

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.5, 2009**

「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。

投稿論文には英文のタイトル、著者、所属、総説および原著には要約(150語以内)をつける。(注:何らかの理由で英文要約等の作成が困難な場合は、編集委員会にその旨をご相談ください。)

3. 採否等について

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

4. 原稿の書き方について

原稿は原則として、ワードプロセッサで作成する。本文は、横42文字×縦38字で1頁とする。(1頁は約1600字、刷り上がり10頁以内、図表もその頁数に含む、すべて白黒にて作成)

英文は、A4サイズタイプ用紙を使用し、15枚以内を原則とする。

計量単位は、原則として国際単位系(m, kg, secなど)とする。

また、英文字および数字は半角とする。

5. 文献の書き方について

本文中の文献は、著者(発行年)という形式で表記する。

例) 田中(1996)は —————

文献は、原則として、本文最後に著者名の

ABC順で記載する。書誌データの記載方法は、著者名(発行年) 論文名、誌名、巻(号)、ページの順とする。

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

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

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

例) 田中ら(1996 b)は, —————

6. 原稿の提出先

投稿原稿(本文, 図表など)は、下記へ E-mailの添付資料として送付するとともに、プリントしたもの1部を郵送する。

〒150-8050

東京都渋谷区神南1-1-1 岸記念体育会館内

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、2月15日とする。

8. その他

本研究紀要に掲載された内容の著作権は財団法人日本陸上競技連盟に帰属する。

問い合わせ先: 上記, 原稿の提出先と同様。

あ い さ つ

(財) 日本陸上競技連盟
専務理事 澤木 啓祐

陸上競技の普及と競技力向上は本連盟の主要な目的であり、陸上競技の発展にはこの両輪が不可欠である。

この度、旧普及委員会を中心として取りまとめた投稿論文6編(原著論文:1編、資料報告:5編)、科学委員会を中心とした「医科学サポート研究 REPORT」15編(和文:7編、英文:8編)が掲載された『陸上競技研究紀要 Vol. 5』が発刊される運びとなったが、本誌は普及及び競技力向上における各種調査・研究の成果を蓄積するための役割を果たすものである。

普及に関しては、委員会における主な事業である全国小学生陸上競技交流大会における競技者及び競技会運営に関する調査、及びその他本連盟主催競技会での競技運営に関する調査など、競技者の裾野を広げるとともに多くの人にとって陸上競技が魅力あるものとなるよう、研究を行っている。

また、競技力向上においては、昨年度開催された北京オリンピックにおいて男子4×100mRの銅メダル獲得という輝かしい結果をもたらしたものの、主要な選手が実力を十分に発揮することができずに苦戦を強いられ、課題克服が早急に求められる。競技会におけるコンディショニング、暑熱対策、栄養サポートなどの多角的な対策としての「医科学サポート研究 REPORT」に掲載の世界選手権大阪大会(2007年)や北京オリンピックにおける世界一流競技者のデータ及びコンディショニングの調査・分析が我が国の競技力向上に寄与するものであると期待する。今後さらに普及育成・強化・科学・医事の各委員会間の連携強化による研究成果が求められる。

最後に、ご寄稿いただいた皆様のご尽力に感謝するとともに、本誌をご覧になった方々にとっても指導の一助、また広く陸上競技の普及・発展に貢献できれば幸いである。

陸上競技研究紀要

Bulletin of Studies in Athletics of JAAF

Vol.5 2009

目 次

【原著論文】

- 4 × 100m リレーにおけるバトンパスコンセプトに関する研究
-日本女子ナショナルチームをモデルに- 太田 涼ほか . . . 1

【資料報告】

- 第 24 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・心理的側面について
(その 3) 伊藤 宏ほか . . . 9

- 高校生やり投選手における”ジャベリックスロー”の有効性について
-全国高校総体出場選手を対象に- 宮崎明世ほか . . . 19

- 全国小学生クロスカントリーリレー研修大会の競技運営に関する小学生競技者の満足度調査
-2008 年の大会を中心に- 岡野 進ほか . . . 26

- 全国小学生陸上競技交流大会の競技運営に関する小学生競技者の満足度調査
-2008 年の大会を中心に- 阿保雅行ほか . . . 32

- 競技会アナウンスに関する観客の満足度調査
-セイコースーパー陸上競技大会川崎 2008 を中心に- 阿保雅行ほか . . . 38

- 【日本陸連科学委員会研究報告 第 8 巻 (2009) 陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2008】
. 45

4 × 100 m リレーにおけるバトンパスコンセプトに関する研究 - 日本女子ナショナルチームをモデルに -

太田 涼¹⁾ 麻場一徳²⁾ 清田浩伸³⁾ 有川秀之¹⁾
1) 埼玉大学 2) 都留文科大学 3) 埼玉栄高校・平成国際大学

A study of baton exchange in the 4×100m relay
- For the national women's team of Japan-

Ryo OHTA¹⁾ Kazunori ASABA²⁾ Hironobu SEITA³⁾ Hideyuki ARIKAWA¹⁾
1)Saitama University
2)Tsuru University
3)Saitama Sakae High school & Heisei International University

Abstract

The purpose of this study was to analyze baton exchange times in 4×100m relay races run by the national women's team of Japan, aiming to develop a more efficient baton exchange method. Using VTR pictures, we calculated baton exchange time, sprinting time, and other variables. The conclusions are as follows:

1. The women's team baton exchange time did not improve. Poor acceleration of the receiving runner was only ameliorated by the gain distance, which is an advantage of the down sweep pass technique.
2. When the receiving runner loses speed (inconsistent acceleration), the advantage of the gain distance is offset. Elegant appearance of technique did not necessarily result in a good baton exchange time.
3. If the baton exchange was accomplished as an approaching pass with the speed of the receiving runner increasing, baton exchange time was generally good.
4. The receiving runner's acceleration has a critical effect on the baton exchange time. Improving the receiving runner's acceleration as well as speed for the 100m has become the goal of shortening the baton exchange time.
5. If the target time for having the receiving runner in the exchange zone is assumed to be 2.26 seconds, and a gain distance of 1 m can be obtained, achieving 2.15 seconds for the baton exchange time is possible. It seems that if the receiving runner accelerates strongly, passing will be completed in a short time, so working to develop and extend smooth acceleration is advantageous.

I. 研究目的

2007年8月、大阪長居スタジアムにおいて日本では16年ぶりの開催となる世界陸上大阪大会が開催された。日本男子4×100mリレー（以下400mリレー）チーム（以下男子チーム）はアジア記録、日本記録を更新する38秒03の記録で5位入賞、メダル獲得まであと1歩のところまで迫り、長居ス

タジアムを大いに沸かせた。さらに、2008年8月、北京国家体育場で行われた北京五輪における銅メダル獲得は記憶に新しいところである。一方、日本女子400mリレーチーム（以下女子チーム）は、世界陸上大阪大会では失格という結果に終わり、北京五輪出場もあと1歩のところまで叶わなかった。北京五輪出場条件であった世界上位16ヶ国入りはすなわち準決勝進出を意味するものであるが、本当に女子

チームはその実力が備わっていないのであろうか。大阪世界陸上、北京五輪における男子チーム活躍の背景には、バトンパスワークに対する綿密な戦略があったからこそその結果であることは間違いない。女子チームも、世界のレベルに近づくために、バトンパスワークを高めることに継続して取り組むことがその道を広げることになるであろう。北京五輪においては失格する国が相次ぎ、スプリント能力を高い選手を揃えるだけでなく、バトンパスワークが記録や勝敗に大きく影響する種目であることを改めて認識させられた。

これまでのバトンパスに関する研究から、テイクオーバーゾーンの所要時間を短縮することがゴールタイムの短縮につながる(杉田 2005)ことが示唆されている。日本一流選手の男女 400m リレーについても杉田ら(2005、2007)、有川(2008)により報告されているが、女子チームのバトンパスワークの明確な課題や方向性を示す報告は見当たらない。バトンパス精度や選手同士の相互理解を高めるためには、バトンパスワークに対するコンセプトを明確にし、共通概念を共有することが必要と考えられる。

そこで、女子チーム 400 m リレーの映像を分析し、日本陸上競技連盟科学委員会による、これまで積み上げられた英知(杉田ら 2005、2007、松尾ら 2007、2008)と整理して、今後へのより明確な方向性を導き出すとともに、バトンパスワークのコンセプトを構築することを目的とした。

II. 研究方法

1. 分析対象レース

2002年から2007年に国内で行われた4レースを分析対象とした。なお、比較対象として2007年大阪世界陸上の男子のレースも分析した。

2. 測定方法

日本陸上競技連盟科学委員会の測定方法に準じて、デジタルビデオカメラ(毎秒60フレーム、露出時間1/500~1000秒)を用い、スタンド最上段から三脚でカメラを固定し、レースをパンニング撮影した。スタートピストルの光または煙と3箇所のバトンゾーンの入口と出口を渡し走者と受け走者が入るように撮影した。

3. 測定項目

①バトンタイム(秒):渡し走者のバトンゾーン入口通過から受け走者のバトンゾーン出口通過までに

要した時間を求めた。

②受け走者の加速タイム(秒):受け走者のバトンゾーンに入口から出口までに要した時間を求めた。

③バトンパス完了地点(m):受け走者がバトンゾーン入口通過からバトンが手に入った瞬間までに要した時間と、バトンゾーン入口から出口までに要した時間との時間比率から完了地点の距離を算出した。

④手挙げ動作時間(秒):受け走者がバトンをもらうために腕を挙げてから、手にバトンが入った瞬間までに要した時間を求めた。

⑤相対値(%):100mレース時の10-30m区間タイム(以下区間タイム)を松尾ら(2007、2008)から算出(男子10.1~10.2秒台、女子11.5~11.6秒台選手)し、これを100%としてバトンタイム、受け走者の加速タイムの相対値を求めた。

III. 結果と考察

1. 女子チームのバトンパスの現状

表1にバトンタイム(柳谷ら2007、杉田ら2007)、受け走者の加速タイム、バトンパス完了地点、手挙げ動作時間の分析結果を示した。女子チームの平均値をみると、バトンタイムは6.64秒、受け走者の加速タイムは2.36秒であった。バトンパス完了地点は4.8mであり、いずれもバトンゾーン中央よりも手前でパスが遂行されていた。手挙げ動作時間は0.33秒であった。男子チームのバトンタイムは5.66秒、受け走者の加速タイムは2.04秒であった。バトンパス完了地点は7.5m、手挙げ動作時間は0.28秒であった。

表2にバトンタイム、受け走者の加速タイムの区間タイムに対する相対値を示した。なお、区間タイムは男子の平均は1.99秒、女子の平均は2.23秒であった。女子チームの平均値をみるとバトンタイム相対値は99.2%で、それぞれでのバトンパスにおいては107.6%を示した箇所もあった。受け走者の加速タイム相対値は105.7%で高値であったが、101.8%を示した例が2例みられた。この2例のバトンタイム相対値は95.1%と96.4%であった。男子のバトンタイムの相対値は94.8%、受け走者の加速タイムの相対値は102.3%であった。

本研究は受け走者の加速タイムに着目し、区間タイムと比較することで、バトンの受け渡しの際に受け走者が100mレースのように十分な加速をすることが出来ているのか検討した。その結果、男子チームの受け走者の加速タイムは区間タイムと同様であり、バトンタイムは区間タイムより短い時間であっ

表1 バトンパスに関する時間分析

大会名	女子					男子
	07大阪GP	04大阪GP	03南部記念	02南部記念	平均	07世界陸上
記録	43.93	43.77	44.11	44.29	44.03	38.03
1→2走バトンタイム	2.40	2.12	2.15	2.21	2.22	1.85
2→3走バトンタイム	2.22	2.23	2.17	2.17	2.20	1.90
3→4走バトンタイム	2.17	2.21	2.33	2.17	2.22	1.91
合計バトンタイム	6.78	6.56	6.65	6.55	6.64	5.66
平均バトンタイム	2.20	2.19	2.22	2.18	2.21	1.89
第2走者加速タイム	2.43	2.27	2.27	2.33	2.33	2.01
第3走者加速タイム	2.36	2.33	2.33	2.37	2.35	2.02
第4走者加速タイム	2.43	2.43	2.37	2.37	2.40	2.08
合計加速タイム	7.22	7.03	6.97	7.07	7.07	6.11
平均加速タイム	2.41	2.34	2.32	2.36	2.36	2.04
第2走者手挙げ動作時間	0.30	0.33	0.07	0.40	0.28	0.42
第3走者手挙げ動作時間	0.20	0.23	0.23	0.40	0.27	0.22
第4走者手挙げ動作時間	0.97	0.30	0.20	0.37	0.46	0.22
合計手挙げ動作時間	1.47	0.86	0.50	1.17	1.00	0.85
平均手挙げ動作時間	0.49	0.29	0.17	0.39	0.33	0.28
1→2走完了地点	6.0	1.8	4.1	3.7	3.9	5.1
2→3走完了地点	2.6	0.6	4.0	9.9	4.3	7.6
3→4走完了地点	10.7	6.6	5.4	2.5	6.3	9.8
平均完了地点	6.4	3.0	4.5	5.4	4.8	7.5

単位:完了地点はm それ以外は秒

バトンタイム:男子は柳谷ら(2007) 女子は杉田ら(2005、2007)

表2 バトンタイム、受け走者の加速タイムの区間タイムに対する相対値

大会名	女子					男子
	07大阪GP	04大阪GP	03南部記念	02南部記念	平均	07世界陸上
1→2走バトンタイム	107.6	95.1	96.4	99.1	99.6	93.0
2→3走バトンタイム	99.6	100.0	97.3	97.3	98.5	95.5
3→4走バトンタイム	97.3	99.1	104.5	97.3	99.6	96.0
平均バトンタイム	101.5	98.1	99.4	97.9	99.2	94.8
第2走者加速タイム	109.0	101.8	101.8	104.5	104.3	101.0
第3走者加速タイム	105.8	104.5	104.5	106.3	105.3	101.5
第4走者加速タイム	109.0	109.0	106.3	106.3	107.6	104.5
平均加速タイム	107.9	105.1	104.2	105.7	105.7	102.3

単位:%

区間タイム:100mレース時10-30m区間タイム(松尾ら2007、2008)から算出

相対値:女子は2.23秒 男子は1.99秒を100%として算出

た。女子チームの受け走者の加速タイムは区間タイムより長い時間を要し、バトンタイムは区間タイムと同様であった。以上のことから、男子の受け走者は100mレース同様の十分な加速をしており、アンダーハンドパスでは大きな利得距離が得られない(佐久間2005)と考えられるが、アンダーハンドパスの採用によって受け走者の加速をスムーズにするという利点を生かしたバトンパスであったと考えられる。アンダーハンドパスを用いることにより、渡し走者と受け走者の距離が近いことによるバトンパスに対する心理的な影響が少ない、すなわちバトンパスに対する安心感がその大きな要因にもなってい

ると考えられる。

女子の受け走者は100mレース同様の十分な加速をすることが出来ておらず、オーバーハンドパスは利得距離が大きい(宮下2005)と考えられるが、その利点を生かしていないバトンパスであった。つまり、不十分な加速を利得距離によって補完しているにすぎないバトンパス(太田ら2009)であり、タイムを短縮することにつながっていなかったと考えられる。特に女子の場合、利得距離を大きくするあまり、受け渡しの際に受け走者に逃げてしまう感覚が生じることによるバトンパスに対する心理的な影響が大きい、すなわちバトンパスに対する不安感

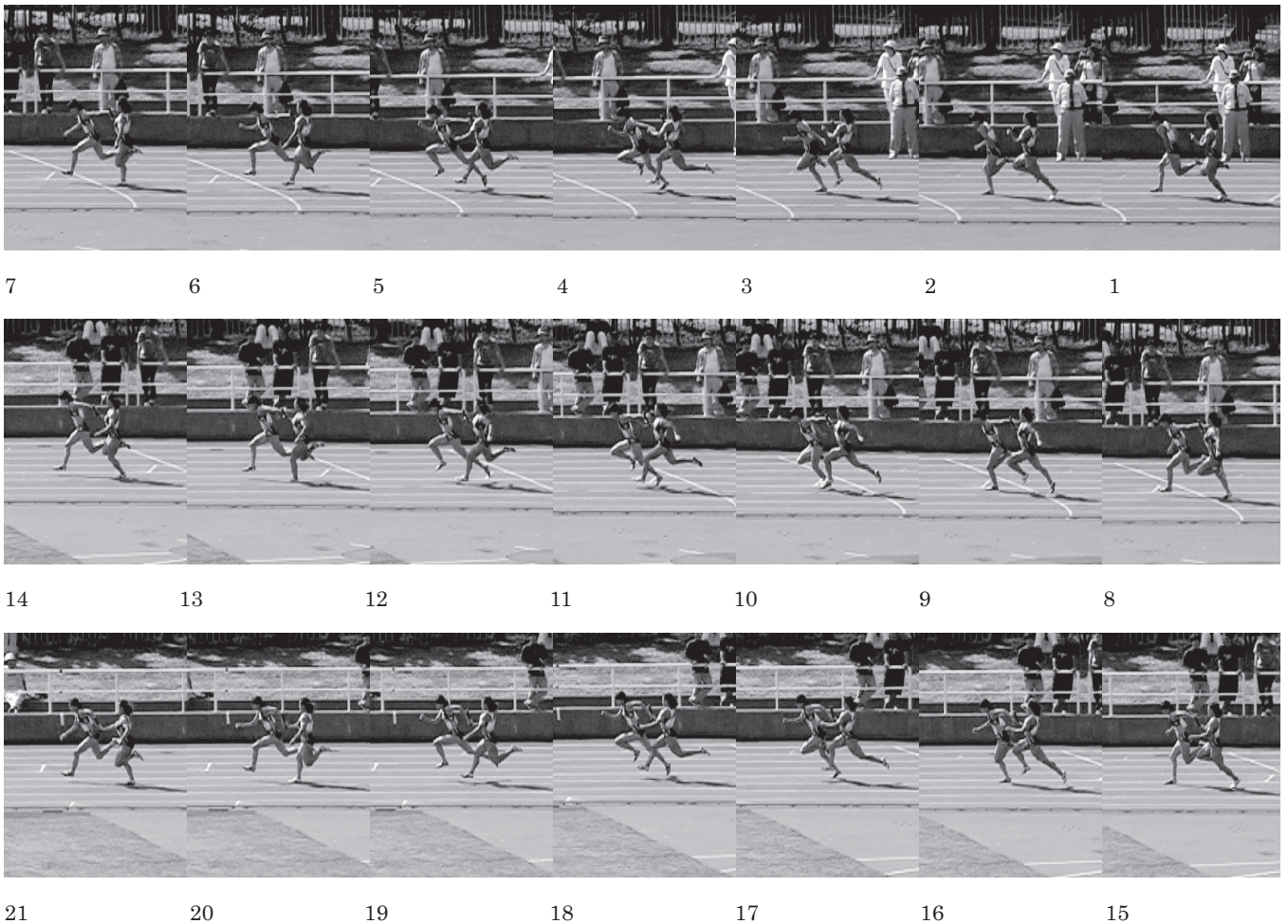


図1 2003年南部記念 1→2走へのバトンパス
 (バトンタイム 2.15秒、受け走者の加速タイム 2.27秒、バトンパス完了地点 4.1m)

がその要因になっている(太田ら 2009)と考えられる。また、ナショナルチームでは同レベルの選手とのバトンパスであるが、普段のリレーでは自分より自己記録の劣る選手からバトンを受けることが多いため、思い切り加速することへの不安感も、それを妨げる要因にあるのではないかと推察される。

さらに、受け走者の加速に影響を及ぼすと考えられる手挙げ動作時間は、男女ともに同様の時間を要し、短時間でパスを完了させていた。男子に対して女子は僅かながら時間を要する傾向にあるが、アンダーハンドパス動作とオーバーハンドパス動作の違いによる明確な差はみられなかったと考えられる。バトンを受ける動作に関して、土江(2005)は通常の加速の場合とオーバーハンド、アンダーハンドの受け姿勢で加速した場合を比較し、受け姿勢が短時間であればそれほど影響はないが、長く時間を要するほど加速に影響を与えることを示唆している。本研究の結果から、男女ともに受け走者の加速を妨げるような時間を要してはいないが、受け走者の加速に男女で顕著な違いがみられたことから、バトンパ

スに対する心理的な影響が受け走者の加速タイムに表れていたのではないだろうか。

バトンパス完了地点をみると、男女いずれもバトンゾーン前半であり、女子はバトンゾーン前半でパスを完了することが得策(杉浦ら 1994)とする知見と一致するものであるが、受け走者の加速が不十分のため、疾走速度が上昇していない状態でパスが遂行され、対象的に、男子は受け走者の十分な加速により、疾走速度が上昇している状態でパスが遂行されていたことがバトンタイムに影響していたと考えられる。

図1にバトンタイム 2.15秒時(2003年南部記念 1→2走)の連続写真を示した。これまでに 2.12秒(2004年大阪国際グランプリ 1→2走)と 2.15秒のバトンタイムがマークされており(表1)、この時の受け走者の加速タイムはいずれも 2.27秒で、表2にも示したように(相対値 101.8%)十分に加速することが出来ていたと考えられる。この時のバトンパス完了地点は 2004年大阪国際グランプリ 1.8m、2003年南部記念 4.1mであり、バトンゾーン

表3 日本チーム国際大会成績と入賞記録および各年における100m記録の変化

年	場所	大会名	日本チーム 成績	1位 記録	3位 記録	8位 記録	決勝進出ライン		9番目 記録	日本10傑 平均記録
							着順通過	プラス2番目		
1991	東京	Wch	44.85	41.94	42.33	43.79	43.71	43.34	43.43	11.83
1997	アテネ	Wch	44.56	41.47	42.21	43.32	43.00	42.92	43.15	11.71
1999	セビリア	Wch	44.80	41.92	42.15	43.52	43.73	43.31	43.80	11.66
2000	シドニー	OG	不出場	41.95	42.20	44.87	42.85	43.04	43.19	11.62
2001	エドモントン	Wch	不出場	41.71	42.39	43.58	43.09	43.58	43.89	11.69
2003	パリ	Wch	44.57	41.78	42.66	43.47⑦	43.36	43.34	43.64	11.65
2004	アテネ	OG	不出場	41.73	42.54	43.42⑦	43.08	43.09	43.12	11.58
2005	ヘルシンキ	Wch	44.52	41.78	42.56	43.49	43.53	43.22	43.40	11.67
2007	大阪	Wch	DQ	41.98	42.75	43.57	43.16	43.25	43.39	11.63
2008	北京	OG	不出場	42.31	43.04	43.28⑤	43.59	43.47	43.69	11.57
1999年以降の10年間での平均記録 ±標準偏差				41.90 0.20	42.54 0.29	43.48* 0.10	43.30 0.30	43.29 0.18	43.52 0.28	11.63 0.04

単位:秒

大会名 OG:オリンピック Wch:世界選手権

*2000年シドニー五輪8位は除外

前半で受け渡しを完了していた。渡し走者と受け走者の距離が近いバトンパスで、利得距離も大きいものではないが、手挙げ動作時間はそれぞれ0.33秒と0.07秒であり短時間でパスを完了させていた。短時間でパスを完了させることによって受け走者がスムーズに加速することが出来ていたと考えられる。また、受け走者の加速が不十分で、疾走速度が上昇せずにバトンパスを遂行した場合と違い、この2.12秒、2.15秒時は受け走者の十分な加速により、疾走速度が上昇している状態でバトンパスが遂行されていると考えられ、渡し手と受け手の距離が近いパスであってもバトンタイムを分析すると良いバトンワークであった。先述のように、男子チームもバトンゾーン前半でパスを遂行し、受け走者の加速タイムは区間タイムと同様であり、バトンタイムは非常に良いものであった。

以上のことから、バトンタイムは受け走者の加速による影響が大きいことを示唆しており、受け走者が十分に加速することが出来ていない場合や速度を緩めてバトンパスを遂行した場合は、利得距離によるアドバンテージは相殺される(太田ら2009)と考えられる。利得距離を大きくしようとするれば、両者は腕を伸ばした状態でバトンを渡すことになる。オーバーハンドパスの理想形であるが、タイム分析をすると必ずしも良いバトンパスとは限らないことが示された。女子チームは100mレースのような十分な加速をすることが出来れば、バトンタイムはさらに短縮されると思われ、利得距離を大きくすることが出来なくても、手挙げ動作時間を短くし、受け走者の良い加速を引き出すことによって、バトンパスによるタイム短縮の可能性が示唆された。

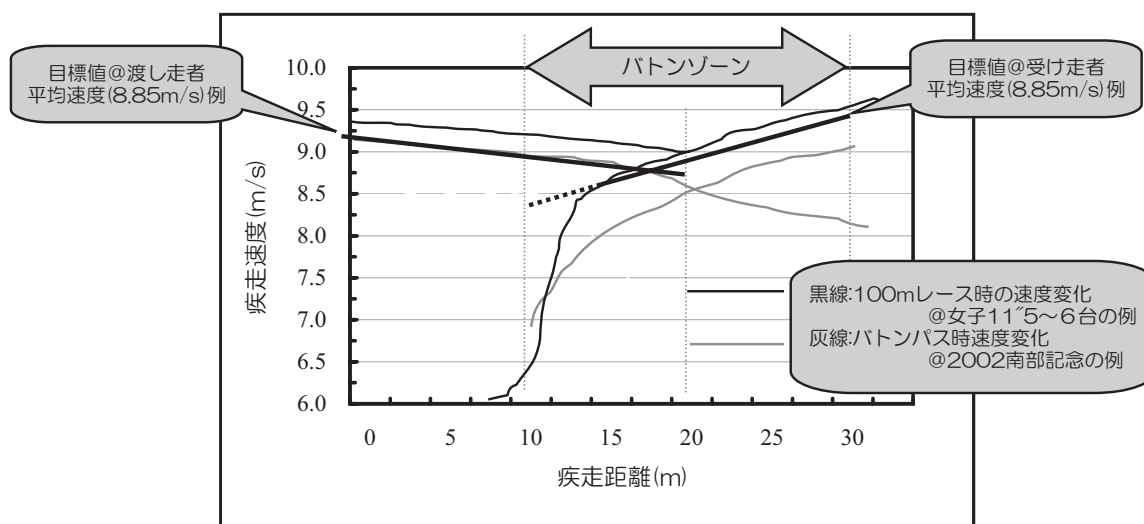
表4 女子400mリレーにおけるアテネ五輪と北京五輪出場資格平均タイムの比較

ランク	アテネ	北京
1	41.91	42.11
2	41.93	42.36
3	42.64	42.79
4	43.08	42.80
5	43.10	42.85
6	43.17	43.13
7	43.20	43.22
8	43.22	43.23
9	43.23	43.24
10	43.25	43.29
11	43.25	43.33
12	43.35	43.39
13	43.65	43.45
14	43.77	43.45
15	43.88	43.60
16	43.93	43.63
20	44.00 JPN	43.80 JPN
1~8位平均	42.66	42.81
±SD	0.61	0.40
9~16位平均	43.54	43.42
±SD	0.30	0.14

単位:秒

2. 目標タイム

表3に過去の国際大会での女子チームの成績と世界大会入賞記録、決勝進出ラインおよび各年における100m記録の変化を示した。近年、100m記録の向上は顕著であるが、国際大会での成績が44.5~44.8秒台という結果から、個々の走力の向上がリレーチームとしての結果につながっていないことを示していると思われる。表4に2004年アテネ五輪と2008年北京五輪400mリレーの出場権を獲得した上位16ヶ国の出場資格獲得時の記録を示した。アテネ五輪では8番目43.22秒、16番目43.93秒



*100mレース時の10-30m区間の速度変化を図の10-30mに、80-100m区間を0-20mに示した
 図2 バトンパス時と100mレース時の速度変化代表例の比較

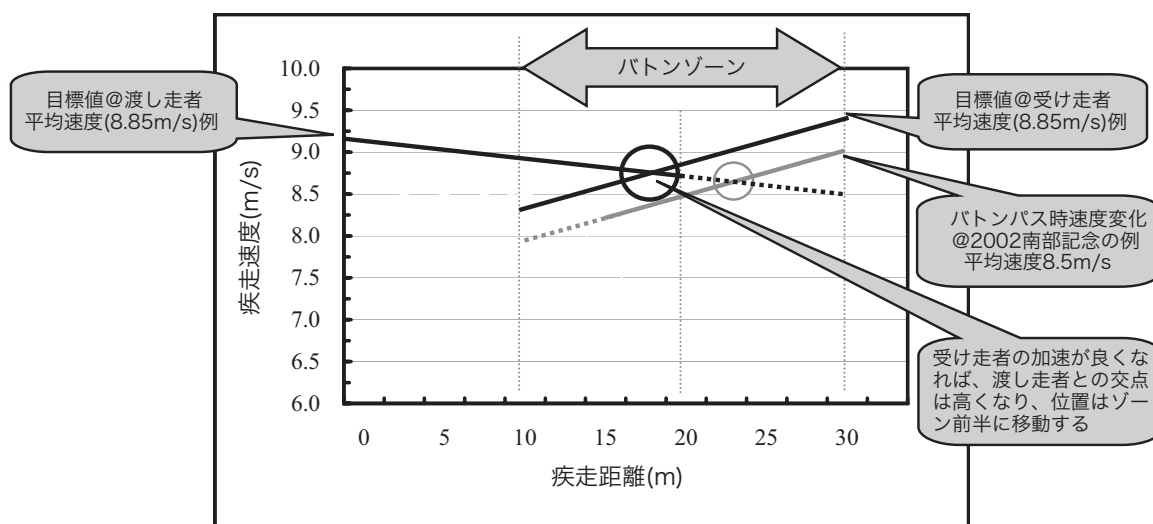


図3 バトンタイム2.15秒達成条件モデル

で、日本は44.00秒であった。北京五輪では8番目43.23秒、16番目43.63秒で、日本は43.80秒であった。ランク1～8位までの平均記録、9～16位までの平均記録を比較すると、この4年間でトップ8の記録は低下を示したが、9～16位の記録の向上は顕著であり各国がリレーに対する強化を進めていることが伺える。

1991年東京世界陸上での上位3ヶ国(41.94～42.33秒)のバトンタイム合計は6.38～6.46秒(杉浦ら1994)であり、2002～2007年平均は6.64秒であったことから、上位3ヶ国とは差が見られる。現状では走力が劣る女子チームが世界のレベルに到達するには、バトンパスワークをさらに高め、世界と戦う術を構築することが重要になると考えられる。バトンタイム3箇所合計の目標を上位3ヶ国と同様に6.4秒台、平均2.15秒に設定し、それを達

成するためのバトン戦略を練ることが必要になる。杉田ら(2005、2007)はこれまでの最速の疾走タイム(注)合計時間(36.95秒)と最速のバトンタイム(2.12秒)からゴールタイム43.31秒という数字をはじき出している。この数字を達成するには、個々の走力向上(表3)は顕著であっても、精度の高いバトンパスを実際のレースで実現しない限り世界との差を埋めることは出来ないと考えられる。2.15秒で3箇所のバトンタイムを揃えることが出来れば、日本記録更新はもちろんのこと、43.31秒の達成も十分可能と考えられる。表3に示したように世界大会入賞記録の平均は43.48秒、決勝進出ラインは43.30秒であり、43.30秒という目標記録は世界トップ8を狙える記録と判断できる。

3. バトンタイム向上の条件

図2にこれまで報告(杉田ら2005)されているバトンパス時の速度変化、100mレース時(11.5~11.6秒台選手)の速度変化(松尾ら2007、2008)、目標ラインを示した。この南部記念のレースはバトンタイム合計6秒55でこれまでで最も良かったレースの報告である。この報告(杉田ら2005)では、渡し走者は約9.0m/秒でやや減速しながらバトンゾーンへ進入し、受け走者は約7m/秒でバトンゾーンに入り、ゾーン中央付近で約8.5m/秒を示していた。図3にバトンタイム2.15秒達成条件モデルを図示した。なお、バトンパス時の速度変化、100mレース時の速度変化を参考に、目標ラインの傾きを設定した。

バトンタイム2.15秒を実現するには、利得距離を0mと考えた場合、受け走者はバトンゾーン入口からの20mを、渡し走者はラスト20mをそれぞれ2.15秒で疾走することになる。しかし、区間タイムは2.23秒(表2)要していることから、受け走者が単純に20mを2.15秒で疾走することは難しいと考えられる。利得距離を1mで考えた場合、19mを2.15秒で疾走するにはそれぞれの20mを2.26秒、平均速度8.85m/秒で疾走すればいいことになり、受け走者は現在の走力で十分可能であるが、男子チームのように十分な加速をすることが必要になる。渡し走者のバトンゾーン入口での疾走速度は約9.0m/秒(杉田ら2005)を示し(図2)、バトンパス時の速度変化と目標ラインはほぼ同様であることから、その条件である平均速度8.85m/秒をクリアしていると考えられる。受け走者は努力度や疾走速度、さらに走り出しのタイミングもコントロール出来るのに対し、渡し走者はバトンゾーン内では減速局面にあり、疾走速度を上げるようコントロールすることは出来ないと考えられることから、受け走者が十分な加速をすることや再現性、安定性の高い加速をすることが重要になる。利得距離を1mに設定することは、バトンパスの確実性を高め、バトンパスに対する心理的影響を取り除き、さらには受け走者の手挙げ動作時間を短くし、加速をスムーズにすることにつながると考えられる。

渡し走者がこれまでと同様な疾走速度でバトンゾーンに入り、受け走者の加速タイムが現状の2.36秒(表1)から目標値の2.26秒に短縮されると、渡し走者の速度ラインと受け走者の速度ラインの交点は高くなり(速度が高くなる)、その位置はバトンゾーン中間より前半になる。受け走者の加速が不十分になるほど交点が低くなり(速度が低くなる)、

その位置はバトンゾーン中間よりも後半になるが、バトンパス完了地点だけが後半にずれても、バトンの移動速度が低くなつてはバトンパスによるタイム短縮につながらない。このように、受け走者と渡し走者の疾走速度の交点を高くすること、つまり、受け走者の加速力を高めることが重要であると考えられる。男子チームのバトンパス完了地点がバトンゾーン前半であったこと、バトンパスがバトンゾーン後半で行われた場合は渡し走者が受け走者の疾走速度に同調出来ずに失敗する例が多く見受けられる(杉浦ら1994)ことから、これまで考えられていた渡し走者が受け走者の疾走速度に合わせるのではなく、受け走者が十分な加速をすることで、バトンタイム短縮を目指すべきであろう。

受け走者の疾走速度が目標ラインに改善された場合のバトンパス完了地点の目安は、図3に示した交点付近であるバトンゾーン入口から7~8mになると推察される。

IV. 結論

本研究により得られた結論は次の通りである。

1. 女子チームはバトンパスによりタイムを短縮することにつながっていないパワークであり、オーバーハンドパスの利点である利得距離によって、受け走者の不十分な加速を補完していた。
2. 受け走者が速度を緩めた場合や十分な加速をすることが出来ていない場合は、利得距離によるアドバンテージは相殺され、必ずしも良いバトンタイムとは限らなかった。
3. 受け走者の疾走速度が上昇している状態でバトンパスが遂行されていれば、渡し走者と受け走者の距離が近く、バトンゾーン前半で完了したパスであっても良いバトンタイムであった。
4. バトンタイムは受け走者の加速による影響が大きく、女子チームは100mレースのような十分な加速をすることが出来れば、バトンタイムはさらに短縮すると思われる。
5. 受け走者の加速タイムの目標値を2.26秒とし、利得距離を1m得ることが出来れば、バトンタイム2.15秒の実現は可能である。そのためには受け走者が十分な加速をすることが必要であり、短時間でパスを完了させ、スムーズな加速を引き出すように取り組むことが良いと考えられる。

表3に示したように世界大会決勝進出ラインである43.30秒は速度にすると平均9.24m/秒であり、バトンゾーン20mの所要時間は2.16秒にな

る。今回バトンパス目標値を1箇所2.15秒、合計6.45秒に設定してその達成条件とコンセプト構築を進めたが、疾走タイム注)合計は43.30秒-6.45秒=36.85秒となり、杉田ら(2005、2007)が算出しているこれまでの最速疾走タイムの合計時間36.95秒に2008年レースの疾走タイムのデータ(太田ら2009)を加えると、最速疾走タイムの合計時間は36.68秒になることから、43.30秒は遠い目標ではなく、十分実現可能な数字である。

注) 疾走タイム

スタートからバトンゾーン入口までに要した時間(1走)、バトンゾーン出口からゴールまでに要した時間(4走)、バトンゾーン出口から次のバトンゾーン入口までに要した時間(2、3走)をそれぞれ求めた。

参考文献

- 有川秀之(2005) アテネオリンピック4×100mリレーの軌跡. スプリント研究15:4-10
- 有川秀之(2008) 北京五輪4×100mリレー銅メダルの軌跡. 月刊陸上競技10:58-59
- 深代千之、松尾彰文、小林寛道、若山章信、杉浦雄策(1992) 4×100mRバトンパスのバイオメカニクス研究. 陸上競技マガジン42:203-206
- 川本和久(1997) 日本女子短距離の挑戦はまだ始まったばかり～400mリレーアテネへの道のり～. 月刊陸上競技10:70-74
- 松尾彰文、広川龍太郎、柳谷登志雄、土江寛裕、杉田正明(2008) 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. 陸上競技研究紀要4:48-55
- 松尾彰文、広川龍太郎、杉田正明、阿江通良(2007) レーザー方式による100mおよび110mハードルのスピード分析. 陸上競技研究紀要3:59-64
- 宮下憲(2005) オーバーハンドパスとアンダーハンドパスについて. スプリント研究15:20-26
- 太田涼、麻場一徳、清田浩伸、有川秀之(2009) 日本女子ナショナルチーム4×100mリレー分析～2008年レースを中心に～. 陸上競技研究76:31-38
- 佐久間和彦(2005) アンダーハンドパスについて. スプリント研究15:16-19
- 佐久間和彦、柳谷登志雄、杉浦雄策、杉田正明(2008) 陸上競技4×100mリレーにおけるオーバーハンドパスとアンダーハンドパスの特性の比較. 陸上競技研究72:14-21
- 杉田正明(2005) 4×100mリレー～バイオメカニクスの観点から～. スプリント研究15:27-32
- 杉田正明、広川龍太郎、松尾彰文、川本和久、高野進、阿江通良(2007) 4×100mリレー、4×400mリレーについて～日本チームの挑戦～. 陸上競技学会誌特集号1:21-26
- 杉田正明、広川龍太郎、高野進、有川秀之、川本和久、阿江通良、小林寛道(2005) 国際グランプリ大阪大会2004の4×100mリレーバトンパス分析. 陸上競技研究紀要1:121-123
- 杉田正明(2007) 世界陸上2007ベストパフォーマンス分析～男子4×100mR～. 陸上競技マガジン11:142-143
- 杉浦雄策、沼澤秀雄(1994) 世界一流の4×100mリレーにおける時間分析. 世界一流陸上競技者の技術:57-65
- 杉浦雄策、吉儀宏、佐久間和彦、松永成旦、花岡大(1998) 国内一流選手のバトンパス局面における時間・速度および疾走能力が4×100mリレーのレースタイムに及ぼす影響. 陸上競技研究33:36-46
- 土江寛裕(2005) 選手の立場から見たアテネオリンピックでの400mリレー4位入賞への道のり. トレーニング科学17:13-20
- USA Track&Field(全米陸上競技連盟) 編集、澤村博、澤木啓祐、尾縣貢、青山清英監訳(2004) コーチングマニュアル USA Track&Field coaching manual 出版芸術社:100-114
- 柳谷登志雄、小山桂史、杉田正明(2007) 男子4×100mR決勝に見るバトンパスワーク. 陸上競技マガジン12:154-155

第24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・心理的側面について (その3)

伊藤 宏¹⁾ 岡野 進²⁾ 井筒紫乃³⁾ 三宅 聡⁴⁾

1) 静岡大学 2) 明海大学 3) 埼玉純真短期大学 4) 日本陸連事務局

I. はじめに

日本陸上競技連盟普及委員会(以下、JAAF 普及委員会とする)は、23年前(昭和62年)から行われている小学生の全国大会に出場した選手の、その年度ごとの練習状況や内容について、全国少年少女リレー競走大会報告書(これは初期の大会名で、現在は、標記のような全国小学生陸上競技交流大会になっている)としてまとめてきている。

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、北風沙織選手らが出場している。第90回日本選手権(2006年)では、男子出場者は15名で、その内優勝者1名、入賞者7名であり、女子出場者では17名で、優勝者は3名、入賞者8名であった。さらに陸連事務局調べによると、一昨年の世界陸上大阪大会(2007)は総出場選手80名中、全国小学生大会出場者が8名(女子4×100mR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(2006)では、56名中7名であった。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。さらに、昨年の北京オリンピックでは、56年ぶりで出場した女子100mの福島千里、男子20km競歩の森岡紘一郎らが挙げられる。このように、現在活躍している選手の中に、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た。

そこで本報告では、平成19年度の第22回大会から今回24回大会まで3年継続して、各競技種目の優勝者を対象にして身体的、心理的諸能力そして運動生活習慣を測定調査分析し、「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、そし

てこの大会優勝者が将来日本選手権で優勝したり、オリンピック選手になった時、振り返って小学生時代の体力水準、運動生活水準が再確認できる参考資料に処する事を目的とした。

II. 研究方法

1. 優秀選手の選考条件について

第24回「全国大会」出場選手の中から優秀選手(各種目の優勝者)を選出し、将来の有望選手としての自覚・意欲づけと、彼らの指導者にも日本陸上競技連盟ジュニア競技者の一貫育成指導計画(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、平成20年10月25・26日(土・日)に横浜市の「日産スタジアム」で開催された「第39回ジュニアオリンピック大会」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・心理的能力の測定を行った。

選手選考条件は、以下の条件で行なった。「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、6年男子100m、4×100mRの優勝チーム(4名)、走幅跳、男子ソフトボール投の優勝者と6年女子100m、80mH、走幅跳、走高跳、女子ソフトボール投の優勝者、4×100mRの優勝チーム(4名)の男女合計16名であった。

2. 測定・調査方法

選手の測定は、2008年10月25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

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	ボール投げ	Average	Stdev		
形態値	身長 (cm)	164.5	159.7	158.9	151.5	157.2	146.6	161.0	161.3	159.9	157.8	5.50		
	体型	体重 (kg)	47.8	51.5	47.5	37.4	48.6	31.6	41.9	54.0	54.4	46.1	7.71	
		BMI (kg/m ²)	17.7	20.2	18.8	16.3	19.7	14.7	16.2	20.8	21.3	18.4	2.31	
		体脂肪率 (%)	17.2	19.9	18.4	13.7	20.7	11.3	15.8	24.3	22.4	18.2	4.16	
	体組織	体脂肪量 (kg)	8.2	10.2	8.7	5.1	10.1	3.6	6.6	13.1	12.2	8.6	3.15	
		除脂肪量 (kg)	39.6	41.3	38.8	32.3	38.5	28.0	35.3	40.9	42.2	37.4	4.71	
		肩峰幅 (cm)	36.8	37.1	35.7	33.6	35.6	33.3	36.9	36.6	35.7	35.7	1.40	
	形態	骨盤幅 (cm)	26.0	25.0	27.4	24.0	26.1	23.9	27.0	27.0	26.6	25.9	1.31	
		下肢長 (cm)	82.5	78.8	78.5	78.5	78.9	76.4	84.0	82.0	79.1	79.9	2.42	
	骨量	音響的骨評価値 (×10 ⁶)	2.84	2.90	3.08	2.66	3.04	2.42	2.68	3.05	2.91	2.8	0.22	
立位体前屈 (cm)		4.0	15.5	16.0	0.0	12.6	1.5	9.5	15.0	15.6	10.0	6.50		
柔軟性	片脚立ち	右	左右 (N)	1.18	2.40	1.39	1.49	1.87	1.83	1.57	1.69	1.6	0.40	
			前後 (N)	1.10	1.84	1.56	1.35	1.79	0.94	1.45	1.29	1.48	1.4	0.29
			上下 (N)	2.42	3.82	2.30	2.60	4.08	2.04	2.54	3.34	2.76	2.9	0.71
		左	左右 (N)	1.80	2.74	1.54	1.33	2.12	1.11	1.81	1.81	1.48	1.7	0.48
			前後 (N)	1.20	1.89	1.17	1.37	1.90	0.83	1.19	1.36	1.28	1.4	0.34
			上下 (N)	2.83	4.65	2.14	2.13	3.67	1.92	2.46	3.40	2.57	2.9	0.89
敏捷性	全身反応	反応開始時間 (msec)	176	154	166	150	202	190	183	182	162	173.9	17.22	
		筋収縮時間 (msec)	140	118	118	128	144	117	144	132	147	132.0	12.30	
		全身反応時間 (msec)	316	272	284	278	346	307	327	313	310	305.9	24.06	
瞬発・パワー	垂直跳び	CMJ (cm)	38.1	42.8	35.9	37.9	36.9	34.0	32.9	39.2	33.0	36.7	3.22	
		CMJ腕ふりなし (cm)	34.2	36.4	31.9	30.7	31.9	29.4	28.0	33.6	24.1	31.1	3.66	
		連続跳躍 (cm)	32.4	34.2	31.5	25.6	28.1	26.4	26.5	25.7	26.5	28.5	3.27	
		パワー (watt)	1836	2298	1766	933	1846	1047	1189	1732	1921	1618.7	456.61	
	/kg	38.4	44.6	37.2	24.9	38.0	33.1	28.4	32.1	35.3	34.7	5.85		

において、形態面、体力面の測定を行ない、選手の生活面に関する調査、心理面に関する調査などを夜の研修時に行なった。

(1) 測定項目

「横浜市スポーツ医科学センター」で行なった測定項目は、形態値（身長、体重、BMI など）、骨量、立位体前屈、全身反応時間、垂直跳、パワーであった。また、「JAAF 普及委員会」が行なった調査・測定は、日常生活調査（資料1）、運動有能感（資料2）、不定愁訴（資料2）、PCI (Psychological Condition Inventory: 心理的コンディション調査)、POMS (Profile of Mood States: 選手の日常生活における気分の安定性を計る質問紙法) を用いて測定をした。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. 結果と方法

1. 身長と体重について（表1、表2参照）

「横浜市スポーツ医科学センター」で測定された優秀選手の形態面、体力面を表1、2に示した。これまでの3年間、「JAAF 普及委員会」がこの陸上競技研究紀要（2006 vol.2、2007 vol.3、2008 vol.4）で報告した結果と同様に、男子選手（身長162.7cm ± 5.2、体重51.5kg ± 7.3）、女子選手（身長157.8cm ± 5.5、体重46.1kg ± 7.7）の身長と体重は1%水準で、全国平均値（男子選手：身長145.13cm ± 7.0、体重38.3kg ± 8.0、女子選手：身長147.1cm ± 6.7、体重39.0kg ± 7.5）間に有意

差が認められ、男子は身長で12cm、体重で13kg、女子は身長で11cm、体重で7kgも大きい。男女ともこの3年間選抜された選手間相互のBMI値（今年度男子選手19.4kg/m² ± 2.6、女子選手18.4kg/m² ± 2.3）に有意差は認められず、全国値（男子18.2kg/m²、女子18.0kg/m²、これらは全国の身長と体重の平均値から算出した）とも同程度の値を示していた。

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。この優秀選手の体格が大きいからといって、優秀選手たち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と思われる（加藤ら1999）。

2. 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）

全身反応時間（音）は、キスラー社製のフォースプレートを用いたノルム工学社製の全身反応時間測定器を用いた。測定方法については、ランダムに出る音に対して、被験者は素早く跳び上がって反応し、合計5回の試技の内、最も良い値と悪い値を削除して真中の三つの値を平均した値を採用した。瞬発・パワー系の測定には、DKH社製のマルチジャンプテスト(IFS-31C)を用いて測定した。測定方法は、3回から6回くらい跳んでもらい、測定中の最大値が下がった時に中止し、その直前の値を最大値として採用した。

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	Relay1	Relay2	Relay3	Relay4	Long Jump	ボール投げ	Average	Stdev		
形態値	身長 (cm)	154.5	158.9	165.5	160.0	166.8	169.7	163.4	162.7	5.2		
	体型	体重 (kg)	48.2	47.5	55.6	42.2	50.0	51.6	65.1	51.5	7.3	
		BMI (kg/m ²)	20.2	18.8	20.3	16.5	18.0	17.9	24.4	19.4	2.6	
		体脂肪率 (%)	12.8	18.4	15.8	7.2	11.3	10.3	24.6	14.3	5.8	
	体組織	体脂肪量 (kg)	6.2	8.7	8.8	3.0	5.7	5.3	16.0	7.7	4.2	
		除脂肪量 (kg)	42.0	38.8	46.8	39.2	44.4	46.3	49.1	43.8	3.9	
		肩峰幅 (cm)	36.5	35.7	36.6	33.2	39.1	36.2	38.4	36.5	1.9	
	形態	骨盤幅 (cm)	23.7	27.4	26.0	22.6	25.5	25.1	26.3	25.2	1.6	
		下肢長 (cm)	76.3	78.5	83.5	83.7	85.6	89.7	84.3	83.1	4.5	
	骨量	音響的骨評価値 (×10 ⁶)	3.36	3.08	3.19	2.57	2.63	2.89	3.0	3.0	0.3	
柔軟性	立位体前屈 (cm)	9.5	16.0	4.5	-6.0	1.5	1.5	9.5	5.2	7.2		
バランス	片脚立ち	右	左右 (N)	0.83	1.39	2.13	1.29	2.21	1.21	2.80	1.7	0.7
			前後 (N)	0.83	1.56	1.77	1.65	2.55	1.23	2.00	1.7	0.5
			上下 (N)	1.75	2.30	3.97	2.71	3.71	1.51	5.04	3.0	1.3
		左	左右 (N)	0.73	1.54	2.15	1.78	2.66	1.60	3.34	2.0	0.8
			前後 (N)	0.92	1.17	1.66	1.38	2.63	1.43	2.77	1.7	0.7
			上下 (N)	1.57	2.14	3.43	2.96	4.26	2.50	7.24	3.4	1.9
敏捷性	全身反応	反応開始時間 (msec)	146	166	145	172	141	190	158	159.6	17.6	
		筋収縮時間 (msec)	120	118	125	115	123	111	145	122.4	11.0	
		全身反応時間 (msec)	266	284	270	286	263	301	302	281.8	16.0	
瞬発・パワー	垂直跳び	CMJ (cm)	56.6	35.9	42.2	47.9	42.2	44.8	38.7	44.0	6.8	
		CMJ腕ふりなし (cm)	51.6	31.9	36.8	38.6	34.5	42.4	34.7	38.6	6.6	
		連続跳躍 (cm)	41.4	31.5	31.4	35.2	32.6	33.9	-	34.3	3.7	
		パワー (watt)	2732	1594	1909	1754	1806	1894	-	1948.2	400.6	
	/kg	56.7	37.2	34.3	41.6	36.1	36.7	-	40.4	8.3		

全身反応時間は、筋力とともにランナーの神経・筋機能に対する一つの重要な指標である。全身反応時間は光、音などのある一つの刺激に対して、出来るだけ速やかに鍵盤を押すとか、脚をステップするとか、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全身反応時間は、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-筋の経過を通る所要時間であり（朝比奈 1958）、神経系の刺激の伝達に要する時間（動作開始時間）とその刺激によって、筋が収縮して全身を動かすのに必要な力を発揮するまでの時間（筋収縮時間）とに分けられる（小林 1990）。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。

全身反応時間では、男女で比較すると男子グループの方が 5% 水準で有意に女子グループより優れていた。ミュンヘンオリンピックに出場した日本男子選手の全身反応時間は平均 355msec、モントリオールオリンピックに出場した短距離選手の全身反応時間は 320msec、そしてソウルオリンピックの短距離選手 9 名の全身反応時間は 268msec であった（小林 1990）。このオリンピック出場短距離選手と比較して、今回の小学生男女優秀選手は、同等かそれ以上の優れた測定値を示していた。特に小学男子 100m 選手が 266msec とリレーメンバーの一人が 263msec を示し、今回の小学生男女 16 名の中でも優れていた。

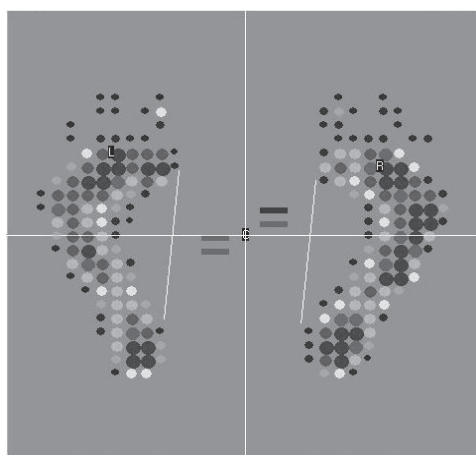
次に瞬発・パワー系を示す垂直跳やパワー測定の結果から男女 16 名の選手間で比較してみると、男

子 100m 選手が最も優れた能力を示していた。

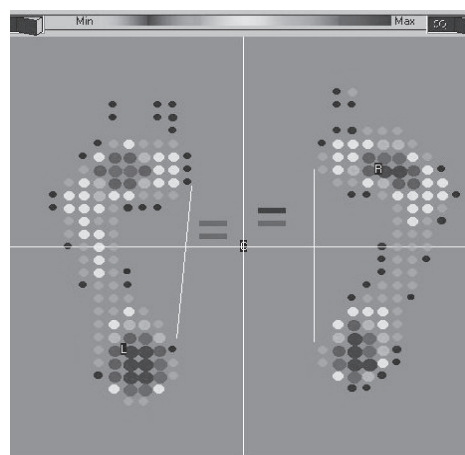
これらの結果から、この優秀選手たちは今後より全身反応時間や瞬発・パワーを高め、キレとバネのある力強い走・跳・投動作を養成するためには今後の冬期練習には意識的に、得意な陸上競技の種目の練習とともに、自重を利用したパワートレーニングや縄跳びや球技系、水泳などの全身運動の種目にも意欲的に、積極的に取り組むことが勧められる。

3. 足圧分布の測定結果について（図 1 参照）

足圧分布の測定には、Fittracks 社のフットグラフ（足圧分布 4 分割バランス計測システム）を用いて計測した。測定方法は、立位姿勢で 10 秒間立ち、その平均値を採用した。立位姿勢から、足裏にかかっている足圧の分布状態を定性的に評価し、その圧の分布状態から男女選手の立位姿勢の特徴を把握した。その足圧の左右の分布比率は、男子選手で平均 47%:53%、女子選手は平均 48%:52% で、わずかであるが左右差が見られた。右足の方に足圧を示している選手は、16 人中 14 名で 87.5% の割合であった。持田ら（2005）はジュニアトップ選手 60 名の調査で 50% の選手が右足の圧が高く、左足の圧が高い選手は 23.3% で、右足側にウエイトがかかり気味の傾向がみられたが、この傾向が陸上競技選手の特徴なのかは今後の検討が必要だと報告している。この結果から、この足圧分布は日常の立位姿勢や歩き方や走り方など、そして上肢・下肢・骨盤の状態との関連性もみられることから、総合的にその選手の動きの特徴を把握する際の一つの判断資料になると



男子100m選手の足圧分布図



良い足圧分布図

図1 足圧分布図

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)

ここでは、上記で述べたパワーや瞬発力の測定のように特別の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、指導者および児童らが簡単に比較できるようにと、新体力テストの測定結果についても考察を行った。今後続く選手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より身近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。

「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9月下旬から10月上旬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、10月下旬に計った値より多少の違いが見られる。

男子、女子選手の8項目の平均値を平成19年

度体力・運動能力調査結果統計表(文部科学省HP 2009)の同年齢の各項目の平均値で比較してみると男女それぞれの優秀選手が8項目すべてに優れており、直接確率計算の結果 $p=0.008$ (両側検定)で有意に優れていたと判断された。さらに個々の種目項目を男女別に全国平均値と比較していくと、男女とも50m走疾走能力は群を抜いて優れていた。男子の平均値と標準偏差は7.0秒 \pm 0.56、女子では7.7秒 \pm 0.35で全国の男子は8.9秒 \pm 0.76、女子は9.2秒 \pm 0.68であった。

これらの結果から、ほぼ前回までに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あわせ、総合的にバランスのとれた体力作りが望まれる。これまでの調査結果と同様に、今回の調査からも、筋力、

表3 女子選手の新体力テスト測定結果

女子選手	100m	80mH	走高跳	走幅跳	ボール投げ	リレー1	リレー2	リレー3	リレー4
身長(cm)	-	159.7	161.0	161.0	159.9	147.8	142.8	155.1	157.3
体重(kg)	-	51.0	41.9	52.0	54.9	34.6	28.1	46.2	46.0
握力(kg)	-	31.0	21.0	28.0	33.0	16.0	16.0	21.0	30.0
長座体前屈(cm)	-	49.0	50.0	47.0	41.0	41.0	33.0	59.0	50.0
立ち幅跳び(cm)	-	211	187	215	185	180	135	180	198
反復横跳び(回)	-	60	45	-	45	51	44	59	50
ソフトボール投げ(m)	-	53	18	33	77	14	15	15	18
上体起こし30秒間(回)	-	26	20	33	23	29	24	31	25
20mシャトルラン(回)	-	65	68	-	67	55	54	63	66
50m走(秒)	-	-	8.20	7.21	7.56	7.90	8.10	7.50	7.60
100m走(秒)	-	-	14.9	13.4	15.3	-	-	-	-

表4 男子選手の新体力テスト測定結果

男子選手	100m	80mH	走高跳	走幅跳	ボール投げ	リレー1	リレー2	リレー3	リレー4
身長(cm)	155.4	-	-	170.0	168.4	160.9	166.0	160.0	153.4
体重(kg)	48.4	-	-	51.0	65.0	48.6	57.0	42.2	38.8
握力(kg)	45.0	-	-	43.0	35.0	33.0	35.0	31.0	27.0
長座体前屈(cm)	71.0	-	-	50.0	46.0	31.0	51.0	31.7	49.0
立ち幅跳び(cm)	215	-	-	210	215	211	208	220	217
反復横跳び(回)	64	-	-	50	56	23	51	58	60
ソフトボール投げ(m)	50	-	-	30	73	38	41	42	45
上体起こし30秒間(回)	62	-	-	32	30	22	26	31	28
20mシャトルラン(回)	98	-	-	72	72	89	83	121	76
50m走(秒)	5.95	-	-	7.01	7.26	7.80	6.98	7.18	7.15
100m走(秒)	12.3	-	-	-	14.18	-	12	13.5	12.89

スピード、パワーそして敏捷性の能力と比較して、相対的に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. 日常生活における読書、PC・ゲーム、TV・ビデオ、勉強、遊び時間、睡眠時間について（図2、資料1参照）

3年前の優秀選手の毎日の外遊び時間は男女とも約2時間であったが、2年前は男女選手とも1時間弱であり、昨年は男子選手が1.8時間、女子選手は1.3時間であった。本年は昨年とほぼ同様で男子が1.9時間、女子は1.2時間であった。文科省（2005）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、これまでの優秀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。

勉強時間では、2年前は男子選手で1時間、女子選手が2時間であり、昨年は男女とも1時間弱であったが、本年は特に男子選手がさらに30分減少して30分となり、逆に女子が1.4時間であった。読書時間は1時間を大きく割り、30分前後であった。テレビ、ビデオの視聴時間は、2年前は、男女選手とも2時間前後であったが、昨年の男子は4時間、女子は2時間の視聴時間であった。本年は、男子が2.2時間を示し、女子と同程度の視聴時間であった。PC・ゲームについては、昨年と同程度で、男子が2時間、女子が25分程度であった。睡眠時間については、男女とも40%の選手が6時間から8時間で、6割が8時間以上と回答していた。しかしこの睡眠

時間から推察すると遅く寝て、朝は登校時間ギリギリまで寝ていると推察される。

これらの事からPC・ゲーム、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から、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6年生で約1割を示し、休日にTV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割いると報告されている。本年度も、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。

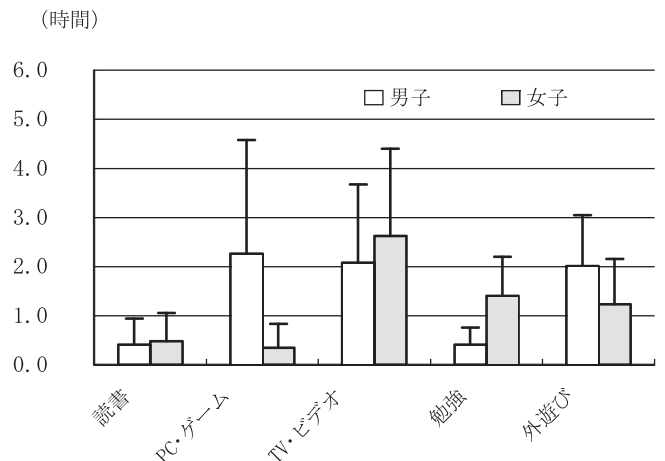


図2 男女優秀選手の生活習慣

6. 不定愁訴と運動有能感について

(1) 不定愁訴について (図3、資料2参照)

「不定愁訴」(田中 2001) 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いが、生活習慣の見直しの評価として利用されている。「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「体がだるい」、「頭が痛い」、「肩が凝る」、「食欲がない」など、二つ目は精神的健康度として「気が散る」、「頭がぼんやりする」、「根気がない」、「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」、「おなかが痛くなる」、「風邪を引く」、「眠い」などの項目からなり、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り、得点が低いほど不定愁訴がなく、望ましい健康状態であると判断される。

図3から、男女間において3因子それぞれに有意差は認められなかった。男女の「不定愁訴」の3因子とも2点前後であり、現在のところ、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。しかし、前出の日常生活における読書、PC・ゲーム、TV・ビデオ、勉強、遊び時間、睡眠時間についての調査結果から判明したPC・ゲーム・TV・ビデオ等に費やす時間が多く、睡眠時刻が遅くなり、その結果睡眠時間が足りていない現状が今後も続くことと仮定すると、今のところ不定愁訴として顕著に現れていないものの、不規則な生活習慣から不定愁訴が起こっているものと思われるので、今後、規則正しい生活習慣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4参照)

「運動有能感」(岡沢 1996) は、自分自身の運動

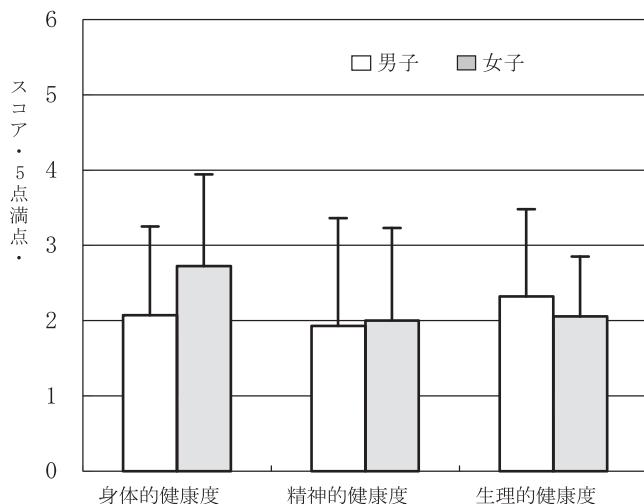


図3 男女優秀選手の不定愁訴

への意識や自信を調査するもので、これも3因子から構成されている。一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」、二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」、そして三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、5段階で回答してもらい得点が高いほど有能感が高いと判断される。

図4の運動有能感から、男女間に有意差は見られず、3因子とも4点以上の高得点を示し、男女とも高い運動有能感を持っていることが判明した。しかし、一昨年、昨年と男子選手の努力達成感の得点が高かったが、本年は女子の努力達成感が高得点を示した。一般的に女子選手は、仲良しグループを形成しやすく仲間意識を強く友達親和感が高い傾向がみられると言われている。女子選手に対する接し方は「全員公平に」「精神面を重視」など男子よりも感情面で細やかな配慮が必要であると指摘されている(猪俣、西田ら 2005)が、やはりやればできる、努力すればできるようになるといった実感が持てるよう、女子の指導も努力達成感を意識した指導が求められる。

7. 心理的コンディショニング調査 (PCI : Psychological Conditioning Inventory) について (図5参照)

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、その測定項目は以下の通りである。F1: 一般的活気(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

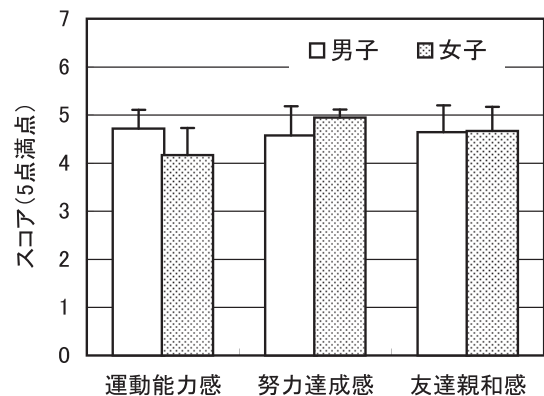


図4 男女優秀選手の有能感

自信)、F3: 闘志 (競技における闘争心や競争意欲)、F4: 期待認知 (周囲の期待をどの程度積極的に意識しているかを示す)、F5: 情緒的安定感 (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5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、女子選手は良好な心理的状态でいたことが読み取れた。男子選手は、疲労感で7人中5名が50点を上回っており、その中でもリレーメンバーの1名が75点の高得点を示していた。女子選手でも75点を示す選手が1名みられた。男女間を比較してみると、失敗不安で5%水準で有意差が見られ、今回の女子選手は試合に臨む際の心構えに不安を示す傾向がみられた。彼らは、試合で失敗するのではないかと内面に不安要素を持ちながら試合を行っているという推察されるので、コーチ・指導者はこの選手たちにこれまで以上に練習場面から心配りをしなければならないと思われる。

具体的には、これまでの練習で技術的な改善点が十二分に改良されていること、これまでの試合で練習の成果が出ているから心配ないと認識させ、自信を持たせること、もし本番で失敗してもそのことを責めるのではなく、次の試合までに敗因を一緒に克服しようという選手の味方感覚で励ますなどが考えられる。

さらに、今回は選手の日常生活における練習や試合中の気分の安定性を計るために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)が気分状態を評価する質問紙法を開発したものである。気分の

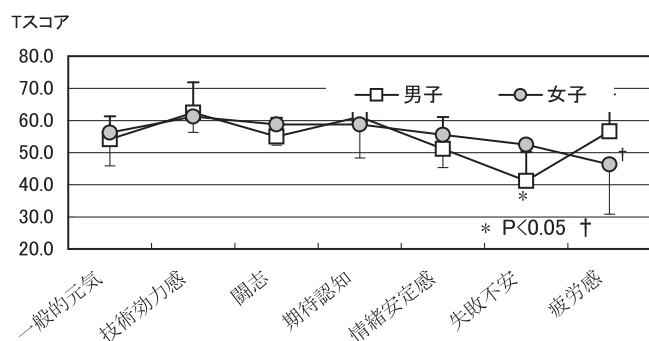


図5 男女優秀選手の心理的コンディショニング (PCI)

因子は「緊張-不安 (Tension-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6参照)

望ましいパターンは活気 (V) 尺度のみが平均値50を越えているのが望ましく、他の尺度は50より低い値を示してことが望ましいとされている。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、特に男子選手に元気が見られないと判断されるが、この結果は、前出のPCIの疲労感の結果と同様な結果であった。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、男子選手の方が、少し疲れ気味である事が推察された。

このように、選手の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。本来スポーツをする事によって爽快な気分、日常の不定愁訴解消、意欲も高まると言われているが、ともすると練習が過度になったり、それによって慢性疲労に陥ったりするなど選手自身、指導者も気づかないでいる事もあるので、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子供の心身への気配りも大切な配慮になっている (猪俣、西田ら2005)。

IV まとめ

第24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、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。

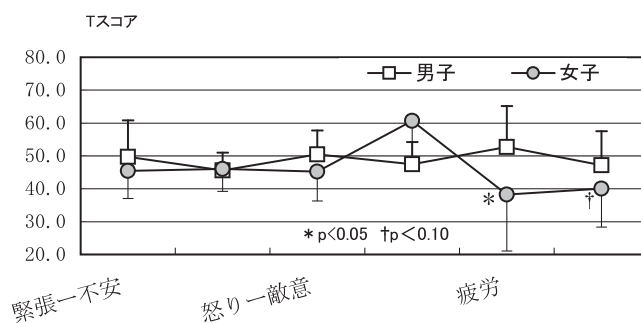


図6 男女優秀選手の心理的コンディショニング (POMS)

1. 形態値については、男子・女子選手の身長と体重は全国平均値より有意に高いものであった。
2. 全身反応時間と瞬発・パワー系（垂直跳）の測定においては、100m走とリレー選手の1人が優れていた。これらの選手は全身反応時間がともに男女選手の中で最も良い成績を示した。
3. 足圧分布の測定結果から、男子選手の立位姿勢の左右の足圧分布は47%:53%、女子選手では48%:52%で、わずかであるが左右差が見られ、右足側にウェイトがかかり気味の足圧分布を示していた。
4. 新体力テストでは、男女選手ともに50m走能力が非常に優れていた。
5. 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、TV・ビデオやPC・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時間以内であった。
6. 「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。「運動有能感」では、男女選手とも高スコアを示していた。
7. 心理的コンディションについては、男子選手の方が精神的に少し疲労気味であり、女子選手の不が試合場面で失敗不安を感じていたことが判明した。

以上のように、小学生優秀選手の体力、日常生活、心理的な側面の実態が分析された。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に感謝申し上げます。

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、藤原岳彦、岩瀬隆伸 (2005) 小学生の体力と不定愁訴について、静岡大学教育学部研究報告（教科教育学篇）36、p265-271
- 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
- 伊藤宏、小林寛道、藤原岳彦 (2007) 新体力テストと児童の生活習慣、運動有能感、不定愁訴との関連性について、静岡大学教育学部研究報告（教科教育学篇）38、p161-171
- 伊藤宏、土屋拓巳、中村圭 (2008) 持久力アップトレーニングが子どもの体力向上に与える影響について、静岡大学教育学部研究報告（教科教育学篇）39、p141-148
- 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
- 猪俣公宏、西田保ら (2005) スポーツの心理I、公認スポーツ指導者養成テキスト、日本体育協会 p46-70
- 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」、p56-59
- 岡沢祥訓、北真佐美、諏訪 祐一郎 (1996) 運動有能感の構造とその発達及び性差に関する研究、スポーツ教育学研究 16(2) p145-155
- 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 (1990) 走る科学、大修館書店、p142-144
- 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、
- 深代千代ら (2005) 平成16年度のジュニア強化部科学サポート報告、陸上競技研究紀要 第1巻、p177-183
- 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
- 田中敬子 (2001) 女子大生の健康とその食生活背景について 共分散構造分析と解析事例 ナカニシ出版 p97-109
- 横山和仁、荒記俊一 (2003) POMS 手引き 金子書房 p15-16

資料1 日常生活習慣に関する調査表

皆さんの毎日の過ごし方について理解するために、次のような調査をすることにしました。
ご協力をお願いします。
この調査は、この目的以外には使用しませんし、個人名が出る事はありません。

氏名 _____ 県名 _____

A. 学校に行く日、あなたは朝食を食べますか。当てはまる番号に○をつけて下さい。

1. 毎日食べる 2. 1週間に1日～2日食べない日がある
3. 1週間に3日～4日食べない日がある 4. ほとんど食べない

B. 夕食は何時ころ食べますか。当てはまる番号に○をつけて下さい。

1. 17時から18時の間 2. 18時から19時の間 3. 19時から20時の間
4. 20時から21時の間 5. 21時以降

C. 自分の体型をどのように感じていますか。当てはまる番号に○をつけて下さい。

1. かなりやせたい 2. 少しだけやせたい 3. 今のままでよい
4. 少し太りたい 5. かなり太りたい

D. 学校から家に帰って、次の事を何時間くらいしますか。

a. 読書 時間 分 b. パソコン・テレビゲーム 時間 分
c. テレビ・ビデオ 時間 分 d. 勉強 時間 分

E. 陸上競技の練習日数や練習時間はどのくらいやっていますか。

1. 1週間に 日くらい。 2. 1日だいたい 時間 分

F. 体育の授業や陸上競技の練習以外に運動や遊びをしますか。

1. 1週間に 日くらい。 2. 1日だいたい 時間 分

G. 陸上競技以外の外遊びでは、おもに何をしますか。3つ書いて下さい。

1 _____ 2 _____ 3 _____

H. 外遊びをする理由はなんですか。当てはまる番号にいくつでも○をつけて下さい。

1. 体を動かすことがすきだから。 2. 親や友達からすすめられた。
3. 時間があるから。 4. 場所があるから。
5. やりたいスポーツがあったから。 6. 仲間がいたから。

I. 1日の睡眠時間は何時間くらいですか。

1. 6時間未満 2. 6時間以上8時間未満 3. 8時間以上

資料2 運動についての運動有能感と不定愁訴の調査表

氏名 _____

◎下の表の質問項目は、今の自分の運動への思いや体の調子について聞いています。
当てはまる番号に○をつけて下さい。記入漏れがないようにお願いします。

(運動有能感)

運動に対して自分の思いを答えて下さい。 当てはまる番号に○を付けて下さい。	よくあて はまる	ややあて はまる	どちらとも いえない	あまりあて はまらない	まったくあて はまらない
1.運動能力が優れていると思います。	5	4	3	2	1
2.たいいていの運動は上手にできます。	5	4	3	2	1
3.練習をすれば必ず技術や記録は伸びると思います。	5	4	3	2	1
4.少し難しい運動でも、努力すればできると思います。	5	4	3	2	1
5.一緒に運動しようとしてくれる友達があります。	5	4	3	2	1
6.友達がいつも励ましたり、応援してくれます。	5	4	3	2	1

(不定愁訴)

日頃の体の調子を答えて下さい。 当てはまる番号に○を付けて下さい。	よくある	ときどき ある	どちらとも いえない	たまにある	ほとんどない
1.体がだるい	5	4	3	2	1
2.頭が痛い	5	4	3	2	1
3.風邪を引く	5	4	3	2	1
4.肩がこる	5	4	3	2	1
5.気がちる	5	4	3	2	1
6.頭がぼんやりする	5	4	3	2	1
7.根気がない	5	4	3	2	1
8.やる気がない	5	4	3	2	1
9.トイレによくいく	5	4	3	2	1
10.おなかが痛くなる	5	4	3	2	1
11.食欲がない	5	4	3	2	1
12.眠い	5	4	3	2	1

高校生やり投選手における“ジャベリックスロー”の有効性について —全国高校総体出場選手を対象に—

宮崎明世¹⁾ 岡野進²⁾ 三宅聡³⁾

1) 筑波大学 2) 明海大学 3) 日本陸上競技連盟事務局

I. はじめに

“ジャベリックスロー”は、ジュニアオリンピックのABクラス共通種目として2000年度大会から採用された。用具は長さ70cm, 重量300gのターボジャブVII(ニシ・スポーツ社)で、全体は3つの部位からなっており、柔らかい先端部(エラストマー製)、グリップを刻んだ中間部、4枚の羽からなる尾部(ポリエチレン製)で構成される。ジャベリックスローは、このターボジャブの遠投距離を競う競技で、やり投のピットで行われる。このターボジャブはやり投の元世界記録保持者トム・ペトラノフがやり投の技術練習用に開発したもので、わが国においては安全面の利点、練習や授業で手軽に扱えることから全国に広まった。全日本中学校陸上競技選手権大会での投てき種目は砲丸投のみだが、ジュニアオリンピックには新しい投てき種目として、またやり投の導入として採用された。大会は現在まで8回を経ており、その大会記録は男子75m87, 女子55m86となっている。

ターボジャブ投げの動作について阿江ら(2001)は、やり投とターボジャブ投げの投動作を比較して、類似点と相違点を述べている。それによるとターボジャブを用いた練習は、身体の後方に引いたやりを腕ではなく身体で引き出して投げる動作の習得に適していること、肘関節の内反トルクがターボジャブ投げのほうが小さいことから、肘関節への負担の小さいことを指摘している。一方で、適切な投動作が身につけていない選手が無理に投てき物を加速しようとすることで、肘関節の障害が生じる可能性も指摘している。前田・丹松(2008)はターボジャブの飛行特性に着目した研究を行っている。それによれば、ターボジャブは過大な投射角や迎え角でもやりほど敏感には飛距離に影響しないことから、ターボ

ジャブとやりとは飛行特性の違うものとして対処する必要があるとしている。また、ターボジャブ投げの記録が向上したからと言って、必ずしもやり投の技術が獲得されたと一概には言えないことを示唆している。このように、ターボジャブ投げはその安全性や手軽さおよび現在の子供たちの投げる経験の少なさを補う点からも評価される一方で、長さや形状、重量の違いからやり投には直結しない動きや、障害の心配など問題点も指摘されている。

ジュニアオリンピックへの正式採用から10年近い年月がたち、この種目を経験した世代が高校生、大学生、社会人になっているにもかかわらず、この種目の意義や選手に与える影響は検証されていない。そこで本研究では、全国高校総体のやり投に出場した選手およびその指導者を対象にアンケート調査を行い、“ジャベリックスロー”の意義および選手に与える影響を検討することとした。

II. 方法

1. 対象と調査方法

全国高校総体(以下全国大会とする)の平成19年(第60回)大会および、平成20年(第61回)大会の男女やり投に出場した全選手男子132名、女子132名およびそれぞれの指導者に対し、郵送によるアンケート調査を行った。アンケートの回収率は男子57.6%(132名中76名)、女子55.3%(132名中73名)であった。

2. 調査内容

アンケート調査の選手に対する質問内容は、①選手の属性およびやり投の最高記録、②“ジャベリックスロー”の経験、③“ジャベリックスロー”の有効性、④小中学校の運動経験、⑤現在および中学時

表1 被験者の特徴およびやり投の最高記録

	男子			女子		
	19年度	20年度	合計	19年度	20年度	合計
身長(cm)	174.9	175.3	175.1	159.4	161.9	160.6
(S.D)	4.67	5.20	4.92	17.03	4.70	12.69
体重(kg)	72.9	72.3	72.6	60.0	58.2	59.2
(S.D)	6.77	8.40	7.60	7.30	5.96	6.71
最高記の平均(m)	61.02	59.39	60.18	43.21	41.86	42.56
(S.D)	4.216	3.068	3.738	3.130	3.886	3.553
Max(m)	69.93	65.10	69.93	49.66	48.99	49.66
Min(m)	53.95	52.32	52.32	37.24	32.00	32.00
n	37	39	76	38	35	73

代の故障について聞くものであった。また、指導者に対する質問内容は、①“ジャベリックスロー”が正式にジュニアオリンピックで採用されてから入学してきた選手の変化、②“ジャベリックスロー”がジュニアオリンピック種目としてあることの意義、③“ジャベリックスロー”のやり投選手に与える影響について聞くものであった。

3. データ処理

アンケートから得られた結果を項目ごとに集計し、分析した。中学時のジャベリックスローの大会への参加経験や、練習時にターボジャブを使用した経験の有無によって、やり投の最高記録や故障の有無に差があるのかどうかを明確にするために、t検定を行った。また、ターボジャブの有効性については10項目についてそれぞれ5段階で評価させ、最も有効と思われる項目を抽出した。また、有効かどうかを決定する理由についての記述内容をカテゴリーに分けて集計した。なお、指導者に対しての質問は、記述式で得られた回答をカテゴリーに分けて集計し、問題点を抽出した。

III. 結果と考察

1. 対象者について(表1)

対象者の特徴は表1の通りであった。やり投の最高記録の平均は男子60.18m(±3.738)、女子

表3 中学時の経験の有無と学年の関係

	男子				女子							
	1・2年		3年		計		1・2年		3年		計	
	人数	%	人数	%		人数	%	人数	%		人数	%
経験有	11	50.0	17	31.5	28	12	44.4	16	34.8	28		
経験無	11	50.0	37	68.5	48	15	55.6	30	65.2	45		
計	22		54		76	27		46		73		

42.56m(±3.553)であった。また、最高記録で最もよい記録は男子69.93m、女子49.66mであった。

2. ジャベリックスローの経験とやり投の最高記録の関係

中学時のジャベリックスローの大会出場経験の有無によって、やり投の最高記録に差があるかどうかをみるためにt検定を行った(表2)。中学時にジャベリックスローの大会に出場したことがある選手は男子の36.8%、女子では38.4%であったが、やり投の最高記録はジャベリックスローの経験のない選手と比較して、男女ともに有意な差は見られなかった(男子 $t(75)=0.75$, $p>.10$, n.s, 女子 $t(72)=0.32$, $p>.10$, n.s)。このことから、高校でのやり投の記録は、中学時のジャベリックスローの経験の有無に関わりがないことがわかった。

中学時のターボジャブの経験と全国大会に出場した学年の関係を表3に示した。男子では3年生で全国大会に出場している選手のうち、中学時にターボジャブの経験がある割合は31.5%であったのに対し、1・2年生で全国大会に出場している選手のターボジャブの経験がある割合は50.0%であった。同様に女子では3年生が34.8%であったのに対し、1・2年生は44.4%であった。しかし、これらに対し χ^2 検定を行ったところ、男女ともに有意な偏りがあるとは言えなかった($\chi^2(1)=1.58$, $p>.10$, n.s)。中学時にターボジャブの経験がある選手は早い時期に記録を伸ばすことができ、全国大会に出場できる

表2 ターボジャブの経験によるやり投最高記録の平均およびt検定

	男子						女子					
	19年度		20年度		合計		19年度		20年度		合計	
	経験あり	経験なし	経験あり	経験なし	経験あり	経験なし	経験あり	経験なし	経験あり	経験なし	経験あり	経験なし
最高記録(m)	61.99	60.28	58.76	59.67	60.61	59.94	43.96	42.82	41.67	42.00	42.73	42.46
(S.D)	4.69	3.77	3.29	2.99	4.39	3.33	3.27	3.05	4.75	3.22	4.22	3.12
Max(m)	69.93	67.85	64.22	65.10	69.93	67.85	49.66	49.11	48.99	47.70	49.66	49.11
Min(m)	54.22	53.95	53.85	52.32	53.85	52.32	37.38	37.24	32.00	34.58	32.00	34.58
n	16	21	12	27	28	48	13	25	15	20	28	45
t値	1.23		-0.85		0.75		1.06		-0.23		0.32	
p値	0.23		0.40		0.45		0.29		0.82		0.75	

表4 ターボジャブの経験の有無（中学時大会－中学時練習－高校）

			男子		女子		合計	
中学大会	中学練習	高校	人数	%	人数	%	人数	%
有	有	有	2	2.7	3	4.1	5	3.4
		無	23	30.7	21	28.4	44	29.5
	無	有	1	1.3	0	0.0	1	0.7
		無	2	2.7	2	2.7	4	2.7
無	有	有	0	0.0	0	0.0	0	0.0
		無	2	2.7	3	4.1	5	3.4
		無	4	5.3	3	4.1	7	4.7
	無	有	42	56.0	38	51.4	80	53.7
		無	0	0	3	4.1	3	2.0
無回答			0	0	3	4.1	3	2.0
n			76		73		149	

表5 ターボジャブの経験の有無（中学－高校）

		男子		女子		合計	
中学	高校	人数	%	人数	%	人数	%
有	有	3	4.0	3	4.1	6	4.0
	無	27	35.5	26	35.6	53	35.6
無	有	4	5.3	3	4.1	7	4.7
	無	42	55.3	38	52.1	80	53.7
無回答		0	0	3	4.1	3	2.0
n		76		73		149	

傾向があるが、統計上その差は明らかにできなかった。

3. ジャベリックスローの経験とターボジャブの練習使用の実態

中学時および現在のターボジャブの使用状況についての質問では、中学時の経験を「大会への出場」、「練習での使用」に分け、高校では大会がないため「練習での使用」のみの質問とした。それにより得られた結果を表4、5に示した。表4は質問項目ごとに、表5は中学時の大会と練習の経験をまとめて、どちらかの経験があれば中学時の経験があるものとして示した。中学時にジャベリックスローの大会に

表6 ターボジャブがやり投に有効だったか

	男子		女子	
	人数	%	人数	%
非常に有効	8	27.6	6	22.2
少し有効	10	34.5	10	37.0
どちらともいえない	4	13.8	6	22.2
あまり効果がなかった	7	24.1	3	11.1
まったく効果がなかった	0	0	2	7.4
合計	29	100	27	100

出場したことのある選手は男子28名（34.7%）、女子26名（35.1%）であった。中学時にターボジャブの大会か練習の経験があり、高校生の現在も練習に使用している選手は男子3名（4.0%）、女子3名（4.1%）と非常に少なく、中学時に経験があるが現在は使用していない選手が男子27名（35.5%）、女子26名（35.6%）であった。中学時に経験のある選手でも現在は使用していない現状が明らかになった。また、中学、高校を通して使用したことがない選手は男子42名（55.3%）、女子38名（52.1%）で男女とも半数以上を占め、男女による違いは認められなかった。

4. ジャベリックスローの有効性について

中学時にターボジャブの大会または練習の経験がある選手に対して、ターボジャブの有効性及びその理由について質問した。ターボジャブの経験がやり投にとって有効であったかどうかについての結果を表6に示した。非常に有効、または少し有効と答えた選手は男子18名（62.1%）、女子16名（59.3%）である一方で、あまり効果がなかった、まったく効果がなかったと答えた選手は男子7名（24.1%）、女子5名（18.5%）、どちらともいえないと答えた選手が男子4名（13.8%）、女子6名（22.2%）であった。概ね効果を認められているといえるが、男女と

表7 有効であったかどうかの理由（複数回答可）

		男子		女子		
有効であった理由	技術	助走・クロスステップ		6	助走	3
		投げ	まっすぐ投げる・引いて投げる	6	投げ方に共通点がある・振り切り	6
		全体	一連の動きをつかむ・フォームを覚える	10	フォームを覚えた・やり投げと似ている	4
		タイミング	力を入れるタイミング	3	軽いのでタイミングが取りやすい	1
	軌道	やりの軌道の確認ができる	3	軌道など少し似ているところがある	1	
興味	感覚	長いものを投げる感覚・イメージに近い		2	感覚が似ている	1
	興味				投げることへの興味は増す	1
	障害				軽いため方やひじへの負担が少ない	1
有効でなかった理由	技術	技術が違う		3	投げ方が違う・くせがつく	3
	構え	正しい構えができない		1		
	感覚	感覚が全く違う		2	感覚がつかみにくい、練習後に槍を投げたらフォームが崩れた	3
	用具	重量、重心、長さが違う		5	長さや重さ、太さが全く違う	4
	練習				ただ投げるだけだったから	1
その他				効果があまり分からない	1	

表8 ターボジャブの練習が役立った点：項目ごとの平均値と標準偏差（5点満点）

	男子		女子		全体	
	平均	S.D.	平均	S.D.	平均	S.D.
①正しい構えを作る	3.1	1.32	3.3	1.23	3.2	1.27
②正しい方向(まっすぐ)に投げる	3.9	1.31	4.2	0.95	4.1	1.15
③正しい軌道で投げる	3.6	1.30	4.0	1.09	3.8	1.20
④肘を高く保つ	3.0	1.27	3.5	1.06	3.3	1.18
⑤振り切りのスピードを速くする	4.0	0.93	3.6	0.98	3.8	0.97
⑥助走スピードを上げる	3.1	1.08	3.0	1.05	3.1	1.06
⑦助走のスピードを活かして投げる	3.4	1.15	3.3	1.11	3.4	1.12
⑧肘の障害を防ぐ	3.1	1.30	2.9	0.92	3.0	1.12
⑨肩の障害を防ぐ	3.2	1.35	3.0	1.05	3.1	1.20
⑩初心者の興味を惹く	4.6	0.72	4.4	0.91	4.5	0.82
	30		29		59	

もに2割程度が効果を認めていなかった。

有効であった、または有効でなかったと思う理由をカテゴリーに分類し、表7に示した。有効であった理由で多かったのは、「フォームを覚える」「一連の動きをつかむ」などの全体的な技術、「まっすぐ投げる」「投げ方、振り切り」など投げの基本的なことを覚えることであった。また、助走やクロスステップに関する記述も多かった。一方、有効でなかったと答えた理由には、長さや太さ、重さ、重心の位置といった用具の違いから、動作の違いを指摘するものが多かった。また、練習の仕方や「くせがつく」などの指摘もあった。「動作が似ている」「動作が違う」という相反する回答が、同時に得られる結果となった。

ターボジャブの練習がどのような点で役立ったかを10項目に関して質問し、その結果を表8に示した。男女ともに最もポイントが高かったのは「初心者の興味を引く」で、投げの技術や障害の防止ではなく、動機づけに有効であるというものであった。一方、最もポイントが低かったのは男子では「肘を高く保つ」、女子では「肘の障害を防ぐ」で、全体では「肘の障害を防ぐ」であった。この結果は選手の経験に基づくものであり、ひじに関して何らかの障害を経験した選手が多かったことが推測される。

5. 小中学校の運動経験と種目

小学校、中学校での運動経験について質問した結果を表9に示した。男子では小学校での運動経験は野球が全体の47.4%を占め、最も多かった。中学生になると陸上競技が増加して31.6%になるが、野球は53.9%と圧倒的に多く、男子では陸上競技と野球以外のスポーツの経験は非常に少ないことがわかった。これに対し女子では、小学校では陸上競

表9 小・中学校での運動経験（複数回答可）

	男子(n=76)				女子(n=73)			
	小学校		中学校		小学校		中学校	
	人数	%	人数	%	人数	%	人数	%
野球	36	47.4	41	53.9	8	10.5	1	1.3
陸上競技	3	3.9	24	31.6	16	21.1	43	56.6
ソフトボール	9	11.8	0	0.0	4	5.3	3	3.9
バレーボール	2	2.6	2	2.6	14	18.4	16	21.1
水泳	5	6.6	1	1.3	2	2.6	0	0.0
ドッチボール	1	1.3	0	0.0	6	7.9	0	0.0
空手	2	2.6	1	1.3	0	0.0	0	0.0
バドミントン	0	0.0	0	0.0	3	3.9	4	5.3
サッカー	1	1.3	0	0.0	0	0.0	0	0.0
ミニバスケ	0	0.0	0	0.0	1	1.3	0	0.0
合計	59	77.6	69	90.8	54	71.1	67	88.2

技が21.1%、バレーボールが18.4%、中学校では陸上競技が半数以上を占めるようになる(56.6%)が、バレーボールが21.1%で、小学校、中学校ともにソフトボールおよびバドミントンが3~4%であった。女子は男子と比較して多様なスポーツを経験しており、そのスポーツはバレーボール、ソフトボール、バドミントンなど、肩を使うものが多いことがわかった。オーバーハンドスロー動作は打つ動作とも通ずるものがあり、子どもころからの投げる、打つ動作の経験がやり投に活かされていることが推察される結果であった。

6. これまでに経験した故障について

現在及び中学時に故障したところのある部位を聞いたところ、表10のような結果が得られた。現在も中学時も最も多いのは「腰」で故障の部位の中で4割程度を占めている。次いで多いのが「肘」で中学時よりも現在のほうが多い結果であった。それ以外では「肩」、「膝」、「足首」などがあげられた。他項目の記述内容から、肘に関する故障の心配があげられることが多いが、実際には肘よりも腰の故障のほうが多いことがわかった。また、故障の経験は全体

表 10 現在及び中学生の時に故障したことがある部位（複数回答可）

	男子				女子				全体			
	現在		中学		現在		中学		現在		中学	
	件数	%	件数	%	件数	%	件数	%	件数	%	件数	%
腰	24	43.6	12	28.6	15	34.1	12	32.4	39	39.4	24	30.4
肘	20	36.4	13	31.0	14	31.8	5	13.5	34	34.3	18	22.8
肩	5	9.1	7	16.7	6	13.6	6	16.2	11	11.1	13	16.5
膝	5	9.1	6	14.3	1	2.3	10	27.0	6	6.1	16	20.3
足首	0	0	1	2.4	6	13.6	4	10.8	6	6.1	5	6.3
股関節	0	0	2	4.8	1	2.3	0	0	1	1.0	2	2.5
大腿	0	0	1	2.4	0	0	0	0	0	0	1	1.3
アキレス腱	1	1.8	0	0	1	2.3	0	0	2	2.0	0	0
合計	55	100	42	100	44	100	37	100	99	100	79	100

表 11 ジャベリックスローが普及してからの選手の変化（記述）

	記述例	回答数	%
動機づけ	やり投げに興味を持って入学してくる生徒の増加（動機づけになる） 選手発掘により（投能力のある者を見つけられる） 陸上部以外の生徒が経験を通じて入部してくることがある	24	19.5
技術（肯定）	技術の修得が早い 投げる感覚をマスターしているため、やり投げに移行しやすい	21	17.1
技術（否定）	肘が下がった状態でも投げられるので一から始めなくてはならない 経験した選手のフォームを改善するのが大変難しい	21	17.1
故障	故障（特に肘を痛める）するものが多い 肘に負担のある投げ方をする選手が増えている しっかりとしたフォームが身につけていないと怪我をしやすい	7	5.7
練習	冬季室内でのフォーム確認に使っている	2	1.6
その他	無理に記録ばかり追って、技術的に直すのは難しい 中学の指導者がやり投げの導入としてとらえていない。		

を通して多く、ターボジャブの経験の有無との関わりは見られなかった。

7. ジャベリックスローが普及してからのやり投選手の変化について

指導者に対して、「ジャベリックスローが普及してから高校に入学してくる選手について、以前と比較して変化を感じていること」について質問した（表 11）。最も多かったのは「やり投に興味を持って入学してくる生徒が増えた」「選手の発掘」などの動機づけに関する記述で回答数の 19.5%がこの変化をあげていた。技術に関する記述が次いで多く、「投げる感覚を身につけているのでやり投に移行しやすい」「技術の習得が早い」などの肯定的な意見と、「ターボジャブは肘が下がった状態でも投げられるので、改善がむずかしい」「肩の強さに頼った投げ方になっている」などの否定的な意見とが 17.1%と同数であった。故障に関する記述では「肘を痛める選手が多い」「ケガをして入学してくる」など、故障を誘発する存在としての意見が 5.7%であった。その他には、「無理に記録ばかり追って、技術的に直すのは難しい」「中学校の指導者がやり投の

導入ととらえていない」などがあげられたが、「ターボジャブの経験のある選手を指導したことがない」という回答も多かった。

8. ジャベリックスローがジュニアオリンピックにあることの意義について

ジュニアオリンピックの種目として「ジャベリックスロー」があることに対する考えを聞いた（表 12）。「あったほうがよい」と答えた指導者は 67 名（54.5%）で半数を占めた。これに対し「ないほうがよい」は 9 名（7.3%）、「どちらともいえない」が 47 名（38.2%）であった。その理由として「高校に入学してからやり投の動機づけになる」「競技の導入としてよい」「他競技からの競技者を増やすきっかけになる」などの動機づけや普及の意義をあげた指導者が回答者数の 56.9%であった（表 13）。一方で「長さが短いため、やり導入には難しい」「技術が違うため導入にはならない」などの技術の違いによるマイナス面を挙げた指導者が 17.9%であった。「ソフトボール投でよいのではないか」「軽いやりで実施してほしい」という用具に関する記述が 8.1%、「全中にも導入してほしい」「年間を通じ

表 12 ジュニアオリンピックの種目としての意義

	男子(n=65)		女子(n=58)		全体(n=123)	
	人数	%	人数	%	人数	%
あったほうがよい	35	53.8	32	55.2	67	54.5
どちらともいえない	25	38.5	22	37.9	47	38.2
ないほうがよい	5	7.7	4	6.9	9	7.3

て大会があれば行ってもよい」など、この大会にしか種目がないことへの不満が 4.8%であった。「ないほうがよい」と答えた数は少ないのに対し、理由として挙げられた記述にはマイナス要因の記述も多く、利点と欠点を併せ持つ種目ととらえられていることが推察された。

9. ジャベリックスローの経験が高校以後のやり投選手に与える影響について

ジャベリックスローの経験が高校生及びその後のやり投選手の育成に有効かどうか意見を聞いた(表 14)。「有効である」と答えた指導者は 52 名(42.6%)、「有効でない」は 16 名(13.1%)、「どちらともいえない」は 54 名(44.3%)という結果であった。ここでは「どちらともいえない」が「有効である」よりも多く、種目としての意義に関する回答よりも多い結果となった。その理由として、技術に関して

表 14 やり投選手の育成に有効かどうか

	男子(n=64)		女子(n=58)		全体(n=122)	
	人数	%	人数	%	人数	%
有効である	28	43.1	24	41.4	52	42.6
どちらともいえない	26	40.0	28	48.3	54	44.3
有効でない	10	15.4	6	10.3	16	13.1

は「やり投の導入としてよい」「基本的な動作が身に付く」といった肯定的な意見が 23.6%、「技術が違う」「一度付いたクセが抜けにくい」といった否定的な意見が 14.7%であった(表 15)。「物を投げる経験の増加」は 8.9%、動機づけに関する記述は 17.9%とこの質問に対しても多くあげられた。この質問に対する回答で多かったのは用具に関する記述で、中でも「長さの不足」を訴えるものが多く、「長さ、重さ、形状の違い」「ターボジャブの改良が必要」といった記述もあわせて 15.6%が用具に関してマイナスの要因をあげていた。そのほかには「専門的な技術指導の必要性」「短い時間で極めて大きな力を発揮させる運動は早期に専門化させるべきでない」「投げの感覚をマスターするのは早期ほど有効」といった記述が得られた。

表 13 ジュニアオリンピックの種目としての意義(記述)

	記述例	回答数	%
普及	高校でのやり投げへの動機づけになる 競技の導入としてはよい(普及) 可能性を引き出すにはよい(才能の発掘)	70	56.9
技術	長さ不足のため目的としているヤリの導入としては難しい面もある 技術が違う、導入にはならない やり投げの導入段階の種目としては技術的な関連性が低い	22	17.9
用具	軽いやりで実施してほしい ソフトボール投げがよいのでは	10	8.1
大会	全中にも導入してほしい 正式種目にして年間を通して行えるのであればあってもよい	6	4.9
指導	技術の指導が不足で投げ方がばらばら 適切な指導がないと早い段階で伸び悩む。指導者の育成と並行すべき		
その他	特に男子は野球経験者が多く、高校入学後野球部に行ってしまう プラスもマイナスもある		

表 15 中学の経験がやり投選手の育成に有効か(記述)

	記述例	回答数	%
技術(肯定)	やり投の動作の習得が速くなる(導入としてよい) 基礎・基本的な動作が身につく	29	23.6
技術(否定)	技術が違う クセが抜けにくい	18	14.6
動機づけ	競技に関心を持つきっかけになる(興味づけ)・人材発掘	22	17.9
用具	短い(400gか500g)の形状がやりに近いものの方が将来に結びつけやすい 長さや重さ、形状が違う	19	15.4
経験	(長い)物を投げる機会の増加	11	8.9
指導	専門的な指導の必要性	6	4.9
その他	ターボジャブの記録がやり投に直結しない 高校生までは有効それ以後は目的次第 開発した国や使用している国の事情を調査すべきではないか		

IV. まとめ

本研究では、全国高校総体のやり投出場者に対し、ジャベリックスローの経験が選手に与える影響およびその意義、有効性について調査を行った結果、以下のようなことがわかった。

中学時にターボジャブの経験がある選手が高校に入ってやり投に取り組むケースが多く、基本的な動作を身につけているために比較的早い段階で成績を残すのではないかと、という仮説がたてられたが、本研究において中学時にターボジャブの経験のある選手が経験のない選手に比べて、やり投の記録が高いとは言えないことがわかった。中学時に経験のある選手は男子全体の36.8%、女子では38.4%で、アンケートからジュニアオリンピックで入賞した選手がやり投に取り組む、好成績を残しているケースもあることが伺えた。しかしながら高校生となった現在、練習でのターボジャブ使用率は低く、中学時にターボジャブの経験がある選手も大半が現在は使用していないことがわかった。その理由として、全体的なフォームを身につけたり、まっすぐ投げたり、技術を身につけたりすることには有効だが、形状の違いから動作の違いも指摘され、肘に関して何らかの障害を経験した選手が多いことも明らかになった。やり投を始めてからはやりを投げる練習に時間を費やしている現実も確認された。

早い時期から投てき種目に取り組むことや、肘が下がった間違っただけのフォームでもターボジャブでは投距離を獲得できるという指摘から、ターボジャブの経験のある選手に肘の障害が多いと思われたが、本研究における最も障害の多い部位は「腰」でその数は相対的に多く、経験の有無による差は見られなかった。また、小中学校での運動経験では男子では野球が大半であったが、女子ではバレーボール、バドミントンなどが多かった。このことから、子どものころからの「打つ」動作を含めた肩をまわす経験が、高校期以降やり投に取り組む、好記録を残すことができる一つの要因であることが示唆された。

指導者への質問ではジャベリックスローを肯定的に受け止めている指導者が約半数であるのに対し、態度を明確にできない指導者も多いことがわかった。このことからターボジャブ投げは、良い面と改善すべき面の両面を持つと受け止められていると考えられる。動機づけや選手の発掘としては意義があるが、「やりを上手く投げられるとターボジャブは上手く投げられるが、ターボジャブを上手く投げられてもやりを上手く投げられるわけではない」とい

う指導者からの指摘通り、形状の違いからくる動作・技術の違いや、中学時に正しい動作を指導されていないことなどが問題点として挙げられた。また、他の大会への導入を希望する意見は少数で、やり投とは切り離して考えている指導者もいることがわかった。

以上のような結果を踏まえ、今後は中学校でターボジャブに取り組む時から正しい動作を指導し、投げすぎや間違っただけの動作による障害を防ぐとともに、ターボジャブ投げからやり投に移行するための指導が必要であると考えられる。

本研究は日本陸上競技連盟普及委員会「ターボジャブ投げに関する調査・研究プロジェクト」によって行われたものである。

V. 参考文献

- 阿江通良・島田一志・榎本靖士・横澤俊治(2001):ターボジャブ投げとやり投における投動作の比較. 陸上競技研究, 46:16-24.
- 前田正登・丹松由美子(2008):ジャベリックスローにおけるターボジャブの投射初期条件が飛距離に及ぼす影響. スポーツ方法学研究, 21:139-145.
- 太田幸治・阿江通良・横澤俊治(2002):やり投の練習手段としてのターボジャブ投げの有効性. 陸上競技研究, 50:13-20

全国小学生クロスカントリーリレー研修大会の競技運営に関する 小学生競技者の満足度調査 — 2008年の大会を中心に —

岡野 進¹⁾ 伊藤 宏²⁾ 阿保雅行³⁾

1) 明海大学 2) 静岡大学 3) 東京外国語大学

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審判員の養成や研修、競技補助員への対応、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いる。

とりわけ小学生競技者からみた競技運営の満足度・改善度に関する研究としては、阿保・伊藤・岡野（2007、2008）の研究があげられる。しかしこれらの研究は、対象が小学生であるが、陸上競技場におけるトラック競技とフィールド競技の競技運営に関する満足度・改善度にポイントが置かれていた。

本研究の目的は、小学生を対象としたクロスカントリーリレーの望ましい競技運営を検討するために、特に競技と選手村の運営に関する満足度アンケート調査を実施し、満足度・改善度を数値化することにある。

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。

II. 研究方法

1. 調査内容

アンケート調査票の内容については指導と研修会、宿舎、付帯施設、競技運営、小学生に対する審判員の対応を視点とする5つの領域とした。そして、満足度に関する項目は、以下の20項目とした。1)

小学校体育館での研修会、2) 宿舎の部屋、3) 宿舎の食事（内容・量・食事時間など）、4) 宿舎での他県小学生との交流、5) 競技会場への移動バス、6) 競技会場の更衣室（広さやきれいさ）、7) 競技会場のトイレ（数やきれいさ）、8) 競技会場の荷物置き場（衣類やシューズなど）、9) 競技会場における水（ペットボトル等）のサービス、10) ウォーミングアップの時間（長さ）、11) ウォーミングアップ場における係員の対応、12) 招集所における係員の対応、13) スタート（中継地点）における係員の対応、14) クロスカントリー・コースにおける係員の対応、15) スタート案内や結果発表のしかた（アナウンス含む）、16) 選手注意事項や競技ルールに関する指導・助言、17) 競技会におけるマナーやエチケットの指導・助言、18) 開会式や閉会式の挨拶や時間（長さ）・運営、19) 表彰式のやり方や運営、20) 総合的な評価（宿舎や競技会など）。

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。

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

2. 調査方法・回収状況・有効標本数

全国クロスカントリーリレー研修大会は、2008年3月22日（土）～23日（日）の2日間（1泊2日）の日程で行われた。競技会の種目は、友好タイムトライアルとクロスカントリーリレーであった。アンケート調査票は、監督・代表者会議で配布し、大会終了後、(財) 日本陸上競技連盟事務局に郵送しても

表1 標本の特性

1) 性別	① 男子	136(49.8)	② 女子	137(50.2)	
2) 学年	① 5年生	63(23.1)	② 6年生	207(75.8)	③ 無回答 3(1.1)
3) 出場回数	① 初めて	241(88.3)	② 2回目	22(8.1)	③ 無回答 10(3.6)
4) 出場種目	① 友好タイムトライアル	69(25.3)	② クロスカントリーリレー	202(74.0)	③ 無回答 2(0.7)
5) 参加の動機・目的					
	① 走ることが好きだから	72(26.4)	② 他人に勝ちたいから	3(1.1)	
	③ 健康体力の維持増進のため	7(2.6)	④ 自己記録の樹立をしたいから	77(28.2)	
	⑤ 友人や仲間との友好のため	24(8.8)	⑥ チーム優勝や入賞を目指して	76(27.8)	
	⑦ 無回答	14(5.1)			

注) 標本数 (全体 n=273) , 表中の数字 (人数, %)

表2 性別の平均値比較

項 目	1. 男子 n=136		2. 女子 n=137		全 体 n=273		平均値 間の比 較
	AV	SD	AV	SD	AV	SD	
2) 宿舍の部屋	4.50	0.90	4.38	0.98	4.44	0.94	
10) ウォーミングアップの時間(長さ)	4.08	1.07	4.14	1.01	4.11	1.04	
5) 競技会場への移動バス	4.10	0.93	3.98	0.99	4.04	0.96	
3) 宿舍の食事 (内容・量・食事時間など)	4.16	1.01	3.81	1.08	3.98	1.06	**
16) 選手注意事項や競技ルールに関する指導・助言	3.86	1.08	3.87	0.94	3.87	1.01	
15) スタート案内や結果発表のしかた (アナウンス含む)	3.94	1.12	3.78	1.15	3.86	1.13	
14) クロスカントリー・コースにおける係員の対応	3.91	1.05	3.78	1.08	3.85	1.06	
19) 表彰式のやり方や運営	3.92	1.15	3.73	1.10	3.82	1.12	
17) 競技会におけるマナーやエチケットの指導・助言	3.83	1.08	3.79	0.94	3.81	1.01	
13) スタート (中継地点) における係員の対応	3.75	1.20	3.77	1.07	3.76	1.14	
11) ウォーミングアップ場における係員の対応	3.69	1.15	3.67	1.07	3.68	1.11	
12) 招集所における係員の対応	3.63	1.12	3.56	1.09	3.60	1.11	
4) 宿舍での他県小学生との交流	3.71	1.16	3.39	1.18	3.55	1.18	*
9) 競技会場における水 (ペットボトル等) のサービス	3.66	1.20	3.45	1.15	3.55	1.18	
6) 競技会場の更衣室 (広さやきれいさ)	3.69	1.03	3.37	1.06	3.53	1.06	*
8) 競技会場の荷物置き場 (衣類やシューズなど)	3.55	1.12	3.44	1.11	3.50	1.12	
18) 開会式や閉会式の挨拶や時間 (長さ)・運営	3.58	1.26	3.43	1.25	3.50	1.26	
7) 競技会場のトイレ (数やきれいさ)	3.48	1.19	3.08	1.19	3.28	1.20	**
1) 小学校体育館での研修会	3.29	1.13	3.18	1.02	3.23	1.08	
20) 総合的評価	4.13	1.06	3.97	0.95	4.05	1.01	

注) 標本数(n=273), AV:平均値 SD:標準偏差, *:p<0.05 **:p<0.01

注) 項目の順序は、全体の平均値の高い方から低い方に並べた。

らって回収した。400人(50チーム)の小学生参加者(予定)の中から、40チーム(319人)の回答が得られた。本研究では、満足度の項目として、20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46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273(85.6%)

であった。

3. データ処理

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は、①「不満」と「や

表3 競技運営に関する満足度・改善度

項目	満足度の区分			独立係数	独立係数 偏差値	満足率 偏差値	距離	角度	修正 指数	改善度 指数
	1. 悪い %	2. 普通 %	3. 良い %							
18)	22.3	24.9	52.7	0.3411	60.39	44.35	11.83	16.47	0.817	9.67
19)	10.6	27.5	61.9	0.4027	69.98	52.21	20.10	51.31	0.430	8.64
17)	7.7	31.1	61.2	0.3832	66.95	51.61	17.03	50.42	0.440	7.49
12)	14.3	33.3	52.4	0.3013	54.19	44.10	7.24	9.62	0.893	6.47
8)	15.8	34.1	50.2	0.2822	51.21	42.22	7.87	36.17	0.598	4.71
6)	12.1	41.8	46.2	0.2546	46.92	38.81	11.61	60.38	0.329	3.82
16)	7.7	28.9	63.4	0.3427	60.64	53.49	11.20	63.15	0.298	3.34
7)	25.6	30.8	43.6	0.2256	42.40	36.59	15.41	74.54	0.172	2.65
9)	13.2	38.8	48.0	0.2426	45.05	40.34	10.85	72.13	0.199	2.16
15)	13.9	18.7	67.4	0.3276	58.29	56.90	10.79	84.77	0.058	0.63
13)	13.9	23.4	62.6	0.2918	52.71	52.80	3.90	90.93	-0.010	-0.04
1)	24.2	35.2	40.7	0.1690	33.58	34.11	22.85	90.94	-0.010	-0.23
14)	8.4	27.1	64.5	0.2961	53.38	54.42	5.56	97.59	-0.084	-0.47
11)	13.2	27.8	59.0	0.2602	47.79	49.73	2.23	128.03	-0.423	-0.94
4)	15.8	34.8	49.5	0.1597	32.13	41.62	19.74	109.87	-0.221	-4.36
3)	10.6	18.7	70.7	0.2491	46.06	59.71	10.48	157.08	-0.745	-7.81
5)	3.7	26.7	69.6	0.2340	43.71	58.78	10.80	170.61	-0.896	-9.68
2)	6.2	5.9	87.9	0.2509	46.34	74.39	24.66	143.53	-0.595	-14.67
10)	8.4	16.1	75.5	0.2000	38.41	63.81	18.03	175.00	-0.944	-17.02
平均値			59.3	0.2744						
標準偏差			11.7	0.0642						
20)	6.2	20.9	72.9							

注1) 標本数 (n=273)

注2) 項目は、改善度指数の大きい方から小さい順に並べた。

- | | |
|-----------------------------|----------------------------|
| 1) 小学校体育館での研修会 | 11) ウォーミングアップ場における係員の対応 |
| 2) 宿舎の部屋 | 12) 招集所における係員の対応 |
| 3) 宿舎の食事 (内容・量・食事時間など) | 13) スタート (中継地点) における係員の対応 |
| 4) 宿舎での他県小学生との交流 | 14) クロスカントリー・コースにおける係員の対応 |
| 5) 競技会場への移動バス | 15) スタート案内や結果発表のしかた |
| 6) 競技会場の更衣室 (広さやきれいさ) | 16) 選手注意事項や競技ルールに関する指導助言 |
| 7) 競技会場のトイレ (数やきれいさ) | 17) 競技会でのマナーやエチケットの指導助言 |
| 8) 競技会場の荷物置き場 (衣類やシューズなど) | 18) 開会式や閉会式の挨拶や時間 (長さ) ・運営 |
| 9) 競技会場における水 (ペットボトル) のサービス | 19) 表彰式のやり方や運営 |
| 10) ウォーミングアップの時間(長さ) | 20) 総合的評価 |

や不満」を「悪い」、②「ふつう」を「普通」、③「やや満足」と「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。次に改善度の求め方については、各評価項目 (19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算出して図示し、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、改善度指数を算出した。

管 (2006) は改善度指数が10以上の項目は「即改善」、5以上の項目は「要改善」、そして、負 (マイナス) の項目は「改善不要」と指摘している。尚、満足度に関する全体的傾向を把握するために5段階尺度を用いて平均値と標準偏差を求めた。

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、男女の割合はほぼ1：1であった。②学年については、5年生対6年生の割合は約1：3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出場種目については、友好タイムトライアルとクロスカントリーリレーの割合は約1：3であった。

2. 満足度の全体的傾向

(1) 平均値の比較

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、「2) 宿舍の部屋(4.44)」、次に「10) ウォーミングアップの時間(長さ)(4.11)」、「5) 競技会場への移動バス(4.04)」の順であった。一方、満足度の平均値の低い項目は、「1) 小学校体育館での研修会(3.23)」と「7) 競技会場のトイレ(数やきれいさ)(3.28)」であった。

そして性別の比較を行った結果、「3) 宿舍の食事(内容・量・食事時間など)」「4) 宿舍での他県小学生との交流」「6) 競技会場の更衣室(広さやきれいさ)」「7) 競技会場のトイレ(数やきれいさ)」の4項目に有意差が認められ、すべてで男子の平均値が女子よりも高かった。

3. 満足度—満足率(良い)に着目した場合—

総合的評価の満足度(即ち、満足率(良い)の場合)は、72.9%であった(表3)。

各項目の満足率(良い)をみると、80%台は「2) 宿舍の部屋」の1項目、70%台は「10) ウォーミングアップの時間(長さ)」「3) 宿舍の食事(内容・量・食事時間など)」の2項目、60%台は「5) 競技会場への移動バス」「15) スタート案内や結果発表のしかた(アナウンス含む)」「14) クロスカントリー・コースにおける係員の対応」「16) 選手注意事項や競技ルールに関する指導・助言」「13) スタート(中継地点)における係員の対応」「19) 表彰式のやり方や運営」「17) 競技会におけるマナーやエチケットの指導・助言」の7項目、50%台は「11) ウォーミングアップ場における係員の対応」「18) 開会式や閉会式の挨拶や時間(長さ)・運営」「12) 招集所における係員の対応」「8) 競技会場の荷物置き場(衣類やシューズなど)」の4項目であった。そして50%未満は「4) 宿舍での他県小学生との交流」「9) 競技会場における水(ペットボトル等)のサービス」「6) 競技会場の更衣室(広さやきれいさ)」「7) 競技会場のトイレ(数やきれいさ)」「1) 小学校体育館での研修会」の5項目であった。

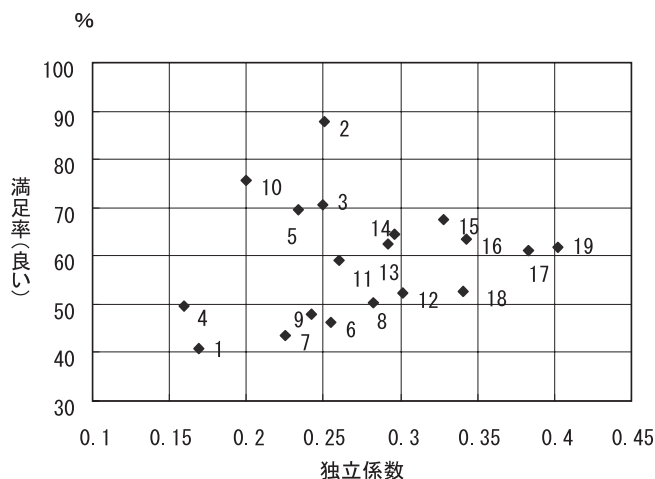


図1 満足率(良い)と独立係数の関係

4. 改善度

改善度を求める手続きについては、前述に示したように、まず「満足率(良い)」と「独立係数」の関係を明らかにし、次に満足率偏差値と独立係数偏差値をもとに「改善度指数」を算出した。

(1) 満足率(良い)と独立係数の関係

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(図1)、「19) 表彰式のやり方や運営(0.4027)」が最も高く、次に「17) 競技会におけるマナーやエチケットの指導・助言(0.3832)」「16) 選手注意事項や競技ルールに関する指導・助言(0.3427)」「18) 開会式や閉会式の挨拶や時間(長さ)・運営(0.3411)」「15) スタート案内や結果発表のしかた(アナウンス含む)(0.3276)」等が続く。

独立係数は高いが満足率(良い)が比較的低い項目の例としては、「19) 表彰式のやり方や運営」があげられる。この項目の独立係数は0.4027で最も高かったが、満足率は61.9%で第9番目であった。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。同様に、「17) 競技会におけるマナーやエチケットの指導・助言」と「16) 選手注意事項や競技ルールに関する指導・助言」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10位と第7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、「10) ウォーミングアップの時間(長さ)」と「2) 宿舍の部屋」の項目は、独立係数がそれぞれ0.2000(第17位)と0.2509(第12位)であったが、満足率(良い)は、それぞれ第2位(75.5%)と第1位(87.9%)であった。小学生(競技者)から高

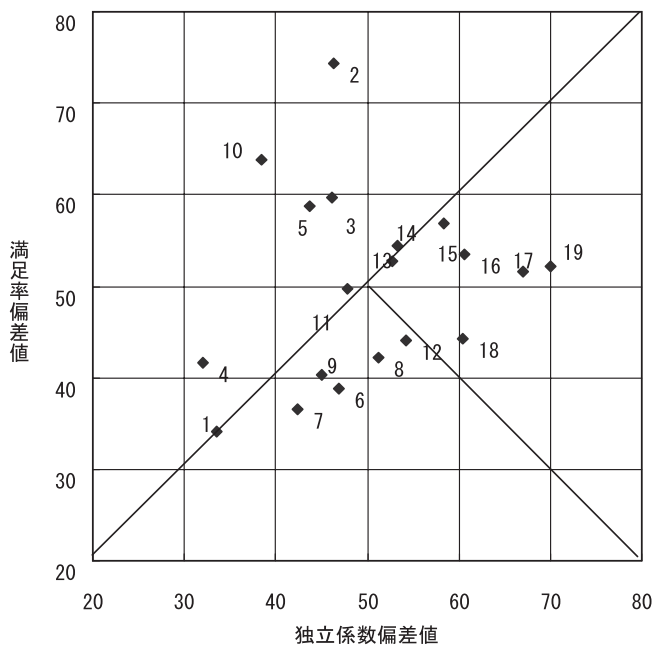


図2 満足率偏差値と独立係数偏差値の関係

く評価された項目であったと考えられる。

(2) 改善度指数

管(2004)の方法によって、まず満足率偏差値と独立係数偏差値を算出して図示し(図2)、次に改善度指数を算出した(図3)。値が正(プラス)の項目が今後改善すべき項目であり、10項目が認められた。管(2006)によると、「改善度指数が5.0以上の場合には要改善、10以上は即改善である」ことから、即改善すべき項目は認められなかった。しかし、要改善としては4項目、具体的には「18) 開会式や閉会式の挨拶や時間(長さ)・運営(9.67)」「19) 表彰式のやり方や運営(8.64)」「17) 競技会におけるマナーやエチケットの指導・助言(7.49)」「12) 招集所における係員の対応(6.47)」があげられる。なお、次に示す改善度指数が5.0未満の6項目は要

改善でないとしても、準改善項目として認識して競技運営を行うべきである。具体的には「8) 競技会場の荷物置き場(衣類やシューズなど)(4.71)」「6) 競技会場の更衣室(広さやきれいさ)(3.82)」「16) 選手注意事項や競技ルールに関する指導・助言(3.34)」「7) 競技会場のトイレ(数やきれいさ)(2.65)」「9) 競技会場における水(ペットボトル等)のサービス(2.16)」「15) スタート案内や結果発表のしかた(アナウンス含む)(0.63)」である。

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9項目、即ち「13) スタート(中継地点)における係員の対応(-0.04)」「1) 小学校体育館での研修会(-0.23)」「14) クロスカントリー・コースにおける係員の対応(-0.47)」「11) ウォーミングアップ場における係員の対応(-0.94)」「4) 宿舎での他県小学生との交流(-4.36)」「3) 宿舎の食事(内容・量・食事時間など)(-7.81)」「5) 競技会場への移動バス(-9.68)」「2) 宿舎の部屋(-14.67)」「10) ウォーミングアップの時間(長さ)(-17.02)」があげられる。

IV. まとめ

本稿の目的は、全国小学生クロスカントリーレー研修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し、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。

結果をまとめると、以下のようなになる。

(1) 競技運営に関する満足度について—満足率(良い)の視点から—

- ①総合的評価の満足率(良い)は、72.9%であった。
- ②各項目の満足率(良い)については、50%以上

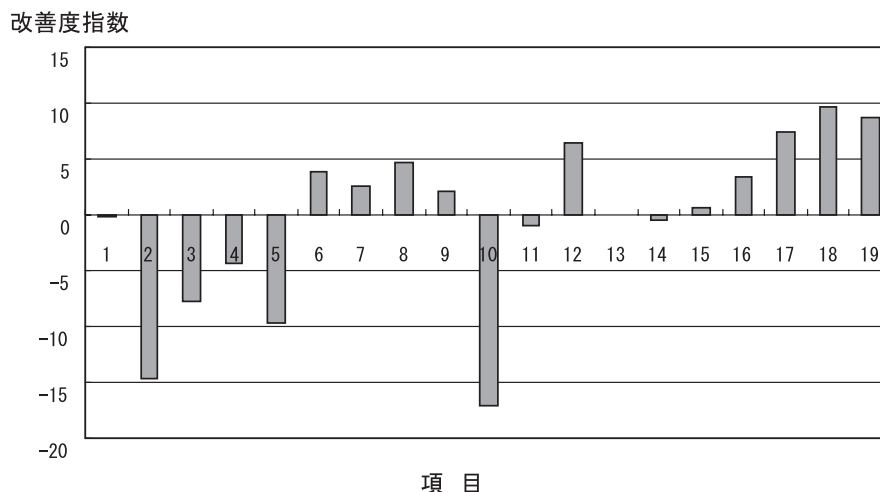


図3 改善度 - 改善度指数 -

が「2) 宿舎の部屋」「10) ウォーミングアップの時間(長さ)」「3) 宿舎の食事(内容・量・食事時間など)」等の14項目、50%未満が「4) 宿舎での他県小学生との交流」「9) 競技会場における水(ペットボトル等)のサービス」等の5項目であった。

(2) 競技運営に関する改善度について－改善度指数の視点から－

改善度指数が10以上(即改善)の項目は1項目も認められなかったが、改善度指数5以上(要改善)は「18) 開会式や閉会式の挨拶や時間(長さ)・運営(9.67)」「19) 表彰式のやり方や運営(8.64)」等の4項目が、改善度指数5未満(準改善)は「8) 競技会場の荷物置き場(衣類やシューズなど)(4.71)」「6) 競技会場の更衣室(広さやきれいさ)(3.82)」「16) 選手注意事項や競技ルールに関する指導・助言(3.34)」等の6項目が認められた。一方、改善度指数の値が負(マイナス)の項目は改善不要であって、「10) ウォーミングアップの時間(長さ)(-17.02)」「2) 宿舎の部屋(-14.67)」「5) 競技会場への移動バス(-9.68)」「3) 宿舎の食事(内容・量・食事時間など)(-7.81)」等の9項目が認められた。

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下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、回収して下さった(財)日本陸上競技連盟普及委員会や事務局の方々から感謝申し上げる次第である。

参考文献

- 阿保雅行・伊藤宏・岡野進(2007) 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.
- 阿保雅行・伊藤宏・岡野進(2008) 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関する満足度・改善度について(その2). 陸上競技研究紀要、第4巻、pp.26-33.
- 阿保雅行・長野史尚・神尾正俊・石井智也・関岡康雄(2008) 競技運営に関する競技補助員の満足度・改善度－日本学生陸上競技個人選手権大会2008

- を中心に－. 陸上競技研究75:43-48.
- 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.
- 管 民郎(2006) らくらく図解統計分析教室. 現代数学社.

全国小学生陸上競技交流大会の競技運営に関する小学生競技者の満足度調査 — 2008年の大会を中心に —

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

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審判員の養成や研修、競技補助員への対応、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いる。

競技者、とりわけ小学生競技者からみた競技運営の満足度・改善度に関する研究としては、阿保・伊藤・岡野（2007、2008）の研究があげられる。これらの研究は、陸上競技場におけるトラック競技とフィールド競技の運営に関する満足度・改善度にポイントが置かれていた。

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、競技と宿舍（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て実態を明らかにすることにある。具体的には、第24回全国小学生陸上競技交流大会（東京、国立競技場、2008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。

II. 研究方法

1. 調査内容

アンケート調査票の内容（領域・項目）については、全国小学生陸上競技交流大会の第22回大会（2006）・第23回大会（2007）と同一であることが望ましいが、宿舍条件や運営の変更に伴って内容の一部も修正した。

まず領域については、過去2回大会と同一であり、選手村（いわゆる選手が指定のホテルに宿泊し、各種の研修や交流等を行う場であり、今大会は6選手村であった）、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調査項目は、「総合的評価」を含む18項目とした。1) 宿舍の部屋、2) 宿舍の食事（内容・量・食事時間など）、3) 宿舍における他県小学生との交流、4) 大会前日における国立競技場での調整・練習、5) 競技場の更衣室（きれいさ）、6) 競技場のトイレ（数やきれいさ）、7) 練習場の施設や用具、8) 競技場の施設や用具、9) 練習場における係員の対応、10) 招集所における係員の対応、11) 競技場（トラック/フィールド）における係員の対応、12) 練習場や競技場の水（ペットボトル等）のサービス、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) 競技開始前の練習（時間や場所など）、16) 開会式の挨拶や時間（長さ）・運営、17) 表彰式のやり方や運営、18) 総合的な評価。

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。

満足度の質問項目に対する回答は5段階尺度とし、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。

2. 調査方法・回収状況・有効標本数

交流大会は、2008年8月29日（金）～30日（土）の2日間（1泊2日）の日程で、競技は30日（土）に行われた。競技種目は、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。アンケート調査票は、監督会議で配布し大会終了後、日本陸上競技連盟事務局に郵送してもらって回収した。1034人（47都道府県）の小学生参加者（予定）の中から、904人（43都道府県）の回答が得られた。本研究では、満足度に関して18項目を取り上げたが、それらの中で1項目でも無回答があった164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740（81.9%）であった。

3. データ処理

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は、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。次に改善度の求め方については、各評価項目（17項目）と総合的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算出して図示し、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、改善度指数を算出した。

管（2006）は改善度指数が10以上の項目は「即改善」、5以上の項目は「要改善」、そして、負（マイナス）の項目は「改善不要」と指摘している。

尚、満足度に関する全体的傾向を把握するために5段階尺度を用いて平均値と標準偏差を求めた。

Ⅲ. 結果と考察

1. 標本の特性

標本の特性、とりわけ属性については次の通りであった（表1）。

① 性別については男女の割合はほぼ1:1であった。② 学年については5年生が約15%、6年生が約85%であった。③ 大会出場回数については初出場者が約85%、2回目が約9%であった。

2. 満足度の全体的傾向

(1) 平均値の比較

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、「8）競技場の施設や用具（4.10）」、次に「12）練習場や競技場の水（ペットボトル等）のサービス（4.04）」、「7）練習場の施設や用具（4.02）」の順であった。一方、満足度の平均値の低い項目は、「16）開会式の挨拶や時間（長さ）・運営（3.13）」と「6）競技場のトイレ（数やきれいさ）（3.17）」であった。

そして性別の比較を行った結果、「8）競技場の施

表1 標本の特性

1) 性別	① 男子	375(50.7)	② 女子	359(48.5)	③ 無回答	6(0.8)
2) 学年	① 5年生	105(14.2)	② 6年生	625(84.4)	③ 無回答	10(1.4)
3) 出場回数	① 初めて	633(85.5)	② 2回目	67(9.1)	③ 無回答	40(5.4)
4) 出場種目	① 100m	168(22.7)	② 80mH	64(8.6)	③ 走幅跳	61(8.2)
	④ 走高跳	67(9.1)	⑤ ソフトボール投	74(10.0)		
	⑥ リレー競走	300(40.6)	⑦ 無回答	6(0.8)		
5) 進出ラウンド	① 予選	353(47.7)	② 準決勝	157(21.2)		
	③ 決勝	185(25.0)	④ 無回答	45(6.1)		
6) 参加の動機・目的						
	① 走ることが好きだから	219(29.5)	② 他人に勝ちたいから	32(4.3)		
	③ 健康体力の維持増進のため	13(1.8)	④ 自己記録の樹立をしたいから	244(33.0)		
	⑤ 友人や仲間との友好のため	39(5.3)	⑥ チーム優勝や入賞を目指して	176(23.8)		
	⑦ 無回答	17(2.3)				

注) 標本数（全体 n=740），表中の数字（人数，%）

表2 性別の平均値比較

項 目	1. 男子 n=375		2. 女子 n=359		全 体 n=734		平均値 間の比 較
	AV	SD	AV	SD	AV	SD	
	8) 競技場の施設や用具	4.18	0.86	4.02	0.89	4.10	
12) 練習場や競技場の水（ペットボトル等）のサービス	4.13	0.99	3.95	1.09	4.04	1.04	*
7) 練習場の施設や用具	4.07	0.96	3.96	0.88	4.02	0.92	
1) 宿舎の部屋	4.04	0.86	3.90	0.88	3.97	0.87	*
4) 大会前日における国立競技場での調整・練習	4.01	1.02	3.87	0.99	3.94	1.01	
11) 競技場（トラック/フィールド）における係員の対応	3.96	1.02	3.79	0.95	3.88	0.99	*
17) 表彰式のやり方や運営	3.87	1.07	3.81	1.08	3.84	1.07	
13) 競技会のルールや注意事項	3.85	0.93	3.78	0.93	3.82	0.93	
10) 招集所における係員の対応	3.83	1.07	3.79	0.91	3.81	0.99	
9) 練習場における係員の対応	3.80	1.04	3.78	0.93	3.79	0.99	
15) 競技開始前の練習（時間や場所など）	3.86	1.07	3.70	1.06	3.78	1.07	*
14) 競技会におけるマナーやエチケットの指導	3.76	1.00	3.69	0.96	3.73	0.98	
2) 宿舎の食事（内容・量・食事時間など）	3.68	1.09	3.46	1.04	3.57	1.07	**
5) 競技場の更衣室（きれいさ）	3.62	1.08	3.52	1.09	3.57	1.09	
3) 宿舎における他県小学生との交流	3.51	1.12	3.41	1.13	3.46	1.12	
6) 競技場のトイレ（数やきれいさ）	3.54	1.23	2.77	1.15	3.17	1.25	***
16) 開会式の挨拶や時間（長さ）・運営	3.32	1.18	2.93	1.17	3.13	1.19	***
18) 総合的な評価	3.96	0.95	3.90	0.90	3.93	0.93	

注) 標本数(n=734), AV:平均値 SD:標準偏差, *:p<0.05 **:p<0.01 ***:p<0.001

注) 項目の順序は全体の平均値の高い方から低い方に並べた。

設や用具」「12) 練習場や競技場の水（ペットボトル等）のサービス」「1) 宿舎の部屋」「11) 競技場（トラック/フィールド）における係員の対応」「15) 競技開始前の練習（時間や場所など）」「2) 宿舎の食事（内容・量・食事時間など）」「6) 競技場のトイレ（数やきれいさ）」「16) 開会式の挨拶や時間（長さ）・運営」の8項目に有意差が認められ、すべてで男子の平均値が女子よりも高かった。

3. 満足度－満足率（良い）に着目した場合

総合的評価の満足度（即ち、満足率（良い）の場合）は、63.4%であった（表3）。

各項目の満足率（良い）をみると、70%台は「8) 競技場の施設や用具」「1) 宿舎の部屋」の2項目、60%台は「12) 練習場や競技場の水（ペットボトル等）のサービス」「7) 練習場の施設や用具」「4) 大会前日における国立競技場での調整・練習」「11) 競技場（トラック/フィールド）における係員の対応」「10) 招集所における係員の対応」の5項目、50%台は「9) 練習場における係員の対応」「15) 競技開始前の練習（時間や場所など）」「17) 表彰式のやり方や運営」「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」「2) 宿舎の食事（内容・量・食事時間など）」の6項目であった。そして50%未満は「5) 競技場の更衣室（きれいさ）」「3) 宿舎における他県小学生との交流」「6) 競技場のトイレ（数やきれいさ）」「16) 開会式の挨拶や時間（長さ）・運営」の4項目であった。

4. 改善度

改善度を求める手続きについては、前述に示したように、まず「満足率（良い）」と「独立係数」の関係を明らかにし、次に満足率偏差値と独立係数偏差値をもとに「改善度指数」を算出した。

(1) 満足率（良い）と独立係数の関係

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（図1）、「17) 表彰式のやり方や運営（0.4230）」が最も高く、次に「14) 競技会におけるマナーやエチケットの指導（0.3942）」「13) 競技会のルールや注意事項（0.3835）」「15) 競技開始前の練習（時間や場所など）（0.3756）」「10) 招集所における係員の対応（0.3640）」等が続く。

独立係数は高いが満足率（良い）が比較的低い項

表3 競技運営に関する満足度・改善度

項目	満足度の区分			独立係数	独立係数 偏差値	満足率 偏差値	距離	角度	修正 指数	改善度 指数
	1. 悪い %	2. 普通 %	3. 良い %							
16)	28.4	36.9	34.7	0.2940	47.86	28.39	21.72	50.65	0.44	9.56
17)	7.4	34.1	58.5	0.4230	66.50	50.57	16.51	47.00	0.48	7.92
14)	6.5	38.0	55.5	0.3942	62.34	47.77	12.54	34.75	0.61	7.65
13)	4.1	38.1	57.8	0.3835	60.79	49.92	10.79	44.60	0.50	5.40
15)	9.6	30.9	59.5	0.3756	59.65	51.50	9.77	53.81	0.40	3.91
10)	8.1	31.9	60.0	0.3640	57.98	51.97	8.22	58.86	0.35	2.88
9)	7.3	33.1	59.6	0.3487	55.77	51.60	5.99	60.48	0.33	1.98
6)	32.0	28.5	39.5	0.2200	37.17	32.86	21.41	81.83	0.09	1.93
3)	15.5	40.0	44.5	0.2485	41.29	37.52	15.22	79.91	0.11	1.67
11)	6.4	30.4	63.2	0.3600	57.40	54.95	8.90	78.78	0.12	1.07
5)	13.6	36.6	49.7	0.2360	39.48	42.37	13.00	99.05	-0.10	-1.30
2)	14.2	34.2	51.6	0.2428	40.46	44.14	11.20	103.43	-0.15	-1.68
7)	3.6	27.0	69.3	0.3462	55.40	60.64	11.93	108.08	-0.20	-2.39
8)	2.7	24.3	73.0	0.3327	53.45	64.09	14.51	121.24	-0.35	-5.08
4)	7.2	25.5	67.3	0.2212	37.34	58.77	15.40	169.72	-0.89	-13.71
12)	7.7	22.6	69.7	0.2387	39.87	61.01	14.96	177.61	-0.97	-14.51
1)	3.9	25.4	70.7	0.2207	37.27	61.94	17.45	178.16	-0.98	-17.10
平均値			57.9	0.3088						
標準偏差			10.7	0.0692						
18)	3.2	33.4	63.4							

注1) 標本数 (n=740)

注2) 項目は、改善度指数の大きい方から小さい順に並べた。

- | | |
|-------------------------|--------------------------------|
| 1) 宿舍の部屋 | 10) 招集所における係員の対応 |
| 2) 宿舍の食事 (内容・量・食事時間など) | 11) 競技場 (トラック/フィールド) における係員の対応 |
| 3) 宿舍における他県小学生との交流 | 12) 練習場や競技場の水 (ペットボトル等) のサービス |
| 4) 大会前日における国立競技場での調整・練習 | 13) 競技会のルールや注意事項 |
| 5) 競技場の更衣室 (きれいさ) | 14) 競技会におけるマナーやエチケットの指導 |
| 6) 競技場のトイレ (数やきれいさ) | 15) 競技開始前の練習 (時間や場所など) |
| 7) 練習場の施設や用具 | 16) 開会式の挨拶や時間 (長さ)・運営 |
| 8) 競技場の施設や用具 | 17) 表彰式のやり方や運営 |
| 9) 練習場における係員の対応 | 18) 総合的評価 |

目の例としては、「17) 表彰式のやり方や運営」があげられる。この項目の独立係数は0.4230で最も高かったが、満足率は58.5%で10位であった。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。

同様に、「14) 競技会におけるマナーやエチケットの指導」と「13) 競技会のルールや注意事項」の項目は、独立係数がそれぞれ0.3942 (2位) と (0.3835) 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12位 (55.5%) と11位

(57.8%) 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、「1) 宿舍の部屋」と「4) 大会前日における国立競技場での調整・練習」の項目は、独立係数がそれぞれ0.2207 (16位) と0.2212 (15位) であったが、満足率 (良い) は、それぞれ2位 (70.7%) と5位 (67.3%) であった。小学生 (競技者) から高く評価された項目の例であったと考えられる。

(2) 改善度指数

管 (2004) の方法によって、まず満足率偏差値と独立係数偏差値を算出して図示し (図2)、次に改善度指数を算出した (図3)。値が正 (プラス) の

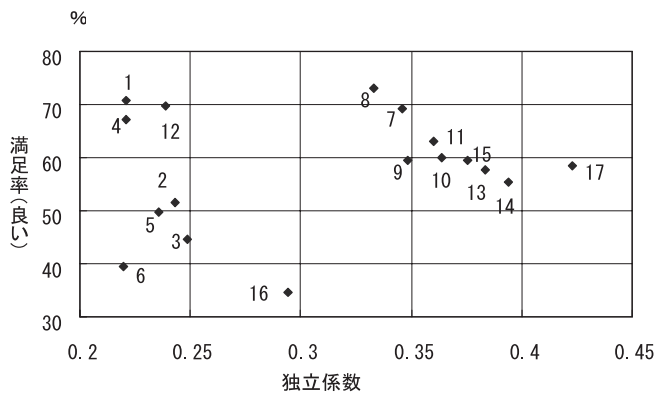


図1 満足率（良い）と独立係数の関係

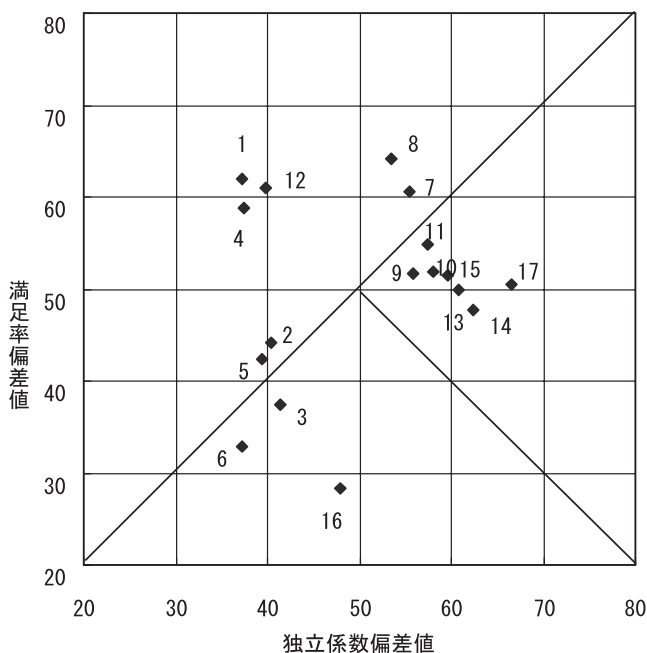


図2 満足率偏差値と独立変数偏差値の関係

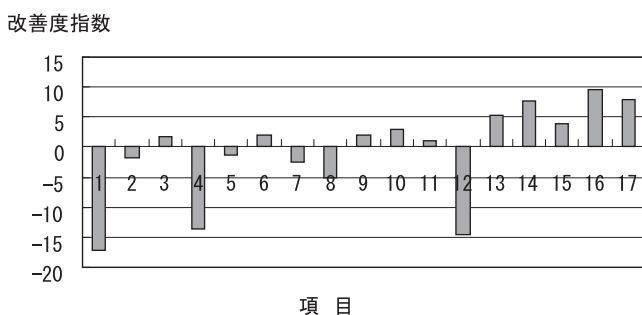


図3 改善度—改善度指数—

項目が今後改善すべき項目であり、10項目が認められた。管(2006)によると、「改善度指数が5.0以上の場合には要改善、10以上は即改善である」ことから、即改善すべき項目は認められなかった。しかし、要改善としては4項目、具体的には「16) 開会式や閉会式の挨拶や時間(長さ)・運営(9.56)」「17) 表彰式のやり方や運営(7.92)」「14) 競技会にお

るマナーやエチケットの指導(7.65)」「13) 競技会のルールや注意事項(5.40)」があげられる。なお、次に示す改善度指数が5.0未満の6項目は要改善でなくとも、準改善項目として認識して競技運営を行うべきである。具体的には「15) 競技開始前の練習(時間や場所など)(3.91)」「10) 招集所における係員の対応(2.88)」「9) 練習場における係員の対応(1.98)」「6) 競技場のトイレ(数やきれいさ)(1.93)」「3) 宿舎における他県小学生との交流(1.67)」「11) 競技場(トラック/フィールド)における係員の対応(1.07)」である。

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7項目、即ち「5) 競技場の更衣室(きれいさ)(-1.30)」「2) 宿舎の食事(内容・量・食事時間など)(-1.68)」「7) 練習場の施設や用具(-2.39)」「8) 競技場の施設や用具(-5.08)」「4) 大会前日における国立競技場での調整・練習(-13.71)」「12) 練習場や競技場の水(ペットボトル等)のサービス(-14.51)」「1) 宿舎の部屋(-17.10)」があげられる。

IV. まとめ

本稿の目的は、第24回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・改善度を小学生(競技者)を対象としたアンケート調査から分析し、今後の競技運営に関する課題を明確にすることであった。

結果をまとめると、以下のようなになる。

(1) 競技運営に関する満足度について—満足率(良い)の視点から—

① 総合的評価の満足率(良い)は、63.4%であった。

② 各項目の満足率(良い)については、50%以上が「8) 競技場の施設や用具」「1) 宿舎の部屋」「12) 練習場や競技場の水(ペットボトル等)のサービス」「7) 練習場の施設や用具」等の13項目、50%未満が「5) 競技場の更衣室(きれいさ)」「3) 宿舎における他県小学生との交流」等の4項目であった。

(2) 競技運営に関する改善度について—改善度指数の視点から—

改善度指数が10以上(即改善)の項目は1項目も認められなかったが、改善度指数5以上(要改善)は「16) 開会式や閉会式の挨拶や時間(長さ)・運営(9.56)」「17) 表彰式のやり方や運営(7.92)」等の4項目、改善度指数5未満(準改善)は「15)

競技開始前の練習（時間や場所など）(3.91)」「10) 招集所における係員の対応 (2.88)」「9) 練習場における係員の対応 (1.98)」等の6項目が認められた。一方、改善度指数の値が負（マイナス）の項目は改善不要であって、「1) 宿舎の部屋 (-17.10)」「12) 練習場や競技場の水（ペットボトル等）のサービス (-14.51)」「4) 大会前日における国立競技場での調整・練習 (-13.71)」「8) 競技場の施設や用具 (-5.08)」等の7項目が認められた。

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（2008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や事務局の方々に心から感謝申し上げる次第である。

参考文献

- 阿保雅行・伊藤宏・岡野進（2007）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.
- 阿保雅行・伊藤宏・岡野進（2008）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関する満足度・改善度について（その2）．陸上競技研究紀要、第4巻、pp.26-33.
- 阿保雅行・長野史尚・神尾正俊・石井智也・関岡康雄（2008）競技運営に関する競技補助員の満足度・改善度—日本学生陸上競技個人選手権大会2008を中心に—．陸上競技研究75：43-48.
- 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.
- 管 民郎（2006）らくらく図解統計分析教室．現代数学社.

競技会アナウンスに関する観客の満足度調査 —セイコースーパー陸上競技大会川崎 2008 を中心に—

(財) 日本陸上競技連盟競技運営委員会
阿保雅行・黒澤達郎・中島剛・鈴木一弘・吉儀宏

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審判員の養成や研修、競技補助員への対応、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いる。

競技運営の満足度・改善度に関する先行研究としては、1) 競技者を視点とした研究（阿保・長野・神尾、2006；阿保・伊藤・岡野、2007b、2008c；阿保・長野・神尾・石井・関岡、2008a、2008b）、2) 審判講習生（兼競技補助員）を視点とした研究（阿保・長野・神尾・関岡、2007a）、そして3) 競技補助員を視点とした研究（阿保・長野・神尾・石井・関岡、2008d）があげられる。

本研究の目的は、観客からみた競技運営、とりわけ「場内アナウンスや音楽の使い方、大型スクリーンの記録表示や映像の使い方について（以下、競技会アナウンスと略す）」の満足度や改善度を明らかにすることである。具体的には「セイコースーパー陸上競技大会川崎 2008（以下、スーパー陸上 2008 と略す）」の観客にアンケート調査を行って、競技会アナウンスに関する満足度・改善度を数値化することである。その結果は、今後の競技運営のあり方を検討するための基礎資料になると考えるからである。本研究の性格は、スポーツ経営学に係わる顧客満足度（Customer Satisfaction）調査である。

II. 研究方法

1. 用語の説明

「競技会アナウンス」（仮称）とは、「場内アナウンスや音楽の使い方、大型スクリーンの記録表示や

映像の使い方」の総称である。

2. 調査内容

アンケート調査票の内容については競技会の性格を視野に入れて検討した。例えば、「表彰」は日本選手権大会には必要であるが、スーパー陸上は必要としない。そこで、スーパー陸上のアンケート調査内容は、アナウンスの基本的内容（選手紹介、実況、結果発表の3領域）とアナウンスをより効果的にサポートする視聴覚的手法（1領域）で構成した。そして、満足度に関する項目は次の9項目（「9 総合的評価」を含む）とした。

1) 競技開始前の見どころ紹介、2) トラック競技の選手紹介、3) フィールド競技の選手紹介、4) トラック競技の実況、5) フィールド競技の実況、6) 結果発表、7) 場内大型スクリーンの文字や映像の使い方、8) 音楽や効果音、9) 総合的評価

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

3. 調査方法・回収状況・有効標本数

アンケート調査はスーパー陸上 2008 当日（2008年9月23日）に実施された。アンケート用紙は、大会プログラムの中に綴じ込まれており、競技観戦の合間に記入してもらって会場内10ヶ所に設置されている「回収ボックス（回答コーナー）」に投函してもらう方法で回収した。入場者数は20078人であった。プログラム販売数は2642部でそのうちアンケート調査票の回収数は765（28.9%）、本稿に用いた有効標本数は720であった。

4. データ処理

満足度と改善度の求め方、即ち数値化または得点

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は、①「不満」と「やや不満」を「悪い」、②「ふつう」を「普通」、③「やや満足」と「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。次に改善度の求め方については、各評価項目（8項目）と総合的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算出して図示し、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、改善度指数を算出した。改善度指数の大きさと意味については、管（2006）は改善度指数が10以上の項目は即改善、5以上の項目は要改善、そして、負（マイナス）の項目は改善不要であると指摘している。

満足度に関する全体的傾向を把握するために、5段階尺度を用いて平均値の比較や因子分析をおこなうと共に、説明変数の目的変数なる因子得点への影響も検討した。

Ⅲ. 結果と考察

1. 標本の特性

標本の特性は表1の通りであった。まず性別では男性が57.8%、女性が40.8%であった。そして年代別では10代が34.8%、20代～30代が25.9%、40代～50代が30.5%、60代以上が8.2%であった。

2. 満足度の全体的傾向

(1) 平均値の比較

表1 標本の特性

アイテム・カテゴリー		度数（%）
1. 回答者	1) 大会役員・招待者	161 (22.4)
	2) 一般観客	553 (76.8)
	3) 無回答	6 (0.8)
2. 性別	1) 男性	416 (57.8)
	2) 女性	294 (40.8)
	3) 無回答	10 (1.4)
3. 年代	1) 10代	251 (34.8)
	2) 20代	97 (13.5)
	3) 30代	89 (12.4)
	4) 40代	149 (20.6)
	5) 50代	71 (9.9)
	6) 60代	49 (6.8)
	7) 70歳以上	10 (1.4)
	8) 無回答	4 (0.6)
4. 競技経験	1) ある	418 (58.0)
	2) ない	274 (38.1)
	3) 無回答	28 (3.9)
5. 観戦歴	1) 初めて	182 (25.3)
	2) 10回未満	295 (41.0)
	3) 10以上30回未満	109 (15.1)
	4) 30回以上	132 (18.3)
	5) 無回答	2 (0.3)

注) 標本数 (全体 n=720)

まず全体的傾向として（表2）、満足度の高かった項目（上位2位）は、「2）トラック競技の選手紹介（3.90）」「3）フィールド競技の選手紹介（3.86）」であった。一方、満足度の低かった項目（下位2

表2 性別の平均値比較

項目	1. 男性 n=416		2. 女性 n=294		全体 n=710		平均値 間の比較
	AV	SD	AV	SD	AV	SD	
1) 競技開始前の見どころ紹介	3.79	0.90	3.69	0.93	3.75	0.91	
2) トラック競技の選手紹介	3.93	0.92	3.85	0.94	3.90	0.93	
3) フィールド競技の選手紹介	3.90	0.91	3.80	0.96	3.86	0.93	
4) トラック競技の実況	3.76	0.89	3.76	0.95	3.76	0.91	
5) フィールド競技の実況	3.73	0.95	3.74	0.97	3.73	0.96	
6) 結果発表	3.82	0.89	3.78	0.94	3.80	0.91	
7) 場内大型スクリーンの文字や映像の使い方	3.82	0.90	3.81	0.99	3.82	0.94	
8) 音楽や効果音	3.70	0.98	3.68	1.02	3.69	0.99	
9) 総合的評価	3.88	0.81	3.85	0.91	3.86	0.85	

注) AV:平均値 SD:標準偏差

表3 回転後の因子負荷量行列

項目	因子1	因子2	因子3	共通性
1) 競技開始前の見どころ紹介	.407	.466	.424	.562
2) トラック競技の選手紹介	.316	<u>.839</u>	.304	.896
3) フィールド競技の選手紹介	.370	<u>.794</u>	.294	.854
4) トラック競技の実況	<u>.790</u>	.376	.317	.865
5) フィールド競技の実況	<u>.785</u>	.344	.337	.848
6) 結果発表	<u>.534</u>	.330	.460	.605
7) 場内大型スクリーンの文字や映像の使い方	.243	.289	<u>.777</u>	.745
8) 音楽や効果音	.346	.233	<u>.635</u>	.577
因子負荷量の2乗和	2.105	2.058	1.789	5.952
因子の寄与率 (%)	26.316	25.720	22.365	
累積寄与率 (%)	26.316	52.037	74.402	

注) 標本数(n=720)

表4 因子得点の平均値比較

説明変数 (アイテム・カテゴリ)	人数	第1因子 実況		第2因子 選手紹介		第3因子 視聴覚手法	
		AV	SD	AV	SD	AV	SD
1. 性別	1) 男性	416					
	2) 女性	294					
有意差検定							
2. 年代	1) 10代	251	<u>0.166</u> 0.933	<u>0.182</u> 0.930	<u>0.247</u> 0.841		
	2) 20代~30代	186	-0.017 0.960	-0.100 0.953	-0.110 0.841		
	3) 40代以上	279	-0.132 0.807	-0.092 0.858	-0.149 0.781		
有意差検定			*** 1>2,3	*** 1>2,3	*** 1>2,3		
3. 競技経験	1) ある	418	<u>0.062</u> 0.912	<u>0.117</u> 0.946	<u>0.051</u> 0.838		
	2) ない	274	-0.114 0.882	-0.198 0.860	-0.102 0.819		
有意差検定			*	***	*		
4. 観戦歴	1) 初めて	182		-0.106 1.000			
	2) 10回未満	295		-0.044 0.873			
	3) 10回以上	241		<u>0.133</u> 0.901			
有意差検定				* 3>1,2			

注1) 全体 (n=720) AV: 平均値、SD: 標準偏差 *: p<0.05 **: p<0.01 ***: p<0.001

注2) 平均値の(最も)高い方に下線を引いてある。

位)は、「8)音楽や効果音(3.69)」「5)フィールド競技の実況(3.73)」であった。そして性別の平均値比較を行った結果は、男女に有意な差が認められなかった。

(2) 因子分析

[1] 因子分析の結果とその解釈

720名のデータから8項目について因子分析(主因子法、バリマックス法)を行った結果(表3)、解釈可能性から3因子を抽出した。因子負荷量が0.500以上の項目に下線を引いた。累積寄与率は74.4%であった。8項目の信頼性係数(Cronbach

の α 係数)は0.9270で、KMO(Kaiser-Meyer-Olkin)の標本妥当性の測度は0.892であった。各因子の解釈は次のように考えた。

第1因子に係わる項目は、トラック競技やフィールド競技の実況と解釈されるので、「実況」と命名された。第2因子に係わる項目については、トラック競技やフィールド競技の選手紹介と解釈されるので、「選手紹介」と命名された。第3因子に係わる項目は、大型スクリーンの文字や映像、そして音楽や効果音という視覚や聴覚に関する手法と解釈されるので、「視聴覚手法」と命名された。

このように、今回の研究で用いられた項目は、「実況」「選手紹介」「視聴覚手法」から構成されていることが明らかになった。

[2] 因子得点の平均値の比較

性別等の要因（アイテム）を説明変数とし、因子得点を目的変数としてt-検定やF-検定を行った結果（表4）、年代と競技経験は、3因子すべてに有意差が認められ、とりわけ「10代」と「競技経験あり」の群が目立った。一方、性別の違いでは有意差が認められなかった。

3. 満足度－満足率（良い）に着目した場合－

総合的評価の満足度（即ち、満足率（良い）の場合）は、66.4%であった（図1）。

各項目の満足率（良い）をみると、60%台は「2）トラック競技の選手紹介（65.3%）」「3）フィールド競技の選手紹介（63.6%）」「7）場内大型スクリーン内の文字や映像の使い方（62.6%）」の3項目、50%台は「6）結果発表（59.2%）」「1）競技開始前の見どころ紹介（57.9%）」「5）フィールド競技の実況（57.9%）」「8）音楽や効果音（54.7%）」の4項目であった。

4. 改善度

改善度を求める手続きについては、前述に示したように、まず「満足率（良い）」と「独立係数」の関係性を明らかにし、次に満足率偏差値と独立係数偏差値をもとに「改善度指数」を算出した。

（1）満足率（良い）と独立係数の関係

独立係数は高いが満足率（良い）が比較的低い項目としては、「4）トラック競技の実況」が例としてあげられる（図2）。この項目の独立係数は第1位であったが、満足率（良い）は第5位であった。即ち、この項目は競技会アナウンス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。

（2）改善度指数

菅（2004）の方法によって、まず満足率偏差値と独立係数偏差値を算出して図示し（図3）、次に改善度指数を算出した（図4）。値が正（プラス）の項目が、今後改善すべき項目であり、具体的には「5）フィールド競技の実況（9.51）」「4）トラック競技の実況（8.76）」「1）競技開始前の見どころ紹介（7.10）」「8）音楽や効果音（0.11）」であった。ところで、菅（2006）によると、「改善度指数が5.0以上の場合は要改善、10以上は即改善」であるこ

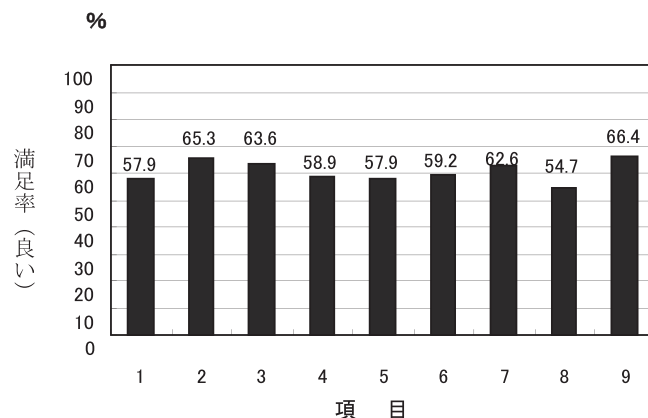


図1 満足度－満足率（良い）－

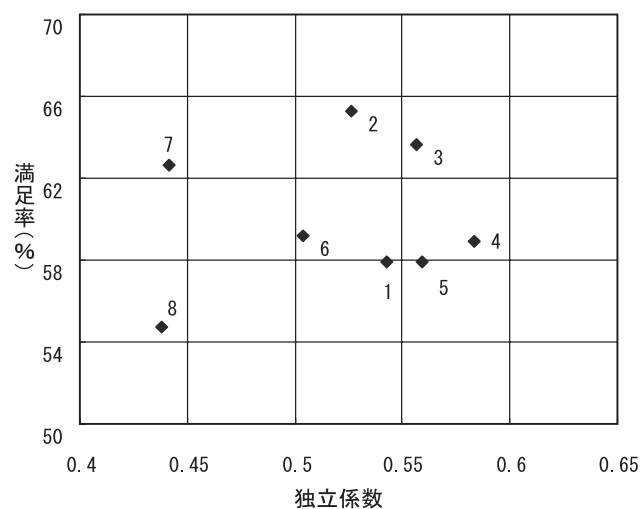


図2 満足率（良い）と独立係数の関係

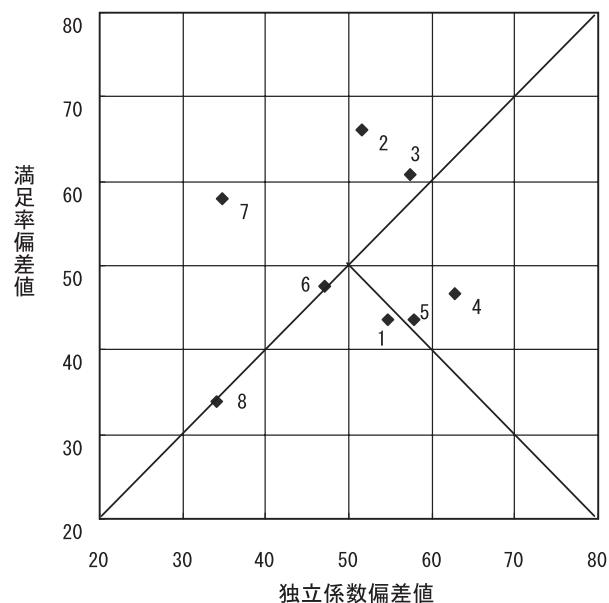


図3 満足率偏差値と独立係数偏差値の関係

とから、まず即改善すべき項目については認められなかった。しかし、要改善の項目としては「5）フィー

改善度指数

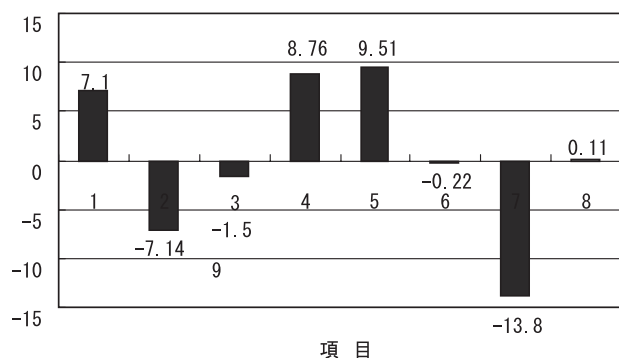


図4 改善度 -改善度指数-

「5) フィールド競技の実況 (9.51)」「4)トラック競技の実況 (8.76)」「1) 競技開始前の見どころ紹介 (7.10)」があげられる。なお、改善度指数が5.0未満の場合は要改善でないとしても、準改善項目として認識して競技会アナウンスを行うべきであろう。

一方、改善度指数の値が負（マイナス）の項目は改善不要であり、具体的には「7) 場内大型スクリーンの文字や映像の使い方 (-13.80)」「2)トラック競技の選手紹介 (-7.14)」「3) フィールド競技の選手紹介 (-1.59)」「6) 結果発表 (-0.22)」の4項目であった。

5. 3因子と要改善項目・改善不要項目の関係

3因子と改善すべき項目（改善度指数の値がプラス）の関係をみると（表5）、第1因子（実況）は「5) フィールド競技の実況 (9.51)」と「4)トラック競技の実況 (8.76)」と係わっていた。同様に、改善不要の項目（改善度指数の値がマイナス）についてみると、第2因子（選手紹介）は2項目（「2)トラック競技の選手紹介 (-7.14)」「3) フィールド競技の選手紹介 (-1.59)」と、第3因子（視聴覚手法）は1項目（「7) 場内大型スクリーンの文字や映像の使い方 (-13.80)」と係わっていた。

以上のことから、第1因子（実況）に係わる項目については改善を図る方向で、一方、第2因子（選手紹介）は現状の方法で今後も進めていくことができると推察される。

IV. まとめ

本稿の目的は、観客からみた競技会アナウンスに関する満足度・改善度を数値化することであった。次の2点にまとめられる。

- (1) 総合的評価の満足度は、66.4%であった。
- (2) 競技会アナウンスの改善度は、改善度指数10

表5 競技会アナウンスの満足度・改善度

項目	満足度の区分			独立係数	独立係数 偏差値	満足率 偏差値	距離	角度	修正 指数	改善度 指数	因子 番号
	1. 悪い %	2. 普通 %	3. 良い %								
1)	6.4	35.7	57.9	0.5425	54.63	43.59	7.91	9.16	0.898	<u>7.10</u>	
2)	6.1	28.6	65.3	0.5264	51.46	66.08	16.15	129.81	-0.442	-7.14	2
3)	6.7	29.7	63.6	0.5565	57.38	60.91	13.17	100.92	-0.121	-1.59	2
4)	6.0	35.1	58.9	0.5838	62.76	46.63	13.20	30.21	0.664	<u>8.76</u>	1
5)	8.2	33.9	57.9	0.5592	57.91	43.59	10.18	5.98	0.934	<u>9.51</u>	1
6)	5.1	35.7	59.2	0.5040	47.05	47.54	3.84	95.17	-0.057	-0.22	1
7)	7.6	29.7	62.6	0.4411	34.67	57.87	17.23	162.12	-0.801	-13.80	3
8)	9.9	35.4	54.7	0.4383	34.11	33.86	22.65	89.55	0.005	0.11	3
平均値			60.0	0.5190							
標準偏差			3.3	0.0508							
9)	4.3	29.3	66.4								

注1) 全体 (n=720)

注2) 改善度指数が「5以上（要改善）」の項目に下線を引いてある。

注3) 因子番号については、表3と表4を参照のこと。

注4) 項目

- | | | |
|-----------------|------------------------|-----------|
| 1) 競技開始前の見どころ紹介 | 5) フィールド競技の実況 | 8) 音楽や効果音 |
| 2)トラック競技の選手紹介 | 6) 結果発表 | 9) 総合的評価 |
| 3) フィールド競技の選手紹介 | 7) 場内大型スクリーンの文字や映像の使い方 | |
| 4)トラック競技の実況 | | |

以上の即改善すべき項目は認められなかった。改善度指数5以上の要改善は「5) フィールド競技の実況 (9.51)」等の3項目が、改善度指数5.0未満の準改善項目は「8) 音楽や効果音 (0.11)」の1項目が認められた。一方、改善度指数の値が負(マイナス)の項目は改善不要であって、「7) 場内大型スクリーンの文字や映像の使い方 (-13.80)」等の4項目が認められた。

因子分析の結果、競技会アナウンスの基礎的因子構造は、「実況」「選手紹介」「視聴覚手法」の因子から構成されていることが明らかになった。これらと改善度指数の関係でみると、今後の大会における「実況」については向上戦略を、「選手紹介」については維持戦略で対応するべきであろう。

付記

本稿は、財)日本陸上競技連盟競技運営委員会の調査研究(2008)によっておこなわれた研究成果の一部であり、日本陸上競技連盟競技運営委員会審判部が開催した「イベントプレゼンテーション研修会」(横浜スタジアム会議室、2008年10月25日～26日)の発表資料に加筆修正したものである。(阿保雅行・黒澤達郎・中島剛・鈴木一弘・吉儀宏(2008)観客からみた競技会アナウンスの満足度・改善度について(その2)―セイコースーパー陸上競技大会2008 川崎を中心に―)

謝辞

末筆であるが、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下さった観客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、データ入力して下さった日刊スポーツ新聞社の方々に心から感謝申し上げます次第である。

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 : 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 : 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 3 : 32-38.

阿保雅行・長野史尚・神尾正俊・石井智也・関岡康雄(2008a)全日本学生陸上競技チャンピオンシップの競技運営に関する満足度・改善度について―2006年と2007年の大会を中心に―. 陸上競技研究 73 : 34-39.

阿保雅行・長野史尚・神尾正俊・石井智也・関岡康雄(2008b)日本学生陸上競技個人選手権大会の競技運営に関する満足度・改善度について―2008年の大会を中心に―. 陸上競技研究 74 : 47-54.

阿保雅行・伊藤宏・岡野進(2008c)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). 陸上競技研究紀要 4 : 26-33.

阿保雅行・長野史尚・神尾正俊・石井智也・関岡康雄(2008d)競技運営に関する競技補助員の満足度・改善度―日本学生陸上競技個人選手権大会2008を中心に―. 陸上競技研究 75 : 43-48.

菅 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.

菅 民郎(2006)らくらく図解統計分析教室. 現代数学社.

日本陸連科学委員会研究報告 第8巻 (2009)

陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2008

序 文

科学委員会は、実際の競技会におけるバイオメカニクス研究活動に加え、北京オリンピック対策へのサポートとしてリレーチームのバトンパスに関するサポート（合宿帯同）、競歩やマラソンの暑熱対策、競技者の技術チェック、フィットネスチェック（体力テスト）、トレーニングにおける生理科学的なサポート、コンディショニングサポート、栄養サポート等の医科学・サポート活動を行なった。また、事務局と協力してNTC 競技別強化拠点（高地トレーニング）のための備品リスト作成、強化委員会の要望を調査してJISSサポート申請などを行なった。さらに、JISSの協力を得て、強化委員会と共同で「ケニア人長距離選手の生理学的・バイオメカニクスの特徴の究明」プロジェクトをスタートさせたが、有益な成果が得られつつある。

昨年度から始められた強化委員会強化コーチと科学委員会代表の会合をさらに積極的に開催し、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た。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。

また、下に示した世界陸上2007の英文報告書8件を国際陸連のNew Studies in Athletics (NSA)へ報告し、このうち1), 6), 7)はNSAの2.08(第23巻2号)に、3)は3.08(第23巻3号)に掲載された。残りの報告論文も順次NSAに掲載される予定である。

- 1) Mid-phase sprinting movements of Tyson Gay and Asafa Powell in the 100-m race during the 2007 IAAF World Championships in Athletics
- 2) Analysis of speed patterns in 100-m sprints
- 3) Biomechanical analysis of the world's top distance runners of the 10,000 m final in the Osaka 2007 11th IAAF World Championships in Athletics
- 4) Biomechanical analysis of the men's and women's long jump at the 11th IAAF World Championships in Athletics, OSAKA 2007: A brief report
- 5) Run-up Velocity in the Men's and Women's Triple Jump at the 2007 World Championships in Athletics
- 6) Biomechanical analysis of the top three male high jumpers at the 2007 World Championships in Athletics
- 7) A biomechanical analysis of the men's shot put finalists in the Osaka Athletics World Championship 2007 -An overview of finalists and comparisons of top three putters
- 8) Biomechanical analysis of elite javelin throwing technique at the 2007 IAAF World Championships in Athletics

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
2009年6月

平成 20 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8巻 (2009)
陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2008 目次

2008年男女100m, 110mハードルおよび100mハードルのレース分析 50
松尾彰文, 広川龍太郎, 柳谷登志雄, 杉田正明

日本一流400mハードル選手のレースパターン分析 63
森丘保典, 山崎一彦, 榎本靖士, 杉田正明, 阿江通良

男子ナショナルチーム・4×100mリレーのバイオメカニクスサポート報告 67
広川龍太郎, 松尾彰文, 杉田正明

2008年 第29回北京オリンピック大会に出場した
競歩種目日本代表選手のコンディショニングについて 71
井本岳秋, 法元康二, 鈴木従道, 小坂忠広, 今村文男, 鈴木理弘, 奥野 浩

北京五輪大会期間中における競歩種目支援活動報告 84
法元康二

北京オリンピック男子マラソンレース時の暑熱環境の分析 86
石井好二郎

女子やり投の投てき動作における日本トップ選手と世界トップレベル選手との比較 89
田内健二, 遠藤俊典, 小林 海, 藤田善也

New Studies in Athletics への報告論文

Mid-phase sprinting movements of Tyson Gay and Asafa Powell in the 100-m race
during the 2007 IAAF World Championships in Athletics 93
Akira Ito, Koji Fukuda, and Kota Kijima

Analysis of speed patterns in 100-m sprints 97
Akifumi Matsuo, Hiroyasu Tsuchie, Tosho Yanagiya Ryutaro Hirokawa,
Masaaki Sugita, and Michiyoshi Ae

Biomechanical analysis of the world's top distance runners of the 10,000m final
in the Osaka 2007 11th IAAF World Championships in Athletics 102
Yasushi Enomoto, Hirosuke Kadono, Yuta Suzuki, Tetsu Chiba, and Keiji Koyama

Biomechanical analysis of the men's and women's long jump at the 11th IAAF World Championships in Athletics, OSAKA 2007: A brief report	107
Hiroyuki Koyama, Michiyoshi Ae, Yuya Muraki, Aya Yoshihara, and Kazuhito Shibayama	
Run-up Velocity in the Men's and Women's Triple Jump at the 2007 IAAF World Championships in Athletics in Osaka	119
Yuya Muraki, Hiroyuki Koyama, Michiyoshi Ae, Kazuhito Shibayama, and Aya Yoshihara	
Challenge in the men's high jump:A brief report on biomechanical analysis of the techniques for top three men high jumpers in the IAAF World Championships in Athletics, Osaka 2007	125
Michiyoshi Ae, Ryu Nagahara, Yuji Ohshima, Hiroyuki Koyama, Megumi Takamoto, and Kazuhito Shibayama	
A biomechanical analysis of the men's shot put at the 2007 World Championships in Athletics	132
Keigo Ohyama Byun, Hiroaki Fujii, Masatoshi Murakami, Toshinori Endo, Hisashi Takesako, Koki Gomi, and Kenji Tauchi	
Biomechanical analysis of elite javelin throwing technique at the 2007 IAAF World Championships in Athletics	143
Kenji Tauchi, Masatoshi Murakami, Toshinori Endo, Hisashi Takesako, and Koki Gomi	

2008年男女100m, 110mハードルおよび100mハードルのレース分析

松尾彰文¹⁾, 広川龍太郎²⁾, 柳谷登志雄³⁾, 杉田正明⁴⁾

1) 国立スポーツ科学センター, 2) 東海大学, 3) 順天堂大学, 4) 三重大学

はじめに

短距離のレースでは、レース中の最大スピードの重要性が指摘されている(阿江ら, 1995, 松尾ら, 2008)。本年度も引き続き、国内の主要な大会で100mおよび100mハードル(100H)と110mハードル(110H)においてレーザー方式のスピード測定装置にて計測したスピード変化からレース分析を行った。4月織田記念, 5月大阪グランプリ, 6月日本選手権, 7月南部記念, オリンピック終了後の9月スーパー陸上における男女100mと100Hおよび110Hのレース分析結果について報告する。

測定法

スピードの計測にはレーザー方式の測定装置(LDM300C-Sport; JENOPTIK社製)を2~4台を用いた。スタートの後方のグラウンドレベルまたはスタンドにて、この装置を三脚に取り付けて、パンニングあるいはティルトイングしながら選手の背部からスピードを計測した。レーザー法による距離の測定の精度を活用して、ゴールタイムと時間-距離の関係を利用して、スタートから10mごとに通過タイムを算出した(松尾ら, 2008)。ハードル競技では、背部がハードル上を通過した時間を算出した。このために、タッチダウンタイムと異なる。

結果

織田記念, 大阪グランプリ, 日本選手権, 南部記念, スーパー陸上における男女100mおよび男子110mハードルと女子100mハードルのゴールタイム, 最大スピード, 最大スピード出現区間, スピード逓減率(ハードルを除く), 10mごともしくはハードル位置ごとのラップタイム, スピード, 最大スピー

ドに体する比率を表1~11に示した。予選と決勝があった大会ではゴールタイムの順とした。予選と決勝がある場合には、氏名のあとにラウンドを示す記号, 風速を付記した。

男女100m

織田記念においては男子では朝原宣治選手が予選で10.17秒, 女子では福島千里選手が日本タイ記録の11.36秒を記録した。図1には、男子のスピード曲線, 図2には女子のスピード曲線を示した。朝原選手の最大スピードは、11.35m/sであり、出現区間は60-70mであった。他の選手は50m以降加速できていなかったが、朝原選手はさらに加速していた。しかしながら、このスピードは大阪世界選手権の予選の10.14秒のときの11.55m/sよりも0.31m/s低い値であった。予選通過を確認した後にスピードを落としたのであろうが、最大スピードが高いのでゴール前のスピードが落ちて10.1秒台の記録であった。女子では、福島選手が日本タイを記録した。20m~40mのスピードが他の選手よりも高い傾向が見られ、最大スピードは、10.00m/sであった。

大阪グランプリは雨という悪条件であったため、記録的には男女ともに低調であった。図3には、男子のグランプリ決勝とノングランプリ決勝でのスタートからの距離でみたスピード変化および1位とのラップタイムの差を示した。グランプリでは、末續慎吾選手がスタートから先行された上野政英選手にゴールで追いつき同タイムであったが、着差で2位(日本人1位)となった。

日本選手権では男子では塚原直貴選手が10.31秒で1位となった。最大スピードは11.20m/sであった。スタートからの距離で見たスピード変化とラップタイム差を図3に示した。スタートからは、朝原選手と木村慎太郎選手が先行したが、他の選手より

表1. 織田記念で計測した男子100 mスピード (m/s)、ラップタイム (S) と最大スピード比 (%)
表示はゴールタイム順とした。選手名の次のHEは予選、FIは決勝。スピードは10 mごとのラップタイムからもとめた区間平均スピード。最大スピード出現区間は、前後のラップタイムの中心ポイントで示した。

選手	ラウンド	風速	ゴールタイム 秒	最大スピード m/s	最大スピード 出現区間 m											
						10	20	30	40	50	60	70	80	90	ゴール	
朝原 宣治 HE 0.6			10.17	11.35	65	time(s)	1.92	2.96	3.91	4.83	5.72	6.61	7.49	8.37	9.26	10.17
						speed(m/s)	5.22	9.55	10.51	10.94	11.19	11.31	11.35	11.34	11.20	11.00
						% max	46.0	84.2	92.6	96.4	98.6	99.6	100.0	99.9	98.7	97.0
高平 慎士 FI 2.7			10.20	11.34	65	time(s)	1.93	2.98	3.94	4.85	5.74	6.62	7.50	8.39	9.29	10.20
						speed(m/s)	5.18	9.50	10.48	10.96	11.21	11.34	11.34	11.28	11.16	10.94
						% max	45.7	83.7	92.4	96.7	98.9	100.0	100.0	99.4	98.4	96.4
高平 慎士 HE 0.8			10.29	11.16	55	time(s)	1.93	2.98	3.92	4.84	5.74	6.63	7.54	8.45	9.36	10.29
						speed(m/s)	5.17	9.56	10.57	10.95	11.11	11.16	11.07	10.96	10.95	10.78
						% max	46.4	85.7	94.7	98.2	99.6	100.0	99.2	98.3	98.1	96.7
日高 一慶 FI 2.6			10.36	11.07	55	time(s)	1.89	2.95	3.91	4.83	5.74	6.64	7.55	8.47	9.40	10.36
						speed(m/s)	5.29	9.40	10.39	10.89	11.06	11.07	11.02	10.87	10.69	10.45
						% max	47.8	85.0	93.9	98.4	99.9	100.0	99.6	98.2	96.6	94.4
木村 慎太郎 FI 2.4			10.36	11.04	55	time(s)	1.92	2.97	3.93	4.85	5.76	6.66	7.57	8.49	9.42	10.36
						speed(m/s)	5.22	9.51	10.42	10.80	11.04	11.04	11.03	10.92	10.75	10.60
						% max	47.3	86.1	94.3	97.8	99.9	100.0	99.8	98.9	97.4	96.0
岩元 一章 FI 2.4			10.39	11.15	55	time(s)	1.93	3.01	3.98	4.91	5.82	6.71	7.61	8.53	9.45	10.39
						speed(m/s)	5.18	9.28	10.27	10.74	11.05	11.15	11.10	10.95	10.85	10.63
						% max	46.5	83.3	92.1	96.3	99.1	100.0	99.6	98.3	97.3	95.4
木村 慎太郎 HE 2.0			10.50	10.91	45	time(s)	1.90	2.96	3.92	4.84	5.75	6.68	7.61	8.56	9.52	10.50
						speed(m/s)	5.26	9.47	10.42	10.86	10.91	10.81	10.72	10.58	10.38	10.21
						% max	48.2	86.8	95.5	99.5	100.0	99.1	98.2	97.0	95.1	93.6
菅原 新 HE 2.0			10.63	10.80	55	time(s)	1.96	3.05	4.03	4.97	5.90	6.83	7.75	8.69	9.63	10.63
						speed(m/s)	5.11	9.14	10.19	10.61	10.80	10.80	10.77	10.69	10.63	10.01
						% max	47.3	84.6	94.4	98.2	100.0	100.0	99.7	99.0	98.4	92.7

表2. 織田記念で計測した女子100 mスピード (m/s)、ラップタイム (S) と最大スピード比 (%)
表示はゴールタイム順とした。選手名の次のHEは予選、FIは決勝。スピードは10 mごとのラップタイムからもとめた区間平均スピード。最大スピード出現区間は、前後のラップタイムの中心ポイントで示した。

選手	ラウンド	風速	ゴールタイム 秒	最大スピード m/s	最大スピード 出現区間 m											
						10	20	30	40	50	60	70	80	90	ゴール	
福島 千里 FI 1.7			11.36	10.00	45	time(s)	2.04	3.16	4.21	5.22	6.22	7.22	8.23	9.24	10.28	11.36
						speed(m/s)	4.91	8.86	9.60	9.90	10.00	9.96	9.94	9.81	9.62	9.29
						% max	49.1	88.6	96.0	99.0	100.0	99.6	99.4	98.1	96.2	92.9
北風 紗織 HE 1.3			11.51	9.92	45	time(s)	2.01	3.15	4.20	5.21	6.22	7.23	8.26	9.32	10.39	11.51
						speed(m/s)	4.97	8.74	9.58	9.84	9.92	9.91	9.71	9.49	9.27	8.97
						% max	50.1	88.2	96.6	99.2	100.0	99.9	97.9	95.7	93.5	90.4
福島 千里 HE 0.7			11.53	9.77	55	time(s)	2.01	3.17	4.24	5.29	6.32	7.34	8.37	9.40	10.45	11.53
						speed(m/s)	4.98	8.61	9.31	9.58	9.72	9.77	9.71	9.66	9.53	9.29
						% max	51.0	88.1	95.2	98.0	99.5	100.0	99.3	98.9	97.5	95.1
高橋 萌木子 FI 1.3			11.56	9.88	55	time(s)	2.10	3.27	4.34	5.37	6.39	7.40	8.41	9.43	10.47	11.56
						speed(m/s)	4.76	8.53	9.34	9.71	9.86	9.88	9.85	9.80	9.65	9.18
						% max	48.2	86.3	94.5	98.2	99.7	100.0	99.6	99.1	97.6	92.9
石田 智子 HE 0.7			11.73	9.60	55	time(s)	2.02	3.18	4.26	5.31	6.36	7.40	8.45	9.52	10.61	11.73
						speed(m/s)	4.95	8.62	9.26	9.51	9.57	9.60	9.53	9.36	9.17	8.91
						% max	51.5	89.8	96.4	99.0	99.6	100.0	99.3	97.5	95.5	92.8
渡邊 梓 FI 1.5			11.78	9.67	55	time(s)	2.12	3.30	4.38	5.43	6.47	7.50	8.54	9.60	10.68	11.78
						speed(m/s)	4.71	8.47	9.24	9.54	9.64	9.67	9.63	9.45	9.26	9.09
						% max	48.7	87.6	95.5	98.6	99.7	100.0	99.5	97.7	95.7	93.9
須田 紗織 HE 1.3			11.78	9.67	45	time(s)	2.10	3.27	4.35	5.39	6.42	7.46	8.51	9.58	10.67	11.78
						speed(m/s)	4.76	8.53	9.30	9.60	9.67	9.66	9.54	9.36	9.16	8.99
						% max	49.2	88.2	96.2	99.2	100.0	99.8	98.7	96.8	94.7	93.0
渡邊 梓 HE 0.2			11.79	9.53	45	time(s)	2.00	3.18	4.27	5.33	6.38	7.43	8.50	9.58	10.68	11.79
						speed(m/s)	4.99	8.48	9.23	9.41	9.53	9.49	9.38	9.27	9.10	8.97
						% max	52.4	88.9	96.8	98.7	100.0	99.5	98.4	97.2	95.4	94.1
高橋 萌木子 HE 0.2			11.84	9.60	65	time(s)	2.16	3.36	4.45	5.50	6.55	7.59	8.63	9.68	10.75	11.84
						speed(m/s)	4.62	8.38	9.18	9.49	9.56	9.59	9.60	9.52	9.36	9.17
						% max	48.2	87.3	95.6	98.9	99.6	100.0	100.0	99.2	97.6	95.5
栗本 佳世子 FI 1.5			11.94	9.57	45	time(s)	2.10	3.30	4.39	5.44	6.49	7.54	8.61	9.70	10.81	11.94
						speed(m/s)	4.75	8.38	9.16	9.48	9.57	9.48	9.35	9.21	9.02	8.84
						% max	49.7	87.6	95.8	99.1	100.0	99.1	97.8	96.3	94.3	92.4

表3. 大阪グランプリで計測して男子100mスピード(m/s)、ラップタイム(S)と最大スピード比(%)
表示はゴールタイム順とした。選手名の次のFIは、グランプリ、FBはノングランプリ。スピードは10mごとのラッ
プタイムからもとめた区間平均スピード。最大スピード出現区間は、前後のラップタイムの中心ポイントで示した。

選手 ラウンド 風速	ゴールタイム 秒	最大スピード m/s	最大スピード出 現区間 m	10 20 30 40 50 60 70 80 90 ゴール																													
				time(s)	speed(m/s)	% max	time(s)	speed(m/s)	% max	time(s)	speed(m/s)	% max	time(s)	speed(m/s)	% max	time(s)	speed(m/s)	% max	time(s)	speed(m/s)	% max	time(s)	speed(m/s)	% max									
Yanan XING FB -1.4	10.49	11.05	55	1.97	3.02	3.98	4.90	5.81	6.72	7.64	8.57	9.52	10.49	5.08	9.52	10.46	10.83	10.96	11.05	10.79	10.76	10.54	10.33	45.9	86.1	94.6	98.0	99.2	100.0	97.7	97.3	95.4	93.4
末續 慎吾 FI 0.8	10.55	11.00	55	1.95	3.03	4.00	4.93	5.84	6.75	7.67	8.60	9.56	10.55	5.12	9.27	10.33	10.74	10.97	11.00	10.89	10.71	10.48	10.10	46.5	84.3	93.9	97.7	99.7	100.0	99.0	97.3	95.2	91.8
上野 政英 FI 0.8	10.55	10.96	55	1.99	3.03	3.97	4.90	5.81	6.73	7.65	8.59	9.55	10.55	5.03	9.65	10.57	10.74	10.96	10.96	10.87	10.63	10.38	10.00	45.9	88.0	96.4	98.0	100.0	99.2	96.9	96.9	94.7	91.2
菅野 優太 FB -1.4	10.58	10.78	45	1.96	3.02	3.98	4.92	5.85	6.78	7.71	8.65	9.61	10.58	5.10	9.47	10.38	10.65	10.78	10.77	10.72	10.61	10.46	10.28	47.3	87.9	96.3	98.8	100.0	99.9	99.4	98.4	97.0	95.3
Araon ROUGE-SERRET FB -1.4	10.62	10.86	45	1.97	3.04	4.01	4.94	5.86	6.78	7.71	8.64	9.59	10.62	5.08	9.35	10.31	10.72	10.86	10.85	10.80	10.72	10.53	9.72	46.8	86.1	94.9	98.7	100.0	99.9	99.5	98.7	96.9	89.5
Som SUWANNARANGSRI FB -1.4	10.68	10.88	55	1.97	3.04	4.01	4.94	5.87	6.78	7.71	8.67	9.64	10.68	5.07	9.33	10.36	10.69	10.85	10.88	10.75	10.49	10.25	9.65	46.6	85.8	95.2	98.3	99.7	100.0	98.8	96.4	94.2	88.7
井盛 雅 FB -1.4	10.69	10.71	45	1.93	2.99	3.97	4.91	5.84	6.78	7.73	8.70	9.68	10.69	5.19	9.42	10.24	10.59	10.71	10.64	10.54	10.35	10.15	9.93	48.4	88.0	95.6	98.9	100.0	99.3	98.4	96.7	94.7	92.7
塚原 直貴 FI 0.8	10.71	10.70	55	1.92	3.01	4.01	4.96	5.89	6.83	7.77	8.72	9.70	10.71	5.22	9.11	10.06	10.53	10.70	10.70	10.65	10.44	10.21	9.94	48.8	85.2	94.0	98.5	100.0	100.0	99.6	97.6	95.4	92.9
石倉 一希 FI 0.8	10.78	10.62	55	1.91	3.00	4.01	4.96	5.91	6.85	7.80	8.76	9.75	10.78	5.24	9.15	9.95	10.43	10.58	10.62	10.55	10.38	10.14	9.69	49.4	86.2	93.8	98.2	99.6	100.0	99.4	97.8	95.5	91.3
朝原 宣治 FI 0.8	10.83	10.68	55	1.95	3.04	4.03	4.98	5.92	6.85	7.80	8.75	9.75	10.83	5.12	9.22	10.08	10.49	10.68	10.68	10.63	10.44	10.01	9.28	48.0	86.3	94.3	98.2	100.0	100.0	99.5	97.7	93.7	86.8

表4. 大阪グランプリで計測した女子100mスピード(m/s)、ラップタイム(S)と最大スピード比(%)
表示はゴールタイム順とした。選手名のFIは決勝。スピードは10mごとのラップタイムからもとめた区間平均スピー
ド。最大スピード出現区間は、前後のラップタイムの中心ポイントで示した。

選手 ラウンド 風速	ゴールタイム 秒	最大スピード m/s	最大スピード出 現区間 m	10 20 30 40 50 60 70 80 90 ゴール																													
				time(s)	speed(m/s)	% max	time(s)	speed(m/s)	% max	time(s)	speed(m/s)	% max	time(s)	speed(m/s)	% max	time(s)	speed(m/s)	% max	time(s)	speed(m/s)	% max												
福島 千里 FI 1.2	11.56	9.84	55	2.06	3.21	4.28	5.33	6.35	7.37	8.39	9.43	10.48	11.56	4.86	8.69	9.28	9.60	9.76	9.84	9.76	9.65	9.47	9.29	49.4	88.3	94.3	97.6	99.2	100.0	99.2	98.0	96.3	94.4
渡辺 真弓 FI 1.2	11.75	9.71	55	2.08	3.26	4.36	5.40	6.43	7.46	8.50	9.57	10.65	11.75	4.80	8.47	9.15	9.55	9.70	9.71	9.62	9.40	9.23	9.09	49.4	87.2	94.2	98.3	99.9	100.0	99.1	96.8	95.0	93.6
信岡 沙希重 FI 1.2	11.76	9.68	45	2.10	3.28	4.36	5.41	6.44	7.48	8.52	9.58	10.66	11.76	4.75	8.48	9.26	9.56	9.68	9.66	9.56	9.43	9.26	9.13	49.1	87.6	95.7	98.8	100.0	99.8	98.7	97.5	95.6	94.3
高橋 萌木子 FI 1.2	11.82	9.75	65	2.19	3.38	4.48	5.53	6.57	7.60	8.62	9.66	10.72	11.82	4.57	8.38	9.14	9.48	9.64	9.71	9.75	9.60	9.44	9.12	46.9	86.0	93.8	97.3	98.9	99.7	100.0	98.5	96.8	93.6
石田 智子 FI 1.2	11.85	9.54	45	2.02	3.19	4.28	5.34	6.39	7.45	8.52	9.61	10.72	11.85	4.96	8.53	9.16	9.40	9.54	9.49	9.32	9.19	9.02	8.82	52.0	89.4	96.0	98.6	100.0	99.5	97.6	96.3	94.5	92.5

表5. 日本選手権で計測して男女の100m決勝レースで測定したラップタイム、スピードと最大スピードに対する比率

男子 (風速-0.2)			item	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
塚原 直貴	10.31	11.20	time(s)	1.95	3.00	3.96	4.88	5.78	6.68	7.57	8.48	9.39	10.31
			speed(m/s)	5.13	9.52	10.40	10.85	11.09	11.20	11.16	11.07	10.95	10.86
			% max	45.8	85.0	92.9	96.9	99.0	100.0	99.6	98.8	97.8	97.0
朝原 宣治	10.37	11.13	time(s)	1.93	2.98	3.94	4.85	5.76	6.65	7.56	8.47	9.41	10.37
			speed(m/s)	5.19	9.50	10.46	10.89	11.08	11.13	11.08	10.90	10.72	10.39
			% max	46.6	85.4	94.0	97.8	99.6	100.0	99.6	97.9	96.3	93.4
木村 慎太郎	10.48	10.93	time(s)	1.92	2.96	3.92	4.85	5.77	6.68	7.61	8.54	9.50	10.48
			speed(m/s)	5.20	9.61	10.45	10.76	10.91	10.93	10.83	10.65	10.46	10.21
			% max	47.6	87.9	95.6	98.4	99.8	100.0	99.1	97.4	95.7	93.4
小島 茂之	10.52	10.94	time(s)	1.94	3.01	3.98	4.91	5.83	6.74	7.66	8.60	9.55	10.52
			speed(m/s)	5.15	9.34	10.31	10.72	10.90	10.94	10.87	10.68	10.52	10.32
			% max	47.1	85.4	94.2	98.0	99.6	100.0	99.4	97.6	96.2	94.3

女子 (風速+0.4)			item	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
福島 千里	11.48	9.91	time(s)	2.01	3.15	4.20	5.23	6.23	7.25	8.27	9.32	10.39	11.48
			speed(m/s)	4.96	8.84	9.47	9.77	9.91	9.84	9.76	9.59	9.33	9.17
			% max	50.1	89.2	95.6	98.6	100.0	99.3	98.5	96.8	94.1	92.5
石田 智子	11.63	9.77	time(s)	2.01	3.16	4.22	5.25	6.28	7.31	8.35	9.42	10.52	11.63
			speed(m/s)	4.97	8.74	9.41	9.65	9.77	9.73	9.57	9.34	9.12	8.98
			% max	50.9	89.5	96.3	98.8	100.0	99.6	98.0	95.6	93.3	91.9
渡辺 真弓	11.78	9.63	time(s)	2.09	3.25	4.33	5.38	6.42	7.46	8.51	9.58	10.67	11.78
			speed(m/s)	4.79	8.58	9.26	9.57	9.63	9.60	9.50	9.35	9.21	8.98
			% max	49.7	89.1	96.2	99.4	100.0	99.7	98.7	97.1	95.6	93.3
北風 沙織	11.90	9.59	time(s)	2.03	3.20	4.29	5.35	6.39	7.44	8.51	9.61	10.74	11.90
			speed(m/s)	4.92	8.54	9.24	9.45	9.59	9.48	9.34	9.11	8.86	8.61
			% max	51.3	89.1	96.4	98.5	100.0	98.9	97.4	95.0	92.4	89.8

表6. 南部記念の男女100mレースのゴールタイム、最大スピード、スピード通減率、10mごとのラップタイム、区間スピード、%最大スピード
名前のあとのFIは決勝、R1は予選を、最後の数値はレース中の風速である。

name	round	wind	goal time	max speed	% speed decrement	item	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
男																
朝原 宣治	FI	1.5	10.36	11.25	6.2	time(s)	1.97	3.03	3.98	4.90	5.80	6.68	7.58	8.49	9.41	10.36
						speed(m/s)	5.08	9.43	10.50	10.90	11.13	11.25	11.19	11.02	10.78	10.56
						% max	45.2	83.8	93.3	96.9	98.9	100.0	99.4	98.0	95.8	93.8
高平 慎士	FI	1.5	10.37	11.18	5.3	time(s)	1.98	3.01	3.96	4.88	5.77	6.67	7.57	8.49	9.42	10.37
						speed(m/s)	5.06	9.67	10.53	10.91	11.14	11.18	11.05	10.87	10.74	10.58
						% max	45.2	86.6	94.3	97.7	99.7	100.0	98.9	97.3	96.1	94.7
朝原 宣治	R1	0.5	10.40	11.18	5.9	time(s)	1.98	3.04	4.01	4.93	5.83	6.73	7.63	8.53	9.45	10.40
						speed(m/s)	5.04	9.43	10.40	10.86	11.08	11.07	11.18	11.11	10.82	10.52
						% max	45.1	84.3	93.0	97.1	99.1	99.0	100.0	99.4	96.8	94.1
齋藤 仁志	R1	0.5	10.42	11.09	5.1	time(s)	1.96	3.01	3.98	4.91	5.81	6.72	7.62	8.54	9.47	10.42
						speed(m/s)	5.11	9.47	10.34	10.79	11.02	11.09	11.01	10.90	10.77	10.53
						% max	46.1	85.4	93.3	97.4	99.4	100.0	99.3	98.3	97.2	94.9
高平 慎士	R1	1.9	10.43	11.17	5.5	time(s)	2.01	3.07	4.03	4.96	5.86	6.76	7.66	8.56	9.48	10.43
						speed(m/s)	4.97	9.44	10.39	10.81	11.05	11.17	11.15	11.04	10.86	10.56
						% max	44.5	84.5	93.0	96.7	98.9	100.0	99.8	98.8	97.3	94.5
女																
福島 千里	FI	1.5	11.49	9.98	8.4	time(s)	2.06	3.20	4.24	5.25	6.25	7.26	8.28	9.32	10.40	11.49
						speed(m/s)	4.85	8.83	9.59	9.85	9.98	9.96	9.81	9.55	9.33	9.15
						% max	48.5	88.5	96.1	98.7	100.0	99.7	98.2	95.7	93.5	91.6
高橋 萌木子	FI	1.5	11.55	9.99	5.9	time(s)	2.14	3.31	4.37	5.40	6.40	7.40	8.41	9.44	10.49	11.55
						speed(m/s)	4.66	8.60	9.39	9.76	9.95	9.99	9.91	9.70	9.60	9.39
						% max	46.7	86.1	94.0	97.7	99.7	100.0	99.2	97.1	96.2	94.1
福島 千里	R1	1.1	11.56	9.82	5.8	time(s)	2.07	3.22	4.28	5.32	6.35	7.37	8.39	9.42	10.48	11.56
						speed(m/s)	4.83	8.72	9.38	9.63	9.73	9.82	9.78	9.66	9.49	9.25
						% max	49.2	88.8	95.5	98.1	99.1	100.0	99.6	98.4	96.6	94.2
高橋 萌木子	R1	1.1	11.64	9.82	4.7	time(s)	2.13	3.31	4.39	5.43	6.46	7.48	8.50	9.53	10.57	11.64
						speed(m/s)	4.70	8.42	9.29	9.64	9.70	9.82	9.78	9.70	9.61	9.36
						% max	47.9	85.7	94.5	98.2	98.8	100.0	99.5	98.8	97.9	95.3
信岡 沙希重	R1	1.7	11.73	9.71	5.0	time(s)	2.13	3.30	4.38	5.43	6.46	7.49	8.53	9.58	10.65	11.73
						speed(m/s)	4.70	8.52	9.27	9.53	9.71	9.70	9.62	9.51	9.38	9.23
						% max	48.3	87.7	95.4	98.2	100.0	99.9	99.1	97.9	96.6	95.0
石田 智子	R1	1.7	11.78	9.62	6.8	time(s)	2.09	3.25	4.32	5.38	6.42	7.46	8.51	9.57	10.66	11.78
						speed(m/s)	4.78	8.65	9.29	9.47	9.58	9.62	9.55	9.40	9.18	8.96
						% max	49.7	89.9	96.6	98.5	99.6	100.0	99.3	97.7	95.5	93.2
瀬戸口 渚	FI	0.5	11.93	9.54	8.9	time(s)	2.09	3.26	4.34	5.40	6.44	7.50	8.57	9.66	10.78	11.93
						speed(m/s)	4.79	8.52	9.23	9.51	9.54	9.47	9.33	9.15	8.97	8.69
						% max	50.2	89.4	96.8	99.7	100.0	99.3	97.9	95.9	94.1	91.1
長倉 由佳	FI	0.5	12.16	9.35	6.4	time(s)	2.17	3.38	4.50	5.57	6.64	7.72	8.81	9.91	11.02	12.16
						speed(m/s)	4.62	8.23	8.97	9.30	9.35	9.28	9.15	9.14	9.00	8.75
						% max	49.4	88.1	96.0	99.5	100.0	99.3	97.9	97.8	96.2	93.6

表7. スーパー陸上の男女100mレースにおけるゴールタイム、最大スピード、スピード逓減率、10mごとのラップタイム、区間スピード、%最大スピード

男子100m決勝(風速-0.4m/s)

氏名	ゴールタイム	最大スピード	出現区間	スピード逓減率											
					10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
朝原 宣治	10.37	11.14	55	5.1	time(s)	1.97	3.02	3.98	4.89	5.8	6.69	7.59	8.5	9.42	10.37
					speed(m/s)	5.07	9.52	10.47	10.9	11.08	11.14	11.11	11.01	10.85	10.58
					% max	45.5	85.4	94	97.8	99.4	100	99.7	98.8	97.4	94.9
塚原 直貴	10.39	11.12	65	4.5	time(s)	1.99	3.04	3.99	4.91	5.82	6.72	7.62	8.53	9.45	10.39
					speed(m/s)	5.02	9.58	10.44	10.89	11.06	11.12	11.12	10.96	10.87	10.62
					% max	45.1	86.1	93.8	97.9	99.4	100	100	98.5	97.7	95.5
末續 慎吾	10.43	11.10	55	6.4	time(s)	1.98	3.04	4	4.93	5.83	6.73	7.63	8.55	9.47	10.43
					speed(m/s)	5.06	9.43	10.39	10.8	11.08	11.1	11.05	10.98	10.84	10.39
					% max	45.6	84.9	93.6	97.3	99.8	100	99.5	98.9	97.6	93.6
高平 慎士	10.52	10.98	55	6.1	time(s)	2.01	3.06	4.02	4.94	5.86	6.77	7.68	8.61	9.55	10.52
					speed(m/s)	4.99	9.49	10.43	10.83	10.93	10.98	10.91	10.79	10.63	10.32
					% max	45.4	86.4	94.9	98.6	99.5	100	99.3	98.2	96.8	93.9

女子100m決勝(風速-0.6m/s)

氏名	ゴールタイム	最大スピード	出現区間	スピード逓減率											
					10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
福島 千里	11.70	9.69	45	6.9	time(s)	2.04	3.21	4.28	5.32	6.35	7.39	8.44	9.5	10.59	11.7
					speed(m/s)	4.89	8.59	9.32	9.61	9.69	9.65	9.53	9.4	9.18	9.03
					% max	50.5	88.6	96.2	99.1	100	99.5	98.3	97	94.7	93.1
DAVIS, Candice	11.89	9.58	45	5.5	time(s)	2.11	3.3	4.39	5.45	6.49	7.54	8.61	9.69	10.79	11.89
					speed(m/s)	4.74	8.38	9.18	9.45	9.58	9.52	9.36	9.26	9.14	9.05
					% max	49.5	87.5	95.9	98.7	100	99.5	97.8	96.8	95.4	94.5
CHERRY, Damu	11.90	9.58	45	7.3	time(s)	2.12	3.29	4.36	5.41	6.45	7.51	8.57	9.66	10.77	11.9
					speed(m/s)	4.71	8.6	9.34	9.54	9.58	9.47	9.36	9.2	8.99	8.88
					% max	49.2	89.8	97.5	99.6	100	98.9	97.8	96	93.9	92.7
石田 智子	11.99	9.46	45	6.4	time(s)	2.15	3.32	4.41	5.47	6.53	7.59	8.66	9.76	10.86	11.99
					speed(m/s)	4.66	8.53	9.18	9.36	9.46	9.42	9.34	9.16	9.04	8.86
					% max	49.3	90.2	97	99	100	99.6	98.7	96.9	95.6	93.6

表8. 織田記念で計測してハードルにおけるハードル間のスピード(m/s)、ラップタイム(S)と最大スピード比(%)

上段が男子110mH, 下段が女子100mHである。表示はゴールタイム順とした。選手名の次のHEは予選、FIは決勝。スピードは10mごとのラップタイムからもとめた区間平均スピード。ラップタイムは選手の背部がハードルの真上を通過したタイムである。なお、女子100mハードル池田選手の予選については、ゴール途中までのハードル間スピードのみとした。

男子110mH

選手	ラウンド	風速	ゴールタイム	最大スピード												
					秒	m/s	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
田野中 輔 FI 1.6			13.62	8.75	time(s)	2.4	3.47	4.52	5.57	6.63	7.69	8.75	9.84	10.93	12.02	13.62
					speed(m/s)	5.72	8.53	8.69	8.73	8.63	8.58	8.6	8.43	8.41	8.37	8.75
					% max	65.4	97.4	99.3	99.7	98.6	98.1	98.3	96.3	96.1	95.6	100
田野中 輔 HE 1.3			13.67	8.78	time(s)	2.43	3.51	4.56	5.61	6.65	7.71	8.77	9.86	10.95	12.04	13.67
					speed(m/s)	5.65	8.45	8.67	8.78	8.72	8.68	8.62	8.38	8.39	8.4	8.58
					% max	64.4	96.3	98.8	100	99.3	98.9	98.3	95.5	95.6	95.7	97.7
大橋 祐二 FI 1.6			13.73	8.73	time(s)	2.45	3.53	4.59	5.64	6.69	7.74	8.8	9.89	10.98	12.09	13.73
					speed(m/s)	5.6	8.45	8.61	8.73	8.7	8.68	8.61	8.42	8.41	8.2	8.56
					% max	64.2	96.9	98.7	100	99.7	99.5	98.7	96.5	96.3	93.9	98.1
大橋 祐二 HE 0.1			13.79	8.78	time(s)	2.48	3.57	4.62	5.67	6.72	7.76	8.85	9.95	11.04	12.14	13.79
					speed(m/s)	5.53	8.43	8.65	8.72	8.74	8.78	8.39	8.31	8.4	8.3	8.48
					% max	63	96	98.5	99.3	99.5	100	95.6	94.7	95.7	94.5	96.6
野元 秀樹 HE 0.1			14.04	8.58	time(s)	2.49	3.6	4.67	5.73	6.81	7.9	8.99	10.1	11.22	12.35	14.04
					speed(m/s)	5.5	8.29	8.51	8.58	8.5	8.4	8.37	8.22	8.18	8.12	8.27
					% max	64.2	96.7	99.3	100	99.1	98	97.6	95.9	95.4	94.7	96.5

女子100mH

選手	ラウンド	風速	ゴールタイム	最大スピード												
					秒	m/s	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
池田 久美子 FI -0.1			13.36	8.19	time(s)	2.48	3.57	4.62	5.67	6.71	7.75	8.8	9.86	10.94	12.04	13.36
					speed(m/s)	5.24	7.83	8.02	8.11	8.19	8.18	8.11	7.99	7.89	7.74	7.93
					% max	64	95.6	97.9	99	100	99.8	99	97.5	96.3	94.5	96.7
寺田 明日香 FI -0.1			13.46	8.09	time(s)	2.5	3.6	4.68	5.73	6.78	7.84	8.9	9.96	11.05	12.14	13.46
					speed(m/s)	5.21	7.7	7.9	8.09	8.09	8.04	8.03	7.95	7.84	7.79	7.96
					% max	64.4	95.2	97.6	100	100	99.4	99.3	98.3	96.9	96.3	98.4
川松 愛美 FI -0.9			14.15	7.71	time(s)	2.57	3.72	4.84	5.94	7.05	8.17	9.3	10.44	11.59	12.75	14.15
					speed(m/s)	5.06	7.42	7.57	7.71	7.69	7.59	7.5	7.48	7.38	7.33	7.49
					% max	65.6	96.3	98.2	100	99.8	98.4	97.4	97	95.8	95.1	97.1
池田 久美子 HE(途中転倒)					speed(m/s)	4.63	7.94	8.18	8.31	8.34	8.32	8.27	8.07			

表9. 日本選手権で男110ハードル、女子100ハードルの決勝レースで測定したラップタイム、スピードと最大スピードに対する比率

男子110mハードル(風速-0.2m/s)

name	goal time	max speed	item	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	goal
内藤 真人	13.66	8.89	time(s)	2.41	3.49	4.53	5.57	6.60	7.64	8.69	9.75	10.85	11.96	13.66
			speed(m/s)	5.70	8.47	8.74	8.82	8.89	8.79	8.73	8.55	8.34	8.22	8.26
			% max	64.1	95.3	98.3	99.2	100.0	98.9	98.2	96.2	93.8	92.5	92.9
田野中 輔	13.73	8.66	time(s)	2.43	3.51	4.57	5.63	6.68	7.75	8.81	9.90	10.98	12.09	13.73
			speed(m/s)	5.64	8.45	8.66	8.64	8.65	8.57	8.60	8.41	8.43	8.30	8.53
			% max	65.1	97.6	100.0	99.8	99.9	99.0	99.3	97.1	97.3	95.8	98.5
大橋 祐二	13.83	8.65	time(s)	2.42	3.51	4.57	5.65	6.71	7.77	8.84	9.92	11.01	12.12	13.83
			speed(m/s)	5.67	8.37	8.65	8.49	8.63	8.55	8.56	8.44	8.43	8.25	8.18
			% max	65.5	96.8	100.0	98.2	99.8	98.8	99.0	97.6	97.5	95.4	94.6

女子100mハードル(風速-1.5m/s)

name	goal time	max speed	item	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	goal
寺田 明日香	13.51	8.13	time(s)	2.48	3.57	4.64	5.69	6.75	7.79	8.85	9.92	11.00	12.13	13.51
			speed(m/s)	5.25	7.80	7.90	8.10	8.05	8.13	8.04	7.96	7.85	7.56	7.59
			% max	64.6	95.9	97.2	99.6	99.0	100.0	98.9	97.9	96.6	93.0	93.4
城下 麗奈	13.53	8.08	time(s)	2.46	3.54	4.62	5.68	6.74	7.80	8.87	9.94	11.04	12.13	13.53
			speed(m/s)	5.28	7.87	7.93	7.97	8.00	8.08	7.93	7.91	7.75	7.78	7.51
			% max	65.3	97.4	98.1	98.6	99.0	100.0	98.1	97.9	95.9	96.3	92.9
石野 真美	13.59	8.09	time(s)	2.53	3.63	4.70	5.77	6.82	7.87	8.94	10.01	11.11	12.22	13.59
			speed(m/s)	5.14	7.75	7.90	7.97	8.09	8.06	7.99	7.93	7.76	7.60	7.69
			% max	63.5	95.8	97.7	98.5	100.0	99.6	98.8	98.0	95.9	93.9	95.1
熊谷 史子	13.72	7.91	time(s)	2.50	3.61	4.70	5.78	6.86	7.93	9.02	10.12	11.24	12.36	13.72
			speed(m/s)	5.21	7.65	7.79	7.86	7.90	7.91	7.78	7.76	7.57	7.59	7.73
			% max	65.9	96.7	98.5	99.4	99.9	100.0	98.4	98.1	95.7	96.0	97.7

表10. 南部記念のハードル競技におけるゴールタイム、最大スピードおよびハードル通過タイム、ハードル間スピードおよび%最大スピード

name	round	wind	goal time	max speed	item	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Goal
男																
田野中 輔	FI	0.5	13.64	8.77	time(s)	2.44	3.52	4.57	5.62	6.67	7.74	8.81	9.88	10.95	12.04	13.64
					speed(m/s)	5.62	8.49	8.70	8.69	8.75	8.50	8.58	8.54	8.49	8.41	8.77
					% max	64.1	96.8	99.2	99.1	99.8	96.9	97.8	97.4	96.8	95.9	100.0
大橋 祐二	FI	0.5	13.73	8.80	time(s)	2.47	3.55	4.60	5.64	6.70	7.74	8.80	9.86	10.96	12.07	13.73
					speed(m/s)	5.55	8.47	8.68	8.80	8.64	8.75	8.68	8.58	8.34	8.19	8.47
					% max	63.1	96.3	98.6	100.0	98.2	99.4	98.6	97.5	94.8	93.1	96.3
大橋 祐二	R1	2.0	13.67	8.90	time(s)	2.44	3.51	4.55	5.57	6.63	7.72	8.78	9.84	10.92	12.03	13.67
					speed(m/s)	5.62	8.56	8.82	8.90	8.64	8.41	8.61	8.62	8.46	8.21	8.57
					% max	63.1	96.2	99.1	100.0	97.1	94.5	96.7	96.9	95.1	92.2	96.3
田野中 輔	R1	2.0	13.72	8.76	time(s)	2.45	3.52	4.58	5.62	6.69	7.78	8.83	9.91	11.00	12.10	13.72
					speed(m/s)	5.60	8.52	8.67	8.76	8.57	8.37	8.65	8.48	8.38	8.32	8.66
					% max	63.9	97.3	99.0	100.0	97.8	95.5	98.7	96.8	95.7	95.0	98.9
李 政俊	R1	0.2	13.89	8.68	time(s)	2.52	3.61	4.67	5.73	6.78	7.84	8.92	10.01	11.09	12.21	13.89
					speed(m/s)	5.45	8.36	8.61	8.67	8.68	8.61	8.48	8.36	8.49	8.15	8.35
					% max	62.8	96.3	99.2	99.9	100.0	99.2	97.7	96.3	97.8	93.9	96.2
八幡 賢司	R1	0.2	14.67	8.44	time(s)	2.56	3.67	4.76	5.84	6.93	8.09	9.31	10.51	11.70	12.89	14.67
					speed(m/s)	5.37	8.20	8.41	8.44	8.35	7.88	7.49	7.67	7.67	7.66	7.88
					% max	63.6	97.2	99.6	100.0	98.9	93.4	88.7	90.9	90.9	90.8	93.4
女																
石野 真美	FI	1.8	13.39	8.23	time(s)	2.60	3.67	4.71	5.75	6.78	7.81	8.86	9.91	10.97	12.06	13.39
					speed(m/s)	5.00	7.90	8.19	8.21	8.22	8.23	8.15	8.07	8.00	7.82	7.90
					% max	60.8	96.0	99.5	99.8	99.9	100.0	99.0	98.1	97.2	95.0	96.0
熊谷 史子	SF	1.8	13.58	8.11	time(s)	2.58	3.69	4.77	5.83	6.88	7.93	8.98	10.05	11.14	12.25	13.58
					speed(m/s)	5.04	7.65	7.88	7.98	8.11	8.09	8.07	7.99	7.79	7.68	7.87
					% max	62.1	94.3	97.2	98.4	100.0	99.8	99.5	98.5	96.1	94.7	97.0

表 11. スーパー陸上の男子 110mH、女子 100 m H レースにおけるゴールタイム、最大スピード、1 台ごとのラップタイム、ハードル間スピード、%最大スピード

男子110H決勝(風速-0.7m/s)

name	goal time	max speed	item	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	goal
LEE, Jung-Joon	13.71	8.82	time(s)	2.48	3.57	4.65	5.71	6.78	7.83	8.87	9.95	11.03	12.10	13.71
			speed(m/s)	5.53	8.41	8.47	8.62	8.55	8.69	8.82	8.44	8.49	8.54	8.69
			% max	62.7	95.4	96.0	97.7	97.0	98.6	100.0	95.7	96.3	96.9	98.6
HERRING, Aubrey	13.77	8.94	time(s)	2.45	3.54	4.60	5.64	6.66	7.74	8.81	9.89	10.98	12.12	13.77
			speed(m/s)	5.59	8.38	8.63	8.79	8.94	8.47	8.59	8.47	8.39	7.98	8.50
			% max	62.5	93.8	96.6	98.4	100.0	94.7	96.1	94.8	93.8	89.3	95.1
田野中 輔	13.88	8.58	time(s)	2.44	3.52	4.59	5.66	6.73	7.80	8.89	9.99	11.10	12.20	13.88
			speed(m/s)	5.63	8.41	8.55	8.58	8.55	8.52	8.40	8.29	8.23	8.27	8.37
			% max	65.6	98.0	99.7	100.0	99.6	99.3	97.9	96.6	95.9	96.4	97.5
青木 悠人	14.16	8.64	time(s)	2.59	3.69	4.75	5.83	6.89	8.00	9.07	10.22	11.31	12.43	14.16
			speed(m/s)	5.30	8.30	8.57	8.50	8.64	8.21	8.54	7.98	8.34	8.19	8.09
			% max	61.4	96.1	99.2	98.3	100.0	95.0	98.8	92.4	96.4	94.8	93.6

女子100H決勝(風速0.1m/s)

name	goal time	max speed	item	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	goal
CHERRY, Damu	13.07	8.45	time(s)	2.48	3.55	4.59	5.61	6.62	7.63	8.64	9.68	10.71	11.78	13.07
			speed(m/s)	5.24	7.97	8.17	8.33	8.45	8.43	8.36	8.19	8.29	7.91	8.14
			% max	62.0	94.3	96.7	98.6	100.0	99.8	99.0	97.0	98.1	93.6	96.4
DAVIS, Candice	13.13	8.48	time(s)	2.57	3.62	4.63	5.63	6.63	7.66	8.69	9.72	10.77	11.84	13.13
			speed(m/s)	5.05	8.14	8.43	8.46	8.48	8.29	8.25	8.25	8.12	7.94	8.12
			% max	59.6	96.0	99.4	99.7	100.0	97.7	97.3	97.4	95.7	93.6	95.7
FOUNTAIN, Hyleas	13.22	8.32	time(s)	2.45	3.52	4.54	5.57	6.59	7.62	8.67	9.73	10.80	11.89	13.22
			speed(m/s)	5.30	7.99	8.27	8.31	8.32	8.26	8.07	8.05	7.93	7.78	7.90
			% max	63.7	96.0	99.4	100.0	100.0	99.3	97.0	96.8	95.3	93.6	94.9
石野 真美	13.28	8.30	time(s)	2.51	3.59	4.62	5.65	6.68	7.71	8.75	9.80	10.87	11.96	13.28
			speed(m/s)	5.18	7.90	8.19	8.28	8.23	8.30	8.12	8.09	7.92	7.84	7.95
			% max	62.4	95.1	98.6	99.7	99.1	100.0	97.8	97.5	95.4	94.4	95.7

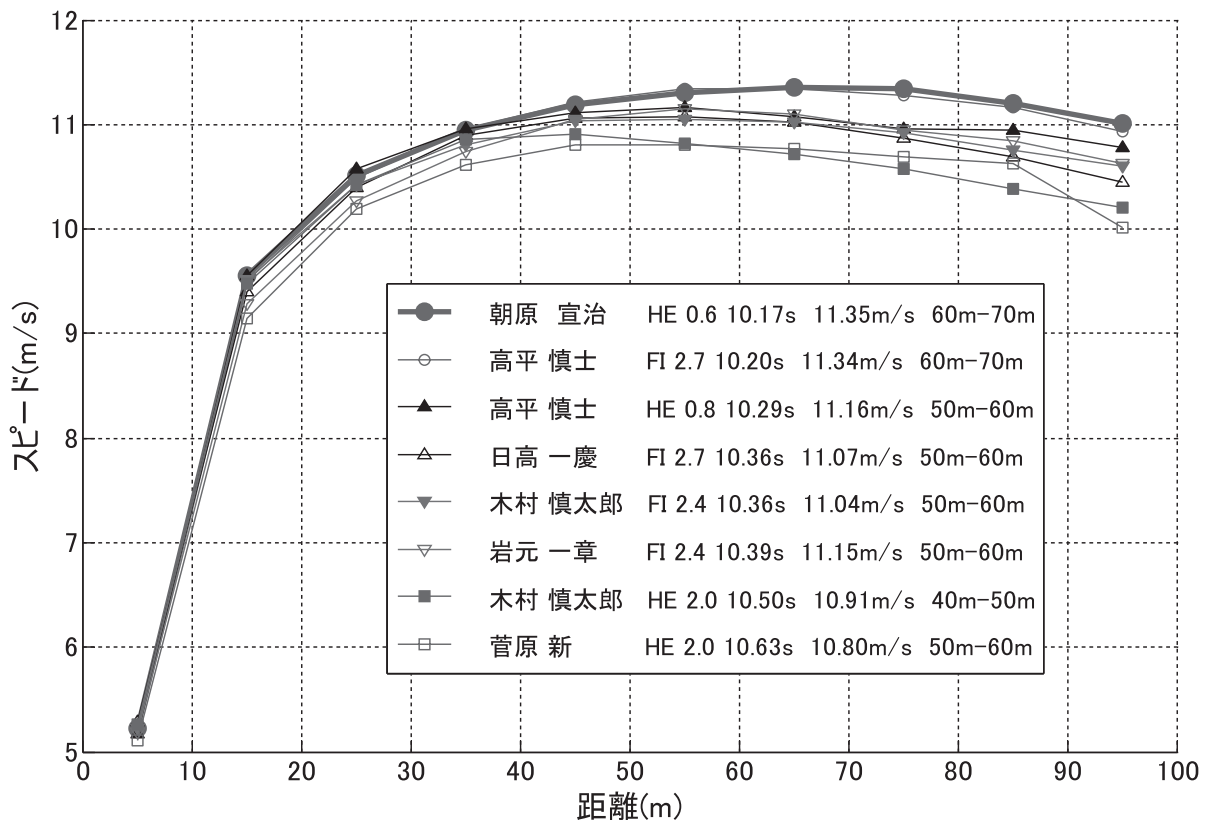


図 1. 織田記念の男子 100 m のスピード曲線

選手名に続いて、ラウンド (HE ; 予戦、FI ; 決勝)、風速、ゴールタイム、最大スピード出現区間を示した。

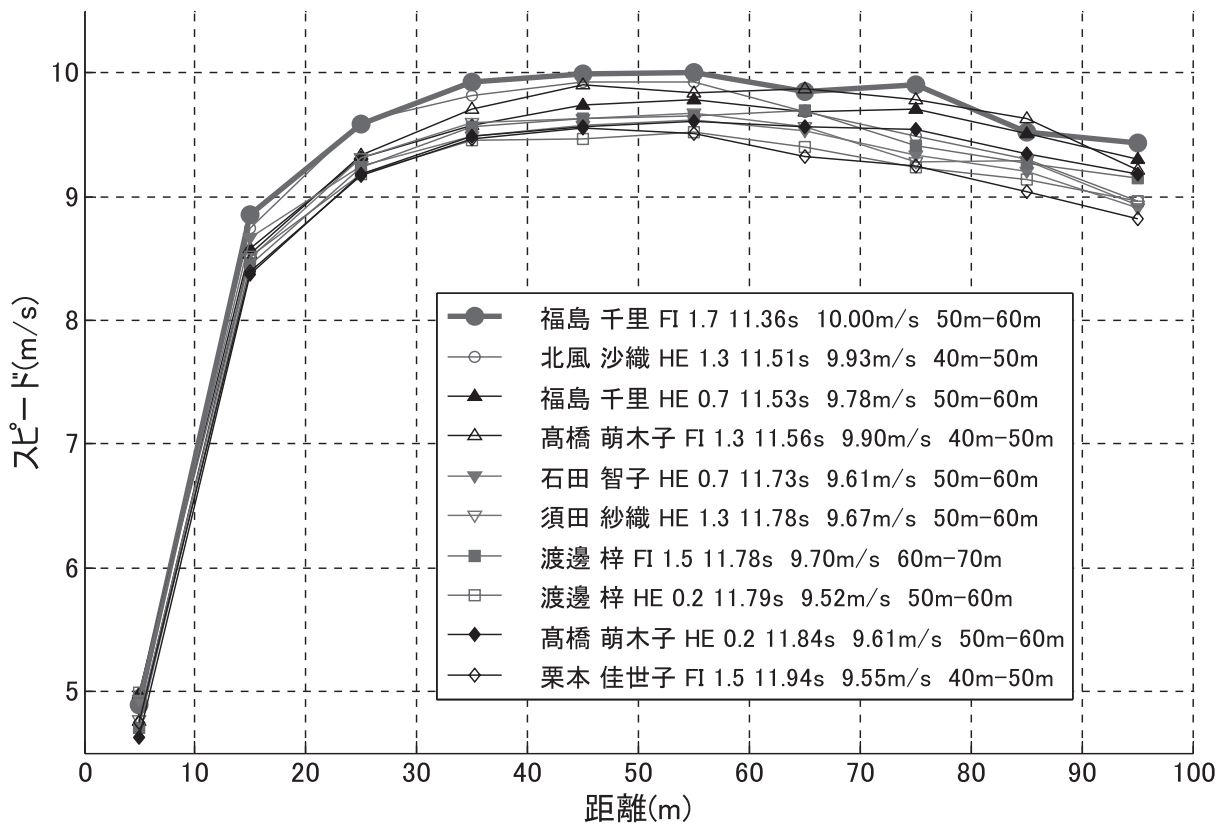


図2. 織田記念の女子100mのスピード曲線

選手名に続いて、ラウンド (HE ; 予戦, FI ; 決勝)、風速、ゴールタイム、最大スピード出現区間を示した。

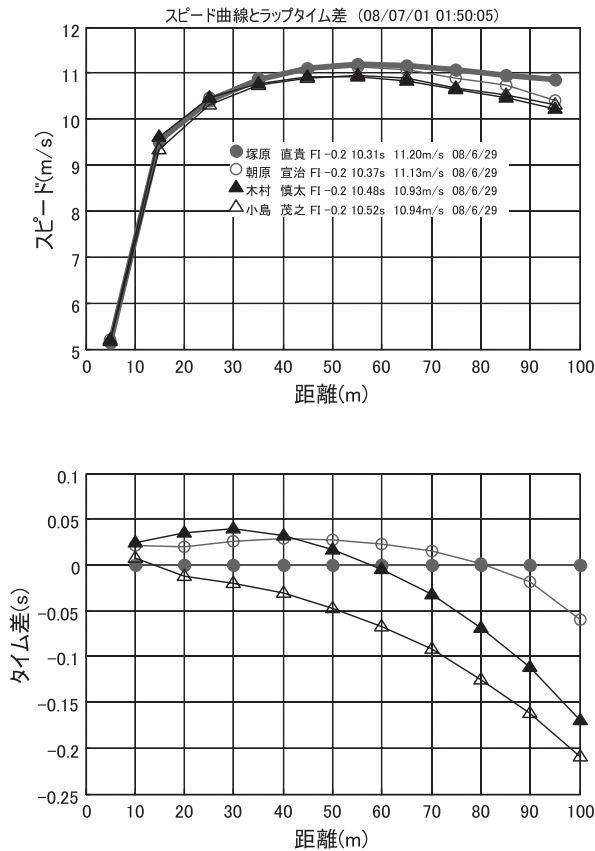


図3. 日本選手権の男子100m決勝における4名のスピード変化とトップ競技者とのラップタイムの差

も高い最大スピードに達した塚原選手が後半に追いつき、引き離していった。スタートからの加速だけではなく、レース中盤での最大スピードの高さが勝敗を決める大きな要因であったことを示すレースであった。

南部陸上のあと、福島選手がオリンピック代表に決定した。そのレースでの最大スピード、30m ラップタイムとスピード逓減率とゴールタイムの関係をみたものを図4に示した。○は04年～08年日本選手権までの100mレースで得られた多くの選手のデータ(224例)の一部である。●は南部記念で計測したデータである。どの項目もほぼ従来のデータの分散の範囲にプロットされた。最大スピードでは1位になった福島選手は9.98m/sであり、高橋選手の9.99m/sとほぼ同じ値であった。30mラップタイムでは両者間に0.13秒の差があり、スピード逓減率は福島選手が8.4%、高橋選手が5.7%であった。最大スピードおよび30mラップタイムとゴールタイムの関係には統計的に有意な相関関係が認められた。

スーパー陸上では朝原選手をはじめとする北京オリンピック3位入賞のリレーメンバー4名が出場した。日本人トップは朝原選手の10.37秒であり、最大スピードは10.14m/sであった。

このレースを含め科学委員会で測定した朝原選手の2004年からの21例レースで、最大スピード、30mラップタイムおよびスピード逓減率とゴールタイムの関係をみたものを図5に示した。それぞれの指標とゴールタイムの相関係数をみると、最大スピードでは $r=0.952$ 、30mのラップタイムでは0.788、スピード逓減率では0.664であり、いずれも統計的に有意であった。図中の世界選手権大阪大会での10.14を○、21例中最も記録がよかった2004年日本選手権予選の10.09秒を□で示した。大阪世界選手権では、1次予選ということもあり、通過が確認できてから、スピードを落とすような走りであったため、スピード逓減率が大きくなっている。しかしながら30mのラップタイムが10.09秒のときとほぼ同じ水準であるが、最大スピードでは0.1m/s以上の差があった。最大スピードの差は30m以降の加速に差があったのだろう。個人内でみても、ゴールタイムと最も密接な関係だったのは、最大スピード、ついで30mラップタイムであり、もっとも関連性が低かったのはスピード逓減率であった。これらのことから、個人内で比較してみても、最大スピードは100mのゴールタイムを決定する主な要因であるといえよう。

北京オリンピックでは、ジャマイカのボルトが100mでは9.69秒、200mでも19.30秒と両種目で驚異的な世界記録で優勝した。ボルトの10m毎のラップタイムとスピードが大会直後にインターネット(<http://www.sportsscientists.com/search/label/Sprinting>)で発表されていた。それによると10mの通過タイムの最も短いタイムは0.82秒、このときのスピードは12.20m/sであった。科学委員会で04年からレーザー方式の測定装置による男女100mレース分析結果で得られた最大スピード、30mラップタイムおよびスピード逓減率とゴールタイムの関係を図6に示した。また、前述のボルトのデータも合わせて示した。男子では236例、女子では228例であり、男女ともに最大スピードと30mラップタイムとゴールタイムとはそれぞれに統計的に有意な相関が認められた。スピード逓減率では、男子では有意であったが、女子では有意な関係ではなかった。ボルトの世界記録は最大スピードでみると男子の相関関係のほぼ延長線上にプロットされ、30mラップタイムは最も速いタイムであるが、スピード逓減率は9%であった。これらのことからボルトの特徴は12.20m/sという高いスピードとともに30mラップタイムでも速いことが驚異的なタイムの要因といえよう。

男子110mハードルと女子100mハードル

ハードル競技では、選手の背部がハードル位置を通過するタイムを算出した。したがってタッチダウンタイムとは異なることがあることに注意が必要である。

織田記念、日本選手権、南部記念、スーパー陸上でのハードル通過タイム、ハードル間スピード、最大スピードの出現区間を表8～11に示した。日本選手権の決勝におけるスピードの変化をみたものが図7と図8である。男子110Hでは1位の内藤真人選手が13.66秒であり、スピード変化を見ると、5台目まで加速傾向がみられ、8.89m/sに達していた。陸連科学委員会で測定した最も速い記録はLuiの13.14秒(07年大阪グランプリ、風速+0.8m/s)であるが、最大スピードが9.26m/s(松尾ら、2008)であり、内藤選手の最大スピードよりも0.38m/s高い値である。このスピードをハードル間のタイムでみると、Luiは0.99秒で、内藤選手は1.13秒であり、最大スピード時にはハードル間で0.14秒の差に相当する。この差でゴールまでいくとすると1.26秒の差となる。実際には、0.52秒の差であるので、

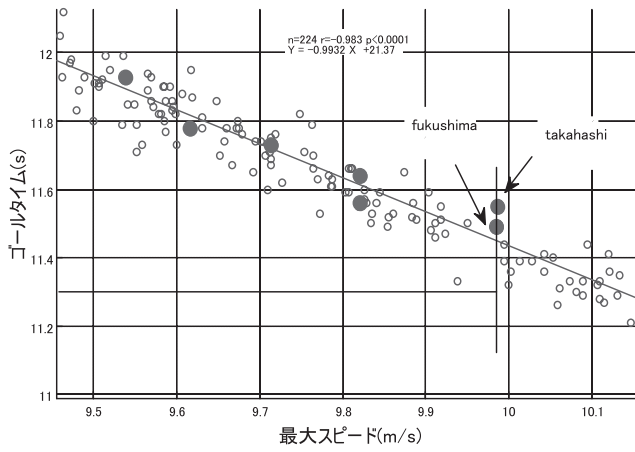


図4. 女子100mにおける最大スピード、30mラップタイムおよびスピード逓減率とゴールタイムの関係

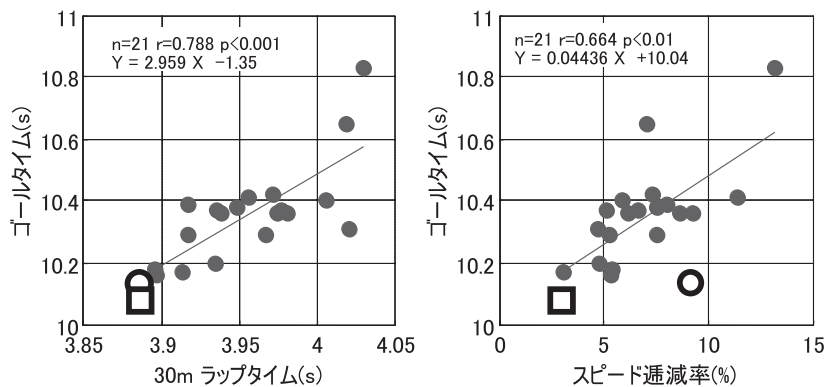
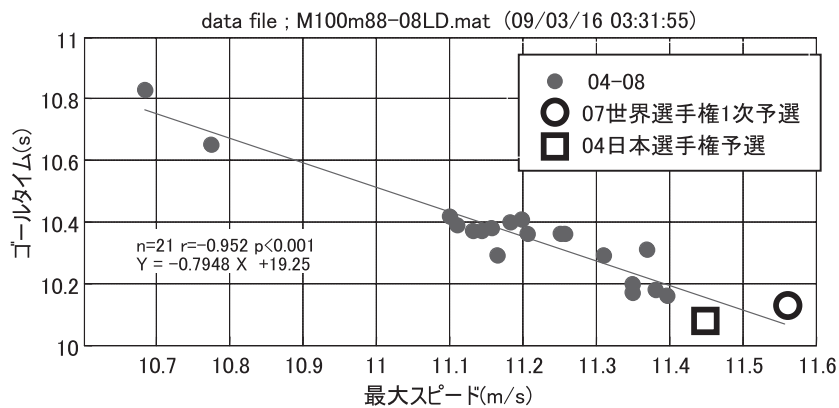
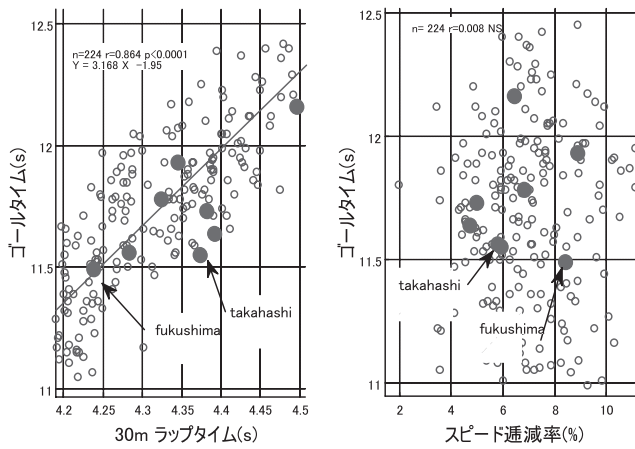


図5. 04年から08年まで科学委員会で計測した朝原選手の100mレースにおける最大スピード、30mラップタイムスピード逓減率とゴールタイムの関係

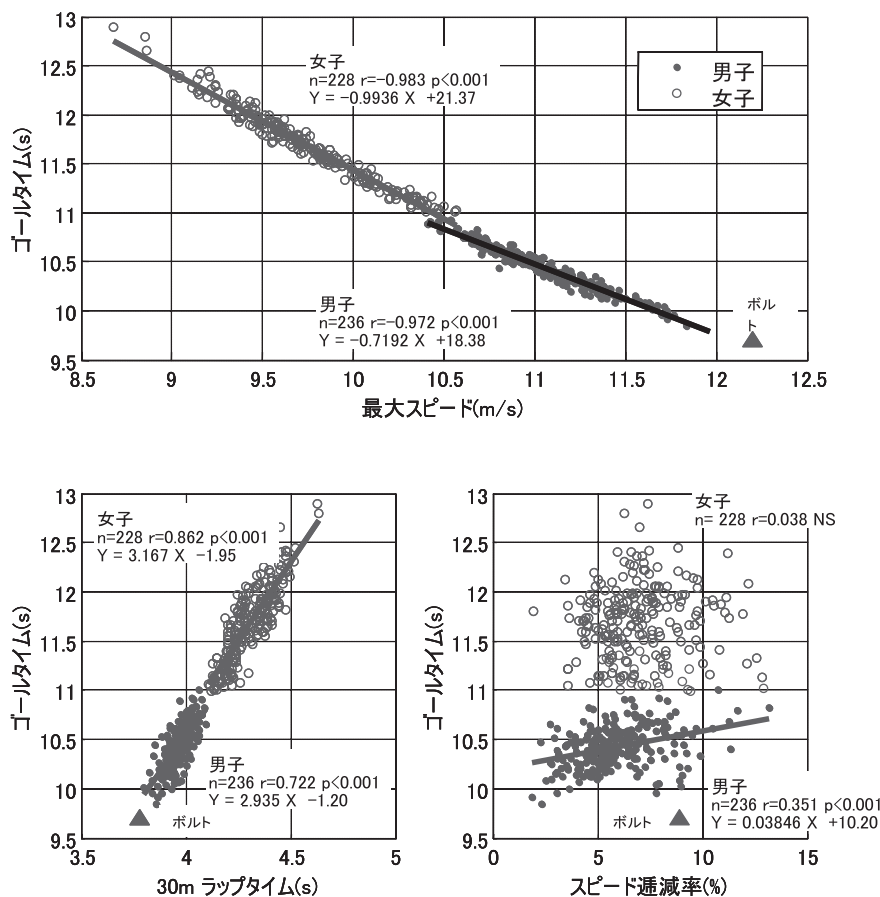


図6. 04年から08年まで科学委員会で計測した男女100mレースにおける最大スピード、30mラップタイム、スピード通減率とゴールタイムの関係

スタート時、あるいはレース後半のスピードの差はこの差よりも少ないものと思われる。

女子では寺田明日香選手が13.51秒（風速-1.5m/s）で1位であった。スピード変化をみると6台目まで加速傾向が見られ、最大値は8.13m/sに達していた。科学委員会で測定した最も速いタイムは07年織田記念でのTrywanskaの12.83秒（風速+1.4m/s）であり、このときの最大スピードは8.66m/sであった。やはり、ハードル間の通過タイムで比較するとTrywanskaは0.98秒に相当するが、寺田選手では1.04秒であり、両者の差は0.06秒である。レース中の風速の差が2.9m/sあるので直接的な比較は難しい。08年に科学委員会で測定した日本人選手で最もよいタイムはスーパー陸上で石野真美選手の13.28秒（風速0.1m/s）であり、最大スピードが8.30m/sである。ハードル間は1.03秒に相当することから、Trywanskaの12.83秒と比較すると0.05秒の差であった。この差がスタートからゴールまでつづくと仮定すると0.45秒の差になり、実際のタイム差0.45秒と等しくなる。風の影響があるとはいえ、最大スピードだけでなく、スタート時およびレース後半でもほぼ同じような差があったと

考えられる。

ハードルでも04年から科学委員会でレーザー方式の装置で測定してきたハードルのスピード分析結果からハードル間の平均スピードがもっとも高いスピードを最大スピードとしてゴールタイムとの関係をみたものを図9に示した。男女ともに最大スピードはゴールタイムと統計的に有意な相関が認められている。これらのことは、ハードル競技でもハードル間のスピードではほぼゴールタイムが決まってくることを示している。

まとめ

織田記念、大阪グランプリ、日本選手権、南部記念、スーパー陸上で、100mでは、男子50例10.17秒～11.01秒、女53例11.36秒～12.36秒、110mハードルでは36例13.62秒～14.67秒、と100mハードルでは32例13.07秒～14.82秒の範囲でデータを収集できた。100mでは10mごとに、ハードルでは、ハードル上の通過タイムを分析し、大会別にラップタイム、区間スピード、最大スピードとその出現区間、100mではスピード通減率を表に示した。ゴー

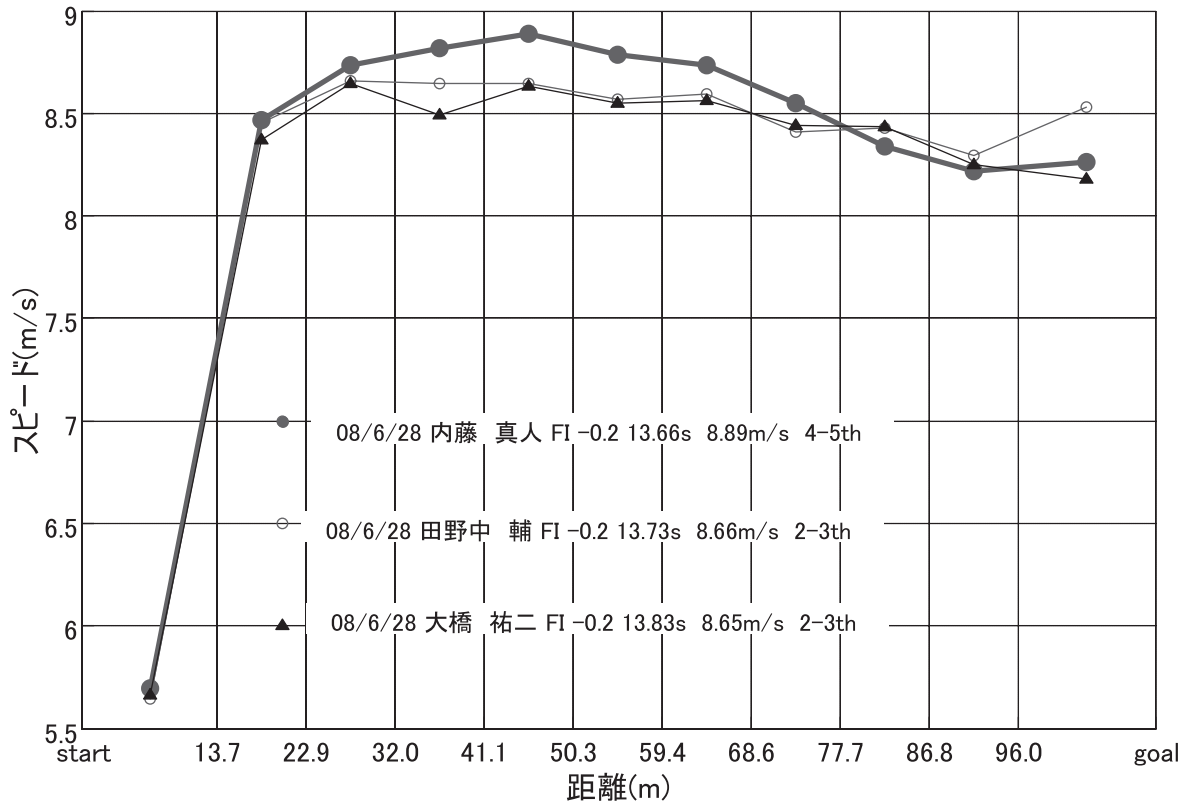


図7. 日本選手権の110mハードル決勝におけるスピード曲線

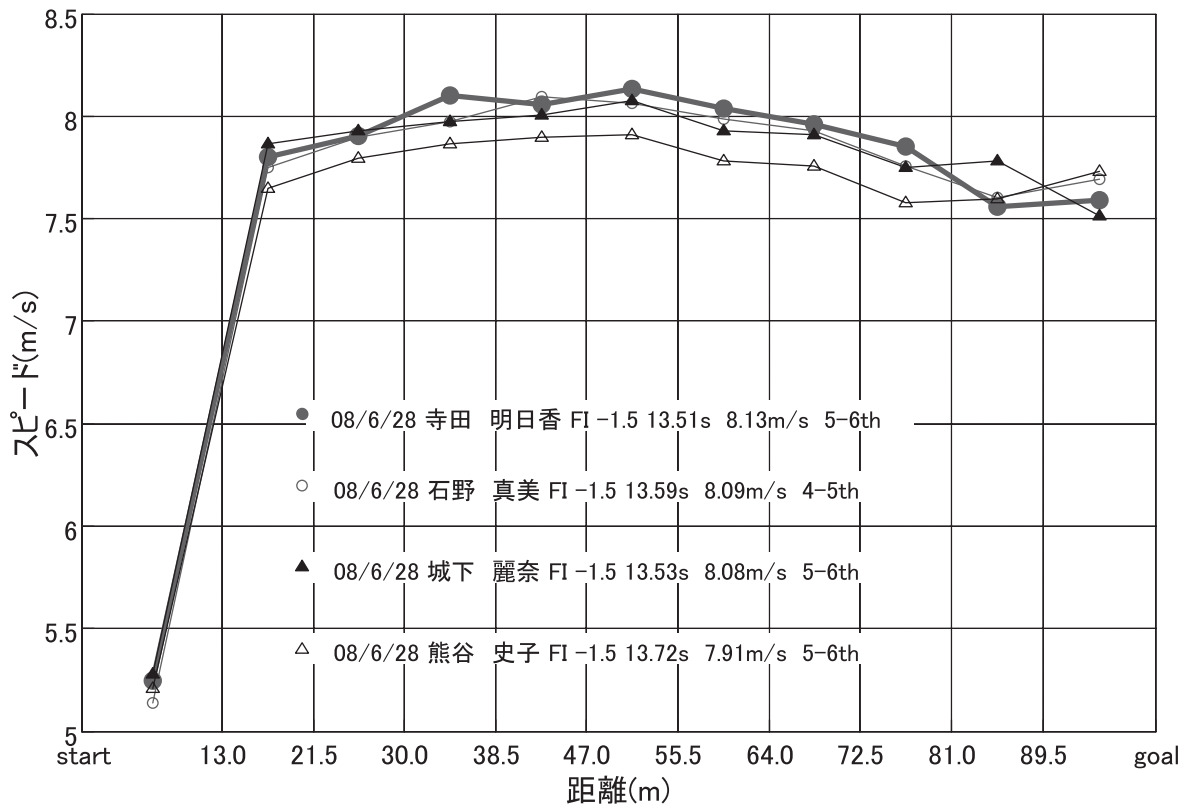


図8. 日本選手権の100mハードル決勝におけるスピード曲線

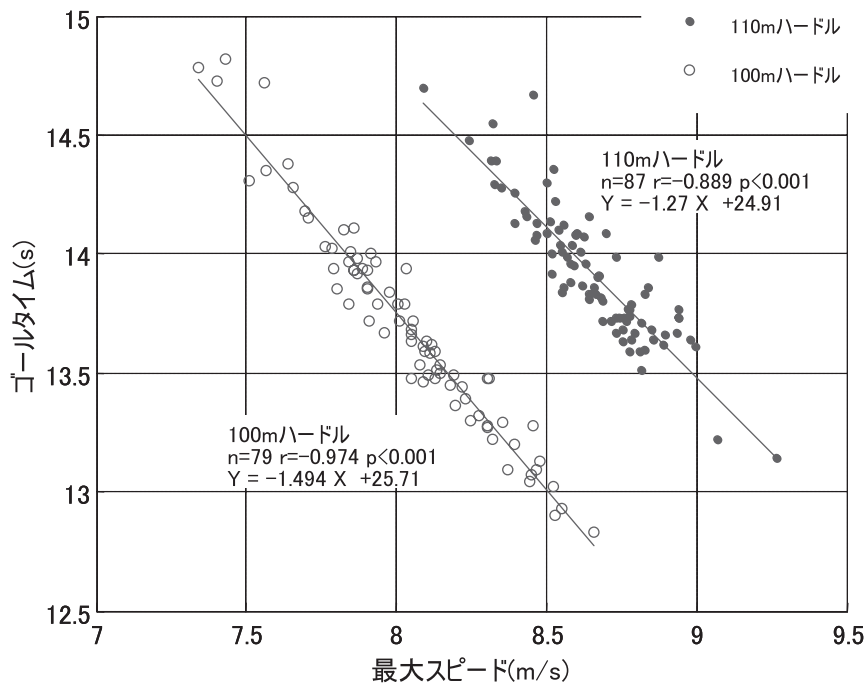


図9. 04年から08年まで科学委員会で計測した110mハードルと100mハードルにおける最大区間スピードとゴールタイムの関係

ルタイムとの関係を見ると、男女100mおよびハードル競技ともに最大スピードとの間には統計的に有意な相関関係が認められた。100mでは男子ではスピード逓減率とゴールタイムとの間には有意な相関関係が認められたが、女子では有意ではなかった。

59-64, 2008

文献

阿江通良, 鈴木美佐緒, 宮西智久, 岡田英孝, 平野敬靖, 世界一流スプリンターの100mレースパターンの分析-男子を中心に-, 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, 14-28, 1994

広川龍太郎, 杉田正明, 松尾彰文, 阿江通良, 金子太郎, 高野進, ”末續慎吾”の100m走中の疾走速度分析, 陸上競技研究紀要, 1, 108-110, 2005

広川龍太郎, 杉田正明, 松尾彰文, 金子太郎, 国内GPにて収集した外国人選手の疾走速度分析, 陸上競技研究紀要, 2, 90-91, 2005

松尾彰文, 広川龍太郎, 杉田正明, 阿江通良, レーザー方式による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

松尾彰文, 広川龍太郎, 柳谷登志雄, 杉田正明, 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, 陸上競技研究紀要, 4,

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⁾ 杉田正明⁴⁾ 阿江通良⁵⁾
1) 国立スポーツ科学センター 2) 東海大学 3) 順天堂大学 4) 三重大学
5) 筑波大学

はじめに

本報告は、2008年に開催された国内主要大会における日本一流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、2008年に行われた国内の主要3大会（静岡国際、国際グランプリ大阪大会、日本選手権）の決勝（男女各3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) 静岡国際陸上（図中は静岡）

成迫健児選手（1位）は、前半かなりの向かい風が吹いていた影響からか、H5通過が21.35秒と自身のレースパターンとしてはやや遅めの通過であった。本来13歩で走るはずのH5-6が14歩になり、48秒台のときには5-6%に抑えられている中盤での速度低下率も7%台であった。

久保倉里美選手（1位）は、第1ハードルに足が合わず、H5通過は日本記録（24.23秒）よりも0.4秒ほど遅かった（24.61秒）。本来17歩で走破するH8以降のインターバルも18歩になり、中-後低下率も9%台と大きかった。

青木沙弥佳選手（2位）は、H5通過が24.91秒、H8通過が40.14秒と、久保倉選手からそれぞれ0.3秒、約0.6秒の差を開けられているが、H8-Fの17.19秒は久保倉選手を上回るものであった。

(2) 国際グランプリ大阪大会（図中は大阪）

成迫選手（1位）は、気温が低く雨降りの悪天にもかかわらず、H5通過が21.11秒と前半から積極的なレースを展開した。中盤から後半にかけてペースを落としたが（前-中低下率は約6.9%、中-後低下率は10.7%）、2位以下に約1秒もの差をつける圧勝レースだった。

表1 静岡国際陸上

氏名	順位	項目	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
成迫 健児	1位	区間時間 (sec)	6.04	3.70	3.82	3.84	3.95	4.27	4.30	4.54	4.64	4.72	5.62
		通過時間 (sec)	6.04	9.74	13.56	17.40	21.35	25.62	29.92	34.46	39.10	43.82	49.44
		区間速度 (m/s)	7.45	9.46	9.16	9.11	8.86	8.20	8.14	7.71	7.54	7.42	7.12
		歩数		13	13	13	13	14	14	15	15	15	
久保倉 里美	1位	区間時間 (sec)	6.61	4.35	4.44	4.52	4.69	4.82	4.97	5.12	5.41	5.57	6.33
		通過時間 (sec)	6.61	10.96	15.40	19.92	24.61	29.43	34.40	39.52	44.93	50.50	56.83
		区間速度 (m/s)	6.81	8.05	7.88	7.74	7.46	7.26	7.04	6.84	6.47	6.28	6.32
		歩数		16	16	16	16	17	17	17	18	18	
青木 沙弥佳	2位	区間時間 (sec)	6.63	4.47	4.52	4.54	4.75	4.95	5.04	5.24	5.32	5.47	6.40
		通過時間 (sec)	6.63	11.10	15.62	20.16	24.91	29.86	34.90	40.14	45.46	50.93	57.33
		区間速度 (m/s)	6.79	7.83	7.74	7.71	7.37	7.07	6.94	6.68	6.58	6.40	6.25
		歩数		16	16	16	16	17	17	17	17	17	

表2 国際グランプリ大阪大会

氏名	順位	項目	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
成迫 健児	1位	区間時間 (sec)	5.97	3.62	3.77	3.80	3.95	4.10	4.35	4.42	4.60	4.79	5.63
		通過時間 (sec)	5.97	9.59	13.36	17.16	21.11	25.21	29.56	33.98	38.58	43.37	49.00
		区間速度 (m/s)	7.54	9.67	9.28	9.21	8.86	8.54	8.05	7.92	7.61	7.31	7.10
		歩数		13	13	13	13	13	14	14	15	15	
久保倉 里美	1位	区間時間 (sec)	6.77	4.46	4.47	4.73	4.75	4.90	5.12	5.21	5.41	5.67	6.34
		通過時間 (sec)	6.77	11.23	15.70	20.43	25.18	30.08	35.20	40.41	45.82	51.49	57.83
		区間速度 (m/s)	6.65	7.85	7.83	7.40	7.37	7.14	6.84	6.72	6.47	6.17	6.31
		歩数		16	16	16	16	17	17	17	18	18	

表3 日本選手権

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 (sec)	5.82	3.67	3.89	3.94	3.99	4.14	4.24	4.44	4.65	4.87	5.52
		通過時間 (sec)	5.82	9.49	13.38	17.32	21.31	25.45	29.69	34.13	38.78	43.65	49.17
		区間速度 (m/s)	7.73	9.54	9.00	8.88	8.77	8.45	8.25	7.88	7.53	7.19	7.25
		歩数		13	13	13	13	14	14	15	15	15	
成迫 健児	2位	区間時間 (sec)	6.02	3.75	3.84	3.85	3.97	4.07	4.34	4.44	4.60	4.84	5.75
		通過時間 (sec)	6.02	9.77	13.61	17.46	21.43	25.50	29.84	34.28	38.88	43.72	49.47
		区間速度 (m/s)	7.48	9.33	9.11	9.09	8.82	8.60	8.06	7.88	7.61	7.23	6.96
		歩数		13	13	13	13	13	14	14	15	15	
小池 崇之	3位	区間時間 (sec)	5.92	3.70	3.82	3.87	4.05	4.20	4.37	4.47	4.67	5.04	5.96
		通過時間 (sec)	5.92	9.62	13.44	17.31	21.36	25.56	29.93	34.40	39.07	44.11	50.07
		区間速度 (m/s)	7.60	9.46	9.16	9.04	8.64	8.33	8.01	7.83	7.49	6.94	6.71
		歩数		14	14	14	14	15	15	15	15	15	
久保倉 里美	1位	区間時間 (sec)	6.56	4.20	4.39	4.49	4.60	4.74	4.87	5.09	5.24	5.51	6.52
		通過時間 (sec)	6.56	10.76	15.15	19.64	24.24	28.98	33.85	38.94	44.18	49.69	56.21
		区間速度 (m/s)	6.86	8.33	7.97	7.80	7.61	7.38	7.19	6.88	6.68	6.35	6.13
		歩数		16	16	16	16	16	17	17	17	17	
青木 沙弥佳	2位	区間時間 (sec)	6.47	4.32	4.50	4.54	4.59	4.87	5.01	5.07	5.27	5.54	6.75
		通過時間 (sec)	6.47	10.79	15.29	19.83	24.42	29.29	34.30	39.37	44.64	50.18	56.93
		区間速度 (m/s)	6.96	8.10	7.78	7.71	7.63	7.19	6.99	6.90	6.64	6.32	5.93
		歩数		16	16	16	16	17	17	17	17	17	

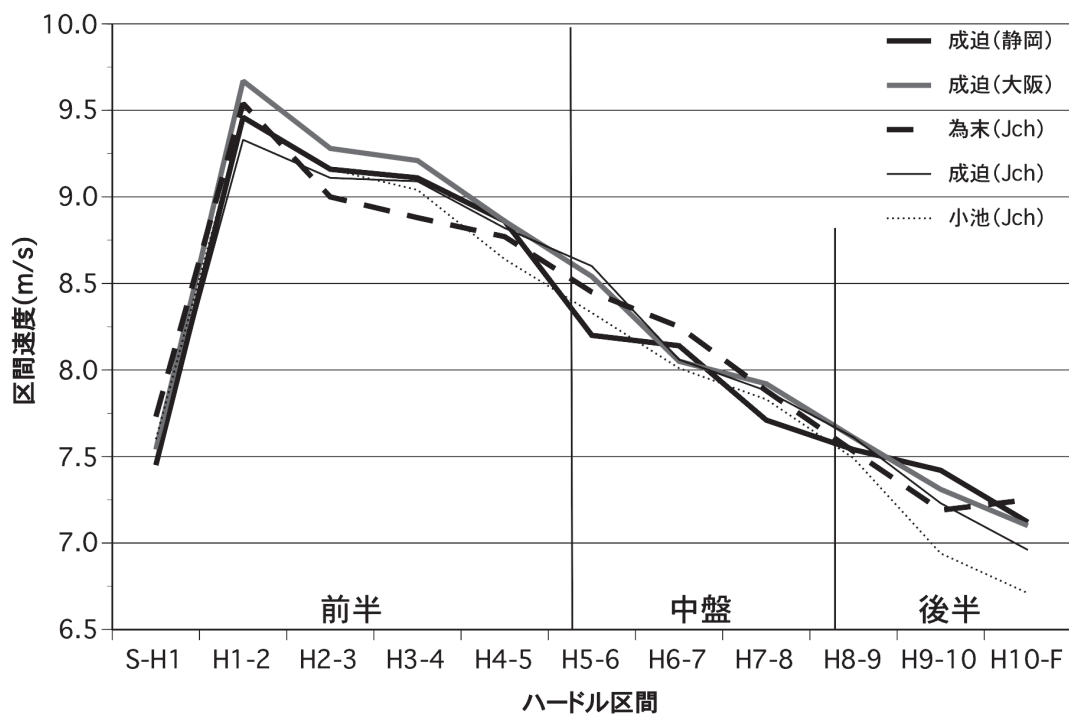


図1 男子選手の速度変化曲線

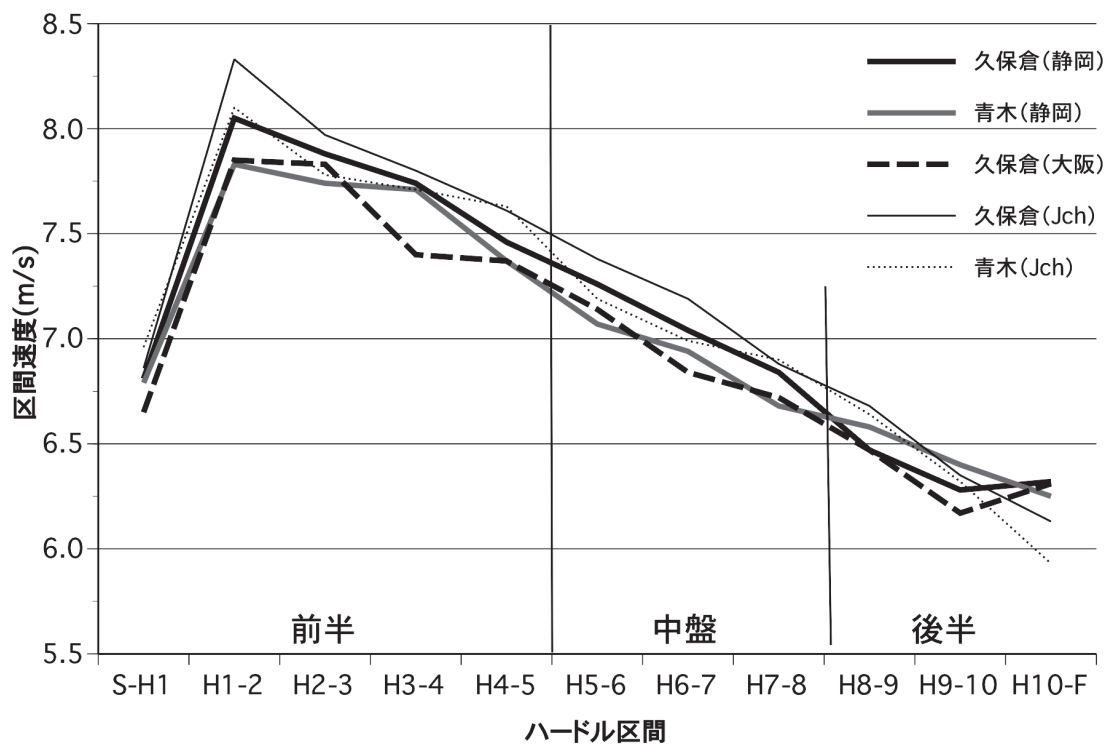


図2 女子選手の速度変化曲線

久保倉選手（1位）は、静岡同様、第1ハードルに足が合わず、結果的にH5通過も25秒台（25.18秒）と前半から波に乗れなかった。また静岡同様、本来17歩で走破するH8以降のインターバルが18歩になっていた。

（3）日本選手権（図中はJch）

為末大選手（1位）は、H5の通過が21.31秒と、通常よりはやや遅いペースで通過しているが、前一中低下率を5%台に抑え、H8では0.15秒まで詰められた差をそれ以降で再び引き離すなど、予選の走りが嘘のような快走をみせた。

成迫選手（2位）も、H5の通過が21.43秒と、前半向かい風で悪天の大阪GPよりも約0.3秒も遅い通過であった。H5-8の区間タイムでも為末選手より遅れを取り、持ち味の後半でも水を空けられてのフィニッシュとなった。

小池崇之選手（3位）は、前半から積極的なレースを展開し、成迫選手よりも速いH5通過（21.36秒）であった。これは、特に前半14歩の選手としては相当速いタイムであり、次の可能性を示すレースとして評価できる。

久保倉選手（1位）は、55.71秒をマークした昨年4月の静岡国際では、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）。今回は、H1にも足が合い、H5通過も昨年の静岡とほぼ同じだった（24.24秒）。前一中低下率と中一後低下率がそれぞれ6%台、10%台と静岡（4%台、8%台）に比べれば大きかったが、最終インターバルまで17歩を維持し、結果的にH8通過が38.94秒、フィニッシュタイムは0.5秒遅れに留めていた。

青木選手（2位）は、久保倉選手よりも約0.2秒遅れでH5を通過（24.42秒）したが、前一中低下率は7%台と久保倉選手よりも大きく、H8通過時点でその差は約0.4秒に広がっていた。中一後低下率は10%台とほぼ同じであるが、さらに0.3秒程度の差が広がってのフィニッシュとなった。

男子ナショナルチーム・4 × 100m リレーのバイオメカニクスサポート報告

広川龍太郎¹⁾ 松尾彰文²⁾ 杉田正明³⁾

1) 東海大学北海道キャンパス 2) 国立スポーツ科学センター 3) 三重大学

I. はじめに

アテネ五輪では第四位に入賞した男子4 × 100m リレーであるが、その後、より上位の成績を収めるために、高野進・男子短距離部長(旧・現強化委員長)を中心としてリレー強化のプロジェクトが立ち上がった。その結果が実を結び、北京五輪男子4 × 100m リレーにてリレー種目日本史上初の銅メダルを獲得した。

かつてから科学委員会・杉田正明委員を中心として、南部記念陸上大会や国際グランプリ大阪大会等の大会にてナショナルチームのバトンパス分析を行い、男子日本チームは38秒13が可能などの試算をフィードバック(杉田ら2007)していたが、へ

ルシンキ世界選手権の後から、代表強化合宿に科学委員会も同行してデータのフィードバックを行なった。現在は苅部俊二・男子短距離部長を中心にサポートプロジェクトを継続している。

そこで、合宿練習中に得られた幾つかのデータを、ここに紹介する。

II. 方法

測定に用いている機材はソニー製デジタルビデオカメラ3〜5台、カシオ製ハイスピードビデオカメラ、複数のカメラの映像を1画面に合成するカメラ同期ミキサー、映像をデジタル信号化するためのA/Dコンバーター、Apple®製のノートPCであっ

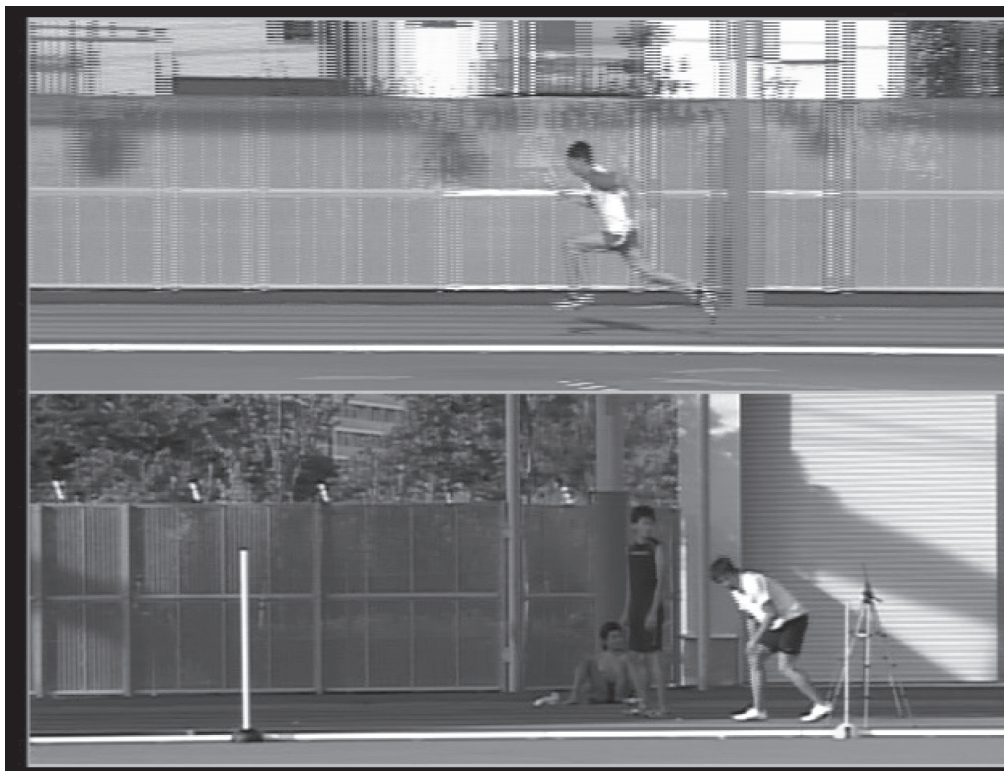


図1 PC上に表される映像



図2 セットアップ & 質問に来た朝原選手

た. Apple® ノート PC には映像編集ソフトウェア “iMovie” がバンドルされており、ハードディスク録画と再生が簡易に可能である. PC 画面上には渡し手(前走者),受け手(次走者)を上下に分けて各々をクローズアップしたものが映し出される(図1). またパス区間タイムや走速度を算出するためにカシオ製ハイスピードビデオカメラ(300コマ/秒)と Apple® 製 QuickTimePro を用いた. QuickTimePro は映像コマカウントが自動的に表されるため, タイム分析や走速度の算出が平易に可能である.

カメラ等の機材は競技場コーナー内側の半径中心にセットした(図2). またブルーゾーンからバトンパスゾーン出口から 10m 先まで, 5~10m おきに計測マークを置き, 先述のパス区間タイムや走速度算出のキャリブレーションマークとした.

Ⅲ. 映像データのフィードバック

即時的フィードバックとして, 図1に挙げた映像をフィードバックし, パスの精度を確認した. 上下に分けた映像は, 各々の動きに集中することができ, 選手・コーチ共に好評を得ている. バトンパス後, 間髪入れずに映像を確認し, 次のパス練習に進んだ. 具体的には「パスがどの時点で渡っているか?」「次走者のスタートするタイミングは?」「スタートの走フォームは?」等を確認した. またコーチと協議

の結果, スタートのタイミングは「マークのテープングを踏んだその時点が良い」とは限定しなかった. 「前走者がマークを踏んでから出る」「前走者がマークを超えたら出る」など選手それぞれに出やすいタイミングがあるため, スタート動作の始まりが選手によって 0.03 秒から 0.1 秒程度の間でバラツキがあるためである. 「スタート動作に再現性があり, バトンパスが最良で出来れば良い」とした.

Ⅳ. パスゾーンの走スピード曲線データについて

バトンパスワークは熟練されており, どの選手との組み合わせになっても「バトンが渡らない」ということは殆ど見受けられない. 大体が「きれいに」渡っていたが, 希に「バトンが詰まる」「間が延びてゾーン出口で減速」があった. 図3と図4は, 「詰まったとき」「間が延びたとき」の“貴重な”走スピード曲線データを示している. これは 2006 アジア大会対策合宿(2006年11月末. 大会は12月)でのデータであり, 走スピードを上げるのが中々大変な合宿であった. これが, 合宿サポートを始めた最初のデータで, この時は, 今まで科学委員会が蓄積していたデータに倣い, ブルーゾーンからパスゾーン出口までの 30m 区間を測定した.

詰まったときは, パスの渡ったときの渡し手・受け手のスピード差が大きく, バトンのスピードがロ

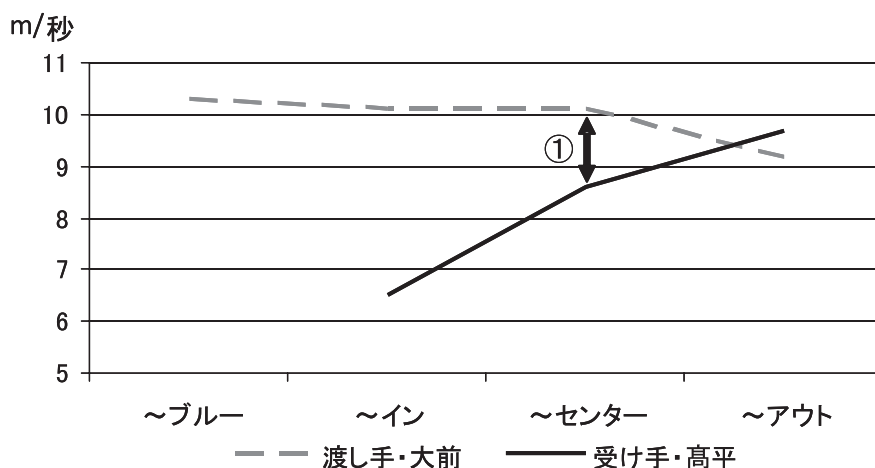


図3 詰まったパス

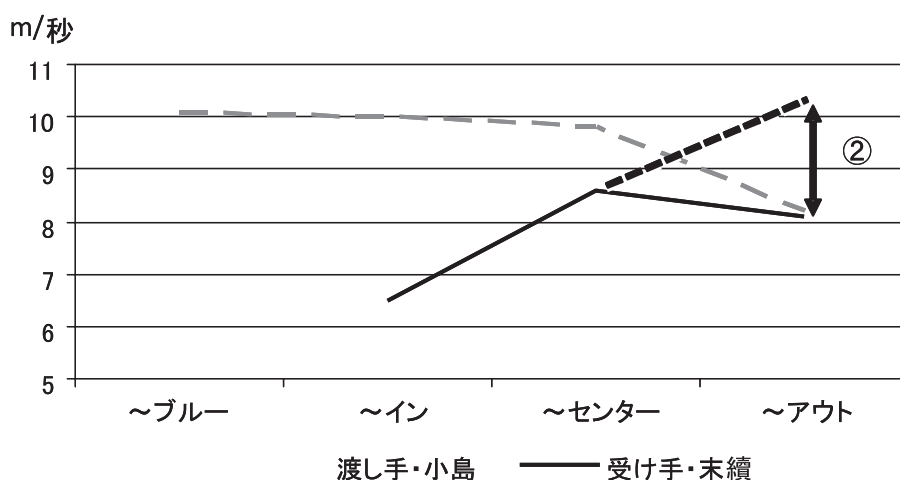


図4 間延びパス

スした(図3中①の矢印). 渡し手の大前祐介選手はゾーンセンターを超えてから大きく減速をしているが、これはセンターの前でバトンパスを終了しているためである。

間が延びたときは受け手が減速をする。「ここで渡されるだろう」というポイントからずれたため、末續慎吾選手は速度調整のためセンターを過ぎてから減速が始まった。小島茂之選手はセンターまでに追いつかなかったが、末續選手の減速で追いついたため、間合いの調整の減速が見られた。

減速度合いの予想値を算出した。減速をしなかった場合と、した場合ではパスゾーン出口でのスピード差は2m/秒前後と推定された。図4中の点線は減速をしないで走った場合に考えられるスピード曲線で、図中②矢印が速度差を表す。ライバルが理想的なパスをした場合、ここだけで0.2秒前後のタイム差が出るのが考えられ、距離で言えば約2mの差が付くことが考えられた。それだけではなく、減速してから再加速をするため、100m(実際には加速区

間を入れて120mほど走る)内でのトップスピードの位置(選手によって異なるが、科学委員会による走速度測定の結果では50m～60m付近)がずれることにより、受け持ちの100m区間のタイムにも影響が出てくるのが考えられた。「間延び」は見た目のゾーン内の減速だけにとどまらず、400m全体のタイムに大きな影響が出るのが考えられた。またバトンが詰まったときは、受け手は自分の理想で加速をしており、まだ影響が少ないことが考えられた。これらのことから、「理想はきれいに渡ること。だが、間が延びるくらいなら、詰まった方がまだ良い」ということが考えられた。

理想的に渡った例を図5に挙げた。これは北京五輪直前合宿でのデータである。5m区間ごとに算出しているが、これは手軽な高速度カメラの普及により、細かい間隔でも誤差の少ないデータが取れるようになり、実現した。

2008年度からは菟部部長・土江寛裕副部長体制による新たな取り組みとして「渡し手のブルーゾー

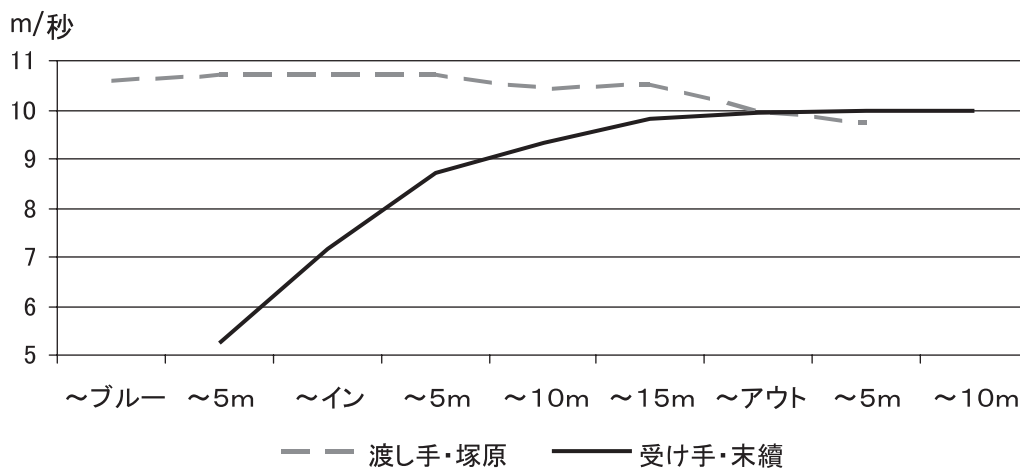


図5 理想的なパス

ン通過から、受け手の出口先 10m までの理想通過タイム 3.75 秒。パスの位置は入り口から 15m 付近」が掲げられた。図5は理想通過タイムに近い、3.79 秒でのデータである。塚原直貴選手は 10.5m/s 以上で、末續選手も出口までに 10m/s 以上のスピードが出ており、試合にかなり近いものであった。パスは 12m 付近で渡っていた。20m ゾーンのバトン通過タイムも 1.85 秒と、今まで得ているタイム（練習や大阪 GP など大会を含めて、大体 1.9 ～ 2 秒の間）よりも 0.1 秒程早かった。またバトン通過タイムや走速度は他のリレーメンバーでも同様の結果であり、北京五輪前には理想型が出来上がっていたことが伺えた。

大阪大会 2004 の 4 × 100m リレーバトンパス分析
陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2004
121-123
杉田正明 杉浦雄策 林忠男 持田尚 石井好二郎
阿江道良 小林寛道 (2004) 南部記念陸上 4 ×
100m リレーのバトンパス分析 陸上競技の医科学
サポート研究 REPORT2003 101-106

V. おわりに

2006 年から始まったサポートであるが、まずは「とにかく、現場で見せられる素早いフィードバック」をテーマにサポートを始めた。2007 年は「勝つために、加速段階を調査する」ことを試みた。また 2008 年はコーチの掲げた「3 秒 75」に表されるデータの取得を試みた。最後に、北京五輪男子 4 × 100m リレーにて日本史上初の銅メダルを獲得いたしました選手・コーチ、関係者にお祝いを申し上げます。

参考文献

杉田正明 広川龍太郎 松尾彰文 川本和久 高野進 阿江道良 (2007) 4 × 100m, 4 × 400m リレーについて 陸上競技学会誌 vol.6 21-26
杉田正明 広川龍太郎 高野進 有川秀之 川本和久 阿江道良 小林寛道 (2005) 国際グランプリ

2008年 第29回北京オリンピック大会に出場した競歩種目日本代表選手の コンディショニングについて

井本岳秋¹⁾ 法元康二²⁾ 鈴木従道³⁾ 小坂忠広⁴⁾ 今村文男⁵⁾ 鈴木理弘⁶⁾ 奥野 浩⁷⁾

- 1) 静岡県総合健康センター 2) JOC 専任情報科学スタッフ 3) 長谷川体育施設
4) 石川県立鶴来高等学校 5) 富士通陸上競技部 6) 茨城県立下館第二高等学校
7) 大坂初芝高等学校附属幼稚園

要 旨

(財) 日本陸上競技連盟科学委員会は、2008年8月に開催された第29回北京オリンピック大会の競歩種目代表日本選手男女5人のトレーニングを同年6月1日から8月31日まで観察した。本報告は、北京オリンピック大会(男子20kmW:2008年8月16日, 女子20kmW:同年8月21日, 男子50kmW:同年8月22日)までの選手たちの練習への取り組みを紹介する。監督や選手の方々は大大会に向けてそれぞれ最善を尽くされたと思われるが、若干の考察を加えた。

日本人選手たちは、夏季の強化と調整合宿をそれぞれ米国と日本で行ってきたが、国内における最終調整合宿の拠点が決まっていなかった人もいて、それぞれ宿泊先を頻りに変えていた。練習する時間帯を早朝、午前、午後(夕方)に分けると、宿泊先を変える選手ほど午前中(10-12時)に練習する傾向にあった。これに対して、移動の少ない選手は早朝と夕方に練習を行っていた。

A選手は2008年6月12日から同年7月31日(50日間)まで米国・パゴサスプリングスにおいて週間最大練習量が275 km/週に及んでいるが、日本に帰国すると一転、体重が毎日増え続けるような旺盛な食欲でありながら、練習量を少なくして(150 km/週)、いかにも「超回復」を待っているようなライフスタイルだった。D選手は、週間練習量(89 km/週)が少なく早朝に練習を多く配分(55%)して、関東地方の狭い生活圏で無理のない練習をしていた。しかし、北京において1週間に体重が1.0 kg減少していた。一方、B選手は脱水へのリスク管理は完璧だったが、38.13°Cの発熱から3日後(36.84°C)に

40 kmの早朝練習を行っていた。C選手の練習量は大会3週間前(109 km/週)より2週間前(157 km/週)が多くなり、また、この間に宿泊先を多く変更していた。E選手は午前練習が71%に及び、また、体重が3.0%以上減少する練習を全日程の25.0%占めており、大会当日(8月21日)の早朝4時の起床時体温(36.75°C)が観察期間中、最も高かった。選手5人全員に共通していたことは、大会前夜の睡眠に入る時間が22時00分±33分で、試合当日の起床時刻は午前4時43分±30分だった。結果的に、平均睡眠時間は6時間30分±30分で、大会前夜の睡眠が少ない状態でレースに臨んでいた。

以上、2008年夏季の北京オリンピック大会に照準を合わせた競歩種目日本代表選手の練習を基に、コンディショニングに対して「ゼロ・リスク」を求める必要はないが、今後の国際大会に向けた課題を整理する。

- ① 国際大会に向けた強化練習は1か月前に終えていることが望ましい。
- ② また、この間に無為な移動や宿泊先の変更はできるだけ少なくすることが望ましい。
- ③ 自身の適正体重を根拠に基づいて設定し、減量だけを一方的に求める練習法は避けることが望ましい。
- ④ 本大会の1か月前から、朝、午前、夕方の3回の練習は必要なく、練習量は漸次減少することが望ましい。
- ⑤ ④を具体化すると、練習する時間帯は早朝と夕方に分散して、昼間の暑熱環境下の練習を避けるほうが望ましい。
- ⑥ 大会までの練習量を週単位で示すと、3週間前より2週間前の練習量が少ないほうが望ま

しい。

- ⑦ 大会前日の練習は一日1回早朝か午前中に行い、夕方に行わないほうが望ましい。
- ⑧ 選手村では困難と思われるが、とにかく大会前夜、音と光を可能な限り遮断し（携帯電話をoffにして）、20時にベッドに横になり休むと、翌朝4時に起きて8時間睡眠がとれる。
- ⑨ 全日程において、週1回の完全休養をすることが望ましい。
- ⑩ 最後に、体温、心拍数、体重、練習量など選手自身が身近に測定できる情報の精度を上げて記載率80%(1か月25日以上)を満たし記録しておく、後の分析により相当な戦略的価値を生み出す可能性がある。

I. はじめに

(財)日本陸上競技連盟科学委員会は、2008年8月に開催された第29回北京オリンピック大会の競歩種目日本代表選手男女5人のトレーニング情報を同年6月1日から8月31日まで観察した。本報告は、北京オリンピック大会に対する選手たちの取り組みの様子を報告する。

II. 方法

1. 対象者

第29回北京オリンピック大会の競歩種目日本代表選手は表1に示すとおり、男子3人、女子2人、合計5人である。

2. 観察計画と調査項目、情報交換

(財)日本陸連科学委員会が競歩種目日本代表選

表1 第29回北京オリンピック大会競歩種目代表日本選手一覧

選手	性別	年齢 (歳)	身長 (cm)	体重 (kg)	BMI (kg/m ²)
A	男	24	178	62	19.6
B	男	25	167	56	20.1
C	男	23	183	65	19.4
D	女	28	167	52	18.6
E	女	26	154	42	17.7

数値は月刊陸上競技から引用

手への支援要請を受けて、監督や選手の方々への周知と情報伝達の方法が確立したのは2008年5月下旬だった。そして同年6月1日から、事前に決められた測定項目の記録を各自でとり始めることを申し合わせ、北京オリンピック大会(男子20kmW:2008年8月16日、女子20kmW:同年8月21日、男子50kmW:同年8月22日)を挟んで2008年8月31日までの3か月間行うことになった。測定項目は、選手自身が日々の競技生活の中で簡易に測定できる項目でありながら、かつ競技力向上に反映される評価項目であることが条件だった。

その結果、日々の運動量(競歩のルールに基づいて歩いた距離の積算)、起床時と練習前・後の体重、起床時の心拍数(原則60秒間の触診による:拍/分)や体温(口腔温:デジタル婦人体温計を用い少数以下2桁表示)をそれぞれ測定した。また、得られた情報は各自がパソコンの統計ソフト(Excel)に入力し、2~3週間おきに電子メールで添付ファイルの送受信を繰り返しながら、意見交換を行った。

一方、2008年7月25日~同年8月3日と同年8月4日~8月10日まで、長野県内で最後の調整合宿が行われ、科学委員会も部分的に参加できた。ここでは、各選手が所有するデータ等の提供と相談を受け、競技生活全般の問題を話し合いながら、直前に迫った北京オリンピック大会までの短期間の体調管理等について、指導、助言を行った。

このような活動を通じ、2008年10月までに5人全員のデータが集まり解析することができた。

III 結果

1. 北京オリンピック出場選手の人数

北京オリンピック大会出場競歩種目日本代表選手5人(男子3人、女子2人)は、本大会における陸上競技日本代表選手40人(男子24人、女子16人)中、競歩種目として、過去最多の人数だった。

2. 選手の練習量とその時間帯

各選手の運動量をだまかに①早朝歩行距離、②午前歩行距離、③午後歩行距離(主に夕方)に分けて一週間当たりの累積距離として11週にわたり観察した結果は、それぞれ図1~図5に示した。図1のA選手(20kmWと50kmWに出場)は3週から5週にかけて1日3回の練習を行っているが、その後、国内合宿を含み北京大会に至るまでの約6週間は早朝と午後の時間帯に変更し、午前の練習は一度も行っていない。図2のB選手(20kmWと50kmWに出場)

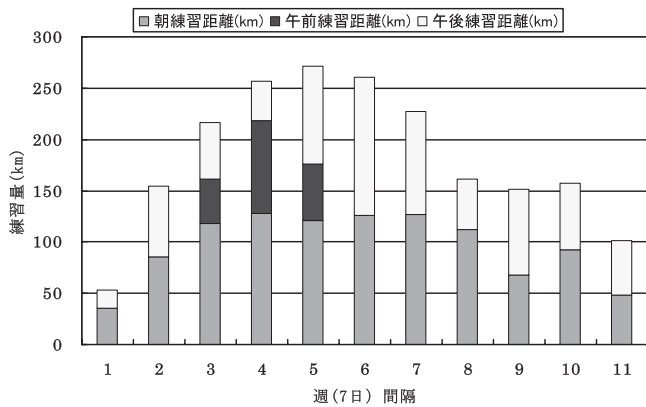


図1 A選手の北京五輪前11週間における練習量ならびに練習時間帯の割合

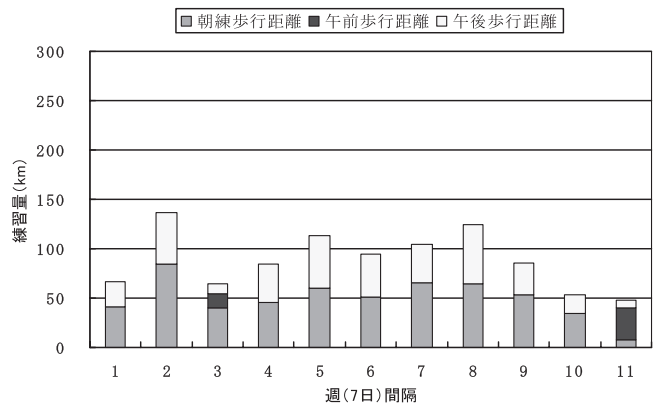


図4 D選手の北京五輪大会前の11週間における練習量ならびに練習時間帯の割合

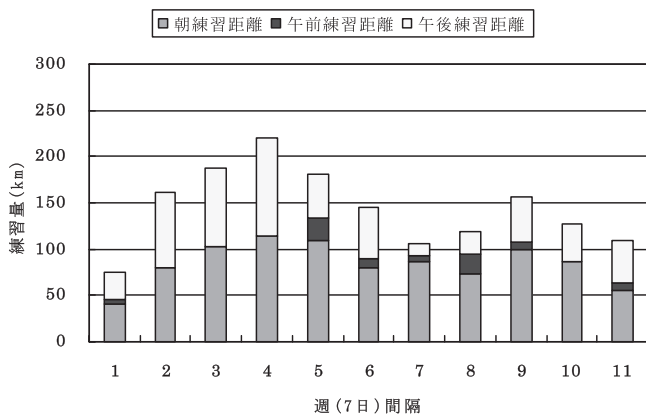


図2 B選手の北京五輪前11週間における練習量ならびに練習時間帯の割合

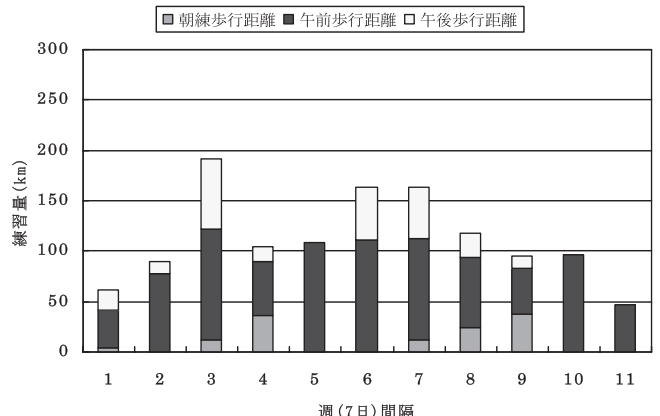


図5 E選手の北京五輪大会前の11週間における練習量ならびに練習時間帯の割合

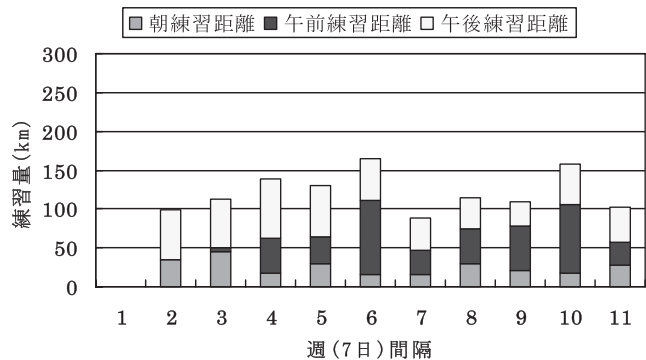


図3 C選手の北京五輪大会の前10週間における練習量ならびに練習時間帯の割合 (C選手は今大会では20kmWのみの出場で、観察期間が1週間短い。)

もA選手と同様に、基本的には早朝と午後の練習が中心で、午前中の練習量はさほどでもない。これに対して、図3のC選手(20kmWに出場)は、全体の練習量はA、B選手より少ないものの、前2者と異なるパターンを示した。

女子では、図4のD選手(20kmWに出場)が早朝と午後の練習に振り分けているのが特徴で、北京オ

リンピックの選手村に入ってから1週間は午前練習のみを行っている。これに対して、図5のE選手(20kmWに出場)はどの時期においても午前の練習がメインで、特に大会前2週間は、完全に午前みの練習である。

観察期間中の各選手の練習する割合を①早朝、②午前、③午後に分け、表2に示した。男子では、A選手とB選手の二人は数値の上でも練習の時間配分がよく似ているし、午前練習は非常に少なかった。これに対して、C選手は朝練習が最も少なく(22%)、午前(33%)、午後(45%)にかけて多くなる傾向を示す。

女子では、D選手は早朝練習が多く(55%)、午前中は少なく(8%)、午後は37%だった。これに対して、E選手は早朝練習が少なく(10%)、午前中が多かった(71%)。この結果、二人の女子選手の練習する時間帯は対照的であった。またD選手は男子のA、B選手とほぼ同じ時間配分で練習していた。

観察期間中の滞在先と週間練習量(はじめにお断りするが、図1~図5の1週~11週と、表3~表7の1週~11週の順序は逆になっている。配列の

表2 観察期間中の練習時間帯の割合 (%)

選手	朝練習	午前練習	夕方練習
A	54	7	39
B	59	6	35
C	22	33	45
D	55	8	37
E	10	72	18
平均	40	25	35
標準偏差	±22	±28	±10

自動処理の関係で統一しなかったので注意してください.)

1) A選手の滞在場所, 練習量(北京大会 20kmW, 50kmWに出場)

A選手の滞在場所, 練習量等は表3に示す. A選手の強化練習は, 米国・パゴサスプリングスが中心で, ここで50日間過ごしている. 大会前9週から7週にかけて昼間の練習もあるが, 6週前(2008年7月11日以降)以降, 一度も昼間練習を行っていないのが特徴である. 昼間の練習をしていた2008年7月4日から同年7月10日までの一週間に271kmの練習量をピークとして, その後, 大会まで1か月間もあるのに週間練習量は漸次減少する傾向を示した.

2) B選手の滞在場所, 練習量(北京大会 20kmW, 50kmWに出場)

B選手の滞在場所, 練習量等は表4に示す. B選

手は基本的にはA選手と米国・パゴサスプリングス合宿において同じ練習を行っている. しかし, A選手と異なるのは, 北京大会より5週前(106 km/W)と4週前(119 km/W)の練習量より3週前(156 km/W)と2週前(127 km/W)の方が多くなっている. 5週, 4週に練習が少なくなっている理由は, 富山, 金沢, 京都, 金沢, 東京, 長野などを移動している間に体調を崩し, 京都から金沢に移動した2008年7月24日に体温38.13℃を記録し練習ができなかったためである. しかし, 発熱3日後には早朝体温36.84℃から40kmの練習を行っているのと, 一週間後の7月30~31日は一日3回の練習を行っている. ちなみに3か月の観察期間中に一日3回練習を行ったのは, この時だけである.

3) C選手の滞在場所, 練習量(北京大会 20kmWに出場)

C選手は北京大会では20kmWのみの出場, A選手, B選手と比べて練習量は少ない. また, 20kmWレースが50kmWより1週間早いので, 観察期間も1週間短くなっている. 彼は関東地方の生活圏を中心とした狭い範囲の移動ではあるが, 宿泊先を変更する回数が多い傾向を示す. 基本的に朝の練習が少ないので, 週間練習で増えたところは昼間の練習が多くなっている. 大会2週間前に157 km(朝18 km, 午前87 km, 午後52 km)の練習量に及び, 6週間前に強化を行っていた164 kmとほぼ同じ条件(朝16 km, 午前95 km, 午後53 km)だった.

4) D選手の滞在場所, 練習量(北京大会 20kmWに出場)

表3 A選手の11週間にわたる滞在先, 練習距離

週数	期 間	滞在場所ならびに日数	朝練習	午前練習	午後練習	週間練習距離
			(km)	(km)	(km)	(km)
11	2008/6/6~2008/6/12	士別3、栃木3、米国1	35	0	18	53
10	2008/6/13~2008/6/19	米国パゴサスプリングス7	86	0	68	154
9	2008/6/20~2008/6/26	米国パゴサスプリングス7	118	43	55	216
8	2008/6/27~2008/7/3	米国パゴサスプリングス7	128	91	38	257
7	2008/7/4~2008/7/10	米国パゴサスプリングス7	121	56	95	271
6	2008/7/11~2008/7/17	米国パゴサスプリングス7	126	0	135	261
5	2008/7/18~2008/7/24	米国パゴサスプリングス7	127	0	100	227
4	2008/7/25~2008/7/31	米国パゴサスプリングス7	112	0	49	161
3	2008/8/1~2008/8/7	移動2、栃木1、長野4	68	0	83	151
2	2008/8/8~2008/8/14	長野3、品川1、成田1、北京1	92	0	65	157
1	2008/8/15~2008/8/21	北京7	48	0	31	79
	(2008/8/16)	20kmW		22		22
0	2008/8/22	50kmW		50		50
合 計(レース当日の距離は除外)			1061	211	737	2009

表 4 B 選手の 11 週間にわたる滞在先, 練習距離

週数	期間	滞在场所ならびに日数	朝練習	午前練習	午後練習	週間練習
			(km)	(km)	(km)	距離 (km)
11	2008/6/6~2008/6/12	士別3、東京3、米国1	40	6	29	75
10	2008/6/13~2008/6/19	米国パゴサスプリングス7	80	0	81	161
9	2008/6/20~2008/6/26	米国パゴサスプリングス7	102	0	86	188
8	2008/6/27~2008/7/3	米国パゴサスプリングス7	114	0	106	220
7	2008/7/4~2008/7/10	米国パゴサスプリングス7	109	25	47	181
6	2008/7/11~2008/7/17	移動1、草加2、金沢4	80	10	55	145
5	2008/7/18~2008/7/24	金沢3、富山2、金沢1、京都1	86	7	13	106
4	2008/7/25~2008/7/31	金沢2、東京2、長野3	73	22	24	119
3	2008/8/1~2008/8/7	金沢7	100	8	48	156
2	2008/8/8~2008/8/14	金沢4、東京2、北京1	87	0	40	127
1	2008/8/15~2008/8/21 (2008/8/16)	北京7 20kmW	55 0	0 8	38 8	93 16
0	2008/8/22	50kmW	50	0	0	50
合計			926	86	575	1587

表 5 C 選手の 11 週間にわたる滞在先, 練習距離

週数	期間	滞在场所ならびに日数	朝練習	午前練習	午後練習	週間練習
			(km)	(km)	(km)	距離 (km)
10	2008/6/7~2008/6/13	士別2、検見川4、鳥取1	34	0	64	98
9	2008/6/14~2008/6/20	鳥取5、検見川2	45	5	62	112
8	2008/6/21~2008/6/27	検見川7	18	45	75	138
7	2008/6/28~2008/7/4	検見川3、JISS2、一の瀬2	30	35	65	130
6	2008/7/5~2008/7/11	一の瀬4、検見川1、一の瀬2	16	95	53	164
5	2008/7/12~2008/7/18	一の瀬1、検見川1、長崎2、検見川3	16	30	42	88
4	2008/7/19~2008/7/25	検見川4、一の瀬3	30	45	39	114
3	2008/7/26~2008/8/1	一の瀬2、JISS1、一の瀬4	21	57	31	109
2	2008/8/2~2008/8/8	一の瀬2、万座2、一の瀬3	18	87	52	157
1	2008/8/9~2008/8/15	一の瀬1、検見川2、品川1、北京3	27	30	46	103
0	2008/8/16	北京五輪20kmW		20		20
合計			255	429	529	1213

D 選手は、基本的には関東地方を中心とする生活圏でトレーニングを行っている。練習パターンは朝と夕方が多く、宿泊先の変更は1週間から10日間隔である。北京大会前を詳細に見ると、4日間連続して午前中に練習を行っているが、運動量が少ない割には体重が1週間で約1.0 kg 減少して大会に臨んでいた。

5) E 選手の滞在场所, 練習量 (北京大会 20kmW に出場)

E 選手の生活圏は関西地方であるが、観察日数76日間に自宅に居られたのは19日で、全日程の25%である。その他の居場所は北から北海道、東京、長野などに移動を繰り返しているため、国内における移動距離や拘束される時間が他の選手に比べて非常に多いと思われる。練習する時間帯は午前中が全体

の70%を占めているのが特徴である。また、観察期間11週間のうち5週間は朝練習を全く行っていない。また、60分以上のジョギングを時速12 km/hr のペースで26回/81日も行っており、他の選手に見られないトレーニング法である。

4. 移動の問題

各選手が移動によって宿泊先を頻繁に変更する問題は移動する距離にもよるが、練習する時間帯の選択、睡眠時間や適切な食事、荷物の梱包やそれを解く作業等が多くなり、細部にこだわるとベッドの寝心地や部屋の温度、湿度、騒音、カーテンの隙間から漏れる光量などあらゆる環境因子が疲労回復の程度に影響する。観察期間中の各選手の滞在先と日数

表 6 D 選手の 11 週間にわたる滞在先, 練習距離

週数	期間	滞在場所ならびに日数	朝練習	午前練習	午後練習	週間練習距離
			(km)	(km)	(km)	(km)
11	2008/6/5~2008/6/11	士別5、筑西市2	41	0	26	67
10	2008/6/12~2008/6/18	筑西市1、草加市6	84	0	53	137
9	2008/6/19~2008/6/25	草加市4、筑西市3	40	14	10	64
8	2008/6/26~2008/7/2	筑西市7	46	0	38	84
7	2008/7/3~2008/7/9	筑西市1、草加市6	60	0	53	113
6	2008/7/10~2008/7/16	草加市4、筑西市3	51	0	43	94
5	2008/7/17~2008/7/23	筑西市5、草加市2	66	0	39	105
4	2008/7/24~2008/7/30	草加市4、赤羽2、筑西市1	64	0	60	124
3	2008/7/31~2008/8/6	筑西市5、草加市2	53	0	33	86
2	2008/8/7~2008/8/13	草加市5、笠間市2	35	0	18	53
1	2008/8/14~2008/8/20	東京2、北京5	8	32	8	48
0	2008/8/21	北京五輪20kmW		20		20
合計			548	46	381	975

表 7 E 選手の 11 週間にわたる滞在先, 練習距離

週数	期間	滞在場所ならびに日数	朝練習	午前練習	午後練習	週間練習距離
			(km)	(km)	(km)	(km)
11	2008/6/5~2008/6/11	スペイン5、東京2	4	38	20	62
10	2008/6/12~2008/6/18	大阪6、長野1	0	78	12	90
9	2008/6/19~2008/6/25	長野7	12	110	70	192
8	2008/6/26~2008/7/2	長野3、神奈川1、大阪2、東京1	36	54	15	105
7	2008/7/3~2008/7/9	大阪7	0	108	0	108
6	2008/7/10~2008/7/16	長野7	0	111	52	163
5	2008/7/17~2008/7/23	長野7	12	100	52	164
4	2008/7/24~2008/7/30	長野3、東京4	24	70	24	118
3	2008/7/31~2008/8/6	東京2、北海道5	38	45	12	95
2	2008/8/7~2008/8/13	北海道4、大阪3	0	97	0	97
1	2008/8/14~2008/8/20	大阪1、東京1、中国北京5	0	47	0	47
0	2008/8/21	北京五輪20kmW		20		20
合計			126	878	257	1241

は表 8 に示した。移動回数をもっとも多かったのは男子では C 選手の 21 回、女子選手は両者とも 15 回だった。このうち C 選手や D 選手は関東地方の生活圏が中心で移動時間の拘束は少ないと考えられる。

これに対して、E 選手の生活圏は関西地方でありながら、そこに居られたのは観察期間中の 25 % で、練習環境を求めて移動に要した時間は多かった。

5. 体重推移

観察期間中の体重の変化は、図 6 (男子)、図 7 (女子) に示す。前述の運動量はともかく、練習前後で最も大きな変化を遂げているのは、男子は A、C 選手、女子は E 選手である。これに対して、最も少ないのは男子の B 選手、女子は D 選手である。また練習前

表8 各選手の観察期間中の滞在先

累積移動回数	A		B		C		D		E	
	滞在先	日数	滞在先	日数	滞在先	日数	滞在先	日数	滞在先	日数
1	栃木	1	石川	1	検見川	1	筑西	1	東京	3
2	札幌	3	札幌	3	札幌	3	札幌	3	スペイン	6
3	士別	4	士別	4	士別	4	士別	5	東京	2
4	栃木	3	東京	4	検見川	4	筑西	3	大阪	6
5	アメリカ	50	アメリカ	28	鳥取	6	草加	10	長野	11
6	東京	2	草加	2	検見川	12	筑西	11	神奈川	1
7	栃木	1	金沢	8	東京	2	草加	10	大阪	2
8	長野	7	富山	2	一の瀬	6	筑西	8	東京	1
9	栃木	1	金沢	1	検見川	1	草加	6	大坂	7
10	品川	1	京都	1	一の瀬	3	赤羽	2	長野	17
11	成田	1	金沢	3	検見川	1	筑西	6	東京	6
12	北京	9	東京	2	長崎	2	草加	7	北海道	9
13			長野	3	検見川	7	笠間	2	大阪	4
14			金沢	10	一の瀬	5	東京	2	東京	1
15			東京	2	東京	1	北京	5	北京	4
16			北京	9	一の瀬	6				
17					万座	2				
18					一の瀬	4				
19					検見川	2				
20					品川	1				
21					北京	4				

後の体重差の特徴は、A選手は米国合宿では大きな変化を遂げているが、国内合宿（図6の60日付近の「●○」のプロットが切れているところ）から顕著に縮小し、練習量の減少とともに体重は増えている。これに対して、B、C選手の体重は、大会直前まで減少している部分が見られた。D選手の練習前後の体重減少幅は小さく安定していたが、大会前1週間に1.0 kg減少した。E選手は練習前・後とも常に体重変化が顕著に現れていて、安定していたところが少なかった。

6. 前日の練習距離と翌日早朝の体重との関係

前日の練習距離と翌朝の体重変化率(%)との関係は、図8～図12にそれぞれ示す。性差、種目差、練習する環境などの違いから一律に比較はできないが、どの選手もほぼ前日の練習量が増加すると翌朝の体重減少率も高くなる傾向を示した。また、「脱水」の危険域を体重の減少率3.0%に設定して、各選手の発現頻度を表9に示した。男子ではA選手が10.6%だったが、米国合宿から帰国して北京大会に至る27日間に一度も体重減少率が3.0%を超えることはなかった。女子E選手の体重減少率は

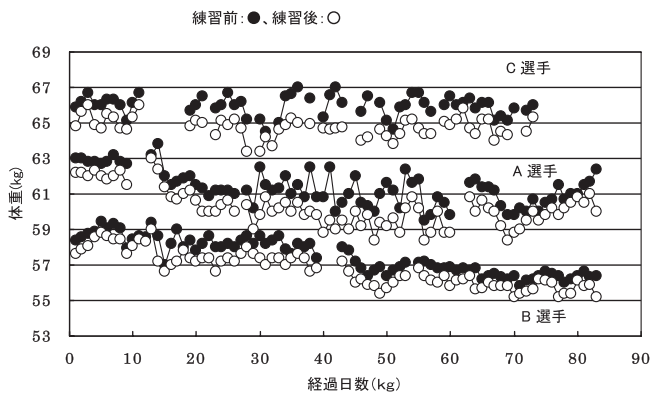


図6 男子3選手のトレーニング前後の体重差の推移

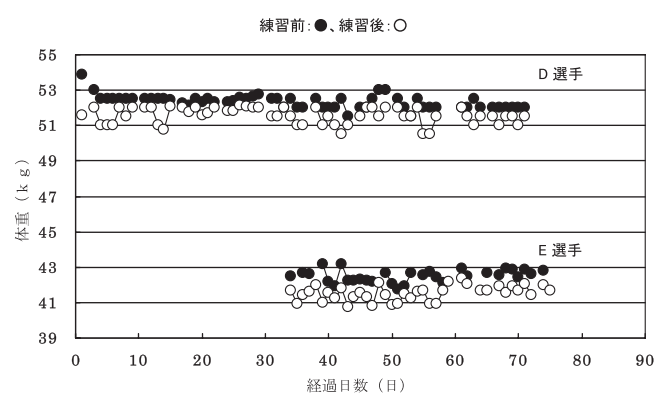


図7 女子2選手のトレーニング前後の体重差の推移

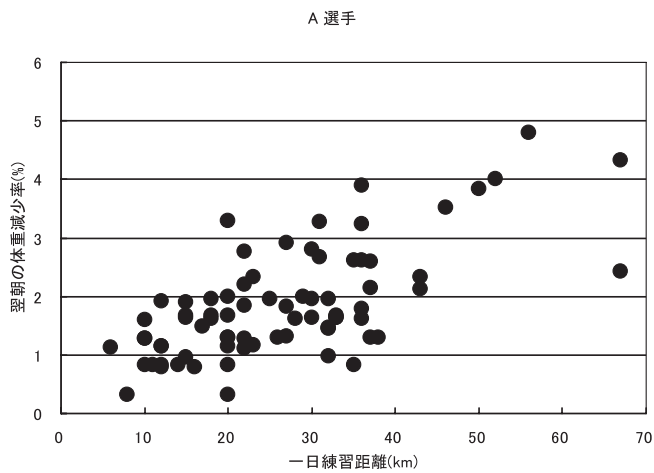


図 8 A 選手の一日練習距離と体重減少率の関係

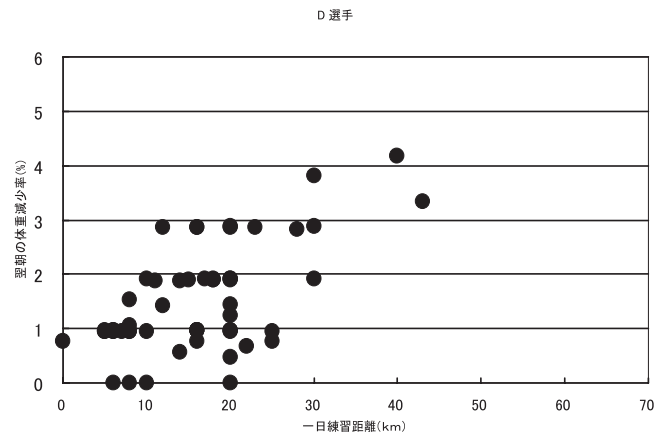


図 11 D 選手の一日練習距離と体重減少率の関係

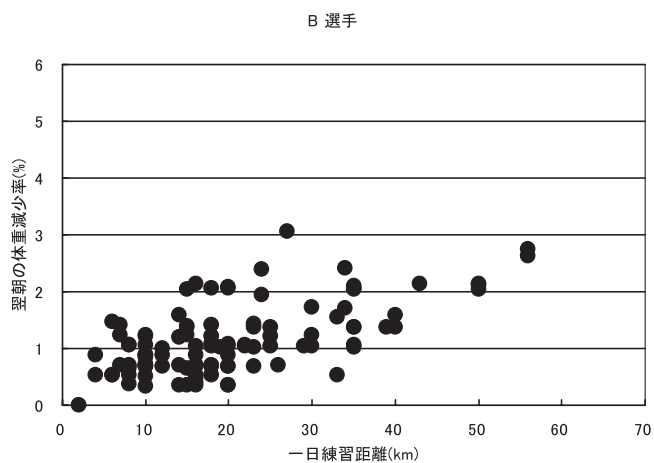


図 9 B 選手の一日練習距離と体重減少率の関係

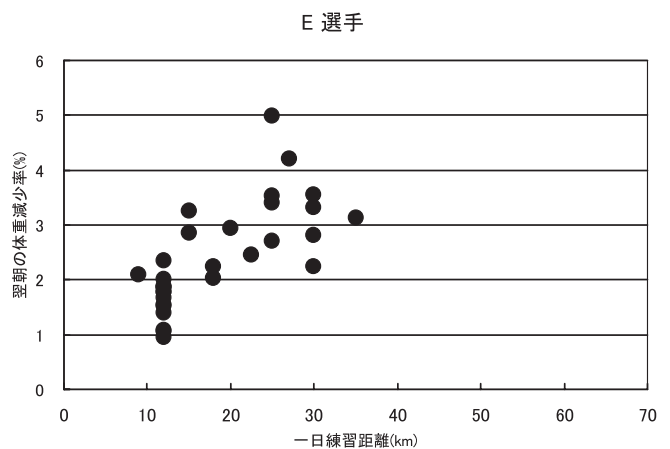


図 12 E 選手の一日練習距離と体重減少率の関係

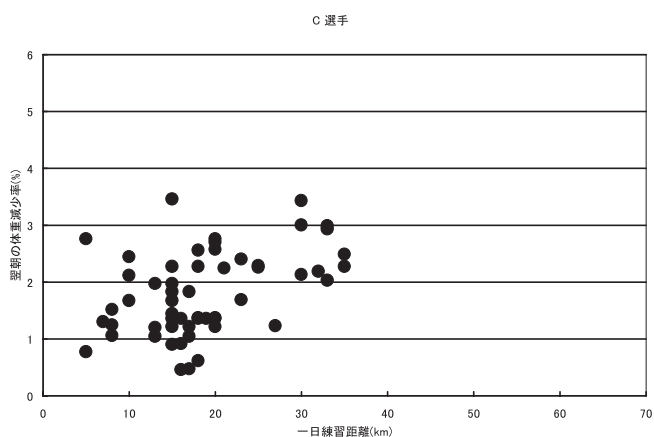


図 10 C 選手の一日練習距離と体重減少率の関係

25.0 % を占めており、北京大会 1 週間前にも 3.0 % を上回るような状態であった。

7. 大会前日の睡眠時間、体温、心拍数について

大会前日の睡眠時間、測定記録などは、表 10 に示す。大会当日の起床時間は、早い人は午前 4 時に、

また遅い人でも 5 時には起床している。しかし、大会前日の就寝時間は普段と変わらないので、結果的に選手は全員、大会当日の睡眠が 1 時間から 2 時間少なくなっていた。体温はわずかではあるが、大会前日より大会当日のほうが危険率 5 % で有意に高くなっていた。表 10 の E 選手は、温度差のところに「↑」印が付いている。彼女は成田空港から北京に移動したのが 2008 年 8 月 15 日で、21 日の大会までの 5 日間に体温が測られたのは唯一、大会当日だけであったので温度差は表示できなかった。彼女の体温観察は 2008 年 7 月 4 日から始められているが、この 47 日間の記録から最も高い値が大会当日の 36.75℃であった。

8. 大会前日の練習時期と量

A, B 選手の二人は朝と夕方 2 回の練習を行っている。C, D, E 選手は、レース時間と同じ午前の練習を 1 回だけ行っている。

表9 観察期間中の各選手の体重減少率(3.0%以上)の発生頻度

選手	性別	データ数	体重が3.0%以上減った日数(日)	観察期間中の脱水の割合(%)	大会前日までに体重が3.0%以上減った日までの日数(日)
A	男	75	8	10.6	27
B	男	78	1	1.3	66
C	男	55	3	5.5	19
D	女	59	2	3.4	27
E	女	32	8	25.0	7

表10 大会当日の睡眠時間、体温、心拍数について

選手	大会前日の就寝時刻	大会当日の起床時刻	睡眠時間	大会前日体温(°C)	当日体温(°C)	温度差(°C)	大会前日心拍数(拍/分)	当日心拍数(拍/分)
A-20km	22時30分	5時00分	6時間30分	36.04	36.55	0.51	48	48
A-50km	22時30分	4時30分	6時間00分	35.95	36.20	0.25	48	46
B-20km	22時30分	5時00分	6時間30分	35.87	35.91	0.04	48	46
B-50km	21時30分	4時00分	6時間30分	36.13	36.12	-0.01	46	43
C-20km	21時30分	5時00分	7時間30分	36.15	36.17	0.02	44	44
D-20km	21時30分	4時50分	7時間20分	36.63	36.45	-0.18	43	43
E-20km	21時00分	4時00分	7時間00分		36.75	↑		
平均値	22時00分	4時43分	6時間45分	36.13	36.23	0.10	46.2	45.0
標準偏差	±33分	±24分	±32分	±0.27	±0.29	±0.24	±2.23	±2

(注：E選手の体温、心拍数は平均値から除く)

表11 大会前日の練習時期と量

選手	朝練習(km)	午前練習(km)	午後練習(km)	合計(km)
A-20km	6		8	14
A-50km	6		8	14
B-20km	8		4	12
B-50km	6		8	14
C-20km		7		7
D-20km		8		8
E-20km		40min ST		

表 12 北京オリンピック大会における競歩種目日本代表選手の戦績

種目	番号	選手	日時	スタート時刻	天候	記録	順位	出場	途中棄権	失格
男子 20kmW	1	A	2008/8/16	9:00	快晴	1h21:18	11位	51人	0人	2人
	2	B				-	失格			
	3	C				1h21:57	16位			
男子 50kmW	4	A	2008/8/22	7:30	快晴	3h45:47	7位	61人	7人	5人
	5	B				4h01:37	29位			
女子 20kmW	6	D	2008/8/21	9:00	雨	1h29:43	14位	48人	2人	3人
	7	E				1h32:21	26位			

表 13 北京オリンピック大会競歩種目日本代表選手の本人の記録 (A), 優勝者の記録 (B), 優勝者記録との差 (C), 本人の自己最高記録 (D) と北京大会記録 (A) の差 (E) の一覧

区分			A	B	C	D	E
種目	番号	選手	本人の記録	優勝者の記録	優勝記録との差(B-A)	本人の最高記録	本人の最高記録と北京大会記録の差
男子 20kmW	1	A	1h21:18	1h19:01	- 2分17秒	1h20:38 (03年)	- 40秒
	2	B	失格			1h20:39 (04年)	
	3	C	1h21:57	1h19:01	- 2分56秒	1h21:30 (07年)	- 27秒
男子 50kmW	4	A	3h45:47	3h37:09*	- 8分38秒	3h41:55 (08年)**	- 3分52秒
	5	B	4h01:37	3h37:09	- 24分28秒	3h47:23 (06年)	- 14分14秒
女子 20kmW	6	D	1h29:43	1h26:31*	- 3分12秒	1h28:56 (07年)	- 47秒
	7	E	1h32:21	1h26:31	- 5分50秒	1h30:26 (08年)	- 1分55秒

* : 五輪新記録

** : 日本記録

9. 第 29 回北京オリンピック大会、競歩種目日本代表選手の戦績

日本代表選手の記録ならびに関連情報は表 12 に示す。男子 20kmW は A 選手, B 選手, C 選手の 3 人が出場し, A 選手と C 選手が, それぞれ 11 位と 16 位だった。B 選手は 10km 付近で判定失格となった。男子 50kmW では A 選手と B 選手が, それぞれ 7 位と 29 位だった。レースによる途中棄権者は男子では 20kmW では 0 人に対して, 50kmW は 7 人だった。

女子 20kmW は, D 選手と E 選手が, それぞれ 14 位と 26 位だった。また途中棄権者は 2 人, 失格は 3 人だった。

今大会における本人の記録 (A), 同優勝者の記録 (B), 優勝記録との差 (C), 本人の最高記録 (D), 本人の最高記録と北京大会の記録の差 (E) を, それぞれ表 13 に示した。男子 50kmW において優勝したイタリアのアレックス・シュバーツァー選手は, 猛暑の中でオリンピック新記録である。

10. 男子 20kmW と男子 50kmW のエントリー状況

日本人選手 2 人は, 20kmW と 50kmW の 2 種目に出場している。他国の出場状況をインターネットからダウンロードした結果表を基に, 国別に整理し表 14 に示す。列の順番は, カタカナ, 漢字の五十音順で並べた。選手は 20kmW, 50kmW に 33 か国から, それぞれ 44 人, 61 人ずつ登録され, このうち両レースに同じ選手が出場した国はチュニジア (1 人), ドイツ (1 人), ノルウェー (1 人), ポルトガル (1 人), 豪州 (2 人), 日本 (2 人) の 6 カ国 (15%), 延べ 8 人 (13%) だった。8 人のうち, 両種目に戦績が掲載されていたのは 6 人だった (図 13)。残りの 2 人は, いずれかの種目で失格もしくは途中棄権しており, そのうちの 1 人が日本の B 選手で 20kmW 失格である。

表 14 男子 20kmW, 50kmW ならびに両種目に出場した選手の国別比較

番号	国名	20kmW	50kmw	20kmW & 50kmW
1	アイルランド	1	2	0
2	イタリア	3	3	0
3	ウクライナ	1	3	0
4	エクアドル	3	2	0
5	エルサルバドル	0	1	0
6	カナダ	0	1	0
7	ギリシャ	0	1	0
8	グワテマラ	0	1	0
9	コロンビア	2	1	0
10	スペイン	3	2	0
11	スロバキア	1	3	0
12	セルビア	1	1	0
13	チェコ	0	1	0
14	チュニジア	2	1	1
15	ドイツ	1	1	1
16	スペイン	0	1	0
17	ノルウェー	1	2	1
18	ハンガリー	0	1	0
19	フィンランド	0	2	0
20	ブラジル	1	1	0
21	フランス	0	2	0
22	ベラルーシ	3	1	0
23	ポーランド	2	3	0
24	ポルトガル	2	3	1
25	メキシコ	2	3	0
26	ラトビア	0	2	0
27	リトアニア	1	3	0
28	ロシア	2	3	0
29	韓国	2	1	0
30	豪州	3	3	2
31	中国	3	3	0
32	日本	3	2	2
33	米国	1	1	0
合計		44	61	8

IV. 考 察

- 1) A 選手は、米国・パゴサスプリングスにおいて 50 日間の高所トレーニングを終え、また、日本国内で 2 週間、最後の調整合宿を行なった。彼は北京大会より 1 か月前の高所トレーニング中から、それまでの 1 日 3 回の練習を止め、朝

と夕方に行くようになり、また、日本国内において練習量は米国合宿のピーク時 (275 km/ 週) の 55 % (150 km/ 週) 以下に減らして過ごしている。この間に体重は 59.0 kg から 62.5 kg まで増え続けた。観察 11 週の運動量を週単位で示すと、米国合宿中が最も多く、強化合宿を始める 6 月と北京大会前の 8 月を少なくする「山

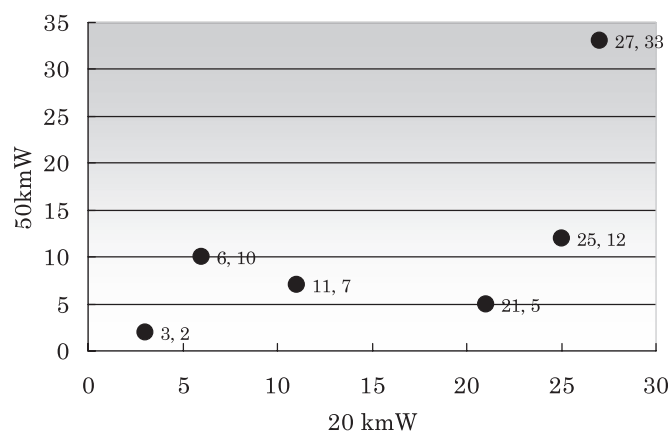


図 13 北京オリンピック男子 20kmW と 50kmW の両方に出場した選手の順位 (両種目に出場した選手は全部で 8 人だった。このうち 20kmW と 50kmW でそれぞれ 1 人ずつ失格と途中棄権を出した結果、分布は 6 人となった)

型」のパターン（図1）を示し、レース直前の練習量をことごとく減らして北京大会を迎えている。恐らくA選手は、最終的には体重を増やしたことでスタミナを温存し超回復を待ってレースに臨んだように思われる。この3.5 kgの体重増加により大会当日の「体調不良」をもたらしてもせず、北京大会では20kmWと50kmWで、それぞれ11位と7位に入賞していることは周知の事実である。このようにA選手のデータを解析することは、同選手のF監督のトレーニング理論や技術を学ぶことと同じ意味があり、持久競技の普遍的な戦略方法がA選手の日記に多く反映されていた。

- 2) B選手は、米国においてA選手と一緒に合宿していたが、27日間の滞在を経て日本国内に戻ってきている。帰国して2週間後の2008年7月23日の体温35.59℃から翌日24日38.13℃に急上昇し、発熱によって3日間は19 kmしか練習していない。この練習量の少なさは適正な判断だったと思われる。しかし、発熱した日から4日後の7月27日の体温が依然として36.84℃を記録していながら、この日朝から40 kmの練習を一度に行っている。発熱前の体重は長い間57 kg台を維持していたが、発熱後から北京大会までの40日間に56.1 kgまで減少していた。この時期に、一日30km以上の練習をすると体重が戻るのに2日かかるようになっていた。発熱は、金沢→京都→金沢→東京→長野など移動中に起こった出来事である。しかし、何といても彼の凄さは、練習前後の体重の変化が極めて少なく、恐らく理想の給水方法を心得ているものと思われる。今後、彼の給水方法を追究し数量化できれば、日本の競歩選手の給水技術を高めることができると思われる。
- 3) C選手は、宿泊先を多く移動していた。指導しているG氏も、「大会前の移動の多さは気がかりであった」と述べておられるように、移動回数を少し減らしたほうが良いように思われる。朝の練習が少ないので、練習量を増やすと午前中の練習が増えるパターンが多い。また、彼は北京大会20kmWのための練習をしていたので、運動量はA、B選手より少ないものの、体重減少が大きい時がある。体重減少のワースト10をみると、そのうちの8回は昼間に練習を入れたことによるもので、3.0 %以上の体重減少は

一日練習量15 kmからでも起こっているの、練習中は積極的な給水の受け入れが望まれる。練習量は大会3週間前より2週間前に減らすほうが良いように思われる。

- 4) D選手は、一日20kmの練習量が基本になっている。練習するパターンは朝と夕方に分けて、とくに朝練習は全体の55 %を占めている。ポイント練習は25 kmと30 kmに置かれているが、それらのつなぎの練習として一日20km、すなわち朝と夕方にそれぞれ10kmずつ練習しているパターンが北京大会の2週間前まで続いていた。もともと練習量が少ないので、1～3km程度の練習量の多少には最新の注意を払うのが望ましい。なお、北京会場において練習量が少ないのに1週間に体重が約1.0 kg減少したのが気になる。全体のトレーニング日数81日間の14日間（17.3 %）は完全休養であった。
- 5) E選手は、北京オリンピック日本代表選手として発表されたのが遅く、観察期間も50日に満たない。さらには北京会場における測定値の記載が少なく、正味40日程度の観察から全容を把握するのは容易でない。幸い、練習量は日記から記録されているので、表7のデータ量には支障はなかった。E選手の観察期間中の練習量（1241 km/11週）は、D選手（975 km/11週）よりも21.4 %も多く、宿泊先を変更した回数はD選手と同じであるが、移動距離が長く時間もかかっている。全練習の71 %が午前中に集中し、早朝と夕方は、それぞれ10%と18%の配分である。約70日間の練習記録を見ると休養した日は一日もなく、練習量を7 km/日以下にしたのは、北京選手村に入ってから4日間だけである。早朝体温は大会前10日間で上昇する傾向であり、大会当日の朝4時に記録された体温（36.75℃）が観察期間中最も高い値だった。体重が3.0 %以上減少する状態は全練習の25 %を占めていた。繰り返しになるが、午前中の練習が全体の71 %に達していたので、少し朝夕の時間帯に分散されることが望ましい。そのために、基盤となる練習場の確保が必要と思われる。早朝体温が36.55℃以上あるとき、または、同心拍数が48拍/分に達していたら、早朝や午前の練習量を少なくするほうが望ましい。

6) 選手5人全員に共通していたことは、大会前日の就寝時刻が平均22時00分±33分で普段と変わらず、試合当日の起床時刻は午前4時43分±30分だった。したがって、大会前夜の睡眠時間だけが普段より少ない状態でレースに臨んでいた。対策として、大会前日の選手村では20時には光と音を可能な限り遮断（携帯電話をoffに）してベッドに横になるべきであったと考えられる。そう考えると、表11に示したように大会前日の夕方に練習をやっている時間的余裕はなく、大会前日には早朝もしくは午前中の1回だけの練習になるのが自然である。

V. まとめ

2008年 第29回北京オリンピック大会に出場した競歩種目代表日本選手男女5人について、同年6月1日から同8月31日までの間、起床時の心拍数、口腔温、体重と練習前後の体重ならびに練習量等を観察し、本大会（男子20kmW：2008年8月16日、女子20kmW：同8月21日、男子50kmW：同8月22日）を視野に入れた選手たちの取り組みを紹介した。

国際大会に向けた強化と調整合宿に対して「ゼロ・リスク」を求める必要はないが、今後の大会に向けた課題は、以下に示すとおりである。直ちに受け入れ可能な部分と、そう容易く受け入れできない部分が混在していると思われるので、選択は自由である。

- ① 国際大会に向けた強化練習は1か月前に終わっていることが望ましい。
- ② また、この間に無為な移動や宿泊先の変更はできるだけ少なくすることが望ましい。
- ③ 大会に向けて体重を増やして臨む人と減量して臨む人の二つのパターンがある。
- ④ 大会の1か月前から、朝、午前、夕方の3回の練習は必要なく、練習量は漸次減少することが望ましい。
- ⑤ ④を具体化すると、練習する時間帯は早朝と夕方に分散して、できるだけ昼間の暑熱環境下の練習を避けるほうが望ましい。ただし、選手村に入ってから昼間の練習は、天候いかに関わらず気にする必要はない。
- ⑥ 大会までの練習量を週単位で示すと、3週間前より2週間前の練習量が少ないほうが望ましい。
- ⑦ 大会前日の練習は一日1回早朝か午前中に行い、夕方に行わないほうが望ましい。
- ⑧ ⑦を具体的に述べると、選手村では困難と思

われるが、とにかく大会前夜、音と光を可能な限り遮断し（携帯電話をoffにして）、20時にベッドに横になり休むと翌朝4時に起きても8時間睡眠がとれる。

- ⑨ 全日程において、週1回の完全休養が必要と思われる。
- ⑩ 最後に、体温、心拍数、体重、練習量など選手自身が身近に測定できる情報の精度を高め、記載率80%(1か月25日以上)を満たし記録しておく、後の分析により相当な戦略的価値を生み出すことが可能である。

VI. あとがき

本誌掲載の全ての情報は、(財)日本陸上競技連盟に帰属する。

北京五輪大会期間中における競歩種目支援活動報告

法元康二¹⁾

1) JOC 専任情報科学スタッフ

1. 概要

期間：8月14日(木) 入国 - 8月23日(土) 出国
滞在先：北京金唐酒店(北京市海淀区塔院志新村2号)

活動内容：

- ① 競歩種目(男女20kmW, 男子50kmW)におけるビデオカメラを用いた判定情報収集
- ② 8月16日(土)開催の男子20kmWにて収集した情報に基づいた女子20kmW, 男子50kmWに向けた情報整理・加工によるチーム戦術支援
- ③ 50kmW出場選手を主とした技術面での専任コーチ支援

2. 活動詳細

① ビデオカメラによる情報収集：

日本において通常開催される道路での競技会と異なり、競技会場には多くの観客が詰めかけたことで、審判育成教材などで活用できるような撮影ができるかどうか危ぶまれたが、レース前半-中盤にかけてほぼすべての競技者の画像を撮影することができた。とりわけ、女子20kmWは豪雨の中で実施されたが、小型のカメラをビニール袋でカバーすることで難なく撮影できた。また、五輪期間終了直後に判定種別ごとのムービーを編集してDVDにダビングし、9月1-2日にJISSで行った測定合宿にて五輪代表選手すべてに配布および解説を行った。

② 男子20kmW情報による女子20kmW, 男子50kmW向け戦術支援

男子20kmW終了直後にビデオ画像を判定種別ごとに編集し、各コーチに配布した。また、ベントニーによる失格がいなかったことからロスオブコンタクト判定が鍵になるとしてコメントを加えた。さらに、男子20km競歩で判定を行った国際競歩審判員数名

と面会し、男子20km競歩における日本選手の印象について情報収集した上で、その情報を各コーチに伝達する場を設けた。

③ 50km出場選手に対する専任コーチ支援

滞在期間中のトレーニングは交通量の少ない道路を選んで実施し、選手村南門前の歩道と北郊に位置する国際会議中心の庭園内道路を使用した。それぞれ、トレーニング中のフォームチェックおよび口頭での指導を行った。

3. 大会期間中の支援活動における課題および問題点

① 収集情報の競技者支援を目的とした活用に関して

ビデオ情報の収集・映像加工に関しては、もともと日本国内の競歩審判員の育成・研修のために'05年ヘルシンキ世界選手権大会より開始したものである。'05年より'08年までそれぞれの年の世界大会で実施してきており、競歩審判員育成・研修の場で活用されてきている。また、数年前までは国際競技会と比較して国内競技会での判定基準による歩型の許容範囲が非常に大きいという声があったが、ここ数年はその差が縮まってきており、これまでの情報収集活動が反映されてきたといえる。

しかし、競技者支援という観点では、簡便・迅速な情報提供が可能であるという利点はあるにせよ、このような動画資料のみでは競技者・コーチの主観的印象に訴えるにとどまり、課題の指摘に留まるという難点がある。しかし、客観的な分析データによる情報提供は印象に残りにくいという多くの指導者のリクエストを受けてここ数年間は科学委員会活動による情報提供を動画資料の提供という形にシフトし、客観的な分析データでの情報提供は対象を限って行ってきた。

結果として今回大会では男女のべ7名の出場で赤カードを9枚受けることになったが、この枚数を課題の指摘が適切に行われた結果9枚にとどまったと見るか、主観的な印象に訴えかけるような情報提供をメインとしたここ数年の手法の限界が表面化したと見るかは立場によって見解が分かれるところであろう。

② 短期支援の限界

今回大会に日本選手は5名出場したが、本大会期間直前の技術指導ができたのは山崎選手のみであり、本大会期間中でも技術指導を行ったのは山崎選手と谷井選手のみであった。また、川崎選手については5月中旬と7月中旬に技術指導を行ったものの、直前期および大会期間中に指導を行う機会はなかった。そのため、本大会に向けた技術指導を行うことができたのは実質山崎選手のみであり、他の選手については過去の判定情報および大会序盤の男子20kmWに基づく判定情報を提供するにとどまり、それ以外は各専任コーチの指導技能のみに依存する側面が多かった。

そのため、競歩種目では技術的側面が重要な要素であるにも関わらず、根本的な課題を抱えている選手に対しては短期的な支援を行ったとしても非常に限定的な成果を挙げるにとどまった。また、山崎、川崎の2選手についても本格的な指導を行ったのはそれぞれ5月、6月以降であり、4月においてみられた歩型上の問題点にいくらかの改善はみられたものの根本的な課題解決には至らず、赤カードを山崎が2種目合計で3枚、川崎が1枚受けるなど限定的な成果しか挙げるができなかった。

今回大会では競歩種目では過去の大会と比較して非常に大きな成果を上げることができたが、日本選手が受けた赤カードは過去大会と比較して非常に多く、薄氷を踏みながらの成果であったといえ、次回大会までの4年サイクルに向けて手法の改善が必要であることを痛感した。

北京オリンピック男子マラソンレース時の暑熱環境の分析

石井好二郎¹⁾

1) 同志社大学

北京オリンピックでは期待のマラソンは男女ともメダルはおろか入賞にも届かなかった。ここ数年、暑さ対策を中心に日本マラソン陣と関わってきた者としても非常に残念な結果であった。しかしながら、悲嘆にくれてばかりはいられない。世界との差は何であるのかを冷静に確認する必要がある。今回は驚異的なオリンピック新記録を樹立した男子マラソンの暑熱環境を科学的に分析することとした。

男子マラソン終了後、多くのマスコミは「猛暑での高速レース」とコメントした。はたして、実際に「猛暑」であったのか。大会本部からの発表によれば、気温と湿度は、スタート時 24℃, 52%, ゴール時 30℃, 39%とのことである。暑熱環境下の温度指標としては WBGT (Wet-Bulb Globe Temperature: 湿球黒球温度) が用いられる。これは暑さ寒さに関係する環境因子 (気温, 湿度, 輻射熱, 気流) のうち、気温, 湿度, 輻射熱 (日照や照り返し) の 3 因子を取り入れた指標である。乾球温度, 湿球温度と黒球温度の値から、次式で計算される。

$$\text{WBGT} = 0.7 \times \text{湿球温度} + 0.2 \times \text{黒球温度} + 0.1 \times \text{乾球温度}$$

乾球温度とは一般的な気温のことで、湿球温度とは乾球温の球部分をガーゼで包み水に浸けている温度計で測る温度のことである。この2つは一般的であるが、黒球温度計が用意されていることは非常に稀であるので、乾球温度や湿球温度から WBGT を推定する方法も提案されている (図 1)。気温と湿度から乾球温度を推定することは可能であるので、北京オリンピック男子マラソンのスタートとゴールの WBGT を推定した。

$$\text{乾球温度からの推定 WBGT} = 2.814 + 0.804 \times \text{乾球温度}$$

$$\text{湿球温度からの推定 WBGT} = 2.466 + 1.052 \times \text{湿球温度}$$

国際陸連より暑熱環境下でロードレースを開催する際のリスクチャートが WBGT を基準に発表されている (表 1)。筆者は 2007 年の大阪世界陸上の男女マラソンレース中の WBGT を実測しているので、こ

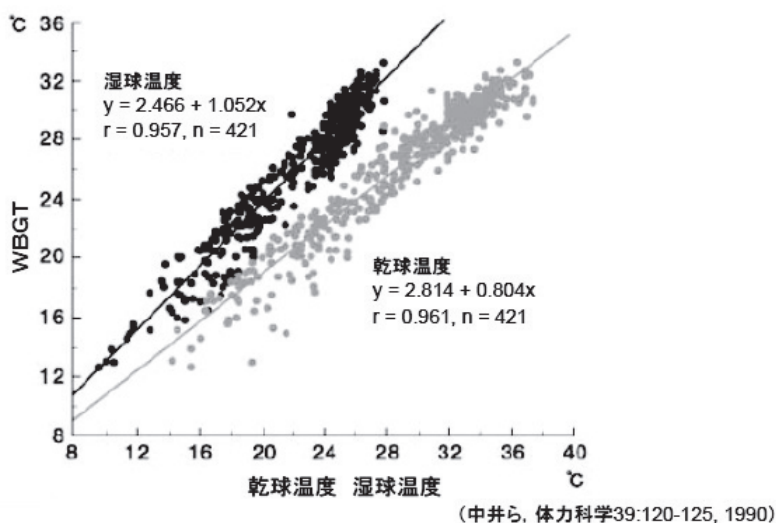


図 1. 黒球温度を測定できない時の推定法

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	危険性は低いですが、注意は必要。

Roberts WO. Medical management and administration manual for long distance road racing. In: Brown CH, Gudjonsson B, eds. IAAF Medical Manual for Athletics and Road Racing Competitions: a Practical Guide. Monaco: International Association of Athletics Federations;1998:39-75.

のデータと北京オリンピック男子マラソンを比較したのが図2である。北京男子1は乾球温度で、北京男子2は湿球温度で推定した値である。実際には気圧や日照の影響も関わってくるのであくまでも推定値であるが、大阪世界陸上と比較すると決して「猛暑」ではなかったことが判明した。むしろ、スタート時の気温と湿度がマラソンにとって冷涼な環境ではなく、20キロまで5キロ14分台を記録したのは驚異的である。しかしながら、13位となった尾方剛選手の25キロ以降の5キロごと、およびラスト2.195キロのラップを上回ったゴール上位者は、30

キロで8人、35キロで7人、40キロで6人、ラスト2.195キロでは4人しかいない。すなわち、「猛暑」となる前にアフリカ勢が飛ばし、その差を「猛暑」の中での猛追も及ばず取り返せなかったと考えた方が妥当であろう。

北京オリンピックでは男子4×100リレー日本チームの歴史的な銅メダルがクローズアップされている。しかしながら、記録的には2007大阪世界陸上の男子4×100リレー決勝の方が優れており、各々の走者の走りも世界陸上の方が上であったように思う。北京での快挙は、有力チームがバトンミスで脱

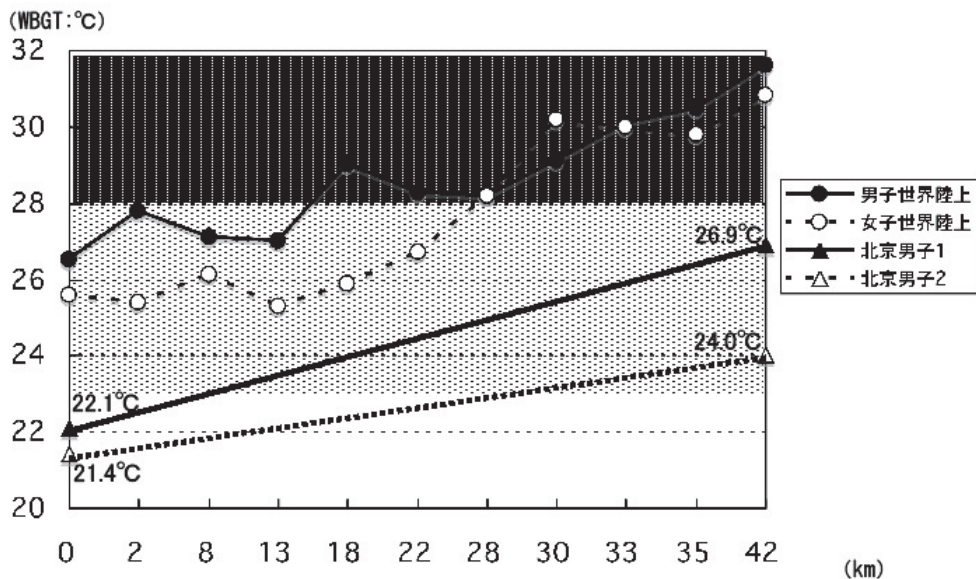


図2. 大阪世界陸上男女&北京五輪男子マラソン時のWBGT

落するなか、科学的な分析を背景に、これまで培われてきた走力の向上と、無駄のないバトンパスによって結びついたものである。レース後の末續慎吾選手の「僕らだけの勝利でなく、日本短距離歴史の勝利」との発言の中にも、そのような蓄積が含まれていると筆者は感じている。尾方選手の猛追は、日本の暑さ対策が間違っていなかったことを示している。我々は周囲に惑わされることなく、暑さ対策と共に選手強化を粛々と進めることが肝心であろう。

女子やり投の投てき動作における日本トップ選手と世界トップレベル選手との比較

田内健二¹⁾ 遠藤俊典²⁾ 小林海³⁾ 藤田善也³⁾

1) 早稲田大学 2) 茨城県立医療大学 3) 早稲田大学大学院

I. はじめに

日本の女子やり投の競技レベルは、一時低迷していたものの、近年、大学生を中心に徐々に高まりつつある。2008年度は海老原有希選手が56.71mを投げ、ランキングトップであるが、世界レベルに達するためには、60mをオーバーする必要がある、さらなる競技力向上が望まれる。競技力向上を図るためには、まず目指すべきレベルとの相違点を明らかにし、現状を把握することが不可欠であると考えられる。

そこで、本報告では世界トップレベル選手の投てき動作との比較からみた海老原選手の投てき動作の特徴を明らかにし、海老原選手における競技レベルの向上のための示唆を得ることを目的とした。

II. 方法

1. 分析対象

分析対象は、海老原選手および2007年世界陸上女子やり投のトップ8の選手(世界トップ8)であった。すべての選手は右手投げであった。分析試技は、海老原選手については2008年静岡国際陸上において、世界トップ8については世界陸上において最も良いやりの飛距離を記録した試技とした。なお、海老原選手の分析試技は、2008年度のシーズンセカンド記録(56.27m:自己サード記録)の試技であることから、海老原選手の投てき動作の特徴をおおよそ代表できるものと考えられる。

2. 撮影方法

各選手の投てき試技を、助走路の側方および後方に設置したデジタルビデオカメラ(HVR-AJ1, Sony)を用いて、毎秒60フィールド、露出時間1/1000で撮影した。また、助走路の中央、ファウルラインよ

り後方6m地点を原点とし、縦6m×横4m×高さ2.5mの画角を設定し、合計9カ所にキャリブレーションポール(マーク間隔0.5m)を立てた。本稿では、投てき方向をy軸、y軸に対して左右方向をx軸、鉛直方向をz軸とした右手系の静止座標系を設定した。

3. 分析方法

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

4. 分析項目

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

- 1) リリース速度: リリース時のグリップ速度
- 2) リリース高: リリース時のグリップ高
- 3) リリース角度: 矢状面内におけるリリース速度ベクトルとy軸とがなす角
- 4) 姿勢角: 矢状面内におけるグリップと先端とを結んだ線分とy軸とがなす角
- 5) 迎え角: 姿勢角から投射角を減じた角度

なお、理論的にやりの投てき記録を決定する要因となるリリース速度、リリース高およびリリース角

(姿勢角および迎え角を含む) を総じてリリースパラメータとよぶ。

- 6) 身体重心速度 (単に重心速度)
- 7) 減速率: R-on 時に対する L-on 時および L-on 時に対する REL 時の重心速度の減速率
- 8) 局面時間: 準備局面および投局面の経過時間
- 9) 加速距離: 右足接地時からリリースまでのグリップの移動距離
- 10) 歩幅: 右足接地時の右つま先から左足接地時の左つま先までの距離

本稿では, 世界トップ8の選手の動作の特徴を把握するために, Ae et al., (2007) が提案した平均動作モデルを用いた. この方法は, 身体分析点の各座標値を身長で除すことによって身体の大きさを規格化し, 動作時間を0 - 100 %のパーセンテージで規格化する(局面時間の比が6 : 4であったために, 準備局面を0 - 60%, 投局面を60 - 100%に規格化した) ことによって, 対象とした選手らの平均的な動作モデルを構築するものである. 得られる平均動作モデルでは, 優れたパフォーマンスを発揮している世界トップレベル選手に共通する合理的な動作を抽出できるものと考えられる. さらに, この方法では平均動作を数値だけでなく, 視覚的に把握できるという大きな利点がある.

III. 結果および考察

1. リリースパラメータ

まず, 表1に示したリリースパラメータについて海老原選手と世界トップ8とを比較すると, 海老原選手は投てき記録ではおよそ7 m低値を示し, やりの合成のリリース速度は1.3m/s低値を示した. 男子の世界レベル選手を対象にした結果においては,

表1 海老原選手および世界トップ8におけるリリースパラメータ

	海老原選手	世界トップ8
投てき記録	56.27	63.63 ± 2.26
リリース速度		
合成	22.5	23.8 ± 0.3
左右	2.7	-1.0 ± 1.5*
前方	18.4	19.2 ± 1.0
上方	12.7	13.9 ± 1.2
リリース高	1.72	1.74 ± 0.05
リリース角	33.6	36.0 ± 2.6
迎え角	12.8	4.9 ± 5.2

*: マイナスの値は左方向の速度を示す

合成のリリース速度が1m/s増大するごとに飛距離はおよそ5 m増大することが明らかにされている(田内, 未発表資料) ことから, 女子のやり投においてもおおよそ同様のことがあてはまるものと考えられる. また, リリース速度の各成分をみると, 前方向のリリース速度にも差はあるが, 特に上方へのリリース速度において差が大きかった. さらに, リリース角度が低値, 迎え角が顕著に高値を示した. 迎え角は0度に近いことが理想であることから, 海老原選手の12.8度はやりの飛距離に対して, いくらかマイナスに作用したことが考えられる. これらの結果から, リリースパラメータからみた海老原選手の投てきは, やりを低く投げ出していることから, 前方のリリース速度はある程度高いが, 上方へのリリース速度が低く, またやりの向きと投射方向とが若干一致しなかった投げであったといえる.

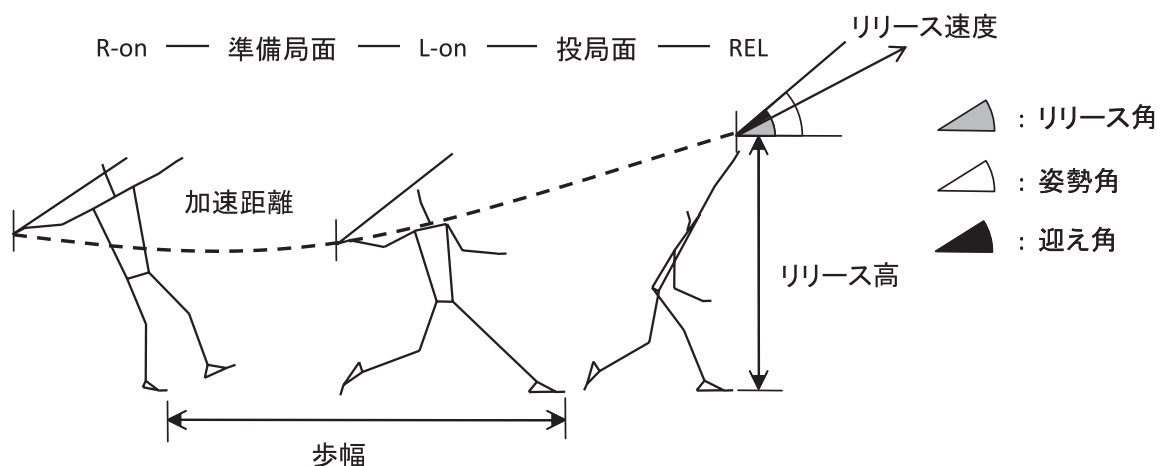


図1 リリースパラメータおよび各算出項目

表2 海老原選手および世界トップ8における動作に関するパラメータ

	海老原選手	世界トップ8
動作時間		
準備局面	0.22	0.21 ± 0.02
投局面	0.13	0.14 ± 0.01
重心速度		
R-on	6.0	5.8 ± 0.5
L-on	5.1	5.0 ± 0.4
REL	2.6	2.8 ± 0.4
減速率		
準備局面	14.2	13.6 ± 4.0
投局面	48.4	43.5 ± 3.4
加速距離		
準備局面	1.45	1.25 ± 0.19
投局面	1.65	1.82 ± 0.15
トータル	3.10	3.07 ± 0.28
歩幅		
前後	1.90	1.66 ± 0.17

2. 投てき動作に関するパラメータ

次に、表2に示した投てき動作に関するパラメータおよび図2、3に示したスティックピクチャについて海老原選手と世界トップ8とを比較し、どのような動作によって上述したリリースパラメータの結果になったのかを考察してみたい。海老原選手は、世界トップ8と比較して、重心速度は若干速く、減速率は準備局面ではほぼ同様、投局面では高値であった。投局面における減速率は、下肢、体幹から上肢およびやりへのエネルギー伝達の指標であるとして、投てき距離との間に相関関係が認められたと報告する研究もある (Böttcher and Kühl, 1998)。

海老原選手は世界トップレベル選手よりも助走速度（重心速度）が高く、投局面の減速率も高いことから、エネルギーの伝達量としては大きいことが考えられる。しかし、やりのリリース速度は世界レベルに達していないことから、助走によって得られた運動エネルギーを効果的にやりの速度増加に利用できなかった（やりの速度増加以外にエネルギーが使われた＝エネルギーロスが生じた）ことが推察される。図2に示したスティックピクチャをみると、投局面において海老原選手は世界トップ8と比較して、腰の位置がより後方に位置され、体幹と左足とが“くの字”になっていることが観察される。このような姿勢では、下肢から体幹へのエネルギー伝達が効率よく行われないことが考えられ、エネルギーロスにつながったと考えられる。また、海老原選手において特徴的であったのは、歩幅の広さであり、世界トップ8と比較して顕著に高値を示した。図2に示した動作は身長で規格化してあるために、いかに海老原選手の歩幅が大きかったかが理解できよう。歩幅が大きすぎることは、重心よりもより前方で左足を接地する可能性を高め、このことが上述のような“くの字”の姿勢を作り出したことが考えられる。また、“くの字”の姿勢では体幹がより前傾していることから、やりの投射角を大きくできず、上方へのリリース速度を高めにくくなったことも考えられる。

IV. まとめ

本研究の結果から、世界トップレベル選手との比較からみた海老原選手の投てき動作は、助走速度は高いが、R-on から L-on への歩幅が広すぎるために、腰が後方に残ったままになる、いわゆる“くの字”

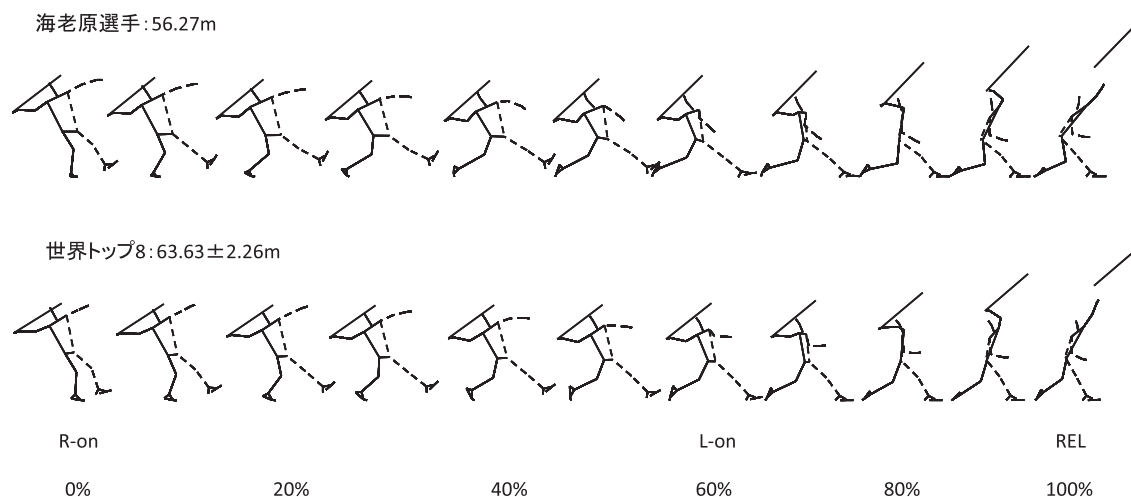


図2 側方からみた海老原選手の動作および世界トップ8における平均動作パターンのスティックピクチャ

海老原選手: 56.27m



世界トップ8: 63.63±2.26m

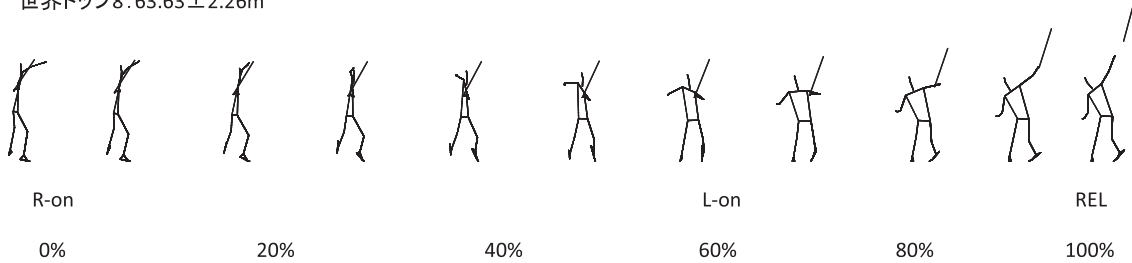


図3 後方からみた海老原選手の動作および世界トップ8における平均動作パターンのスティックピクチャ

の姿勢になることによって体幹の前傾が強調され、このことは下肢から体幹へのエネルギー伝達が効果的に行われただけでなく、やりのリリース角度を大きくできず、上方へのリリース速度を高められないことにつながるとまとめることができる。さらに、この体幹の前傾が強調されたことによって迎え角も大きくなったことが推察される。

したがって、海老原選手が世界トップレベルに達するための課題の1つには、準備局面において歩幅を短くした状態でも適切な投動作を行える技術を獲得することがあげられる。この示唆は、文章ではシンプルであるが、実際に改善することは非常に困難なことであると思われる。本報告の結果が海老原選手の競技力向上にわずかでも役に立てばと思う次第である。

謝辞

本報告を執筆するにあたり、海老原有希選手（スズキ）および関係者の方々には貴重なデータの公表を快諾していただきました。この場をお借りして、感謝申し上げます。

参考文献

Böttcher, J. and Köhl, L. (1998) The technique of the best female javelin throwers in 1997. *New Studies in Athletics* 13: 47-61.

Mid-phase sprinting movements of Tyson Gay and Asafa Powell in the 100-m race during the 2007 IAAF World Championships in Athletics

Akira Ito¹⁾, Koji Fukuda¹⁾ and Kota Kijima¹⁾

1) Osaka University of Health and Sport Sciences, Osaka, Japan

Abstract

In the present study, the running movements of Tyson Gay (9.85 seconds) and Asafa Powell (9.96 seconds) who finished first and third, respectively, in the 2007 IAAF World Championships in Athletics were analyzed. Their data were compared to past data (Ito et al., 1998) in order to determine the characteristics of both sprinters. Maximal sprint running velocity was 11.85 m/s for Gay and 11.88 m/s for Powell. For Gay and Powell, step frequency was 4.90 and 4.96 steps/s, respectively, and step length was 2.42 and 2.40 m, respectively. According to Ito et al. (1998), sprint running velocity is not related to maximum thigh angle “high knee”, but the faster the sprint running velocity, the greater the minimum knee angle. The maximum thigh angle for Gay and Powell was comparable at 65° and 70°, and the minimum knee angle for Gay and Powell was 41° and 38°, respectively, and these numbers were similar to the data obtained by Ito et al. (1998). The horizontal distance from the toe at the point of landing to the center of gravity for the two sprinters was 0.31 m, and this number is comparable to that for sprinters who run 100 meters in 11 seconds (Fukuda and Ito, 2004). Therefore, it is not necessarily good to land immediately underneath the center of gravity when landing. In support leg movements, an interesting finding was seen with maximum knee extension velocity for Gay and Powell. During landing, the knee joint of both sprinters always remained bent, and when acceleration force was expressed during the later half of the support phase, the extension velocity had a negative value: -50 degrees/s for Gay and -68 degrees/s for Powell.

Training guidance that attempts to increase sprint running velocity by reducing the deceleration associated with landing must be reexamined because the landing distance for Gay and Powell is comparable to that of sprinters who run 100 m in 11 seconds. What is important here is that Gay and Powell continue to bend the knee of the support leg during the support phase, and training guidance that instructs sprinters to actively extend the knee and ankle joints of the support leg must be reevaluated.

1. Introduction

While the 100-m sprint is a simple sport, it requires athletes to compete by running at top speed, and the winner of the 100-m sprint receives the greatest accolades in track and field. In order to run the 100-m sprint with good results, fast reaction time after the start signal and acceleration after the start are important, but the most important element is maximum sprint running velocity. World-class sprinters reach their maximum sprint running velocity in about 70-80 m (Ae and Ito,

1992), and the maximum sprint running velocity of sprinters who run 100 m in less than 10 seconds is ≥ 11.8 m/s (Ito et al., 1998). Fast sprint running requires a strong body and efficient running movements.

In the present study, the running movements of Tyson Gay (9.85 seconds) and Asafa Powell (9.96 seconds) who finished first and third, respectively, in the 2007 IAAF World Championships in Athletics were analyzed while they were running at top speed in the final race. Their data were compared to past data (Ito et al., 1998) in order to determine the characteristics of both sprinters.

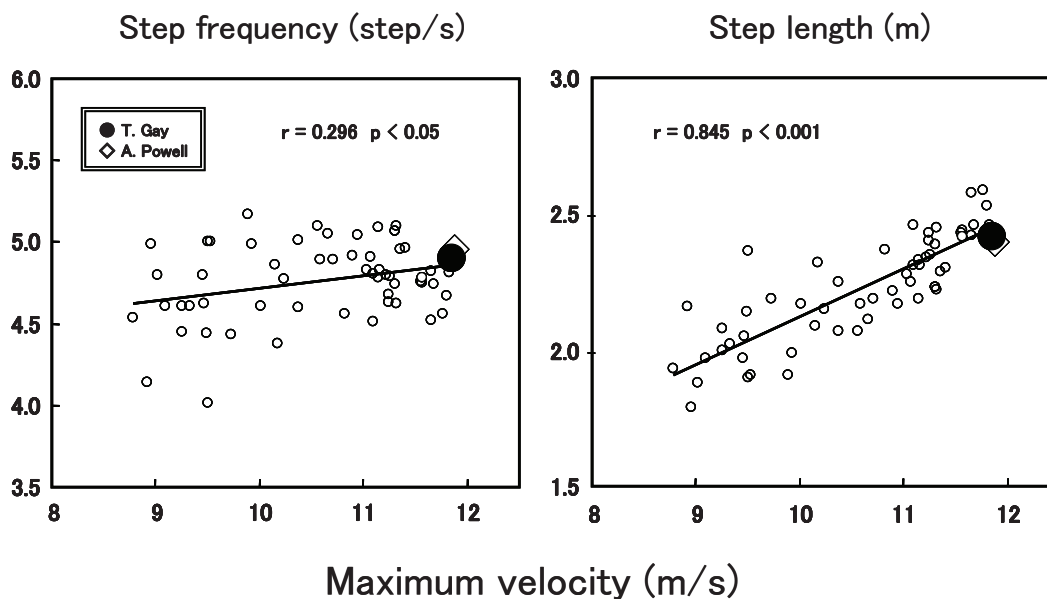


Figure 1. Relationships among sprint running velocity, step frequency and steplength.

2. Methods

During the final race for the men's 100-m sprint event during the 2007 IAAF World Championships in Athletics, two high-speed video cameras (Phantom v4, Vision Research Inc, USA) were placed at the highest row of the spectator stands on the start line and on the finish line in order to capture Tyson Gay and Asafa Powell at the 60-m mark. The two cameras were synchronized and captured images at 100 Hz. Using motion analysis software (DKH, Tokyo, Japan), the two-dimensional coordinates of 24 body points were scanned at 100 fps, and the direct linear transformation method (DLT) was used to calculate three-dimensional coordinates where the x-axis was the direction of sprinting, the y-axis the vertical direction perpendicular to the ground, and the z-axis was the horizontal line parallel to the starting line. The error between calculated three-dimensional coordinates and the actual values of the calibration points in the x, y and z-axis directions was 0.005 m, 0.005 m and 0.005 m, respectively. The three-dimensional coordinates were subjected to smoothing at 7 Hz using the Butterworth method.

For comparison, data accumulated from men's 100-m sprint events in international competitions and official Japanese track and field meets were used. Of our previous data, the best sprint record was the 9.86 seconds that Carl Lewis ran at the 1991 IAAF World Championships in Athletics in Tokyo.

3. Results and Discussion

Step frequency and step length

Sprint running velocity was determined based on the distance covered by the center of gravity over two steps, and sprint running velocity at the measurement point was 11.85 m/s for Gay and 11.88 m/s for Powell. Figure 1 shows the relationships among sprint running velocity, step frequency and step length. According to past data (Ito et al., 1998), the faster the sprint running velocity, the greater the step frequency and the larger the step length. For Gay and Powell, step frequency was 4.90 and 4.96 steps/s, respectively, and step length was 2.42 and 2.40 m, respectively, and these numbers mostly agreed with past data. Gay is 1.83 m tall and Powell is 1.90 m tall, and the step length to height ratio for Gay and Powell is 1.32 and 1.26, respectively. Hence, while Gay is a step-length type sprinter, Powell is a step-frequency type sprinter. When Carl Lewis set the world record of 9.86 seconds in 1991, step frequency was 4.67 steps/s, step length 2.53 m and step length-to-height ratio 1.35 (Ito et al., 1994).

Recovery leg movements

Leg movements during the recovery phase when the support leg leaves the ground and then the leg is moved forward were analyzed in terms of maximum thigh angle (maximum angle formed by the thigh and the vertical line), minimum knee angle, and maximum leg angle (maximum angle formed by the vertical line and the line connecting the hip joint and the lateral malleolus) (Figure

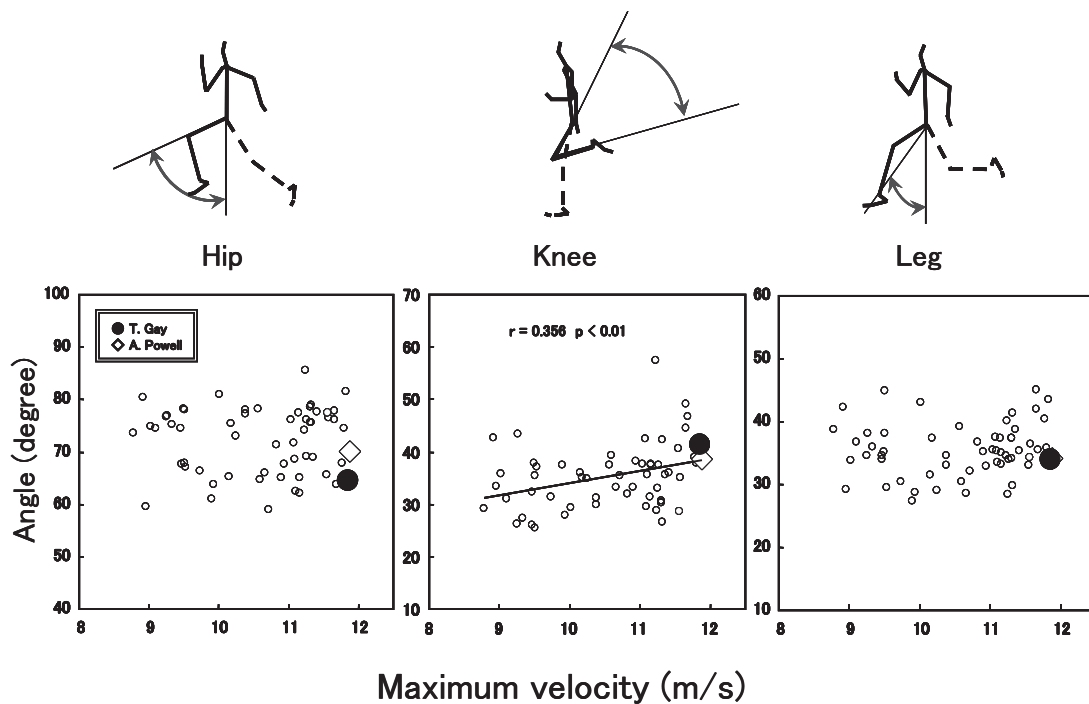


Figure 2 Relationships among sprint running velocity and recovery leg movements

2). According to Ito et al. (1998), sprint running velocity is not related to maximum thigh angle and maximum leg angle, but the faster the sprint running velocity, the greater the minimum knee angle. The maximum thigh angle for Gay and Powell was comparable at 65° and 70° , and these numbers were similar to the data obtained by Ito et al. (1998). The minimum knee angle for Gay and Powell was 41° and 38° , respectively, and these numbers were comparable to past data. The maximum leg angle for both sprinters was 34° , and this number was similar to the data obtained by Ito et al. (1998). Although the technique of the two sprinters appeared different to the naked eye, there were no marked differences in the parameters measured in the present study. In other words, both sprinters moved their legs forward without excessively raising the thigh, thus resulting in relatively low knee height. The horizontal distance from the toe at the point of landing to the center of gravity (this relates to the maximum leg angle) for the two sprinters was 0.31 m, and this number is comparable to that for sprinters who run 100 meters in 11 seconds (Fukuda and Ito, 2004). Therefore, it is not necessarily good to land immediately underneath the center of gravity when landing.

Support leg movements

In the present study, the driving movements of the support leg were analyzed in terms of the maximum extension velocity of the hip, knee and ankle joints

of the support leg during landing (Figure 3). Ito et al. (1998) reported that while fast sprinters exhibited fast hip extension and slow knee extension, the maximum ankle extension velocity did not correlate to sprint running velocity. However, an interesting finding was seen with maximum knee extension velocity for Gay and Powell. During landing, the knee joint of both sprinters always remained bent, and when acceleration force was expressed during the later half of the support phase, the extension velocity had a negative value: -50 degrees/s for Gay and -68 degrees/s for Powell. According to our unpublished data, Maurice Greene, the previous world record holder, exhibited the similar movement. The knee extension velocity for Lewis was almost zero (Ito et al., 1998), and the results of the present study suggest that sprint running technology has entered a new era. With regard to knee extension velocity, if the knee joint is fixed like Lewis, then 100% of hip extension can be transferred to drive the leg in the posterior direction, but if the knee joint is bent like Gay and Powell, hip extension velocity is added to the leg, causing the drive velocity of the leg in the posterior direction to exceed 100%. Furthermore, with a driving movement where the knee joint is extended, hip extension velocity is absorbed by knee extension velocity, thus reducing the drive velocity of the leg in the posterior direction.

The maximum hip extension velocity for Gay and Powell was 774 and 693 degrees/s, and the maximum

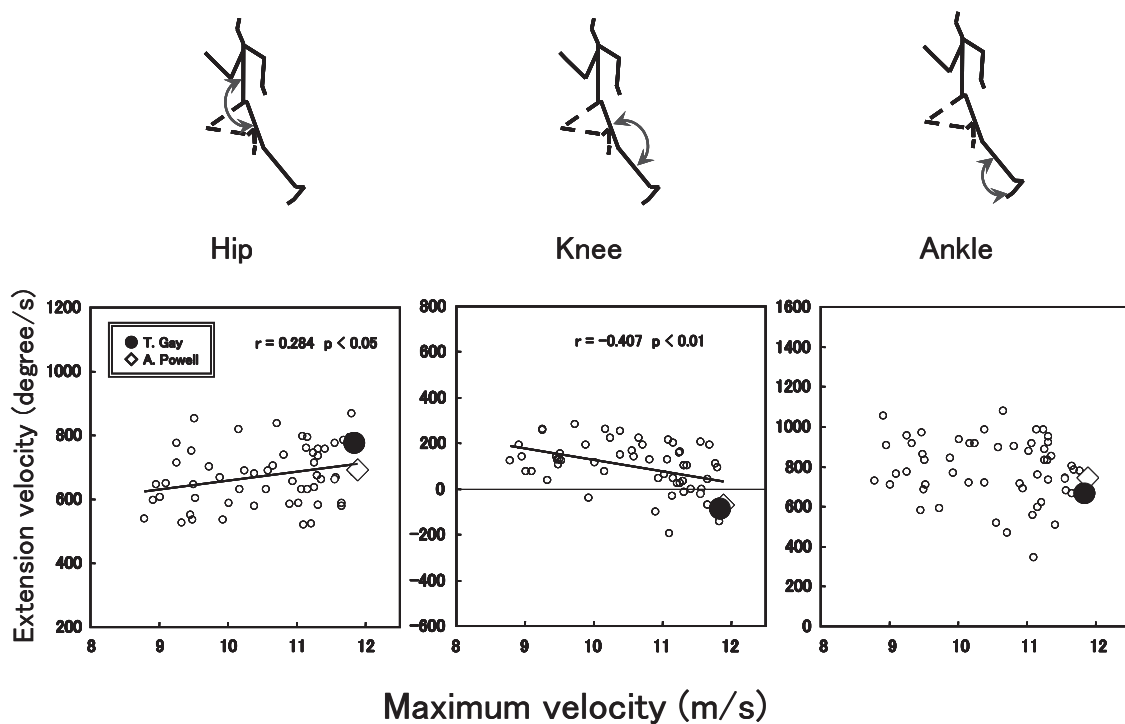


Figure 3 Relationships among sprint running velocity and support leg movements

ankle extension velocity 664 and 743 degrees/s, respectively, and these values were mostly comparable to the data obtained by Ito et al. (1998).

4. Guidance recommendations

The results of the present study show that Gay and Powell are world-class sprinters with different characteristics in terms of step length and step frequency, and suggest that caution must be exercised when strongly correcting step frequency and length.

Past studies have shown that the maximum ankle extension velocity is constant and is not related to sprint running velocity, and this suggests that so-called "snapping" movements are due to the spring-like properties of the muscle-tendon complex involving the triceps muscle of the calf and the Achilles tendon. In other words, athletes do not consciously extend the ankle, and guidance should take into account this point.

Training guidance that attempts to increase sprint running velocity by reducing the deceleration associated with landing must be reexamined because the landing distance for Gay and Powell is comparable to that of sprinters who run 100 m in 11 seconds. What is important here is that Gay and Powell continue to bend the knee of the support leg during the support phase, and training guidance that instructs sprinters to actively

extend the knee and ankle joints of the support leg must be reevaluated.

References

- Ae, M and Ito, A. (1992). The men's 100 meters. *New Studies in Athletics*, 7(1), 47-52.
- Fukuda, K. and Ito, A. (2004). Relationship between sprint running velocity and changes in the horizontal velocity of the body's center of gravity during the foot contact phase. *Japan J. Phys. Educ.* 49, 29-39. In Japanese.
- Ito, A, Ichikawa, H., Saito, M., Sagawa, K., Ito, M. and Kobayashi, K. (1998). Relationship between sprint running movement and velocity at full speed phase during a 100 m race. *Japan J. Phys. Educ.* 43, 260-273. In Japanese.

Analysis of speed patterns in 100-m sprints

A. Matsuo¹⁾, H. Tsuchie²⁾, T. Yanagiya³⁾, R. Hirokawa⁴⁾, M. Sugita⁵⁾, M. Ae⁶⁾

1) Japan Institute of Sports Sciences, 2) Jyosai University, 3) Juntendo University,
4) Hokkaido Tokai University, 5) Mie University, 6) Tsukuba University

Abstract

The running speed of men's and women's 100-m sprints, including Tyson Gay (USA), Asafa Powell (JAM) and Veronica Campbell (JAM), at the 11th IAAF Athletics Championships in OSAKA were measured by using laser beam apparatus (LAVEG Sport, JENOPTIK, Germany). The purpose of this brief report was to investigate changes in running speed during the 100-m races and to provide information a sprint training. The highest speed of Gay (USA), who won the men's 100-m, and Powell (JAM) was 11.83 m/s and 11.79 m/s, respectively, and the rate of decrease in speed was 2.2% for Gay and 8.1% for Powell. However, their top speed was slower than that of Carl Lewis at the 3rd IAAF World Championships in Tokyo (12.05m/s, 9.86s of previous WR). In women, the highest speed attained by Campbell (JAM) was 10.56m/s and the rate of decrease in speed was 9.6%. The correlational coefficient between the top speed and goal time was -0.933 for men ($p < 0.0001$) and -0.962 for women ($p < 0.0001$). The rate of decrease in speed ranging from 2% to 13% has a small effect on the goal time. However, it may influence the ranking of the races of both the men's and women's.

1. Introduction

Tyson Gay (USA) won the 100-m world title for men in 9.85 s, followed by Derrick Atkins (BAH) who won the second rank in 9.91s, with world record holder Asafa Powell (JAM) attaining the third position. Powell led the run from the start to a distance of 60 m; however, after 60~70 m, his speed decreased suddenly. Taking the same time of 11.01 s, Veronica Campbell (JAM) defeated the defending champion Lauryn Williams (USA).

In 100-m races, the important factors comprise the acceleration from the start to the top speed, the top speed, and the decrease in speed just before the goal. Analysing 100-m races of the world championship will provide extremely important data for planning the training strategy in a sprint. The speed analyses of 100-m races were conducted by using video cameras or measuring instruments with the laser beam method. This method could measure the running speed from start to finish with a sampling rate of 100 Hz, although we had employed this method for evaluating the speed of the sprinters

during 100-m races.

2. Method

In this study, the apparatus using the laser beam (LAVEG Sport, JENOPTIK, Germany) was employed for measuring the running speed. The error of measurement of this device is 7 cm, and the safety of the laser beam is categorised as class 1 by the safety standard. In this



Figure 1. Setting the 5 lavegs in seat in stand.

Tabel 1. Reaction time, Goal time, top speed, percent of decrease in speed, elapsed time, speed, %max in 100m finals of men and women.

rankname	reaction time s	goal time s	top speed m/s	top distance m	%Decrease in Speed %	Distance(m)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
1 Tyson Gay USA	0.143	9.85	11.83	65	2.2	elapsed time (s)	1.90	2.94	3.86	4.73	5.59	6.44	7.28	8.13	8.99	9.85
						speed(m/s)	5.25	9.70	10.83	11.42	11.72	11.79	11.83	11.80	11.67	11.57
						% max speed	44.4	82.0	91.6	96.6	99.0	99.7	100.0	99.7	98.7	97.8
2 Derrick Atkins BAH	0.137	9.91	11.74	55	1.8	elapsed time (s)	1.89	2.93	3.87	4.75	5.62	6.47	7.32	8.18	9.04	9.91
						speed(m/s)	5.28	9.65	10.69	11.26	11.57	11.74	11.71	11.70	11.58	11.53
						% max speed	45.0	82.2	91.1	95.9	98.6	100.0	99.7	99.7	98.7	98.2
3 Asafa Powell JAM	0.145	9.96	11.79	55	8.1	elapsed time (s)	1.88	2.91	3.83	4.71	5.57	6.42	7.29	8.16	9.04	9.96
						speed(m/s)	5.31	9.73	10.83	11.38	11.67	11.79	11.51	11.51	11.34	10.84
						% max speed	45.1	82.5	91.8	96.6	99.0	100.0	97.7	97.6	96.2	91.9
5 Churandy Martina AHO	0.180	10.08	11.67	65	2.6	elapsed time (s)	1.98	3.03	3.98	4.88	5.75	6.62	7.47	8.34	9.20	10.08
						speed(m/s)	5.05	9.49	10.62	11.09	11.42	11.58	11.67	11.60	11.56	11.37
						% max speed	43.3	81.3	91.0	95.0	97.8	99.2	100.0	99.4	99.0	97.4
6 Marlon Devonish GBR	0.149	10.14	11.48	65	3.9	elapsed 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	10.52	11.09	11.31	11.42	11.48	11.37	11.42	11.03
						% max speed	44.6	83.7	91.7	96.7	98.6	99.5	100.0	99.1	99.5	96.1

Women 100m final (Wind;-0.2m/s), & best time(Wind;-0.1m/s)

rankname	reaction time s	goal time s	top speed m/s	top distance m	%Decrease in Speed %	Distance (m)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
1 Veronica Campbell JAM	0.167	11.01	10.56	55	9.3	elapsed time (s)	2.01	3.14	4.15	5.11	6.07	7.02	7.97	8.96	9.97	11.01
						speed(m/s)	4.97	8.84	9.96	10.36	10.46	10.56	10.45	10.12	9.94	9.58
						% max speed	47.1	83.7	94.3	98.0	99.0	100.0	98.9	95.8	94.1	90.7
2 Lauryn Williams USA	0.145	11.01	10.40	45	6.1	elapsed time (s)	2.01	3.13	4.13	5.10	6.06	7.03	8.00	8.98	9.99	11.01
						speed(m/s)	4.97	8.97	9.95	10.32	10.40	10.37	10.35	10.14	9.95	9.76
						% max	47.8	86.2	95.7	99.3	100.0	99.7	99.5	97.5	95.7	93.9
4 Torri Edwards USA	0.141	11.05	10.45	45	7.3	elapsed 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)	5.01	8.87	9.78	10.25	10.45	10.42	10.34	10.06	9.84	9.68
						% max	47.9	84.9	93.6	98.1	100.0	99.7	98.9	96.2	94.2	92.7
5 Kim Gevaert BEL	0.143	11.05	10.32	55	6.9	elapsed time (s)	1.98	3.10	4.11	5.10	6.08	7.04	8.02	9.01	10.01	11.05
						speed(m/s)	5.06	8.92	9.86	10.08	10.30	10.32	10.28	10.12	9.97	9.61
						% max	49.0	86.4	95.6	97.6	99.8	100.0	99.6	98.0	96.6	93.1
6 Christine Arron FRA	0.164	11.08	10.41	45	7.9	elapsed time (s)	2.03	3.15	4.16	5.13	6.09	7.06	8.03	9.02	10.04	11.08
						speed(m/s)	4.93	8.95	9.84	10.30	10.41	10.41	10.29	10.04	9.86	9.59
						% max	47.3	85.9	94.5	98.9	100.0	100.0	98.8	96.4	94.7	92.1
SF Veronica Campbell JAM	0.144	10.99	10.46	55	9.5	elapsed time (s)	2.00	3.12	4.12	5.10	6.07	7.02	7.98	8.96	9.93	10.99
						speed(m/s)	4.99	8.94	9.98	10.21	10.37	10.46	10.39	10.30	10.22	9.47
						% max	47.7	85.4	95.5	97.6	99.1	100.0	99.4	98.5	97.7	90.5

study, we positioned the five apparatuses at 64~68 m before the start line and 22~24 m above ground level (Figure 1). We measured the running speeds during sprinting for all races of men and women, from the first to the final round. In each race, five sprinters were selected based on their best performance in the daily programme. The measurement tools were positioned at the top of the stand behind the 100-m lanes such that different noises remained in the data, affected by the tilting movement of the device, particularly from the start to a distance of 40 m. These noises were removed by the spine interpolation; other noises were removed by the 1-Hz low pass Butterworth digital filter. Using filtered data, the elapsed time of 10 m from the start to the goal was calculated using the distances-time curves data. From the elapsed time, we calculated the running speed at each interval, the top speed and the rate of the decrease in speed from the top to the last speed, i.e. from 90 m to 100 m. The official results were used in the goal

and reaction times.

3. Results

The measuring objects included 75 examples from the first to the final round; we obtained the data of 63 samples for men, with the goal time ranging from 9.85 s to 10.46 s, and the data of 71 samples for women, with the goal time ranging from 10.99 s to 11.98 s. In our opinion, the data loss occurred when the runner did not begin and qualify and when the laser light beam was unable to follow the runners because the device was positioned high on the stand.

Goal time, top speed, the appeared distance of the top speed, the reaction time at the start, the elapsed time of 10 m, the speed of a 10-m interval, the rate of decrease in speed from the top to the speed of the last interval of every man and woman were recorded in table 1. These data represented the data of the 1st, 2nd, 3rd, 5th, and

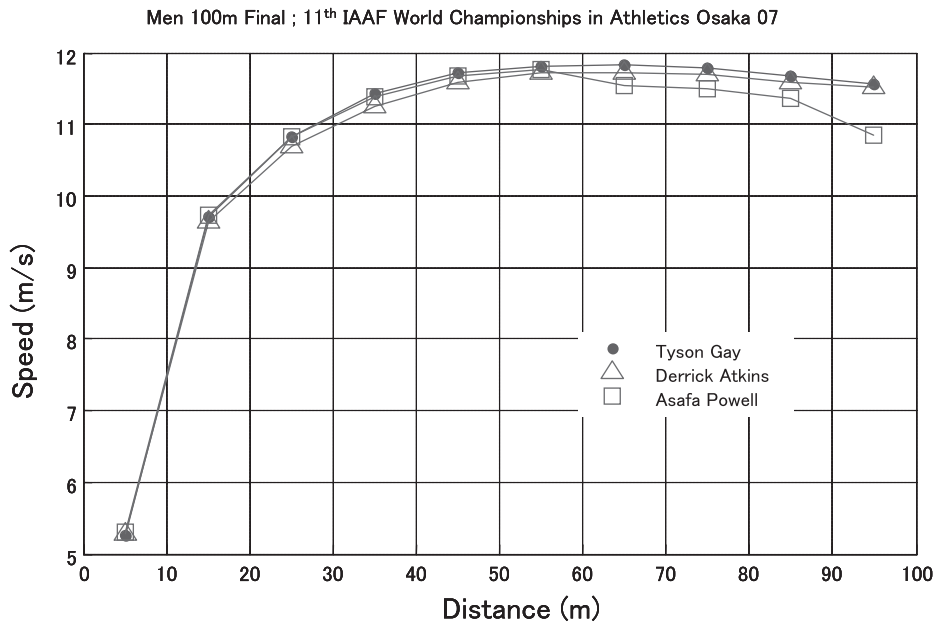


Figure 2. Speed changes in top 3 sprinter at men's 100m final

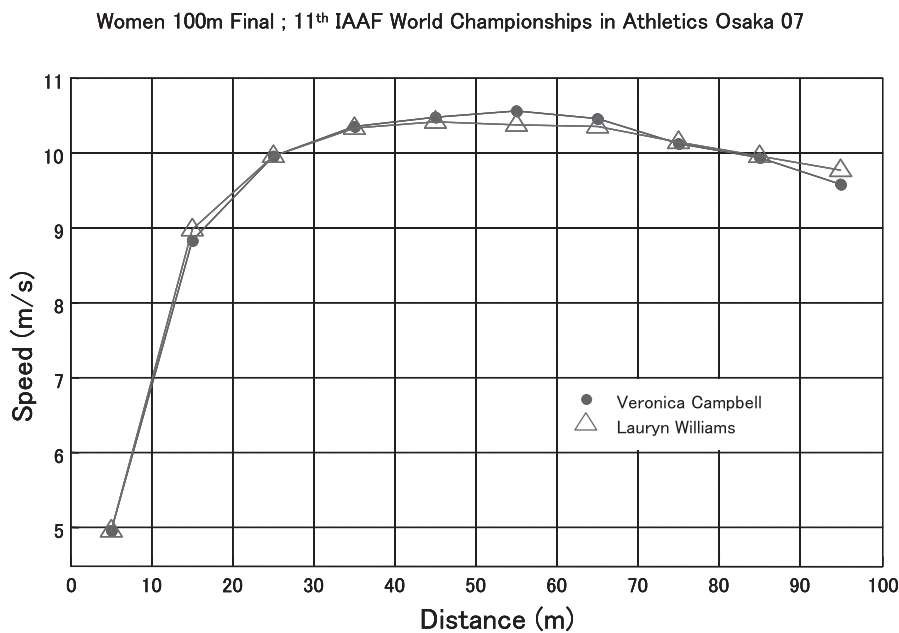


Figure 3. Speed changes in top 3 sprinter at women's 100m final

6th ranked male runners and the 1st, 2nd, 4th, 5th, and 6th ranked female runners and the time of 10.99 s at their semi-final. The maximum top speed attained by Gay (USA) over a distance of 60–70 m is 11.83 m/s; he was followed by Powell who ranked 3rd with a speed of 11.79 m/s. Lewis (USA) whose goal time was 9.86 s recorded a top speed of 12.05 m/s in the men's 100-m final at the third IAAF World Championships in Tokyo in 1991. Thus, Gay's top speed was 0.22 m/s slower than that of Lewis. With regard to the women's championship,

Campbell (JAM) who attained the 1st position in the final was the fastest with a speed of 10.56 m/s, followed by Williams (US) who ranked 2nd with a speed of 10.45 m/s.

The changes in the speed of the top three male sprinters have been recorded in figure 2. From the start to a distance of 60 m, the tendency of changes in speed in Gay and Powell almost exhibited an identical pattern; however, after covering a distance of 60 m, the speed of Powell decreased suddenly. On the other hand, after this

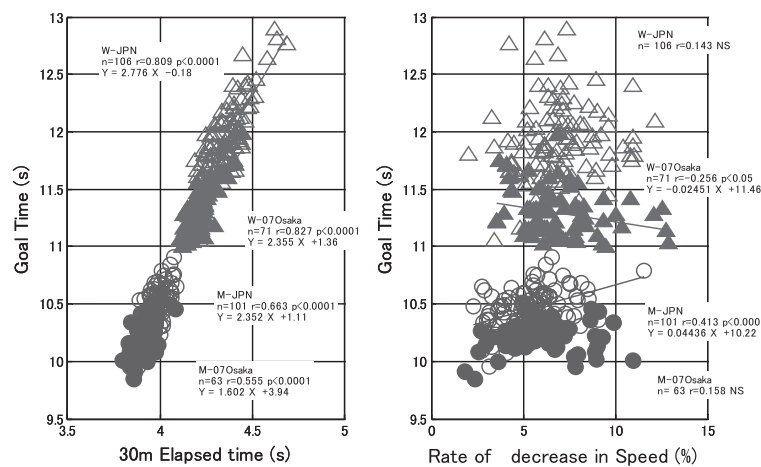
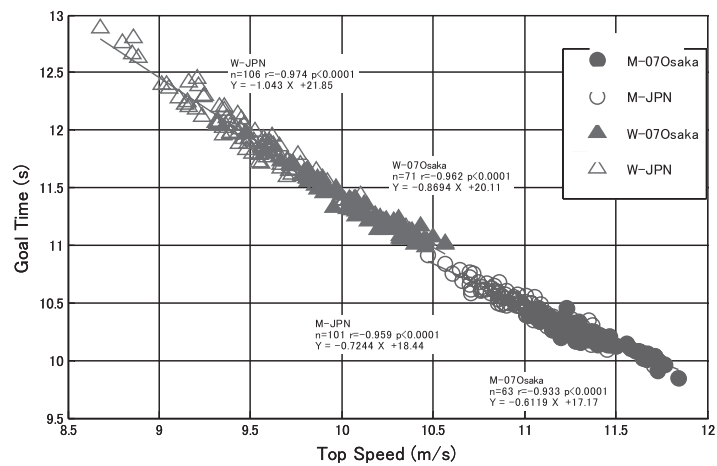


Figure 4. The relationship among top speed, 30m elapsed time, and percent of decrease in speed, and goal time.

point, Gay maintained his speed at the same level, and decreased it slightly just before the goal. The percentage of the decrease in speed was 2.2% in Gay and 8.1% in Powell. Figure 3 presents the changes in the speed of the top two female sprinters. Taking the same time, Campbell defeated the defending champion Williams and attained a top speed of 10.56 m/s in the distance from 50 m to 60 m; however, after this point, her speed decreased. The top speed of Williams who ranked second was lower than that of Campbell by 10.40 m/s. However, William's acceleration at the start and the ability of maintaining her speed was higher than that of Campbell. Thus, during the distance from 70 m to the goal, the speed of Williams was higher than that of Campbell.

Figure 4 presents the relationship among the top speed, the elapsed time of 30 m, the percentage of decrease in speed and the goal time. M represents men, W represents women, JPN is the data collected in Japan which includes the data of the international events held in Japan and 07 Osaka represents the present world championship in

athletics. Among men, the range of the goal time in 101 samples of JPN was from 9.95 s (Gatlin; USA, 2006) to 10.91 s; among women, the range of the goal time in 106 samples was from 11.05 s (Felix; USA, 2005) to 12.89 s. The top speed and the goal time were inversely related, and significant statistical correlations existed for any group (M-07 Osaka = -0.933, M-JPN = -0.959, W-07 Osaka = -0.962, W-JPN = -0.974, $p < 0.0001$). It has been demonstrated that in 100-m races, the higher the top speed, the better is the performance. In any group, the elapsed time at 30 m was also statistically related to the goal time. The correlation coefficients were from 0.555 to 0.809, which were lower than the relationship of the top speed with the goal time.

The rate of decrease in speed had been distributed in the range of 2% to 13% in all groups. When we observe the decrease rate of the speed and goal time in each group, we find that there was a positive relation in M-JPN and a negative relation in W-07 Osaka with statistically significant $p < 0.05$, and that in the other group, they had

no relationship between them. From these results, it was suggested that there was a small effect of maintaining speed to the goal on a 100-m sprint performance. This is the one of the factors that did not result in any relationship between the goal time and the percentage of the decrease in speed.

4. Conclusion

We obtained the extremely important data for 100-m sprinting in men (63 samples) and women (71 samples) in the 11th IAAF World Championships in Osaka.

The highest speed of Gay (USA), who won the men's 100-m finals, was evaluated to be 11.83 m/s and the rate of decrease in speed was evaluated to be 2.2%. In women, the highest speed attained by Campbell (JAM) was 10.56m/s and the rate of decrease in speed was 9.6%. Statistically significant relationships exist between the top speed and goal time in men ($r = 0.933$, $p < 0.0001$) and women ($r = 0.962$, $p < 0.0001$).

The value of the rate of decrease in speed distributed from 2% to 13% has a small effect on the goal time; however, it affects the ranking in each race, for example, in both the men's and women's finals.

Biomechanical analysis of the world's top distance runners of the 10,000 m final in the Osaka 2007 11th IAAF World Championships in Athletics

Yasushi Enomoto¹⁾, Hiroshuke Kadono²⁾, Yuta Suzuki²⁾, Tetsu Chiba¹⁾, Keiji Koyama³⁾

1) Kyoto University of Education), 2) University of Tsukuba 3), Juntendo University

Abstract

The purpose of this study was to reveal the biomechanical characteristics of running motion for the world's top distance runners in the men's 10000 m final at Osaka IAAF World Championships in Athletics. Bekele showed greater mean power and smaller effectiveness of mechanical energy utilization to running velocity, however increased in effectiveness at the latter of the race. Maximum, minimum and range of the thigh and shank angle showed the difference between the runners but did not change greatly throughout the race. Maximal thigh angular velocity of the recovery leg increased for Bekele, which might be critical motion for distance runners. The world's top distance runners showed a slight change of running motion and few fatigue symptoms. Even a distance runner must perform like a sprinter; it might be necessary to maintain high running speed during a race and spurt at the end. This is not only to utilize mechanical energy efficiently but also to generate more mechanical energy.

Introduction

It is an important task for success in distance running to maintain running speed over an entire race distance, however it was not unusual in those races for the winner and second place to be separated by a second. Therefore race management became a very important factor. The gold medalist not only maintained a high running speed, but in the recent distance races of the World Championships and Olympic Games the champion used two highly effective strategies: (1) changing running speed intentionally throughout the race to cause rivals to waste energy; (2) spurring sharply on the last lap like a sprinter.

From an energetic view point, both the increase in energy generation and effective utilization of energy to running velocity would be critical factors to performance of distance runners. Physiological studies have revealed the relationship of the physiological factors such as VO₂max, lactate threshold and running economy to distance running performance. However, runners were evaluated by VO₂max and running economy in running on a treadmill in a laboratory. Biomechanical study

indicated the direct relationship of running motion to the performance in the race. Enomoto et al. (1997) suggested that the elite distance runners showed higher effectiveness of mechanical energy utilization to running velocity in a running cycle.

One of the most interesting factors about distance runners is how they sustain and manage to maintain running speed against fatigue. Elliot and Ackland (1981) showed a few kinematic variables changing during the race as a result of fatigue. Williams et al. (1991) suggested that change in running motion due to fatigue is different by individuals. However, there are few studies about changes in running motion for the world's top distance runners during the race. A study analyzing the change in running motion during the race might give useful information about the running techniques of the world's top distance runners and a new insight into training for distance runners from biomechanical viewpoint.

The purpose of this study was to reveal the biomechanical characteristics of running motion for the world's top distance runners in the men's 10000 m final at Osaka World Championships in Athletics.

Table 1 Split and lap time at each 1000m in the race.

Distance	1. Kenenisa Bekele (ETH)		2. Sileshi Sihine (ETH)		3. Martin Irungu Mathathi (KEN)	
	Split time	Lap time	Split time	Lap time	Split time	Lap time
1000	2 : 44.36		2 : 44.53		2 : 45.38	
2000	5 : 27.61	2 : 43.25	5 : 27.79	2 : 43.26	5 : 28.19	2 : 42.81
3000	8 : 13.59	2 : 45.98	8 : 13.79	2 : 46.00	8 : 14.04	2 : 45.85
4000	10 : 58.21	2 : 44.61	10 : 58.36	2 : 44.56	10 : 58.36	2 : 44.31
5000	13 : 43.41	2 : 45.20	13 : 43.62	2 : 45.27	13 : 43.76	2 : 45.40
6000	16 : 29.22	2 : 45.82	16 : 29.39	2 : 45.77	16 : 29.52	2 : 45.77
7000	19 : 13.07	2 : 43.85	19 : 13.32	2 : 43.93	19 : 13.37	2 : 43.85
8000	21 : 55.20	2 : 42.13	21 : 55.42	2 : 42.10	21 : 55.53	2 : 42.16
9000	24 : 35.79	2 : 40.59	24 : 35.96	2 : 40.54	24 : 35.54	2 : 40.01
10000	27 : 05.90	2 : 30.11	27 : 09.03	2 : 33.07	27 : 12.17	2 : 36.63

Methods

We videotaped the runners at a fixed area on the backstretch in the men's 10000 m final in Osaka World Championships in Athletics using two digital video cameras (60 Hz) from side and front views of a runner. Another video camera was videotaped following the top group from the start to the goal to calculate the split time of each 100 m. The first place finisher of the race was Kenenisa Bekele (ETH) who is the world record holder of 10000 m, the second place finisher was Sileshi Sihine (ETH), the third place finisher was Martin Irungu Mathathi (KEN), whose height, body mass, best time of 10,000 m were 1.60 m, 54 kg, 26:17.53 for Bekele, 1.71 m, 55 kg, 26:39.69 for Sihine, 1.67 m, 52 kg, 27:08.42 for Mathathi, respectively. Running speed and step frequency were derived from the lap time of each 100 m and average time of a cycle (two steps) in each 100 m and step length was divided running speed by step frequency. Running motion of the top three runners were analyzed during a running cycle at the 600 m (stage 1), 3800 m (stage 2), 6200 m (stage 3), 8200 m (stage 4) and 9400 m (stage 5) marks using the three-dimensional motion analysis technique. After calculation of three dimensional coordinates and smoothing the coordinate data using digital Butterworth filter, the center of gravity of the body, angles and angular velocities of the segments and joints of lower limbs, mechanical energy of whole body were calculated. Effectiveness index of mechanical energy utilization to running velocity was calculated by horizontal translational mechanical energy of the body divided by mechanical work in a cycle (Enomoto et al.,

1997), which was calculated by sum of energy change of each segment in each time interval (Metzler et al., 2002).

Results & Discussion

Table 1 shows the split and lap time for top three at each 1000 m during the race. Each 1000 m lap times from the start to 9000 m were almost same. There was a small difference between three runners in the last 1000 m, although no difference was found between them until the 9000 m mark. The goal time of the winner was the sixteenth fastest time (his season best time at that time) in 2007 despite the high temperature and humidity (30 degree, 65 %) in Osaka that night.

Figure 1 shows the running speed, step frequency and step length in each 400 m for the top three. Running speed of the top three was almost same until last three laps, while they suddenly sped up around 8800 m mark and time of the final lap were 55.51 s of Bekele, 58.66 s of Sihine and 62.16 s of Mathathi. Bekele was behind Mathathi and Sihine and seemed to exhaust energy before the final lap, but he sped up dramatically and left others behind. There was also no change in step frequency and step length until 9000 m. Elliot and Ackland (1981) showed that the decrease in running velocity caused by decrease in step length, while Williams et al. (1991) showed the increase in step length with fatigue eliminating an effect of running speed. Furthermore, the data of this race showed no significant change in the support time (average of right and left foot) during the race. It seems that the top three runners accomplished their best as if they were not fatigued throughout the race

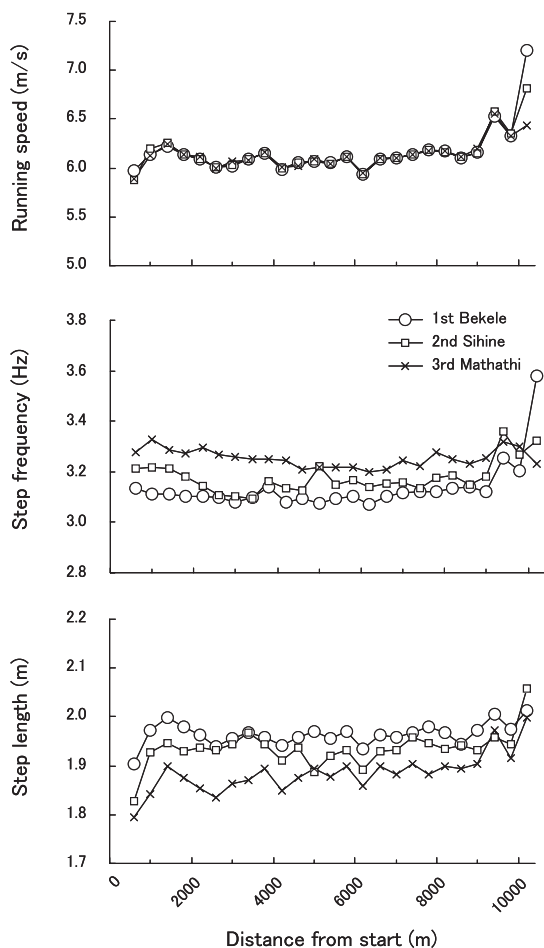


Figure 1 Running speed, step frequency and step length for top three in each 400 m during the race

despite the hot muggy conditions.

Bekele showed small step frequency and large step length during the race, conversely Methathi showed large step frequency and small step length. Their average step lengths to body height during the race were 1.23, 1.13 and 1.13 for Bekele, Sihine and Mathathi, respectively. Bekele increased running speed by increasing in step frequency largely at the final lap. Correlation coefficients of running speed to step frequency and step length were 0.904 and 0.662 for Bekele, 0.753 and 0.492 for Sihine, and 0.377 and 0.717 for Mathathi. These results suggested that Bekele could maintain large step length during the race and change in running speed by change in step frequency, especially at last spurt.

Figure 2 shows changes in the effectiveness index of mechanical energy utilization to running velocity (EI) and mechanical power which was calculated to divide mechanical work by cycle time of top three from stage 1 to 5. EI of Bekele was smaller than the others at stage 1, then increase at stage 3 and 5. EI of Sihine and Mathathi were greater than Bekele at stage 1, but Sihine decreased

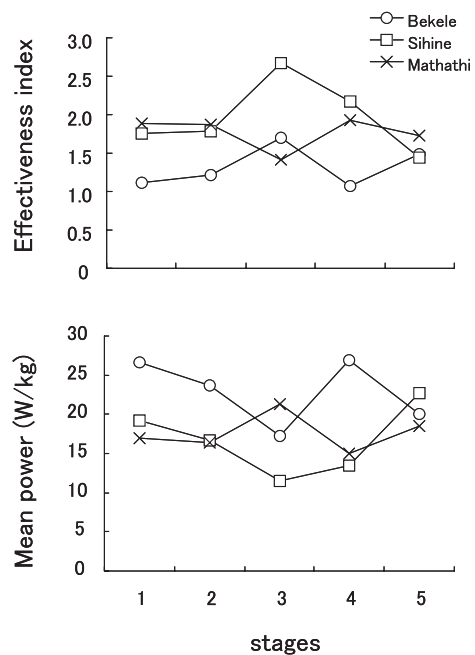


Figure 2 Changes in effectiveness index of mechanical energy and mean power of top three at each stage in the race.

in EI from stage4 to 5. Mathathi maintained EI through the race. Mean power of them doesn't show consistent change through the race. Bekele's mean power was greater than the others at stage 1 and 2. These results suggest that running motion of Bekele expended more energy but he can increase in effectiveness to maintain the running velocity and speed up at the end of the race. Mathathi may have good running technique to utilize mechanical energy effectively although he can not output more energy to speed up more at end of the race.

Figure 3 shows the changes in the maximal and minimum thigh and shank angles at each stage for the top three. Thigh and shank angle was defined as angle to the vertical (counter-clockwise is positive). Positive means swinging to the front of the body and negative means backward. The lengths of each bar indicate the range of motion of thigh and shank. The range of shank movement for Bekele was greater than the others, although the range of thigh movement for Mathathi was greater than the others from stage 1 to 5. All three runners showed minor changes in maximal and minimum angles of thigh and shank. Maximal thigh angle and the range of movement of the thigh for Mathathi gradually increased, while those of Bekele and Sihine didn't change. Maximal and minimum shank angles were maintained for Bekele but decreased for Sihine and

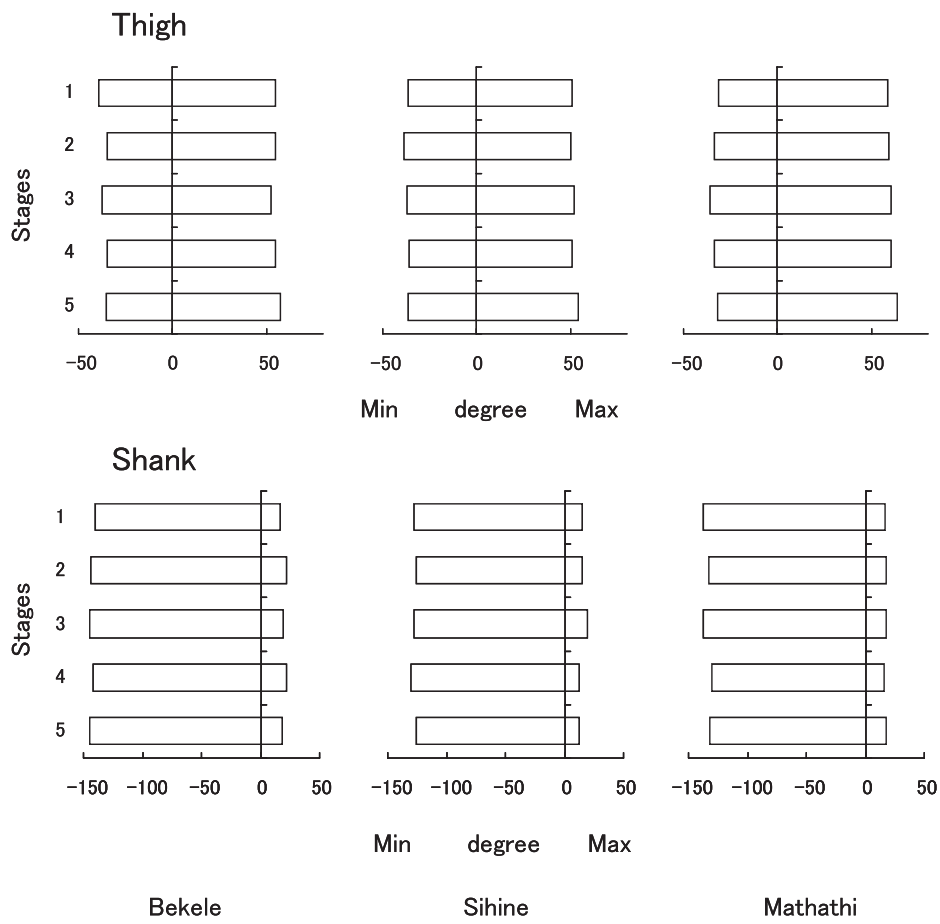


Figure 3 Maximum and minimum angles of the thigh and shank for the top three runners at each stage in the race.



Figure 4 Stick pictures of the top three runners at 8200m mark (stage 4) in the race.

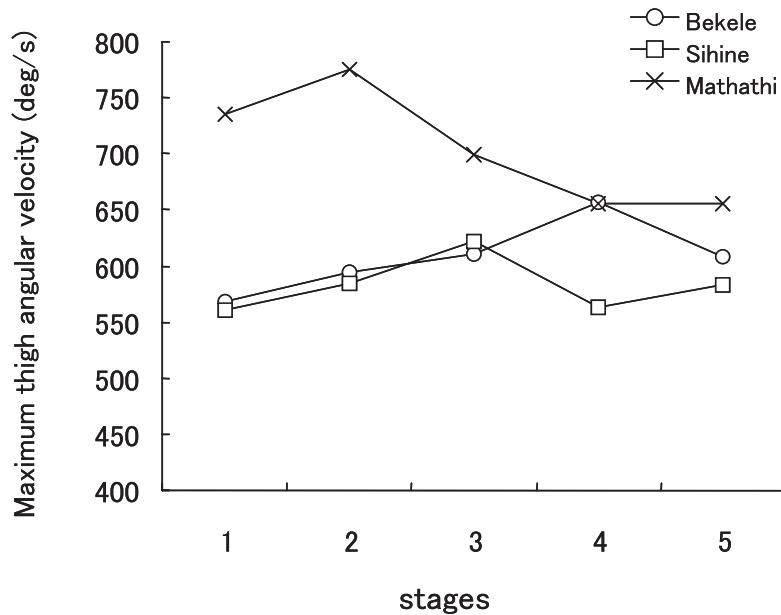


Figure 5 Change in maximum thigh angular velocity of top three runners at each stage in the race.

Mathathi.

Figure 4 shows stick pictures of the top three runners at 8200 m mark (stage 4) in the race. Thin lines indicate the left side. Bekele shows that his shank was pulled up to the thigh greatly in early recovery phase with the consequence of the decrease in minimum knee angle, and then swung forward greatly before the foot strike.

Figure 5 shows changes in maximum thigh angular velocity (MTAV) of the top three runners at each stage in the race. At stage 1 and 2 Mathathi showed greater MTAV than the others. Bekele showed the increase in MTAV gradually from stage 1 to 4. These results imply that Bekele maintain the forward swing velocity of the thigh as a result of the control on the shank motion, which might be characteristic for Bekele. Enomoto and Ae (2005) suggested that Kenyan runners swung the thigh forward faster due to flexing the knee of the recovery leg greatly. These suggested that forward swing of thigh is an important motion for distance runners.

In conclusion, the world's top distance runners show a slight change of running motion and few fatigue symptoms. The characteristic of Bekele's running motion was greater shank motion, which would need to expend more mechanical energy.

Like a sprinters, it might be necessary for distance runners to maintain high running speed during a race and to spurt at the end of a race to not only utilize mechanical energy efficiently but also to generate more mechanical

energy.

References

- Elliot B, Ackland T, Biomechanical effect of fatigue on 10000 meter running technique, *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 1981; 52 (2): 160-166.
- Enomoto Y, Ae M, Fujii N, Okada H, Running technique in long distance running and the effectiveness of mechanical energy utilization, *Japanese Journal of Biomechanics in Sports and Exercise*, 1997; 3 (1): 12-19.
- Enomoto Y, Ae M, A biomechanical comparison of Kenyan and Japanese elite long distance runner's techniques, *Book of abstract XXth Congress of the International Society of Biomechanics*. No.852, 2005.
- Williams KR, Snow R, Agruss R, Changes in distance running kinematics with fatigue, *International Journal of Sport Biomechanics*, 1991; 7: 138-162.
- Metzler V, Arampatzis A, Brüggeman GP, Influence of 2D and 3D body segment models on energy calculations during kinematic analysis of running, *European Journal of Applied Physiology*, 2002; 86: 337-341.

Biomechanical analysis of the men's and women's long jump at the 11th IAAF World Championships in Athletics, OSAKA 2007: A brief report

Hiroyuki Koyama¹⁾, Michiyoshi Ae¹⁾, Yuya Muraki²⁾, Aya Yoshihara¹⁾, and Kazuhito Shibayama¹⁾

1) University of Tsukuba, 2) Osaka University of Health and Sports Science

Abstract

The men's and women's long jumpers at the 11th IAAF World Athletic Championships in Osaka were three-dimensionally analyzed in the preparatory, takeoff, airborne, and landing phases. The purpose of this brief report was to investigate kinematics of the top three long jumpers in Osaka 2007. The results on the preparatory phase indicated that the investigated jumpers increased the run-up speed until the 2nd last stride, and lowered their C.G. in the airborne phase of the 2nd last stride by lengthening the airborne time.

An interesting observation was the lateral foot placement in the 2nd last stride and last stride, and an inward-inclined takeoff leg in the takeoff phase in the frontal plane, which induced effective use of the hip abductors of the takeoff leg to enhance the vertical velocity during the takeoff, as similar to the high jump (Okuyama et al., 2003)..

1. Introduction

The finals of the men's and women's long jump at the 11th IAAF World Championships in Athletics Osaka were held in 30th August and 28th August, respectively. The men's winner, Irvine Saladino (PAN) marked his personal best and new African record of 8.57 m. In the women's final, only Tatyana Lebedeva (RUS) jumped over 7.0 m, followed by Lyudmila Kolchanova (RUS) and Tatyana Kotova (RUS). The current world record of the men's long jump was 8.95 m, marked by Mike Powell (USA) at the 3rd World Championships in Athletics Tokyo, 1991. In this game, Carl Lewis (USA) also jumped over 8.90 m, the previous world record by Bob Beamon. These jumps were studied by the biomechanical research project team organized by International Association of Athletics Federations and Japan Association of Athletics Federations. The report of this project provided findings for improving the performance, for example, the run-up speed of Powell and Lewis at the touchdown of the takeoff was over 11.0 m/s, and that of the other finalists was approximately 10.4 m/s; the less knee flexion of the takeoff leg was a very

important factor to gain the vertical velocity during the takeoff (Fukashiro et al., 1994).

At the 11th World Athletic Championships in Osaka, the biomechanics research project was also organized by International Association of Athletics Federations and Japan Association of Athletics Federations, and videotaped the qualifications and finals of the men's and women's long jump to obtain biomechanical information of the elite athletes and to provide coaches and athletes with findings to improve their performance.

The purpose of this brief paper was to report kinematics data of the top three men and women long jumpers in Osaka, 2007.

2. Methods

2.1 Analyzed jumps

Tables 1 and 2 show the characteristics of the top three men and women long jumpers, which were analyzed in this report.

2.2 Data collection and reduction

The men's and women's long jumpers qualified for the

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	8.60	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)

finals of the long jump were videotaped with two high-speed video cameras (250 Hz) and two digital video cameras (60 Hz) placed on the top row of the stadium. The two high-speed video cameras covered the 2nd last stride, last stride and takeoff, and the normal digital video cameras videotaped the airborne and landing motions. A calibration pole with seven control points was set at the fourteen locations over the videotaping area to reconstruct the real coordinates of the jumpers' segment endpoints.

Three-dimensional coordinates of twenty-three segment endpoints were reconstructed by using a three-dimensional direct linear transformation (3D-DLT) method, and were smoothed with a Butterworth low-pass digital filter at optimal cut-off frequencies determined by residual analysis, 4.8 to 8.4 Hz.

The official distance was divided into three lesser distances, which were takeoff distance, flight distance and landing distance, as shown in Figure 1. The takeoff distance (L1) is the horizontal distance between the front edge of the takeoff board and the center of gravity (C.G.) of the body at the instant of the toe-off. The flight distance (L2) is the horizontal distance that the C.G. travels while the athlete is in the air. The landing

distance (L3) is the horizontal distance between the C.G. at the instant the heels hit the sand and the ultimate mark in the sand made by the jumper. Toe-to-board distance (L4), which is the horizontal distance between the toe of the takeoff foot and the front edge of the board at the instance of the toe-off of the takeoff, was calculated as an indicator of the accuracy of the takeoff.

The C.G., joint angles of the takeoff leg, hip and shoulder rotation angles, and trunk angle were calculated. The leg angle between the line connecting the hip to ankle joint of the takeoff leg and horizontal line was calculated in the sagittal and frontal planes.

3. Results and Discussion

3.1 Men's Final

3.1.1 Performance descriptors

Table 3 shows the competition result of the men's long jump. Table 4 shows components of jumping distance of the long jump. The toe-to-board distance of the top three jumpers were ranging from 1.0 to 3.0 cm, which indicated that the run-up accuracy of the best jump was quite good in these jumpers. The takeoff distance (L1) was approximately 0.40 m and the percentage of that to

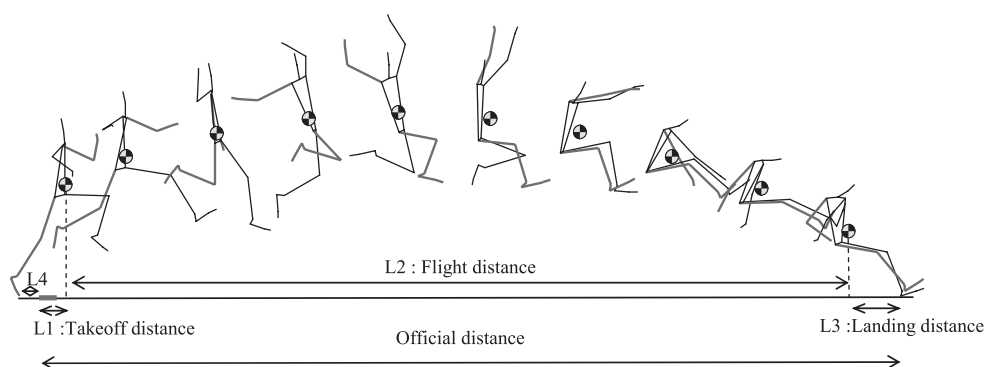


Figure 1. Definitions of components of jumping distance of the long jump

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

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)

the total distance was about 5.0 %, and the contribution of the flight distance (L2) to the official distance was over 90 % (91.0~91.8 %). These results were similar to the previous report of the elite male long jumpers by Hay (1986). The flight distance of Saladino was 7.80 m (91.0 %) and longer than those of Howe (7.70 m) and Phillips (7.62 m), and the landing distances of the top three finalists were 0.39 m for Saladino, 0.36 m for Howe, and 0.26 m for Phillips, respectively. These distances were smaller than those of the finalist at the World Championship in TOKYO 1991 (0.47±0.09 m). The shorter landing distance in this final seems to result from

their landing motion. The data of this study indicated that the apparent landing distance, the horizontal distance between the C.G. and the heel at the instant of heel landing in the sand, was 0.51 m for Saladino and 0.48 m for Phillips, and these values were similar to that of the previous report of Tokyo. The mark of the heel of Phillips made in the sand was 8.53 m and further than that of Howe (8.51 m), indicating Phillips had a large loss of the distance by poor avoiding motion after landing.

3.1.2 Velocity of the C.G.

Table 5 shows the horizontal and vertical velocities

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)

of the 2nd last stride, last stride and takeoff phases and takeoff angle. The run-up speed of the 2nd last stride was 10.65 m/s for Saladino, 10.99 m/s for Howe, and 11.01 m/s for Phillips, and then the speed decreased toward the takeoff. The data indicated that although Phillips reached the largest run-up speed at the touchdown of the 2nd last stride in the top three, the decrease in the speed from the 2nd last stride to the takeoff was the largest (-0.63 m/s), resulting in the smallest horizontal velocity at the touchdown of the takeoff (Saladino, 10.52 m/s; Howe, 10.87 m/s; Phillips, 10.38 m/s). Contrary, the decrease in the run-up speed for Saladino and Howe were smaller, -0.13 m/s for Saladino and 0.12 m/s for Howe, implying that their preparation for the takeoff were superior to Phillips's one.

The horizontal velocity at the touchdown for the top three was similar to the average of the reports on World Championship in Tokyo and Athens (Fukashiro *et al.*, 1994; Arampatzis *et al.*, 1999), with exception of M. Powel (11.00 m/s) and C. Lewis (11.06 m/s). The data represented that the horizontal velocity at the toe-off for Saladino was the smallest of the three, but his vertical toe-off velocity was the largest and contributed to gain the longest flight distance of the three. It is interesting that although the decreases in the horizontal velocity for Saladino and Howe were approximately same (Saladino,

-1.63 m/s; Howe, -1.61 m/s), the gained vertical velocity was very different (Saladino, 3.75 m/s; Howe, 3.46 m/s), indicating that the velocity conversion technique from the horizontal to the vertical for Saladino was superior to Howe.

3.1.3 Pathway of the C.G.

Figure 2 shows pathways of the C.G. from the 2nd last stride to the takeoff for the three jumpers. The long jumpers lower the C.G. in the final stage of the run-up to make the body prepared to obtain the vertical velocity during the takeoff phase (Hay, 1986). The top three jumpers gradually lowered the C.G. from the 2nd last stride to the instant of the takeoff foot touchdown. The largest decrease in the C.G. height was achieved in the airborne phase of the 2nd last stride, which were 6.3 cm for Saladino, 8.6 cm for Howe, and 9.1 cm for Phillips.

The phase time analysis indicated that the support time of the 2nd last stride was shorter and airborne time was longer, compared with the 3rd last stride. These data confirmed that the top three finalists changed the running motion and prepared for the takeoff during the support phase of the 2nd last stride.

There were remarkable differences in the technique of lowering the C.G. during the last stride among the three athletes. Phillips continued lowering of the C.G. until the

toe-off of the last stride. However, Saladino and Howe took off, raising the C.G. slightly during the second half of the support phase. It should be worthy to note that although Phillips's large decrease in the C.G. height led the low position at the touchdown of the takeoff, his decrease in the horizontal velocity from the 2nd last stride to the takeoff was the largest of the three (Phillips, -0.63 m/s; Saladino, -0.13 m/s; Howe, -0.12 m/s).

3.1.4 Joint and leg angles during the takeoff phase

Table 6 shows angles of the takeoff leg joints, trunk, hip and shoulder rotation at the touchdown and toe-off of the takeoff phase. Figure 3 shows the overhead views of the pathways of the C.G. from the 2nd last stride to the takeoff and the footprint of each support phase.

The results on the knee joint indicated that the knee flexion and the maximum knee flexion velocity for Saladino were the smallest. Fukashiro et al. (1994) reported that the less knee flexion of the takeoff leg was a crucial factor to enhance the vertical velocity during the takeoff. The result of this final and previous report of Tokyo confirm that the less flexed takeoff leg helps to gain the vertical velocity in the takeoff phase.

The hip rotation angles at the touchdown and toe-off of the takeoff phase were 1.1° and 39.1° for Saladino, -12.6° and 21.9° for Howe, and -5.8° and 17.8° fir

Phillips. The range of the hip rotation was 38.0° for Saladino, 33.5° for Howe, and 23.6° for Phillips. These results indicated that the top three jumper rotated the hip of the lead leg forward in the swing of the lead leg during the takeoff, and the hip forward rotation of Saladino was the largest of the three. The previous report of Tokyo indicated that the range of the twist of the hip and shoulder during the takeoff positively correlated with the jump distance ($r=0.86$), and that of Powel and Lewis was 74° and 70°, respectively. As shown in table 6, the twist range of Saladino and Howe was 71.1° and 68.0° and similar to that of Powel and Lewis. The results of this study and previous report indicated that the twist of the hip and shoulder was an important motion during the takeoff phase to obtain the jumping distance. The leg angle (hip-ankle) in the frontal plane at the touchdown of the takeoff was -2.6° for Saladino, -4.7° for Howe, and -1.3° for Phillips, respectively., which indicated that the top three jumpers slightly inclined the takeoff leg inward at the touchdown of the takeoff. As shown in Figure 3, although the top three placed their support foot in the lateral position at the 2nd last and last strides, they placed their takeoff foot nearly under the C.G in the takeoff phase. Especially Howe's takeoff foot was placed in much medial position to the C.G. during the takeoff phase. These results indicated that these jumpers placed

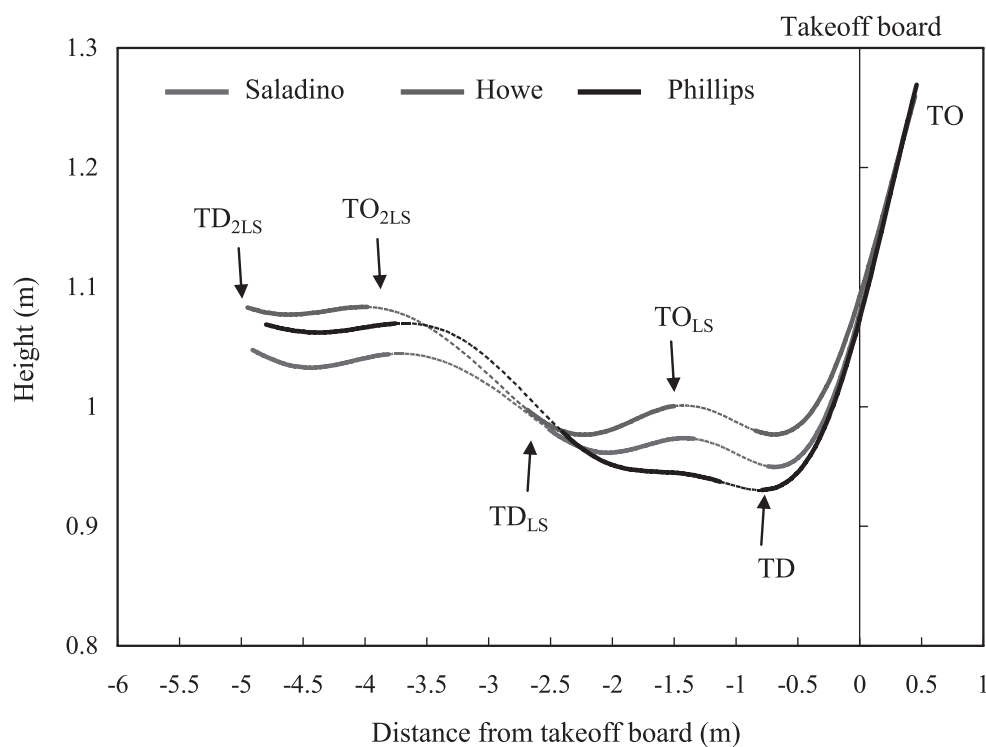


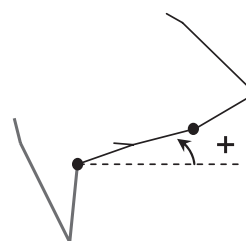
Figure2. Pathway of the center of gravity of the body from the touchdown (TD) of the 2nd last stride to the toe-off (TO) of the takeoff.

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

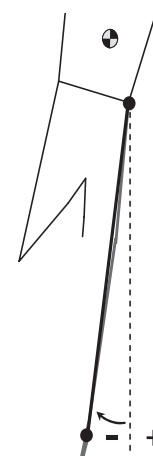
Parameter	Saladino	Howe	Phillips	1991 Tokyo World Championship*
Knee _{TD} (deg)	160.2	160.2	165.4	166.7±3.5
Knee _{MKF} (deg)	143.2	140.7	138.4	145.6±5.3
Knee _{TO} (deg)	168.4	165.2	159.8	172.0±2.3
Flex. / Ext. (deg)	-17.1 / 25.2	-19.4 / 24.5	-27.0 / 21.5	-21.1±4.3 / 26.4±4.8
Maximum Knee Flex. Vel. (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	-

* Fukashiro *et al.* (1994)

Rotation angle (shoulder)



Leg angle (sagittal plan)



their takeoff foot in the medial side, which resulted in a slight inward lean of the takeoff leg during the takeoff phase. Okuyama *et al.* (2003) suggested that the use of the hip abductors of the inward inclined takeoff leg in the high jump was an important factor to enhance the vertical velocity during the takeoff. The behavior of takeoff leg of the top three jumpers with the previous study (Okuyama *et al.*, 2003) imply that the elite long jumpers may have used their hip abductors of the takeoff leg to gain the vertical velocity during the takeoff phase.

3.2 Women's final

3.2.1 Performance descriptors

Table 7 shows the competition result of the women's long jump. Table 8 shows components of jumping distance of the long jump. Lebedeva marked the longest actual jump distance of the top three (7.08 m). The second longest actual jump was marked by the 3rd jumper, Kotova, and her jump was 10 cm longer than Kolchanova (Kotova, 7.05 m; Kolchanova, 6.95m). The

distance results indicated that Kolchanova's second position may have attributed to the accuracy of the takeoff foot placement and landing. The landing distance of the top three was longer than that of the men's finalists.

3.2.2 Velocity of the C.G.

Table 9 shows the horizontal and vertical velocities of the C.G of the 2nd last stride, last stride and takeoff phases and takeoff angle. The run-up speed of the 2nd last stride was 9.52 m/s for Lebedeva, 9.23 m/s for Kolchanova, and 9.12 m/s for Kotova, and then slightly decreased until the touchdown of the takeoff, resulting in the 9.37 m/s for Lebedeva, 9.13 m/s for Kolchanova, and 9.08 m/s Kotova at the touchdown of the takeoff. The horizontal velocity at the toe-off for Lebedeva and Kolchanova was same (7.73 m/s). However, there was significant differences in the vertical toe-off velocity between these top two athletes (Lebedeva, 3.50 m/s; Kolchanova, 3.23m/s), indicating that Lebedeva's

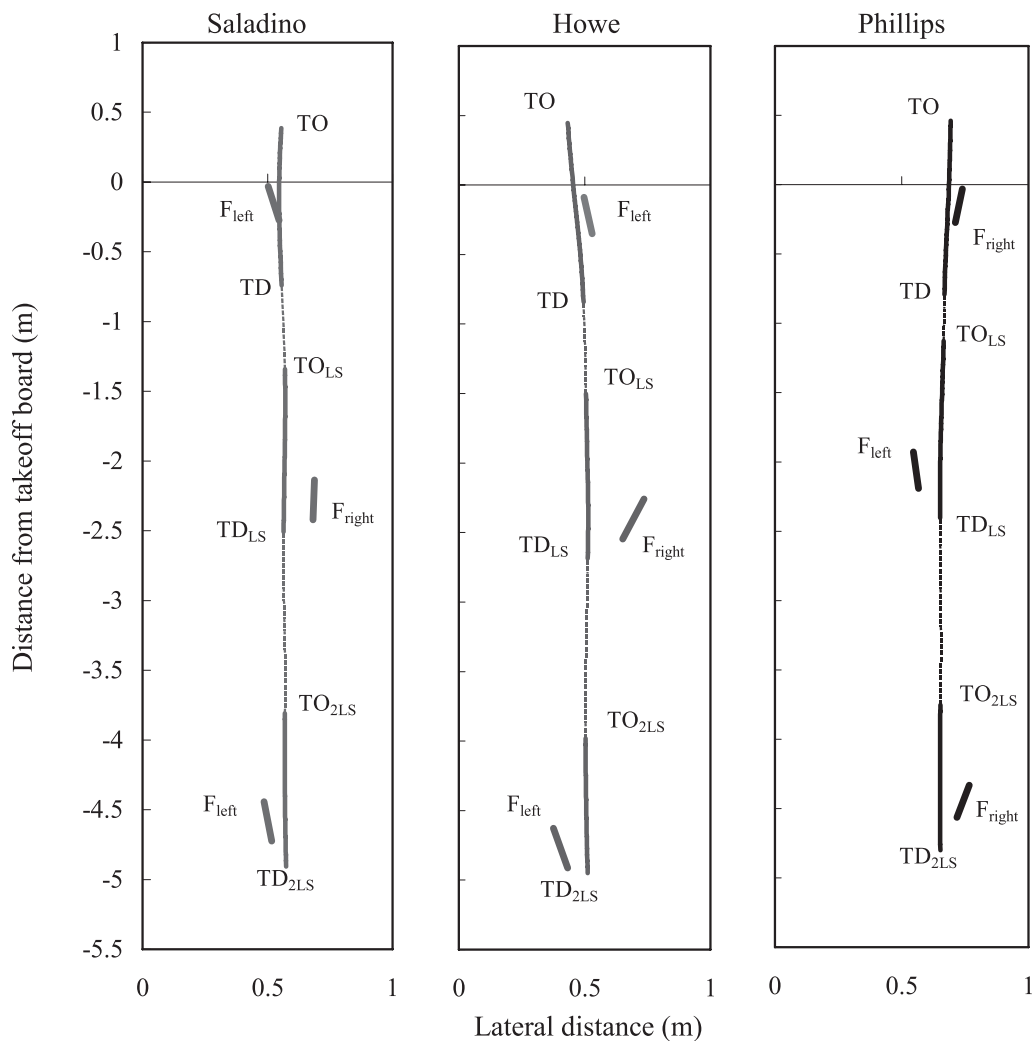


Figure 3. Overhead views of paths of the center of gravity of the body from the 2nd last stride to the takeoff and footprint of each support phase.

longer jump resulted from larger gain of the vertical velocity during the takeoff. Kotova's jump was very different from other two. The horizontal velocity at the toe-off was the largest of the three (8.14 m/s) because of the much less decrease in the horizontal velocity during the takeoff (Kotova, -0.94 m/s; Lebedeva, -1.64 m/s; Kolchanova, -1.40 m/s), and her toe-off vertical velocity was the smallest (3.18 m/s). Compared with the previous World Championships of the Tokyo and Athens (Fukashiro et al., 1994; Arampatzis et al., 1999), the run-up speed of the top three in Osaka was small, but there were no differences in the official distance among these competitions, with exception of J.J. Kersee and H. Drechsler. The results on the C.G. velocity indicated that the larger gain of the vertical velocity and the high takeoff angle for Lebedeva and Kolchanova and less decrease in the horizontal velocity for Kotova contributed to obtain their longer jump distance.

The gain of the vertical velocity until the maximum knee flexion of the takeoff leg (MKF) was 60.8 % for Lebedeva, 57.1 % for Kolchanova, and 39.1 % for Kotova, respectively. Previous studies of Lees et al. (1993, 1994) reported that the vertical velocity which long jumpers obtained until the MKF was a crucial factor for successful jump and over 64 % of the final vertical velocity for women and about 70 % for men. These indicated that the vertical velocity obtained until the MKF for the top three was smaller than that of the previous elite athletes. As mentioned above, Kotova obtained only 40 % of the final vertical velocity until the MKF even in the her best jump, however, she finally obtained the vertical velocity of 3.18 m/s, which were within the average of the elite female long jumper. These results indicated that Kotova might use different technique for the velocity conversion from the horizontal to the vertical during the takeoff.

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

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

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

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±8.08
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
ΔHV _{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)

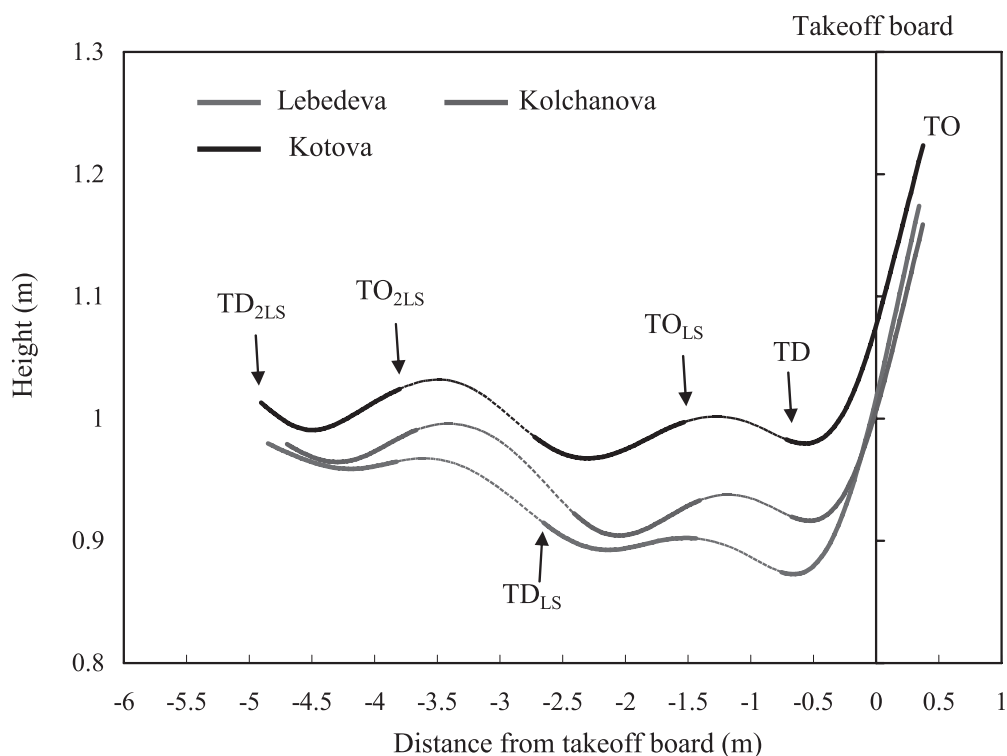


Figure 4. Path of the center of gravity of the body from the touchdown(TD) of the 2nd last stride to the toe-off (TO) of the takeoff

3.2.3 Pathway of the C.G.

Figure 4 shows pathway of the C.G. from the 2nd last stride to the takeoff for women’s final. The lowering the C.G of the women’s top three was similar to the pattern

of the men. However, the absolute value of the decrease in the C.G. height in the 2nd last airborne phase was smaller (Lebedeva, 5.0 cm; Kolchanova, 6.8 cm; Kotova, 3.9 cm).

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	-

* Fukushima *et al.* (1994)

3.2.4 Joint and leg angles during the takeoff

Table 10 shows angles of the takeoff leg joints, trunk, hip and shoulder rotation at the touchdown and toe-off of the takeoff phase. Figure 5 shows the overhead views of the paths of the C.G. from the 2nd last stride to the takeoff and the footprint of each support phase.

The knee flexion of the takeoff leg during the takeoff phase was 14.5° for Lebedeva, 15.4° for Kolchanova, and 6.5° for Kotova, and the minimum knee angle of the takeoff leg was approximately 143° to 146°. Compared with the top three men's jumpers, the knee flexion and maximum knee flexional velocity of the women's were much smaller than those of the men's jumpers. The report of the Tokyo WC indicated that the knee flexion of the takeoff leg was smaller in women's jumper than in the men's jumper (Women, 19.5±3.7°; Men, 21.1±4.3°). The less flexion of the takeoff leg of women may be caused by the small muscular strength of the takeoff leg than men.

The leg angle (hip-ankle) in the frontal plane at the touchdown of the takeoff was -6.1° for Lebedeva, -7.7° for Kolchanova, and -4.3° for Kotova, and those at the toe-off of the takeoff were also the negative values (-8.1° for Lebedeva; -5.2° for Kolchanova; -6.2° for Kotova). These results indicated that the top three of the women inclined the takeoff leg inward over the takeoff phase as the men adapted. Additionally, the inward inclination of the takeoff leg was larger in the women than those of the men's jumpers. As shown in figure 5, the women's top three placed their takeoff foot much medially, and these led the inward-inclined takeoff leg during the takeoff. These motions of the takeoff leg imply the use of the hip abductors of the takeoff leg for enhancing the vertical velocity in the takeoff phase, as previously described.

4. Summary

The results on the preparatory phase indicated that the

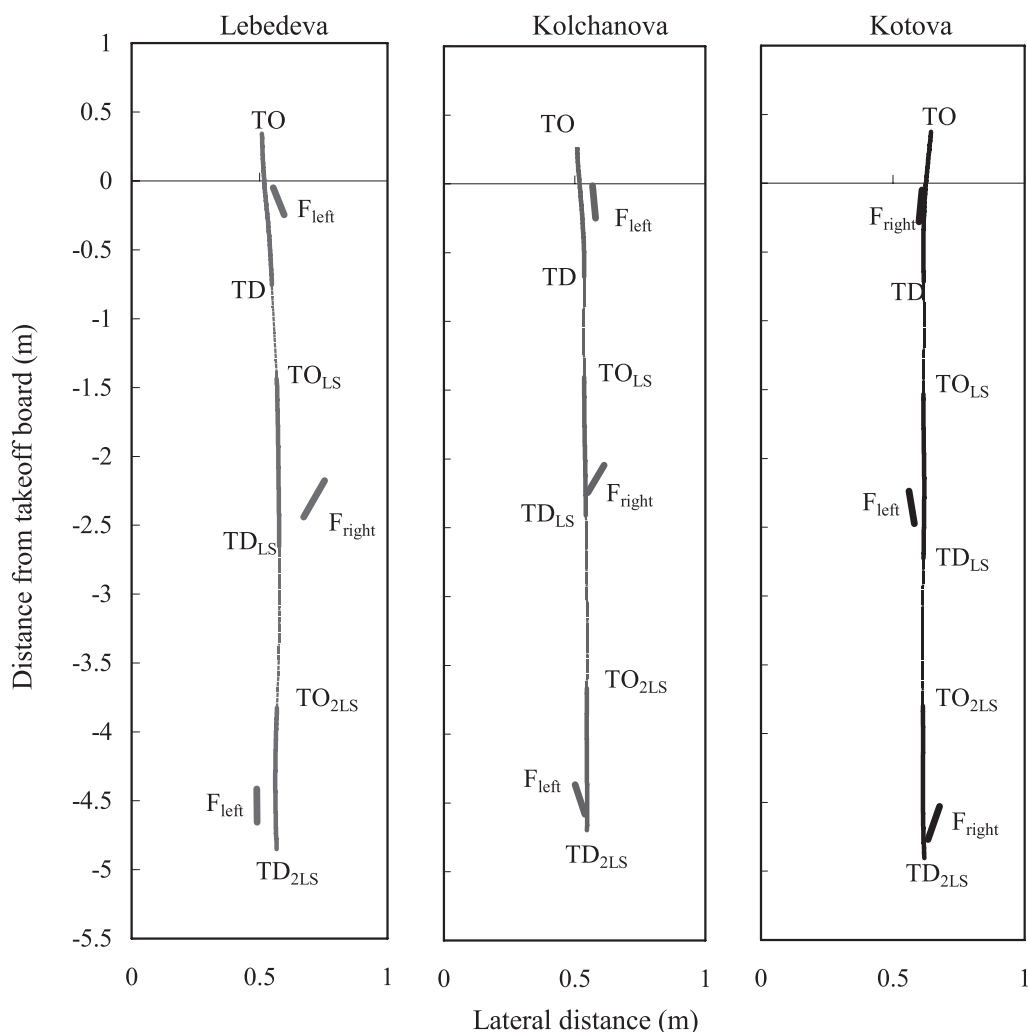


Figure 5. Overhead views of paths of the center of gravity of the body from the 2nd last stride to the takeoff and footprint of each support phase

investigated jumpers increased the run-up speed toward the 2nd last stride, and lowered their C.G. in the airborne phase of the 2nd last stride by lengthening the airborne time. They placed their takeoff foot in the medial side, which resulted in a slightly inward lean of the takeoff leg at the TD of the takeoff, which induced effective use of the hip abductors of the takeoff leg to enhance the vertical velocity during the takeoff, as similar to the high jump (Okuyama et al., 2003).

Reference

- 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), pp.82-102.
- Fukashiro, S., Wakayama, A., Kojima, T., Ito, N., Arai, T., Iiboshi, A., Fuchimoto, T., and Tan, H. P. (1994). Biomechanical analysis of the long jump (in Japanese). In Japan Association of Athletics Federations (ed.), The Techniques of the World Top Athletes (Research Report of the 3rd World Championships, Tokyo) (pp. 135-151). Tokyo: Baseball Magazine Co.
- Hay, J. G. (1986). The Biomechanics of the Long Jump. In K. B. Pandolf (ed.). Exercise and Sports Sciences Reviews (Volume 14) (pp. 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, Touch-down, 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).

Run-up Velocity in the Men's and Women's Triple Jump at the 2007 IAAF World Championships in Athletics in Osaka

Muraki, Y.¹⁾, Koyama, H.²⁾, Ae, M.²⁾, Shibayama, K.²⁾, and Yoshihara, A.²⁾

1) Osaka University of Health and Sports Science, 2) University of Tsukuba

Abstract

The purpose of this report is to present the jumping distance and run-up velocity data from the men's and women's triple jump finals at the 2007 IAAF World Championships in Athletics in Osaka.

The instantaneous run-up velocities of all attempts of all athletes were measured by a laser distance measurement device (LAVEG by Jenoptik). The best record jumps of each athlete were included in an analysis.

Comparing with the past World Championships, the average performance in the men's triple jump did not improve remarkably. In the women's triple jump, the average jumping distance at the 2007 World Championships was greatest among the past World Championships. Therefore, the women achieved 86.0% of the men's jumping distances. While the women's run-up velocities reached 89.6% of the men's at the 2007 World Championships.

The run-up velocity was significantly related to the jumping distance in the men's and women's triple jump finals at the 2007 World Championships. These relationships indicated that one of the most important determinant of the triple jump performance would be the run-up velocity in both men's and women's finals at this competitions.

Introduction

The 11th IAAF World Championships in Athletics 2007 was held at Osaka, Japan, from August 26th to September 2nd. In the men's triple jump, Nelson Évora of Portugal broke his own record by 23 cm and won the gold medal with a record of 17.74 m. While Yargelis Savigne of Cuba showed a big jump of 15.28 m at the first attempt and captured the victory in the women's triple jump.

In the horizontal jumps, the run-up velocity is of major importance for a successful performance. The changes in world records of the men's triple jump also imply the importance of the approach speed. In 1960s, Jozef Schimidt of Poland, who was former Olympic champion and world record holder, was the first to break the 17 m barrier with a jump of 17.03 m. Schimidt's technique involved a low and fast hop and step in order to minimize the reduction of run-up velocity and energy loss during the hop and step. Moreover, Jonathan Edwards of United

Kingdom improved the world record considerably and became world champion in 1995 with 18.29 m. One of the greatest characteristic of Edwards' jump was high run-up velocity.

In this report, the purpose is to present the jumping distance and run-up velocity data from the men's and women's triple jump finals at the 2007 IAAF World Championships in Athletics in Osaka.

Methods

Data were collected at the men's and the women's triple jump finals at the 2007 IAAF World Championships in Athletics in Osaka. The best valid jumps from each of the twelve finalists of the men's and women's competitions were selected for further analysis. The official distances of the selected jumps of each athlete were shown in Table 1 for male athletes and table 2 for female athletes.

The instantaneous run-up velocities of the athletes

Table 1 Jumping distance (official), run-up velocity at the maximum point and 0 m point of the approach distance (foul line), location of the maximum run-up velocity and velocity change from the maximum point to the 0 m point of the approach distance for the best valid jumps from each of the twelve male finalists

Rank	Name	Nat.	Result	Wind	MAX m	MAX m/s	0 m m/s	Diff. m/s
1	N. Évora	POR	17.74	+1.4	4.25	10.49	10.22	-0.27
2	J. Gregório	BRA	17.59	+0.3	7.02	10.45	10.05	-0.40
3	W. Davis	USA	17.33	+1.0	3.25	10.23	10.07	-0.16
4	O. Tosca	CUB	17.32	+1.1	3.64	10.43	10.27	-0.16
5	A. Wilson	USA	17.31	+0.6	6.51	10.51	10.13	-0.38
6	P. Idowu	GBR	17.09	-0.9	5.53	10.26	9.92	-0.35
7	D. Giralt	CUB	16.91	+0.7	4.28	10.12	9.83	-0.30
8	A. Martínez	SUI	16.85	+1.3	6.32	10.49	10.08	-0.41
9	D. Kim	KOR	16.71	+1.1	5.67	9.94	9.70	-0.24
10	A. Petrenko	RUS	16.66	+0.8	3.34	9.89	9.73	-0.15
11	M. Zhong	CHN	16.66	+1.5	5.54	10.31	9.97	-0.34
12	D. Tsiámis	GRE	16.59	-1.1	4.09	9.77	9.53	-0.24
Average			17.06		4.95	10.24	9.96	-0.28
±SD			0.39		1.30	0.26	0.22	0.09

were measured by a laser distance device (LAVEG by Jenoptik), which operated at 50 Hz and was installed before the runway at the top of the stadium. The operator of the LAVEG targeted the athlete's chest and followed during the entire approach run. The position time history data were smoothed by the fourth-order low-pass Butterworth digital filter with a cut-off frequency of 0.5 Hz. From the position time history data, the object's run-up velocity was calculated by the first time derivative.

Consequently, we provided the maximum run-up velocity and its location from the 0 m point of the approach distance (foul line) and the run-up velocity at

0 m point of the approach distance of all the male and female finalists, and the run-up velocity curves of the male and female top three athletes for the analysis.

Results and Comments

Jumping distance

Table 1 and 2 presents jumping distance (official), run-up velocity at the maximum point and 0 m point of the approach distance (foul line), location of the maximum run-up velocity and velocity change from the maximum point to the 0 m point of the approach distance for each

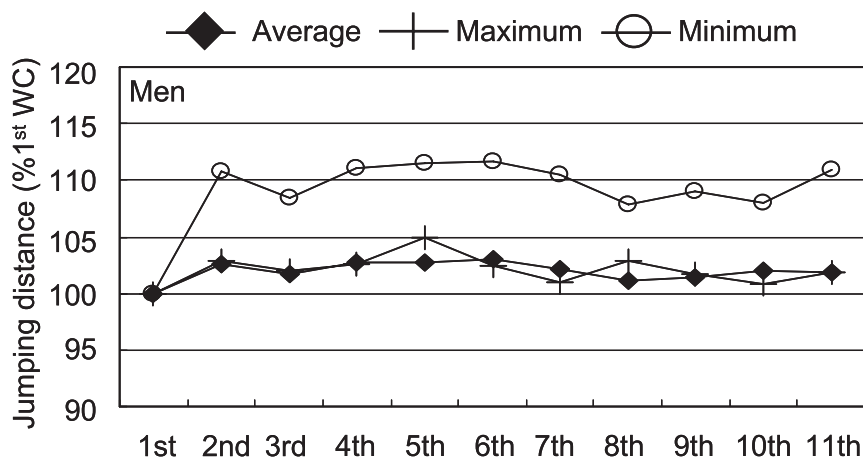


Figure 1 Changes in ratios of the average, maximum and minimum official distances in the men's triple jump finals at all the World Championships to those at the 1st World Championships (100%)

Table 2 Jumping distance (official), run-up velocity at the maximum point and 0 m point of the approach distance (foul line), location of the maximum run-up velocity and velocity change from the maximum point to the 0 m point of the approach distance (foul line) for the best valid jumps from each of the twelve female finalists

Rank	Name	Nat.	Result	Wind	MAX m	MAX m/s	0 m m/s	Diff. m/s
1	Y. Savigne	CUB	15.28	+0.9	3.53	9.49	9.26	-0.24
2	T. Lebedeva	RUS	15.07	+0.8	3.50	9.59	9.39	-0.20
3	H. Devetzi	GRE	15.04	-0.2	3.27	9.22	9.00	-0.22
4	A. Pyatykh	RUS	14.88	+0.3	2.64	9.10	8.96	-0.14
5	M. Šestak	SLO	14.72	+0.2	3.30	8.96	8.81	-0.15
6	M. Martínez	ITA	14.71	+1.3	4.19	8.98	8.72	-0.26
7	O. Saladuha	UKR	14.60	+0.7	3.23	8.96	8.73	-0.23
8	L. Xie	CHN	14.50	+0.9	5.64	9.22	8.61	-0.60
9	K. Costa	BRA	14.40	+1.1	4.08	9.55	9.20	-0.35
10	O. Bufalova	RUS	14.39	+0.7	3.59	9.03	8.84	-0.19
11	O. Rypakova	KAZ	14.32	+1.4	3.54	8.97	8.79	-0.18
12	D. Veldáková	SVK	14.09	-0.1	4.46	8.97	8.78	-0.19
Average			14.67		3.75	9.17	8.93	-0.24
±SD			0.35		0.77	0.24	0.24	0.12

of the twelve male and female finalists, respectively. Figure 1 and 2 shows changes in ratios of the average jumping distances in the men's and women's triple jump finals at all the World Championships to those at the 1st World Championships (100%) for the male and the 4th World Championships (100%) for the female, respectively.

At the World Championships 2007, six male athletes jumped further than 17.00 m and three female athletes

broke 15.00 m. The average jumping distance of the male changed little throughout the past World Championships (Figure 1). Comparing with the past World Championships, the average jumping distance was greatest in the women's triple jump at the World Championships 2007 (Figure 2). On average, the women reached 86.0% of the men's jumping distances at the 11th World Championships.

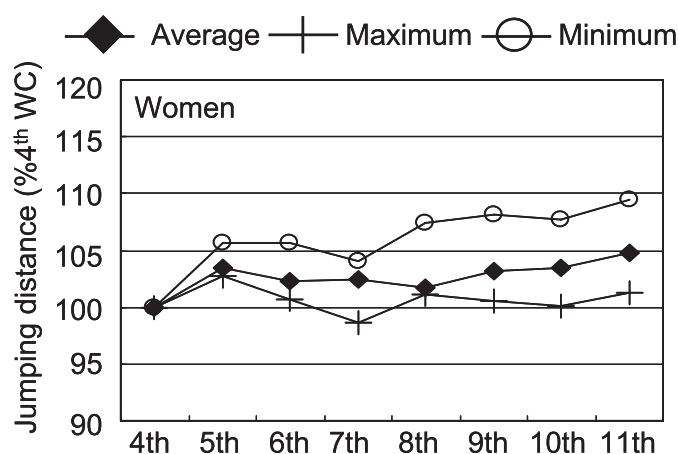


Figure 2 Changes in ratios of the average, maximum and minimum official distances in the women's triple jump finals at all the World Championships to those at the 4th World Championships (100%), in which the event was first included

Run-up velocity

The maximum run-up velocity and run-up velocity at 0 m point of the approach distance were 10.24 ± 0.26 m/s and 9.96 ± 0.22 m/s for the male and 9.17 ± 0.24 m/s and 8.93 ± 0.24 m/s for the female at the World Championships 2007 (Table 1 and 2). There were six male and four female athletes who kept the run-up velocity faster than 10.00 m/s for male and 9 m/s for female, respectively, from the maximum point to the 0 m point of the approach distance. The correlation coefficients between the maximum run-up velocity and the run-up velocity at 0 m point of the approach distance were highly significant for the men ($r = 0.93$, $p < 0.001$) and women ($r = 0.87$, $p < 0.001$). The women's run-up velocities at the maximum and 0 m point of the approach distance were both calculated to be 89.6% of the men's.

Relationships between jumping distance and run-up velocity

Figure 3 illustrates the relationships of the jumping distance to the run-up velocity at the maximum and 0 m point of the approach distance for the men's and women's triple jump finals. In the men's finalists, there were significant relationships of the jumping distance to the maximum run-up velocity ($r = 0.72$, $p < 0.01$) and the run-up velocity at 0 m point of the approach distance ($r =$

0.78 , $p < 0.01$). While in the women's finalists, significant correlation was found only between the jumping distance and the run-up velocity at 0 m point of the approach distance ($r = 0.59$, $p < 0.05$). However, considering the Costa's jumping distance (Table 2), her run-up velocity was extremely large in the women's finalists. These data of Costa indicated that she would failure to use her energetic potential in the triple jump. If Costa's data was excluded, the relationships of the jumping distance to the maximum run-up velocity and the run-up velocity at 0m point of the approach distance turned to be significant (maximum point, $r = 0.74$, $p < 0.01$; 0 m point, $r = 0.75$, $p < 0.01$).

These relationships underline the great importance of run-up speed for men not only for women.

Characteristics of the run-up velocities of the top three athletes

Figure 4 and 5 depicts the developments of the run-up velocities of the top three athletes of the men's and women's triple jump finals, respectively. Évora showed large run-up velocity almost entire points of the approach, and the run-up velocity at the end of the approach distance (0 m) was greatest among the top three athletes. Although Gregório exceeded Évora in the run-up velocity from 15 to 5 m points before the take-off, his

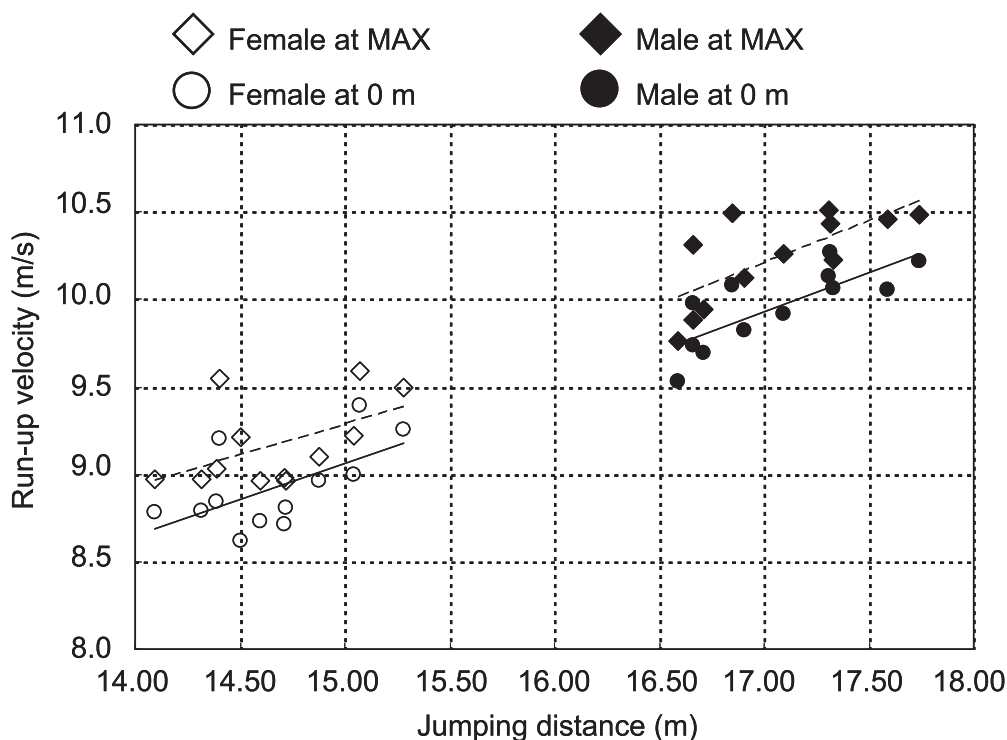


Figure 3 Relationships of jumping distance (official) to the run-up velocity at maximum and 0 m point of the approach distance (foul line) for the men's and women's triple jump finals

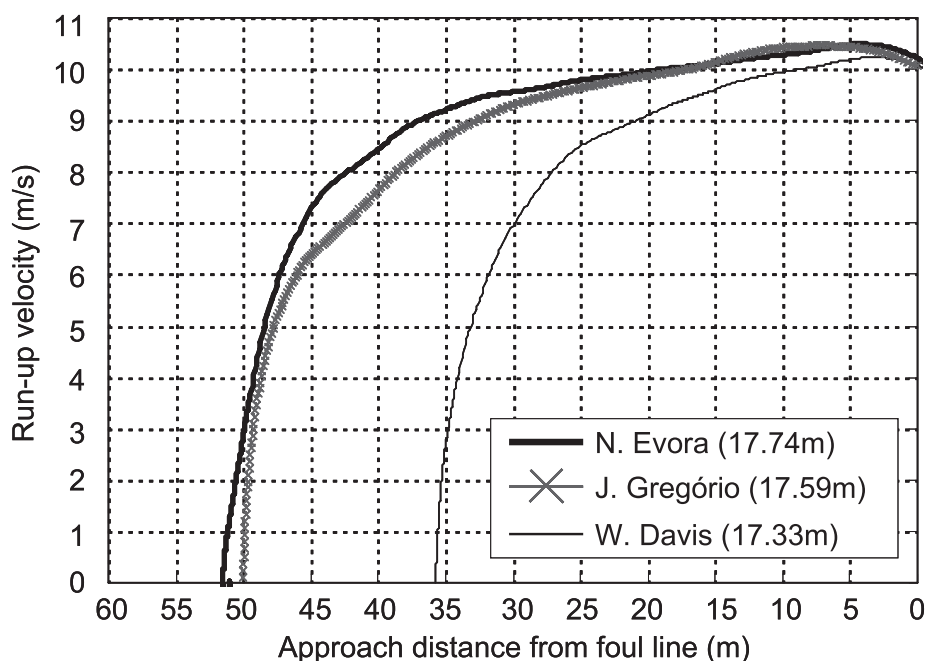


Figure 4 Development of the run-up velocity of the top three athletes of the men’s triple jump final: N. Évora(17.74m), J. Gregório(17.59m) and W. Davis (17.33m)

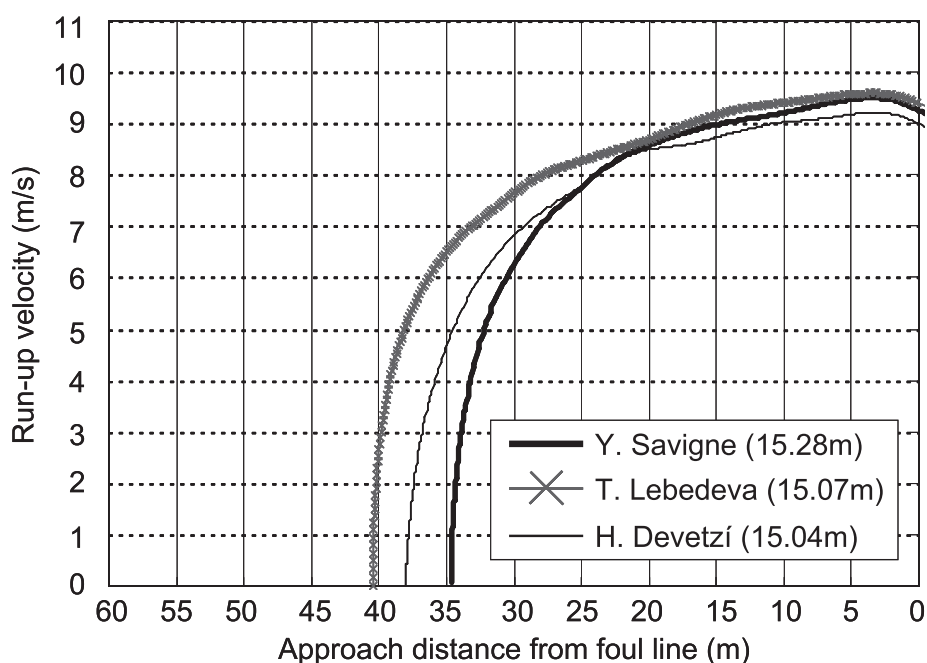


Figure 5 Development of the run-up velocity of the top three athletes of the men’s triple jump final: Y. Savigne(15.28m), T. Lebedeva(15.07m) and H. Devetzi(15.04m)

location of the maximum run-up velocity was earlier than that of Évora and the loss of the run-up velocity became greater before the takeoff (Table 1). While Davis used shortest approach distance among three athletes, around 35 m point of the approach distance. However, his run-up velocity immediately increased and reached its peak of 10.23 m/s at 3.25 m point of the approach distances, which was nearest among the three athletes.

Savigne started the approach from about 35 m point

of the approach distance. She accelerated immediately and the maximum run-up velocity reached the second largest among the women’s finalists (Table 2). Lebedeva showed the greatest run-up velocity throughout the approach from about 40 m point of the approach distance. Although she could produce the greatest kinetic energy (increase run-up velocity) before the take-off, she was unable to improve the jumping distance within six attempts. The maximum run-up velocity of Devetzi was

smallest among the three athletes.

Summary

Run-up velocities of the best attempts of the twelve male and female finalists in Osaka 2007 were measured using a laser distance measurement device. We analyzed the maximum run-up velocity and its location from the 0 m point of the approach distance (foul line) and the run-up velocity at 0 m point of the approach distance.

The average performance in the men's triple jump did not improve remarkably throughout the past World Championships. While in the women's triple jump, the average jumping distance at the World Championships 2007 was greatest among the past World Championships. The women reached 86.0% of the men's jumping distances and 89.6% of the men's run-up velocities at the 11th World Championships.

The run-up velocity was significantly related to the jumping distance in the men's and women's triple jump finals at the 2007 World Championships. These relationships indicated that one of the most important determinant of the triple jump performance was the run-up velocity in both men's and women's finals at this competitions.

Challenge in the men's high jump: A brief report on biomechanical analysis of the techniques for top three men high jumpers in the IAAF World Championships in Athletics, Osaka 2007

Michiyoshi Ae¹⁾, Ryu Nagahara¹⁾, Yuji Ohshima¹⁾,
Hiroyuki Koyama¹⁾, Megumi Takamoto²⁾, and Kazuhito Shibayama¹⁾

1) University of Tsukuba, 2) Osaka University of Health and Sport Science

Abstract

This brief report described interim results of kinematic analysis of the jumping techniques for top three men high jumpers at Osaka WC. Finalists in the men's high jump at Osaka WC were videotaped to obtain three-dimensional coordinates of twenty-three body landmarks in video images of the best jump for each jumper with a three-dimensional DLT method. Thomas's run-up CG velocity was high in the last stride (7.73 m/s) and at the takeoff foot touchdown (7.87 m/s) and his inward lean of the body, 8.2 deg was the greatest of the three jumpers. Thomas's technique was characterized by a strong forward lean of the trunk and deeply flexed support knee in the preparation phase, accelerative transition to the takeoff phase, fully used takeoff knee and hip, and the large inward lean of the body. The silver medalist, Rybakov from Russia who also cleared 2m35 exhibited us an orthodox and beautiful high jump technique with a double arm swing from large backward lean of the body at the takeoff foot touchdown. Although the bronze medalist, Ioannou decreased his horizontal CG velocity during the last stride, his technique was characterized by relaxed last few strides, running up transition to the takeoff phase and the quick takeoff.

1. Introduction

The high jump, as we know it today, became popular in the 19th century. The high jump was adopted as an event of the athletics of the modern Olympic Games in 1886. The most primitive style of the high jump is a scissors style in which a straight run-up is used. Starting with the scissors style, the technical evolution of the high jump has been taken place, for instance, the western roll, the straddle and the Fosbury-flop which is the most fashionable at present, and the record of the high jump has been improved.

The Fosbury-flop became famous all over the world, by Dick Fosbury's victory in the Mexico Olympic Games in 1968, who invented a back lay-out clearance technique from a curved run-up. Most of high jumpers use the Fosbury-flop at present, and the current world records for men and women were established with this style (men:

2m45, women: 2m09).

Although the high jump technique can be divided into four phases: run-up, preparation, takeoff, and clearance, the takeoff is the most important phase. Basic principles of the takeoff are common in various styles mentioned above, which have been formulated by the study on the takeoff motion of the straddle style whose run-up is straight. However, there is still less information on the takeoff motion of the Fosbury-flop than that of the straddle style, because the takeoff of the Fosbury-flop is a three-dimensional nature and more complicated than that of the straddle style because of its curved run-up.

The detailed three-dimensional analyses of the high jump at the IAAF World Championships in Athletics were conducted at the Championships held in Tokyo 1991, Athens 1997, and Helsinki 2005. The men's high jump at the 11th IAAF World Championships in Athletics, Osaka 2007, henceforth Osaka WC, was a very

Table 1 Results of men's high jump, Osaka 2007

Rank	Name	NAT	Result(m)	2.16	2.21	2.26	2.30	2.33	2.35	2.37
1	Donald THOMAS	BAH	2.35	-	×○	×○	○	××○	○	×××
2	Yaroslav RYBAKOV	RUS	2.35	-	○	○	○	○	×○	×××
3	Kyriakos IOANNOU	CYP	2.35	○	○	○	×○	×○	×○	×××
4	Stefan HOLM	SWE	2.33	-	○	○	○	○	×××	
5	Tomas JANKU	CZE	2.30	○	○	○	○	×××		
5	Victor MOYA	CUB	2.30	○	○	○	○	×××		
7	EikeONNEN	GER	2.26	○	-	○	×-	××		
8	Jaroslav BABA	CZE	2.26	○	○	×○	×××			

high level competition in which three jumpers cleared the height of 2m35, as shown in Table 1, the final result of this event. In addition to the high performance, an interesting topic of athletic fans and medias was that a less experienced young high jumper Thomas from Bahama won this competition with a little strange-looking style in which he ran-up and jumped up like a running shot of basketball and dabbled his legs before clearing the bar in the airborne phase. On the contrary, Rybakov from Russia who also cleared 2m35 exhibited us an orthodox and beautiful high jump technique with a double arm swing from large backward lean of the body at the takeoff foot touchdown.

This brief report described interim results of kinematic analysis of the jumping techniques for top three men high jumpers at Osaka WC.

2. Methods

2.1 Subjects and data collection

Fifteen finalists in the men's high jump at Osaka WC were videotaped with two high-speed video cameras(HSV-500, NAC Co.) operating at 250 Hz for left-footed jumpers and two normal digital video cameras(VX-1000, Sony) operating at 60 Hz for right-footed jumpers. These cameras were fixed on the top row corridor of the Nagai stadium so that they covered the videotaping area from the 3rd last stride to the bar. These cameras were synchronized by using an event method in which we used instants of the touchdown of the takeoff and the last stride as synchronization events.

Two videotaping areas were set for the left-footed and right-footed jumpers, respectively. The videotaping area was 6 m long in the direction parallel to the bar as

a x axis, 6 m long in the perpendicular direction to the bar as a y axis, and 3 m high as a z axis. The areas were calibrated by standing a calibration pole vertically every two meters in each area before the start of the final.

2.2 Data reduction

Twenty-three body landmarks in video images of the best jump for each jumper were digitized from at least five frames before the touchdown(TD) of the support foot of the second last stride to ten frames after the toe-off of the takeoff foot. Three-dimensional coordinates of the segment endpoints were reconstructed with a DLT method from the digitized coordinates, smoothed with a Butterworth digital filter of optimum cutoff frequencies (5.0 to 7.5Hz) chosen by a residual method. The mean errors of the three-dimensional coordinates of the calibration points were 0.01m in the x axis, 0.02m in the y axis, and 0.01m in the z axis, respectively.

The whole body center of gravity(CG) estimated after Ae's body segment parameters (1996) for athletes and its derivative was calculated to obtain CG heights relating to the performance and CG velocity during the final stage of the run-up and the takeoff phase. Three CG heights as performance descriptors(Hay, 1993) were as follows:

H1: the height of the jumper's CG at the instant of takeoff

H2: the height that the jumper raises the CG during the flight

H3: the difference between the maximum height reached by the CG and the height of the crossbar

In this report, H2 was calculated from the vertical CG velocity of jumpers at the instant of takeoff, and H3 was the difference between the sum of H1 and H2 and the official record.

Although several joint and segment angles were calculated, only angle explained in this report was the knee joint angle which was defined as an angle between the thigh and shank. As parameters to evaluate the condition of the takeoff we calculated the inward and backward lean angles of the body and the trunk lean angle. Figure 1 showed the definition of inward lean and backward lean angles of the body. In the $X'-Z'$ plane, the angle between the vertical line and a line connecting CG and the ankle joint of the takeoff leg (CG-ankle line) was defined as an inward lean angle of the whole

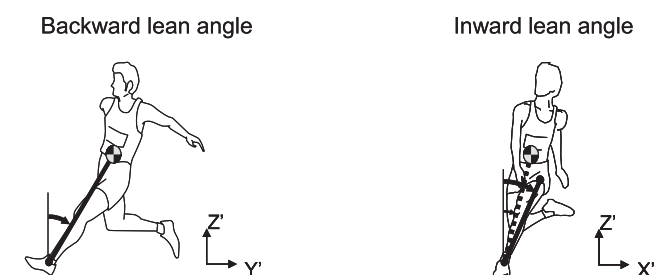


Figure 1 Definitions of the inward and backward lean angles

body. In the $Y'-Z'$ plane, the angle between the vertical line and the CG-ankle line was obtained as a backward lean angle of the whole body. The trunk lean angle was the angle between the vertical line and a line connecting the midpoint of both shoulders and the midpoint of both hips.

3. Results and discussion

3.1 Motions of the top three jumpers in the final phase of the run-up and takeoff phase

Figures 2 to 4 show sequence stick pictures of the best jump for the top three jumpers before TD of the 2nd last stride to the instant of takeoff. The left limb

and the trunk were depicted in solid lines and the right limb shown in broken lines. The stick pictures on the upper row is the lateral view of a jumper, which was transformed as if an observer was watching the jumper from the position perpendicular to the direction of the horizontal CG velocity of the jumper, and those on the lower row is the backward view of the jumper.

Thomas (Bahama) in Figure 2

Being very different from two other jumpers, Rybakov and Ioannou, Thomas strongly inclines his body, especially the trunk forward in the 2nd stride, probably also in the 3rd stride, which looks like a basketball running shot or a high jump from a short run-up used in a practice. And the deeply flexed knee joint seen in the pictures(3,11 and 12) is also one of his features. Defying the guess of the audience and media in the Nagai stadium that his jumping motion was new and completely different from other jumpers in all the phases from the beginning of run-up to the landing, he raises his trunk and body during the last stride to prepare for his strong takeoff. At the instant of takeoff foot TD, his backward lean of the body and the takeoff leg is large although the trunk backward lean looks a little smaller than other jumpers. His double-arm swing, almost vertical body at the takeoff, and highly raised thigh of the swing leg reveal his excellent techniques. Although dabbling legs before the crossbar clearance is his most characteristic, we all know that the height CG is raised is determined by the takeoff motion. From the backward view, we can observe his large inward lean of the leg during the 2nd and last strides(1 to 10), which is still maintained at the takeoff foot TD(14 and 15).

Rybakov (Russia) in Figure 3

Rybakov who cleared 2m35 exhibits us an orthodox

Thomas (BAH) 2.35m Lateral view

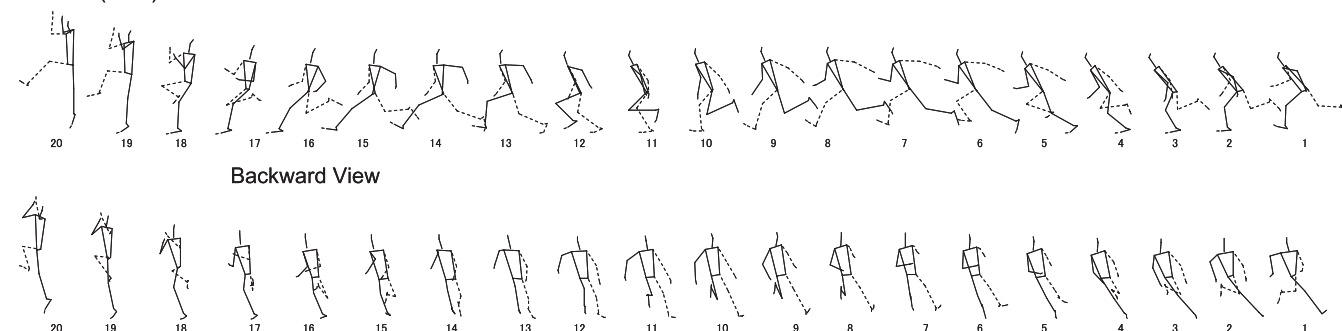
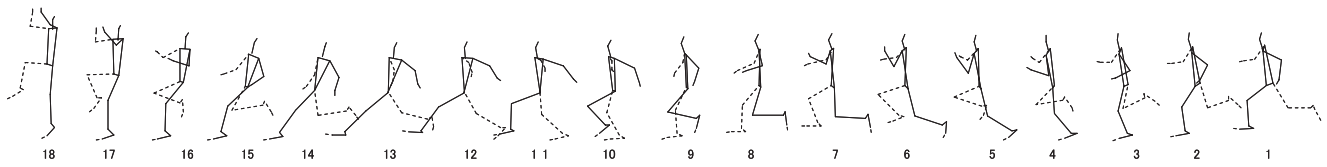


Figure 2 Sequence stick pictures of Thomas 2m35

Rybakov (RUS) 2.35m Lateral view



Backward view

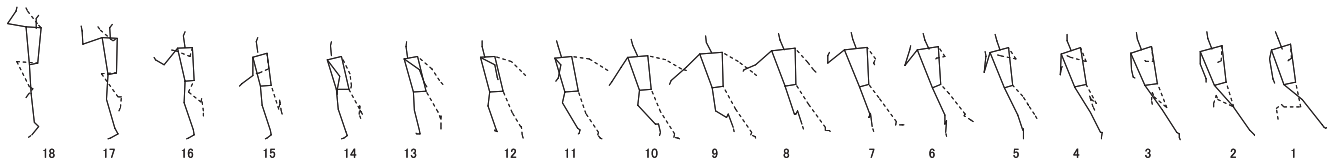
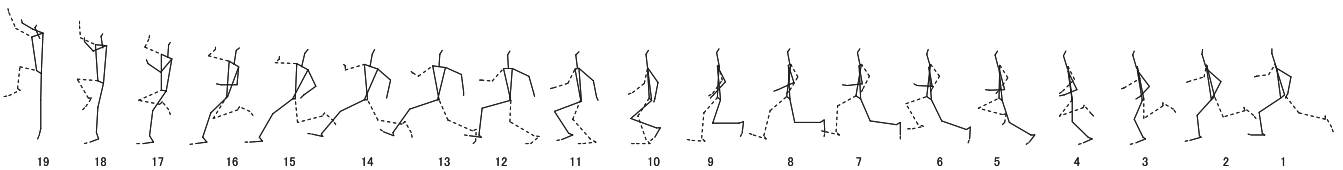


Figure 3 Sequence stick pictures of Rybakov(2m35)

Ioannou (CYP) 2.35m Lateral view



Backward view

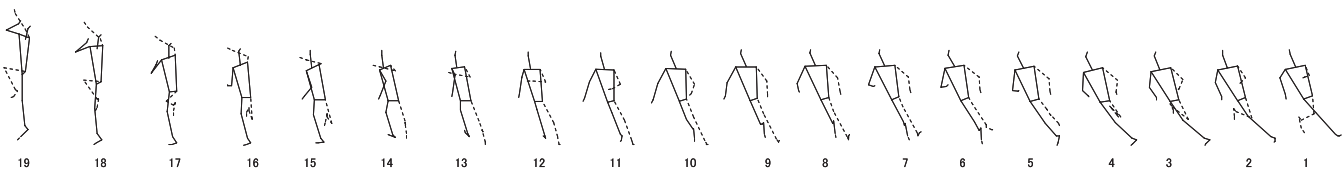


Figure 4 Sequence stick pictures of Ioannou(2m35)

and beautiful high jump technique with a double arm swing from a large backward lean of the body at the takeoff foot TD, which we can frequently see in textbooks of athletics. From the lateral view, he inclines his body forward appropriately in the 2nd last stride. He raises his trunk, lowers his CG and prepares his arms for the double-arm swing in the 2nd and last strides although his knee is less flexed than Thomas. In the takeoff phase, he inclines his takeoff leg and trunk backward and swings his arms and swing leg in a wide range of motion. From the backward view, his inward lean of the body during the 2nd last stride is as large as Thomas, but he changes the direction of his progression acutely during the support phase(8 to 10). At the takeoff foot TD(14), his inward lean was kept.

Ioannou (Cyprus) in Figure 4

Ioannou who also cleared 2m35 with a so-called a semi-double arm swing demonstrates a good form similar to Rybakov although a little larger upward movement of his body is observed in the 2nd stride(6 to 8). In the last stride, he floats his body, as seen in the 2nd stride, which may have caused a little delayed TD of the takeoff

foot, slapping the foot down to the ground. From the backward view, his inward lean of the body in the 2nd last stride is very large but it becomes smaller at the instant of takeoff foot TD.

3.2 Performance descriptors and CG velocity

Table 2 shows the heights of the CG as performance descriptors and takeoff time. Table 3 shows CG velocity in the last stride and takeoff phases. Thomas's performance was characterized by his prominent H2(1.10m) but less efficient clearance height, H3(-0.14m). Rybakov showed the highest H1 by making use of his tall body height. The time of the takeoff phase ranged within the normal, compared with that of the in Tokyo WC.

Surprisingly Thomas's run-up velocity was high in the last stride(7.73 m/s) and at the takeoff foot TD(7.87 m/s), which was a little slower than that of the high jumpers in Tokyo WC(8.15±0.33 m/s and 7.52±0.25 m/s, Iiboshi et al, 1994) and a little faster than that of Helsinki WC(7.78±0.34 m/s at the takeoff foot TD). In addition, it is likely that he accelerated his CG velocity in the last stride while most of high jumpers tended to decrease the

Table 2 Performance descriptors of the top three high jumpers

Name (Nationality)	Height (m)	Weight (kg)	Analyzed record (m)	Max. CG height (m)	H1 (m)	H2 (m)	H3 (m)	Takeoff time (s)
Thomas (BAH)	1.90	75	2.35	2.49	1.40	1.10	-0.14	0.180
Rybakov (RUS)	1.98	82	2.35	2.46	1.45	1.01	-0.11	0.192
Ioannou (CYP)	1.93	60	2.35	2.38	1.40	0.98	-0.03	0.148

Table 3 The CG velocity and projection angle for the top three high jumpers

Name (Nationality)	CG velocity (m/s)						Projection angle (deg)
	Horizontal			Vertical			
	Last stride	Takeoff		Last stride	Takeoff		
	on	on	off	on	on	off	
Thomas (BAH)	7.73	7.87	3.82	-0.47	-0.11	4.64	50.9
Rybakov (RUS)	7.41	7.57	3.66	-1.01	-0.10	4.45	50.6
Ioannou (CYP)	7.75	7.61	3.80	-0.62	0.09	4.38	49.0

Table 4 Body lean angle at the TD for the top three high jumpers

Name (nationality)	Body lean at takeoff foot TD(deg)		
	Backward	Inward	Trunk
Thomas (BAH)	43.5	8.2	13.3
Rybakov (RUS)	43.0	2.9	14.3
Ioannou (CYP)	40.0	3.5	13.4

Table 5 Knee joint angle in the last stride and takeoff phase for the top three high jumpers

Name (nationality)	Knee joint angle (deg)				
	Last stride		Takeoff		
	on	off	on	Max flexion	off
Thomas (BAH)	150	141	161	133	172
Rybakov (RUS)	154	151	170	139	174
Ioannou (CYP)	144	136	151	145	177

CG velocity in the last stride to prepare for the takeoff. The similar tendency as Thomas was observed in the case of Rybakov whose CG velocity was also increased from 7.41 m/s at the last stride to 7.57 m/s at the TD. However, Ioannou decreased his CG velocity but his CG velocity (7.61 m/s) at the TD was still faster than the jumpers at Tokyo WC (7.52±0.25 m/s.).

The downward vertical velocity at the TD for Thomas and Rybakov was smaller than that of the high jumpers of Tokyo WC (-0.12±0.53 m/s) and Helsinki WC (-0.33±0.16 m/s), and that of Ioannou was positive, although some jumpers very often transitted to the takeoff with positive vertical CG velocity.

The projection angle of the CG was similar to that of Helsinki WC (51.1±2.3 deg) and larger than Tokyo WC (47.8±3.5 deg).

3.3 Body lean angle and knee joint angle

Table 4 shows backward and inward leans of the body and overall lean angle of the trunk and Table 5 indicates knee joint angle in the last stride and the takeoff phase. Figure 5 demonstrates a knee joint angle vs. CG vertical

velocity diagram for the three high jumpers during the takeoff phase.

The backward lean of the body ranged from 40.0 deg of Ioannou and 43.5 deg of Thomas which were larger than that of Tokyo WC (37.7±3.4 deg), although there was no difference in the trunk lean angle among three jumpers. The inward lean of the body at the instant of takeoff TD for Thomas, 8.2 deg was the largest of the three jumpers and much larger than that of Tokyo WC (3.2±3.1 deg). The large inward lean of the body at the instant of takeoff TD is one of the features of Thomas.

As seen in Figures 2 to 4 and Table 3, the three high jumpers flexed the knee joint during the last stride although the patterns were different. After the TD of the last stride, Thomas and Ioannou flexed the support knee joint more and maintained the knee flexion or less extended it toward the toe-off, although Rybakov did not flex his support knee so much during the support phase, adopting the technique of inclining the support leg forward to lower the CG. However, observation of Figures 2 to 4 revealed that they all inclined the shank forward deeply with regardless of the degree of the knee

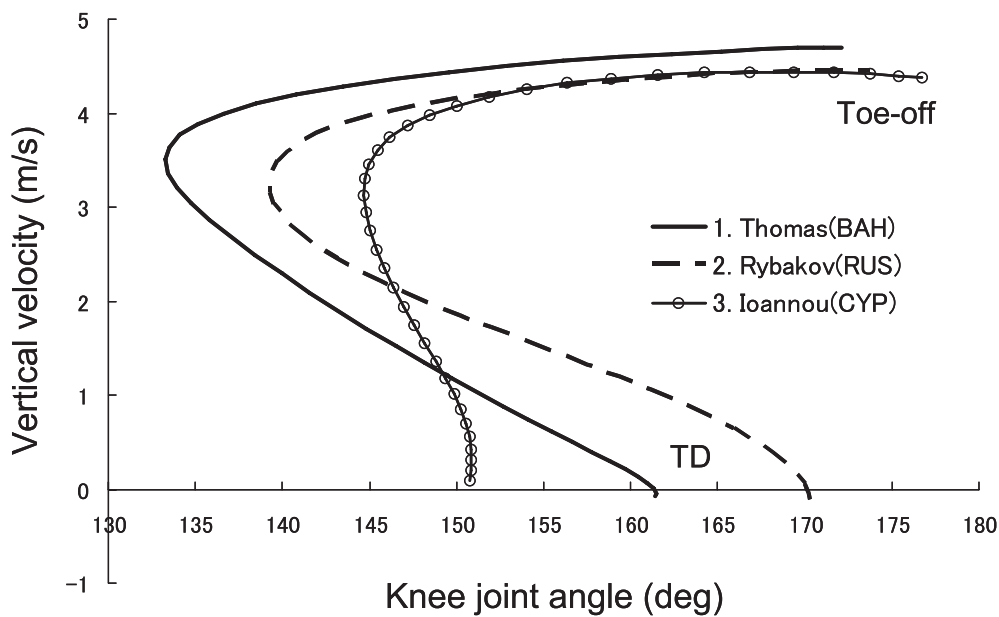


Figure 5 Knee joint angle vs. vertical CG velocity diagram for the top three high jumpers

flexion during the support phase of the last stride. In sprint running, it is said that the fast forward lean of the support shank in the first half of the support phase is a critical factor to decrease the negative braking force. The technique of inclining the shank forward may be a reason why the three jumpers could make the decrease in the horizontal CG velocity smaller during the final phase of run-up.

As shown in Figure 5, Rybakov most extended his knee and Ioannou most flexed his knee at the instant of takeoff foot TD. Thomas flexed his knee deeply to 133 deg during takeoff phase, which was ranked as one of the maximum knee flexion, as reported that the minimum knee joint angle was 127.9 deg in Helsinki WC and 132.9 deg in Tokyo WC. Although the knee was flexing during the first half of the takeoff phase, the vertical CG velocity was increasing from the instant of takeoff TD. This is often called as a high jump paradox that the vertical CG velocity increases due to the rotation of the body around the takeoff foot in spite that the takeoff knee flexes. The ratio of the vertical CG velocity at the instant of the maximum knee flexion was reported as $78.7 \pm 6.1\%$ in Tokyo WC, and those of the three jumpers were 77% for Thomas, 76% for Rybakov, and 75% for Ioannou, which means there was no remarkable difference. The results indicated that Thomas effectively used the rotation of the body as well as the strong knee extension to obtain the vertical CG velocity during the takeoff phase.

3.4 Remarks on the takeoff techniques

Thomas's feature was the great inward lean, 8.2 deg. Okuyama et al. (2003) suggested that the use of the hip abductors of the inward inclined takeoff leg in the high jump was an important factor to enhance the vertical velocity during the takeoff. Since great ground reaction forces, especially the vertical component tends to adduct the takeoff hip joint, a high jumper has to resist the adduction moment of the ground reaction forces by exerting great hip abduction torque. On the contrary, a strong abduction torque of the takeoff leg generated by the hip abductors can exert great force on the ground, which helps to raise a high jumper vertically. In other words, the inward lean of the body in the initial stage of the takeoff phase may have helped to develop great force of the abductors and the ground reaction forces and contribute to raising the body upward.

For Ioannou, his vertical CG velocity at the TD was positive. During the takeoff phase, a high jumper has to generate impulse to absorb the forward and downward velocity of the CG and to acquire the upward CG velocity to raise his body in the air. The positive or small negative vertical CG velocity at the TD implies that the impulse to absorb downward CG velocity was not necessary or smaller than the case of large negative vertical CG velocity. Thomas's technique was characterized by a strong forward lean of the trunk and deeply flexed support knee during the preparation phase, accelerative transition to the takeoff phase, fully used takeoff knee and hip, and the large inward lean of the body. Although

Ioannou decreased his horizontal CG velocity during the last stride, his technique was characterized by the relaxed last few strides, running up transition to the takeoff phase and the quick takeoff.

With a creative idea of athlete and coach, a new technique often emerges from a combination of existing techniques which excellent athletes employ in the real world. In this context, a combination of the techniques of Thomas and Ioannou may be a challenging trial in the world of the high jump.

References

- Ae, M. (1996): The inertia Properties of the Human body of Japanese Boys and Athletes. *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.
- Iiboshi, A., et al (1994) *Biomechanical Analysis of the Techniques for the World's Best High Jumpers. Techniques of the world top athlete*. Sasaki S., Kobayashi K. and Ae M.(eds). Baseball Magazine Co., Tokyo, 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).

A biomechanical analysis of the men's shot put at the 2007 World Championships in Athletics

Keigo Ohyama Byun¹⁾, Hiroaki Fujii¹⁾, Masatoshi Murakami²⁾,
Toshinori Endo³⁾, Hisashi Takesako⁴⁾, Koki Gomi⁴⁾ and Kenji Tauchi⁴⁾

1) Graduate School of Comprehensive Human Sciences, University of Tsukuba,
2) Ehime Women's College, 3) Aoyama Gakuin University, 4) Waseda University

Abstract

The aims of this study are to present a biomechanical overview of the performances of the finalists the men's shot put at the 2007 IAAF World Championships in Athletics and make comparisons of the techniques of the three medalists. Video recordings of the best throw by each of the top ten placed athletes were analyzed. The authors looked at the technical differences between the glide and rotation techniques and between variations of the rotation. They focused on the acceleration profile, with reference to both the shot itself and the athlete's body. They also analyzed the sequence from athlete-shot system acceleration through to the final acceleration of shot in the delivery. The results suggest that shot velocity alone is not enough to explain the process of acceleration as whole-body momentum is gained or maintained even as there is a marked decrease of shot velocity during flight and transition phases of the rotation technique.

Introduction

Unlike the high jump, where the Fosbury Flop is practically the only technique used at any level of competition, the shot put is characterised by the coexistence of two mainstream techniques – the glide and the rotation. The top ten placers at the 2007 World Championships in Athletics in Osaka confirmed this situation; six used the rotation while the other four used the glide and both techniques were found in the three medallists.

The fact that the two techniques lead to a common delivery from totally different preparations is a matter of great interest among both coaches and athletes. Some previous findings have shown that the advantage of rotational technique is in the long acceleration path of the shot^{1),2),3)}. But the experimental evidence is not conclusive. The unfavourable drop in the velocity of the shot during the flight and transition phases has been frequently reported as a disadvantage^{4),5)}. However, it has been shown that, in spite of this deceleration, the athlete's body does move forward and it can be favourable for

delivery^{2),6)}. In terms of the potential momentum within the athlete-shot system, the apparent loss of the shot's velocity is not necessarily a critical issue. Writing about the discus throw, Schluter & Nixdorf reported that the amount of discus acceleration during the transition phase, the last half of preparation, is negatively correlated to the discus velocity at release⁷⁾. In other words, the temporarily inappropriate state of the implement is not a problem, provided the system is ready to ensure the final delivery by transferring the momentum to the implement. The aims of this study are to present a biomechanical overview of the performances of the finalists the men's shot put in Osaka and to make comparisons of the techniques of the top three putters. We will look at the technical differences between the glide and rotation techniques and between variations of the rotation. Our focus will be on the acceleration profile, with reference to both the shot itself and the athlete's body, and we will analyse the sequence from athlete-shot system acceleration to the final acceleration of shot in the delivery.

Table 1: Official results and release parameters for men's shot put at the 2007 World Championships in Athletics

Rank	Name	Country	Result (m)	Technique	Release Parameters		
					Velocity (m/sec)	Angle (°)	Height (m)
1	Reese HOFFA	USA	22.04	Rotation	14.07	32.35	2.34
2	Adam NELSON	USA	21.61	Rotation	14.06	30.77	2.38
3	Andrei MIKHNEVICH	BLR	21.27	Glide	13.44	37.48	2.56
4	Rutger SMITH	NED	21.13	Rotation	13.34	37.66	2.35
5	Tomasz MAJEWSKI	POL	20.87	Glide	12.99	37.55	2.58
6	Mirian VODOVNIK	SLO	20.67	Rotation	13.42	33.63	2.26
7	Ralf BARTELS	GER	20.45	Glide	13.31	35.10	2.11
8	Yuriy BIALOU	BLR	20.34	Rotation	13.24	36.70	2.22
9	Dylan ARMSTRONG	CAN	20.23	Rotation	13.18	34.29	2.10
10	Pavel SOFIN	RUS	19.62	Glide	12.83	35.31	2.39

Methods

Data were collected during the men's shot put final at the 2007 IAAF World Championships in Athletics on 25 August. The best attempt from each of the top ten placed putters was analysed (the other two finalists did not record valid marks). All of the athletes studied were right handed.

Two digital video cameras (HVR-A1J, SONY) were used to record the putters' motion at 60fps and exposure time was set at 1/1000sec. One camera was fixed at the back and the other at the right side of the throwing circle. The shot of all ten putters and end points of each body segment of the top three putters were manually digitized in every frame with a motion analysis system (Frame-Dias; DKH Inc.) from video images. A 14-segment model comprising hands, forearms, upper arms, foot, shanks, thighs, head, and trunk was constructed. Three-dimensional coordinates of 24 points were obtained using a Direct Linear Transformation (DLT) technique₈, and smoothed by a fourth-order Butterworth low-pass digital filter cutting off at 2.4 to 7.8Hz, determined by residual analyses₉. Standard errors in the constructed coordinates of the control points were 0.006m (x-axis), 0.004m (y-axis), and 0.007m (z-axis).

The locations of the centre of mass and the moment of inertia for each body segment of were estimated from the body segment inertia parameters developed by Ae et al₁₀.

For analysis and description of the data, the putting

motion was divided into several phases (Figure 1). The phases of preparation, flight, transition and delivery were assigned with respect to the information on foot contact.

To analyse the motion, a global reference frame was set. The Y-axis was aligned to the putting direction (pointing at front). The Z-axis was the vertical direction (pointing at the top), and the X-axis was perpendicular to the Y- and Z- axes (pointing at the right). In particular, the trunk twist and tilt angle were calculated on the local reference frame fixed on the pelvis. These parameters indicate relative precedence of pelvis rotation to the shoulder axis rotation about longitudinal axis of the trunk and the tilting angle of trunk within the sagittal plane respectively.

Results

Table 1 shows the official results of the competition. It also shows the condition of the shot at the moment of release for the athlete's best put. The official result correlates significantly with the velocity at release ($r=0.87$, $p<0.01$).

The shot trajectories on the X-Y plane and the Y-Z plane for all ten putters are showed in Figure 1. In the X-Y plane, the four gliders show an almost linear trajectory. The shots of rotators follow a circle-shaped path in the first half of turn. However a "loop" portion of trajectory during the flight and transition phases is seen only in Smith.

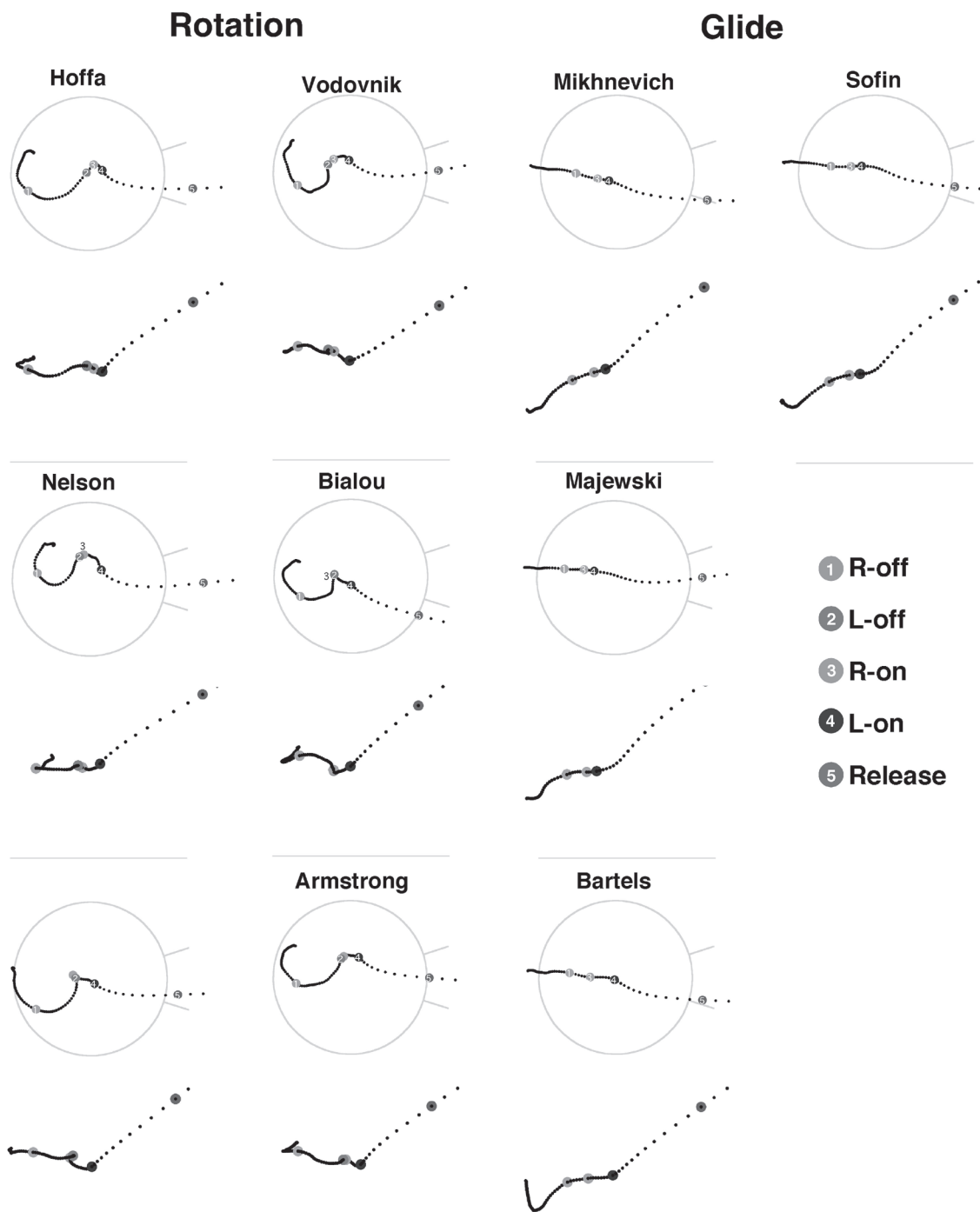


Figure 1. Shot trajectory on X-Y plane (top view) and Y-Z plane (side view) of ten putters

The time courses of the shot velocity for all ten putters are represented on Figure 2. Regardless of preparation style, most of the acceleration takes place in the delivery phase. While the rotational putters show two or more peaks before the flight phase, the glide putters show a single peak corresponding to the push off of the right leg and the swing of the left leg. In both techniques, a decrease in velocity can be seen during the flight and transition phases, with the fall greater in the rotation than the glide.

Figure 3 shows the duration of each phase from the

flight to release. The flight phase is longer in the glider putters than the rotation putters. Among the rotators, Bialou shows no flight phase. While the transition phase is extremely long in rotators, the delivery is longer in the gliders. The only rotator whose delivery is as long as the gliders is Hoffa.

More detailed analyses were conducted on the throws of the three medallists. Figures 4a, 4b, 4c show the time courses of the shot velocity, the linear momentum and the angular momentum about the centre of mass (CM) for the three medallists.

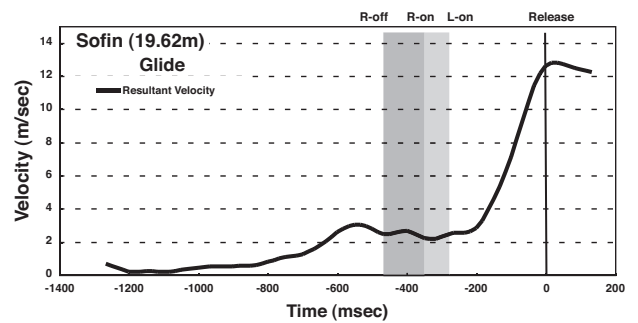
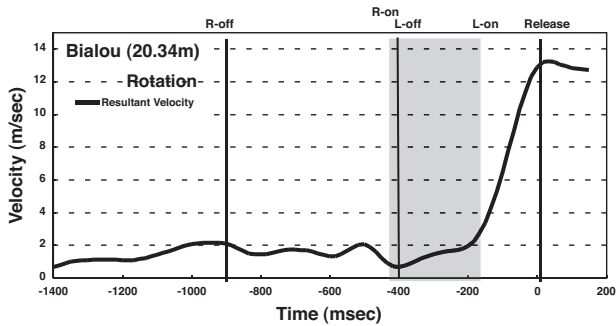
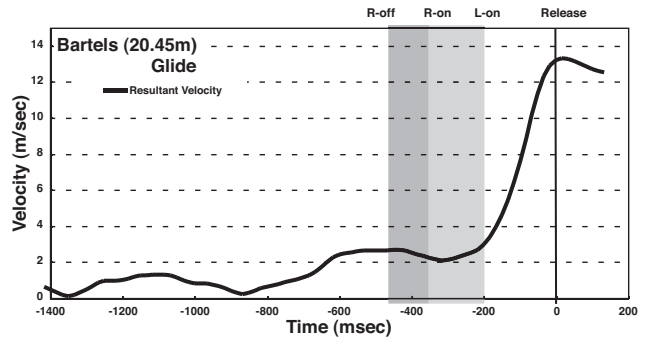
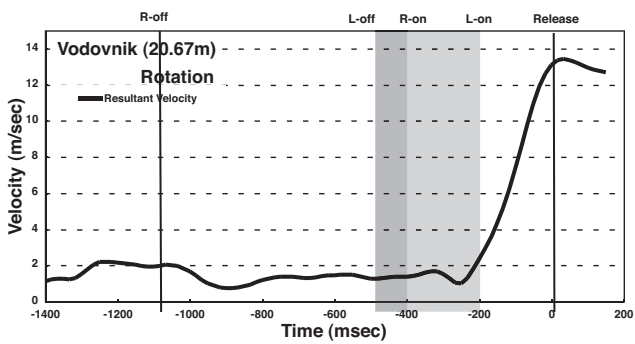
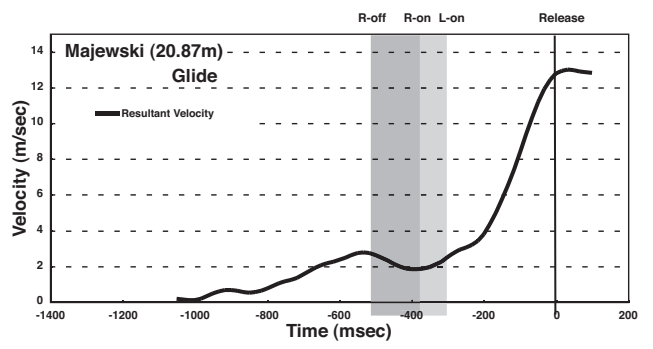
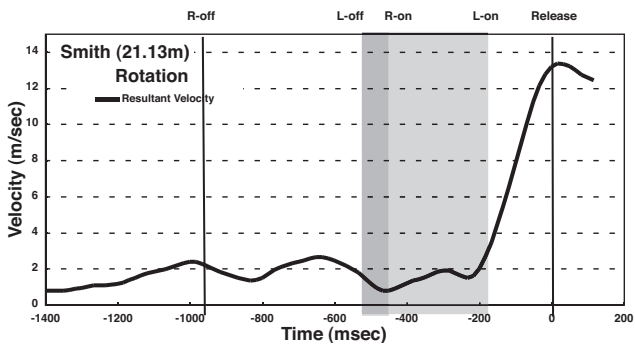
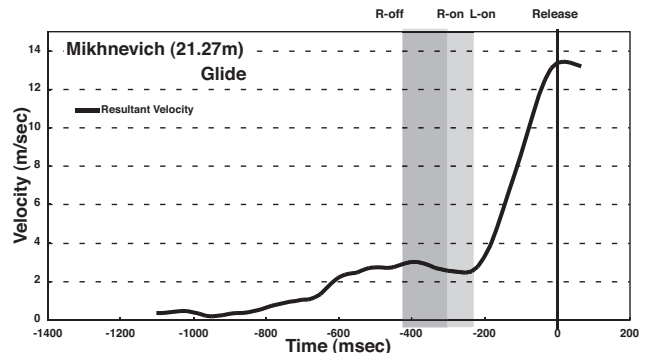
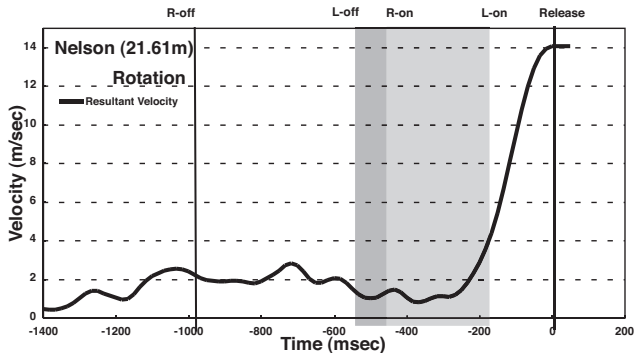
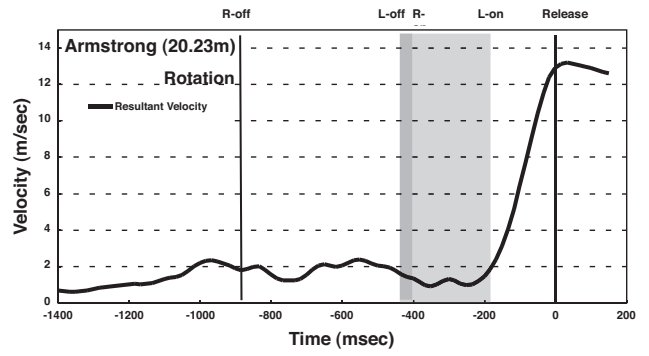
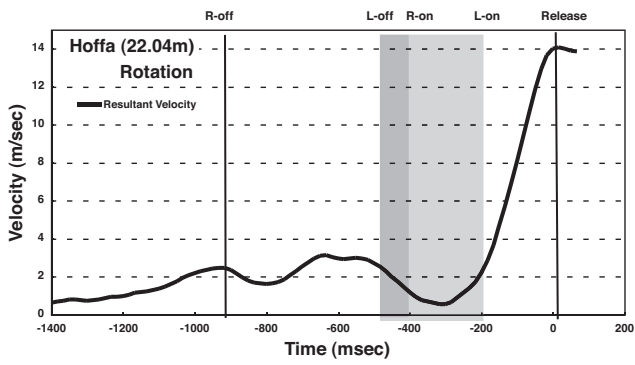


Figure 2: The time course of shot velocity (Only the resultant velocity is shown.)

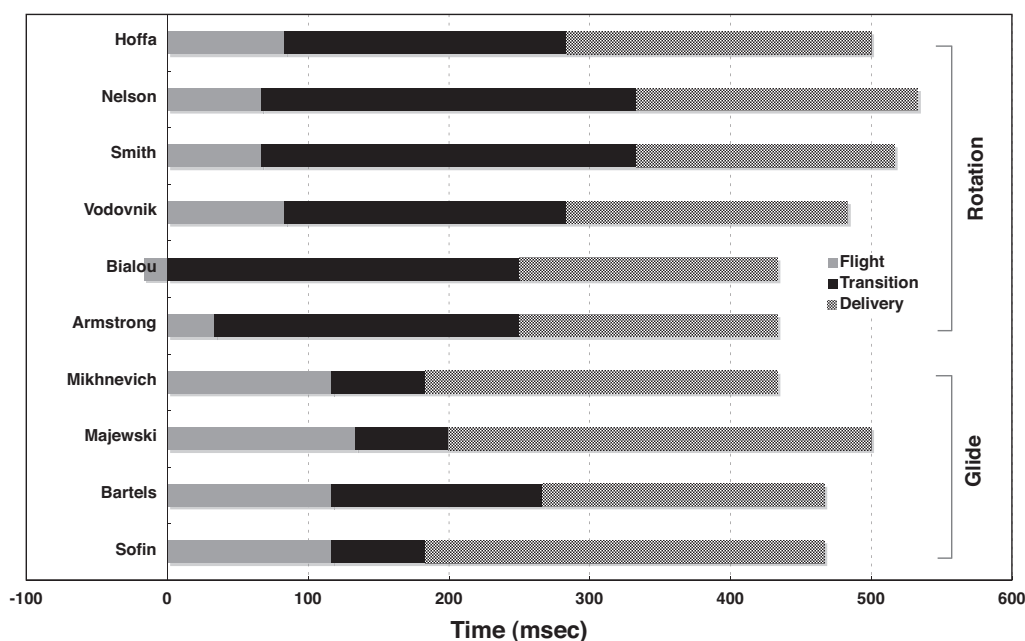


Figure 3: Duration of each movement phase from flight to release

Time course of velocity of the shot

The shot velocities for all three medalists show the typical time course pattern as described above.

Linear Momentum of the putter

For Hoffa and Mikhnevich, the resultant linear momentum increases gradually and peaks at the end of the preparation phase. Only Nelson shows a peak during the transition phase. After the peak, the momentum decreases toward the delivery. The peak value of the resultant linear momentum of Hoffa (368.9 kg m/sec) surpassed that of Nelson (297.5 kg m/sec) and even that of Mikhnevich (346.9 kg m/sec), who was using the glide. Nelson shows a notch-like depression just before the L-on, corresponding to the reverse action of the upper body during the transition phase. Mikhnevich, on the other hand, maintains the linear momentum throughout the preparation for the final thrust. Hoffa shows a pattern that is midway between the other two. The two rotators show a second peak of linear momentum around the L-on.

At the start of the weight shift and acceleration of the body during the preparation phase, individual differences are seen in the contribution of each component of the linear momentum. The two rotators are characterised by the rightward component during the most of preparation phase. While Hoffa makes a forward (putting direction) drive, Nelson shows a small backward component. Nelson shows a small upward component in the start and

a downward component in the latter half of the phase; for Hoffa, the downward component is remarkable in the middle of the phase. Mikhnevich's glide is characterised by the starting with a downward component to forward with upward component before the R-off.

In all three, the vertical component shows a moderate peak just before the flight phase and remarkably high peak just before the delivery.

Angular Momentum of the putter

Before R-off, the two rotators increase their whole-body angular momentum about the CM mainly in the upper body. After R-off, they maintain a higher level of angular momentum throughout the motion. Mikhnevich keeps a low level of angular momentum in contrast to the linear momentum. Only Mikhnevich shows a rapid uniform increase of angular momentum in the transition phase. During the preparation phase, Hoffa keeps the level of angular momentum of the lower extremity with a balanced generation from both the right and left legs. In contrast, while the level of angular momentum of Nelson's right leg was almost same as that of Hoffa, that of his left leg is remarkably higher and the sudden increase corresponds to the marked peak of the angular momentum of the lower extremity and the increase of the whole body's angular momentum.

Trunk inclination and torsion angle

Figure 5 shows the forward - backward inclination

Hoffa (22.04m)

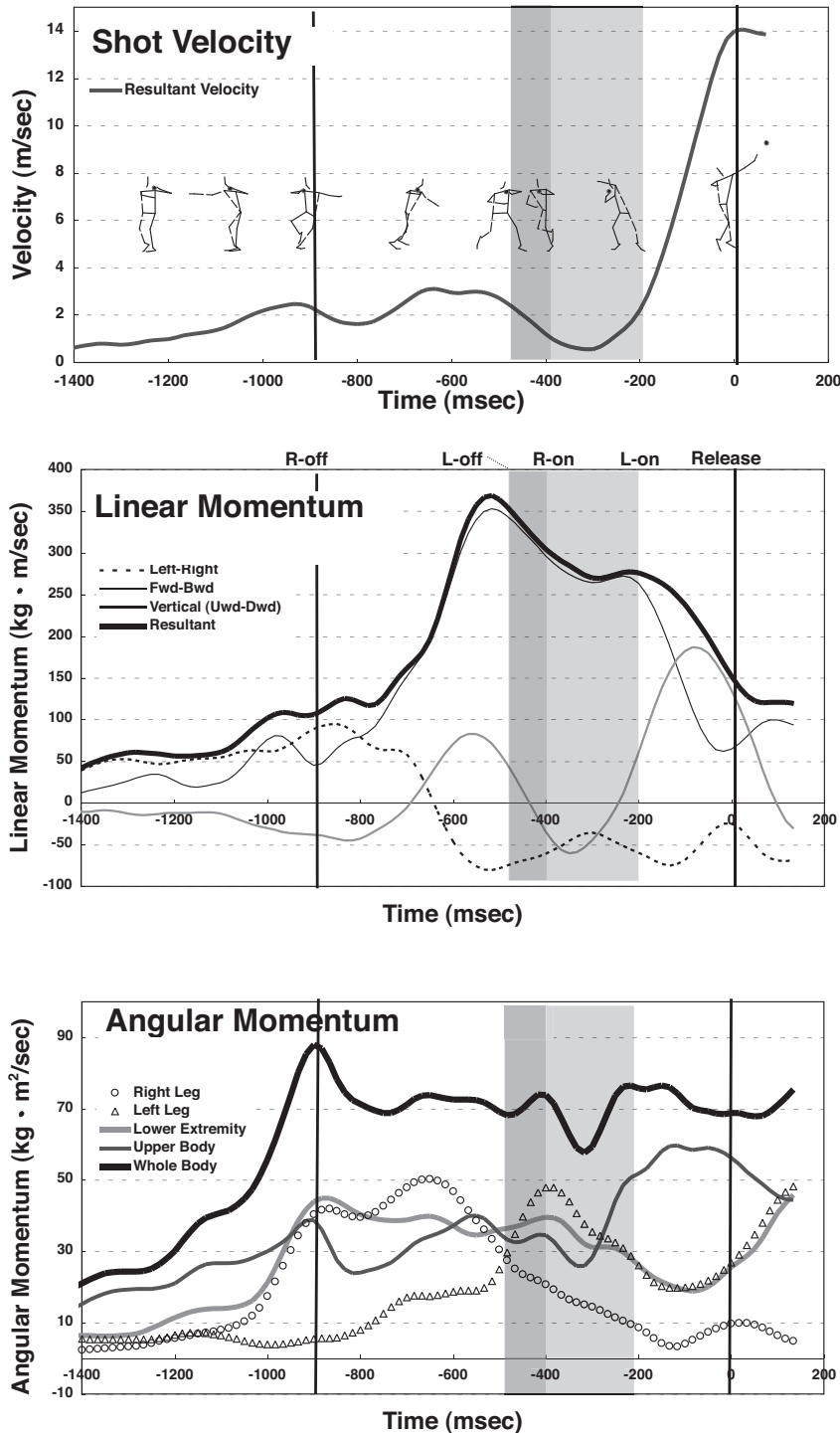


Figure 4a: Time course of shot velocity, linear momentum and angular momentum for Reese Hoffa

within the sagittal plane and the angle of torsion of the trunk. For Mikhnevich, both the inclination and torsion angle gradually increase from about 100msec before the R-off. Then the trunk inclination changes from horizontal to upright and reaches its peak at just before the release. The torsion angle peaks during flight phase. Hoffa and Nelson start their turns in a more upright trunk position. Their trunks tilt forward mostly during the flight phase

and increase to a peak just before the release. Nelson leans more forward during preparation phase than Hoffa or Mikhnevich. It is common among the three that the trunk inclines backward before release and it rapidly reverses toward the release.

The trunk torsion of Hoffa reaches its minimum before R-off; for Nelson, it reaches the minimum late in flight phase. Hoffa and Mikhnevich's winding motion (increase

Nelson (21.61m)

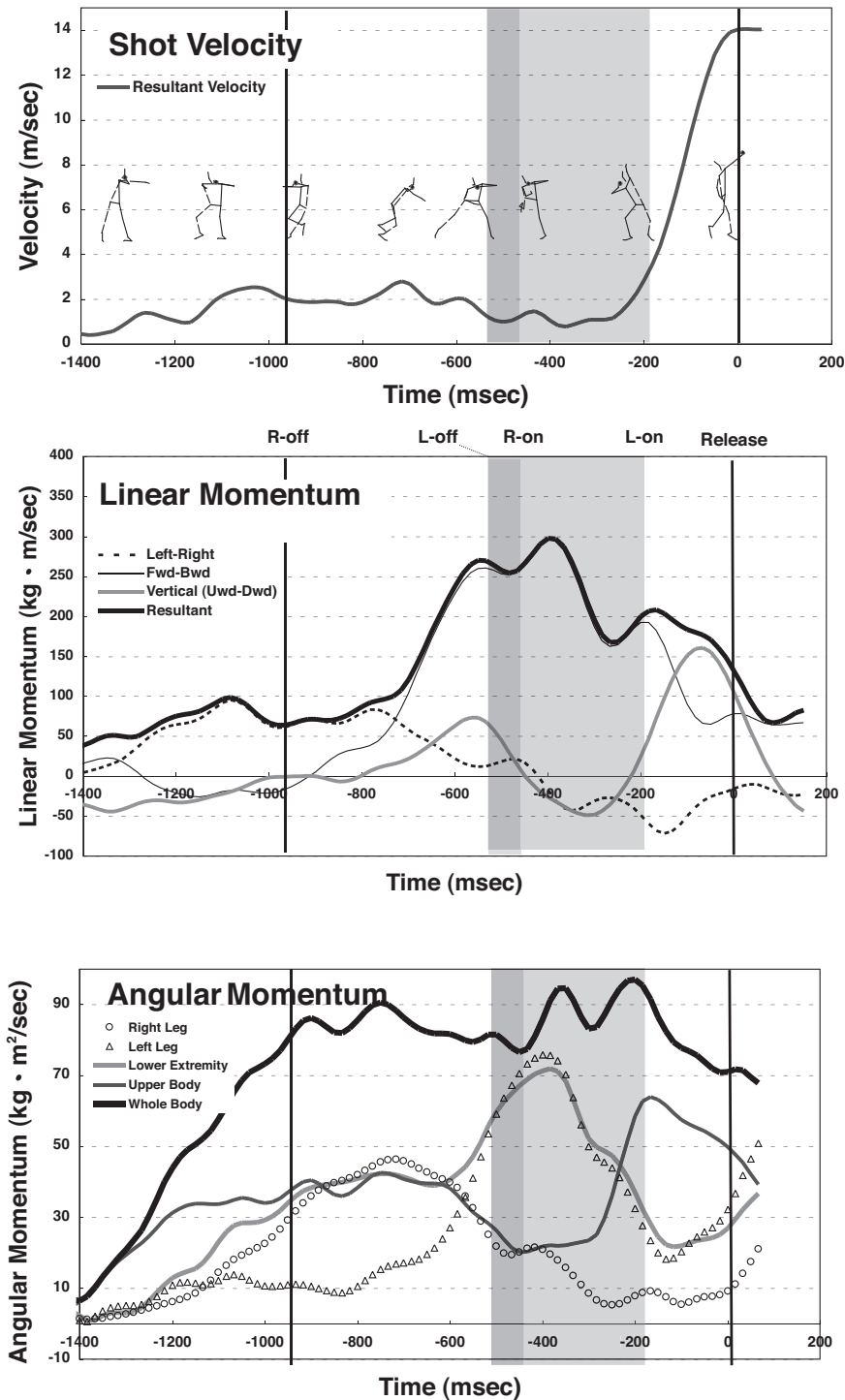


Figure 4b: Time course of shot velocity, linear momentum and angular momentum for Adam Nelson

of torsion) progresses at $121.3^\circ/\text{sec}$ and $141.7^\circ/\text{sec}$ respectively; that of Nelson increases more rapidly at $285.2^\circ/\text{sec}$. The recoil of the torsion begins in the flight phase in Mikhnevich and in the first half of transition phase in Hoffa and Nelson. The timing of increase of torsion coincides with the It and is more intensive in rotation technique than in the glide. Nelson shows a more rapid recoil ($221.2^\circ/\text{sec}$) than Hoffa ($190.8^\circ/\text{sec}$) and

Mikhnevich ($140.8^\circ/\text{sec}$).

Discussion

With regard to securing a maximal acceleration range of the shot, it is clearly disadvantageous to be short. It is reported that the body height of the champion Hoffa is 182cm, making him probably the shortest men's shot put

Mikhnevich (21.27m)

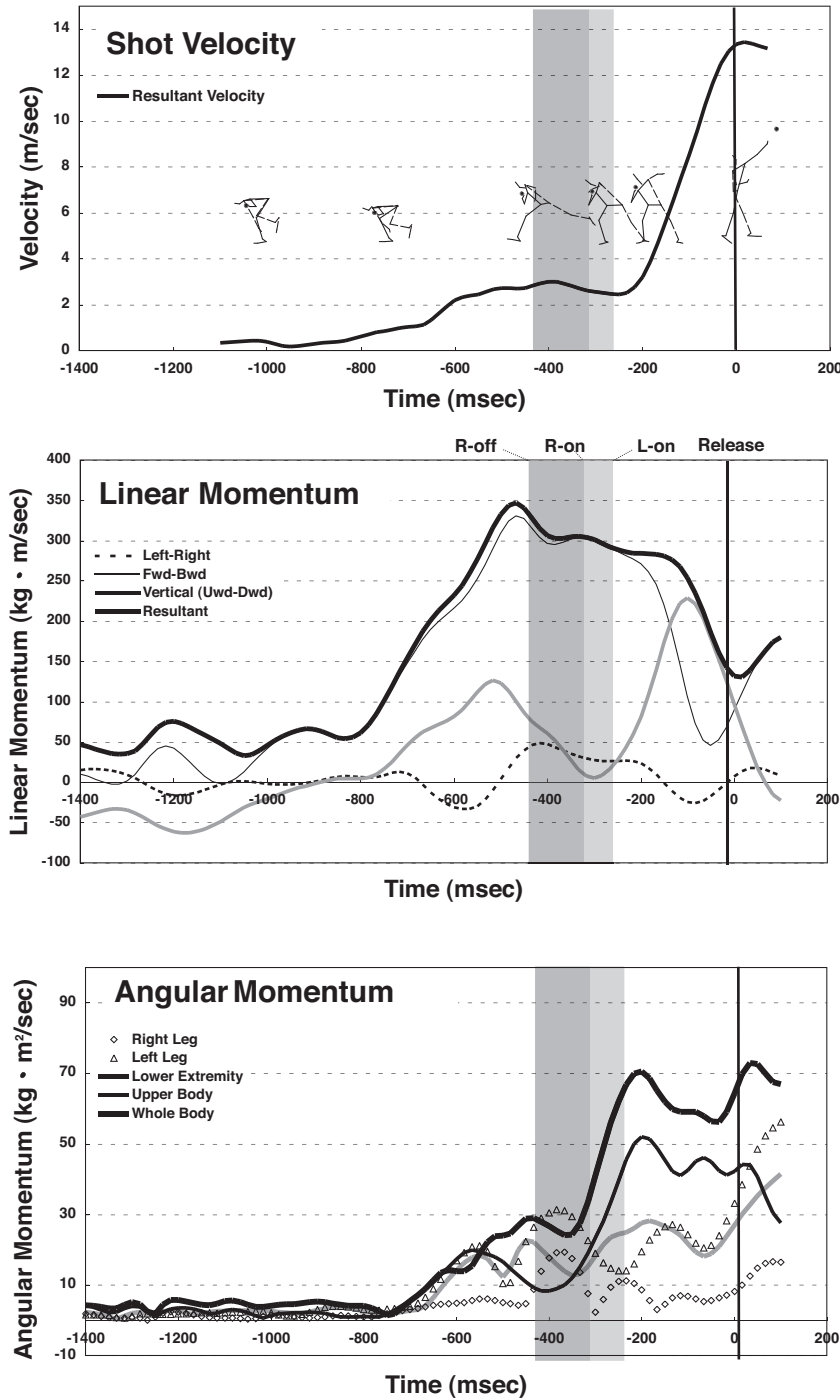


Figure 4c: Time course of shot velocity, linear momentum and angular momentum for Andrei Mikhnevich

world champion ever. Nelson and Mikhnevich are 183cm and 201cm respectively¹¹⁾. The notion that the rotation technique is more suitable for smaller putters has been confirmed by the results of Hoffa and Nelson. However, their technical excellence is also a key to their success.

The official results correlate significantly with the velocity at release. Some fluctuations can be related to other factors such as angle and position of release.

Because most of the shot acceleration is executed

in delivery, the preceding phases should be aimed at ensuring the best conditions for maximising the final acceleration. The body position and the state of the musculature to be incorporated in the final movements are important and the energy storage within athlete-shot system is critical. The acceleration never occurs from the shot alone; there must be a source of energy. In past studies, the researchers' attention has been paid mainly to the acceleration of shot itself, even in the flight and

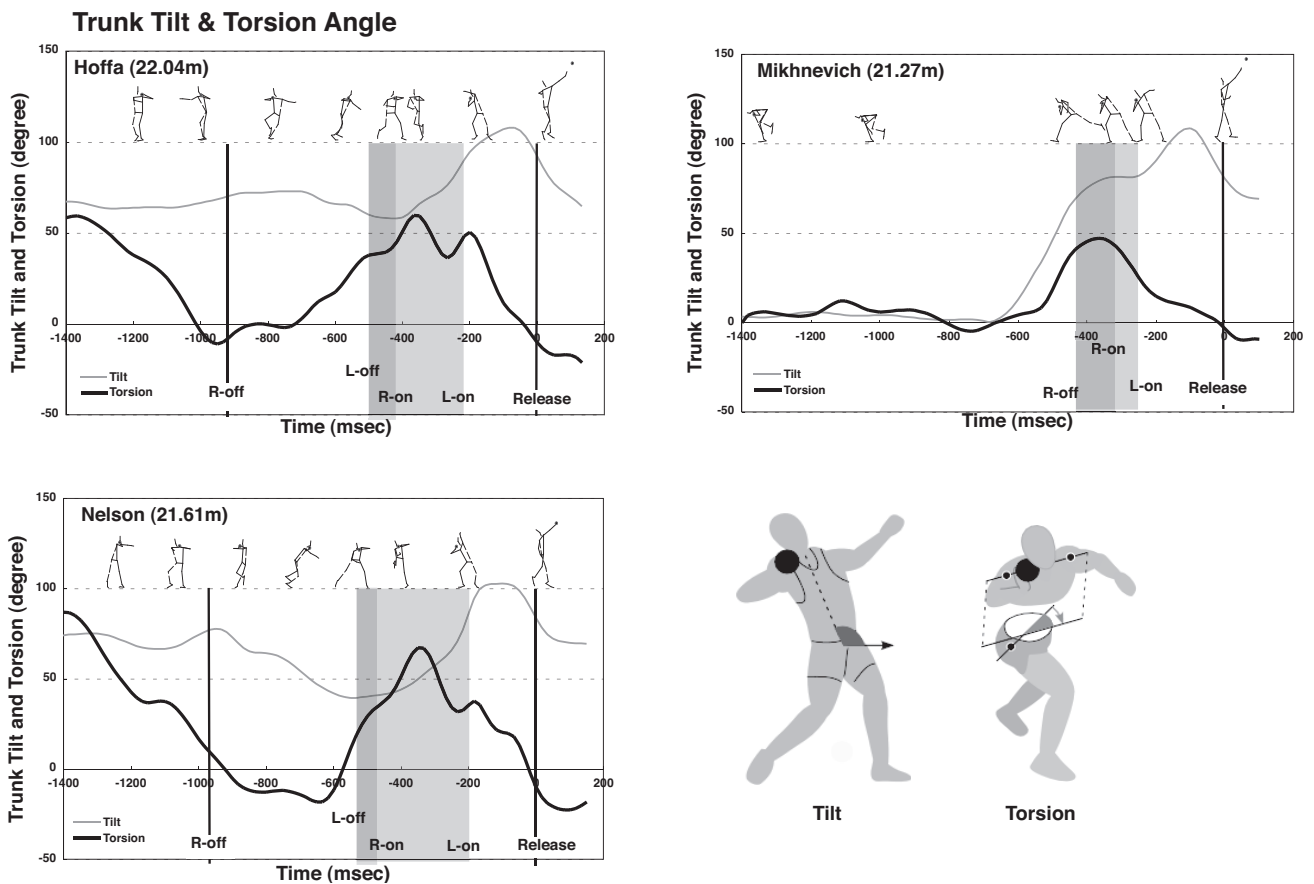


Figure 5: Forward - backward trunk inclination and the angle of torsion of the trunk (These parameters indicate tilting angle of trunk within sagittal plane relative to the horizontal axis and relative precedence of hip axis rotation to the shoulder axis rotation about longitudinal axis of trunk.)

transition phases. Luhthanan et al. pointed out the need of achieving an increase in the speed of the shot during the flight phase₅. From the viewpoint of the reduction of loss of shot velocity, Coh & Stuhec recommend keeping flight phase shorter₁₂. But the argument of how to secure the energy for acceleration has hardly been made. Although, a few researchers mentioned the importance of the momentum of the athlete-shot system_{2),6),13)}, we cannot find a study that showed it experimentally.

In the present study, the fall of the shot velocity during the flight and transition phases is more remarkable in the rotation than in the glide. This supports the results of the earlier reports. This slowdown of shot velocity corresponds to the right foot grounding. Especially in the rotation technique, this breaking motion coincides with the backward returning motion of the upper trunk. This seems to result in the dissipation of the shot velocity. However, simultaneous generation of angular momentum and a preparative configuration of body segments can be seen.

Analyzing the system acceleration of the three

medallists in detail, we see that Mikhnevich, using the glide, depends on the linear momentum to store energy in the whole system. However, Hoffa shows the same level of peak resultant linear momentum as Mikhnevich. It is suggested that both linear and angular momentum are important, even in the rotational technique. The two rotators both show higher angular momentum than Mikhnevich.

Hoffa generates higher linear momentum from the effective weight shift to the putting direction and the push off. Then he skilfully suppressed the loss of the linear momentum that he got in the preparation phase and reaches the delivery. The two rotators show second peak of linear momentum around L-on. This seems to be related to the left leg swing of the transition phase. Actually, Nelson, with his marked second peak, is characterised by an intensive wide swing of left leg.

From the time course of each component of momentum we see that the higher angular momentum of the rotators after the second half of the preparation phase seems to be related to the motion of the lower extremity. In

particular, Nelson keeps higher angular momentum throughout the preparation. Nelson who shows marked dissipation of linear momentum during transition phase adversely increases the angular momentum. It seems to be closely related to the intensive swing of left leg during the transition. The deep forward leaning angle of the trunk from before R-on to the transition seems to secure the range of motion of the left leg for a wide whipping motion. It is suggested that the leg movement causes the conversion of momentum from the leg to the trunk and a steep increase of the angular momentum of the lower extremity and provides trunk torsion as a result. Actually, the velocity of Nelson's trunk torsion increase is more than two times of that of Hoffa and Mikhnevich. This torsion can stretch the abdominal and back muscles just before the final thrust and ensure the intensive upper trunk rotation during the last phase of delivery. Nelson seems to be dependent more upon trunk torsion than Hoffa and Mikhnevich. It is speculated that Nelson most actively utilises the stretch-shortening cycle of trunk musculature. His remarkable wide swing of left leg seems to be the source of kinetic energy for this intensive torsion.

The participation of angular momentum and sideward acceleration — the advantage of rotational technique — can be considered as a disadvantage for coordinating the body balance. Hoffa eliminates this trade-off with a continuous linear acceleration of the CM from the back of the circle to the release point; standing without much dissipation of angular momentum of body in comparison with the glide technique. Actually, his linear momentum reaches a level that exceeds not only that of Nelson but, surprisingly, that of Mikhnevich the glider.

The backward trunk inclination during the delivery is caused by precedence of the driving pelvis, but it rapidly reverses toward the release. It is suggested that this forward-backward rotation of the trunk reinforces the final trust, cooperating with the linear translation and the recoil of the trunk torsion.

Conclusions

The results of the present study show:

- 1: While the release velocity is the main determinant of performance, some fluctuations can be related to other factors such as angle and position of release.
- 2: With reference to system acceleration, there are

technical variations even within the rotational style: Hoffa utilises both linear and angular momentum of body to a great extent; in contrast, Nelson seems to emphasise angular momentum.

3: Mikhnevich, using the glide technique, keeps a higher level of linear momentum of the whole body from the push off of the glide to just before the final thrust.

4: Shot velocity alone is not enough to explain the process of acceleration. Whole-body momentum is gained or maintained even when there is a marked decrease of shot velocity during flight and transition phases of the rotation technique. It is suggested that the acceleration of athlete-shot system is the key factor ensuring the source of energy for delivery. It can be proposed that the aim of the preparation for the delivery is to accelerate the whole body and secure favourable body configuration rather than to accelerate the shot itself.

Please send all correspondence to:

Keigo OHYAMA BYUN :

1-1-1 Ten-noudai, Tsukuba, Ibaraki, Japan 305-8574

Graduate School of Comprehensive Human Sciences

(Inst. Health & Sport Sciences)

University of Tsukuba.

E-mail: ohyama@taiiku.tsukuba.ac.jp

REFERENCES

- 1) HEGER, W. (1974) Is the rotation technique better? *Track Technique*, 58, 1849.
- 2) ZATSIORSKY, V.M. (1990). The biomechanics of shot putting technique. In: *Proceedings of the First International Conference on Techniques in Athletics*, Vol. 1 G.P. Brüggemann & J.K. Rühl (Eds) (pp.118-125). Köln: Deutsche Sporthochschule.
- 3) PYKA, I. & OTRANDO, B. (1991). *National Strength & Conditioning Association Journal*, 13 (1) 6-9 and 83-88
- 4) GRIGALKA, O. (1985) In: J. Jarver (Ed.), *The throws: contemporary theory, technique and training*, 3rd ed (pp. 59-64). Los Altos, Calif.: Tafnews Press.
- 5) LUHTANEN, P.; BLOMQVIST, M. & VANTTINEN, T. (1997). A comparison of two elite shot putters using the rotational shot put technique. *New Studies in Athletics*, 12 (4) 25-33.
- 6) HAY, J.G. (1993). *Biomechanics of Sports Techniques*,

- 4th ed. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- 7) SCHLUTER, W. & NIXDORF, E. (1984). Kinematische Beschreibung und Analyse der Diskuswurftechnik. *Leistungssport*, 6, 17-22.
 - 8) ABDEL-AZIZ, Y. & KARARA, H. (1971). Direct linear transformation from comparator co-ordinates into object space co-ordinates. In: *Proceedings of ASP/UI symposium on close-range photogrammetry* (pp. 1–18). Falls Church, VA: American Society of Photogrammetry.
 - 9) WINTER, D.A. (1990). *Biomechanics and motor control of human movement* (pp. 41-43). New York: John Wiley and Sons Inc.
 - 10) AE, M.; TANG, H.P. & YOKOI, T. (1992). Estimation of inertia properties of the body segment in Japanese athletes. In: *Society of Biomechanisms (Eds.), Biomechanisms 11* (pp. 23-33). Tokyo: University of Tokyo Press.
 - 11) IAAF (2007) <http://www.iaaf.org>
 - 12) COH, M. & STUHEC, S. (2005). 3-D kinematic analysis of the rotational shot put technique. *New Studies in Athletics*, 20 (3), 57-66.
 - 13) BARTONIETZ, K.E. (1994). Rotational shot technique. *Track and Field Quarterly Review*, 94 (3), 18-29.

Biomechanical analysis of elite javelin throwing technique at the 2007 IAAF World Championships in Athletics

Kenji Tauchi¹⁾, Masatoshi Murakami²⁾, Toshinori Endo³⁾, Hisashi Takesako¹⁾, Koki Gomi¹⁾

1) Waseda University, 2) Ehime Women's College, 3) Aoyama Gakuin University

Abstract

The purpose of this study was to investigate the biomechanical parameters that influence the javelin throwing distance only among elite javelin throwers and to indicate the averaged motion pattern of elite javelin throwers. The best competition throws of twelve male finalists at the 2007 IAAF World Championships in Athletics were analyzed. The biomechanical parameters that affect throwing distance for elite javelin throwers were release velocity, and vertical release velocity in particular, and approach run velocity at final right foot contact on the ground. These results suggested that elite javelin throwers who began thrusting the javelin at a higher approach run velocity and obtained some horizontal release velocity (required at least 22-23m/s) but who also obtained higher vertical release velocity obtained better throwing distances. In addition, it was observed from averaged motion of World championships finalists that the better javelin throwers showed more flexion at the right knee angle, we called "knee down" motion, during final preparatory phase.

Introduction

In the past, several biomechanical studies have analyzed the throwing movement of elite javelin throwers in the Olympic Games (OG) or World Championships (WCh). To the extent known, these studies were as follows: the 1984 OG in Los Angeles (Komi and Mero, 1985), the 1991 WCh in Tokyo (Ueya, 1992), the 1992 OG in Barcelona (Mero et al., 1994), the 1995 WCh in Gothenburg (Morriss et al., 1997), the 1999 WCh in Seville (Campos et al., 2004) and the 2005 WCh in Helsinki (Murakami et al., 2006). Most of the studies noted above have reported release parameters (release velocity, release height, release angle, attitude angle, attack angle). Although they also described the characteristics of the throwing technique in individual throwers, few studies elucidated the common characteristics of the throwing techniques among elite javelin throwers. Murakami et al. (2006) investigated kinematic determination of javelin throwing performance for many throwers from the novice to elite level (included WCh finalists) by clarifying the relationship between

kinematics of the throwing movement and the distance thrown. However, no studies have tried to investigate kinematic determination of javelin throwing performance only among elite javelin throwers.

The purpose of this study was to investigate the biomechanical parameters that influence the javelin throwing distance only among elite javelin throwers and to indicate the averaged motion pattern of elite javelin throwers.

Methods

Subjects were twelve male javelin throwers who advanced to the male javelin final at the 2007 IAAF World Championships in Athletics in Osaka, Japan. All subjects were right-handed throwers. The best throw for each subject during the competition was analyzed.

The throwing movements were videotaped by two video cameras from the left side and rear of the throwing area. The camera speed was 60fps, and shutter speed was 1000Hz. We calibrated the photographic field of the throwing area (throwing direction: 6m, lateral direction:

4m, vertical direction: 2.5m) for the following three-dimensional analysis. We recorded a pole with six landmarks set on a runway with nine control points.

Twenty-three landmarks on each athlete's body and two reference landmarks on the javelin (tip and grip) were digitized using a digitize system (Frame-DIAS II, DKH). The three-dimensional coordinates were calculated using the direct linear transformation (DLT) method. These three-dimensional coordinates were smoothed with a digital filter with cutoff frequency set at 10Hz.

In this study, analysis of the javelin throwing movement focused on the final preparatory and delivery phases. The preparatory phase was defined as the period from when the right foot lands on the ground (R-on) to when the left foot lands on the ground (L-on), and the delivery phase was defined as the period from L-on to release of the javelin (REL).

The calculated parameters were as follows (figure 1):

- Release parameters of the javelin (release velocity, release height, release angle, attitude angle and attack angle)
- Velocity of the body center of gravity (VCG) at R-on, L-on and REL
- Reduction in REL—percent reduction of VCG from L-on to REL
- Duration of the preparatory and delivery phases
- Pull distance—the moving distances of the grip during the preparatory and delivery phases
- Step length—the length between right toe at R-on and left toe at L-on
- Right and left knee joint angle

In addition, we showed the averaged motion pattern of

the javelin throwing movement for visual feedback in order to consider good throwing technique. The averaged motion was calculated by normalizing the three-dimensional coordinates of the segment endpoints by the thrower's body height and the time elapsed during each movement phase. For details on calculations of averaged motion, refer to Ae et al. (2007). In this study, the averaged motion was compared between six high rank throwers and six low rank throwers. But Greer (Rank 3) was excluded from the six high rank throwers' averaged motion because his leg motion differed markedly from all the other throwers. His legs motion will be described in detail later.

The correlation coefficients (r) between throwing distance and each measured parameter were calculated using the method of least squares. The significance level was set at 5% and 1%.

Results

Distance and release parameters

The distance and release parameters are presented in Table 1. The distance was 83.96 ± 3.48 m (Range: 90.33m-78.01m). The highest horizontal release velocity was Vasilevskis (Rank4: 24.7m/s), and the gold medalist Pitkämäki ranked 11th (22.8m/s). However, Pitkämäki had the highest vertical release velocity (18.8m/s); furthermore, he had the highest values in both release angle and attitude angle. Although significant positive correlations were observed between the distance and resultant release velocity ($r=0.938$, $p<0.01$) and vertical release velocity ($r=0.672$, $p<0.05$), the other release

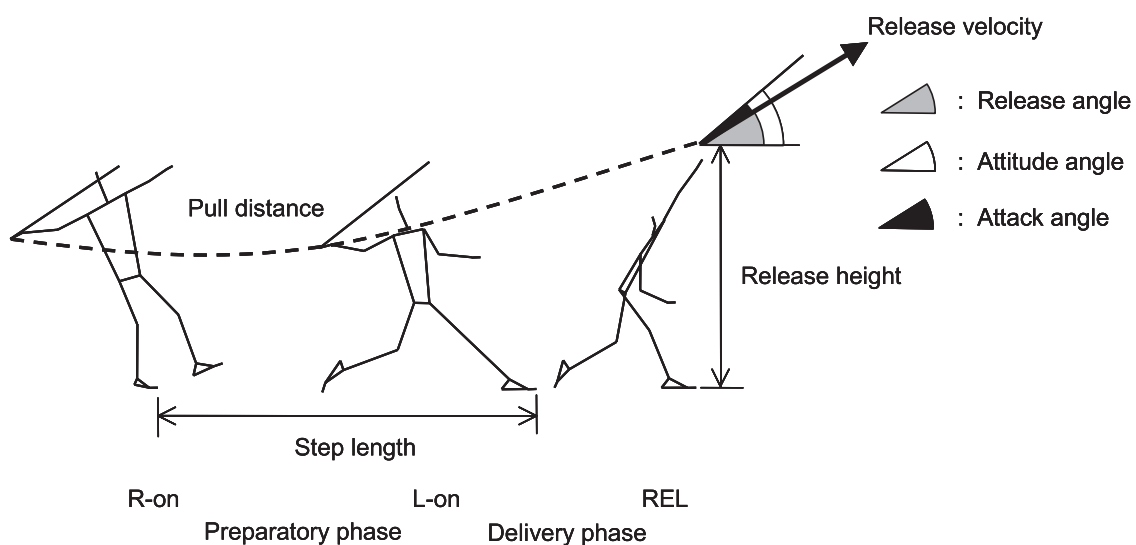


Figure 1 The representation of the measurement parameters

Table 1 Distance and release parameters of the javelin

Rank	Name	Distance (m)	Release Velocity (m/s)				Release height (m)	Release angle (deg)	Attitude angle (deg)	Attack angle (deg)
			Lateral	Horizontal	Vertical	Resultant				
1	Pitkämäki	90.33	-4.5	22.8	18.8	29.9	1.99	39.9	45.6	5.7
2	Thorildsen	88.61	1.0	24.3	17.2	29.8	1.86	35.9	39.4	3.5
3	Greer	86.21	2.4	24.0	16.6	29.3	1.71	35.6	37.1	1.5
4	Vasilevskis	85.19	1.6	24.7	15.3	29.1	1.81	33.4	37.1	3.7
5	Ivanov	85.18	2.2	24.6	14.9	28.8	1.89	34.3	35.9	1.5
6	Oosthuizen	84.52	2.2	23.5	15.9	28.5	1.91	34.6	38.2	3.6
7	Janik	83.38	2.6	24.4	14.8	28.7	1.87	32.5	34.2	1.7
8	Järvenpää	82.10	2.1	24.6	14.4	28.6	1.78	32.2	38.3	6.0
9	Martínez	82.03	-1.3	24.3	14.9	28.5	2.03	32.9	37.5	4.6
10	Arvidsson	81.98	-0.3	24.4	14.3	28.3	1.99	31.9	33.0	1.2
11	Rags	80.01	1.2	22.6	16.8	28.2	1.96	38.7	40.5	1.8
12	Wirkkala	78.01	0.9	23.9	14.9	28.2	1.84	32.8	42.5	9.7
	Average	83.96	0.8	24.0	15.7	28.8	1.89	34.6	38.3	3.7
	SD	3.48	2.0	0.7	1.4	0.6	0.10	2.6	3.5	2.5

parameters showed non-significant correlations with the distance (Table 2).

The velocity of the body center of gravity, duration, pull distance, and step length

The velocity of the body center of gravity (VCG), duration of preparatory and delivery phases, pull distance, and step length are presented in Table 3. VCG decreased slightly from R-on (6.52 ± 0.33 m/s) to L-on (5.98 ± 0.47 m/s), and then the velocity rapidly decreased to release (3.44 ± 0.36 m/s). Horizontal step lengths for most throwers were the same as their body height or less. Although a significant positive correlation was observed between the distance and VCG at R-on ($r=0.596$, $p<0.05$), the other parameters showed non-significant correlations with the distance (Table 4).

Visual feedback by averaged motion

In backward viewing, throwers ranked 7–12 tended to show more rightward rotation of the trunk (the grip was placed further backward) during the preparatory phase, so they tended to delay the timing of pulling the javelin during the delivery phase compared to throwers ranked 1–6 (Figure 2, 3). In side viewing, throwers ranked 1–6 tended to show more flexion at the right knee angle (Figure 4, left upper) and bending of the trunk backward slightly during the preparatory phase compared to throwers ranked 7–12 (Figure 2). Both

Table 2 Correlation coefficients between distance and release parameters of the javelin

Parameter	r	significance
Release velocity		
Lateral	-0.325	ns
Horizontal	-0.057	ns
Vertical	0.672	$p<0.05$
Resultant	0.938	$p<0.01$
Release height	-0.059	ns
Release angle	0.495	ns
Attitude angle	0.187	ns
Attack angle	-0.247	ns

ns: not significance

throwers ranked 1–6 and throwers ranked 7–12 tended to show nearly full extension at the left knee angle after slightly flexing during the delivery phase (Figure 4, right bottom). However, bronze medalist Greer showed a very different style from the other eleven throwers; he kept greater flexion at his right and left knee angle during the delivery phase (Figure 5). Therefore, he was excluded from averaged motion of throwers ranked 1–6.

Discussion

The release parameters presented in this study (Table 1) were similar to those in previous studies (Mero et al., 1994; Morriss et al., 1997; Campos et al., 2004). In relationship to distance, there was a significant positive correlation coefficient between the distance and resultant

Table 3 Velocity of the body center of gravity (V_{CG}), duration, pull distance and step length.

Rank	Name	V_{CG} (m/s)			Reduction in REL (%)	Duration (s)		Pull distance (m)			Step length (m)	
		R-on	L-on	REL		Preparatory	Delivery	Preparatory	Delivery	Total	Lateral	Horizontal
1	Pitkämäki	6.93	6.48	3.55	45.3	0.183	0.117	1.33	2.06	3.39	-0.75	1.72
2	Thorkildsen	6.91	6.19	3.72	39.9	0.150	0.117	1.13	2.07	3.20	-0.48	1.64
3	Greer	6.72	6.37	3.67	42.3	0.167	0.117	1.26	1.98	3.24	-0.35	1.88
4	Vasilevskis	6.48	6.06	2.71	55.3	0.217	0.117	1.45	2.06	3.52	-0.66	2.14
5	Ivanov	6.90	6.04	3.37	44.2	0.233	0.100	1.71	1.75	3.46	-0.11	2.35
6	Oosthuizen	6.33	4.94	2.73	44.7	0.233	0.133	1.51	2.03	3.54	-0.35	1.98
7	Janik	5.97	5.41	3.72	31.2	0.233	0.150	1.40	1.94	3.34	-0.58	1.96
8	Järvenpää	6.63	6.57	3.77	42.6	0.167	0.117	1.10	2.00	3.10	-0.32	2.00
9	Martínez	6.19	5.75	3.59	37.5	0.233	0.133	1.44	2.20	3.64	-0.81	1.76
10	Arvidsson	6.25	5.61	3.40	39.4	0.200	0.133	1.28	2.10	3.37	-0.46	1.72
11	Rags	6.65	6.21	3.55	42.9	0.167	0.117	1.18	2.06	3.24	-0.16	1.72
12	Wirkkala	6.31	6.09	3.52	42.2	0.150	0.133	1.02	1.99	3.01	-0.48	1.72
Average		6.52	5.98	3.44	42.3	0.194	0.124	1.32	2.02	3.34	-0.46	1.88
SD		0.32	0.47	0.36	5.6	0.034	0.013	0.20	0.11	0.19	0.22	0.22

1. Reduction in REL was percent reduction of V_{CG} from L-on to REL

release velocity; other release parameters showed non-significant correlation with the distance (Table 2). These results were supported by previous studies (Bartonietz, 2000; Murakami et al., 2006). In each component of release velocity, there was no significant correlation between the distance and horizontal release velocity which was most highest mean values in three components, but there was a significant correlation between the distance and vertical release velocity. This result suggested that vertical release velocity was a determination of rank (distance) as a prerequisite for obtaining a horizontal release velocity of about 23–24m/s among elite javelin throwers.

Murakami et al. (2006) has reported that there was a significant positive correlation between the distance and approach run velocity at R-on for a wide range of performance levels. We also obtained the same result (Table 3), which proved the importance of starting to thrust the javelin at a higher approach run velocity in elite javelin throwers. However, the other parameters regarding approach run velocity were not significantly correlated with the distance. Although the reduction in REL is considered to relate to the kinetic energy transfer from the whole body to the javelin (Böttcher and Kühl, 1998; Bartonietz, 2000; Morriss et al., 2001), the amount of reduction was not a factor that decided the javelin throwing performance in elite javelin throwers. It may have influenced this result with different strategies to accelerate the javelin in individuals.

Furthermore, Murakami et al. (2006) have reported that the distance and the pull distance had a linear

Table 4 Correlation coefficients between the distance and each parameter

Parameter	r	significance
V_{CG}		
R-on	0.596	p<0.05
L-on	0.194	ns
REL	-0.058	ns
Reduction in REL	0.221	ns
Duration		
Preparation	0.056	ns
Delivery	-0.385	ns
Pull distance		
Preparation	0.310	ns
Delivery	-0.062	ns
Total	0.290	ns
Step length		
Lateral	-0.247	ns
Horizontal	0.087	ns

ns: not significance

relationship, and the pull distance values here (in WCh finalists) were similar, but this relationship was not confirmed by this study. This result suggested that pull distance was not a determinative factor in deciding the javelin throwing performance in elite javelin throwers. The duration and step length also were not determinative factors for their ranking.

This study was not able to adequately clarify the determinative factors for ranking in elite javelin throwers, instead indicating only basic biomechanics

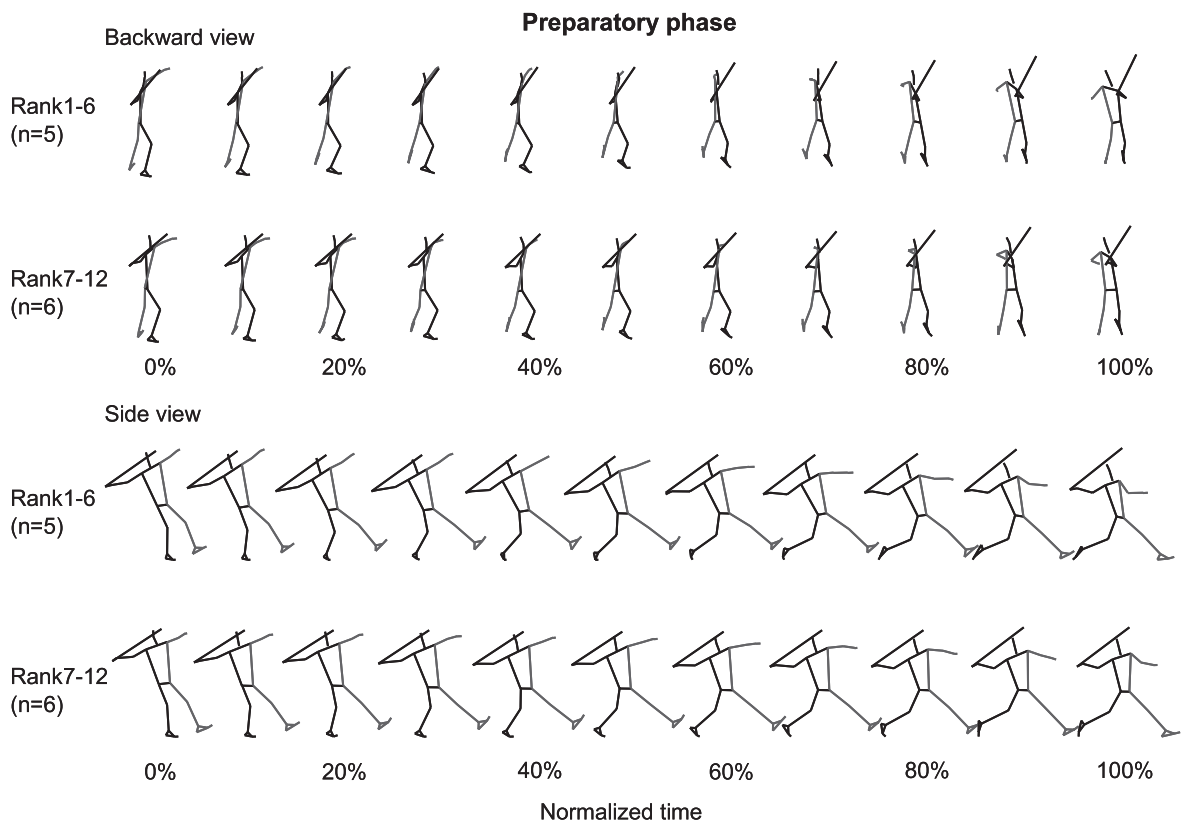


Figure 2 Averaged motion during preparatory phase in elite javelin throwers

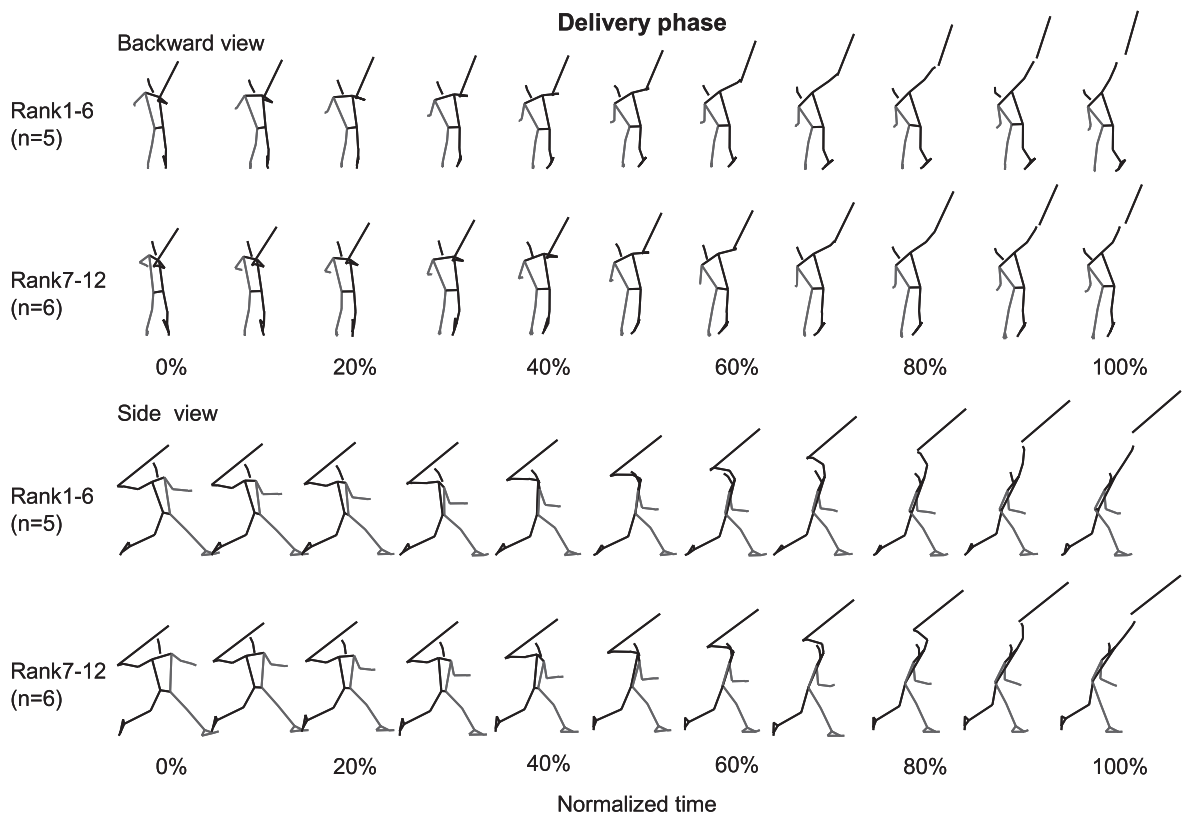


Figure 3 Averaged motion during delivery phase in elite javelin throwers

parameters. Therefore, we must analyze the kinematics and kinetics like angular velocity, momentum, and kinetic energy at each joint and body segment. In order

to obtain some hints for future analysis of the throwing techniques in elite javelin throwers, we tried to visually determine how elite javelin throwers move and indicate

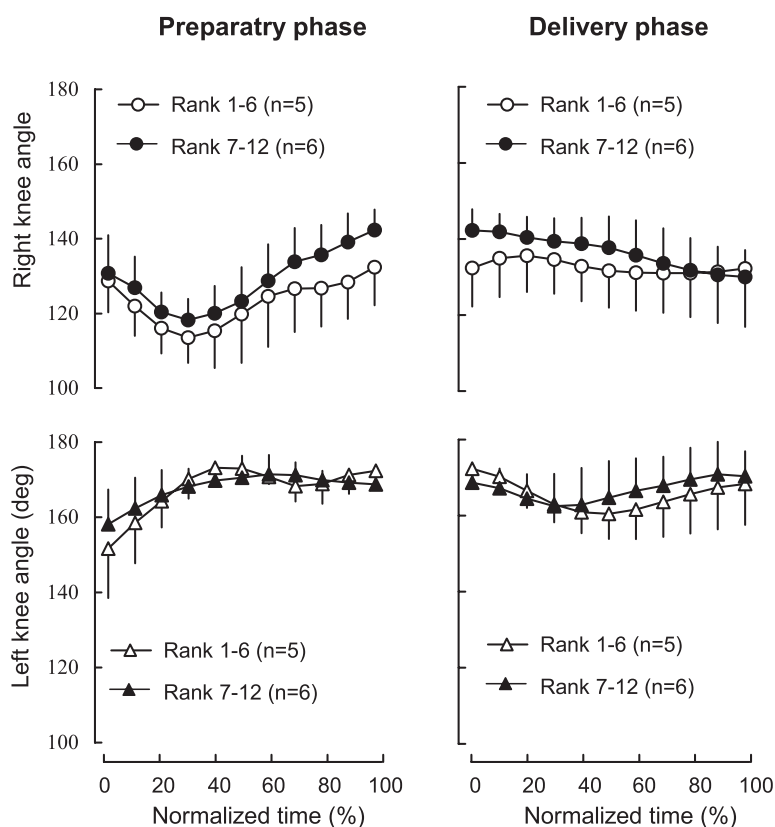


Figure 4 Angle displacement of the knee joint

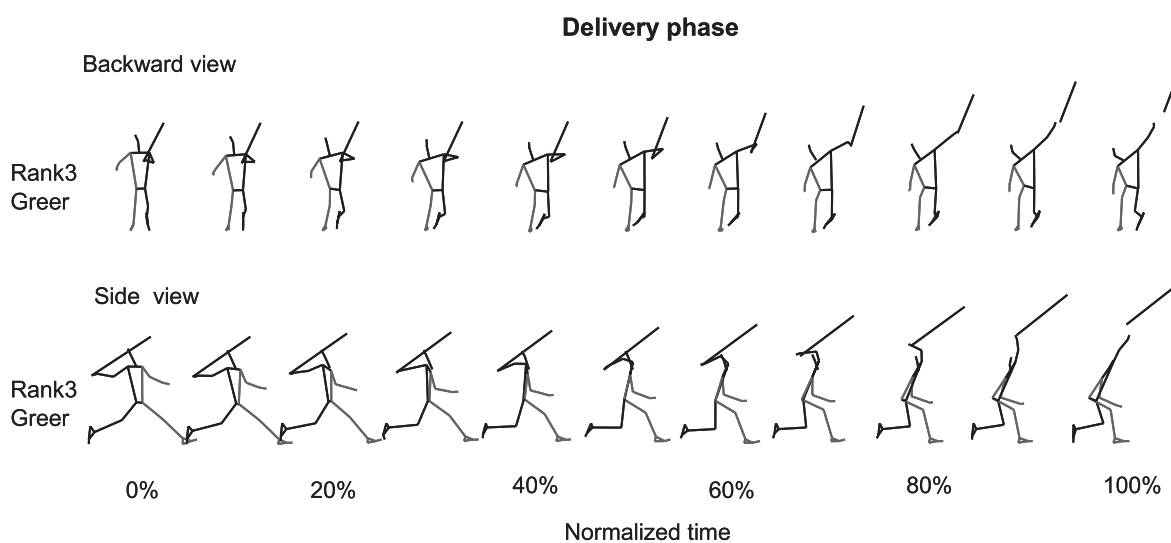


Figure 5 Stick pictures of the throwing motion during delivery phase in Greer (Rank 3)

the averaged motion in five high rank throwers (ranked 1–6) and six low rank throwers (ranked 7–12) among World Championship finalists. This approach will be able to provide highly useful information for javelin throwers and their coaches without showing many biomechanical parameters.

Most interesting was the angle displacement of the both right and left knee joint. In Side viewing, the right knee joint tended to be flexed more in throwers ranked 1–6 than in throwers ranked 7–12 during the preparatory

phase (Figure 4, left upper). We describe this motion as ‘right knee down’ in this study. It was conceivable that this ‘right knee down’ motion makes the pelvis rotate without bending the trunk forward, which leads to a body position thrusting the javelin during the former half of delivery phase (Figure 2, 3). In contrast, an incomplete ‘right knee down’ motion was observed in throwers ranked 7–12, who tend to keep bending the trunk forward slightly through the preparatory to delivery phase (Figure 2, 3). We surmise that such differences in motion are

caused by more elite throwers producing a higher vertical release velocity for the javelin.

Many previous studies have reported the importance of keeping extension at the left knee joint during delivery phase (Morriss and Bartlett, 1996; Bartonietz, 2000; Murakami et al., 2006). Most elite javelin throwers in this study also showed nearly full extension at the left knee angle after slight flexion during the delivery phase. This left knee motion was found to be an important motion common to elite javelin throwers. However, bronze medalist Greer showed greater flexion at his left knee angle during the delivery phase (Figure 6). This study was unable to clarify whether this was a technique unique to him or whether he had practiced correctly but failed during the competition. Further investigation of this point is probably needed.

Conclusion

This study sought to study biomechanical parameters that affect throwing distance for elite javelin throwers and indicate the averaged motion patterns of throwing motion for elite javelin throwers.

Based on the current results, biomechanical parameters that affect throwing distance for elite javelin throwers are release velocity, and vertical release velocity in particular, and approach run velocity at R-on. This leads to the conclusion that elite javelin throwers who began thrusting the javelin at a higher approach run velocity and obtained some horizontal release velocity (required at least 22-23m/s) but who also obtained higher vertical release velocity obtained better throwing distances.

In addition, throwing movement may differ among upper- and lower-level groups even among elite javelin throwers, a fact that became apparent as a result of visual feedback data. In the future, standardized models will be created and amassed to cover a wide range of javelin throwers, thus identifying more valid findings and perspectives on coaching.

Reference

Ae, M., Muraki, Y., Koyama, H. and Fujii, N.: A biomechanical method to establish a averaged motion and identify critical motion by motion variability: With examples of high jump and sprint running. Bull. Inst. Health and Sport Sci., Univ. of Tsukuba 30: 5-12,

2007.

Bartonietz, K.: Javelin Throwing: an Approach to Performance Development. Biomechanics in Sport (ed) Zatsiorsky, Blackwell Science: 401-434, 2000.

Böttcher, J. and Köhl, L.: The technique of the best female javelin throwers in 1997. New Studies in Athletics 13: 47-61, 1998.

Campos, J., Brizuela, G. and Ramón, V.: Three-dimensional kinematic analysis of elite javelin throwers at the 1999 IAAF World Championships in Athletics. New Studies in Athletics 19: 47-54, 2004.

Komi, P. V. and Mero, A.: Biomechanical analysis of Olympic javelin throwers. Int. J. Sport Biomech. 1: 139-150, 1985

Mero, A., Komi, P. V., Korjus, T., Navarro, E. and Gregor, R., J. Body segment contributions to javelin throwing during final thrust phases. J. Appl. Biomech. 10: 166-177, 1994.

Morriss, C. and Bartlett, R.: Biomechanical factors critical for performance in the men's javelin throw. Sports Med. 21 (6): 438-446, 1996.

Morriss, C., Bartlett, R. and Fowler, N.: Biomechanical analysis of the men's javelin throw at the 1995 World Championships in Athletics. New Studies in Athletics 12: 31-41, 1997.

Morriss, C., Bartlett, R. and Navarro, E.: The function of blocking in elite javelin throwers: a re-evaluation. J. Hum. Movement Stud. 41: 175-190, 2001.

Murakami, M., Tanabe, S., Ishikawa, M., Isolehto, J., Komi, P. V. and Ito, A.: Biomechanical analysis of the javelin at the 2005 IAAF World Championships in Athletics. New Studies in Athletics 21: 67-80, 2006.

Ueya, K. : The men's throwing events. New studies in Athletics 7: 57-65, 1992.

陸上競技研究紀要 第5巻

編集後記

予定よりやや遅くなりましたが、平成20(2008)年度「陸上競技研究紀要第5巻」をお届けします。

本「研究紀要」も早いもので、リニューアルしてから5年目を迎えました。昨年、日本陸連ホームページに本「研究紀要」について紹介したり、各要覧等に掲載したところ、多くの体育系大学などから、大学図書館に置きたい(定期購読したい)との希望がありました。もちろん早速、希望された全ての大学に寄贈いたしました。5年目を迎え、さらに多くの購読者が増えていくことを望む次第です。

今回は、できるだけ多くの陸上競技関係者や指導者の方々に読んでいただきたいという主旨に則り、その必要性から、これまで最高の「1600部」を発行しました。その配布(寄贈)先は、投稿者、公認・上級コーチ、理事、評議員、都道府県陸協、協力団体、JOC、日本体育協会、JISS、NTC、国立国会図書館、さらにはIAAF(国際陸連)、アメリカ陸連、イギリス陸連、ドイツ陸連、AIS、AAA(アジア陸連)、大学図書館などに及んでいます。これまでと同様、質問や問い合わせを含め、大きな反響があることを編集者一同期待している次第です。

さて、今回の第5巻1部では、査読審査を得て、「原著論文」1編と「資料」5編の掲載が決定いたしました。また、第2部の「科学委員会報告」は今回で通算8巻目となりますが、今回は15編の報告がなされています。今回の「第5巻」の論文・資料・研究報告(合計21編)は、大会における競技運営面や陸上競技(種目)の技術・トレーニングを見直す上から、陸上競技関係者や指導者に参考となるものばかりです。本「紀要」が、多くの皆様方に活用されれば誠に幸いです。

ところで、今回、特に残念であったことは、原著論文が(これまで最少の)1編しか投稿されなかったということです。前回(第4巻)の編集後記においても、阿江編集委員長が原著論文が少なくなったことを指摘をし、「大学教員が学内外の諸事雑務に追われ、本来の教育・研究に投入できる時間やエネルギーが減少している」ことをその理由として挙げていますが、教員各位にはそれにめげず、ぜひとも次回ならびに今後の投稿をお願いしたいと思います。もちろん、若手の研究者、指導者には、研究論文をどしどし投稿していただきたいものです。

これからの日本陸上界がさらなる進歩・躍進を果たすためには、多くの研究がなされ、それらが現場に活用されることが基盤となるはずで、日本陸連が編集・発行する「陸上競技紀要」は、そのために重要な役割を果たすものと確信しております。

平成21年6月12日

文責 岡野 進(編集副委員長)

陸上競技紀要第5巻 編集委員会

阿江通良(編集委員長)、岡野 進(編集副委員長)、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、佐藤峻一

「陸上競技研究紀要」第5巻

2009年6月25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
