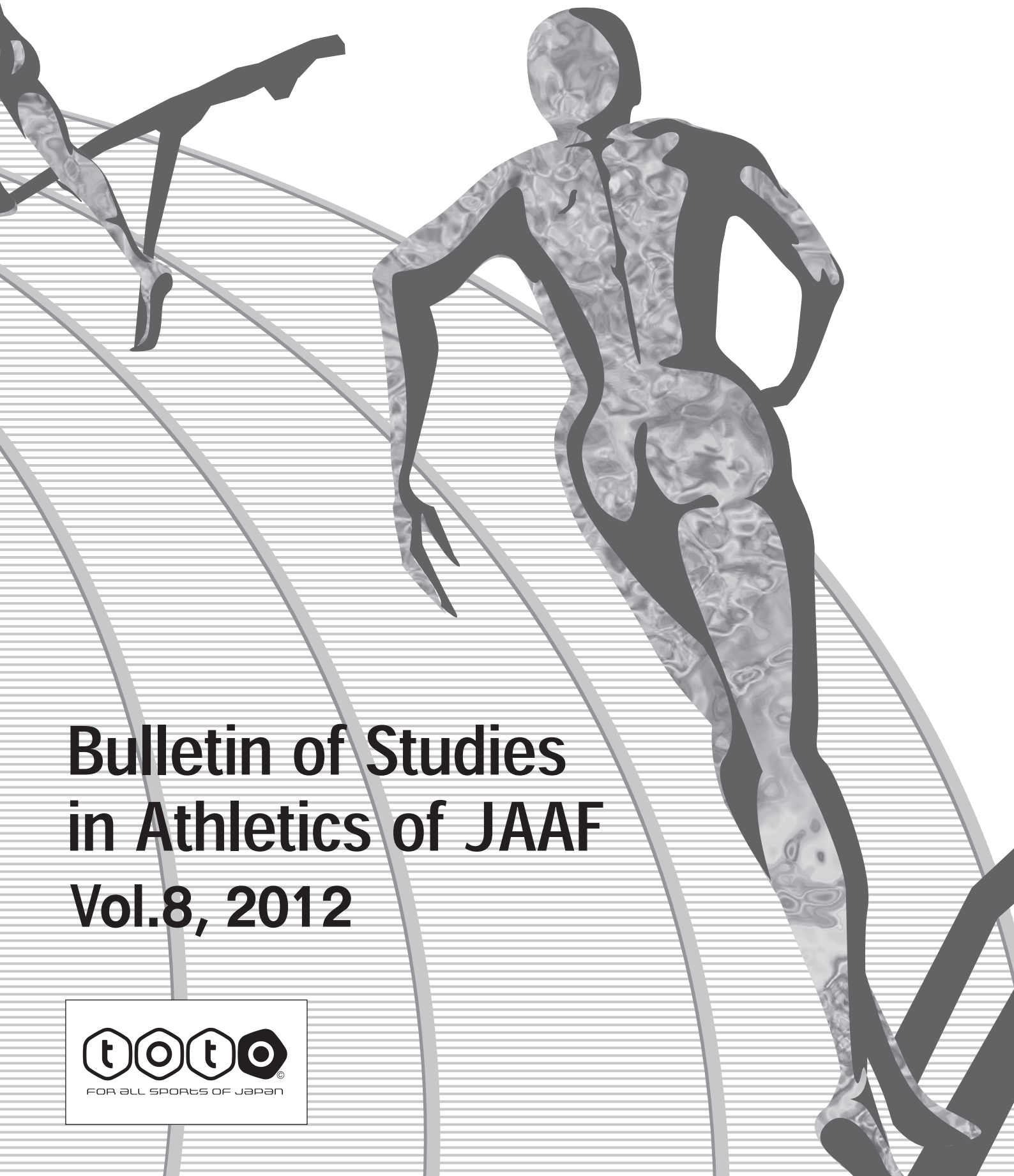


JAAF 陸上競技研究紀要

公益財団法人日本陸上競技連盟

ISSN1349-7596



**Bulletin of Studies
in Athletics of JAAF
Vol.8, 2012**



FOR ALL SPORTS OF JAPAN

「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、資料、指導法および指導記録の報告などに分類される。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）をつける。

（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

原稿は原則として、ワードプロセッサで作成する。本文は、横42文字×縦38字で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）

英文は、A4サイズタイプ用紙を使用し、15枚以内を原則とする。

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の分析。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とともに，プリントしたもの1部を郵送する。

〒150-8050

東京都渋谷区神南 1-1-1 岸記念体育会館 3階

日本陸上競技連盟

「陸上競技研究紀要」編集委員会宛

(Tel 03-3481-2300 Fax 03-3481-2449)

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。

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。

(2012年10月 改訂)

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

近代陸上競技の発祥地であるイギリスの首都・ロンドンでのオリンピックは大いなる盛り上がりを見せた。大会関係者、地元ボランティアのご尽力により歴史に残る素晴らしい大会となった。オリンピック・レガシーとしてイギリス国内はもとより、世界中で長く語り継がれることであろう。

オリンピックは、全人類のスポーツの祭典であるとともに、国の競技力を競う最高の舞台でもある。1 オリンピアド4年をかけて、競技向上を目指してきた世界中の国々が五輪旗のもと、その成果を確かめる場でもある。わが国は、銅メダル1、入賞2。大会前に掲げられたメダル1、入賞5以上という目標を達成することはできなかった。メダルテーブルによると、銅メダル1は、国別順位33位。また、1位を8点、2位を7点、そして8位を1点として、総合得点を算出すると、わが国は13点で23位となる。アテネオリンピックでは39点を獲得しており、これをそのまま今大会に当てはめると10位となる。やはり日本は10位以内を目指したい。

この目標を達成するためには、いろいろな施策が考えられるが、そのうちのひとつが医・科学の導入である。これまでも強化委員会、普及育成委員会は、医事委員会、科学委員会と強い連携を保ち、競技力の向上や陸上競技の普及発展を目指してきた。これまでの活動を基礎とし、今後は更なる取り組みを進めていく必要がある。具体的には、現場が欲する知見・情報を生み出すテーラーメイド型の研究の推進、トレーニング現場にはいり込んで行う細部への科学的サポートなどである。

このような医科学サポートを推進するうえで、本紀要が中心的な役割を果たすことを願う。また、指導者の皆様には本紀要に掲載されている研究に示されている知見を活用し、ますます指導活動を充実させていただきたい。

陸上競技研究紀要

Bulletin of Studies in Athletics of JAAF

Vol.8 2012

目 次

【原著論文】

100 mハードル走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
・・・・・・・・杉本和那美・・ 1

【資料】

小学生陸上競技優秀選手の形態・体力調査
- 第27回全国小学生陸上競技交流大会入賞者を対象として -
・・・・・・・・井筒紫乃・・ 9

【日本陸連科学委員会研究報告 第11巻 (2012) 陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2011】
・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 15

100 mハードル走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

杉本和那美¹⁾ 榎本靖士²⁾ 森丘保典³⁾ 貴嶋孝太⁴⁾ 松尾彰文⁴⁾

1) 青山学院大学 2) 筑波大学 3) 日本体育協会 4) 国立スポーツ科学センター

Characteristics of hurdle cycle and step velocity in Women's 100m sprint hurdle race

Kanami Sugimoto¹⁾ Yasushi Enomoto²⁾ Yasunori Morioka³⁾ Kota Kijima⁴⁾
Akihumi Matsuo⁴⁾

1) College of Education, Psychology and Human Studies, Aoyama Gakuin University

2) Institute of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba

3) Sports Science Lab., Japan Amateur Sports Association

4) Japan Institute of Sports Science

Abstract

The purpose of this study was to investigate hurdle cycle and step velocity in Women's 100m sprint hurdle (100mH) races. The 100mH races in two official competitions were videotaped with three high-speed video cameras (EXILIM F-1, Casio Ltd., 300Hz) and measured the distance of hurdlers from the start with LAVEG (LDM301, JENOPTIK Ltd., 100Hz). Forty six hurdle races were divided into three groups (U13.5, U14.0, U14.5) based on their race time. Cycle and step velocity, step frequency, and step length were calculated by combining the data of distance from start and of timing at touch down of every step through race from the video image. The results were as follows, 1) The maximal cycle velocity was significantly correlated with the race time ($r=-0.964$, $p<0.001$), 2) U13.5 was significantly smaller in the relative velocity at 1C than any other group ($p<0.01$), 3) Step velocity of the first and second step in each cycle was higher than third and fourth step, 4) The difference between step velocity of the fourth step and next first step was largest in hurdle cycle, and that was large in order of 2C, 5C, 9C, 5) The step velocity of U13.5 did not decrease in hurdle cycle during acceleration stages, 6) Neither step length was not correlated with the race time, 7) In 2C, third step time of U14.5 was longer and fourth step time of U13.5 was shorter than other two groups.

I. 緒言

ハードル走は、規則的に設置されたハードルを越えフィニッシュタイムを競う種目特性から、これまでレースにおけるハードル着地時の10回のタッチダウンタイムから11区間の速度を算出しレース分析が行われてきた。女子100mハードル走における研究では、最高速度と記録との間に負の相関が認められること、競技レベルが高い選手はレース前半から中盤にかけて速度が大きく増加することが報告されている(柴山ら2007)。しかしタッチダウン分析

のみでは、最高速度到達まで区間内の4歩(インターバルランニング3歩とハードリング1歩:以降ハードルサイクルと言う)でどのような速度変化が起きているかについては言及できない。

一方、ハードル走はハードリング技術がフィニッシュタイムに大きく影響することから、ハードリングに関する動作分析も多くなされている。ハードリングでは、ハードルを越えるための鉛直速度を獲得する一方、踏切時に水平速度が減少することが報告されている(樋口ら1984, 伊藤と富樫1997)。このことから、ハードリングでの減速をできるだけ小さ

くすること、インターバルランニングで速度を増大させておくことが最高速度の増大やレース後半での区間速度の維持につながると考えられている。インターバルランニングの研究は、礪ら (2002), 谷川ら (2002), 柴山ら (2011) などの報告があるが、いずれの研究においても最大速度出現区間付近の1区間1サイクルのみを分析しており、加速区間や減速区間を含む連続するインターバル走の研究はされていない。特に女子100mハードル走は、男子110mハードル走に比べハードル高が相対的に低く、スプリント能力が大きく影響していると言われている。森田ら (1994) は、1991年に開催された第3回世界陸上競技選手権東京大会の分析結果から、今大会 (13.85秒以内) においては、ハードリングタイムは、レース記録と強く関係しておらず、記録を短縮させるためには、インターバルランタイムの短縮が必要となると報告している。

しかしながら、ハードル走で全区間における1歩毎の速度を計測するには、区間ごとにビデオカメラの設置が必要になること、分析に大変時間を要するため、多くの人手と時間がかかることが問題になるであろう。短距離走のスピード分析に用いられるレーザー式速度測定器は、即時的にしかも連続的な距離-時間データを測定できる。ハードル走は踏切時のディップ動作や着地時の姿勢が選手間、あるいは区間ごとで違いがあることが容易に予想され、動作分析ほどの正確なデータを得ることは困難であるが、ハードル区間の平均スピードだけでなく1歩 (ステップ) ごとのスピードを算出できることから、100mハードル走における疾走速度の変化の特徴をより詳細に明らかにすることができ、パフォーマンス向上への示唆が得られると考えられる。

本研究は、競技会における女子100mハードル走のハードルサイクルおよびステップごとの疾走速度の変化を明らかにし、一流女子ハードル選手のレースパターンの特徴を抽出することを目的とした。

II. 方法

1. 分析対象

分析対象は、2011年に開催された第45回織田幹雄記念国際陸上競技大会および第95回日本陸上競技選手権大会における女子100mHに出場した21選手 (中国選手2名を含む)、のべ46レースとした。記録レベルで13秒前半 (U13.5), 13秒後半 (U14.0) および14秒前半 (U14.5) の3群に分けた (表1)。

表1 分析対象者

	U13.5	U14.0	U14.5
範囲 (s)	13.25～ 13.48	13.55～ 13.97	14.02～ 14.42
平均 (s)	13.35	13.81	14.19
レース数	12	26	8

2. データ収集

3台のハイスピードカメラ (Casio社製 EXILIM F-1, 300Hz) を用い、スタートの閃光と分析対象者が映る画角に設定し、2台は側方 (ホームスタンドのスタートから50m付近とフィニッシュ付近) から追従撮影し、1台は正面から固定撮影した。得られた映像からスタートからの1歩毎の接地時刻を読み取った。

レーザー式速度測定器 (JENOPTIK社製 LDM301, 100Hz) をスタートラインの後方にセットし、選手の背中にレーザービームを照射することでスタートからの距離を測定した。得られた測定値は、低域通過型バターワースデジタルフィルタを用いて0.5Hzで平滑化した後、スプライン関数を用いて補間処理し300Hzのデータに変換した。フィニッシュ地点でタイムと距離を同期させ、1歩毎のストライドを算出し、1歩の時間で除すことで1歩毎の疾走速度 (ステップ速度) を算出した。

これらの測定は、日本陸上競技連盟科学委員会の活動の一部として行われた。

3. 算出項目

図1は、本研究で用いる用語の定義を示したものである。ステップは、ハードリングを4歩目とし、ハードリング後の接地から次の接地を1歩目とした。1歩目から4歩目までの4ステップを1サイクルとした。サイクルは、第1ハードルの踏切3歩前 (スタートから6歩目) から第1ハードルの着地までを1Cとし、以下1サイクル毎に2Cから10Cとした。

サイクル速度は、1サイクル (4歩) の距離を要した時間で除すことで算出した。また、サイクル速度の最大値を100%とし、各サイクルの相対速度を算出した。

速度変化量は、サイクルあるいはステップ間の速度の差 ($V_n - V_{n-1}$) を算出した。この時 V_n は、サイクルあるいはステップ n の速度を示し、 V_{n-1} はその1つ前のサイクルあるいはステップを示している。算出された正および負の値はそれぞれ、加速および

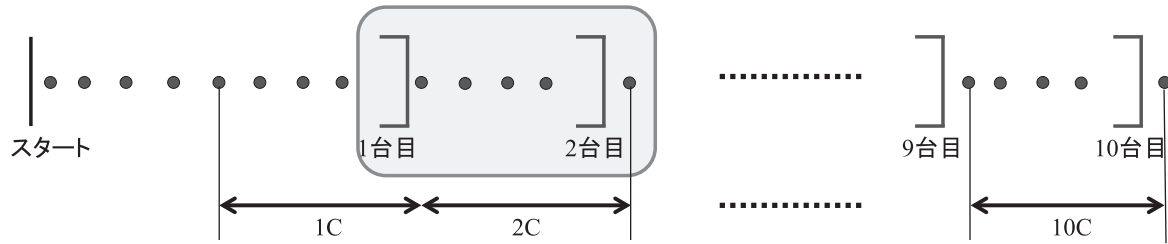
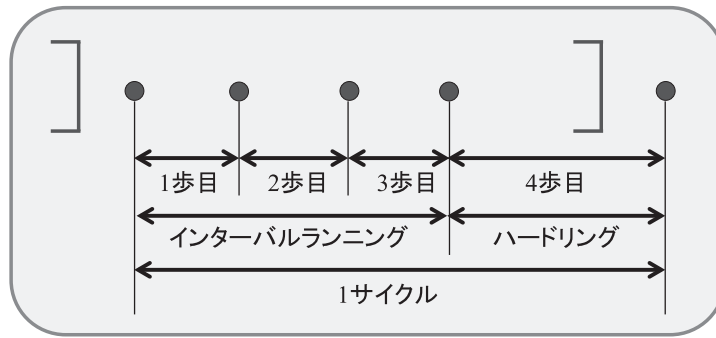


図1 用語の定義

減速を示している。

Ⅲ. 結果と考察

1. タッチダウンタイムおよびサイクルタイム

表2は、各群におけるタッチダウンタイムの平均値を示したものである。1台目でU13.5が2.64秒、U14.0が2.69秒、U14.5が2.70秒とU13.5が他の2群より早かった。2台目になるとU13.5が3.72秒、U14.0が3.79秒、U14.5が3.81秒でU13.5とU14.0の差が0.07秒と1-2台目で特に大きな差があった。

図2は、各群におけるサイクルタイムの変化を平均値で示したものである。U13.5において1Cから5Cまで、他の2群においては4Cまでタイムが短くなり、その後徐々に10Cまで長くなった。全てのサイクルでU13.5のタイムが最も短く、U14.0、U14.5の順に短かった。サイクルタイムの最小値は、U13.5が5Cで1.031秒、U14.0およびU14.5が4Cで1.065秒と1.095秒であった。

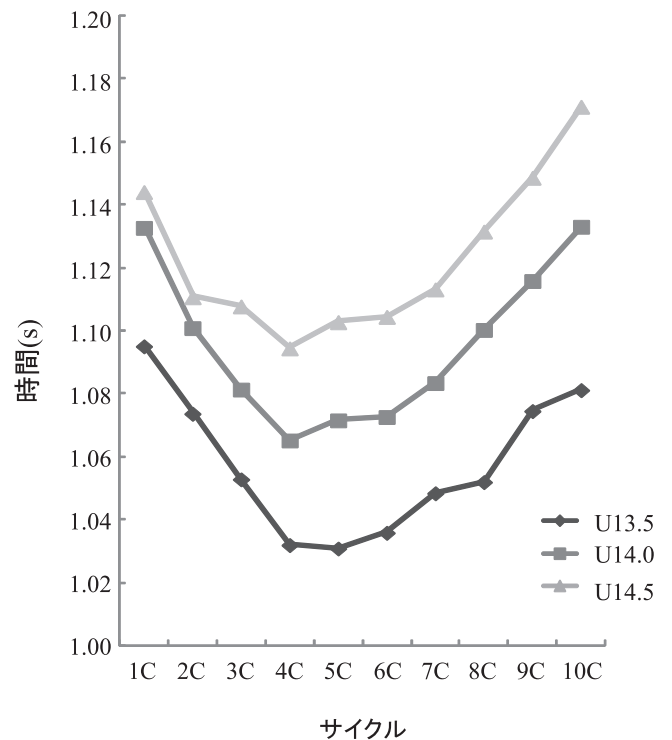


図2 各群におけるサイクルタイムの変化

表2 各群におけるタッチダウンタイム

	1台目	2台目	3台目	4台目	5台目	6台目	7台目	8台目	9台目	10台目	Goal
U13.5	2.64	3.72	4.77	5.81	6.84	7.88	8.93	9.98	11.06	12.14	13.36
U14.0	2.69	3.79	4.87	5.94	7.01	8.08	9.16	10.26	11.38	12.51	13.81
U14.5	2.70	3.81	4.91	6.01	7.11	8.22	9.33	10.46	11.61	12.78	14.19

単位:s

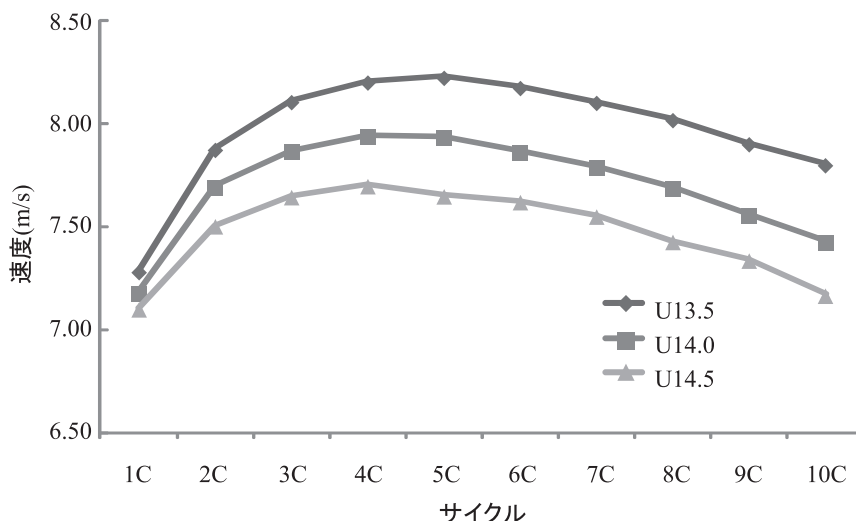


図3 各群におけるサイクル速度曲線

2. サイクル速度

図3は、各群におけるサイクル速度の変化を平均値で示したものである。全ての群において1Cから2Cにかけて大きく増大し、その後最大値が出現するまで徐々に増大していた。サイクル速度の最大値はU13.5が5Cにおいて8.23m/s、U14.0が4Cで7.95m/s、U14.5が4Cで7.71m/sであり、サイクル速度の最大値とレース記録の間に非常に高い負の相関がみられた ($r=-0.964$, $p<0.001$)。サイクル速度の変化量は、1Cと2Cの間ですべての群で最も大きく、U13.5が0.59m/s、U14.0が0.51m/s、U14.5が0.40m/sとU13.5が他の2群より有意に大きな値を示した (U14.0 : $p<0.05$, U14.5 : $p<0.01$)。

サイクル速度は、最大値出現以降全ての群において10Cまで減速した。本研究におけるサイクル速度は、これまでのタッチダウンタイムから算出された区間速度の最大値、変化パターンともにほぼ同様の傾向を示した (森田ら1994, 柴山ら2007)。このこ

とから、レーザー速度測定器を用いた1サイクルの速度は、タッチダウンから算出された区間速度と同程度の評価ができると考えられる。

表3は、各群におけるサイクル速度とともにサイクル速度の最大値を100%とした相対速度を示している。1CにおいてU13.5は88.5%、U14.0は90.5%、U14.5は92.2%であり、U13.5は他の2群に比べ有意に小さかった ($p<0.01$)。1CにおけるU13.5のサイクル速度は7.29m/sで他の2群より有意に大きかった ($p<0.01$)。これらのことは、U13.5は他の2群より大きな速度で第1ハードルにアプローチしているものの、第1ハードルを越えてからさらにスムーズで大きな加速につながっていることを示唆している。

また、10Cにおける相対速度は、U13.5が94.8%、U14.0が93.5%、U14.5が93.1%でU13.5が他の2群より大きかったが、群間に有意な差は認められなかった。柴山ら(2007)は、大阪世界陸上女子

表3 サイクル速度および相対速度

	1C	2C	3C	4C	5C	6C	7C	8C	9C	10C
U13.5 サイクル速度	7.29	7.88	8.11	8.21	8.23	8.18	8.11	8.03	7.91	7.81
U13.5 標準偏差	0.08	0.06	0.10	0.10	0.08	0.07	0.09	0.08	0.06	0.08
U13.5 相対速度	(88.5)	(95.7)	(98.6)	(99.7)	(100.0)	(99.4)	(98.5)	(97.5)	(96.1)	(94.8)
U14.0 サイクル速度	7.19	7.70	7.87	7.94	7.94	7.87	7.80	7.69	7.56	7.43
U14.0 標準偏差	0.08	0.10	0.11	0.09	0.10	0.10	0.10	0.11	0.11	0.14
U14.0 相対速度	(90.5)	(96.9)	(99.1)	(100.0)	(100.0)	(99.0)	(98.1)	(96.8)	(95.2)	(93.5)
U14.5 サイクル速度	7.11	7.51	7.65	7.71	7.66	7.63	7.56	7.44	7.34	7.17
U14.5 標準偏差	0.08	0.09	0.07	0.09	0.12	0.09	0.06	0.09	0.09	0.16
U14.5 相対速度	(92.2)	(97.5)	(99.3)	(100.0)	(99.4)	(99.0)	(98.1)	(96.5)	(95.3)	(93.1)

単位:m/s (%)

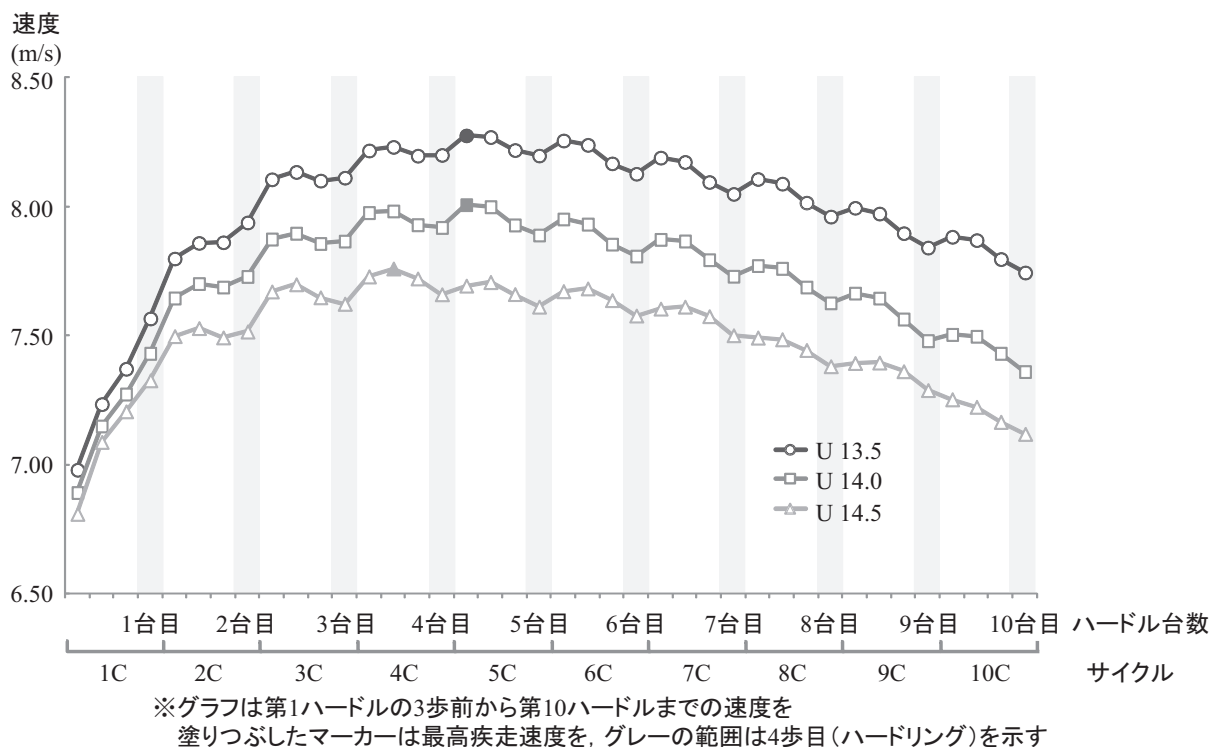


図4 各群におけるステップ速度の変化

100mH をレース記録で上, 中, 下位群に分けて区間速度を比較し, レース中盤以降速度が低下する傾向は各群とも共通していたと報告している. このことは, 女子 100mH ではレース後半での速度維持よりも最高速度出現までの速度増大がレース記録に重要な役割を持つことを示唆している.

3. ステップ速度

図4は, 各群における第1ハードルの踏切3歩前(第1サイクル1歩目)から第10ハードルの着地(第10サイクル4歩目)までのステップ速度の変化を平均値で示したものである. U13.5は3Cの2歩目まで, 他の2群は2Cの2歩目まで加速し続け, その後, 最高速度出現まで全ての群において各サイクル内のステップ速度は2歩目で最大であった. ステップ速度の最大値は, U13.5が8.28m/s, U14.0が8.01m/sであり, 両群とも5Cの1歩目で, U14.5は7.76m/sで4Cの2歩目で出現していた. 最大値の出現以降はステップ速度がU13.5およびU14.0は各サイクルの1歩目で, U14.5は1あるいは2歩目で最大であり, 全ての群で4歩目は3歩目より減少していた.

サイクル速度の相対値98.5%以上を速度維持区間とし, それ以前を加速区間, それ以降を減速区間と定義した. 本研究では, 加速, 速度維持, 減速区間はそれぞれ, U13.5が2区間, 5区間(3Cから

7C), 3区間, U14.0およびU14.5が, 2区間, 4区間(3Cから6C), 4区間であった. 加速区間においてU13.5は, 1歩目から4歩目まで減速することなく速度を増大させており, 特に1歩目で速度が大きく増大していた. U14.0およびU14.5は2Cの2歩目から3歩目で速度が減少していた. すなわち, これらのことは, U13.5は加速区間においてはすべてのステップにおいて加速できる特徴を有していることを示していると考えられる.

図5は, 2C, 5C, 9Cにおけるステップ間の速度の変化量を各群の平均値で示したものである. いずれも2Cは加速区間, 5Cは速度維持区間, 9Cは減速区間の各群における典型例である. 4歩目から1歩目(4-1歩目)の速度変化量は, 大きな正の値を示し, それはどの群においても2C, 5C, 9Cの順に大きかった. これは, 1歩目の加速が速度の増大に最も貢献しており, サイクルが進むにつれてその加速が小さくなっていることを示していると考えられる. また, 2CにおいてはU13.5およびU14.0がU14.5より有意に大きな値を示した(それぞれ $p < 0.01$, $p < 0.05$). 3歩目から4歩目(3-4歩目)の速度変化量は2Cにおいて正の値を, 5Cおよび9Cにおいて負の値を示した. すなわち, ハードリング踏切において加速区間では加速, 速度維持および減速区間では減速していたことを示している. さらに, 5Cと9Cにおいてはいずれの速度変化量においても

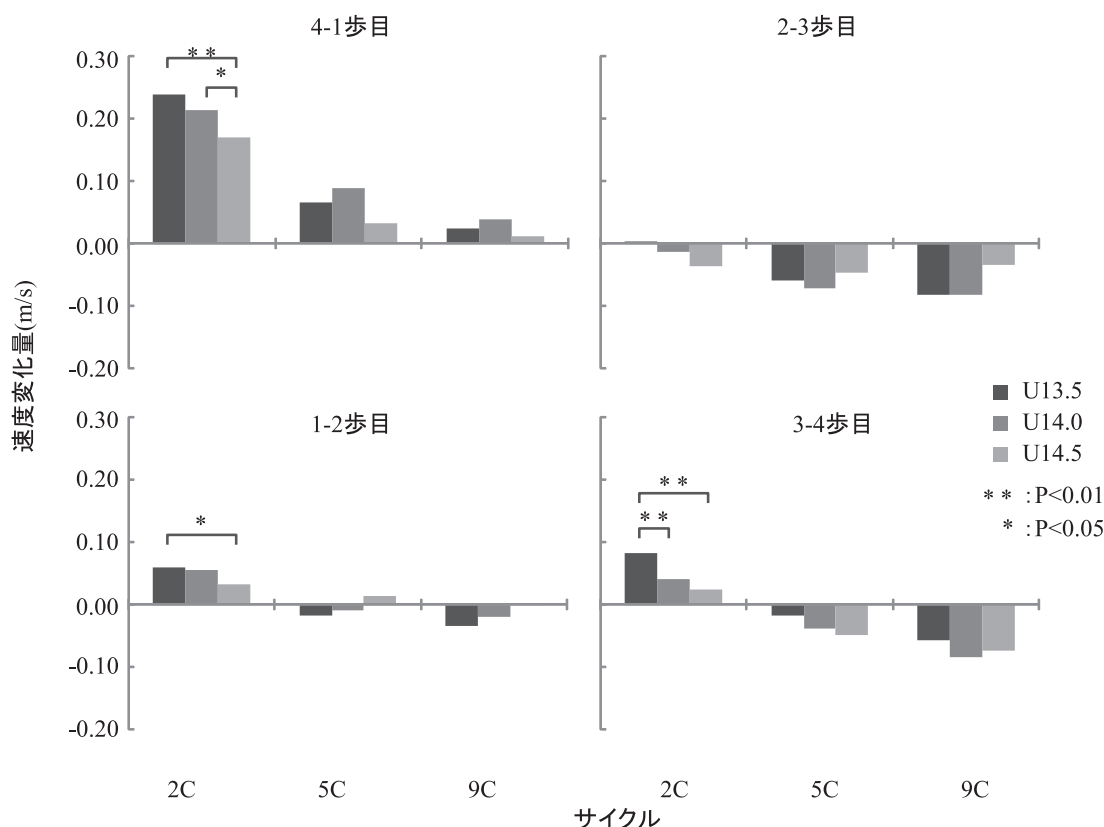


図5 2C, 5C, 9Cにおけるステップ間の速度変化量

群間に有意な差がみられず,最高速度出現以降では,競技レベルよりも選手個々の特徴によってステップごとの加速と減速を生じながら速度の維持に努めていることが示唆される。

3. ストライドおよびステップタイム

表4は, 2C, 5C, 9Cにおける対象者全員のストライドの平均値, 標準偏差, 変動係数を示したものである。2C, 5C, 9Cのいずれのサイクルにおいても4歩目, 2歩目, 3歩目, 1歩目の順に大きかった。McDonald and Dapena (1991)は, 動作分析からストライドを算出し, 1歩目から順に1.35m, 1.96m, 1.76m, 3.47mであったと報告している。それらと本研究における5Cのストライドを比較すると, 1歩目の差が最も大きく本研究の方が約7cm大きな値

を示したが, そのほかのステップでは大きな差は見られなかった。いずれのストライドもレース記録との間に有意な相関はみられなかった。

図6は, 各群におけるステップタイムの変化を平均値で示したものである。1歩目の2Cから10Cまでのタイムは, 全ての群で0.170から0.194秒であった。1Cが2C以降のタイムより大きな値を示したのはアプローチランニングであり, 2C以降のハードリングの着地の1歩目とは異なるためである。2歩目は, 2Cから徐々にタイムが短くなり, 最小値はU13.5が5Cで0.235秒, U14.0およびU14.5が4Cで0.241秒と0.245秒であった。その後, 10Cまで徐々に増大した。4歩目におけるステップタイムの最小値は, U13.5が4C, 5C, 6Cで0.416秒, U14.0が4Cで0.438秒, U14.5が5Cで0.449秒であっ

表4 2C, 5C, 9Cにおける対象者全員の平均ストライド

	2C				5C				9C				有意水準			
	1歩目	2歩目	3歩目	4歩目	1歩目	2歩目	3歩目	4歩目	1歩目	2歩目	3歩目	4歩目	1歩目	2歩目	3歩目	4歩目
平均	1.38	1.92	1.65	3.50	1.42	1.93	1.69	3.45	1.40	1.97	1.71	3.38				
ストライド標準偏差	0.11	0.08	0.09	0.13	0.09	0.07	0.09	0.13	0.09	0.07	0.08	0.11	n	5C<9C	2C<<9C	5C>9C
変動係数	7.71	4.11	5.71	3.59	6.68	3.62	5.39	3.87	6.44	3.39	4.84	3.17				2C>>9C

単位:m

<:p<0.05 <<:p<0.01

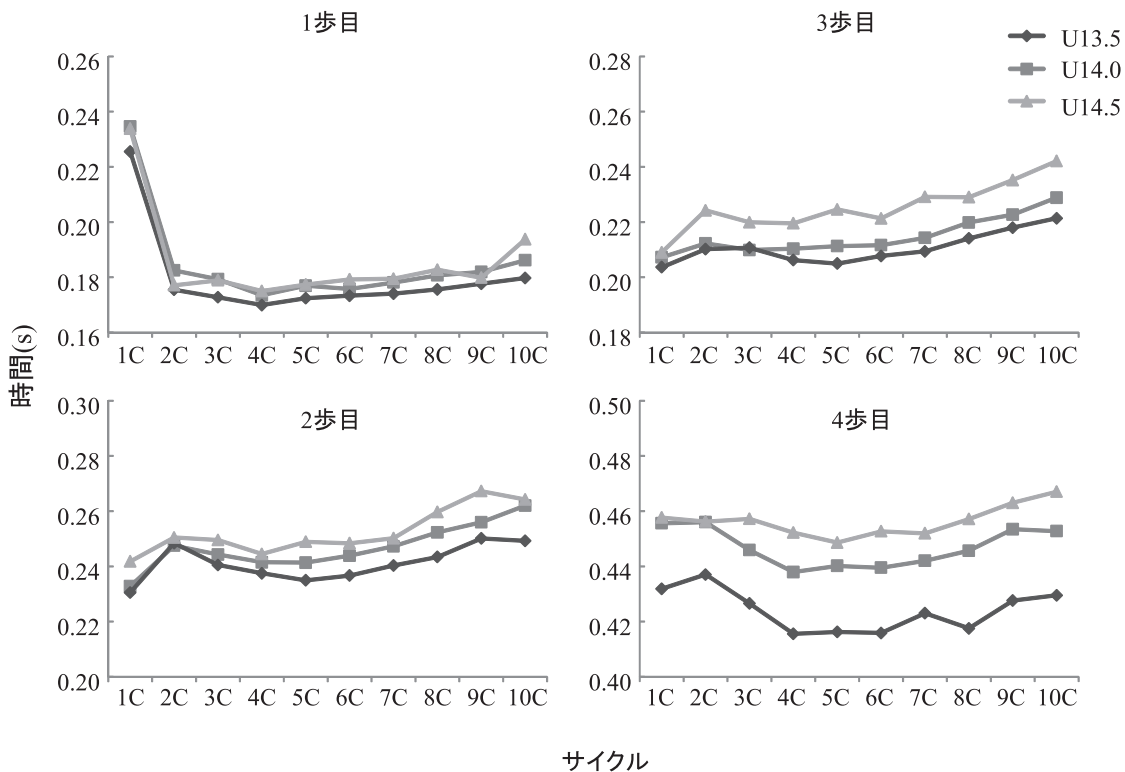


図6 各群におけるステップタイムの変化

た。U13.5が1Cから10Cまで他の2群より有意に小さく ($p < 0.01$)、最小ステップタイムから10Cまでのステップタイムの増大が最も小さかった。

2Cにおける3歩目のステップタイムは、U14.5が他の2群より長く、4歩目でU13.5が短かった。5Cと比較すると、その傾向はさらに顕著となり、U13.5は3歩目のステップタイムが最も短くなり、4歩目も短かった。以上のことは、U13.5は3歩目を短くし、かつ4歩目を短くしていたことを示唆している。3歩目ですばやい踏切準備をしつつ、4歩目ではすばやく踏切るだけでなく、加速区間での大きく加速するための強い踏切をできるかが女子100mHにおける高い技術と言えるであろう。

IV. まとめ

本研究は、競技会における女子100mハードル走におけるハードルサイクルおよびステップごとの疾走速度の変化を明らかにし、一流女子ハードル選手のレースパターンの特徴を抽出することを目的とした。

その結果、以下のことが明らかとなった。

- 1) サイクル速度の最大値とレース記録の間に非常に高い負の相関がみられた ($r = -0.964$, $p < 0.001$)。
- 2) 1Cにおける相対速度はU13.5が他の2群に比べ

有意に小さかった ($p < 0.01$)。

- 3) ステップ速度は、U13.5が3Cの2歩目まで、他の2群が2Cの2歩目まで加速し続け、その後、各サイクルにおいていずれの群も1歩目あるいは2歩目で最大となっていた。
- 4) ステップ間の速度変化量は、4歩目から1歩目が他のステップ間よりも大きな正の値を示し、その値は2C、5C、9Cの順で大きかった。
- 5) U13.5は加速区間における1サイクルのすべてのステップで加速していた。
- 6) サイクル内のそれぞれのストライドとレース記録との間に有意な相関はみられなかった。
- 7) ステップタイムは2Cにおいて、3歩目で他の2群よりU14.5が長く、4歩目でU13.5が短かった。その傾向は、5Cでさらに顕著になった。

以上のことから、女子100mHレースでは最高速度出現までの速度増大がレース記録に強く影響しており、速度増大には4歩目から1歩目での加速が大きく貢献すること、速度維持には4歩目での速度の増減が影響していることが示唆された。13秒前半で走るためには、全てのステップタイムを短くしなければならないが、1歩目は加速するための時間を要するため、さらに短くしようとする必要はなく、3歩目のステップタイムを短くすること、そしてハードリングタイムを短くすることができかが課題となるであろう。

引用文献

- 樋口 憲生, 湯浅 景元, 松尾 彰文, 福永 哲夫 (1984) 地面反力からみたハードリングの特性, 体育の科学 38, 313-317.
- 磯 繁雄, 榎本 靖士, 中田 和寿, 羽田 雄一, 阿江 通良 (2002) 一流 110m ハードル選手のインターバル走に関するキネマティクスの研究, 陸上競技研究 49, 11-17.
- 伊藤 章, 富樫 勝 (1997) ハードル走のバイオメカニクスの研究: スプリントとの比較, 体育学研究 42, 246-260.
- 串間 敦郎, 小木曾 一之 (1996) ハードル走の踏切動作における速度逡減の要因, 都城工業高等専門学校研究報告 29, 1-6.
- Mcdonald, C. and J. Dapena (1991) Linear kinematics of the men's 110-m and women's 100-m hurdles races, Med. Sic. Sports Exerc 24, 1382-1389.
- 宮下 憲 (2006) 100m ハードルのトレーニングに向けて, スプリント研究 16, 44-55.
- 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, 日本陸上競技連盟強化本部バイオメカニクス研究班編 世界一流競技者の技術, 66-87.
- 柴山 一仁, 川上 小百合, 谷川 聡 (2007) 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報告書 世界一流競技者のパフォーマンスと技術, 86-95.
- 柴山 一仁, 藤井 範久, 阿江 通良 (2011) 一流ハードル選手の 1 サイクル動作に関するキネマティクスの研究, 体育学研究 56 (1), pp. 75-88.
- 谷川 聡, 宮下 憲, 高松 潤二, 安井 年文, 金子 公宏 (2002) ハイハードル走のインターバルランニングに関する研究, スプリント研究 12, 43-53.

小学生陸上競技優秀選手の形態・体力調査

- 第27回全国小学生陸上競技交流大会入賞者を対象として -

井筒紫乃¹⁾ 繁田 進²⁾ 渡部 誠³⁾

1) 帝京科学大学 2) 東京学芸大学 3) 日本女子体育大学

1. はじめに

公益財団法人日本陸上競技連盟普及育成委員会(以下、普及育成委員会とする)は、1987年、小学生の全国大会として初めて開催された「第1回小学生全国少年少女リレー競走大会」(以下、「大会」とする)に出場した選手について、その年度ごとに、日常生活習慣や練習内容についての調査を行ってきた。

これまでの大会出場経験者で、その後日本選手権で優勝者したり世界陸上、オリンピックに出場したりして活躍した選手は、男子では土江寛裕、末續慎吾、高平慎士、山口有希ら、女子では信岡沙希重、池田久美子、高橋萌木子、北風沙織、寺田明日香らである。また、2008年に開催された北京オリンピックに出場した福島千里、2012年ロンドンオリンピック競歩代表に内定している森岡紘一朗も大会出場経験者である。このように、現在活躍している選手の中に、小学生からその才能を発揮する実績を持つ者が多くなってきた。

また、100mを5年生と6年生の学年別に分けた第8回大会からのデータによると、5年6年と2年連続決勝に残った選手は、第12回大会(1996年)の女子を除いて全ての大会においてみられた。第16回大会(2000年)男子では6名の選手が2年連続決勝進出を果たしていた。2年連続優勝者は、男子4名、女子7名であった。2011年に開催されたジュニアオリンピック走幅跳で優勝した天城帆乃香は5年100mで2位であったが、翌年の走幅跳では優勝している。

しかし、本研修会に参加した指導者から、「進学先の中学校に陸上部がない」「進学先の中学に陸上部はあるが指導者は陸上競技の専門ではない」「全国大会優勝というプレッシャーで中学に入学すると

陸上から離れてしまう」などの声が多数寄せられるようになり(井筒ら2011)、小学生の優秀選手の育成において、将来へ繋げていくための指導者育成や環境整備などの課題に対応するため、第21回大会(2005年)以来、出場した選手の中から優秀選手を選抜し、同年9月横浜市で開催された「スーパー陸上」に選手および指導者を招待するとともに、横浜市スポーツ医科学センターにおいて形態面、体力面の測定を行う「第1回全国小学生陸上競技優秀選手研修会(以下、研修会とする)」を実施し、今回で7回目を迎えることとなった。

そこで第27回大会において2位までに入賞の中から選抜された者を対象に、形態および体力測定を実施した結果を報告する。

2. 測定方法

1) 対象選手の選考条件について

第27回大会出場選手の中で、6年100m、80mH、走高跳、走幅跳、ソフトボール投の男女別優勝者と2位の選手を対象とし、さらに「中学校でも継続して陸上競技を行う意志があること。」「将来オリンピックなどで活躍したいという高いモチベーションを持っていること。」「今後日本陸上競技連盟の調査に協力する意志があること。」を条件として、対象選手を選考した。2位までの選手を対象とした理由としては、将来へ繋げていくためには、できる限り多くの優秀選手についてのデータを蓄積していくことが必要と考えられたからである。

選考の結果、今回の「研修会」参加選手(以下、選手とする)は、100m(男子2名、女子2名)、80mH(男子1名、女子2名)、走高跳(男子1名、女子2名)、走幅跳(男子2名、女子1名)、ソフトボール投(男子1名)の計14名が選抜された。また、それぞれ

表1 全国小学生陸上男子優秀選手形態測定結果

		100m	100m	80mH	High jump	Long jump	Long jump	ボール投げ	AV/SD	
形態値	体型	身長(cm)	156.0	152.5	159.4	166.3	161.6	153.2	171.3	158.2±5.3
		体重(kg)	43.7	46.4	47.8	52.1	50.7	40.8	59.0	48.6±5.9
		BMI(kg/m ²)	18.0	19.4	18.8	18.8	19.4	17.4	20.1	18.8±0.9
	骨量	音響的骨評価値(×10 ⁶)	3.097	2.819	3.049	3.058	2.973	2.620	2.640	2.89±0.2
	骨年齢(歳)		13.7	13.3	13.4	13.7	13.1	11.7	12.8	13.1±0.7

表2 第1回～第6回全国小学生陸上男子優秀選手平均値と今回の測定結果の比較

		第1回～6回	今回	有意差	
形態値	体型	身長(cm)	162.2±5.6	158.2±5.3	n.s.
		体重(kg)	51.2±6.6	48.6±5.9	n.s.
		BMI(kg/m ²)	19.4±1.8	18.8±0.9	n.s.
	骨量	音響的骨評価値(×10 ⁶)	3.0±0.4	2.89±0.2	n.s.
	骨年齢(歳)		13.5±0.9	13.1±0.7	n.s.

n.s.:no significant

表3 全国小学生陸上女子優秀選手形態測定結果

		100m	100m	80mH	80mH	High jump	High jump	Long jump	AV/SD	
形態値	体型	身長(cm)	155.8	159.4	150.8	151.3	163.1	153.6	155.7	155.6±4.07
		体重(kg)	47.6	48.7	40.4	36.1	41.4	36.4	44.5	42.2±4.6
		BMI(kg/m ²)	19.6	19.2	17.8	15.8	15.6	15.4	18.4	17.4±1.6
	骨量	音響的骨評価値(×10 ⁶)	2.987	2.919	3.104	3.168	2.972	2.799	2.989	2.99±0.1
	骨年齢(歳)		12.1	13.4	13.7	11.5	12.3	11.5	12.9	12.5±0.8

の選手の指導者14名が加わり、総勢28名が研修会に参加した。

2) 測定項目・方法

2011年10月29日、横浜市スポーツ医科学センターにおいて、形態・体力測定・月経についてのアンケート調査を行った。測定項目は、身長、体重、骨量、骨年齢、立位体前屈、両脚伸展パワー、垂直跳び、足底荷重分布であった。形態計測は、身長、体重を計測しそこからBMI(体重kg/身長m²)を割り出した。

骨量は、アロカ社の音響的骨評価装置を用いて骨評価値を得た。骨年齢は骨評価システムを用い、骨年齢評価を行った。両脚伸展パワーは、コンビ社製ANAEROPRESSを用い、体重分の負荷のかかったフットプレートを両脚ですできるだけ速く・強く蹴り出し、その時に発揮されたパワーを測定した。また、DKH社製マルチジャンプテスト(IFS-31C)を用い、腕を使った場合と使わない場合の2パターンの垂直跳びを測定した。連続ジャンプにおいては、測定中の最大値が下がった時点のその直前の値を最大値として採用した。

足底荷重分布測定については、Fittracks社の「フットグラフ(足圧分布4割バランス計測システム)」を用いて、足圧分布の測定を行った。

尚、測定に関しては、内容についての説明を十分に行い、選手本人と保護者の承諾を得られた上で行われた。骨年齢調査については保護者に「骨年齢検査同意書」の提出を求めた。

女子選手については、初経の発来年齢、月経における不定愁訴について、自分の体型についてのアンケート調査を実施した。

3) データ処理

測定結果をもとに、それぞれの項目の平均値と標準偏差を求めた。また、第1回から第6回の研修会に参加した選手のデータ(100m、80mH、走高跳、走幅跳、ソフトボール投の男女別)と比較するためにt検定を行い、有意水準は5%とした。

3. 結果と考察

1) 身長と体重、骨量について

優秀選手の身長、体重、BMIを表1、表3に示した。2007～2009年度の報告と同様に、文部科学省が行っている学校保健統計調査(平成23年度)の11歳の全国平均値(男子:身長145.0cm±7.07、体重:38.0kg±8.23、女子:身長146.7cm±6.7、体重38.8kg±7.77)と比較したところ、今回参加した選手の中で最も身長の高い男子は、身長が平均

表4 第1回～第6回全国小学生陸上女子優秀選手平均値と今回の測定結果の比較

		第1回～6回	今回	有意差
体型	身長(cm)	156.2±6.2	155.6±4.07	n.s.
	体重(kg)	44.7±5.9	42.2±4.6	n.s.
形態値	BMI(kg/m ²)	18.3±1.5	17.4±1.6	n.s.
骨量	音響的骨評価値(×10 ⁶)	2.96±0.3	2.99±0.1	n.s.
骨年齢(歳)		12.6±1.1	12.5±0.8	n.s.

n.s.:no significant

表5 全国小学生陸上男子優秀選手柔軟性およびパワー系測定結果

男子選手		100m	100m	80mH	High jump	Long jump	Long jump	ボール投げ	AV/SD
柔軟性	立位体前屈	7.5	8.5	11.0	12.5	7.5	3.5	-9.5	5.9±7.4
両脚伸展パワー	評価パワー(watt)	659	-	842	1052	938	800	1482	962.2±286.9
	体重あたり	15.1	-	17.6	20.2	18.5	19.6	25.1	19.4±3.3
瞬発力	伸展速度(m/s)	1.40	-	1.64	1.92	1.78	1.64	2.24	1.77±0.3
パワー 垂直跳び	CMJ(cm)	51.3	-	31.9	41.4	41.5	48.8	35.9	41.8±7.4
	CMJ腕ふりなし(cm)	43.7	-	27.8	32.5	38.3	40.2	29.5	35.3±6.3
	連続跳躍(cm)	31.1	-	28.3	31.5	31.7	36.9	28.7	31.4±3.1
	パワー(watt)	1644	-	1647	1817	1981	1686	1406	1696.8±192.4
	体重あたり	37.6	-	34.5	34.9	39.1	41.3	23.8	35.2±6.1

*100mの1名はケガのためパワー系の測定はせず

表6 第1回～第6回全国小学生陸上男子優秀選手柔軟性およびパワー系測定平均値と今回の測定結果の比較

		第1回～6回	今回	有意差
柔軟性	立位体前屈	7.6±7.4	5.9±7.4	*
両脚伸展パワー	評価パワー(watt)	950.0±295	962.2±286.9	n.s.
	体重あたり	18.6±5.3	19.4±3.3	n.s.
瞬発力	伸展速度(m/s)	1.80±0.3	1.77±0.3	n.s.
パワー 垂直跳び	CMJ(cm)	44.9±4.5	41.8±7.4	n.s.
	CMJ腕ふりなし(cm)	38.7±4.1	35.3±6.3	n.s.
	連続跳躍(cm)	32.6±4.6	31.4±3.1	n.s.
	パワー(watt)	1953.0±506	1696.8±192.4	n.s.
	体重あたり	38.5±8.2	35.2±6.1	n.s.

*:p<0.05

n.s.:no significant

値よりも26.3cm高く、体重が21kgと大きい。また、女子の身長でも平均値よりも16.4cm高かった。

今回測定した選手は、全国平均値よりも上回っていることは明らかであるが、身長、体重、骨密度について前回までの選手のデータと比較すると平均値より低い傾向にあることが示された(表2, 表4)。しかしながら、骨年齢は過去の報告と同様に高い値を示しており、相変わらず早熟傾向であることが示唆された。今後の発育経過をさらに注目し、生活面やトレーニング方法とリンクさせていく必要がある(加藤、他 1999)。

2) 柔軟性および瞬発力・パワー測定について

柔軟性および瞬発力・パワー測定の結果を表5、

表7に示した。柔軟性の測定として立位体前屈を、瞬発力・パワーの測定として両脚伸展パワーと垂直跳びを行った。立位体前屈について過去にこの研修会に参加した選手と比較したところ、男女ともに数値が低いことが明らかにされ(表6, 表8)、男子に有意な差が認められた。このことから各選手に腰痛や脚部の肉離れなどのケガが発生しやすくなることが予想される。実際に、今回参加した選手のうち1名が肉離れを発症していた。疲労などで収縮する傾向が見られる腰背部、ハムストリング、ふくらはぎなどの柔軟性を高めるトレーニング(ストレッチングなど)を段階的、継続的に取り組む必要がある(伊藤、他 2007)。

表7 全国小学生陸上女子優秀選手柔軟性およびパワー系測定結果

女子選手		100m	100m	80mH	80mH	High jump	High jump	Long jump	AV/SD	
柔軟性	立位体前屈(cm)	15.0	9.5	6.0	-2.5	7.0	15.0	11.5	8.8±6.1	
両脚伸展パワー	評価パワー(watt)	755	1087	582	668	871	683	857	786.1±168.3	
	体重あたり	15.9	22.3	14.4	18.5	21.0	18.8	19.3	18.6±2.7	
瞬発・	伸展速度(m/s)	1.52	1.91	1.51	1.54	1.76	1.60	1.70	1.64±0.1	
パワー	垂直跳び	CMJ(cm)	36.5	42.5	32.9	35.5	38.1	30.9	39.8	36.6±4.0
	CMJ腕ふりなし(cm)	34.8	36.4	31.6	30.0	28.7	29.2	32.1	31.8±2.9	
	連続跳躍(cm)	27.1	29.1	23.8	24.4	27.9	29.1	35.3	28.1±3.8	
	パワー(watt)	1542	1852	1002	1072	1251	1403	1811	1419±336.4	
	体重あたり	32.4	38.0	24.8	29.7	30.2	38.5	40.7	33.5±5.8	

表8 第1回～第6回全国小学生陸上女子優秀選手柔軟性およびパワー系測定平均値と今回の測定結果の比較

		第1回～6回	今回	有意差	
柔軟性	立位体前屈	12.1±1.1	8.8±6.1	n.s.	
両脚伸展パワー	評価パワー(watt)	713.0±224.0	786.1±168.3	*	
	体重あたり	15.8±4.7	18.6±2.7	*	
瞬発・	伸展速度(m/s)	1.50±0.3	1.64±0.1	*	
パワー	垂直跳び	CMJ(cm)	38.7±4.0	36.6±4.0	n.s.
	CMJ腕ふりなし(cm)	33.3±3.7	31.8±2.9	n.s.	
	連続跳躍(cm)	30.7±3.6	28.1±3.8	n.s.	
	パワー(watt)	1664.0±360	1419.0±336.4	n.s.	
	体重あたり	36.8±6.1	33.5±5.8	n.s.	

*:p<0.05

n.s.:no significant

両脚伸展パワーにおいては、体重あたりの評価パワー(watt)で男子はソフトボール投の選手、女子は走高跳の選手が最も優れた能力を示した。また垂直跳びにおいては、男女とも100mの選手が高い数値を示した。体重あたりの連続跳躍パワーでは、男女とも走幅跳の選手に高い数値が見られた。過去に測定を行った前回までの選手の平均値と比較すると、両脚伸展パワーは男女ともに優れており、女子に有意な差が認められた。垂直跳びについては男女とも過去の数値を下回った(表6, 表8)。

伊藤ら(2009)の報告からも、キレとバネのある力強い走・跳・投動作を養成するためには、今後は得意な陸上競技の専門種目の練習だけではなく、自重を利用したパワートレーニングや縄跳び、球技系、水泳などの全身運動が期待できる種目に意欲的に取り組むことも必要であると考えられる。

3) 足圧分布の測定結果について

「フットグラフ(足圧分布4割バランス計測システム)」を用いて、足圧分布の測定を行った。測定方法は、立位姿勢で10秒間立ちその平均値を採用した。この測定により、足裏にかかっている足圧

の分布状態を定常的に評価し、分布状態から立位姿勢の特徴を把握することができる。

バランスのとれた足圧分布モデルを図1に示した。足裏全体に圧がバランス良くかかっている。また、前方に圧がかかっている選手と後方に圧がかかっている選手について図2, 図3に示した。

今回測定を行った選手の14名中13名に足の指が接地していない浮趾が見られた。前方重心が1名(図2)、後方重心が12名(図3)であり、そのうちほ

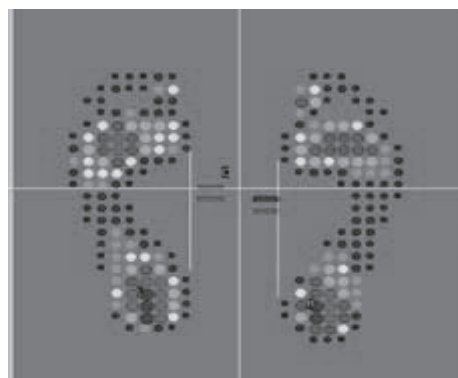


図1 バランスの良い足圧分布(モデル)

とんど足趾が接地していないものが4名いた(図4)。加辺ら(2002)は、足趾は動的姿勢制御にとって重要な役割を果たすと述べている。浮き趾は重心の位置がやや後方にあることによって身体の不安定さはかなり増加する(井上ら2009)ことから、全趾接地でバランス良く立つことが重要であることが考えられる。タオルギャザーや足指じゃんけん、足指綱引きなど、足趾をたくさん動かす運動を取り入れていくことが必要であると思われる。

この足圧分布は日常の立位姿勢や歩き方、走り方などの関連性もみられることから、今後も測定を継

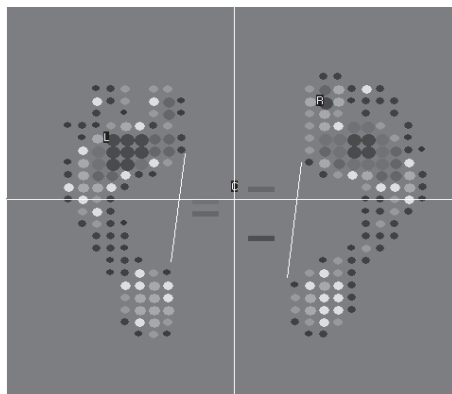


図2 重心が前方にある足圧分布

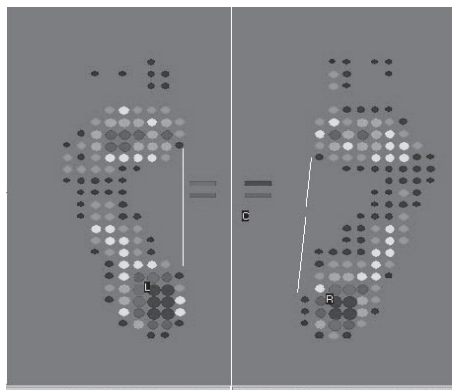


図3 重心が後方にある足圧分布

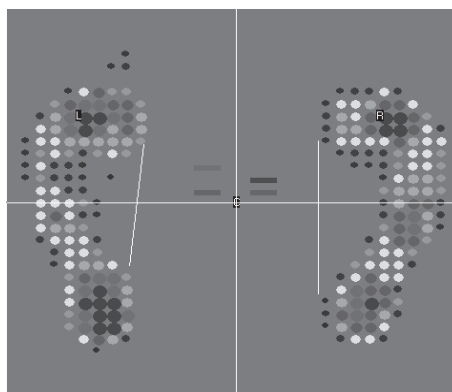


図4 浮き趾の状態

続し、縦断的に調査していくことが望まれる。

4) 女子選手の初経発来年齢等のアンケート調査について

女子選手7名を対象に、初経発来年齢、月経における不定愁訴、痩せ願望に関するアンケート調査を行った。月経については7名全員に発来しており、初経年齢も平均10歳9カ月と全国平均(12歳2カ月)よりも早く、初経に関しても早熟傾向が高いことが示唆された。毎月の月経が正常範囲内にきているかという質問に対して、全員がほぼ順調という回答であった。不定愁訴についても、全員が特になくのことであった。また、今の自分の体型が気になるかという質問に対して、全員から気にならないという回答が得られ、今回参加した女子選手たちに痩せ願望はみられなかった。

4. まとめ

第27回全国小学生陸上競技交流大会の100m、80mH、走高跳、走幅跳、ソフトボール投の各種目男女2位以内に入賞し、かつ陸上競技に対して高いモチベーションをもつ小学6年生を対象に形態および体力測定、月経についてのアンケート調査(女子のみ)を行った結果、以下のことが明らかにされた。

- 1) 形態について、身長、体重それぞれ男女とも全国平均値よりも高い数値を示した。
- 2) 立位体前屈は、前回までの研修会参加選手の平均値よりも低い数値であり、男子に有意な差が認められた。
- 3) 両脚伸展パワーにおいては、男女とも前回までの選手の平均値よりも高い数値を示し、女子に有意な差が認められたが、垂直跳びに関しては過去の数値を下回った。
- 4) 足圧分布測定については、前方重心、後方重心の選手が多く、14名中13名に足趾が接地していない浮き趾状態が見られた。
- 5) 女子選手の初経発来は、7名全員に発来しており、平均年齢も10歳9カ月と全国平均よりも早いことが明らかにされた。月経における不定愁訴を感じている選手はおらず、痩せ願望もみられなかった。

本研修会の参加資格として大会2位入賞までを条件としていたが、将来に繋げていくための選考基準を考えると2位までの選手が妥当であるかということが課題となる。今後は、種目を絞り同一種目の選手の人数を増やして測定をすることも視野に入れて

いる。

5. 付記および謝辞

本調査は、公益社団法人日本陸上競技連盟普及育成委員会の調査研究（2011年度）によって行われたものである。対象選手や保護者の方々をはじめ、測定にご協力いただいた横浜市スポーツ医科学センターの皆さまに感謝申し上げる次第である。

引用・参考文献

- 朝比奈一男、中川功哉（1958）体力と神経要素．運動生理学、大修館書店 p182-185
- 井筒紫乃ら（2011）第7回全国小学生陸上競技交流大会優秀選手「研修会」実施報告．第27回全国小学生陸上競技交流大会報告書 60-76
- 伊藤宏、岡野進、井筒紫乃、三宅聡（2006）第21回全国小学生陸上競技交流大会優秀選手の身体的・心理的・疾走能力測定の結果．陸上競技研究紀要 2:74-83
- 伊藤宏、岡野進、井筒紫乃、三宅聡（2007）第22回全国小学生陸上競技交流大会に出場した優秀選手の体力、心理的側面と疾走能力について．陸上競技研究紀要 3:47-53
- 伊藤宏、岡野進、井筒紫乃、三宅聡、直井清貴（2008）第23回全国小学生陸上競技交流大会に出場した選手の身体的・心理的側面と疾走能力について．陸上競技研究紀要 4:34-42
- 伊藤宏、岡野進、井筒紫乃、三宅聡（2009）第24回全国小学生陸上競技交流大会に出場した選手の身体的・心理的側面と疾走能力について（その3）．陸上競技研究紀要 5:9-18
- 井上文夫、浅井千恵子、熊木美紀江、石塚智恵子、藤原寛（2009）小学生の浮き趾（不接地趾）と生活習慣に関する研究．京都教育大学紀要 114:11-18
- 加藤謙一、杉田正明、内原登志子、藤原寛康（1999）小学生における短距離走の検討．陸上競技紀要 12:14-20
- 加辺憲人ら（2002）足趾が動的姿勢制御に果たす役割に関する研究．理学療法科学 17:199-204
- 文部科学省（2012）平成23年度学校保健統計調査HP（平成24年3月25日取得）

日本陸連科学委員会研究報告 第11巻 (2012)

陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2011

序 文

2011 年度における科学委員会の主な活動をまとめると、以下のようになる。

1. 種目別サポート活動など

競技会を対象としたバイオメカニクス研究活動をアジア選手権、IAAF グランプリ、日本選手権、など 8 つの競技会において行い、競技会終了後、各種目担当の強化委員と連携して、選手へのフィードバックを行なった。また、国立スポーツ科学センターや強化合宿時の体力や技術測定及びデータフィードバックを行った。

2. ジュニア選手に関する活動

岩手インターハイにおいてこれまでと同様に VTR 撮影、タイム分析及び入賞者を対象とした障害や栄養に関するアンケート調査を実施した（本連盟科学委員会の HP に活動報告書を掲載）。また、ジュニア研修合宿において体力測定、情報提供等を行った。

3. テグ世界選手権大会に関する活動

韓国テグ市で開催された第 11 回世界選手権大会において、科学委員会から 6 名の委員と協力班員を派遣し、韓国と合同でのバイオメカニクス研究プロジェクトを実施し、データをフィードバックした。本連盟科学委員会 HP に活動報告が掲載されている（英文のみ）。本報告書にも世界陸上に関連した報告書が数編掲載されている。

4. 体力ワーキンググループ

2011 年度から科学委員会において、フィットネスチェックを有効活用するために体力ワーキンググループを設置した。今後は、国際競技会へ向けたコンディショニングに役立つ情報提供、強化選手のトレーニングに役立つ体力評価検討等の活動を更に充実させる予定である。女子マラソンのコンディショニングに関する取り組みの一部が本報告書に掲載されている。

2011 年度は、阿江通良前科学委員長のもと、強化委員会とより密接に連携した活動を精力的に実施し、より個別的で即時的なデータ収集とフィードバックに重点を置いた活動を実施することができた。本報告書では 14 編の報告書が掲載されているが、さらに資料性の高いより充実した情報発信の媒体となるよう努めたい。今後も、これまでの流れを踏まえながら選手強化のサポート活動をはじめとする様々な取り組みが有益なものとなるよう委員会活動を充実、発展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。

科学委員長
杉田正明

平成 23 年度 科学委員会メンバー

阿江 通良 筑波大学体育科学系
松尾 彰文 国立スポーツ科学センター
杉田 正明 三重大学教育学部
持田 尚 公益財団法人横浜市体育協会
榎本 靖士 筑波大学体育科学系
飯干 明 鹿児島大学教育学部
石井好二郎 同志社大学スポーツ健康科学部
伊藤 章 大阪体育大学体育学部
井本 岳秋 株式会社スポーツ・ウエルネス総合企画研究所
杉浦 克己 立教大学コミュニティ福祉学部
田内 健二 中京大学スポーツ科学部
高松 潤二 流通経済大学スポーツ健康科学部
高本 恵美 大阪体育大学体育学部
鳥居 俊 早稲田大学スポーツ科学学術院
広川龍太郎 東海大学国際文化学部地域創造学科健康スポーツコース
三浦 康二 成蹊大学経済学部
山崎 史恵 新潟医療福祉大学健康科学部
柳谷登志雄 順天堂大学スポーツ健康科学部
瀧澤 一騎 北海道大学高等教育推進機構
森丘 保典 日本体育協会スポーツ科学研究室
小山 宏之 京都教育大学教育学部
八田 秀雄 東京大学大学院総合文化研究科
禰屋 光男 東京大学大学院総合文化研究科
佐伯 徹郎 日本女子体育大学体育学部
山本 宏明 北里研究所病院

※所属は平成 24 年 3 月末現在

日本陸連科学委員会研究報告 第11巻 (2012)
陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2011 目次

- 2011年度女子100mレースにおける疾走スピード、ピッチおよびストライドの変化・・・20
山本真帆, 松尾彰文, 松林武生, 貴嶋孝太, 広川龍太郎, 柳谷登志雄, 渡辺圭佑,
綿谷貴志, 麻場一徳
- 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・・・25
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
- 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2報)・35
広川龍太郎, 松尾彰文, 柳谷登志雄, 持田 尚, 森丘保典, 松林武生, 貴嶋孝太,
山本真帆, 高橋恭平, 渡辺圭佑, 綿谷貴志, 杉田正明, 苅部俊二, 土江寛裕, 高野 進
- 日本一流400mハードル選手のレースパターン分析・・・39
—2009～2011年の国内主要大会について—
森丘保典, 桜井健一, 山崎一彦, 杉田正明, 阿江通良
- 助走スピードから見た日本男子走幅跳選手と海外選手の比較・・・43
小山宏之, 村木有也, 柴山一仁, 清水 悠, 苅山 靖, 阿江通良
- 競技会における一流男女走幅跳および三段跳選手の助走スピード分析・・・46
小山宏之, 村木有也, 柴山一仁, 清水 悠, 苅山 靖
- 宮下梨紗選手における60mオーバーの投てき動作の特徴・・・65
—60.08mと53.80mとの比較—
田内健二, 村上雅俊, 大宅和幸
- 2011年テグ世界陸上男子50kmWにおけるベント・ニー判定の分析・・・69
三浦康二, BAE, Young-Sang, LEE, Jung-Min, SEO, Seok-Jin
- 七種競技選手の走幅跳パフォーマンス分析・・・73
松林武生, 持田 尚, 本田 陽, 松田克彦
- 十種競技日本記録保持者・右代啓祐選手のパフォーマンス分析・・・79
持田 尚, 松林武生, 松田克彦, 本田 陽, 杉田正明

第 13 回世界陸上競技選手権大邱 (Daegu) 大会に出場した 競歩種目日本代表選手のコンディショニングについて	89
井本岳秋, 三浦康二, 内田隆幸, 小坂忠広, 今村文男	
女子マラソン代表選手のコンディショニングサポートについて	97
杉田正明, 松尾彰文, 長沼祥吾, 高林俊幸, 河野 匡, 武富 豊, 林 清司, 山下佐知子	
第 13 回 IAAF 世界陸上競技選手権大会男女マラソン調査	101
谷崎智舟, 青木拓巳, 石井好二郎	
2011 年北海道マラソンにおける上位入賞選手のスペシャルドリンク調査	105
瀧澤一騎, 柴田啓介, 石井好二郎	

2011年度女子100mレースにおける疾走スピード、 ピッチおよびストライドの変化

山本真帆¹⁾ 松尾彰文¹⁾ 松林武生¹⁾ 貴嶋孝太¹⁾ 広川龍太郎²⁾ 柳谷登志雄³⁾
渡辺圭佑⁴⁾ 綿谷貴志⁵⁾ 麻場一徳⁶⁾

1) 国立スポーツ科学センター 2) 東海大学 3) 順天堂大学 4) 順天堂大学大学院
5) 鹿屋体育大学連携大学院 6) 都留文科大学

1. はじめに

100mのレースでは、スタート直後にスピードの顕著な上昇がみられ、この上昇傾向が次第に小さくなり最高スピードに達した後、フィニッシュまで徐々に低下していく。我々はこれまでに、最高スピードと記録の間に高い相関があることを報告してきた。また、多くの選手がスタート直後にピッチを高め、その後ストライドを長くしながら最高スピードに至っていることを報告した。2009年までは、10m区間ごとの平均値として疾走スピード、ピッチおよびストライドの算出を行ってきたが、それぞれの区間で右と左のステップ数が異なることから、2010年からはピッチとストライドの関係を、4ステップごとの平均値として報告してきた。本報告では、2011年に国内で開催された日本選手権など主要7大会における女子100mレースを分析し、スピード、ピッチおよびストライドの変化について報告する。また、今年より算出した逓減率について検討する。

2. 方法

測定を行なったのは、織田記念(4月29日)、セイコーゴールデングランプリ川崎(6月4-5日)、日本選手権(6月9-12日)、布勢スプリント(6月26日)、アジア選手権(7月7-10日)における予選から決勝までの女子100mのレースであった。それぞれのラウンドで、シードレーンを優先して、1レース3-4名を測定対象として選んだ。結果的にのべ47レース(11.16秒から11.91秒まで)のデータを得た。

疾走スピードの計測

疾走スピードの計測には、レーザー式走速度測定装置(ラベック)を用いた。スタート後方に同装置を設置して、スタートからフィニッシュまでの選手の移動距離を1/100秒ごとに測定した。得られたデータから、10mごとの通過タイムと区間平均速度を算出した。

ピッチとストライドの算出

2-4台のハイスピードビデオカメラ(Casio Exilim EX-F1 299.7fps)を用いて側方および前方からレースを撮影し、取得した映像からピッチを分析した。1ステップ目からフィニッシュ後1ステップまでの接地フレームを判別し、この間のフレーム数から1歩ごとのピッチを算出したのち、4ステップごとに平均した。

ストライドは、ラベックで求めた時間-距離関係と、ハイスピード映像から判別した各歩の接地のタイミングから推定し、ピッチと同様に4ステップごとに平均した。フィニッシュ直前の区間で4ステップに満たない場合は、その部分の指標はデータに含めなかった。なお、映像とラベックデータの同期には、映像に映しこんだスタート信号(スタートピストルの閃光)を利用した。

逓減率の算出

最高スピードからフィニッシュまでの疾走スピードの低下を表したのが、逓減率である。ラベックデータより得られた10mごとの疾走スピードを用いて、最高スピード到達点から90m-100m区間までのスピードの低下率を算出し、これを逓減率とした。

3. 結果と考察

スピードの変化

表1に、測定データの中でフィニッシュタイムが良かった上位10名の疾走スピード分析結果を示した。最高スピードが最も高かったのは、福島選手の10.21m/sであり、2011年のレースで10.00m/sを超えた女子選手は福島選手だけであった。追い風参考となったレースが多数あったため、表2には参考記録も含めた上位5名の分析結果を示した。これらのレースでは、全選手が最高スピードが10.00m/s以上に達していた。

松尾ら(2010)によると、最高スピードはフィニッシュタイムと有意な相関関係にあることが報告されている。本年度のデータにおいても、この関係は認められた($p < 0.01$, 図1)。

上位10名の選手の全レース(のべ23レース)で最高スピード到達点をみてみると、平均で51.1mであった。同一選手の複数のレース間で最高スピード到達点を比較してみたが、フィニッシュタイムとの一定の関係は認められなかった。到達点よりも、最高スピードそのものの方が、やはりフィニッシュタイムとの関係が深いようである。

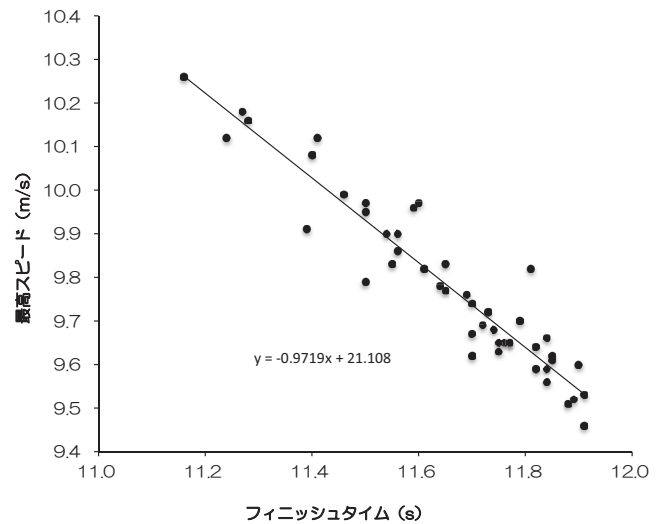


図1 2011年のレースにおける最高スピードと記録の関係

最高スピード時のピッチとストライド

表3に、フィニッシュタイムが上位10名の、最高スピード時のピッチとストライド、最高ピッチとその到達点、最高ストライドとその到達点をそれぞれ示した。また上位10名の平均値、標準偏差、最小値、最高値を示した。全23レースの総ステップ数をみてみると、平均で52.0歩であった。ステッ

表1 上位10名における10m区間ごとにみたラップタイムとスピード変化

日付	氏名	大会名	ラウンド	風	記録	最高スピード	到達点												
								10m	20m	30m	40m	50m	60m	70m	80m	90m	100m		
1	2011/6/26	福島千里	布勢スプリント	予選	-0.3	11.24	10.12	55	time(s)	1.99	3.11	4.15	5.15	6.16	7.14	8.14	9.15	10.19	11.24
									lap(s)	1.99	1.12	1.04	1.00	1.01	0.98	1.00	1.01	1.04	1.05
									speed(m/s)	5.02	8.92	9.65	9.97	9.96	10.12	10.08	9.86	9.62	9.51
2	2011/6/10	市川華菜	日本選手権	予選	+0.6	11.55	9.83	45	time(s)	2.07	3.24	4.31	5.36	6.37	7.40	8.42	9.44	10.48	11.55
									lap(s)	2.07	1.17	1.07	1.05	1.01	1.03	1.02	1.02	1.04	1.07
									speed(m/s)	4.83	8.55	9.29	9.60	9.83	9.76	9.82	9.77	9.59	9.37
3	2011/4/29	渡辺真弓	織田記念陸上	B決勝	+2.0	11.59	9.96	45	time(s)	2.05	3.19	4.25	5.27	6.28	7.29	8.32	9.38	10.47	11.59
									lap(s)	2.05	1.14	1.06	1.02	1.01	1.01	1.03	1.06	1.09	1.12
									speed(m/s)	4.88	8.75	9.44	9.81	9.96	9.88	9.66	9.45	9.20	8.92
4	2011/7/7	岡部奈緒	アジア選手権	予選	+1.0	11.64	9.78	55	time(s)	2.08	3.24	4.31	5.35	6.38	7.40	8.43	9.48	10.55	11.63
									lap(s)	2.08	1.16	1.07	1.04	1.03	1.02	1.03	1.05	1.07	1.08
									speed(m/s)	4.82	8.58	9.35	9.64	9.70	9.78	9.69	9.56	9.37	9.19
5	2011/4/29	北風沙織	織田記念陸上	予選	+2.0	11.65	9.77	45	time(s)	2.03	3.17	4.24	5.28	6.31	7.33	8.37	9.44	10.53	11.65
									lap(s)	2.03	1.14	1.07	1.04	1.03	1.02	1.04	1.07	1.09	1.12
									speed(m/s)	4.94	8.73	9.39	9.57	9.77	9.74	9.62	9.40	9.17	8.89
6	2011/5/8	高橋萌木子	GGP川崎	決勝	-0.4	11.70	9.67	65	time(s)	2.11	3.28	4.37	5.41	6.45	7.48	8.52	9.56	10.62	11.70
									lap(s)	2.11	1.17	1.09	1.04	1.04	1.03	1.04	1.04	1.06	1.08
									speed(m/s)	4.74	8.55	9.18	9.56	9.67	9.67	9.67	9.58	9.41	9.29
7	2011/4/29	佐野夢加	織田記念陸上	予選	+2.0	11.70	9.74	45	time(s)	2.07	3.22	4.29	5.33	6.35	7.38	8.43	9.50	10.58	11.70
									lap(s)	2.07	1.15	1.07	1.04	1.02	1.03	1.05	1.07	1.08	1.12
									speed(m/s)	4.84	8.69	9.36	9.60	9.74	9.72	9.56	9.35	9.22	8.94
8	2011/6/10	清水めぐみ	日本選手権	予選	+0.3	11.75	9.63	55	time(s)	2.03	3.20	4.28	5.33	6.37	7.40	8.46	9.54	10.64	11.75
									lap(s)	2.03	1.17	1.08	1.05	1.04	1.03	1.06	1.08	1.10	1.11
									speed(m/s)	4.93	8.56	9.26	9.53	9.62	9.63	9.43	9.30	9.10	9.00
9	2011/6/10	土井杏南	日本選手権	予選	+0.6	11.75	9.65	45	time(s)	2.08	3.23	4.29	5.33	6.36	7.41	8.46	9.54	10.63	11.75
									lap(s)	2.08	1.15	1.06	1.04	1.03	1.05	1.05	1.08	1.09	1.12
									speed(m/s)	4.80	8.71	9.45	9.62	9.65	9.57	9.50	9.31	9.15	8.92
10	2011/4/29	岡山沙英子	織田記念陸上	B決勝	+2.0	11.81	9.82	55	time(s)	2.20	3.40	4.49	5.53	6.56	7.58	8.61	9.65	10.72	11.81
									lap(s)	2.20	1.20	1.09	1.04	1.03	1.02	1.03	1.04	1.07	1.09
									speed(m/s)	4.54	8.38	9.19	9.55	9.74	9.82	9.73	9.55	9.35	9.19

表2 追い風参考記録も含めた上位5名における10m 区間ごとにみたラップタイムとスピードの変化

順位	日付	氏名	大会名	ラウンド	風	記録	最高スピード	到達点	10m 区間ごと										
									10m	20m	30m	40m	50m	60m	70m	80m	90m	100m	
1	2011/6/26	福島 千里	布勢スプリント	予選	+3.4	11.16	10.26	45	time(s)	1.99	3.10	4.11	5.10	6.07	7.06	8.07	9.08	10.10	11.16
									lap(s)	1.99	1.11	1.01	0.99	0.97	0.99	1.01	1.01	1.02	1.06
									speed(m/s)	5.01	9.08	9.83	10.14	10.26	10.10	9.97	9.86	9.77	9.46
2	2011/4/29	Melissa Breen	織田記念陸上	A決勝	+2.6	11.27	10.18	55	time(s)	2.05	3.21	4.25	5.25	6.24	7.22	8.21	9.21	10.23	11.27
									lap(s)	2.05	1.16	1.04	1.00	0.99	0.98	0.99	1.00	1.02	1.04
									speed(m/s)	4.89	8.62	9.59	10.01	10.09	10.18	10.15	9.97	9.79	9.62
3	2011/4/29	市川 華菜	織田記念陸上	A決勝	+2.6	11.28	10.16	65	time(s)	2.07	3.23	4.27	5.29	6.28	7.28	8.26	9.26	10.26	11.28
									lap(s)	2.07	1.16	1.04	1.02	0.99	1.00	0.98	1.00	1.00	1.02
									speed(m/s)	4.83	8.61	9.61	9.84	10.05	10.04	10.16	10.04	9.97	9.82
4	2011/4/29	北風 沙織	織田記念陸上	A決勝	+2.6	11.4	10.08	55	time(s)	2.07	3.22	4.26	5.27	6.26	7.25	8.25	9.28	10.33	11.40
									lap(s)	2.07	1.15	1.04	1.01	0.99	0.99	1.00	1.03	1.05	1.07
									speed(m/s)	4.83	8.72	9.57	9.94	10.06	10.08	9.99	9.78	9.53	9.30
5	2011/4/29	高橋 萌木子	織田記念陸上	A決勝	+2.6	11.41	10.12	65	time(s)	2.12	3.29	4.36	5.38	6.38	7.37	8.36	9.36	10.38	11.41
									lap(s)	2.12	1.17	1.07	1.02	1.00	0.99	0.99	1.00	1.02	1.03
									speed(m/s)	4.72	8.54	9.35	9.81	9.94	10.09	10.12	10.04	9.82	9.69

表3 上位10名における最高スピード時のピッチとストライドおよび最高ピッチと到達点, 最高ストライドと到達点, 遞減率

順位	日付	氏名	記録	風	ステップ数	最高スピード区間				最高ピッチ区間		最高ストライド区間		遞減率		
						スピード	到達点	ピッチ	ストライド	ピッチ	到達点	ストライド	到達点	遞減率	0%の記録	記録との差
						m/s	m	s/s	m	s/s	m	m	m	%	秒	秒
1	2011/6/26	福島 千里	11.24	-0.3	53.4	10.13	55	4.97	2.04	4.97	30.7	2.05	71.2	5.97	11.10	0.14
2	2011/6/11	福島 千里	11.39	-0.6	54.5	9.90	55	5.05	1.96	5.06	53.8	1.99	45.9	4.49	11.30	0.09
3	2011/4/29	福島 千里	11.50	-0.9	50.4	9.94	35	4.72	2.10	4.78	23.4	2.29	92.2	11.27	11.20	0.30
4	2011/6/10	福島 千里	11.50	+0.4	52.0	9.79	45	4.77	2.05	4.78	39.2	2.13	89.0	5.95	11.39	0.11
5	2011/6/10	市川 華菜	11.55	+0.6	49.4	9.84	45	4.41	2.22	4.54	85.9	2.24	94.6	4.61	11.46	0.09
6	2011/5/8	福島 千里	11.56	-0.4	52.9	9.89	55	4.85	2.03	4.93	71.3	2.10	79.5	13.42	11.35	0.21
7	2011/4/29	渡辺 真弓	11.59	+2.0	53.3	9.98	45	4.79	2.07	4.89	22.6	2.09	38.6	10.41	11.30	0.29
8	2011/6/11	市川 華菜	11.61	-0.6	49.9	9.80	55	4.45	2.20	4.49	59.2	2.22	50.4	5.38	11.48	0.13
9	2011/7/7	岡部 奈緒	11.64	+1.0	51.0	9.77	55	4.56	2.14	4.70	31.7	2.17	82.8	6.02	11.49	0.14
10	2011/4/29	北風 沙織	11.65	+2.0	58.8	9.77	45	5.32	1.84	5.42	26.9	1.88	56.0	8.96	11.42	0.23
11	2011/4/29	岡部 奈緒	11.69	+0.1	51.3	9.75	55	4.57	2.13	4.70	31.7	2.14	65.5	7.21	11.52	0.17
12	2011/4/29	佐野 夢加	11.70	+2.0	52.6	9.75	65	4.46	2.16	4.81	39.4	2.08	47.6	3.88	11.62	0.08
13	2011/5/8	高橋 萌木子	11.70	-0.4	51.0	9.70	45	4.72	2.06	4.70	31.4	2.16	65.3	8.22	11.49	0.22
14	2011/4/29	高橋 萌木子	11.72	+0.1	51.6	9.69	55	4.58	2.12	4.72	22.9	2.14	73.1	4.50	11.61	0.11
15	2011/4/29	渡辺 真弓	11.73	+0.1	53.8	9.71	45	4.80	2.02	4.93	15.3	2.03	62.8	10.95	11.46	0.27
16	2011/6/11	岡部 奈緒	11.74	-0.6	51.4	9.68	55	4.57	2.11	4.68	31.5	2.15	48.2	6.29	11.57	0.16
17	2011/6/10	清水 めぐみ	11.75	+0.3	49.3	9.65	55	4.35	2.21	4.51	17.3	2.21	51.6	6.57	11.56	0.19
18	2011/6/10	土井 杏南	11.75	+0.6	54.4	9.68	45	4.79	2.02	4.95	22.1	2.03	45.5	7.57	11.55	0.20
19	2011/7/7	市川 華菜	11.76	+0.3	49.8	9.65	55	4.44	2.16	4.47	58.9	2.21	93.6	5.94	11.64	0.11
20	2011/5/8	渡辺 真弓	11.77	-0.4	54.2	9.67	45	4.86	1.98	4.91	14.9	2.01	38.0	7.61	11.57	0.20
21	2011/6/10	佐野 夢加	11.77	+0.3	52.1	9.65	55	4.59	2.10	4.81	15.4	2.10	55.9	6.81	11.59	0.18
22	2011/7/8	岡部 奈緒	11.79	+1.9	51.1	9.70	55	4.52	2.14	4.59	23.4	2.14	56.9	6.00	11.60	0.18
23	2011/4/29	岡山 沙英子	11.81	+2.0	48.3	9.87	55	4.29	2.30	4.39	16.8	2.33	97.3	6.39	11.65	0.16
平均値(n=23)			11.65	+0.4	52.0	9.78	51.1	4.67	2.09	4.77	34.2	2.13	65.3	7.15	11.47	0.17
標準偏差			0.14	+1.0	2.3	0.12	6.6	0.24	0.10	0.23	19.2	0.10	19.1	2.42	0.15	0.06
最小値			11.24	-0.9	48.3	9.65	35	4.29	1.84	4.39	14.9	1.88	38.0	3.88	11.10	0.08
最高値			11.81	+2.0	58.8	10.13	65	5.32	2.30	5.42	85.9	2.33	97.3	13.42	11.65	0.30

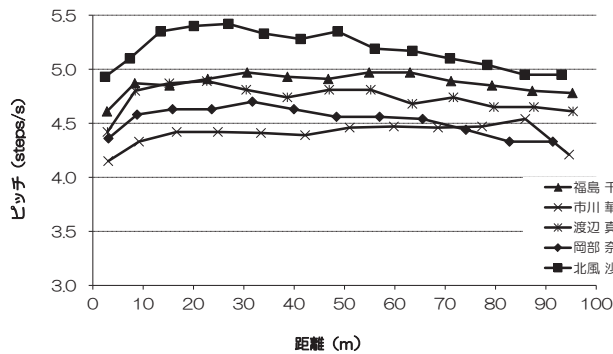
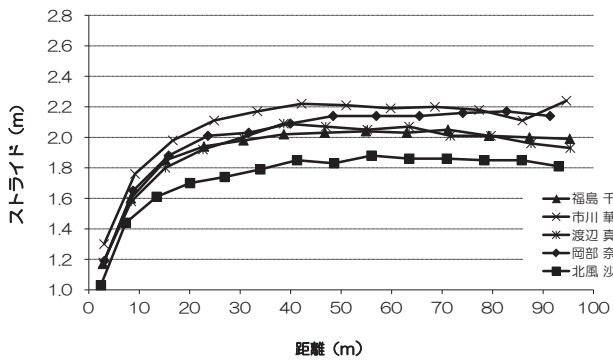


図2 上位5名におけるピッチとストライドの変化

ブ数の最小値は岡山選手の48.3歩であり、最大値は北風選手の58.8歩であった。北京オリンピック金メダリストのFraser選手が10.73秒で走った時の総ステップ数は49.8歩であり、最高速度到達時のピッチは4.92s/s、ストライドは2.18mであった。これは日本選手のピッチの最高値およびストライドの最高値と同程度であるが、これを同時に実現することで、10.75m/sという高い疾走スピードに到達していた。2010年に日本ランク2位であった高橋選手は、最高速度到達点のピッチの最高値は4.67s/s、ストライドの最高値は2.24mであったが(松尾ら 2010)、2011年にはピッチはほぼ同程度であったものの、ストライドが2.15mとやや短くなっていた。

ピッチとストライドの変化

図2には、上位5名のレース中のピッチとストライドの変化を示した。また最高速度時のピッチおよびストライドを100%として規格化したものを図3に示した。最高速度到達点以降フィニッシュまでのピッチの減少は平均4.82%であったのに対し、ストライドの減少は平均3.16%であった。ストライドと比較してピッチの方が有意に低下していた($p < 0.05$)。減速期にピッチの低下を抑えることで、スピードの低下を小さくすることができるかもしれ

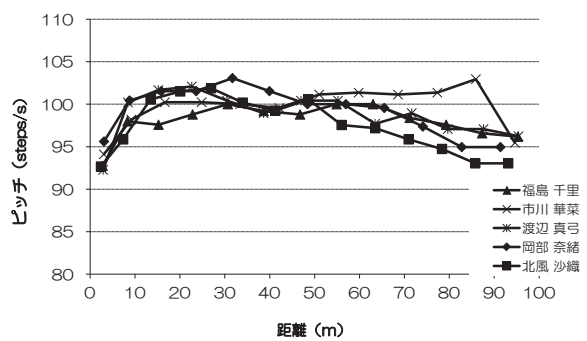
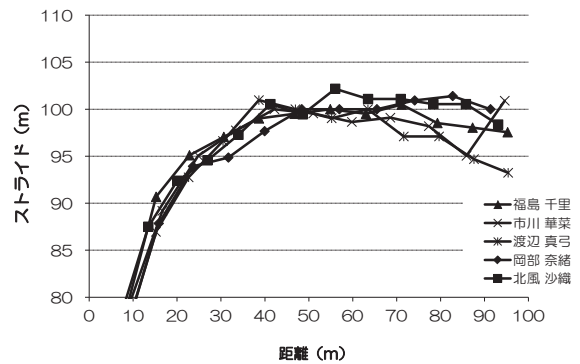


図3 上位5名における最高速度時を100%に規格化したピッチとストライドの変化

ない。

最高速度到達点と最高ピッチおよび最高ストライド到達点の関係についても検討した。23例中19例がスピードより前にピッチが最高値に到達し、その平均は最高速度到達より16.9m前方であった。また23例中16例がスピードより後にストライドが最高値に到達し、その平均は最高速度到達より14.2m後方であった。レース後半の減速期には、ピッチが低下し続けるのにも関わらず、疾走スピードがそれほど低下しないのは、ストライドの最高値が最高速度到達点より後方に出現するためであると考えられる。

逓減率

表3に、上位10名の逓減率と、逓減率0%であった場合の記録、実際の記録との差を合わせて示した。

上位10名の逓減率は平均7.15%であった。疾走スピードの低下による記録低下への影響は、平均して0.17秒であった。レース後半はピッチもストライドも低下するため、疾走速度の低下は避けられない。レース分析の資料として逓減率を提示することの是非については、今後検討が必要であるが、疾走スピードの低下を抑えることを戦略として考えるならば、有効な資料になり得るかもしれない。

4. まとめ

100mのレース分析として、10mごとのスピード変化、および4ステップサイクルごとにみたピッチとストライドの変化、最高スピード到達点とピッチ、ストライドの関係について検討した。データは2011年に国内で開催された日本選手権など主要7大会で収集されたものであった。結果は以下のようになった。

①選手内で比較しても、最高スピードの到達点はさまざまであった。よって、最高スピードに到達する区間と記録との関連は弱く、最高スピードがどの程度であるかの方が重要であると考えられた。

②記録と最高スピードの間には、従来の報告通り有意な相関関係が認められた。

③減速期には、ピッチおよびストライドはフィニッシュまで低下し続けるが、その低下率はストライドよりピッチの方が有意に大きかった。

参考文献

松尾彰文, 広川龍太郎, 柳谷登志雄, 持田尚, 杉田正明, 松林武生, 貴嶋孝太, 川崎知美, 苅部俊二, 土江寛裕, 清田浩伸, 麻場一徳, 中村宏之 (2011) 100mレースにおける4ステップごとにみたスピード, ピッチおよびストライドの変化, 日本陸上競技研究紀要, 7: 21-29.

Matsuo, A., Tsuchie, H., Yanagiya, T., Hirokawa, R., Sugita, M., Ae, M: Analysis of speed patterns in 100-m sprints, 世界一流陸上競技者のパフォーマンスと技術, 218-222, 2010.

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

高橋恭平^{1,2)} 松尾彰文²⁾ 広川龍太郎³⁾ 柳谷登志雄⁴⁾ 貴嶋孝太²⁾ 松林武生²⁾ 山本真帆²⁾
綿谷貴志⁵⁾ 渡辺圭佑⁶⁾
1) 熊本高等専門学校 2) 国立スポーツ科学センター 3) 東海大学 4) 順天堂大学
5) 鹿屋体育大学大学院 6) 順天堂大学大学院

はじめに

2009年、Usain Bolt選手（ジャマイカ）が100mおよび200mの世界記録を鮮烈的に更新したことで（9" 58および19" 19）、様々な観点からショートスプリントに対する関心が高まっており、科学的観点からの興味も例外ではない。

近年、100mのレース分析に関しては、レーザードップラー型速度測定装置（LAVEG）やハイスピードカメラを用いた速度、ピッチおよびストライドの分析が行われており、多くの報告がある。しかしながら、200mに関しては、カーブ区間の分析の困難性から実施されてこなかった。そこで、土江ら（2010）は、2007年に開催された第11回世界陸上競技選手権大阪大会における200mのレース前に、トラック上に分析区間となるポイントにマーキングし、20m毎の走速度、通過タイム、ピッチ（Step Frequency; SF）およびストライド（Stride Length; SL）の分析を行った。本研究においても、土江らの用いた方法を参考に、2011年に開催された第27回静岡国際陸上競技大会（2011年5月3日、静岡）、第95回日本陸上競技選手権大会（2011年6月10～12日、熊谷）、第19回アジア陸上競技選手権（2011年7月7～10日、神戸）、第13回世界陸上競技選手権（2011年8月27～9月4日、テグ）（以下、「静岡国際」、「日本選手権」、「アジア選手権」、「世界選手権」とする）における世界および日本トップスプリンターの200mレース分析を試みた。

方法

1-1. 静岡国際、日本選手権、アジア選手権における映像撮影
上記3大会は日本での開催であったため、主催

者（開催地の陸上競技協会）の了解を得て、試合開始前トラック上にスタートからゴールまで20m毎にホワイトテープでマーキングし、各撮影ポイントからキャリブレーション映像を液晶デジタルカメラEXILIM（EX-F1、CASIO、JAPAN）によりハイスピード撮影した。カメラの撮影速度は300fps、シャッター速度250分の1とし、各撮影ポイントにおいて全選手（全レーン）が入る画角を設定した。

撮影スタッフは20m、40m、60m、80m、100m、120m、140m、160m、180m、フィニッシュラインの計10ヶ所をスタンドから撮影するためにそれぞれ配置された。レースの撮影は、スターターのピストルの閃光を撮影した後、各撮影ポイントでカメラを止めて（途中棄権選手を除く）全選手が通過したらゴールするまで追尾撮影を行った。

1-2. 世界選手権における映像撮影

世界選手権は、走路上へのマーキングおよびそのキャリブレーション用の撮影が不可能であったため、ハードルの設置場所やリレーのテイクオーバーゾーンなどを示すマークを手掛かりに、可能な限り1-1で実施した撮影ポイントに近くなる撮影ポイントを決定した（表1）。ハイスピード撮影に使用したカメラ、カメラの設定および撮影方法は1-1と同様であった。撮影スタッフは、表1の項目にフィニッシュラインを追加した計9ヶ所をスタンドから撮影した。

2. 分析方法

分析を実施したレースは、静岡国際男子200m決勝、日本選手権男子200m予選および男女決勝、アジア選手権男子200mに出場した日本代表選手および優勝者、そして世界選手権男女200mに出場した

表 1. 各試合における 200m レースの撮影ポイント

(1-1)	(1-2)
20m地点	→ 400mハードル6台目 (20m地点)
40m地点	→ —
60m地点	→ 400mハードル7台目 (55m地点)
80m地点	→ 400mリレー4走のブルーライン (80m地点)
100m地点	→ 400mリレー3走→4走のテイクオーバーゾーンの中心 (100m地点) ※テグスタジアムにはライン有
120m地点	→ 100mハードル2台目 (121.5m地点)
140m地点	→ 110mハードル5台目 (140.28m地点)
160m地点	→ 110mハードル7台目 (158.56m地点)
180m地点	→ 100mハードル9台目 (181m地点)

【1-1】: 静岡国際、日本選手権、アジア選手権の撮影ポイント
 【1-2】: 世界選手権の撮影ポイント

日本代表選手および男女メダリストであった。映像分析には映像再生・編集ソフト (QuickTimePro7, Apple, USA) によるコマ (フレーム数) 表示機能を用い、まず、全撮影ポイントから撮影した映像のスターターのピストル閃光をゼロフレーム目に編集した。

2-1. 通過タイム、区間タイムおよび区間平均速度

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のフレーム数から求めた。区間タイムは各分析ポイントの通過タイムから差分することで求め、さらに区間タイムから区間平均速度 (以下、「区間速度」とする) の算出を行った。

2-2. 区間平均ピッチ

ピッチは各区間の (分析ポイント通過後最初の1歩目をゼロ歩として) 計8歩に要した時間をフレーム数から求め、1秒あたりのピッチを算出した。スタート (0m) から 20m 区間のみ計10歩を分析した。

2-3. 区間平均ストライド

ストライドは2-1で求めた区間速度を2-2で求めたピッチで除すことで求めた。

2-4. 60 (55) m ~ 80m 区間の接地時間、滞空時間、区間平均ピッチおよびストライド

これまでに、200m レース中の最高走速度は60m ~ 80m 付近で最高走速度に達することが指摘されていることから (土江ら、2010)、当区間9歩 (左足5歩、右足4歩) 分の接地時間と滞空時間および当区間の

平均ピッチとストライドをフレーム数から求めた (分析対象: 日本選手権男子決勝進出者全員、アジア選手権男子日本代表選手および優勝者、世界選手権男女日本代表選手および男女メダリスト各3名)。世界選手権については、55m ~ 80m 区間の分析を行った。(結果は資料を参照。)

結果

全ての図は、最高走速度が得られた区間のプロットを白抜きで示した。ピッチとストライドの図においても同様に、最高走速度が得られた区間のプロットを白抜きにしており、ピッチとストライドの最高値を示すものではない。

1. 世界選手権

図1は、世界選手権男子200mメダリスト3名の走速度、ピッチおよびストライドの変化を示している。走速度は、いずれの選手も55m ~ 80m 区間まで増加し、最高走速度が出現した後は、やや低下しながらフィニッシュするという動態を示した。また、メダリスト3名全員が、55m ~ 80m 区間で最高走速度に達していたが (図中の白抜きプロット)、優勝した Usain BOLT 選手の最高走速度は 11.63m/s と、他の選手と比較して著しく高い値であった。ピッチは20m ~ 55m 区間で最も高く、それ以降減少していくという動態を示した。3名の中で Walter DIX 選手のピッチは、他メダリストと比較して20m ~ 55m 区間で最高 5stp/s を超え抜き出ていた。Usain BOLT 選手と Christophe LEMAITRE 選手のピッチおよびストライドの変化は、似た動態を示した。男子メダリスト3名の60m ~ 80m 区間の接地時間と滞空時間は、左右脚でほとんど変わらなかった (資料参照)。しかしながら、ピッチは左足と比較して右足で顕著に高く、ストライドは、逆に右足より左足の方が高い傾向を示した。

図2 ~ 4は、日本代表選手の高平慎士選手、齋藤仁志選手および小林雄一選手の走速度、ピッチおよびストライドの変化を示したものである。高平選手 (図2) の最高走速度は予選と準決勝共に55m ~ 80m 区間で出現し、それぞれ 10.73m/s と 10.81m/s であった。またピッチとストライドは、予選と準決勝で似た動態を示していた。すなわち、ピッチはスタート後20m ~ 55m 区間で最大となり、その後はフィニッシュまで、やや減少するように変化した。181m ~ 200m 区間のピッチはそれ以前の区間よりも大きく低下した。一方、ストライドは181m ~ 200m 区間で最大であったが、この区間を除くと、予選と

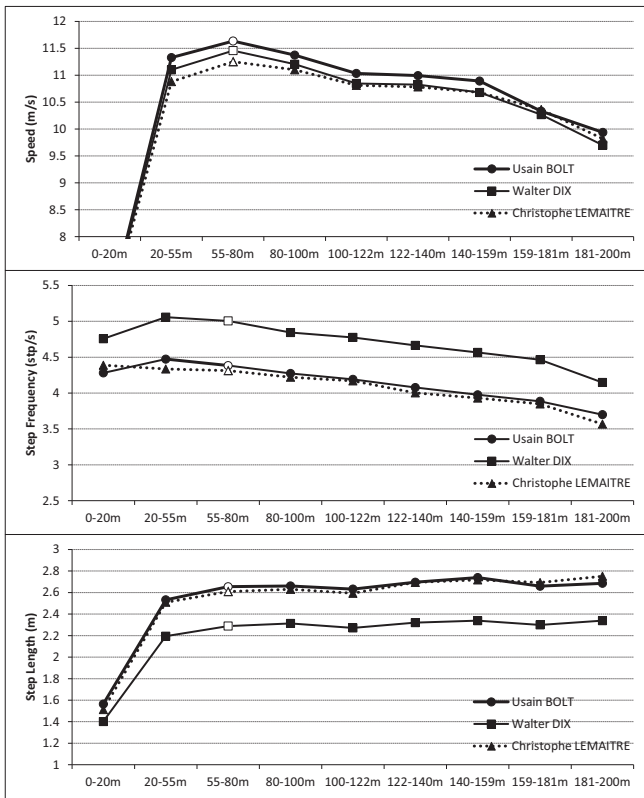


図1 世界選手権大邱大会男子200m決勝におけるメダリスト3名のスピード、ピッチ、ストライド変化

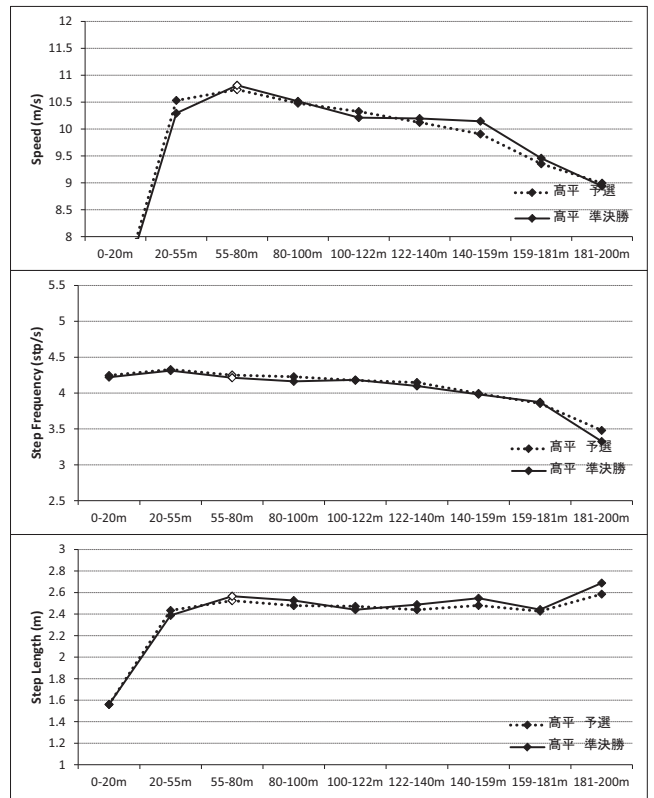


図2 世界選手権大邱大会男子200m予選および準決勝における高平選手のスピード、ピッチ、ストライド変化

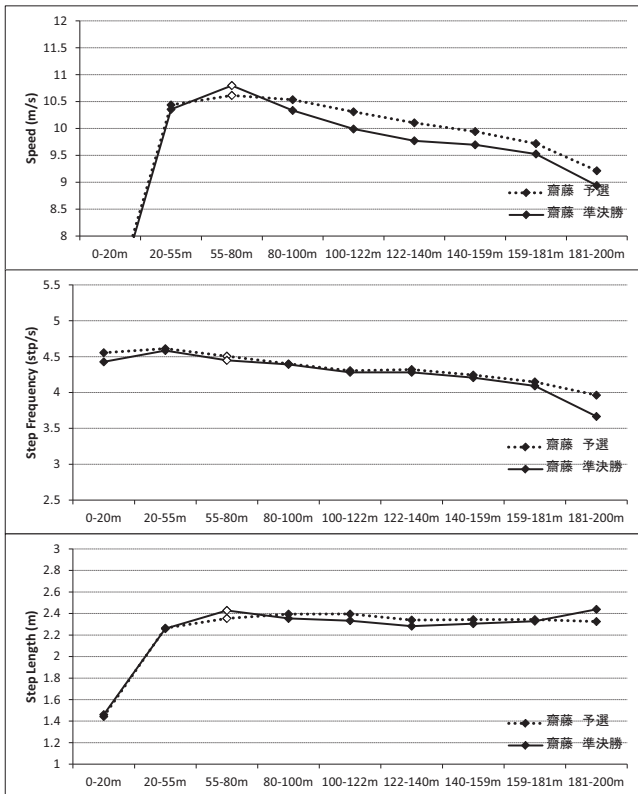


図3 世界選手権大邱大会男子200m予選および準決勝における齋藤選手のスピード、ピッチ、ストライド変化

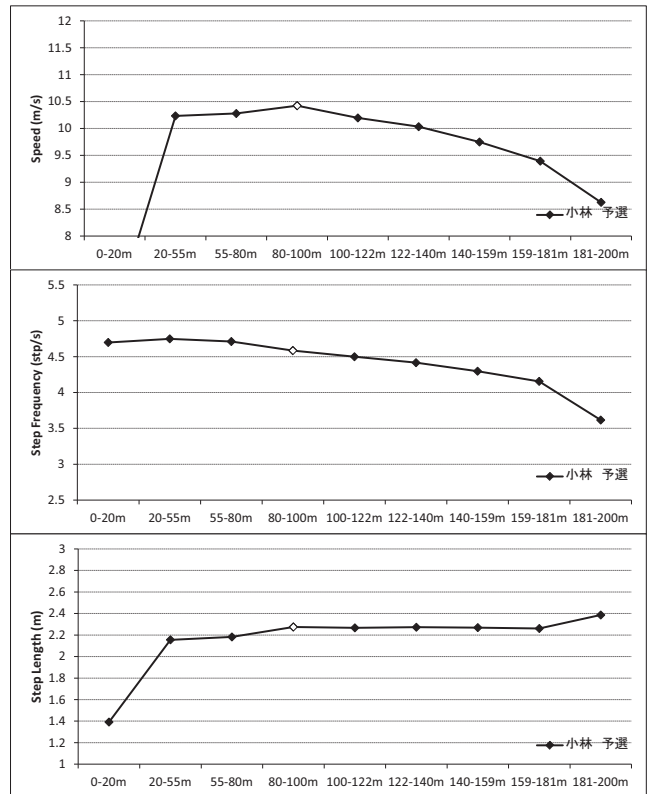


図4 世界選手権大邱大会男子200m予選および準決勝における小林選手のスピード、ピッチ、ストライド変化

準決勝共にスタート後 55m～80m 区間まで増加し、その後はフィニッシュまで大きな変化を示さなかった。齋藤選手（図 3）の最高走速度は予選と準決勝共に 55m～80m 区間で出現していた。最高走速度は予選（10.61m/s）より準決勝（10.80m/s）の方が高かったが、最高走速度到達区間からの速度低下の程度は予選より準決勝の方が大きかった。ピッチとストライドは、予選と準決勝で似た動態を示していた。齋藤選手のピッチも高平選手同様にスタート後 20m～55m 区間で最大となり、その後はフィニッシュまで減少していた。ストライドに関しては高平選手同様に、55m～80m 区間まで増加し、その後はやや減少傾向にあるもののフィニッシュまで大きく変わらなかった。小林選手（図 4）の予選の最高走速度は 80m～100m 区間で出現していた（10.42m/s）。同選手のピッチも前述の 2 名の日本代表選手同様に、20m～55m 区間で最大となり、最大値出現後フィニッシュまで緩やかに減少する傾向にあった。小林選手のストライドは、80m～100m 区間で最大値に達した後、158.56m～181m 区間まで最大値に近い値が維持されていた。

図 5 は、世界選手権女子 200m メダリスト 3 名の走速度、ピッチおよびストライドの変化を示している。Veronica CAMPBELL-BROWN 選手は 55m～80m 区間で、他 2 名は 80m～100m 区間で最高速度に達していた。Veronica CAMPBELL-BROWN 選手と Carmelita JETER 選手のピッチは 20m～55m 区間で、Allyson FELIX 選手は 0m～20m 区間で最も高く、その後ピッチは低下傾向にあった。Carmelita JETER 選手と Allyson FELIX 選手のストライドの最高値が得られた 80m～100m 区間で速度も最高値に達していた。Allyson FELIX 選手のストライドは、他 2 名のメダリストと比較して 80m～100m 区間で最高 2.4m を超え、終始大きなストライドであったが、一方ピッチは低かった。Veronica CAMPBELL-BROWN 選手と Carmelita JETER 選手のピッチおよびストライドの変化は、類似した動態を示していた。女子メダリスト 3 名の 60m～80m 区間の接地時間と滞空時間は、左右脚でほとんど変わらなかった（資料参照）。しかしながら、ピッチは左足より右足で、ストライドは右足より左足で顕著に高値を示し、これらの結果は男子メダリストと同様の傾向であった。

図 6 は、同種目に日本代表選手として出場した福島千里選手のスピード、ピッチおよびストライドの変化を示したものである。走速度は予選、準決勝共に 55m～80m 区間で最高に達し、同程度の最高速度

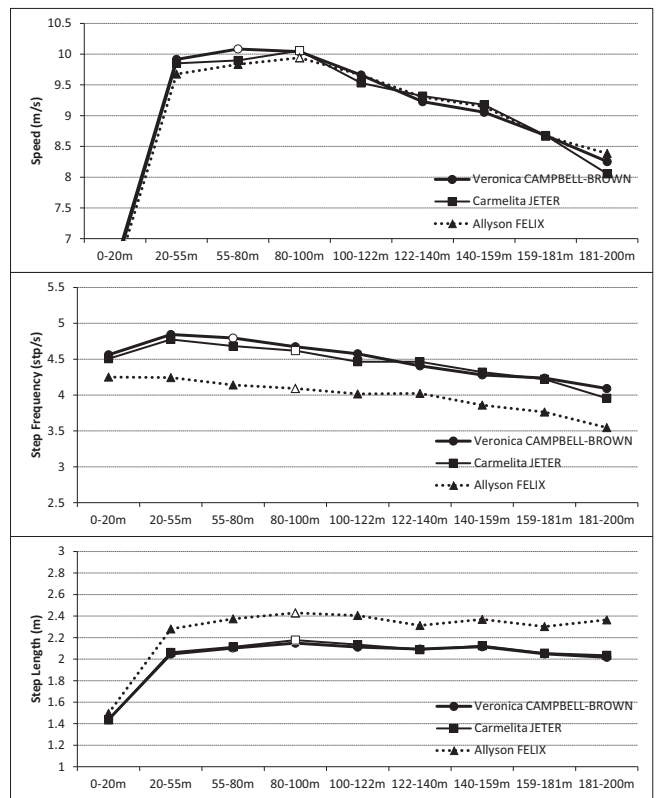


図 5 世界選手権大邱大会女子 200m 決勝におけるメダリスト 3 名のスピード、ピッチ、ストライド変化

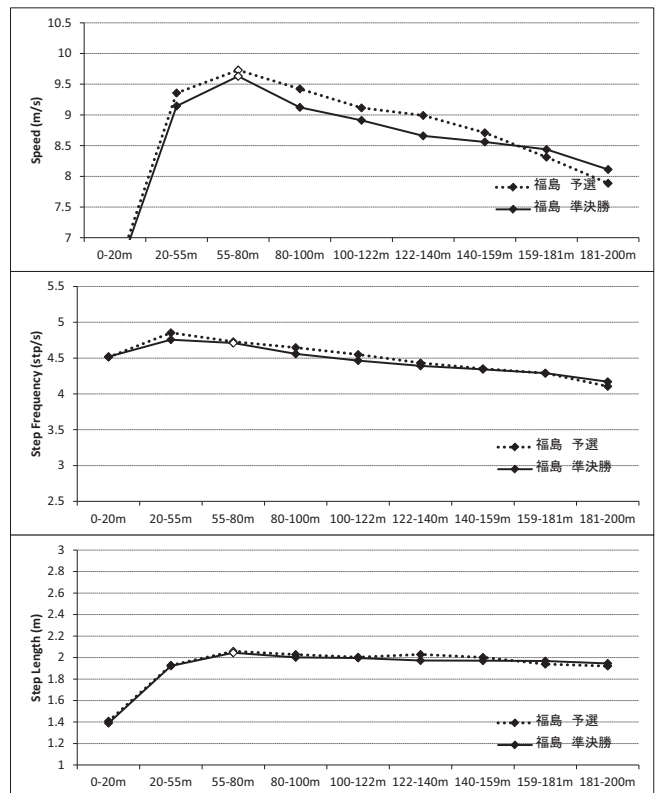


図 6 世界選手権大邱大会女子 200m 予選および準決勝における福島選手のスピード、ピッチ、ストライド変化

であった（予選：9.73m/s 準決勝：9.63m/s）。しかしながら、予選と比較して準決勝では、80m～140m区間の走速度低下が目立った。この80m～140m区間のストライドは、両レースで大きな違いが見られなかった。しかしながら、ピッチは準決勝の方が予選よりも低値を示した。したがって、予選と準決勝において福島選手の80m～140m区間の走速度の違いは、主にピッチの違いに因るものと考えられる。

2. 静岡国際、日本選手権およびアジア選手権

図7と8は、高平選手および小林選手の静岡国際と日本選手権、いずれも決勝レース時におけるスピード、ピッチおよびストライドの変化を示している。高平選手（図7）の日本選手権での最高速度は60m～80m区間で得られているのに対し、静岡国際では40m～60m区間で出現している。この時の最高走速度は、日本選手権が10.80m/s、静岡国際が10.68m/sであった。さらに、最高走速度出現以降の走速度を比較すると、この2つのレースのうち記録の良かった日本選手権（20"49）では静岡国際（20"93）の時よりも終始高い速度で疾走していた。一方、ピッチおよびストライド変化の動態は、静岡国際と日本選手権で大きな相違点は見られなかったものの、180m～200m区間を除く全ての区間のストライドは日本選手権の方が高値を示した。図8には小林選手の結果を示した。最高速度は、静岡国際と日本選手権共に60m～80m区間で得られていた。また、ピッチとストライドの変化も、静岡国際と日本選手権で大きな違いは見られなかった。

図9と10は、齋藤選手と飯塚選手の静岡国際と日本選手権、アジア選手権、いずれも決勝レース時におけるスピード、ピッチおよびストライドの変化を示している。齋藤選手（図9）の静岡国際および日本選手権での最高速度は60m～80m区間で得られていたのに対し、アジア選手権では40m～60m区間で得られていた。アジア選手権決勝での走速度において、その他のレースと比較して、最高走速度到達以降60m～80m区間および80m～100m区間での走速度の低下が顕著であった。また、齋藤選手の出場した同3大会におけるピッチとストライドの変化の動態は、大きく違う点は見られなかった。図10には飯塚選手の結果を示した。飯塚選手の最高速度は3大会全てにおいて40m～60m区間で得られていた。しかしながら、アジア選手権決勝時の走速度において、その他2つのレースと比較して、40m～60m区間以降フィニッシュまで走速度の低下が目立った。また、今回分析対象であった他の選手と比較して、

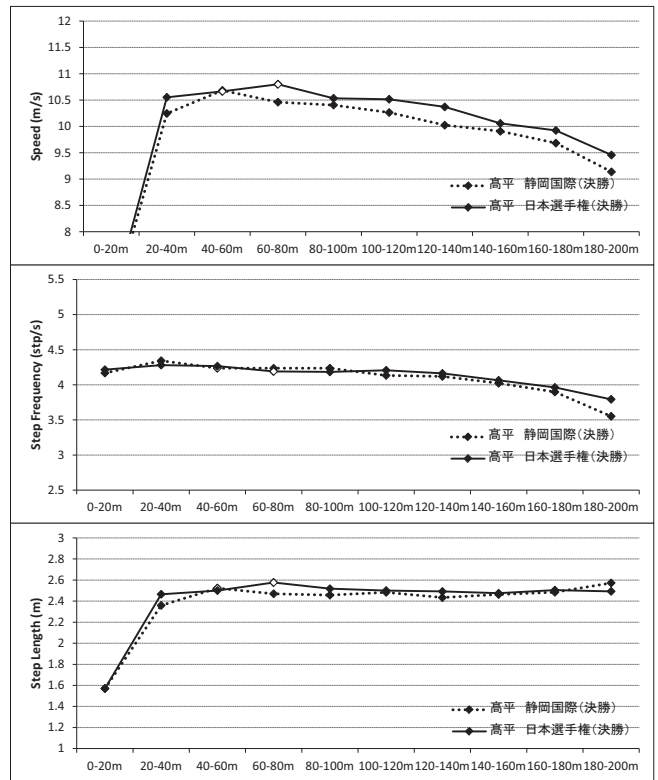


図7 高平選手の静岡国際決勝と日本選手権決勝時におけるスピード、ピッチ、ストライド変化

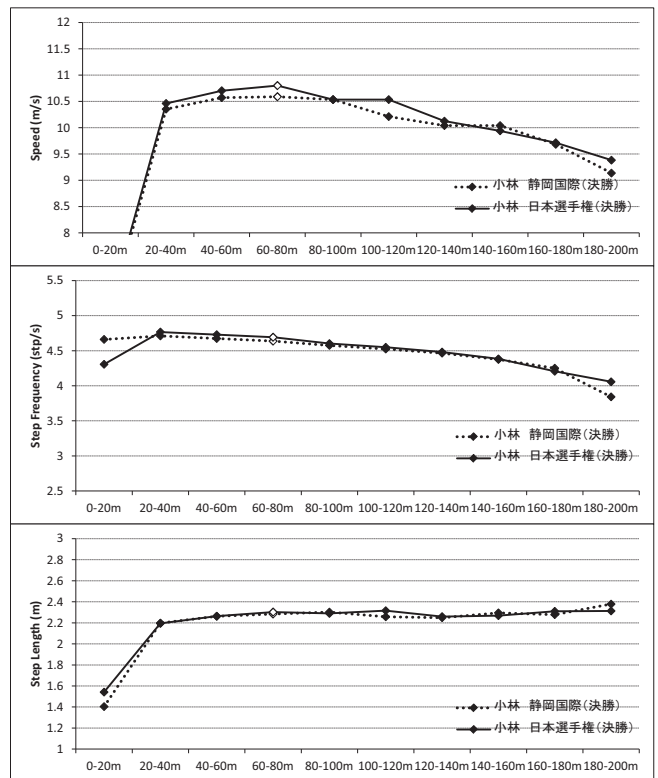


図8 小林選手の静岡国際決勝と日本選手権決勝時におけるスピード、ピッチ、ストライド変化

飯塚選手のピッチは、スタート（0m）～20m 区間において高かった。そして、飯塚選手においても齋藤選手同様に同3大会におけるピッチとストライドは、大きく変わらなかった。

まとめ

- ・本稿では、トラック路面にマークを付した場合と付さなかった場合の2通りのレース分析結果を示した。正確な比較はできなかったものの、レース中の最高走速度の出現時区間や変化のパターンなどは相似した。したがって、今回の世界選手権で実施したレース分析のように、トラック路面にマークを付さずとも十分に分析が行えることを確認できた。
- ・今回分析対象であった選手の多くの最高走速度は60m（55m）～80m 区間で、ピッチの最高値は20m～40m（55m）区間で出現している。ストライドは、20m～40m（55m）区間まで増加した後はフィニッシュまでほぼ変化しない選手が多かった。
- ・世界選手権男女メダリストに共通して、55m～80m 区間の接地時間および滞空時間の左右差はほとんど無かったが、ピッチは右足で、ストライドは左足で顕著に高い値を示した。

参考文献

土江寛裕・小林海・持田尚・杉田正明・柳谷登志雄・広川龍太郎・松尾彰文（2010）世界選手権 Osaka2007における男子200mの走速度およびピッチ・ストライドの分析. 陸上競技研究紀要, 6: 72-84.

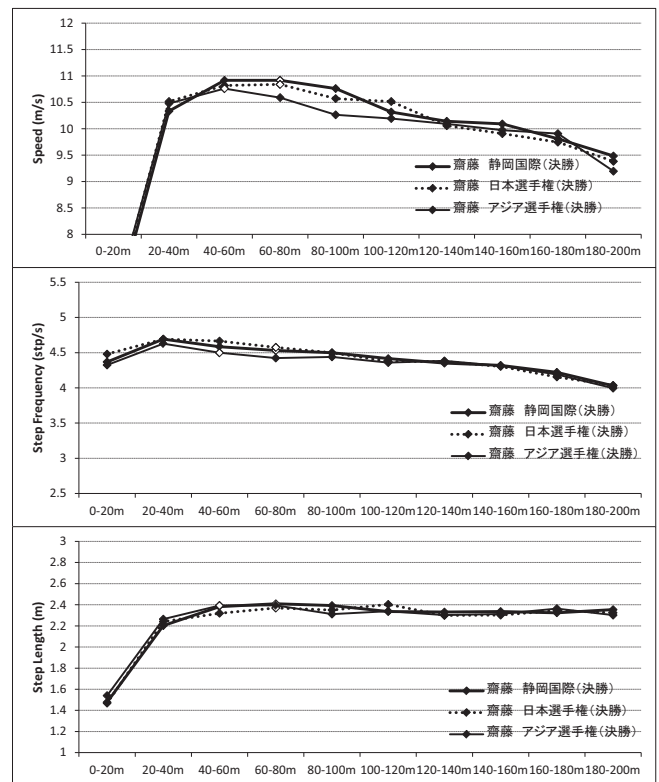


図9 齋藤選手の静岡国際決勝と日本選手権決勝、アジア選手権決勝時におけるスピード、ピッチ、ストライド変化

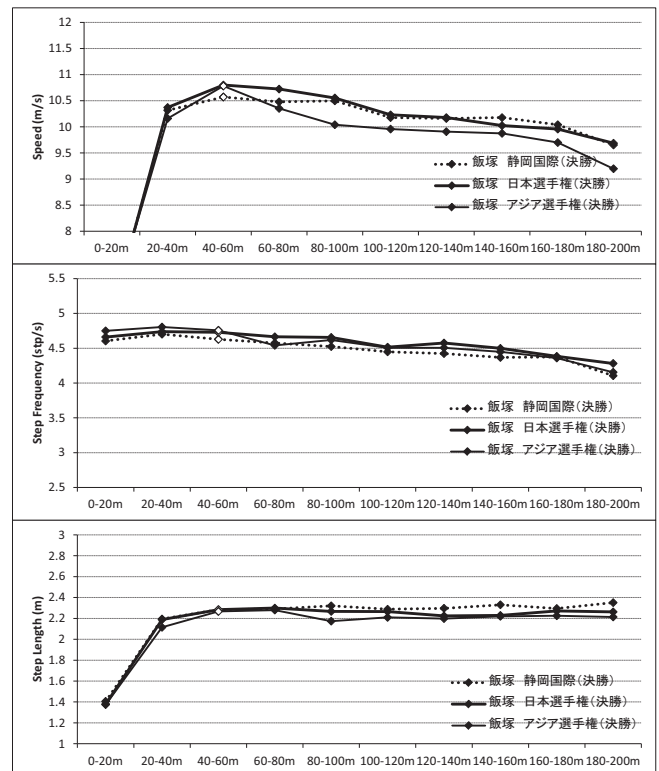


図10 飯塚選手の静岡国際決勝と日本選手権決勝、アジア選手権決勝時におけるスピード、ピッチ、ストライド変化

参考資料

第27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
招待男子 200m 決勝
2011/5/3 15:50 (風速 +0.5 m/s)

順位 レーン	名前	記録	最高速度 到達地点	0m ~	20m ~	40m ~	60m ~	80m ~	100m ~	120m ~	140m ~	160m ~	180m ~	200m ~
1位	齋藤 仁志 (サンメッセ)	20.60	10.92	通過タイム(秒) 3.10 区間速度(m/秒) 6.45 区間ピッチ(歩/秒) 4.37 区間ストライド(m) 1.48	5.04	6.87	8.70	10.56	12.50	14.47	16.45	18.49	20.60	
7レーン			60-80m	3.09	5.03	6.92	8.83	10.73	12.70	14.67	16.63	18.63	20.70	
2位	飯塚 翔太 (中央大)	20.70	10.57	通過タイム(秒) 3.09 区間速度(m/秒) 6.47 区間ピッチ(歩/秒) 4.60 区間ストライド(m) 1.41	5.03	6.92	8.83	10.73	12.70	14.67	16.63	18.63	20.70	
5レーン			60-80m	3.01	4.95	6.82	8.69	10.56	12.53	14.54	16.57	18.66	20.84	
3位	山縣 亮太 (慶應義塾大)	20.84	10.72	通過タイム(秒) 3.06 区間速度(m/秒) 6.54 区間ピッチ(歩/秒) 4.73 区間ストライド(m) 1.41	4.95	6.82	8.69	10.56	12.53	14.54	16.57	18.66	20.84	
8レーン			80-100m	3.06	4.99	6.88	8.77	10.67	12.63	14.62	16.61	18.68	20.86	
4位	小林 雄一 (法政大)	20.86	10.59	通過タイム(秒) 3.06 区間速度(m/秒) 6.54 区間ピッチ(歩/秒) 4.66 区間ストライド(m) 1.40	4.99	6.88	8.77	10.67	12.63	14.62	16.61	18.68	20.86	
4レーン			60-80m	3.06	5.01	6.88	8.79	10.71	12.66	14.66	16.68	18.74	20.93	
5位	高平 慎士 (富士通)	20.93	10.68	通過タイム(秒) 3.11 区間速度(m/秒) 6.52 区間ピッチ(歩/秒) 4.39 区間ストライド(m) 1.46	5.01	6.88	8.79	10.71	12.66	14.66	16.68	18.74	20.93	
3レーン			40-60m	3.11	5.14	7.00	8.89	10.82	12.76	14.73	16.74	18.79	20.96	
6位	堀江 新太郎 (立命館大)	20.96	10.72	通過タイム(秒) 3.11 区間速度(m/秒) 6.42 区間ピッチ(歩/秒) 4.39 区間ストライド(m) 1.46	5.14	7.00	8.89	10.82	12.76	14.73	16.74	18.79	20.96	
2レーン			40-60m	3.07	5.02	6.94	8.83	10.72	12.70	14.72	16.78	18.93	21.17	
7位	服部 辰也 (中京大)	21.17	10.61	通過タイム(秒) 3.07 区間速度(m/秒) 6.52 区間ピッチ(歩/秒) 4.71 区間ストライド(m) 1.38	5.02	6.94	8.83	10.72	12.70	14.72	16.78	18.93	21.17	
9レーン			80-100m	3.07	5.02	6.94	8.83	10.72	12.70	14.72	16.78	18.93	21.17	

第95回日本陸上競技選手権大会 @ 熊谷スポーツ文化公園陸上競技場
男子 200m 決勝
2011/6/11 17:35 (風速 0.0 m/s)

順位 レーン	名前	記録	最高速度 到達地点	0m ~	20m ~	40m ~	60m ~	80m ~	100m ~	120m ~	140m ~	160m ~	180m ~	200m ~	【60-80m】8歩の平均値				
															左	右			
1位	高平 慎士 (富士通)	20.49	10.80	通過タイム(秒) 3.02 区間速度(m/秒) 6.62 区間ピッチ(歩/秒) 4.22 区間ストライド(m) 1.57	4.91	6.79	8.64	10.54	12.44	14.37	16.36	18.38	20.49		接地時間(秒) 0.11	0.10			
7レーン			60-80m	3.04	4.94	6.79	8.64	10.53	12.43	14.42	16.44	18.49	20.62	腾空時間(秒) 0.14	0.13	ピッチ 4.13	4.31		
2位	齋藤 仁志 (サンメッセ)	20.62	10.84	通過タイム(秒) 3.04 区間速度(m/秒) 6.58 区間ピッチ(歩/秒) 4.48 区間ストライド(m) 1.47	4.94	6.79	8.64	10.53	12.43	14.42	16.44	18.49	20.62		腾空時間(秒) 0.13	0.12	ピッチ 4.47	4.66	
5レーン			60-80m	3.01	4.92	6.79	8.65	10.54	12.44	14.42	16.43	18.49	20.62	接地時間(秒) 0.09	0.09	腾空時間(秒) 0.12	0.12	ピッチ 4.72	4.66
3位	小林 雄一 (法政大)	20.62	10.80	通過タイム(秒) 3.01 区間速度(m/秒) 6.64 区間ピッチ(歩/秒) 4.31 区間ストライド(m) 1.54	4.92	6.79	8.65	10.54	12.44	14.42	16.43	18.49	20.62		腾空時間(秒) 0.12	0.12	ピッチ 4.72	4.66	
4レーン			60-80m	3.11	5.04	6.89	8.76	10.65	12.61	14.57	16.57	18.58	20.64	接地時間(秒) 0.10	0.10	腾空時間(秒) 0.12	0.12	ピッチ 4.52	4.81
4位	飯塚 翔太 (中央大)	20.64	10.80	通過タイム(秒) 3.11 区間速度(m/秒) 6.43 区間ピッチ(歩/秒) 4.66 区間ストライド(m) 1.38	5.04	6.89	8.76	10.65	12.61	14.57	16.57	18.58	20.64		腾空時間(秒) 0.12	0.12	ピッチ 4.52	4.81	
9レーン			40-60m	3.04	4.91	6.74	8.57	10.45	12.35	14.33	16.40	18.52	20.76	接地時間(秒) 0.10	0.09	腾空時間(秒) 0.12	0.12	ピッチ 4.54	4.78
5位	高瀬 慧 (富士通)	20.76	10.94	通過タイム(秒) 3.04 区間速度(m/秒) 6.58 区間ピッチ(歩/秒) 4.46 区間ストライド(m) 1.48	4.91	6.74	8.57	10.45	12.35	14.33	16.40	18.52	20.76		腾空時間(秒) 0.12	0.12	ピッチ 4.54	4.78	
6レーン			60-80m	3.03	4.96	6.81	8.65	10.55	12.51	14.51	16.58	18.68	20.84	接地時間(秒) 0.10	0.10	腾空時間(秒) 0.11	0.12	ピッチ 4.72	4.49
6位	山縣 亮太 (慶應義塾大)	20.84	10.86	通過タイム(秒) 3.03 区間速度(m/秒) 6.59 区間ピッチ(歩/秒) 4.65 区間ストライド(m) 1.42	4.96	6.81	8.65	10.55	12.51	14.51	16.58	18.68	20.84		腾空時間(秒) 0.11	0.12	ピッチ 4.72	4.49	
8レーン			60-80m	2.99	4.97	6.86	8.72	10.67	12.62	14.60	16.64	18.72	20.90	接地時間(秒) 0.10	0.11	腾空時間(秒) 0.12	0.12	ピッチ 4.66	4.34
7位	羽根 聖也 (日体大)	20.90	10.74	通過タイム(秒) 2.99 区間速度(m/秒) 6.70 区間ピッチ(歩/秒) 4.38 区間ストライド(m) 1.53	4.97	6.86	8.72	10.67	12.62	14.60	16.64	18.72	20.90		腾空時間(秒) 0.12	0.11	ピッチ 4.66	4.34	
3レーン			60-80m	3.07	5.06	6.98	8.88	10.83	12.78	14.77	16.81	18.90	21.05	接地時間(秒) 0.10	0.10	腾空時間(秒) 0.13	0.13	ピッチ 4.39	4.38
8位	藤光 謙司 (セーレン)	21.05	10.55	通過タイム(秒) 3.07 区間速度(m/秒) 6.51 区間ピッチ(歩/秒) 4.31 区間ストライド(m) 1.51	5.06	6.98	8.88	10.83	12.78	14.77	16.81	18.90	21.05		腾空時間(秒) 0.13	0.13	ピッチ 4.39	4.38	
2レーン			60-80m	3.07	5.06	6.98	8.88	10.83	12.78	14.77	16.81	18.90	21.05	接地時間(秒) 0.10	0.10	腾空時間(秒) 0.13	0.13	ピッチ 4.39	4.38

第95回日本陸上競技選手権大会 @ 熊谷スポーツ文化公園陸上競技場
女子 200m 決勝
2011/6/12 16:30 (風速 -0.7 m/s)

順位 レーン	名前	記録	最高速度 到達地点	0m ~	20m ~	40m ~	60m ~	80m ~	100m ~	120m ~	140m ~	160m ~	180m ~	200m
1位	福島 千里 (北海道ハイテクAC)	23.44	9.67	通過タイム(秒) 3.17 区間速度(m/秒) 6.31	5.26	7.33	9.42	11.56	13.75	16.05	18.42	20.85	23.44	
7レーン			40-60m	4.68	4.89	4.81	4.75	4.63	4.60	4.50	4.38	4.29	4.19	
				1.35	1.95	2.01	2.02	2.02	1.98	1.94	1.93	1.92	1.85	
2位	市川 華菜 (中京大)	23.62	9.47	通過タイム(秒) 3.35 区間速度(m/秒) 5.97	5.50	7.62	9.73	11.88	14.09	16.37	18.71	21.10	23.62	
5レーン			60-80m	4.13	4.41	4.42	4.38	4.33	4.23	4.19	4.04	3.90	3.90	
				1.44	2.12	2.13	2.16	2.15	2.14	2.09	2.11	2.14	2.04	
3位	岡部 奈緒 (チームミズノアスレティック)	23.97	9.38	通過タイム(秒) 3.30 区間速度(m/秒) 6.05	5.45	7.60	9.73	11.96	14.22	16.56	18.95	21.41	23.97	
4レーン			60-80m	4.33	4.50	4.41	4.33	4.30	4.25	4.14	4.09	3.97	3.88	
				1.40	2.07	2.11	2.17	2.09	2.08	2.06	2.04	2.05	2.01	
4位	今井 沙緒里 (至学館大)	23.97	9.29	通過タイム(秒) 3.33 区間速度(m/秒) 6.01	5.54	7.69	9.86	12.03	14.31	16.62	19.01	21.42	23.97	
9レーン			40-60m	4.43	4.52	4.44	4.40	4.33	4.27	4.19	4.09	3.94	3.86	
				1.36	2.00	2.09	2.10	2.13	2.05	2.07	2.05	2.11	2.03	
5位	高橋 萌木子 (富士通)	24.15	9.21	通過タイム(秒) 3.41 区間速度(m/秒) 5.86	5.60	7.77	9.95	12.14	14.45	16.78	19.16	21.58	24.15	
6レーン			40-60m	4.09	4.31	4.27	4.32	4.24	4.20	4.20	4.11	4.00	3.81	
				1.43	2.12	2.15	2.12	2.16	2.06	2.05	2.04	2.07	2.04	
6位	信岡 沙希重 (ミズノ)	24.39	9.45	通過タイム(秒) 3.43 区間速度(m/秒) 5.83	5.55	7.76	9.97	12.21	14.50	16.87	19.29	21.79	24.39	
3レーン			20-40m	4.45	4.48	4.44	4.41	4.36	4.24	4.16	4.10	3.97	3.87	
				1.31	2.11	2.04	2.05	2.05	2.05	2.03	2.02	2.02	1.98	
7位	三木 汐莉 (東大阪大)	24.65	9.14	通過タイム(秒) 3.49 区間速度(m/秒) 5.74	5.68	7.91	10.18	12.43	14.75	17.12	19.54	22.03	24.65	
2レーン			20-40m	4.31	4.35	4.32	4.30	4.24	4.17	4.06	3.99	3.94	3.88	
				1.33	2.10	2.07	2.05	2.09	2.07	2.08	2.08	2.04	1.97	
8位	和田 麻希 (チームミズノアスレティック)	26.34	8.56	通過タイム(秒) 3.38 区間速度(m/秒) 5.92	5.72	8.12	10.51	12.92	15.44	18.05	20.72	23.43	26.34	
8レーン			20-40m	4.29	4.13	4.03	4.00	3.94	3.91	3.89	3.82	3.70	3.54	
				1.38	2.08	2.06	2.09	2.10	2.04	1.97	1.96	2.00	1.94	

第19回アジア陸上競技選手権兵庫・神戸大会 @ 神戸総合運動公園ユニバー記念競技場
男子 200m 予選1組
2011/7/9 19:10 (風速 -1.3 m/s)

順位 レーン	名前	記録	最高速度 到達地点	0m ~	20m ~	40m ~	60m ~	80m ~	100m ~	120m ~	140m ~	160m ~	180m ~	200m	【60-80m】8歩の平均値			
															左	右		
1位	齋藤 仁志 (日本)	21.04	10.65	通過タイム(秒) 3.08 区間速度(m/秒) 6.49	5.02	6.89	8.77	10.70	12.67	14.64	16.67	18.79	21.04		接地時間(秒)	0.12	0.10	
5レーン			40-60m	4.49	4.71	4.63	4.53	4.47	4.36	4.36	4.24	4.09	3.64		腾空時間(秒)	0.11	0.11	
				1.45	2.19	2.30	2.35	2.31	2.34	2.32	2.33	2.31	2.44		ピッチ	4.38	4.83	
															ストライド	2.43	2.20	

男子 200m 予選2組
2011/7/9 19:10 (風速 +0.9 m/s)

順位 レーン	名前	記録	最高速度 到達地点	0m ~	20m ~	40m ~	60m ~	80m ~	100m ~	120m ~	140m ~	160m ~	180m ~	200m	【60-80m】8歩の平均値			
															左	右		
2位	飯塚 翔太 (日本)	20.91	10.67	通過タイム(秒) 3.09 区間速度(m/秒) 6.47	5.09	6.97	8.88	10.79	12.76	14.73	16.70	18.75	20.91		接地時間(秒)	0.12	0.10	
4レーン			40-60m	4.66	4.66	4.61	4.59	4.58	4.55	4.42	4.32	4.02		腾空時間(秒)	0.12	0.10		
				1.39	2.15	2.31	2.28	2.28	2.23	2.23	2.30	2.26	2.30		ピッチ	4.27	4.89	
															ストライド	2.46	2.14	

男子 200m 決勝
2011/7/10 14:45 (風速 -0.4 m/s)

順位 レーン	名前	記録	最高速度 到達地点	0m ~	20m ~	40m ~	60m ~	80m ~	100m ~	120m ~	140m ~	160m ~	180m ~	200m	【60-80m】8歩の平均値			
															左	右		
1位	Femi Seun OGUNODE (カタール)	20.41	11.04	通過タイム(秒) 3.06 区間速度(m/秒) 6.54	4.99	6.82	8.64	10.51	12.44	14.38	16.32	18.28	20.41		接地時間(秒)	0.10	0.11	
6レーン			60-80m	4.43	4.74	4.74	4.60	4.63	4.55	4.41	4.41	4.28	3.94		腾空時間(秒)	0.11	0.10	
				1.48	2.18	2.30	2.40	2.30	2.28	2.34	2.34	2.37	2.39		ピッチ	4.68	4.72	
															ストライド	2.36	2.34	
2位	齋藤 仁志 (日本)	20.75	10.76	通過タイム(秒) 3.00 区間速度(m/秒) 6.66	4.91	6.77	8.66	10.61	12.57	14.55	16.56	18.58	20.75		接地時間(秒)	0.10	0.10	
4レーン			40-60m	4.32	4.63	4.50	4.42	4.44	4.36	4.38	4.31	4.19	4.00		腾空時間(秒)	0.12	0.12	
				1.54	2.26	2.39	2.39	2.31	2.34	2.30	2.31	2.36	2.30		ピッチ	4.59	4.46	
															ストライド	2.31	2.38	
4位	飯塚 翔太 (日本)	21.10	10.78	通過タイム(秒) 3.06 区間速度(m/秒) 6.53	5.03	6.89	8.82	10.81	12.82	14.84	16.86	18.93	21.10		接地時間(秒)	0.11	0.10	
7レーン			40-60m	4.75	4.80	4.76	4.54	4.62	4.51	4.51	4.45	4.36	4.16		腾空時間(秒)	0.12	0.11	
				1.37	2.11	2.27	2.28	2.17	2.21	2.20	2.22	2.22	2.21		ピッチ	4.38	4.74	
															ストライド	2.37	2.18	

第13回世界陸上競技選手権大韓民国・大邱大会 @ 大邱スタジアム
 男子 200m 予選3組
 2011/9/2 11:28 (風速 -1.1 m/s)

順位 レーン	名前	記録	最高速度 到達地点	0m ~ 20m 20m ~ 55m 55m ~ 80m 80m ~ 100m 100m ~ 121.5m 121.5m ~ 140.28m 140.28m ~ 158.56m 158.56m ~ 181m 181m ~ 200m											【55-80m】8歩の平均値				
				通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	区間ピッチ(歩/秒)	区間ストライド(m)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	区間ピッチ(歩/秒)	区間ストライド(m)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	区間ピッチ(歩/秒)	区間ストライド(m)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	区間ピッチ(歩/秒)	区間ストライド(m)
7位	小林 雄一 (日本)	21.27	10.42	3.06	6.48	8.91	10.83	12.94	14.81	16.69	19.08	21.28	接地時間(秒)	0.11	0.11				
5レーン		80-100m		4.70	4.75	4.71	4.58	4.50	4.42	4.30	4.16	3.62	滞空時間(秒)	0.11	0.11				
				1.39	2.16	2.18	2.27	2.27	2.27	2.27	2.26	2.39	ピッチ	4.76	4.70				
													ストライド	2.16	2.19				

男子 200m 予選4組
 2011/9/2 11:34 (風速 -1.1 m/s)

順位 レーン	名前	記録	最高速度 到達地点	0m ~ 20m 20m ~ 55m 55m ~ 80m 80m ~ 100m 100m ~ 121.5m 121.5m ~ 140.28m 140.28m ~ 158.56m 158.56m ~ 181m 181m ~ 200m											【55-80m】8歩の平均値				
				通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	区間ピッチ(歩/秒)	区間ストライド(m)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	区間ピッチ(歩/秒)	区間ストライド(m)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	区間ピッチ(歩/秒)	区間ストライド(m)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	区間ピッチ(歩/秒)	区間ストライド(m)
2位	高平 慎士 (日本)	20.87	10.73	3.02	6.34	8.67	10.58	12.66	14.52	16.36	18.76	20.87	接地時間(秒)	0.12	0.11				
2レーン		55-80m		6.62	10.53	10.73	10.48	10.33	10.12	9.91	9.35	9.00	滞空時間(秒)	0.12	0.12				
				4.25	4.33	4.25	4.23	4.18	4.15	4.00	3.85	3.48	ピッチ	4.18	4.34				
				1.56	2.43	2.53	2.48	2.47	2.44	2.48	2.43	2.59	ストライド	2.57	2.47				

男子 200m 予選5組
 2011/9/2 11:41 (風速 -0.8 m/s)

順位 レーン	名前	記録	最高速度 到達地点	0m ~ 20m 20m ~ 55m 55m ~ 80m 80m ~ 100m 100m ~ 121.5m 121.5m ~ 140.28m 140.28m ~ 158.56m 158.56m ~ 181m 181m ~ 200m											【55-80m】8歩の平均値				
				通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	区間ピッチ(歩/秒)	区間ストライド(m)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	区間ピッチ(歩/秒)	区間ストライド(m)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	区間ピッチ(歩/秒)	区間ストライド(m)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	区間ピッチ(歩/秒)	区間ストライド(m)
3位	齋藤 仁志 (日本)	20.80	10.61	3.04	6.40	8.75	10.65	12.74	14.59	16.43	18.74	20.80	接地時間(秒)	0.11	0.11				
6レーン		55-80m		6.57	10.44	10.61	10.53	10.31	10.10	9.94	9.72	9.21	滞空時間(秒)	0.12	0.11				
				4.55	4.61	4.51	4.40	4.30	4.32	4.24	4.15	3.96	ピッチ	4.39	4.63				
				1.44	2.26	2.35	2.39	2.40	2.34	2.34	2.34	2.33	ストライド	2.42	2.32				

男子 200m 準決勝2組
 2011/9/2 19:54 (風速 -1.0 m/s)

順位 レーン	名前	記録	最高速度 到達地点	0m ~ 20m 20m ~ 55m 55m ~ 80m 80m ~ 100m 100m ~ 121.5m 121.5m ~ 140.28m 140.28m ~ 158.56m 158.56m ~ 181m 181m ~ 200m											【55-80m】8歩の平均値				
				通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	区間ピッチ(歩/秒)	区間ストライド(m)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	区間ピッチ(歩/秒)	区間ストライド(m)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	区間ピッチ(歩/秒)	区間ストライド(m)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	区間ピッチ(歩/秒)	区間ストライド(m)
6位	齋藤 仁志 (日本)	21.17	10.80	3.09	6.47	8.79	10.72	12.88	14.80	16.68	19.04	21.16	接地時間(秒)	0.11	0.11				
2レーン		55-80m		6.47	10.35	10.80	10.33	9.99	9.77	9.70	9.53	8.94	滞空時間(秒)	0.12	0.11				
				4.43	4.58	4.45	4.39	4.28	4.28	4.21	4.09	3.67	ピッチ	4.36	4.58				
				1.46	2.26	2.43	2.35	2.33	2.28	2.31	2.33	2.44	ストライド	2.48	2.36				

男子 200m 準決勝3組
 2011/9/2 20:08 (風速 -0.7 m/s)

順位 レーン	名前	記録	最高速度 到達地点	0m ~ 20m 20m ~ 55m 55m ~ 80m 80m ~ 100m 100m ~ 121.5m 121.5m ~ 140.28m 140.28m ~ 158.56m 158.56m ~ 181m 181m ~ 200m											【55-80m】8歩の平均値				
				通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	区間ピッチ(歩/秒)	区間ストライド(m)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	区間ピッチ(歩/秒)	区間ストライド(m)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	区間ピッチ(歩/秒)	区間ストライド(m)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	区間ピッチ(歩/秒)	区間ストライド(m)
6位	高平 慎士 (日本)	20.90	10.81	3.04	6.44	8.75	10.65	12.76	14.60	16.40	18.77	20.90	接地時間(秒)	0.12	0.12				
8レーン		55-80m		6.59	10.29	10.81	10.52	10.21	10.20	10.15	9.46	8.94	滞空時間(秒)	0.12	0.12				
				4.22	4.31	4.21	4.16	4.18	4.10	3.98	3.87	3.33	ピッチ	4.25	4.18				
				1.56	2.39	2.57	2.53	2.44	2.49	2.55	2.44	2.69	ストライド	2.54	2.59				

男子 200m 決勝
 2011/9/3 21:17 (風速 +0.8 m/s)

順位 レーン	名前	記録	最高速度 到達地点	0m ~ 20m 20m ~ 55m 55m ~ 80m 80m ~ 100m 100m ~ 121.5m 121.5m ~ 140.28m 140.28m ~ 158.56m 158.56m ~ 181m 181m ~ 200m											【55-80m】8歩の平均値				
				通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	区間ピッチ(歩/秒)	区間ストライド(m)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	区間ピッチ(歩/秒)	区間ストライド(m)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	区間ピッチ(歩/秒)	区間ストライド(m)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	区間ピッチ(歩/秒)	区間ストライド(m)
1位	Usain BOLT (ジャマイカ)	19.40	11.63	2.99	6.08	8.22	9.98	11.93	13.64	15.32	17.49	19.40	接地時間(秒)	0.12	0.11				
3レーン		55-80m		6.70	11.33	11.63	11.37	11.03	10.99	10.89	10.33	9.94	滞空時間(秒)	0.13	0.10				
				4.28	4.47	4.38	4.27	4.19	4.08	3.98	3.89	3.70	ピッチ	4.01	4.83				
				1.56	2.53	2.65	2.66	2.63	2.70	2.74	2.66	2.69	ストライド	2.90	2.41				
2位	Walter DIX (アメリカ合衆国)	19.70	11.46	3.00	6.15	8.34	10.12	12.10	13.84	15.55	17.73	19.69	接地時間(秒)	0.11	0.09				
4レーン		55-80m		6.67	11.10	11.46	11.20	10.85	10.82	10.68	10.27	9.70	滞空時間(秒)	0.12	0.09				
				4.76	5.06	5.01	4.84	4.78	4.66	4.57	4.46	4.15	ピッチ	4.51	5.58				
				1.40	2.19	2.29	2.31	2.27	2.32	2.34	2.30	2.34	ストライド	2.54	2.09				
3位	Christophe LEMAITRE (フランス)	19.80	11.25	3.01	6.23	8.45	10.25	12.24	13.98	15.70	17.86	19.80	接地時間(秒)	0.12	0.11				
6レーン		55-80m		6.64	10.88	11.25	11.10	10.81	10.78	10.68	10.36	9.82	滞空時間(秒)	0.13	0.11				
				4.39	4.34	4.31	4.22	4.17	4.00	3.93	3.85	3.57	ピッチ	4.04	4.72				
				1.51	2.51	2.61	2.63	2.59	2.69	2.72	2.69	2.75	ストライド	2.79	2.46				

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2報)

広川龍太郎¹⁾ 松尾彰文²⁾ 柳谷登志雄³⁾ 持田 尚⁴⁾ 森丘保典⁵⁾ 松林武生²⁾
 貴嶋孝太²⁾ 山本真帆²⁾ 高橋恭平²⁾ 渡辺圭佑⁶⁾ 綿谷貴志⁷⁾ 杉田正明⁸⁾ 荻部俊二⁹⁾
 土江寛裕¹⁰⁾ 高野 進¹⁾

- 1) 東海大学 2) 国立スポーツ科学センター 3) 順天堂大学 4) 横浜市スポーツ医科学センター
 5) 日本体育協会 6) 順天堂大学大学院 7) 鹿屋体育大学連携大学院 8) 三重大学
 9) 法政大学 10) 城西大学

I. はじめに

2008 北京オリンピックにて銅メダルに輝いた日本代表男子 4 × 100m リレーチームであるが、常に世界上位であるためには、パスワークは常々探求されなければならない。そのためには、映像による動作の確認とともに、数値による定量化が有効であろう。そこで、日本代表男子 4 × 100m リレーチームを対象に、バトンゾーンの通過タイムを分析することにより、バトンパスに関する基礎的資料を得ることとした。

2011 年度にナショナルチームとして出場した 3 大会（テグ世界選手権 / アジア選手権 / ゴールデングランプリ川崎）ならびに 40m 所用タイムの算出できた 2008、2009 大阪グランプリで得られたデータをここに述べる。

尚、日本陸連科学委員会ならびにチーム「ニッポン」マルチサポート事業では、合宿などにも同行し、データ収集ならびにフィードバックを行っている。合宿で得られたデータや、ここには挙げていないデータに関しては 2012 ロンドンオリンピック以後に詳細な報告をする予定である。

II. 方法

カシオ製ハイスピードカメラ EX-F1 を 5 - 7 台用いた。300 コマ / 秒にて、またシャッタースピードは 1/100 秒を目安として環境光の状況により最良の方法で撮影した。撮影は全てスタンドで行い、キャリブレーションマークならびに走者が的確に収まる位置で撮影した。可能な限りスターターのシグナル

光が写る様にした。また各パス区間に 1 - 2 名の撮影者を配置した。またゴールライン延長上のスタンド最上段からパンニング撮影を行い、キャリブレーションなどに用いた。また国内で行われたアジア選手権 / ゴールデングランプリ川崎では、ブルーゾーンからバトンパスゾーン出口から 10m 先まで、10m おきに計測マークを縁石に貼付し、先述のパス区間タイムや走速度算出用のキャリブレーションマークとした。マークの貼付に関しては、大会ルールに則り競技運営の妨げにならない様に行った。テグ世界選手権では、マーク貼付が難しかったため、ハードル設置マークなどをキャリブレーションマークとして用い、実長換算した。カメラ位置などの概略図は図 1 の通りである。

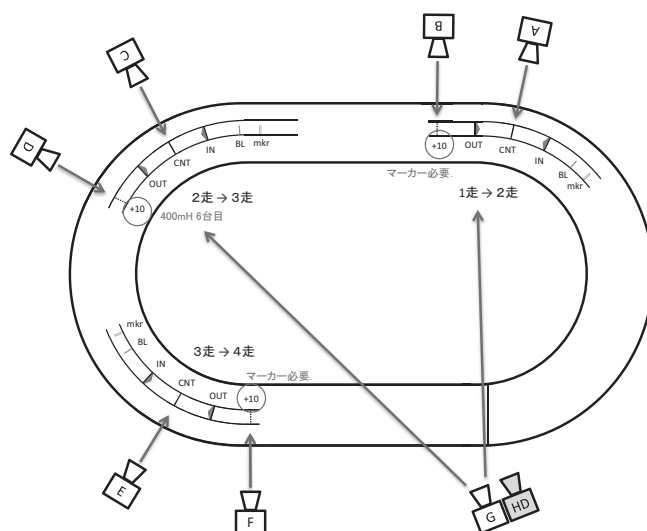


図 1

また、パスワークの出来を確認するため、機材と



図 2

人員に余裕のある時は、タイム分析用とは別にハイビジョン映像も撮影した(図2)。

パス区間タイムや走速度を算出するためにApple®製QuickTimePro7を用いた。QuickTimePro7は映像コマカウントが表示されるため、タイム分析や走速度の算出が容易である。2011年最新版のQuickTime Playerでは、コマカウントが表示されないため、旧バージョンのQuickTime7を用いることが望ましい。

Ⅲ. フィードバックしたデータについて

1走→2走

情報の共有方法として、年度の前半まではネットワークハードディスクを、後半からは、ソーシャルネットワークサービスを用いた。ソーシャルネットワークサービスの発達により、より素早く各コーチにフィードバック出来る様になった。サービス内では指導者、選手、サポートチームのみの情報共有であり、第三者が閲覧できない様になっている。撮影した映像は直ぐに編集され、共有される。映像は「パスがどの時点で渡っているか?」「次走者のスタートするタイミングは?」「スタートの走フォームは?」等の確認に用いた。

2走→3走

バトンパスタイムは、代表チームが最も重要視している指標である、“前走者ブルーゾーン通過から、次走者バトンパスゾーン出口から10m先通過までの40m所用タイム”を中心にフィードバックした。土江寛裕・強化委員会男子短距離部副部長の提唱する「パスの巧みさ+しっかり加速しているか」「3秒75で走れば38秒突破が可能」「バトンを渡す位置に影響されずに目安となる指標である」のためである。

3走→4走

フィードバックしたデータの一部を表1に示した。また図3はフィニッシュタイムと40m所用タイム合計の相関図、図4はフィニッシュタイムと20m所用タイム合計の相関図である。20m所用タイムで同じタイムでも、フィニッシュタイムに0.61秒の差がある例や、40m所用タイムの方が相関係数が高いこと等から、40m所用タイム測定の重要性が伺えた。40m所用タイム算出にはキャリブレーションマークが必要になる等の工夫が必要ではあるが、ナショナルチームレベルのサポートでは、40m所用タイム算出が望ましいと考える。しかしながら、トラックに

表 1

大会名など	2011 テグ世界権/予選	2011 アジア選/決勝	2011 アジア選/予選	2011 川崎GP/Aチーム	2011 川崎GP/Bチーム	2009 大阪GPチーム	2008 大阪GPチーム
ゴールタイム	38.66	39.18	38.92	38.78	38.94	38.33	38.94
前走者ブルー通過から次走者アウト先10m(=40m)所用タイム	小林-江里口 3.78	川面-江里口 3.95	小林-江里口 3.84	江里口-木村 3.93	草野-川面 3.94	我孫子-塚原 3.74	塚原-末績 3.92
	江里口-高平 3.80	江里口-高平 3.96	江里口-高平 3.83	木村-高平 3.83	川面-小林 3.90	塚原-高平 3.70	末績-高平 3.92
	高平-斎藤 3.99	高平-斎藤 3.96	高平-斎藤 3.86	高平-斎藤 3.83	小林-飯塚 3.94	高平-藤光 3.92	高平-斎藤 3.83
	合計 11.57	合計 11.87	合計 11.53	合計 11.59	合計 11.78	合計 11.36	合計 11.67
バトンゾーン20m所用タイム	1→2 1.89	1→2 2.01	1→2 1.95	1→2 1.97	1→2 2.01	1→2 1.88	1→2 1.88
	2→3 1.96	2→3 1.97	2→3 1.97	2→3 1.91	2→3 2.00	2→3 1.87	2→3 1.87
	3→4 2.00	3→4 2.00	3→4 1.93	3→4 1.91	3→4 2.01	3→4 2.00	3→4 2.00
	合計 5.85	合計 5.98	合計 5.84	合計 5.79	合計 6.02	合計 5.75	合計 5.75
インからアウト先10mまでの30mタイム=10m加速+30mタイム	2江里口 2.96	2江里口 3.08	2江里口 3.07	2木村 3.09	2川面 3.04	2塚原 2.89	2末績 3.07
	3高平 3.07	3高平 3.31	3高平 3.11	3高平 3.03	3小林 3.09	3高平 2.95	3高平 3.08
	4斎藤 3.13	4斎藤 3.13	4斎藤 3.14	4斎藤 3.11	4飯塚 3.08	4藤光 3.23	4斎藤 3.12

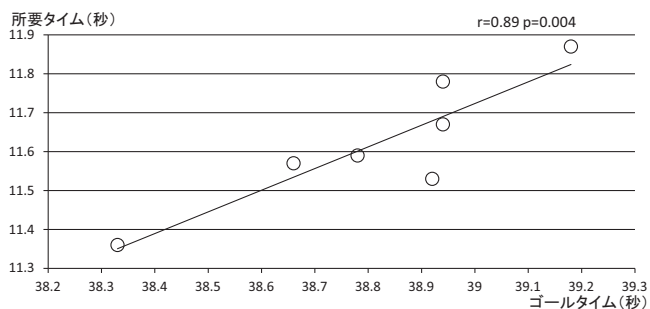


図3 ゴールタイムと40m所要タイムの相関図

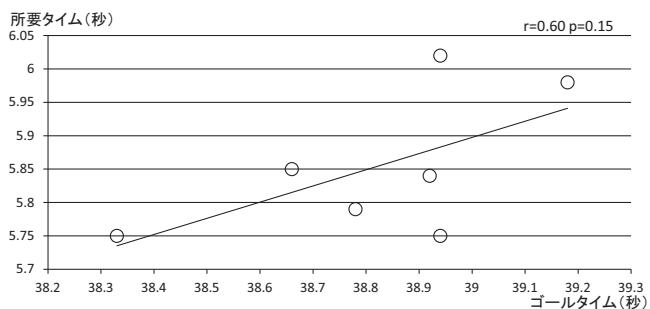


図4 ゴールタイムと20m所要タイムの相関図

キャリブレーションマークが必要なく簡易に測定できること、また過去の蓄積データが多いことなどから、20m所用タイムが不必要とは考えていない。2008年世界選手権での38秒03アジア記録時の20m所用タイムは5.66秒であり、テグ世界選手権現在での5.85秒は、アジア記録時よりも0.19秒遅くなっているため、パスワークならびに個人の走タイムの短縮が重要であることがここからも伺えた。

IV. パスゾーンの走スピード曲線データについて

図5～7は、メンバーが同一であった、神戸アジア選手権の予選と、テグ世界選手権の予選のスピード曲線である。映像からのパス状況と合わせて考察するが、前走者の曲線の傾きが大きい、つまり減速が大きいデータは、疲労による減速ではなく、詰まってスピード調整しているものであった。

次走者の傾きが緩いデータは、しっかり加速しきれていないことを指すが、この時は、次走者の挙手からパス完了まで約4～5歩掛かっている時である。手を出している動作でのスピード低減の少ないアンダーハンドパスとは言え、あまり多くの歩数を費やすと、無視の出来ないロスタイムに繋がるのが伺えた。過去のデータであるが、2007大阪世界選手権、2008北京五輪、2009ベルリン世界選手権ともに、挙手からパス完了まで約2歩で完了している。前回報告でも述べたが、パスゾーン出口でのスピード差

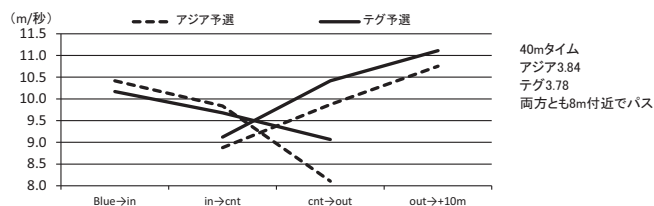


図5 小林→江里口のバトンパススピード曲線

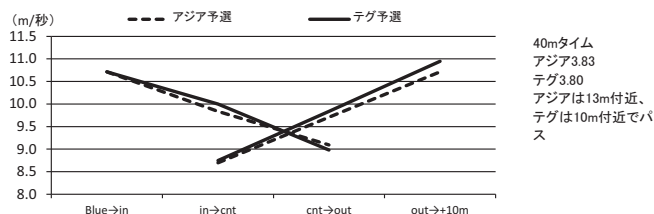


図6 江里口→高平のバトンパススピード曲線

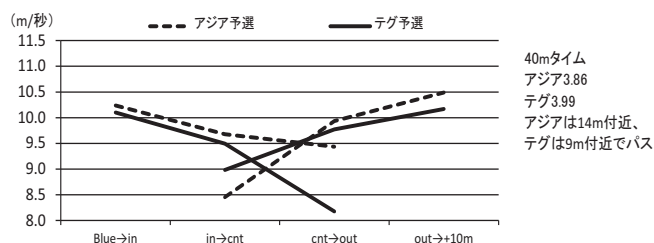


図7 高平→斎藤のバトンパススピード曲線

は、ライバルが理想的なパスをした場合、そこだけで0.1～0.2秒前後のタイム差が出ることが考えられ、距離で言えば約1～2mの差が付く。それだけではなく、減速してから再加速をするため、100m(実際には加速区間を入れて120mほど走る)内でのトップスピードの位置(選手によって異なるが、科学委員会による走速度測定の結果では50m～60m付近)がずれることにより、受け持ちの100m区間のタイムにも影響が出てくるので、しっかり加速の出来るパスワークは重要であるだろう。

参考文献

広川龍太郎 松尾彰文 杉田正明(2009)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報告 陸上競技研究紀要 vol.5、67-70
 杉田正明 広川龍太郎 松尾彰文 川本和久 高野進 阿江道良(2007)4×100m、4×400mリレーについて 陸上競技学会誌 vol.6 21-26
 杉田正明 広川龍太郎 高野進 有川秀之 川本和久 阿江道良 小林寛道(2005)国際グランプリ大阪大会2004の4×100mリレーバトンパス分析

陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2004

121-123

杉田正明 杉浦雄策 林忠男 持田尚 石井好二郎
阿江道良 小林寛道 (2004) 南部記念陸上4×
100m リレーのバトンパス分析 陸上競技の医科
学サポート研究 REPORT2003 101-106

柳谷登志雄 小山桂史 杉田正明 (2007) 男子4
×100mR 決勝に見るバトンパスワーク 陸上競技
マガジン 12 154-155

日本一流 400m ハードル選手のレースパターン分析 — 2009 ～ 2011 年の国内主要大会について —

森丘保典¹⁾ 桜井健一²⁾ 山崎一彦³⁾ 杉田正明⁴⁾ 阿江通良⁵⁾

1) 日本体育協会 2) 国際武道大学 3) 福岡大学 4) 三重大学 5) 筑波大学

1. はじめに

本報告の目的は、2009 ～ 2011 年シーズンに開催された国内主要大会（含むアジア選手権）における日本一流 400m ハードル選手のレース分析を行い、タッチダウンタイムやハードル区間の時間、速度および歩数について示すことである。

2. 方法

複数台のデジタルビデオカメラを用いて、スタートピストルの閃光を写した後、インターバルの歩数と 10 台のハードルクリアランス直後の着地が確認できるように選手を追従撮影した。撮影後、ピストルの閃光を基準に各ハードルクリアランス直後のタッチダウンタイムを読みとり、各ハードル区間に要した時間（区間時間）を求めた。ハードル区間歩数は、ハードルクリアランス直後の先行（リー

表 1 静岡国際陸上（2009 年）

氏名	順位	項目	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
成迫 健児	1位	区間時間 (sec)	6.06	3.70	3.85	3.87	3.99	4.07	4.27	4.32	4.55	4.75	5.56
		通過時間 (sec)	6.06	9.76	13.61	17.48	21.47	25.54	29.81	34.13	38.68	43.43	48.99
		区間速度 (m/s)	7.43	9.46	9.09	9.04	8.77	8.60	8.20	8.10	7.69	7.37	7.19
		歩数		13	13	13	13	13	14	14	15	15	
吉形 政衛	3位	区間時間 (sec)	6.09	3.77	3.94	3.95	4.10	4.14	4.42	4.49	4.65	4.84	5.56
		通過時間 (sec)	6.09	9.86	13.80	17.75	21.85	25.99	30.41	34.90	39.55	44.39	49.95
		区間速度 (m/s)	7.39	9.28	8.88	8.86	8.54	8.45	7.92	7.80	7.53	7.23	7.19
		歩数		14	14	14	14	14	15	15	15	15	

表 2 国際グランプリ大阪大会（2009 年）

氏名	順位	項目	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
成迫 健児	3位	区間時間 (sec)	6.04	3.69	3.77	3.80	3.89	4.09	4.35	4.39	4.59	4.75	5.41
		通過時間 (sec)	6.04	9.73	13.50	17.30	21.19	25.28	29.63	34.02	38.61	43.36	48.77
		区間速度 (m/s)	7.45	9.49	9.28	9.21	9.00	8.56	8.05	7.97	7.63	7.37	7.39
		歩数		13	13	13	13	13	14	14	15	15	
吉形 政衛	4位	区間時間 (sec)	6.06	3.79	3.90	3.91	4.10	4.15	4.34	4.37	4.54	4.67	5.51
		通過時間 (sec)	6.06	9.85	13.75	17.66	21.76	25.91	30.25	34.62	39.16	43.83	49.34
		区間速度 (m/s)	7.43	9.23	8.97	8.95	8.54	8.43	8.06	8.01	7.71	7.49	7.26
		歩数		14	14	14	14	14	15	15	15	15	
小池 崇之	7位	区間時間 (sec)	6.02	3.77	3.84	3.94	4.02	4.19	4.37	4.62	4.67	4.84	5.65
		通過時間 (sec)	6.02	9.79	13.63	17.57	21.59	25.78	30.15	34.77	39.44	44.28	49.93
		区間速度 (m/s)	7.48	9.28	9.11	8.88	8.71	8.35	8.01	7.58	7.49	7.23	7.08
		歩数		14	14	14	14	14	14	15	15	15	
久保倉 里美	4位	区間時間 (sec)	6.52	4.29	4.52	4.55	4.69	4.77	4.95	5.17	5.27	5.49	6.51
		通過時間 (sec)	6.52	10.81	15.33	19.88	24.57	29.34	34.29	39.46	44.73	50.22	56.73
		区間速度 (m/s)	6.90	8.16	7.74	7.69	7.46	7.34	7.07	6.77	6.64	6.38	6.14
		歩数		16	16	16	16	16	17	17	17	18	

ド) 脚の着地から逆脚の接地までを1歩目とし、次のハードルクリアランス直前の接地までの歩数とし

た。測定区間の平均疾走速度は、ハードル区間距離を区間時間で除すことにより求めた。

表3 日本選手権 (2009年)

氏名	順位	項目	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
成迫 健児	1位	区間時間 (sec)	6.02	3.74	3.77	3.85	3.95	4.23	4.34	4.47	4.65	4.84	5.67
		通過時間 (sec)	6.02	9.76	13.53	17.38	21.33	25.56	29.90	34.37	39.02	43.86	49.53
		区間速度 (m/s)	7.48	9.36	9.28	9.09	8.86	8.27	8.06	7.83	7.53	7.23	7.05
		歩数		13	13	13	13	14	14	15	15	15	
吉田 和晃	2位	区間時間 (sec)	6.06	3.80	3.89	4.00	4.09	4.20	4.40	4.49	4.62	4.74	5.32
		通過時間 (sec)	6.06	9.86	13.75	17.75	21.84	26.04	30.44	34.93	39.55	44.29	49.61
		区間速度 (m/s)	7.43	9.21	9.00	8.75	8.56	8.33	7.95	7.80	7.58	7.38	7.52
		歩数		13	13	13	13	13	15	15	15	15	
河北 尚広	3位	区間時間 (sec)	6.13	3.84	3.89	3.99	4.10	4.35	4.45	4.55	4.64	4.65	5.15
		通過時間 (sec)	6.13	9.97	13.86	17.85	21.95	26.30	30.75	35.30	39.94	44.59	49.74
		区間速度 (m/s)	7.34	9.11	9.00	8.77	8.54	8.05	7.87	7.69	7.54	7.53	7.77
		歩数		13	13	13	13	14	14	14	15	15	
久保倉 里美	1位	区間時間 (sec)	6.54	4.34	4.62	4.69	4.90	4.85	5.02	5.16	5.24	5.26	6.08
		通過時間 (sec)	6.54	10.88	15.50	20.19	25.09	29.94	34.96	40.12	45.36	50.62	56.70
		区間速度 (m/s)	6.88	8.06	7.58	7.46	7.14	7.22	6.97	6.78	6.68	6.65	6.58
		歩数		16	16	16	16	16	17	17	17	17	
青木 沙也佳	2位	区間時間 (sec)	6.64	4.52	4.65	4.79	4.82	5.01	5.02	5.17	5.22	5.34	6.38
		通過時間 (sec)	6.64	11.16	15.81	20.60	25.42	30.43	35.45	40.62	45.84	51.18	57.56
		区間速度 (m/s)	6.78	7.74	7.53	7.31	7.26	6.99	6.97	6.77	6.70	6.55	6.27
		歩数		16	16	16	16	17	17	17	17	17	

表4 静岡国際陸上 (2010年)

氏名	順位	項目	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
今関 雄太	1位	区間時間 (sec)	6.42	3.95	4.04	4.10	4.20	4.25	4.29	4.44	4.52	4.60	5.28
		通過時間 (sec)	6.42	10.37	14.41	18.51	22.71	26.96	31.25	35.69	40.21	44.81	50.09
		区間速度 (m/s)	7.01	8.86	8.66	8.54	8.33	8.24	8.16	7.88	7.74	7.61	7.58
		歩数		14	14	14	14	15	15	15	15	15	
久保倉 里美	2位	区間時間 (sec)	6.46	4.27	4.50	4.55	4.69	4.68	4.92	5.06	5.26	5.59	6.52
		通過時間 (sec)	6.46	10.73	15.23	19.78	24.47	29.15	34.07	39.13	44.39	49.98	56.50
		区間速度 (m/s)	6.97	8.20	7.78	7.69	7.46	7.48	7.11	6.92	6.65	6.26	6.13
		歩数		16	16	16	16	16	17	17	17	17	

表5 国際グランプリ大阪大会 (2010年)

氏名	順位	項目	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
小池 崇之	3位	区間時間 (sec)	6.11	3.80	3.84	3.84	4.00	4.17	4.32	4.45	4.50	4.82	5.57
		通過時間 (sec)	6.11	9.91	13.75	17.59	21.59	25.76	30.08	34.53	39.03	43.85	49.42
		区間速度 (m/s)	7.36	9.21	9.11	9.11	8.75	8.39	8.10	7.87	7.78	7.26	7.18
		歩数		14	14	14	14	15	15	15	15	15	
今関 雄太	4位	区間時間 (sec)	6.29	3.97	3.95	4.07	4.14	4.27	4.37	4.54	4.50	4.54	5.13
		通過時間 (sec)	6.29	10.26	14.21	18.28	22.42	26.69	31.06	35.60	40.10	44.64	49.77
		区間速度 (m/s)	7.15	8.82	8.86	8.60	8.45	8.20	8.01	7.71	7.78	7.71	7.80
		歩数		14	14	14	14	15	15	15	15	15	
岸本 鷹幸	6位	区間時間 (sec)	5.97	3.87	4.01	4.01	4.20	4.22	4.32	4.49	4.62	4.74	5.50
		通過時間 (sec)	5.97	9.84	13.85	17.86	22.06	26.28	30.60	35.09	39.71	44.45	49.95
		区間速度 (m/s)	7.54	9.04	8.73	8.73	8.33	8.29	8.10	7.80	7.58	7.38	7.27
		歩数		13	13	13	14	14	15	15	15	15	
田子 雅	3位	区間時間 (sec)	6.76	4.32	4.42	4.47	4.59	4.82	4.94	5.06	5.17	5.31	6.13
		通過時間 (sec)	6.76	11.08	15.50	19.97	24.56	29.38	34.32	39.38	44.55	49.86	55.99
		区間速度 (m/s)	6.66	8.10	7.92	7.83	7.63	7.26	7.09	6.92	6.77	6.59	6.53
		歩数		15	15	15	15	16	16	16	16	17	
久保倉 里美	4位	区間時間 (sec)	6.34	4.24	4.37	4.37	4.62	4.67	4.97	5.21	5.39	5.54	6.57
		通過時間 (sec)	6.34	10.58	14.95	19.32	23.94	28.61	33.58	38.79	44.18	49.72	56.29
		区間速度 (m/s)	7.10	8.25	8.01	8.01	7.58	7.49	7.04	6.72	6.49	6.32	6.09
		歩数		16	16	16	16	16	17	17	17	17	

表6 日本選手権 (2010年)

氏名	順位	項目	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
成迫 健児	1位	区間時間 (sec)	6.07	3.79	3.85	3.89	3.99	4.14	4.34	4.44	4.50	4.57	5.43
		通過時間 (sec)	6.07	9.86	13.71	17.60	21.59	25.73	30.07	34.51	39.01	43.58	49.01
		区間速度 (m/s)	7.41	9.23	9.09	9.00	8.77	8.45	8.06	7.88	7.78	7.66	7.37
		歩数		13	13	13	13	13	14	14	15	15	
河北 尚広	2位	区間時間 (sec)	6.16	3.91	3.91	3.97	4.07	4.29	4.34	4.54	4.59	4.64	5.21
		通過時間 (sec)	6.16	10.07	13.98	17.95	22.02	26.31	30.65	35.19	39.78	44.42	49.63
		区間速度 (m/s)	7.31	8.95	8.95	8.82	8.60	8.16	8.06	7.71	7.63	7.54	7.68
		歩数		13	13	13	13	14	14	14	15	15	
小池 崇之	3位	区間時間 (sec)	6.02	3.77	3.92	3.95	4.12	4.25	4.37	4.54	4.57	4.72	5.53
		通過時間 (sec)	6.02	9.79	13.71	17.66	21.78	26.03	30.40	34.94	39.51	44.23	49.76
		区間速度 (m/s)	7.48	9.28	8.93	8.86	8.50	8.24	8.01	7.71	7.66	7.42	7.23
		歩数		14	14	14	14	15	15	15	15	15	
今関 雄太	4位	区間時間 (sec)	6.17	4.02	4.17	4.19	4.30	4.35	4.34	4.39	4.43	4.43	5.02
		通過時間 (sec)	6.17	10.19	14.36	18.55	22.85	27.20	31.54	35.93	40.36	44.79	49.81
		区間速度 (m/s)	7.29	8.71	8.39	8.35	8.14	8.05	8.06	7.97	7.90	7.90	7.97
		歩数		14	14	14	14	15	15	15	15	15	
久保倉 里美	1位	区間時間 (sec)	6.47	4.29	4.49	4.57	4.62	4.79	4.99	5.14	5.16	5.21	6.10
		通過時間 (sec)	6.47	10.76	15.25	19.82	24.44	29.23	34.22	39.36	44.52	49.73	55.83
		区間速度 (m/s)	6.96	8.16	7.80	7.66	7.58	7.31	7.01	6.81	6.78	6.72	6.56
		歩数		15	16	16	16	16	16	17	17	17	
田子 雅	2位	区間時間 (sec)	6.84	4.35	4.49	4.52	4.59	4.87	4.97	5.11	5.12	5.31	6.14
		通過時間 (sec)	6.84	11.19	15.68	20.20	24.79	29.66	34.63	39.74	44.86	50.17	56.31
		区間速度 (m/s)	6.58	8.05	7.80	7.74	7.63	7.19	7.04	6.85	6.84	6.59	6.51
		歩数		15	15	15	15	16	16	16	16	16	
青木 沙弥佳	3位	区間時間 (sec)	6.55	4.44	4.45	4.57	4.64	4.84	5.06	5.11	5.21	5.42	6.61
		通過時間 (sec)	6.55	10.99	15.44	20.01	24.65	29.49	34.55	39.66	44.87	50.29	56.90
		区間速度 (m/s)	6.87	7.88	7.87	7.66	7.54	7.23	6.92	6.85	6.72	6.46	6.05
		歩数		16	16	16	16	17	17	17	17	17	

表7 静岡国際陸上 (2011年)

氏名	順位	項目	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
岸本 鷹幸	2位	区間時間 (sec)	5.97	3.79	3.90	4.00	4.19	4.24	4.29	4.37	4.60	4.61	5.31
		通過時間 (sec)	5.97	9.76	13.66	17.66	21.85	26.09	30.38	34.75	39.35	43.96	49.27
		区間速度 (m/s)	7.54	9.23	8.97	8.75	8.35	8.25	8.16	8.01	7.61	7.59	7.53
		歩数		13	13	13	14	14	14	14	15	15	
今関 雄太	3位	区間時間 (sec)	6.21	3.95	3.97	4.04	4.15	4.24	4.29	4.44	4.55	4.62	5.25
		通過時間 (sec)	6.21	10.16	14.13	18.17	22.32	26.56	30.85	35.29	39.84	44.46	49.71
		区間速度 (m/s)	7.25	8.86	8.82	8.66	8.43	8.25	8.16	7.88	7.69	7.58	7.62
		歩数		14	14	14	14	15	15	15	15	15	
為末 大	5位	区間時間 (sec)	6.03	3.74	3.94	4.04	4.09	4.22	4.34	4.54	4.69	4.77	5.49
		通過時間 (sec)	6.03	9.77	13.71	17.75	21.84	26.06	30.40	34.94	39.63	44.40	49.89
		区間速度 (m/s)	7.46	9.36	8.88	8.66	8.56	8.29	8.06	7.71	7.46	7.34	7.29
		歩数		13	13	13	13	14	14	15	15	15	

表8 日本選手権 (2011年)

氏名	順位	項目	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
岸本 鷹幸	1位	区間時間 (sec)	5.94	3.80	3.89	3.99	4.19	4.10	4.30	4.42	4.60	4.69	5.36
		通過時間 (sec)	5.94	9.74	13.63	17.62	21.81	25.91	30.21	34.63	39.23	43.92	49.28
		区間速度 (m/s)	7.58	9.21	9.00	8.77	8.35	8.54	8.14	7.92	7.61	7.46	7.46
		歩数		13	13	13	14	14	14	14	15	15	
今関 雄太	2位	区間時間 (sec)	6.21	3.94	4.04	4.02	4.05	4.07	4.20	4.40	4.59	4.70	5.39
		通過時間 (sec)	6.21	10.15	14.19	18.21	22.26	26.33	30.53	34.93	39.52	44.22	49.61
		区間速度 (m/s)	7.25	8.88	8.66	8.71	8.64	8.60	8.33	7.95	7.63	7.45	7.42
		歩数		14	14	14	14	15	15	15	15	15	
安部 孝駿	3位	区間時間 (sec)	6.19	3.89	3.94	4.00	4.12	4.27	4.30	4.49	4.54	4.67	5.40
		通過時間 (sec)	6.19	10.08	14.02	18.02	22.14	26.41	30.71	35.20	39.74	44.41	49.81
		区間速度 (m/s)	7.27	9.00	8.88	8.75	8.50	8.20	8.14	7.80	7.71	7.49	7.41
		歩数		13	13	13	13	14	14	15	15	15	
出浦 教行	4位	区間時間 (sec)	6.27	3.97	4.00	4.05	4.15	4.22	4.32	4.42	4.52	4.65	5.30
		通過時間 (sec)	6.27	10.24	14.24	18.29	22.44	26.66	30.98	35.40	39.92	44.57	49.87
		区間速度 (m/s)	7.18	8.82	8.75	8.64	8.43	8.29	8.10	7.92	7.74	7.53	7.55
		歩数		14	14	14	14	14	15	15	15	15	
久保倉 里美	1位	区間時間 (sec)	6.51	4.40	4.45	4.59	4.60	4.82	4.85	4.97	5.11	5.31	6.20
		通過時間 (sec)	6.51	10.91	15.36	19.95	24.55	29.37	34.22	39.19	44.30	49.61	55.81
		区間速度 (m/s)	6.91	7.95	7.87	7.63	7.61	7.26	7.22	7.04	6.85	6.59	6.45
		歩数		16	16	16	16	17	17	17	17	17	
田子 雅	2位	区間時間 (sec)	6.79	4.37	4.39	4.45	4.55	4.67	4.92	5.01	5.27	5.84	6.64
		通過時間 (sec)	6.79	11.16	15.55	20.00	24.55	29.22	34.14	39.15	44.42	50.26	56.90
		区間速度 (m/s)	6.63	8.01	7.97	7.87	7.69	7.49	7.11	6.99	6.64	5.99	6.02
		歩数		15	15	15	15	15	16	16	16	18	
三木 汐莉	3位	区間時間 (sec)	6.61	4.47	4.59	4.67	4.85	4.99	5.06	5.14	5.26	5.29	5.99
		通過時間 (sec)	6.61	11.08	15.67	20.34	25.19	30.18	35.24	40.38	45.64	50.93	56.92
		区間速度 (m/s)	6.81	7.83	7.63	7.49	7.22	7.01	6.92	6.81	6.65	6.62	6.68
		歩数		16	16	16	16	17	17	17	17	17	

表9 アジア選手権 (2011年)

氏名	順位	項目	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
安部 孝駿	1位	区間時間 (sec)	6.03	3.72	3.80	3.89	3.95	4.17	4.30	4.52	4.82	4.85	5.59
		通過時間 (sec)	6.03	9.75	13.55	17.44	21.39	25.56	29.86	34.38	39.20	44.05	49.64
		区間速度 (m/s)	7.46	9.41	9.21	9.00	8.86	8.39	8.14	7.74	7.26	7.22	7.16
		歩数		13	13	13	13	14	14	14	16	15	
久保倉 里美	1位	区間時間 (sec)	6.47	4.35	4.57	4.65	4.84	4.74	5.01	5.12	5.17	5.42	6.18
		通過時間 (sec)	6.47	10.82	15.39	20.04	24.88	29.62	34.63	39.75	44.92	50.34	56.52
		区間速度 (m/s)	6.96	8.05	7.66	7.53	7.23	7.38	6.99	6.84	6.77	6.46	6.47
		歩数		16	16	16	16	16	17	17	17	18	

助走スピードから見た日本男子走幅跳選手と海外選手の比較

小山宏之¹⁾ 村木有也²⁾ 柴山一仁³⁾ 清水 悠⁴⁾ 荻山 靖⁴⁾ 阿江通良⁴⁾

1) 京都教育大学 2) 大阪電気通信大学 3) 仙台大学 4) 筑波大学

1. はじめに

日本陸連科学委員会の跳躍班ではレーザー速度測定装置 (lavag) を用いて2002年より継続的に走幅跳選手の助走スピードを測定している。小山(2009)はその結果をもとに選手を20cmごとのグループにわけて助走最高スピードと跳躍距離の関係を調べ、それぞれの跳躍距離獲得に対する目標最高スピードの値とその範囲を提示した。本報告では、これまでの測定データから日本男子走幅跳選手と海外走幅跳選手の相違を助走スピードの観点から比較する。

2. 方法

助走路前方のスタンドにレーザー式速度測定装置 lavag を設置し、助走スタートから着地までの選手の移動を助走前方より2010年までは50Hzもしくは100Hzで測定し、2011年は100Hzで測定した。跳躍距離が7.90m以上であった試技を分析対象とし、跳躍距離10cmごとにグループに分け(海外選手の8.20m以上は20cmごと)、各グループの平均および標準偏差を算出した。総分析跳躍数は110跳躍であり、表1に各グループの分析データ数および平均記録を示した。

表1 分析試技の群分け

グループ	7.90~7.99		8.00~8.09		8.10~8.19		8.20~8.39		8.40~	
	のべ人数 (人)	平均記録 (m)	のべ人数 (人)	平均記録 (m)	のべ人数 (人)	平均記録 (m)	のべ人数 (人)	平均記録 (m)	のべ人数 (人)	平均記録 (m)
日本選手	23	7.94±0.03	14	8.04±0.04	3	8.14±0.05				
海外選手	16	7.95±0.03	18	8.05±0.03	20	8.16±0.03	11	8.27±0.05	5	8.49±0.05

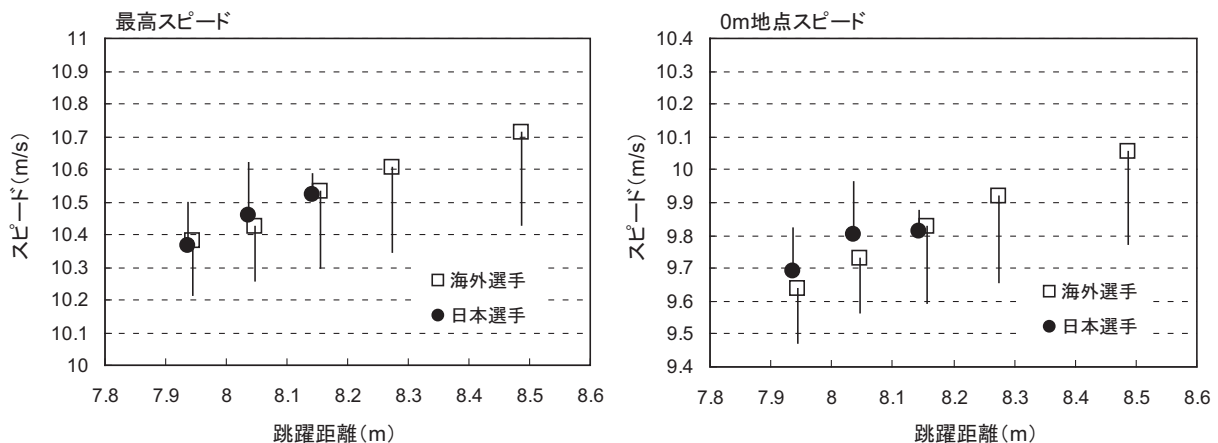


図1 跳躍距離と助走最高スピード (左) および0m地点スピード (右) の関係

3. 結果

3.1 日本および海外選手の助走スピードの比較

図1は日本および海外選手の各グループにおける助走最高スピードと0m地点（フェールライン上）におけるスピードを示したものである。

この結果を見ると、従来の指摘通り、日本選手、海外選手ともに跳躍記録が大きいほど助走最高スピード、0m地点スピードは大きい傾向が見られた。すなわち、踏切前までに助走スピードをより高めることができること、大きいスピードを持って踏切板上を通過することが跳躍距離の獲得に重要であることが示唆される。

日本選手と海外選手を比較すると、助走最高スピード、0m地点スピードともに7.90m台の群、8.00m台の群、8.10m台の群のいずれにおいても日本選手と海外選手に有意な差は見られなかった。走幅跳の跳躍記録は踏切離地時の重心速度で大部分が決定する。すなわち、同記録群の選手で比較した場合には、日本選手が海外選手に比べて著しくスピードが劣るまたは優れているということはないことが明らかとなった。

一方、近年の世界大会のA標準記録である8.20m以上のグループの平均値と日本選手を比べると、日本選手の助走スピードは小さいと言える。日本選手の助走スピードは、海外選手が8.20m以上を記録したスピードの標準偏差内であることから、現スピードであってもより大きな跳躍をすることは可能であると推察されるが、全体的な傾向から考えると、日本選手はさらに高い助走スピードが必要であることが示唆される。

3.2 助走最高スピードから見た記録の獲得

図2は助走最高スピードと跳躍距離の関係について、横軸を助走における最高スピードに、縦軸を跳躍距離にして、全跳躍をプロットしたものである。この結果を見ると、日本選手は全跳躍の中の下方向位置にプロットされる傾向にあり、海外選手は日本選手と同程度のスピードであってもより大きい跳躍記録を獲得する選手が多いことがわかる。そして、日本および海外選手のどちらも助走最高スピードと跳躍距離の間には有意な正の相関関係があるが、海外選手の回帰直線は日本選手のそれに比べより上方に位置している。この結果は、日本選手は海外選手に比べてスピードに対する跳躍距離の獲得が小さい傾向にあることを示している。

この傾向が生じた要因の1つとして日本選手と海

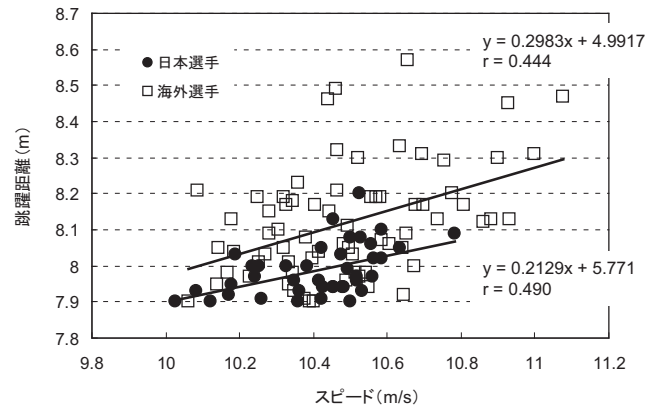


図2 日本および海外選手の助走最高スピードと跳躍距離の関係

外選手の体型の相違による身体重心高の差があると考えられる。走幅跳の空中では身体重心は放物運動をするため、跳躍距離は踏切離地時の重心高と重心速度で大部分が決定する。日本および海外選手の体型の相違をまとめた研究は見当たらないが、2007年世界選手権のファイナリスト8名と2009年日本選手権のファイナリスト（2011年日本ランキング1位、2位の菅井、猿山選手を含む）を参考にすると、身長（2007WC, $1.83 \pm 0.07\text{m}$, 2009NCH, $1.76 \pm 0.03\text{m}$) および身体重心高（2007WC, $1.28 \pm 0.05\text{m}$, 2009NCH, $1.18 \pm 0.03\text{m}$ ）には約0.10mの差がある可能性がある。2009NCHファイナリストの重心速度のデータを用いて、仮に日本選手が0.10m高い身体重心位置から同じ初速度で跳躍したとすると、放物運動による身体重心の水平到達距離は0.14m増加する。すなわち、3.1の部分では日本選手のスピードは海外選手の8.20m以上の跳躍を行ったスピードの標準偏差内に位置すると述べたが、身体重心高の差による影響もあることを踏まえて助走スピードの目標値を考えていく必要があると考えられる。

本報告では約10年間の測定データから、日本選手と海外選手の助走スピードの相違について検討した。その結果、日本選手の助走スピードは8.20m程度を跳躍することのできる範囲に達してきていると考えられる。しかし、どのような状況においても世界選手権、オリンピック等の標準記録、入賞記録の8.10m程度を跳躍するには、助走における最高スピードをより高めることが必要になると考えられる。

参考文献

小山宏之（2009）走幅跳の助走スピードの標準値.
月刊陸上競技, 43（12）, 200-202.

競技会における一流男女走幅跳および三段跳選手の助走スピード分析

小山宏之¹⁾ 村木有也²⁾ 柴山一仁³⁾ 清水 悠⁴⁾ 荻山 靖⁴⁾

1) 京都教育大学 2) 大阪電気通信大学 3) 仙台大学 4) 筑波大学

1. はじめに

本報告では、レーザー式速度測定装置 (LAVEG) を用い、一流走幅跳、三段跳選手の助走スピードを分析した結果を示す。

2. 方法

助走路前方のスタンドにレーザー式速度測定装置 lavec を設置し、助走スタートから着地までの選手の移動を助走前方より 100Hz で測定した。得られた距離データを時間微分することにより疾走スピードを算出し、Butterworth low-pass digital filter を用いて 0.5Hz で平滑化を行った。スタンドの高さの補正は、助走路上に 2 点のキャリブレーションマーカーを設置し、マーカーと lavec までの距離を計測した後、三平方の定理を用いて算出した。

2011 年に測定を行った試合は以下の通りである。

- 2011 年 第 59 回兵庫リレーカーニバル (兵庫 RC)
- 2011 年 第 45 回織田記念陸上 (織田)
- 2011 年 静岡国際陸上 (静岡)
- 2011 年 セイコーグランプリ川崎 (川崎)
- 2011 年 第 95 回日本陸上競技選手権大会 (NCH)
- 2011 年 第 19 回アジア陸上競技選手権大会 (Asia)

3. 結果

3.1 男子走幅跳選手の助走スピード曲線

表 1～4 は兵庫 RC, 川崎, NCH および Asia における入賞選手の最高スピードおよびその出現地点を、図 1～4 は各大会における上位入賞選手の助走スピード曲線を示したものである。

2011 年の菅井選手は 4 試合で 8.00m を超え、オ

リンピックおよび世界選手権 B 標準の 8.10m (2012.6 月現在) 以上の跳躍を行うのは目前と言える状況であった。科学委員会では走幅跳の助走スピードを毎年 3～4 試合を測定し、菅井選手のデータは 2007 年以降多く測定できている。図 5 は 2007 年から 2011 年の測定試合において有効試技であった跳躍距離の平均値と助走最高スピードの平均値の関係を示している。この結果を見ると、菅井選手は 2007 年から 2009 年では跳躍距離の平均は約 7.70m であり、助走最高スピードの平均は 10.30m 前後であり大きな変化はなかった。一方、2010 年では助走スピードの平均は変わらず、跳躍記録の平均は約 0.1m 増加していた。そして、2011 年ではさらに跳躍距離の平均が 0.1m 増加し、助走最高スピードの平均値は 5 年間で最も大きいものであった。菅井選手のスプリント走における最高スピードの測定機会がなかったことから、5 年間にわたる最大疾走スピードの変化はわからないが、この 5 年間で助走においてより高いスピードを発揮し、その中で跳躍を行うことができているように変化していると考えられる。

2011 年はアジア選手権が開催され、2010 年アジア大会に続いてアジアトップ選手の助走スピードを測定することができた。試合は 8.19m で蘇選手 (CHN) が優勝し、アユダヤ選手 (THA) が 8.05m で 2 位であった。各選手の測定結果を見ると、蘇選手の 8.19m の試技では 10.56m/s、アユダヤ選手の 8.05m の試技では 10.32m/s であった。このスピードは 2010 年アジア大会における金選手 (8.11m, 10.49m/s)、蘇選手 (8.05m, 10.50m/s) と同等であった (小山ら, 2011)。これらの測定結果は、同試合で 8m を超えた猿山、菅井の 2 選手、さらに国内選手の過去の測定結果における品田、荒川選手らとほぼ同程度の助走最高スピードであると言える。これまでの科学委員会の測定結果では、8.00～8.20m の選手 27 名の最高スピードの平均値は 10.51±0.22m/s であること、

また、日本人と体型が類似している中国および韓国選手が 10.50m/s 前後で 8.10m を超える跳躍をしていることから、助走におけるスピードの 1 つの目標値として 10.50m/s で効果的な踏切を行える能力が重要になると言えるかもしれない。

3.2 女子走幅跳選手の助走スピード曲線

表 5～8 は 静岡, 川崎, NCH および Asia における女子走幅跳入賞選手の最高スピードおよびその出現地点を示し, 図 6～9 は各大会における上位入賞選手の助走スピード曲線を示したものである。

2011 年は岡山選手が追参ながら 6.60 m を超え (オリンピックおよび世界選手権 B 標準は 6.65m, 2012.6 月現在), その他の試技においても 6.40～6.50m を複数回跳躍した。6.50m 以上の 5 跳躍 (追参の 3 跳躍を含む) は 9.20～9.36m/s の範囲で 6.50m 以下の跳躍よりも助走最高スピードは大きい傾向が見られた。すなわち, スピードをより高めることのできた試技で跳躍距離を伸ばすことができていたことを示している。これまでの女子走幅跳選手の測定結果と比較すると, 6.40～6.60m の記録の選手の助走最高スピードの平均 ($9.31 \pm 0.19\text{m/s}$) の範囲にほぼあてはまり, 6.60m 以上の $9.45 \pm 0.15\text{m/s}$ と比較するとわずかに小さいようである。

3.3 男子三段跳選手の助走スピード曲線

表 9～11 は織田, NCH および Asia における入賞選手の最高スピードおよびその出現地点を, 図 10～12 は各大会における上位入賞選手の助走スピード曲線を示したものである。

2011 年は十亀選手が 2010 年までの自己記録を超える 16m 中盤の記録を複数試合で記録した。2011 年と 2010 年以前の助走スピードと跳躍距離の関係を見ると (図 13), 2011 年はこれまでの 4 年間に比べ助走最高スピードが大きいことがわかる。すなわち, 2011 年に記録を向上させた要因の 1 つとして助走スピードを高めることができ, 高いスピードの中での跳躍を行うことができたことが考えられる。しかし, 2011 年においても助走最高スピードが同程度に高い試技であっても, 跳躍距離は約 15.5m から 16.5 m と約 1m の範囲で記録にばらつきが見られる。今後, 16m 後半の記録を出していくには, 現在の助走スピードの中での動作を安定させる必要があると推測される。

アジア選手権の上位選手の測定結果を見ると, 16m 中盤から後半であったが, 助走スピードで 10.00m/s を超えた試技はなく, 日本選手の助走ス

ピードと同程度かもしくは小さいものであった。これらは, 2010 年アジア大会上位選手の測定結果と同様の結果であった (小山ら, 2011)。2010 年のアジア大会および 2011 年のアジア選手権の上位選手は中央アジアおよび中国選手で, 日本選手に比べると身長が高く, 脚が長い特徴を持つ。すなわち, これらの選手に比べ身体重心高が低い日本選手が同程度の空中距離, すなわち跳躍距離を獲得するにはより大きい助走スピードが必要になる可能性が考えられる。また, 小山ら (2010) は韓国の Kim 選手 (KOR) について, 走幅跳で 8.11m を跳躍した時の助走スピード (10.49m/s) に対して, 三段跳で 16.56m を跳躍した時は 9.77m/s (走幅跳の 93.1%), その他の試技も 9.78～10.06m/s (走幅跳の 93.2～95.9%) の範囲であり, 余裕のある助走を行っていたことを指摘している。より低いスピードで跳躍を行うアジアトップ選手と高いスピードが必要となる日本選手では, 本人の出しうる最高スピードと助走スピードの比率が異なる可能性があり, 日本選手はより高いスピードにおける跳躍技術の獲得が重要になる可能性があると考えられる。

3.4 女子三段跳選手の助走スピード曲線

表 12～14 は織田, NCH および Asia における入賞選手の最高スピードおよびその出現地点を, 図 14～16 は各大会における上位入賞選手の助走スピード曲線を示したものである。

2011 年の日本選手は, 織田記念において三澤選手, 日本選手権において竹田選手, 測定試合ではないが前田選手が 13m を超える跳躍を行ったが, いずれも 13m をわずかに超えた記録に留まり, 13m 中盤から後半の記録は 2011 年も見られなかった。竹田および前田選手について測定できた試合を見ると, 2010 年と 2011 年の助走最高スピードは大きな変化は見られなかった。

アジア選手権については上位 3 選手が 14m を超え, 4 位の選手も 13.97m の跳躍を行い, それぞれを測定することができた。このうち 2～4 位の選手は助走最高スピードが 9.0m/s 前後であり, これまでに科学委員会で測定してきた 14.00～14.30 m の選手の平均 $9.08 \pm 0.11 \text{ m/s}$ の測定の範囲にほぼ収まる結果であった。一方, 1 位の謝選手は 2010 年アジア大会と同様に非常に低いスピードの中で 14m 前半から中盤の跳躍を行っていた。2010 年の報告においても小山ら (2011) が指摘していたが, 日本選手が 14.00 m および日本記録の更新を目標とするには, 9.00 m/s 以上のスピードで助走を行い, その

スピードで跳躍できるトレーニングを行っていくべきであると考えられる。

参考文献

小山宏之，村木有也，柴山一仁，清水悠，築野愛，
荻山靖，阿江通良（2011）競技会における一流男
女走幅跳，三段跳選手の助走スピード分析．陸上
競技研究紀要，7，37-49.

表1 2011 兵庫リレーカーニバル男子走幅跳上位入賞選手の各試技の助走における最高スピードおよびその出現地点

選手	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th
菅井	7.83 (-0.8) 10.24 (@ 5.6)	7.92 (-0.9) 10.17 (@ 5.9)	7.72 (+2.4) 10.40 (@ 6.3)	7.96 (+0.5) 10.52 (@ 5.8)	7.80 (-0.6) 10.28 (@ 5.0)	F 10.32 (@ 6.9)
猿山	7.66 (+0.7) 10.29 (@ 5.8)	7.43 (+1.6) 10.20 (@ 6.7)	7.86 (+1.8) 10.40 (@ 6.5)	F 10.08 (@ 9.1)	F 10.30 (@ 6.4)	F 10.24 (@ 5.4)
品田	7.17 (+0.4) 10.37 (@ 6.6)	7.57 (+1.2) 10.36 (@ 7.0)	7.55 (+0.6) 10.36 (@ 5.5)	-	F 10.34 (@ 6.5)	5.84 (+0.9) 10.27 (@ 6.5)
鈴木	7.32 (-0.3) 10.32 (@ 5.7)	7.24 (+0.3) 10.33 (@ 5.7)	F 10.42 (@ 5.4)	F 10.43 (@ 7.1)	7.44 (+0.0) 10.34 (@ 5.2)	F 10.38 (@ 6.4)

注) 数値は上段が跳躍記録, 下段が最高スピードおよび括弧内は出現地点

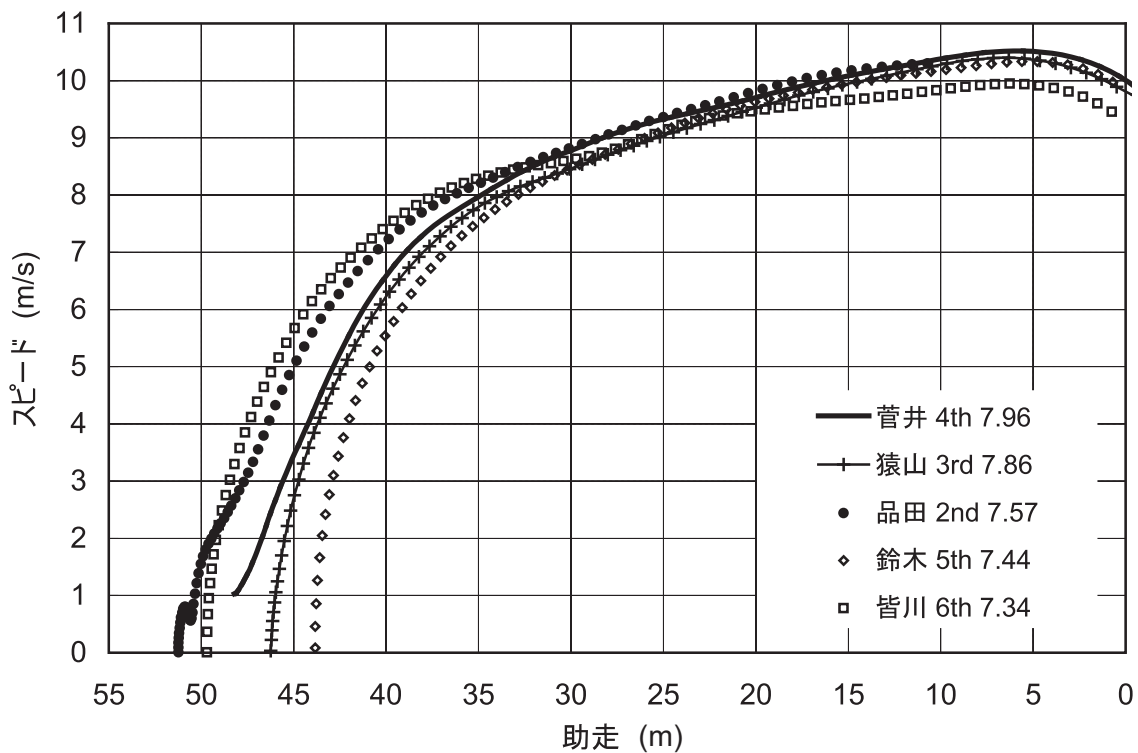


図1 2011 兵庫リレーカーニバル男子走幅跳上位入賞選手の助走スピード曲線 (0mが踏切板)

表2 2011 セイコーグランプリ川崎男子走幅跳上位入賞選手の各試技の助走における最高スピードおよびその出現地点

選手	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th
スミス (BER)	7.90 (+0.8) 10.25 (@ 5.7)	-	7.75 (+0.7) 10.34 (@ 5.5)	F 10.17 (@ 6.2)	7.72 (+0.7) 10.13 (@ 6.8)	8.09 (+1.2) 10.28 (@ 8.0)
ワット (AUS)	7.93 (+0.0) 10.51 (@ 7.7)	6.46 (+1.5) 10.47 (@ 6.2)	8.07 (+0.9) 10.59 (@ 6.8)	-	-	-
菅井	7.58 (+0.5) 10.43 (@ 7.9)	F 10.52 (@ 8.0)	7.96 (+0.1) 10.41 (@ 6.9)	7.97 (+2.7) 10.52 (@ 8.4)	8.05 (+2.1) 10.63 (@ 5.3)	-
クラウザー (AUS)	F 10.14 (@ 8.5)	8.03 (+1.2) 10.27 (@ 6.8)	8.01 (+0.1) 10.25 (@ 7.6)	-	-	7.98 (+1.0) 10.51 (@ 7.1)
猿山	7.68 (+2.0) 10.50 (@ 6.1)	7.87 (+1.5) 10.46 (@ 6.2)	7.83 (+1.4) 10.35 (@ 5.8)	5.92 (+0.8) 10.33 (@ 7.0)	7.49 (+1.1) 10.28 (@ 6.2)	7.70 (+1.2) 10.26 (@ 7.9)

注) 数値は上段が跳躍記録, 下段が最高スピードおよび括弧内は出現地点

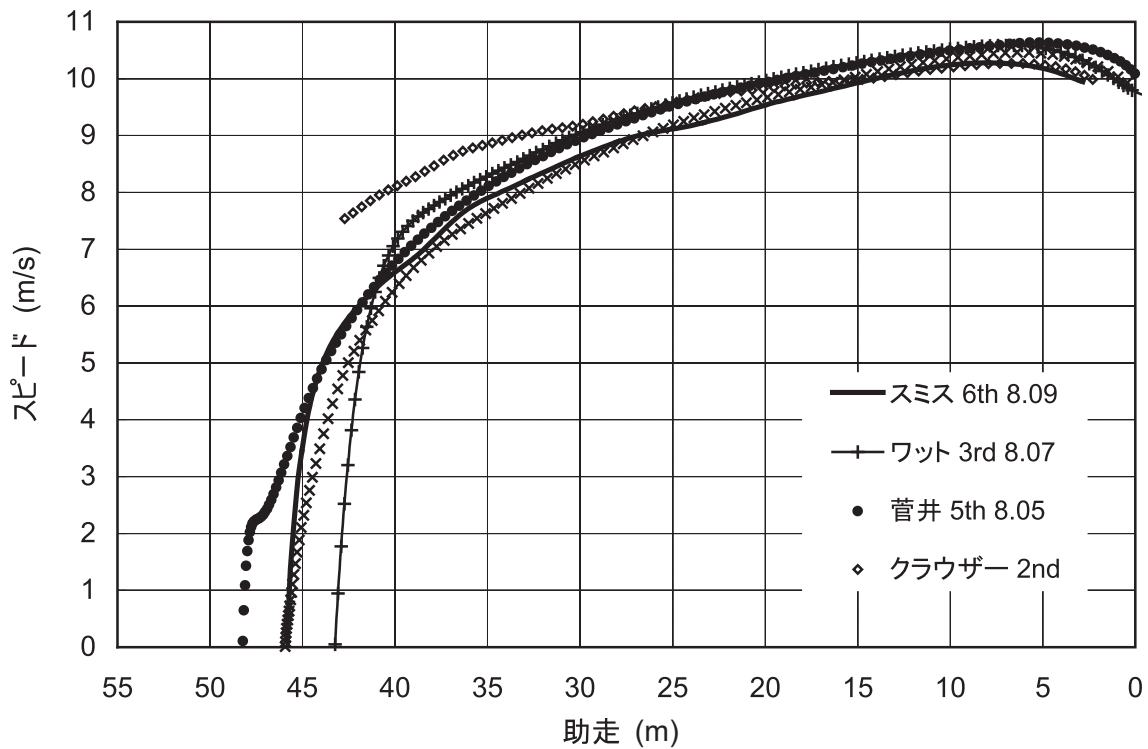


図2 2011 セイコーグランプリ川崎男子走幅跳上位入賞選手の助走スピード曲線 (0mが踏切板)

表3 2011 日本選手権男子走幅跳上位入賞選手の各試技の助走における最高スピードおよびその出現地点

選手	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th
菅井	7.53 (-0.9) 10.28 (@ 7.5)	7.63 (-0.7) 10.26 (@ 7.7)	7.79 (-1.4) 10.27 (@ 7.1)	7.61 (-1.8) 10.20 (@ 7.3)	7.94 (+1.0) 10.42 (@ 8.2)	7.72 (-1.0) 10.26 (@ 6.5)
猿山	7.71 (-0.1) 10.18 (@ 6.3)	7.68 (-0.5) 10.29 (@ 6.3)	7.74 (-0.7) 10.23 (@ 7.0)	7.67 (+0.1) 10.25 (@ 6.2)	7.68 (-1.6) 10.26 (@ 7.0)	7.58 (-0.3) 10.16 (@ 5.9)
新村	7.65 (+0.5) 10.23 (@ 6.8)	7.51 (-0.2) 10.23 (@ 7.0)	7.63 (+0.0) 10.27 (@ 7.7)	7.49 (+0.0) 10.22 (@ 7.6)	7.69 (-0.7) 10.28 (@ 6.5)	F 10.18 (@ 11.9)
下野	7.17 (+0.0) 10.08 (@ 7.1)	7.35 (-0.3) 10.10 (@ 6.4)	-	F 10.23 (@ 5.4)	F 10.23 (@ 4.9)	F 10.26 (@ 6.1)
皆川	6.87 (-1.0) 9.70 (@ 7.4)	7.24 (-0.3) 9.83 (@ 7.4)	7.23 (-0.7) 9.89 (@ 8.3)	7.38 (-0.4) 9.94 (@ 6.9)	7.39 (-1.3) 9.64 (@ 7.0)	F 9.86 (@ 6.0)

注) 数値は上段が跳躍記録, 下段が最高スピードおよび括弧内は出現地点

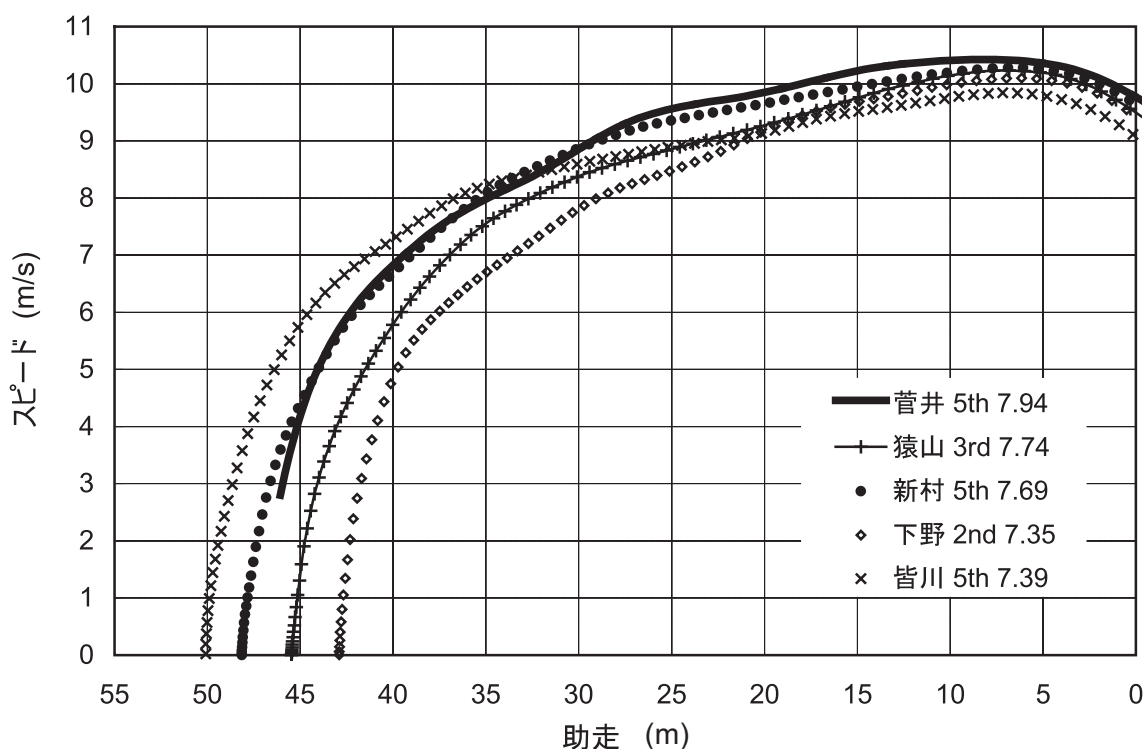


図3 2011 日本選手権男子走幅跳上位入賞選手の助走スピード曲線 (0mが踏切板)

表4 2011 アジア選手権男子走幅跳上位入賞選手の各試技の助走における最高スピードおよびその出現地点

選手	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th
蘇 (CHN)	7.22 (+2.1) 10.60 (@ 6.8)	8.19 (+1.0) 10.56 (@ 5.6)	7.81 (+2.1) 10.73 (@ 6.3)	F 10.67 (@ 7.1)	8.13 (+3.3) 10.93 (@ 7.2)	F 10.33 (@ 7.7)
アユダヤ (THA)	F 10.28 (@ 6.2)	8.05 (+1.3) 10.32 (@ 7.0)	7.74 (+1.0) 10.23 (@ 6.5)	F 10.31 (@ 7.1)	F 10.34 (@ 7.3)	F 10.45 (@ 7.1)
猿山	7.61 (+1.8) 10.47 (@ 5.5)	8.05 (+1.2) 10.42 (@ 6.0)	F 10.03 (@ 10.4)	F 10.33 (@ 6.0)	F 10.41 (@ 6.5)	F 10.43 (@ 6.7)
菅井	8.03 (+3.2) 10.47 (@ 6.6)	7.73 (+0.3) 10.26 (@ 7.3)	7.78 (+2.1) 10.53 (@ 6.9)	8.00 (+1.5) 10.23 (@ 7.7)	7.61 (+0.7) 10.44 (@ 6.2)	7.94 (+4.3) 10.48 (@ 7.3)
李 (CHN)	7.46 (+1.5) 10.68 (@ 6.2)	7.79 (+3.2) 10.50 (@ 7.0)	7.50 (+2.5) 10.57 (@ 5.9)	F 10.71 (@ 5.3)	-	-

注) 数値は上段が跳躍記録, 下段が最高スピードおよび括弧内は出現地点

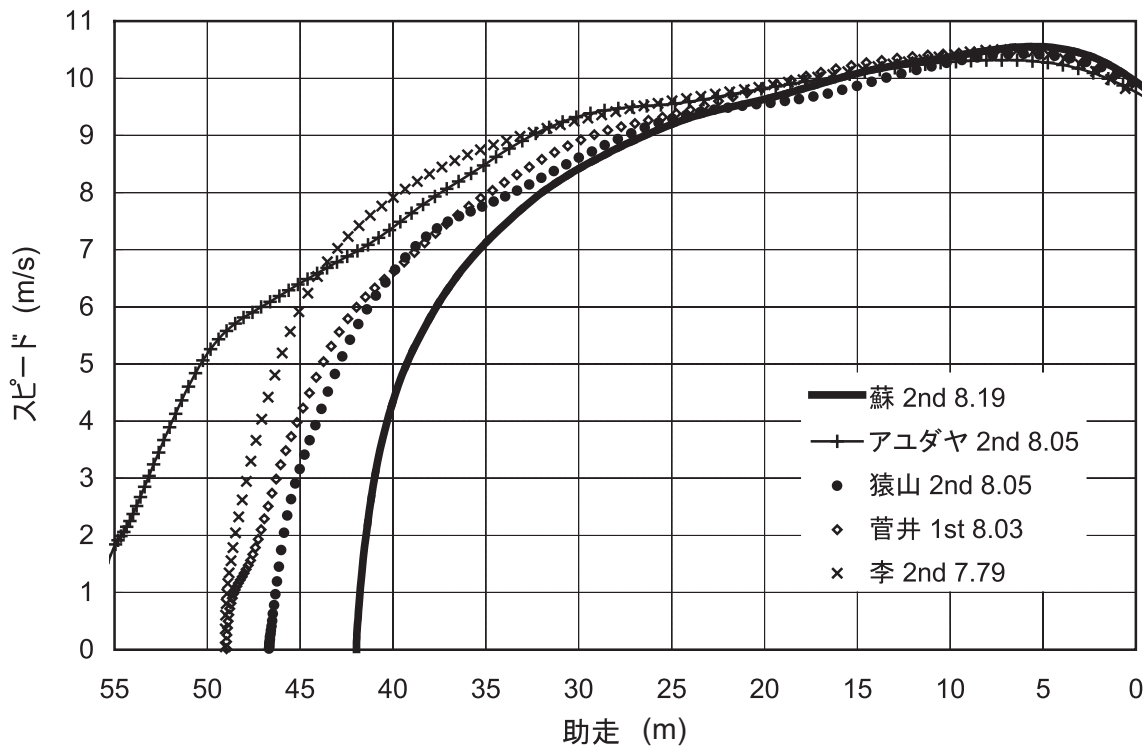


図4 2011 アジア選手権男子走幅跳上位入賞選手の助走スピード曲線 (0mが踏切板)

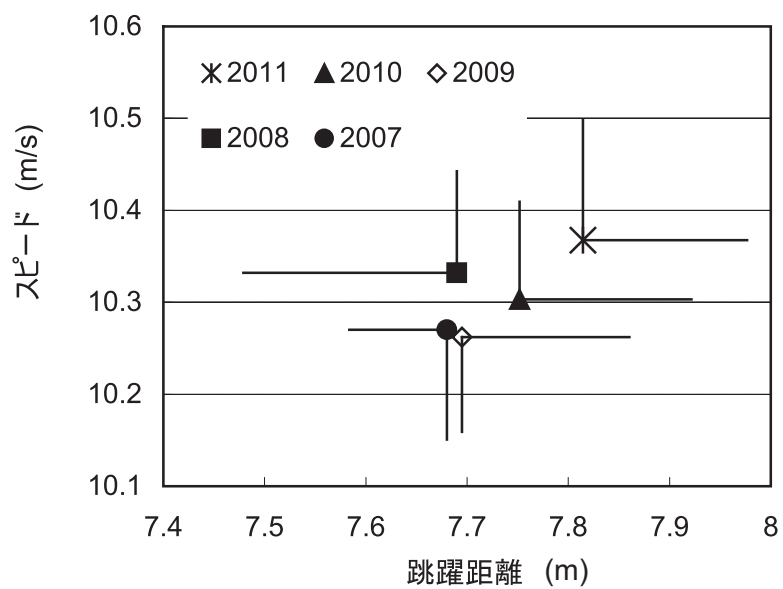


図5 菅井選手の2007年から2011年における跳躍記録と助走最高スピードの関係の推移

表 5 2011 静岡国際女子走幅跳入賞選手の各試技の助走における最高スピードおよびその出現地点

選手	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th
高武	6.29 (+1.0) 9.17 (@ 5.3)	6.05 (+0.0) 9.02 (@ 5.4)	- 8.88 (@ 4.2)	6.20 (+0.0) 8.91 (@ 5.0)	6.31 (+1.2) 9.01 (@ 6.1)	- 8.89 (@ 4.9)
中野	5.89 (+0.1) 8.81 (@ 7.0)	5.74 (+0.1) 8.76 (@ 5.2)	-	5.94 (+0.1) 8.82 (@ 5.1)	5.93 (+1.8) 8.70 (@ 6.2)	F 8.84 (@ 7.6)
清水	5.80 (+0.6) 8.65 (@ 5.2)	5.93 (+0.5) 8.73 (@ 5.6)	5.55 (-0.1) 8.67 (@ 5.6)	5.76 (-0.5) 8.65 (@ 4.8)	- 8.76 (@ 5.1)	- 8.70 (@ 6.2)

注) 数値は上段が跳躍記録, 下段が最高スピードおよび括弧内は出現地点

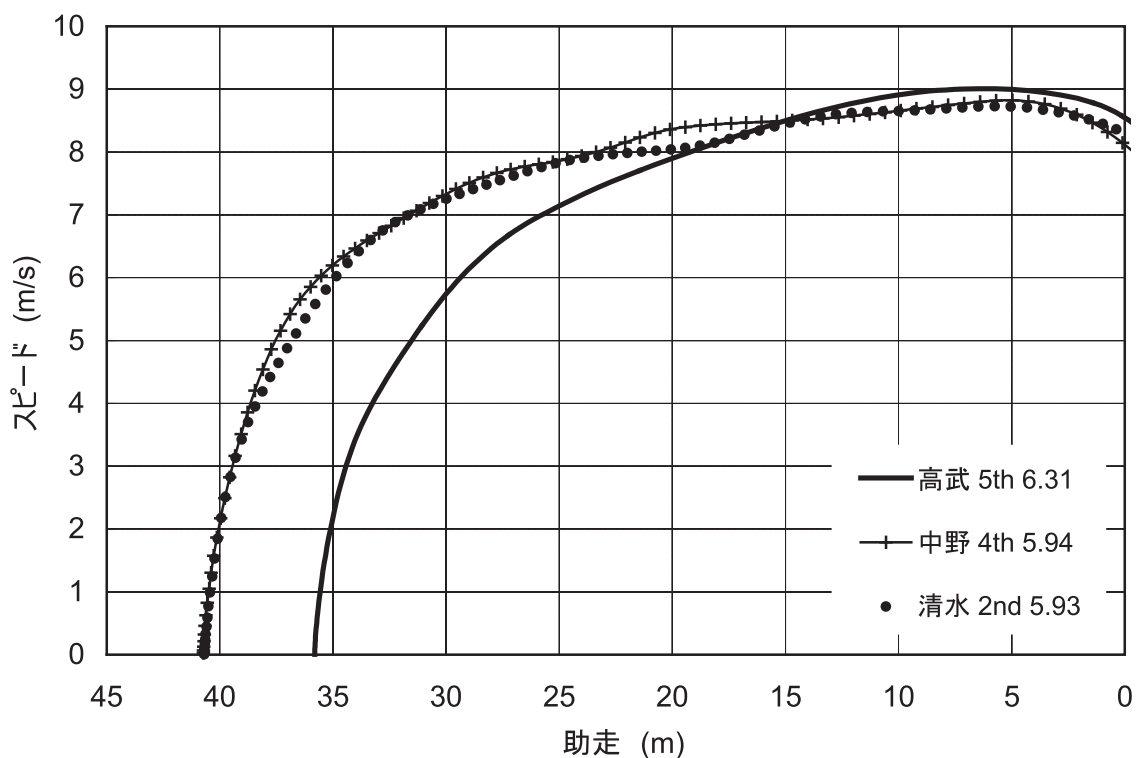


図 6 2011 静岡国際女子走幅跳上位入賞選手の助走スピード曲線 (0m が踏切板)

表6 2011 セイコーグランプリ川崎女子走幅跳入賞選手の各試技の助走における最高スピードおよびその出現地点

選手	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th
岡山	6.59 (+3.8) 9.34 (@ 9.2)	6.57 (+3.0) 9.26 (@ 8.0)	6.56 (+0.9) 9.36 (@ 7.1)	F 9.17 (@ 7.4)	6.61 (+2.3) 9.20 (@ 7.4)	6.45 (+1.5) 9.35 (@ 6.0)
井村	6.39 (+3.8) 9.39 (@ 6.3)	6.02 (+0.5) 9.36 (@ 6.1)	6.10 (+1.5) 9.24 (@ 6.8)	6.17 (+0.3) 9.16 (@ 6.8)	6.08 (+1.1) 9.30 (@ 3.5)	-

注) 数値は上段が跳躍記録, 下段が最高スピードおよび括弧内は出現地点

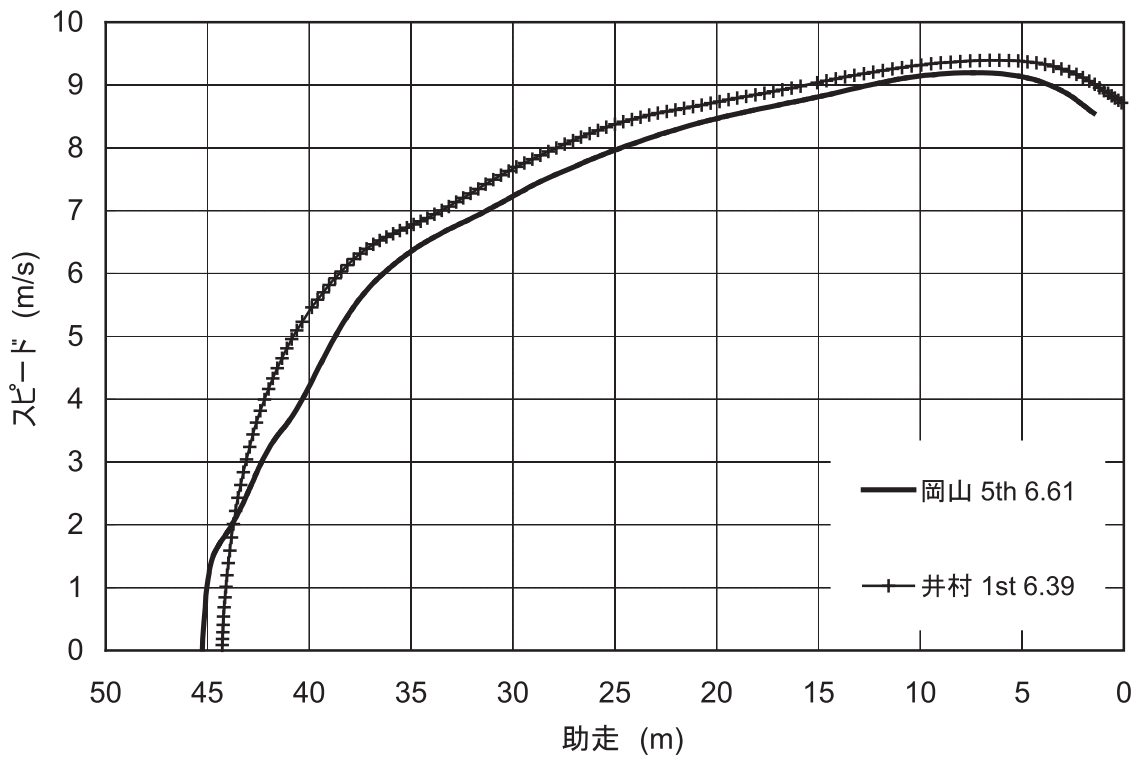


図7 2011 セイコーグランプリ川崎女子走幅跳上位入賞選手の助走スピード曲線 (0mが踏切板)

表7 2011 日本選手権女子走幅跳入賞選手の各試技の助走における最高スピードおよびその出現地点

選手	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th
井村	6.31 (+2.0) 9.44 (@ 6.2)	6.36 (+2.7) 9.35 (@ 5.9)	6.08 (+0.6) 9.33 (@ 5.4)	6.05 (+0.2) 9.27 (@ 7.2)	-	6.39 (+1.5) 9.36 (@ 6.3)
高武	6.27 (+2.2) 9.14 (@ 6.7)	F 8.99 (@ 5.1)	6.34 (+0.2) 8.98 (@ 5.3)	F 8.91 (@ 6.3)	F 9.20 (@ 4.9)	6.32 (+1.2) 9.07 (@ 6.1)
岡山	6.18 (+0.4) 9.22 (@ 5.6)	F 9.31 (@ 6.1)	6.14 (+0.9) 9.32 (@ 7.8)	6.16 (+0.0) 9.13 (@ 6.5)	6.19 (+0.1) 9.18 (@ 6.1)	6.29 (+1.0) 9.25 (@ 6.1)
濱島	6.16 (+1.1) 8.86 (@ 4.9)	6.08 (+1.6) 8.82 (@ 4.9)	6.06 (+0.3) 8.77 (@ 5.4)	F 8.95 (@ 6.1)	5.90 (+0.7) 8.77 (@ 4.9)	F 8.85 (@ 6.3)
清水	5.93 (+1.3) 8.67 (@ 4.4)	6.03 (+1.0) 8.83 (@ 3.8)	F 8.69 (@ 4.3)	5.70 (+0.5) 8.76 (@ 4.0)	5.76 (+0.5) 8.82 (@ 4.8)	5.80 (+0.0) 8.78 (@ 6.1)
中野	F 9.12 (@ 7.1)	5.99 (+1.9) 9.11 (@ 6.9)	F 9.02 (@ 8.4)	F 8.98 (@ 6.7)	F 8.96 (@ 6.0)	F 8.96 (@ 7.7)

注) 数値は上段が跳躍記録, 下段が最高スピードおよび括弧内は出現地点

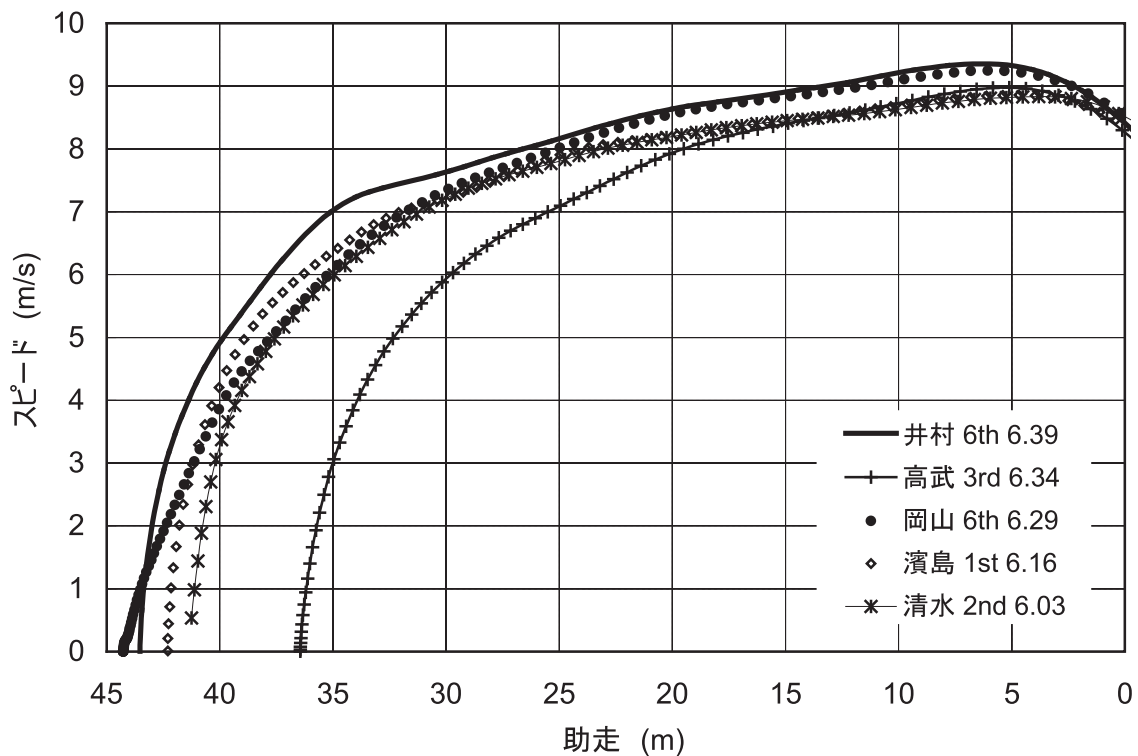


図8 2011 日本選手権女子走幅跳上位入賞選手の助走スピード曲線 (0m が踏切板)

表8 2011 アジア選手権女子走幅跳入賞選手の各試技の助走における最高スピードおよびその出現地点

選手	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th
Johnny (IND)	6.34 (-0.2) 8.82 (@ 5.4)	6.56 (+0.5) 9.05 (@ 5.1)	F 9.14 (@ 4.7)	F 9.07 (@ 4.9)	6.52 (+0.3) 9.04 (@ 4.6)	6.50 (+1.1) 9.12 (@ 4.8)
陸 (CHN)	6.05 (+0.0) 8.65 (@ 5.0)	6.52 (-0.2) 8.92 (@ 5.1)	F 9.00 (@ 5.5)	F 9.17 (@ 4.9)	F 9.04 (@ 5.1)	F 8.86 (@ 8.6)
岡山	6.30 (-0.3) 9.09 (@ 5.9)	6.43 (+0.0) 9.13 (@ 6.3)	6.37 (+1.0) 9.16 (@ 6.3)	6.18 (+1.0) 9.02 (@ 5.8)	6.22 (+0.2) 9.00 (@ 6.0)	6.51 (+0.2) 9.22 (@ 4.8)
Tarasova (UZB)	-	6.23 (+0.0) 9.01 (@ 4.3)	6.05 (+0.3) 8.75 (@ 5.2)	F 8.94 (@ 6.4)	6.37 (+0.5) 8.86 (@ 5.4)	6.18 (+0.1) 8.65 (@ 4.2)
Torres (UZB)	6.21 (+0.2) 8.94 (@ 4.6)	6.27 (+0.5) 9.05 (@ 4.4)	F 9.06 (@ 4.0)	6.34 (+0.5) 8.93 (@ 4.4)	F 9.01 (@ 5.8)	6.24 (+0.8) 9.08 (@ 5.2)
井村	6.12 (-0.3) 9.14 (@ 6.2)	F 9.22 (@ 7.1)	6.23 (+0.5) 9.13 (@ 5.4)	6.22 (+0.8) 9.23 (@ 6.6)	6.15 (+1.1) 9.23 (@ 7.2)	6.22 (+0.1) 9.18 (@ 5.5)

注) 数値は上段が跳躍記録, 下段が最高スピードおよび括弧内は出現地点

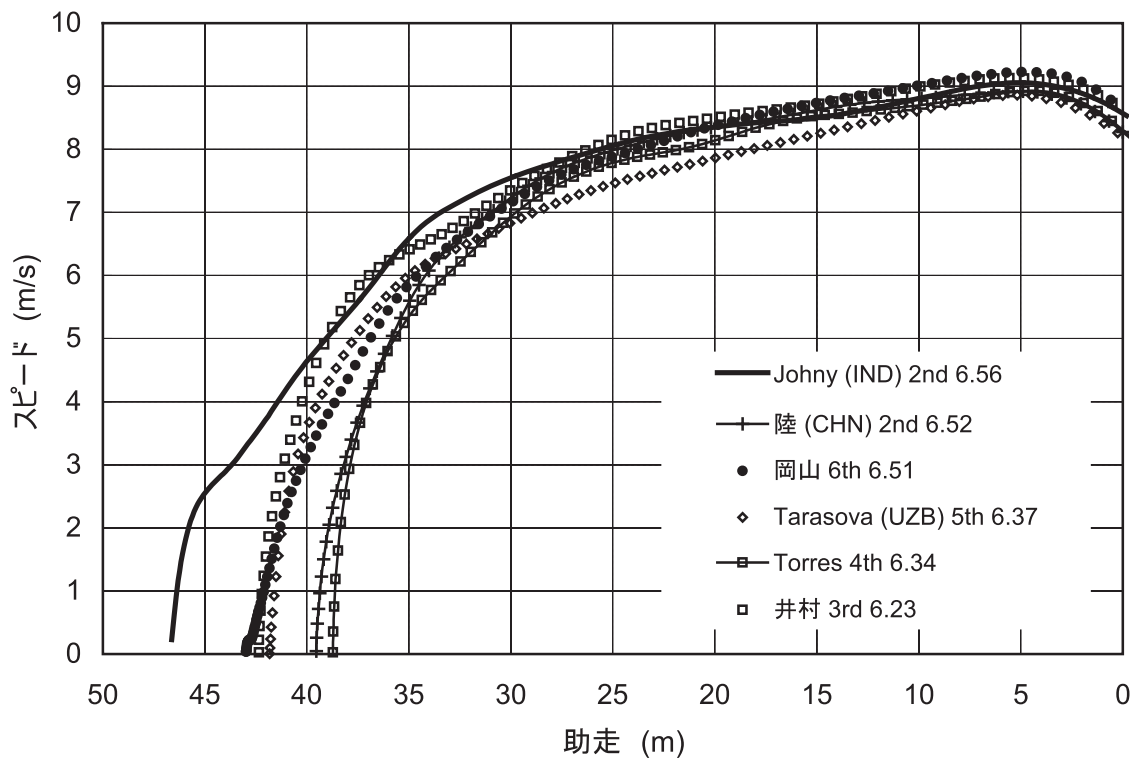


図9 2011 アジア選手権女子走幅跳上位入賞選手の助走スピード曲線 (0mが踏切板)

表9 2011 織田記念男子三段跳上位入賞選手の各試技の助走における最高スピードおよびその出現地点

選手	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th
梶川	16.15 (+4.0) 10.09 (@ 5.1)	14.16 (+2.7) 10.07 (@ 4.5)	15.62 (+2.7) 9.96 (@ 5.4)	F 9.69 (@ 5.9)	-	15.91 (+2.5) 9.97 (@ 5.3)
十亀	15.86 (-1.3) 9.91 (@ 6.9)	F 9.93 (@ 6.5)	16.02 (+0.8) 10.11 (@ 7.1)	16.03 (-1.2) 9.88 (@ 5.0)	16.06 (-0.1) 10.11 (@ 7.0)	16.00 (+1.5) 10.07 (@ 6.1)
鈴木	15.67 (+0.0) 10.20 (@ 5.8)	15.51 (+0.3) 10.43 (@ 6.6)	F 10.39 (@ 5.6)	14.99 (-1.6) 10.18 (@ 4.5)	F 9.95 (@ 5.6)	15.16 (+1.3) 10.10 (@ 5.4)
角山	15.63 (+4.4) 9.86 (@ 5.4)	15.16 (+3.2) 9.74 (@ 5.3)	14.67 (+0.6) 9.67 (@ 4.8)	15.10 (-0.4) 9.30 (@ 4.8)	15.60 (+2.3) 9.75 (@ 5.6)	F 9.64 (@ 5.0)

注) 数値は上段が跳躍記録, 下段が最高スピードおよび括弧内は出現地点

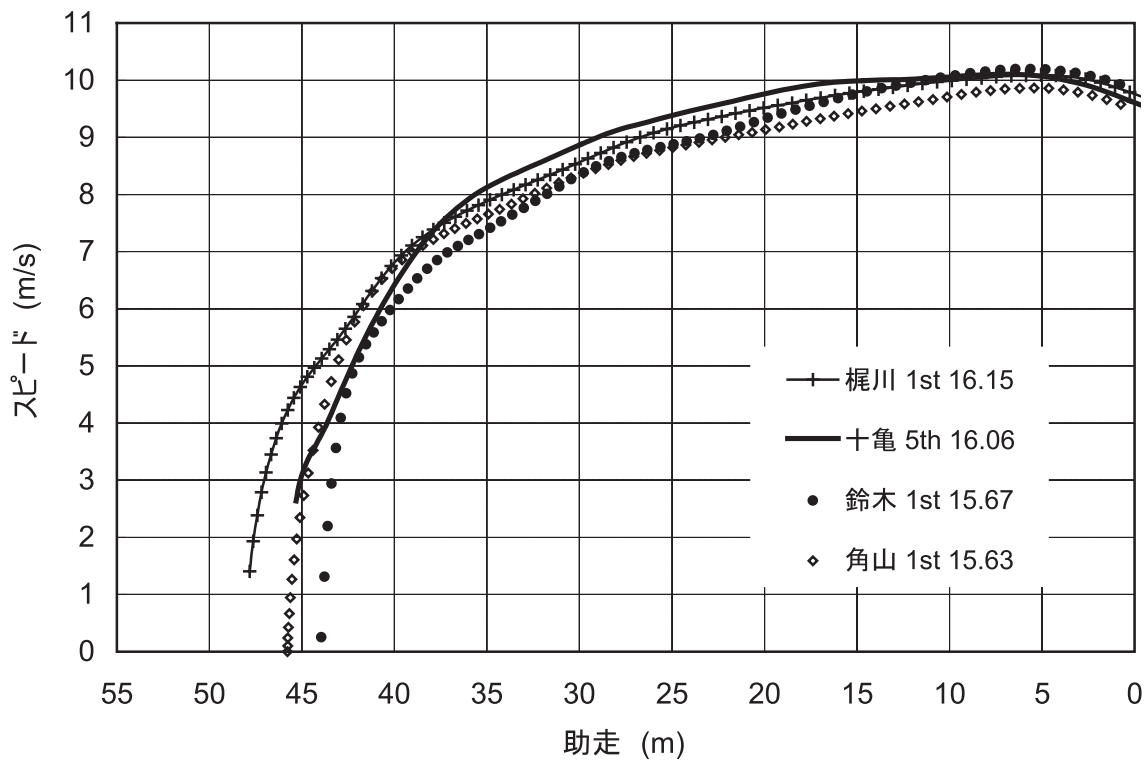


図10 2011 織田記念男子三段跳上位入賞選手の助走スピード曲線 (0mが踏切板)

表 10 2011 日本選手権男子三段跳上位入賞選手の各試技の助走における最高スピードおよびその出現地点

選手	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th
十亀	15.56 (+0.2) 9.93 (@ 7.6)	16.29 (-0.66) 10.13 (@ 9.4)	15.62 (+0.2) 10.22 (@ 7.0)	16.42 (+0.8) 10.28 (@ 7.6)	F 10.32 (@ 7.7)	15.92 (+0.1) 10.24 (@ 8.1)
梶川	-	F 10.09 (@ 4.7)	16.13 (-0.6) 9.93 (@ 3.1)	F 10.04 (@ 7.9)	16.02 (-0.2) 9.91 (@ 4.0)	16.18 (-0.7) 9.98 (@ 4.4)
長谷川	16.14 (+1.7) 9.70 (@ 3.9)	15.73 (+0.4) 9.80 (@ 3.3)	F 9.40 (@ 3.1)	-	14.85 (-0.2) 9.45 (@ 4.3)	15.68 (+0.0) 9.57 (@ 3.8)
鈴木	15.74 (-1.1) 10.07 (@ 4.0)	15.54 (+0.0) 10.08 (@ 5.2)	F 9.68 (@ 5.6)	-	-	14.98 (-0.1) 10.07 (@ 6.3)
伊藤	15.73 (-0.6) 9.34 (@ 4.8)	F 9.69 (@ 4.4)	15.38 (-0.1) 9.41 (@ 4.3)	15.60 (+1.1) 9.72 (@ 3.7)	15.35 (-0.5) 9.63 (@ 4.8)	15.57 (-0.2) 9.47 (@ 4.6)
松下	15.38 (+0.7) 9.64 (@ 3.7)	15.71 (+0.3) 9.75 (@ 3.2)	14.58 (-0.5) 9.67 (@ 4.1)	F 9.20 (@ 4.9)	F 8.73 (@ 4.2)	14.29 (-0.6) 8.90 (@ 3.3)

注) 数値は上段が跳躍記録, 下段が最高スピードおよび括弧内は出現地点

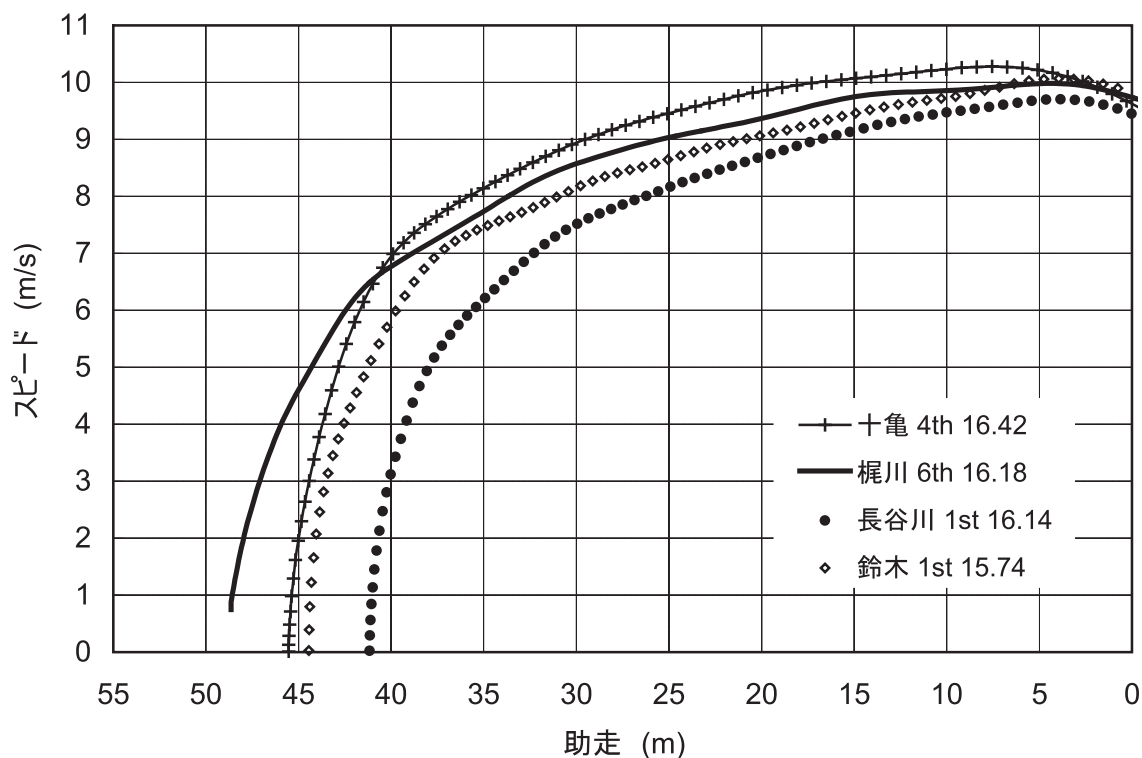


図 11 2011 日本選手権男子三段跳上位入賞選手の助走スピード曲線 (0m が踏切板)

表 11 2011 アジア選手権男子三段跳上位入賞選手の各試技の助走における最高スピードおよびその出現地点

選手	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th
Ektov (KAZ)	F 9.80 (@ 3.9)	F 9.70 (@ 5.4)	16.49 (+0.7) 9.56 (@ 3.8)	16.91 (+0.0) 9.73 (@ 4.5)	-	15.05 (+0.3) 9.71 (@ 3.6)
Li (CHN)	16.70 (+4.1) 9.83 (@ 5.1)	16.09 (+1.5) 9.67 (@ 4.8)	16.50 (+0.6) 9.65 (@ 4.3)	16.11 (+1.2) 9.68 (@ 5.6)	16.53 (+2.0) 9.67 (@ 4.4)	15.87 (-1.6) 9.51 (@ 3.7)
Valiyev (KAZ)	16.05 (-0.1) 9.76 (@ 4.4)	16.34 (+0.6) 9.89 (@ 4.3)	16.46 (+0.7) 9.79 (@ 5.3)	14.59 (+1.1) 9.91 (@ 5.7)	F 9.88 (@ 4.1)	16.62 (+0.2) 9.91 (@ 4.3)
十亀	16.51 (+1.1) 10.05 (@ 5.4)	13.62 (+2.5) 9.96 (@ 7.9)	-	15.91 (-0.8) 10.04 (@ 7.7)	16.17 (+1.2) 10.04 (@ 7.7)	16.41 (+0.2) 10.25 (@ 5.8)
Dong (CHN)	16.26 (+1.9) 9.51 (@ 4.0)	16.15 (-1.5) 9.39 (@ 3.8)	16.35 (+0.3) 9.86 (@ 3.9)	16.06 (-1.2) 9.46 (@ 3.7)	16.36 (+0.2) 9.41 (@ 5.0)	16.00 (-0.7) 9.45 (@ 4.1)
長谷川	15.76 (+2.3) 9.55 (@ 3.9)	15.33 (-0.1) 9.30 (@ 2.7)	F 9.68 (@ 4.4)	13.09 (-0.1) 9.27 (@ 3.8)	15.06 (-0.7) 9.41 (@ 5.1)	15.73 (+1.3) 9.50 (@ 4.9)

注) 数値は上段が跳躍記録, 下段が最高スピードおよび括弧内は出現地点

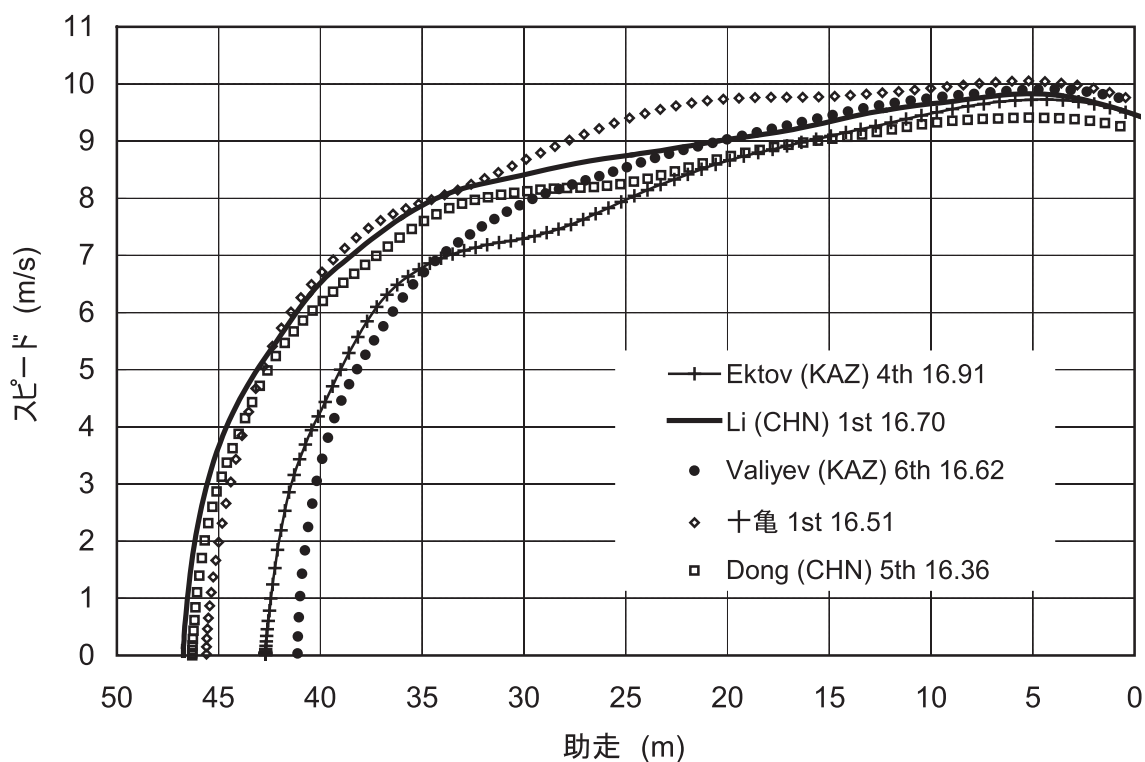


図 12 2011 アジア選手権男子三段跳上位入賞選手の助走スピード曲線 (0m が踏切板)

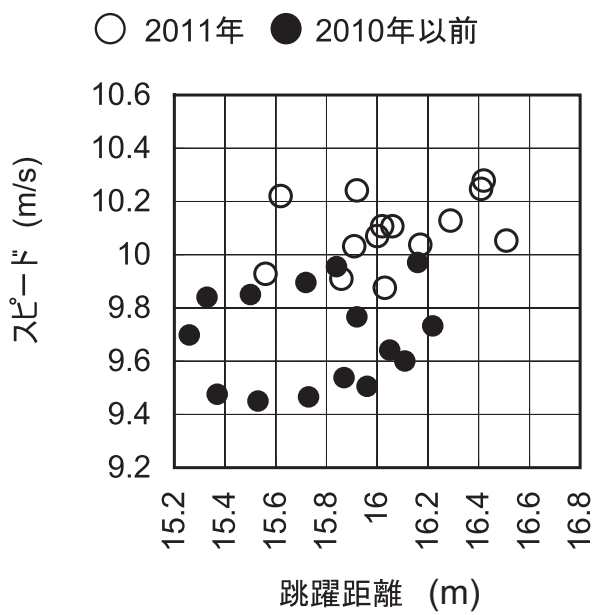


図 13 十亀選手の 2011 年および 2010 年以前の助走
最高スピードと跳躍距離の関係

表 12 2011 織田記念女子三段跳入賞選手の各試技の助走における最高スピードおよびその出現地点

選手	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th
Allen (AUS)	12.80 (+1.0) 8.69 (@ 6.5)	13.33 (+3.6) 8.86 (@ 3.4)	13.14 (+1.8) 8.69 (@ 7.8)	F 8.95 (@ 8.0)	-	F 8.95 (@ 5.7)
裴 (KOR)	12.89 (+0.5) 8.91 (@ 5.5)	F 8.98 (@ 5.4)	13.13 (+0.8) 8.92 (@ 5.5)	-	-	13.23 (+4.2) 9.06 (@ 6.2)
三澤	12.11 (+0.5) 8.67 (@ 5.4)	13.07 (+2.3) 8.53 (@ 6.6)	12.05 (+1.7) 8.51 (@ 7.1)	12.11 (+2.7) 8.61 (@ 3.4)	12.87 (+4.0) 8.71 (@ 4.5)	12.96 (+3.6) 8.77 (@ 5.6)
竹田	12.72 (+2.8) 8.72 (@ 5.5)	12.91 (+4.0) 8.59 (@ 5.0)	F 8.58 (@ 3.8)	12.67 (+2.5) 8.51 (@ 3.9)	F 8.67 (@ 4.9)	12.71 (+1.6) 8.53 (@ 5.7)
前田	12.43 (+0.7) 8.52 (@ 5.4)	12.61 (+1.8) 8.56 (@ 7.5)	-	F 8.57 (@ 6.1)	F 8.75 (@ 7.4)	F 8.62 (@ 7.5)

注) 数値は上段が跳躍記録, 下段が最高スピードおよび括弧内は出現地点

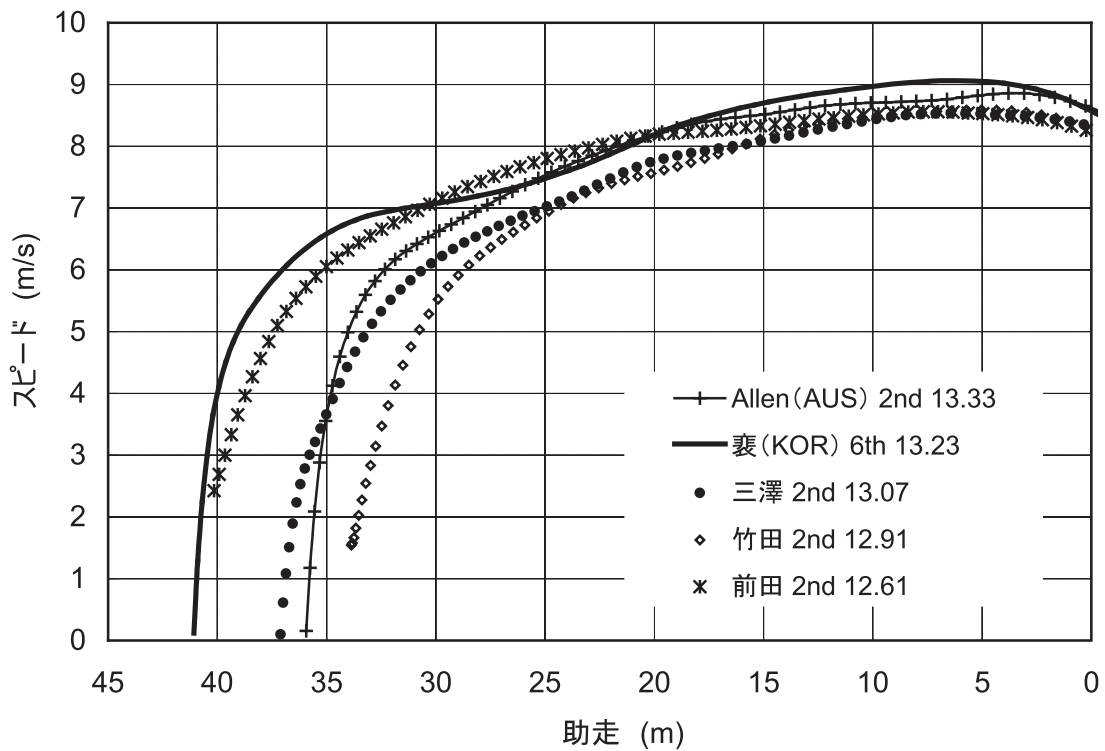


図 14 2011 織田記念女子三段跳上位入賞選手の助走スピード曲線 (0m が踏切板)

表 13 2011 日本選手権女子三段跳上位入賞選手の各試技の助走における最高スピードおよびその出現地点

選手	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th
竹田	12.79 (+1.2) 8.50 (@ 5.7)	12.71 (+0.8) 8.66 (@ 4.9)	12.98 (-0.6) 8.54 (@ 5.5)	13.12 (-0.5) 8.57 (@ 4.1)	-	F 8.50 (@ 3.4)
吉田	F 8.36 (@ 5.3)	12.75 (-0.7) 8.24 (@ 4.4)	F 8.26 (@ 3.5)	F 8.21 (@ 5.1)	F 8.11 (@ 9.9)	12.80 (+0.5) 8.25 (@ 4.7)
前田	-	12.66 (-0.5) 8.77 (@ 5.5)	12.65 (+0.0) 8.71 (@ 4.6)	12.64 (-1.1) 8.53 (@ 4.8)	12.72 (-0.3) 8.66 (@ 6.7)	12.80 (+0.2) 8.84 (@ 6.0)
三澤	F 8.45 (@ 3.6)	12.40 (-1.2) 8.50 (@ 4.3)	12.47 (-1.1) 8.54 (@ 3.5)	-	F 8.63 (@ 4.7)	F 8.51 (@ 2.6)
坂本	12.54 (+0.3) 8.44 (@ 5.3)	12.28 (-0.2) 8.34 (@ 4.7)	11.92 (-0.8) 8.29 (@ 4.9)	12.62 (-0.3) 8.25 (@ 4.2)	12.63 (+0.0) 8.24 (@ 4.9)	F 8.15 (@ 3.3)

注) 数値は上段が跳躍記録, 下段が最高スピードおよび括弧内は出現地点

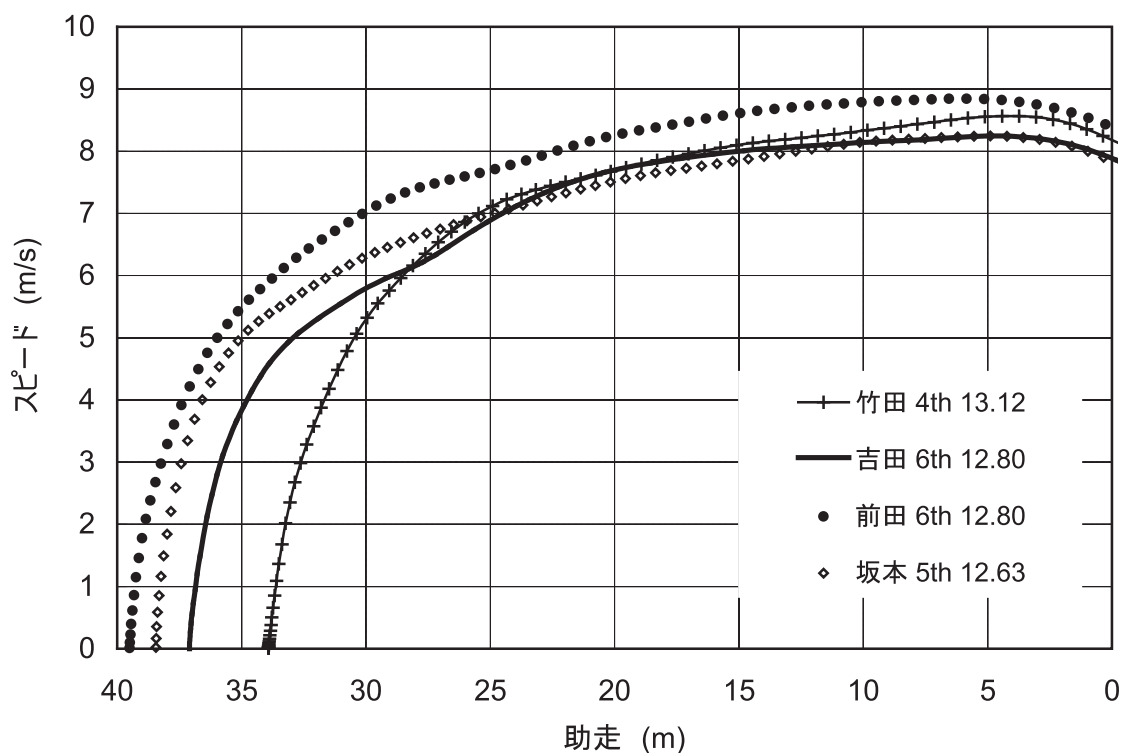


図 15 2011 日本選手権女子三段跳上位入賞選手の助走スピード曲線 (0m が踏切板)

表 14 2011 アジア選手権女子三段跳入賞選手の各試技の助走における最高スピードおよびその出現地点

選手	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th
謝 (CHN)	14.17 (+2.2) 8.67 (@ 4.3)	14.25 (+1.2) 8.64 (@ 4.9)	13.60 (+1.9) 8.70 (@ 4.6)	14.54 (+1.9) 8.83 (@ 5.5)	14.25 (+1.6) 8.61 (@ 6.6)	13.63 (+0.4) 8.54 (@ 4.5)
Kanatova (UZB)	13.82 (+3.3) 8.89 (@ 4.2)	14.14 (+2.3) 9.05 (@ 5.5)	13.79 (-0.2) 8.69 (@ 6.0)	13.85 (-0.3) 8.97 (@ 4.6)	-	14.05 (+0.2) 9.02 (@ 3.7)
Johny (IND)	13.68 (+1.5) 8.79 (@ 3.2)	13.72 (+1.2) 8.79 (@ 1.6)	14.03 (+0.7) 8.80 (@ 5.9)	14.11 (+0.9) 8.90 (@ 1.8)	13.88 (+0.4) 8.87 (@ 3.0)	13.62 (-1.3) 8.75 (@ 5.4)
李 (CHN)	13.97 (+1.4) 9.10 (@ 4.5)	F 8.93 (@ 4.9)	13.12 (-1.0) 8.80 (@ 4.7)	13.68 (+0.4) 8.93 (@ 5.2)	-	13.31 (+0.8) 8.81 (@ 4.9)
Juravleva (UZB)	F 9.14 (@ 5.4)	13.88 (+2.0) 9.03 (@ 6.8)	F 8.94 (@ 6.1)	13.68 (+0.4) 9.01 (@ 6.8)	13.87 (+1.2) 9.00 (@ 5.6)	13.57 (+2.7) 9.06 (@ 5.6)
Ektova (KAZ)	13.49 (+0.9) 8.65 (@ 4.8)	F 8.63 (@ 3.2)	F 8.52 (@ 4.4)	F 8.61 (@ 3.9)	13.88 (+1.0) 8.62 (@ 3.3)	13.43 (+1.1) 8.63 (@ 4.6)
Anthony (IND)	13.19 (+3.1) 8.66 (@ 4.1)	13.08 (+0.4) 8.64 (@ 5.8)	-	11.81 (+1.1) 8.65 (@ 4.4)	F 8.83 (@ 3.6)	13.63 (+1.3) 8.76 (@ 5.0)
Jung (KOR)	13.14 (+2.8) 8.71 (@ 5.4)	F 8.53 (@ 7.2)	13.34 (+2.9) 8.63 (@ 4.4)	F 8.69 (@ 7.7)	-	F 8.63 (@ 5.0)

注) 数値は上段が跳躍記録, 下段が最高スピードおよび括弧内は出現地点

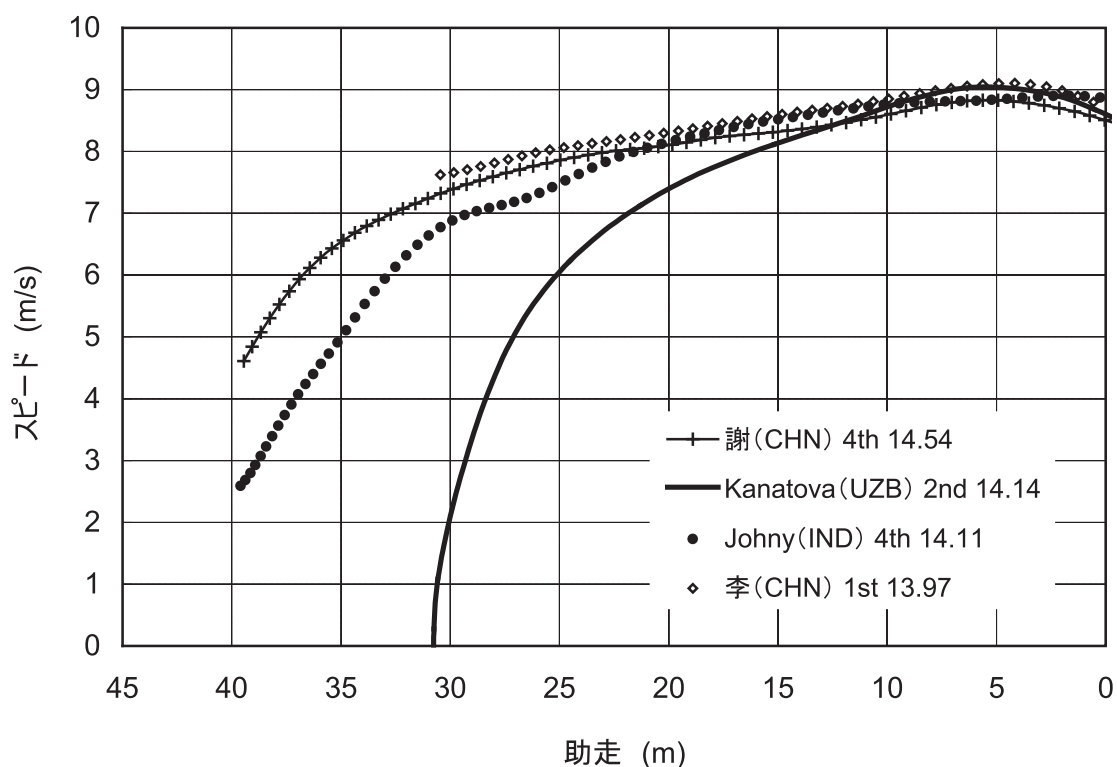


図 16 2011 アジア選手権女子三段跳上位入賞選手の助走スピード曲線 (0m が踏切板)

宮下梨紗選手における 60m オーバーの投てき動作の特徴 — 60.08m と 53.80m との比較 —

田内健二¹⁾ 村上雅俊²⁾ 大宅和幸³⁾

1) 早稲田大学 2) 徳山大学 3) 京都教育大学大学院

I. はじめに

2011年の日本選手権女子やり投において、宮下梨紗選手が最終6投目に日本歴代3位となる60.08mを投げて見事に優勝し、テグ世界選手権の日本代表に選出された。宮下選手の日本選手権前の自己最高記録は55m台であり、さらにこの日の5投目までは53.80mと十分な力を発揮できていなかったが、6投目に一気に記録を伸ばし、日本人3人目となる60mオーバーとなる投てきを行った。やり投は水物といわれるように、投てき試技の出来次第で記録が非常に大きく変化する種目である。世界トップレベルでは、成功試技と失敗試技との間で10m以上の飛距離の差になることはめずらしくない。その中でも、宮下選手は日本トップレベルの実力を持ちながら、1試合でおよそ5mの自己記録を更新したということは驚異的な伸びであるといえよう。したがって、なぜ宮下選手が自己記録を大幅に更新することができたのかを客観的に検討することは、より良い投てき動作を明らかにする上で貴重な知見が得られるものと考えられる。

そこで本稿では、宮下選手の60.08mの投てき動作のバイオメカニクスの特徴を、53.80mの投てき動作との比較から明らかにすることを目的とした。

II. 方法

1. 分析試技

分析試技は、2011年日本選手権女子やり投決勝における宮下選手の自己記録となった6投目の60.08mの試技、およびこの日のセカンド記録となった1投目の53.80mの試技とした。

2. 撮影方法

それぞれの投てき試技を、助走路の側方および後方に設置したデジタルビデオカメラ(HVR-AJ1, Sony)を用いて、毎秒60フィールド、露出時間1/1000で撮影した。また、助走路の中央、ファウルラインより後方6m地点を原点とし、縦6m×横4m×高さ2.8mの画角を設定し、合計9カ所にキャリブレーションポール(マーク間隔0.4m)を立てた。本稿では、投てき方向をy軸、y軸に対して左右方向をx軸、鉛直方向をz軸とした右手系の静止座標系を設定した。

3. 分析方法

2台のカメラによって撮影された映像をPCに取り込み、動作解析ソフト(Frame-DIAS II, ディケイエイチ)を用いて、やり(グリップ、先端)および身体各分析点(23点)を毎秒60フィールドでデジタイズした。デジタイズされた座標値を3次元DLT法により実長換算し、やりおよび身体分析点の3次元座標を求めた。2方向からの画像の同期は、やりのリリース時点のコマ数を合わせることで行った。算出された3次元座標は8Hzのバッタワース型のデジタルフィルタにより平滑化した。

4. 分析項目

本稿では、各データを算出するにあたり、最終的なクロスステップ後の右足接地(R-on)、左足接地(L-on)およびやりのリリース(REL)の各イベントを設定し、右足接地から左足接地までを準備局面、左足接地からリリースまでを投局面とした(図1、2)。分析項目は、以下の項目とした。

- 1) 局面時間：準備局面および投局面の経過時間
- 2) リリース速度：リリース時のグリップ速度
- 3) リリース角度：矢状面内におけるリリース速度ベクトルとy軸とがなす角
- 4) 姿勢角：矢状面内におけるグリップと先端とを

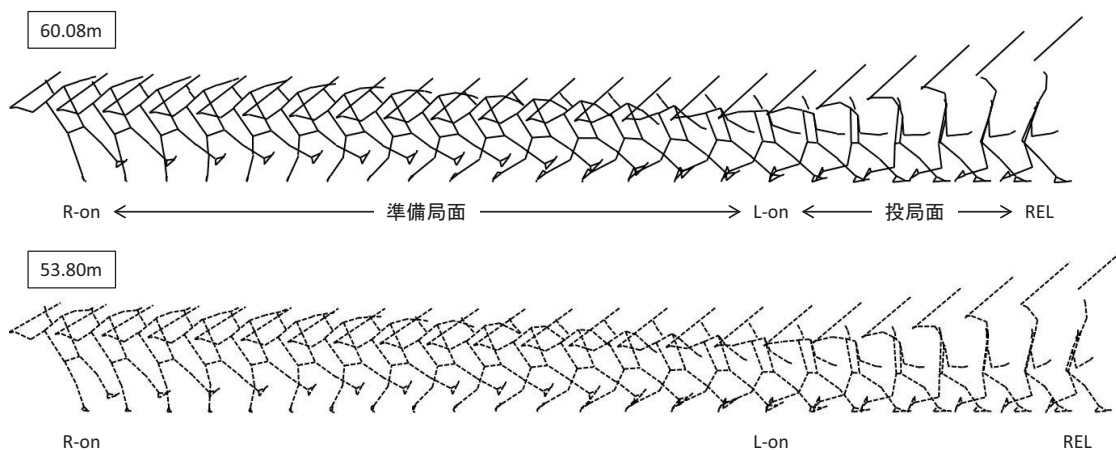


図1 側方からみた宮下選手のスティックピクチャ (1ピクチャは1/60秒)

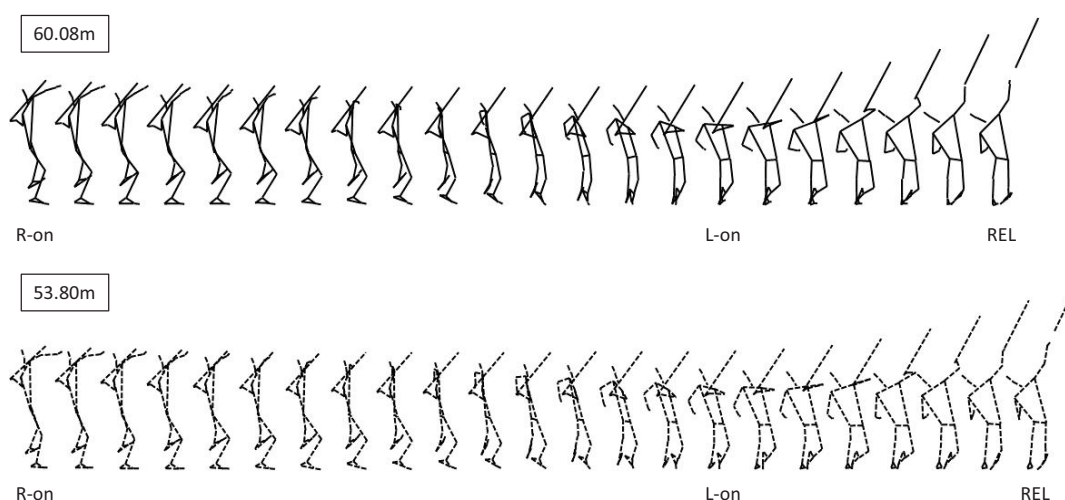


図2 後方からみた宮下選手のスティックピクチャ (1ピクチャは1/60秒)

- 結んだ線分と y 軸とがなす角
- 5) 迎え角：姿勢角からリリース角を減じた角度
 - 6) 身体重心速度 (単に重心速度)
 - 7) 肩, 肘, 手首および手の各部分速度
 - 8) 肩の角度および角速度：水平面内における左右の肩峰を結ぶ線分と x 軸とのなす角およびその時間微分値
 - 9) 歩幅：右足接地時の右つま先から左足接地時の左つま先までの前後および左右の距離

III. 結果および考察

1. 基礎的パラメータについて

表1に60.08mおよび53.80mの試技における動作時間およびリリースパラメータを示した。動作時間は、準備局面では両試技ともに同じであったが、投局面では60.08mが短かった。リリース速度は、60.08mが前方、上方および合成値で高かった。リリース角度は両試技ともにほぼ同じであったが、

表1 投てき記録, 動作時間およびリリースパラメータ

投てき記録	(m)	60.08	53.80
動作時間			
準備局面	(s)	0.250	0.250
投局面	(s)	0.117	0.133
リリース速度			
左右	(m/s)	2.5	2.1
前方	(m/s)	17.9	17.4
上方	(m/s)	14.4	13.7
合成	(m/s)	23.1	22.2
リリース角	(°)	38.8	38.3
姿勢角	(°)	40.7	43.3
迎え角	(°)	1.9	5.0

迎え角は60.08mが小さかった。リリース速度はやりの飛距離と強い正の相関関係が認められており (Murakami et al., 2006), また迎え角は0度に近いことが理想的であることが報告されている (前田

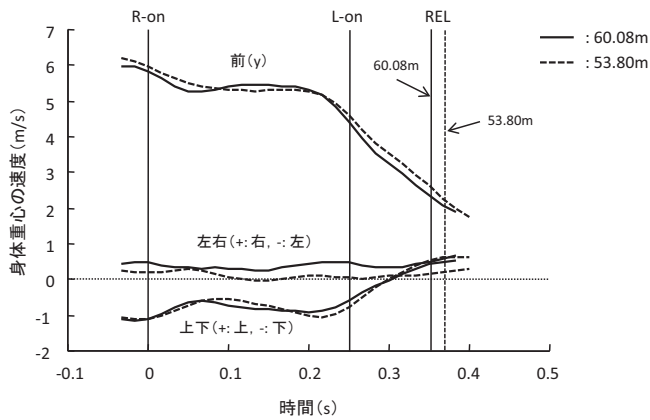


図3 身体重心の速度

ら, 1997). これらのことから, おおまかには 60.08 m の試技は 53.80m の試技と比較して, より短時間で投動作が行われ, リリース速度が速く, かつ迎え角が抑えられた試技であったと解釈することができる.

2. 投てき動作について

60.08m の試技においてリリース速度が速かった理由について, 投てき動作に着目して検討してみたい. リリース速度と重心速度 (助走速度) との間に有意な正の相関が認められている (Murakami et al., 2006). そこで重心速度を比較したところ, 準備局面において両試技間に大きな差は認められなかった (図3). このことは, 投局面前の助走で得られた運動エネルギーは両試技間で同等であったことを示唆するものである. それにもかかわらずやりの飛距離に大きな差が生じたのは, 60.08m の試技は 53.80m の試技と比較して, 投動作によってより効率良くやりに伝達されたものと推察される. L-on 後に 60.08m の試技がわずかに重心速度の減速が大きかったことは, このことを裏付けるものであると考えられる.

運動エネルギーを最終的にやりに伝達するのは上肢の役割である. そこでまず, やりおよび上肢の各部分速度の時系列変化をみると, いずれも 60.08m の試技が 53.80m の試技と比較して, L-on 後の速度の立ち上がりが急激であった (図4). 上肢の各部分速度においては, 両試技ともに身体の中心部分から末端部分へと速度が順次増加していく, いわゆる運動連鎖が認められるが, 特に注目すべきは中心部分である肩の速度である. つまり, 60.08m の試技は 53.80m の試技と比較して, L-on 後の肩の速度が高いということである. 体幹は身体の中で最も大きなエネルギー発生源であることから, その体幹の末端である肩の速度がわずかでも上がるとい

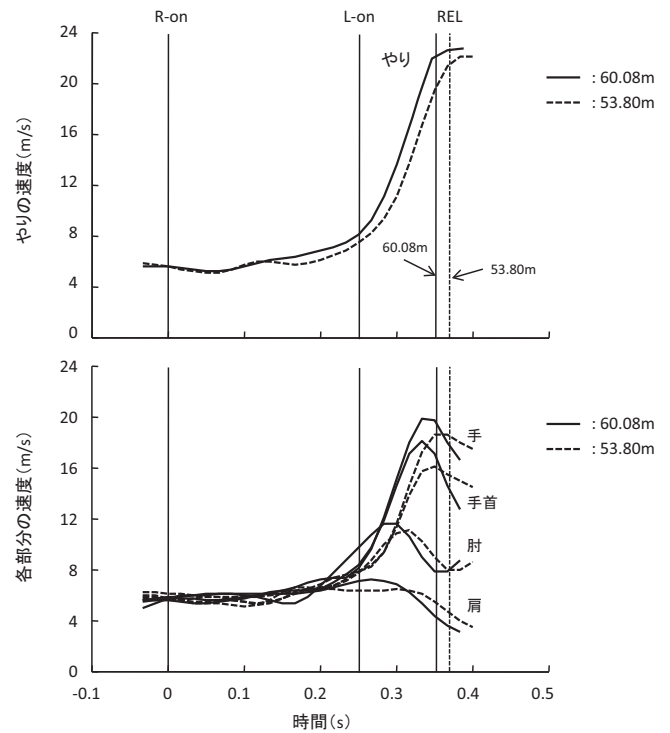


図4 やりおよび上肢の部分速度

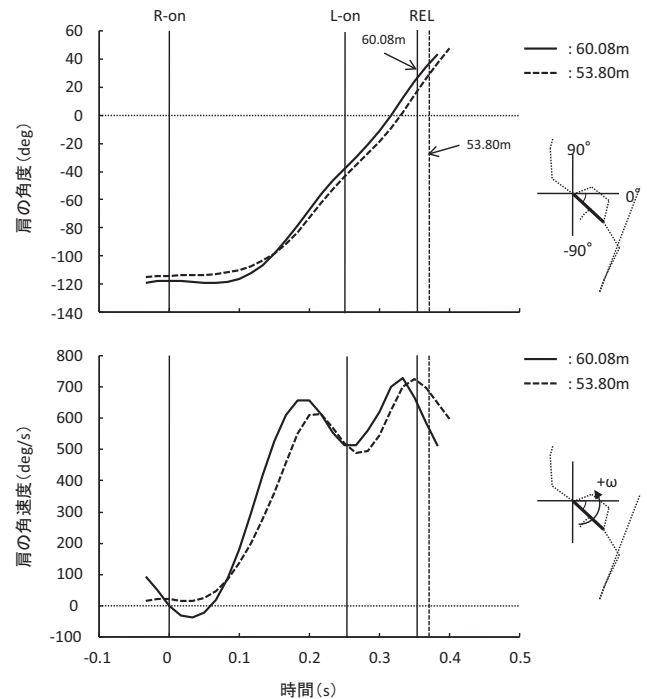


図5 肩の角度および角速度

は, より末端部分への大きなエネルギー伝達につながるものと考えられる. また, 肩の前方への速度を増加させることは, 上肢のしなりを大きくすることにもつながると考えられ (Feltner and Dapena, 1986), より末端部分の速度を増加させる要因の1つであると考えられる.

次に, 肩の速度が高まった原因を探るために, 肩の角度および角速度を検討した. その結果, L-on

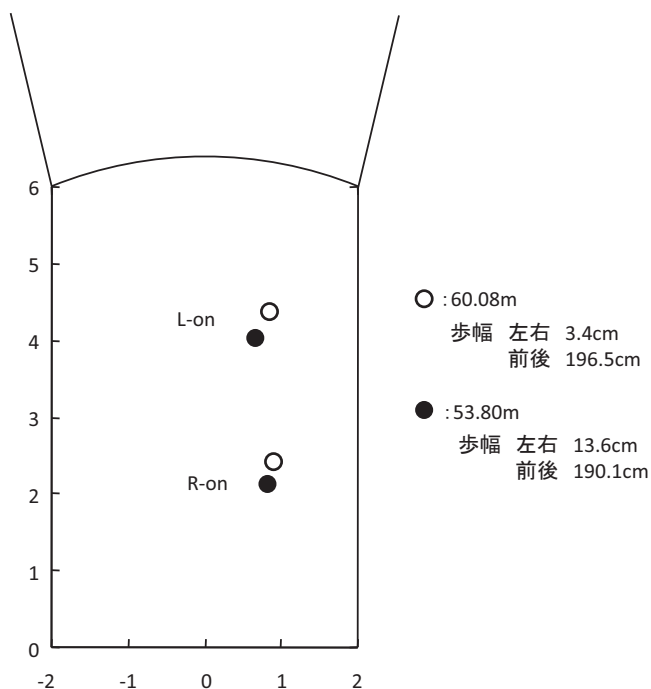


図6 右足および左足の接地位置

直後の肩の角速度が急激に高まっていた (図5)。この L-on 直後の肩の角速度の急激な高まりが、肩の速度の増加、そしてより末端部分の急激な加速につながったものと考えられる。

最後に、L-on であるブロック動作の接地を検討した。その結果、60.08m の試技は 53.80m の試技と比較して、前後の歩幅は大きく、左右の歩幅は小さかった (図6)。このことは、60.08m の試技においては、R-on から若干オーバーストライドで、より直線的な位置に L-on していたことを示すものである。上述してきたように、60.08m の試技は L-on 後に上肢各部位の速度が増加し、より短時間で投動作が行われたという特徴がある。この原因にはおそらく図6に示した L-on の接地の仕方 (接地位置を含む) が少なからず影響を及ぼしたものと考えられる。残念ながら、今回の結果のみでは L-on の接地位置と上肢の急激な加速との因果関係は十分に説明できないが、宮下選手における 60m オーバーの投てきにみられた特徴であることは間違いないであろう。

以上のことをまとめると、宮下選手の 60m オーバーの投てきにおいては、R-on に対して L-on がより直線的に接地し、(因果関係はわからないが) 肩の角速度が急激に高まったことから、上肢のより末端部分の速度が急激に高まり、より速いやりのリリース速度につながったものと考えられる。

参考文献

- Feltner, M., Dapena, J. (1986) Dynamics of the shoulder and elbow joints of the throwing arm during a baseball pitch. *International Journal of Sport Biomechanics* 2:235 - 259.
- 前田正登, 野村治夫, 柳田泰義, 宮垣盛男 (1997) 人間の動きを考慮に入れたヤリの最適条件. *デサントスポーツ科学* 17: 270-277.
- Murakami, M., Tanabe, S., Ishikawa, M., Isolehto, J., Komi, P. V. and Ito, A. (2006) Biomechanical analysis of the javelin at the 2005 IAAF World Championships in Athletics. *New Studies in Athletics* 21: 67-80.

2011年テグ世界陸上男子50kmWにおけるベント・ニー判定の分析

三浦康二¹⁾ BAE, Young-Sang²⁾ LEE, Jung-Min²⁾ SEO, Seok-Jin²⁾
1) 成蹊大学 2) 啓明大学

1. はじめに

陸上競技の競歩における歩型判定は、両足が同時に地面との接触を失う「ロス・オブ・コンタクト」と、支持脚の接地から地面と垂直となるまでの局面で支持脚膝関節が屈曲してしまう「ベント・ニー」の2つのルール不適合の発生を見極めるために行われる。

実際に判定を行う競歩審判員の選抜は、各国連盟が実施するレベルⅠを含めたレベルⅢまでの国際審判員の選抜に際してのみ認定試験が行われ、陸上競技の競技規則全般に関するペーパーテストと口頭試問に加え、国際陸連競歩委員会 (Race Walking Committee) 監修のもと編集された世界大会のビデオ画像による判定テストが行われる。さらに、選抜された国際審判員は、選抜の根拠となった技能に基づいて各国内で競歩審判員育成のための講師として委嘱される (2010a, 法元)。そのため、ビデオ判定テストの問題となる動画、および監修にあたった委員の技量がそのまま全世界の競歩種目の判定基準となっているといえる。

世界大会における歩型判定の分析は、これまでロス・オブ・コンタクトに関するものがほとんどであり (2001, 2004, 2007, 2010, 法元ほか; 2005, 法元), ベント・ニーに関するものはわずかである (2005, 法元ほか)。その背景として、世界大会における注意・赤カードおよび失格はロス・オブ・コンタクトに対するものが多く、世界大会で分析用画像の撮影を行ってもベント・ニーの注意・赤カードを受けた選手が非常に少なかったことによると考えられる (2010b, 法元)。また、これまで日本選手が受けた赤カードのほとんどがロス・オブ・コンタクトによるものであり、ベント・ニーによる分析をあまり行われてこなかったことも一つの要因である。

しかし、2011年テグ世界陸上では競歩種目全体を通して出された注意・赤カード全体に対するベ

Table 1 The number and the ratio of (a) cautions and (b) red cards for “Bent Knee” during race walking events in 2011 Daegu.

(a) Cautions			
Event	Number of Loss of Contact	Number of Bent Knee	Ratio of Bent Knee
M20kmW	68	51	43%
M50kmW	44	112	72%
W20kmW	69	66	49%

(b) Red cards			
Event	Number of Loss of Contact	Number of Bent Knee	Ratio of Bent Knee
M20kmW	13	15	54%
M50kmW	4	49	92%
W20kmW	10	32	76%

ント・ニーの比率が高く (表1), 日本選手が受けた注意・赤カードもベント・ニーの比率がこれまでよりも高い結果となった。そのため、本報ではベント・ニーによる失格者の多かった男子50kmWでのベント・ニー判定について分析結果の報告を行う。

2. 方法

テグ世界陸上の競歩種目は全てテグ市内中心、国債報償運動記念公園前を発着点とする東西片道1kmの片側3車線道路の全車線を使った1周2kmの往復周回コースで行われた。分析対象とした地点はスタートから1.5km地点で、この地点の反対側歩道に1台のVTRカメラ (ソニー社製, DCR-TRV50, 毎秒60フィールド) を、右側車線を歩く選手を左側から撮影するように設置した。競技開始前にカメラから14.60mと16.51mの地点にカメラ光軸と垂直となるよう4m間隔で距離較正用マーカーを設置して撮影し、選手的位置からカメラまでの距離に合わせて遠近補正を行った。また、撮影は7.5km地点、9.5km地点の通過から開始し、以下10kmごとに連続する2回の周回を撮影した。

被験者は競技会終了後に入手した競歩審判集計表

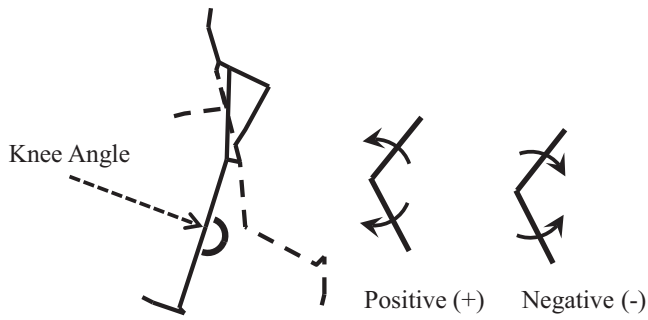


Figure 1 Definition of the knee angle

に記載された判定結果をもとに以下のように選択した。ベント・ニーの注意・赤カードを受けなかった競技者のうち上位3名 (A, B, C) を Good 群とし、ベント・ニーの注意を受けたが赤カードを受けた競技者のうち上位3名 (D, E, F) を Cautioned 群、ベント・ニーの赤カード3枚で失格となった競技者のうち、失格となった時点の順位の上位4名 (G, H, I, J) を Disqualified 群として選択した。分析はレース中盤, 27.5km および 29.5km 地点を通過する画像を中心としたが、集団内での選手同士の重なり等で分析が不可能であった場合は 7.5km, 9.5km, 17.5km, 19.5km 地点の各画像によって分析した。

分析項目は、各分析地点における左足接地 (LH-on) から次の LH-on までを1サイクルとして以下の各変数を算出した。1サイクル中のフィールド数に1/60秒を乗じたものの1/2をステップ時間 (Step time)、ステップ時間の逆数をステップ頻度 (Step frequency, ピッチ) として算出した。さらに、1サイクル中の左右の足が接地している局面のフィールド数に1/60秒を乗じた数の1/2を支持時間 (Support time)、両方の足が地面と接触していない局面のフィールド数に1/60秒を乗じた数の1/2を非支持時間 (Flight time) として、それぞれ算出した。また、図1に定義したように膝関節角度を算出し、時間微分することによって膝関節角度を算出した。また、各分析対象者の膝関節角度、角速度変化の比較のために、左足支持期については LH-on を0%、左足離地 (LT-off) を100%として、左足回復期については LT-off を0%、LH-on を100%として、それぞれデータを規格化した。

3. 結果と考察

表2に全ての分析対象者のピッチ、ステップ時間、支持時間、非支持時間を示した。全ての分析対象者で地面と接触を失うロス・オブ・コンタクト局面の発生がみられたが、これまでの20km競歩の分

Table 2 Step frequency, step time, support time and flight time for each analyzed subjects.

Group	Good			Cautioned			Disqualified			
	Subject	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Step frequency (Hz)	3.33	3.16	3.00	3.00	3.00	3.00	3.16	3.33	3.00	3.16
Step Time (sec)	0.3	0.32	0.33	0.33	0.33	0.33	0.32	0.30	0.33	0.32
Support time (sec)	0.25	0.3	0.28	0.28	0.30	0.30	0.28	0.27	0.28	0.30
Flight time (sec)	0.05	0.02	0.05	0.05	0.03	0.03	0.03	0.03	0.05	0.02

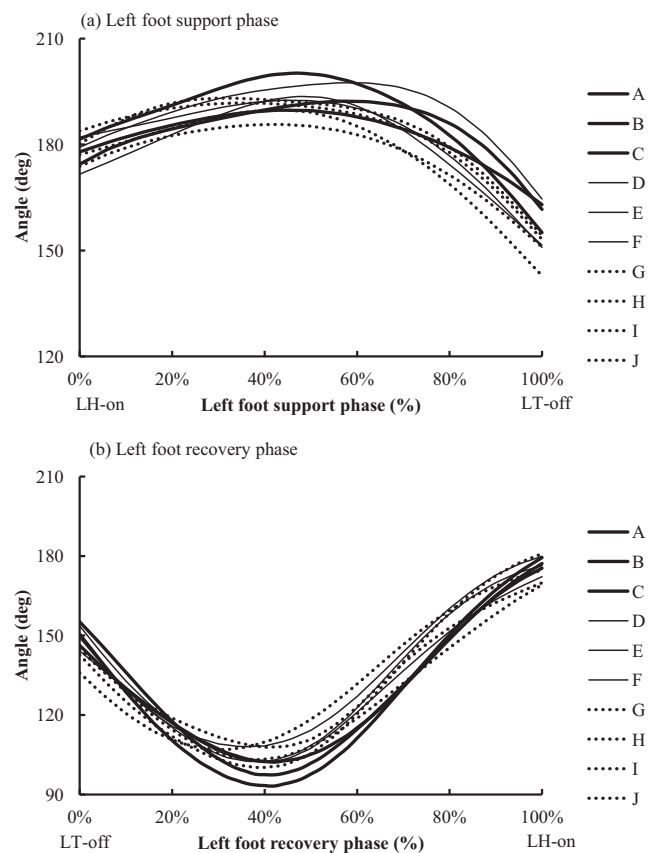


Figure 2 Patterns of the knee angle for each subject during (a) the left foot support and (b) the left foot recovery phase.

析においてみられたものと同程度で (2001, 2004, 2007, 2010, 法元ほか; 2005, 法元), ロス・オブ・コンタクトの注意を受けなかった競技者のものと変わらない範囲であった。また、本報告における群間に明確な違いはみられなかった。

図2は各分析対象者の左足支持期 (a) と左足回復期 (b) の膝関節角度変化を示したものである。

左足支持期では、各被験者とも 180 度前後の角度で接地し、LH-on から支持期 60% まで膝関節角度が増加し、その後 150 度まで減少して離地していた。左足回復期では、LT-off から回復期 40% まで減少し、その後 180 度まで増加して接地していた。支持期全体を通して、Good, Cautioned, Disqualified の順に並ぶような明確な違いはみられなかったが、支持期後半に Disqualified 群の膝関節角度が他の 2 群と比較して小さい傾向がみられた。同じく、回復期全体を通して Good, Cautioned, Disqualified の順に並ぶ違いはみられなかったが、回復期中盤で Good 群の膝関節角度が他の 2 群と比べて小さい傾向がみられた。

図 3 は各分析対象者の左足支持期 (a) と左足回復期 (b) の膝関節角速度変化を示したものである。正の角速度は膝関節が伸展していることを、負の角速度は屈曲していることを示している。左足支持期では、各被験者とも毎秒 200 度前後の角速度で接地し、LH-on から支持期 40% まで角速度が減少して、その後負の角速度が増加して離地していた。左足回復期では、LT-off から回復期 40% まで負の角速度が減少し、その後、正の角速度に変化した後、回復期 70% まで増加していた。支持期全体を通して、Good, Cautioned, Disqualified の順に並ぶような明確な違いはみられなかったが、支持期前半に Disqualified 群の正の膝関節角速度が他の 2 群と比較して小さい傾向がみられた。同じく回復期全体を通して明確に Good, Cautioned, Disqualified の順に並ぶ違いはみられなかったが、回復期前半では、20% から 40% にかけて、Disqualified 群の負の角速度が小さく、Good 群の角速度が大きい傾向がみられ、また、LH-on 直前では、Disqualified 群の正の角速度が小さく、Good 群の角速度が大きい傾向がみられた。

図 4 は、左足回復期における左膝関節の角度と角速度の関係を示したものである。LT-off ではおよそ左膝関節が 150 度前後であり、角速度は -540 度前後で屈曲していたが、その後膝関節が 100 度前後で伸展に変化し、140 度前後で伸展角速度がピークとなり、180 度前後で接地していた。回復期全体を通して明確に Good, Cautioned, Disqualified の順に並ぶ違いはみられなかったが、膝関節角速度が屈曲から伸展に変化する局面での角度が Good 群で他の 2 群よりも小さく、また、膝関節角速度が伸展のピークとなる局面の角度には群間の違いはなかったものの、Disqualified 群は 1 名を除いて他の 2 群よりもピークが低い傾向がみられた。

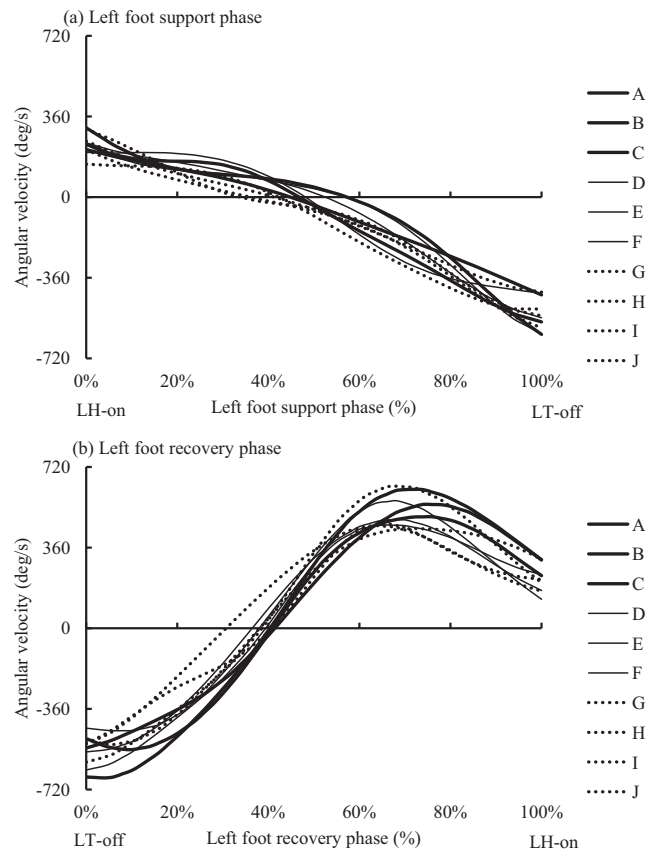


Figure 3 Patterns of the knee angular velocity for each subject during (a) the left foot support and (b) the left foot recovery phase.

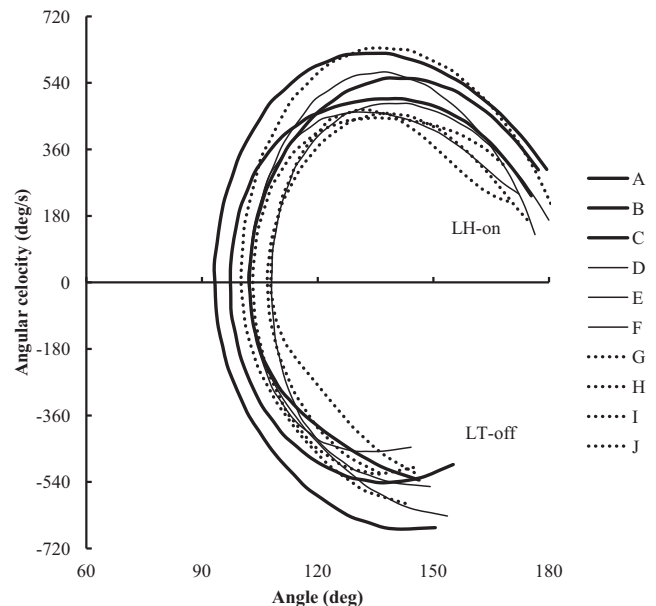


Figure 4 Relationship between the left knee angle and the angular velocity during the left foot recovery phase.

競技規則ではベント・ニーについて、「前脚は、接地の瞬間から垂直の一になるまで、まっすぐに伸びていなければならない(ベント・ニーにならない)」として定義していることから(2011, 財団法人日本陸上競技連盟), 規則上は支持期前半における膝関節の角度を目視によって判定しているものとなっている。支持期前半の膝関節の結果を見ると, 関節角度については群間の違いはみられなかったものの, 伸展の関節角速度については Disqualified 群が他の 2 群よりも小さかったことから, テグにおける競歩審判員は, ルールに定義した局面の角度ではなく, 角速度によって判断を行っていたと考えられる。また, Disqualified 群の膝関節角度が支持期後半において他の 2 群よりも小さく, 膝関節屈曲が大きかったことを示していたが, このことは, 競歩審判員がルールに定めた局面の後まで伸展位が継続しているかどうかで判定を行っていたと考えられる。これらのことは IAAF の審判育成教材においても示されており(2008, The International Association of Athletics Federations), テグにおいて判定を行った審判員は IAAF の方針に沿った判定を行っていたといえる。

また, 回復期における膝関節の動作についても群間の違いがみられたが, Good 群において膝関節の屈曲が大きく, また接地前の伸展角速度が大きかったことから, Good 群では回復期前の膝関節の動作範囲が大きく, また, その速度も大きかったといえ, それによって競歩審判員に膝関節の伸展動作が強く印象づけられたと考えることができる。

引用文献

- 法元康二, 阿江通良, 榎本靖士(2001) 競歩における歩行技術に関するバイオメカニクス的研究 - 競技規則への適合について -。陸上競技研究, 47, 19-24.
- 法元康二, 杉田正明, 藤崎 明, 阿江通良(2004) 競歩の歩型判定に関するバイオメカニクスの分析 - 第 42 回全日本競歩輪島大会男子 20km 競歩の判定結果から -。日本陸連科学委員会研究報告 陸上競技の医科学サポート研究 REPORT, 3(1), 53-59.
- 法元康二(2005) ロス・オブ・コンタクトの判定分析からみた競歩。月刊陸上競技, 39(6), 160-162.
- 法元康二, 杉田正明, 藤崎 明, 阿江通良(2005) アテネオリンピックと第 43 回全日本競歩輪島大

- 会の男子 20km 競歩におけるベント・ニー判定の比較。日本陸上競技連盟, 日本陸上競技研究報告 陸上競技の医科学サポート研究, 1, 124-127.
- 法元康二, 広川龍太郎, 杉田正明, 阿江通良(2007) 世界陸上競技選手権ヘルシンキ大会男女 20km 競歩におけるロス・オブ・コンタクト判定。日本陸上競技学会誌特別号, 6 (supplement), 11-16.
- 法元康二(2010a) 国際競技会における競歩のロス・オブ・コンタクト判定。月刊陸上競技, 43 (1), 211-213.
- 法元康二(2010b) 北京五輪および世界陸上競技選手権ベルリン大会における国際審判員の判定傾向分析。日本陸連科学委員会研究報告 第 9 巻 陸上競技の医科学サポート研究 Report 2009, 9, 102-107.
- 法元康二, 榎本靖士, 門野洋介, 鈴木雄太(2010) 男女 20km 競歩におけるロス・オブ・コンタクト判定。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班研究報告書 世界一流陸上競技者のパフォーマンスと技術, 財団法人日本陸上競技連盟, 東京, pp212-217.
- The International Association of Athletics Federations(2008) Materials for IAAF Level II Race walking judges course.
- 財団法人日本陸上競技連盟(2011) 陸上競技ルールブック 2011 年版。あい出版, 東京, pp217-221.

七種競技選手の走幅跳パフォーマンス分析

松林武生¹⁾ 持田 尚²⁾ 本田 陽³⁾ 松田克彦⁴⁾

1) 国立スポーツ科学センター 2) 横浜市体育協会 3) 中京大学 4) 名古屋学院大学

I. はじめに

本報告は、日本トップレベルの七種競技選手が2011年主要大会で発揮したパフォーマンスを測定し、競技力の現状、課題等について分析したものである。総合得点を見るかぎり、日本選手は世界トップレベルの選手たちと大きく差をあげられている。近年の世界大会（世界選手権や五輪）で優勝するためには6800-7000点、3位では6500点、8位では6300点ほどが必要とされるが、日本選手は参加標準記録（ロンドン五輪B標準は5950点）への到達も果たしていない。世界レベルの舞台で戦うためには、日本記録（5962点、中田有紀選手、2004年）を更新し、世界大会への参加標準記録を突破することが、当面の目標となるだろう。

図1は、世界トップレベル選手の得点構成について分析したものである。ほとんどの選手が100mハードル（以下、100mH）で最も多くの得点を獲得しており、次いで跳躍種目（走高跳と走幅跳）、走種目（200mと800m）の得点比率が高い。投擲種目（砲丸投とやり投）の得点は、ほとんどの選手で低い傾向にある。ただし、総合得点との関係が最も強いのは100mHではなく走幅跳であり、次に走高跳である（表1）。跳躍種目ではわずかな記録差が大きな得点差として転換されてしまうため、点数の差がつきやすいのだと考えられる。100mHでは、多少の記録差では大きな得点差とならないため、総合成績への影響はすこし小さくなる。

2011年日本選手権の優勝、準優勝者である桐山智衣選手、竹原史恵選手の得点構成について、世界レベルの選手と比較すると、走高跳、砲丸投、やり投で大きな得点差が生じているように思われる。中田有紀選手が日本記録を樹立した際には、砲丸投において世界レベル選手との差がやはり認められたが、走高跳とやり投における差は小さい。また、走幅跳では世界でも上位レベルの得点を獲得してお

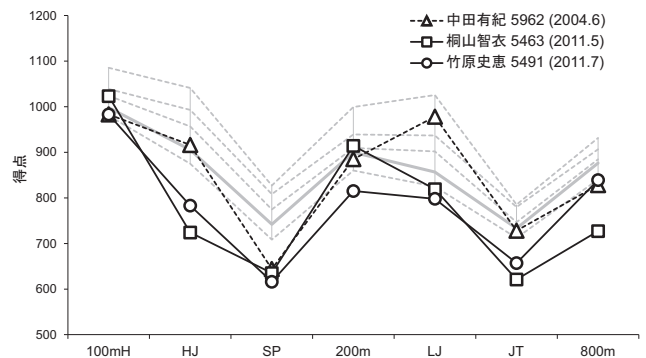


図1 世界トップレベル七種競技選手と日本人選手との得点構成の比較

灰色線、世界トップレベル選手（2000年から2011年までに開催された五輪および世界選手権に出場した選手のうち5700点以上の総合得点をマークした202名）のデータを5700-5900点、5900-6100点、6100-6300点、6300-6500点、6500-6700点、6700点以上の群に分類し平均したもの、実線が国際大会参加標準記録に近い5900-6100点の選手の平均を示す。100mH, 100mハードル; HJ, 走高跳; SP, 砲丸投; LJ, 走幅跳; JT, やり投。

り、砲丸投での得点差を補うかたちとなっている。以上のことから考えると、日本選手が七種競技で世界レベルの成績を収めるためには、得点を大幅に伸ばしやすい跳躍種目で記録を向上させ、投擲種目の得点の低さを補う、という戦略が理に適うのかもしれない。

日本陸上競技連盟・科学委員会混成班では、走幅跳を中心として七種競技選手のパフォーマンス分析を行った。この成果について、桐山選手と竹原選手を中心に報告する。なお、測定を実施したのは以下の3競技会であり、日本陸上競技連盟・混成強化部と各競技会開催県の陸上競技協会の協力のもとに活動を実施した。

1: 日本選抜陸上和歌山大会（和歌山GP、2011

年4月23-24日)

2: 日本選手権大会 (日本選手権、2011年6月4-5日)

3: アジア選手権大会 (アジア選手権、2011年7月8-9日)

II. 測定方法

助走速度ピーク、踏切後の跳躍速度水平成分(水平初速度)、踏切の接地時間、滞空時間について測定を行なった。助走速度の測定には、レーザー方式の位置・速度測定装置(LAVEG、100Hz)を用いた。助走路後方より選手の腰背部に不可視レーザーを照射し、得られた位置データを時間微分することで、助走速度を算出した。このときのデータ平滑化には、遮断周波数0.5 Hzのバターワースローパスフィルタを適用した(小山ら、2005;松林ら、2010)。水平初速度に関しては、踏切離地から砂場接地まで(滞空期)の水平速度が理想的には一定になるという仮定に基づき、LAVEGデータから滞空期の平均速度を算出した。ただしこのときにはLAVEGデータの平滑化は行わず、時間-位置情報を回帰した直線の傾きを平均速度とした。このように処理を行った理由は、滞空期前後の踏切動作、着地動作には急激な速度変化をとまなうため、平滑処理をおこなうとこれらがデータに大きく影響し、本来の速度を反映しない可能性があると考えたためである。踏切離地と砂場接地の時間については、ハイスピードカメラ(EXILIM EX-F1、300fps)を用いて踏切板側方から撮影した映像より判断した。なお、映像とLAVEGデータの同期は、選手腰背部が踏切位置を通過する時間を各データ上で読み取り、これを基準として合わせた。

表1 世界トップレベル七種競技選手の総合得点と各種目での得点との相関分析

	Total	100mH	HJ	SP	200m	LJ	JT	800m
Total	-	0.60**	0.66**	0.45**	0.61**	0.76**	0.29**	0.41**
100mH		-	0.29**	-0.02	0.60**	0.49**	-0.02	0.20
HJ			-	0.16	0.23	0.49**	0.02	0.26*
SP				-	-0.01	0.20	0.23	-0.05
200m					-	0.50**	-0.14	0.36**
LJ						-	-0.02	0.25
JT							-	-0.25
800m								-

2000年から2011年までに開催された五輪および世界選手権に出場した選手のうち、5700点以上の総合得点をマークした202名のデータを基に作成。Total: 総合得点、100mH: 100mハードル、HJ: 走高跳、SP: 砲丸投、LJ: 走幅跳、JT: やり投、* Bonferroni's corrected $p < 0.01$ 、** Bonferroni's corrected $p < 0.001$ 。

踏切の接地時間、および滞空時間についても、同じ映像を用いて算出した。

III. 結果と考察

表2-4に、各大会での総合得点上位3名についての測定結果を示した。どの大会においても、総合上位3選手が、走幅跳の記録でも上位3名となった。図2は、助走速度ピークと跳躍距離との関係である。走幅跳の跳躍距離は助走速度と強く関連することが既に報告されている(HeyとMiller、1985;Heyら、1986)。七種競技選手のデータも、女子走幅跳専門選手のデータの延長上にプロットされた。専門選手と比較して七種競技選手の跳躍記録が劣る理由は、基本的には助走速度の低さにあると考えられる。助走速度が低い理由としては、疾走能力自体が低い可能性と、疾走能力は高いが助走でこれを十分に発揮できていない可能性の2つが考えられる。十種競技選手を対象とした過去の報告(松林ら、2010; Matsubayashiら、2011;松林ら、2012)においては、十種競技の種目のひとつとなっている100mの成績から最大疾走能力を推定し(もしくは100mレースで走速度ピークを測定し)、これと助走速度ピークとを比較することができた。しかしながら、七種競技では疾走能力を推定する方法を今のところ確立できていない。100mHや200mの成績を用いた疾走能力の推定法を確立させ、走幅跳助走での疾走能力の活用程度について検討することを、今後の課題としたい。

桐山選手と竹原選手は、日本の七種競技選手のなかでは助走速度が高いほうであった。両選手ともに、跳躍記録が良いときには助走速度が高いという傾向もやはり認められた。ただし、回帰分析によれば9.20m/sの助走速度ピークから6m30程度の跳躍記録が期待されるのに対して、両選手は5m80から6m00の記録にとどまっている。このことから、踏切動作にも課題があることが推察される。

踏切動作の特徴をあらわす指標には、踏切動作での水平速度の低下(減速)や跳躍角度などが挙げられる(小山ら、2010b)。本報告で測定した指標を用いて、これらに類似した項目について検討したい。踏切時の減速については、助走速度ピークと水平初速度とを比較することで、ある程度検討することができる。助走速度ピークは踏切の3歩から2歩前に出現することから(小山ら、2010b)、厳密に考えれば、これが踏切動作のみでの減速を表すとは言い難い。ただし、踏切準備局面(踏切の3歩程度

表2 日本選抜陸上和歌山大会におけるパフォーマンス分析結果

選手	試技		1跳目	2跳目	3跳目	ポイント
桐山 智衣	記録	m	5m38 (-0.2)	5m65 (+0.7)	5m57 (+1.8)	5m65 744
	助走速度ピーク	m/s	8.60	8.68	8.68	
	踏切水平初速度	m/s	7.51	7.26	7.49	
	(減速)	m/s	(-1.09)	(-1.42)	(-1.19)	
	接地時間	ms	137	137	133	
	滞空時間	ms	610	643	620	
	竹原 史恵	記録	m	5m46 (0.0)	5m67 (+0.2)	
助走速度ピーク		m/s	8.75	8.79	8.78	
踏切水平初速度		m/s	7.05	6.90	6.66	
(減速)		m/s	(-1.70)	(-1.89)	(-2.12)	
接地時間		ms	127	127	130	
滞空時間		ms	663	687	680	
本多 綾		記録	m	5m66 (+1.3)	5m87 (+0.5)	5m51 (+1.1)
	助走速度ピーク	m/s	8.32	8.33	8.25	
	踏切水平初速度	m/s	6.52	6.77	7.27	
	(減速)	m/s	(-1.80)	(-1.56)	(-0.98)	
	接地時間	ms	137	130	137	
	滞空時間	ms	743	753	647	

表3 日本選手権大会におけるパフォーマンス分析結果

選手	試技		1跳目	2跳目	3跳目	ポイント
桐山 智衣	記録	m	5m88 (+0.2)	5m81 (-0.1)	F	5m88 813
	助走速度ピーク	m/s	8.71	8.81	8.70	
	踏切水平初速度	m/s	7.48	7.42	7.62	
	(減速)	m/s	(-1.23)	(-1.39)	(-1.08)	
	接地時間	ms	127	130	127	
	滞空時間	ms	643	637	653	
	竹原 史恵	記録	m	5m48 (+1.4)	5m61 (-1.0)	
助走速度ピーク		m/s	8.86	8.73	8.71	
踏切水平初速度		m/s	7.29	7.07	7.01	
(減速)		m/s	(-1.57)	(-1.66)	(-1.70)	
接地時間		ms	113	120	127	
滞空時間		ms	640	687	697	
中田 有紀		記録	m	F	5m80 (+1.0)	5m61 (-0.7)
	助走速度ピーク	m/s	8.32	8.33	8.25	
	踏切水平初速度	m/s	6.67	7.14	6.88	
	(減速)	m/s	(-1.65)	(-1.19)	(-1.37)	
	接地時間	ms	120	123	117	
	滞空時間	ms	710	687	703	

表4 アジア選手権大会におけるパフォーマンス分析結果

選手	試技		1跳目	2跳目	3跳目	ポイント
WINATO, Wassana (タイ)	記録	m	5m80 (+1.5)	F	6m08 (+1.8)	6m08 874
	助走速度ピーク	m/s	9.02	9.13	9.14	
	踏切水平初速度	m/s	6.69	6.76	7.07	
	(減速)	m/s	(-2.33)	(-2.37)	(-2.07)	
	接地時間	ms	140	140	140	
	滞空時間	ms	773	783	767	
	竹原 史恵	記録	m	5m80 (0.0)	5m77 (+2.4)	
助走速度ピーク		m/s	9.07	9.32	9.04	
踏切水平初速度		m/s	7.01	8.01	7.1	
(減速)		m/s	(-2.06)	(-1.31)	(-1.94)	
接地時間		ms	130	117	120	
滞空時間		ms	723	650	717	
桐山 智衣		記録	m	6m03 (+2.0)	5m82 (+1.3)	5m99 (+2.4)
	助走速度ピーク	m/s	9.13	9.21	9.2	
	踏切水平初速度	m/s	7.79	7.58	7.69	
	(減速)	m/s	(-1.34)	(-1.63)	(-1.51)	
	接地時間	ms	130	133	133	
	滞空時間	ms	653	657	647	

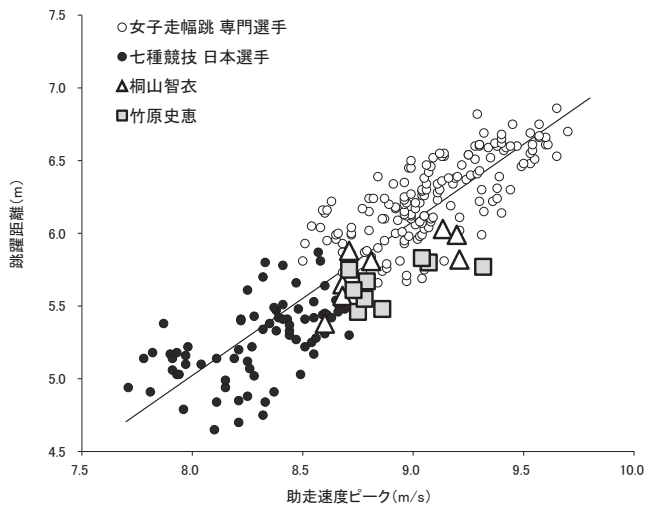


図2 走幅跳での助走速度ピークと跳躍記録との関係

専門選手の情報は、小山ら（2005, 2006, 2007, 2010a）の報告を基に作成。実線は専門選手と七種競技選手のデータをあわせて回帰した直線。

前から踏切直前まで)での減速は踏切動作での減速に比べて小さく(5分の1程度; 小山ら, 2010b)、助走速度ピークと水平初速度との差には踏切動作での減速が主に反映されると考えられる。跳躍角度に関しては、踏切離地時に重心が投げ出される角度と定義できるが、これは水平初速度と鉛直初速度との関係性と捉えることもできる。本報告では鉛直初速度の算出を行っていないが、これに代わる指標として踏切後の滞空時間を測定した。滞空時間には着地姿勢等の影響が含まれてしまうが、鉛直初速度を大まかに推察する、また個人内での鉛直初速度の変動を把握することには、十分に利用可能であると考えている。以上のことから、水平初速度と滞空時間の関係を基に、跳躍角度の大小について検討することができるだろう。

図3に、助走速度ピーク、水平初速度、(助走速度ピークから水平初速度までの)減速、滞空時間の関係を示した。桐山選手の減速は 1.32 ± 0.18 m/s (平均 \pm 標準偏差、以下同じ) と比較的小さく、高い助走速度(水平速度)を保ったまま跳躍をおこなっていた。助走速度が高いと減速も大きくなる傾向にあったが、それでも水平初速度は助走速度とともにわずかに高くなっていた。滞空時間についてはあまり長くなく、助走速度によらずほぼ一定であることが特徴的であった。竹原選手に関しては、助走速度ピークは桐山選手と同程度であるものの、減速が 1.87 ± 0.17 m/s と比較的大きく、水平初速度

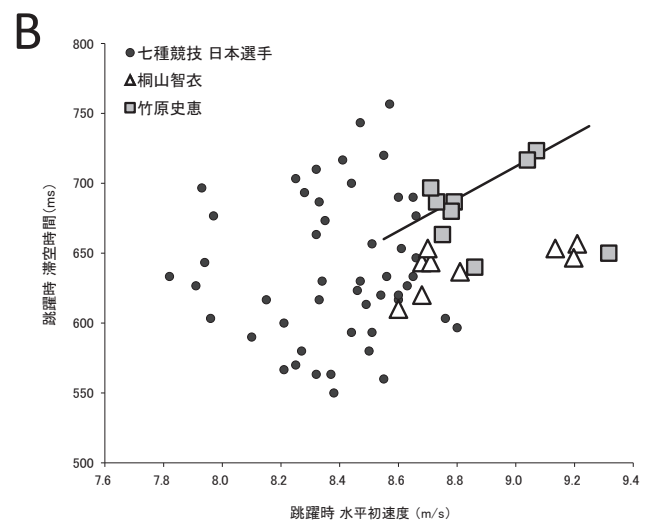
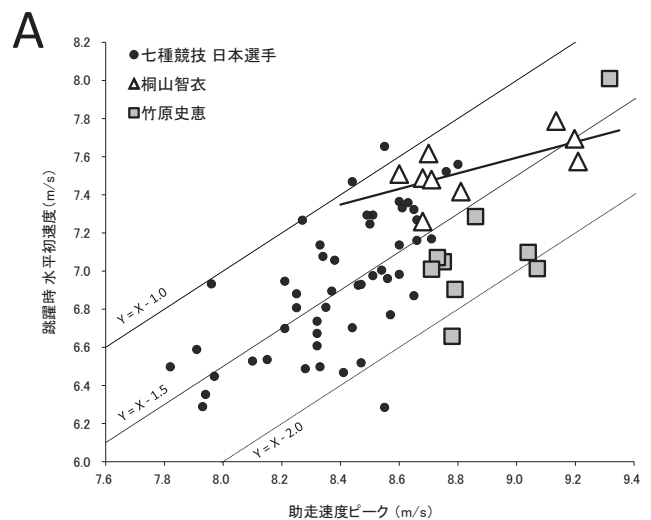


図3 走幅跳での助走速度ピークと水平初速度、滞空時間との関係

Aの補助線(破線)、助走速度ピークと水平初速度との差(減速)が1.0, 1.5, 2.0 m/sとなる箇所; Aの実線、桐山選手のプロットの回帰線; Bの実線、竹原選手のプロットの回帰線(日本選手権1跳目とアジア選手権2跳目を除く)。

が低い跳躍となっていた(日本選手権1跳目とアジア選手権2跳目は、データの傾向が大きく異なるため考察から除外、以下同じ)。助走速度が高いときに減速が大きくなる傾向があり、結果的に水平初速度は助走速度によらずほぼ一定となっていた。滞空時間は比較的長いほうであり、さらには助走速度が高いときほど長くなる傾向がみられた。

図4は、水平初速度と滞空時間との関係である。右下にプロットされるほど跳躍角度が小さいタイプ(桐山選手)、左上ほど跳躍角度が大きいタイプ(竹原選手)の跳躍であったと考えることができる。桐

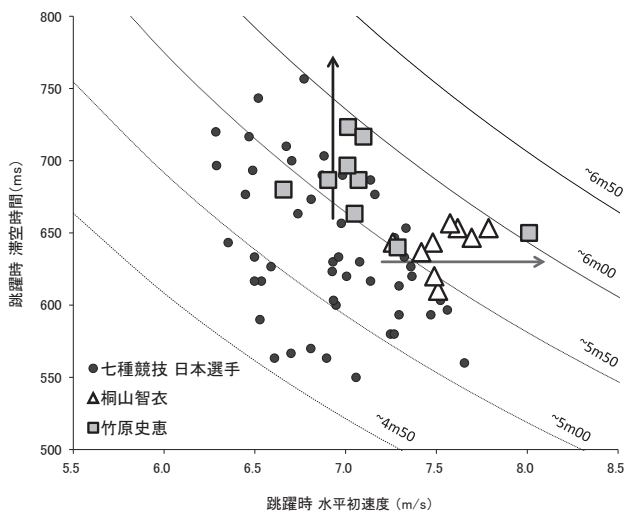


図4 水平初速度と滞空時間との関係
補助線は、跳躍距離の期待値を表している：
期待値＝滞空距離＋離地距離＋着地距離、滞空距離＝水平初速度×滞空時間、離地距離と着地距離は合計して0.85mと仮定。矢印は、桐山選手と竹原選手の跳躍記録が良いときのプロットの移動。

山選手は水平初速度が高かったときほど、竹原選手は滞空時間が長かったときほど、跳躍距離の期待値が大きくなっていった。このことは、助走速度が高まった際に水平初速度と滞空時間のどちらが大きくなるか、両選手で異なる傾向を示していたこととも合致する。今後、跳躍距離を向上させていくために、水平初速度を高めるのがよいか、滞空時間を長くするのがよいかは、難しい問題である。助走速度を高めることがどちらの場合にも有益に働くことは、おそらく間違いないだろう。減速が少なく滞空時間が長いことが理想となるが、これを実現させる方策を議論するには、本報告のデータでは不十分であろう。減速と滞空時間とは正の相関関係にあることを以前報告したが（Matsubayashiら、2011；松林ら、2012；踏切足を中心とした身体の前方向回転動作により水平方向から鉛直方向への運動の転換が行われていることを反映していると考えられる）、桐山選手と竹原選手のプロットはほぼ同じ回帰直線上に位置した（図5）。測定を実施した3大会において走幅跳の記録がよかった他選手（桐山選手や竹原選手と比較して、助走速度ピークは低いが生跳躍記録に差はない；跳躍種目を得意としている選手）についてみると、両選手と同程度の減速で滞空時間を長く得ていたことがわかる。どのような理由によりこのような跳躍を行うことができるのか、今後検討していく必要があるだろう。

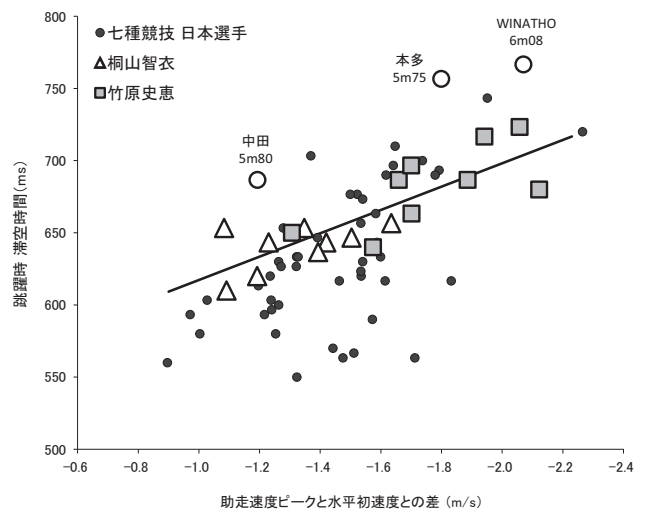


図5 水平速度の低下（助走速度ピークと水平初速度との差）と滞空時間との関係
実線は、桐山選手と竹原選手のプロットをあわせて回帰したもの。

IV. まとめ

2011年の3大会（和歌山GP、日本選手権、アジア選手権）に出場した七種競技選手を対象に、走幅跳のパフォーマンスを測定し、助走速度と踏切動作に関連する指標に焦点をあてて分析した。結果は以下ようになった。

1. 七種競技選手の走幅跳は、専門選手と比較して助走速度が低い傾向にあった。助走速度の向上に課題があると考えられた。
2. 桐山選手と竹原選手に関しては、助走速度は比較的高いほうであった。しかしながら専門選手と比較すると、助走速度から期待されるだけの跳躍距離を得ることはできていなかった。踏切動作にも課題があると考えられた。
3. 桐山選手は、踏切での水平速度の低下が少なく、跳躍角度が小さいタイプであった。一方で竹原選手は、水平速度の低下は大きい滞空時間が長く、跳躍角度が大きいタイプであった。ただし両選手ともに、水平速度の低下に対する滞空時間の獲得が、跳躍種目を得意とする他選手より小さかった。

参考文献

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.

- Hay, J.G., J.A. Miller, and R.W. Canterna(1986)
The techniques of elite male long jumpers,
Journal of Biomechanics, 19: 855-866.
- 小山宏之、村木有也、仲谷政剛、阿江通良、伊藤信之、山下訓史 (2005) 競技会における一流男女走幅跳、三段跳、および棒高跳選手の助走速度分析. 陸上競技研究紀要, 1:128-136.
- 小山宏之、村木有也、武田理、阿江通良、伊藤信之 (2006) 競技会における一流男女走幅跳、三段跳、および棒高跳選手の助走速度分析. 日本陸連科学委員会研究報告, 5 : 129-143.
- 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, 6 : 104-122.
- 小山宏之、村木有也、柴山一仁、阿江通良 (2010a) 競技会における一流男女走幅跳および三段跳選手の助走スピード分析. 陸上競技研究紀要, 6:108-117.
- 小山宏之、村木有也、吉原礼、永原隆、柴山一仁、大島雄治、高本恵美、阿江通良 (2010b) 走幅跳のバイオメカニクスの分析. 世界一流陸上競技者のパフォーマンスと技術、日本陸上競技連盟編、154-164.
- 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、3 : 104-112.
- Matsubayashi, T., T. Mochida, Y. Honda, K. Matsuda (2011) Statistical and biomechanical assessments of the performances of decathletes, Asian Conference on Sports Science 2011, Tokyo.
- 松林武生、持田尚、本田陽、松田克彦 (2012) 陸上競技・混成選手のパフォーマンス分析. トレーニング科学、24:27-35.

十種競技日本記録保持者・右代啓祐選手のパフォーマンス分析

持田 尚¹⁾ 松林武生²⁾ 松田克彦³⁾ 本田 陽⁴⁾ 杉田正明⁵⁾

1) 横浜市体育協会 2) 国立スポーツ科学センター 3) 名古屋学院大学 4) 中京大学
5) 三重大学

I. はじめに

右代啓祐選手（スズキ浜松 AC）は、2011年6月に行われた日本選手権で8073点をマークし18年ぶりに日本記録を更新した。右代選手が日本人未踏の8000点を超えたことは同時に日本十種競技界がワールドクラスへの仲間入りを果たしたことを意味し、関係者にとってたいへん意義深い出来事であった。

科学委員会混成班は、混成強化部の「2012年ロンドンオリンピックへ向けた中期強化計画」に沿う形で2009年度より十種競技選手のパフォーマンス分析を開始した。当時の右代選手（7856点）は、ワールドクラス（8006点 - 9026点）基準でみると、100m、走幅跳、400m、110mハードル（以下、110mH）が著しく劣っており（図1）、それら4種目

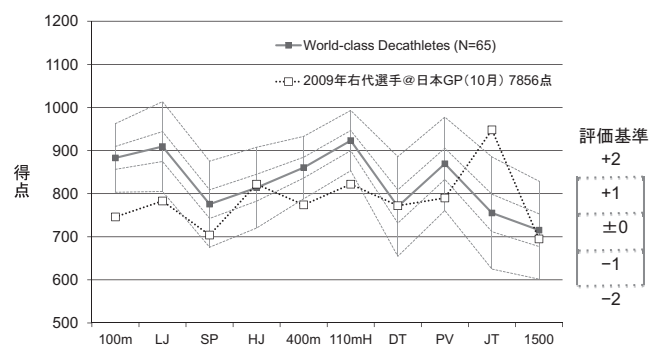


図1 世界一流十種競技選手と2009年右代選手の得点プロファイル
世界一流選手は8000点以上の得点をマークした66名。

LJ；走幅跳、SP；砲丸投、HJ；走高跳、DT；円盤投、PV；棒高跳、JT；やり投
世界一流選手の値は平均値、そしてバーは標準偏差（以下、SD）を表す。SDは最大±1.5SDまでを示し、間は±0.5SDで示した。

は今後世界で戦っていくためには改善しなければならない喫緊の課題種目（重点課題種目）であった（持田ほか、2010b）。

それらの種目に共通しているのは、高い走能力（スプリント能力）が必要とされる種目だという点であり、混成強化部でも継続してスプリント力強化が図られている。

本稿では、今般の日本新記録8073点の得点プロフィールの分析に加え、この3年間における100m、走幅跳、400m、110mHのパフォーマンス変化について報告し、右代選手の次なる課題を抽出することを目的とする。

なお、競技会でのパフォーマンス分析については、日本陸上競技連盟・混成強化部と各競技会開催県の陸上競技協会の協力のもとに活動を行った。

II. 形態、筋機能そして運動能力について

A. 方法

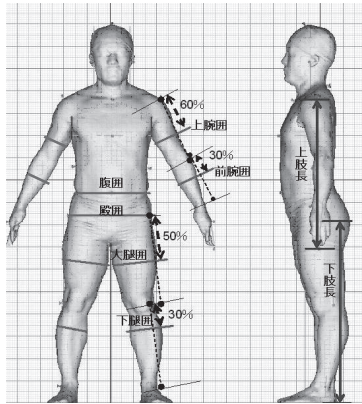
右代選手の形態、身体組成、体力、運動能力を、国立スポーツ科学センターの協力により計測した。形態では、身長、体重、体型指数（Body mass index; BMI）といった基本的体格と、上腕囲、前腕囲、大腿囲、下腿囲、腹囲、臀囲、上肢長、下肢長といった部位毎のサイズについて計測した。身体組成では、空地置換法（BODOPD）による体脂肪率（%）と除脂肪体重（kg）を計測・算出し、体力・運動能力では膝関節まわりの最大トルクとジャンプ力について計測した。

B. 結果・考察

表1に右代選手の形態プロフィールを示した。現在の体格は身長195.6cm、体重92.3kg、BMIが24.1kg/m²であった。この3年間で体重、除脂肪体重ともに約5kg以上増量していることから着実に筋

表1 右代選手の形態

基本的体格	25歳	24歳	23歳	22歳
	2012/2/6	2011/7/20	2010/6/14	2009/3/30
身長 [cm]	195.6	195.6	195.0	194.5
体重 [kg]	92.3	91.1	88.0	86.8
BMI[kg/m ²]	24.1	23.8	23.1	22.9



形態計測 (ボディラインスキャナ)

上腕囲60%部位 [cm]	右	29.9	30.5	28.9	28.3
	左	29.7	30.2	28.7	28.6
前腕囲30%部位 [cm]	右	26.9	27.3	26.7	26.1
	左	26.8	27.0	26.0	25.9
大腿囲50%部位 [cm]	右	59.1	57.7	57.7	57.6
	左	58.6	57.3	56.1	55.7
下腿囲30%部位 [cm]	右	39.8	39.7	39.2	39.3
	左	40.2	39.5	39.8	39.5
臍位腹囲 [cm]		85.0	83.3	81.7	82.1
殿囲 [cm]		101.1	103.2	100.9	102.1
上肢長 [cm]	右	82.2	82.1	82.0	82.2
	左	82.6	82.8	82.4	82.3
下肢長 [cm]	右	102.1	100.6	100.7	100.1
	左	103.1	101.1	100.8	100.1

体脂肪率・空気置換法 (BODPOD)

体脂肪率 [%]	<5.0	<5.0	<5.0	5.3
除脂肪体重 [kg]	87.9	87.6	85.2	82.2

量が増えていると言えよう。

表2に膝関節まわりの最大トルクとジャンプ力のデータを示した。膝関節まわりの最大トルク・伸展は、右319Nm(体重あたり3.5Nm/kg)、左352Nm(体重あたり3.8Nm/kg)であり、左右差が11%と大きかった。2009年時は右387Nm(体重あたり4.3Nm/kg)、左307Nm(体重あたり3.4Nm/kg)と、この3年間で一定した向上はみられていない。さらに、左右の大小が逆転しているという状況でもあり、筋力の左右差に課題を残している。いっぽう最大トルク・屈曲は右217Nm(体重あたり2.4Nm/kg)、左215Nm(体重あたり2.3Nm/kg)であり、2009年時が右210Nm(体重あたり2.3Nm/kg)、左197Nm(体重あたり2.2Nm/kg)であるため、この3年で体重が5kg増加しているにも拘わらず、体重あたりの値は左右とも0.1ポイントの向上がみられている。

垂直ジャンプ、リバウンドジャンプについては(表2)、垂直跳び・腕振りなしが57.6cmと2009年に比べて約7cm高くなり、リバウンドジャンプではパワー指標(RJindex)が2.486と2009年の2.403に比べて維持されているという結果であった。右代選手はこの3年間で約5kg強の筋量増加があるなかで、垂直ジャンプ能力が大幅に向上していた。体重増加の影響によりパフォーマンス低下が懸念されるリバウンドジャンプのパワーについては維持されている状況であり、概ね下肢のパワーが増大していることは確認できた。

表2 右代選手の膝関節まわりの最大トルクとジャンプ力

等速性関節トルク(Biodex)膝関節60deg/s		25歳	23歳
		2012/2/6	2009/12/17
伸展 [Nm]	右	319	387
	左	352	307
屈曲 [Nm]	右	217	210
	左	215	197
伸展/体重[Nm/kg]	右	3.5	4.3
	左	3.8	3.4
屈曲/体重[Nm/kg]	右	2.4	2.3
	左	2.3	2.2
左/右比 [%]	伸展	110	79
	屈曲	99	94
屈/伸比 [%]	右	68	54
	左	61	64

垂直ジャンプ	25歳	23歳
	2012/2/6	2009/12/17
垂直跳び・腕振り有り[cm]	68.7	59.5
垂直跳び・腕振り無し[cm]	57.6	50.1
垂直跳び・腕振り反動無し[cm]	54.8	45.4

リバウンドジャンプ(腕振りなし)		
跳躍高 [cm]	46.4	44.9
接地時間 [msec]	187	180
RJ Index [なし]	2.486	2.403

Ⅲ. 得点プロファイルの変化について

A. 方法

世界クラス66名(8006-9026点)のデータから作成した5段階評価(持田ほか、2010b)を基準に右代選手の得点プロファイルについて年次別に評価した。なお、5段階の評価表示は+2、+1、±0、-1、-2とした。

B. 結果・考察

表3 右代選手の十種競技得点プロフィール

		100m	LJ	SP	HJ	400m	110mH	DT	PV	JT	1500m	1日目	2日目	
2009年日本GP(10月)	記録 7856点 得点	11.53 746	-0.6 783	6.87 704	+2.1 704	2.02 822	50.88 774	15.23 822	+1.7 772	45.26 790	4.60 948	73.82 695	4'37.65 3829	4027
2010年日本GP(4月)	記録 7930点 得点	11.27 801	+1.9 776	6.84 692	+1.0 692	2.05 850	50.61 787	15.16 830	+0.2 774	45.36 819	4.70 882	69.49 719	4'33.94 3906	4024
2011年日本選手権(6月)	記録 8073点 得点	11.39 776	-1.1 804	6.96 711	+0.9 711	2.06 859	50.28 802	14.93 858	+0.5 740	43.67 880	4.90 936	73.06 707	4'35.83 3952	4121

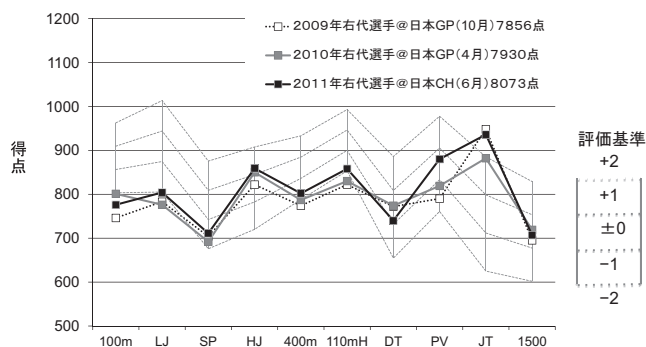


図2 右代選手の十種競技得点プロフィール

表3と図2に、右代選手の各年度における最高記録時の得点プロフィールを示した。持田ほか(2010b)の報告によれば、世界大会ベスト16位(8100点)以上の選手らは、各種目に得手不得手はあるものの、-2に相当する種目は見当たらない。今後日本人選手が世界クラスで戦うためには-2の種目、つまり大きく足を引っ張る種目が無いような得点構成にリバランスすることが課題となる。

2009年度7856点のプロファイルで評価が-2となる種目は、100m(11秒53)、走幅跳(6m87cm)、400m(50秒88)、110mH(15秒23)であった。それぞれ、-1レベルにステップアップするためには、100mが11秒26、LJが6m97cm、400mが50秒56、110mHが14秒97以上のパフォーマンスとならなければならない。

100mは、2010年が11秒27(+1.9)、2011年には11秒39(-1.1)と2009年の11秒53(-0.6)より上回った記録で走ってきた(+30~55点相当)。評価-1レベルまでに達していないがスプリント能力の向上が図られている模様だ。

LJは、2011年には6m96cmを記録し、2009年に比べ約10cmアップした(+20点相当)。あと1cmで-1レベルに達するところまで来た。

400mは、2010年が50秒61、2011年には50秒28と2009年の50秒88から毎年約0.3秒ずつタイムが短縮してきた(+28点相当)。評価-1レベルにステップアップした。

110mHは、2010年に15秒16、2011年には14秒

93と2009年の15秒23より2年間で0.3秒タイムを短縮してきた(+36点相当)。この種目も評価-1レベルにステップアップすることができた。

総合得点では、2009年の7856点から2011年の8073点まで217点のアップであった。そのうち115点(53%)が重点課題種目(4種目)によるものであった。つまり、今般の日本記録更新に重点課題種目強化への取り組みの成果が大きく貢献していたことと言えよう。

IV. 重点課題種目のパフォーマンス詳細について

① 100m

A. 方法

2009年から2011年に開催された日本選手権など計6大会を対象に、100mレース中の走速度を測定した。(ただし、2009年10月の日本GP@群馬の右代選手データは欠損)。測定には、レーザー方式の距離・走速度測定装置(LDM300 CLaveg Sports, JENOPTIK社製, 100Hz)を用いた。スタート位置後方より競技者腰背部へ不可視レーザービームを照射し、得られた時間-距離情報とフィニッシュタイムとの関係を利用して、スタートから10mごとの通過タイムと区間速度を算出した。なおデータの平滑化には、遮断周波数0.5Hzのローパスフィルタを用いた。

100m記録はスプリント能力指標として用いることができるが、レース中の風速がタイムに及ぼす影響が大きく、異なる気象環境下でのパフォーマンス比較が困難である。そのため、スプリント能力の把握には、風速の影響を取り除いた調整タイム(MUREIKA, 2001)を用いた。

B. 結果・考察

図3は右代選手の100m調整タイムの年次変化を示したものである。公式記録をみると2009年6月の日本選手権から順に、11秒48(+0.5), 11秒53(-0.6), 11秒27(+1.9), 11秒45(-0.9), 11秒37(-

選手名	大会	公式記録 (風速)	調整タイム (調整値)
右代啓祐	日本選手権	11.39	11.30
	2011.6.4	(-1.1)	(-0.09)
右代啓祐	GP和歌山	11.37	11.24
	2011.4.23	(-1.6)	(-0.13)
右代啓祐	日本選手権	11.45	11.38
	2010.6.12	(-0.9)	(-0.07)
右代啓祐	GP和歌山	11.27	11.39
	2010.4.24	(+1.9)	(+0.12)
右代啓祐	GP群馬	11.53	11.48
	2009.10.10	(-0.6)	(-0.05)
右代啓祐	日本選手権	11.48	11.51
	2009.6.25	(+0.5)	(+0.03)

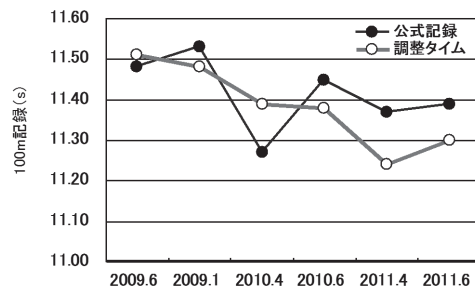


図3 右代選手 100m 走調整タイムの年次変化

表4 右代選手の 100m 走パフォーマンス (2009 - 2011)

選手名	記録	大会	上段: 通過タイム [s]			下段: 区間走速度 [m/s]							
			10m	20m	30m	40m	50m	60m	70m	80m	90m	100m	
右代啓祐	11.39	日本選手権	2.08	3.22	4.28	5.29	6.30	7.29	8.29	9.31	10.33	11.39	
	(-1.1)	2011.6.4	3.18	8.74	9.47	9.86	10.00	10.01	9.99	9.89	9.74	9.46	
右代啓祐	11.37	GP和歌山	2.09	3.21	4.24	5.24	6.24	7.25	8.27	9.30	10.32	11.37	
	(-1.6)	2011.4.23	4.97	8.91	9.72	10.00	10.00	9.88	9.80	9.73	9.77	9.54	
右代啓祐	11.45	日本選手権	2.04	3.17	4.21	5.23	6.25	7.26	8.27	9.31	10.36	11.45	
	(-0.9)	2010.6.12	4.11	8.79	9.60	9.81	9.89	9.90	9.83	9.68	9.48	9.19	
右代啓祐	11.27	GP和歌山	2.02	3.15	4.19	5.20	6.19	7.19	8.18	9.19	10.22	11.27	
	(+1.9)	2010.4.24	3.82	8.85	9.58	9.93	10.06	10.08	10.03	9.95	9.73	9.49	
右代啓祐	11.48	日本選手権	2.04	3.18	4.23	5.25	6.25	7.26	8.28	9.32	10.39	11.48	
	(+0.5)	2009.6.25	2.53	8.75	9.51	9.88	9.96	9.88	9.78	9.61	9.39	9.17	

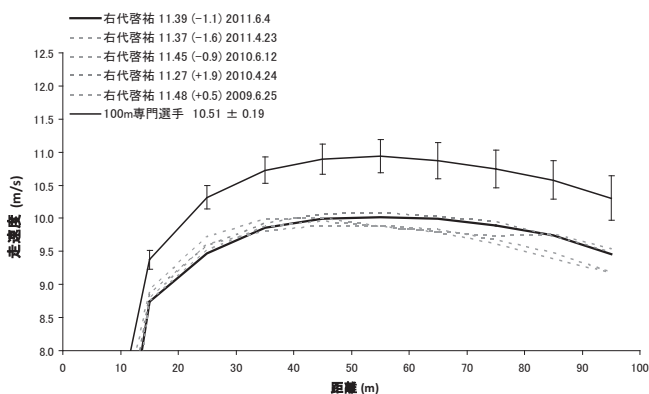


図4 右代選手の 100m 走速度曲線

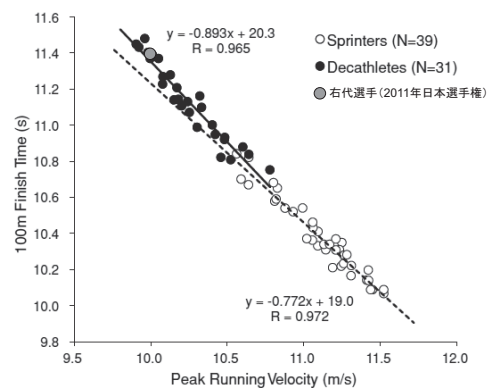


図5 100m 走での走速度ピークとフィニッシュタイムとの関係

1.6), 11 秒 39(-1.1) と高下しているが、調整タイムでは、11 秒 51, 11 秒 48, 11 秒 39, 11 秒 38, 11 秒 24, 11 秒 30 と順調に短縮しており、スプリント能力は経年的に向上していると言えよう。

表4 と図4 は 100m の通過タイムと区間走速度、そしてレース中の走速度変化を分析したものである。

専門選手および十種競技選手の走速度ピークと

フィニッシュタイムの間には強い関連性が認められている (図5)。十種競技選手においても記録短縮には走速度ピークを向上させることが必要と考えられる。ただし、右代選手の場合、専門選手での走速度ピーク - フィニッシュタイム関係における回帰直線の延長から離れ、走速度ピークから期待されるフィニッシュタイムよりも長かった (図5)。統計

表5 右代選手の走幅跳パフォーマンス (2009 - 2011)

選手	試技	2011日本選手権	2011和歌山	2010日本選手権	2010和歌山	2009群馬	2009和歌山
	記録	m 6m96 (+0.9)	7m03 (+1.8)	7m18 (+1.8)	6m84 (+1.0)	6m87 (+2.1)	6m82 (+0.7)
右代 啓祐	助走最高速度	m/s 9.57	9.72	9.74	9.46	9.64	9.42
	踏切水平速度	m/s 7.29	7.77	7.26	7.31	7.53	7.32
	(減速)	m/s (-2.28)	(-1.95)	(-2.48)	(-2.15)	(-2.11)	(-2.10)
	接地時間	ms 147	143	153	153	157	167
	滞空時間	ms 823	803	847	840	827	781

学的信頼性は低いところでの解釈となるが、これは加速局面、もしくはレース後半での減速局面に課題があるかもしれない。レース中の速度変化をみると、右代選手は加速局面での速度が速い時に、後半の減速が大きくなり、結果フィニッシュタイムが長いケースがある。今後、加速と減速との関係性にも着目して詳細に検討をすすめていきたい。

②走幅跳

A. 方法

2009年から2011年に開催された計6大会について測定を実施した。助走速度ピーク、踏切後の跳躍速度水平成分(水平初速度)、踏切の接地時間、滞空時間について測定を行なった。助走速度の測定には、レーザー方式の位置・速度測定装置(LAVEG、100Hz)を用いた。助走路後方より選手の腰背部に不可視レーザーを照射し、得られた位置データを時間微分して速度を算出することで、助走速度のピーク値を得た。このときのデータ平滑化には、遮断周波数0.5 Hzのバターワースローパスフィルタを適用した(小山ら、2007;松林ら、2010)。水平初速度に関しては、踏切離地から砂場接地まで(滞空期)の水平速度が理想的には初速度のままほぼ一定になるという仮定に基づき、LAVEGデータから滞空期の平均速度を算出し、これを利用した。ただしこのときにはLAVEGデータの平滑化は行わず、時間-位置情報を回帰した直線の傾きを平均速度とした。このように処理を行ったのは、滞空期前後の踏切動作、着地動作では急激な速度変化がおきるため、平滑処理をおこなうとこれらがデータに大きく影響し、本来の速度を反映しない可能性が考えられたためである。踏切離地と砂場接地の時間については、踏切板側方からハイスピードカメラ(EXILIM EX-F1、300fps)を用いて撮影した映像より判断した。なお、映像とLAVEGデータの同期は、選手の腰背部が踏切

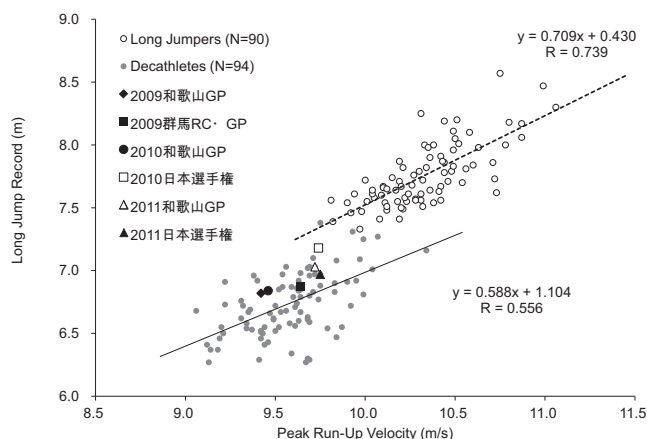


図6 助走最高速度と跳躍距離との関係

位置を通過する時間を各データ上で読み取り、これを基準として合わせた。踏切の接地時間、滞空時間の算出にも、同じ映像を用いた。

B. 結果・考察

表5に、各大会での測定結果を示した。2009年度は6m80cm台の記録であったが、2010、2011年度には7m台を超える記録が出るなどレベルアップが図られている。図6に助走速度ピークと走幅跳記録との関係を示した。走幅跳専門選手同様に十種競技選手においても、両指標間に正の相関関係が認められている(松林ほか、2012)。ただし、両指標の回帰直線は専門選手の回帰直線よりも低い位置となっている。つまり、十種競技選手では同じ助走速度から得られる跳躍距離が専門選手に比べて短い。

右代選手の両指標間の関係をみると、助走速度から得られている跳躍距離は走幅跳選手に比べるとやはり短い、十種競技選手の中では長いほうであった。また、個人内変化からも助走速度ピークと走幅跳記録の関係が成立しているため、助走速度を速くする(なる)ことで記録を伸ばせる技能を有している可能性が高い。

助走速度を高めるためには、自身の走能力と助走

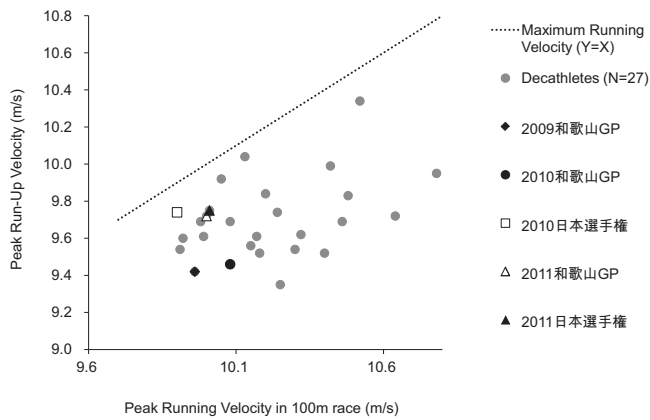


図7 100mでの走速度ピークと走幅跳での助走速度ピークとの関係

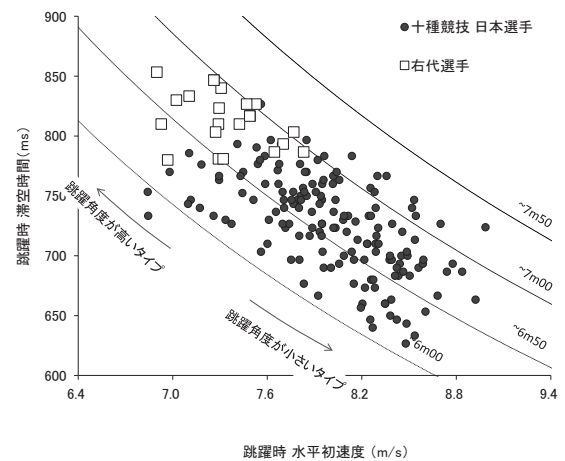


図9 跳躍時の水平初速度と滞空時間の関係

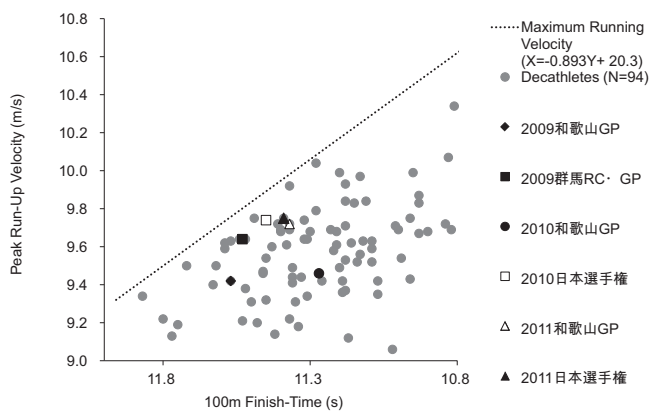


図8 100mフィニッシュタイムと走幅跳での助走速度ピークとの関係

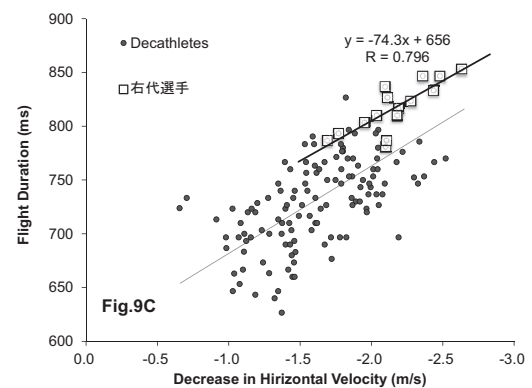


図10 跳躍時の水平初速度と滞空時間の関係

での活用度にある（松林ほか、2012）。図7と図8に走能力指標と走幅跳での助走速度ピークとの関係を示した。図7は100mでの走速度ピークと、図8は100mフィニッシュタイムとの関係である。一般的に走能力が高い選手ほど助走速度も高くなると考えられるが、実際には両指標間に明確な関係性は認められていない。走能力が高い選手には、助走速度を最大限近くまで高めている者は少ない。その中で、右代選手は、特に2011年度においては、助走速度への走能力の活用は高い方である（図7、図8）。

図9は踏切時水平速度と跳躍の滞空時間との関係を示したものである。補助線にそって右下にプロットされるほど跳躍角度が小さいタイプ、左上では跳躍角度が高いタイプの跳躍であったことを表している。右代選手は、どの跳躍も跳躍角度が高いタイプであった。

図10は、水平速度の減少と滞空時間との関係を示したものである。右代選手は両指標間に明確な関係性が認められる。これは、水平速度が減少した分は、鉛直速度を獲得できている可能性を示し、おそ

らく滞空時間の獲得が、踏切足を中心とした身体の前方向回転動作（水平方向から鉛直方向への運動の転換）に強く依存して行われていることが推察される。しかしながら、この転換の程度と跳躍記録の間には関係性が認められないことから、跳躍記録には助走速度の影響が大きいと考えられた（松林ほか、2012）。

右代選手の走幅跳での課題は、現在の跳躍スタイルを保持しながら助走速度を高めることにあるだろう。そして、それは100m走の走速度ピークあるいはフィニッシュタイム短縮を目指すことで連動的に克服できる可能性が高いと考えられる。

③400m

A. 方法

400m走レース中のスピード分析は、Overlay方式（持田ほか、2007）を用いて行った。基準は400mハードルの位置とし、それぞれの区間平均スピード(m/sec)、区間平均ピッチ(Hz)、区間平均ステップ長(m)を求めた。ピッチは、区間内6～9サイクル

表6 右代選手の400m走パフォーマンス(2009-2011)

■ラップタイム(sec)

日付	大会名	記録(s)	45m	80m	115m	150m	185m	220m	255m	290m	325m	360m	400m
2011.6.4	日本選手権	50.28	6.14	9.98	13.86	17.87	22.11	26.36	30.66	35.10	39.68	44.44	50.28
2011.4.23	GP和歌山	50.80	6.17	10.11	14.16	18.30	22.59	26.94	31.37	35.89	40.44	45.08	50.80
2010.6.12	日本選手権	50.58	6.24	10.19	14.14	18.22	22.39	26.56	30.75	35.17	39.77	44.66	50.58
2010.4.24	GP和歌山	50.61	6.44	10.41	14.40	18.55	22.67	26.94	31.25	35.60	40.19	44.85	50.61
2009.10.10	群馬RC	50.88	6.38	10.38	14.52	18.68	22.88	27.10	31.38	35.80	40.32	45.10	50.88
2009.6.26	日本選手権	50.77	6.34	10.49	14.62	18.82	23.02	27.29	31.70	36.06	40.56	45.15	50.77
2009.4.18	和歌山GP	50.60	6.34	10.39	14.20	18.17	22.27	26.44	30.75	35.14	39.49	44.31	50.60

■区間タイム(sec)

日付	大会名	記録(s)	S-45m	45-80m	80-115m	115-150m	150-185m	185-220m	220-255m	255-290m	290-325m	325-360m	360-400m
2011.6.4	日本選手権	50.28	6.14	3.84	3.89	4.00	4.24	4.26	4.30	4.44	4.58	4.76	5.84
2011.4.23	GP和歌山	50.80	6.17	3.94	4.05	4.14	4.29	4.36	4.42	4.52	4.55	4.64	5.72
2010.6.12	日本選手権	50.58	6.24	3.95	3.95	4.07	4.17	4.17	4.19	4.42	4.61	4.89	5.92
2010.4.24	GP和歌山	50.61	6.44	3.97	3.99	4.15	4.12	4.27	4.30	4.35	4.59	4.66	5.77
2009.10.10	群馬RC	50.88	6.38	4.00	4.13	4.17	4.20	4.22	4.28	4.42	4.52	4.78	5.78
2009.6.26	日本選手権	50.77	6.34	4.15	4.12	4.20	4.20	4.27	4.40	4.37	4.49	4.59	5.63
2009.4.18	和歌山GP	50.60	6.34	4.05	3.80	3.97	4.10	4.17	4.30	4.39	4.35	4.82	6.29

■区間スピード(m/sec)

日付	大会名	記録(s)	S-45m	45-80m	80-115m	115-150m	150-185m	185-220m	220-255m	255-290m	290-325m	325-360m	360-400m
2011.6.4	日本選手権	50.28	7.33	9.12	9.00	8.74	8.26	8.23	8.13	7.89	7.64	7.35	6.85
2011.4.23	GP和歌山	50.80	7.29	8.89	8.63	8.46	8.16	8.04	7.92	7.74	7.69	7.55	6.99
2010.6.12	日本選手権	50.58	7.21	8.85	8.86	8.59	8.39	8.39	8.36	7.92	7.60	7.16	6.76
2010.4.24	GP和歌山	50.61	6.99	8.82	8.78	8.43	8.49	8.19	8.13	8.04	7.63	7.52	6.94
2009.10.10	群馬RC	50.88	7.05	8.75	8.47	8.40	8.33	8.30	8.17	7.92	7.75	7.32	6.92
2009.6.26	日本選手権	50.77	7.10	8.43	8.49	8.33	8.33	8.19	7.95	8.02	7.79	7.63	7.11
2009.4.18	和歌山GP	50.60	7.10	8.63	9.20	8.81	8.53	8.39	8.13	7.98	8.04	7.26	6.36
48秒台平均モデル	平均値	48.55	7.55	9.33	9.20	9.07	8.86	8.64	8.40	8.14	7.80	7.66	7.13
n=10	標準偏差	0.23	0.27	0.24	0.20	0.19	0.17	0.22	0.14	0.15	0.28	0.29	0.29

■ピッチ(Hz)

日付	大会名	記録(s)	S-45m	45-80m	80-115m	115-150m	150-185m	185-220m	220-255m	255-290m	290-325m	325-360m	360-400m
2011.6.4	日本選手権	50.28	—	3.83	3.75	3.62	3.57	3.60	3.57	3.56	3.50	3.44	3.27
2011.4.23	GP和歌山	50.80	—	3.76	3.71	3.62	3.54	3.57	3.51	3.51	3.55	3.49	3.34
2010.6.12	日本選手権	50.58	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2010.4.24	GP和歌山	50.61	—	3.75	3.70	3.62	3.63	3.59	3.59	3.56	3.50	3.44	3.29
2009.10.10	群馬RC	50.88	—	3.71	3.64	3.60	3.59	3.62	3.59	3.59	3.53	3.44	3.36
2009.6.26	日本選手権	50.77	—	3.65	3.63	3.53	3.54	3.50	3.56	3.54	3.56	3.48	3.35
2009.4.18	和歌山GP	50.60	—	3.71	3.69	3.66	3.66	3.62	3.57	3.53	3.51	3.38	3.25
48秒台平均モデル	平均値	48.55	—	4.12	4.00	3.91	3.84	3.81	3.77	3.74	3.72	3.68	3.50
n=10	標準偏差	0.23	—	0.16	0.14	0.14	0.14	0.14	0.13	0.12	0.12	0.12	0.13

■ステップ長(m)

日付	大会名	記録(s)	S-45m	45-80m	80-115m	115-150m	150-185m	185-220m	220-255m	255-290m	290-325m	325-360m	360-G
2011.6.4	日本選手権	50.28	—	2.38	2.40	2.42	2.31	2.28	2.28	2.22	2.19	2.14	2.09
2011.4.23	GP和歌山	50.80	—	2.36	2.33	2.34	2.31	2.25	2.26	2.21	2.16	2.16	2.09
2010.6.12	日本選手権	50.58	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2010.4.24	GP和歌山	50.61	—	2.35	2.37	2.33	2.34	2.29	2.27	2.26	2.18	2.19	2.11
2009.10.10	群馬RC	50.88	—	2.36	2.33	2.33	2.32	2.29	2.28	2.21	2.20	2.13	2.06
2009.6.26	日本選手権	50.77	—	2.31	2.34	2.36	2.35	2.34	2.24	2.26	2.19	2.19	2.12
2009.4.18	和歌山GP	50.60	—	2.33	2.49	2.41	2.33	2.32	2.28	2.26	2.29	2.15	1.96
48秒台平均モデル	平均値	48.55	—	2.27	2.30	2.32	2.31	2.27	2.23	2.18	2.10	2.09	2.04
n=10	標準偏差	0.23	—	0.06	0.05	0.06	0.07	0.07	0.07	0.08	0.09	0.10	0.09

(12～18steps) に要した時間から平均1ステップ時間を求め、その逆数とした。ステップ長は、区間スピードを区間ピッチで除すことにより求めた。なお、参照データは48秒台選手のモデルレースパターン (n=10) とした。

B. 結果・考察

表6に各大会での測定結果、400m走のラップタイム、区間タイム、区間スピード、区間ピッチ、区間ステップ長を示した。区間スピード、区間ピッチ、区間ステップ長のグラフについては図11、図12、図13にそれぞれ示した。

400mの記録は2009年(50秒88)から0.6秒更新(50秒28)している。それは、特に前半区間(スタートから150m区間)でのスピードアップ(約0.8秒短縮)による影響が大きい。400m走では記録が良い者ほど前半速度が速い傾向にあることから(持田ほか、2010a)、好ましい方向性と言える。49秒台、さらに48秒台へとレベルアップを図るためには、さらなる前半区間でのスピードアップが求められる。48秒台の平均モデルと比べると右代選手のステップ長は同じくらいかやや長い。しかし、ピッチは明らかに遅い。しかしながら、右代選手のピッチは身長割にはやや速く、ステップ長は短い傾向にある。2009年度には次のように強化の可能性を述べた(持田ほか、2010c)。

「相対的な観点で言えば、身長比ステップ長の延長が課題といえる。ただし、絶対的観点で考えれば、長身の利点で得られた専門選手レベルのステップ長を低下させず、劣るピッチを高めることを課題とするということも考えられる。どのように強化を進めていくかは、身体的・技術的特徴を踏まえ議論が必要で、経過を観察しながら検討していきたい。」

さて実際に経過を観察したところ、2009年(50秒88)と2011年(50秒28)とでは、前半区間のステップ長が2～9cm伸びていて、右代選手は身長比あたりのステップ長が延伸していた(図13)。また、ピッチも0.02～0.11Hz程度速くなっており、両指標の高まりによりスピードアップが図られたと言えよう。

49秒台、48秒台へとレベルアップを図るためには、さらなる前半区間でのスピードアップが求められることは前述した。その課題として、身長比あたりのステップ長延伸が挙げられよう。さらには、150mから185m区間でのスピード低下、いわゆる中だるみをなくすトレーニングも考えておく必要があ

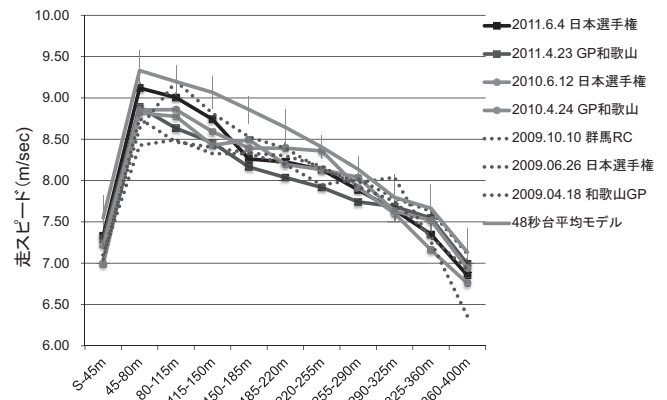


図11 400m走レース中の速度変化

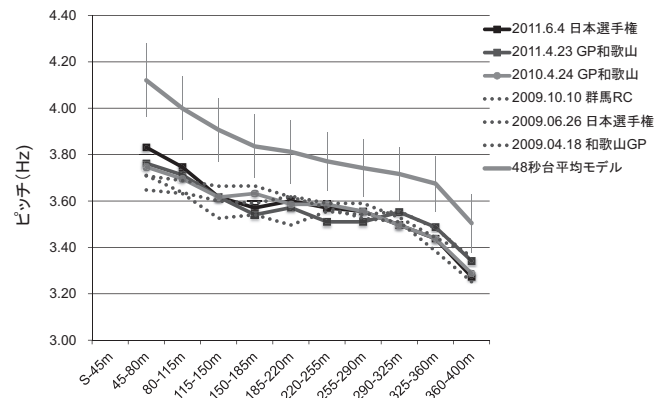


図12 400m走レース中のピッチ変化

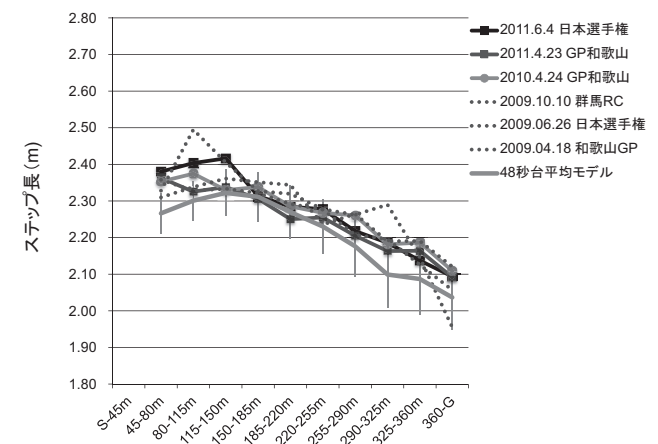


図13 400m走レース中のステップ長変化

るかもしれない。この区間ではステップ長およびピッチ双方とも低下が著しい(図12、13)。48秒台平均モデルを参考にステップ長のゆるやかな低下を図るレーススペースを踏まえたトレーニングも必要と考えられる。

④ 110mハードル

A. 方法

110mHではデジタルハイスピードカメラ(カシ

表7 110m ハードルのタッチダウンタイムと区間タイム

選手名	記録	大会	上段:タッチダウンタイム [s]			下段:区間タイム [s]							
			1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	8th	9th	10th	finish
右代啓祐	15.20	テグ世界選手権	2.77	3.92	5.09	6.28	7.45	8.66	9.88	11.10	12.34	13.57	15.20
	(-0.1)	2011.8.28	2.77	1.15	1.17	1.19	1.18	1.20	1.22	1.22	1.24	1.22	1.63
右代啓祐	14.93	日本選手権	2.75	3.92	5.08	6.25	7.41	8.58	9.75	10.92	12.14	13.33	14.93
	(+0.5)	2011.6.5	2.75	1.17	1.16	1.16	1.16	1.17	1.17	1.17	1.22	1.19	1.60
右代啓祐	15.28	GP和歌山	2.82	3.98	5.17	6.35	7.56	8.77	10.00	11.21	12.43	13.64	15.28
	(-0.1)	2010.4.24	2.82	1.16	1.19	1.18	1.21	1.20	1.23	1.21	1.21	1.21	1.64

オ製 EX-F1 もしくは EX-FH20) を用いてタッチダウンタイムを測定し、区間タイムを求めた。2009年度当初はレーザー方式の距離測定装置 (LDM300C-Sports; JENOPTIK 社製) を用い通過タイムを求めていた (松尾ら, 2007)。しかし、測定の継続性・安定性などの諸事情により 2010 年度よりデジタルハイスピードカメラを用いた分析でのデータ収集に変更した (戻した)。そのため、本稿では 2010 年度、2011 年度の大会で分析したデータについてのみ報告する。

B. 結果と考察

表7に各大会の分析結果として、タッチダウンタイムと区間タイムを示した。右代選手は2009年の15秒23から2年間で0.3秒タイムを短縮した。図14はレース中の区間タイム変化を示している。右代選手の15秒2台のレースをみると区間ごとに多少ばらつくものの、第1区間(1st-2nd)から第9区間(9th-10th)まで距離を重ねる毎に区間タイムが長くなっている(1.15秒→1.24秒)。いっぽう、14秒93のレースでは、第7区間まで1.17秒の区間タイムで安定して走ることができていた。第1区間(1st-2nd)のタイムは変わらない(1.15~1.17秒)スピードレベルなので、それ以降の「インターバル走」、「踏み切り」、「着地」技術が向上したことによるものであろう。今後は、第1ハードルまでのスピードアップ、そして区間タイムのさらなる短縮が求められるが、それにはスプリント力向上とその能力を活かしたハードル技術の習得が不可欠である。(図15)。

V. まとめ

本稿では、日本記録樹立までのここ3年間における右代選手のパフォーマンス変化、特に重点課題種目(100m、走幅跳、400m、110mH)について報告し、今後の課題について検討した。

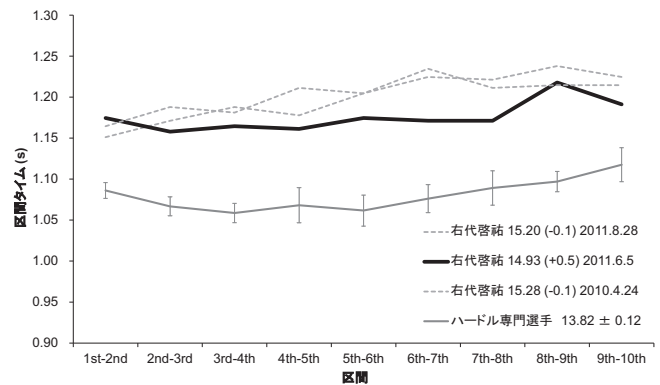


図14 110m ハードルの区間タイム

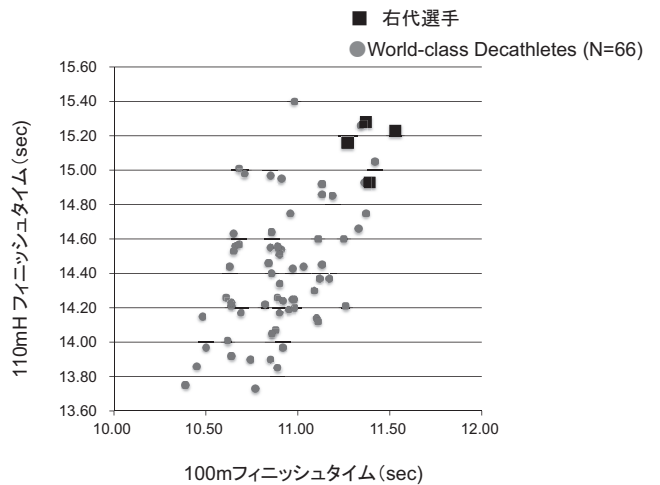


図15 100m と 110mH との関係

- 100m 走でのスプリント力は、2009 年より順調に向上していた。今後、右代選手の場合は加速と減速との関係性にも着目してパフォーマンス分析を検討し対策を練る必要がある。
- 走幅跳での課題は、現在の跳躍スタイルを保持しながら助走速度を高めることである。右代選手の場合、過去の傾向から 100m 走の走速度ピークあるいはフィニッシュタイム短縮を目指すことで連動的に克服できる可能性が高い。
- 400m 走では、前半区間でのさらなるスピードアップが求められる。その課題として身長比あ

たりのステップ長を延ばす（延びる）ことが必要かもしれない。また、150m から 185m 区間でのスピード低下（中だるみ）がないよう、レーススペースを踏まえたトレーニングも導入した方が良くだろう。

4. 110m ハードルでは、第1ハードルまでのスピードアップ、そして区間タイムのさらなる短縮が求められる。それにはスプリント力向上とその能力を活かしたハードル技術の習得が不可欠となる。

参考文献

- 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、6：104-122.
- 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、3：104-112.
- 松林武生、持田尚、本田陽、松田克彦（2012）陸上競技・混成選手のパフォーマンス分析．トレーニング科学研究会、27-35.
- MUREIKA, J. R. (2001) A Realistic Quasi-physical Model of the 100 Metre Dash. Canadian Journal of Physics, 79 (4), p. 697-713.
- 持田尚、杉田正明（2010a）世界陸上競技選手権大阪大会における決勝 400m 走レースのバイオメカニクス分析，世界一流競技者のパフォーマンスと技術，財団法人日本陸上競技連盟，51-75.
- 持田尚，松林武生，松尾彰文，松田克彦，本田陽，阿江通良（2010b）混成強化部への科学的サポート一得点分析からみた日本十種競技界の現状と課題一，陸上競技研究紀要，6：122-125.
- 持田尚，松林武生，松尾彰文，松田克彦，本田陽，阿江通良（2010c）十種競技選手のスプリント種目での走パフォーマンス分析，陸上競技研究紀要，6：126-136.

第13回世界陸上競技選手権大邱 (Daegu) 大会に出場した 競歩種目日本代表選手のコンディショニングについて

井本岳秋¹⁾ 三浦康二²⁾ 内田隆幸³⁾ 小坂忠広⁴⁾ 今村文男⁵⁾

1) スポーツ・ウェルネス総合企画研究所 2) 成蹊大学経済学部 3) 小松短期大学競歩部
4) 石川県立鶴来高等学校教諭 5) 富士通陸上競技部

要 旨

日本陸上競技連盟科学委員会は、2011年8月27日から同年9月4日まで、韓国大邱市で開催された第13回世界陸上競技選手権大会（以下、本大会と略記）に参加した競歩種目日本代表選手男・女7人中の6人を対象に、同年7月1日から下記の本大会までトレーニングする生活を観察した。

この報告書は、本大会（男子20kmW：2011年8月28日（日）、女子20kmW：同年8月31日（水）、男子50kmW：同年9月3日（土））まで、日本人選手たちがトレーニングする様子を、とくにコンディショニングの視点からまとめた。

- ①男子20 kmW は、鈴木雄介選手が1時間21分39秒で8位に入賞した。鈴木選手の自己ベストは1時間20分06秒であり、その差は1分33秒だった。
- ②女子20kmW は、大利久美選手が1時間34分37秒で20位、川崎真裕美選手が1時間35分3秒で22位、瀧瀬真寿美選手は途中棄権した。
- ③男子50 kmW は、森岡紘一朗選手が3時間46分21秒で6位、谷井孝行選手が3時間48分03秒で9位、荒井広宙選手が3時間48分40秒で10位だった。国際大会において、10位以内に1か国3人の選手がいる事は、とても珍しいことである。
- ④また10位になった荒井選手は、国際大会初参加で自己最高記録を出した。本大会に日本人選手は49人参加したが、自己記録を更新したのは荒井選手1人だった。
- ⑤まとめると、男子20 kmW、50 kmW でそれぞれ8位と6位に入賞し、2012年ロンドン五輪日本代表選手に内定した。しかし、女子20 kmW の3選手は、全般的に不調だった。以上の戦績を踏まえて、コンディショニングの様子を解説する。

⑥観察期間中の起床時心拍数の平均値を比較すると、女子選手は男子選手より高い傾向が認められた。また、男子間でも個人差が認められ、鈴木選手は高い傾向が、谷井選手や荒井選手は低い傾向がそれぞれ認められた。

⑦本大会前2週間の練習量を算出した。その結果、20 kmW に出場予定の選手も50 kmW に出場予定の選手も、調整の段階における練習量にあまり差はなかった。しかし、本大会5日前の練習量に顕著な個人差が現れた。これは、①選手自身の自由意思によるものである。しかし②競歩選手の普遍的な調整のあり方を検討する事例である。

⑧男子鈴木選手(20kmW)の5週間の練習量を基準(100%)にすると、女子大利選手(20kmW)は92%、川崎選手84%だった。しかし、週単位の練習量を比較すると、大会4週間前と3週間前はほとんど性差が認められなかった。この結果、女子選手の起床時心拍数と体温が終始高位置に分布している理由は、一時期男子と同程度の練習量を行っていたからではないかと考えられる。

⑨50kmW レース前の荒井選手の練習量を観察した。大会2週間前の1日は完全休養し、それから12日間に合計107 km、1日平均8.9 ± 3.7 kmの練習によって本大会を迎えていた。この間の起床時心拍数の平均値をみると、練習量の多い他の選手と比較して、荒井選手は際立って低い傾向が認められた。

⑩森岡選手の近年の成績ならびに本大会前の練習量を観察した。森岡選手は2010年11月の広州アジア大会で自己最高記録を出し、翌2011年4月の日本選手権で再び自己最高記録を更新し、両大会のタイム差は3分36秒であった。また2011年9月3日の本大会では、前2大会を補間するような記録だった。ところがこの3大会の前にそれぞれ

行われた6週間の練習量は少ない方が記録もよい傾向が認められた。

- ⑪男子3選手(森岡、谷井、荒井)の本大会前2週間の練習量と自己最高記録に対する本大会50kmW記録達成率の関係を観察した。その結果、レース前2週間の練習量が少ない方が自己最高記録の出る確率が高くなる可能性が示唆された。
- ⑫まとめると、荒井選手の国際大会初参加で自己最高記録に象徴されるような事例に習って、今後日本代表選手一人ひとりが、大会前2週間の練習量の配分をどのようにすべきか検討する必要がある。
- ⑬森岡選手はレース後の体重減少が顕著であった。大会当日の朝の体重は66.70 kgであったが、大会翌日は65.85 kg(大会当日を100%とした場合の減少率は-1.3%)、2日後65.60 kg(-1.7%)、3日後65.35 kg(-2.1%)を示した。レース後3日間は全く練習をしていないのに、体重が減り続けていた点が問題である。今後、レース後の体重の早期回復のために、医務室において脱水対応の点滴や水分補給に効果のある経口ドリンク(例:経口補水液OS-1)等の摂取を受けるなどが必要である。更に、強化合宿中のトレーニングする環境に於いて、これまで以上に給水条件を整える事が重要であると考えられる。

I はじめに

日本陸上競技連盟科学委員会は、2011年8月27日(土)から同年9月4日(日)までの9日間、韓国大邱市(Daegu-City)で開催された第13回世界陸上競技選手権大会に出場した競歩種目日本代表選手のトレーニングする生活を、2011年7月1日から本大会まで観察した。各選手について、コンディショニングの視点から情報をまとめたので報告する。

II 方法

対象者:本大会の競歩種目日本代表選手の身体的特徴は表1に示すとおり、男子4人、女子3人、合計7人である。選手たちはいずれも実業団に所属している社会人だった。

調査項目、方法:調査は、2009年度の本報告書¹⁾と同様の形式で行った。事前に内定している日本代表選手に対して2011年7月1日から本大会まで、毎日、起床時の①心拍数(bpm:拍/分)、②口腔温度(°C)、③体重(kg)ならびに④練習量(km/日)、

表1 競歩種目日本代表選手の身体的特徴

種目	氏名	年齢	身長	体重	BMI
		(歳)	(cm)	(kg)	(kg/m ²)
男子20kmW	Y. S.	24	169	56	20
	K. O.	26	160	45	18
女子20kmW	M. K.	31	167	52	19
	M. F.	25	161	45	17
男子50kmW	K. M.	26	184	65	19
	T. T.	29	166	57	21
	H. A.	23	180	61	19

⑤滞在先などを記入できる調査用紙を配布した。データ入力のためにパソコンを用いる選手は、統計ソフトExcelの様式に従って、日々のデータを入力してもらい、後日、電子メールに添付資料として、担当の科学委員会宛に送信してもらった。また、手書きの選手は、原本を本人が管理し、その写し(コピー)を郵送してもらい、筆者が集計した。

体温は、少数以下2桁までを表示できる市販の婦人体温計を用いて、口腔温度をベッドレストの状態です。なお、医学・生理学上は身体深部の温度(直腸温度等)の測定をもって体温と定義するが、本稿では早朝の口腔温度を、便宜上「体温」と呼ぶことにした。1分間の心拍数は触診、電子血圧計や時計(POLAR社製のハートレートメータ)等を使って各選手が統一した方法で測定した。体重は、100gもしくは10g単位の感度で表示できる同一の体重計を用い、各自で測定した。

練習量は、I:早朝(起床から朝食までの間)、II:午前中(朝食から昼食までの間)、III:午後(昼食から夕食までの間)に分けて、それぞれ歩行距離を練習量(km/日)として記載した。各選手によって記録された練習量の誤差は1回の練習で約10m以内と思われ、精度は高いものである。

なお、同じ距離の練習でも、設定タイムの良し悪しによって負荷強度は異なると思われるが、本研究では強度の検討は行わず、積算距離のみを指標として解析した。

III 結果と考察

①戦績について:本大会における競技成績は表2に示すとおりである。

②各選手のコンディショニング一覧表について

表3は鈴木雄介選手、表4は大利久美選手、表5は川崎真裕美選手、表6は森岡紘一朗選手、表7は谷井孝行選手、表8は荒井広宙選手である。

各選手(表3から表8まで)の項目の中から、心

表2 各選手の自己記録と本大会の記録

種目	氏名	自己記録		本大会の記録	
		20kmW	50kmW	記録	順位
男子20kmW (2011年8月28日)	Y. S.	1°20'06"		1°21'39"	8
	K. O.	1°32'17"		1°34'37"	20
女子20kmW (2011年8月31日)	M. K.	1°28'49"		1°35'03"	22
	M. F.	1°28'03"		記録なし	途中棄権
男子50kmW (2011年9月3日)	K. M.	3°44'45"		3°46'21"	6
	T. T.	3°47'23"		3°48'03"	9
	H. A.	3°48'40"		3°48'40"	10

表3 鈴木雄介選手のコンディショニング一覧表

項目	(単位)	例数	平均値	標準偏差	最大値	最小値
起床時刻	(時:分)	35	6:26	0:44	8:00	6:00
就寝時刻	(時:分)	35	22:24	0:28	23:00	22:00
睡眠時間	(時:分)	35	8:00	0:55	10:00	7:00
体温	(°C)	33	36.42	0.14	36.69	36.13
心拍数	(bpm)	33	51.3	4.5	60	45
体重	(kg)	34	57.0	0.3	57.6	56.3
朝練習	(km)	17	8.6	1.7	10	4
午前練習	(km)	17	13.8	4.8	25	6
午後練習	(km)	22	10.5	5.1	25	5
一日練習量	(km/日)	34	18.1	6.8	35	9

表4 大利久美選手のコンディショニング一覧表

項目	(単位)	例数	平均値	標準偏差	最大値	最小値
起床時刻	(時:分)	39	6:13	0:29	8:15	5:55
就寝時刻	(時:分)	39	22:55	0:31	23:45	21:40
睡眠時間	(時:分)	38	7:16	0:36	8:35	6:20
体温	(°C)	37	36.28	0.16	36.61	36.00
心拍数	(bpm)	37	62.54	3.37	68.00	54.00
体重	(kg)	39	45.23	0.49	46.60	44.45
練習前体重	(kg)	23	45.45	0.44	46.20	44.70
練習後体重	(kg)	20	44.57	0.58	45.45	43.20
体重差	(kg)	20	-0.87	0.29	-0.40	-1.50
朝練習	(km)	10	8.1	1.3	10	7
午前練習	(km)	24	13.7	4.8	27	9
午後練習	(km)	26	7.9	4.4	22	3
一日練習量	(km/日)	38	16.2	7.4	32	5

表5 川崎真裕美選手のコンディショニング一覧表

項目	(単位)	例数	平均値	標準偏差	最大値	最小値
起床時刻	(時:分)	38	5:47	0:19	6:30	5:00
就寝時刻	(時:分)	39	22:05	0:12	22:30	21:40
睡眠時間	(時:分)	38	7:42	0:12	8:30	7:20
体温	(°C)	39	36.59	0.17	36.97	36.34
心拍数	(bpm)	39	53.23	1.98	57.00	50.00
体重	(kg)	38	52.9	0.6	53.7	51.0
朝練習	(km)	13	7.4	1.7	11.0	5.0
午前練習	(km)	21	12.5	5.8	25.0	7.5
午後練習	(km)	24	8.7	2.9	15.0	5.0
一日練習量	(km/日)	36	15.8	5.6	25.0	5.0

拍数を表9にまとめた。平均値をみると個人差があり、とくに女子選手は男子選手より高い傾向が認められた。

また、男子間でも個人差が認められ、とくに鈴木選手の平均値は高い傾向が認められた。これに対し

表6 森岡紘一朗選手のコンディショニング一覧表

項目	(単位)	例数	平均値	標準偏差	最大値	最小値
起床時刻	(時:分)	42	6:04	0:24	7:30	5:00
就寝時刻	(時:分)	42	22:26	0:16	23:00	21:30
睡眠時間	(時:分)	41	7:36	0:20	8:30	7:00
体温	(°C)	40	36.28	0.14	36.68	35.97
心拍数	(bpm)	40	45.5	2.4	55	42
体重	(kg)	40	66.0	0.4	67.1	65.1
練習前体重	(kg)	36	66.4	0.5	67.8	65.35
練習後体重	(kg)	36	65.4	0.7	66.75	63.9
体重差	(kg)	36	-1.1	0.5	-0.2	-2.15
朝練習	(km)	9	8.9	1.5	10	6
午前練習	(km)	28	18.5	8.6	37	8
午後練習	(km)	29	11.3	6.0	30	4
一日練習量	(km/日)	39	23.8	10.5	43	8

表7 谷井孝行選手のコンディショニング一覧表

項目	(単位)	例数	平均値	標準偏差	最大値	最小値
起床時刻	(時:分)	42	5:45	0:33	7:00	4:10
就寝時刻	(時:分)	42	22:30	0:32	23:00	21:20
睡眠時間	(時:分)	41	7:14	0:33	8:30	6:10
体温	(°C)	42	36.04	0.25	36.74	35.85
心拍数	(bpm)	42	43.1	2.9	48	37
体重	(kg)	42	58.13	0.38	58.90	57.30
練習前体重	(kg)	41	58.20	0.34	58.90	57.55
練習後体重	(kg)	41	57.52	0.38	58.20	56.95
体重差	(kg)	41	-0.69	0.30	-0.20	-1.40
朝練習	(km)	30	11.2	7.7	30	3
午前練習	(km)	12	18.1	10.3	45	7
午後練習	(km)	24	10.5	2.4	15	4
一日練習量	(km/日)	41	19.6	11.1	55	7

表8 荒井広宙選手のコンディショニング一覧表

項目	(単位)	例数	平均値	標準偏差	最大値	最小値
起床時刻	(時:分)	42	6:07	0:36	9:00	5:45
就寝時刻	(時:分)	42	22:35	2:04	23:30	9:30
睡眠時間	(時:分)	41	7:13	0:41	10:00	6:20
体温	(°C)	38	35.90	0.21	36.48	35.4
心拍数	(bpm)	39	40.10	2.64	47	36
体重	(kg)	36	60.66	0.63	62	59.3
練習前体重	(kg)	27	60.87	0.68	62.4	59.5
練習後体重	(kg)	30	59.52	1.81	61.5	50.7
体重差	(kg)	25	-1.12	0.57	-0.3	-2.3
朝練習	(km)	14	5.1	3.4	10	1
午前練習	(km)	31	14.9	9.6	40	1
午後練習	(km)	28	8.5	7.1	30	1
一日練習量	(km/日)	41	18.1	11.5	49	1

て、谷井選手や荒井選手は低い傾向がそれぞれ認められた。

各選手の体温と心拍数の分布ならびに回帰直線を、それぞれ図1に示した。この中で川崎真裕美選手は、両者の相関関係(図中の心拍数50~55拍/分の間にある回帰直線が真横に推移)が弱く、体温の変化に対して心拍数が平衡に分布しない傾向が認められた。つまり、起床時の体調を判断する目安としては、心拍数に信頼性がないので、体温の変化を重視して、その日のコンディショニングを判断すべきである。

表9 観察期間中の起床時心拍数 (bpm)

種目	氏名	例数	平均値	標準偏差	最高値	最小値
男子20kmW	鈴木雄介	33	51.3	4.5	60	45
女子20kmW	大利久美	37	62.5	3.4	68	54
	川崎真裕美	39	53.2	2.0	57	50
男子50kmW	森岡紘一朗	40	45.5	2.4	55	42
	谷井孝行	42	43.1	2.9	48	37
	荒井広宙	39	40.1	2.6	47	36

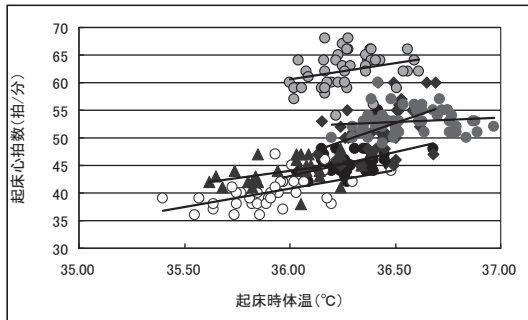


図1 各選手の早朝体温と心拍数の関係
 (○:荒井広宙;心拍数 35～40 拍/分に分布、
 ▲:谷井孝行;心拍数 40～45 拍/分に分布、
 ●:森岡紘一朗;心拍数 45 拍/分あたりに分布、
 ◆:鈴木雄介;心拍数 50 拍/分に分布、
 ●:川崎真裕美;心拍数 50～55 拍/分に分布、
 ○:大利久美選手;心拍数 60～65 拍/分に分布)

③大会前2週間の練習量について

本大会前2週間の練習量をトレンドグラフで描くと、図2に示すとおりである。また、同期間の累積練習量は、図3に示すとおりである。その結果、20 kmW にエントリーしている選手も 50 kmW にエントリーしている選手も、大会前の練習量にあまり差がないことが分かる。これは両種目の特徴（距離の相違）から考えて、今後、大会直前の練習量をどうすべきか、一つの課題と思われる。つまり、個人差を重視すべき事例として扱うか、もしくは統計処理して統一見解を出すかどうか、今後、国際大会における日本人競歩選手の「練習量」を一步踏み込んで考えるべきである。

詳細にみると、図2の大会より5日前の練習量は競技種目、性差に関係なく一日10 km未満の選手と、18～30 km未満の選手に分かれている。

このような分布を「大会直前の調整段階における個人差」と理解すれば議論の必要はない。少なくとも大会直前に疲労が残るような多くの練習量を好む選手はいないと思われるので、大会5日前の練習量の顕著な個人差は、①選手本人の自由意思を大切にすべき事項である。しかし②競歩選手の社会集団と

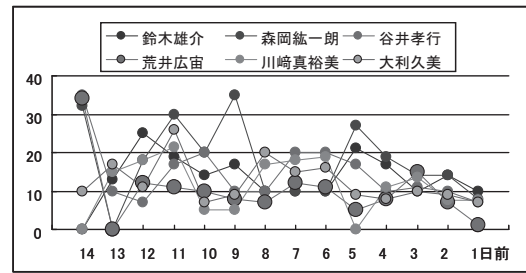


図2 本大会前2週間の各選手の練習量のトレンドグラフ

しての普遍的な調整のあり方を理解し、無難な練習量に留める情報を提供すべきである等、二つの考え方がある。

これら2つの見解に対して、図3は大会前2週間の練習量を選手間で比較したものである。左から20 kmW 代表の男子鈴木雄介選手、女子大利久美選手、川崎真裕美選手の順に並んでいる。鈴木選手の練習量を基準(100%)にすると、大利選手92%、川崎選手84%だった。しかし、週間練習量を5週間にさかのぼって比較すると図4に示すとおり、大会4週前と3週前はほとんど性差がない傾向だった。この結果、図1の女子選手の起床時心拍数と体温が高位置に分布している理由は、男子と一時期同程度の練習量を行っていたからではないかと考えられる。しかし、なにぶんにも負荷強度が分からず、距離の積算だけの一側面だけでは、練習量が多いか少ないかを安易に扱ってはいけないと思われる。

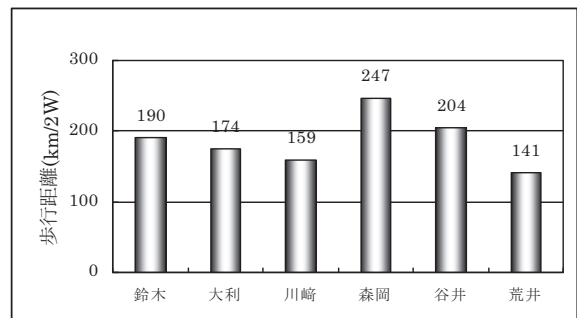


図3 レース前2週間の練習量 (km)

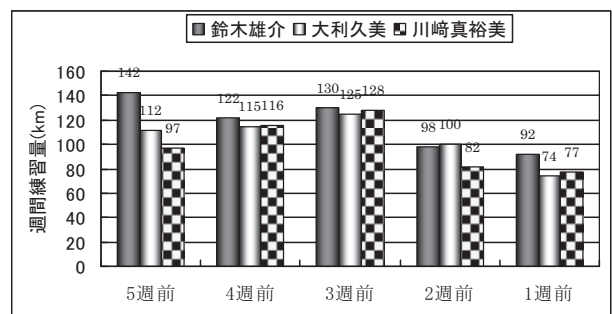


図4 20 kmW レース前の男女の週間練習量

④国際大会への初参加で自己最高記録を出した荒井広宙選手について

荒井選手の50kmWレース前の練習量は、図5に示すとおりである。X軸の数字(日数)は、記録を取り始めてから順番に並んでいるので、右端の43番目の「50」kmになっているところが、本大会の距離を表示している。したがって、日数30日から42日までの間が大会直前の練習量である。

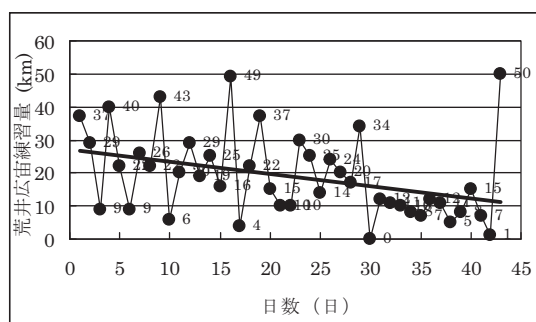


図5 荒井広宙選手の練習量のトレンドグラフ

また、図5の右下がりの実線は、練習量の変化を統計処理し描いた回帰直線である。これにより大会に向けた練習量は明らかに減っている傾向が認められる。とくに大会2週間前(X軸の30日)には完全休養し、それから12日間に合計107km、1日平均8.9±3.7 kmの練習によって本大会を迎えている。さらに驚いたことは、大会前日練習量は1 kmで終わっている。

この間の選手全員の起床時心拍数は、表10に示すとおりである。荒井選手は練習量の多い他の選手(図3)と比較して、心拍数の低さが際立っていた。この結果、図1では心拍数と体温の関係でも一番低いところに分布(○)していた。

荒井選手のコーチをつとめる内田氏(小松短期大学競歩部監督)は、「荒井はここに至るまで十分トレーニングを積んできているので、大会直前の練習量は極端に減らして疲労を除いてやらなければ50kmWでは後半に失速する」というのが、これまでの経験から導き出された内田氏のトレーニング理論である。

一方、著者が「競歩」への支援を担当して、サポートするようになってから3年目の2011年の事である。強化合宿に帯同した時、今村氏(富士通)に「私(著者)が「競歩」を担当するようになってから3年になりますが、まだ国際大会において「日本代表選手が自己記録を更新した例がみられない」ことを案じて、科学委員会のサポート(帯同や調査研究、支援)のあり方に対して、反省の弁を述べたことがある。

表10 各選手の本大会前2週間の起床時心拍数の平均値と標準偏差

日数	鈴木	大利	川崎	森岡	谷井	荒井
14日前	45	60	57	44	46	38
13日前	47	57	54	45	44	38
12日前	50	62	53	44	37	38
11日前	45	60	53	44	38	38
10日前	48	63	53	44	44	39
9日前	48	59	52	42	42	42
8日前	55	54	51	55	41	41
7日前	51	59	51	44	41	39
6日前	50	63	51	46	39	
5日前	46	60	52	45	39	42
4日前	50	58	52	45	41	42
3日前	52	61	51	46	39	41
2日前	47	59	51	45	45	46
1日前	50	59	53	48	43	44
平均	48.9	59.6	52.4	45.5	41.4	40.6
標準偏差	2.8	2.4	1.7	3.1	2.8	2.6

すると、今村氏は「2000年代の10年間に、国際大会で自己ベスト記録を出した選手は、ほとんどいない」のが現実であると述べられ、そのことは雑誌「月刊陸上競技」²⁾にも掲載されている。したがって、2010年広州アジア大会男子50 kmWにおいて森岡紘一朗選手が3位入賞と自己記録(3時間47分21秒)を更新したことは、とても重要であり意義深いと思われる。

⑤森岡紘一朗選手について

森岡選手の近年の成績ならびに大会前の練習量は、表11に示すとおりである。また、表11の3大会におけるレース前日から遡って6週間の練習量と記録の関係は、図6に示すとおりである。

森岡選手は2010年11月に広州アジア大会で自己最高記録を出し、翌年2011年4月の日本選手権でも再び自己最高記録を更新し、両大会のタイム差は3分36秒であった。また2011年9月3日の本大会では、前2大会を補間するような記録だった。ところがこの3大会の前にそれぞれ行われた6週間の練習量と記録の関係をみると、練習量が少ない方が50 kmWにおける記録もよい傾向が示された。

男子競歩種目50 kmWは、4時間近いレースであり、多くの環境因子(季節、気温、湿度、風向き、日射量や雨量、空気の粉塵や花粉の濃度、地形など)がリスクであり、戦績(順位やタイム)を事前に予測することは容易でない。したがって、そのような多因子から競技成績を解明しようとしても、外部環境への対応策はなすすべがないと考えられる。また、選手間の環境条件はほとんど同じであることから、戦績の良し悪しに対して日本人選手だけにリスク管理を試みても、あまり意味がない。

これに対して、練習量、食生活、健康管理面に対

表 11 森岡紘一朗選手の 50kmW と大会前の練習量について

大会名	第16回広州アジア競技大会	日本選手権輪島大会	第13回大邱世界選手権
日付	2010年11月 3°47' 21"	2011年4月 3° 44' 45"	2011年9月 3°46' 21"
記録	国際大会で自己新記録樹立、3位銅メダル	自己新記録で優勝	自己最高記録から2番目の記録で6位入賞
大会前6週	213	165	146
大会前5週	182	182	183
大会前4週	130	147	180
大会前3週	167	172	154
大会前2週	147	130	145
大会前1週	111	98	102
6週合計(km)	940	894	910
大会前1ヵ月(km)	545	547	581

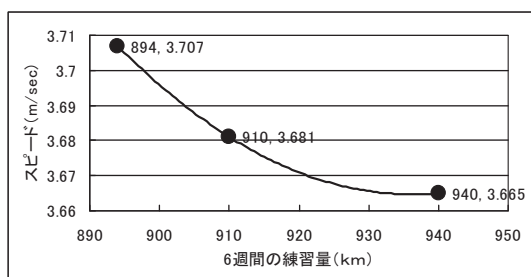


図 6 森岡選手の 3 大会における 6 週間前の練習量と記録との関係 (3 大会の記録を平均スピード (m/sec) であらし比較すると、6 週間の練習量が少ない方が大会記録 (速いスピードで歩いている) もよい傾向が示された。図中の実線は、多項式から計算し、推移曲線の近似値を求めた。)

する事前の準備、対応は戦略上十分可能であるので、以下に述べる。

⑥男子 50 kmW の記録と大会前 2 週間の練習量について

日本人 3 選手 (■: 森岡選手、▲: 谷井選手、●: 荒井選手) の本大会前 2 週間の練習量と自己最高記録に対する本大会 50 kmW 記録達成率の関係をみると、図 7 に示すとおりである。荒井選手 (●) は本大会で自己最高記録を出しているため達成率は 100% である。谷井選手 (▲) は本大会の記録は自己ベストから 3 番目の記録で達成率は 99.8% だった。また森岡選手 (■) は 2011 年 4 月の国内レースで自己最高記録を出している。それに基づき 2010 年広州アジア大会と本大会の達成率を掲載した。

この結果、レース前 2 週間の練習量が少ない方が自己最高記録の出る確率が高くなる可能性が示唆された。

選手強化のためのトレーニングのあり方は、「過

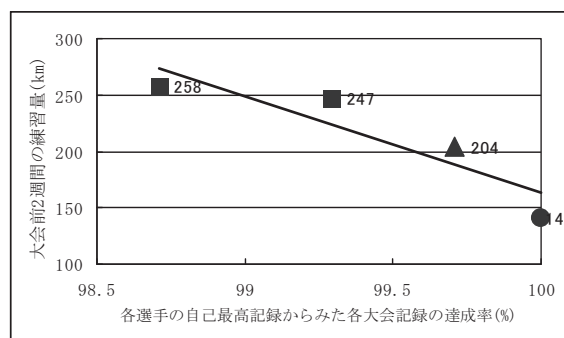


図 7 50km 競歩における大会 2 週間の練習量と記録達成率との関係

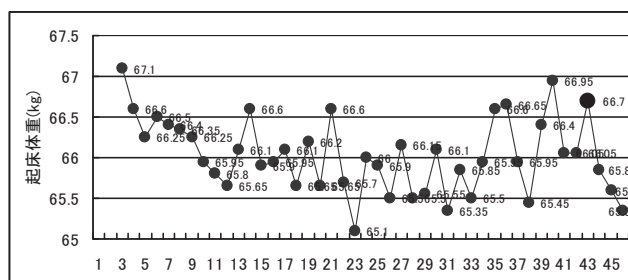


図 8 森岡紘一朗選手の観察期間中の早朝体重のトレンドグラフ

負荷の原理に従う」ことは言うまでもない。著者は 2009 年¹⁾、2010 年³⁾ の本報告書において練習量の観察期間を 3 か月行っていた。その結果、日本代表選手は国際大会に向けて月間練習量は 600 ~ 1,000km に及んでいた。しかし、各選手は、大会に向けて練習量を減らすことは共通認識している。問題は「その減らし方、もしくは時期相当の分量や配分」が分からないのではないかと考えられる。

本研究の結果からいえることは、荒井選手の国際大会初参加で自己最高記録に象徴されるような事例に習って、今後日本代表選手一人ひとりが、大会前 2 週間の練習量をどのようにすべきか、検討すべき課題である。

⑦ 50 kmW レース後の体重減少について

競歩はレース中の時間の長さから考えて、給水ならびに脱水症状回避の戦いでもある。本大会で、瀧瀬真寿美選手がレース中に棄権したのも「脱水症状」との関わりがあるものと思われる。

図 8 は、本大会前後の森岡紘一朗選手の体重のトレンドグラフである。

問題の体重変化は観察期間 X 軸の 43 日目以降である。大会当日の朝の体重は 66.7 kg であった。50 kmW レースの翌日 (1 日後) は 65.85 kg (大会当日を 100% とした減少率 -1.3%)、2 日後 65.60 kg

(-1.7%)、3日後65.35 kg (-2.1%)を示した。問題は、レース後3日間は全く練習をしていないのに、体重が減り続けている点である。脱水の条件を体重で判断すると5%以上減少したところから生理的異常が現れるといわれている。しかし、レース後の3日後の体重減少が2.1%というのは、由々しき事態である。この時、水分の不足というより、一般には代謝の異化更新が顕著に現れ、尿中への残余窒素(クレアチニン、尿酸、尿素窒素など、体内のタンパク代謝のゴミ)の排泄がピークになる時期である。女子20 kmWの選手も含めて、レース後数日間の体重管理は健康状態の把握に重要である。したがって、今後レース後の体重の早期回復のために、様々な取り組みが必要と思われる。

今回の経験から、食事や飲料水等による経口的な水分摂取の方法には限界があると考えられる。競歩選手はレース後、医務室において点滴やそれと同等の効果のある経口補水液(例:OS-1)の供給を行うなどの対策が必要である。

図9は森岡選手の本大会前45日間の練習量と翌朝の体重との関係である。練習量が一日合計距離にして30 kmを超えると、翌朝の体重が顕著に減少する傾向が観察された。

とくに練習量が30kmを超えると翌朝の体重は-1.0 kg以上減少する傾向を示して、体重が一夜では回復しない傾向が認められた。

一方、本大会50 kmWの翌日の方が体重減少は少ない(X軸50の●: -0.95 kg)傾向が認められた。つまり、本大会の給水環境の方が練習時の給水環境より整っていた可能性が示唆された。

今後は、普段の練習する会場に於いて、これまで以上に給水環境を整備する事が重要である。

IV まとめ

日本陸上競技連盟科学委員会は、2011年8~9月に韓国で開催された第13回世界陸上競技選手権大邱(Daegu)大会に参加した競歩種目代表日本選手男女7人のうち6人(男子4人、女子2人)を対象に、同年7月1日から同年9月5日までトレーニングする生活を観察した。本研究は、とくにコンディショニングの視点からまとめたので報告する。

1) 観察期間中の起床時心拍数の平均値を比較すると、女子選手は男子選手より高い傾向が認められた。また、男子間でも個人差が認められ、鈴木選手の平均値は高い傾向が、谷井選手や荒井選手は低い傾向がそれぞれ認められた。

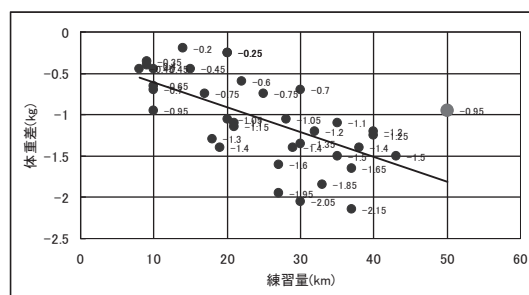


図9 森岡選手の一日練習量と体重差の関係

一日練習量と体重差(練習した翌朝の体重から練習前体重を引いた値)の関係。両者は負の相関関係を示し、練習量が長くなれば翌朝起床時の体重減少も大きくなっていった。これに対して、50 kmW後の翌朝の体重減少は差ほどでもなかった。この理由は、大会では給水スペースは確立されていて、練習の時より給水環境が整っていたと思われる。むしろ普段のトレーニング環境の方が給水不備によるリスクが大きいことを意味している。

- 2) 本大会前2週間の練習量を算出した。その結果、20 kmWに出場予定の選手も50 kmWに出場予定の選手も、練習量にあまり差はなかった。これは両種目の特徴(距離の相違)から考えて、今後、大会直前の各選手の練習量(男女差)をどうすべきか、一つの課題と思われる。これに対して、本大会5日前の練習量の顕著な個人差は、①選手本人の自由意思を尊重にすべき事項である。しかし、②競歩選手の社会集団として、普遍的な調整のあり方を理解し無難な練習量にする考え方もある。
- 3) 男子鈴木選手の練習量を基準(100%)にすると、女子大谷選手92%、川崎選手84%だった。しかし、週間練習量を5週間にわたり比較すると、大会4週前と3週前に性差はほとんどなかった。この結果、女子選手2人の起床時心拍数と体温が終始高位置に分布した理由は、男子と一時期同程度の練習量を行っていたのが原因と考えられる。
- 4) 荒井選手の50kmWレース前の練習量を観察した。大会2週間前の1日は完全休養し、それから12日間に合計107km、1日平均 8.9 ± 3.7 kmの練習によって本大会を迎えていた。この間の起床時心拍数と体温は、練習量の多い他の選手と比較して、荒井選手の心拍数、体温の低さは際立っていた。
- 5) 森岡選手の近年の成績ならびに本大会前の練習量を観察した。森岡選手は2010年11月に広州アジア大会で自己最高記録を出し、翌2011年4月

の日本選手権でも再び自己最高記録を更新した。また 2011 年 9 月 3 日の本大会では、前 2 大会を補間するような記録だった。ところがこの 3 大会の前にそれぞれ行われた 6 週間の練習量をみると、練習量が少ない方が 50 kmW における記録はよい傾向が認められた。

- 6) 男子 3 選手（森岡、谷井、荒井）の本大会前 2 週間の練習量と自己最高記録に対する本大会 50 kmW 記録達成率の関係を観察した。その結果、レース前 2 週間の練習量が少ない方が自己最高記録の出る確率が高くなる可能性が示唆された。
- 7) 荒井選手の国際大会初参加で自己最高記録に象徴されるような事例に習って、今後日本代表選手一人ひとりが、大会前 2 週間の練習量の配分をどのようにすべきか、検討すべきである。
- 8) 本大会では、レース後の体重減少が顕著であった。森岡選手は大会当日の朝の体重は 66.70 kg であったが、大会翌日（1 日後）は 65.85 kg（大会当日を 100 % とした場合の減少率は -1.3 %）、2 日後 65.60 kg（-1.7 %）、3 日後 65.35 kg（-2.1 %）を示した。このように、レース後 3 日間は全く練習をしていないのに、体重が減り続けていた。今後はレース後の体重の早期回復のために、医務室において点滴やそれと同等の水分補給に効果のある経口補水液（例：OS-1）の供給を受けるなどの取り組みが必要である。また、今後は強化合宿中のトレーニングする環境に於いても給水条件を整える事が必要である。

V あとがき

本報告のために多大なご協力をいただき、ご苦勞をかけた関係者の皆様、選手の方々に、心より感謝の意を表します。

VI 参考文献

- 1) 井本岳秋ほか：2008 年 第 29 回北京オリンピック大会に出場した競歩種目日本代表選手のコンディショニングについて．陸上競技研究紀要 5：71-83, 2009
- 2) 月刊陸上競技（講談社）. 45（9）, 190-194. 2011
- 3) 井本岳秋ほか：2009 年 第 12 回世界陸上競技選手権ベルリン大会に出場した競歩種目日本代表選手のコンディショニングについて．陸上競技研究紀要 6：91-101, 2010

女子マラソン代表選手のコンディショニングサポートについて

杉田正明¹⁾ 松尾彰文²⁾ 長沼祥吾²⁾ 高林俊幸³⁾ 河野 匡⁴⁾ 武富 豊⁵⁾

林 清司⁶⁾ 山下佐知子⁷⁾

1) 三重大学 2) 国立スポーツ科学センター 3) 筑波大学 4) 大塚製薬 5) 天満屋
6) ダイハツ 7) 第一生命

はじめに

1968年メキシコオリンピック以来の日本陸連としての高地トレーニングは、1990年代初期に中国・昆明、アメリカ・ガニソン、アラモサ、ポウルダーなどで長距離・マラソン選手を対象とした長期の強化合宿が行われ、高地トレーニングが再開した。この時、当時の陸連・科学委員長であった小林寛道先生や川原貴先生（当時・東京大学）らが中心となって、医科学スタッフが合宿に帯同するかたちでの本格的な医・科学サポート活動の実施が、その後の競技力向上に大きな貢献を果たしたといえる。それらの取り組みは、今日までの長距離・マラソン・競歩選手達のコンディショニングづくりのベースとなる基盤となり、様々なノウハウとなって各チームなどで蓄積されてきている。

一方、文部科学省により、2008年からチーム「ニッポン」マルチ・サポート事業が新規に立ち上がり、充実したサポート体制が図られた。これは、ロンドンオリンピックでメダル獲得が有力視されるトップレベル競技者に対して、スポーツ医・科学、栄養学等を活用した多方面からの専門的かつ高度な支援を包括的に行う事業である。女子マラソンもその対象競技として認定され、ロンドンオリンピックに向けた様々な取り組みの中で、いかにして疲労状態を可視化するかについての「コンディショニングチェック」について、強化委員会女子マラソン部とともに、国立スポーツ科学センター、筑波大学の関係者と一体になって取り組んできた。

本稿では、ロンドンオリンピックに向けた主にコンディショニングサポートの取り組みの一部を報告する。

内容

対象は、ロンドンオリンピック女子マラソン代表選手の重友梨佐（天満屋）、木崎良子（ダイハツ）、尾崎好美（第一生命）の3選手であった。

マルチサポート事業としてのコンディショニングサポートは、2010年度後半からスタートしたが、後に述べるコンディショニングデータベースシステムの項目の選定から始まり、実際に試用し、高地合宿（ポルダー）でのサポート活動などを世界陸上テグ大会までの間に何名かの選手を対象にトライアルとして実施した。それらを踏まえてコンディショニングデータベースシステムの入力項目を決定し、ユーザーインターフェイスや使い勝手の改良・改善が繰り返され、更に高地合宿等で行うサポート内容が精査された。2012年3月15日に代表選手（含補欠選手）、各チームの関係者、強化やサポートのスタッフ関係者等が一堂に会したミーティングをNTCで行い、ロンドンオリンピックに向けた日々のコンディショニングサポートが本格的にスタートした。

コンディショニングデータベースシステムの活用

コンディショニングデータベースシステムは、筑波大学で開発されたシステムで、選手自身の日々のトレーニングや体調、コンディショニングチェックの結果を、監督らアクセス権を許可された者のみが小型PCやipadなどの情報端末で、インターネットを介してどこにいても確認することができるシステムである。

システムの詳細については記載を省くが、毎日、選手たちが入力した項目、内容については、以下の通りである。主観による項目については、10段階評価とし、10が最良を示すようにした。

起床時：就寝時刻、起床時刻、睡眠時間、寝付き、

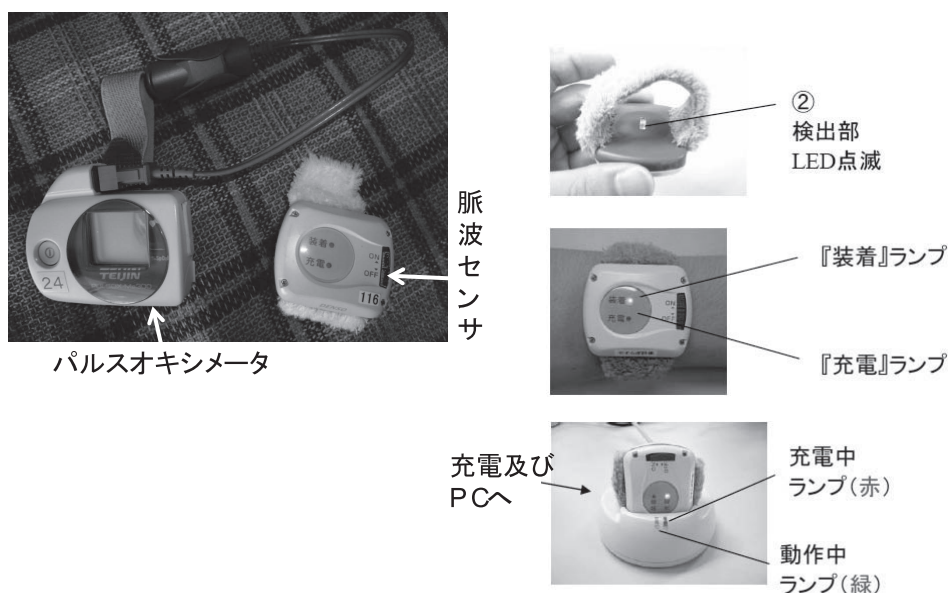


図1 パルスオキシメータおよび脈波センサについて

寝起き、体重、基礎体温、疲労感、脈拍数、SpO₂、感想など

朝練習、本練習（午前、午後）：天候、気温、湿度、開始時刻、終了時刻、練習時間、練習強度、練習意欲、達成度、走行距離、練習内容、感想など

就寝時：便通／状態、便通／回数、食欲（朝）、食欲（昼）、食欲（夜）、自信／安定感、マッサージ等、痛み／張り、通院、感想

通院服薬：傷害／疾病、通院、服薬、部位、服用薬
日常コンディショニング：尿検査（尿比重、PH、蛋白、糖、ケトン体、潜血、ウロビリノゲン、ビリルビン、クレアチニン（尿）、亜硝酸塩、白血球）など。

アスリートチェック：血液検査（赤血球、ヘモグロビン、ヘマトクリット、網状赤血球、血清鉄、総鉄結合能、フェリチン、白血球、CRP、総蛋白、アルブミン、総-Ch1、HDL-Ch1、LDL-Ch1、尿酸、クレアチニン、尿素窒素、GOT、GTP、γ-GTO、ALP、TSH、CPK、LDH、テストステロン、NK細胞活性、中性脂肪、Trap-5b、Na、K）

試合／実施日：天候、気温、湿度、大会名、種目、ラウンド、記録／トラック、記録／ロード、感想

上記の内容の数値情報は、期間（月単位）を指定してグラフで見ることが可能なシステムであるため、選手はもちろんのこと、監督は日々のコンディションの確認を選手と離れていてもどこにいても容易に行うことができ、大変好評であった。筆者は、このシステムにアクセスすることが許され、全選手のデータを定期的に確認し、所属の監督に報告や連絡を取るといった体制がとられた。このシステムに

日々のコンディションデータを入力する3選手の間はかなり大変だったと思われるが、慣れれば何とか問題ないとのことであった。こうしたデータベースが充実することは、大変意義深く、今後も項目を精査するなどして継続することが望まれる。

合宿帯同時のコンディショニングサポート

高地合宿には、ボウルダー（2011年6月）、アルバカーキ（2012年4月）、フラッグスタッフ（2012年6月）と計3回、国立スポーツ科学センターのスタッフの協力を得て、支援活動を行った。

その際に、上記に示したコンディションチェックの中で、起床時の脈拍数、動脈血酸素飽和度（SpO₂）は、日々の順化の程度やコンディショニングを知る上で重要であった。これらはパルスオキシメータ（図1）を用いて選手自身に計測してもらった。

高地順化の様子は、起床時のSpO₂や脈拍数の毎日の水準等から知ることができる。高地到着後のSpO₂は平地環境の値に比べ低値を示すが、個人差も大きい。しかし、滞在の経過とともに徐々にSpO₂の水準は増加がみられるのが一般的である。もしこの値が、大きく低下するようであれば、疲労回復の遅れを意味しており、トレーニングによって生体にかかる負担度が大きいので、トレーニングの時期、状況によっては内容や強度及び量を調節する必要があるとされている。高地到着後の脈拍数は、高い値を示すが、その後3～4日間は徐々に低下を示し、高地に順応するとともに減少するのが一般的である。しかし、その後はトレーニングの内容等によって変動する。評価としての考え方としては、高

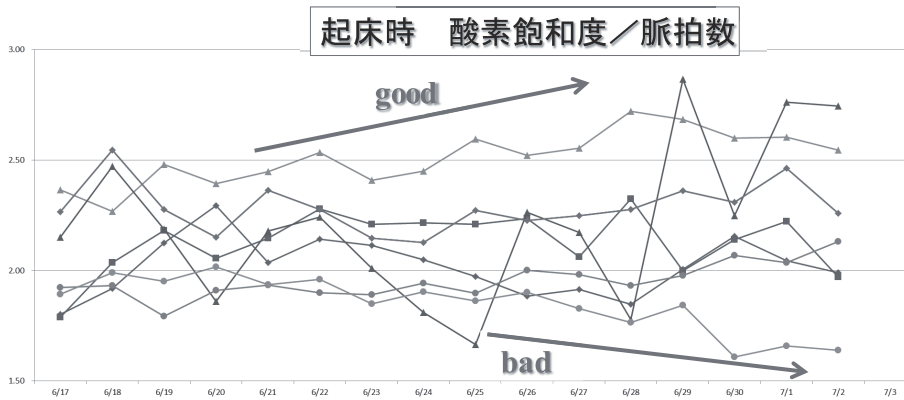


図2 ボウルダー合宿時（2011年6月～7月）の起床時データの一例

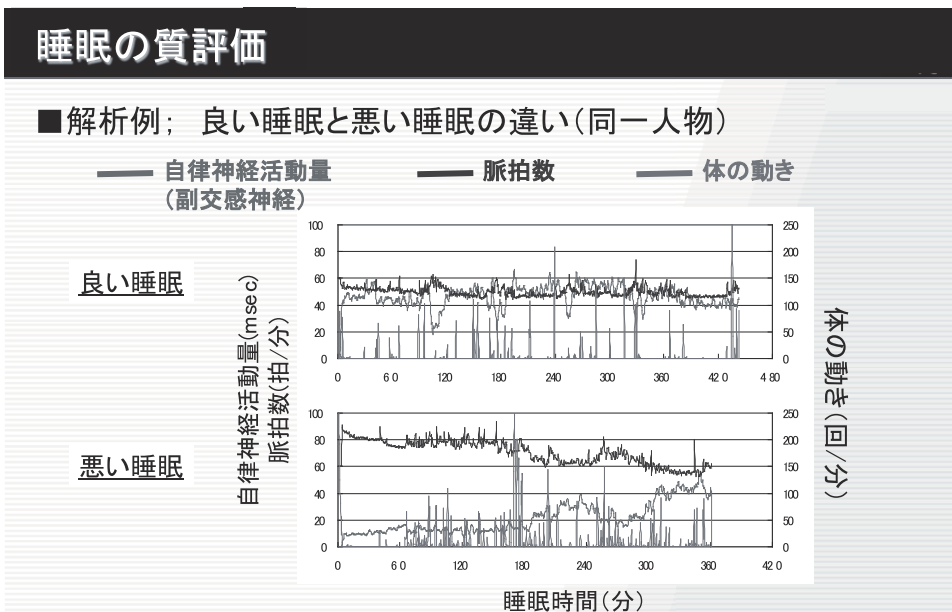


図3 自律神経活動量、脈拍数、体の動きからみた質評価

地において選手の体調が良好なときは、起床（安静）時のSpO2は高く、心拍数は低いということである。また、SpO2／脈拍数は、高地での呼吸機能と循環機能の両面を併せ持つ指標と考えることができ、この指標の低下は、1拍あたりのSpO2の低下を意味し、コンディションの低下を意味するものであり、評価の指標として有用である（図2）。

このように、起床時の脈拍数、SpO2の計測値や尿検査などを日々の重要なコンディション情報として監督、コーチらにフィードバックを行い、データと実際のトレーニングの状況や選手の状態などを突き合わせながら、これらの理解を深めることができた。

睡眠時の自律神経

睡眠中の自律神経の活動状態を計測できる機器を（株）デンソーと共同開発し、合宿中に活用し

た。これは、腕時計型脈波センサを用いて、CD（ComplexDeModuration）法により、センサに内蔵したマイコンで、リアルタイムに自律神経活動の評価を可能とする脈波センサ（図1）である。この方法による計測は、心電図解析と同等精度で睡眠中の解析が可能であることが報告されている。

睡眠中に手首にセンサを装着するだけで睡眠中の脈波を計測でき、自律神経活動量（交感神経、副交感神経）、脈拍数、体の動き、睡眠時間等から睡眠の質、量のある程度評価できるものである（図3）。選手は、就寝前にセンサを手首に装着し、センサのスイッチを入れてもらうのみで計測ができ、翌朝、PCに接続してデータを転送すれば、図4、図5のような結果が得られ、日々の睡眠の状態からトレーニングや時差の影響を推し量る試みを行うことができた。さらに、他のコンディションデータとの突き合わせを行うことで、選手の状態をより詳しく知るこ

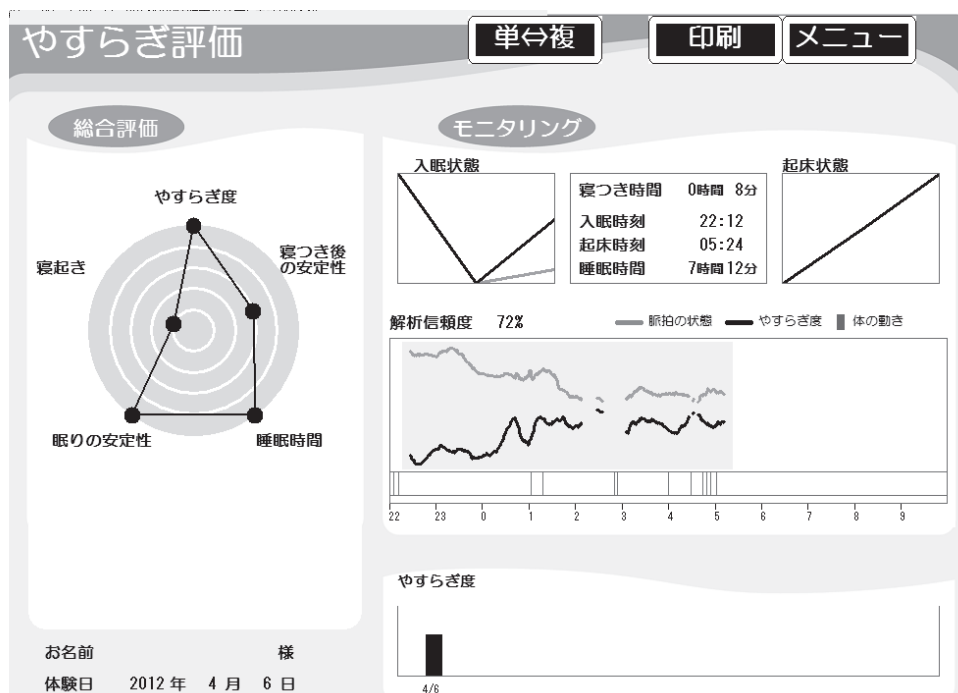


図4 ある選手のある日の脈波センサの解析事例（アルバカーキ，2012.4.6）

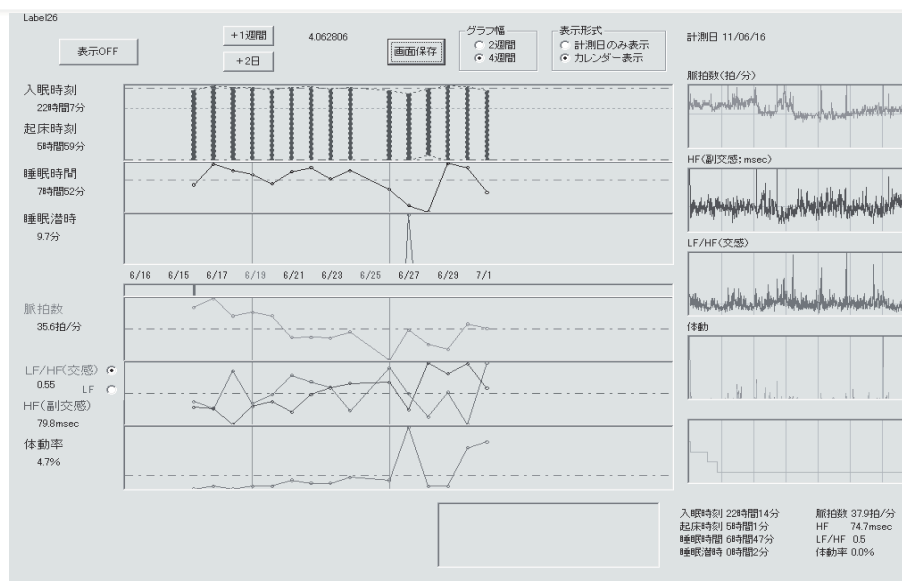


図5 ある選手の長期にわたる脈波センサの解析事例（ボウルダー，2011.6.15-7.1）

とができた。

これら以外にも筑波大学で開発された装置を用いて、唾液中の分泌型免疫グロブリン（SIgA）から全身の疲労状態を、呼気中の一酸化窒素から気道の炎症の度合いを計測したり、ヒートショックプロテインを用いたコンディショニングを取り入れる等、新たな取り組みもいくつか実施した。いかにして疲労状態を可視化するか、そしていかに回復させるかに主眼を置いたコンディショニングサポートである。

これらは、狙った時期にいかに良好なコンディ

ショングを維持させるかという点と、追い込んだトレーニングを行っている鍛錬期にどのような項目がどうなるのかを把握するという点で、選手、所属チームおよび関係者にとって意義深いトライとなった。次のリオに向けて、今後も継続した更なる取り組みが期待される場所である。

最後に、ロンドンオリンピックに向けたこれらの取り組みにご協力、ご尽力いただきました選手、スタッフ、関係者の皆様に深く感謝申し上げます。

第13回 IAAF 世界陸上競技選手権大会 男女マラソン調査

谷崎智舟¹⁾ 青木拓巳¹⁾ 石井好二郎¹⁾

1) 同志社大学スポーツ健康科学部

I 緒言

暑熱環境下では労働意欲が減退したり、作業効率が低下することは日常経験することであるが、スポーツについても例外ではない。環境温度がパフォーマンスに及ぼす影響を異なる運動強度ごとに調べた先行研究¹⁾では、高強度の運動では気温の影響は少なく、低強度、長時間運動ほど気温の影響を受けることを報告している。したがって、持久的なスポーツ種目であり、42.195kmを走行しタイムを競う競技であるマラソンは、暑熱環境の影響を強く受ける。しかしながら、夏季オリンピック（以下、五輪）や世界陸上競技選手権（以下、世界陸上）などの世界大会は夏季に行われ、暑熱環境下でマラソンが実施されている。国際陸上競技連盟（以下、IAAF）はWBGT（Wet Bulb Globe Temperature: 湿球黒球温度）を用いた暑熱環境下でのロードレースのリスクチャート²⁾を公表しており、五輪や世界陸上でのマラソンは過酷な環境下でのレースであると理解される。

30年間にわたるボストン・マラソンのデータでは、最も記録の出やすい気象条件は気温8℃を上回らず、わが国のマラソンについて調べた例でも、10℃前後で最高記録が出ており、20℃を上回るあたりから急激に記録は低下している³⁾。また、WBGTに対し、マラソンの記録低下を競技能力別に予測するノモグラムも作成されている⁴⁾。すなわち、レース中のWBGTを計測し、記録の低下率を調査すれば、暑熱環境下でのマラソン走行能力の優劣や対策を知る一助となる。

本研究では、実際に世界陸上に赴き、レース中のWBGTの計測、ならびにマラソンの記録の調査を実施した。得られたデータを分析したところ、順位や国・地域別によって暑熱環境下でのマラソンの記録低下に興味深い結果が得られたので報告する。

II 方法

(1) レース時のWBGTの測定

2011年世界陸上競技選手権テグ大会で行われたマラソン種目（女子：8/27、男子：9/4 男女とも9:00スタート）を対象レースとした。測定場所はスタート地点、5km地点、10km、15km、20km、25km、30km、35km、40km、フィニッシュ地点の各地点で、先頭通過時刻に合わせて、WBGT、気温、相対湿度、黒球温をWBGT計（WBGT-103ならびにWBGT-203、京都電子工業、京都）を用いて測定をした。

(2) 当日のレース記録、パーソナルベストおよび低下率

当日のレース記録およびパーソナルベスト（以下、PB）は大会ホームページより調査した。また、低下率は、レース記録からPBを減算したのち、PBで除して求めた。

$$\text{低下率 (\%)} = (\text{記録} - \text{PB}) / \text{PB} \times 100$$

(3) 統計処理

統計量はすべて平均値±標準偏差で示した。また、1位から8位の入賞者を対照群として、Dunnett法により40位までを8名ずつで区切ったグループと比較した。有意水準は $p < 0.05$ とした。

III 結果

(1) レース時の暑熱環境

表1-A, 1-Bに本大会での観測地点と観測時刻、WBGT、気温、相対湿度、黒球温を示した。また、図1は観測地点とWBGTの変化を示した図である。男女ともにレースが進むにつれてWBGTの上昇がみられた。女子のWBGTの平均は $25.02 \pm 1.21^\circ\text{C}$ であり男子の平均は $23.36 \pm 1.10^\circ\text{C}$ であった。

表 1-A 女子マラソン測定地点の気象状態

観測時刻	測定地点(km)	WBGT(°C)	気温(°C)	湿度(%)	黒温球(°C)
9:00	START	24.7	26.0	71.7	29.6
9:16	5	23.5	24.7	82.8	25.8
9:37	10	23.5	24.5	80.0	26.5
9:55	15	24.6	26.0	74.3	28.9
10:13	20	24.2	24.9	79.6	28.4
10:30	25	25.8	27.1	68.8	32.2
10:47	30	26.5	27.7	65.6	35.6
11:05	35	24.4	25.8	76.4	28.0
11:21	40	26.7	28.1	64.2	36.2
11:30	FINISH	26.3	28.0	62.2	34.8
平均		25.0	26.3	72.6	30.6
標準偏差		1.2	1.4	7.2	3.8

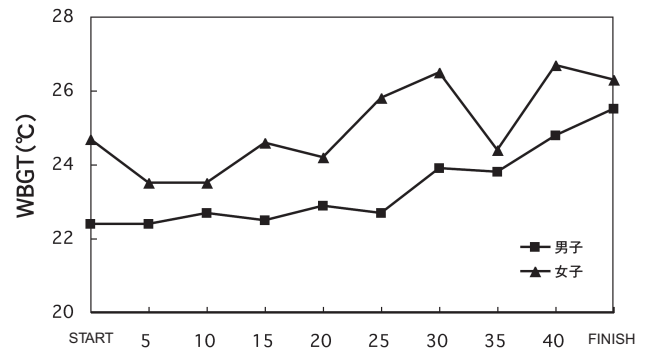


図 1 テゲ世界陸上マラソン時の WBGT

表 1-B 男子マラソン測定地点の気象状態

観測時刻	測定地点(km)	WBGT(°C)	気温(°C)	湿度(%)	黒温球(°C)
9:00	START	22.4	25.7	56.2	28.0
9:10	5	22.4	25.5	57.1	27.9
9:28	10	22.7	25.6	58.2	28.6
9:46	15	22.5	25.7	55.0	28.5
9:56	20	22.9	26.0	55.4	29.2
10:13	25	22.7	25.9	55.7	28.5
10:30	30	23.9	27.3	52.8	31.1
10:40	35	23.8	27.3	51.9	31.2
10:56	40	24.8	28.3	51.3	32.6
11:07	FINISH	25.5	28.6	47.1	39.2
平均		23.4	26.6	54.1	30.5
標準偏差		1.1	1.2	3.3	3.5

表 2-B 男子マラソンレース結果, PB, 低下率

順位	名前	国	結果	備考	PB	結果-PB	低下率%
1	A.キルイ	ケニア	2:07:38	SB	2:05:04	0:02:34	2.05
2	V.キブト	ケニア	2:10:06	--	2:05:13	0:04:53	3.90
3	F.リレサ	エチオピア	2:10:32	SB	2:05:23	0:05:09	4.11
4	A.ブラムダン	モロッコ	2:10:55	--	2:07:33	0:03:22	2.64
5	D.B.トウモ	ケニア	2:11:39	--	2:07:18	0:04:21	3.42
6	E.キフタヌイ	ケニア	2:11:50	--	2:05:39	0:06:11	4.92
7	堀端 宏行	日本	2:11:52	--	2:09:25	0:02:27	1.89
8	R.ベルテレ	イタリア	2:11:57	--	2:09:53	0:02:04	1.59
9	S.キプロティッチ	ウガンダ	2:12:57	--	2:07:20	0:05:37	4.41
10	中本 健太郎	日本	2:13:10	--	2:09:31	0:03:39	2.82
11	R.キスリ	モロッコ	2:13:24	--	2:06:48	0:06:36	5.21
12	E.ウエンディム	エチオピア	2:13:37	--	2:06:46	0:06:51	5.40
13	M.イオネスク	ルーマニア	2:15:32	PB	2:16:11	0:00:39	0.00
14	Guojian DONG	中国	2:15:45	SB	2:13:23	0:02:22	1.77
15	D.ウェブ	イギリス	2:15:48	SB	2:15:42	0:00:06	0.07
16	C.ニヤサンゴ	ジンバブエ	2:15:56	SB	2:13:19	0:02:37	1.96
17	B.ベエネ	エリトリア	2:16:03	SB	2:10:06	0:05:57	4.57
18	川内 俊輝	日本	2:16:11	--	2:08:37	0:07:34	5.88
19	A.V.ソコロフ	ロシア	2:16:23	--	2:09:07	0:07:16	5.63
20	S.O.バットオチル	モンゴル	2:16:41	--	2:11:35	0:05:06	3.88
21	A.A.ソコロフ	ロシア	2:16:48	--	2:11:53	0:04:55	3.73
22	L.メリエン	イギリス	2:16:59	--	2:14:27	0:02:32	1.88
23	ジョン ジンフン	韓国	2:17:04	--	2:09:28	0:07:36	5.87
24	Zicheng LI	中国	2:17:35	--	2:11:49	0:05:46	4.37
25	J.M.マルティネス	スペイン	2:17:44	--	2:08:09	0:09:35	7.48
26	R.イグレシアス	スペイン	2:17:45	SB	2:10:44	0:07:01	5.37
27	A.バダイ	モロッコ	2:17:59	--	2:10:14	0:07:45	5.95
28	I.ヨンスン	韓国	2:18:05	--	2:13:25	0:04:40	3.50
29	尾田 賢典	日本	2:18:05	--	2:09:03	0:09:02	7.00
30	P.ビジャロボス	スペイン	2:18:12	--	2:12:21	0:05:51	4.42
31	M.モーガン	アメリカ	2:18:30	SB	2:14:55	0:03:35	2.66
32	U.プタ	ノルウェー	2:20:16	--	2:09:27	0:10:49	8.36
33	Shiwei WU	中国	2:21:12	--	2:14:44	0:06:28	4.80
34	J.ファルシュー	デンマーク	2:21:15	--	2:16:15	0:05:00	3.67
35	ファン ジュンヒョン	韓国	2:21:54	SB	2:10:43	0:11:11	8.56
36	M.テプロ	マラウイ	2:22:45	SB	2:18:31	0:04:14	3.06
37	M.サエンゴ	アメリカ	2:22:49	SB	2:14:27	0:08:22	6.22
38	北岡 幸治	日本	2:23:11	SB	2:10:51	0:12:20	9.43
39	J.エグルストン	アメリカ	2:23:33	--	2:13:12	0:10:21	7.77
40	ファン ジュンスク	韓国	2:23:47	--	2:16:22	0:07:25	5.44
41	N.アルシニアガ	アメリカ	2:24:06	--	2:11:30	0:12:36	9.58
42	A.コスマク	スロベニア	2:24:16	--	2:16:23	0:07:53	5.78
43	S.ゴイトム	エリトア	2:25:42	SB	2:13:05	0:12:37	9.48
44	キム ミン	韓国	2:27:20	SB	2:13:11	0:14:09	10.62
45	S.レイエス	アメリカ	2:29:15	SB	2:14:02	0:15:13	11.35
46	C.ヌガモレ	南アフリカ	2:30:01	--	2:14:29	0:15:32	11.55
47	B.カラエル	トルコ	2:33:20	SB	2:16:41	0:16:39	12.18
48	R.サンカ	カボベルデ	2:34:40	--	2:18:47	0:15:53	11.44
49	J.L.カサリヨ	ペルー	2:36:43	--	2:16:10	0:20:33	15.09
50	M.L.モハール	南アフリカ	2:38:22	SB	2:13:35	0:24:47	18.55
51	S.ワンチュク	ブータン	2:38:33	NR	2:47:55	0:09:22	5.58

NR: 国内新記録

シーズンベスト (SB) や PB で走る選手は全体の 3 割程度であり、ほとんどの選手の試合結果は PB より低下していた。

また、男女の入賞者のレース記録を競技能力別に予測するノモグラムに照らし合わせた結果を図 2 に示した。女子は 2.88 ~ 5.65% の低下率であり、男子は 1.59 ~ 4.92% の低下率であった。

(2) 当日のレース記録低下

表 2-A, 2-B に選手のレース記録, PB, その差, 低下率をまとめた。夏季世界陸上ということもあり、

(3) 順位グループ別の記録低下率

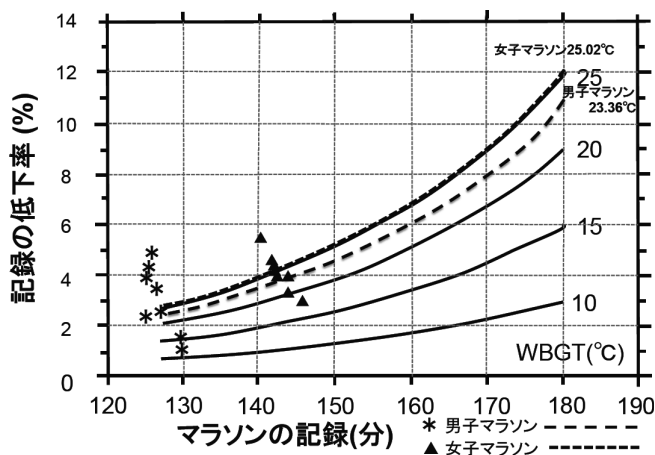


図2 男女入賞者のレース記録低下率
(Ely et al⁴⁾ の図に加筆・改変)

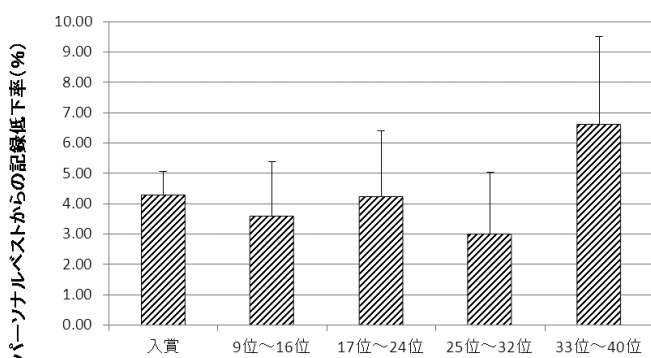


図3-A 世界陸上テグ大会女子マラソンにおける
順位グループ (8位毎) の記録低下の比率

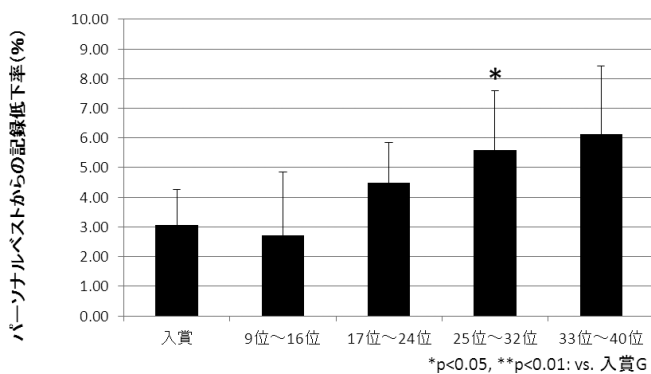


図3-B 世界陸上テグ大会男子マラソンにおける
順位グループ (8位毎) の記録低下の比率

Dunnnett 法を用いて検定した結果、男子では、入賞群と比較し、25位から32位グループ ($p < 0.05$), 33位から40位グループ ($p < 0.01$) に有意な低下率が認められた (図3-A)。一方、女子では、入賞者群と他の順位グループの間に差は認められなかった (図3-B)。

(4) 国別の記録低下率

表3-A, 3-Bに男女団体上位4カ国のレース記録

表3-A 女子マラソン団体戦上位4カ国の上位3名の競技記録および低下率

国		1	2	3	平均	標準偏差
ケニア	記録	2:28:43	2:29:00	2:29:14	2:28:59	0:00:16
	低下率	5.65	4.26	4.57	4.83	0.73
中国	記録	2:29:58	2:30:25	2:31:11	2:30:31	0:00:37
	低下率	4.18	2.88	2.97	3.34	0.73
エチオピア	記録	2:29:21	2:31:22	2:31:37	2:30:47	0:01:15
	低下率	4.33	5.14	6.72	5.40	1.22
日本	記録	2:29:35	2:30:52	2:32:31	2:30:59	0:01:28
	低下率	3.77	4.42	6.28	4.82	1.30

表3-B 男子マラソン団体戦上位4カ国の上位3名の競技記録および低下率

国		1	2	3	平均	標準偏差
ケニア	記録	2:07:38	2:10:06	2:11:39	2:09:48	0:02:02
	低下率	2.05	3.90	3.42	3.12	0.96
日本	記録	2:11:52	2:13:10	2:16:11	2:13:44	0:02:13
	低下率	1.89	2.82	5.88	3.53	2.09
モロッコ	記録	2:10:55	2:13:24	2:17:59	2:14:06	0:03:35
	低下率	2.64	5.21	5.95	4.60	1.74
中国	記録	2:15:45	2:17:35	2:21:12	2:18:11	0:02:46
	低下率	1.77	4.37	4.80	3.65	1.64

上位3名の低下率を示した。女子ではケニアと日本が同程度の低下率であったが、PBの優れているケニアチームは団体金メダルを獲得した。銀メダルは低下率の低い中国が入り、銅メダルは日本チームより大きな低下率を示したもののエチオピアが入った。一方、男子では、日本チームは銀メダルであった。ケニアチームは日本チームより低い低下率 (平均3.12%) を示し、PBも優れていることから、日本チームに約4分差をつけ、断突の団体金メダルであった。

IV 考察

今回の世界陸上マラソンは2007年の大阪世界陸上ほどの暑熱環境⁵⁾ではなく、北京五輪男子マラソンと近い環境 (WBGT: 21.4 ~ 26.9°C)⁶⁾ で実施された。

入賞した選手上位8名の低下率を、マラソンの記録を競技能力別に予測するノモグラムに照らし合わせた (図2)。男女とも予想される値から、低下率が高い選手と、低い選手が存在し、低下率が高くて

も、上位に入賞している選手がいた。これは、PBが速いためである。今回女子マラソン団体で平均の低下率がケニアと日本で同程度だったにも関わらず、優勝と4位という結果になったのもこのためである。如何に低下率が低くてもPBが遅いと上位入賞に絡むことは困難となる。

また、入賞者群と順位グループ別の記録の低下率を比較した(図3)。その結果、女子マラソンは有意な差が認められず、女子では低下率があまり変わらないことが明らかとなった。したがって、女子は自身が持つ競技力がそのまま試合の結果につながったと考えられる。一方、男子マラソンは入賞者群と25位から32位グループ($p < 0.05$)、33位から40位グループ($p < 0.01$)に有意な低下率が認められた。9位～16位グループ、17位から24位グループでは差は認められず、低下率が高い場合は順位が下がり、低下率が低く、かつ競技力が高いほど上位入賞に近づくという結果であった。

マラソン大国として知られる日本であるが、過去の世界陸上、五輪等でのレース記録を見てみると、2000年アテネオリンピックで金メダルを獲得した高橋尚子選手、2005年ベルリンマラソンで当時世界新記録を出した野口みずき選手、2007大阪世界陸上では男子3名が入賞するなど、世界大会で結果を残してきた選手を数多く輩出してきた。また、伊藤3)は、過去の日本のトップランナーである高橋選手の暑熱環境下での記録低下率は1.3%(2時間21分47秒; バンコクアジア大会 気温30℃)と非常に小さいことを報告している。今大会で入賞した堀端選手と日本人2位の中本選手の低下率は1.89%と2.82%であり、男子選手全51名と比較すると6番目と11番目の低下率の低さであった。女子マラソンでは低下率に有意差は無かったが、入賞した赤羽選手は3.77%であり、女子選手全46名で12番目の低下率だった。

近年の五輪と世界陸上のマラソン結果を調べると、男子ではメダル圏内のレース記録は2時間10分以内、女子では2時間28分以内が必要である。WBGTを25℃と仮定すると男子約3%の低下率、女子約4%であり、男子は約2時間6分のPB、女子では約2時間22分のPBが必要となってくる。今回参加した日本チームでこの記録を突破している選手はおらず、日本人トップだった堀端選手のPBは日本マラソンの歴代記録としては47番目、女子でトップだった赤羽選手は歴代14番目であった。日本マラソンの競技力自体のレベル低下が、今回の入賞者二人という結果につながったのも一因にあると推察

される。したがって、暑熱環境下のレースは、ある程度のPBを持ち、暑熱耐性を高めることが記録向上や上位入賞につながると示唆される。

参考文献

- 黒田善雄ら：環境温度と持久性運動に関する研究 = I = 環境温度が持久性運動に及ぼす影響。昭和46年度日本体育協会スポーツ科学研究報告No. V, 1973.
- Roberts WO: Medical management and administration manual for long distance road racing, IAAF Medical Manual for Athletics and Road Racing Competitions: a Practical Guide. Monaco, Brown CH, Gudjonsson B, eds, International Association of Athletics Federations, 39-75, 1988.
- 伊藤静夫：高温環境がパフォーマンスに及ぼす影響。臨床スポーツ医学 19: 749-756, 2002.
- Ely MR, et al. : Impact of weather on marathon-running performance. Med Sci Sports Exerc, 39: 487-493, 2007.
- 石井好二郎ら：大阪世界陸上ロード種目における暑さ対策サポート活動。陸上競技研究紀要第, 4: 89-90, 2008.
- 石井好二郎：北京オリンピック男子マラソンレース時の暑熱環境の分析。陸上競技研究紀要第, 5: 86-88, 2009.

2011年北海道マラソンにおける上位入賞選手のスペシャルドリンク調査

瀧澤一騎¹⁾ 柴田啓介²⁾ 石井好二郎³⁾

1) 北海道大学 高等教育推進機構 2) 北海道大学大学院 教育学院

3) 同志社大学 健康スポーツ健康科学部

緒言

例年8月下旬に行われる北海道マラソンは、国内外のトップクラス選手も参加する暑熱環境下でのマラソン大会である。暑熱環境下におけるマラソンでは、寒冷環境下で行われる大会と比較して多量の発汗が起こるために給水がパフォーマンスに与える影響は大きくなる。身体の約60%は水分で構成されており、その2%以上の脱水で持久性運動のパフォーマンスは低下するとされている(川原ら, 1994)。したがって、走行中に水分補給を行い、脱水によるパフォーマンス低下を防ぐ必要がある。しかし、水だけを補給した場合には体液の希釈が起こり、体内の電解質濃度を保とうとする働きによりさらに体水分が排出され、却って脱水を引き起こす可能性がある(Sawka et al. 2007)。故に、暑熱環境下でのマラソンにおいては水分補給と同時に電解質の補給も必要となる。

また、マラソンでは後半の走速度低下を防ぐために糖質などのエネルギー源補給が重要となる。しかし、レース序盤から糖濃度の高い飲料を摂取すると、血糖値の上昇によってインスリンが放出され、血糖値の低下につながる可能性がある(伊藤, 2001)。さらに、飲料の胃内通過速度は糖濃度が高いほどが遅く、レース後半では糖濃度の高すぎる飲料は吸収に時間がかかってしまうためにパフォーマンス低下につながることも考えられる(Costill, 1974, 伊藤, 2001)。

暑熱環境下におけるマラソンでは、上述したような条件を鑑みて給水戦略をとるべきである。我々は2010年の北海道マラソンにおいて、スペシャルドリンク提出選手の水・電解質・糖質の濃度を調査した。本研究では2011年北海道マラソンにおいても引き続いて水分や電解質、また糖質補給にどのような工夫を行っていたか、提出されたスペシャルドリ

nkの内容物や容器について調査した。

II. 対象と方法

1. 対象

調査の対象は2011年8月28日に開催された北海道マラソンにおいて、スペシャルドリンクの提出を行い、調査の内容に同意の得られた73名(男子選手47名, 女子選手26名)のうち、10位までに入賞した選手とした。なお、スペシャルドリンクはマラソン開催日の8時から9時半までにスタート地点近くの受付所へ使用するスペシャルドリンクを飲食物内容証明書と共に提出することとなっていた。

2. 内容物の調査

スペシャルドリンクの内容物については、「飲食物内容証明書」に記載された内容とした。また、容器については提出されたスペシャルドリンクの写真を撮影し、後にその外観から判断した。

III. 結果

1. 気象状況

大会公式記録によればスタート時点の天候は晴れ、気温は28.9℃、湿度40%であった。この気温と湿度は、日本体育協会における熱中症リスクチャート(川原ら1994)によると、熱中症の警戒レベルとされる。また、同日の札幌管区气象台における観測値では、12時10分の気温は28.5℃、相対湿度41%、北北西の風2.2mであった。なお、同データによると、スタートから1時間後の13時10分は気温29.3℃、相対湿度41%、北西の風2.8mであり、スタートから2時間後の14時10分は気温28.3℃、相対湿度44%、北の風4.8mであった。また、トップ選手のフィニッシュに最も近い観測時点である

表 1-A. 「内容物証明書」に記載されていたスペシャルドリンクの内容物 (5km 地点～ 20km 地点)

選手	5km地点	10km地点	15km地点	20km地点
A	ポカリスエット	ポカリスエット	ポカリスエット	ポカリスエット
B	バイオ茶	バイオ茶	バイオ茶	バイオ茶 + アミノバリュー
C	スーパーヴァーム + グルタミン	スーパーヴァーム + グルタミン	スーパーヴァーム + グルタミン	スーパーヴァーム + グルタミン
D	OS-1	OS-1	OS-1	OS-1
E	バイオ茶	バイオ茶	バイオ茶	アクエリアス + 水
F	アクアサポート	アクアサポート + ビットインゼリー	アクアサポート	アクアサポート + ビットインゼリー + 水
G	水	水	アミノバイタルウォーター	アミノバイタルウォーター
H	水	水	水	水
I	アミノバリュー	アミノバリュー	アミノバリュー	アミノバリュー
J	水	水	水	ポカリスエット
K	OS-1	OS-1	OS-1	OS-1
L	アクアサポート	アクアサポート	アクアサポート	アクアサポート
M	アミノバイタルウォーター	アミノバイタルウォーター	アミノバイタルウォーター	アミノバイタルウォーター + 水
N	ナチュラル	ナチュラル	ナチュラル	ナチュラル
O	バイオ茶 + OS1	バイオ茶 + OS-1	バイオ茶 + アミノバリュー	バイオ茶 + アミノバリュー
P	アクエリアス + OS-1	アクエリアス + OS-1	アクエリアス + OS-1	アクエリアス + OS-1
Q	水	水	水	水
R	OS-1 + バイオ茶	OS-1 + バイオ茶	OS-1 + バイオ茶	OS-1 + バイオ茶
S	ストライププラス	ストライププラス	ストライププラス	ストライププラス

表 1-B. 「内容物証明書」に記載されていたスペシャルドリンクの内容物 (25km 地点～ 40km 地点)

選手	25km地点	30km地点	35km地点	40km地点
A	ポカリスエット	ポカリスエット	ポカリスエット	ポカリスエット
B	アミノバリュー	アミノバリュー	アミノバリュー	アミノバリュー
C	スーパーヴァーム + グルタミン	スーパーヴァーム + グルタミン	スーパーヴァーム + グルタミン	スーパーヴァーム + グルタミン
D	OS-1	OS-1	OS-1	OS-1
E	アクエリアス + 水	アクエリアス + 水	アクエリアス + 水	アクエリアス + 水
F	アクアサポート	アクアサポート	アクアサポート	アクアサポート
G	アミノバイタルウォーター	アミノバイタルウォーター	アミノバイタルウォーター	水
H	水 + アミノバリュー	水 + アミノバリュー	水 + アミノバリュー	アミノバリュー
I	アミノバリュー	アミノバリュー	アミノバリュー	アミノバリュー
J	ポカリスエット	ポカリスエット	ポカリスエット	ポカリスエット
K	OS-1	OS-1	OS-1	OS-1
L	アクアサポート	アクアサポート	アクアサポート	アクアサポート
M	アミノバイタルウォーター	アミノバイタルウォーター + 水	アミノバイタルウォーター + 水	アミノバイタルウォーター
N	ナチュラル	ナチュラル	ナチュラル	ナチュラル
O	バイオ茶 + アミノバリュー	バイオ茶 + OS1	バイオ茶 + OS-1	バイオ茶 + OS1
P	アクエリアス + ウィダーインゼリー	アクエリアス + ウィダーインゼリー	アクエリアス + カロリーメイトゼリー	アクエリアス
Q	水	水	水	水
R	OS-1 + バイオ茶	OS-1 + バイオ茶	OS-1 + バイオ茶	OS-1 + バイオ茶
S	パワージェル	パワージェル	ストライププラス	ストライププラス

14 時 20 分では、気温 28.2℃、相対湿度 43%、北の風 3.7m と報告されている。スタートから 1 時間後までの日照時間は 60 分、スタート 1 時間後から 2 時間後までの日照時間は 36 分、スタート 2 時間後から 3 時間後までの日照時間は 60 分であった。

2. 記録

最も速かった選手は男子で 2 時間 14 分 10 秒、女子で 2 時間 33 分 45 秒であった。また、上位 10 選手の平均記録は男子で 2 時間 17 分 25 秒 3、女子で 2 時間 38 分 28 秒 1 であった。

3. スペシャルドリンクの内容物と容器

表 1 に、5km ごとのスペシャルドリンクの提出された内容物証明書に記載されていた内容物を示す。なお、1 名に関しては同意を得られなかったため、19 名分のデータとなる。内容物として最も多かったのはスポーツドリンクであった。また、前半は茶で後半にかけてスポーツドリンクに変えていく選手や、徐々に糖濃度を高めていったと見られる選手もいた。

容器の種類を分類した結果について、選手によっては途中で種類を変える例や、1 ヶ所の給水地点で 2 つの容器を用いている例も見られた。最も多かったのは調味料入れ (図 1) であり、男女 19 名中 7 名が使用していた。その他、スクイズボトル (6 名、図 2)、水差し (5 名、図 3) など、保温性のない容器が大半を占めた。保温性のある容器としては魔法瓶 (図 4) を使っている選手が 5 名いた。

IV. 考察

今回の調査において、最も飲用されていた内容物はスポーツドリンクであった。これは 2010 年度に行われた同じ北海道マラソンでの調査(瀧澤と石井, 2011)と同様の結果であった。スポーツドリンクには、汗とともに喪失する電解質も含まれている。また、糖質も含まれていることから、後半に向けて糖質補給を行う意味もあり使われていたと考えられる。2011 年の北海道マラソンにおいては、ゼネラルドリンクとしてセイコーマート「スポーツドリンクプラス」が用意されていたが、選手は飲み慣れた



図1. 調味料入れの1例



図3. 水差しの1例



図2. スクイズボトルの1例



図4. 魔法瓶の1例

ものを準備していたと考えられる。また、今回の調査では自己申告の内容物調査であり、濃度については不明である。つまり、粉末状のスポーツドリンクに関してはどの程度の濃度で作られていたかわからない。したがって、濃度に関しても飲みやすい、または飲み慣れた濃度に調整して提出されていた可能性が考えられる。

選手によって内容物の嗜好が異なるため、全体の傾向を示すことは難しいが、レースを通じて同じ内容物を使い続けた選手は19名中9名であった。その多くがスポーツドリンクを使用していたが、選手Qは水のみを準備していた。レース中にドリンクを変化させている選手の多くは、前半は糖濃度の薄い水や茶、または経口補水液などを準備し、後半にかけて糖の入ったスポーツドリンクや、または糖質補給のためのサプリメントを準備していた。これは、糖質由来のエネルギー供給が困難になるレース後半において、スペシャルドリンクによってエネルギー補給をするためと考えられる。レース前半から糖濃度の高い飲料を摂取すると、インスリンが分泌されるため糖代謝が亢進して脂質代謝が抑制され、グリ

コーゲン枯渇が早まりパフォーマンス低下につながる可能性がある(伊藤, 2001)。このことを考慮して、レース中のドリンクを変化させること、とくに後半にかけて糖濃度を高くすることは理に適っていると考えられる。しかし、糖の濃度が高くなると胃から腸への水分の移動に時間がかかるため、走行中の不快感は増すことになる(Costill, 1974)。中盤で糖質補給のためのサプリメントを使用している選手は、後半での水分吸収も考慮して早めに摂取していたのであろう。

容器に関して、上位入賞した男女各10選手では1/4の選手が保温性のある容器を使用していた。飲料の胃内通過速度は温度が低いほど速いとされており(Costill, 1974)、また暑熱環境下におけるマラソンでは冷却された飲料を摂取することで深部温を下げ、熱による疲労を遅延させる可能性が指摘されている(Siegel, et al. 2010)。故に、魔法瓶のような保温性の高い容器の使用は高パフォーマンス発揮のために積極的に使用が勧められる。しかし、魔法瓶はスクイズボトルや水差し、調味料入れなどと比較して重量もあり、走行中の取扱が難しいという

欠点もある。また、今回の調査で男子選手はスクイズボトルの使用が多かったが（10名中5名）、女子選手はスクイズボトルの使用例は少なく（9名中1名）、調味料入れや水差しを使用する例が多かった（調味料入れ：9名中4名、水差し：9名中3名）。これは、調味料入れや水差しはスクイズボトルと比較して小さく、体格の小さい女子選手でも取扱が容易であることも関係している可能性がある。この推察から、一般的な魔法瓶を女子選手が使用するのは多少困難も予想されるため、魔法瓶以外の保温性のある容器の検討を試みる必要があるかもしれない。なお、本調査を行った2011年の北海道マラソンでは、マラソン開催日の8時から9時半までにスタート地点近くの受付所に使用するスペシャルドリンクを飲食物内容証明書と共に提出することとなっていた。また、大会運営では提出から輸送、提供まで一切保温されず、外気温に晒されている状態であった。暑熱環境下におけるマラソンで好成績をあげるためには、スペシャルドリンクの内容と共に飲料の温度や容器についての戦略が必要となるだろう。

参考文献

- Costill, D.L. (1974) Factors limiting gastric emptying during rest and exercise, *J. Appl. Physiol.* 37: 679-683.
- 伊藤静夫 (2001), スポーツ飲料の基礎, 競技力向上のスポーツ栄養学, トレーニング科学研究会編, 朝倉書店, 東京, 43-49.
- 川原貴, 中井誠一, 白木啓三, 森本武利, 朝山正巳 (1994), スポーツ活動中の熱中症予防ガイドブック, 財団法人日本体育協会.
- Sawka, M.N., Burke, L.M., Eichner, E.R., Maughan, R.J., Montain, S.J., Stachenfeld, N.S. (2007) American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement, *Med. Sci. Sport Exerc.* 2007, 39: 377-390.
- Siegel, R., Mate, J., Brearley, M.B., Watson, G., Nosaka, K., Laursen, P.B. (2010) Ice slurry ingestion increases core temperature capacity and running time in the heat. *Med. Sci. Sport Exerc.* 42: 717-725.
- 瀧澤一騎, 石井好二郎 (2011), 2010年北海道マラソンにおけるレース中の給水（スペシャルドリンク）調査. 陸上競技研究紀要, 7: 55-60.

陸上競技研究紀要 第8巻

編集後記

平成24(2012)年度「陸上競技研究紀要」第8巻をお届けします。本号は、原著論文1編、資料1編と「日本陸連科学委員会研究報告」の論文14編から構成されています。このところの傾向ではありますが、一般投稿論文が少なく、まずは投稿が活発になることを期待します。一方、科学委員会研究報告では、2011年テグ世界選手権をはじめ国内外の競技会における一流競技者の特性やパフォーマンスが解析され充実した内容になっています。こうした最新のデータや知見は、必ずや現場の指導で役に立つでしょう。是非、ご一読の上参考にして下さい。

さて申し遅れましたが今回の編集後記を担当した著者は、この度、平成24年度に改選された日本陸上競技連盟陸上競技研究紀要編集委員会の委員長を拝命致しました。これまでの本紀要が積み上げてきた成果を尊重し、その流れを絶やすことのないようにつとめていきたいと願っております。読者の皆様のご支援、そしてご叱正を何よりの拠り所にして行く所存です。

ひるがえって、国内外のスポーツ競技団体にこのような学術雑誌を刊行する例はそれほど多くないと思います。陸上競技では、国際陸上競技連盟の発刊するNew Study in Athleticsなどが特筆すべき事例と言えましょう。

むろん、よき手本としつつもこれを直ちに模倣するのではなく、我が国陸上競技界の事情に応じた企画が必要なことは言うまでもありません。競技団体が出す学術誌には、自ずと既成の学術団体のものとは違った味があるはずですが、これまでの本誌「陸上競技研究紀要」を紐解いても、そうした味が有形無形に込められています(ときに隠し味になって)。それを財産として継承しつつまたひと味違うSomething Elseを創り出したい、新編集委員会ではそうしたことが話題になり検討されています。そしてなにより、読者からのアイデアを是非反映させたいと願っています。本誌へのご意見、ご希望が多数寄せられますことを切に望みます。

2012年10月1日

文責 伊藤静夫

陸上競技研究紀要第8巻 編集委員会

伊藤静夫(編集委員長)、榎本靖士(編集副委員長)、尾縣 貢
高松潤二、森丘保典、青山清英、高橋義雄、桜井智野風、安井年文、眞鍋芳明
(日本陸上競技連盟・事務局) 森 泰夫、佐藤峻一、額田 潤

「陸上競技研究紀要」第8巻

2012年11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

〒150-8050 東京都渋谷区神南1-1-1 岸記念体育会館内

TEL : 03-3481-2300
