手権2019と比較して顕著に高かった。補足的なデータとして、当該3競技会における決勝上位4選手のピッチとストライドの平均値を示した(図3)。ピッチとストライドは選手毎に持ち味としての大きなばらつきがあるため、標準偏差の算出および表示は除いた。レース中全体を通じ



| 競技会名 | 氏名 (国・所属) 記録 | 1~4歩 | 5~8歩 | 9~12歩 | 13~16歩 | 17~20歩 | 21~24歩 | 25~28歩 | 29~32歩 | 33~36歩 | 37~40歩 | 41~44歩 | 45~48歩 |
|----------------------|--------------------------|------|------|-------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------|--------|--------|--------|
| アジア大会 2018 | ODIONG (BHR)_11.30 | 4.44 | 4.66 | 4.68 | 4.68 | 4.70 | 4.63 | 4.56 | 4.51 | 4.50 | 4.55 | 4.44 | 4.21 |
| | CHAND (IND)_11.32 | 4.78 | 5.14 | 5.16 | 5.24 | 5.18 | 5.21 | 5.17 | 5.14 | 5.10 | 5.05 | 4.94 | 4.89 |
| | WEI (CHN)_11.33 | 4.32 | 4.68 | 4.68 | 4.66 | 4.68 | 4.61 | 4.55 | 4.52 | 4.44 | 4.37 | 4.37 | 4.13 |
| 日本選手権 2019 | ALKHALDI (BHR)_11.38 | 4.55 | 4.77 | 4.87 | 4.83 | 4.81 | 4.82 | 4.84 | 4.70 | 4.68 | 4.59 | 4.61 | 4.59 |
| | 御家瀬 (恵庭北高)_11.67 | 4.55 | 4.80 | 4.80 | 4.82 | 4.72 | 4.72 | 4.72 | 4.68 | 4.68 | 4.66 | 4.66 | 4.59 |
| | 土井 (JAL)_11.72 | 4.63 | 4.84 | 4.89 | 4.92 | 4.94 | 4.89 | 4.87 | 4.82 | 4.77 | 4.70 | 4.68 | 4.57 |
| | 青山 (大阪高)_11.73 | 4.10 | 4.46 | 4.46 | 4.61 | 4.55 | 4.57 | 4.50 | 4.57 | 4.48 | 4.40 | 4.36 | 4.38 |
| 世界選手権 2019 | 兒玉 (福岡大)_11.74 | 4.26 | 4.55 | 4.63 | 4.66 | 4.68 | 4.63 | 4.59 | 4.57 | 4.55 | 4.50 | 4.48 | 4.48 |
| | FRASER-PRYCE (JAM)_10.71 | 4.34 | 4.89 | 5.16 | 5.07 | 5.07 | 5.02 | 5.00 | 5.00 | 4.97 | 4.82 | 4.77 | 4.70 |
| | ASHER-SMITH (GBR)_10.83 | 4.55 | 4.72 | 4.70 | 4.77 | 4.77 | 4.70 | 4.72 | 4.68 | 4.61 | 4.55 | 4.48 | 4.39 |
| | TA LOU (CIV)_10.90 | 4.87 | 5.07 | 5.13 | 5.16 | 5.16 | 5.16 | 5.05 | 5.02 | 4.92 | 4.94 | 4.87 | 4.87 |
| THOMPSON (JAM)_10.93 | 4.70 | 4.94 | 4.89 | 4.92 | 4.92 | 4.84 | 4.89 | 4.75 | 4.72 | 4.68 | 4.61 | 4.55 | |

※太字は最高走速度出現時のもの



| 競技会名 | 氏名 (国・所属) 記録 | 1~4歩 | 5~8歩 | 9~12歩 | 13~16歩 | 17~20歩 | 21~24歩 | 25~28歩 | 29~32歩 | 33~36歩 | 37~40歩 | 41~44歩 | 45~48歩 |
|----------------------|--------------------------|------|------|-------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------|--------|--------|--------|
| アジア大会 2018 | ODIONG (BHR)_11.30 | 1.18 | 1.65 | 1.90 | 2.05 | 2.11 | 2.18 | 2.23 | 2.24 | 2.23 | 2.18 | 2.19 | 2.27 |
| | CHAND (IND)_11.32 | 1.12 | 1.48 | 1.69 | 1.79 | 1.89 | 1.92 | 1.95 | 1.96 | 1.96 | 1.96 | 1.97 | 1.95 |
| | WEI (CHN)_11.33 | 1.28 | 1.68 | 1.92 | 2.06 | 2.12 | 2.18 | 2.22 | 2.22 | 2.23 | 2.23 | 2.19 | 2.25 |
| 日本選手権 2019 | ALKHALDI (BHR)_11.38 | 1.21 | 1.62 | 1.81 | 1.95 | 2.03 | 2.06 | 2.06 | 2.11 | 2.11 | 2.12 | 2.08 | 2.06 |
| | 御家瀬 (恵庭北高)_11.67 | 1.16 | 1.56 | 1.79 | 1.91 | 2.02 | 2.05 | 2.06 | 2.08 | 2.06 | 2.03 | 2.00 | 1.98 |
| | 土井 (JAL)_11.72 | 1.13 | 1.53 | 1.74 | 1.86 | 1.92 | 1.98 | 2.00 | 2.02 | 2.02 | 2.02 | 1.98 | 1.98 |
| | 青山 (大阪高)_11.73 | 1.30 | 1.73 | 1.96 | 2.02 | 2.10 | 2.12 | 2.15 | 2.10 | 2.12 | 2.12 | 2.10 | 2.05 |
| 世界選手権 2019 | 兒玉 (福岡大)_11.74 | 1.24 | 1.64 | 1.84 | 1.96 | 2.02 | 2.07 | 2.11 | 2.12 | 2.11 | 2.11 | 2.09 | 2.05 |
| | FRASER-PRYCE (JAM)_10.71 | 1.31 | 1.64 | 1.79 | 1.96 | 2.06 | 2.13 | 2.16 | 2.16 | 2.15 | 2.18 | 2.15 | 2.11 |
| | ASHER-SMITH (GBR)_10.83 | 1.24 | 1.69 | 1.96 | 2.08 | 2.17 | 2.24 | 2.24 | 2.26 | 2.27 | 2.26 | 2.25 | 2.25 |
| | TA LOU (CIV)_10.90 | 1.15 | 1.54 | 1.76 | 1.89 | 1.97 | 2.02 | 2.08 | 2.10 | 2.13 | 2.09 | 2.09 | 2.05 |
| THOMPSON (JAM)_10.93 | 1.16 | 1.56 | 1.83 | 1.99 | 2.08 | 2.17 | 2.17 | 2.24 | 2.22 | 2.20 | 2.18 | 2.14 | |

※太字は最高走速度出現時のもの

図3. アジア大会2018と日本選手権2019,世界選手権2019女子100m決勝レースにおける上位4選手のピッチ(上図)とストライド(下図)比較

てピッチ、ストライド共に、世界選手権はアジア大会および日本選手権を大きく上回る傾向にあった。世界選手権金メダリストである FRASER-PRYCE 選手（ジャマイカ）の最高走速度は 10.80m/秒で、2018 年および 2019 年シーズンの分析対象レース中最も高かった。一方、アジア大会および日本選手権 2019 で最も高い最高走速度は、それぞれ、ODIONG 選手（バーレーン）の 10.135 m/秒、土井選手（JAL）の 9.75 m/秒であった。また、最高走速度出現区間に着目すると、世界選手権の上位 4 選手全員が 50-60m 地点だったのに対し、アジア大会および日本選手権 2019 の上位 4 選手は兒玉選手（福岡大）を除く全選手が 40-50m 地点であった。したがって、日本選手権 2019 の上位 4 選手は、アジア大会および世界選手権の上位 4 選手と比較して最高走速度の出現が早かったことが示唆される。

最高走速度出現時のピッチは、世界選手権上位 4 名の平均値が 4.91 ± 0.14 歩/秒であったのに対し、アジア大会上位 4 名が 4.77 ± 0.28 歩/秒、日本選手権 2019 上位 4 名が 4.76 ± 0.15 歩/秒で、世界選手権上位 4 名が突出していた。一方、最高走速度出現時のストライドは、世界選手権が 2.17 ± 0.06 m、アジア大会が 2.12 ± 0.13 m であったのに対し、日本選手権 2019 は 1.97 ± 0.06 m で、世界選手権およびアジア大会上位 4 名が顕著に高い値を示した。特に、世界選手権で金メダルを獲得した FRASER-PRYCE 選手の最高走速度出現時におけるピッチとストライドは、それぞれ、5.00 歩/秒と 2.16m で顕著に高値を示した。2018 年日本人選手の分析対象レースで最高フィニッシュタイム 11.42 秒（追風 1.3m/秒）を記録した福島選手（SEIKO）の最高走速度出現時におけるピッチとストライドは、それぞれ、5.18 歩/秒と 1.93m、2019 年では御家瀬選手（恵庭北高）の 11.54 秒（追風 1.9m/秒）で、それぞれ、4.72 歩/秒と 2.08m であった。また、2018 年と 2019 年国内のグランプリシリーズ等主要競技会における分析対象者の最高走速度出現時ピッチ平均値は、それぞれ、 4.70 ± 0.22 歩/秒と 4.74 ± 0.20 歩/秒であった。一方、2018 年と 2019 年のストライド平均値は、それぞれ、 2.04 ± 0.10 m と 2.03 ± 0.09 m で、最高走速度出現時のピッチとストライドは共に、世界やアジアと比較すると低い傾向にあった。

本研究では、2018 年および 2019 年シーズン女子 100m において日本陸上競技連盟科学委員会の測定・分析を行ったレースから、アジア・世界水準の走パフォーマンスを明らかにし、日本との比較・検証を行った。その結果、最高走速度を始めとする日本の

走パフォーマンスはアジア・世界水準と比較すると低い傾向にあった。走速度はピッチとストライドの積で表されるため、本稿では最高走速度出現時におけるピッチとストライドに着目した。これらについても、日本は、特にストライドにおいて低い傾向を示したが、エリートスプリンターが走速度を向上させるためのピッチ依存、もしくはストライド依存に大きな個人差があることも報告されている (Salo et al. 2011)。したがって、日本人選手がさらに走パフォーマンスを向上させるためには、選手毎の形態や筋力特性に応じて動作要因の向上を検討する必要があると考えられる。

参考文献

- 小林海, 高橋恭平, 山中亮, 渡辺圭佑, 大沼勇人, 松林武生, 広川龍太郎, 松尾彰文 (2018) 2018 年シーズンにおける男子 100m のレース分析結果. 陸上競技研究紀要, 14, 89-93
- Salo AI, Bezodis IN, Batterham AM, Kerwin DG (2011) Elite sprinting: are athletes individually step frequency or step length reliant? Med Sci Sports Exerc, 43, 1055-1062

第52回織田幹雄記念国際陸上競技大会 @ 広島広域公園陸上競技場
女子 100m 決勝
2018/4/29 15:40 (風速 +1.3 m/s)

| 順位 | 選手名 (所属) | 記録(秒) | 最高速度(m/秒) 到達地点 | 最高速度出現時 ピッチ(歩/秒) | ストライド(m) | 走速度低下率(%) | 10m | 20m | 30m | 40m | 50m | 60m | 70m | 80m | 90m | 100m |
|----|---------------------|-------|-------------------|---------------------|----------|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| 1位 | 福島千里 (SEIKO) | 11.42 | 9.98 50-60m | 5.18 | 1.93 | -2.11 | 4.95 | 3.18 | 4.25 | 5.27 | 6.27 | 7.27 | 8.28 | 9.30 | 10.35 | 11.42 |
| 2位 | 前山美優 (新潟アルビレックス) | 11.56 | 9.82 40-50m | 4.46 | 2.20 | -2.90 | 2.01 | 3.18 | 4.24 | 5.27 | 6.29 | 7.31 | 8.34 | 9.39 | 10.46 | 11.56 |
| 4位 | 世古和 (CRANE) | 11.66 | 9.79 40-50m | 5.05 | 1.94 | -3.90 | 2.02 | 3.20 | 4.28 | 5.31 | 6.34 | 7.36 | 8.39 | 9.46 | 10.56 | 11.75 |
| 5位 | 中村水月 (大阪成蹊AC) | 11.75 | 9.67 50-60m | 4.38 | 2.21 | -1.48 | 2.08 | 3.28 | 4.38 | 5.44 | 6.48 | 7.51 | 8.55 | 9.60 | 10.67 | 11.75 |

セイコーゴールデングランプリ陸上2018大阪 @ ヤンマースタジアム長居
女子 100m 決勝
2018/5/20 16:30 (風速 +2.3 m/s)

| 順位 | 選手名 (所属) | 記録(秒) | 最高速度(m/秒) 到達地点 | 最高速度出現時 ピッチ(歩/秒) | ストライド(m) | 走速度低下率(%) | 10m | 20m | 30m | 40m | 50m | 60m | 70m | 80m | 90m | 100m |
|----|---------------------|-------|-------------------|---------------------|----------|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| 4位 | 福島千里 (SEIKO) | 11.49 | 9.90 40-50m | 5.16 | 1.92 | -2.41 | 4.91 | 3.20 | 4.26 | 5.28 | 6.29 | 7.30 | 8.32 | 9.35 | 10.41 | 11.49 |
| 6位 | 市川華菜 (ミス) | 11.56 | 9.85 50-60m | 4.59 | 2.15 | -1.90 | 2.05 | 3.23 | 4.31 | 5.34 | 6.36 | 7.37 | 8.39 | 9.43 | 10.48 | 11.56 |
| 7位 | 前山美優 (新潟アルビレックス) | 11.68 | 9.71 40-50m | 4.52 | 2.15 | -2.34 | 2.05 | 3.23 | 4.31 | 5.35 | 6.38 | 7.41 | 8.45 | 9.51 | 10.58 | 11.68 |

布勢スプリント2018 @ 鳥取県立布勢総合運動公園
女子 100m 決勝
2018/6/3 14:20 (風速 +1.8 m/s)

| 順位 レーン | 選手名 (所属) | 最高速度(m/秒) | | 最高速度出現時 | | 走速度低下率(%) | 10m | 20m | 30m | 40m | 50m | 60m | 70m | 80m | 90m | 100m |
|-----------|---------------------|-----------|---------|----------|---------|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| | | 到達時間(秒) | 到達時間(秒) | ピッチ(歩/秒) | スタート(m) | | | | | | | | | | | |
| 1位 | 市川華菜 (ミズノ) | 11.43 | 9.95 | 4.57 | 2.18 | -1.64 | 2.02 | 3.19 | 4.26 | 5.28 | 6.29 | 7.30 | 8.31 | 9.33 | 10.37 | 11.43 |
| 2位 | 福高千里 (SEIKO) | 11.46 | 9.95 | 5.07 | 1.96 | -2.36 | 2.02 | 3.19 | 4.25 | 5.27 | 6.28 | 7.28 | 8.30 | 9.33 | 10.38 | 11.46 |
| 3位 | 世古和 (CRANE) | 11.50 | 9.85 | 4.89 | 2.01 | -2.49 | 1.99 | 3.16 | 4.22 | 5.25 | 6.27 | 7.28 | 8.31 | 9.35 | 10.41 | 11.50 |
| 4位 | 西尾香穂 (甲南大) | 11.69 | 9.70 | 4.68 | 2.07 | -2.30 | 2.03 | 3.22 | 4.31 | 5.35 | 6.38 | 7.41 | 8.45 | 9.51 | 10.59 | 11.69 |
| 5位 | 名倉千晃 (NTN) | 11.71 | 9.66 | 4.89 | 1.98 | -2.88 | 2.01 | 3.19 | 4.27 | 5.32 | 6.35 | 7.39 | 8.44 | 9.50 | 10.59 | 11.71 |
| 6位 | 前山美優 (新潟アルビレックス) | 11.77 | 9.58 | 4.40 | 2.18 | -2.15 | 2.04 | 3.23 | 4.32 | 5.37 | 6.42 | 7.46 | 8.51 | 9.58 | 10.66 | 11.77 |
| 7位 | 島田沙絵 (JMSAG) | 11.81 | 9.53 | 4.59 | 2.08 | -2.82 | 2.02 | 3.20 | 4.29 | 5.34 | 6.39 | 7.45 | 8.51 | 9.59 | 10.69 | 11.81 |
| 8位 | | | | | | | 4.95 | 8.48 | 9.19 | 9.46 | 9.53 | 9.50 | 9.40 | 9.26 | 9.09 | 8.91 |

第102回日本陸上競技選手権大会 @ 維新百年記念公園陸上競技場
女子 100m 決勝
2018/6/23 19:36 (風速 +0.8 m/s)

| 順位 レーン | 選手名 (所属) | 最高速度(m/秒) | | 最高速度出現時 | | 走速度低下率(%) | 10m | 20m | 30m | 40m | 50m | 60m | 70m | 80m | 90m | 100m |
|-----------|---------------------|-----------|---------|----------|---------|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| | | 到達時間(秒) | 到達時間(秒) | ピッチ(歩/秒) | スタート(m) | | | | | | | | | | | |
| 1位 | 世古和 (CRANE) | 11.64 | 9.74 | 5.05 | 1.93 | -2.51 | 2.02 | 3.20 | 4.28 | 5.32 | 6.34 | 7.37 | 8.41 | 9.46 | 10.54 | 11.64 |
| 2位 | 福高千里 (SEIKO) | 11.66 | 9.78 | 5.00 | 1.96 | -2.75 | 2.04 | 3.22 | 4.30 | 5.34 | 6.36 | 7.39 | 8.42 | 9.47 | 10.55 | 11.66 |
| 3位 | 市川華菜 (ミズノ) | 11.67 | 9.75 | 4.50 | 2.17 | -2.25 | 2.05 | 3.24 | 4.32 | 5.36 | 6.39 | 7.42 | 8.45 | 9.50 | 10.57 | 11.67 |
| 4位 | 御家瀬緑 (恵庭北高) | 11.74 | 9.69 | 4.63 | 2.09 | -2.51 | 2.05 | 3.24 | 4.33 | 5.38 | 6.41 | 7.44 | 8.48 | 9.54 | 10.63 | 11.74 |
| 5位 | 中村水月 (大阪府立AC) | 11.80 | 9.61 | 4.52 | 2.13 | -1.94 | 2.07 | 3.27 | 4.37 | 5.43 | 6.47 | 7.51 | 8.56 | 9.62 | 10.70 | 11.80 |
| 6位 | 前山美優 (新潟アルビレックス) | 11.84 | 9.54 | 4.46 | 2.14 | -2.31 | 2.05 | 3.25 | 4.34 | 5.40 | 6.45 | 7.50 | 8.56 | 9.63 | 10.72 | 11.84 |
| 7位 | 西尾香穂 (甲南大) | 11.86 | 9.56 | 4.75 | 2.01 | -3.07 | 2.04 | 3.23 | 4.33 | 5.39 | 6.43 | 7.48 | 8.54 | 9.62 | 10.72 | 11.86 |
| 8位 | 名倉千晃 (NTN) | 11.93 | 9.49 | 4.89 | 1.94 | -3.14 | 2.05 | 3.24 | 4.34 | 5.41 | 6.46 | 7.52 | 8.59 | 9.67 | 10.79 | 11.93 |
| 9位 | | | | | | | 4.88 | 8.36 | 9.10 | 9.40 | 9.49 | 9.46 | 9.36 | 9.19 | 8.99 | 8.74 |

第66回全日本実業団対抗陸上競技選手権大会 @ ヤンマースタジアム長居
 女子 100m 決勝
 2018/9/23 14:30 (風速 -0.1 m/s)

| 順位 | 選手名 (所属) | 記録(秒) | 最高速度(m/秒) 到達地点 | 最高速度出現時 ピッチ(歩/秒) | スタート(m) | 走速度低下率(%) | 10m | 20m | 30m | 40m | 50m | 60m | 70m | 80m | 90m | 100m |
|----|------------------|-------|-------------------|---------------------|---------|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| 1位 | 世古和 (CRANE) | 11.66 | 9.63 40-50m | 4.92 | 1.96 | -2.40 | 1.98 | 3.15 | 4.23 | 5.28 | 6.32 | 7.36 | 8.41 | 9.47 | 10.56 | 11.66 |
| 2位 | 市川華菜 (ミズノ) | 11.72 | 9.66 50-60m | 4.44 | 2.18 | -2.03 | 2.04 | 3.23 | 4.32 | 5.38 | 6.41 | 7.45 | 8.49 | 9.55 | 10.62 | 11.72 |
| 3位 | 三宅奈緒香 | 11.80 | 9.61 40-50m | 4.55 | 2.11 | -2.73 | 2.06 | 3.24 | 4.33 | 5.38 | 6.43 | 7.47 | 8.52 | 9.59 | 10.68 | 11.80 |
| 4位 | 青木益未 (七七銀行) | 11.89 | 9.45 40-50m | 4.57 | 2.07 | -2.29 | 2.01 | 3.21 | 4.32 | 5.39 | 6.45 | 7.51 | 8.58 | 9.66 | 10.76 | 11.89 |
| 5位 | 和田麻希 (ミズノ) | 11.90 | 9.47 40-50m | 4.72 | 2.01 | -2.97 | 2.01 | 3.21 | 4.31 | 5.38 | 6.43 | 7.49 | 8.56 | 9.65 | 10.76 | 11.90 |
| 6位 | 松本沙耶子 (七七銀行) | 11.94 | 9.46 40-50m | 4.48 | 2.11 | -3.55 | 2.03 | 3.21 | 4.31 | 5.37 | 6.43 | 7.49 | 8.57 | 9.67 | 10.79 | 11.94 |
| 7位 | 藤沢沙也加 (セレスポ) | 11.98 | 9.45 40-50m | 4.57 | 2.07 | -2.16 | 2.11 | 3.32 | 4.42 | 5.49 | 6.55 | 7.61 | 8.68 | 9.76 | 10.86 | 11.98 |
| 8位 | 寺井美穂 (ユナイテック) | 12.02 | 9.43 40-50m | 4.69 | 2.01 | -4.07 | 2.02 | 3.22 | 4.32 | 5.39 | 6.45 | 7.52 | 8.60 | 9.71 | 10.85 | 12.02 |

第73回国民体育大会 @ 福井県営陸上競技場
 成年女子 100m 決勝
 2018/10/6 16:40 (風速 -2.8 m/s)

| 順位 | 選手名 (所属) | 記録(秒) | 最高速度(m/秒) 到達地点 | 最高速度出現時 ピッチ(歩/秒) | スタート(m) | 走速度低下率(%) | 10m | 20m | 30m | 40m | 50m | 60m | 70m | 80m | 90m | 100m |
|----|------------------|-------|-------------------|---------------------|---------|-----------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| 1位 | 世古和 (CRANE) | 12.21 | 9.11 50-60m | 4.82 | 1.89 | -1.37 | 2.01 | 3.26 | 4.41 | 5.52 | 6.62 | 7.72 | 8.82 | 9.94 | 11.07 | 12.21 |
| 2位 | 久保山晴菜 (福岡大) | 12.24 | 9.17 50-60m | 4.66 | 1.97 | -1.63 | 2.08 | 3.33 | 4.47 | 5.58 | 6.67 | 7.76 | 8.86 | 9.97 | 11.10 | 12.24 |
| 3位 | 広沢真愛 (日本体育大) | 12.28 | 9.11 50-60m | 4.44 | 2.05 | -1.35 | 2.08 | 3.33 | 4.48 | 5.60 | 6.70 | 7.79 | 8.90 | 10.01 | 11.14 | 12.28 |
| 4位 | 山中日菜美 (立命館大) | 12.28 | 9.16 50-60m | 4.84 | 1.89 | -1.91 | 2.07 | 3.33 | 4.48 | 5.59 | 6.69 | 7.78 | 8.88 | 9.99 | 11.12 | 12.28 |
| 5位 | 三宅奈緒香 (住友重工) | 12.30 | 9.17 50-60m | 4.52 | 2.03 | -1.46 | 2.13 | 3.39 | 4.54 | 5.65 | 6.74 | 7.83 | 8.93 | 10.04 | 11.16 | 12.30 |
| 6位 | 齋藤愛美 (大阪成蹊大) | 12.40 | 9.02 50-60m | 4.75 | 1.90 | -0.87 | 2.11 | 3.38 | 4.55 | 5.68 | 6.79 | 7.90 | 9.01 | 10.13 | 11.26 | 12.40 |
| 7位 | 和田麻希 (ミズノ) | 12.43 | 8.99 50-60m | 4.57 | 1.97 | -1.73 | 2.08 | 3.34 | 4.51 | 5.63 | 6.75 | 7.86 | 8.98 | 10.11 | 11.26 | 12.43 |
| 8位 | 足立紗矢香 (青山学院大) | 12.46 | 9.06 50-60m | 4.75 | 1.91 | -0.72 | 2.15 | 3.45 | 4.63 | 5.76 | 6.88 | 7.98 | 9.08 | 10.20 | 11.32 | 12.46 |

少年女子A 100m 決勝
 2018/10/5 16:40 (風速 -0.1 m/s)

| 順位 | 選手名 (所属) | 記録(秒) | 最高速度(m/秒) 到達地点 | 最高速度出現時 ピッチ(歩/秒) | スタート(m) | 走速度低下率(%) | 10m | 20m | 30m | 40m | 50m | 60m | 70m | 80m | 90m | 100m |
|----|-------------------|-------|-------------------|---------------------|---------|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| 1位 | 三浦田奈 (嵯田高) | 11.83 | 9.58 50-60m | 4.56 | 2.10 | -1.96 | 2.06 | 3.27 | 4.37 | 5.43 | 6.48 | 7.52 | 8.57 | 9.64 | 10.72 | 11.83 |
| 2位 | 高橋真由 (東京高) | 11.86 | 9.52 40-50m | 4.84 | 1.97 | -2.50 | 2.03 | 3.23 | 4.33 | 5.39 | 6.44 | 7.50 | 8.56 | 9.63 | 10.73 | 11.86 |
| 3位 | 青野朱李 (山形中央高) | 11.88 | 9.59 50-60m | 4.89 | 1.96 | -1.71 | 2.09 | 3.31 | 4.43 | 5.49 | 6.54 | 7.58 | 8.63 | 9.69 | 10.77 | 11.88 |
| 4位 | 御家瀬緑 (恵庭北高) | 11.89 | 9.50 40-50m | 4.57 | 2.08 | -2.78 | 2.01 | 3.22 | 4.32 | 5.39 | 6.44 | 7.49 | 8.56 | 9.64 | 10.75 | 11.89 |
| 5位 | 三村晋菜実 (東海大相模高) | 11.91 | 9.51 50-60m | 4.63 | 2.05 | -1.76 | 2.11 | 3.31 | 4.42 | 5.49 | 6.54 | 7.59 | 8.65 | 9.72 | 10.80 | 11.91 |

第53回織田幹雄記念国際陸上競技大会 @ 広島広域公園陸上競技場
女子 100m 決勝
2019/4/28 15:35 (風速 +1.9 m/s)

| 順位 レーン | 選手名 (所属) | 記録(秒) | 最高速度(m/秒) | | 最高速度出現時 | | 走速度低下率(%) | 10m | 20m | 30m | 40m | 50m | 60m | 70m | 80m | 90m | 100m |
|-----------|----------------|-------|-----------|-----------|----------|----------|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| | | | 到達地点 | 到達速度(m/秒) | ピッチ(歩/秒) | ストライド(m) | | | | | | | | | | | |
| 2位 | 御家瀬緑 (恵庭北高) | 11.54 | 9.84 | 50-60m | 4.72 | 2.08 | -2.08 | 2.03 | 3.21 | 4.28 | 5.31 | 6.33 | 7.34 | 8.37 | 9.41 | 10.46 | 11.54 |
| 3位 | 土井杏南 (JAL) | 11.64 | 9.85 | 40-50m | 4.89 | 2.01 | -3.70 | 2.04 | 3.22 | 4.29 | 5.31 | 6.33 | 7.35 | 8.38 | 9.43 | 10.52 | 11.64 |
| 4位 | 市川華菜 (ミスノ) | 11.74 | 9.69 | 50-60m | 4.34 | 2.23 | -1.32 | 2.10 | 3.30 | 4.40 | 5.45 | 6.49 | 7.52 | 8.56 | 9.60 | 10.66 | 11.74 |
| 6位 | 世古和 (CRANE) | 11.83 | 9.57 | 40-50m | 4.92 | 1.95 | -2.16 | 2.08 | 3.27 | 4.36 | 5.42 | 6.47 | 7.51 | 8.57 | 9.63 | 10.72 | 11.83 |

セイコーゴールデングランプリ陸上2019大阪 @ ヤンマースタジアム長居
女子 100m 決勝
2019/5/19 15:00 (風速 -2.2 m/s)

| 順位 レーン | 選手名 (所属) | 記録(秒) | 最高速度(m/秒) | | 最高速度出現時 | | 走速度低下率(%) | 10m | 20m | 30m | 40m | 50m | 60m | 70m | 80m | 90m | 100m |
|-----------|-----------------|-------|-----------|-----------|----------|----------|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| | | | 到達地点 | 到達速度(m/秒) | ピッチ(歩/秒) | ストライド(m) | | | | | | | | | | | |
| 5位 | 土井杏南 (JAL) | 11.72 | 9.62 | 40-50m | 4.89 | 1.97 | -3.12 | 2.00 | 3.17 | 4.25 | 5.29 | 6.33 | 7.38 | 8.43 | 9.50 | 10.60 | 11.72 |
| 6位 | 市川華菜 (ミスノ) | 11.94 | 9.42 | 50-60m | 4.44 | 2.12 | -1.75 | 2.07 | 3.27 | 4.38 | 5.46 | 6.52 | 7.58 | 8.65 | 9.73 | 10.82 | 11.94 |
| 7位 | 世古和 (CRANE) | 11.98 | 9.40 | 40-50m | 4.82 | 1.95 | -2.97 | 2.03 | 3.23 | 4.34 | 5.41 | 6.47 | 7.54 | 8.62 | 9.72 | 10.83 | 11.98 |
| 8位 | 豊崎いちこ (立命館大) | 12.12 | 9.30 | 40-50m | 4.59 | 2.03 | -2.60 | 2.08 | 3.30 | 4.42 | 5.50 | 6.58 | 7.66 | 8.75 | 9.85 | 10.97 | 12.12 |

布勢スプリント2019 @ 鳥取県立布勢総合運動公園
 女子 100m 決勝
 2019/6/2 14:50 (風速 +2.2 m/s)

| 順位 | 選手名 (所属) | 記録(秒) | 最高速度(m/秒) 到達地点 | 最高速度出現時 ピッチ(歩/秒) | スタート(m) | 走速度低下率(%) | 10m | 20m | 30m | 40m | 50m | 60m | 70m | 80m | 90m | 100m |
|----|-----------------|-------|-------------------|---------------------|---------|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| 1位 | 土井杏南 (JAL) | 11.55 | 9.81 40-50m | 4.94 | 1.99 | -2.96 | 1.99 | 3.15 | 4.22 | 5.25 | 6.27 | 7.29 | 8.32 | 9.37 | 10.45 | 11.55 |
| 2位 | 和田麻希 (ミズノ) | 11.63 | 9.72 40-50m | 4.77 | 2.04 | -2.76 | 1.99 | 3.17 | 4.24 | 5.28 | 6.31 | 7.34 | 8.38 | 9.44 | 10.52 | 11.63 |
| 3位 | 三宅奈緒香 (住友電工) | 11.68 | 9.72 40-50m | 4.66 | 2.09 | -2.56 | 2.06 | 3.24 | 4.31 | 5.35 | 6.38 | 7.41 | 8.45 | 9.51 | 10.58 | 11.68 |
| 6位 | 世古和 (CRANE) | 11.90 | 9.54 40-50m | 4.92 | 1.94 | -3.39 | 2.04 | 3.24 | 4.33 | 5.39 | 6.44 | 7.49 | 8.55 | 9.64 | 10.75 | 11.90 |
| | | | | | | | 4.90 | 8.36 | 9.12 | 9.44 | 9.54 | 9.51 | 9.40 | 9.22 | 8.99 | 8.71 |

一流 200m 選手のレース分析－ 2019 年シーズンの国内外主要競技会に着目して－

高橋恭平¹⁾ 広川龍太郎²⁾ 小林海³⁾ 山中亮⁴⁾ 大沼勇人⁵⁾ 松林武生⁶⁾ 渡辺圭佑⁷⁾

1) 鹿児島大学 2) 東海大学 3) 東京経済大学 4) 新潟食料農業大学 5) 関西福祉大学
6) 国立スポーツ科学センター 7) 日本スポーツ振興センター

1. はじめに

2019 年男子短距離界では、サニブラウンハキーム選手が 100m において 6 月に日本記録となる 9.97 秒（追風 0.8m/秒）をマークした後、第 103 回日本陸上競技選手権大会（於 福岡）で 100m と 200m の選手権者となった。また、小池祐貴選手が 7 月に 100m 歴代 2 位タイとなる 9.98 秒（追風 0.5m/秒）をマークしたり、第 17 回世界陸上競技選手権大会（於 カタール）では 4 × 100m リレー日本代表（多田修平、白石黄良々、桐生祥秀、サニブラウンハキーム）が銅メダルを獲得するなど、注目度の高いシーズンであった。その中で、本研究では、2019 年日本陸上競技連盟科学委員会の活動として行われた国内外対象の主要競技会における男女 200m レース分析結果から、走速度、ピッチ、ストライドを中心に言及する。

2. 方法

2-1. 対象競技会

対象競技会は下記 6 競技会とし、レース測定および分析を行った。

- ・第 23 回アジア陸上競技選手権大会（2019 年 4 月 21 日～ 24 日）（以下、アジア選手権）
- ・第 35 回静岡国際陸上競技大会（2019 年 5 月 3 日）（以下、静岡国際）
- ・セイコーゴールデングラプリ陸上 2019 大阪（2019 年 5 月 19 日）（以下、GGP）
- ・第 103 回日本陸上競技選手権大会（2019 年 6 月 27 日～ 30 日）（以下、日本選手権）
- ・第 17 回世界陸上競技選手権大会（2019 年 9 月 27 日～ 10 月 6 日）（以下、世界選手権）
- ・第 35 回 U20 / 第 13 回 U18 日本陸上競技選手権大会（2019 年 10 月 18 日～ 20 日）（以下、U20/U18 日本選手権）

2-2. 対象選手

対象選手は競技会毎に下記のとおりである。

- ・アジア選手権：日本代表選手
- ・静岡国際：【男子】白石黄良々選手、染谷佳大選手、原翔太選手、猶木雅文選手、井本佳伸選手、【女子】景山咲穂選手、湯淺佳那子選手、柳谷朋美選手、齋藤愛美選手、市川華菜選手、三宅奈緒香選手
- ・GGP：男女ファイナリスト
- ・日本選手権：男女ファイナリスト
- ・世界選手権：男女メダリストおよび日本代表選手
- ・U20/18 日本選手権：U20, U18 共に男女ファイナリスト

2-3. 測定方法

200m レースの測定は、液晶デジタルビデオカメラ Lumix (DMC-FZ300, もしくは DC-GH5S, Panasonic, JAPAN) を 6 台用いて、主に競技場内の観覧スタンドから映像をハイスピード撮影することで実施された。カメラの撮影速度は 239.76fps とし、各撮影ポイント（表 1）においてそのレースに出場している全選手（全レーン）が入る画角を設定した。

測定者は 20m, 55m, 80m, 100m, 121.5m,

表 1. 撮影（測定）地点

| 撮影地点 | グラウンドマーカー |
|---------|--------------|
| 20m | 400mハードル 6台目 |
| 55m | 400mハードル 7台目 |
| 80m | 400mハードル 8台目 |
| 100m | - |
| 121.5m | 100mハードル 2台目 |
| 149.42m | 110mハードル 6台目 |
| 181m | 100mハードル 9台目 |

149.42m, 181m 地点の撮影を行うために観覧スタンドへそれぞれ配置された。そのうち, 20m, 55m, 80m, 100m, 149.42m 地点の測定者は各地点の真上でなく, 対角線上スタンドに配置した。また, 100m 地点と 149.42m 地点は 1 名の測定者が兼任し, 149.42m 地点対角線上から両地点を撮影した。全てのレースの撮影は, スターターのピストル閃光を撮影した後, 全選手がゴールするまでパンニング撮影を行った。

2-4. 分析方法

映像分析には映像再生・編集ソフト (QuickTimePro7, Apple, USA) によるフレーム表示機能を用い, まず, 全測定ポイントから撮影した映像において, スターターのピストル閃光をゼロフレームに編集した。

最高走速度および走速度低下率とフィニッシュタイムについて実施した相関分析はピアソンの積率相関分析を用い, 有意水準は 5% または 1% とした。

2-4-1. 通過タイムおよび区間平均走速度

通過タイムは各分析ポイントを選手の胴体部分が通過した時点のフレーム数から求め, さらに, 区間平均走速度 (以下, 走速度) の算出を行った。

2-4-2. 走速度低下率

走速度低下率は, 最高走速度から低下した速度の割合を示す指標である。下に示す計算式により求めた。

$$([181m - 200m \text{ 区間走速度}] / [最高走速度]) \times 100 - 100$$

2-4-3. 区間平均ピッチおよび区間平均ストライド

1 秒毎の区間平均ピッチ (以下, ピッチ) は, 各区間の分析ポイント通過後最初の 1 歩をゼロ歩として, 計 6 ~ 14 歩 (表 2) に要した時間のフレーム数から算出した。

区間平均ストライド (以下, ストライド) は, 2-4-1 で求めた走速度をピッチで除すことにより求めた。

3. 結果および考察

図 1-1 はシニア選手, 図 1-2 は U20/U18 選手における分析対象全レースのフィニッシュタイムと最高走速度および速度低下率の関係を示している。最高

走速度は, シニア選手も U20/U18 選手も男女共にフィニッシュタイムと有意な相関関係が認められた ($p < 0.01$)。一方, 走速度低下率は, シニア男子選手のみフィニッシュタイムと有意な相関関係を示した ($p < 0.05$)。最高走速度は, 従来の報告通り (高橋ら 2016, 高橋ら 2017, 高橋ら 2018), 男女共にパフォーマンスと密接な関係を示した。一方, 走速度低下率とパフォーマンスの関係性は年度によって様々で, 今シーズンはシニア男子選手以外で関係性は認められなかった。

2019 年シーズンは, 来年東京オリンピックを控えている中, 世界選手権が開催され, 短距離種目は今シーズンも注目度の高い 1 年となった。本研究では, その中でも日本選手権福岡大会および世界選手権ドーハ大会を中心に検証を行った。(他 3 対象競技会の分析結果詳細は参考資料を参照。)

図 2 は日本選手権男子 200m の決勝レース上位 5 名における走速度およびピッチ, ストライドの分析結果を示している。最高走速度の出現区間は, 5 名全員において 55-80m 区間であった。20.35 秒 (-1.3m/秒) の記録で日本選手権者となったサニブラウン選手は, 本レース中最も高い最高走速度 (10.96m/秒) とレース中一貫したストライドの高さが顕著であった。サニブラウン選手以外の 4 名の最高ストライドは 55-80m 区間, もしくは 80-100m 区間で出現していたが, サニブラウン選手は 121.5-149.42m 区間で最高値に達していた。一方, 2 位の小池選手 (20.48 秒) は, サニブラウン選手に次ぐ最高走速度の高さ (10.95m/秒) とピッチの高さが顕著であった。図中の 5 名の内, 小池選手を除く 4 名の最高ピッチが 20-55m 区間で, 小池選手は 55-80m 区間で出現していた。

図 3 は日本選手権女子 200m の決勝レース上位 4 名における走速度およびピッチ, ストライドの分析結果を示している。2019 年 23.80 秒 (-0.4m/秒) で選手権者となった兒玉選手の最高走速度は 9.35m/秒で, ファイナリスト中最も高かった。2 位の景山選手は (23.90 秒) 終始高いピッチと低い速度低下率 (-11.92%) が顕著であった。また, 景山選手は, この 4 名中唯一最高走速度 (9.10m/秒) の出現区間が 20-55m 区間であった。他 3 名は 55-80m 区間で出現していた。ストライドに着目すると, 24.06 秒で 4 位であった井戸選手が終始高い値を示していた。

図 4 は世界選手権男子 200m 男子日本代表 3 選手の予選レース分析結果を示している。最高走速度は, 小池選手のみ 80-100m 区間で出現していたが

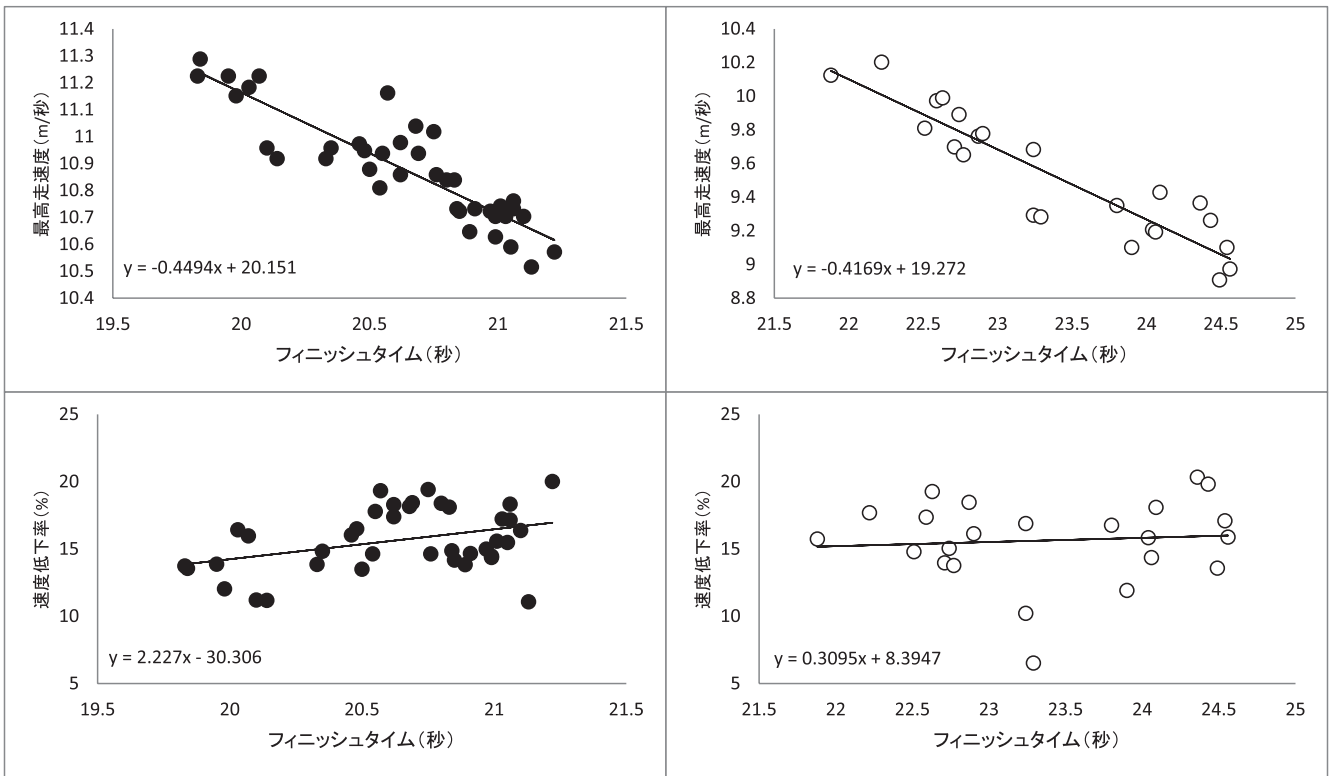


図 1-1. 2019 年シーズン 200m レースにおける最高走速度（上段）および速度低下率（下段）とフィニッシュタイムの関係（●：男子 ○：女子）

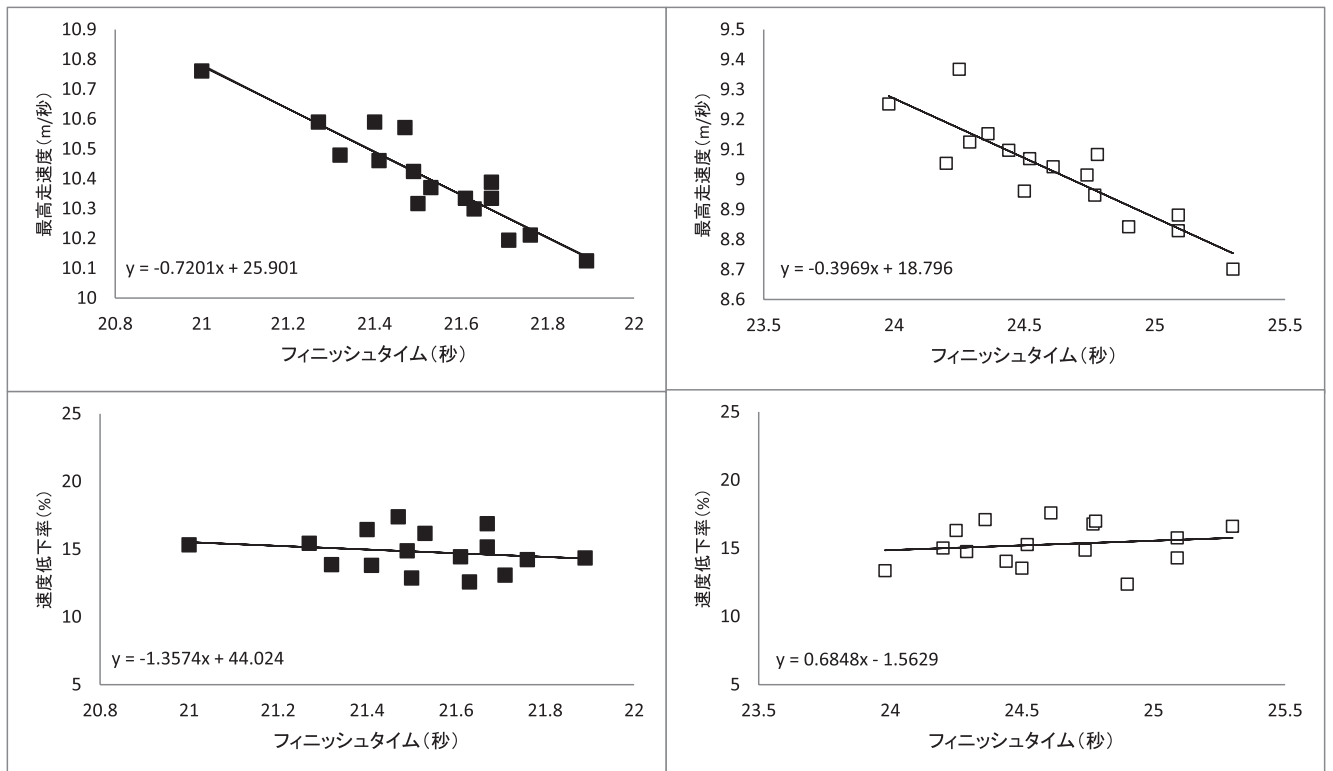


図 1-2. 2019 年シーズン U20/U18 選手の 200m レースにおける最高走速度（上段）および速度低下率（下段）とフィニッシュタイムの関係（■：男子 □：女子）

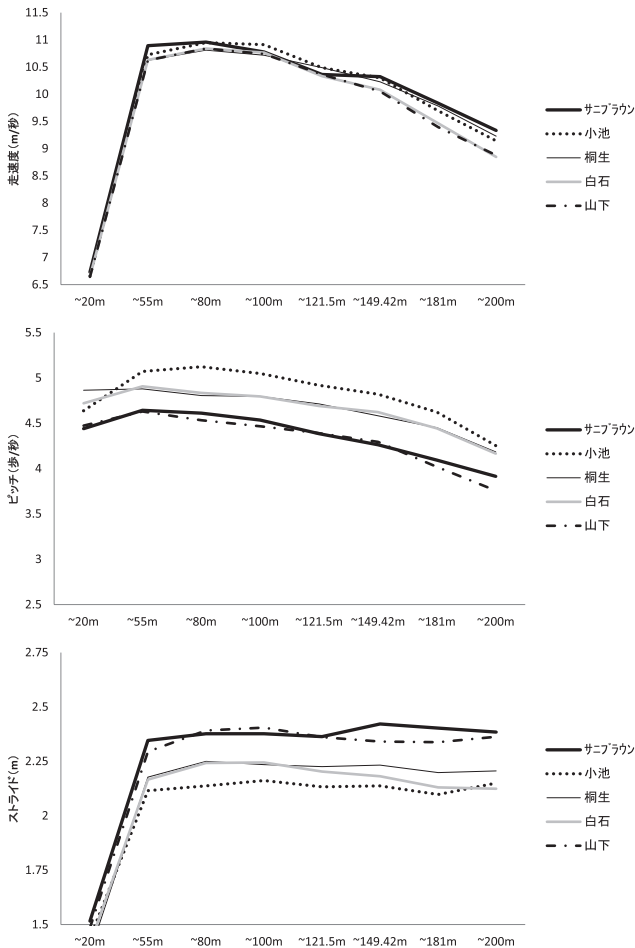


図 2. 2019 年日本選手権男子 200m 決勝上位 5 名における走速度（上段）およびピッチ（中段）、ストライド（下段）

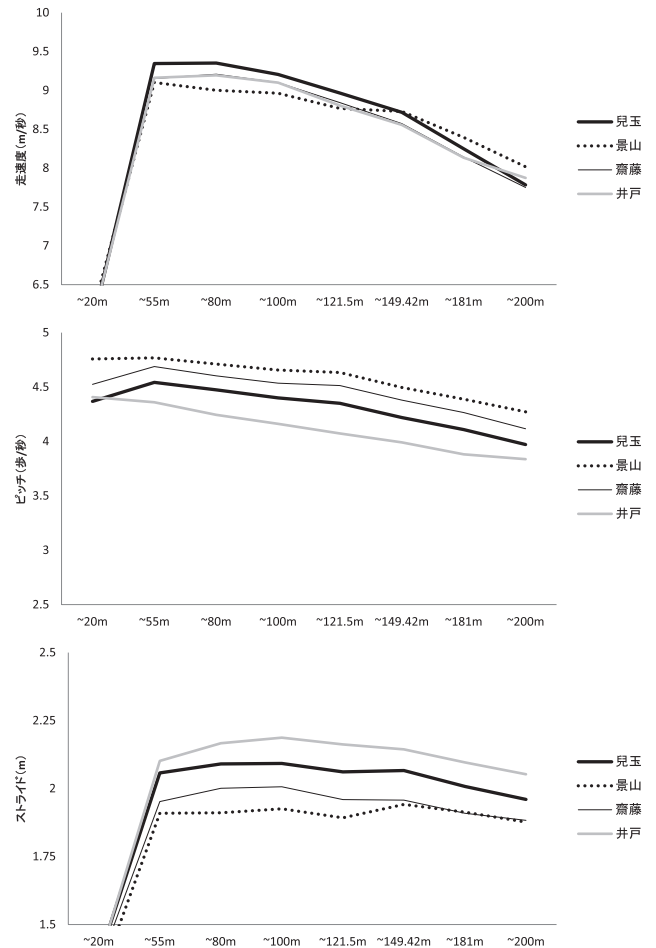


図 3. 2019 年日本選手権女子 200m 決勝上位 4 名における走速度（上段）およびピッチ（中段）、ストライド（下段）

(10.97m/秒), 白石選手 (10.86m/秒) および山下選手 (10.98m/秒) は 55-80m 区間で出現していた. 3 選手の走速度低下率は, 小池選手が最も低かった (-16.04%). 日本代表 3 選手中, 同記録であった白石選手と山下選手の最高走速度と走速度低下率を比較すると, 最高走速度は山下選手が高かったが, 走速度低下率は白石選手が低かった. その両方共パフォーマンスの高かった小池選手の記録が日本代表選手中最も良かったことを考慮すると, 高水準の最高走速度とそこからの走速度低下の抑制が高記録に繋がると考えられる. ピッチの最高値は 3 選手共に 20-55m 区間で出現しており, 小池選手においては最高値が 5.0 歩/秒を超えるなどレース中終始高いピッチを維持していた. 一方, ストライドは, 山下選手が終始高値を示していた. 図 5 は, 同じく世界選手権男子 200m において金メダルを獲得したアメリカの LYLES 選手のラウンド毎レース分析結果を示している. 最高走速度は, 全てのラウンドにおいて 11m/秒を超え, また, 55-80m 区間で出現していた. 予選のみ比較的低いピッチで低い走速度となっ

ているが, これは, いわゆる“流した”ことによるため, 予選は最大努力で無かったことが推察される. 一方, 準決勝と決勝のフィニッシュタイムはほぼ同程度で, 走速度, ピッチ, ストライドの分析結果もほぼ同様の推移を示していた. 図 6 は, 世界選手権男子 200m ファイナリストとなった GEMILI 選手 (イギリス) と XIE 選手 (中国), DE GRASSE 選手 (カナダ), LYLES 選手 (アメリカ), 以上 4 選手の予選レースにおける走速度およびピッチ, ストライドの平均値±標準偏差と日本代表選手 3 名の予選レースを比較したものである. ファイナリストの最高走速度は 11.10 ± 0.12 m/秒で日本代表選手を上回り, 4 名とも 55-80m 区間で出現していた. ピッチは, 小池選手と山下選手がファイナリストを上回る傾向にあったが, ストライドは低い傾向にあった. 予選におけるファイナリストは, 他ラウンドと比較して, 特にラスト 20m くらいで極端にピッチが低下している (流している) 中であっても, 走速度低下率は $-15.31 \pm 1.16\%$ と低い数値であった. したがって, 最高走速度を高めることと走速度低下率を抑えるこ

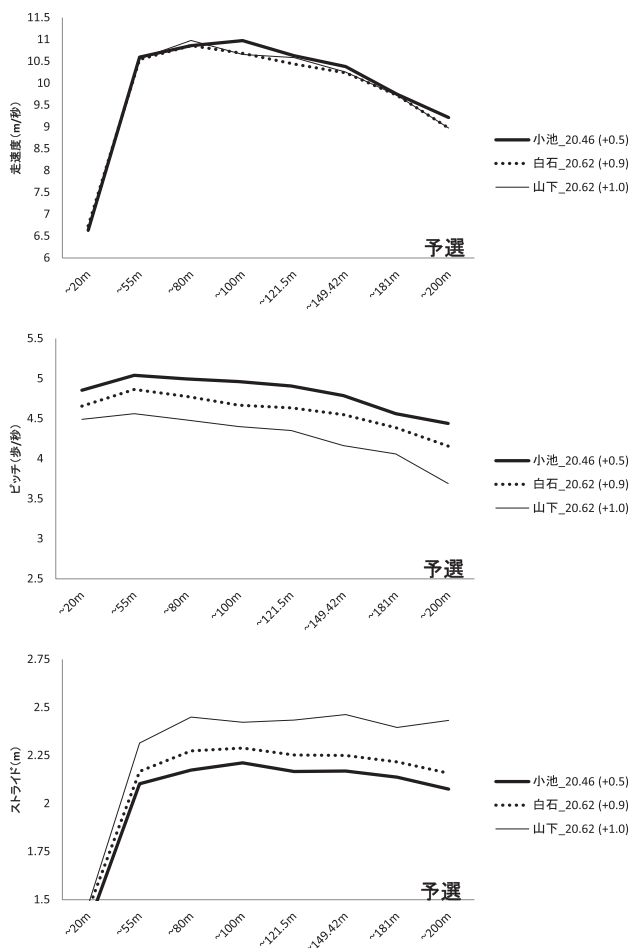


図4. 世界選手権男子200m日本代表選手における予選の走速度（上段）・ピッチ（中段）・ストライド（下段）

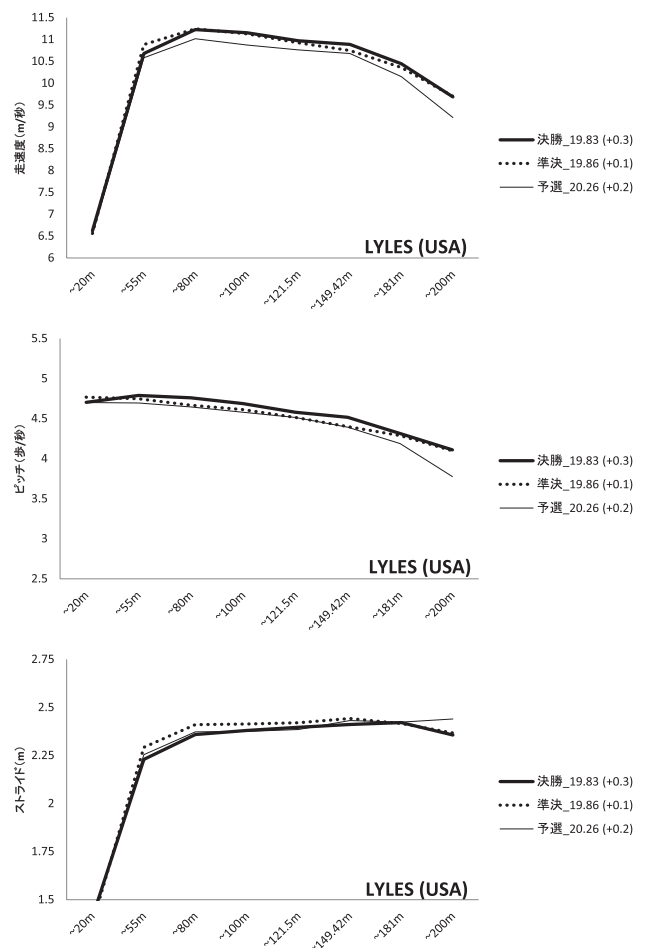


図5. 世界選手権男子200m金メダリストにおける各ラウンドの走速度（上段）・ピッチ（中段）・ストライド（下段）

との重要性が改めて示唆された。

図7は同世界選手権女子200mメダリスト3名の決勝レースにおけるレース分析結果を示している。最高走速度は、3名とも55-80m区間で出現しており、最高値は金メダリストのASHER-SMITH選手（イギリス）の9.75m/秒であった。ピッチの最高値も、3名とも20-55m区間で出現しており、銅メダリストのKAMBUNDJI選手（スイス）が終始高い値を示した。一方、ストライドは、KAMBUNDJI選手以外のASHER-SMITH選手とBROWN選手（アメリカ）が55-80m区間において最高値を示し、BROWN選手が終始高値を示していた。

4. まとめ

2019年シーズンにおける国内外の一流200m選手のレースを分析した結果、次のことが明らかとなった。

- ・最高走速度は、従来の報告と同様に、シニアおよびU20/U18選手男女共フィニッシュタイムと有意な

相関関係があった。一方、走速度低下率との有意な関係性は、シニア男子選手のみ認められた。

- ・最高走速度出現区間は、今季分析対象レースの83.1%が55-80m区間で出現しており、先行研究と同様の傾向を示した。一方、それに次いで、20-55m区間での出現が13.5%、80-100m区間3.4%であった。20-55m区間で最高走速度が出現していた選手のうち、92%が女子選手であった。

- ・世界選手権女子メダリストは、日本選手権女子上位入賞者と比較して同程度のピッチと高いストライドにより、高い最高走速度を獲得していた。

参考文献

高橋恭平, 松尾彰文, 広川龍太郎, 柳谷登志雄, 貴嶋孝太, 松林武生, 山本真帆, 綿谷貴志, 渡辺圭佑 (2012) 2011年世界および日本トップスプリンターの200mにおける走パフォーマンス分析. 陸上競技研究紀要, 8: 21-29.

高橋恭平, 広川龍太郎, 松林武生, 小林海, 松尾彰

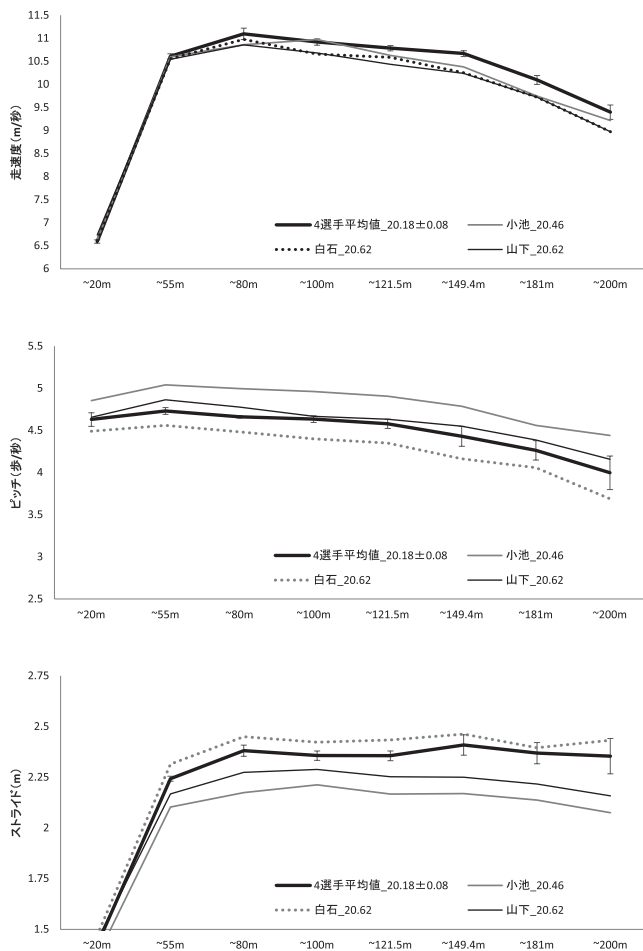


図 6. 世界選手権男子 200m 予選における通過 4 選手の走速度（上段）・ピッチ（中段）・ストライド（下段）平均値と日本代表選手の比較

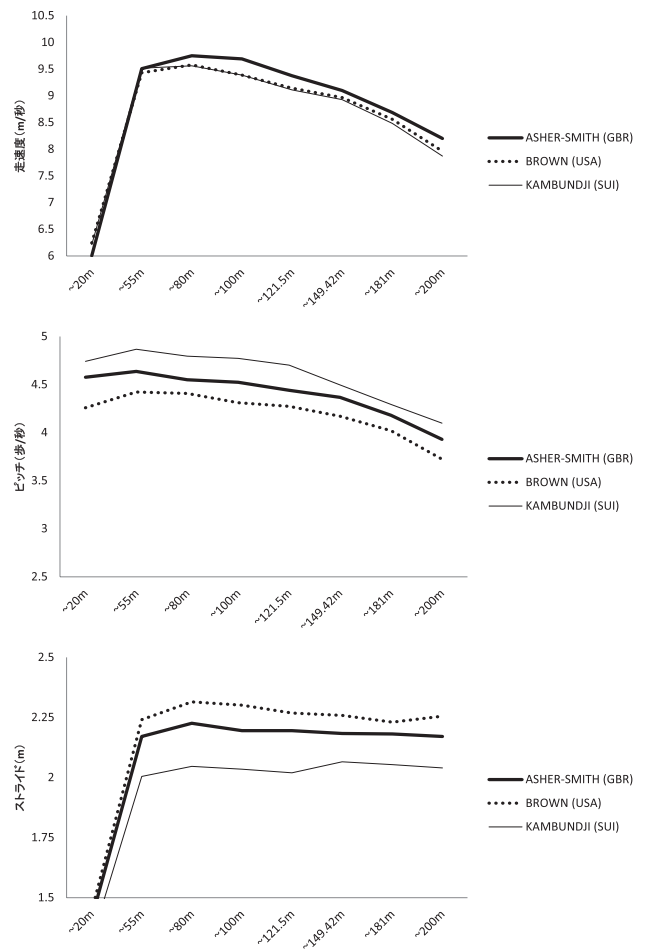


図 7. 世界選手権女子 200m 決勝レースにおけるメダリストの走速度（上段）・ピッチ（中段）・ストライド（下段）

文，柳谷登志雄，山元康平（2016）2015 年における日本および世界一流 200m 選手のレース分析．陸上競技研究紀要，11：115-127.

高橋恭平，広川龍太郎，松林武生，小林海，松尾彰文，柳谷登志雄，山元康平，山中亮，大家利之，吉本隆哉，大沼勇人，輪島裕美（2017）2016 年国内外トップスプリンターの 200m における走パフォーマンス分析．陸上競技研究紀要，12：84-91.

高橋恭平，広川龍太郎，小林海，渡辺圭佑，山中亮，大沼勇人，吉本隆哉，松林武生，松尾彰文（2018）2017 年シーズンにおける 200m 走パフォーマンス分析．陸上競技研究紀要，13：165-173.

参考資料

第23回アジア陸上競技選手権大会カタールドーハ大会 @ ハリーファ国際スタジアム
男子 200m 決勝
2019/4/24 17:48 (風速 +1.7 m/s)

| 順位 レーン | 選手名 (所属) | 記録(秒) | 最高速度(m/秒) 到達地点 | 達成率下率(%) | 距離 | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|---------------------|-------|-------------------|----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------|
| | | | | | 0m | 20m | 20m | 55m | 55m | 80m | 80m | 100m | 100m | 121.5m | 121.5m | 148.42m | 148.42m | 181m | 181m |
| 2位 | Yuki KOIKE (JPN) | 20.55 | 10.84 | -17.78 | 通過タイム(秒) | | | | | | | | | | | | | | |
| 6レーン | | | 55-80m | | 6.70 | 10.57 | 10.94 | 4.60 | 4.95 | 4.95 | 4.96 | 4.88 | 4.77 | 4.55 | 4.22 | 4.22 | 4.17 | 4.04 | |
| | | | | | 区間速度(m/秒) | 区間速度(m/秒) | 区間速度(m/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | |
| | | | | | 1.46 | 2.14 | 2.21 | 2.16 | 2.17 | 2.15 | 2.15 | 2.15 | 2.15 | 2.13 | 2.13 | 2.13 | 2.13 | 2.13 | 2.13 |

女子 200m 予選 1組
2019/4/23 18:22 (風速 +1.0 m/s)

| 順位 レーン | 選手名 (所属) | 記録(秒) | 最高速度(m/秒) 到達地点 | 達成率下率(%) | 距離 | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|----------------------|-------|-------------------|----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | | | | | 0m | 20m | 20m | 55m | 55m | 80m | 80m | 100m | 100m | 121.5m | 121.5m | 148.42m | 148.42m | 181m | 181m | 200m |
| 5位 | Miku YAMADA (JPN) | 24.09 | 9.43 | -18.09 | 通過タイム(秒) | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2レーン | | | 20-55m | | 5.88 | 9.43 | 9.34 | 4.54 | 4.71 | 4.72 | 4.82 | 4.49 | 4.38 | 4.17 | 4.04 | | | | | |
| | | | | | 区間速度(m/秒) | 区間速度(m/秒) | 区間速度(m/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) |
| | | | | | 1.29 | 2.00 | 1.98 | 1.96 | 1.95 | 1.95 | 1.93 | 1.93 | 1.95 | 1.91 | | | | | | |

女子 200m 予選 3組
2019/4/23 18:36 (風速 +2.3 m/s)

| 順位 レーン | 選手名 (所属) | 記録(秒) | 最高速度(m/秒) 到達地点 | 達成率下率(%) | 距離 | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-----------------------|-------|-------------------|----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | | | | | 0m | 20m | 20m | 55m | 55m | 80m | 80m | 100m | 100m | 121.5m | 121.5m | 148.42m | 148.42m | 181m | 181m | 200m |
| 6位 | Naoka MIYAKE (JPN) | 24.36 | 9.37 | -20.33 | 通過タイム(秒) | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6レーン | | | 20-55m | | 5.76 | 9.37 | 9.25 | 4.39 | 4.49 | 4.44 | 4.37 | 4.29 | 4.19 | 4.01 | 3.78 | | | | | |
| | | | | | 区間速度(m/秒) | 区間速度(m/秒) | 区間速度(m/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) |
| | | | | | 1.31 | 2.09 | 2.08 | 2.05 | 2.04 | 2.04 | 2.02 | 2.02 | 2.02 | 1.98 | | | | | | |

第35回静岡国際陸上競技大会 @ 静岡県小笠山総合運動公園エコパスタジアム
男子 200m タイムレース決勝
2019/5/3 16:20

| 順位 レーン | 選手名 (所属) | 記録(秒) | 最高速度(m/秒) 到達地点 | 達成率下率(%) | 距離 | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|--------------------|-------|-------------------|----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | | | | | 0m | 20m | 20m | 55m | 55m | 80m | 80m | 100m | 100m | 121.5m | 121.5m | 148.42m | 148.42m | 181m | 181m | 200m |
| 2位 | 白石 真良々 (セレスホ) | 20.68 | 11.04 | -18.16 | 通過タイム(秒) | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2レーン | | | 55-80m | | 6.59 | 10.82 | 11.04 | 4.69 | 4.81 | 4.74 | 4.66 | 4.62 | 4.51 | 4.42 | 4.20 | | | | | |
| | | | | | 区間速度(m/秒) | 区間速度(m/秒) | 区間速度(m/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) |
| | | | | | 1.38 | 2.18 | 2.30 | 2.29 | 2.28 | 2.26 | 2.22 | 2.19 | 2.22 | 2.19 | 2.22 | | | | | |
| 3位 | 染谷 佳大 (中央大) | 20.91 | 10.73 | -14.66 | 通過タイム(秒) | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2レーン | | | 55-80m | | 6.56 | 10.42 | 10.73 | 4.40 | 4.66 | 4.64 | 4.52 | 4.52 | 4.42 | 4.29 | 4.08 | | | | | |
| | | | | | 区間速度(m/秒) | 区間速度(m/秒) | 区間速度(m/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) |
| | | | | | 1.49 | 2.24 | 2.31 | 2.31 | 2.27 | 2.26 | 2.23 | 2.23 | 2.24 | 2.24 | | | | | | |
| 5位 | 原 翔太 (スズキギョクAC) | 20.97 | 10.72 | -14.99 | 通過タイム(秒) | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6レーン | | | 55-80m | | 6.60 | 10.58 | 10.72 | 4.59 | 4.81 | 4.74 | 4.66 | 4.62 | 4.51 | 4.42 | 4.20 | | | | | |
| | | | | | 区間速度(m/秒) | 区間速度(m/秒) | 区間速度(m/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) |
| | | | | | 1.44 | 2.20 | 2.26 | 2.22 | 2.22 | 2.18 | 2.18 | 2.18 | 2.16 | 2.17 | | | | | | |
| 7位 | 猶木 雅文 (大阪ガス) | 20.99 | 10.70 | -14.46 | 通過タイム(秒) | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4レーン | | | 55-80m | | 6.52 | 10.44 | 10.70 | 4.63 | 4.61 | 4.51 | 4.40 | 4.33 | 4.32 | 4.14 | 4.01 | | | | | |
| | | | | | 区間速度(m/秒) | 区間速度(m/秒) | 区間速度(m/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) |
| | | | | | 1.41 | 2.26 | 2.37 | 2.36 | 2.35 | 2.31 | 2.30 | 2.28 | 2.28 | 2.28 | | | | | | |
| 8位 | 井本 佳伸 (東海大) | 20.99 | 10.63 | -14.37 | 通過タイム(秒) | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5レーン | | | 55-80m | | 6.59 | 10.32 | 10.63 | 5.00 | 5.06 | 5.03 | 4.96 | 4.88 | 4.79 | 4.66 | 4.46 | | | | | |
| | | | | | 区間速度(m/秒) | 区間速度(m/秒) | 区間速度(m/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) |
| | | | | | 1.32 | 2.04 | 2.11 | 2.10 | 2.09 | 2.09 | 2.08 | 2.08 | 2.06 | 2.04 | | | | | | |

女子 200m タイムレース決勝
2019/5/3 16:00

| 順位 レーン | 選手名 (所属) | 記録(秒) | 最高速度(m/秒) 到達地点 | 達成率下率(%) | 距離 | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-------------------|-------|-------------------|----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | | | | | 0m | 20m | 20m | 55m | 55m | 80m | 80m | 100m | 100m | 121.5m | 121.5m | 148.42m | 148.42m | 181m | 181m | 200m |
| 2位 | 景山 咲穂 (市立船橋高) | 24.06 | 9.10 | -12.38 | 通過タイム(秒) | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6レーン | | | 55-80m | | 6.09 | 8.99 | 9.10 | 4.88 | 4.87 | 4.84 | 4.75 | 4.75 | 4.61 | 4.50 | 4.32 | | | | | |
| | | | | | 区間速度(m/秒) | 区間速度(m/秒) | 区間速度(m/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) |
| | | | | | 1.25 | 1.85 | 1.88 | 1.89 | 1.85 | 1.85 | 1.87 | 1.83 | 1.84 | 1.84 | | | | | | |
| 3位 | 湯浅 佳那子 (日本体育大) | 24.10 | 9.14 | -13.78 | 通過タイム(秒) | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5レーン | | | 55-80m | | 6.06 | 9.13 | 9.14 | 4.65 | 4.64 | 4.57 | 4.52 | 4.46 | 4.38 | 4.24 | 4.17 | | | | | |
| | | | | | 区間速度(m/秒) | 区間速度(m/秒) | 区間速度(m/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) |
| | | | | | 1.30 | 1.97 | 2.00 | 1.98 | 1.96 | 1.96 | 1.96 | 1.92 | 1.89 | 1.89 | | | | | | |
| 4位 | 柳谷 朋美 (大阪成蹊大) | 24.17 | 9.18 | -15.31 | 通過タイム(秒) | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8レーン | | | 55-80m | | 5.90 | 9.03 | 9.18 | 4.72 | 4.72 | 4.61 | 4.57 | 4.52 | 4.45 | 4.31 | 4.21 | | | | | |
| | | | | | 区間速度(m/秒) | 区間速度(m/秒) | 区間速度(m/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) |
| | | | | | 1.25 | 1.91 | 1.99 | 1.98 | 1.97 | 1.94 | 1.94 | 1.90 | 1.85 | 1.85 | | | | | | |
| 5位 | 齋藤 愛美 (大阪成蹊大) | 24.21 | 9.15 | -14.99 | 通過タイム(秒) | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7レーン | | | 55-80m | | 5.90 | 9.04 | 9.15 | 4.57 | 4.63 | 4.58 | 4.57 | 4.48 | 4.41 | 4.27 | 4.07 | | | | | |
| | | | | | 区間速度(m/秒) | 区間速度(m/秒) | 区間速度(m/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) |
| | | | | | 1.29 | 1.95 | 2.00 | 1.99 | 1.97 | 1.94 | 1.94 | 1.90 | 1.91 | 1.91 | | | | | | |
| 7位 | 市川 華菜 (ミズノ) | 24.23 | 9.15 | -15.11 | 通過タイム(秒) | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5レーン | | | 55-80m | | 5.92 | 9.04 | 9.15 | 4.24 | 4.34 | 4.34 | 4.31 | 4.15 | 4.03 | 3.91 | 3.81 | | | | | |
| | | | | | 区間速度(m/秒) | 区間速度(m/秒) | 区間速度(m/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) |
| | | | | | 1.40 | 2.08 | 2.11 | 2.10 | 2.10 | 2.13 | 2.12 | 2.08 | 2.04 | 2.04 | | | | | | |
| 8位 | 三宅 奈緒香 (住友電工) | 24.30 | 9.10 | -13.73 | 通過タイム(秒) | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2レーン | | | 20-55m | | 5.92 | 9.10 | 9.04 | 4.37 | 4.51 | 4.39 | 4.34 | 4.27 | 4.19 | 4.08 | 3.95 | | | | | |
| | | | | | 区間速度(m/秒) | 区間速度(m/秒) | 区間速度(m/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) | 区間タイム(秒/秒) |
| | | | | | 1.35 | 2.02 | 2.06 | 2.03 | 2.03 | 2.03 | 2.03 | 2.03 | 2.00 | 1.99 | | | | | | |

セイコーゴールデングラプリ陸上2019大阪 @ ヤンマースタジアム長居
男子 200m 決勝
2019/5/19 13:35 (風速 -0.4 m/s)

| 順位 レーン | 選手名 (所属) | 記録(秒) | 最高速度(m/秒) 到達地点 | 速度低下率(%) | 0m - 20m 20m - 55m 55m - 80m 80m - 100m 100m - 121.5m 121.5m - 149.42m 149.42m - 181m 181m - 200m | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|------------------------------|-------|-------------------|----------|---|-----------|------------|------------|----------|-----------|------------|------------|----------|-----------|------------|------------|----------|-----------|------------|------------|-------|-------|------|------|-------|-------|------|------|-------|------|------|------|
| | | | | | 通過タイム(秒) | 区間速度(m/秒) | 区間ヒッチ(秒/秒) | 区間ストライド(m) | 通過タイム(秒) | 区間速度(m/秒) | 区間ヒッチ(秒/秒) | 区間ストライド(m) | 通過タイム(秒) | 区間速度(m/秒) | 区間ヒッチ(秒/秒) | 区間ストライド(m) | 通過タイム(秒) | 区間速度(m/秒) | 区間ヒッチ(秒/秒) | 区間ストライド(m) | | | | | | | | | | | | |
| 1位 | Michael NORMAN (USA) | 19.84 | 11.29 | -13.55 | 2.92 | 6.85 | 4.66 | 1.47 | 6.13 | 10.91 | 4.55 | 2.40 | 8.34 | 11.10 | 4.58 | 2.42 | 10.14 | 12.14 | 4.47 | 2.41 | 14.79 | 15.29 | 4.33 | 2.43 | 18.89 | 18.46 | 4.23 | 2.41 | 19.84 | 9.76 | 4.06 | 2.40 |
| 2位 | Chunhan YANG (TPE) | 20.50 | 10.88 | -13.49 | 2.94 | 6.79 | 4.76 | 1.43 | 6.26 | 10.54 | 4.84 | 2.18 | 8.56 | 10.45 | 4.66 | 2.28 | 10.33 | 12.41 | 4.59 | 2.23 | 15.29 | 15.19 | 4.55 | 2.20 | 18.48 | 18.46 | 4.55 | 2.20 | 20.50 | 9.41 | 4.25 | 2.21 |
| 3位 | Christopher BELCHER (USA) | 20.57 | 11.16 | -19.32 | 3.02 | 6.62 | 4.95 | 1.34 | 6.23 | 10.90 | 5.14 | 2.12 | 8.47 | 10.75 | 4.92 | 2.19 | 10.33 | 12.41 | 4.72 | 2.19 | 15.19 | 15.19 | 4.64 | 2.17 | 18.46 | 18.46 | 4.45 | 2.17 | 20.57 | 9.67 | 4.01 | 2.17 |
| 4位 | Anaso JOBODWANA (RSA) | 20.69 | 10.94 | -18.44 | 2.99 | 6.68 | 4.53 | 1.47 | 6.29 | 10.51 | 4.73 | 2.24 | 8.58 | 10.45 | 4.61 | 2.32 | 10.45 | 12.53 | 4.53 | 2.27 | 15.29 | 15.29 | 4.46 | 2.25 | 18.56 | 18.56 | 4.31 | 2.25 | 20.69 | 9.87 | 4.30 | 2.29 |
| 5位 | 山下 潤 (筑波大) | 20.75 | 11.02 | -19.41 | 3.01 | 6.64 | 4.56 | 1.46 | 6.26 | 10.79 | 4.67 | 2.31 | 8.53 | 10.40 | 4.56 | 2.42 | 10.40 | 12.48 | 4.61 | 2.34 | 15.28 | 15.28 | 4.48 | 2.32 | 18.61 | 18.61 | 4.37 | 2.32 | 20.75 | 9.88 | 4.30 | 2.28 |
| 6位 | 飯塚 翔太 (ミズ) | 20.76 | 10.86 | -14.63 | 3.02 | 6.62 | 4.69 | 1.41 | 6.33 | 10.57 | 4.85 | 2.18 | 8.63 | 10.53 | 4.64 | 2.27 | 10.53 | 12.63 | 4.57 | 2.24 | 15.43 | 15.43 | 4.41 | 2.25 | 18.71 | 18.71 | 4.28 | 2.25 | 20.76 | 9.62 | 4.21 | 2.20 |
| 7位 | 藤光 謙司 (ゼンリン) | 20.85 | 10.72 | -14.17 | 3.02 | 6.61 | 4.79 | 1.38 | 6.39 | 10.40 | 4.78 | 2.17 | 8.72 | 10.62 | 4.62 | 2.31 | 10.62 | 12.72 | 4.50 | 2.28 | 15.51 | 15.51 | 4.34 | 2.30 | 18.79 | 18.79 | 4.34 | 2.30 | 20.85 | 9.65 | 4.20 | 2.27 |
| 8位 | 染谷 佳大 (中央大) | 20.89 | 10.65 | -13.84 | 3.02 | 6.63 | 4.43 | 1.50 | 6.32 | 10.58 | 4.67 | 2.27 | 8.67 | 10.59 | 4.55 | 2.34 | 10.42 | 12.74 | 4.47 | 2.28 | 15.54 | 15.54 | 4.39 | 2.27 | 18.82 | 18.82 | 4.24 | 2.27 | 20.89 | 9.82 | 4.08 | 2.25 |
| 9位 | 原 翔太 (スズキ浜松AC) | 21.03 | 10.70 | -17.22 | 3.01 | 6.64 | 4.70 | 1.41 | 6.28 | 10.63 | 4.98 | 2.15 | 8.63 | 10.55 | 4.86 | 2.17 | 10.55 | 12.68 | 4.69 | 2.15 | 15.52 | 15.52 | 4.61 | 2.09 | 18.89 | 18.89 | 4.49 | 2.09 | 21.03 | 9.75 | 4.23 | 2.09 |

女子 200m 決勝
2019/5/19 13:20 (風速 +0.5 m/s)

| 順位 レーン | 選手名 (所属) | 記録(秒) | 最高速度(m/秒) 到達地点 | 速度低下率(%) | 0m - 20m 20m - 55m 55m - 80m 80m - 100m 100m - 121.5m 121.5m - 149.42m 149.42m - 181m 181m - 200m | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|----------------------------------|-------|-------------------|----------|---|-----------|------------|------------|----------|-----------|------------|------------|----------|-----------|------------|------------|----------|-----------|------------|------------|-------|-------|------|------|-------|-------|------|------|-------|------|------|------|
| | | | | | 通過タイム(秒) | 区間速度(m/秒) | 区間ヒッチ(秒/秒) | 区間ストライド(m) | 通過タイム(秒) | 区間速度(m/秒) | 区間ヒッチ(秒/秒) | 区間ストライド(m) | 通過タイム(秒) | 区間速度(m/秒) | 区間ヒッチ(秒/秒) | 区間ストライド(m) | 通過タイム(秒) | 区間速度(m/秒) | 区間ヒッチ(秒/秒) | 区間ストライド(m) | | | | | | | | | | | | |
| 1位 | Ivet LALOVA-COLLIO (BUL) | 22.55 | 10.01 | -17.17 | 3.22 | 6.22 | 4.50 | 1.38 | 6.84 | 9.67 | 4.63 | 2.09 | 9.33 | 11.38 | 4.50 | 2.17 | 11.38 | 13.64 | 4.43 | 2.14 | 16.66 | 16.66 | 4.32 | 2.10 | 20.26 | 20.26 | 4.19 | 2.11 | 22.55 | 8.78 | 3.92 | 2.11 |
| 2位 | Kyra JEFFERSON (USA) | 23.00 | 9.84 | -18.01 | 3.31 | 6.04 | 4.39 | 1.38 | 6.95 | 9.62 | 4.57 | 2.10 | 9.49 | 11.58 | 4.29 | 2.23 | 11.58 | 13.92 | 4.25 | 2.16 | 17.00 | 17.00 | 4.13 | 2.19 | 20.65 | 20.65 | 4.06 | 2.17 | 23.00 | 8.07 | 3.72 | 2.17 |
| 3位 | Olga SAFRONOVA (KAZ) | 23.08 | 9.79 | -22.31 | 3.22 | 6.20 | 4.38 | 1.42 | 6.84 | 9.69 | 4.43 | 2.19 | 9.39 | 11.45 | 4.30 | 2.26 | 11.45 | 13.74 | 4.29 | 2.19 | 16.82 | 16.82 | 4.22 | 2.15 | 20.58 | 20.58 | 4.05 | 2.07 | 23.08 | 7.61 | 3.67 | 2.07 |
| 4位 | English GARDNER (USA) | 23.29 | 9.76 | -20.87 | 3.29 | 6.29 | 4.28 | 1.47 | 6.77 | 9.76 | 4.44 | 2.20 | 9.33 | 11.64 | 4.33 | 2.24 | 11.64 | 14.00 | 4.26 | 2.18 | 17.15 | 17.15 | 4.14 | 2.18 | 20.83 | 20.83 | 4.00 | 2.21 | 23.29 | 8.20 | 3.76 | 2.21 |
| 5位 | Iana Adoma OWUSU-AFRYIE (AUS) | 23.34 | 9.65 | -18.49 | 3.29 | 6.09 | 4.27 | 1.43 | 6.94 | 9.59 | 4.47 | 2.15 | 9.53 | 11.83 | 4.46 | 2.17 | 11.83 | 14.00 | 4.29 | 2.12 | 17.15 | 17.15 | 4.23 | 2.10 | 20.93 | 20.93 | 4.11 | 2.04 | 23.34 | 8.37 | 3.95 | 2.04 |
| 6位 | 和田 麻希 (ミズ) | 23.70 | 9.48 | -17.64 | 3.17 | 6.30 | 4.54 | 1.39 | 6.87 | 9.46 | 4.57 | 2.08 | 9.53 | 11.73 | 4.31 | 2.16 | 11.73 | 14.20 | 4.28 | 2.11 | 17.45 | 17.45 | 4.27 | 2.01 | 21.27 | 21.27 | 4.24 | 2.01 | 23.70 | 8.27 | 3.81 | 2.01 |
| 7位 | 三宅 奏緒香 (住友電工) | 24.31 | 9.12 | -16.72 | 3.37 | 5.93 | 4.31 | 1.37 | 7.22 | 9.10 | 4.43 | 2.06 | 9.96 | 12.20 | 4.38 | 2.08 | 12.20 | 14.69 | 4.22 | 2.05 | 17.95 | 17.95 | 4.19 | 2.04 | 21.81 | 21.81 | 4.02 | 2.04 | 24.31 | 7.80 | 3.76 | 2.02 |
| 8位 | 山田 美来 (日本体育大) | 24.39 | 9.34 | -16.98 | 3.42 | 5.85 | 4.36 | 1.34 | 7.27 | 9.12 | 4.64 | 2.02 | 9.95 | 12.19 | 4.63 | 1.97 | 12.19 | 14.70 | 4.55 | 1.93 | 18.03 | 18.03 | 4.43 | 1.94 | 21.94 | 21.94 | 4.24 | 1.90 | 24.39 | 7.76 | 3.75 | 1.85 |

第109回日本陸上競技選手権大会 @ 博多の森陸上競技場
男子 200m 決勝
2019/6/30 17:45 (風速 -1.3 m/s)

| 順位 レーン | 選手名 (所属) | 記録(秒) | 最高速度 (m/s) | 到達地点 (m) | 速度低下率(%) | 0m | 20m | 50m | 65m | 80m | 100m | 121.5m | 149.42m | 181m | 200m |
|-----------|-----------------------------------|-------|---------------|-------------|----------|------------|------|-------|-------|-------|-------|--------|---------|-------|------|
| 1位 | Abdul Hakim SANI BROWN (フロリダ大) | 20.35 | 10.96 | 55-80m | -14.83 | 通過タイム(秒) | 2.97 | 6.19 | 8.47 | 10.32 | 12.40 | 15.10 | 18.31 | 20.35 | |
| 4レーン | | | | | | 区間速度(m/秒) | 6.73 | 10.89 | 10.96 | 10.78 | 10.36 | 10.32 | 9.83 | 9.33 | |
| | | | | | | 区間ヒッチ(秒/秒) | 4.44 | 4.64 | 4.61 | 4.53 | 4.38 | 4.26 | 4.09 | 3.91 | |
| | | | | | | 区間ストライド(m) | 1.52 | 2.35 | 2.38 | 2.38 | 2.36 | 2.42 | 2.40 | 2.38 | |
| 2位 | 小池 祐貴 (住友電工) | 20.48 | 10.95 | 55-80m | -16.49 | 通過タイム(秒) | 3.00 | 6.27 | 8.55 | 10.38 | 12.43 | 15.14 | 18.40 | 20.48 | |
| 5レーン | | | | | | 区間速度(m/秒) | 6.66 | 10.72 | 10.95 | 10.91 | 10.49 | 10.30 | 9.69 | 9.14 | |
| | | | | | | 区間ヒッチ(秒/秒) | 4.64 | 5.07 | 5.12 | 5.05 | 4.92 | 4.82 | 4.62 | 4.25 | |
| | | | | | | 区間ストライド(m) | 1.44 | 2.12 | 2.14 | 2.16 | 2.13 | 2.14 | 2.10 | 2.15 | |
| 3位 | 桐生 祥秀 (日本生命) | 20.54 | 10.81 | 55-80m | -14.64 | 通過タイム(秒) | 3.00 | 6.29 | 8.61 | 10.47 | 12.52 | 15.25 | 18.48 | 20.54 | |
| 9レーン | | | | | | 区間速度(m/秒) | 6.67 | 10.62 | 10.81 | 10.72 | 10.48 | 10.23 | 9.78 | 9.23 | |
| | | | | | | 区間ヒッチ(秒/秒) | 4.86 | 4.88 | 4.80 | 4.80 | 4.71 | 4.58 | 4.45 | 4.18 | |
| | | | | | | 区間ストライド(m) | 1.37 | 2.18 | 2.25 | 2.23 | 2.23 | 2.23 | 2.20 | 2.21 | |
| 4位 | 白石 美良々 (ゼレスポ) | 20.8 | 10.84 | 55-80m | -18.39 | 通過タイム(秒) | 3.01 | 6.30 | 8.61 | 10.46 | 12.55 | 15.32 | 18.65 | 20.80 | |
| 7レーン | | | | | | 区間速度(m/秒) | 6.65 | 10.63 | 10.84 | 10.76 | 10.33 | 10.06 | 9.48 | 8.95 | |
| | | | | | | 区間ヒッチ(秒/秒) | 4.72 | 4.91 | 4.83 | 4.80 | 4.69 | 4.62 | 4.44 | 4.17 | |
| | | | | | | 区間ストライド(m) | 1.41 | 2.17 | 2.24 | 2.24 | 2.20 | 2.18 | 2.13 | 2.12 | |
| 5位 | 山下 潤 (筑波大) | 20.83 | 10.84 | 55-80m | -18.11 | 通過タイム(秒) | 3.01 | 6.31 | 8.61 | 10.48 | 12.55 | 15.33 | 18.69 | 20.83 | |
| 6レーン | | | | | | 区間速度(m/秒) | 6.64 | 10.62 | 10.84 | 10.74 | 10.36 | 10.05 | 9.39 | 8.88 | |
| | | | | | | 区間ヒッチ(秒/秒) | 4.47 | 4.63 | 4.53 | 4.47 | 4.39 | 4.29 | 4.02 | 3.76 | |
| | | | | | | 区間ストライド(m) | 1.48 | 2.29 | 2.39 | 2.40 | 2.36 | 2.34 | 2.34 | 2.26 | |
| 6位 | 田村 朋也 (住友電工) | 21.06 | 10.73 | 55-80m | -17.15 | 通過タイム(秒) | 3.07 | 6.46 | 8.79 | 10.69 | 12.79 | 15.59 | 18.92 | 21.06 | |
| 8レーン | | | | | | 区間速度(m/秒) | 6.52 | 10.30 | 10.73 | 10.57 | 10.23 | 9.96 | 9.48 | 8.89 | |
| | | | | | | 区間ヒッチ(秒/秒) | 4.86 | 4.77 | 4.71 | 4.67 | 4.56 | 4.52 | 4.37 | 4.05 | |
| | | | | | | 区間ストライド(m) | 1.40 | 2.16 | 2.28 | 2.28 | 2.24 | 2.21 | 2.17 | 2.20 | |
| 7位 | 橋元 晃志 (富士通) | 21.13 | 10.52 | 55-80m | -11.07 | 通過タイム(秒) | 3.01 | 6.41 | 8.79 | 10.72 | 12.90 | 15.72 | 19.10 | 21.13 | |
| 2レーン | | | | | | 区間速度(m/秒) | 6.65 | 10.28 | 10.52 | 10.36 | 9.87 | 9.88 | 9.36 | 8.85 | |
| | | | | | | 区間ヒッチ(秒/秒) | 4.45 | 4.66 | 4.55 | 4.52 | 4.40 | 4.37 | 4.17 | 4.09 | |
| | | | | | | 区間ストライド(m) | 1.50 | 2.21 | 2.31 | 2.29 | 2.24 | 2.26 | 2.24 | 2.29 | |
| 8位 | 染谷 佳大 (中央大) | 21.22 | 10.57 | 55-80m | -20.01 | 通過タイム(秒) | 3.05 | 6.41 | 8.77 | 10.67 | 12.81 | 15.63 | 18.97 | 21.22 | |
| 3レーン | | | | | | 区間速度(m/秒) | 6.55 | 10.44 | 10.57 | 10.52 | 10.05 | 9.92 | 9.44 | 8.46 | |
| | | | | | | 区間ヒッチ(秒/秒) | 4.67 | 4.70 | 4.61 | 4.56 | 4.45 | 4.35 | 4.19 | 3.89 | |
| | | | | | | 区間ストライド(m) | 1.40 | 2.22 | 2.29 | 2.31 | 2.26 | 2.28 | 2.25 | 2.17 | |

女子 200m 決勝
2019/6/30 17:35 (風速 -0.4 m/s)

| 順位 レーン | 選手名 (所属) | 記録(秒) | 最高速度 (m/s) | 到達地点 (m) | 速度低下率(%) | 0m | 20m | 50m | 65m | 80m | 100m | 121.5m | 149.42m | 181m | 200m |
|-----------|-----------------------|-------|---------------|-------------|----------|------------|------|------|-------|-------|-------|--------|---------|-------|------|
| 1位 | 兒玉 芽生 (福岡大) | 23.80 | 9.35 | 55-80m | -16.77 | 通過タイム(秒) | 3.34 | 7.08 | 9.76 | 11.93 | 14.33 | 17.53 | 21.36 | 23.80 | |
| 7レーン | | | | | | 区間速度(m/秒) | 5.99 | 9.34 | 9.35 | 9.20 | 8.98 | 8.72 | 8.25 | 7.78 | |
| | | | | | | 区間ヒッチ(秒/秒) | 4.37 | 4.54 | 4.47 | 4.40 | 4.35 | 4.22 | 4.11 | 3.97 | |
| | | | | | | 区間ストライド(m) | 1.37 | 2.06 | 2.09 | 2.09 | 2.06 | 2.07 | 2.01 | 1.96 | |
| 2位 | 景山 咲穂 (市立船橋高) | 23.90 | 9.10 | 20-55m | -11.92 | 通過タイム(秒) | 3.26 | 7.11 | 9.88 | 12.12 | 14.57 | 17.77 | 21.53 | 23.90 | |
| 4レーン | | | | | | 区間速度(m/秒) | 6.13 | 9.10 | 9.00 | 8.96 | 8.77 | 8.73 | 8.39 | 8.02 | |
| | | | | | | 区間ヒッチ(秒/秒) | 4.77 | 4.77 | 4.71 | 4.66 | 4.63 | 4.50 | 4.39 | 4.27 | |
| | | | | | | 区間ストライド(m) | 1.29 | 1.91 | 1.91 | 1.93 | 1.89 | 1.94 | 1.91 | 1.88 | |
| 3位 | 齋藤 愛美 (大阪成蹊大) | 24.04 | 9.21 | 55-80m | -15.83 | 通過タイム(秒) | 3.28 | 7.11 | 9.82 | 12.02 | 14.45 | 17.71 | 21.59 | 24.04 | |
| 6レーン | | | | | | 区間速度(m/秒) | 6.09 | 9.15 | 9.21 | 9.10 | 8.84 | 8.57 | 8.14 | 7.75 | |
| | | | | | | 区間ヒッチ(秒/秒) | 4.52 | 4.69 | 4.60 | 4.53 | 4.51 | 4.38 | 4.27 | 4.12 | |
| | | | | | | 区間ストライド(m) | 1.35 | 1.95 | 2.00 | 2.01 | 1.98 | 1.96 | 1.91 | 1.88 | |
| 4位 | 井戸 アノグイル 風果 (空学館高) | 24.06 | 9.19 | 20-55m | -14.36 | 通過タイム(秒) | 3.32 | 7.14 | 9.86 | 12.06 | 14.50 | 17.76 | 21.65 | 24.06 | |
| 5レーン | | | | | | 区間速度(m/秒) | 6.02 | 9.16 | 9.19 | 9.10 | 8.80 | 8.55 | 8.13 | 7.87 | |
| | | | | | | 区間ヒッチ(秒/秒) | 4.41 | 4.36 | 4.24 | 4.16 | 4.07 | 3.99 | 3.88 | 3.84 | |
| | | | | | | 区間ストライド(m) | 1.37 | 2.10 | 2.17 | 2.19 | 2.16 | 2.14 | 2.10 | 2.05 | |
| 5位 | 和田 麻希 (ミズノ) | 24.43 | 9.26 | 20-55m | -19.81 | 通過タイム(秒) | 3.25 | 7.03 | 9.78 | 12.03 | 14.53 | 17.87 | 21.87 | 24.43 | |
| 2レーン | | | | | | 区間速度(m/秒) | 6.15 | 9.26 | 9.08 | 8.90 | 8.61 | 8.37 | 7.89 | 7.43 | |
| | | | | | | 区間ヒッチ(秒/秒) | 4.51 | 4.56 | 4.43 | 4.35 | 4.32 | 4.31 | 4.25 | 4.06 | |
| | | | | | | 区間ストライド(m) | 1.36 | 2.03 | 2.05 | 2.05 | 1.99 | 1.94 | 1.86 | 1.83 | |
| 6位 | 雪枝 あいこ (立命館大) | 24.49 | 8.91 | 20-55m | -13.58 | 通過タイム(秒) | 3.39 | 7.32 | 10.13 | 12.39 | 14.86 | 18.15 | 22.02 | 24.49 | |
| 8レーン | | | | | | 区間速度(m/秒) | 5.90 | 8.91 | 8.91 | 8.85 | 8.68 | 8.51 | 8.15 | 7.70 | |
| | | | | | | 区間ヒッチ(秒/秒) | 4.44 | 4.51 | 4.42 | 4.38 | 4.36 | 4.29 | 4.13 | 3.93 | |
| | | | | | | 区間ストライド(m) | 1.33 | 1.97 | 2.02 | 2.02 | 1.99 | 1.98 | 1.97 | 1.96 | |
| 7位 | 三宅 奈穂香 (住友電工) | 24.54 | 9.10 | 20-55m | -17.09 | 通過タイム(秒) | 3.39 | 7.23 | 10.01 | 12.27 | 14.77 | 18.08 | 22.02 | 24.54 | |
| 3レーン | | | | | | 区間速度(m/秒) | 5.91 | 9.10 | 9.01 | 8.83 | 8.59 | 8.45 | 8.06 | 7.55 | |
| | | | | | | 区間ヒッチ(秒/秒) | 4.29 | 4.42 | 4.37 | 4.30 | 4.25 | 4.15 | 4.01 | 3.81 | |
| | | | | | | 区間ストライド(m) | 1.38 | 2.06 | 2.06 | 2.05 | 2.02 | 2.04 | 2.00 | 1.98 | |
| 8位 | 三村 香葉実 (東海大相模高) | 24.56 | 8.97 | 55-80m | -15.88 | 通過タイム(秒) | 3.44 | 7.37 | 10.15 | 12.39 | 14.84 | 18.13 | 22.04 | 24.56 | |
| 9レーン | | | | | | 区間速度(m/秒) | 5.82 | 8.91 | 8.97 | 8.95 | 8.78 | 8.48 | 8.06 | 7.55 | |
| | | | | | | 区間ヒッチ(秒/秒) | 4.30 | 4.36 | 4.35 | 4.34 | 4.33 | 4.17 | 4.02 | 3.83 | |
| | | | | | | 区間ストライド(m) | 1.35 | 2.04 | 2.06 | 2.06 | 2.03 | 2.03 | 2.00 | 1.97 | |

第17回世界陸上競技選手権大会カタール・ドーハ大会 @ ハリーファ国際スタジアム
男子 200m 決勝
2019/10/1 22:40 (風速 +0.3 m/s)

| 順位 レーン | 選手名 (所属) | 記録(秒) | 最高速度 (m/s) | 到達地点 (m) | 速度低下率(%) | 0m | 20m | 50m | 65m | 80m | 100m | 121.5m | 149.42m | 181m | 200m |
|-----------|--------------------------|-------|---------------|-------------|----------|------------|------|-------|-------|-------|-------|--------|---------|-------|------|
| 1位 | Noah LYLES (USA) | 19.83 | 11.22 | 55-80m | -13.73 | 通過タイム(秒) | 3.02 | 6.30 | 8.53 | 10.32 | 12.28 | 14.84 | 17.87 | 19.83 | |
| 5レーン | | | | | | 区間速度(m/秒) | 6.62 | 10.68 | 11.22 | 11.15 | 10.97 | 10.88 | 10.44 | 9.68 | |
| | | | | | | 区間ヒッチ(秒/秒) | 4.70 | 4.79 | 4.76 | 4.69 | 4.58 | 4.52 | 4.31 | 4.11 | |
| | | | | | | 区間ストライド(m) | 1.41 | 2.23 | 2.36 | 2.38 | 2.40 | 2.41 | 2.42 | 2.36 | |
| 2位 | Andre DE GRASSE (CAN) | 19.95 | 11.22 | 55-80m | -13.87 | 通過タイム(秒) | 2.99 | 6.26 | 8.48 | 10.29 | 12.28 | 14.91 | 17.98 | 19.95 | |
| 7レーン | | | | | | 区間速度(m/秒) | 6.70 | 10.70 | 11.22 | 11.10 | 10.76 | 10.63 | 10.27 | 9.67 | |
| | | | | | | 区間ヒッチ(秒/秒) | 4.65 | 4.86 | 4.88 | 4.76 | 4.66 | 4.58 | 4.45 | 4.32 | |
| | | | | | | 区間ストライド(m) | 1.44 | 2.20 | 2.30 | 2.33 | 2.31 | 2.32 | 2.31 | 2.24 | |
| 3位 | Alex QUIÑÓNEZ (ECU) | 19.98 | 11.15 | 80-100m | -12.04 | 通過タイム(秒) | 3.05 | 6.39 | 8.65 | 10.45 | 12.42 | 15.02 | 18.04 | 19.98 | |
| 4レーン | | | | | | 区間速度(m/秒) | 6.55 | 10.48 | 11.06 | 11.15 | 10.88 | 10.78 | 10.43 | 9.81 | |
| | | | | | | 区間ヒッチ(秒/秒) | 4.59 | 4.66 | 4.63 | 4.57 | 4.56 | 4.49 | 4.37 | 4.28 | |
| | | | | | | 区間ストライド(m) | 1.43 | 2.25 | 2.39 | 2.44 | 2.39 | 2.40 | 2.39 | 2.29 | |

男子 200m 予選 2組
2019/9/29 20:13 (風速 +0.5 m/s)

| 順位 レーン | 選手名 (所属) | 記録(秒) | 最高速度 (m/s) | 到達地点 (m) | 速度低下率(%) | 0m | 20m | 50m | 65m | 80m | 100m | 121.5m | 149.42m | 181m | 200m |
|-----------|---------------------|-------|---------------|-------------|----------|------------|------|-------|-------|-------|-------|--------|---------|-------|------|
| 4位 | Yuki KOIKE (JPN) | 20.46 | 10.97 | 80-100m | -16.04 | 通過タイム(秒) | 3.02 | 6.32 | 8.62 | 10.44 | 12.47 | 15.16 | 18.40 | 20.46 | |
| 8レーン | | | | | | 区間速度(m/秒) | 6.63 | 10.60 | 10.86 | 10.57 | 10.63 | 10.38 | 9.74 | 9.21 | |
| | | | | | | 区間ヒッチ(秒/秒) | 4.85 | 5.04 | 5.00 | 4.96 | 4.91 | 4.79 | 4.56 | 4.44 | |
| | | | | | | 区間ストライド(m) | 1.37 | 2.10 | 2.17 | 2.21 | 2.17 | 2.17 | 2.14 | 2.07 | |

男子 200m 予選 5組
2019/9/29 20:37 (風速 +1.0 m/s)

| 順位 レーン | 選手名 (所属) | 記録(秒) | 最高速度 (m/s) | 到達地点 (m) | 速度低下率(%) | 0m | 20m | 50m | 65m | 80m | 100m | 121.5m | 149.42m | 181m | 200m |
|-----------|------------------------|-------|---------------|-------------|----------|------------|------|-------|-------|-------|-------|--------|---------|-------|------|
| 5位 | Jun YAMASHITA (JPN) | 20.62 | 10.98 | 55-80m | -18.29 | 通過タイム(秒) | 3.03 | 6.34 | 8.62 | 10.50 | 12.53 | 15.25 | 18.50 | 20.62 | |
| 8レーン | | | | | | 区間速度(m/秒) | 6.60 | 10.56 | 10.95 | 10.66 | 10.59 | 10.25 | 9.72 | 8.97 | |
| | | | | | | 区間ヒッチ(秒/秒) | 4.49 | 4.56 | 4.48 | 4.40 | 4.35 | 4.16 | 4.06 | 3.89 | |
| | | | | | | 区間ストライド(m) | 1.47 | 2.31 | 2.45 | 2.42 | 2.43 | 2.46 | 2.40 | 2.43 | |

男子 200m 予選 6組
2019/9/29 20:45 (風速 +0.9 m/s)

| 順位 レーン | 選手名 (所属) | 記録(秒) | 最高速度 (m/s) | 到達地点 (m) | 速度低下率(%) | 0m | 20m | 50m | 65m | 80m | 100m | 121.5m | 149.42m | 181m | 200m |
|-----------|-------------|-------|---------------|-------------|----------|----|-----|-----|-----|-----|------|--------|---------|------|------|
| | | | | | | | | | | | | | | | |

第35回U20/第13回U18日本陸上競技選手権大会 @ 広島広域公園陸上競技場
U20 男子 200m 決勝
2019/10/20 15:05 (風速 -1.2 m/s)

| 順位 レーン | 選手名 (所属) | 記録(秒) | 最高速度(m/秒) 到達地点 | 速度低下率(%) | 距離 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|------------------|-------|-------------------|----------|------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|---------|---------|------|------|------|--|--|--|--|
| | | | | | 0m | 20m | 20m | 55m | 65m | 80m | 100m | 100m | 121.5m | 121.5m | 149.42m | 149.42m | 181m | 181m | 200m | | | | |
| 1位 | 橋澤 飛羽 (愛媛高) | 21.00 | 10.76 | -15.33 | 通過タイム(秒) | 3.08 | 6.39 | 8.72 | 10.62 | 12.75 | 15.59 | 18.91 | 21.00 | | | | | | | | | | |
| 6レーン | | | | | 区間速度(m/秒) | 6.50 | 10.56 | 10.76 | 10.52 | 10.09 | 9.83 | 9.50 | 9.11 | | | | | | | | | | |
| | | | | | 区間トップ(秒/秒) | 4.92 | 4.96 | 4.80 | 4.81 | 4.67 | 4.60 | 4.47 | 4.19 | | | | | | | | | | |
| | | | | | 区間ストライド(m) | 1.32 | 2.13 | 2.24 | 2.19 | 2.16 | 2.14 | 2.13 | 2.18 | | | | | | | | | | |
| | | | | | 通過タイム(秒) | 3.08 | 6.48 | 8.84 | 10.79 | 12.94 | 15.78 | 19.15 | 21.27 | | | | | | | | | | |
| 2位 | 三浦 勲夫奈 (早稲田大) | 21.27 | 10.59 | -15.44 | 区間速度(m/秒) | 6.50 | 10.28 | 10.59 | 10.25 | 10.01 | 9.83 | 9.38 | 8.96 | | | | | | | | | | |
| 3レーン | | | | | 区間速度(m/秒) | 4.58 | 4.72 | 4.69 | 4.63 | 4.57 | 4.52 | 4.35 | 4.09 | | | | | | | | | | |
| | | | | | 区間トップ(秒/秒) | 1.42 | 2.18 | 2.26 | 2.22 | 2.19 | 2.18 | 2.16 | 2.19 | | | | | | | | | | |
| | | | | | 区間ストライド(m) | 1.42 | 2.18 | 2.26 | 2.22 | 2.19 | 2.18 | 2.16 | 2.19 | | | | | | | | | | |
| | | | | | 通過タイム(秒) | 3.11 | 6.49 | 8.85 | 10.79 | 12.95 | 15.84 | 19.25 | 21.40 | | | | | | | | | | |
| 3位 | 高橋 哲也 (八王子高) | 21.40 | 10.59 | -16.45 | 区間速度(m/秒) | 6.44 | 10.35 | 10.59 | 10.29 | 9.95 | 9.87 | 9.29 | 8.85 | | | | | | | | | | |
| 8レーン | | | | | 区間速度(m/秒) | 4.66 | 4.77 | 4.64 | 4.58 | 4.44 | 4.38 | 4.29 | 4.09 | | | | | | | | | | |
| | | | | | 区間トップ(秒/秒) | 1.38 | 2.17 | 2.28 | 2.25 | 2.24 | 2.21 | 2.16 | 2.16 | | | | | | | | | | |
| | | | | | 区間ストライド(m) | 1.38 | 2.17 | 2.28 | 2.25 | 2.24 | 2.21 | 2.16 | 2.16 | | | | | | | | | | |
| | | | | | 通過タイム(秒) | 3.12 | 6.50 | 8.86 | 10.82 | 12.99 | 15.87 | 19.29 | 21.47 | | | | | | | | | | |
| 4位 | 木村 颯大 (明彦学園高) | 21.47 | 10.57 | -17.39 | 区間速度(m/秒) | 6.41 | 10.36 | 10.57 | 10.20 | 9.91 | 9.70 | 9.22 | 8.73 | | | | | | | | | | |
| 5レーン | | | | | 区間速度(m/秒) | 4.51 | 4.52 | 4.47 | 4.45 | 4.40 | 4.30 | 4.16 | 4.05 | | | | | | | | | | |
| | | | | | 区間トップ(秒/秒) | 1.32 | 2.15 | 2.24 | 2.21 | 2.18 | 2.16 | 2.15 | 2.12 | | | | | | | | | | |
| | | | | | 区間ストライド(m) | 1.33 | 2.11 | 2.20 | 2.16 | 2.16 | 2.15 | 2.12 | 2.13 | | | | | | | | | | |
| | | | | | 通過タイム(秒) | 3.12 | 6.63 | 9.05 | 11.03 | 13.18 | 16.03 | 19.39 | 21.50 | | | | | | | | | | |
| 5位 | 北浦 稔 (大産大附属高) | 21.50 | 10.32 | -12.88 | 区間速度(m/秒) | 6.40 | 9.99 | 10.32 | 10.10 | 9.99 | 9.80 | 9.42 | 8.99 | | | | | | | | | | |
| 2レーン | | | | | 区間速度(m/秒) | 4.42 | 4.81 | 4.81 | 4.72 | 4.59 | 4.51 | 4.35 | 4.10 | | | | | | | | | | |
| | | | | | 区間トップ(秒/秒) | 1.42 | 2.21 | 2.31 | 2.27 | 2.27 | 2.28 | 2.28 | 2.22 | | | | | | | | | | |
| | | | | | 区間ストライド(m) | 1.42 | 2.21 | 2.31 | 2.27 | 2.27 | 2.28 | 2.28 | 2.22 | | | | | | | | | | |
| | | | | | 通過タイム(秒) | 3.14 | 6.59 | 9.01 | 11.00 | 13.18 | 16.08 | 19.46 | 21.61 | | | | | | | | | | |
| 6位 | 山路 康太郎 (法政大) | 21.61 | 10.33 | -14.44 | 区間速度(m/秒) | 6.37 | 10.15 | 10.33 | 10.03 | 9.86 | 9.65 | 9.34 | 8.84 | | | | | | | | | | |
| 7レーン | | | | | 区間速度(m/秒) | 4.65 | 4.71 | 4.62 | 4.53 | 4.52 | 4.48 | 4.40 | 4.27 | | | | | | | | | | |
| | | | | | 区間トップ(秒/秒) | 1.37 | 2.16 | 2.24 | 2.21 | 2.18 | 2.15 | 2.12 | 2.12 | | | | | | | | | | |
| | | | | | 区間ストライド(m) | 1.37 | 2.16 | 2.24 | 2.21 | 2.18 | 2.15 | 2.12 | 2.12 | | | | | | | | | | |
| | | | | | 通過タイム(秒) | 3.13 | 6.66 | 9.08 | 11.09 | 13.28 | 16.14 | 19.52 | 21.63 | | | | | | | | | | |
| 7位 | 山口 凜也 (北陸高) | 21.63 | 10.30 | -12.59 | 区間速度(m/秒) | 6.39 | 9.93 | 10.30 | 9.99 | 9.80 | 9.76 | 9.35 | 9.00 | | | | | | | | | | |
| 1レーン | | | | | 区間速度(m/秒) | 4.64 | 4.77 | 4.74 | 4.72 | 4.61 | 4.57 | 4.35 | 4.18 | | | | | | | | | | |
| | | | | | 区間トップ(秒/秒) | 1.38 | 2.08 | 2.17 | 2.12 | 2.13 | 2.14 | 2.15 | 2.15 | | | | | | | | | | |
| | | | | | 区間ストライド(m) | 1.38 | 2.08 | 2.17 | 2.12 | 2.13 | 2.14 | 2.15 | 2.15 | | | | | | | | | | |
| | | | | | 通過タイム(秒) | 3.13 | 6.58 | 8.98 | 10.95 | 13.13 | 16.02 | 19.47 | 21.67 | | | | | | | | | | |
| 8位 | 木村 稔 (乙訓高) | 21.67 | 10.39 | -16.88 | 区間速度(m/秒) | 6.39 | 10.16 | 10.39 | 10.16 | 9.88 | 9.65 | 9.17 | 8.83 | | | | | | | | | | |
| 4レーン | | | | | 区間速度(m/秒) | 4.52 | 4.74 | 4.67 | 4.61 | 4.52 | 4.39 | 4.14 | 3.95 | | | | | | | | | | |
| | | | | | 区間トップ(秒/秒) | 1.41 | 2.14 | 2.23 | 2.20 | 2.18 | 2.20 | 2.21 | 2.18 | | | | | | | | | | |
| | | | | | 区間ストライド(m) | 1.41 | 2.14 | 2.23 | 2.20 | 2.18 | 2.20 | 2.21 | 2.18 | | | | | | | | | | |
| | | | | | 通過タイム(秒) | 3.13 | 6.58 | 8.98 | 10.95 | 13.13 | 16.02 | 19.47 | 21.67 | | | | | | | | | | |

U18 男子 200m 決勝
2019/10/20 14:45 (風速 -0.5 m/s)

| 順位 レーン | 選手名 (所属) | 記録(秒) | 最高速度(m/秒) 到達地点 | 速度低下率(%) | 距離 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|------------------|-------|-------------------|----------|------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|---------|---------|------|------|------|--|--|--|
| | | | | | 0m | 20m | 20m | 55m | 65m | 80m | 100m | 100m | 121.5m | 121.5m | 149.42m | 149.42m | 181m | 181m | 200m | | | |
| 1位 | 井澤 真 (立命館姫路高) | 21.32 | 10.48 | -13.86 | 通過タイム(秒) | 3.08 | 6.48 | 8.86 | 10.85 | 13.03 | 15.87 | 19.22 | 21.32 | | | | | | | | | |
| 5レーン | | | | | 区間速度(m/秒) | 6.50 | 10.30 | 10.48 | 10.05 | 9.89 | 9.80 | 9.45 | 9.03 | | | | | | | | | |
| | | | | | 区間トップ(秒/秒) | 4.55 | 4.80 | 4.76 | 4.75 | 4.68 | 4.67 | 4.57 | 4.50 | | | | | | | | | |
| | | | | | 区間ストライド(m) | 1.43 | 2.15 | 2.20 | 2.12 | 2.11 | 2.10 | 2.07 | 2.01 | | | | | | | | | |
| | | | | | 通過タイム(秒) | 3.15 | 6.61 | 9.00 | 10.97 | 13.13 | 15.97 | 19.30 | 21.41 | | | | | | | | | |
| 2位 | 木下 祐一 (洛南高) | 21.41 | 10.46 | -13.81 | 区間速度(m/秒) | 6.35 | 10.10 | 10.46 | 10.18 | 9.93 | 9.83 | 9.49 | 9.02 | | | | | | | | | |
| 3レーン | | | | | 区間速度(m/秒) | 4.72 | 4.77 | 4.74 | 4.64 | 4.57 | 4.56 | 4.37 | 4.19 | | | | | | | | | |
| | | | | | 区間トップ(秒/秒) | 1.35 | 2.12 | 2.21 | 2.19 | 2.17 | 2.16 | 2.17 | 2.15 | | | | | | | | | |
| | | | | | 区間ストライド(m) | 1.35 | 2.12 | 2.21 | 2.19 | 2.17 | 2.16 | 2.17 | 2.15 | | | | | | | | | |
| | | | | | 通過タイム(秒) | 3.13 | 6.56 | 8.96 | 10.93 | 13.11 | 15.98 | 19.35 | 21.49 | | | | | | | | | |
| 3位 | 加藤 慎之介 (岐南工高) | 21.49 | 10.42 | -14.89 | 区間速度(m/秒) | 6.39 | 10.18 | 10.42 | 10.16 | 9.86 | 9.74 | 9.37 | 8.87 | | | | | | | | | |
| 4レーン | | | | | 区間速度(m/秒) | 4.69 | 4.89 | 4.84 | 4.76 | 4.69 | 4.64 | 4.50 | 4.37 | | | | | | | | | |
| | | | | | 区間トップ(秒/秒) | 1.36 | 2.08 | 2.15 | 2.13 | 2.10 | 2.10 | 2.06 | 2.03 | | | | | | | | | |
| | | | | | 区間ストライド(m) | 1.36 | 2.08 | 2.15 | 2.13 | 2.10 | 2.10 | 2.06 | 2.03 | | | | | | | | | |
| | | | | | 通過タイム(秒) | 3.13 | 6.58 | 8.99 | 10.97 | 13.11 | 15.95 | 19.31 | 21.53 | | | | | | | | | |
| 4位 | 島田 朗伸 (浜松湖東高) | 21.53 | 10.37 | -16.17 | 区間速度(m/秒) | 6.39 | 10.16 | 10.37 | 10.12 | 9.83 | 9.82 | 9.34 | 8.89 | | | | | | | | | |
| 6レーン | | | | | 区間速度(m/秒) | 4.89 | 4.99 | 4.92 | 4.89 | 4.86 | 4.83 | 4.64 | 4.33 | | | | | | | | | |
| | | | | | 区間トップ(秒/秒) | 1.30 | 2.04 | 2.11 | 2.07 | 2.07 | 2.03 | 2.01 | 2.01 | | | | | | | | | |
| | | | | | 区間ストライド(m) | 1.30 | 2.04 | 2.11 | 2.07 | 2.07 | 2.03 | 2.01 | 2.01 | | | | | | | | | |
| | | | | | 通過タイム(秒) | 3.08 | 6.53 | 8.95 | 10.94 | 13.16 | 16.08 | 19.50 | 21.67 | | | | | | | | | |
| 5位 | 中尾 洋翔 (旭川次高) | 21.67 | 10.33 | -15.17 | 区間速度(m/秒) | 6.50 | 10.13 | 10.33 | 10.03 | 9.89 | 9.56 | 9.23 | 8.77 | | | | | | | | | |
| 7レーン | | | | | 区間速度(m/秒) | 4.74 | 4.77 | 4.63 | 4.45 | 4.34 | 4.30 | 4.16 | 4.02 | | | | | | | | | |
| | | | | | 区間トップ(秒/秒) | 1.37 | 2.13 | 2.23 | 2.25 | 2.23 | 2.23 | 2.22 | 2.18 | | | | | | | | | |
| | | | | | 区間ストライド(m) | 1.37 | 2.13 | 2.23 | 2.25 | 2.23 | 2.23 | 2.22 | 2.18 | | | | | | | | | |
| | | | | | 通過タイム(秒) | 3.15 | 6.69 | 9.14 | 11.14 | 13.32 | 16.18 | 19.57 | 21.71 | | | | | | | | | |
| 6位 | 井之上 駿太 (洛南高) | 21.71 | 10.19 | -13.09 | 区間速度(m/秒) | 6.34 | 9.91 | 10.19 | 10.01 | 9.86 | 9.74 | 9.34 | 8.86 | | | | | | | | | |
| 8レーン | | | | | 区間速度(m/秒) | 4.27 | 4.46 | 4.40 | 4.33 | 4.36 | 4.27 | 4.10 | 3.98 | | | | | | | | | |
| | | | | | 区間トップ(秒/秒) | 1.46 | 2.22 | 2.32 | 2.31 | 2.32 | 2.27 | 2.22 | 2.22 | | | | | | | | | |
| | | | | | 区間ストライド(m) | 1.46 | 2.22 | 2.32 | 2.31 | 2.32 | 2.27 | 2.22 | 2.22 | | | | | | | | | |
| | | | | | 通過タイム(秒) | 3.07 | 6.61 | 9.06 | 11.08 | 13.29 | 16.19 | 19.59 | 21.76 | | | | | | | | | |
| 7位 | 渡辺 勇輝 (瑞門高) | 21.76 | 10.21 | -14.24 | 区間速度(m/秒) | 6.51 | 9.88 | 10.21 | 9.93 | 9.71 | 9.65 | 9.28 | 8.76 | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

2019年度競技会における男女400mのレース分析

山中 亮¹⁾ 小林 海²⁾ 高橋恭平³⁾ 松林武生⁴⁾ 渡辺圭佑⁵⁾ 大沼勇人⁶⁾ 綿谷貴志⁷⁾
山本真帆⁴⁾ 広川龍太郎⁸⁾
1) 新潟食料農業大学 2) 東京経済大学 3) 鹿児島大学 4) 国立スポーツ科学センター
5) 日本スポーツ振興センター 6) 関西福祉大学 7) 八戸学院大学 8) 東海大学

1. はじめに

2019年度においては、国際大会であるアジア陸上選手権大会（以下、「アジア選手権」）及び世界陸上競技選手権大会（以下、「世界選手権」）がそれぞれ開催された。世界選手権では、男子400m走においてウォルシュジュリアン選手（富士通）が準決勝進出を果たし、日本歴代4位となる45秒13を記録した。本稿では、2019年度に日本陸上競技連盟科学委員会による男子および女子短距離選手のバイオメカニクスサポートの活動として行われた対象競技会における400m走のデータを示す。また、今年度は世界陸上競技選手権大会が開催されたため、世界陸上競技選手権大会に出場した世界トップレベルの選手のデータと日本人選手のデータとの比較を行う。

2. 方法

2-1. 対象競技会

対象競技会は、下記6競技会とした。

- ・2019年アジア選手権大会（4月19 - 24日、カタール・ドーハ）（以下、「アジア選手権」）
- ・第35回静岡国際陸上競技大会（5月3日、静岡）（以下、「静岡国際」）
- ・セイコーゴールデングランプリ陸上2019（5月19日、大阪）（以下、「GGP」）
- ・第103回日本陸上競技選手権大会（6月27 - 30日、福岡）（以下、「日本選手権」）
- ・2019富士北麓ワールドトライアル（9月1日、山梨）（以下、「富士北麓競技会」）
- ・2019世界陸上競技選手権大会（9月27日 - 10月6日、カタール・ドーハ）（以下、「世界選手権」）

2-2. 対象選手

対象選手は、上記国内競技会に出場した男女トップレベル選手（男子40名、女子21名）、アジア選手権に出場した男女アジアトップレベル選手（男子17名、女子4名）、および世界選手権に出場した男女世界トップレベル選手（男子22名、女子11名）であった。

2-3. 撮影方法

400m走のレース時に、3-4台のデジタルビデオカメラ（DMC-FZ300, Panasonic, Japan, 59.94fps）を用いて、スタートピストルの閃光または発煙を撮影した後に、全選手をカメラの画角内に収めながら追従撮影を実施した。4台のカメラの設置場所は、第1曲走路の中央付近、バックストレート、第4曲走路付近、およびホームストレートのフィニッシュライン付近の各スタンドであった。3台のカメラで対応する場合、上記4カ所から、第4局走路付近のスタンドからの撮影カ所を除いた3カ所で実施した。また、後述する分析に用いるために、400mハードル（400mH）走の全10台のハードル設置位置の映像および静止画像を、同様の3-4カ所の設置場所から撮影した。

2-4. 分析方法

400m走の分析は、先行研究（持田ら 2007, 山元ら 2016, 山中ら 2018）に倣い、Overlay方式を用いて実施した。Overlayによる分析には、表計算ソフトウェア（Microsoft Excel）のVisual Basic for Applicationを用いて開発した映像分析プログラムを用いた。全ての分析には、400mH走のハードルの設置位置（45m, 80m, 115m, 150m, 185m, 220m, 255m, 290m, 325m および 360m 地点）およびフィニッシュライン（400m）の計11地点を分析ポイント

表 1. アジア選手権男子 400m 走における通過タイム, 区間タイム, 区間平均走速度, および走速度低下率 (上段: 決勝, 下段: 準決勝)

| 選手名 | 記録 | 大会 | 上段: 50m毎通過タイム [s] | | | | | | | | | | 中段: 50m毎区間タイム [s] | | | | | | | | | | 下段: 35m毎区間平均速度 [m/s] | | | | | | | | | | 走速度 低下率 [%] | 区間タイム [s] | | | | |
|----------------|-------|-------------------|-------------------|-----------------|-------------------|--------------------|------------|--------------------|--------------------|------------|--------------------|--------------------|--------------------|------------|------------|------------|------------|------|------|------|------|-------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|--|-------------------|-----------|--|--|--|--|
| | | | (0-45m) | 50m (45-80m) | 100m (80-115m) | 150m (115-150m) | (150-185m) | 200m (185-220m) | 250m (220-255m) | (255-290m) | 300m (290-325m) | 350m (325-360m) | 400m (360-400m) | (100-200m) | (200-300m) | (300-400m) | (200-400m) | 前後半差 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Kkaram (KWT) | 44.84 | アジア選手権 2019 FI | - | 6.20 | 11.17 | 16.22 | - | 21.49 | 26.94 | - | 32.58 | 38.44 | 44.84 | - | 5.27 | 5.46 | - | 5.64 | 5.86 | 6.40 | - | 32.58 | 38.44 | 44.84 | 17.03 | 10.32 | 11.10 | 12.26 | 23.35 | 1.86 | | | | | | | | |
| | | | 2019.4.23 | 7.89 | 10.13 | 9.94 | 9.90 | 9.58 | 9.26 | 9.10 | 8.89 | 8.67 | 8.41 | 7.68 | - | 5.33 | 5.47 | - | 5.59 | 5.87 | 6.65 | - | 32.62 | 38.49 | 45.14 | 17.73 | 10.41 | 11.06 | 12.52 | 23.58 | 2.02 | | | | | | | |
| Abunaker (BRN) | 45.14 | アジア選手権 2019 FI | - | 6.20 | 11.15 | 16.23 | - | 21.56 | 27.03 | - | 32.62 | 38.49 | 45.14 | - | 5.33 | 5.47 | - | 5.59 | 5.87 | 6.65 | - | 32.62 | 38.49 | 45.14 | 17.73 | 10.41 | 11.06 | 12.52 | 23.58 | 2.02 | | | | | | | | |
| | | | 2019.4.23 | 7.89 | 10.16 | 10.01 | 9.76 | 9.45 | 9.24 | 9.08 | 9.00 | 8.67 | 8.36 | 7.34 | - | 5.39 | 5.52 | - | 5.70 | 5.87 | 6.23 | - | 33.15 | 39.02 | 45.25 | 15.32 | 10.53 | 11.23 | 12.10 | 23.33 | 1.41 | | | | | | | |
| litvin (KAZ) | 45.25 | アジア選手権 2019 FI | - | 6.30 | 11.39 | 16.53 | - | 21.92 | 27.45 | - | 33.15 | 39.02 | 45.25 | - | 5.39 | 5.52 | - | 5.70 | 5.87 | 6.23 | - | 33.15 | 39.02 | 45.25 | 15.32 | 10.53 | 11.23 | 12.10 | 23.33 | 1.41 | | | | | | | | |
| | | | 2019.4.23 | 7.77 | 9.71 | 9.99 | 9.62 | 9.32 | 9.18 | 8.97 | 8.80 | 8.56 | 8.46 | 7.93 | - | 5.30 | 5.57 | - | 5.85 | 6.03 | 6.43 | - | 33.09 | 39.12 | 45.55 | 19.46 | 10.46 | 11.42 | 12.46 | 23.88 | 2.22 | | | | | | | |
| ウオルシュ ジュリアン | 45.55 | アジア選手権 2019 FI | - | 6.20 | 11.21 | 16.37 | - | 21.67 | 27.24 | - | 33.09 | 39.12 | 45.55 | - | 5.30 | 5.57 | - | 5.85 | 6.03 | 6.43 | - | 33.09 | 39.12 | 45.55 | 19.46 | 10.46 | 11.42 | 12.46 | 23.88 | 2.22 | | | | | | | | |
| | | | 2019.4.23 | 7.89 | 10.13 | 9.76 | 9.67 | 9.54 | 9.20 | 8.83 | 8.55 | 8.43 | 8.16 | 7.68 | - | 5.39 | 5.62 | - | 5.76 | 6.02 | 6.45 | - | 33.20 | 39.22 | 45.67 | 18.53 | 10.59 | 11.38 | 12.47 | 23.85 | 2.03 | | | | | | | |
| ウオルシュ ジュリアン | 45.67 | アジア選手権2019 SF | - | 6.14 | 11.23 | 16.43 | - | 21.82 | 27.44 | - | 33.20 | 39.22 | 45.67 | - | 5.39 | 5.62 | - | 5.76 | 6.02 | 6.45 | - | 33.20 | 39.22 | 45.67 | 18.53 | 10.59 | 11.38 | 12.47 | 23.85 | 2.03 | | | | | | | | |
| | | | 2019.4.22 | 7.98 | 9.94 | 9.67 | 9.58 | 9.37 | 9.08 | 8.78 | 8.70 | 8.53 | 8.10 | 7.67 | - | 5.39 | 5.62 | - | 5.76 | 6.02 | 6.45 | - | 33.20 | 39.22 | 45.67 | 18.53 | 10.59 | 11.38 | 12.47 | 23.85 | 2.03 | | | | | | | |
| 伊東 利来也 | 46.52 | アジア選手権2019 SF | - | 6.30 | 11.49 | 16.83 | - | 22.37 | 28.11 | - | 34.05 | 40.15 | 46.52 | - | 5.54 | 5.74 | - | 5.93 | 6.10 | 6.37 | - | 34.05 | 40.15 | 46.52 | 15.95 | 10.88 | 11.67 | 12.47 | 24.15 | 1.77 | | | | | | | | |
| | | | 2019.4.22 | 7.77 | 9.71 | 9.54 | 9.28 | 9.08 | 8.89 | 8.60 | 8.46 | 8.23 | 8.16 | 7.77 | - | 5.54 | 5.74 | - | 5.93 | 6.10 | 6.37 | - | 34.05 | 40.15 | 46.52 | 15.95 | 10.88 | 11.67 | 12.47 | 24.15 | 1.77 | | | | | | | |

表 2. 静岡国際男子 400m 走における通過タイム, 区間タイム, 区間平均走速度, および走速度低下率

| 選手名 | 記録 | 大会 | 上段: 50m毎通過タイム [s] | | | | | | | | | | 中段: 50m毎区間タイム [s] | | | | | | | | | | 下段: 35m毎区間平均速度 [m/s] | | | | | | | | | | 走速度 低下率 [%] | 区間タイム [s] | | | | |
|--------|-------|----------|-------------------|-----------------|-------------------|--------------------|------------|--------------------|--------------------|------------|--------------------|--------------------|--------------------|------------|------------|------------|------------|------|------|------|------|-------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|--|-------------------|-----------|--|--|--|--|
| | | | (0-45m) | 50m (45-80m) | 100m (80-115m) | 150m (115-150m) | (150-185m) | 200m (185-220m) | 250m (220-255m) | (255-290m) | 300m (290-325m) | 350m (325-360m) | 400m (360-400m) | (100-200m) | (200-300m) | (300-400m) | (200-400m) | 前後半差 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 河内光起 | 46.48 | 静岡国際2019 | - | 6.27 | 11.42 | 16.67 | - | 22.07 | 27.73 | - | 33.68 | 39.86 | 46.48 | - | 5.40 | 5.66 | - | 5.95 | 6.18 | 6.62 | - | 33.68 | 39.86 | 46.48 | 18.41 | 10.65 | 11.61 | 12.80 | 24.41 | 2.34 | | | | | | | | |
| | | | 2019.5.3 | 7.82 | 9.76 | 9.62 | 9.49 | 9.37 | 9.00 | 8.72 | 8.41 | 8.23 | 7.96 | 7.46 | - | 5.40 | 5.66 | - | 5.95 | 6.18 | 6.62 | - | 33.68 | 39.86 | 46.48 | 18.41 | 10.65 | 11.61 | 12.80 | 24.41 | 2.34 | | | | | | | |
| 佐藤拳太郎 | 46.55 | 静岡国際2019 | - | 6.21 | 11.26 | 16.48 | - | 21.83 | 27.51 | - | 33.58 | 39.94 | 46.55 | - | 5.35 | 5.68 | - | 6.07 | 6.36 | 6.61 | - | 33.58 | 39.94 | 46.55 | 22.12 | 10.58 | 11.75 | 12.97 | 24.72 | 2.88 | | | | | | | | |
| | | | 2019.5.3 | 7.89 | 10.01 | 9.74 | 9.49 | 9.41 | 9.20 | 8.56 | 8.29 | 7.92 | 7.80 | 7.51 | - | 5.35 | 5.68 | - | 6.07 | 6.36 | 6.61 | - | 33.58 | 39.94 | 46.55 | 22.12 | 10.58 | 11.75 | 12.97 | 24.72 | 2.88 | | | | | | | |
| 北谷 直輝 | 46.68 | 静岡国際2019 | - | 6.17 | 11.18 | 16.42 | - | 21.91 | 27.66 | - | 33.67 | 39.97 | 46.68 | - | 5.48 | 5.76 | - | 6.01 | 6.30 | 6.71 | - | 33.67 | 39.97 | 46.68 | 22.82 | 10.73 | 11.77 | 13.01 | 24.77 | 2.87 | | | | | | | | |
| | | | 2019.5.3 | 7.93 | 10.13 | 9.76 | 9.43 | 9.26 | 8.81 | 8.60 | 8.37 | 8.02 | 7.84 | 7.37 | - | 5.48 | 5.76 | - | 6.01 | 6.30 | 6.71 | - | 33.67 | 39.97 | 46.68 | 22.82 | 10.73 | 11.77 | 13.01 | 24.77 | 2.87 | | | | | | | |
| 伊東 利来也 | 46.77 | 静岡国際2019 | - | 6.20 | 11.20 | 16.30 | - | 21.63 | 27.28 | - | 33.39 | 39.83 | 46.77 | - | 5.33 | 5.65 | - | 6.12 | 6.44 | 6.94 | - | 33.39 | 39.83 | 46.77 | 23.61 | 10.43 | 11.76 | 13.38 | 25.14 | 3.51 | | | | | | | | |
| | | | 2019.5.3 | 7.90 | 10.04 | 9.92 | 9.76 | 9.49 | 9.12 | 8.69 | 8.19 | 7.87 | 7.67 | 7.10 | - | 5.33 | 5.65 | - | 6.12 | 6.44 | 6.94 | - | 33.39 | 39.83 | 46.77 | 23.61 | 10.43 | 11.76 | 13.38 | 25.14 | 3.51 | | | | | | | |
| 堀井浩介 | 47.11 | 静岡国際2019 | - | 6.26 | 11.36 | 16.62 | - | 22.14 | 27.96 | - | 34.07 | 40.43 | 47.11 | - | 5.52 | 5.82 | - | 6.11 | 6.35 | 6.68 | - | 34.07 | 40.43 | 47.11 | 21.38 | 10.78 | 11.94 | 13.04 | 24.97 | 2.83 | | | | | | | | |
| | | | 2019.5.3 | 7.82 | 9.92 | 9.65 | 9.45 | 9.16 | 8.81 | 8.44 | 8.21 | 7.95 | 7.80 | 7.41 | - | 5.52 | 5.82 | - | 6.11 | 6.35 | 6.68 | - | 34.07 | 40.43 | 47.11 | 21.38 | 10.78 | 11.94 | 13.04 | 24.97 | 2.83 | | | | | | | |
| 若林康太 | 47.25 | 静岡国際2019 | - | 6.18 | 11.15 | 16.27 | - | 21.68 | 27.40 | - | 33.52 | 40.00 | 47.25 | - | 5.41 | 5.72 | - | 6.12 | 6.48 | 7.25 | - | 33.52 | 40.00 | 47.25 | 25.90 | 10.53 | 11.84 | 13.73 | 25.57 | 3.90 | | | | | | | | |
| | | | 2019.5.3 | 7.91 | 10.18 | 9.90 | 9.71 | 9.37 | 8.97 | 8.60 | 8.19 | 7.89 | 7.55 | 6.75 | - | 5.41 | 5.72 | - | 6.12 | 6.48 | 7.25 | - | 33.52 | 40.00 | 47.25 | 25.90 | 10.53 | 11.84 | 13.73 | 25.57 | 3.90 | | | | | | | |
| 田村朋也 | 47.79 | 静岡国際2019 | - | 6.21 | 11.32 | 16.57 | - | 22.06 | 27.81 | - | 33.93 | 40.44 | 47.79 | - | 5.49 | 5.76 | - | 6.11 | 6.51 | 7.35 | - | 33.93 | 40.44 | 47.79 | 24.56 | 10.74 | 11.87 | 13.86 | 25.73 | 3.67 | | | | | | | | |
| | | | 2019.5.3 | 7.89 | 9.90 | 9.62 | 9.49 | 9.24 | 8.80 | 8.62 | 8.19 | 7.92 | 7.47 | 6.65 | - | 5.49 | 5.76 | - | 6.11 | 6.51 | 7.35 | - | 33.93 | 40.44 | 47.79 | 24.56 | 10.74 | 11.87 | 13.86 | 25.73 | 3.67 | | | | | | | |
| 木村淳 | 47.90 | 静岡国際2019 | - | 6.24 | 11.44 | 16.84 | - | 22.57 | 28.47 | - | 34.65 | 41.04 | 47.90 | - | 5.73 | 5.90 | - | 6.18 | 6.39 | 6.86 | - | 34.65 | 41.04 | 47.90 | 21.06 | 11.13 | 12.08 | 13.25 | 25.33 | 2.75 | | | | | | | | |
| | | | 2019.5.3 | 7.86 | 9.74 | 9.43 | 9.18 | 8.80 | 8.56 | 8.43 | 8.07 | 7.98 | 7.68 | 7.20 | - | 5.73 | 5.90 | - | 6.18 | 6.39 | 6.86 | - | 34.65 | 41.04 | 47.90 | 21.06 | 11.13 | 12.08 | 13.25 | 25.33 | 2.75 | | | | | | | |

トとして用いた。

通過タイムは, 各分析ポイントを選手の胴体部分が通過した時点のフレーム数から算出した。また, 50m 毎の通過タイムを, 各地点を挟む前後 2 つの分析ポイントにおける通過タイムを用いて, 時間と距離の直線回帰式にその地点の距離を内挿することによって推定値として算出した (持田ら 2007, 山元ら 2016, 山中ら 2018)。150m 地点の通過タイムは, 400m ハードル (以下, 「400mH」) 走の 4 台目のハードルの地点の通過タイムを, 400m 地点の通過タイムは公式記録を, それぞれ用いた。さらに, 100m

および 200m 毎の区間タイムも算出した。また, 走速度低下の評価指標として, レース前半と後半の 200m 区間タイムの差 (以下, 「前後半差」) を算出した。

各分析ポイント間 (分析区間) の平均走速度 (m/s) は, 各分析ポイントの通過タイムから各分析区間に要した時間を算出し, 分析区間の距離をその区間に要した時間で除することで求めた。また, 先行研究 (持田ら 2007, 山元ら 2016, 山中ら 2018) に倣い, 全分析区間における平均走速度の最高値 (最高走速度) から 325-360m 区間の平均走速度を引いた値を

表 3. ゴールデングランプリ男子 400m 走における通過タイム, 区間タイム, 区間平均走速度, および走速度低下率

| 選手名 | 記録 | 大会 | 区間タイム [s] | | | | | | | | | | 走速度低下率 [%] | 区間タイム [s] | | | | | | |
|---------------|-------|-----|--------------------|--------------|----------------|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------------|-----------------|-----------------|-------|------------|------------|------------|--------|-------|-------|------|--|
| | | | 上段: 50m 毎通過タイム [s] | | | 中段: 50m 毎区間タイム [s] | | | 下段: 35m 毎区間平均速度 [m/s] | | | | | 100m 毎 | | 200m 毎 | | | | |
| | | | (0-45m) | 50m (45-90m) | 100m (90-135m) | 150m (135-180m) | 200m (180-225m) | 250m (225-270m) | 300m (270-315m) | 350m (315-360m) | 400m (360-400m) | | (100-200m) | (200-300m) | (300-400m) | 前後半差 | | | | |
| Norwood (USA) | 45.79 | GGP | - | 6.13 | 11.07 | 16.18 | - | 21.51 | 27.10 | - | 33.00 | 39.12 | 45.79 | 21.00 | 10.44 | 11.49 | 12.79 | 24.28 | 2.76 | |
| | | | - | 6.13 | 4.94 | 5.11 | - | 5.33 | 5.58 | - | 5.90 | 6.12 | 6.67 | | | | | | | |
| ウォルシュジュリアン | 46.29 | GGP | - | 6.14 | 11.11 | 16.22 | - | 21.56 | 27.16 | - | 33.15 | 39.48 | 46.29 | 23.38 | 10.45 | 11.59 | 13.14 | 24.73 | 3.17 | |
| | | | - | 6.14 | 4.97 | 5.12 | - | 5.34 | 5.60 | - | 5.99 | 6.33 | 6.81 | | | | | | | |
| 河内光起 | 46.69 | GGP | - | 6.26 | 11.49 | 16.83 | - | 22.23 | 27.89 | - | 33.92 | 40.10 | 46.69 | 16.73 | 10.75 | 11.68 | 12.77 | 24.46 | 2.22 | |
| | | | - | 6.26 | 5.22 | 5.35 | - | 5.40 | 5.65 | - | 6.03 | 6.18 | 6.59 | | | | | | | |
| 佐藤拳太郎 | 46.92 | GGP | - | 6.27 | 11.35 | 16.54 | - | 21.92 | 27.51 | - | 33.64 | 40.06 | 46.92 | 22.39 | 10.58 | 11.71 | 13.28 | 25.00 | 3.07 | |
| | | | - | 6.27 | 5.08 | 5.19 | - | 5.38 | 5.59 | - | 6.13 | 6.42 | 6.86 | | | | | | | |
| 北谷直輝 | 47.34 | GGP | - | 6.24 | 11.30 | 16.53 | - | 22.06 | 27.84 | - | 33.97 | 40.31 | 47.34 | 21.79 | 10.75 | 11.92 | 13.37 | 25.28 | 3.23 | |
| | | | - | 6.24 | 5.06 | 5.23 | - | 5.52 | 5.79 | - | 6.13 | 6.34 | 7.03 | | | | | | | |
| 若林康太 | 47.37 | GGP | - | 6.31 | 11.39 | 16.60 | - | 22.00 | 27.75 | - | 34.02 | 40.49 | 47.37 | 22.24 | 10.61 | 12.02 | 13.35 | 25.37 | 3.37 | |
| | | | - | 6.31 | 5.08 | 5.21 | - | 5.40 | 5.74 | - | 6.28 | 6.46 | 6.88 | | | | | | | |
| | | | 2019.5.19 | 7.98 | 10.23 | 9.94 | 9.71 | 9.49 | 9.12 | 8.85 | 8.48 | 8.26 | 8.08 | 7.36 | | | | | | |
| | | | 2019.5.19 | 7.97 | 10.16 | 9.92 | 9.71 | 9.49 | 9.10 | 8.81 | 8.39 | 8.01 | 7.78 | 7.24 | | | | | | |
| | | | 2019.5.19 | 7.83 | 9.69 | 9.41 | 9.32 | 9.34 | 9.06 | 8.70 | 8.29 | 8.10 | 8.07 | 7.48 | | | | | | |
| | | | 2019.5.19 | 7.81 | 9.92 | 9.74 | 9.58 | 9.34 | 9.16 | 8.81 | 8.16 | 7.87 | 7.70 | 7.19 | | | | | | |
| | | | 2019.5.19 | 7.84 | 9.99 | 9.71 | 9.49 | 9.16 | 8.81 | 8.53 | 8.16 | 7.96 | 7.81 | 6.96 | | | | | | |
| | | | 2019.5.19 | 7.75 | 9.92 | 9.74 | 9.54 | 9.32 | 9.10 | 8.46 | 7.96 | 7.76 | 7.71 | 7.16 | | | | | | |

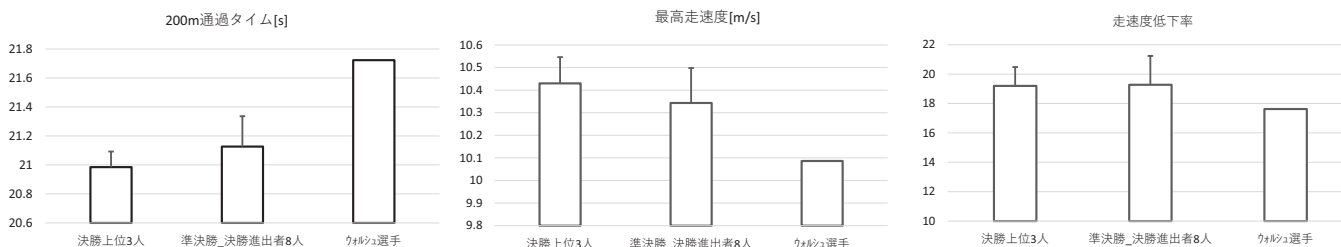


図 1. 世界選手権における男子 400m 走の決勝上位 3 名, 準決勝における決勝進出者 8 名及び準決勝時のウォルシュ選手の最高走速度, 200m 通過タイム及び走速度の低下率の比較

最高走速度で除し, 100 を乗ずることで, 走速度低下率を算出した.

データを集団で検討する場合, データは平均値±標準偏差で示した. 群間の差異を検討する際には, student's t-test を用いた. 有意水準は, 5% 未満とした.

3. 結果と考察

各対象競技会の男子 400m 走における分析ポイントの通過タイム, 区間タイム, 区間平均走速度, および走速度低下率を表 1-6 (表 1: アジア選手権男子, 表 2: 静岡国際男子, 表 3: GGP 男子, 表 4: 日本選手権男子, 表 5: 富士北麓男子, 表 6: 世界選手権男子) に示した. また, 女子 400m 走における同様の項目を表 7-10 (表 7: アジア選手権女子, 表 8: 静岡国際女子, 表 9: 日本選手権女子, 表 10: 世界選手権女子) に示した.

図 1 には, 世界選手権における男子 400m 走の決勝上位 3 名 (以下: 「メダリスト」, 43.9 ± 0.3 秒), 決勝進出者 8 名 (以下: 「ファイナリスト」, 44.4

± 0.2 秒) の準決勝時及び準決勝時のウォルシュ選手 (45.13 秒) の最高走速度, 200m 通過タイム及び走速度の低下率をそれぞれ示した. その結果, 最高走速度はメダリストにおいて最も高い値を示し, ファイナリストの準決勝時の値よりもウォルシュ選手の値の方が低かった. これまでの我々の報告 (山中ら 2017, 山中ら 2018) によって, 400m 走の記録と最高走速度が有意な負の相関関係を示すことが報告されていることから, 400m 走のパフォーマンスが高い選手ほど最高走速度が高いことが明らかとなっている. 本研究においても, 最高走速度は, 400m 走のパフォーマンスが高い群ほど高くなることが示された. 200m の通過タイムは, ファイナリストが最も低い値を示し, ファイナリストの準決勝時の値よりもウォルシュ選手の値が低かった. 一方, 走速度の低下率は, ウォルシュ選手の値がメダリスト及びファイナリストの準決勝時の値よりも低かった. これらのことから, ウォルシュ選手を含めた日本人選手が世界陸上などの国際大会において準決勝を通過しファイナリストとなるためには, 走速度の低下率が大きくなる危険性はあるものの, 最高走速

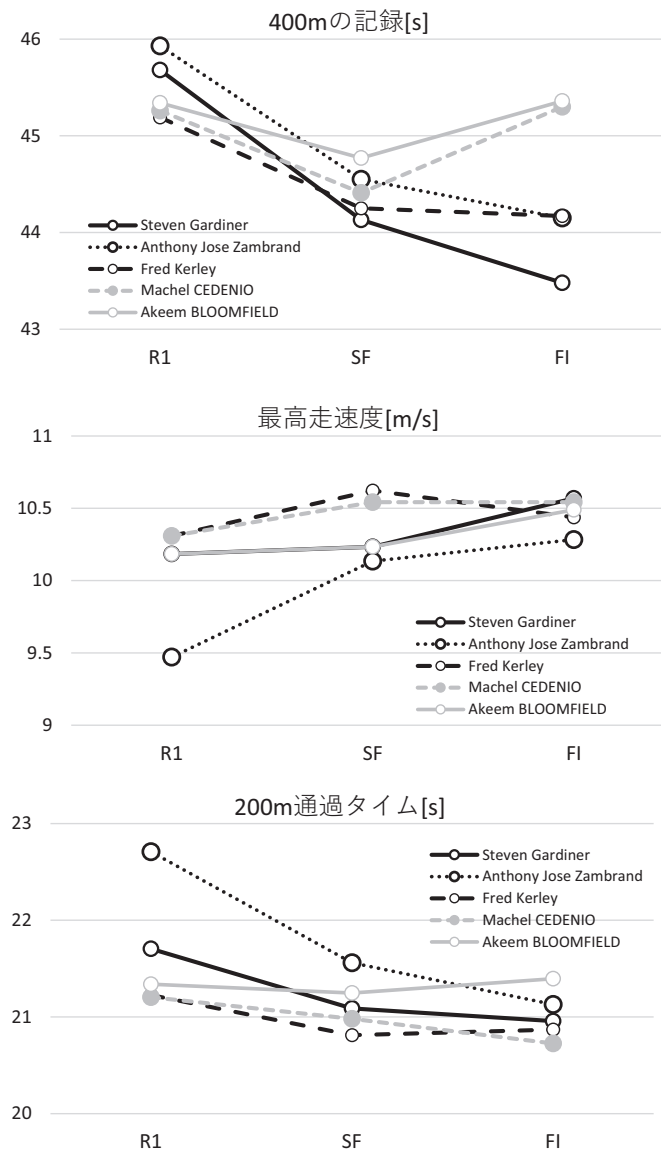


図2. 世界選手権男子400mにおける決勝上位3名と下位2名の予選から決勝までの記録、最高走速度及び200m通過タイムの推移。

決勝上位3名（メダリスト）を黒色のマーカー及び線で、下位2名を灰色のマーカー及び線で示した。

度を高めること、そして、前半200mタイムを短くすることが必要となることが示唆される。

図2には、世界選手権男子400m走における決勝上位3名と下位2名における予選から決勝までの記録、最高走速度及び200m通過タイムの推移を示した。その結果、400m走の記録は、上位3人に関して、予選から決勝にかけて向上している一方で、決勝の下位2名に関して、準決勝時においてピークが出現し決勝では低下した。200mの通過タイムは、全選手が予選よりも準決勝において短くなっており、準決勝から決勝では上位3名中2名及び下位2名中1名で短くなっていった。最高走速度は、全選手が予選よりも準決勝において高い値を示し、準決勝から決勝にかけては、200m通過タイムと同様に順位による傾向は見られなかった。

図3には、世界選手権における男子400mにおいて予選を着順で通過した18名（ 45.3 ± 0.3 秒）、及び、ウォルシュ選手を除いた2019年度の日本人男子400m走の記録上位5名（ 46.2 ± 0.1 秒）の最高走速度、200m通過タイム及び走速度の低下率を示した。その結果、最高走速度は世界選手権予選通過者の方が日本トップ選手よりも高いこと、200m通過タイムは世界選手権予選通過者の方が日本トップ選手よりも短いこと、そして、走速度の低下率は世界選手権出場者の方が日本人選手よりも低いことが明らかとなった。

図4には、世界選手権における男子及びミックスマイルリレー代表であった日本トップレベルの7名の選手（ 46.1 ± 0.4 秒）と、日本選手権出場レベルの10名の選手（ 47.1 ± 0.4 秒）の最高走速

表 4. 日本選手権男子 400m 走における通過タイム, 区間タイム, 区間平均走速度, および走速度低下率
(上段: 決勝, 下段: 予選)

| 選手名 | 記録 | 大会 | 上段: 50m毎通過タイム [s] | | | | | | | | | | 走速度 低下率 [%] | 区間タイム [s] | | | | | |
|-------------|-------|-----------|-------------------|-----------------|-------------------|--------------------|------------|--------------------|--------------------|------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|---------------------|---------------------|------------------------|--------------------------|------|
| | | | (0-45m) | 50m (45-80m) | 100m (80-115m) | 150m (115-150m) | (150-185m) | 200m (185-220m) | 250m (220-255m) | (255-290m) | 300m (290-325m) | 350m (325-360m) | | 400m (360-400m) | 100m毎 (100-200m) | 200m毎 (200-300m) | 300-400m (300-400m) | 200m毎 (200-400m) 前後半差 | |
| ウォルシュ ジュリアン | 45.80 | 日本選手権F1 | - | 6.20 | 11.24 | 16.38 | - | 21.66 | 27.20 | - | 33.02 | 39.18 | 45.80 | 20.83 | 10.42 | 11.36 | 12.78 | 24.14 | 2.48 |
| | | 2019.6.28 | 7.89 | 10.04 | 9.76 | 9.71 | 9.58 | 9.24 | 8.89 | 8.63 | 8.29 | 7.95 | 7.46 | | | | | | |
| 小淵瑞樹 | 46.18 | 日本選手権F1 | - | 6.22 | 11.32 | 16.60 | - | 22.11 | 27.85 | - | 33.74 | 39.75 | 46.18 | 17.61 | 10.80 | 11.62 | 12.44 | 24.07 | 1.95 |
| | | 2019.6.28 | 7.86 | 9.97 | 9.60 | 9.41 | 9.16 | 8.85 | 8.63 | 8.49 | 8.43 | 8.21 | 7.67 | | | | | | |
| 佐藤拳太郎 | 46.19 | 日本選手権F1 | - | 6.18 | 11.14 | 16.23 | - | 21.55 | 27.17 | - | 33.15 | 39.41 | 46.19 | 22.33 | 10.40 | 11.60 | 13.04 | 24.64 | 3.09 |
| | | 2019.6.28 | 7.91 | 10.13 | 9.99 | 9.76 | 9.54 | 9.12 | 8.74 | 8.39 | 8.10 | 7.87 | 7.26 | | | | | | |
| 河内光起 | 46.26 | 日本選手権F1 | - | 6.37 | 11.51 | 16.80 | - | 22.26 | 27.92 | - | 33.77 | 39.84 | 46.26 | 17.37 | 10.75 | 11.51 | 12.49 | 24.00 | 1.74 |
| | | 2019.6.28 | 7.68 | 9.80 | 9.58 | 9.41 | 9.24 | 8.97 | 8.74 | 8.56 | 8.39 | 8.10 | 7.71 | | | | | | |
| 若林康太 | 46.34 | 日本選手権F1 | - | 6.17 | 11.16 | 16.32 | - | 21.67 | 27.29 | - | 33.26 | 39.50 | 46.34 | 22.47 | 10.52 | 11.59 | 13.08 | 24.67 | 3.00 |
| | | 2019.6.28 | 7.93 | 10.13 | 9.85 | 9.62 | 9.45 | 9.08 | 8.78 | 8.39 | 8.16 | 7.86 | 7.19 | | | | | | |
| 伊東利来也 | 46.78 | 日本選手権F1 | - | 6.30 | 11.46 | 16.75 | - | 22.25 | 28.00 | - | 33.95 | 40.12 | 46.78 | 18.63 | 10.79 | 11.70 | 12.83 | 24.53 | 2.28 |
| | | 2019.6.28 | 7.77 | 9.80 | 9.54 | 9.41 | 9.20 | 8.85 | 8.60 | 8.43 | 8.23 | 7.98 | 7.40 | | | | | | |
| 松清和希 | 46.82 | 日本選手権F1 | - | 6.54 | 11.77 | 17.14 | - | 22.71 | 28.35 | - | 34.13 | 40.15 | 46.82 | 16.05 | 10.94 | 11.42 | 12.69 | 24.11 | 1.40 |
| | | 2019.6.28 | 7.47 | 9.67 | 9.41 | 9.26 | 9.02 | 8.89 | 8.85 | 8.67 | 8.49 | 8.12 | 7.36 | | | | | | |
| 鈴木泰地 | 47.12 | 日本選手権F1 | - | 6.11 | 11.16 | 16.40 | - | 21.92 | 27.59 | - | 33.55 | 39.92 | 47.12 | 23.68 | 10.76 | 11.64 | 13.57 | 25.20 | 3.29 |
| | | 2019.6.28 | 8.02 | 10.01 | 9.76 | 9.45 | 9.12 | 8.93 | 8.74 | 8.43 | 8.07 | 7.64 | 6.79 | | | | | | |
| ウォルシュ ジュリアン | 45.45 | 日本選手権R1 | - | 6.18 | 11.25 | 16.45 | - | 21.81 | 27.40 | - | 33.15 | 39.10 | 45.45 | 17.58 | 10.56 | 11.33 | 12.30 | 23.64 | 1.82 |
| | | 2019.6.27 | 7.93 | 9.94 | 9.71 | 9.58 | 9.41 | 9.12 | 8.85 | 8.70 | 8.60 | 8.19 | 7.80 | | | | | | |
| 鈴木泰地 | 46.86 | 日本選手権R1 | - | 6.20 | 11.37 | 16.82 | - | 22.54 | 28.42 | - | 34.36 | 40.38 | 46.86 | 16.47 | 11.17 | 11.82 | 12.50 | 24.32 | 1.78 |
| | | 2019.6.27 | 7.91 | 9.85 | 9.41 | 9.08 | 8.81 | 8.56 | 8.46 | 8.43 | 8.39 | 8.23 | 7.59 | | | | | | |
| 北谷直輝 | 47.18 | 日本選手権R1 | - | 6.28 | 11.42 | 16.77 | - | 22.37 | 28.19 | - | 34.27 | 40.56 | 47.18 | 19.62 | 10.94 | 11.90 | 12.91 | 24.81 | 2.44 |
| | | 2019.6.27 | 7.80 | 9.85 | 9.54 | 9.28 | 9.04 | 8.67 | 8.53 | 8.26 | 7.98 | 7.92 | 7.47 | | | | | | |
| 田村朋也 | 47.20 | 日本選手権R1 | - | 6.26 | 11.37 | 16.62 | - | 22.11 | 27.82 | - | 33.79 | 40.18 | 47.20 | 22.55 | 10.73 | 11.69 | 13.41 | 25.09 | 2.98 |
| | | 2019.6.27 | 7.82 | 9.85 | 9.69 | 9.47 | 9.20 | 8.89 | 8.67 | 8.43 | 8.04 | 7.63 | 7.01 | | | | | | |
| 若林康太 | 46.27 | 日本選手権R1 | - | 6.24 | 11.25 | 16.40 | - | 21.86 | 27.57 | - | 33.53 | 39.67 | 46.27 | 20.53 | 10.61 | 11.67 | 12.74 | 24.41 | 2.55 |
| | | 2019.6.27 | 7.84 | 10.04 | 9.90 | 9.62 | 9.24 | 8.97 | 8.63 | 8.36 | 8.33 | 7.98 | 7.48 | | | | | | |
| 小淵瑞樹 | 46.31 | 日本選手権R1 | - | 6.12 | 11.10 | 16.27 | - | 21.76 | 27.54 | - | 33.52 | 39.68 | 46.31 | 21.59 | 10.66 | 11.77 | 12.79 | 24.55 | 2.80 |
| | | 2019.6.27 | 8.00 | 10.13 | 9.90 | 9.58 | 9.24 | 8.81 | 8.53 | 8.36 | 8.29 | 7.95 | 7.45 | | | | | | |
| 松清和希 | 46.55 | 日本選手権R1 | - | 6.49 | 11.91 | 17.38 | - | 22.90 | 28.50 | - | 34.19 | 40.07 | 46.55 | 10.32 | 10.99 | 11.28 | 12.36 | 23.65 | 0.74 |
| | | 2019.6.27 | 7.56 | 9.28 | 9.16 | 9.12 | 9.08 | 9.00 | 8.89 | 8.81 | 8.67 | 8.33 | 7.58 | | | | | | |
| 佐藤拳太郎 | 46.25 | 日本選手権R1 | - | 6.13 | 11.11 | 16.27 | - | 21.76 | 27.47 | - | 33.50 | 39.74 | 46.25 | 21.44 | 10.64 | 11.75 | 12.75 | 24.49 | 2.74 |
| | | 2019.6.27 | 7.98 | 10.13 | 9.90 | 9.62 | 9.20 | 8.89 | 8.67 | 8.29 | 8.07 | 7.96 | 7.62 | | | | | | |
| 河内光起 | 46.39 | 日本選手権R1 | - | 6.31 | 11.60 | 17.02 | - | 22.57 | 28.30 | - | 34.16 | 40.18 | 46.39 | 13.39 | 10.97 | 11.59 | 12.23 | 23.82 | 1.24 |
| | | 2019.6.27 | 7.77 | 9.54 | 9.32 | 9.20 | 9.08 | 8.81 | 8.67 | 8.56 | 8.36 | 8.26 | 8.00 | | | | | | |
| 伊東利来也 | 46.43 | 日本選手権R1 | - | 6.36 | 11.46 | 16.70 | - | 22.25 | 27.95 | - | 33.86 | 39.96 | 46.43 | 17.83 | 10.79 | 11.61 | 12.57 | 24.18 | 1.93 |
| | | 2019.6.27 | 7.68 | 9.90 | 9.67 | 9.49 | 9.08 | 8.85 | 8.70 | 8.49 | 8.26 | 8.13 | 7.64 | | | | | | |
| 堀井浩介 | 46.92 | 日本選手権R1 | - | 6.21 | 11.33 | 16.63 | - | 22.24 | 28.04 | - | 34.09 | 40.35 | 46.92 | 20.00 | 10.91 | 11.85 | 12.83 | 24.68 | 2.45 |
| | | 2019.6.27 | 7.89 | 9.90 | 9.58 | 9.37 | 9.00 | 8.74 | 8.53 | 8.29 | 8.07 | 7.92 | 7.53 | | | | | | |
| 木村淳 | 46.95 | 日本選手権R1 | - | 6.19 | 11.24 | 16.45 | - | 22.00 | 27.81 | - | 33.81 | 40.08 | 46.95 | 21.64 | 10.76 | 11.81 | 13.14 | 24.95 | 2.94 |
| | | 2019.6.27 | 7.91 | 9.99 | 9.76 | 9.54 | 9.12 | 8.74 | 8.53 | 8.36 | 8.13 | 7.83 | 7.15 | | | | | | |

表 5. 富士北麓ワールドトライアル男子 400m 走における通過タイム, 区間タイム, 区間平均走速度, および走速度低下率

| 選手名 | 記録 | 大会 | 上段: 50m毎通過タイム [s] | | | 中段: 50m毎区間タイム [s] | | | 下段: 35m毎区間平均速度 [m/s] | | | | 走速度低下率 [%] | 区間タイム [s] | | | | | |
|------------|-------|---------------|-------------------|--------------|----------------|-------------------|------------|-----------------|----------------------|------------|-----------------|-----------------|------------|-----------------|------------------|------------------|---------------------|------------------|------|
| | | | (0-45m) | 50m (45-80m) | 100m (80-115m) | 150m (115-150m) | (150-185m) | 200m (185-220m) | 250m (220-255m) | (255-290m) | 300m (290-325m) | 350m (325-360m) | | 400m (360-400m) | 100m毎 (100-200m) | 200m毎 (200-300m) | 300-400m (300-400m) | 200m毎 (200-400m) | 前後半差 |
| ウオルシュジュリアン | 45.21 | 富士北麓ワールドトライアル | - | 6.13 | 11.01 | 16.10 | - | 21.43 | 27.00 | - | 32.84 | 38.87 | 45.21 | 21.48 | 10.42 | 11.41 | 12.37 | 23.78 | 2.35 |
| | | | - | 6.13 | 4.88 | 5.09 | - | 5.33 | 5.57 | - | 5.84 | 6.03 | 6.34 | | | | | | |
| | | | 2019.9.1 | 7.96 | 10.44 | 9.99 | 9.76 | 9.49 | 9.12 | 8.89 | 8.56 | 8.39 | 8.19 | | | | | | |
| 若林康太 | 46.04 | 富士北麓ワールドトライアル | - | 6.25 | 11.23 | 16.35 | - | 21.68 | 27.31 | - | 33.23 | 39.38 | 46.04 | 20.31 | 10.45 | 11.55 | 12.81 | 24.36 | 2.68 |
| | | | - | 6.25 | 4.98 | 5.12 | - | 5.33 | 5.62 | - | 5.92 | 6.15 | 6.66 | | | | | | |
| | | | 2019.9.1 | 7.82 | 10.09 | 9.99 | 9.67 | 9.49 | 9.12 | 8.74 | 8.46 | 8.23 | 8.04 | | | | | | |
| 田村朋也 | 46.28 | 富士北麓ワールドトライアル | - | 6.33 | 11.41 | 16.63 | - | 22.04 | 27.56 | - | 33.35 | 39.51 | 46.28 | 20.00 | 10.63 | 11.31 | 12.93 | 24.24 | 2.20 |
| | | | - | 6.33 | 5.08 | 5.22 | - | 5.41 | 5.52 | - | 5.79 | 6.16 | 6.77 | | | | | | |
| | | | 2019.9.1 | 7.73 | 9.90 | 9.76 | 9.49 | 9.28 | 9.16 | 9.00 | 8.67 | 8.33 | 7.92 | | | | | | |
| 佐藤拳太郎 | 46.36 | 富士北麓ワールドトライアル | - | 6.30 | 11.32 | 16.52 | - | 21.95 | 27.59 | - | 33.56 | 39.75 | 46.36 | 19.92 | 10.62 | 11.62 | 12.80 | 24.41 | 2.47 |
| | | | - | 6.30 | 5.02 | 5.20 | - | 5.42 | 5.64 | - | 5.97 | 6.18 | 6.61 | | | | | | |
| | | | 2019.9.1 | 7.75 | 10.04 | 9.85 | 9.51 | 9.30 | 9.04 | 8.74 | 8.39 | 8.13 | 8.04 | | | | | | |
| 河内光起 | 46.40 | 富士北麓ワールドトライアル | - | 6.27 | 11.46 | 16.77 | - | 22.21 | 27.78 | - | 33.64 | 39.76 | 46.40 | 16.86 | 10.74 | 11.43 | 12.76 | 24.19 | 1.99 |
| | | | - | 6.27 | 5.19 | 5.30 | - | 5.44 | 5.58 | - | 5.86 | 6.13 | 6.64 | | | | | | |
| | | | 2019.9.1 | 7.82 | 9.67 | 9.58 | 9.37 | 9.24 | 9.08 | 8.89 | 8.56 | 8.29 | 8.04 | | | | | | |
| 伊東利来也 | 46.71 | 富士北麓ワールドトライアル | - | 6.42 | 11.54 | 16.73 | - | 22.17 | 27.85 | - | 33.74 | 39.94 | 46.71 | 19.25 | 10.63 | 11.57 | 12.97 | 24.54 | 2.37 |
| | | | - | 6.42 | 5.12 | 5.20 | - | 5.44 | 5.68 | - | 5.89 | 6.20 | 6.77 | | | | | | |
| | | | 2019.9.1 | 7.62 | 9.80 | 9.71 | 9.58 | 9.28 | 9.00 | 8.67 | 8.55 | 8.21 | 7.92 | | | | | | |

表 6. 世界選手権男子 400m 走における通過タイム, 区間タイム, 区間平均走速度, および走速度低下率 (上段: 決勝, 下段: 準決勝)

| 選手名 | 記録 | 大会 | 上段: 50m毎通過タイム [s] | | | 中段: 50m毎区間タイム [s] | | | 下段: 35m毎区間平均速度 [m/s] | | | | 走速度低下率 [%] | 区間タイム [s] | | | | | |
|-------------------------------|-------|-----------------|-------------------|--------------|----------------|-------------------|------------|-----------------|----------------------|------------|-----------------|-----------------|------------|-----------------|------------------|------------------|---------------------|------------------|------|
| | | | (0-45m) | 50m (45-80m) | 100m (80-115m) | 150m (115-150m) | (150-185m) | 200m (185-220m) | 250m (220-255m) | (255-290m) | 300m (290-325m) | 350m (325-360m) | | 400m (360-400m) | 100m毎 (100-200m) | 200m毎 (200-300m) | 300-400m (300-400m) | 200m毎 (200-400m) | 前後半差 |
| Steven Gardiner (BAH) | 43.48 | 2019世界選手権ドーハ FI | - | 6.22 | 11.00 | 15.92 | - | 20.96 | 26.15 | - | 31.59 | 37.32 | 43.48 | 18.98 | 9.95 | 10.64 | 11.89 | 22.52 | 1.57 |
| | | 2019.10.4 | 7.83 | 10.57 | 10.28 | 10.13 | 9.99 | 9.76 | 9.54 | 9.22 | 8.91 | 8.56 | 8.01 | | | | | | |
| Anthony Jose Zambrand (COL) | 44.15 | 2019世界選手権ドーハ FI | - | 6.08 | 10.98 | 15.98 | - | 21.13 | 26.54 | - | 32.10 | 37.91 | 44.15 | 17.74 | 10.14 | 10.98 | 12.05 | 23.02 | 1.89 |
| | | 2019.10.4 | 8.05 | 10.28 | 10.04 | 9.99 | 9.90 | 9.32 | 9.18 | 9.02 | 8.78 | 8.46 | 7.90 | | | | | | |
| Fred Kerley (USA) | 44.17 | 2019世界選手権ドーハ FI | - | 6.03 | 10.87 | 15.78 | - | 20.87 | 26.16 | - | 31.79 | 37.74 | 44.17 | 20.87 | 10.00 | 10.92 | 12.38 | 23.30 | 2.43 |
| | | 2019.10.4 | 8.10 | 10.44 | 10.21 | 10.16 | 9.94 | 9.58 | 9.37 | 8.91 | 8.56 | 8.26 | 7.66 | | | | | | |
| Machel CEDENIO (TTO) | 45.30 | 2019世界選手権ドーハ FI | - | 6.01 | 10.78 | 15.67 | - | 20.73 | 26.07 | - | 31.83 | 38.05 | 45.30 | 25.75 | 9.94 | 11.11 | 13.47 | 24.57 | 3.85 |
| | | 2019.10.4 | 8.12 | 10.54 | 10.39 | 10.18 | 10.04 | 9.54 | 9.24 | 8.72 | 8.28 | 7.83 | 6.69 | | | | | | |
| Akeem BLOOMFIELD (JAM) | 45.36 | 2019世界選手権ドーハ FI | - | 6.33 | 11.15 | 16.15 | - | 21.40 | 26.84 | - | 32.66 | 38.74 | 45.36 | 22.78 | 10.25 | 11.27 | 12.70 | 23.96 | 2.57 |
| | | 2019.10.4 | 7.68 | 10.49 | 10.23 | 9.90 | 9.62 | 9.32 | 9.08 | 8.60 | 8.36 | 8.10 | 7.43 | | | | | | |
| Fred Kerley (BAH) | 44.25 | 2019世界選手権ドーハ SF | - | 6.06 | 10.83 | 15.73 | - | 20.81 | 26.16 | - | 31.81 | 37.77 | 44.25 | 22.70 | 9.98 | 11.00 | 12.44 | 23.44 | 2.63 |
| | | 2019.10.2 | 8.05 | 10.62 | 10.26 | 10.18 | 9.94 | 9.62 | 9.18 | 8.89 | 8.56 | 8.21 | 7.60 | | | | | | |
| Emmanuel Kipkurui Korir (GRN) | 44.37 | 2019世界選手権ドーハ SF | - | 6.28 | 11.15 | 16.07 | - | 21.24 | 26.63 | - | 32.25 | 38.13 | 44.37 | 18.40 | 10.09 | 11.01 | 12.12 | 23.13 | 1.89 |
| | | 2019.10.2 | 7.77 | 10.28 | 10.21 | 10.16 | 9.78 | 9.41 | 9.18 | 8.95 | 8.62 | 8.39 | 7.92 | | | | | | |
| Steven Gardner (BAH) | 44.13 | 2019世界選手権ドーハ SF | - | 6.09 | 10.98 | 15.91 | - | 21.09 | 26.40 | - | 32.00 | 37.88 | 44.13 | 18.33 | 10.11 | 10.91 | 12.13 | 23.04 | 1.95 |
| | | 2019.10.2 | 8.04 | 10.23 | 10.21 | 10.11 | 9.71 | 9.51 | 9.34 | 8.97 | 8.65 | 8.36 | 7.91 | | | | | | |
| Kirani James (GRN) | 44.23 | 2019世界選手権ドーハ SF | - | 6.02 | 10.89 | 15.84 | - | 21.02 | 26.40 | - | 32.02 | 37.93 | 44.23 | 19.25 | 10.13 | 11.00 | 12.21 | 23.21 | 2.19 |
| | | 2019.10.2 | 8.12 | 10.31 | 10.21 | 10.06 | 9.76 | 9.43 | 9.20 | 8.95 | 8.60 | 8.33 | 7.84 | | | | | | |
| Demish Gaye (JAM) | 44.66 | 2019世界選手権ドーハ SF | - | 6.07 | 10.89 | 15.82 | - | 21.07 | 26.58 | - | 32.33 | 38.25 | 44.66 | 19.84 | 10.17 | 11.26 | 12.33 | 23.59 | 2.53 |
| | | 2019.10.2 | 8.05 | 10.39 | 10.33 | 10.06 | 9.67 | 9.24 | 8.95 | 8.70 | 8.58 | 8.32 | 7.67 | | | | | | |
| Machel Cedenio (TTO) | 44.41 | 2019世界選手権ドーハ SF | - | 6.05 | 10.84 | 15.76 | - | 20.98 | 26.45 | - | 32.17 | 38.07 | 44.41 | 20.40 | 10.14 | 11.19 | 12.24 | 23.43 | 2.45 |
| | | 2019.10.2 | 8.08 | 10.54 | 10.26 | 10.13 | 9.71 | 9.26 | 9.06 | 8.76 | 8.55 | 8.39 | 7.77 | | | | | | |
| Anthony Jose Zambrano (COL) | 44.55 | 2019世界選手権ドーハ SF | - | 6.15 | 11.09 | 16.19 | - | 21.56 | 27.07 | - | 32.67 | 38.42 | 44.55 | 15.34 | 10.47 | 11.11 | 11.88 | 22.99 | 1.43 |
| | | 2019.10.2 | 7.96 | 10.13 | 10.09 | 9.69 | 9.41 | 9.10 | 9.04 | 8.97 | 8.80 | 8.58 | 8.06 | | | | | | |
| Akeem Bloomfield (JAM) | 44.77 | 2019世界選手権ドーハ SF | - | 6.24 | 11.14 | 16.12 | - | 21.25 | 26.66 | - | 32.34 | 38.29 | 44.77 | 19.92 | 10.10 | 11.09 | 12.43 | 23.52 | 2.28 |
| | | 2019.10.2 | 7.82 | 10.23 | 10.16 | 10.01 | 9.90 | 9.41 | 9.12 | 8.83 | 8.60 | 8.19 | 7.61 | | | | | | |
| ウオルシュジュリアン (JPN) | 45.13 | 2019世界選手権ドーハ SF | - | 6.14 | 11.16 | 16.33 | - | 21.72 | 27.22 | - | 32.91 | 38.84 | 45.13 | 17.62 | 10.57 | 11.18 | 12.22 | 23.41 | 1.68 |
| | | 2019.10.2 | 7.97 | 10.09 | 9.80 | 9.60 | 9.34 | 9.12 | 9.08 | 8.81 | 8.56 | 8.31 | 7.86 | | | | | | |

表 7. アジア選手権女子 400m 走における通過タイム, 区間タイム, 区間平均走速度, および走速度低下率

| 選手名 | 記録 | 大会 | 上段: 50m毎通過タイム[s] 中段: 50m毎区間タイム[s] 下段: 35m毎区間平均速度[m/s] | | | | | | | | | | 走速度 低下率 [%] | 区間タイム[s] | | | | | |
|------------------|-------|-------------------|---|-----------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|---------------------|---------------------|----------|---------------------|------|
| | | | 50m (0-45m) | 50m (45-90m) | 100m (90-135m) | 150m (135-180m) | 150m (150-185m) | 200m (185-220m) | 250m (220-255m) | 255-290m | 300m (290-325m) | 350m (325-360m) | | 400m (360-400m) | 100m毎 (100-200m) | 200m毎 (200-300m) | 300-400m | 200m毎 (200-400m) | 前後半差 |
| Naser (BRN) | 51.34 | アジア選手権 2019 FI | - | 6.64 | 12.15 | 18.00 | - | 24.26 | 30.67 | - | 37.24 | 44.08 | 51.34 | 21.03 | 12.11 | 12.97 | 14.10 | 27.08 | 2.81 |
| | | 2019.4.22 | 7.39 | 9.16 | 8.93 | 8.39 | 8.04 | 7.86 | 7.77 | 7.66 | 7.39 | 7.23 | 6.81 | | | | | | |
| Mikhina(KAZ) | 53.19 | アジア選手権 2019 FI | - | 7.05 | 12.83 | 18.85 | - | 25.33 | 32.04 | - | 38.93 | 45.99 | 53.19 | 19.40 | 12.50 | 13.61 | 14.26 | 27.86 | 2.53 |
| | | 2019.4.22 | 6.95 | 8.70 | 8.56 | 8.19 | 7.80 | 7.55 | 7.39 | 7.26 | 7.16 | 7.02 | 6.93 | | | | | | |
| Machettira (IND) | 53.21 | アジア選手権 2019 FI | - | 6.94 | 12.69 | 18.79 | - | 25.20 | 31.77 | - | 38.56 | 45.60 | 53.21 | 21.26 | 12.51 | 13.36 | 14.65 | 28.01 | 2.81 |
| | | 2019.4.22 | 7.06 | 8.85 | 8.46 | 8.10 | 7.86 | 7.66 | 7.57 | 7.38 | 7.24 | 6.97 | 6.47 | | | | | | |
| 広沢 真愛 | 53.54 | アジア選手権 2019 FI | - | 6.85 | 12.72 | 18.82 | - | 25.23 | 31.87 | - | 38.75 | 45.89 | 53.54 | 20.10 | 12.51 | 13.52 | 14.79 | 28.31 | 3.08 |
| | | 2019.4.22 | 7.17 | 8.62 | 8.37 | 8.13 | 7.89 | 7.60 | 7.49 | 7.27 | 7.13 | 6.88 | 6.45 | | | | | | |

表 8. 静岡国際女子 400m 走における通過タイム, 区間タイム, 区間平均走速度, および走速度低下率

| 選手名 | 記録 | 大会 | 上段: 50m毎通過タイム[s] 中段: 50m毎区間タイム[s] 下段: 35m毎区間平均速度[m/s] | | | | | | | | | | 走速度 低下率 [%] | 区間タイム[s] | | | | | |
|-----------|-------|----------|---|-----------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|---------------------|---------------------|----------|---------------------|------|
| | | | 50m (0-45m) | 50m (45-90m) | 100m (90-135m) | 150m (135-180m) | 150m (150-185m) | 200m (185-220m) | 250m (220-255m) | 255-290m | 300m (290-325m) | 350m (325-360m) | | 400m (360-400m) | 100m毎 (100-200m) | 200m毎 (200-300m) | 300-400m | 200m毎 (200-400m) | 前後半差 |
| 青山聖佳 | 53.86 | 静岡国際2019 | - | 7.03 | 13.09 | 19.25 | - | 25.50 | 32.01 | - | 38.86 | 46.09 | 53.86 | 18.12 | 12.41 | 13.36 | 15.00 | 28.36 | 2.86 |
| | | 2019.5.3 | 7.01 | 8.29 | 8.16 | 8.10 | 8.04 | 7.92 | 7.53 | 7.34 | 7.05 | 6.79 | 6.35 | | | | | | |
| 広沢 真愛 | 54.25 | 静岡国際2019 | - | 6.99 | 12.99 | 19.10 | - | 25.46 | 32.18 | - | 39.26 | 46.56 | 54.25 | 19.39 | 12.46 | 13.80 | 14.99 | 28.79 | 3.34 |
| | | 2019.5.3 | 7.03 | 8.41 | 8.23 | 8.16 | 7.98 | 7.63 | 7.31 | 7.08 | 6.91 | 6.78 | 6.44 | | | | | | |
| 松本奈菜子 | 54.45 | 静岡国際2019 | - | 7.03 | 13.00 | 19.12 | - | 25.45 | 32.20 | - | 39.28 | 46.68 | 54.45 | 20.95 | 12.45 | 13.83 | 15.17 | 29.00 | 3.56 |
| | | 2019.5.3 | 6.99 | 8.43 | 8.31 | 8.12 | 8.04 | 7.60 | 7.28 | 7.09 | 6.86 | 6.66 | 6.38 | | | | | | |
| 岩田優奈 | 54.48 | 静岡国際2019 | - | 7.10 | 13.16 | 19.34 | - | 25.79 | 32.57 | - | 39.59 | 46.89 | 54.48 | 18.55 | 12.63 | 13.80 | 14.89 | 28.69 | 2.90 |
| | | 2019.5.3 | 6.93 | 8.31 | 8.16 | 8.07 | 7.86 | 7.49 | 7.31 | 7.14 | 6.95 | 6.77 | 6.54 | | | | | | |
| 武石この実 | 54.77 | 静岡国際2019 | - | 6.94 | 12.84 | 18.88 | - | 25.39 | 32.30 | - | 39.45 | 46.86 | 54.77 | 22.27 | 12.55 | 14.06 | 15.32 | 29.38 | 3.99 |
| | | 2019.5.3 | 7.08 | 8.53 | 8.39 | 8.24 | 7.81 | 7.37 | 7.15 | 7.02 | 6.86 | 6.63 | 6.25 | | | | | | |
| 小林葉由 | 55.00 | 静岡国際2019 | - | 7.06 | 13.16 | 19.31 | - | 25.72 | 32.48 | - | 39.53 | 47.04 | 55.00 | 21.30 | 12.56 | 13.81 | 15.47 | 29.28 | 3.56 |
| | | 2019.5.3 | 6.97 | 8.23 | 8.16 | 8.12 | 7.90 | 7.57 | 7.28 | 7.14 | 6.86 | 6.48 | 6.23 | | | | | | |
| 福岡真由 | 55.01 | 静岡国際2019 | - | 7.02 | 12.88 | 18.92 | - | 25.31 | 32.06 | - | 39.24 | 46.84 | 55.01 | 25.15 | 12.43 | 13.94 | 15.77 | 29.70 | 4.40 |
| | | 2019.5.3 | 6.99 | 8.60 | 8.44 | 8.21 | 7.92 | 7.63 | 7.26 | 6.99 | 6.72 | 6.44 | 6.05 | | | | | | |
| 井戸アビゲイル風果 | 59.19 | 静岡国際2019 | - | 6.83 | 12.80 | 19.22 | - | 26.43 | 34.19 | - | 42.16 | 50.51 | 59.19 | 31.77 | 13.63 | 15.73 | 17.03 | 32.76 | 6.34 |
| | | 2019.5.3 | 7.21 | 8.49 | 8.19 | 7.63 | 7.14 | 6.52 | 6.40 | 6.28 | 6.19 | 5.80 | 5.75 | | | | | | |

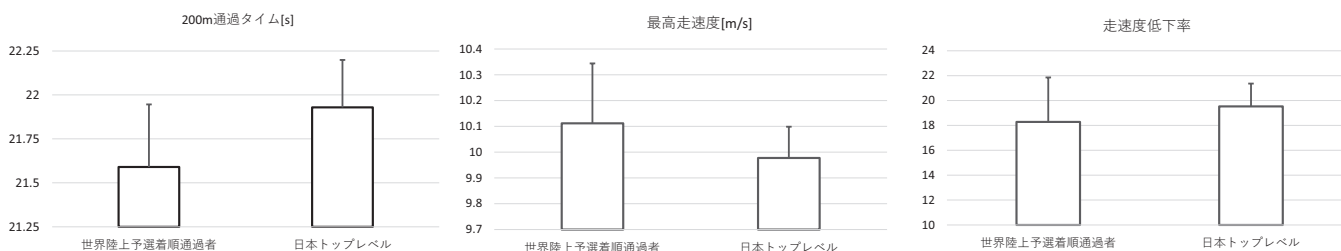


図 3. 世界選手権における男子 400m 予選着順通過者と日本人トップレベル選手の最高走速度, 200m 通過タイム及び走速度の低下率の比較

度, 200m の通過タイム及び走速度の低下率の比較を行った. その結果, 最高走速度は, 日本トップレベル選手の方が, 日本選手権出場レベルの選手よりも有意 ($P < 0.05$) に高い値であった. また, 200m の通過タイムは, 日本トップレベル選手の方が日本選手権出場レベルの選手よりも有意 ($P < 0.01$) に短かった. 一方, 走速度の低下率は, 日本トップレベル選手と日本選手権出場レベルの選手との間に有意な差が認められなかった.

図 5 には, 世界選手権における女子 400m 走の決

勝上位 3 名 (以下:「メダリスト」, 48.7 ± 0.6 秒), 準決勝における決勝進出者 8 名 (以下:「ファイナリスト」, 50.3 ± 0.5 秒) 及び 2019 年度の女子 400m 走の日本人選手上位 6 名 (53.8 ± 0.2 秒) の最高走速度, 200m 通過タイム及び走速度の低下率を示した. その結果, 最高走速度は, メダリストが最も高い値を示し, そして, 日本人トップ選手の値よりもファイナリストの準決勝時の値の方が高かった. 200m の通過タイムは, メダリストが最も低い値を示し, 日本トップ選手の値よりもファイナリス

表 9. 日本選手権女子 400m 走における通過タイム, 区間タイム, 区間平均走速度, および走速度低下率 (上段: 決勝, 下段: 予選)

| 選手名 | 記録 | 大会 | 上段: 50m毎通過タイム[s] 中段: 50m毎区間タイム[s] 下段: 35m毎区間平均速度[m/s] | | | | | | | | | | 走速度 低下率 [%] | 区間タイム [s] | | | | | |
|-------|-------|----------|---|-----------------|-------------------|--------------------|------------|--------------------|--------------------|------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|---------------------|---------------------|----------|-----------------------------|------|
| | | | (0-45m) | 50m (45-90m) | 100m (90-135m) | 150m (135-180m) | (150-185m) | 200m (185-220m) | 250m (220-255m) | (255-290m) | 300m (290-325m) | 350m (325-360m) | | 400m (360-400m) | 100m毎 (100-200m) | 200m毎 (200-300m) | 300-400m | 200m毎 (200-400m) 前後半差 | |
| 青山聖佳 | 53.68 | 日本選手権 F1 | - | 7.08 | 13.01 | 19.15 | - | 25.46 | 31.98 | - | 38.85 | 46.02 | 53.68 | 18.88 | 12.44 | 13.40 | 14.83 | 28.22 | 2.77 |
| | | | 2019.6.28 | 6.93 | 8.49 | 8.33 | 6.14 | 7.98 | 6.30 | 6.52 | 7.30 | 6.87 | 7.17 | | | | | | |
| 高島咲季 | 53.68 | 日本選手権 F1 | - | 7.10 | 13.03 | 19.10 | - | 25.38 | 31.82 | - | 38.60 | 45.75 | 53.68 | 18.72 | 12.34 | 13.23 | 15.08 | 28.30 | 2.93 |
| | | | 2019.6.28 | 6.92 | 8.48 | 8.34 | 6.07 | 8.01 | 6.27 | 6.44 | 7.40 | 7.10 | 6.89 | | | | | | |
| 松本奈菜子 | 53.70 | 日本選手権 F1 | - | 6.93 | 12.70 | 18.67 | - | 24.94 | 31.52 | - | 38.56 | 45.95 | 53.70 | 23.57 | 12.24 | 13.62 | 15.14 | 28.76 | 3.82 |
| | | | 2019.6.28 | 7.08 | 8.74 | 8.56 | 5.97 | 8.07 | 6.27 | 6.58 | 7.12 | 7.04 | 7.39 | | | | | | |
| 武石この実 | 54.19 | 日本選手権 F1 | - | 6.85 | 12.71 | 18.92 | - | 25.48 | 32.22 | - | 39.28 | 46.56 | 54.19 | 21.43 | 12.77 | 13.80 | 14.91 | 28.71 | 3.23 |
| | | | 2019.6.28 | 7.17 | 8.67 | 8.33 | 6.21 | 7.66 | 6.56 | 6.74 | 7.09 | 7.06 | 7.28 | | | | | | |
| 岩田優奈 | 54.31 | 日本選手権 F1 | - | 6.98 | 13.10 | 19.39 | - | 25.93 | 32.63 | - | 39.60 | 46.79 | 54.31 | 16.03 | 12.83 | 13.67 | 14.71 | 28.38 | 2.45 |
| | | | 2019.6.28 | 7.06 | 8.26 | 8.04 | 6.29 | 7.68 | 6.55 | 6.69 | 7.20 | 6.97 | 7.19 | | | | | | |
| 松本奈菜子 | 53.68 | 日本選手権 R1 | - | 6.88 | 12.69 | 18.80 | - | 25.21 | 31.82 | - | 38.81 | 46.13 | 53.68 | 22.58 | 12.52 | 13.60 | 14.87 | 28.47 | 3.26 |
| | | | 2019.6.27 | 7.14 | 8.74 | 8.39 | 6.11 | 7.83 | 6.41 | 6.61 | 7.18 | 6.99 | 7.32 | | | | | | |
| 武石この実 | 53.97 | 日本選手権 R1 | - | 6.81 | 12.75 | 19.09 | - | 25.58 | 32.20 | - | 39.07 | 46.30 | 53.97 | 21.39 | 12.83 | 13.49 | 14.90 | 28.39 | 2.82 |
| | | | 2019.6.27 | 7.22 | 8.65 | 8.10 | 6.34 | 7.71 | 6.49 | 6.62 | 7.32 | 6.87 | 7.23 | | | | | | |
| 広沢 真愛 | 54.80 | 日本選手権 R1 | - | 7.10 | 13.27 | 19.69 | - | 26.30 | 33.03 | - | 40.04 | 47.19 | 54.80 | 15.56 | 13.03 | 13.74 | 14.76 | 28.50 | 2.20 |
| | | | 2019.6.27 | 6.93 | 8.23 | 7.92 | 6.42 | 7.60 | 6.61 | 6.73 | 7.11 | 7.02 | 7.15 | | | | | | |
| 高島咲季 | 54.19 | 日本選手権 R1 | - | 7.11 | 13.07 | 19.29 | - | 25.72 | 32.32 | - | 39.18 | 46.38 | 54.19 | 19.71 | 12.65 | 13.46 | 15.01 | 28.47 | 2.75 |
| | | | 2019.6.27 | 6.90 | 8.51 | 8.23 | 6.22 | 7.80 | 6.43 | 6.60 | 7.32 | 7.05 | 6.83 | | | | | | |
| 福岡真由 | 56.01 | 日本選手権 R1 | - | 6.95 | 12.85 | 19.04 | - | 25.68 | 32.66 | - | 39.98 | 47.65 | 56.01 | 25.91 | 12.83 | 14.30 | 16.03 | 30.33 | 4.64 |
| | | | 2019.6.27 | 7.06 | 8.63 | 8.24 | 6.19 | 7.64 | 6.64 | 6.98 | 7.09 | 7.32 | 7.67 | | | | | | |
| 青山聖佳 | 53.71 | 日本選手権 R1 | - | 6.98 | 12.79 | 18.89 | - | 25.16 | 31.63 | - | 38.53 | 45.82 | 53.71 | 22.51 | 12.37 | 13.37 | 15.18 | 28.55 | 3.39 |
| | | | 2019.6.27 | 7.02 | 8.70 | 8.46 | 6.09 | 8.01 | 6.27 | 6.47 | 7.27 | 6.90 | 7.29 | | | | | | |
| 岩田優奈 | 53.97 | 日本選手権 R1 | - | 6.84 | 12.83 | 19.05 | - | 25.56 | 32.23 | - | 39.17 | 46.41 | 53.97 | 18.99 | 12.73 | 13.61 | 14.80 | 28.41 | 2.85 |
| | | | 2019.6.27 | 7.20 | 8.48 | 8.16 | 6.23 | 7.74 | 6.51 | 6.67 | 7.23 | 6.95 | 7.23 | | | | | | |
| 小林茉由 | 55.10 | 日本選手権 R1 | - | 7.07 | 13.11 | 19.39 | - | 25.86 | 32.52 | - | 39.60 | 47.03 | 55.10 | 21.23 | 12.75 | 13.74 | 15.50 | 29.24 | 3.38 |
| | | | 2019.6.27 | 6.95 | 8.37 | 8.15 | 6.28 | 7.89 | 6.47 | 6.66 | 7.09 | 7.07 | 7.44 | | | | | | |

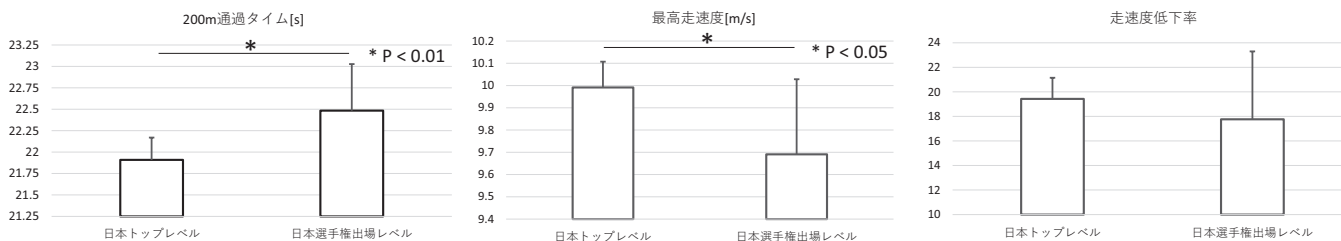


図 4. 日本人トップレベル選手と日本選手権出場レベル選手の最高走速度, 200m 通過タイム及び走速度の低下率の比較

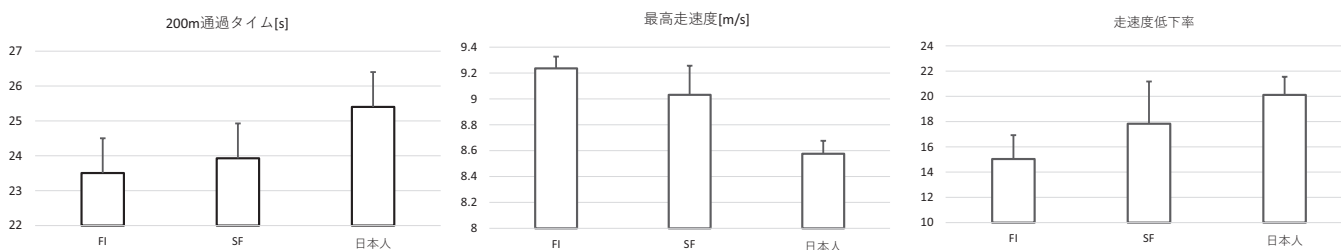


図 5. 世界選手権における女子 400m 走の決勝上位 3 名, 準決勝における決勝進出者 8 名及び 2019 年度の女子 400m 走日本人トップレベル選手の最高走速度, 200m 通過タイム及び走速度の低下率

表 10. 世界選手権女子 400m 走における通過タイム, 区間タイム, 区間平均走速度, および走速度低下率 (上段: 決勝, 下段: 準決勝)

| 選手名 | 記録 | 大会 | 上段: 50m毎通過タイム [s] | | | | | | | | | | 中段: 50m毎区間タイム [s] | 下段: 35m毎区間平均速度[m/s] | | | | 走速度 低下率 [%] | 区間タイム [s] | | | | | | |
|----------------------------------|-------|--------------------------|-------------------|-----------------|-------------------|--------------------|------------|--------------------|--------------------|------------|--------------------|--------------------|-------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------|-------------------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| | | | (0-50m) | 50m (45-80m) | 100m (80-135m) | 150m (115-150m) | (150-185m) | 200m (185-220m) | 250m (220-255m) | (255-290m) | 300m (290-325m) | 350m (325-360m) | | 400m (360-400m) | 100m毎 (100-200m) | 100m毎 (200-300m) | 300-400m | | 200m毎 (200-400m) | 前後半差 | | | | | |
| Salwa Eid NASER (BRN) | 48.14 | 世界選手権ドーハ FI 2019.10.3 | - | 6.71 | 12.09 | 17.57 | - | 23.20 | 29.03 | - | 35.10 | 41.43 | 48.14 | - | - | - | 35.10 | 41.43 | 48.14 | 16.39 | 11.11 | 11.90 | 13.04 | 24.94 | 1.74 |
| | | | 7.29 | 9.34 | 9.20 | 9.10 | 8.97 | 8.69 | 8.51 | 8.26 | 7.99 | 7.81 | 7.37 | 6.08 | 6.33 | 6.71 | 6.08 | 6.33 | 6.71 | 6.08 | 6.33 | 6.71 | 6.08 | 6.33 | 6.71 |
| Shaunae MILLER-UIBO (BAH) | 48.37 | 世界選手権ドーハ FI 2019.10.3 | - | 6.58 | 12.06 | 17.72 | - | 23.61 | 29.63 | - | 35.67 | 41.81 | 48.37 | - | - | - | 35.67 | 41.81 | 48.37 | 12.36 | 11.55 | 12.06 | 12.70 | 24.76 | 1.15 |
| | | | 7.45 | 9.24 | 8.97 | 8.78 | 8.55 | 8.34 | 8.29 | 8.29 | 8.19 | 8.10 | 7.51 | 6.04 | 6.14 | 6.56 | 6.04 | 6.14 | 6.56 | 6.04 | 6.14 | 6.56 | 6.04 | 6.14 | 6.56 |
| Shericka JACKSON (JAM) | 49.47 | 世界選手権ドーハ FI 2019.10.3 | - | 6.64 | 12.19 | 17.84 | - | 23.70 | 29.69 | - | 35.96 | 42.47 | 49.47 | - | - | - | 35.96 | 42.47 | 49.47 | 16.36 | 11.52 | 12.26 | 13.51 | 25.77 | 2.07 |
| | | | 7.39 | 9.12 | 8.85 | 8.83 | 8.58 | 8.43 | 8.29 | 8.01 | 7.74 | 7.63 | 7.03 | 6.27 | 6.51 | 7.00 | 6.27 | 6.51 | 7.00 | 6.27 | 6.51 | 7.00 | 6.27 | 6.51 | 7.00 |
| Shaunae MILLER-UIBO (BAH) | 49.66 | 世界選手権ドーハ SF 2019.10.1 | - | 6.57 | 12.13 | 17.85 | - | 23.83 | 29.92 | - | 36.06 | 42.43 | 49.66 | - | - | - | 36.06 | 42.43 | 49.66 | 15.72 | 11.70 | 12.23 | 13.60 | 25.83 | 2.00 |
| | | | 7.47 | 9.10 | 8.85 | 8.69 | 8.43 | 8.23 | 8.19 | 8.16 | 8.04 | 7.67 | 6.75 | 6.14 | 6.37 | 7.23 | 6.14 | 6.37 | 7.23 | 6.14 | 6.37 | 7.23 | 6.14 | 6.37 | 7.23 |
| Salwa Eid NASER (BRN) | 49.79 | 世界選手権ドーハ SF 2019.10.1 | - | 6.79 | 12.15 | 17.58 | - | 23.33 | 29.45 | - | 35.93 | 42.71 | 49.79 | - | - | - | 35.93 | 42.71 | 49.79 | 22.22 | 11.18 | 12.60 | 13.86 | 26.46 | 3.13 |
| | | | 7.19 | 9.37 | 9.28 | 9.18 | 8.81 | 8.41 | 8.02 | 7.76 | 7.45 | 7.28 | 7.01 | 6.48 | 6.79 | 7.08 | 6.48 | 6.79 | 7.08 | 6.48 | 6.79 | 7.08 | 6.48 | 6.79 | 7.08 |
| Wedeline JONATHAS (USA) | 50.07 | 世界選手権ドーハ SF 2019.10.1 | - | 6.54 | 11.92 | 17.40 | - | 23.23 | 29.39 | - | 36.01 | 42.87 | 50.07 | - | - | - | 36.01 | 42.87 | 50.07 | 22.68 | 11.31 | 12.78 | 14.06 | 26.84 | 3.60 |
| | | | 7.49 | 9.32 | 9.24 | 9.08 | 8.72 | 8.24 | 8.04 | 7.55 | 7.36 | 7.21 | 6.89 | 6.62 | 6.86 | 7.20 | 6.62 | 6.86 | 7.20 | 6.62 | 6.86 | 7.20 | 6.62 | 6.86 | 7.20 |
| Shericka JACKSON (JAM) | 50.10 | 世界選手権ドーハ SF 2019.10.1 | - | 6.91 | 12.60 | 18.37 | - | 24.40 | 30.61 | - | 36.96 | 43.41 | 50.10 | - | - | - | 36.96 | 43.41 | 50.10 | 12.01 | 11.80 | 12.56 | 13.14 | 25.70 | 1.30 |
| | | | 7.10 | 8.81 | 8.74 | 8.63 | 8.39 | 8.07 | 8.04 | 7.89 | 7.76 | 7.76 | 7.40 | 6.35 | 6.45 | 6.69 | 6.35 | 6.45 | 6.69 | 6.35 | 6.45 | 6.69 | 6.35 | 6.45 | 6.69 |
| Phyllis FRANCIS (USA) | 50.22 | 世界選手権ドーハ SF 2019.10.1 | - | 6.82 | 12.33 | 17.95 | - | 23.93 | 30.15 | - | 36.65 | 43.26 | 50.22 | - | - | - | 36.65 | 43.26 | 50.22 | 17.56 | 11.59 | 12.72 | 13.57 | 26.29 | 2.37 |
| | | | 7.17 | 9.12 | 9.00 | 8.85 | 8.48 | 8.13 | 7.98 | 7.67 | 7.61 | 7.52 | 7.10 | 6.50 | 6.61 | 6.96 | 6.50 | 6.61 | 6.96 | 6.50 | 6.61 | 6.96 | 6.50 | 6.61 | 6.96 |
| Stephanie Ann MCPHERSON (JAM) | 50.70 | 世界選手権ドーハ SF 2019.10.1 | - | 6.71 | 12.28 | 17.91 | - | 23.81 | 29.94 | - | 36.38 | 43.16 | 50.70 | - | - | - | 36.38 | 43.16 | 50.70 | 19.79 | 11.53 | 12.56 | 14.32 | 26.89 | 3.07 |
| | | | 7.31 | 9.00 | 8.93 | 8.87 | 8.55 | 8.29 | 8.07 | 7.80 | 7.53 | 7.22 | 6.50 | 6.44 | 6.78 | 7.54 | 6.44 | 6.78 | 7.54 | 6.44 | 6.78 | 7.54 | 6.44 | 6.78 | 7.54 |
| Justyna SWIETY ERSETIC (POL) | 50.96 | 世界選手権ドーハ SF 2019.10.1 | - | 6.91 | 12.65 | 18.45 | - | 24.41 | 30.58 | - | 36.99 | 43.71 | 50.96 | - | - | - | 36.99 | 43.71 | 50.96 | 16.08 | 11.76 | 12.58 | 13.97 | 26.55 | 2.14 |
| | | | 7.10 | 8.74 | 8.67 | 8.60 | 8.48 | 8.21 | 8.02 | 7.86 | 7.55 | 7.34 | 6.79 | 6.40 | 6.72 | 7.25 | 6.40 | 6.72 | 7.25 | 6.40 | 6.72 | 7.25 | 6.40 | 6.72 | 7.25 |
| Iga BAUMGART WITAN (POL) | 51.02 | 世界選手権ドーハ SF 2019.10.1 | - | 6.99 | 12.70 | 18.48 | - | 24.49 | 30.71 | - | 37.24 | 43.97 | 51.02 | - | - | - | 37.24 | 43.97 | 51.02 | 16.58 | 11.79 | 12.75 | 13.78 | 26.53 | 2.04 |
| | | | 7.01 | 8.78 | 8.74 | 8.62 | 8.36 | 8.21 | 7.93 | 7.66 | 7.53 | 7.32 | 7.04 | 6.53 | 6.73 | 7.05 | 6.53 | 6.73 | 7.05 | 6.53 | 6.73 | 7.05 | 6.53 | 6.73 | 7.05 |

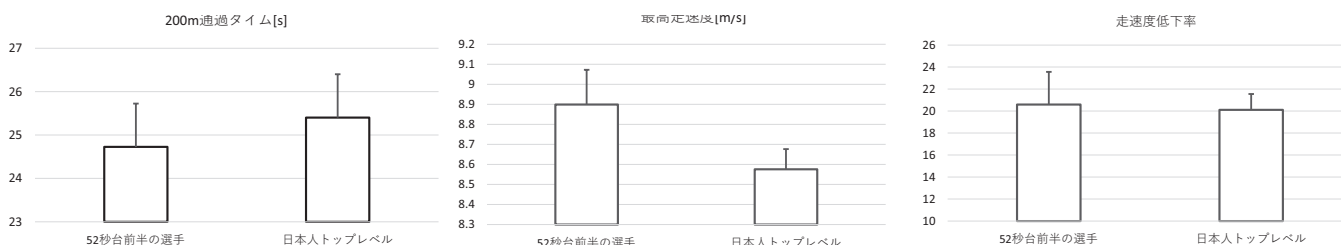


図 6. 52 秒台前半の選手と 2019 年度の日本人トップレベル選手の最高走速度, 200m 通過タイム及び走速度の低下率の比較

トの準決勝時の値の方が低かった。走速度の低下率は、メダリストが最も低い値を示し、日本トップ選手の値よりもファイナリストの準決勝時の値の方が低かった。

図 6 には、これまでに科学委員会が測定してきた 400m 走を 52 秒台前半で走った女子選手 15 名 (52.2 ± 0.2 秒) のデータと 2019 年度の女子 400m 走の日本人選手上位 6 名 (53.8 ± 0.2 秒) の最高走速度, 200m 通過タイム及び走速度の低下率の比較図を示した。その結果, 最高走速度においては, 52 秒台前半の選手の方が日本トップ選手よりも有意 (P < 0.001) に高い値を示した。200m 通過タイムにおいては, 52 秒台前半の選手の方が日本トップ選手よ

りも有意 (P < 0.001) に低い値を示した。走速度の低下率は, 両群間に有意な差異が認められなかった。これらの結果から, 日本人女子 400m 走の選手が 52 秒台前半で走るためには, 男子選手と同様に, 走速度の低下率が大きくなる危険性はあるものの, 最高走速度を高めること, そして, 200m の通過タイムを短くすることが必要となることが示唆された。

まとめ

本稿では, 2019 年度における国内外の男女 400m 走レースを分析した。主な結果は以下のとおりであ

る。

- ①男子 400m 走において、世界選手権のメダリスト、準決勝時におけるファイナリスト及び準決勝に出場した日本人選手（ウォルシュ選手）のデータを比較した。その結果、最高走速度はメダリストにおいて最も高い値を示し、ファイナリストの準決勝時の値よりも日本人選手（ウォルシュ選手）の値の方が低かった。200m の通過タイムは、ファイナリストが最も低い値を示し、ファイナリストの準決勝時の値よりもウォルシュ選手の値の方が低かった。一方、走速度の低下率は、ウォルシュ選手の値がメダリスト及びファイナリストの準決勝時の値よりも低かった。
- ②女子 400m 走において、世界選手権のメダリスト、準決勝におけるファイナリスト及び日本人選手の最高走速度、200m 通過タイム及び走速度の低下率を比較した。その結果、最高走速度は、メダリストが最も高い値を示し、そして、日本人トップ選手の値よりもファイナリストの準決勝時の値の方が高かった。200m の通過タイムは、メダリストが最も低い値を示し、日本トップ選手の値よりもファイナリストの準決勝時の値の方が低かった。走速度の低下率は、メダリストが最も低い値を示し、日本トップ選手の値よりもファイナリストの準決勝時の値の方が低かった。

参考文献

- 持田 尚・松尾彰文・柳谷登志雄・矢野隆照・杉田 正明・阿江通良（2007）Overlay 表示技術を用いた陸上競技 400m 走レースの時間分析．陸上競技研究紀要，3：9-15
- 山元康平・高橋恭平・広川龍太郎・松林武生・小林海・松尾彰文・柳谷登志雄（2016）2016 主要競技会における男女 400m 走のレース分析．陸上競技研究紀要，12：98-103
- 山中 亮・高橋恭平・小林海・広川龍太郎・松尾彰文・柳谷登志雄・渡辺圭佑・吉本隆哉・大沼勇人・岩沼海渡・丹治史弥・山本真帆・松林武生（2017）2017 年度競技会における男女 400m のレース分析．陸上競技研究紀要，13：174-182
- 山中 亮・高橋恭平・小林海・渡辺圭佑・広川龍太郎・松林武生・松尾彰文（2018）2018 年度競技会における男女 400m のレース分析．陸上競技研究紀要，14：110-122

クレイ・アーロン・竜波選手の記録向上とレースパターンの変化

榎本靖士¹⁾ 中村康宏²⁾ 丹治史弥³⁾

1) 筑波大学体育系 2) 筑波大学大学院 3) 東海大学

1. 目的

これまで中距離選手のレースパターンの変化は数多く蓄積されている。一方、記録向上における個人のパターン変化は十分とは言えない。クレイ・アーロン・竜波選手（相洋高校3年）は、2019年日本選手権の男子800mにおいて高校記録で優勝した。高校1年生でインターハイ2位、2年生、3年生で優勝、2018年秋には秋季新潟県記録会において当時の高校記録となる1分47秒51で走った。これらのレースの100mごとの走スピード、ストライド、ピッチの変化を示し、今後のさらなる活躍を期待するとともに、今後の高校生のモデルとすべく報告する。

2. 方法

分析対象レース

以下に示す男子800m決勝をデジタルビデオカメラで撮影した。

| | | |
|-------------|--------------|----------|
| 2017年8月1日 | 全国インターハイ（山形） | 2017IH |
| 2018年8月5日 | 全国インターハイ（三重） | 2018IH |
| 2018年10月14日 | 秋季新潟県記録会（新潟） | 2018新潟 |
| 2019年6月28日 | 日本選手権（博多） | 2019日本Ch |
| 2019年8月7日 | 全国インターハイ（沖縄） | 2019IH |

算出項目と方法

撮影スピードは60fps（59.94fps）であった。スタートのピストルのシグナルを撮影し、選手を追従撮影して、100mごとの地点（最初は120m地点）を通過するコマ数を読み取った。コマ数から通過タイ

ムを算出し、100mごとのラップタイムおよび走スピードを算出した。各100m区間における10歩の時間を同じくコマ数から求め、区間ごとの平均ピッチを算出し、走スピードをピッチで除すことで平均ストライドを算出した。

3. 結果と考察

表1は、分析対象レースにおける100mごとの通過タイム、区間タイムおよびスピード、ピッチ、ストライドを示したものである。2018新潟で当時の高校記録となる1分47秒51を記録し、それまでの1分48秒08（前田恋弥・市立船橋、2014）を大きく上回った。現日本記録の川元奨選手が2010年に樹立した高校記録は1分48秒46であった。2018新潟において最初の200mを24秒84、1周目の400mを51秒42で通過しており、最も速いペースであった。一方で、2周目は56秒09と大きく低下していた。2019日本Chでは1周目が52秒64とそこまで速くなかったものの、2周目を53秒95と低下は1秒31であった。

図1は、対象レースにおける100mごとの走スピード、ピッチ、ストライドの変化を示したものである。走スピードは、いずれのレースにおいても200m以降やや低下するものの、400から700mまで大きく低下せずにラスト100mでスピードを増大している。2018新潟では前半の400mまでにおいて走スピードが高く推移しており、後半ではスピードが増大していなかった。一方、2019日本Chでは前半は2018新潟に次ぐスピードを示しつつ、400m以降でもっとも高いスピードであったことがわかる。2018IHにおいてもラスト100mで大きくスピードを増大させていたが、2019日本Chではそれ以上に大きなスピードでラスト100mを走っていた。

ピッチでは、いずれのレースにおいてもスタート直後で大きく、400mから500mでもっとも低下し、

600m以降で増大する傾向を示した。スピードとストライドの変化と比べるとレース間にばらつきがみられず、安定した変化であると言える。すなわち、竜波選手のスピードの変化はストライドによって大きく影響を受けていたと言えるであろう。

ストライドは、120mから200mでもっとも大きく、その後ゴールまで減少する傾向を示した。しかし、もっとも小さいストライドも2mをわずかに下回った程度であり、大きなストライドをゴールまで維持できていたとみなすことができる。すなわち、竜波選手のスピード維持能力はストライドの維持によるものであると考えられる。

世界のトップ選手は1周目を速いタイムで通過することから、前半のスピード増大が今後の課題の1つであると考えられる。一般的にはスプリント能力の向上と考えられるが、大きなストライドによるスピードの増大を目指す必要がある。それによって、世界の前半の高いスピード化に対応できるようになることが期待される。

表1 クレイ・アーロン・竜波選手のレース分析結果

| | | | 120m | 200m | 300m | 400m | 500m | 600m | 700m | 800m |
|------------|--|-----------|-------|-------|-------|-------|---------|---------|---------|---------|
| 2017/8/1 | | 通過タイム【秒】 | 15.33 | 25.48 | 39.18 | 53.45 | 1:08.17 | 1:22.62 | 1:37.02 | 1:50.67 |
| 2017IH | | 区間タイム【秒】 | 15.33 | 10.14 | 13.71 | 14.27 | 14.71 | 14.45 | 14.41 | 13.65 |
| | | | 25.48 | | 27.98 | | 29.16 | | 28.05 | |
| | | | 53.45 | | | | 57.22 | | | |
| | | スピード【m/秒】 | 7.83 | 7.89 | 7.30 | 7.01 | 6.80 | 6.92 | 6.94 | 7.33 |
| 2位 | | ピッチ【歩/秒】 | 3.92 | 3.63 | 3.46 | 3.35 | 3.35 | 3.37 | 3.44 | 3.63 |
| | | ストライド【m】 | 2.00 | 2.17 | 2.11 | 2.09 | 2.03 | 2.06 | 2.02 | 2.02 |
| 2018/8/5 | | 通過タイム【秒】 | 15.53 | 26.13 | 40.29 | 54.65 | 1:08.94 | 1:22.87 | 1:37.05 | 1:50.05 |
| 2018IH | | 区間タイム【秒】 | 15.53 | 10.59 | 14.16 | 14.36 | 14.28 | 13.93 | 14.18 | 13.00 |
| | | | 26.13 | | 28.53 | | 28.21 | | 27.18 | |
| | | | 54.65 | | | | 55.40 | | | |
| | | スピード【m/秒】 | 7.73 | 7.55 | 7.06 | 6.96 | 7.00 | 7.18 | 7.05 | 7.69 |
| 1位 | | ピッチ【歩/秒】 | 3.81 | 3.61 | 3.43 | 3.41 | 3.43 | 3.41 | 3.59 | 3.79 |
| | | ストライド【m】 | 2.03 | 2.09 | 2.06 | 2.04 | 2.04 | 2.11 | 1.96 | 2.03 |
| 2018/10/14 | | 通過タイム【秒】 | 14.95 | 24.84 | 37.79 | 51.42 | 1:05.32 | 1:19.45 | 1:33.43 | 1:47.51 |
| 2018新潟 | | 区間タイム【秒】 | 14.95 | 9.89 | 12.95 | 13.63 | 13.90 | 14.13 | 13.98 | 14.08 |
| | | | 24.84 | | 26.58 | | 28.03 | | 28.06 | |
| | | | 51.42 | | | | 56.09 | | | |
| | | スピード【m/秒】 | 8.03 | 8.09 | 7.72 | 7.34 | 7.20 | 7.08 | 7.15 | 7.10 |
| 1位 | | ピッチ【歩/秒】 | 3.94 | 3.68 | 3.51 | 3.44 | 3.44 | 3.41 | 3.53 | 3.65 |
| | | ストライド【m】 | 2.04 | 2.20 | 2.20 | 2.13 | 2.09 | 2.08 | 2.03 | 1.94 |
| 2019/6/28 | | 通過タイム【秒】 | 15.10 | 25.26 | 38.59 | 52.64 | 1:06.48 | 1:20.23 | 1:33.81 | 1:46.59 |
| 2019日本Ch | | 区間タイム【秒】 | 15.10 | 10.16 | 13.33 | 14.05 | 13.85 | 13.75 | 13.58 | 12.78 |
| | | | 25.26 | | 27.38 | | 27.59 | | 26.36 | |
| | | | 52.64 | | | | 53.95 | | | |
| | | スピード【m/秒】 | 7.95 | 7.87 | 7.50 | 7.12 | 7.22 | 7.27 | 7.36 | 7.83 |
| 1位 | | ピッチ【歩/秒】 | 3.87 | 3.57 | 3.48 | 3.41 | 3.44 | 3.43 | 3.57 | 3.82 |
| | | ストライド【m】 | 2.06 | 2.21 | 2.15 | 2.09 | 2.10 | 2.12 | 2.06 | 2.05 |
| 2019/8/7 | | 通過タイム【秒】 | 15.57 | 26.13 | 39.68 | 53.65 | 1:07.90 | 1:22.23 | 1:36.22 | 1:50.24 |
| 2019IH | | 区間タイム【秒】 | 15.57 | 10.56 | 13.56 | 13.97 | 14.25 | 14.33 | 13.99 | 14.02 |
| | | | 26.13 | | 27.53 | | 28.58 | | 28.01 | |
| | | | 53.65 | | | | 56.59 | | | |
| | | スピード【m/秒】 | 7.71 | 7.58 | 7.38 | 7.16 | 7.02 | 6.98 | 7.15 | 7.13 |
| 1位 | | ピッチ【歩/秒】 | 3.81 | 3.59 | 3.51 | 3.43 | 3.37 | 3.46 | 3.61 | 3.58 |
| | | ストライド【m】 | 2.03 | 2.11 | 2.10 | 2.09 | 2.08 | 2.01 | 1.98 | 1.99 |

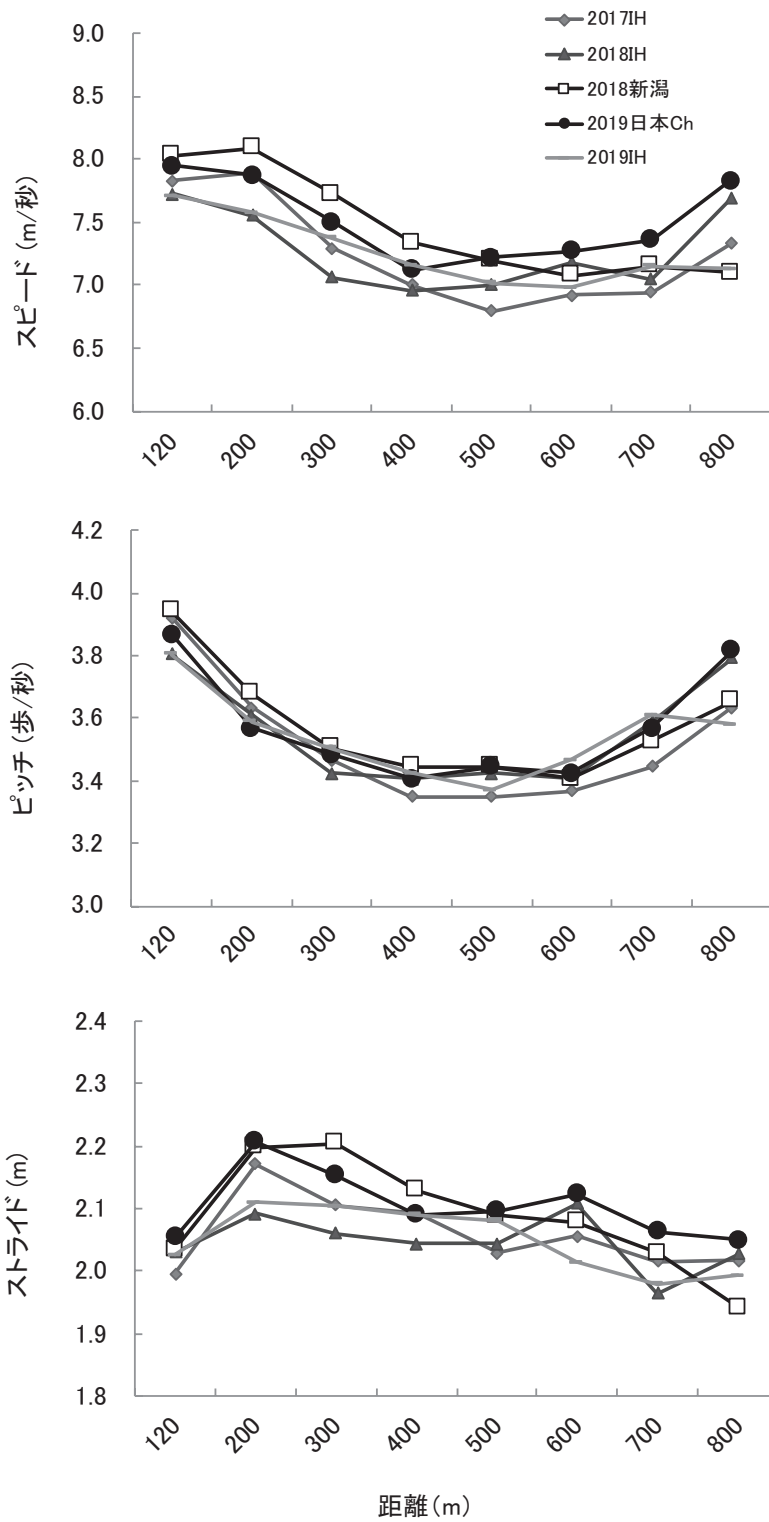


図1 クレイ・アーロン・竜波選手の対象レースにおける走スピード，ピッチ，およびストライドの変化

日本代表男女4×100 mリレーのバイオメカニクスサポート ～2019年の国際大会における日本代表リレーチームの分析結果について～

小林海¹⁾ 高橋恭平²⁾ 大沼勇人³⁾ 山中亮⁴⁾ 渡辺圭祐⁵⁾ 松林武生⁶⁾ 広川龍太郎⁷⁾
土江寛裕⁸⁾

1) 東京経済大学 2) 鹿児島大学 3) 関西福祉大学 4) 新潟食料農業大学
5) 日本スポーツ振興センター 6) 国立スポーツ科学センター 7) 東海大学 8) 東洋大学

1. はじめに

2019年5月に、これまでバハマで行われていたIAAF世界リレー選手権がはじめて横浜で開催され(横浜世界リレー)、日本から男女4×100 mリレーチームが出場した。この大会は10月にカタールのドーハで行われた第17回世界陸上競技選手権大会(ドーハ世界選手権)の出場権を決める重要な国際大会であり、決勝に進出できればドーハ世界選手権の出場権を得られるものであった。日本は男女ともに決勝に進出することができなかったが、男子は7月にロンドンで行われたダイヤモンドリーグにおける結果(37.78秒)により、ドーハ世界選手権の出場権を獲得した。ドーハの世界選手権では、2大会連続となる銅メダルを獲得し、決勝の記録(37.43秒)はこれまで日本がもつアジア記録(37.60秒)を0.17秒更新する好記録であった。

2016年のリオデジャネイロオリンピック決勝で樹立した当時のアジア記録は1走に山縣亮太(セイコー)、2走に飯塚翔太(ミズノ)、3走に桐生祥秀(日本生命)、4走にケンブリッジ飛鳥(ナイキ)の布陣で臨んだ結果であった。一方、今年行われたドーハ世界選手権は1走に多田修平(住友電工)、2走に白石黄良々(セレスポ)、3走に桐生祥秀、4走にサニブラウンハキーム(フロリダ大)であり、両大会に出場したのは桐生祥秀のみであった。また、ドーハ世界選手権では予選の1走は2019年に100 mで9.98秒を記録した小池祐貴(住友電工)であったことに加えて、ドーハ世界選手権が行われた2019年10月時点での日本代表選手の100 mの自己ベストは平均10.05秒(多田修平:10.07秒, 白石黄良々:10.19秒, 桐生祥秀:9.98秒, サニブラウンハキーム:9.97秒)であったことを考慮すると、

個々の走力が確実に向上し、これまでに練習を重ねてきたアンダーハンドパスが円熟期を迎えていることに加えて、4人の高い走力がアジア記録更新に寄与したといえる。

女子日本代表は2018年11月にリレーのプロジェクトチームを発足し、トライアウト形式での選手選考を2019年1月に実施した。トライアウトにより先行されたメンバーは春先の沖縄合宿や3月のシンガポールオープン、4月ドーハで行われた第23回アジア陸上競技選手権(アジア選手権)を経て横浜世界リレーに臨んだが、残念ながら決勝進出には至らず、ドーハ世界選手権の出場権を獲得することはできなかった。4×100 mリレー女子日本代表は男子日本代表のアンダーハンドパスと異なりオーバーハンドパスを採用しているが、オーバーハンドパスの精度や個々の走力などについて、世界大会に出場する他国との比較・検討することで、科学的な見地から来年のオリンピックに向けて強化すべき点に関する示唆が与えられると考えられる。

日本陸連科学委員会は同強化委員会や国立スポーツ科学センターとともに、男女それぞれの4×100 mリレーにおける合宿時のテークオーバーゾーン内のバトンパスタイムの測定を実施してきた(広川ら2016, 広川ら2015, 小林ら2017, 小林ら2017, 小林ら2018, 松林ら2012など)。それらの結果は強化委員会にフィードバックされ、男女それぞれがターゲットとする国際大会の4×100 mリレーメンバーの選考や国際大会での科学的なサポートに寄与してきた。本研究では、2019年に行われた横浜世界リレーおよびドーハ世界選手権を中心に各走者の走力とテークオーバーゾーンでのバトンパスの分析結果について、日本と世界の上位国との比較を通じてレース結果に及ぼす要因について検討した。

2. 方法

2-1. 分析対象レースと対象国

男子に関して、横浜世界リレーは決勝に進出した上位5か国の予選と決勝それぞれのレースを、ドーハ世界選手権は決勝上位4か国と予選各組上位3か国をそれぞれ分析対象とした。女子に関して、横浜世界リレーは決勝に進出した上位4か国の予選と決勝に加えて日本のレースを加えた合計9か国分のレースを、ドーハ世界選手権は決勝上位3か国と日本が世界大会の決勝に進出することを考慮した下位2か国を、予選はその5か国に中国を加えた6か国をそれぞれ分析対象とした。また、女子日本代表についてはアジア選手権に出場したため、同選手権における日本と中国のレースについても分析を行った。

2-2. 測定方法

対象試合における4×100mリレーのレース測定には6台のハイスピードデジタルビデオカメラを用いた(Lumix GH5S, Panasonic [239.76 fps] 3台, LUMIX DMC-FZ300, Panasonic [239.76 fps] 3台)。撮影は先行研究(小林ら 2017, 小林ら 2018)に倣い、各カメラをスタンド最上部にそれぞれ配置し、パンニング方式でレース映像を取得した。すべてのカメラはスターターの閃光を撮影し、その閃光により時間を同期した。また、すべての試合において、予め各撮影地点を定め、各撮影地点から各レーンのテークオーバーゾーンの開始線、終了線を動画および静止画で撮影し、地点分析の際の校正点として用いた。また、男子リレーではテークオーバーゾーンの30mに加えて、テークオーバーゾーン+10mの計40mをバトンタイムの1つの指標としているが(小林ら 2018, 小林ら 2017 など)、テークオーバーゾーン後10mの地点には基準線がないため、2-3走のテークオーバーゾーン後+10m地点については400mハードルの6台目を校正点とし、1-2走と3-4走のテークオーバーゾーン後+10m地点については、テークオーバーゾーンのセンターラインと出口との距離を大会前に測定し、予め定めた撮影位置より撮影することで校正点とした。

2-3. 分析方法

映像分析には動画再生および編集ソフト(QuickTimePro7, Apple, USA)を用い、スターターの閃光をゼロフレームとして、各校正点をトルソーが通過したフレームを求めた。その後、通過フレー

ムと撮影時のfpsの逆数との積から通過時間を求めた。分析はこれまでに4×100mリレーの分析に携わった経験のある者が少なくとも2度の分析を行い、2回の分析間の誤差が1フレーム(0.004秒)以内になるまで分析を繰り返した。分析項目は広川ら(2016)および小林ら(2018)などを参考に、バトンを持つ選手を基準に算出したバトン100mラップタイムと100m毎のスプリットタイム、30mのテークオーバーゾーンタイム(30mバトンタイム)男子の分析では、30mバトンタイムに加えて、テークオーバーゾーン後+10mを含めた40mバトンタイムをそれぞれ算出した。また、100mの自己ベスト記録からバトン100mラップタイムを引いたタイム(利得タイム)を算出し、4×100mリレーにおける走力の評価対象とした。加えて、男子では40mバトンタイム、女子では30mバトンタイムと利得タイムとの相関関係を算出した。相関関係の有意差にはピアソンの積率相関係数を用い、有意水準を5%未満とした。

3. 結果および考察

今年度の大会測定結果をみると、男女ともに総じてドーハ世界選手権の方が横浜世界リレーよりも4×100mリレータイムが短縮されていた(表1-2, 表6-7)。横浜世界リレーが行われた5月上旬は多くの選手がシーズン序盤から前半であるため、1シーズンにおけるピーキングがその時期にはないことがその要因の1つと考えられる。また、ドーハ世界選手権では、リレーのみならず個人種目も同選手権内で行われるため、個人種目で出場する選手はコンディションを合わせた状態で個人種目とリレーに臨んでいたと推察される。これらのことを考慮すると、女子4×100mリレーの東京オリンピック出場権を獲得するために、日本は次年度の早い段階にピーキングを合わせてリレータイムの短縮を目指す必要があるといえる。

男子4×100mリレーの結果について、ドーハ世界選手権決勝における日本のバトン100mラップタイムを優勝したアメリカや2位のイギリスと比較すると、1走の多田修平と4走のサニブラウンハキームこそ両国に及ばなかったが、2走の白石黄良々はアメリカを、3走の桐生祥秀はイギリスをそれぞれ上回っていた(表2)。この結果は日本の個々の走力の高さを示すものであり、100mの自己ベストで勝る他国の選手とも対等に渡り合える走力を有していることを示すものである。また、同選手権におけ

る 100 m の自己ベスト記録からバトン 100 m ラップタイムを引いた利得タイムについても、決勝での日本の 3 区間合計 -2.96 秒は予選と決勝を合わせた利得タイムの中で最も大きな差であった (表 4)。このことは、日本が個々の走力を最大限に活かす走りできていたことを示すものであり、世界選手権の決勝の舞台においても高いパフォーマンスを発揮できる選手が 4 人揃っていたことを示すものでもある。しかしながら、同選手権で優勝したアメリカは男子 100 m で優勝した Coleman を 1 走に、男子 200 m で優勝した Lyles を 4 走に配置する布陣で臨んでおり、ともに区間 1 位の走りで他国を先行するレースを展開していた (表 2)。特に、Coleman は曲線を走る 1 走でありながら区間 9.91 秒を記録しており、アメリカが有利にレースを展開する契機となる走りをしてきた。今後、4 × 100 m リレーで日本がアメリカを上回るためには、1 走で Coleman を超える走りをするにはできなくとも、その差をドーハ世界選手権以上に短縮する必要がある。また、100 m の自己ベストと順位の関係性をみても、横浜世界リレーのブラジルや中国を除いて自己ベストが短い国が上位を占める結果であったことを考慮すると、4 人の走力の高さが重要であることが改めて示された結果であったといえる。

40 m バトンタイムをみると、ドーハ世界選手権では上位に入賞した国は 3 区間の平均で 3.75 秒前後であり、各国のバトンパスの技術が向上していることが窺える結果であった (表 2)。その中で、日本は 3 区間の平均 40 m バトンタイムが 3.72 秒であり、他国と比較して最も速いバトンタイムを記録していた。また、横浜世界リレーで優勝したブラジルも決勝では最も速い平均タイム (3.75 秒) を記録しており (表 1)、リレーにおけるバトンパスが重要であることが改めて示される結果であったといえる。これまでの 40 m バトンタイムをみると、各区間で 3.75 秒以内に抑えることが重要となることが示されてきたが (小林ら 2017)、同選手権の結果を踏まえると、今後は 3.70 秒を目指すバトンパスが求められるかもしれない。また、今回分析を行った横浜世界リレー決勝の 5 か国とドーハ世界選手権決勝の 4 か国の計 9 か国のうち、8 か国が予選よりも決勝の 40 m バトンタイムを短縮させていた (表 1-2)。これは他国も日本と同様にバトンパスに注力し、バトンパス練習を行ってきた表れであると考えられる。結果的に、日本を含む 3 か国がエリア記録 (日本：アジア記録、イギリス：ヨーロッパ記録、ブラジル：南アメリカ記録) を更新しており、今後

多くの国が記録を更新するものと予想される。

横浜世界リレーとドーハ世界選手権の 40 m バトンタイムと利得タイムとの相関関係について、両者の間には有意な負の相関関係 ($P < 0.001$) が認められた (図 1)。この結果は、4 × 100 m リレーにおいて、個々の走力だけでなく、バトンパスの技術も必要であることを意味するものである。そのためには、次走者がバトンを貰ってから加速するのではなく、十分に加速しながら、その延長でバトンを貰うことが求められる (小林ら 2017, 小林ら 2018, 山本ら 2018)。一方、ドーハ世界選手権の日本のバトンパスタイムは他国よりも短かったことを考慮すると、日本は極めて高いバトンパス技術を有していると考えられ、今後日本がさらにリレーのタイムを短縮させるためには、個々の走力の更なる向上と、それに応じた高い走速度下での正確なバトンパスが重要となろう。

女子 4 × 100 m リレーの結果について、横浜世界リレーとドーハ世界選手権の決勝上位国は自己ベストが短く、世界選手権決勝のイギリスを除いて自己ベストと決勝の順位とが一致する結果であった。この結果は男子と同様に、あるいは男子以上に女子では個々の走力が重要であり、4 人の走力が 4 × 100 m リレーの結果に大きく関与することを示すものである。横浜世界リレーで優勝したアメリカは、1 走と 2 走が区間トップのバトン 100 m ラップタイムを記録しており、ドーハ世界選手権で優勝したジャマイカも 2 走と 3 走が区間 1 位を、1 走と 4 走が区間 2 位を記録していた。序盤からレースを他国よりも前で展開することで、例えば次走者が隣のレーンを走る他国の選手にスタートのタイミングを惑わされる必要性が低くなるため、ドーハ世界選手権の男子 4 × 100 m リレーで優勝したアメリカのように、女子においてもレース前半で他国を先行するために、リレーを走る 4 人の中でも走力の高い選手を配置することが重要であると推察される。また、同選手権決勝で 2 走を走ったジャマイカの Fraser-Pryce (同選手権女子 100 m 優勝) とイギリスの Asher-Smith (同選手権女子 100 m 2 位, 200 m 優勝) は加速した状態でバトンを受け取る 4 × 100 m リレーとはいえ、ともに 9 秒台のラップタイム (それぞれ 9.74 秒と 9.94 秒) を記録していた。このことから、女子 4 × 100 m リレーにおいて上位を目指す上では高い走力を持つ選手が数多くいることが求められることが分かる。

女子日本代表はアジア選手権で 6 位であったが、優勝した中国と 2 秒以上のタイム差があった。100

mの自己ベストは日本が平均 11.68 秒であったのに対して、中国は平均 11.13 秒であったことから、個々の走力差がそのままリレーのタイムに反映されたといえる。また、横浜世界リレーにおいても、決勝に進出した国よりも平均で 0.5 秒近く自己ベストが遅く、このことが決勝進出を果たせなかった主要因の1つと考えられる。一方で、横浜世界リレー予選のバトン 100 m ラップタイムは 2 走の山田未来（日体大）が 10.56 秒を記録しており、決勝に進出したジャマイカの 2 走（Morrison）を 0.03 秒上回っていた。また、1 走の土井杏南（JAL）もジャマイカやブラジルの 1 走と 0.1 秒以内のラップタイムを記録しており、世界と勝負ができる可能性を残した結果であったといえる。ドーハ世界選手権の決勝進出ラインは 42.82 秒であったことを考慮すると、現日本記録（43.39 秒）の更新が不可欠だが、42 秒台のタイムを記録することができれば、オリンピックの出場と決勝進出に対して十分な可能性を示す結果であった。

女子の利得タイムをみると、ドーハ世界選手権は横浜世界リレーと比較して予選、決勝ともに利得タイムが大きかった。この結果は、男子と同様に、個人種目の有無やコンディションの違いが影響したものと考えられる。一方、両大会において、決勝にかけて利得タイムを大幅に短縮できていた国は少なかったが、同世界選手権で優勝したジャマイカは予選よりも決勝で 0.69 秒利得タイムを短縮できており、個々の走力に加えて利得タイムを大幅に短縮できたことも優勝につながった要因の1つと考えられる。バトンパスの成否によりどの程度利得タイムを短縮できるかについては今後の検討課題だが、女子においては決勝に向けてのバトンパスの改善が決勝での 4 × 100 m リレータイムの短縮に寄与する可能性が考えられる。日本の利得タイムは横浜世界リレー、アジア選手権ともに 2 秒以上（それぞれ -2.61 秒と -2.32 秒）であったことから、日本は 4 人ともに個々の走力を十分に発揮できていたと考えられる。この結果からも、日本の 4 × 100 m リレータイムの短縮には 4 人全員の走力の向上が不可欠といえる。

女子の 30 m バトンタイムはドーハ世界選手権、横浜世界リレーともに 3.1 秒台から 3.4 秒を記録していたが、両大会の結果から、世界大会の決勝を目指す上では 3.2 秒台前半のバトンタイムが必要であることが明らかになった。世界大会に出場している国の多くはオーバーハンドパスを用いているが、オーバーハンドパスは利得距離が大きい分、バ

トンパスに時間を要するとバトンパスの失敗や次走者の不十分な加速につながるため（小林ら 2017）、前走者と次走者とのバトン渡す際の距離感が重要となる。ドーハ世界選手権決勝において、すべての区間でバトンパスが円滑に行われたイギリスは自己ベストでは勝るアメリカを先行してゴールしていたことから、男子と同様に、バトン区間でのタイム短縮が重要であるといえる。同選手権で優勝したジャマイカは予選から決勝にかけて 3 区間合計で 0.21 秒 30 m バトンタイムを短縮できており、このことも利得タイムの短縮と同選手権優勝に貢献したといえる。同選手権と横浜世界リレーの予選と決勝について、同選手権で優勝したジャマイカは予選から決勝にかけて 30 m バトンタイムを 3 区間で合計 0.21 秒短縮できていたことから、女子では個々の走力が順位に大きく影響するが、決勝に向けてのバトンパスを修正することも、決勝での 4 × 100 m リレータイムの短縮に貢献すると推察される。

日本の横浜世界リレー予選およびアジア選手権の 30 m バトンタイムをみると、それぞれ平均で 3.34 秒と 3.40 秒であり、世界大会の上位に入賞した他国と比較して 0.1 秒程度遅い結果であった。バトンパスは個々の走力とバトンパスの技術が主な決定因子となるため（小林ら 2017）、100 m 自己ベストで平均 0.5 秒近く速い他国に対して 0.1 秒程度の差であったことを考慮すると、日本は次走者が加速した段階でバトンパスを行えており、比較的スムーズなバトンパスが行えていたといえよう。しかし、日本が東京オリンピック出場と決勝進出を目指す上では、この平均 0.1 秒の 30 m バトンタイム差を短縮しなくてはならず、そのためには、上述の通り 4 人全員の走力向上が不可欠となる。

横浜世界リレーとドーハ世界選手権の 30 m バトンタイムと利得タイムとの相関関係をみると、両者の間には有意な負の相関関係（ $P < 0.05$ ）が認められた（図 2）。即ち、女子においても 4 × 100 m リレーにおけるバトンパスの技術も必要であることを意味するものである。一方、男子におけるバトンタイムと利得タイムとの関係と比較して、女子では高い相関は認められなかったことから、女子ではバトンパスの技術もさることながら、個々の走力がバトンタイムや 4 × 100 m リレータイムに影響を及ぼすことが示された。この相関関係からも、今後、日本が 4 × 100 m リレータイムの短縮を図る上では、4 人全員の走力の向上が不可欠であることが明らかになった。

本研究の結果を踏まえ、今後、主に合宿時におけ

るバトン練習において、男子はバトン区間 40 m タイムが 3.75 秒以内を、女子はバトン区間 30 m タイムが 3.2 秒台を目標に練習する必要がある、その際のデータ収集と即時フィードバックを通して科学的な視点からのサポートを継続的に実施することで、国際大会での更なる記録の更新と上位入賞が可能になると考える。

4. まとめ

2019 年に行われた横浜世界リレーおよびドーハ世界選手権、およびアジア選手権について、日本と世界の 4 × 100 m リレーのラップタイムやバトン区間におけるバトンタイムについて検討した。その結果、以下のことが明らかになった。

- 男子 4 × 100 m リレーの結果について、日本は個々の走力の高さがドーハ世界選手権の銅メダル獲得に寄与しており、そのことが利得タイムの大きさからも明らかになった
- 40 m バトンタイムについて、ドーハ世界選手権では上位に入賞した国や横浜世界リレーで優勝したブラジルの同タイムは平均で 3.7 秒前半から中盤であったことから、バトンパスがタイムや順位を決める上で重要であり、日本は 3.70 秒を目指すバトンパスが求められる可能性がある
- 女子 4 × 100 m リレーの結果について、女子では男子以上に個々の走力が重要であり、4 人の走力が 4 × 100 m リレーの結果に大きく関与することを示していた
- 女子日本代表のアジア選手権の結果と同選手権で優勝した中国とを比較した結果、4 人の走力差がリレーのタイムに反映されていたことを考慮すると、女子日本代表が現日本記録 (43.39 秒) を更新し、42 秒台のタイムを記録することができれば、オリンピックの出場と決勝進出は十分可能である
- 女子の利得タイムをみると、ドーハ世界選手権で優勝したジャマイカは予選よりも決勝で 0.69 秒利得タイムを短縮できており、個々の走力に加えて利得タイムを大幅に短縮できたことも優勝につながった要因の 1 つであった
- 女子の 30 m バトンタイムについて、ドーハ世界選手権決勝において、すべての区間でバトンパスが円滑に行われたイギリスは自己ベストでは勝るアメリカを先行してゴールしていたことから、男子と同様に、バトンタイムの短縮が重要であることが明らかになった

参考文献

- 広川龍太郎, 松林武生, 小林海, 高橋恭平, 松尾彰文, 柳谷登志雄, 土江寛裕, 荻部俊二, 杉田正明 (2016) 男子ナショナルチーム・4 × 100m リレーのバイオメカニクスサポート研究報告 (第 6 報) - 2016 リオオリンピック決勝上位チームの傾向など。陸上競技研究紀要, 12 : 104-110.
- 広川龍太郎, 松尾彰文, 松林武生, 小林海, 高橋恭平, 柳谷登志雄, 小山宏之, 土江寛裕, 荻部俊二, 杉田正明 (2015) 男子ナショナルチーム・4 × 100m リレーのバイオメカニクスサポート研究報告 (第 5 報)。陸上競技研究紀要, 11 : 150-154.
- 小林海 (2017) リオデジャネイロオリンピック 4 × 100mR 銀メダル獲得への軌跡 ~ 科学的データからみた銀メダル獲得への軌跡 ~。スプリント研究, 26 : 7-10
- 小林海, 大沼勇人, 吉本隆哉, 岩山海渡, 高橋恭平, 松林武生, 広川龍太郎, 松尾彰文, 土江寛裕, 荻部俊二 (2017) 日本代表男子 4 × 100 m リレーのバイオメカニクスサポート ~ 2017 ロンドン世界選手権における日本代表と上位チームとの比較 ~。陸上競技研究紀要, 13 : 183-189.
- 小林海, 高橋恭平, 山中亮, 渡辺圭祐, 大沼勇人, 吉本隆哉, 丹治史弥, 山本真帆, 松林武生, 広川龍太郎, 土江寛裕 (2018) 日本代表男子 4 × 100 m リレーのバイオメカニクスサポート ~ 2018 ジャカルタアジア大会の分析結果と過去のレースとの比較 ~。陸上競技研究紀要, 14 : 175-179.
- 松林武生, 松尾彰文, 貴嶋孝太, 山本真帆, 広川龍太郎 (2012) 陸上競技男子 4 × 100m リレーにおけるバトンパス技術の評価。第 9 回 JISS スポーツ科学会議。
- 山本大輔, 三宅庸平 (2018) 4 × 100mR における疾走能力およびバトンパスに関する要因がレースタイムに及ぼす影響。天理大学学报 248 : 1-7.

表1 横浜世界リレー男子4×100mリレーにおける予選と決勝の各走者の100m自己ベストタイム, バトン100mラップタイム, バトン100mスプリットタイム, バトン30mタイム, およびバトン40mタイム

| 横浜世界リレー | | 決勝 | | | | | 予選 | | | | |
|-----------------------------|------|------------|---------|------------------|-------|---------|------------------|------------|---------|---------|-------|
| 国名 | | ブラジル | アメリカ | イギリス | 中国 | フランス | イギリス | ブラジル | フランス | アメリカ | 中国 |
| 記録[秒] | | 38.05 | 38.07 | 38.15 | 38.16 | 38.31 | 38.11 | 38.22 | 38.46 | 38.34 | 38.51 |
| 組 | | - | - | - | - | - | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 |
| 順位 | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 |
| 走者 | 1走 | Nascimento | Rodgers | Ujah | Wu | Dutamby | Ujah | Nascimento | Fall | Rodgers | Wu |
| | 2走 | Vides | Gatlin | Aikines-Aryeetey | Xie | Vicaut | Aikines-Aryeetey | Vides | Vicaut | Gatlin | Xie |
| | 3走 | Silva | Young | Gemili | Su | Zeze | Gemili | Silva | Zeze | Young | Su |
| | 4走 | Oliveira | Lyles | Mitchell-Blake | Liang | Fall | Mitchell-Blake | Oliveira | Dutamby | Burrell | Liang |
| 100m自己ベスト [秒] | 1走 | 10.11 | 9.85 | 9.95 | 10.17 | 10.12 | 9.95 | 10.11 | 10.13 | 9.85 | 10.17 |
| | 2走 | 10.08 | 9.74 | 10.08 | 9.97 | 9.86 | 10.08 | 10.08 | 9.86 | 9.74 | 9.97 |
| | 3走 | 10.10 | 9.92 | 9.97 | 9.91 | 10.16 | 9.97 | 10.10 | 10.16 | 9.92 | 9.91 |
| | 4走 | 10.02 | 9.86 | 9.99 | 10.34 | 10.13 | 9.99 | 10.02 | 10.12 | 9.93 | 10.34 |
| | 平均 | 10.08 | 9.84 | 10.00 | 10.10 | 10.07 | 10.00 | 10.08 | 10.07 | 9.86 | 10.10 |
| バトン100m ラップタイム [秒] | 1走 | 10.29 | 10.32 | 10.43 | 10.22 | 10.51 | 10.45 | 10.42 | 10.35 | 10.39 | 10.37 |
| | 2走 | 9.17 | 9.13 | 9.16 | 9.13 | 9.16 | 9.26 | 9.26 | 9.38 | 9.26 | 9.16 |
| | 3走 | 9.35 | 9.62 | 9.15 | 9.36 | 9.23 | 9.17 | 9.32 | 9.30 | 9.15 | 9.04 |
| | 4走 | 9.24 | 9.01 | 9.42 | 9.46 | 9.41 | 9.24 | 9.22 | 9.43 | 9.54 | 9.93 |
| バトン100m毎 スプリットタイム [秒] | 1走 | 10.29 | 10.32 | 10.43 | 10.22 | 10.51 | 10.45 | 10.42 | 10.35 | 10.39 | 10.37 |
| | 2走 | 19.46 | 19.44 | 19.59 | 19.34 | 19.68 | 19.70 | 19.68 | 19.73 | 19.65 | 19.54 |
| | 3走 | 28.81 | 29.06 | 28.73 | 28.70 | 28.90 | 28.87 | 29.00 | 29.03 | 28.80 | 28.58 |
| | 4走 | 38.05 | 38.07 | 38.15 | 38.16 | 38.31 | 38.11 | 38.22 | 38.46 | 38.34 | 38.51 |
| バトン30mタイム [秒] | 1-2走 | 2.77 | 2.80 | 2.87 | 2.77 | 2.85 | 2.84 | 2.87 | 2.77 | 2.82 | 2.86 |
| | 2-3走 | 2.79 | 2.93 | 2.86 | 2.84 | 2.90 | 2.88 | 2.77 | 2.81 | 2.91 | 2.79 |
| | 3-4走 | 2.84 | 2.94 | 2.85 | 2.88 | 2.84 | 2.85 | 2.82 | 2.93 | 2.88 | 2.92 |
| | 平均 | 2.80 | 2.89 | 2.86 | 2.83 | 2.86 | 2.86 | 2.82 | 2.83 | 2.87 | 2.86 |
| バトン40mタイム [秒] | 1-2走 | 3.72 | 3.74 | 3.81 | 3.70 | 3.77 | 3.81 | 3.85 | 3.84 | 3.76 | 3.80 |
| | 2-3走 | 3.74 | 3.93 | 3.82 | 3.78 | 3.83 | 3.85 | 3.72 | 3.77 | 3.85 | 3.72 |
| | 3-4走 | 3.79 | 3.86 | 3.87 | 3.84 | 3.82 | 3.82 | 3.80 | 3.95 | 3.96 | 4.07 |
| | 平均 | 3.75 | 3.84 | 3.83 | 3.77 | 3.81 | 3.82 | 3.79 | 3.85 | 3.86 | 3.86 |

表2 ドーハ世界選手権男子4×100mリレーにおける予選と決勝の各走者の100m自己ベストタイム, バトン100mラップタイム, バトン100mスプリットタイム, バトン30mタイム, およびバトン40mタイム

| ドーハ世界選手権 | | 決勝 | | | | | 予選 | | | | |
|----------------------------|------|---------|---------------|---------------|------------|---------------|------------|-----------|---------|---------------|-------|
| 国名 | | アメリカ | イギリス | 日本 | ブラジル | イギリス | ブラジル | アメリカ | 南アフリカ | 日本 | 中国 |
| 記録[秒] | | 37.10 | 37.36 | 37.43 | 37.72 | 37.56 | 37.90 | 38.03 | 37.65 | 37.78 | 37.79 |
| 組 | | - | - | - | - | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| 順位 | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| 走者 | 1走 | Coleman | Gemili | 多田 | Nascimento | Gemili | Nascimento | Coleman | Dlodlo | 小池 | Su |
| | 2走 | Gatlin | Hughes | 白石 | Dos Santos | Hughes | Coleman | Gatlin | Magakwe | 白石 | Xu |
| | 3走 | Rodgers | Kilty | 桐生 | Silva | Kilty | Silva | Rodgers | Munyai | 桐生 | Wu |
| | 4走 | Lyles | Michell-Blake | サニブラウン | Oliveira | Michell-Blake | Oliveira | Gillespie | Simbene | サニブラウン | Xie |
| 100m自己ベスト [秒] | 1走 | 9.76 | 9.97 | 10.07 | 10.10 | 9.97 | 10.10 | 9.76 | 10.08 | 9.98 | 9.91 |
| | 2走 | 9.74 | 9.91 | 10.19 | 10.07 | 9.91 | 10.07 | 9.74 | 9.98 | 10.19 | 10.12 |
| | 3走 | 9.85 | 10.01 | 9.98 | 10.10 | 10.01 | 10.10 | 9.85 | 10.10 | 9.98 | 10.17 |
| | 4走 | 9.86 | 9.99 | 9.97 | 10.02 | 9.99 | 10.02 | 9.93 | 9.89 | 9.97 | 9.97 |
| | 平均 | 9.80 | 9.97 | 10.05 | 10.07 | 9.97 | 10.07 | 9.82 | 10.01 | 10.03 | 10.04 |
| バトン100m ラップタイム [秒] | 1走 | 9.91 | 10.24 | 10.25 | 10.45 | 10.23 | 10.41 | 9.96 | 10.26 | 10.37 | 10.32 |
| | 2走 | 9.10 | 8.75 | 9.04 | 9.06 | 8.93 | 9.12 | 9.22 | 9.18 | 9.08 | 9.18 |
| | 3走 | 9.31 | 9.46 | 9.19 | 9.16 | 9.26 | 9.27 | 9.22 | 9.23 | 9.31 | 9.26 |
| | 4走 | 8.77 | 8.91 | 8.95 | 9.05 | 9.14 | 9.11 | 9.63 | 8.98 | 9.03 | 9.03 |
| バトン100m スプリットタイム [秒] | 1走 | 9.91 | 10.24 | 10.25 | 10.45 | 10.23 | 10.41 | 9.96 | 10.26 | 10.37 | 10.32 |
| | 2走 | 19.01 | 19.00 | 19.29 | 19.51 | 19.16 | 19.52 | 19.18 | 19.44 | 19.45 | 19.50 |
| | 3走 | 28.33 | 28.45 | 28.48 | 28.67 | 28.42 | 28.79 | 28.40 | 28.67 | 28.75 | 28.76 |
| | 4走 | 37.10 | 37.36 | 37.43 | 37.72 | 37.56 | 37.90 | 38.03 | 37.65 | 37.78 | 37.79 |
| バトン30mタイム [秒] | 1-2走 | 2.69 | 2.79 | 2.81 | 2.82 | 2.82 | 2.86 | 2.84 | 2.79 | 2.78 | 2.82 |
| | 2-3走 | 2.96 | 2.74 | 2.79 | 2.82 | 2.83 | 2.76 | 2.87 | 2.91 | 2.88 | 2.84 |
| | 3-4走 | 2.92 | 2.82 | 2.79 | 2.78 | 2.80 | 2.77 | 2.96 | 2.80 | 2.88 | 2.84 |
| | 平均 | 2.85 | 2.78 | 2.80 | 2.80 | 2.81 | 2.80 | 2.89 | 2.83 | 2.85 | 2.83 |
| バトン40mタイム [秒] | 1-2走 | 3.60 | 3.70 | 3.74 | 3.74 | 3.73 | 3.82 | 3.77 | 3.72 | 3.69 | 3.75 |
| | 2-3走 | 3.88 | 3.75 | 3.71 | 3.74 | 3.77 | 3.70 | 3.80 | 3.86 | 3.80 | 3.76 |
| | 3-4走 | 3.82 | 3.74 | 3.70 | 3.70 | 3.78 | 3.72 | 4.08 | 3.76 | 3.81 | 3.77 |
| | 平均 | 3.77 | 3.73 | 3.72 | 3.73 | 3.76 | 3.75 | 3.88 | 3.78 | 3.76 | 3.76 |

表3 横浜世界リレーにおける男子4×100 mリレーの利得タイム

| 大会名 | | 横浜世界リレー [秒] | | | | | | | | | |
|------|----|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| ラウンド | | 決勝 | | | | | 予選 | | | | |
| ラウンド | 国名 | ブラジル | アメリカ | イギリス | 中国 | フランス | イギリス | ブラジル | フランス | アメリカ | 中国 |
| 2走 | | -0.91 | -0.61 | -0.92 | -0.84 | -0.70 | -0.82 | -0.82 | -0.48 | -0.48 | -0.81 |
| 3走 | | -0.75 | -0.30 | -0.82 | -0.55 | -0.93 | -0.80 | -0.78 | -0.86 | -0.77 | -0.87 |
| 4走 | | -0.78 | -0.85 | -0.57 | -0.88 | -0.72 | -0.75 | -0.80 | -0.69 | -0.39 | -0.41 |
| 合計 | | -2.44 | -1.77 | -2.32 | -2.28 | -2.35 | -2.38 | -2.40 | -2.03 | -1.64 | -2.08 |

表4 ドーハ世界選手権における男子4×100 mリレーの利得タイム

| 大会名 | | ドーハ世界選手権 [秒] | | | | | | | | | |
|------|----|--------------|-------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|-------|
| ラウンド | | 決勝 | | | | 予選 | | | | | |
| ラウンド | 国名 | アメリカ | イギリス | 日本 | ブラジル | イギリス | ブラジル | アメリカ | 南アフリカ | 日本 | 中国 |
| 2走 | | -0.64 | -1.16 | -1.15 | -1.01 | -0.98 | -0.95 | -0.52 | -0.80 | -1.11 | -0.94 |
| 3走 | | -0.54 | -0.55 | -0.79 | -0.94 | -0.75 | -0.83 | -0.63 | -0.87 | -0.67 | -0.91 |
| 4走 | | -1.09 | -1.08 | -1.02 | -0.97 | -0.85 | -0.91 | -0.30 | -0.91 | -0.94 | -0.94 |
| 合計 | | -2.26 | -2.79 | -2.96 | -2.92 | -2.58 | -2.70 | -1.45 | -2.58 | -2.73 | -2.79 |

表5 横浜世界リレーおよびドーハ世界選手権における男子4×100 mリレーの予選と決勝との40 mバトンタイム差

| 大会名 | ドーハ世界選手権 [秒] | | | | 横浜世界リレー [秒] | | | | |
|------|--------------|-------|--------------|-------|-------------|-------|-------|-------|-------|
| 国名 | アメリカ | イギリス | 日本 | ブラジル | ブラジル | アメリカ | イギリス | 中国 | フランス |
| 1-2走 | -0.17 | -0.03 | 0.05 | -0.08 | -0.13 | -0.02 | 0.00 | -0.10 | -0.07 |
| 2-3走 | 0.08 | -0.03 | -0.09 | 0.04 | 0.02 | 0.08 | -0.03 | 0.07 | 0.06 |
| 3-4走 | -0.25 | -0.04 | -0.10 | -0.03 | -0.02 | -0.09 | 0.05 | -0.22 | -0.13 |
| 合計 | -0.35 | -0.10 | -0.14 | -0.07 | -0.13 | -0.03 | 0.03 | -0.26 | -0.14 |

利得タイム [秒]

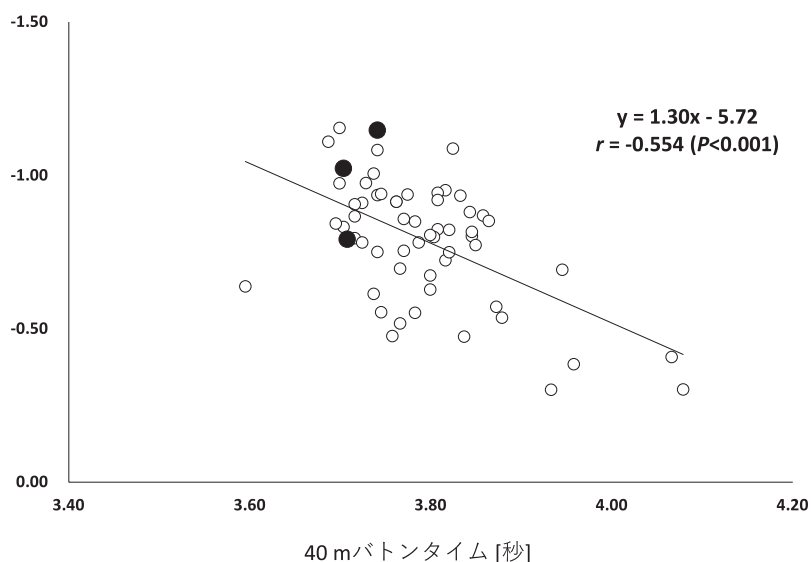


図1 横浜世界リレーおよびドーハ世界選手権の男子4×100 mリレーにおける40 mバトンタイムと利得タイムとの相関関係 (○：全測定値，●：ドーハ世界選手権決勝の日本代表の値)

表6 横浜世界リレー女子4×100mリレーにおける予選と決勝の各走者の100m自己ベストタイム, バトン100mラップタイム, バトン100mスプリットタイム, およびバトン30mタイム

| 大会名 | | 横浜世界リレー 決勝 | | | | 横浜世界リレー 予選 | | | | アジア選手権 決勝 | | |
|----------------------|------|------------|----------|--------------|----------|------------|----------|--------------|----------|--------------|-------|--------------|
| 国名 | | アメリカ | ジャマイカ | ドイツ | ブラジル | アメリカ | ブラジル | 日本 | ジャマイカ | ドイツ | 中国 | 日本 |
| 記録 [秒] | | 43.27 | 43.29 | 43.68 | 43.75 | 42.51 | 43.07 | 44.24 | 43.08 | 43.03 | 42.87 | 44.95 |
| 組 | | - | - | - | - | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 1 | 1 |
| 順位 | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 4 | 2 | 1 | 1 | 6 |
| 走者 | 1走 | Brisco | Evans | Kwayie | Azevedo | Brisco | Fidelis | 土井 | Simpson | Kwayie | Liang | 壹岐 |
| | 2走 | Henderson | Morrison | Burghardt | Martins | Henderson | Martins | 山田 | Morrison | Burghardt | Wei | 山田 |
| | 3走 | Bryant | Forbes | Lückenkemper | Krasucki | Bryant | Krasucki | 壹岐 | Forbes | Lückenkemper | Kong | 青野 |
| | 4走 | Hobbs | Smith | Haase | Rosa | Hobbs | Rosa | 三宅 | Smith | Hasse | Ge | 三宅 |
| 100m自己ベスト [秒] | 1走 | 10.96 | 11.22 | 11.22 | 11.41 | 10.96 | 11.42 | 11.43 | 10.82 | 11.22 | 11.13 | 11.66 |
| | 2走 | 10.96 | 10.96 | 11.32 | 11.35 | 10.96 | 11.35 | 11.62 | 10.96 | 11.32 | 10.99 | 11.62 |
| | 3走 | 10.99 | 11.10 | 10.95 | 11.13 | 10.99 | 11.13 | 11.66 | 11.10 | 10.95 | 11.34 | 11.65 |
| | 4走 | 10.85 | 11.04 | 11.06 | 11.03 | 10.85 | 11.03 | 11.80 | 11.04 | 11.06 | 11.04 | 11.80 |
| | 平均 | 10.94 | 11.08 | 11.14 | 11.23 | 10.94 | 11.23 | 11.63 | 10.98 | 11.14 | 11.13 | 11.68 |
| バトン100mラップタイム [秒] | 1走 | 11.44 | 11.58 | 11.52 | 11.80 | 11.37 | 11.71 | 11.77 | 11.73 | 11.60 | 11.57 | 12.20 |
| | 2走 | 10.47 | 10.68 | 10.74 | 10.61 | 10.44 | 10.25 | 10.56 | 10.59 | 10.47 | 10.31 | 10.69 |
| | 3走 | 10.64 | 10.60 | 10.36 | 10.57 | 10.45 | 10.99 | 11.21 | 10.48 | 10.29 | 10.59 | 11.29 |
| | 4走 | 10.72 | 10.43 | 11.06 | 10.77 | 10.25 | 10.12 | 10.70 | 10.28 | 10.66 | 10.40 | 10.78 |
| バトン100m毎スプリットタイム [秒] | 1走 | 11.44 | 11.58 | 11.52 | 11.80 | 11.37 | 11.71 | 11.77 | 11.73 | 11.60 | 11.57 | 12.20 |
| | 2走 | 21.91 | 22.26 | 22.25 | 22.41 | 21.81 | 21.96 | 22.33 | 22.32 | 22.08 | 21.88 | 22.88 |
| | 3走 | 32.55 | 32.86 | 32.62 | 32.98 | 32.26 | 32.95 | 33.54 | 32.80 | 32.37 | 32.47 | 34.17 |
| | 4走 | 43.27 | 43.29 | 43.68 | 43.75 | 42.51 | 43.07 | 44.24 | 43.08 | 43.03 | 42.87 | 44.95 |
| バトン30mタイム [秒] | 1-2走 | 3.22 | 3.20 | 3.08 | 3.28 | 3.17 | 3.18 | 3.30 | 3.27 | 3.20 | 3.15 | 3.32 |
| | 2-3走 | 3.34 | 3.34 | 3.40 | 3.27 | 3.38 | 3.32 | 3.38 | 3.29 | 3.17 | 3.27 | 3.45 |
| | 3-4走 | 3.35 | 3.27 | 3.34 | 3.32 | 3.24 | 3.19 | 3.34 | 3.22 | 3.26 | 3.22 | 3.44 |
| | 平均 | 3.30 | 3.27 | 3.27 | 3.29 | 3.26 | 3.23 | 3.34 | 3.26 | 3.21 | 3.22 | 3.40 |

表7 ドーハ世界選手権女子4×100mリレーにおける予選と決勝の各走者の100m自己ベストタイム, バトン100mラップタイム, バトン100mスプリットタイム, およびバトン30mタイム

| 大会名 | | ドーハ世界選手権 決勝 | | | | | ドーハ世界選手権 予選 | | | | | |
|----------------------|------|--------------|-------------|----------|----------|-----------|-------------|----------|--------------|-----------|-------|-----------|
| 国名 | | ジャマイカ | イギリス | アメリカ | トリニダード | イタリア | アメリカ | トリニダード | ジャマイカ | イギリス | 中国 | イタリア |
| 記録 [秒] | | 41.44 | 41.85 | 42.10 | 42.71 | 42.98 | 42.46 | 42.75 | 42.11 | 42.25 | 42.36 | 42.90 |
| 組 | | - | - | - | - | - | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 順位 | | 1 | 2 | 3 | 6 | 7 | 1 | 2 | 1 | 2 | 3 | 5 |
| 走者 | 1走 | Whyte | Philip | Bryant | Hackett | Abreu | Bryant | Hackett | Whyte | Philip | Liang | Abreu |
| | 2走 | Fraser-Pryce | Asher-Smith | Daniels | Baptiste | Hooper | Daniels | Baptiste | Fraser-Pryce | Lansiquot | Wei | Hooper |
| | 3走 | Smith | Nelson | Akinosun | Prieto | Bongiorni | Akinosun | Thomas | Smith | Nelson | Kong | Bongiorni |
| | 4走 | Jackson | Neita | Parker | Durant | Siragusa | Parker | Durant | Morrison | Neita | Ge | Siragusa |
| 100m自己ベスト [秒] | 1走 | 11.04 | 11.10 | 10.99 | 11.07 | 11.51 | 10.99 | 11.07 | 11.04 | 11.10 | 11.13 | 11.51 |
| | 2走 | 10.70 | 10.83 | 10.99 | 10.84 | 11.34 | 10.99 | 10.84 | 10.70 | 11.09 | 10.99 | 11.34 |
| | 3走 | 11.04 | 11.19 | 10.95 | 11.40 | 11.39 | 10.95 | 11.22 | 11.04 | 11.19 | 11.34 | 11.39 |
| | 4走 | 11.13 | 11.12 | 11.02 | 11.17 | 11.21 | 11.02 | 11.17 | 10.96 | 11.12 | 11.04 | 11.21 |
| | 平均 | 10.98 | 11.06 | 10.99 | 11.12 | 11.36 | 10.99 | 11.08 | 10.94 | 11.13 | 11.13 | 11.36 |
| バトン100mラップタイム [秒] | 1走 | 11.33 | 11.51 | 11.29 | 11.73 | 11.82 | 11.46 | 11.54 | 11.48 | 11.48 | 11.39 | 11.80 |
| | 2走 | 9.74 | 9.94 | 10.19 | 10.13 | 10.24 | 10.25 | 10.23 | 10.02 | 10.28 | 10.16 | 10.26 |
| | 3走 | 10.36 | 10.40 | 10.41 | 10.59 | 10.61 | 10.50 | 10.48 | 10.43 | 10.48 | 10.51 | 10.52 |
| | 4走 | 10.01 | 10.00 | 10.21 | 10.27 | 10.32 | 10.26 | 10.51 | 10.18 | 10.01 | 10.29 | 10.32 |
| バトン100m毎スプリットタイム [秒] | 1走 | 11.33 | 11.51 | 11.29 | 11.73 | 11.82 | 11.46 | 11.54 | 11.48 | 11.48 | 11.39 | 11.80 |
| | 2走 | 21.07 | 21.45 | 21.48 | 21.86 | 22.06 | 21.71 | 21.77 | 21.50 | 21.76 | 21.56 | 22.06 |
| | 3走 | 31.43 | 31.85 | 31.89 | 32.44 | 32.66 | 32.20 | 32.24 | 31.93 | 32.24 | 32.07 | 32.58 |
| | 4走 | 41.44 | 41.85 | 42.10 | 42.71 | 42.98 | 42.46 | 42.75 | 42.11 | 42.25 | 42.36 | 42.90 |
| バトン30mタイム [秒] | 1-2走 | 3.15 | 3.21 | 3.19 | 3.34 | 3.19 | 3.32 | 3.27 | 3.28 | 3.11 | 3.10 | 3.17 |
| | 2-3走 | 3.13 | 3.23 | 3.24 | 3.19 | 3.04 | 3.24 | 3.24 | 3.33 | 3.27 | 3.22 | 3.12 |
| | 3-4走 | 3.32 | 3.17 | 3.27 | 3.33 | 3.39 | 3.28 | 3.32 | 3.20 | 3.20 | 3.19 | 3.30 |
| | 平均 | 3.20 | 3.20 | 3.23 | 3.29 | 3.21 | 3.28 | 3.28 | 3.27 | 3.19 | 3.17 | 3.20 |

表8 横浜世界リレーにおける女子4×100 mリレーの利得タイム

| 大会名 | 横浜世界リレー 決勝 [秒] | | | | 横浜世界リレー 予選 [秒] | | | | | アジア選手権 決勝 [秒] | |
|-----|----------------|-------|-------|-------|----------------|-------|-------|-------|--------------|---------------|--------------|
| | アメリカ | ジャマイカ | ドイツ | ブラジル | アメリカ | ジャマイカ | ドイツ | ブラジル | 日本 | 中国 | 日本 |
| 2走 | -0.49 | -0.28 | -0.58 | -0.74 | -0.52 | -0.37 | -0.85 | -1.10 | -1.06 | -0.68 | -0.93 |
| 3走 | -0.35 | -0.50 | -0.59 | -0.56 | -0.54 | -0.62 | -0.66 | -0.14 | -0.45 | -0.75 | -0.36 |
| 4走 | -0.13 | -0.61 | 0.00 | -0.26 | -0.60 | -0.76 | -0.40 | -0.91 | -1.10 | -0.64 | -1.02 |
| 合計 | -0.97 | -1.39 | -1.17 | -1.56 | -1.66 | -1.75 | -1.90 | -2.15 | -2.61 | -2.07 | -2.32 |

表9 ドーハ世界選手権における女子4×100 mリレーの利得タイム

| 大会名 | ドーハ世界選手権 決勝 [秒] | | | | | ドーハ世界選手権 予選 [秒] | | | | | |
|-----|-----------------|-------|-------|--------|-------|-----------------|-------|-------|--------|-------|-------|
| | ジャマイカ | イギリス | アメリカ | トリニダード | イタリア | ジャマイカ | イギリス | アメリカ | トリニダード | イタリア | 中国 |
| 2走 | -0.96 | -0.89 | -0.80 | -0.71 | -1.10 | -0.68 | -0.81 | -0.74 | -0.61 | -1.08 | -0.83 |
| 3走 | -0.68 | -0.79 | -0.54 | -0.81 | -0.78 | -0.61 | -0.71 | -0.45 | -0.74 | -0.87 | -0.83 |
| 4走 | -1.12 | -1.12 | -0.81 | -0.90 | -0.89 | -0.78 | -1.11 | -0.76 | -0.66 | -0.89 | -0.75 |
| 合計 | -2.76 | -2.80 | -2.15 | -2.43 | -2.78 | -2.07 | -2.63 | -1.96 | -2.02 | -2.84 | -2.40 |

表10 横浜世界リレーおよびドーハ世界選手権における女子4×100 mリレーの予選と決勝との30 mバトンタイム差

| 大会名 | ドーハ世界選手権 [秒] | | | | | 横浜世界リレー [秒] | | | |
|------|--------------|-------|-------|--------|-------|-------------|-------|-------|-------|
| | ジャマイカ | イギリス | アメリカ | トリニダード | イタリア | アメリカ | ジャマイカ | ドイツ | ブラジル |
| 1-2走 | -0.13 | 0.10 | -0.13 | 0.08 | 0.03 | 0.05 | -0.08 | -0.12 | 0.10 |
| 2-3走 | -0.20 | -0.04 | -0.01 | -0.05 | -0.08 | -0.05 | 0.04 | 0.23 | -0.05 |
| 3-4走 | 0.12 | -0.03 | -0.01 | 0.01 | 0.09 | 0.11 | 0.06 | 0.08 | 0.12 |
| 合計 | -0.21 | 0.03 | -0.14 | 0.04 | 0.03 | 0.12 | 0.03 | 0.19 | 0.18 |

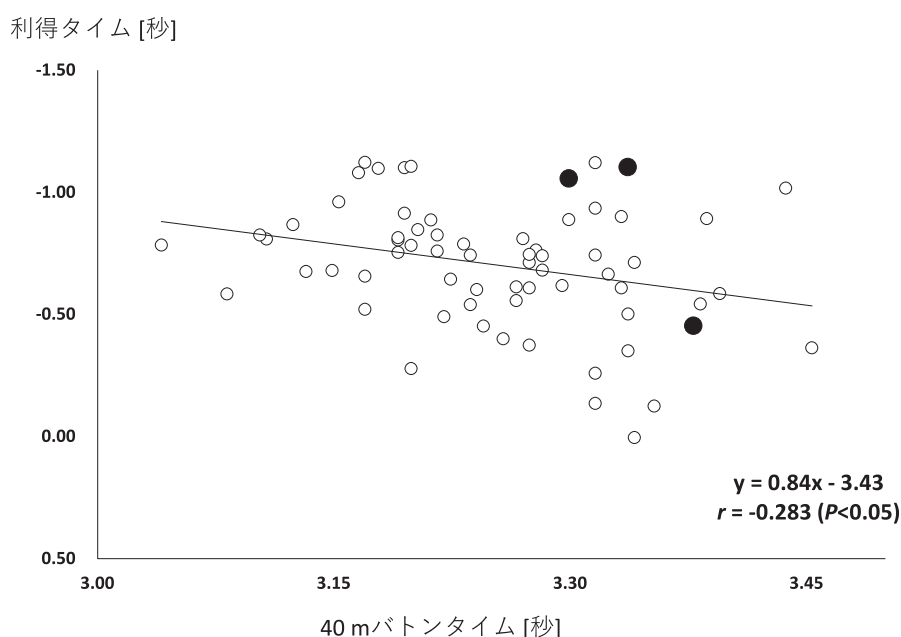


図2 横浜世界リレーおよびドーハ世界選手権の女子4×100 mリレーにおける30 mバトンタイムと利得タイムとの相関関係 (○：全測定値, ●：横浜世界リレー予選の日本代表の値)

2019年シーズンにおける男子4×400mリレーのレース分析 ～横浜世界リレーとドーハ世界選手権の分析結果について～

小林海¹⁾ 山中亮²⁾ 大沼勇人³⁾ 高橋恭平⁴⁾ 渡辺圭祐⁵⁾ 山本真帆⁶⁾ 松林武生⁶⁾
広川龍太郎⁷⁾ 山村貴彦⁸⁾

1) 東京経済大学 2) 新潟食料農業大学 3) 関西福祉大学 4) 鹿児島大学
5) 日本スポーツ振興センター 6) 国立スポーツ科学センター 7) 東海大学
8) 城西大附属城西高校

1. はじめに

2019年の男子4×400mリレーにおいて、日本代表は横浜で開催されたIAAF世界リレー選手権(横浜世界リレー)で4位入賞を果たし(1走:ウォルシュジュリアン選手[富士通], 2走:佐藤拳太郎選手[富士通], 3走:北谷直輝選手[東海大], 4走:若林康太選手[駿河台大]), 2004年のアテネオリンピック以来の世界大会入賞を遂げた。残念ながら、10月にカタールのドーハで行われた第17回世界陸上競技選手権大会(ドーハ世界選手権)予選では、1走にウォルシュ選手, 2走に飯塚翔太選手(ミズノ), 3走に佐藤選手, 4走に若林選手の布陣で臨んだが、予選全体8位のイギリスと0.09秒差で決勝に進出することができず、決勝進出が得られる来年の東京オリンピック出場権の獲得には至らなかった。しかし、ドーハ世界選手権の記録(3:02.05秒)は2019年10月時点での世界ランキング9位に相当し、ドーハ世界選手権決勝進出国とそれ以外のランキング上位8位の計16か国が出場できる東京オリンピックに向けて一歩前進した結果を残すことができた。

4×400mリレーは2走の100m地点以降でオープンレーンになる種目特性もあり、バトンパスの技術よりも個々の走力やレース展開が記録や順位に大きく影響するリレー種目である(小林ら2018)。日本代表が世界大会での決勝進出や決勝での上位入賞を目指すためには、先頭あるいは先頭集団でレースを展開することも求められる。そのためには、400mを速く走るだけでなく、レース展開に対応できるだけの走力を有する選手を4人揃える必要がある。男子4×400mリレーの日本記録は1996年に樹立

された3:00.76秒であり、20年以上記録が更新されていない現状を鑑みると、現段階での日本代表の4人全員の走力が極めて高いとは言い難い。

これまでに、4×100mリレーに関する研究や報告(広川ら2016, 小林ら2017, 松林ら2012など)に加えて、4×400mリレーのラップタイムに関する研究もなされ(小林ら2018, 杉田ら2007)、男子4×400mリレーのレースパターンや個々の選手の前後半200mのタイム差などの特性も明らかにされつつある。本研究では、2019年に行われた横浜世界リレーおよびドーハ世界選手権の男子4×400mリレーにおける、日本を含む上位チームのラップタイムに関する分析結果とこれまでの研究報告の結果から、男子4×400mリレーのレースパターンの傾向や日本代表と他国との差異を明らかにすることで、今後日本代表が世界大会での決勝進出や決勝での上位入賞するために必要な要因について検討することを目的とした。

2. 方法

2-1. 分析対象レース

2019年に行われた横浜世界リレーおよびドーハ世界選手権の男子4×400mリレーの予選と決勝それぞれについて分析を行った。横浜世界リレーでは、日本を含む決勝の上位5か国と予選の各組上位3か国を、ドーハ世界選手権では、決勝の上位5か国と予選の各組上位4か国および日本をそれぞれ分析対象とした。

2-2. 測定方法

通過タイム分析には、3-5台のデジタルビデオカ

表 1 横浜世界リレーに出場した選手の 2019 年 5 月時点の自己ベストタイムとその平均値

| ラウンド | 国名 | 記録 [m:秒] | 順位 | 組 | レーン | 1走 [秒] | 2走 [秒] | 3走 [秒] | 4走 [秒] | 平均 [秒] |
|----------|-----------|----------------|----------|----------|----------|------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------|
| 決勝 | トリニダード | 3:00.81 | 1 | - | 4 | Lendore 44.36 | Richards 45.21 | Guevara 45.26 | Cedenio 44.01 | 44.71 |
| | ジャマイカ | 3:01.57 | 2 | - | 5 | Gaye 44.55 | Bloomfield 43.94 | Mcdonald 43.93 | Allen 44.13 | 44.14 |
| | ベルギー | 3:02.70 | 3 | - | 8 | D.Borlée 45.55 | Vanderbemden 45.65 | J.Borlée 44.43 | Sacoor 45.03 | 45.17 |
| | 日本 | 3.03.24 | 4 | - | 6 | ウォルシュ 45.35 | 佐藤 45.58 | 北谷 45.98 | 若林 45.81 | 45.68 |
| | イギリス | 3:04.96 | 5 | - | 2 | Yousif 44.54 | Cowan 45.34 | Rooney 44.45 | Chalmers 45.64 | 44.99 |
| 予選 1組 | アメリカ | 3:02.06 | 1 | 1 | 3 | Strother 44.34 | Lyles 45.09 | Dedewo 44.43 | Hutchison 45.71 | 44.89 |
| | ジャマイカ | 3:02.67 | 2 | 1 | 4 | Gaye 44.55 | Bloomfield 43.94 | Francis - | Allen 44.13 | 44.21 |
| | イギリス | 3:03.11 | 3 | 1 | 6 | Yousif 44.54 | Cowan 45.34 | Chalmers 45.64 | Rooney 44.45 | 44.99 |
| 予選 2組 | 日本 | 3:02.55 | 1 | 2 | 4 | ウォルシュ 45.35 | 井本 45.82 | 佐藤 45.58 | 若林 45.81 | 45.64 |
| | ベルギー | 3:03.70 | 2 | 2 | 3 | D.Borlée 45.55 | Vanderbemden 45.65 | Watrín 45.64 | Sacoor 45.03 | 45.47 |
| | フランス | 3:04.11 | 3 | 2 | 7 | Anne 45.26 | Jordier 45.5 | Vaillant 45.25 | Saidy 45.79 | 45.45 |
| 予選 3組 | トリニダード | 3:02.49 | 1 | 3 | 4 | Lendore 44.36 | Richards 45.21 | Guevara 45.26 | Cedenio 44.01 | 44.71 |
| | 南アフリカ | 3:02.77 | 2 | 3 | 7 | Isaacs 45.39 | Dikgale 45.66 | Conradie 45.15 | Hlungwani 45.76 | 45.49 |
| | オランダ | 3:04.30 | 3 | 3 | 5 | Angela 46.93 | Agard 45.61 | Bonevacía 44.72 | Diepen 45.83 | 45.77 |

先頭とのタイム差 [秒]

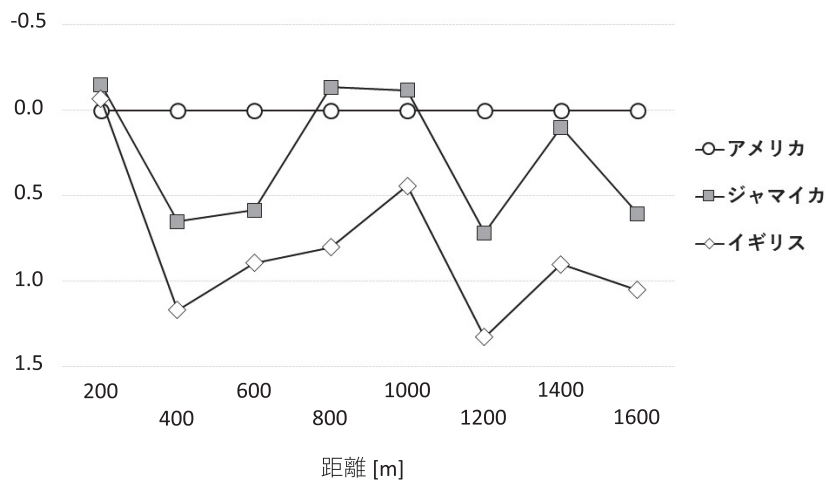


図 1 横浜世界リレー予選 1 組の先頭とのスプリットタイム差

メラ (Lumix GH5S, Panasonic [2 台], LUMIX DMC-FZ300, Panasonic [3 台]) を用いて, サンプリングレートをそれぞれ 59.94 fps に設定し, 全選手がフィニッシュラインを通過するまで当該レースを撮影した. 5 台のカメラのうち, 2-4 台はスタートおよびゴールの撮影を行えるメインスタンドから 1 コーナーのスタンド上方に, 残りの 1 台は 200 m の通過を撮影できるバックスタンド上方に配置した (小林ら 2017, 小林ら 2018). レース映像はスタート時のスターターの閃光を撮影した後, パンニング

方式で先頭の選手を撮影し続け, 200 m のラップタイムと 400 m のラップタイムを測定するために, 先頭の選手が校正点を通りしてから, 最後の選手が校正点を通りまで撮影位置を校正点で固定した. 撮影に際し, 1 走の 200 m 通過地点および 1-2 走のバトン受け渡し地点 (1 走 400 m 通過地点) を撮影するために, 1 走の撮影では 1-2 台のカメラを 1 コーナーに配置した. 2 走以降の 400 m 通過とドーハ世界選手権では 20 m のテークオーバーゾーン内の区間タイム (20 m バトンタイム) や次走者のテーク

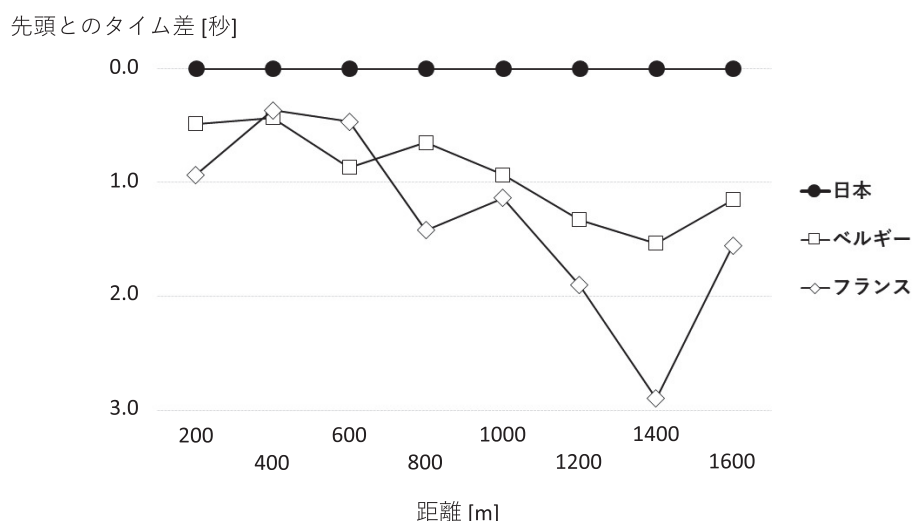


図2 横浜世界リレー予選 2組の先頭とのスプリットタイム差

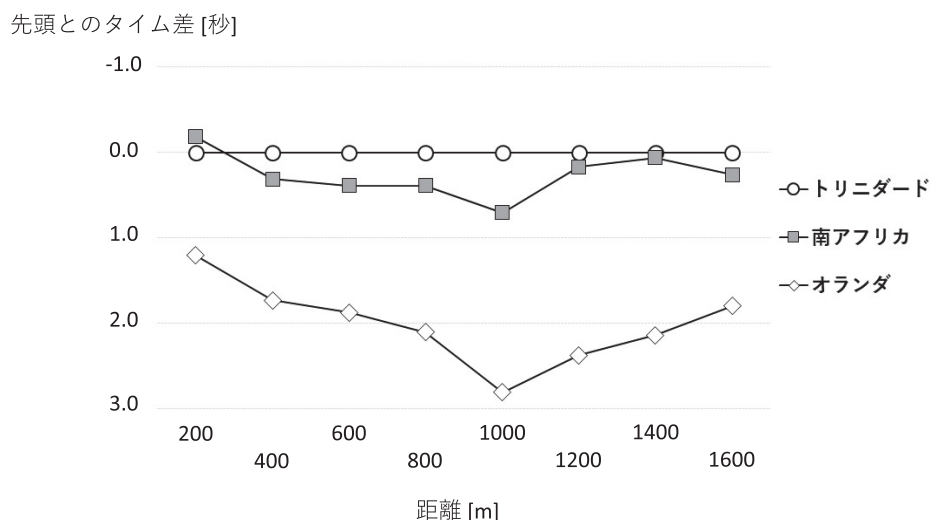


図3 横浜世界リレー予選 3組の先頭とのスプリットタイム差

オーバーゾーン後半 10 m の走速度（次走者走速度）を分析するために、テークオーバーゾーンの入り口の延長線上とゴールラインの延長線上に残りの 1-2 台のカメラを配置した。残りの 1 台は各走者の 200 m 通過地点と 400 m 通過地点を撮影するために、バックスタンドの 200 m 通過地点の延長線上に配置した。1 走の 200 m 通過地点は既存の校正点が存在しないため、予めグラウンドに校正点を計測し、1 コーナーに配置した 2-4 台のカメラで静止画および動画にて校正点を撮影した。

2-3. 分析方法と分析項目

映像分析には動画再生および編集ソフト (QuickTimePro7, Apple, USA) を使い、スターターの閃光をゼロフレームとして、各校正点をトルソーが通過したフレームを求めた。分析対象レースにおける 1 走の 200 m 通過地点の分析に際し、グラウ

ンド上のラインや観客席の位置関係を手掛かりに、Overlay 方式での分析 (持田ら 2007) を行った。その後、通過フレームと撮影時の fps の逆数との積から通過タイムを求めた。得られた通過タイムから 200 m と 400 m それぞれのラップタイム、200 m ごとのトップチームとのタイム差を算出した。ドーハ世界選手権では、上述の項目に加えて 20 m のテークオーバーゾーンタイム (20 m バトンタイム) とテークオーバーゾーン後半 10 m 区間の次走者の走速度を求め、次走者走速度と 20 m のバトンゾーンに要した時間との相関関係についても検討した。相関関係の有意差にはピアソンの積率相関係数を用い、有意水準を 5% 未満とした。

3. 結果および考察

横浜世界リレーが行われた 2019 年 5 月時点の自

表2 ドーハ世界選手権に出場した選手の2019年10月時点の自己ベストタイムとその平均値

| ラウンド | 国名 | 記録 [m:秒] | 順位 | 組 | レーン | 1走 [秒] | 2走 [秒] | 3走 [秒] | 4走 [秒] | 平均 [秒] |
|----------|--------|----------------|----------|----------|----------|------------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------------------|--------------|
| 決勝 | アメリカ | 2:56.69 | 1 | - | 4 | Kerley 43.64 | Cherry 44.66 | London 44.47 | Benjamin 44.31 | 44.27 |
| | ジャマイカ | 2:57.90 | 2 | - | 5 | Bloomfield 43.94 | Allen 44.13 | Thomas 45.47 | Gaye 44.46 | 44.50 |
| | ベルギー | 2:58.78 | 3 | - | 8 | Sacoor 45.03 | Vanderbemden 45.65 | D.Borlée 45.55 | K.Borlée 44.56 | 45.20 |
| | コロンビア | 2:59.50 | 4 | - | 6 | Perlaza 44.86 | Palomeque 45.25 | Sokis 46.22 | Zambrano 44.15 | 45.12 |
| | トリニダード | 3:00.74 | 5 | - | 2 | Guevara 45.26 | Richards 45.21 | Lendore 44.36 | Cedenio 44.01 | 44.71 |
| 予選 1組 | アメリカ | 2:59.89 | 1 | 1 | 3 | Richard 44.7 | Norwood 44.4 | London 44.47 | Strother 44.29 | 44.47 |
| | コロンビア | 3:01.06 | 2 | 1 | 4 | Perlaza 44.86 | Palomeque 45.25 | Solis 46.22 | Zambrano 44.15 | 45.12 |
| | イタリア | 3:01.60 | 3 | 1 | 6 | Scotti 45.84 | Aceti 45.92 | Galvan 45.12 | Re 44.77 | 45.41 |
| | イギリス | 3:01.96 | 4 | 1 | 4 | Chalmers 45.64 | Yousif 44.54 | Thompson 46.4 | Rooney 44.45 | 45.26 |
| | 日本 | 3:02.05 | 5 | 1 | 3 | ウォルシュ 45.13 | 飯塚 - | 佐藤 45.58 | 若林 45.81 | 45.51 |
| 予選 2組 | ジャマイカ | 3:00.76 | 1 | 2 | 7 | Bloomfield 43.94 | Allen 44.13 | Thomas 45.47 | Francis 44.5 | 44.51 |
| | ベルギー | 3:00.87 | 2 | 2 | 4 | D.Borlée 45.55 | Watrín 45.64 | Sacoor 45.03 | K.Borlée 44.56 | 45.20 |
| | トリニダード | 3:01.35 | 3 | 2 | 7 | Guevara 45.26 | Richards 45.21 | Alfred 44.36 | Lendore 44.36 | 44.80 |
| | 南アフリカ | 3:02.06 | 4 | 2 | 5 | Phora 45.19 | Isaacs 45.39 | Dikgale 45.66 | Mokaleng 45.02 | 45.32 |

己ベストをみると、予選2組において日本は2位のベルギーや3位のフランスよりも平均で0.1秒以上遅く、決勝ではイギリスよりも0.31秒遅かったが、順位ではそれらの国を上回っていた(表1)。日本が順位で上回れた要因として、日本代表選手が横浜世界リレーにピーキングを合わせられたことと自国開催という優位性が影響したと考えられる。ドーハ世界選手権では、ベルギーが予選と決勝それぞれで自己ベストでは上回る国に先着していた(表2)。これらの結果は、シーズンの中で最重要となる試合にシーズンのピーキングを合わせることができれば、日本が世界大会でも決勝に進出し、上位入賞ができる可能性があることを示すものである。

横浜世界リレーの予選2組において、日本は1走のウォルシュ選手が400mをトップで通過し、2走の井本選手から4走の若林選手まで先頭を堅持して1着で決勝に進出した(表3, 表5, 図2)。4×400mリレーは個々の走力が記録や順位に大きく影響するリレー種目である(小林ら 2018)ことを考慮すると、ウォルシュ選手が1走の先頭で400mを通過したことで、2走以降で日本が優位にレースを展開できたと考えられる。2走以降は井本選手と佐藤選手がそれぞれ45.71秒と45.31秒、若林選手が46.11秒の400mラップタイムを記録しており、4人全員が安定した走りをできたことも決勝進出を果

たすことができた主要因の1つと考えられる。決勝では、ウォルシュ選手が46.05秒で400mを通過し、2走以降は全員が45秒台のラップタイムを記録していた。結果的に4位に入賞することができたが、決勝の記録は3:03.24秒であり、日本記録(3:00.76秒)よりも2.5秒近く遅かったことを考慮すると、今後、更なる記録の短縮が図れば、世界大会で表彰台に上がる可能性が高まることを示唆する結果であった。

横浜世界リレー決勝で優勝したトリニダードトバゴは日本記録に近い記録(3:00.81秒)であり、特に4走のCedenio選手は44.23秒の400mラップタイムを記録していた(表5)。同選手の400m自己ベストタイムは44.01秒であったこと踏まえると、Cedenio選手のラップタイムは突出して速いタイムということではない。しかし、こういった傑出した走力を持つ選手がいない日本にとっては、リレーを走る4人全員の走力の向上が不可欠であり、1人ずつのラップタイムを0.1秒単位で短縮させていくことが世界大会での安定した好成績につながると考えられる。

ドーハ世界選手権予選1組のラップタイムをみると、1走のウォルシュ選手が記録した45.14秒は予選全体のトップタイムであり、決勝を合わせても3番目の好タイムであった(表6)。日本は残念なが

表3 横浜世界リレーにおける200 m毎のスプリットタイム

| ラウンド | 国名 | 記録 | 1走 | | 2走 | | 3走 | | 4走 | |
|----------|-----------|----------------|--------------|--------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | | | 200m [秒] | 400m [秒] | 200m [秒] | 400m [秒] | 200m [秒] | 400m [秒] | 200m [秒] | 400m [秒] |
| 決勝 | トリニダード | 3:00.81 | 21.86 | 46.08 | 1:06.52 | 1:30.89 | 1:51.41 | 2:16.59 | 2:37.06 | 3:00.81 |
| | ジャマイカ | 3:01.57 | 21.71 | 45.86 | 1:06.72 | 1:30.78 | 1:51.65 | 2:16.19 | 2:37.16 | 3:01.57 |
| | ベルギー | 3:02.70 | 22.19 | 46.70 | 1:07.06 | 1:32.03 | 1:52.68 | 2:17.55 | 2:38.45 | 3:02.70 |
| | 日本 | 3:03.24 | 21.60 | 46.05 | 1:06.90 | 1:31.65 | 1:52.53 | 2:17.28 | 2:38.02 | 3:03.24 |
| | イギリス | 3:04.96 | 22.09 | 46.58 | 1:07.48 | 1:33.19 | 1:54.40 | 2:19.30 | 2:40.66 | 3:04.96 |
| 予選 1組 | アメリカ | 3:02.06 | 21.69 | 44.89 | 1:06.43 | 1:30.92 | 1:52.67 | 2:16.29 | 2:38.02 | 3:02.06 |
| | ジャマイカ | 3:02.67 | 21.54 | 45.55 | 1:07.02 | 1:30.79 | 1:52.55 | 2:17.00 | 2:38.12 | 3:02.67 |
| | イギリス | 3:03.11 | 21.62 | 46.06 | 1:07.33 | 1:31.73 | 1:53.11 | 2:17.61 | 2:38.93 | 3:03.11 |
| 予選 2組 | 日本 | 3:02.55 | 21.39 | 45.41 | 1:06.05 | 1:31.12 | 1:52.01 | 2:16.44 | 2:37.84 | 3:02.55 |
| | ベルギー | 3:03.70 | 21.87 | 45.85 | 1:06.92 | 1:31.78 | 1:52.95 | 2:17.76 | 2:39.38 | 3:03.70 |
| | フランス | 3:04.11 | 22.32 | 45.78 | 1:06.52 | 1:32.54 | 1:53.15 | 2:18.34 | 2:40.74 | 3:04.11 |
| 予選 3組 | トリニダード | 3:02.49 | 21.86 | 45.62 | 1:06.53 | 1:30.71 | 1:51.71 | 2:16.60 | 2:38.42 | 3:02.49 |
| | 南アフリカ | 3:02.77 | 21.67 | 45.93 | 1:06.92 | 1:31.09 | 1:52.41 | 2:16.77 | 2:38.48 | 3:02.77 |
| | オランダ | 3:04.30 | 23.06 | 47.35 | 1:08.40 | 1:32.81 | 1:54.51 | 2:18.97 | 2:40.55 | 3:04.30 |

先頭とのタイム差 [秒]

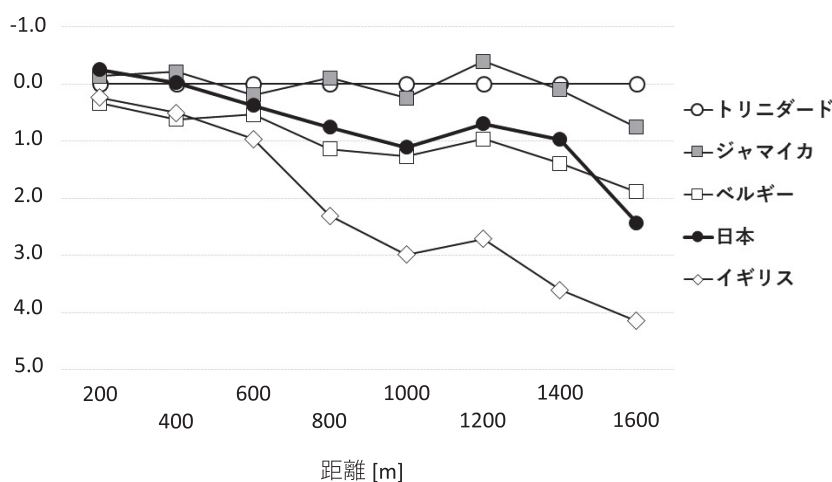


図4 横浜世界リレー決勝の先頭とのスプリットタイム差

ら決勝進出を果たすことはできなかったが、1走でウォルシュ選手が先頭で2走とのバトンパスを行えたことで、2走以降の選手が上位でレースを展開できる契機となった。2走以降のラップタイムをみると、全員が45秒台のラップタイムを記録しており、1走のウォルシュ選手と合わせて総合的に速いラップタイムを記録できたことが2019年の世界ランキング9位の成績につながったと考えられる。しかし、日本は3走の200m通過地点では先頭でレースを展開することができていたが、結果的には予選1組を5位という結果で決勝進出を果たすことはできなかったことから(表4, 図5)、4人全員の走力の向上が課題であることが窺える。男子4×400mリレーは2走以降がテークオーバーゾーン前半10mで加速しながらラップタイムが計測されるため、個人で走る400mフラットレースの記録よりも0.5秒以上タイムを短縮できると推測される。よって、世界大会での予選通過や日本記録を更新するためには、ウォルシュ選手に加えて400mのフラットレー

スを45秒中盤で走ることができる選手を3名揃えることが求められる。今回同世界選手権を走った中で、飯塚選手は主に100mと200mを専門としているため、400mの記録はないが、佐藤選手と若林選手はそれぞれ45.58秒と45.81秒の自己ベストを記録している。彼らを中心に多くの選手が400mの自己ベストを更新することができれば、日本記録の更新や世界大会での決勝進出がより現実的なものになると考えられる。

ドーハ世界選手権の決勝では、優勝したアメリカと2位のジャマイカは1走でそれぞれ44.51秒と44.81秒を記録していた(表6)。また、分析を行った上位5か国の2走以降は44秒台から45秒台前半のラップタイムを記録しており、最も遅いラップタイムでも45.22秒(トリニダードトバゴ3走)であった。一方で、アメリカの2走(Cherry選手)のラップタイムは43.54秒であったことから、アメリカはレース前半の1-2走から集団の前でレースを展開することで、リレー全体を優位に展開できていた

表4 ドーハ世界選手権における200m毎のスプリットタイム

| ラウンド | 国名 | 記録 | 1走 | | 2走 | | 3走 | | 4走 | |
|----------|-----------|----------------|--------------|--------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | | | 200m [秒] | 400m [秒] | 200m [秒] | 400m [秒] | 200m [秒] | 400m [秒] | 200m [秒] | 400m [秒] |
| 決勝 | アメリカ | 2:56.69 | 21.25 | 44.51 | 1:04.73 | 1:28.05 | 1:49.23 | 2:12.48 | 2:32.96 | 2:56.69 |
| | ジャマイカ | 2:57.90 | 21.25 | 44.81 | 1:05.14 | 1:29.09 | 1:49.42 | 2:13.29 | 2:34.27 | 2:57.90 |
| | ベルギー | 2:58.78 | 21.65 | 45.18 | 1:05.63 | 1:29.79 | 1:50.54 | 2:14.56 | 2:35.65 | 2:58.78 |
| | コロンビア | 2:59.50 | 21.60 | 45.23 | 1:05.57 | 1:30.04 | 1:51.40 | 2:15.05 | 2:36.06 | 2:59.50 |
| | トリニダード | 3:00.74 | 22.27 | 45.92 | 1:05.90 | 1:30.34 | 1:51.80 | 2:15.56 | 2:36.32 | 3:00.74 |
| 予選 1組 | アメリカ | 2:59.89 | 21.24 | 45.44 | 1:05.62 | 1:30.46 | 1:52.09 | 2:15.13 | 2:36.35 | 2:59.89 |
| | コロンビア | 3:01.06 | 21.50 | 45.35 | 1:06.16 | 1:30.70 | 1:51.71 | 2:16.55 | 2:37.95 | 3:01.06 |
| | イタリア | 3:01.60 | 22.11 | 46.30 | 1:07.53 | 1:31.74 | 1:53.30 | 2:17.18 | 2:38.41 | 3:01.60 |
| | イギリス | 3:01.96 | 21.69 | 45.51 | 1:06.33 | 1:30.40 | 1:51.59 | 2:16.37 | 2:37.65 | 3:01.96 |
| | 日本 | 3:02.05 | 21.73 | 45.14 | 1:05.89 | 1:30.52 | 1:51.32 | 2:16.46 | 2:37.66 | 3:02.05 |
| 予選 2組 | ジャマイカ | 3:00.76 | 21.52 | 45.20 | 1:05.80 | 1:30.21 | 1:50.28 | 2:15.34 | 2:36.83 | 3:00.76 |
| | ベルギー | 3:00.87 | 21.67 | 45.50 | 1:06.16 | 1:30.74 | 1:51.55 | 2:16.27 | 2:37.36 | 3:00.87 |
| | トリニダード | 3:01.35 | 21.38 | 46.11 | 1:06.68 | 1:30.74 | 1:51.75 | 2:16.49 | 2:37.55 | 3:01.35 |
| | 南アフリカ | 3:02.06 | 21.74 | 45.27 | 1:05.91 | 1:30.65 | 1:51.68 | 2:16.45 | 2:37.56 | 3:02.06 |

先頭とのタイム差 [秒]

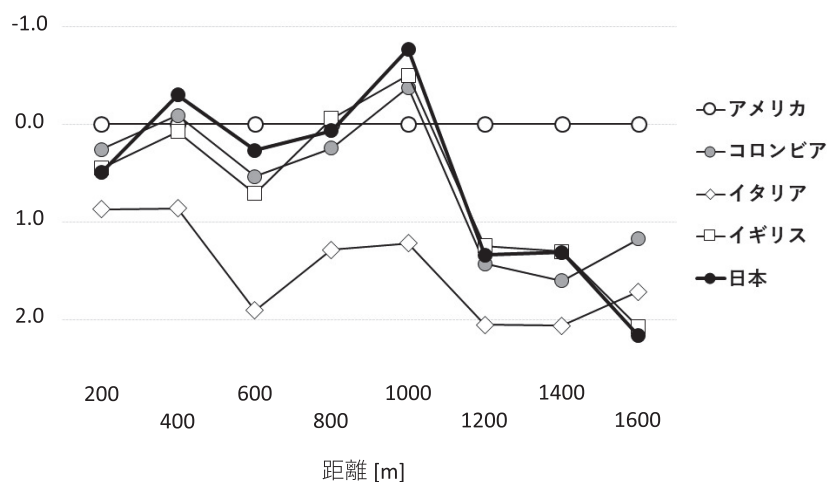


図5 ドーハ世界選手権予選1組の先頭とのスプリットタイム差

先頭とのタイム差 [秒]

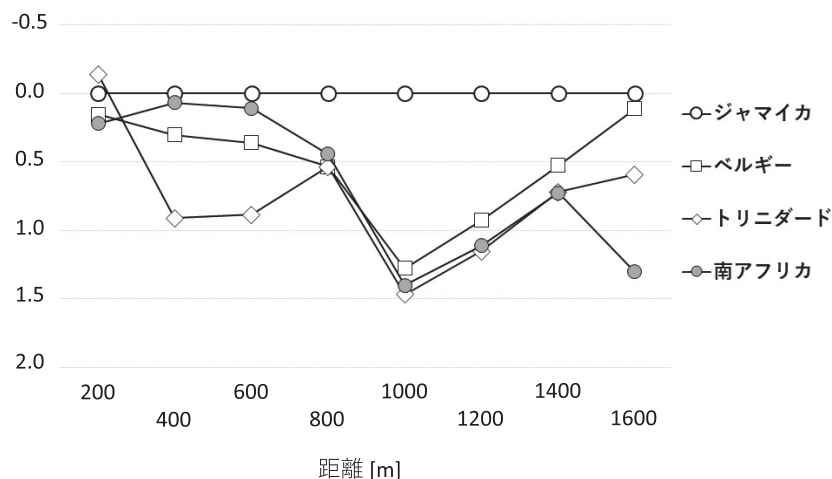


図6 ドーハ世界選手権予選2組の先頭とのスプリットタイム差

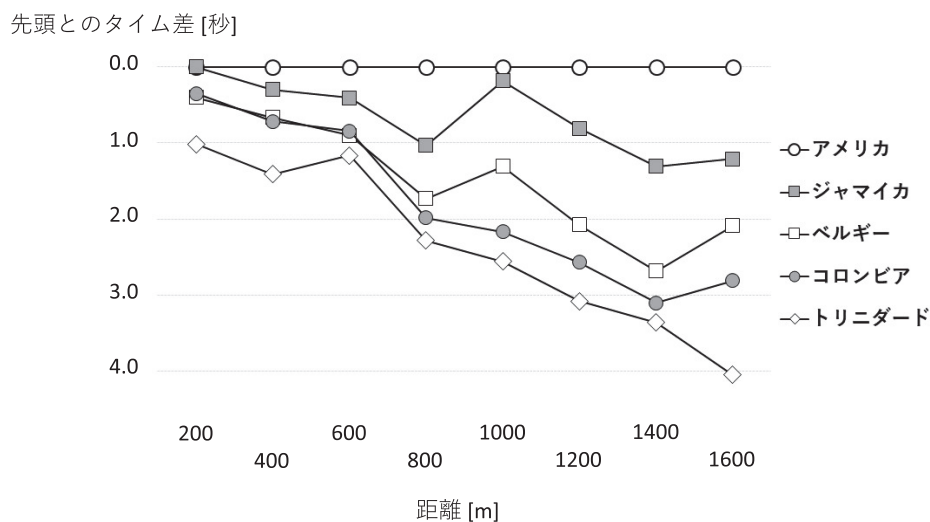


図7 ドーハ世界選手権決勝の先頭とのスプリットタイム差

表5 横浜世界リレーにおける各走者の400 mおよび前後半それぞれの200 mのラップタイム

| ラウンド | 国名 | 記録 | 順位 | 1走 | | 2走 | | 3走 | | 4走 | |
|----------|-----------|----------------|----------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | | | | 0-400m [秒] | | 0-400m [秒] | | 0-400m [秒] | | 0-400m [秒] | |
| | | | | 0-200m [秒] | 200-400m [秒] | 0-200m [秒] | 200-400m [秒] | 0-200m [秒] | 200-400m [秒] | 0-200m [秒] | 200-400m [秒] |
| 決勝 | トリニダード | 3:00.81 | 1 | 46.08 | | 44.81 | | 45.70 | | 44.23 | |
| | | | | 21.86 | 24.22 | 20.45 | 24.37 | 20.52 | 25.18 | 20.47 | 23.76 |
| | ジャマイカ | 3:01.57 | 2 | 45.86 | | 44.92 | | 45.40 | | 45.39 | |
| | | | | 21.71 | 24.15 | 20.85 | 24.07 | 20.87 | 24.53 | 20.97 | 24.42 |
| | ベルギー | 3:02.70 | 3 | 46.70 | | 45.33 | | 45.52 | | 45.15 | |
| | | | 22.19 | 24.51 | 20.36 | 24.97 | 20.65 | 24.87 | 20.90 | 24.25 | |
| | 日本 | 3.03.24 | 4 | 46.05 | | 45.60 | | 45.63 | | 45.96 | |
| | | | | 21.60 | 24.45 | 20.85 | 24.75 | 20.87 | 24.76 | 20.75 | 25.22 |
| | イギリス | 3:04.96 | 5 | 46.58 | | 46.61 | | 46.10 | | 45.66 | |
| | | | | 22.09 | 24.49 | 20.90 | 25.71 | 21.20 | 24.90 | 21.36 | 24.30 |
| 予選 1組 | アメリカ | 3:02.06 | 1 | 44.89 | | 46.03 | | 45.36 | | 45.77 | |
| | | | | 21.69 | 23.21 | 21.54 | 24.49 | 21.75 | 23.62 | 21.74 | 24.04 |
| | ジャマイカ | 3:02.67 | 2 | 45.55 | | 45.25 | | 46.21 | | 45.66 | |
| | | | | 21.54 | 24.01 | 21.47 | 23.77 | 21.76 | 24.45 | 21.12 | 24.54 |
| | イギリス | 3:03.11 | 3 | 46.06 | | 45.66 | | 45.89 | | 45.50 | |
| | | | | 21.62 | 24.44 | 21.26 | 24.40 | 21.39 | 24.50 | 21.31 | 24.19 |
| 予選 2組 | 日本 | 3:02.55 | 1 | 45.41 | | 45.71 | | 45.31 | | 46.11 | |
| | | | | 21.39 | 24.02 | 20.64 | 25.08 | 20.89 | 24.42 | 21.40 | 24.71 |
| | ベルギー | 3:03.70 | 2 | 45.85 | | 45.93 | | 45.99 | | 45.94 | |
| | | | | 21.87 | 23.97 | 21.07 | 24.86 | 21.17 | 24.82 | 21.61 | 24.32 |
| | フランス | 3:04.11 | 3 | 45.78 | | 46.76 | | 45.80 | | 45.76 | |
| | | | | 22.32 | 23.46 | 20.74 | 26.03 | 20.60 | 25.19 | 22.40 | 23.37 |
| 予選 3組 | トリニダード | 3:02.49 | 1 | 45.62 | | 45.09 | | 45.90 | | 45.89 | |
| | | | | 21.86 | 23.77 | 20.91 | 24.17 | 21.00 | 24.89 | 21.81 | 24.07 |
| | 南アフリカ | 3:02.77 | 2 | 45.93 | | 45.16 | | 45.68 | | 45.98 | |
| | | | | 21.67 | 24.26 | 20.99 | 24.17 | 21.32 | 24.36 | 21.71 | 24.27 |
| | オランダ | 3:04.30 | 3 | 47.35 | | 45.46 | | 46.16 | | 45.31 | |
| | | | | 23.06 | 24.29 | 21.05 | 24.41 | 21.71 | 24.46 | 21.58 | 23.73 |

といえる(図7)。同世界選手権決勝の400 mラップタイムを勘案すると、メダル獲得には2-4走が遅くとも44秒台のラップタイムでバトンをつなぐ必要がある。4位のコロンビアや5位のトリニダードトバゴであっても、自己ベストが44秒台の選手が複数名エントリーしていたことから、やはり日本の400 m選手全体の走力の向上が必要であることが明らかになった。

前半200 mラップタイムをみると、横浜世界リレーの上位に入賞した国の2走以降の選手の多くは20秒台中盤から21秒台中盤で、ドーハ世界選手権

では19秒台中盤から21秒台中盤で通過していた(表5, 表6)。これらの結果は、2018年に行われたアジア大会の決勝のラップタイムよりも速く(小林ら2018)、世界大会の競技レベルの高さを裏付けるものである。一方、日本は両大会ともに2-4走の前半200 mのラップタイムが20秒台中盤から21秒台中盤で通過しており、横浜世界リレー決勝では4走の200 m通過地点まで、ドーハ世界選手権予選1組では3走200 m通過地点まで先頭とのタイム差は1秒以内であった(図4, 図5)。しかしながら、同世界選手権決勝で上位に入賞した国は後半200 m

表6 ドーハ世界選手権における各走者の400 mおよび前後半それぞれの200 mのラップタイム

| ラウンド | 国名 | 記録 | 順位 | 1走 | | 2走 | | 3走 | | 4走 | |
|----------|-----------|----------------|----------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | | | | 0-400m [秒] | | 0-400m [秒] | | 0-400m [秒] | | 0-400m [秒] | |
| | | | | 0-200m [秒] | 200-400m [秒] | 0-200m [秒] | 200-400m [秒] | 0-200m [秒] | 200-400m [秒] | 0-200m [秒] | 200-400m [秒] |
| 決勝 | アメリカ | 2:56.69 | 1 | 21.25 | 23.26 | 20.22 | 23.32 | 21.18 | 23.25 | 20.48 | 23.73 |
| | ジャマイカ | 2:57.90 | 2 | 21.25 | 23.56 | 20.33 | 23.95 | 20.33 | 23.87 | 20.98 | 23.63 |
| | ベルギー | 2:58.78 | 3 | 21.65 | 23.52 | 20.45 | 24.16 | 20.75 | 24.02 | 21.09 | 23.13 |
| | コロンビア | 2:59.50 | 4 | 21.60 | 23.62 | 20.35 | 24.47 | 21.36 | 23.65 | 21.01 | 23.44 |
| | トリニダード | 3:00.74 | 5 | 22.27 | 23.65 | 19.98 | 24.44 | 21.45 | 23.77 | 20.76 | 24.42 |
| 予選 1組 | アメリカ | 2:59.89 | 1 | 21.24 | 24.20 | 20.19 | 24.83 | 21.63 | 23.04 | 21.22 | 23.54 |
| | コロンビア | 3:01.06 | 2 | 21.50 | 23.85 | 20.81 | 24.54 | 21.01 | 24.84 | 21.40 | 23.11 |
| | イタリア | 3:01.60 | 3 | 22.11 | 24.19 | 21.23 | 24.22 | 21.56 | 23.87 | 21.23 | 23.19 |
| | イギリス | 3:01.96 | 4 | 21.69 | 23.82 | 20.82 | 24.07 | 21.19 | 24.78 | 21.28 | 24.31 |
| | 日本 | 3:02.05 | 5 | 21.73 | 23.41 | 20.75 | 24.63 | 20.80 | 25.14 | 21.20 | 24.39 |
| 予選 2組 | ジャマイカ | 3:00.76 | 1 | 21.52 | 23.68 | 20.60 | 24.41 | 20.07 | 25.07 | 21.49 | 23.93 |
| | ベルギー | 3:00.87 | 2 | 21.67 | 23.83 | 20.65 | 24.58 | 20.81 | 24.72 | 21.09 | 23.51 |
| | トリニダード | 3:01.35 | 3 | 21.38 | 24.73 | 20.57 | 24.06 | 21.00 | 24.75 | 21.05 | 23.80 |
| | 南アフリカ | 3:02.06 | 4 | 21.74 | 23.53 | 20.64 | 24.74 | 21.03 | 24.77 | 21.10 | 24.50 |

表7 ドーハ世界選手権におけるテークオーバーゾーン20 mのバトンパスタime

| ラウンド | 国名 | 1-2走 [s] | 2-3走 [s] | 3-4走 [s] | 平均 [s] |
|----------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 決勝 | アメリカ | 2.49 | 2.49 | 2.44 | 2.47 |
| | ジャマイカ | 2.44 | 2.64 | 2.68 | 2.59 |
| | ベルギー | 2.48 | 2.57 | 2.60 | 2.55 |
| | コロンビア | 2.53 | 2.77 | 2.58 | 2.62 |
| | トリニダード | 2.34 | 2.78 | 2.72 | 2.61 |
| 予選 1組 | アメリカ | 2.57 | 2.97 | 2.59 | 2.71 |
| | コロンビア | 2.43 | 2.72 | 2.70 | 2.62 |
| | イタリア | 2.54 | 2.74 | 2.74 | 2.67 |
| | イギリス | 2.40 | 2.69 | 2.66 | 2.59 |
| | 日本 | 2.51 | 2.64 | 2.54 | 2.56 |
| 予選 2組 | ジャマイカ | 2.53 | 2.54 | 2.78 | 2.61 |
| | ベルギー | 2.44 | 2.69 | 2.65 | 2.59 |
| | トリニダード | 2.52 | 2.64 | 2.64 | 2.60 |
| | 南アフリカ | 2.70 | 2.59 | 2.99 | 2.76 |

のラップタイムが23秒前半から24秒台中盤であったのに対して、日本は予選でウォルシュ選手を除いて24秒台中盤から25秒台前半のラップタイムであった。この要因の1つとして、前半200mがオーバーペースになっており、結果的に後半の200mでの走速度の低下率が大きくなった可能性が考えられる。前半200mのラップタイムを遅くすることは、他国に先行され、先頭集団でレースを展開できなくなる可能性が高まるため得策ではないと考えられる。したがって、余裕を持って前半200mのラップタイムを20秒台後半から21秒台中盤で走るためには、最高走速度を高めることが重要な要素の1

つになると考えられる。最高走速度を高め、他国の速い前半200mの走速度に余裕を持って対応することができれば、後半200mの走速度の低下率を抑えることができ、400mラップタイムの短縮が図れると推察される。

ドーハ世界選手権の20mバトンタイムについて、予選1組の3区間平均タイムは日本の2.56秒が最も短く(表7)、このタイムは予選と決勝すべてのタイムの中でも最も短いタイムであった。また、テークオーバーゾーン後半10m区間の次走者の走速度も日本は平均で8.14m/秒であり、予選1組では最も速く、予選と決勝を合わせた全体の走速度で

表8 ドーハ世界選手権における次走者のテークオーバーゾーン後半10 m区間の走速度

| ラウンド | 国名 | 1-2走 [m/s] | 2-3走 [m/s] | 3-4走 [m/s] | 平均 [m/s] |
|----------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 決勝 | アメリカ | 8.75 | 7.99 | 8.44 | 8.39 |
| | ジャマイカ | 8.50 | 7.59 | 7.54 | 7.88 |
| | ベルギー | 8.56 | 7.68 | 8.21 | 8.15 |
| | コロンビア | 8.62 | 7.59 | 7.64 | 7.95 |
| | トリニダード | 8.88 | 6.89 | 8.05 | 7.94 |
| 予選 1組 | アメリカ | 8.38 | 6.05 | 7.27 | 7.23 |
| | コロンビア | 8.62 | 7.84 | 7.68 | 8.05 |
| | イタリア | 7.99 | 7.22 | 7.09 | 7.44 |
| | イギリス | 8.33 | 7.54 | 7.89 | 7.92 |
| | 日本 | 8.44 | 7.59 | 8.38 | 8.14 |
| 予選 2組 | ジャマイカ | 8.33 | 8.21 | 7.59 | 8.04 |
| | ベルギー | 8.44 | 7.89 | 8.33 | 8.22 |
| | トリニダード | 8.21 | 7.78 | 7.73 | 7.91 |
| | 南アフリカ | 8.21 | 7.54 | 6.81 | 7.52 |

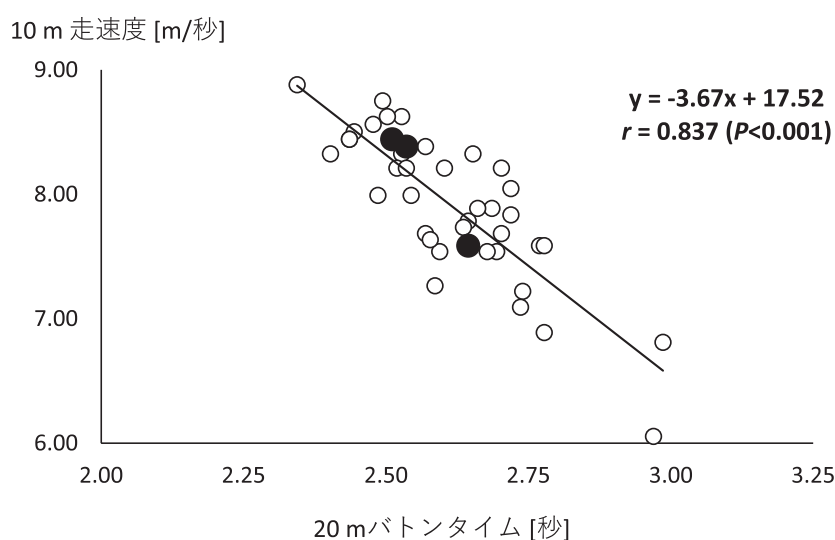


図8 20 m バトンタイムと次走者のテークオーバーゾーン後半10 m 区間の走速度との相関関係 (○：全測定値，●：ドーハ世界選手権決勝の日本代表の値)

も4番目に高い平均走速度であった(表8)。4×400 m リレーではトラックを1周する走力が求められるため、次走者は全力で加速し続けることが必ずしも400 m ラップタイムの短縮につながるわけではないが、次走者が加速した状態でバトンを受け取ることができれば、ラップタイム短縮に寄与する可能性は十分に考えられる。本研究において、20 m バトンタイムとテークオーバーゾーン後半10 m 区間の次走者の走速度との間には有意な負の相関関係($P < 0.001$)が認められたことから(図8)、テークオーバーゾーンでの円滑なバトンパスが次走者のスムーズな加速につながると考えられる。小林ら(2018)は4×400 m リレーにおいてバトンパスの位置がテークオーバーゾーンの中心で行われた場合の20 m バトンパスタイムが短いことを報告しており、このことがドーハ世界選手権のバトンパスにおいても当てはまると推察される。今後、バトンパスにも注

力し、世界大会において0.01 秒単位でもタイムを短縮することができれば、日本が再び決勝の舞台で活躍することができる可能性は高まるといえよう。

4. まとめ

2019年に行われた横浜世界リレーおよびドーハ世界選手権の男子4×400 m リレーにおけるレースパターンの傾向や日本代表と他国との差異について検討した結果、以下のことが明らかになった。

- ・横浜世界リレーの予選では、ウォルシュ選手が1走の400 m を先頭で通過したことで、2走以降日本が優位にレースを展開でき、2走以降も安定した走りをできたことが決勝進出を果たせた主要因の1つであった
- ・日本の4×400 m リレーの選手には自己ベストが44秒台の選手がいない現状を踏まえると、リレー

を走る4人全員の走力の向上が不可欠であり、1人ずつのラップタイムを0.1秒単位で短縮させていくことが世界大会での安定した好成績につながるといえる

- ・ドーハ世界選手権の決勝では、優勝したアメリカと2位のジャマイカは1走でそれぞれ44秒台のラップタイムを記録しており、アメリカは終始先頭でレースを展開していたことから、日本の400m選手全体の走力の向上が必要であることが明らかになった
- ・今回の分析対象レースにおいて、日本は2-4走の前半200mのラップタイムが20秒台後半から21秒台中盤で通過していたことから、前半200mは他国と同等のレースを展開できていた
- ・一方で、後半200mのラップタイムは世界大会の上位入賞国と比較して1秒程度下回っていたことから、最高走速度を高めることで余裕を持って前半200mを走り、後半200mの走速度の低下率を抑えることが重要な要素の1つであった
- ・ドーハ世界選手権の20mバトンタイムについて、日本の3区間平均タイムは他国と比較して最も短く、テークオーバーゾーン後半10m区間の次走者の平均走速度も高かったことから次走者が加速した状態でバトンを受け取ることができていたといえる

文献

広川龍太郎, 松林武生, 小林海, 高橋恭平, 松尾彰文, 柳谷登志雄, 土江寛裕, 苅部俊二, 杉田正明 (2016) 男子ナショナルチーム・4×100mリレーのバイオメカニクスサポート研究報告(第6報) - 2016リオオリンピック決勝上位チームの傾向など。陸上競技研究紀要, 12: 104-110.

小林海, 大沼勇人, 吉本隆哉, 岩山海渡, 高橋恭平, 松林武生, 広川龍太郎, 松尾彰文, 土江寛裕, 苅部俊二 (2017) 日本代表男子4×100mリレーのバイオメカニクスサポート～2017ロンドン世界選手権における日本代表と上位チームとの比較～。陸上競技研究紀要, 13: 183-189.

小林海, 高橋恭平, 山中亮, 渡辺圭祐, 松林武生, 広川龍太郎 (2018) 2018年シーズンにおける男子4×400mリレーのレース分析～ジャカルタアジア大会と日本選手権リレーの分析結果について～。陸上競技研究紀要, 14: 180-184.

小林海, 山中亮, 高橋恭平, 松林武生, 広川龍太郎, 松尾彰文, 杉田正明 (2017) 日本選手権リレーに

おけるU18男女混合4×400mリレーのレース分析。陸上競技研究紀要, 13: 190-196.

持田尚, 松尾彰文, 柳谷登志雄, 矢野隆照, 杉田正明, 阿江通良 (2007) Overlay表示技術を用いた陸上競技400m走レースの時間分析。陸上競技研究紀要, 3: 9-15.

杉田正明, 広川龍太郎, 松尾彰文, 川本和久, 高野進, 阿江通良 (2007) 4×100m, 4×400mリレーについて。陸上競技学会誌, 6: 21-26.

Rowbottom M. (2017) Men's 4x400m Final - IAAF World Championships London 2017. Available at: www.iaaf.org.

2019 年度主要競技会における男女混合 4 × 400m のレース分析

大沼 勇人¹⁾ 小林 海²⁾ 松林武生³⁾ 高橋恭平⁴⁾ 山中 亮⁵⁾ 渡辺圭佑⁶⁾ 綿谷貴志⁷⁾
広川龍太郎⁸⁾

1) 関西福祉大学 2) 東京経済大学 3) 国立スポーツ科学センター 4) 鹿児島大学
5) 新潟食料農業大学 6) 日本スポーツ振興センター 7) 八戸学院大学 8) 東海大学

1. はじめに

2020 年の東京オリンピックでの男女混合 4 × 400 m リレー実施に向けて、2019 年の主要な国際大会（第 23 回アジア陸上競技選手権大会，第 4 回 IAAF 世界リレー選手権，第 17 回世界陸上競技選手権大会）において、男女混合 4 × 400 m リレーが実施され、日本代表もそれらの国際大会に出場した。特に、ドーハ世界選手権は来年の東京オリンピックの出場権のかかる大会であり、決勝に進出できれば東京オリンピックの出場権を獲得できる大会であった。残念ながら、日本代表は予選 2 組目 8 位で決勝進出を逃し、東京オリンピック出場権の獲得には至らなかったが、3:18.77 は日本記録（従来の記録は、世界リレーで記録した 3:19.71）を 0.94 秒更新するものであり、世界ランキングも 16 位（2019 年 10 月現在）と、東京オリンピック出場への可能性を残す結果であった。

男女混合 4 × 400 m リレーは男女の出場選手だけでなく、走順を個々のチームが任意に決めることができることが国際ルールで定められている。そのため、個々の 400 m 走のタイムに加えて、男女の走順が順位を決める一因となり、特に日本国内では女子の走力が重要であることが報告されている（小林ら 2018, 小林ら 2017）。世界大会における男女の走順の傾向を見ると、「男子→女子→女子→男子」の走順が標準化しつつあり、これまでの報告（小林ら 2018, 小林ら 2017）においてもその優位性が指摘されている。一方、ドーハ世界選手権において、日本代表は「女子→男子→男子→女子」の走順で臨んだ結果として日本記録の更新に至った。

本報告では、2019 年シーズンに科学委員会が測定を実施した国内外の対象競技会における男女混合 4 × 400m のレース分析結果について報告する。

2. 方法

2-1. 対象競技会

- ・第 23 回アジア陸上競技選手権大会（4 月 19 - 24 日，カタール・ドーハ）（以下，「アジア選手権」）
- ・第 4 回 IAAF 世界リレー選手権（5 月 11 - 12 日，神奈川）（以下，「世界リレー」）
- ・2019 世界陸上競技選手権大会（9 月 27 日 - 10 月 6 日，カタール・ドーハ）（以下，「世界選手権」）

2-2. 対象チーム

対象チームは、アジア選手権では日本を含む決勝上位 5 チーム，世界リレーでは決勝上位 5 チームと予選各組上位 3 チーム，世界選手権では決勝上位 5 チームと日本を含む予選各組上位 4 チームとした。

2-3. 撮影方法

レースの撮影には 4 台のデジタルビデオカメラ（LumixDMC-FZ300, Panasonic, JAPAN）を用いて、スタートおよびゴールの撮影を行える位置、200 m の通過位置、テイクオーバーゾーン入口および出口延長線上に測定者を配置し、サンプリングレートを 59.94 fps に設定し、全選手がフィニッシュラインを通過するまでレース映像を撮影した（小林ほか 2017）。レース映像はスタート時のスターターの閃光を撮影した後、パンニング方式で先頭の選手を撮影し続け、200 m のラップタイムと 400 m のラップタイムを測定するために、先頭の選手が校正点を通り過ぎてから、最後の選手が校正点を通り過ぎるまで撮影位置を校正点で固定した。撮影に際し、1 走の 200 m 通過地点および 1-2 走のバトン受け渡し地点（1 走 400 m 通過地点）を撮影するために、1 走の撮影では、1 台のカメラを 1-2 コーナーから、もう 1 台のカメラを 3-4 コーナーから撮影を行った。その後、各走者の 200 m 通過地点と 400 m 通

表 1 アジア選手権決勝における選手名および自己ベスト記録

| ラウンド | チーム | 記録[分:秒] | 順位 | レーン | 1走 | 2走 | 3走 | 4走 |
|------|--------|---------|----|-----|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|--------------------------|
| | バーレーン | 3:15.75 | 1 | 4 | ISAH M 46.21 M | YUSUF JAMAL A 55.41 W | NASER S 49.08 W | ABUBAKER A 45.17 M |
| | インド | 3:16.47 | 2 | 5 | YAHYA MA - M | MACHETTIRA PR 52.46 W | VELLUVAKOROTH V - W | RAJIV A 45.37 M |
| 決勝 | 日本 | 3:20.29 | 3 | 8 | 若林 康太 45.81 M | 武石 この実 53.47 W | 稲岡 真由 54.07 W | 佐藤 拳太郎 45.58 M |
| | カザフスタン | 3:20.73 | 4 | 6 | GOLENDOVA S 53.97 W | SOKOLOV A 47.19 M | MIKHINA E 52.09 W | LITVIN M 45.25 M |
| | 中国 | 3:21.51 | 5 | 2 | HE K - W | YU Y - M | HUANG G 53.10 W | FENG Z 46.59 M |

表 2 アジア選手権決勝における 200 m 毎のスプリットタイム

| ラウンド | チーム | 記録[分:秒] | 1走 | | 2走 | | 3走 | | 4走 | |
|------|--------|---------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | | 200m | 400m | 600m | 800m | 1000m | 1200m | 1400m | 1600m |
| | バーレーン | 3:15.75 | 22.24 | 46.63 | 70.62 | 99.50 | 123.20 | 150.65 | 172.56 | 195.75 |
| | インド | 3:16.47 | 21.60 | 45.76 | 71.95 | 98.08 | 122.84 | 150.70 | 172.64 | 196.47 |
| 決勝 | 日本 | 3:20.29 | 22.07 | 46.56 | 71.08 | 100.17 | 124.65 | 154.50 | 175.91 | 200.29 |
| | カザフスタン | 3:20.73 | 24.26 | 53.99 | 76.48 | 102.12 | 126.56 | 155.46 | 176.99 | 200.73 |
| | 中国 | 3:21.51 | 25.16 | 54.37 | 76.63 | 102.05 | 126.41 | 155.47 | 176.64 | 201.51 |

過地点を撮影するためにフィニッシュラインと 200 m 通過地点の延長線上にそれぞれ撮影位置を移動して撮影を続けた。また、1 走の 200 m 通過地点は既存の校正点が存在しないため、予めグラウンドに校正点を計測し、1 走の撮影位置から予め静止画および動画にて校正点を撮影した。

2-4. 分析方法

映像分析には動画再生および編集ソフト(QuickTimePro7, Apple, USA)を用い、スターターの閃光をゼロフレームとして、各校正点をトルソーが通過したフレームを求めた。1 走の 200 m 通過地点の分析に際し、グラウンド上のラインや観客席の位置関係を手掛かりに、Overlay 方式での分析(持田ら 2007)を行った。その後、通過フレームと

撮影時の fps の逆数との積から通過タイムを求めた。得られた通過タイムから、各走者の 400m, 前半 200m(0-200m 区間), 後半 200m(200-400m 区間) ラップタイムを算出した。男女別 200 m, 400m ラップタイムの平均値、各走者のパーソナルベストに対する達成率の観点から、世界選手権における日本チームを比較した。

3. 結果と考察

表 1-3 に、アジア選手権決勝における各走者名、パーソナルベストおよび性別(表 1), 200m ごとの通過タイム(表 2), 各走者の 400m, 前半 200m(0-200m 区間), 後半 200m(200-400m 区間)のラップタイム(表 3)を示す。

表3 アジア選手権決勝における各走者の400mおよび前後半それぞれの200mのラップタイム

| ラウンド | チーム | 記録[分:秒] | 1走 | | 2走 | | 3走 | | 4走 | |
|----------|---------|---------|--------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|
| | | | 0-400m | | 0-400m | | 0-400m | | 0-400m | |
| | | | 0-200m | 200m-400m | 0-200m | 200m-400m | 0-200m | 200m-400m | 0-200m | 200m-400m |
| バーレーン | 3:15.75 | 45.13 | | 53.07 | | 50.86 | | 45.34 | | |
| | | 22.24 | 24.39 | 23.99 | 28.88 | 23.70 | 27.45 | 21.91 | 23.18 | |
| インド | 3:16.47 | 44.34 | | 52.14 | | 52.57 | | 46.08 | | |
| | | 21.60 | 24.16 | 26.18 | 26.13 | 24.76 | 27.86 | 21.94 | 23.83 | |
| 決勝 日本 | 3:20.29 | 45.31 | | 53.25 | | 54.19 | | 46.16 | | |
| | | 22.07 | 24.49 | 24.52 | 29.09 | 24.48 | 29.85 | 21.40 | 24.38 | |
| カザフスタン | 3:20.73 | 52.49 | | 48.25 | | 53.24 | | 45.43 | | |
| | | 24.26 | 29.73 | 22.49 | 25.64 | 24.44 | 28.90 | 21.53 | 23.74 | |
| 中国 | 3:21.51 | 52.90 | | 47.60 | | 53.50 | | 46.05 | | |
| | | 25.16 | 29.21 | 22.26 | 25.42 | 24.36 | 29.06 | 21.17 | 24.87 | |

表4 世界リレーにおける選手名および自己ベスト記録

| ラウンド | チーム | 記録[分:秒] | 順位 | 組 | レーン | 1st | 2nd | 3rd | 4th |
|-----------|---------|---------|----|---|-------------------------|--------------------------|----------------------|----------------------|-----|
| アメリカ | 3:16.43 | 1 | - | 4 | My'Lik Kerley | Joanna Atkins | Jasmine Blocker | Dontavius Wright | |
| | | | | | 44.85 | 50.39 | 51.46 | 45.12 | |
| カナダ | 3:18.15 | 2 | - | 5 | Austin Cole | Aiyana-Brigitte Stiverne | Zoe Sherar | Philip Osei | |
| | | | | | 45.90 | 51.86 | 52.34 | 45.23 | |
| 決勝 ケニア | 3:19.43 | 3 | - | 8 | Jarel Nyambweke Momanyi | Maureen Nyatichi Thomas | Hellen Syombua | Aron Kipchumba Koech | |
| | | | | | 45.13 | 52.09 | 51.09 | 46.76 | |
| イタリア | 3:20.28 | 4 | - | 6 | Giuseppe Leonardi | Virginia Troiani | Chiara Bazzoni | Alessandro Sibilio | |
| | | | | | 46.19 | 53.53 | 52.06 | 46.48 | |
| ポーランド | 3:20.65 | 5 | - | 2 | Przemysław Waściński | Małgorzata Hołub-Kowalik | Justyna Saganiak | Patryk Dobek | |
| | | | | | 46.14 | 51.18 | 53.00 | 46.12 | |
| ベルギー | 03:18.0 | 1 | 1 | 3 | Julien Watrin | Camille Laus | Liefde Schoemaker | Dylan Borlée | |
| | | | | | 45.64 | 51.49 | 53.38 | 45.55 | |
| ブラジル | 3:18.26 | 2 | 1 | 4 | Lucas Carvalho | Tiffani Silva Marinho | Cristiane Silva | Alexander Russo | |
| | | | | | 45.37 | 52.21 | 52.91 | 45.55 | |
| ジャマイカ | 3:18.47 | 3 | 1 | 6 | Fitzroy Dunkley | Janieve Russell | Ronda Whyte | Jamari Rose | |
| | | | | | 45.06 | 51.17 | 52.42 | 45.68 | |
| カナダ | 3:16.78 | 1 | 2 | 4 | Austin Cole | Aiyana-Brigitte Stiverne | Alicia Brown | Philip Osei | |
| | | | | | 45.90 | 51.86 | 51.84 | 45.23 | |
| 予選 ドイツ | 3:16.85 | 2 | 2 | 3 | Tobias Lange | Laura Müller | Nadine Gonska | Torben Junker | |
| | | | | | 46.31 | 51.69 | 52.00 | 46.17 | |
| ケニア | 3:16.90 | 3 | 2 | 7 | Jarel Nyambweke Momanyi | Maureen Nyatichi Thomas | Hellen Syombua | Aron Kipchumba Koech | |
| | | | | | 45.13 | 52.09 | 51.09 | 46.76 | |
| ポーランド | 3:15.46 | 1 | 3 | 4 | Kajetan Duszyński | Patrycja Wyciszkiewicz | Justyna Święty-Erseć | Karol Zalewski | |
| | | | | | 45.98 | 51.31 | 50.41 | 45.11 | |

表4-6に、世界リレーにおける各走者名、パーソナルベストおよび性別(表4)、200mごとの通過タイム(表5)、各走者の400m、前半200m(0-200m区間)、後半200m(200-400m区間)のラップタイム(表6)を示す。

表7-9に、世界選手権における各走者名、パーソナルベストおよび性別(表7)、200mごとの通過タイム(表8)、各走者の400m、前半200m(0-200m区間)、後半200m(200-400m区間)のラップタイム(表9)を示す。

図1・2に、日本チームが分析対象となったアジ

ア選手権決勝(図1)、世界選手権予選2組(図2)200m区間ごとの優勝および先頭チームとのタイム差を示す。

日本が分析対象となったアジア選手権決勝および世界選手権予選を取り上げ、以下の通り報告する。

アジア選手権決勝においては、日本を含む1-3位に入賞したチームの走順は、M-W-W-Mであり、他2チームはW-M-W-Mの走順であった。日本チームは、800m地点までは先頭集団でレースを展開していたが、1000m地点で単独となり、1200m地点で3-5位集団に入り、レースを展開することとなった。アジ

表5 世界リレーにおける200 m毎のスプリットタイム

| ラウンド | チーム | 記録[分:秒] | 1走 | | 2走 | | 3走 | | 4走 | |
|------|-------|---------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | | 200m | 400m | 600m | 800m | 1000m | 1200m | 1400m | 1600m |
| 決勝 | アメリカ | 3:16.43 | 22.01 | 45.73 | 70.20 | 98.08 | 122.06 | 150.10 | 171.61 | 196.43 |
| | カナダ | 3:18.15 | 22.02 | 46.71 | 70.42 | 99.18 | 123.53 | 151.70 | 173.09 | 198.15 |
| | ケニア | 3:19.43 | 22.22 | 47.01 | 71.60 | 100.05 | 123.88 | 152.85 | 174.26 | 199.43 |
| | イタリア | 3:20.28 | 22.57 | 46.80 | 71.51 | 100.65 | 125.76 | 153.97 | 176.37 | 200.28 |
| | ポーランド | 3:20.65 | 22.69 | 47.65 | 72.50 | 99.47 | 124.11 | 154.14 | 176.61 | 200.65 |
| 予選 | ベルギー | 3:18.03 | 22.52 | 46.50 | 71.41 | 99.11 | 123.87 | 152.25 | 174.09 | 188.03 |
| | ブラジル | 3:18.26 | 22.37 | 46.18 | 70.05 | 98.10 | 123.14 | 152.08 | 173.92 | 188.26 |
| | ジャマイカ | 3:18.47 | 22.12 | 46.91 | 70.85 | 98.25 | 122.62 | 151.67 | 173.73 | 188.47 |
| | カナダ | 3:16.78 | 21.95 | 46.86 | 70.15 | 98.47 | 122.71 | 150.45 | 171.91 | 196.78 |
| | ドイツ | 3:16.85 | 22.49 | 45.80 | 69.97 | 97.25 | 121.98 | 150.46 | 172.06 | 196.84 |
| | ケニア | 3:16.90 | 21.94 | 46.41 | 71.40 | 98.82 | 122.96 | 150.78 | 172.71 | 196.90 |
| | ポーランド | 3:15.46 | 22.52 | 47.30 | 71.46 | 98.26 | 122.42 | 149.34 | 171.25 | 195.46 |
| | アメリカ | 3:16.01 | 24.27 | 52.17 | 73.62 | 97.95 | 122.36 | 150.48 | 171.29 | 196.01 |
| | イタリア | 3:16.12 | 21.96 | 45.46 | 69.57 | 97.00 | 118.04 | 143.74 | 167.79 | 196.12 |

表6 世界リレーにおける各走者の400 mおよび前後半それぞれの200 mのラップタイム

| ラウンド | チーム | 記録[分:秒] | 1走 | | 2走 | | 3走 | | 4走 | |
|------|-------|---------|--------|----------------|--------|----------------|--------|----------------|--------|----------------|
| | | | 0-400m | | 0-400m | | 0-400m | | 0-400m | |
| | | | 0-200m | 200m-400m | 0-200m | 200m-400m | 0-200m | 200m-400m | 0-200m | 200m-400m |
| 決勝 | アメリカ | 3:16.43 | 22.01 | 45.73 23.72 | 24.47 | 52.35 27.88 | 23.97 | 52.02 28.04 | 21.51 | 46.33 24.81 |
| | カナダ | 3:18.15 | 22.02 | 46.71 24.69 | 23.71 | 52.47 28.76 | 24.35 | 52.52 28.17 | 21.39 | 46.45 25.06 |
| | ケニア | 3:19.43 | 22.22 | 47.01 24.79 | 24.58 | 53.04 28.45 | 23.83 | 52.80 28.97 | 21.40 | 46.58 25.18 |
| | イタリア | 3:20.28 | 22.57 | 46.80 24.22 | 24.72 | 53.85 29.14 | 25.11 | 53.32 28.21 | 22.40 | 46.30 23.91 |
| | ポーランド | 3:20.65 | 22.69 | 47.65 24.96 | 24.85 | 51.82 26.97 | 24.64 | 54.67 30.03 | 22.47 | 46.51 24.04 |
| 予選 | ベルギー | 3:18.03 | 22.52 | 46.50 23.97 | 24.92 | 52.61 27.69 | 24.77 | 53.14 28.38 | 21.84 | 45.78 23.94 |
| | ブラジル | 3:18.26 | 22.37 | 46.18 23.81 | 23.87 | 51.92 28.04 | 25.04 | 53.98 28.94 | 21.85 | 46.18 24.34 |
| | ジャマイカ | 3:18.47 | 22.12 | 46.91 24.79 | 23.94 | 51.33 27.39 | 24.37 | 53.42 29.05 | 22.06 | 46.80 24.74 |
| | カナダ | 3:16.78 | 21.95 | 46.86 24.92 | 23.29 | 51.60 28.31 | 24.24 | 51.99 27.74 | 21.46 | 46.33 24.87 |
| | ドイツ | 3:16.85 | 22.49 | 45.80 23.31 | 24.17 | 51.44 27.28 | 24.73 | 53.21 28.48 | 21.60 | 46.38 24.77 |
| | ケニア | 3:16.90 | 21.94 | 46.41 24.47 | 24.98 | 52.40 27.42 | 24.14 | 51.97 27.83 | 21.92 | 46.11 24.19 |
| | ポーランド | 3:15.46 | 22.52 | 47.30 24.77 | 24.17 | 50.97 26.80 | 24.16 | 51.08 26.92 | 21.91 | 46.12 24.21 |
| | アメリカ | 3:16.01 | 24.27 | 52.17 27.89 | 21.45 | 45.78 24.33 | 24.42 | 52.54 28.12 | 20.80 | 45.53 24.72 |
| | イタリア | 3:16.12 | 21.96 | 45.46 23.51 | 24.11 | 51.53 27.43 | 21.05 | 46.75 25.70 | 24.05 | 52.38 28.33 |

表7 世界選手権における選手名および自己ベスト記録

| ラウンド | チーム | 記録[分:秒] | 順位 | 組 | レーン | 1st | 2nd | 3rd | 4th |
|-------|---------|---------|----|---|-----------------------------|--|--------------------------------------|--|------------------------------------|
| 決勝 | アメリカ | 3:09.34 | 1 | - | 5 | Wilbert LONDON 44.47 M | Allyson FELIX 49.26 W | Courtney OKOLO 49.71 W | Michael CHERRY 44.66 M |
| | ジャマイカ | 3:11.78 | 2 | - | 4 | Nathon ALLEN 44.13 M | Roneisha MCGREGOR 51.36 W | Tiffany JAMES 51.32 W | Javon FRANCIS 44.50 M |
| | バーレーン | 3:11.82 | 3 | - | 9 | Musa ISAH 46.21 M | Aminat JAMAL 55.12 W | Salwa Eid NASER 48.14 W | Abbas Abubakar ABBAS 44.90 M |
| | イギリス | 3:12.27 | 4 | - | 3 | Rabah YOUSIF 44.54 M | Zoey CLARK 51.36 W | Emily DIAMOND 51.23 W | Martyn ROONEY 44.45 M |
| ポーランド | 3:12.33 | 5 | - | 7 | Wiktor SUWARA 46.17 M | Rafal OMELKO 45.14 M | Iga BAUMGART-WITAN 51.02 W | Justyna ŚWIĘTY-ERSETIC 50.41 W | |
| 予選 | アメリカ | 3:12.42 | 1 | 1 | 6 | Tyrell RICHARD 44.70 M | Jessica BEARD 50.08 W | Jasmine BLOCKER 51.46 W | Obi IGBOKWE 44.94 M |
| | ジャマイカ | 3:12.73 | 2 | 1 | 7 | Nathon ALLEN 44.13 M | Janieve RUSSELL 51.17 W | Roneisha MCGREGOR 51.36 W | Javon FRANCIS 44.50 M |
| | バーレーン | 3:12.74 | 3 | 1 | 2 | Musa ISAH 46.21 M | Aminat JAMAL 55.12 W | Salwa Eid NASER 48.14 W | Abbas Abubakar ABBAS 44.90 M |
| | イギリス | 3:12.80 | 1 | 1 | 8 | Rabah YOUSIF 44.54 M | Zoey CLARK 51.36 W | Emily DIAMOND 51.23 W | Martyn ROONEY 44.45 M |
| | ポーランド | 3:15.47 | 2 | 2 | 8 | Wiktor SUWARA 46.17 M | Anna KIELBASINSKA 51.51 W | Malgorzata HOLUB-KOWALIK 51.18 W | Rafal OMELKO 45.14 M |
| | ブラジル | 3:16.12 | 3 | 2 | 3 | Anderson FREITAS HENRIQUES 44.95 M | Tiffani SILVA MARINHO 51.84 W | Geisa Aparecida COUTINHO 51.08 W | Lucas CARVALHO 45.37 M |
| | インド | 3:16.14 | 1 | 2 | 2 | Yahiya MUHAMMED ANAS 45.21 M | Velluva Koroth VISMAYA 52.12 W | Jisna MATHEW 52.65 W | Noah Nirmal TOM 45.75 M |
| | ベルギー | 3:16.16 | 2 | 2 | 5 | Robin VANDERBEMDEN 45.65 M | Camille LAUS 51.49 W | Imke VERVAET 53.22 W | Dylan BORLÉE 45.55 M |
| 日本 | 3:18.77 | 3 | 2 | 9 | Seika AOYAMA 52.85 W | Kota WAKABAYASHI 45.81 M | Tomoya TAMURA 45.84 M | Saki TAKASHIMA 53.31 W | |

表8 世界選手権における200 m毎のスプリットタイム

| ラウンド | チーム | 記録[分:秒] | 1走 | | 2走 | | 3走 | | 4走 | |
|------|---------|---------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | | 200m | 400m | 600m | 800m | 1000m | 1200m | 1400m | 1600m |
| 決勝 | アメリカ | 3:09.34 | 21.86 | 44.88 | 68.18 | 95.25 | 119.10 | 145.16 | 165.12 | 189.34 |
| | ジャマイカ | 3:11.78 | 21.75 | 45.43 | 68.61 | 96.28 | 119.44 | 146.74 | 167.71 | 191.78 |
| | バーレーン | 3:11.82 | 21.83 | 46.46 | 69.84 | 98.38 | 121.25 | 147.48 | 168.36 | 191.82 |
| | イギリス | 3:12.27 | 22.03 | 45.46 | 69.19 | 97.05 | 120.25 | 147.41 | 168.79 | 192.27 |
| | ポーランド | 3:12.33 | 22.24 | 46.00 | 67.24 | 91.06 | 115.45 | 142.19 | 165.99 | 192.33 |
| 予選 | アメリカ | 3:12.42 | 21.49 | 44.98 | 68.51 | 95.70 | 120.68 | 147.00 | 167.78 | 192.42 |
| | ジャマイカ | 3:12.73 | 21.87 | 45.18 | 68.99 | 96.80 | 121.06 | 147.96 | 168.92 | 192.73 |
| | バーレーン | 3:12.74 | 21.89 | 46.13 | 70.72 | 98.58 | 121.97 | 148.45 | 169.41 | 192.74 |
| | イギリス | 3:12.80 | 21.91 | 45.87 | 69.25 | 96.75 | 120.89 | 147.63 | 168.79 | 192.80 |
| | ポーランド | 3:15.47 | 22.50 | 45.91 | 70.45 | 97.77 | 122.46 | 148.63 | 170.45 | 195.47 |
| | ブラジル | 3:16.12 | 21.49 | 46.13 | 70.17 | 97.58 | 122.49 | 150.31 | 172.51 | 196.12 |
| | インド | 3:16.14 | 21.62 | 45.85 | 69.99 | 97.80 | 121.93 | 149.47 | 172.71 | 196.14 |
| | ベルギー | 3:16.16 | 21.49 | 45.93 | 70.65 | 97.73 | 122.77 | 150.22 | 172.19 | 196.16 |
| 日本 | 3:18.77 | 25.29 | 53.18 | 74.35 | 98.83 | 120.60 | 145.15 | 171.65 | 198.77 | |

表9 世界選手権における各走者の400mおよび前後半それぞれの200mのラップタイム

| ラウンド | チーム | 記録[分:秒] | 1走 | | 2走 | | 3走 | | 4走 | | | | | |
|------|-------|---------|--------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|-------|-------|-------|-------|
| | | | 0-400m | | 0-400m | | 0-400m | | 0-400m | | | | | |
| | | | 0-200m | 200m-400m | 0-200m | 200m-400m | 0-200m | 200m-400m | 0-200m | 200m-400m | | | | |
| 決勝 | アメリカ | 3:09.34 | 21.86 | 44.88 | 23.02 | 23.30 | 50.37 | 27.07 | 23.86 | 49.92 | 26.06 | 19.96 | 44.18 | 24.22 |
| | ジャマイカ | 3:11.78 | 21.75 | 45.43 | 23.68 | 23.18 | 50.85 | 27.67 | 23.16 | 50.46 | 27.29 | 20.97 | 45.04 | 24.07 |
| | バーレーン | 3:11.82 | 21.83 | 46.46 | 24.63 | 23.38 | 51.92 | 28.54 | 22.87 | 49.10 | 26.23 | 20.88 | 44.34 | 23.46 |
| | イギリス | 3:12.27 | 22.03 | 45.46 | 23.43 | 23.73 | 51.58 | 27.85 | 23.21 | 50.36 | 27.15 | 21.38 | 44.86 | 23.48 |
| | ポーランド | 3:12.33 | 22.24 | 46.00 | 23.76 | 21.25 | 45.06 | 23.82 | 24.39 | 51.13 | 26.74 | 23.80 | 50.14 | 26.34 |
| 予選 | アメリカ | 3:12.42 | 21.49 | 44.98 | 23.49 | 23.53 | 50.72 | 27.19 | 24.98 | 51.30 | 26.32 | 20.78 | 45.42 | 24.64 |
| | ジャマイカ | 3:12.73 | 21.87 | 45.18 | 23.31 | 23.81 | 51.62 | 27.81 | 24.27 | 51.17 | 26.90 | 20.95 | 44.77 | 23.81 |
| | バーレーン | 3:12.74 | 21.89 | 46.13 | 24.24 | 24.59 | 52.45 | 27.86 | 23.39 | 49.87 | 26.48 | 20.96 | 44.29 | 23.33 |
| | イギリス | 3:12.80 | 21.91 | 45.87 | 23.96 | 23.38 | 50.88 | 27.49 | 24.14 | 50.88 | 26.74 | 21.16 | 45.17 | 24.01 |
| | ポーランド | 3:15.47 | 22.50 | 45.91 | 23.42 | 24.54 | 51.86 | 27.32 | 24.69 | 50.86 | 26.17 | 21.81 | 46.84 | 25.02 |
| | ブラジル | 3:16.12 | 21.49 | 46.13 | 24.64 | 24.04 | 51.45 | 27.41 | 24.91 | 52.73 | 27.82 | 22.20 | 45.81 | 23.61 |
| | インド | 3:16.14 | 21.62 | 45.85 | 24.22 | 24.15 | 51.95 | 27.80 | 24.13 | 51.68 | 27.54 | 23.24 | 46.67 | 23.43 |
| | ベルギー | 3:16.16 | 21.49 | 45.93 | 24.44 | 24.72 | 51.80 | 27.08 | 25.04 | 52.49 | 27.44 | 21.97 | 45.94 | 23.97 |
| | 日本 | 3:18.77 | 25.29 | 53.18 | 27.89 | 21.17 | 45.65 | 24.48 | 21.76 | 46.31 | 24.55 | 26.51 | 53.62 | 27.12 |
| | | | | 25.29 | 27.89 | 21.17 | 24.48 | 21.76 | 24.55 | 26.51 | 27.12 | | | |

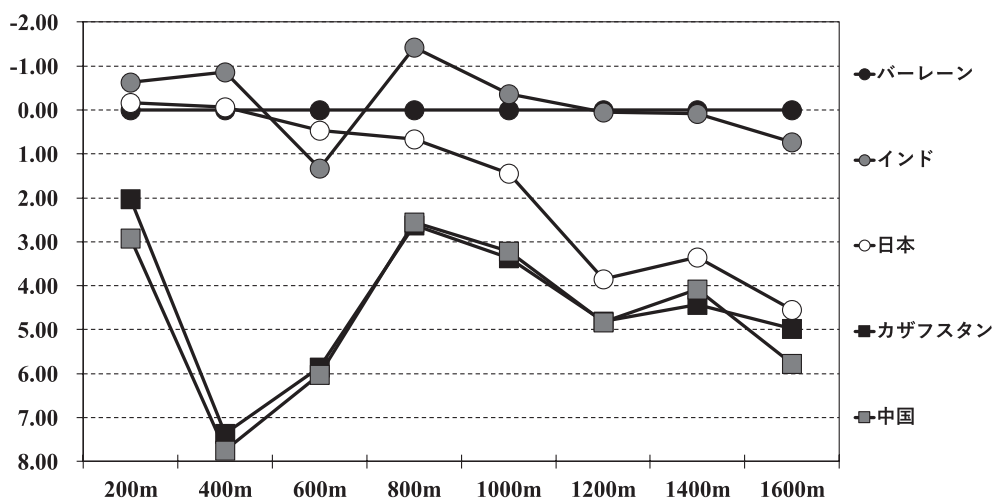


図1 アジア選手権決勝の先頭とのスプリットタイム差

ア選手権決勝を走った選手のパーソナルベストに関する情報が少ないが、優勝したバーレーンのパーソナルベストの合計は195.9秒、日本の合計は198.9秒であり、3.0秒の差があった。一方、レースタイムの差は4.54秒であり、パーソナルベスト差よりも大きい値となった。各走者におけるパーソナルベストに対する達成率の平均値は、バーレーンが $100.6 \pm 3.4\%$ であったのに対し、日本は $100.0 \pm 1.4\%$ と低値となった。この結果は、チーム全体として日本はバーレーンよりも実力発揮ができていなかったものを示すものであり、その要因のひとつとして、走順の設定として適切ではなかった可能性が

ある。

世界選手権予選においては、日本以外のチームの走順はM-W-W-Mであり、日本はW-M-M-Wという従来になかった走順で東京オリンピック参加出場枠獲得に挑んだ。日本チームは、400m時点でトップ通過したポーランドよりも7.27秒遅れとなったが、1000m時点で先頭に立ち、1200m時点では3.49秒リードし、先頭でレースを展開した。しかしながら、1400m時点ではポーランドに交わされ2位となり、ゴール時点では3.30秒の差、予選通過となったベルギーとは2.61秒の差をつけられ、東京オリンピック参加出場枠獲得には至らなかった。

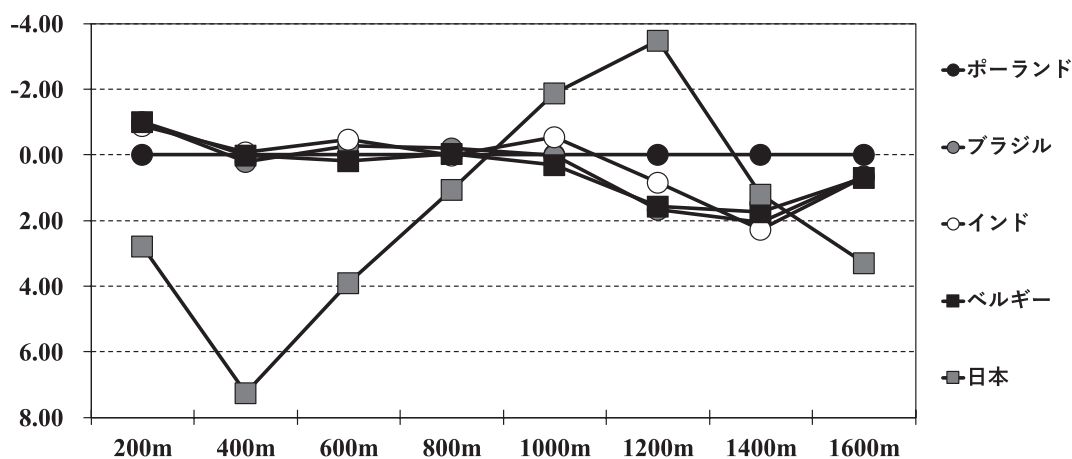
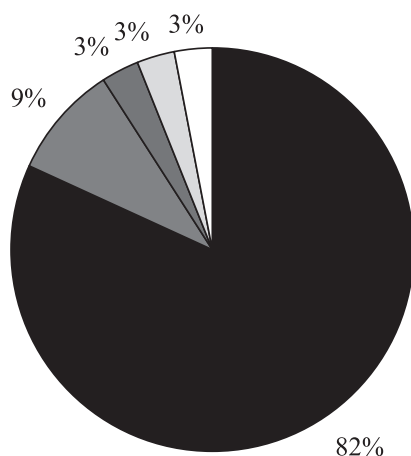


図2 世界選手権予選2組の先頭とのスプリットタイム差



■MWWM ■WMWM ■MWMW □MMWW □WMMW
図3 2019年度の分析対象となったチームにおける走順パターンの割合

ポーランドのパーソナルベストの合計は194.0秒、ベルギーのパーソナルベストの合計は195.9秒、日本のパーソナルベストの合計は197.8秒であり、ポーランドとは3.8秒、ベルギーとは1.9秒の差があった。一方、レースタイムの差は、ポーランドとは3.3秒、ベルギーとは2.6秒となり、パーソナルベスト差よりも大きくなったチームもあれば、小さくなったチームもあった。各走者におけるパーソナルベストに対する達成率の平均値は、ポーランドが $99.2 \pm 2.1\%$ 、ベルギーが $99.8 \pm 1.0\%$ であったのに対し、日本が $99.5 \pm 0.6\%$ であった。この結果は、日本の実力発揮は他国と比較しても大きな差異がないことを示すものであり、予選組の中で唯一異なっていた走順は必ずしもネガティブな結果ではなかったと考えられる。

図3は、分析対象となったチームの走順パターンの割合を示すものである。対象となった全33チームのうち、82% (27チーム) が「M-W-W-M」、9% (3チー

ム) が「W-M-W-M」、「M-W-M-W」、「M-M-W-W」、「W-M-M-W」が各1チームあり、各3%を占めた。小林ほか(2017)が報告しているように、国内だけでなく、世界的に見ても、「M-W-W-M」の走順が一般化していると考えられる。しかしながら、決勝レースにおいても、走順として「M-W-W-M」ではないチームがあるのは、走順を変更することで、3位入賞を目指した結果であろう。世界選手権におけるポーランドは、予選では「M-W-W-M」という標準的なオーダーであったのに対して、決勝では「M-M-W-W」に走順を変更した。また、予選での記録は3:15.47であったのに対して、3:12.33であり、ナショナルレコードの更新に至っている。最適な走順については、参加チームや個々の400m走タイムで異なってくると考えられるが、提案法やその評価法についても今後検討する必要がある。

文献

- 小林 海，高橋 恭平，山中 亮，渡辺 圭祐，松林 武生，広川 龍太郎 (2018) 男女混合4×400mリレーのレース分析 ～2018アジア大会と日本選手権リレーの分析結果について～. 陸上競技研究紀要, 14: 185-190.
- 小林 海，山中 亮，高橋 恭平，松林 武生，広川 龍太郎，松尾 彰文，杉田 正明 (2017) 日本選手権リレーにおけるU18男女混合4×400mリレーのレース分析. 陸上競技研究紀要, 13: 190-196.
- 持田尚，松尾彰文，柳谷登志雄，矢野隆照，杉田正明，阿江通良 (2007) Overlay表示技術を用いた陸上競技400m走レースの時間分析. 陸上競技研究紀要, 3: 9-15.

国内外一流女子 100m ハードルのレース分析 — 2019 シーズンの主要競技会について —

貴嶋孝太¹⁾ 柴山一仁²⁾ 杉本和那美³⁾ 森丘保典⁴⁾ 岩崎領⁵⁾ 前村公彦⁶⁾ 金子公宏⁷⁾
1) 大阪体育大学 2) 仙台大学 3) 弘前大学 4) 日本大学 5) 東京学芸大学大学院
6) 筑波大学 7) 明治大学

1. はじめに

2019年9月1日に開催された富士北麓ワールドトライアル(富士北麓公園, 山梨県)において, 寺田明日香選手(パソナグループ)が, 女子100mハードルで12秒97(+1.2)の日本新記録を樹立した。これは, 前日本記録(13秒00. 金沢イボンヌ選手)を19年ぶりに更新し, さらに日本人初の12秒台の記録となった。

日本陸連科学委員会では, 公認競技会における女子100mハードル(以下、「100mH」とする)選手のレース分析を行い, 走速度や区間タイムなどを用いてレースの評価を行っている。本稿では, 寺田選手が日本新記録を樹立したレースを含む, 2019年シーズンに開催された主要競技会における分析結果を提示し, 競技パフォーマンスの評価およびトレーニングに応用できる資料を提供しようとした。

2. 方法

2-1. 分析対象選手, および対象競技会

分析の対象は, 国内外の女子100mH選手のべ63名であった。対象選手たちが出場した以下の7大会を分析対象競技会とした。

- ①第53回織田幹雄記念国際陸上競技大会(4月29日, 広島広域・広島)
- ②第6回木南道孝記念陸上競技大会(5月6日, ヤンマースタジアム長居・大阪)
- ③セイコーゴールデングランプリ陸上2019大阪(5月19日, ヤンマースタジアム長居・大阪)
- ④布勢スプリント2019(6月2日, 布勢総合・鳥取)
- ⑤第103回日本陸上競技選手権大会(6月29日, 博多の森・福岡)
- ⑥全国高校総体(8月8日, タピック県総ひやごん・

沖縄)

- ⑦富士北麓ワールドトライアル(9月1日, 富士北麓公園・山梨)

2-2. 測定方法, および分析項目

レース分析のためのビデオ撮影は, 観客席スタンドに設置した複数台のデジタルビデオカメラを用いて行った(239.7fps)。スタートピストルの閃光を映した後, 各選手のハードリングの踏切脚とハードリング後の最初の着地(以下、「タッチダウン」とする)が確認できるよう, 追従撮影した。

撮影した映像を基に, スタートピストルの閃光からハードルの踏切, およびタッチダウンの時間を読み取り, 各測定区間に要した時間を求めた。ハードルにおける測定区間は以下のように定義した。すなわち, アプローチとはスタートから1台目のタッチダウンまでとした。1-2区間は1台目のタッチダウンから2台目のタッチダウンまで, 2-3区間は2台目のタッチダウンから3台目のタッチダウンとして, 以降9-10区間まで同様に定義した。ランインは10台目のタッチダウンからフィニッシュまでとした。各区間の平均疾走速度(以下、「走速度」とする)は, 各区間距離を区間の時間で除すことにより求めた。また, ハードリングタイムは, 各ハードリングの踏切脚が接地した瞬間からハードリング後のリード脚が接地する瞬間までの時間とした。インターバルランタイムは, タッチダウンから次のハードリング踏切脚が接地する瞬間までの時間とした。

3. 結果と考察

各レースにおけるタッチダウンタイム, 区間タイム, インターバルランタイム, ハードリングタイム, および走速度の分析結果を表1から表7に示した。

また、各レースのアプローチとランインを除く区間の疾走速度の変化、インターバルランニングタイムの変化、およびハードリングタイムの変化を図1から図7にそれぞれ示した。また、レース記録とレース中の最高走速度の関係を図8に示した。

概ねどの選手もスタート後に走速度が高まり、レース序盤から中盤にかけて最高走速度が出現した。最高走速度が出現した後、その速度が低下しながらフィニッシュするように変化した。

記録のいい選手ほどレース序盤から中盤にかけて走速度が増加し、終盤にやや低下するパターンを示す。また、記録のいい選手はレース中の最高走速度が高いこと、さらにその走速度をできるだけ維持していることも報告されている（森田ほか，1994；川上ほか，2004；杉浦ほか，2006，柴山ほか，2010；杉本ほか，2012；貴嶋ほか，2016）。今報告における分析対象者においても、レース中の走速度の変化のしかたはこれまでの報告と同様であった。また、レース記録とレース中の最高走速度との関係についてもこれまでの報告内容を支持する結果であった。なお、寺田明日香選手が日本新記録を樹立したレースにおける最高走速度は8.53m/s(図8の○印)、レース全体（アプローチ区間とランイン区間を除く）の平均走速度は、8.28m/sであった。

4. 引用, 参考文献

川上小百合, 宮下憲, 志賀充, 谷川聡 (2004) 女子100m ハードル走のモデルタッチダウンタイムに関する研究. 陸上競技紀要, 17 : 3-11.

貴嶋孝太, 山元康平, 柴山一仁, 杉本和那美, 櫻井健一, 千葉佳裕, 森丘保典 (2016) 日本一流男子110m ハードル選手および女子100m ハードル選手のレース分析. - 2015年度主要競技会の分析結果について-. 陸上競技研究紀要, 12 : 111-117.

森田正利, 伊藤 章, 沼澤秀雄, 小木曾一之, 安井年文 (1994) スプリントハードル (110mH・100mH) および男女400mHのレース分析. 世界一流陸上競技者の技術—第3回世界陸上競技選手権大会バイオメカニクス研究班報告書—. ベースボール・マガジン社, 66-91.

柴山一仁, 川上小百合, 谷川 聡 (2010) 2007年世界陸上競技選手権大会における男子110m ハードル走および女子100m ハードル走レースの時間分析. 世界一流陸上競技者のパフォーマンスと技術—. 第11回世界陸上競技選手権大会日本陸上競技連盟バイオメカニクス研究班報告書一, 日本

陸上競技連盟, 76-85.

杉本和那美, 榎本靖士, 森丘保典, 貴嶋孝太, 松尾彰文 (2012) 100m ハードルにおけるハードルサイクルおよびステップごとにみた疾走速度の変化, 陸上競技研究紀要, 8 : 1-8.

杉浦絵里, 宮下憲, 安井年文, 一川大輔 (2006) 女子100m ハードル走における13秒台競技者のレースパターンに関する一考察. 陸上競技研究, 64 : 12-21.

表 1. 2019.04.28_織田記念陸上_女子 100mH A 決勝 レース分析結果

| 選手名 | 所属 | 記録 | 風 | ハードル→ 区間→ | 1st | 2nd | 3rd | 4th | 5th | 6th | 7th | 8th | 9th | 10th | |
|---------------|-----------|-------|------|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|---------|
| | | | | | app. | 1-2 | 2-3 | 3-4 | 4-5 | 5-6 | 6-7 | 7-8 | 8-9 | 9-10 | run in. |
| PEARSON Sally | (AUS) | 12.99 | +0.6 | タッチダウンタイム (sec) | 2.61 | 2.61 | 3.65 | 4.64 | 5.66 | 6.64 | 7.63 | 8.65 | 9.66 | 10.71 | 11.78 |
| | | | | 区間タイム (sec) | | 1.03 | 0.99 | 1.02 | 0.99 | 0.99 | 1.02 | 1.01 | 1.05 | 1.07 | 1.21 |
| | | | | インターバルランタイム (sec) | | 0.61 | 0.57 | 0.62 | 0.57 | 0.58 | 0.61 | 0.60 | 0.63 | 0.65 | 0.77 |
| | | | | ハードリングタイム (sec) | | 0.43 | 0.43 | 0.40 | 0.42 | 0.41 | 0.41 | 0.42 | 0.41 | 0.42 | 0.44 |
| | | | | 走速度(m/s) | | 8.22 | 8.56 | 8.35 | 8.60 | 8.60 | 8.35 | 8.39 | 8.12 | 7.93 | 8.70 |
| 田中佑美 | (立命館大) | 13.38 | +0.6 | タッチダウンタイム (sec) | 2.62 | 2.62 | 3.70 | 4.73 | 5.78 | 6.80 | 7.83 | 8.88 | 9.95 | 11.01 | 12.14 |
| | | | | 区間タイム (sec) | | 1.08 | 1.04 | 1.04 | 1.03 | 1.03 | 1.05 | 1.07 | 1.06 | 1.13 | 1.24 |
| | | | | インターバルランタイム (sec) | | 0.68 | 0.62 | 0.65 | 0.62 | 0.63 | 0.65 | 0.67 | 0.64 | 0.73 | 0.82 |
| | | | | ハードリングタイム (sec) | | 0.40 | 0.42 | 0.40 | 0.40 | 0.39 | 0.40 | 0.40 | 0.42 | 0.40 | 0.42 |
| | | | | 走速度(m/s) | | 7.87 | 8.18 | 8.15 | 8.28 | 8.28 | 8.12 | 7.93 | 7.99 | 7.55 | 8.45 |
| 紫村仁美 | (東邦銀行) | 13.39 | +0.6 | タッチダウンタイム (sec) | 2.69 | 2.69 | 3.75 | 4.80 | 5.85 | 6.89 | 7.92 | 8.98 | 10.03 | 11.10 | 12.19 |
| | | | | 区間タイム (sec) | | 1.07 | 1.05 | 1.05 | 1.03 | 1.03 | 1.06 | 1.05 | 1.07 | 1.08 | 1.20 |
| | | | | インターバルランタイム (sec) | | 0.63 | 0.62 | 0.63 | 0.61 | 0.61 | 0.64 | 0.63 | 0.65 | 0.66 | 0.78 |
| | | | | ハードリングタイム (sec) | | 0.43 | 0.43 | 0.42 | 0.42 | 0.43 | 0.42 | 0.43 | 0.42 | 0.42 | 0.43 |
| | | | | 走速度(m/s) | | 7.96 | 8.09 | 8.12 | 8.22 | 8.22 | 8.02 | 8.09 | 7.93 | 7.84 | 8.73 |
| 福部真子 | (日本建設工業) | 13.47 | +0.6 | タッチダウンタイム (sec) | 2.66 | 2.66 | 3.75 | 4.80 | 5.84 | 6.89 | 7.94 | 8.99 | 10.06 | 11.14 | 12.25 |
| | | | | 区間タイム (sec) | | 1.09 | 1.06 | 1.03 | 1.05 | 1.05 | 1.06 | 1.07 | 1.08 | 1.11 | 1.22 |
| | | | | インターバルランタイム (sec) | | 0.63 | 0.60 | 0.59 | 0.62 | 0.62 | 0.63 | 0.63 | 0.65 | 0.68 | 0.76 |
| | | | | ハードリングタイム (sec) | | 0.46 | 0.45 | 0.44 | 0.43 | 0.43 | 0.42 | 0.44 | 0.43 | 0.43 | 0.45 |
| | | | | 走速度(m/s) | | 7.81 | 8.06 | 8.22 | 8.09 | 8.12 | 8.06 | 7.93 | 7.87 | 7.66 | 8.63 |
| 藤森菜那 | (明治大) | 13.49 | +0.6 | タッチダウンタイム (sec) | 2.69 | 2.69 | 3.78 | 4.84 | 5.89 | 6.94 | 7.97 | 9.05 | 10.12 | 11.22 | 12.34 |
| | | | | 区間タイム (sec) | | 1.09 | 1.06 | 1.06 | 1.05 | 1.03 | 1.08 | 1.06 | 1.10 | 1.12 | 1.15 |
| | | | | インターバルランタイム (sec) | | 0.62 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.59 | 0.64 | 0.60 | 0.65 | 0.65 | 0.66 |
| | | | | ハードリングタイム (sec) | | 0.47 | 0.46 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.44 | 0.46 | 0.45 | 0.47 | 0.48 |
| | | | | 走速度(m/s) | | 7.81 | 8.06 | 8.06 | 8.12 | 8.22 | 7.87 | 7.99 | 7.72 | 7.58 | 9.14 |
| 清山ちさと | (いちご) | 13.49 | +0.6 | タッチダウンタイム (sec) | 2.72 | 2.72 | 3.84 | 4.89 | 5.94 | 6.99 | 8.03 | 9.08 | 10.14 | 11.22 | 12.32 |
| | | | | 区間タイム (sec) | | 1.12 | 1.06 | 1.05 | 1.05 | 1.04 | 1.05 | 1.06 | 1.09 | 1.10 | 1.17 |
| | | | | インターバルランタイム (sec) | | 0.68 | 0.61 | 0.63 | 0.63 | 0.61 | 0.61 | 0.62 | 0.65 | 0.65 | 0.71 |
| | | | | ハードリングタイム (sec) | | 0.43 | 0.45 | 0.43 | 0.42 | 0.43 | 0.44 | 0.44 | 0.44 | 0.45 | 0.45 |
| | | | | 走速度(m/s) | | 7.60 | 8.06 | 8.09 | 8.12 | 8.15 | 8.12 | 8.06 | 7.81 | 7.72 | 9.01 |
| 鈴木美帆 | (長谷川体育施設) | 13.62 | +0.6 | タッチダウンタイム (sec) | 2.72 | 2.72 | 3.80 | 4.87 | 5.93 | 6.97 | 8.05 | 9.12 | 10.20 | 11.29 | 12.40 |
| | | | | 区間タイム (sec) | | 1.08 | 1.07 | 1.06 | 1.04 | 1.08 | 1.06 | 1.08 | 1.09 | 1.11 | 1.22 |
| | | | | インターバルランタイム (sec) | | 0.63 | 0.63 | 0.63 | 0.61 | 0.67 | 0.65 | 0.67 | 0.66 | 0.68 | 0.77 |
| | | | | ハードリングタイム (sec) | | 0.45 | 0.44 | 0.43 | 0.43 | 0.41 | 0.42 | 0.42 | 0.43 | 0.44 | 0.45 |
| | | | | 走速度(m/s) | | 7.87 | 7.96 | 7.99 | 8.15 | 7.87 | 7.99 | 7.84 | 7.81 | 7.63 | 8.64 |
| 田中陽夏莉 | (山梨学院大) | 13.65 | +0.6 | タッチダウンタイム (sec) | 2.70 | 2.70 | 3.78 | 4.85 | 5.91 | 6.97 | 8.03 | 9.11 | 10.20 | 11.29 | 12.41 |
| | | | | 区間タイム (sec) | | 1.08 | 1.07 | 1.06 | 1.06 | 1.07 | 1.08 | 1.09 | 1.10 | 1.12 | 1.24 |
| | | | | インターバルランタイム (sec) | | 0.63 | 0.63 | 0.62 | 0.62 | 0.64 | 0.64 | 0.65 | 0.66 | 0.68 | 0.79 |
| | | | | ハードリングタイム (sec) | | 0.45 | 0.43 | 0.44 | 0.44 | 0.43 | 0.44 | 0.43 | 0.44 | 0.44 | 0.45 |
| | | | | 走速度(m/s) | | 7.84 | 7.96 | 8.06 | 8.02 | 7.96 | 7.90 | 7.81 | 7.75 | 7.60 | 8.48 |

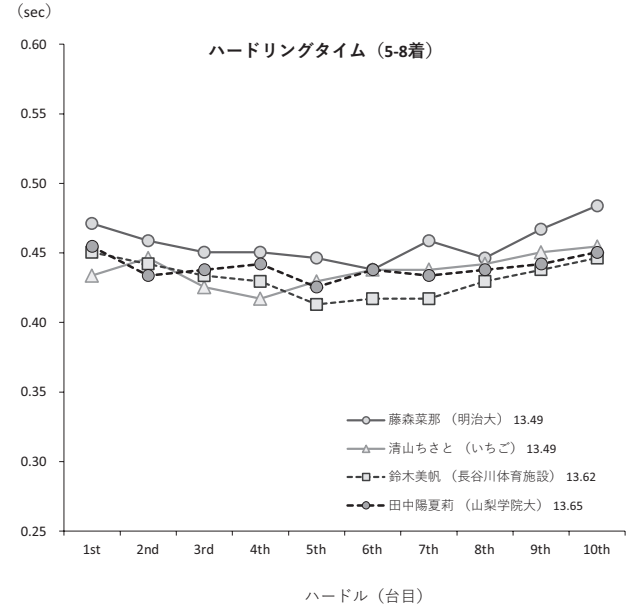
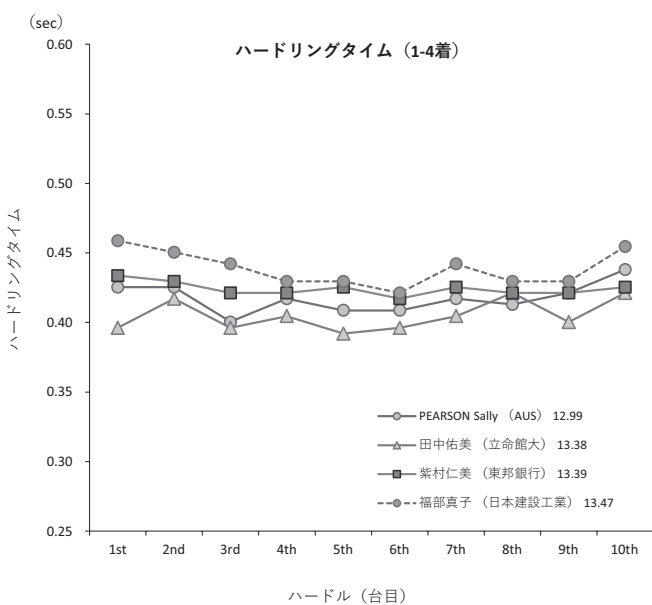
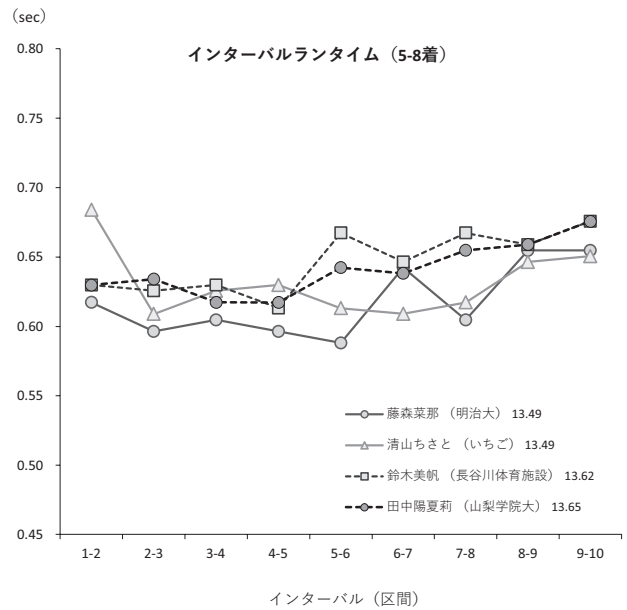
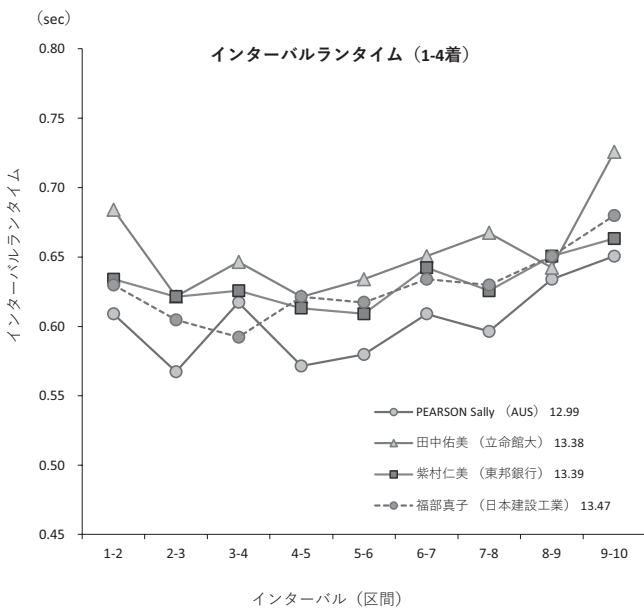
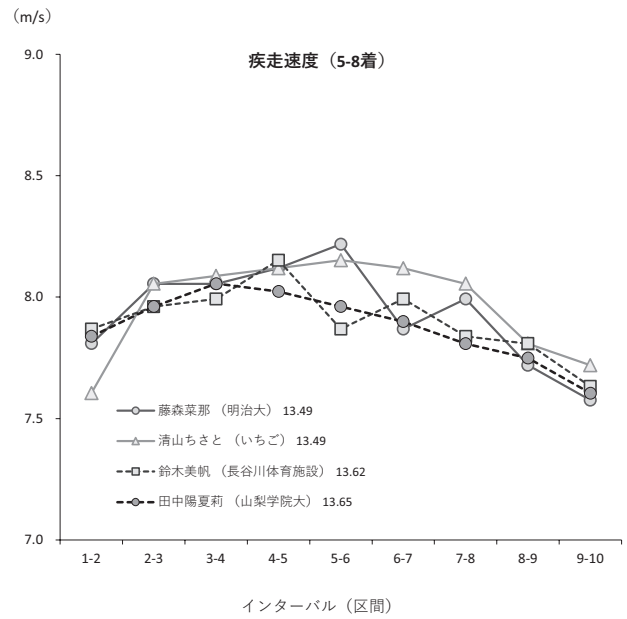
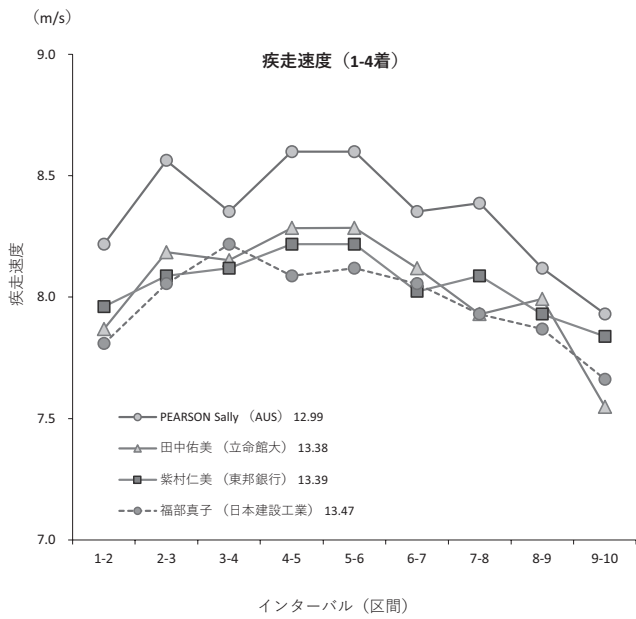


図1. 疾走速度 (上), インターバルランニングタイム (中), ハードリングタイム (下)

表 2. 2019.05.06_木南記念陸上_女子 100mH 決勝 レース分析結果

| 選手名 | 所属 | 記録 | 風 | ハードル→ 区間→ | 1st | 2nd | 3rd | 4th | 5th | 6th | 7th | 8th | 9th | 10th | |
|----------------|----------|-------|------|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|---------|
| | | | | | app. | 1-2 | 2-3 | 3-4 | 4-5 | 5-6 | 6-7 | 7-8 | 8-9 | 9-10 | run in. |
| Evonne BRITTON | (USA) | 13.01 | +0.5 | タッチダウンタイム (sec) | 2.56 | 2.56 | 3.61 | 4.63 | 5.65 | 6.66 | 7.67 | 8.69 | 9.70 | 10.74 | 11.80 |
| | | | | 区間タイム (sec) | | 1.05 | 1.02 | 1.02 | 1.01 | 1.01 | 1.02 | 1.01 | 1.04 | 1.06 | 1.21 |
| | | | | インターバルランタイム (sec) | | 0.65 | 0.61 | 0.61 | 0.61 | 0.62 | 0.62 | 0.62 | 0.65 | 0.65 | 0.79 |
| | | | | ハードリングタイム (sec) | | 0.40 | 0.41 | 0.41 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.41 | 0.42 |
| | | | | 走速度(m/s) | | 8.12 | 8.32 | 8.35 | 8.42 | 8.39 | 8.35 | 8.39 | 8.15 | 8.02 | 8.70 |
| 紫村仁美 | (東邦銀行) | 13.22 | +0.5 | タッチダウンタイム (sec) | 2.62 | 2.62 | 3.67 | 4.72 | 5.75 | 6.78 | 7.83 | 8.87 | 9.92 | 10.98 | 12.05 |
| | | | | 区間タイム (sec) | | 1.06 | 1.05 | 1.03 | 1.03 | 1.05 | 1.04 | 1.05 | 1.06 | 1.07 | 1.17 |
| | | | | インターバルランタイム (sec) | | 0.63 | 0.62 | 0.61 | 0.61 | 0.64 | 0.62 | 0.63 | 0.63 | 0.65 | 0.75 |
| | | | | ハードリングタイム (sec) | | 0.43 | 0.43 | 0.42 | 0.42 | 0.41 | 0.42 | 0.42 | 0.43 | 0.42 | 0.43 |
| | | | | 走速度(m/s) | | 8.06 | 8.12 | 8.25 | 8.25 | 8.12 | 8.18 | 8.09 | 8.02 | 7.96 | 8.94 |
| 青木益未 | (七十七銀行) | 13.27 | +0.5 | タッチダウンタイム (sec) | 2.60 | 2.60 | 3.68 | 4.75 | 5.81 | 6.84 | 7.88 | 8.90 | 9.96 | 11.02 | 12.09 |
| | | | | 区間タイム (sec) | | 1.08 | 1.07 | 1.06 | 1.03 | 1.03 | 1.02 | 1.06 | 1.06 | 1.08 | 1.18 |
| | | | | インターバルランタイム (sec) | | 0.63 | 0.63 | 0.61 | 0.58 | 0.61 | 0.60 | 0.65 | 0.62 | 0.64 | 0.74 |
| | | | | ハードリングタイム (sec) | | 0.44 | 0.44 | 0.45 | 0.45 | 0.42 | 0.43 | 0.41 | 0.44 | 0.44 | 0.44 |
| | | | | 走速度(m/s) | | 7.90 | 7.96 | 7.99 | 8.22 | 8.22 | 8.32 | 8.06 | 8.02 | 7.90 | 8.91 |
| 福部真子 | (日本建設工業) | 13.31 | +0.5 | タッチダウンタイム (sec) | 2.64 | 2.64 | 3.71 | 4.75 | 5.78 | 6.82 | 7.86 | 8.90 | 9.96 | 11.03 | 12.11 |
| | | | | 区間タイム (sec) | | 1.07 | 1.04 | 1.03 | 1.03 | 1.04 | 1.05 | 1.06 | 1.07 | 1.08 | 1.20 |
| | | | | インターバルランタイム (sec) | | 0.61 | 0.60 | 0.60 | 0.61 | 0.61 | 0.63 | 0.62 | 0.64 | 0.65 | 0.77 |
| | | | | ハードリングタイム (sec) | | 0.45 | 0.44 | 0.43 | 0.43 | 0.43 | 0.42 | 0.43 | 0.43 | 0.43 | 0.43 |
| | | | | 走速度(m/s) | | 7.96 | 8.15 | 8.25 | 8.22 | 8.18 | 8.12 | 8.06 | 7.93 | 7.90 | 8.74 |
| 田中佑美 | (立命館大) | 13.33 | +0.5 | タッチダウンタイム (sec) | 2.59 | 2.59 | 3.65 | 4.71 | 5.74 | 6.78 | 7.82 | 8.86 | 9.90 | 10.99 | 12.09 |
| | | | | 区間タイム (sec) | | 1.06 | 1.06 | 1.03 | 1.04 | 1.04 | 1.04 | 1.04 | 1.09 | 1.10 | 1.24 |
| | | | | インターバルランタイム (sec) | | 0.66 | 0.66 | 0.63 | 0.65 | 0.65 | 0.64 | 0.64 | 0.69 | 0.68 | 0.81 |
| | | | | ハードリングタイム (sec) | | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.39 | 0.39 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.42 | 0.43 |
| | | | | 走速度(m/s) | | 7.99 | 8.02 | 8.25 | 8.18 | 8.15 | 8.18 | 8.18 | 7.78 | 7.72 | 8.48 |
| 藤森菜那 | (明治大) | 13.39 | +0.5 | タッチダウンタイム (sec) | 2.69 | 2.69 | 3.77 | 4.83 | 5.88 | 6.93 | 7.97 | 9.03 | 10.08 | 11.14 | 12.26 |
| | | | | 区間タイム (sec) | | 1.08 | 1.06 | 1.05 | 1.05 | 1.05 | 1.06 | 1.05 | 1.06 | 1.11 | 1.13 |
| | | | | インターバルランタイム (sec) | | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.61 | 0.63 | 0.60 | 0.62 | 0.68 | 0.66 |
| | | | | ハードリングタイム (sec) | | 0.48 | 0.46 | 0.45 | 0.45 | 0.44 | 0.43 | 0.45 | 0.44 | 0.44 | 0.47 |
| | | | | 走速度(m/s) | | 7.87 | 8.02 | 8.09 | 8.12 | 8.12 | 8.06 | 8.09 | 7.99 | 7.63 | 9.28 |
| 清山ちさと | (いちご) | 13.43 | +0.5 | タッチダウンタイム (sec) | 2.69 | 2.69 | 3.78 | 4.86 | 5.91 | 6.96 | 7.99 | 9.03 | 10.09 | 11.16 | 12.24 |
| | | | | 区間タイム (sec) | | 1.09 | 1.08 | 1.05 | 1.06 | 1.03 | 1.04 | 1.06 | 1.07 | 1.08 | 1.19 |
| | | | | インターバルランタイム (sec) | | 0.65 | 0.65 | 0.62 | 0.64 | 0.61 | 0.62 | 0.64 | 0.64 | 0.64 | 0.74 |
| | | | | ハードリングタイム (sec) | | 0.44 | 0.43 | 0.43 | 0.42 | 0.42 | 0.42 | 0.42 | 0.43 | 0.44 | 0.45 |
| | | | | 走速度(m/s) | | 7.78 | 7.87 | 8.12 | 8.06 | 8.25 | 8.18 | 8.02 | 7.96 | 7.87 | 8.80 |
| 金井まるみ | (青山学院大) | 13.74 | +0.5 | タッチダウンタイム (sec) | 2.75 | 2.75 | 3.85 | 4.96 | 6.04 | 7.11 | 8.19 | 9.27 | 10.36 | 11.47 | 12.58 |
| | | | | 区間タイム (sec) | | 1.11 | 1.11 | 1.08 | 1.07 | 1.08 | 1.08 | 1.09 | 1.11 | 1.11 | 1.16 |
| | | | | インターバルランタイム (sec) | | 0.60 | 0.63 | 0.60 | 0.60 | 0.61 | 0.59 | 0.62 | 0.63 | 0.62 | 0.68 |
| | | | | ハードリングタイム (sec) | | 0.51 | 0.47 | 0.49 | 0.47 | 0.47 | 0.48 | 0.48 | 0.48 | 0.49 | 0.48 |
| | | | | 走速度(m/s) | | 7.69 | 7.69 | 7.84 | 7.96 | 7.87 | 7.90 | 7.78 | 7.69 | 7.66 | 9.01 |

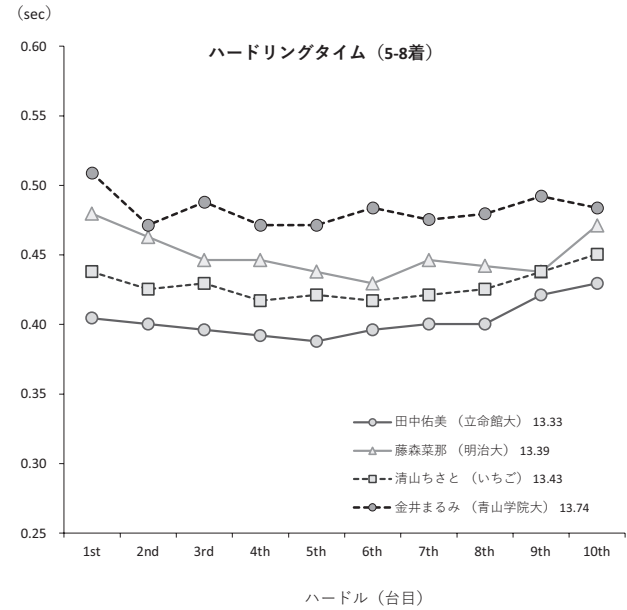
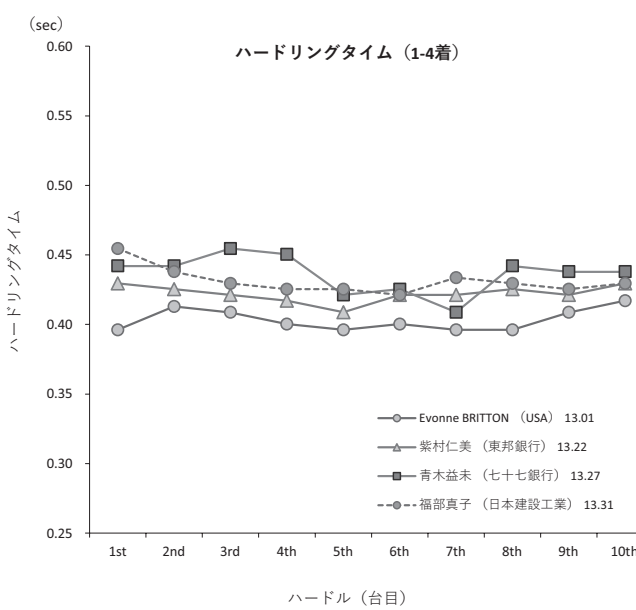
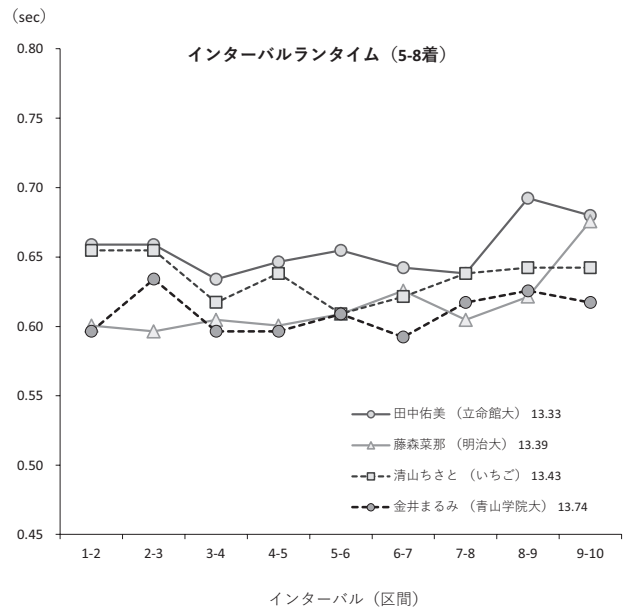
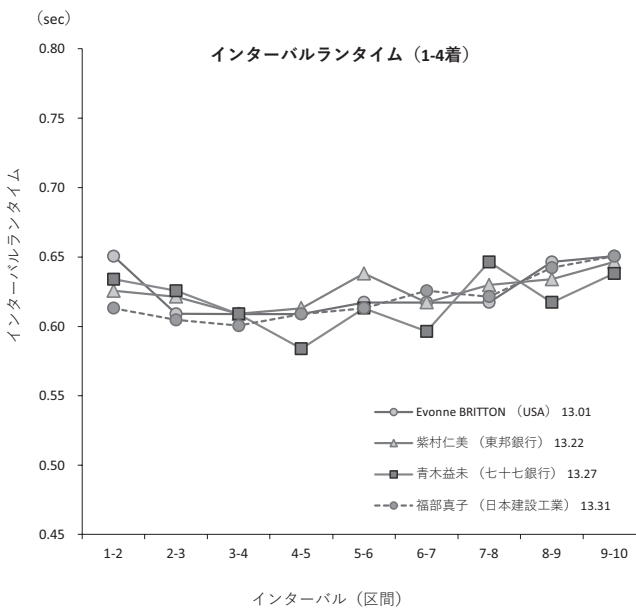
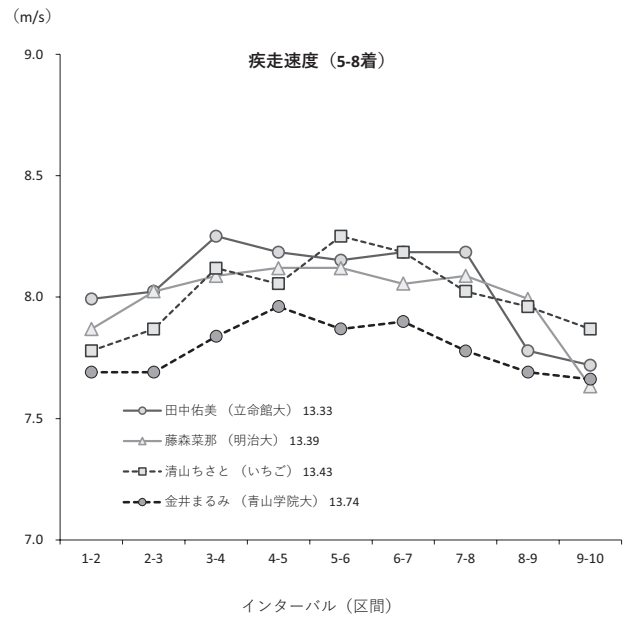
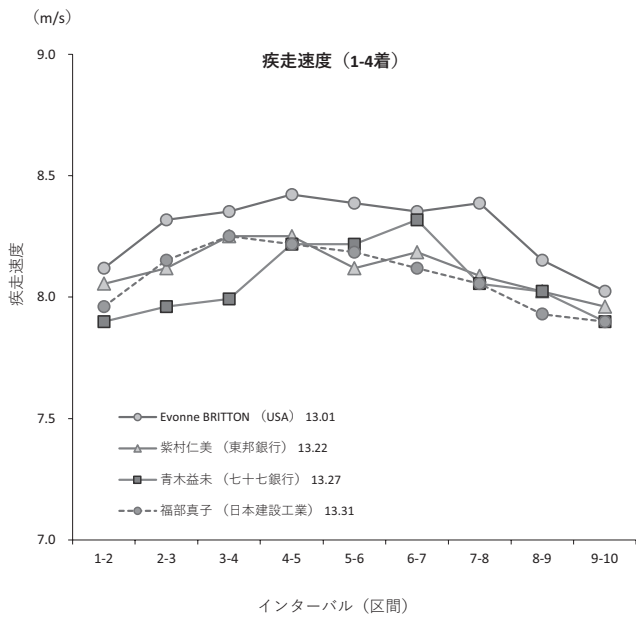


図2. 疾走速度 (上), インターバルランニングタイム (中), ハードリングタイム (下)

表 3. 2019.05.19_GGP 大阪_女子 100mH 決勝 レース分析結果

| 選手名 | 所属 | 記録 | 風 | ハードル→ 区間→ | 1st | 2nd | 3rd | 4th | 5th | 6th | 7th | 8th | 9th | 10th | |
|----------------|---------|-------|------|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|---------|
| | | | | | app. | 1-2 | 2-3 | 3-4 | 4-5 | 5-6 | 6-7 | 7-8 | 8-9 | 9-10 | run in. |
| NELVIS Sharika | (USA) | 12.70 | +0.4 | タッチダウンタイム (sec) | 2.55 | 2.55 | 3.58 | 4.58 | 5.57 | 6.54 | 7.52 | 8.50 | 9.48 | 10.50 | 11.54 |
| | | | | 区間タイム (sec) | | 1.03 | 1.00 | 0.98 | 0.97 | 0.98 | 0.98 | 0.99 | 1.01 | 1.05 | 1.16 |
| | | | | インターバルランタイム (sec) | | 0.63 | 0.60 | 0.60 | 0.59 | 0.61 | 0.60 | 0.61 | 0.63 | 0.66 | 0.75 |
| | | | | ハードリングタイム (sec) | | 0.40 | 0.40 | 0.38 | 0.38 | 0.37 | 0.38 | 0.38 | 0.38 | 0.39 | 0.41 |
| | | | | 走速度(m/s) | | 8.25 | 8.49 | 8.64 | 8.78 | 8.64 | 8.71 | 8.60 | 8.39 | 8.12 | 9.09 |
| PEARSON Sally | (AUS) | 12.70 | +0.4 | タッチダウンタイム (sec) | 2.56 | 2.56 | 3.57 | 4.55 | 5.53 | 6.51 | 7.49 | 8.48 | 9.48 | 10.50 | 11.54 |
| | | | | 区間タイム (sec) | | 1.01 | 0.99 | 0.98 | 0.98 | 0.98 | 0.99 | 1.00 | 1.02 | 1.04 | 1.16 |
| | | | | インターバルランタイム (sec) | | 0.60 | 0.57 | 0.56 | 0.58 | 0.58 | 0.58 | 0.59 | 0.62 | 0.62 | 0.73 |
| | | | | ハードリングタイム (sec) | | 0.41 | 0.42 | 0.42 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.42 | 0.43 |
| | | | | 走速度(m/s) | | 8.42 | 8.60 | 8.67 | 8.67 | 8.67 | 8.60 | 8.53 | 8.32 | 8.15 | 9.09 |
| SEYMOUR Pedrya | (BAH) | 12.90 | +0.4 | タッチダウンタイム (sec) | 2.68 | 2.68 | 3.70 | 4.72 | 5.73 | 6.73 | 7.70 | 8.68 | 9.68 | 10.69 | 11.74 |
| | | | | 区間タイム (sec) | | 1.02 | 1.02 | 1.01 | 1.00 | 0.97 | 0.98 | 1.01 | 1.01 | 1.05 | 1.16 |
| | | | | インターバルランタイム (sec) | | 0.63 | 0.63 | 0.63 | 0.62 | 0.59 | 0.60 | 0.63 | 0.62 | 0.67 | 0.75 |
| | | | | ハードリングタイム (sec) | | 0.39 | 0.38 | 0.38 | 0.38 | 0.38 | 0.38 | 0.38 | 0.39 | 0.38 | 0.40 |
| | | | | 走速度(m/s) | | 8.32 | 8.35 | 8.42 | 8.49 | 8.75 | 8.67 | 8.46 | 8.42 | 8.12 | 9.06 |
| HARRISON Queen | (USA) | 12.92 | +0.4 | タッチダウンタイム (sec) | 2.64 | 2.64 | 3.67 | 4.71 | 5.72 | 6.72 | 7.72 | 8.73 | 9.73 | 10.74 | 11.79 |
| | | | | 区間タイム (sec) | | 1.03 | 1.03 | 1.01 | 1.00 | 1.00 | 1.02 | 0.99 | 1.02 | 1.05 | 1.13 |
| | | | | インターバルランタイム (sec) | | 0.58 | 0.63 | 0.60 | 0.59 | 0.60 | 0.62 | 0.58 | 0.62 | 0.64 | 0.70 |
| | | | | ハードリングタイム (sec) | | 0.45 | 0.41 | 0.41 | 0.41 | 0.40 | 0.40 | 0.41 | 0.40 | 0.40 | 0.43 |
| | | | | 走速度(m/s) | | 8.25 | 8.22 | 8.39 | 8.53 | 8.53 | 8.35 | 8.56 | 8.35 | 8.12 | 9.30 |
| CASTLIN Kristi | (USA) | 13.01 | +0.4 | タッチダウンタイム (sec) | 2.64 | 2.64 | 3.69 | 4.72 | 5.73 | 6.73 | 7.75 | 8.75 | 9.78 | 10.81 | 11.86 |
| | | | | 区間タイム (sec) | | 1.04 | 1.03 | 1.01 | 1.00 | 1.02 | 1.01 | 1.03 | 1.03 | 1.05 | 1.15 |
| | | | | インターバルランタイム (sec) | | 0.61 | 0.62 | 0.60 | 0.60 | 0.63 | 0.60 | 0.62 | 0.61 | 0.65 | 0.75 |
| | | | | ハードリングタイム (sec) | | 0.43 | 0.41 | 0.41 | 0.40 | 0.39 | 0.41 | 0.41 | 0.41 | 0.40 | 0.40 |
| | | | | 走速度(m/s) | | 8.15 | 8.25 | 8.39 | 8.49 | 8.35 | 8.46 | 8.28 | 8.28 | 8.09 | 9.11 |
| 木村文子 | (エディオン) | 13.11 | +0.4 | タッチダウンタイム (sec) | 2.58 | 2.58 | 3.65 | 4.66 | 5.66 | 6.67 | 7.69 | 8.70 | 9.74 | 10.81 | 11.90 |
| | | | | 区間タイム (sec) | | 1.07 | 1.01 | 1.00 | 1.01 | 1.01 | 1.02 | 1.04 | 1.07 | 1.08 | 1.21 |
| | | | | インターバルランタイム (sec) | | 0.65 | 0.57 | 0.60 | 0.62 | 0.62 | 0.62 | 0.63 | 0.66 | 0.67 | 0.79 |
| | | | | ハードリングタイム (sec) | | 0.41 | 0.44 | 0.40 | 0.39 | 0.40 | 0.40 | 0.41 | 0.41 | 0.42 | 0.43 |
| | | | | 走速度(m/s) | | 7.96 | 8.39 | 8.49 | 8.39 | 8.39 | 8.35 | 8.18 | 7.96 | 7.84 | 8.64 |
| 田中佑美 | (立命館大) | 13.22 | +0.4 | タッチダウンタイム (sec) | 2.63 | 2.63 | 3.65 | 4.68 | 5.69 | 6.71 | 7.74 | 8.76 | 9.83 | 10.90 | 12.01 |
| | | | | 区間タイム (sec) | | 1.03 | 1.02 | 1.02 | 1.01 | 1.03 | 1.02 | 1.07 | 1.08 | 1.11 | 1.21 |
| | | | | インターバルランタイム (sec) | | 0.62 | 0.63 | 0.63 | 0.63 | 0.65 | 0.63 | 0.67 | 0.66 | 0.70 | 0.78 |
| | | | | ハードリングタイム (sec) | | 0.41 | 0.39 | 0.38 | 0.38 | 0.38 | 0.40 | 0.40 | 0.41 | 0.41 | 0.43 |
| | | | | 走速度(m/s) | | 8.28 | 8.32 | 8.35 | 8.39 | 8.25 | 8.32 | 7.96 | 7.90 | 7.66 | 8.69 |
| 紫村仁美 | (東邦銀行) | 13.33 | +0.4 | タッチダウンタイム (sec) | 2.62 | 2.62 | 3.69 | 4.73 | 5.76 | 6.79 | 7.83 | 8.87 | 9.94 | 11.02 | 12.12 |
| | | | | 区間タイム (sec) | | 1.07 | 1.04 | 1.03 | 1.02 | 1.04 | 1.04 | 1.08 | 1.08 | 1.09 | 1.21 |
| | | | | インターバルランタイム (sec) | | 0.65 | 0.60 | 0.61 | 0.60 | 0.63 | 0.62 | 0.66 | 0.65 | 0.66 | 0.78 |
| | | | | ハードリングタイム (sec) | | 0.42 | 0.43 | 0.42 | 0.42 | 0.41 | 0.42 | 0.42 | 0.43 | 0.43 | 0.43 |
| | | | | 走速度(m/s) | | 7.93 | 8.18 | 8.22 | 8.32 | 8.15 | 8.18 | 7.90 | 7.87 | 7.78 | 8.65 |
| 青木益未 | (七十七銀行) | 13.37 | +0.4 | タッチダウンタイム (sec) | 2.63 | 2.63 | 3.68 | 4.72 | 5.76 | 6.79 | 7.82 | 8.87 | 9.92 | 10.99 | 12.12 |
| | | | | 区間タイム (sec) | | 1.05 | 1.04 | 1.03 | 1.03 | 1.04 | 1.04 | 1.05 | 1.07 | 1.13 | 1.25 |
| | | | | インターバルランタイム (sec) | | 0.58 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.62 | 0.60 | 0.62 | 0.65 | 0.70 | 0.77 |
| | | | | ハードリングタイム (sec) | | 0.47 | 0.44 | 0.44 | 0.43 | 0.42 | 0.44 | 0.43 | 0.43 | 0.43 | 0.48 |
| | | | | 走速度(m/s) | | 8.12 | 8.15 | 8.22 | 8.25 | 8.18 | 8.15 | 8.09 | 7.93 | 7.49 | 8.43 |

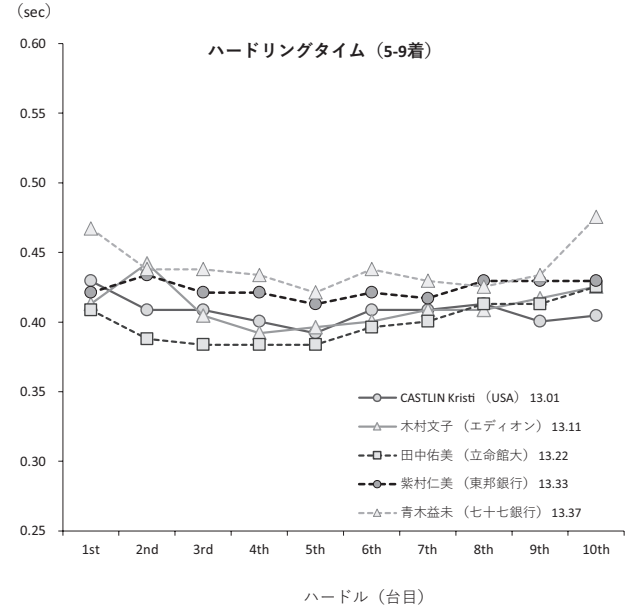
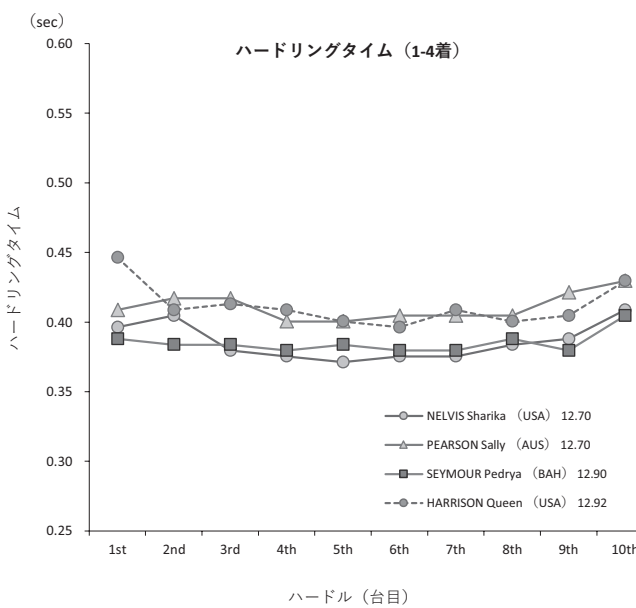
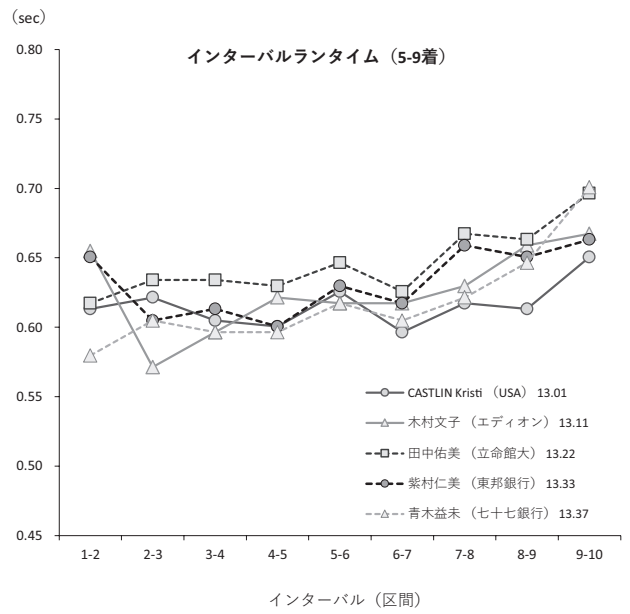
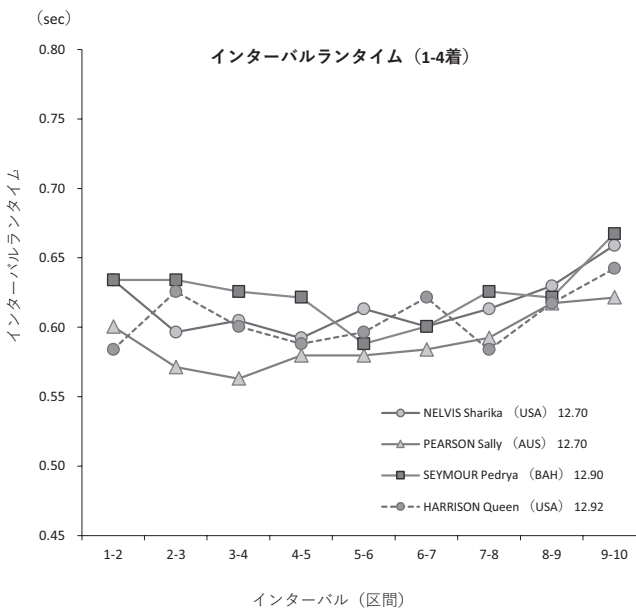
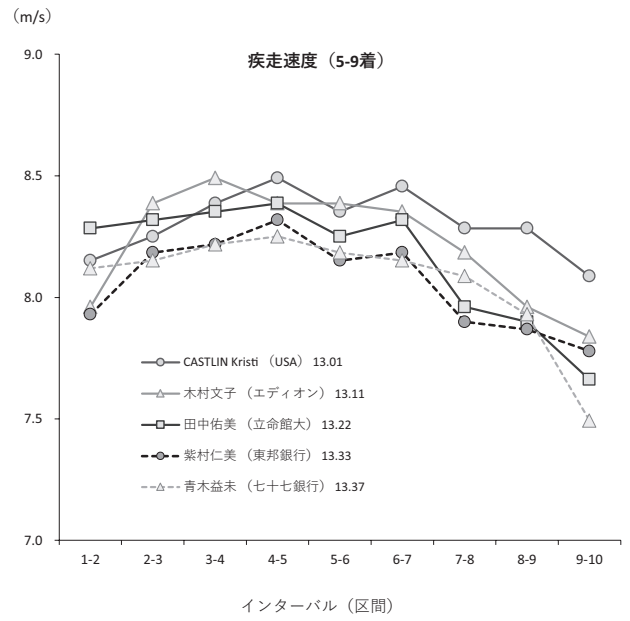
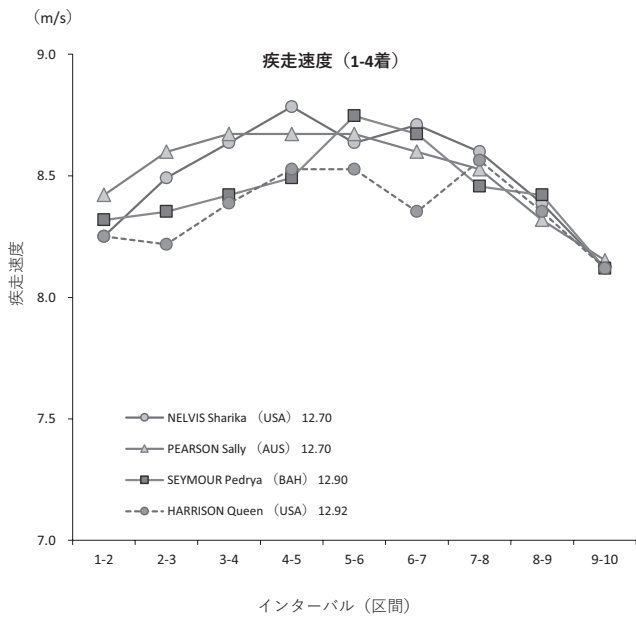


図3. 疾走速度 (上), インターバルランニングタイム (中), ハードリングタイム (下)

表 4. 2019.06.02_布勢 SP_女子 100mH A 決勝 レース分析結果

| 選手名 | 所属 | 記録 | 風 | ハードル→ 区間→ | 1st | 2nd | 3rd | 4th | 5th | 6th | 7th | 8th | 9th | 10th |
|--------------------|-------|------|-------------------|--------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| | | | | | app. | 1-2 | 2-3 | 3-4 | 4-5 | 5-6 | 6-7 | 7-8 | 8-9 | 9-10 |
| 木村文子 (エディオン) | 13.01 | +3.5 | タッチダウンタイム (sec) | 2.60 | 2.60 | 3.63 | 4.63 | 5.63 | 6.64 | 7.64 | 8.65 | 9.69 | 10.75 | 11.82 |
| | | | 区間タイム (sec) | | 1.03 | 1.01 | 0.99 | 1.01 | 1.00 | 1.01 | 1.04 | 1.06 | 1.06 | 1.19 |
| | | | インターバルランタイム (sec) | | 0.61 | 0.60 | 0.59 | 0.61 | 0.59 | 0.60 | 0.64 | 0.65 | 0.63 | 0.77 |
| | | | ハードリングタイム (sec) | | 0.42 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.41 | 0.41 | 0.40 | 0.40 | 0.43 | 0.42 |
| | | | 走速度(m/s) | | 8.25 | 8.46 | 8.56 | 8.39 | 8.49 | 8.39 | 8.18 | 8.02 | 7.99 | 8.79 |
| 清山ちさと (いちご) | 13.10 | +3.5 | タッチダウンタイム (sec) | 2.64 | 2.64 | 3.71 | 4.73 | 5.76 | 6.77 | 7.77 | 8.80 | 9.81 | 10.89 | 11.92 |
| | | | 区間タイム (sec) | | 1.07 | 1.02 | 1.03 | 1.01 | 1.01 | 1.03 | 1.01 | 1.08 | 1.04 | 1.18 |
| | | | インターバルランタイム (sec) | | 0.65 | 0.58 | 0.62 | 0.60 | 0.60 | 0.62 | 0.58 | 0.66 | 0.58 | 0.75 |
| | | | ハードリングタイム (sec) | | 0.43 | 0.44 | 0.41 | 0.41 | 0.41 | 0.41 | 0.43 | 0.42 | 0.45 | 0.43 |
| | | | 走速度(m/s) | | 7.93 | 8.35 | 8.25 | 8.42 | 8.46 | 8.28 | 8.46 | 7.87 | 8.18 | 8.93 |
| 青木益未 (七十七銀行) | 13.11 | +3.5 | タッチダウンタイム (sec) | 2.60 | 2.60 | 3.66 | 4.69 | 5.70 | 6.72 | 7.75 | 8.78 | 9.81 | 10.87 | 11.92 |
| | | | 区間タイム (sec) | | 1.06 | 1.03 | 1.01 | 1.02 | 1.03 | 1.03 | 1.02 | 1.06 | 1.06 | 1.19 |
| | | | インターバルランタイム (sec) | | 0.62 | 0.58 | 0.58 | 0.60 | 0.61 | 0.60 | 0.58 | 0.63 | 0.60 | 0.73 |
| | | | ハードリングタイム (sec) | | 0.44 | 0.44 | 0.43 | 0.42 | 0.42 | 0.43 | 0.44 | 0.43 | 0.46 | 0.45 |
| | | | 走速度(m/s) | | 8.02 | 8.28 | 8.39 | 8.35 | 8.25 | 8.22 | 8.32 | 8.02 | 8.02 | 8.86 |
| 福部真子 (日本建設工業) | 13.19 | +3.5 | タッチダウンタイム (sec) | 2.60 | 2.60 | 3.65 | 4.68 | 5.70 | 6.72 | 7.75 | 8.78 | 9.83 | 10.91 | 12.00 |
| | | | 区間タイム (sec) | | 1.05 | 1.03 | 1.03 | 1.02 | 1.03 | 1.03 | 1.06 | 1.07 | 1.09 | 1.19 |
| | | | インターバルランタイム (sec) | | 0.61 | 0.60 | 0.61 | 0.61 | 0.63 | 0.61 | 0.65 | 0.66 | 0.67 | 0.77 |
| | | | ハードリングタイム (sec) | | 0.43 | 0.43 | 0.42 | 0.40 | 0.40 | 0.41 | 0.40 | 0.41 | 0.42 | 0.43 |
| | | | 走速度(m/s) | | 8.12 | 8.28 | 8.28 | 8.35 | 8.25 | 8.28 | 8.02 | 7.93 | 7.81 | 8.79 |
| 小林歩未 (筑波大) | 13.35 | +3.5 | タッチダウンタイム (sec) | 2.69 | 2.69 | 3.76 | 4.80 | 5.85 | 6.89 | 7.92 | 8.96 | 10.01 | 11.08 | 12.16 |
| | | | 区間タイム (sec) | | 1.08 | 1.04 | 1.04 | 1.05 | 1.03 | 1.03 | 1.06 | 1.06 | 1.08 | 1.19 |
| | | | インターバルランタイム (sec) | | 0.65 | 0.60 | 0.62 | 0.63 | 0.61 | 0.63 | 0.64 | 0.63 | 0.65 | 0.75 |
| | | | ハードリングタイム (sec) | | 0.43 | 0.44 | 0.42 | 0.42 | 0.42 | 0.41 | 0.42 | 0.43 | 0.43 | 0.44 |
| | | | 走速度(m/s) | | 7.90 | 8.15 | 8.15 | 8.12 | 8.25 | 8.22 | 8.06 | 7.99 | 7.87 | 8.81 |
| 鈴木美帆 (長谷川体育施設) | 13.35 | +3.5 | タッチダウンタイム (sec) | 2.72 | 2.72 | 3.78 | 4.82 | 5.87 | 6.92 | 7.95 | 8.99 | 10.03 | 11.11 | 12.19 |
| | | | 区間タイム (sec) | | 1.07 | 1.04 | 1.05 | 1.05 | 1.03 | 1.05 | 1.04 | 1.08 | 1.08 | 1.16 |
| | | | インターバルランタイム (sec) | | 0.60 | 0.60 | 0.62 | 0.63 | 0.60 | 0.63 | 0.61 | 0.65 | 0.65 | 0.72 |
| | | | ハードリングタイム (sec) | | 0.47 | 0.44 | 0.43 | 0.42 | 0.43 | 0.42 | 0.43 | 0.42 | 0.43 | 0.43 |
| | | | 走速度(m/s) | | 7.96 | 8.18 | 8.12 | 8.12 | 8.25 | 8.12 | 8.18 | 7.90 | 7.84 | 9.06 |
| 中島ひとみ (長谷川体育施設) | 13.41 | +3.5 | タッチダウンタイム (sec) | 2.67 | 2.67 | 3.75 | 4.80 | 5.84 | 6.88 | 7.93 | 8.99 | 10.06 | 11.14 | 12.25 |
| | | | 区間タイム (sec) | | 1.08 | 1.06 | 1.03 | 1.05 | 1.05 | 1.06 | 1.07 | 1.09 | 1.10 | 1.16 |
| | | | インターバルランタイム (sec) | | 0.62 | 0.61 | 0.58 | 0.61 | 0.60 | 0.61 | 0.62 | 0.64 | 0.64 | 0.71 |
| | | | ハードリングタイム (sec) | | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.44 | 0.45 | 0.44 | 0.45 | 0.45 | 0.46 | 0.46 |
| | | | 走速度(m/s) | | 7.90 | 8.02 | 8.25 | 8.12 | 8.09 | 8.06 | 7.96 | 7.81 | 7.72 | 9.02 |
| 中村有希 (エディオン) | 13.51 | +3.5 | タッチダウンタイム (sec) | 2.68 | 2.68 | 3.76 | 4.81 | 5.84 | 6.92 | 7.97 | 9.03 | 10.12 | 11.22 | 12.33 |
| | | | 区間タイム (sec) | | 1.08 | 1.05 | 1.03 | 1.07 | 1.05 | 1.07 | 1.08 | 1.10 | 1.11 | 1.18 |
| | | | インターバルランタイム (sec) | | 0.65 | 0.60 | 0.60 | 0.65 | 0.60 | 0.63 | 0.63 | 0.65 | 0.65 | 0.72 |
| | | | ハードリングタイム (sec) | | 0.44 | 0.44 | 0.43 | 0.43 | 0.45 | 0.44 | 0.45 | 0.45 | 0.46 | 0.46 |
| | | | 走速度(m/s) | | 7.84 | 8.12 | 8.22 | 7.93 | 8.09 | 7.96 | 7.84 | 7.72 | 7.66 | 8.89 |

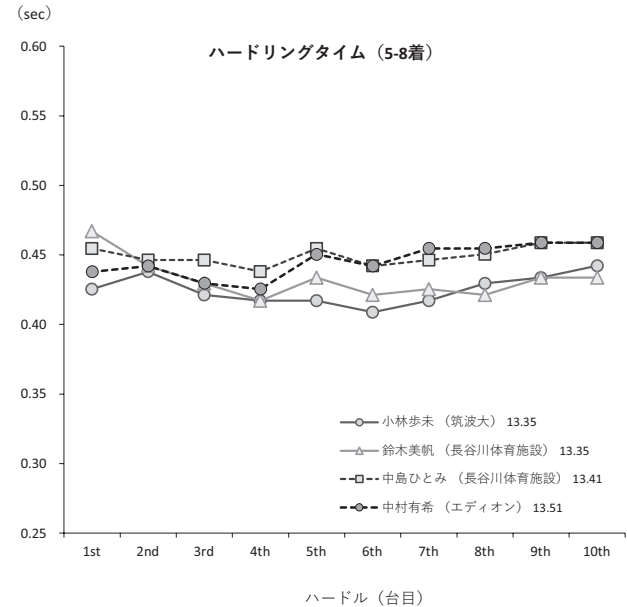
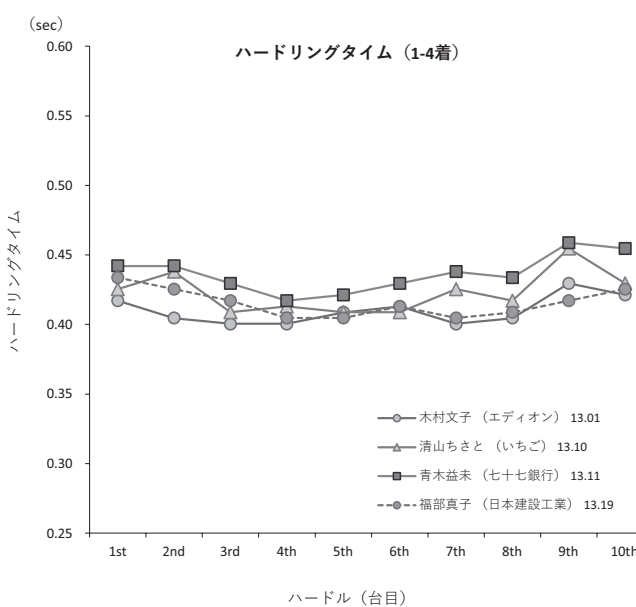
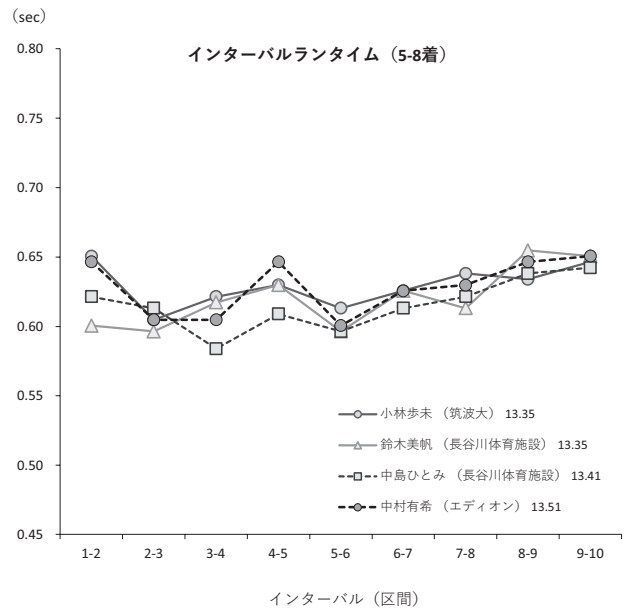
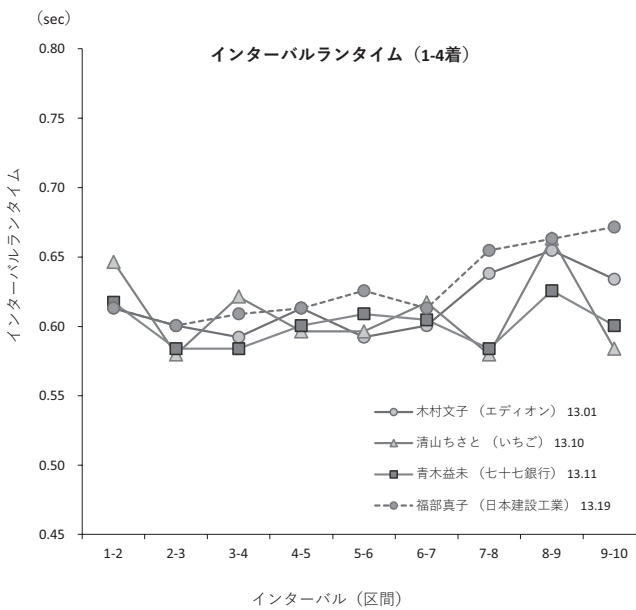
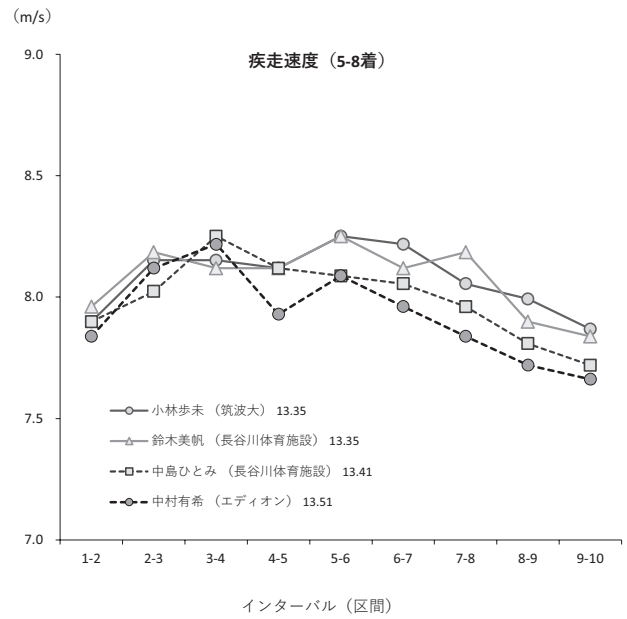
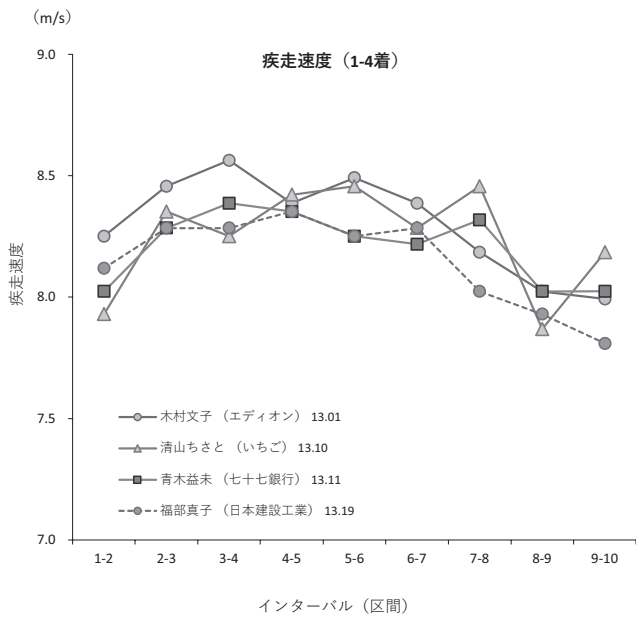


図4. 疾走速度 (上), インターバルランニングタイム (中), ハードリングタイム (下)

表 5. 2019.06.29_日本選手権_女子100mH 決勝 レース分析結果

| 選手名 | 所属 | 記録 | 風 | ハードル→ 区間→ | 1st | 2nd | 3rd | 4th | 5th | 6th | 7th | 8th | 9th | 10th |
|--------------------|-------|------|-------------------|--------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| | | | | | app. | 1-2 | 2-3 | 3-4 | 4-5 | 5-6 | 6-7 | 7-8 | 8-9 | 9-10 |
| 木村文子 (エディオン) | 13.14 | +0.6 | タッチダウンタイム (sec) | 2.60 | 2.60 | 3.63 | 4.65 | 5.68 | 6.69 | 7.71 | 8.74 | 9.78 | 10.84 | 11.92 |
| | | | 区間タイム (sec) | | 1.03 | 1.02 | 1.03 | 1.01 | 1.03 | 1.03 | 1.05 | 1.05 | 1.08 | 1.22 |
| | | | インターバルランタイム (sec) | | 0.61 | 0.60 | 0.60 | 0.59 | 0.63 | 0.62 | 0.64 | 0.64 | 0.68 | 0.80 |
| | | | ハードリングタイム (sec) | | 0.42 | 0.42 | 0.42 | 0.41 | 0.40 | 0.41 | 0.41 | 0.41 | 0.40 | 0.42 |
| | | | 走速度(m/s) | | 8.25 | 8.32 | 8.28 | 8.46 | 8.28 | 8.28 | 8.12 | 8.09 | 7.84 | 8.61 |
| 青木益未 (七十七銀行) | 13.15 | +0.6 | タッチダウンタイム (sec) | 2.62 | 2.62 | 3.65 | 4.68 | 5.71 | 6.74 | 7.77 | 8.81 | 9.86 | 10.92 | 11.99 |
| | | | 区間タイム (sec) | | 1.03 | 1.03 | 1.03 | 1.03 | 1.03 | 1.05 | 1.05 | 1.06 | 1.07 | 1.16 |
| | | | インターバルランタイム (sec) | | 0.56 | 0.60 | 0.59 | 0.60 | 0.61 | 0.62 | 0.61 | 0.61 | 0.64 | 0.72 |
| | | | ハードリングタイム (sec) | | 0.47 | 0.43 | 0.43 | 0.42 | 0.42 | 0.43 | 0.44 | 0.44 | 0.43 | 0.44 |
| | | | 走速度(m/s) | | 8.22 | 8.25 | 8.28 | 8.28 | 8.25 | 8.12 | 8.12 | 8.06 | 7.93 | 9.03 |
| 寺田明日香 (パソナグループ) | 13.16 | +0.6 | タッチダウンタイム (sec) | 2.61 | 2.61 | 3.66 | 4.69 | 5.70 | 6.73 | 7.76 | 8.80 | 9.84 | 10.92 | 11.98 |
| | | | 区間タイム (sec) | | 1.06 | 1.03 | 1.01 | 1.03 | 1.03 | 1.04 | 1.04 | 1.08 | 1.06 | 1.18 |
| | | | インターバルランタイム (sec) | | 0.63 | 0.60 | 0.58 | 0.62 | 0.61 | 0.61 | 0.61 | 0.65 | 0.62 | 0.75 |
| | | | ハードリングタイム (sec) | | 0.42 | 0.43 | 0.43 | 0.41 | 0.42 | 0.43 | 0.43 | 0.43 | 0.44 | 0.43 |
| | | | 走速度(m/s) | | 8.06 | 8.25 | 8.46 | 8.25 | 8.25 | 8.18 | 8.15 | 7.87 | 8.02 | 8.89 |
| 紫村仁美 (東邦銀行) | 13.20 | +0.6 | タッチダウンタイム (sec) | 2.64 | 2.64 | 3.69 | 4.72 | 5.75 | 6.77 | 7.80 | 8.83 | 9.88 | 10.94 | 12.03 |
| | | | 区間タイム (sec) | | 1.05 | 1.03 | 1.03 | 1.03 | 1.03 | 1.06 | 1.06 | 1.06 | 1.09 | 1.17 |
| | | | インターバルランタイム (sec) | | 0.62 | 0.60 | 0.61 | 0.61 | 0.61 | 0.62 | 0.65 | 0.63 | 0.67 | 0.74 |
| | | | ハードリングタイム (sec) | | 0.43 | 0.43 | 0.41 | 0.41 | 0.41 | 0.41 | 0.41 | 0.43 | 0.42 | 0.43 |
| | | | 走速度(m/s) | | 8.12 | 8.25 | 8.28 | 8.28 | 8.28 | 8.25 | 8.06 | 8.06 | 7.81 | 8.96 |
| 清山ちさと (いちご) | 13.24 | +0.6 | タッチダウンタイム (sec) | 2.67 | 2.67 | 3.75 | 4.79 | 5.83 | 6.85 | 7.87 | 8.90 | 9.96 | 11.01 | 12.08 |
| | | | 区間タイム (sec) | | 1.07 | 1.05 | 1.03 | 1.02 | 1.03 | 1.03 | 1.06 | 1.06 | 1.07 | 1.16 |
| | | | インターバルランタイム (sec) | | 0.64 | 0.61 | 0.60 | 0.60 | 0.61 | 0.61 | 0.63 | 0.63 | 0.63 | 0.71 |
| | | | ハードリングタイム (sec) | | 0.43 | 0.43 | 0.43 | 0.42 | 0.42 | 0.42 | 0.43 | 0.42 | 0.44 | 0.44 |
| | | | 走速度(m/s) | | 7.93 | 8.12 | 8.22 | 8.32 | 8.28 | 8.28 | 8.06 | 8.06 | 7.93 | 9.07 |
| 福部真子 (日本電設工業) | 13.30 | +0.6 | タッチダウンタイム (sec) | 2.64 | 2.64 | 3.69 | 4.70 | 5.78 | 6.83 | 7.85 | 8.90 | 9.96 | 11.03 | 12.11 |
| | | | 区間タイム (sec) | | 1.05 | 1.01 | 1.08 | 1.05 | 1.02 | 1.05 | 1.06 | 1.07 | 1.08 | 1.19 |
| | | | インターバルランタイム (sec) | | 0.59 | 0.57 | 0.66 | 0.62 | 0.59 | 0.63 | 0.64 | 0.64 | 0.65 | 0.75 |
| | | | ハードリングタイム (sec) | | 0.45 | 0.44 | 0.42 | 0.43 | 0.43 | 0.42 | 0.42 | 0.43 | 0.43 | 0.44 |
| | | | 走速度(m/s) | | 8.12 | 8.39 | 7.87 | 8.12 | 8.32 | 8.12 | 8.02 | 7.96 | 7.87 | 8.81 |
| 鈴木美帆 (長谷川体育施設) | 13.31 | +0.6 | タッチダウンタイム (sec) | 2.72 | 2.72 | 3.77 | 4.80 | 5.84 | 6.87 | 7.91 | 8.95 | 10.00 | 11.07 | 12.14 |
| | | | 区間タイム (sec) | | 1.05 | 1.04 | 1.03 | 1.04 | 1.04 | 1.04 | 1.04 | 1.07 | 1.07 | 1.17 |
| | | | インターバルランタイム (sec) | | 0.59 | 0.62 | 0.60 | 0.63 | 0.63 | 0.62 | 0.62 | 0.66 | 0.64 | 0.75 |
| | | | ハードリングタイム (sec) | | 0.45 | 0.42 | 0.43 | 0.41 | 0.41 | 0.43 | 0.43 | 0.41 | 0.43 | 0.43 |
| | | | 走速度(m/s) | | 8.12 | 8.18 | 8.25 | 8.18 | 8.18 | 8.15 | 8.15 | 7.93 | 7.96 | 8.95 |
| 藤森菜那 (明治大) | 13.41 | +0.6 | タッチダウンタイム (sec) | 2.71 | 2.71 | 3.77 | 4.82 | 5.85 | 6.90 | 7.94 | 9.01 | 10.08 | 11.16 | 12.27 |
| | | | 区間タイム (sec) | | 1.06 | 1.06 | 1.03 | 1.05 | 1.04 | 1.08 | 1.06 | 1.08 | 1.11 | 1.14 |
| | | | インターバルランタイム (sec) | | 0.58 | 0.60 | 0.58 | 0.61 | 0.60 | 0.63 | 0.61 | 0.64 | 0.65 | 0.67 |
| | | | ハードリングタイム (sec) | | 0.48 | 0.45 | 0.45 | 0.43 | 0.44 | 0.44 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.47 |
| | | | 走速度(m/s) | | 8.06 | 8.06 | 8.25 | 8.12 | 8.18 | 7.90 | 7.99 | 7.84 | 7.69 | 9.18 |

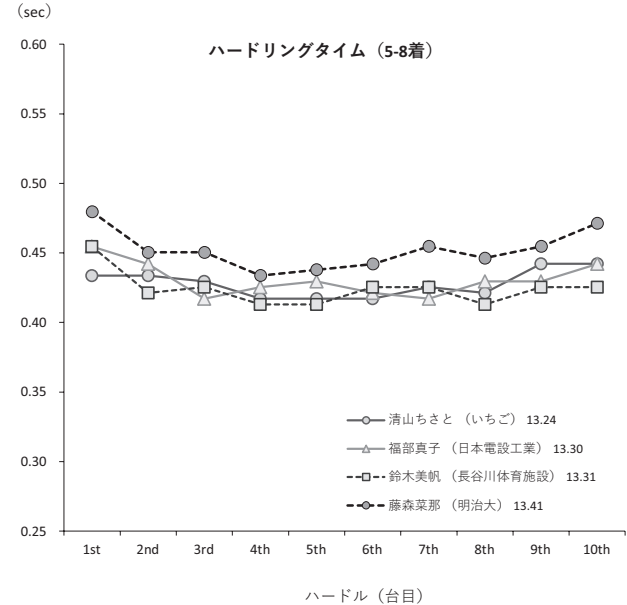
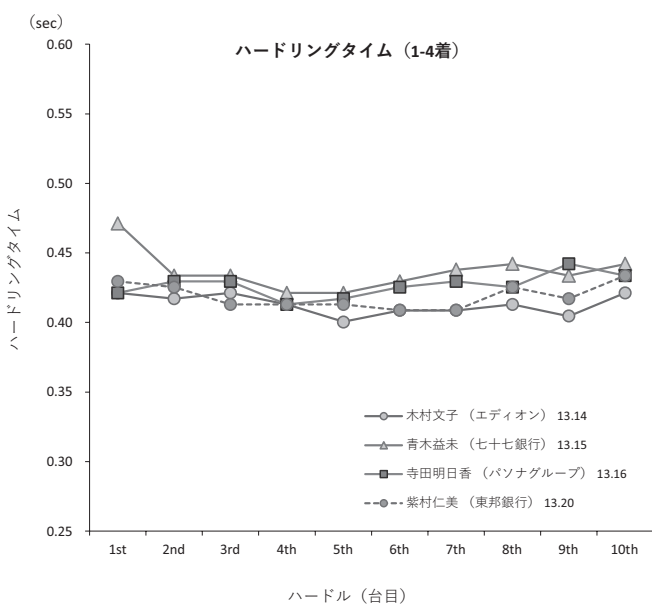
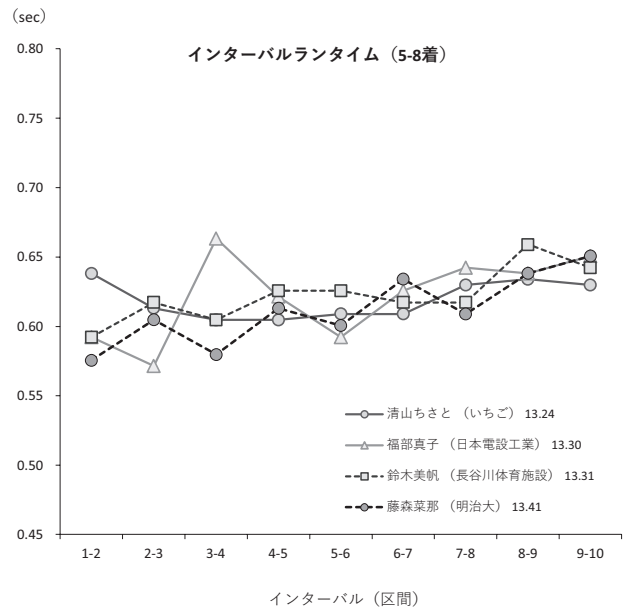
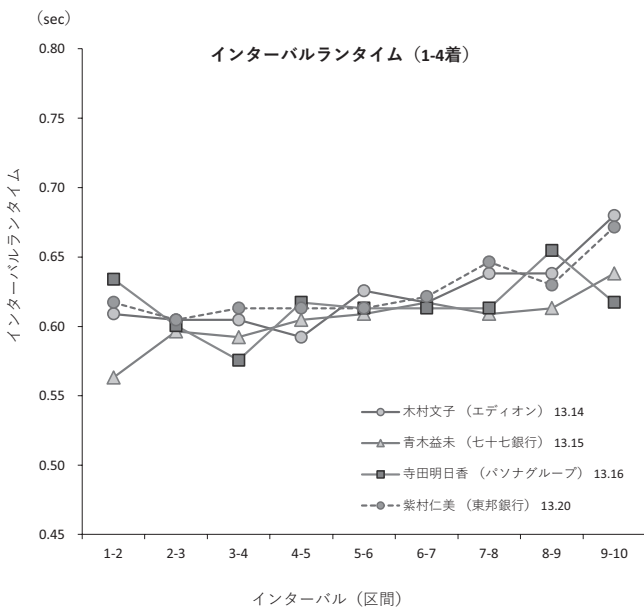
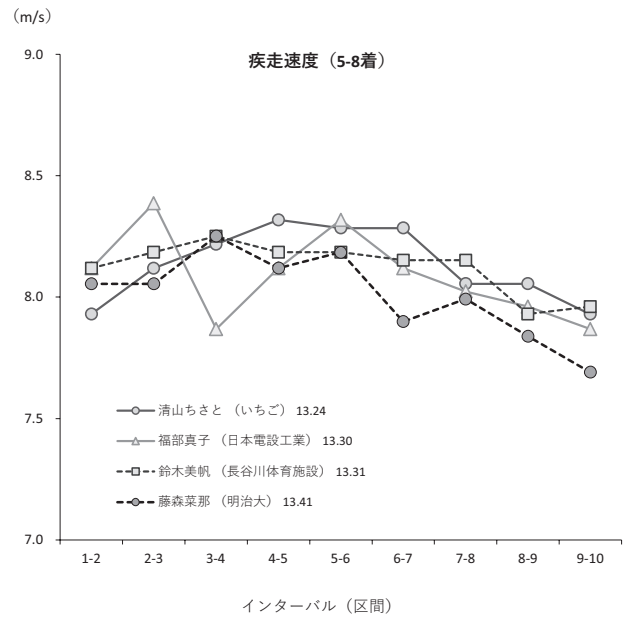
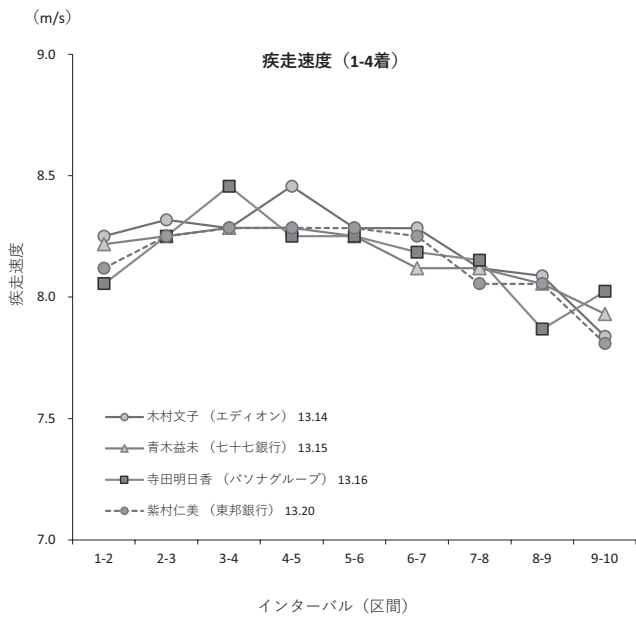


図5. 疾走速度 (上), インターバルランニングタイム (中), ハードリングタイム (下)

表 6. 2019.08.08_インターハイ_女子100mH 決勝 レース分析結果

| 選手名 | 所属 | 記録 | 風 | ハードル→ 区間→ | 1st | 2nd | 3rd | 4th | 5th | 6th | 7th | 8th | 9th | 10th | |
|--------|-----------|-------|------|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|---------|
| | | | | | app. | 1-2 | 2-3 | 3-4 | 4-5 | 5-6 | 6-7 | 7-8 | 8-9 | 9-10 | run in. |
| 島野 真生 | (東京・東京) | 13.97 | -4.1 | タッチダウンタイム (sec) | 2.68 | 2.68 | 3.76 | 4.83 | 5.94 | 7.04 | 8.17 | 9.28 | 10.40 | 11.52 | 12.69 |
| | | | | 区間タイム (sec) | | 1.08 | 1.08 | 1.11 | 1.10 | 1.13 | 1.11 | 1.12 | 1.13 | 1.17 | 1.28 |
| | | | | インターバルランタイム (sec) | | 0.63 | 0.66 | 0.68 | 0.65 | 0.68 | 0.65 | 0.66 | 0.68 | 0.72 | 0.82 |
| | | | | ハードリングタイム (sec) | | 0.44 | 0.42 | 0.43 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.46 | 0.45 | 0.45 | 0.46 |
| | | | | 走速度(m/s) | | 7.90 | 7.90 | 7.66 | 7.72 | 7.55 | 7.66 | 7.60 | 7.55 | 7.28 | 8.22 |
| 長崎 さゆり | (島根・大社) | 14.15 | -4.1 | タッチダウンタイム (sec) | 2.71 | 2.71 | 3.81 | 4.89 | 5.99 | 7.10 | 8.24 | 9.36 | 10.50 | 11.67 | 12.86 |
| | | | | 区間タイム (sec) | | 1.11 | 1.08 | 1.10 | 1.11 | 1.14 | 1.12 | 1.14 | 1.17 | 1.19 | 1.29 |
| | | | | インターバルランタイム (sec) | | 0.65 | 0.62 | 0.65 | 0.65 | 0.68 | 0.66 | 0.68 | 0.71 | 0.73 | 0.80 |
| | | | | ハードリングタイム (sec) | | 0.45 | 0.46 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.46 | 0.46 | 0.45 | 0.47 | 0.49 |
| | | | | 走速度(m/s) | | 7.69 | 7.87 | 7.75 | 7.66 | 7.47 | 7.58 | 7.44 | 7.28 | 7.13 | 8.16 |
| 手塚 麻衣 | (富山・高岡南) | 14.15 | -4.1 | タッチダウンタイム (sec) | 2.71 | 2.71 | 3.84 | 4.93 | 6.01 | 7.14 | 8.27 | 9.41 | 10.56 | 11.72 | 12.88 |
| | | | | 区間タイム (sec) | | 1.13 | 1.09 | 1.08 | 1.12 | 1.13 | 1.15 | 1.15 | 1.15 | 1.16 | 1.27 |
| | | | | インターバルランタイム (sec) | | 0.68 | 0.64 | 0.63 | 0.66 | 0.66 | 0.68 | 0.68 | 0.68 | 0.69 | 0.79 |
| | | | | ハードリングタイム (sec) | | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.46 | 0.47 | 0.47 | 0.47 | 0.47 | 0.47 | 0.48 |
| | | | | 走速度(m/s) | | 7.55 | 7.78 | 7.84 | 7.58 | 7.52 | 7.41 | 7.38 | 7.38 | 7.30 | 8.26 |
| 増田 絢葉 | (千葉・市立船橋) | 14.34 | -4.1 | タッチダウンタイム (sec) | 2.68 | 2.68 | 3.81 | 4.91 | 6.01 | 7.12 | 8.25 | 9.42 | 10.59 | 11.79 | 13.02 |
| | | | | 区間タイム (sec) | | 1.13 | 1.10 | 1.10 | 1.11 | 1.14 | 1.17 | 1.16 | 1.20 | 1.23 | 1.32 |
| | | | | インターバルランタイム (sec) | | 0.66 | 0.63 | 0.63 | 0.64 | 0.67 | 0.68 | 0.67 | 0.72 | 0.72 | 0.82 |
| | | | | ハードリングタイム (sec) | | 0.47 | 0.47 | 0.47 | 0.46 | 0.47 | 0.48 | 0.49 | 0.48 | 0.51 | 0.50 |
| | | | | 走速度(m/s) | | 7.52 | 7.75 | 7.72 | 7.69 | 7.47 | 7.28 | 7.30 | 7.08 | 6.91 | 7.94 |
| 安藤 梨未 | (愛知・全学館) | 14.36 | -4.1 | タッチダウンタイム (sec) | 2.72 | 2.72 | 3.81 | 4.90 | 6.03 | 7.17 | 8.33 | 9.51 | 10.67 | 11.84 | 13.05 |
| | | | | 区間タイム (sec) | | 1.09 | 1.09 | 1.13 | 1.14 | 1.16 | 1.17 | 1.16 | 1.17 | 1.21 | 1.31 |
| | | | | インターバルランタイム (sec) | | 0.60 | 0.62 | 0.65 | 0.66 | 0.69 | 0.70 | 0.66 | 0.69 | 0.74 | 0.81 |
| | | | | ハードリングタイム (sec) | | 0.50 | 0.48 | 0.47 | 0.48 | 0.47 | 0.48 | 0.50 | 0.48 | 0.48 | 0.50 |
| | | | | 走速度(m/s) | | 7.78 | 7.78 | 7.55 | 7.44 | 7.30 | 7.25 | 7.30 | 7.28 | 7.00 | 8.02 |
| 阪 希望 | (山形・山形中央) | 14.42 | -4.1 | タッチダウンタイム (sec) | 2.74 | 2.74 | 3.87 | 4.98 | 6.11 | 7.27 | 8.44 | 9.61 | 10.79 | 11.97 | 13.16 |
| | | | | 区間タイム (sec) | | 1.13 | 1.11 | 1.13 | 1.16 | 1.18 | 1.17 | 1.18 | 1.18 | 1.19 | 1.26 |
| | | | | インターバルランタイム (sec) | | 0.65 | 0.65 | 0.68 | 0.70 | 0.70 | 0.70 | 0.70 | 0.70 | 0.70 | 0.78 |
| | | | | ハードリングタイム (sec) | | 0.48 | 0.46 | 0.45 | 0.46 | 0.47 | 0.47 | 0.48 | 0.48 | 0.49 | 0.48 |
| | | | | 走速度(m/s) | | 7.52 | 7.69 | 7.55 | 7.33 | 7.23 | 7.25 | 7.23 | 7.20 | 7.13 | 8.35 |
| 山西 桃子 | (東京・白梅学園) | 14.47 | -4.1 | タッチダウンタイム (sec) | 2.77 | 2.77 | 3.92 | 5.03 | 6.11 | 7.22 | 8.34 | 9.49 | 10.67 | 11.87 | 13.10 |
| | | | | 区間タイム (sec) | | 1.15 | 1.10 | 1.08 | 1.11 | 1.12 | 1.15 | 1.18 | 1.21 | 1.23 | 1.37 |
| | | | | インターバルランタイム (sec) | | 0.74 | 0.66 | 0.67 | 0.71 | 0.69 | 0.73 | 0.74 | 0.76 | 0.79 | 0.90 |
| | | | | ハードリングタイム (sec) | | 0.41 | 0.44 | 0.42 | 0.40 | 0.43 | 0.42 | 0.44 | 0.44 | 0.44 | 0.47 |
| | | | | 走速度(m/s) | | 7.38 | 7.72 | 7.84 | 7.63 | 7.60 | 7.38 | 7.23 | 7.05 | 6.91 | 7.69 |
| 吉井 里々子 | (新潟・新潟商) | 14.53 | -4.1 | タッチダウンタイム (sec) | 2.73 | 2.73 | 3.82 | 4.91 | 6.01 | 7.14 | 8.26 | 9.42 | 10.64 | 11.86 | 13.13 |
| | | | | 区間タイム (sec) | | 1.09 | 1.10 | 1.09 | 1.13 | 1.12 | 1.16 | 1.22 | 1.22 | 1.27 | 1.40 |
| | | | | インターバルランタイム (sec) | | 0.61 | 0.63 | 0.63 | 0.68 | 0.65 | 0.70 | 0.74 | 0.73 | 0.78 | 0.87 |
| | | | | ハードリングタイム (sec) | | 0.48 | 0.47 | 0.46 | 0.45 | 0.47 | 0.45 | 0.48 | 0.50 | 0.50 | 0.53 |
| | | | | 走速度(m/s) | | 7.81 | 7.75 | 7.78 | 7.49 | 7.58 | 7.36 | 6.98 | 6.96 | 6.68 | 7.50 |

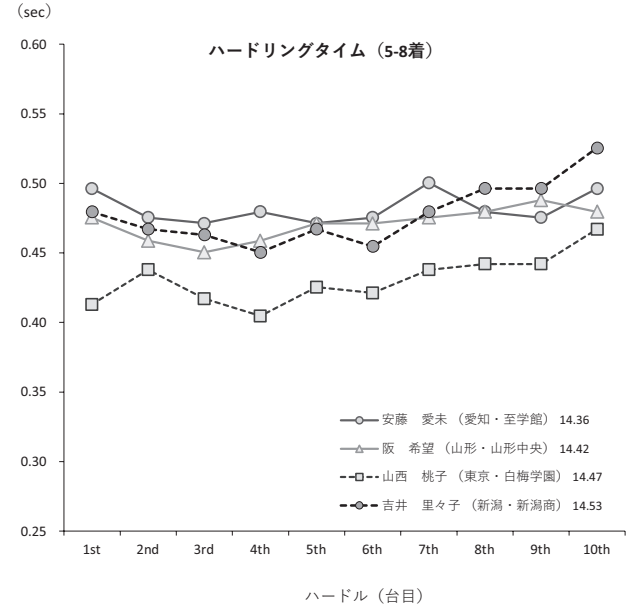
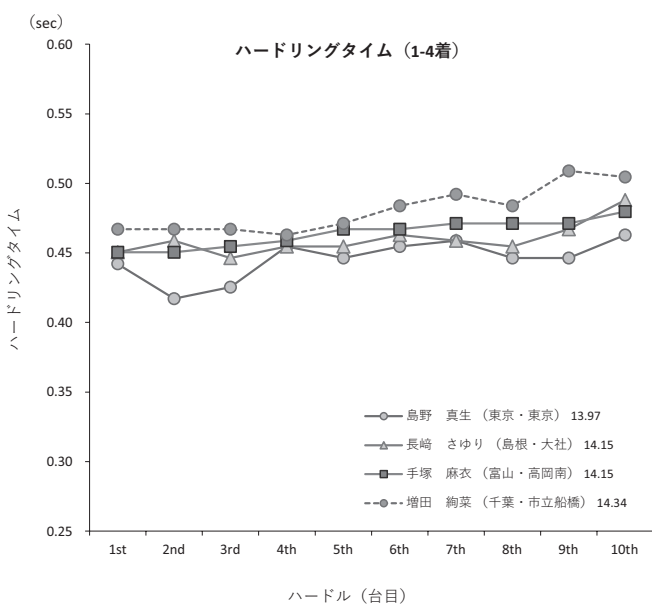
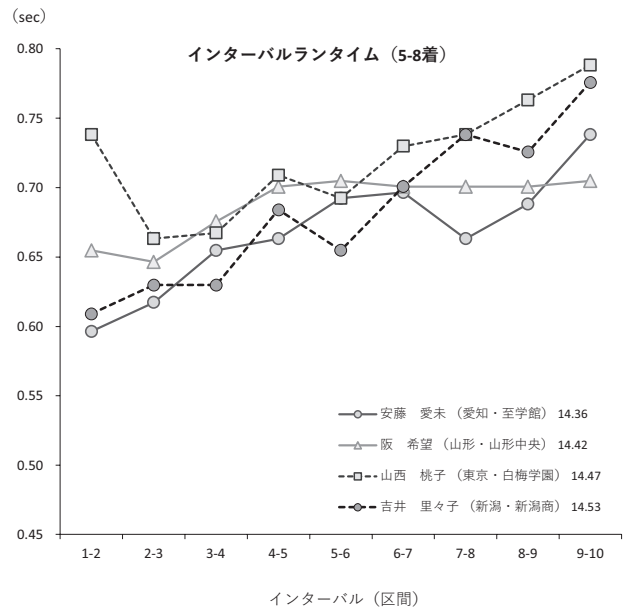
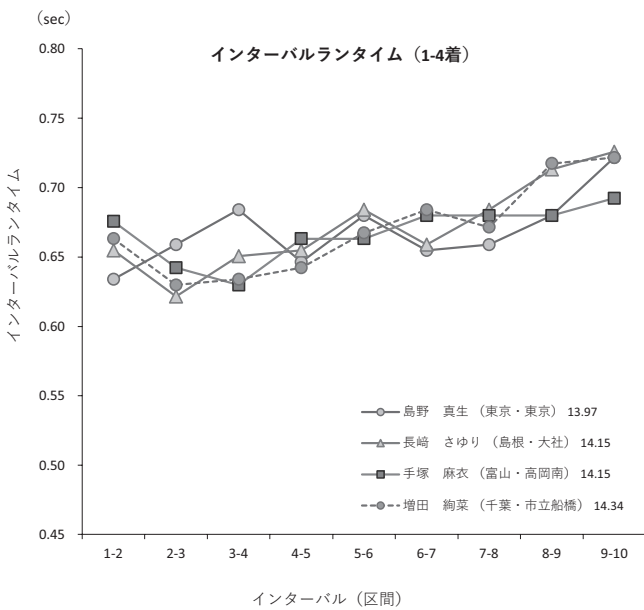
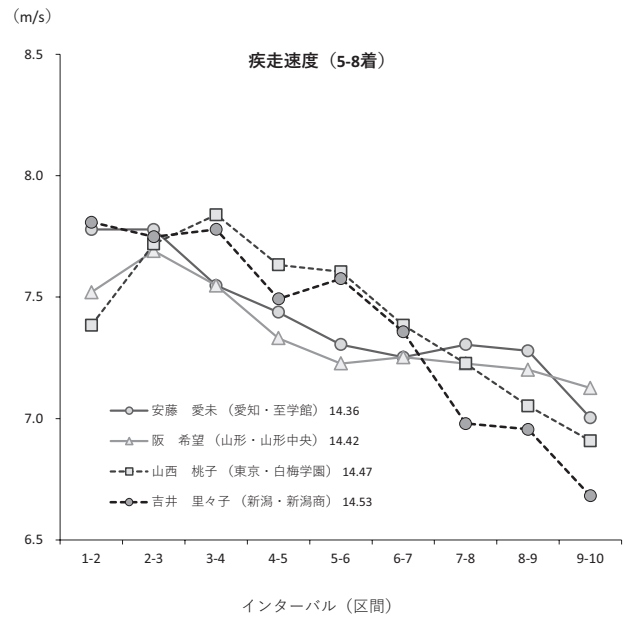
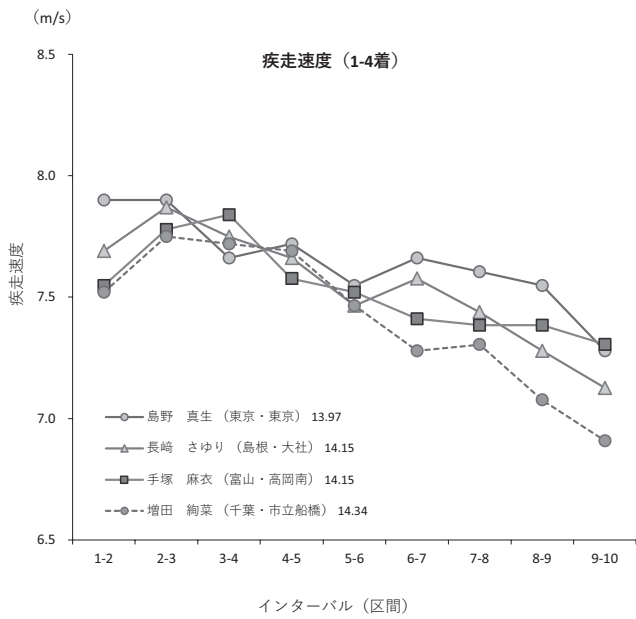


図 6. 疾走速度 (上), インターバルランニングタイム (中), ハードリングタイム (下)

表7. 2019.09.01_富士北麓ワールドトライアル2019_女子100mH W-up レース分析結果

| 選手名 | 所属 | 記録 | 風 | ハードル→ 区間→ | 1st | 2nd | 3rd | 4th | 5th | 6th | 7th | 8th | 9th | 10th | | |
|-------|-----------|-------|----|--------------|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|---------|-------|
| | | | | | app. | 1-2 | 2-3 | 3-4 | 4-5 | 5-6 | 6-7 | 7-8 | 8-9 | 9-10 | run in. | |
| 寺田明日香 | (パソナグループ) | 12.97 | NR | +1.2 | タッチダウンタイム (sec) | 2.58 | 2.58 | 3.62 | 4.62 | 5.63 | 6.63 | 7.65 | 8.67 | 9.70 | 10.76 | 11.82 |
| | | | | | 区間タイム (sec) | | 1.05 | 1.00 | 1.01 | 1.00 | 1.02 | 1.02 | 1.03 | 1.06 | 1.06 | 1.15 |
| | | | | | インターバルランタイム (sec) | | 0.61 | 0.58 | 0.60 | 0.58 | 0.63 | 0.60 | 0.61 | 0.65 | 0.62 | 0.72 |
| | | | | | ハードリングタイム (sec) | | 0.44 | 0.42 | 0.41 | 0.41 | 0.40 | 0.42 | 0.42 | 0.41 | 0.43 | 0.43 |
| | | | | | 走速度(m/s) | | 8.12 | 8.53 | 8.42 | 8.53 | 8.32 | 8.32 | 8.25 | 8.02 | 8.06 | 9.10 |
| 福部真子 | (日本電設工業) | 13.15 | | +1.2 | タッチダウンタイム (sec) | 2.59 | 2.59 | 3.62 | 4.65 | 5.67 | 6.68 | 7.70 | 8.72 | 9.80 | 10.87 | 11.95 |
| | | | | | 区間タイム (sec) | | 1.03 | 1.03 | 1.02 | 1.01 | 1.02 | 1.02 | 1.08 | 1.07 | 1.09 | 1.20 |
| | | | | | インターバルランタイム (sec) | | 0.58 | 0.61 | 0.59 | 0.58 | 0.60 | 0.60 | 0.66 | 0.64 | 0.65 | 0.75 |
| | | | | | ハードリングタイム (sec) | | 0.45 | 0.43 | 0.43 | 0.43 | 0.42 | 0.43 | 0.41 | 0.43 | 0.44 | 0.44 |
| | | | | | 走速度(m/s) | | 8.22 | 8.22 | 8.35 | 8.46 | 8.32 | 8.32 | 7.90 | 7.96 | 7.81 | 8.78 |
| 清山ちさと | (いちご) | 13.25 | | +1.2 | タッチダウンタイム (sec) | 2.64 | 2.64 | 3.73 | 4.76 | 5.78 | 6.79 | 7.83 | 8.87 | 9.92 | 10.99 | 12.07 |
| | | | | | 区間タイム (sec) | | 1.08 | 1.03 | 1.02 | 1.01 | 1.04 | 1.04 | 1.05 | 1.08 | 1.08 | 1.18 |
| | | | | | インターバルランタイム (sec) | | 0.66 | 0.61 | 0.61 | 0.60 | 0.65 | 0.63 | 0.63 | 0.65 | 0.65 | 0.73 |
| | | | | | ハードリングタイム (sec) | | 0.42 | 0.42 | 0.41 | 0.40 | 0.40 | 0.41 | 0.43 | 0.42 | 0.43 | 0.44 |
| | | | | | 走速度(m/s) | | 7.84 | 8.25 | 8.32 | 8.46 | 8.15 | 8.18 | 8.09 | 7.90 | 7.87 | 8.93 |
| 鈴木美帆 | (長谷川体育施設) | 13.29 | | +1.2 | タッチダウンタイム (sec) | 2.73 | 2.73 | 3.78 | 4.82 | 5.85 | 6.86 | 7.90 | 8.95 | 10.00 | 11.07 | 12.13 |
| | | | | | 区間タイム (sec) | | 1.05 | 1.03 | 1.03 | 1.01 | 1.04 | 1.05 | 1.05 | 1.06 | 1.07 | 1.16 |
| | | | | | インターバルランタイム (sec) | | 0.60 | 0.60 | 0.61 | 0.58 | 0.62 | 0.62 | 0.61 | 0.63 | 0.63 | 0.71 |
| | | | | | ハードリングタイム (sec) | | 0.45 | 0.43 | 0.42 | 0.43 | 0.42 | 0.43 | 0.44 | 0.43 | 0.44 | 0.44 |
| | | | | | 走速度(m/s) | | 8.09 | 8.22 | 8.25 | 8.39 | 8.15 | 8.12 | 8.09 | 7.99 | 7.96 | 9.07 |
| 紫村仁美 | (東邦銀行) | 13.32 | | +1.2 | タッチダウンタイム (sec) | 2.64 | 2.64 | 3.69 | 4.73 | 5.76 | 6.77 | 7.85 | 8.90 | 9.97 | 11.05 | 12.13 |
| | | | | | 区間タイム (sec) | | 1.06 | 1.04 | 1.02 | 1.02 | 1.08 | 1.05 | 1.07 | 1.08 | 1.08 | 1.19 |
| | | | | | インターバルランタイム (sec) | | 0.64 | 0.62 | 0.61 | 0.61 | 0.68 | 0.62 | 0.64 | 0.65 | 0.65 | 0.77 |
| | | | | | ハードリングタイム (sec) | | 0.42 | 0.42 | 0.41 | 0.41 | 0.40 | 0.43 | 0.43 | 0.43 | 0.43 | 0.43 |
| | | | | | 走速度(m/s) | | 8.06 | 8.15 | 8.32 | 8.35 | 7.90 | 8.09 | 7.93 | 7.90 | 7.87 | 8.81 |
| 藤森菜那 | (明治大) | 13.40 | | +1.2 | タッチダウンタイム (sec) | 2.70 | 2.70 | 3.77 | 4.81 | 5.85 | 6.88 | 7.94 | 9.00 | 10.07 | 11.15 | 12.25 |
| | | | | | 区間タイム (sec) | | 1.07 | 1.04 | 1.04 | 1.03 | 1.06 | 1.06 | 1.08 | 1.08 | 1.10 | 1.15 |
| | | | | | インターバルランタイム (sec) | | 0.59 | 0.59 | 0.60 | 0.59 | 0.63 | 0.60 | 0.63 | 0.63 | 0.64 | 0.68 |
| | | | | | ハードリングタイム (sec) | | 0.48 | 0.45 | 0.44 | 0.44 | 0.43 | 0.45 | 0.44 | 0.45 | 0.46 | 0.47 |
| | | | | | 走速度(m/s) | | 7.93 | 8.18 | 8.18 | 8.28 | 7.99 | 8.06 | 7.90 | 7.87 | 7.72 | 9.16 |
| 佐々木大 | (筑波大) | 13.66 | | +1.2 | タッチダウンタイム (sec) | 2.67 | 2.67 | 3.74 | 4.80 | 5.85 | 6.92 | 8.00 | 9.06 | 10.15 | 11.27 | 12.39 |
| | | | | | 区間タイム (sec) | | 1.07 | 1.06 | 1.05 | 1.06 | 1.08 | 1.06 | 1.09 | 1.12 | 1.13 | 1.27 |
| | | | | | インターバルランタイム (sec) | | 0.67 | 0.64 | 0.64 | 0.66 | 0.67 | 0.64 | 0.68 | 0.71 | 0.71 | 0.83 |
| | | | | | ハードリングタイム (sec) | | 0.40 | 0.42 | 0.41 | 0.40 | 0.41 | 0.42 | 0.40 | 0.41 | 0.42 | 0.44 |
| | | | | | 走速度(m/s) | | 7.93 | 7.99 | 8.09 | 7.99 | 7.84 | 8.02 | 7.81 | 7.60 | 7.55 | 8.28 |

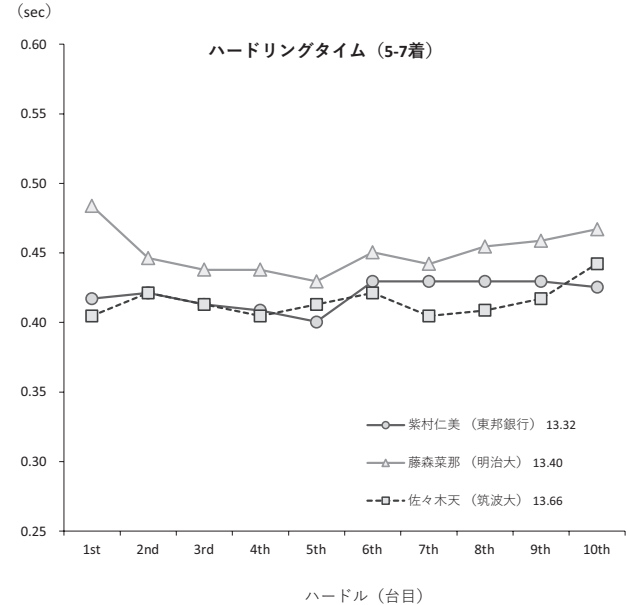
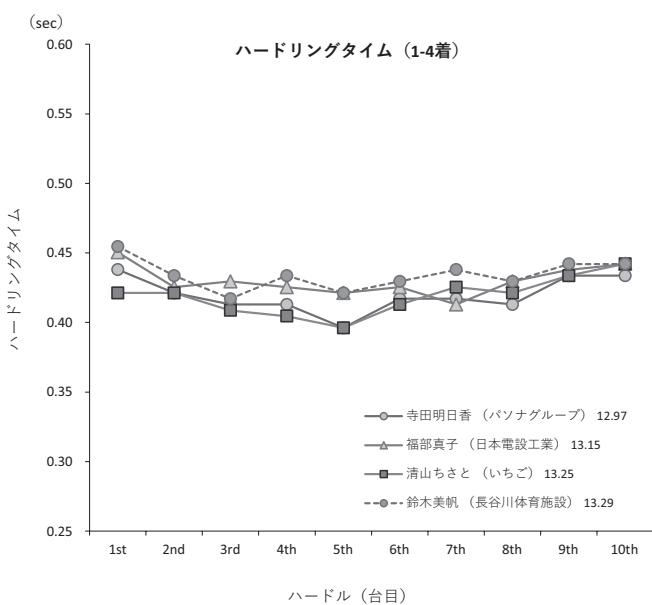
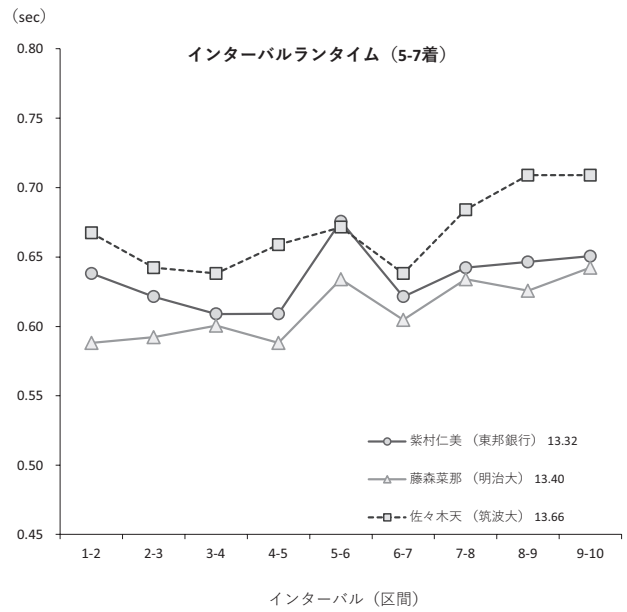
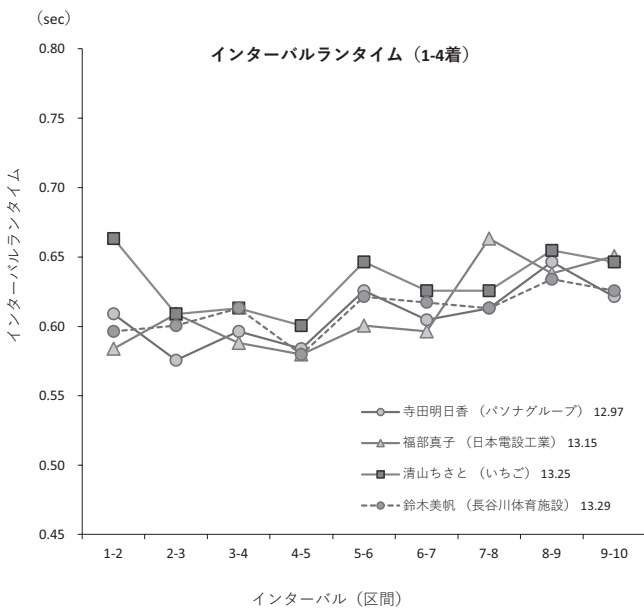
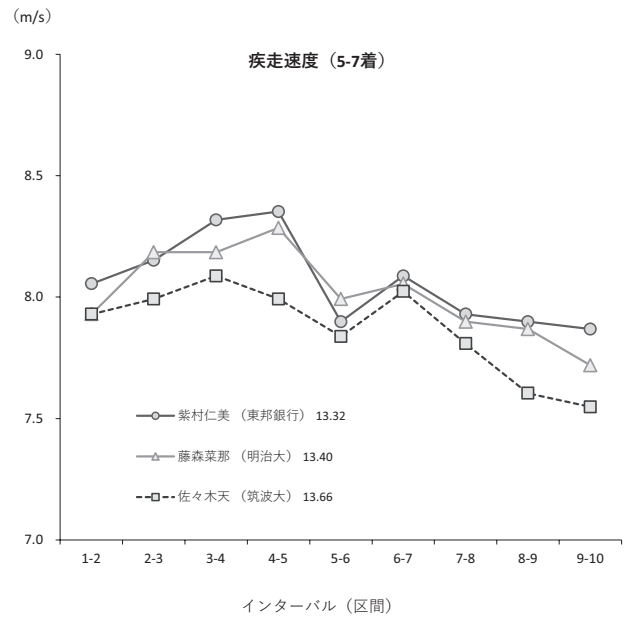
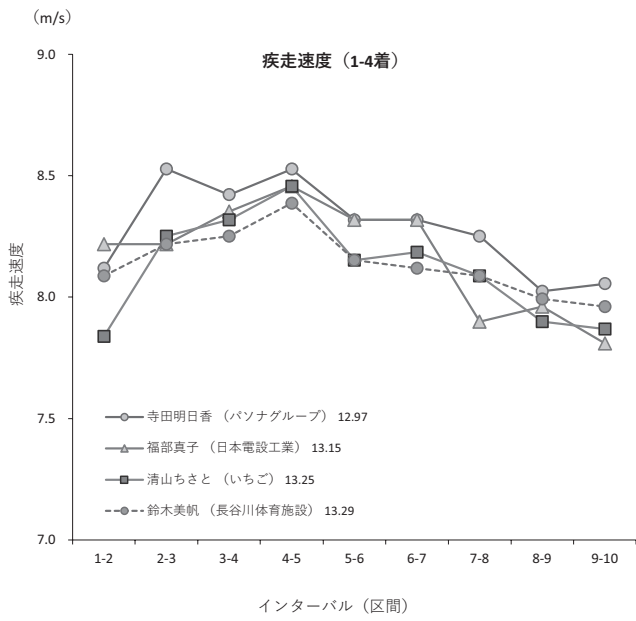


図7. 疾走速度 (上), インターバルランニングタイム (中), ハードリングタイム (下)

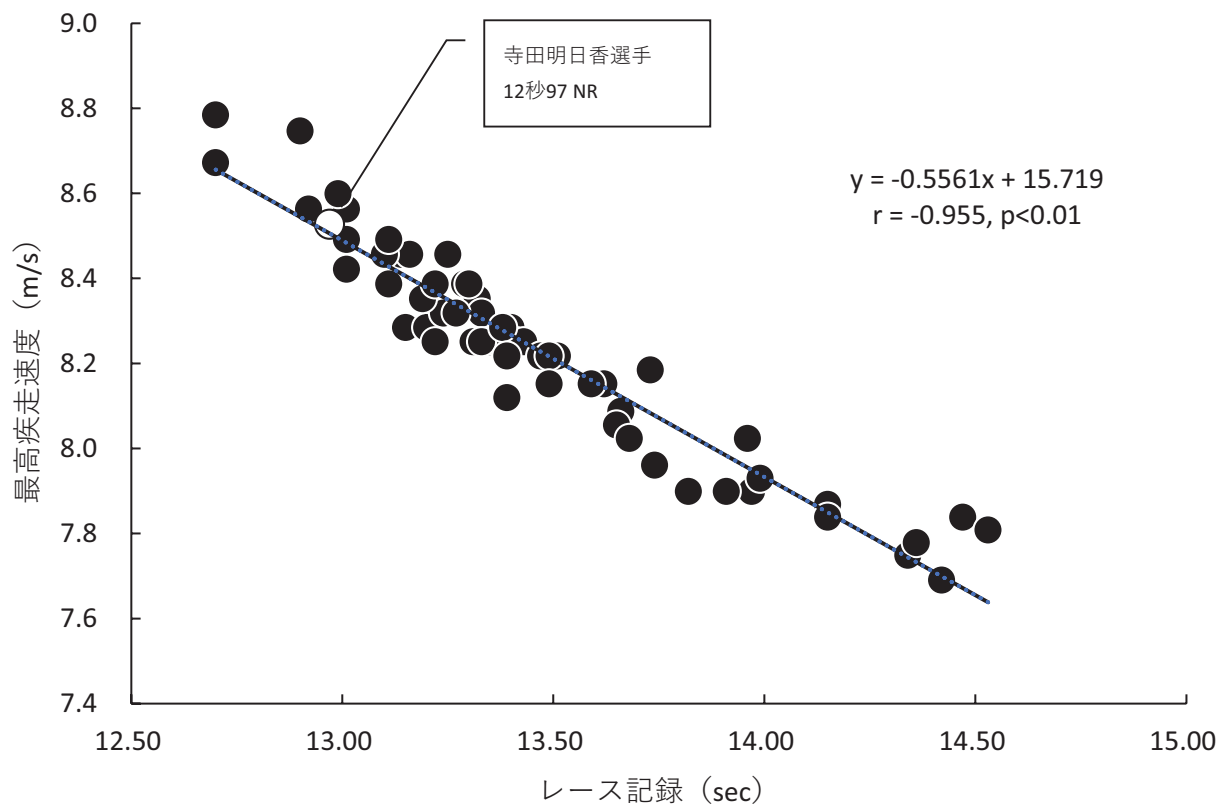


図 8. レース記録と最高疾走速度との関係

2019年シーズンにおける男子110mハードル走のレース分析

柴山一仁¹⁾ 貴嶋孝太²⁾ 杉本和那美³⁾ 森丘保典⁴⁾ 岩崎領⁵⁾ 櫻井健一⁶⁾ 苅部俊二⁷⁾
金子公宏⁸⁾ 谷川聡⁹⁾
1) 仙台大学 2) 大阪体育大学 3) 弘前大学 4) 日本大学 5) 東京学芸大学大学院
6) 国際武道大学 7) 法政大学 8) 明治大学 9) 筑波大学

1. 緒言

2019年シーズンは、男子110mハードル走で2018年シーズンに引き続き日本記録が誕生した。まず6月の布勢スプリントで高山峻野選手（ゼンリン）が13秒36（+1.9）の日本タイ記録を樹立すると、同じ6月の第103回日本陸上競技選手権大会で高山選手、泉谷駿介選手（順天堂大）が同じく13秒36（-0.6）の日本タイ記録を樹立、さらに7月の第59回秩父宮賜杯実業団・学生対抗競技会で高山選手が13秒30（+1.9）を記録し、直後の8月に行われた第1回Athlete Night Games in FUKUIで同じく高山選手が13秒25（+1.1）まで短縮した。高山選手はその後のカタールで行われた第17回世界陸上競技選手権大会でも決勝進出まであと一步に迫るなど、素晴らしい活躍を見せた。このように、2019年シーズンは、日本男子110mHが世界と並ぶレベルまで向上したシーズンであった。

これまでハードル走では、ハードル間に要した時間を計測し、それらのタイムをレース評価の指標として用いるレース分析が行われてきた（森田ほか、1994；柴山ほか、2010；貴嶋ほか、2016；柴山ほか、2019）。本稿では、2019年シーズンに国内外で開催された主要競技会におけるレース分析結果について報告する。

2. 方法

2.1 対象競技会および分析対象者

分析対象とした競技会は以下の9大会とし、参加した男子選手のべ72名を分析対象者とした。

- ①第53回織田幹雄記念国際陸上競技大会（4月28日、広島広域・広島）
- ②第6回木南道孝記念陸上競技大会（5月6日、ヤ

ンマースタジアム長居・大阪）

- ③セイコーゴールデングランプリ陸上2019大阪（5月19日、ヤンマースタジアム長居・大阪）
- ④布勢スプリント2019（6月2日、布勢総合・鳥取）
- ⑤第103回日本陸上競技選手権大会（6月27日～30日、博多の森・福岡）
- ⑥富士北麓ワールドトライアル2019（9月1日、富士北麓公園・山梨）
- ⑦第17回世界陸上競技選手権大会（9月30日～10月2日、カタール・ドーハ）
- ⑧第74回国民体育大会（10月6日、笠松・茨城）
- ⑨第35回U20／第13回U18日本陸上競技選手権大会（10月18日、広島広域・広島）

2.2 分析方法

上記競技会におけるレースを、複数台の高速ビデオカメラを用いて239.7fpsでパニング撮影した。スタートピストルの光が映像に写り込んだ瞬間を基準として、各カメラの映像を同期して分析を行った。撮影した映像から、各選手が10台のハードルを越える前の踏切脚接地と、越えた後のリード脚接地のコマを読み取り、所要時間を算出した。このとき、各ハードルの踏切脚接地からリード脚接地までの時間をハードリングタイム、リード脚接地から次のハードルの踏切脚接地までの時間をインターバルランタイムとし、二つの和を区間タイムと定義した。また、スタートシグナルから1台目ハードル後のリード脚接地までをアプローチ区間、10台目ハードル後のリード脚接地からフィニッシュライン通過までをランイン区間とし、同様にタイムを算出した。

ハードル間の距離である9.14mを各区間タイムで除することによって、各区間の平均速度を算出した。また尾縣（1999）を参考に、アプローチ区間では着

地側の距離として1.6mを加えた15.32mを区間距離とし、ランイン区間では1.6mを減じた12.42mを区間距離として平均速度を算出した。

3. 結果および考察

表1から表9は、分析対象とした各レースにおけるタッチダウンタイム、区間タイム、インターバルランタイム、ハードリングタイムおよび区間スピードについて示したものである。図1から図9には、各レースにおける区間スピードの変化をそれぞれ示した。表10および図10は、日本記録を更新した高山峻野選手（ゼンリン）について、2019年（富士北麓ワールドトライアル2019, 13秒29, +1.4）と2018年（第102回日本陸上競技選手権大会, 13秒45, +0.7）のレース分析結果を比較したものである。2019年のレースにおける区間スピードの推移は、2018年と比較してアプローチ区間で高い値を示し、レース前半ではほぼ同程度かやや低い値を示したものの、6-7台目区間以降では高い値を示した。その内訳であるインターバルランタイムおよびハードリングタイムに関して、インターバルランタイムは2019年のレース中ほとんどの区間で2018年よりも短縮しており、ハードリングタイムは前半局面ではやや増加したものの、6台目以降の局面では短縮していた。

これらのことから、高山選手は2019年のレースでは2018年と比較して後半局面でインターバルランタイムとハードリングタイムの両方を短縮することによって、高い区間スピードを維持していたために、記録を向上させることができたと考えられる。

参考文献

貴嶋孝太, 山元康平, 柴山一仁, 杉本和那美, 櫻井健一, 千葉佳裕, 森丘保典 (2016) 日本一流男子110mハードル選手および女子100mハードル選手のレース分析 —2015年度主要競技会の分析結果について—. 陸上競技研究紀要, 11: 106-114.

森田正利, 伊藤章, 沼澤秀雄, 小木曾一之, 安井年文 (1994) スプリントハードル (110mH・100mH) および男女400mHのレース分析. 佐々木秀幸ほか監修 日本陸上競技連盟強化本部バイオメカニクス研究班編 世界一流陸上競技者の技術. ベースボールマガジン社: 東京, 66-87.

尾縣貢 (1999) T&Fサイエンス講座 ハードルレース中のスピード変化. 陸上競技マガジン,

49(13): 196-197.

柴山一仁, 川上小百合, 谷川聡 (2010) 2007年世界陸上競技選手権大阪大会における男子110mハードル走および女子100mハードル走レースの時間分析. 日本陸上競技連盟バイオメカニクス研究班編 世界一流陸上競技者のパフォーマンスと技術, 第11回世界陸上競技選手権大阪大会, 日本陸上競技連盟バイオメカニクス研究班報告書. 日本陸上競技連盟: 東京, 76-95.

柴山一仁, 貴嶋孝太, 杉本和那美, 森丘保典, 岩崎領, 櫻井健一, 苅部俊二, 金子公宏 (2019) 2018年シーズンにおける男子110mハードル走のレース分析. 陸上競技研究紀要, 14: 132-141.

表1 レース分析結果 (190428 織田記念 A決勝)

| 順位 | 選手名 | 所属 | 記録 | 風 | ハードル 区間 | 1st | 2nd | 3rd | 4th | 5th | 6th | 7th | 8th | 9th | 10th | |
|----|------|--------|-------|------|----------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|--------|
| | | | | | | app | 1-2 | 2-3 | 3-4 | 4-5 | 5-6 | 6-7 | 7-8 | 8-9 | 9-10 | run-in |
| 1 | 石川周平 | 富士通 | 13.54 | +0.6 | タッチダウンタイム(秒) | 2.59 | 3.65 | 4.68 | 5.70 | 6.74 | 7.77 | 8.80 | 9.85 | 10.96 | 12.08 | 13.54 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.59 | 1.06 | 1.03 | 1.02 | 1.04 | 1.03 | 1.03 | 1.05 | 1.11 | 1.12 | 1.46 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | | 0.58 | 0.56 | 0.57 | 0.59 | 0.58 | 0.58 | 0.60 | 0.66 | 0.64 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.47 | 0.47 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.48 | 0.49 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.92 | 8.62 | 8.87 | 8.96 | 8.79 | 8.87 | 8.87 | 8.70 | 8.23 | 8.16 | 8.51 |
| 2 | 泉谷駿介 | 順天堂大 | 13.56 | +0.6 | タッチダウンタイム(秒) | 2.56 | 3.62 | 4.68 | 5.73 | 6.77 | 7.83 | 8.89 | 9.96 | 11.05 | 12.14 | 13.56 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.56 | 1.06 | 1.06 | 1.05 | 1.04 | 1.06 | 1.06 | 1.07 | 1.09 | 1.09 | 1.42 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | | 0.57 | 0.56 | 0.55 | 0.55 | 0.56 | 0.55 | 0.57 | 0.59 | 0.60 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.49 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.49 | 0.50 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.98 | 8.62 | 8.62 | 8.70 | 8.79 | 8.62 | 8.62 | 8.54 | 8.39 | 8.39 | 8.75 |
| 3 | 大室秀樹 | 大塚製薬 | 13.78 | +0.6 | タッチダウンタイム(秒) | 2.64 | 3.73 | 4.79 | 5.83 | 6.89 | 7.95 | 9.04 | 10.12 | 11.23 | 12.35 | 13.78 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.64 | 1.09 | 1.06 | 1.04 | 1.06 | 1.06 | 1.09 | 1.08 | 1.11 | 1.12 | 1.43 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | | 0.58 | 0.55 | 0.53 | 0.55 | 0.57 | 0.59 | 0.57 | 0.60 | 0.60 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.51 | 0.51 | 0.51 | 0.51 | 0.50 | 0.50 | 0.51 | 0.50 | 0.52 | 0.51 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.80 | 8.39 | 8.62 | 8.79 | 8.62 | 8.62 | 8.39 | 8.46 | 8.23 | 8.16 | 8.69 |
| 4 | 矢澤航 | デザートTC | 13.83 | +0.6 | タッチダウンタイム(秒) | 2.70 | 3.79 | 4.85 | 5.91 | 6.96 | 8.02 | 9.10 | 10.18 | 11.29 | 12.41 | 13.83 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.70 | 1.09 | 1.06 | 1.06 | 1.05 | 1.06 | 1.08 | 1.08 | 1.11 | 1.12 | 1.42 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | | 0.55 | 0.57 | 0.57 | 0.57 | 0.58 | 0.60 | 0.60 | 0.61 | 0.62 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.54 | 0.49 | 0.49 | 0.48 | 0.48 | 0.48 | 0.49 | 0.49 | 0.50 | 0.50 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.67 | 8.39 | 8.62 | 8.62 | 8.70 | 8.62 | 8.46 | 8.46 | 8.23 | 8.16 | 8.75 |
| 5 | 和戸達也 | 麗澤瑞浪AC | 13.88 | +0.6 | タッチダウンタイム(秒) | 2.60 | 3.69 | 4.76 | 5.81 | 6.87 | 7.94 | 9.01 | 10.11 | 11.24 | 12.37 | 13.88 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.60 | 1.09 | 1.07 | 1.05 | 1.06 | 1.07 | 1.10 | 1.10 | 1.13 | 1.13 | 1.51 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | | 0.63 | 0.60 | 0.58 | 0.59 | 0.61 | 0.59 | 0.64 | 0.66 | 0.65 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.46 | 0.46 | 0.47 | 0.47 | 0.46 | 0.48 | 0.46 | 0.47 | 0.48 | 0.48 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.89 | 8.39 | 8.54 | 8.70 | 8.62 | 8.54 | 8.54 | 8.31 | 8.09 | 8.09 | 8.23 |
| 6 | 尾形晃宏 | アサヒ | 13.97 | +0.6 | タッチダウンタイム(秒) | 2.65 | 3.73 | 4.77 | 5.82 | 6.89 | 7.96 | 9.07 | 10.17 | 11.29 | 12.42 | 13.97 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.65 | 1.08 | 1.04 | 1.05 | 1.07 | 1.07 | 1.11 | 1.10 | 1.12 | 1.13 | 1.55 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | | 0.55 | 0.53 | 0.57 | 0.60 | 0.59 | 0.61 | 0.59 | 0.62 | 0.64 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.53 | 0.51 | 0.48 | 0.48 | 0.48 | 0.49 | 0.51 | 0.50 | 0.50 | 0.50 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.78 | 8.46 | 8.79 | 8.70 | 8.54 | 8.54 | 8.23 | 8.31 | 8.16 | 8.09 | 8.01 |
| 7 | 藤井亮汰 | 三重県体育協 | 14.07 | +0.6 | タッチダウンタイム(秒) | 2.74 | 3.84 | 4.89 | 5.97 | 7.04 | 8.12 | 9.22 | 10.32 | 11.44 | 12.58 | 14.07 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.74 | 1.10 | 1.05 | 1.08 | 1.07 | 1.08 | 1.10 | 1.10 | 1.12 | 1.14 | 1.49 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | | 0.59 | 0.53 | 0.57 | 0.55 | 0.58 | 0.58 | 0.57 | 0.60 | 0.61 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.51 | 0.52 | 0.50 | 0.52 | 0.51 | 0.52 | 0.53 | 0.52 | 0.53 | 0.53 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.59 | 8.31 | 8.70 | 8.46 | 8.54 | 8.46 | 8.31 | 8.31 | 8.16 | 8.02 | 8.34 |

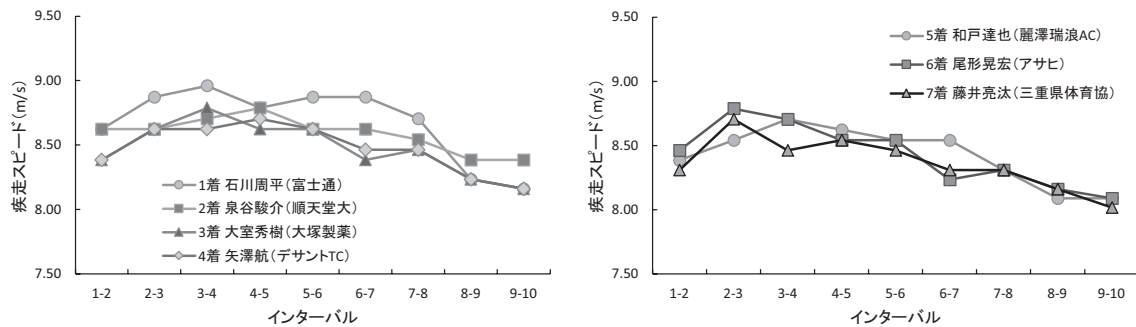


図1 レース中における疾走速度の変化 (190428 織田記念 A決勝)

表2 レース分析結果 (190506 木南記念 決勝)

| 順位 | 選手名 | 所属 | 記録 | 風 | ハードル 区間 | 1st | 2nd | 3rd | 4th | 5th | 6th | 7th | 8th | 9th | 10th | |
|----|--------------------|--------|-------|------|----------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|--------|
| | | | | | | app | 1-2 | 2-3 | 3-4 | 4-5 | 5-6 | 6-7 | 7-8 | 8-9 | 9-10 | run-in |
| 1 | Freddie CRITTENDEN | USA | 13.38 | +0.3 | タッチダウンタイム(秒) | 2.58 | 3.62 | 4.65 | 5.67 | 6.70 | 7.72 | 8.75 | 9.81 | 10.86 | 11.95 | 13.38 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.58 | 1.04 | 1.03 | 1.02 | 1.03 | 1.02 | 1.03 | 1.06 | 1.05 | 1.09 | 1.43 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | | 0.56 | 0.58 | 0.56 | 0.59 | 0.55 | 0.58 | 0.60 | 0.58 | 0.63 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.48 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.47 | 0.45 | 0.45 | 0.47 | 0.47 | 0.49 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.94 | 8.79 | 8.87 | 8.96 | 8.87 | 8.96 | 8.87 | 8.62 | 8.70 | 8.39 | 8.69 |
| 2 | 石川周平 | 富士通 | 13.50 | +0.3 | タッチダウンタイム(秒) | 2.57 | 3.62 | 4.67 | 5.73 | 6.78 | 7.83 | 8.87 | 9.93 | 10.98 | 12.08 | 13.50 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.57 | 1.05 | 1.05 | 1.06 | 1.05 | 1.05 | 1.04 | 1.06 | 1.05 | 1.10 | 1.42 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | | 0.55 | 0.59 | 0.59 | 0.57 | 0.59 | 0.58 | 0.60 | 0.59 | 0.65 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.49 | 0.46 | 0.47 | 0.48 | 0.46 | 0.46 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.48 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.96 | 8.70 | 8.70 | 8.62 | 8.70 | 8.70 | 8.79 | 8.62 | 8.70 | 8.31 | 8.75 |
| 3 | 泉谷駿介 | 順天堂大 | 13.58 | +0.3 | タッチダウンタイム(秒) | 2.59 | 3.63 | 4.71 | 5.76 | 6.79 | 7.88 | 8.97 | 10.02 | 11.08 | 12.21 | 13.58 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.59 | 1.04 | 1.08 | 1.05 | 1.03 | 1.09 | 1.09 | 1.05 | 1.06 | 1.13 | 1.37 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | | 0.51 | 0.57 | 0.52 | 0.51 | 0.59 | 0.57 | 0.52 | 0.55 | 0.62 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.53 | 0.50 | 0.53 | 0.51 | 0.50 | 0.52 | 0.53 | 0.51 | 0.51 | 0.56 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.92 | 8.79 | 8.46 | 8.70 | 8.87 | 8.39 | 8.39 | 8.70 | 8.62 | 8.09 | 9.07 |
| 4 | 矢澤航 | デザートTC | 13.71 | +0.3 | タッチダウンタイム(秒) | 2.64 | 3.73 | 4.80 | 5.85 | 6.91 | 7.97 | 9.04 | 10.11 | 11.18 | 12.26 | 13.71 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.64 | 1.09 | 1.07 | 1.05 | 1.06 | 1.06 | 1.07 | 1.07 | 1.07 | 1.08 | 1.45 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | | 0.58 | 0.58 | 0.55 | 0.58 | 0.57 | 0.59 | 0.59 | 0.58 | 0.59 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.50 | 0.49 | 0.50 | 0.48 | 0.48 | 0.48 | 0.48 | 0.49 | 0.49 | 0.50 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.80 | 8.39 | 8.54 | 8.70 | 8.62 | 8.62 | 8.54 | 8.54 | 8.54 | 8.46 | 8.57 |
| 5 | 和戸達也 | 麗澤瑞浪AC | 13.79 | +0.3 | タッチダウンタイム(秒) | 2.60 | 3.67 | 4.73 | 5.78 | 6.84 | 7.90 | 8.99 | 10.08 | 11.17 | 12.32 | 13.79 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.60 | 1.07 | 1.06 | 1.05 | 1.06 | 1.06 | 1.09 | 1.09 | 1.09 | 1.15 | 1.47 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | | 0.59 | 0.59 | 0.58 | 0.60 | 0.58 | 0.61 | 0.61 | 0.62 | 0.67 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.48 | 0.47 | 0.47 | 0.47 | 0.48 | 0.48 | 0.48 | 0.47 | 0.48 | 0.50 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.89 | 8.54 | 8.62 | 8.70 | 8.62 | 8.62 | 8.39 | 8.39 | 8.39 | 7.95 | 8.45 |
| 6 | 佐藤大志 | 日立化成 | 13.81 | +0.3 | タッチダウンタイム(秒) | 2.58 | 3.64 | 4.71 | 5.78 | 6.86 | 7.92 | 9.01 | 10.11 | 11.22 | 12.35 | 13.81 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.58 | 1.06 | 1.07 | 1.07 | 1.08 | 1.06 | 1.09 | 1.10 | 1.11 | 1.13 | 1.46 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | | 0.56 | 0.60 | 0.59 | 0.60 | 0.58 | 0.61 | 0.62 | 0.63 | 0.64 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.50 | 0.48 | 0.48 | 0.48 | 0.48 | 0.48 | 0.48 | 0.48 | 0.49 | 0.52 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.94 | 8.62 | 8.54 | 8.54 | 8.46 | 8.62 | 8.39 | 8.31 | 8.23 | 8.09 | 8.51 |
| 7 | 藤井亮汰 | 三重県体育協 | 13.94 | +0.3 | タッチダウンタイム(秒) | 2.60 | 3.69 | 4.77 | 5.87 | 6.96 | 8.05 | 9.16 | 10.24 | 11.35 | 12.48 | 13.94 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.60 | 1.09 | 1.08 | 1.10 | 1.09 | 1.09 | 1.10 | 1.10 | 1.11 | 1.13 | 1.46 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | | 0.55 | 0.55 | 0.58 | 0.57 | 0.56 | 0.57 | 0.57 | 0.59 | 0.61 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.54 | 0.53 | 0.51 | 0.53 | 0.53 | 0.52 | 0.53 | 0.52 | 0.53 | 0.54 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.89 | 8.39 | 8.46 | 8.31 | 8.39 | 8.39 | 8.39 | 8.31 | 8.23 | 8.09 | 8.51 |
| 8 | 鍵本真啓 | 立命館大 | 13.95 | +0.3 | タッチダウンタイム(秒) | 2.66 | 3.74 | 4.81 | 5.90 | 6.98 | 8.05 | 9.16 | 10.26 | 11.38 | 12.49 | 13.95 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.66 | 1.08 | 1.07 | 1.09 | 1.08 | 1.07 | 1.11 | 1.10 | 1.12 | 1.11 | 1.46 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | | 0.53 | 0.54 | 0.58 | 0.55 | 0.55 | 0.60 | 0.57 | 0.60 | 0.58 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.55 | 0.53 | 0.52 | 0.53 | 0.52 | 0.51 | 0.53 | 0.52 | 0.53 | 0.51 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.76 | 8.46 | 8.54 | 8.39 | 8.46 | 8.54 | 8.23 | 8.31 | 8.16 | 8.23 | 8.51 |

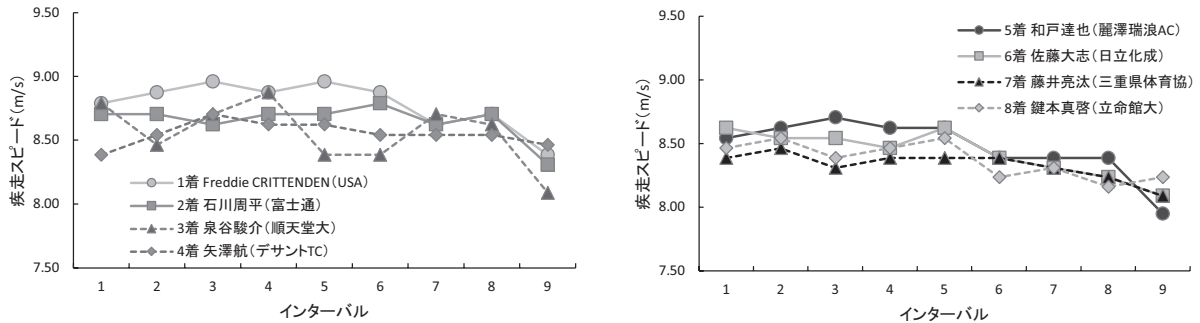


図2 レース中における疾走速度の変化 (190506 木南記念 決勝)

表3 レース分析結果 (190519 GGP 大阪 決勝)

| 順位 | 選手名 | 所属 | 記録 | 風 | ハードル 区間 | インターバル | | | | | | | | | | |
|----|------------------|------|-------|------|----------------|--------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|--------|
| | | | | | | app | 1-2 | 2-3 | 3-4 | 4-5 | 5-6 | 6-7 | 7-8 | 8-9 | 9-10 | run-in |
| 1 | 泉谷駿介 | 順天堂大 | 13.26 | +2.9 | タッチダウンタイム(秒) | 2.53 | 3.60 | 4.62 | 5.66 | 6.71 | 7.72 | 8.74 | 9.79 | 10.84 | 11.93 | 13.26 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.53 | 1.07 | 1.02 | 1.04 | 1.05 | 1.01 | 1.02 | 1.05 | 1.05 | 1.09 | 1.33 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | | 0.58 | 0.49 | 0.55 | 0.56 | 0.50 | 0.53 | 0.56 | 0.56 | 0.60 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.49 | 0.53 | 0.48 | 0.48 | 0.51 | 0.49 | 0.49 | 0.48 | 0.49 | 0.52 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 6.06 | 8.54 | 8.96 | 8.79 | 8.70 | 9.05 | 8.96 | 8.70 | 8.70 | 8.39 | 9.34 |
| 2 | SWIFT Greggmar | BAR | 13.45 | +2.9 | タッチダウンタイム(秒) | 2.54 | 3.61 | 4.66 | 5.69 | 6.70 | 7.76 | 8.79 | 9.84 | 10.91 | 12.02 | 13.45 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.54 | 1.07 | 1.05 | 1.03 | 1.01 | 1.06 | 1.03 | 1.05 | 1.07 | 1.11 | 1.43 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | | 0.59 | 0.58 | 0.55 | 0.56 | 0.61 | 0.57 | 0.60 | 0.62 | 0.63 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.48 | 0.47 | 0.48 | 0.45 | 0.45 | 0.47 | 0.45 | 0.45 | 0.48 | 0.49 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 6.03 | 8.54 | 8.70 | 8.87 | 9.05 | 8.62 | 8.87 | 8.70 | 8.54 | 8.23 | 8.69 |
| 3 | 金井大旺 | ミズノ | 13.47 | +2.9 | タッチダウンタイム(秒) | 2.54 | 3.61 | 4.67 | 5.71 | 6.75 | 7.79 | 8.82 | 9.90 | 10.98 | 12.06 | 13.47 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.54 | 1.07 | 1.06 | 1.04 | 1.04 | 1.04 | 1.03 | 1.08 | 1.08 | 1.08 | 1.41 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | | 0.55 | 0.55 | 0.54 | 0.55 | 0.55 | 0.53 | 0.58 | 0.57 | 0.58 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.51 | 0.51 | 0.50 | 0.49 | 0.49 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 6.03 | 8.54 | 8.62 | 8.79 | 8.79 | 8.79 | 8.87 | 8.46 | 8.46 | 8.46 | 8.81 |
| 4 | 高山峻野 | ゼンリン | 13.51 | +2.9 | タッチダウンタイム(秒) | 2.57 | 3.62 | 4.68 | 5.72 | 6.76 | 7.80 | 8.84 | 9.90 | 10.96 | 12.05 | 13.51 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.57 | 1.05 | 1.06 | 1.04 | 1.04 | 1.04 | 1.04 | 1.06 | 1.06 | 1.09 | 1.46 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | | 0.56 | 0.59 | 0.57 | 0.58 | 0.58 | 0.57 | 0.58 | 0.58 | 0.60 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.49 | 0.48 | 0.47 | 0.46 | 0.46 | 0.47 | 0.48 | 0.49 | 0.48 | 0.48 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.96 | 8.70 | 8.62 | 8.79 | 8.79 | 8.79 | 8.79 | 8.62 | 8.62 | 8.39 | 8.51 |
| 5 | 石川周平 | 富士通 | 13.63 | +2.9 | タッチダウンタイム(秒) | 2.60 | 3.68 | 4.76 | 5.83 | 6.88 | 7.92 | 8.99 | 10.03 | 11.10 | 12.20 | 13.63 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.60 | 1.08 | 1.08 | 1.07 | 1.05 | 1.04 | 1.07 | 1.04 | 1.07 | 1.10 | 1.43 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | | 0.60 | 0.62 | 0.61 | 0.58 | 0.59 | 0.63 | 0.59 | 0.63 | 0.64 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.48 | 0.46 | 0.46 | 0.46 | 0.45 | 0.44 | 0.45 | 0.45 | 0.46 | 0.47 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.89 | 8.46 | 8.46 | 8.54 | 8.70 | 8.79 | 8.54 | 8.79 | 8.54 | 8.31 | 8.69 |
| 6 | FONTENOT Ryan | USA | 13.70 | +2.9 | タッチダウンタイム(秒) | 2.67 | 3.75 | 4.82 | 5.91 | 6.95 | 8.01 | 9.06 | 10.10 | 11.18 | 12.27 | 13.70 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.67 | 1.08 | 1.07 | 1.09 | 1.04 | 1.06 | 1.05 | 1.04 | 1.08 | 1.09 | 1.43 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | | 0.61 | 0.60 | 0.63 | 0.57 | 0.61 | 0.60 | 0.59 | 0.63 | 0.62 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.47 | 0.47 | 0.45 | 0.47 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.47 | 0.47 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.74 | 8.46 | 8.54 | 8.39 | 8.79 | 8.62 | 8.70 | 8.79 | 8.46 | 8.39 | 8.69 |
| 7 | CABRAL Johnathan | CAN | 13.74 | +2.9 | タッチダウンタイム(秒) | 2.72 | 3.83 | 4.88 | 5.92 | 6.95 | 7.99 | 9.04 | 10.10 | 11.16 | 12.26 | 13.74 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.72 | 1.11 | 1.05 | 1.04 | 1.03 | 1.04 | 1.05 | 1.06 | 1.06 | 1.10 | 1.48 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | | 0.61 | 0.56 | 0.57 | 0.56 | 0.57 | 0.58 | 0.58 | 0.58 | 0.61 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.50 | 0.49 | 0.47 | 0.47 | 0.47 | 0.46 | 0.48 | 0.49 | 0.48 | 0.50 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.63 | 8.23 | 8.70 | 8.79 | 8.87 | 8.79 | 8.70 | 8.62 | 8.62 | 8.31 | 8.39 |
| 8 | 大室秀樹 | 大塚製薬 | 13.76 | +2.9 | タッチダウンタイム(秒) | 2.59 | 3.70 | 4.77 | 5.86 | 6.95 | 8.03 | 9.08 | 10.16 | 11.24 | 12.33 | 13.76 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.59 | 1.11 | 1.07 | 1.09 | 1.09 | 1.08 | 1.05 | 1.08 | 1.08 | 1.09 | 1.43 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | | 0.58 | 0.56 | 0.57 | 0.58 | 0.56 | 0.53 | 0.58 | 0.57 | 0.58 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.52 | 0.51 | 0.52 | 0.51 | 0.52 | 0.52 | 0.50 | 0.51 | 0.51 | 0.50 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.92 | 8.23 | 8.54 | 8.39 | 8.39 | 8.46 | 8.70 | 8.46 | 8.46 | 8.39 | 8.69 |
| 9 | WALTERS Ruebin | TRI | 13.84 | +2.9 | タッチダウンタイム(秒) | 2.67 | 3.77 | 4.85 | 5.92 | 6.97 | 8.02 | 9.06 | 10.13 | 11.22 | 12.34 | 13.84 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.67 | 1.10 | 1.08 | 1.07 | 1.05 | 1.05 | 1.04 | 1.07 | 1.09 | 1.12 | 1.50 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | | 0.60 | 0.60 | 0.57 | 0.56 | 0.58 | 0.55 | 0.60 | 0.60 | 0.63 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.50 | 0.49 | 0.50 | 0.49 | 0.47 | 0.48 | 0.47 | 0.49 | 0.49 | 0.49 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.74 | 8.31 | 8.46 | 8.54 | 8.70 | 8.70 | 8.79 | 8.54 | 8.39 | 8.16 | 8.28 |

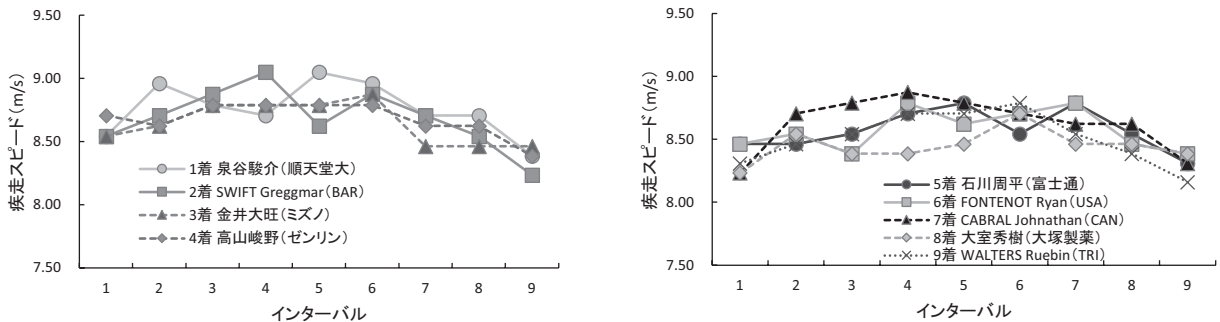


図3 レース中における疾走速度の変化 (190519 GGP 大阪 決勝)

表4 レース分析結果 (190602 布勢スプリント A決勝)

| 順位 | 選手名 | 所属 | 記録 | 風 | ハードル 区間 | インターバル | | | | | | | | | | | |
|----|-------|--------|-------|------|------------|----------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|--------|-------|
| | | | | | | app | 1-2 | 2-3 | 3-4 | 4-5 | 5-6 | 6-7 | 7-8 | 8-9 | 9-10 | run-in | |
| 1 | 高山峻野 | ゼンリン | 13.36 | +1.9 | =NR,GR | タッチダウンタイム(秒) | 2.54 | 3.58 | 4.62 | 5.66 | 6.68 | 7.70 | 8.74 | 9.80 | 10.86 | 11.92 | 13.36 |
| | | | | | | 区間タイム(秒) | 2.54 | 1.04 | 1.04 | 1.04 | 1.02 | 1.02 | 1.04 | 1.06 | 1.06 | 1.06 | 1.44 |
| | | | | | | インターバルランタイム(秒) | 0.55 | 0.58 | 0.58 | 0.55 | 0.55 | 0.58 | 0.59 | 0.59 | 0.58 | | |
| | | | | | | ハードリングタイム(秒) | 0.49 | 0.46 | 0.46 | 0.47 | 0.47 | 0.46 | 0.47 | 0.48 | 0.48 | 0.48 | 0.47 |
| | | | | | | 区間スピード(m/秒) | 6.03 | 8.79 | 8.79 | 8.79 | 8.96 | 8.96 | 8.79 | 8.62 | 8.62 | 8.62 | 8.63 |
| 2 | 石川周平 | 富士通 | 13.49 | +1.9 | | タッチダウンタイム(秒) | 2.57 | 3.62 | 4.66 | 5.70 | 6.73 | 7.77 | 8.83 | 9.89 | 10.95 | 12.05 | 13.49 |
| | | | | | | 区間タイム(秒) | 2.57 | 1.05 | 1.04 | 1.04 | 1.03 | 1.04 | 1.06 | 1.06 | 1.06 | 1.10 | 1.44 |
| | | | | | | インターバルランタイム(秒) | 0.58 | 0.60 | 0.58 | 0.58 | 0.60 | 0.61 | 0.60 | 0.60 | 0.65 | | |
| | | | | | | ハードリングタイム(秒) | 0.48 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.44 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.46 |
| | | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.96 | 8.70 | 8.79 | 8.79 | 8.87 | 8.79 | 8.62 | 8.62 | 8.62 | 8.31 | 8.63 |
| 3 | 矢澤航 | デサントTC | 13.60 | +1.9 | | タッチダウンタイム(秒) | 2.61 | 3.69 | 4.77 | 5.83 | 6.86 | 7.91 | 8.95 | 10.01 | 11.07 | 12.15 | 13.60 |
| | | | | | | 区間タイム(秒) | 2.61 | 1.08 | 1.08 | 1.06 | 1.03 | 1.05 | 1.04 | 1.06 | 1.06 | 1.08 | 1.45 |
| | | | | | | インターバルランタイム(秒) | 0.56 | 0.60 | 0.56 | 0.54 | 0.58 | 0.56 | 0.58 | 0.57 | 0.60 | | |
| | | | | | | ハードリングタイム(秒) | 0.52 | 0.49 | 0.49 | 0.49 | 0.47 | 0.48 | 0.48 | 0.49 | 0.48 | 0.49 | 0.49 |
| | | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.87 | 8.46 | 8.46 | 8.62 | 8.87 | 8.70 | 8.79 | 8.62 | 8.62 | 8.46 | 8.57 |
| 4 | 佐藤大志 | 日立化成 | 13.77 | +1.9 | | タッチダウンタイム(秒) | 2.53 | 3.61 | 4.67 | 5.73 | 6.78 | 7.86 | 8.94 | 10.05 | 11.16 | 12.30 | 13.77 |
| | | | | | | 区間タイム(秒) | 2.53 | 1.08 | 1.06 | 1.06 | 1.05 | 1.08 | 1.08 | 1.11 | 1.11 | 1.14 | 1.47 |
| | | | | | | インターバルランタイム(秒) | 0.60 | 0.57 | 0.58 | 0.57 | 0.61 | 0.60 | 0.63 | 0.62 | 0.65 | | |
| | | | | | | ハードリングタイム(秒) | 0.48 | 0.49 | 0.48 | 0.48 | 0.47 | 0.48 | 0.48 | 0.49 | 0.49 | 0.50 | |
| | | | | | | 区間スピード(m/秒) | 6.06 | 8.46 | 8.62 | 8.62 | 8.70 | 8.46 | 8.46 | 8.23 | 8.23 | 8.02 | 8.45 |
| 5 | 藤井亮汰 | 三重県体育協 | 13.78 | +1.9 | | タッチダウンタイム(秒) | 2.60 | 3.68 | 4.74 | 5.81 | 6.87 | 7.95 | 9.02 | 10.11 | 11.20 | 12.30 | 13.78 |
| | | | | | | 区間タイム(秒) | 2.60 | 1.08 | 1.06 | 1.07 | 1.06 | 1.08 | 1.07 | 1.09 | 1.09 | 1.10 | 1.48 |
| | | | | | | インターバルランタイム(秒) | 0.55 | 0.53 | 0.55 | 0.53 | 0.57 | 0.54 | 0.58 | 0.56 | 0.58 | | |
| | | | | | | ハードリングタイム(秒) | 0.53 | 0.53 | 0.52 | 0.53 | 0.52 | 0.53 | 0.51 | 0.53 | 0.52 | 0.52 | |
| | | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.89 | 8.46 | 8.62 | 8.54 | 8.62 | 8.46 | 8.54 | 8.39 | 8.39 | 8.31 | 8.39 |
| 6 | 和戸達也 | 麗澤瑞浪AC | 13.82 | +1.9 | | タッチダウンタイム(秒) | 2.58 | 3.67 | 4.75 | 5.83 | 6.88 | 7.96 | 9.04 | 10.12 | 11.24 | 12.35 | 13.82 |
| | | | | | | 区間タイム(秒) | 2.58 | 1.09 | 1.08 | 1.08 | 1.05 | 1.08 | 1.08 | 1.08 | 1.12 | 1.11 | 1.47 |
| | | | | | | インターバルランタイム(秒) | 0.62 | 0.61 | 0.61 | 0.56 | 0.61 | 0.60 | 0.60 | 0.64 | 0.64 | 0.63 | |
| | | | | | | ハードリングタイム(秒) | 0.47 | 0.47 | 0.46 | 0.49 | 0.46 | 0.47 | 0.48 | 0.48 | 0.48 | 0.48 | 0.48 |
| | | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.94 | 8.39 | 8.46 | 8.46 | 8.70 | 8.46 | 8.46 | 8.46 | 8.16 | 8.23 | 8.45 |
| 7 | 札幌大輝 | ヤマダ電機 | 13.89 | +1.9 | | タッチダウンタイム(秒) | 2.66 | 3.76 | 4.85 | 5.90 | 6.97 | 8.05 | 9.12 | 10.20 | 11.29 | 12.39 | 13.89 |
| | | | | | | 区間タイム(秒) | 2.66 | 1.10 | 1.09 | 1.05 | 1.07 | 1.08 | 1.07 | 1.08 | 1.09 | 1.10 | 1.50 |
| | | | | | | インターバルランタイム(秒) | 0.61 | 0.61 | 0.57 | 0.60 | 0.61 | 0.60 | 0.61 | 0.62 | 0.63 | | |
| | | | | | | ハードリングタイム(秒) | 0.48 | 0.48 | 0.48 | 0.46 | 0.47 | 0.48 | 0.47 | 0.47 | 0.47 | 0.48 | |
| | | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.76 | 8.31 | 8.39 | 8.70 | 8.54 | 8.46 | 8.54 | 8.46 | 8.39 | 8.31 | 8.28 |
| 8 | 清水功一郎 | 関学大 | 13.96 | +1.9 | | タッチダウンタイム(秒) | 2.69 | 3.77 | 4.86 | 5.92 | 7.00 | 8.08 | 9.19 | 10.29 | 11.39 | 12.52 | 13.96 |
| | | | | | | 区間タイム(秒) | 2.69 | 1.08 | 1.09 | 1.06 | 1.08 | 1.08 | 1.11 | 1.10 | 1.10 | 1.13 | 1.44 |
| | | | | | | インターバルランタイム(秒) | 0.55 | 0.58 | 0.55 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.59 | 0.59 | 0.61 | | |
| | | | | | | ハードリングタイム(秒) | 0.54 | 0.51 | 0.50 | 0.48 | 0.48 | 0.50 | 0.51 | 0.51 | 0.51 | 0.51 | |
| | | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.70 | 8.46 | 8.39 | 8.62 | 8.46 | 8.46 | 8.23 | 8.31 | 8.31 | 8.09 | 8.62 |

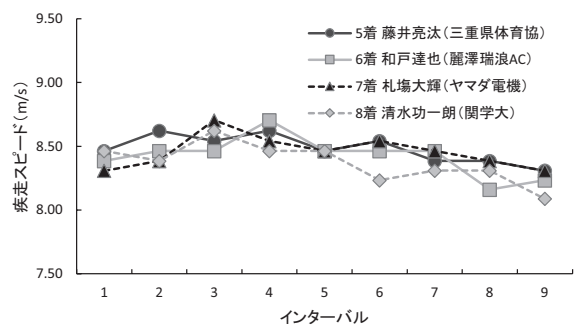
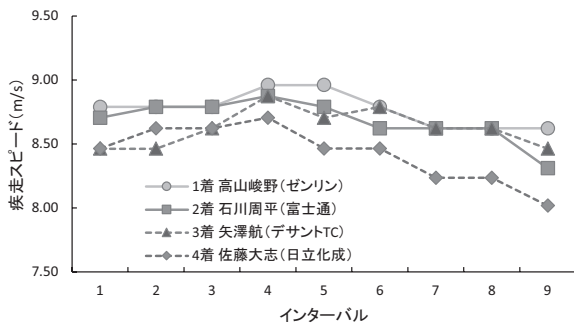


図4 レース中における疾走速度の変化 (190602 布勢スプリント A決勝)

表5 レース分析結果 (190630 日本選手権 決勝)

| 順位 | 選手名 | 所属 | 記録 | 風 | ハードル 区間 | 1st | 2nd | 3rd | 4th | 5th | 6th | 7th | 8th | 9th | 10th | | |
|----|---------|-------------|-------|------|------------|--------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|--------|-------|
| | | | | | | app | 1-2 | 2-3 | 3-4 | 4-5 | 5-6 | 6-7 | 7-8 | 8-9 | 9-10 | run-in | |
| 1 | 高山峻野 | ゼンリン | 13.36 | =NR | -0.6 | タッチダウンタイム(秒) | 2.54 | 3.59 | 4.61 | 5.64 | 6.66 | 7.69 | 8.73 | 9.78 | 10.84 | 11.92 | 13.36 |
| | | | | | | 区間タイム(秒) | 2.54 | 1.05 | 1.02 | 1.03 | 1.02 | 1.03 | 1.04 | 1.05 | 1.06 | 1.08 | 1.44 |
| | | | | | | インターバルタイム(秒) | | 0.57 | 0.55 | 0.57 | 0.56 | 0.57 | 0.58 | 0.58 | 0.59 | 0.61 | |
| | | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.48 | 0.47 | 0.45 | 0.46 | 0.46 | 0.46 | 0.47 | 0.47 | 0.47 | 0.48 |
| | | | | | | 区間スピード(m/秒) | 6.03 | 8.70 | 8.96 | 8.87 | 8.96 | 8.87 | 8.79 | 8.70 | 8.62 | 8.46 | 8.63 |
| 2 | 泉谷駿介 | 順天堂大 | 13.36 | =NR | -0.6 | タッチダウンタイム(秒) | 2.55 | 3.59 | 4.62 | 5.64 | 6.67 | 7.71 | 8.74 | 9.79 | 10.87 | 11.95 | 13.36 |
| | | | | | | 区間タイム(秒) | 2.55 | 1.04 | 1.03 | 1.02 | 1.03 | 1.04 | 1.03 | 1.05 | 1.08 | 1.08 | 1.41 |
| | | | | | | インターバルタイム(秒) | | 0.54 | 0.53 | 0.53 | 0.55 | 0.54 | 0.53 | 0.57 | 0.59 | 0.56 | |
| | | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.50 | 0.51 | 0.49 | 0.48 | 0.50 | 0.50 | 0.48 | 0.49 | 0.52 | 0.51 |
| | | | | | | 区間スピード(m/秒) | 6.01 | 8.79 | 8.87 | 8.96 | 8.87 | 8.79 | 8.87 | 8.70 | 8.46 | 8.46 | 8.81 |
| 3 | 石川周平 | 富士通 | 13.67 | -0.6 | -0.6 | タッチダウンタイム(秒) | 2.57 | 3.65 | 4.71 | 5.75 | 6.82 | 7.86 | 8.92 | 10.00 | 11.08 | 12.20 | 13.67 |
| | | | | | | 区間タイム(秒) | 2.57 | 1.08 | 1.06 | 1.04 | 1.07 | 1.04 | 1.06 | 1.08 | 1.08 | 1.12 | 1.47 |
| | | | | | | インターバルタイム(秒) | | 0.62 | 0.58 | 0.58 | 0.62 | 0.58 | 0.61 | 0.63 | 0.61 | 0.67 | |
| | | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.47 | 0.48 | 0.46 | 0.45 | 0.46 | 0.45 | 0.45 | 0.46 | 0.45 | 0.47 |
| | | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.96 | 8.46 | 8.62 | 8.79 | 8.54 | 8.79 | 8.62 | 8.46 | 8.46 | 8.16 | 8.45 |
| 4 | 矢澤航 | デザートTC | 13.76 | -0.6 | -0.6 | タッチダウンタイム(秒) | 2.64 | 3.71 | 4.77 | 5.83 | 6.87 | 7.92 | 8.99 | 10.07 | 11.18 | 12.29 | 13.76 |
| | | | | | | 区間タイム(秒) | 2.64 | 1.07 | 1.06 | 1.06 | 1.04 | 1.05 | 1.07 | 1.08 | 1.11 | 1.11 | 1.47 |
| | | | | | | インターバルタイム(秒) | | 0.55 | 0.58 | 0.58 | 0.56 | 0.58 | 0.59 | 0.58 | 0.63 | 0.60 | |
| | | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.51 | 0.49 | 0.48 | 0.48 | 0.48 | 0.48 | 0.50 | 0.48 | 0.50 | 0.50 |
| | | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.80 | 8.54 | 8.62 | 8.62 | 8.79 | 8.70 | 8.54 | 8.46 | 8.23 | 8.23 | 8.45 |
| 5 | 栗城アンソニー | 新潟アルビレックスRC | 13.92 | -0.6 | -0.6 | タッチダウンタイム(秒) | 2.64 | 3.74 | 4.79 | 5.87 | 6.94 | 8.01 | 9.10 | 10.20 | 11.30 | 12.42 | 13.92 |
| | | | | | | 区間タイム(秒) | 2.64 | 1.10 | 1.05 | 1.08 | 1.07 | 1.07 | 1.09 | 1.10 | 1.10 | 1.12 | 1.50 |
| | | | | | | インターバルタイム(秒) | | 0.60 | 0.57 | 0.62 | 0.60 | 0.60 | 0.63 | 0.63 | 0.63 | 0.65 | |
| | | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.49 | 0.48 | 0.46 | 0.47 | 0.47 | 0.47 | 0.47 | 0.47 | 0.47 | 0.48 |
| | | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.80 | 8.31 | 8.70 | 8.46 | 8.54 | 8.54 | 8.39 | 8.31 | 8.31 | 8.16 | 8.28 |
| 6 | 藤井亮汰 | 三重県体育協 | 13.99 | -0.6 | -0.6 | タッチダウンタイム(秒) | 2.64 | 3.72 | 4.79 | 5.87 | 6.95 | 8.05 | 9.15 | 10.26 | 11.39 | 12.52 | 13.99 |
| | | | | | | 区間タイム(秒) | 2.64 | 1.08 | 1.07 | 1.08 | 1.08 | 1.10 | 1.10 | 1.11 | 1.13 | 1.13 | 1.47 |
| | | | | | | インターバルタイム(秒) | | 0.53 | 0.55 | 0.57 | 0.56 | 0.57 | 0.57 | 0.58 | 0.61 | 0.59 | |
| | | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.55 | 0.53 | 0.51 | 0.52 | 0.53 | 0.52 | 0.52 | 0.52 | 0.54 | 0.53 |
| | | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.80 | 8.46 | 8.54 | 8.46 | 8.46 | 8.31 | 8.31 | 8.23 | 8.09 | 8.09 | 8.45 |
| 7 | 札幌大輝 | ヤマダ電機 | 14.00 | -0.6 | -0.6 | タッチダウンタイム(秒) | 2.66 | 3.74 | 4.81 | 5.90 | 6.97 | 8.06 | 9.15 | 10.26 | 11.37 | 12.50 | 14.00 |
| | | | | | | 区間タイム(秒) | 2.66 | 1.08 | 1.07 | 1.09 | 1.07 | 1.09 | 1.09 | 1.11 | 1.11 | 1.13 | 1.50 |
| | | | | | | インターバルタイム(秒) | | 0.60 | 0.58 | 0.63 | 0.58 | 0.61 | 0.63 | 0.65 | 0.65 | 0.65 | |
| | | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.49 | 0.48 | 0.46 | 0.49 | 0.48 | 0.45 | 0.45 | 0.46 | 0.48 | 0.48 |
| | | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.76 | 8.46 | 8.54 | 8.39 | 8.54 | 8.39 | 8.39 | 8.23 | 8.23 | 8.09 | 8.28 |
| 8 | 佐藤大志 | 日立化成 | 14.16 | -0.6 | -0.6 | タッチダウンタイム(秒) | 2.58 | 3.68 | 4.76 | 5.85 | 6.92 | 8.01 | 9.11 | 10.21 | 11.45 | 12.64 | 14.16 |
| | | | | | | 区間タイム(秒) | 2.58 | 1.10 | 1.08 | 1.09 | 1.07 | 1.09 | 1.10 | 1.10 | 1.12 | 1.19 | 1.52 |
| | | | | | | インターバルタイム(秒) | | 0.61 | 0.58 | 0.60 | 0.57 | 0.60 | 0.62 | 0.60 | 0.76 | 0.64 | |
| | | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.48 | 0.50 | 0.48 | 0.50 | 0.48 | 0.48 | 0.50 | 0.48 | 0.55 | 0.53 |
| | | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.94 | 8.31 | 8.46 | 8.39 | 8.54 | 8.39 | 8.31 | 8.31 | 7.37 | 7.68 | 8.17 |

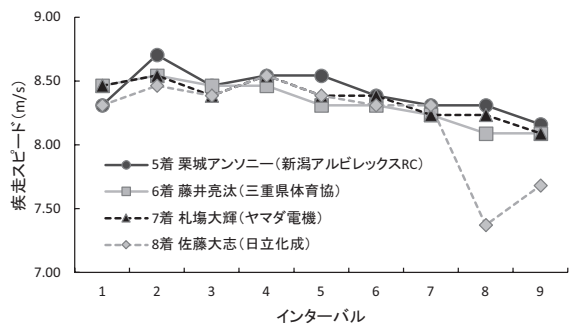
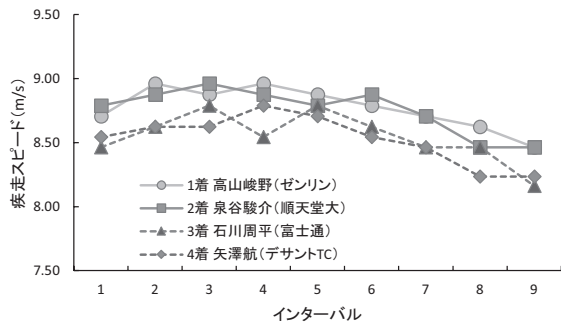


図5 レース中における疾走速度の変化 (190630 日本選手権 決勝)

表6 レース分析結果 (190901 富士北麓ワールドトライアル)

| 順位 | 選手名 | 所属 | 記録 | 風 | ハードル 区間 | 1st | 2nd | 3rd | 4th | 5th | 6th | 7th | 8th | 9th | 10th | |
|----|---------|-------------|-------|------|----------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|--------|
| | | | | | | app | 1-2 | 2-3 | 3-4 | 4-5 | 5-6 | 6-7 | 7-8 | 8-9 | 9-10 | run-in |
| 1 | 高山峻野 | ゼンリン | 13.29 | +1.4 | タッチダウンタイム(秒) | 2.53 | 3.61 | 4.63 | 5.68 | 6.70 | 7.73 | 8.75 | 9.80 | 10.83 | 11.88 | 13.29 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.53 | 1.08 | 1.03 | 1.05 | 1.03 | 1.03 | 1.04 | 1.04 | 1.05 | 1.41 | |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | | 0.58 | 0.55 | 0.55 | 0.55 | 0.56 | 0.56 | 0.58 | 0.57 | 0.58 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.48 | 0.50 | 0.48 | 0.49 | 0.48 | 0.46 | 0.46 | 0.47 | 0.47 | |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 6.06 | 8.47 | 8.92 | 8.74 | 8.92 | 8.92 | 8.77 | 8.81 | 8.70 | 8.83 | |
| 2 | 陳奎儒 | TPE | 13.36 | +1.4 | タッチダウンタイム(秒) | 2.56 | 3.61 | 4.65 | 5.69 | 6.72 | 7.75 | 8.78 | 9.80 | 10.85 | 11.91 | 13.36 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.56 | 1.05 | 1.04 | 1.04 | 1.03 | 1.03 | 1.03 | 1.02 | 1.05 | 1.06 | 1.45 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | | 0.59 | 0.60 | 0.60 | 0.58 | 0.58 | 0.58 | 0.58 | 0.62 | 0.62 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.45 | 0.44 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.44 | 0.44 | 0.43 | 0.44 | 0.45 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.98 | 8.70 | 8.79 | 8.79 | 8.87 | 8.87 | 8.87 | 8.96 | 8.70 | 8.62 | 8.57 |
| 3 | 金井大旺 | ミズノ | 13.51 | +1.4 | タッチダウンタイム(秒) | 2.58 | 3.63 | 4.68 | 5.72 | 6.77 | 7.83 | 8.88 | 9.95 | 11.02 | 12.10 | 13.51 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.58 | 1.05 | 1.05 | 1.04 | 1.05 | 1.06 | 1.05 | 1.07 | 1.07 | 1.08 | 1.41 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | | 0.53 | 0.54 | 0.54 | 0.56 | 0.57 | 0.55 | 0.57 | 0.56 | 0.58 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.53 | 0.51 | 0.50 | 0.49 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.94 | 8.70 | 8.70 | 8.79 | 8.70 | 8.62 | 8.70 | 8.54 | 8.54 | 8.46 | 8.81 |
| 4 | 矢澤航 | デザートTC | 13.51 | +1.4 | タッチダウンタイム(秒) | 2.62 | 3.70 | 4.73 | 5.76 | 6.81 | 7.85 | 8.90 | 9.96 | 11.04 | 12.12 | 13.51 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.62 | 1.08 | 1.03 | 1.03 | 1.05 | 1.04 | 1.05 | 1.06 | 1.08 | 1.08 | 1.39 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | | 0.58 | 0.55 | 0.55 | 0.58 | 0.55 | 0.57 | 0.58 | 0.60 | 0.59 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.50 | 0.49 | 0.48 | 0.47 | 0.49 | 0.48 | 0.48 | 0.48 | 0.49 | 0.51 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.85 | 8.46 | 8.87 | 8.87 | 8.70 | 8.79 | 8.70 | 8.62 | 8.46 | 8.46 | 8.94 |
| 5 | 栗城アンソニー | 新潟アルビレックスRC | 13.59 | +1.4 | タッチダウンタイム(秒) | 2.60 | 3.69 | 4.73 | 5.77 | 6.82 | 7.86 | 8.91 | 9.97 | 11.03 | 12.10 | 13.59 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.60 | 1.09 | 1.04 | 1.04 | 1.05 | 1.04 | 1.05 | 1.06 | 1.06 | 1.07 | 1.49 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | | 0.62 | 0.57 | 0.58 | 0.59 | 0.58 | 0.59 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.48 | 0.47 | 0.46 | 0.46 | 0.46 | 0.46 | 0.46 | 0.46 | 0.46 | 0.46 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.89 | 8.39 | 8.79 | 8.79 | 8.70 | 8.79 | 8.70 | 8.62 | 8.62 | 8.54 | 8.34 |
| 6 | 藤井亮汰 | 三重県体育協 | 13.65 | +1.4 | タッチダウンタイム(秒) | 2.59 | 3.65 | 4.70 | 5.74 | 6.80 | 7.86 | 8.92 | 10.00 | 11.10 | 12.21 | 13.65 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.59 | 1.06 | 1.05 | 1.04 | 1.06 | 1.06 | 1.06 | 1.08 | 1.10 | 1.11 | 1.44 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | | 0.55 | 0.54 | 0.54 | 0.56 | 0.55 | 0.55 | 0.58 | 0.58 | 0.57 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.51 | 0.51 | 0.50 | 0.50 | 0.51 | 0.50 | 0.50 | 0.51 | 0.53 | 0.52 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.92 | 8.62 | 8.70 | 8.79 | 8.62 | 8.62 | 8.62 | 8.46 | 8.31 | 8.23 | 8.63 |
| 7 | 石川周平 | 富士通 | 13.67 | +1.4 | タッチダウンタイム(秒) | 2.56 | 3.64 | 4.69 | 5.75 | 6.82 | 7.89 | 8.95 | 10.02 | 11.12 | 12.23 | 13.67 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.56 | 1.08 | 1.05 | 1.06 | 1.07 | 1.07 | 1.06 | 1.07 | 1.10 | 1.11 | 1.44 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | | 0.60 | 0.58 | 0.60 | 0.61 | 0.60 | 0.58 | 0.60 | 0.63 | 0.63 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.48 | 0.46 | 0.45 | 0.45 | 0.47 | 0.48 | 0.47 | 0.47 | 0.49 | 0.50 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.98 | 8.46 | 8.70 | 8.62 | 8.54 | 8.54 | 8.62 | 8.54 | 8.31 | 8.23 | 8.63 |

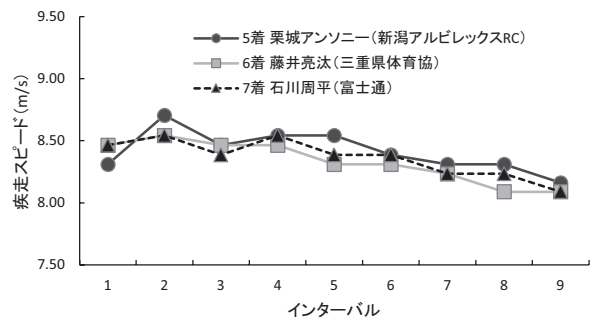
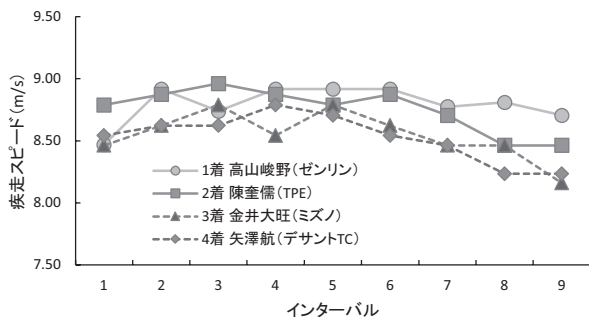


図6 レース中における疾走速度の変化 (190901 富士北麓ワールドトライアル)

表7 レース分析結果 (190930-1002 世界陸上)

| Final 順位 | 選手名 | 所属 | 記録 | 風 | ハードル 区間 | 1st | 2nd | 3rd | 4th | 5th | 6th | 7th | 8th | 9th | 10th | |
|----------------|-------------------------|-----|-------|------|----------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|--------|
| | | | | | | app | 1-2 | 2-3 | 3-4 | 4-5 | 5-6 | 6-7 | 7-8 | 8-9 | 9-10 | run-in |
| 1 | Grant HOLLOWAY | USA | 13.10 | +0.6 | タッチダウンタイム(秒) | 2.45 | 3.46 | 4.44 | 5.41 | 6.42 | 7.39 | 8.41 | 9.44 | 10.50 | 11.60 | 13.10 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.45 | 1.01 | 0.98 | 0.98 | 1.01 | 0.98 | 1.02 | 1.03 | 1.06 | 1.10 | 1.50 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | 0.55 | 0.55 | 0.56 | 0.58 | 0.53 | 0.59 | 0.59 | 0.61 | 0.65 | | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | 0.46 | 0.43 | 0.42 | 0.43 | 0.45 | 0.43 | 0.44 | 0.45 | 0.45 | 0.47 | |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 6.25 | 9.06 | 9.36 | 9.36 | 9.09 | 9.36 | 8.98 | 8.87 | 8.63 | 8.30 | 8.30 |
| 2 | Sergey SHUBENKOV | ANA | 13.15 | +0.6 | タッチダウンタイム(秒) | 2.62 | 3.65 | 4.65 | 5.66 | 6.66 | 7.66 | 8.67 | 9.68 | 10.74 | 11.79 | 13.15 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.62 | 1.04 | 1.00 | 1.01 | 1.00 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.06 | 1.05 | 1.36 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | 0.56 | 0.52 | 0.55 | 0.55 | 0.55 | 0.55 | 0.55 | 0.55 | 0.60 | 0.57 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | 0.48 | 0.48 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.46 | 0.46 | 0.46 | 0.45 | 0.48 | 0.49 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.86 | 8.80 | 9.13 | 9.09 | 9.17 | 9.09 | 9.06 | 9.02 | 8.66 | 8.73 | 9.11 |
| 3 | Pascal MARTINOT-LAGARDE | FRA | 13.18 | +0.6 | タッチダウンタイム(秒) | 2.54 | 3.58 | 4.60 | 5.61 | 6.61 | 7.63 | 8.64 | 9.65 | 10.69 | 11.75 | 13.18 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.54 | 1.04 | 1.03 | 1.01 | 0.99 | 1.03 | 1.01 | 1.01 | 1.05 | 1.06 | 1.43 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | 0.59 | 0.59 | 0.58 | 0.55 | 0.60 | 0.56 | 0.57 | 0.60 | 0.61 | | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | 0.45 | 0.44 | 0.43 | 0.44 | 0.43 | 0.45 | 0.44 | 0.44 | 0.45 | 0.45 | |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 6.04 | 8.77 | 8.91 | 9.06 | 9.21 | 8.91 | 9.09 | 9.06 | 8.73 | 8.66 | 8.68 |
| 3 | Orlando ORTEGA | ESP | 13.30 | +0.6 | タッチダウンタイム(秒) | 2.57 | 3.60 | 4.64 | 5.62 | 6.66 | 7.66 | 8.67 | 9.66 | 10.69 | 11.80 | 13.30 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.57 | 1.03 | 1.04 | 0.98 | 1.03 | 0.99 | 0.99 | 1.01 | 1.03 | 1.11 | 1.50 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | 0.54 | 0.57 | 0.50 | 0.57 | 0.50 | 0.53 | 0.56 | 0.58 | 0.63 | | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | 0.49 | 0.47 | 0.48 | 0.46 | 0.49 | 0.46 | 0.45 | 0.46 | 0.48 | 0.54 | |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.97 | 8.84 | 8.77 | 9.33 | 8.84 | 9.21 | 9.21 | 9.02 | 8.84 | 8.27 | 8.25 |
| 5 | Wenjun XIE | CHN | 13.29 | +0.6 | タッチダウンタイム(秒) | 2.58 | 3.64 | 4.66 | 5.67 | 6.69 | 7.70 | 8.73 | 9.75 | 10.79 | 11.87 | 13.29 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.58 | 1.06 | 1.02 | 1.01 | 1.02 | 1.01 | 1.03 | 1.01 | 1.05 | 1.07 | 1.42 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | 0.59 | 0.56 | 0.56 | 0.56 | 0.55 | 0.55 | 0.57 | 0.54 | 0.59 | 0.60 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | 0.47 | 0.46 | 0.45 | 0.45 | 0.46 | 0.46 | 0.47 | 0.46 | 0.47 | 0.49 | |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.94 | 8.63 | 8.94 | 9.02 | 8.98 | 9.02 | 8.87 | 9.02 | 8.73 | 8.53 | 8.72 |
| 6 | Shane BRATHWAITE | BAR | 13.61 | +0.6 | タッチダウンタイム(秒) | 2.62 | 3.68 | 4.78 | 5.86 | 6.91 | 7.96 | 8.99 | 10.04 | 11.09 | 12.15 | 13.61 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.62 | 1.06 | 1.11 | 1.08 | 1.05 | 1.05 | 1.03 | 1.05 | 1.05 | 1.06 | 1.46 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | 0.59 | 0.65 | 0.60 | 0.59 | 0.60 | 0.55 | 0.60 | 0.59 | 0.60 | | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | 0.47 | 0.45 | 0.48 | 0.46 | 0.45 | 0.48 | 0.45 | 0.46 | 0.47 | 0.47 | |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.85 | 8.63 | 8.27 | 8.49 | 8.70 | 8.70 | 8.87 | 8.73 | 8.70 | 8.59 | 8.53 |
| 7 | Devon ALLEN | USA | 13.70 | +0.6 | タッチダウンタイム(秒) | 2.57 | 3.67 | 4.72 | 5.77 | 6.80 | 7.82 | 8.88 | 9.94 | 11.05 | 12.19 | 13.70 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.57 | 1.10 | 1.06 | 1.05 | 1.03 | 1.02 | 1.06 | 1.06 | 1.11 | 1.14 | 1.51 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | 0.63 | 0.55 | 0.58 | 0.57 | 0.55 | 0.60 | 0.58 | 0.63 | 0.63 | | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | 0.47 | 0.50 | 0.46 | 0.46 | 0.47 | 0.45 | 0.49 | 0.48 | 0.50 | 0.54 | |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.96 | 8.33 | 8.66 | 8.73 | 8.84 | 8.98 | 8.63 | 8.59 | 8.27 | 8.03 | 8.21 |
| 8 | Milan TRAJKOVIC | CYP | 13.87 | +0.6 | タッチダウンタイム(秒) | 2.56 | 3.61 | 4.61 | 5.63 | 6.63 | 7.65 | 8.81 | 10.06 | 11.24 | 12.40 | 13.87 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.56 | 1.05 | 1.00 | 1.03 | 1.00 | 1.01 | 1.16 | 1.26 | 1.18 | 1.16 | 1.47 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | 0.58 | 0.53 | 0.58 | 0.53 | 0.57 | 0.71 | 0.74 | 0.66 | 0.66 | | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | 0.47 | 0.47 | 0.44 | 0.46 | 0.44 | 0.45 | 0.51 | 0.52 | 0.50 | 0.50 | |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.99 | 8.70 | 9.13 | 8.91 | 9.17 | 9.02 | 8.85 | 7.28 | 7.74 | 7.91 | 8.45 |
| 予選 2組 7着 | Taio KANAI | JPN | 13.74 | +0.5 | タッチダウンタイム(秒) | 2.58 | 3.64 | 4.70 | 5.76 | 6.84 | 7.90 | 8.99 | 10.09 | 11.20 | 12.31 | 13.74 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.58 | 1.06 | 1.06 | 1.06 | 1.07 | 1.06 | 1.09 | 1.10 | 1.11 | 1.11 | 1.43 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | 0.53 | 0.55 | 0.55 | 0.56 | 0.53 | 0.60 | 0.58 | 0.58 | 0.57 | | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | 0.53 | 0.51 | 0.51 | 0.51 | 0.53 | 0.50 | 0.52 | 0.53 | 0.54 | 0.53 | |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.93 | 8.63 | 8.59 | 8.63 | 8.53 | 8.63 | 8.36 | 8.30 | 8.24 | 8.24 | 8.67 |
| 予選 4組 2着 | Shunya TAKAYAMA | JPN | 13.32 | +0.4 | タッチダウンタイム(秒) | 2.56 | 3.58 | 4.62 | 5.64 | 6.66 | 7.69 | 8.72 | 9.77 | 10.83 | 11.89 | 13.32 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.56 | 1.02 | 1.03 | 1.02 | 1.02 | 1.03 | 1.03 | 1.05 | 1.06 | 1.06 | 1.43 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | 0.52 | 0.56 | 0.55 | 0.56 | 0.57 | 0.57 | 0.59 | 0.59 | 0.60 | | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | 0.50 | 0.47 | 0.47 | 0.46 | 0.46 | 0.46 | 0.46 | 0.46 | 0.47 | 0.47 | |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.98 | 8.94 | 8.84 | 8.94 | 8.94 | 8.87 | 8.87 | 8.70 | 8.66 | 8.59 | 8.69 |
| 準決 3組 6着 | Shunya TAKAYAMA | JPN | 13.58 | +0.6 | タッチダウンタイム(秒) | 2.53 | 3.57 | 4.57 | 5.58 | 6.60 | 7.65 | 8.85 | 9.99 | 11.06 | 12.15 | 13.58 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.53 | 1.03 | 1.00 | 1.02 | 1.01 | 1.06 | 1.19 | 1.14 | 1.07 | 1.09 | 1.43 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | 0.56 | 0.52 | 0.57 | 0.55 | 0.60 | 0.70 | 0.63 | 0.53 | 0.59 | | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | 0.48 | 0.48 | 0.45 | 0.46 | 0.45 | 0.50 | 0.51 | 0.54 | 0.50 | 0.49 | |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 6.05 | 8.84 | 9.13 | 8.98 | 9.02 | 8.66 | 7.66 | 8.00 | 8.53 | 8.40 | 8.68 |

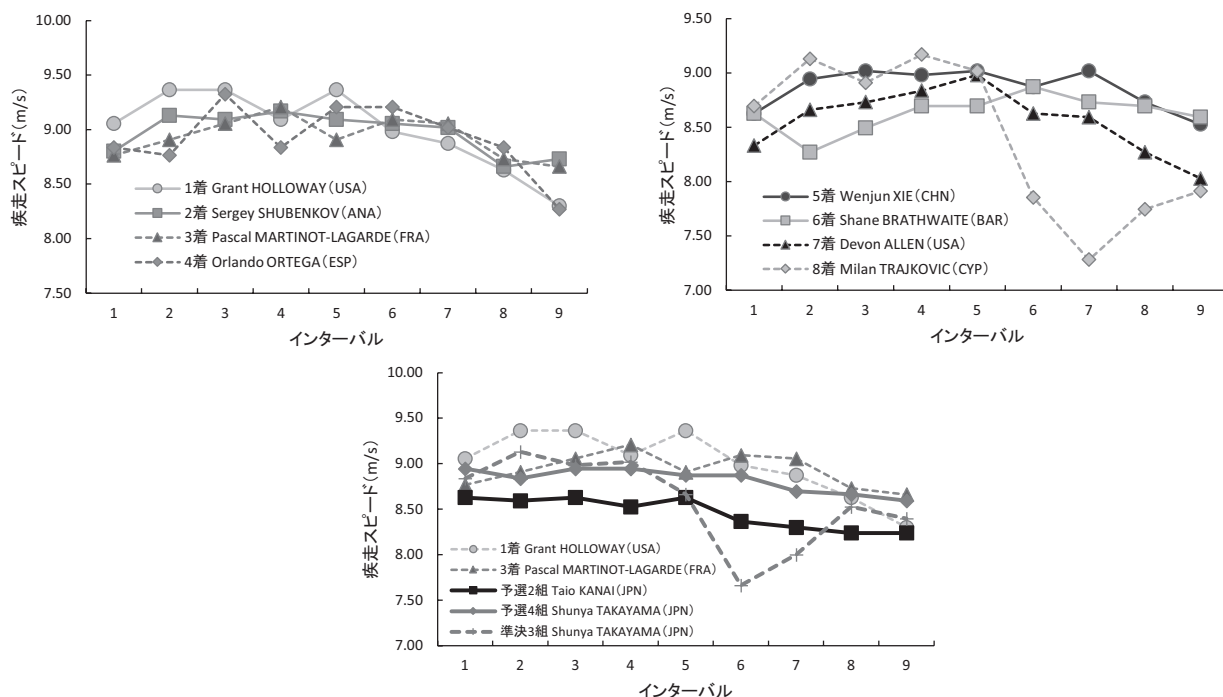


図7 レース中における疾走速度の変化 (190930-1002 世界陸上)

表8 レース分析結果 (191006 国民体育大会 少年共通 110mH 決勝)

| 順位 | 選手名 | 所属 | 記録 | 風 | ハードル 区間 | 1st | 2nd | 3rd | 4th | 5th | 6th | 7th | 8th | 9th | 10th | |
|----|--------|--------------|-------|------|--------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|--------|
| | | | | | | app | 1-2 | 2-3 | 3-4 | 4-5 | 5-6 | 6-7 | 7-8 | 8-9 | 9-10 | run-in |
| 1 | 村竹ラシッド | 松戸国際高 千葉 | 13.37 | +2.7 | タッチダウンタイム(秒) | 2.60 | 3.66 | 4.69 | 5.73 | 6.75 | 7.79 | 8.83 | 9.88 | 10.92 | 11.97 | 13.37 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.60 | 1.06 | 1.03 | 1.03 | 1.03 | 1.04 | 1.03 | 1.05 | 1.04 | 1.05 | 1.40 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.90 | 8.60 | 8.85 | 8.85 | 8.92 | 8.77 | 8.85 | 8.70 | 8.77 | 8.70 | 8.87 |
| 2 | 近藤翠月 | 新潟産大附高 新潟 | 13.45 | +2.7 | タッチダウンタイム(秒) | 2.63 | 3.68 | 4.72 | 5.73 | 6.76 | 7.78 | 8.82 | 9.87 | 10.92 | 11.98 | 13.45 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.63 | 1.06 | 1.03 | 1.02 | 1.03 | 1.02 | 1.04 | 1.05 | 1.05 | 1.07 | 1.47 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.84 | 8.64 | 8.85 | 8.99 | 8.92 | 8.99 | 8.77 | 8.70 | 8.70 | 8.57 | 8.47 |
| 3 | 黒川和樹 | 田部高 山口 | 13.49 | +2.7 | タッチダウンタイム(秒) | 2.61 | 3.69 | 4.75 | 5.78 | 6.80 | 7.83 | 8.88 | 9.92 | 10.97 | 12.02 | 13.49 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.61 | 1.08 | 1.06 | 1.03 | 1.03 | 1.03 | 1.05 | 1.04 | 1.05 | 1.05 | 1.48 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.87 | 8.44 | 8.64 | 8.92 | 8.92 | 8.92 | 8.70 | 8.77 | 8.70 | 8.70 | 8.42 |
| 4 | 菊地琳太郎 | 黒沢尻北高 岩手 | 13.54 | +2.7 | タッチダウンタイム(秒) | 2.57 | 3.62 | 4.70 | 5.76 | 6.83 | 7.85 | 8.92 | 9.94 | 11.02 | 12.10 | 13.54 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.57 | 1.05 | 1.08 | 1.06 | 1.07 | 1.03 | 1.07 | 1.03 | 1.08 | 1.08 | 1.44 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.97 | 8.70 | 8.44 | 8.64 | 8.57 | 8.92 | 8.57 | 8.92 | 8.50 | 8.44 | 8.62 |
| 5 | 宮崎匠 | 東福岡高 福岡 | 13.60 | +2.7 | タッチダウンタイム(秒) | 2.64 | 3.72 | 4.79 | 5.86 | 6.89 | 7.94 | 8.97 | 10.03 | 11.08 | 12.15 | 13.60 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.64 | 1.08 | 1.08 | 1.07 | 1.03 | 1.05 | 1.03 | 1.06 | 1.06 | 1.07 | 1.45 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.80 | 8.50 | 8.50 | 8.57 | 8.85 | 8.70 | 8.92 | 8.64 | 8.64 | 8.57 | 8.57 |
| 6 | 町亮汰 | 星稜高 石川 | 13.72 | +2.7 | タッチダウンタイム(秒) | 2.64 | 3.74 | 4.80 | 5.86 | 6.93 | 7.95 | 9.01 | 10.08 | 11.16 | 12.26 | 13.72 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.64 | 1.10 | 1.06 | 1.06 | 1.07 | 1.03 | 1.06 | 1.07 | 1.08 | 1.10 | 1.46 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.80 | 8.31 | 8.64 | 8.64 | 8.57 | 8.92 | 8.64 | 8.57 | 8.44 | 8.31 | 8.52 |
| 7 | 小野和人 | 郡山東高 福島 | 13.79 | +2.7 | タッチダウンタイム(秒) | 2.68 | 3.76 | 4.84 | 5.91 | 6.97 | 8.03 | 9.10 | 10.16 | 11.24 | 12.32 | 13.78 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.68 | 1.08 | 1.08 | 1.07 | 1.06 | 1.06 | 1.08 | 1.06 | 1.08 | 1.08 | 1.47 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.73 | 8.44 | 8.44 | 8.57 | 8.64 | 8.64 | 8.50 | 8.64 | 8.44 | 8.50 | 8.47 |
| 7 | 菅谷拓海 | さくら清修高 栃木 | 13.79 | +2.7 | タッチダウンタイム(秒) | 2.68 | 3.76 | 4.82 | 5.88 | 6.93 | 7.98 | 9.04 | 10.13 | 11.20 | 12.28 | 13.78 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.68 | 1.08 | 1.06 | 1.06 | 1.05 | 1.06 | 1.06 | 1.09 | 1.07 | 1.08 | 1.51 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.73 | 8.44 | 8.64 | 8.64 | 8.70 | 8.64 | 8.64 | 8.37 | 8.57 | 8.50 | 8.23 |

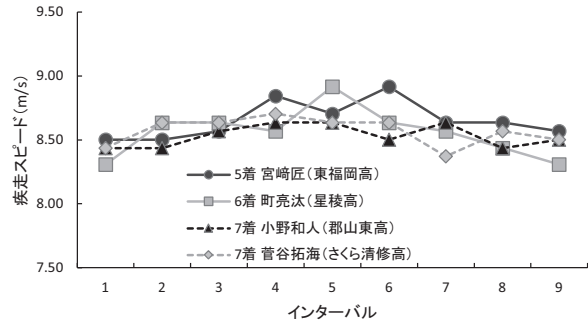
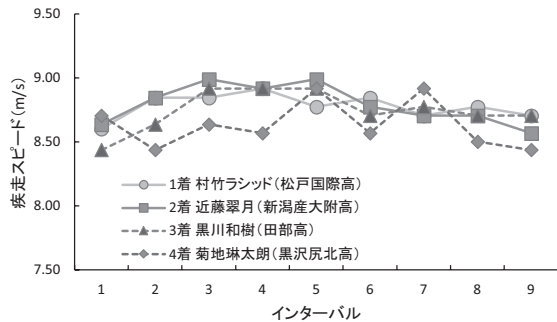


図8 レース中における疾走速度の変化 (191006 国民体育大会 少年共通 110mH 決勝)

表9 レース分析結果 (191018 U20 / U18 日本選手権)

U20

| 順位 | 選手名 | 所属 | 記録 | 風 | ハードル 区間 | 1st | 2nd | 3rd | 4th | 5th | 6th | 7th | 8th | 9th | 10th | |
|----|---------|-------|-------|------|----------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|--------|
| | | | | | | app | 1-2 | 2-3 | 3-4 | 4-5 | 5-6 | 6-7 | 7-8 | 8-9 | 9-10 | run-in |
| 1 | 村竹 ラシッド | 松戸国際高 | 13.54 | -0.6 | タッチダウンタイム(秒) | 2.60 | 3.64 | 4.70 | 5.74 | 6.78 | 7.83 | 8.87 | 9.94 | 11.01 | 12.08 | 13.54 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.60 | 1.04 | 1.06 | 1.04 | 1.04 | 1.05 | 1.04 | 1.07 | 1.08 | 1.07 | 1.46 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | 0.58 | 0.59 | 0.56 | 0.57 | 0.59 | 0.58 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | 0.51 | 0.46 | 0.47 | 0.48 | 0.47 | 0.46 | 0.46 | 0.48 | 0.47 | 0.47 | |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.90 | 8.77 | 8.64 | 8.77 | 8.81 | 8.70 | 8.77 | 8.54 | 8.50 | 8.54 | 8.53 |
| 2 | 黒川 和樹 | 田部高 | 13.73 | -0.6 | タッチダウンタイム(秒) | 2.59 | 3.68 | 4.74 | 5.79 | 6.85 | 7.90 | 8.99 | 10.08 | 11.17 | 12.25 | 13.73 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.59 | 1.09 | 1.06 | 1.05 | 1.06 | 1.06 | 1.08 | 1.09 | 1.09 | 1.09 | 1.48 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | 0.63 | 0.61 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.61 | 0.62 | 0.63 | 0.64 | 0.64 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | 0.48 | 0.46 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.46 | 0.46 | 0.45 | 0.45 | |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.92 | 8.37 | 8.64 | 8.70 | 8.64 | 8.64 | 8.44 | 8.40 | 8.37 | 8.40 | 8.42 |
| 3 | 古谷 新太 | 国際武道大 | 13.79 | -0.6 | タッチダウンタイム(秒) | 2.60 | 3.69 | 4.75 | 5.79 | 6.85 | 7.91 | 8.99 | 10.06 | 11.17 | 12.28 | 13.79 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.60 | 1.10 | 1.05 | 1.05 | 1.05 | 1.07 | 1.08 | 1.08 | 1.10 | 1.11 | 1.51 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | 0.61 | 0.60 | 0.59 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.61 | 0.63 | 0.63 | | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | 0.48 | 0.48 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.46 | 0.47 | 0.46 | 0.48 | 0.48 | |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.90 | 8.34 | 8.67 | 8.74 | 8.67 | 8.57 | 8.50 | 8.50 | 8.28 | 8.22 | 8.22 |

U18

| 順位 | 選手名 | 所属 | 記録 | 風 | ハードル 区間 | 1st | 2nd | 3rd | 4th | 5th | 6th | 7th | 8th | 9th | 10th | | |
|----|-------|--------|-------|------|----------------|----------------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|--------|-------|
| | | | | | | app | 1-2 | 2-3 | 3-4 | 4-5 | 5-6 | 6-7 | 7-8 | 8-9 | 9-10 | run-in | |
| 1 | 高橋 遼将 | 中京大中京高 | 13.60 | GR | -0.4 | タッチダウンタイム(秒) | 2.62 | 3.73 | 4.80 | 5.85 | 6.90 | 7.92 | 8.97 | 10.01 | 11.08 | 12.15 | 13.60 |
| | | | | | | 区間タイム(秒) | 2.62 | 1.11 | 1.07 | 1.05 | 1.05 | 1.02 | 1.05 | 1.05 | 1.07 | 1.07 | 1.45 |
| | | | | | | インターバルランタイム(秒) | 0.65 | 0.62 | 0.60 | 0.60 | 0.57 | 0.60 | 0.60 | 0.61 | 0.60 | | |
| | | | | | | ハードリングタイム(秒) | 0.47 | 0.46 | 0.45 | 0.44 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.44 | 0.46 | 0.47 | |
| | | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.85 | 8.25 | 8.54 | 8.74 | 8.70 | 8.95 | 8.70 | 8.74 | 8.54 | 8.57 | 8.57 |
| 2 | 近藤 翠月 | 新潟産大附高 | 13.60 | GR | -0.4 | タッチダウンタイム(秒) | 2.64 | 3.70 | 4.76 | 5.80 | 6.83 | 7.88 | 8.92 | 9.97 | 11.03 | 12.13 | 13.60 |
| | | | | | | 区間タイム(秒) | 2.64 | 1.05 | 1.07 | 1.03 | 1.03 | 1.05 | 1.05 | 1.05 | 1.06 | 1.10 | 1.48 |
| | | | | | | インターバルランタイム(秒) | 0.61 | 0.62 | 0.60 | 0.59 | 0.60 | 0.59 | 0.60 | 0.60 | 0.63 | | |
| | | | | | | ハードリングタイム(秒) | 0.48 | 0.45 | 0.45 | 0.44 | 0.44 | 0.45 | 0.46 | 0.45 | 0.45 | 0.46 | |
| | | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.80 | 8.67 | 8.57 | 8.85 | 8.85 | 8.74 | 8.74 | 8.70 | 8.64 | 8.34 | 8.42 |
| 3 | 片岡 巧 | 川崎市立橋高 | 13.94 | -0.4 | タッチダウンタイム(秒) | 2.64 | 3.74 | 4.82 | 5.93 | 6.99 | 8.07 | 9.16 | 10.25 | 11.34 | 12.46 | 13.94 | |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.64 | 1.10 | 1.08 | 1.10 | 1.07 | 1.08 | 1.10 | 1.09 | 1.09 | 1.12 | 1.48 | |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | 0.61 | 0.60 | 0.62 | 0.60 | 0.60 | 0.62 | 0.61 | 0.61 | 0.63 | | | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | 0.51 | 0.49 | 0.48 | 0.48 | 0.47 | 0.48 | 0.48 | 0.48 | 0.48 | 0.48 | 0.49 | |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.81 | 8.31 | 8.44 | 8.28 | 8.57 | 8.50 | 8.34 | 8.40 | 8.37 | 8.19 | 8.38 | |

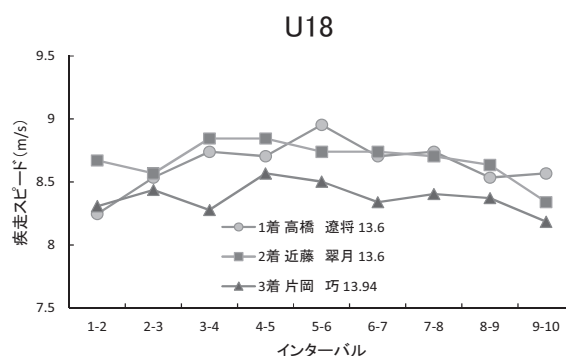
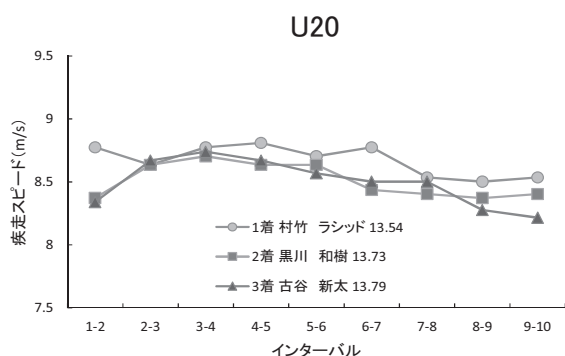


図9 レース中における疾走速度の変化 (191018 U20 / U18 日本選手権)

表 10 2018 年と 2019 年における高山峻野選手のレース分析結果の比較

| 年 | 選手名 | 大会名 | 記録 | 風 | ハードル 区間 | ハードル | | | | | | | | | | |
|------|------|-------------------|-------|------|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|--------|
| | | | | | | app | 1-2 | 2-3 | 3-4 | 4-5 | 5-6 | 6-7 | 7-8 | 8-9 | 9-10 | run-in |
| 2019 | 高山峻野 | 富士北麓 ワールドトライアル | 13.29 | +1.4 | タッチダウンタイム(秒) | 2.53 | 3.61 | 4.63 | 5.68 | 6.70 | 7.73 | 8.75 | 9.80 | 10.83 | 11.88 | 13.29 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.53 | 1.08 | 1.03 | 1.05 | 1.03 | 1.03 | 1.03 | 1.04 | 1.04 | 1.05 | 1.41 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | | 0.58 | 0.55 | 0.55 | 0.55 | 0.56 | 0.56 | 0.58 | 0.57 | 0.58 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.48 | 0.50 | 0.48 | 0.49 | 0.48 | 0.46 | 0.46 | 0.47 | 0.47 | 0.47 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 6.06 | 8.47 | 8.92 | 8.74 | 8.92 | 8.92 | 8.77 | 8.81 | 8.70 | 8.83 | |
| 2018 | 高山峻野 | 日本選手権 決勝 | 13.45 | +0.7 | タッチダウンタイム(秒) | 2.56 | 3.60 | 4.63 | 5.66 | 6.69 | 7.72 | 8.77 | 9.84 | 10.90 | 12.01 | 13.45 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.56 | 1.04 | 1.03 | 1.03 | 1.03 | 1.03 | 1.05 | 1.07 | 1.07 | 1.10 | 1.44 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | | 0.56 | 0.56 | 0.56 | 0.56 | 0.56 | 0.58 | 0.58 | 0.59 | 0.60 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.50 | 0.48 | 0.46 | 0.47 | 0.47 | 0.47 | 0.48 | 0.49 | 0.48 | 0.50 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.98 | 8.81 | 8.92 | 8.85 | 8.88 | 8.88 | 8.67 | 8.57 | 8.57 | 8.28 | 8.62 |

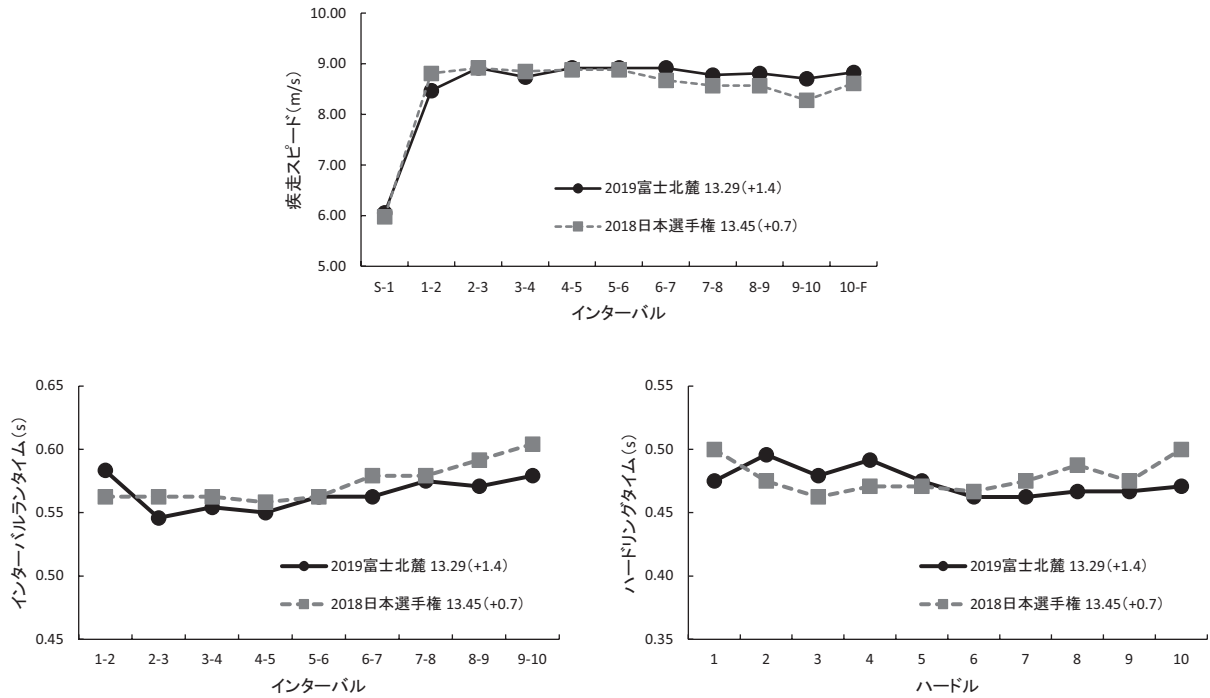


図 10 2018 年と 2019 年における高山峻野選手のレース中における疾走速度、インターバルランタイムおよびハードリングタイムの変化

マラソングランドチャンピオンシップ (MGC) における測定について

杉田正明¹⁾ 橋本 峻¹⁾ 河村亜希¹⁾ 岡崎和伸²⁾
1) 日本体育大学 2) 大阪市立大学

はじめに

2020年の東京オリンピックを見据え、暑さ対策が不可欠といわれている夏のマラソンにおける暑熱対策を検討するための基礎的資料を得る目的で2016年度から3年間にわたって、東京においてレースと同じ時間帯に、夏場の実際のロード走(20~30km)における生理学的調査活動を実施してきた。本年度は東京オリンピックの選考レースであるマラソングランドチャンピオンシップ(MGC)において、極力、選手の負担とならないかたちで暑熱対策に資するデータ収集を目的として活動を実施したその一部を報告する。

調査の概要

対象選手は、可能な限り参加した男子31名、女子12名の全選手としたが実際には全員の測定を行うことはできなかった。なお、測定前に本調査の趣旨、内容などを各選手に説明し、同意を得る手続きを行った。

主な測定項目は、下記のとおりである。

- ・気象(WBGT、気温、湿度、黒球温度)(レース前・レース中、レース後)
- ・体重(50g単位)(レース後)
- ・耳管温(Genius 2, COVIIDIEN社製)(レース後)
- ・体表面温度(赤外線サーモグラフィカメラサーモギアG100(日本アビオニクス社製))(レース前・レース中、レース後)

測定項目は、これまでの活動内容を踏まえ、選手

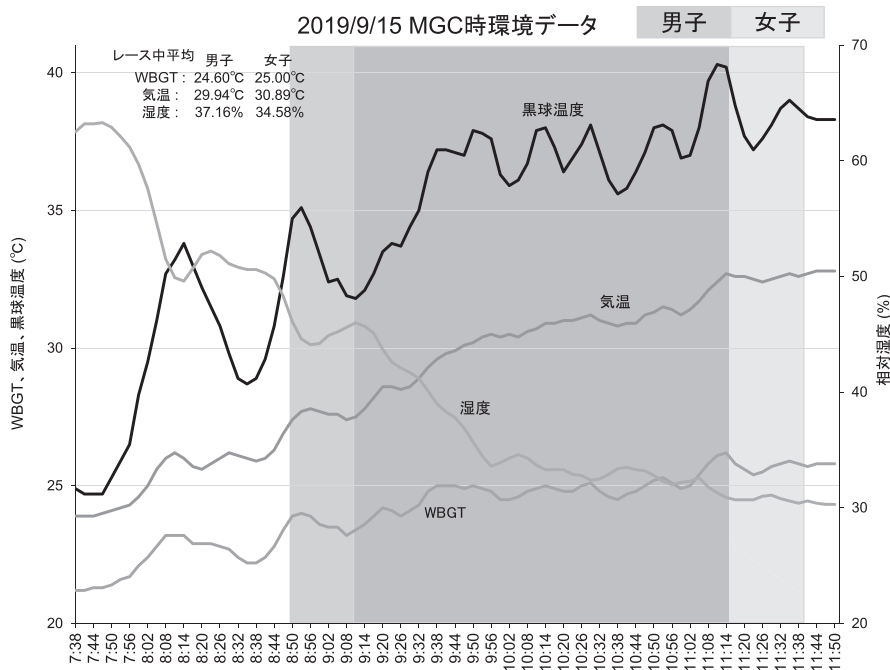


図1 マラソングランドチャンピオンシップ時の気象データ

図1 マラソングランドチャンピオンシップ時の気象データ

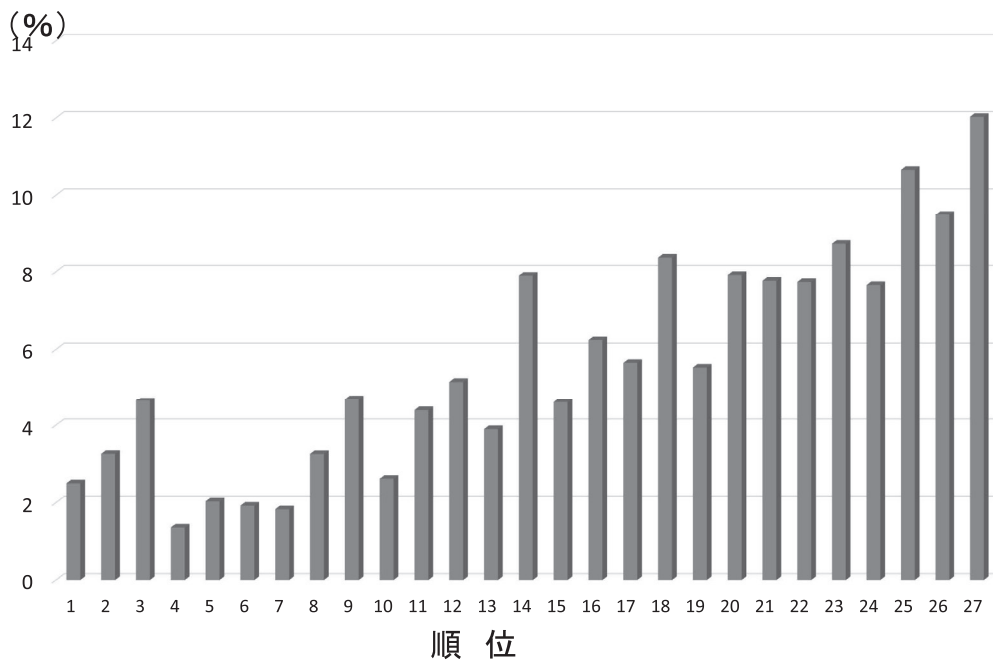


図2 男子選手におけるベストタイムから MGC タイムの低下率

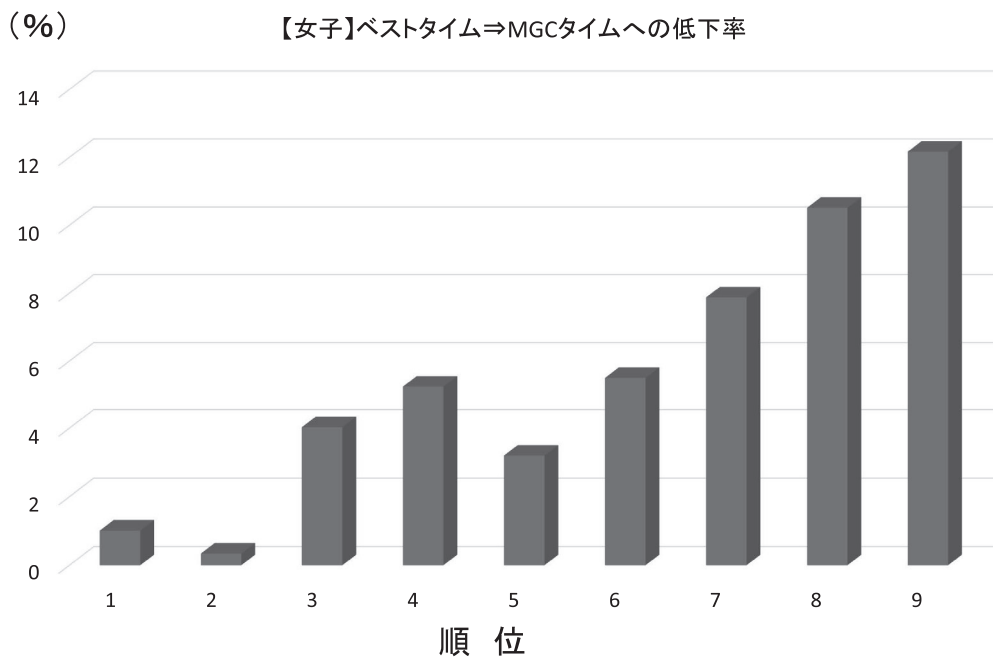


図3 女子選手におけるベストタイムから MGC タイムの低下率

に負担のかからないかたちでなるべく非侵襲的な項目に絞った上で夏場のマラソンにおける基礎的データの収集を目的として実施することとした。

結果及び考察

気象データは、WBGT 計 (WBGT-101, 京都電子工業社製) を用いてスタート後方の道路上で計測した。3分毎の自動計測とし、計測後に PC へデータを取り込んだ。その測定データを図1に示した。男子は8時50分、女子は9時10分スタートで20分の時

差があるが、同じ図中で確認することができる。

男子のスタート時には約27度前後、湿度は約45%を示したが、時間経過とともに気温は上昇し、男子のレース終盤で最高約32度、女子では約33度を記録したが、湿度は徐々に低下し、レース後半では約30%前半の水準を示した。WBGTは約23～26度、黒球温度は約30度前半から徐々に上昇し約40度の水準にまで達した。これらのことはから男女ともにレースが進むにつれ暑熱の影響が緩やかに大きくなっていったことがうかがえる。特に20分遅れでスタートした女子選手の方が暑熱の影響は大きかつ

スタート前(8:49頃)



図4 男子選手におけるMGCスタート前の体表面温度

スタート前(9:12頃)



図5 女子選手におけるMGCスタート前の体表面温度

たと推察される。

優勝タイムは、男子が中村匠吾選手の2:11:28、女子が前田穂南選手の2:25:15であった。これまでのマラソンの自己ベスト記録に対するMGCでのゴールタイムの低下率を図2（男子）、図3（女子）に示した。

男子では、平均が5.62%（標準偏差2.85）、女子

では5.54%（標準偏差3.79）を示し、最も低下率が小さかったのは男子で1.36%（4位：大塚）、女子では0.33%（2位：鈴木）であった。冬のマラソンでのベスト記録に対して、夏場のマラソンのタイム低下率が小さいほど暑さに強い選手といえることができるが、女子の鈴木選手は夏場の北海道マラソンのみのマラソン歴であったため、タイムの低下率が

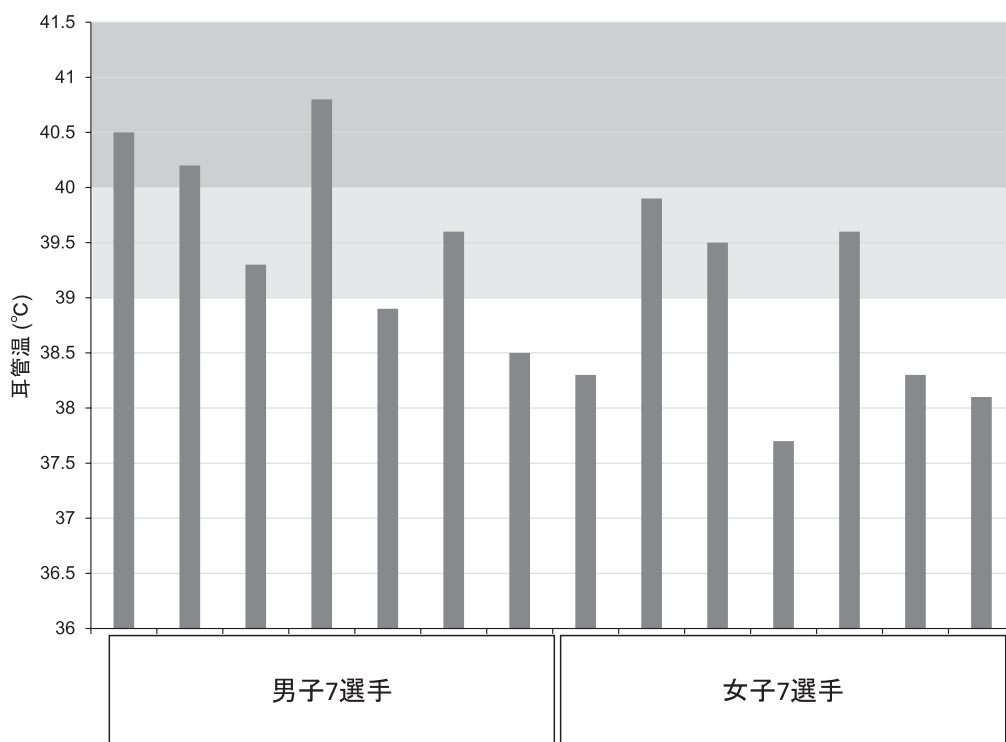


図6 MGC レース後の耳管温 (男・女)

小さかったものと考えられる。優勝した中村選手の低下率は、2.49%、前田選手は1.01%であり、両者ともに低値を示した。また、男子では2%以内を示した選手が4名見受けられている。

これらは、冬場のマラソンの自己ベストに対してそれほど大きなタイムの差（遅延）がないことを意味しており、こうしたタイムの低下率は、夏場のマラソンの記録を考える上で一つの目安になりうると考えられる。

赤外線サーモグラフィカメラを用いて撮影したスタート前の体表面温度の画像データを図4（男子）と図5（女子）に示した。この画像から頭部、手掌部辺りが低温を示す選手が男女いずれも複数名みられ、各選手のスタート前の暑熱対策の工夫が見受けられる。

レース後に計測ができた男女7名ずつの耳管温の水準を図6に示した。男子では38.3～40.8度、女子では37.7～39.9度の範囲にあった。特に男子では40度以上を示した選手が3名みられることが特徴的で、女子では1人もみられていない。また、男子では38.5度以下の選手が3名もみられることから耳管温の選手間での個人差が大きいことが観察される。耳管温の水準は暑熱に対する適応能力すなわち夏場でのレースの強さを示しているのかもしれない。

これらの結果は、体重の減少率や給水量なども加味した上で、検討することが選手個々人の特徴を

み解き、個々人に応じた暑熱対策の方策確立につながることを考えている。これらの調査は、レースだけでなく比較対象とするために夏場や冬場のトレーニング時や他のロードレース等でも実施し、データを収集し蓄積することが重要であることは言うまでもない。まずは代表選手に内定した男女4名の選手を対象とした個別のサポート活動を今後、展開し、本番のレースに役立てられる対策を提示できればと考えている。開催場所は札幌となってしまったが、8月初旬の札幌は、決して冷涼な環境ではなく、これまで取り組んできた成果としての暑さ対策は必ず活かすことを期待したい。

最後になりますが、この4年間、マラソン強化の関係者の皆様には深いご理解と手厚いサポートをいただきました。おかげさまで現場での様々なデータ収集が円滑に進みましたことを付記させていただき、ご協力、ご尽力いただきました選手、スタッフ、関係者の皆様に感謝申し上げます。

2018 年度および 2019 年度初頭国内主要競歩レースにおける世界・国内一流競技者の 下肢および体幹関節トルクの分析

三浦 康二¹⁾ 佐藤 高嶺²⁾ 奥野 哲弥²⁾

1) 日本スポーツ振興センター 2) 筑波大学大学院人間総合科学研究科

1. 目的

現在、オリンピック陸上競技・世界陸上競技選手権の両方において実施される競歩種目は、男子 20kmW および 50kmW と、女子 20kmW である。これらの種目における世界一流競技者の競技中のキネティクス変数の分析は男子 20kmW についてはこれまで多く行われてきているが (Hoga, K. et al., 2003; 法元・阿江, 2006; Hoga-Miura, K. et al., 2016a, 2017)、男子 50kmW についてはまだなく、また、女子 20kmW についても Hoga-Miura et al. (In Press) が支持脚膝関節の内外反関節トルクを推定したほかはみられない。

本報告では、2018 年度および 2019 年度初頭に日本国内で実施された競歩種目の主要競技会における男子 20kmW・50kmW、女子 20kmW に出場した、男女 20kmW 世界記録保持者を含む世界・国内一流競技者の下肢および体幹関節トルクの分析結果を示すことを目的とした。女子 50kmW については出場者が少なかったことから分析対象としなかった。

2. 方法

分析競技会・レースは、第 57 回全日本高島競歩男子 50kmW および男女 20kmW (山形県高島町, 2018 年 10 月 28 日)、第 102 回日本陸上競技選手権大会男女 20kmW (神戸市, 2019 年 2 月 17 日)、第 103 回日本陸上競技選手権大会男子 50kmW (石川県輪島市, 2019 年 4 月 14 日) であった。

これらの競技会は全て一周 2km の周回コースで行われたが、各競技会においてコース内の 1 箇所幅 3.0m 長さ 4.5m 高さ 2.0m の分析空間を設置し、ハイスピードカメラ 2 台 (カメラスピード: 120fps) にて 3 次元 DLT 法による分析撮影を全ての周回について行なった。

撮影した競技者のうち、失格とならずにフィニッシュしたのべ 48 名 (高島 15 名、神戸 22 名、輪島 11 名) を分析対象者とした。種目別の内訳は男子 50kmW 18 名、男子 20kmW 20 名、女子 20kmW 11 名であった。この中にはオープン参加として日本選手権女子 20kmW に出場した 1 名 (女子 20kmW 世界記録保持者) および男子 50kmW に出場した 3 名の外国人競技者を

Table 1 分析対象者の特性

| | 男子 50kmW (N = 17) | | 男子 20kmW (N = 20) | | 女子 20kmW (N = 11) | |
|------------|----------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|
| | 平均値 | 標準偏差 | 平均値 | 標準偏差 | 平均値 | 標準偏差 |
| 年齢 (才) | 26.9 | 4.5 | 23.8 | 4.9 | 26.2 | 5.1 |
| 体重 (kg) | 61.6 | 4.2 | 58.2 | 4.0 | 50.5 | 4.0 |
| レース記録 | 3:46'27"6 | 5'46"1 | 1:21'15"3 | 2'01"3 | 1:32'53"2 | 3'17"8 |
| レース前自己記録 | 3:45'16"6 | 5'35"6 | 1:21'38"4 | 4'26"0 | 1:32'11"3 | 4'59"6 |
| 達成率 (%) | 99.7 | 2.6 | 100.5 | 4.1 | 99.3 | 5.4 |
| 分析地点 (km) | 33.2 | 4.4 | 9.9 | 5.7 | 8.4 | 4.5 |
| 赤カード枚数 (枚) | 0.59 | 0.62 | 0.55 | 0.60 | 0.18 | 0.40 |

Table 2 ステップ分析

| | 男子 50kmW | | | 男子 20kmW | | | 女子 20kmW | | |
|----------------------|----------|------|--------------|----------|------|--------------|----------|------|--------------|
| | (N=17) | | | (N=20) | | | (N=11) | | |
| | 平均値 | 標準偏差 | 歩行スピードとの相関係数 | 平均値 | 標準偏差 | 歩行スピードとの相関係数 | 平均値 | 標準偏差 | 歩行スピードとの相関係数 |
| レース記録平均スピード (m/秒) | 3.68 | 0.09 | | 4.10 | 0.10 | | 3.59 | 0.13 | |
| 歩行スピード (m/秒) | 3.78 | 0.22 | | 4.25 | 0.17 | | 3.67 | 0.25 | |
| ピッチ (ステップ/秒) | 3.33 | 0.14 | 0.72* | 3.42 | 0.15 | 0.62* | 3.41 | 0.37 | 0.45 |
| ステップ時間 (秒) | 0.30 | 0.01 | -0.70* | 0.29 | 0.01 | -0.61* | 0.29 | 0.03 | -0.45 |
| 支持時間 (秒) | 0.26 | 0.02 | -0.63* | 0.24 | 0.02 | -0.72* | 0.25 | 0.02 | -0.90* |
| 非支持時間 (秒) | 0.04 | 0.01 | 0.35 | 0.06 | 0.01 | 0.27 | 0.04 | 0.02 | 0.84* |
| ステップ長 (m) | 1.13 | 0.05 | 0.67* | 1.24 | 0.05 | 0.34 | 1.08 | 0.05 | 0.70* |
| 支持距離 (m) | 0.90 | 0.06 | 0.09 | 0.92 | 0.05 | -0.27 | 0.85 | 0.05 | -0.67* |
| 非支持距離 (m) | 0.24 | 0.05 | 0.60* | 0.32 | 0.07 | 0.43 | 0.22 | 0.06 | 0.87* |

* $p < 0.05$

含む。Table 1 に競技会、種目別に分析対象者の特性を示した。

レース後に 1km ごとのスプリットタイムを入手し、各分析対象者の画像が 2 台のカメラに同時に映っていた周回のうち、最も速かった区間を Table 1 に示した分析地点とした。2 台のカメラのそれぞれの画像における各分析対象者の身体標点 25 点を分析点として 1 歩行周期 (2 歩) 分の動作をビデオ動作分析システム (Frame-DIAS IV, DKH 社製) により 60fps でデジタル化し、右足接地フレームを同期フレームとして 3 次元 DLT 法による 3 次元座標の再構築を行なった。

得られた分析点の分析画像面内の座標はバターワース型デジタルフィルターによって平滑化し、法元・阿江 (2006), Hoga-Miura et al. (2017) の方法に

より身体重心加速度および重心まわり角運動量を用いて推定した歩行中の地面反力に基づいて、支持期を含む下肢 3 関節まわりのトルクおよび肋骨下端中点に仮定した体幹関節まわりのトルクを算出した。

算出したデータは、支持期については右足接地から離地までを右足支持期として、右接地時点を 0%、右足つま先の離地時点を 100% として局面を規格化した。回復期についても、右足離地から右足接地までを右足回復期として、右足つま先の離地時点を 0%、右足接地時点を 100% として局面を規格化した。左足についても同様の規格化を行なったが、Hoga-Miura et al. (2016b) が示すように、男子 20kmW の一流競技者の支持期の時々刻々のキネマティクスにおいては有意な左右差がみられないことから、各分析対象者の規格化した左右の各支持期および回復

期のデータの平均値を算出してデータ比較を行なった。

3. 結果と考察

3.1 ステップ変数

Table 2に種目ごとのレーススピード、歩行スピード、ステップ頻度、ステップ時間、ステップ長を分析対象者の平均値と標準偏差で示した。ステップ時間とステップ長は支持期と非支持期に分けた。また、各変数の歩行スピードとの相関係数を示した。

歩行速度は男子 20kmW のものが最も大きく、次いで男子 50kmW、女子 20kmW のものであった。歩行スピードと有意な相関が 3 種目ともにみられたのはステップ頻度、ステップ時間、支持時間で、歩行スピードが高い場合には 3 種目ともにステップ頻度が高く、ステップ時間、支持時間が短くなっていた。

また、本報告における分析対象レースの全てで国際競歩審判員が判定にあたり、分析対象者に対して出された赤カードの平均値と標準偏差を Table 1 に示したが、1 名あたりの平均値が 1 枚未満だったように、本報告の分析対象者には判定上の課題はなかったといえるが、非支持時間も歩行スピードと有意な相関はなく、ロスオブコンタクト局面の発生はパフォーマンスと関係はなかったといえる。

ステップ長および支持距離、非支持距離は 3 種目そろって歩行スピードと有意な相関があったわけではなかったが、歩行スピードと支持時間の関係では、3 種目とも有意な負の相関がみられた。このことは、種目を問わず接地時間の短さがパフォーマンスと関係していたことを示している。

3.2 支持期におけるトルク

Figure 1 は支持期における足関節トルクの変化を接地から離地までを 100% として規格化し、各種目の平均値で示したものである。歩行速度との有意な相関のみられた局面を危険率 5% 水準で示した。

支持期 0-20% で背屈トルクが発生し、20% から離地までは底屈トルクが発生していたが、支持期 60% 付近で発生するピーク値は 3 種目で大きく変わらなかった。また、女子 20kmW のみ歩行スピードと有意な相関がみられた。

Figure 2a は支持期における膝関節の伸展・屈曲トルクの変化を Figure 1 と同様に示したものである。支持期 0-90% で屈曲トルクが発生していたが、支持期 50% 付近で発生するピーク値は 3 種目で大きく変わらなかった。また、男子 20kmW のみ歩行スピー

ドと有意な相関がみられた。

Figure 2b は支持期における膝関節の外反・内反トルクの変化を Figure 1 と同様に示したものである。支持期全体で外反トルクが発生していたが、支持期 40% 付近で発生するピーク値は 3 種目で大きく変わらなかった。また、男子 50kmW のみで歩行スピードと有意な相関がみられた。

Figure 3a は支持期における股関節の屈曲・伸展トルクの変化を Figure 1 と同様に示したものである。支持期 0-50% で伸展トルクが発生し、支持期 50% 付近で屈曲トルクに変化していたが、男子 50kmW のみ支持期 80% から離地までの局面で歩行スピードと有意な相関がみられた。

Figure 3b は支持期における股関節の外転・内転トルクの変化を Figure 1 と同様に示したものである。支持期全体で外転トルクが発生していたが、支持期 20-70% 付近で発生するピーク値は 3 種目で大きく変わらなかった。また、男子 20kmW の支持期 0-20% で歩行スピードと有意な相関がみられたほか、女子 20kmW の支持期 80-90% で歩行スピードと有意な相関が見られた。

3.3 回復期におけるトルク

Figure 4 は回復期における膝関節の伸展・屈曲トルクの変化を離地から接地までを 100% として規格化し、Figure 1 と同様に各種目の平均値で示し、歩行速度との有意な相関のみられた局面を危険率 5% 水準で示したものである。回復期 0-40% で伸展トルクが発生し、回復期 40% 付近で屈曲トルクに変化していたが、男子 50kmW では回復期 0-20% の局面で歩行スピードと有意な相関がみられ、女子 20kmW では回復期 10-20% の局面で歩行スピードと有意な相関がみられた。

Figure 5 は回復期における股関節の屈曲・伸展トルクの変化を Figure 4 と同様に示したものである。回復期 0-40% で屈曲トルクが発生し、回復期 40% 付近で伸展トルクに変化していたが、男子 50kmW と女子 20kmW では回復期前半と回復期終盤で歩行スピードと有意な相関がみられた。

Figure 6 は肋骨左右下端中点に仮想した体幹関節の回旋トルクの変化を Figure 4 と同様に示したものである。回復期 0-40% で回復脚側を前方に動かす回旋トルクが発生し、回復期 40% 付近で回復脚側を後方に動かすトルクに変化していたが、3 種目の全てで回復期前半に歩行スピードと有意な相関がみられた。

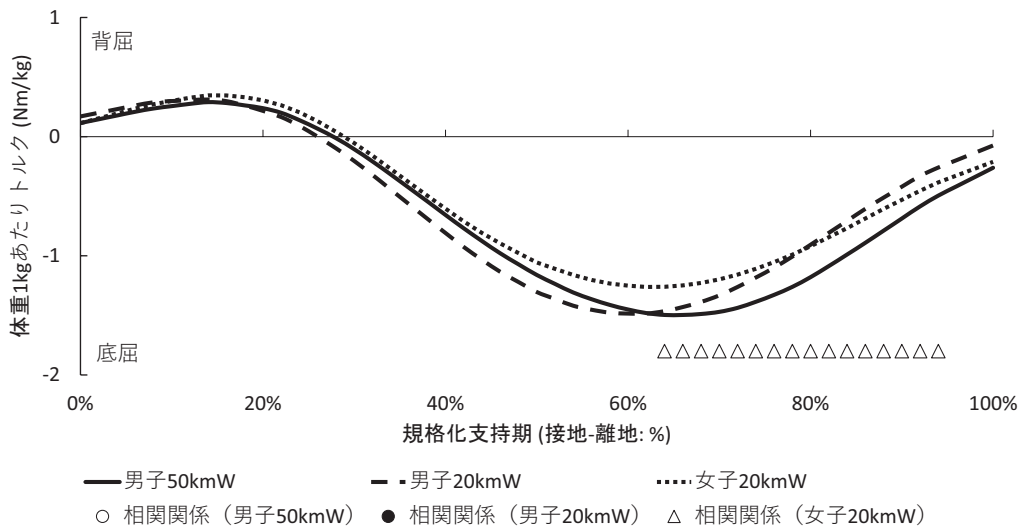


Figure 1 支持期における足関節背屈 (+) -底屈 (-) トルク

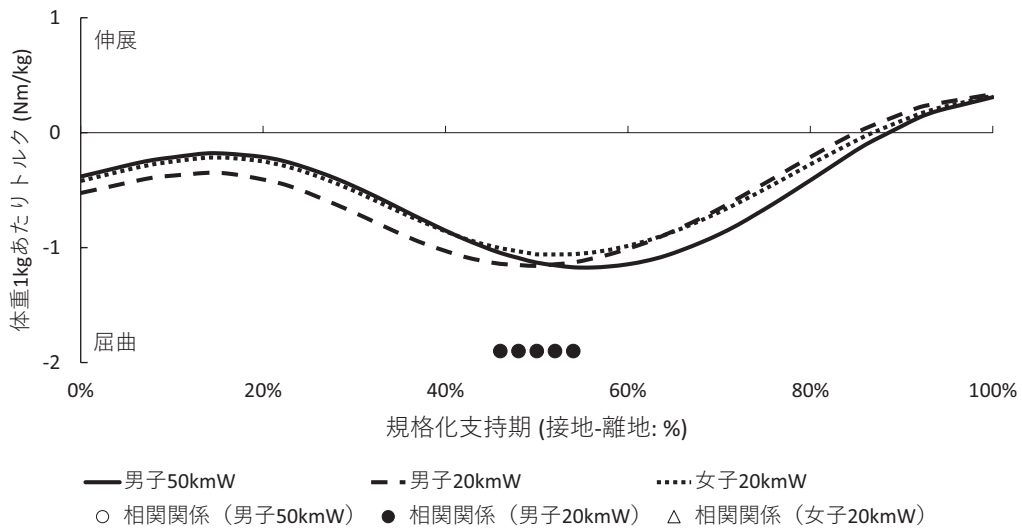


Figure 2a 支持期における膝関節伸展 (+) -屈曲 (-) トルク

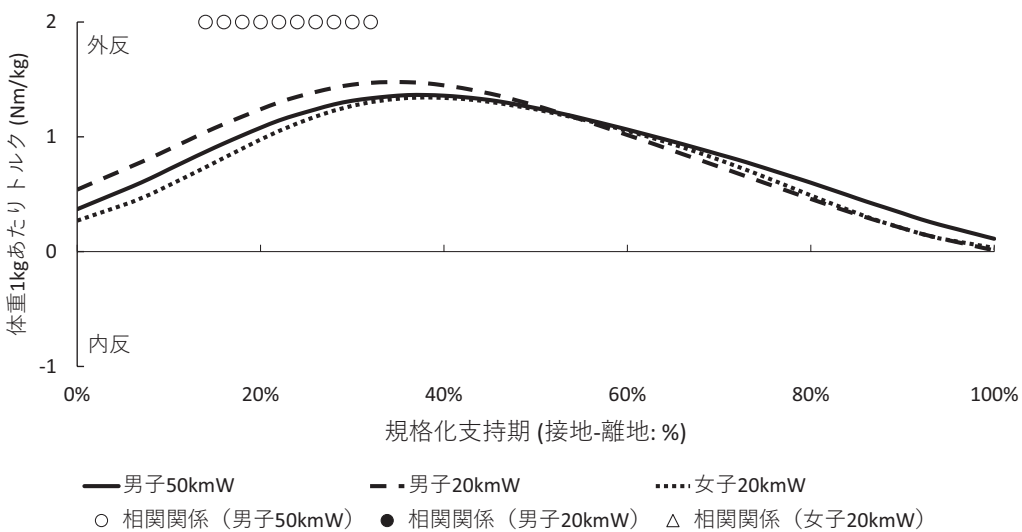
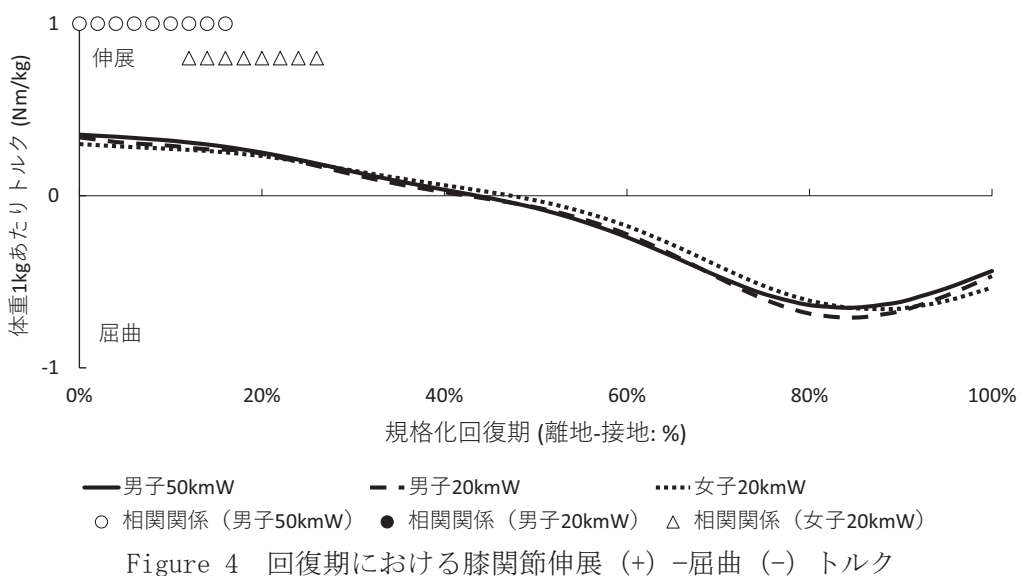
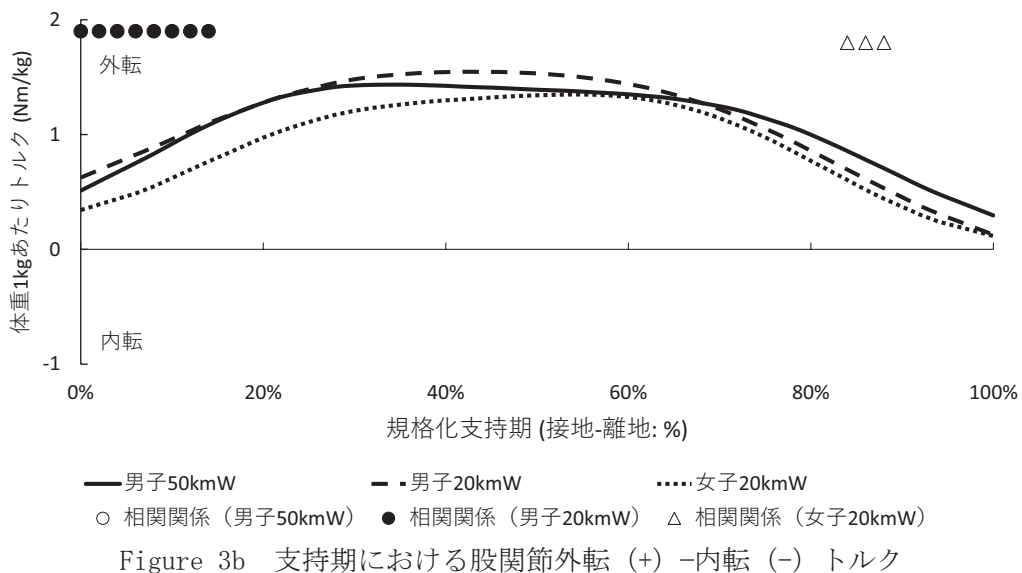
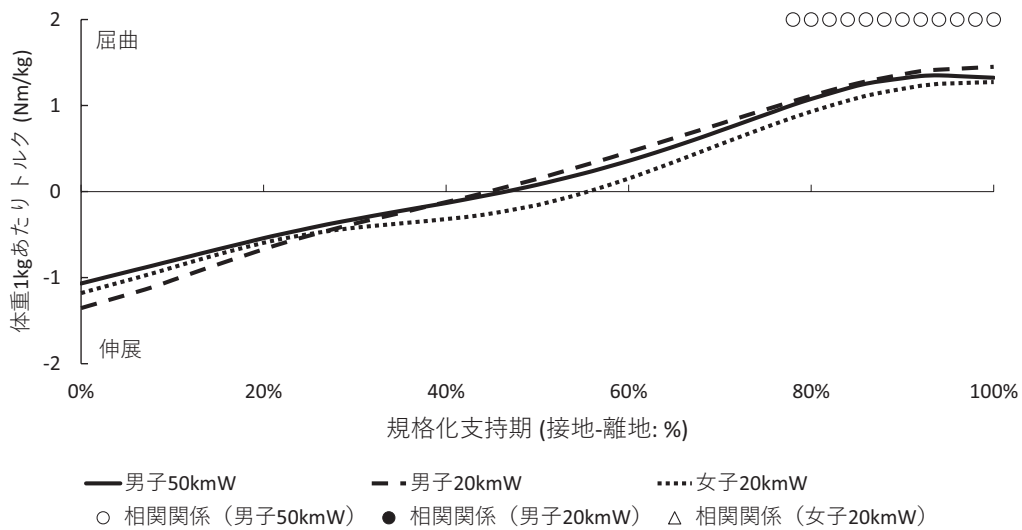


Figure 2b 支持期における膝関節外反 (+) -内反 (-) トルク



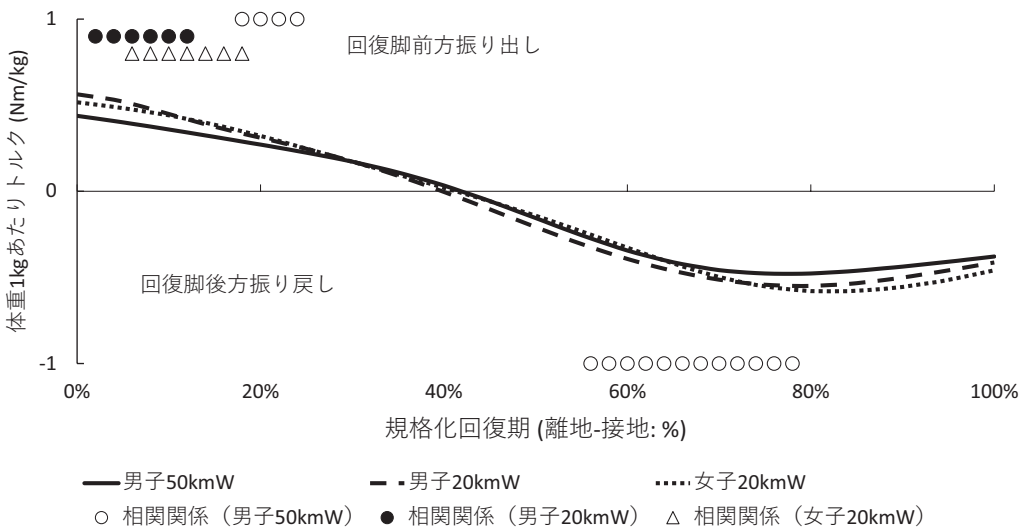
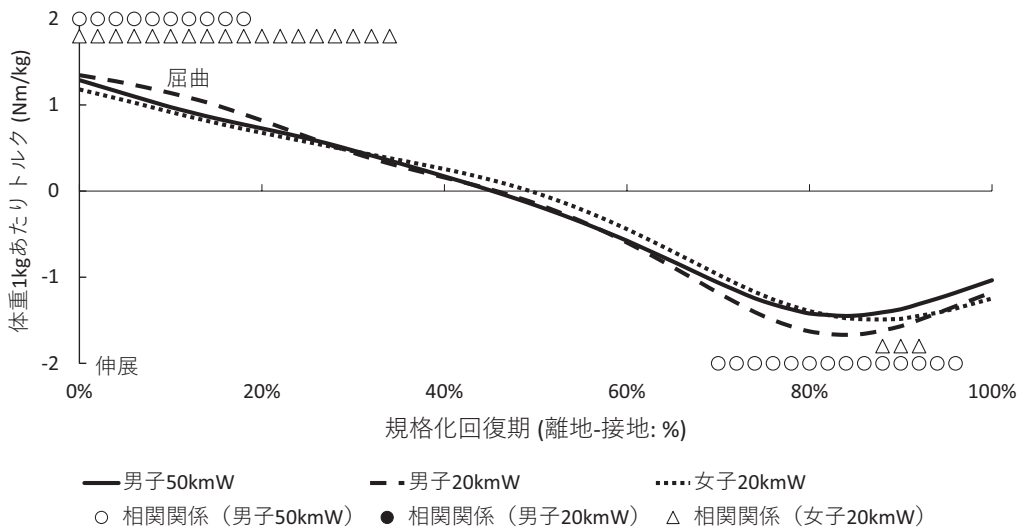


Figure 6 回復期における体幹回旋トルク：回復脚振り出し (+) -回復脚振り戻し (-)

3.4 男子 50kmW、男子 20kmW、女子 20kmW に共通してみられた特徴

本報告では競歩種目のオリンピック実施 3 種目すべてのキネティクスについて分析を行なった。

その結果、3 種目において共通した傾向がみられたのは、ステップ変数の分析では、支持時間の短さがスピードの高さに関係している点と、回復期序盤において回復脚を前方に振り出すような体幹回旋トルクであった。ステップ分析については、これまで実際のレースにおいて世界一流競技者を対象とした男子 20kmW (Hoga-Miura, K. et al., 2016a, 2017) および女子 20kmW (Hoga-Miura et al., In Press) の研究でも見られた。

また、体幹回旋トルクについては、これまでの男子 20kmW における研究では (Hoga-Miura, K. et al., 2016a)、支持期終盤におけるトルクと歩行スピードとの有意な関係があり、本報における分析と

局面が異なっていた。しかし、実験による分析では (法元ほか、2010)、支持期前半において回復脚を前方に振り出す体幹回旋トルクが歩行スピードと有意な相関関係があり、競歩における回復期と支持期はほぼ一致していることから、実際のレースにおける本報における分析は実験における結果を支持するものであったといえる。

一方、過去において男子 20kmW の実際のレースを対象とした分析 (Hoga et al., 2003) で歩行スピードと関係が強いとして報告された回復期後半の股関節伸展トルク、膝関節屈曲トルクは本報告では男子 20kmW で歩行スピードと有意な相関はみられなかった。Hoga et al. (2003) における分析対象者 28 名のパフォーマンスであるレース記録の標準偏差が 3 分 38 秒であったのに対し、本報では対象者 20 名に対し、標準偏差が 2 分 1 秒と小さく、より等質な標本に近かったことで有意な相関がみられなかったと

考えることができる。

このような標本の大きさの影響はステップ分析においてもあったと考えられ、男子 20kmW (Hoga-Miura, K. et al., 2016a, 2017) および女子 20kmW (Hoga-Miura et al., In Press) の先行研究においてみられたようなステップ長、支持距離と歩行スピードとの有意な正の相関が本報では男子 20kmW でのみみられなかった。

5. 文献

Hoga, K. et al. (2003) Mechanical energy flow in the recovery leg of elite race walkers. *Sports Biomechanics*, 2(1), 1-13.

法元 康二・阿江 通良 (2006) 力学的エネルギー利用の有効性からみたアテネオリンピック男子 20km 競歩におけるメダリストと日本人選手の比較. *陸上競技研究紀要*, 2, 38-46.

法元 康二ほか (2010) 競歩における左右下肢間の力学的エネルギーの流れと下胴および体幹の動作との関係. *トレーニング科学*, 20(3), 217-229.

Hoga-Miura, K., et al. (2016a) Kinetic analysis of the function of the upper body for elite race walkers during official men 20 km walking race. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 56(10), 1147-55.

Hoga-Miura, K., et al. (2016b) A three-dimensional kinematic analysis of men's 20-km walking races using an inverted pendulum model. *Gazzetta Medica Italiana-Archivio per le Scienze Mediche*, 175(7-8), 297-307.

Hoga-Miura, K., et al. (2017) Reconstruction of walking motion without flight phase by using computer simulation on the world elite 20km race walkers during official races. *Slovak Journal Sport Science*, 2(1), 59-75.

Hoga-Miura, K., et al. (In Press) A three-dimensional kinematic analysis of walking speed on world elite women's 20-km walking races using an inverted pendulum model. *Gazzetta Medica Italiana- Archivio per le Science Mediche*.

2019年主要競技会における国内男子走幅跳選手の 助走最高スピード、踏切前の接地位置と記録の関係

小山宏之¹⁾ 柴田篤志²⁾ 清水悠³⁾ 荊山靖⁴⁾ 広川龍太郎⁵⁾

1) 京都教育大学 2) 筑波大学大学院 3) 島根大学 4) 山梨学院大学 5) 東海大学

1. はじめに

日本陸上競技連盟科学委員会の跳躍担当では、走幅跳の跳躍距離を決定する大きな要因の一つである助走スピードに関する各種のパラメータについて、強化選手を中心としてコーチや選手に継続的にフィードバックを重ねてきている(小山ら, 2017, 2018)。さらに、2017年度から計測している踏切4歩前から踏切までの接地位置の評価について2019年度も継続的に行った。2019年度は走幅跳の日本記録を27年振りに2名の選手が更新し(城山選手, 8.40m; 橋岡選手, 8.32m)、それに続く2019年度日本ランキング3位の津波選手も含めてドーハで開催された世界選手権に3名が出場した。世界選手権では2名が決勝に残り、橋岡選手は日本人選手初の入賞(8位)を果たした。そこで本報告では、2019年に行ったフィードバックデータを基に、日本の強化選手の助走スピードデータ、踏切前の接地位置について、日本記録の試技も含めて報告する。

2. 方法

本報告では2019年度男子走幅跳強化選手5名について報告する(表1)。表1は2019年度の測定試合を示しており、分析対象者の分析試技数、分析記録の平均およびその範囲を示している。分析はファールの試技も含めて全て行っているが、結果で提示したものは有効試技の結果のみである(追参を含む)。

表1に示した各競技会において、助走路の前方または後方のスタンドに設置したレーザー式速度測定装置(JENOPTIK製, LDM301C)を用いて対象者の助走中の1/100秒毎の位置情報を得た後、助走スピードを算出した。さらに、踏切前のストライドの分析は、全ての試技をスタンドに設置した1台のビデオカメラ(Panasonic社, LUMIX FZ-300, またはPanasonic社, HX-VX980M)を用いて、踏切板先端から助走路側11.0m地点(三段跳の13m踏切板先端)までを撮影範囲とし、毎秒120コマで固定撮影し、

表1 助走スピード分析および踏切前ストライドに関する測定試合と試技情報

| 選手 | PB (m) | SB (m) | 分析試技数 | | 分析記録 平均 / max - min (m) | 2019 | | | | | | | | | |
|--------|--------|--------|-------|----|----------------------------|------|----|-----|-----|----|----|------|----|----|-----|
| | | | | | | Ach | 織田 | GGP | NCH | 南部 | 福井 | 富士北麓 | WC | 田島 | 北九州 |
| 城山 正太郎 | 8.40 | 8.40 | SP | 21 | 7.73±0.22 (8.40 - 7.31) | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | ○ | | |
| | | | ST | 18 | 7.73±0.24 (8.40 - 7.31) | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | ○ | | |
| 橋岡 優輝 | 8.32 | 8.32 | SP | 24 | 7.94±0.22 (8.32 - 7.50) | ○ | | ○ | ○ | | ○ | | ○ | | |
| | | | ST | 20 | 7.97±0.20 (8.32 - 7.64) | ○ | | ○ | ○ | | ○ | | ○ | | |
| 津波 響樹 | 8.23 | 8.23 | SP | 17 | 7.72±0.22 (8.23 - 7.46) | | ○ | ○ | | | ○ | ○ | ○ | | |
| | | | ST | 11 | 7.70±0.25 (8.23 - 7.46) | | ○ | ○ | | | ○ | | ○ | | |
| 山川 夏輝 | 8.06 | 8.04 | SP | 33 | 7.74±0.16 (8.03 - 7.36) | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | ○ | ○ |
| | | | ST | 30 | 7.74±0.16 (8.03 - 7.36) | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | ○ | ○ | |
| 小田 大樹 | 8.04 | 8.03 | SP | 34 | 7.60±0.23 (8.03 - 7.16) | | ○ | | ○ | ○ | ○ | ○ | | ○ | ○ |
| | | | ST | 29 | 7.61±0.23 (8.03 - 7.16) | | ○ | | ○ | ○ | ○ | | ○ | ○ | |

SP:助走スピード分析, ST:踏切前のストライド分析

Ach:アジア選手権, 織田:織田記念陸上, GGP:ゴールデングランプリ, NCH:日本選手権, 南部:南部記念陸上

福井: Athlete Night Games in Fukui, 富士:富士北麓ワールドトライアル, WC:世界選手権, 田島:田島記念陸上, 北九州:北九州カーニバル

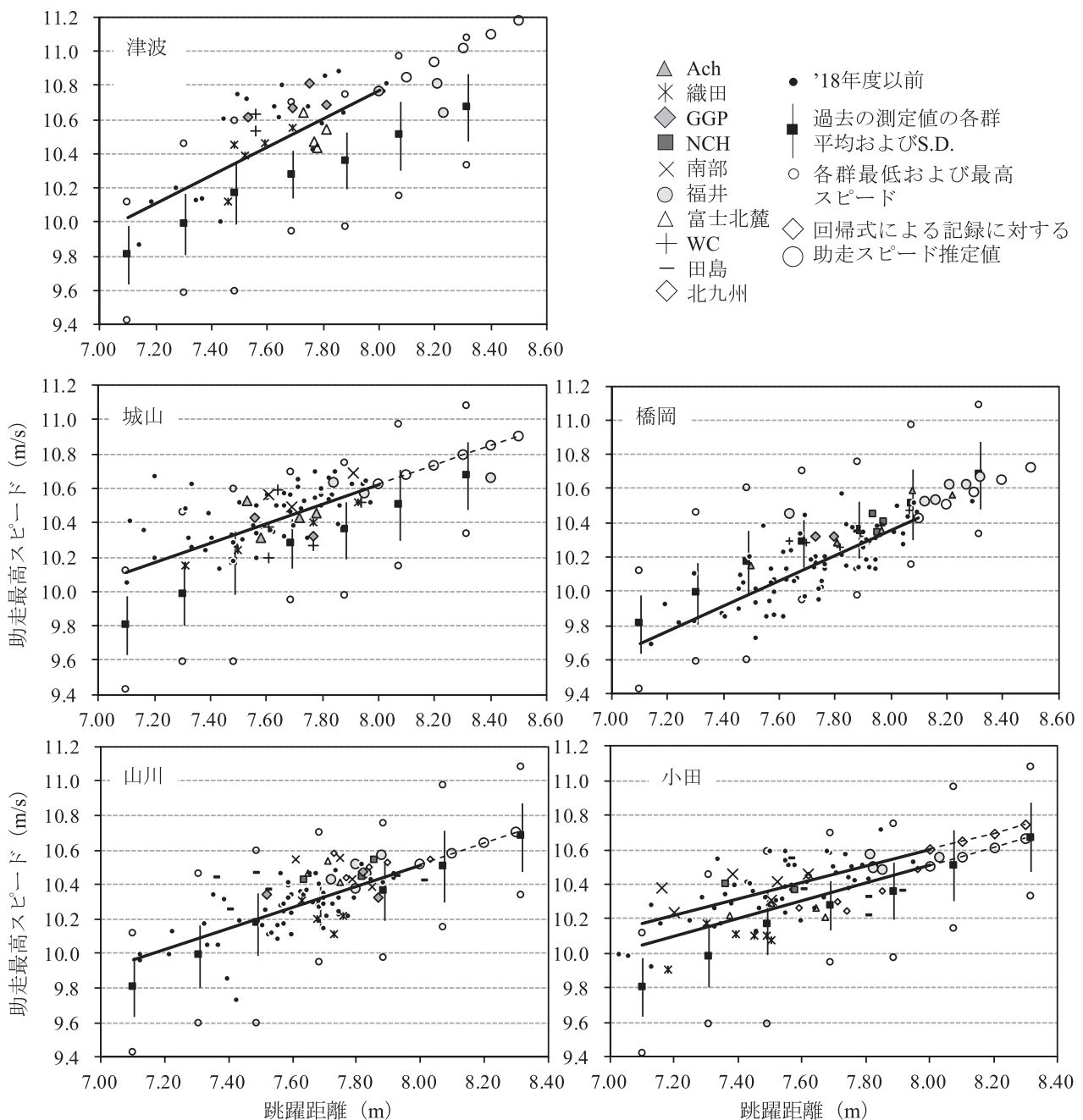


図1 各選手の助走最高スピードと跳躍距離の関係

分析した。なお、本報告では助走スピードに関するパラメータの中で、助走における最高スピードについて、踏切4歩前からの接地位置の中で、踏切4歩前および1歩前のデータを提示する。

3. 結果および考察

3.1 助走最高スピードと跳躍記録の関係

図1は各選手の助走スピードと記録の関係について、2018年までの測定結果（小山ら，2018）に2019年の結果をあわせたものを示している。なお、各図において過去の測定値として示した比較データは、2001年から2015年に科学委員会として測定し

た780跳躍(7.01～8.57m)の分析結果であり、7.00mから0.20mごとに記録別群分けを行い、各群における平均および標準偏差、最低および最高スピードを抽出したものである。なお、今回の報告で過去の最低および最高スピードの範囲を超えている試技が見られるが、参考データが2015年までのデータで作成しているためである。

これまでの測定データを総合的に見ると、全ての選手において助走最高スピードと記録の間には強い正の相関関係があり（城山， $r=0.623$ ， $n=81$ ；橋岡， $r=0.831$ ， $n=102$ ；津波， $r=0.712$ ， $n=37$ ；山川， $r=0.646$ ， $n=81$ ；小田， $r=0.619$ ， $n=91$ ，いずれも $p<0.01$ ），記録の向上に対して助走スピードの向

表2 各選手の助走最高スピードと跳躍距離の関係から推定した8.10mから8.50mの記録に対する推定助走最高スピード

| 選手 | PB (m) | 過去の分析記録の最長 (m) | 推定助走最高スピード (m/s) | | | | |
|--------|--------|----------------|------------------|-------|-------|-------|-------|
| | | | 8.10m | 8.20m | 8.30m | 8.40m | 8.50m |
| 城山 正太郎 | 8.40 | 8.40 | 10.68 | 10.74 | 10.79 | 10.85 | 10.91 |
| 橋岡 優輝 | 8.32 | 8.32 | 10.43 | 10.50 | 10.57 | 10.65 | 10.72 |
| 津波 響樹 | 8.23 | 8.23 | 10.85 | 10.94 | 11.02 | 11.10 | 11.18 |
| 小田 大樹* | 8.04 | 8.03 | 10.65 | 10.70 | 10.74 | 10.79 | 10.84 |
| | | | 10.56 | 10.61 | 10.67 | 10.72 | 10.77 |
| 山川 夏輝 | 8.06 | 8.04 | 10.58 | 10.64 | 10.70 | 10.76 | 10.82 |

*小田選手の上段は2017年度以前のデータによる推定, 下段は2018年度以降のデータでの推定

上が影響していることが示されている。また、2019年のみで見た場合にも同様の関係が見られる選手が多く、高いスピードで助走ができていた競技会や試技で跳躍距離が良い傾向にあった選手が大部分であった。一方で、津波選手のように競技会間で同程度の助走スピードであるが、記録には大きい差が見られた場合もあった（例えば19GGPと19福井での比較）。

2019年では城山選手と橋岡選手がこれまでの日本記録（8.25m, 1992年）を更新し、その際の助走スピードは、城山選手が10.66m/s（福井3rd, 8.40m）、橋岡選手が10.67m/s（福井1st, 8.32m）であった。城山選手は2014年から測定をしているが、その中で有効試技でかつ公認試技（追参を除く）を抽出すると、10.66m/sという最高スピードはこれまでに中で2番目に高い助走最高スピードであった。一方で、追参も含めたデータを含めると10.66m/sは城山選手の中では決して高いスピードではなく、日本記録更新時には非常に良い踏切準備から踏切への移行を伴った空中への跳びだしができていたことが推察される。

橋岡選手は2015年から測定を続け、測定した有効試技数は102試技ある。その中で、日本記録を更新した試技（現在は日本歴代2位）は最も高い助走最高スピードの試技であった。橋岡選手は2018年に風速+3.5m/s（18関東インカレ）において8.30mを記録し、その際の助走最高スピードが10.51m/sであった。2019年ではほぼ無風に近い競技会においてもその最高スピードを上回ってきており（アジア選手権、福井）、高いレベルで記録が安定していた理由の1つとして、助走スピードが高まっていたことも要因であろう。

小山ら（2018）は2018年度の報告の中で、助走

スピードの縦断的測定結果と跳躍記録の関係から、8.10m～8.50mを跳躍するために必要になると予想される助走最高スピード（以下、推定最高スピード）を予測している。城山選手はこの予測に対して、やや低い最高スピードで8.40mの記録に達したが、橋岡選手のアジア選手権での8.22mや、8.32mの日本記録はほぼ予測に近いスピードで達成されていた。そこで、2019年の結果も加えて各選手の推定最高スピードを更新したものを表2に示す。なお、小田選手は2017年以前の助走最高スピードと跳躍距離の関係がそれ以降の関係を外れる傾向にあるため、2017年以前のデータで予測した場合と、2018年以降のデータで予測した場合の2パターンを提示している。

3.2 踏切4歩前および1歩前の接地位置と記録の関係

図2は各選手の踏切4歩前および1歩前の接地位置と跳躍距離の関係について、2017年度（柴田ら、2017）および2018年度（小山ら、2018）の報告に2019年度の結果を加えたものである。

城山選手は4歩前の接地位置については2017および2018年と同様の傾向を示しており、大部分の試技では9.00m～9.60mの範囲に接地していた。一方で、1歩前の接地位置について2019年ではこれまでに比べてやや踏切に近い位置で接地している傾向があり、仮に2.20mを基準にして全体の試技の比率を見た場合、2017および2018年では2.20m未満の距離に接地していた試技は全体の22%にすぎなかったが、2019年ではその割合が63%まで増加し、日本記録の試技の1歩前の接地位置は2.18mであった。

橋岡選手の4歩前の接地位置について、2018年

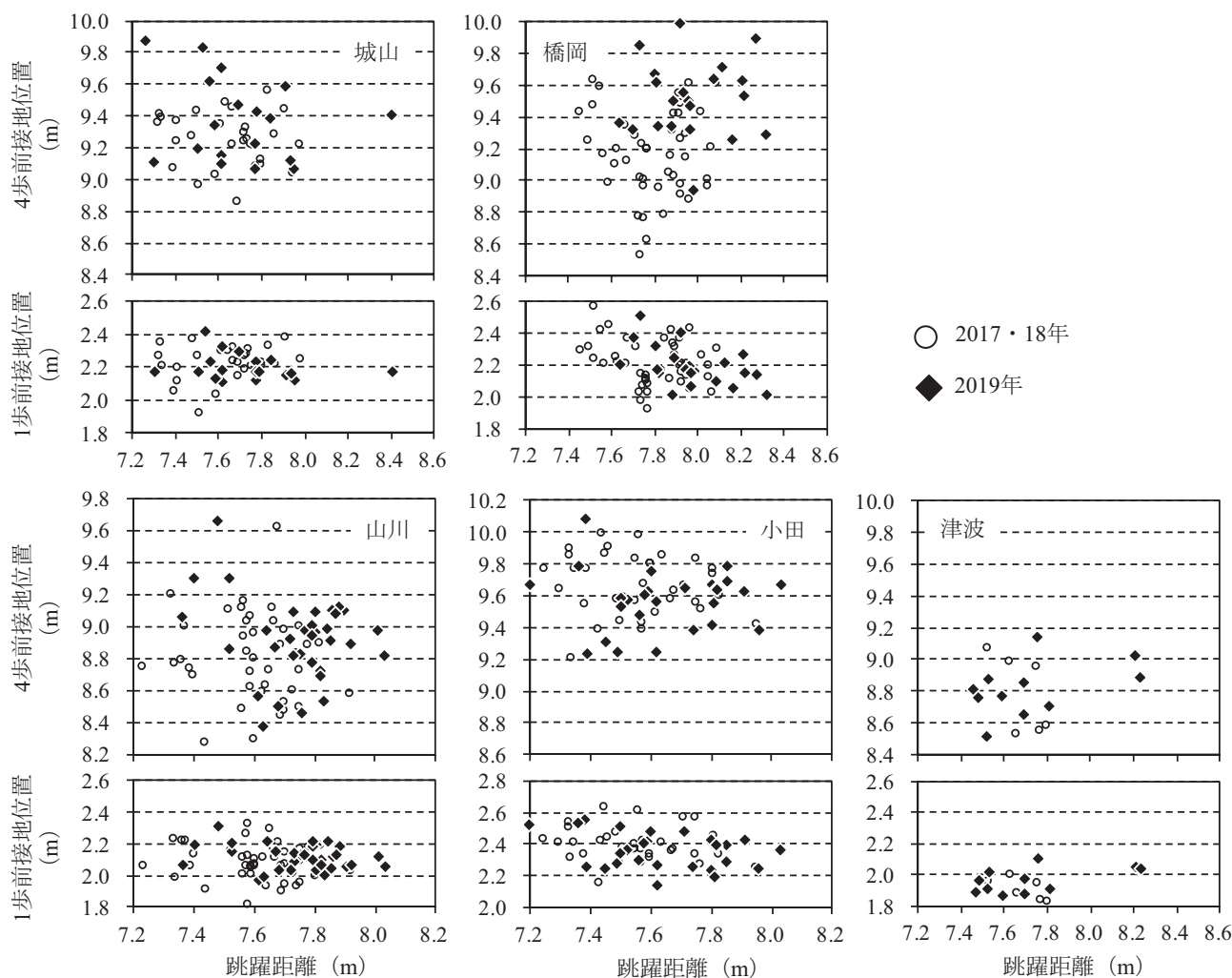


図2 各選手の踏切4歩前および1歩前接地位置と跳躍距離の関係

では2017年に比べて遠い接地位置での試技が増える傾向にあり、9.30m以上の接地位置の試技が全体の35%に増えていたことが報告されていた(小山ら, 2018)が、2019年ではさらに接地位置が遠くなる傾向にあり、全体の90%の試技で9.30m以上の接地位置から踏切に入っていた。なお、日本記録の試技の4歩前の接地位置は9.30mであった。1歩前の接地位置については、2018年では2017年に比べてやや接地位置が遠くなり、大きいストライドで踏切に入っていく傾向があったことが報告されていたが(小山ら, 2018), 2019年では逆に踏切に近くなっている傾向があり、8.32mの試技では過去の8.00m以上の測定試技12試技の中で最も1歩前の接地位置が踏切に近かった(福井1st, 1歩前接地位置: 2.00m)。なお、図1に示した助走最高スピードと4歩前の接地位置も踏まえて総合的に考えると、高い助走スピードの中で、遠い踏切4歩前の位置から大きいストライドで踏切に向かい、最後の1歩はストライドが短い中で高いリズム(ピッチ)で踏切に至ったと推測される。

全選手を見た場合に、踏切4歩前と1歩前の接地位置は記録との間には有意な相関関係はほぼ見られていない(橋岡選手の1歩前接地位置のみは、記録との間に有意な負の相関が見られた, $r=-0.311$, $p<0.05$)。一方で、年度ごとの傾向の変化は選手ごとに生じており、接地位置がより遠くなっている場合、逆に近くなっている場合など様々なようである。これまで報告してきたデータは、限られた数名の選手ではあるが3年間に渡って継続して見ていくと、特に4歩前の位置が元々近い傾向にあった選手(この中では山川選手)の接地位置が、記録の変化とともにより近くなっていくということは見られていない。図2では記録と接地位置の関係であるが、接地位置は図1に示した助走スピードと関連しながら記録へ影響していると考えられる。今後も継続的に測定を続け、選手のパフォーマンスの変化と踏切前の接地位置から見た踏切への入りについて検討を続けていきたい。

4. まとめ

本報告では、2017 および 2018 年につづいて助走スピードと記録の関係、踏切前の接地位置と記録の関係の縦断的な変化を提示した。2020 年度も継続的に情報を収集し、個々の選手に応じた目標値の提案や跳躍の評価をしていきたい。

5. 参考文献

- 1) 小山宏之, 柴田篤志, 久保理英 (2017) 男子走幅跳選手の助走最高スピードと記録の関係 - 日本ランキング上位選手の縦断的測定結果の報告 - . 陸上競技研究紀要, 13 : 220-223.
- 2) 小山宏之, 柴田篤志, 清水悠, 荻山靖, 長澤涼介, 広川龍太郎 (2018) 2018 年主要競技会における国内男子走幅跳選手の助走最高スピード, 踏切前のストライドと記録の関係. 陸上競技研究紀要, 14 : 201-205.

第17回世界陸上競技選手権大会における跳躍種目のパフォーマンス分析 ～男子棒高跳, 男子走幅跳, 男女三段跳について～

小山宏之¹⁾ 荊山靖²⁾ 広川龍太郎³⁾

1) 京都教育大学 2) 山梨学院大学 3) 東海大学

1. はじめに

9月27日から10月6日までカタール・ドーハで開催された第17回世界陸上競技選手権大会において、日本陸連科学委員会の跳躍担当では、3名体制で跳躍各種目のサポートおよび測定による情報収集を行った。棒高跳では観客の入らない正面スタンド二階席を利用することができたが、その他の種目は観客と重なる席での活動となり、国内と同様の条件で撮影をすることが難しい場面も多くあった。そのような状況ではあったが、①助走スピードの測定、②ストライド分析用の映像撮影、③フィードバックを兼ねた動作の撮影を各種目で進め、棒高跳、走幅跳、三段跳については国内で測定しているデータと同様のデータも収集できた。そこで、本報告では①および②について各種目の決勝進出者を中心に、さらに過去の国際大会の分析結果も合わせて示しながら、選手のパフォーマンスに関する基礎的な情報を報告する。

2. 方法

2.1 助走スピードの測定

棒高跳、走幅跳、三段跳の予選および決勝において助走路の後方スタンド席にレーザー式速度測定装置(JENOPTIK製, LDM301C)を設置し、対象者の助走中の1/100秒毎の位置情報を測定し、助走スピードを算出した。予選では日本選手を中心に測定し、決勝では全選手の測定を実施した。なお、走幅跳および三段跳について、国内競技会では助走路前方に機器を設置しているが、今大会では助走路前方スタンド前に大型カメラが固定されていたため、助走路後方スタンドより行うこととした。

2.2 三段跳の各歩の距離

男女三段跳ではホップ、ステップおよびジャンプの各歩の距離を算出するために、助走路側方に1台のビデオカメラ(Panasonic社, HX-VX980M)を設置し、踏切板から砂場側の助走路端までを撮影範囲として毎秒120コマで固定撮影し、分析した。

表1 2019世界選手権男子棒高跳における分析対象者の分析試技記録と助走最高スピード

| 選手 | PB (m) | 記録 (m) | 分析試技 (m) | 助走最高スピード (m/s) | 身長 (m) | 体重 (kg) |
|--------------------|--------|--------|----------|----------------|--------|---------|
| 1 Kendricks (USA) | 6.06 | 5.97 | 5.87 | 9.55 | 1.85 | 77.0 |
| 2 Duplantis (SWE) | 6.05 | 5.97 | 5.97 | 9.80 | 1.81 | 79.0 |
| 3 Lisek (POL) | 6.00 | 5.87 | 5.87 | 9.10 | 1.94 | 94.0 |
| 4 Baehre (GER) | 5.72 | 5.70 | 5.70 | 9.41 | 1.93 | 89.0 |
| 5 Braz (BRA) | 6.03 | 5.70 | 5.70 | 9.56 | 1.83 | 75.0 |
| 6 Holzdeppe (GER) | 5.94 | 5.70 | 5.55 | 9.72 | 1.81 | 79.0 |
| 6 Lavillenie (FRA) | 5.82 | 5.70 | 5.55 | 9.51 | 1.71 | - |
| 9 Huang (CHN) | 5.75 | 5.55 | 5.55 | 9.16 | 1.90 | 78.0 |
| 予選 | | | | | | |
| - 山本聖途 (JPN) | 5.75 | 5.60 | 5.60 | 9.48 | 1.78 | 70.0 |
| - 澤野大地 (JPN) | 5.83 | 5.45 | 5.45 | 9.27 | 1.83 | 74.0 |
| - 江島雅紀 (JPN) | 5.71 | 5.45 | 5.30 | 9.02 | 1.90 | 79.0 |

注) 分析試技はいずれも成功試技を対象としている

3. 結果および考察

3.1 男子棒高跳

表1は決勝に進出し成功試技が測定できた選手および日本選手の予選における成功試技の助走最高速度を示している。また、図1は跳躍記録と19年世界選手権における男子棒高跳選手の助走最高速度の関係を示している。決勝進出者の中で最も助走最高速度が高かったのは、2位のDuplantis (SWE) 選手であり、5.97mの成功試技で9.80m/sの最高速度であった。優勝したKendricks (USA) 選手は5.97 mの成功試技の測定が適切にできなかったため、5.87mの成功試技を示しているが(最高速度, 9.55m/s), 5.97mおよび6.02mの失敗試技の助走最高速度は9.63-9.73m/sの範囲であり、結果で示した試技以上の速度が出ている試技も複数見られている。日本選手については、山本選手は5.60mの成功試技で9.48m/s, 澤野選手は5.45mの成功試技で9.27m/s, 江島選手は5.30mの成功試技で9.02m/sであった。江島選手は5.45mの成功試技の測定が適切にできなかったが、5.45mおよび5.60mの他の試技では、9.10-9.33m/sの範囲で速度がでていた。図1に示した選手全体(11名)の傾向を見ると、跳躍記録が高かった選手ほど助走最高速度は高かった傾向が見られているが、3位のLisek (POL) 選手のように助走最高速度が低い選手もいたため、有意な関係ではなかった。

図2は過去の国際大会の測定結果も含めて、跳躍記録と助走最高速度の関係を示したものである。なお、過去の国際大会は2014および2018年U20世界選手権(ユージーンおよびタンペレ), 2015年世界選手権(北京)の3大会であり、いずれも日本陸連科学委員会の活動で測定したものである。この結果を見ると、跳躍記録と助走最高速度には強い正の相関関係があり、助走において高い速度を獲得して踏切に移行していくことが記録を高めていく1つのポイントになると考えられる。また、2019世界選手権3位のLisek選手は図に示した以外の成功試技においても助走最高速度は高くない傾向にあることから(5.70m, 9.19m/s; 5.80m, 9.34m/s), 助走速度の観点から見た場合は特異的な選手であることが推察される。

3.2 男子走幅跳

表2は男子走幅跳決勝における分析対象者および日本選手の予選における助走最高速度を示して

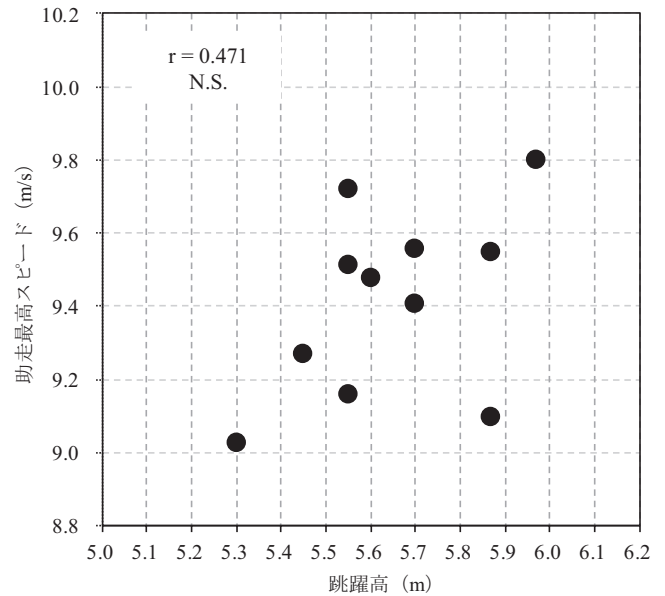


図1 2019世界選手権男子棒高跳における跳躍高と助走最高速度の関係

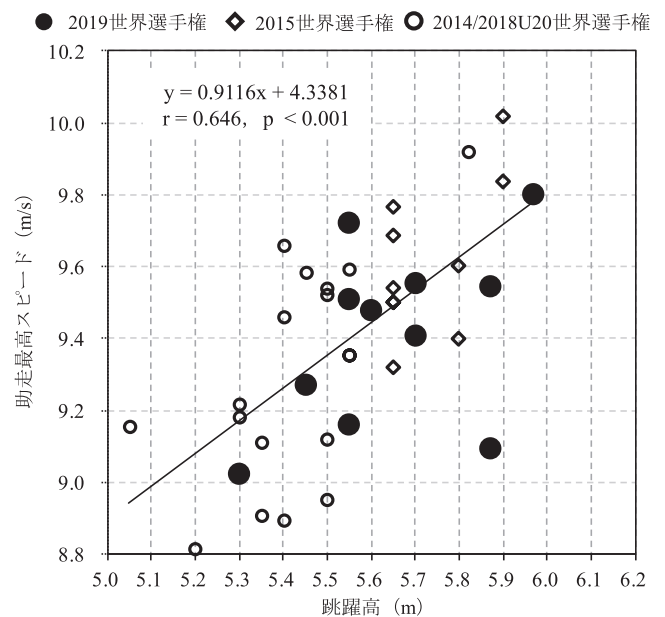


図2 過去の国際大会における跳躍高と助走最高速度の関係
(2015および2019世界選手権, 2014および2018U20世界選手権)

いる。また、図3は決勝における各選手の競技記録と助走最高速度の関係を示している。なお、ジャマイカ(JAM)のユニフォームがレーザーの反射に影響を及ぼしているようであり測定が失敗することが多く、Gayle選手(JAM)の優勝試技の8.69mは分析することができなかった。結果を見ると、NMであった1名を除いた11名の跳躍記録と助走最高速度には強い正の相関関係があり、特に上位3選手の最高速度は4位以下の選手と比べて非常

表 2 2019 世界選手権男子走幅跳における分析対象者の分析試技記録と助走最高スピード

| | 選手 | | PB (m) | 記録 (m) | 分析試技 (m) | 助走 最高スピード (m/s) | 身長 (m) | 体重 (kg) |
|----|------------|-------|-----------|-----------|-------------|-----------------------|-----------|------------|
| 1 | Cayle | (JAM) | 8.69 | 8.69 | 8.46 | 10.97 | 1.85 | 75.0 |
| 2 | Henderson | (USA) | 8.52 | 8.39 | 8.39 | 10.82 | 1.83 | 81.0 |
| 3 | Echevarria | (CUB) | 8.68 | 8.34 | 8.34 | 10.74 | 1.86 | 72.0 |
| 4 | Manyonga | (RSA) | 8.65 | 8.28 | 8.28 | 10.43 | 1.89 | 82.0 |
| 5 | Samaai | (RSA) | 8.49 | 8.23 | 8.23 | 10.50 | 1.85 | 75.0 |
| 6 | Wang | (CHN) | 8.47 | 8.20 | 8.20 | 10.52 | 1.80 | 75.0 |
| 7 | Caceres | (ESP) | 8.37 | 8.01 | 8.01 | 10.53 | 1.74 | 69.0 |
| 8 | 橋岡優輝 | (JPN) | 8.32 | 7.97 | 7.97 | 10.38 | 1.83 | 76.0 |
| 9 | Montler | (SWE) | 8.22 | 7.96 | 7.96 | 10.56 | 1.87 | 72.0 |
| 10 | Tentoglou | (GRE) | 8.32 | 7.79 | 7.79 | 10.49 | 1.85 | 75.0 |
| 11 | 城山正太郎 | (JPN) | 8.40 | 7.77 | 7.77 | 10.27 | 1.78 | 65.0 |
| 予選 | | | | | | | | |
| - | 橋岡優輝 | (JPN) | 8.32 | 8.07 | 8.07 | 10.47 | 1.83 | 76.0 |
| - | 城山正太郎 | (JPN) | 8.40 | 7.94 | 7.94 | 10.52 | 1.78 | 65.0 |
| - | 津波響樹 | (JPN) | 8.23 | 7.72 | 7.56 | 10.54 | 1.68 | 65.0 |

に高く、0.20-0.40m/s 以上の差が見られた。決勝に進出した橋岡選手と城山選手は予選から記録をやや落としたが、助走最高スピードで見た場合も若干低いスピードであった。なお、橋岡選手は同じスタジアムで2019年4月に開催された第27回アジア選手権において8.22mで優勝したが、その試技での助走最高スピードは10.56m/sであった。

図4は過去の国際大会の測定結果も含めて、跳躍記録と助走最高スピードの関係を示したものである。なお、過去の国際大会は2007, 2011および2015年世界選手権(大阪, 大邱および北京)の3大会であり、いずれも日本陸連科学委員会の活動で測定したものである。過去の大会を加えた場合も今大会のみと同様に跳躍記録と助走最高スピードには強い正の相関関係が見られている。図に示した4大

会において大会会場の状況は異なると考えられるが、記録の大きい変化はなく入賞ラインやメダルの獲得ラインも変わっていないこともあり、全体の傾向は大きく変化していない。各大会において8.30m以上の跳躍をできていたことがメダル獲得の一つの目安になるが、8.30m以上の選手の中で最も助走最高スピードが低かったのは2011大邱世界選手権におけるワット選手(AUS)で10.63m/s(記録8.33m)であり、それ以外の選手の跳躍における最高スピードは10.66~11.08m/sの範囲であった。城山選手と橋岡選手の日本記録時はいずれも10.60m/s台の最高スピードであったことから、メダル獲得にはこの程度の助走最高スピードをどのような条件の中

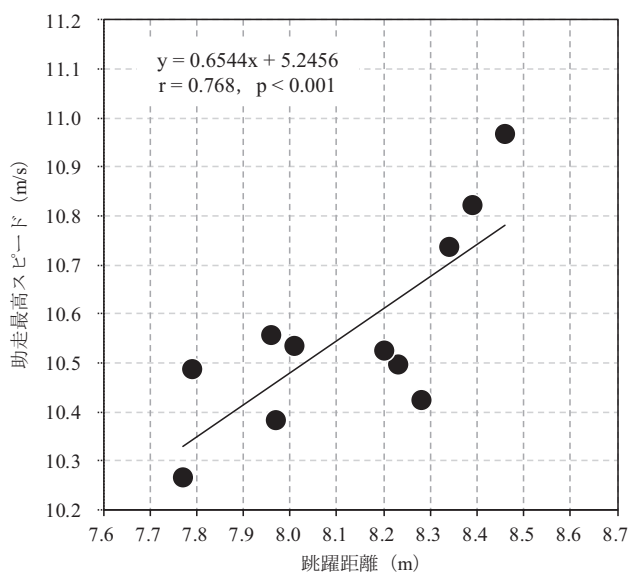


図 3 2019 世界選手権男子走幅跳における跳躍距離と助走最高スピードの関係

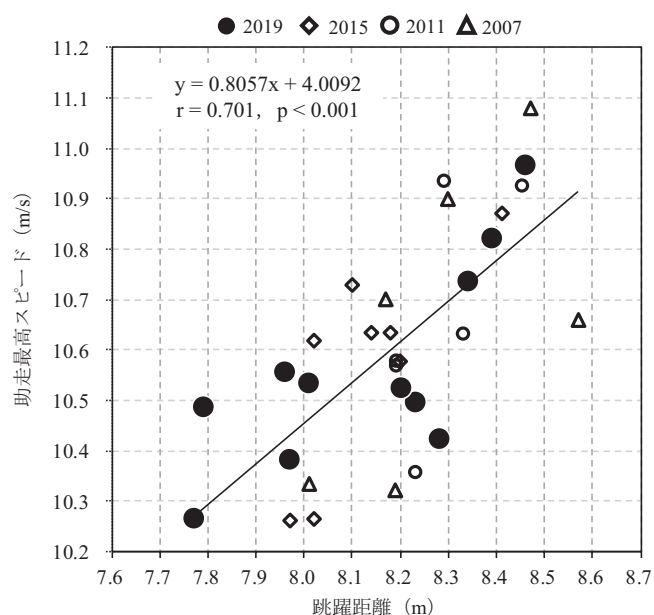


図 4 過去の国際大会男子走幅跳における跳躍距離と助走最高スピードの関係 (2007, 2011, 2015 および 2019 世界選手権)

表3 2019世界選手権男子三段跳における分析対象者の分析試技記録と助走最高スピード

| 選手 | PB (m) | 記録 (m) | 分析試技 (m) | 助走最高スピード (m/s) | 身長 (m) | 体重 (kg) |
|------------------|--------|--------|----------|----------------|--------|---------|
| 1 Taylor (USA) | 18.21 | 17.92 | 17.92 | 10.58 | 1.88 | 79.0 |
| 2 Claye (USA) | 18.14 | 17.74 | 17.74 | 10.24 | 1.80 | 73.0 |
| 3 Zango (BUR) | 17.66 | 17.66 | 17.66 | 10.36 | 1.80 | 78.0 |
| 4 Pichardo (POR) | 18.08 | 17.62 | 17.62 | 10.07 | 1.83 | 68.0 |
| 5 Napoles (CUB) | 17.38 | 17.38 | 17.38 | 10.25 | 1.81 | 80.0 |
| 6 Scott (USA) | 17.43 | 17.17 | 17.17 | 9.94 | 1.91 | - |
| 7 Copello* (AZE) | 17.68 | 17.10 | 17.38 | - | 1.85 | 80.0 |
| 8 Diaz** (CUB) | 17.49 | 17.06 | 16.86 | 9.95 | - | - |

*助走スピードの測定ができなかったため、各歩の距離のみ提示する

**最も記録の良い試技の助走スピードが測定できなかったため、測定試技で最も記録の良い試技を示している。なお、各歩の距離は17.06mの試技の結果を提示する

でも出しながら跳躍を行っていくことが求められる可能性が考えられる。

3.3 男子三段跳

表3は男子三段跳決勝における分析対象者の助走最高スピードを示している。また、図5は決勝における各選手の競技記録と助走最高スピードの関係を示し、図6は過去の国際大会の測定結果も含めて、跳躍記録と助走最高スピードの関係を示したものである。なお、過去の国際大会は2011および2015年世界選手権（大邱および北京）の2大会であり、いずれも日本陸連科学委員会の活動で測定したものである。この結果から、国際大会の決勝において跳躍距離と助走最高スピードには走幅跳と同様に強い正の相関関係が見られている。なお、図6に示した今大会も含めた3大会の22跳躍の中で、10.40m/s以上の最高スピードが出ているのは6跳躍で、そ

の内の3跳躍はTaylor選手（USA）であり、そのスピードは2011大邱（10.42m/s, 17.96m）、2015北京（10.53m/s, 18.21m）、2019ドーハ（10.58m/s, 17.92m）であった。その点を踏まえると、国際大会入賞者の大部分の助走最高スピードは10.0-10.4m/sの間に含まれていたと言えるであろう。

表4は今大会の分析対象者のホップ、ステップ、ジャンプなどの各歩の距離に関するデータを、図7は図6と同様の国際大会の発表データ（Korean Society of Sport Biomechanics, 2011; IAAF, 2015）を含めた跳躍距離と各歩の距離の関係を示している。なお、基本的には助走最高スピードで提示した試技の結果を示しているが、一部分析の都合上異なる試技となっている選手もいる。また、図7の跳躍距離およびホップの距離は踏切でのロス（踏切時のつま先とフェールラインの水平距離）を加えた実測距離で示している。過去の国際大会も含めた

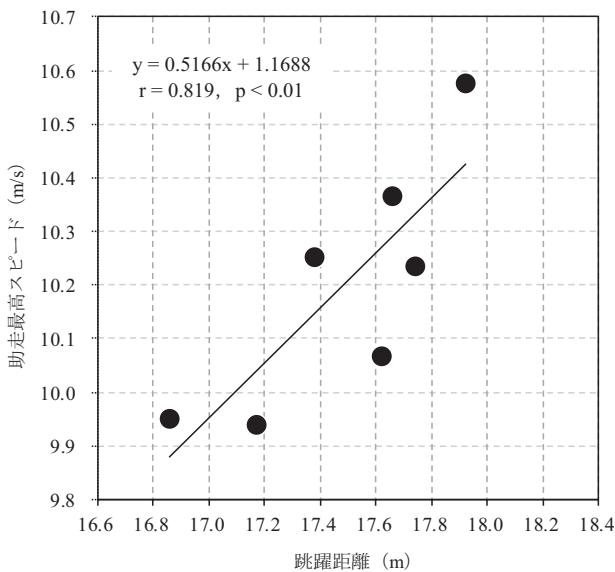


図5 2019世界選手権男子三段跳における跳躍距離と助走最高スピードの関係

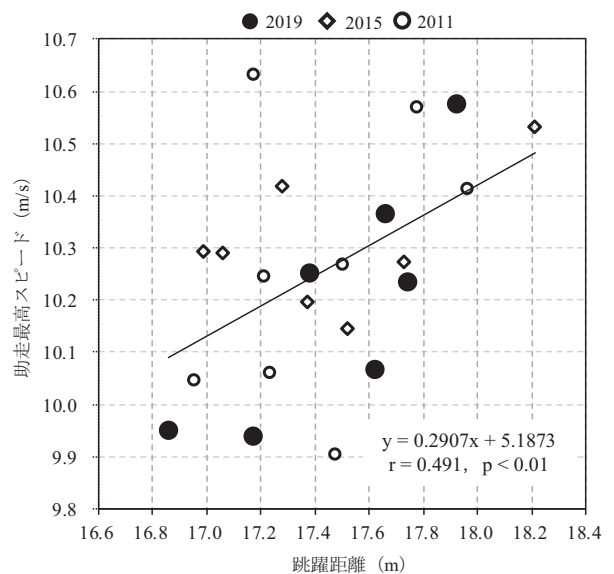


図6 過去の国際大会男子三段跳における跳躍距離と助走最高スピードの関係（2011, 2015および2019世界選手権）

表4 2019世界選手権男子三段跳における分析対象者の各歩の距離に関するデータ

| 選手 | 記録(m) | 実測*(m) | 跳躍距離(m) | | | | ステップまでの距離(m)** |
|----------|-------|--------|---------|---------|------|------|----------------|
| | | | ホップ | 実測ホップ** | ステップ | ジャンプ | |
| Taylor | 17.92 | 17.98 | 6.44 | 6.50 | 5.16 | 6.32 | 11.66 |
| Claye | 17.74 | 17.84 | 6.32 | 6.43 | 5.28 | 6.13 | 11.71 |
| Zango | 17.66 | 17.83 | 6.27 | 6.44 | 5.29 | 6.10 | 11.72 |
| Pichardo | 17.62 | 17.67 | 6.41 | 6.46 | 5.15 | 6.07 | 11.61 |
| Napoles | 17.38 | 17.40 | 6.55 | 6.57 | 5.34 | 5.48 | 11.92 |
| Scott | 17.17 | 17.19 | 6.23 | 6.25 | 5.05 | 5.89 | 11.30 |
| Copello | 17.10 | 17.25 | 6.13 | 6.28 | 5.40 | 5.57 | 11.68 |
| Diaz | 17.06 | 17.07 | 6.14 | 6.15 | 5.09 | 5.83 | 11.25 |

*実測は公式記録に踏切ロス（踏切時のつま先とファールラインの水平距離）を加えたものである。

**実測ホップはファールラインからステップ接地中のつま先までの水平距離に踏切ロスを加えたものである。

***ステップまでの距離は実測ホップの距離とステップの距離の合計である。

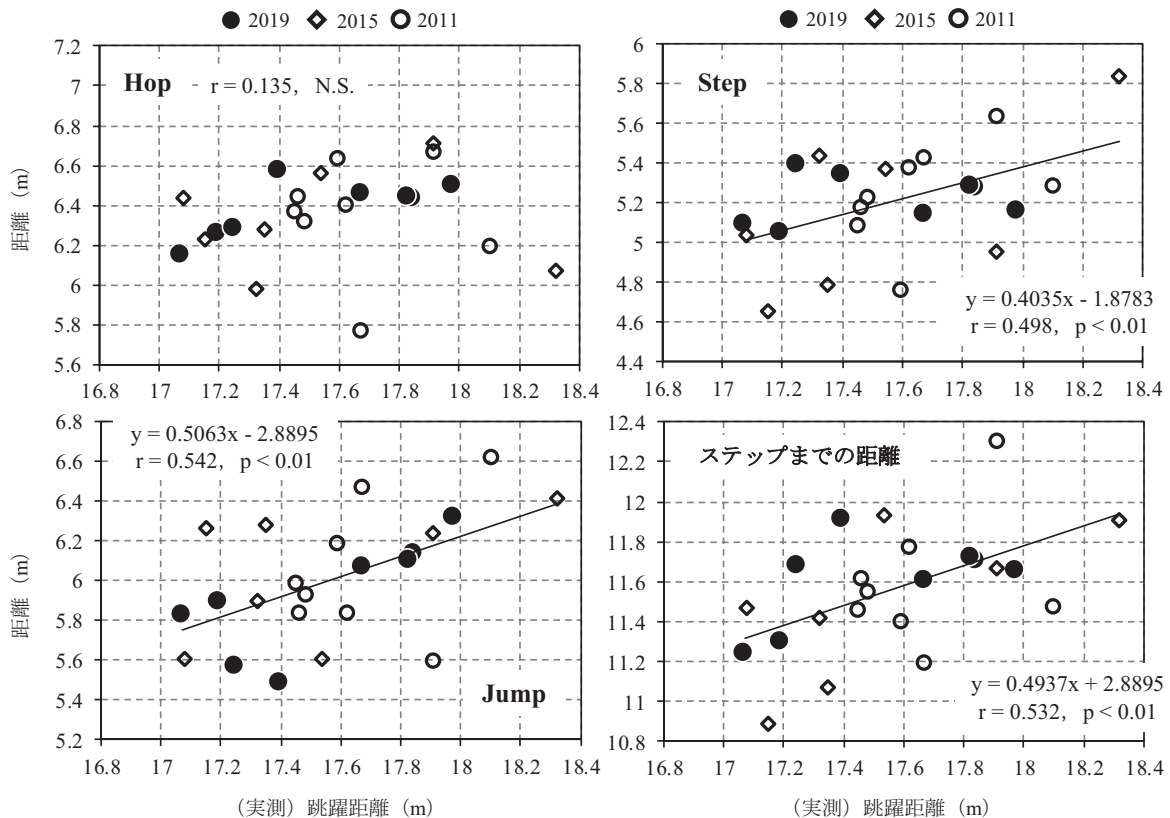


図7 過去の国際大会男子三段跳における跳躍距離と（実測）ホップ（左上）、ステップ（右上）、ジャンプ（左下）およびステップまでの距離（右下）との関係（2011、2015および2019世界選手権）

*2011および2015世界選手権のデータは、Korea Society of Sport Biomechanics (2011), IAAF (2015)より引用

23跳躍（各歩の距離のみ分析できた選手がいるので、助走スピードのデータから人数が増えている）のデータで跳躍記録と有意な正の相関関係が見られたのは、ステップ、ジャンプ、そしてホップとステップの距離を合計したステップまでの距離（以下、ホップステップ距離）であった。なお、この23跳躍の記録上位3跳躍はいずれもTaylor選手（USA）であり、Taylor選手を除いて同様の関係を見ると、跳躍距離との有意な相関関係が見られるのは、ホップ

およびホップステップ距離となり、ステップおよびジャンプの距離は跳躍距離との関係性がなくなることには注意が必要である。

3.4 女子三段跳

表5は女子三段跳決勝における分析対象者の助走最高スピードを示している。また、図8は決勝における各選手の競技記録と助走最高スピードの関係を示し、図9は過去の国際大会の測定結果も含めて、

表 5 2019 世界選手権女子三段跳における分析対象者の分析試技記録と助走最高スピード

| | 選手 | | PB (m) | 記録 (m) | 分析試技 (m) | 助走 最高スピード (m/s) | 身長 (m) | 体重 (kg) |
|----|-----------|-------|-----------|-----------|-------------|-----------------------|-----------|------------|
| 1 | Rojas | (VEN) | 15.41 | 15.37 | 15.37 | 9.53 | 1.92 | 72.0 |
| 2 | Rickett | (JAM) | 14.93 | 14.92 | 14.92 | 9.25 | 1.80 | 64.0 |
| 3 | Ibarguen | (COL) | 15.31 | 14.73 | 14.73 | 9.00 | 1.81 | 65.0 |
| 4 | Williams | (JAM) | 14.64 | 14.64 | 14.64 | 9.34 | 1.70 | 61.0 |
| 5 | Saladukha | (UKR) | 14.99 | 14.52 | 14.52 | 8.99 | 1.76 | 58.0 |
| 6 | Peleteiro | (ESP) | 14.59 | 14.47 | 14.47 | 9.25 | 1.71 | - |
| 7 | Orji | (USA) | 14.72 | 14.46 | 14.46 | 9.26 | 1.66 | - |
| 8 | Mamona | (POR) | 14.65 | 14.40 | 14.40 | 9.00 | 1.66 | 61.0 |
| 9 | Franklin | (USA) | 14.84 | 14.09 | 14.08 | 8.86 | 1.73 | 55.0 |
| 10 | Diallo | (FRA) | 14.31 | 14.08 | 14.08 | 9.00 | 1.68 | 53.0 |
| 11 | Panturoiu | (ROU) | 14.47 | 14.07 | 14.07 | 9.02 | 1.70 | 57.0 |

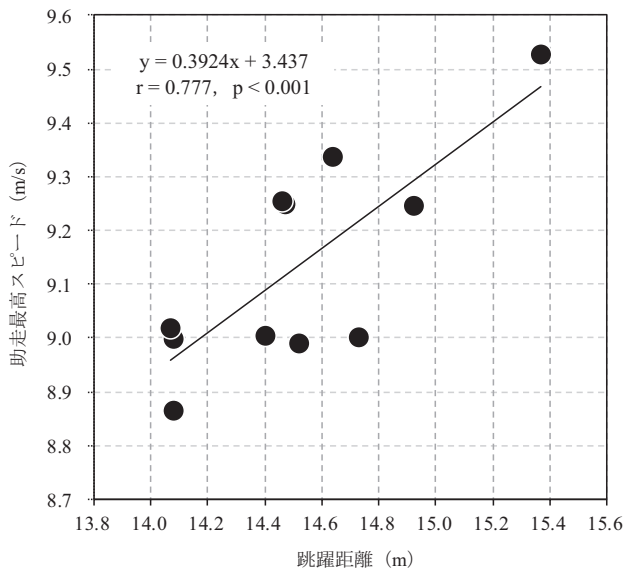


図 8 2019 世界選手権女子三段跳における跳躍距離と助走最高スピードの関係

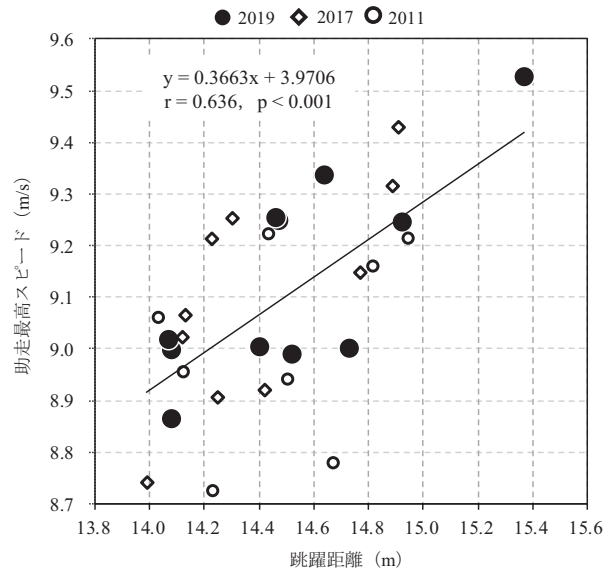


図 9 過去の国際大会女子三段跳における跳躍距離と助走最高スピードの関係 (2011, 2017 および 2019 世界選手権)

跳躍記録と助走最高スピードの関係を示したものである。なお、過去の国際大会は 2011 および 2017 年の世界選手権 (大邱, ロンドン) の 2 大会であり、いずれも日本陸連科学委員会の活動で測定したものである。この結果から、男子三段跳と同様に女子三段跳において、これまでの国際大会の決勝における跳躍では、跳躍記録と助走最高スピードの間に正の相関関係が見られている。一方で、助走スピードが 9.40m/s 以上の極めて大きい 2 跳躍はいずれも Rojas 選手 (VEN) のものであり、2019 ドーハ世界選手権優勝時が 9.53m/s (15.37m)、2015 北京世界選手権優勝時が 9.43m/s (14.91m) であった。なお、Rojas 選手を除いた場合には、9.20m/s 前後の助走最高スピードで 14m 台中盤の跳躍を行っていた選手と、9.00m/s 前後の助走最高スピードで 14m 台前半から中盤の跳躍を行っていた選手の 2 つのグループにおおよそ分かれるようである。

表 6 は今大会の分析対象者のホップ、ステッ

プ、ジャンプなどの各歩距離に関するデータを、図 10 は図 9 と同様の国際大会の発表データ (Korean Society of Sport Biomechanics, 2011) を含めた跳躍距離と各歩の距離の関係を示している。なお、2017 世界選手権 (ロンドン) のデータは日本陸連科学委員会の活動で測定したものである。男子と同様に跳躍距離と各歩の距離の関係をみると、ホップ、ジャンプおよびホップステップ距離で跳躍距離との間に有意な正の相関関係が見られた。女子のデータでは記録の上位 2 試技はいずれも Rojas 選手 (VEN) (2019 および 2017 世界選手権優勝時) であることから、このデータを除いた場合の関係性も見したが、全跳躍で見た場合と同様の結果であった。また、女子では男子の結果と比べて、ホップ (男子では Taylor 選手を除いた場合) とジャンプの相関係数がより大きく、それらの距離の跳躍距離に対する影響は女子の方が強いことが考えられる。なお、助

表6 2019世界選手権女子三段跳における分析対象者の各歩の距離に関するデータ

| 選手 | 記録(m) | 実測*(m) | 跳躍距離(m) | | | | ステップまでの距離(m)** |
|-----------|-------|--------|---------|---------|------|------|----------------|
| | | | ホップ | 実測ホップ** | ステップ | ジャンプ | |
| Rojas | 15.37 | 15.39 | 5.79 | 5.81 | 4.02 | 5.57 | 9.83 |
| Ricketts | 14.92 | 14.94 | 5.63 | 5.65 | 4.14 | 5.16 | 9.78 |
| Ibarguen | 14.73 | 14.77 | 5.26 | 5.30 | 4.26 | 5.21 | 9.56 |
| Williams | 14.64 | 14.67 | 5.55 | 5.58 | 4.03 | 5.06 | 9.60 |
| Saladukha | 14.52 | 14.51 | 5.56 | 5.54 | 4.13 | 4.83 | 9.67 |
| Peleteiro | 14.47 | 14.47 | 5.45 | 5.45 | 4.15 | 4.86 | 9.61 |
| Orji | 14.46 | 14.64 | 5.35 | 5.53 | 3.79 | 5.31 | 9.33 |
| Mamona | 14.40 | 14.52 | 5.16 | 5.28 | 4.28 | 4.96 | 9.56 |
| Franklin | 14.08 | 14.10 | 5.14 | 5.16 | 4.12 | 4.82 | 9.28 |
| Diallo | 14.08 | 14.10 | 5.23 | 5.25 | 4.24 | 4.61 | 9.49 |
| Panturoiu | 14.07 | 14.09 | 5.14 | 5.16 | 4.28 | 4.65 | 9.44 |

*実測は公式記録に踏切ロス（踏切時のつま先とフェールラインの水平距離）を加えたものである。

**実測ホップはフェールラインからステップ接地中のつま先までの水平距離に踏切ロスを加えたものである。

***ステップまでの距離は実測ホップの距離とステップの距離の合計である。

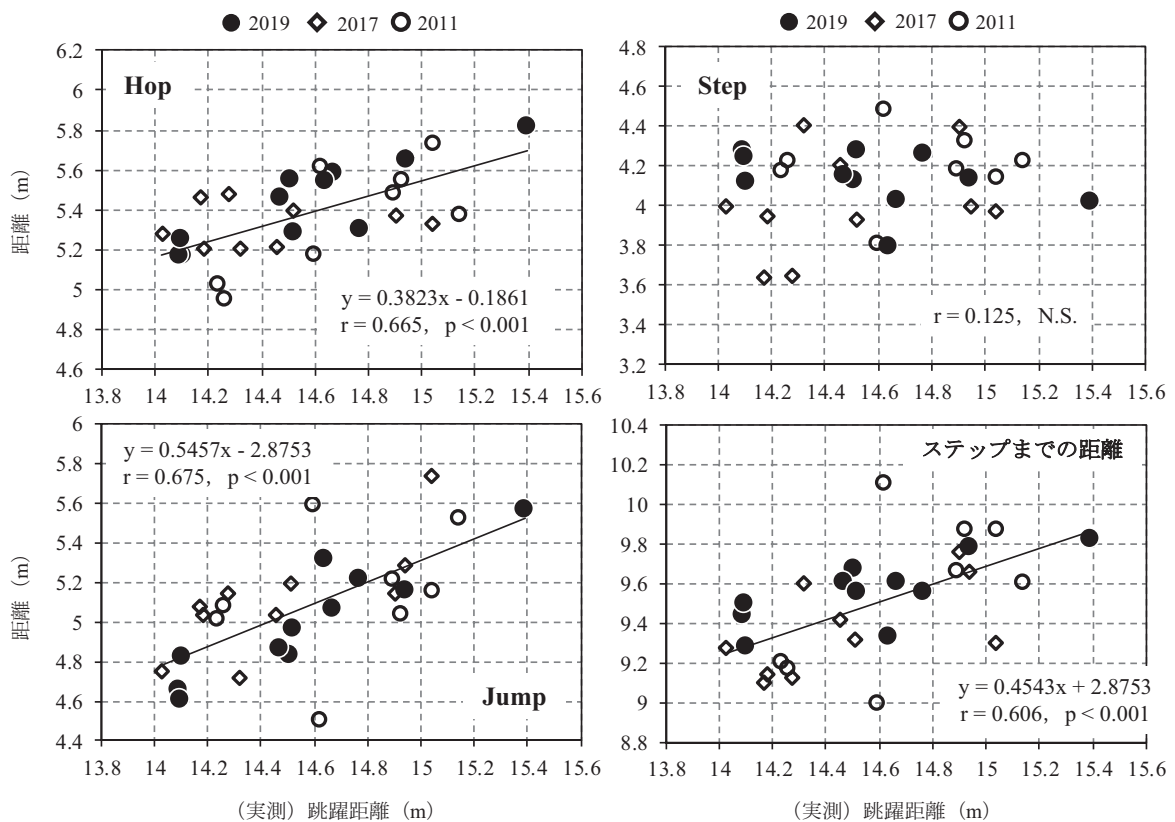


図10 過去の国際大会女子三段跳における跳躍距離と（実測）ホップ（左上）、ステップ（右上）、ジャンプ（左下）およびステップまでの距離（右下）との関係（2011，2017および2019世界選手権）

*2011世界選手権のデータは，Korea Society of Sport Biomechanics (2011) より引用

走最高スピードで見た場合に（図9），選手が2つのグループに分かれる可能性を示したことから，各歩の距離においてその2グループの比較を試みたが，特筆すべき相違や傾向は見られなかった。

4. まとめ

本報告では，第17回世界陸上競技選手権大会の測定データを中心に，過去の国際大会の結果も交え

ながら世界大会入賞選手のパフォーマンスを検討した。特に，助走スピードのデータを中心に示したが，入賞範囲という限られた選手の中で見た場合も，いずれの種目においても助走の中で高いスピードを獲得していることが記録に対して少なからず影響をしていることが考えられた。本報告のデータは，国際大会入賞レベルの記録獲得につながる助走スピードの大きさの目安になることから，国内選手の強化・育成の目標値の一つのデータとして活用していき

い.

5. 参考文献

- 1) IAAF, 15TH IAAF WORLD CHAMPIONSHIPS, TRIPLE JUMP MEN FINAL, JUMP ANALYSIS, 2015, <https://media.aws.iaaf.org/competitiondocuments/pdf/4875/AT-TJ-M-f----RS5.pdf?v=917066980>
- 2) Korean Society of Sport Biomechanics, Biomechanical Analysis of Triple Jump Men - Final, 81-90, 2011, <http://www.jaaf.or.jp/t-f/pdf/Daegu2011.pdf>

日本トップレベルの女子走高跳競技者における踏切動作のキネマティクスの特徴

柴田篤志¹⁾ 杉浦澄美¹⁾ 荻山靖²⁾ 清水悠³⁾ 奥野哲弥¹⁾ 澤田尚吾¹⁾ 小山宏之⁴⁾

1) 筑波大学大学院 2) 山梨学院大学 3) 島根大学 4) 京都教育大学

1. はじめに

近年の国内における女子走高跳のパフォーマンスレベルをみると、1.90m以上を記録した競技者はおらず、2019年の日本ランキング1位記録は1.78mであり、オリンピックや世界選手権など世界大会への出場目安となる1.95m前後と比較すると厳しい状況にあると考えられる。このような状況に対して、杉浦ほか(2019)は日本の女子走高跳競技者の踏切局面における特徴について、世界の一流競技者との比較から検討をしており、今後も継続した基礎的なデータの収集が必要であると考えられる。

そこで、本稿では2019年日本陸上競技選手権大会で入賞した女子走高跳競技者を対象として、踏切動作の基礎的パラメータを報告するとともに、パフォーマンスに影響する基礎的パラメータを提示することを目的とした。

2. 方法

2.1 分析対象者および分析対象試技

分析対象者は2019年日本陸上競技選手権大会で8位までに入賞した女子走高跳競技者のうち、成功試技を撮影できた7名とし、各競技者の最も記録の高い試技を分析対象試技とした。

2.2 データ収集およびデータ処理

競技会における全ての跳躍をマットの右後方および左後方に固定した2台のハイスピードカメラ(LUMIX FZ-300, Panasonic社製)を用いて240fpsで踏切2歩前からバークリアまでを固定撮影した。撮影範囲はバーの中心を原点に左右(4m)、助走路方向に6mとし、試技の撮影前に撮影範囲内の計測点にキャリブレーションポールを立てて撮影した。なお、この撮影は日本陸上競技連盟科学委員会の活動として行われたものである。

撮影したVTR画像から、踏切2歩前離地の5コマ前からバークリアまでの身体分析点23点をビデオ動作分析システム(Frame DIAS IV, DHK社製)を用いてデジタイズを行った。そして、2台のカメラの身体分析点とコントロールポイントの座標から、3次元DLT法を用いて身体分析点の3次元座標を算出した。なお、3次元座標はバーの中心を原点とし、地面と平行かつバーと水平の軸をX軸、地面と水平かつバーと垂直に交わる軸をY軸、鉛直軸をZ軸とする右手座標系を静止座標系と定義した。これらの身体分析点の座標はWells and Winter(1980)の方法を用いて分析点ごとに最適遮断数周波数を決定し、Butterworth low-pass digital filterを用いて4.8Hzから9.6Hzで平滑化した。

2.3 算出項目

身体分析点の3次元座標から、阿江(1996)の身体部分慣性係数を用いて部分および全身の重心座標算出した。それらをもとに以下の項目を算出した。

①身体重心位置

H0: 踏切接地時の身体重心高

H1: 踏切離地時の身体重心高

最大重心高: 踏切離地時の鉛直速度およびH1より算出
(最大重心高 = $H1 + \frac{(VCGV_{T0})^2}{2g}$)

ここで、 $VCGV_{T0}$ は離地時の身体重心鉛直速度、 g は重力加速度 9.81m/s^2 とした。

H2: 空中における身体重心の上昇高

(最大重心高-H1)

H3: 最大重心高とバーの高さとの差

②踏切位置: 踏切接地時の踏切足つま先とバーとのY軸方向の距離

③身体重心速度

身体重心の変位を時間微分することで、身体重心の水平および鉛直速度を算出した。

④水平速度の変化量: 踏切接地時の水平速度と踏切

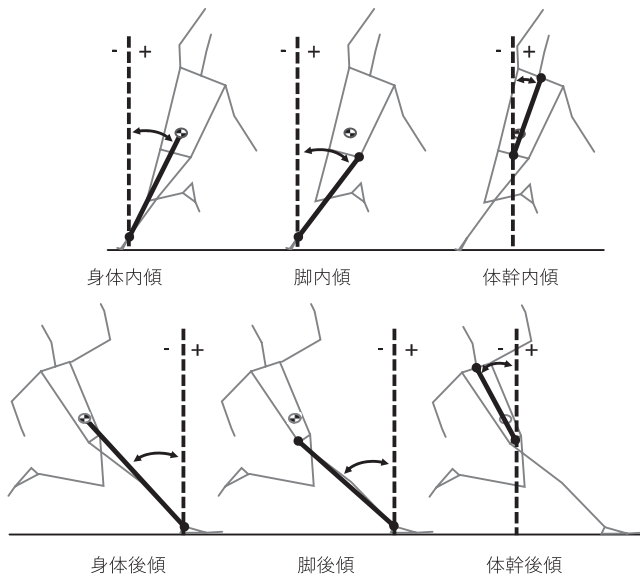


図1 角度定義

離地時の水平速度との差

- ⑤接地時間
- ⑥踏切脚関節角度（伸展および底屈を正，屈曲および背屈を負とする）
- ⑦踏切脚膝関節平均伸展角速度：踏切後半における膝関節伸展量を踏切後半の時間で除した値
- ⑧踏み込み角度および跳躍角度：身体重心速度ベクトルが水平面となす角度
- ⑨全身および部分の内・後傾角度

踏切局面における身体重心速度ベクトルの水平成分（静止座標系のXおよびY成分の合成ベクトル）をY'軸，地面に水平かつY'軸に直行する軸をX'軸，鉛直軸をZ軸とする右手系の移動座標系を定義した。身体重心と踏切脚足関節を結んだ線分，踏切脚股関節と踏切脚足関節を結んだ線分，両肩中点と両股関節中点を結んだ線分をY'-Z平面に投影し，鉛直軸となす角度をそれぞれ全身，踏切脚，体幹の

後傾角とし，正を後傾，負を前傾とした。また，これらの線分をX'-Z平面に投影し，鉛直軸となす角度をそれぞれ全身，踏切脚，体幹の内傾角とし，正を内傾，負を外傾とした（図1）。

2.4 局面定義

踏切脚膝関節の最大屈曲時点を踏切の中間とし，それ以前を踏切前半，以降を踏切後半とした。

2.5 統計処理

各算出項目について，平均値および標準偏差を示した。また，本報告に加えてNicholson et al. (2018) および杉浦ほか (2019) の報告から日本および世界トップレベルの競技者の各算出項目間の関係を検討するために，Pearsonの積率相関係数を算出した。なお，有意水準は5%未満とした。

3. 結果

表1は，対象者の分析試技の公式記録およびパ

表2 接地時間に関するパラメータ

| 対象者 | 接地時間(sec) | | |
|------|-----------|-------|-------|
| | 全体 | 前半 | 後半 |
| 神田 | 0.154 | 0.067 | 0.088 |
| 京谷 | 0.133 | 0.054 | 0.079 |
| 高橋 | 0.154 | 0.071 | 0.083 |
| 仲野 | 0.154 | 0.071 | 0.083 |
| 青山 | 0.142 | 0.063 | 0.079 |
| 竹内 | 0.154 | 0.075 | 0.079 |
| 石岡 | 0.150 | 0.075 | 0.075 |
| Mean | 0.149 | 0.068 | 0.081 |
| SD | 0.008 | 0.007 | 0.004 |

表1 パフォーマンスおよび身体重心位置に関するパラメータ

| 対象者 | 記録 (m) | 身長 (m) | アーム アクション* | 身体重心高 (m) | | | | | 重心高/身長 (%) | | 踏切位置 (m) |
|------|--------|--------|---------------|-----------|---------|------|-------|--------|------------|------|----------|
| | | | | H0 (接地) | H1 (離地) | H2 | H3 | 最大(推定) | 踏切接地 | 踏切離地 | |
| 神田 | 1.77 | - | s | 0.82 | 1.20 | 0.75 | -0.18 | 1.95 | - | - | 0.82 |
| 京谷 | 1.77 | 1.66 | s | 0.82 | 1.16 | 0.80 | -0.19 | 1.96 | 49.6 | 70.0 | 0.97 |
| 高橋 | 1.74 | 1.72 | s | 0.84 | 1.19 | 0.73 | -0.18 | 1.92 | 48.6 | 69.0 | 0.72 |
| 仲野 | 1.74 | 1.66 | s | 0.77 | 1.13 | 0.78 | -0.18 | 1.92 | 46.5 | 68.5 | 0.87 |
| 青山 | 1.74 | 1.72 | s | 0.84 | 1.18 | 0.64 | -0.08 | 1.82 | 48.9 | 68.6 | 0.86 |
| 竹内 | 1.74 | - | s | 0.78 | 1.13 | 0.66 | -0.05 | 1.79 | - | - | 0.63 |
| 石岡 | 1.74 | 1.73 | s | 0.83 | 1.19 | 0.72 | -0.18 | 1.92 | 47.7 | 69.0 | 0.69 |
| Mean | 1.75 | 1.70 | - | 0.81 | 1.17 | 0.73 | -0.15 | 1.90 | 48.2 | 69.0 | 0.79 |
| SD | 0.01 | 0.03 | - | 0.03 | 0.03 | 0.05 | 0.05 | 0.06 | 1.1 | 0.5 | 0.11 |

* s: single arm action, d: double arm action

表3 身体重心速度に関するパラメータ

| 対象者 | 水平速度 (m/s) | | | 鉛直速度 (m/s) | | | | | 踏込角度 | 踏切角度 |
|------|------------|------|-------|------------|------|------|------|------|-------|-------|
| | 接地 | 離地 | 変化量 | 接地 | 中間 | 離地 | 変化量 | 前半 | (deg) | (deg) |
| 神田 | 5.88 | 3.24 | -2.64 | -0.10 | 2.02 | 3.84 | 3.94 | 2.12 | -1.0 | 49.8 |
| 京谷 | 5.65 | 3.24 | -2.41 | -0.30 | 2.43 | 3.96 | 4.26 | 2.73 | -3.0 | 50.7 |
| 高橋 | 5.74 | 3.43 | -2.31 | -0.15 | 2.39 | 3.80 | 3.95 | 2.54 | -1.5 | 47.9 |
| 仲野 | 6.25 | 3.49 | -2.76 | -0.25 | 2.42 | 3.92 | 4.17 | 2.66 | -2.2 | 48.3 |
| 青山 | 5.89 | 3.65 | -2.24 | -0.05 | 2.55 | 3.55 | 3.60 | 2.60 | -0.5 | 44.2 |
| 竹内 | 6.40 | 4.02 | -2.37 | -0.09 | 2.40 | 3.60 | 3.68 | 2.49 | -0.8 | 41.8 |
| 石岡 | 6.12 | 3.88 | -2.24 | -0.21 | 2.82 | 3.76 | 3.97 | 3.03 | -2.0 | 44.1 |
| Mean | 5.99 | 3.57 | -2.42 | -0.16 | 2.43 | 3.78 | 3.94 | 2.60 | -1.6 | 46.7 |
| SD | 0.25 | 0.28 | 0.19 | 0.09 | 0.22 | 0.14 | 0.22 | 0.25 | 0.8 | 3.1 |

表4 踏切脚関節角度に関するパラメータ

| 対象者 | 足関節角度 (deg) | | | | | 膝関節角度(deg) | | | | | 膝関節平均 |
|------|-------------|------|-------|-------|------|------------|-------|-------|-------|------|--------------|
| | 接地 | 最小 | 離地 | 背屈量 | 底屈量 | 接地 | 中間 | 離地 | 屈曲量 | 伸展量 | 伸展速度 (deg/s) |
| 神田 | 109.9 | 98.0 | 143.6 | -11.9 | 45.6 | 165.9 | 143.3 | 168.6 | -22.5 | 25.2 | 288.4 |
| 京谷 | 114.7 | 94.7 | 138.0 | -20.0 | 43.3 | 162.7 | 147.8 | 168.3 | -14.9 | 20.5 | 258.5 |
| 高橋 | 126.1 | 91.6 | 141.6 | -34.5 | 50.0 | 163.8 | 140.2 | 176.8 | -23.6 | 36.5 | 438.5 |
| 仲野 | 110.6 | 97.1 | 128.6 | -13.5 | 31.5 | 163.6 | 140.9 | 170.9 | -22.7 | 30.0 | 359.8 |
| 青山 | 107.6 | 82.4 | 127.9 | -25.2 | 45.5 | 165.6 | 145.0 | 175.9 | -20.5 | 30.9 | 389.9 |
| 竹内 | 105.9 | 91.7 | 134.2 | -14.2 | 42.5 | 165.3 | 136.6 | 173.7 | -28.7 | 37.1 | 468.5 |
| 石岡 | 119.2 | 88.5 | 141.2 | -30.7 | 52.7 | 168.2 | 138.3 | 173.0 | -30.0 | 34.7 | 463.1 |
| Mean | 113.4 | 92.0 | 136.4 | -21.4 | 44.4 | 165.0 | 141.7 | 172.4 | -23.3 | 30.7 | 381.0 |
| SD | 6.6 | 5.0 | 5.9 | 8.3 | 6.2 | 1.7 | 3.6 | 3.1 | 4.7 | 5.7 | 77.3 |

パフォーマンスに関するパラメータを示している。

表2は、対象者の踏切接地時間および膝関節角度に関するパラメータを示している。

表3は、対象者の身体重心速度に関するパラメータを示している。

表4は踏切脚の足関節角度、膝関節角度および踏切後半の平均角速度のパラメータを、表5は踏切接地時の身体、脚および体幹の内後傾のパラメータを示している。

図2は最大重心高とH1 およびH2 との関係を示している。最大重心高とH1 およびH2 との間には有意な強い正の相関関係が認められた。

図3は最大重心高と踏切接地時の水平速度および鉛直速度との関係を示している。最大重心高と接地時の水平速度との間には有意な正の相関関係が、接

表5 踏切接地時の内後傾角度

| 対象者 | 後傾角度 (deg) | | | 内傾角度 (deg) | | |
|------|------------|------|------|------------|------|------|
| | 身体 | 脚 | 体幹 | 身体 | 脚 | 体幹 |
| 神田 | 35.2 | 40.7 | 15.0 | -4.6 | 0.6 | 6.7 |
| 京谷 | 30.4 | 38.2 | 17.7 | -5.4 | -0.5 | -1.6 |
| 高橋 | 34.4 | 40.1 | 12.0 | -5.4 | 0.7 | 4.6 |
| 仲野 | 36.3 | 42.7 | 11.7 | -2.9 | 3.8 | 10.0 |
| 青山 | 29.3 | 35.8 | 13.5 | 0.0 | 6.4 | 4.3 |
| 竹内 | 36.7 | 43.6 | 11.7 | 2.3 | 10.0 | 10.7 |
| 石岡 | 32.5 | 40.5 | 10.5 | 0.1 | 5.1 | 10.5 |
| Mean | 33.6 | 40.2 | 13.2 | -2.3 | 3.7 | 6.5 |
| SD | 2.7 | 2.4 | 2.3 | 2.8 | 3.5 | 4.1 |

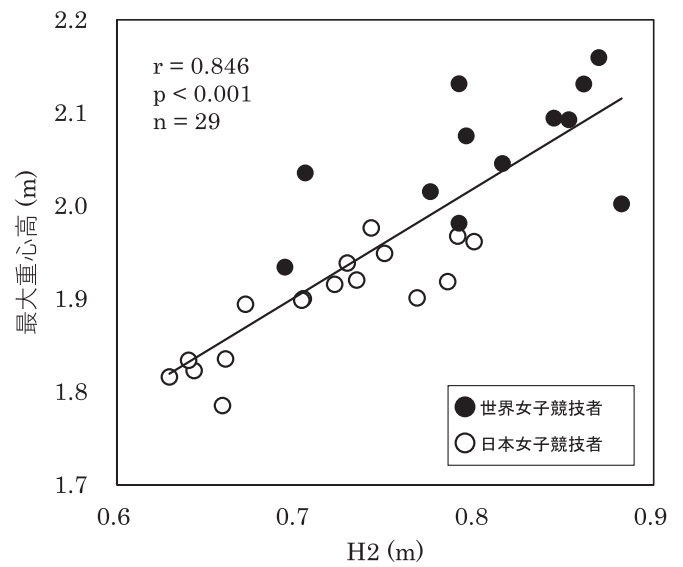
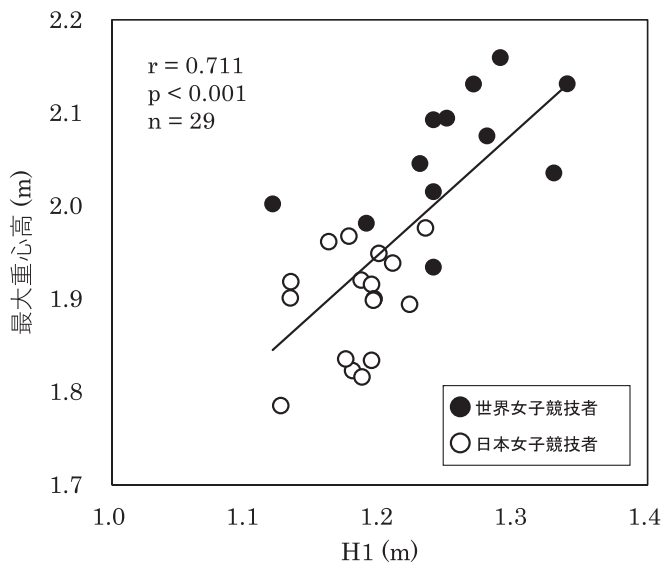


図2 最大重心高とH1およびH2との関係

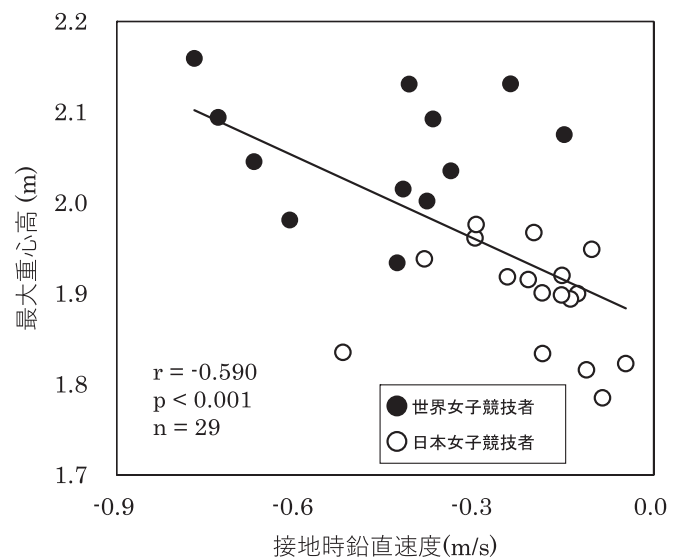
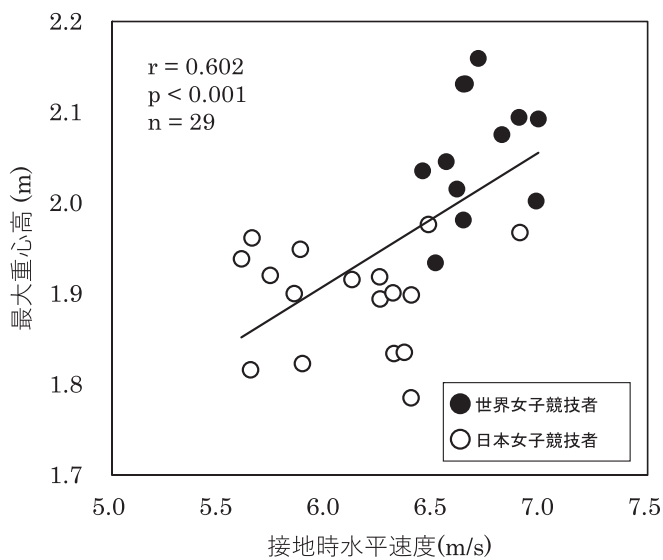


図3 最大重心高と踏切接地時の身体重心速度との関係

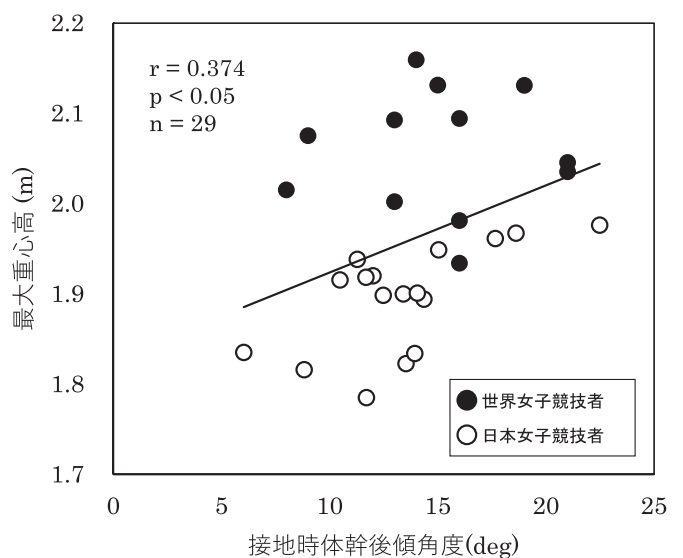
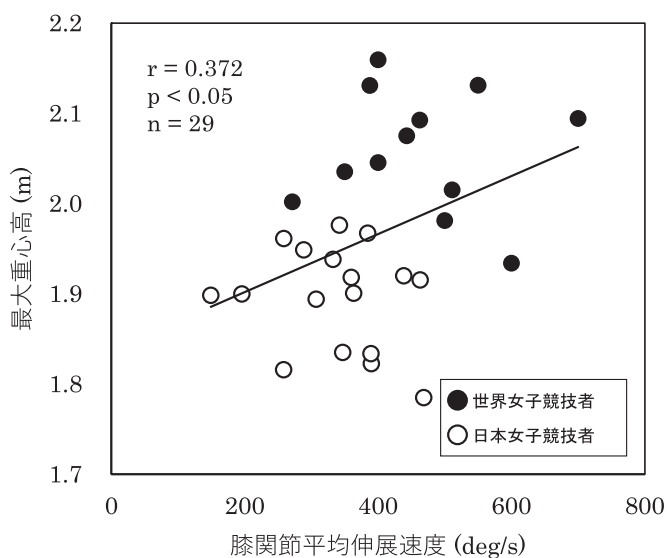


図4 最大重心高と膝関節平均伸展速度および踏切接地時の体幹角度との関係

地時の鉛直速度との間には有意な負の相関関係が認められた。

図4は最大重心高と踏切脚膝関節の平均伸展速度、接地時の体幹後傾角度との関係を示している。最大重心高と踏切脚膝関節の平均伸展速度および接地時の体幹後傾角度との間には有意な正の相関関係が認められた。

4. 考察

本報告は、2019年日本陸上競技選手権大会上位入賞者の基礎的パラメータを示すとともに、パフォーマンスに影響する基礎的パラメータを、世界および日本トップ選手を対象とした先行研究(Nicholson et al., 2018; 杉浦ほか, 2019)を含めて提示することを目的としていた。

走高跳の記録は踏切離地時の重心高(H1)および踏切離地後の身体重心の上昇高(H2)によってその大部分が決定される(Hay, 1973)。また、H1は身長などの身体的特性の影響を大きく受けるパラメータ、H2は踏切離地時の鉛直速度によって決定するパラメータであり(Dapena, 1990)、杉浦ほか(2019)の報告では比較的身長の高い日本トップレベルの女子競技者がさらに記録を向上させるためには大きなH2を獲得することが課題になることを指摘されている。

2018年の報告(杉浦ほか, 2019)と本報告におけるH2の平均値を比較すると $0.70 \pm 0.05\text{m}$ および $0.73 \pm 0.05\text{m}$ とわずかな差はみられたが、分析対象試技の平均記録はいずれも1.75mと大きな変化はみられず、最大跳躍高も同程度であった。一方で競技者個別の記録、最大跳躍高およびH2の変化を例にあげると、神田選手は2018年の1.72mの跳躍と比較して2019年の1.77mの跳躍では記録は5cm、最大跳躍高は5cmそしてH2にも5cmの向上がみられ、H1に変化はなく記録の向上はH2の増加によるものであった。H1は身長などの身体的特性の影響を大きく受けることから、シニア競技者における大幅なH1の増加は困難であり、今回の事例のようにH2を増加させて記録の向上を目指すことが求められるであろう。しかし、現時点で女子走高跳競技者を対象とした研究が少なく、さらに日本トップレベルの競技者を縦断的に検討した研究はみられないことから、今後も継続してデータの収集を行い、パフォーマンスが向上した事例とその特徴を蓄積していくことが日本の女子走高跳におけるパフォーマンス改善のために必要になると考えられる。

図2～図4には本報告の対象者7名、Nicholson et al. (2018) および杉浦ほか(2019)の報告における対象者22名の計29名の最大跳躍高と各パラメータとの関係を示した。H1、H2ともに最大重心高との間に有意な相関関係が認められ、特にH2との間には相関係数0.85と強い正の相関関係があったことから、この点からもH2を増加させることは重要であると考えられる。また、踏切接地時の水平速度および鉛直速度と最大跳躍高の間にも有意な相関関係が認められ、最大跳躍高の大きい競技者はより大きな助走スピードを獲得して踏切接地に向かい、さらに踏切接地時の鉛直下向きの速度が大きかったことが示唆された。さらに、踏切脚膝関節の平均伸展速度、踏切接地時の体幹の後傾角度との間にも有意な相関関係が認められ、最大重心高の大きい競技者が踏切接地時に体幹を後傾させており、踏切後半の踏切脚伸展局面における膝関節の伸展速度が大きかったといえる。

以上の結果から、日本の女子走高跳競技者がパフォーマンスの向上を目指すためには大きな助走スピードを獲得し、踏切接地では下向きの速度が過度に小さくならないような踏切接地の動作が必要になる可能性がある。しかし、このような踏切接地時の重心速度の特徴は、踏切接地時により大きな地面反力が踏切脚に作用することが推察され、世界トップレベルの競技者は大きな地面反力によってH2を獲得していると考えられる。踏切中に作用する地面反力のピーク値は、男子走高跳競技者を対象とした先行研究において体重の約6倍近くになることが示されていることから(戸邊ほか, 2019)、助走スピードや踏切接地時の重心速度の特徴を世界トップレベルの競技者に近づけていくだけではなく、大きな地面反力に対応するための踏切脚の基礎的なパワー発揮の能力などについても検討していく必要があるといえる。

これらを踏まえて、今後は踏切局面におけるキネマティクスの特徴を継続的に検討することに加え、女子走高跳競技者の踏切局面におけるパワー発揮の特性や垂直跳、最大脚伸展力などと基礎的なパワー発揮能力といった観点からも日本の女子走高跳競技者の課題を検討していくことが必要だと考えられる。

参考文献

阿江通良 (1996) 日本人幼少年およびアスリートの身体部分係数. Japanese Journal of Sports

- Science, 15 (3): 155-162.
- Dapena, J., McDnald, C. and Cappaert, J. (1990) A regression analysis of high jumping technique. *International Journal of Sport Biomechanics*, 6: 246-261.
- Hay, J. G. (1973) The Hay technique ultimate in high jump style. *Athletic Journal*, 53 (7): 113-115.
- Nicholson, G., Bissas, A. and Merlino, S. (2018) Women's high jump - 2017 IAAF World Championships Biomechanical report. 1-36.
- 杉浦澄美・柴田篤志・小山宏之・長澤涼介 (2019) 日本トップレベルの女子走高跳競技者における踏切動作のキネマティクスの特徴 (日本陸連科学委員会研究報告 第17巻 (2018) 陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2018). *陸上競技研究紀要*, 14: 191-196.
- 戸邊直人・苅山靖・林陵平・木越清信・尾縣貢 (2019) 走高跳の踏切局面における下肢3関節の力・パワー発揮特性. *体育学研究*, 64 (2) : 625-635.
- Wells, R. P. and Winter, D. A. (1980) Assessment of signal and noise in the kinematics normal, pathological and sporting gaits. In: *Human Locomotion 1* (Proceedings of the first biannual conference of the Canadian Society of Biomechanics). pp. 92-93.

国内女子砲丸投選手における世代別の投てき動作の特徴 —日本選手権と U20・U18 日本選手権の比較—

加藤忠彦¹⁾ 瀧川寛子²⁾ 野中愛里³⁾ 前田奎⁴⁾ 山本大輔⁵⁾ 塚田卓巳⁶⁾ 村上雅俊⁷⁾
 1) 九州産業大学 2) 中京大学大学院 3) 筑波大学大学院 4) 筑波大学スポーツ R & D コア
 5) 天理大学 6) 愛知淑徳大学 7) 大阪産業大学

1. はじめに

女子砲丸投は、中学生では 2.721 kg の重量を用いるが、高校生以降は 4 kg の重量を用いる。2020 年 1 月現在、女子における U18 日本記録は 15.17 m, U20 日本記録は 16.24 m, 日本学生記録は 17.39 m, そして日本記録は 18.22 m となっており、世代が上がるごとに記録は高くなっている。このような背景から、特に女子砲丸投においては、高校生から大学生、さらには社会人へと、体力および技術的な要因の向上や変化によって、その競技水準が高まっていることが推察される。また近年では、2016 年に U20 日本記録が、2019 年に U18 日本記録がそれぞれ樹立されており、他の世代も含めて今後さらなる記録の更新が期待される。以上のことから、各世代におけるトップ選手の投てき動作の特徴を明らかにすること、また、より競技水準が高い世代との差異を明らかにすることは、女子砲丸投の指導やトレーニングの一助になると考えられる。

本研究では、国内女子砲丸投における世代別の上位選手を対象に、他の世代との比較から投てき動作の特徴を明らかにすることを目的とした。

2. 方法

2. 1. 分析試技

2019 年 6 月 30 日に行われた第 103 回日本陸上競技選手権大会（以下、NCH 群）と 2019 年 10 月 20

日に開催された第 35 回 U20 日本陸上競技選手権大会（以下、U20 群）、および第 13 回 U18 日本陸上競技選手権大会（以下、U18 群）における各上位 3 名の最も記録が良かった 1 試技を分析の対象とした。なお、対象となった全ての選手は右手投げで、グライド投法を用いていた。対象者および対象試技の記録は表 1 に示した通りであった。

2. 2. 撮影方法

投てき動作は、サークルの側方及び後方に設置した 2 台のデジタルビデオカメラ（HDR-PJ670, Sony）を用いて、毎秒 60 コマ、シャッター速度 1/1000s で撮影した。本研究では、投てき方向を Y 軸、Y 軸に対して右方向を X 軸、鉛直方向を Z 軸とする右手系の静止座標系を設定した。また、サークルの中心を原点に、前後方向 2.00 m, 左右方向 1.82 m の 9 か所に、マーク間隔 0.40 m のキャリブレーションポールを垂直に立て、あらかじめ撮影した。

2. 3. 分析方法

ビデオカメラによって撮影された映像から、各コマにおける身体 4 点（左右肩関節、左右股関節）と砲丸中心の 5 点をデジタル化し画面上の座標値を算出した。そして、三次元 DLT 法により実長換算することで、分析点と砲丸の三次元座標値を求めた。算出した 3 次元座標値は、残差分析法（Winter, 1990）によって決定された最適遮断周波数（3.6-5.4Hz）で、4 次の Butter-worth filter により平滑

表 1 分析対象の選手と記録

| 順位 | NCH | | U20 | | U18 | |
|----|-------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | 氏名 | 記録(m) | 氏名 | 記録(m) | 氏名 | 記録(m) |
| 1位 | 郡 菜々佳 | 16.06 | 大野 史佳 | 14.79 | 廣島 愛亜梨 | 14.63 |
| 2位 | 高橋 由華 | 15.47 | 秋山 愛莉 | 14.62 | 日夏 涼香 | 13.87 |
| 3位 | 長沼 瞳 | 15.18 | 久保田 亜由 | 14.36 | 山本 佳奈 | 13.47 |

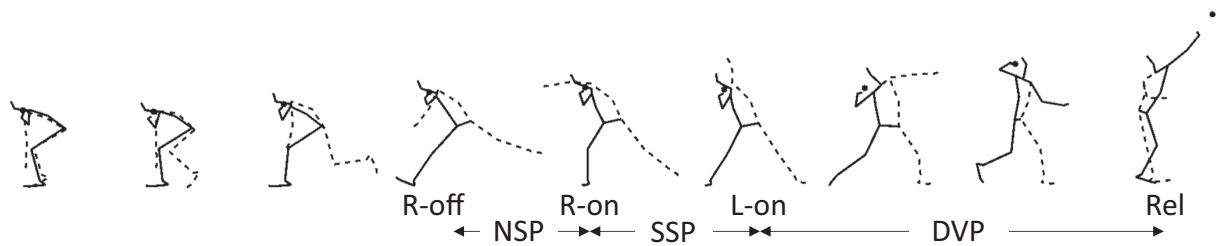


図1 砲丸投における投てき動作のスティックピクチャ

化した。なお、2つの映像の同期は、砲丸のリリース時点のコマ数で行った。

2. 4. 分析項目

本研究では、グライド動作後半の右足離地(R-off)からリリース(Re1)までを分析区間とした。また、上記に加え右足接地(R-on)と左足接地(L-on)をイベントとして設定し、R-offからR-onを非支持局面(NSP)、R-onからL-onを片脚支持局面(SSP)、L-onからRe1を投げ局面(DVP)とした(図1)。

投てき動作に関するパラメータとして以下を算出した。

- 1) リリースパラメータ：リリース速度，リリース角度，リリース高
- 2) 肩水平方位角：左肩関節から右肩関節に向かうベクトルが水平面にてY軸となす角度
- 3) 腰水平方位角：左股関節から右股関節に向かうベクトルが水平面にてY軸となす角度
- 4) 体幹捻転角度：肩水平方位角と腰水平方位角との差分(肩が腰を追い越した状態を正，腰が肩を追い越した状態を負)
- 5) 体幹前後傾角度：左右股関節の midpoint から左右肩関節の midpoint へ向かうベクトルが矢状面にてZ軸となす角度(投てき方向と反対に傾いた状態を負，投てき方向に傾いた状態を正)

以上のパラメータは、各競技会における上位3選手の平均値±標準偏差で示した。また、各変数の経

時的な変化を観察ならびに比較するために Spline 関数を用いて、時間軸を R-off を 0 %，R-on を 25 %，L-on を 50 %，Re1 を 100 % とした 101 個のデータに規格化した。

3. 結果および考察

3. 1. リリースパラメータについて

まず、表2について、投てき記録の平均値はNCH群が15.57 m，U20群が14.59 m，U18群が13.99 mと、世代が上がるにつれて高値であった。同様にリリース速度も合成成分ではNCH群 > U20群 > U18群となっていた。一方で、前方成分ではNCH群 > U18群 > U20群，上方成分ではU20群 > NCH群 > U18群であり，合成成分とは異なっていた。また，左右成分ではNCH群 > U20群 > U18群であり，U18群のみ負の値であったが，絶対値ではU20群とU18群同程度であった。加えて，前方成分と左右成分の合成である水平速度においても，NCH群が顕著に高いことが分かる。リリース高とリリース角度に注目すると，リリース高はNCH群 > U20群 > U18群となっており，リリース角度はU20群が最も高値であり，NCH群とU18群は同程度の値であった。Linthrone (2001) によると砲丸投における力学的に最適なリリース角度は，28 - 34° の範囲である。よって，NCH群とU18群は適切なリリース角度で砲丸をリリースしていたが，U20群はリリース角度が

表2 投てき記録とリリースパラメータ

| | NCH | U20 | U18 |
|------------|--------------|--------------|--------------|
| 投てき記録 (m) | 15.57 ± 0.45 | 14.59 ± 0.22 | 13.99 ± 0.59 |
| リリース速度 | | | |
| 左右 (m/s) | 1.23 ± 1.25 | 0.20 ± 0.10 | -0.24 ± 0.98 |
| 前方 (m/s) | 9.78 ± 0.25 | 8.82 ± 0.28 | 9.05 ± 0.58 |
| 上方 (m/s) | 6.59 ± 0.25 | 6.66 ± 0.28 | 6.03 ± 0.19 |
| 合成 (m/s) | 11.90 ± 0.12 | 11.05 ± 0.05 | 10.91 ± 0.37 |
| リリース高 (m) | 2.03 ± 0.05 | 1.98 ± 0.16 | 1.94 ± 0.09 |
| リリース角度 (°) | 33.68 ± 1.48 | 36.62 ± 2.03 | 33.35 ± 2.35 |

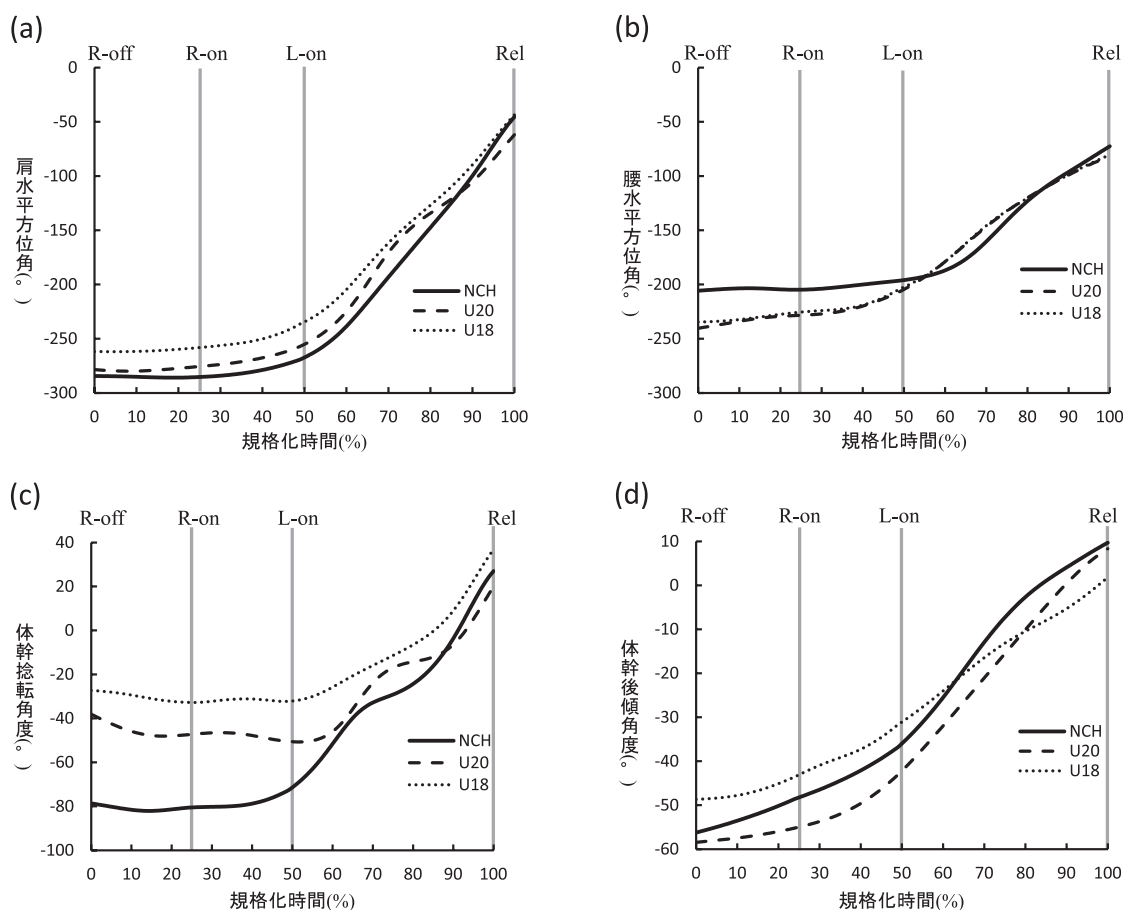


図2 肩水平方位角, 腰水平方位角, 体幹捻転角度および体幹前後傾角度

大きくなりすぎていた可能性がある。以上のことから、U18群を基準に考えた場合、U20群は、U18群に比較してより上方への砲丸の加速が強調されているが、その結果として投射角度が大きくなりすぎ、水平方向への加速が多少損なわれた投てき動作であったと考えられる。一方でNCH群は、水平方向への砲丸の加速を損なわずに、上方への加速も行うことで、より効率的に砲丸を加速できる投てき動作を行っていたといえる。

3. 2. 肩水平方位角, 腰水平方位角, 体幹捻転角度および体幹前後傾角度について

図2aは、肩水平方位角の変位を規格化時間で示している。なお、水平方位角は、投てき方向(Y軸)を 0° とし、 -90° を投てき方向に対して右側(X軸)、 -180° を投てき方向と反対側、そして -270° を投てき方向に対して左側として算出している。肩水平方位角は、NCH群、U20群、U18群全てにおいて類似した変化をしていたが、U18群はU20群より、またU20群はNCH群よりも、R-offからL-onにかけて、既に正の方向に回転した状態であった。つまり、U18群はU20群に比較して、U20群はNCH群に比較して、グライドの後半であるNSPおよびSSPか

らDVPへと移行していく段階で、既に両肩を結ぶラインが投てき方向に開いてしまっていたといえる。次に、図2bに示した腰水平方位角は、U20群とU18群において同様の変化をし、各時点での値も同等であった。しかし、R-offの時点でNCH群がU20群とU18群に比較して顕著に正の方向に回転していた。つまり、NCH群は、グライドの後半であるNSPおよびSSPからDVPへと移行していく段階で、より右腰を投てき方向に向けて入れるような動作が強調されていたと推察される。

図2cは、体幹捻転角度の変化を規格化時間で示している。R-offからL-onにかけては、U18群 > U20群 > NCH群となっており、U18群よりU20群が、U20群よりNCH群が体幹を大きく捻った状態でグライドの後半であるNSPおよびSSPからDVPへと移行していたことを示している。これは、前述の肩水平方位角と腰水平方位角の世代間での差異が要因となっていると考えられる。つまり、U18群に比較した場合、U20群は、両肩を結ぶ線分が投てき方向に向かって開くことを抑えることで、それに加えて、NCH群は、両腰を結ぶ線分を投てき方向へと入れる動作を強調することで、より大きな体幹捻転角度を作り出していたと考えられる。次に、

DVPにおける体幹捻転角度の変化量(L-onとReIの差分)に注目すると、NCH群は 98.39° 、U20群は 70.62° 、U18群は 69.00° であり、NCH群が顕著に高値でありU20群とU18群は同等の値であった。つまり、NCH群は、DVPにおいて体幹がより大きく捻り戻されていた。田内・遠藤(2009)によると、体幹の捻転動作は、大きなエネルギー発揮のための前提となる役割を果たしている。また、砲丸の水平速度の獲得に寄与する身体各部位の貢献度(田内ほか、2006)に関して、体幹の長軸周りの角速度の増大が、同一の選手における水平速度の増大に貢献した可能性が報告されている(加藤ほか、2015)。本研究では体幹の長軸周りの角速度を算出していないため、詳細なメカニズムは分からないが、NCH群は、より大きく捻った体幹をDVPで十分に捻り戻すことにより、大きなエネルギーを獲得するとともに砲丸へ伝達できていたこと、その結果として、高い水平速度を獲得していた可能性が考えられる。一方で、U20群はU18群より大きな体幹の捻りを作ることができていたものの、DVPにおける捻り戻し角度に大きな差がないことから、体幹の捻りによって獲得したエネルギーを、DVPにおいて砲丸へと伝達することが不十分であったと考えられる。

図2dは、体幹の前後傾角度の規格化時間における変化を示している。R-offからL-onにかけては、U18群 > NCH群 > U20群であり、U20群が最も体幹が投てき方向と反対側に前傾した状態のままグライドの後半であるNSPおよびSSPからDVPへと移行しており、U18が最も体幹が投てき方向へと起き上がった状態でDVPへと移行していたことを示している。次に、DVPにおける変化量は、NCH群は 45.66° 、U20群は 50.52° 、U18群は 32.92° であった。これらについて、先述したリリースパラメータとの関連を考慮すると、まずU18群は、NCH群とU20群に比較してDVPにおける身体を起こす動作が不十分であり、砲丸の上方への加速が不十分であったと考えられる。対照的に、NCH群とU20群は、DVPにおいて身体を大きく投てき方向へ起こす動作によって、砲丸の上方への加速へと繋げていることが示唆される。しかし、先に述べた通り、U20群はリリース角度が大きくなりすぎていたことが伺える。Hubbard(2001)は、力学的な観点から砲丸に対して鉛直方向に力を作用させることは、水平方向に比べて大きな筋力が必要になり非効率的であるとしている。その結果として、Linthrone(2001)は、過度のリリース角度の増大がリリース速度の減速を招くと指摘している。したがって、U20群は身体を起こす動作を

強調した結果として砲丸の上方への加速に繋げていたものの、水平方向への効率的な加速を出来ていなかった可能性がある。

4. まとめ

本研究では、国内女子砲丸投における世代別の上位選手を対象に他の世代との比較から投てき動作の特徴を明らかにした。その結果、U18群を基準に考えると、まずU20群では、DVPにおいて身体を投てき方向へより大きく起こす動作によって、砲丸を上方へと加速させることにより、リリース時の砲丸の合成速度を高めていることが示唆された。そしてNCH群は、身体を投てき方向へ大きく起こす動作に加えて、大きく捻った体幹をDVPにおいて十分に捻り戻すことによって、獲得したエネルギーを砲丸へと伝達し、上方と水平方向のどちらにも効率的に砲丸を加速させることで、より大きなリリース速度を獲得していることが示唆された。

参考文献

- 1) Hubbard, M., Mestro, N. J. and Scott, J. (2001) Dependence of release variables in the shot put. *Journal of Biomechanics*, 34(4): 449-456.
- 2) 加藤忠彦, 塚田卓巳, 田内健二 (2015) 畑瀬聡選手における日本新記録の投てき動作の特徴—18.78mと17.91mの比較—。陸上競技研究紀要, 11: 96-99.
- 3) Linthrone, N. P. (2001) Optimum release angle in the shot put. *Journal of Sports Sciences*, 19 (5) : 359-372.
- 4) 田内健二, 村上雅俊, 高松潤二, 阿江通良 (2006) 砲丸投げにおける砲丸速度に対する身体各部位の貢献—世界レベル選手と日本レベル選手との比較—。陸上競技研究紀要, 2: 65-73.
- 5) 田内健二, 遠藤俊典 (2009) 陸上競技の投てき種目における体幹の捻転動作の役割。バイオメカニクス研究, 13 (3) : 170 - 178.
- 6) Winter, D. A. (1990) Kinematics. In: Winter, D. A. (eds.) *Biomechanics and motor control of human movement*. John Wiley and Sons, pp. 11 - 50.

堤選手における円盤投動作の特徴－ 61.64m と 53.15m の比較－

山本大輔¹⁾ 村上雅俊²⁾ 塚田卓巳³⁾ 加藤忠彦⁴⁾ 瀧川寛子⁵⁾

1) 天理大学 2) 大阪産業大学 3) 愛知淑徳大学 4) 九州産業大学 5) 中京大学大学院

1. はじめに

2019 年に開催された日本陸上競技選手権大会において、堤雄司選手が日本歴代 2 位となる 61m64 を投げて優勝を果たした。日本における円盤投の競技レベルは国際レベルに比べてまだ差がみられるものの、近年では日本新記録も更新され、また多くの選手が歴代 10 傑入りするなど国内競技レベルは高まりの兆しをみせているといえる。投てき種目においてこれまで広範な競技力を有する選手を対象とした研究はみられるものの、同一選手を対象にパフォーマンス発揮の要因について検討している報告はまだ多くはない(前田ら, 2018; 塚田ら 2018)。このように、試技の成否を分ける要因について検討していくことやこのようなデータを蓄積していくことは、選手やコーチのトレーニングおよび指導において有益な情報となりうるのではないかと考えられる。そこで本研究では、日本歴代 2 位となる堤選手の 61.64 m の投てき動作を他の試技と比較することにより、競技レベル向上の一助となる知見を明らかにすることを目的とした。

2. 方法

2. 1. 分析試技

2019 年 6 月 27 日に行われた日本陸上競技選手権大会の男子円盤投決勝における堤雄司選手の試技のうち、最も記録の良かった 61.64m (Good) と最も

記録の低かった 53.15m (Poor) の試技を分析の対象とした。

2. 2. 撮影方法

本研究では、サークルの側方および右後方の観客席上段に設置した 2 台のデジタルビデオカメラ (Sony 製 HVR-A1J, 60fps, シャッタースピード 1/1000 秒) を用いて、堤選手の全ての投てき動作を撮影した。また、投てき方向 4m × 横 4m × 高さ 2.5 m の画角を設定し、マーク間隔 0.4m のキャリブレーションポールを 9ヶ所に垂直に立ててあらかじめ撮影しておいた。なお本研究における撮影は、日本陸上競技連盟科学委員会の活動の一環として行われた。

2. 3. 分析方法

撮影した映像から、分析対象試技の円盤および身体 22 点を動作解析システム (Frame-DIAS V, DKH) を用いて毎秒 60 コマでデジタルイズし、三次元 DLT 法により三次元座標値を算出した。その後、残差分析法 (Winter, 1990) によって身体各部と円盤の最適遮断周波数 (3.72 - 7.56Hz) を決定し、4 次のバターワースデジタルフィルタにより平滑化を行った。較正点の実測値と計算値との平均誤差範囲は、投てき方向に対して左右方向 (静止座標系における X 軸) が 6mm, 投てき方向 (Y 軸) が 7mm, 鉛直方向 (Z 軸) が 8mm であった。

分析にあたり円盤投の投てき動作を以下のように

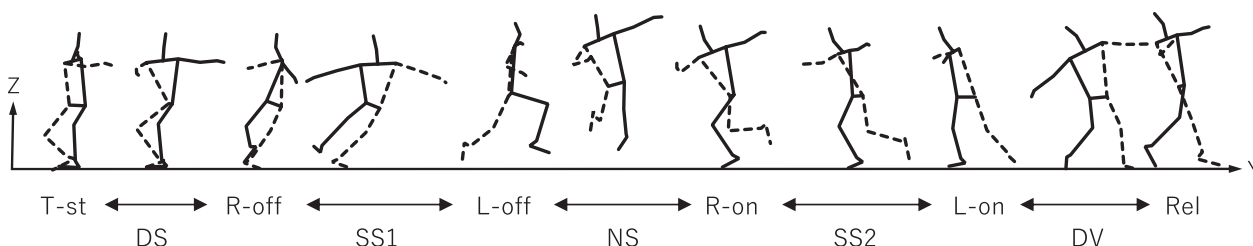


図 1 円盤投げ動作の時点および局面定義

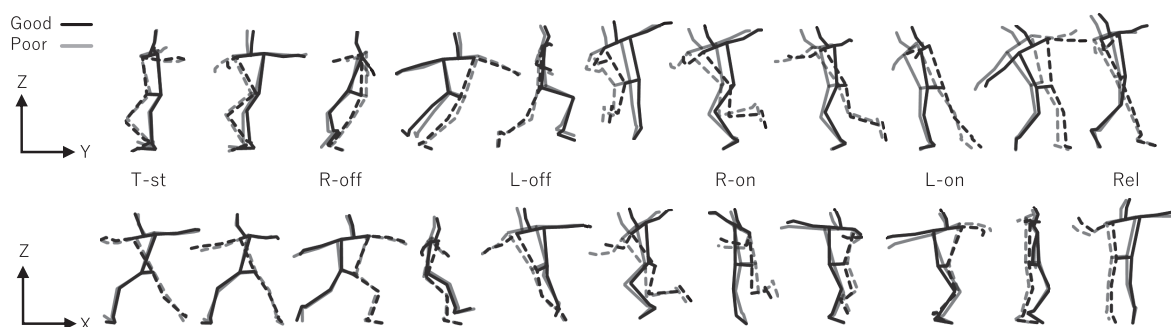


図2 各試技におけるスティックピクチャー

表1 各試技における記録および初期条件

| | 記録(m) | 円盤速度(m/s) | | | 初速度 | 投射角(deg) | 投射高(m) |
|------|-------|-----------|-------|-------|-------|----------|--------|
| | | X成分 | Y成分 | Z成分 | | | |
| Good | 61.64 | 0.33 | 19.24 | 13.13 | 23.30 | 34.3 | 1.63 |
| Poor | 53.15 | 1.64 | 18.63 | 12.81 | 22.67 | 34.5 | 1.51 |

分けた (図1). バックスイング終了時のターン動作開始 (T-st), 右足離地 (R-off), 左足離地 (L-off), 右足接地 (R-on), 左足接地 (L-on), 円盤のリリース (Rel) の6つの時点を設定し, 各時点間を時系列順に両脚支持局面 (DS), 左脚支持局面 (SS1), 非支持局面 (NS), 右脚支持局面 (SS2), 投げ出し局面 (DV) の5つの局面とした.

2.4 分析項目

本研究では, GoodとPoorの動作の特徴について比較するにあたり, 以下の項目について算出した.

- 1) 初期条件: Relでの各軸成分および合成の円盤速度 (m/s), 投射角 (deg), 投射高 (m)
- 2) 各時点の円盤速度 (m/s)
- 3) 各局面の動作時間 (s)
- 4) 各局面の円盤移動距離 (m)
- 5) 円盤速度に対する身体各部位の貢献度 (m/s)

円盤速度 (Y成分) に対する身体各部位の貢献度は, 田内ら (2007b) の方法にもとづいて投動作を下肢—体幹—上肢にモデル化して算出した. 貢献度ではR-onからRelの動作範囲について, 下肢の推進動作によって生成された円盤速度 (下肢), 体幹の前後屈による円盤速度 (体幹の起こし), 体幹の伸縮による円盤速度 (体幹の伸縮), 体幹の長軸周りの回転動作による円盤速度 (体幹の回転), 上肢の伸縮による円盤速度 (上肢の伸縮), および肩関節の水平内外転動作による円盤速度 (上肢の回転) の6項目について算出した. なお, 体幹は長さ変化しないとみなせることから, 体幹の伸縮は除外して

検討した.

3. 結果と考察

図2にGoodとPoorのスティックピクチャーを示した. T-stからL-offまでは左足爪先, それ以降は右足爪先でスティックピクチャーを重ねて示した. 試技間での主な違いは投てき動作中盤のL-off以降でみられた. PoorはNS局面中に投てき方向に対してやや左後方に上体が傾きながら右足接地に向かっているのに対し, Goodでは上体があまり傾くことなく, R-onで体幹部の下方に右足を接地しRelまで上体が立った状態で投てき動作を行っていた. また, L-onでの姿勢をみると, Poorに比べてGoodでは円盤がより後方に保持されていることが分かり, DV局面で円盤を十分に加速させるための準備姿勢がとられていた.

表1にはGoodおよびPoorの試技における初期条件を示した. Goodの初速度はPoorと比較して0.63m/s高い値であった. Goodにおける円盤速度のY成分とZ成分はそれぞれ0.62m/sと0.32m/sとどちらも高く, 特に投てき方向であるY成分の円盤速度が初速度に影響していたことが分かった. 投射角は同程度でおよそ34度であり, 投射高はGoodが0.12m高かった. 山本ら (2008) によると, 世界選手権に出場した日本一流選手の投射高は1.65m, 投射角が35.4度と報告されており, 本研究における堤選手のGoodと類似した値であった.

表2には各時点の円盤速度と各局面の動作時間お

表2 各時点の円盤速度と各局面の動作時間および円盤移動距離

| 時点 | T-st | R-off | L-off | R-on | L-on | Rel | |
|-----------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 円盤速度(m/s) | Good | 1.10 | 8.26 | 10.85 | 10.07 | 9.18 | 23.30 |
| | Poor | 1.19 | 8.06 | 10.75 | 9.93 | 9.09 | 22.67 |
| 局面 | DS | SS1 | NS | SS2 | DV | Total | |
| 動作時間(s) | Good | 0.38 | 0.30 | 0.15 | 0.08 | 0.18 | 1.10 |
| | Poor | 0.38 | 0.28 | 0.15 | 0.10 | 0.17 | 1.08 |
| 円盤移動距離(m) | Good | 2.03 | 2.71 | 1.58 | 0.80 | 2.81 | 9.93 |
| | Poor | 2.06 | 2.58 | 1.59 | 0.93 | 2.60 | 9.77 |

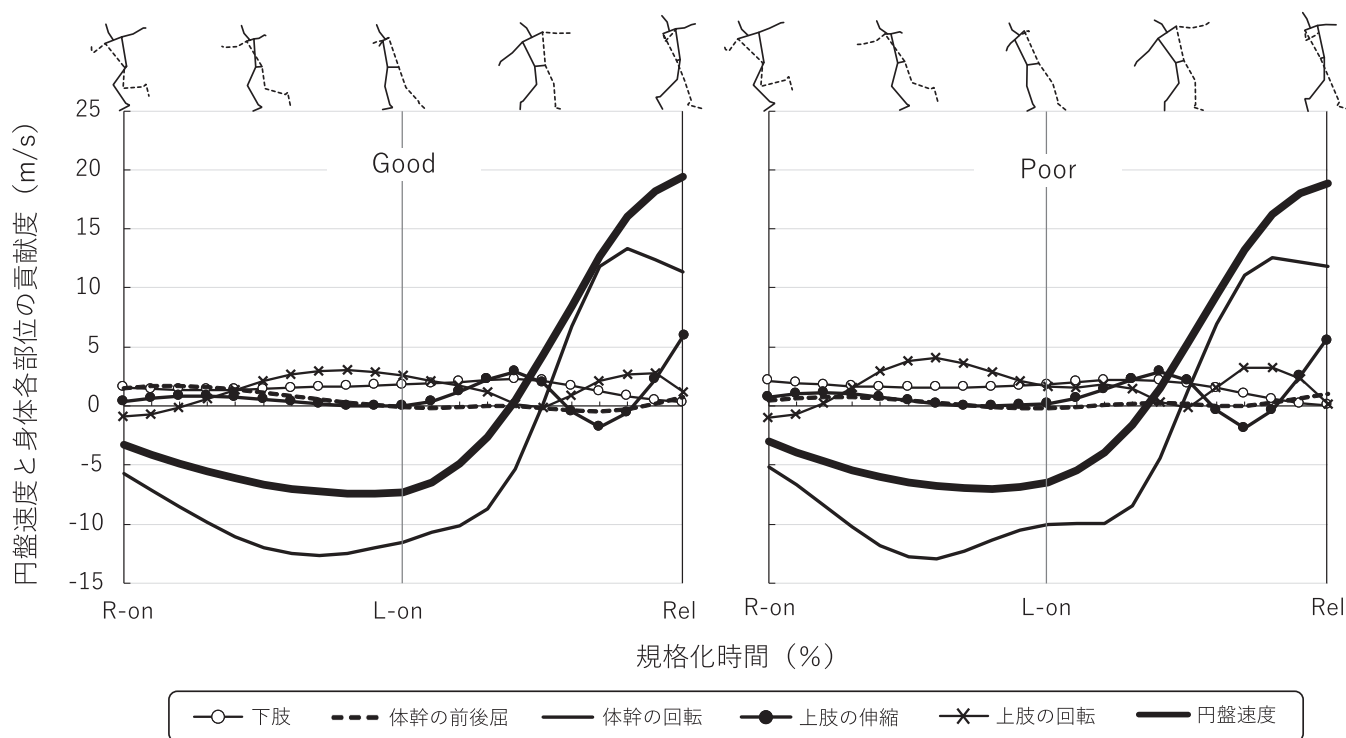


図3 円盤速度に対する身体各部位の貢献度の比較

よび円盤移動距離を示した。円盤速度の変化についてみると、両試技ともT-stからL-onまでは類似した値を示していた。このことから、初速度の差は主にDV局面によって生み出されていたことが分かった。

動作時間を比較すると、GoodとPoorで特に大きな違いはみられなかった。田内ら(2007a)によると、広範な競技レベルを有する選手の各局面の平均動作時間はNS局面が最も短いこと、また投てき記録の良い選手ほどDS、SS2およびDV局面の動作時間が短い傾向にあることが報告されている。堤選手はSS2局面が最も短く、それとは異なっていたがSS2およびDV局面の動作時間はともに先行研究に比べても短い値であった。このことから、NS局面の動作時間にゆとりをもち、続くSS2とDVの2局面の一連の動作を素早く遂行することで円盤を加速させ

る投てき動作が堤選手の特徴であるといえる。

円盤移動距離ではDV局面においてGoodがPoorに比べて0.21m長かった。Goodの試技はスティックピクチャーでもL-onで円盤がより後方に保持されている様子が見える。つまり、DV局面において動作時間は同程度でありながら、円盤をより後方に保持した姿勢で左足接地できていたことにより、より長く円盤を加速させることができたことが、より高い初速度を発揮できた一つの要因であると考えられる。

図3に円盤速度に対する身体各部位の貢献度を示した。どちらの試技も身体各部位の貢献度は類似した変化パターンを示していた。どの時点においても体幹の回転による貢献度が最も高く、当然のことながら円盤速度の多くは体幹の回転動作によって生み出されていた。その他の動作による円盤速度は6m/

s以下で推移していた。Rel時に着目すると、Goodで貢献度が高かった動作は下肢、上肢の伸縮および上肢の回転であったが、一方Poorでは体幹の起こしと体幹の回転による貢献度が高く、体幹部の動作がより大きく円盤速度に利用されていた。特に下肢と上肢の回転による円盤速度は、Goodでそれぞれ0.34m/sと1.18m/sであるのに対して、Poorでは0.09m/sと0.17m/sとおおよそ0m/sに近い値であった。このことから、GoodはRelで体幹の回転動作を中心に下肢の並進運動や上肢のスイング動作を利用し円盤速度を高めていたが、Poorは体幹の回転による貢献度は高かったものの下肢の並進運動や上肢のスイング動作による円盤の加速が不十分なままRelに至っていた可能性が示唆された。

4. まとめ

本研究では、堤雄司選手における61m64 (Good)と53m15 (Poor)の試技を対象に、成否を分ける要因について検討し、競技レベル向上の一助となる知見を明らかにすることを目的とした。その結果、GoodはPoorに比べて初速度と投射高が高く、この初速度の差は主にDV局面によって生み出されていた。また、Goodでは円盤をより後方に保持した姿勢でL-onをむかえられていたことで、DV局面中により長く円盤を加速させることができていた。また、Poorは下肢の推進や上肢のスイング動作による円盤の加速が不十分なままRelに至っていたが、Goodでは体幹の回転動作を中心に下肢の推進や上肢のスイング動作を利用し円盤を投げ出すことができていた。

参考文献

- 1) 田内健二, 磯繁雄, 持田尚, 杉田正明, 阿江通良 (2007a) 円盤投げの動作時間と投てき記録との関係. 陸上競技研究紀要, 3 : 25-31.
- 2) 田内健二, 持田尚, 村上雅俊, 阿江通良 (2007b) 日本一流男子円盤投げ選手の技術分析—円盤速度に対する身体各部位の貢献について—. 陸上競技研究紀要, 3 : 127-131.
- 3) 塚田卓巳, 瀧川寛子, 中西啄真, 山本大輔, 村上雅俊, 田内健二 (2018) 世界トップレベル女子やり投げ選手における成功投てきと失敗投てきの比較. 陸上競技研究紀要, 14 : 125-127.
- 4) 前田奎, 瀧川寛子, 塚田卓巳, 村上雅俊, 田内健二 (2018) 山下航生選手における日本高校新記

録の投てき動作の特徴—58.38mと56.24mの比較—. 陸上競技研究紀要, 14 : 206-210.

- 5) Winter, D. A. (1990) Biomechanics and motor control of human movement (2nd ed.) John Wiley and Sons. Inc., Toronto, 65-83.
- 6) 山本大輔, 伊藤章, 田内健二, 村上雅俊, 淵本隆文, 田邊智 (2008) 世界1位と日本1位の男子円盤投選手の円盤加速動作の比較. 陸上競技研究紀要, 4 : 124-127.

十種競技選手の走幅跳助走速度と100mレース最高走速度との関係 — 日本人選手と海外選手との比較 —

松林武生¹⁾ 小山宏之²⁾ 荻山靖³⁾ 山本真帆¹⁾ 吉本隆哉⁴⁾ 大沼勇人⁵⁾ 岩崎領⁶⁾
1) 国立スポーツ科学センター 2) 京都教育大学 3) 山梨学院大学 4) 皇學館大学
5) 関西福祉大学 6) 東京学芸大学大学院

1. はじめに

走幅跳の助走速度と跳躍距離とは強い相関関係にあることが報告されている (Hey と Miller, 1985 ; Hey ら, 1986 ; 小山ら, 2007 ; 松林ら, 2010, 2014)。助走速度を高めるためには、絶対的な疾走能力を高める必要があると考えられるが、その疾走能力を助走において最大近くまで活用することも重要だと考えられる。我々は昨年、日本トップレベル十種競技選手を対象として走幅跳助走と100mレースにおける最高疾走速度とを比較し、助走における疾走能力の活用程度 (100mレース最高疾走速度に対する走幅跳助走における最高走速度の比率) について検討した (松林ら, 2018)。その結果、比率は平均で95%程度であり、91%から97%の範囲に分布していた。このことから、比率が比較的低い選手 (95%未満の選手など) では、助走速度を最高疾走速度に近づけることで跳躍距離を向上させられる可能性があるのではないかと考察した。しかしながら、走幅跳の助走において真に最大努力の疾走を行ってしまうと踏切およびその準備の動作を行うことが難しくなる可能性もある。跳躍距離を大きくすることに最も適した比率については、更なる検討を行っていく必要がある。

2019年はカタールのドーハにて第17回世界陸上競技選手権大会が開かれたが、これに出場した一部の海外十種競技選手を対象として昨年と同様の分析を実施することができた。本研究では、100mレースにおける最高疾走速度と走幅跳助走における最高走速度との比率に関して、十種競技の日本人選手と海外選手とで比較を行い、日本人選手の特徴について検討を行った。

2. 方法

2-1. 分析対象

第17回世界陸上競技選手権大会 (2019年9月27日-10月6日) の十種競技に出場した海外選手5名を対象とした。日本人選手については、昨年の報告 (松林ら, 2018) において分析した10名の選手を本研究でも対象としたが、上記の世界選手権大会および第103回日本陸上競技選手権大会混成競技 (2019年6月8-9日) において追測定を行い、累計6競技会において測定したデータを分析した。十種競技1種目目として行われる100mレースとの風速の差異が1.0 m/s以内である走幅跳試技のなかで、選手毎に最も跳躍距離が大きい試技を抽出して分析を行った。

2-2. 走幅跳助走速度の測定方法

選手後方の観客スタンドにレーザードップラー式距離・走速度測定装置 (100Hz, Laveg, JENOPTIK社製) を設置し、選手の腰背部へ不可視レーザーを照射することで、助走速度を測定した (小山ら, 2007 ; 松林ら, 2010, 2014, 2018)。測定によって得られた位置データを遮断周波数0.5Hzのローパスフィルタで処理し、これを微分して走速度に変換し、そのピーク値を助走中の最高走速度として得た。

2-3. 100mレース疾走速度の測定方法

観客スタンドに設置した6台のデジタルビデオカメラ (239.76 fps, Lumix DMC-FZ300 もしくは Lumix GH5S, Panasonic 社製) を用いてレースを撮影した。カメラは、100mハードルおよび110mハードルのハードル設置位置を示す走路上のマークにあわせて3.72m, 13m, 30m, 47m, 64m, 81m地点の側方に設置し、スタートピストルの閃光を映した後に、

表1 日本人選手と海外選手のパフォーマンス比較

| | | 日本人選手 (N=10) | 海外選手 (N=5) ^{*2} |
|-------------|----------|--------------------------|-----------------------------|
| 十種競技 | [points] | 7517 ± 247 ^{*1} | 8178 ± 263 ^{*2} |
| 100m | [s] | 10.89 ± 1.9 | 10.84 ± 1.4 |
| 走幅跳 | [m] | 7.27 ± 0.14 | 7.29 ± 0.18 |
| 100m 最高疾走速度 | [m/s] | 10.53 ± 0.20 | 10.73 ± 0.18 |
| 走幅跳助走 最高走速度 | [m/s] | 9.99 ± 0.14 | 9.67 ± 0.16 |
| 比率 | [%] | 94.9 ± 1.9 | 90.2 ± 2.4 |

分析対象となった試技の記録を集計して、平均値±標準偏差を算出したもの。

*1；途中棄権した1名を除く（N=9）、*2；記録なしの種目があった1名を除く（N=4）

フィニッシュまで各選手を追従撮影した。得られた映像を基に、スタートピストル閃光を基準(t=0.00s)とした各マーク地点の通過タイムを算出し、これをスプライン補間することで、レース全体の時間-距離情報を得た（小林ら、2017；松林ら、2018）。この情報を基に、10m毎の通過時間とその区間速度を算出し、最も高い10m区間速度を100mレースでの最高疾走速度とした。

3. 結果および考察

結果はすべて平均±標準偏差で示す。表1に、日本人選手と海外選手のパフォーマンスを整理した。日本人選手の100mおよび走幅跳の記録は、今回分析対象とした海外選手と比較して大きな差がなかった。しかしながら、100mにおける最高疾走速度では海外選手のほうが平均すると0.2m/sほど高く、一方で走幅跳助走の最高走速度は日本人選手のほうが0.3m/sほど高かった。図1は、両種目での走速度の関係を選手毎に示したものである。海外選手は100m最高疾走速度が高いにもかかわらず、走幅跳助走での最高走速度が低い傾向にあることがわかる。両種目の走速度の比率に関しては、日本人選手と海外選手との間に平均で4.7%の差が認められた。

今回の結果は、海外の十種競技選手は日本人選手と比較して、走幅跳助走を“ゆっくり”と走っていたことを意味しており、日本人選手と海外選手における十種競技走幅跳の戦略が大きく異なる可能性を示唆するものである。海外選手は日本人選手よりも助走速度が低い傾向にあったが、跳躍距離にはほとんど差が無く、助走速度を高めることよりも、それ以外の要因（踏切技術など）がより重視されていた可能性がある。疾走能力（最高疾走速度）に対して

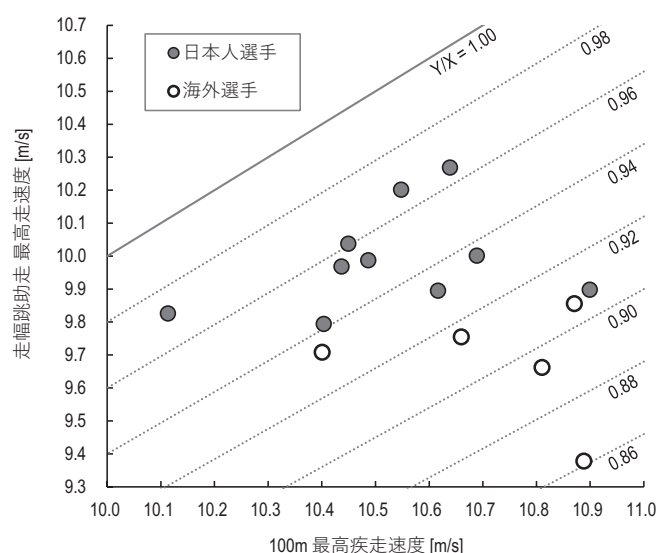


図1 100m最高疾走速度と走幅跳助走最高走速度との関係

実線および破線は、両走速度の比率が100%から86%となる際のプロット位置を表す。

余裕のある助走を行うことで、踏切やその準備の動作、踏切位置の調整において失敗する危険性を下げているのかもしれない。

一方で日本人選手は、最高疾走速度により近い走速度で助走を行っていた。その結果として、最高疾走速度がより優れている海外選手とほぼ等しい跳躍距離を得ることができているので、この戦略は成功しているとも言える。ただし、海外選手よりも助走速度が高いのであれば、より大きな跳躍距離を期待してよいのかもしれない。最高疾走速度に近い走速度で助走を行うことが、踏切やその準備動作の出来を損ねてしまっている可能性もある。跳躍距離を大きくすることに最も適した比率については、今後よ

り詳細に検討していく必要がある。

今回の結果を考察する際には、データ収集方法におけるバイアスについても考慮すべきである。各日本人選手は最大6競技会において測定が行われ、100m レースとの風速差が1.0m/s以内である走幅跳試技から跳躍距離が最も大きかったものを抽出している。一方で海外選手は、1つの競技会でしか測定を行っていない。海外選手に対しても複数の競技会で測定を行い、跳躍距離が大きいものを抽出すれば、異なる結果が得られる可能性がある。今回対象とした海外選手の走幅跳の自己ベスト記録は7.66 ± 0.10mであり、測定された試技における跳躍距離はこれよりも0.4mほど小さい。彼らがより大きな跳躍距離を達成している試技においては、より高い助走速度が観察される可能性もあるだろう。

4. まとめ

十種競技の走幅跳助走における最高走速度を100m レースでの最高疾走速度に対する比率で表わし、これを日本人選手と海外選手とで比較したところ、日本人選手はより最高疾走速度に近い走速度で助走を行っていることが示唆された（日本人選手：94.9%、海外選手90.2%）。海外の十種競技選手は日本人選手と比較して助走をゆっくりと走っており、走幅跳における戦略が大きく異なっている可能性がある。大きな跳躍距離を獲得するためには助走速度が高いことが望ましいが、助走速度が最高疾走速度に近づくほど踏切およびその準備動作は難しくなると考えられる。跳躍距離を大きくすることに最も適した比率について、より検討を深めていく必要がある。

5. 参考文献

- 1) Hay, J.G. and J.A. Miller Jr. (1985) Techniques used in the transition from approach to takeoff in the long jump. *International Journal of Sport Biomechanics* 1: 174-184.
- 2) Hay, J.G., J.A. Miller, and R.W. Canterna (1986) The techniques of elite male long jumpers. *Journal of Biomechanics*, 19: 855-866.
- 3) 小山宏之, 村木有也, 武田理, 大島雄治, 阿江通良 (2007) 競技会における一流男女棒高跳、走幅跳、および三段跳選手の助走速度分析. 日

本陸連科学委員会研究報告 3: 104-122.

- 4) 松林武生, 持田尚, 松尾彰文, 松田克彦, 本田陽, 阿江通良 (2010) 十種競技選手の走幅跳、棒高跳での跳躍パフォーマンス分析. *陸上競技研究紀要* 6: 137-147.
- 5) 松林武生, 持田尚, 松田克彦, 本田陽, 杉田正明 (2014) 十種競技選手のスプリント能力と個別種目パフォーマンスとの関係. *陸上競技研究紀要* 10: 122-130.
- 6) 松林武生, 吉本隆哉, 大沼勇人, 山本真帆, 丹治史弥, 岩崎領, 内山成実 (2018) 十種競技選手の走幅跳助走速度 - 100m レース最高走速度との比較 - . *陸上競技研究紀要* 14: 218-220.
- 7) 小林海, 大沼勇人, 高橋恭平, 松林武生, 広川龍太郎, 松尾彰文, 杉田正明, 土江寛裕 (2017) 桐生祥秀選手が10秒の壁を突破するまでの100m レースパターンの変遷. *陸上競技研究紀要* 13: 109-114.

ドーハ世界陸上における環境調査

橋本峻¹⁾ 杉田正明¹⁾ 三浦康二²⁾ 岡崎和伸³⁾

1) 日本体育大学 2) 日本スポーツ振興センター 3) 大阪市立大学

2019年9月27日～10月5日の間に、カタールのドーハで開催していた世界陸上競技選手権大会において女子マラソン、男女の20kmW、50kmW時に環境測定を実施した。環境測定は各レースにおけるスペシャル給水エリアの後方にWBGT計（WBGT-101およびWBGT-202B、京都電子工業社製）を設置し、15分ごとに測定値を記録した。（図1.）

全ての測定結果については、各関係者にメールで報告した。各レース時における環境条件は図2～5に示した。各レースは昼間の酷暑環境を避けるため夜間の開催となり、スタート時刻は女子マラソン：9月27日23:59、男女50kmW：9月28日23:30、女子20kmW：9月29日23:30、男子20kmW：10月4日

23:30であった。しかしながら、どのレースにおいても気温、湿度ともに高く、レース中の平均気温および平均湿度は女子マラソン時32.2℃、78.2%、男女50kmW時31.0℃、77.6%、女子20kmW時31.8℃、76.5%、男子20kmW時32.8℃、80.7%となっていた。夜間の開催であったため直射日光の無い環境であったものの、上記のような気温および湿度環境であったため、レース中の平均WBGTは最も低かった男女50kmW時においても29.3℃、最も高い環境であった男子20kmW時においては31.5℃となり、厳重警戒もしくは激しい運動は原則中止といった環境となっていた。特に女子マラソンにおいては海外選手における暑熱対策などもそれほど見受けられず、このような環境と相まって68名中28名が途中棄権という結果となったものと考えられる。

また、レース途中で競歩の今村文男コーチが給水エリアで測定していた湿度がコース脇での測定値よりも高い値であったことや、コース上は風が通りにくく感じられるなどの意見もあり、レースに臨んでいる選手においてはさらに過酷な環境となっていた可能性も考えられる。

来年に迫った東京オリンピックのマラソン、競歩の開催は北海道の札幌市で行われることとなったが、近年の夏においては北海道でも高温になることがあり、これまでと同様に暑熱対策を検討していくことは必要である。今回のドーハ世界陸上はオリンピックを見据えた上で重要なシミュレーションとすることができ、日本チームにおいては様々な暑熱対策を実施し、男子の20kmWおよび50kmWにおいて金メダルと獲得することができた。今回の取り組みを踏まえて今後の暑熱対策をブラッシュアップする予定である。



図1. 環境測定の様子

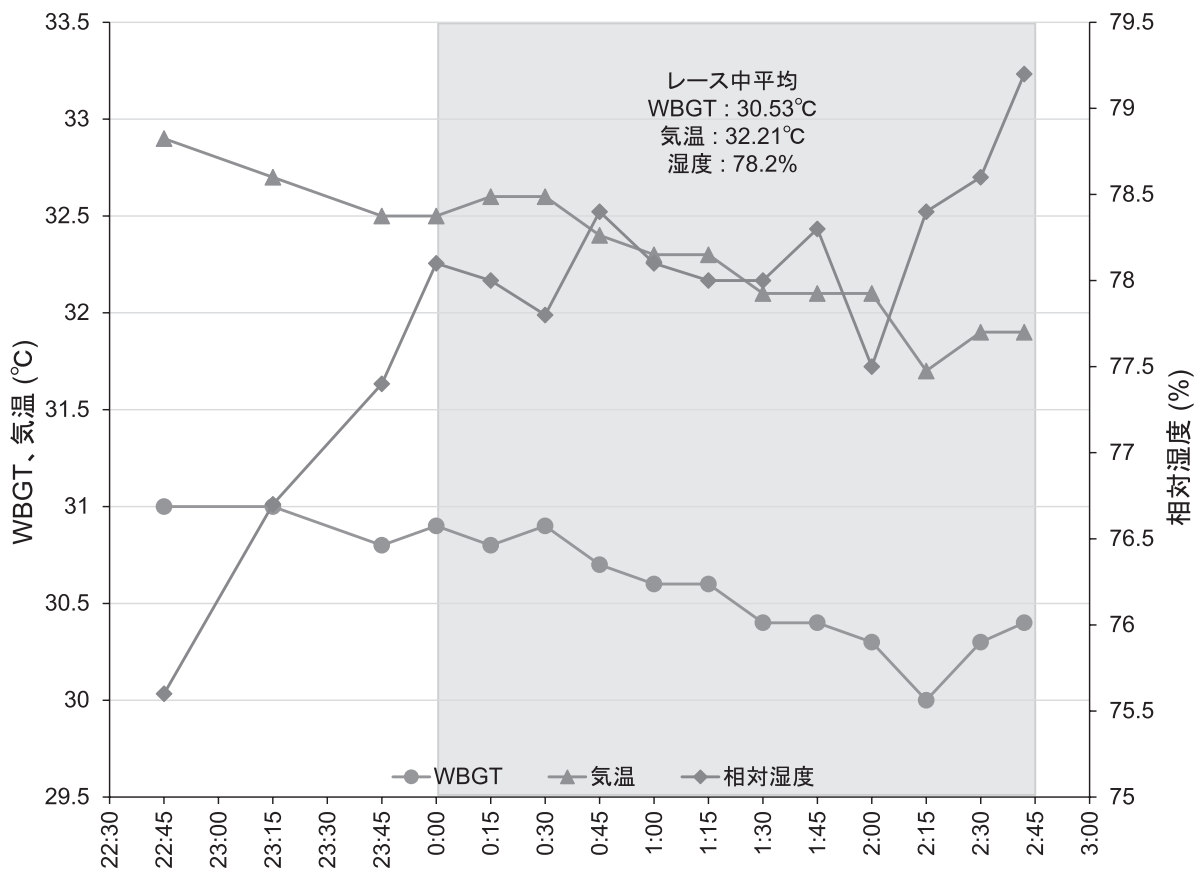


図 2. 女子マラソン時環境データ

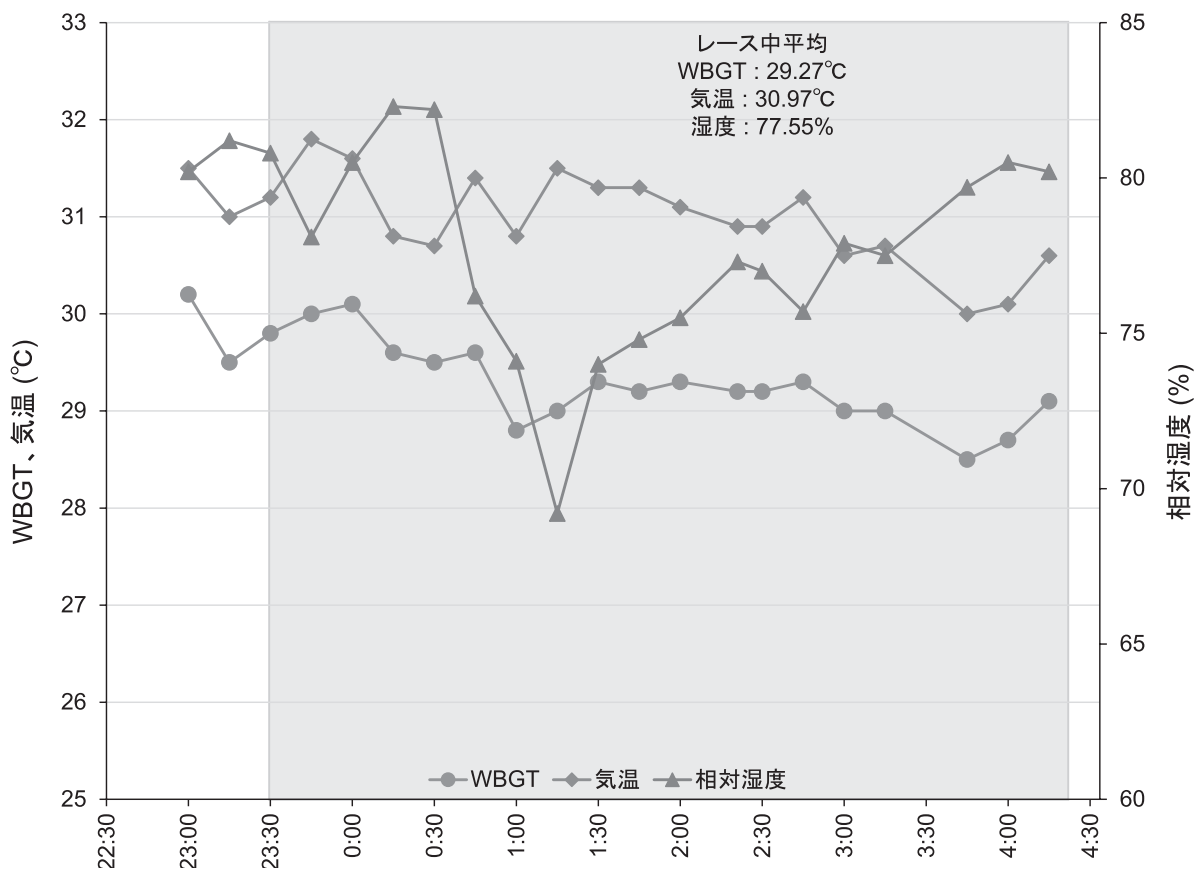


図 3. 男女 50kmW 時環境データ

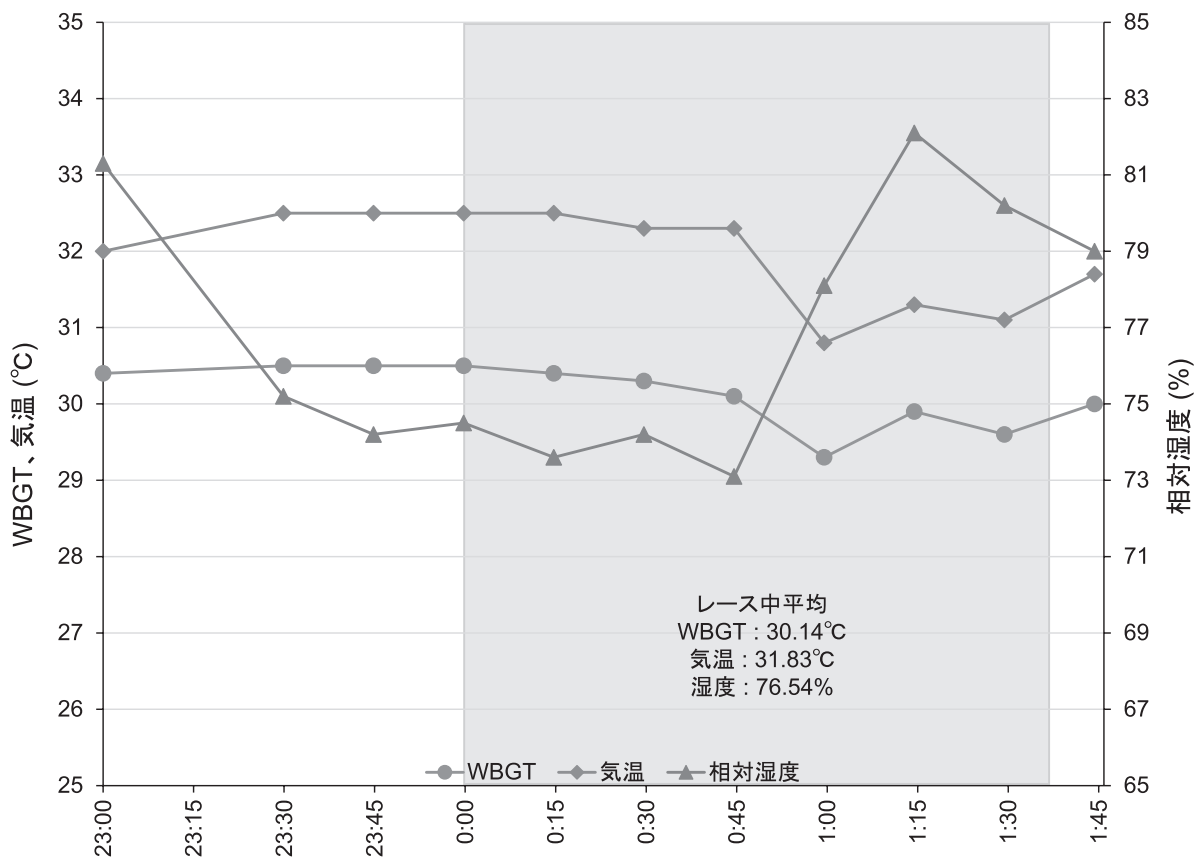


図 4. 女子 20kmW 時環境データ

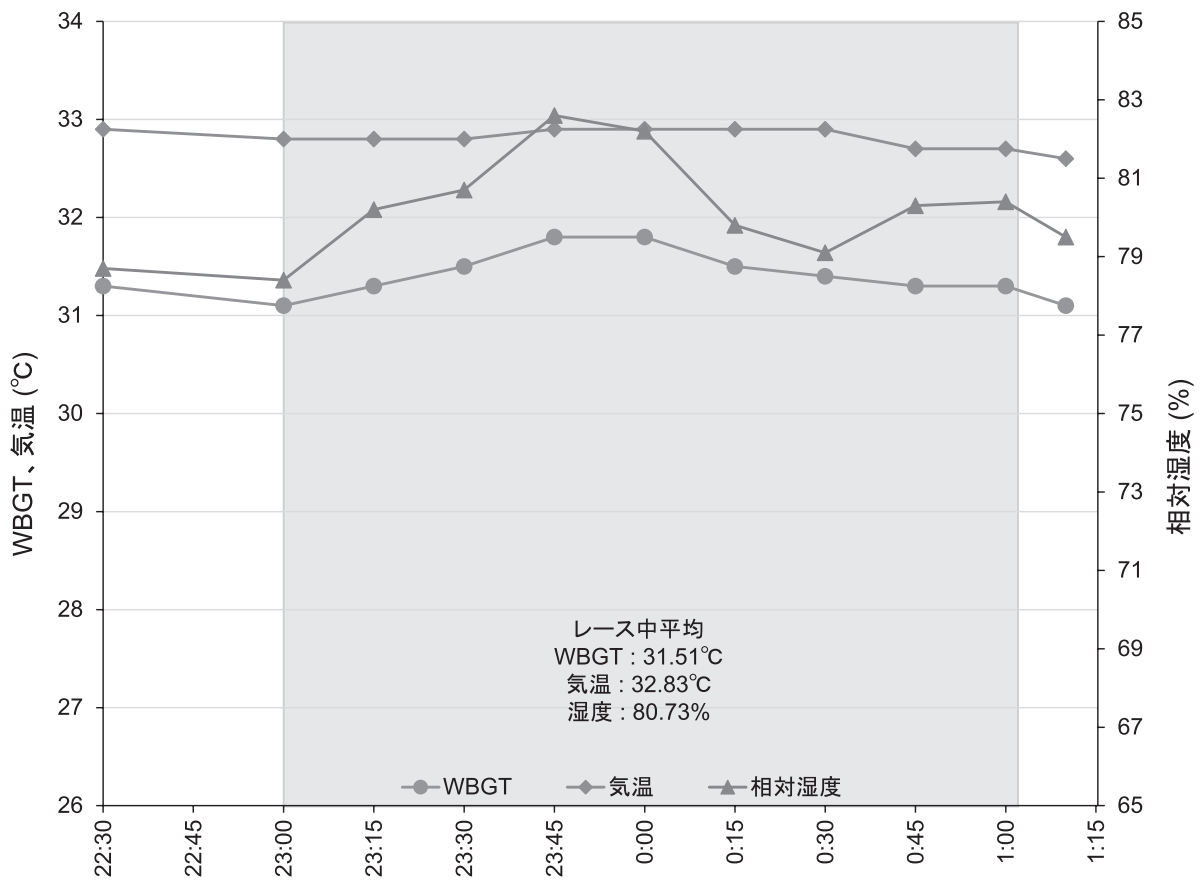


図 5. 男子 20kmW 時環境データ

2019年夏における気象観測に関して

浅田佳津雄¹⁾ 堀内恒治²⁾ 杉田正明³⁾

1) 株式会社ウェザーニューズ 2) 株式会社ウェザーニューズ 3) 日本体育大学

1) はじめに

特に屋外スポーツにおいて、選手のパフォーマンスと、気象コンディションは大きく影響する。

天気は変えることが出来ず、どんな気象コンディションであっても、選手はそれを受け入れ、対応、準備し、本番で良いパフォーマンスを発揮することが求められる。

また、台風や大雨、大雪、さらには昨今、ゲリラ雷雨や、暑さ(酷暑)といった極端気象が多く発生し、益々気象コンディションへの対応が求められる状況となっており、これは今後も更に加速することが予想される。

このような今、より気象コンディションを把握し、予測し、本番に向けてより良い準備や、気象コンディションを想定したシミュレーション、イメージトレーニング等を行うことで、選手は「良い準備が出来ている」という安心感を持ち、本番で良いパフォーマンスが発揮出来るようになる。

スポーツ選手が、気象情報も有効活用し、準備力向上させることこそが、競技力向上にも繋がると考えて出来たのが「スポーツ気象」である。

2) 2019 夏の東京五輪に向けた取り組み

2020年の東京オリンピック・パラリンピックに向けて、2018年、2019年と実際に予定されていた「マラソン」コース、「競歩」会場において、気象観測を実施し、今回は2019年夏の取り組みを報告する。

3-1) マラソンにおける取り組み内容

2019年は、

① 8月2日(金) 6:00～、

② 8月6日(火) 6:00～、
の2日にわたり気象観測を実施。

両日共に6時に新国立競技場を出発し、1km3分30秒ペースで、自動車にて移動し、スタートから5km毎の地点を観測。観測要素は、「気温」「湿度」「WBGT」「路面温度」。また移動中は、コースを動画で撮影し蓄積。

※交通事情もあり3分30秒ペースを維持しきれない箇所もあった。

3-2) 観測の結果

a) 観測データ一覧

・8月2日(日向)

| 8/2日向 | WBGT(°C) | 気温(°C) | 湿度(%) | 路面温度(°C) |
|--------------|----------|--------|-------|----------|
| Start / 6:00 | 27.9 | 30.1 | 77.5 | 31.8 |
| 5km / 6:17 | 28.1 | 30.3 | 77.3 | 35.4 |
| 10km / 6:35 | 28.2 | 30.5 | 72.5 | 31.1 |
| 15km / 6:52 | 28.7 | 30.6 | 74.1 | 37.7 |
| 20km / 7:10 | 29.8 | 31.8 | 69 | 31.9 |
| 25km / 7:27 | 30.5 | 32.4 | 67.8 | 37.8 |
| 30km / 7:44 | 30.7 | 33.3 | 64.6 | 38.7 |
| 35km / 8:02 | 30.8 | 32.8 | 67 | 38.5 |
| 40km / 8:20 | 29.7 | 33.6 | 61.8 | 35.2 |
| Goal / 8:30 | 30.8 | 33.3 | 62.3 | 35.7 |

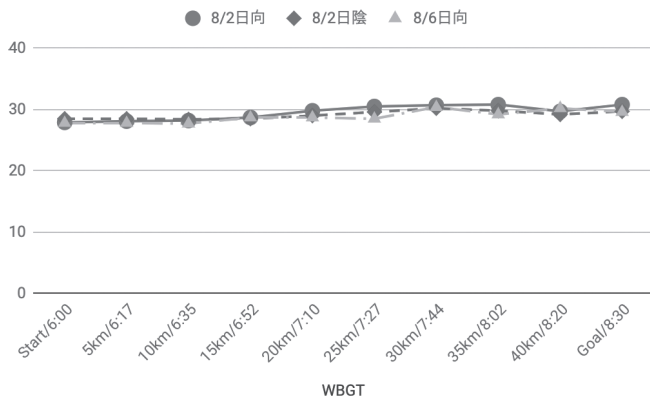
・8月2日(日陰)

| 8/2日陰 | WBGT(°C) | 気温(°C) | 湿度(%) |
|--------------|----------|--------|-------|
| Start / 6:00 | 28.5 | 30.2 | 72.2 |
| 5km / 6:17 | 28.5 | 30.5 | 71.5 |
| 10km / 6:35 | 28.4 | 30.5 | 70.2 |
| 15km / 6:52 | 28.5 | 30.6 | 68.8 |
| 20km / 7:10 | 29 | 31.2 | 65.5 |
| 25km / 7:27 | 29.6 | 31.8 | 63.1 |
| 30km / 7:44 | 30.2 | 33.2 | 61.1 |
| 35km / 8:02 | 29.8 | 32.7 | 63.2 |
| 40km / 8:20 | 29.2 | 32.4 | 59.1 |
| Goal / 8:30 | 29.7 | 33 | 58.5 |

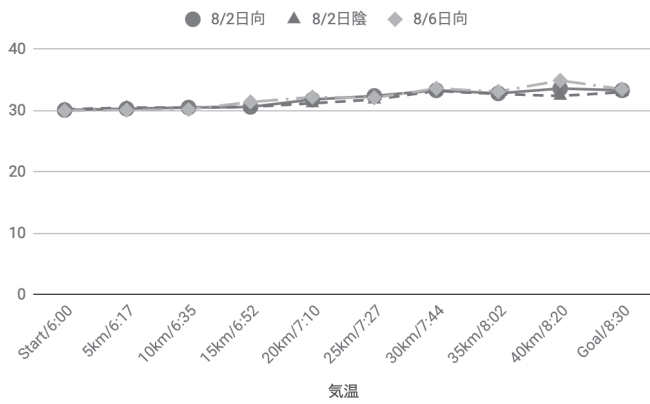
※日陰は路面温度を計測せず

b) グラフ比較

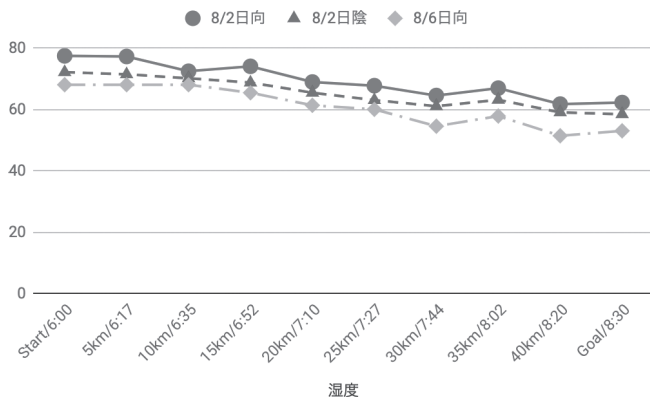
・WBGTの時間変化の比較



・気温の時間変化の比較



・湿度の時間変化の比較



c) レースコースの動画撮影

※動画を画面キャプチャーしたサンプル画像



(実際のコース動画のサンプル)

(Start → 05km) <https://youtu.be/oJzMoGQvs5s>

(30km → 35km) <https://youtu.be/ZB1jNeyZNX0>

(Start → 5km)

(30km → 35km)



(関係者には以下のように共有するべく準備)

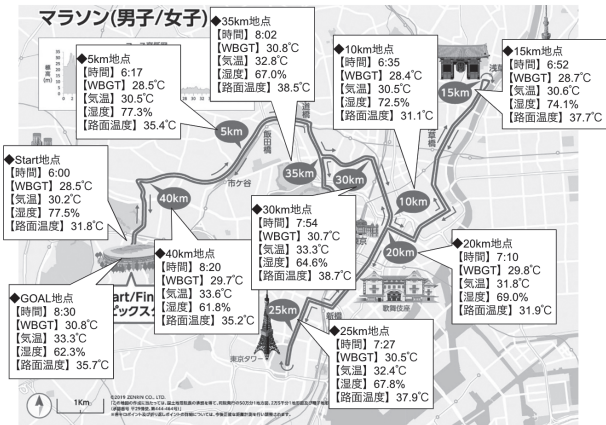
📍をクリックすると当該区間の動画がご確認頂けます。



c) まとめ

以上のような詳細データを、そのまま共有するだけでなく、選手や関係スタッフが情報把握し易くするために、整理して情報共有。

各通過地点毎で観測された気象データ



(コース上でポイントとなる地点)



4-1) 競歩における取り組み内容

2019年は、

① 7月31日 (水) 5:30 ~ 10:00、

② 8月8日 (木) 5:30 ~ 10:00、

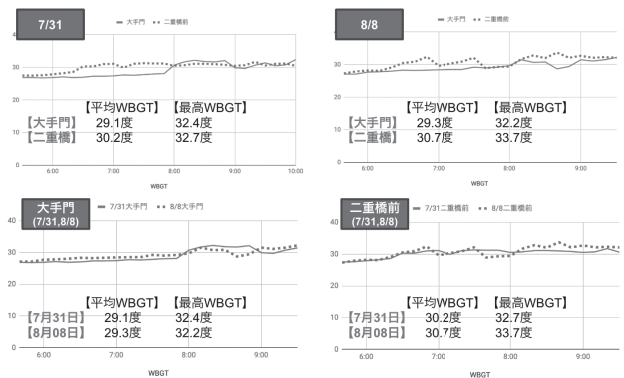
の2日にわたり皇居前 (二重橋前、大手門) にて気象観測を実施。

観測要素は、「気温」「湿度」「WBGT」「路面温度」。また観測頻度は、WBGT/路面温度は10分毎、その他の要素は30秒毎。

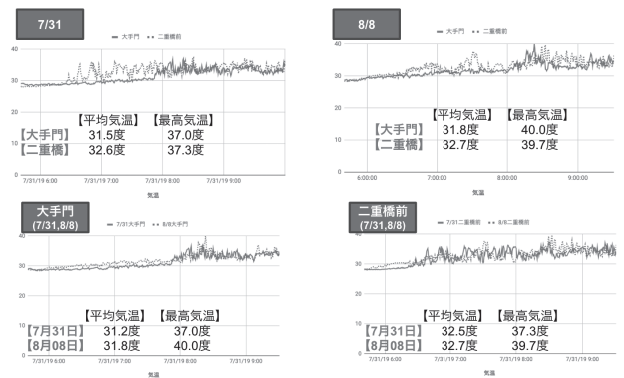
4-2) 観測の結果

a) 観測データ (グラフ比較)

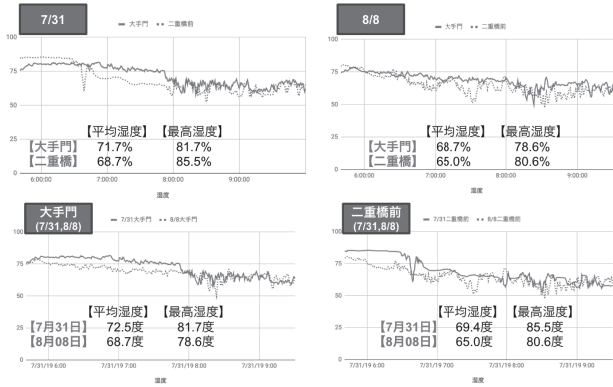
・WBGTの時間変化の比較



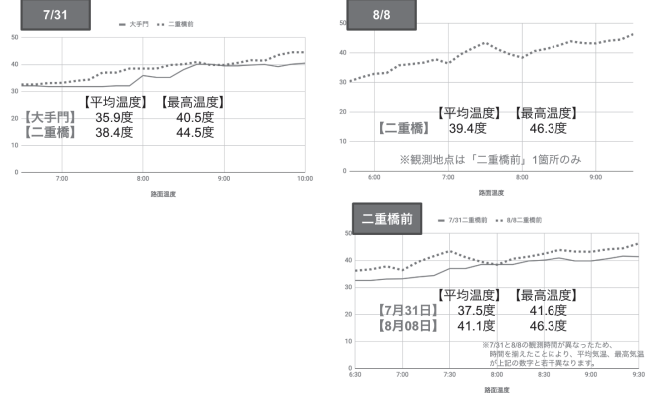
・気温の時間変化の比較



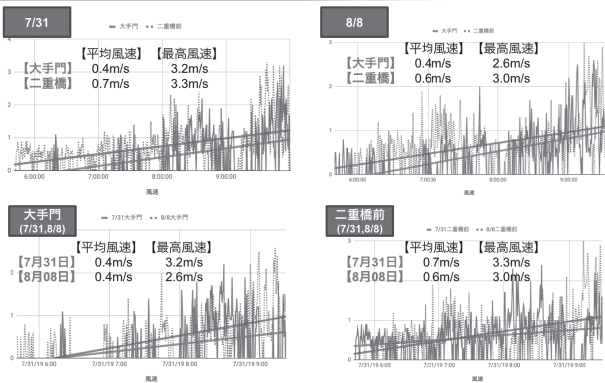
・湿度の時間変化の比較



・路面温度の時間変化の比較



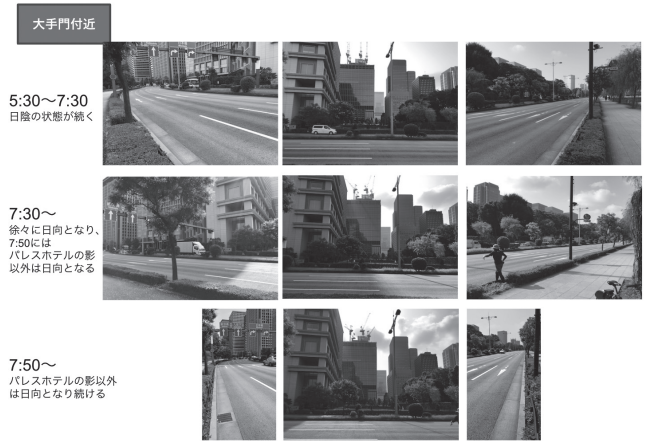
・風速の時間変化の比較



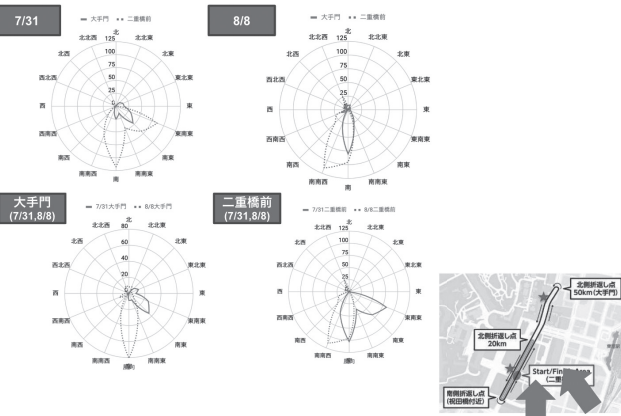
b) 会場の日向 / 日陰の推移

観測地点における、太陽の当たり方（日向 / 日陰）の推移を記録。

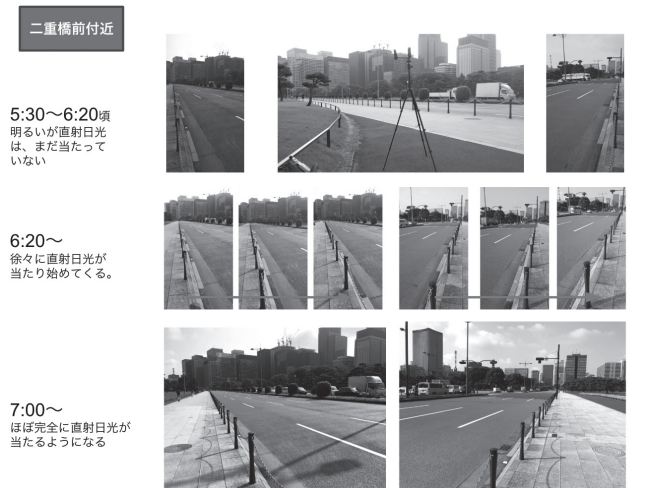
・大手門付近



・風向の時間変化の比較



・二重橋前付近



c) 会場の動画撮影

各時間帯で、会場を自転車で走りながら動画で撮影し、b)と同様に日向/日陰の様子を選手や関係スタッフに共有するべく準備。

かに札幌の過去の気象データを分析/解析し、準備を進めている。

(実際のコース動画のサンプル)



(6 時台) <https://youtu.be/3c79DbQ086U>



(7 時台) <https://youtu.be/IzttHkbK76I>



5) さいごに

競技時間が長い2競技において、気象コンディションが大きく影響するため、事前に、多くの気象情報を把握し、その情報を基に準備をすることが、本番で最高のパフォーマンスを発揮することに繋がる。結果的には、開催会場が変更になったが、速や

U20 オリンピック育成競技者におけるフィットネス水準 — フィールドテストによる体力評価 —

荻山靖¹⁾ 松林武生²⁾ 大橋祐二³⁾ 佐伯徹郎³⁾ 柴山一仁⁴⁾ 榎本靖士⁵⁾ 杉井将彦⁶⁾
小松隆志⁷⁾ 高橋直之⁸⁾ 丸小野仁之⁹⁾ 雪下良治¹⁰⁾ 岩崎万知¹¹⁾ 赤井裕明¹²⁾
船津哲史¹³⁾ 松尾大介¹⁴⁾ 宮成康蔵¹⁵⁾ 豊里健¹⁶⁾ 高島恵子¹⁷⁾

- 1) 山梨学院大学 2) 国立スポーツ科学センター 3) 日本女子体育大学 4) 仙台大学
5) 筑波大学 6) 浜松市立高等学校 7) 高知県立高知農業高等学校
8) 埼玉県立進修館高等学校 9) 佐賀県立佐賀工業高等学校 10) 福島県立会津学鳳高等学校
11) 中京大学附属中京高等学校 12) 愛知県立昭和高等学校 13) 大阪府立大塚高等学校
14) 近畿大学工業高等専門学校 15) 大分県教育庁 16) 沖縄県立沖縄水産高等学校
17) 京都府立西城陽高等学校

1. はじめに

陸上競技には様々な種目が存在するものの、いずれの競技力も、主に技術力、体力、精神力によって構成されている。このことは、ジュニア競技者（U20世代）においても同様であろう。日本陸上競技連盟科学委員会では、これらを支える情報としてU20競技会における速度や動きに関するデータ、さらには体調・食生活状況、心身の状態、スポーツ障害およびサプリメント摂取状況などを報告してきた。一方、体力に関するデータは少なく、ジュニア競技者の体力水準は提示されてこなかった。

本報告では、2002年から2019年にかけてU20オリンピック育成競技者を対象に実施してきたフィットネス（体力、形態、体組成）テストの内、実践現場で比較的容易に実施できるフィールドテストの結果を報告する。

2. 方法

2-1. 対象者

U20オリンピック育成競技者として日本陸上競技連盟に指定され、2002年から2019年の間に日本陸上競技連盟主催の合宿に参加した、20歳以下の男女ジュニア競技者を対象とした（男子377名：年齢 17.9 ± 0.7 歳；身長 177.1 ± 5.7 cm；体重 70.7 ± 13.6 kg，女子260名：年齢 17.8 ± 0.7 歳；身長 164.2 ± 5.1 cm；体重 56.6 ± 9.8 kg）。対象種目は、

短距離種目（100m, 200m, 400m）、障害種目（110mH, 100mH, 400mH）、中距離種目（800m）、跳躍種目（走高跳、棒高跳、走幅跳、三段跳）、投擲種目（砲丸投、円盤投、やり投、ハンマー投）、混成種目（十種競技、八種競技、七種競技）であった。なお、本測定が実施された合宿は、トラックシーズンが終わり移行期間を経た冬季トレーニング開始直後、もしくは開始前の11月末が多かった。

2-2. 測定運動・測定項目

後述するテストはいずれも、国立スポーツ科学センターのフィットネスチェックマニュアル（国立スポーツ科学センター、online）に基づいて実施された（マニュアルに無い「立五段跳」、「ハイスピードテスト」を除く）。いずれのテストも、スパイクシューズやパワーマックス専用シューズではなく、対象者自身のトレーニングシューズにて実施した。

2-2-1. 垂直系ジャンプ

（垂直跳、連続リバウンドジャンプ）

その場において垂直方向へ跳躍する、垂直跳と連続リバウンドジャンプを実施した。垂直跳では、できるだけ高く跳ぶことを指示し、沈み込みの反動動作と腕の振込動作を用いない（膝関節角度90度から開始・手を腰に添える）条件、反動動作を用いて振込動作を用いない条件、反動動作と振込動作を用いる条件の3条件とした。垂直跳では、跳躍高を測定した。連続リバウンドジャンプでは、接地時間を

できるだけ短くかつ高く跳ぶ6回連続のジャンプ運動とし、腕の振込動作を用いない条件とした。連続リバウンドジャンプでは、跳躍高、接地時間、RJ-index（跳躍高/接地時間）を測定した（凶子ほか、1993）。いずれの測定もマットスイッチ（DKH社製）を用いた。測定回数はいずれも2回を原則とし、失敗試技と認められた場合には追加で測定した。

2-2-2. 水平系ジャンプ（立幅跳、立五段跳）

跳躍種目の助走路および砂場にて、立幅跳と立五段跳を実施した。立幅跳は、反動動作や腕の振込動作を自由に用いて、立位姿勢から両脚にてできるだけ遠くへ跳ぶ運動とした。立五段跳は、立位姿勢から両脚で踏み切り、左右脚で交互に踏切ながら5歩でできるだけ遠くへ跳ぶ運動とした。いずれの跳躍も、両足での踏切地点から砂場の着地地点までの距離（跳躍距離）をメジャーにて測定した。測定回数はいずれも2回を原則とし、失敗試技と認められた場合には追加で測定した。

2-2-3. メディシンボール投げ（前方、後方）

男子は4 kg、女子は3 kgのメディシンボールを用いて、前方および後方へのメディシンボール投げを実施した。いずれも、スタート地点に両足を揃え両手でボールを保持した姿勢から前方もしくは後方に向けて、できるだけ遠くへ投射する運動とした。スタート地点からボール落下地点までの距離（投擲距離）をメジャーにて測定した。なお、投擲後は身体がスタート地点を踏み越えてよいものとした。測定回数はいずれも2回を原則とし、失敗試技と認められた場合には追加で測定した。

2-2-4. 最大無酸素性パワー

（ハイスピードテスト、ハイパワーテスト）

パワーマックス V IIもしくはパワーマックス V III（いずれも、コナミスポーツライフ社製）を用いた全力ペダリング運動として、ハイスピードテストとハイパワーテストを実施した。ハイスピードテストは、1 kpの負荷にて10秒間の全力ペダリング運動とし、最高回転数と平均パワーを測定した。ハイパワーテストは、パワーマックスに内蔵されている「無酸素性パワーテスト」とし、最大無酸素性パワーを測定した。なお、サドルの高さは対象者の任意とした。測定回数はいずれも1回を原則とし、失敗試技と認められた場合には追加で測定した。

2-3. 統計処理

各測定項目において、性別および種目毎の平均値、最大値、最小値、標準偏差を算出した。なお、本測定は多年度にわたって実施されたため、測定が複数回に及んだ対象者も存在した。その際、平均値と標準偏差の算出においては、同一対象者の測定結果を平均化した値を個人の代表値として用いた。最大値と最小値の算出においては、複数回測定したデータも含めた全データを用いた。

3. 結果および今後の課題

表1-7には、性別および種目毎の測定結果を示した。本報告で対象としたU20オリンピック育成競技者は、日本ジュニアトップ（全国大会上位入賞、国際大会出場・入賞など）の競技力を有する。そのため、本報告のデータはユースおよびジュニア競技者がフィットネスに関する自身の強みや課題を把握し、それを強化・改善するトレーニングを考える際の、目標値や参考値として利用することが期待できる。

一方、本報告のデータは、種目によっては対象者数が少ない。そのため、より種目特性を反映し信頼性の高いデータになるよう、今後も継続したデータ収集が必要になる。また、より実用性の高いデータを提示するためには、今後以下の課題へ取り組むことも重要になる。

- ・より競技力の高いシニア競技者のデータも収集し、ジュニア競技者の目指すフィットネス水準を定量化すること
- ・競技力、フィットネス、さらにはトレーニング状況を経年的に調査し、フィットネス変化と競技力の推移との対応関係、さらにそれを導くトレーニング内容を提示すること

いずれにしても今後は、ジュニア競技者の競技力を支えるフィットネスについて、「何を」、「いつ（いつまでに）」、「どの程度」、「どのように」高めるべきか、これについて種目や個人の特性に応じて考えるためのデータの蓄積と分析が必要である。

謝辞

本データの測定に関し、国立スポーツ科学センター、日本陸上競技連盟強化委員会強化育成部の皆様に多大なるご協力をいただきました。心より御礼申し上げます。

4. 文献

国立スポーツ科学センター (online) フィットネス・チェック マニュアル. <https://www.jpnsport.go.jp/jiss/fc/tabid/1142/Default.aspx>, (参照日 2020 年 1 月 20 日).

関子浩二・高松薫・古藤高良 (1993) 各種スポーツ選手における下肢の筋力およびパワー発揮に関する特性. 体育学研究, 38 (4): 265-278.

表1 U20 オリンピック育成男子短距離・障害・中距離競技者におけるフィットネスデータ

| 2002-2019年 U20男子 | 身長 [cm] | 体重 [kg] | 垂直跳 | | | | 連続リバウンドジャンプ | | | | 立幅跳 跳躍距離 [m] | 立五段跳 跳躍距離 [m] | メデイシンボール投 | | ハイスピードテスト | | ハイパワーテスト | |
|---------------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------|-------------|-------------|--------------------|---------------------|-------------------|-------------------|----------------|--------------|------------|--------|
| | | | 反動無・腕無 | | 反動有・腕有 | | RJ-index | 接地時間 [msec] | 跳躍高 [cm] | 跳躍高 [cm] | | | 前方 投擲距離 [m] | 後方 投擲距離 [m] | 最高回転数 [rpm] | 平均パワー [W] | パワー [W] | パワー/体重 |
| | | | 跳躍高 [cm] | 跳躍高 [cm] | 跳躍高 [cm] | 跳躍高 [cm] | | | | | | | | | | | | |
| 平均 | 174.3 | 65.8 | 48.3 | 54.0 | 60.7 | 2.83 | 154 | 43.2 | 43.2 | 14.42 | 13.6 | 13.4 | 241 | 206 | 1170 | 17.6 | | |
| 最大 | 187.1 | 82.8 | 64.0 | 66.5 | 79.2 | 4.08 | 118 | 48.2 | 48.2 | 16.28 | 16.7 | 17.5 | 268 | 232 | 1578 | 20.9 | | |
| 最小 | 162.3 | 55.3 | 37.9 | 40.3 | 47.1 | 1.84 | -- | -- | -- | 12.18 | 8.8 | 8.8 | 220 | 183 | 864 | 14.2 | | |
| 人数 | 67 | 67 | 65 | 65 | 65 | 65 | 65 | 65 | 65 | 65 | 57 | 57 | 17 | 28 | 57 | 57 | | |
| 標準偏差 | 5.1 | 5.8 | 5.2 | 4.7 | 5.7 | 0.5 | 15.1 | 6.2 | 6.2 | 0.8 | 1.4 | 1.7 | 11.9 | 11.0 | 144.1 | 1.4 | | |
| 平均 | 175.4 | 65.4 | 45.1 | 50.5 | 56.8 | 2.71 | 151 | 40.7 | 40.7 | 13.81 | 13.2 | 12.9 | 234 | 198 | 1130 | 17.0 | | |
| 最大 | 186.1 | 76.8 | 56.5 | 60.0 | 67.7 | 3.96 | 148 | 58.7 | 58.7 | 15.50 | 15.3 | 16.1 | 254 | 225 | 1420 | 20.8 | | |
| 最小 | 167.9 | 58.8 | 33.4 | 40.4 | 42.4 | 1.88 | -- | -- | -- | 11.90 | 10.0 | 8.7 | 222 | 176 | 857 | 13.4 | | |
| 人数 | 34 | 34 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 30 | 30 | 10 | 18 | 28 | 28 | | |
| 標準偏差 | 4.5 | 4.7 | 5.0 | 4.9 | 4.7 | 0.4 | 13.9 | 5.9 | 5.9 | 0.8 | 1.2 | 1.4 | 10.1 | 12.4 | 152.3 | 1.7 | | |
| 平均 | 173.3 | 61.3 | 41.0 | 45.1 | 51.0 | 2.67 | 153 | 40.5 | 40.5 | 13.01 | 11.4 | 11.2 | 223 | 189 | 976 | 16.4 | | |
| 最大 | 181.7 | 72.0 | 52.2 | 53.4 | 60.4 | 3.65 | 126 | 46.0 | 46.0 | 14.41 | 13.4 | 13.7 | 232 | 196 | 1125 | 19.1 | | |
| 最小 | 166.5 | 53.7 | 32.0 | 36.4 | 41.4 | 1.98 | -- | -- | -- | 10.87 | 9.4 | 8.2 | 210 | 179 | 831 | 13.9 | | |
| 人数 | 36 | 36 | 34 | 34 | 34 | 34 | 34 | 34 | 34 | 34 | 36 | 35 | 6 | 11 | 12 | 12 | | |
| 標準偏差 | 4.2 | 4.0 | 4.3 | 3.7 | 4.1 | 0.3 | 13.4 | 3.9 | 3.9 | 0.8 | 0.9 | 1.3 | 7.3 | 5.3 | 94.2 | 1.4 | | |
| 平均 | 181.0 | 70.6 | 44.6 | 49.4 | 56.4 | 2.78 | 153 | 42.1 | 42.1 | 14.37 | 13.9 | 14.1 | 228 | 195 | 1189 | 16.7 | | |
| 最大 | 188.9 | 80.8 | 51.4 | 57.2 | 65.5 | 3.94 | 149 | 58.7 | 58.7 | 15.82 | 16.0 | 17.4 | 252 | 224 | 1403 | 18.7 | | |
| 最小 | 175.8 | 60.6 | 33.9 | 39.4 | 44.7 | 1.91 | -- | -- | -- | 12.49 | 11.1 | 11.7 | 192 | 173 | 982 | 13.1 | | |
| 人数 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 26 | 26 | 9 | 17 | 26 | 26 | | |
| 標準偏差 | 3.1 | 4.7 | 3.9 | 4.1 | 5.1 | 0.4 | 16.7 | 5.8 | 5.8 | 0.8 | 1.0 | 1.2 | 16.6 | 12.0 | 107.1 | 1.2 | | |
| 平均 | 178.5 | 66.3 | 45.6 | 50.0 | 57.2 | 2.78 | 154 | 42.5 | 42.5 | 14.40 | 13.0 | 13.0 | 230 | 202 | 1156 | 17.5 | | |
| 最大 | 188.2 | 81.5 | 53.7 | 59.8 | 68.3 | 3.86 | 131 | 50.5 | 50.5 | 15.76 | 16.0 | 16.9 | 237 | 232 | 1400 | 20.3 | | |
| 最小 | 168.0 | 56.8 | 36.3 | 40.8 | 45.4 | 2.32 | -- | -- | -- | 12.28 | 10.9 | 9.3 | 215 | 179 | 905 | 12.6 | | |
| 人数 | 30 | 30 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 26 | 26 | 8 | 14 | 24 | 24 | | |
| 標準偏差 | 4.7 | 5.5 | 4.9 | 4.7 | 6.1 | 0.4 | 12.1 | 4.1 | 4.1 | 0.8 | 1.3 | 1.6 | 6.4 | 13.9 | 138.2 | 1.7 | | |

注：連続リバウンドジャンプの「最大」には、RJ-indexの最大値およびその算出に用いた接地時間と跳躍高が記載されている。

表2 U20 オリンピック育成女子短距離・障害・中距離競技者におけるフィットネスデータ

| 2002-2019年 U20女子 | 身長 [cm] | 体重 [kg] | 垂直跳 | | | 連続リバウンドジャンプ | | | 立幅跳 跳躍距離 [m] | 立五段跳 跳躍距離 [m] | メディシンボール投 | | ハイスピードテスト | | ハイパワーテスト | |
|---------------------|------------|------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------|----------------------|-------------|--------------------|---------------------|-------------|-------------------|-------------------|----------------|--------------|------------|
| | | | 反動無・腕無 跳躍高 [cm] | 反動有・腕無 跳躍高 [cm] | 反動有・腕有 跳躍高 [cm] | RJ-index | 腕無 接地時間 [msec] | 跳躍高 [cm] | | | 跳躍距離 [m] | 前方 投擲距離 [m] | 後方 投擲距離 [m] | 最高回転数 [rpm] | 平均パワー [W] | パワー/ 体重 |
| | | | 跳躍高 [cm] | 跳躍高 [cm] | 跳躍高 [cm] | | | | | | | | | | | |
| 平均 | 162.8 | 52.2 | 38.0 | 41.3 | 46.5 | 2.47 | 149 | 36.5 | 2.32 | 11.69 | 10.5 | 9.9 | 208 | 175 | 767 | 14.8 |
| 最大 | 172.3 | 61.4 | 49.4 | 51.6 | 59.9 | 3.61 | 128 | 46.2 | 2.56 | 13.04 | 13.7 | 14.2 | 222 | 197 | 1010 | 17.6 |
| 最小 | 152.7 | 42.1 | 25.2 | 33.6 | 35.7 | 1.57 | -- | -- | 2.03 | 10.31 | 6.5 | 5.6 | 176 | 145 | 536 | 11.7 |
| 人数 | 46 | 46 | 43 | 43 | 43 | 43 | 43 | 43 | 39 | 43 | 41 | 41 | 18 | 29 | 41 | 41 |
| 標準偏差 | 4.5 | 4.6 | 4.9 | 4.3 | 5.5 | 0.4 | 12.8 | 4.7 | 0.1 | 0.6 | 1.3 | 1.7 | 10.5 | 11.0 | 93.8 | 1.3 |
| 平均 | 161.8 | 52.4 | 39.7 | 39.4 | 43.2 | 2.34 | 153 | 35.0 | 2.26 | 11.59 | 10.4 | 10.0 | 208 | 169 | 749 | 14.1 |
| 最大 | 170.7 | 59.5 | 62.6 | 45.9 | 50.6 | 3.32 | 135 | 44.8 | 2.40 | 12.80 | 12.3 | 13.4 | 216 | 189 | 870 | 16.1 |
| 最小 | 153.3 | 46.6 | 28.7 | 33.6 | 36.4 | 1.34 | -- | -- | 2.05 | 10.75 | 8.2 | 7.0 | 189 | 140 | 580 | 11.3 |
| 人数 | 20 | 20 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 17 | 19 | 19 | 19 | 8 | 10 | 18 | 18 |
| 標準偏差 | 3.3 | 3.4 | 7.2 | 3.7 | 4.3 | 0.5 | 17.2 | 3.9 | 0.1 | 0.6 | 1.2 | 1.5 | 10.3 | 14.7 | 86.3 | 1.5 |
| 平均 | 163.1 | 50.4 | 33.8 | 35.9 | 40.2 | 2.26 | 154 | 34.5 | 2.13 | 10.90 | 9.2 | 8.8 | 192 | 156 | 667 | 13.7 |
| 最大 | 170.8 | 60.0 | 59.2 | 42.6 | 47.2 | 2.98 | 143 | 42.6 | 2.48 | 12.82 | 11.4 | 10.8 | 203 | 172 | 938 | 17.1 |
| 最小 | 154.2 | 41.3 | 26.8 | 28.7 | 33.9 | 1.69 | -- | -- | 1.83 | 9.58 | 6.4 | 6.0 | 176 | 143 | 540 | 11.4 |
| 人数 | 24 | 23 | 24 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 4 | 8 | 8 | 8 |
| 標準偏差 | 4.1 | 5.1 | 6.0 | 3.1 | 2.8 | 0.3 | 15.1 | 3.1 | 0.1 | 0.7 | 1.3 | 1.2 | 10.2 | 6.6 | 109.2 | 1.5 |
| 平均 | 165.1 | 54.9 | 39.4 | 41.0 | 45.3 | 2.39 | 152 | 36.0 | 2.31 | 11.69 | 10.6 | 10.7 | 206 | 174 | 796 | 14.5 |
| 最大 | 172.8 | 62.4 | 62.3 | 50.9 | 54.4 | 3.13 | 144 | 45.1 | 2.53 | 13.08 | 12.6 | 13.6 | 218 | 189 | 964 | 16.5 |
| 最小 | 159.8 | 48.7 | 29.5 | 34.1 | 35.3 | 1.84 | -- | -- | 2.07 | 10.24 | 8.5 | 8.1 | 183 | 150 | 620 | 11.6 |
| 人数 | 21 | 21 | 22 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 15 | 21 | 17 | 17 | 6 | 12 | 18 | 18 |
| 標準偏差 | 3.4 | 3.2 | 7.8 | 4.4 | 4.9 | 0.3 | 16.6 | 3.6 | 0.1 | 0.6 | 0.9 | 1.3 | 13.5 | 12.2 | 79.2 | 1.1 |
| 平均 | 164.6 | 52.0 | 37.3 | 38.9 | 44.1 | 2.39 | 152 | 36.2 | 2.27 | 11.71 | 10.1 | 9.8 | 201 | 171 | 757 | 14.5 |
| 最大 | 169.7 | 59.4 | 63.0 | 43.7 | 49.2 | 2.62 | 142 | 37.2 | 2.44 | 12.62 | 11.0 | 11.4 | 213 | 185 | 920 | 16.0 |
| 最小 | 158.0 | 46.1 | 30.9 | 34.0 | 35.2 | 2.09 | -- | -- | 2.06 | 11.06 | 9.3 | 7.7 | 187 | 156 | 603 | 13.0 |
| 人数 | 14 | 14 | 12 | 12 | 12 | 11 | 11 | 11 | 10 | 11 | 13 | 13 | 6 | 10 | 12 | 12 |
| 標準偏差 | 4.0 | 4.2 | 6.6 | 2.6 | 3.6 | 0.2 | 6.8 | 2.7 | 0.1 | 0.4 | 0.4 | 1.0 | 5.7 | 8.2 | 101.0 | 0.9 |

注：連続リバウンドジャンプの「最大」には、RJ-indexの最大値およびその算出に用いた接地時間と跳躍高が記載されている。

表3 U20オリンピック育成男子跳躍競技者におけるフィットネスデータ

| 2002-2019年 U20男子 | 身長 [cm] | 体重 [kg] | 垂直跳 | | | | 連続リバウンドジャンプ | | | | 立幅跳 跳躍距離 [m] | 立五段跳 跳躍距離 [m] | メディシンボール投 | | ハイスピードテスト | | ハイパワーテスト | | |
|---------------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------|-------------|--------------------|---------------------|-------------|-------------------|-------------------|----------------|--------------|------------|--------|
| | | | 反動無・腕無 | | 反動有・腕有 | | RJ-index | 跳躍高 [cm] | 跳躍時間 [msec] | 跳躍高 [cm] | | | 跳躍距離 [m] | 前方 投擲距離 [m] | 後方 投擲距離 [m] | 最高回転数 [rpm] | 平均パワー [W] | パワー [W] | パワー/体重 |
| | | | 跳躍高 [cm] | 跳躍高 [cm] | 跳躍高 [cm] | 跳躍高 [cm] | | | | | | | | | | | | | |
| 平均 | 182.9 | 67.5 | 45.0 | 49.2 | 56.2 | 3.15 | 148 | 46.2 | 2.76 | 14.75 | 13.7 | 14.0 | 221 | 195 | 1040 | 15.5 | | | |
| 最大 | 191.4 | 74.1 | 58.7 | 56.6 | 64.4 | 3.90 | 170 | 56.3 | 3.10 | 15.87 | 15.4 | 16.2 | 237 | 222 | 1317 | 18.3 | | | |
| 最小 | 169.9 | 61.6 | 35.2 | 38.4 | 44.8 | 2.19 | 123 | 36.9 | 2.57 | 13.17 | 12.6 | 12.2 | 207 | 172 | 929 | 12.9 | | | |
| 人数 | 19 | 19 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 16 | 6 | 14 | 16 | 16 | | | |
| 標準偏差 | 5.6 | 3.5 | 6.6 | 4.9 | 5.8 | 0.5 | 15.1 | 5.2 | 0.1 | 0.7 | 0.8 | 1.2 | 9.9 | 12.8 | 98.3 | 1.6 | | | |
| 平均 | 175.2 | 65.7 | 42.9 | 47.8 | 55.1 | 2.67 | 150 | 39.7 | 2.65 | 13.90 | 13.1 | 13.2 | 223 | 194 | 1091 | 16.6 | | | |
| 最大 | 188.8 | 79.2 | 49.5 | 58.3 | 65.2 | 3.29 | 142 | 46.63 | 2.80 | 14.95 | 15.4 | 15.6 | 241 | 208 | 1373 | 19.2 | | | |
| 最小 | 167.3 | 58.9 | 38.3 | 43.5 | 45.4 | 2.17 | -- | -- | 2.47 | 12.11 | 11.9 | 11.4 | 192 | 173 | 801 | 13.6 | | | |
| 人数 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 7 | 10 | 17 | 17 | | | |
| 標準偏差 | 5.2 | 5.6 | 3.0 | 2.4 | 4.2 | 0.3 | 7.1 | 3.6 | 0.1 | 0.7 | 0.9 | 1.0 | 11.6 | 6.6 | 139.9 | 1.4 | | | |
| 平均 | 176.9 | 66.5 | 47.6 | 52.3 | 60.9 | 3.18 | 143 | 45.4 | 2.79 | 14.79 | 13.6 | 13.8 | 226 | 199 | 1125 | 16.9 | | | |
| 最大 | 184.9 | 76.8 | 59.0 | 64.0 | 74.8 | 3.84 | 122 | 46.79 | 3.14 | 16.50 | 17.2 | 17.8 | 250 | 221 | 1342 | 20.3 | | | |
| 最小 | 162.7 | 56.7 | 37.9 | 40.7 | 44.5 | 2.26 | -- | -- | 2.54 | 12.92 | 10.5 | 10.1 | 191 | 150 | 803 | 12.7 | | | |
| 人数 | 29 | 29 | 30 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 24 | 29 | 28 | 28 | 8 | 18 | 28 | 28 | | | |
| 標準偏差 | 4.8 | 4.6 | 4.4 | 6.0 | 6.5 | 0.4 | 11.7 | 5.3 | 0.1 | 0.8 | 1.4 | 1.8 | 19.4 | 17.6 | 126.7 | 1.7 | | | |
| 平均 | 177.0 | 66.0 | 47.5 | 53.8 | 61.9 | 3.22 | 151 | 48.5 | 2.82 | 15.44 | 14.4 | 14.5 | 230 | 199 | 1136 | 17.2 | | | |
| 最大 | 185.0 | 75.7 | 57.5 | 62.6 | 70.6 | 3.92 | 132 | 51.8 | 3.00 | 16.40 | 17.2 | 16.2 | 248 | 226 | 1395 | 20.8 | | | |
| 最小 | 154.2 | 41.4 | 39.8 | 46.6 | 47.9 | 2.61 | -- | -- | 2.65 | 14.82 | 12.3 | 11.3 | 194 | 159 | 867 | 14.2 | | | |
| 人数 | 18 | 18 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 16 | 16 | 16 | 9 | 12 | 17 | 17 | | | |
| 標準偏差 | 5.2 | 6.1 | 5.1 | 4.5 | 5.5 | 0.3 | 10.7 | 3.4 | 0.1 | 0.4 | 1.2 | 1.3 | 15.6 | 19.2 | 145.5 | 2.0 | | | |

注：連続リバウンドジャンプの「最大」には、RJ-indexの最大値およびその算出に用いた接地時間と跳躍高が記載されている。

表4 U20オリンピック育成女子跳躍競技者におけるフィットネスデータ

| 2002-2019年 U20女子 | 身長 [cm] | 体重 [kg] | 垂直跳 | | | 連続リバウンドジャンプ | | | 立幅跳 跳躍距離 [m] | 立五段跳 跳躍距離 [m] | メディシンボール投 | | ハイスピードテスト | | ハイパワーテスト | |
|---------------------|------------|------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------|----------------------|-------------|--------------------|---------------------|-------------|-------------------|-------------------|----------------|--------------|------------|
| | | | 反動無・腕無 跳躍高 [cm] | 反動有・腕無 跳躍高 [cm] | 反動有・腕有 跳躍高 [cm] | RJ-index | 腕無 接地時間 [msec] | 跳躍高 [cm] | | | 跳躍高 [cm] | 前方 投擲距離 [m] | 後方 投擲距離 [m] | 最高回転数 [rpm] | 平均パワー [W] | パワー [W] |
| 平均 | 170.2 | 54.0 | 36.8 | 39.8 | 44.5 | 2.42 | 155 | 37.0 | 2.31 | 12.05 | 10.6 | 10.3 | 201 | 168 | 745 | 13.7 |
| 最大 | 178.8 | 58.3 | 47.7 | 47.5 | 56.3 | 2.89 | 142 | 41.1 | 2.67 | 13.20 | 11.9 | 12.5 | 219 | 187 | 858 | 16.2 |
| 最小 | 158.0 | 47.3 | 29.5 | 32.3 | 35.7 | 1.73 | -- | -- | 2.02 | 10.73 | 6.9 | 6.8 | 193 | 155 | 558 | 11.4 |
| 人数 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 8 | 13 | 18 | 18 |
| 標準偏差 | 4.6 | 3.4 | 4.4 | 2.8 | 4.0 | 0.3 | 17.7 | 2.9 | 0.1 | 0.7 | 1.1 | 1.3 | 8.0 | 6.9 | 79.8 | 1.4 |
| 平均 | 161.7 | 52.9 | 33.2 | 36.5 | 42.9 | 2.36 | 144 | 34.1 | 2.23 | 11.25 | 9.4 | 9.2 | 189 | 161 | 704 | 13.2 |
| 最大 | 167.0 | 59.9 | 38.0 | 42.9 | 48.8 | 2.70 | 121 | 32.6 | 2.40 | 11.76 | 11.4 | 10.4 | 198 | 170 | 773 | 14.6 |
| 最小 | 152.6 | 48.7 | 28.3 | 31.6 | 36.3 | 2.03 | -- | -- | 2.05 | 10.61 | 7.0 | 7.5 | 175 | 148 | 623 | 12.0 |
| 人数 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 9 | 10 | 10 | 10 | 4 | 8 | 10 | 10 |
| 標準偏差 | 4.1 | 2.9 | 2.6 | 3.4 | 3.3 | 0.2 | 11.6 | 3.8 | 0.1 | 0.4 | 1.2 | 0.9 | 8.7 | 6.9 | 44.4 | 0.9 |
| 平均 | 164.1 | 55.0 | 39.4 | 40.3 | 45.1 | 2.62 | 147 | 38.3 | 2.32 | 12.33 | 11.0 | 10.8 | 197 | 171 | 770 | 14.2 |
| 最大 | 171.4 | 64.7 | 63.0 | 52.2 | 54.8 | 3.34 | 126 | 42.1 | 2.52 | 13.52 | 12.4 | 12.6 | 217 | 191 | 976 | 16.9 |
| 最小 | 157.0 | 44.8 | 32.5 | 34.0 | 38.7 | 1.92 | -- | -- | 2.14 | 11.59 | 9.5 | 7.8 | 178 | 150 | 547 | 10.9 |
| 人数 | 18 | 18 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 15 | 17 | 16 | 16 | 6 | 12 | 16 | 16 |
| 標準偏差 | 5.2 | 5.5 | 9.0 | 3.3 | 3.5 | 0.4 | 12.7 | 3.5 | 0.1 | 0.4 | 0.9 | 1.1 | 12.7 | 11.3 | 117.6 | 1.7 |
| 平均 | 166.8 | 52.2 | 39.4 | 43.4 | 47.5 | 2.69 | 149 | 40.0 | 2.41 | 12.88 | 10.8 | 11.0 | 200 | 167 | 666 | 12.6 |
| 最大 | 175.0 | 56.9 | 47.7 | 49.7 | 54.8 | 2.89 | 143 | 41.4 | 2.56 | 13.32 | 12.5 | 12.9 | 211 | 181 | 851 | 15.5 |
| 最小 | 157.0 | 40.7 | 32.4 | 39.7 | 40.5 | 2.36 | -- | -- | 2.33 | 11.96 | 9.0 | 8.9 | 187 | 141 | 499 | 10.7 |
| 人数 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 5 | 6 | 7 | 7 |
| 標準偏差 | 5.0 | 4.9 | 4.8 | 3.0 | 4.5 | 0.2 | 17.1 | 3.4 | 0.1 | 0.4 | 1.2 | 1.4 | 9.2 | 12.2 | 110.0 | 1.6 |

注：連続リバウンドジャンプの「最大」には、RJ-indexの最大値およびその算出に用いた接地時間と跳躍高が記載されている。

表 5 U20 オリンピック育成男子投擲競技者におけるフィットネスデータ

| 2002-2019年 U20男子 | 身長 [cm] | 体重 [kg] | 垂直跳 | | | | 連続リバウンドジャンプ | | | | 立幅跳 跳躍距離 [m] | 立五段跳 跳躍距離 [m] | メディシンボール投 | | ハイスピードテスト | | ハイパワーテスト | | |
|---------------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------|-------------|--------------------|---------------------|-------------|-------------------|-------------------|----------------|--------------|------------|--------|
| | | | 反動無・腕無 | | 反動有・腕有 | | RJ-index | 跳躍高 [cm] | 跳躍時間 [msec] | 跳躍高 [cm] | | | 跳躍距離 [m] | 前方 投擲距離 [m] | 後方 投擲距離 [m] | 最高回転数 [rpm] | 平均パワー [W] | パワー [W] | パワー/体重 |
| | | | 跳躍高 [cm] | 跳躍高 [cm] | 跳躍高 [cm] | 跳躍高 [cm] | | | | | | | | | | | | | |
| 平均 | 182.4 | 105.8 | 41.7 | 47.3 | 51.4 | 1.80 | 187 | 32.9 | 32.9 | 13.14 | 16.7 | 17.7 | 234 | 208 | 1428 | 13.5 | | | |
| 最大 | 193.3 | 121.8 | 60.0 | 55.1 | 61.4 | 2.43 | 174 | 42.2 | 42.2 | 15.07 | 19.8 | 21.2 | 254 | 228 | 1638 | 15.4 | | | |
| 最小 | 173.8 | 89.1 | 31.2 | 39.4 | 45.3 | 1.10 | -- | -- | -- | 11.09 | 14.6 | 15.8 | 208 | 182 | 1158 | 9.8 | | | |
| 人数 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 6 | 8 | 11 | 11 | | | |
| 標準偏差 | 5.4 | 8.8 | 6.4 | 4.7 | 4.7 | 0.3 | 29.1 | 3.4 | 0.1 | 1.1 | 1.2 | 1.3 | 13.1 | 12.6 | 153.4 | 1.4 | | | |
| 平均 | 180.9 | 100.0 | 40.8 | 45.1 | 51.6 | 1.96 | 178 | 34.0 | 2.61 | 13.05 | 15.8 | 16.9 | 227 | 201 | 1381 | 14.0 | | | |
| 最大 | 188.0 | 131.6 | 49.7 | 57.6 | 63.0 | 3.36 | 156 | 52.4 | 3.00 | 15.56 | 18.3 | 21.5 | 246 | 215 | 1629 | 18.6 | | | |
| 最小 | 172.2 | 75.6 | 33.0 | 37.7 | 39.9 | 1.01 | -- | -- | 2.40 | 11.80 | 13.8 | 14.0 | 196 | 169 | 1138 | 11.3 | | | |
| 人数 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 7 | 11 | 15 | 15 | | | |
| 標準偏差 | 3.9 | 15.8 | 5.6 | 4.7 | 7.4 | 0.5 | 15.3 | 7.4 | 0.2 | 1.0 | 1.3 | 1.7 | 16.8 | 13.0 | 134.1 | 1.9 | | | |
| 平均 | 178.7 | 82.4 | 44.2 | 50.0 | 55.9 | 2.44 | 157 | 38.0 | 2.71 | 13.75 | 15.4 | 16.3 | 240 | 208 | 1301 | 15.8 | | | |
| 最大 | 193.3 | 104.8 | 57.0 | 63.7 | 68.9 | 2.91 | 137 | 39.9 | 3.04 | 15.46 | 18.5 | 19.8 | 255 | 224 | 2151 | 23.3 | | | |
| 最小 | 171.4 | 68.6 | 31.1 | 39.8 | 40.9 | 1.87 | -- | -- | 2.40 | 11.20 | 12.9 | 12.0 | 228 | 192 | 1016 | 13.0 | | | |
| 人数 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 22 | 22 | 22 | 23 | 23 | 24 | 24 | 4 | 16 | 24 | 24 | | | |
| 標準偏差 | 4.9 | 8.2 | 6.6 | 5.6 | 7.3 | 0.3 | 15.1 | 3.1 | 0.2 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 8.1 | 9.4 | 213.1 | 2.1 | | | |
| 平均 | 178.5 | 101.0 | 40.9 | 45.6 | 52.2 | 2.13 | 175 | 36.5 | 1429 | 14.2 | 15.9 | 17.3 | 231 | 201 | 1429 | 14.2 | | | |
| 最大 | 188.0 | 132.7 | 47.5 | 52.7 | 61.5 | 2.56 | 235 | 42.9 | 1765 | 16.4 | 17.6 | 19.6 | 240 | 213 | 1765 | 16.4 | | | |
| 最小 | 169.6 | 86.4 | 34.8 | 39.2 | 40.5 | 1.03 | 150 | 24.1 | 1296 | 12.3 | 14.6 | 14.4 | 209 | 179 | 1296 | 12.3 | | | |
| 人数 | 15 | 15 | 14 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 9 | 13 | 15 | 15 | | | |
| 標準偏差 | 5.3 | 11.0 | 3.7 | 4.0 | 5.1 | 0.4 | 22.3 | 4.7 | 117.8 | 1.2 | 0.9 | 1.4 | 9.2 | 7.7 | 117.8 | 1.2 | | | |

注：連続リバウンドジャンプの「最大」には、RJ-indexの最大値およびその算出に用いた接地時間と跳躍高が記載されている。

表6 U20オリンピック育成女子投擲競技者におけるフィットネスデータ

| 2002-2019年 U20女子 | 身長 [cm] | 体重 [kg] | 垂直跳 | | | | 連続リバウンドジャンプ | | | | 立幅跳 跳躍距離 [m] | 立五段跳 跳躍距離 [m] | メディシンボール投 | | ハイスピードテスト | | ハイパワーテスト | | |
|---------------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------|-------------|--------------------|---------------------|-------------|-------------------|-------------------|----------------|--------------|------------|--------|
| | | | 反動無・腕無 | | 反動有・腕有 | | RJ-index | 跳躍高 [cm] | 跳躍時間 [msec] | 跳躍高 [cm] | | | 跳躍距離 [m] | 前方 投擲距離 [m] | 後方 投擲距離 [m] | 最高回転数 [rpm] | 平均パワー [W] | パワー [W] | パワー/体重 |
| | | | 跳躍高 [cm] | 跳躍高 [cm] | 跳躍高 [cm] | 跳躍高 [cm] | | | | | | | | | | | | | |
| 平均 | 166.4 | 79.9 | 35.5 | 35.4 | 39.3 | 1.81 | 30.7 | 170 | 30.7 | 2.21 | 11.22 | 12.6 | 13.7 | 195 | 171 | 1027 | 12.9 | | |
| 最大 | 179.1 | 95.2 | 70.2 | 45.0 | 50.3 | 2.34 | 36.0 | 154 | 36.0 | 2.55 | 13.00 | 14.3 | 16.5 | 219 | 195 | 1195 | 17.1 | | |
| 最小 | 158.0 | 65.2 | 27.6 | 29.3 | 32.9 | 1.39 | -- | -- | -- | 1.93 | 9.59 | 10.3 | 10.6 | 170 | 147 | 682 | 9.7 | | |
| 人数 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 8 | 8 | 10 | 10 | 6 | 7 | 10 | 10 | | |
| 標準偏差 | 7.0 | 9.8 | 7.0 | 4.9 | 5.5 | 0.2 | 3.5 | 10.3 | 3.5 | 0.1 | 1.0 | 1.0 | 1.4 | 15.4 | 14.0 | 116.9 | 2.0 | | |
| 平均 | 168.6 | 74.4 | 35.4 | 34.2 | 40.6 | 2.04 | 32.2 | 161 | 32.2 | 2.16 | 11.11 | 12.6 | 13.4 | 191 | 172 | 918 | 12.4 | | |
| 最大 | 175.8 | 96.2 | 61.2 | 44.1 | 48.1 | 2.56 | 34.0 | 133 | 34.0 | 2.39 | 12.42 | 14.4 | 15.8 | 205 | 200 | 1049 | 14.4 | | |
| 最小 | 159.0 | 62.1 | 25.7 | 26.7 | 31.1 | 1.72 | -- | -- | -- | 1.88 | 9.77 | 11.0 | 11.6 | 170 | 145 | 778 | 10.2 | | |
| 人数 | 10 | 10 | 9 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 9 | 10 | 10 | 10 | 4 | 7 | 10 | 10 | | |
| 標準偏差 | 4.9 | 10.1 | 10.1 | 4.6 | 5.4 | 0.3 | 4.8 | 13.9 | 4.8 | 0.1 | 0.7 | 1.1 | 1.3 | 12.8 | 13.0 | 92.4 | 1.2 | | |
| 平均 | 164.5 | 66.3 | 34.2 | 36.6 | 42.0 | 2.15 | 32.6 | 154 | 32.6 | 2.18 | 11.24 | 11.3 | 12.1 | 191 | 166 | 866 | 13.0 | | |
| 最大 | 179.3 | 88.7 | 52.4 | 44.3 | 52.0 | 2.76 | 42.6 | 154 | 42.6 | 2.36 | 12.43 | 14.1 | 15.6 | 209 | 186 | 1197 | 15.7 | | |
| 最小 | 154.1 | 55.3 | 23.2 | 26.0 | 30.1 | 1.53 | -- | -- | -- | 1.89 | 10.14 | 8.9 | 10.1 | 156 | 127 | 599 | 9.4 | | |
| 人数 | 22 | 22 | 20 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 19 | 21 | 19 | 19 | 12 | 16 | 21 | 21 | | |
| 標準偏差 | 5.7 | 6.6 | 5.4 | 3.8 | 4.5 | 0.3 | 4.0 | 14.0 | 4.0 | 0.1 | 0.6 | 1.2 | 1.4 | 15.4 | 14.6 | 112.1 | 1.3 | | |
| 平均 | 163.5 | 70.8 | 39.8 | 37.4 | 42.1 | 2.02 | 32.2 | 163 | 32.2 | 2.19 | 11.06 | 11.7 | 12.6 | 193 | 159 | 895 | 12.6 | | |
| 最大 | 167.1 | 89.5 | 58.7 | 44.8 | 51.8 | 3.04 | 39.0 | 128 | 39.0 | 2.45 | 12.06 | 13.4 | 15.6 | 223 | 187 | 1069 | 15.7 | | |
| 最小 | 157.2 | 63.7 | 26.5 | 24.8 | 28.9 | 1.47 | -- | -- | -- | 1.97 | 9.71 | 10.1 | 10.8 | 157 | 114 | 720 | 10.7 | | |
| 人数 | 12 | 12 | 9 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 8 | 10 | 11 | 11 | | |
| 標準偏差 | 3.3 | 6.5 | 10.7 | 5.8 | 7.2 | 0.5 | 4.7 | 19.2 | 4.7 | 0.1 | 0.7 | 1.0 | 1.4 | 20.5 | 24.0 | 90.1 | 1.3 | | |

注：連続リバウンドジャンプの「最大」には、RJ-indexの最大値およびその算出に用いた接地時間と跳躍高が記載されている。

表7 U20オリンピック育成男女混成競技者におけるフィットネスデータ

| 2002-2019年 U20男子・女子 | 身長 [cm] | 体重 [kg] | 垂直跳 | | | | 連続リバウンドジャンプ | | | | 立幅跳 跳躍距離 [m] | 立五段跳 跳躍距離 [m] | メディシンボール投 | | ハイスピードテスト | | ハイパワーテスト | |
|------------------------|------------|------------|-------------|-------------------|-------------------|------|-------------|----------------|-------------|-------------|--------------------|---------------------|-------------------|-------------------|----------------|--------------|------------|--------|
| | | | 反動無・腕無 | | 反動有・腕有 | | RJ-index | 接地時間 [msec] | 跳躍高 [cm] | 跳躍高 [cm] | | | 前方 投擲距離 [m] | 後方 投擲距離 [m] | 最高回転数 [rpm] | 平均パワー [W] | パワー [W] | パワー/体重 |
| | | | 跳躍高 [cm] | 腕無 跳躍高 [cm] | 腕有 跳躍高 [cm] | | | | | | | | | | | | | |
| 平均 | 179.8 | 71.3 | 45.4 | 52.6 | 58.7 | 3.00 | 155 | 46.4 | 46.4 | 14.7 | 15.2 | 228 | 200 | 1216 | 17.4 | | | |
| 最大 | 193.3 | 87.1 | 56.5 | 62.8 | 69.6 | 3.59 | 146 | 52.4 | 52.4 | 17.0 | 17.6 | 246 | 222 | 1508 | 20.8 | | | |
| 最小 | 170.0 | 57.7 | 36.3 | 46.8 | 47.6 | 2.44 | -- | -- | -- | 12.3 | 10.9 | 207 | 174 | 956 | 13.7 | | | |
| 人数 | 13 | 13 | 12 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 12 | 12 | 8 | 11 | 12 | 12 | | | |
| 標準偏差 | 6.9 | 7.4 | 4.4 | 4.4 | 5.9 | 0.3 | 11.3 | 3.9 | 3.9 | 1.1 | 1.5 | 11.4 | 12.8 | 170.5 | 2.0 | | | |
| 平均 | 167.9 | 58.9 | 40.8 | 37.5 | 43.0 | 2.35 | 149 | 35.0 | 35.0 | 11.2 | 11.8 | 193 | 163 | 840 | 14.1 | | | |
| 最大 | 173.5 | 62.2 | 56.2 | 41.2 | 46.9 | 2.70 | 149 | 40.2 | 40.2 | 12.8 | 13.2 | 218 | 187 | 957 | 16.5 | | | |
| 最小 | 163.8 | 54.9 | 32.0 | 31.6 | 36.9 | 1.82 | -- | -- | -- | 10.1 | 10.3 | 172 | 144 | 740 | 12.3 | | | |
| 人数 | 8 | 8 | 7 | 7 | 7 | 6 | 6 | 6 | 6 | 8 | 8 | 3 | 4 | 7 | 7 | | | |
| 標準偏差 | 3.1 | 2.3 | 8.2 | 2.8 | 3.3 | 0.3 | 7.3 | 3.6 | 3.6 | 0.8 | 0.8 | 19.0 | 15.5 | 66.9 | 1.3 | | | |

注：連続リバウンドジャンプの「最大」には、RJ-indexの最大値およびその算出に用いた接地時間と跳躍高が記載されている。

U20 オリンピック育成競技者長距離選手体力測定結果

丹治史弥¹⁾ 榎本靖士²⁾ 柴田篤志³⁾

1) 東海大学 2) 筑波大学 3) 筑波大学大学院

1. 目的

陸上競技長距離走パフォーマンスは有酸素性能力によっておおよそが推定できるため (Ingham et al., 2008), 多くの長距離選手が有酸素性能力を評価し, 走パフォーマンスの推定やトレーニングに応用している. これまでにも多くの研究によって, 様々な競技レベルにおける長距離選手の有酸素性能力が報告されている (Conley and Krahenbuhl, 1980; Costill et al., 1973; Fay et al., 1989).

近年, 高校生長距離競技者の競技レベルも向上しており, シニアの競技者と同等の走パフォーマンスを有する競技者も少なくない. しかし, 高校生競技者は身体の発達段階であるため, 必ずしもシニア競技者の有酸素性能力と同等とならないかもしれない. 高校生競技者の有酸素性能力を継続的に評価していくことは, 高校生競技者の指導者などにも重要な知見となるだろう. しかしながら, 高校生長距離競技者を対象とした有酸素性能力に関する報告は少ない.

そこで本報告では, 2019年8月末に実施されたU20 オリンピック育成競技者長距離合宿における有酸素性能力の結果を示すことを目的とした.

2. 方法

対象者はU20 オリンピック育成競技者長距離合宿に参加した高校生長距離競技者男性3名および女性3名であった (表1). すべての男性長距離競技者は2019年全国高校総体の1,500mまたは5,000mにおいて入賞をしていた. また, すべての女性長距離競技者は2019年全国高校総体の3,000mにおいて決勝進出をしていた.

対象者は, 有酸素性能力である最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_{2max}$) およびランニングエコノミー (RE) を測定するために, 傾斜1%に設定されたトレッドミル上で多段階漸増負荷走行テストを実施した.

多段階漸増負荷走行テストは1ステージ3分の走行を1分の休息をとりながら間欠的に実施し, 1ステージごとに20 m/min走スピードを漸増しながら, 血中乳酸濃度 (bLa) が4 mmol/lを超えるまで繰り返した. 初めのステージの走スピードは男性で250 m/min, 女性で230 m/minとした. bLaが4 mmol/lを超えたのを確認した後, 3分間の休息をとり, 続いて1分ごとに走スピードを10 m/min漸増させ, 疲労困憊に至るまで走行を実施した. 開始の走スピードはbLaが4 mmol/lを超えたステージの1つ前のステージの走スピードとした.

呼気ガス測定器 (AE-310-S, ミナト医科学社) によって, 酸素摂取量, 二酸化炭素排出量および

表1. 被験者特性

| | 年齢 | 身長 | 体重 | 体脂肪率 | シーズン | IAAF スコア |
|----|----------|-----------|----------|----------|-------------|----------|
| | (yr) | (cm) | (kg) | (%) | 最高記録 | |
| 男性 | 17.3±0.6 | 168.3±4.5 | 50.7±5.0 | 8.2±2.3 | 14'00"0±7"2 | 1000±24 |
| 女性 | 16.7±0.6 | 159.9±4.3 | 44.7±3.8 | 17.4±1.3 | 9'10"6±3"8 | 1070±12 |

シーズン最高記録, 男性: 5,000m; 女性: 3,000m; IAAF スコア, Spiriev (2017) を参照

表 2. 被験者の有酸素性および無酸素性能力の平均値

| | $\dot{V}O_{2max}$ (mL/kg/min) | RE (kcal/kg/km) | 2 mmol/L スピード ード (m/min) | 4 mmol/L スピード ード (m/min) | Lamax (mmol/L) |
|----|----------------------------------|--------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------|
| 男性 | 73.9±9.6 | 1.00±0.05 | 286±11 | 311±5 | 10.0±1.9 |
| 女性 | 67.6±2.3 | 0.99±0.07 | 266±15 | 286±13 | 8.4±3.2 |

換気量を測定した。bLa の測定にはラクテート分析装置 (Lactate Pro 2, Arkray 社) を用いた。

多段階漸増負荷走行テスト中の 30 秒ごとの移動平均値において最も高値を示した酸素摂取量を $\dot{V}O_{2max}$ とした。RE は男性で 270 m/min 走行時、女性で 250 m/min 走行時の酸素摂取量、呼吸交換比および bLa を用いて、Tanji et al. (2017) の方法によって算出した。また、各走スピードと bLa の関係から、Newell et al. (2007) の方法を用いて、bLa が 2mmol/l および 4mmol/l 時の走スピードを算出した。疲労困憊後の bLa の最高値を最大血中乳酸濃度 (Lamax) として評価した。

3. 結果および考察

対象者の $\dot{V}O_{2max}$, RE, bLa が 2 mmol/L および 4 mmol/L 時の走スピードおよび Lamax を表 2 に示した。高校生長距離競技者のトップレベルは男性よりも女性で IAAF のスコアが高値であったことから、女性の方がよりシニアの走パフォーマンスに到達していることが伺える。

いくつかの文献によって、男性シニア長距離競技者の $\dot{V}O_{2max}$ は 70 mL/kg/min 以上で優れていると主張されている (Beattie et al., 2017; 丹治・鍋倉, 2017)。本報告ではトップレベルの高校生長距離競技者においても $\dot{V}O_{2max}$ が 70 mL/kg/min を超えていることが示された。一方 RE は、さらに走パフォーマンスに優れたシニア長距離競技者の報告 (5,000 m, 13' 52 ± 20; Yamanaka et al., 2020) と比較すると、高校生長距離競技者の方が劣っていることが明らかとなった。したがって、高等学校を卒業後は RE を改善するトレーニングを多く実施していくことが、さらなる走パフォーマンスの向上に貢献すると推察される。

女性シニア長距離競技者の文献は少なく、比較できるデータは乏しい。しかし、走パフォーマンスに優れた女性シニア中距離競技者 (1,500 m, 4' 12 ± 4; IAAF スコア, 1111 程度) の有酸素性能

力を報告した Ingham et al. (2008) と比較すると、 $\dot{V}O_{2max}$ は同等で、RE は本報告の対象者の方が優れていた。したがって、さらに別の能力が走パフォーマンスの優劣を決定している可能性がある。

走パフォーマンスに優れたシニア長距離競技者では RE に加えて、スプリント能力が重要であることが実証されている (Yamanaka et al., 2020)。加えて、シニア中距離競技者では Lamax も走パフォーマンスの推定に貢献することが報告されている (Tanji et al., 2018)。著者らはこれらの先行研究を踏まえて、有酸素性能力に加えて Lamax やスプリント能力などが長距離走パフォーマンスに重要であると仮説を立てて、今後も調査を行っていくつもりである。これらの知見の蓄積によって、U20 カテゴリーからシニアカテゴリーへの移行に伴うトレーニングそのものの変化に役立てられればと考えている。

4. まとめ

本報告は、トップレベルの高校生長距離競技者がシニア長距離競技者と同等の $\dot{V}O_{2max}$ を有していることを示した。加えて、女性は RE もシニア長距離競技者と同等な可能性がある。一方で男性は RE がシニア長距離競技者よりも劣っている可能性が明らかとなった。

以上のことから、今後は高校生長距離競技者に対して、有酸素性能力に加えて無酸素性能力やスプリント能力なども評価しながら、走パフォーマンス向上の知見を蓄積させていく必要がある。

参考文献

- Beattie K, Carson BP, Lyons M, Kenny IC. (2017) The effect of maximal- and explosive-strength training on performance indicators in cyclists. *Int J Sports Physiol Perform.* 12: 470-480.

- Conley DL, Krahenbuhl GS. (1980) Running economy and distance running performance of highly trained athletes. *Med Sci Sports Exerc*, 12: 357-360.
- Costill DL, Thomason H, Roberts E. (1973) Fractional utilization of the aerobic capacity during distance running. *Med Sci Sports*, 5: 248-252.
- Fay L, Londeree BR, Laforntaine TP, Volek MR. (1989) Physiological parameters related to distance running performance in female athletes. *Med Sci Sports Exerc*, 21: 319-322.
- Ingham SA, Whyte GP, Pedlar C, Bailey DM, Dunman N, Nevill AM. (2008) Determinants of 800-m and 1500-m running performance using allometric models. *Med Sci Sports Exerc*, 40: 345-350.
- Newell J, Higgins D, Madden N, Cruickshank J, Einbeck J, McMillan K, McDonald R. (2007) Software for calculating blood lactate endurance markers. *J Sports Sci*, 25: 1403-1409.
- Spiriev B. (2014) IAAF scoring tables of athletics, revised edition. IAAF.
- 丹治史弥・鍋倉賢治 (2017) 大学生ランナーにおける3年間の有酸素性能と走パフォーマンスの変化の関係. *ランニング学研究*, 28: 17-28.
- Tanji F, Shirai Y, Tsuji T, Shimazu W, Nabekura Y. (2017) Relation between 1,500-m running performance and running economy during high-intensity running in well-trained distance runners. *J Phys Fitness Sports Med*, 6: 41-48.
- Tanji F, Tsuji T, Shimazu W, Nabekura Y. (2018) Relationship between 800-m Running performance and aerobic and anaerobic energy metabolism capacities in well-trained middle-distance runners. *Int J Sport Health Sci*, 16: 70-76.
- Yamanaka R, Onuma H, Ando R, Tanji F, Ohya T, Hagiwara M, Suzuki Y. (2020) Sprinting ability as an important indicator of performance in elite long-distance runners. *Int J Sports Physiol Perform*, 15: 141-145.

2019年全国高等学校総合体育大会入賞選手を対象としたアンケート調査 —食生活とコンディションの関連性について—

須永 美歌子¹⁾ 貴嶋 孝太²⁾ 森丘 保典³⁾ 真鍋 知宏⁴⁾
山本 宏明⁵⁾ 酒井 健介⁶⁾ 杉田 正明⁷⁾

- 1) 日本体育大学児童スポーツ教育学部 2) 大阪体育大学体育学部 3) 日本大学スポーツ科学部
4) 慶應義塾大学スポーツ医学研究センター 5) 北里大学メディカルセンター
6) 城西国際大学薬学部 7) 日本体育大学体育学部

1. はじめに

アスリートがコンディションを整え、競技パフォーマンスを向上させるためには、毎日のトレーニングと食事によってエネルギーの出納バランスがとれていることが非常に重要となる。しかしながら、近年、アスリートにおいて過度な食事制限またはオーバートレーニングによるエネルギー不足が問題となっており、それによって引き起こされる健康障害が懸念されている。

アメリカスポーツ医学会では1992年に女性アスリートに多く発症する健康障害として、摂食障害、無月経、骨粗鬆症をFemale athlete triad (FAT; 女性アスリートの三主徴)と定義づけた¹⁾。さらに、2007年には、利用可能エネルギー不足(摂食障害の有無は問わない)、視床下部性無月経、骨粗鬆症が三主徴であると変更されている²⁾。女性アスリートの三主徴は、それぞれ単独ではなく相互に関連している。利用可能エネルギーは、摂取したエネルギー量のうち、運動やトレーニングに必要なエネルギー

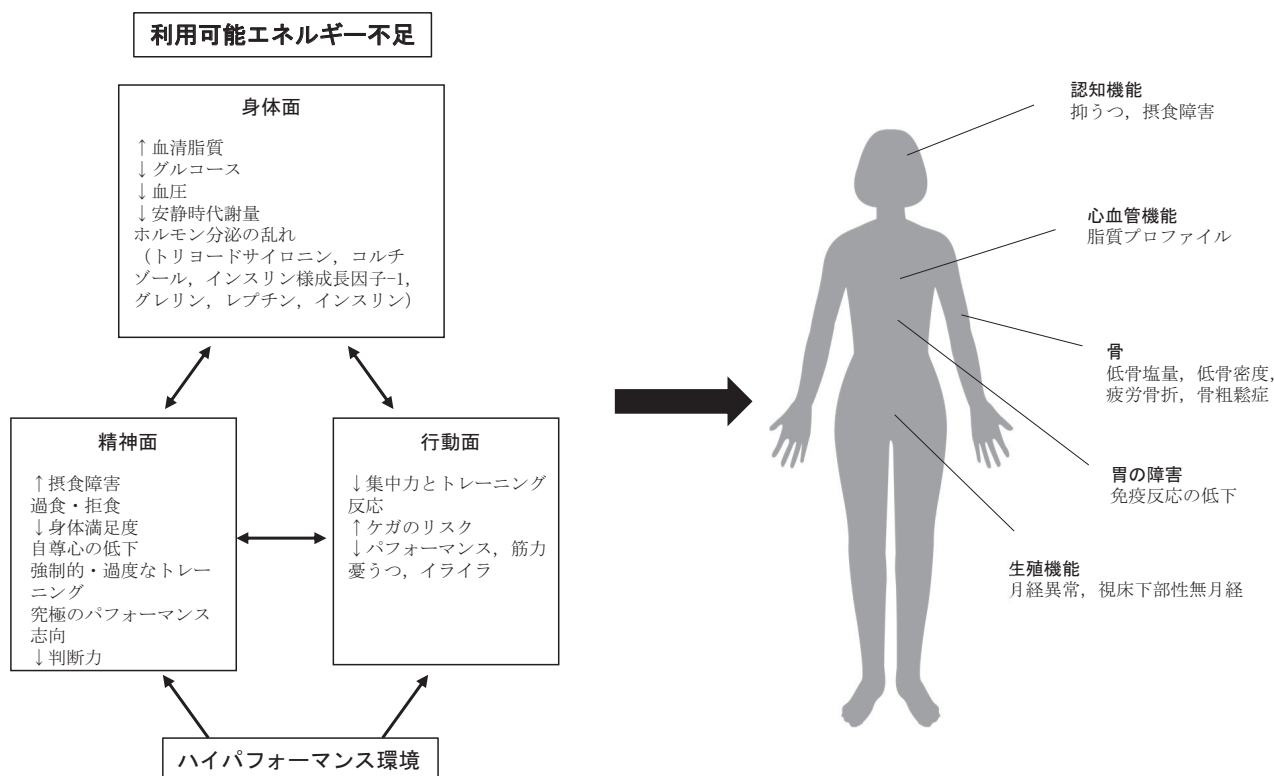


図1 利用可能エネルギー不足による健康障害がパフォーマンスに与える影響
(Logue D et al, 2018 を引用改変)

以外の成長、免疫機能、体温調節などの身体機能を維持するために利用できるエネルギー量と定義されている²⁾³⁾。

さらに、国際オリンピック委員会 (IOC) は、2004年にスポーツにおける相対的エネルギー不足 (Relative Energy Deficiency in Sport; RED-S) に関するコンセンサスステートメントを発表している⁴⁾。RED-Sは女性だけでなく、男性アスリートにおいても様々な健康問題を誘発し、スポーツパフォーマンスの低下につながる事が多くの研究によって報告されている⁵⁾ (図1)。

十分なエネルギー量を食事から摂取できない状態で激しいトレーニングに取り組むことが女性アスリートの三主徴やRED-Sが引き起こされる主要因であることは明らかであり、それらの予防および改善のためには、食事によるエネルギー量の確保が最も重要であることが指摘されている⁴⁾。本稿では、高校生トップアスリートを対象に食生活とコンディションについて実態調査を行い、その関連性について検討した結果について報告する。

2. 方法

2019年度全国高等学校総合体育大会 (インターハイ) の陸上競技入賞選手 424名を対象に質問紙を用いて調査を実施し、有効な回答が得られた106名 (男子50名、女子56名) を対象とした。回収率は、24.8%であった。

3. 結果および考察

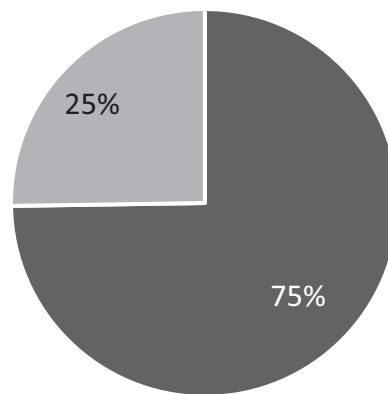
3-1. 食事環境について

朝食、昼食、夕食のそれぞれについて、摂取頻度を調査したところ、1名を除いたほぼ全員が毎日三食を摂っていることがわかった (表1)。2014年に文部科学省が実施した「睡眠を中心とした生活習慣と子供の自立等との関係性に関する調査」では、「朝食を毎日食べる」と回答した割合が高校生では81.9%であった⁶⁾。このことから、一般の高校生に比べて朝食摂取頻度は高いといえる。

間食については、「毎日摂る」または「時々摂る」を合わせると95名であり全体の90.5%であった。アスリートは、運動習慣のない者に比べて、エネルギー消費量が非常に高いため、三食の食事だけではエネルギー摂取量がエネルギー需要量に満たないこともある。したがって、間食を摂っているのは補食としての意味合いが強いのではないかと考えられ

表1 食事の頻度

| n=106 | 朝食 | 昼食 | 夕食 | 間食 |
|--------|-----|-----|-----|----|
| 毎日摂る | 105 | 106 | 106 | 21 |
| 時々摂る | 1 | 0 | 0 | 74 |
| 毎日摂らない | 0 | 0 | 0 | 9 |



■ 充分にとれている ■ 不足気味

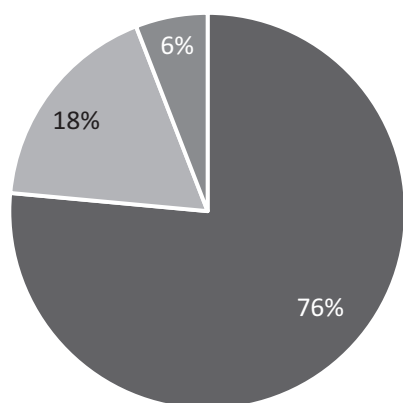
図2 睡眠について

る。相対的エネルギー不足を予防するためにも三食に加えて間食を摂ることは、非常に有用である。本調査では、エネルギー摂取量の調査を行っていないが、食事摂取頻度からみると、インターハイ入賞者は利用可能エネルギーの確保ができていない可能性が高いと考えられた。

3-2. コンディション (体調) について

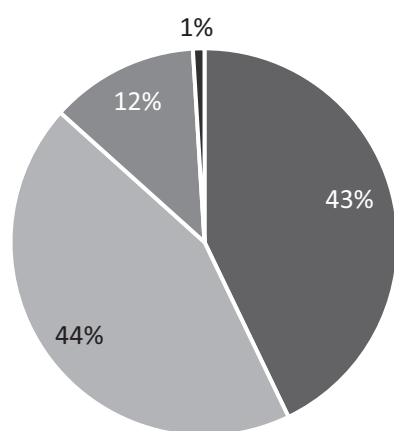
睡眠に関する調査結果を図2に示した。睡眠が「充分にとれている」と回答した者は77名であり全体の75%であった。一方、「不足気味」と回答した者は26名であり、全体の25%であった。2014年に文部科学省が実施した「睡眠を中心とした生活習慣と子供の自立等との関係性に関する調査」では、「寝る時間が十分だと思うか」との質問に対し、31.5%の高校生が「十分ではない」と回答している⁶⁾。したがって、睡眠不足を自覚している割合は、一般の高校生に比べてインターハイ入賞者はやや低かった。Fullagar et al.⁷⁾は、睡眠の質および量の減少は、自律神経系の不均衡を招き、オーバートレーニング症候群に似た症状を誘発する可能性があることや炎症性サイトカインの増加によって免疫系の機能不全を促進する可能性があることを示唆している。睡眠とパフォーマンスに関連があることは多く示されており、睡眠時間を十分にとれるような生活習慣を身に付けることが望ましい。

排便に関する調査結果を図3に示した。全体では



■ 毎日する ■ 毎日ではない ■ 数日しないことがある

図3 排便について



■ かなりある ■ ある ■ ふつう ■ あまりない

図4 食欲について

「毎日する」が76%、「毎日ではない」が18%、「数日しないことがある」6%であった。しかし、男女別にみると、男子では「毎日する」が98%、「毎日ではない」が2%、「数日しないことがある」0%であったのに対して、女子は「毎日する」が72.7%、「毎日ではない」が21.8%、「数日しないことがある」5.5%であった。南ら⁷⁾は、高校生を対象に、排便回数及び食生活や食物摂取量に関する意識についてアンケート調査を行ったところ、毎日排便のある割合は、男子(54%)に比べて女子(27%)のほうが低いという結果を報告している。一般の高校生と比較すると、毎日排便の習慣がある割合は男女ともに高い割合を示したが、女子に便秘傾向がみられるという点に関しては、同様の結果を示した。

食欲に関する調査結果を図4に示した。食欲が「かなりある」43%、「ある」44%、「ふつう」12%、「あまりない」1%であった。このことから、食欲については、特に問題がなく、摂食障害を有する可能性

表2 普段の体調で気になる点

| n=106(複数回答可) | (人) | (%) |
|-----------------|-----|------|
| アレルギーがある | 29 | 27.4 |
| イライラすることがある | 22 | 20.8 |
| 疲れがとれにくい | 21 | 19.8 |
| 立ちくらみをよく起こす | 18 | 17.0 |
| 腰痛もちである | 17 | 16.0 |
| ストレスがたまっている | 14 | 13.2 |
| めまいをすることがある | 14 | 13.2 |
| 気分ムラがある | 13 | 12.3 |
| 太りやすい | 12 | 11.3 |
| 不眠気味である | 12 | 11.3 |
| 慢性的疲労感を感じる | 12 | 11.3 |
| バテやすい | 11 | 10.4 |
| 風邪を引きやすい | 8 | 7.5 |
| ケイレン・足つりを起こしやすい | 7 | 6.6 |
| 体調を崩しやすい | 7 | 6.6 |
| 怪我をしやすい | 6 | 5.7 |
| 練習・試合中に集中力に欠ける | 6 | 5.7 |
| 下痢気味である | 5 | 4.7 |
| 低血圧である | 5 | 4.7 |
| 過食気味である | 4 | 3.8 |
| 筋肉痛を起こしやすい | 4 | 3.8 |
| 口内炎が起きやすい | 2 | 1.9 |
| 太りたくないのに吐いてしまう | 1 | 0.9 |

は低いことが示された。一方、食欲があまりないと回答した者に関しては、調査タイミングがインターハイの直後であり8月であったことから、暑さや疲労によって食欲低下を引き起こした可能性があると考えられる。

普段の体調で気になる点については、「アレルギーがある」が最も多く、続いて「イライラすることがある」「疲れがとれにくい」などが挙げられ、身体的な不調だけでなく、精神的な不調もみられた(表2)。本調査の結果だけでは、疲れがとれにくい原因について特定することは難しいが、障害予防のためにも睡眠時間や排便の有無、食欲の変化について観察し、コンディショニング方策を立てる必要があると考えられた。

3-3. 食習慣および食嗜好について

食習慣に関しては、毎日食べる食品について調査を行った。「穀物(ごはん・パン・麺)を毎食食べる」と回答した割合が95.3%と最も高かった(表3)。一方、「魚を毎日食べる」と回答した割合が30.2%最も低かった。また、「乳製品を毎日食べる」割合は、71.6%と一般の高校生と比較して高い割合を示した。原田ら⁹⁾は、高校生を対象に食物摂取頻度と不定愁訴の関連について検討し、主食と乳製品を

多く摂っている生徒の方がイライラや立ちくらみを感じていないと報告している。また、食嗜好については、「好き嫌いがある」という回答が最も多く、39.6%を占めた（表4）。

4. まとめ

本研究では、インターハイ入賞者を対象に食生活とコンディションに関するアンケート調査を実施し、それらの関連性について検討した。

1. インターハイ入賞者は1名を除いたほぼ全員が毎日三食摂っており、欠食頻度が低く、規則正しい食習慣を有した。
2. 睡眠不足を自覚している割合は27%であり、一般の高校生に比べて低かった。
3. 毎日排便の習慣がある割合は、一般の高校生と比較すると男女ともに高い割合を示したが、女子に便秘傾向がみられるという点に関しては、同様の結果を示した。
4. 普段の体調で気になる点については、「アレルギーがある」が最も高い割合を示した。

良いコンディションを持続させるためには食事環境や食習慣だけではなく、多くの因子が相互に関連する。しかしながら、エネルギー不足が健康障害を引き起こすことは明らかであり、規則正しい食習慣を身に付けることはアスリートにとって望ましい。エネルギー不足の状態は、短期間で回復することは難しく、思春期を迎える前からの予防が非常に重要となってくる。長期的に体重や体脂肪率を測定し、その変化を目安に食事量やトレーニング量を調整してエネルギーバランスを整えることがパフォーマンス向上にも有効であるといえる。

参考文献

- 1) Yeager KK, Agostini R, Nattiv A, Drinkwater B, The Female Athlete Triad: Disordered Eating, Amenorrhea, Osteoporosis, Med Sci Sports Exerc, 25 (7), 775-7, 1993
- 2) Nattiv A, Loucks AB, Manore MM, Sanborn CF, Sundgot-Borgen J, Warren MP: American College of Sports Medicine. American College of Sports Medicine position stand. The female athlete triad. Med. Sci. Sports Exerc. 39, 1867-1882, 2007

表3 食習慣について

| n=106(複数回答可) | (人) | (%) |
|--------------------|-----|------|
| 穀物(ごはん・パン・麺)を毎食食べる | 101 | 95.3 |
| 肉を毎日食べる | 80 | 75.5 |
| 乳製品を毎日食べる | 80 | 75.5 |
| 果物(果汁ジュース含む)を毎日食べる | 60 | 56.6 |
| 色の濃い野菜を毎日食べる | 59 | 55.7 |
| 魚を毎日食べる | 32 | 30.2 |

表4 食嗜好について

| n=106(複数回答可) | (人) | (%) |
|------------------------|-----|------|
| 好き嫌いがある | 42 | 39.6 |
| 食欲があり2人以上簡単に食べてしまう | 25 | 23.6 |
| ジュースや炭酸飲料を1日何回も飲む | 18 | 17.0 |
| チョコレートやケーキをよく食べる | 16 | 15.1 |
| スナック菓子やポテトチップスをよく食べる | 12 | 11.3 |
| カップラーメンやインスタント食品をよく食べる | 11 | 10.4 |
| ファーストフードをよく利用する | 9 | 8.5 |
| 食事が不規則で食べ方にムラがある | 8 | 7.5 |
| 小食である | 2 | 1.9 |
| 野菜は嫌いなのでほとんど食べない | 2 | 1.9 |
| おかずを残すことがよくある | 1 | 0.9 |

- 3) De Souza MJ, Nattiv A, Joy E, Misra M, Williams NI, Mallinson RJ, Gibbs JC, Olmsted M, Goolsby M, Matheson G: Expert Panel. 2014 Female Athlete Triad Coalition Consensus Statement on Treatment and Return to Play of the Female Athlete Triad: 1st International Conference held in San Francisco, California, May 2012 and 2nd International Conference held in Indianapolis, Indiana, May 2013. Br. J. Sports Med., 48(4), 289, 2014
- 4) Mountjoy M, Sundgot-Borgen J, Burke L, Carter S, Constantini N, Lebrun C, Meyer N, Sherman R, Steffen K, Budgett R, Ljungqvist A.: The IOC consensus statement: beyond the Female Athlete Triad--Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S). Br J Sports Med. 48(7), 491-497, 2014
- 5) Danielle Logue, Sharon M Madigan, Eamonn Delahunty, Mirjam Heinen, Sarah-Jane Mc Donnell, Clare A Corish, Low Energy Availability in Athletes: A Review of Prevalence, Dietary Patterns, Physiological Health, and Sports Performance. Sports Med, 48 (1), 73-96, 2018

- 6) 文部科学省, 睡眠を中心とした生活習慣と子供の自立等との関係性に関する調査, http://www.mext.go.jp/a_menu/shougai/katei/1357460.htm, 2014 (参照日: 2018年1月10日)
- 7) Fullagar HH, Skorski S, Duffield R, Hammes D, Coutts AJ, Meyer T. Sleep and athletic performance: the effects of sleep loss on exercise performance, and physiological and cognitive responses to exercise. *Sports Med.* 45(2):161-86. 2015
- 8) 南 夏代, 平井 和子, 武副 礼子, 岡本 佳子, 高校生の排便頻度と食生活に関する意識調査, *栄養学雑誌*, 49 (6), 307-314, 1991
- 9) 原田 昭子, 矢埜 みどり, 岸田 恵津, 大瀬良知子, 高校生の食物摂取状況と不定愁訴との関連, *日本食生活学会誌*, 22 (3), 213-221, 2011

2019年全国高等学校総合体育大会入賞選手を対象としたアンケート調査 —相対的年齢効果や運動・スポーツ歴に注目して—

渡邊將司¹⁾ 上地 勝¹⁾ 森丘保典²⁾ 須永美歌子³⁾ 貴嶋孝太⁴⁾ 真鍋知宏⁵⁾
山本宏明⁶⁾ 酒井健介⁷⁾ 杉田正明³⁾

- 1) 茨城大学教育学部 2) 日本大学スポーツ科学部 3) 日本体育大学体育学部
4) 大阪体育大学体育学部 5) 慶應義塾大学スポーツ医学研究センター
6) 北里大学メディカルセンター 7) 城西国際大学薬学部

はじめに

日本陸上競技連盟は、全国高等学校総合体育大会(インターハイ)の入賞者を対象にアンケート調査を実施してきた。この調査の意義は、高校トップ選手達の運動・スポーツ歴、生活・食習慣(サプリメント摂取)、心身のコンディショニング、既往歴などを知ることで、高校生競技者の競技力向上や競技人口拡大に向けての有益な情報を得ることにある。

本稿では、2019年度に開催されたインターハイで入賞した選手の相対年齢効果および運動・スポーツ歴等について報告するとともに、2017年度及び2018年度のデータと比較する。

方法

対象は2019年度インターハイの陸上競技入賞者424名であった。表彰式終了後に、本調査の目的を文書で説明した。アンケートは無記名式で、郵送でもって後日回収した。得られたサンプルは男子50名、女子55名であった(回収率24.8%)。表1には、分析対象者の特徴を示した。2017年度と2018年度のデータはすでに報告された結果から引用した(森丘ほか2017, 2018)。

結果と考察

表2は、分析対象者の誕生月分布である。全体的

表1 分析対象者の特徴

| | | 学年(年) | 身長(cm) | 体重(kg) | 競技開始年齢(歳) |
|----------|----------|---------|-----------|-----------|-----------|
| 男子(n=50) | 平均値±標準偏差 | 2.6±0.5 | 175.4±6.5 | 68.3±14.1 | 12.6±2.1 |
| | 最大値 | 3 | 190 | 107 | 16 |
| | 最小値 | 1 | 162 | 49 | 7 |
| 女子(n=55) | 平均値±標準偏差 | 2.7±0.6 | 162.9±5.7 | 55.1±11.3 | 12.3±1.8 |
| | 最大値 | 3 | 178 | 91 | 16 |
| | 最小値 | 1 | 153 | 39 | 7 |

表2 分析対象者の誕生月分布

| | 男子(%) | | | 女子(%) | | |
|--------|-------|------|------|-------|------|------|
| | 2017 | 2018 | 2019 | 2017 | 2018 | 2019 |
| 4-6月 | 29.6 | 31.7 | 34.0 | 24.1 | 28.1 | 32.7 |
| 7-9月 | 29.6 | 36.6 | 36.0 | 29.9 | 26.0 | 20.0 |
| 10-12月 | 27.2 | 14.9 | 16.0 | 29.9 | 22.9 | 16.4 |
| 1-3月 | 13.6 | 16.8 | 14.0 | 16.1 | 22.9 | 30.9 |

4月1日生は1-3月に含まれる

表3 多様なスポーツ経験に対する肯定感

| | 男子(%) | | | 女子(%) | | |
|------------|-------|------|------|-------|------|------|
| | 2017 | 2018 | 2019 | 2017 | 2018 | 2019 |
| 大変役に立った | 32.9 | 38.1 | 35.6 | 42.9 | 48.8 | 54.3 |
| 役に立った | 38.6 | 40.5 | 37.8 | 40.0 | 35.7 | 39.1 |
| どちらともいえない | 22.9 | 19.0 | 17.8 | 14.3 | 14.3 | 6.5 |
| 役に立たなかった | 5.7 | 2.4 | 6.7 | 2.9 | 1.2 | 0.0 |
| 全く役に立たなかった | 0.0 | 0.0 | 2.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

表4 子どもの頃の運動遊び頻度

| | 男子(%) | | | 女子(%) | | |
|-------------|-------|------|------|-------|------|------|
| | 2017 | 2018 | 2019 | 2017 | 2018 | 2019 |
| よく遊んでいた | 81.8 | 83.2 | 88.9 | 86.3 | 86.3 | 77.6 |
| 普通 | 16.9 | 15.8 | 8.9 | 12.5 | 11.6 | 20.4 |
| あまり遊んでいなかった | 1.3 | 1.1 | 2.2 | 1.3 | 2.1 | 2.0 |

に見て、4-6月生が多く1-3月生が少ないことが窺える。その傾向は女子より男子の方が強い。2019年度に関しては、女子において1-3月生の割合が30.9%とこれまでよりも高い割合を示したことが特徴と言えよう。その背景にはインターハイ以外の大会の年齢区分の変更が挙げられるかもしれない。2018年度からU20・U18日本選手権（旧日本ジュニア・ユース選手権）やジュニアオリンピックの年齢区分が、4月2日～4月1日（つまり学年）から、1月1日～12月31日に変更された。その変更により、学年区分では最も年齢の低かった1～3月生者が最も年齢が高くなった。これまで全国レベルでなかなか活躍できなかった選手がインターハイ以外の全国大会で経験や自信を獲得して入賞につながったのかもしれない。この点については、今後も注視していく必要があるだろう。

表3は、多様なスポーツに対する肯定感の分布である。2019年度は男子で73.4%、女子で93.4%が「大変役に立った」「役に立った」と回答しており、その傾向は年によって大きな差がない。多様な運動経験が役に立ったと感じる理由として2つ挙げられる。1つは種目選択である。走・跳・投運動は、多くのスポーツにおいては「手段」であるが、陸上競技では「目的」となる。様々なスポーツを経験する中で、「走る能力が優れている」「投げる能力が優れている」等を感じ、自分の特性に合った陸上競技を選択できたという考え方である。もう1つは、運動の応用・洗練である。種目は異なっても体力要素が似ているスポーツは複数ある。例えばバスケットボールやサッカーでは高い持久力が要求されるた

め、長距離走で役に立つだろうし、器械体操を通して修得した身体操作能力は棒高跳びで役に立つだろう。しかし、どのように役に立つのかはアンケートで尋ねていなかったもので上記の理由は推測に過ぎない。今後、詳細な調査が必要であろう。

表4は、子どもの頃の運動遊び頻度である。2019年度は男子で88.9%、女子では77.6%が「よく遊んでいた」と回答しており、その傾向は年によって大きな差がない。これは日本代表選手を対象にして実施した調査結果と似ている（渡邊ほか 2015）。将来的に全国トップクラスに至るにあたって子どもの頃の運動遊びは重要な要素の1つなのかもしれない。運動遊びは、様々な体力・運動能力の獲得に貢献するだけでなく、他者と協力すること、逆境を乗り越える力（レジリエンス）など、精神的な成長にも貢献する（引原ほか 2018）。特に大人が関与しない非組織的な遊びでは、子ども達だけでルールを作ったり工夫することも多い。しかし、非組織的な遊びができる環境や機会が乏しいのが現状である。これに関しては大人が整備しなければならないことであろう。

表5は、小学校期の運動有能感の分布である。2019年度において短距離走と持久走は50%以上の者が「速かったと思う」と回答していた。一方で跳躍力と投能力は「普通だった」と回答するものが多かった。この傾向は他の年もほぼ同じであるが、跳躍力が「高かったと思う」と回答した者の割合が低下した点はこれまでと異なる。走る行為は様々な運動場面で現れるため、小学生の時には多くの者が自身の走能力の高さを感じていたものと思われる。跳

表5 小学校期の運動有能感

| | 男子(%) | | | 女子(%) | | |
|---------------|-------|------|------|-------|------|------|
| | 2017 | 2018 | 2019 | 2017 | 2018 | 2019 |
| 速かったと思う | 62.8 | 69.7 | 62.0 | 83.9 | 88.4 | 74.5 |
| 短距離走 普通だったと思う | 23.1 | 26.0 | 24.0 | 11.5 | 10.5 | 21.8 |
| 遅かったと思う | 14.1 | 4.0 | 14.0 | 4.6 | 1.1 | 3.6 |
| 速かったと思う | 46.2 | 50.5 | 56.0 | 64.4 | 62.1 | 61.8 |
| 持久走 普通だったと思う | 30.8 | 33.3 | 24.0 | 27.6 | 29.5 | 21.8 |
| 遅かったと思う | 23.1 | 16.2 | 20.0 | 8.0 | 8.4 | 16.4 |
| 高かったと思う | 57.7 | 51.5 | 48.0 | 49.4 | 63.2 | 43.6 |
| 跳能力 普通だったと思う | 28.2 | 38.4 | 40.0 | 41.4 | 32.6 | 49.1 |
| 低かったと思う | 14.1 | 10.1 | 12.0 | 9.2 | 4.2 | 7.3 |
| 高かったと思う | 33.3 | 33.3 | 26.0 | 39.1 | 43.8 | 25.5 |
| 投能力 普通だったと思う | 47.4 | 44.4 | 44.0 | 28.7 | 33.3 | 45.5 |
| 低かったと思う | 19.2 | 22.2 | 30.0 | 32.2 | 22.9 | 29.1 |

表6 競技開始の動機（内的要因）

| | 男子(%) | | | 女子(%) | | |
|---------------------|-------|------|------|-------|------|------|
| | 2017 | 2018 | 2019 | 2017 | 2018 | 2019 |
| 自分に合った競技だと思ったから | 54.3 | 46.0 | 66.0 | 54.0 | 57.3 | 57.4 |
| 楽しそうで面白そうだったから | 42.0 | 42.0 | 46.0 | 48.3 | 56.3 | 61.1 |
| ただ何となく | 22.2 | 20.0 | 0.0 | 18.4 | 18.8 | 0.0 |
| かっこよく見えたから | 13.6 | 19.0 | 18.0 | 20.7 | 14.6 | 22.2 |
| うまくなれそうだったから | 14.8 | 14.0 | 14.0 | 17.2 | 12.5 | 14.8 |
| 一流選手になれると思ったから | 3.7 | 9.0 | 14.0 | 3.4 | 3.1 | 7.4 |
| 自分を鍛えるのに良い競技だと思ったから | 11.1 | 8.0 | 8.0 | 8.0 | 4.2 | 7.4 |
| その他 | 8.6 | 10.0 | 10.0 | 10.3 | 16.7 | 14.8 |

複数回答可

能力は、走運動より他者と比較する場面が限定的であるため、自分が優れているのかどうかを感じる機会が少なく「普通」と回答した者が多かったのかもしれない。投運動は走・跳運動と運動形態が全く異なるため、別な要素と考えられる。つまり、走ったり跳んだりすることは得意でも投げるのは苦手というパターンがあるということであるが、2019年度はこれまでよりも投能力が「高かったと思う」と感じていた者の割合が低下した。子どもの体力低下に関しては以前から指摘されているが、投能力の低下は他の項目よりも著しい。その結果を反映している可能性もある。

表6は、競技開始の動機（内的要因）の分布である。「自分に合った競技だと思ったから」や「楽しそうで面白そうだから」という項目の割合が高いのはどの年も変わらない。しかし2019年度では「ただ何となく」という項目を回答した者がいなかった。

その代わり他の項目で割合を増やしているものがあることから、陸上競技を始める内的な動機がやや明確になっているのではないかと考えられる。

表7は、競技開始の動機（外的要因）の分布である。2019年度は男女とも「指導者やコーチにすすめられて」と回答している者の割合が最も高く、他の年も同様の傾向であった。しかし2019年度は「先輩や友達にすすめられて」の割合が低下した一方で「母親にすすめられて」「父親にすすめられて」「直接、試合をみて」の割合が高まっていた。また、女子では「兄弟にすすめられて」の割合が高まったことから、陸上競技を始めるにあたって、家族の影響が強まっている可能性が考えられる。つまり、何らかのきっかけで陸上競技の試合を家族と見て、本人が魅力や適性を感じたことに加えて、家族に勧められるといった働きかけが増えているのかもしれない。つまり、陸上競技の普及活動が将来的な選手発掘・育

表7 競技開始の動機（外的要因）

| | 男子(%) | | | 女子(%) | | |
|----------------------|-------|------|------|-------|------|------|
| | 2017 | 2018 | 2019 | 2017 | 2018 | 2019 |
| 指導者やコーチにすすめられて | 30.9 | 34.7 | 34.0 | 35.6 | 34.4 | 29.1 |
| 先輩や友人にすすめられて | 23.5 | 23.5 | 18.0 | 20.7 | 25.0 | 10.9 |
| 学校の先生にすすめられて | 19.8 | 21.4 | 10.0 | 19.5 | 28.1 | 20.0 |
| 母親にすすめられて | 13.6 | 17.3 | 16.0 | 26.4 | 19.8 | 25.5 |
| 父親にすすめられて | 19.8 | 16.3 | 20.0 | 16.0 | 17.7 | 21.8 |
| 特にきっかけはない | 18.5 | 16.3 | 24.0 | 16.1 | 11.5 | 16.4 |
| 直接, 試合を見て | 14.8 | 11.2 | 16.0 | 9.2 | 9.4 | 16.4 |
| テレビ, 新聞, 雑誌などの情報によって | 8.6 | 10.2 | 8.0 | 6.9 | 3.1 | 1.8 |
| 兄弟にすすめられて | 9.9 | 8.2 | 2.0 | 13.8 | 15.6 | 18.2 |
| 親戚にすすめられて | 2.5 | 4.1 | 2.0 | 1.1 | 2.1 | 1.8 |
| タレント発掘事業に参加して | - | 0.0 | 0.0 | - | 1.0 | 0.0 |
| その他 | 6.2 | 1.0 | 8.0 | 3.4 | 3.1 | 3.6 |

複数回答可

成につながる可能性を示唆している。

おわりに

インターハイで入賞するような高いレベルの競技者は、幼い頃から専門的にというよりも様々な遊びやスポーツ活動の中から自分に合ったスポーツとして選択していった経緯を窺うことができた。その背景には、本人が高い有能感を持っていたり、彼らの適性を見出すことができた人々に出会えたという運もあったのかもしれない。一連の調査で、選手の特徴は様々であることがわかり、全国でトップクラスに至るまでの決定的な条件を発見することはできなかった。

今回の調査は回収率が24.8%と低く、以前の調査でも50%前後であった。また比較となるデータを収集していなかったことから、インターハイに入賞する選手とそうでない選手との違いを明らかにすることはできなかった。今後は、回収率を高める具体的な方策を考えるとともに調査対象を拡大する必要があるだろう。

参考文献

- 引原 有輝, 渡邊 将司, 川勝 佐希, 石井 好二郎 (2018) 子どもにおける運動・スポーツ活動と運動遊びの意義とはーヘルスアウトカムとの関連から探るー. 体力科学, 67 (1) : 83-98.
- 森丘保典, 須永美歌子, 貴嶋孝太, 真鍋知宏, 山本宏明, 酒井健介, 杉田正明 (2017) 2017年全国

- 高等学校総合体育大会入賞選手を対象としたアンケート調査ー相対的年齢効果や運動・スポーツ歴に注目してー. 陸上競技研究紀要, 13 : 231-233.
- 森丘保典, 須永美歌子, 貴嶋孝太, 真鍋知宏, 山本宏明, 酒井健介, 杉田正明 (2018) 2018年全国高等学校総合体育大会入賞選手を対象としたアンケート調査ー相対的年齢効果や運動・スポーツ歴に注目してー. 陸上競技研究紀要, 14 : 220-223.
- 渡邊将司, 森丘保典, 伊藤静夫, 三宅聡, 繁田進, 尾縣貢 (2015) 日本代表選手の青少年期における運動遊び経験およびトレーニング環境ー日本代表選手を対象にした軌跡調査ー. 陸上競技研究紀要, 11 : 4-15.

2019年全国高等学校総合体育大会入賞選手を対象としたアンケート調査 — ストレス対処能力 SOC について —

山本 宏明¹⁾ 須永 美歌子²⁾ 貴嶋 孝太³⁾ 森丘 保典⁴⁾
真鍋 知宏⁵⁾ 酒井 健介⁶⁾ 杉田 正明⁷⁾

1) 北里大学メディカルセンター 2) 日本体育大学児童スポーツ教育学部

3) 大阪体育大学体育学部 4) 日本大学スポーツ科学部

5) 慶應義塾大学スポーツ医学研究センター 6) 城西国際大学薬学部 7) 日本体育大学体育学部

1. はじめに

日本陸上競技連盟科学委員会では、効果的な強化育成と選手の健康管理、パフォーマンス発揮に貢献することを目的に、高校生世代においてトップに位置する選手を対象とした包括的な調査を実施している。2019年全国高等学校総合体育大会（インターハイ）の陸上競技において入賞を果たした選手全員を対象に、過去の運動経験、体調、食生活、心身の状態、スポーツ障害、サプリメント使用等についてのアンケート調査を実施した。このうち心理的側面においては、2017年よりストレス対処能力（Sense of Coherence：SOC）についての調査を行っている。本稿は2019年活動報告として、本調査の背景と目的、使用しているSOCに関する説明、2017～2019年までの進捗状況および今後の調査計画について報告する。

2. 本調査の背景とこれまで得られた結果

2.1 高校生エリートアスリートのストレス対処能力を検証する

本調査の対象はインターハイ陸上競技8位以内入賞者（男女計424名）であり、全国の高校生陸上競技者数が11万人以上（2017年度日本陸上競技連盟高校生登録会員数114,409人）であることを考えると、種目ごとの競技人口を無視して概算すれば同年代で上位0.4%に相当する競技成績を挙げたエリートアスリートと言える。一般に、高い競技成績をあげるアスリートには、必然的に厳しい鍛錬に耐えることができる精神力、忍耐力が備わっていると信じられているが、その裏付けとなるデータは乏しいの

が現状である。彼らの精神的な耐久力、すなわちストレス対処能力に着目した調査を2017年より開始した。

2.2 ストレス対処力概念 SOC (Sense of Coherence) について

SOCは過酷なストレス環境下において健康を維持する力を指す概念である¹⁾。健康社会学者 Aaron Antonovsky が体系化したものであり“首尾一貫感覚”と直訳される。Antonovsky は1970年代初頭、イスラエルの強制収容所への収監経験を持つ女性を対象とした調査を通じて、過酷な体験を通じて多くの人々が健康状態を損なう中、同じ経験をしているにもかかわらず健康状態を良好に保つ群があることに注目した。そこから強いストレスやトラウマに耐えて心身の健康保持に成功している人々が共通して備えている健康要因（salutary factor）の研究を進め、ストレス対処力概念（Sense of Coherence）が見いだされた。^{2) 3)}

SOCは自身の生きている世界は“筋道が通っている”（coherent）という感覚とされ、以下の三要素で構成される。第一は“把握可能感”（sense of comprehensibility）、第二は“処理可能感”（sense of manageability）、第三は“有意味感”（meaningfulness）である。把握可能感は自分の置かれている状況が理解できるという感覚、処理可能感は「何とかなる」という感覚、有意味感はストレスへの対処も含めて意味ややりがいを感じられるという感覚を指す。SOCの評価尺度がAntonovskyにより1987年に作成され⁴⁾、日本語版を山崎らが作成し妥当性が検証されており⁵⁾、国内外において数多くの研究に用いられている。

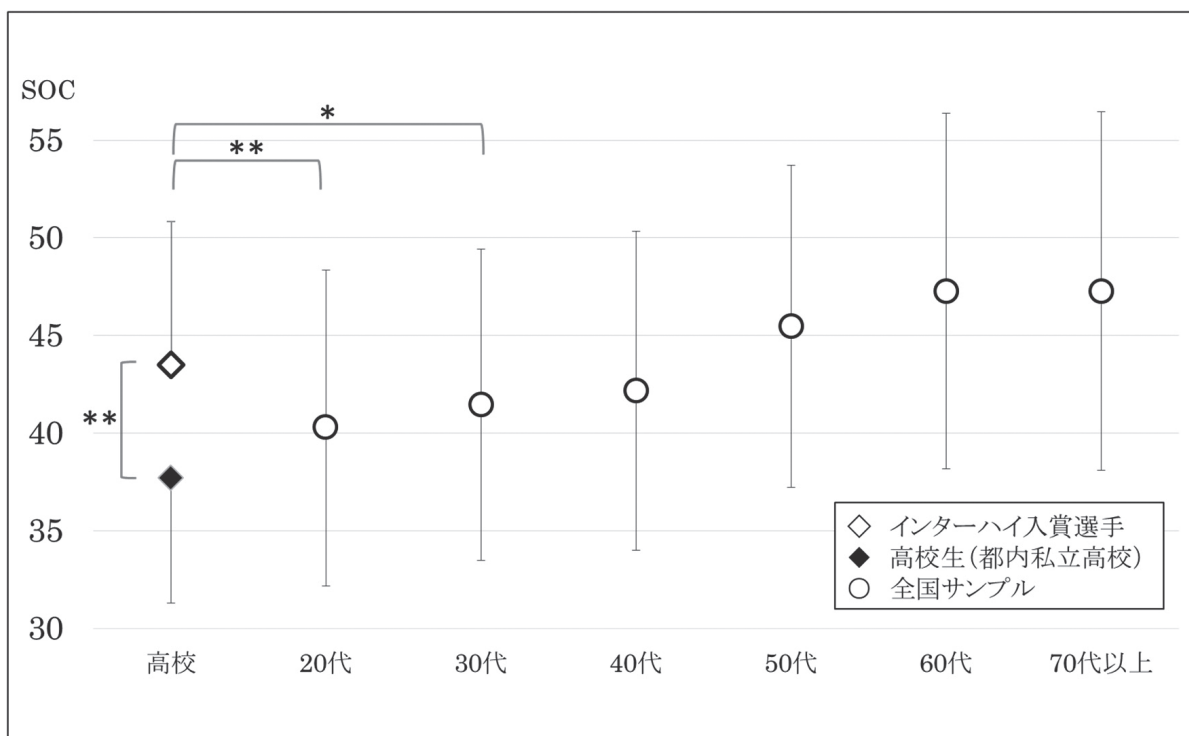


図1 インターハイ入賞選手と高校生平均および全国サンプルのSOC-13（5件法版）平均得点
 高校生（都内私立高校）および全国サンプルの値は戸ヶ里らの文献5）6）のデータを基に作成。
 error barは標準偏差（SD）を示す。有意差あり：**（ $P < 0.01$ ）、*（ $P < 0.05$ ）

本調査対象のインターハイ陸上競技入賞選手は、結果への重圧や周囲からの期待、高強度の運動による身体的ストレスなど、一般生徒が通常の生活で曝露しないような高い心身の負荷への対処に成功しているものと考えられる。このことから一般生徒と比較して高いストレス対処力SOCを持っているとの仮説を立て、SOCに関する調査を開始した。

2.3 研究方法

質問紙を用いた無記名アンケート調査を各年で横断的に行っている。アンケートは性別、学年、過去の競技歴や運動経験、食生活およびサプリメントの使用、運動に関連した障害歴などについて包括的な内容で構成されており、その一部として健康保持およびストレス対処概念であるSense of Coherence (SOC)の質問票を加えている。SOCは成人の全国平均サンプル値と一般高校生の平均値が存在している日本語版13項目5件法版SOCスケール⁵⁾を継続して用いている。

2.4 インターハイ入賞選手と一般高校生のストレス対処力SOCの比較

2017年インターハイ入賞選手と一般高校生のSOCを比較したところ、インターハイ入賞者の方が有意に高いSOCを持つとの結果が得られたことをスポー

ツ精神医学誌 (Vol. 15、2018年)⁷⁾ および2018年度本活動報告にて報告した。[2017インターハイ入賞選手43.51(7.34)、一般高校生37.7(6.4)、 $P = 0.01 \times 10^{-16}$]。2017年インターハイ入賞選手のSOCは年代別の全国成人平均値（20代、30代）と比較しても有意に高く、40代成人と有意差がない水準であった（図1）⁷⁾。より信頼性の高い結果を得るために標本数が必要であるため、2018、2019年度も同様の調査を行い、結果の評価分析を進めている。

2.5 SOCとオーバートレーニングの関係

アスリートが日々ハードトレーニングを積みの中で、オーバートレーニングと呼ばれる不調に陥ることがある。これを心身にかかるストレス負荷への対処が一時的に破綻した状態と考え、ストレス対処力SOCが予防因子として作用するとの仮説のもと、2017年度データの分析を行った。2017年度調査におけるオーバートレーニング既往有無とSOCの関係を（表1）に示すが、有意差は認めなかったものの数値としてはオーバートレーニング既往のない群の方が高いSOC平均値を示した。単年の数値では標本数が小さいために有意差が表れていない可能性もあり、引き続き2018、2019年度も調査を継続した上での統計的検討を予定している。

表1 オーバートレーニングの既往有無とSOCスコア(2017年度)

| | n | SOC | (SD) | P |
|----------------|-----|-------|--------|--------|
| オーバートレーニング既往あり | 36 | 42.14 | (7.36) | 0.14 † |
| オーバートレーニング既往なし | 118 | 44.22 | (7.34) | |

†; Welch's t test 有意差なし

3. 2017～2019年度調査実施状況と今後の分析計画

3.1 各年度調査実施状況

各年、対象となるインターハイ陸上競技入賞選手、男女計424名にアンケート調査を実施した。SOCとオーバートレーニングの既往に関して完全な回答が得られたのは、2017年度154名(有効回答率36.3%)、2018年度195名(46.0%)、2019年度102名(24.1%)であった。

3.2 今後のデータ分析計画

高校生エリートアスリートのストレス対処力は一般水準よりも高いのか、ストレス対処力SOCはオーバートレーニング発症に予防的に作用するのか、この二点の臨床的疑問に注目して3年分のデータ解析を進めていく予定である。2017年度調査より、インターハイ入賞選手のSOC水準が一般高校生や20～30代一般成人と比べて高いという結果が得られており、2017～2019の3年分の数値を用いて標本数を上げることで、エリートアスリートの特徴をより明確に表す結果が得られる可能性があると考えられる。またオーバートレーニングとSOCの関係については、2017年度単年の結果では標本数が少なく評価が難しかったため、3年間の調査で得られた数値を基に再度評価を行う。いずれについても評価、検討の後、学術誌および本活動報告にて結果を公表する予定である。

4 文献

- 1) Antonovsky A. Health, Stress, and Coping : New Perspective on Mental and Physical Well-Being. Jossey-Bass, 1979
- 2) 山崎善比古, 戸ヶ里泰典, 坂野純子, 編 ストレス対処能力SOC. 有信堂高文社, 2008
- 3) 山崎善比古, 健康への新しい見方を理論化した健康生成論と健康保持能力概念SOC. Qual Nurs 1999;5 :825-832.

- 4) Antonovsky A. Unraveling the Mystery of Health: How People Manage Stress and Stay Well. San Francisco: Jossey-Bass. 1987. (山崎喜比古, 吉井清子, 監訳. 健康の謎を解く—ストレス対処と健康保持のメカニズム. 東京: 有信堂高文社. 2001)
- 5) 戸ヶ里泰典, 山崎善比古, 13項目5件法版Sense of Coherence Scaleの信頼性と因子的妥当性の検討. 民族衛生, 71, 168-182, 2005
- 6) 戸ヶ里泰典, 小手森麗華, 山崎喜比古ら, 高校生におけるSense of Coherence (SOC)の関連要因の検討—小・中・高の学校生活各側面の回顧的評価とSOCの10か月間の変化パターンとの関連性—. 日健教誌; 17(2) :71-86, 2009
- 7) 山本宏明, 杉田正明, SOC尺度を用いたインターハイ陸上競技入賞者のストレス対処力の検討. スポーツ精神医学, 15, 11-17, 2018

エキサイティング メディカル レポート

エキサイティング メディカル レポート 目次

| | |
|---|-----|
| 第 23 回アジア陸上競技選手権大会帯同報告 | 304 |
| 田中健太, 鎌田浩史, 真鍋知宏 | |
| 第 17 回世界陸上競技選手権大会帯同報告 | 307 |
| 田原圭太郎, 鎌田浩史 | |
| 第 43 回世界クロスカントリー選手権大会帯同報告 | 310 |
| 加藤穰 | |
| 第 4 回 IAAF 世界リレー大会帯同報告 | 312 |
| 田原圭太郎, 鎌田浩史 | |
| 高校生長距離走選手における骨代謝マーカーの年間変化 | 314 |
| 鳥居俊, 堀明日香, 上久保利直, 飯塚哲司 | |
| 陸上短距離 (100・200m) 強化指定選手における国立スポーツ科学センターの | 317 |
| メディカルチェックでみられたスポーツ外傷・障害について | |
| 安羅有紀, 鎌田浩史, 中嶋耕平, 喜多村祐里, 奥平修三, 奥脇透, 半谷美夏, 福田直子, 西田雄亮, 中田研, 祖父江友孝 | |
| 競歩選手の骨密度 | 321 |
| 鳥居俊, 塚原由佳 | |
| 2020 東京オリンピックに向けたメディカルサポート | 324 |
| 田原圭太郎, 山澤文裕 | |

第23回アジア陸上競技選手権大会帯同報告

田中健太¹⁾²⁾³⁾ 鎌田浩史¹⁾²⁾³⁾ 真鍋 知宏¹⁾⁴⁾

- 1) 公益財団法人日本陸上競技連盟 医事委員会 2) 筑波大学 医学医療系整形外科
3) 筑波大学附属病院 つくばスポーツ医学健康科学センター
4) 慶應義塾大学 スポーツ医学研究センター

【はじめに】

アジア陸上競技選手権大会は2年に1度開催され、第23回大会がカタール・ドーハにおいて2019年4月21日(日)～24日(水)の日程で開催された。

アジア選手権はアジアのトップを決める大会であると同時に、国際陸連(大会時の名称、現在はワールドアスレティックス)によるランキング制度が開始されており、2020年東京オリンピック出場を目指す上で、上位入賞すれば大きなポイントを獲得できる重要な大会である。本大会は派遣選手数が78名と多かったため、前回大会の内科・整形外科の医師2名体制に整形外科を1名加えて3名で帯同することとなった。

【選手団】

選手団は、男子選手38名、女子選手40名、スタッフ36名の総勢114名により構成され、添乗員1名が帯同した。代表発表後、ヒラメ筋肉ばなれ、後脛骨筋損傷、虫垂炎のために3名の男子選手



が派遣中止(欠場)となった。メディカルメンバーは、内科・整形外科の医師3名およびトレーナー4名の体制であった。(左下・写真)

【渡航前】

代表に選出された78名の選手に対して行ったメディカルアンケートを渡航前に回収した(一部欠場の選手を含む)。障害やケアが必要な部位を有する選手は多かったが、渡航前の確認の必要となる外傷や障害のある選手には電話やメールなどで連絡を取り、状態の確認や、画像検査情報の取り寄せなどを行った。また、使用している薬品、サプリメントについても確認した。

【渡航および現地の状況】

渡航は4月17日出発と4月18日出発の2隊に分かれた。羽田空港を出発し、約12間のフライトを経てドーハ空港に到着した。到着後はバスで直接ホテルに移動した。安全面・交通事情によるトラブルはみられなかった。宿泊地のホテルはプール・ジム・エステなどのついたリゾートホテルで、清潔な環境であった。また、徒歩15分ほどのところに大型スーパーマーケットがあり、競技開始前のオフや競技終了後の空き時間に利用した選手が多かった。食事はバイキング形式で、皿やスプーンやフォークの衛生状態は保たれている印象であった。カタールは水道水を飲むことができる国とされており、ホテルで提供される水やジュース、生野菜も問題なく食べられた。飲料水としてペットボトルが提供されていたので、水道水を飲用した人は少なかったものと思われる。居室にはいくつかのツインベッドルームと共用のリビングがあり、リビングにベッドを置

いてメディカルチームの活動を行った。

天候は晴れの日が多く、雨が降ったのは大会2日目の1時間程度であった。日中の気温は30～37℃であった。事前練習期間の方が暑く大会2日目以降は比較的気温は上がらなかった。乾燥地帯であり、自覚しているよりも脱水に傾きやすいと考えられるため、積極的に水分を摂取するように呼び掛けた。

練習会場は投擲とその他の競技で分かれており、それぞれ専用シャトルバスで20分、10分程度の場所にあった。バスは15～25分に1本運行されており、どの時刻のバスに乗るかを前日に報告しあって乗車した。メディカルチームの移動時刻はそれに合わせて決めた。バスは定刻に遅れることが多く、乗る予定のバスを間違える選手が少数みられたが、専用シャトルバスなので大きな問題はなかった。トラック・跳躍の練習場には日陰が少なく、午前中の練習では競技場内に4台準備されていたテントに陣地をとって練習を行ったが、選手は暑さに参っている様子だった。

メイン競技場はバスで20分ほどのところに位置していた。競技会場にはメインスタジアム、これに隣接するサブトラック、少し離れた場所に投擲練習場があった。投擲練習場にはメイン競技場から専用バスで移動した。サブトラックにはプレハブ小屋が設置されており、内部はパーテーションで仕切られていた。日本チームは初日の朝に一番乗りで2ブースを確保して陣地とした。また、サブトラックにはメディカルルームや公式のトレーナーブース、アイスバス4台が用意されていた。(下・写真)

メイン会場内は冷房が効いており WBGT23℃になるようコントロールされているとのことであった。日中のサブトラックでの暑さに対して、メイン競技場内は肌寒さを感じる程の環境であり、特にフィールド競技の選手は上着を着込んで競技順を待っていた。



【医務活動】

ホテルでは居室のリビングスペースにベッドを4台並べての施術が可能であった。ドクターバッグもドクター・トレーナルームに置き、診察や治療は主にリビングスペースで行った。渡航前に外傷や障害で問題があった選手の確認をトレーナルーム、または練習会場で行い、試合前のケアの方法等に関して医師・トレーナー間で確認した。試合前のコンディションチェックアンケートで問題のある選手に対して、医師・トレーナー間で確認して、ケアを行った。

事前練習において女子選手において持ち込みの大腿四頭筋肉ばなれのため、満足に走ることができず、出場不能と判断した。事前アンケートなどで状態を把握しきれていなかったものであり、反省点といえる。試合当日は、ドクター3名(鎌田・真鍋・田中)で、メインスタジアムとサブトラックを分担して、選手の状態を把握した。期間中のべ35件の事例に対して対応した。このうち内科症例は16件(13人)、整形外科および外科症例が19件であった。内科症例のうち7名が腸炎と思われる下痢や軟便の症状であった。現地の衛生状態は良好であり、発生数も多くないことから食事の問題ではないと考えられた。整形外科および外科症例の内訳は、大会期間中に起こった外傷が7件、慢性障害およびその悪化12件であった。うち4名の選手が競技を棄権した。帰国後にJISSや地域の病院にてスムーズに診察していただき、情報共有できるように、紹介状を作成し選手に手渡した。

【ドーピングコントロール】

本大会はアジア陸連主催大会であるが、ドーピング検査に関しては、Athletics Integrity Unitが取り仕切っていたため、検体数が従来よりも明らかに多かった。また、検査はカタールアンチ・ドーピング機関(QADC, Qatar Anti-doping Commission)のDCOが担当しており、従前の紙の書類ではなく、iPadを用いていた。DCOはiPadを用いた書類作成に慣れておらず、手間取ることも度々あった。検査キットは見慣れているBerlinger社のものであった。

競技開始前の検査は競技会外検査として実施され、採血のみであった。ドーピングコントロールステーションは日本選手団の多数が宿泊している建物の2階にあり、日本陸連事務局やメディカルルーム

と同じ階に位置していたため、ドクターによる付き添いが必要な際には直ちに対応出来た。2日間で8名の日本人選手が血液検体の採取を受けた。種目によって検査項目が異なっており、末梢血採血管1本のバイオリジカルパスポートもあれば、末梢血1本に加え生化学採血管2本とさまざまであった。BCOによっては採血手技が雑な印象に見える人もいて、いつもより痛かったという意見を述べる選手もいた。

競技開始後の検査はメインスタジアム1階にあるドーピングコントロールステーションで実施された。大きな待合室の奥に3ヶ所の作業室があり、廊下を挟んで別の部屋にも5ヶ所の作業室があった。この廊下は検査対象以外の選手や検査以外の関係者も通行しており、特段のセキュリティはなかった。競技会（時）検査はすべて尿検体であった。4日間でのべ34名の日本人選手が競技会検査を受けた。最終日は19名が検査対象となり、ドクター3名体制で対応した。検査の控えは、iPadに入力した選手のメールアドレスに検査終了直後にPDFファイルで送られていた。

【総括】

ポイント制が開始されて選手にとって、その重要性が増したといえる本大会は、過去最多人数での参加となった。参加人数の増加に伴ってメディカルスタッフも増員して臨んだが、大きな問題なく大会を終えることができた。大会成績は、金メダル5個、銀メダル4個、銅メダル9個の計18個のメダル獲得であり、前回は大幅に上回った。

メディカルサポートとしては派遣前に選手情報を共有し、選手にコンタクトをとっていたことにより、現地での対応をスムーズに行うことができた。一方、気になる選手には積極的に電話などにて問い合わせ等行ったが、状態の把握は完全ではなく、今後の課題といえる。今回は選手が多いため、内科医1名・整形外科医2名という体制で競技場と選手村に分散した選手らそれぞれへの対応、予想外に多かったドーピング検査への対応を適切に行うことが出来た。

今後は事前のメディカルチェックを充実させるために、各都道府県陸協医事委員会と連携し、地方在住の選手の情報も詳しく得られるように体制の整備を続けていく必要がある。

第17回世界陸上競技選手権大会帯同報告

田原圭太郎¹⁾

鎌田浩史²⁾

1) 多摩総合医療センター 整形外科

2) 筑波大学医学医療系 整形外科

1. はじめに

第17回世界陸上競技選手権大会は2019年9月27日～10月6日の日程でカタールのドーハにおいて行われた。ドクター2人は選手団第一陣と一緒に9月22日に渡航し、大会最終日までメディカルサポートを行った。選手団はスタッフ43名、選手59名（男子42名・女子17名）の総勢102名で結成され、その内メディカルサポートとしては医師2名トレーナー4名が帯同した（写真1）。

2. 派遣前準備

マラソン・競歩の代表は早い時期から代表が決定していたが、トラック&フィールドの代表選手の決定は大会の直前となることから、大会直前の代表決定後からのメディカルサポートでは対応が後手になり、大会でのパフォーマンス低下の大きな要因につながり試合結果に影響することがある。早期より選手のコンディショニングチェックを行うことで、外傷・障害や内科的疾患に対する早期からの対応や症状の悪化を防ぐことが出来ると考え、選手のコン

ディショニングの状況や怪我の有無の把握のために、代表候補選手を含めて大会の約3カ月前より週間コンディショニングチェックを行った。コンディショニングチェックはgoogleフォームで作成した質問をLINE@で選手へ1週間毎に配信し回答をチェックした。必要があれば直接選手へ状況の確認を行った。また、代表決定後にメディカルアンケートを送付し内服薬やサプリメントなどのチェックを行った。

今回、ケガで代表を辞退した選手も含めると29名の選手が外傷や障害・内科的疾患があり、約半数(29/61=47.5%)の選手が何らかのメディカル的な問題を抱えていた。脛骨疲労骨折と膝靭帯損傷で2名の選手が出場を辞退した。9月中旬にハムストリング肉ばなれを受傷した選手は、高圧酸素・MRIフォローを行い状態はかなり改善したが、十分なパフォーマンスを発揮できる状況には至らず試合は棄権した。9月上旬に内転筋肉ばなれを受傷した選手は、高圧酸素・ケアを行いMRIで経過を観察し試合に出場できた。また、両アキレス腱炎とハムストリング肉ばなれを抱えていた選手には5月に行われた世界リレーから継続的にメディカルサポートを行った。足底腱膜炎がでた選手に対し大会前にJISSで体外衝撃波を行い、症状軽減し試合にも影響でない状態に出場できた。大腿骨疲労骨折を受傷した選手と恥骨炎の選手ならびに大腿骨頭骨軟骨障害の選手はJISSでMRIフォローを行い、トレーニング量の調節など状態の悪化のないよう大会に向けてアドバイスを行い、試合に出場することができた。また、近年海外を拠点とする選手が多くなっているが、背部痛があった選手に対してもLINE@を使用したコンディショニングチェックを大会の3カ月前より行うことで、選手の状況の確認や症状の悪化を防ぐためのアドバイスを行い、症状の悪化なく試合に出場することが出来た。内科的な疾患としては、大会の2カ月前に肝機能障害と貧血を発症した選手に対



写真1 メディカルスタッフ



写真2 食事



写真3 ホテル内のトレーナールーム

し、発症直後の早期から様々な相談とメディカルサポートを行うことができ、肝機能や貧血のコンディションも改善し試合に出場することができた。

3. 渡航および現地の状況

トレーナー1人は先発隊で、ドクター2人とトレーナー1人は選手団第一陣と一緒に9月22日に渡航し、その後順次選手が合流、残りのトレーナー2人は第一陣より3日後に合流した。

現地はととても蒸し暑く昼の気温は40℃近くあり、競歩・マラソンが行われた深夜でも気温は30℃を超え湿度は80%前後でありWBGTは30℃を超えていた。しかし、後半に行われた男子マラソンでは気温が30℃を下回り湿度は50%前後、WBGTは25℃程度で蒸し暑さは少なかった。

宿泊先のホテルは高級ホテルであり、食事(写真2)やシャワーなどの衛生ともに特に問題はなかった。

4. 医療活動

選手数が多かったが、医師2名・トレーナー4名で協力し選手へのサポートを行うことができた。

前述したケガがある選手のメディカルサポートを行った。慢性的な腰痛を持っている選手やその他ハムストリングの張り感なども含めて訴える選手が多く、最良のパフォーマンスが発揮できるようにトレーナーを中心にケアを行った(写真3)。

試合3週間前に右臀部痛がでた選手は梨状筋周囲がかたくなっておりケアと痛み止めの内服で症状は軽減し試合出場できた。

50km 競歩は気温が30℃を超え湿度も80%と高



写真4 サブトラックに用意されたアイスバス

くWBGTも30℃前後と厳しいコンディショニングであった。その中で下痢症状を起こした選手が多く、ドリンクが一因と考えられた。ドリンクの温度は選手が設定したドリンクの温度になるように、スタッフの先生方が温度を測定して渡していた。冷たいドリンクを摂取しすぎると下痢症状が起こる可能性が高く、2020東京オリンピックは札幌での開催になったものの気温は25～30℃になることも予想されるため、特に競歩ではドリンクの温度や量などの給水の方法について戦略的に検討する必要があると感じ

た。

試合の前日の朝練習で熱中症のような症状が少し出た選手がいたが、その後全く問題ない程度に改善、試合も出場し特に問題はなかったが、試合後の夜間に嘔吐と下痢が出現。体動困難となり、大会組織委員会へ連絡し救急車で病院受診。救急車内で生食と paracetamol（アセトアミノフェン）を点滴。病院受診後に外来で生食、ciprofloxacin（抗菌薬）、dansetron（制吐剤）、ketorolac（NSAIDs）を点滴。症状少しはよくなるものの体動困難は変わらず入院となった。翌日の朝は症状軽快し、歩行も可能となり退院。その後も特に症状再燃なく帰国した。

5. ドーピングコントロール

試合前に競技会外検査が行われ、全例血液検査であった。通告があった選手もいたが、対象者のリストを各国に配り対象者は検査できるホテルに出向くという不適切な通告もあり、対象となっているか気が付かず試合の当日に検査に行ったという他国の選手もいたと耳にした。採血の手技に問題があり何度も針を動かされたため採血後に腫脹が出現した選手がいたため、採血する際の手技（腕の置き方や採血者の立ち位置など）を我々がチェックし失敗のないように監視した。登録は紙でなくタブレットで行っていたが、この手際が悪くかなりの時間待たされることになった。

競技会検査は尿検査がほとんどであったが、2名の選手は試合翌日に血液検査があった。この血液検査の通達も1名（A選手）は本人へ通達があったが、もう1名（B選手）はB選手本人への通達はなく、A選手へB選手にも伝えておいてくれという通達であった。その他、試合後の尿検査の際にタブレットの入力の不手際で representative の箇所に同伴者のサインができず抗議した。

男女混合マイルリレーで日本新記録を樹立したため、ドーピングコントロールを申請し検査を行った。

6. 成績

男子 20km 競歩の山西選手と男子 50km 競歩の鈴木選手が金メダル、男子 4 × 100m リレーが銅メダル、入賞 5（男子幅跳び橋岡選手、男子 20km 競歩池田選手、女子マラソン谷本選手、女子 20km 競歩岡田選手・藤井選手）という結果であった。

7. まとめ

選手数が多かったが、スタッフの皆様と協力し大きな事故なく終了することができた。代表候補選手を含めた週間コンディショニングチェックによる選手の状態の把握を大会の約3カ月前から行うことができ、大会に向けたコンディショニングの調整・相談ができ非常に有用であった。東京オリンピックに向け継続したメディカルサポートを行っていきたいと考えている。

短距離では肉ばなれが多く、その予防に関して対策を講じる必要があると感じた。また、アキレス腱炎で悩む選手も多く、その予防や治療に関してもさらに踏み込んだメディカルサポートを行っていく必要がある。

第43回世界クロスカントリー選手権大会帯同報告

加藤 穰

日本陸上競技連盟医事委員

1. はじめに

2019年3月30日に開催された第43回世界クロスカントリー選手権大会に帯同した。本大会は1973年に第1回を開催以降、毎年開催されていたが、2011年より隔年開催となっている。今回はデンマークの第2都市であるオーフスのモースゴー先史博物館にて開催された。派遣選手は本大会に先立って行われた日本陸上競技選手権大会クロスカントリー競走（通称福岡クロカン）の上位者より選出された。

IAAFのセバスチャン・コー会長によれば、今後クロスカントリー大会を発展させることを望んでおり、同種目については今後オリンピック競技にあげることも検討しているとのことであった。

2. 選手団の構成

河野匡強化委員会会長距離・マラソンディレクターをヘッドコーチとし、コーチ5名、医師1名、トレーナー2名、渉外1名、選手22名（男子12名、女子10名）の計32名の選手団であった。横川浩 JAAF 会長も渡丁され、大会前には選手団への激励もして頂いた。

3. 派遣前準備

派遣選手決定後に、派遣文書とともにメディカルアンケートを送付した。メディカルアンケートによる回答は全員から得られた。シニア2名で生薬を含む医薬品の使用が認められたほか、ジュニア1名でメチルエフェドリンを含む感冒薬（花粉症薬として使用）の使用が認められたため、注意喚起を行った。その他、花粉症薬の継続を希望するものが数名いたが、ステロイドを内服しているものはいなかった。

大会事務局よりEU圏内にもちこまれる薬についての制限が規定される旨のアナウンスがあり、違法

薬や多幸化薬、ドーピング指定対象薬については持ち込みが禁止されるほか、それ以外の薬についても使用用途を明らかにする必要があるとのことであった。そのため、救護バックに入れる医薬品を必要最小限度のものに限定し、それぞれについて使用用途ごとに携行薬証明書をつけるかたちで現地入りした。それなりに手間のかかる作業であったが、入国後本書式を事務局スタッフより照会されるようなことはなく、結局は一般的な注意事項の案内であったものと思われる。

4. 渡航および現地の状況

成田発パリ経由でビルン空港に到着した。その後も1時間程度のバスの移動があり、現地ホテルまでの所要時間は20時間程度を要した。気候は日本というところの初春といったところで、気温は10℃弱であったが、海沿いの街で風が強く、体感的にはそれ以下に感じた。天候によるところも大きく、大会にむけて徐々に気温は上昇し、大会当日はむしろ暖かさを感じるくらいであった。ホテルはオーフス駅近くにあり、飲料水などを購入するマーケットも徒歩圏内であった。練習場所も公園が南北それぞれ約2-3km離れたところにあり、走っていくにはちょうどよい場所であったと思われる。食事はビュッフェ形式で、衛生的で肉も野菜も多く、特に栄養面で困るようなことはなかったが、選手の中には試合前に持参のご飯を食べていたものもいた。

5. 現地の医療活動

大会会場は博物館周回コースとなっていた（図1）が、博物館自体が傾斜地に建てられており（図2）、その片屋根がその傾斜地に沿った形となっているが、その屋根もまたコースの一部になっているというかなり奇抜なコースであった。試走に参加し

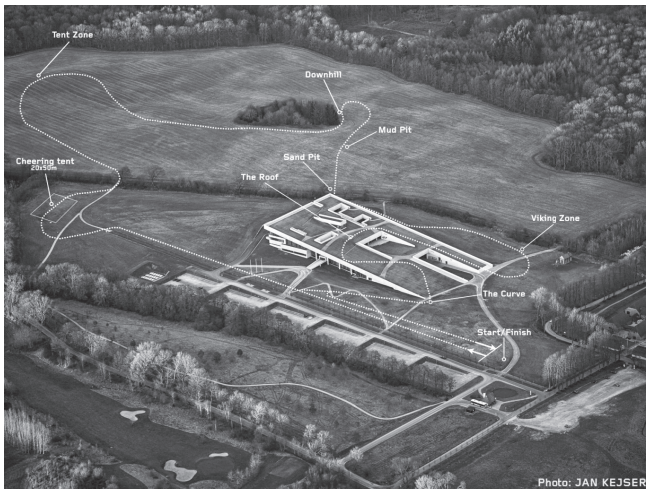


図1. コース概略図. スタートから長い登りがあり、ほぼ平坦のないコースを走る。途中で水場と泥沼による不整地がある。

たコーチ曰く、この屋根の勾配は「箱根の遊行寺の坂より急」とのことであり、同区間がコースの急所となることが想定された。それ以外にもアップダウンが著しく平坦な箇所がない、3000mSCのような水場がある、泥でずぶずぶになった不整地区間があるなど、日本でみられるクロスカンントリー大会とは一線を画しており、まさにエクストリームレースというような様相を呈していた。

大会自体はアフリカ勢優勢で進行し、特にシニア男子はほぼ坂道のコースにもかかわらず、1kmあたり3分をきるレベルで走っており、実力の違いを実感させる内容であった。

大会会場とは徒歩で数分程度の場所にテントスペースがあり、選手団はそちらで待機した。試合前のウェイトングスペースはスタート地点に隣接されていたが、そちらは選手以外は入れない設定となっていた。救護所はコースを挟んだ対極側に位置しており、観客もいたりして導線が悪く、試合後気分のすぐれない選手はゴール後選手団の待機しているテントスペースに運ぶ方が速かった。女子で2名ゴール後に倒れこんだが、テントで休息しているうちに回復した。外傷は軽症1名で、創洗浄・保護で対応可能であった。

6. ドーピングコントロール

競技会前検査で女子1名が血液検査の対象となった。競技会検査の対象となったものはいなかった。



図2. モースゴー先史博物館の屋根もコースの一部であるが、ここが一番の傾斜地となっている。

7. まとめ、反省

派遣前より足を痛めたジュニア男子が1名おり、筋性の痛みではないことが想定され、試合の出場を断念した。事前アンケートでも故障の報告はなく、本件についてはメディカルチームで対応することが困難であった。選手本人もまだ若いということと、進路に関係するためどうしても試合に出たいという意思が強かったのだろうと推察されるが、もう少し事前のコミュニケーションが必要であったと反省している。

今回は大会事務局より持ち込み薬剤の制限に関するアナウンスがあり、持ち込む薬剤の種類や量をかなり制限したが、結果として本事項が遠征中に話題になることはなかった。薬を制限した結果、バッグは一つで足りたが、短期間の遠征であればこれくらいの機材の方が輸送の負担は少ないという印象であった。もちろん、傷病者が多く出てきた場合はこの限りではないが、帯同する大会によっては薬品リストについて再考の余地があると考えられた。

第4回 IAAF 世界リレー大会帯同報告

田原圭太郎¹⁾

1) 多摩総合医療センター 整形外科

鎌田浩史²⁾

2) 筑波大学医学医療系 整形外科

1. はじめに

第4回 IAAF 世界リレー大会は2019年5月11日～5月12日の日程で横浜国際総合競技場において行われた。この大会のオリンピック種目に関しては同年9月のドーハ世界選手権への出場権がかかる大会であり、同世界選手権で東京オリンピックへの出場権を獲得することができる。そのため、東京オリンピックへの第1歩となる大会であり非常に重要な大会であった。5月9日に現地集合、同日に結団式を行い、その翌々日より試合開始という日程であったため集合から試合までの期間が短く、選手の状態の把握が難しかった。選手団はスタッフ20名、選手44名（男子23名・女子21名）の総勢64名で結成され、その内メディカルサポートとしては医師2名トレーナー4名が帯同した。

2. 派遣前準備

事前に選手へメディカルアンケートを送付し、選手のコンディショニングの状況や怪我の有無、内服薬やサプリメントなどのチェックを行った。結団式



写真1 メディカルスタッフ

の中で選手およびスタッフヘドローピングに関する注意事項として、サプリメントに関する情報（サプリメント摂取の基本8ヶ条）を提供した。

大会前のグランプリシリーズにおけるメディカルサポートやメディカルアンケートで選手のコンディショニング情報を収集した。アキレス腱炎の選手が3名、直近に足関節捻挫を負傷した選手が1名、背部痛がある選手が1名いた。大会前にJISSでの診察やMRIでの精査を行っていたが、コンディショニングを整えるまでの期間が少なく帯同中のメディカルサポートが非常に重要であった。

3. 渡航および現地の状況

横浜で行われたため、気候・食事・ホテルや競技場の環境的に問題はなかった。5月の開催であったが、試合は夜に行われたため気候的には寒かった。

4. 医療活動

<整形外科>

整形外科的なサポートとしては、ハムストリング肉ばなれ疑い1名、足趾挫創1名、足関節捻挫1名に対応した。

先にも述べたように帯同中にアキレス腱炎を抱えていた選手のサポートを行い、試合では良い成績をおさめることができた。さらに、その後のフォローに関してもメディカルチームで選手と相談し、大会後も継続したメディカルサポートを行うことができた。

大会最終日に受傷した足趾挫傷の選手に診療情報提供を作成し医療機関への受診を指示した。

<内科>

国内開催であったため、時差や衛生面、食事の問題はなく、他国での開催時と比較し、体調管理はしやすい状況であった。最終日に風邪症状がでた選手

がいたが、最終日で国内試合であったため薬を処方し帰宅とした。

5. ドーピングコントロール

男女混合マイルリレーで日本新記録を樹立したため、ドーピングコントロールを申請し検査を行った。

6. 成績

男女混合シャトルハードルリレーで銀メダル，男女混合2×2×400mリレーで銅メダルを獲得し，男子マイルリレーはドーハ世界陸上の出場権を獲得した。

7. まとめ

大会前の期間も短く，国内での国際大会で難しい面もあったが，スタッフの皆様と協力し大きな事故なく終了することができた。短距離のアキレス腱炎やハムストリング肉ばなれに関して重点的なメディカルサポートの必要性を感じており，その予防が今後の重要な課題である。

高校生長距離走選手における骨代謝マーカーの年間変化

鳥居 俊¹⁾ 堀 明日香²⁾ 上久保 利直²⁾ 飯塚 哲司³⁾

1) 公益財団法人日本陸上競技連盟医事委員 2) 早稲田大学大学院スポーツ科学研究科
3) 早稲田大学スポーツ科学学術院

緒言

成人の長距離走選手において、骨代謝マーカーがトレーニングの負荷に対する骨代謝の応答を見る指標として研究が行われている。一方、発育途上の選手では、発育自体が骨代謝マーカーの数値に影響を与えるため解釈に注意が必要である。

著者らはこれまでも発育途上の高校生選手を対象に、骨代謝マーカーや男性ホルモンなどの指標をもとに発育途上の選手のコンディションの評価を検討してきた。2019年度の検討結果について報告する。対象と方法

高校生男子長距離走選手15名(3年生2名、2年生6名、1年生8名)を対象に、トラックシーズンの7月とロード・駅伝シーズンの11月に採血検査を実施した。いずれも午前11時前後に正中肘静脈より採血し、検査は外部検査会社に委託した。骨形成マーカーとして骨型アルカリフォスファターゼ(BAP)、骨吸収マーカーとして酒石酸抵抗性酸フォスファターゼ5 β (TRACP)を、発育や疲労の指標として総テストステロン(T)と遊離テストステロン(FT)を、さらにDXA法装置Horizon Aにより

腰椎骨密度を計測した。

結果

図1, 2に7月の骨形成マーカーBAPと骨吸収マーカーTRACPの学年別の比較を示す。3年生の人数が少ないため有意差には至らなかったが、3年生で低い傾向となった。

図3に7月の腰椎骨密度の学年別の比較を示す。3年生がやや高いものの有意差はなかった。同様にFTにも有意差はなかった(図4)。

次に、これらの測定値間の関連性を検討した。FTとTRACPとの間には7月、11月とも有意な負の相関があり、FTが高いとTRACPが低い関係が見られた(図5)。11月のFTとBAPについても有意な負の相関があり、FTが高いとBAPが低い関係が見られた(図6)。

BAPとTRACPの間には7月、11月とも有意な正の相関があり、骨形成と骨吸収の間には相関が見られた(図7)。さらにFTは直近の負荷に対する反応を、Tは1~数か月の反応を反映するとされているが、FTとTの間にも有意な正の相関が見られた(図8)。

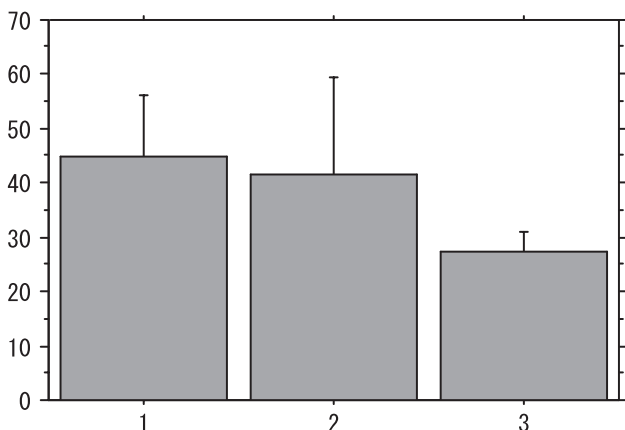


図1 学年別の骨形成マーカー (BAP)

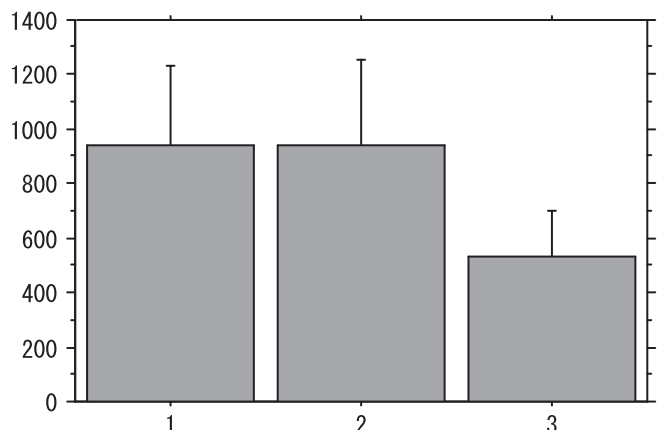


図2 学年別の骨吸収マーカー (TRACP)

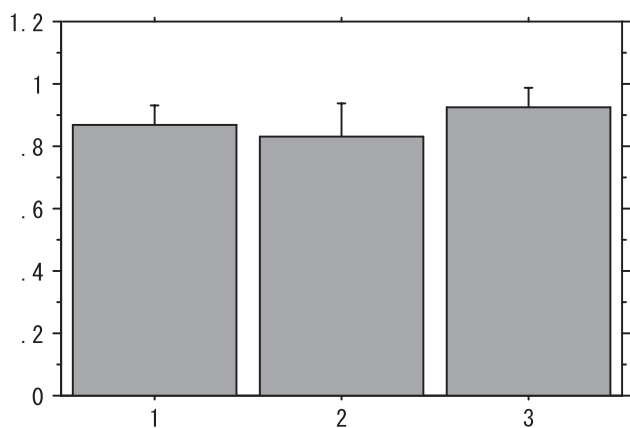


図3 学年別の腰椎骨密度

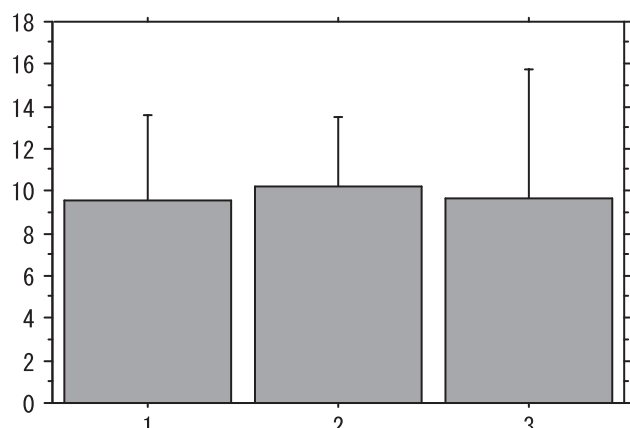


図4 学年別の遊離テストステロン

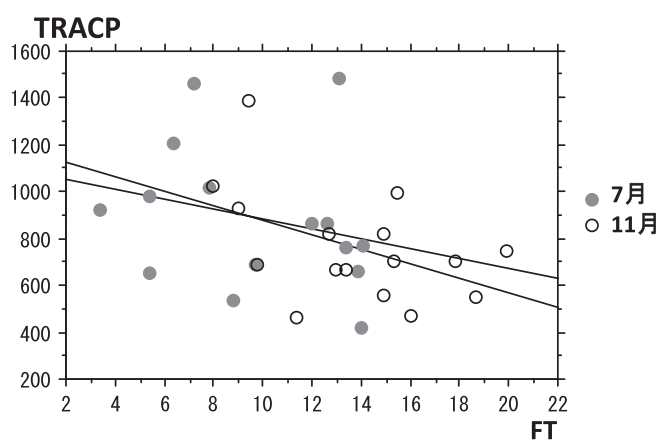


図5 FTとTRACPとの関係

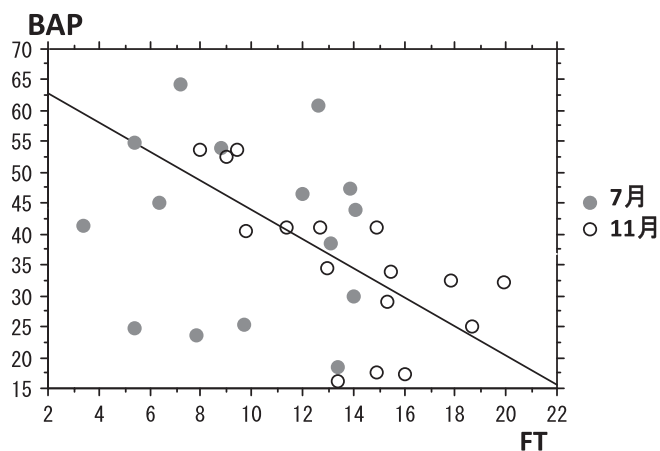


図6 FTとBAPとの関係

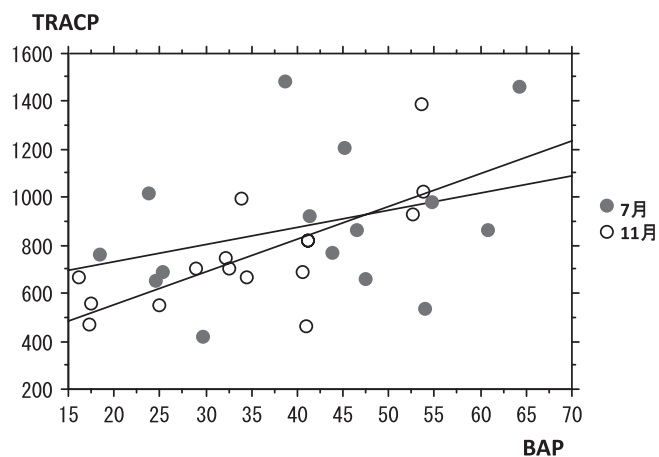


図7 BAPとTRACPとの関係

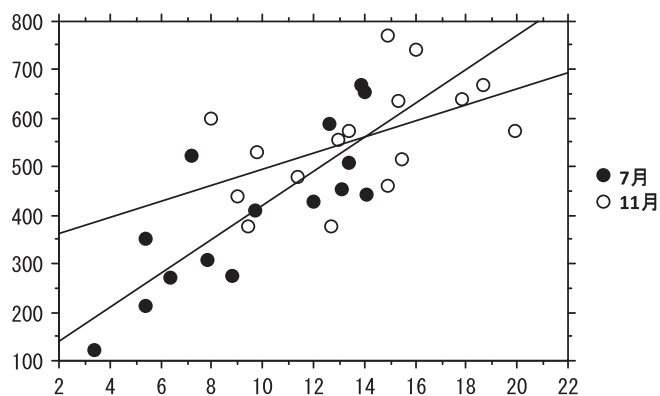


図8 FTとTとの関係

筋疲労を反映するCKと骨吸収を反映するTRACPとの関連も検討したが、図9に示すように、7月、11月とも関連が見られなかった。

考察

高校生の骨代謝マーカーは発育を反映して、3年生で低い傾向があり、骨格の伸長がほぼ落ち着いて

きた時期と考えられる。一方、1, 2年生は成人の標準値を越えることが多く、トレーニングにより高くなっているか、発育の影響で高いのか、評価が難しい。従って、このような発育途上の選手では発育状態（年間身長増加量など）との関係も考慮して解釈する必要がある。テストステロンは発育が進むと成人並みの値になるが、トレーニング負荷によって抑制される可能性がある。従って、骨代謝マーカー

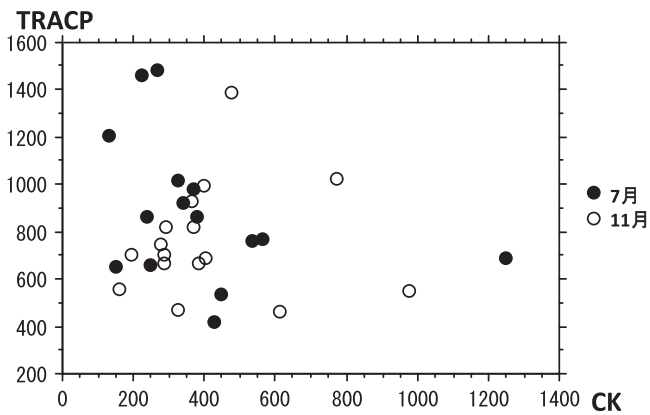


図9 CKとTRACPとの関係

と同様に発育状態を考慮した解釈をする必要がある。Rauchenzauner Mら¹⁾は18歳までの白人小児572名の骨代謝マーカーを測定し、男子のBAPでは12.5歳頃、TRACPもほぼ同様の時期に最も高値となり、その後徐々に減少することを示した。著者は高校生長距離走新入部員の腰椎骨密度と骨代謝マーカー、FTなどの測定を行い、発育段階に応じて骨密度やFTは増大し、骨代謝マーカーは減少することを報告した²⁾。発育段階は暦年齢よりも各選手の最大身長増加年齢（PHV年齢）により判定することで、正確な評価ができる。

骨代謝マーカーを測定することの意義はトレーニングによりどの程度の骨吸収と骨形成が生じているか、いわばトレーニングに対する骨の応答状況を推測することである。応答が高い場合には疲労骨折に到るリスクが高い可能性を考える。骨粗鬆症の治療において、投薬治療の効果を骨代謝マーカーの減少により判定し、治療後の骨密度変化を推測することが行われている³⁾。疲労骨折が頻発しトレーニングが思うように継続できない長距離走選手に対して骨代謝マーカーを評価するが、標準値が示されている成人の選手に対して発育途上の選手では正しい解釈をするためにデータの蓄積が必要である。医事委員会で行っている陸上競技ジュニア選手のスポーツ外傷・障害調査においても長距離走や駅伝選手では中学生においても20%、高校生では30%以上に疲労骨折既往が見られている。ジュニア選手に対して健全な骨格発育、骨量獲得を確保しながら競技力向上を目指すことが指導者には求められており、医事委員会の研究として実施している結果がジュニア選手に役立つことを願っている。

参考文献

1) Rauchenzauner M, Schmid A, Heinz-Erian

P, et al.: Sex- and age-specific reference curves for serum markers of bone turnover in healthy children from 2 months to 18 years. *J Clin Endocrinol Metab* 92:443-449, 2007.

2) 鳥居俊：高校長距離走新入部員の腰椎骨密度は発育段階により異なる．*日小整会誌* 24:205-209, 2015.

3) Brown JP, Prince RL, Deal C, et al.: Comparison of the effect of denosumab and alendronate on BMD and biochemical markers of bone turnover in postmenopausal women with low bone mass: a randomized, blinded, phase 3 trial. *J Bone Miner Res* 24:153-161, 2009.

陸上短距離 (100・200m) 強化指定選手における国立スポーツ科学センターの メディカルチェックでみられたスポーツ外傷・障害について

安羅有紀¹⁾ 鎌田浩史^{2) 3)} 中嶋耕平¹⁾ 喜多村祐里⁴⁾ 奥平修三⁵⁾
奥脇 透¹⁾ 半谷美夏¹⁾ 福田直子¹⁾ 西田雄亮¹⁾ 中田 研⁶⁾ 祖父江友孝²⁾

1) 国立スポーツ科学センター スポーツメディカルセンター

2) 公益財団法人日本陸上競技連盟医事委員会

3) 筑波大学医学医療系 整形外科 4) 大阪大学大学院医学系研究科 社会医学講座環境医学

5) 京都大学 整形外科 6) 大阪大学大学院医学系研究科 健康スポーツ科学講座スポーツ医学

1. はじめに

国立スポーツ科学センターでは2002年1月より各競技の強化指定選手を対象にメディカルチェックを実施している。今回は陸上短距離 (100m・200m) 選手のスポーツ外傷・傷害の実態把握を目的として、2001年1月から2018年12月までの期間にJISSでメディカルチェックを受けた強化指定選手のスポーツ外傷・障害発生部位および頻度について集計した。

2. 方法

対象は2002年1月から2018年12月までの間に国立スポーツ科学センター (以下JISS) でメディ

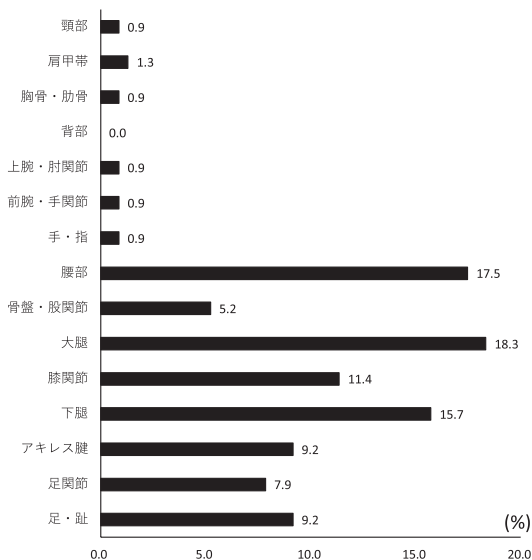
カルチェックを受診した陸上短距離 (100m・200m) 選手 (以下, 短距離) 計140人 (男性82人, 女性58人) である。平均年齢は21.0歳 (15～32歳) であった (表1)。

メディカルチェックは年毎または日本オリンピック

表1. JISSでメディカルチェックを受診した陸上短距離 (100m・200m) 強化指定選手数および延べプロブレム数 (2002年1月-2018年12月)

| | 男性 | 女性 | 合計 |
|---------|-----------------|-----------------|---------------|
| 人数(人) | 82 | 58 | 140 |
| 平均年齢(歳) | 21.4 (15-32) | 20.7 (15-29) | 21 (15-32) |

(a) 男子選手



(b) 女子選手

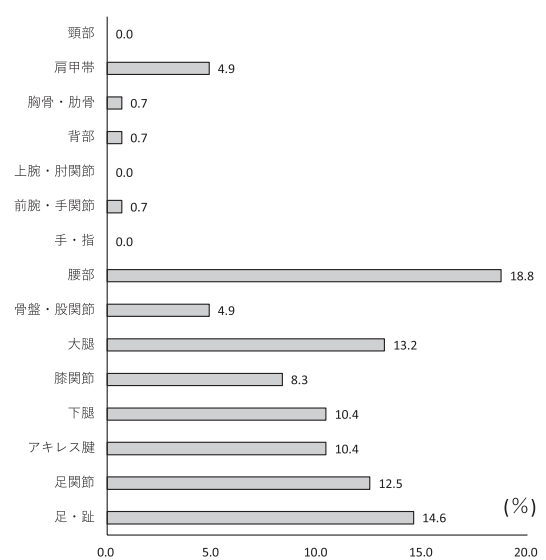


図1. 陸上短距離 (100m・200m) 強化指定選手における受傷部位別プロブレムの割合 (%)

表 2. 陸上短距離（100m・200m）強化指定選手における主な受傷部位別プロブレム 男子、女子各上位 3 位（2002 年 1 月 -2018 年 12 月）

| 腰部 プロブレム | 延べプロブレム数(件) | |
|-------------|-------------|----|
| | 男子 | 女子 |
| 腰痛 | 29 | 10 |
| 腰椎分離症 | 6 | 9 |
| 腰椎椎間板ヘルニア | 4 | |
| 腰椎椎間板変性 | | 5 |

| 大腿 プロブレム | 延べプロブレム数(件) | |
|-------------|-------------|----|
| | 男子 | 女子 |
| ハムストリング肉ばなれ | 23 | 10 |
| ハムストリング痛 | 7 | |
| ハムストリングの硬さ | 5 | |
| ハムストリング付着部炎 | | 5 |
| 大腿直筋肉ばなれ | | 2 |

| 下腿 プロブレム | 延べプロブレム数(件) | |
|-------------|-------------|----|
| | 男子 | 女子 |
| シンスプリント | 25 | 9 |
| 下腿痛 | 3 | |
| ヒラメ筋肉ばなれ | 2 | |
| 脛骨疲労骨折 | | 4 |
| 下腿筋痙攣 | | 2 |

| 足・趾 プロブレム | 延べプロブレム数(件) | |
|--------------|-------------|----|
| | 男子 | 女子 |
| 足底腱膜炎 | 9 | 3 |
| 母趾痛 | 4 | |
| 前足部痛 | 4 | |
| 足痛 | | 4 |
| 母趾基節骨疲労骨折 | | 2 |

| 膝関節 プロブレム | 延べプロブレム数(件) | |
|--------------|-------------|----|
| | 男子 | 女子 |
| 膝蓋腱炎 | 9 | 2 |
| 膝痛 | 6 | 3 |
| 膝蓋下脂肪体炎 | 4 | 1 |

| 足関節 プロブレム | 延べプロブレム数(件) | |
|--------------|-------------|----|
| | 男子 | 女子 |
| 足関節捻挫・靭帯損傷 | 7 | 11 |
| 足関節不安定症 | 3 | 6 |
| 有痛性三角骨 | 2 | |
| 足関節痛 | | 1 |

| アキレス腱 プロブレム | 延べプロブレム数(件) | |
|----------------|-------------|----|
| | 男子 | 女子 |
| アキレス腱炎 | 9 | 5 |
| アキレス腱周囲炎 | 8 | |
| アキレス腱部痛 | 4 | 4 |
| アキレス腱症 | | 3 |

| 骨盤・股関節 プロブレム | 延べプロブレム数(件) | |
|-----------------|-------------|----|
| | 男子 | 女子 |
| 鼠径部痛 | 6 | |
| 股関節つまり感 | 2 | |
| 殿筋痛 | 1 | |
| 坐骨部痛 | | 2 |
| 大腿直筋付着部炎 | | 1 |
| 恥骨筋肉ばなれ | | 1 |

ク委員会（JOC）派遣大会前に JISS の常勤医師および日本陸上競技連盟より派遣された医師により内科、整形外科および歯科について実施される^{1,2)}。整形外科ではメディカルチェックで収集した各選手のスポーツ外傷・障害（以下、外傷・障害）について、担当医師が国際オリンピック委員会（IOC）による外傷・障害および疾患サーベイランス分類に準じた身体部位を基に「プロブレム」として登録を行い、さらに 3 段階の評価「A(Active)：治療や検査の必要な疾患，F(Follow)：要経過観察，I(Inactive)：問題なし，解決済み」を行った^{3,4)}。

プロブレム数の集計方法は先行研究にならい、一つのプロブレムについて同一年に複数回メディカルチェックを受診した場合、メディカルチェックの実施間隔が 3 か月以内であった場合 1 回と集計した^{5,6)}。プロブレムが複数年にわたる場合は、それ

ぞれ 1 年毎に 1 回と集計した。A と F を合わせた延べプロブレム数は計 373 件（男子選手 229 件，女子選手 144 件）であった（表 1）。

3. 結果

2002 年 1 月から 2018 年 12 月までに JISS でメディカルチェックを受けた短距離選手のプロブレムについて受傷部位別の割合を男女別に示す（図 1）。

男子選手の外傷部位別のプロブレムの割合は、多い順に大腿 18.3%（42 件），腰部 17.5%（40 件），下腿 15.7%（36 件），膝関節 11.4%（26 件），アキレス腱 9.2%（21 件），足・趾 9.2%（21 件）などであった（図 1-a）。

女子選手の外傷部位別のプロブレムの割合は、多い順に腰部 18.8%（27 件），足・趾 14.6%（21 件），

大腿 13.2% (19 件), 足関節 12.5% (18 件), 下腿 10.4% (15 件), アキレス腱 10.4% (15 件) などであった (図 1-b).

このほか, プロblemsの多かった主な受傷部位でみられた外傷・障害の上位 3 位の詳細を、カルテの記載に従い男子・女子選手総数の多い順で示す (表 2).

腰部のProblemsは、男子は総数 40 件で「腰痛」が 29 件、「腰椎分離症」が 6 件および「腰椎椎間板ヘルニア」が 4 件だった。女子は総数 27 件で「腰痛」が 10 件、「腰椎分離症」が 9 件および「腰椎椎間板変性」が 5 件だった。大腿のProblemsは、男子は総数 42 件で「ハムストリング肉ばなれ」が 23 件、「ハムストリング痛」が 7 件および「ハムストリングの硬さ」が 5 件だった。女子は総数 19 件で「ハムストリング肉ばなれ」が 10 件、「ハムストリング付着部炎」が 5 件および「大腿直筋肉ばなれ」が 2 件だった。下腿のProblemsは、男子は総数 36 件で「シンスプリント」が 25 件、「下腿痛」が 3 件および「ヒラメ筋肉ばなれ」2 件だった。女子は総数 15 件で「シンスプリント」が 9 件、「脛骨疲労骨折」が 4 件および「下腿筋痙攣」が 2 件だった。

4. 考察

本編での陸上短距離 (100m・200m) の強化指定選手の JISS でのメディカルチェックにおける整形外科Problemsでは、先行研究と同様に腰部および下肢のProblemsが多かった^{7,8)}。受傷部位別の傾向では男子選手では腰部、大腿および下腿に関するProblemsが多く、女性選手では腰部の次に足部・足趾および足関節に関するProblemsが多くみられた。

陸上短距離の競技特性としては、瞬発的な身体移動を行う種目であり、大きな推進力を生むため下肢の大きな筋のハムストリング、大腿四頭筋、腓腹筋などの急性の筋損傷やこれらに連続する腱(膝蓋腱、アキレス腱、足底腱膜など)または高い衝撃が反復して加わる骨(脛骨の跳躍型疲労骨折、舟状骨、中足骨)の慢性損傷が発生しやすいとされる⁷⁾。本編でも受傷部位別のProblemsで男子選手、女子選手に共通して多くみられたのがハムストリング肉ばなれ、腰痛症、腰椎分離症、アキレス腱炎、膝蓋腱炎、シンスプリントなどであった。この傾向は JISS での先行研究とも同じであった⁹⁾。疲労骨折については脛骨および母趾基節骨の計 9 例だったが、これは強化指定選手のコンディショニングの維持が良好で

ある事などが可能性として考えられた。

5. まとめ

2002 年 1 月から 2018 年 12 月にかけて JISS でメディカルチェックを受診した陸上短距離 (100m・200m) 強化指定選手の外傷・障害を受傷部位別に集計した。今後は JISS スポーツクリニック外来を受診した選手の診療録情報なども用い、メディカルチェックで多くみられた外傷・障害と既往や並存する外傷・障害との関連について、また外傷・障害別の治療期間についても検討予定である。

本編は、平成 27 年度～令和元年度スポーツ庁受託事業「スポーツ研究イノベーション拠点形成プロジェクト (SRIP)」における成果である。

5. 参考文献

- 1) 奥脇 透 (2016) 体操選手におけるメディカルチェック. 臨床スポーツ医学, 33: 392-397.
- 2) 山澤文裕、鳥居 俊 (2016) 陸上競技におけるメディカルチェック. 臨床スポーツ医学, 33:202-206.
- 3) 中嶋耕平 (2019) 日本代表選手団のメディカルサポート. 臨床スポーツ医学, 36:92-98.
- 4) Junge A, Engebretsen L, Alonso J M, Renström P, Mountjoy M L, Aubry M and Dvorak J. (2008) Injury surveillance in multi-sport events - the IOC approach. British Journal Of Sports Medicine, 42 (6): 413-21. https://stillmed.olympic.org/Documents/Reports/EN/en_report_1336.pdf
- 5) 半谷美夏 (2010) 一流水泳競技選手のスポーツ外傷・障害の実態 : 国立スポーツ科学センタースポーツクリニック受診者の解析 日本整形外科スポーツ医学会雑誌 30(3), 161-166.
- 6) 佐道 准也, 奥平 修三, 喜多村 祐里, 中嶋 耕平, 奥脇 透, 半谷 美夏, 福田 直子, 藤木 崇史, 水谷 有里, 松田 秀一, 中田 研, 祖父 江 友孝 (2017) スポーツ外傷・障害予測の試み (会議録). 日本臨床スポーツ医学会誌, 25: S314.
- 7) 鳥居俊、山澤文裕 (2014) 種目別対処法:陸上競技. 林光俊編集主幹, ナショナルチームドクター・トレーナーが書いた種目別スポーツ障害の診療 第 2 版, 南江堂, 東京: 2-11.
- 8) 日本陸上競技連盟 (2017) 陸上競技ジュニア選手の スポーツ外傷・障害調査 ~第 3 報~ (2017

年度版) . <https://www.jaaf.or.jp/pdf/about/resist/medical/20170418-3.pdf>

- 9) 瀬尾理利子、渡曾公治 (2006) II . 種目別スポーツ障害 陸上競技 . 関節外科 , 25: 88-95.

競歩選手の骨密度

鳥居 俊¹⁾ 塚原由佳¹⁾

1) 日本陸上競技連盟医事委員会

はじめに

近年の世界選手権、オリンピックと競歩選手の活躍が著しい。毎年、11月頃に国立スポーツ科学センターにおいて測定合宿が行われ、その際にDXA装置を用いた骨密度測定も行われている^{1, 2)}。本稿では競歩選手の骨密度測定の結果について紹介する。

対象と方法

2019年11月5日、6日に測定が実施された合計19名の結果を分析した。男子は19～32歳の16名、女子は20～28歳の3名が対象であった。

DXA測定はHologic社製Horizon Aを用いて、whole body modeとAP spine modeで全身と腰椎に対して実施し、著者が解析を行った。

結果

図1に全身骨密度、頭部以外の全身骨密度、左下肢骨密度、腰椎骨密度を男女別に示す。腰椎骨密度以外は男子が高く、頭部以外と左下肢骨密度は男子が有意に高値であった。

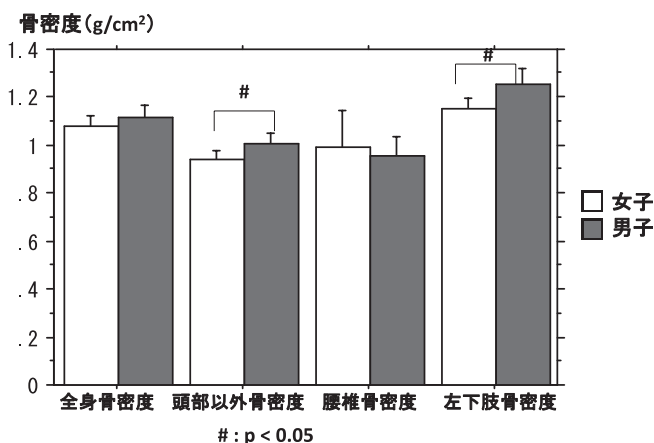


図1 各部位の骨密度の男女比較

図2に全身骨密度と年齢、身長との関係を示す。全体として、年齢や身長との関係は見られなかったが、年少の選手と年長の選手に低めの値が見られた。一方、体重と全身骨密度との間には有意な正の相関が見られ、体重が重いほど骨密度は高くなっていた(図3)。同様に体重と腰椎、左下肢骨密度との関係を見ると、男子では左下肢で、女子では腰椎で有意な正の相関が見られた。

次に、測定部位ごとの関連を検討した。全身骨密度と腰椎骨密度の間には男女とも有意な正の相関が見られた。全身骨密度と左下肢骨密度の間では男子のみ有意な正の相関が見られた。

考察

これまで若年競歩選手の骨密度についての先行研究はない。マスターズ選手で短・中・長距離走選手と競歩選手の脛骨と橈骨の骨量をQCTで比較した報告²⁾では、競歩選手の骨密度は短・中距離走選手より低い値を示していた。

競歩では長距離走と同様の長い距離を歩く練習を行うが、ランニングとは異なる接地動作や接地時間が長い立脚期の負荷が抑えられ、長距離走に比べると疲労骨折の発生が少ない。しかし、現在トップクラスの競歩選手では大腿骨の疲労骨折が多くみられ、過半数の選手に既往がみられる。疲労骨折との関連が高いと考えられる腰椎骨密度の若年成人比は男子で80～107%、平均92.9%と長距離走選手より高く、女子で82～112%、平均97.7%であった。また、長距離走選手に見られるような70%やそれを下回るような低値はみられず、骨の健康度は高いと考えられる。その一方で大腿骨疲労骨折が多発していることの原因が明らかでなく、骨密度の問題よりも、大腿骨に負荷が加わる動作形態に原因を求めると考えられる。今後、大腿骨疲労骨折の原因解明のために骨代謝マーカーや男性ホルモンの

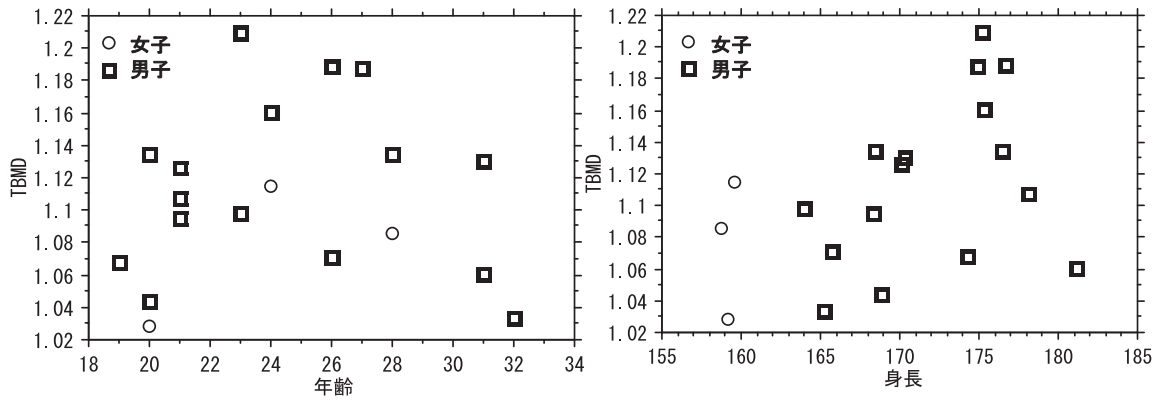


図2 全身骨密度と年齢、身長との関係

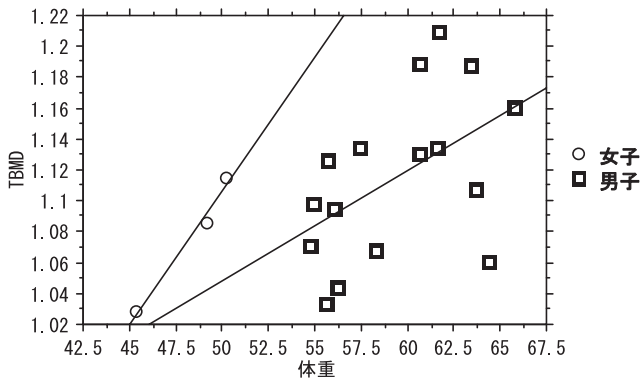


図3 全身骨密度と体重との関係

測定⁴⁾なども考慮する必要があるかもしれない。男女とも低値を示す選手が1名ずつあり、慎重に経過をみていく必要がある。今回検討した選手は高校卒業以上の年齢であり、今後大幅に骨量や骨密度が増加することは期待できない。そのため、トレーニングと栄養摂取、休養とのバランスを整えて、骨の健康をより良い状態に保つことが求められる。

参考文献

- 1) 鳥居俊、山澤文裕：国立スポーツ科学センター

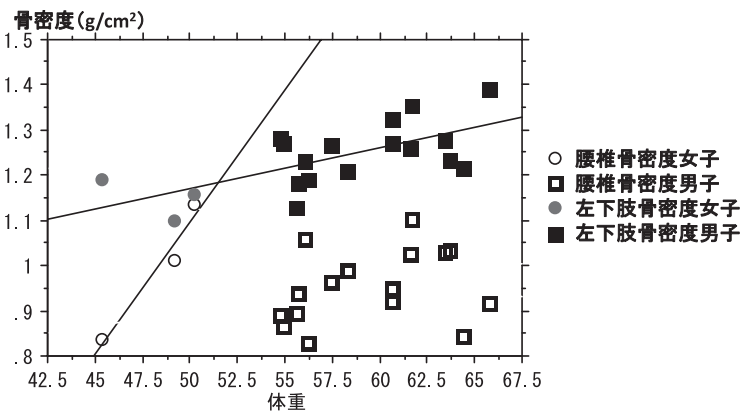


図4 腰椎、左下肢骨密度と体重との関係

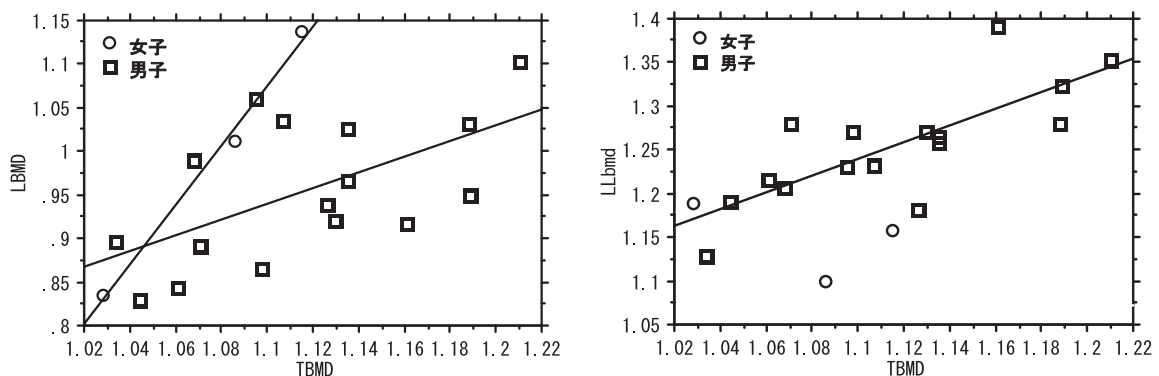


図5 全身骨密度と腰椎骨密度、左下肢骨密度との関係

- でのメディカルチェックにおける DXA 測定の活用．陸上競技研究紀要 12:190-192, 2016.
- 2) 鳥居俊：2017 年度の DXA 測定結果．陸上競技研究紀要 13:286-288, 2017.
 - 3) Wilks DC, Winwood K, Gilliver SF, et al.: Bone mass and geometry of the tibia and the radius of masters sprinters, middle and long distance runners, race-walkers and sedentary control participants: A pQCT study. Bone 45:91-97, 2009.
 - 4) 鳥居俊、山澤文裕：男子長距離走選手の骨代謝マーカーの年間変化－トレーニングの変化、疲労骨折発生との関係．陸上競技研究紀要 13:282-285, 2017.

2020 東京オリンピックに向けたメディカルサポート

田原 圭太郎¹⁾²⁾ 山澤 文裕¹⁾³⁾

- 1) 公益財団法人日本陸上競技連盟医事委員会 2) 多摩総合医療センター 整形外科
3) 丸紅健康開発センター

<はじめに>

医事委員会では2020 東京オリンピックに向け様々な準備や活動を行っている[1]。東京オリンピック開催期間中の医事委員会の役割としては、日本代表選手へのメディカルサポートはもちろんのこと、競技場内での医療救護に関してその多くが各競技団体(NF)に任されているため、トラック&フィールド種目が行われる競技場、マラソンが行われるロード会場、競歩が行われるロード会場の異なる3つの競技現場(Field of Play, FOP)に対応する準備を行っている。

日本代表選手へのメディカルサポートは2020 東京オリンピックを目指す選手への大会までの連続的なサポートが重要であるため、東京オリンピックに向けたメディカルサポートのこれまでの活動内容について報告する。また、トラック&フィールド種目において医療救護を行う上での特徴と、過去の競技会での外傷・疾病の発症状況について解説する。また、マラソンおよび競歩は札幌で行われることが決定したが、気温は25～30℃程度になる可能性もあるため、陸上競技が行われるいずれの現場でも熱中症に対する対応は必須であり、その準備についても報告したい。

<2020 東京オリンピック日本代表選手のメディカルサポート>

東京オリンピックに向けた日本代表候補選手へのメディカルサポート

前述のように、2020 東京オリンピック日本代表選手へのメディカルサポートはオリンピックを目指す選手への大会までの連続的なサポートが重要である。現在、医事委員会では強化種目である男子競歩・男子短距離リレー・男女マラソンのそれぞれのチームに担当医事委員(医師)を置き JISS でのメディカルチェック・強化合宿・代表選手選考大会などの

主要大会に派遣することで選手や強化スタッフ・所属先の監督やコーチ・パーソナルトレーナーとの密な関係構築を行っており、その選手情報を代表ドクターとともに共有し、問題があれば専門の医事委員へ相談するなどより手厚いメディカルサポートに努めている。2018年11月より女子リレーの新プロジェクトが立ち上がったが、こちらにも担当医事委員を置いてメディカルサポートを行っている。

2020 東京オリンピックにおける日本代表選手へのメディカルサポート

陸上競技は多種目で選手数も多く、大会期間中は朝から深夜まで競技が行われる。球技などのチーム競技のように団体として動くというよりは各個人単位で動くことが多く、競技場内での対応と選手村での対応が同時に必要となることから、2名の医師でオリンピック期間中の日本代表選手のメディカルサポートを行う予定である。2名の医師の1人は代表ドクターを務め、もう1人は村外スタッフとして日中のみ選手村での選手対応を行うことを想定している。また、札幌で行われるマラソンおよび競歩に関しては、東京とは別の医師1名が担当する。以上、2020 東京オリンピックにおける日本代表選手へのメディカルサポート体制は計3名の医師で対応する予定である。さらに、5～6名前後のトレーナーの派遣を予定している。

選手へのメディカルサポートの実際

実際の選手対応としては整形外科的な問題が多く、外傷・障害への医学的アドバイスや今後の経過観察や治療に関する方針についての相談を行っている。外傷・障害としては筋腱の炎症や疲労骨折・シンスプリント・肉ばなれなどが多くみられるが、内科的な相談や婦人科的相談・栄養に関する相談・時には心療内科的な相談もあるため、各専門の医師への依頼や受診のアドバイスも行っている。関東に在

住する選手は JISS クリニックを利用することが多いが、関東以外に在住する選手も多い。医事委員会には内科・産婦人科・精神科・栄養士など様々な専門家が所属しており、各専門家に相談や依頼を行いそのアドバイスを基にして選手ごとに対応するようにしている。

医事委員会のメディカルサポートの基本は、「すべての代表選手がスタートラインに立つことができるようサポートすること」であり、その上で「レベルの高いパフォーマンスが発揮できるようサポートすること」である。そのために、整形外科的な問題においては早期に発見して早期から対応することが望ましく、相談の窓口を多く持つ（情報を仕入れる連携を深めておく）ことが重要であると考えている。

< 2020 東京オリンピックにおける医療救護体制 >

陸上競技における競技会での外傷や疾病の発症状況

2016 年のリオデジャネイロオリンピックの報告によると、陸上競技における外傷発生率は 10.5% で競技別では 16 位であったが、陸上競技は参加者が 2367 名と全体の競技種目の中で最も多いため、絶対数では 249 件と第 1 位であった [2]。その中で競技中の外傷は 107 件で練習中が 136 件であった。また、疾病発生率は 6.2% と 12 位であったが、こちらも絶対数では第 1 位の 146 件であった。2011 年のテグ世界陸上では 1851 名の選手に対して 249 件の外傷と 126 件の疾病であったとの報告があり、外傷発生率は 13.5%、疾病発生率は 6.8% とリオオリンピックとほぼ同等であった [3]。

医事委員会では 2007 年に大阪で行われた世界陸上の医療救護を行った。競技は 9 日間の日程で、医事活動はその前後合わせて 15 日間行い、医師は延べ 222 名、理学療法士・トレーナー等延べ 1092 名で対応した。出場選手は約 2000 人であったが、出場選手でメディカルセンターを受診し医師の対応を要したものは 305 件で、整形外科的事由が 167 件 (55%)、整形外科以外の事由が 138 件 (45%) であった (図 1)。整形外科的な受診の内訳としては、肉ばなれ/筋断裂/筋損傷が 20%、裂創/擦過傷/皮膚損傷が 18%、腱炎/腱鞘炎が 15%、挫傷/血腫/打撲が 9%、筋肉のけいれん/スパズムが 9%、捻挫が 5% にみられ、その他疲労骨折や外傷性の骨折、脱臼/亜脱臼、半月損傷、軟骨損傷などであった (図 2)。また、2011 年のテグ世界陸上の報告では外傷が 248 件、疾病が 137 件であった。外傷の内訳と

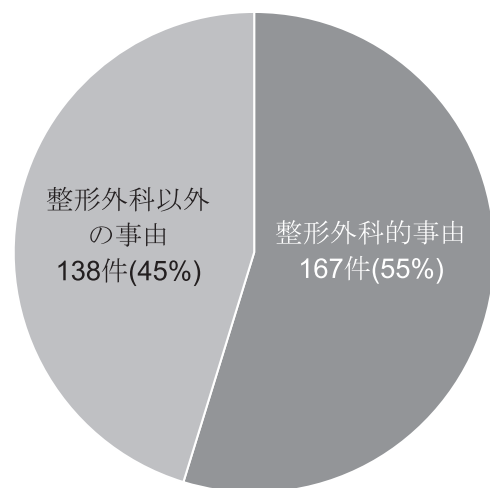


図 1 2007 年大阪世界陸上における傷病件数と疾患の内訳

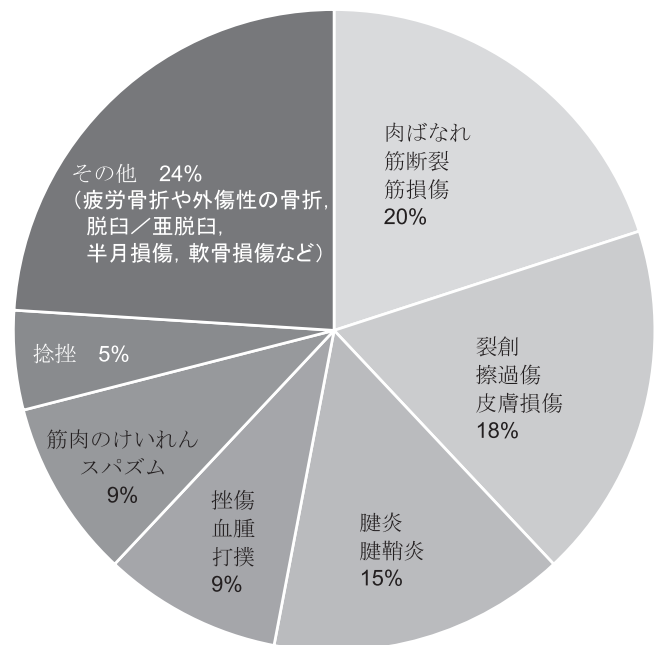


図 2 2007 年大阪世界陸上における整形外科的事由の内訳

しては、大腿と下腿の肉ばなれを合わせて 20.9%、足関節の捻挫が 6.0%、その他に頭部～頸部の外傷、膝の半月損傷・軟骨損傷、上肢の脱臼といった外傷もあった。疾病の内訳は、呼吸器系（鼻腔・咽頭を含む）が 40.1%、胃腸系（下痢・嘔吐など）が 15.3%、脱水 9.5% であり、失神や卒倒といった救急を要する疾患もあった [3]。

以上のように、陸上競技では競技中の外傷や疾病も多く起こるため、大会期間中の医療救護はとても重要となる。例えば、筆者がメディカルサポートを行った 2018・2019 年の日本選手権では肉ばなれ、足関節捻挫、肩関節脱臼、スパイクによる挫創、嘔吐、過呼吸、熱中症など様々な傷病に対応した。2020

東京オリンピックにおいて競技場で選手に対応する上で、スポーツドクターとしての幅広い知識や経験が必要である。

2020 東京オリンピックに向けた医療救護体制とその準備

トラック&フィールド種目は国立競技場で行われる。トラック&フィールドの競技の特徴は多種目であることと、同時に様々な競技が行われているという点である。トラックで競技が行われている中で、フィールドでは投擲競技や跳躍競技が行われるため、様々な場所で傷病者が同時に出る可能性がある。国立競技場 FOP では医務室に加え、400m トラックの4つの各コーナーに医師1名、理学療法士1名とトレーナー3名をひとつのチームとし配置し、ウォームアップエリアに医師1名、理学療法士1名と10数名のトレーナーの配置を予定している。医師、理学療法士とトレーナーをひとつのチームとしてトラックの4つのコーナーにそれぞれ配置することで、複数人で複数箇所から競技者を見守ることが可能となり、死角を減らし傷病者の救護をいち早く行うことができる。また、傷病者を FOP から素早く救助することにより、競技進行の妨げを防ぐことが可能となる。日本陸上競技選手権大会などの主要陸上競技大会ではトレーナー4名程度でひとつのチームを組み、各コーナーに配備しているが、2020 東京オリンピックでは IOC からの指導もあり医療資格の点より、医師1名、理学療法士1名を含むチームとして、救護体制を確立する。競歩およびマラソンではコース上にこのようなチームをある一定間隔毎で配置し、選手の医療救護を行う予定である。

チームでの医療救護を行う上で医師、理学療法士およびトレーナーとの連携が重要になるが、医事委員会は平素より国内競技大会・国際競技大会でトレーナーとともに選手の医療救護を行い、トレーナーとの連携を深め、また救護活動などに関するトレーナー講習会などに協力し、共にトレーニングを行っている。2020年5月には国立競技場でオリンピックのテストイベントにおいて医療救護を行い、オリンピック陸上競技における医療活動のシミュレーションを予定している。

熱中症に対する準備と対応

マラソンおよび競歩は札幌で行われることになったが、50km 競歩は競技時間が5時間程度と長時間であり、札幌でも気温は25～30℃程度が予想されるため熱中症に対する対応が必要である。国立競技



写真1 アイスバス

場での10,000m レースでも同様の準備が必要である。

近年、スポーツ現場での熱中症に対して冷水浸漬法 cold water immersion (CWI) の導入が行われ始めている [4]。CWI は熱中症患者で深部体温が40.5℃以上であった場合に、スポーツ現場において氷水で満たしたアイスバス (8～15℃) に漬けて冷却し、深部体温をいち早く38.5℃まで下げて臓器の保護を行うというものである。医事委員会ではCWIに関する講習会を、2019年5月の世界リレー選手権開催中に実施し、初めて競技現場でCWIの準備を行った。また、2019年9月に行われた2020東京オリンピックマラソン代表選考会であるマラソングランドチャンピオンシップ (MGC) において、CWI用アイスバス (写真1) を準備し熱中症対策を行った。2020東京オリンピックにおいても同様の準備をする予定であり、MGCでの経験について報告する。

MGCは2019年9月15日に開催され、男子は8時50分、女子は9時10分にスタート、フィニッシュはおおよそ11時～12時頃であった。男子30名・女子10名の選手が出場した。当日の天候は晴れ、気温は30℃前後、湿度は40%程度、WBGTは25～28℃程度であった (図3)。フィニッシュ地点にアイスバスを置くアイスデッキを設置し、深部体

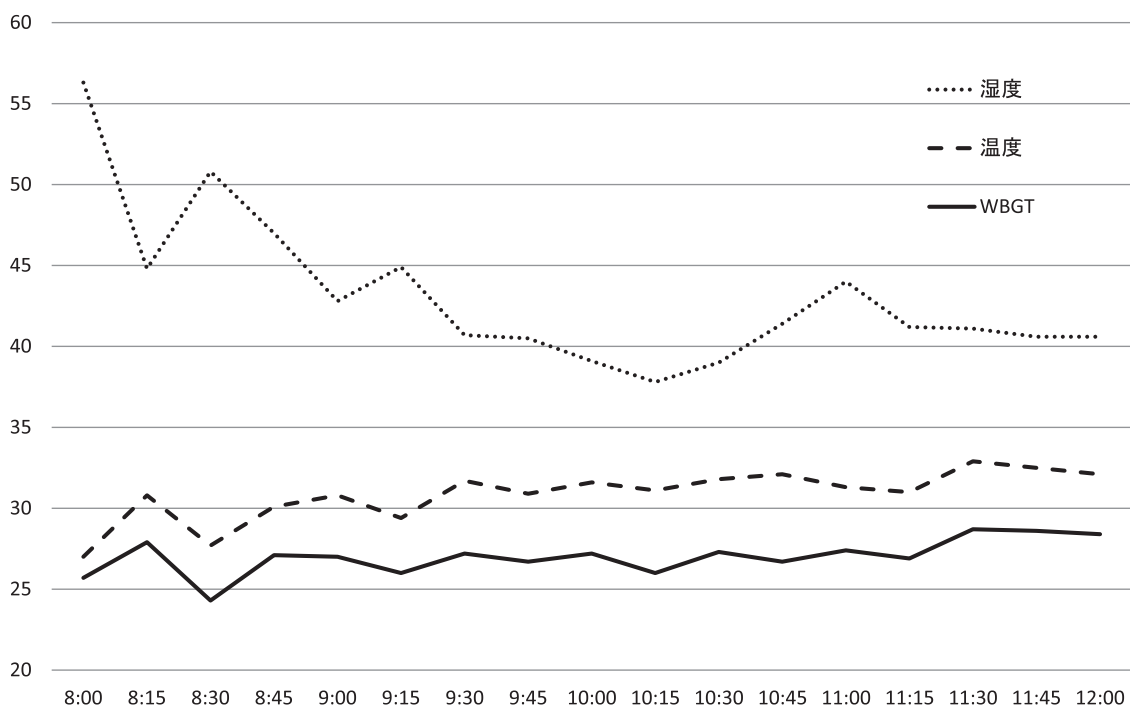


図3 MGCにおけるフィニッシュ地点の気温・湿度・WBGTの変化

温（直腸温）モニター・血圧計・SpO2モニターなどを用意した。女子選手1名がフィニッシュ後に体動困難で嘔気がある状態であった。熱中症を疑い、アイスデッキに搬送した。深部体温は39℃であり、40.5℃以上ではなかったためアイスバスではなく、冷水につけたタオルを数枚掛けて体を冷却するアイスタオル法を用いて冷却を行った。直腸温が38℃に下がるまでアイスタオル法を継続した。15分程度でモニターしていた直腸温が38℃に下がり嘔気も改善した。着替えを行った後、15分程度低体温にならないことをモニターで確認し治療を終了した。実践に近いシミュレーションや実際の現場での物品の配置や動線に関して、2020東京オリンピックに向け有益な経験であった。

<まとめ>

医事委員会の2020東京オリンピックに向けた日本代表候補選手へのメディカルサポートと大会期間中の陸上競技における医療救護の準備について紹介した。

日本代表候補選手へのメディカルサポートとしては、リレー・競歩・マラソンに担当ドクターを配置し国内競技会にもメディカルサポートとして医事委員（医師）を派遣することで複数の医師で多くのサポートを行っている。

オリンピックにおいて陸上競技は出場選手数が多く過去の大会で競技中に様々な外傷や疾病が多く起こっているため、大会期間中の競技者への適切な医療救護はとても重要となる。トラック&フィールドの特徴は多種目であることと同時に様々な競技が行われるため、傷病の選手が様々な場所で同時に出る可能性があり、複数チームで救護の対応を行う必要がある。熱中症に対してはMGCでアイスタオルによる全身冷却を経験した。2020東京オリンピックでもアイスデッキを設置し、CWIを含めた熱中症患者の治療を行う予定である。2020東京オリンピックに向けて医療救護の幅広い知識や経験を深め、大会期間中の実際の現場での様々な場面の医療救護に対応することができるようトレーニングを継続することが肝要である。

参考文献：

1. 山澤文裕：陸上競技のメディカルサポート。臨床スポーツ医学 36：232-236, 2019
2. Soliquard T. et al. : Sports injury and illness incidence in the Rio de Janeiro 2016 Olympic Summer Games: A prospective study of 11274 athletes from 207 countries. Br J Sports Med. 51(17):1265-1271, 2017
3. Alonso J.M. et al. : Determination of

future prevention strategies in elite track and field: analysis of Daegu 2011 IAAF Championships injuries and illnesses surveillance. *Br J Sports Med.* 46(7):505-514, 2012

4. Hosokawa Y, et al. : Inconsistency in the Standard of Care-Toward Evidence-Based Management of Exertional Heat Stroke. *Front. Physiol.* 10:108, 2019

陸上競技研究紀要 第15巻

編集後記

本年度から編集委員長の重責を引き継ぎました。編集作業を経て、皆様に2019年度「陸上競技研究紀要」第15巻をお届けできることを光栄に存じます。本巻は、原著論文2篇、研究資料3篇を掲載し、科学委員会から「陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2019」に25篇、医事委員会から「エキサイティング メディカルレポート」に8篇の報告をまとめていただいております。そして、特集「世界選手権ドーハ大会における競技パフォーマンス分析」には種目別に9篇を寄稿していただきました。世界選手権の競技パフォーマンス動向から東京五輪に向けての対策や戦略に役立つ情報となっています。

これまで日本陸上競技の普及と発展に科学が大きな役割を果たしてきたことは言うまでもありませんが、これらの知見（競技に関する科学的情報）やテクノロジー（用具やトレーニング開発など）が十分に共有され、新たな疑問を生み、深い議論が巻き起こっているかと言うと、そこまではないと感じています。科学リテラシー（元は読み書きの意味から基本的な技能のこと、すなわち科学的情報を収集して、それを実践に応用する力）の底上げが必要であると同時に、それは情報を発信する側にも求められています。とくに指導者（コーチ）として活躍される方には、情報を受け取るばかりでなく、積極的に情報を発信してもらいたいと思います。その場になるのがまさにこの陸上競技研究紀要です。

今回は、世界選手権ドーハ大会における競技パフォーマンス分析を特集テーマとして、各種目を専門とする先生方にまとめていただきました。国際競技会における競技パフォーマンスが高度化し、専門家と言えども雰囲気やイメージに惑わされ、パフォーマンスの特徴を捉え切れていない可能性があります。有名な話ですが、カールルイスが1991年世界選手権東京大会において世界記録で優勝したとき、後半にスピードが上がったように見えました。実際のレース分析結果からカールルイスもラスト20mは失速していたことが明らかとなりました。本特集から競技関係者の方々に役立つ情報として届けられることを期待するとともに、読者の方からも新たな気づきや批判をフィードバックしていただけたらうれしく思います。

国際的にみると、英語圏における情報や人の流通が国を超えて活発におこなわれ、その中から高いパフォーマンスが生み出されているように感じます。日本では日本語による交流と情報交換が主ですので、英語圏と比べると規模が小さいことは間違いありません。他の競技スポーツで日本の現状を変化させる大きなきっかけの1つに外国人コーチの存在や競技拠点を海外に移すケースが目につきます。国際的な競技の現状を把握しつつ、国内における競技関係者間で積極的に情報交換することが、現代の高度化された国際的な競技活動に不可欠な要素であると考えられます。陸上競技関係者の皆様にそのような場を提供すべくさらなる陸上競技研究紀要の充実を図りたいと思っています。

2020年3月
文責 榎本靖士

【陸上競技研究紀要第15巻 編集委員会】

榎本靖士（編集委員長）、森丘保典（編集副委員長）

青木和浩、岡崎和伸、木越清信、小林海、田内健二、松林武生、森健一、渡邊將司

【日本陸上競技連盟 事務局】

磯貝美奈子、河合江梨子、大野果穂、伊東愛美



つなげていきます スポーツへの想い

スポーツくじの収益は、
日本のスポーツを育てるために
使われています。

スポーツくじ  





郡 菜々佳



岡田 久美子



川野将虎 (写真提供: 陸上競技マガジン)



淵瀬 真寿美

写真提供: フォート・キシモト



中村 匠吾



前田 穂南





鈴木 亜由子



服部 勇馬



一山 麻緒



大迫 傑



鈴木 雄介

横川 浩
日本陸上競技連盟 会長



写真提供：フォート・キシモト

「陸上競技研究紀要」第15巻

2020年3月1日発行

発行人 尾縣 貢

発行所 公益財団法人日本陸上競技連盟

〒160-0013 東京都新宿区霞ヶ丘町4-2

JAPAN SPORT OLYMPIC SQUARE 9階

TEL : 050-1746-8410

Bulletin of Studies in Athletics of JAAF

JAAF

LIVE ATHLETIC

よりアスレティックでいよう
ライブのアスレティックを体験しよう



写真提供:フォート・キシモト