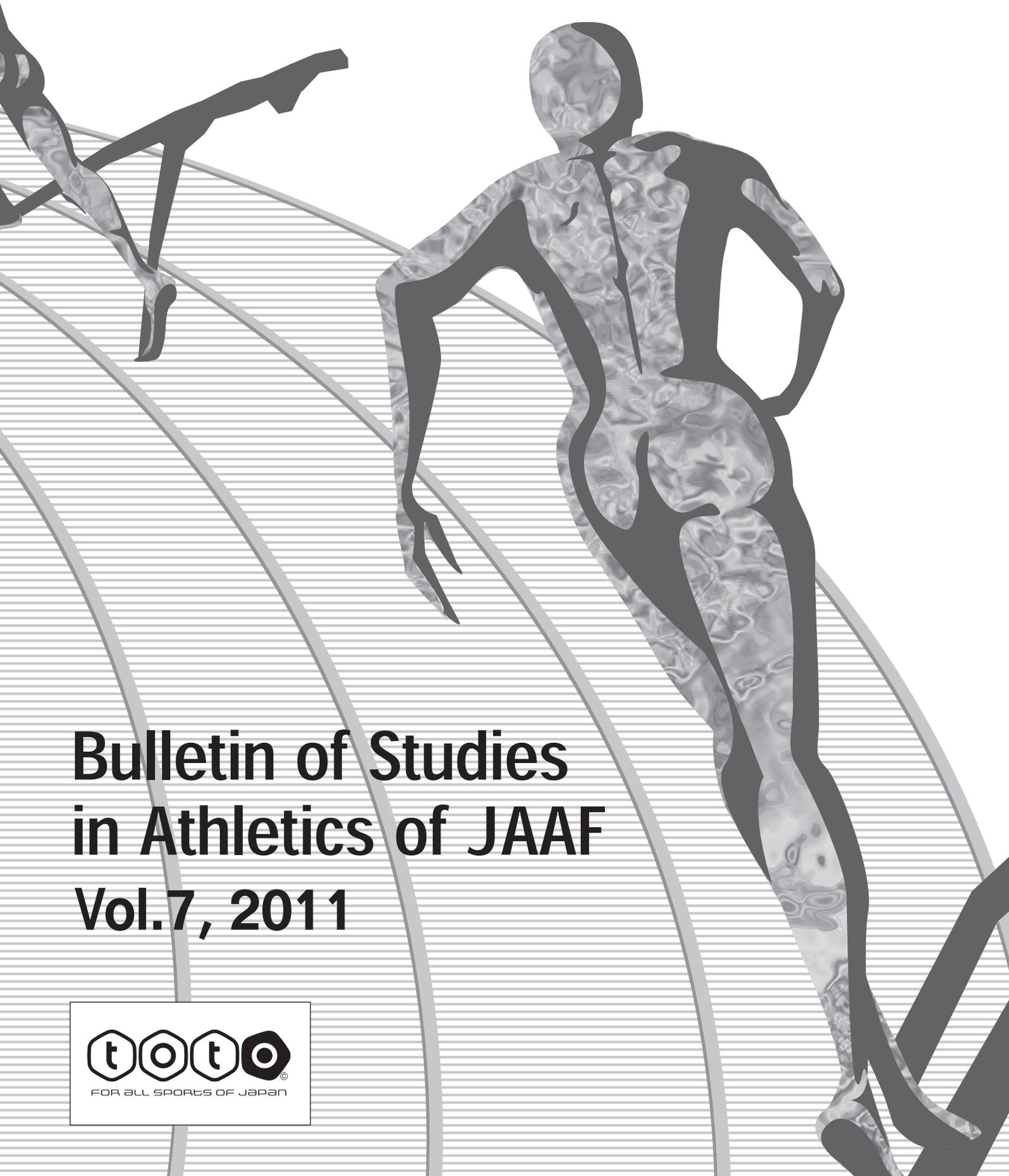


# JAAF 陸上競技研究紀要

公益財団法人日本陸上競技連盟  
ISSN1349-7596



**Bulletin of Studies  
in Athletics of JAAF  
Vol.7, 2011**



FOR ALL SPORTS OF JAPAN

# 「陸上競技研究紀要」

(Bulletin of Studies in Athletics of JAAF)

## 投稿規定

陸上競技研究紀要編集委員会

### 1. 投稿資格について

本紀要に投稿できるのは、原則として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、資料、指導法および指導記録の報告などに分類される。スタイルは和文、英文のどちらでもよい。

投稿論文には上記の投稿種別を明記し、英文のタイトル、著者、所属、総説および原著には要約（150語以内）をつける。

（注：何らかの理由で英文要約等の作成が困難な場合は、編集委員会にその旨をご相談ください）

### 3. 採否等について

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

### 4. 原稿の書き方について

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

英文は、A4サイズタイプ用紙を使用し、15枚以内を原則とする。

計量単位は、原則として国際単位系（m, kg, sec など）とする。

また、英文字および数字は半角とする。

### 5. 文献の書き方について

本文中の文献は、著者（発行年）という形式で表記する。

例）田中（1996）は —————

文献は、原則として、本文最後に著者名のABC順で記載する。書誌データの記載方法は、著者名（発行年）、論文名、誌名、巻（号）、ページの順とする。

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

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

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

例）田中ら（1996 b）は，—————

### 6. 原稿の提出先

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

〒150-8050

東京都渋谷区神南 1-1-1 岸記念体育会館 3階

日本陸上競技連盟

「陸上競技研究紀要」編集委員会宛

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

E-mail:kiyou@jaaf.or.jp

### 7. 原稿の締め切り

原稿の締め切りは，1月末日とする。

### 8. その他

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

## あ い さ つ

公益財団法人日本陸上競技連盟  
専務理事 尾縣 貢

この夏の世界選手権大会（テグ）を観戦し、世界の勢力分布に興味を持った。その興味の一つ目は、一極集中化の傾向がますます強まっていることである。ジャマイカなどカリブ海諸国の短距離系、ケニア・エチオピアなどアフリカの長距離・マラソン、東・北ヨーロッパの投てきなどが更に強化されてきた。二つ目の興味は、一度は競技力が低下していたドイツ、フランス、イギリスなどの古豪が復活をしてきたことである。この一極集中化および古豪の復活は、偶然のことであろうか？ 私は、決してそうは思わない。自分たちの先天的な能力を見極め、それらを開花させるための育成・強化の計画と具体的方策を考え、地道に実践してきた成果に違いない。

日本もこれらの国に学びながら、日本独自の選手の育成・強化を実践して、日本らしさを前面に出していく必要が今まで以上に求められている。その日本らしさの一つが、医科学との強固なタイアップである。日本人に向けた種目の選定、日本人に合った合理的な技術、効率的な体力トレーニング、レース分析など勝つための戦術の開発などの科学的な立場からの検討に、これまで以上に力を注がないとならない。また、体育科教育的な視点から見た子どものカリキュラムの開発、医学的な観点から見た事故や障害予防策、競技力を高めるための栄養サポートなどに関する研究も急を要する。

本紀要が陸上競技に関する研究の中心となることを願う。そして、掲載された研究に示された知見が現場に活かされ、わが国の陸上競技がますます発展することを願う。

# 陸上競技研究紀要

Bulletin of Studies in Athletics of JAAF

Vol.7 2011

## 目 次

### 【資料】

2000 - 2010 年世界大会男女 20 kmW におけるレースペース分析  
・・・・・・・・法元康二・・・1

競技会アナウンスに関する観客の満足度調査  
—スーパー陸上競技大会 2010 川崎を中心に—  
・・・・・・・・阿保雅行ほか・・・9

【日本陸連科学委員会研究報告 第 10 巻 (2011) 陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2010】  
・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・17

## 2000 - 2010 年世界大会男女 20 kmW におけるレースペース分析

法元康二<sup>1)</sup>

1) 茨城県立医療大学保健医療学部

Analysis of pacing on men's and women's 20 km race walking event in world elite competitions from 2000 to 2010

Koji HOGA<sup>1)</sup>

1) School of Medical Health, Ibaraki Prefectural University of Health Sciences

### Abstract

Purpose: To investigate pacing of men's and women's 20 km race walking event on world elite competitions from 2000 to 2010. Methods: data of intermediate time at every 5 km for athletes of top twenty on both men's and women's 20km race walking event were collected from official results of each world elite competition. The relative intermediate speed was calculated by dividing the average speed of every 5 km split time by the average speed of the first place athlete. This relative intermediate speed data was grouped into five groups with every four places of final results. Results: Mean relative walking speed of every 5 km for the highest ranked group significantly increased from the start to the middle of race and kept to the finish. In other lower ranked groups, mean relative walking speed of every 5 km significantly decreased from the middle of race.

### I 緒言

Abbiss and Laursen (2008) は陸上競技ほか様々な計測競技における距離の異なる種目のペース配分戦略に関する研究を総説している。その結果、2分以上、4時間以内の種目では平均的なペース配分戦略が採用される傾向にあり、その根拠を明確に説明できるような研究は未だ見られないものの、レース終盤までパワー発揮を維持するためには、レース全体にわたって平均的なペースを維持できるようなペース戦略が有利であると報告している (de Koning et al., 1999; Thompson et al., 2003)。

このようなペース戦略に関する研究はタイムトライアルなどの単独走行種目が公式種目として実施される自転車競技や、セパレートレーンのみで全ての種目が行われるスピードスケート競技、競泳競技でモデルパターンの抽出を目指した研究が数多く行われている (van Ingen Schenau et al., 1990 ;

Foster et al., 1993 ; de Koning et al., 1999 ; Atkinson and Brunskill, 2000 ; Padilla et al., 2000 ; Perry et al., 2003 ; Thompson et al., 2003)。我が国では陸上競技以外では競泳短距離種目で研究が行われ (若吉と野村, 1989 生田ほか, 2002 ; 岩原, 2009), 近年ではスピードスケート競技でいくつかの研究がみられる (結城ほか, 1999 ; 湯田ほか, 2001)。

陸上競技では中長距離種目に関するものが早くからみられたが (金原ほか, 1971 ; 有吉, 1972), 近年では短距離 (持田ほか, 2008 ; 松尾ほか, 2010) から中長距離 (榎本ほか, 2005 ; 門野ほか, 2008), 障害走 (金子と山田, 2006 ; 柴山ほか, 2010) まで、ペース戦略について数多くの研究がみられる。しかし、有吉 (1994) のものを除いてそのいずれも長くても30分前後の時間で競われる種目に関するものであり、1時間以上の時間で競われる種目、五輪実施種目でいえば男女マラソン、男女20 kmW、男子

50 kmW についてペース戦略を分析した研究は非常に少ない。

Abbiss and Laursen (2008) は、フルマラソンにおいてレース序盤でのオーバーペースによる失敗を例に挙げ、長時間にわたる種目ではペース戦略が重要な要因となるとしている。そのため、1 時間以上の時間で競われる陸上競技競歩種目におけるペース戦略について分析することは、競技者が持っている能力を最大限に引き出し、高いパフォーマンスを達成するために役立つと考えられる。法元 (2010) は、2000 年から 2009 年までの世界大会 50 kmW でのペース配分について分析し、最終順位によるペース配分の違いについて報告している。同様に男女 20 kmW について分析することは、世界大会におけるレースの実態をとらえることに役立つであろう。

そこで、本研究では男女 20 kmW の世界大会における 5 km ごとのスプリットタイムを分析し、20 kmW のレースパターンに関する基礎的知見を得ることを目的とした。

## II 方法

### 1. データ収集

オリンピック、世界陸上競技選手権大会、ワールドカップ競歩を世界大会とし、2000 年から 2010 年まで実施されたそれぞれの競技会における男女 20 kmW において 20 位以内でフィニッシュした全競技者の記録を分析対象とした (表 1)。

データ収集に際しては、各大会の公式結果に掲載された各競技会の 5 km ごとのラップタイム (通過時間) をデータ根拠として 5 km ごとのスプリットタイムを算出した。また、対象期間内に実施されたオリンピックについては、2 km ごとのラップタイムの掲載であったため、4 km と 6 km のラップタイム平均値を 5 km 地点のラップタイム、14 km と 16 km のラップタイム平均値を 15 km のラップタイムとして出場全競技者の 5 km ごとのラップタイムデータよりスプリットタイムを算出した。

### 2. データ処理

分析対象とした各競技者のスプリットタイムから区間平均速度を算出し、20 位までの競技者を 4 位ごとに Rank-A から Rank-E まで 52 名ごとの 5 つの群に分類して各群の区間平均速度のレースごとの平均値と標準偏差を算出した。また、全ての競技会は競技規則に定められた 1 周 2km の周回コースで実施されたが、表 1 に示した通り競技会によって

Table 1 Men's and women's 20 km race walking events in world elite competitions from 2000 to 2010, which was analysed in the present study.

Year	Place	Category	Record of Winner		Judge
			Men's 20km	Women's 20km	Summary
2000	Sydney	OG	1:18:59	1:29:05	
2001	Edmonton	WCH	1:20:31	1:27:48	
2002	Turin	WCP	1:21:26	1:28:55	
2003	Paris	WCH	1:17:21	1:26:52	*
2004	Naumburg	WCP	1:18:42	1:27:24	
2004	Athens	OG	1:19:40	1:29:12	*
2005	Helsinki	WCH	1:18:35	1:25:41	*
2006	LaCoruña	WCP	1:18:31	1:26:27	*
2007	Osaka	WCH	1:22:20	1:30:09	*
2008	Cheboxary	WCP	1:18:15	1:25:42	
2008	Beijing	OG	1:19:01	1:26:31	*
2009	Berlin	WCH	1:18:41	1:28:09	*
2010	Chihuahua	WCP	1:22:35	1:31:55	*

OG: Olympic games, WCH: World championships, WCP: World cup

優勝記録が大きく異なっているように競技水準の違いがみられた。そこで、男女ごとの全競技会を通じた傾向の検討に際して競技会ごとの競技水準の違いを棄却するために、各レースの優勝記録の平均スピードで全競技者の記録の平均スピードを除することによって相対速度を算出した。

同様に、優勝記録の平均スピードで区間平均速度を除することによって、相対区間平均速度を算出し、4 位ごとに Rank-A から Rank-E までの 5 つの群の男女ごと全レースの平均値を算出した。

ペース変化に対する競歩審判員による歩型判定の参考とするために、公式競歩審判集計表が入手可能であった 8 大会については (表 1)、集計表に記載された注意および赤カードの回数と時間を各群で集計し、平均値を算出した。

### 3. 統計処理

統計処理は全て統計解析ソフト SPSS (IBM SPSS Statistics, version 19) を用いて行い、相対区間平均速度の区間ごとの変化と群間の差異を検定するために、反復測定による二元配置の分析を行った。また、各群の相対区間平均速度、区間平均速度および群間の赤カード枚数、赤カード時間の違いの検定は一元配置分散分析を用いた。いずれの場合にも主効果が認められた場合には、その後の検定に Bonferroni の多重比較を用いて検定を行い、有意水準はいずれの場合も 5% 未満とした。

### Ⅲ 結果

#### 1. 競技記録と順位

本研究で分析対象とした男子 20 kmW の 13 レース全ての平均優勝記録は 1 時間 19 分 35 秒，標準偏差は 1 分 38 秒であった。また，13 レース中の最低優勝記録は 1 時間 22 分 35 秒（2010 年ワールドカップ）で最高優勝記録（1 時間 17 分 21 秒，2003 年世界選手権）とは 5 分弱の差があり，最低優勝記録が対象全レースで何位に相当するかをみたところ最低で 29 位（2008 年ワールドカップ）に相当する記録であった。

また，女子 20 kmW についてみると，13 レース全ての平均優勝記録は 1 時間 27 分 59 秒，標準偏差は 1 分 50 秒であった。また，13 レース中の最低優勝記録は 1 時間 31 分 55 秒（2010 年ワールドカップ）で最高優勝記録（1 時間 25 分 11 秒，2005 年世界選手権）とは 7 分弱の差があり，最低優勝記録が対象全レースで何位に相当するかをみたところ最低で 28 位（2004 年ワールドカップ）に相当する記録であった。

以上のように，レースごとに異なる条件が競技記録へ大きく影響していると考えられることから，順位別の分類によって記録を集計した場合，レースごとの条件が集計結果に大きく影響すると考えられる。そこで，すべての順位と競技記録，また，レースごとの優勝記録平均スピードで除した値（相対スピード）と順位の間について調べた。その結果，男女 20 kmW の両方で順位と競技記録との間に有意な正の相関がみられた（男子 20 kmW:  $r = 0.652$ ,  $p < 0.05$ ,  $N = 260$ ; 女子 20 kmW:  $r = 0.664$ ,  $p < 0.05$ ,  $N = 260$ ）。また，順位と相対スピードの間にも有意な高い負の相関がみられた（男子 20 kmW:  $r = -0.913$ ,  $p < 0.05$ ,  $N = 260$ ; 女子 20 kmW:  $r = -0.816$ ,  $p < 0.05$ ,  $N = 260$ ）。

#### 2. 区間スピード変化

図 1 は順位別分類の各群の 5 km ごとの相対区間平均スピードの変化を男女別に示したものである。

男子 20 kmW の 5 km ごとの相対区間平均スピードについては，Rank-A 群はレース序盤 0 - 5 km 区間で  $0.98 \pm 0.01$  であったが，レース後半の 10 - 15 km 区間までに  $1.00 \pm 0.01$  まで増加した後，同じ値を維持してフィニッシュしていた。Rank-B 群は 0 - 5 km 区間から 5 - 10 km 区間まで  $0.99 \pm 0.01$  まで増加していたが，その後，10 - 15 km 区間まで同じ値を維持して， $0.97 \pm 0.02$  まで減少してフィ

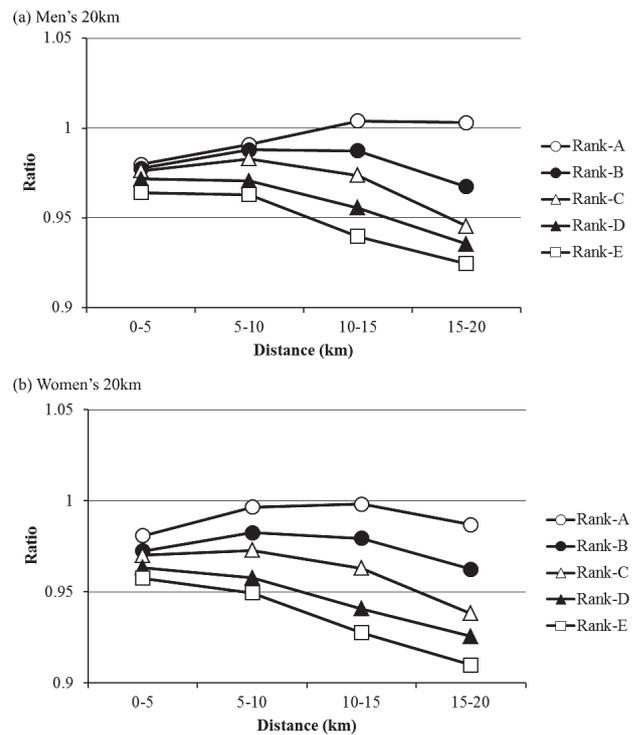


Figure 1 Change of averaged speed ratios in every 5km to the averaged speed of the first place competitors' records in men's 20 km (a) and women's 20 km (b) races for the mean value of five groups, grouped by rank in competition.

ニッシュしていた。Rank-C 群も 5 - 10 km 区間まで増加していたが，その後減少してフィニッシュしていた。Rank-D, E 群は 5 - 10 km 区間まで維持していたが，その後減少していた。また，群間 ( $f = 268.0$ ,  $p < 0.05$ ) および区間 ( $f = 90.2$ ,  $p < 0.05$ ) の両方で有意な主効果がみられた。多重比較の結果，群間では全ての群間で有意な差がみられ ( $p < 0.05$ )，区間では 0 - 5 km 区間と 10 - 15 km 区間の間を除いて全ての区間間で有意な差がみられた ( $p < 0.05$ )。

女子 20 kmW の 5 km ごとの相対区間平均スピードについては，Rank-A 群はレース序盤 0 - 5 km 区間で  $0.98 \pm 0.02$  であったが，5 - 10 km 区間まで  $1.00 \pm 0.01$  まで増加し，レース後半の 10 - 15 km 区間まで同じ値を維持した後， $0.99 \pm 0.02$  まで減少してフィニッシュしていた。Rank-B 群も A 群と同様の変化を示し，0 - 5 km 区間から 5 - 10 km 区間まで  $0.97 \pm 0.02$  から  $0.98 \pm 0.02$  まで増加していたが，その後，10 - 15 km 区間まで同じ値を維持して， $0.96 \pm 0.02$  まで減少してフィニッシュしていた。Rank-C 群は 0 - 5 km 区間から 5 - 10 km 区間まで同じ値を維持していたが，その後減少して

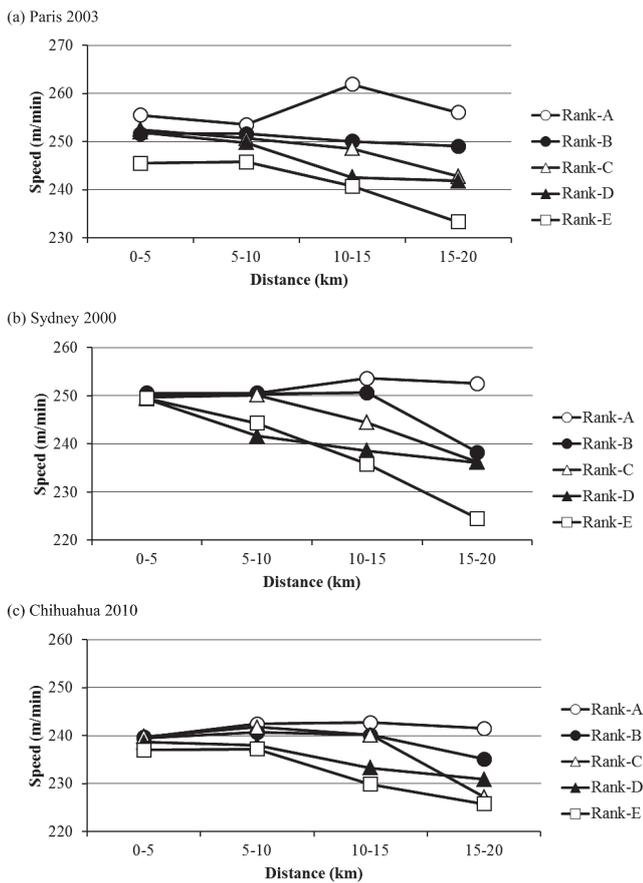


Figure 2 Change of averaged speed in every 5 km interval in men's 20 km of World Championships in Paris, 2003 (a), Olympic Games in Sydney, 2000 (b), and World Race Walking Cup in Chihuahua, 2010 (c) for the mean value of five groups, grouped by rank in each race.

フィニッシュしていた。Rank-D, E群は0 - 5 km 区間から減少してフィニッシュしていた。また, 群間 ( $f = 113.8, p < 0.05$ ) および区間 ( $f = 87.3, p < 0.05$ ) の両方で有意な主効果がみられた。多重比較の結果, 群間では全ての群間で有意な差がみられ ( $p < 0.05$ ), 区間でも全ての区間間で有意な差がみられた ( $p < 0.05$ )。

図2は, 分析対象となった男子20kmW レースのうち, 優勝記録の最も高かった世界選手権パリ大会(パリ, 図2a), 優勝記録が対象レースの中央値であったシドニーオリンピック(シドニー, 図2b), 優勝記録が最も低かったワールドカップチワワ大会(チワワ, 図2c)の3つの各群の5 km ごとの区間平均速度の変化を示したものである。

パリの区間平均速度変化についてみると, 群間 ( $f = 61.7, p < 0.05$ ) および区間 ( $f = 4.6, p < 0.05$ ) の両方で有意な主効果がみられた。多重比較の結果, 群間ではRank-BとCの間と, Rank-Cと

Dの間を除く全ての群間で有意な差がみられ ( $p < 0.05$ ), 区間では0 - 5 km 区間と15 - 20 km 区間の間のみ有意な差がみられた ( $p < 0.05$ )。

シドニーについては, 群間 ( $f = 67.5, p < 0.05$ ) および区間 ( $f = 68.9, p < 0.05$ ) の両方で有意な主効果がみられた。多重比較の結果, 群間ではRank-BとCの間と, Rank-DとEの間を除く全ての群間で有意な差がみられ ( $p < 0.05$ ), 区間ではすべての区間間で有意な差がみられた ( $p < 0.05$ )。

チワワについては, 群間 ( $f = 54.2, p < 0.05$ ) および区間 ( $f = 14.6, p < 0.05$ ) の両方で有意な主効果がみられた。多重比較の結果, 群間ではRank-BとCの間と, Rank-CとDの間を除く全ての群間で有意な差がみられ ( $p < 0.05$ ), 区間では0 - 5 km 区間と5 - 10 km 区間の間, および0 - 5 km 区間と10 - 15 km 区間の間を除く全ての区間で有意な差がみられた ( $p < 0.05$ )。

図3は, 分析対象となった女子20kmW レースのうち, 優勝記録の最も高かった世界選手権ヘルシンキ大会(ヘルシンキ, 図3a), 優勝記録が対象レースの中央値であった世界選手権エドモントン大会(エドモントン, 図3b), 優勝記録が最も低かったワールドカップチワワ大会(チワワ, 図3c)の3つの各群の5 km ごとの平均速度の変化を示したものである。

ヘルシンキの区間平均速度変化についてみると, 群間 ( $f = 27.9, p < 0.05$ ) および区間 ( $f = 21.3, p < 0.05$ ) の両方で有意な主効果がみられた。多重比較の結果, 群間ではRank-BとCの間と, Rank-CとDの間, Rank-DとEの間を除く全ての群間で有意な差がみられ ( $p < 0.05$ ), 区間では0 - 5 km 区間と5 - 10 km 区間の間を除く全ての区間で有意な差がみられた ( $p < 0.05$ )。

エドモントンについては, 群間 ( $f = 77.4, p < 0.05$ ) および区間 ( $f = 21.0, p < 0.05$ ) の両方で有意な主効果がみられた。多重比較の結果, 群間ではRank-BとCの間と, Rank-DとEの間を除く全ての群間で有意な差がみられ ( $p < 0.05$ ), 区間では0 - 5 km 区間と5 - 10 km 区間の間, 5 - 10 km 区間と10 - 15 km 区間の間を除く全ての区間で有意な差がみられた ( $p < 0.05$ )。

チワワについては, 群間 ( $f = 50.3, p < 0.05$ ) および区間 ( $f = 6.9, p < 0.05$ ) の両方で有意な主効果がみられた。多重比較の結果, 群間ではRank-BとCの間と, Rank-DとEの間を除く全ての群間で有意な差がみられ ( $p < 0.05$ ), 区間では0 - 5 km 区間と5 - 10 km 区間の間, および0 - 5

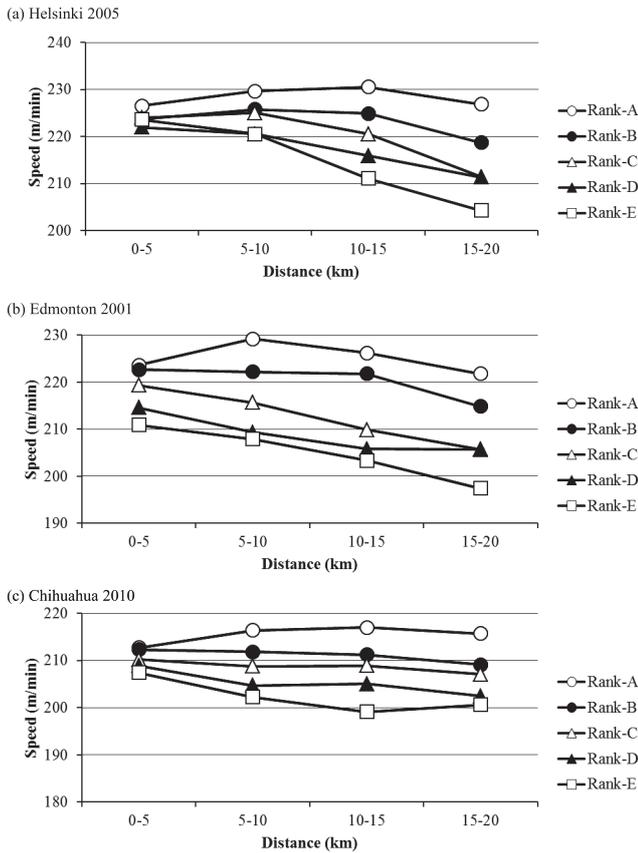


Figure 3 Change of averaged speed in every 5 km interval in women's 20 km of World Championships in Helsinki, 2005 (a), in Edmonton, 2001 (b), and World Race Walking Cup in Chihuahua, 2010 (c) for the mean value of five groups, grouped by rank in each race.

km 区間と 10 - 15 km 区間の間, 0 - 5 km 区間と 15 - 20 km 区間の間のみで有意な差がみられた ( $p < 0.05$ ).

### 3. 歩型判定

表 2 は本研究で分析対象とした 13 大会のうち, 競歩審判集計表を入手できた 8 大会における男子 20kmW の 20 位以内の選手に出された赤カードの枚数および赤カードが出されたスタートからの時間について, 順位で分類した各群の平均値と標準偏差で示したものである. 女子 20kmW は表 3 に示した.

男子 20 kmW についてみると, 赤カードの回数については群間に有意な差が見られなかった ( $f = 1.2$ , n. s.). しかし, 赤カードの時間については群間に有意な差がみられ ( $f = 3.5$ ,  $p < 0.05$ ), 多重比較の結果, Rank-A と E の間でのみ有意な差がみられた ( $p < 0.05$ ).

女子 20 kmW についてみると, 赤カードの回数に

Table 2 Averaged number and time of Red Card of five groups for men's 20kmW, grouped by rank in competition

Group	Number of Red Card Mean +/- SD	Time of Red Card (min) Mean +/- SD
Rank-A (N = 32) : 1 <sup>st</sup> - 4 <sup>th</sup> places	0.59 +/- 0.67	64.5 +/- 10.8
Rank-B (N = 32) : 5 <sup>th</sup> - 8 <sup>th</sup> places	0.63 +/- 0.83	51.8 +/- 13.1
Rank-C (N = 32) : 9 <sup>th</sup> - 12 <sup>th</sup> places	0.75 +/- 0.84	53.7 +/- 16.9
Rank-D (N = 32) : 13 <sup>th</sup> - 16 <sup>th</sup> places	0.47 +/- 0.62	52.4 +/- 18.9
Rank-E (N = 32) : 17 <sup>th</sup> - 20 <sup>th</sup> places	0.41 +/- 0.56	43.1 +/- 15.8

Table 3 Averaged number and time of Red Card of five groups for women's 20kmW, grouped by rank in competition

Group	Number of Red Card Mean +/- SD	Time of Red Card (min) Mean +/- SD
Rank-A (N = 32) : 1 <sup>st</sup> - 4 <sup>th</sup> places	0.66 +/- 0.65	62.1 +/- 21.8
Rank-B (N = 32) : 5 <sup>th</sup> - 8 <sup>th</sup> places	0.81 +/- 0.85	52.3 +/- 15.6
Rank-C (N = 32) : 9 <sup>th</sup> - 12 <sup>th</sup> places	0.53 +/- 0.67	53.5 +/- 15.9
Rank-D (N = 32) : 13 <sup>th</sup> - 16 <sup>th</sup> places	0.41 +/- 0.66	51.8 +/- 14.5
Rank-E (N = 32) : 17 <sup>th</sup> - 20 <sup>th</sup> places	0.41 +/- 0.71	45.8 +/- 15.0

については群間に有意な差が見られなかった ( $f = 1.9$ , n. s.). しかし, 赤カードの時間については群間に有意な差がみられ ( $f = 3.5$ ,  $p < 0.05$ ), 多重比較の結果, Rank-A と E の間でのみ有意な差がみられた ( $p < 0.05$ ).

## IV 考察

### 1. 競技記録, 相対平均スピードと順位

男女 20 kmW ともに順位と競技記録との間に有意な相関がみられたことは, 気象条件等のレースごとの条件の競技記録への影響は分析対象レース全体でみた場合に大きくはなかったと考えられる. しかし, 順位と相対平均スピードとの間の相関係数の絶対値の方が高かったことから, それぞれのレースごとの順位の違いを検討するにあたっては, 相対値の方が適していると考えられ, 分析対象全体の検討は相対値で行い, 個々のレースの例を実際の平均スピードの変化から検討するものとする.

### 2. スプリットタイム変化

図 1a に示した男子 20kmW の相対区間平均スピード変化と図 2 に示した 3 つのレースの区間平均ス

ピードの変化の群間の差についてみると、多重比較の結果ですべてに共通していた群間の差は Rank-A と B の間のみであった。区間の間の差については、すべてに共通して有意な差がみられたのは 0 - 5 km 区間と 15 - 20 km 区間の間のみであった。

ここで、Rank-A と B のそれぞれ全レースの相対区間平均スピード変化について一元配置分散分析を行ったところ、ともに有意な差がみられ (Rank-A :  $f = 26.3$ ,  $p < 0.05$ ; Rank-B :  $f = 20.6$ ,  $p < 0.05$ ), Rank-A では 10 - 15 km 区間と 15 - 20 km 区間の間を除くすべての区間の間で有意な差がみられ、Rank-B では 5 - 10 km 区間と 10 - 15 km 区間の間を除くすべての区間の間で有意な差がみられた。また、Rank-C 以下のグループも有意に減少していた ( $p < 0.05$ )。以上の結果をまとめると、男子 20kmW では、4 位以上に入った競技者と 5 位以下でレースパターンに有意な差がみられ、4 位以上ではレース序盤から終盤にかけてスピードが増加するようなパターンを、5 位以下では減少するようなパターンであったといえる。

女子 20kmW についても図 1b に示した相対区間平均スピード変化と図 3 に示した 3 つのレースの区間平均スピードの変化の群間の差をみると、多重比較の結果ですべてに共通していた群間の差は Rank-A と B の間のみであった。区間の間の差については、すべてに共通して有意な差がみられたのは 0 - 5 km 区間と 10 - 15 km 区間の間、0 - 5 km 区間と 15 - 20 km 区間の間のみのみであった。

ここで、男子 20kmW と同様に女子 20kmW についても Rank-A と B のそれぞれ全レースの相対区間平均スピード変化の一元配置分散分析を行ったところ、ともに有意な差がみられ (Rank-A :  $f = 13.1$ ,  $p < 0.05$ ; Rank-B :  $f = 12.2$ ,  $p < 0.05$ ), Rank-A では 0 - 5 km 区間と 15 - 20 km 区間の間および 5 - 10 km 区間と 10 - 15 km 区間の間を除くすべての区間の間で有意な差がみられ、Rank-B では 0 - 5 km 区間と 10 - 15 km 区間の間および 5 - 10 km 区間と 10 - 15 km 区間の間を除くすべての区間の間で有意な差がみられた。また、Rank-C 以下のグループも有意に減少していた ( $p < 0.05$ )。以上の結果をまとめると、女子 20kmW でも男子 20kmW と同様に 4 位以上に入った競技者と 5 位以下でレースパターンに有意な差がみられ、4 位以上ではレース序盤から終盤にかけてスピードが増加するようなパターンであったといえる。

以上に示したように、男女 20 kmW で上位に入った選手は、終盤までスピードを増加させるという

パターンを示したが、これらの選手では、レース前半ではエネルギーを節約するために Abbiss and Laursen (2008) が生理的エネルギーの節約が必要な種目に多く見られるとした Negative Pacing 戦略をとっていたと考えられる。

それに対して、本研究で順位が低かった競技者はレース後半でスピードを落としている。Abbiss and Laursen (2008) は、4 時間を超える長時間のレースでは多くの競技者がエネルギーの枯渇によって、レース序盤にスピードが高く、フィニッシュに向けてスピードを落とす Positive Pacing のパターンとなっていると報告しているが、本研究で分析対象とした選手は男子で 1 時間 20 分前後、女子で 1 時間 30 分前後であり、ウルトラマラソン等よりも短い競技時間である。Arcelli (1996) はフルマラソンと 50 kmW のエネルギー代謝特性についても報告し、フルマラソンと 50 kmW とでは競技時間と運動強度を考慮した場合、体内に貯蔵し得るグリコーゲンのみではエネルギー源は枯渇し易く、遊離脂肪酸の活用が高いパフォーマンスの発揮には重要であることを述べている。また、Arcelli (1996) は、Arcelli (1976) の方法によって陸上競技トラック種目のフラット種目と競歩種目の世界記録におけるエネルギー (酸素) 需要量を推定し、20 kmW はスタート時に体内に保持していたグリコーゲンのみでエネルギー需要を賄える競技の上限であるとしている。遊離脂肪酸をエネルギー源とした発揮パワーはグリコーゲンよりも低くなることから、後半での著しいスピードダウンは、フルマラソンと同様に (Abbiss and Laursen, 2008), 20 kmW でもグリコーゲンの不足によるものと考えられることができる。

本研究における上位に入った被験者は、レース前半でエネルギー源の枯渇を避けるために徐々にスピードアップする戦略をとり、さらに、そのスピードが遊離脂肪酸の有効利用などエネルギーの代謝特性に見合ったものであったことで、グリコーゲン不足による大きなペースダウンを避けることができていたと考えられる。反対に、5 位以下の選手は、終盤の落ち込みが大きく、ペース設定が適切でなかったことがうかがわれる。

Padilla et al. (2000) が、スペインにおける自転車の 1 時間走行世界記録達成時のペース設定に関する事例を報告し、20 日間の準備期間において、複数回の血中乳酸血中濃度計測と走行フォームの空気抵抗計測を行い、世界記録達成に最適な走行フォームと走行スピードを設定してイーブンペース設定によって世界記録を達成したと述べている。ま

た, Marín (1990) は, 世界一流を含むスペイン代表の競技者がトレーニング期間中の複数回の血中乳酸濃度測定とコンコーニテストとを行うことで, 最適ペースを決定したことを報告している.

図1から3までに示したように, 順位の低かった競技者の場合はレース終盤のペースの落ち込みが多かったことで低いパフォーマンスとなっていたことから, こういった競技者では, レース序盤のペース戦略が適切でなかったことを示している. したがって, レースまでの準備期間において客観的な指標を最適な設定ペースを検討する作業を行うことは, レースにおいて高いパフォーマンスを達成するために重要であろう. さらに, レースでのペース設定だけでなく, このような指標はトレーニング負荷の設定にも用いられ, Marín(1990), Archelli (1996) や DaMilano et al. (2004) は個々の競技者のエネルギー代謝特性に関するこういった指標を用いて50kmWのトレーニング負荷の管理にも用いられていることを報告しており, 20 kmWにおける高い競技パフォーマンスの達成には客観的指標によるエネルギー代謝特性の把握が有効であることを示唆している.

また, 表2および3に示した通り競歩審判集計表を入手できた8大会の判定結果を調べたところ, 本大会で分析対象とした20位以内の選手に出された赤カードの回数は群間で有意な差が見られなかった. また, 赤カードの出された時間には男女ともRank-A-E群間で有意な差がみられ, およそ15 km前後を通過する時間で有意な差がみられたことから, 4位以上に入った選手と16位以下の選手との差に判定の影響もあったと考えることができよう. しかし, 全体の相対区間平均スピードはRank-A-E群間だけでなく他の群間でも有意な差がみられたにもかかわらず, 赤カードの平均時間では有意な差は他の群間ではみられなかったことから, 赤カードを受けるタイミングが群間のスピード変化の違いに影響したとは考えにくいであろう.

## V まとめ

本研究の目的は, 男女20 kmWの世界大会における5 kmごとのスプリットタイムを分析し, 20 kmWのレースパターンに関する基礎的知見を得ることであった.

本研究における分析によって得られた結果をまとめると以下ようになる.

各競技会における順位は, 競技記録よりも相対平

均スピードとの間の方が有意な高い相関がみられた.

5 kmごとの相対平均スピード変化の4位ごとのグループの平均値は, 4位までのグループでレース序盤から終盤にかけて増加し, 5位以下のグループではレース終盤まで減少するような変化をしていた.

以上の結果から, 世界大会で高い競技成績を達成するためには, レース終盤までスピードを増加できるような適切なペース設定でのレースが重要であると考えられ, そのようなペースを検討する作業を行うことは, レースにおいて高いパフォーマンスを達成するために重要であると考えられる.

## 文献

- Abbiss, C.R. and Laursen, P.B. (2008) Describing and understanding pacing strategies during athletic competition. *Sports Medicine*, 38 (3) : 239-252.
- Arcelli, E. (1976) Spesa energetica nelle varie prove di corsa piana. *Atletica Leggera*, 197 : 43-44.
- Arcelli, E. (1996) Marathon and 50km walk race: physiology, diet and training. *New Studies in Athletics*, 11 (4) : 51-58.
- 有吉正博 (1972) 中距離走のペースに関する実験的研究. 東海大学紀要体育学部第2輯 : 43-54.
- 有吉正博 (1994) マラソンにおけるスピード, ピッチおよびストライドについて. 佐々木秀幸・小林寛道・阿江通良監修 世界一流陸上競技者の技術—第3回世界陸上競技選手権大会バイオメカニクス研究班報告書—. pp113-120.
- Atkinson, G. and Brunskill, A. (2000) Pacing strategies during a cycling time trial with simulated headwinds and tailwinds. *Ergonomics*, 43 (10) : 1449-1460.
- Billat, V. (2005) Current perspectives on performance improvement in the marathon: From universalization to training optimisation. *New Studies in Athletics*, 20 (3) : 21-39.
- DaMilano, S., La Torre, A., DaMilano, M. and DaMilano, G. (2004) Training methodology and examples in race walking carrying out for Japanese Association of Athletics Federations [CD-ROM, Italian], Scuola di

- Marcha e degli Sport di Saluzzo, Saluzzo, CN, Italy.
- de Koning, J.J., Bobbert, M.F., and Foster, C. (1999) Determination of optimal pacing strategy in track cycling with an energy flow model. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2(3): 266-277.
- 榎本靖士, 阿江通良, 森丘保典, 杉田正明, 松尾彰文 (2005) 世界と日本一流男子 800 m 選手のレースパターンと比較, *陸上競技研究紀要*, 1: 16-22.
- Foster, C., Snyder, A.C., Thompson, N.N., Green, M.A., Foley, M. and Schrage, M., (1993) Effect of pacing strategy on cycle time trial performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 25 (3): 383-388.
- 生田泰志, 宮下充正, 野村照夫 (2002) 第 9 回世界水泳選手権大会福岡 2001 における競泳のレース分析, *トレーニング科学*, 13(6): 167-172.
- 岩原文彦 (2009) レース分析から見えてくる泳法分析とその改善, *バイオメカニクス研究*, 13(1): 24-30.
- 門野洋介, 阿江通良, 榎本靖士, 杉田正明, 森丘保典 (2008) 記録水準の異なる 800m 走者のレースパターン. *体育学研究*, 53 (2): 247-263.
- 金子公宏, 山田 洋 (2006) 女子 100 m ハードル選手のレースパターンと体力特性からみた今後の課題. *スプリント研究*, 16: 51-51.
- 金原 勇, 高松 薫, 辺土名博司, 阿江通良 (1971): ハイスピードの持続能力が高まるペースとフォームに関する実験的研究. 昭和 46 年度日本体育協会スポーツ科学研究報告 No. II, ハイスピード持続能力の解明: 30-46.
- Marin, J. (1990) Controlling the development of training in race walkers. *New Studies in Athletics*, 3: 49-53.
- 松尾彰文, 広川龍太郎, 柳谷登志雄, 杉田正明, 土江寛裕, 阿江通良 (2010) 100 m のレース分析. 第 11 回世界陸上競技選手権大会 日本陸上競技連盟バイオメカニクス研究班報告書 世界一流陸上競技者のパフォーマンスと技術. 財団法人日本陸上競技連盟, 東京: pp5-16.
- 持田 尚 (2008) 短距離 世界と国内トップ女子 400 m スプリンターのレースパターン. *陸上競技学会誌*, (6): 14-20.
- Padilla, S., Mujika, I., Angulo, F., and Goiriena, J.J. (2000) Scientific approach to the 1-h cycling world record: a case study. *Journal of Applied Physiology*, 89: 1522-1527.
- Perry, S. Grappe, F., Girard, A., Bringard, A., Gros Lambert, A., Bertucci, W. and Rouillon, J.D. (2003) Physiological and metabolic responses of triathletes to a simulated 30-min time-trial in cycling at self-selected intensity. *International Journal of Sports Medicine*, 24(2): 138-143.
- 柴山一仁, 川上小百合, 谷川 聡 (2010) 2007 年世界陸上競技選手権大阪大会における男子 110 m ハードル走および女子 100 m ハードル走レースの時間分析. 第 11 回世界陸上競技選手権大会 日本陸上競技連盟バイオメカニクス研究班報告書 世界一流陸上競技者のパフォーマンスと技術. 財団法人日本陸上競技連盟, 東京: pp76-85.
- Thompson, K.G., MacLaren, D.P., Lees, A., and Atkinson, G. (2003) The effect of even, positive and negative pacing on metabolic, kinematic and temporal variables during breaststroke swimming. *European Journal of Applied Physiology*, 88: 438-443.
- van Ingen Schenau, G.J., de Koning, J.J., and de Groot, G. (1990) A simulation of speed skating performances based on a power equation. *Medicine and Science in Sports and Exercises*, 22(5): 718-728.
- 若吉浩二・野村照夫 (1989) 競泳のレース分析. *体育の科学*, 39(7): 518-526.
- 湯田 淳・結城匡啓・藤井範久・阿江通良 (2002) スピードスケート 5,000m 競技における世界一流長距離選手のレースペースの分析. *バイオメカニクス研究*, 6 (2): 116-124.
- 結城匡啓・平野敬靖・森丘保典・阿江通良 (1999) スピードスケート 1000m 競技における世界一流男子選手のレースパターンの分析. *バイオメカニクス研究*, 3 (4): 270-276.

## 競技会アナウンスに関する観客の満足度調査 —スーパー陸上競技大会 2010 川崎を中心に—

日本陸上競技連盟競技運営委員会

阿保雅行・中島 剛・黒澤達郎・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。

スーパー陸上競技大会の競技運営に関する観客の満足度を算出すると共に改善度も数値化した研究は2例あげられる（阿保ほか, 2009, 2010）。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「スーパー陸上競技大会 2010 川崎（以下、スーパー陸上 2010 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や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は、2008年と2009年に実施された「スーパー陸上競技大会川崎」との比較

を可能にするために、阿保ほか（2009, 2010）の用いた質問項目と同一とした。競技会の性格上、「表彰」に関するアナウンスは日本選手権大会に必要であるが、スーパー陸上には必要としないので、スーパー陸上 2010 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段階尺度とした。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 2010 の当日（2010年9月19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会場内に設置されている「回収コーナー」に投函してもらう方法で回収した。入場者数は11,800人（発表）であった。プログラム販売数は878部で、そのうちアンケート調査票の回収数は373（42.5%）、本稿に用いた有効標本数は348（39.6%）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、菅（2004）の分析方法に基づいて行った。まず満足度に関する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。

菅（2006）は、改善度指数の大きさと意味について、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。

### 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69.6%、女性が28.4%、無回答が2.0%であった。次に年代別では10代が25.0%、20代～30代が21.6%、40代～50代が37.4%、60代以上が16.0%であった。そして競技経験では有りが57.2%、無しが39.4%、無回答が3.4%であった。

#### 2. 満足度の尺度構成

##### (1) 尺度の内的一貫性と尺度得点

尺度項目の内的一貫性を検討するために主成分分析と $\alpha$ 係数を算出した。第1主成分の負荷量の絶対値はいずれも0.696以上であり、寄与率は63.9%であった（表2）。8項目の信頼性係数（Cronbach

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	94( 27.0)
2) 一般観客	249( 71.6)
3) 無回答	5( 1.4)
2. 性別	
1) 男性	242( 69.6)
2) 女性	99( 28.4)
3) 無回答	7( 2.0)
3. 年代	
1) 10代	87( 25.0)
2) 20代	33( 9.5)
3) 30代	42( 12.1)
4) 40代	80( 23.0)
5) 50代	50( 14.4)
6) 60代	47( 13.5)
7) 70歳以上	9( 2.5)
4. 競技経験	
1) ある	199( 57.2)
2) ない	137( 39.4)
3) 無回答	12( 3.4)
5. 観戦歴	
1) 初めて	60( 17.2)
2) 10回未満	137( 39.4)
3) 10以上30回未満	64( 18.4)
4) 30回以上	85( 24.4)
5) 無回答	2( 0.6)

注) 標本数 (全体 n=348)

の $\alpha$ 係数)は0.9157 (有効回答数 348)であった。従って8項目は一次元構造であることが検証された。

この結果から、表2に示す8項目の尺度得点を加

表2 尺度構成に用いた項目の第1主成分負荷量・平均値

項目	負荷量	平均値	標準偏差
1) 競技開始前の見どころ紹介	0.803	3.925	0.828
2) トラック競技の選手紹介	0.849	4.034	0.820
3) フィールド競技の選手紹介	0.827	3.968	0.857
4) トラック競技の実況	0.867	3.885	0.878
5) フィールド競技の実況	0.870	3.807	0.948
6) 結果発表	0.758	3.802	0.894
7) 場内大型スクリーンの文字や映像の使い方	0.703	3.876	0.895
8) 音楽や効果音	0.696	3.615	1.047
固有値	5.114		
寄与率	63.925 %		

注) 標本数 (n=348)

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
2) トラック競技の選手紹介	<u>.853</u>	.334	.245	.899
3) フィールド競技の選手紹介	<u>.767</u>	.235	.380	.787
1) 競技開始前の見どころ紹介	<u>.557</u>	.400	.342	.587
7) 場内大型スクリーンの文字や映像の使い方	.216	<u>.761</u>	.194	.663
6) 結果発表	.261	<u>.611</u>	.385	.590
8) 音楽や効果音	.306	<u>.560</u>	.242	.465
5) フィールド競技の実況	.401	.379	<u>.770</u>	.898
4) トラック競技の実況	.463	.401	<u>.632</u>	.774
因子負荷量の2乗和	2.209	1.896	1.558	5.663
因子の寄与率 (%)	27.616	23.705	19.470	
累積寄与率 (%)	27.616	51.321	70.791	

注) 標本数 (n=348)

表4 因子得点の平均値比較

説明変数 (アイテム・カテゴリー)		人数	第1因子 選手紹介		第2因子 視聴覚手法		第3因子 実況	
			AV	SD	AV	SD	AV	SD
1. 年代	1) 10代	87			0.353	0.750	0.243	0.895
	2) 20代~30代	75			-0.124	0.864	-0.120	0.997
	3) 40代~50代	130			-0.047	0.790	-0.062	0.760
	4) 60代以上	56			-0.273	0.785	-0.074	0.814
	有意差検定				***	1>2, 3, 4	*	1>2, 3, 4
2. 観戦歴	1) 初めて	60	0.305	0.974			0.318	0.881
	2) 10回未満	137	0.012	0.804			-0.070	0.889
	3) 10回以上	149	-0.130	0.956			-0.074	0.818
	有意差検定		**	1>2, 3			**	1>2, 3

注1) 標本数 (n=348) AV: 平均値, SD: 標準偏差 \* : p<.05 \*\* : p<.01 \*\*\* : p<.001

注2) 回答者 (大会役員・招待者, 一般観客), 性別 (男性, 女性), 競技経験 (ある, ない) の平均値比較の結果は, 有意差が認められなかったもので, 表4から削除してある。

算し (30.914), 項目数で割った値の平均は 3.86 点となった。この得点が高いほど満足度が高いことを示す。8項目の中では、「2) トラック競技の選手紹介 (4.02)」が最も高く、「8) 音楽や効果音 (3.62)」が最も低い傾向を示した。

## (2) 因子分析

### [1] 因子分析の結果とその解釈

348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70.8%であった。各因子の解釈は次のように考えた。

第1因子( $\alpha$ 係数 = 0.8863)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

2因子( $\alpha$ 係数 = 0.7805)に係わる項目については, 結果発表などに伴う大型スクリーンの文字や映像の使い方, そして音楽や効果音であった。これらは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。第3因子( $\alpha$ 係数 = 0.9046)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実況と解釈されるので, 「実況」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, 「選手紹介」「視聴覚手法」「実況」から構成されることが明らかになった。

### [2] 因子得点の平均値の比較

年代や観戦歴の要因(アイテム)を説明変数とし, 因子得点を目的変数としてF-検定を行った結果(表4), まず年代別では視聴覚手法と実況の2因子

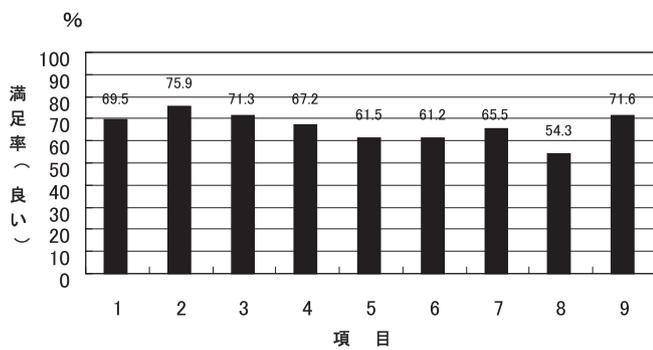


図1 満足度—満足率(良い)—

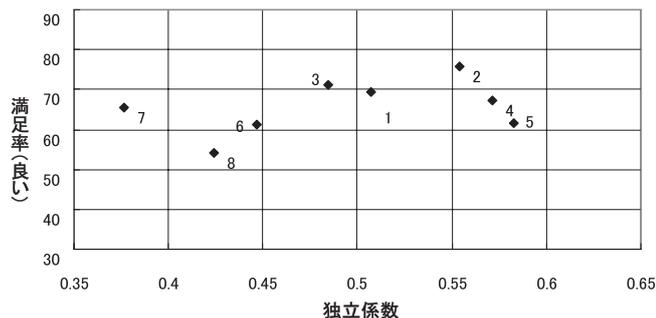


図2 満足率(良い)と独立係数の関係

に有意差が認められ、「10代」の群の平均値が高かった。また観戦歴別では選手紹介と実況の2因子に有意差が認められ、「初めて」の群の平均値が高かった。初めて競技会に来た10代の観客は、相対的に満足していたことが推察される。

### 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、71.6%であった(図1)。

各項目の満足率(良い)をみると、70%台は「2)トラック競技の選手紹介(75.9%)」「3)フィールド競技の選手紹介(71.3%)」の2項目、60%台は「1)競技開始前の見どころ紹介(69.5%)」「4)トラック競技の実況(67.2%)」「7)場内大型スクリーンの文字や映像の使い方(65.5%)」「5)フィールド競技の実況(61.5%)」「6)結果発表(61.2%)」の5項目、50%台は「8)音楽や効果音(54.3%)」の1項目であった。選手紹介の満足度は比較的高いが、音楽や効果音、実況の満足度は比較的低いといえる。

### 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

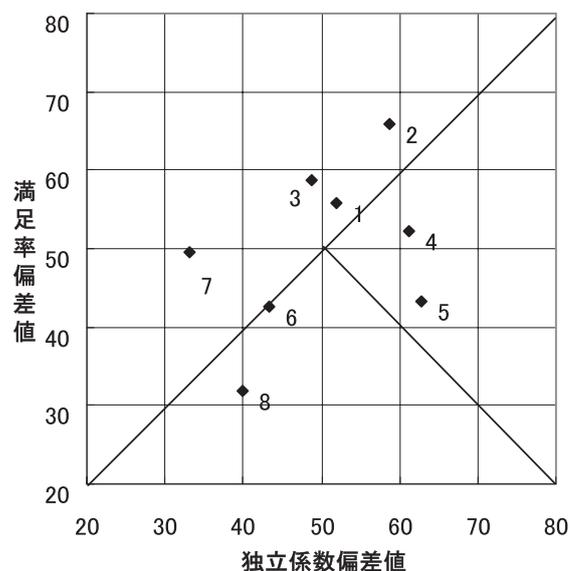


図3 満足率偏差値と独立係数偏差値の関係

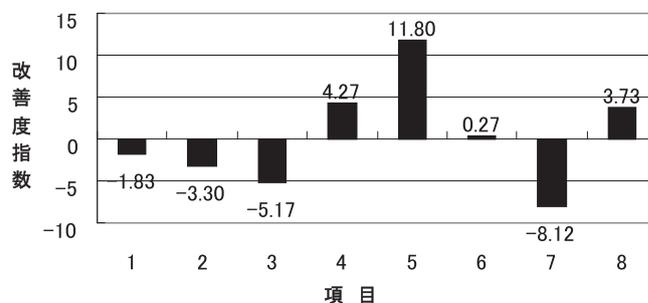


図4 改善度—改善度指数—

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、「5)フィールド競技の実況」が例としてあげられる(図2)。この項目の独立係数(0.5827)は第1位であったが、満足率(良い)(61.5%)は第6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る。具体的には「5)フィールド競技の実況(11.80)」「4)トラック競技の実況(4.27)」「8)音楽や効果音(3.73)」「6)結果発表(0.27)」であった。ところで、菅(2006)によると、「改善度指数が5以上の場合には要改善、10以上は即改善」であることから、即改善の項目として「5)フィールド競技の実況(11.80)」があげられる。なお、改善度指数が5未満の場合に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る。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（-8.12）」「3）フィールド競技の選手紹介（-5.17）」「2）トラック競技の選手紹介（-3.30）」「1）競技開始前の見どころ紹介（-1.83）」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（とりわけ改善度指数5以上）の関係をみると（表5）、第3因子（実況）は「5）フィールド競技の実況（11.80）」と係わっていた。一方、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1因子（選手紹介）は「3）フィールド競技の選手紹介（-5.17）」「2）トラック競技の選手紹介（-3.30）」「1）競技開始前の見どころ紹介（-1.83）」の3項目と、第2因子（視聴覚手法）は「7）場内大型スクリーンの文字や映像の使い方（-8.12）」の1項目と係わっていた。

以上のことから、第3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1因子（選手紹介）に係わる項目について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、観客からみたスーパー陸上2010

の競技会アナウンスに関する満足度や改善度を数値化することであった。次の2点に大きくまとめられる。

- (1) 満足度—満足率（良い）の視点から—
- ① 総合的評価の満足度は、満足率（良い）の視点からいうと、71.6%であった。
  - ② 各項目の満足率（良い）については、70%台は「2）トラック競技の選手紹介（75.9%）」「3）フィールド競技の選手紹介（71.3%）」の2項目、一方、70%未満は「1）競技開始前の見どころ紹介（69.5%）」「4）トラック競技の実況（67.2%）」「7）場内大型スクリーンの文字や映像の使い方（65.5%）」等の6項目であった。
- (2) 改善度—改善度指数の視点から—
- ① 即改善（改善度指数10以上）の項目は、「5）フィールド競技の実況（11.80）」であった。
  - ② 要改善（改善度指数5以上）の項目は抽出されなかった。
  - ③ 改善度指数が5未満の「4）トラック競技の実況（4.27）」「8）音楽や効果音（3.73）」「6）結果発表（0.27）」の3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ろう。
  - ④ 一方、改善不要（改善度指数の値がマイナス）の項目は「7）場内大型スクリーンの文字や映像の使い方（-8.12）」「3）フィールド競技の選手紹介（-5.17）」等の4項目であった。

表5 競技会アナウンスの満足度と改善度

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)	3.4	27.1	69.5	0.5072	51.99	55.92	6.24	116.40	-0.293	-1.83	1
2)	3.4	20.7	75.9	0.5538	58.70	65.93	18.15	106.37	-0.182	-3.30	1
3)	4.3	24.4	71.3	0.4847	48.75	58.65	8.74	143.25	-0.592	-5.17	1
4)	5.2	27.6	67.2	0.5714	61.23	52.28	11.46	56.45	0.373	4.27	3
5)	7.2	31.3	61.5	0.5827	62.85	43.17	14.55	17.02	0.811	<u>11.80</u>	3
6)	6.0	32.8	61.2	0.4469	43.31	42.72	9.89	87.56	0.027	0.27	2
7)	5.7	28.8	65.5	0.3766	33.19	49.54	16.81	133.45	-0.483	-8.12	2
8)	14.4	31.3	54.3	0.4237	39.98	31.79	20.78	73.83	0.180	3.73	2
平均値 標準偏差			65.8 6.3	0.5000 0.0690							
9)	3.7	24.7	71.6								

注1) 標本数 (n=348)

注2) 改善度指数が10以上（即改善）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
- 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

- ⑤ 因子分析の結果、競技会アナウンスに関する測定項目の構造は、「選手紹介」「視聴覚手法」「実況」の因子から構成されていることが明らかになった。これらの因子を改善度指数との関係でみると、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べきであろう。

## 付記

本稿は、日本陸上競技連盟競技運営委員会の調査研究（2010）によっておこなわれた研究成果の一部である。

## 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る次第である。

## 文献

- 阿保雅行・黒澤達郎・中島剛・鈴木一弘・吉儀 宏  
（2009）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—。陸上競技研究紀要 5：38-43。
- 阿保雅行・中島剛・黒澤達郎・鈴木一弘・吉儀 宏  
（2010）競技会アナウンスに関する観客の満足度調査—スーパー陸上競技大会 2009 川崎を中心に—。陸上競技研究紀要 6：43-49。
- 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。オーム社。

資料1 満足度と改善度の一覧—性別, 年代別, 競技経験別, 観戦歴別, 全体—

項目	満足度：満足率(良い) %											
	性別		年代別				競技経験別		観戦別			全体
	男性 n=242	女性 n=99	10代 n=87	20～ 30代 n=75	40～ 50代 n=130	60代 以上 n=56	有 n=199	無 n=137	初め て n=60	10回 未満 n=137	10回 以上 n=149	
1)	71.1	65.7	75.9	69.3	69.2	60.7	74.4	63.5	81.7	68.6	65.8	69.5
2)	76.0	75.8	83.9	77.3	72.3	69.6	78.4	74.5	80.0	78.8	71.8	75.9
3)	72.3	68.7	79.3	68.0	69.2	67.9	74.9	67.9	78.3	73.7	66.4	71.3
4)	69.0	64.6	79.3	62.7	66.2	57.1	68.8	65.0	83.3	65.7	62.4	67.2
5)	62.8	58.6	73.6	56.0	60.0	53.6	62.8	59.1	73.3	59.1	58.4	61.5
6)	63.8	55.6	78.2	53.3	55.4	58.9	64.3	56.2	55.0	63.5	61.1	61.2
7)	65.7	65.7	79.3	57.3	65.4	55.4	66.8	62.8	68.3	65.0	65.1	65.5
8)	55.0	52.5	64.4	52.0	56.2	37.5	55.8	51.8	63.3	57.7	47.7	54.3
9)	73.6	67.7	81.6	70.7	70.0	60.7	72.9	70.1	78.3	72.3	68.5	71.6

資料1 満足度と改善度の一覧—性別, 年代別, 競技経験別, 観戦歴別, 全体—(続き)

項目	改善度：改善度指数											
	性別		年代別				競技経験別		観戦別			全体
	男性 n=242	女性 n=99	10代 n=87	20～ 30代 n=75	40～ 50代 n=130	60代 以上 n=56	有 n=199	無 n=137	初め て n=60	10回 未満 n=137	10回 以上 n=149	
1)	-0.40	-5.01	<b>6.28</b>	-9.06	-0.15	2.14	-6.80	3.81	1.25	-5.46	-0.20	-1.83
2)	-3.03	-4.78	-6.11	-1.66	-8.02	-1.42	-2.11	-6.63	-5.19	-4.77	-2.66	-3.30
3)	-2.28	-2.73	-1.30	-5.66	-10.37	-1.47	-4.14	-8.04	-1.56	-8.28	-4.08	-5.17
4)	2.48	<b>6.71</b>	<b>5.24</b>	2.04	4.07	2.25	4.45	<b>5.24</b>	-0.49	<b>5.80</b>	3.46	4.27
5)	<b>10.77</b>	<b>10.34</b>	1.95	<b>13.41</b>	<b>12.19</b>	<b>5.48</b>	<b>13.51</b>	<b>8.16</b>	3.99	<b>8.75</b>	<b>11.93</b>	<b>11.80</b>
6)	-1.57	4.96	-2.12	-0.57	2.48	-2.52	-0.10	1.63	3.79	<b>9.54</b>	-4.82	0.27
7)	-7.58	-9.10	-13.14	0.19	-9.61	-3.20	-5.52	-9.11	-6.49	-8.36	-6.40	-8.12
8)	4.04	0.44	<b>7.50</b>	0.76	<b>8.07</b>	0.14	2.39	4.53	4.13	3.65	2.71	3.73

注1) 改善度指数：5以上は「要改善」, 10以上は「即改善」である(太字)。

注2) 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<br>や映像の使い方 |           |
| 4) トラック競技の実況    |                            |           |

日本陸連科学委員会研究報告 第10巻 (2011)

陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2010

# 序 文

2010 年度における科学委員会の活動をまとめると、以下のようになる。

## 1. 種目別サポート活動など

競技会を対象としたバイオメカニクス研究活動を IAAF グランプリ、日本選手権などにおいて行い、強化コーチや選手にデータをフィードバックした。また、国立スポーツ科学センターや味の素ナショナルトレーニングセンターにおいて体力や技術の測定を行った。

## 2. ジュニア選手に関する活動

ジュニア選手を対象とした活動としては、沖縄インターハイにおいて昨年と同様に VTR 撮影、タイム分析、障害、栄養及び食事アンケート調査などを行った。またジュニア研修合宿において選手を対象とした計測などを行った。

## 3. 広州アジア大会に関する活動

広州アジア大会には、委員会委員を派遣し、国立スポーツ科学センター研究員とともに、日本選手の VTR 撮影を行い、データをフィードバックした。

## 4. 2011 大邱世界陸上選手権大会開催地における暑熱環境調査

大邱における実際のレース時刻を想定し、日照の影響を中心に暑熱環境の調査を実施した（詳細は、本報告書を参照）。

## 5. 標準動作の作成

これまでの活動から得られた一流選手の動作データから一流選手の標準動作モデルの作成を試みた（その一部を本報告書に掲載した）。

強化委員会強化コーチと科学委員会代表の会合を積極的に開催して話し合い、より強固な協力体制が確立されつつある。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、尾縣専務理事、澤木前専務理事、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。

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る次第です。

科学委員会委員長  
阿江通良

## 平成 22 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 公益財団法人横浜市体育協会  
榎本 靖士 筑波大学体育科学系  
飯干 明 鹿児島大学教育学部  
石井好二郎 同志社大学  
伊藤 章 大阪体育大学  
井本 岳秋 (株)スポーツ・ウェルネス総合企画研究所  
杉浦 克己 立教大学  
田内 健二 早稲田大学スポーツ科学部  
高松 潤二 流通経済大学  
高本 恵美 大阪体育大学体育学部  
鳥居 俊 早稲田大学スポーツ科学学術院  
広川龍太郎 北海道東海大学国際文化学部  
法元 康二 茨城県立医療大学  
山崎 史恵 新潟医療福祉大学健康科学部  
柳谷登志雄 順天堂大学スポーツ健康科学部  
瀧澤 一騎 北海道大学高等教育推進機構  
森丘 保典 日本体育協会スポーツ科学研究室  
小山 宏之 筑波大学 R & D コア  
八田 秀雄 東京大学大学院  
瀬屋 光男 東京大学大学院

※所属は平成 23 年 3 月現在

日本陸連科学委員会研究報告 第10巻 (2011)  
陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2010 目次

100m レースにおける4ステップごとにみたスピード，ピッチおよびストライドの変化・・・21 松尾彰文，広川龍太郎，柳谷登志雄，持田 尚，杉田正明，松林武生，貴嶋孝太， 川崎知美，荻部俊二，土江寛裕，清田浩伸，麻場一徳，中村宏之	
2010年日本一流男子800m選手のレースパターン分析・・・30 —日本高校新記録のレース分析— 門野洋介，榎本靖士	
国内一流男子走幅跳選手における助走パターンの事例的分析・・・33 荻山 靖，小山宏之	
競技会における一流男女走幅跳および三段跳選手の助走スピード分析・・・37 小山宏之，村木有也，柴山一仁，清水 悠，築野 愛，荻山 靖，阿江通良	
ディーン元気選手におけるやり投動作の縦断的变化・・・50 —2009年と2010年との比較から— 田内健二，遠藤俊典，藤田善也，矢野恵太，藤井宏明，大宅和幸	
2010年北海道マラソンにおけるレース中の給水（スペシャルドリンク）調査・・・55 瀧澤一騎，石井好二郎	
2011大邱世界陸上選手権大会開催地における暑熱環境調査・・・61 石井好二郎	
陸上競技における動きの標準値（標準動作）について・・・64 阿江通良，清水 悠，矢田恵太	

## 100m レースにおける 4 ステップごとにみたスピード、ピッチおよびストライドの変化

松尾彰文<sup>1)</sup> 広川龍太郎<sup>2)</sup> 柳谷登志雄<sup>3)</sup> 持田 尚<sup>4)</sup> 杉田正明<sup>5)</sup> 松林武生<sup>1)</sup>  
貴嶋孝太<sup>1)</sup> 川崎知美<sup>1)</sup> 荏部俊二<sup>6)</sup> 土江寛裕<sup>7)</sup> 清田浩伸<sup>8)</sup> 麻場一徳<sup>9)</sup> 中村宏之<sup>10)</sup>  
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) 横浜市スポーツ医科学研究センター 5) 三重大学 6) 法政大学 7) 城西大学  
8) 平成国際大学 9) 都留文科大学 10) 北海道ハイテク AC

### 1. はじめに

男女ともに 100m では、スピードはスタート直後には顕著な増加を示すが、増加傾向は次第に小さくなり、最大スピードに達した後、フィニッシュまで徐々に低下していく。最大スピードの到達地点は 30m から 90m の範囲で選手により異なっている。このようなレース展開の中で、最大スピードと記録との間に高い相関があることを報告してきた(松尾ら, 2010)。

最大スピードはスタートから加速した結果として到達したスピードであると考えられる。スピード変化の過程をステップの頻度(ピッチ)とステップの長さ(ストライド)の変化とあわせて分析することで、最大スピードに至るまでの走り方を検討するための基礎資料を提供できるであろう。すでに、このような視点から、ボルトの 9.58 秒の世界記録時においてスタートからフィニッシュまでのピッチとストライドの分析を行った。その結果、ピッチはスタートから急激上昇したのち、一度は低下し、最大スピード区間の手前で再び上昇したのちに、最大スピード区間ではピッチは低下してストライドが伸びていたことを報告した(松尾ら, 2010)。ここでは 10m 区間での平均値なので通過距離を基準としたピッチとストライドの変化であり、それぞれの区間で右と左のステップ数が異なっている。

そこで、4 ステップを基準にピッチ、ストライドとその積としてスピードを求めた。この方法では、最後の区間をのぞき、どの区間でも左右ともに 2 サイクルの平均値となるので、ランニングのサイクルごとの比較ができると考えられる。本報告では、この方法により分析したレース経過に伴うスピード変

化とピッチとストライドの変化について報告する。

### 2. 方法

測定対象とした大会は、織田記念、大阪グランプリ、日本選手権、南部記念、インターハイ、スーパー陸上、アジア大会における予選から決勝までのレースであった。日本選手権、南部記念、インターハイ、スーパー陸上、アジア大会における予選から決勝までのレースであった。

#### 疾走スピードの計測

疾走スピードの計測にはレーザー方式による測定とビデオ方式(インターハイのみ)による方法で測定した(松尾ら, 2010)。レーザー方式では、選手の背面に設置した測定装置(ラベック)によりスタートからフィニッシュまでの移動距離を 1/100 秒ごとに測定し、フィニッシュタイムと移動距離と時間の関係から 10m ごとのラップタイムを求めたのち、10m 区間ごとの平均スピードを求めた。ビデオ方式では、100m コースの側面からラップタイム計測地点に設置したビデオカメラで撮影された映像により、スタート時のピストルの閃光から計測地点の通過までの時間を計測し、区間ごとの平均スピードを求めた。

#### ピッチとストライドの変化

分析用のハイスピードムービー(299.7fps)は、スタートからラップタイム計測地点に 3-4 台と正面に設置したカメラで撮影されたものを用いた。撮影ではスタートの信号(スターターのピストルからの閃光など)が画角にはいるようにした。

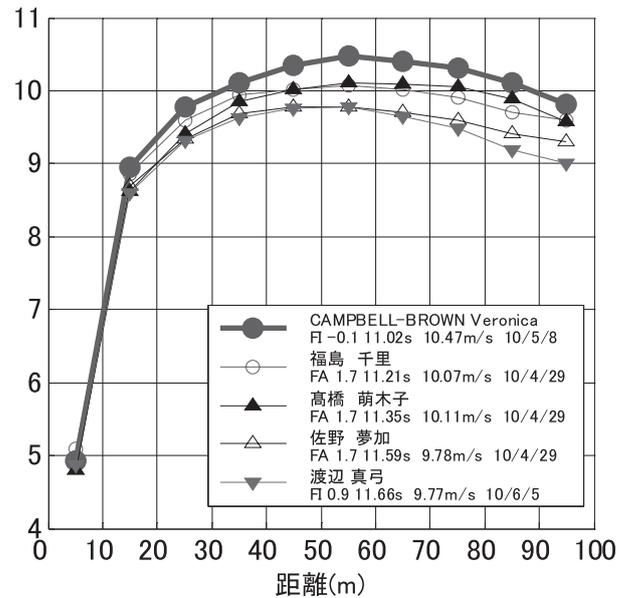
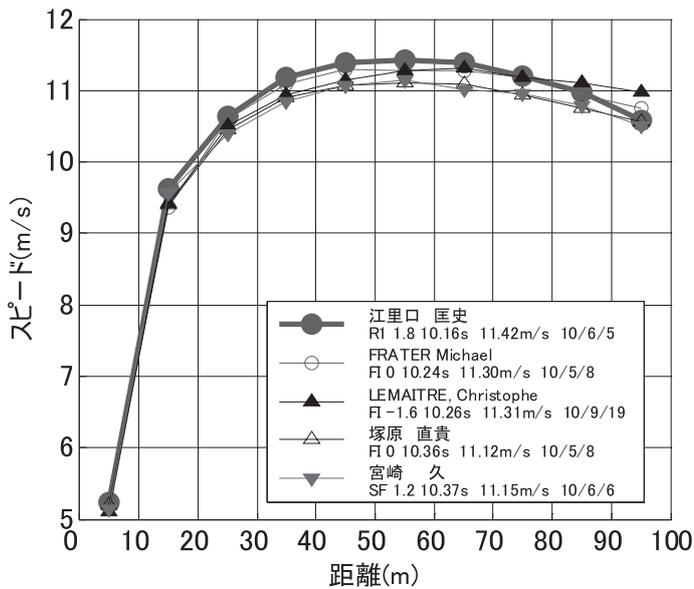


図1. 男女別にみた10年度に測定したレースのトップ5のスピード曲線

ハイスピードムービーから、接地が始まったフレームとつま先が地面からはなれ始めたフレームをスタート直後の1ステップ目からフィニッシュ直後の1ステップまでカウントした。ピッチは1秒あたりのステップ数 (s/s) とし、1ステップ目の着地から5ステップ目の着地までを4ステップサイクルの時間としてその逆数の4倍の値を最初の4ステップ区間のピッチとした。ストライドは、ラベックで求めた時間距離の関係をもとに、接地時の位置を推定し、ピッチと同様に4ステップサイクル中の背部の移動距離 (m) の1/4をストライドとした。4ステップサイクルのスピードはピッチとストライドの積 (m/s) とした。同様に5ステップ目からフィニッシュまで4ステップごとにピッチ、ストライドとスピードを求めた。フィニッシュ直前の区間で4ステップに満たない場合には、その部分の指標はデータに含めなかった。なお、ラベックの位置の変化からのストライドであるので、ここでのストライド長は接地のタイミングでみた体幹部の移動距離に相当し、実際のつま先から次のつま先までの距離とは異なる。

### 3. 結果と考察

織田記念、日本選手権やアジア大会等において、予選から決勝までのレースを対象として、ラベックでレーススピードを計測したのは、男子では江里口選手 (日本選手権) の10.16秒から11.05までの59例、女子ではCambell-Brown (大阪グランプリ) の11.02秒から12.77秒までの72例であった。測定の対象としたのは、それぞれのラウンドで、シー

ド順位を優先して1レース3名〜4名を選んだ。インターハイでは、決勝レースを対象としてラップタイム計測地点に設置したカメラで撮影した映像から10mごとの通過タイムを分析した。また、ハイスピードムービーによるピッチとストライドを分析したので、男子では41例、女子では32例の分析を行った。

#### スピード変化について

表1には、10年度の10m区間ごとにみたスピード分析結果を男子および女子の上位5名について示した。また、図1には男女別にスタートしてからの距離でみたスピードの変化を示した。

最大スピードについてみると男子では江里口選手の11.42m/s、ついでFrater選手の11.30m/sであった。女子ではCambell-Brown選手の10.47m/s、ついで高橋選手の10.11m/sであった。記録からみると福島選手の方がよいが、最大スピードでは、高橋選手であった。

記録と最大スピードとは従来より統計的にみて有意な比例関係にあることが報告されている (松尾ら, 2010)。本年度のデータだけをみても、男子では、 $n=59$ ,  $r=-0.964$ ,  $y = -0.7319x + 18.51$ , 女子では  $n=72$ ,  $r=-0.978$ ,  $y=-1.051x + 21.93$  であり、統計的に有意な相関関係 ( $p<0.0001$ ) が認められた。従来データとあわせてみても、男子では、 $n=366$ ,  $r=-0.973$ ,  $y=-0.6972x + 18.14$ ,  $p<0.0001$ , 女子では  $n=352$ ,  $r=-0.983$ ,  $y=-0.9913x + 21.35$ ,  $p<0.0001$  であった。

高橋選手と福島選手のような例は、福島選手は高橋選手よりも記録がよいのは、スタートダッシュ時

表1. 男女別にみた10年度上位5名の10m区間ごとにみたスピード分析結果

ラウンド	日付	名	ラウンド	風速	記録	最大スピード	到達点	ラップタイム	10m	20m	30m	40m	50m	60m	70m	80m	90m	100m
男子				m/s	s	m/s	m	item	10m	20m	30m	40m	50m	60m	70m	80m	90m	100m
1	06/05	江里口 匡史	R1	1.8	10.16	11.42	55	time(s)	1.91	2.95	3.89	4.78	5.66	6.53	7.41	8.30	9.22	10.16
								lags(s)	1.04	0.94	0.89	0.88	0.87	0.88	0.88	0.89	0.92	0.94
								speed(m/s)	5.24	9.63	10.64	11.18	11.38	11.42	11.40	11.20	10.98	10.59
2	05/08	FRATER Michael	FI	0	10.24	11.30	45	time(s)	1.93	3.00	3.94	4.84	5.73	6.62	7.50	8.40	9.31	10.24
								lags(s)	1.93	1.07	0.94	0.90	0.89	0.89	0.88	0.90	0.91	0.93
								speed(m/s)	5.18	9.36	10.60	11.10	11.30	11.28	11.27	11.19	10.95	10.76
3	09/19	LEMATRE, Christophe	FI	-1.6	10.26	11.31	65	time(s)	1.96	3.02	3.97	4.89	5.78	6.67	7.55	8.45	9.35	10.26
								lags(s)	1.96	1.06	0.95	0.92	0.89	0.89	0.88	0.90	0.90	0.91
								speed(m/s)	5.11	9.43	10.50	10.95	11.14	11.27	11.31	11.19	11.10	10.98
4	05/08	塚原 直貴	FI	0	10.36	11.12	55	time(s)	1.93	2.99	3.95	4.86	5.77	6.67	7.57	8.48	9.41	10.36
								lags(s)	1.93	1.06	0.96	0.91	0.91	0.90	0.90	0.91	0.93	0.95
								speed(m/s)	5.19	9.40	10.45	10.90	11.06	11.12	11.09	10.94	10.75	10.57
5	06/06	宮崎 久	SF	1.2	10.37	11.15	55	time(s)	1.94	2.99	3.95	4.87	5.77	6.67	7.58	8.49	9.42	10.37
								lags(s)	1.94	1.05	0.96	0.92	0.90	0.90	0.91	0.91	0.93	0.95
								speed(m/s)	5.15	9.57	10.39	10.85	11.08	11.15	11.02	10.95	10.79	10.51
女子								item	10m	20m	30m	40m	50m	60m	70m	80m	90m	100m
1	05/08	CAMPBELL-BROWN Veronica	FI	-0.1	11.02	10.47	55	time(s)	2.03	3.15	4.17	5.16	6.12	7.08	8.04	9.01	10.00	11.02
								lags(s)	2.03	1.12	1.02	0.99	0.96	0.96	0.96	0.97	0.99	1.02
								speed(m/s)	4.93	8.95	9.77	10.11	10.36	10.47	10.41	10.30	10.11	9.81
2	04/29	福島 千里	FA	1.7	11.21	10.07	55	time(s)	1.96	3.09	4.13	5.14	6.14	7.13	8.13	9.14	10.17	11.21
								lags(s)	1.96	1.13	1.04	1.01	1.00	0.99	1.00	1.01	1.03	1.04
								speed(m/s)	5.09	8.87	9.59	9.95	10.02	10.07	10.01	9.92	9.70	9.60
3	04/29	高橋 萌木子	FA	1.7	11.35	10.11	55	time(s)	2.08	3.24	4.30	5.32	6.32	7.31	8.30	9.29	10.31	11.35
								lags(s)	2.08	1.16	1.06	1.02	1.00	0.99	0.99	0.99	1.02	1.04
								speed(m/s)	4.81	8.62	9.41	9.84	10.01	10.11	10.09	10.06	9.88	9.57
4	04/29	佐野 夢加	FA	1.7	11.59	9.78	45	time(s)	2.08	3.23	4.30	5.34	6.36	7.38	8.41	9.45	10.52	11.59
								lags(s)	2.08	1.15	1.07	1.04	1.02	1.02	1.03	1.04	1.07	1.07
								speed(m/s)	4.81	8.69	9.33	9.68	9.78	9.77	9.70	9.60	9.41	9.31
5	06/05	渡辺 真弓	FI	0.9	11.66	9.77	55	time(s)	2.05	3.21	4.28	5.32	6.35	7.37	8.41	9.46	10.55	11.66
								lags(s)	2.05	1.16	1.07	1.04	1.03	1.02	1.04	1.05	1.09	1.11
								speed(m/s)	4.88	8.60	9.33	9.62	9.76	9.77	9.65	9.48	9.20	9.00

表2. 男子上位10名の4ステップ区間ごとにみた最大スピード、ピッチとストライドの値を最大スピード地点とそのピッチとストライド、それぞれで最大値とそこに到達した地点

	日付	名	記録	風	ステップ数	最大スピード区間		ピッチ	ストライド	ピッチ最大区間		ストライド最大区間	
			秒	m/s		step	スピード			到達点	スピード	到達点	ピッチ
						m/s	m	s/s	m	s/s	m	m	m
1	06/05	江里口 匡史	10.16	1.8	47.9	11.45	60.4	5.00	2.29	5.10	33.3	2.36	69.7
2	05/08	FRATER Michael	10.24	0.0	49.7	11.34	58.0	5.08	2.23	5.17	31.9	2.28	93.7
3	06/06	江里口 匡史	10.24	1.2	48.1	11.31	60.2	4.95	2.28	5.08	42.1	2.36	69.5
4	09/19	LEMAITRE Christophe	10.26	-1.6	43.8	11.30	66.7	4.34	2.61	4.59	9.5	2.61	66.7
5	06/06	江里口 匡史	10.26	0.0	48.6	11.25	59.9	4.89	2.30	5.12	33.2	2.33	96.3
6	05/08	塚原 直貴	10.36	0.0	46.9	11.14	62.7	4.82	2.31	4.84	44.2	2.38	81.5
7	06/06	宮崎 久	10.37	1.2	46.1	11.18	53.5	4.68	2.39	4.78	25.8	2.48	92.1
8	06/05	服部 辰也	10.38	1.8	49.7	11.08	57.6	4.97	2.23	5.15	31.7	2.33	93.6
9	05/08	江里口 匡史	10.38	0.0	49.6	11.07	58.7	5.06	2.19	5.08	32.5	2.27	67.6
10	06/05	佐久間 康太	10.40	-0.3	49.7	11.03	50.1	5.08	2.17	5.12	32.9	2.21	85.1
11	06/05	小谷 優介	10.43	-0.3	49.7	11.00	49.4	5.06	2.17	5.15	24.0	2.25	93.7
12	06/05	塚原 直貴	10.44	-0.3	47.6	11.00	52.0	4.83	2.28	5.02	17.1	2.35	88.9
13	06/06	塚原 直貴	10.44	-0.7	48.6	11.00	50.6	4.85	2.27	4.95	41.7	2.42	96.3
14	06/06	塚原 直貴	10.45	0.0	47.7	11.01	52.1	4.70	2.34	4.98	25.3	2.34	52.1
15	06/06	後藤 乃毅	10.46	1.2	49.8	11.03	49.3	5.02	2.20	5.04	58.1	2.24	93.5
16	06/05	田口 博崇	10.46	1.1	46.0	11.07	54.7	4.70	2.35	4.70	54.7	2.39	64.2
17	06/06	服部 辰也	10.46	1.2	49.7	11.01	58.5	4.95	2.22	5.08	32.4	2.22	58.5
		mean(n=41)	10.53	-0.2	48.3	10.92	53.2	4.83	2.26	4.93	30.8	2.34	83.0
		sd	0.20	1.6	1.8	0.26	5.8	0.21	0.10	0.20	10.9	0.12	15.7
		min	10.16	-3.5	43.8	10.28	40.9	4.23	2.10	4.35	9.5	2.12	44.5
		max	11.04	1.8	50.9	11.45	66.7	5.10	2.61	5.17	58.1	2.65	97.4

表3. 女子上位8名の4ステップ区間ごとにみた最大スピード、ピッチとストライドの値を最大スピード地点とそのピッチとストライド、それぞれで最大値とそこに到達した地点

	日付	名	記録	風	ステップ数	最大スピード区間		ピッチ	ストライド	ピッチ最大区間		ストライド最大区間	
			秒	m/s		step	スピード			到達点	スピード	到達点	ピッチ
						m/s	m	s/s	m	s/s	m	m	m
1	05/08	CAMPBELL-BROWN Ver	11.02	-0.1	50.3	10.48	57.7	4.76	2.20	4.84	23.5	2.24	66.6
2	04/29	福島 千里	11.21	1.7	54.5	10.06	53.0	5.04	2.00	5.15	37.1	2.01	84.9
3	05/08	福島 千里	11.27	-0.1	53.3	10.10	54.3	4.92	2.05	5.00	46.2	2.07	62.6
4	07/11	福島 千里	11.28	-0.1	53.8	10.00	53.8	4.96	2.02	4.98	14.6	2.02	69.9
5	06/05	福島 千里	11.30	0.9	53.8	9.99	62.1	4.94	2.02	5.00	14.9	2.03	78.3
6	11/22	福島 千里	11.32	1.1	52.1	10.04	48.3	4.93	2.03	4.93	32.1	2.19	97.8
7	11/22	福島 千里	11.33	1.2	53.2	9.98	55.6	4.89	2.04	5.00	31.6	2.04	55.6
8	04/29	高橋 萌木子	11.35	1.7	49.9	10.11	49.5	4.65	2.17	4.69	40.9	2.23	93.5
9	06/05	福島 千里	11.38	0.8	50.9	9.93	58.0	4.78	2.08	4.89	17.7	2.15	91.6
10	06/05	高橋 萌木子	11.39	0.9	50.4	10.11	58.1	4.67	2.17	4.67	58.1	2.21	66.9
11	11/21	福島 千里	11.41	0.8	52.2	9.96	63.8	4.80	2.08	4.95	39.4	2.17	97.2
12	09/19	福島 千里	11.48	-0.3	53.6	9.89	54.3	4.89	2.02	4.95	30.4	2.03	78.5
13	09/19	ASUMNU Gloria	11.50	-0.3	50.1	10.00	49.0	4.49	2.23	4.74	15.6	2.23	49.0
14	11/22	高橋 萌木子	11.50	1.2	49.4	10.13	59.5	4.52	2.24	4.58	33.2	2.24	59.5
15	06/05	高橋 萌木子	11.53	0.3	49.2	9.94	59.4	4.49	2.21	4.58	42.0	2.26	94.9
16	11/22	高橋 萌木子	11.59	1.5	50.5	9.89	49.1	4.59	2.15	4.65	16.2	2.20	92.3
17	04/29	佐野 夢加	11.59	1.7	52.9	9.79	55.1	4.76	2.06	4.85	15.1	2.10	46.7
18	06/05	渡辺 真弓	11.66	0.9	54.1	9.78	53.9	4.81	2.03	4.95	15.0	2.03	53.9
19	06/05	渡辺 真弓	11.68	0.3	53.7	9.98	52.4	4.78	2.09	5.04	6.5	2.11	94.2
20	06/05	和田 麻希	11.68	0.3	51.7	9.68	49.0	4.68	2.07	4.78	32.7	2.08	73.9
		mean(n=33)	11.62	0.2	52.3	9.81	51.8	4.73	2.08	4.82	25.6	2.11	75.0
		sd	0.32	1.3	1.9	0.30	6.1	0.19	0.08	0.20	11.6	0.09	17.2
		min	11.02	-3.2	49.2	9.03	39.8	4.38	1.85	4.42	6.5	1.86	46.7
		max	12.38	1.7	58.1	10.48	63.8	5.23	2.24	5.33	58.1	2.26	97.8

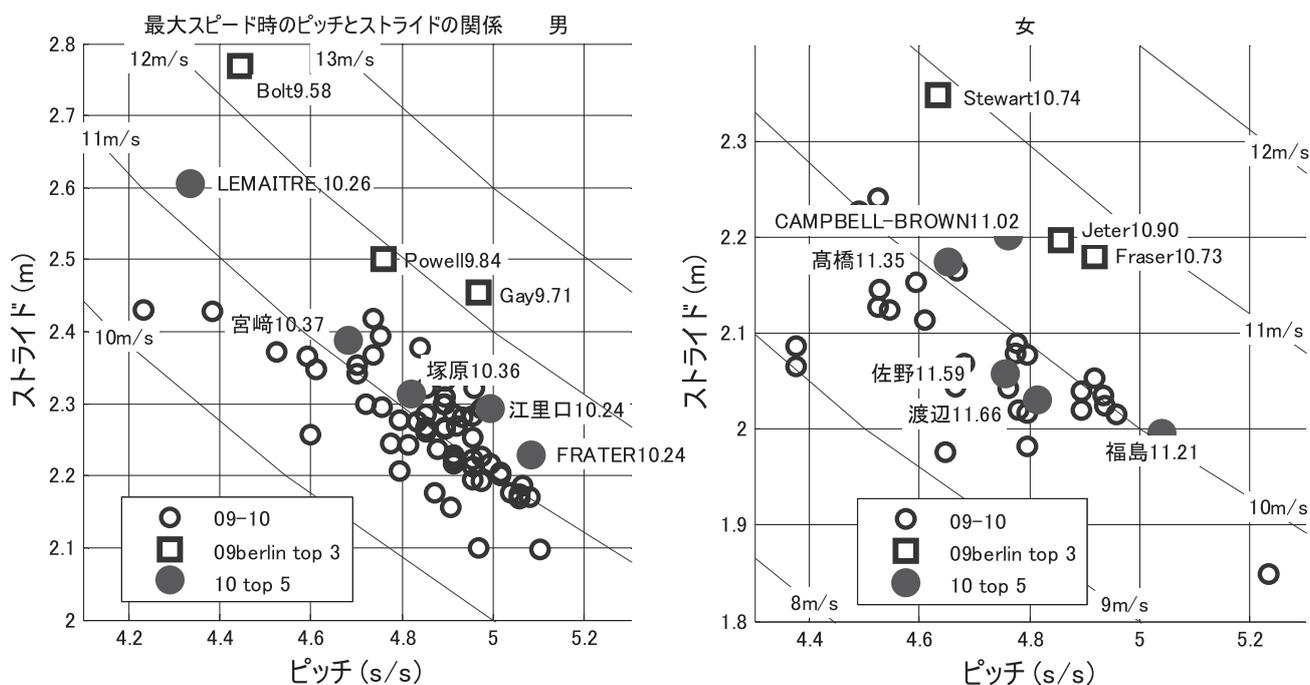


図2. 09年度と10年度に分析した4ステップ区間でみた最大スピード時のピッチとストライドの関係  
09ベルリンのトップ3と10年度トップ5のデータには選手名と記録をつけた。

の加速の違いや高橋選手の最大スピードが高いことによるものであろう。

#### 最大スピード時のピッチとストライド

表2および3では、男では上位10名、女子では上位8名までの4ステップ区間ごとにみた最大スピード、ピッチとストライドの値を最大スピード地点とそのピッチとストライド、それぞれで最大値とそこに到達した地点を示した。表中には全員のデータを示していないが、本年度のそれぞれの指標での統計的な平均値 (mean), 標準偏差 (sd), 最小値 (min), 最大値 (max) を示した。

フィニッシュまでのステップ数をみると男子で平均値は48.3歩であるが、最も少なかったのはLemaitreの43.8歩であった。世界記録9.58秒のBolt選手はさらに少ない41.1歩であった。

最大スピード時のピッチとストライドは実際のトレーニングにおける具体的なストライドの目標値設定の参考になるであろう。Lemaitreは黒人以外で初めての9秒台の選手である。日本でのレースでは10.24秒であったが、最大スピード時のピッチが4.34s/s、ストライドが2.61mであることから、ボルト選手のようにピッチは遅いが長いストライドで走るという特徴があることがわかる。一方、世界選手権やオリンピックでも入賞経験のあるFrater選手はピッチが5.08s/s、ストライドが2.23mであり、早いピッチが特徴的であった。

女子では、ステップ数が最も少ないのは高橋選手の49.2ステップであった。大阪グランプリで11.02秒の記録だったCambell-Brown選手の50.3ステップよりも少ないステップ数であった。

最大スピード区間での値をみると、福島選手のピッチは4.78s/sから5.04s/sであり、全体の平均値である4.73s/sよりも常に多い値であった。日本記録の11.21秒のときが最も高い値であった。福島選手よりもわずかに高い最大スピードであった高橋選手のストライドをみると最も高い値が2.24mであった。平均値である2.08mに比べると0.16m長いストライドであった。これらのことから、福島選手の特徴は早いピッチであり、高橋選手の特徴は長いストライドであることが数値としても示されたことになる。

図2には、09年度と10年度に分析した4ステップ区間でみた最大スピード時のピッチとストライドの関係を男女別に示した。09年の世界選手権ベルリン大会(09berlin)のトップ3と10年度トップ5(10 top 5)のデータには選手名と記録を示した。ピッチとストライドの積がスピードであるので、同じスピードになる組み合わせを1m/sごとに図中の斜めの線で示した。

男子ではストライドが長いのがBolt選手の2.77m、ついでLemaitreの2.61mである。日本選手のなかには、かれらと同じくらいのピッチの選手がいるが、ストライドは2.45mと彼らよりも短かつ

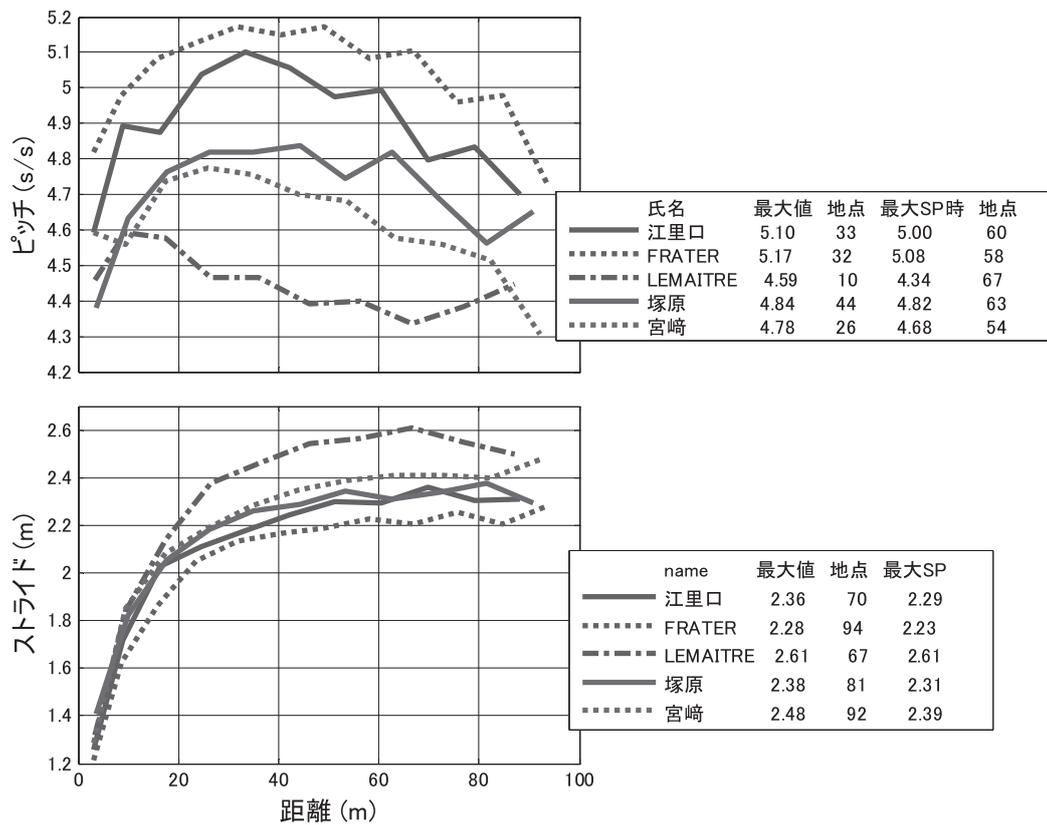


図3. 男子のトップ5における4ステップ区間ごとにみたピッチ，ストライドの変化  
凡例には，レース中の最大値，その出現地点，最大スピード時の値と最大スピードの地点を示した。

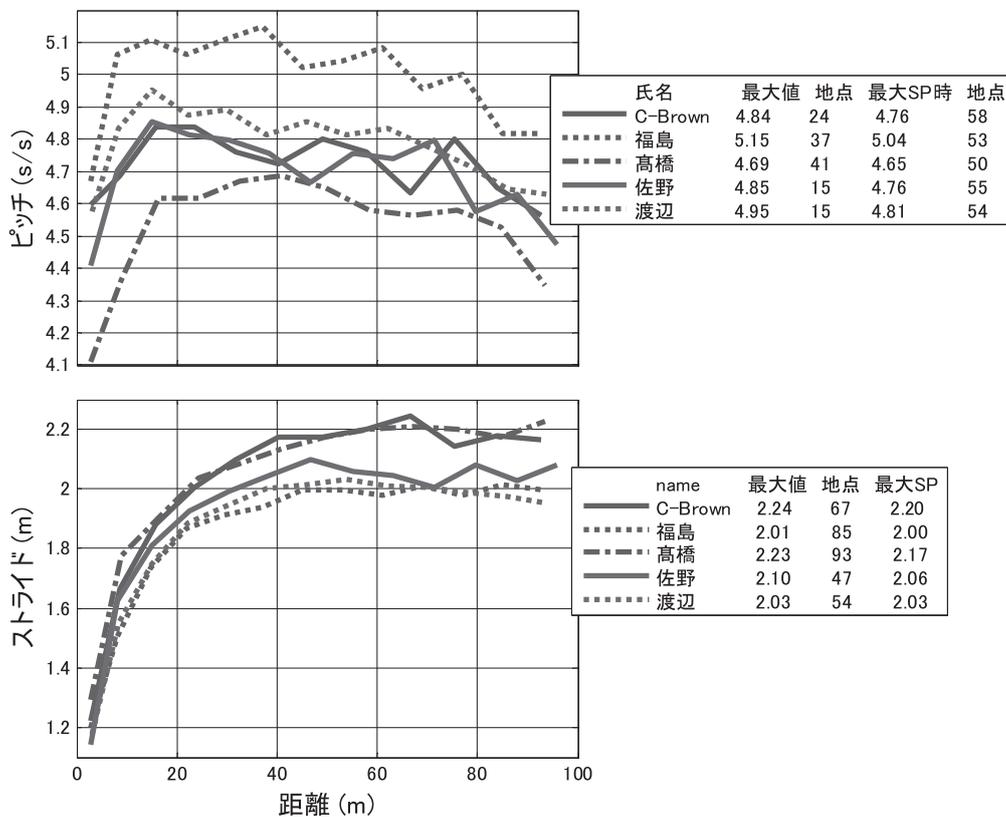


図4. 女子のトップ5における4ステップ区間ごとにみたピッチ，ストライドの変化  
凡例の説明は図2参照

た。9秒台の記録でピッチが早いのはGay選手の4.97s/sであった。

女子では09berlinで2位のStewart選手のストライドが2.35mで男子の塚原選手や江里口選手に相当する長さであった。ピッチをみると福島選手の5.04s/sは09berlin優勝のFraser選手の4.92s/sよりも高い値であった。

これらのことは、ピッチとストライドの組み合わせは数多くあり、最適な組み合わせを個人の特性を考慮して模索していく必要性を示唆するものである。今後、この至適な組み合わせを示唆できるような分析も必要であろう。

### ピッチとストライドの変化

最大スピードと記録とが比例関係にあることから、そこに到達するまでのピッチとストライドの変化で検討することにした。男女それぞれに10年度の上位5名のそれぞれの変化を示したのが図3と4である。図中の凡例にレース中の最大値とそれが出現した地点、最大スピード区間（最大SP時）とそれが出現した地点を選手ごとに示した。

男女ともにピッチの変化様相には選手それぞれでことなるが、概ねスタート直後の区間からレースの展開にともない増加し、レースの中盤で最大値に達したのちは次第に減少する傾向であった。ストライドの変化は概ね20m付近まで急激に増加するが、その後、増加傾向は減少し、フィニッシュまで、顕著な変化はみられない。

ピッチとストライドともに、スタート直後から一定の値ではなかった。そこで、最大スピード到達地点とピッチおよびストライドの最大値が出現する地点との関係を図5に示した。ここでは、09berlinの男女決勝の上位3名も含まれている。図中の斜めの線は、x軸とy軸が同じ値になる線である。この線よりも上のプロットは、最大スピードと同じ地点で最大ピッチもしくは最大ストライドに到達していることを意味する。また、この線よりも下のプロットは、最大スピード区間の以前に、上のプロットは最大スピード区間の以降に最大値に達していることとなる。4ステップごとの値での評価であるため、最大スピード付近でのプロットはほぼ斜めに並んだようになる。

ピッチの最大値が最大スピード区間と一致しているかあるいはそれ以降にみられたのは、男女107例中6例であった。なお、この6例に09berlin top 3の選手は含まれていなかった。このことはほとんどの選手がスタートから最大スピード区間までに

最大スピード、最大ピッチおよび最大ストライドに達した地点 男

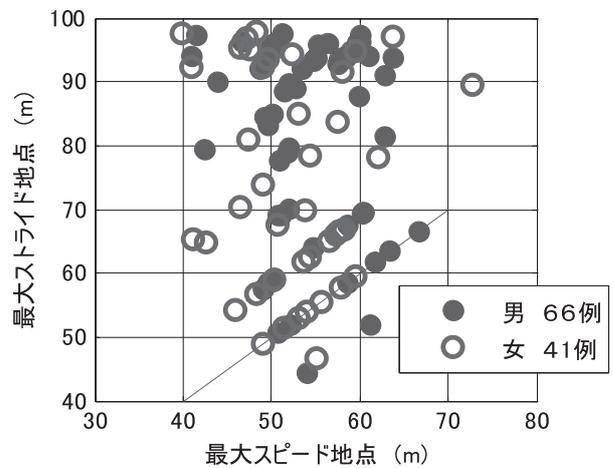
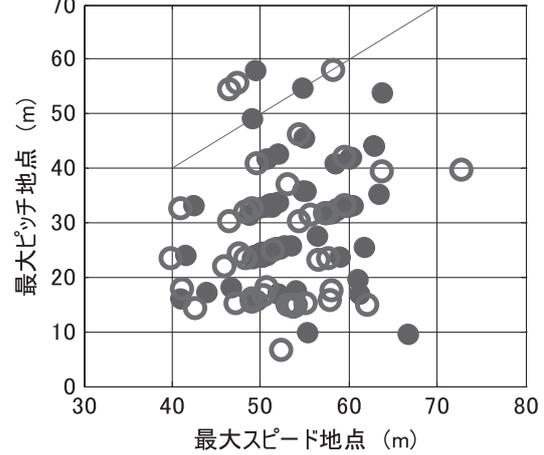


図5. 4ステップ区間ごとでみたスピードの最大地点、ピッチの最大地点とストライドの最大地点の関係

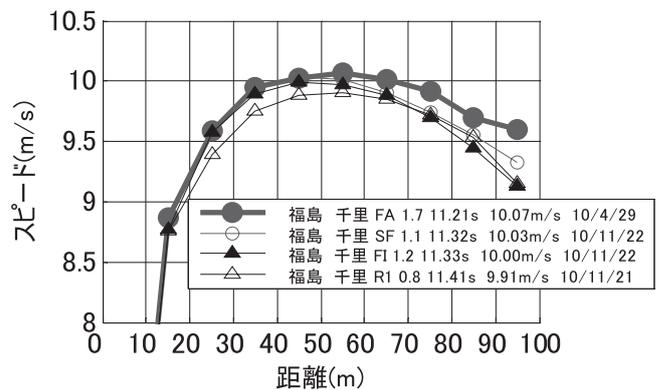


図6. 11.21秒の日本記録時およびアジア大会にて優勝した福島選手の予選から決勝までのスピード変化

ピッチが最大に達していることを示している。一方のストライドをみると最大スピード区間の前に最大値に達していたのは男女あわせて3例であった。ま

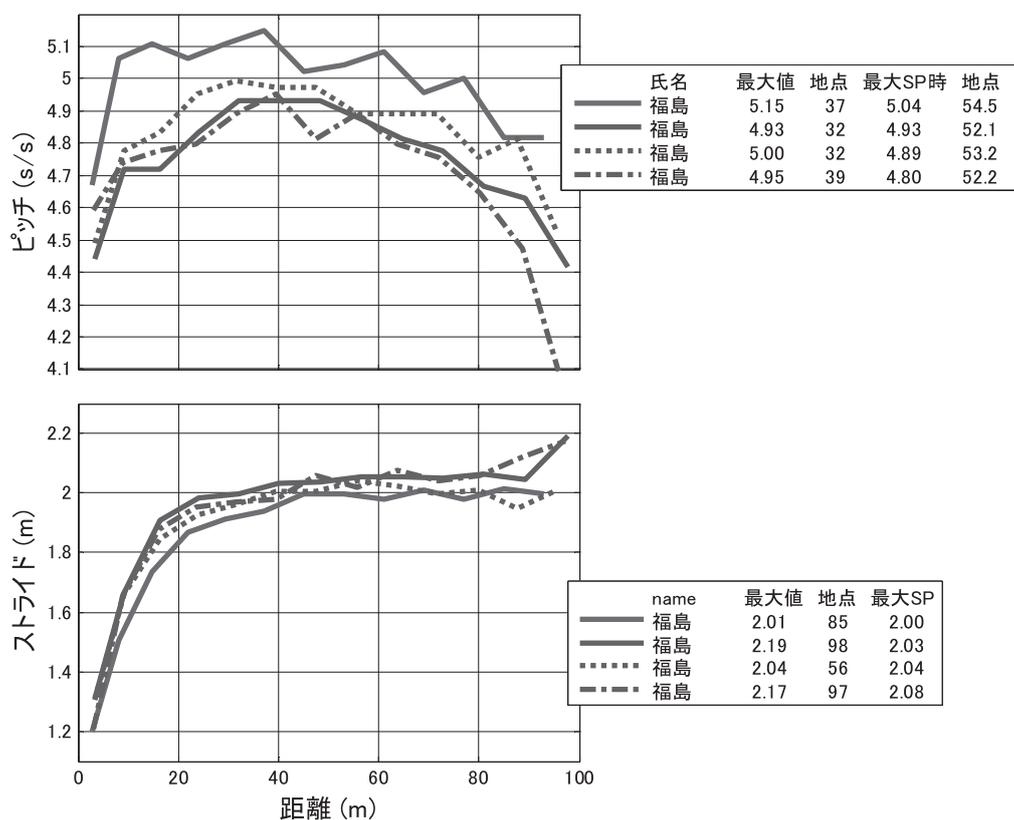


図 7. 日本記録時およびアジア大会における福島選手の予選から決勝までのピッチとストライドの変化

た、最大スピード区間と一致していたのが 13 例ほどあった。これらのことはほとんどの選手が最大スピード区間あるいはそのあとにストライドが最長となっていたことを示している。これらのことから、100m レースにおいて、多くの選手が、スタートからピッチを上げた後に、ストライドを長くしながら最大スピードに至っていたと考えられる。

#### アジア大会について

女子 100m と 200m の 2 種目で優勝した福島選手の 100m の予選から決勝までのスピード変化、ピッチおよびストライドの変化を図 6 と 7 に示した。参考に日本記録 11.21 秒の値もあわせて示した。図中の凡例は前出と同様である。決勝ではフィニッシュ直前に 2 位の選手をかわしたが、スピード変化を見ると最大スピード時よりも低い値であった。また、ピッチは減少傾向にあったが、ストライドは増加していた。

#### 4. まとめ

100m のレース分析として 4 ステップサイクルごとにみた平均のピッチ、ストライドおよびスピードの変化から相互の関係を検討した。データは、おもに 10 年度の織田記念をはじめとする国内の主要な

大会および広州で開催されたアジア大会で収集されたものであった。

- ① 100m の記録は最大スピードとは従来の報告と同様に有意に高い相関関係が認められ、従来の報告とあわせてみると、最大スピードを  $x$ 、記録を  $y$  とすれば、男子では、 $n=366$ ,  $r=-0.973$ ,  $y=-0.6972x + 18.14$ ,  $p<0.0001$ , 女子では  $n=352$ ,  $r=-0.983$ ,  $y=-0.9913x + 21.35$ ,  $p<0.0001$  であった。
- ② 最大スピード時のピッチとストライドの関係から、両者の組み合わせは数多くあり、個人の特性を考慮した組み合わせかたを工夫する必要性が示唆された。
- ③ 最大スピード到達地点と最大ピッチ地点および最大ストライド地点をみると、多くの選手がピッチは最大スピードの前に、ストライドは最大スピードと同じかそれ以降に最大値に達していたことから、100m レースにおいて、多くの選手が、スタートからピッチを上げた後に、ストライドを長くしながら最大スピードに至っていたと考えられる。

#### 参考文献

1. 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
2. 松尾彰文, 広川龍太郎, 柳谷登志雄, 杉田正明,  
2008年男女1000m, 110mハードルおよび100m  
ハードルのレース分析, 陸上競技研究紀要, 5,  
50-62, 2009
  3. 松尾彰文, 広川龍太郎, 柳谷登志雄, 杉田正明,  
2009年シーズンにおける直走路種目のスピード  
とストライドの分析, 陸上競技研究紀要, 6, 63-  
69, 2010
  4. 松尾彰文, 持田尚, 法元康二, 小山宏之, 阿江  
通良, 世界トップスプリンターのストライド頻度  
とストライド長の変化, 陸上競技研究紀要, 6,  
56-62, 2010

2010年日本一流男子800m選手のレースパターン分析  
—日本高校新記録のレース分析—

門野洋介<sup>1)</sup> 榎本靖士<sup>1)</sup>

1) 筑波大学

1. はじめに

2010年10月24日、第9回かわさき陸上競技フェスティバルの男子800mにおいて、川元奨選手(北佐久農高)が1分48秒46の日本高校新記録をマークした。本稿では、川元選手のレース分析を行ない、レースパターンの特徴を明らかにすることを目的とした。

2. 方法

分析レースは、第63回全国高校陸上(以下、沖縄IH)および第9回かわさき陸上競技フェスティバル(以下、かわさき)における男子800mレースであった。

これらの競技会の男子800mレースにおいて、2台のビデオカメラを用いてスタンドからレースを

表1 沖縄IH, かわさき, IH優勝者平均および1分48秒5モデルの通過タイム, 区間タイム, 走スピード, ストライドおよびピッチ

		120m	200m	300m	400m	500m	600m	700m	800m
沖縄IH	通過タイム	15.65	26.08	39.91	53.97	1:08.42	1:23.13	1:37.86	1:51.51
	区間タイム 【秒】	15.65	10.43	13.83	14.06	14.45	14.71	14.73	13.65
		26.08		27.89		29.16		28.38	
	スピード 【m/s】	7.67	7.67	7.23	7.11	6.92	6.80	6.79	7.33
1:51.51	ピッチ 【Hz】	3.65	3.53	3.43	3.28	3.37	3.43	3.65	3.68
	ストライド 【m】	2.10	2.18	2.11	2.17	2.06	1.98	1.86	1.99
かわさき	通過タイム	15.53	25.78	39.61	53.39	1:07.30	1:21.10	1:35.20	1:48.46
	区間タイム 【秒】	15.53	10.24	13.83	13.78	13.91	13.80	14.10	13.26
		25.78		27.61		27.71		27.36	
	スピード 【m/s】	7.73	7.81	7.23	7.26	7.19	7.25	7.09	7.54
1:48.46	ピッチ 【Hz】	3.89	3.57	3.44	3.46	3.48	3.55	3.55	3.75
	ストライド 【m】	1.98	2.19	2.10	2.09	2.06	2.04	2.00	2.01
05-'09IH優勝者平均	通過タイム	15.9	26.5	40.8	55.3	1:10.0	1:24.0	1:37.9	1:51.6
	区間タイム 【秒】	15.9	10.6	14.3	14.6	14.6	14.0	13.9	13.6
		26.5		28.8		28.7		27.6	
	スピード 【m/s】	7.53	7.55	7.02	6.87	6.84	7.13	7.17	7.34
1:48.5モデル	通過タイム	15.74	26.08	39.60	53.37	1:07.14	1:20.77	1:34.50	1:48.50
	区間タイム 【秒】	15.74	10.33	13.52	13.77	13.77	13.63	13.73	14.00
		26.08		27.29		27.40		27.73	
	スピード 【m/s】	7.62	7.74	7.40	7.26	7.26	7.34	7.28	7.14

VTR 撮影した。スタートピストルの閃光を映した後、選手を追従撮影した。撮影した VTR 画像から、川元選手の 100m 毎の通過タイムを読み取り、その通過タイムから各 100m 区間に要した時間を算出し、区間タイムと区間平均走スピードを算出した。また、各区間において 10 歩に要した時間を読み取り、1 歩の平均時間の逆数をピッチ、区間走スピードをピッチで除すことによりストライドを算出した。

### 3. 結果および考察

表 1 は、沖縄 IH, かわさき, 2005 年～2009 年の全国高校陸上優勝者の平均 (以下, IH 優勝者平均)

および 1 分 48 秒 5 モデルの通過タイム, 区間タイム, 走スピード, ストライドおよびピッチについて, 図 1 は走スピードの変化について示したものである。ここで, モデルとは, 門野ら (2008) が提案した 800m 走においてよい記録を出すためのペース配分の指標をもとに算出した, 1 分 48 秒 5 を達成するための目安となる通過タイム, 区間タイムおよび走スピードのことを示す。

まず, IH 優勝者平均 (1 分 51 秒 6) と川元選手の沖縄 IH (1 分 51 秒 51) とを比較すると, IH 優勝者平均の走スピードは, 200～500m において漸減し, 500m からフィニッシュにかけて漸増する V 字型のレースパターンを示しているのに対し, 川元選手の

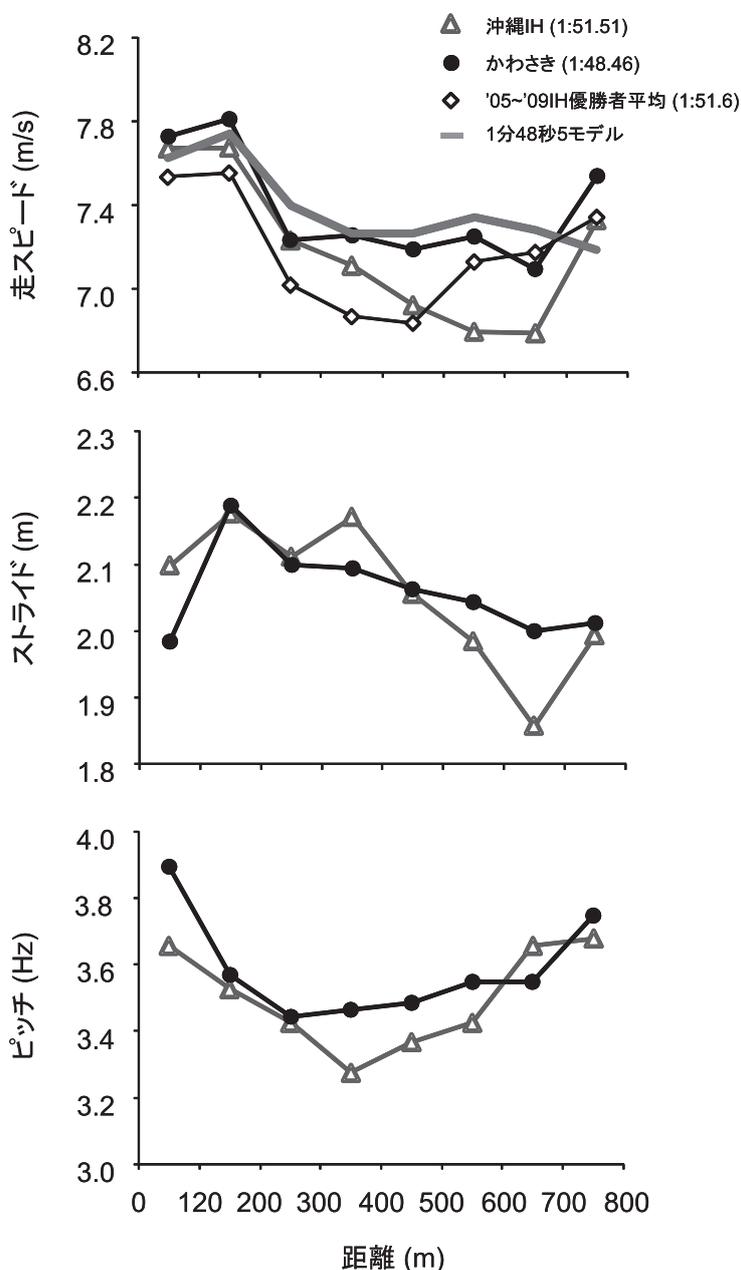


図 1 沖縄 IH, かわさき, IH 優勝者平均および 1 分 48 秒 5 モデルの走スピード, ストライドおよびピッチの変化

沖縄 IH ではスタートから 700m にかけて漸減し、ラスト 100m において走スピードが再び増大するようなパターンであった (図 1)。つまり、フィニッシュタイムは同じでも、過去 5 年間の IH 優勝者のレースパターンは、レース中盤で走スピードが低下し、レース後半の 500m 以降において走スピードが増大していくような特徴がみられるのに対し、川元選手はレース中盤において走スピードが漸減しながらも比較的大きな走スピードを維持し、ラスト 100m においてラストスパートを行なうという特徴がみられた。

次に、川元選手の沖縄 IH と日本高校新記録を達成したかわさきを比較する。かわさきでは、沖縄 IH とは異なり、600m までペースメーカーがレースを引っ張った。走スピードの変化をみると、スタートから 200m および 300m からフィニッシュにおいて大きな走スピードで走っており、特に 400m から 700m においてその差が大きかった。ストライドおよびピッチの変化をみると、ストライドは 120m 以降フィニッシュにかけて漸減するのに対し、ピッチは 300m まで漸減し、その後フィニッシュにかけて漸増するパターンを示しており、これは 800m 走における平均的な変化パターンと同じ傾向を示している (門野ら, 2008)。さらに、かわさきでは、沖縄 IH に比べてその変化が滑らかであったことから、レース中のストライドおよびピッチの急激な変化が少なかったことにより、大きな走スピードを安定して維持することができたと考えられる。また、1 分 48 秒 5 モデルと比較すると、かわさきではスタートから 600m において、モデルに近いレースパターンで走っていたことがわかった。上述のように、かわさきでは 600m までペースメーカーがレースを引っ張った。また、このときのペースは、門野ら (2008) の指標をもとに強化委員会が設定したものであり、そのペースに川本選手が対応できたことが、上述のレースパターンおよび高校新記録達成に結びついた一つの要因であると考えられる。

## 参考文献

門野洋介・阿江通良・榎本靖士・杉田正明・森丘保典 (2008) 記録水準の異なる 800m 走者のレースパターン. 体育学研究, 53 : 247-263.

## 国内一流男子走幅跳選手における助走パターンの事例的分析

荻山 靖<sup>1)</sup> 小山宏之<sup>2)</sup>

1) 筑波大学大学院 2) 筑波大学スポーツ Research & Development コア

### 1. はじめに

走幅跳において優れた記録を達成するためには、助走において高い助走速度の獲得が重要になる。しかし、助走では助走速度を高めると同時に踏切動作を行なうことが要求されるため、踏切数歩前の踏切準備動作が適切に行なわれない場合には、助走速度が高いとしても優れた記録が達成されるとは限らない。したがって、助走ではストライドやピッチなどの大きさや変化パターンから評価される、助走の走り方（助走パターン）を考慮して助走速度を高めることが重要になる。

本報告では、2010年シーズンの主要大会における国内一流男子走幅跳選手を対象に、助走パターンについて、上記に示した助走の特徴に着目し事例的に報告する。

### 2. 方法

#### (1) 対象者および対象競技会

対象者は2010年ランキングにおいて、8.10mで1位の菅井選手、同記録（7.87m）で2位の猿山選手と新村選手の3名とした。対象競技会は以下の通りである。

- ・2010年4月25日 第58回兵庫リレーカーニバル（兵庫RC）
- ・2010年6月5日 第94回日本陸上競技選手権大会（日本選手権）
- ・2010年9月25日 第58回全日本実業団対抗陸上競技選手権大会（実業団）
- ・2010年10月1日 第65回国民体育大会（国体）

なお、兵庫RCおよび日本選手権は日本陸上競技連盟科学委員会の活動により撮影したものであり、実業団および国体は分析試技数を増やすために別途撮影したものである。

#### (2) 撮影試技および撮影方法

助走路側方の観客用スタンド上段から高速度ビデオカメラ（CASIO社製、EX-F1）を用いて、各競技会、各選手の全試技について、助走のスタートから踏切までを毎秒300フレーム、露出時間1/2000秒でパンニング撮影した。また、助走路前方に設置したレーザー速度測定装置（ヘンリージャパン社製、LAVEG, 50Hz）を用い、助走スピードを測定した。なお、ストライド算出のため、助走路の両側に2m間隔に基準マークを貼付した。

#### (3) 分析方法および分析項目

助走の一步ごとの接地および離地のコマ数をカウントすることで一步ごとの滞空時間および接地時間を算出し、両者の和の逆数からピッチを算出した。ストライドは、ビデオ動作解析システム（ディケイエイチ社製、FrameDIAS II Ver.3 for Windows）を用い、助走路の両側に2m間隔で貼付した基準マークの座標値および助走中の各歩のつま先の座標値を読み取り、実長に換算して算出した。レーザー速度測定装置により助走中の最高速度（助走速度）を算出した。なお、菅井選手は補助助走を伴った助走であったため、助走開始地点を両足支持期が無くなった歩からとした。

### 3. 結果

表1に、各選手の記録および助走速度を示した。2010年シーズンでは、菅井選手は日本選手権の6本目に8.10mの自己最高記録（PB）を、猿山選手は国体の3本目に風速2.1m/sとわずかに追い風参考ではあるがPB（7.91m）を超える7.94mを、新村選手は国体の5本目にPB（7.89m）に肉薄する7.87mを記録し、3選手共にPBに対し高い達成率の跳躍が行われていた。また、各試技の助走速度最高値は、

表1 各競技会における記録と助走速度

菅井	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	順位
兵庫RC	F 10.33	7.63 (+0.7) 10.13	8.00 (+2.0) 10.38	7.83 (+1.1) 10.26	F 10.20	7.95 (+1.6) -	1
日本選手権	7.91 (+0.7) 10.26	F 10.50	F 10.50	6.09 (+2.1) 10.42	7.97 (+1.1) 10.36	8.10 (+1.8) 10.58	1
実業団	F 10.19	7.56 (+0.1) 10.24	7.68 (-0.5) 10.23	7.61 (+0.8) 10.35	7.71 (-0.4) 10.16	7.96 (+1.5) 10.35	1
国体	7.76 (+1.0) 10.32	F 10.32	7.85 (+1.4) 10.34	7.78 (+1.2) 10.37	F 10.38	7.71 (+0.2) 10.28	3

猿山	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	順位
兵庫RC	7.65 (+1.0) 10.24	F 9.91	6.12 (+0.7) 10.18	7.82 (+2.0) 10.20	F 10.00	6.39 (+1.6) 10.11	2
日本選手権	F 10.34	7.87 (+1.2) 10.43	F 10.44	F 10.58	F 10.49	7.73 (+0.8) 10.39	2
実業団	7.65 (+2.1) 10.24	7.56 (+0.1) 10.26	7.64 (+0.1) 10.30	7.51 (+0.0) 10.18	7.38 (+0.1) 10.24	7.39 (+0.3) 10.20	2
国体	7.72 (+1.6) 10.34	7.83 (+1.7) 10.41	7.94 (+2.1) 10.45	6.34 (+0.6) 10.39	-	F 10.32	1

新村	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	順位
兵庫RC	7.45 (+2.3) 9.86	7.63 (+1.6) 10.05	7.56 (+0.0) 10.00	7.72 (+2.0) 10.25	7.70 (+1.1) 10.13	7.61 (+0.4) 10.00	4
日本選手権	7.57 (+0.9) 10.28	F 10.16	F 10.39	7.46 (+0.8) 10.33	F 10.33	F 10.51	7
実業団	7.63 (+2.3) 10.17	7.52 (+0.6) 10.21	F 10.20	F 10.27	7.56 (+0.0) 10.15	7.64 (-0.1) 10.20	4
国体	7.57 (+1.0) 10.07	F 10.28	7.85 (+1.1) 10.35	F 10.34	7.87 (+0.5) 10.27	F 10.39	2

(注 上段が記録, 下段が助走速度を示す。

上記の試技の内, 白文字はGood, 黒枠付きはLow-Low, 灰色はHigh-Lowをそれぞれ示している。

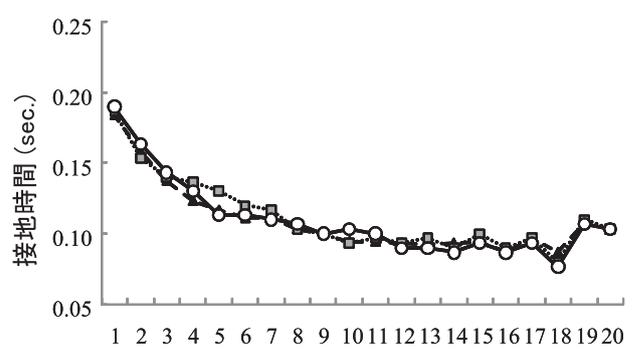
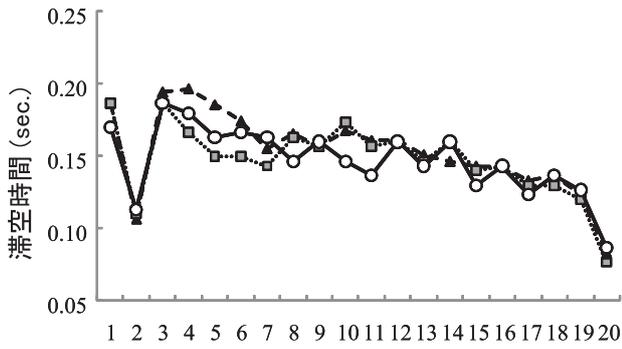
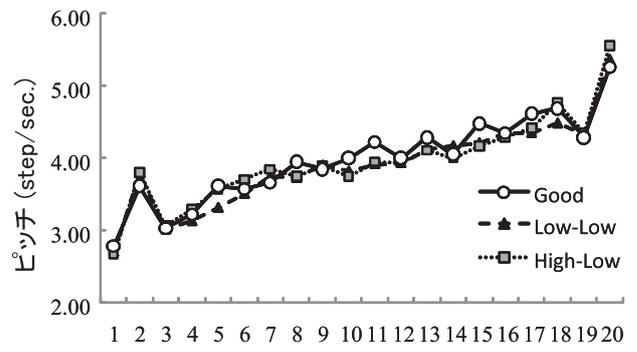
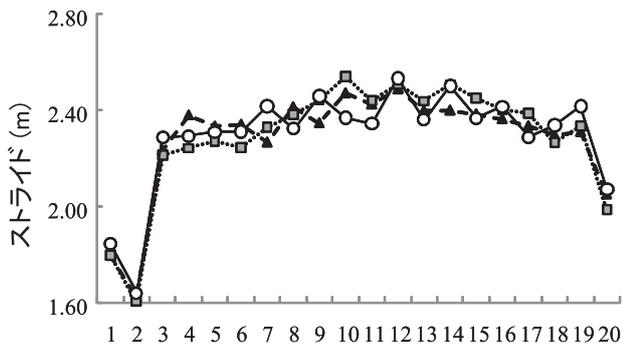
菅井選手が 10.58m/s, 猿山選手が 10.45m/s, 新村選手が 10.27m/s であり, 3 選手共に助走速度が高い場合に 2010 年シーズン最高記録が達成されていた。本報告では, これらの 2010 年シーズン最高記録達成時の助走パターン (Good) と, ① Low-Low: 助走速度と記録がともに低い試技 (着地動作まで行なった試技のみ), ② High-Low: 助走速度は高いが記録が低い試技 (着地動作まで行なわなかった試技も含む) について比較を行い, ①では高い助走速度を獲得する助走パターンについて, ②では優れた記録の獲得につながる助走速度の高め方についての特徴を報告する。なお, 各条件に該当する試技が少なかったため, Low-Low では最も助走速度の低かった 3 試技の平均値を, High-Low では代表的な 1 試技を比較に用いた。

(1) 高い助走速度を獲得する助走パターン (Good vs Low-Low)

以下に示す結果は, Good に対する Low-Low の特

徴であり, 主に助走速度の獲得過程に着目して示している。なお, 以下に示す特徴は, Low-Low の算出に用いた 3 試技すべてにおいてほぼ同様にみられている。

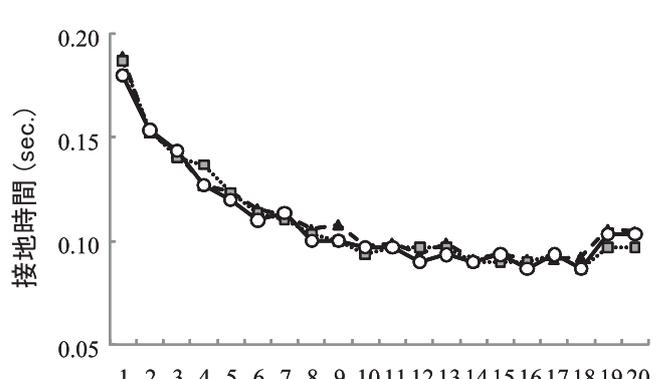
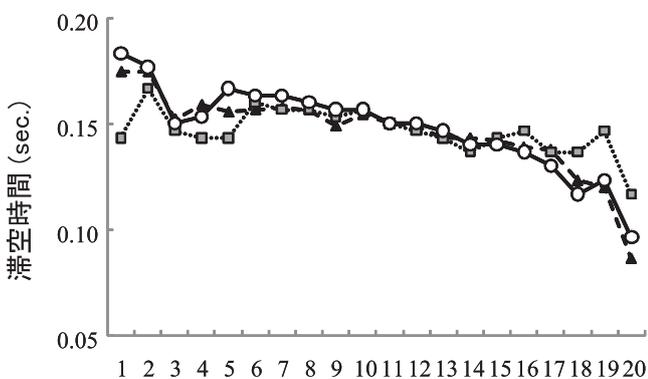
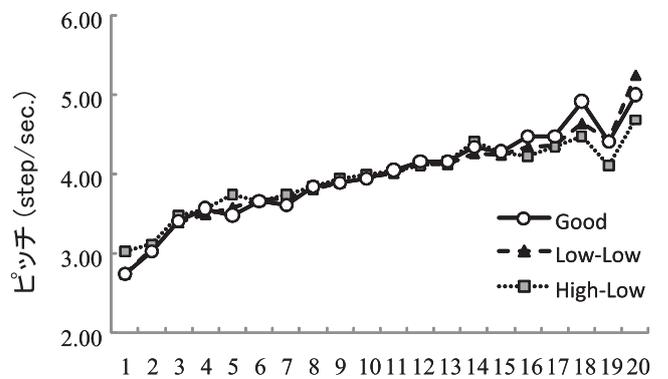
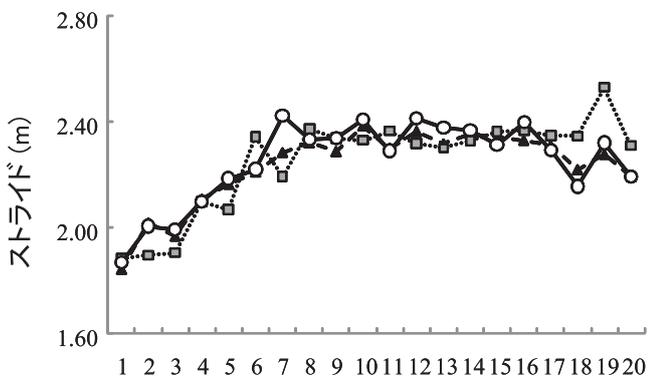
菅井選手は, ストライドには特徴的な相違はみられなかったが, 助走開始 3 歩目以降から滞空時間が高値であることが影響してピッチは低値であった。猿山選手は, ストライドは前半部では特徴的な相違はみられなかったが, 助走開始 7 歩目あたりからは低値であった。ピッチでは特徴的な相違はみられなかったが, このことは, 前半部において滞空時間が低値である一方で, 接地時間はわずかに高値であり両者が相殺しあったためと考えられる。新村選手は, ストライドは全体的に低値であった。ピッチは前半部において高値であり, このことには, 前半部において滞空時間と接地時間が共に低値であることが影響していた。以上のことから, 高い助走速度を獲得するための助走パターンは選手により異なるものの, 各選手に共通して助走前半部における滞空時



歩数

注) 歩数の1が助走開始地点, 20が踏切地点を示している。

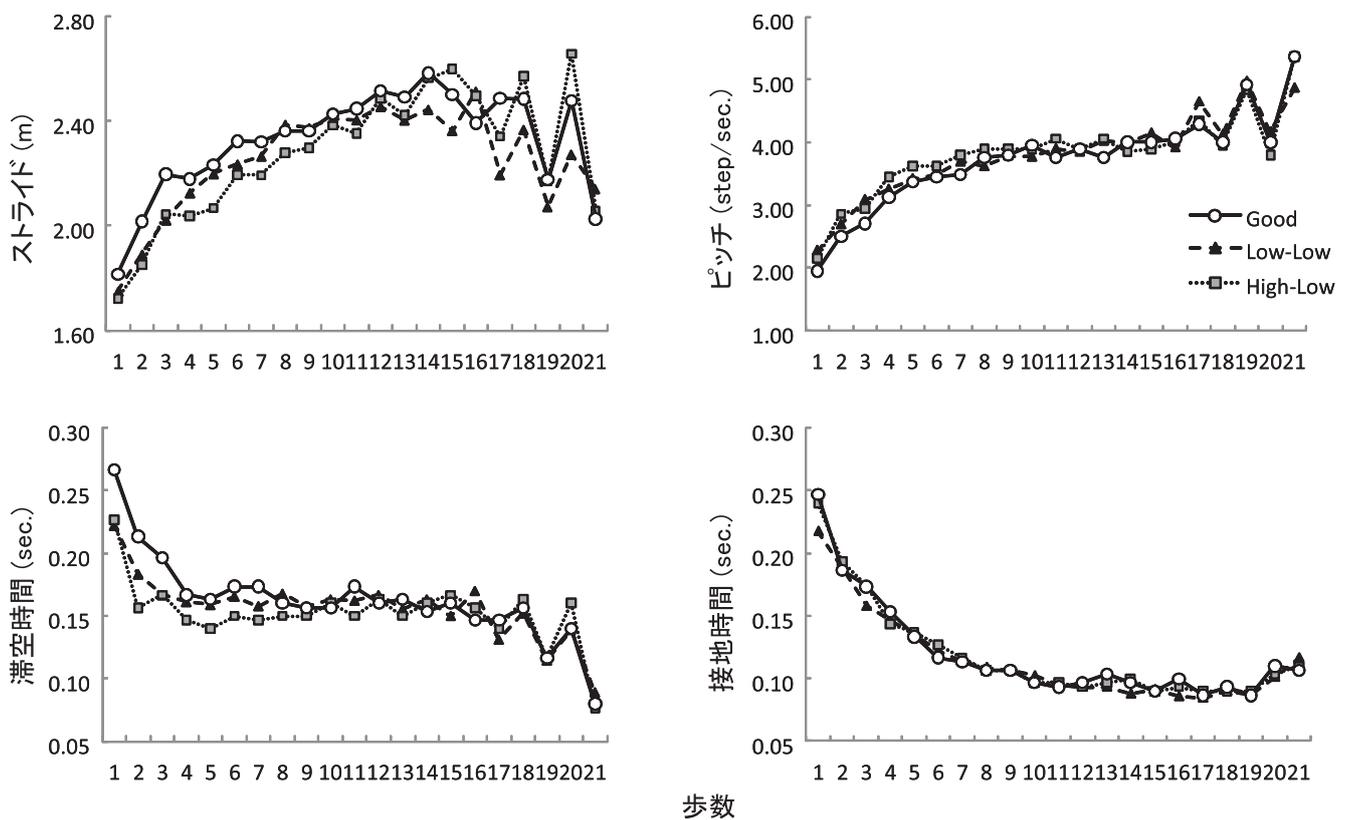
図1 菅井選手におけるストライド, ピッチ, 滞空時間および接地時間の変化パターン



歩数

注) 歩数の1が助走開始地点, 20が踏切地点を示している。

図2 猿山選手におけるストライド, ピッチ, 滞空時間および接地時間の変化パターン



注) 歩数の1が助走開始地点, 21が踏切地点を示している。

図3 新村選手におけるストライド, ピッチ, 滞空時間および接地時間の変化パターン

間の獲得の仕方が高い助走速度獲得の成否に影響する可能性のあることが示唆された。

(2) 優れた記録の獲得につながる助走速度の高め方 (Good vs High-Low)

各選手の High-Low の助走速度は、菅井選手が 10.42m/s、猿山選手が 10.39m/s、新村選手が 10.33m/s と、Good とほぼ同程度であった。しかし、High-Low では菅井選手と猿山選手は着地動作を行わなかったこと、新村選手は 7.46m と記録が低かったことから、適切な踏切動作および踏切準備動作が行える助走パターンではなかった可能性のあることが考えられる。以下では、この要因を検討するために、Good に対する High-Low の特徴を示した。

助走の後半部に着目すると、菅井選手はストライドが高値であり、滞空時間と接地時間の両方が影響してピッチが低値であった。猿山選手はストライドが高値であり、滞空時間が高値であることが影響してピッチが低値であった。新村選手はストライドおよび滞空時間に左右差が顕著であったことに加え、ストライドが高値であり、滞空時間がほぼ高値であったものの接地時間が影響してピッチは同程度であった。つまり、後半部の助走パターンは、各選手

で異なる傾向がみられたものの、ストライドが大きく、滞空時間が長いという共通した特徴がみられた。また、前半部では、3選手に共通して、ストライドが小さく、滞空時間が短いことでピッチが高いという特徴が見られ、ストライドと滞空時間においては後半部と逆の傾向であった。以上のことから、優れた記録の獲得につながる助走速度の高め方には、助走全体を通じて、ストライドおよび滞空時間の獲得の仕方が影響する可能性のあることが示唆された。

今後も継続して撮影を行ない、本報告で示した条件に該当する試技のデータを蓄積していくことで、優れた記録を獲得するための助走パターンについて、より詳細に検討していきたいと考えている。

## 競技会における一流男女走幅跳および三段跳選手の助走スピード分析

小山宏之<sup>1)</sup> 村木有也<sup>2)</sup> 柴山一仁<sup>1)</sup> 清水 悠<sup>1)</sup> 築野 愛<sup>1)</sup> 荻山 靖<sup>1)</sup> 阿江通良<sup>1)</sup>  
1) 筑波大学 2) 大阪電気通信大学

### 1. はじめに

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

### 2. 方法

助走路前方のスタンドにレーザー式速度測定装置 laveg を設置し、助走スタートから着地までの選手の移動を助走前方より 50 もしくは 100Hz で測定した。得られた距離データを時間微分することにより疾走スピードを算出した後、Butterworth low-pass digital filter を用いて 0.5Hz で平滑化を行った。スタンドの高さの補正は、助走路上に 2 点のキャリブレーションマーカを設置し、マーカと laveg までの距離を計測した後、三平方の定理を用いて算出した。

2010 年に測定を行った試合は以下の通りである。

- 2010 年 4 月 25 日 第 58 回兵庫リレーカーニバル
- 2010 年 4 月 29 日 第 44 回織田幹雄記念国際陸上競技大会
- 2010 年 6 月 4 日～6 月 6 日 第 94 回日本陸上競技選手権大会
- 2010 年 11 月 22 日～11 月 27 日 第 16 回アジア大会

### 3. 結果

#### 3.1 男子走幅跳選手の助走スピード曲線

表 1～3 は 2010 兵庫リレーカーニバル (兵庫)、日本選手権 (NCH) およびアジア大会 (Asia) における入賞選手の最高スピードおよびその出現地点を、図 1～3 は 2010 兵庫 RC, NCH および Asia にお

ける上位入賞選手の助走スピード曲線を示したものである。

2010 年、菅井選手は兵庫と NCH の 2 試合で 8.00m を超える跳躍を行った。菅井選手は '09NCH において公認で初の 8.00m を記録したが、これらと比較すると、'10 兵庫の 8.00m 時の助走スピードは '09NCH の 8.00m の試技 (10.33m/s@6.8m, 小山ら, 2010) とほぼ同程度であった。一方、'10NCH の 8.10m 時の助走スピードはその他の 8.00m の跳躍よりも大きく、2007 年以降に測定された菅井選手のデータで最も大きい値であった。なお、菅井選手は '08NCH で 8.13m (+3.0 追参) を跳躍しているが、その際の助走スピードは 10.45m/s @ 7.9m であった。

2010 年はアジア大会が開催され、アジアトップ選手の助走スピードを測定することができた。試合は 8.11m で金選手 (KOR, PB:8.20m) が優勝し、苏選手 (CHN, PB:8.17m) が 8.05m で 2 位であった。各選手の助走スピードの測定結果を見ると (表 3 および図 3)、金選手の 8.11m の試技では 10.49m/s、苏選手の 8.05m では 10.50m/s であった。この測定結果を過去の国内選手の測定結果と比較すると、菅井、品田、荒川、猿山選手らとほぼ同程度の助走スピード最高値であると言える。各選手が出すことのできる最高スピードのデータがないことから、助走におけるスピードが最大スピードの何割にあたるかは判断できないが、助走中の最高スピードに関してはアジアトップ選手と日本選手に差はないと言える。

また、'01 年から '09 年の科学委員会の測定データ結果では、8.00～8.20m の選手 27 名の最高スピードの平均値は 10.51 ± 0.22m/s、8.20m への選手 12 名の最高スピードの平均値は 10.65 ± 0.20m/s であり、アジア大会における金および苏選手、'10 年の菅井選手の跳躍もこの測定範囲に収まるものであったと言える。

表1 2010兵庫リレーカーニバル男子走幅跳入賞選手の各試技の助走における最高スピードおよびその出現地点

	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th
菅井	F 10.33 (@ 7.5)	7.63 (+0.7) 10.13 (@ 5.5)	8.00 (+2.0) 10.38 (@ 7.4)	7.83 (+1.1) 10.26 (@ 6.6)	F 10.20 (@ 6.5)	-
猿山	7.65 (+1.0) 10.24 (@ 6.4)	F 9.91 (@ 7.2)	6.12 (+0.7) 10.18 (@ 6.1)	7.82 (+2.0) 10.21 (@ 5.5)	F 10.00 (@ 7.6)	6.39 (+1.6) 10.11 (@ 6.0)
荒川	F 10.32 (@ 8.0)	F 10.26 (@ 6.1)	7.63 (+1.0) 10.33 (@ 5.0)	7.81 (+1.9) 10.56 (@ 7.8)	F 10.11 (@ 5.8)	6.11 (+0.4) 10.41 (@ 7.9)
新村	7.45 (+2.3) 9.86 (@ 5.9)	7.63 (+1.6) 10.05 (@ 5.3)	7.56 (-0.0) 10.00 (@ 5.8)	7.72 (+2.0) 10.00 (@ 5.8)	7.70 (+1.1) 10.13 (@ 6.5)	7.61 (+0.0) 10.00 (@ 5.8)
志鎌	F 9.82 (@ 5.7)	7.33 (+0.5) 10.03 (@ 5.7)	7.57 (+0.4) 9.99 (@ 5.5)	7.64 (+1.6) 10.04 (@ 6.0)	F 10.09 (@ 8.1)	-
皆川	7.14 (+1.4) 10.16 (@ 6.8)	7.51 (+0.7) 10.25 (@ 7.6)	7.35 (+1.4) 10.26 (@ 6.6)	7.54 (+2.2) 10.23 (@ 6.4)	F 10.10 (@ 5.9)	7.64 (+0.9) 10.17 (@ 7.0)
品田	7.56 (+1.4) 10.42 (@ 6.4)	7.53 (+0.4) 10.26 (@ 7.9)	6.95 (+1.6) 10.38 (@ 7.0)	F 10.23 (@ 7.2)	7.36 (-0.3) 10.04 (@ 7.0)	-
小川	7.46 (+2.7) 9.92 (@ 5.2)	7.44 (+2.2) 9.88 (@ 5.6)	7.45 (+0.3) 9.67 (@ 5.6)	5.84 (+1.1) 9.74 (@ 5.5)	7.41 (+2.1) 9.75 (@ 5.5)	7.08 (+1.3) 9.88 (@ 4.9)

注) 数値は上段が跳躍記録, 下段が最高スピードおよび括弧内は出現地点

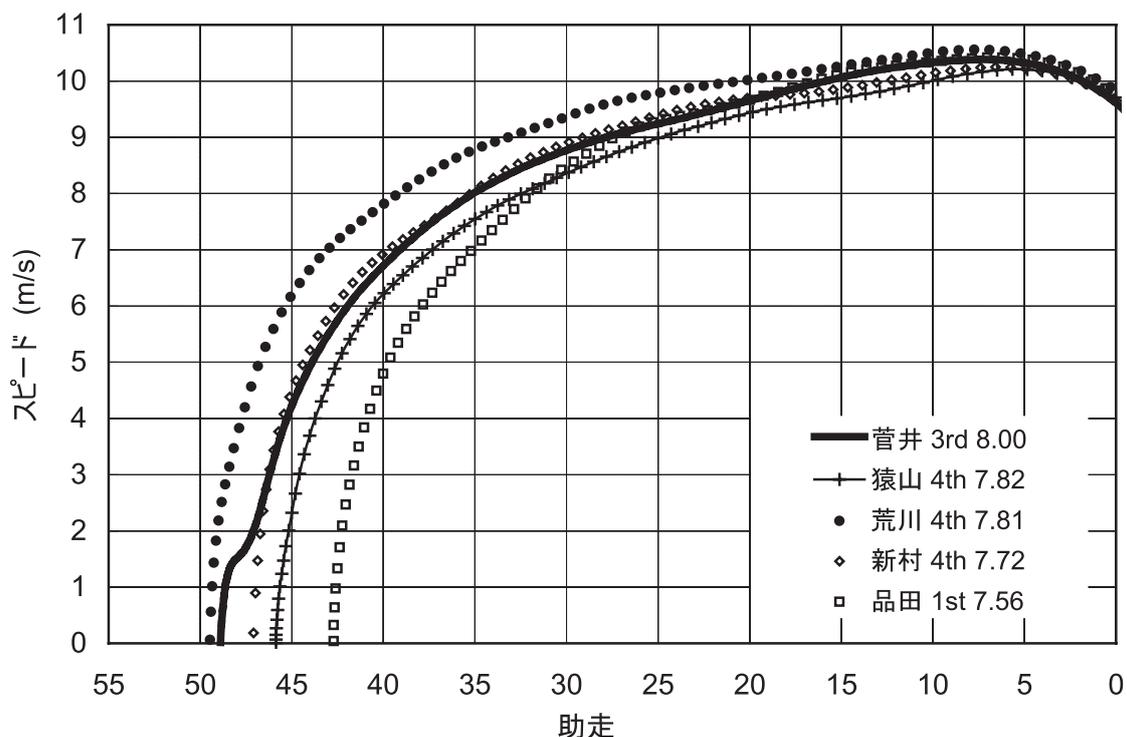


図1 2010兵庫リレーカーニバル男子走幅跳上位入賞選手の助走スピード曲線 (0mが踏切板)

表2 2010 日本選手権男子走幅跳入賞選手の各試技の助走における最高スピードおよびその出現地点

	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th
菅井	7.91 (+0.7) 10.26 (@ 5.9)	F 10.50 (@ 6.9)	F 10.50 (@ 6.5)	6.09 (+2.1) 10.42 (@ 7.6)	7.97 (+1.1) 10.36 (@ 6.5)	8.10 (+1.8) 10.58 (@ 7.2)
猿山	F 10.34 (@ 5.7)	7.87 (+1.2) 10.43 (@ 6.2)	F 10.44 (@ 5.7)	F 10.58 (@ 5.5)	F 10.49 (@ 6.2)	7.73 (+0.8) 10.39 (@ 6.6)
品田	7.60 (-1.2) 10.49 (@ 7.4)	7.83 (+0.0) 10.49 (@ 7.2)	7.24 (+2.2) 10.58 (@ 6.9)	F 10.56 (@ 5.9)	7.73 (+1.7) 10.52 (@ 8.0)	7.46 (+0.9) 10.71 (@ 6.9)
志鎌	7.62 (+1.1) 10.21 (@ 6.1)	F 10.29 (@ 6.7)	7.58 (+1.8) 10.39 (@ 5.6)	7.76 (+2.0) 10.27 (@ 5.8)	F 10.20 (@ 6.5)	7.66 (+1.1) 10.26 (@ 6.3)
皆川	7.06 (-2.0) 9.81 (@ 6.5)	F 10.09 (@ 6.1)	7.56 (+1.2) 10.11 (@ 6.1)	F 10.38 (@ 6.5)	F 10.25 (@ 7.1)	7.68 (+2.4) 10.36 (@ 7.4)
荒川	7.58 (+1.0) 10.39 (@ 7.6)	7.60 (+0.7) 10.43 (@ 9.1)	F 10.60 (@ 5.9)	F 10.28 (@ 6.7)	7.51 (+1.5) 10.49 (@ 7.8)	7.64 (+2.0) 10.58 (@ 7.2)
新村	7.57 (+0.9) 10.28 (@ 6.1)	F 10.16 (@ 6.2)	F 10.39 (@ 5.8)	7.46 (+0.8) 10.33 (@ 6.6)	F 10.33 (@ 6.5)	F 10.51 (@ 5.7)
堀池	7.16 (+1.4) 10.28 (@ 7.6)	F 10.28 (@ 7.8)	7.56 (+1.0) 10.28 (@ 6.5)	-	-	7.14 (+2.2) 10.38 (@ 6.5)

注) 数値は上段が跳躍記録, 下段が最高スピードおよび括弧内は出現地点

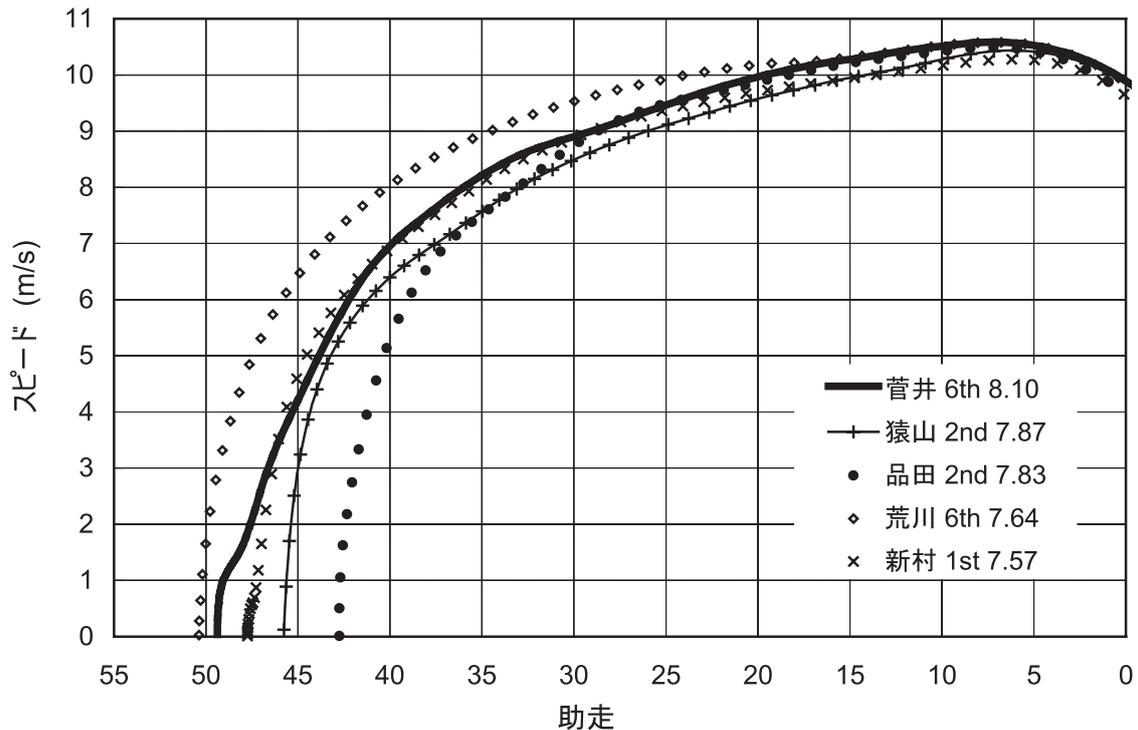


図2 2010 日本選手権男子走幅跳上位入賞選手の助走スピード曲線 (0mが踏切板)

表3 2010 アジア大会男子走幅跳上位入賞選手の各試技の助走における最高スピードおよびその出現地点

	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th
Kim (KOR)	F 10.11 (@ 5.4)	7.95 (-0.8) 10.14 (@ 5.5)	-	F 10.05 (@ 5.9)	8.11 (-0.2) 10.49 (@ 7.1)	-
Su (CHN)	7.82 (-0.2) 10.69 (@ 6.3)	8.05 (-0.2) 10.50 (@ 8.1)	7.85 (-0.5) 10.70 (@ 7.6)	7.93 (-0.6) 10.35 (@ 5.7)	-	F 10.52 (@ 6.7)
Alsaba (KSA)	7.83 (+0.1) 10.28 (@ 7.4)	F 10.38 (@ 8.2)	-	7.90 (-0.5) 10.39 (@ 7.2)	7.88 (-0.2) 10.56 (@ 7.7)	7.96 (-0.8) 10.49 (@ 7.0)
菅井	7.63 (-0.2) 10.41 (@ 7.4)	7.53 (-0.3) 10.25 (@ 8.3)	F 10.27 (@ 4.5)	7.53 (-0.8) 10.23 (@ 7.8)	F 10.23 (@ 8.2)	F 10.36 (@ 6.6)

注) 数値は上段が跳躍記録, 下段が最高スピードおよび括弧内は出現地点

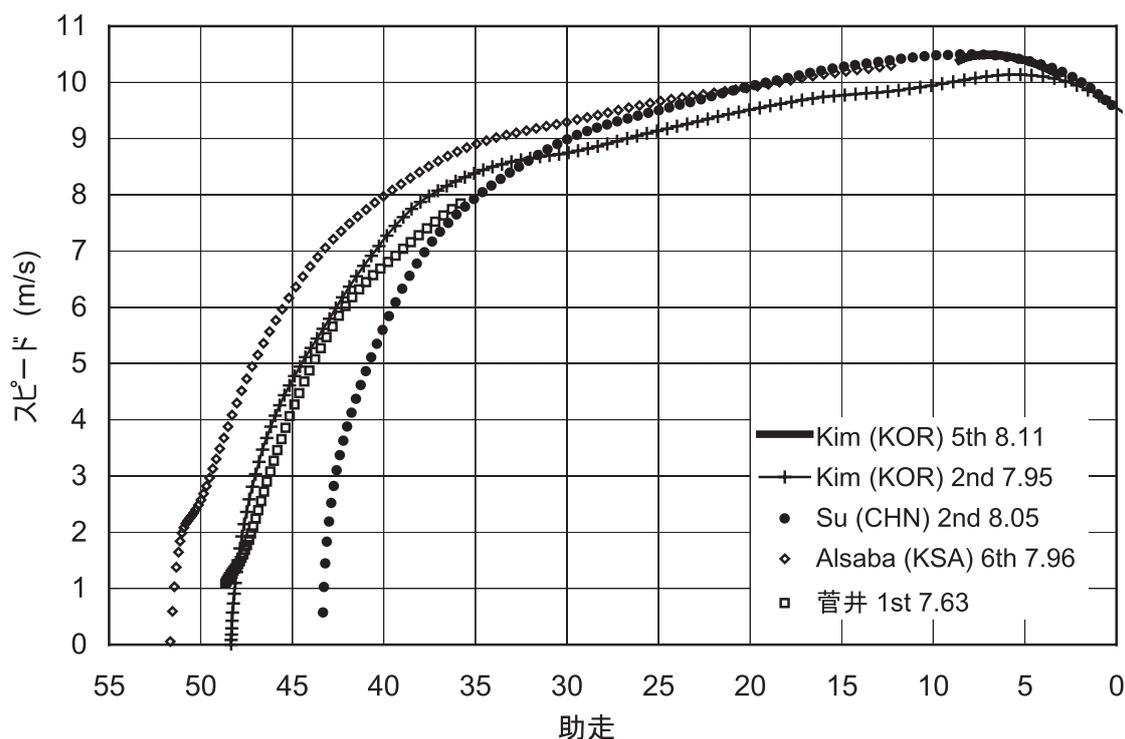


図3 2010 日本選手権男子走幅跳上位入賞選手の助走スピード曲線 (0mが踏切板)

### 3.2 女子走幅跳選手の助走スピード曲線

表4～5は2010 NCHおよびAsiaにおける女子走幅跳入賞選手の最高スピードおよびその出現地点を示し, 図4～5は2010NCHおよびAsiaにおける上位入賞選手の助走スピード曲線を示したものである。

'09年NCHでは6.60 mを超える跳躍を行った梶見選手であったが, '10年のNCHでは6.20 m台の記録であった。この2年間を比較すると, '09NCHにおける梶見選手の助走最高スピードは9.25～9.41 m/sの範囲であったが, '10NCHでは8.95～9.10m/sの範囲であった。また, Asiaにおいても9.00m/sをやや下回る助走最高スピードであり, '09年よりも記録が低かった要因の1つに助走スピードが考えられる。

井村選手は測定したNCH, Asiaともに6.30m台の記録であったが, 助走スピードはどちらの試合も9.20m/s前後であった。

アジア大会で6.53mを跳躍した鄭選手 (KOR, PB, 6.76m) の助走スピードは日本の2選手よりも小さい8.95m/sであった。鄭選手はその他の試技においても6.30～6.50mの跳躍を行っているが同様に助走スピードは日本選手よりも小さかった。この結果は, 鄭選手の跳躍は日本選手よりも効率の良いものであったことを示すと考えられる。

### 3.3 男子三段跳選手の助走スピード曲線

表6～8は2010 織田記念, NCHおよびAsiaにおける入賞選手の最高スピードおよびその出現地点を, 図6～8は2010 織田記念, NCHおよびAsiaに

表4 2010 日本選手権女子走幅跳上位入賞選手の各試技の助走における最高スピードおよびその出現地点

	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th
井村	5.99 (+0.0) 9.12 (@ 7.7)	6.12 (+0.5) 9.11 (@ 7.0)	6.22 (+0.4) 9.04 (@ 6.4)	6.17 (-0.5) 9.10 (@ 6.6)	6.31 (-1.4) 9.27 (@ 5.9)	6.25 (-0.2) 9.19 (@ 6.8)
榎見	6.12 (+0.4) 9.04 (@ 7.0)	6.12 (+0.9) 9.10 (@ 7.4)	6.10 (-0.5) 8.95 (@ 6.7)	6.12 (+0.6) 9.10 (@ 7.0)	6.20 (+0.4) 9.05 (@ 6.7)	6.23 (-0.8) 9.03 (@ 7.5)
高武	F 8.67 (@ 5.4)	5.91 (-0.4) 8.65 (@ 6.4)	5.99 (+0.4) 8.72 (@ 5.8)	5.86 (-0.5) 8.60 (@ 5.7)	5.94 (+0.9) 8.64 (@ 6.0)	F 8.53 (@ 6.7)
宇佐波	5.64 (-0.9) 8.68 (@ 5.9)	F 8.83 (@ 6.3)	5.74 (+0.0) 8.82 (@ 6.9)	5.94 (-0.9) 8.94 (@ 6.0)	5.87 (-0.7) 8.73 (@ 8.4)	-
湊	5.84 (-1.0) 8.52 (@ 4.9)	F 8.51 (@ 5.1)	4.23 (-0.7) 8.55 (@ 5.4)	F 8.51 (@ 4.7)	5.88 (+0.4) 8.59 (@ 5.0)	F 8.46 (@ 5.1)
平加	5.86 (+0.4) 8.94 (@ 6.9)	F 8.76 (@ 6.9)	5.81 (+0.1) 8.80 (@ 6.2)	5.77 (+0.3) 8.81 (@ 6.6)	F 8.88 (@ 5.4)	5.71 (-0.5) 8.83 (@ 6.5)
渡邊	5.66 (+0.6) 8.67 (@ 7.7)	5.84 (+0.3) 8.71 (@ 7.7)	5.73 (-0.6) 8.66 (@ 6.7)	5.79 (-0.4) 8.62 (@ 6.6)	5.67 (+0.3) 8.55 (@ 6.1)	5.68 (-0.3) 8.55 (@ 7.2)
濱島	5.55 (-0.5) 8.21 (@ 5.1)	F 8.47 (@ 7.3)	5.75 (-0.4) 8.42 (@ 5.2)	F 8.48 (@ 5.6)	5.67 (-0.2) 8.30 (@ 5.9)	5.79 (+0.5) 8.54 (@ 5.0)

注) 数値は上段が跳躍記録, 下段が最高スピードおよび括弧内は出現地点

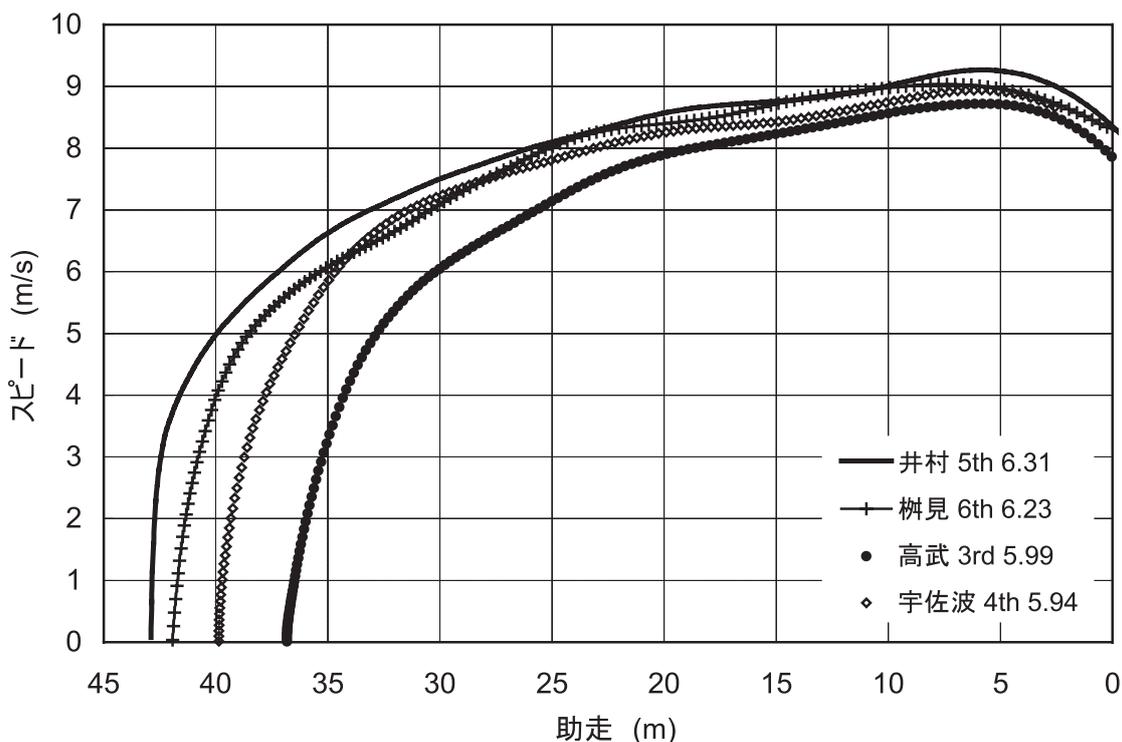


図4 2010 日本選手権女子走幅跳上位入賞選手の助走スピード曲線 (0mが踏切板)

表5 2010 アジア大会女子走幅跳上位入賞選手の各試技の助走における最高スピードおよびその出現地点

	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th
Jung (KOR)	6.34 (+0.5) 9.06 (@ 5.7)	F 8.99 (@ 5.6)	6.22 (-0.9) 8.94 (@ 5.4)	6.53 (-0.9) 8.95 (@ 5.9)	6.43 (-0.7) 8.96 (@ 5.7)	-
Rypakova (KAZ)	6.31 (+0.4) 9.29 (@ 7.6)	F 9.10 (@ 6.9)	6.50 (-0.4) 9.18 (@ 5.9)	6.44 (-0.8) 9.19 (@ 6.3)	F 9.20 (@ 5.8)	F 9.22 (@ 6.5)
Tarasova (UZB)	F 8.84 (@ 6.2)	6.42 (+0.4) 8.95 (@ 6.4)	6.11 (-0.3) 8.99 (@ 5.3)	-	6.37 (-0.7) 8.80 (@ 5.3)	6.31 (-0.1) 8.90 (@ 4.8)
Torres (PHI)	6.49 (+1.1) 9.09 (@ 6.2)	F 9.13 (@ 3.4)	-	F 8.98 (@ 5.3)	F 8.97 (@ 4.5)	F 9.06 (@ 6.1)
井村	6.37 (+0.7) 9.21 (@ 8.0)	9.11 (+0.0) 9.11 (@ 6.2)	6.37 (-0.4) 9.10 (@ 6.5)	6.28 (-0.7) 9.23 (@ 6.6)	-	6.30 (-0.4) 9.20 (@ 7.6)
Lu (CHN)	6.36 (+0.4) 8.92 (@ 5.5)	6.36 (+1.0) 9.03 (@ 5.5)	6.14 (-0.2) 8.74 (@ 5.9)	6.13 (-0.9) 8.79 (@ 5.2)	6.21 (-0.9) 8.75 (@ 4.6)	F 8.94 (@ 5.6)
Johny (IND)	6.33 (+0.9) 8.97 (@ 5.0)	6.25 (+0.2) 8.93 (@ 6.7)	6.23 (-0.4) 8.96 (@ 7.9)	F 8.88 (@ 5.8)	F 8.83 (@ 7.1)	-
梶見	6.11 (+0.5) 8.96 (@ 7.8)	F 8.82 (@ 6.1)	6.06 (-0.6) 8.85 (@ 6.3)	F 8.86 (@ 6.7)	F 8.90 (@ 6.9)	6.03 (-0.6) 8.79 (@ 6.5)

注) 数値は上段が跳躍記録, 下段が最高スピードおよび括弧内は出現地点

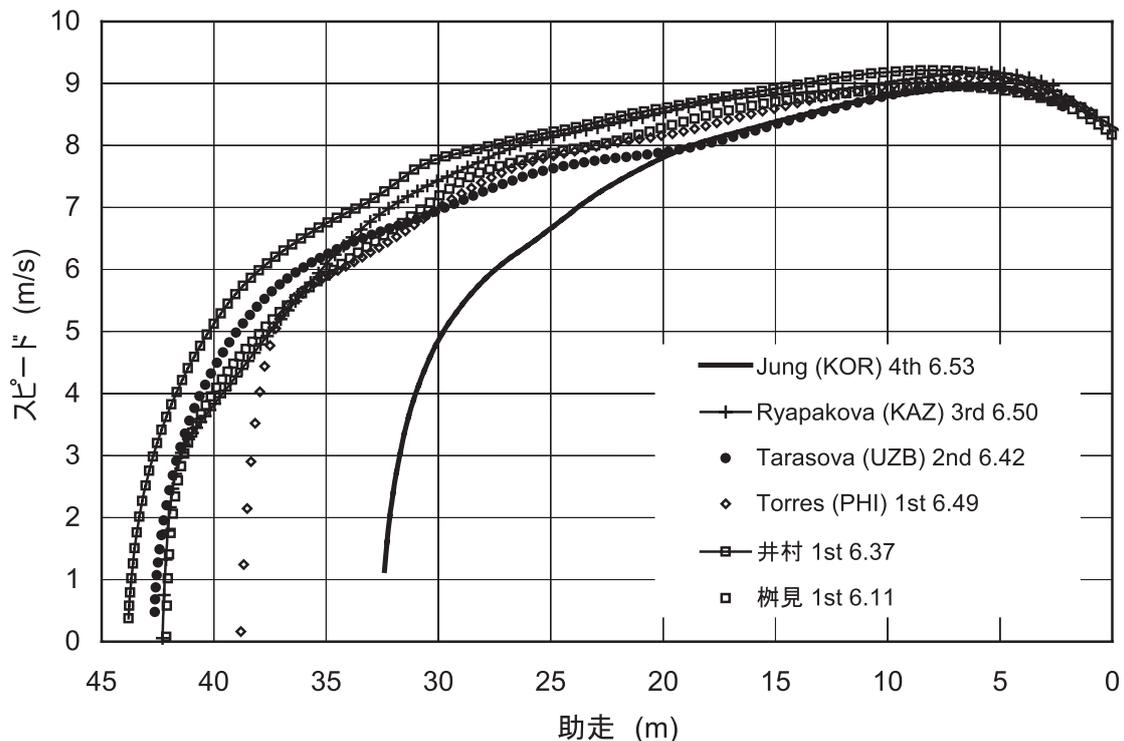


図5 2010 アジア大会女子走幅跳上位入賞選手の助走スピード曲線 (0mが踏切板)

表6 2010 織田記念男子三段跳上位入賞選手の各試技の助走における最高スピードおよびその出現地点

	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th
董	F 9.34 (@ 5.1)	15.74 (+0.3) 9.40 (@ 5.8)	F 9.23 (@ 5.2)	15.90 (+0.3) 9.62 (@ 4.5)	-	16.37 (+1.2) 9.70 (@ 5.0)
石川	15.73 (-0.3) 9.68 (@ 4.3)	F 9.73 (@ 9.9)	F 9.36 (@ 9.0)	15.63 (+0.1) 9.82 (@ 4.5)	16.35 (+3.3) 9.86 (@ 6.1)	15.94 (+3.0) 10.21 (@ 5.7)
梶川	15.55 (-0.9) 10.05 (@ 4.6)	15.52 (+1.0) 10.22 (@ 5.0)	15.53 (-1.4) 9.99 (@ 6.7)	15.66 (+0.1) 10.15 (@ 6.1)	15.60 (-1.1) 10.11 (@ 4.7)	16.23 (+2.2) 10.22 (@ 7.8)
十亀	F 9.61 (@ 4.6)	F 9.78 (@ 5.3)	15.72 (+0.5) 9.90 (@ 6.2)	F 9.92 (@ 6.3)	15.84 (+2.3) 9.95 (@ 5.2)	16.16 (+0.7) 9.97 (@ 5.7)
鈴木	F 10.18 (@ 4.7)	14.85 (-1.0) 10.08 (@ 4.8)	15.43 (-0.9) 9.86 (@ 5.2)	14.97 (-0.1) 10.17 (@ 6.2)	15.64 (+0.0) 10.18 (@ 5.8)	15.56 (+0.2) 10.27 (@ 5.7)
角山	14.90 (-1.1) 9.28 (@ 4.3)	15.56 (+2.4) 9.67 (@ 5.6)	15.30 (-0.4) 9.58 (@ 5.2)	F 9.56 (@ 5.2)	15.52 (+3.9) 9.77 (@ 5.8)	F 9.51 (@ 5.3)

注) 数値は上段が跳躍記録, 下段が最高スピードおよび括弧内は出現地点

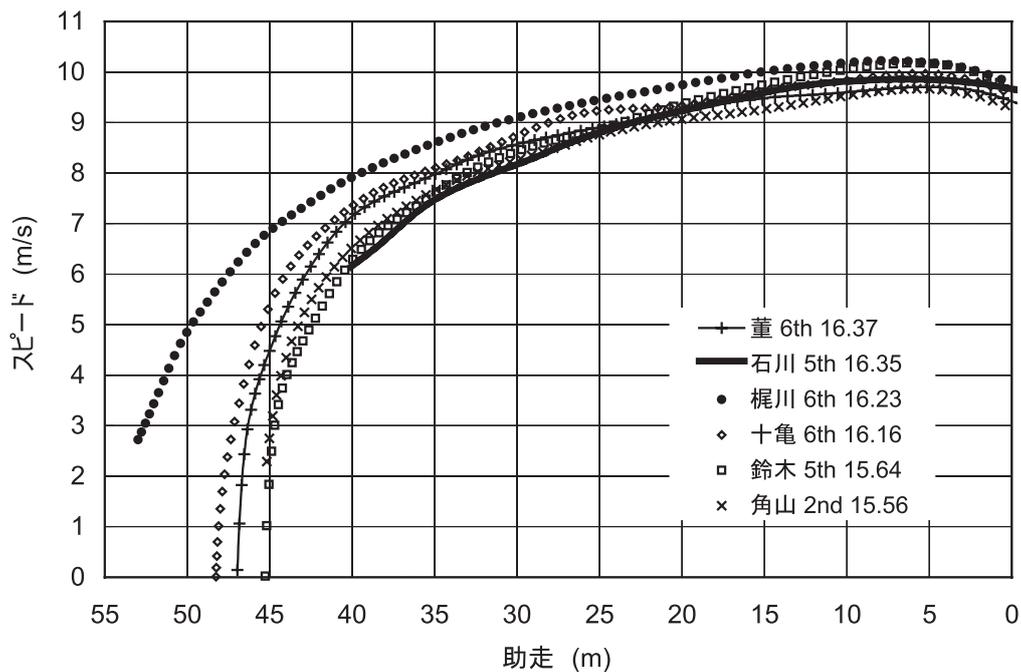


図6 2010 織田記念男子三段跳上位入賞選手の助走スピード曲線 (0mが踏切板)

表7 2010 日本選手権男子三段跳上位入賞選手の各試技の助走における最高スピードおよびその出現地点

	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th
鈴木	F 10.33 (@ 5.2)	10.27 (+0.9) 10.27 (@ 5.9)	15.81 (+0.6) 10.30 (@ 6.7)	16.17 (+0.8) 10.25 (@ 5.8)	15.86 (+0.5) 10.36 (@ 5.9)	F 10.32 (@ 6.6)
梶川	15.63 (+0.9) 10.16 (@ 7.8)	15.63 (-0.5) 10.07 (@ 6.5)	15.54 (+0.5) 10.24 (@ 6.3)	16.09 (+1.0) 10.25 (@ 6.8)	F 10.21 (@ 6.5)	15.89 (+0.5) 10.04 (@ 6.5)
角山	-	15.63 (+0.0) 9.78 (@ 4.7)	15.96 (+0.0) 9.57 (@ 5.1)	15.28 (+0.5) 9.60 (@ 4.1)	15.61 (+0.5) 9.34 (@ 4.7)	15.70 (+0.5) 9.65 (@ 4.5)
稲葉	15.56 (+0.8) 9.98 (@ 4.6)	F 9.91 (@ 5.4)	15.82 (+1.0) 9.89 (@ 5.7)	15.90 (+1.1) 9.91 (@ 5.1)	F 9.82 (@ 5.0)	15.34 (+0.6) 9.98 (@ 5.3)
堀内	14.10 (+0.0) 9.43 (@ 4.6)	F 9.61 (@ 4.3)	15.86 (+0.9) 9.66 (@ 4.1)	F 9.58 (@ 4.2)	F 9.61 (@ 5.2)	F 9.64 (@ 4.2)
松下	F 9.79 (@ 5.7)	15.68 (+0.4) 9.72 (@ 5.1)	F 9.91 (@ 4.9)	F 9.67 (@ 4.3)	F 9.35 (@ 4.0)	15.82 (+1.9) 9.79 (@ 5.1)
山本	15.58 (+0.5) 9.58 (@ 4.7)	15.74 (+0.6) 9.55 (@ 4.9)	15.52 (+0.9) 9.45 (@ 4.9)	15.59 (+0.7) 9.35 (@ 4.6)	15.18 (+0.5) 9.29 (@ 4.7)	15.54 (+1.0) 9.33 (@ 4.4)
塩見	F 9.66 (@ 6.0)	15.20 (-0.2) 9.54 (@ 4.6)	15.66 (+0.8) 9.79 (@ 4.2)	15.00 (+1.1) 9.59 (@ 4.2)	F 9.66 (@ 4.5)	F 9.59 (@ 4.2)

注) 数値は上段が跳躍記録, 下段が最高スピードおよび括弧内は出現地点

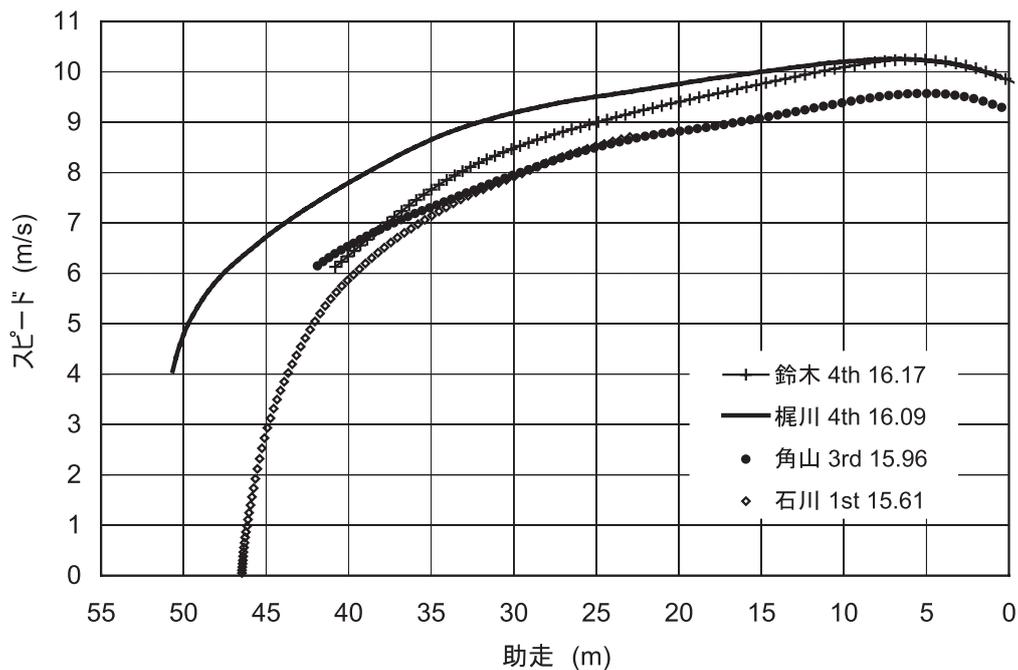


図7 2010 日本選手権男子三段跳上位入賞選手の助走スピード曲線 (0mが踏切板)

表 8 2010 アジア大会男子三段跳上位入賞選手の各試技の助走における最高スピードおよびその出現地点

	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th
Li (CHN)	16.40 (+0.7) 9.76 (@ 5.4)	16.13 (+0.8) 9.62 (@ 5.8)	16.74 (+0.9) 9.75 (@ 4.9)	16.45 (+0.8) 9.49 (@ 5.1)	16.94 (+1.2) 9.65 (@ 5.1)	-
Ektov (KAZ)	16.44 (+1.4) 9.74 (@ 6.0)	F 9.66 (@ 4.9)	16.58 (+0.5) 9.60 (@ 5.1)	16.67 (+0.8) 9.70 (@ 4.7)	16.86 (+1.2) 9.83 (@ 4.7)	16.68 (+0.8) 9.88 (@ 4.8)
Cao (CHN)	F 9.47 (@ 7.0)	16.13 (+1.1) 9.62 (@ 4.4)	F 9.49 (@ 5.4)	F 9.49 (@ 5.6)	16.54 (+0.9) 9.77 (@ 5.4)	16.84 (+0.9) 9.93 (@ 4.0)
Maheswary (IND)	16.09 (+0.7) 9.69 (@ 8.5)	16.33 (+1.3) 9.78 (@ 6.1)	16.18 (+0.4) 9.89 (@ 5.7)	16.76 (+0.8) 9.88 (@ 6.3)	16.71 (+0.9) 9.85 (@ 4.4)	16.32 (+1.1) 9.79 (@ 3.8)
Kim (KOR)	F 9.90 (@ 4.5)	F 9.78 (@ 4.5)	16.56 (+0.6) 9.77 (@ 2.9)	F 10.06 (@ 4.9)	F 9.92 (@ 3.5)	F 9.84 (@ 5.4)
Valiyev (KAZ)	F 9.98 (@ 4.5)	16.44 (+0.5) 9.95 (@ 5.8)	F 10.00 (@ 4.3)	16.51 (+0.7) 9.96 (@ 3.9)	F 9.95 (@ 3.6)	F 9.97 (@ 3.4)

注) 数値は上段が跳躍記録, 下段が最高スピードおよび括弧内は出現地点

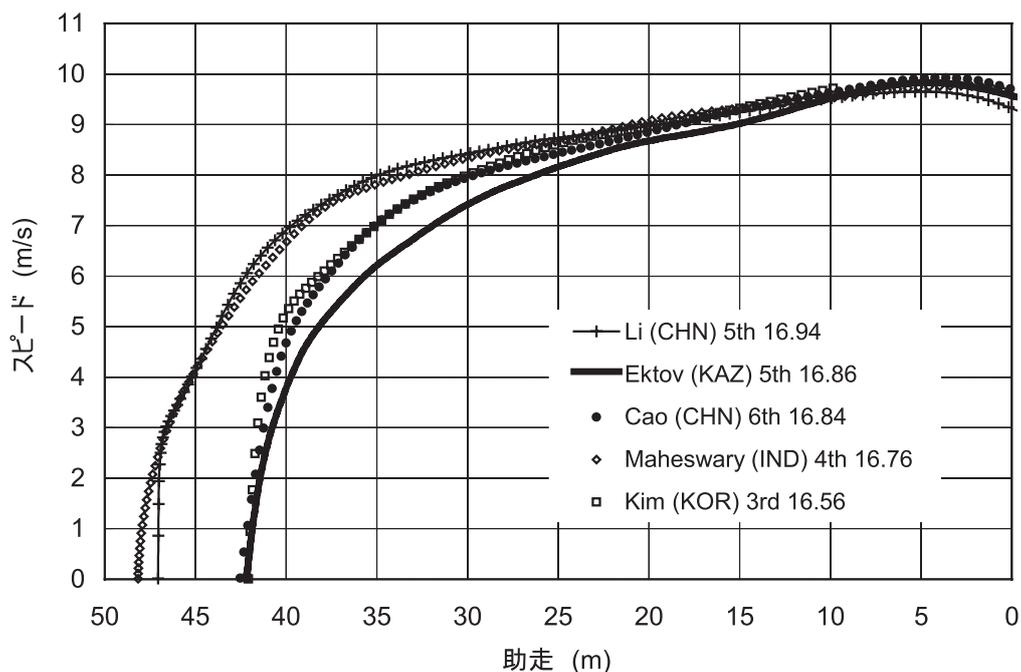


図 8 2010 アジア大会男子三段跳上位入賞選手の助走スピード曲線 (0m が踏切板)

表9 2010 織田記念女子三段跳上位入賞選手の各試技の助走における最高スピードおよびその出現地点

	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th
劉	13.00 (+0.0) 8.84 (@ 4.3)	13.76 (+0.1) 8.95 (@ 4.8)	-	-	-	-
吉田	12.92 (-0.1) 8.50 (@ 3.9)	F 8.51 (@ 4.6)	12.86 (-0.6) 8.38 (@ 4.4)	13.02 (-0.9) 8.38 (@ 4.9)	-	12.86 (+0.2) 8.35 (@ 5.2)
竹田	F 8.14 (@ 5.3)	12.30 (+0.8) 8.25 (@ 4.9)	12.37 (+0.2) 8.16 (@ 4.6)	F 8.33 (@ 5.2)	11.86 (-0.5) 8.31 (@ 4.5)	12.64 (+1.1) 8.33 (@ 4.5)
前田	12.24 (+0.5) 8.30 (@ 6.8)	F 8.35 (@ 4.9)	12.45 (-0.3) 8.34 (@ 5.0)	12.37 (+0.4) 8.40 (@ 6.2)	12.42 (-0.1) 8.32 (@ 4.0)	12.54 (-0.3) 8.30 (@ 6.8)

注) 数値は上段が跳躍記録, 下段が最高スピードおよび括弧内は出現地点

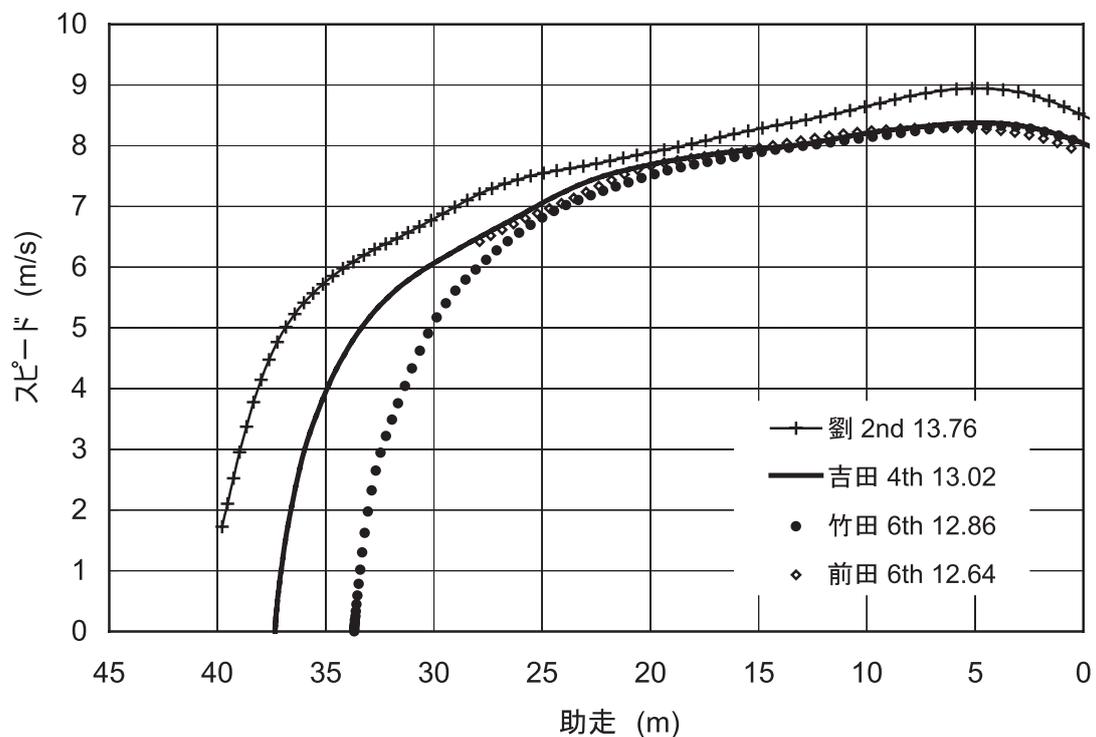


図9 2010 織田記念女子三段跳上位入賞選手の助走スピード曲線 (0mが踏切板)

表10 2010 アジア大会女子三段跳上位入賞選手の各試技の助走における最高スピードおよびその出現地点

	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th
吉田	12.83 (+1.0) 8.58 (@ 4.9)	13.24 (+2.2) 8.58 (@ 5.2)	F 8.64 (@ 4.8)	13.00 (+0.6) 8.28 (@ 4.9)	12.92 (+0.6) 8.27 (@ 5.0)	12.98 (+0.4) 8.39 (@ 5.5)
前田	12.84 (+1.1) 8.81 (@ 6.8)	13.05 (+1.1) 8.78 (@ 5.4)	11.78 (+0.6) 8.85 (@ 6.0)	12.65 (+1.1) 8.66 (@ 5.7)	12.83 (+0.4) 8.65 (@ 5.4)	12.79 (+0.5) 8.81 (@ 5.7)
本多	12.87 (+0.5) 8.62 (@ 5.6)	F 8.73 (@ 5.7)	12.88 (+0.5) 8.68 (@ 5.7)	F 8.65 (@ 4.9)	F 8.62 (@ 5.3)	F 8.65 (@ 5.2)
中尾	F 8.44 (@ 3.9)	F 8.44 (@ 4.7)	12.84 (+0.4) 8.46 (@ 5.1)	12.29 (+0.3) 8.38 (@ 4.8)	F 8.44 (@ 4.4)	12.47 (+0.6) 8.47 (@ 5.5)
三澤	11.99 (+0.7) 8.62 (@ 4.5)	12.55 (+0.7) 8.69 (@ 4.0)	12.55 (+0.4) 8.71 (@ 4.7)	12.80 (+1.2) 8.64 (@ 4.4)	12.47 (+0.5) 8.74 (@ 4.2)	12.83 (+0.6) 8.67 (@ 4.7)
竹田	12.71 (+1.7) 8.28 (@ 4.7)	12.61 (+0.7) 8.28 (@ 5.3)	12.77 (+0.5) 8.28 (@ 4.1)	F 8.31 (@ 4.3)	12.80 (+0.3) 8.22 (@ 5.1)	12.54 (+0.7) 8.34 (@ 3.8)
山根	F 8.50 (@ 5.0)	12.71 (+1.6) 8.61 (@ 6.4)	12.74 (+0.2) 8.54 (@ 6.2)	12.47 (+0.6) 8.58 (@ 6.2)	F 8.59 (@ 6.4)	12.63 (+0.5) 8.53 (@ 5.9)
清瀬	12.49 (+0.0) 8.48 (@ 5.0)	12.73 (+0.8) 8.54 (@ 4.9)	12.40 (+0.4) 8.65 (@ 4.6)	12.52 (+0.6) 8.58 (@ 4.9)	F 8.58 (@ 3.9)	12.55 (+0.3) 8.45 (@ 4.3)

注) 数値は上段が跳躍記録, 下段が最高スピードおよび括弧内は出現地点

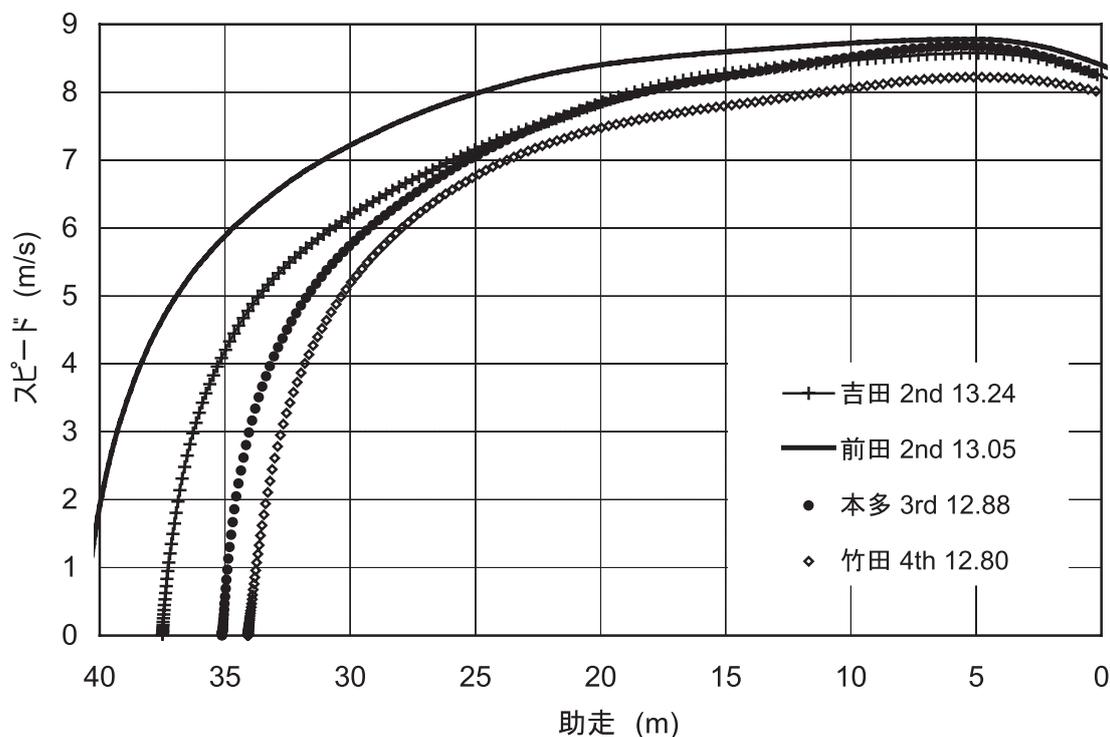


図10 2010 日本選手権女子三段跳上位入賞選手の助走スピード曲線 (0mが踏切板)

表11 2010アジア大会女子三段跳上位入賞選手の各試技の助走における最高スピードおよびその出現地点

	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th
Rypakova (KAZ)	F 9.17 (@ 4.4)	14.64 (+0.5) 9.16 (@ 5.0)	14.78 (+1.1) 9.15 (@ 5.4)	14.35 (+1.1) 9.10 (@ 5.8)	-	-
Xie (CHN)	14.18 (+1.3) 8.61 (@ 7.3)	F 8.65 (@ 5.3)	-	F 8.64 (@ 4.7)	13.93 (+0.8) 8.55 (@ 5.1)	F 8.56 (@ 5.3)
Muangjan (THA)	F 8.74 (@ 6.5)	F 8.69 (@ 4.9)	13.16 (+1.3) 8.47 (@ 5.2)	13.85 (+1.3) 8.77 (@ 6.3)	F 8.85 (@ 6.0)	13.57 (+0.4) 8.75 (@ 6.6)
Kotlyarova (UZB)	13.68 (+0.9) 8.70 (@ 4.0)	F 8.64 (@ 4.0)	-	F 8.59 (@ 4.2)	13.63 (+0.6) 8.71 (@ 7.0)	13.73 (+0.9) 8.71 (@ 3.0)
Chen (GHN)	-	-	-	13.31 (+0.4) 8.33 (@ 5.1)	-	13.35 (+0.6) 8.36 (@ 3.8)
Jung (KOR)	F 8.70 (@ 6.7)	-	F 8.68 (@ 5.7)	13.18 (+0.9) 8.58 (@ 6.9)	-	-

注) 数値は上段が跳躍記録, 下段が最高スピードおよび括弧内は出現地点

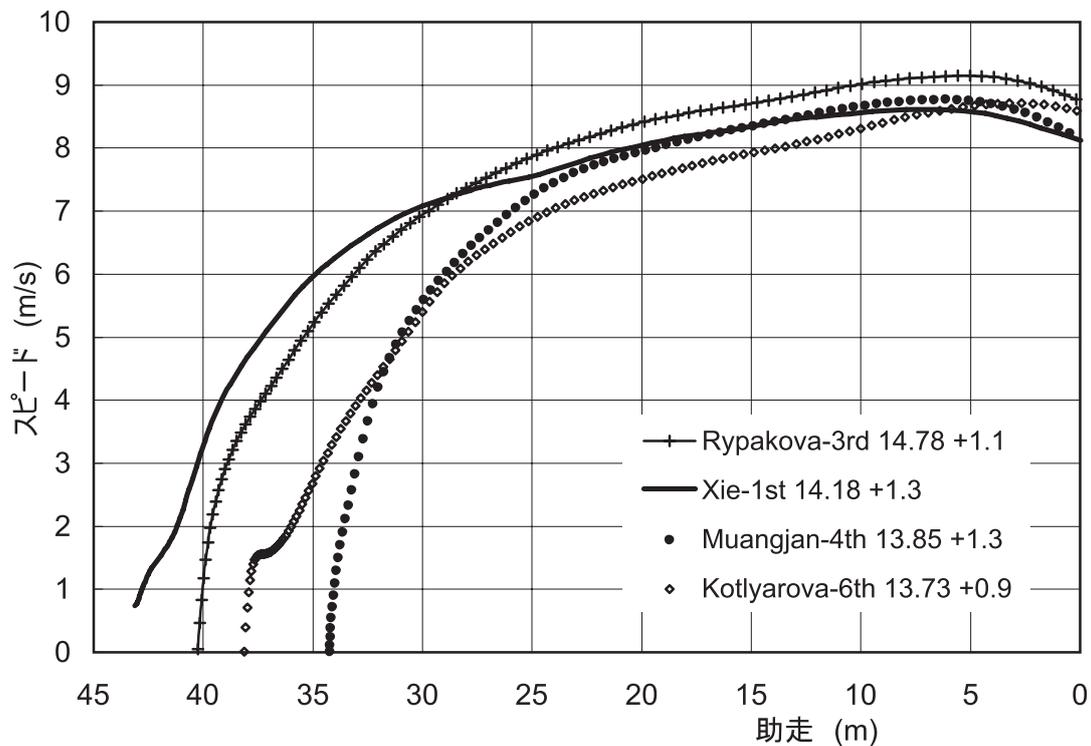


図11 2010織田記念女子三段跳上位入賞選手の助走スピード曲線 (0mが踏切)

おける上位入賞選手の助走スピード曲線を示したものである。

昨年の助走スピードの報告(小山ら, 2010)によると, '09年の日本上位選手はそれまでの年に比べ助走スピードは高まる傾向にあったが, そのスピードに対する跳躍記録獲得の率は低く, 高いスピードの中でのホップ, ステップ, ジャンプの動作が重要な課題になることが指摘されていた.'10年の測定結果を見ると, '09年に高い助走スピードで跳躍していた選手(鈴木, 梶川選手)は'10年も同様に大きい助走スピードを獲得し, 16m前半から中盤の跳躍が増えてきたようである。

アジア大会上位選手の測定結果を見ると, 記録は全選手が16m中盤から後半であったが, 助走スピードで10.00m/sを超えている試技はほとんどなく, 日本選手の助走スピードと同程度もしくは小さいものであった。この結果は, アジアのトップ選手は日本選手と同程度のスピードで, 1m近く大きい跳躍距離を獲得していたことを示している。5位のKim選手(KOR)は走幅跳の優勝者であり, 走幅跳で8.20mを跳躍する能力を有している。また, 走幅跳時の助走スピードは10.49m/s(表3)であったのに対して, 三段跳において16.56m跳躍時は9.77m/s(走幅跳の93.1%), その他の試技も9.78~10.06m/s(走幅跳の93.2~95.9%)の範囲であり, 余裕のある助走を行っていることが予想される。アジアトップ選手と日本選手の助走スピードに対する記録の比率の相違の要因は様々あると考えられるが, 走幅跳のベスト記録と三段跳のホップの距離の関係, 助走スピードと三段跳のホップの距離の関係などのデータを継続的に収集し, 今後のトレーニングの方向性を探ることも重要かもしれない。

### 3.4 女子三段跳選手の助走スピード曲線

表9~11は2010織田記念, NCHおよびAsiaにおける入賞選手の最高スピードおよびその出現地点を, 図9~11は2010織田記念, NCHおよびAsiaにおける上位入賞選手の助走スピード曲線を示したものである。

'10織田, NCHともに日本人最上位選手は昨年引き続き吉田選手であった。しかし, '10年の吉田選手の記録は'09年までに比べると若干低いものであった。近年の助走スピードの推移を見ると, 2005年: 8.76 ± 0.07 m/s, 2006年: 8.51 ± 0.09m/s, 2008年: 8.76 ± 0.15m/s, 2009年: 8.64 ± 0.14m/s, 2010年: 8.44 ± 0.13m/sであり, 助走スピードに関しても'10年は低い傾向にあった。

'10年に13m台の跳躍を初めて行った前田選手は, 13.05mを記録した日本選手権の助走スピードは8.76 ± 0.08m/sであり, '09年に比べ大きいスピードからの跳躍を行っていた('09年平均: 8.48 ± 0.12 m/s, 最高8.63 m/s)。

Asiaでは2選手が14.00mを超える跳躍を行い, それぞれ測定することができた。これまでに科学委員が測定してきた14.00~14.30 mの9選手の平均は9.08 ± 0.11 m/sであったが, AsiaにおけるRypakova選手は14.78mで9.15m/s, 14.64mで9.16m/sでありこれまでの測定の範囲にほぼ収まる結果であった。一方, 謝選手の14.18mの試技は8.61m/sであり, 非常に低いスピードで14.00mを超えていた。なお, 謝選手は'09織田記念において14.48 m(追参)を跳躍しているが, その跳躍における最高スピードは9.18 m/sである。Asiaの謝選手は低いスピードにおいても日本記録を超える跳躍を行っていたが, 日本選手が14.00 mおよび日本記録の更新を目標とするには, 9.00 m/s以上のスピードで助走を行い, そのスピードで跳躍できるトレーニングを行っていくべきであると考えられる。

### 参考文献

小山宏之, 村木有也, 柴山一仁, 阿江通良(2010) 競技会における一流男女走幅跳, 三段跳選手の助走スピード分析. 日本陸連科学委員会研究報告, 6, 108-117.

## ディーン元気選手におけるやり投動作の縦断的变化

### — 2009年と2010年との比較から —

田内健二<sup>1)</sup> 遠藤俊典<sup>2)</sup> 藤田善也<sup>3)</sup> 矢野恵太<sup>3)</sup> 藤井宏明<sup>4)</sup> 大宅和幸<sup>5)</sup>

1) 早稲田大学 2) 青山学院大学 3) 早稲田大学大学院 4) 筑波大学大学院  
5) 京都教育大学大学院

#### I. はじめに

ディーン元気選手は、自己最高記録を2009年の70.57mから2010年には78.57m(ジュニア日本記録)へと大きく更新させた。また、2010年7月に開催された世界ジュニア選手権大会において76.44mで銀メダルを獲得するなど、世界を舞台にした試合においても大きな成果を残している。

ディーン選手がジュニア期の選手であることを考慮すると、現在、世界トップレベルで活躍する村上幸史(スズキ浜松AC)の次を担う選手として、今後のさらなる記録の向上が期待できる。したがって、ディーン選手のやり投の成績および投動作の変化を長期的に評価していくことは、やり投の技術指導に対して有益な情報をもたらすだけでなく、学術的にも大きな意味があると考えられる。

そこで本稿では、ディーン選手におけるやり投の競技成績の向上に伴う投動作の変化を、2009年と2010年とを比較することによって明らかにすることを目的とした。

#### II. 方法

##### 1. 分析試技

分析試技は、ディーン選手が2009年インターハイにおいて69.42mを記録した試技(以後、単に09年)、および2010年スーパー陸上において76.15mを記録した試技(以後、単に10年)とした。

##### 2. 撮影方法

それぞれの投てき試技を、助走路の側方および後方に設置したデジタルビデオカメラ(HVR-AJ1, Sony)を用いて、毎秒60フィールド、露出時間

1/1000で撮影した。また、助走路の中央、ファウルラインより後方6m地点を原点とし、縦6m×横4m×高さ2.5m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7Hzのバッタワース型のデジタルフィルタにより平滑化した。

##### 4. 分析項目

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

- 1) 局面時間：準備局面および投局面の経過時間
- 2) リリース速度：リリース時のグリップ速度
- 3) 身体重心速度(単に重心速度)
- 4) 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
- 5) 投行程：右足接地時からリリースまでのグリップ

プの移動距離

- 6) 腰角度：左右の大転子を結ぶ線分と x 軸とのなす角
- 7) 肩角度：左右の肩峰を結ぶ線分と x 軸とのなす角
- 8) 捻転角度：肩角度と腰角度との差

### Ⅲ. 結果および考察

#### 1. 基礎的パラメータについて

表 1 にやり投の投動作に関する基礎的パラメータを示した。10 年は 09 年と比較して、記録についてはおよそ 7m 増加し、リリース速度については前方および合成のリリース速度が増加していた。多くの先行研究において、リリース速度と記録との間に高い有意な正の相関関係が認められていることから、このリリース速度の増加が投距離の向上に直接的つながったと考えられる。重心速度については、R-on および L-on 時の重心速度が増加していた。R-on 時の重心速度と投距離との間には高い正の相関関係が認められている (Murakami et al., 2006) ことから、準備局面を通して重心速度が高く維持された状態でやりを投げ出すことができたことも、投距離の向上に大きく貢献したものと考えられる。また、歩幅については前後方向の長さが増加し、投行程については準備局面の距離が増加していた。前後の歩幅の増大は、準備局面における身体-やり系全体の移動距離の増大を示しており、準備局面の動作時間および投行程の増大を招いたと考えられる。

#### 2. 投てき動作について

図 1, 2 に側方および後方からみたスティックピクチャを示した。10 年は 09 年と比較して、側方からみた図では準備局面における右脚がより屈曲位で推移していること (図 1)、後方からみた図では準備局面における肩のライン (左右の肩峰を結んだ線分) およびグリップの位置がより右回旋位、いわゆる捻りの位置にあること (図 2) が観察できる。本稿では、これらの動作の変化が上述した重心速度およびリリース速度の増加にどのように貢献したのかに焦点をあてることとした。

図 3 に、腰、肩および捻転の角度を示した。10 年は 09 年と比較して、腰の角度については、R-on ではおよそ -70 度程度とほぼ同様であったが、L-on ではより左回旋位にあった。このことは、10 年では準備局面において腰の角変位が大きくなったことを示している。また、肩の角度については、R-on

表 1 基礎的パラメータの比較

	2009年	2010年
記録 (m)	69.42	76.15
動作時間 (s)		
準備局面	0.183	0.203
投げ出し局面	0.133	0.127
リリース速度 (m/s)		
左右	-0.6	1.8
前方	22.2	23.9
上方	14.1	14.2
合成	26.3	27.9
重心速度 (m/s)		
R-on	6.0	6.5
L-on	4.6	5.5
REL	3.5	3.3
歩幅 (m)		
前後	1.49	1.71
左右	0.53	0.55
投行程 (m)		
準備局面	1.17	1.37
投げ出し局面	1.82	1.78
トータル	2.99	3.15

ではより右回旋位にあり、L-on ではほぼ同様の位置まで左回旋していた。これらの腰および肩の動きの結果、捻転の角度については、10 年は 09 年と比較して、準備局面の初期からすでに大きく、特に L-on 直前に捻転の角度が増加し、その差が大きくなっていた。このことは、10 年では準備局面において体幹部の捻転が非常に強調される投げに変化したことを示している。L-on 直前に体幹が大きく捻転され、捻り戻されることは、体幹部の筋群において爆発的なパワー発揮をするために極めて合理的な動作であり、ディーン選手の 09 年から 10 年への記録の向上に大きく貢献した動作要因の 1 つであると考えられる。

本稿ではさらに、体幹の捻転を生み出した動作要因を明らかにするために、図 1 において観察された右脚の動作を 09 年と 10 年とを比較することとした。図 4 に、右脚のスティックピクチャを右母子球でそろえ、右大転子の速度ベクトルを同時に示した。その結果、10 年は 09 年と比較して、右膝がより屈曲位で推移し、動作が経過するに従って、右大転子の位置がより前方に推移していた。右大転子の速度ベクトルをみても、準備局面において 09 年では大きく減速しているのに対して、10 年では R-on 時の速度をほぼ維持していたことがわかる。このような右膝の動作は、世界トップレベル選手にもみられる動作であることが報告されている (田内, 2009)。ま

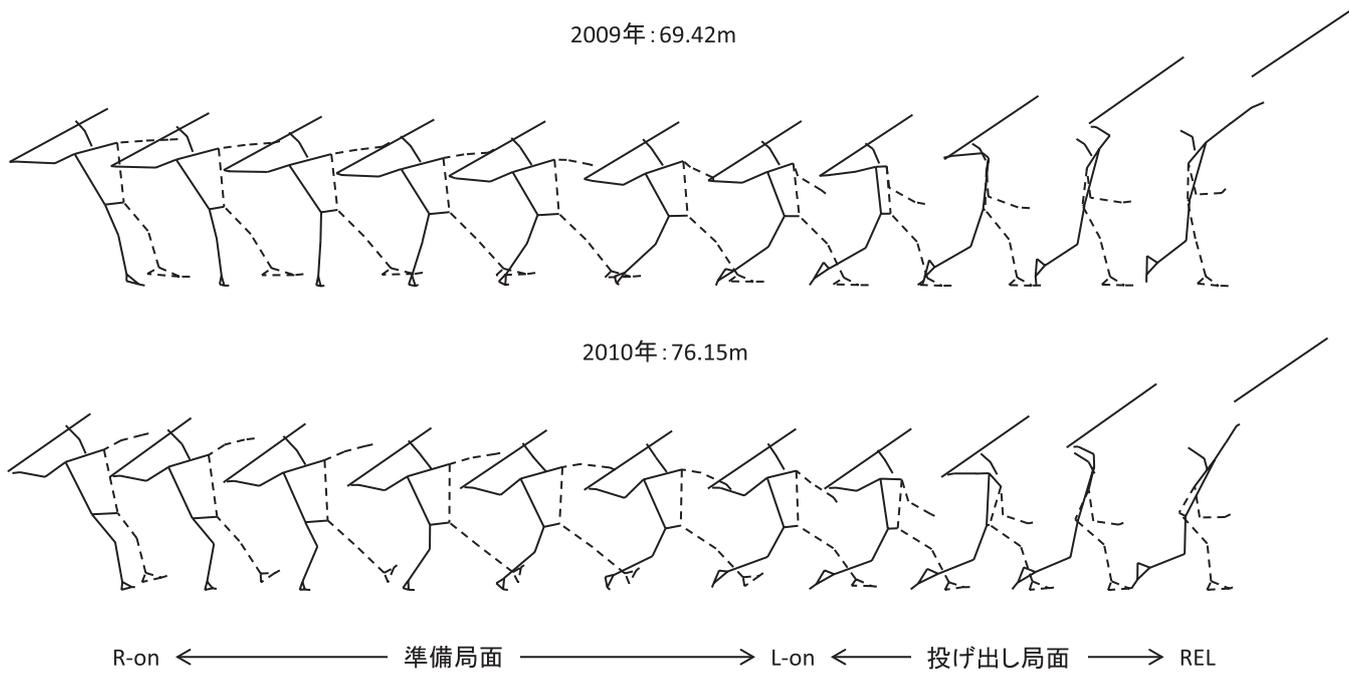


図1 スティックピクチャの比較（側方からみた図）

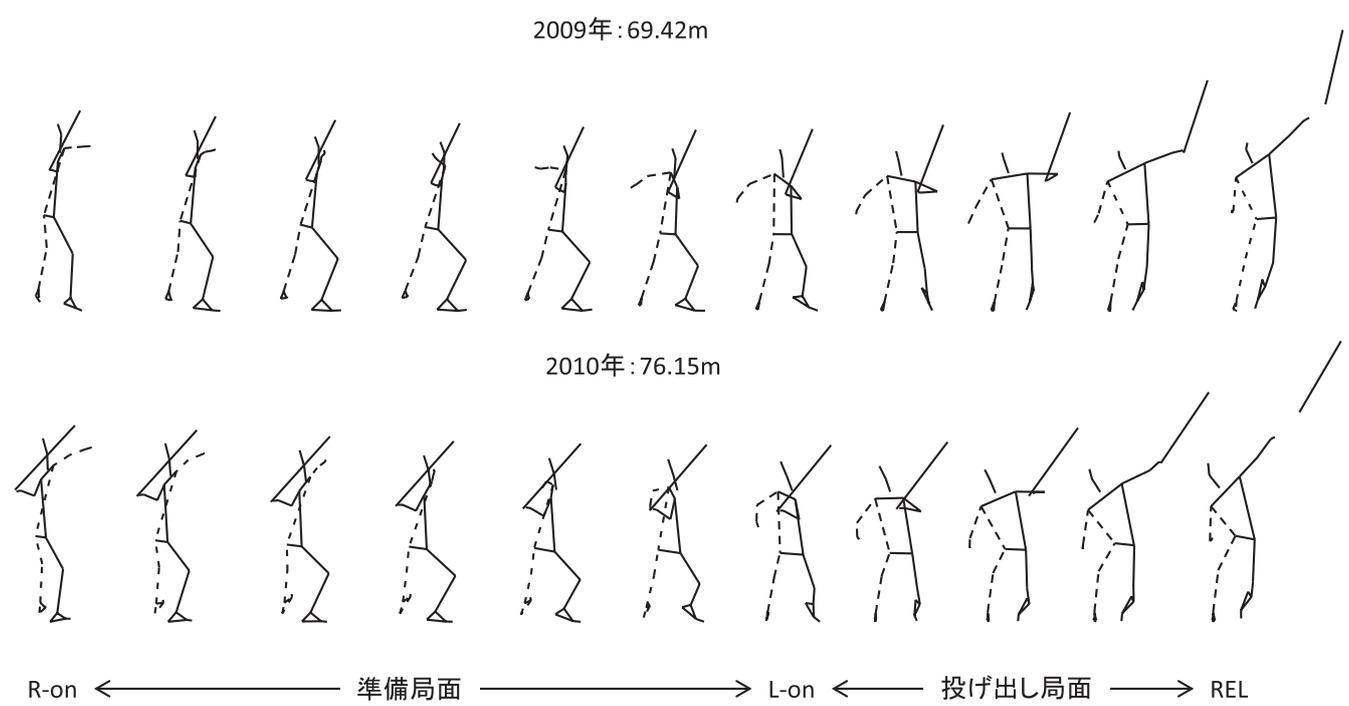


図2 スティックピクチャの比較（後方からみた図）

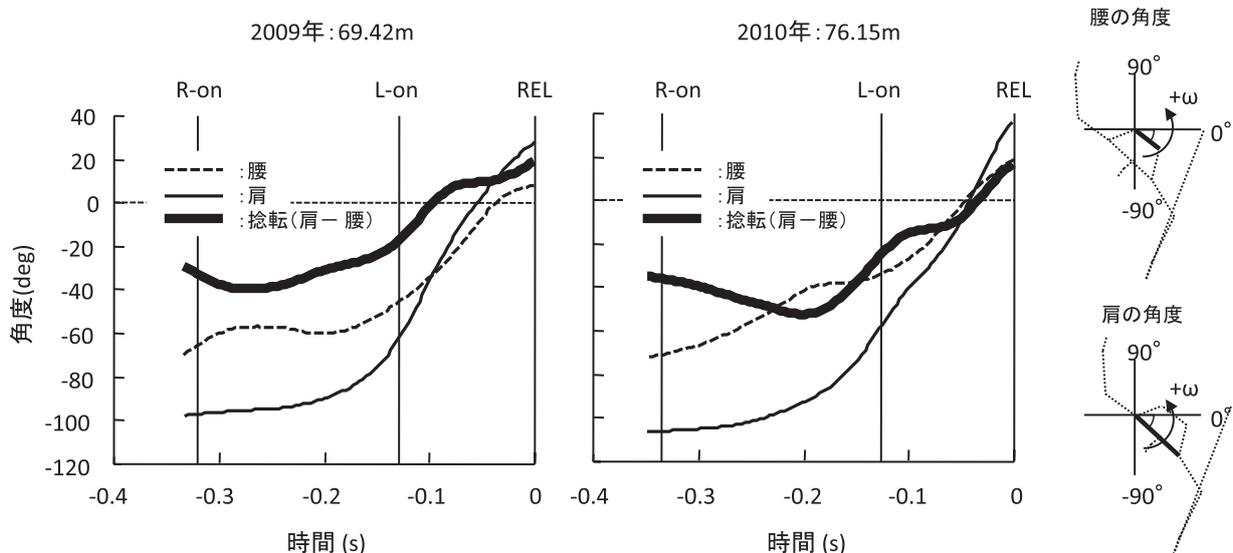


図3 腰、肩および捻転角度の比較

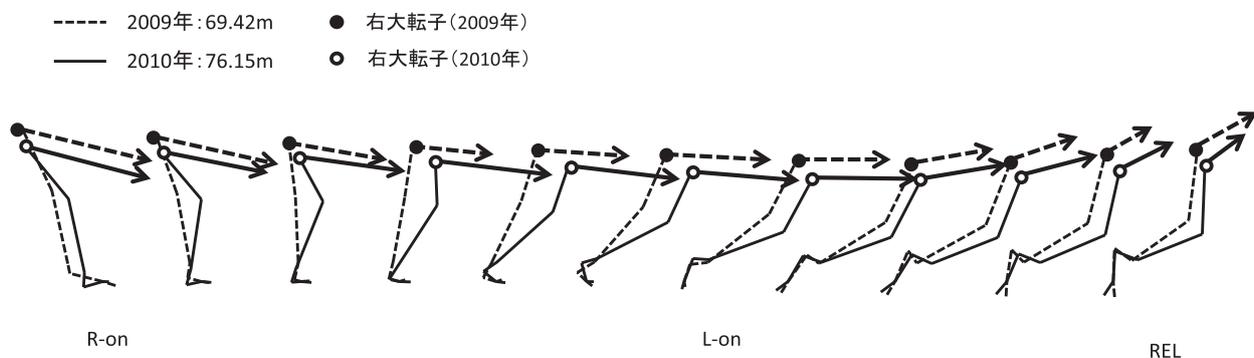


図4 右脚の動作および右大転子の速度ベクトル（側方からみた図）  
スティックピクチャは右母子球の座標値にそろえて示している

た、伊藤（2003）は、優れたスプリント選手ほど膝をより屈曲位の状態でキックしていることを明らかにし、この膝の動きは、腰を固定した場合につま先の移動距離が大きくなることにつながるとして説明している。言い換えると、つま先を固定した場合、腰の移動距離が大きくなることに等しく、まさに図4に示した10年の右脚の動作とよく一致することになる。したがって、上述した腰の動きと関連付けると、この右膝の屈曲位を維持した動作によって、右大転子が前方へより大きく変位した結果、準備局面における腰の角変位が大きくなり、捻転の角度も大きくなったことが考えられる。

以上のことから、ディーン選手における09年から10年への記録の向上には、右脚がより屈曲位で推移したことによって、準備局面において腰（骨盤）がより大きく左回旋し、体幹部の捻転が大きくなったことが影響していたことが示唆された。なお、この体幹の捻転動作の変化は、村上幸史選手のコンスタントに80m以上の投げができるようになった09

年の動作とそれ以前の動作との変化にも一致している（田内ら、2010）。したがって、やり投げにおけるより高いレベルでの記録の向上には、より効果的な体幹部の捻りと捻り戻し動作が欠かせない動作要因の1つである可能性が考えられる。

#### 参考文献

- 伊藤章（2003）短距離走に関する研究：コーチングに役立つ科学的根拠を求めて．体育学研究 48, 355-367.
- Murakami, M., Tanabe, S., Ishikawa, M., Isolehto, J., Komi, P. V. and Ito, A. (2006) Biomechanical analysis of the javelin at the 2005 IAAF World Championships in Athletics. *New Studies in Athletics* 21, 67-80.
- 田内健二（2009）バイオメカニクスの知見を背景にした男子やり投げの投てき技術：レビュー．陸上競技学会誌 7, 33-39.

田内健二，遠藤俊典，藤田善也，矢野恵太，藤井宏  
明（2010）村上幸史選手における 80m オーバーの  
やり投動作の特徴－ 2009 年と 2007 年との比較か  
ら－．陸上競技研究紀要 6，118-121.

## 2010年北海道マラソンにおけるレース中の給水（スペシャルドリンク）調査

瀧澤一騎<sup>1)</sup>

1) 北海道大学

石井好二郎<sup>2)</sup>

2) 同志社大学

### I. はじめに

マラソンレース中は大量の発汗により、体水分の減少が生じる。また、体水分の減少と共に電解質の喪失も起こり、これらはパフォーマンスの低下要因となる (Sawka et al. 2007)。したがって、走タイム改善のためにはレース中での適切な水分・電解質の補給が必要となる。さらに、レース後半においてはグリコーゲンの枯渇によるペース低下も考えられるため、糖質の補給も重要と考えられる (Coyle, et al. 1986)。運動中における分枝鎖アミノ酸の摂取が持久性運動のパフォーマンス改善につながることも示唆されており、アミノ酸摂取が効果的であるとの見解もある (太田, 2001)。

マラソンでの給水には飲料物の温度も関係する。経口摂取した飲料は、胃を通過して腸で吸収されるが、胃から腸への移動は飲料の温度が低いほど速くなることが報告されている (Costill, 1974)。さらに体温より低いドリンクを飲用することで、食道温を中心とした深部体温を低下させることができ、暑熱環境下においては飲料の温度が低い状態で給水を行うことがパフォーマンス向上にもつながることが考えられる (Siegel, et al. 2010)。

このような背景から、マラソン中の給水飲料についてはさまざまな工夫がなされてきた。多くのマラソンレースでは、5km毎の給水ポイントに通常の水とスポーツドリンクが用意されているが、パフォーマンスの高い選手を中心に選手自らドリンク（スペシャルドリンク）を準備し、特別な対策を行っている。スペシャルドリンクの内容や温度はマラソンのパフォーマンスに影響を与えられ、暑熱環境下ではレース戦略の一環として重要である。オリンピックや世界陸上はほとんどの場合暑熱環境下での競技になり、給水についても対策が必要であろう。そこで、本報では暑熱環境下におけるマラソン

でのスペシャルドリンクの内容や容器について、現状においてどのような工夫がなされているかを調査した。

### II. 対象と方法

#### 1. 対象

調査の対象は2010年8月29日に開催された北海道マラソンにおいて、スペシャルドリンクの提出を行った競技者のうち、調査の内容に同意の得られた87名(男子選手58名,女子選手29名)とした。なお、スペシャルドリンクはマラソン開催日の8時から9時半までにスタート地点近くの受付所へ使用するスペシャルドリンクを飲食物内容証明書と共に提出することとなっていた。

#### 2. 内容物の調査

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

内容物の分類としては、ポカリスエット、アクエリアス、アミノバリュー、ヴァーム等をスポーツドリンクとして分類した。また、OS-1は経口補水液としてスポーツドリンクとは別に集計を行った。また、スポーツドリンクと共にピット・インやオーバードライブ、ウィダーエネージーイン、アミノバイタル等が記載されていた場合はスポーツドリンク+サプリメントとした。

### III. 結果

#### 1. 気象状況

公式記録によると、スタート時刻における天候は曇り、気温27.0℃、湿度70.0%であった。また、

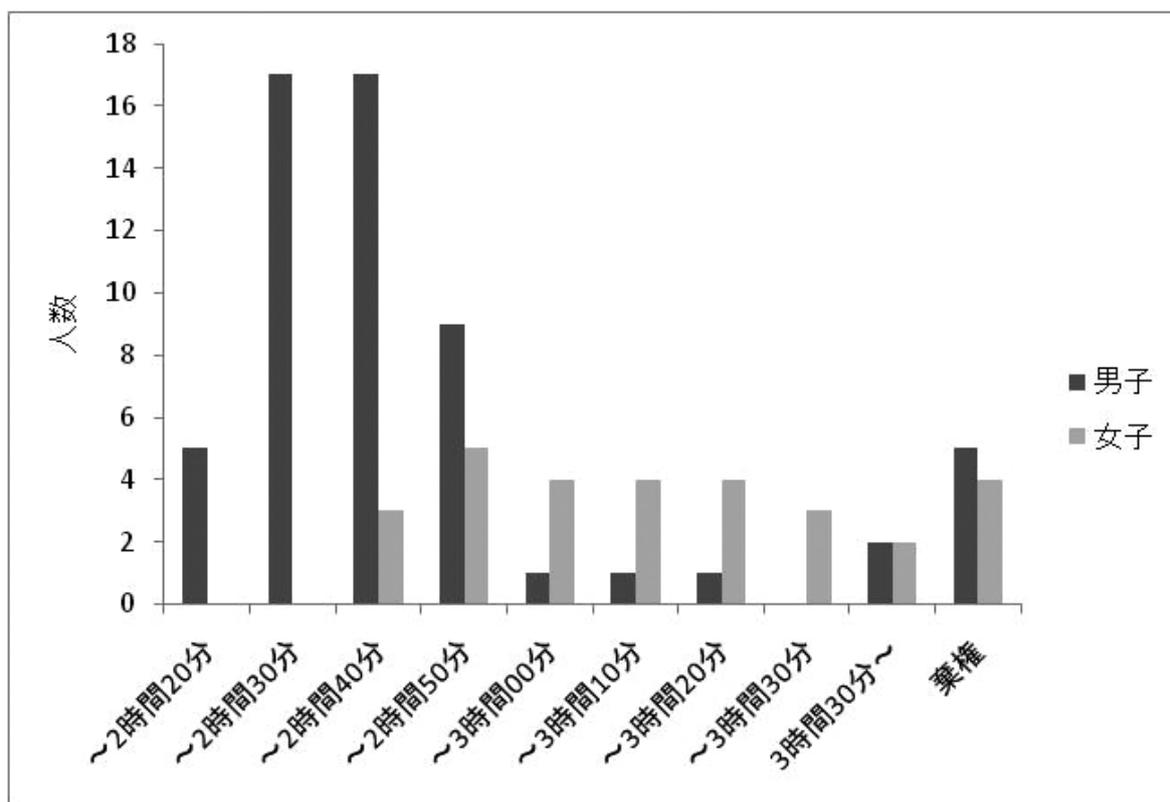


図1 調査対象者のレース結果分布

表1 内容物証明書より判断したスペシャルドリンクの内容物（実数）

	5k	10k	15k	20k	25k	30k	35k	40k
スポーツドリンク	41	41	41	46	43	47	45	46
スポーツドリンク + サプリメント	6	7	8	14	11	14	12	7
スポーツドリンク + 水	6	5	6	5	5	6	5	5
スポーツドリンク + 経口補水液	3	4	4	4	4	3	3	3
経口補水液	9	6	9	6	9	7	9	7
経口補水液 + 水/茶	2	4	3	4	3	3	4	3
茶	8	5	6	2	2	0	2	3
水	3	3	2	1	1	1	1	3
なし	9	6	1	2	0	1	1	9
その他・不明	2	8	9	5	11	7	7	3

同日の札幌气象台における観測値では、12時10分の気温は28.0℃、相対湿度59%、東北東の風1.1mであった。なお同データによると、スタートから1時間後の13時10分は気温29.1℃、相対湿度58%、東南東の風1.5mであり、スタートから2時間後の14時10分では気温29.4℃、相対湿度56%、南の風1.9mであった。また、トップ選手のフィニッシュに最も近い観測時点である14時20分では、気温29.7℃、相対湿度57%、南南西の風1.4mと報告されており、10分ごとの計測値では同日の最高気温であった。スタートから1時間後までの日照時間は5分、スタート1時間後から2時間後までの日照時間は36分、スタート2時間後から3時間後までの

日照時間は39分であった。

## 2. 記録

調査対象者の記録を図1に示す。最も速かった選手は、男子で2時間11分22秒、女子で2時間34分12秒であった。

## 3. スペシャルドリンクの内容物

飲食物内容証明書に記載されていた情報から、内容物について集計したものを表1に示す。また、それぞれの地点における百分率を図2に示す。全ての給水地点において、スポーツドリンクを単独で摂取する割合が最も高かった。また、20km以降の給水

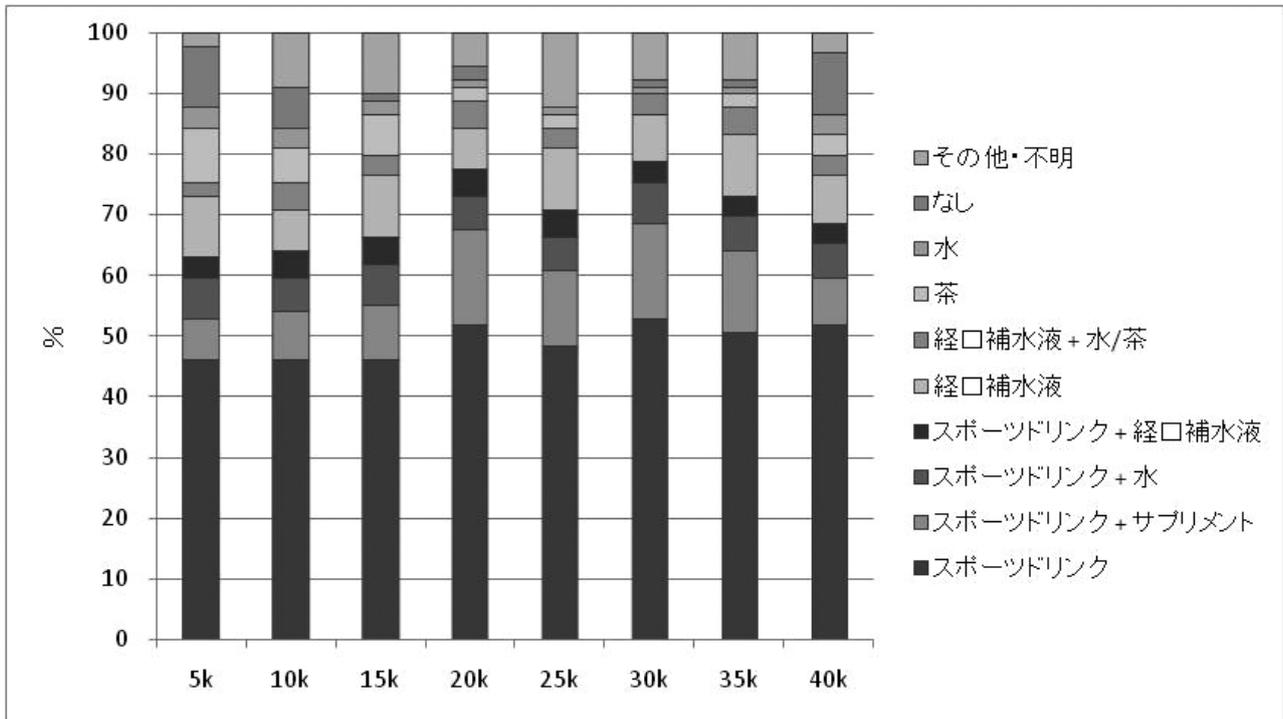


図2 内容物証明書より判断したスペシャルドリンクの内容物 (%)

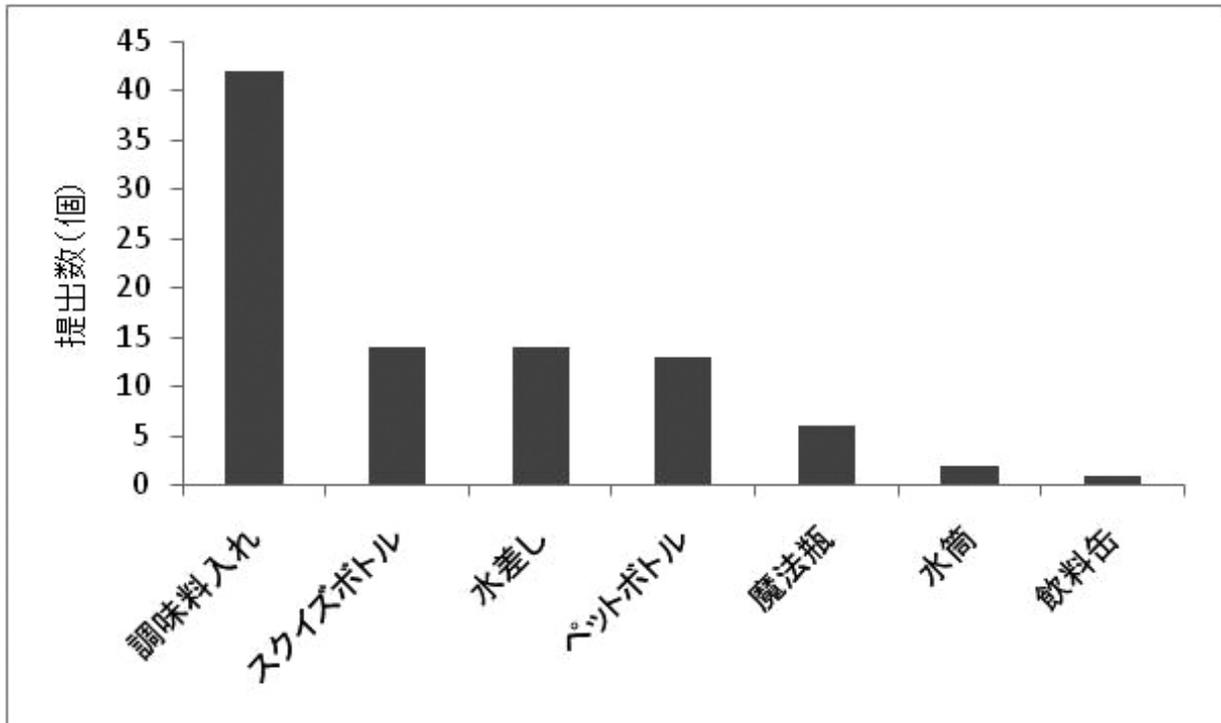


図3 外観より判断したスペシャルドリンク容器



図4 スペシャルドリンクの容器の例（調味料入れ）



図7 スペシャルドリンクの容器の例（魔法瓶）



図5 スペシャルドリンクの容器の例（スクイズボトル）



図8 保温バッグの例



図6 スペシャルドリンクの容器の例（水差し）

地点ではスポーツドリンクと共にサプリメントを摂取する選手が増加している。5km 地点や40km 地点ではスペシャルドリンクを準備していない選手も見られた。

その他には果物ジュースや清涼飲料水（コーラやカルピス等）や、スポーツドリンクに前述した飲料や塩を混ぜている選手が数名ずついた。

#### 4. スペシャルドリンクの容器

撮影された外観より、容器の種類を分類した結果を図3に示す。選手によってはひとつの給水地点で複数の容器を使っている場合もあるため、調査対象者よりも総数が多くなっている。最も多く使われていた容器は、醤油やソースを入れるための調味料入れであった（図4）。また、スクイズボトル（図5）、水差し（図6）等も多く見られ、魔法瓶（図7）のような保温性のある容器を使用している選手は少なかった。容器の素材は、ほとんどが合成樹脂製（85件）であり、金属製の容器を使用していた例は7件であった。

#### IV. 考察

スタート時点における気温 27℃、相対湿度 70% は、日本生気象学会の指針（2009）によると WBGT で 26℃であり、熱中症の警戒レベルとされる。レース中は多量の発汗があり、電解質等の喪失も多かったと考えられる。

今回の調査で、最も多くスペシャルドリンクとし

て準備されていた内容物はスポーツドリンクであった。スポーツドリンクには汗と共に喪失する電解質が含まれ、またエネルギー源となる糖質も含まれている。先行研究によると、0.1～0.2%程度の食塩を含んだ飲料が低ナトリウム血症予防には勧められており（伊藤ら、2010）、多くの市販スポーツドリンクはほぼこの濃度に保たれている。糖質については、濃度が高いほど胃を通過する速度が遅くなり、水分の吸収に時間がかかることが報告されている（Costill, 1974）。飲料の胃内通過速度には個人差があるため、スポーツドリンクがゼネラルテーブルに置かれていても、選手にあった（飲み慣れた）糖濃度のスポーツドリンクをスペシャルとして準備していたことが推察される。なお、2010年北海道マラソンでは、ゼネラルテーブルにセイコーマート「スポーツドリンクプラス」が提供されていた。

スポーツドリンクについては、水で薄めている選手が多くいた。また、レース後半ほど濃度を高めて終盤は薄めていないものに変えている選手も見られた。スポーツドリンクに塩を添加している選手も数名おり、これは発汗による電解質喪失を防ぐために行っていることであろう。上述通り、レース中の発汗により電解質が喪失している状態で濃度の薄い飲料を摂取していると、体内の電解質の濃度が低くなり、低ナトリウム血症によるパフォーマンス低下にもつながる（Sawka et al. 2007）。スポーツドリンクを希釈しなかった場合に糖濃度が高すぎるようであれば、塩を加えることで低ナトリウム血症を予防することができる。実際に、スポーツドリンクを水で希釈した上で塩を添加しているスペシャルドリンクを準備している選手も数名存在した。

また、糖質やアミノ酸のサプリメントを単独、または同時に摂取している選手も複数いた。糖の濃度が高くなると胃から腸への水分の移動に時間がかかるため、走行中の不快感は増すと考えられる（Costill, 1974）。また、インスリンが分泌されるため糖代謝が亢進して脂質代謝が抑制され、グリコーゲン枯渇が早まってパフォーマンス低下につながる可能性がある（伊藤、2001）。これらを考慮してか、前半はスポーツドリンクや茶のみにして、20km以降で糖質補給を行っている選手も多く見られた。しかし、前半から高濃度の糖質を摂取していると見受けられる選手もおり、そのような選手の中にも上位のタイムでフィニッシュしている例もあった。胃から腸への輸送速度の個人差があり（Gisolfi, 1992）、口当たりなどの慣れも考えられるため、序盤の糖質摂取を控えるべきとは一概に結論づけられ

ないかもしれない。

今回の調査では、経口補水液を準備している選手も多く見られた。さらに、経口補水液を水で薄めている選手や、他のスポーツドリンクと混ぜている選手も複数例あった。2010年の夏は猛暑であり、経口補水液に関するニュースも多く報道されていたため、実業団選手だけでなく一般のランナーにも広がっていたようである。経口補水液は軽度から中程度の脱水症状を緩和するための飲料であり、脱水が起こっていない状態で希釈せず飲用することは適切な使用方法とは言えない。また、既に軽度から中程度の脱水が生じている場合は希釈することで電解質濃度が低くなってしまい、補水液としての機能を損なっている危険性もある。内容物証明書では希釈された濃度までは分からないが、経口補水液の役割についての理解を確認する必要がある。

容器は多くの選手が樹脂製のものを使用していた。調味料入れ（図4）やスクイズボトル（図5）、水差し（図6）などは片手の操作で飲むことができ、また走行中の動揺によってもこぼれにくいために多くの選手が採用しているのであろう。容器の形状と共に、材質についても注目する必要がある。飲料の胃内通過速度は温度が低いほど速いとされているため（Costill, 1974）、飲料の温度も重要である。その点を考慮しているのか、魔法瓶のような保温性の高い容器を使用している選手もいたが、ごく一部に留まっている。暑熱環境下におけるマラソンでは、冷却された飲料を摂取することで深部温を下げ、熱による疲労を遅延させる可能性が指摘されている（Siegel, et al. 2010）。暑熱環境下でのマラソンにおける対策として、給水容器の保温性についても考慮する必要がある。その際、現状で市販されているような魔法瓶（図7）は、多くの選手が採用しているボトルと比較して使いやすいとは言えない。形状も含めて考えることが課題となるだろう。

本調査を行った2010年の北海道マラソンでは、マラソン開催日の8時から9時半までにスタート地点近くの受付所に使用するスペシャルドリンクを飲食物内容証明書と共に提出することとなっていた。また、大会運営では提出から輸送、提供まで一切保温されず、外気温に晒されている状態であった。内容物証明書には、飲料と共に氷を記載している選手も複数見られたが、その多くは合成樹脂製の容器に入れて提出していた。レース開始時刻は12時10分であり、提出から3時間以上経過して摂取していたことを考えると、この段階で氷を入れて提出していてもその効果はおそらく無かったと考えられる。中

には図8のような保温性のあるバッグにボトルを入れて提出した選手もいたが、少数であった。容器の材質と共に、提出時間から実際に飲用するまでの時間や、輸送方法（保温されるか否か）についても確認した上でスペシャルドリンクを準備する必要があるだろう。

先行研究においては、2%程度の脱水では人間の生理的機能や競技成績は損なわれないとされている(川原ら, 1994)。今回の調査では、スペシャルドリンクの容量については計測しておらず、またゼネラルテーブルで準備された飲料の摂取量も不明であるため、レース中に飲用された量は分からない。実際のレースで測定する事は難しいが、マラソンでの競技力向上のために検討すべき事項かもしれない。

## 参考文献

- Costill, D.L. (1974) Factors limiting gastric emptying during rest and exercise, *J. Appl. Physiol.* 37: 679-683.
- Coyle, E.F., Coggan, A.R., Hemmert, M.K., Ivy, J.L. (1986) Muscle glycogen utilization during prolonged strenuous exercise when fed carbohydrate. *J. Appl. Physiol.* 61: 165-172.
- Gisolfi, C.V. (1992) Guidelines for optimal replacement beverages for different athletic events. *Med. Sci. Sport Exerc.* 24: 679-687.
- 伊藤静夫 (2001), スポーツ飲料の基礎, 競技力向上のスポーツ栄養学, トレーニング科学研究会編, 朝倉書店, 東京, 43-49.
- 川原貴, 中井誠一, 白木啓三, 森本武利, 朝山正巳 (1994), スポーツ活動中の熱中症予防ガイドブック, 財団法人日本体育協会.
- 日本生気象学会 (2009), 日常生活における熱中症予防指針 Ver. 1, 日本生気象学会雑誌, 45: 34-42.
- 太田篤胤 (2001), サプリメントの科学, 競技力向上のスポーツ栄養学, トレーニング科学研究会編, 朝倉書店, 東京, 49-57.
- Sawka, M.N., Burke, L.M., Eichner, E.R., Maughan, R.J., Montain, S.J., Stachenfeld, N.S. (2007) American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement, *Med. Sci. Sport Exerc.* 2007, 39: 377-390.
- Siegel, R., Mate, J., Brearley, M.B., Watson, G., Nosaka, K., Laursen, P.B. (2010) Ice

slurry ingestion increases core temperature capacity and running time in the heat. *Med. Sci. Sport Exerc.* 42: 717-725.

## 2011 大邱世界陸上選手権大会開催地における暑熱環境調査

石井好二郎<sup>1)</sup>

1) 同志社大学スポーツ健康科学部

### 目的

大邱市は韓国内陸部に位置する盆地であるため、韓国内でもっとも暑い都市の一つと言われている。2009年の調査では、大邱市に所在する啓明大学体育学部ペ・ヨンサン学部長の協力を得て、大邱市の数年間の気象データを得ることができた。その後、世界陸上マラソンコースや、男女のマラソンスタート時刻(午前9時)が決定し、レースの経過に応じた暑熱環境の予想が可能となった。2010年の調査では、実際のレース時刻を想定し、日照の影響を中心に暑熱環境の調査を実施した。

### 方法

前述したように、2011大邱世界陸上の男女のマラソンスタート時刻は午前9時であり、女子は大会初日の8月27日、男子は大会最終日の9月4日に行われる。今回、我々は2010年9月2日に大韓民国大邱広域市に入り、翌日の9月3日にスタート時刻の9時に合わせて、スタート地点よりマラソンコースを試走した。また、韓国気象庁のホームページより、大邱広域市の大会開催期間中の平年の最高気温、平均気温、最低気温を調査した。また、猛暑であった2010年の大会開催期間の最高気温、平均気温、最低気温も併せて調査した。さらに、平年と2010年の最高気温、平均気温、最低気温より、中井ら(1990)の方法により、気温よりWBGT(Wet-Bulb Globe Temperature: 湿球黒球温度)を推定した。

### 結果および考察

写真1はスタート地点の国債報償運動記念公園である。

実際のスタートが公園から道路に出るのかは不



写真1. スタート地点の国債報償運動記念公園

明であるが、国債報償運動記念公園前の道路もスタート時刻には日陰がほとんどない状況であった。大邱世界陸上のマラソンコースは15kmの周回を2回した後、最後の1周は途中でショートカットし、12.195kmを走るように設計されている。9月3日は晴天であったが、日陰があったのは6kmおよび21km付近の湖のほとりの木陰くらいであった。しかしながら、コースが道路の中央を走るようになっていけば、それも期待できないであろう(写真3)。試走を行った9月3日は2010年の8月27日～9月4日の間で、最も暑い日であった。2010年の夏は日本も韓国も猛暑であり、2010年の大邱広域市の大会開催期間の最低気温は平年の平均気温と、平均気温は平年の最高気温とほぼ同程度であった(図1)。推定WBGTも気温と同様であり(図2)、国際陸連(IAAF)より発表されている、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(Roberts, 1998; 表1)に当てはめてみると、試走を行った9月3日は最低WBGTであっても熱中症の危険性が「高い」と判定される。また、9月3日以外も2010年の大会開催期間は極めて厳しい暑熱環境下であっ



写真 2. 国籍報償運動記念公園前の道路



写真 3. 6km および 21km 付近

た。大会が開催される 2011 年が 2010 年と同様の猛暑となるかどうかは不明であるが、2007 年の大阪世界陸上と同程度の暑熱環境下（石井ら，2008）でのレースとなることも想定しておくべきであろう。我々が帰国した翌日の 9 月 5 日には、同じコースを韓国のマラソン代表候補選手が試走を行った。広州アジア大会男子マラソンでは韓国のチ・ヨンジュン選手が金メダルを獲得したことは記憶に新しいところである。大邱世界陸上でも地の利を得た韓国選手が日本選手の強敵となることは自明の理であろう。

## 文献

中井誠一， 寄本明， 森本武利（1990）夏季運動時 温熱環境の実態と温熱指標の比較． 体力科学 39（2）： 120-125.  
 Roberts WO（1998） 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. pp.39-75.

石井好二郎， 瀧澤一騎， 綾部誠也（2008）大阪世界陸上ロード種目における暑さ対策サポート活動． 日本陸連科学委員会報告書， 7: 89-90.

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℃～	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℃	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℃	中等度	曝される時間が長いほどリスクは増加する。
～18℃	低い	危険性は低いが，注意は必要。

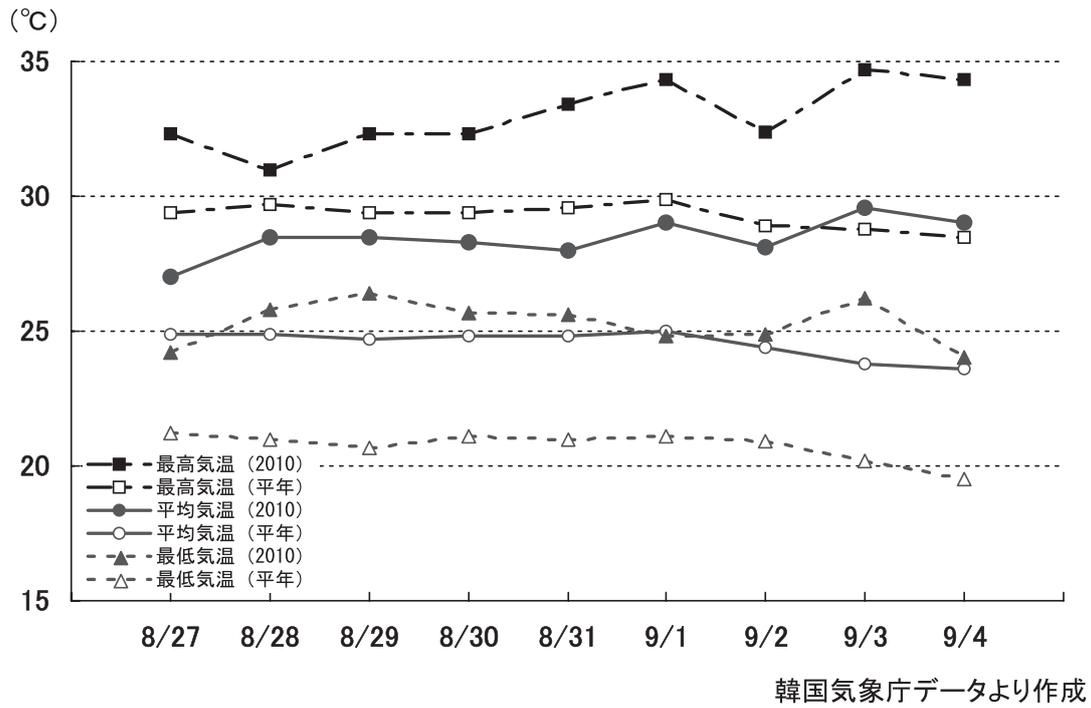


図 1. テグ世界陸上開催期間中の平年および昨年の気温

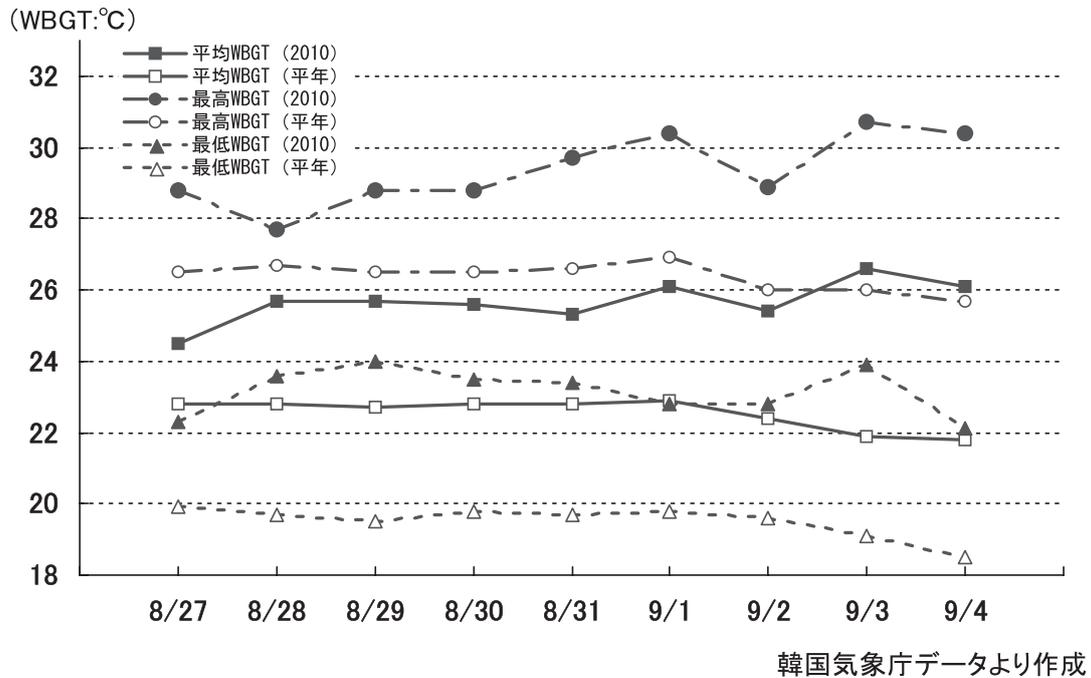


図 2. テグ世界陸上開催期間中の平年および昨年の WBGT

## 陸上競技における動きの標準値（標準動作）について

阿江通良<sup>1)</sup> 清水 悠<sup>1)</sup> 矢田恵太<sup>1)</sup>

1) 筑波大学

### 1. はじめに

スポーツの指導は、科学に基づいた芸術であるといわれる。スポーツにおける運動には力学的法則が関与しているので、スポーツの指導、特に技術の指導やトレーニングを効果的に行うには、運動や力の働きを理解することが重要である。科学委員会では、1991年の第3回世界選手権におけるバイオメカニクスプロジェクト活動以来、公式競技会における一流選手の動きをバイオメカニクスの収集し、よい動きのエッセンスを抽出して専門誌、報告書等のみでなく、講習会や合宿などにおいて積極的に公表し、指導の現場に普及する試みを行ってきている。

一般に、スポーツ技術を改善する場合には、①肉眼、感じ、経験などの主観に加え、VTRなどの客観的手段を利用した運動の観察、②目標とする動作との比較にもとづく評価、③制限要因や技術的欠点の究明、④適切なトレーニング法のデザインと選択、⑤動作の変更とトレーニングという段階を順に繰り返す。スポーツ技術の最適化ループで指導者を悩ますのは、選手や学習者の動きが適切な、よい動きであるかどうかの評価であるが、指導の現場ではまず選手の動きを何らかの目標とする動作モデルと比較し、動きの良し悪しを判断することが多い。このとき不可欠なのは評価の基準となる動作のモデルであろう。

最近、Ae et al. (2007), Murata et al. (2008) は、動きのモデルの1つとしての優れた選手や熟練者の動きから作成した動作の標準値（標準動作モデル）や動きのポイントや個人の技術的欠点を見出すための動作変動度や逸脱度を提唱している。標準動作を作成する過程は、座標データだけではなく、身体部分の速度、角度、関節角度などのkinematicsデータ、関節力、関節トルク、筋張力などのkineticsデータにも適用できる。そして、標準動作を用いると、

熟練した選手が同一の課題を解決した場合の平均的な動作を具体的に示すことが可能になり、さらに選手間のバラツキを利用して多くの選手に共通な動きと個々の選手に特有の動きとを識別することもできるようになってきている。

本稿では、科学委員会で収集した動きのデータから、第一弾として1)短距離疾走および2)走幅跳(主として踏切動作)の標準動作モデルを作成したので、紹介することにした。

### 2. 世界一流男子および大学男子スプリンターの標準動作モデル

図1は、このようにして作成した世界一流男子スプリンター（下図、14名、自己記録が9秒77～10秒33）および学生選手（上図、21名、10秒46～11秒37）の全速疾走の標準動作である。この標準動作は平均動作であるので、個々の選手のもつ動きの癖や欠点が目立たなくなり、技術の評価・診断の基準としては適していると考えられる。しかし、一流選手の標準動作を大学選手のもの比べると、離地時（下図の時点3, 7）における支持脚下腿の大きな前傾、抑えぎみの膝関節の伸展、接地時（時点1, 5, 9）におけるタイミングの早い回復脚の引きつけなどの宮下ら（1986）や伊藤ら（1994）の指摘する一流スプリンターの特徴が表れている。

### 3. 世界および日本一流男子走幅跳選手の踏切準備および踏切の標準動作モデル

図2は、世界一流群（W群、身長 $1.85 \pm 0.07\text{m}$ 、最高記録 $8.40 \pm 0.16\text{m}$ 、分析記録 $8.21 \pm 0.21\text{m}$ ）および日本一流群（J群、身長 $1.76 \pm 0.04\text{m}$ 、最高記録 $7.87 \pm 0.11\text{m}$ 、分析記録 $7.75 \pm 0.17\text{m}$ ）の

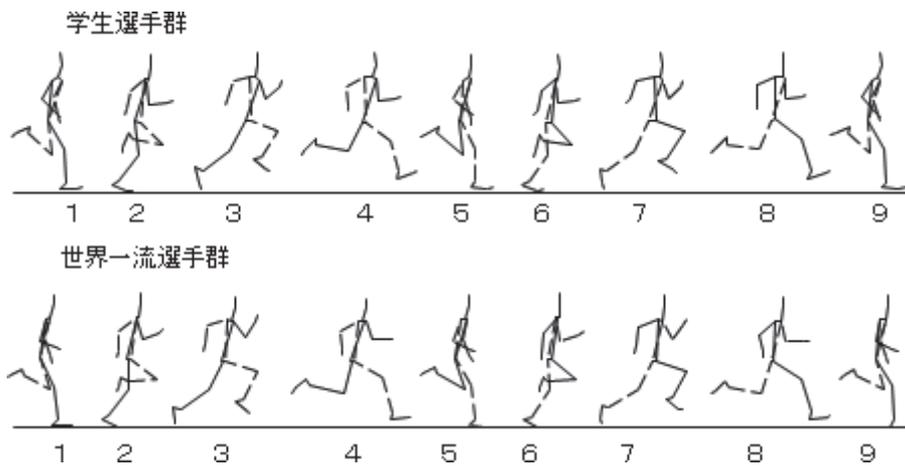
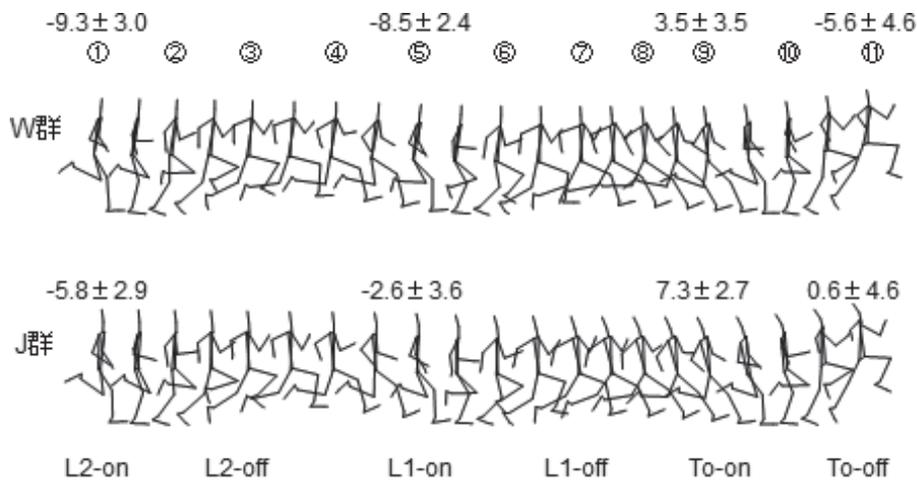


図1 世界一流男子および大学男子スプリンターの標準動作



世界(W)および日本(J)一流走幅跳選手の平均動作  
数字は体幹角(単位は度、マイナスは前傾を示す)

図2 世界および日本一流男子走幅跳選手の踏切準備および踏切の標準動作

踏切準備および踏切動作の標準動作モデルを示したものである。図2上部の数字は体幹の角度を示し、正は後傾、負は前傾を示す。なお、踏切において支持脚となる左脚を実線、リード脚となる右脚を破線で示した。

L2-on (図2中の時点1)付近においては、W群では体幹の前傾が大きい、J群では前傾が小さかった。4～5付近においては、W群ではJ群に比べ左脚足部がより低い位置を通過していたが、J群では左脚膝関節を大きく屈曲することでより足部が高い位置を通過していた。その後、W群では体幹の前傾が維持されていたのに対し、J群では体幹が前傾から後傾へと切り替わり、8～9付近においては、W群では体幹を直立に近く維持していたのに対し、J群では頭部と体幹の後傾、膝関節の伸展がより大き

かった。W群は体幹を前傾してより前方へ跳び出す踏切(跳躍角  $21.3 \pm 2.1 \text{deg}$ )を、J群は体幹をやや後傾してより上方へ跳び出す踏切(跳躍角  $22.8 \pm 1.6 \text{deg}$ )をしていた。

動きのトレーニングでは、これらの標準動作を1つのモデルにして選手の動きと比較することによって、選手の動きにおける問題点を明らかにすることが役立つ。しかし、先述したように、これらは1つの標準であり、選手の実性、技術水準などをコーチが考慮して選手に最適のものを模索することが不可欠である。

#### 文献

Ae M, et al. (2007): A biomechanical method to

establish a standard motion and identify critical motion by motion variability: With examples of high jump and sprint running. Bulletin of Institute of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba, 30:5-12.

宮下 憲ほか (1986) : 世界一流スプリンターの疾走フォームの分析 . J. J. SportsSci. 5-12:892-898.

伊藤 章ほか (1994) : 世界一流スプリンターの技術分析 . 世界一流陸上競技者の技術 ( 佐々木, 小林, 阿江監修 ), ベースボールマガジン社, PP.31-65.

Murata K, et al. (2008) : A biomechanical method to quantify motion deviation in the evaluation of sports techniques using the example of a basketball set shot. Bulletin of Institute of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba, 31:91-99.

## 陸上競技研究紀要 第7巻

### 編集後記

3月11日の大震災で被災された方、原発事故など震災後に生じた新たな被害を受けられた方に、編集委員会を代表して心からお見舞い申し上げます。

予定よりもかなり遅れてしまいましたが、平成22年度(2010年度)「陸上競技研究紀要」第7巻をお届けします。第1部の陸上競技に関する研究論文編については、今年は震災の影響かは不明ですが(宮城県からの投稿があったのですが、何らかの理由で掲載辞退となりました)、掲載は2編という寂しいものとなりました。また、第2部の科学委員会報告については、8編で例年よりも少なかったのですが、標準動作作成および提示という新しい試みがありました。科学委員会では、これまで競技会におけるバイオメカニクスの調査により質の高いデータを蓄積してきましたので、それを活用して何らかの日本陸連版の基準を提示しようという試みです。陸上競技の普及や競技力向上に資するような標準値の確立は、以前には元専務理事の佐々木秀幸先生から、最近では前専務理事の澤木啓祐先生からも強く要望されていたものです。今後は、動きの標準値だけでなく、体力等の標準値も提示できれば、さらに普及、競技力向上につながると考えている次第です。

8月27日から韓国のテグ(Daegu)で第13回世界陸上競技選手権が始まります。我が国の代表選手の健闘を、さらにそれがロンドンオリンピック大会につながることを心からお祈りします。

平成23年7月31日

文責 阿江通良

陸上競技研究紀要第7巻 編集委員会  
阿江通良(編集委員長)、松尾彰文、杉田正明、渡部 誠、佐伯徹郎  
(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7巻

---

2011年10月1日発行

発行人 尾縣 貢

発行所 公益財団法人日本陸上競技連盟

〒150-8050 東京都渋谷区神南1-1-1 岸記念体育会館内

TEL : 03-3481-2300

---