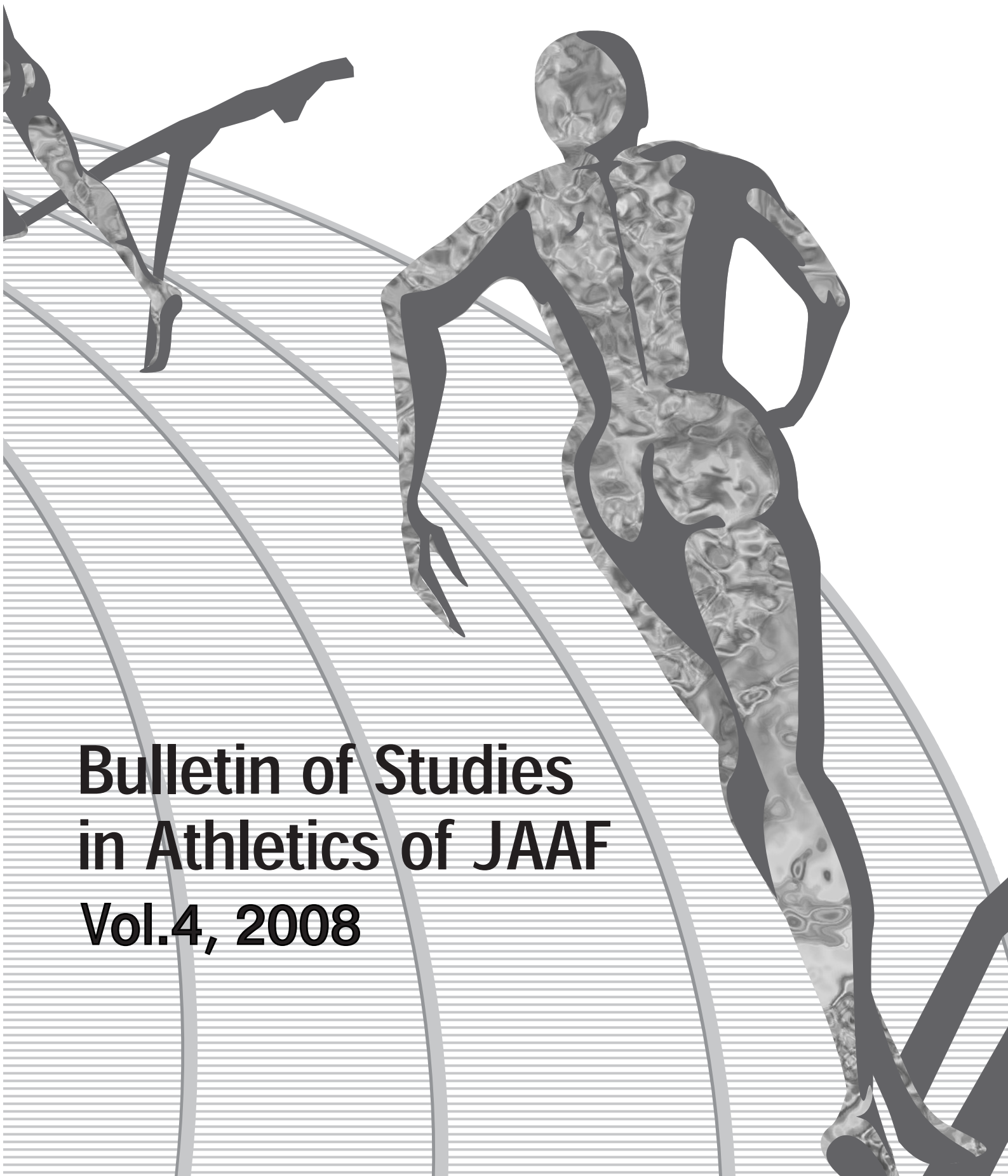


JAAF

財団法人日本陸上競技連盟
ISSN1349-7596

陸上競技研究紀要



**Bulletin of Studies
in Athletics of JAAF
Vol.4, 2008**

「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

本紀要に投稿できるのは、原則として(財)日本陸上競技連盟登記登録者(例:公認コーチなど)とするが、それ以外でも編集委員会が認めた場合には投稿することができる。

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、購読紹介(外国文献の紹介など)、資料、指導法および指導記録の紹介などに分類される。スタイルは和文、英文のどちらでもよい。

総説および原著には英文のタイトル、著者、所属、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。

5. 文献の書き方について

本文中の文献は、著者(発行年)という形式で表記する。

例) 田中(1996)は _____

文献は、原則として、本文最後に著者名のABC順で記載する。書誌データの記載方法は、

著者名(発行年) 論文名, 誌名, 巻(号), ページの順とする。

例) 吉原 礼, 武田 理, 小山宏之, 阿江通良(2006) 女子棒高跳選手の跳躍動作のバイオメカニクス的分析. 陸上競技研究紀要, 2: 58-64.

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

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

例) 田中ら(1996 b)は, _____

6. 原稿の提出先

投稿原稿(本文, 図表など)は、下記へE-mailの添付資料として送付するとともに、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 岸記念体育会館内

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@rikuren.or.jp

7. 原稿の締め切り

原稿の締め切りは、1月15日とし、発刊はその年度の3月末日とする。

8. その他

掲載者には、「陸上競技研究紀要」10部を寄贈する。

問い合わせ先:

〒244-8529 静岡市大谷836

静岡大学教育学部 保健体育講座

伊藤 宏(普及委員会調査研究担当)

Tel 及び Fax 054-238-4668

E-mail: ehhitou@ipc.shizuoka.ac.jp

あ い さ つ

(財) 日本陸上競技連盟
専務理事 澤木 啓祐

陸上競技に関する研究は本連盟の主要な事業のひとつであるが、普及委員会が主体となって発行していた「陸上競技紀要」と科学委員会が発行していた「陸上競技の医科学サポート研究 REPORT」を一冊にまとめた本誌「陸上競技研究紀要」は、各方面での調査・研究の成果を蓄積する重要な役割を担っている。

オリンピックイヤーである今年の年頭、我が国におけるトップレベル競技者の国際競技力の総合的な向上を図るトレーニング施設としてナショナルトレーニングセンターが開所した。このような施設はスポーツに携わる我々が長年待望していたものであり、本連盟としても強化・医科学の拠点を置いて活動し、オリンピックに臨む選手の多くが事前の調整にも活用した。

さて、今や医科学的データに基づく調査・分析・フィードバックの循環は競技力向上にとって不可欠であり、素晴らしい「施設の設置」とともに、今後は競技者、指導者、医科学研究者がより「連携を密接」とすることにより、最大の成果へと結実することを願っている。

今回第4巻目の発刊となった本誌には、投稿論文4編（原著論文：3編、資料報告：1編）、医科学サポート研究報告14編が掲載されているが、本誌が陸上競技の指導・研究に携わっている皆様にとっての一助となり、また広く陸上競技の発展に寄与するものとなれば幸いである。

陸上競技研究紀要

Bulletin of Studies in Athletics of JAAF

Vol.4 2008

目 次

【原著論文】

日本ジュニア走幅跳選手の助走における視覚コントロールが
助走の正確性とパフォーマンスに及ぼす影響 大村一光ほか . . . 1

「第11回 IAAF 世界陸上競技選手権大阪大会」における日本代表選手・群（団）
ならびに優勝者・群における「記録達成率（実力発揮度）」についての考察
. 岡野 進 . . . 10

全国小学生陸上競技交流大会に参加した小学生競技者の競技運営に対する
満足度・改善度について（その2） 阿保雅行ほか . . . 26

【資料報告】

第23回全国小学生陸上競技交流大会に出場した優秀選手の
身体的・心理的側面と疾走能力について 伊藤 宏ほか . . . 34

【日本陸連科学委員会研究報告 第7巻（2008）陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2007】
. 43

日本ジュニア走幅跳選手の助走における視覚コントロールが
助走の正確性とパフォーマンスに及ぼす影響

大村 一光¹⁾ 飯干 明²⁾ 小山 宏之³⁾ 村木 有也⁴⁾ 阿江 通良⁵⁾
1) 鹿児島女子短期大学 2) 鹿児島大学 3) 筑波大学大学院
4) 大阪体育大学 5) 筑波大学

INFLUENCE OF THE VISUAL CONTROL POINT ON THE ACCURACY AND
THE PERFORMANCE OF THE ELITE JUNIOR LONG JUMPER

Ikko Omura¹⁾ Akira Iiboshi²⁾ Hiroyuki Koyama³⁾ Yuya Muraki⁴⁾ Michiyoshi Ae⁵⁾
1) Kagoshima Women's Junior. College
2) Kagoshima University.
3) Tsukuba Univ. Grad. School
4) Osaka Univ. of Health & Sport Science
5) Tsukuba University

Abstract

The purpose of this study was to investigate influence of visual control during the approach run on the accuracy of the approach run, the takeoff motion and performance. Sixteen boy's long jumpers, with personal best records ranging from 7.17m to 7.87m, were filmed at the final of 2003 and 2004 Japan High School Track & Field Championships. Two digital video cameras were used. All trials of each jumper were analyzed using FRAME DIAS II system (DKH Co.), and calculated approach velocity, step frequency and step length, etc. The visual control (i.e. the toe-board distance) was calculated using Hay's method [Hay(1988)].

The results were summarized as follows;

- 1) Max SD of the toe-board distance for the Japanese junior long jumpers was observed at the 3rd last step to the 10th last step. Based on the steps for Max SD of the toe-board distance, each jumper was classified into three groups. In the Group A (n=5), Max SD was observed between the 7th and the 10th last step, and the maximum frequency was recorded in the last 8th. Max SD of the Group B (n=6) was observed at 6th last step or 5th last step, and the maximum frequency was recorded at 6th last step. In the Group C (n=5), Max SD was observed at 4th or 3rd last step, and the maximum frequency was recorded at 3rd last step.
- 2) Group A showed the slightly shorter step lengths and the lower approach velocities from the beginning to the middle part of the approach run compared to those of other groups.
- 3) Group B showed the larger step lengths during the first half of the approach run than those of the other groups. However, magnitude of the standard deviation of the toe-board distance was gradually reduced after it reached the Max SD at the 6th last step. Furthermore, their step length pattern in the last two steps, and the greater thigh leg angular velocity of the free leg during the take-off phase were almost same as the World's class jumpers did.
- 4) Group C showed the higher step frequency during the approach run, and the greater standard deviations of the toe-board distance during the last three steps compared to the other groups.
- 5) The ratio of the foul to the whole trials was 30.0% for Group A, 22.9% for Group B and 16.7% for

Group C, respectively.

These results suggested that visual control during the approach run might affect on the accuracy of the approach run, the takeoff motion and performance. Further studies are needed to clarify the most desirable visual control for junior long jumpers.

I. 緒言

走幅跳において良い記録を達成するために、助走速度が最も重要な要素の一つであることは、これまでに多く報告がなされてきているが(阿江ら(2001), 深代(1990), 飯干ら(2002), 飯干ら(2003), 伊藤ら(2000), 村木(1982), 岡野(1988)), 助走で得られた助走速度を用いて踏切板にタイミングよく正確に踏切足を接地することも、効果的な踏切準備動作や踏切動作を行うためには重要であるとみられる。そのためには、競技会などで常に正確に足を合わせられるようトレーニングしておくとともに、助走の途中において足が合わなくなりそうだと感じた場合、ストライドの誤差を適切に修正する能力が求められよう。Hay(1988)は、このような助走中に生じるストライドの誤差を選手がどのように解決しているのか明らかにするため、世界の一流走幅跳選手を対象として、助走中の支持足のつま先と踏切板の先端との水平距離(以下、つま先-踏切板距離)やその標準偏差をもとに検討している。その結果、全ての選手が助走のある地点まで標準偏差を増大させ、その後、踏切へ向かって標準偏差を減少させながら踏切を行っていたと報告している。そして、このような結果について、選手が最大の標準偏差を達成した地点で視覚的にストライドの誤差を確認し、その後、踏切へ向かって助走のコントロールを行っていたことによると推察している。

大村ら(2006)は、日本ジュニア走幅跳選手を対象にして、Hay(1988)の研究と同様に、つま先-踏切板距離をもとに助走の正確性について検討している。そして、最大標準偏差の出現地点が、世界一流選手の場合とやや異なっていたことや、多くの選手の最大標準偏差の値が大きかったことから、助走が不安定であったことを報告している。

しかしながら、Hay(1988)や大村ら(2006)の研究では、助走における視覚的コントロールの出現地点が、助走の正確性や踏切動作、競技成績に及ぼす影響について検討されておらず、またそのような観点から行われた研究は見当たらない。走幅跳における視覚的コントロールについては、視覚的コントロールの出現地点が助走の正確性や踏切動作、競技

成績にどのような影響を及ぼすのか検討しておくことが役に立つとみられる。

そこで、本研究では、日本ジュニア走幅跳選手の助走における視覚的なコントロールの位置が助走の正確性や踏切動作、パフォーマンスにおよぼす影響について検討し、日本ジュニア選手の実情を把握するとともに、今後の記録向上へ向けての課題を明らかにすることを目的とした。

II. 研究方法

1. 研究対象

2003年の長崎インターハイおよび2004年の島根インターハイにおいて男子走幅跳決勝に進出し、それぞれ8位までに入賞した選手(合計16名)を対象とした。

2. 撮影試技および撮影方法

助走路側方の観客スタンド中段にデジタルビデオカメラ(60フィールド/秒)を設置し、各競技者の6回の全試技について、助走のスタートから踏切までの助走動作をパンニング撮影した。また、スタンド下の踏切板側方の約20m地点に設置したデジタルビデオカメラ(60フィールド/秒)により、踏切前3歩の踏切準備動作から踏切、踏切離地までを撮影した。

3. データの収集および測定項目

スタンド中段に設置したデジタルビデオカメラから得られたビデオテープをもとに各競技者が最高記録を達成した試技について、ピッチとストライドを求めた。ピッチは、助走の1歩毎の接地及び離地のコマ数をカウントし、1秒あたりのピッチ数に換算して求めた。なお、本研究では右(左)足離地瞬間から左(右)足離地までを1サイクルとした。ストライドは、フレームディアシステムII(DKH社)2次元分析法を用いて、助走路の両側に2m間隔で貼付した基準マークの座標値および助走中のつま先の座標値を読み取り、実長に換算して求めた。助走速度は、助走路前方のスタンドに設置したLaveg Sports(ヘンリージャパン社製)を用いて測定した

が、踏切前2歩の助走速度については、踏切板側方に設置したデジタルビデオカメラにより撮影したビデオテープをもとに、フレームディアシステムⅡにより動作分析して得られた身体重心の水平速度を助走速度とした。また、踏切準備局面について検討するために上体角（体幹部が鉛直線となす角度）を求め、踏切局面について検討するために大腿角（大腿部が鉛直線となす角度）の角速度を求めた。

助走の正確性については、Hay (1988) による算出法を参考に、各選手の決勝試技6回の助走中における1歩毎のつま先と踏切板の先端の距離を算出し、1歩毎に標準偏差を求め、その値を視覚コントロールの指標とした。

4. 統計処理

研究対象とした16名の選手について、結果で示したように助走中におけるつま先-踏切板距離の最大標準偏差をもとに3つのグループに分類し、各測定項目について一元配置法による分散分析を行った。その結果、各グループ間において有意差がみられた項目についてはさらに、多重比較検定を実施した。なお、分散分析および多重比較における有意水準はいずれも5%とした。

Ⅲ. 結果

図1は、研究対象とした16名の選手について、つま先-踏切板距離の最大標準偏差が、出現した地点（踏切前の歩数）について、それぞれ人数（度数）で示したものである。横軸は助走歩数を表しており、0（ゼロ）が踏切である。

つま先-踏切板距離の最大標準偏差が出現した地点は、踏切3～10歩前においてみられ、その中で最大の人数（度数）は、踏切3歩前における5名であった。この結果をもとに、つま先-踏切板距離の

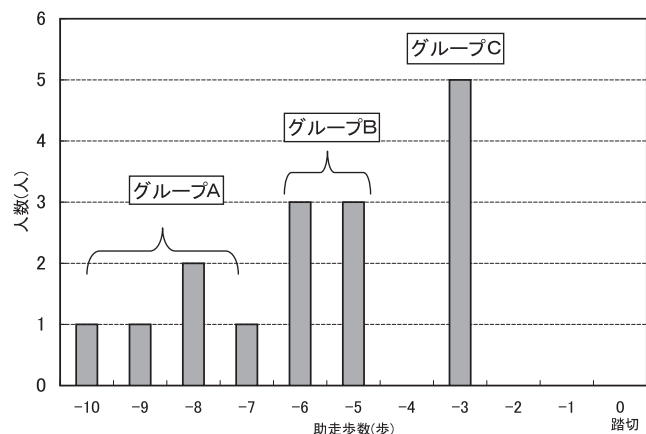


図1 つま先-踏切板距離の最大標準偏差出現地点

出現地点の違いが助走の正確性や助走速度、踏み切り動作に与える影響について明らかにするために、以下の3つのグループに分類して検討することにした。

グループA：最大標準偏差が踏切7～10歩前に出現していた5名の選手

グループB：最大標準偏差が踏切5～6歩前に出現していた6名の選手

グループC：最大標準偏差が踏切3歩前で出現していた5名の選手。

図2は、グループ別にみた助走中の各ストライドにおける、つま先-踏切板距離の標準偏差の変化を示したものである。

最大の標準偏差は、グループAでは踏切8歩前、グループBでは踏切6歩前、グループCでは踏切3歩前において出現しており、その後、いずれのグループも踏切へ向かって徐々に標準偏差の値が減少する傾向にあった。それぞれのグループにおける最大の標準偏差値は、グループBが0.35で最も大きな値を示したが、その他のグループにおいてもグループAが0.24、グループCが0.25といずれも0.20を超える値を示した。Hay (1988) は世界一流選手を対象として、助走中の最大の標準偏差をもとに助走を評価するための基準について検討している。それによると、値が0.20以内であれば「good」、0.25以上であれば「poor」な助走であると定義している。この基準をもとに本研究の各グループの助走を評価すると、いずれも「poor」な助走となる。なお、最大の標準偏差出現後の各グループの値の変化をみると、最大値の最も大きかったグループBは、急速に標準偏差を減少させ、踏切前2歩の値は他のグループと比較して最も小さくなっていった。それに対し、踏切に最も近い踏切3歩前で最大の標準偏差を示していたグループCでは、その後の標準偏差が3つのグループの中で最も大きかった。

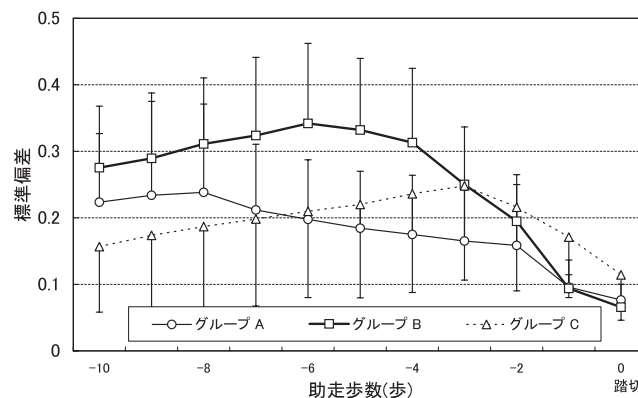


図2 グループ別にみた助走中の各ストライドにおけるつま先-踏切板距離標準偏差の変化

表1 グループ別にみた記録, ベスト記録, 記録達成率

グループ A

ID	記録	-1-	-2-	-3-	-4-	-5-	-6-	ベスト記録	記録達成率(%)
B	7.69	7m64	×	7m62	×	7m69	7m58	7.87	97.7%
F	7.41	7m24	7m26	7m30	7m41	×	×	7.79	95.1%
I	7.27	×	7m25	7m27	6m86	7m15	7m13	7.04	103.3%
L	7.19	7m12	×	7m19	×	7m17	×	7.23	99.4%
P	7.13	6m87	7m13	6m91	6m92	×	6m99	7.50	95.1%
平均値	7.34							7.49	98.1%
標準偏差	0.22							0.36	3.4%

グループ B

ID	記録	-1-	-2-	-3-	-4-	-5-	-6-	ベスト記録	記録達成率(%)
A	7.70	7m51	7m48	7m45	×	7m54	7m70	7.70	100.0%
C	7.67	7m46	7m41	7m46	7m67	7m51	7m23	7.64	100.4%
D	7.51	7m30	×	7m34	7m33	×	7m51	7.45	100.8%
J	7.22	×	7m06	7m10	6m88	6m95	7m22	7.38	97.8%
K	7.20	7m20	7m18	7m13	6m88	-	×	7.11	101.3%
M	7.17	7m17	7m13	×	×	2m57	×	7.44	96.4%
平均値	7.41							7.45	99.4%
標準偏差	0.24							0.21	1.9%

グループ C

ID	記録	-1-	-2-	-3-	-4-	-5-	-6-	ベスト記録	記録達成率(%)
E	7.46	7m14	7m11	7m46	×	×	7m30	7.49	99.6%
G	7.37	7m12	7m11	7m20	6m85	6m89	7m37	7.46	98.8%
H	7.27	7m15	×	×	7m27	5m27	6m98	7.31	99.5%
N	7.17	7m17	7m14	6m94	×	6m94	5m69	7.24	99.0%
O	7.17	4m81	6m99	7m17	7m16	7m02	7m16	7.20	99.6%
平均値	7.29							7.34	99.3%
標準偏差	0.13							0.13	0.4%

表1は、グループ別にみた試合時の記録、ベスト記録、記録達成率（試合時の記録／ベスト記録）を比較したものである。

各グループのインターハイ前のベスト記録をみると、グループAが最も高く、次いでグループB、グループCの順であったが、いずれのグループ間にも統計的な有意差はみられなかった。一方、各グループの記録達成率をみると、グループBの場合、99.4%で最も高く、インターハイ時に自己のベスト記録を達成した選手も6名中4名みられた。それに対して、グループAでは前述したように、インターハイ前のベスト記録が3グループの中で最も高かったにもかかわらず、インターハイ時の記録達成率は98.1%で最も低くなった。

グループ別のファール数をみると、グループAでは、すべての選手が1回以上のファールをしていたのに対し、グループBでは、6名のうち5名の選手が、グループCでは、5名中3名の選手がそれぞれ1回以上のファールをしていた。

図3は、グループ別にみた助走中の助走速度の変化を示したものである。

助走速度は、いずれのグループも助走開始から徐々に増加し、踏切2歩前から3歩前で最高速度に到達した後、踏切へ向かってやや減速する傾向にあった。グループBの場合、3つのグループのなかで試合時の記録やベスト記録に対する記録の達成率が最も高かったにも関わらず（記録の平均値は7m41で達成率は99.4%）、踏切前3歩の助走速度は

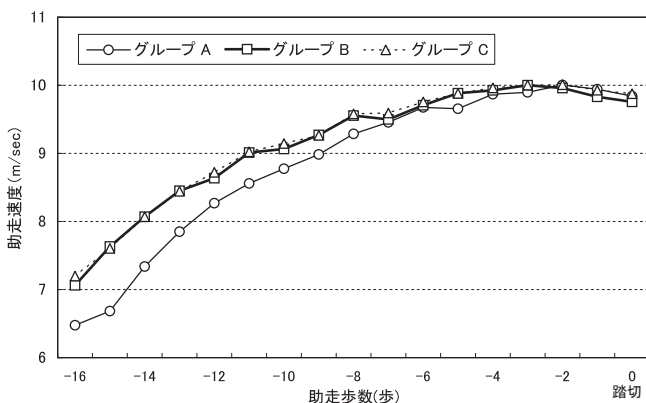


図3 グループ別にみた助走中の助走速度の変化

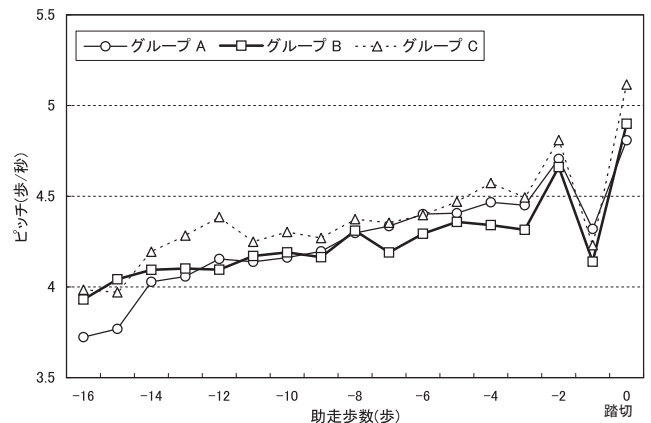


図4 グループ別にみた助走中のピッチの変化

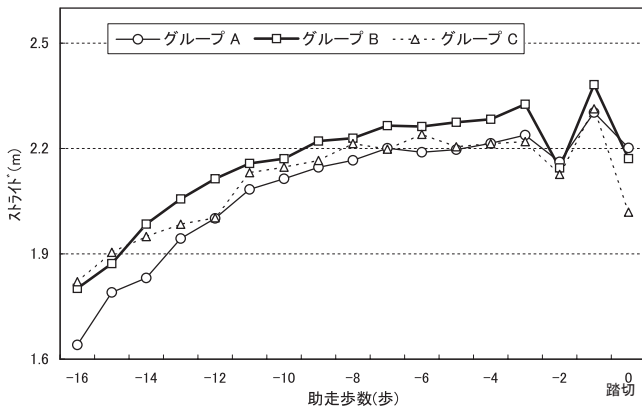


図5 グループ別にみた助走中のストライドの変化

最も低い傾向にあった。一方、グループAでは助走後半における助走速度がグループB、Cとほとんど差がないものの、助走前半の助走速度は低い傾向にあり、かなり助走速度を抑えていた（コントロールしていた）ものとみられる。なお、グループAとその他のグループの助走速度には、統計的な有意差はみられなかった。

図4は、グループ別にみた助走中のピッチの変化を示したものである。

ピッチは、いずれのグループも助走開始から徐々に増大し、踏切2歩前で大きく増大した後、踏切1歩前で逆に大きく減少し、踏切で再び大きく増加するという走幅跳の踏切準備とみられる特徴的な変化を示していた。そのなかで、グループCの場合は、他のグループと比較して助走の開始から踏切まで高いピッチを示しており、特に踏切1歩前と踏切歩におけるピッチの変化が大きかった。

図5は、グループ別にみた助走中のストライドの変化を示したものである。

ストライドは、いずれのグループも助走開始から徐々に増大し、踏切2歩前で減少した後、踏切1歩前で大きく増大し、踏切で再び大きく減少するという走幅跳の踏切準備とみられる特徴的な変化を示していた。そのなかで、グループBの場合、他のグループと比較して助走の開始から踏切3歩前までは大きなストライドを示していた。また、グループBでは、踏切2歩前で他のグループと比較して大きくストライドを減少させていた。一方、踏切1歩前から踏切にかけてのストライドの変化をみると、グループBは他のグループと比較して踏切1歩前と踏切歩におけるストライドの変化は大きく、世界一流選手の示すストライドパターンに類似していた。同様にグループCのストライドの変化も大きかったが、踏切歩は大きく減少していたことから、踏切でストラ

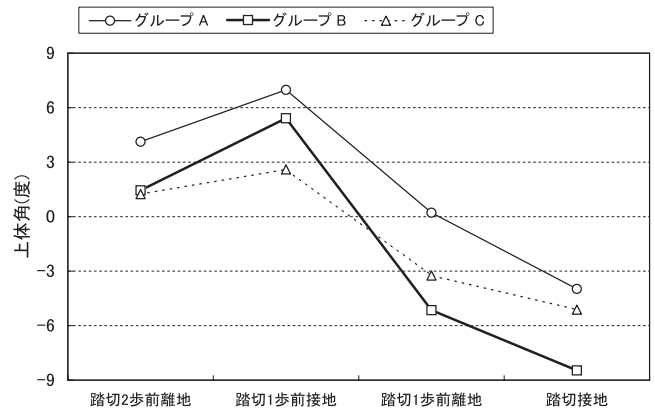


図6 グループ別にみた踏切2歩前離地から踏切接地における上体角の変化

イドを調整（足あわせ）していたものとみられる。

図6は、グループ別にみた踏切2歩前離地から踏切足接地までの各局面における上体角の変化を示したものである。上体が前傾している場合には数値がプラスとなり、上体が後傾している場合は数値がマイナスとなる。

踏切2歩前離地から踏切1歩前接地までは、各グループともプラスの値を示しており上体がまだ前傾していることを示していた。しかしながら、踏切1歩前離地時にはグループBとグループCではマイナスの値を示し、さらに踏切足接地時には全てのグループでマイナスの値を示し上体が後傾していた。なかでも、グループBは踏切1歩前接地中に上体を大きく後傾させており踏切足接地時においてはその後傾がさらに大きくなっていった。

図7は、グループ別にみた踏切1歩前離地から踏切足離地までの各局面における振上げ脚の大腿角角速度の変化を示したものである。大腿部が前方へ動く場合には数値がプラスとなり、大腿部が後方へ動く場合は数値がマイナスとなる。

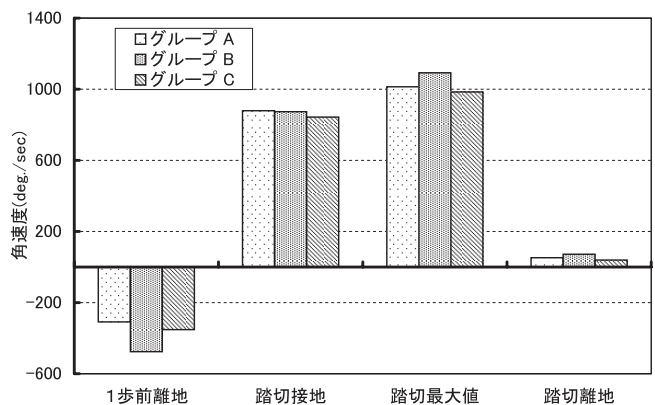


図7 グループ別にみた踏切1歩前離地から踏切各局面における自由脚大腿角角速度の変化

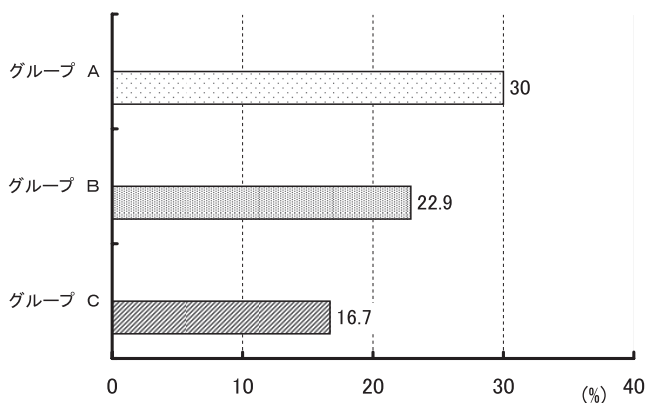


図8 グループ別にみた全試技数に対するファールの割合

踏切1歩前離地時（この局面では支持脚となる）においては、各グループともマイナスの値を示しており大腿部は後方へ大きく押す（プッシュ）動作を行っていた。その後、踏切足接地中においては（この局面では振上げ脚）、大きなプラスの値を示し、脚が勢いよく振込まれ、さらに振上げられていた。さらに、このような振上げ動作は踏切離地時においてもわずかながら継続していた。グループ別に各局面の角速度をみると、グループBの場合、他のグループと比較して統計的に有意な差はなかったものの、踏切1歩前離地時、踏切中の最大角速度、踏切離地時において最も大きな値を示していたことから、大腿部は踏切1歩前離地時に大きく後方へ押す（プッシュ）動作を行った後、踏切中にすばやく振り込まれ、振上げられていたとみられる。

図8は、グループ別に全試技数に対するファールの割合について示したものである。

全試技数に対するファールの割合は、それぞれグループAが30.0%（30試技中9試技のファール）、グループBが22.9%（35試技中8試技のファール）、グループCが16.7%（30試技中5試技のファール）であった。

IV. 考 察

つま先一踏切板距離の最大標準偏差が出現した地点は、日本ジュニア選手の場合、踏切3歩前から踏切10歩前においてみられ、最も多かったのは踏切3歩前（5名）であった。一方、Hay(1988)により報告された世界一流選手に関するデータをみると、世界一流選手では、つま先一踏切板距離の最大標準偏差は踏切1歩前より踏切8歩前において出現し、最大の人数（度数）は、踏切5歩前であった。これらのことより、日本ジュニア選手の場合、世界一流

選手と比較して助走中の視覚的なコントロールをより踏切に近い地点で行っている選手が多いことが推察された。このような世界一流選手との間にみられた違いは、競技レベルの他に、競技の経験年数などが影響していると考えられる。走幅跳では、筆者の経験も含めて、経験年数が短い選手の場合など、踏切時に足が「合う」、「合わない」の判断が踏切直前までわからない（できない）選手が多くみられることから、本研究のように最大の標準偏差が世界一流選手に比べてより踏切に近い地点で多く出現したものと推測される。

助走中の各ストライドにおけるつま先一踏切板距離の標準偏差をみると、グループAでは踏切8歩前、グループBでは踏切6歩前、グループCでは踏切3歩前でいずれも最大の標準偏差が出現した後、踏切へ向かって徐々に標準偏差の値は減少する傾向にあった。各グループにおける最大の標準偏差値は、グループBが0.35で最も大きな値を示したが、その他のグループにおいてもグループAでは0.24、グループCは0.25といずれも0.20を超える値を示し、いずれもHay(1988)の報告した世界一流選手の値を大きく上回っていた。Hay(1988)は、標準偏差の最大値をもとに助走の評価のための基準を設定しており、値が0.20以内であれば「good」、0.25以上であれば「poor」な助走であると定義している。Hayによる助走の基準をもとにすると、日本ジュニア選手の場合、いずれのグループも助走が不安定であったものとみられることから、助走の正確性を高めるために、日々のトレーニングにおいて助走練習をもっと多く取り入れることが必要であろう。

一方、最大の標準偏差が出現した後の数値の変化をみると、最大値の最も大きかったグループBでは、急速に標準偏差が減少し、踏切前2歩の値は他のグループと比較して最も小さくなっていった。このことは、グループBでは助走が不安定であったにもかかわらず、踏切6歩前から3歩前にかけて助走のストライドの調整を行い、最後の2歩では安定したストライドやストライドパターンで踏切準備や踏切が行えていたことを示唆しているとみられる。それに対し、グループCでは、その後の標準偏差が3つのグループの中で最も大きい傾向にあったことから、踏切準備や踏切がやや不安定であったものと推察される。

日本ジュニア走幅跳選手の助走における視覚的なコントロールが助走の正確性やパフォーマンスに及ぼす影響について、3グループにわけて結果をみたところ、それぞれのグループで特徴的な傾向がみら

れたのでグループ毎に考察することにした。

(1) Group A の特徴

3つのグループのなかで、助走中のつま先一踏切板距離の最大標準偏差が最も早く出現したグループAでは、踏切8歩前で最大値を達成した後、踏切へ向けて徐々に値は減少し、踏切前2歩の値もグループBについて小さかった(図2)。これらのことから、グループAの場合には、安定したストライドで助走をコントロールしながら踏切へ移行していたものと推察された。しかしながら、グループAは、インターハイ前の走幅跳の記録が7m49と3つのグループの中で最も高かったにもかかわらず、インターハイ時の記録は、7m34とグループBよりも低くなり、またその時の記録達成率は98.1%と3つのグループの中で最も低くなっていた。このように助走が比較的安定していたにもかかわらず、グループAの記録達成率が低くなる傾向にあったのは、助走のスタートから踏切までの助走速度の変化(図3)やストライドの変化(図5)をみると、助走の最高速度は他のグループともほぼ同じであったにもかかわらず、グループAでは助走の開始から中盤あたりまでの助走速度がかなり低かったことや、助走のスタートから中間地点まではストライドが他のグループと比較してやや小さかったことによるとみられる。このことはグループAでは、各選手が助走をスタートからコントロールしていたことによるとみられる。さらに、助走の中間から踏切前までの助走速度をみると、グループBとCでは、踏切4歩前あたりではほぼ最高速度に到達していたのに対し、グループAでは、この局面での助走速度がやや低い傾向にあり、踏切2歩前において最高速度に到達していた。また、踏切前2歩から踏切接地までにおける上体角の変化をみると、他のグループと比較して値が大きく、踏切前においても上体が前傾(プラスの値)していたことなどをもとにすると、グループAでは、助走の前半から助走速度をコントロールしすぎたために踏切2歩前まで加速するような助走となり、十分な踏切準備動作が実施できないまま踏切へ移行していたものと推察される。その結果、高校生にとってメインの大会であるインターハイ時に記録達成率が低くなったものとみられる。これらのことから、グループAでは、今後、安定した助走を目指しながらも助走の前半からスピードアップしていくようにし、他のグループと同様に踏切3～4歩前あたりで助走が最高速度に到達するように改善することで、十分な踏切準備動作が可能となり、記録の向上につながっていくものと考えられる。

(2) Group B の特徴

助走中のつま先一踏切板距離の最大標準偏差の出現地点が、世界一流選手と類似していたグループBでは、最大の標準偏差値が踏切6歩前で0.35と、他のグループと比較して大きかったことから助走が不安定であったとみられる。また、踏切前3歩の助走速度も他のグループと比較してやや低い傾向にあった。しかしながら、インターハイ時の記録の平均値は7m41で、記録達成率も99.4%(6人の選手のうち4名の選手がインターハイ時に彼らのベスト記録を達成していた)と3つのグループの中で最も高くなっていた。このように、グループBでは、踏切6歩前までストライドパターンが不安定であり、踏切前の助走速度が低かったにもかかわらず、走幅跳の記録が良い傾向にあったのは、1つにはグループBのつま先一踏切板距離の標準偏差が、踏切前6歩の最大値に達した後は徐々に小さくなっており、踏切前2歩の標準偏差値は他のグループと比較して最も小さくなったことが影響しているとみられる。このことは、グループBでは、助走の前半では助走がやや不安定であったにもかかわらず、踏切3～6歩前において助走を十分に調整できたものとみられる。その結果、踏切前2歩においては安定したストライドパターンで踏切へ移行できたものと推察される。さらに、踏切前2歩のストライドとピッチの変化をみると(図4、図5)、他のグループと比較して大きく、世界一流選手のストライドやピッチのパターンと類似するものであった。また、グループBの場合、踏切1歩前離地時や踏切中における振上げ脚(自由脚)の大腿角速度が他のグループと比較して大きかったことから(図7)、踏切1歩前(この局面では支持脚)では、脚を後方へ押し(プッシュ)、踏切中(この局面では自由脚)では、自由脚を十分に振り込み、踏切中盤から後半では振上げられていたものとみられ、積極的な踏切動作が行っていたと推察される。このような踏切付近における積極的な動きが、インターハイ時の高い記録の達成につながったものとみられる。

グループBの踏切2歩前のストライドに着目すると、踏切3歩前と比較してストライドが大きく減少していた(図5)。また、踏切2歩前離地から踏切足接地にかけての上体角の変化をみると(図6)、グループBの選手は阿江ら(1999)の報告した世界一流選手と同様に、踏切1歩前接地中に上体を大きく後傾させており、後傾のタイミングも他のグループと比較して早い傾向にあった。本研究では踏切2歩前においては、カメラ撮影上の都合で動作分析が

実施できていないが、これらの結果をもとにすると、このようなストライドの変化や上体の後傾のタイミングが早かったことにより踏切前での助走速度が低下したものと考えられる。これらのことから、グループBでは、今後このような動作の改善をはかることが記録の向上へつながっていくとみられる。

(3) Group C の特徴

助走中のつま先-踏切板距離の最大標準偏差が3つのグループのなかで最も踏切に近かったグループCでは、踏切5歩前から踏切にかけての助走速度がグループAとほとんど同じであったにもかかわらず(図3)、インターハイ時の走幅跳の記録は7m28と3つのグループの中で最も低かった(表1)。このような結果は、1つにはグループCの場合、踏切前の3歩におけるつま先-踏切板距離の標準偏差が、他のグループと比較して大きい傾向にあったことから、踏切前のストライドやストライドパターンがやや不安定であったことによるとみられる(図2)。一方、助走中のピッチやストライドの変化をみると(図4、図5)、踏切歩においてピッチは大きく増加し、ストライドは逆に大きく減少していたことから、踏切で大きく調整(足合わせ)して踏切を行っていたものと推察された。これらのことから、グループCでは、踏切3歩前で助走の視覚的なコントロールを行っていたものの、その後、踏切まで3歩しかないために助走の調整がうまくいかず、不十分な踏切となり、記録向上に結びつかなかったものとみられる。したがって、グループCでは、今後記録向上のために、踏切3歩前の視覚コントロールの位置を少し後方へ移動させ、踏切前のストライド調整が余裕をもって行えるようにすることや、助走中のつま先-踏切板距離の最大標準偏差が0.25と大きく蓄積された「poor」な助走技術レベルを、日々の助走練習により安定化を図ることにより0.20以下の「good」な助走にするなど、助走の正確性を上げることが必要となろう。

本研究では、助走中の視覚的コントロールポイントが助走の正確性にどのような影響を及ぼしているのか検討するために、最大標準偏差の出現地点をもとに3つのグループに分けファール試技との関係についても検討した。踏切前の2歩における各グループのつま先-踏切板距離の標準偏差をみると、前述したようにグループCが3つのグループの中では最も大きな値を示していたことや、踏切でストライドが大きく減少していたことなどから、グループCでは、踏切で足合わせをしていたものとみられ、ファールが多くなると推測された。しかしながら、グルー

プ別のファール数をみると、グループAでは、すべての選手が1回以上のファールをしていたのに対し、グループBでは、6名のうち5名の選手が、グループCでは、5名中3名の選手がそれぞれ1回以上のファールをしており、グループCが最も少ない傾向にあった(表1)。また、グループ別に全試技数に対するファールの割合をみると、グループAが30.0%(30試技中9試技のファール)、グループBが22.9%(35試技中8試技のファール)、グループCが16.7%(30試技中5試技のファール)であり、グループCのファール率が最も低かった(図8)。このような、踏切前での助走の安定性とファール数との間に関係がみられなかったのは、1つには、本研究の各グループの助走技術のレベルが、Hay(1988)の言う「poor」な助走であったことによるものとみられる。各グループの最大の標準偏差は0.24~0.35と非常に大きく、助走が不安定であったために、最大の標準偏差に達した後、各グループとも誤差を小さくしていたものの、踏切へ向けての細かな調整が不十分であったことによるとみられる。

また、各グループのファール数が試技の前半と後半のいずれで多かったのか検討すると、グループA、Bでは、試技の後半でそれぞれ6回と5回のファールがみられ、前半のファール数をかなり上回っていた。さらにグループA、Bには、記録の上位の選手が多く含まれていたことなどをもとにすると、グループA、Bでは試技の後半で記録の逆転を狙って各選手が積極的に跳躍を行っていたためにファールが多くなったとも考えられる。いずれにしても、踏切で正確に足を合わせることは、試合時の試技の内容や、試技中の順位、風向きとともに選手の精神的な状況などによって大きく影響されるとみられることから、選手へのアンケート調査も含めて今後さらに検討していくことが必要であろう。

V. 結 論

本研究では、日本ジュニア走幅跳選手の助走における視覚的コントロールの位置が助走の正確性や踏切動作、パフォーマンスにおよぼす影響について検討し、日本ジュニア選手の実情を把握するとともに、今後の記録向上に向けての課題を明らかに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) 日本ジュニアトップ走幅跳選手のつま先-踏切板距離の最大標準偏差は、踏切3歩前から踏切10歩前において出現していた。

また、最大標準偏差は踏切3歩前で最も多くみられ、Hay (1988) によって報告された世界一流走幅跳選手の値（踏切5歩前）と比較してより踏切側に近かった。

- 2) グループAでは、助走の開始から中間局面までのストライドが他のグループと比較してやや狭く、助走速度はより低い傾向にあった。また、助走の最高スピードの出現地点が他のグループと比較して踏切に近かった。
- 3) グループBでは、助走の前半におけるストライドが他のグループと比較して大きい傾向にあった。しかしながら、つま先-踏切板の距離の標準偏差は、踏切6歩前において最大の標準偏差を示した後、徐々に小さくなる傾向にあった。さらに、踏切前2歩のストライドパターンは世界一流選手の示すものとほぼ同様の傾向にあり、踏切中における振上げ脚（自由脚）も大きく振込まれたのち振上げられていた。
- 4) グループCでは、助走中のピッチが高く、踏切前3歩のつま先-踏切板距離の標準偏差が他のグループと比較して大きかった。
- 5) 全試技数に対するファールの割合は、それぞれグループAが30.0%、グループBが22.9%、グループCが16.7%であった。

これらのことから、日本ジュニア走幅跳選手では、助走の視覚的コントロールの位置の違いが、助走の走り方や踏切準備動作、踏切に多くの影響をおよぼしていることが示唆された。日本ジュニア選手は近年、走幅跳の記録を大きく向上させているが、本研究結果をもとにすれば、助走に関してはまだ多くの改善点があるとみられる。ジュニア選手にとっての望ましい視覚コントロールについては、今後さらに検討していくことが望まれよう。

本研究は日本陸上競技連盟バイオメカニクス研究班によってなされたものである。

参考文献・引用文献

- 阿江通良, 村木有也 (2001) 陸上競技のサイエンス インターハイにおけるバイオメカニクス分析・跳躍～9年間の活動から～, 月刊陸上競技, 35(10), 211-215
- 阿江通良, 大村一光, 金高宏文, 飯干明, 山田哲, 伊藤信之, 植田恭史 (1999) 一流走幅跳選手の踏

切準備動作のバイオメカニクスの分析, 平成10年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告, 第22報, 183-186

深代千之 (1990) 跳ぶ科学, 大修館書店

Hay J. G. (1988) Approach Strategies in the Long Jump, Int. J. Sports Biomechanics, 4:114-129

飯干明, 大村一光, 伊藤信之, 杉田正明, 小林寛道 (2002) シドニーオリンピックにおける女子走幅跳の助走分析, 陸上競技の医科学サポート研究REPORT, 日本陸連科学委員会研究報告, 1(1), 19-34

飯干明, 大村一光, 小山宏之, 村木有也, 阿江通良 (2003) 長崎インターハイにおける男子走幅跳のバイオメカニクスの分析, 陸上競技マガジン, 53(13), 160-165

伊藤信之, 阿江通良, 小林寛道 (2000) 一流走幅跳選手における助走分析, NOII競技種目別競技力向上に関する研究—第23報—, 1999年度日本体育協会スポーツ科学研究報告集, VOL 1, 126-128

村木征人 (1982) 陸上競技 (フィールド), ぎょうせい, 229-230

岡野進, 日本陸上競技連盟編 (1988) 陸上競技指導教本「走幅跳」, 大修館書店

大村一光, 飯干明, 小山宏之, 村木有也, 阿江通良 (2006) 男子ジュニアトップ走幅跳選手における助走と踏切について, 陸上競技研究, 67, 27-35

「第11回 IAAF 世界陸上競技選手権大阪大会」における日本代表選手・群 (団)
ならびに優勝者・群における「記録達成率 (実力発揮度)」についての考察

岡野 進¹⁾

1) 明海大学

A Consideration of the Achievement Rate (Rate of Demonstrating True Abilities) of Japanese Athletes and Gold-Medal Winners in the 11th IAAF World Championships in Athletics

Susumu OKANO¹⁾

1) Meikai University

Abstract

The following is the result of a survey and analysis of the achievement rate or the rate of demonstrating true abilities of Japanese athletes and gold-medal winners at the 2007 IAAF World Championships in Athletics, Osaka:

1. The average age of the Japanese athletes (both men and women) and gold-medal winners (both men and women) was around 26. By event group, the average age of the athletes who competed in the sprint, hurdles and relay events was young at around 24 and that of the athletes who competed in the jumping, throwing and combined (decathlon and heptathlon) events was older at around 27.
2. The average height, weight and BMI of Japanese athletes were lower than that of gold-medal winners. In particular, the average BMI of female Japanese athletes who participated in the long distance, marathon and race walk events was much lower at 17.1.
3. Male gold-medal winners had participated 0.6 times more than Japanese athletes (both men and women) in world athletic championships. Female gold-medal winners had participated 1.0 times more than Japanese athletes, which is a significant difference.
4. There was no correlation between how many times Japanese athletes had participated in the championships and their performance. This means that the athletes failed to make use of their past experience in Osaka.
5. Female gold-medal winners showed the highest average achievement rate at 98.5 percent, followed by 97.7 percent for male gold-medal winners, whereas Japanese athletes (both men and women) showed significantly lower achievement rates than the gold-medal winners, at 95.4 percent for men and 95.1 percent for women.
6. The average achievement rate by group of events was as follows: Both gold-medal winners (men and women) and Japanese athletes (men and women) who participated in the sprint, hurdles and relay events had the highest achievement rates of between 98.5 percent and 99.6 percent, which was significantly higher than the achievement rates for medium- and long distance, marathon and walk race events. As for the Japanese athletes, the achievement rate of athletes in the jumping, throwing and combined events was significantly lower between 94.0 percent and 94.9 percent for both men and women than the rate for the sprint, hurdles and relay events. Unfavorably high temperatures and humidity and slow-paced races were considered to have resulted in the low achievement rate in the long distance, marathon and walk race events. Various problems were considered to be the cause of the low achievement rate for Japanese athletes in the jumping, throwing and combined events

7. Many Japanese athletes failed to demonstrate their true abilities. Just three Japanese athletes, or 4.2 percent, set new records and a total of only 14 athletes, or 19.5 percent, including the three, demonstrated 98 percent or more of their abilities.
8. Of the gold-medal winners, 12 athletes, or about 28 percent, set new records. A total of 24 athletes, or 55.8 percent, including the 12, demonstrated 98 percent or more of their abilities. This figure is much lower than the 78.3 percent at the Olympic Games in Athens in 2004.
9. Of the six Japanese athletes who were expected to win a medal or to be ranked in the top eight, the average achievement rate of five of them, excluding the one who did not have any record, was low at 95.3 percent. They failed to demonstrate their true abilities. Pressure from high public expectations is believed to have resulted in their poor performance.
10. When we look at the world ranking of gold-medal winners at that time, eleven of the males, or 50 percent, and 12 of the females, or about 60 percent, were ranked first or second. Other gold-medalists were also excellent athletes with world record holders among them.
11. In the Championships, U.S. athletes performed significantly well. The total number of medals and rankings in the top eight achieved by U.S. athletes was 46. The average achievement rate of the 14 U.S. gold-medal winners was high at 98.7 percent.

It is believed that various efforts for the Championships by the U.S. team and athletes turned out to be successful.

The above results show that the achievement rate for the Japanese athletes and team was low with no improvement from previous competitions such as previous World Championships in Athletics or the Olympics, perhaps due to pressure from having the Championships in their home country. The results imply that it is essential for Japanese athletes(excluding those who participated in road events) to be ranked in the top ten in the world and to set a new personal record (achievement rate of 100.1 percent or more) in the competition to win a medal or to be ranked in the top eight in the World Championships in Athletics or the Olympics.

I . 緒言

「第 11 回世界陸上競技選手権 (大阪) 大会」(以下、「大阪世界陸上」とする) は、2007 年 8 月 25 日 (土) から 9 月 2 日 (日) の 9 日間にわたって、大阪・長居競技場において行われた。I A A F が 8 月 19 日に発表した「大阪世界陸上」への仮エントリーは、203 カ国・地域の 1981 選手 (女子 930 選手) となり、この「203」は「サンケイスポーツ」(2007 A) によると、1999 年のセビリア大会を抜いて史上最多の参加国・地域数となったということである<注 1 参照>。なお、日本での「世界陸上」の開催は、1991 年の東京以来 2 回目となった。

地元である日本は、男子 45 名・女子 36 名 (合計 81 名) の選手と、31 名の役員を併せて 112 名の大選手・役員団で臨んだ。また、日本陸連が掲げた目標は「メダル 5 個、入賞 6～8 個」とされた。

大会終了後、日本選手団の成績について、「毎日新聞」(2007) は、「メダルは銅 1 個。4～8 位の入賞は男子マラソンの尾方剛 (中国電力) ら 3 人など計 6。目標のメダル 5 個、入賞 6～8 には遠く及ばず、地元開催としては寂しい結果となった。」と報じていた。しかしながら、今回、日本選手団の獲得した

「メダル+入賞」数は計 7、前回 2005 年 (ヘルシンキ) は 8、アテネ五輪も 8、というように数字的には 1 つ少なかっただけである。このように見てみると、地元開催による期待があまりにも大きくふくらんだことが、日本大惨敗を感じさせたと言えるかも知れない。この点、毎日新聞社の記者栗林創造(2007) も「メダル候補とされた選手たちの思わぬ負け方が、日本勢不振の印象を強くしたのは事実だ。」と述べている。

さて、岡野 (1995、1996、1999、2001、2005) は、これまで、近年の国際大会やオリンピックにおける日本代表選手 (以下、「日本選手」とする) ・団の国際大会における「実力発揮度」について報告してきた。この実力発揮度の裏付けとなる客観的データとしては、自己最高記録 (PB) に対して、大会時に出した記録がどのくらいの達成率 (%) であったかを求めたものである。すなわち、「大会時最高記録 ÷ 自己最高記録」(トラック種目は「分子」と「分母」が逆となる) = 「記録達成率 (%)」とするものである。

岡野 (2005) は、これまでのオリンピックなどの国際大会で、日本選手・団の記録達成率 (%) が大変低いことを指摘している。例えば、アテネ (2004)

の日本選手・団の記録達成率は、男子 $96.5 \pm 3.39\%$ (2名の失格もあるが、失格者は計算に入っていない)、女子 $93.7 \pm 4.67\%$ と、女子に至っては過去最悪の割合(数値)であった。

ところで、今回は、地元(日本)開催である。サッカーなどでは、「ホーム」は「アウェー」よりも有利であるとよく言われる。例えば、本論文作成中にこんな記事が掲載された—「欧州CLでは、適地を大の苦手とするセルティック。アウェー戦では・・・(中略) 何と14連敗中。ホームでは同第2戦で、昨季大会覇者の強豪、ACミランに2-1で土をつけるほどの力を見せるのに、敵地では違うチームになってしまう。」(「サンケイスポーツ」2007B)と。

おそらく、陸上競技の場合も、同様なのであろうと思われる。この点、岡野(1995, 1996)は、「広島アジア大会」と「福岡ユニバーシアード」(以下、「広島」、「福岡」とする)について報告している。これらによると、日本選手・団の記録達成率は、「広島」男子が $96.7 \pm 3.86\%$ 、女子が $96.8 \pm 3.36\%$ であり、「福岡」男子が $97.2 \pm 2.71\%$ 、女子が $97.1 \pm 4.16\%$ であったとしているが、特に「福岡」(＝開催期日が今回の「大阪世界陸上」とほぼ同様の1995年8月29日～9月3日)の記録達成率が比較的高かったことからして、また自己記録更新者が男子2名、女子8名の計10名(約26%)に見られたことや、さらに記録達成率98.0%以上の者が、男子19名(45.3%)、女子17名(45.9%)と比較的多くに見られたことは、確かに、地元有利をうかがわせるものであった。

以上本稿に関するこれまでの報告について述べたが、この度の地元「大阪世界陸上」における日本選手・団の記録達成率(実力発揮度)はいかなるものであったであろうか、誠に興味深いところである。また、冒頭に掲げた「毎日新聞」(2007)の記事にあったように、今回(大阪)の日本選手団の成績は、「本当に寂しい結果だった」のであろうか。本稿では、諸点から「大阪世界陸上」日本選手・団の活躍度について検証してみることにしたい。

<注1> 参加した国・地域は、最終的には「200」となった。また、参加選手は約2000人であったことが「陸連時報」において、大会組織委員会副会長の関大阪市長(2007)より報告された。

II. 研究方法

1) 日本選手や優勝者(外国選手)の基礎データ(年齢・体格等)、また世界陸上出場回数、自己最高記

録(PB)、大会時(最高)記録については、以下の諸「資料(大会プログラム)」「月刊誌」「新聞」等をもとに調べた。

- 2007「大阪世界陸上」組織委員会作成・・・オフィシャルプログラム, Final Results, デイリープログラム(NO.1～NO.9), IAAF STATISTICS HANDBOOK(Osaka, 2007).
 - Japanese Delegation of Athletics Team for OSAKA 2007(JAAF).
 - 世陸を120%楽しむ10のポイント(陸上競技マガジン9月号別冊付録)。
 - IAAF 世界陸上2007大阪公式ガイド, 講談社, 2007年7月31日。
 - 陸上競技マガジン2007年10月号。
 - 月刊陸上競技2007年10月号。
 - 新聞各紙・・・大会期間中ならびにその前後の「毎日新聞, 朝日新聞, 産経新聞, 日本経済新聞, 読売新聞, サンケイスポーツ, スポーツニッポン」。
- 2) 以上の諸資料をもとに各選手の基礎データを得ることから、日本選手男・女各群と優勝者男・女各群について、年齢、身長、体重、BMI値、世界陸上出場回数の平均値と標準偏差値を求めた。また、本研究の第1のねらいである日本選手群の自己記録に対する「記録達成率」の平均値と標準偏差値を求めるとともに、その比較対照群として、優勝者群の「記録達成率」の平均値と標準偏差値を求めた。なお、日本選手群と優勝者群を統計学的に比較するために、それぞれの項目ごとの平均値の差の有意性の検定を行なった。

III. 結果と考察

1. 日本選手群ならびに優勝者(外国人選手)群の年齢・体格・記録達成率・(世界選手権)出場回数

1) 日本男子選手群の場合：日本男子(45名)については、表1-1に示したとおりであるが、年齢は19～35歳、身長は160～187cm、体重は49～113kg、BMIは17.5～34.9、記録達成率は73.9～101.2%、出場回数(大会経験)は初回が21名、2～6回が24名であった。選手の年齢や体格は、それぞれ競技や個人の特性によって、大きく異なっていた。

また、記録達成率は、選手の心身の状態やコンディショニング(調整)、気候条件(気温・湿度・風の条件など)、競技の特性や勝負に徹するレース運びなどによって、大きな差が出ていたものと

表1-1 「大阪世界陸上」日本代表選手（男子）の年齢・体格・大会時成績（記録達成率）等一覧

選手名	所属	年齢	出場種目	身長	体重	BMI	自己記録	大会時記録	記録達成率	成績(順位)	大会経験
朝原宣治	大阪ガス	35	100m	179	75	23.4	10.05	10.14	99.1	準決勝	6回
塚原直貴	東海大	22	100m	180	77	23.7	10.21	10.20	100.1	第2次予選	初回
末續慎吾	ミズノ	27	200m	178	68	21.5	20.03	20.47	97.9	第2次予選	4回
高平慎士	富士通	23	200m	180	60	18.5	20.35	20.77	98.0	第2次予選	2回
神山知也	作新学院大	19	200m	174	61	20.9	20.69	20.78	99.6	第2次予選	初回
金丸祐三	法政大	20	400m	177	73	23.3	45.41	*	*	予選	2回
山口有希	大阪ガス	23	400m	174	62	20.5	45.18	46.28	97.6	予選	2回
石塚祐輔	筑波大	20	4x400mR	178	72	22.7	46.15	—	—	—	初回
小島茂之	アシックス	27	4x100mR	173	68	22.7	10.20	—	—	—	初回
佐藤光浩	富士通	27	4x400mR	175	62	20.2	45.50	—	—	—	3回
堀籠佳宏	富士通	26	4x400mR	170	61	21.1	45.77	—	—	—	2回
内藤真人	ミズノ	27	110mH	185	75	21.9	13.43	13.54	99.2	準決勝	4回
田野中輔	富士通	28	110mH	185	79	23.1	13.55	13.61	99.6	準決勝	初回
八幡賢司	モンテローザ	26	110mH	185	74	21.6	13.58	13.92	97.6	予選	初回
為末大	APF	29	400mH	170	66	22.8	47.89	49.67	96.4	予選	4回
成迫健児	ミズノ	23	400mH	185	71	20.7	47.93	48.44	98.9	準決勝	2回
吉形政衛	三洋信販	25	400mH	176	70	22.6	48.66	50.59	96.2	予選	初回
4x100mR	日本(決勝)		塚原	末續	高平	朝原	38.31	38.03	100.7	決勝5位	アジア新
4x400mR	日本(予選)		山口	石塚	成迫	佐藤	3.00.76	3.2.76	99.3	予選	
N=17(+リレー2)=19								N=14 (リレー除く)		N=12	
横田真人	慶応義塾大	19	800m	176	60	19.4	1.48.42	1.47.16	101.2	予選	初回
小林史和	NTT	29	1500m	176	60	19.4	3.37.42	3.43.64	97.2	準決勝	2回
三津谷祐	トヨタ自動車九州	22	5000m	166	50	18.1	13.18.32	14.7.38	94.2	予選	2回
松宮隆行	コニカミノルタ	27	5000m	163	49	18.4	13.17.20	13.54.97	95.5	予選	初回
竹澤健介	早稲田大	20	10000m	170	62	21.5	27.45.59	28.51.69	96.2	12位	初回
前田和浩	九電工	26	10000m	166	54	19.6	27.56.92	29.48.17	93.8	17位	初回
岩水嘉孝	トヨタ自動車	28	3000mSC	174	53	17.5	8.18.93	8.36.73	96.6	予選	4回
諏訪利成	日清食品	30	マラソン	178	58	19.2	2.07.55	2.18.35	92.3	7位	初回
大崎悟史	NTT西日本	31	マラソン	177	58	18.5	2.08.46	2.18.06	93.2	6位	初回
尾方剛	中国電力	34	マラソン	165	50	18.4	2.08.37	2.17.42	93.4	5位	3回
久保田満	旭化成	25	マラソン	180	63	19.4	2.12.50	2.59.40	73.9	56位	初回
佐藤智之	旭化成	26	マラソン	167	51	18.3	2.09.43	2.20.53	92.1	13位	初回
森岡紘一郎	順天堂大	22	20km競歩	183	65	19.4	1.21.30	1.24.46	96.1	11位	2回
谷井孝行	佐川急便	24	20km競歩	166	57	20.7	1.20.39	1.26.53	92.8	21位	2回
杉本明洋	ALSOK	25	20km競歩	162	54	20.6	1.21.09	1.26.45	90.3	19位	2回
山崎勇喜	長谷川体育施設	23	50km競歩	177	65	20.7	3.43.38	失格	*	*失格	2回
明石颯	ALSOK	30	50km競歩	160	59	21.4	3.54.11	4.2.31	96.6	16位	2回
谷内雄亮	佐川急便	27	50km競歩	172	55	17.6	3.55.19	4.5.21	95.9	17位	初回
N=18									N=17		
醍醐直幸	富士通	26	走高跳	182	64	19.3	2.33	2.19	94.0	予選	2回
澤野大地	ニシスポーツ	26	棒高跳	182	72	21.7	5.83	*	*	*記録なし	3回
荒川大輔	大阪協協	26	走幅跳	179	73	22.8	8.06	7.62	94.5	予選	初回
杉林孝法	チームミズノ	31	三段跳	185	66	19.3	17.02	16.21	95.2	予選	3回
畑瀬聡	群馬総合ガードS	25	砲丸投	184	107	31.6	18.56	17.71	95.4	予選	初回
畑山茂雄	ゼンリン	30	円盤投	184	102	30.1	60.10	55.71	92.7	予選	初回
室伏広治	ミズノ	32	ハンマー投	187	99	28.3	84.86	80.46	94.8	決勝6位	4回
土井宏昭	ファイテン	28	ハンマー投	180	113	34.9	74.08	69.89	94.3	予選	初回
村上幸史	スズキ	27	やり投	185	90	26.3	81.74	77.63	95.0	予選	2回
田中宏昌	モンテローザ	25	10種競技	177	73	23.3	7803	7629	97.8	19位	初回
N=10									N=9		
N=45								N=40	N=38(対象外3名)		

考えられる。この点、国土(1991)は、「記録は個人の身体的状態、精神的状態、天候気象等の様々な要因のもとで、個人の能力が発揮され成就された結果に、ルールに決められた尺度をあてがって表現されるものである。」と述べているように、今回(大阪世界陸上)選手が出した記録やそれをもとに算出した記録達成率の背景には、種々の要因があることを考慮しなければならない。

2) 日本女子選手群の場合：日本女子(37名)については、表1-2に示したとおりであるが、年齢は18～34歳、身長は151～172cm、体重は38～96kg、BMIは15.8～35.7、記録達成率は86.8～100.0%、出場回数(大会経験)は初回が20名、2～4回が17名であった。日本女子の場合も男子同様、選手の体格の特徴や出来栄(記録達成率)は大きく異なるものであった。

3) 優勝者男子群の場合：優勝者男子(22名)については、表1-3に示したとおりである。年齢は20～33歳、身長は160～196cm、体重は54～133kg、BMIは18.3～37.6、記録達成率は93.9～101.3%、出場回数(大会経験)は初回が2名、2～7回が20名であった。選手の体格の特徴には、やはり競技特性から大きな相違が見られたが、記録達成率は、「短距離・ハードル・跳躍・投てき」選手が高い値(96.1～101.3%)を示した。しかしながら、「長距離・マラソン・競歩」選手は、高温・多湿の気候条件や勝負に徹したレース運びなどからか、比較的低い値(93.9～98.1%)であった。また、世界陸上への出場回数(大会経験)は、ほとんどが2回以上であった。

4) 優勝者女子群の場合：優勝者女子(21名)については、表1-4に示したとおりである。年齢は

表1-2 「大阪世界陸上」日本代表選手(女子)の年齢・体格・大会時成績(記録達成率)等一覧

選手名	所属	年齢	出場種目	身長	体重	BMI	自己記録	大会時記録	記録達成率	成績(順位)	大会経験
高橋萌木子	平成国際大	18	100m	169	57	20.0	11.54	11.98	96.3	第1次予選	初回
信岡沙希重	ミズノ	30	200m	164	54	20.1	23.33	23.74	98.3	第1次予選	3回
丹野麻美	福島大	21	400m	162	48	18.3	51.80	51.81	99.9	準決勝	2回
北風沙織	北翔大	22	4x100mR	151	47	20.6	11.52	—	—	—	初回
石田智子	長谷川体育施設	30	4x100mR	157	54	21.9	11.45	—	—	—	3回
渡辺真弓	ナチュル	24	4x100mR	164	52	19.3	11.74	—	—	—	初回
青木沙弥佳	福島大	20	4x400mR	162	49	18.7	53.40	—	—	—	初回
渡辺なつみ	福島大	19	4x400mR	166	54	19.6	53.40	—	—	—	初回
木田真有	ナチュル	24	4x400mR	162	53	20.2	53.47	—	—	—	初回
石野真美	長谷川体育	24	100mH	169	53	18.6	13.08	13.29	98.4	予選	初回
久保倉里美	新潟アルビレックス	25	400mH	161	52	20.1	55.71	57.01	97.7	予選	初回
4x100mR	日本		北風	信岡	渡辺	高橋	43.77	失格	*	予選	
4x400mR	日本		青木	丹野	久保倉	木田	3.30.53	3.30.17	100.2	予選・日本新	
N=11								N=6	リレー除N=5		
陣内綾子	佐賀大	20	800m	165	51	18.7	2.03.99	2.7.34	97.4	予選	初回
吉川美香	バナソニック	22	1500m	155	38	15.8	4.10.00	4.21.64	95.6	予選	初回
福士加代子	ワコール	25	5000m	161	45	17.4	14.53.22	15.19.40	97.2	決勝14位	3回
福士加代子	ワコール	25	10000m	161	45	17.4	30.51.81	32.32.85	94.8	10位	3回
杉原加代	バナソニック	24	5000m	161	43	16.6	15.15.34	15.31.44	98.3	予選	初回
絹川 愛	仙台育英高	18	10000m	153	38	16.2	31.35.27	32.45.19	96.4	14位	初回
脇田 茜	豊田自動織機	19	10000m	160	39	15.2	31.39.32	32.48.68	96.5	15位	初回
早狩実紀	京都光華AC	34	3000mSC	164	47	17.5	9.41.21	*	*	途中棄権	3回
辰巳悦加	和光AC	25	3000mSC	161	45	17.4	9.57.02	10.32.57	94.4	予選	初回
原裕美子	京セラ	25	マラソン	163	45	16.9	2.23.48	2.36.40	91.4	18位	2回
土佐礼子	三井住友海上	31	マラソン	167	45	16.1	2.22.46	2.30.55	94.6	3位	2回
小崎まり	ノーリツ	32	マラソン	162	46	17.5	2.23.30	2.35.04	92.5	14位	3回
橋本康子	セガサミー	32	マラソン	162	46	17.5	2.25.21	2.38.36	91.3	23位	初回
嶋原清子	セカンドウインドAC	30	マラソン	154	43	18.1	2.26.14	2.31.21	96.6	6位	初回
瀧瀬真寿美	龍谷大	20	20km競歩	161	45	17.4	1.29.36	1.41.49	86.8	27位	初回
坂倉良子	登利平AC	31	20km競歩	164	47	16.9	1.30.16	*	*	失格	3回
川崎真裕美	海老澤製作所	27	20km競歩	167	52	18.6	1.28.56	1.33.35	95.0	10位	2回
N=17									N=15		
青山 幸	大阪陸協	30	走高跳	172	54	17.8	1.92	1.84	95.8	予選	初回
近藤高代	長谷川体育施設	31	棒高跳	160	56	21.9	4.35	4.35	100.0	予選	2回
池田久美子	スズキ	25	走幅跳	166	53	19.2	6.86	6.42	93.6	予選	4回
吉田文代	秋田ゼロックス	26	三段跳	160	53	20.7	13.50	12.61	93.4	予選	初回
豊永陽子	生光学園高教員	30	砲丸投	164	96	35.7	17.57	17.02	96.9	予選	2回
室伏由佳	ミズノ	30	円盤投	170	67	23.2	58.62	52.76	90.0	予選	2回
綾 真澄	丸善工業	27	ハンマー投	165	75	27.5	67.26	62.68	93.2	予選	3回
吉田恵美可	京都産業大	21	やり投	165	60	22.0	57.19	49.70	86.9	予選	初回
中田有紀	日本保育サービス	30	7種競技	167	53	19.0	5962	5869	98.4	23位	2回
N=9									N=9		
N=		37(*36)						N=30	N=29	対象外2名	

* 福士加代子は2種目に出場している。

表1-3 「大阪世界陸上」優勝者(男子)の年齢・体格・大会時成績(記録達成率)等一覧

種目	選手名	国名	年齢	身長	体重	BMI	自己記録	優勝記録	記録達成率	大会経験
100m	ガイ	アメリカ	25	183	73	21.8	9.84	9.85	99.9	2回
200m	ガイ	アメリカ	25	183	73	21.8	19.62	19.76	99.3	2回
400m	ウォリナー	アメリカ	23	188	67	19.0	43.62	43.45	100.4	2回
110mH	劉翔	中国	24	188	74	20.9	12.88	12.95	99.5	4回
400mH	クレメント	アメリカ	21	188	84	23.8	47.24	47.61	99.2	2回
4x100mR	アメリカ	アメリカ	パットン	スピアモン	ガイ	ディクソン	37.40	37.78	99.0	
4x400mR	アメリカ	アメリカ	メリット	テラー	ウィリアムソン	ウォリナー	2.54.20	2.55.56	99.2	
N=5									N=7	
800m	キルワ・イエゴ	ケニア	20	175	56	18.3	1.43.89	1.47.09	97.0	2回
1500m	バーナード・ラガト	アメリカ	32	175	61	19.9	3.26.34	3.34.77	96.1	3回
5000m	バーナード・ラガト	アメリカ	32	175	61	19.9	12.59.22	13.45.87	94.4	3回
10000m	ベケレ	エチオピア	25	160	54	21.1	26.17.53	27.05.90	97.0	3回
3000mSC	キプルト	ケニア	22	176	54	22.6	8.04.22	8.13.82	98.1	2回
マラソン	キバト	ケニア	24	不明	不明	*	2.8.52	2.15.59	94.8	初回
20km競歩	ベレス	エクアドル	33	174	59	19.5	1.17.21	1.22.20	93.9	3回
50km競歩	ディークス	オーストラリア	30	183	66	19.7	3.35.47	3.43.53	96.6	3回
N=8									N=8	
走高跳	トマス	バハマ	23	190	75	20.8	2.35	2.35	100.0	初回
棒高跳	ウォーカー	アメリカ	26	188	86	24.3	6.00	5.86	97.7	2回
走幅跳	サラディノ	パナマ	24	183	70	20.9	8.56	8.57	100.1	2回
三段跳	エボラ	ポルトガル	23	181	62	18.9	17.51	17.74	101.3	2回
砲丸投	リース・ホッフ	アメリカ	29	182	133	37.6	22.43	22.04	98.3	2回
円盤投	カンテル	エストニア	28	196	126	29.7	73.38	68.94	94.0	3回
ハンマー投	チホン	ベラルーシ	31	186	110	31.8	86.73	83.63	96.4	2回
やり投	ピトカマキ	フィンランド	24	195	92	24.2	91.53	90.33	98.7	2回
10種競技	シェブレル	チェコ	33	186	88	25.4	9026	8676	96.1	7回
N=9									N=9	
N=		22						N=24	24(22+リレー-2)	

表1-4 「大阪世界陸上」優勝者(女子)の年齢・体格・大会時成績(記録達成率)等一覧

種目	選手名	国名	年齢	身長	体重	BMI	自己記録	優勝記録	記録達成率	大会経験
100m	キャンベル	ジャマイカ	25	161	61	23.5	10.85	11.01	98.6	2回
200m	フェリックス	アメリカ	22	163	61	23.0	22.11	21.81	101.4	3回
400m	オフルオグ	イギリス	23	175	70	22.9	50.28	49.61	101.4	2回
100mH	ミシェル・ペリー	アメリカ	28	175	67	21.9	12.43	12.46	99.8	2回
400mH	ローリンソン	オーストラリア	24	182	70	21.1	53.22	53.31	99.8	2回
4x100mR	アメリカ	アメリカ	ウイリアムス	フェリックス	バーバー	エドワーズ	41.47	41.98	98.8	
4x400mR	アメリカ	アメリカ	トロッター	フェリックス	ワインバーグ	リチャーズ	3.15.51	3.18.55	98.5	
		N=5						N=7		
800m	ジェブコステイ	ケニア	23	167	47	16.9	1.56.66	1.56.04	100.5	初回
1500m	ジャマール	バーレーン	22	170	61	21.1	3.56.18	3.58.75	98.9	2回
5000m	デファー	エチオピア	24	155	42	17.5	14.16.63	14.57.91	95.4	3回
10000m	ディンバ	エチオピア	24	160	47	18.4	30.18.39	31.55.41	94.9	3回
3000mSC	ウォルコフ	ロシア	29	171	55	17.1	9.13.35	9.6.57	101.2	2回
マラソン	ヌデレバ	ケニア	35	165	45	16.5	2.18.47	2.30.37	92.1	3回
20km競歩	カニスキナ	ロシア	22	161	45	17.4	1.26.2	1.30.9	95.5	初回
		N=7						N=7		
走高跳	ブラシッチ	クロアチア	23	194	75	19.9	2.07	2.05	99.0	4回
棒高跳	イシンバエワ	ロシア	25	174	66	21.8	5.01	4.80	95.8	2回
走幅跳	レベデフ	ロシア	31	173	63	21.0	7.33	7.03	95.9	3回
三段跳	サビネ	キューバ	22	165	53	19.5	15.09	15.28	101.3	2回
砲丸投	バレリー・ピリ	ニュージーランド	23	196	120	31.2	20.20	20.54	101.7	3回
円盤投	ディーチュ	ドイツ	39	183	95	28.4	69.51	66.61	95.8	9回
ハンマー投	ハイドラー	ドイツ	24	175	81	26.4	76.55	74.76	97.7	3回
やり投	シュポタコバ	チェコ	26	182	80	24.2	66.21	67.07	101.3	2回
7種競技	クリュフト	スウェーデン	24	178	65	20.5	7001	7032	100.1	3回
		N=9						N=9		
		N=21						N=23(21+リレー-2)		

表2-1 「大阪世界陸上」日本代表選手(男子)のブロック群ごとの年齢・体格・記録達成率・出場(大会経験)回数の平均値と標準偏差値

	年齢(才)	身長(cm)	体重(kg)	BMI	A:記録達成率(%)	B:記録達成率(%)	出場回数(回)
短距離・障害・リレー(N=17)	25.1±3.83	177.9±4.87	69.1±5.98	21.8±1.35	98.6±1.29	98.4±1.21	2.24±1.44
中長距離・マラソン・競歩(N=18)	26.0±3.86	171.0±6.67	56.8±4.99	19.3±1.20	93.6±5.50		1.67±0.82
跳躍・投てき・混成(N=10)	27.6±2.42	182.5±2.94	85.9±17.4	25.8±5.08	94.9±1.29		1.90±1.04
合計(N=45)	26.0±3.70	176.2±7.03	67.9±14.57	21.7±3.59	95.6±4.33	95.4±4.32	1.93±1.16

表2-2 「大阪世界陸上」日本代表選手(女子)のブロック群ごとの年齢・体格・記録達成率・出場(大会経験)回数の平均値と標準偏差値

	年齢(才)	身長(cm)	体重(kg)	BMI	A:記録達成率(%)	B:記録達成率(%)	出場回数(回)
短距離・障害・リレー(N=11)	23.4±3.80	162.5±4.92	52.1±2.84	19.8±0.98	98.5±1.31	98.1±1.16	1.45±0.78
中長距離・マラソン・競歩(N=17)	25.9±4.92	161.2±3.92	44.7±3.72	17.1±0.91	94.6±2.91		1.76±0.88
跳躍・投てき・混成(N=9)	27.8±3.12	165.4±3.78	63.0±13.70	23.0±5.23	94.2±3.86		2.00±0.94
合計(N=37)	25.6±4.52	162.6±4.53	51.4±10.40	19.3±3.59	95.3±3.34	95.1±3.34	1.73±0.89

表2-3 「大阪世界陸上」優勝者(男子)のブロック群ごとの年齢・体格・記録達成率・出場(大会経験)回数の平均値と標準偏差値

	年齢(才)	身長(cm)	体重(kg)	BMI	A:記録達成率(%)	B:記録達成率(%)	出場回数(回)
短距離・障害(N=5)	23.6±1.50	186.0±2.45	74.2±5.49	21.5±1.56	99.5±0.45	99.7±0.44	2.40±0.80
中長距離・マラソン・競歩(N=8)	27.3±4.76	174.0±6.37	58.7±4.06	20.1±1.26	96.0±1.38		2.50±0.71
跳躍・投てき・混成(N=9)	26.8±3.46	187.4±5.08	93.6±23.2	26.0±5.69	98.1±2.16		2.56±1.64
合計(N=22)	26.2±3.96	182.6±7.97	77.3±21.79	22.9±4.69	97.8±2.10	97.7±2.15	2.50±1.20

表2-4 「大阪世界陸上」優勝者(女子)のブロック群ごとの年齢・体格・記録達成率・出場(大会経験)回数の平均値と標準偏差値

	年齢(才)	身長(cm)	体重(kg)	BMI	A:記録達成率(%)	B:記録達成率(%)	出場回数(回)
短距離・障害(N=5)	24.4±2.06	171.2±7.96	65.8±4.07	22.5±0.86	99.8±1.07	100.2±1.07	2.20±0.40
中長距離・マラソン・競歩(N=7)	25.6±4.44	164.1±5.36	48.86±6.20	17.8±1.44	96.9±3.09		2.14±0.83
跳躍・投てき・混成(N=9)	26.3±5.12	180.0±9.45	77.6±18.96	23.7±3.93	98.7±2.36		3.44±2.06
合計(N=22)	25.6±4.40	172.6±10.52	65.2±18.04	21.4±3.76	98.5±2.60	98.5±2.72	2.71±1.58

*ゴシック数字はブロック別の「最高値」を示す。

(注)記録達成率A=リレーを含む。B=リレーを除外した値

表 2-5 優勝者群と日本選手群の平均値の差の有意性の検定結果

群間名 / 項目	年齢	身長	体重	BMI	出場回数
優勝者男子群vs日本男子群	—	P<0.01	P<0.05	—	—
優勝者女子群vs日本女子群	—	P<0.001	P<0.001	P<0.05	P<0.01

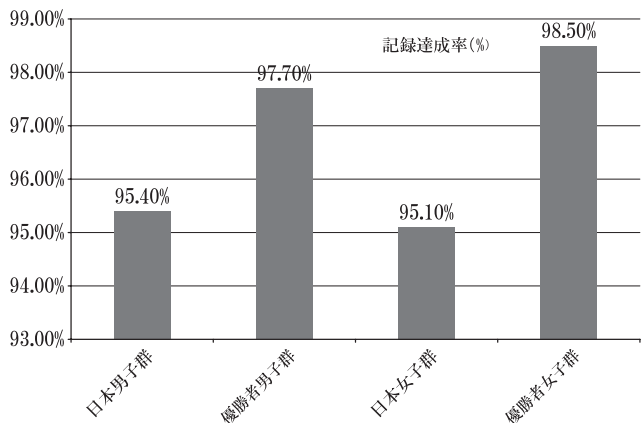


図1 「大阪世界陸上」における日本選手群（男・女）ならびに優勝者（男・女）群の平均「記録達成率(%)」の比較—記録達成率は、記録なし・失格者、リレーは除いたもの

22～39歳、身長は155～196cm、体重は42～120kg、BMIは16.5～31.2、記録達成率は、92.1～101.7%、出場回数は初回が2名、2～9回が19名であった。女子選手の体格の特性や記録達成率、大会経験の状況は、上述した男子とほぼ同様であったが、大会時の記録面では、男子優勝者よりも多くの自己記録更新者（8名＝約40%）が出ていたのが目立った。

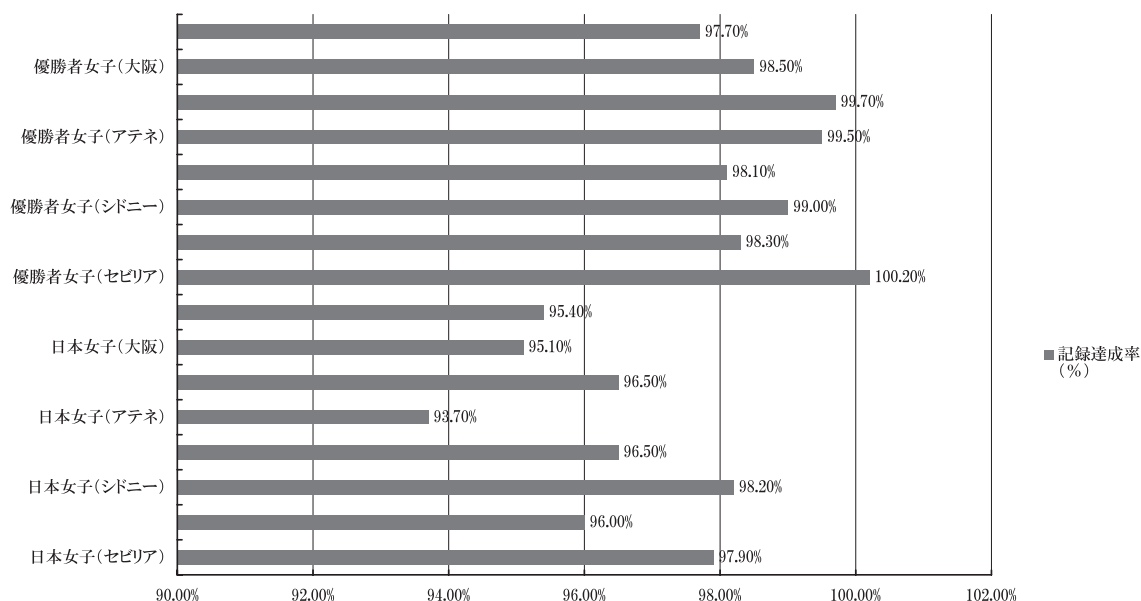


図2 近年と今回（大阪）のオリンピック・世界陸上における日本選手群・優勝者群の記録達成率（平均値）の比較—棒グラフの女子群の上が、同試合の男子群のもの

2. 日本選手群と優勝者群の平均「年齢・体格・BMI」の比較

1) 表2-1・2・3・4は、日本男子選手群・日本女子選手群・優勝者男子群・優勝者女子群ならびにそれぞれ各ブロック群における「年齢・体格・出場回数」の平均値と標準偏差値について示したものである。また、表2-5は、優勝者群と日本選手群間の平均値の差の有意差検定結果を示したものである。

ここでは、日本選手群と優勝者群の平均「年齢・体格・出場回数」について述べておくことにしたい。まず、年齢については、どの群の平均値も26歳前後であり、有意差も認められなかった。また、共通していたのは、どの群とも「短距離・障害・リレー」群の平均年齢が最も低く24歳前後であったことと、逆にどの群とも「跳躍・投てき・混成」群は27歳前後と高かった。

平均「身長・体重・BMI」については、日本選手群は優勝者群に比べて明らかに劣るものであった。例えば、身長は、男子が6.4cm (p<0.01)、女子が10.0cm (p<0.001)も劣っていたし、体重も、男子が9.4kg (p<0.05)、女子が13.8kg (p<0.001)も劣っていた。また、特にBMIでは、日本の女子選手のみが19.3（＝細体型）という明らかに低い値（優勝者女子に比べて2.1＝p<0.05）であった。女子のBMI値が低いことについては、岡野（2005）がアテネオリンピック大会の報告の中で指摘しているが、今回（大阪）は、この時よりも、さらに0.3ポイント低いものであった。さらに言えば、日本女子の「中長距離・マラソン・競歩」

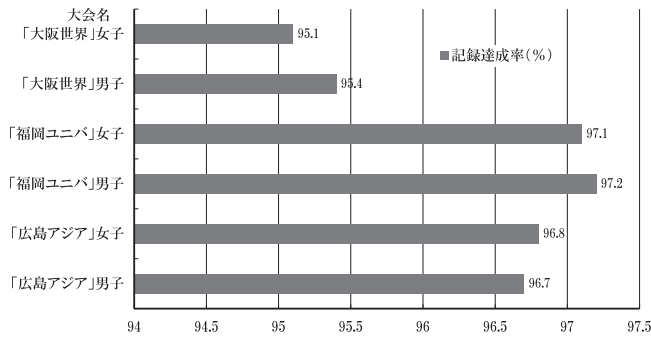


図3 日本（地元）開催の国際試合における日本選手団の平均記録達成率の比較—岡野（1995・1996）と今回（大阪・2007）のものをもとに作図

群の値は17.1と非常に低値（やせ過ぎ）であるということである。

以上、日本選手の身長・体重面の劣勢やBMIの低さは、筋力・パワー（たくましさ）の不足を想像させるものであり、少なからずパフォーマンスへの影響が懸念されるところである。

2) 世界陸上への出場回数については、優勝者群が日本選手群よりも、男子が約0.6回、女子が約1回（ $p < 0.01$ ）有意に多かった。ちなみに、優勝者男子の平均値は2.5回、女子の平均値は2.7回であった。先の1-3)・4)で触れたが、初出場者（初回）も男女2名ずつ優勝はしているものの、勝つためには、やはり「世界陸上」の舞台を何度か踏んでおくことが必要であると思われる。

表3-1 「大阪世界陸上」における日本と優勝者各ブロック群の記録達成率の平均値と標準偏差値

	ブロック・選手群	人数	記録達成率の平均値(%)	標準偏差値
日本	日本男子短・障害・リレー群	14	98.6*	1.04
	日本男子長・マラソン・競歩群	17	93.6**	5.50
	日本男子跳・投・混成群	9	94.9*	1.29
	日本女子短・障害・リレー群	6	98.5*	1.31
	日本女子長・マラソン・競歩群	15	94.6*	2.91
	日本女子跳・投・混成群	9	94.2	3.86
優勝者 (外国)	男子短・障害・リレー優勝者群	7	99.5	0.45
	男子長・マラソン・競歩優勝者群	8	96.0	1.38
	男子跳・投・混成優勝者群	9	98.1	2.16
	女子短・障害・リレー優勝者群	7	99.8	1.07
	女子長・マラソン・競歩優勝者群	7	96.9	3.09
	女子跳・投・混成優勝者群	9	98.7	2.36

(注1)*印は、失格者・記録なし1名(計6名)を示す。6名は、記録達成率の集計から除外してある。

(注2)太字数字は、記録達成率98.0%以上のもの。

(注3)「短・障害・リレー群」には、4x100mR、4x400mRの記録達成率が加えられている。

表3-2 日本選手群と優勝者群ならびに各ブロック群間の平均値の差の有意性の検定結果

優勝者男子群vs日本男子群	$P < 0.001$
優勝者女子群vs日本女子群	$P < 0.001$
優勝者男子ブロック間	
短距離・ハードル・リレー群vs中長距離・マラソン・競歩群	$P < 0.001$
跳躍・投てき・混成群vs中長距離・マラソン・競歩群	$P < 0.05$
優勝者女子ブロック間	
短距離・ハードル・リレー群vs中長距離・マラソン・競歩群	$P < 0.05$
日本男子ブロック間	
短距離・ハードル・リレー群vs中長距離・マラソン・競歩群	$P < 0.01$
短距離・ハードル・リレー群vs跳躍・投てき・混成群	$P < 0.001$
日本女子ブロック間	
短距離・ハードル・リレー群vs中長距離・マラソン・競歩群	$P < 0.01$
短距離・ハードル・リレー群vs跳躍・投てき・混成群	$P < 0.05$

(注)有意差が認められた群間のみ示した。

3. 日本選手群と優勝者群の平均「記録達成率」の比較

1) すでに前掲した表2-1・2・3・4には、日本男子群・日本女子群・優勝者男子群・優勝者女子群ならびにそれぞれ各ブロックにおける平均「記録達成率」と標準偏差値が示してある。各群の記録達成率（リレー種目を除く）の平均値では、優勝者女子群の98.5%が最も高く、次いで優勝者男子群の97.7%であった。日本選手群は優勝者群よ

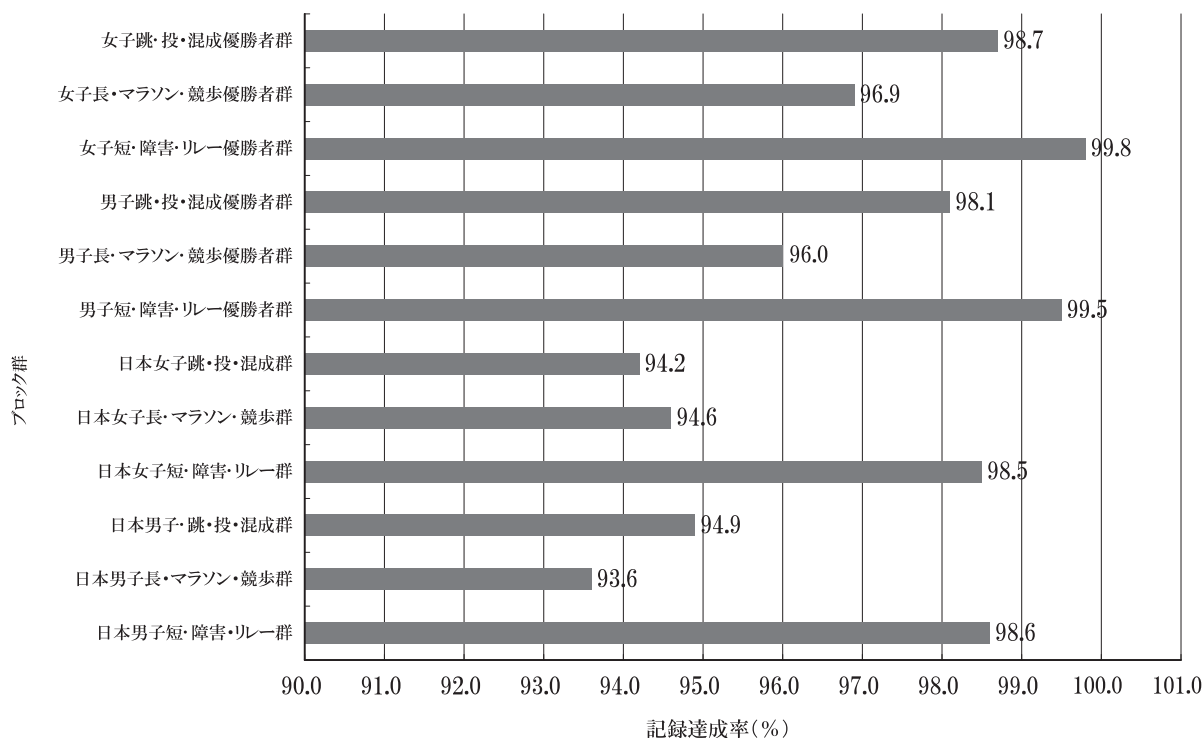


図4 「大阪世界陸上」における日本選手・優勝者の男女各ブロック群の記録達成率の比較ーリレー2種目の記録達成率を含めてある

りも明らかに低く、男子が95.4% ($p < 0.001$)、女子が95.1% ($p < 0.001$)であった(図1、表3-2参照)。

ところで、図2は、近年と今回(大阪)のオリンピック・世界陸上における日本選手群と優勝者群の記録達成率(平均値)を比較したものである。今回(大阪)の日本選手群の男女は、優勝者群との比較においては言うまでもなく、また過去の大会の日本選手群と比較しても、芳しくない結果であったことが明らかである。なお、参考までに、図3は、日本(地元)開催の国際試合における日本選手群の記録達成率(平均値)を比較したものである。これまでの2大会(広島アジア大会と福岡ユニバ)と比較して、今回の「大阪世界陸上」における日本選手群の記録達成率は、男女とも明らかに低いものであった。この点、すでに「緒言」において述べたが、「福岡ユニバーシアード」では、「地元有利」がうかがえる結果を得たように思えるが、今回(大阪)は、全くその有利さをうかがうことはできなかったと言えそうである。

2) 表3-1は、日本選手群(男・女)のブロック別ならびに優勝者群(男・女)のブロック別記録達成率の平均値と標準偏差値を示したものである。また、表3-2は、各ブロック間の有意差検定結果について示したものである。さらに、図4は、日本選手群(男・女)ならびに優勝者群(男・

女)のブロック別平均記録達成率を比較したものである。

以上の結果、注目されるのは、「短距離・障害・リレー」ブロックの記録達成率が「中長距離・マラソン・競歩」ブロックに比べて、日本男子群は5.0% ($p < 0.01$)、日本女子群は3.9% ($p < 0.05$)、優勝者男子群は3.5% ($p < 0.01$)、優勝者女子群は2.9% ($p < 0.01$) 有意に高かったということである。また、日本選手群においては、さらに男女とも、「跳躍・投てき・混成」ブロックの記録達成率が、「短距離・障害・リレー」に比べて、男子群は3.7% ($p < 0.001$)、女子群は4.3% ($p < 0.05$) 有意に低かったということである。

ところで、筆者らは、記録達成率98.0%を、「何とか実力を発揮した」と捉えているが、表3-1ならびに図2から、98.0%を超えたブロックは、日本男女「短距離・障害・リレー」の2ブロックと、優勝者男女「短距離・障害・リレー」の2ブロック、さらに優勝者男女「跳躍・投てき・混成」ブロックの計6ブロックであった。

以上から、日本選手も優勝者も、「短距離・障害・リレー」ブロックの記録達成率(実力発揮度)は高いものであったが、その反面、日本選手も優勝者も「中長距離・マラソン・競歩」ブロックの記録達成率は低いものであった。さらに言えば、日本の「跳躍・投てき・混成」ブロックの記録達成

表 4-1 「大阪世界陸上」における日本選手の記録達成率別人数（割合）

記録達成率(%)	男子人数(%)	女子人数(%)	合計人数(%)	98.0%以上人数(%)
100.0~1001.2	2(4.9%)	1(3.2%)	3(4.2%)	14
98.0~99.9	6(14.6%)	5(16.1%)	11(15.3%)	19.50%
96.0~97.9	11(26.8%)	8(25.8%)	19(26.4%)	97.9%以下人数(%)
~95.9	19(46.3%)	15(48.4%)	34(47.2%)	58
記録なし・失格	3(7.3%)	2(6.5%)	5(6.9%)	80.50%
合計	41(99.9%)	31(100.0%)	72(100.0%)	

(注)リレー2種目は除外してある。

表 4-2 「大阪世界陸上」における優勝者の記録達成率別人数（割合）

記録達成率(%)	男子人数(%)	女子人数(%)	合計人数(%)	98.0%以上人数(%)
100.0~1001.2	4(18.2%)	8(38.1%)	12(27.9%)	24
98.0~99.9	7(31.8%)	5(23.8%)	12(27.9%)	55.80%
96.0~97.9	7(31.8%)	1(4.8%)	8(18.6%)	97.9%以下人数(%)
~95.9	4(18.2%)	7(33.3%)	11(25.6%)	19
合計	22(100.0%)	21(100.0%)	43(100.0%)	44.20%

(注)リレー2種目は除外してある。

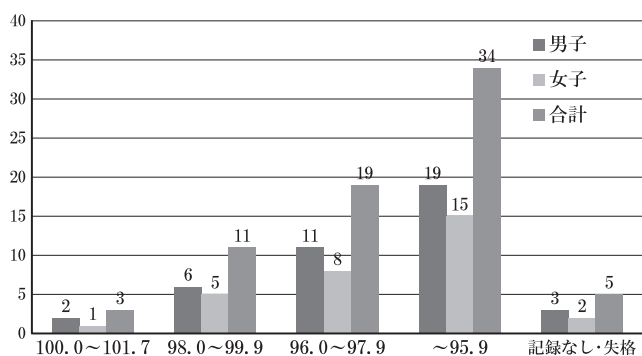


図 5 「大阪世界陸上」における日本選手の記録達成率の分布一棒グラフ上の数値は人数を示す

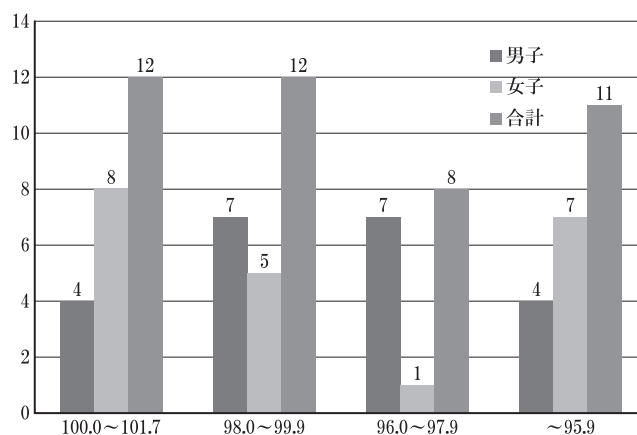


図 6 「大阪世界陸上」における優勝者の記録達成率の分布一棒グラフ上の数値は人数を示す

率も低いものであった。この点、「中長距離・マラソン・競歩」ブロックの記録達成率の低さは、真夏の大阪の酷暑・多湿の気象条件が大きく影響したものと考えられる。そこで、いくつかの気象条件を、「デイリープログラム・Final Results」より調べてみると、男子 10000 m 決勝（21 時 40 分スタート時）が気温 30 度・湿度 65% であり、男子 20 km 競歩（9 時 45 分終了時）が気温 34 度・湿度 50% であった。また、女子マラソン（7 時 00 分スタート時）が気温 27 度・湿度 74% であり、終了時の 10 時 53 分は、気温 32 度・湿度 55% というように、夜間においても気温 30 度と湿度 60% を超える厳しい蒸し暑さの中でほとんど

の競技が行われたということである。しかしながら、日本男女の「跳躍・投てき・混成」ブロックの記録達成率の低さは、厳しい気候条件が影響を及ぼしたとは言えず、調整の失敗や足にけいれんを起こすといったハプニング、また大会時での心理的問題などが影響を及ぼしたことが推察され、大きな問題を残したと言わざるを得ない。

4. 日本選手群と優勝者群の記録達成率別人数（割合）について

1) 日本選手群の記録達成率の分布：表 4-1 は、

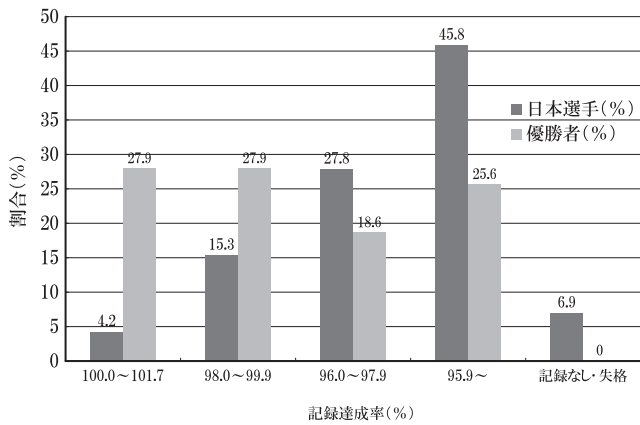


図7 「大阪世界陸上」における日本選手（男女全員）と優勝者（男女全員）の記録達成率の人数分布割合の比較

日本選手の記録達成率別人数（割合）を示したものである。自己記録を更新した選手（自己タイ記録を含む）は、男子2名・女子1名の3名（4.2%）であった。また、「何とか実力を発揮したと考えられる」98.0%以上は、先の自己記録更新者を含めて、男子8名・女子6名の14名（19.5%）であった。

図5は、日本選手の記録達成率の分布を示したものであるが、「全く実力を発揮できなかったと考えられる」95.9%以下（記録なし・失格5名を含む）が最も多いこと（全体で39名＝54.1%）が分かる。いずれにしても、「実力が発揮できた選手（＝自己記録の更新）＋何とか実力が発揮できたと考えられる」日本選手が、わずか14名（19.5%）しかいなかったというのは、実に悲惨な結果であったと言わざるを得ない。この点、「芳しくなかった、また女子は最悪であったアテネオリンピック大会」の割合でも27.0%（10名）であったことから比べても、その惨状をうかがうことができよう。

2) 優勝者群の記録達成率の分布：表4-2は、優勝者の記録達成率別人数（割合）を示したものである。自己記録を更新した選手は、男子4名・女子8名の12名（27.9%）であった。また、「何とか実力を発揮したと考えられる」98.0%以上は、先の自己記録更新者を含めて、男子11名・女子13名の24名（55.8%）であった。この点、アテネオリンピック大会の優勝者（男女合計）では、78.3%の優勝者が記録達成率98%以上であった（岡野、2005）ことからすると、今回（大阪）はかなり低い値であったと言える。

そこで、図6は優勝者の記録達成率の分布を示したものであるが、今回の特徴は、「実力を発揮

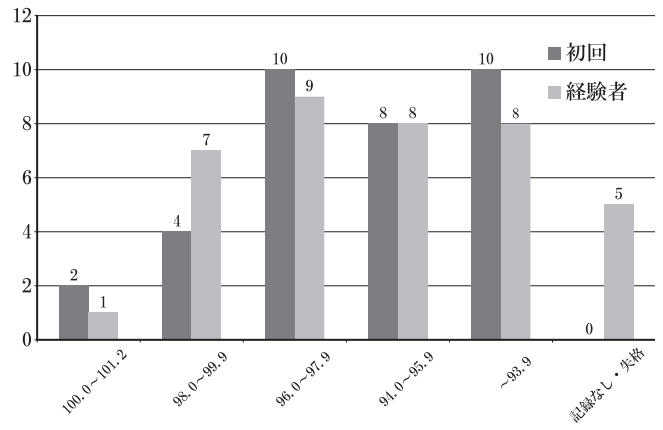


図8 「大阪世界陸上」における日本選手の世界陸上「初回」と「経験者」の記録達成率の比較
— 初出場34名、経験者33名

したと考えられない」記録達成率97.9%以下の選手の優勝が、19種目（44.2%）もあったということである。これは、投てきや跳躍選手に見られてように、パフォーマンスの非常に高い選手が余裕を持って勝ったということや、すでに触れたが、マラソンや競歩や長距離種目のように、酷暑・高湿の気象条件ならびにスローペースによるラスト1周勝負というレース展開によって、大幅なパフォーマンスの低下があったことがその理由と考えられる。

3) 日本選手群と優勝者群の記録達成率の比較：図7は、日本選手群（男女全員＝72名）と優勝者群（男女全員＝43名）の記録達成率の人数割合を比較したものである。優勝者の自己記録達成率は約28%であったが、日本選手は約4%に過ぎなかった。日本選手の多くの選手が「自己記録の更新」を目標に掲げて精進し試合に臨んだと思われるが、日本選手の4%しかそれが達成できなかったという結果は、大きな問題点をはらんでいるものと考えられる。これに加え、「記録なし・失格者」が約7%あったことも、もっと大きな問題点であると言えよう。

ところで、選手の実力発揮度に関し、岡野(2005)は以前、「1991年東京世界陸上」のドイツの成績結果を紹介した。ここで、参考までに改めて紹介しておく、Schurbert, Bernard. (1992)は「・・・ドイツ選手団の21名（23.3%）は目に見える記録の向上を示し、また36名（40%）が自己ベストに近い記録をマークしたが、22名（24.4%）には記録の低下が見られた」と述べているのである。

日本の自己記録更新者が少ないことは、アテネオリンピック大会でも同様であり、1名（2.7%）

表5 「大阪世界陸上」でメダル・入賞が期待された一般種目選手の大会時記録（成績）

選手名	種目	自己記録	大会時記録	記録達成率	大会成績
末續慎吾	200m	20.03秒	20.47秒(20.70秒)	97.9%(96.8%)	第1次(第2次予選)
為末 大	400mH	47.89秒	49.67秒	96.4%	予選
醍醐直幸	走高跳	2.33m	2.19m	94.0%	予選
澤野大地	棒高跳	5.83m	記録なし	*	予選
室伏広治	ハンマー投	84.86m	80.46m	94.8%	6位入賞
池田久美子	女子走幅跳	6.86m	6.42m	93.6%	予選
5名の平均値				95.3%(95.1%)	
標準偏差値				1.60(1.27)	

表6-1 「大阪世界陸上」優勝者（男子）の今季（2007年）世界ランキング等

種目	選手名(国名)	今季記録(SB)等	今季世界ランク等
100m	デイ(アメリカ)	9.84	①
200m	デイ(アメリカ)	19.62	①
400m	ウォリナー(アメリカ)	43.50	①
110mH	劉翔(中国)	12.92	①
400mH	クレメント(アメリカ)	47.80	②
800m	キルワ・イゴゴ	PB1.43.89	PBは今季④相当
1500m	B・ラガト(アメリカ)	PB3.26.34	PBは世界歴代②
5000m	B・ラガト(アメリカ)	PB12.59.22	PBは今季世界①相当
10000m	ベケレ(エチオピア)	PB26.17.53	PBは世界記録
3000mSC	キブルト(ケニア)	8.06.98	④
20km競歩	ベレス(エクアドル)	PB1.17.21	PBは世界記録
50km競歩	デークス(オーストラリア)	PB3.35.47	PBは世界記録
マラソン	キバト(ケニア)	2.08.52	ランク不明
走高跳	トマス(バハマ)	2.35	①
棒高跳	ウォーカー(アメリカ)	5.95	①
走幅跳	サラディノ(パナマ)	8.53	②
三段跳	エボラ(ポルトガル)	17.51	⑤
砲丸投	R・ホッフナー(アメリカ)	22.43	①
円盤投	カンテル(エストニア)	72.02	①
ハンマー投	チホン(ベラルーシ)	82.58	②
やり投	ビトカマキ(フィンランド)	91.23	②
10種競技	シェブレル(チェコ)	8697	①(PBは世界記録)

(注)今季世界ランキングは7月15日現在のもの。
 <世界陸上2007大阪公式ガイド(講談社)をもとに岡野作表>

表6-2 「大阪世界陸上」優勝者（女子）の今季（2007年）世界ランキング等

種目	選手名(国名)	今季記録(SB)等	今季世界ランク等
100m	キャンベル(ジャマイカ)	10.89	①
200m	フェリックス(アメリカ)	22.18	①
400m	オフログ(イギリス)	PB50.28	PBは今季⑦相当
110mH	M・ベリー(アメリカ)	12.44	①
400mH	ローリンソン(オーストラリア)	54.25	⑤
800m	ジェブコスゲイ(ケニア)	PB1.56.66	PBは今季①に相当
1500m	ジャマール(バーレーン)	3.59.00	②
5000m	デファー(エチオピア)	14.16.63	①
10000m	ディババ(エチオピア)	31.18.97	⑤、アテネと前回優勝
3000mSC	ウォルコフ(ロシア)	PB9.13.35	PBは今季②相当
20km競歩	カニスキナ(ロシア)	1.28.13	③
マラソン	ヌデレバ(ケニア)	PB2.18.47	PBは世界歴代2位
走高跳	ブランッチ(クロアチア)	2.07	①
棒高跳	イシンバエワ(ロシア)	4.91	①、PBは世界記録
走幅跳	レバデワ(ロシア)	7.15	②
三段跳	サビネ(キューバ)	15.09	②
砲丸投	B・ビリ(ニュージーランド)	19.47	④
円盤投	ディーチュ(ドイツ)	68.06	①
ハンマー投	ハイドラー(ドイツ)	75.77	⑥
やり投	シュボタコバ(チェコ)	66.08	②
7種競技	クリフト(スウェーデン)	6681	②

(注)今季世界ランキングは7月15日現在のもの。
 <世界陸上2007大阪公式ガイド(講談社)をもとに岡野作表>

しかいなかった(岡野2005)。こうした点からしても、今後世界のパフォーマンス・レベルが上がる中、パフォーマンス・レベルが低い日本選手が「メダルや入賞」を目標に置くのであれば、「自己記録更新」の達成が必須となる。さらに言えば、「メダル・入賞」を目標にすることよりも、まずは、自己記録更新を第1の目標として、競技に臨むべきであると言えよう。この点に関し、「陸上競技マガジン(2007)」は、「世界陸上大阪大会総括企画3」の記事の中で、次のように述べている。「・・・チームとしての改善点の検討は必要だが、選手個々の力が出し切れなかった問題の解決のためには、さらりと気持ちを切り替えて自己記録更新に目を向け直す余裕も必要なのではないか。」と。

- 4) 日本選手の「世界陸上」経験回数と記録達成率との関係：優勝者と日本選手の世界陸上経験回数については、すでに2-2)において触れたとおり、平均的には男女とも、日本選手よりも優勝者の方が経験を積んでいたと言える。特に、女子においては、優勝者は日本選手よりも、1.0回(p<0.05)

ほど有意に多くの経験を積んでいた。

ところで、今回(大阪)の日本選手(男女全体)の場合は、初出場が41名、2回以上出場経験のある選手が40名とほぼ同値であった。図表には示していないが、両者群の記録達成率(平均値)を求めてみると、「初回」は94.8±4.8%、「経験者」は95.7±2.6%であり、経験者群の方が0.9%多かったが、有意差は認められなかった。

そこで、図8は今回(大阪)の日本代表選手の「初回」群と「経験者」群における記録達成率の分布比較をしたものである。両者の分布に大きな差はなかったが、自己記録更新者は「初回」が3名中2名、また「記録なし・失格者」は「初回」がいなかったにも拘らず、5名は全て「経験者」であった。このように見ていくと、「世界大会」経験回数とその出来栄(成績)にはあまり関係がなかったと言わざるを得ず、「経験者」がこれまでの(世界大会の)経験を、生かしていなかったとも言える。

表7-1 「大阪世界陸上」日本代表（男子）選手の今季（2007年）世界ランキング

選手名	種目	今季記録(SB)	世界ランキング
朝原宣治	100m	10.15	37
末續慎吾	200m	22.20	9
高平慎士	200m	20.52	47
金丸祐三	400m	45.64	49
日本	4x100mR	38.74	7
日本	4x400mR	3.02.44	9
内藤真人	110mH	13.43	27
八幡賢司	110mH	13.58	48
為末大	400mH	48.73	13
成迫健児	400mH	49.01	18
吉形政衡	400mH	49.53	40
三津谷 祐	5000m	13.18.32	43
竹澤健介	10000m	27.45.59	40
前田和浩	10000m	27.51.90	50
岩水嘉孝	3000mSC	8.23.31	35
谷井孝行	20km競歩	1. 21.09	29
森岡紘一朗	20km競歩	1. 21.30	37
山崎勇喜	50km競歩	3. 47.40	12
明石 顕	50km競歩	3. 55.55	34
醍醐直幸	HJ	*2.30	9
澤野大地	PV	5.75	13
杉林孝法	TJ	16.90	28
室伏広治	HT	79.24	11
村上幸史	JT	79.85	34
田中宏昌	10種競技	7656	57

*男子HJ=2.30以上が26名。

5. メダル・入賞が期待された一般種目日本選手の大会成績

表5は、一般種目においてメダルや入賞が期待された日本選手の自己記録および大会時記録ならびに記録達成率の結果である。特に期待された日本選手6名の記録達成率の平均値は、日本男子選手群よりも0.1%悪い95.3% (SD=1.60) であり、さらに1名は記録なしであった。今回、日本惨敗を思わせしたのは、こうした最も期待された選手たちの不成績と深い関係があるものと考えられる。

「一般種目有力選手の敗退」については、以下のように「陸上競技マガジン10月号」(2007)は報じている。「・・・大阪大会が過去の大会と大きく違ったのは、一般種目でメダルを期待された選手が多かった点だ。・・・(中略)計6選手にメダルのチャンスがあると期待された。・・・ところが今回、6位入賞した室伏を除き、残りの5人全員が予選落ちしてしまった。実際のメダルは室伏ともう1人くらいと考えられていたが、入賞は数人が果たすと思われていた。日本勢不振の大会となったのは主に、彼らが期待を下回ったことによる。」

いずれにしても、最も期待された選手が、その期待に答えなくてはならないという大きなプレッシャーが、自己の実力を発揮できなかったことに起因したということは、間違いのないことであった

表7-2 「大阪世界陸上」日本代表（女子）選手の今季（2007年）世界ランキング

選手名	種目	今季記録(SB)	世界ランキング
日本	4x100mR	43.93	15
日本	4x400mR	3.30.53	12
久保倉里美	400mH	55.71	27
杉原加代	5000m	15.15.34	27
絹川 愛	10000m	31.35.27	12
脇田 茜	10000m	31.39.32	16
福士加代子	10000m	32.13.58	41
早狩実紀	3000mSC	9.44.07	30
淵瀬真寿美	20km競歩	1. 29.36	14
坂倉良子	20km競歩	1. 30.16	21
青山 幸	HJ	1.90	38
池田久美子	LJ	6.73	19
室伏由佳	DT	58.62	43

(注)男女マラソンは、今季入傑者なし。

<世界陸上2007大阪公式ガイド(講談社)をもとに岡野作表>

と考えられる。この点、さらに「陸上競技マガジン10月号」(2007)は、「この5人は地元世界選手権が陸上競技の地位向上の好機と考え、メディアでも積極的に陸上競技をアピールし、自身の活躍を約束してきた。その姿勢が目標を高く設定しすぎることにつながり、プレッシャーを大きく受けることになった、という意見がある。」と述べている。また、選手自身、相当なプレッシャーを感じていたことは、池田久美子(2007)の「・・・周囲の期待に引っ張られるように「7m跳びます」と言い続けた面もあります。本番では、日本選手の不振が続いており「私が跳ばなければ」という気負いがありました。」という手記からも推察できる。

こうした日本選手が大変厳しい戦いとなったことについて、高野進日本陸連強化委員長(2007)は、「流れを呼び込むことができなかった」ことが原因であると述べるとともに、世界陸上終了後の諸観点からの分析の結果、「まず、地元開催を追い風にできなかった心理的な問題、次に、試合当日までの各選手の調整方法の問題、そして、エアコン等温度コントロールに対する問題、最後に、水分や電解質の摂取の仕方などに関する問題等です。」と述べている。

6. 「大阪世界陸上」優勝者と日本選手の今季世界ランキング

優勝者の今季世界ランキング等の実態:表6-1・2は、優勝者男・女ごとの今季世界ランキング等の一覧である。優勝者男子においては、今季世界ランキング1・2位が13名(59.1%)であったこと、またその他の優勝者もマラソン1名を除く全ての選手は、世界の实力者たちであった。そして、女子においても、今季世界ランキング1・2位は12名(約

60%)であったことと、それ以外の優勝者も全て世界における実力者揃いであった。このように、8月の「世界選手権」や「オリンピック」で優勝したり好成績をあげる選手たちは、その年のシーズン・イン後、大会に向けて“勢い”(＝調子や記録の上向き)があるし、そうでない場合は、世界記録保持者や歴代上位者という大変な実力者であるということを確認しておかなければならない。

表7-1・2は、日本選手男・女の今季(2007年)世界ランキング一覧である。男子で今季世界ランキング10位以内に入っていた選手(チーム)は、4種目(リレー2チームを含む)に過ぎず、女子においては皆無であった。この中で、入賞を果たしたのは4x400mリレーのみであった。ちなみに、6位入賞を果たしたハンマー投の室伏選手の今季ランキングは11位であった。

以上のことからしても、やはり世界大会で入賞するには、パフォーマンスを高めておかななくてはならないこと、具体的にはその年(今季)ランキング10位以内に入っておくことが必要のように思われる。このように見てみると、表5の6人の日本選手のメダル・入賞はかなり厳しいものであったと思われるのである。例えば、メダルが期待されて400mHの為末は今季ランキング13傑であった。為末大(2007)は、「・・・3月ぐらいに・・・ふくらはぎを痛め、3週間ほど走ることができない日々が続いた。(中略)6月に入り調子が上がらず、体の内から力が出ない事に悩んだ。」と春からのトレーニング進行の失敗を、不成績の主原因に挙げている。さらに、棒高跳の澤野も13位であり、女子走幅跳の池田久美子(6.73m)は19位であったことからみても、どうやら現実離れした期待の仕方であったと言うことになる。

7. アメリカ選手の活躍と記録達成率

「大阪世界陸上」で最も目立ったのは、男女「短距離・リレー」を中心としたアメリカ選手達であった。実際、今大会でのアメリカは、金14・銀4・銅8(計26個)のメダル獲得のみならず、4位5・5位4・6位2・7位5・8位4(計20)の入賞を含め、総計46の「メダル+入賞」数を出しているのである(世界陸上大阪大会組織委員会、2007)。この数は、何と、日本男子選手数に匹敵するものである。

そこで、ここでは、金メダル14名(リレー4種目を含む、男子10+女子4)の記録達成率を求めてみたところ、98.7±1.70%であった。この値は、男子優勝者群の97.7%、女子優勝者群の98.5%をそ

れぞれ1.0%、0.2%上回る高い値であった。

今後、アメリカ選手の実力発揮度については、全選手にわたる十分な調査・分析をしていかなければならないと思うが、しかしながら、今後の調査・分析を待つまでもなく、上記データからも明らかなように、アメリカ選手・群(団)が好成績を挙げたことは間違いなかろう。そこで、日本(の今後のため)としては、アメリカ選手・群(団)が、「大阪世界陸上」に向けてどのような対策を施してきたか、例えば、最終選考会(全米選手権)期日の設定の仕方、最終選考会終了後の選手たちのトレーニング(競技会を含む)計画と実施の方法、またいつ日本に入りどのようなキャンプを実施したか、さらには競技に臨む心身の調整法や暑さ対策についても徹底的に情報を得ることから、参考にすべき点を明らかにしていく必要があるように思う。

IV. 要約

「大阪世界陸上(2007)」の日本選手・群(団)ならびに優勝者・群(団)の記録達成率(実力発揮度)などについて調査・分析をしたところ、以下のような結果が得られた。

- 1) 平均年齢は、日本(男・女)ならびに優勝者(男・女)とも26歳前後であり、各群間の有意差も認められなかった。ただし、ブロック別では、「短距離・障害・リレー」群が24歳前後と若く、「跳躍・投てき・混成」群が27歳前後と高かった。
- 2) 日本選手群の平均身長・体重・BMIは、優勝者群より有意に劣っていた。中でも、日本女子「中長距離・マラソン・競歩」群のBMIは、17.1と非常に低値であった。
- 3) 世界陸上への平均出場回数は、日本選手群に比べて優勝者群の方が、男子0.6回多く、また女子も1.0回有意に多かった。
- 4) 日本選手の世界陸上出場回数とその出来栄(成績)には、関係が見られず、試合経験が活かされていなかったと言える。
- 5) 平均記録達成率においては、優勝者女子群が98.5±2.72%で最も高く、次いで優勝者男子群が97.7±2.15%であった。これに対し、日本男・女群は有意に低く、男子が95.4±4.32%、女子が95.1±3.34%であった。日本選手群の値は、これまでのオリンピックや世界陸上と比べても低値であった。
- 6) ブロック別の平均記録達成率では、優勝者(男・女)と日本(男・女)の4群とも、「短距離・障

害・リレー」群が98.5%～99.8%と高く、93.6～96.9%という低値の「中長距離・マラソン・競歩」群に比べて有意に高かった。また、日本（男・女）群とも、「跳躍・投てき・混成」群が「短距離・障害・リレー」群に比べて有意に低く、男女とも94%台であった。この点、「長距離・マラソン・競歩」群の低い記録達成率は、厳しい気候条件とスローペース（レース）の影響が考えられたが、日本（男・女）「跳躍・投てき・混成」群の低値は、種々の問題点が指摘された。

- 7) 日本選手の自己記録更新者は、1名の自己タイ記録を含めて3名(4.2%)であり、また「記録達成率98.0%以上」の者は、先の3名を加えて14名(19.5%)しかなく、5名(6.9%)の記録なし・失格者を含め、非常に多くの選手が実力を発揮できていなかった(種々の問題点が推察された)。
- 8) 優勝者の自己記録更新者は12名(約28%)であり、また記録達成率98.0%以上の者は、先の12名を加えて24名(55.8%)であった。しかし、今回の値はアテネオリンピック大会(2004)の78.3%よりかなり低値であった。
- 9) メダル・入賞が特に期待された日本選手5名(1名は記録なし)の平均記録達成率は、 $95.3 \pm 1.60\%$ と低く、全く実力を発揮できなかった。期待による大きなプレッシャーが起因したものと考えられた。
- 10) 優勝者の今季世界ランキングは、男子では1・2位が13名(59.1%)、同様に女子では1・2位が12名(約60%)であった。また、その他の優勝者も世界記録保持者などの実力者ばかりであった。
- 11) 今大会は、アメリカ選手・団の活躍が際立ったが、「メダル+入賞」数は46であった。また、アメリカの優勝者(14名=リレー4を含む)の平均記録達成率は、 $98.7 \pm 1.70\%$ であった。この点、アメリカ選手・団の今大会に向けての諸対策が上手くいったことが推察された。

以上の諸結果からは、地元(日本)開催で期待された「大阪世界陸上」における日本選手・団の実力発揮度は残念ながら低く、これまでの大会に比べても改善されていなかった。また、今後、日本選手・団がオリンピックや世界陸上で入賞・メダルするには、特に一般種目においては、世界ランキング10位以内のパフォーマンスを有していることと、大会では自己記録の更新(記録達成率100.1%以上)が必須であることが示唆された。

今後の研究課題としては、今回得られたデータを

もとに、「記録達成率(実力発揮度)」の国別比較(アメリカ、ドイツ、ロシアなど)を試みたいと考えている。

最後に、本研究は「明海大学(宮田)特別研究奨励金」を受けて行なったものであることをここに明記し、併せて謝辞としたい。

文献

- 月刊陸上競技(2007)10月号.
- IAAF(2007) 11th IAAF World Championships in Athletics IAAF Statistics Handbook Osaka 2007.
- 池田久美子(2007)毎日新聞,平成19年10月12日(金),アスリート交差点.講談社(2007)IAAF世界陸上2007大阪公式ガイド.
- 栗林創造(2007)毎日新聞,平成19年9月5日(水),世界陸上メダル候補に自国開催の重圧.
- 国土将平(1991)陸上競技選手における競技成績の達成確率を用いた競技力特性の評価.体育学研究,36巻,27-38.
- 日本陸上競技連盟(2007)Japanese Delegation of Athletics Team for Osaka 2007(JAAF).
- 岡野 進(1995)第12回アジア大会・陸上競技選手の成績(記録)についての一考察.陸上競技紀要,第8巻,24-34.
- 岡野 進(1996)95福岡ユニバーシアード大会(陸上競技)における日本代表選手の競技成績についての一考察.陸上競技紀要,第9巻,11-19.
- 岡野 進(1999)99セベリア世界陸上競技選手権大会における日本代表選手と優勝者の記録「達成率」について(資料).
- 岡野 進(2001)シドニー・オリンピック陸上競技における日本代表選手の実力発揮度を考えるー日本代表選手と優勝者の「記録達成率」の比較を通してー.陸上競技マガジン3月号,128-133.
- 岡野 進ら(2005)アテネオリンピック大会における陸上競技日本代表選手・団の記録「達成率」ならびに実力発揮度について.陸上競技研究紀要,第1巻,52-60.
- 大阪世界陸上組織委員会(2007)オフィシャルプログラム,デイリープログラム,(NO.1~NO.9, Final Results).
- 陸上競技マガジン(2007)9月号別冊,世陸を120%楽しむ10のポイント.
- 陸上競技マガジン(2007)10月号.
- 陸上競技マガジン(2007)11月号,世界陸上総括

- 企画 3, 127.
- 関淳一 (2007) 陸連時報, 平成 19 年 11 月号, 226.
- サンケイスポーツ (2007) 平成 19 年 8 月 20 日 (月曜日) 記事.
- サンケイスポーツ (2007) 平成 19 年 10 月 25 日 (木曜日) 記事.
- Schurbert, Bernd., 陸上競技社編集部訳 (1992) 1991 年世界陸上競技選手権大会分析. 陸上競技研究, 第 9 号, 55 - 60.
- 高野進 (2007) 大阪から北京へ大阪世界陸上を終えて. 陸連時報, 平成 19 年 12 月号, 222.
- 為末 大 (2007) 毎日新聞, 平成 19 年 9 月 19 日 (水), ハードラー進化論.

全国小学生陸上競技交流大会に参加した小学生競技者の競技運営に対する満足度・改善度について (その2)

阿保雅行¹⁾ 伊藤 宏²⁾ 岡野 進³⁾

1) 東京外国語大学 2) 静岡大学 3) 明海大学

The Satisfaction and Improvement of the Competition Management for the Primary School Pupils in the Athletics Meeting at the National Level in 2007

ABO Masayuki¹⁾ ITO Hiroshi²⁾ OKANO Susumu³⁾

1) Tokyo University of Foreign Studies

2) Shizuoka University

3) Meikai University

Abstract

The purpose of this study was to analyze the satisfaction and improvement of the competition management for the primary school pupils in the athletics meeting at the national level in 2007.

The fifteen items, based on the theoretical model, were divided into seven scopes: (a) athletes' village, (b) competition rules and regulations, (c) competition management, (d) technical officials' attitude towards pupils, (e) facility and equipment, (f) season of athletics competition, and (g) Stadium.

The authors received 961 answers to the questionnaire from 987 pupils in the athletes' village in 2007, and used 789 answers as the samples in this paper.

The authors used the KAN's method of the customer satisfaction survey and the method of the factor analysis.

The main results were as follows:

- (1) There were seven items about the improvement of the competition management for the primary school pupils in the athletics meeting at the national level in 2007.
- (2) The factor analysis yielded a solution with five factors which accounted for 60.7% of the variance. The five factors were conceptually labeled 'Promise for Competition', 'Technical Officials' Attitude', 'Facility and Equipment', 'Athletes' Village', and 'Extensive Facility'.
- (3) It was clear that a factor about 'Facility and Equipment' belonged to the retention strategy, and another factor about 'Promise for Competition' belonged to the improvement strategy.

I. 研究目的

陸上競技大会の競技運営のあり方を検討する視点としては、競技規則(ルール)を始めとして、競技運営に直接に関わる競技役員の養成や研修、競技者やコーチへの対応、そして観客(テレビ等の視聴者含む)への対応等が重要であるといわれてきている。

最近では、講習生からみた審判員養成講習会のあ

り方について検討する研究(阿保ら、2007a)が行われているとともに、競技者からみた競技運営の改善度を数値化して競技運営のあり方を検討する研究(阿保ら、2006、2007b)もみられるようになった。しかし前者(2006)の研究では、対象が大学の混成競技の選手であるために回答者が11名と少なく、調査項目の共通性を把握するための因子分析も行われていなかった。また後者(2007b)の研究では、

第22回全国小学生陸上競技交流大会（東京、2006）に出場した競技者（小学生、807人）を対象とし、競技者からみた競技運営に関する満足度や改善度を数値化して検討するとともに、調査項目の共通性を把握するための因子分析も行って、競技運営のあり方についての検討が行われていたが、今後、他の競技場でも同様の研究調査を行って、競技運営のあり方について検討していくことが重要であると考えられる。

全国小学生大会の参加資格をみると、小学生は5年生と6年生に制限されているので、1回または2回目しか参加できない。多数の小学生が1日限定の大会で競技を行う場合は、競技者が全力を出せる環境、言葉を変えると、競技者（小学生）の競技に直接・間接に関わる競技環境の整備充実がとても重要であると考えられる。そのためには競技運営の標準化を多角的な視点から検討し、競技運営の標準設定を行うと共に、競技者にわかりやすいようにイメージ化し、参加者（選手や指導者・コーチ等）に公表することが重要であろう。

本研究の目的は、小学生を対象とした全国大会レベルにおける競技運営の望ましいあり方を明らかにするために、特に、競技と選手村の運営に関する満足度に着目したアンケート調査を実施し、因子分析も交えて検討することにある。具体的には、第23回全国小学生陸上競技交流大会（大阪市長居陸上競技場、2007年）に出場した小学生（競技者）を対象として、競技運営に関する満足度・改善度を数値化あるいは得点化することによって、今後の競技運営に関する課題をより明確にするとともに、第22回大会（国立霞ヶ丘競技場、2006年）の分析結果と比較して、今後における競技運営のあり方を検討するための基礎的な知見を得ることにある。

本研究の性格としては、スポーツ経営学的視点でいうと、全国大会レベルの競技運営に係わる施設用具や諸サービスに対して小学生（競技者）がどの程度満足しているか、また不満足であるかなどを評価する、いわゆる顧客満足度（Customer Satisfaction）調査であると考えられる。

II. 研究方法

1. 調査内容

アンケート調査票の内容（領域や項目）については、第22回大会（国立霞ヶ丘競技場、2006年8月）の競技運営に関する満足度・改善度の結果と比較するために同一とした。

まず領域については、選手村（いわゆる選手全員が同じホテルに宿泊し、各種の研修や交流を行う性格のものである）、競技規則、競技運営、審判員の小学生に対する対応（態度）、施設用具、競技のシーズン、陸上競技場の特徴を視点とする7つの領域とした。

次に満足度に関する項目は、以下の16項目とした。①選手村の食事（内容・食事時間など）、②選手村でのイベント（テーマ・内容・時間など）、③選手村における他県小学生との交流、④競技場の更衣室（きれいさ）、⑤競技場のトイレ（数やきれいさ）、⑥練習場の施設や用具、⑦競技場の施設や用具、⑧練習場における係員の対応、⑨招集所における係員の対応、⑩競技場（トラックまたはフィールド）における係員の対応、⑪練習場や競技場における水（ペットボトルなど）のサービス、⑫参加した種目の競技開始時刻（はやい・おそい）、⑬競技会のルールや注意事項、⑭競技会におけるマナーやエチケットの指導、⑮競技場に入ってから競技開始前の練習（時間や場所など）、⑯総合的にみた今大会の運営（選手村や競技会）。なお、調査項目については、主催者をはじめ、運営協力（団体または組織など）、競技場などの経営管理者が操作可能なものに限定すべきであると考えられるが、一部の項目については、小学生（競技者）の意見を求めるために、あえて採用した。

2. 調査方法・回収状況・有効標本数

交流大会は、2007年7月27日（金）～28日（土）の2日間（1泊2日）の日程で行われた。競技会の種目は、4×100mリレー、100m、80mハードル、走幅跳、走高跳、ソフトボール投であった。また前述の競技会以外にも、この期間中に、実技研修会や研修会・交流会のプログラムが企画され実施された。アンケート調査票は、初日の監督会議で配布し、大会終了後、日本陸連事務局に郵送してもらって回収した。987人の小学生参加者（予定）の中から、961人の回答が得られた。本研究では、満足度に関する具体的な項目として、16項目（上述）を取り上げたが、それらの中で1項目でも無回答があった172標本については削除した。従って、本研究で用いた有効標本数は789（82.1%）であった。

3. データ処理

満足度の質問項目に対する回答は5段階尺度とした。具体的には、「5点：非常に満足、4点：満足、3点：ふつう、2点：不満、1点：非常に不満」とした。

表1 標本の特性

① 性別 カテゴリ 度数 (%)	② 学年 カテゴリ 度数 (%)	③ 大会出場回数 カテゴリ 度数 (%)	④ 進出ラウンド カテゴリ 度数 (%)
1) 男子 398 (50.4)	1) 5年 113 (14.3)	1) 1回目 682 (86.4)	1) 予選 396 (50.2)
2) 女子 384 (48.6)	2) 6年 669 (84.8)	2) 2回目 67 (8.5)	2) 準決勝 181 (22.9)
3) 無回答 7 (0.9)	3) 無回答 7 (0.9)	3) 無回答 40 (5.1)	3) 決勝 165 (20.9)
			4) 無回答 47 (6.0)

注) 全体 : 789名 (100.0%)

表2 満足度の全体的傾向

項目	男子		女子		全体		平均値間の比較
	n=398		n=384		n=782		
	AV	SD	AV	SD	AV	SD	
7) 競技場の施設や用具	4.43	0.76	4.29	0.87	4.36	0.82	*
6) 練習場の施設や用具	4.35	0.80	4.19	0.91	4.27	0.86	**
8) 練習場における係員の対応	4.02	0.98	3.94	0.96	3.98	0.97	
4) 競技場の更衣室 (きれいさ)	3.98	1.01	3.97	0.99	3.97	1.00	
10) 競技場 (トラックまたはフィールド) の係員の対応	3.99	0.96	3.95	0.97	3.97	0.96	
15) 競技場に入ってから競技開始前の練習 (時間や場所等)	4.04	0.93	3.85	1.07	3.94	1.01	**
13) 競技会のルールや注意事項	4.02	0.91	3.84	0.95	3.93	0.93	**
9) 招集所における係員の対応	3.94	1.04	3.84	1.04	3.89	1.04	
14) 競技会におけるマナーやエチケットの指導	3.99	0.88	3.71	0.97	3.85	0.93	***
3) 選手村における他県小学生との交流	3.87	1.10	3.74	1.09	3.81	1.09	
5) 競技場のトイレ (数やきれいさ)	3.77	1.19	3.68	1.12	3.73	1.15	
2) 選手村でのイベント (テーマ・内容・時間など)	3.86	0.97	3.58	0.99	3.72	0.99	***
11) 練習場や競技場の水 (ペットボトルなど) のサービス	3.75	1.18	3.48	1.31	3.62	1.25	**
12) あなたが参加した種目の競技開始時刻 (はやい・おそい)	3.74	1.09	3.48	1.09	3.61	1.10	**
1) 選手村の食事 (内容・食事時間など)	3.72	1.09	3.16	1.10	3.45	1.13	***
16) 総合的にみた今大会の運営 (選手村や競技会)	4.21	0.89	4.07	0.95	4.14	0.93	**

注1) AV : 平均値 SD : 標準偏差 * : p<0.05 ** : p<0.01 *** : p< 0.001

注2) 項目の順番は、全体の平均値の高い方から低い方へ並べた。

満足度と改善度の求め方、即ち得点化の手続きについては、管 (2004) の分析方法に基づいて行った。まず各質問項目の評価について、①「非常に不満」と「不満」を「悪い」、②「ふつう」を「普通」、③「満足」と「非常に満足」を「良い」という3段階に操作し、3段階 (悪い、普通、良い) の回答数及び割合 (%) を算出し、「良い」の割合を「満足率 (良い)」とした。次に各評価項目 (15項目) と総合評価とのクロス集計を行って独立係数を算出した。そして満足率偏差値と独立係数偏差値を求めた後、距離、角度、修正指数等を計算して改善度を得点化した。

そして満足度に関する15項目については、因子分析法によって因子を抽出し、その解釈を行った。

Ⅲ. 結果と考察

1. 標本の特性

標本の特性は次の通りであった (表1)。

①性別については男女の割合がほぼ同じであった。②学年については、5年生対6年生の割合は1:6であった。③大会出場回数については初出場者の多い大会であった。④進出ラウンドについては、決勝進出は約5人に1人の割合であった。

2. 満足度の全体的傾向 (平均値の比較) (表2)

まず全体的傾向として (表2)、満足度の平均値の高い項目は、「⑦ 競技場の施設や用具 (4.36)」、

表3 競技運営等に関する満足度・改善度

#	満足度の区分			独立 係数	良い (%)	独立 係数 偏差値	満足率 偏差値	距離	角度	修正 指数	改善度	因 子 番 号
	1. 悪い f (%)	2. 普通 f (%)	3. 良い f (%)									
15)	49(6.2)	228(28.9)	512(64.9)	0.3921	64.9	70.49	52.38	20.63	51.62	0.43	<u>8.87</u>	1
14)	30(3.8)	292(37.0)	467(59.2)	0.3538	59.2	60.55	46.06	11.26	24.52	0.73	<u>8.22</u>	1
12)	90(11.4)	312(39.5)	387(49.0)	0.2968	49.0	45.74	34.74	15.84	60.59	0.33	<u>5.23</u>	1
11)	127(16.1)	225(28.5)	437(55.4)	0.3190	55.4	51.51	41.84	8.30	34.52	0.62	<u>5.15</u>	
13)	28(3.5)	258(32.7)	503(63.8)	0.3570	63.8	61.38	51.16	11.44	50.81	0.44	<u>5.03</u>	1
2)	68(8.6)	278(35.2)	443(56.1)	0.3053	56.1	47.95	42.62	7.66	60.52	0.33	<u>2.53</u>	4
9)	63(8.0)	221(28.0)	505(64.0)	0.3309	64.0	54.60	51.38	4.80	61.69	0.31	<u>1.49</u>	2
5)	106(13.4)	219(27.8)	464(58.8)	0.3053	58.8	47.95	45.61	4.85	70.03	0.22	<u>1.07</u>	5
1)	138(17.5)	276(35.0)	375(47.5)	0.2305	47.5	28.52	33.07	27.35	96.75	-0.08	-2.19	4
10)	43(5.4)	213(27.0)	533(67.6)	0.3117	67.6	49.61	55.38	5.39	139.14	-0.55	-2.96	2
8)	47(6.0)	205(26.0)	537(68.1)	0.3115	68.1	49.56	55.93	5.95	139.24	-0.55	-3.27	2
6)	18(2.3)	157(19.9)	614(77.8)	0.3313	77.8	54.70	66.70	17.35	119.28	-0.33	-5.73	3
4)	48(6.1)	217(27.5)	524(66.4)	0.2874	66.4	43.30	54.05	7.83	166.15	-0.85	-6.66	5
3)	85(10.8)	224(28.4)	480(60.8)	0.2511	60.8	33.87	47.83	16.28	127.33	-0.41	-6.67	
7)	12(1.5)	131(16.6)	646(81.9)	0.3136	81.9	50.10	71.25	21.25	134.73	-0.50	-10.63	3
平均値				0.3132	62.7							
標準偏差				0.0385	9.0							
16)	34(4.3)	175(22.2)	580(73.5)		73.5							

注1) 全体 (789人)

注2) 改善度の大きな項目から改善しなくてもよい項目(改善不要)の順に並べた。

注3) 改善すべき項目は、改善度の欄で、アンダーラインの引かれたものである。

注4) 因子番号は、表4に示してある5つの因子を参照のこと。

注5) 項目

- 1) 選手村の食事(内容・食事時間など)
- 2) 選手村でのイベント(テーマ・内容・時間など)
- 3) 選手村における他県小学生との交流
- 4) 競技場の更衣室(きれいさ)
- 5) 競技場のトイレ(数やきれいさ)
- 6) 練習場の施設や用具
- 7) 競技場の施設や用具
- 8) 練習場における係員の対応
- 9) 招集所における係員の対応
- 10) 競技場(トラックまたはフィールド)の係員の対応
- 11) 練習場や競技場の水(ペットボトルなど)のサービス
- 12) あなたが参加した種目の競技開始時刻(はやい・おそい)
- 13) 競技会のルールや注意事項
- 14) 競技会におけるマナーやエチケットの指導
- 15) 競技場に入ってから競技開始前の練習(時間や場所など)
- 16) 総合的にみた今大会の運営(選手村や競技会)

次に「⑥ 練習場の施設や用具(4.27)」、「⑧ 練習場における係員の対応(3.98)」の順であった。一方、満足度の平均値の低い項目は、「① 選手村の食事(内容・食事時間(3.45))」と「⑫あなたが参加した種目の競技開始時刻(はやい・おそい(3.61))」であった。

そして性別でみると(表2)、男子の平均値が女子より高かった項目は8つ、それらの中で、平均値4.00以上の項目は3つであった。一方、女子の方が高かった項目は皆無であった。

3. 満足度と改善度(表3)

満足できる項目と改善すべき項目を把握する方法については、次の3つの視点から検討を行った。第1番目は「満足率(良い)」、第2番目は「満足率(良い)」と「独立係数」の関係、第3番目に満足率偏差値と独立係数偏差値をもとに算出した「改善度」に着目した。

(1) 満足率(良い)(表3、図1)

満足率(良い)をみると(表3および図1)、80%台は1項目(⑦競技場の施設や用具)、70%台は1項目(⑥練習場の施設や用具)、60%台は7項目、50%台は4項目、40%台は2項目であった。もし単純に50%以上が満足できる項目であるとするなら

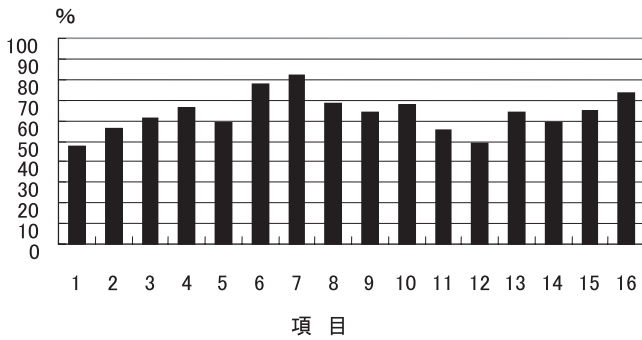


図1 満足率（良い）

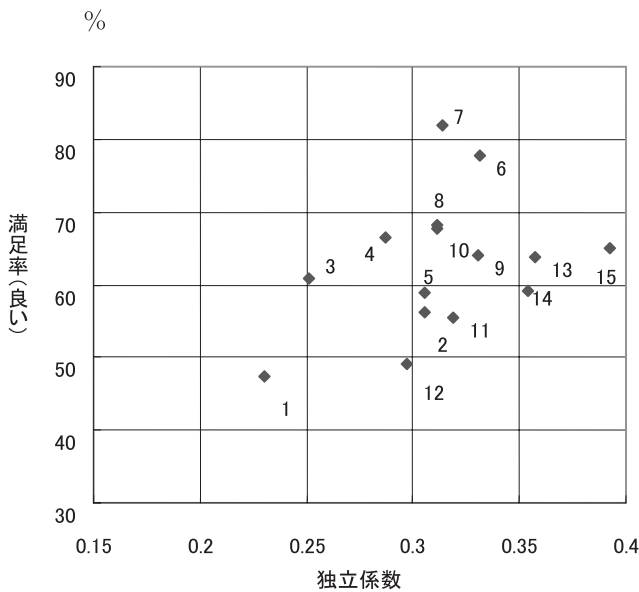


図2 満足率（良い）と独立係数の関係

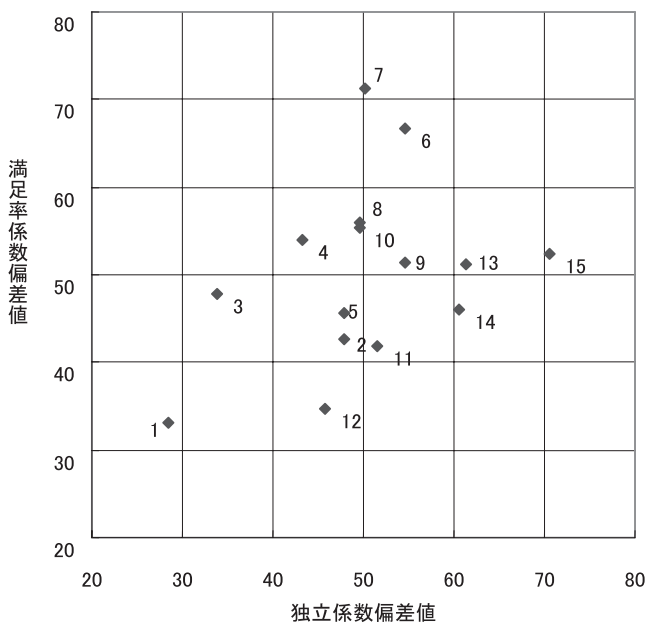


図3 満足率偏差値と独立係数偏差値の関係

ば、50%未満の項目は改善すべき項目であると考えられる。

(2) 満足率（良い）と独立係数の関係（表3、図2）

大会運営の総合評価に寄与する貢献度を独立係数でみると（表3および図2）、「⑮競技場に入ってから競技開始前の練習（時間や場所など）」(0.3921)が最も高く、次に「⑬競技会のルールや注意事項」(0.3570)、「⑭競技会におけるマナーやエチケットの指導(0.3538)」、「⑥練習場の施設や用具」(0.3313)、「⑨招集所における係員の対応(0.3309)」等が続く。

競技（レースまたは試技）の本番前においては、「⑮競技場に入ってから競技開始前の練習（時間や場所など）」が競技運営の総合評価に大きく影響する要因であることが推察できる。しかし、この項目の満足率は64.9%であり、15項目の中で上位6番目の位置にあった。即ち、この項目は大会運営の総合評価を高める重要な要因であるにもかかわらず、相対的に低い満足率（評価）となっているので、今後、改善すべき項目であると考えられる。競技者の願いとしては、競技直前における「練習の場と時間」であることが推察されるので、この要件を少しでも確保することが今後の課題であると考えられる。

同様に、前述で示したように、「⑬競技会のルールや注意事項」や「⑭競技会におけるマナーやエチケットの指導」の項目は、独立係数がそれぞれ第2位と第3位と高い位置づけであったけれども、満足率（良い）はそれぞれ第8位と第10位という低い位置づけであった。これらの項目も今後の課題であると考えられる。

一方、「⑦競技場の施設や用具」や「⑧練習場における係員の対応」の項目は、独立係数がそれぞれ0.3136（上位から7位）と0.3116（同9位）であったが、満足率（良い）は、それぞれ第1位（81.9%）と第3位（68.1%）であった。小学生から高く評価された項目である。世界陸上大阪2007の主競技場で競技することができたこと、そして練習場係員の対応に充分満足していることが推察できる。とりわけ係員の対応については、競技運営のモデルの1つとして考えられるので、その具体的な対応について明らかにしていく必要がある。

(3) 改善度（表3、図3）

管（2004）は、満足率と独立係数から満足率偏差値と独立係数偏差値を算出して図示し（図3）、図中の項目の位置から交点までの角度や距離を測定して数式に代入することで、改善度を算出している。表3は、管の方法により算出した改善度について、

表4 回転後の因子負荷量行列

項目	因子 1	因子 2	因子 3	因子 4	因子 5	共通性
13) ルール注意事項	<u>0.751</u>	0.228	0.190	0.136	0.133	0.689
14) マナーエチケット指導	<u>0.648</u>	0.268	0.197	0.209	0.223	0.624
15) 競技開始前練習	<u>0.548</u>	0.254	0.178	0.156	0.295	0.508
12) 競技開始時刻	<u>0.501</u>	0.242	0.135	0.335	0.154	0.463
9) 招集所係員対応	0.257	<u>0.788</u>	0.202	0.232	0.167	0.809
8) 練習場係員対応	0.306	<u>0.677</u>	0.276	0.182	0.226	0.713
10) 競技場係員対応	0.345	<u>0.653</u>	0.174	0.220	0.201	0.664
7) 競技場施設用具	0.180	0.219	<u>0.812</u>	0.179	0.152	0.795
6) 練習場施設用具	0.250	0.204	<u>0.757</u>	0.160	0.165	0.729
2) 選手村イベント	0.258	0.143	0.148	<u>0.726</u>	0.140	0.655
1) 選手村食事	0.136	0.202	0.131	<u>0.632</u>	0.110	0.487
5) 競技場トイレ	0.247	0.207	0.157	0.133	<u>0.830</u>	0.835
4) 競技場更衣室	0.284	0.222	0.191	0.229	<u>0.500</u>	0.469
3) 選手村交流	0.326	0.121	0.159	0.274	0.249	0.283
11) 水のサービス	0.409	0.261	0.127	0.300	0.215	0.388
因子負荷量の2乗和	2.409	2.078	1.646	1.554	1.425	9.111
因子の寄与率 (%)	16.1	13.9	11.0	10.4	9.5	
累積寄与率 (%)	16.1	29.9	40.9	51.2	60.7	

注1) 全体 (789人)

注2) 項目の詳細については、表2を参照のこと。

値の大きい項目から小さい項目へ並べたものである。

改善度の値が正（プラス）の項目が、今後、改善すべき項目である。具体的には次の8項目、即ち「⑮ 競技場に入ってから競技開始前の練習（時間や場所など）」、「⑭ 競技会におけるマナーやエチケットの指導」、「⑫ 参加した種目の競技開始時刻（はやい・おそい）」、「⑪ 練習場や競技場における水（ペットボトルなど）のサービス」、「⑬ 競技会のルールや注意事項」、「② 選手村でのイベント（テーマ・内容・時間など）」、「⑨ 招集所における係員の対応」、「⑤ 競技場のトイレ（数やきれいさ）」があげられる。

一方、改善度の値が負（マイナス）の項目は改善不要である。具体的には次の7項目、即ち「① 選手村の食事（内容・食事時間など）」、「⑩ 競技場（トラックまたはフィールド）における係員の対応」、「⑧ 練習場における係員の対応」、「⑥ 練習場の施設や用具」、「④ 競技場の更衣室（きれいさ）」、「③ 選手村における他県小学生との交流」、「⑦ 競技場の施設や用具」があげられる。

4. 因子分析

(1) 因子分析の結果とその解釈

15項目の共通性を把握するために因子分析を

行った。789名のデータから計算した15項目の相関係数行列を求め、そして主成分分析から固有値1.00以上の因子が5つ認められた。因子分析（バリマックス法）を適用して得られた結果が表4（回転後の因子負荷量行列）である。因子負荷量が0.500以上の項目にアンダーラインを引いた。累積寄与率は60.7%であった。そして各因子の解釈は次のように考えた。

第1因子に係わる4項目については、競技者が本番（競走や試技）前に社会的常識（規則やマナー・エチケット等）や心理的・身体的コンディションをできるだけ整えておくべき方法であると解釈できるので、「コンディショニング方法」と解釈できる。が、一方で、これらの4項目は競技スポーツとしての陸上競技の楽しさを全ての競技者が公平に分かち合えるように競技者が必ず守ってほしい要件であるとも解釈できるので「競技会の約束事」とも考えられる。本稿では後者の「競技会の約束事」を採択した。第2因子に係わる3項目は、競技役員の小中学生（競技者）に対する対応と解釈できるので、「審判員の対応」と解釈した。第3因子に係わる2項目は、練習場や競技場の施設用具と解釈できるので、「施設用具」と解釈した。第4因子に係わる2項目は、選手村、つまり選手村のイベントや食事などと解釈でき

るので、「選手村」と解釈した。第5因子に係わる2項目は、競技場のトイレや更衣室と解釈できるので、「付帯施設」と解釈した。

以上の結果から、5つの因子（競技会の約束事、審判員の対応、施設用具、選手村、付帯施設）は交流大会に係わる競技運営の基礎的構造要因として考えられる。小学生（競技者）を指導・育成していく際には、これらの要因を脳裏において具体的な助言・指導やサービス等を検討すべきである。

(2) 改善すべき項目・改善不要の項目と5つの因子の関係（表3、表4）

改善すべき項目・改善不要の項目と因子分析による因子との関係を見ると、まず、改善すべき項目については、第1因子（競技会の約束事）に4項目（⑮⑭⑫⑬）が、第2因子（審判員の対応）・第4因子（選手村）・第5因子（付帯施設）にはそれぞれ1項目が関係してしていた。とりわけ、改善すべき項目の最も多かった第1因子（競技会の約束事）は今後の一番大きな課題であることが推察される。

一方、改善不要の項目については、第2因子（審判員の対応）と第3因子（施設用具）にそれぞれ2項目が、第4因子（選手村）と第5因子（付帯施設）にそれぞれ1項目が関係していた。とりわけ「施設用具」の因子については、言うまでもなく現状の条件で次回大会も対応できることがわかる。

IV. まとめ

1. 第23回大会（2007年）のまとめ

本稿のねらいは、交流大会の競技運営に関する満足度・改善度を小学生（競技者）を対象としたアンケート調査から分析することであった。より具体的には、競技運営に関する満足度・改善度を数値化あるいは得点化することによって、今後の競技運営に関する課題をより明確化することであった。

満足できる項目と改善すべき項目を把握する方法については、次の3つの視点から検討を行った。第1番目は満足率（良い）、第2番目は満足率（良い）と独立係数の関係、第3番目に満足率偏差値と独立係数偏差値をもとに算出した改善度に着目した。前2者においては満足できる項目と改善すべき項目が推察できたが、とりわけ第3番目の方法は改善度を得点化できるので、今後における競技運営の具体的な課題が戦略・戦術の視点から検討することができる。改善度を得点化できると、改善不要の項目については維持戦略を、改善すべき項目については向上戦略で対応することが可能となる。

今回の調査（2007）で「施設用具」の因子については維持戦略が、「競技会の約束事」の因子については向上戦略が該当すると考えられる。とりわけ「競技会の約束事」の因子に係わる項目については、「⑬ 競技会のルールや注意事項」、「⑭ 競技会におけるマナーやエチケットの指導」、「⑮ 競技場に入ってから競技開始前の練習（時間や場所など）」、「⑫ 参加した種目の競技開始時刻（はやい・おそい）」であり、今後、主催者をはじめ、運営協力の団体、児童の指導者・コーチ等が有機的な関係を持って、児童に指導・助言をするべきであると考えられる。具体的には、各都道府県における予選会場および本大会の選手村や招集所等で、競技規則をはじめエチケット等の社会的常識、心理的・身体的なコンディショニング方法を、助言・指導することが重要であろう。

2. 第22回大会（2006年）と第23回大会（2007年）の比較の結果について

第22回大会（2006年）と第23回大会（2007年）を比較すると、次のようにまとめられる。

1) 全体の満足率（良い）については、第22回大会が76.6%、第23回大会が73.5%であり、ほぼ同じ傾向であった。

2) 管の方法によって算出された改善すべき項目、とりわけ両大会に共通して改善すべき項目は、次の7項目、即ち、「⑬ 競技会のルールや注意事項」、「⑭ 競技会におけるマナーやエチケットの指導」、「⑫ 参加した種目の競技開始時刻（はやい・おそい）」、「⑮ 競技場に入ってから競技開始前の練習（時間や場所など）」、「⑪ 練習場や競技場における水（ペットボトルなど）のサービス」、「⑤ 競技場のトイレ（数やきれいさ）」、「② 選手村でのイベント（テーマ・内容・時間など）」であった。

3) 因子分析を行った結果から、両大会とも、5つの因子（競技会の約束事、審判員の対応、施設用具、選手村、付帯施設）が抽出された。これらの因子は、少なくとも交流大会に係わる競技運営の基礎的構造要因として考えられる。

4) 2) や 3) から両大会に共通した維持戦略の因子は、「施設用具」、一方、向上戦略の因子については、「競技会の約束事」であった。

以上のことから、今後における競技運営のあり方を具体的に検討するための基礎的な知見を得ることができたと考える。

今後の課題として、とりわけ競技者からみた競技運営の満足度・改善度についてはアンケート調査の

質問項目を検討すると共に異なる年齢の競技者を対象に検討していく必要がある。

付記及び謝辞

本研究は、(財)日本陸上競技連盟普及委員会の調査研究(2007年度)によっておこなわれた研究成果の一部である。アンケート調査の実施にあたって、時間をさいて快く協力してくださった小学生や指導者・コーチの皆さんに厚く感謝申し上げる次第である。また、アンケート調査用紙を配布、回収してくださった(財)日本陸上競技連盟普及委員会の方々にも心から感謝申し上げる次第である。

参考文献

- 阿保雅行・長野史尚・神尾正俊(2006)日本I Cにおける混成競技の運営に関する満足度・改善度について、陸上競技研究 67、pp. 45-49.
- 阿保雅行・長野史尚・神尾正俊・関岡康雄(2007a)学生審判員講習会に関する満足度・改善度について、陸上競技研究 69、pp. 38-41.
- 阿保雅行・伊藤宏・岡野進(2007b)全国小学生陸上競技交流大会の競技運営に関する満足度・改善度について、陸上競技研究紀要、第3巻、pp. 32-38.
- 管 民郎(2004)すべてがわかるアンケートデータの分析、現代数学社.

第23回全国小学生陸上競技交流大会に出場した優秀選手の 身体的・心理的側面と疾走能力について

伊藤宏¹⁾ 岡野 進²⁾ 井筒紫乃³⁾ 三宅 聡⁴⁾ 直井清貴⁵⁾
1) 静岡大学 2) 明海大学 3) 城西国際大学 4) 日本陸連事務局
5) 東京学芸大学附属小金井中学校

I. はじめに

2005年4月初旬、日本陸上競技連盟普及委員会(以下、「普及委員会」とする)は、現場で起こっている諸問題に対応できるようにと、いくつかの「調査・研究プロジェクト」を立ち上げた。その中で「全国小学生優秀選手育成プランの検討」プロジェクトが立ち上げられ、第21回「全国大会」(2005年)に出場した選手達の中から優秀選手を選抜し、その後中学生になるまで、いかに指導され、育成されて将来へつなげていけば良いかという課題に対応するため、同年9月横浜市で開催された「スーパー陸上」に第21回「全国大会」での各種目の優勝者ならびにその指導者を招待し、「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)を実施してきた。

これまでの全国小学生大会出場者で、その後日本選手権やオリンピックにまで出場した選手数をカウントしてみると、男子では、土江寛裕、末續慎吾、高平慎士、山口有希選手ら、女子では信岡沙希重、池田久美子、高橋萌木子、北風沙織選手らがオリンピックや世界選手権に出場し、第90回日本選手権(2006年)では、男子出場者15名、その内容は男子優勝者1名、入賞者7名であり、女子優勝者は3名、入賞者8名などであり合計出場者は32名であった。さらに、陸連事務局調べによると、世界陸上大阪大会は総出場選手80名中、全国小学生大会出場者が8名(大阪の女子リレーメンバーは4名中3名が出身者)であり、第15回アジア大会は、56名中7名ということであった。また2006年度ランキングでは、日本100傑に男子65名、女子135名が入傑していた。このように、現在活躍している選手の中には、小学生の頃からその才能を発揮している例

数が多く見られるようになってきているのが現状である。

そこで本報告では、一昨年度から継続され育成プランの一環で、第23回「全国大会」に出場した選手の中から、各種目の優勝者を対象に彼らの身体的能力、心理的能力、疾走能力・フォームを測定し、さらにそれらの分析結果を明らかにし、「一貫指導システム(競技者育成プログラム策定)構築」のための資料を提示することを目的にした。

II. 研究方法

1. 優秀選手の選考条件と研修会について

第23回「全国大会」出場選手の中から優秀選手(今回は、各種目の優勝者)を選出し、将来の有望選手としての意識・意欲づけと、彼らの指導者に陸上競技の一貫指導(発育発達に応じた指導の重要性)を理解してもらうことをねらいとして、「横浜市の日産スタジアム」で開催された「2007スーパー陸上」を観戦してもらうと同時に、一貫指導に関する研修ならびに参加選手の身体的・心理的・疾走能力の測定を行うことにした。

選手選考条件は、以下の条件で行った。「中学校でも継続して陸上競技を行うこと、将来オリンピック選手になりたいという意欲(高いモチベーション)を持っている者」であること、また「新体力テストの提出と今後日本陸上競技連盟の調査に協力できること」等を条件とした(岡野ら2005)。以上の選考の結果、今回の「研修会」参加選手は、男子100m、80mH、走幅跳、走高跳の優勝者と女子100m、80mH、走幅跳、走高跳、女子ソフトボール投げの優勝者、4×100mリレーの優勝チーム(4名)の男女合計13名が選抜された。

2. 測定・調査方法

選手の測定は、2007年9月29日に「日産スタジアム」内の「横浜市スポーツ医科学センター」において、形態面、体力面の測定を行い、選手の生活面に関する調査、心理面に関する調査などを29日の夜の研修時に行った。また60m疾走フォームの撮影については、30日が雨天のため撮影ができなかったため、女子のリレーチームのみを後日静岡の草薙陸上競技場サブトラックで、12月26日に行った。

1) 測定項目

「横浜市スポーツ医科学センター」で行った測定項目は、形態値、BMI、骨量、立位体前屈、全身反応時間、垂直跳び、パワーであった。また、「普及委員会」が行った調査・測定は、日常生活調査、運動有能感、不定愁訴、疾走感、PCI（心理的コンディション調査）、POMS（気分プロフィール検査）、60m疾走能力（速度、歩数頻度、歩幅、疾走フォーム）であった。新体力テスト（結果）については、参加選手から提出されたものである。

III. 結果と考察

1. 身長と体重について（表1,2参照）

優秀選手の身長、体重、BMIを表1,2に示した。一昨年度、昨年度「普及委員会」が報告した結果と同様に、男子選手の身長と体重は1%水準で、女子選手の身長は5%水準で全国平均値間に有意差が認められた。女子選手の体重は、全国平均値とほぼ同じ値を示していた。BMI値からは、女子の痩身傾向が見られるが、これはむしろ筋肉質タイプの形態を有していると解釈できる。また男女ともこの三年間選抜された選手間相互のBMI値に有意差は認められず、いずれの年度の選手達の体は引き締まっていると思われる。

以上の結果、今回の優秀選手の形態値は、同世代のそれらよりも明確に上回っていることが分かった。今回測定した優秀選手は、ここ三年間の優秀選手の骨量平均値よりやや低めの値を示している選手が目立った。いずれにしても、選手が早熟傾向であるかの判断は、形態面だけでなく、これら優秀選手の今後の発育経過や骨年齢などを継続的に見ていく必要があるだろう（加藤ら1999）。

表1 全国小学生陸上女子優秀選手選抜体力測定結果一覧

女子選手		100m	80mH	Relay1	Relay2	Relay3	Relay4	High Jump	Long Jump	Ball throw	
形態計測	身長(cm)	148.7	148.5	143.6	153.9	156.8	140	157.9	160.7	155.3	
	体型	体重(kg)	37.4	43	33.1	47.7	44.3	31.3	42	50.2	47
	BMI(kg/m ²)	16.9	19.5	16.1	20.1	18	15.9	16.8	19.4	19.5	
柔軟性	骨量	音響的骨評価値(N×10 ⁶)	2.46	3.52	2.52	3.39	2.84	2.61	2.77	3.22	2.68
	立位体前屈(cm)	7.0	10.0	8.5	14.0	7.0	13.5	17.0	15.5	14.5	
敏捷性	全身反応	反応開始時間(msec)	123	135	139	146	143	134	157	133	149
		筋収縮時間(msec)	129	95	131	137	144	137	159	104	124
		全身反応時間(msec)	253	230	270	284	287	271	316	237	273
瞬発・パワー系	垂直跳び	CMJ(cm)	45.0	39.4	34.9	—	36.9	34.3	36.7	41.9	32.5
		CMJ腕ふりなし(cm)	39.5	30.0	30.7	—	32.1	27.9	33.9	34.2	27.6
		連続跳躍(cm)	36.3	30.3	—	—	31.6	25.9	30.6	31.2	27.1
		パワー(watt)	1640	1474	—	—	2018	935	1566	2105	1484
	/kg	43.9	34.3	—	—	45.6	30.1	37.3	41.9	31.6	

表2 全国小学生陸上男子優秀選手選抜体力測定結果一覧

男子選手		100m	80mH	High Jump	Long Jump	
形態計測	身長(cm)	168	153.6	168.3	161.9	
	体型	体重(kg)	57.6	45.7	48.5	57.8
	BMI(kg/m ²)	20.4	19.4	17.1	22.1	
柔軟性	骨量	音響的骨評価値(N×10 ⁶)	3.04	2.66	2.67	3.16
	立位体前屈(cm)	4.0	18.0	10.0	20.0	
敏捷性	全身反応	反応開始時間(msec)	134	150	223	166
		筋収縮時間(msec)	112	128	156	116
		全身反応時間(msec)	246	278	379	282
瞬発・パワー系	垂直跳び	CMJ(cm)	49.2	49.6	39.7	—
		CMJ腕ふりなし(cm)	39.5	41.4	35.3	—
		連続跳躍(cm)	36.7	39.1	32.5	—
		パワー(watt)	2687	1834	1688	—
	/kg	46.6	40.1	34.8	—	

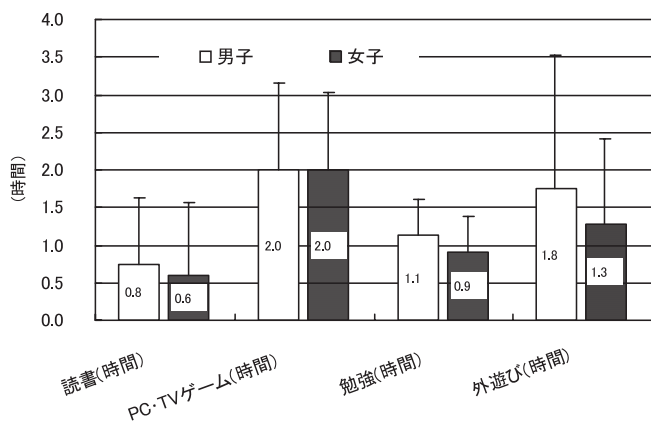


図1 日常生活における時間の使い方

2. 日常生活における読書、PC・TVゲーム、TV・ビデオ、勉強、遊び時間について (図1参照)

文科省(2005)は、6歳から19歳までは、加齢にともなって運動を実施する頻度が高いほど新体力テストの総合評価点が高い傾向があると報告している。一昨年度の優秀選手の毎日の外遊び時間は約2時間であったが、昨年度は男女選手とも1時間弱であった。今年度は男子選手が1.8時間、女子選手は1.3時間であり、文科省が一日最低1時間以上の外遊び時間が必要と提案しているが、今年度の男女選手たちはそれらを十分に満たしていることが分かった。

さらに、昨年度は勉強時間が男子選手は1時間、女子選手が2時間であったが、今年度は男女とも1時間程度であった。特に女子選手は1時間以上減少している。また、読書は1時間弱であった。昨年度は、PC・TVゲームの時間が男女選手とも2時間前後であったが、今年度は男女とも2時間で昨年と同程度の視聴時間であった。これらの事からテレビ・ビデオ等の時間の増加による睡眠時間等の減少傾向がみられ、運動生活時間の有効利用という観点、そして次の日の学校生活や練習になんらかの影響があると思われるので、外遊び時間、勉強時間、読書時間、PCやTVの時間等の時間配分については、まだまだ工夫する余地があると思われる。また、「義務教育に関する意識調査」によると、平日24時以降に就寝する割合は小学校第6年生で約1割を示し、休日にテレビやビデオ・DVDを3時間以上視聴する子どもは小学生で約4割あると報告されている。よりよい運動生活習慣(日常生活の中に積極的にスポーツや運動を取り入れて行く生活行動)作りや効果的な練習を行うためにも生活リズムの改善や指導を行っていく必要があると考えられる。

3. 全身反応時間と瞬発・パワー系の測定結果について (表1,2参照)

反応時間(reaction time)は、筋力とともに運動能力に対する一つの重要な適性指標である。反応時間は光、音などのある一つの刺激が与えられたら、出来るだけ速やかに鍵盤を押すとか、脚をステップすとか全身で跳躍するなど一つの動作反応によって測定される。このようにして測定された反応時間は、刺激を受けて筋収縮が起きるまでに、知覚神経—求心神経—大脳皮質知覚領—遠心神経—筋の経過を通る所用時間である(朝比奈1958)。表1,2に示した全身反応時間は、反応開始時間と筋収縮時間の合計時間である。全身反応時間は、女子80mHと走幅跳選手がとくに優れていることが分かった。この2名の選手は筋収縮時間が男女の中で最も良い成績を示していた。より詳細に見てみると、女子100m選手が、男女全選手の中で反応開始時間が一番優れており、それが垂直跳びにも関連して女子選手の中で一番の成績を示していた。次に瞬発・パワー系を示す垂直跳びやパワー測定の結果と関連づけてみると、男子100m選手も優れていた。

すべての選手において、今後よりキレとバネのある力強い動きや体をつくっていくためには中学校期では、得意な陸上競技の種目の練習とともに、パワートレーニングや縄跳びやバスケットボールやバレーボールなどの球技系の種目にも積極的に取り組んでいく必要があると思われる。

4. 新体力テストの測定結果について (表3,4参照)

「新体力テスト」は握力、上体起こし、長座体前屈、反復横跳び、20mシャトルラン、50m走、立ち幅跳び、ソフトボール投げの8項目から成り立っている。これらの8項目は、各選手の学校で10月中に行われた測定結果である。このため、表3,4の身長・体重の値は、9月に計った値より変動が見られる。これらの測定結果は、上記で述べたパワーや瞬発力の測定のように特別な測定装置が必要ではなく、いつでも何処でも手軽に測定ができ、比較することが簡便にできることから、今後続く後輩の選手自身や彼らを指導する指導者が、これまでの優秀選手の体力水準を客観的に実感することができるので有益なものになると思われる。

男子選手で特に優れた項目は、筋力の指標である握力、スピード・走能力の指標である50m走、筋パワー(瞬発力)の指標である立ち幅跳び、ソフトボール投げ、そして全身持久力の指標である20mシャトルランであった。これらの項目の中では、特に50m

走疾走能力は群を抜いて優れていた。しかし、敏捷性の指標である反復横とび、柔軟性の指標である長座体前屈、筋力・筋持久力の指標である上体起こしは、際立った成績ではなかった。

女子選手で優れた項目は、スピード・走能力の指標である50m走、全身持久力の指標である20mシャトルランであった。しかし、筋力の指標である握力、柔軟性の指標である長座体前屈、筋パワー（瞬発力）の指標であるソフトボール投げ、敏捷性の指標である反復横とびは際立った成績を示さなかった。女子選手も男子選手同様に、50m走疾走能力は群を抜いた能力を示していた。全国大会で採用されている種目特性の根底には、共通して高い疾走能力が求められているものと思われる。

これらの結果から、ほぼ前回選考された男女選手と同様な傾向を示し、「新体力テスト」で示された筋力、スピード、パワーそして敏捷性の能力は秀でていたことが判明した。小・中・高校へと一貫指導の観点から、中学校で競技能力を確実に飛躍させるには、これらの能力をトレーニングの中核としながら、さらに種目特性の動き作りと併せ、総合的にバランスのとれた体力作りに取り組んでいかなければ

ならないと考えられる。これまでの調査結果と同様に、今回の調査からも、男女とも長座体前屈の成績が低いことから、腰背部、ハムストリング、ふくらはぎの柔軟性を高めるトレーニング（ストレッチングなど）を段階的にそして継続的に取り組む必要がある。なぜなら、これらの筋群は疲労などで収縮する傾向が見られるので、各選手に腰痛や脚部の肉離れなどの怪我が発生しやすくなることが予想されるからである。

5. 不定愁訴と運動有能感について

(1) 不定愁訴について（図2参照）

「不定愁訴」は、日常生活における何となく感じる倦怠感のようなもので、これを感じているとすぐに病状が悪化するというものではなく、直接的に病気に影響するものではないが、生活習慣の見直しに利用される。「不定愁訴」の測定項目は、次の3因子から構成されている。一つ目は身体的健康度として「肩が凝る」と「体がだるい」など、二つ目は精神的健康度として「気が散る」と「やる気がない」など、そして三つ目が生理的健康度として「トイレに行きたくなる」と「おなかが痛くなる」などの項

表3 女子選手の新体力テスト測定結果

女子選手	100m	80mH	Relay1	Relay2	Relay3	Relay4	High Jump	Long Jump	Ball throw	m	sd
身長(cm)	146.9	148.5	143.6	153.9	158.0	140.0	158.0	160.7	155.3	151.7	7.2
体重(kg)	37.0	43.0	32.0	47.3	45.9	31.1	41.8	49.8	47.0	41.7	6.8
握力(kg)	21.0	24.0	18.0	33.0	29.0	21.0	22.0	38.0	31.0	26.3	6.7
長座体前屈(cm)	40	42	48	50	49	45	42	57	41	46.0	5.5
立ち幅跳び(cm)	195	192	195	233	184	175	202	217	193	198.4	17.3
反復横跳び(回)	45	54	54	48	53	45	43	53	37	48.0	6.0
ソフトボール投げ(m)	16	24	18	29	16	20	26	42	64	28.3	15.7
上体起こし30秒間(回)	30	31	29	26	30	33	20	33	22	28.2	4.6
20mシャトルラン(回)	92	87	91	78	106	94	80	60	95	87.0	13.1
50m走(秒)	7.2	7.5	7.8	7.7	7.6	7.4	8.1	7.7	7.8	7.6	0.3
100m走(秒)	13.0	13.7	13.6	14.1	14.4	14.4	14.8	—	14.9	14.1	0.6
体力合計点	72	76	74	79	76	72	74	79	74	79	

表4 男子選手の新体力テスト測定結果

男子選手	100m	80mH	High Jump	Long Jump	m	sd
身長(cm)	168.0	153.6	168.3	161.9	163.0	6.9
体重(kg)	57.6	45.7	48.5	57.8	52.4	6.2
握力(kg)	31.0	35.0	37.0	41.0	36.0	4.2
長座体前屈(cm)	31	51	49	56	46.8	10.9
立ち幅跳び(cm)	192	210	222	222	211.5	14.2
反復横跳び(回)	47	58	51	57	53.3	5.2
ソフトボール投げ(m)	64	46	59	51	55.0	8.0
上体起こし30秒間(回)	26	35	19	32	28.0	7.1
20mシャトルラン(回)	80	95	95	80	87.5	8.7
50m走(秒)	6.5	7.3	7.1	7.1	7.0	0.3
100m走(秒)	12.3	—	13.3	13.2	12.9	0.6
体力合計点	75	80	77	80	79	

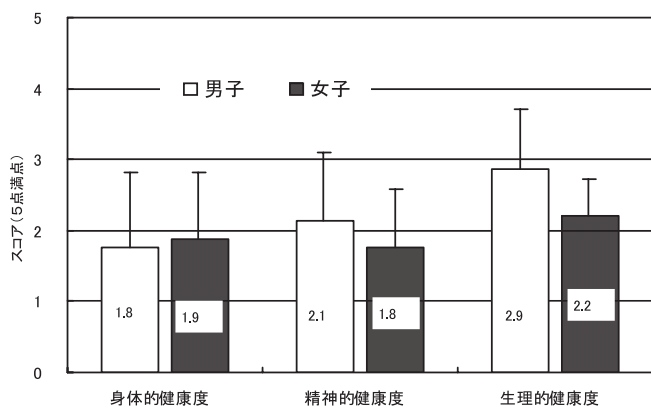


図2 男女優秀選手の不定愁訴

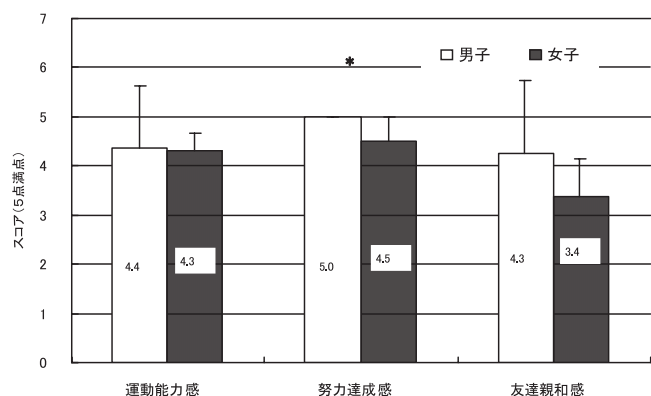


図3 男女優秀選手の運動有能感

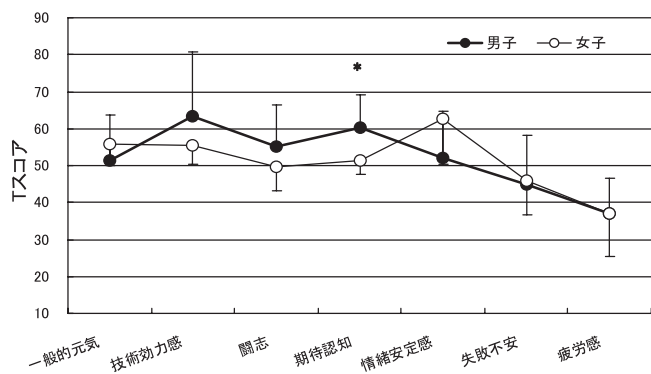


図4 男女優秀選手の心理的コンディショニング

目からなり、各項目は、5段階（5がよくあてはまる・・・1がほとんどない）で回答するものである。

図2から、女子の「不定愁訴」は3因子とも2点前後であり、不定愁訴の少ない日常生活を送っていることが推察された。男女間においては三因子とも有意差は認められなかった。しかし、男子では生理的健康度の不定愁訴が3点近い値を示していた。男子の選手の中に、生理的健康度として質問項目の中にある「お腹が痛くなる」「眠い」の質問に対し、いずれも「5 = よくあてはまる」と答えている選手が1名いた。この選手は、PC・ゲーム・TV・ビデオ等に費やす時間が非常に多く、睡眠時間が足り

ていない可能性があると思われる。腹痛や眠気もこういった不規則な生活習慣からおこっているものではないだろうか。今後、規則正しい生活リズムを身につけていくよう心がけていく必要があると思われる。

(2) 運動有能感について（図3参照）

「運動有能感」は、自分自身の運動への意識を調査するもので、これも3因子から構成されている。1つ目は運動能力感として「運動能力が優れていると思う」と「たいていに運動は上手にできる」、2つ目は努力達成感として「練習すれば必ず技術や記録は伸びると思う」「少しむずかしい運動でも努力すれば出来ると思う」、そして3つ目が友達親和感として「一緒に運動しようと誘ってくれる友達がいる」と「運動をしているとき、友達が励ましてくれる」という項目からなり、やはり「不定愁訴」と同じように5段階で回答してもらった。

図3の運動有能感では、走幅跳の選手以外の三名の男子選手は3因子とも5点以上を示し、自分自身の運動有能感に自信を持っていることが判明した。女子選手では友達親和感のみが3点台を示しているが、運動能力感、努力達成感をしっかり感じていることが分かった。男女間においては、努力達成感に5%水準（ $P=0.01$ ）で有意差が認められ、男子選手は「努力すれば必ず技術や記録は伸びると思う」「少しむずかしい運動でも努力すれば出来ると思う」といった思いが女子選手よりは強いことが分かった。なお、一昨年も、本年度と同様、男子選手の努力達成感の値が高く、男女間に有意差が認められていた。また、男子の友達親和感が女子よりも比較的高めに出ていたが、男女間に有意差は認められなかった。しかし、女子選手は、「一緒に運動に誘ってくれる友達がいる。」「運動をしているとき、友達が励まし、応援してくれる。」といった友達と運動をすることの喜びや、楽しさに対して少しだけ距離感を感じているのではないかとと思われる。これは、この選手たちは、友達の競技能力より抜群に高い水準なので、練習内容が友達と違う内容になり、このことに対して多少の違和感を感じているのではないかとと思われるので、指導者は、日頃の練習から、「友達との交流」にも気を配る必要があると思われる。友達と一緒に陸上をすることが楽しいという思いが、やがて意欲や結果に繋がっていくと思われる。

6. 心理的コンディショニング調査（PCI：Psychological Conditioning Inventory）について（図4参照）

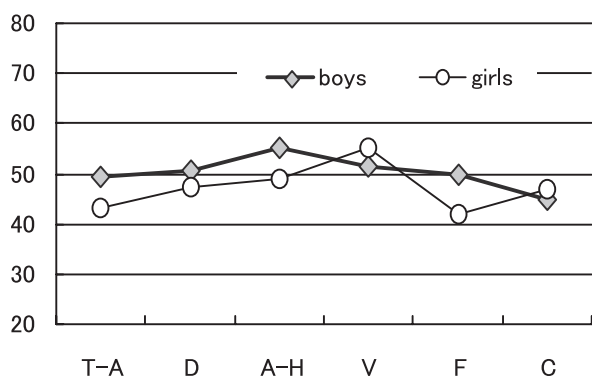


図5 優秀男女選手のPOMS

PCIは、猪俣(2000)らが開発したもので、日常の練習やトレーニング時に自分自身で配慮すべき心構えをチェックするものである。測定される側面は7項目からなっており、次の通りである。F1: 一般的元気(生活全般に積極的に取り組む状態)、F2: 技術効力感(自己の技術に対する自信)、F3: 闘志(競技における闘争心や競争意欲)、F4: 期待認知(期待をどの程度感的に感じているかを示す)、F5: 情緒安定感(情緒の安定感)、F6: 競技失敗不安(競技における失敗についての程度)、F7: 疲労感(心身両面の疲労感)。これらは、5段階評価で行われる。F1の一般的元気からF5の情緒的安定感までの評価はTスコアが50以上を示すと良い傾向と解釈されるが、F6の競技失敗不安とF7の疲労感はTスコアが50より低いと良い状態であると解釈される。

図4から、一昨年、昨年と同様今年度の優秀男女選手の心理的コンディションを見てみると、男子・女子選手とも良好な心構えでいたことが読み取れた。男女間を比較してみると、期待認知には5%水準で有意差が見られたが、これはどちらも平均偏差値を超えているので特に問題はないと考えられる。しかし、個人の結果を見てみると、男女選手の中に一般的元気、技術効力感、闘志、情緒安定感の4つの項目のTスコアが40以下であった選手がそれぞれ1名いた。元気がだせず、自分の技術に自信がなく、闘志も持てずに、さらに試合で失敗するのではないかと内面に不安要素を隠し持ちながら練習を行っていることが推察されるので、コーチ・指導者はよりこの選手たちに心配りをしなければならないと思われる。また、競技失敗不安のTスコアが60であった選手が1名見られた。過度のプレッシャーを感じているのではないかと推測したが、この選手は、期待認知のTスコアが非常に低いことから、周囲からのプレッシャー等はとくに影響していないと考えられる。そのことから、過去の試合での失敗や、十分

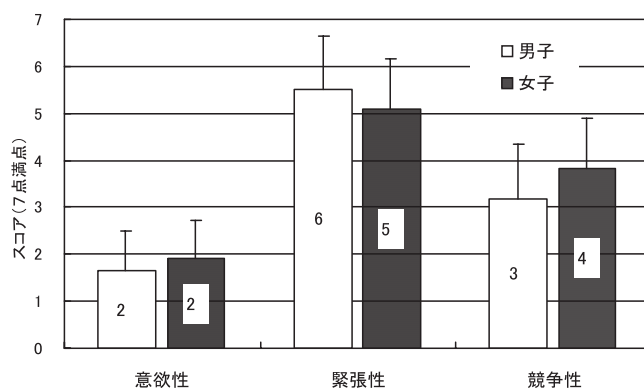


図6 男女優秀選手の60m疾走に対するイメージ

な練習ができていない事などからの内面的な心配が影響していると考えられる。

さらに、今回は選手の日常生活における気分の安定性を図るためにPOMS(Profile of Mood States、横山、荒記2003)を用いて測定をした。POMSはマックネア(1992)が気分を評価する質問紙法を開発したものである。気分の因子は「緊張-不安(Tention-Anxiety)」、「抑うつ-落ち込み(Depression-Dejection)」、「怒り-敵意(Anger-Hostility)」、「活気(Vigor)」、「疲労(Fatigue)」、「混乱(Confusion)」の6つの気分尺度で構成されている。(図5参照)

望ましいパターンは活気(V)が平均値50を越えており、他の尺度は50より低い値を示してこととされている。今回の男女のスコアを見ると明快な良いパターンを示してはいないが、病的に悪いほどでもなく、特に男女とも元気、活気が見られなかった。より詳細に選手達の最近の気分を観察しなければならないが、少し疲れ気味である事が推察された。

このように、選手メンタル面の対応策としては、指導者が選手に対して、練習過程のどの段階でやる気をなくしているのか、技術のどの局面でつまづいているのか、どのような事に対して不安を感じているのかをじっくりと聞いて、練習課題をそれぞれの「選手」のニーズに応じて立て直すことが必要になると思われる。また、練習を行っている時間以外の日常生活面にもコーチ・指導者は保護者とともに心配りをすることができればさらに効果的だと考えられる。

7. 60m走に対する運動イメージ (図6参照)

本来なら、100m走に対するイメージを測定する予定だったが、測定時は体力測定の一環として60m走を準備していたので、60m走に対するイメージ調査を行った。この調査でもほぼ100m走と同じイメー

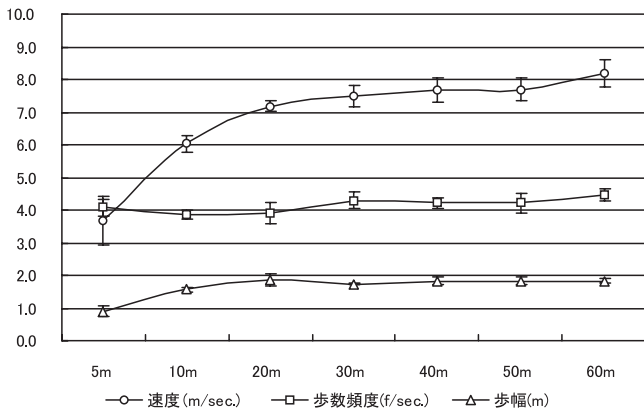


図7 女子リレー優勝メンバーの60m疾走中の速度、歩数頻度、歩幅

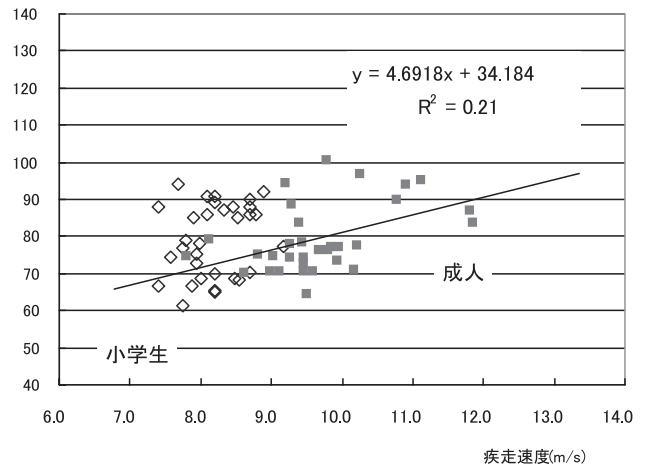


図10 キック脚の体真下時の即関節角度

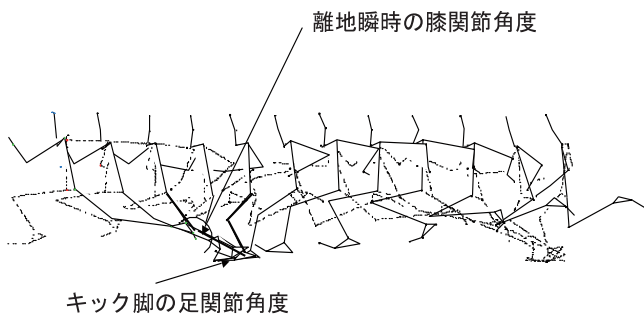


図8 女子リレー選手の60m疾走中の50m地点の疾走フォーム

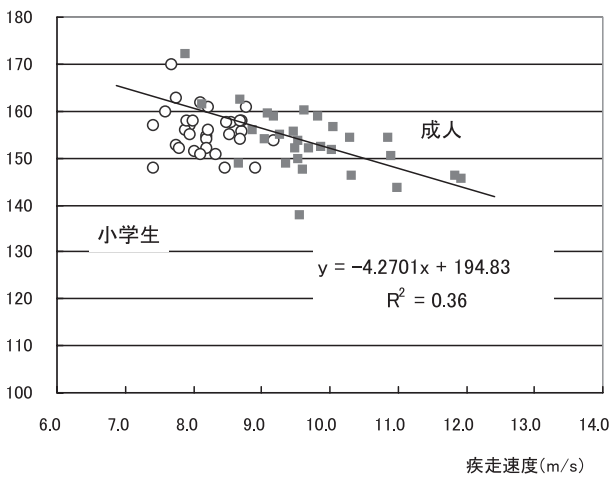


図9 離地瞬間時のキック脚の膝関節角度

ジが前回の測定から得られていたからである (伊藤 2007)。伊藤 (2001) は児童の短距離走に対するイメージは意欲性、緊張性、競争性の3因子から構成されていると報告している。1つめの因子は意欲性として「走りたい—走りたくない」「楽しい—つまらない」「最高—最低」、2つめの因子は緊張性として「長い—短い」「疲れる—楽だ」「緊張する—余裕だ」そして3つめの因子は競争性として「はやい—おそ

い」「するどい—にぶい」「強い—弱い」のそれぞれ3つの測定項目から構成され、7段階尺度で測定した。意欲性の値が低いほど「楽しい」「走りたい」「最高」といったイメージが、緊張性の値が高いほど「短い」「楽だ」「余裕だ」といったイメージが、競争性の値が低いほど「強い」「はやい」「するどい」といったイメージがより強いことを示す。今回の分析では、それぞれ3つの因子それぞれの測定項目合計を平均し、その平均値をそれぞれの因子の代表値として図6に示した。

3因子とも男女選手の間には有意差は認められなかった。60m走に対して男女選手ともほぼ同じイメージを表していた。「楽しい」「走りたい」といったイメージが強いことから、60m走に対して意欲的であると思われる。また、「短い」「楽だ」「余裕だ」といった鮮明なイメージを持っているため、疾走距離に対する気負いはないと思われる。さらに、県選抜され全国大会で優勝した経験から、この60m走に対する競争性に対しては、特別なイメージを示していなかった。

8. 60m疾走における速度・歩数頻度・歩幅と疾走フォームについて (図7, 8, 9, 10 参照)

スタート地点から60m地点まで疾走する選手を50m地点側方20m離れた地点からVTRカメラでパンニング撮影し、その映像をパソコンのハードデスクにAVIファイルとして保存し、その映像を再生し、各通過地点(5m, 10m, 20m, 30m, 40m, 50m, 60m)の通過時間をシリコンコーチプロ (silicon COACH Pro) ソフトで求めた。求められた通過時間と各通過区間の一步の所要時間から伊藤 (2000) がエクセルで作成した分析ソフトで速度、歩数、歩数頻度を求めた。また、離地瞬間時の脚の膝関節角度と

キック脚の体真下時の足関節角度も同様のソフトを利用し求めた。

ここでは、女子リレーの優勝メンバーである4人の平均疾走速度・歩数頻度・歩幅を図7に示した。平均疾走速度は4人とも60m地点で最高速度を示していた。なお、歩数頻度は、およそ毎秒4回の水準が保たれたまま走っていた。これは、一昨年、昨年の子優秀選手もほぼ同じ値を示していた。歩幅も一昨年、昨年の優秀選手と同様に20m地点あたりからほぼ同じ歩数を保っていた。

さらに、小林(2001)の報告を参考に、小学生優秀選手が最速で疾走している中間疾走局面での離地瞬間時のキック脚の膝関節角度、中間時点(脚が最も屈曲した瞬間)の足関節角度を、一昨年と昨年に選考された小学生優秀選手と成人優秀選手のそれらと合わせて、これらを図8,9,10に示した。これらは疾走速度と有意な関係を示す局面と考えられている。二つの動きの局面では、小学生優秀選手と成人優秀選手の間には多少の違いはあるものの、小学生優秀選手の角度は成人優秀選手の傾向を示す直線上にあることが判明した。

これらの事から、選抜された小学生優秀選手は一流選手ほどの速い速度を現在は持っていないが、動き自体は望ましい方向にあることが考えられる。今後は発育発達をふまえた体力アップトレーニングを継続し、現在の動き、タイミングなどを総合的に捉えながら、より速い動きづくりへステップアップしていくことが望まれる。

IV. まとめ

第23回「全国小学生陸上競技交流大会」の各種目に優勝した「優秀選手」の形態値、体力、疾走能力、生活習慣、メンタル面について測定・調査し検討を行った結果、以下のことが明らかにされた。

1. 形態値については、男子選手の身長と体重、女子選手の身長は全国平均値より有意に高いものであった。しかし、女子選手の体重は全国平均値並みであったことやBMI値から、「痩身」傾向であることが分かった。なお、一昨年、昨年も同様の結果であった。
2. 日常生活において、男女選手とも外遊びや運動時間は十分とれていたが、それと並行してテレビやパソコン、ゲームに費やす時間が男女選手ともに2時間であり、それに対し勉強時間は1時間であった。
3. 全身反応時間と瞬発・パワー系(垂直跳び)の

測定においては、男女選手ともに100m走、女子走幅跳選手が優れていた。これらの選手は筋収縮時間、反応開始時間ともにそれぞれ男女の中で最も良い成績を示しバランスのよい敏捷性を示していた。

4. 新体力テストでは、男女選手共通に50m走能力が非常に優れていた。次に男子選手の優れていた体力は筋力の指標である握力、筋パワー(瞬発力)の指標である立ち幅跳び、ソフトボール投げであった。女子選手では全身持久力の指標である20mシャトルランであった。
 5. 「不定愁訴」のスコアから選手は健康的な日常生活を送っていると思われた。ただ、男子選手の中に生理的健康度として質問項目の中にある「お腹が痛くなる」「眠い」の質問に対し、いずれも「5=よくあてはまる」と答えている選手が1名いた。「運動有能感」では、高スコアを示しており、選手は運動をすることや技能習得には大きな自信をもっており、とくに男子選手は練習すれば必ず技術や記録は伸びるといった「努力達成感」に価値観を持っていることが分かった。
 6. 心理的コンディションについては、一昨年、昨年と同様今年度の優秀選手の心理的コンディションを見てみると、男子・女子選手とも良好な心構えでいたことが読み取れた。
 7. 60m走についてのイメージについては、男女ともに「楽しい」「走りたい」といったイメージを持ち、60m走に対して意欲的であることが分かった。また、「短い」「楽だ」「余裕だ」といった鮮明なイメージを持っているため、距離に対する緊張感がないことが分かった。
 8. 疾走フォームについては、成人スプリンターほどの速い速度を現在は示していないが、ほぼ同じ動きで、足首を固定気味にし、キックのフィニッシュ時でも膝を伸展させない動きであった。
- 以上のように、小学生優秀選手の体力、日常生活、疾走能力などの実態が明らかになった。今回は「研修会」に参加した優秀選手の全体像の把握に取り組んだが、今後は個人個人の特性を解明し、各選手の練習や指導に役立てられる報告をしたい。最後に、今回の研究に協力していただいた全国大会優勝者の皆さん、形態・体力面の測定に当たっていただいた持田尚氏ら横浜市スポーツ医科学センターの方々へ感謝申し上げます。本調査、データ分析を誠心誠意やり遂げていただいた静岡大学学生内田沙織君にも感謝申し上げます。

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
- 伊藤宏 (2003) 中学2年男女生徒の短距離走に対する意識構造について、スプリント研究 13、
p40-48
- 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、第2巻、p74-83
- 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、第3巻、p47-53
- 猪俣公宏(1996) 競技における心理的コンディショ
ニング診断テストの標準化、文部省科学研究費
(一般研究B) 研究成果報告書、p1-48
- 岡野進 (2004) 競技者育成プログラムと国際競技力
向上、競技者育成プログラム (日本陸連編)、
p5-14
- 岡野進・伊藤宏・井筒紫乃 (2005) 第21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「同報告書」 p 56-59
- 加藤謙一ら (1999) 小学生における短距離走の検討
陸上競技紀要 12 p14-20
- 小林寛道 (2001) ランニングパフォーマンスを高め
るスポーツ動作の創造 杏林書院 p24-32
- 文部科学省 (2005) 平成16年度体力・運動能力調
査報告書 p56
- 文部科学省 (2008) 幼稚園、小学校、中学校、高等
学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善に
ついて (答申) 中央教育審議会 HP p15
- 横山和仁、荒記俊一 (2003) POMS 手引き 金子書
房 p15-16

日本陸連科学委員会研究報告 第7巻 (2008)

陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2007

序 文

本報告書は、2007年度に行なわれた日本陸上競技連盟科学委員会の活動の一部をまとめたものである。

今年度の活動は、バイオメカニクス研究サポートを中心に行なわれた。特に、2007年8月25日～9月2日に大阪で行なわれた第11回世界陸上競技選手大会においては、31名の班員（科学委員会委員17名、協力班員14名）、さらに競技場外協力班員7名を加えた38名が早朝から深夜までフル稼働で活動し、大成功を収めた。1991年の第3回東京大会では74名の班員が参加したが、東京大会以上の活動をその半数の班員で行なえたことは、16年で本委員会の構成員や陸上競技を科学しようとする関係者の力が大きく進歩したことを物語るものであろう。本報告書にはその一部が掲載されているが、2008年には世界陸上の報告書をまとめる予定である。

また、昨年につづいてインターハイ入賞者を対象にした実態調査、北海道マラソンにおける生理学的調査を行なった。国立スポーツ科学センターをはじめとする国内外でのジュニア、短距離、中距離などの合宿への帯同によるサポート活動も昨年以上に活発に行なわれた。

さらに、特筆すべきは、強化委員会強化コーチと科学委員会代表の会合を数回開催し、科学情報の収集やフィードバックの手順などについて話し合い、協力体制が確立されつつあることであろう。これは、本委員会の成果がコーチングの現場で有用であると認められたことを示すが、澤木専務理事、高野強化委員長をはじめとする関係者の「競技力向上には科学を活用することが不可欠である」という確固たる意志と方針がなくては不可能なことであった。今後、更に強力かつ持続的な協力体制が確立されると期待される。

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

科学委員会委員長

阿江通良

2008年5月

平成19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 三重大学教育学部保健体育科
持田 尚 (財)横浜市スポーツ振興事業団横浜市スポーツ医科学センター
榎本 靖士 京都教育大学教育学部体育学科
飯干 明 鹿児島大学教育学部
石井好二郎 北海道大学大学院教育学研究科
伊藤 章 大阪体育大学
井本 岳秋 静岡県総合健康センター 健康増進課
杉浦 克己 明治製菓株式会社 ザバス スポーツ&ニュートリション・ラボ
田内 健二 国立スポーツ科学センター
高松 潤二 国立スポーツ科学センター
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部スポーツ医科学科
林 忠男 日本体育大学・情報処理研究室
広川 龍太郎 北海道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
深代 千之 東京大学大学院情報学環
法元 康二 青森県スポーツ科学センター
山崎 史恵 鹿屋体育大学 中島研究室(研究生)
柳谷登志雄 順天堂大学スポーツ健康科学部
瀧澤 一騎 新潟医療福祉大学 医療技術学部 健康スポーツ学科
森丘 保典 日本体育協会スポーツ科学研究室
小山 宏之 筑波大学体育センター

日本陸連科学委員会研究報告 第7巻 (2008)
陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2007 目次

- 2007年男女100m、100mハードルおよび110mハードルのスピード分析報告・・・48
松尾彰文、広川龍太郎、柳谷登志雄、土江寛裕、杉田正明
- 世界と日本の一流短距離選手のスタートダッシュ動作に関するバイオメカニクス分析・・・56
—特にキック脚動作に着目して—
貴嶋孝太、福田厚治、伊藤 章、堀 尚、末松大喜、大宮真一、川端浩一
山田 彩、村木有也、淵本隆文、田邊 智
- 男子一流短距離選手のキック動作の特徴・・・67
福田厚治、伊藤 章、貴嶋孝太、川端浩一、末松大喜、大宮真一、堀 尚
山田 彩、村木有也、淵本隆文、田邊 智
- 世界トップレベルにおける男子400m走競技のレースパターンについて・・・72
持田 尚、杉田正明、松尾彰文、広川龍太郎、柳谷登志雄、阿江通良
- 長距離・マラソン選手のコンディショニング・・・77
井本岳秋
- 高校生トップレベル陸上競技選手におけるサプリメント摂取状況の種目による分析・・・85
—科学委員会プロジェクト研究：2004～2007年度全国高等学校総合体育大会での調査結果—
仲尾 綾、石井好二郎、山崎史恵、鳥居 俊、杉浦克己、持田尚、杉田正明、阿江通良
- 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・・・89
石井好二郎、瀧澤一騎、綾部誠也
- 110mハードル走に関するキネマティクスの研究・・・91
柴山一仁、藤井範久、阿江通良、伊藤 章、貴嶋孝太、門野洋介、大島雄治
- 世界および日本一流400mハードル選手のレースパターン分析・・・99
森丘保典、山崎一彦、榎本靖士、柳谷登志男、杉田正明、阿江通良
- 第11回世界陸上大阪大会における男女走幅跳のバイオメカニクスの分析・・・104
小山宏之、阿江通良、村木有也、高本恵美、永原隆、吉原礼、大島雄治
- 第11回世界陸上男子走高跳上位入賞者の跳躍動作のバイオメカニクスの分析・・・115
阿江通良、永原 隆、大島雄治、小山宏之、高本恵美、柴山一仁

世界一流男子やり投選手における技術分析・・・・・・・・・・・・・・・・	120
一槍速度に対する身体各部位の貢献についてー	
田内健二、村上雅俊、遠藤俊典、阿江通良	
世界1位と日本1位の男子円盤投選手の円盤加速動作の比較・・・・・・・・	124
山本大輔、伊藤 章、田内健二、村上雅俊、淵本隆文、田邊 智	
ハンマー投における世界一流選手と日本一流選手のバイオメカニクスの分析・・・・・・・・	128
藤井宏明、大山卞圭悟、田内健二、持田尚、遠藤俊典、末松大喜、大宮真一	

2007年男女100m, 100mハードルおよび110mハードルのスピード分析報告

松尾彰文¹⁾ 広川龍太郎²⁾ 柳谷登志雄³⁾ 土江寛裕⁴⁾ 杉田正明⁵⁾

1) 国立スポーツ科学センター 2) 北海道東海大学 3) 順天堂大学 4) 城西大学
5) 三重大学

はじめに

織田記念, 大阪グランプリ, 日本選手権, 世界陸上およびスーパー陸上において, 100mレースのスピード計測を行った. 本年度の報告では, それぞれの大会での計測者のスピード測定の結果としてのスピード変化とラップタイムおよび100mにおけるスピード分析の統計処理結果について報告する. また, 大阪での世界選手権の後, 男子100mで9.74秒の世界記録をだしたパウエルの最大スピードの推定も試みた.

方法

ランナーのスピードを計測するためにレーザー方式による装置(LDM300C-Sport; JENOPTIK社製)を用いた. この測定装置2台~5台をスタートラインの後方にセットした. 織田記念(2台)と大阪グランプリ(3台)ではグラウンドレベルで100mのスタートラインからおよそ26m後方の位置に設置した. 日本選手権, 世界選手権(大阪長居競技場)およびスーパー陸上(日産スタジアム)においては, グラウンドレベルでの設置が大会運営上できなかったため, スタンドの最上部に設置した. 大阪長居競技場では, スタートラインの後方64m~67m, 高さが22m~23mの地点であった. 日産スタジアムでは後方およそ60mで高さがおよそ9mの地点であった. 計測対象の選手の抽出には, プログラム掲載のタイムと強化からの意見を参考にした. なお, ラップタイムおよびハードル通過タイムの計算は従来の方法(松尾ら, 2007)に従って, 時間-距離関係で5Hzで高周波ノイズを処理したのちに, 通過地点のタイムを算出した. なお, 日本選手権および世界選手権ではグラウンドから30m程度の高さからの計測

であり, 選手と追従する際に計測装置を動かすために生じたと考えられるノイズが多かった. そこで, 両大会の計測データについては, 遮断周波数を1Hzとしてノイズを減少させる処理を行った後にラップタイムを推定した. 100mではスピード変化の解析ができたが, ハードル競技ではノイズが大きくて取り除く作業ができなかった.

結果

男女100mの大会ごとの風速, ゴールタイム, 最大スピード, 10mごとのラップタイムと区間ごとのスピードを表1に示した. 世界選手権では日本選手のもっともよいタイムのものを示した. 日本選手権と世界選手権の決勝におけるラップタイムとスピード変化について男女別, 大会別にみたものを図1(日本選手権男子決勝), 図2(世界選手権男子決勝), 図3(日本選手権女子決勝), 図4(世界選手権女子決勝)に示した. 今年度の男子100mにおけるもっとも速いタイムは世界選手権でのGay選手(USA)の9.85秒であり, そのときの最大スピードは11.84m/sであった. また, 日本人でもっとも速いタイムは同じ大会での朝原選手の予選における10.14秒であり, そのときの最大スピードは11.56m/sであった.

また, 女子では世界選手権でCampbell選手(JAM)が準決勝で記録した10.99秒であり, そのときの最大スピードは10.44m/sであった. 日本人での最高タイムは福島選手の11.60秒, 最大スピードは9.71m/sであった.

男女ハードルについて大会ごとに風速, ゴールタイム, 最大スピードおよびハードルごとの通過タイムとハードル間のスピードを表2に示した. なお, 男子110mハードルの織田記念では予選でこの大会

表1 織田記念（決勝），大阪グランプリ（決勝），世界選手権の日本選手（1次予選），スーパー陸上（決勝）における男女100mのラップタイム

※ 織田記念とスーパー陸上では女子100mが実施されなかった

性別	大会名	選手名	風速	goal time	max speed	item	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
男子	09/30 スーパー陸上	Tyson Gay	-1.4	10.23	11.39	time(s)	1.98	3.05	4.00	4.91	5.79	6.67	7.55	8.43	9.32	10.23
						speed(m/s)	5.04	9.36	10.51	11.09	11.31	11.39	11.36	11.35	11.22	11.00
		塚原 直貴	-1.4	10.51	11.00	time(s)	1.99	3.05	4.02	4.95	5.86	6.77	7.69	8.61	9.55	10.51
						speed(m/s)	5.02	9.45	10.32	10.76	10.96	11.00	10.92	10.79	10.64	10.46
	08/25 世界選手権	Nobuharu Asahara	+1.0	10.14	11.56	time(s)	1.90	2.94	3.88	4.78	5.65	6.52	7.39	8.28	9.19	10.14
						speed(m/s)	5.25	9.62	10.65	11.13	11.48	11.56	11.46	11.23	11.03	10.51
		Naoki Tsukahara	-0.1	10.20	11.20	time(s)	1.87	2.92	3.87	4.78	5.68	6.57	7.47	8.36	9.27	10.20
						speed(m/s)	5.34	9.51	10.51	11.01	11.15	11.20	11.19	11.13	11.04	10.74
	05/05 大阪GP	末續 慎吾	+0.4	10.23	11.34	time(s)	1.94	2.98	3.93	4.84	5.73	6.61	7.50	8.39	9.30	10.23
						speed(m/s)	5.16	9.54	10.58	10.98	11.24	11.34	11.28	11.20	11.03	10.73
		朝原 宣治	+0.4	10.38	11.16	time(s)	1.94	3.00	3.95	4.86	5.76	6.66	7.56	8.48	9.41	10.38
						speed(m/s)	5.14	9.49	10.52	10.93	11.13	11.16	11.10	10.91	10.69	10.32
04/29 織田記念	朝原 宣治	+2.2	10.18	11.38	time(s)	1.91	2.95	3.90	4.80	5.69	6.56	7.45	8.34	9.25	10.18	
					speed(m/s)	5.24	9.58	10.58	11.05	11.30	11.38	11.33	11.20	10.98	10.77	
	石倉 一希	+2.2	10.50	11.03	time(s)	1.94	3.00	3.98	4.93	5.85	6.76	7.66	8.58	9.53	10.50	
					speed(m/s)	5.17	9.41	10.15	10.56	10.87	11.03	11.02	10.88	10.62	10.26	
女子	08/26 世界選手権	Momoko Takahashi	-0.7	11.98	9.47	time(s)	2.11	3.34	4.45	5.52	6.58	7.64	8.70	9.76	10.85	11.98
						speed(m/s)	4.74	8.15	9.00	9.30	9.46	9.47	9.44	9.39	9.23	8.82
	05/05 大阪GP	WILLIAMS Lauryn	+0.7	11.44	10.09	time(s)	2.04	3.19	4.23	5.24	6.23	7.23	8.24	9.28	10.34	11.44
						speed(m/s)	4.89	8.70	9.62	9.92	10.09	10.05	9.87	9.62	9.41	9.09
		高橋 萌木子	+0.7	11.65	9.87	time(s)	2.14	3.32	4.39	5.42	6.44	7.45	8.47	9.51	10.57	11.65
						speed(m/s)	4.67	8.49	9.32	9.70	9.87	9.87	9.78	9.64	9.47	9.22
		信岡 沙希重	+0.7	11.66	9.81	time(s)	2.08	3.24	4.30	5.33	6.35	7.38	8.42	9.48	10.56	11.66
						speed(m/s)	4.81	8.62	9.40	9.72	9.81	9.74	9.61	9.42	9.23	9.11

name	round	wind	goal time	max speed	item	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
塚原 直貴	決	-0.3	10.34	11.12	time(s)	1.92	2.99	3.95	4.88	5.79	6.69	7.58	8.49	9.41	10.34
					speed(m/s)	5.21	9.36	10.37	10.80	11.04	11.11	11.12	10.99	10.91	10.77
朝原 宣治	決	-0.3	10.39	11.11	time(s)	1.91	2.96	3.92	4.83	5.74	6.64	7.55	8.47	9.41	10.39
					speed(m/s)	5.25	9.50	10.43	10.90	11.09	11.11	10.99	10.81	10.63	10.22
上野 政英	決	-0.3	10.50	10.91	time(s)	1.89	2.98	3.96	4.89	5.81	6.73	7.65	8.58	9.53	10.50
					speed(m/s)	5.28	9.18	10.27	10.73	10.84	10.91	10.87	10.75	10.54	10.28
小島 茂之	決	-0.3	10.50	10.97	time(s)	1.92	3.01	3.99	4.91	5.83	6.75	7.67	8.60	9.54	10.50
					speed(m/s)	5.20	9.21	10.22	10.83	10.84	10.97	10.85	10.74	10.62	10.42
江里口 匡史	決	-0.3	10.53	10.92	time(s)	1.94	3.03	3.99	4.91	5.83	6.75	7.67	8.61	9.56	10.53
					speed(m/s)	5.16	9.19	10.42	10.78	10.92	10.88	10.82	10.69	10.55	10.27

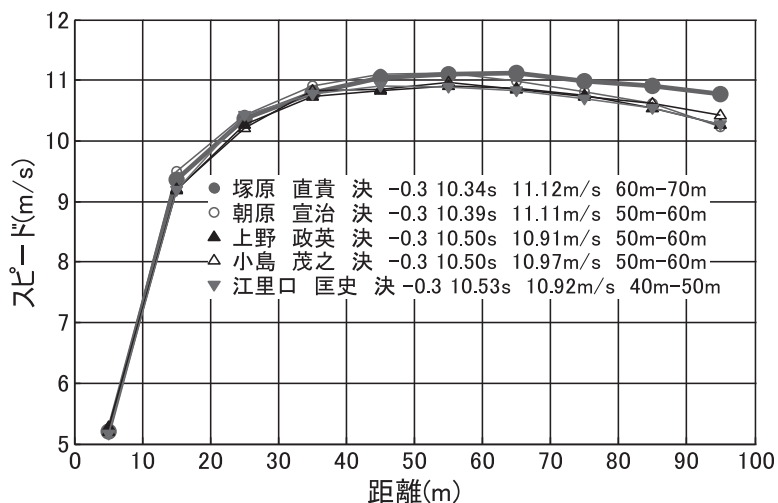


図1 日本選手権男子100m決勝において計測した選手のラップタイムとスピード変化
 ※図中に選手名，ラウンド，風速，ゴールタイム，トップスピードとそれの出現区間を示した。

name round wind	goal time	max speed item	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
Tyson Gay FI 0.143 -0.5	9.85	11.84	time(s)	1.91	2.94	3.86	4.73	5.59	6.44	7.28	8.13	8.98	9.85
			speed(m/s)	5.25	9.71	10.82	11.42	11.71	11.80	11.84	11.79	11.68	11.56
Derrick Atkins FI 0.137 -0.5	9.91	11.73	time(s)	1.89	2.93	3.86	4.75	5.62	6.47	7.32	8.18	9.04	9.91
			speed(m/s)	5.28	9.65	10.70	11.24	11.58	11.73	11.72	11.69	11.59	11.51
Asafa Powell FI 0.145 -0.5	9.96	11.77	time(s)	1.89	2.91	3.84	4.72	5.57	6.42	7.29	8.16	9.04	9.96
			speed(m/s)	5.30	9.72	10.83	11.39	11.67	11.77	11.54	11.50	11.36	10.85
Churandy Martina FI 0.180 -0.5	10.08	11.63	time(s)	1.98	3.03	3.97	4.88	5.75	6.61	7.47	8.33	9.20	10.08
			speed(m/s)	5.05	9.54	10.60	11.09	11.46	11.58	11.63	11.61	11.57	11.33
Marlon Devonish FI 0.149 -0.5	10.14	11.47	time(s)	1.96	3.00	3.95	4.85	5.73	6.61	7.48	8.36	9.23	10.14
			speed(m/s)	5.11	9.60	10.53	11.10	11.34	11.40	11.47	11.39	11.45	11.01

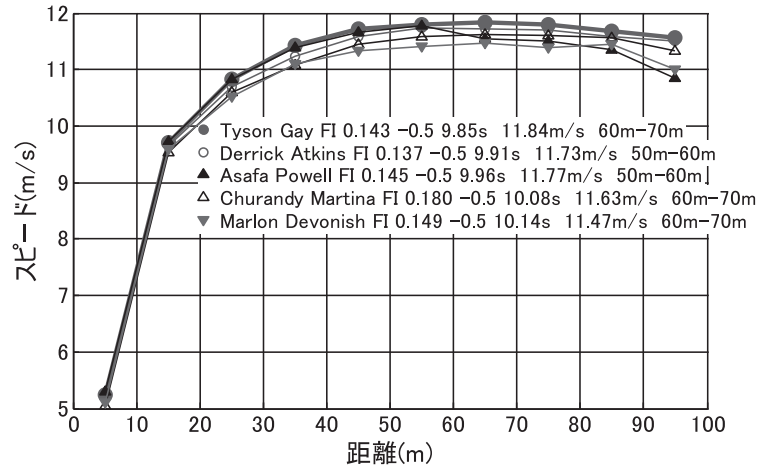


図2 世界選手権男子100m決勝にて計測した選手のラップタイムとスピード変化

※ 図中に選手名, ラウンド (FI;決勝), 反応時間, 風速, ゴールタイム, トップスピード, トップスピード区間を示した.

name round wind	goal time	max speed item	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
高橋 萌木子 決 +0.0	11.61	9.79	time(s)	2.07	3.25	4.33	5.37	6.40	7.42	8.45	9.48	10.53	11.61
			speed(m/s)	4.82	8.51	9.24	9.62	9.74	9.79	9.74	9.65	9.52	9.30
北風 沙織 決 +0.0	11.66	9.77	time(s)	1.99	3.14	4.20	5.24	6.26	7.30	8.35	9.42	10.53	11.66
			speed(m/s)	5.02	8.69	9.45	9.65	9.77	9.63	9.50	9.40	8.98	8.85
信岡 沙希重 決 +0.0	11.82	9.6	time(s)	2.08	3.28	4.35	5.40	6.44	7.49	8.54	9.62	10.71	11.82
			speed(m/s)	4.80	8.39	9.27	9.54	9.60	9.58	9.50	9.28	9.16	9.01
石田 智子 決 +0.0	11.83	9.48	time(s)	2.00	3.15	4.24	5.30	6.35	7.41	8.49	9.58	10.70	11.83
			speed(m/s)	5.00	8.69	9.21	9.44	9.48	9.42	9.30	9.12	8.92	8.88
渡辺 真弓 決 +0.0	11.86	9.59	time(s)	2.03	3.20	4.26	5.31	6.35	7.40	8.47	9.57	10.69	11.86
			speed(m/s)	4.93	8.56	9.41	9.53	9.59	9.51	9.40	9.11	8.87	8.58

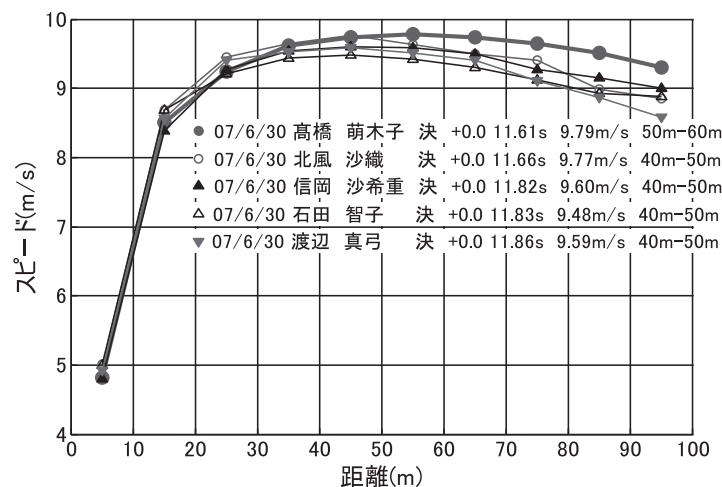


図3 日本選手権における女子100mのラップタイムとスピード変化

※ 図中に選手名, ラウンド, 反応時間, 風速, ゴールタイム, トップスピード, トップスピード区間を示した.

name round wind	goal time	max speed item	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
Veronica Campbell FI 0.167 -0.2	11.01	10.61	time(s)	2.02	3.14	4.14	5.11	6.07	7.01	7.97	8.96	9.96	11.01
			speed(m/s)	4.96	8.90	9.96	10.32	10.47	10.61	10.44	10.09	9.96	9.57
Lauryn Williams FI 0.145 -0.2	11.01	10.40	time(s)	2.02	3.13	4.13	5.10	6.07	7.03	8.00	8.98	9.99	11.01
			speed(m/s)	4.96	8.97	9.95	10.31	10.40	10.37	10.34	10.15	9.95	9.78
Kim Gevaert FI 0.143 -0.2	11.05	10.33	time(s)	1.97	3.10	4.11	5.10	6.07	7.04	8.02	9.00	10.01	11.05
			speed(m/s)	5.06	8.92	9.83	10.11	10.29	10.33	10.27	10.12	9.94	9.62
Torri Edwards FI 0.141 -0.2	11.05	10.43	time(s)	2.00	3.12	4.15	5.12	6.08	7.04	8.01	9.00	10.02	11.05
			speed(m/s)	5.00	8.92	9.75	10.25	10.43	10.42	10.34	10.07	9.84	9.68
Christine Arron FI 0.164 -0.2	11.08	10.42	time(s)	2.02	3.14	4.16	5.13	6.09	7.05	8.02	9.02	10.03	11.08
			speed(m/s)	4.94	8.93	9.85	10.29	10.42	10.40	10.28	10.05	9.86	9.56

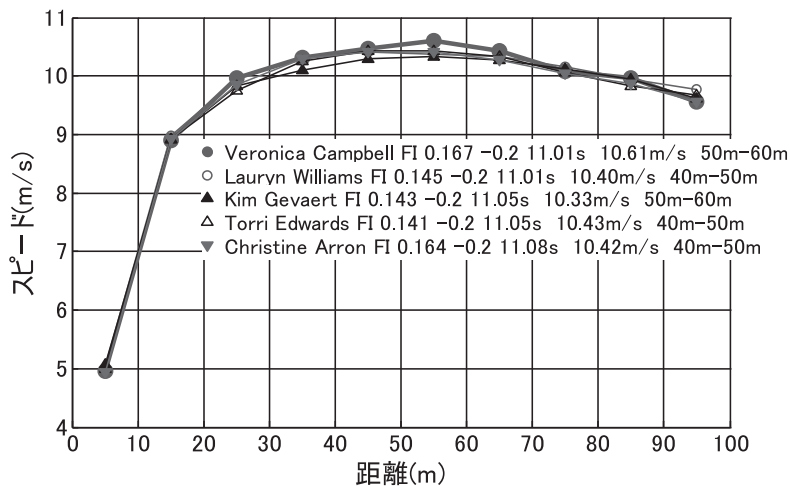


図4 世界選手権における女子100mのラップタイムとスピード変化

※ 図中に選手名，ラウンド，反応時間，風速，ゴールタイム，トップスピード，トップスピード区間を示した。

のベストタイム（追風参考）であった田野中選手の計測値を示した。男子110mハードルにおける上位5名のスピード変化を図5に示した。

また，女子の100mハードルにおいては上位4名のスピード変化を図6に示した。男子110mHにおけるもっともよいタイムは，大阪グランプリでのLiu選手の13.14秒であった。最大スピードは4-5台目の区間の9.22m/sであった。このときの2着田野中選手と3着内藤選手の最大スピード8.82m/sと比べると0.43m/sの差がみられた。特に，Liu選手は日本選手の比べ，1台目と2台目のスピードでは8.66m/sでは0.11m/sほどの差であるが，その後，2台目以後も区間ごとのスピード増加が顕著であり，4-5台目のスピードで最大値（9.22m/s）に達していた。

女子の100mHでは，もっともよいタイムは織田記念のTRYWIANSKA選手の12.83秒であり，最大スピードは3台目と4台目との区間にみられた8.62m/sであった。日本人選手では，同大会での池田選手の13.02秒，5台目と6台目の区間の8.52m/sであった。男女ともに，ハードル競技ではほぼ6台目までに最高スピードに到達し，最後のハードルを超えてからスピードが増加する選手がいた。

図7には，男女の100mのラベック計測データから算出したレース中の最大スピード，30m通過タイム，およびスピード逓減率とゴールタイムとの関係を示した。ここでの最大スピードは，10mごとのラップタイムから求めた10m区間のスピードの最大値である。また，スピード逓減率は，最大スピードに対する90mからゴールまでの区間におけるスピードの低下した量を比率でみたものである。男子をM，女子をW，また，大阪での世界選手権におけるデータを07Osaka，04から07までに日本国内で開催された国際大会や日本選手権等の大会で収集したデータをJPNとした。このなかには男子では9.95秒から10.91秒までの101例，女子では11.05秒から12.89秒までの106例である。この中には，男子ではGatlin（9.95秒）や女子ではFelix（11.05秒）などの日本国内で行われた大会での海外選手のデータが含まれている。

最大スピードとゴールタイムは反比例関係にあり，どのグループでも統計的に有意な相関関係が認められた。すなわち，最大スピードが高いほどゴールタイムもよいことを示している。各グループごとの回帰係数の傾きをみるとM-07Osakaが-0.612，M-

表2 織田記念（予選ベストタイムと決勝），大阪グランプリ（決勝），スーパー陸上（決勝）における男子110mハードル，女子100mハードルの1台目から10台目の通過タイム

性別	大会名	選手名	風速	goal time	max speed item	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	goal	
男子	09/30 スーパー陸上	内藤 真人	-1.6	13.83	8.74	time(s)	2.48	3.53	4.58	5.63	6.68	7.76	8.86	9.95	11.06	12.14	13.83
						speed(m/s)	5.54	8.63	8.74	8.74	8.69	8.42	8.29	8.46	8.17	8.51	8.29
		Moore	-1.6	14.08	8.73	time(s)	2.31	3.37	4.42	5.48	6.56	7.65	8.79	9.93	11.09	12.23	14.08
						speed(m/s)	5.93	8.61	8.73	8.60	8.49	8.38	8.04	8.03	7.87	8.03	7.56
	05/05 大阪G	LIU Xiang	+0.8	13.14	9.22	time(s)	2.43	3.49	4.51	5.50	6.50	7.50	8.51	9.53	10.55	11.58	13.14
						speed(m/s)	5.64	8.66	8.98	9.15	9.22	9.11	9.06	8.99	8.90	8.90	8.98
		田野中 輔	+0.8	13.59	8.76	time(s)	2.40	3.48	4.52	5.56	6.62	7.68	8.74	9.82	10.90	11.99	13.59
						speed(m/s)	5.72	8.49	8.76	8.75	8.68	8.63	8.59	8.50	8.46	8.40	8.74
		内藤 真人	+0.8	13.60	8.82	time(s)	2.43	3.51	4.55	5.58	6.62	7.66	8.71	9.78	10.87	11.96	13.60
						speed(m/s)	5.64	8.50	8.80	8.82	8.82	8.78	8.70	8.53	8.39	8.38	8.55
	04/29 織田記念	内藤 真人	+0.0	13.64	8.77	time(s)	2.42	3.50	4.55	5.59	6.64	7.69	8.75	9.82	10.90	12.01	13.64
						speed(m/s)	5.66	8.49	8.73	8.77	8.72	8.65	8.61	8.59	8.42	8.26	8.60
田野中 輔		+0.0	13.73	8.74	time(s)	2.42	3.49	4.54	5.59	6.65	7.71	8.78	9.87	10.98	12.10	13.73	
					speed(m/s)	5.67	8.51	8.70	8.74	8.64	8.60	8.57	8.38	8.21	8.13	8.62	
田野中 輔		+2.6	13.60	8.73	time(s)	2.40	3.49	4.55	5.60	6.65	7.70	8.76	9.83	10.90	11.99	13.60	
					speed(m/s)	5.71	8.39	8.64	8.71	8.72	8.67	8.65	8.55	8.49	8.39	8.73	
女子	09/30 スーパー陸上	McLellan FI	-0.8	13.27	8.25	time(s)	2.49	3.58	4.64	5.69	6.73	7.76	8.79	9.84	10.90	11.97	13.27
						speed(m/s)	5.22	7.82	7.99	8.10	8.17	8.25	8.25	8.16	8.02	7.92	8.08
		池田 久美子	-0.8	13.48	8.34	time(s)	2.57	3.65	4.71	5.75	6.77	7.81	8.85	9.93	11.00	12.11	13.48
						speed(m/s)	5.06	7.85	8.05	8.16	8.34	8.21	8.10	7.91	7.95	7.64	7.66
	05/05 大阪G	CARRUTHERS Danielle	+0.0	12.90	8.53	time(s)	2.48	3.55	4.58	5.58	6.58	7.58	8.58	9.59	10.62	11.65	12.90
						speed(m/s)	5.25	7.95	8.27	8.44	8.53	8.49	8.51	8.39	8.31	8.25	8.37
		TRYWIANSKA Aurelia	+0.0	12.93	8.48	time(s)	2.52	3.57	4.59	5.59	6.59	7.60	8.60	9.62	10.64	11.68	12.93
						speed(m/s)	5.16	8.07	8.38	8.48	8.46	8.45	8.48	8.38	8.31	8.19	8.38
		石野 真美	+0.0	13.50	8.09	time(s)	2.50	3.57	4.62	5.68	6.73	7.79	8.87	9.95	11.04	12.15	13.50
						speed(m/s)	5.19	7.94	8.09	8.08	8.08	8.00	7.90	7.85	7.76	7.70	7.77
	04/29 織田記念	TRYWIANSKA Aurelia	+1.4	12.83	8.62	time(s)	2.47	3.51	4.52	5.51	6.49	7.48	8.48	9.49	10.53	11.57	12.83
						speed(m/s)	5.27	8.13	8.45	8.62	8.61	8.58	8.52	8.39	8.21	8.15	8.34
池田 久美子		+1.4	13.02	8.52	time(s)	2.53	3.59	4.62	5.62	6.62	7.62	8.62	9.64	10.68	11.74	13.02	
					speed(m/s)	5.15	8.00	8.27	8.44	8.51	8.52	8.46	8.35	8.15	8.04	8.22	

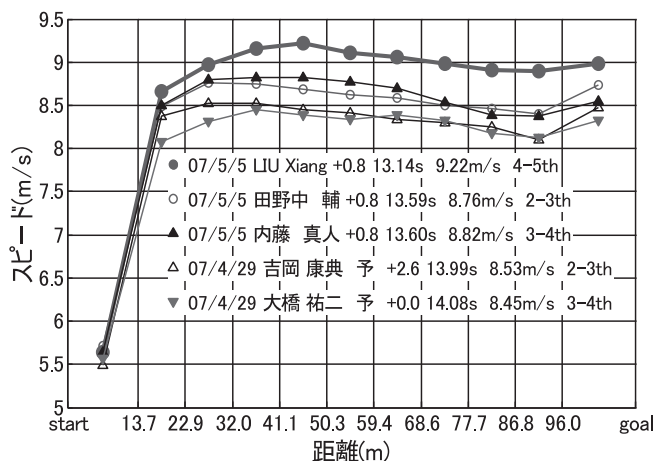


図5 男子110mハードルにおいて計測できた上位5名のスピード変化

※ 図中には日付，選手名，風速，ゴールタイム，トップスピードとその出現区間を示した。

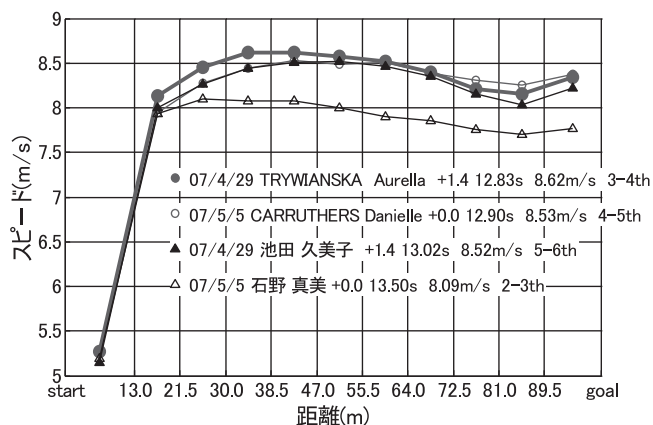


図6 女子100mハードルにおいて計測できた上位4名のスピード変化

※ 図中には日付，選手名，風速，ゴールタイム，トップスピードとその出現区間を示した。

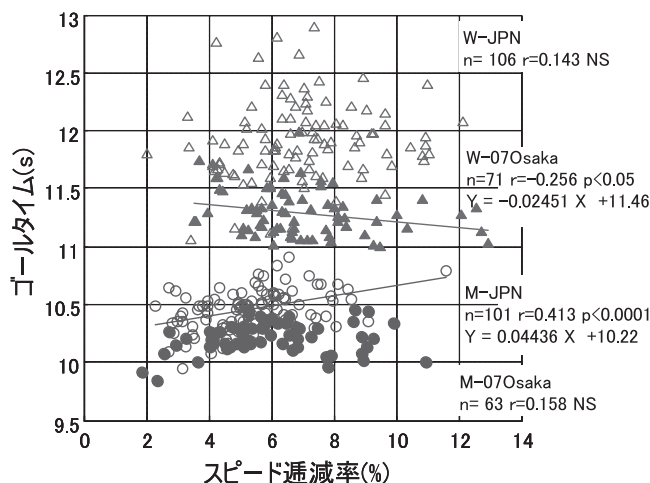
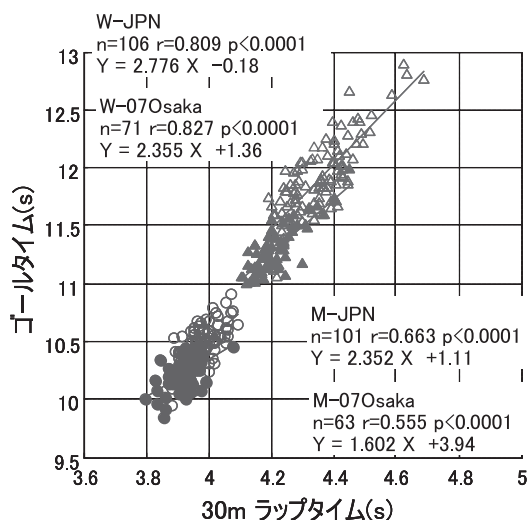
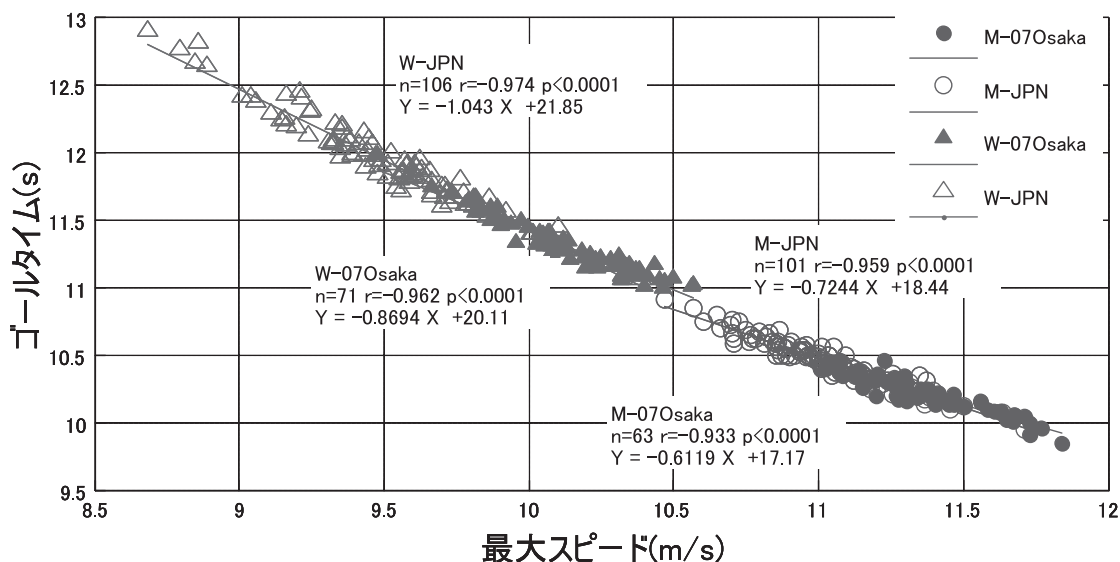


図7 ラベックによるトップスピード、30m通過タイム、およびスピード逡減率とゴールタイムの関係
 ※ Mは男子、Wは女子、JPNは日本国内で開催された大会、07Osakaは世界選手権で収集したデータである。

JPNが-0.724、W-07Osakaが-0.869、W-JPNが-1.043と記録が低いほど傾斜が大きくなるような傾向がみられた。また、相関係数をみると、それぞれ、0.933、0.959、0.962、0.974であり、ゴールタイムが低いほど係数が高くなるようであった。この理由を明らかにするためには加速過程、ゴール前のスピード逡減などとの関連性をさらに検討する必要があるだろう。

30mの通過タイムとゴールタイムとの関係をみても、どのグループともに統計的に有意な正の相関関係が認められた。ゴールタイムの範囲がわずかに異なっているがM-07Osakaグループの延長線上に分布しているような傾向であった。相関係数をみると0.555から0.809であり、最大スピードとゴールタイムとの係数よりも低い値であった。

スピード逡減率とゴールタイムの関係をみると、どのグループもおおよそ2%から13%までの範囲で

分散していた。統計的にみると、M-JPNで正の相関関係が、W-07Osakaでは負の相関関係が認められた。M-07OsakaおよびW-JPNでは有意な関係は認められなかった。これらのことは、スピード逡減率においてはゴールタイムとは無関係にどの競技レベルでもスピードの低下が低いランナーがいるし、逆にどのレベルでも、スピードが低下する選手がいることを示す。決勝以外ではラウンドの通過が確認できるとスピードを故意に低下させるため、ゴールタイムが比較的良好でも、スピード逡減率が大きくなったと考えられる選手がいた。

パウエルが大阪での世界選手権の直後に、9.74秒の世界記録を出した。このとき、レース中のスピードの計測は行われていなかったのは残念である。そこで、このタイムでの最高スピードを前述の回帰式からの予測を試みた。M-JPNの式を使うと12.01m/s、M-07Osakaの式では、12.14m/sであった。計測

データの範囲外の数値を外挿しての推定であることの問題点はある。すなわち、回帰式の延長線上にパウエルの世界記録のときの最大スピードとゴールタイムとの関係がプロットされるかどうかは明確ではない。

レース中の最大スピードについて従来の報告(杉田ら, 2004)をみると, 88年ソウルオリンピックでのジョンソンが9.79秒のときの12.05m/s, 91年の世界選手権におけるルイスが9.86秒のときの12.05m/sやアトランタオリンピックにおけるベイリーが9.84秒のときの12.1m/sであった。パウエルの予測最大スピードは従来の報告に相当する値であった。最大スピードの推定値を12.14m/sとした場合, ベイリーとの差は0.04m/sとなる。このスピードの差は1秒間に4cm程度の差に等しい。最大スピード到達区間を大阪の世界選手権と同じ50m~60m区間とすると, ゴールまでの40mをこの差で, しかも同じようなスピード低下で走ったとすると0.02秒ほどの差に相当するので, ゴールタイムは9.82秒となる。これではパウエルの世界記録よりも0.08秒遅いことになる。このことは, パウエルの世界記録では, 予測最大スピードよりももっと速いスピードで走っていた可能性を示している。一方で, 最大スピードの値が従来の報告とほぼ同じ水準とすると, 加速過程において0.1秒ほどの差があったのかもしれないし, スピード逓減率が非常によく, 2%程度であったかもしれない。

大阪の世界選手権におけるパウエルの最大スピードは決勝レースで50m-60mの区間で11.77m/sであり, 世界記録の予測最大スピードはそれよりも0.37m/sほど速い12.14m/s, もしくはそれ以上であったと推察できる。このスピードで残りを走ったとすると, およそ3.5秒程度でゴールすると考えると, おおよそ0.11秒ほどの差に相当し, 9.85秒のタイムとなる。いずれにせよ, パウエルが世界記録をだしたときは, 大阪の世界選手権のときよりも速いスピードで走っていたことは確かである。そして, この最大スピードは加速過程の結果として得られるものと考えれば, パウエルの世界記録は後半のスピード低下を少なくしただけではなく, 主に最大スピードと最大スピードに至るまでの加速過程の両面での改善が大きかったと思われる。さらにパウエルのレースパターン, すなわち, 加速過程のスピード変化やゴール前のスピード変化を数学的に解析していけば, より踏み込んだ議論が可能であろう。いずれにせよ, 非常に短期間(10日程度)でこのような記録の改善があったことは驚きである。技術的な要

因が改善されたのか, あるいは, 大阪での世界選手権でのパフォーマンスを制限していた要因の何かを取り除かれたのかもしれない。

世界記録のレースを科学的に分析できれば, 今後の100mのトレーニング戦略を組み立てるための貴重な資料となったであろう。すなわち, ゴールタイムで世界選手権との0.22秒の差が生じた主な要因が, スタートダッシュなのか, 最大スピードまでの加速なのか, 最大スピードか, ゴール前のスピード逓減か, あるいはすべてなのかを明らかにできたであろう。

まとめ

07年度においては, 男子 例9.86秒~11秒, 女子 例10.99秒~12秒のデータが測定できた。従来のデータと合わせると男子では188例, 女子では181例のスピードデータが蓄積できたことになる。ラベックのデータから10mごとのラップタイムを, また, ラップタイムをもとに10m区間の平均スピード, また, 区間スピードの最大値, ゴール前10m区間のスピードと最大スピードの比率をスピード逓減率として評価し, 男女別に統計処理した。

1. 世界選手権にて男女ともに世界のトップクラスの選手の100mレース分析を行えた。もっとも高いパフォーマンスは, 男子ではGayのゴールタイムが9.85秒で最大スピードが11.84m/s, 女子ではCambellの11.01秒で10.61m/sであった。
2. ハードルにおいて今年度の分析では, 男子でLiu選手の13.14秒が, 女子ではTrywainska選手の12.83秒でそれぞれにもっともよいパフォーマンスであった。世界選手権でのハードル競技においてはレーザー式での計測はできなかった。
3. 100mにおける統計処理の結果, 男女ともに最大スピードが高いほど, ゴールタイムがよくなる傾向があり, 統計的に高い相関関係が認められた。しかしながら, 男女では, 両者間の傾きに差が認められた。
4. スピード逓減率をみると男女ともにゴールタイムとの相関は低く, 女子では逆に負の相関があり, 逓減率がよいほど, 記録が低い傾向が認められている。一方男子では, 有意な相関が認められなかった。
5. パウエルの世界記録9.74秒のときの最高スピードを最大スピードとゴールタイムの回帰式から外挿して推定すると, 12.01~12.14m/sの範囲

の値が得られた.

参考文献

松尾彰文, 広川龍太郎, 杉田正明, 阿江通良, レーザ方式による100mおよびハードルのスピード分析, 陸上競技研究紀要, 3, 59-64, 2007

杉田正明, 広川龍太郎, 阿江通良, 日本選手権の男女100m走中のスピード分析, 日本陸連科学委員会研究報告, 3 (1), 19-23, 2004

世界と日本の一流短距離選手のスタートダッシュ動作に関する

バイオメカニクス分析

—特にキック脚動作に着目して—

貴嶋孝太¹⁾ 福田厚治¹⁾ 伊藤 章¹⁾ 堀 尚¹⁾ 末松大喜²⁾ 大宮真一²⁾ 川端浩一¹⁾

山田 彩¹⁾ 村木有也¹⁾ 淵本隆文¹⁾ 田邊 智³⁾

1) 大阪体育大学 2) 筑波大学大学院 3) 大阪産業大学

I. はじめに

1991年に東京で開催された第3回世界陸上選手権大会以来、日本で2回目の開催となる第11回大会が2007年夏、大阪で開催された。短距離種目では、男子100mの現世界記録保持者であるA.パウエル選手（ジャマイカ）と2007年シーズン急成長のT.ゲイ選手（アメリカ）の対決が注目を集めた。結果はゲイ選手が9秒85（-0.5）で優勝した。パウエル選手は今大会では3位であったが、大会直後の競技会（リエティ・グランプリ）で9秒74の世界新記録を樹立した。

本研究では、第11回世界陸上競技選手権大会（大阪、2007）の男子100mに出場した世界の一流短距離選手と日本代表選手のスタートダッシュ動作の速

度増加にともなう変化について報告する。

II. 方法

1. 調査対象選手

第11回世界陸上競技選手権大会（2007、大阪）の男子100m優勝者の T.ゲイ選手と3位で現世界記録保持者のA.パウエル選手、および日本代表の朝原宣治選手と塚原直貴選手の4名であった（表1）。

2. ビデオ撮影

ゲイ選手とパウエル選手については決勝（それぞれ、9秒85と9秒96）、朝原選手と塚原選手は第一次予選（それぞれ、10秒14と10秒20）におけるスタート動作と中間疾走動作（60m付近）を、観客席最上

表1. 研究対象者

競技会名	氏名	身長(m)	体質量(kg)	測定時記録(秒)
第11回世界陸上 (大阪, 2007)	T.ゲイ	1.83	73	9.85
	A.パウエル	1.90	88	9.96
	朝原宣治	1.79	75	10.14
	塚原直貴	1.80	75	10.20
第3回世界陸上 (東京, 1991) 引用:伊藤ほか(1994)	C.ルイス	1.88	80	9.86
	L.パレル	1.80	82	9.88
	井上悟	1.68	65	10.47
	杉本龍勇	1.83	77	10.61
	山下徹也	1.74	65	10.55
第12回アジア大会 (広島, 1994) 引用:斉藤ほか(1997)	マンスール	1.80	75	10.18
	サビン	1.78	90	10.29
	チェン	1.78	65	10.38
	井上悟	1.69	65	10.41
	伊藤喜剛	1.80	63	10.53

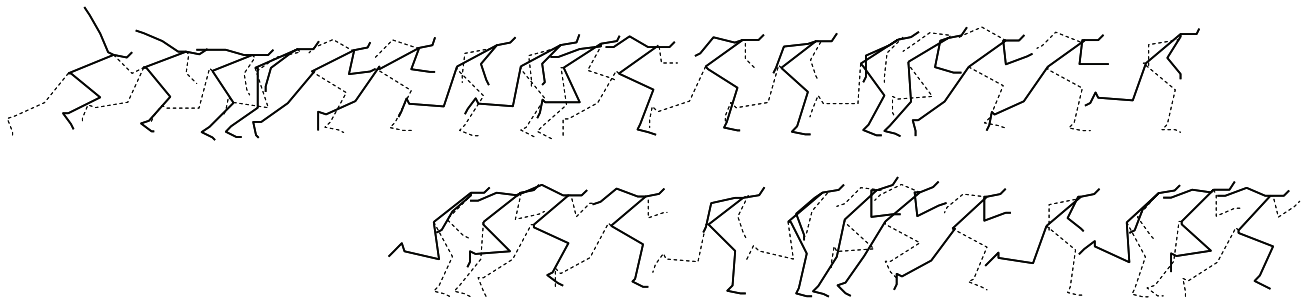
段に設置したそれぞれ2台ずつのハイスピードカメラ（Vision Research社製：Phantom V4.3）によって撮影した（200Hz）。

3. 動作分析

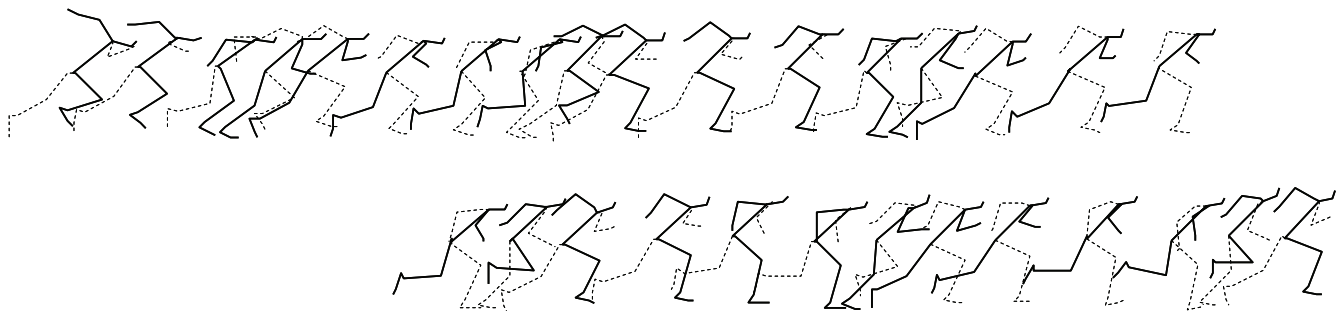
撮影した映像を基に、身体各部23点の座標値をデジタイズし（100Hz）、DLT法を用いて3次元動作分析を行った。なお、本研究におけるスタート動作

の分析範囲は、スタートの合図後、どちらかの手が離地する直前からスタート後6歩目までとし、この間を次のように分けて分析した。すなわち、①1歩目；両足がスターティングブロックを離れてから1歩目の離地まで、②2歩目；1歩目の離地から2歩目の離地まで、とし、3歩目以降も同様に定義した。また、中間疾走のデータは、1サイクル（連続する2歩）の平均値から求めた。

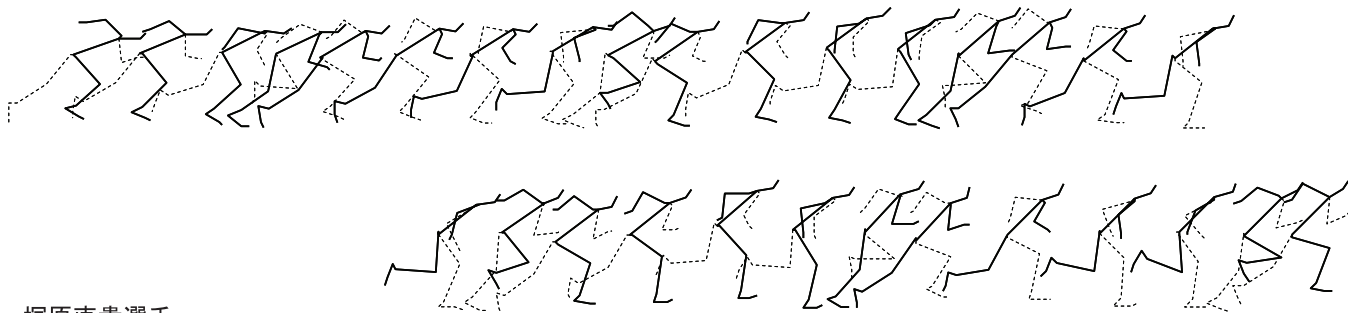
T.ゲイ選手



A.パウエル選手



朝原宣治選手



塚原直貴選手

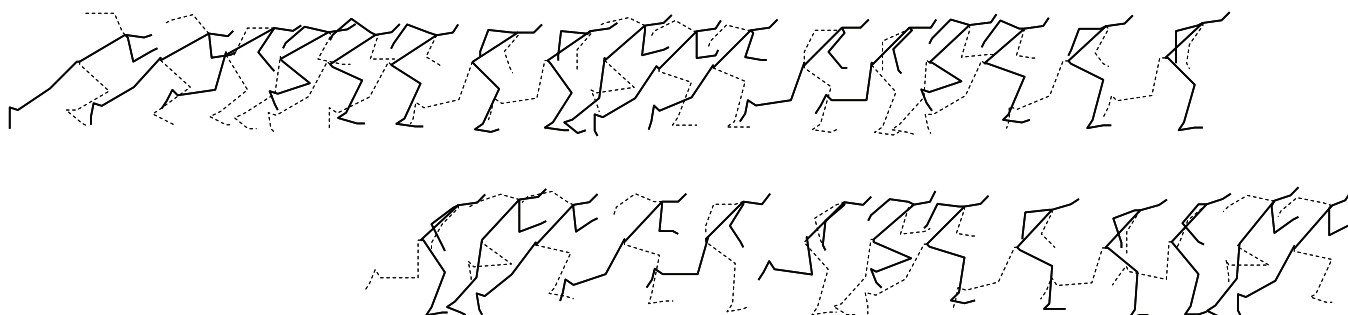


図1. スタートダッシュのスティックピクチャー

表2. 疾走速度

単位:m/秒

氏名	1歩目	2歩目	3歩目	4歩目	5歩目	6歩目	中間疾走
T.ゲイ	4.20	5.21	6.29	6.80	7.46	8.05	11.81
A.パウエル	4.26	5.22	6.29	6.89	7.68	8.08	11.88
朝原宣治	4.17	5.06	6.04	6.70	7.31	7.86	11.50
塚原直貴	3.92	5.14	5.98	6.79	7.41	7.99	11.30
C.ルイス	4.28	5.10	5.96	6.52			11.82
L.バレル	4.30	5.50	6.24	6.74			11.77
井上悟	3.70	4.81	5.69	6.54			11.10
杉本龍勇		5.16	6.07	6.85			10.75
山下徹也	3.66	4.93	5.67	6.48			10.90
マンズール	4.09	5.12	6.12	6.87			11.09
サビン	3.94	5.23	6.05	6.89			11.16
チェン	3.86	4.93	5.84	6.62			10.94
井上悟	4.13	5.07	5.94	6.63			10.93
伊藤喜剛	4.14	5.26	6.26	6.96			10.82

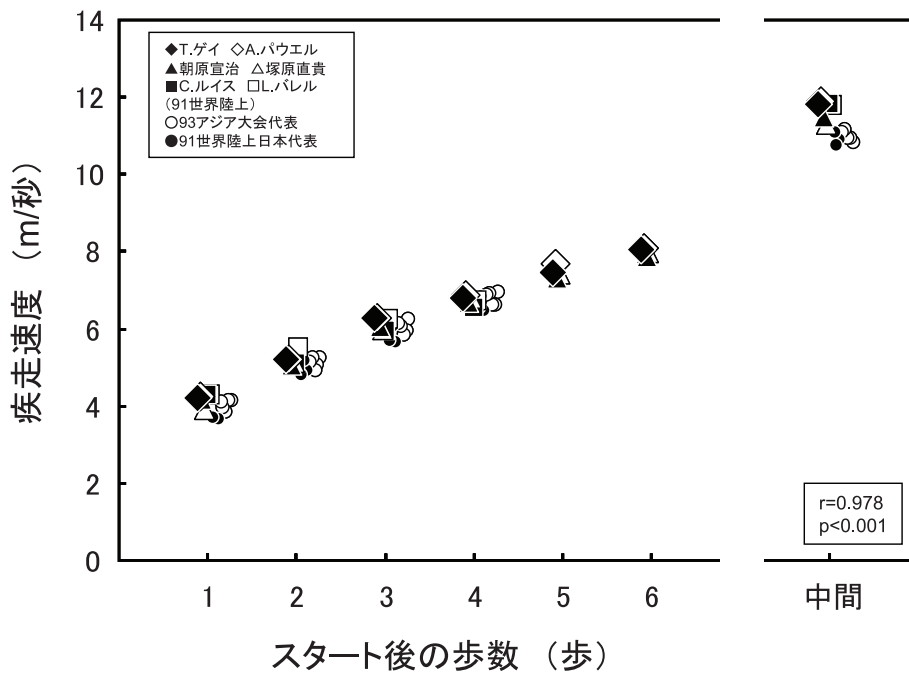


図2. スタート後の歩数と疾走速度の変化

表3. ストライド

単位:m/歩

氏名	1歩目	2歩目	3歩目	4歩目	5歩目	6歩目	中間疾走
T.ゲイ	0.54	1.25	1.28	1.50	1.52	1.64	2.43
A.パウエル	0.73	1.07	1.29	1.35	1.64	1.63	2.46
朝原宣治	0.49	1.10	1.18	1.39	1.46	1.61	2.43
塚原直貴	0.56	1.09	1.31	1.34	1.55	1.53	2.26
C.ルイス	0.72	1.21	1.34	1.53			2.53
L.バレル	0.64	1.32	1.42	1.56			2.59
井上悟	0.55	1.05	1.24	1.39			2.31
杉本龍勇		1.19	1.37	1.54			2.31
山下徹也	0.47	1.05	1.16	1.36			2.22
マンスール	0.45	1.14	1.33	1.49			2.46
サビン	0.78	1.12	1.35	1.46			2.31
チェン	0.39	0.95	1.13	1.29			2.17
井上悟	0.56	1.11	1.25	1.34			2.21
伊藤喜剛	0.71	1.24	1.45	1.59			2.37

表4. ピッチ

単位:歩/秒

氏名	1歩目	2歩目	3歩目	4歩目	5歩目	6歩目	中間疾走
T.ゲイ	3.94	4.16	4.90	4.53	4.90	4.92	4.87
A.パウエル	3.77	4.89	4.86	5.11	4.69	4.94	4.83
朝原宣治	4.28	4.59	5.14	4.82	5.01	4.89	4.74
塚原直貴	3.69	4.72	4.57	5.06	4.77	5.21	5.00
C.ルイス	3.59	4.22	4.43	4.26			4.67
L.バレル	3.71	4.18	4.39	4.34			4.56
井上悟	3.58	4.58	4.60	4.66			4.80
杉本龍勇		4.35	4.43	4.44			4.65
山下徹也	3.62	4.69	4.90	4.75			4.92
マンスール	4.20	4.51	4.60	4.60			4.51
サビン	3.09	4.68	4.23	4.71			4.83
チェン	4.36	5.19	5.16	5.13			5.04
井上悟	4.31	4.55	4.77	4.93			4.95
伊藤喜剛	3.88	4.22	4.32	4.38			4.56

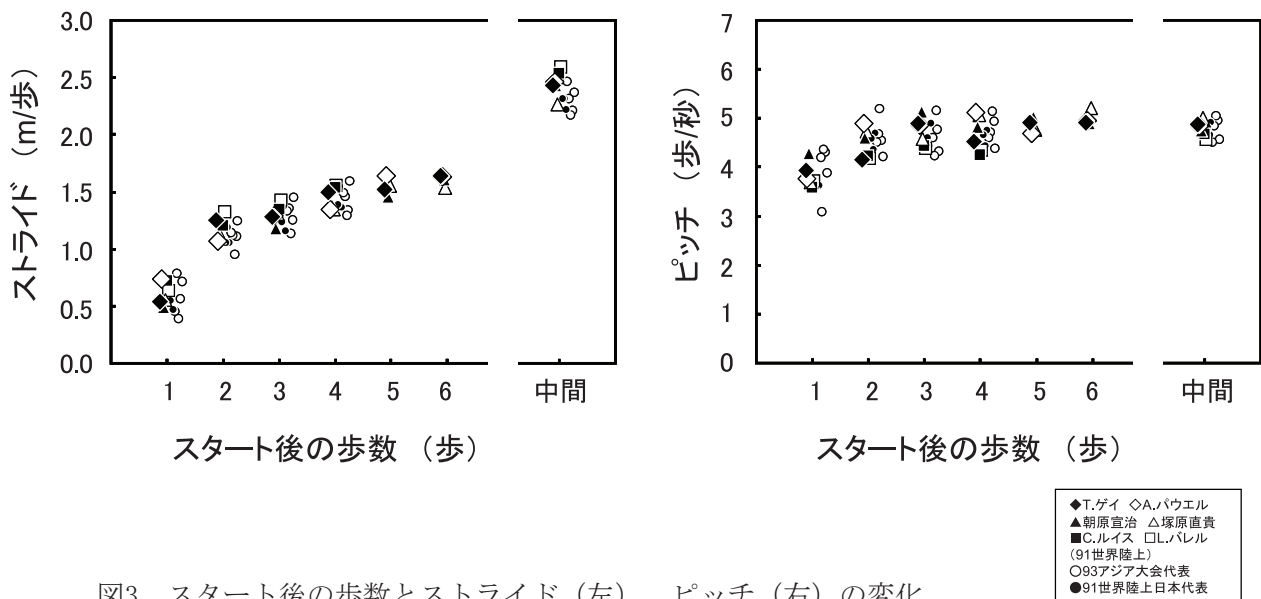


表5. 歩隔

単位:m

氏名	1-2歩	2-3歩	3-4歩	4-5歩	5-6歩	中間疾走
T.ゲイ	0.45	0.32	0.34	0.33	0.28	0.14
A.パウエル	0.36	0.30	0.26	0.30	0.36	0.10
朝原宣治	0.41	0.44	0.36	0.27	0.27	0.19
塚原直貴	0.25	0.28	0.33	0.20	0.28	0.10
C.ルイス	0.54	0.45	0.31			
L.バレル	0.59	0.37	0.61			
井上悟	0.36	0.24	0.26			
杉本龍勇	0.38	0.41	0.44			
山下徹也	0.53	0.37	0.45			

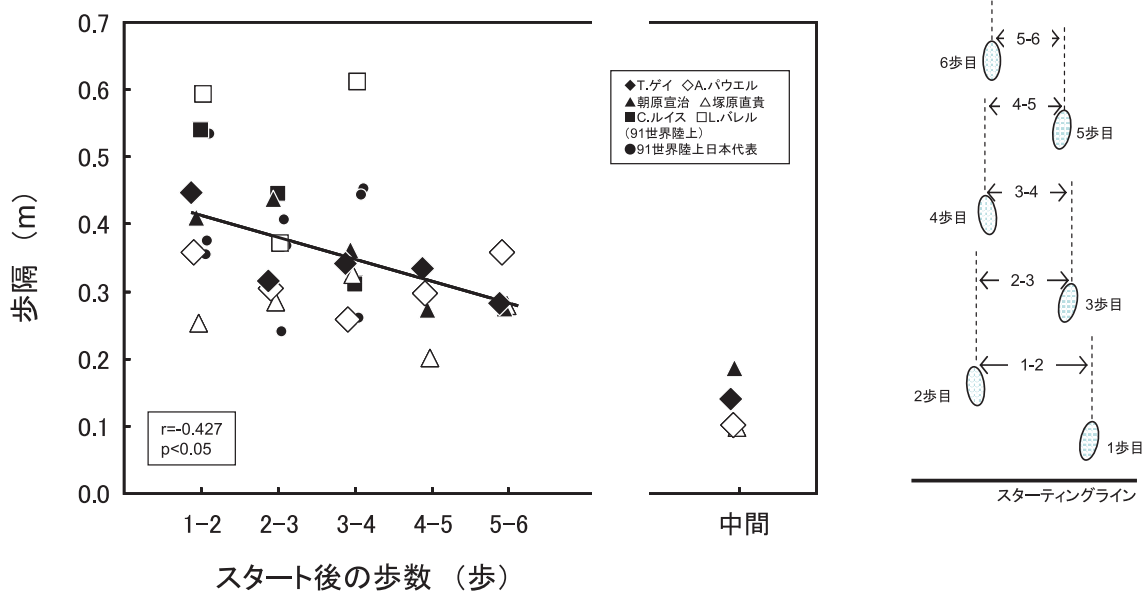


図4. スタート後の歩数と歩隔の変化

4. 分析項目

1歩ごとの疾走速度、ストライド、ピッチ、および歩隔（連続する歩数における接地の瞬間の爪先の左右間隔）の変化、およびキック脚の下肢関節角度、角速度と疾走速度との関係を調べた。

5. 引用データについて

本研究では、分析した4名の選手の特徴を比較検討するために、第3回世界陸上競技選手権大会（東

京、1991）の報告（伊藤ほか、1994）、および第12回アジア大会（広島、1994）の報告（斉藤ほか、1997）のデータを引用し、表と図にあわせて示した。

Ⅲ. 結果と考察

1. スティック・ピクチャー

スタート6歩目までの疾走動作の全体像を知るた

めに、まずスティック・ピクチャー（図1）を求め、以下の分析を進めた。

2. 疾走速度、ストライド、ピッチ、歩隔

スタート後1歩毎の疾走速度は、歩数がすすむにつれて有意に増加した（ $p < 0.001$ 、表2、図2）。また、ゲイ選手、パウエル選手はともにスタート1歩目から中間疾走まで他の選手より比較的高い疾走速度で走っていた。ゲイ選手とパウエル選手を比較するとほぼ同じ値であり、両選手が60m付近までほとんど差がなかったことが確認された。一方、日本代表選手はゲイ、パウエル選手に比べ、スタート直後からすでに速度が低かった。

ストライドとピッチは、どの選手も同じような変化傾向を示した。すなわち、ストライドはスタート1歩目から2歩目に急激に大きくなり、その後も中間疾走にかけて大きくなる傾向を示した（表3、図3左）。ピッチは1歩目から3歩目あたりまで増加し、その後は中間疾走までほぼ同様の値であった（表4、図3右）。今回分析した4選手のうち、朝原選手は、スタートにおいて比較的ストライドが小さく、ピッチがやや高い特徴が観察された。

歩隔は選手間のばらつきが見られたが、スタート後の歩数とともに有意に減少した（ $p < 0.05$ 、表5、図4）。この歩隔の変化傾向は、前回の世界陸上競技選手権大会（2005、ヘルシンキ）における100mレースの報告（伊藤と貴嶋、2006）とほぼ一致していた。特徴的であったのは、塚原選手で、スタートでの歩隔が他の選手より著しく小さかった。

3. スタート後の疾走速度とキック脚動作の関係

1) 下肢関節角度および角度変位

①股関節

キック中、股関節は伸展動作だけが行われ、スタートにおける接地の瞬間の股関節角度は疾走速度の増加にともなう大きな変化は見られなかった（表6、図5左上）。今回分析した4選手の値は、これまで報告されている他の選手と比べてやや小さかった。

一方、中間疾走時にはスタートよりも高い値を示し、選手間での違いは見られなかった。離地の瞬間の股関節角度は、疾走速度の増加にともない有意に増加した（ $p < 0.05$ ；表6、図5右上）。接地期の股関節伸展角変位はばらつきが大きかったが、ゲイ選手はスタートでは減少していく傾向が見られたのに対し、パウエル選手は増加していく傾向がみられた（表7、図5下）。

②膝関節

接地の瞬間の膝関節角度と接地期の最小角度は、スタート後の疾走速度の増加にともない有意に増加した（接地時、最小値ともに $p < 0.001$ ；表8、図6左上と中）。パウエル選手は他の選手と比較して小さい値であった。離地の瞬間の角度はスタートから中間疾走まで統計的に有意ではなかったがやや減少した（表8、図6右上）。その結果、スタートダッシュにおいては全ての選手において接地期前半に膝関節の屈曲角変位がほとんどみられないことがわかった（表9、図6左下）。接地期後半の伸展角変位は、スタートから中間疾走まで有意に減少した（ $p < 0.001$ ；表10、図6右下）。全選手の中で、パウエル選手のスタートにおける接地期後半の膝関節の伸展角変位は他の選手と比べてやや大きい値であったが、中間疾走では伸展動作は見られず、ゲイ選手と同様にむしろ屈曲していた。

③足関節

スタートにおける足関節角度は、接地の瞬間とその後の最小値、離地の瞬間のいずれも疾走速度の増加にともなう変化は見られず、ほぼ一定の値を示した（表11、図7上）。全選手中でゲイ選手は平均的な値を示したが、パウエル選手、朝原選手、塚原選手は接地の瞬間の値、およびその後の最小値が他の選手よりも小さい傾向が見られた。接地期前半の屈曲角変位（表12、図7左下）と伸展角変位（表13、図7右下）は、全ての選手においてスタートから中間疾走までほとんど変化しなかった。

2) 下肢関節の最大伸展速度

①股関節

股関節最大伸展速度はスタートから中間疾走にかけて疾走速度の増加にともない有意に増加した（ $p < 0.001$ ；表14、図8左上）。ゲイ選手は平均的な変化傾向を示したが、パウエル選手はスタート2歩目で、すでに中間疾走時と同じ程度の股関節伸展速度を発揮していた。

②膝関節

膝関節の伸展速度はスタート後、疾走速度の増加にともない有意に減少した（ $p < 0.001$ ；表15、図8右上）が中間疾走ではスタートよりも著しく低かった。スタートにおいて、ゲイ選手とパウエル選手は他の選手よりやや高い値を示したが、中間疾走ではむしろ膝関節を屈曲する速度が観察された。これは両選手が膝を屈曲しながら推進力を発揮するキック動作をしていたことを示している。

③足関節

足関節の伸展速度はどの選手も大きな違いはな

表6. 股関節角度

単位:度

氏名	1歩目		2歩目		3歩目		4歩目		5歩目		6歩目		中間疾走	
	接地時	離地時	接地時	離地時	接地時	離地時	接地時	離地時	接地時	離地時	接地時	離地時	接地時	離地時
T.ゲイ	78.45	155.94	79.64	154.35	89.29	156.89	98.15	158.22	100.88	167.99	102.24	160.04	151.33	210.32
A.パウエル	100.11	160.94	98.40	163.76	88.98	164.63	77.88	163.23	87.44	166.68	86.36	165.46	142.62	194.57
朝原宣治	89.34	155.88	82.45	150.73	97.10	167.50	88.97	154.72	97.66	172.75	96.24	161.52	147.27	202.27
塚原直貴	85.35	149.77	86.02	167.70	88.98	155.35	96.75	167.73	95.75	160.69	96.43	168.00	137.68	191.98
C.ルイス	110.31	170.71	127.74	162.19	112.56	156.95	129.27	169.74					127.29	198.67
L.バレル	117.18	170.25	100.83	168.15	121.21	165.57	109.76	171.89					133.58	192.83
井上悟	97.06	154.24	115.40	159.86	127.36	163.11	121.61	169.22					140.47	188.55
杉本龍勇			115.81	149.13	117.33	164.97	135.35	165.22					137.10	201.84
山下徹也	112.76	158.71	133.74	161.10	144.96	171.35	136.16	168.98					144.18	195.51
マンズール	106.86	155.15	94.29	148.16	102.42	158.12	92.92	149.25					128.80	198.16
サビン	94.01	163.30	105.38	163.16	112.31	168.74	112.85	170.15					139.77	198.00
チェン	102.90	164.70	108.67	157.95	102.44	162.13	104.43	161.17					151.29	196.49
井上悟	102.66	166.88	117.95	160.78	105.47	171.10	129.53	163.22					142.39	196.62
伊藤喜剛	88.94	174.73	105.00	163.29	88.84	175.20	114.34	169.74					134.01	201.66

表7. 股関節角変位

単位:度

氏名	1歩目	2歩目	3歩目	4歩目	5歩目	6歩目	中間疾走
T.ゲイ	77.49	74.71	67.60	60.08	67.11	57.80	58.99
A.パウエル	60.83	65.36	75.65	85.35	79.25	79.11	51.95
朝原宣治	66.54	68.28	70.40	65.75	75.10	65.28	55.00
塚原直貴	64.42	81.68	66.38	70.99	64.94	71.57	54.30
C.ルイス	60.40	34.45	44.39	40.47			71.38
L.バレル	53.07	67.32	44.36	62.13			59.25
井上悟	57.18	44.46	35.75	47.61			48.08
杉本龍勇	0.00	33.32	47.64	29.87			64.74
山下徹也	45.95	27.36	26.39	32.82			51.33
マンズール	48.29	53.87	55.70	56.33			69.36
サビン	69.29	57.78	56.43	57.30			58.23
チェン	61.80	49.28	59.69	56.74			45.20
井上悟	64.22	42.83	65.63	33.69			54.23
伊藤喜剛	85.79	58.29	86.36	55.40			67.65

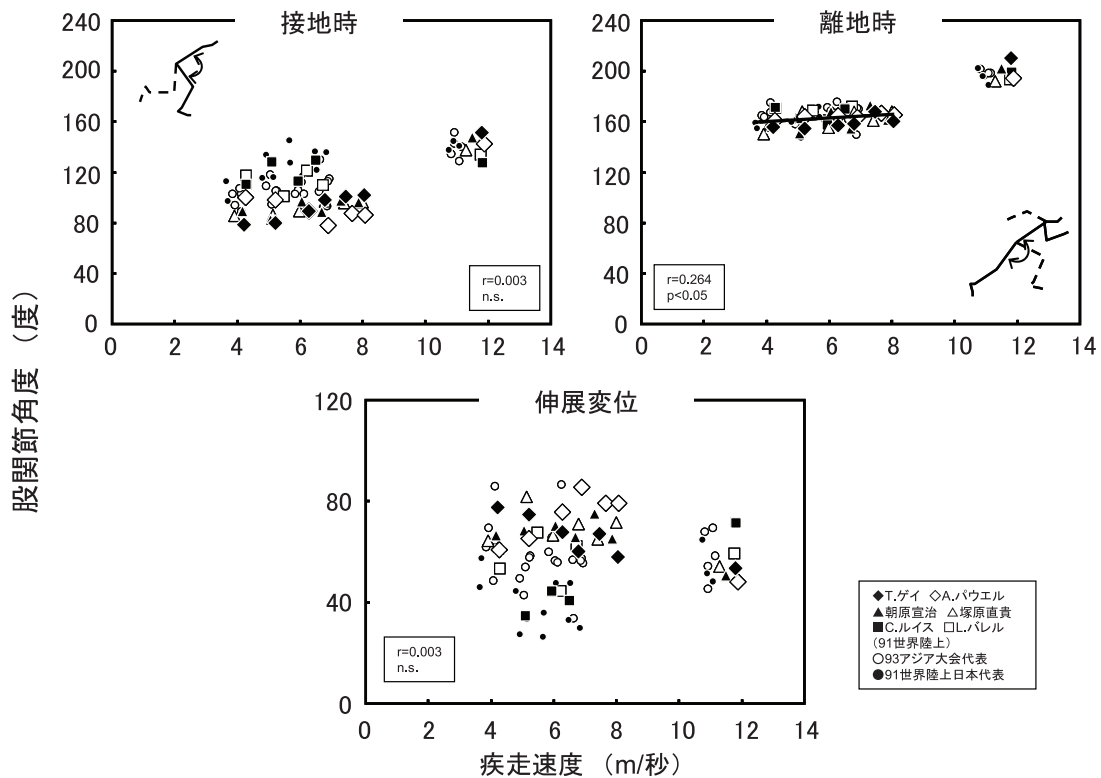


図5. スタート後の疾走速度と股関節動作との関係

表8. 膝関節角度

氏名	1歩目			2歩目			3歩目			4歩目			5歩目			6歩目			中間疾走		
	接地時	最小値	離地時	接地時	最小値	離地時	接地時	最小値	離地時	接地時	最小値	離地時	接地時	最小値	離地時	接地時	最小値	離地時	接地時	最小値	離地時
T.ゲイ	102.15	102.15	167.08	107.03	107.03	149.96	119.17	119.17	159.68	127.86	127.86	159.30	137.42	137.42	172.26	133.41	133.41	150.93	164.16	162.53	159.72
A.パウエル	103.00	103.00	153.64	104.52	104.52	147.71	105.01	105.01	151.88	102.71	102.71	146.10	117.84	117.84	151.73	115.17	115.17	146.67	151.94	144.46	143.09
朝原宣治	105.75	105.75	159.31	103.94	103.94	149.72	119.38	119.38	166.98	121.16	121.16	157.00	133.76	133.76	161.86	132.18	132.18	151.53	157.40	148.96	150.15
塚原直貴	94.03	94.03	149.78	110.85	110.85	155.23	114.65	114.65	149.00	123.54	123.54	156.50	127.70	127.70	146.38	128.67	128.67	149.49	149.29	140.96	144.52
C.ルイス	105.94		168.55	124.81		160.35	121.62		150.34	138.74		161.74						148.19	138.68	144.86	
L.バレル	108.46		158.37	100.64		154.64	131.86		152.25	125.10		157.06						140.93	139.53	145.80	
井上悟	106.82		153.66	130.70		163.18	127.36		163.11	121.61		169.22						166.83	143.10	143.10	
杉本龍勇				126.32		145.76	130.82		156.89	142.34		156.18						149.74	149.54	153.92	
山下徹也	130.26		169.74	150.01		172.67	133.93		163.24	150.29		167.20						164.80	149.79	149.79	
マンスール	105.80		149.79	105.01		150.52	119.05		147.67	117.59		146.56						153.71		156.24	
サビン	114.86		163.30	116.08		163.16	127.50		168.74	128.25		170.15						160.34		142.24	
チェン	101.78		157.59	105.54		151.50	113.50		146.53	115.83		145.59						147.86		144.64	
井上悟	105.54		165.97	125.18		161.93	119.17		155.93	135.02		156.55						149.80		144.72	
伊藤喜剛	130.01		177.35	123.77		176.92	121.51		159.93	137.40		165.84						155.66		149.85	

表9. 膝関節屈曲角変位

氏名	1歩目	2歩目	3歩目	4歩目	5歩目	6歩目	中間疾走
T.ゲイ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.63
A.パウエル	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-7.48
朝原宣治	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-8.44
塚原直貴	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-8.33
C.ルイス							-9.51
L.バレル							-1.40
井上悟							-23.73
杉本龍勇							-0.20
山下徹也							-15.01

※マイナスは屈曲を示す

表10. 膝関節伸展角度変位

氏名	1歩目	2歩目	3歩目	4歩目	5歩目	6歩目	中間疾走
T.ゲイ	64.93	42.93	40.51	31.44	34.83	17.52	-2.81
A.パウエル	50.64	43.19	46.87	43.39	33.90	31.50	-1.37
朝原宣治	53.55	45.78	47.61	35.85	28.10	19.35	1.19
塚原直貴	55.75	44.38	34.35	32.96	18.68	20.82	3.56
C.ルイス							6.18
L.バレル							6.27
井上悟							0.00
杉本龍勇							4.38
山下徹也							0.00

※マイナスは屈曲を示す

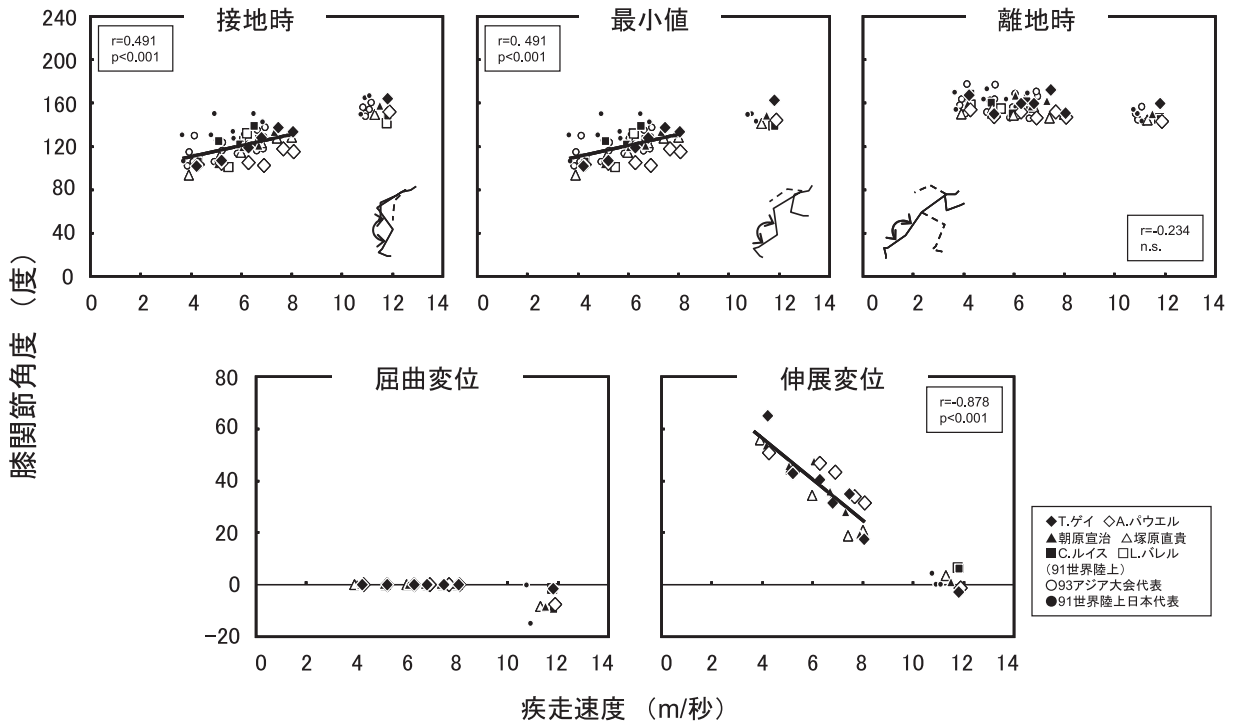


図6. スタート後の疾走速度と膝関節動作との関係

表11. 足関節角度

氏名	1歩目			2歩目			3歩目			4歩目			5歩目			6歩目			中間疾走		
	接地時	最小値	離地時	接地時	最小値	離地時	接地時	最小値	離地時	接地時	最小値	離地時	接地時	最小値	離地時	接地時	最小値	離地時	接地時	最小値	離地時
T.ゲイ	73.69	62.08	106.99	78.72	71.87	107.78	74.84	63.92	109.91	80.96	76.77	101.98	86.55	80.53	108.41	86.14	80.69	103.18	102.27	82.80	108.89
A.バウエル	67.00	62.36	93.65	66.47	61.46	100.89	69.41	59.26	106.17	70.48	59.84	98.84	73.02	65.86	103.42	67.67	63.57	94.53	87.73	77.30	117.53
朝原宣治	70.23	68.43	104.99	70.12	62.32	113.65	77.65	66.66	99.97	71.92	66.10	102.49	75.70	68.47	105.79	78.34	71.39	100.65	92.78	88.01	131.49
塚原直貴	66.67	63.13	97.89	66.18	61.53	112.56	72.88	64.08	97.50	64.50	64.41	103.64	72.18	69.63	105.46	74.12	66.88	105.39	85.41	76.85	122.89
C.ルイス	78.70		107.61	81.03		93.44	89.60		114.21	84.95		119.40							105.05	83.87	103.92
L.バレル	83.80		119.17	70.08		102.69	72.22		89.94	83.78		108.04							91.77	86.75	117.39
井上悟	67.77		83.04	61.31		109.24	67.56		102.45	74.79		120.62							106.91	94.84	113.39
杉本龍勇				73.25		101.37	83.62		112.93	80.57		102.08							94.31	89.58	123.35
山下徹也	77.69		109.17	70.83		105.39	78.15		119.72	76.16		104.45							97.42	93.32	133.59
マンスール	72.63		106.55	85.79		112.14	72.20		103.84	84.60		96.21							110.09		110.23
サビン	69.46		115.07	70.53		116.85	73.71		114.64	74.89		113.35							101.67		123.36
チェン	76.76		109.71	82.94		111.89	81.11		117.49	77.87		112.35							91.87		122.25
井上悟	80.43		119.76	79.76		113.92	79.97		111.10	82.24		113.36							95.84		114.40
伊藤春剛	81.25		122.85	90.12		129.23	89.62		106.06	93.76		117.12							106.80		136.98

表12. 足関節屈曲角変位

氏名	1歩目	2歩目	3歩目	4歩目	5歩目	6歩目	中間疾走
T.ゲイ	-11.61	-6.85	-10.92	-4.19	-6.01	-5.45	-19.47
A.バウエル	-4.64	-5.01	-10.15	-10.64	-7.16	-4.10	-10.43
朝原宣治	-1.80	-7.80	-11.00	-5.81	-7.23	-6.95	-4.77
塚原直貴	-3.54	-4.64	-8.80	-0.09	-2.55	-7.24	-8.56
C.ルイス							-21.18
L.バレル							-5.02
井上悟							-12.07
杉本龍勇							-4.73
山下徹也							-4.10

※マイナスは屈曲を示す

表13. 足関節伸展角変位

氏名	1歩目	2歩目	3歩目	4歩目	5歩目	6歩目	中間疾走
T.ゲイ	44.91	35.91	45.99	25.21	27.87	22.49	26.09
A.バウエル	31.29	39.44	46.91	39.00	37.56	30.95	40.23
朝原宣治	36.56	51.33	33.31	36.39	37.32	29.26	43.48
塚原直貴	34.76	51.03	33.43	39.22	35.83	38.51	46.04
C.ルイス							20.05
L.バレル							30.64
井上悟							18.55
杉本龍勇							33.77
山下徹也							40.27

※マイナスは屈曲を示す

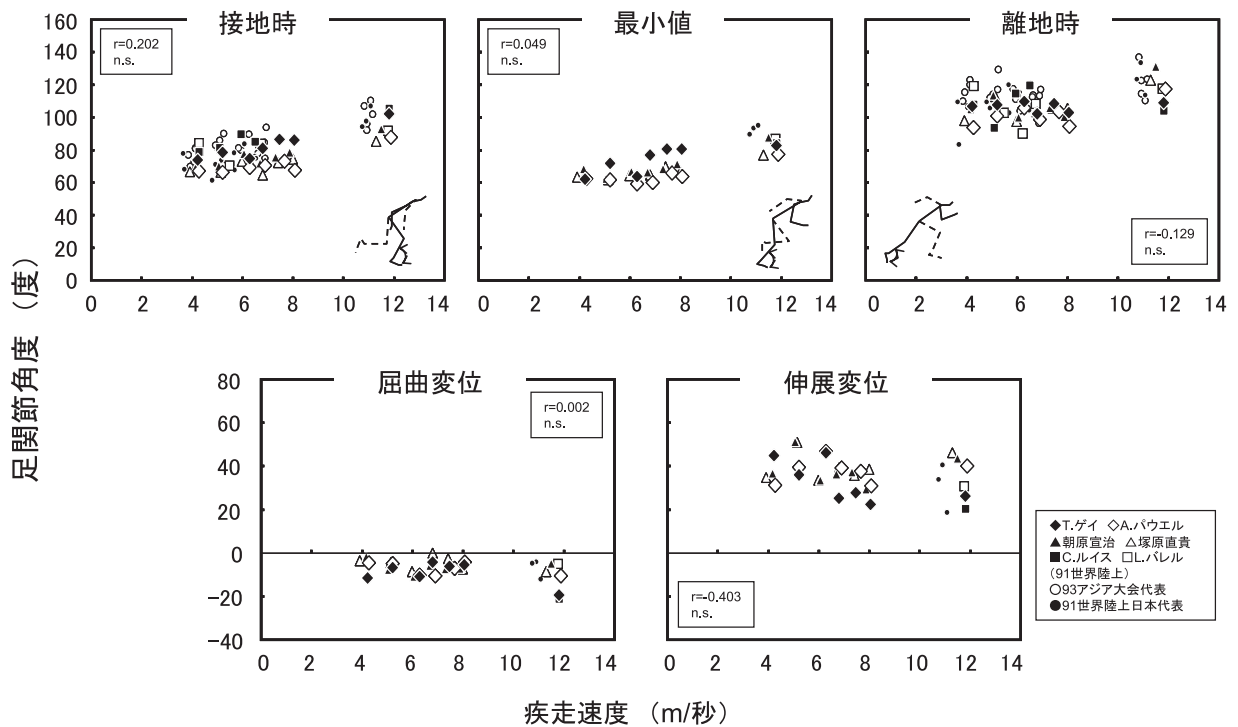


図7. スタート後の疾走速度と足関節動作との関係

表14. 股関節最大伸展速度

氏名	単位:度/秒						
	1歩目	2歩目	3歩目	4歩目	5歩目	6歩目	中間疾走
T.ゲイ	546.01	599.99	590.33	726.23	795.49	658.46	774.52
A.パウエル	616.50	740.73	658.99	660.52	655.81	706.70	693.50
朝原宣治	519.44	590.54	678.51	627.86	795.75	689.15	662.32
塚原直貴	509.03	668.56	603.54	698.35	652.78	711.88	674.12
C.ルイス	509.36	528.27	523.11	556.34			866.38
L.バレル	442.32	658.33	566.66	707.60			794.75
井上悟	479.57	576.97	359.24	473.84			518.57
杉本龍勇		468.68	480.71	433.73			752.30
山下徹也	500.77	427.43	612.49	521.96			584.46
マンズール	413.10	558.06	470.40	625.67			796.50
サビン	663.49	641.14	531.13	687.55			632.00
チェン	627.96	644.58	496.18	660.62			653.80
井上悟	560.35	617.08	605.62	578.11			675.60
伊藤喜剛	705.88	438.31	636.56	536.29			737.50

表15. 膝関節最大伸展速度

氏名	単位:度/秒						
	1歩目	2歩目	3歩目	4歩目	5歩目	6歩目	中間疾走
T.ゲイ	597.21	445.96	478.89	469.25	528.93	261.48	-47.21
A.パウエル	586.81	510.22	469.11	517.48	400.18	334.92	-68.14
朝原宣治	532.63	475.26	557.62	393.73	497.94	285.24	-24.20
塚原直貴	493.42	432.98	404.73	383.40	278.63	299.22	33.92
C.ルイス	515.09	462.38	397.63	386.17			91.68
L.バレル	519.10	709.32	305.96	449.77			114.74
井上悟	394.20	414.82	225.17	350.08			-195.97
杉本龍勇		294.50	303.67	213.14			101.99
山下徹也	491.60	388.47	454.93	317.99			-101.99
マンズール	379.87	587.28	293.93	455.50			212.60
サビン	652.60	478.99	469.25	502.48			45.30
チェン	436.59	538.58	350.08	425.13			47.00
井上悟	526.55	528.27	445.19	768.34			48.70
伊藤喜剛	689.27	507.64	298.51	343.20			130.60

表16. 足関節最大伸展速度

氏名	単位:度/秒						
	1歩目	2歩目	3歩目	4歩目	5歩目	6歩目	中間疾走
T.ゲイ	687.46	592.89	836.58	597.87	605.42	475.91	664.04
A.パウエル	576.52	686.36	746.70	645.98	577.98	526.56	743.70
朝原宣治	533.71	799.43	662.23	650.61	651.66	598.73	739.40
塚原直貴	615.86	623.95	651.86	565.02	638.25	697.32	831.12
C.ルイス	529.99	512.80	494.46	600.46			647.49
L.バレル	574.68	847.98	700.16	556.34			779.85
井上悟	525.98	603.90	625.10	645.15			346.67
杉本龍勇		598.17	455.50	469.25			599.36
山下徹也	480.14	748.86	631.97	861.16			715.10
マンズール	770.63	555.20	799.28	490.45			553.50
サビン	743.13	782.66	765.47	693.28			595.90
チェン	567.23	541.45	571.81	696.72			689.90
井上悟	556.34	760.89	688.70	768.34			697.90
伊藤喜剛	812.45	813.60	637.70	682.97			898.50

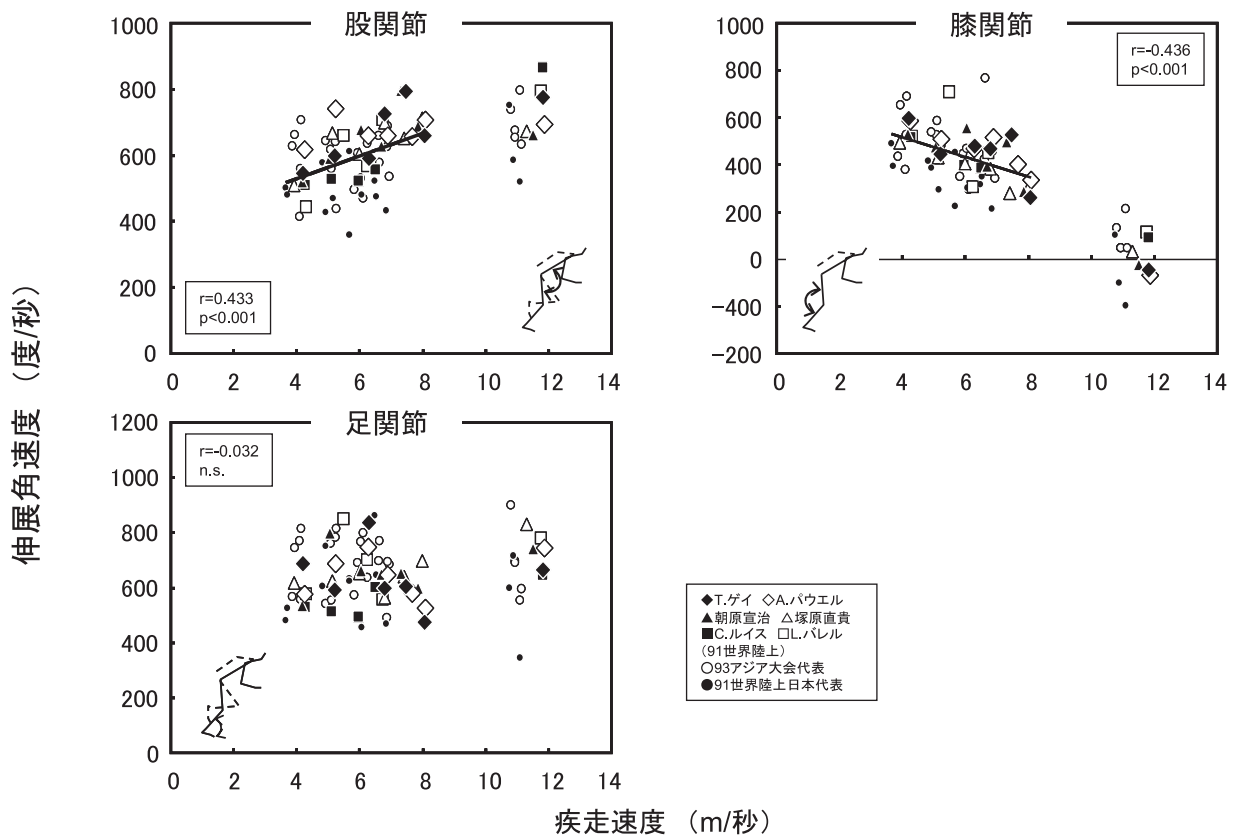


図8. スタート後の疾走速度と下肢関節の最大伸展速度との関係

く、スタートから中間疾走にかけて、疾走速度の増加にともなう変化は見られなかった（表16，図8左下）。

IV. まとめ

本研究では、第11回世界陸上競技選手権大会（大阪，2007）の男子100mに出場した世界と日本の一流短距離選手のスタートダッシュ動作について分析し、以下の点が明らかになった。

1. 全ての選手に見られた平均的な変化傾向は、
 - 1) スタート後の速度増加とともにストライドが増加する。
 - 2) スタート後ピッチは約3歩目まで増加し、その後は一定の値を示す。
 - 3) スタート後の速度増加とともに歩隔は減少する。
 - 4) スタートダッシュでは股関節と膝関節を伸展して加速力を発揮する。
 - 5) 中間疾走では膝関節を伸展せず股関節を伸展して加速力を発揮する。
 - 6) 足関節の伸展角変位と角速度はスタートから中間疾走まで変化しない。
2. ゲイ選手とパウエル選手はスタート直後から日本代表選手より高い疾走速度を発揮していた。
3. 朝原選手は、スタートダッシュにおいて比較的ストライドが小さく、ピッチが高かった。
4. ゲイ選手とパウエル選手は、中間疾走において膝関節を屈曲しながら股関節を伸展して加速力を発揮していた。

参考文献

- 伊藤 章・貴嶋孝太（2006）スタートダッシュから中間疾走までの着地位置の変化—特に歩隔に着目して—。陸上競技研究紀要，2：1-4。
- 伊藤 章・斉藤昌久・佐川和則・加藤謙一・森田正利・小木曾一之（1994）世界一流スプリンターの技術分析。日本陸上競技連盟強化本部バイオメカニクス研究班編 世界一流陸上競技者の技術。ベースボール・マガジン社：東京，pp31-49。
- 斉藤昌久・伊藤 章・佐川和則・伊藤道郎・加藤謙一・市川博啓（1997）アジア・トップスプリンターのスタートダッシュの動作分析。日本陸上競技連盟強化本部バイオメカニクス研究班編 アジア一流陸上競技者の技術。創文企画：東京，pp. 11-31。

男子一流短距離選手のキック動作の特徴

福田厚治¹⁾ 伊藤 章¹⁾ 貴嶋孝太¹⁾ 川端浩一¹⁾ 末松大喜²⁾ 大宮真一²⁾ 堀 尚¹⁾
山田 彩¹⁾ 村木有也¹⁾ 淵本隆文¹⁾ 田邊 智³⁾
1) 大阪体育大学 2) 筑波大学大学院 3) 大阪産業大学

I. はじめに

スポーツにおいて、世界記録の更新はいつの時代も人々を興奮させるものである。近年、アサファ・パウエル選手（ジャマイカ）は2005年に男子100mの世界記録を9.77秒に更新すると、その後2度も同タイムを記録し、これまで9秒台を記録すること実に20回以上、そして現在は9.74秒まで世界記録を更新しており、まさに世界のトップスプリンターと呼ぶにふさわしい。そのようなハイレベルのスプリンターが一堂に会して世界一を決定する大会は、オリンピックか世界選手権において他にはない。この度、国内で2度目の開催となる世界選手権（第11回大会）が2007年8月に大阪で行われた。残念ながら今回は世界記録のアナウンスを聞くことはできなかったが、男子100m決勝では、タイソン・ゲイ選手（アメリカ）の後半の素晴らしいパフォーマンスを目の当たりにすることができた。また、前述したパウエル選手は本大会では3位だったが、その大会の1週間後には世界記録更新を果たしている。

本研究では、今回の世界陸上競技選手権大会の男子100mの優勝者であるゲイ選手と3位のパウエル選手、および日本代表選手の朝原宣治選手と塚原直貴選手の各レースにおける疾走動作を分析し、これまで報告されているデータとの比較をもとに、動作の特徴を探ろうとした。

II. 方法

1. 第11回世界陸上競技選手権大会（2007, 大阪）における測定

観客席最上段に設置した2台のハイスピードビデオカメラで中間疾走（スタートラインから60m地点付近）を撮影した。分析対象選手は以下の4名（以後「今回の選手」とする）である（表1）。撮影した映像をもとに、身体各部23点をデジタル化しDLT法によって3次元動作解析を行った（100Hz）。

- 1) 男子100m決勝のタイソン・ゲイ選手（優勝；9.85秒）とアサファ・パウエル選手（第3位；9.96秒）
- 2) 男子100m1次予選の朝原宣治選手（10.14秒）と塚原直貴選手（10.20秒）

2. 引用した比較データ

これまで報告されている第3回世界陸上競技選手権大会（1991, 東京）や、国内で行われたいくつかの大会（国際グランプリ大阪大会、スーパー陸上、日本選手権、地区大学大会なども含む）に関する世界一流選手を含む外国人選手20名、日本代表レベルの選手8名、大学男子選手26名の計54名のデータ（伊藤ら；1994に更にデータを加えた未発表資料）と今回分析したデータを用いて各測定項目の平均的傾向と今回の選手の特徴を調べた。

表1. 分析対象者の身体的特徴と記録

	国籍	身長 (m)	体重 (kg)	ベスト記録 (sec)	レース記録 (sec)	分析レース	備考
T.ゲイ	USA	1.83	73.0	9.84	9.85	決勝	本大会1位
A.パウエル	JAM	1.90	88.0	9.74	9.96	決勝	世界記録保持者、本大会3位
朝原宣治	JPN	1.79	75.0	10.02	10.14	1次予選	'07日本選手権2位
塚原直貴	JPN	1.80	75.0	10.23	10.20	1次予選	'07日本選手権1位

3. 動作分析の項目

1) 疾走速度, ストライド, ピッチ

疾走速度は身体重心の水平速度, ストライドは接地脚の爪先から次の接地脚の爪先までの水平前後距離とし, それぞれ1サイクル (連続する2歩) の平均値を求めた. ピッチは疾走速度をストライドで除して算出した.

2) キック脚の動作

①接地距離・離地距離

接地および離地の瞬間の爪先と身体重心との水平距離の左右平均値から求め, それぞれについて, 身長との相対値 (身長比) についても算出した (図1).

②下肢の最大角速度

キック脚の股関節, 膝関節および足関節 (足底屈) の最大伸展速度を左右脚の平均値から求めた.

III. 結果と考察

図2に世界および日本の一流選手の疾走動作のスティックピクチャーを示した.

1. 疾走速度, ストライド, ピッチ

①疾走速度

分析地点 (60m付近) での疾走速度は, ゲイ選手は11.85m/sでパウエル選手が11.88m/sでありほとんど違いがなかった. 日本選手では, 朝原選手が11.56m/s, 塚原選手が11.30m/sであり, 世界一流選手に比べ低かった. これらの選手について, 貴嶋 (2008) はスタートダッシュ (スタートから6歩目まで) について分析しているが, 3歩目を除くすべての歩数においてパウエル選手がゲイ選手をわずかに上回っていたと報告している. しかし, 最も早くゴールに到達したのはゲイ選手であった. このこと

は, ゲイ選手はこの地点ではまだ最高疾走速度に到達していなかったか, あるいはパウエル選手がレース終盤に大きく失速した可能性を示唆している.

②ストライドとピッチ

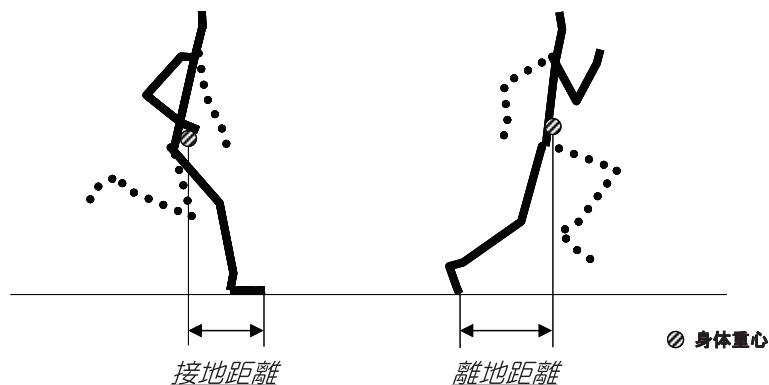
図3に示すように, 平均的な傾向ではストライドは疾走速度が高い選手ほど大きくなる傾向がある ($r = 0.845, p < 0.001$). 今回の選手では塚原選手のストライドが2.23mと非常に小さく, 他の3選手は2.40mから2.42mとほぼ同じであったが, 身長比でみると朝原選手が最も大きく, パウエル選手は塚原選手と同じ程度の小さい値を示した (表2).

平均的な傾向では, ピッチも疾走速度との間に有意な正の相関関係が認められている ($r = 0.296, p < 0.05$; 図2). 今回の選手では塚原選手が最も高いピッチを示してのストライドは全体の傾向からみてその疾走速度に対してやや小さい値であったことから, ピッチが優先する走りであったといえる. 一方, 朝原選手のストライドがゲイおよびパウエル選手とほぼ同じであったにもかかわらず疾走速度が低かったのは, ピッチが低かったことに起因しており, 朝原選手の走りはストライドを優先しているといえる. 塚原選手に関しては, 疾走速度に対してストライドが2.23mと非常に小さいが, ピッチは5歩/秒を越える高い値を示しており, ピッチに依存した走りであるといえる.

2. キック脚の動作

1) 接地距離・離地距離

接地距離は今回の選手間に大きな違いはみられなかった (0.29-0.33m). 身長に対する相対値 (身長比) でみるとパウエル選手を除く3選手は18%前後の値であったが, 最も身長が高かったパウエル選手 (1.90m) は15.39%と小さかった (表3). 離地距離は朝原選手が0.58mで最も大きかったが, 他の



※接地の瞬間および離地の直前の身体重心と爪先間の水平距離

図1. 接地距離および離地距離の定義

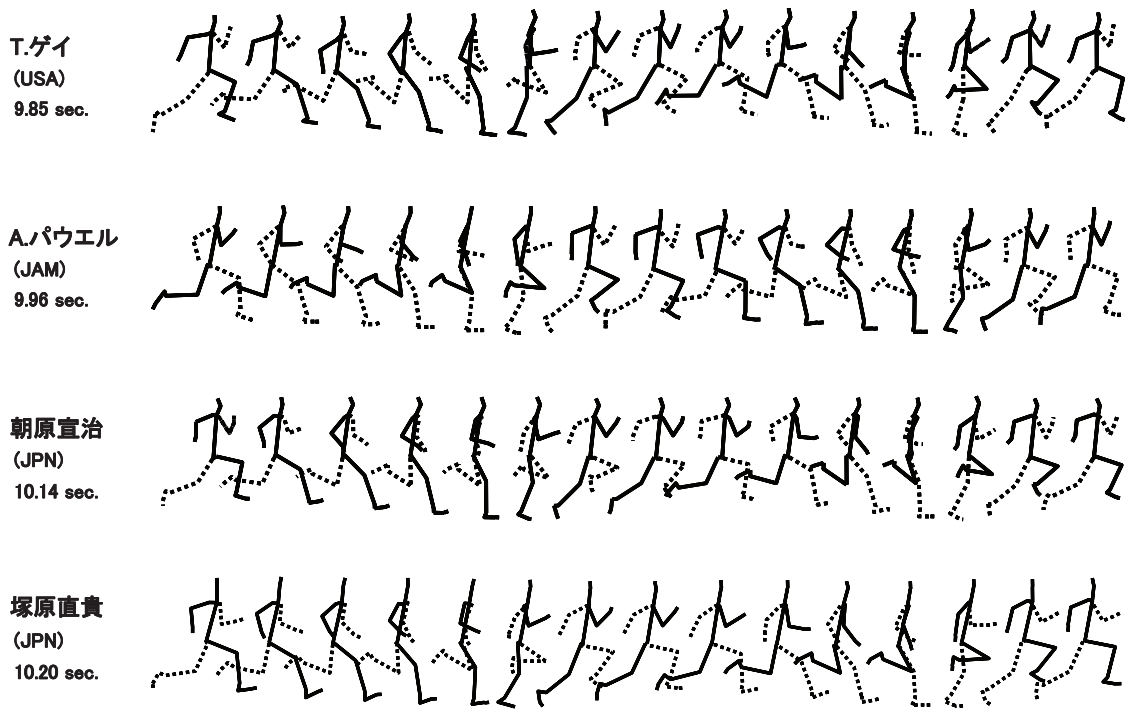


図2. 世界および日本一流選手の疾走動作のスティックピクチャー

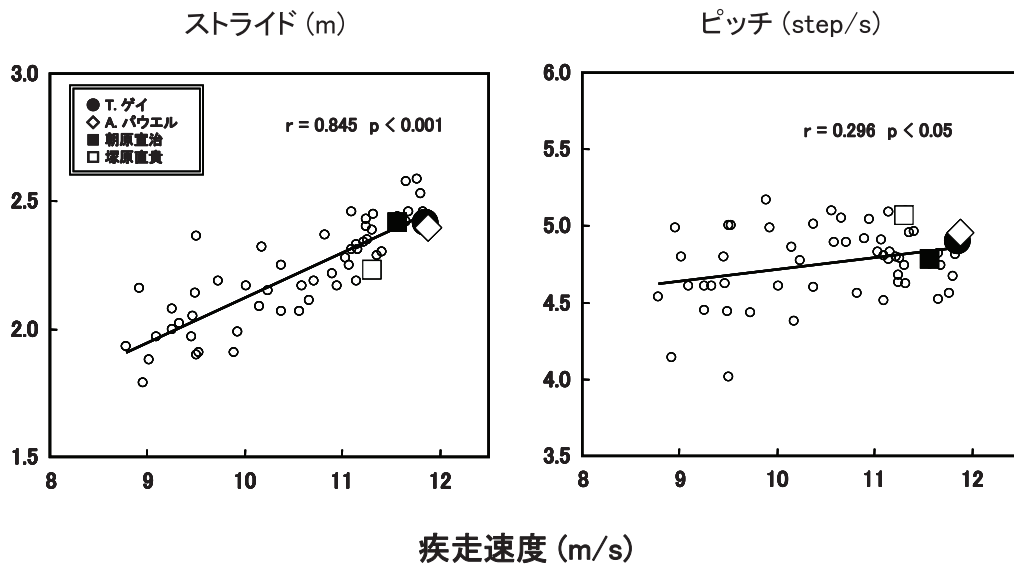


図3. 疾走速度とストライドおよびピッチの関係

3選手も0.55m前後であった。身長比でも朝原選手が32.50%と最も大きく、他の選手は約29%程度であった。福田と伊藤（2004）は大学の一般選手を中心に同様の測定をしているが、身長比による接地距離は18から24%、離地距離は28から34%であり、今回の選手とは大きな違いは見られなかった。

2) 下肢関節最大角速度

最高速度に達した中間疾走では、キック期の身体重心の前進速度は、キック期前半に減速し、続く後半に同じ速度で加速することを繰り返している（福田と伊藤，2004）。以下で、その観点も含めて下肢

関節動作を観察する。

①股関節

平均的な傾向では最大伸展速度は疾走速度と有意

表2. 疾走速度，ストライド，ピッチ，ストライドの身長比

	疾走速度 (m/s)	ストライド ^o (m/step)	ピッチ (step/s)	ストライド 身長比
T.ゲイ	11.85	2.42	4.90	1.32
A.パウエル	11.88	2.40	4.96	1.26
朝原宣治	11.56	2.42	4.78	1.35
塚原直貴	11.30	2.23	5.06	1.24

表3. 接地距離と離地距離

	接地距離 (m)	接地距離身長比 (%)	離地距離 (m)	離地距離身長比 (%)
T.ゲイ	0.36	19.89	0.50	27.31
A.パウエル	0.29	15.39	0.55	29.20
朝原宣治	0.31	17.20	0.58	32.50
塚原直貴	0.33	18.40	0.54	29.93

表4. キック脚の関節最大伸展速度

	股関節伸展速度 (deg/s)	膝関節伸展速度 (deg/s)	足関節伸展速度 (deg/s)
T.ゲイ	774.52	-47.21	664.04
A.パウエル	693.50	-68.14	743.70
朝原宣治	662.32	-24.20	739.40
塚原直貴	674.12	33.92	831.12

※マイナスは屈曲速度

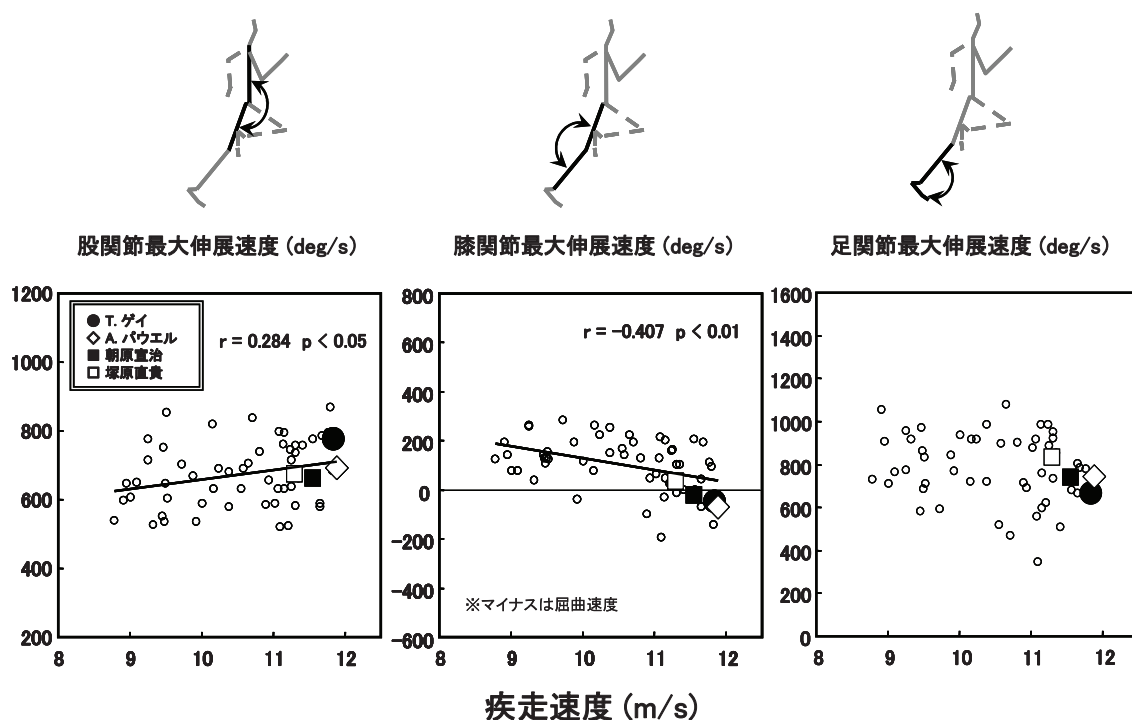


図4. キック期における疾走速度と下肢関節最大伸展速度の関係

な正の相関関係が認められた ($r=0.284$, $p<0.05$; 図4). 今回の選手では平均的な傾向どおり, ゲイ選手とパウエル選手のほうが日本選手に比べてやや高かった (表4).

②膝関節

キック期の膝関節角速度は, 一般的にはキック期前半 (減速局面) に屈曲の値を示し, それに続くキック期後半 (加速局面) には伸展の値に切り替わる (図5; 未発表資料の学生選手例). そして, 平均的な傾向では図4に示すように, 膝関節伸

展速度は疾走速度と有意な負の相関関係にある ($r=-0.407$, $p<0.01$).

今回の選手についてキック期の膝関節速度の変化パターンを観察したところ, 塚原選手が上記の一般的なパターンに最も近かった. 朝原選手はキック中屈曲し続けるが, その屈曲速度はキック期の中間で一旦低下 (ほぼゼロとなる) した後, 加速局面で再び屈曲しながら離地していた. ゲイ選手とパウエル選手は良く似たパターンを示した. すなわち, キック期では屈曲速度がほぼ一定かむしろ増加するパ

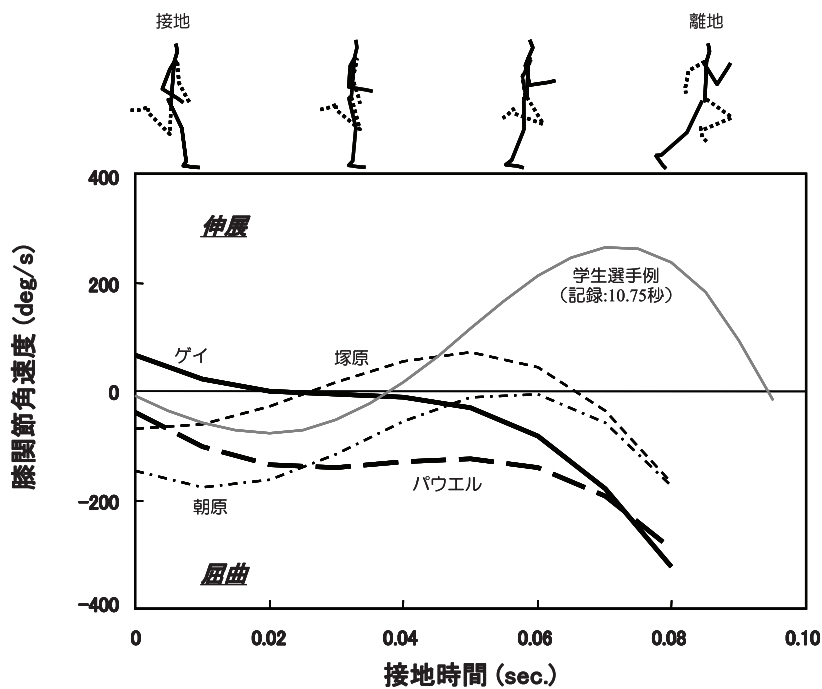


図5. キック期における膝関節の角速度変化 (右脚)

ターンである。福田と杉田 (2003) は、前世界記録保持者のモーリス・グリーン選手にも同様のパターンを確認している。これらの結果は、近年の一流選手はキック期後半に膝関節を伸展させないというより、むしろ屈曲させていくようなキック動作を行っていることを示している。伊藤 (1998) はかつての朝原選手のキック動作を報告しているが、今回の塚原選手とほぼ同様のパターンであった。つまり、今回の朝原選手はより世界一流選手に近づいた動作パターンでキックしていたといえる。

(※ 図4における膝関節角速度については、キック期後半に伸展速度を發揮している場合はその最大値を用い、キック中常に屈曲速度を發揮している場合は、キック期全体を100%とした場合の接地から75%の時点の値を用いた)

③足関節

平均的な傾向では、最大伸展速度はばらつきが大きく、疾走速度と有意な相関関係は認められなかった (図4)。今回の選手では塚原選手の値が高かったが、足関節の伸展速度は疾走速度の違いには直接影響を与えるものではないことが確認された。

参考文献

伊藤 章・斉藤昌久・佐川和則・加藤謙一・森田正利・小木曾一之 (1994) 世界一流スプリンターの技術分析. 日本陸上競技連盟強化本部バイオメカニクス研究班編 世界一流陸上競技者の技術.

ベースボール・マガジン社：東京，pp31-49.
 貴嶋孝太 (2008) 一流短距離選手のスタートダッシュの動作分析. 大阪体育大学大学院修士論文.
 福田厚治・伊藤 章 (2004) 最高疾走速度と接地期の身体重心の水平速度の減速・加速：接地による減速を減らすことで最高疾走速度は高められるか. 体育学研究1：29-34.
 伊藤 章 (1998) 岩本 (旧姓北田) 敏恵選手の記録向上に伴う疾走フォームの変化，および朝原宣治選手の疾走フォームの特徴. バイオメカニクス研究2：116-124.
 福田厚治・杉田正明 (2003) 長崎インターハイ・バイオメカニクスレポート男子100m. 日本陸連科学委員会バイオメカニクス班執筆 陸上競技マガジン11月号別冊付録 テクニカル・ダイジェスト 長崎インターハイから学ぶジュニアトップアスリートの技術. ベースボール・マガジン社：東京，28-31.

世界トップレベルにおける男子 400m 走競技のレースパターンについて

持田 尚^{1) 2)} 杉田正明^{1) 3)} 松尾彰文^{1) 4)}
広川龍太郎^{1) 5)} 柳谷登志雄^{1) 6)} 阿江通良^{1) 7)}

1) 日本陸上競技連盟科学委員会 2) 横浜市スポーツ医科学センター 3) 三重大学
4) 国立スポーツ科学センター 5) 北海道東海大学 6) 順天堂大学 7) 筑波大学

1. 目的

2007年に行われた、第11回IAAF世界陸上競技選手権大阪大会(以下WC大阪とする)の男子400m走決勝レース中の走スピードの変化と、1991年に行われた、第3回IAAF世界陸上競技選手権東京大会(以下、WC東京とする)の男子400m走決勝レース中の走スピードの変化を比較分析し、本邦における男子400m走競技のレベル向上につながる資料の一つとしたい。

2. 方法

2. 1. 対象選手(表1)

WC東京は、1位(44秒57)のA.ペティグルー(USA)、2位(44秒62)のR.ブラック(UK)、3位(44秒63)のD.エバレット(USA)のデータを用いた。WC大阪は、1位(43秒45)のJ.WARINER(USA)、2位(43秒96)のL.MERRITT(USA)、3位(44秒32)のA.TAYLOR(USA)を分析対象とした。

2. 2. 区間平均走スピードの求め方

WC大阪のレーススピードは、Overlay方式で分析した。Overlay方式とは、対象とする400m走レースのVTR映像と、校正用に撮影した400mハードルの映像を、ソフトウェア上で合成表示させながら、各ハードル位置(図1)を走者が通過する時刻を読み取る方法である(持田ら、2007b)。そして、WC東京のレーススピードのデータは、沼澤ら(1994)が報告しているデータを用いた。なお、WC東京のデータは100m毎の平均スピードであるため、両者を比較できるように、Overlay方式で分析された35m

毎(ただし、スタートからは45m区間、360m地点からゴールまでは40m区間である)の通過タイムから、100m、200m、300mの通過タイムをその地点を挟む2点の回帰から内挿し求めることで、100m毎の区間平均スピードを算出した(持田ら、2007b)。

2. 3. レースパターンについて

レースパターンは、400m走の平均走スピードに対する区間平均スピードの割合の変化で示した。金丸選手(2005スーパー陸上:45秒47)、堀籠選手(2006スーパー陸上:45秒77)、山口選手(2007大阪GP:45秒91)ら日本トップレベル3名のレースパターンは類似していることが報告されている(持田、2007a)。よって本研究では、先行研究(杉田ら、2006;持田ら、2007bc;持田、2007a)から、現在活躍する3名のデータを区間ごとに加算平均した値を、日本トップ選手のレースパターンとした。

そして、世界トップレベルのレースパターンと、日本トップ選手、高野選手(WC東京7位:45秒39)とを比較した。

3. 結果と考察

3. 1 世界トップレベルのレースパターン

図2に、Overlay方式によって分析したWC大阪における男子400mレースの走スピード変化を示した。その分析結果を元に100m毎の平均走スピードに換算したものと、WC東京の100m毎の平均スピード変化(沼澤ら、1994)を表2に示した。

決勝レース上位3名の記録の平均値は、WC大阪(43.91±0.44sec)のほうがWC東京(44.61±0.03sec)に比べて0.7秒速かった(表2)。はじめの100m区間において、WC大阪のスピード(9.24

表1 対象選手

年	大会名	略式名称	走者	レースタイム
1991年	第3回IAAF世界陸上競技選手権東京大会	WC東京	A.ペティグラー(USA)	44秒57
			R.ブラック(UK)	44秒62
			D.エバレット(USA)	44秒63
			高野 進(東海大AC)	45秒63
2007年	第11回IAAF世界陸上競技選手権大阪大会	WC大阪	J.WARINER(USA)	43秒45
			L.MERRITT(USA)	43秒96
			A.TAYLOR(USA)	44秒32

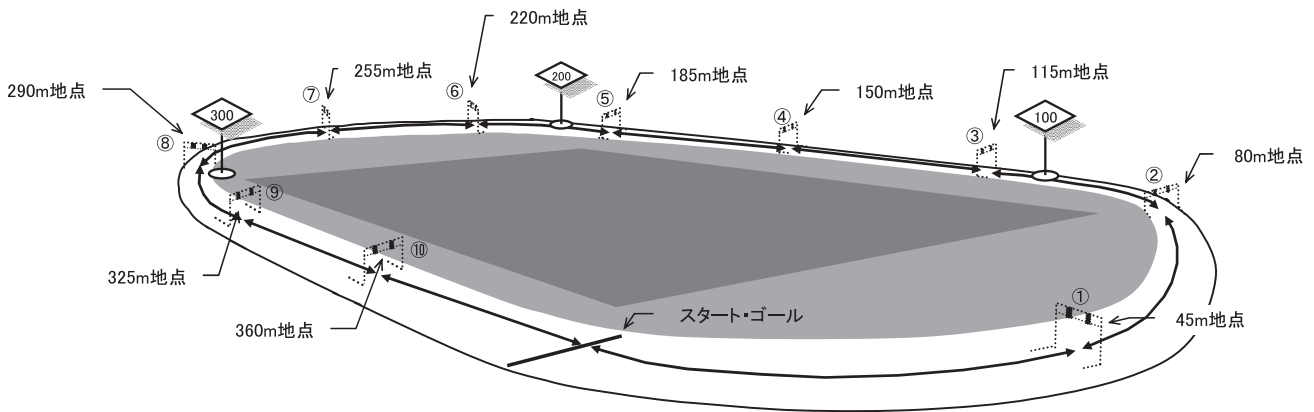


図1 400mハードルを基準とした通過位置と区間の定義

±0.08m/sec) は、WC東京 (8.95±0.14m/sec) に比べて0.29 (m/sec) 速く、その後、100-200m区間と200-300m区間においては、両レースともほぼ類似した走スピードレベルでレースを展開している。レース終盤300-400m区間においては、WC大阪 (8.22±0.20m/sec) のほうがWC東京 (8.07±0.09m/sec) に比べて0.15 (m/sec) 速いスピードでレースを締めくくっている。この結果から、両レースのタイム差は、レース序盤(スタート-100m)と終盤(300-400m)のスピード差によるものであった。

レースパターンをみるために求めた『400m平

均走スピードに対する各区間平均走スピードの比率』を表3上段に示した。個人間のばらつきも考慮しながらみていくと、WC大阪のほうが、はじめの100mを若干速く走る傾向にあったように見受けられる(WC大阪: 101.4% ±0.8, WC東京: 99.8% ±1.6)。しかしながら、諸条件(風向・風速, レース日程, ライバルのレーン配置など)によるレースパターンへの影響を鑑みると、異なる条件下のレース比較において、両レース間にレース全体を通して、著しいパターンの違いがあるとは言いがたく、両レースパターン(WC大阪: 101.4%±0.8→108.5%±1.9→101.7%±0.5→90.2%±1.3, WC東京: 99.8%±

表2. WC大阪とWC東京上位3名における400m走レース中の区間平均走スピード

		タイム(秒)	S-100m(m/sec)	100-200m(m/sec)	200-300m(m/sec)	300-400m(m/sec)
WC大阪1位	J.WARINER	43.45	9.26	9.84	9.40	8.44
WC大阪2位	L.MERRITT	43.96	9.30	9.84	9.26	8.17
WC大阪3位	A.TAYLOR	44.32	9.15	9.98	9.13	8.05
WC大阪平均±標準偏差		43.91±0.44	9.24±0.08	9.89±0.08	9.26±0.14	8.22±0.20
WC東京1位	A.ペティグラー	44.57	8.81	9.96	9.23	8.10
WC東京2位	R.ブラック	44.62	9.09	9.85	9.17	7.96
WC東京3位	D.エバレット	44.63	8.94	9.67	9.25	8.14
WC東京平均±標準偏差		44.61±0.03	8.95±0.14	9.83±0.15	9.21±0.04	8.07±0.09

※WC東京データ(沼澤ら, 1994)

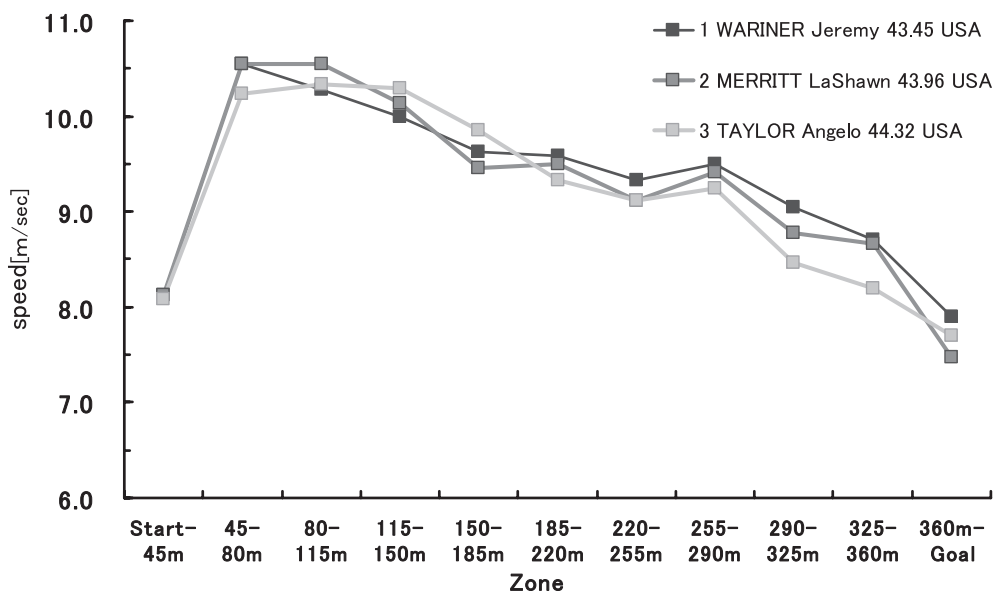


図2 Overlay方式によって分析されたWC大阪における男子400mレースの走スピード変化

1.6→109.6±1.6→102.8±0.5→90.0±1.0) はほぼ類似しており, 100m毎の区間平均からみると, スタートからゴールまで, 両者を合わせたものを世界トップレベルのレースパターンと見なすことができるだろう。

3. 2. 日本トップ選手のレースパターン

表3下段と図3は, 世界トップレベル (WC大阪とWC東京のレースを加算平均したもの) と日本トップ選手, そして高野選手のレースパターンを比較

したものである。はじめの100m区間においては, 3者間には差がなく (世界トップ: 100.6±1.5, 日本トップ選手: 100.6±0.7, 高野選手: 100.3%), ほぼ400m平均スピードレベルでこの区間を走っていた。次の100-200m区間では, 3者間に大きな差がみられた。高野選手 (112.4%) は, 世界トップレベル (109.1±1.7) よりも3.3%高い比率でこの区間を走っているが, 逆に日本トップ選手 (106.2±0.3) は, 2.9%低いスピードで走っていた。200-300m区間においては, 3者間に大きな差がみられな

表3. 400m平均スピードに対する区間平均スピードの比率

<上段:WC大阪とWC東京>

大会・順位	選手名	S-100m(%)	100-200m(%)	200-300m(%)	300-400m(%)
WC大阪1位	J.WARINER(43秒45)	100.5	106.9	102.1	91.7
WC大阪2位	L.MERRITT (43秒96)	102.2	108.2	101.7	89.8
WC大阪3位	A.TAYLOR(44秒32)	101.4	110.6	101.2	89.2
WC大阪平均±SD		101.4±0.8	108.5±1.9	101.7±0.5	90.2±1.3
WC東京1位	A.ペティグラー(44秒57)	98.2	111.0	102.8	90.3
WC東京2位	R.ブラック(44秒62)	101.4	109.9	102.2	88.8
WC東京3位	D.エバレット(44秒63)	99.7	107.9	103.2	90.8
WC東京平均±SD		99.8±1.6	109.6±1.6	102.8±0.5	90.0±1.0

※WC東京データ(沼澤ら, 1994)

<下段:世界トップレベル, 日本トップ選手, 高野選手の比較>

大会(データ元)	選手名	S-100m(%)	100-200m(%)	200-300m(%)	300-400m(%)
2005スーパー陸上(杉田ら, 2006)	金丸選手(45秒47)	100.3	106.3	101.4	92.9
2006スーパー陸上(持田ら, 2007bc)	堀籠選手(45秒77)	101.4	105.9	102.1	91.8
2007年大阪GP(持田, 2007a)	山口選手(45秒91)	100.0	106.3	101.9	91.7
WC東京(沼澤ら, 1994)	日本トップ選手	100.6±0.7	106.2±0.3	101.8±0.4	92.1±0.6
	高野選手(45秒39)	100.3	112.4	103.5	87.2
	世界トップレベル*	100.6±1.5	109.1±1.7	102.2±0.7	90.1±1.1

平均値±標準偏差

※WC大阪とWC東京各上位3名のデータを加算平均したもの

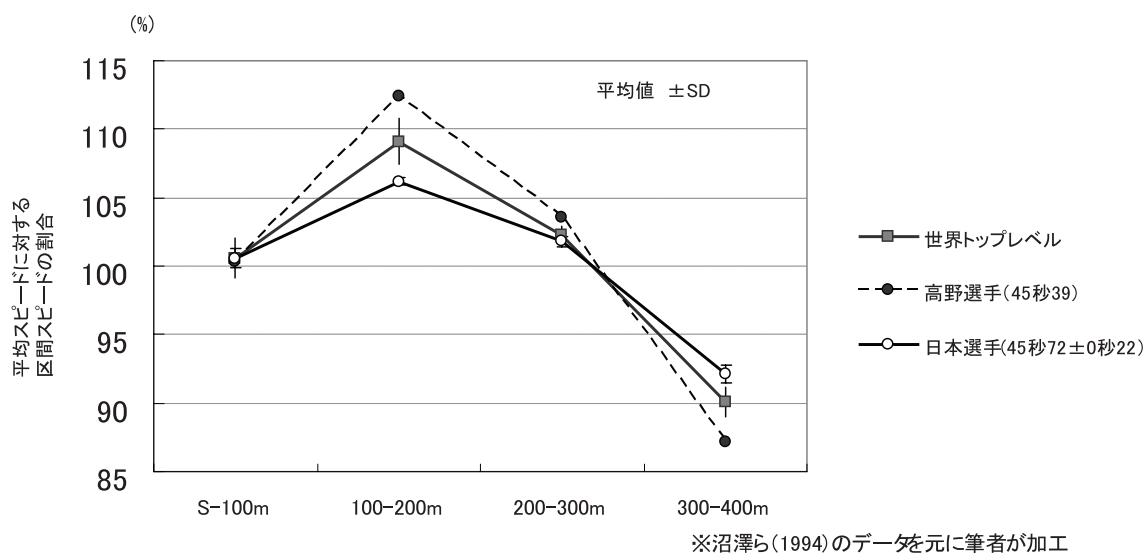


図3 レースパターンの比較

かったが、300-400m区間においては、高野選手が平均スピードの87.2%と世界トップレベル (90.1%±1.1) に比べて2.9%、さらに日本トップ選手 (92.1%±0.6) よりも4.9%も低い速度比率であった。

日本記録 (44秒78) 保持者である高野選手は、WC東京 (45秒39) において、100.3%、112.4%、103.5%、87.2%と、100-200m区間の比率が高く、終盤のスピード低下の大きさをみると、ややその割合は高すぎる感もあるが、レース全体において、100-200m区間を速い速度で走っていくという傾向は日本トップ選手の平均レースパターンとは異なり、世界トップレベル寄りの傾向であった。この結果を踏まえると、100-200m区間をどのように走っておくべきなのか議論しておく必要があるのだろう。スピードを上げる場合には、その技術的方策 (ピッチやストライドなど)、生理学的方策 (Hirovone, J. et al., 1992) など検討しながら行うべきであろう。

4. まとめ

本報告の目的は、国内で行われた2つの世界選手権大会 (1991年東京大会と2007大阪大会) の男子400m走レースのスピード分析から、世界トップレベルのレースパターンについて報告し、そして日本トップ選手の平均レースパターンと比較することで、今後の日本男子400m走競技のレベル向上につながる資料を得ることであった。その結果次のことが明らかとなった。

- 1) 400m平均スピードに対する各100m区間の割合

からレースパターンをみると、世界トップレベルの平均値 (±標準偏差) はスタートからゴールまで、100.6%±1.5, 109.1%±1.7, 102.2±0.7, 90.1%±1.1と推移していた。

2) 日本トップ選手平均 (金丸選手: 45秒47, 堀籠選手: 45秒77, 山口選手: 45秒91) は、100.6%±0.7, 106.2%±0.3, 101.8%±0.4, 92.1±0.6と推移していて、世界トップレベルに比べて、100-200m区間の比率が低いこと、そして逆に300-400m区間の比率が高い傾向にあった。

3) 日本記録 (44秒78) 保持者である高野選手は、WC東京 (45秒39) において、100.3%、112.4%、103.5%、87.2%と、100-200m区間の比率が高く、ややその割合は高すぎる感もあるが、レース全体において、100-200m区間を速い速度で走っていくという傾向は日本トップ選手の平均レースパターンとは異なり、世界トップレベル寄りの傾向であった。

参考文献

- Hirvonen, J., Nummela, A., Rusko, H., Rehunen, S., and Harkonen, M. (1992) Fatigue and changes of ATP, creatine phosphate, and lactate during the 400-m sprint. *Can J Sport Sci*, 17 (2), 141-144.
- 持田 尚 (2007a) 男子400m走, ファイナリストへの道-大阪そして北京へ-, 陸上競技学会誌 6 Supplement 10-13.
- 持田 尚, 松尾彰文, 柳谷登志雄, 矢野隆照, 杉田 正明, 阿江通良 (2007b) Overlay表示技術を用

いた陸上競技400m走レースの時間分析, 陸上競技研究紀要 3, 9-15.

持田 尚, 杉田正明, 広川龍太郎, 高野 進, 川本和久, 柳谷登志雄, 松尾彰文, 阿江通良 (2007c) セイコースーパー陸上2006ヨコハマにおける400m走競技者の疾走スピード変化について-11区間平均疾走スピードの変化から-, 陸上競技紀要 3, 65-69.

沼澤秀雄, 杉浦雄策 (1994) 200m, 400mレースの時間分析. 佐々木秀幸, 小林寛道, 阿江通良 (監修) 世界一流陸上競技者の技術, ベースボールマガジン社, 50-56.

杉田正明・榎本靖士・高野 進・川本和久・阿江通良 (2006) 2005スーパー陸上の400m走におけるタイム分析について, 陸上競技研究紀要 2, 92-94.

長距離・マラソン選手のコンディショニング

井本岳秋

静岡県総合健康センター

要 旨

陸上競技選手に帯同し、環境因子、バイオリズム、同化や異化亢進、代謝や形態特性などが十分理解されていない状況を見だし、コンディショニングを維持し、強化を図るための方法を追究した。

- ①陸上競技選手で年間のヘモグロビン濃度(Hb)を月別に観察した。Hbは全天日射量と有意の負の相関を示し、日射量が多い時期はHbが下がるという結果だった。日々の練習では日陰を選び、ユニフォームは光を乱反射しにくい黒、茶、グレー、紺などの生地を選ぶ必要がある。
- ②血液のバイオリズムからみると血漿鉄濃度は夕方方に下がり、空腹とミスマッチしている時間帯にトレーニングが行われることが多い。スポーツ外傷・障害や内科的疾患のリスクを大きくする時間帯である。
- ③海外遠征では、機内の夕食をあてにせず出発前に空港内で食事を済ませること。しかし、機内の朝食は必ず摂るべきである。機内で選手はなるべく通路側に座ること。
- ④玄米や五穀米にはフィチン酸が多く含まれているため、ミネラルの吸収を阻害する。選手に与えるのは白米が良質で消化にもよく、消費エネルギーの軽減につながる。
- ⑤カップリング(俗称:すい玉は、皮下出血を起こし痣(あざ)をつくる)と呼ばれる偽り療法がスポーツ界で流行している。「造血因子を刺激し赤血球を増やす」といわれている医学的証拠(evidence base)は全くないので、選手にはすすめられない。
- ⑥長距離選手の腕の振りは、推進力に結びつく重要な役割がある。肩甲骨の可動域を柔軟にし、上腕の振り子運動に重点を置き、手は胸の前で軽く動かす程度で、ランニングの効率を改善

し、記録に反映されると思われる。

- ⑦カーボローディングによって、周期性四肢麻痺候群を発症する恐れがある。症状は、上半身の骨格筋や呼吸筋(横隔膜)の硬直であり、マラソン選手が深呼吸もできなくなる。レース中に甘味のスポーツドリンクを飲んで発症すると、低カリウム血症を招き突然ペースダウンして走られなくなる。
- ⑧持久力を向上させるため減量すると、健康被害は拡大する。女子選手に多い下腹部痛、腰痛、貧血、骨密度低下、口内炎、ニキビ、便秘や下痢などは初期症状である。体型はおろか人相が変わるようなやせ、感情を表現できなくなる仮面様顔貌、拒食や過食症、疲労骨折、免疫力低下、無月経や男性の生殖機能が極端に低下する類宦官体質などは末期症状である。

1. はじめに

長距離走やマラソンは、練習も試合も運動時間が長くエネルギーを多く消耗するので、大会ではコンディショニングの如何によって好不調の違いが明瞭に現われやすい種目である。例えば2006年のアテネ五輪女子マラソンでは、英国のPaula Ladcliffe選手(最高記録2時間15分25秒:2003.4.13 ロンドンマラソン)が、猛暑の中で体調を崩し35 km付近で走られなくなり、優勝した野口みずき選手ら3人のランナーに追いつけず、彼女は泣きながら途中棄権してしまった光景は印象深い事例である。しかし、このような体調不良が原因の不本意なレースは、陸上競技選手であれば少なからず経験することがあると思われる。つまり、監督やコーチからみて、競技会の数日前に調子がよさそうだと判断されていても、当日は不調でブレーキをおこしたりするケースである。これに対して、長い間、故障してほとんど

練習もしていないのに、自己記録を大幅に更新し優勝したりするケースもある。

このように、多くの経験に基づく指導者や本人が自信をもって判断され出場したにもかかわらず、依然として思惑とは異なる様々なレース結果が見られている。しかし、その原因や背景はほとんど未解決であることが多く、疑問に思っておられる指導者の方々は少なくないだろう。

本稿では、レース戦略とは異なる珍事の全てを説明し答えることはできないが、これまで選手帯同して得られた情報をまとめたので報告する。

2. 年間の全天日射量とヘモグロビン濃度の関係について

高校生の長距離と短距離選手に、それぞれ毎月1回早朝空腹で採血を実施し、ヘモグロビン濃度(Hb)を1年間観察した(図1)。トレーニング内容は両群で全く異なっていることが前提であるが、Hbは同じように推移しているのが分かる。そこで、共通に影響すると思われる環境因子に手がかりを求め、気象情報から分析を試みたところ、図2、図3に示す結果が得られた。図2は、上段から月別降水量(mm)、中段と下段はそれぞれ日々の全天日射量(mj/m²)と平均気温(°C)を描いている。

全天日射量とは気象用語で、地上1m²あたりの水平面にとどく直達日射(太陽光線)と、あらゆる乱反射光を含む全光量のエネルギーを測定するもので、単位はメガジュール:mj/m²で表される。このデータの月間平均値とHbの関係を検索したところ、図3に示したように有意の負の相関関係が認められた。これにより、両群ともHbが高い時期は全天日射量の少ない12月や1月で、日照時間が年間で最も短く気温も低い。これに対して、Hbが低い時期は日射量が多く8月、9月、7月の順で気温も高い。したがって、年間のHbの変化は、いかにも日照時間と気温が決め手になっているように判断されてしまう。ところが、Hbの高い順番の3番目に並んだのは両群とも6月であり、必ずしも気温の低さだけではHbの高さを説明できないことが分かる。つまり、最高気温が30°Cを超えるような極端な暑さを例外として除くと、1年を通じて気温はHbに対して影響因子ではないと考えられる。いいかえると、暑さをさほど感じていなくても直達日射に暴露されることの方がHbの低下に影響する恐れがある。

近年は、地球温暖化の影響もあり、全国各地で直達日光の強くなったところが増えている。天候によ

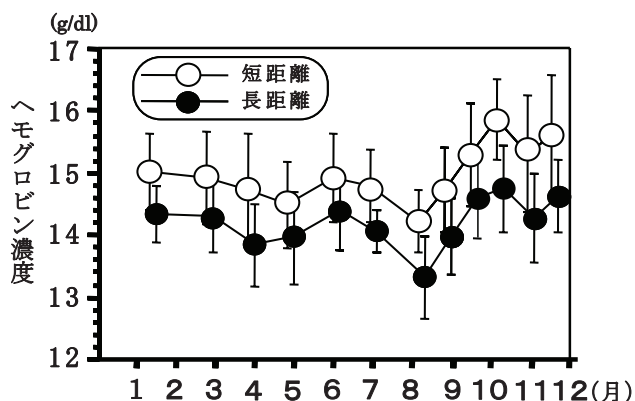


図1 高校陸上選手の月別ヘモグロビン濃度の推移

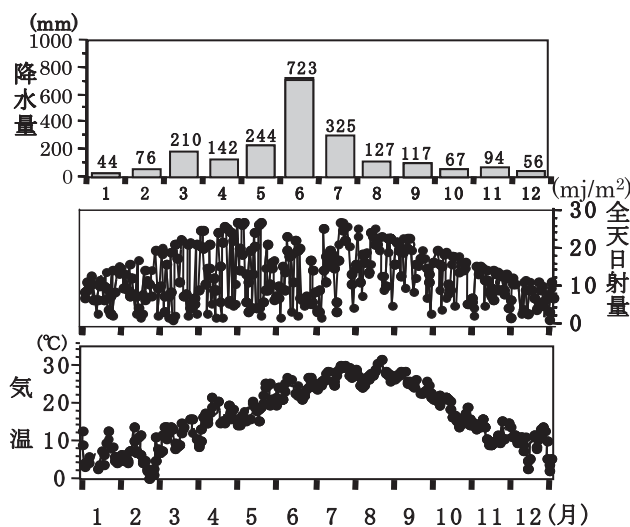


図2 ある年の1月から12月までの熊本地方の降水量、全天日射量、気温 (熊本地方気象台データを閲覧し、著者作図)

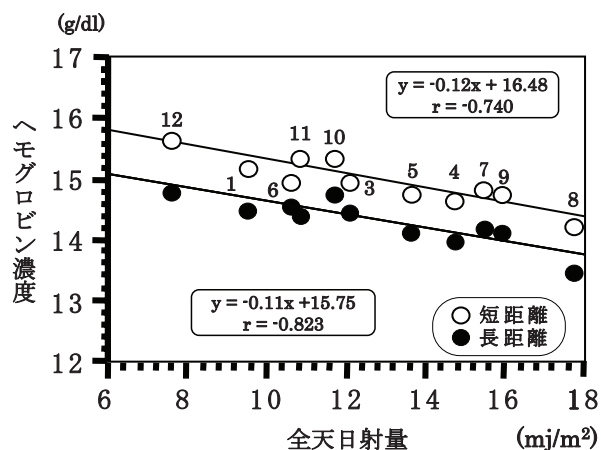


図3 1月から12月までの全天日射量とHb濃度の関係 ○印近くの数字は各月を示す(2月は欠損)

り屋外のトレーニング時間を選択できる余地があれば、直達日射、全天日射を回避できる時間帯や環境を選ぶことが、年間を通じて選手のHbを高く維持

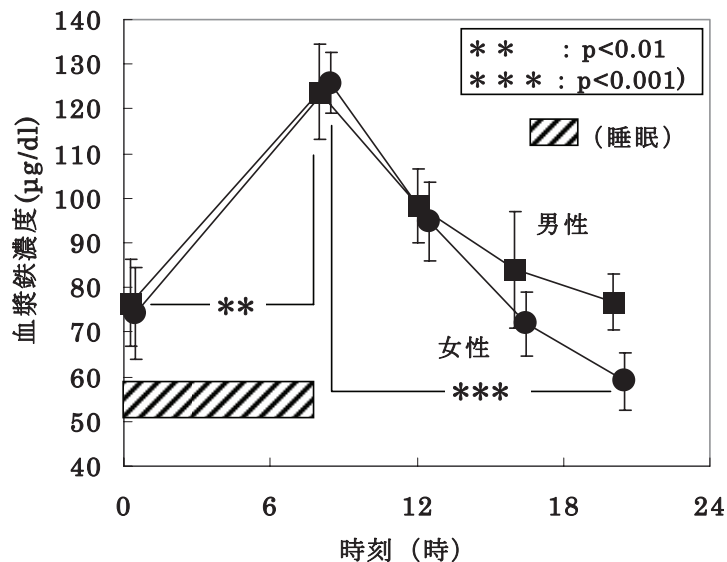


図4 血漿鉄濃度の24時間中の変動¹⁾

男女とも睡眠によって血漿鉄濃度は高くなり起床時にピークを迎える。しかし、覚醒時間が長くなると午前中から午後にかけて低下し続ける。とくに、女性は朝と夜の間で有意の差が認められ、半減する。

できるポイントである。さらに、日焼け防止のためのユニフォームの色の選択肢を考えると、白、ピンク、黄色等を避けて、黒や緑、グレー、茶色といった色温度の低いユニフォームを着用し、かつ小雨が降っているような条件が最も健康被害の少ない環境条件である。色温度の理屈を簡単にいうと、カメラでストロボを焚いて撮影するときに被写体からストロボの光を強く反射するような生地は炎天下のユニフォームとして不適切である。生地の乱反射光の増加は砂浜や雪山で足元から乱反射する光を受けて日焼けをする健康被害と同じ意味である。野球選手がまぶたの下に墨を塗ることで乱反射を防ぎボールを見やすくする行為とランナーのユニフォームの色を選択する理論は同じである。また、高所トレーニング環境は空気が澄んでいて紫外線透過率が高くなるので、日常生活においても長袖、帽子、サングラスを着用し、できるだけ皮膚の露出を少なくすることが大切である。稀に、男性アスリートの中には上半身を裸にしてトレーニングをしている様子を見かけることがあるが、第六の臓器といわれている皮膚を痛めて疲れを増幅させているだけである。

3. バイオリズムからみたエネルギー収支のアンバランスと練習時間

一日のエネルギー収支バランスを守ると、理論的には健康維持は可能であると考えるのが普通である。しかし、トレーニングが前提になると収支バラ

ンスだけを考えていても、うまくいかないことがある。例えば、2002年4月以降、学習指導要領の改訂にともない週休2日制が完全実施されると、小学・中学・高校では週5日間の授業時間数が増えたために部活動の開始時間が遅れがちであること、かつ昼食を済ませて以降、補食も摂らずに空腹が長く続いている状態から部活動を始めるのはミスマッチである。

24時間中の血漿鉄濃度の変化(図4)¹⁾をみると、男女とも午前中にピークを迎え、午後には減少し、とくに女子は有意である。このように、午前中の良好な状態から午後にかけて悪くなる傾向は、他の検査項目でも共通に見いだされる。例えば、蛋白代謝の最終産物である尿酸、尿素窒素、クレアチニンなど残余窒素の血中濃度は、常に午前中は低く午後から夕方にかけて高くなり、尿中排泄量も午後が増加する傾向を示す。体内にあまり多くあって欲しくない不要の代謝物質が、夕方の部活動の時期にピークを迎えることは、安静時体温や心拍数もそれぞれ0.3~0.5℃、3~5拍/分上昇している状態である。安静時における心拍数の3~5拍/分の上昇は、例えば400mのインターバルトレーニング10本を走るとき、通常は175拍/分で走れるところ、同タイムを維持するために180~185拍/分に追い込まれることになる。これでは10本のインターバルトレーニングがもたないので、結果的には180拍/分以下になるようスピードを抑えて走らざるを得なくなり、400mのランニングタイムが2±1秒遅れになるというのが実

実践的考え方である。血液性状のバイオリズムを理解することは、トレーニングにおけるスポーツ外傷・傷害を予防することにも結びつくと思われる。

まとめると、一日の血液バイオリズムからみた健康的な運動の実施条件は、午前中に行うのが理想である。しかし、現実的には小・中・高、あるいは実業団の練習時間帯は体内環境が最も悪く、体温、脈も上昇する夕方に行われるのが日本の慣習である。そのことがスポーツ外傷・傷害や貧血をはじめとする内科的疾患のリスクを増やす要因の一つである。また、夏季には暑さを避け、ナイターの陸上大会や記録会が開催されることが多いが、バイオリズムから考えると、非常に厳しい条件である。

4. 海外遠征における食事のタイミング（海外渡航前の国内最後の食事は、いつ、どこで摂るか？）

2008年は、4年に一度のオリンピックイヤーである。開催都市が中国北京市で、日本人代表選手たちは成田空港から旅客機で4時間程度のフライトで、気楽な遠征になると思われる。しかし、世界中の国際空港が日常的に治安維持、飛行機の整備状況、天候など様々な問題を抱えているため、旅客機の出発予定時刻を当てにせず、自分の体調管理を優先することが必要である。ここで言いたいのは、選手はフライト後の機内食を期待してはいけないうことである。例えば、日本の夏季に豪州へ移動する際、太平洋上に台風が発生していた時の事である。通常は成田空港を夜9時に発って1時間以内に機内食が出るはずのところ、台風の影響で飛行機が揺れはじめ、①食事は深夜に出され、そのトレーが回収されるまでに1時間30分を要している。朝は定刻の4時30分に起床し、②朝食は5時に出される。シドニーの空港に8時に到着し、税関をとおりバスでホテルまで移動してフリーになる。日本人選手が好むレストランを探し食事を注文すると、③昼食は13時を過ぎるというような具合である。

問題点は、①夕食の予定が深夜になり、あまりにも遅すぎる。また①と②の間に睡眠をとり、②では食欲がないこと。また睡眠を惜しんで②を抜いた人は、①から③までの間が12時間を越えるなどである。

再び、演題の「食事のタイミング」に戻ると、④夕食はフライト前、空港内のレストランで済ませるのが賢い選択である。そして⑤機内の夕食は摂る必要はないが、朝食は必ず摂ること。⑥最近ではテロ防止法により機内に持ち込めるペットボトルの容量も

制限を受ける時代である。自由に水分補給ができるように心得ておくべきである。蛇足であるが、機内はフライトアテンダントが仕事をしても汗をかかない温度（22～23℃）に設定されているので、乗客はheat lossが大きくなり体温が下がりやすい。とくに窓側は空気が冷たく風邪を引きやすい。実際、子どもが窓ガラスに顔をくっつけて寝ていたので、朝には鼻水を垂らしていた光景を見たことがある。選手は通路側に座ると自由度が増し化粧室の利用も容易である。

5. ①白米、②玄米、③五穀米のうち、運動選手に良い主食とは？

筆者は最近、青少年を育成する立場にある指導者を前に「スポーツと栄養」をテーマとした大規模なシンポジウムで講演する機会があった。同じ講演の演者である管理栄養士から青少年の炭水化物の摂り方は「どんぶり飯でよい」という大雑把な発現をされ、視聴者の間から、「子どもに、どんぶり飯でいいのか！？その根拠は…」との反論があり、答弁に困る場面に遭遇した。更なる追及は、「最近では玄米や五穀米といった健康志向の食品が普及しているので、ご飯（白米）に限定して子どもに与えるのはおかしい」というのが反論の根拠だった。

ここでの問題は、質問者の意見がevidence baseの理論ではなく、根拠のない情報をもとに問題点を指摘されていることである。質問者は、「②玄米、③五穀米 ⇨ 健康志向」の根拠は、「便が沢山でるので、腸管運動が活発になり気持ちが良い」と言うことだった。しかし、本当は「②や③は煮炊きするのにも時間がかかるように、体内でも消化が悪いのでエネルギー消費を増大させ負担になる」というのが現在、支持されている理論である。また、穀類の表面には、鉄、亜鉛などのミネラル吸収を阻害するフィチン酸が多く含まれているので、なるべく穀類の皮は食べないか、熱処理される方が望ましい²⁾。もともと、日本人は大豆、小豆、黒豆、大麦、小麦、玄米、キビ、粟、粟の渋皮、落花生、トウモロコシ（ポップコーン）などから摂取するフィチン酸の量が欧米人より多いといわれている。また穀類だけを異食すると貧血になりやすく、かつ低身長や性腺機能低下症のまま成人する³⁾といわれている。

再びシンポジウムの会場の話に戻るが、私も補足説明に加わり、「子どもに‘どんぶり飯’を与えることは、消化管に負担が少なく、ミネラルの吸収を阻害することもないのでとても良い」「ご飯を井で



図5 アスリートの誤った疲労回復法（皮下出血で貧血になるといわれるカップリング療法）

通称、「すい玉」といわれ、皮下出血を起こすと造血因子が働き赤血球を増やし、また疲労回復を促進するといわれている。しかし、この行為は血液を捨てているのと同じで、何のメリットもない。日本のアスリートだけでなく、先進国でも好んで実施されており、健康被害に歯止めが利かない。

食べさせることは、配膳の手間も省ける」と説明した。

競技者に、偏見のない正しい食の理論と実践を伝えることが重要と思われる。

6. カップリング療法の偽り！

最近、講義で「カップリング療法」（俗称：吸玉「すいだま」で皮下出血をおこさせる）の問題を取り上げ、正論を述べたところ、後日、ある人から電話相談を受けた。内容は、「これまで長い間、五輪強化選手の育成に携わってきて、カップリング療法を推奨してきた経緯があり、今更、この療法の方針は変えられないので、カップリングを肯定するevidenceはないのか」というのが趣旨だった。

図5は、マラソン強化合宿中の長距離選手にカップリングが施された直後の写真で、筆者が偶然発見した。

方法は、コップに少量のエタノールを入れて点火し、そのまま皮膚にあてると、酸素の燃焼した分だけ陰圧になるので皮下出血が起こり痣(あざ)となる。なお、エタノールは熱価が低いので少量では火傷しない。また、最近では吸引ポンプのついた専用器具も売られているという。理論を選手たちに尋ねると「皮下出血を起こすと造血因子を刺激し赤血球を増やす効果が期待できる」と、いかにもevidence baseが存在するかのような噂が流れていた。このよ

うな伝統的な（本当にそうなのかも分からない）偽り療法が、多くの競技種目や健康志向の個人に好まれており、欧米先進国でも流行の兆しさを感じられる。（2006年、英国BBCニュースより）

しかし、この手法を支持するevidenceは皆無である。赤血球の寿命は90～120日くらいあるにもかかわらず、幼弱な赤血球も古い赤血球も同時に皮下出血を繰り返した。

あとに起こる「出血性貧血」を早期に発症させるために行っている行為である。つまり、血液を捨てているのと同じである。

7. 男子5000m走で12分台の選手に共通している腕振りフォーム！

2007年大阪世界陸上の長距離・マラソン種目は、男女ともアフリカ勢が上位を独占している。彼らは、ただ単に生まれながらにして持久力や筋力（脚力）が発達し、さらに高度なトレーニングを行っているというだけでなく、下肢と体幹部、それに上肢との絶妙なバランスによって極めてエネルギー効率のよい走りが自然にできていると考えられる。

その根拠として、彼らの腕振りをみると図6に示すとおり、肘を後方に引いたときの上腕（二の腕）が肩関節を中心に振り子運動をしている。しかも、肘がどの位置にあっても「握り拳」（もしくは手のひら）が肘より下がらないというより、常に胸の前



図6 世界一流の長距離ランナーの腕振り（2007年大阪世界陸上から）
外国人は上腕を中心に腕振りをするので、肘の角度は90°より開くことはない。

日本人は、このようなフォームで走る選手は少ない。

課題は肩甲骨の可動域の制限と肩の柔軟性の欠如にあると思われる。

（写真は、ランナーズから引用）

に手があるのが分かる。また、彼らの肩甲骨は胴体から離れたような位置にあるため、腕振りの衝撃が体幹部に伝わりにくいような緩衝能力を持っており、柔軟性に富んでいると思われる。

このような身体的な特徴は、民族的（遺伝的）な差ではなく、肩甲骨の自由度は日本人でも幼児期にみられる。四つ這いをする赤ちゃんは肩甲骨が良く動いており、幼稚園の運動会で子どもたちは実に見事な腕振りをして走っている。しかし、直立二足歩行の生活が長く成人に達するまでの間に、肩甲骨に負荷をかけるような動きが少ない。

欧米の公園や海水浴場には、肩甲骨に負荷をかけ付随する筋肉や腱をストレッチし、また鍛えるためのトレーニング器具（低鉄棒の柱が肩幅で2本ならば、上端に体操の鞍馬のようなグリップがついていて、それぞれ左右の手で支えられる）が設置されている。

日本ではトップランナーでさえも肩甲骨の可動域は小さく見えるし、腕を後方に振ると肘が伸びてしまう。また肘を後方に引いた方の体幹上部は同側の下肢と正反対に振れるため、推進力を失うようなランニングフォームになり、タイムをロスしているのではないかと考えている。

日常生活で、意識的に肩甲骨を動かしてストレッチ運動に取り組むことは、走りの基本と思われる。

8. カーボローディングの落とし穴（大福餅症候群）

体内により多くの糖質を蓄えるために考案された栄養学的なエネルギー戦略に、カーボローディング法(carbohydrate loading)がある。レース前の1週間から10日間にわたってP（蛋白質）：F（脂肪）：C（炭水化物）比を、それぞれ0.5：0.5：9.0の割合にするのが理想とされ、グリコーゲンを筋肉(最大400g)や肝臓(同70g)により多く蓄える試みが長距離・マラソン選手の間で定着していると思われる。またレース直前に輸液用ブドウ糖を生理食塩水で希釈して点滴し、レース中は甘味のスポーツドリンクが好まれていることが多い。

筆者が、A選手に帯同していたときのことである。スタート時刻が迫っているのに手足がしびれ、動悸や呼吸困難を主訴とし、まともにウォーミングアップもできない状態だった。その時の天候は快晴、気温は摂氏30℃、湿度は20%以下で、想定外の条件だった。つまり、彼自身のコンディショニングの悪さは天候のせいだと関係者間で判断され、タイムは自己ベストから10分以上も遅れた。

後の文献検索によって、「周期性四肢麻痺症候群」、俗称「大福餅症候群」との関わりが懸念されるので報告する。この症状は、大福餅あるいは大量の砂糖を含むお菓子やケーキ類など、甘味の強いものを食べた後にみられる症状で、高カリウム血症を呈する患者にインスリンとブドウ糖の同時投与がお

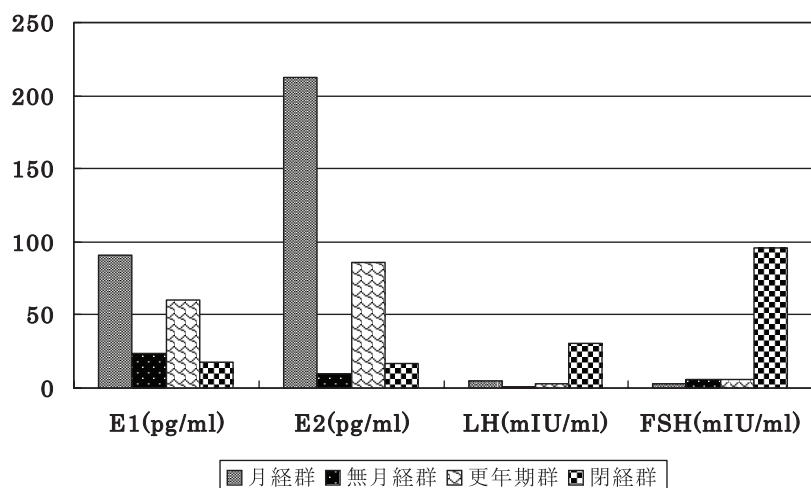


図7 月経の有無によるランナーやジョガーのホルモン環境の特徴

E1, E2は女性ホルモンでそれぞれエストロン, エストラジオールを, また, LH, FSHはそれぞれ黄体化ホルモン, 卵胞刺激ホルモンである. 無月経群のE1, E2濃度は閉経群と同じレベルである. LH, FSHをみると閉経群は高濃度を示すが, 無月経群は定量できないほど低濃度である. この結果, 無月経ランナーは, 卵巣機能の低下だけでなく脳下垂体や間脳-下垂体性のフィードバック機構も異常を来していると考えられる.

こなわれているのと同じである.

理論は①カーボローディングによって, 血糖値が上昇するのに比例してインスリンが分泌される. ②インスリンはカリウムイオン (K^+) の移動をともなって毛細血管から筋肉や組織に移動する. ③その結果, 低 K^+ 血症を招き, 骨格筋 (横隔膜を含む) の収縮力が低下し硬直する, いわゆる周期性四肢麻痺症候群である. 自覚症状は, 肩こり, 四肢の可動域制限, 深呼吸ができないなどである. ④さらに進行すると, 心筋の収縮力も減弱し不整脈を誘発する. ⑤男:女比は20:1といわれ, 男性に多発する傾向を示す. ⑥発作の誘因は, 前記の糖質過食, 甘味料の摂取のほかに, 飲酒, 過労, 運動後休息, 過剰睡眠, 寒冷, 糖負荷試験などである. ⑦以上の臨床所見からカーボローディングを習慣とするランナーは日常生活に多くのリスクがある. ⑧予防と治療法は, レース前の過度の糖質摂取を避けること. また, バナナやリンゴ, みかん, 季節野菜などカリウムを多く含む食品と一緒に摂るか, カリウム製剤の内服が有効である. ただし, ⑨カーボローディング中にカリウム製剤を内服しパフォーマンスを検証した報告はない.

先のランナーは, その後, 事前のカーボローディングはしなくなったが, 再び国内のマラソン大会で発症したと思われた. 先頭集団にいた彼が35km付近で自分のスポーツドリンクを飲むと, まもなく症状が現われはじめ一瞬ではあったが姿勢を制御する

こともできなくなり, コースから外れた彼の姿を再びテレビの映像で捉えることはなかった. 後に彼と再会してレース当日の様子をたずねると, 35km地点で飲んだのは市販の糖質ドリンクを1/2希釈したものだだったという.

いずれの現象も, 血糖, インスリン, K^+ 濃度など血液生化学的な裏づけを取っているわけではないので, マラソン選手の周期性四肢麻痺症候群を検証したことにはならないが, 理想のP:F:Cバランス (2.0:2.0:6.0) を意図して崩すことのないように指導していかなければならない重要な課題である.

9. 競技生活におけるオーバートレーニングとさまざまな健康被害

低栄養とは, 栄養学的にバランスが取れていても, 必要量が不足する場合と食物の構成に偏りがあって特定の物質が欠乏する場合に大別される. しかし, 身体的なエネルギー不足が極限に達すると, 必要カロリーと特定物質の不足が同時に起こり, 厳密には両者の区別ができなくなる.

持久力を向上させる身体適正の基本は, 一般に身長に比して体重を軽くすることが求められ, かつ体脂肪量も少ないことが理想とされる. しかし, この条件を長距離・マラソン選手に要求すると, 筋肉量や骨量の少ない女子選手の健康被害は拡大することが多い. 女子選手に多い下腹部痛, 腰痛, 貧血, 骨

密度低下, 口内炎, ニキビ, 便秘や下痢などは初期症状である. 体型はおろか人相が変わるようなやせ, 感情を表現できなくなる仮面様顔貌, 拒食や過食症, 疲労骨折, 免疫力低下, 無月経や男性の生殖機能が極端に低下する類宦官体質などは末期症状である.

筆者は, 女子ランナーの骨密度と卵巣で造られる女性ホルモンやそれらを中枢からコントロールする役割を担っている下垂体の卵胞刺激ホルモンや黄体化ホルモン濃度との関連を調べた(図7). 対象は女子ランナーの①正常月経群と②続発性無月経群(初潮を認めるが後に月経がない), ジョギングを愛好する③更年期群と④閉経群の4群で比較検討した. 健康被害は②続発性無月経群に現れており, 他の群は問題ではなかった. 続発性無月経ランナーの骨密度は骨粗鬆症の危険域に近づいていたので, 性周期の確立とカルシウムを多く摂る必要があった.

閉経群は女性ホルモンの分泌が悪く卵巣機能がほぼ停止した状態であるため, 司令塔である下垂体ホルモン濃度は高くなり女性ホルモンを分泌させようと働きかける性質がある. したがって, 閉経女性は成熟女性に比べて下垂体ホルモン濃度が約20倍以上の高濃度になるのが普通である. しかし, 無月経のランナーは女性ホルモン濃度と同様, 下垂体ホルモン濃度が極端に低下し, 視床下部性もしくは間脳下垂体性の性腺機能低下症と診断された.

一方, 類宦官体質とは男性の生殖機能が奪われた状態(去勢)と同じで, 性欲減退や筋力低下, 高身長, かつ女性化体質になって乳首が膨らんでくる病気の総称である. 男性ホルモンのテストステロン, 黄体化ホルモン濃度は幼児並みで, 成長ホルモンの支配を受けるIGF-1/ソマトメジン-Cは, しばしば感度以下であり造られていない状態を呈していた.

わが国では, 体重制限を必要とする競技団体や個人の指定強化選手に性腺機能低下症を認めることが多い.

10. まとめ

本稿の事例は, 自然環境, バイオリズム, 同化や異化亢進, 代謝や形態特性などを無視し, 論証のない慣習や指示から, アスリートの競技生活を脅かしている.

11. 参考文献

1) Uchida T et al: Relationship among

plasma iron, plasma iron turnover, and reticuloendothelial iron release. *Blood* 61 (4): 799~802, 1983.

2) Khan N et al: Effect of heat treatments on the phytic acid content of maize products. *J Sci Food Agric* 54(1) : 153~156, 1991.

3) Prasad A S et al: Syndrome of iron deficiency anemia, hepatosplenomegaly, hypogonadism, dwarfism and geophagia. *A J Medicine* 31: 523-546, 1961.

高校生トップレベル陸上競技選手におけるサプリメント摂取状況の種目による分析 - 科学委員会プロジェクト研究：2004～2007年度全国高等学校総合体育大会での 調査結果 -

仲尾 綾¹⁾ 石井好二郎^{1), 2)} 山崎史恵³⁾ 鳥居 俊⁴⁾ 杉浦克己⁵⁾ 持田尚⁶⁾ 杉田正明⁷⁾
阿江通良⁸⁾

1) 北海道大学 2) 同志社大学 3) 新潟医療福祉大学 4) 早稲田大学
5) 明治製菓(株) 6) 横浜市スポーツ医科学センター 7) 三重大学 8) 筑波大学

本報告では、2004～2007年度全国高等学校総合体育大会(インターハイ)陸上競技の入賞選手におけるサプリメント摂取状況を種目によって分析した結果を示す。

方法

1. 対象

前報と同様、2004～2007年度全国高等学校総合体育大会(インターハイ)陸上競技で入賞した選手を対象とした。対象には本調査の目的を文書により説明し、了解を得た上で無記名式アンケートを実施した。アンケートは郵送によって回収し、回答の得られた314名(男子162名、女子152名)を分析対象とした。

2. 調査内容

前報と同様に本調査のアンケート用紙も、石井ら(2005)が作成したものを使用した。

フェースシートとして、対象の性別、学年、身長、体重、競技年数および競技歴を記述させた。競技歴には時期、専門種目および最も良い成績を記述させた(例；小学校 4～6年 100m 県大会2位・12' 8)。また、現在および過去のサプリメント摂取状況について質問し、それぞれ設定した選択肢より回答を得た。

なお、本調査では「サプリメント」を、スポーツドリンクなどを除く三大栄養素およびビタミン・ミネラルを含む錠剤・粉剤・液剤とした。

3. 群分け

現在の専門種目より、以下の5群に分類した。なお、多種目競技者(例；短距離と跳躍)については、それぞれの群に属させた。

①短距離群：100m, 200m, 400m, 男子110mH, 女子100mH, 400mH, 400mRおよび1600mR

②中長距離群：800m, 1500m, 女子3000m, 男子5000m, 女子3000mW, 男子5000mWおよび男子3000mSC

③跳躍群：走高跳, 走幅跳, 男子三段跳および男子棒高跳

④投擲群：砲丸投, 円盤投, やり投および男子ハンマー投

⑤混成群：男子八種競技, 女子七種競技

対象の学年、身体的特徴、および競技年数を種目別に表1に示す。

4. 分析

フェースシートを除くアンケートの各項目については母比率の差の検定を行い、対象が選択した割合を比べた。また、クロス集計の統計処理には χ^2 検定を使用した。有意水準はいずれも $p<0.05$ とした。

結果

サプリメントの摂取経験を表2に示す。男子では種目によって摂取経験に差が認められ($p<0.05$)、中長距離群では「現在摂取している」と回答した者が多く(41名, 84%)、一方、跳躍群では比較的少なかった(15名, 41%)。また、混成群は6名であったが

表1. 対象の身体的特徴

	学年(年)	身長(cm)	体重(kg)	BMI(kg/m ²)	競技年数(年)
男子選手 (n=162)	2.7 ± 0.5	174.3 ± 6.0	64.5 ± 11.4	21.2 ± 3.2	5.3 ± 1.9
短距離 (n=53)	2.7 ± 0.5	174.3 ± 5.5	62.8 ± 5.4	20.6 ± 1.3	5.5 ± 1.8
中長距離 (n=49)	2.8 ± 0.5	171.4 ± 5.8	56.5 ± 4.5	19.2 ± 1.2	5.3 ± 2.1
跳躍 (n=36)	2.6 ± 0.6	176.8 ± 5.4	64.1 ± 5.0	20.5 ± 1.3	5.8 ± 1.6
投擲 (n=25)	2.7 ± 0.5	174.7 ± 6.7	81.8 ± 16.5	26.7 ± 4.4	4.4 ± 1.7
混成 (n=6)	2.7 ± 0.5	178.9 ± 4.6	72.4 ± 4.2	22.6 ± 1.0	5.8 ± 3.4
女子選手 (n=152)	2.6 ± 0.6	163.6 ± 5.5	52.3 ± 8.8	19.5 ± 2.9	5.7 ± 1.9
短距離 (n=63)	2.5 ± 0.6	163.9 ± 5.4	51.1 ± 5.0	19.1 ± 1.3	6.3 ± 1.7
中長距離 (n=39)	2.7 ± 0.5	159.7 ± 4.7	46.0 ± 5.3	18.0 ± 1.4	5.2 ± 2.0
跳躍 (n=35)	2.6 ± 0.7	166.8 ± 5.5	52.3 ± 4.1	18.8 ± 1.4	6.3 ± 1.8
投擲 (n=22)	2.7 ± 0.6	165.5 ± 4.4	67.7 ± 10.2	24.7 ± 3.8	4.4 ± 2.0
混成 (n=8)	2.5 ± 0.8	166.5 ± 4.9	53.3 ± 3.6	19.2 ± 0.8	5.5 ± 0.8

Mean ± S. D.

表2. サプリメント摂取経験

	現在摂取群	摂取中止群	摂取未経験群	無回答	人数(%)	χ ² 検定
男子選手 (n=162)	105 (65%)	33 (20%)	22 (14%)	2 (1%)		
短距離 (n=53)	32 (60%)	11 (21%)	9 (17%)	1 (2%)		
中長距離 (n=49)	41 (84%)	4 (8%)	4 (8%)	0 (0%)		
跳躍 (n=36)	15 (41%)	11 (31%)	10 (28%)	0 (0%)		p<0.05
投擲 (n=25)	15 (60%)	9 (36%)	0 (0%)	1 (4%)		
混成 (n=6)	6 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)		
女子選手 (n=152)	100 (66%)	30 (20%)	20 (13%)	2 (1%)		
短距離 (n=63)	41 (65%)	16 (25%)	6 (10%)	0 (0%)		
中長距離 (n=39)	30 (77%)	4 (10%)	4 (10%)	1 (3%)		
跳躍 (n=35)	21 (60%)	7 (20%)	7 (20%)	0 (0%)		n. s.
投擲 (n=22)	13 (58%)	5 (23%)	3 (14%)	1 (5%)		
混成 (n=8)	3 (37%)	2 (25%)	3 (38%)	0 (0%)		

全員が「現在摂取している」と回答していた。女子では統計的な有意差が認められなかったものの、中長距離群に「現在摂取している」と回答した者が多い傾向(30名, 77%)にあった。

また、現在摂取しているサプリメントの種類をみると、男子は、投擲群のプロテイン摂取率(14名, 93%)が他の群と比較して有意に高かった。さらに、短距離群はクレアチン(17名, 53%)、中長距離群は鉄(23名, 56%)の摂取率が高い傾向にあり、種目による差が認められた(表3)。一方、女子中長距離群では鉄摂取率(21名, 70%)が短距離群(15名, 37%)や投擲群(2名, 15%)に比べて有意に高く、クレアチン(1名, 3%)を摂取している者はほとんどいな

かった(表4)。なお、有意差は認められなかったが女子投擲群もプロテイン摂取率が高い傾向にあった(7名, 54%)。

サプリメント摂取の目的は、いずれの群においても疲労回復と回答した者が半数を超えており、中でも男子の短距離群(26名, 81%)と跳躍群(15名, 100%)に多くみられた。また、男女共に中長距離群は貧血予防・改善(男子22名, 54%; 女子23名, 77%)と回答した者の割合が他群と比較して有意に高かった。さらに、中長距離群において瞬発力向上(男子3名, 7%; 女子1名, 3%)という回答はほとんどみられず、男子においては筋肉増量(3名, 7%)と回答した者もわずかであった。一方、投擲群には筋肉増量(男子

表3. 専門種目と現在摂取しているサプリメント(男子選手；複数回答)

	人数 (%)				
	短距離 (n=32)	中長距離 (n=41)	跳躍 (n=15)	投擲 (n=15)	混成 (n=6)
プロテイン	18 (56%) **	12 (29%) ##	4 (27%) ##	14 (93%)	1 (17%) ##
アミノ酸	16 (50%)	16 (39%)	9 (60%)	7 (47%)	3 (50%)
クレアチン	17 (53%) **##	5 (12%)	4 (27%)	3 (20%)	0 (0%)
鉄	11 (34%)	23 (56%)	2 (13%) **	0 (0%)	2 (33%)
カルシウム	4 (13%)	8 (20%)	3 (20%)	1 (7%)	0 (0%)
ビタミンC	8 (25%)	10 (24%)	4 (27%)	1 (7%)	1 (17%)
覚えていない	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
その他	2 (6%)	5 (12%)	2 (13%)	1 (7%)	1 (17%)

* p<0.05, ** p<0.01 ; vs 中長距離
p<0.05, ## p<0.01 ; vs 投擲

表4. 専門種目と現在摂取しているサプリメント(女子選手；複数回答)

	人数 (%)				
	短距離 (n=41)	中長距離 (n=30)	跳躍 (n=21)	投擲 (n=13)	混成 (n=3)
プロテイン	11 (27%)	10 (33%)	7 (33%)	7 (54%)	0 (0%)
アミノ酸	15 (37%)	14 (47%)	8 (38%)	5 (38%)	2 (67%)
クレアチン	8 (20%)*	1 (3%)	6 (29%)**	2 (15%)	0 (0%)
鉄	15 (37%)**	21 (70%)	10 (48%)	2 (15%)**	1 (33%)
カルシウム	7 (17%)	3 (10%)	3 (14%)	0 (0%)	0 (0%)
ビタミンC	11 (27%)	9 (30%)	8 (38%)	3 (23%)	1 (33%)
覚えていない	1 (2%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (8%)	0 (0%)
その他	2 (5%)	3 (10%)	4 (19%)	1 (8%)	1 (33%)

* p<0.05, ** p<0.01 ; vs 中長距離

表5. 専門種目と現在サプリメントを摂取している目的(男子選手；複数回答)

	人数 (%)				
	短距離 (n=32)	中長距離 (n=41)	跳躍 (n=15)	投擲 (n=15)	混成 (n=6)
体重増量	2 (6%)	0 (0%)	1 (7%)	4 (27%)	0 (0%)
減量	2 (6%)	3 (7%)	1 (7%)	0 (0%)	0 (0%)
筋肉増量	13 (41%) **##	3 (7%)	6 (40%) **	11 (73%) **	2 (33%)
瞬発力向上	16 (50%) **	3 (7%)	5 (33%)*	8 (53%) **	2 (33%)
持久力向上	1 (3%) **	11 (27%)	1 (7%)	1 (7%)	1 (17%)
疲労回復	26 (81%)*	24 (59%)	15 (100%)	9 (60%)	4 (67%)
貧血予防・改善	3 (9%) **	22 (54%)	2 (13%) **	0 (0%)	0 (0%)
コンディション維持	17 (53%)	21 (51%)	7 (47%)	4 (27%)	3 (50%)
不足栄養素の補給	9 (28%)*	4 (10%)	3 (20%)	1 (7%)	0 (0%)
その他	0 (0%)	1 (2%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)

* p<0.05, ** p<0.01 ; vs 中長距離
p<0.05 ; vs 投擲

11名, 73%; 女子7名, 54%)を目的としている者が多くみられた(表5, 6).

まとめ

本調査で確認された摂取経験, 摂取しているサブ

表6. 専門種目と現在サプリメントを摂取している目的(女子選手；複数回答)

	人数(%)				
	短距離 (n=41)	中長距離 (n=30)	跳躍 (n=21)	投擲 (n=13)	混成 (n=3)
体重増量	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	2 (15%)	0 (0%)
減量	0 (0%)	0 (0%)	3 (14%)	0 (0%)	0 (0%)
筋肉増量	4 (10%)##	7 (23%)#	2 (10%)##	7 (54%)	0 (0%)
瞬発力向上	6 (15%)	1 (3%)	5 (24%)*	3 (23%)*	0 (0%)
持久力向上	1 (2%)*	5 (17%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
疲労回復	24 (59%)	20 (67%)	14 (67%)	10 (77%)	2 (67%)
貧血予防・改善	15 (37%)**	23 (77%)	8 (38%)**	0 (0%)	1 (33%)
コンディション維持	22 (54%)	18 (60%)	8 (38%)	7 (54%)	3 (100%)
不足栄養素の補給	10 (24%)	5 (17%)	4 (19%)	5 (38%)	2 (67%)*
その他	2 (5%)	1 (3%)	2 (10%)	0 (0%)	0 (0%)

* p<0.05, ** p<0.01 ; vs 中長距離

p<0.05, ## p<0.01 ; vs 投擲

サプリメントの種類および摂取目的はいずれも少なからず各種目の競技特性を反映していると考えられる。したがって、選手は何らかの知識や情報を得てサプリメントを摂取していると推察される。確かに、トレーニング強度や活動時間だけでなく種目によっても必要な栄養素は異なり、パフォーマンスの維持・向上のためには種目特性に応じた栄養摂取が重要である(河合, 2007)。しかし、ジュニア期は特に食生活を形成する重要な時期であり(川野, 2002), たとえ種目に応じた栄養の必要量を充足させるためであっても安易にサプリメント摂取を勧めるべきではない。もちろん、サプリメントの使用が効果的な場合もあるが、栄養への関心がサプリメントの乱用に繋がるのであれば本末転倒の状況と言えよう。

さらに、パフォーマンス向上を目的としたサプリメント摂取は、ステロイドなどの禁止薬物使用へ移行しやすいことが指摘されている(Calfee et al, 2006)。したがって、前報の結果からジュニア選手にとって重大な影響力であることが示された選手の指導者および家族は、食事から栄養摂取することの重要性やサプリメント摂取に伴うリスクをしっかりと認識した上で情報を提供しなくてはならない。

参考文献

- Calfee R, Fadale P (2006) Popular Ergogenic bDrugs and Supplements in Young Athletes. Pediatrics, 117(3), 577-589.
- 河合美香 (2007) 競技特性と体調に応じた食事のとり方. コーチングクリニック, 21(4), 10-13.
- 川野因 (2002) 適切な使用法について指導原則. 臨

床スポーツ医学, 19(10), 1127-1134.

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

石井好二郎^{1), 2)} 瀧澤一騎³⁾ 綾部誠也⁴⁾⁵⁾

1) 北海道大学 2) 同志社大学 3) 新潟医療福祉大学 4) 順天堂大学 5) 福岡大学

強化委員会より依頼があり、大阪世界陸上においてロード種目（マラソン・競歩）の暑さ対策に関する情報提供ならびに収集を行った。

マラソン競技においては、男女とも国際陸上競技連盟（IAAF）が提唱するロードレースのリスクチャート（表1）に当てはめれば、極めて過酷な暑熱環境下でのレースであった（図1）。その環境下で、男子3名入賞・団体金メダル、女子銅メダル・6位入賞・団体銅メダルの成績を残した。

また競歩種目においては、国と地域ごとのエイドステーションが設けられており、氷による頭部冷却（写真1）やネッククーリングによる頸部冷却（写真2）、冷却作用があると思われるヘアバンドの使用（写真3）が確認された。したがって今後の暑さ対策には、給水に加え、蒸発、伝導、対流、輻射

の機序を利用した方法を講ずる必要がある。

表1. ロードレースのリスクチャート（IAAF、1998）

WBGT	危険度	警告
28°C~	きわめて高い	レース開催日の変更を検討する。どうしても開催する場合は応急処置準備を整えること。
23~28°C	高い	熱中症は誰でも起こりうる状態。危険を感じた場合は即座に中止する。
18~23°C	中等度	曝される時間が長いほどリスクは増加する。
~18°C	低い	危険性は低いが、注意は必要。

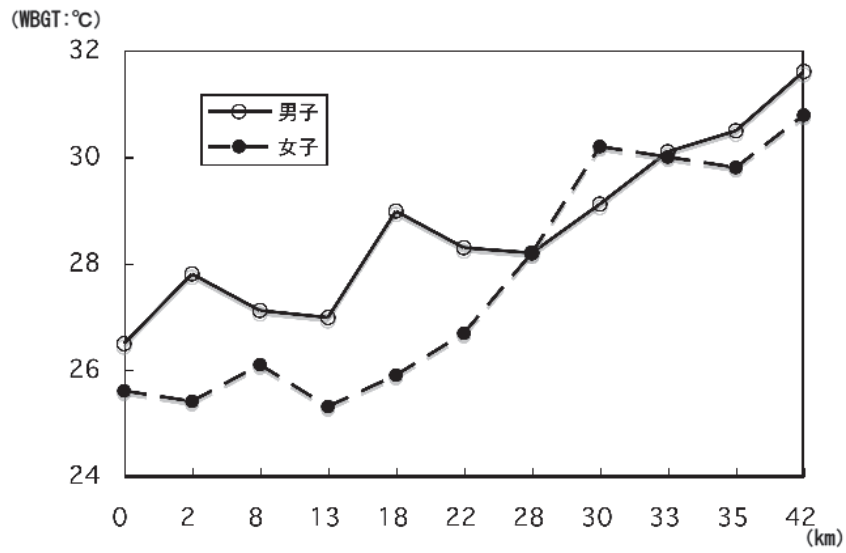


図1. 大阪世界陸上マラソン時のWBGT



写真1



写真2



写真3

110m ハードル走に関するキネマティクスの研究

柴山一仁¹⁾ 藤井範久²⁾ 阿江通良²⁾ 伊藤 章³⁾ 貴嶋孝太³⁾ 門野洋介¹⁾ 大島雄治¹⁾
1) 筑波大学大学院 2) 筑波大学 3) 大阪体育大学

1. はじめに

陸上競技の110mハードル走(以下110mH走と表記)で高いパフォーマンスを発揮するためには,大きな水平疾走速度の獲得だけでなく,ハードルを効率よく越えるためのインターバル走とハードリングの技術が必要である。しかし,インターバルの距離(9.14m)とハードルの高さ(1.067m)が決まっているために,インターバル走動作およびハードリング動作は,選手の身体的特性,特に身長によって,大きく影響を受けると考えられる。

110mH走の1サイクル走動作に関する相関分析を扱った研究として,伊藤ら(1997)の大学男子選手9名を対象にした研究がある。伊藤らはハードル走速度と相関関係が認められた動作項目として,①踏切における支持期前半の身体重心の減速量,②踏切前における踏切脚大腿の角速度,③ハードリング後の着地脚の振り戻し角速度,④着地脚接地時の膝関節角度,⑤支持期における支持脚最大後方スイング速度,などを挙げている。

本報告では,2007年に開催された公認陸上競技会における国内外男子一流110mH走選手,および学生選手の6-7台目ハードルの1サイクル区間におけるキネマティクスの特徴について,身長を考慮した報告を行う。

2. 方法

2.1 データ収集

表1に示した競技会における110mHレースに参加した男子選手20名を分析対象者とした(表2)。分析対象者は,当該競技会での記録が2007年度のシーズンベスト記録に対して98%以上を達成したものとした。

110mHレース中の6台目ハードルのリード脚接

地(1-on)から7台目ハードルの踏切脚の接地(4-on)まで(以下DV撮影区間)をデジタルVTRカメラ(DCR-VX2000またはHDR-FX1,SONY社製,撮影スピード毎秒60コマ,露出時間1/1000秒~1/2000秒)を用いて2次元撮影を行った。7台目ハードルの踏切脚の接地からリード脚の接地(5-on)まで(以下HSV撮影区間)を2台の高速度VTRカメラ(HSV-500C3,NAC社製,撮影スピード毎秒250コマ,露出時間1/1000秒またはPhantom V4.3,撮影スピード毎秒200コマ,露出時間1/600秒~1/5000秒,Nobby Tech社製)を用いて3次元撮影を行った。

2.2 データ処理

(1) 2次元座標

DV撮影区間を対象に,撮影したVTR画像から選手の身体計測点と較正マークを動作分析装置(Frame-DIAS II,DKH社製)を用いてデジタル化し,得られた身体の2次元座標を較正マークをもとに実座標に換算した。

(2) 3次元座標

HSV撮影区間を対象に,撮影したVTR画像から選手の身体計測点を動作分析装置(Frame-DIAS II,DKH社製)を用い2コマごとにデジタル化した。2つのVTR画像の身体計測点とコントロールポイントの2次元座標から,DLT法により3次元実座標を算出した。さらに矢状面の2次元座標に変換後,DV撮影区間の2次元座標と統合し分析を行った。

(3) 平滑化

得られた座標値は,バターワース型デジタルフィルタを用いて平滑化した。このときの遮断周波数は,分析点の座標成分ごとに決定した(DV撮影区間;3.6~8.4Hz,HSV撮影区間;5~13.75Hz)。

2.3 局面分け

ハードリング後の接地を1-onとして,図1に示す

ような動作時点と局面を定義した。

表1 VTR撮影の対象とした競技会

競技会名	日付	分析対象者数
第3回筑波大学陸上競技会	2007.4.28	2
2007 国際グランプリ陸上大阪大会*	2007.5.5	3
第91回日本陸上競技選手権大会*	2007.6.29-30	8
第11回世界陸上競技選手権大会*	2007.8.29-31	7

*日本陸上競技連盟科学委員会バイオメカニクス班の活動の一環として撮影した競技会

表2 分析対象者の特性

	平均±標準偏差	最大値-最小値
身長 (m)	1.84±0.05	1.92-1.77
体重 (kg)	74.4±7.8	91.0-60.0
07シーズンベスト記録 (s)	13.66±0.48	14.37-12.92
レース記録 (s)	13.75±0.49	14.48-13.02
シーズンベスト/ レース記録 達成率 (%)	99.3±0.8	100.0-98.1

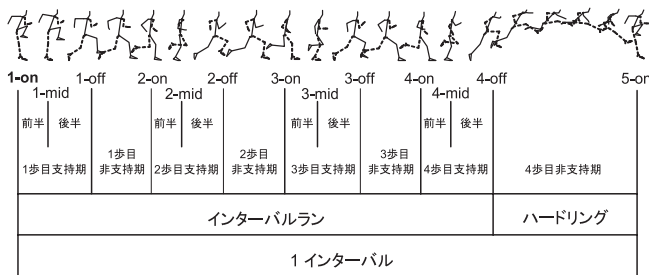


図1 動作時点および局面の定義

2.4 算出項目

(1) 重心座標および速度

平滑化した身体分析点の座標データから、身体部分および全身の重心座標を算出した。また、身体重心座標を数値微分することにより各動作時点における身体重心速度を算出した。

(2) ストライド

接地した足のつま先と次の歩のつま先の水平座標値の差をストライドとして算出した。

(3) 身体部分および下肢関節の角度と角速度

身体部分および下肢関節の角度を算出し、さらに数値微分することで角速度を算出した。

(4) 踏切距離, 着地距離

4-offのつま先とハードルの水平座標値の差を踏切距離, ハードルと5-onのつま先の水平座標値の差を着地距離とした。

(5) 踏切側および着地側身体重心変位

4-offにおける身体重心高とハードリング中の身体重心鉛直座標の最大値との差を踏切側身体重心変

位, 5-onの身体重心高とハードリング中における身体重心鉛直座標の最大値との差を着地側身体重心変位とした。

(6) 踏込角度, 踏切角度

各歩の接地時および離地時における身体重心の水平, 鉛直速度成分から逆正接をを求めることで, 踏込角度と踏切角度を算出した。

(7) 支持脚スイング角速度

大転子と外踝を結んだ線分と, 鉛直とのなす角度を数値微分することによって, 支持脚スイング角速度を算出した。前方へのスイングを正, 後方へのスイングを負とした。

(8) 身体重心移動距離

各局面における身体重心の水平移動距離を, 身体重心移動距離として算出した。

2.5 統計処理

身長の影響を考慮するために, 算出項目を目的変数, 疾走速度と身長を説明変数とした重回帰分析 (ステップワイズ法, 有意水準5%未満) を行い, 最も当てはまりの良い回帰関数を求め, 回帰式に採用された説明変数を分析対象とした。

算出項目と採用された説明変数との相関関係を検定するため, ピアソンの相関係数を算出した。有意水準は5%未満とした。

統計処理には, 統計処理ソフト (StatView, SAS Institute社製) を用いた。

3. 結果および考察

3.1 着地動作 (1歩目)

図2は着地距離と身長の関係を示したものである。着地距離と身長との間には有意な負の相関がみられた ($r = -0.503, p < 0.05$)。図3は着地側身体重心変位と身長との関係を示したものである。着地側身体重心変位と身長との間には有意な正の相関がみられた ($r = 0.733, p < 0.001$)。図4は1-onの踏込角度と身長との関係を示したものである。1-onの踏込角度と身長の間には, 有意な正の相関がみられた ($r = 0.670, p < 0.01$)。これらのことから, 身長が低い競技者は, 1歩目の接地がハードルから遠く, ハードリング中の身体重心の落下高が大きくなり, その結果として1-onの踏込角度が大きくなっていったと考えられる。

図5は1-onの支持脚下腿角度と疾走速度の関係を示したものである。1-onの支持脚下腿角度と疾走速度の間には, 有意な正の相関がみられた ($r =$

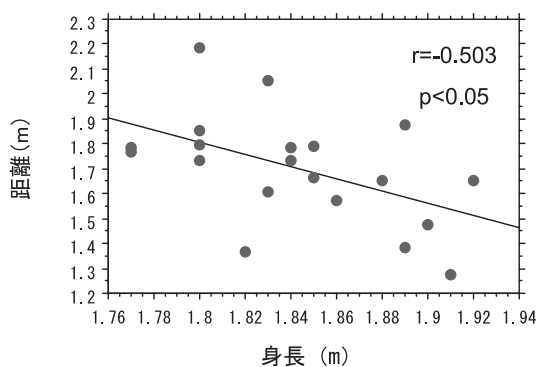


図2 着地距離と身長の関係

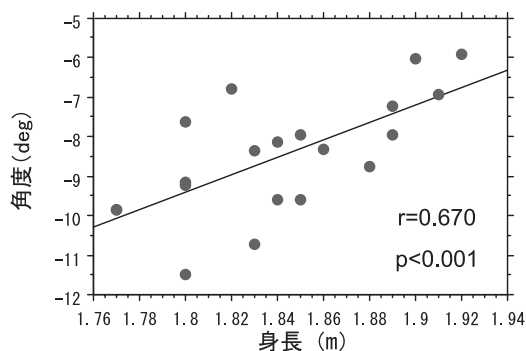


図4 1-on踏込角度と身長の関係

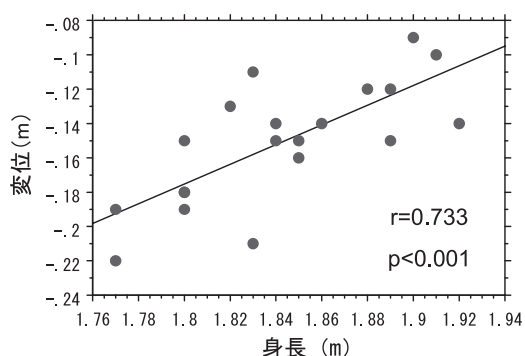


図3 着地側身体重心変位と身長の関係

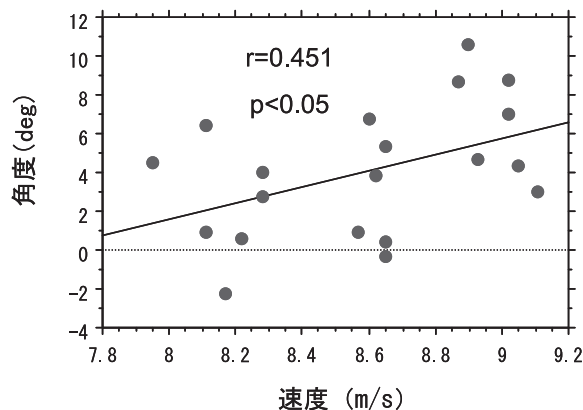


図5 1-on支持脚下腿角度と疾走速度の関係

0.451, $p < 0.05$) . 図6は1-onの支持脚下腿角速度と疾走速度の関係を示したものである. 1-midの支持脚下腿角速度と疾走速度の間には, 有意な負の相関がみられた ($r = -0.663$, $p < 0.01$) . 図7は1-onの体幹角度と疾走速度の関係を示したものである. 1-onの体幹角度と疾走速度の間には, 有意な負の相関がみられた ($r = -0.555$, $p < 0.05$) . 図8は1-onの支持脚スイング角速度と疾走速度の関係を示したものである. 1-onの支持脚スイング角速度と疾走速度の間には, 有意な負の相関がみられた ($r = -0.616$, $p < 0.01$) . 図9は1-midの支持脚スイング角速度と疾走速度の関係を示したものである. 1-midの支持脚スイング角速度と疾走速度の間には, 有意な負の相関がみられた ($r = -0.536$, $p < 0.05$) . また, 伊藤ら (1997) の報告にあった接地時の支持脚膝関節角度と疾走速度との相関はみられなかった.

これらのことから, 疾走速度の大きい競技者は支持脚の下腿を後傾させ, 体幹を前傾させた状態で接地し, 支持脚下腿の大きな前傾角速度および支持脚全体の後方スイング角速度によって, 身体を効率よく進めていたと考えられる.

1歩目では, 身長の影響によって着地距離等に差が出るものの, 動作は疾走速度に大きな影響を受けていたと考えられる.

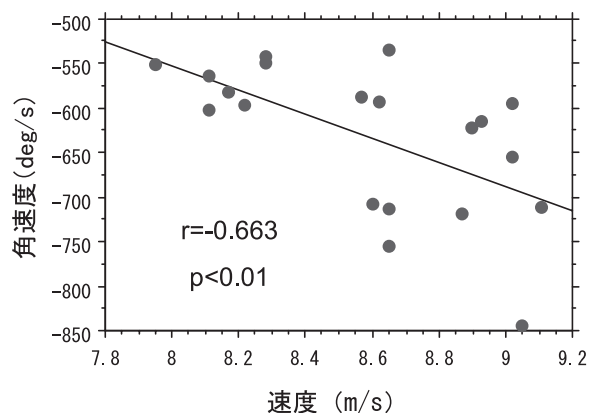


図6 1-on支持脚下腿角速度と疾走速度の関係

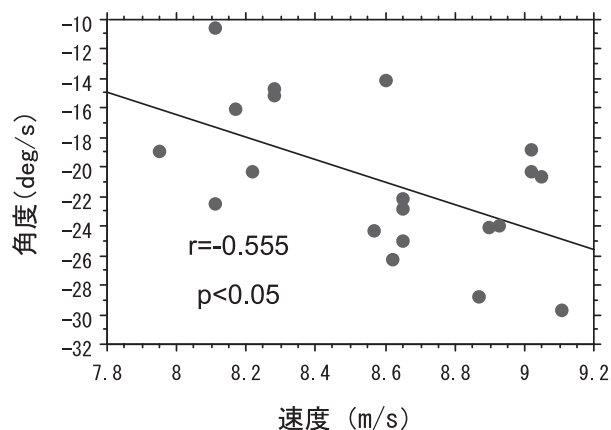


図7 1-on体幹角度と疾走速度の関係

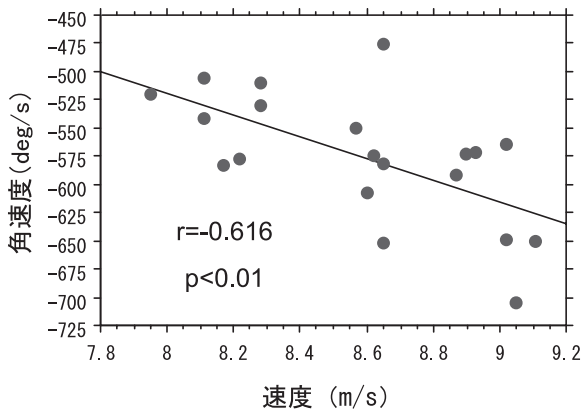


図8 1-on支持脚スイング角速度と疾走速度の関係

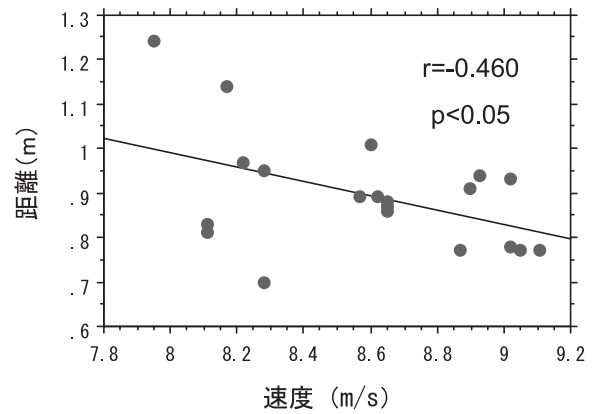


図11 2歩目非支持期身体重心移動距離と疾走速度の関係

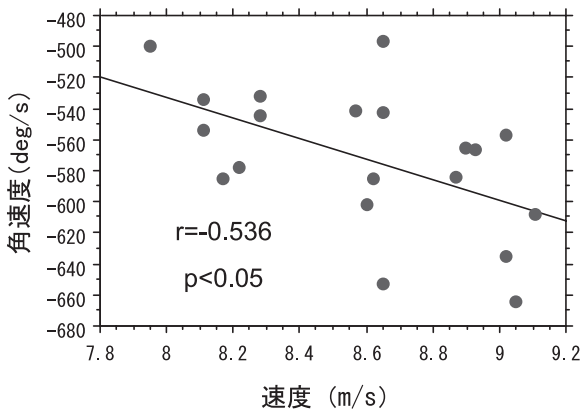


図9 1-mid支持脚スイング角速度と疾走速度の関係

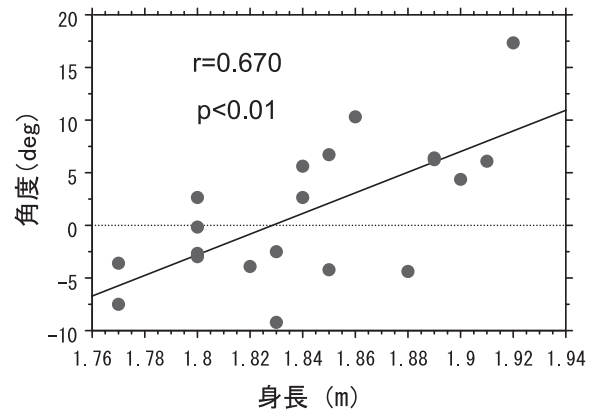


図12 2-on遊脚大腿角度と身長の関係

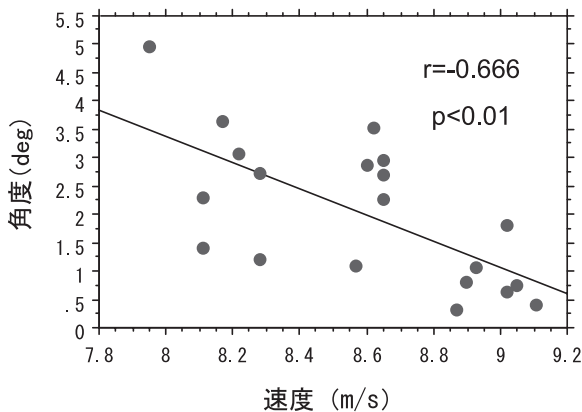


図10 2-off踏切角度と疾走速度の関係

3.2 2歩目

図10は2-offの踏切角度と疾走速度の関係を示したものである。2-offの踏切角度と疾走速度との間には、有意な負の相関がみられた ($r = -0.666$, $p < 0.01$)。

図11は2歩目非支時期の身体重心移動距離と疾走速度の関係を示したものである。2歩目非支時期の身体重心移動距離と疾走速度との間には、有意な負の相関がみられた ($r = -0.460$, $p < 0.05$)。これら

のことから、疾走速度の大きな競技者は、2-offにおいて踏切角度を小さくすることで、非支持期の身体重心移動距離を小さくしていたものと考えられる。

図12は2-onの遊脚大腿角度と身長の関係を示したものである。2-onの遊脚大腿角度と身長との間には、有意な正の相関がみられた ($r = 0.670$, $p < 0.01$)。図13は2-onの遊脚股関節角度と身長との関係を示したものである。2-onの遊脚股関節角度と身長との間には、有意な負の相関がみられた ($r = -0.736$, $p < 0.001$)。図14は2-midの支持脚下腿角速度と疾走速度の関係を示したものである。2-midの支持脚下腿角速度と疾走速度との間には、有意な負の相関がみられた ($r = -0.518$, $p < 0.05$)。図15は2-midの支持脚スイング角速度と疾走速度の関係を示したものである。2-midの支持脚スイング角速度と疾走速度との間には、有意な負の相関がみられた ($r = -0.516$, $p < 0.05$)。図16は2-offの支持脚膝関節角度と疾走速度の関係を示したものである。2-offの支持脚膝関節角度と疾走速度との間には、有意な負の相関がみられた ($r = -0.498$, $p < 0.05$)。

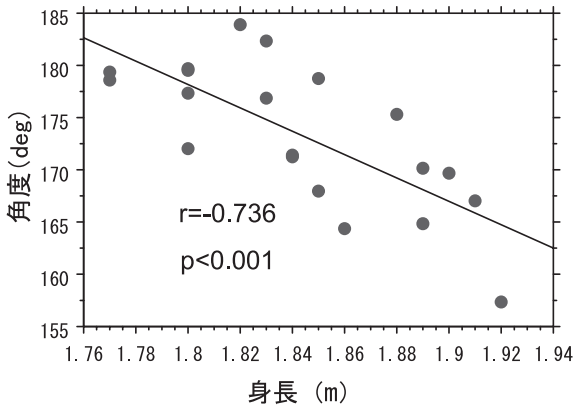


図13 2-on遊脚股関節角度と身長の関係

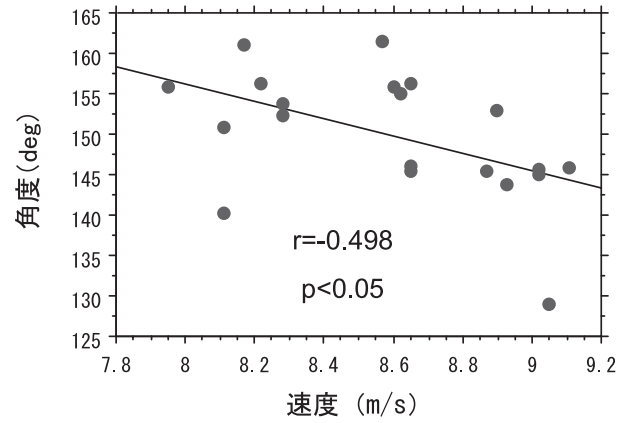


図16 2-off支持脚膝関節角度と疾走速度の関係

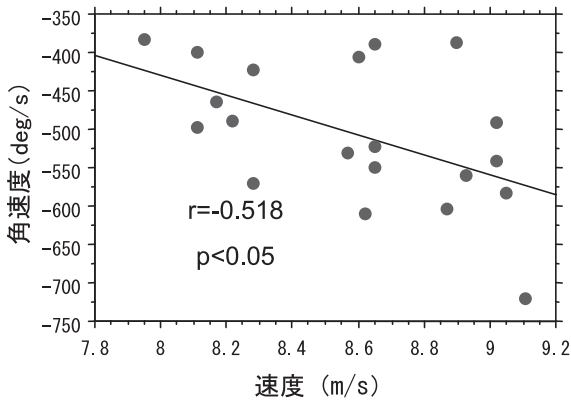


図14 2-mid支持脚下腿角速度と疾走速度の関係

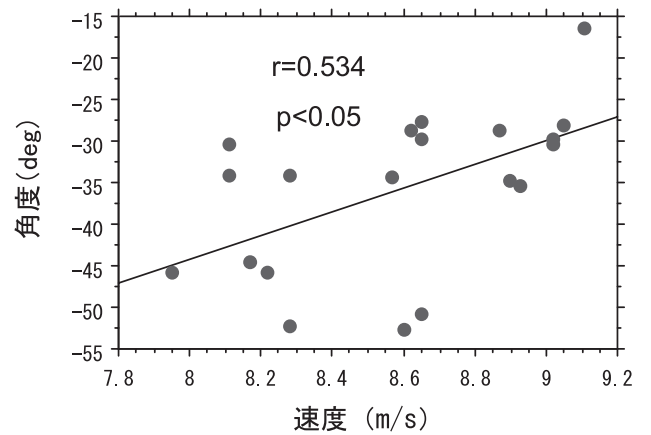


図17 2-off遊脚下腿角度と疾走速度の関係

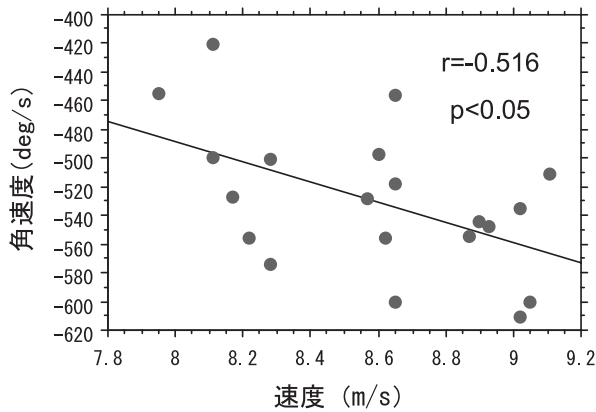


図15 2-mid支持脚スイング角速度と疾走速度の関係

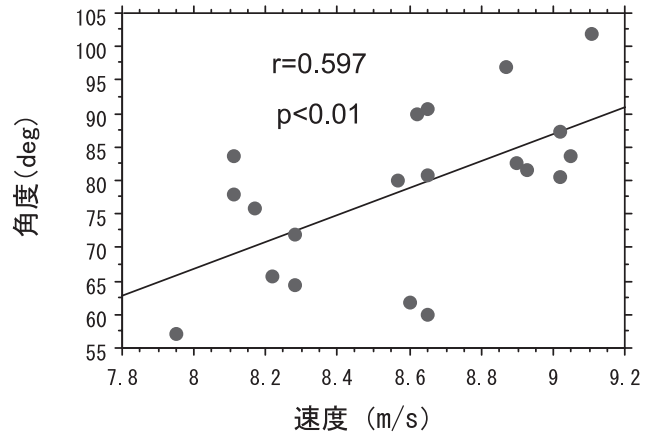


図18 2-off遊脚膝関節角度と疾走速度の関係

図17は2-offの遊脚下腿角度と疾走速度の関係を示したものである。2-offの遊脚下腿角度と疾走速度との間には、有意な正の相関がみられた ($r = 0.534$, $p < 0.05$)。図18は2-offの遊脚膝関節角度と疾走速度の関係を示したものである。2-offの遊脚膝関節角度と疾走速度との間には、有意な正の相関がみられた ($r = 0.597$, $p < 0.01$)。図19は2-offの支持脚スイング角速度と身長の関係を示したものである。2-offの支持脚スイング角速度と身長との間には、有意な正の相関がみられた ($r = 0.600$, p

< 0.01)。図20は2-offの遊脚大腿角速度と身長の関係を示したものである。2-offの遊脚大腿角速度と身長との間には、有意な負の相関がみられた ($r = -0.563$, $p < 0.01$)。

これらのことから、身長の高い競技者の特徴として、2歩目支持期前半の遊脚のリカバリーが早く、さらに離地時には支持脚後方スイング速度および遊脚の大腿前方スイング速度が小さかったことが挙

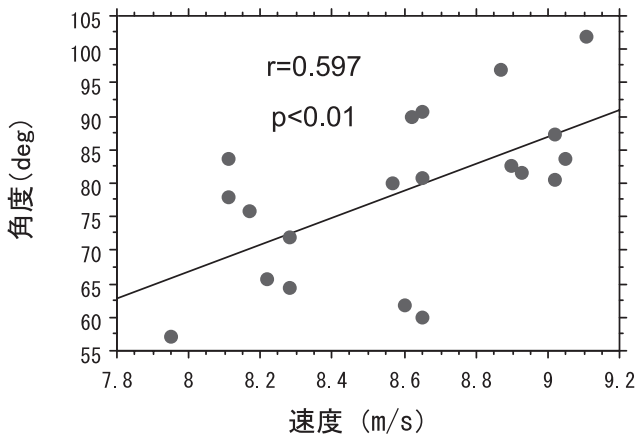


図18 2-off遊脚膝関節角度と疾走速度の関係

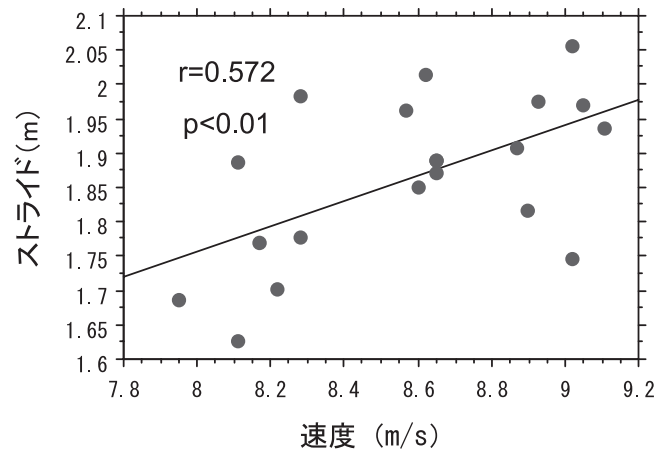


図21 3-4歩目ストライドと疾走速度の関係

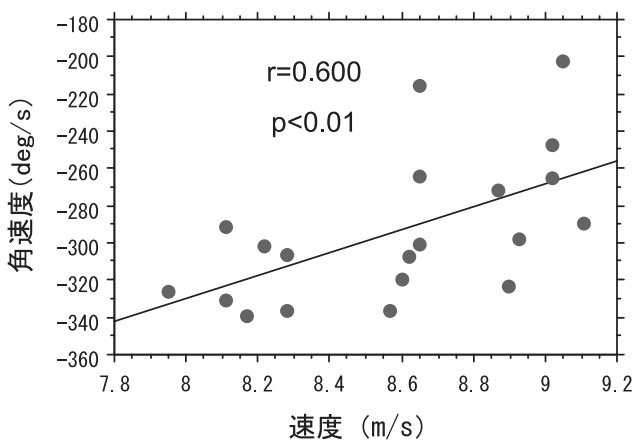


図19 2-off支持脚スイング角速度と疾走速度の関係

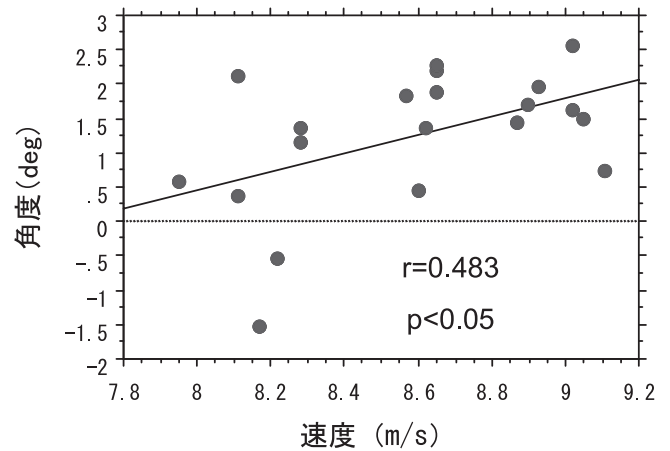


図22 3-off踏切角度と疾走速度の関係

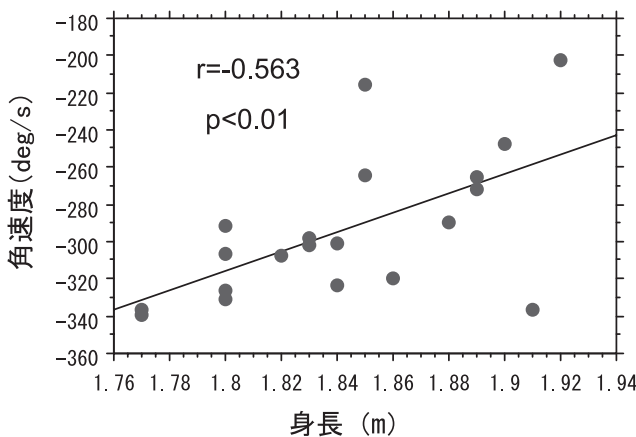


図20 2-off遊脚大腿角速度と疾走速度の関係

げられる。それによって、2歩目のストライドを抑え、ピッチを高める動作を行っていたと考えることができる。

110mH走ではハードル間のインターバルが9.14mと規定されており、ストライドが制限された中でできる限りピッチを高めることが重要となる。2歩目

において、身長の高い選手は遊脚のリカバリーを早め、離地時に支持脚のキック動作や遊脚のもも上げ動作を抑えることで、ピッチを高めることができていたと考えられる。

疾走速度の大きな競技者の特徴として、2-midの支持脚下腿前傾速度および支持脚後方スイング角速度が大きく、支持期中間で身体を効率よく進めることができていたと考えられる。また、2-offの支持脚膝関節角度を小さくするとともに、下腿を振り出すことによって遊脚膝関節角度を大きくしていた。

3.3 3歩目

図21は3-4歩目のストライドと疾走速度の関係を示したものである。3-4歩目のストライドと疾走速度との間には、有意な正の相関がみられた ($r = 0.572$, $p < 0.01$)。図22は3-offの踏切角度と疾走速度の関係を示したものである。3-offの踏切角度と疾走速度との間には、有意な正の相関がみられた ($r = 0.483$, $p < 0.05$)。

3歩目の動作と疾走速度および身長の間には有意な相関関係はほとんど認められなかったが、図10と

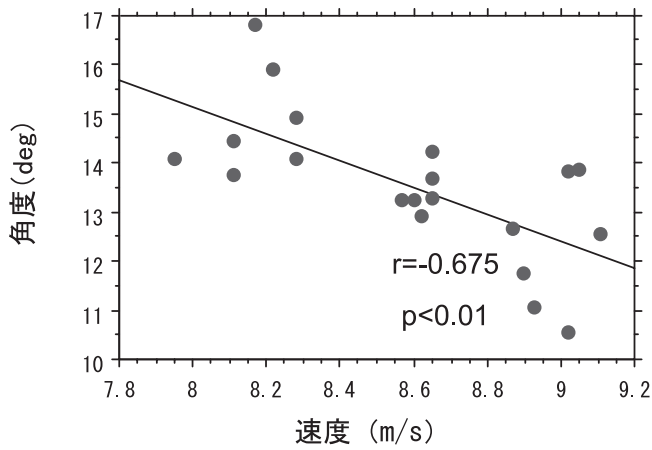


図23 4-off踏切角度と疾走速度の関係

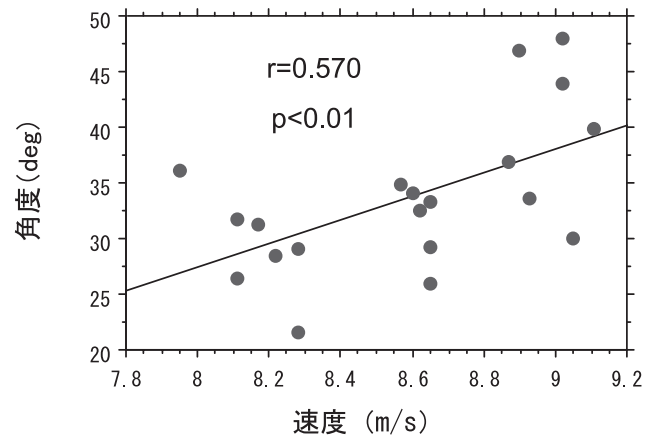


図25 4-mid遊脚膝関節角度と疾走速度の関係

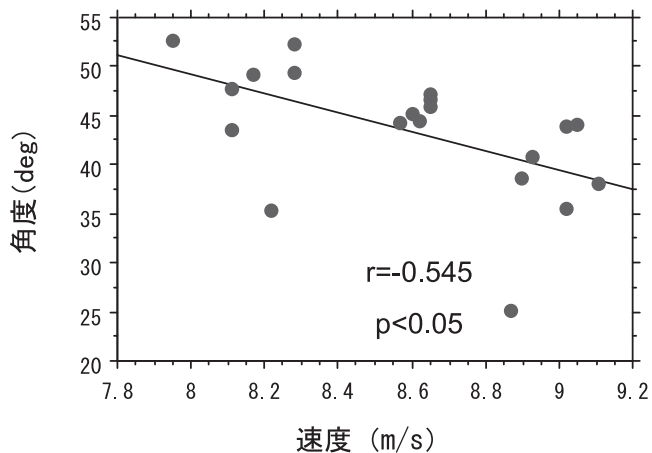


図24 4-mid遊脚大腿角度と疾走速度の関係

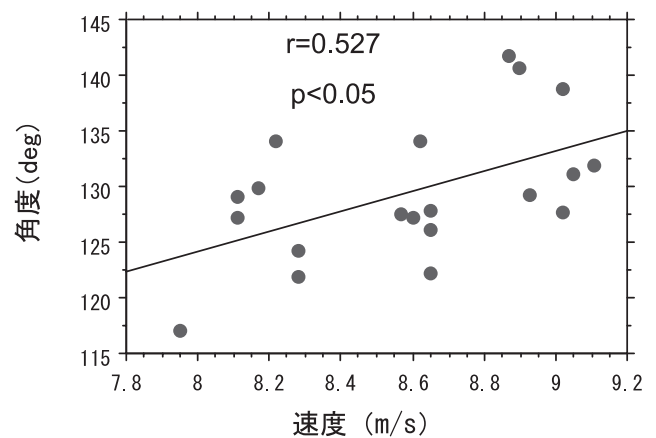


図26 4-mid遊脚股関節角度と疾走速度の関係

図22から、疾走速度の大きな競技者は2-offと3-offの踏切角度が同じような値を示しているのに対し、疾走速度の小さな競技者は、2-offに比べ、3-offの踏切角度が小さく、また3-4歩目のストライドも小さかった。

これらのことから、3歩目では踏切準備のために疾走速度に拘わらず同じような動作を行う必要があり、その結果踏切角度やストライドに差を生じているのではないかと考えられる。

3.4 踏切動作 (4歩目)

図23は4-offの踏切角度と疾走速度の関係を示したものである。4-offの踏切角度と疾走速度の間には、有意な負の相関がみられた ($r = -0.675$, $p < 0.01$)。

図24は4-midの遊脚大腿角度と疾走速度の関係を示したものである。4-midの遊脚大腿角度と疾走速度の間には、有意な負の相関がみられた ($r = -0.545$, $p < 0.05$)。

図25は4-midの遊脚膝関節角度と疾走速度の関係を示したものである。4-midの遊脚膝関節角度と疾

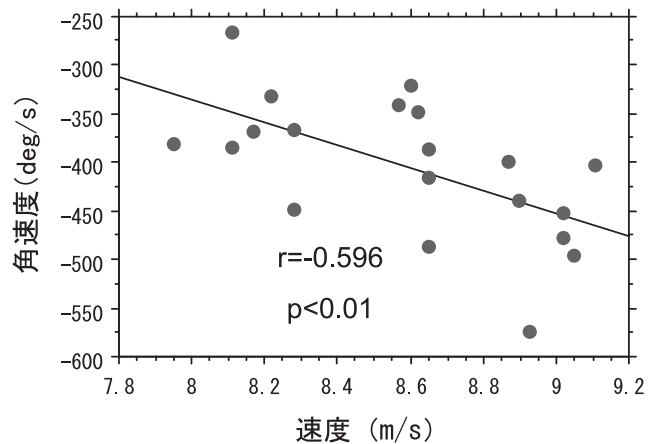


図27 4-mid支持脚下腿角速度と疾走速度の関係

走速度との間には、有意な正の相関がみられた ($r = 0.570$, $p < 0.01$)。図26は4-midの遊脚股関節角度と疾走速度の関係を示したものである。4-midの遊脚股関節角度と疾走速度の間には、有意な正の相関がみられた ($r = 0.527$, $p < 0.05$)。図27は4-midの支持脚下腿角速度と疾走速度の関係を示したものである。4-midの支持脚下腿角速度と疾走速度の間には、有意な負の相関がみられた ($r = -0.596$, p

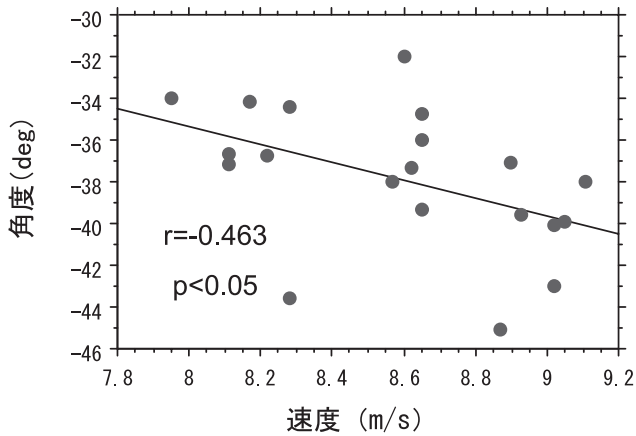


図28 4-off支持脚下腿角度と疾走速度の関係

く 0.01) . 図28は4-offの支持脚下腿角度と疾走速度の関係を示したものである. 4-offの支持脚下腿角度と疾走速度との間には, 有意な負の相関がみられた ($r = -0.463$, $p < 0.05$) . また, 4-midの支持脚スイング角速度と疾走速度および身長との間に, 有意な相関関係がみられた ($R = 0.694$, $p < 0.01$) . 回帰係数は, 疾走速度が負の値を, 身長が正の値を示した.

これらのことから, 疾走速度の大きい競技者は, 4-midで遊脚(リード脚)を引き上げるタイミングを遅らせているとともに, 膝関節を小さくたたむことなく踏切動作を行っていたと考えられる. Mann (1996) は, 踏切支持期中のリード脚の動作について, 2種類の動作が存在すると報告している. 1つ目はリード脚の膝関節を大きく屈曲させたコンパクトで素早い踏切動作であり, 2つ目は, リード脚の膝関節の屈曲を小さくさせた力強い踏切動作である. Mannはエリートハードラーでは, 後者の踏切動作を用いていると報告しており, 本報告でも同様の結果が得られた. また, 疾走速度の大きな競技者は, 4-midから4-offにかけて大きな支持脚下腿の前傾角速度を生じていたことによって, 小さな踏切角度で踏切動作を行うことができたと考えられる.

4. まとめ

本報告から, 以下のようなキネマティクスの特徴が明らかになった.

- ① 1歩目では, 身長の影響によって着地距離等に差が出るが, 疾走速度の大きな競技者は, 支持脚の下肢前傾角速度および後方スイング角速度によって身体を効率よく進めていた.
- ② 2歩目では, 疾走速度の大きな競技者は2-midの支持脚下腿前傾速度および支持脚後方スイング角速

度が大きく, 支持期中間で身体を効率よく進めることができていた. また, 身長の高い選手は遊脚のリカバリーを早め, 離地時に支持脚のキック動作や遊脚のもも上げ動作を抑え, ピッチを高めていた.

③ 3歩目では踏切準備のために疾走速度に関わらず同じような動作を行う必要があり, その結果踏切角度やストライドに差を生じていた.

④ 疾走速度の大きい競技者は, 4-midで遊脚(リード脚)を引き上げるタイミングを遅らせているとともに, 膝関節を小さくたたむことなく踏切動作を行っていた. また, 4-midから4-offにかけて, 大きな支持脚下腿の前傾角速度を生じており, それによって小さな踏切角度で踏切動作を行うことができた.

参考文献

- 伊藤 章, 富樫 勝 (1997) ハードル走のバイオメカニクス的研究: スプリント走との比較. 体育学研究42: 246-260.
- Mann, R. (1996) The mechanics of sprinting and hurdling. Unpublished report for The Athletics Congress and U.S. Olympic Committee, Colorado springs: 89-119.

世界および日本一流 400m ハードル選手のレースパターン分析

森丘保典¹⁾ 山崎一彦²⁾ 榎本靖士³⁾ 柳谷登志男⁴⁾ 杉田正明⁵⁾ 阿江通良⁶⁾
1) 日本体育協会 2) 福岡大学 3) 京都教育大学
4) 順天堂大学 5) 三重大学 6) 筑波大学

はじめに

本報告は、2007年に開催された国内主要大会および世界陸上大阪大会における世界および日本一流400mハードル選手のレースをタイム分析し、そのレースパターンの特徴について明らかにすることを目的とした。

方法

分析対象レースは、2007年に行われた国内の主要2大会（国際グランプリ大阪大会、日本選手権）の決勝（男子2レース、女子1レース）および世界陸上大阪大会において日本人選手が出場した予選・準決勝（男子4レース、女子1レース）および決勝（男女各1レース）であった。

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。

スタートから第1ハードル（H1）までの区間をS-H1とし、以下ハードル間をH1-2, H2-3…、H9-10, 最終ハードル（H10）からフィニッシュまでをH10-Fとした。また、スタートからH5までをレース前半区間（以下、前半）、H5からH8までをレース中盤区間（以下、中盤）、H8からフィニッシュまでをレース後半区間（以下、後半）と定義した。

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。

前半から中盤、中盤から後半にかけての疾走速度低下率（以下それぞれ前～中低下率、中～後低下率）は、それぞれの区間平均速度を求め、次式にて算出した。

< 疾走速度低下率 (%) >

前～中低下率 = $[1 - (\text{中盤速度(m/s)} / \text{前半速度(m/s)})] \times 100$

中～後低下率 = $[1 - (\text{後半速度(m/s)} / \text{中盤速度(m/s)})] \times 100$

結果

(1) 国際グランプリ大阪大会

為末選手（3位）は、H5通過が21.17秒と、自身のレースパターンとしては平均的なペースで通過している。中盤での速度低下はある程度抑えられているが（前～中低下率は5%台）、H7以降の減速が大きかった（中～後低下率は10%台）。

成迫選手（4位）は、H5通過で為末選手に先行する積極的なレースをみせるが（21.14秒）、H7を引っかけて大きく減速し（H7-8）、H9-10で再加速するなど、H7以降の速度変化が極端に大きかった。

吉形選手（5位）は、自身の48秒台レース（21.4秒台）に比べてH5通過が遅く（21.71秒）、前～中低下率は5%台に抑えているものの、後半の減速が大きかった（中～後低下率は9%）。

(2) 日本選手権

為末選手（1位）は、向かい風のコンディション

表1 国際グランプリ大阪大会 (男子)

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
ジャクソン	1位	区間時間	5.71	3.69	3.89	4.07	4.12	3.99	4.10	4.24	4.42	4.65	5.25
		通過時間	9.40	13.29	17.36	21.48	25.47	29.57	33.81	38.23	42.88	48.13	
		歩数	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	
カーター	2位	区間時間	5.79	3.70	3.75	3.97	4.07	4.12	4.22	4.32	4.42	4.59	5.27
		通過時間	9.49	13.24	17.21	21.28	25.40	29.62	33.94	38.36	42.95	48.22	
		歩数	13	13	13	13	13	14	14	14	14	14	
為末大	3位	区間時間	5.82	3.70	3.79	3.87	3.99	4.09	4.19	4.40	4.59	4.79	5.50
		通過時間	9.52	13.31	17.18	21.17	25.26	29.45	33.85	38.44	43.23	48.73	
		歩数	13	13	13	13	14	14	15	15	15	15	
成迫健児	4位	区間時間	5.97	3.69	3.72	3.82	3.94	4.07	4.25	4.62	4.77	4.70	5.65
		通過時間	9.66	13.38	17.20	21.14	25.21	29.46	34.08	38.85	43.55	49.20	
		歩数	13	13	13	13	13	14	14	15	15	15	
吉形政衛	5位	区間時間	6.07	3.75	3.87	3.92	4.10	4.17	4.39	4.45	4.62	4.79	5.56
		通過時間	9.82	13.69	17.61	21.71	25.88	30.27	34.72	39.34	44.13	49.69	
		歩数	14	14	14	14	14	15	15	15	15	15	

表2 日本選手権 (男女)

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
為末大	1位	区間時間	5.86	3.67	3.79	3.90	3.94	4.10	4.25	4.49	4.62	4.74	5.51
		通過時間	9.53	13.32	17.22	21.16	25.26	29.51	34.00	38.62	43.36	48.87	
		歩数	13	13	13	13	14	14	15	15	15	15	
成迫健児	2位	区間時間	5.99	3.69	3.74	3.82	3.92	4.07	4.32	4.45	4.59	4.72	5.70
		通過時間	9.68	13.42	17.24	21.16	25.23	29.55	34.00	38.59	43.31	49.01	
		歩数	13	13	13	13	13	14	14	15	15	15	
吉形政衛	3位	区間時間	6.02	3.77	3.94	4.02	4.10	4.22	4.37	4.40	4.54	4.67	5.48
		通過時間	9.79	13.73	17.75	21.85	26.07	30.44	34.84	39.38	44.05	49.53	
		歩数	14	14	14	14	14	15	15	15	15	15	
久保倉里美	1位	区間時間	6.56	4.44	4.44	4.57	4.64	4.75	4.89	5.02	5.17	5.46	6.16
		通過時間	10.99	15.43	20.00	24.64	29.40	34.28	39.31	44.48	49.93	56.09	
		歩数	16	16	16	16	17	17	17	17	18	18	

表3 世界陸上大阪大会 (男子)

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
クレメント USA	1位	区間時間	5.86	3.77	3.70	3.69	3.80	4.02	4.17	4.29	4.59	4.67	5.05
		通過時間	9.63	13.33	17.02	20.82	24.84	29.01	33.30	37.89	42.56	47.61	
		歩数	13	13	13	13	13	13	13	15	15	15	
サンチェス DOM	2位	区間時間	5.97	3.69	3.75	3.80	3.92	4.15	4.25	4.32	4.42	4.49	5.25
		通過時間	9.66	13.41	17.21	21.13	25.28	29.53	33.85	38.27	42.76	48.01	
		歩数	13	13	13	13	14	14	15	15	15	15	
ブラウゴ POL	3位	区間時間	5.87	3.69	3.74	3.77	3.95	4.12	4.39	4.25	4.47	4.60	5.27
		通過時間	9.56	13.30	17.07	21.02	25.14	29.53	33.78	38.25	42.85	48.12	
		歩数	13	13	13	13	13	14	14	14	14	14	
カーター USA	4位	区間時間	5.76	3.69	3.74	3.85	4.00	4.14	4.22	4.25	4.49	4.70	5.56
		通過時間	9.45	13.19	17.04	21.04	25.18	29.40	33.65	38.14	42.84	48.40	
		歩数	13	13	13	13	13	14	14	14	14	14	
マクファーレン JAM	5位	区間時間	6.02	3.74	3.80	3.87	4.00	4.07	4.26	4.30	4.45	4.67	5.41
		通過時間	9.76	13.56	17.43	21.43	25.50	29.76	34.06	38.51	43.18	48.59	
		歩数	13	13	13	13	13	14	14	14	14	14	
イアコバキス GRE	6位	区間時間	5.98	3.69	3.75	3.85	3.99	4.14	4.42	4.45	4.67	4.75	5.56
		通過時間	9.67	13.42	17.27	21.26	25.40	29.82	34.27	38.94	43.69	49.25	
		歩数	13	13	13	13	13	14	14	14	14	14	
成迫健児	SF5	区間時間	6.02	3.69	3.74	3.79	3.94	4.09	4.31	4.32	4.52	4.62	5.40
		通過時間	9.71	13.45	17.24	21.18	25.27	29.58	33.90	38.42	43.04	48.44	
		歩数	13	13	13	13	13	14	14	15	15	15	
為末大	H6	区間時間	6.00	3.70	3.74	3.84	3.94	4.10	4.40	4.40	4.60	4.67	5.53
		通過時間	9.70	13.44	17.28	21.22	25.32	29.72	34.12	38.72	43.39	48.92	
		歩数	13	13	13	13	13	14	14	15	15	15	
吉形政衛	H6	区間時間	5.87	3.72	3.85	3.99	4.05	4.20	4.30	4.55	4.70	4.85	5.59
		通過時間	9.59	13.44	17.43	21.48	25.68	29.98	34.53	39.23	44.08	49.67	
		歩数	13	13	13	13	14	14	15	15	15	15	
吉形政衛	H6	区間時間	6.02	3.74	3.85	3.94	4.12	4.25	4.49	4.55	4.74	4.97	5.92
		通過時間	9.76	13.61	17.55	21.67	25.92	30.41	34.96	39.70	44.67	50.59	
		歩数	14	14	14	14	14	15	15	15	15	15	

の中で大阪とほぼ同じペースでH5を通過し (21.16秒), 中盤の速度低下がやや大きかったものの (前~中低下率は6.5%), 後半は大阪とほぼ同じペースで上がり, 結果的に48秒台後半にまとめた.

成迫選手 (2位) も, H5を大阪とほぼ同じペースで通過するが (21.16秒), 中盤での速度低下は大きく (前~中低下率は6%台), H8を為末選手と同時間通過するものの, 後半で水を空けられ49秒台での

フィニッシュとなった. 吉形選手 (3位) は, H5が大阪よりもさらに遅かったが (21.85秒), 前~中低下率を4%台に抑え, 後半も決勝進出者の中で最も速かった (14.69秒).

久保倉選手は, 4月の静岡国際で日本記録 (55.71秒) をマークしているが, そのときはH5を24.23秒, H8を38.78秒で通過している (陸上競技マガジン調べ). 日本選手権 (以下, Jch) では, H5通過

表4 世界陸上大阪大会（女子）

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
ローリンソン AUS	1位	区間時間	6.46	4.02	4.09	4.14	4.27	4.42	4.55	4.74	5.06	5.36	6.20
		通過時間 歩数		10.48 14	14.57 14	18.71 14	22.98 14	27.40 15	31.95 15	36.69 15	41.75 16	47.11 17	53.31
ベチョンキナ RUS	2位	区間時間	6.40	4.07	4.14	4.25	4.32	4.44	4.54	4.80	5.07	5.22	6.25
		通過時間 歩数		10.47 15	14.61 15	18.86 15	23.18 15	27.62 15	32.16 15	36.96 17	42.03 17	47.25 17	53.50
イエシエン POL	3位	区間時間	6.47	4.17	4.30	4.35	4.42	4.54	4.67	4.90	4.97	5.21	5.92
		通過時間 歩数		10.64 15	14.94 15	19.29 15	23.71 15	28.25 15	32.92 15	37.82 16	42.79 16	48.00 16	53.92
ウィルソン JAM	4位	区間時間	6.36	4.07	4.24	4.30	4.44	4.55	4.77	4.92	5.07	5.32	6.06
		通過時間 歩数		10.43 15	14.67 15	18.97 15	23.41 15	27.96 15	32.73 15	37.65 16	42.72 16	48.04 17	54.10
黄 CHN	5位	区間時間	6.36	4.10	4.20	4.27	4.42	4.62	4.89	4.92	5.11	5.29	5.97
		通過時間 歩数		10.46 15	14.66 15	18.93 15	23.35 15	27.97 15	32.86 16	37.78 16	42.89 17	48.18 17	54.15
イサコワ RUS	6位	区間時間	6.46	4.10	4.17	4.30	4.39	4.67	4.82	5.11	5.26	5.29	5.93
		通過時間 歩数		10.56 15	14.73 15	19.03 15	23.42 15	28.09 16	32.91 16	38.02 17	43.28 17	48.57 17	54.50
ウィリアムズ USA	7位	区間時間	6.32	3.99	4.07	4.14	4.54	4.49	4.77	4.9	5.11	5.57	6.73
		通過時間 歩数		10.31 15	14.38 15	18.52 15	23.06 16	27.55 16	32.32 17	37.22 17	42.33 17	47.90 17	54.63
ダンバーズスミス GBR	8位	区間時間	6.35	4.02	4.25	4.29	4.40	4.54	4.70	5.07	5.19	5.52	6.61
		通過時間 歩数		10.37 15	14.62 15	18.91 15	23.31 15	27.85 15	32.55 15	37.62 15	42.81 17	48.33 17	54.94
久保倉里美	H	区間時間	6.57	4.33	4.54	4.62	4.77	4.94	5.09	5.14	5.26	5.51	6.24
		通過時間 歩数		10.90 16	15.44 16	20.06 16	24.83 16	29.77 16	34.86 18	40.00 17	45.26 17	50.77 18	57.01

が日本記録より0.4秒ほど遅いものの（24.64秒），前～中低下率を4%台，中～後低下率を8%台に抑えるなど（静岡は5.5%，10%），H5以降は日本記録とほぼ同じペースで走破していた。

低下率は7%台），その影響からか，通常16秒台でカバーする後半も17秒かかっていた。

(3) 世界陸上大阪大会

成迫選手は，予選のH5およびH8を大阪GPやJchよりも僅かに遅いペース（21.22秒，34.12秒）で通過したものの，後半を14秒台（14.80秒）であがり，今季初の48秒台をマークして準決勝へ進出した。準決勝では，H5を21.18秒で通過し，14歩切り替え時区間（H6-7）の減速は依然として小さくないものの，H7-8の減速がほとんど無く，前～中低下率も5%台だった（今季は6.5～7%台）。

さらに後半は，予選よりもさらに速い14.54秒で上がり，48.44秒の今季ベストタイムをマークした。

為末選手は，近年安定して21秒0～1台だったH5通過に21.48秒もかかっているが，速度曲線の傾向については他のレースとさほど変わらなかった。すなわち，スタートからフィニッシュまでレース全体にわたって速度が低いことから，根本的なコンディショニング不良が伺える。

吉形選手は，H5通過こそ大阪GPやJchに比べて速いものの（21.67秒），通常4～5%台に抑えている前～中低下率が7.5%，中～後低下率は10%を超えるなど，中盤以降で大きく速度を低下させていた。

久保倉選手は，H5通過が静岡やJchよりも遅かった（24.83秒）。また，本来17歩で走る予定のH6-7が18歩になるなど，中盤での減速も大きく（前～中

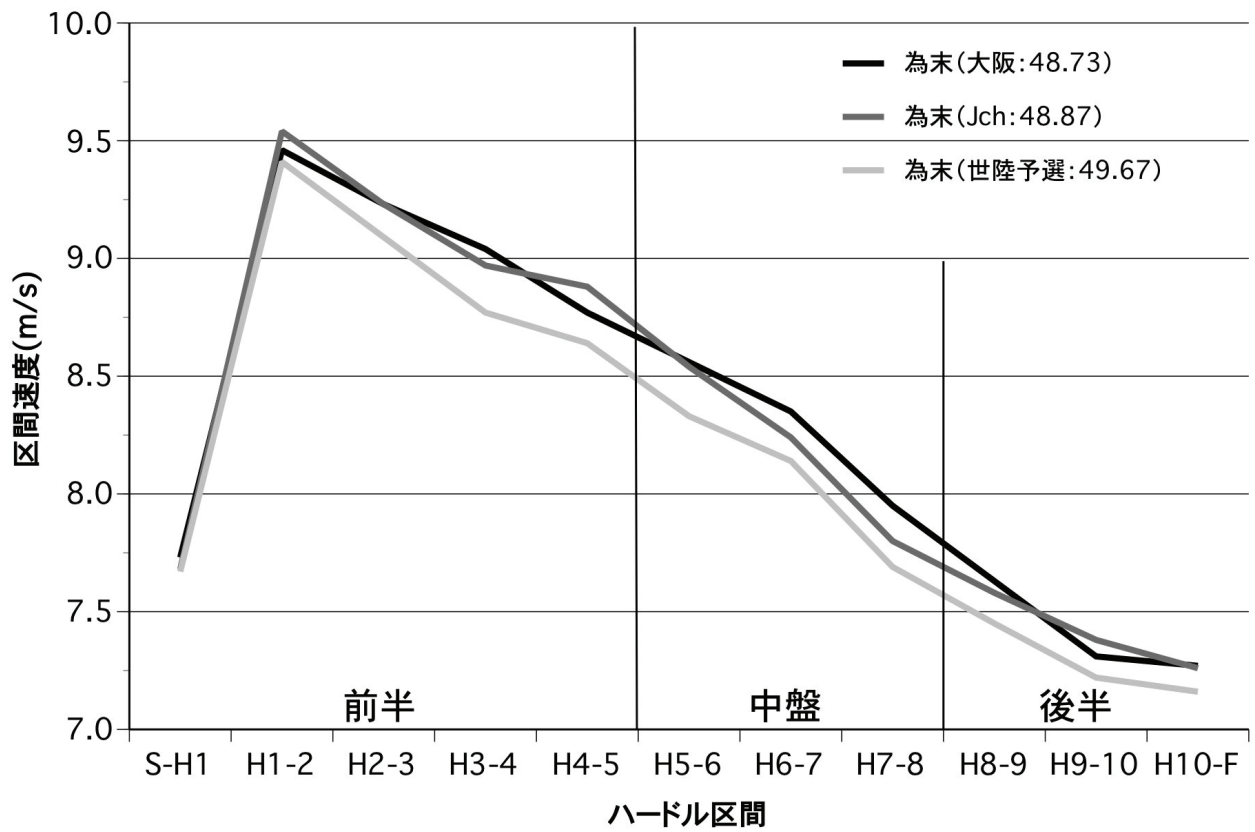


図1 為末選手の速度変化曲線

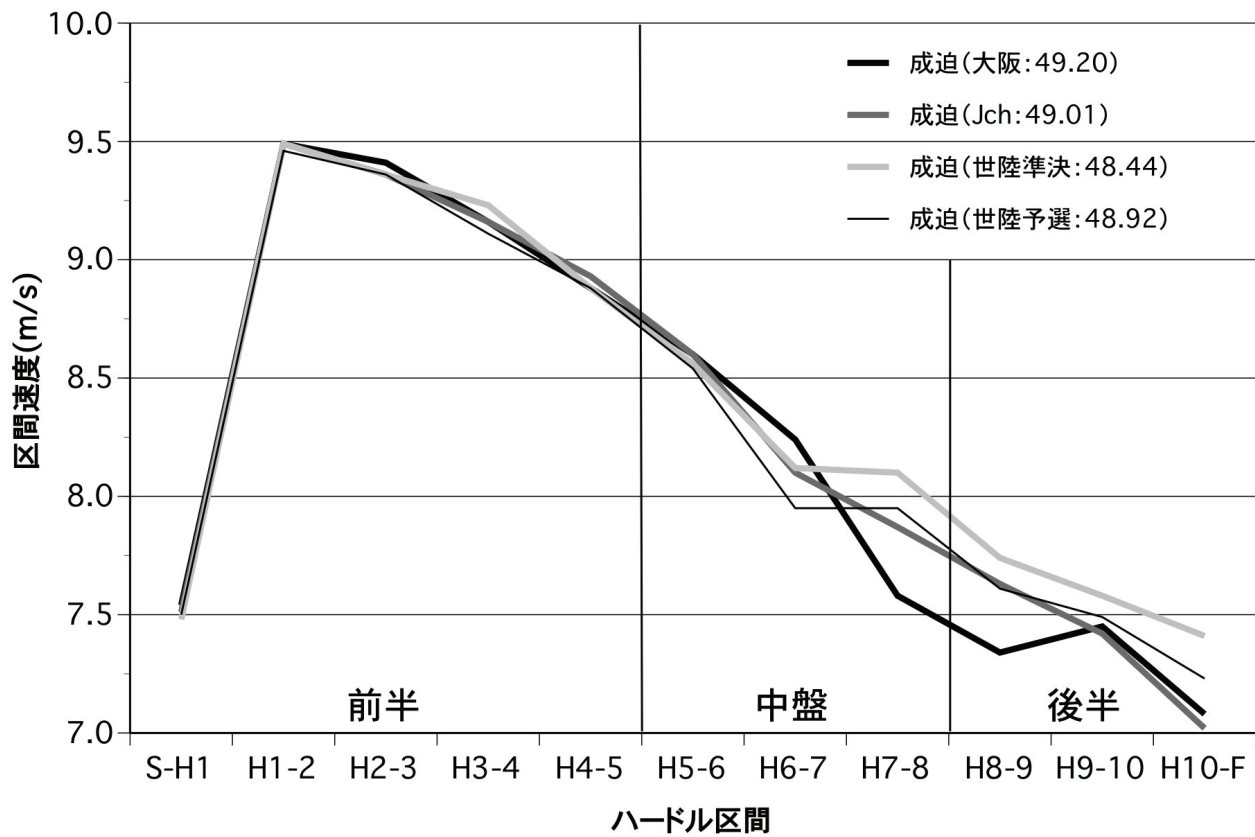


図2 成迫選手の速度変化曲線

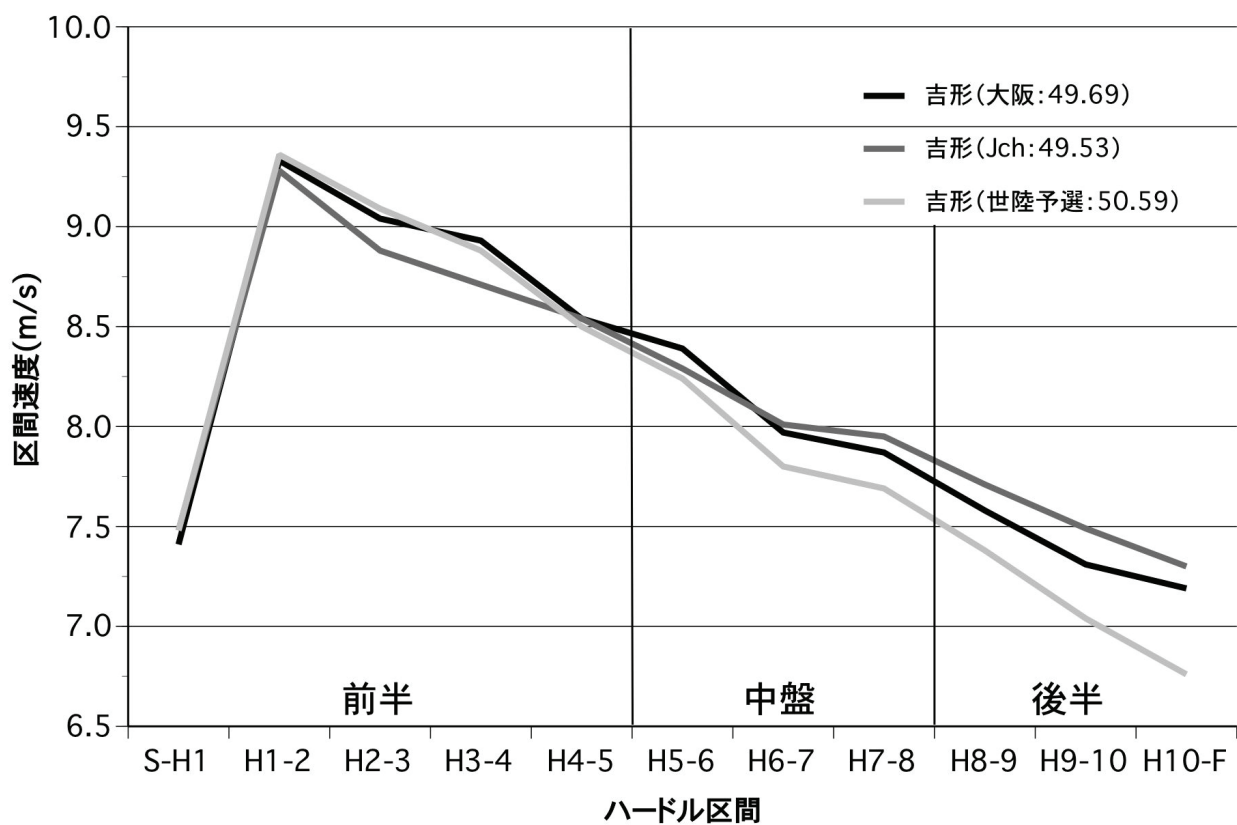


図3 吉形選手の速度変化曲線

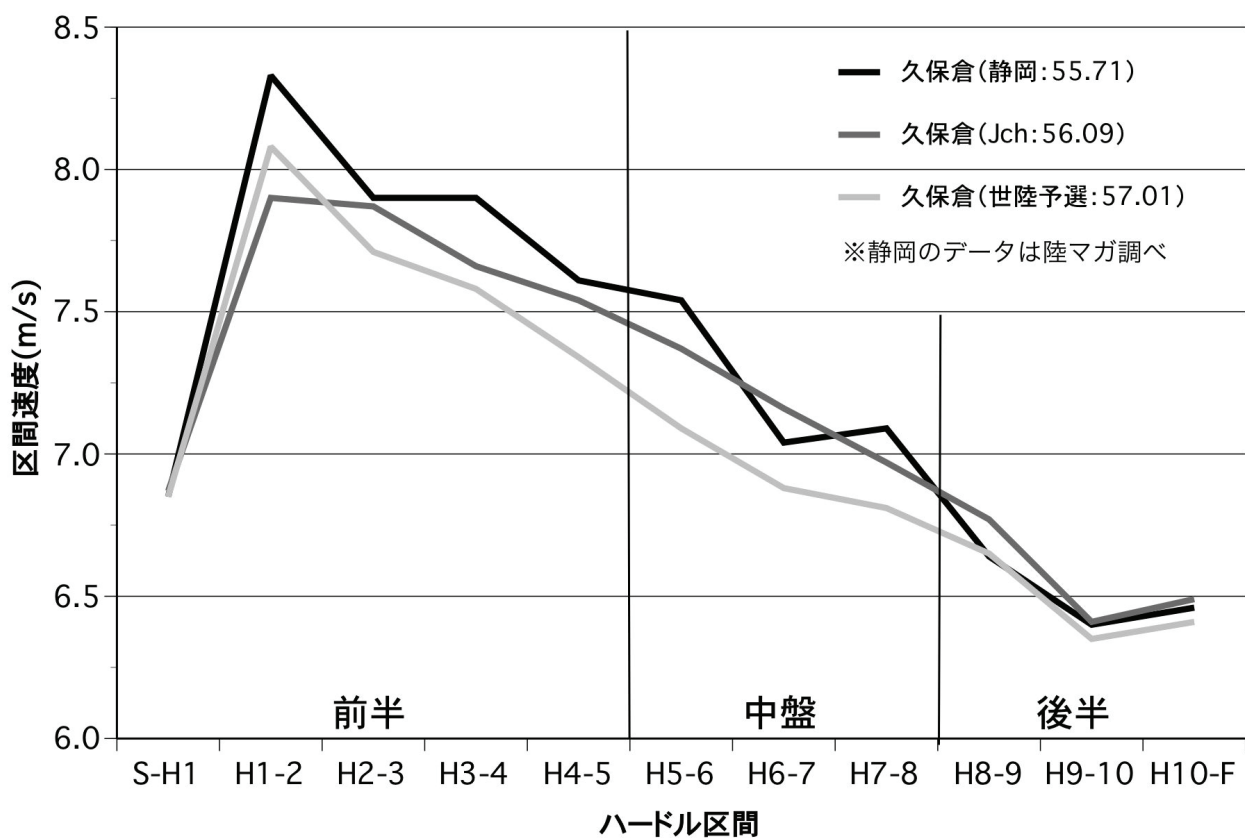


図4 久保倉選手の速度変化曲線

第11回世界陸上大阪大会における男女走幅跳のバイオメカニクスの分析

小山宏之¹⁾ 阿江通良¹⁾ 村木有也²⁾ 高本恵美²⁾ 永原隆¹⁾ 吉原礼¹⁾ 大島雄治¹⁾

1) 筑波大学 2) 大阪体育大学

1. はじめに

第11回世界陸上大阪大会走幅跳決勝は男子が8月30日、女子が8月28日にそれぞれ行われた。男子走幅跳優勝者のサラディノ選手 (PAN) はアフリカ新記録の8.57mを記録した。女子走幅跳は唯一7mを超える跳躍を行ったレベデワ選手 (RUS) が優勝した。現在の男子走幅跳世界記録は第3回世界陸上 (1991) でマイク・パウエル選手 (USA) が記録した8.95mであり、同試合ではカール・ルイス選手 (USA) も前世界記録 (ボブ・ビーモン, 8.90m) を超える跳躍をした。これらの跳躍は、国際陸連および日本陸連で組織されたバイオメカニクス研究班によって分析され、パフォーマンスの改善につながる知見が得られている (深代ら, 1994)。

国際陸連および日本陸連は、第11回世界陸上大阪大会においてもバイオメカニクス研究班を組織した。そして、現在の一流選手の動作のバイオメカニクスの特徴を明らかにすること、そして選手やコーチに情報を提供するために、男女走幅跳予選・決勝の両ラウンドが撮影された。

本報告の目的は、大阪世界陸上男女走幅跳上位3選手のキネマティクスの特徴を報告することである。

2. 方法

2.1 分析試技

表1および2は男女上位3選手の身体的特徴および分析試技を示したものである。

2.2 データ収集および処理

男女走幅跳決勝に進出した選手を、スタンド最上段に設置した2台のハイスピードビデオカメラ (250Hz) および2台のデジタルビデオカメラ (60Hz) を用いて撮影した。2台のハイスピードカメラは踏切2歩前から踏切までを、デジタルビデオカメラは空中から着地までを撮影した。各カメラで撮影した映像から、選手の身体分析点23点の3次元を算出するために、分析範囲内の14箇所につき7つのコントロールポイントを取り付けたキャリブレーションポールを順次立て撮影した。

Table 1. Characteristics of the top three jumpers in the Men's final

Rank	Name	Nation	Height (m)	Weight (kg)	Personal best (m)	Result	Analyzed jump
1	Irving SALADINO	PAN	1.76	70	8.56	6th 8.57 (+0.0)	6th 8.57 (+0.0)
2	Andrew HOWE	ITA	1.84	73	8.41	6th 8.47 (-0.2)	6th 8.47 (-0.2)
3	Dwight PHILLIPS	USA	1.81	81	8.6	1st 8.30 (+0.4)	1st 8.30 (+0.4)

Table 2. Characteristics of the top three jumpers in the Women's final

Rank	Name	Nation	Height (m)	Weight (kg)	Personal best (m)	Result	Analyzed jump
1	Tatyana LEBEDEVA	RUS	1.73	63	7.33	3rd 7.03 (+0.3)	3rd 7.03 (+0.3)
2	Lyudmila KOLCHANOVA	RUS	-	-	7.21	6th 6.92 (-0.3)	6th 6.92 (-0.3)
3	Tatyana KOTOVA	RUS	1.78	57	7.42	6th 6.90 (+0.5)	6th 6.90 (+0.5)

Table 3. Results of the final of the men's long jump

RANK	NAME	NAT	RESULT	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th
1	Irving SALADINO	PAN	8.57	x 1.1m/s	8.30 0.5m/s	8.46 0.0m/s	x 0.0m/s	x -0.3m/s	8.57 0.0m/s
2	Andrew HOWE	ITA	8.47	x 1.1m/s	8.13 -0.1m/s	x 0.2m/s	8.12 0.7m/s	8.20 0.2m/s	8.47 -0.2m/s
3	Dwight PHILLIPS	USA	8.30	8.30 0.4m/s	x 0.0m/s	x -0.1m/s	8.02 0.3m/s	x 0.1m/s	8.22 0.0m/s
4	Olexiy LUKASHEVYCH	UKR	8.25	x 0.0m/s	8.17 0.4m/s	x 0.5m/s	8.05 0.7m/s	8.13 0.4m/s	8.25 0.2m/s
5	Godfrey Khotso MOKOENA	RSA	8.19	7.98 0.2m/s	7.86 -0.1m/s	8.19 0.4m/s	8.18 0.7m/s	8.15 0.0m/s	8.19 -0.1m/s
6	James BECKFORD	JAM	8.17	8.09 0.3m/s	8.03 0.6m/s	8.03 0.6m/s	8.17 0.0m/s	8.17 0.1m/s	x 0.0m/s
7	Ndiss Kaba BADJI	SEN	8.01	7.90 0.6m/s	8.01 0.1m/s	x -0.1m/s	7.90 0.4m/s	x 0.0m/s	7.64 0.1m/s
8	Ahmed Faiz BIN MARZOUQ	KSA	7.98	x 0.8m/s	7.98 0.0m/s	7.70 -0.3m/s	x 0.4m/s	-	x 0.1m/s

各カメラの映像をデジタイズし、身体分析点23点の2次元座標を得た後、3次元DLT法を用いて3次元座標へと変換した。3次元座標はButterworth low-pass digital filterを用いて遮断周波数4.8Hzから8.4Hzの範囲で平滑化した。

図1は公式記録 (official distance) , 離地距離 (takeoff distance) , 空中距離 (flight distance) , 着地距離 (landing distance) の定義を示したものである。離地距離 (L1) は踏切板の端 (砂場側) から踏切離地時の身体重心までの水平距離を、空中距離 (L2) は空中で選手が移動した水平距離を、着地距離 (L3) は選手が砂場に着地した瞬間の身体重心と最終的に砂場に残った跡の間の水平距離を示したものである。踏切損失距離 (L4) は踏切離地時の爪先と踏切板の端 (砂場側) の間の距離である。

り、踏切の正確性を表す指標として算出した。

身体重心、踏切脚の関節角度、腰および肩の回転角度、体幹角度を算出した。また、踏切脚の股関節と足関節を結ぶ線分が水平線となす角度を矢状面および前額面で算出し脚角度とした。

3. 結果および考察

3.1 男子決勝

3.1.1 パフォーマンスに関する結果

表3は男子走幅跳決勝の競技結果を、表4は跳躍距離の各要素を示したものである。上位3選手のベスト跳躍における踏切損失距離は1.0~3.0cmの範囲であり、ベスト跳躍では踏切におけるロスが非常に少なかったことがわかる。離地距離は約0.40m

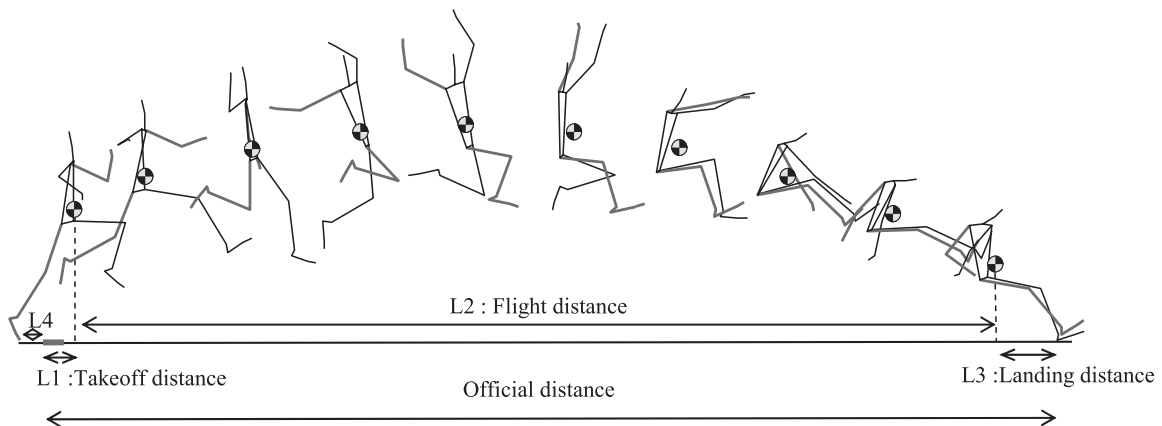


Figure 1. Definitions of components of jumping distance of the long jump

Table 4. Distances within the long jump - Men's final

Parameter	Saladino	Howe	Phillips	1991 Tokyo World Championship*
Official dist. (m) (L1+L2+L3)	8.57	8.47	8.30	8.15±0.17
Takeoff dist. (L1) (m) (%)	0.39 (4.5)	0.41 (4.8)	0.42 (5.1)	-
Flight dist. (L2) (m) (%)	7.80 (91.0)	7.70 (91.0)	7.62 (91.8)	-
Landing dist. (L3) (m) (%)	0.39 (4.5)	0.36 (4.2)	0.26 (3.1)	0.47±0.09
Toe-to Board dist. (L4) (m)	0.01	0.03	0.01	-
Heel displacement @ landing (L5) (m)	8.69	8.48	8.52	-
Loss dist. by landing (m)	0.12	0.01	0.22	-
Actual jump dist. (L4+L5) (m)	8.70	8.51	8.53	-

* Fukushima *et al.* (1994)

であり、公式距離に対する割合は5.0%程度であった。一方、空中距離の公式距離に対する割合は非常に大きく、各選手ともに90%以上を空中距離でかせいでいた(91.0~91.8%)。空中距離はサラディノ選手の7.80m(91.0%)が最も大きかった(ハウ, 7.70m; フィリップス, 7.62m)。上位3選手の着地距離はそれぞれ0.39m(サラディノ), 0.36m(ハウ), 0.26m(フィリップス)であり、世界陸上東京大会における決勝進出者の着地距離(0.47±0.09m)に比べかなり小さかった。しかし、着地瞬間の踵と身体重心の水平距離は、0.51m(サラディノ), 0.48m(フィリップス)であったことから、大阪大会上位3選手は着地動作が良くなかったと言えるであろう。また、フィリップスが着地時に踵で砂場に残した跡は8.53m地点であり、ハウ(8.51m)よりも遠い地点であった。この結果は、フィリップスは着地動作のロスにより順位を落としたことを示している。着地動作は跳躍距離に占める割合は小さいが、ロスの少ない着地動作が重要であると言えよう。

3.1.2 重心速度

表5は踏切2歩前、1歩前および踏切局面の水平および鉛直速度、跳躍角度を示したものである。いずれの選手も踏切2歩前の水平速度が最も大きく、サラディノ選手10.65m/s、ハウ選手10.99m/s、フィリップス選手11.01m/sであった。すなわち、最高速度は優勝したサラディノ選手が最も小さいという結果が得られた。踏切2歩前から踏切への移行局面では、いずれの選手も速度を減少させていた。その減速量を見ると、フィリップス選手の減速が著しく大きく(-0.63 m/s)、踏切2歩前の速度は最も大きかつ

たが、踏切地点では速度は最も小さかった。また、その減速の大部分は踏切1歩前での減速であった。一方、サラディノ選手とハウ選手の減速は0.1m/s程度であり(サラディノ, -0.13m/s, ハウ, -0.12m/s)、踏切2歩前の速度をほぼ維持して踏切に移行していた。特に、踏切1歩前での減速は非常に小さかった。この結果は、サラディノ選手とハウ選手の踏切準備動作は非常に優れたものであったことを示している。

上位3選手の踏切接地時の速度はサラディノ選手10.52m/s、ハウ選手10.87m/s、フィリップス選手10.38m/sであった。この速度を過去の世界陸上の報告と比較すると、パウエル選手(11.00m/s)とルイス選手(11.06m/s)を除いた選手の平均と同程度の速度であった。

踏切離地時の速度を見ると、サラディノ選手の水平速度は3選手で最も小さかったが、鉛直速度は最も大きかった。興味深いことに、サラディノ選手とハウ選手の踏切における減速はほぼ同じであったが(サラディノ, -1.63m/s; ハウ, -1.61m/s)、離地時の鉛直速度には大きな差が見られた(サラディノ, 3.75m/s; ハウ, 3.46 m/s)。この結果は、踏切で鉛直速度を高める技術に両選手の間で差があり、サラディノ選手が優れていたことを示すものである。

3.1.3 身体重心の移動

図2は踏切2歩前から踏切離地までの身体重心の移動を示したものである。上位3選手はいずれも踏切2歩前から重心を下げ踏切に移行していた。重心高の下降は主に踏切2歩前の空中局面で見られ、各選手の重心下降量はサラディノ選手6.3cm、ハウ選手8.6cm、フィリップス選手9.1cmであった。各局面の

Table 5. Horizontal and vertical velocities of the center of gravity (C.G.) of athletes and takeoff angle - Men's final

Parameter	I. SALADINO	A. HOWE	D. PHILLIPS	1991 TOKYO WC*			1997 Athens WC**
				M. POWEL	C. LEWIS	Other Athletes	
Official distance	8.57	8.47	8.30	8.95	8.91	8.15±0.17	8.11±0.18
Horizontal vel. (m/s)							
HV _{TDL2}	10.65	10.99	11.01	-	-	-	-
HV _{TDL1}	10.53	10.89	10.94	-	-	-	-
HV _{TD}	10.52	10.87	10.38	11.00	11.06	10.39±0.14	10.65±0.19
HV _{MKF}	9.23	9.56	8.97	-	-	-	-
HV _{TO}	8.90	9.26	8.96	9.09	9.72	8.80±0.12	8.77±0.22
ΔHV _{TD-TO}	-1.63	-1.61	-1.41	-1.91	-1.34	-1.59±0.10	-1.88±0.32
Vertical vel. (m/s)							
VV _{TD}	-0.28	-0.46	-0.06	-	-	-	-
VV _{MKF}	2.61	2.42	2.70	-	-	-	-
VV _{TO}	3.75	3.46	3.67	3.70	3.22	3.44±0.19	3.42±0.26
VV _{MKF} /VV _{TO} (%)	69.6	69.9	73.5	-	-	-	-
Takeoff angle (deg)							
Y-Z plane	22.9	20.5	22.3	22.1	18.3	21.4±1.5	21.3±1.5
X-Y plane	1.9	-2.5	0.5	-1.4	3.3	1.6±1.4	-

* Fukashiro *et al.* (1994) ** Arampatzis *et al.* (1999)

時間を比較すると、3選手ともに踏切2歩前支持時間は踏切3歩前の支持時間よりも短く、逆に空中局面時間は踏切2歩前の方が長い傾向を示した。これらのことは、踏切2歩前支持の動作を変えることによ

り、その後の空中で重心を大きく下げていることを示すと考えられる。

上記のように重心を下げるタイミングは同様であったが、身体重心の下げ方には大きな相違が見られ

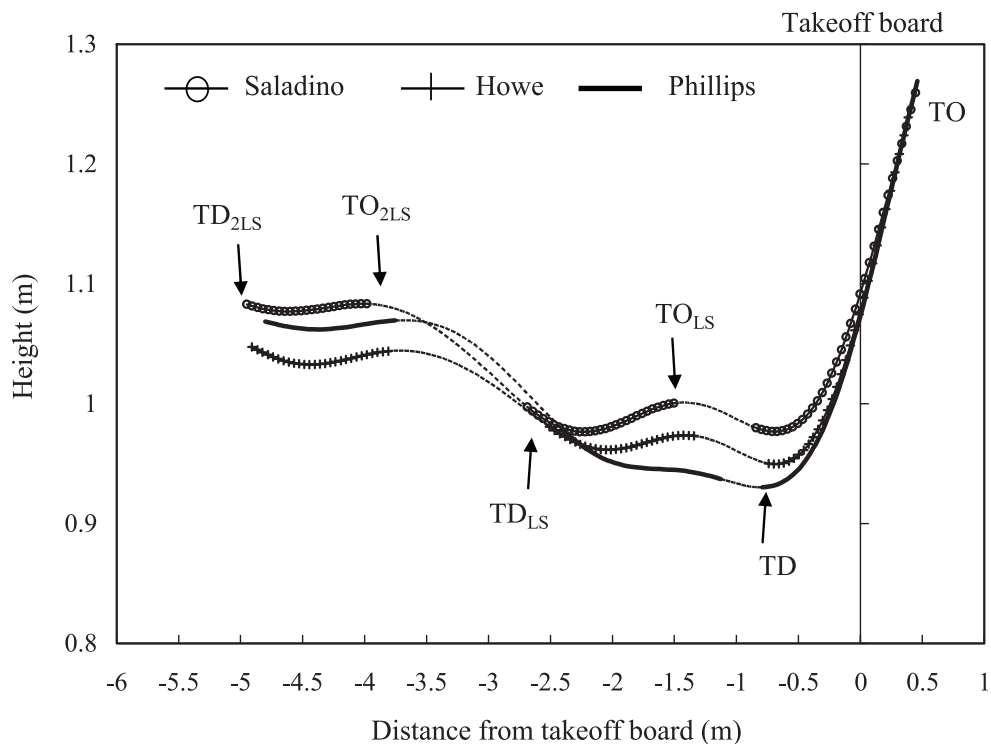
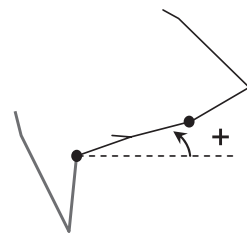


Figure 2. Pathway of the center of gravity of the body from the touchdown (TD) of the 2nd last stride to the toe-off (TO) of the takeoff.

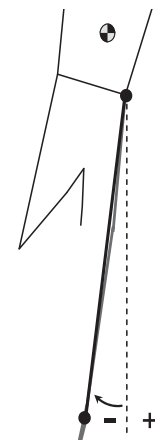
Table 6. Joint angles of the takeoff leg, trunk angle, hip and shoulder rotation angles, and leg angles at the touchdown (TD) and toe-off (TO) of the takeoff

Parameter	Saladino	Howe	Phillips	1991 Tokyo World Championship*
Knee _{TD} (deg)	160.2	160.2	165.4	166.7±3.5
Knee _{MKF} (deg)	143.2	140.7	138.4	145.6±5.3
Knee _{TO} (deg)	168.4	165.2	159.8	172.0±2.3
Flex. / Ext. (deg)	-17.1 / 25.2	-19.4 / 24.5	-27.0 / 21.5	-21.1±4.3 / 26.4±4.8
Maximum Knee Flex. Vel. (deg/s)	-423.2	-452.8	-570.7	
Trunk - Sagittal plane _{TD} (deg)	-2.3	-2.1	-10.1	-4.4±3.9
Trunk - Sagittal plane _{TO} (deg)	5.6	8.0	7.3	5.8±3.7
Shoulder rotation TD (deg)	32.6	14.9	17.8	20.6±5.3
Shoulder rotation TO (deg)	-0.5	-18.6	-13.5	-10.3±8.0
Hip rotation TD (deg)	1.1	-12.6	-5.8	-9.0±4.9
Hip rotation TO (deg)	39.1	21.9	17.8	17.0±10.1
Twist angle (deg)	71.2	68.0	54.9	56.9±10.6
Leg angle Sagittal plane _{TD} (deg)	37.3	36.1	37.2	-
Leg angle Sagittal plane _{TO} (deg)	-25.3	-31.0	-28.3	-
Leg angle Frontal plane _{TD} (deg)	-2.6	-4.7	-1.3	-
Leg angle Frontal plane _{TO} (deg)	-5.1	-5.7	-7.1	-

Rotation angle (shoulder)



Leg angle (sagittal plan)



* Fukashiro *et al.* (1994)

た。サラディノ選手とハウ選手は踏切1歩前後半で重心を上昇させながら離地していたが、フィリップス選手は踏切1歩前離地まで身体重心を下げ続けていた。そして、フィリップス選手は低い姿勢で踏切に移行し、身体重心の上昇量を他の選手より大きくさせていた。このような動作は、踏切局面で鉛直速度を高めることに貢献すると考えられる。しかし、踏切1歩前において水平速度の減少が大きくなる可能性があることに注意すべきであろう。

3.1.4 踏切局面における関節および脚角度

表6は踏切脚関節角度、体幹角度、踏切接地時および離地時の肩、腰の回転角度を示したものである。また、図3は踏切2歩前から踏切までの足跡および身体重心の移動を上方から見たものである。

表6からわかるように、サラディノ選手は踏切接地後の踏切脚膝屈曲角速度が最も小さく、屈曲が最も少なかった。この結果は、サラディノ選手は3選手の中で踏切脚膝関節の屈伸運動が最も少なく、身体の回転運動を利用した踏切動作を行っていたこと

を示している。深代ら (1994) は世界陸上東京大会の結果から、踏切で鉛直速度を高めるための重要な要因は、踏切脚膝の屈曲を抑えることと報告している。本大会においても同様の結果が得られたことは、踏切脚の屈曲を抑えた動作が鉛直速度の獲得に重要であることを強く示唆するものであろう。

踏切接地時および離地時の腰の回転角度はそれぞれ1.1°、39.1° (サラディノ選手)、-12.6°、21.9° (ハウ選手)、-5.8°、17.8° (フィリップス選手) であり、動作範囲は38.0° (サラディノ選手)、33.5° (ハウ選手)、23.6° (フィリップス選手) であった。これらの結果は、上位3選手は踏切中に振上脚側の腰を前方に出す動作を行っていたことを示している。また、その動作はサラディノ選手が最も大きかった。世界陸上東京大会の分析では、腰と肩のひねり動作範囲と跳躍距離の間に有意な正の相関関係が報告されている。大阪大会上位2選手のひねり動作はそれぞれ71.1° (サラディノ選手)、68.0° (ハウ選手) であり、東京大会で大きくひねりを行っていたパウエル、ルイス選手 (パウ

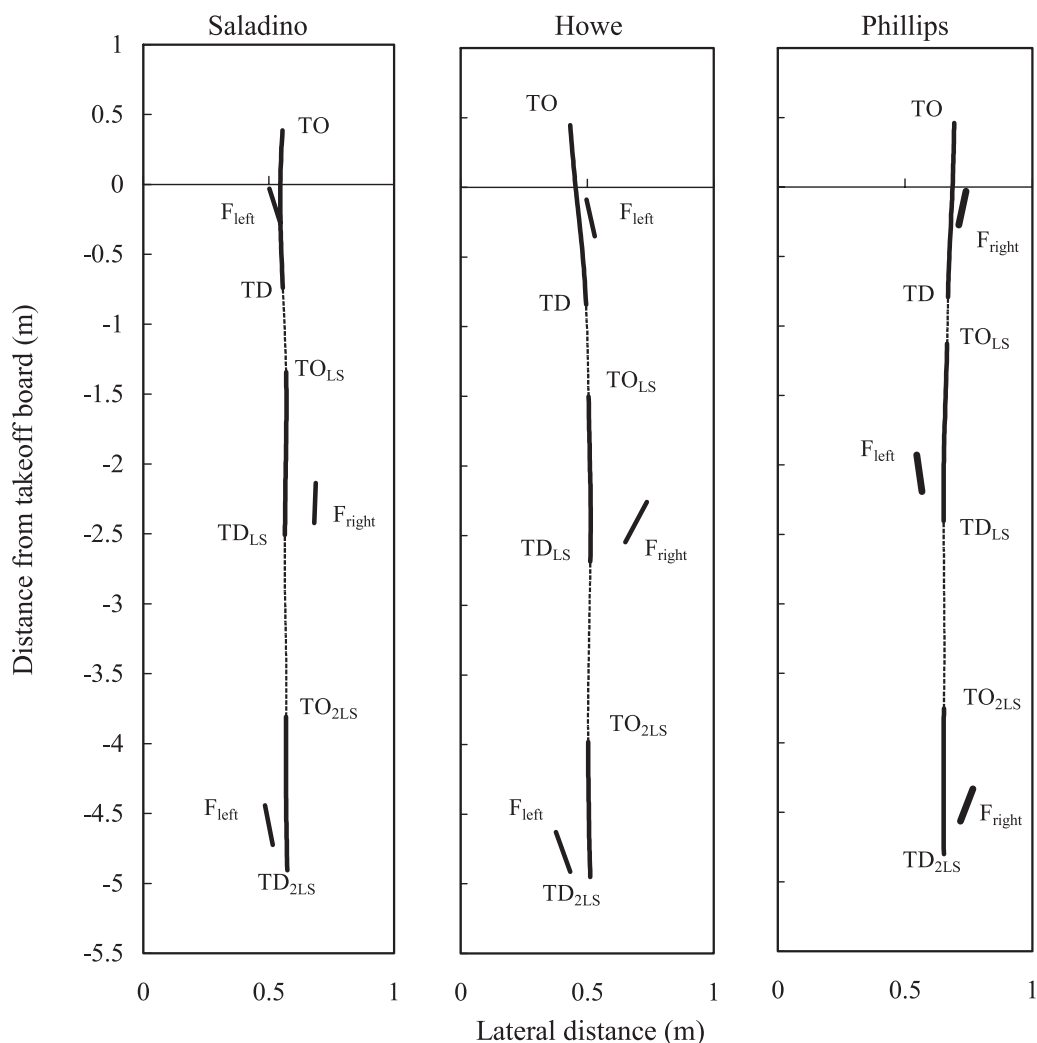


Figure 3. Overhead views of paths of the center of gravity of the body from the 2nd last stride to the takeoff and footprint of each support phase.

エル, 74° ; ルイス, 70°) と同程度であった. このような結果は, 走幅跳の踏切は左右軸回りの動作に着目が行くが, 鉛直軸回りのひねり動作も重要であることを示唆していると考えられる.

図3の足跡で各歩の接地位置を見ると, 上位3選手は踏切1歩前では2歩前より外側に接地, 踏切では身体重心のほぼ真下で接地していた. そこで, 踏切接地時の脚角度 (前額面) を見るとそれぞれ -2.6° (サラディノ選手), -4.7° (ハウ選手) -1.3° (フィリップス選手) であり, いずれの選手もわずかに踏切脚を内傾し踏切接地していた. Okuyamaら (2003) は走高跳であるが, 踏切時に踏切脚の内傾は, 股関節外転筋群の働きを高め, 鉛直速度獲得に有用であることを明らかにし, 脚の内傾が跳躍の重要な要因であると指摘している. 大阪大会上位3選手で見られた特徴は, 走幅跳の踏切局面においても鉛直速度をより高めるために, 股関節外

転筋群を利用することが有用であることを示唆しているのかもしれない.

3.2 女子決勝

3.2.1 パフォーマンスに関する結果

表7は女子走幅跳決勝の競技結果を, 表8は跳躍距離の各要素を示したものである. 優勝したレベデワ選手は最も大きい実測距離を示した. 一方, 2番目に大きい実測距離を示したのは三位のコトワ選手であり, 二位のコルチャノワ選手より10cm大きかった (コトワ, 7.05m; コルチャノワ, 6.95m). この結果はコルチャノワの踏切および着地によるロスが少なく, 順位が逆転したことを示している. 女子上位3選手の着地距離は男子選手の着地距離に比べ大きい値を示した.

3.2.2 重心速度

Table 7. Results of the final of the women's long jump

RANK	NAME	NAT	RESULT	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th
1	Tatyana LEBEDEVA	RUS	7.03	6.73 -0.7m/s	7.03 0.7m/s	7.03 0.3m/s	x 0.7m/s	6.98 0.1m/s	-
2	Lyudmila KOLCHANOVA	RUS	6.92	x -0.2m/s	6.84 0.4m/s	x -0.1m/s	6.71 0.7m/s	6.63 1.0m/s	6.92 -0.3m/s
3	Tatyana KOTOVA	RUS	6.90	6.80 -0.6m/s	x 0.0m/s	6.75 1.0m/s	6.70 0.7m/s	x 2.7m/s	6.90 0.5m/s
4	Natide GOMES	POR	6.87	6.87 0.7m/s	6.75 0.3m/s	6.61 -0.5m/s	6.86 0.9m/s	6.85 0.4m/s	6.80 -0.3m/s
5	Bianca KAPPLER	GER	6.81	6.81 -0.7m/s	6.66 0.5m/s	6.78 0.3m/s	6.55 -0.4m/s	x 0.6m/s	6.49 1.0m/s
6	Maurren Higa MAGGI	BRA	6.80	6.41 -2.1m/s	6.64 0.7m/s	6.73 0.1m/s	6.80 1.2m/s	6.62 0.4m/s	6.76 -0.2m/s
7	Keila COSTA	BRA	6.69	6.69 0.0m/s	6.44 -1.1m/s	6.66 0.2m/s	6.66 -0.5m/s	x 1.9m/s	6.61 1.1m/s
8	Brittney REESE	USA	6.60	x 0.1m/s	6.60 -1.5m/s	6.58 -0.3m/s	x 0.7m/s	x 0.8m/s	6.29 -0.3m/s

Table 8. Distances within the long jump - Women's final

Parameter	Lebedeva	Kolchanova	Kotova
Official dist. (m) (L1+L2+L3)	7.03	6.92	6.90
Takeoff dist. (L1) (m) (%)	0.31 (4.4)	0.34 (5.0)	0.34 (5.0)
Flight dist. (L2) (m) (%)	6.20 (88.2)	6.12 (88.5)	6.07 (88.0)
Landing dist. (L3) (m) (%)	0.52 (7.4)	0.46 (6.6)	0.49 (7.1)
Toe-to Board dist. (L4) (m)	0.05	0.00	0.06
Heel displacement @ landing (L5) (m)	7.03	6.95	6.99
Loss dist. by landing (m)	0.00	0.03	0.09
Actual jump dist. (L4+L5) (m)	7.08	6.95	7.05

表9は踏切2歩前, 1歩前および踏切局面の水平および鉛直速度, 跳躍角度を示したものである. 踏切2歩前の水平速度は, レベデワ選手9.52m/s, コルチャノワ選手9.23m/s, コトワ選手9.12m/sであり, その後踏切に向けてわずかに減少し, 踏切接地時ではレベデワ選手9.37m/s, コルチャノワ選手9.13m/s, コトワ選手9.08m/sであった. 踏切離地時の速度を見ると, レベデワ選手とコルチャノワ選手の水平速度は同じであったが (7.73m/s), 鉛直速度には顕著な差が見られた (レベデワ, 3.50m/s; コルチャノワ, 3.23m/s). すなわち, レベデワ選手とコルチャノワ選手の跳躍距離の差は鉛直速度の差によるものであったと考えられる. 一方, コ

トワ選手の跳躍は他の2選手と大きく異なるものであった. 踏切における水平速度の減少を見ると, コトワの減速は他の選手に比べ顕著に少なく (コトワ, -0.94m/s; レベデワ, -1.64m/s; コルチャノワ, -1.40m/s), 踏切離地時の水平速度は3選手の中で最も大きかった (8.14m/s). 一方, 踏切離地時の鉛直速度は小さく (3.18m/s), このことは水平速度を生かした跳躍を行っていたことを示している. 過去の世界陸上の報告 (深代ら, 1994; Arampatzis et al., 1999) と比較して, 大阪大会上位3選手の助走速度は小さかったが, 東京大会のカーシー選手とドレクスラー選手を除き跳躍距離に大きな差は見られなかった. 重心速度の結果から見ると, レベデワ選

Table 9. Horizontal and vertical velocities of the center of gravity (C.G.) of athletes and takeoff angle – Women’s final

Parameter	Lebedeva	Kolchanova	Kotova	1991 TOKYO WC*			1997 Athens World Championship**
				J. J.Kersee	H.Drechsler	Other Athletes	
Official distance	7.03	6.92	6.90	7.32	7.29	6.95 ± 0.43	6.86 ± 0.12
Horizontal velocity (m/s)							
HV _{TDL2}	9.52	9.23	9.12	-	-	-	-
HV _{TDL1}	9.63	9.11	9.39	-	-	-	-
HV _{TD}	9.37	9.13	9.08	9.85	9.86	9.53 ± 0.11	9.62 ± 0.08
HV _{MKF}	7.95	8.17	8.16	-	-	-	-
HV _{TO}	7.73	7.73	8.14	8.09	8.49	7.92 ± 0.31	8.08 ± 0.26
∠HV _{TD-TO}	-1.64	-1.40	-0.94	-1.76	-1.37	-1.61 ± 0.29	-1.54 ± 0.25
Vertical Velocity (m/s)							
VV _{TD}	-0.38	-0.42	-0.40	-	-	-	-
VV _{MKF}	2.13	1.84	1.24	-	-	-	-
VV _{TO}	3.50	3.23	3.18	3.46	2.80	3.05 ± 0.24	3.10 ± 0.23
VV _{MKF} / VV _{TO} (%)	60.8	57.1	39.1	-	-	-	-
Takeoff angle (deg)							
Y-Z plane	24.4	22.7	21.3	23.2	18.3	21.1 ± 2.0	20.9 ± 1.7
X-Y plane	-0.8	-1.1	3.0	-	-	-	-

* Fukashiro *et al.* (1994) ** Arampatzis *et al.* (1999)

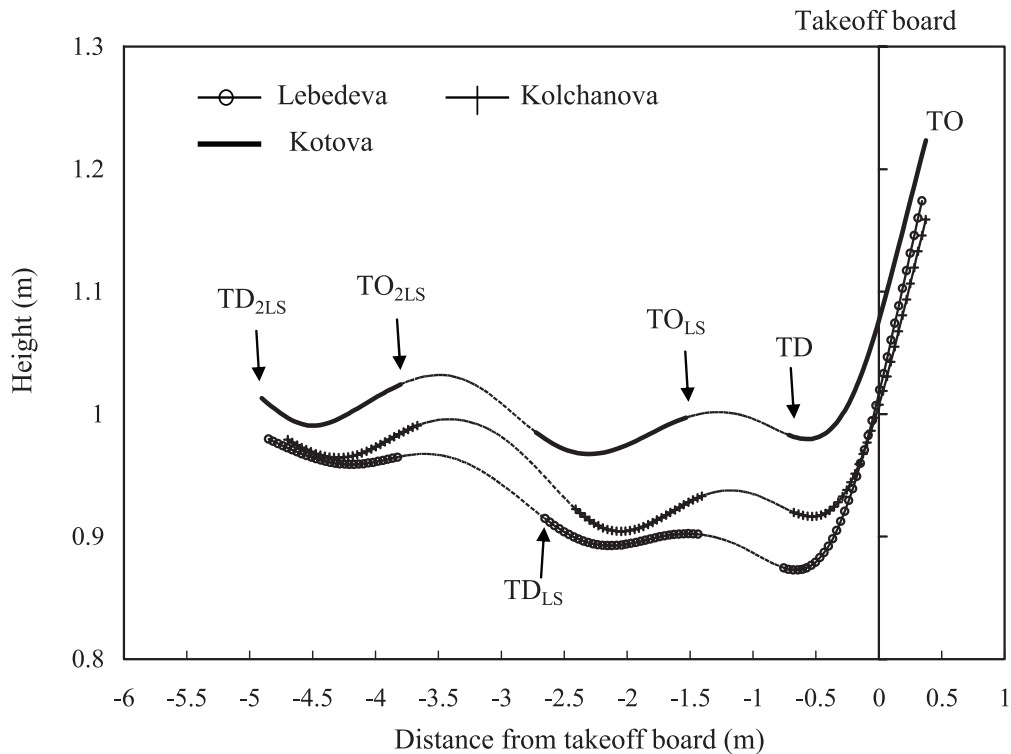


Figure 4. Path of the center of gravity of the body from the touchdown (TD) of the 2nd last stride to the toe-off (TO) of the takeoff

Table 10. Joint angles of the takeoff leg, trunk angle, hip and shoulder rotation angles, and leg angles at the touchdown (TD) and toe-off (TO) of the takeoff

Parameter	Lebedeva	Kolchanova	Kotova	1991 Tokyo World Championship*
Knee _{TD} (deg)	159.5	159.4	152.4	163.6±3.7
Knee _{MKF} (deg)	145.0	143.9	145.8	144.1±2.7
Knee _{TO} (deg)	163.9	163.5	164.5	170.4±4.1
Flex. / Ext. (deg)	-14.5 / 18.9	-15.4 / 19.6	-6.5 / 18.6	-19.5±3.7 / 26.3±3.3
Maximum Knee Flex. Vel. (deg/s)	-360.9	-392.4	-181.7	
Trunk - Sagittal plane _{TD} (deg)	-2.2	-3.9	-4.1	-2.4±2.7
Trunk - Sagittal plane _{TO} (deg)	8.3	6.2	-1.3	-0.7±2.8
Shoulder rotation TD (deg)	13.7	23.7	33.1	23.0±3.8
Shoulder rotation TO (deg)	-7.9	-7.5	0.8	-18.9±9.1
Hip rotation TD (deg)	-12.9	-4.9	4.1	-5.3±4.8
Hip rotation TO (deg)	19.8	14.3	15.3	6.4±4.1
Leg angle Sagittal plane _{TD} (deg)	41.1	37.9	32.2	-
Leg angle Sagittal plane _{TO} (deg)	-26.6	-25.2	-27.5	-
Leg angle Frontal plane _{TD} (deg)	-6.1	-7.7	-4.3	-
Leg angle Frontal plane _{TO} (deg)	-8.1	-5.2	-6.2	-

* Fukashiro *et al.* (1994)

手とコルチャノワ選手は鉛直速度をより大きくし、高い跳躍をすることによって、コトワ選手は踏切での水平速度の減少をより小さくすることによって小さい助走速度にも拘わらず跳躍距離を獲得していたことが明らかとなった。

踏切脚膝関節最大屈曲時までに獲得した鉛直速度は、レベデワ選手は離地時の60.8%、コルチャノワ選手は57.1%、コトワ選手は39.1%であった。この結果は、これまでのLeesら (1993, 1994) の報告 (女子, 64%以上; 男子, 70%以上) に比べて顕著に小さい値であることがわかる。上述したように、コトワ選手はベスト跳躍でさえ40%程度の獲得であったが、踏切後半における鉛直速度の獲得が大きく、離地時には一流女子選手の平均範囲内の3.18m/sの鉛直速度を獲得していた。このような結果は、コトワ選手の速度獲得の技術は他の選手と異なるものであったことを示唆していると考えられる。

3.2.3 身体重心の移動

図4は踏切2歩前から踏切までの身体重心の移動を示したものである。女子上位3選手の身体重心の下降パターンは男子選手と類似していた。一方、その下降量は女子選手は男子選手に比べ少なかった (レベデワ, 5.0cm; コルチャノワ, 6.8cm; コトワ, 3.9cm)。

3.2.4 踏切局面における関節および脚角度

表10は踏切脚関節角度, 体幹角度, 踏切接地時および離地時における肩と腰の回転角度を示したものである。また, 図5は踏切2歩前から踏切までの足跡および身体重心の移動を上方から見たものである。

上位3選手の最大屈曲時の膝関節角度は143° ~ 146° の範囲であり, 踏切前半における屈曲量はそれぞれ, 14.5° (レベデワ), 15.4° (コルチャノワ), 6.5° (コトワ) であり, 男子上位3選手と比較すると女子3選手の屈曲は少なかった。これまで

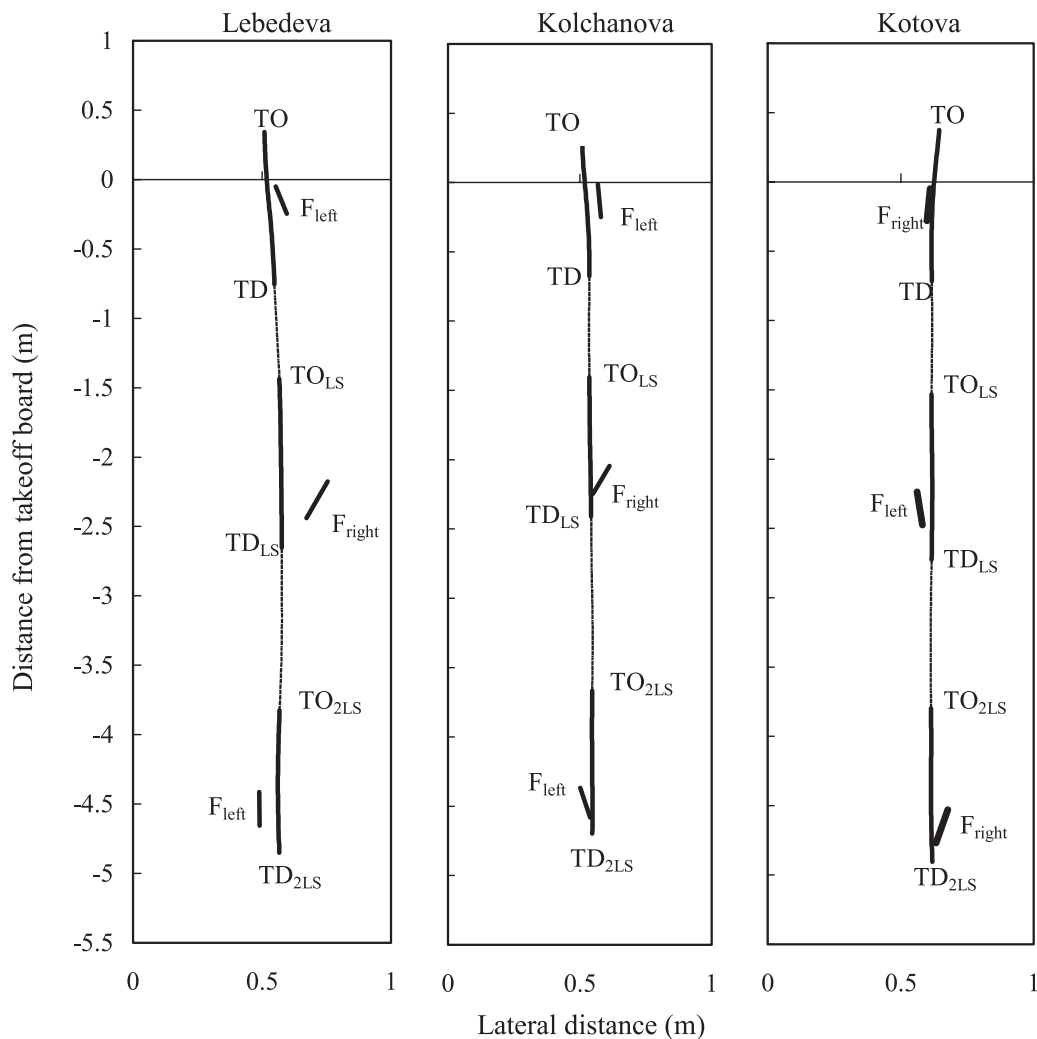


Figure 5. Overhead views of paths of the center of gravity of the body from the 2nd last stride to the takeoff and footprint of each support phase

の報告においても女子選手の屈曲量は男子選手に比べ小さいことが報告されている（女子， $19.5 \pm 3.7^\circ$ ；男子， $21.1 \pm 4.3^\circ$ ，世界陸上東京大会）。このような結果は，男子選手に比べ脚筋力に劣る女子選手は，踏切での効果的な速度獲得のために，脚の屈伸を抑え回転による速度の獲得を行うことがより重要であることを示唆している可能性がある。

踏切接地時における脚角度はそれぞれ -6.1° （レベデワ）， -7.7° （コルチャノワ）， -4.3° （コトワ）であった。また離地時の脚角度も負の値であった（レベデワ， -8.1° ；コルチャノワ， -5.2° ；コトワ， -6.2° ）。これらの結果は，男子選手と同様に女子上位3選手の踏切脚は，踏切局面にわたって内傾していたことを示している。また，踏切脚の内傾は女子選手の方が男子選手よりも大きかった。

図5においても確認できるように，女子上位3選手は踏切脚をかなり内傾させていることから，踏切足は踏切前のストライドよりもかなり内側に位置して

いる。このような踏切脚の振る舞いは，すでに述べたように鉛直速度を高めるために踏切脚外転筋群を動因させていることを示しているかもしれない。

参考文献

- Arampatzis, A., Brüggemann, G.-P., Walsch, M. (1999) Long jump. In Biomechanical analysis of the jumping events. In Biomechanical Research Project Athens 1997: Final Report (edit by G.-P. Brüggemann, D. Koszewski and H. Müller), 82-102.
- 深代千之, 若山章信, 小嶋俊久, 伊藤信之, 新井健之, 飯干明, 淵本隆文, 湯海鵬. (1994). 走幅跳のバイオメカニクス. 世界一流競技者の技術, ベースボールマガジン社, 135-151.
- Hay, J. G. (1986). The Biomechanics of the Long Jump. In K. B. Pandolf (ed.).

Exercise and Sports Sciences Reviews
(Volume 14) , 401-446. New York: Macmillan
Publishing Co.

- Lees, A., Derby, D., and Fowler, N. (1993) .
A Biomechanical Analysis of the Last Stride,
Touch-down, and Takeoff Characteristics of
the Women' s Long Jump. Journal of Sports
Sciences, 11, 303-314.
- Lees, A., Graham-Smith, P., and Fowler, N.
(1994) . A Biomechanical Analysis of
the Last Stride, Touchdown, and Takeoff
Characteristics of the Men' s Long Jump.
Journal of Applied Biomechanics, 10, 61-78.
- Okuyama, K., Ae, M., Yokozawa, T. (2003)
Three dimensional joint torque of the
takeoff leg in the fosbury flop style.
Abstract and Proceedings. International
Society of Biomechanics XIXth Congress.
(CD-ROM) .

第11回世界陸上男子走高跳上位入賞者の跳躍動作のバイオメカニクスの分析

阿江通良¹⁾ 永原 隆¹⁾ 大島雄治¹⁾ 小山宏之¹⁾ 高本恵美²⁾ 柴山一仁¹⁾
1) 筑波大学 2) 大阪体育大学

1. はじめに

1968年のメキシコオリンピック走高跳でアメリカのフォスベリー選手が2m24で優勝して以来、背面跳は一気に世界中に広まり、現在の世界記録は男女とも背面跳によって樹立されたものである(男子2m45、女子2m09)。その特徴は背面でのバークリアランスおよび曲線助走である。

走高跳の技術は助走、踏み切り準備、踏み切り、クリアランスなどの局面に分けて論じられるが、最も重要な局面は踏み切りである。曲線助走を用いる背面跳はベリーロールに比べて、3次元的动作の要素が強く、踏み切り準備、踏み切り、クリアランスのいずれも非常に複雑であり、一流選手の動作に関する研究はまだ少ない。

世界陸上第11回大会の男子走高跳は、表1に示すように上位入賞者が2m35をクリアーするなど、最近の大会では非常にレベルの高いものであった。さらに、バスケットボール選手から走高跳選手に転向してわずか2年という経験の浅いトーマス選手が優勝

したことは特筆すべきことであろう。彼のフォームは、まるでバスケットボールのランニングショットのようで、比較的短い助走と前傾の大きな踏み切り準備姿勢に特徴があった。また空中で脚をばたつかせる独特のフォームもマスコミやファンの話題となった。一方、同じく2m35をクリアーして2位になったロシアのリバコフ選手は、踏み切り足接地時の大きな身体の後傾、両腕振込みなど典型的な美しいフォームを示した。本報告では、第11回大会の男子走高跳の上位入賞者の踏み切り準備および踏み切り動作のバイオメカニクスの分析の結果を報告する。

2. 方法

2.1 対象者およびデータ収集

男子走高跳決勝進出者15名の踏み切り準備および踏み切り動作を、左足踏み切り選手では2台の高速VTRカメラ(HSV-500、ナック、250コマ/秒、1/1000秒)により、右足踏み切り選手では2台のデ

表1 第11回大阪大会における男子走高跳の結果

順位	選手名	国	記録(m)	2.16	2.21	2.26	2.30	2.33	2.35
1	D. トーマス	BAH	2.35	-	×○	×○	○	××○	○
2	Y. リバコフ	RUS	2.35	-	○	○	○	○	×○
3	K. イオアノフ	CYP	2.35	○	○	○	×○	×○	×○
4	S. ホルム	SWE	2.33	-	○	○	○	○	×××
5	T. ジャンク	CZE	2.30	○	○	○	○	×××	
5	V. モヤ	CUB	2.30	○	○	○	○	×××	
7	E. オンネン	GER	2.26	○	-	○	×-	××	
8	J. ババ	CZE	2.26	○	○	×○	×××		

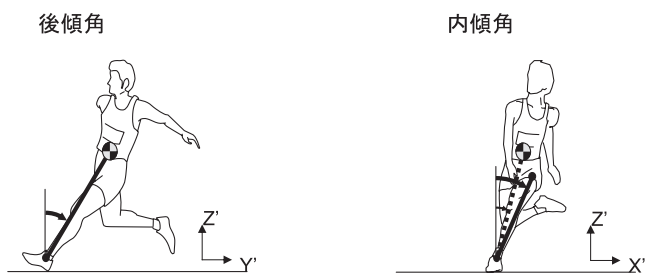


図1 身体の後傾角および内傾角の定義

デジタルVTRカメラ (VX-1000、ソニー、60フィールド/秒、1/1000秒) により撮影した。これらのカメラは長居陸上競技場スタンドの最上段に設置した。カメラ設置位置などの制約により、通常のカメラ同期装置が使えなかったため、踏み切り1歩前および踏み切りの足接地の瞬間を同期信号として用いて2台のカメラからの画像を、同期した (イベント法)。

データ処理

競技会における各選手の最高記録跳躍の試技について少なくとも踏み切り2歩前接地の5コマ前から踏み切り足離地後の10コマ後までの身体計測点23点をデジタル化し、これらの3次元座標値をDLT法により算出したのち、これらをバターワースデジタルフィルターにより平滑化した (最適遮断周波数は5~7.5Hz)。なお、計測誤差の平均は、x軸 (バーに平行) 方向で0.01m、y軸 (バーに垂直) 方向で0.02m、z軸 (鉛直) 方向で0.01mであった。

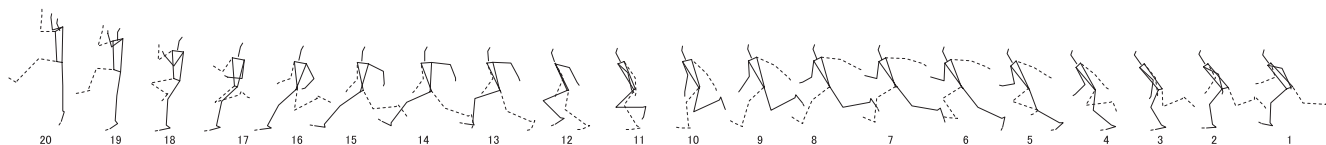
阿江(1996)の身体部分慣性係数を用いて身体各部および全身の重心位置を推定し、下記の身体重心高を求めるとともに、数値微分することにより助走や踏み切り局面における身体重心の速度などを算出した。

H1: 踏み切り足が離れる瞬間の身体重心高

H2: 空中で身体重心が上昇した高さ

H3: 身体重心の最大値 (H1+H2) とバー高との差

Thomas (BAH) 2.35m Lateral view



Backward View

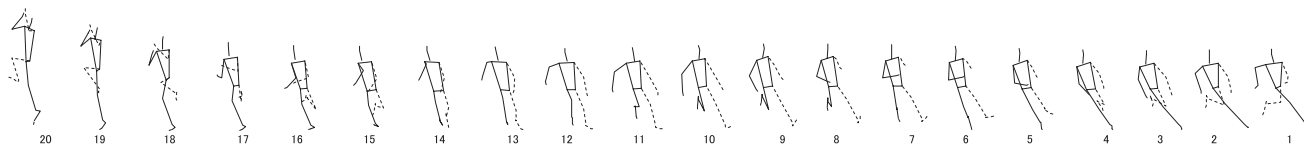


図2 トーマス選手のスティックピクチャー (2m35、上段:側方、下段:後方)

また様々な下肢の関節角度、身体部分角度を算出したが、本報告では膝関節角度 (大腿と下腿のなす角度) のみを報告する。踏み切り足接地時の姿勢の指標として、身体の内傾角および後傾角 (図1)、体幹の傾斜角 (両肩および両股関節の midpoint を結ぶ線分と鉛直線とのなす角度) などを求めた。

3. 結果と考察

3.1 3選手の踏み切り準備および踏み切りのフォーム

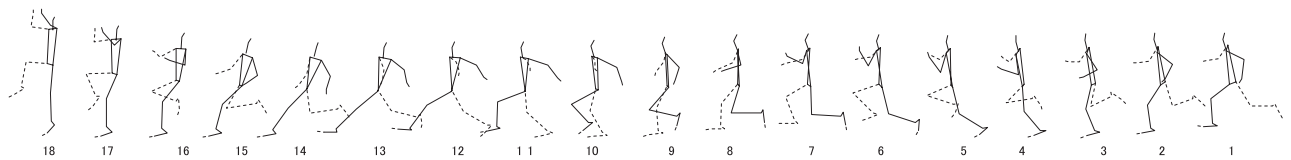
図2から4は、踏み切り2歩前接地から踏み切り足離地までの上位入賞者3名のスティックピクチャー (上段は側方から、下段は後方から) を示したものである。なお、左の上肢と下肢および体幹は実線で、右側は破線で示した。

トーマス選手 (図2、2m35)

リバコフとイオアノフとは大きく異なり、踏み切り2歩前においても身体、特に体幹を大きく前傾している。このフォームは、バスケットボールのランニングショットあるいは短助走跳躍と非常によく似ている。また、図2の3, 11, 12のように、支持脚の膝を深く屈曲していることも彼の大きな特徴の1つである。彼のフォームについてはこれまでのものと非常に異なっており、新しいタイプであるとの指摘が多くあるようであるが、踏み切りに入るまでには身体を起こしている。踏み切り足接地時には、体幹の起こしは他の選手に比べてやや小さいが、身体や踏み切り脚の後傾は大きい。また両腕をしっかりと振り込み、踏み切り足離地時には身体を垂直に保ち、振り上げ脚の大腿も高く上げている。

後方から見た場合の特徴は、踏み切り2歩前から大きく身体を内傾しており、この大きな内傾が踏み切り足接地にも保たれていることである (踏み切り時: 8.1度)。

Rybakov (RUS) 2.35m Lateral view



Backward view

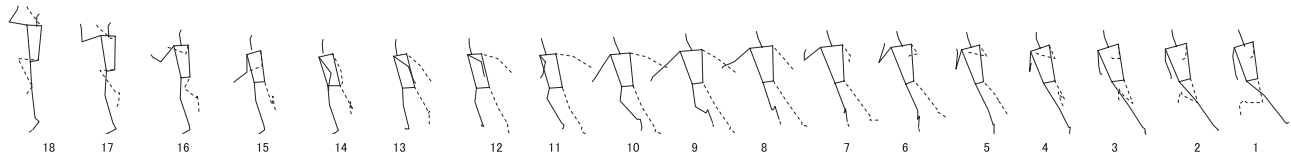
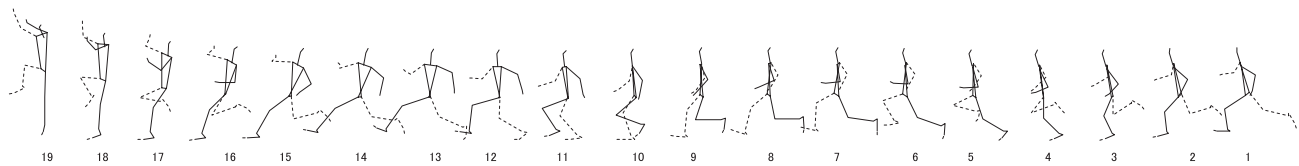


図3 リバコフ選手のスティックピクチャー（2m35、上段：側方、下段：後方）

Ioannou (CYP) 2.35m Lateral view



Backward view

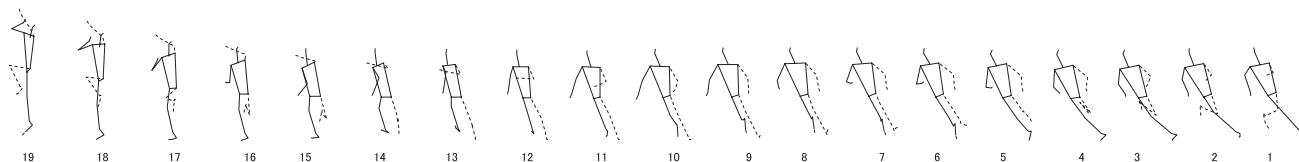


図4 イオアノフ選手のスティックピクチャー（2m35、上段：側方、下段：後方）

リバコフ選手（図3、2m35）

リバコフ選手は、すでに述べたように、多くの陸上競技の指導者に見られるような両腕振込み、大きな後傾姿勢などの典型的で美しい走高跳のフォームを示している。側方からみると、踏み切り2歩前では前傾しているが、その後体幹を起こして重心を下げ、両腕振込みの準備をして踏み切りに移っている。しかし、1歩前の膝関節の屈曲はトーマス選手よりも小さい。このことは、逆に言うと、トーマスが大きく膝を屈曲して重心を下げていることを示す。踏み切り局面では、身体および踏み切り脚を大きく後傾し、両腕と振り上げ脚を大きく振り込んでいる。

後方からみると、踏み切り2歩前の身体の内傾はトーマスと同様に大きい。支持局面（8から10）で進行方向を大きく変えていることがわかる。踏み切り足接地時の内傾は保たれていることもわかる。

イオアノフ選手（図4、2m35）

イオアノフ選手は、いわゆる完全な両腕振込みというよりも、半両腕振込み（セミダブルアーム）型

と呼ばれる腕の振込みを用いているが、リバコフ選手と同様に綺麗なフォームである。しかし、踏み切り2歩目（6～8）をみると、身体、あるいは身体重心の動きがやや上向きである（浮いている）。最後の1歩でもこの傾向がみられ、さらに踏み切り足を地面にたたきつけるようにしていることもあり、踏み切り足の接地がやや遅れている。

後方からみると、踏み切り2歩前では大きく内傾しているが、踏み切り足接地時には内傾が小さくなっている。

3.2 身体重心の高さおよび速度

表2は3名の選手のパフォーマンスを規定する要因および踏み切り時間を、表3は最後の1歩および踏み切り局面の身体重心の速度を示したものである。トーマス選手の特徴は、著しく大きなH2(1.10m)およびあまり有効でないクリアランスにある。また、リバコフ選手は身長が大きいこともあり、H1が大きい。踏み切り時間は、1991年のもの（飯干ほか、1994）と大きな違いはない。

予想とは大きく異なり、トーマス選手の助走速度は踏み切り1歩前(7.73m/s)、踏み切り足接地時

表2 3選手のパフォーマンス決定要因および踏み切り時間

選手名	身長 (m)	体重 (kg)	分析記録 (m)	最大重心高 (m)	H1 (m)	H2 (m)	H3 (m)	踏み切り時間 (秒)
トーマス	1.90	75	2.35	2.49	1.40	1.10	-0.14	0.180
リバコフ	1.98	82	2.35	2.46	1.45	1.01	-0.11	0.192
イオアノフ	1.93	60	2.35	2.38	1.40	0.98	-0.03	0.148

表3 3選手の身体重心速度および跳躍角

選手名	身体重心速度 (m/s)						跳躍角 (度)
	水平			鉛直			
	1歩前	踏み切り		1歩前	踏み切り		
	接地時	接地時	離地時	接地時	接地時	離地時	
トーマス	7.73	7.87	3.82	-0.47	-0.11	4.64	50.9
リバコフ	7.41	7.57	3.66	-1.01	-0.10	4.45	50.6
イオアノフ	7.75	7.61	3.80	-0.62	0.09	4.38	49.0

表4 3選手の踏み切り足接地時における身体の傾き角

選手名	踏み切り足接地時の身体の傾き角(度)		
	後傾角	内傾角	体幹角
トーマス	43.5	8.2	13.3
リバコフ	43.0	2.9	14.3
イオアノフ	40.0	3.5	13.4

表5 3選手の踏み切り1歩前および踏み切り局面における膝関節角度

選手名	膝関節角度(度)				
	1歩前		踏み切り		
	接地時	離地時	接地時	最大屈曲時	離地時
トーマス	150	141	161	133	172
リバコフ	154	151	170	139	174
イオアノフ	144	136	151	145	177

(7.87m/s) とともに3名中で最も大きく、わずかに加速して踏み切りに入っている。彼の踏み切り足接地時の速度は、東京大会（踏み切り7.52±0.25m/s、1994）、ヘルシンキ大会（踏み切り7.78±0.34m/s、Isolehto, et al., 2007）の平均値よりもやや大きい。この加速して踏み切りに入る傾向はリバコフ選手にも見られるが、イオアノフ選手には見られない。しかし、それでも踏み切り足接地時の速度は東京大会の平均値よりも大きい。トーマス選手とリバコフ選手の踏み切り足接地時の鉛直下向き速度は東京大会（-0.12±0.53m/s）、ヘルシンキ大会（-0.33±0.16m/s）よりも小さく、イオアノフ選手では上向きである。3選手の跳躍角は、ヘルシンキ大会（51.1±2.3度）と同様で、東京大会（47.8±3.5度）よりも大きい。

3.3 身体の傾き角および膝関節角度

表4は身体および体幹の傾き角を、表5は踏み切り1歩前および踏み切り局面の膝関節角度を示したものである。また図5は3選手の踏み切り局面における膝関節角度と身体重心の鉛直速度の変化の関係を示したものである。

3選手の体幹の傾き角には差がないが、身体の後傾はイオアノフ選手の40度が最も小さく、トーマス選手の43.5度が最も大きく、東京大会（37.7±3.4度）よりも大きかった。踏み切り足接地時の身体の

内傾角は3選手とも東京大会（3.2±3.1度）よりも大きく、特にトーマス選手の内傾角は8.2度と非常に大きく、彼の大きな特徴の一つであると考えられる。

図2～4および表3に示したように、3選手とも踏み切り1歩前では膝関節を屈曲しているが、そのパターンには相違が見られる。トーマス選手とイオアノフ選手は1歩前接地後、膝関節をさらに屈曲するか、ほぼその屈曲を維持したままで、あまり伸展せずに離地している。リバコフ選手は膝をあまり曲げずに支持脚を前傾させることによって身体重心を下げている。しかし、図2～4を観察すると、最後の1歩では膝屈曲の大きさに関係なく、いずれの選手も

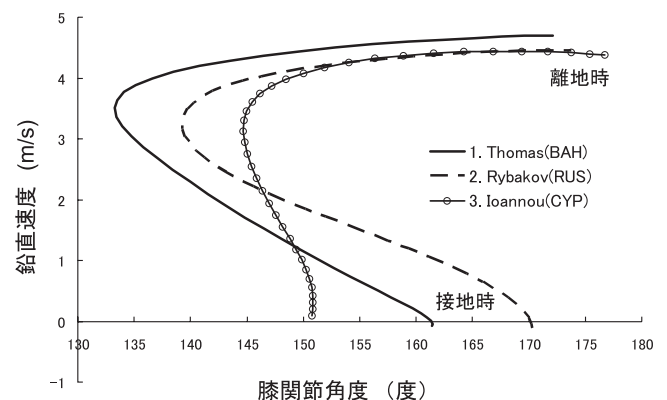


図5 3選手の踏み切り局面における膝関節角度および身体重心の鉛直速度の変化

下腿を大きく前傾していることがわかる。スプリントでは、支持期前半における下腿のすばやい前傾がブレーキを少なくするために重要であると言われている。ここに示された下腿の前傾は3選手ともに1歩目における助走速度の減速が小さかったことの一要因であろう。

図5に示したように、踏み切り接地時の膝関節はリバコフ選手で最も大きく（伸展している）、イオアノフ選手が最も小さい（屈曲している）。踏み切り局面ではトーマス選手の膝が最も深く屈曲しており（133度）、この膝関節角度はヘルシンキ大会の最小値127.9度、東京大会の132.9度とほぼ同様で、トーマス選手の膝屈曲は大きいと言える。踏み切り前半では膝関節は屈曲、身体重心は上昇を続けるが、これは大きく後傾した進退が踏み切り足を中心に起こし回転するためである。身体重心の離地時の鉛直速度に対する膝関節伸展開始時の鉛直速度の比は東京大会では78.7±6.1%であったが、トーマス選手では77%、リバコフ選手では76%、イオアノフ選手では75%であり、大きな相違はなかった。これらの結果は、トーマス選手が踏み切り局面において大きな鉛直速度を得るために、強い膝関節や体幹の伸展とともに、身体の起こし回転を有効に利用したことを示すものである。

4. 踏み切り技術への示唆

すでに述べたように、トーマス選手の踏み切り動作の特徴の1つは、8.2度という大きな内傾にある。Okuyama et al. (2003) は、走高跳では踏み切り脚を内傾させることにより股関節外転筋が効果的に使えるので、その結果として鉛直速度を大きくできることを示唆している。踏み切り時に作用する鉛直地面反力は踏み切り脚の股関節を内転させる外力モーメントを生じるので、選手は大きな股関節外転トルクを発揮して地面反力による内転モーメントに抗する必要がある。一方、踏み切り脚股関節において大きな外転トルクを発揮することは鉛直地面反力を大きくすることになり、身体を鉛直に上昇させるのに役立つ。言い換えると、踏み切り足接地の直後において身体、特に踏み切り脚が内傾していることは踏み切り脚股関節外転筋群が大きな力を発揮する条件を作りだし、鉛直地面反力、そして身体重心の鉛直速度を大きくするのに貢献すると考えられる。

トーマス選手は、踏み切り準備局面において体幹の前傾が大きく、支持脚の屈曲が大きく、踏み切り加速しながら入っていた。踏み切り局面では踏み切り脚の内傾が大きく、股関節外転および膝伸展を大

きく使っていた。

イオアノフ選手では踏み切り足接地時の身体重心の鉛直速度は上向きであった。踏み切り局面において、選手は身体重心の水平および鉛直速度の方向を変換するために力積を発揮しなければならない。踏み切り足接地時の鉛直速度が上向きか、あるいは下向きの速度が小さいことは、下向きの速度を吸収するための鉛直力積が必要ないか、あるいは小さくてよいことを意味する。イオアノフ選手の踏み切りはこれに近いものであったと考えられる。イオアノフ選手は、多くの選手と同様に、最後の1歩で身体重心の水平速度が低下していたが、彼の特徴は最後の数歩を力みのなく走り、踏み切りに上向きの速度を持って入り（駆け上がり）、すばやく踏み切ったことである。

新しい技術は、一流選手が示す既存の技術と選手やコーチの創造的なアイデアが組み合わせられて生み出されるものである。トーマス選手とイオアノフ選手の技術の組み合わせが走高跳の新しい技術の方向を示唆しているように思われる。

文献

- 阿江通良(1996)：日本人幼少年および青年競技者の身体部分慣性係数. *Japanese Journal of Sports Science*. 15-3:155-162.
- Hay J.G. (1993)：The biomechanics of sports techniques, fourth edition, Prentice Hall, New Jersey, pp. 440-452.
- 飯干 明ほか(1994)：世界一流走り高跳び選手の技術に関するバイオメカニクスの分析. 世界一流陸上競技選手の技術. 佐々木、小林、阿江（編著）、ベースボールマガジン社、pp.169-184.
- Isolehto J., et al. (2007)：Biomechanical analysis of the high jump at the 2005 IAAF World Championships in Athletics. *New Studies in Athletics*. 22-2:17-27.
- Okuyama, K., Ae, M., Yokozawa, T. (2003)：Three dimensional joint torque of the takeoff leg in the fosbury flop style. *Abstract and Proceedings. International Society of Biomechanics XIXth Congress*. (CD-ROM).

世界一流男子やり投選手における技術分析 — 槍速度に対する身体各部位の貢献について —

田内健二¹⁾ 村上雅俊²⁾ 遠藤俊典³⁾ 阿江通良⁴⁾

1) 早稲田大学 2) 愛媛女子短期大学 3) 茨城県立医療大学 4) 筑波大学

I. はじめに

東京で開催された第3回世界陸上選手権大会より16年ぶりとなる2007年、大阪で第11回大会が開催された。日本陸連科学委員会は、東京大会と同様に世界一流陸上競技者の技術をバイオメカニクスの観点から明らかにするための研究プロジェクトを組織し、各競技種目の動作撮影を実施した。本稿では、投てき種目の男子やり投を取りあげ、世界一流選手の投てき技術の特徴を報告する。

田内ら(2006)は、相対運動の考え方にもとづいた下肢-体幹-上肢モデルによって、時々刻々と変化する投てき物の速度が、どの身体部位のどのような動作によって獲得されているのかを明らかにできることを報告した。そこで本稿では、この下肢-体幹-上肢モデルを用いて、世界一流のやり投選手が、どのような動作によって槍の速度を獲得しているかを明らかにすることを目的とした。

II. 方法

1. 分析対象

分析対象は、世界陸上男子やり投決勝において1位となったピトカマキ選手(フィンランド, 身長: 1.93m, 体重: 92kg) および2位となったトルキルドセン選手(ノルウェー, 身長: 1.88m, 体重: 90kg)であった。いずれの選手についても6投の試技のうち、最も良い記録であった投てき試技を分析試技とした。

2. データ収集

すべての投てき動作を、助走路の右側方および後方に設置した2台の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秒で撮影した。また、助走路の中央、フェウルラインより後方8m地点を原点とし、縦6m×横4m×高さ2.5mの画角を設定し、9カ所にキャリブレーションポール(マーク間隔0.5m)を立てた。

3. データ分析

撮影した映像から槍(槍先, グリップ)および身体分析点(全身23点)を動作解析システム(Frame-DIAS II, ディケイエイチ)を用いて毎秒60コマでデジタル化した。3次元DLT法により槍および身体分析点の3次元座標を算出し、残差分析法によって決定された最適遮断周波数(6-8 Hz)で、バッタワースデジタルフィルタにより平滑化した。なお、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。本研究では、最終的なクロスステップ後の右足接地、左足接地および槍のリリース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(P1)、左足接地からリリースまでを投げ出し局面(P2)とした。

本研究では、槍のリリースパラメータとして、リリース時の槍速度、リリース高、槍の投射角、姿勢角および迎え角を算出した。また、田内ら(2006)の方法にもとづいて投てき動作を下肢-体幹-上肢モデル(図1左)にモデル化し、槍速度に対する身体各部位の動作の貢献を以下の式1および2によって算出した。なお、本稿では投てき方向の槍速度のみを扱った。

$$V_j = v_{j/l} + vv_{t/l} + v_l \quad \dots \text{式1}$$

ここで、 v_l は下肢の動作による槍速度(下肢)、 $vv_{t/l}$ は体幹の前後屈による槍速度(体幹起こし回転)、 $v_{j/l}$ は上肢の動作による槍速度を示すことになる。また、 $v_{j/l}$ については、両肩の midpoint から右肩

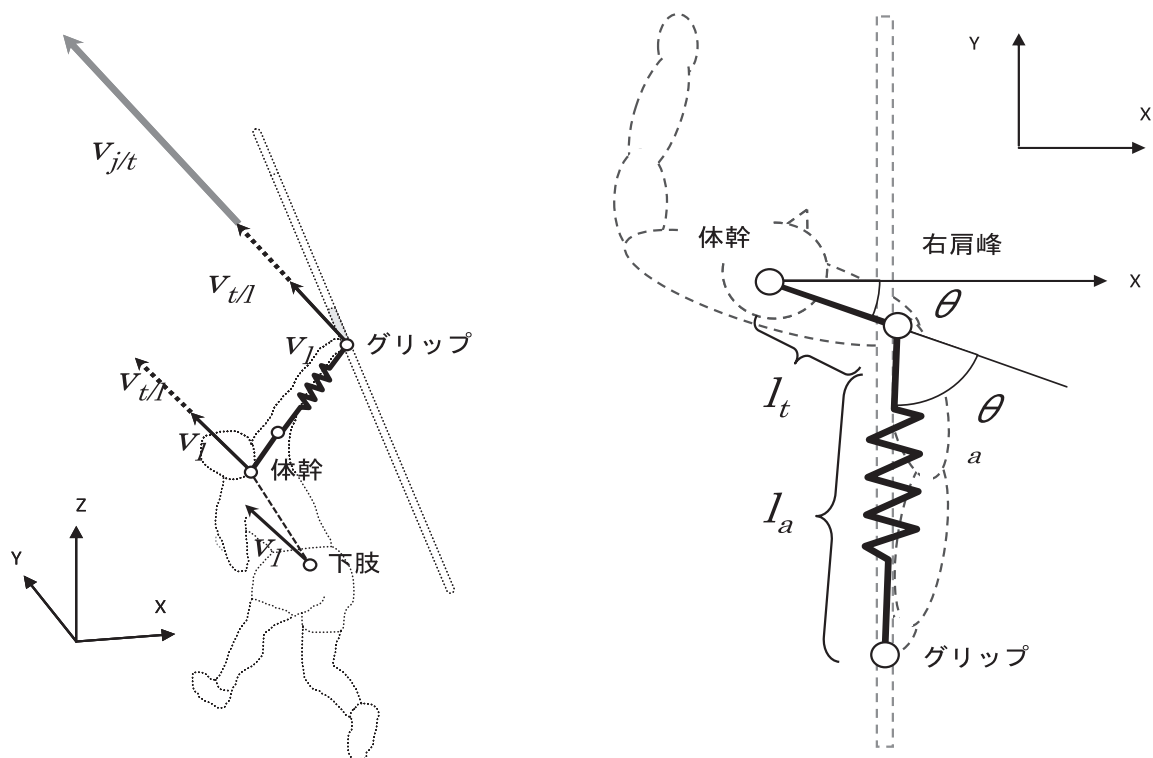


図1 やり投における下肢－体幹－上肢モデルの定義

峰までの線分 (l_t), l_t とX軸とのなす角 (θ_t), 右肩峰から槍のグリップまでの線分 (l_a), l_a と l_t とのなす角 (θ_a)を局座標で示した(図1右).

$$V_{j/t} = l_t \sin \theta_t + \theta_t' (l_t \cos \theta_t + l_a \cos(\theta_t + \theta_a)) + l_a' \sin(\theta_t + \theta_a) + \theta_a' (l_a \cos(\theta_t + \theta_a)) \dots \text{式2}$$

ここで, l_t , θ_t , l_a , θ_a の微分項は, 順に体幹の伸縮による槍速度(体幹伸縮), 体幹の長軸回りの回転動作による槍速度(体幹長軸回転), 上肢の伸縮動作による槍速度(上肢伸縮), 上肢の水平内外転動作による槍速度(上肢回転)を示すことになる. なお, 体幹伸縮はほぼ0であったために, 本稿では示さないこととした.

Ⅲ. 結果および考察

1. 投てき記録, リリースパラメータおよび動作時間(表1)

ピトカマキ選手の投てき記録は90.33m, トルキルドセン選手の投てき記録は88.61mであった. 両選手の槍の合成リリース速度は, それぞれ29.9m/sおよび29.8m/sとほぼ等しく, 90m前後の記録における槍のリリース速度を報告した先行研究(Bartonietz, 2000)とほぼ同様の値であった. リリース速度を各成分にわけてみると, ピトカマキ選

手は槍をやや左方向に投射し, 前方向への速度は22.8m/sと90mスローワーとしては低い値であったが, 上方への速度が18.8m/sと非常に高い値であった. 一方, トルキルドセン選手は, ほぼまっすぐに投射し, 前方向への速度は24.3m/sと高い値を示し, 上方への速度は17.2m/sであった. リリース高および投射角をみると, ピトカマキ選手はトルキ

表1 ピトカマキ選手およびトルキルドセン選手における投てき記録, リリースパラメータおよび動作時間

		ピトカマキ	トルキルドセン
記録	(m)	90.33	88.61
リリース速度			
側方*	(m/s)	-4.5	1.0
前方	(m/s)	22.8	24.3
上方	(m/s)	18.8	17.2
合成	(m/s)	29.9	29.8
リリース高	(m)	1.99	1.86
リリース角度	(deg)	39.9	35.9
姿勢角	(deg)	45.6	39.4
迎え角	(deg)	5.7	3.5
動作時間			
P1	(s)	0.200	0.167
P2	(s)	0.117	0.117

*: 側方のリリース速度は, プラスが右方向, マイナスが左方向を示す.

ルドセン選手と比較して、リリース高および投射角ともに高値を示した。以上のリリースパラメータの結果から、ピトカマキ選手は、前方向への速度はそれほど高くないが、上方への速度が高く、さらに、リリース高および投射角を大きくすることによって、非常に高い放物線を描く槍の軌跡となって90mを超える投てき距離を獲得したものと考えられる。一方、トルキルドセン選手は、投てき方向に対して槍をまっすぐ直線的に投射し、やや低い槍の軌跡な

がらも、高い前方向の速度によって88mを超える投てき距離を獲得したものと考えられる。

2. 投てき方向の槍速度に対する身体各部位の貢献の仕方 (図2)

両選手に共通してみられる槍速度に対する身体各部位の貢献の仕方は、P1における槍速度は、中盤まではほぼ下肢の助走によるものであり、その後、左足接地前に体幹の長軸回転および起こし回転

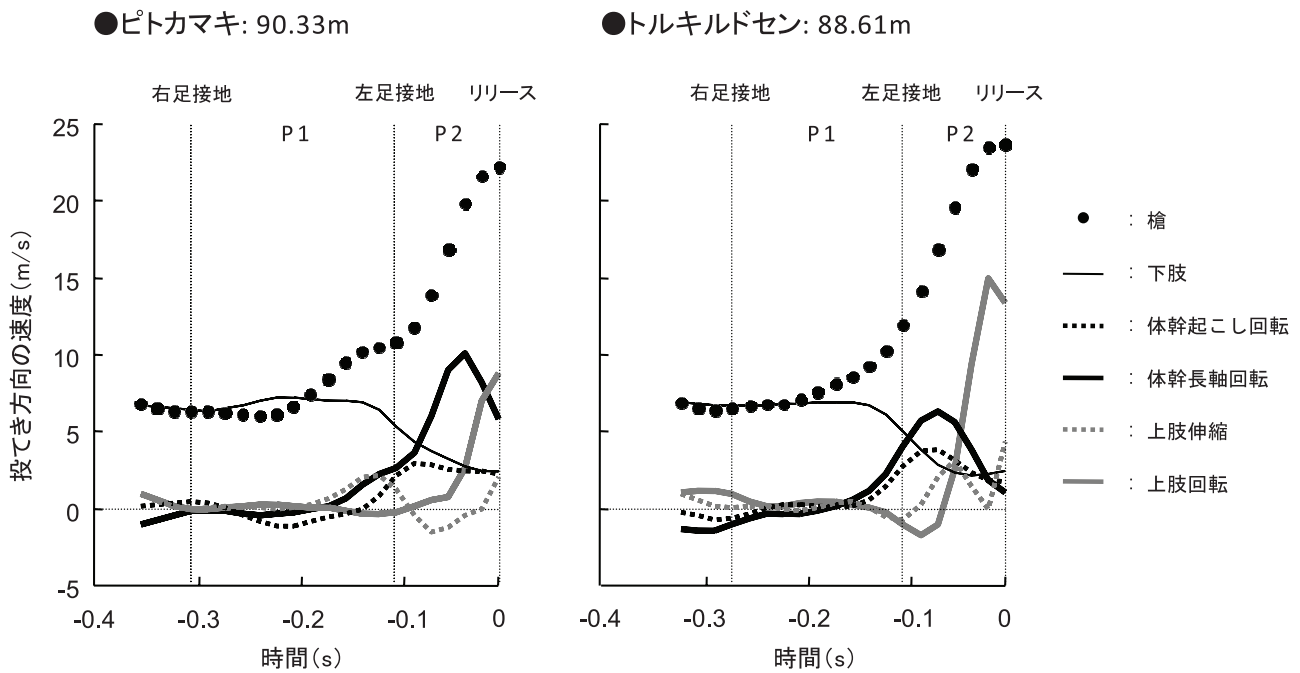


図2 ピトカマキ選手およびトルキルドセン選手における槍速度 (投てき方向のみ) に対する身体各部位の貢献

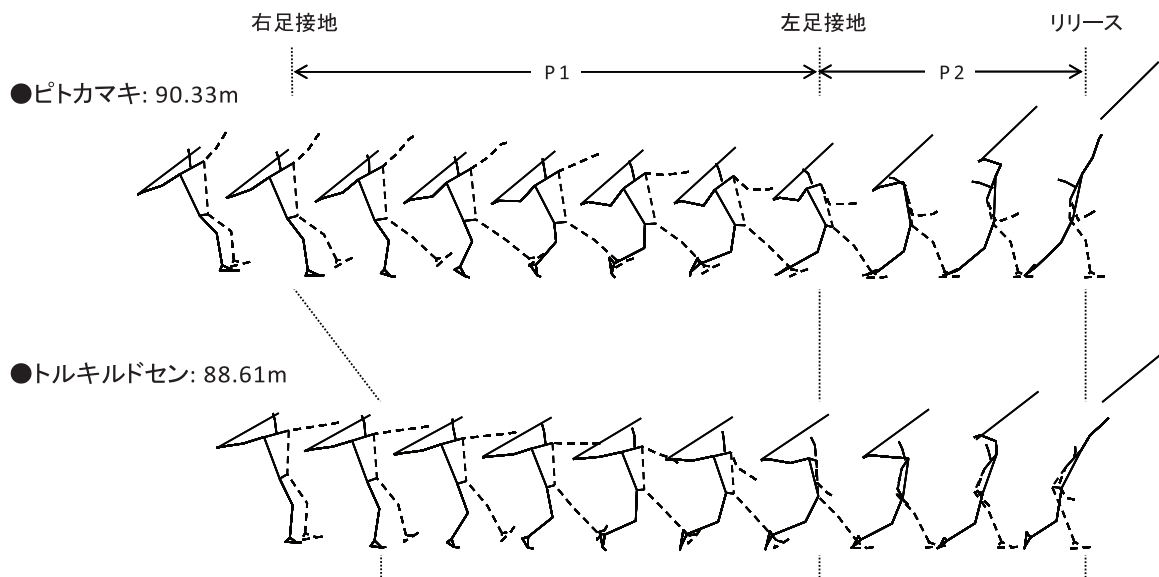


図3 ピトカマキ選手およびトルキルドセン選手におけるスティックピクチャ (右側方からみた図) ピクチャ間の時間は、0.033秒。

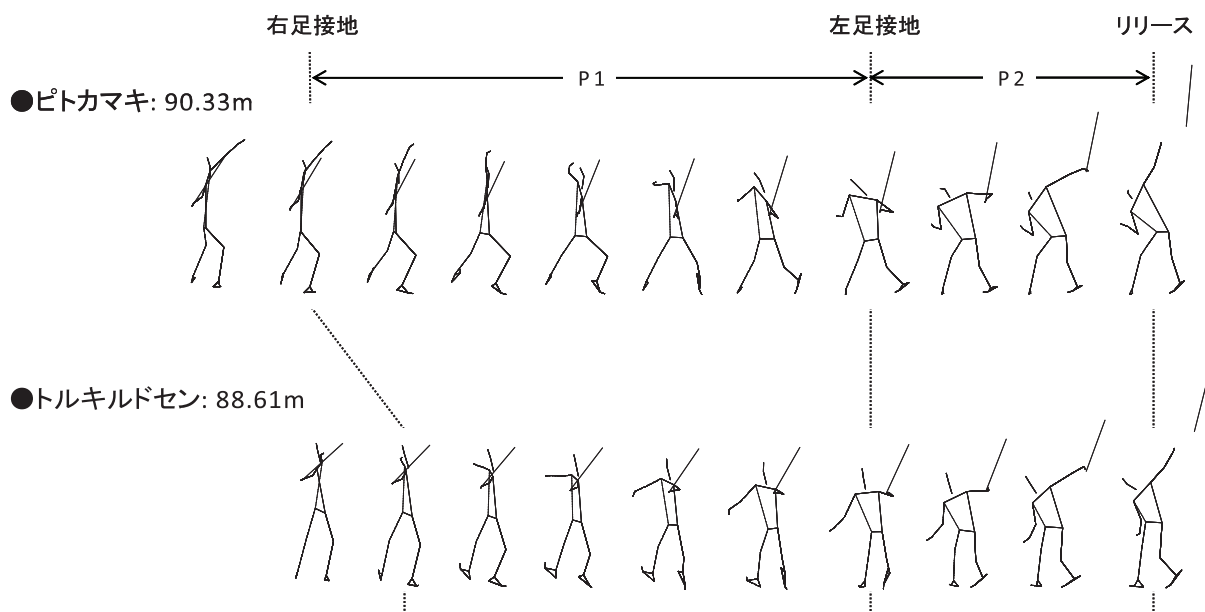


図4 ピトカマキ選手およびトルキルドセン選手におけるスティックピクチャ（後方からみた図）ピクチャ間の時間は、0.033秒。

によって若干加速されていた。P2における槍速度は、左足接地とともに下肢の貢献が低下し、それと同期して体幹の長軸回転が急激に高くなり、その後上肢の回転が急激に高くなることによって大きく加速されていた。これらの槍速度に対する身体各部位の貢献の仕方は、下肢から体幹、そして上肢へと貢献の割合が高くなっており、いわゆる運動連鎖が生じていたことを示唆するものである。

このような共通した特徴を示す一方で、非常に顕著な個人差も確認された。ピトカマキ選手は、P1後半における槍の加速がやや大きく、これは上述した体幹の動作に加えて上肢の伸縮によって生じたものであった。図3のスティックピクチャをみると、この局面では上肢全体を縮める動作にトルキルドセン選手には認められなかった。また、ピトカマキ選手は、P2において体幹の長軸回転の貢献が非常に高く、ピーク値が中盤から後半において出現し、リリースに向かって高まっていく上肢の回転の貢献が低く抑えられていたのに対して、トルキルドセン選手は、体幹の長軸回転の貢献が低く、ピーク値が前半に出現し、最終的な上肢の回転の貢献が極めて高かった。このような差があることを認識しながら、図3,4のスティックピクチャをみると、トルキルドセン選手は両肩を結んだラインが投てき方向に正対するタイミングが早く（左足接地時には完全に正対している、図4）、体幹が起こされながらも、それ以上長軸回転することなく、体幹に対して上肢を振り回すような動作によって槍を加速させているとみることができよう（図3）。一方、ピトカマキ選

手は、両肩を結んだラインが投てき方向に正対することなくP2を迎えており、P2では体幹と上肢を一緒に回転させて槍を加速しているとみることが出来る。なお、ピトカマキ選手は、体幹をやや後傾させたまま槍の引き出しを行っており、リリース時においても体幹がほぼ直立した状態であった。このような動作が槍の上方への速度を高めることに貢献したものと推察される。

以上のように、両者は同様の槍のリリース速度（合成）を獲得しながらも、そこに貢献する身体各部位の動作は大きく異なることが明らかとなった。本稿の結果のみでは、どちらがより良い投てき技術なのか、あるいは身体特性などによって技術をタイプ分けできるのかなどを明らかにすることは困難である。今後、さらなる分析によってやり投の技術をより詳細に明らかにできるものと考えられる。

参考文献

- Bartonietz, K. (2000) Javelin Throwing: an Approach to Performance Development. Biomechanics in Sport (ed) Zatsiorsky, Blackwell Science: 401-434.
- 田内健二, 村上雅俊, 高松潤二, 阿江通良 (2006) 砲丸投における砲丸速度に対する身体各部位の貢献—世界レベル選手と日本レベル選手との比較—. 陸上競技研究紀要2: 65-73.

世界1位と日本1位の男子円盤投選手の円盤加速動作の比較

山本大輔¹⁾ 伊藤 章¹⁾ 田内健二²⁾ 村上雅俊³⁾ 淵本隆文¹⁾ 田邊 智⁴⁾
 1) 大阪体育大学 2) 早稲田大学 3) 愛媛女子短期大学 4) 大阪産業大学

I. 緒 言

長年低迷していた日本の男子円盤投の競技レベルは近年高まりの兆しを見せ、1979年に樹立された日本記録にようやく近づき始めた。しかし、依然として世界のレベルとはかけ離れており、体力的な差だけではなく技術的な違いも原因となっていると思われる。そこで、本研究では第11回世界陸上競技選手権大会（大阪、2007）と第91回日本陸上競技選手権大会（大阪、2007）における優勝者の動作を比較し、技術的な特徴を明らかにすることにより、日本選手が取り組むべき技術的な方向性を示そうとした。

II. 方 法

1. 測定対象

第11回世界陸上競技選手権大会（大阪、2007）における男子円盤投優勝者のゲルド・カンテル選手（68.94m）と第91回日本陸上競技選手権大会（大阪、2007）における男子優勝者の畑山茂雄選手（56.50m）の動作と、世界陸上競技選手権大会（12名；「世界一流選手」と略す）と日本陸上競技選手権大会（8名；「日本一流選手」と略す）の決勝進出者の円盤の動きについて解析を実施した。

2. 撮影方法

すべての投てき動作を陸上競技場の観客席上段

に設置した2台のDVカメラでサークルの側方と後方より60fpsで撮影した。またサークルの中心を原点とし、投擲方向4m×横4m×高さ2.5mの画角を設定し、9ヶ所にキャリブレーション用のポール（各ポールに5ヶ所のマーク）を立て、合計45個のマークを撮影した。

3. データ処理

撮影した映像から、それぞれの選手の最も記録のよかった試技の円盤の重心および身体24点を動作解析システム（Frame - DIAS II, DKH）を用いて毎秒60fpsでデジタイズし、DLT法を用いて三次元座標値を算出した。その後、残差分析法によって決定された最適遮断周波数（6Hz）で4次のButterworthにより平滑化し、データとして用いた。

4. 動作時点の定義

宮西ら（1997）にしたがい、動作の時点を以下のように分けた。すなわち、ターン動作開始時のバックスイング終了時（BSE）、右脚離地（R-off）、左脚離地（L-off）、右脚接地（R-on）、左脚接地（L-on）、円盤のリリース時（Rel）の時点とした（図1）。

5. 分析項目

円盤の三次元の合成速度を円盤速度とし、各動作時点について投てき記録との関係を求めた。また、優勝者のカンテル選手と畑山選手の2人について

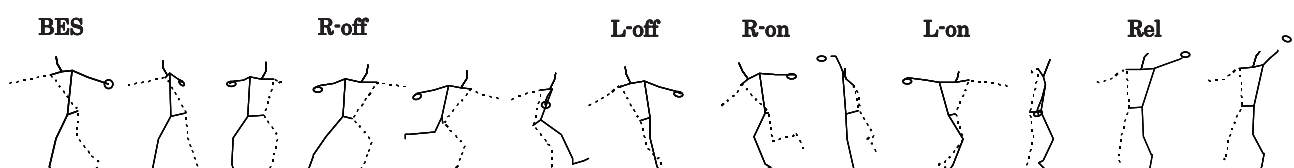


図1 動作時点の定義

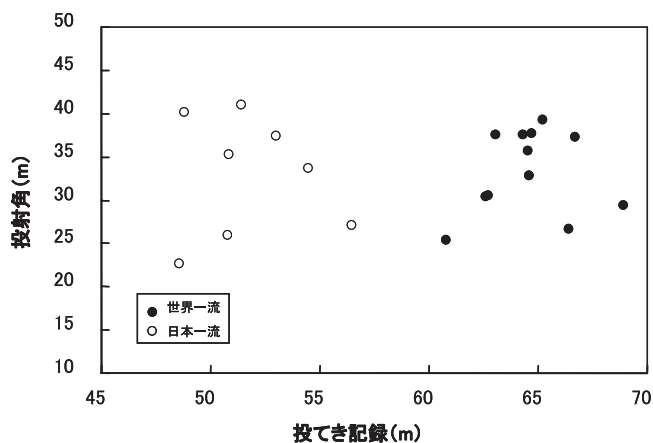


図2 投射角と投てき記録の関係

は、ターン中の円盤速度の変化と体幹の動作について分析し、両選手の円盤加速動作を比較した。体幹の動作として、左右の肩を結んだ線（以後「肩」と略す）と左右の股関節を結んだ線（以後「腰」と略す）が水平面となす角度を求めた。また、体幹の捻り角度を肩と腰の角度差から求めたが、上から見て腰と肩が一致した状態を 0° とし、肩に対して腰の回旋が先行している場合を+とした。肩と腰の水平面の回旋速度は上から見て反時計回りの速度を+とした。

Ⅲ. 結果と考察

1. 円盤の動きと投てき記録の関係

世界一流選手（12名）の投てき記録は68m94から60m77の範囲にあり、日本一流選手（8名）の記録は56m50から48m58の範囲にあった。投てき記録と投射角には有意な相関関係は認められず、どの選手もほぼ一定の値（投射角； $33.15 \pm 5.40^\circ$ ；図2）を示した。

投てき記録とリリース高には有意な正の相関関係（ $r = 0.538, p < 0.05$ ；図3）がみられた。しかしこの結果は選手の形態的特長を考慮していない。そこで形態的特長を排除するために身長を判明した世界選手権の1位から8位の8名と日本選手権の1位から8位（6位を除く）の7名の計15名についてリリース高の身長比を算出したところ、平均値では世界一流選手は $95.6 \pm 5.0\%$ 、日本一流選手は $90.7 \pm 6.6\%$ となり、世界一流選手の方が高い値を示した。しかし投てき記録との関係を見たところ、有意な相関関係は見られなかった。Gregor,R.J.et al (1985)は、ロスアンゼルス・オリンピック選手を対象に、平均投射角は 35.6° であり、平均リリース高は1.73m（身長比は90%）であったと報告しているが、それより22

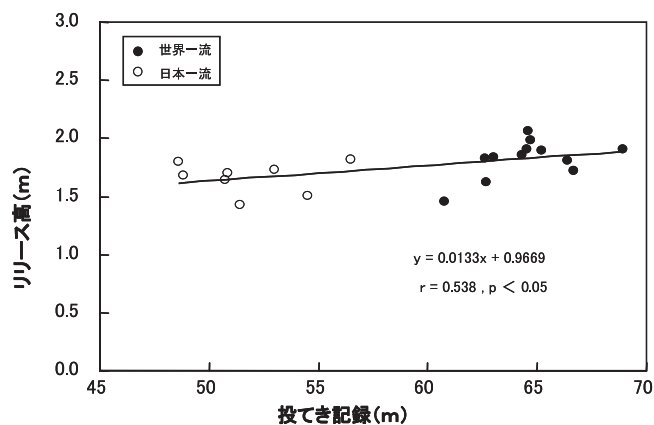


図3 リリース高と投てき記録の関係

年後の本研究の結果もほぼ一致していた。

円盤の速度と投てき記録との関係を、図1に示す各動作時点について調べたところ、L-onとRelにおいて有意な正の相関関係（それぞれ、 $r = 0.470, p < 0.05$ ； $r = 0.944, p < 0.001$ ）を示した（図4）。R-off、L-off、R-onの各時点での円盤合成速度は、世界一流選手の方が日本一流選手に比べ全体的に高い傾向が観察されたが、投てき記録と有意な相関関係は認められなかった。これらの世界一流選手と日本一流選手のRelにおける円盤速度の結果はオリンピック選手を対象とした報告（Terauds,J.,1978；Gregor,R.J.et al.,1985）とほぼ同じ値であった。

2. ゲルド・カンテル選手と畑山選手の比較

1) 円盤の速度変化

図5に両選手のR-offからRelまでの円盤の速度と体幹の捻り角の変化を示した。円盤の速度変化パターンは両選手共通で、R-offからL-offとR-onの間まで緩やかに増加し、一旦L-onの直前まで減少した後Relまで急激に増加した。L-onの直前までの減少は畑山選手の方がやや大きかった。

2) 体幹の捻りの増加に関して

体幹の捻り角度に関しては、両選手間で大きな違いが見られた。すなわち、カンテル選手はL-off付近で捻りが最も小さく、R-onまでの空中局面で急激に捻り角を増加させていた（図5左）。その後L-on直前まで大きな捻り角を維持し、その後Relまでの急激な捻り戻しにともなって円盤速度が増加していた。畑山選手はカンテル選手より早い時点（R-offとL-offの中間時点）で捻り角が最も小さくなり、カンテル選手より遅い時点のL-onで最大の捻り角が現れた（図5右）。その後Relまでの急激な捻り戻しにともなって円盤速度が増加した。

この体幹の捻りを発揮する肩と腰がどのような速

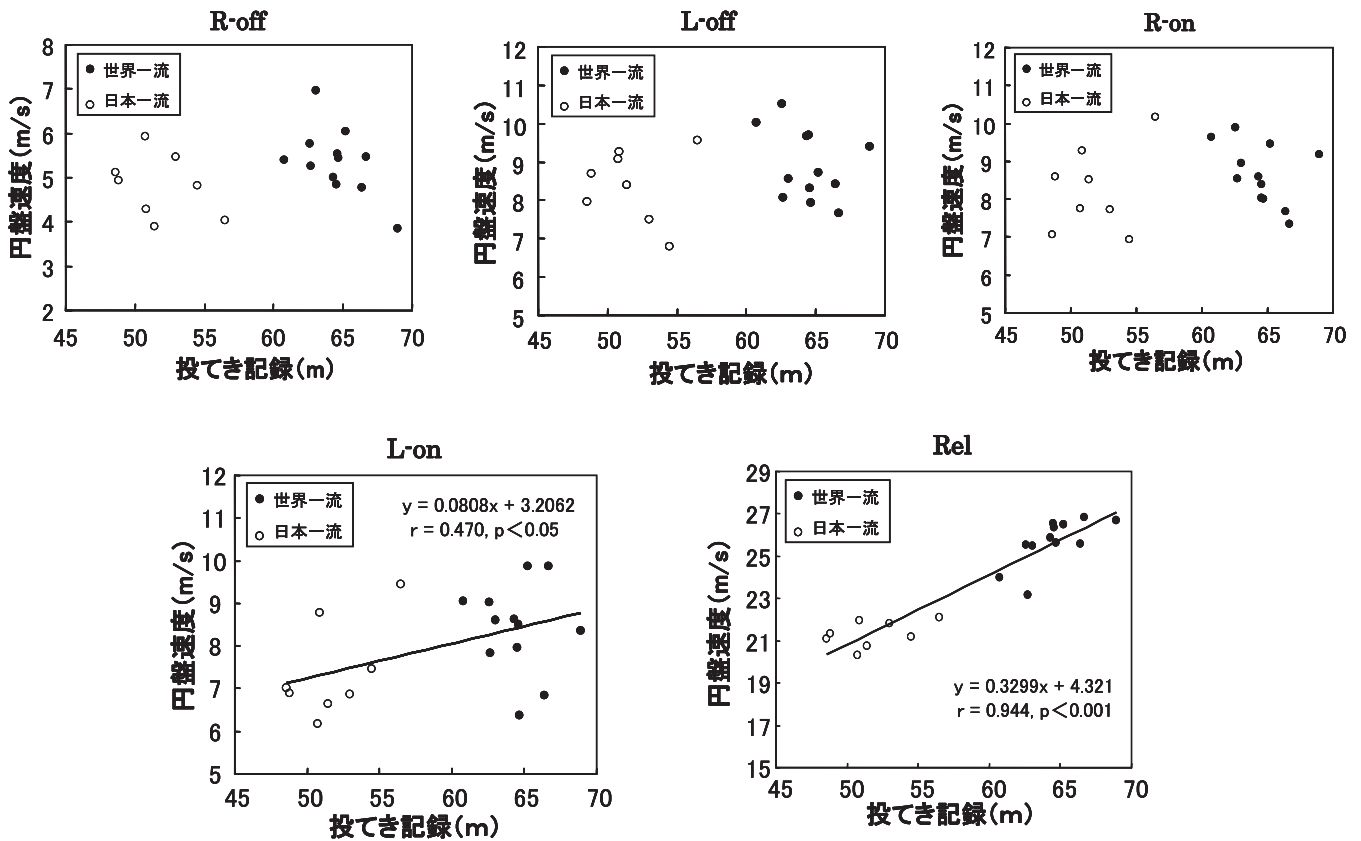


図4 各動作時点の円盤速度と投てき記録の関係

度で回旋しているのか検討するために肩と腰の回旋速度を求めた(図6)。カンテル選手は体幹の捻りを増加させるL-offからR-onの空中局面で、やや肩の回旋速度が減少しながら腰の回旋速度が急激に増加していた(図6左)。そして、R-onからL-onにかけてその大きな捻り角度を維持しながら肩の回旋速度は急激に上昇した。

一方、畑山選手はR-onとL-onの間で肩の回旋速度はカンテル選手と同じ程度減少し、腰の回旋速度をやや増加することによって体幹を捻り、最大に捻った直後に捻り戻しが開始した。

このように、体幹の捻りの形成は両選手で異なっていた。つまり、カンテル選手は両脚が離地した空中で主に腰の回旋速度を急激に高めることによって体幹を捻ったが、畑山選手は右足での支持から両脚支持になる直前に腰の回旋速度をやや高めながらも肩の回旋速度を減少することによって体幹を捻っていた。そして、体幹の捻りの最大値はカンテル選手(70度)の方が畑山選手(55度)より著しく大きかった。

3) 体幹の捻り戻しに関して

カンテル選手は、大きな捻り角度を維持しながら

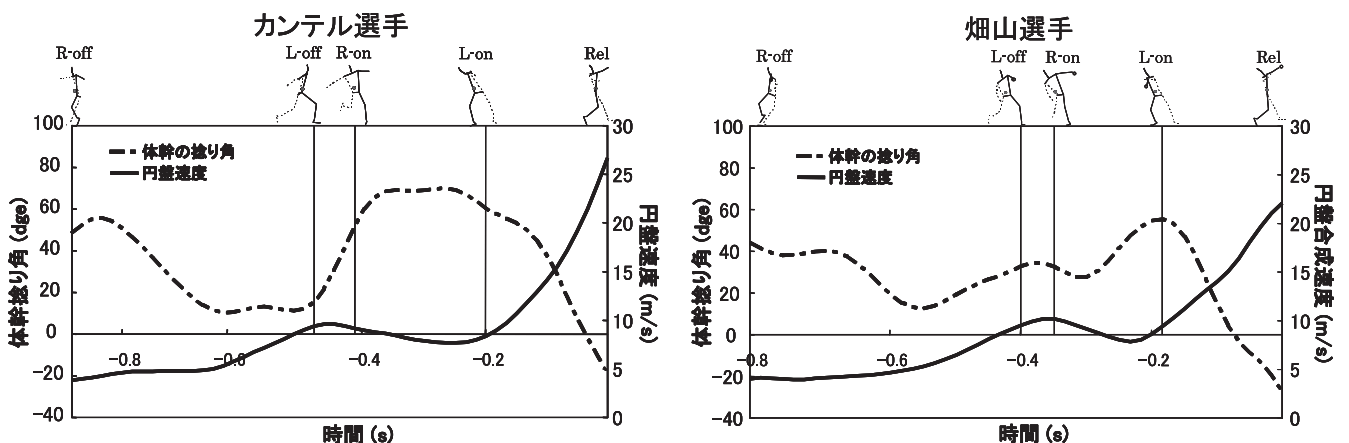


図5 体幹の捻り角と円盤速度

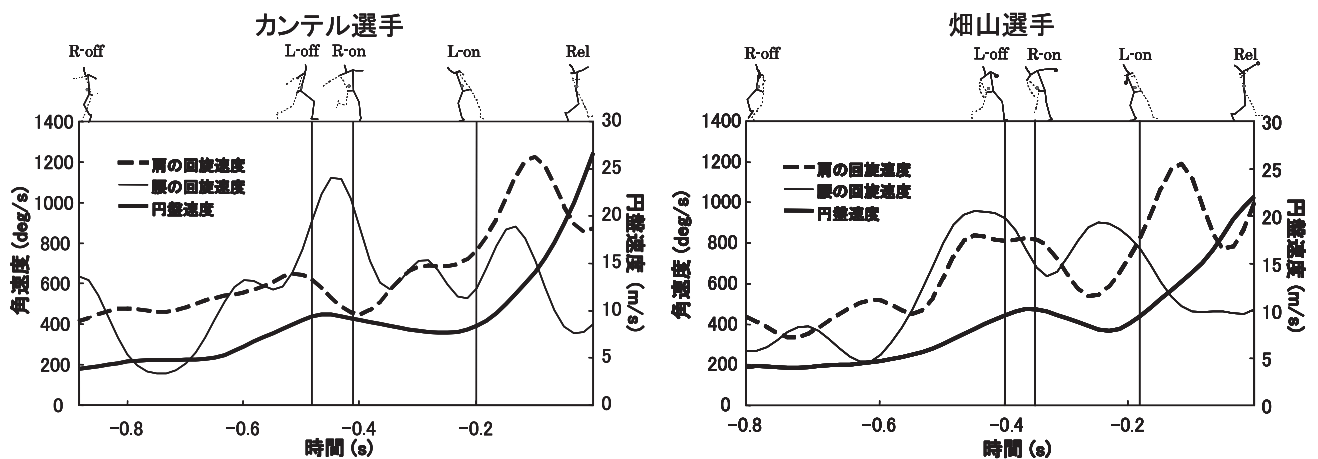


図6 肩と腰の回旋速度と円盤速度

ら、R-onからL-onの間で一旦腰の回旋速度が減少するが、L-on直前から肩と腰の回旋速度が同時に増加した(図6左)。その後、腰の回旋速度が減少を開始するが、肩の回旋速度は増加し続けRel直前に減少した。

畑山選手は、カントル選手と異なり、捻り戻しが始まる以前から腰の回旋速度が減少し、Relまで低い回旋速度を保った。肩の回旋速度は捻り戻しとともに増加し、一旦低下した後増加しながらRelに至った。つまり、同様の捻り戻し動作でもカントル選手は腰の回旋速度が増加しながら捻り戻しているのに対し、畑山選手は腰の回旋速度が減少しながら捻り戻すという違いが見られた。

IV. まとめ

第11回世界陸上競技選手権大会における円盤投男子優勝者のゲルド・カントル選手と第91回日本陸上競技選手権大会における男子優勝者の畑山茂雄選手の動作と、世界一流選手と日本一流選手の円盤の動きを三次元画像解析法を用いて分析した。その結果投てき記録はリリース高との間に有意な正の相関関係がみられた。しかし身長比で比較すると世界一流選手は日本一流選手に比べ高い値を示したが、有意な相関関係がみられなかった。

各動作時点の円盤速度と投てき記録との関係を見ると、L-onとRelにおいて有意な正の相関関係が認められた。

カントル選手は両脚が離れた空中で体幹を捻り、L-on前から捻り戻したが、畑山選手はL-on前に体幹を捻り、直後のL-onから捻り戻しを開始した。捻り戻しのはじめにカントル選手は腰と肩の回旋速度が同時に増加する局面があったが、畑山選手にはそのような動作は見られなかった。

文献

- 1) Gregor, R. J. et al. : Kinematic analysis of Olympic disc throwers. Int. J. Sport Biomech., 1 : 131-138, 1985.
- 2) Terauds, J. : Computerized biomechanical cinematography analysis of disc throwing at the 1978 Montreal Olympiad. Track and Field Quart. Rev., 78 : 25-28, 1978.
- 3) 宮西智久, 富樫時子, 川村卓, 桜井伸二, 若山章信, 岡本敦, 只左一也 (1997) アジア大会における円盤バイオメカニクスの分析. アジア一流陸上競技者の技術—第12回広島アジア大会陸上競技バイオメカニクス研究班報告—, 日本陸上競技連盟科学委員会バイオメカニクス研究班編, 佐々木秀幸, 小林寛道, 阿江通良 : pp169-181. 創文企画, 東京.

ハンマー投における世界一流選手と日本一流選手のバイオメカニクスの分析

藤井宏明¹⁾ 大山卞圭悟²⁾ 田内健二³⁾ 持田尚⁴⁾ 遠藤俊典^{2) 5)} 末松大喜²⁾ 大宮真一²⁾

1) 筑波大学大学院体育研究科 2) 筑波大学大学院人間総合科学研究科 3) 早稲田大学
 4) (財)横浜市スポーツ医科学センター 5) 茨城県立医療大学

I. はじめに

本報告では、セイコースーパー陸上2007ヨコハマにて行われた成年男子ハンマー投に出場した世界一流選手と国内一流選手の投動作について、バイオメカニクスの分析を行った結果を報告する。

II. 方法

被験者は、セイコースーパー陸上2007ヨコハマに出場した成年男子ハンマー投選手6名（自己記録69.02～86.73m）であった。試合中に各被験者が最も良い記録(65.85～77.55m)を示した試技を分析に用いた。なお、被験者は全て右利きの4回転投法であった。

動作の撮影には、高速度ビデオカメラ2台（HSV-500C3，撮影速度毎秒250フレーム，露出時間1/2000秒）を用いた。2方向のVTR画像上の身体分析点（23点）とハンマーヘッドについて、Frame Dias II (DKH社製)を用い、手動でデジタイズした。キャリブレーションポールの座標値を用い、3次元

DLT法により各分析点の3次元座標値を求めた。得られた座標データはButterworth digital filterを用いて平滑化した。また、サークルの中心に右手固定座標系を設定し、X方向を投擲方向に対して左右を横切る方向、Y方向を投擲方向、Z方向を鉛直方向とした。分析範囲および局面定義を図1に示した。分析範囲は、スイングからターンへ移行する際、右足が地面から離れる時刻（以下、R-off）からReleaseまでとした。なお、R-onは右足接地時、R-offは右足離地時、DSPは両足支持期、SSPは片足支持期を、TurnはSSPとDSPの和を示している。

Release時におけるハンマーヘッドに関するリリースパラメータとして、ハンマーヘッド初速度、投射角および投射高を算出した。

Dapena (1984) の方法を用いて、回転の中心方向へハンマーヘッドを引っ張る力を表すハンマーヘッドの法線方向加速度（以下、ハンマーヘッド法線加速度）を求め、被験者の各ターンにおけるハンマーヘッド法線加速度の最大値を平均した値を算出した。また、Dapena (1989) と宮西 (1998) の方法を参考に、本研究ではX軸、Y軸、Z軸回りそれぞれ

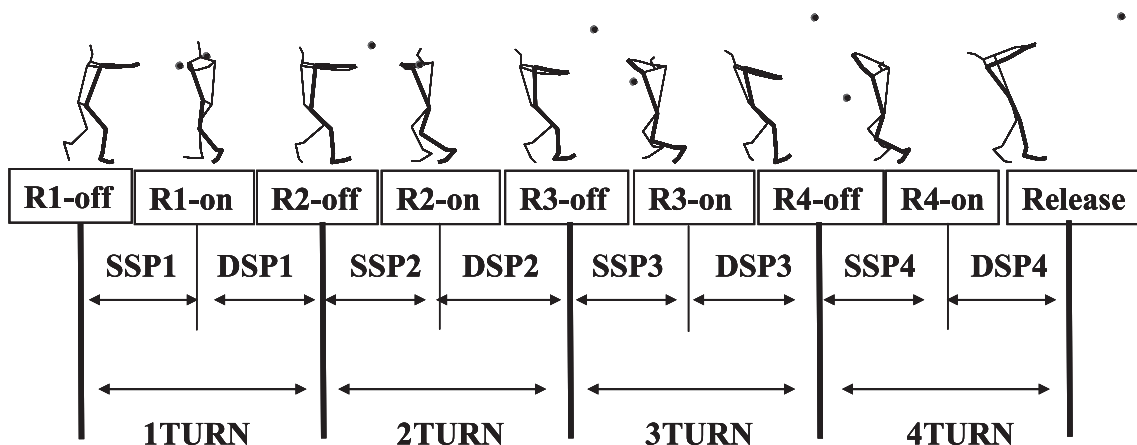


図1 局面定義

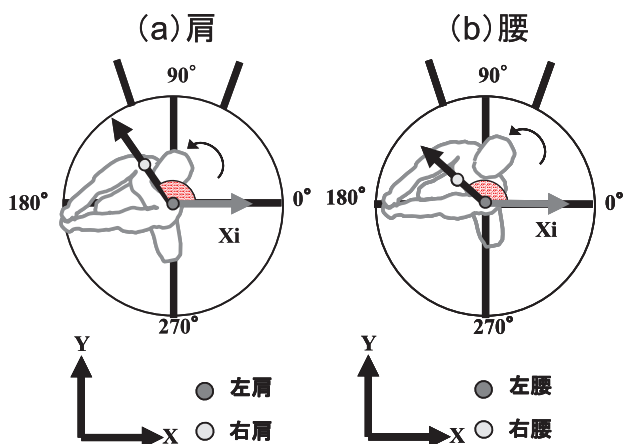


図2 肩・腰の回旋角度定義

れから得られた身体の角運動量を合成した値を、合成重心回りの身体角運動量（全身，上肢，体幹，下肢）として算出した。なお，これらの値については，70m台を記録した選手(世界一流選手4名)と60m台(日本一流選手2名)を記録した選手とに分けて，それぞれの平均値（70AVEおよび60AVE）を算出した。

DSPにおける肩および腰の回旋角度を，図2に示す定義にもとづいて算出した。静止座標系のXY平面に，右肩関節から左肩関節を結ぶベクトルを投影し，X方向の単位ベクトルと投影されたベクトルがなす角を肩の回旋角度，右股関節から左股関節を結ぶベクトルを投影し，X方向の単位ベクトルと投影されたベクトルがなす角を腰回旋角度とした。

2変数間の関係はピアソンの積率相関係数を用い，有意性は危険率1%未満で判定した。

III. 結果と考察

表1には，各被験者におけるリリースパラメータ

表1 各被験者の記録とリリースパラメータ

被験者	記録(m)	初速度(m/s)	投射角(deg)	投射高(m)
IT	77.55	28.33	38.78	2.03
TC	75.77	28.10	40.87	2.09
PK	75.29	27.93	42.68	1.95
KM	74.31	27.79	40.66	1.58
HD	67.57	26.44	40.98	1.90
HN	65.85	26.35	37.60	1.66

及び投擲距離を示した。先行研究（池上ら，1994）と同様に記録の高い選手は，リリース時の初速度が高い傾向を示した。

図3には，IT選手（世界一流選手）とHN選手（日本一流選手）のターン動作中における合成重心回りの身体角運動量とハンマーヘッド法線加速度を示した。各ターンのDSPにおいて合成重心回りの全身の角運動量とハンマーヘッド法線加速度は増加した。また，全身の角運動量に対して，体幹の角運動量が大きな割合を占めていた。なお，これらの傾向は全被験者で共通していた。

各ターンにおけるハンマーヘッド法線加速度最大値（図4）と各ターンにおける合成重心まわりの体幹の角運動量最大値（図5）について70AVEと60AVEを比較した結果，ハンマーヘッドの法線加速度は，1Turnでは70AVEと60AVEはほぼ同値を示したが，2Turn，3Turnおよび4Turnでは，70AVEが60AVEと比較して大きな値を示した。また，体幹の角運動量は，ハンマーヘッド法線加速度に差がみられた2Turnおよび3Turnにおいて，70AVEと60AVEとの差が大きくなった。このことから，ハンマーヘッド速度を増加させるために必要なハンマーヘッド法線加速度の獲得には，2Turnおよび3Turnにおける体幹の回転の勢いが関与していると推察される。この可能性について検討するために，ハンマーヘッド加速の理論モデル（図6）を示した。この時，ハンマーヘッドと身体重心を結ぶ線分は1つのセグメントとして仮定した。身体重心とハンマーヘッドの速度ベクトルの向きは，おおよそ反対に向いているとした報告（Dapena, 1989）を考慮すると，ハンマーヘッドを回転方向へ加速させるためには，合成重心を中心として身体重心をハンマーヘッドが動く方向と反対側に移動させることが必要となると考えられ，そのためには，合成重心回りの身体角運動量

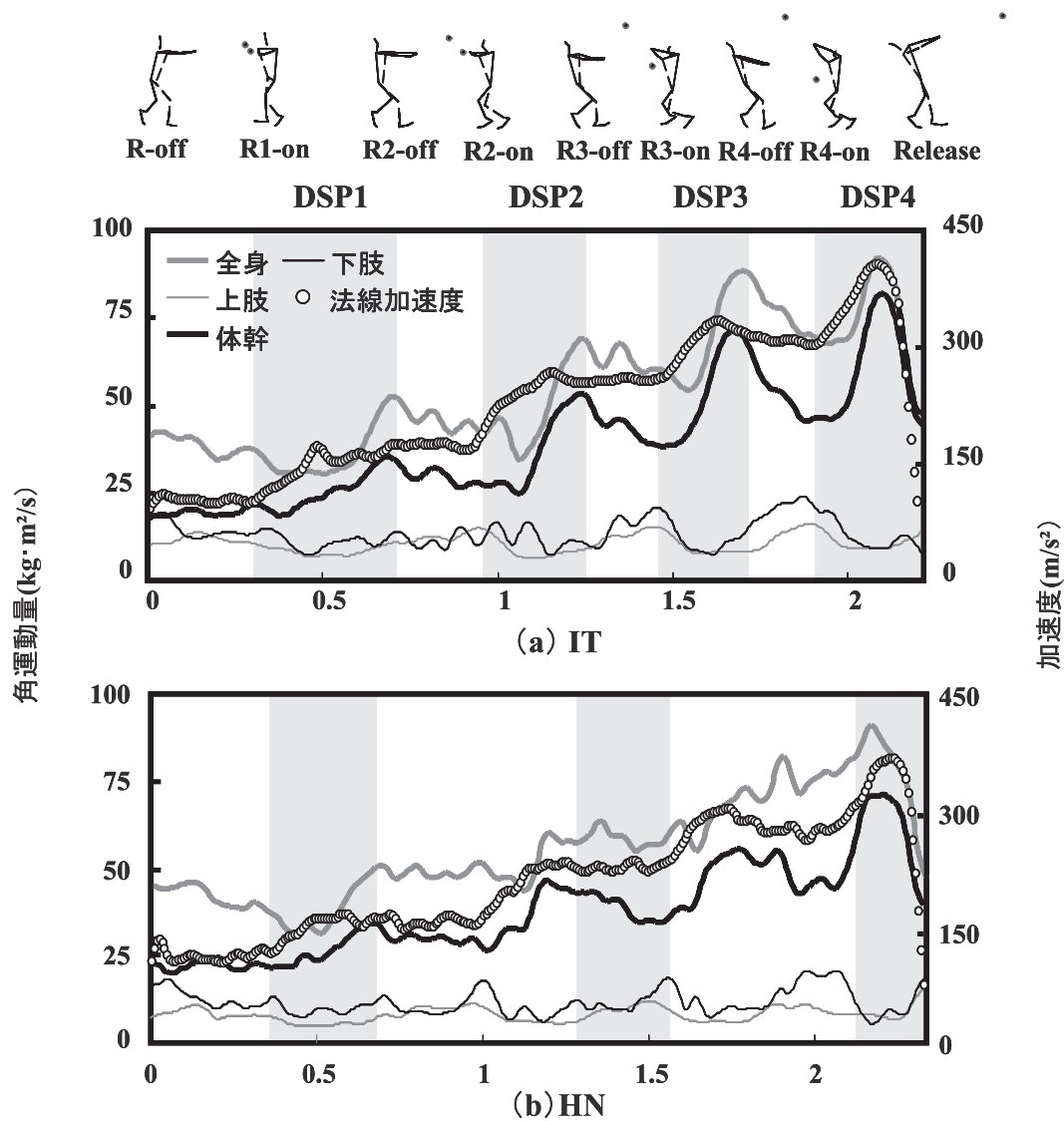


図3 ターン動作における身体の合成角運動量典型例 ((a) IT (b) HN)

の大部分を占める体幹の角運動量を大きくすることが重要になると考えられる。以上のことから、日本一流選手の課題の一つとして、ハンマーヘッドに対して大きなハンマーヘッド法線加速度を発生させるために、ターン後半のDSPにおいて体幹部を中心とした身体の回転の勢いを獲得する技術・体力を高め

る必要のあることが示唆される。

そこで、体幹の角運動量を獲得するための技術的要因について検討するために、本研究では、肩と腰の回旋角度を算出した。その典型例（世界一流選手IT、日本一流選手HN）を図7に示した。

この時、サークルを360度の円とみなして、肩と

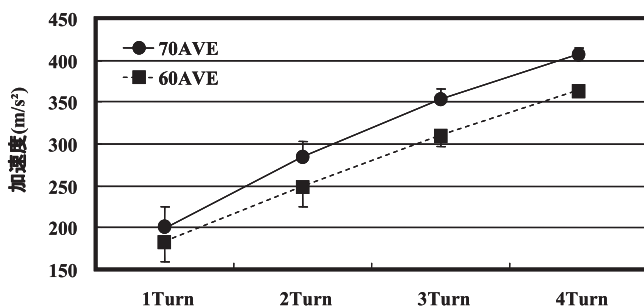


図4 各ターンにおけるハンマーヘッド法線加速度最大値

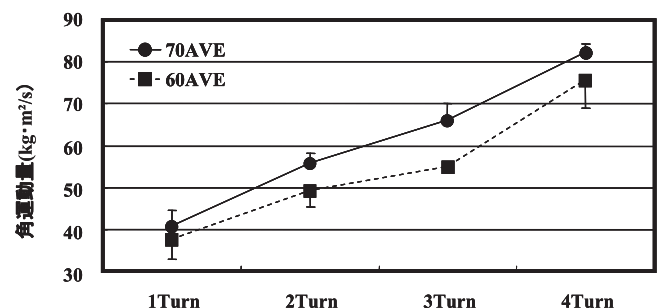


図5 各ターンにおける合成重心回りの体幹の角運動量最大値

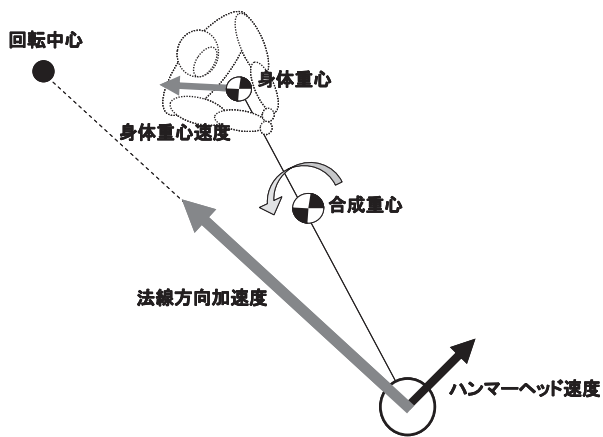


図6 ハンマーヘッド加速理論モデル

腰の回旋角度を方位角として示している。帯状の着色部分がDSP，着色部分の両端がR-onとR-offの時点である。R-on時におけるハンマーヘッド位置，肩と腰の回旋角度は，IT，HN両者共にターン前半で小さな角度を示した。しかし，HNはターン後半にターン前半と比較して肩と腰の回旋角度が大きくなる傾向がみられた。また，各DSPにおいて，ITはHNよりも回旋角度変化量が大きい値を示し，特にDSP3およびDSP4においてその差は顕著であった。このことから，各ターンのR-on時の腰の回旋角度とDSPにおける腰の回旋角度変化量の関係を検討した結果，DSP2を除く全てのDSPにおいて負の相関関係が認められた（図8）。この結果は，R-on時の肩の回旋角度が小さかった選手は，DSP中における

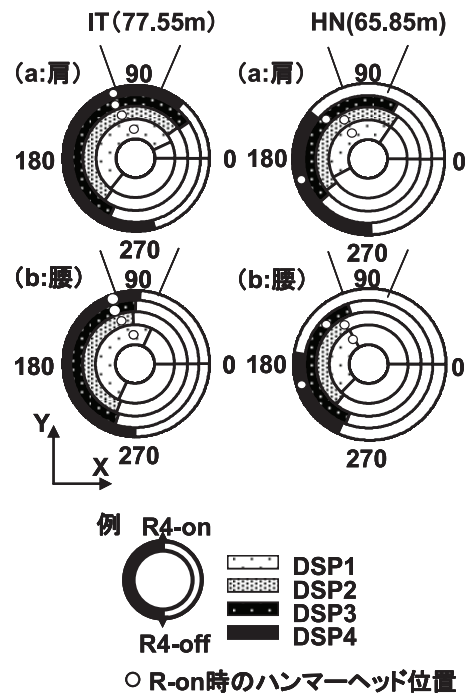


図7 各DSPにおける肩と腰の回旋角度
(a：肩の回旋角度b:腰の回旋角度)

腰の回旋角度変化量が大きかったことを意味している。また，R-on時の肩の回旋角度とDSPにおける肩の回旋角度変化量との間には有意な関係は認められなかったが，腰と同様の傾向を示していた。これらのことから，R-on時に体幹の前面を投擲方向へ向けて接地を行うことで，DSPにおいて体幹をより大きく回旋させることが可能となり，そのことがター

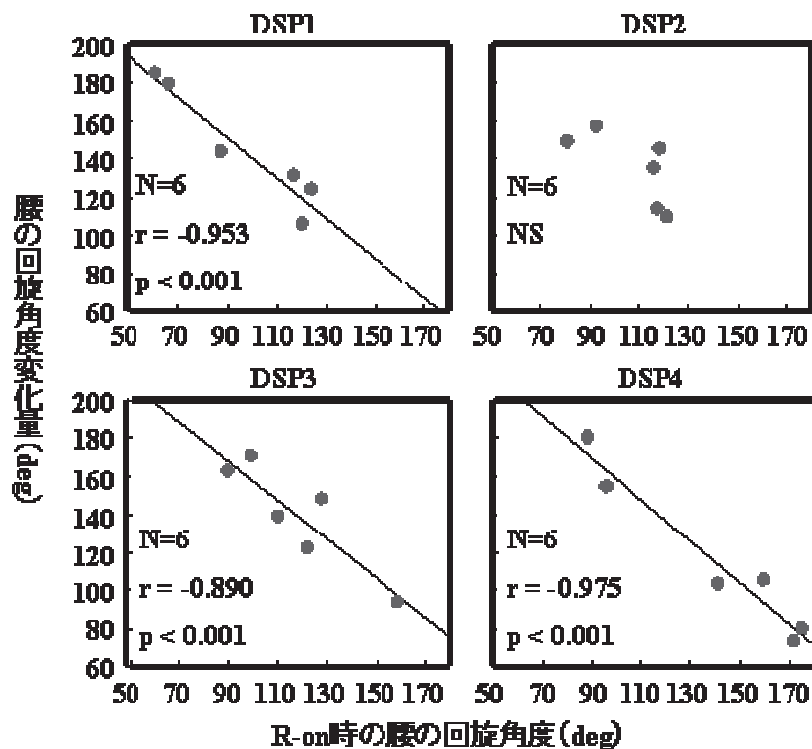


図8 各ターンのR-on時における腰回旋角度とDSPの腰の回旋角度変化量との関係

ン後半において体幹の角運動量を大きくすることに影響していたと推察される。

IV. まとめ

1. ターン動作中における身体の角運動量とハンマーヘッド法線加速度は、DSPで増加することが認められた。
2. ターン動作中における身体の角運動量は、体幹の角運動量が大きな割合を占めていた。
3. 記録の高い世界一流選手は、日本一流選手と比較して、全てのターンにおいてもハンマーヘッド法線加速度と体幹の角運動量それぞれの最大値が大きな値を示し、特に2Turnから4Turnにおいてその差は顕著であった。
4. 各ターンのR-on時の腰の回旋角度とDSPにおける腰の回旋角度変化量の関係を検討した結果、DSP2を除く全てのDSPにおいてR-on時の腰の回旋角度が小さければ小さいほど、DSPにおける腰の回旋角度変化量が大きいことが確認された。

参考文献

- 坂東美和子, 田辺智, 伊藤章 (2006) ハンマー投げ記録とハンマーヘッド速度の関係 体育学研究 51 : 505-514
- Dapena J. (1984) The pattern of hammer speed during a hammer throw and influence of gravity on its fluctuations. Journal of biomechanics 17 (8) : 553-559
- Dapena J. and Feltner M. E. (1989) A three-dimensional analysis angular momentum in the hammer throw. Medicine and Science in Sports and Exercise 21 : 206-220
- 池上康男, 桜井伸二, 岡本敦, 植屋清見, 中村和彦 (1994) ハンマー投のバイオメカニクス的研究. 世界一流競技者の技術, ベースボール・マガジン社 : 240-256
- 宮西智久, 桜井伸二, 若山章信, 富樫時子, 川村卓 (1998) アジア一流選手における円盤投げの角運動量の3次元分析 バイオメカニクス研究2 (1) : 10-18 1998

陸上競技研究紀要 第4巻

編集後記

予定よりも遅れましたが、日本陸連研究紀要第4巻をお届けします。

例年通り、第4巻も研究論文および科学委員会の報告書から構成されています。今年については研究論文が4編と少なく、投稿数減少が気になるところです。最近では、陸上競技の研究の中心的役割を担っている大学教員も学内外の諸事雑務に追われ、本来の教育や研究に投入できる時間やエネルギーが減少していることが指摘されていますが、このことも投稿数の減少の1つの要因かもしれません。しかし、研究成果およびその成果を現場に活用すること、それを可能にする指導者が育たなくては我が国の陸上競技界の発展も望めないことを考えると、来年度には教員だけでなく、もっと若い人からの多くの研究論文の投稿を願う次第です。

一方、後半の日本陸上競技連盟科学委員会の活動の一部をまとめた報告書については、2007年8月25日～9月2日に大阪で行なわれた第11回世界陸上競技選手権大会の報告論文が掲載されています。これらは31名の班員（科学委員会委員17名、協力班員14名）、さらに競技場外協力班員7名を加えた38名が早朝から深夜までフル稼働で活動した成果の一部ですが、世界一流選手の動作に関する情報が満載されている貴重なものです。ぜひ一読いただきたいと思います。さらに、インターハイ入賞者を対象にした実態調査、北海道マラソンにおける生理学的調査を行なったものや、国立スポーツ科学センターをはじめとする国内外でのジュニア、短距離、中距離などの合宿への帯同によるサポート活動に関する報告も掲載されています。

8月に開催される北京オリンピックにおける我が選手団の活躍を祈念する。

平成20年7月31日
文責 阿江通良（編集委員長）

陸上競技研究紀要第4巻 編集委員
阿江通良（編集委員長）、岡野 進（副委員長）、伊藤宏、松尾彰文、杉田正明
（日本陸上競技連盟・事務局）風間 明、森泰夫、三宅聡、佐藤峻一

「陸上競技研究紀要」第4巻

2008年7月31日発行

発行人 澤木 啓祐

発行所 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
