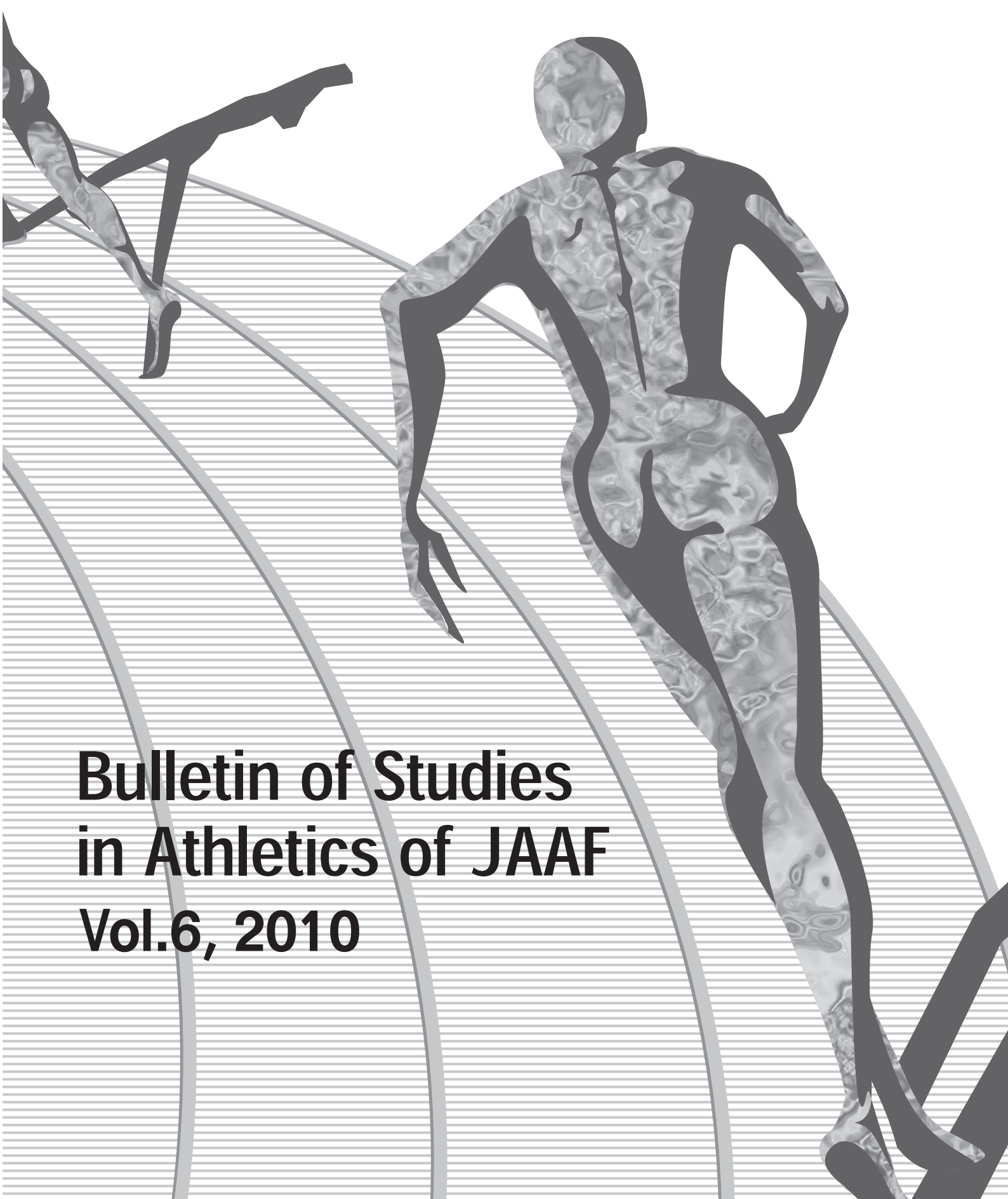


# JAAF 陸上競技研究紀要

財団法人日本陸上競技連盟  
ISSN1349-7596



**Bulletin of Studies  
in Athletics of JAAF  
Vol.6, 2010**

# 「陸上競技研究紀要」

(Bulletin of Studies in Athletics of JAAF)

## 投稿規定

陸上競技研究紀要編集委員会

### 1. 投稿資格について

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

### 2. 投稿内容および種類について

投稿内容は陸上競技についての理論と実践に関するもので、内容に応じて、総説、原著、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

財団法人日本陸上競技連盟

「陸上競技研究紀要」編集委員会宛

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

E-mail:kiyou@rikuren.or.jp

### 7. 原稿の締め切り

原稿の締め切りは、1月末日とする。

### 8. その他

本研究紀要に掲載された内容の著作権は財団法人日本陸上競技連盟に帰属する。

## あ い さ つ

(財) 日本陸上競技連盟  
専務理事 澤木 啓祐

『陸上競技研究紀要第6巻』が発刊の運びとなった。

昨年8月に開催されたベルリン世界陸上では、男子やり投で村上選手が銅メダルを、女子マラソンでは尾崎選手が銀メダルを獲得し、大阪世界陸上や北京五輪からの苦い経験を経た後の明るい話題となった。また、昨年来複数の種目において日本新記録の樹立等、記録の向上が見られたが、これらの背景には科学的サポートが一翼を担っていることは言うまでもない。

競技力向上のためには効果的なトレーニングが求められるが、それは現場における「指導者の技術（勘・眼力）」等を含めた指導力と共に、データの調査・分析に基づく「科学性」とが「総合的に機能」して達成されるものである。本誌に掲載の『医科学サポート研究 REPORT』（14編）においては世界一流競技者により収集したデータの分析等も掲載されているが、これらの研究結果がトレーニングの現場において効果的にフィードバックされ、競技結果として実を結ぶことを期待する。

また、来年7月にはアジア選手権自国開催を控えており、大会の成功には開催国である日本選手の活躍が鍵を握ることは自明であるが、加えて競技会がイベントとして盛り上がるための演出もまた成功への重要な要素である。本誌における投稿論文（原著論文：2編、資料報告4編、計6編）には、「競技会運営に関する」調査報告も含まれており、これらが今後の競技会運営や陸上競技の普及に対しても寄与することを願ってやまない。

本誌にご寄稿いただいた皆様に厚く御礼申し上げるとともに、本誌が皆様にとって日ごろの指導の一助となれば幸いである。

# 陸上競技研究紀要

Bulletin of Studies in Athletics of JAAF

Vol.6 2010

## 目 次

### 【原著論文】

倒立振子モデルを用いた男子 20km 競歩レースにおける身体重心水平速度の分析  
・・・・・・・・法元康二ほか・・・1

日清食品カップ全国小学生陸上競技交流大会に出場した選手の食生活に関する調査  
・・・・・・・・田口素子ほか・・・11

### 【資料報告】

第 25 回日清食品カップ全国小学生陸上競技交流大会優勝選手の食事実態について  
・・・・・・・・大畑好美ほか・・・19

第 12 回世界選手権ベルリン大会の女子マラソンにおける環境温度条件とパフォーマンス  
・・・・・・・・梶原洋子ほか・・・30

全国小学生クロスカンントリーリレー研修大会の競技運営に関する小学生競技者の満足度調査  
—2009 年の大会を中心に—  
・・・・・・・・岡野 進ほか・・・36

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—  
・・・・・・・・阿保雅行ほか・・・43

【日本陸連科学委員会研究報告 第 9 巻 (2010) 陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2009】  
・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・51

## 倒立振り子モデルを用いた男子 20km 競歩レースにおける身体重心水平速度の分析

法元康二<sup>1)</sup> 阿江通良<sup>2)</sup> 榎本靖士<sup>3)</sup> 横澤俊治<sup>4)</sup> 藤井範久<sup>2)</sup>  
1) 茨城県立医療大学 2) 筑波大学 3) 京都教育大学 4) 国立スポーツ科学センター

An analysis for horizontal velocity of the centre of gravity of race walkers using an inverted pendulum model on official Men's 20 km Race Walking event

Koji HOGA<sup>1)</sup> Michiyoshi AE<sup>2)</sup> Yasushi ENOMOTO<sup>3)</sup> Toshiharu YOKOZAWA<sup>4)</sup>  
Noriyoshi FUJII<sup>2)</sup>

- 1) Ibaraki Prefectural University
- 2) University of Tsukuba
- 3) Kyoto University of Education
- 4) Japan Institute of Sports Sciences

### Abstract

This study used the inverted pendulum model to analyse the kinematic factors of the body segments required for high walking speed in male race walkers in official races, including elite walkers. Male race walkers participating in official 20 km-races were videotaped using a VTR camera (60 Hz) set perpendicular to the course. Thirty-five elite race walkers (race records 1:19'50" – 1:34'58") were selected as subjects. A two-dimensional 14-segment linked model and an inverse pendulum model of the centre of gravity (CG) to the support foot were used to calculate biomechanical parameters in the early phase of the race. Large vertical acceleration of the torso occurred at the mid stance phase and influenced the acceleration of the pendulum length which resulted in large extensional velocity of the pendulum.

### I. 緒言

陸上競技の競歩の技術に関する初期のバイオメカニクスの研究は走運動および通常歩行との違いに焦点を当てたもの (Murray ら, 1983 ; Cairns ら, 1986) が多い. Murray ら (1983) は, 競歩では通常歩行と比較してステップ頻度とステップ長が大きいことを報告している. また, Cairns ら (1986) は, 競歩では通常歩行および走運動と比較して足関節最大底屈角度, 膝関節最大伸展角度, 骨盤の角度変位, 左右軸方向の身体内側方向地面反力の大きさ, 足関節最大底屈曲トルク, 膝関節の最大伸展トルクが有意に大きかったことを報告している. しかし, 陸上競技における競歩の公認種目は室内種目を含めて 3000 m 以上の距離であるにもかかわらず (2009,

日本陸上競技連盟), これらの研究は実験室内の短い歩行路における実験試技を分析したものであった.

競歩の技術には, 高い歩行速度を獲得するだけでなく, それをレース中に維持するための要素が内包されていると考えられる. そのため, 競歩における高い競技パフォーマンスの達成に必要な要素を明らかにするためには競技会における歩行フォームの分析が必要であると考えられる. また, 公式競技会では競歩審判員の肉眼による歩型判定が行われることから, 大きな歩行速度の獲得に関する要因の分析のみであっても, 実際の競技会において失格とならなかつた競技者を選別したうえで分析し, 検討する必要がある.

Hoga ら (2003) は, 公式競技会における一流競

技者の分析を回復脚に焦点をあてて行い、回復期後半における股関節伸展トルクが大きいことが高い歩行速度の獲得に必要であると結論づけている。しかし、この研究では歩行速度と力学的エネルギーの流れの関係について焦点をあてており、歩行速度の変化に関係のある要因については詳細には明らかにしていない。

走運動あるいは通常歩行における重心水平速度の要因については、Cavagnaら(1963, 1976, 1977)、LeeとFarley(1988)、三井と図子(2006)などが倒立振子モデルを用いて分析している。Cavagnaら(1963, 1976, 1977)は、倒立振子モデルを用いて通常歩行における力学的エネルギーの変化から歩行時の運動エネルギーと位置エネルギーの変換について分析している。LeeとFarley(1988)は、通常歩行および走運動中の身体重心の軌跡に影響を及ぼす要因について倒立振子モデルを用いて分析し、接地時の倒立振子モデルと水平線のなす角度および支持脚にかかる圧縮力が重要な要因であることを明らかにしている。三井と図子(2006)は、高齢者の歩行について分析し、倒立振子によってモデル化した身体を前方に回転させ、大きなストライド長を獲得するためには、支持脚の屈曲伸展による振子のばね様の長さ変化が重要であると報告している。これらの研究では、人間の移動運動におけるスピードの生成に関わる身体各部分の機構について倒立振子モデルを用いて明らかにしており、競歩も通常歩行や走運動と同様に人間の二足移動運動であることから、倒立振子モデルを用いて身体重心速度と身体各部分の関係について明らかにすることが可能であろう。

本研究の目的は、競歩における大きな歩行速度の生成要因を公式競技会におけるデータから倒立振子モデルを用いた水平重心速度の分析から明らかにすることである。

## II. 方法

### 1. 公式競技会におけるデータ収集

1997年から1999年にかけて日本国内で行われた公式競技会における20 kmレースに参加し、熟練した競歩審判員による判定のもとで失格とならずにフィニッシュした男子選手のうち、当該レースにおける記録が1時間35分以内の35名を被験者とした。Table 1は被験者の特性を示したものである。被験者の中には世界陸上競技選手権男子20 km優勝者、ワールドカップ競歩男子20 km優勝者、男子50 km優勝者など、世界および日本の一流競歩選手が含ま

Table 1 Characteristics of the subjects for official races ( $N = 35$ ).

	Mean	SD	Max - Min
Age (yrs)	23.1	4.3	34 - 18
Height (m)	1.71	0.05	1.83 - 1.63
Body Mass (kg)	57.8	4.4	68 - 50
Race time	1:27'55"1	4'33"5	1:19'50" - 1:34'59"
Personal best time	1:26'07"5	5'10"1	1:18'27" - 1:34'59"
Performance Ratio (%)	97.0	3.6	100.0 - 88.0

れていた。また、分析レースより前に達成された各被験者の自己記録から算出した自己記録達成率を示した。

なお、分析対象競技会におけるVTR撮影の一部は、日本陸上競技連盟科学委員会バイオメカニクス班の活動として行われたものである。また、最後に撮影した競技会以降、2009年3月までに更新された日本記録および世界記録の更新率はそれぞれ0.44%と1.2%で非常に小さく、競技水準の大きな変化はみられなかったことから、データの追加は行わなかった。

1周2 kmの周回コースで実施された公式競技会における男子20 kmレースのうち、歩行フォームに対する疲労の影響を少なくするためにレース前半4-8 km地点の歩行動作をVTR撮影した。レース中の競技者を側方からVTRカメラを用いて撮影を行った。撮影スピードは毎秒60フィールド、露出時間は撮影条件により1/1000秒もしくは1/1500秒であった。

カメラはコース上の距離計測線から15 mの距離に三脚に固定し、5 mの区間を撮影範囲とした。また、実座標に換算するため距離計測線上に2つの較正マークを4 m間隔で置いた。

### 2. 実験におけるデータ収集

被験者は10000 m競歩および20 km競歩を専門とする男子競歩競技者計12名を被験者とした。Table 2に被験者の特性を示したが、この中には日本学生陸上競技選手権10000 m競歩の優勝者など国内一流選手が複数含まれていた。実験は公認陸上競技場のトラック走路と同じ舗装材を用いた歩行路をトラックバックストレート直走路に隣接するアウトフィールドに直線長さ50 mで設定し、各被験者の10000 m競歩の自己記録の平均ペースで通常の陸上競技トラック種目とは反対方向に歩く試技を各被

Table 2 Characteristics of the subjects for experiment ( $N = 12$ )

	Mean	SD	Max - Min	Unpaired t-value to official races
Age (yrs)	20.9	3.0	29 - 18	1.94
Height (m)	1.72	0.04	1.78 - 1.64	0.77
Body mass (kg)	56.0	3.3	62 - 50	1.46
Personal best time	43'43"93	2'14"58	40'52"70 - 48'50"76	0.94

験者に3-5回行わせた。光電管 (Brower Timing Systems 社製, IRDT175) を用いて計測した撮影区間の歩行時間から、歩行速度を算出し、自己記録の平均ペースに最も近かった1試技を分析試技とした。また、実験に先立って各被験者には実験の内容と遂行にあたって伴う危険性について十分に説明を行い、実験参加に関する同意を得た。

撮影はインフィールド内の実験歩行路の側方50mの位置に設置した高速度VTRカメラ (NAC 社製, HSV-500<sup>3</sup>VCR) を用いて、毎秒250コマ、露出時間1/500-2000秒で、カメラをパンニングして行った。地面反力の計測には、トラック外の歩行路に埋設した2台のフォースプラットフォーム (Kistler 社製, 9281A) を用い、500 Hz のサンプリング周波数でA/D変換した後にPCに取り込んだ。地面反力と画像を同期するために、カメラの撮影範囲内に同期装置 (DKH 社製, PH-100A) を置いて、被験者が撮影範囲内の中央を通るあたりで発光させ、同期信号を地面反力データとともに記録した。また、陸上競技規則では公式競技会における歩型判定は競歩審判員の肉眼によって行うことが定められているため、本研究では競歩審判員の経験のある検者の肉眼によって各試技の判定を行い、歩型違反であると認識された試技については分析対象より除外した。

### 3. データ処理

#### (1) 2次元座標データの算出

公式競技会および実験において撮影したビデオ画像は同じ方法でデータ処理を行った。撮影したVTR画像における被験者の1サイクルの歩行動作について身体分析点 (23点) および較正マーク (2点) を、公式競技会については60 Hzで、実験については125 Hzで、それぞれデジタル化した。デジタル化にはDKH社製Frame-DIAS IIシステムを用い、得られた身体の2次元座標を実長換算した。WellsとWinter (1980) の方法により分析点の座標成分ごと

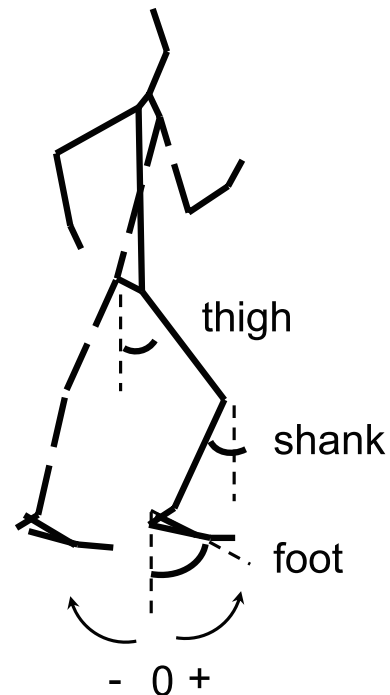


Figure 1 Definition of segment angles

に最適遮断周波数を決定し、Butterworth low-pass digital filter を用いて平滑化を行った。平滑化の最適遮断周波数は、公式競技会の歩行動作が1.8-8.4 Hzで、実験における歩行動作が2.5-6.25 Hzの範囲であった。

#### (2) キネマティクスの変数の算出

平滑化した座標データから身体を左右の手、前腕、上腕、足、下腿、大腿、頭部、体幹の14部分からなるリンクセグメントにモデル化し、阿江 (1996) の身体部分慣性係数を用いて、部分および全身の重心位置、部分の慣性モーメントを算出した。また、全身の重心および部分の重心位置を数値微分することで、重心速度、重心加速度を算出した。さらに、Figure 1で定義した部分角度を算出し、数値微分することにより角速度、角加速度を求めた。

歩行の1サイクルを右足離地時から次の右足離地時までとし、1サイクルに要した時間を2等分して、その逆数をピッチ、1サイクル中における重心の水平方向の変位を2等分したものをステップ長とした。1サイクルの平均歩行速度 ( $V_{ave}$ ) はピッチとステップ長の積により算出した。

#### (3) 倒立振り子モデルの定義

三井と関子 (2006) と同様に、全身の身体重心位置および地面反力の足圧中心位置を用いて歩行フォームをFigure 2で示したように倒立振り子にモデル化した。公式競技会では地面反力の計測はできないため、実験データから推定した足圧中心位置を用いた。

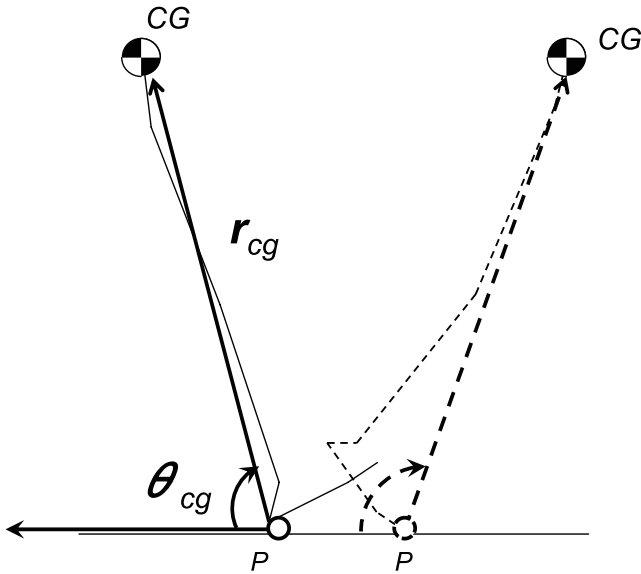


Figure 2 An inverted pendulum model

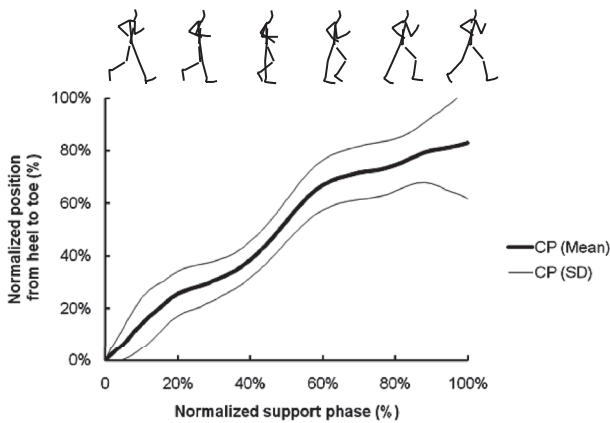


Figure3 Normalized pattern of the center of pressure position (CP) for all subject in the experiment. Position of CP for each subject was normalized by the horizontal length from heel to toe of the support foot as 100 %, and normalized by the time of the support phase, which was defined as the time from the instant of right heel strike to the instant of right toe off as 100 %.

実験における各被験者の接地時の支持足かかとの水平位置を0%とし、離地時のつま先の水平位置を100%として被験者ごとの相対的な足圧中心位置を算出し、支持足接地から支持足離までの時間を100%として各被験者の相対足圧中心位置データを規格化した。さらに、規格化したデータの全被験者の相対足圧中心位置データの平均値を算出した

(Figure 3). 時々刻々の相対足圧中心位置は右足支持期全体を通して歩行速度との間に5%以下の有意な相関がみられなかったことから、実験における足圧中心位置の平均値を公式競技会における倒立振子の地面に対する接点の位置とした。

身体重心の水平速度 ( $V_x$ ) を、以下の式 (1) - (4) によって回転要素 ( $V_{rot}$ ) と伸縮要素 ( $V_{flex-ext}$ )、および足圧中心要素の ( $V_{foot}$ ) の三要素に分けた。

$$V_x = V_{flex-ext} + V_{rot} + V_{foot} \quad (1)$$

$$V_{flex-ext} = -r_{CG} \cos \theta_{CG} \quad (2)$$

$$V_{rot} = r_{CG} \dot{\theta}_{CG} \sin \theta_{CG} \quad (3)$$

$$V_{foot} = \dot{P}_{foot} \quad (4)$$

ここで  $r_{CG}$  は倒立振子ベクトルの大きさ、 $\theta_{CG}$  は被験者の後方に向かう水平線ベクトルを基準とした倒立振子ベクトルの角度、 $\dot{r}_{CG}$  と  $\dot{\theta}_{CG}$  は  $r_{CG}$  と  $\theta_{CG}$  を時間微分したもの、 $\dot{P}_{foot}$  は、倒立振子の地面との接点となる足圧中心の水平方向の位置である  $P_{foot}$  を時間微分したものである。

#### (4) 統計処理

支持期における時系列データは右足接地から右足離地までの時間を100%として規格化し、被験者間でデータの大きさとパターンの比較を行った。また、比較にあたって同一被験者群で比較する場合には対応のある  $t$  検定を行い、異なる被験者群で比較する場合には対応のない  $t$  検定を行った、それぞれの有意水準は5%未満とした。

回転要素、伸縮要素と足圧中心要素の歩行速度に対する影響をみるために、水平重心速度に対する重回帰分析を行い、標準回帰係数  $\beta$  を算出した。また、分析項目間の関係を見るため、ピアソンの相関係数  $r$  を算出した。有意水準は5%未満とした。

### III. 結果

#### 1. 歩行速度

公式競技会および実験における全ての被験者の1サイクルの平均歩行速度 ( $V_{ave}$ ) を Table 3 に示した。公式競技会における  $V_{ave}$  ( $3.80 \pm 0.20$  m/s) と実験における  $V_{ave}$  ( $3.91 \pm 0.17$  m/s) の間には有意な差はみられなかった。



Table 3 Mean average walking speed for official races ( $N = 35$ ) and experiment ( $N = 12$ ).

	Mean	SD	Unpaired t-value
Official races (m/s)	3.80	0.20	1.77
experiments (m)	3.91	0.17	

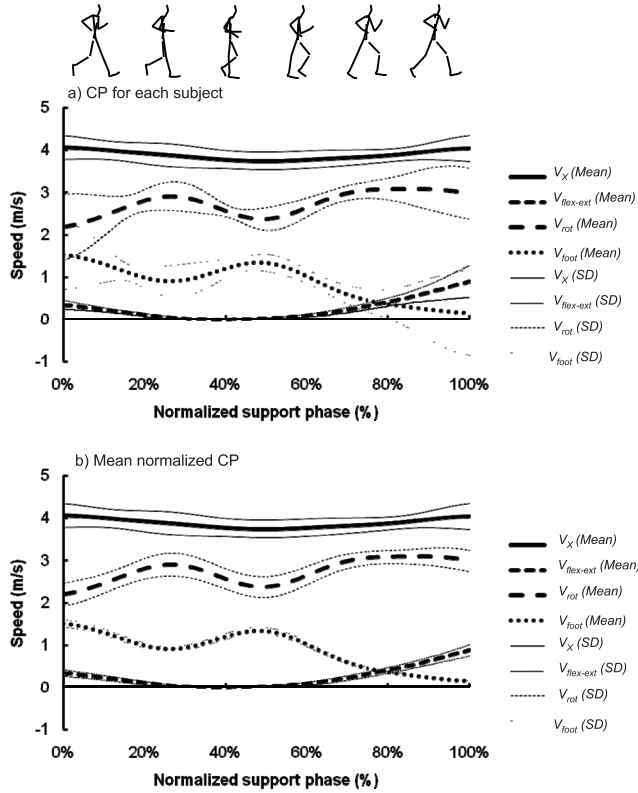


Figure 4 Horizontal velocity of the centre of gravity ( $V_x$ ), the flexion-extension component ( $V_{flex-ext}$ ), the rotational component ( $V_{rot}$ ), and the moving foot of the pendulum component ( $V_{foot}$ ) of  $V_x$  for all subjects ( $N = 12$ ) during the support phase on experiment. The upper figure (a) shows data calculated with the center of pressure for each subject. The lower figure (b) shows data calculated with the average center of pressure.

## 2. 支持期における水平重心速度の変化

実験における全ての被験者の水平重心速度 ( $V_x$ ), 伸縮要素 ( $V_{flex-ext}$ ), 回転要素 ( $V_{rot}$ ), 足圧中心要素 ( $V_{foot}$ ) の規格化した右足支持期の変化パターンの平均値と標準偏差を Figure 4a に示した.

$V_x$  と  $V_{flex-ext}$  は右足接地から右足支持期 40% まで減少し, 右足離地まで増加していた.  $V_{rot}$  は右足接地から右足支持期 30% まで増加したあと減少し, 右足支持期 50% から 80% まで増加して離地していた.

Figure 4b は Figure 3 で示した実験におけるす

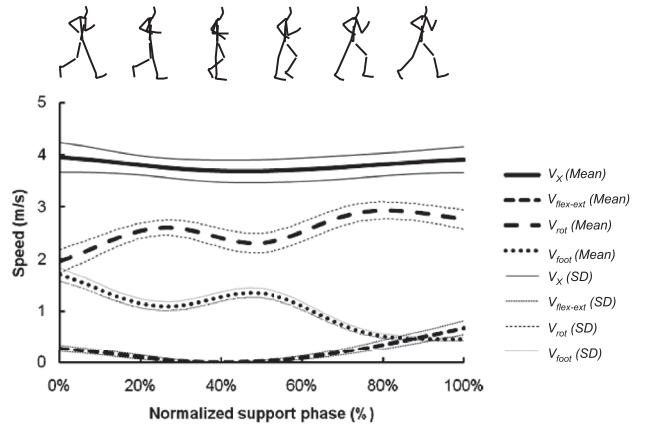


Figure 5 Horizontal velocity of the centre of gravity ( $V_x$ ), the flexion-extension component ( $V_{flex-ext}$ ), the rotational component ( $V_{rot}$ ), and the moving foot of the pendulum component ( $V_{foot}$ ) of  $V_x$  for all subjects ( $N = 35$ ) during the support phase on official races. Data was calculated with the average center of pressure of experiment.

べての被験者の足圧中心位置の平均値を倒立振子の地面との接点と仮定して実験における被験者の  $V_x$ ,  $V_{flex-ext}$ ,  $V_{rot}$ ,  $V_{foot}$  を算出し, 規格化した右足支持期の変化パターンを示したものである. 全ての変数で Figure 4a に示した被験者ごとの足圧中心による場合と同じ変化パターンを示し, また, 1% ごとのデータを比較したところ有意な差はみられなかった.

実験における全被験者の相対足圧中心位置の平均値を用いて算出した公式競技会における全ての被験者の  $V_x$ ,  $V_{flex-ext}$ ,  $V_{rot}$ ,  $V_{foot}$  の規格化した右足支持期における平均値と標準偏差を Figure 5 に示した.  $V_x$  と  $V_{flex-ext}$  は右足接地から右足支持期 40% まで減少し, 右足離地まで増加していた.  $V_{rot}$  は右足接地から右足支持期 30% まで増加したあと減少し, 右足支持期 50% から 80% まで増加して, その後減少して離地していた.

Table 4 は公式競技会におけるデータの右足接地時および離地時の  $V_x$  と  $V_x$  の最小値を示したものである. また,  $V_{ave}$  との関係を見るために,  $V_{ave}$  に対する相関係数 ( $r$ ) および標準回帰係数 ( $\beta$ ) を示した. 重回帰分析の結果では,  $V_{ave}$  に対する有意な関係はどの変数についてもみられなかったが, 右足接地時における  $V_x$  ( $r = 0.70$ ,  $p < 0.001$ ),  $V_x$  の最小値 ( $r = 0.94$ ,  $p < 0.001$ ), 右足離地時における ( $r = 0.81$ ,  $p < 0.001$ ) とともに  $V_{ave}$  と有意な強い相関がみられ, 最小値が最も強い相関を示した.

Table 4 The horizontal velocity of the centre of gravity at right heel strike, at right toe-off and the minimum value for all subjects in official races ( $N = 35$ ). Coefficients of correlation ( $r$ ) and standardized coefficients of multiple regressions ( $\beta$ ) to the average walking speed during one cycle ( $V_{x-ave}$ ) were calculated.

	Mean	SD	$r$ to the average walking speed ( $V_{x-ave}$ )	$\beta$ to the average walking speed ( $V_{x-ave}$ ) ( $r^2 = 0.999$ )
$V_x$ at right heel strike (m/s)	3.95	0.28	0.70 ***	0.20
$V_x$ at minimum (m/s)	3.63	0.21	0.94 ***	0.24
$V_x$ at right toe off (m/s)	3.91	0.25	0.81 ***	0.56

\*\*\* $p < 0.001$

Table 5 The flexion-extension component ( $V_{x-flex-ext}$ ), the rotational component ( $V_{x-rot}$ ), and the foot of the pendulum component ( $V_{x-foot}$ ) of the horizontal velocity of the centre of gravity at the instant of the minimum average walking speed ( $V_{x-min}$ ) for all subjects in official races ( $N = 35$ ).

	Mean	SD	$r$ to $V_{x-min}$	$\beta$ to $V_{x-min}$ ( $r^2 = 0.999$ )
$V_{x-flex-ext}$ (m/s)	0.04	0.08	0.14	0.16
$V_{x-rot}$ (m/s)	2.43	0.25	0.76 ***	0.84 ***
$V_{x-foot}$ (m/s)	1.16	0.22	0.04	0.02

\*\*\* $p < 0.001$

Table 5 は Table 4 と同様に公式競技会での  $V_x$  が最小値を示した時点における  $V_{flex-ext}$ ,  $V_{rot}$ ,  $V_{foot}$  を示したものである。  $V_x$  の最小値 ( $V_{x-min}$ ) との関係を見るために、  $V_{x-min}$  に対する相関係数 ( $r$ ) および標準回帰係数 ( $\beta$ ) を示した。  $V_{x-min}$  は、  $V_{rot}$  との間に有意な相関がみられ ( $r = 0.76$ ,  $p < 0.05$ ), また、重回帰分析の結果、  $V_{x-min}$  とは  $V_{rot}$  が最も強い関係を示した ( $\beta = 0.84$ ,  $p < 0.05$ )。 なお、表には示さなかったが、  $V_{ave}$  に対しても  $V_{rot}$  が最も強い関係を示した ( $r = 0.54$ ,  $p < 0.05$ ,  $\beta = 0.84$ ,  $p < 0.05$ )。

公式競技会における右足接地から  $V_x$  が最小値を示した時点までの  $V_{flex-ext}$  および  $V_{rot}$  の変化量を

Table 6a The difference in  $V_{flex-ext}$  and  $V_{rot}$  from the right heel strike to the instant of minimum  $V_x$  for all subject in official races ( $N = 35$ ).

	Mean	SD	$r$ to $V_{ave}$
$V_{x-rot}$ (m/s)	0.42	0.30	0.19
$V_{x-flex-ext}$ (m/s)	-0.25	0.11	-0.03

Table 6b The difference in  $V_{flex-ext}$  and  $V_{rot}$  from the instant of minimum  $V_x$  to right toe-off for all subject in official races ( $N = 35$ ).

	Mean	SD	$r$ to $V_{ave}$
$V_{x-rot}$ (m/s)	0.56	0.29	-0.28
$V_{x-flex-ext}$ (m/s)	0.73	0.16	0.53 **

\*\* $p < 0.01$

Table 6a に示した。 さらに、 Table 6b には同じく公式競技会での  $V_x$  が最小値を示した時点から右足離地までの  $V_{flex-ext}$  および  $V_{rot}$  の変化量を示した。 なお、  $V_{ave}$  との関係を見るために、  $V_{ave}$  に対する相関係数をそれぞれ示した。

$V_{flex-ext}$  は  $V_x$  が最少値を示した時点から右足離地まで増加し、  $V_{flex-ext}$  の増加量は  $V_{ave}$  との間に有意な相関がみられた ( $r = 0.53$ ,  $p < 0.01$ )。  $V_{rot}$  は右足接地から  $V_x$  が最少値を示した時点まで増加していたが、  $V_{ave}$  との間に有意な相関はみられなかった ( $r = 0.19$ )。

### 3. 身体重心と頭部、上肢、体幹 (HAT) の鉛直加速度と速度

Table 7 は  $V_x$  が最小値を示した時点の振子の長さの加速度 ( $A_{pen}$ ) および、身体重心の鉛直方向加速度 ( $A_{y-cg}$ )、頭部、上肢、体幹を合わせた部分 (HAT) の鉛直方向加速度 ( $A_{y-HAT}$ ) を示したものである。 表中には示さなかったが、  $A_{pen}$  ( $13.78 \pm 2.85 \text{ m/s}^2$ ) と  $V_{ave}$  の間には有意な相関がみられた ( $r = 0.40$ ,  $p < 0.05$ )。  $A_{y-cg}$  ( $r = 0.88$ ,  $p < 0.05$ ) および  $A_{y-HAT}$  ( $r = 0.84$ ,  $p < 0.05$ ) は  $A_{pen}$  との間にも有意な相関がみられた。

Figure 6 は公式競技会における全ての被験者の身体重心の鉛直方向加速度 ( $A_{y-cg}$ ) および HAT の鉛直方向加速度 ( $A_{y-HAT}$ ) の平均値と標準偏差を規格化した右足支持期について示したものである。  $A_{y-cg}$  および  $A_{y-HAT}$  は右足接地時においてほぼ 0 の値を示し、支持期 40% まで増加して、右足離地まで減少して

Table 7 The acceleration of pendulum ( $A_{pen}$ ), the vertical acceleration of the center of gravity ( $A_{y-cg}$ ) and the vertical acceleration of head, arms, and torso ( $A_{y-HAT}$ ) at the instant of the minimum walking speed for all subjects in official races ( $N = 35$ ).

	Mean	SD	$r$ to $A_{pen}$
$A_{pen}$ (m/s <sup>2</sup> )	13.78	2.85	
$A_{y-cg}$ (m/s <sup>2</sup> )	-0.21	0.60	0.88 *
$A_{y-HAT}$ (m/s <sup>2</sup> )	0.41	1.07	0.84 *

\* $p < 0.05$

Table 8 The time and length of downward and upward vertical displacement of CG during the support phase for all subjects in official races ( $N = 35$ ).

		Mean	SD	$r$ to $V_{ave}$
Time (s)	Down	0.11	0.02	-0.21
	Up	0.17	0.02	-0.36 *
Length (m)	Down	-0.03	0.01	0.05
	Up	-0.05	0.01	0.14

\* $p < 0.05$

いた。また、 $A_{y-cg}$  と  $A_{y-HAT}$  は支持期 35% から 50% まで  $V_{ave}$  と有意な相関を示した。また、 $V_x$  が最小値を示した時点における支持脚の足部、下腿、大腿の角速度および角加速度と  $V_{ave}$  の関係についてみたところ有意な相関はみられなかった。

Table 8 は公式競技会の全ての被験者の右足支持期における身体重心が上方および下方へ移動した距離を示したものである。身体重心の変位は上方、下方ともに  $V_{ave}$  とは有意な相関はみられなかった。しかし、上方への移動時間については  $V_{ave}$  と有意な相関がみられた ( $r = -0.36$ ,  $p < 0.05$ )。

#### IV. 考察

##### 1. 公式競技会における倒立振り子モデルの妥当性

本研究では、公式競技会での地面反力計測ができなかったため、実験における支持足の足圧力中心位置をもとにして、公式競技会における足圧中心位置を推定して倒立振り子モデルの地面との接点とした分析を行った。

Figure 4a と 4b に示した通り、実験における被験者ごとの足圧力中心を倒立振り子モデルの地面との接点として算出した水平歩行速度の各要素と、足圧

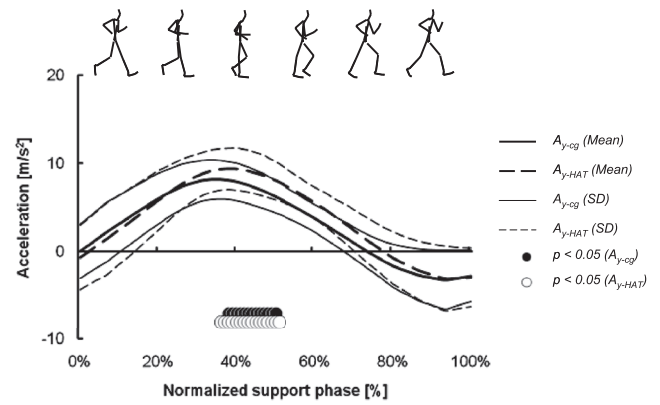


Figure 6 The vertical acceleration of the center of gravity ( $A_{y-cg}$ ) and HAT ( $A_{y-HAT}$ ) for all subjects ( $N = 35$ ) during the support phase. Circles indicate the phases in which  $A_{y-cg}$  and  $A_{y-HAT}$  was significantly related to the mean upward vertical average of each segment.

中心の全被験者の平均値を接点とした各要素のデータの間には有意な差はみられなかった。このことは、推定値に基づいたモデルによって各要素を算出することが妥当であったことを示している。また、Table 3 に示した通り、1 サイクル中の平均歩行速度は実験と公式競技会とで有意な差は見られず、水平重心速度の変化パターンについても、Figure 4a と 4b に示した実験におけるデータと Figure 5 に示した公式競技会におけるデータの間には有意な差はみられなかったことから、実験において算出した平均の足圧中心位置に基づいた倒立振り子モデルによって公式競技会のデータを分析することも妥当であると考えられる。

##### 2. 右足支持期における水平重心速度の変化

Figure 4a, 4b, 5 に示したように実験でも公式競技会でも水平重心速度は接地後に支持期中盤まで減少し、その後増加して離地していた。ここで、接地時、最小値出現時、離地時のそれぞれの水平歩行速度と平均の歩行速度との関係をみたところ、いずれの局面においても有意な相関があり、最小値出現時の歩行速度が平均歩行速度と最も関係が強かったことから (Table 4)、この時の水平重心速度を構成する要素を詳細に検討することで大きな歩行速度を獲得するための要因を明らかにできると考えられる。そこで、水平重心速度の最小値が出現した時点での伸縮要素、回転要素、足圧中心要素と歩行速度最小値および平均歩行速度の関係をみたところ、回

転要素が最も関係が強かったことから (Table 5), 水平重心速度が最小値を示す時点での回転要素が大きいことが水平重心速度を高め, 高い歩行速度を獲得するための重要な要因であると考えられる.

Figure 5 に示したとおり, 水平重心速度の回転要素は水平重心速度が減少する局面では増加する変化パターンである. Table 6a に示した通り, 右足接地から水平重心速度最小値が出現する時点までの回転要素の変化は平均歩行速度とは有意な関係は見られず, 接地後の回転要素の増加は大きな歩行速度の獲得には関係していなかったと考えられる. また, 水平重心速度の右足接地から最小値までの減少 ( $-0.32 \pm 0.23$  m/s) についても平均歩行速度とは有意な相関は見られず ( $r = 0.004$ ), 支持期前半における水平重心速度および各要素の変化は大きな歩行速度の獲得には関係していなかったと考えられる. その一方で, 右足接地時の水平重心速度の大きさは平均歩行速度と有意な相関がみられただけでなく (Table 4), 水平重心速度最小値と有意な強い相関がみられ ( $r = 0.59, p < 0.05$ ), 水平重心速度の最小値の高さに影響していたと考えられる.

競歩のルールでは一方の足が離地してからもう一方の足が接地するまでのロス・オブ・コンタクト局面の発生は競歩審判員が肉眼で判定することになっており, その局面は 0.04 s 以下になることが Knicker と Loch (1990) により報告されている. また, Hoga ら (2003) が報告しているように, 日本国内の公式競技会でも同じ時間におさまっていることから, 競歩における非支持時間は非常に短く, 接地時の水平重心速度は離地時のものとの関係が非常に強いと考えることができる. Table 6b に示した通り, 水平重心速度最小値が出現する時点から右足離地までの伸縮要素の変化は平均歩行速度とは有意な関係がみられたことから, 支持期後半での伸縮要素の変化は右足離地時の水平重心速度の大きさに影響し, 大きな歩行速度の獲得に影響していたと考えられる.

### 3. 右足支持期における振子の加速度と身体重心および体幹の鉛直加速度

水平重心速度の最小値が出現した時点における振り子の長さの加速度は平均歩行速度との間に有意な関係がみられた. この時点では振子は地面に対してほぼ垂直な姿勢であると考えられることから, この時点で振り子の加速度が高いことは, 身体各部の鉛直加速度の大きさに影響を受けていると考えられる. 身体重心および体幹の鉛直加速度もピーク時におい

て大きく, 平均歩行速度と有意な関係があったことから, 振り子の加速度は体幹の鉛直方向の加速度の影響を受けていたと考えられる.

また, 競歩においては支持脚が地面と垂直になる時点では膝関節は伸展位にあり, 下肢各関節の矢状面内の動きが身体重心および体幹の鉛直方向の加速度に影響するとすれば, 足部の動きによることになるが, 足部の角加速度は平均歩行速度と有意な相関はなかった. Murray ら (1983) や法元 (2006) は, 競歩における支持期中盤では前額面内の骨盤の回転をさせることによって支持期前半の矢状面内の支持脚の回転に伴う体幹および身体重心の位置が高くなるのを防ぐ, あるいは重心位置を低くし, その際には股関節の外側トルクが大きくなることを述べている. さらに, 指導者向けの技術指針として DaMilano ら (2008) は, 前額面内の骨盤の回転によって体幹の重心位置の上昇を抑えるあるいは位置を低くすることを述べている. そのため, この局面では支持脚膝関節が伸展位を保持した状態でも身体重心および体幹の上下動は発生すると考えられる. しかし, 本研究では矢状面内の動きを 2 次元画像分析でとらえたにすぎないため, 前額面内の骨盤の動きと鉛直方向の重心加速度, 歩行速度の関係については今後 3 次元的分析によって検討する必要がある.

また, DaMilano ら (2008) は, 指導者向けの判定対策として, 身体の上下動が大きい場合はロス・オブ・コンタクトを誘発するものとして避けるべきものとしている. Figure 6 に示したような鉛直方向への加速度はこういった上下動を誘発すると考えられるが, Table 7 に示したように本研究の被験者では支持期後半における鉛直方向の変位は平均歩行速度には関係はなかった. その一方で鉛直方向への変位の時間は平均歩行速度と有意な相関があり, 歩行速度が高いほど鉛直変位時間は短い傾向を示した. 加速度が高いことは速度を大きくすることになるが, 速度が大きいことは変位の増大か変位時間の短縮につながることになる. したがって, 本研究の被験者では, 鉛直方向の加速度が大きいことは, 歩型違反となるロス・オブ・コンタクトにつながる上下動を大きくするのではなく, 重心位置が接地時と同じ高さに復元する時間を短くしていたと考えられる.

## V. 結論

本研究の目的は, 競歩における大きな歩行速度の生成要因を公式競技会におけるデータから倒立振り

モデルを用いた水平重心速度の分析から明らかにすることであった。

目的を達成するために、男子 20 km 競歩の公式競技会における 2 次元画像分析データにより推定した足圧中心を地面との接点とし、身体重心を端点とする倒立振子にモデル化して水平歩行速度を伸縮要素、回転要素、足圧中心要素の 3 つに分けて分析した。足圧中心の推定のために、10000 m 競歩および 20 km 競歩を専門種目とする 12 名を被験者とした実験において競歩中の地面反力を測定し、全被験者の相対足圧中心位置の平均値を求めた。

分析の結果得られた知見をまとめると以下のようになる。

- ① 1 歩中の平均歩行速度は身体重心水平速度の最小値と関係が強かった。
- ② 身体重心水平速度の最小値は最小値が出現した時点の回転要素との関係が強かった。
- ③ 支持足が接地してから身体重心水平速度の最小値が出現するまで、水平速度の回転要素は増加していたが、その増加量は歩行速度とは関係がなかった。
- ④ 身体重心水平速度の最小値が出現してから支持足が離地するまで、水平速度の伸縮要素は増加しており、その増加量は歩行速度と関係していた。
- ⑤ 身体重心水平速度の最小値が出現した時点での、倒立振子の長さの加速度は歩行速度と関係し、身体重心および体幹の鉛直方向上方への加速度も歩行速度と関係していた。しかし、足部、下腿、大腿の矢状面内の角加速度は歩行速度とは関係がなかった。

以上の本研究の結果から、1 歩中の平均歩行速度は、水平速度の最小値と関係が強かったものの、接地時、離地時の水平速度とも関係しており、接地時から最小値までの速度変化は歩行速度と関係がなかった一方で、最小値から離地時までの速度変化が歩行速度と関係していたことが明らかになった。そのため、大きな歩行速度の獲得のためには、支持期中盤において、Murray ら (1983) や法元 (2006)、DaMilano ら (2008) が述べたような前額面内の骨盤の回転によって体幹の鉛直方向上方への加速度を発生させることで、足圧中心に対する身体重心の伸縮速度を大きくし、そのことによって支持足離地時点での身体重心水平速度を大きくすることが重要であると考えられる。

## 文献

- 阿江通良 (1996) 日本人幼少年およびアスリートの身体部分慣性係数. *Japanese Journal of Sports Science*, 15 (3), 155-162.
- Cairns, M.A., Burdett, R.G., Pisciotto, J.C., and Simon, S.R. (1986). A biomechanical analysis of race walking gait. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 18(4): 446-453.
- Cavagna, G.A., Saibene, F.P., and Margaria, R. (1963). External work in running. *Journal of Applied Physiology*, 18: 1-9.
- Cavagna, G.A., Thys, H. and Zamboni A. (1976). The sources of external work in level walking and running. *Journal of Physiology*, 262: 639-657.
- Cavagna, G.A., Heglund, N.C., and Taylor, C.A. (1977). Mechanical work in terrestrial locomotion: two basic mechanisms for minimizing energy expenditure. *American Journal of Physiology*, 233: R243-R261.
- DaMilano, M., Vizini, V., LaTorre, A., Saladie LaFuente, L., Hoga, K. and Ae, M. (2008). La Marcia-Percorso attraverso la specialita piu medagliata dell' Atletica Leggera Italiana. Commissione Giudici Marcia e Settore Tecnico Marcia : Roma, pp30-39.
- Hoga, K., Ae, M., Enomoto, Y., and Fujii, N. (2003). Mechanical energy flow in the recovery leg of elite race walkers. *Sport Biomechanics*, 2(1): 1-13.
- 法元康二 (2006) 世界トップアスリートの歩型に学ぶ: 分析データの歩型指導への応用. *月刊陸上競技*, 40 (6), 166-169.
- Knicker, A., and Loch, M. (1990). Race walking technique and judging the final report of the international athletic foundation research project, *New Studies in Athletics*, 5(3): 7-9.
- Lee, C.R., and Farley, C.T. (1988). Determinants of the center of mass trajectory in human walking and running. *Journal of Experimental Biology*, 201: 451-456.
- 三井 孝, 関子浩二 (2006) 身体の逆振り子運動からみた高齢者歩行における歩幅の獲得要因. *体育*

学研究, 51 (4), 447 - 458.

Murray, M.P., Guten, G.N., Mollinger, L.A., and Gardner, G.A. (1983). Kinematic and electromyographic patterns of Olympic racewalkers. *The American Journal of Sports Medicine*, 11(2): 68-74.

Wells, R.P., and Winter, D.A. (1980). Assessment of signal and noise in the kinematics of normal, pathological and sporting gaits. *Human Locomotion I*, Canadian Society of Biomechanics, Ottawa: pp92-93.

財団法人日本陸上競技連盟 (2009) 陸上競技ルールブック 2009 年版, あい出版: 東京.

## 日清食品カップ全国小学生陸上競技交流大会に出場した選手の食生活に関する調査

田口素子<sup>1)</sup> 大畑好美<sup>2)</sup> 長坂聡子<sup>3)</sup> 岡野 進<sup>4)</sup> 山澤文裕<sup>5)</sup>

1) 日本女子体育大学 2) 森永製菓(株) 3) 国立スポーツ科学センター 4) 明海大学  
5) 丸紅(株)本社診療所

The survey of dietary habit and awareness of children and parents participated in national amateur track and field championship for elementary student in Japan

Motoko Taguchi<sup>1)</sup> Yoshimi Ohata<sup>2)</sup> Satoko Nagasaka<sup>3)</sup> Susumu Okano<sup>4)</sup>  
Fumihiro Yamasawa<sup>5)</sup>

1)Japan Women's Collage of Physical Education  
2)Morinaga & Co.,LTD  
3)Japan Institute of Sports Sciences  
4)Meikai University  
5)Marubeni Corporation

### Abstract

The purpose of this study was to clarify the dietary habit and life style of elementary-age track and field athletes. 707 children and whose parents participated in this study. Dietary habits, dietary awareness, body condition, life style were investigated by questionnaire. The rate of undernourished children was lower than national average. Confectionary and ice-cream were often consumed as well as staple foods and daily products. Though parents were conscious of body condition, balanced-diet and eating manner of their children, children have not always been move into action. Because of parent's dietary attitude was linked to the children's body condition and favorable habits, dietary management skill of parents needs to be improved. In conclusion, nutrition education is needed for children and parents at the same time.

### I. 緒言

近年、偏った栄養摂取、朝食欠食や偏食などの子どもの食生活の乱れや、肥満と痩せ傾向の増加などが報告され(熊上ら, 2000; 福原ら, 2000; 畑中ら, 1999)、体力低下などの問題点も指摘されている(小林, 1999; 杉原, 1999; 加賀ら, 2004; 杉原, 2007)。成長期にある子ども、とくに小学校段階の子どもにとって、健全な食生活は心身の健康と将来の望ましい食習慣形成という観点から重要であり、“食育”が果たす役割は大きいと言える。

文部科学省では平成 17 年度より栄養教諭制度を

開始したが、栄養士の資格を有する栄養教諭が職務として行う食に関する指導(食育)の具体的内容には、偏食傾向や肥満傾向の子どもとともに、スポーツを行う子どもに対する個別の指導も含まれている。しかしながら現実には、人手や指導教材が不足しているなどの理由からスポーツを行う子どもの指導を教育現場で行うには至っていない。

また、平成 17 年に食育基本法が制定され、食事摂取基準や食生活指針、食事バランスガイドなどが打ち出され、国を挙げての食育が実施され始めた。これらの指標は特に激しいスポーツ活動を行う集団あるいはその集団に属する個人は対象とされていな

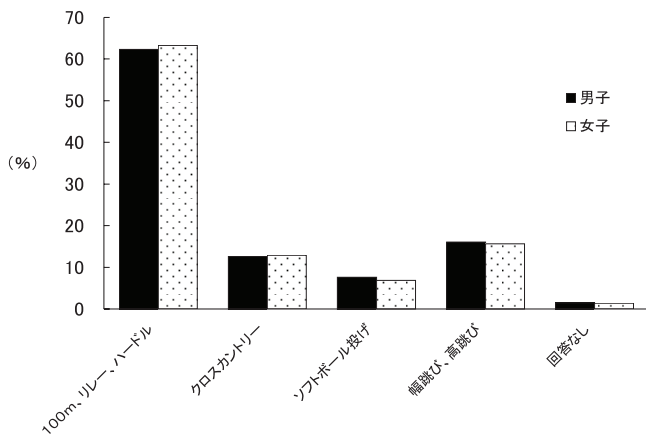


図1 対象者の出場種目

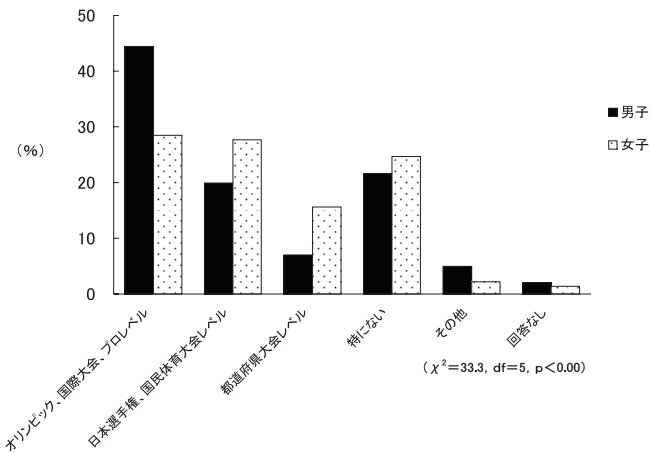


図2 将来目指しているレベルは？

い。スポーツを行う子どもは身体活動量が大きくなるため、一般の子どもたちがかかえる栄養上の問題点に、エネルギー及び各栄養素の摂取不足、練習時間による食事時間のズレ及び体調不良など、スポーツを行うことによる特有の問題点に加わることが容易に予想できる。しかし、スポーツを行う子どもたちの食生活や食意識の実態はほとんど明らかにされておらず、陸上選手を対象とした報告は見られない。そこで本研究では、陸上競技を行う小学生を対象として調査を行い、食事・食生活に関する実態把握と問題点の抽出を行い、問題点を改善するための“陸連スポーツ食育プログラム”の開発に向けての基礎資料とすることを目的とした。

## II. 方法

### 1. 対象者

調査を行うにあたり、第23回日清食品カップ全国小学生陸上競技交流大会に出場した選手及びその保護者938組に日本陸連医事委員長より個人情報の保護や対象者が不利益を被らない配慮についても記

表1 対象者の身体的特性及び練習時間

	男子	女子	全体
人数 (人)	342	365	707
年齢 (歳)	11.6±0.5	11.6±0.6	11.6±0.5
身長 (cm)	154.4±8.2	152.6±6.0	153.5±7.2
体重 (kg)	42.7±8.1	40.4±5.8	41.5±7.1
睡眠時間 (時間/日)	8.8±2.4	8.5±1.7	8.7±2.1
練習時間 (時間/日)	0.9±0.6	0.9±0.5	0.9±0.5

載した依頼文を送付し、同意が得られ、かつ選手と保護者両方のアンケートに記入されたものを対象とした。対象者は小学校4～6年生の男子選手及びその保護者342組と、女子選手及びその保護者365組の合計707組であった。調査はすべて郵送にて実施し、回収率は75.4%であった。

### 2. 調査項目

アンケートは選手用と保護者用を作成した。選手用の質問項目は、身長・体重、食事の摂取状況、間食の摂取状況、食意識、普段の体調、練習時の水分補給、サプリメントの摂取状況などに関する19項目とした。保護者用の質問項目は、子どもの睡眠状況及び健康状態(体調)、食事の摂り方、献立作成時に気をつけていること、外食状況、家庭での食教育の状況などに関する16項目とした。

### 3. 統計処理

本研究で得られた各データの統計処理はSPSS(Ver16.0)を用いて行った。男女間の平均値の差の検定は対応のないt検定を行った。また、アンケート調査の結果は $\chi^2$ 検定を行った。すべての統計処理について危険率5%未満を有意水準とした。

## III. 結果

〈選手のアンケート結果から〉

### 1. 対象者の特性と生活全般及び体調について

対象者の出場種目の内訳を男女別に図1に、対象者の身体的特性及び練習時間を表1に示した。身長及び体重は男子の方がやや大きかったが、男女で有意差は見られなかった。睡眠時間は全体で8.7±2.1時間であり、1週間のうちの平均練習時間は0.9±0.5時間/日であった。

選手の将来の目標を図2に示した。将来、国際大会または日本選手権に出場できるようになることを目指している選手が男女とも約6割を占めていた。

普段の体調について男女差の認められた特徴的な項目を表2及び表3に示した。排便がない日があると答えた女子選手が17.8%であり、男子の9.4%と



表2 普段の体調について 排便がない日がよくある

	(%)		
	はい	いいえ	回答なし
男子	9.4	87.7	2.9
女子	17.8	80.3	1.9
全体	13.7	83.9	2.4

( $\chi^2=11.1$ ,  $df=2$ ,  $p=0.004$ )

表3 普段の体調について 朝おきられない

	(%)		
	はい	いいえ	回答なし
男子	22.2	74.6	3.2
女子	32.3	66.0	1.7
全体	27.4	70.2	2.4

( $\chi^2=10.2$ ,  $df=2$ ,  $p=0.006$ )

表4 サプリメントの摂取状況

		(%)				
		1日1回	1日2~3回	ときどき	練習がある時摂取していない	
プロテイン	男子	2.9	1.2	5.0	2.6	88.3
	女子	2.2	0.3	2.2	1.9	93.4
アミノ酸	男子	0.3	0.6	3.8	3.2	92.1
	女子	2.2	0.8	2.2	1.6	93.2
ビタミン	男子	1.5	1.8	5.0	1.5	90.4
	女子	3.3	0.5	2.7	0.8	92.6
ミネラル	男子	3.5	1.8	4.1	1.5	89.2
	女子	3.3	1.1	3.0	0.8	91.8
その他	男子	1.2	0.3	0.3	0.3	98.0
	女子	0.8	0.3	1.1	0.5	97.3

比較して高値であった。また、朝起きられないと答えた女子選手は32.3%であり、男子選手の22.2%と比較して高値であった。

## 2. 対象者の食事及び食意識の状況

図3に朝食の喫食状況を示した。欠食率は全体で1.9%であり、全国平均と比較して男女ともに欠食者が少なかった。昼食は全員が給食であった。ときどきまたはいつも給食を残すと回答した選手が全体で約20%であった。給食の量が多いと答えた選手が3.8%いる一方で、足りないと答えた選手が16.4%であり、個人差が大きかった。間食の摂取状況を図4に、よく食べる間食を図5にまとめた。男女ともに何らかの間食をする選手が多くを占めており、スナック菓子、アイスクリーム、チョコレートやクッキーなどの菓子類の摂取が多かったが、ごはん類や牛乳・乳製品などの補食を摂取する選手もいた。

食事で気をつけていることについての項目(図6, 図7)では、ゆっくりとかんで食べる、栄養のバランスを考えて食べる、と回答した選手がそれぞれ男女ともに半数であった。しかし、これらの質問に対して「わからない」と回答した選手が約3割含まれていた。

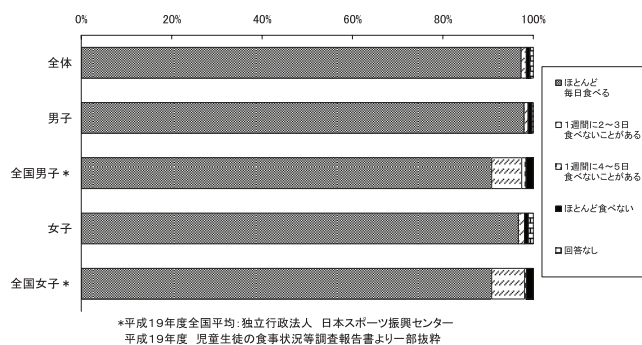


図3 朝食の喫食状況

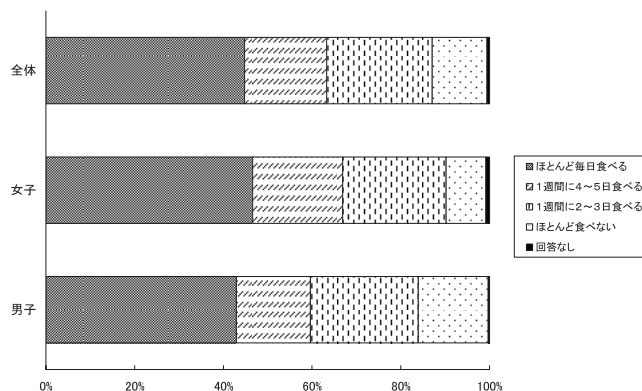


図4 間食をしますか

練習時の水分補給について図8に示した。ほとんどの選手が行っており、スポーツドリンクが最も多く、次いでお茶類・水であった。少数ではあるが、牛乳や炭酸飲料・栄養ドリンクと回答したものも見られた。

サプリメントの摂取状況を表4にまとめた。男女ともに約1割の選手が摂取しており、有意差はないものの、男子の方が摂取割合はやや多めであった。

食事及び食意識の状況に関して男女差は認められなかった。また、食事及び食意識と生活スタイル及び体調との間のクロス集計を実施したが、特別な傾向は認められなかった。

〈保護者のアンケート結果から〉

### 1. 選手の生活全般及び体調について

選手の日常の就寝時間、起床時間及び睡眠時間を保護者に記入させた結果を図9~11にまとめた。就寝時間は22:00~22:29が男女ともに最も多く約4割を占めていた。しかし、全体の15%程度は23:00以降と回答した。起床時間は6:30~6:59との回答が男女ともに最も多かった。睡眠時間は8時間~9時間が最も多かったが、6時間半に満たない者や10時間以上と答えた者がいるなど、個人差が大きかった。保護者が気になる子どもの体調については、「朝起きられない」が23%、「疲れやすい」が15%であった。

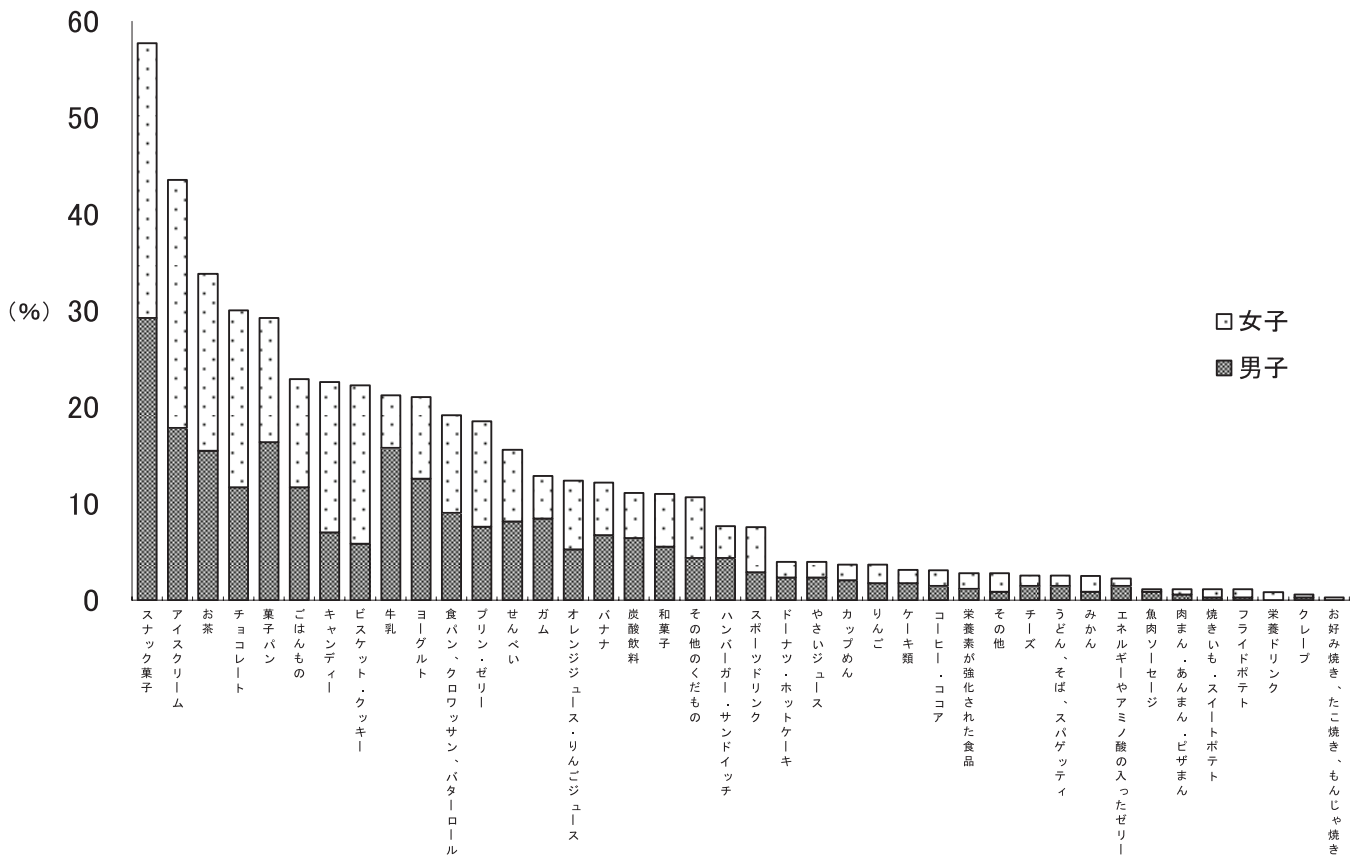


図5 よく食べる間食について

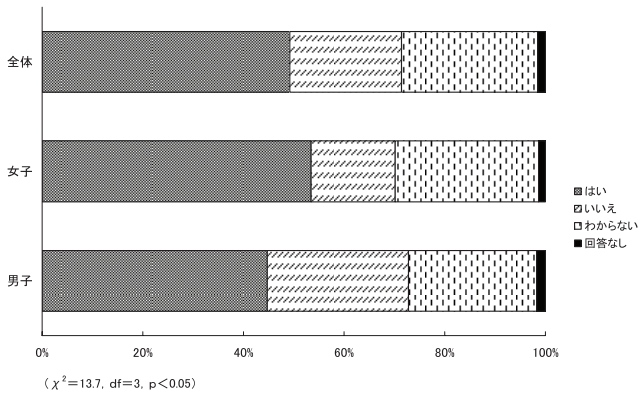


図6 食事で気をつけていること  
ゆっくりとかんで食べる

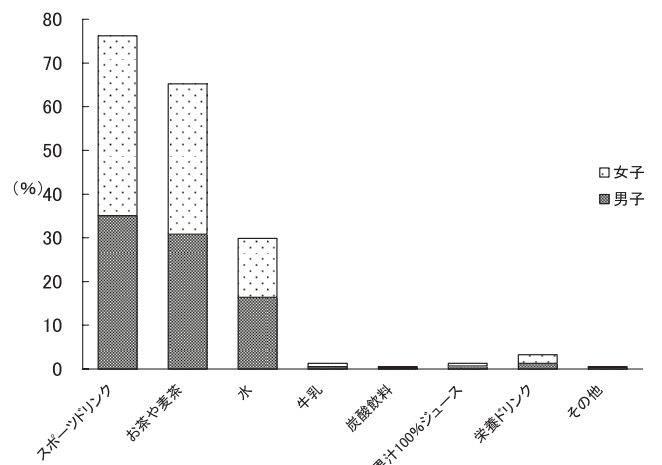


図8 練習時に摂取する飲料の種類

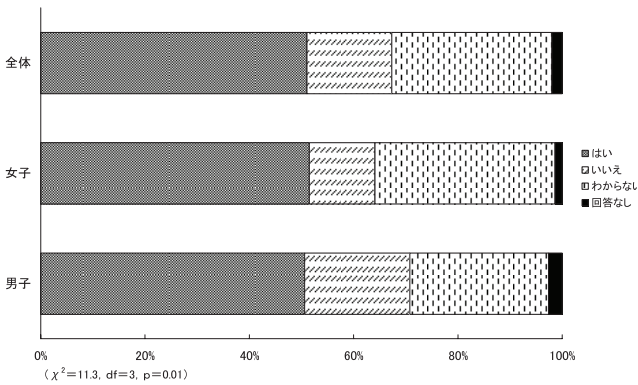


図7 食事で気をつけていること  
栄養のバランスを考えて食べる

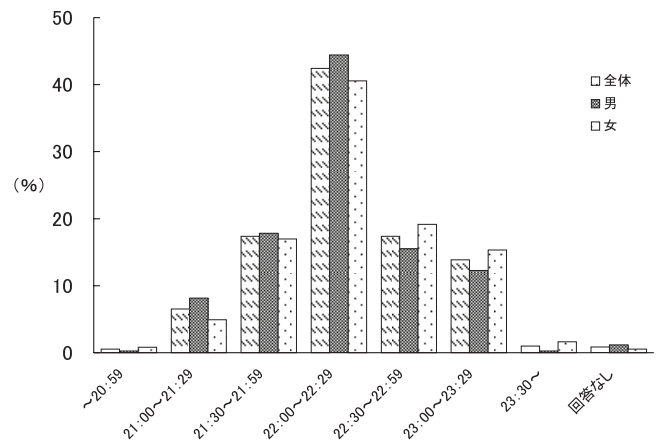


図9 就寝時刻

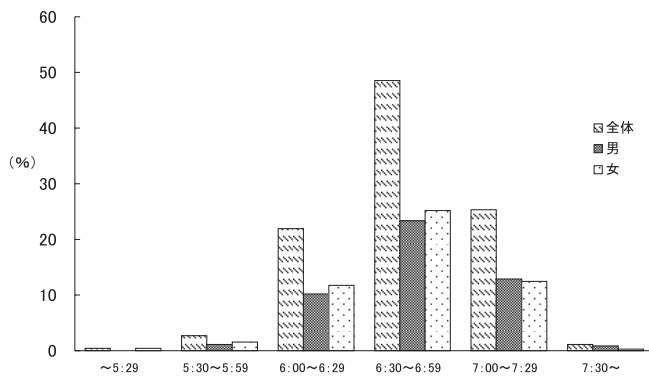


図10 起床時刻

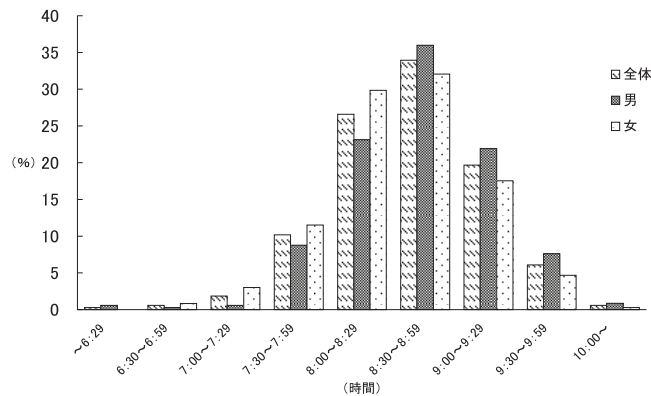


図11 睡眠時間

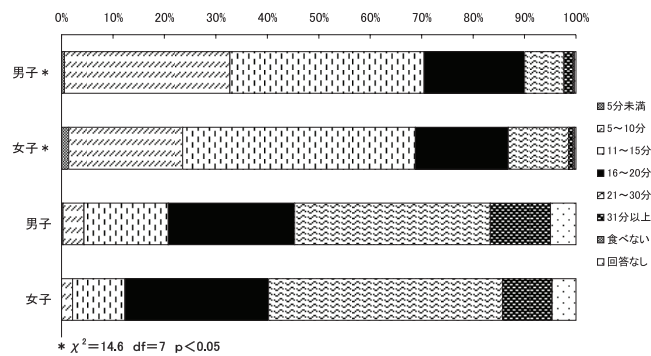


図12 お子さんの食事にかかる時間

子どもの食事にかかる時間（摂食時間）を図12にまとめた。朝食は11～15分、夕食は21～30分と回答した保護者が男女ともに最も多かった。

## 2. 食事で気をつけている点及び家庭での食教育状況

表5に保護者が子どもの食事に対して気をつけている事柄をまとめた。朝食を必ず食べる、好き嫌いをしない、残さない、栄養バランスを考えて食事をするなどの回答が多かった。

食事に関する教育状況を表6にまとめた。全体では、「主食を摂ること」や、「菓子類・ジュース類を摂りすぎない」と答えた保護者が約9割であった。

表5 子どもにどのようなこと気をつけて食事をするか（複数回答あり）

	（%）	
	男子	女子
食事はゆっくりよくかんで食べる	65.2	68.2
朝食を必ず食べる	97.4	99.2
栄養バランスを考えて食べる	88.3	84.9
好き嫌いをしないようにする	95.0	92.6
ご飯とおかずを残さないようにする	92.4	86.8

表6 家庭における食事に関する教育状況

項目		（%）			
		はい	いいえ	わからない	無回答
ご飯パンか麺のどれかを毎食食べる	男子	88.0	5.8	1.8	4.4
	女子	88.2	7.9	2.2	1.6
	全体	88.1	6.9	2.0	3.0
肉か魚か卵のどれかを毎食食べる	男子	70.8	17.5	7.0	4.7
	女子	74.2	19.5	4.4	1.9
	全体	72.6	18.5	5.7	3.3
豆製品(とうふや納豆)を毎日食べる	男子	43.9	38.9	11.7	5.6
	女子	47.9	39.7	10.4	1.9
	全体	46.0	39.3	11.0	3.7
乳製品(牛乳・ヨーグルト)を毎日食べる	男子	74.3	16.4	4.7	4.7
	女子	77.5	16.4	3.3	2.7
	全体	76.0	16.4	4.0	3.7
色の濃い野菜を食べる*	男子	64.6	17.0	13.2	5.3
	女子	66.3	18.9	13.4	1.4
	全体	65.5	18.0	13.3	3.3
色の薄い野菜を食べる**	男子	45.6	27.8	20.2	6.4
	女子	45.5	31.8	20.8	1.9
	全体	45.5	29.8	20.5	4.1
果物を毎日食べる	男子	34.8	45.6	13.7	5.8
	女子	42.7	42.5	11.8	3.0
	全体	38.9	44.0	12.7	4.4
海藻、きのこやイモを毎日食べる	男子	28.9	46.5	18.1	6.4
	女子	32.1	48.8	15.6	3.6
	全体	30.6	47.7	16.8	5.0
お菓子を食べ過ぎない	男子	90.6	2.9	1.8	4.7
	女子	90.4	5.2	2.2	2.2
	全体	90.5	4.1	2.0	3.4
ジュースを飲みすぎない***	男子	92.1	2.3	1.2	4.4
	女子	90.4	6.0	1.4	2.2
	全体	91.2	4.2	1.3	3.3
毎食、主食・主菜・副菜をそろえて食べる	男子	70.8	15.2	8.2	5.8
	女子	75.1	15.3	6.6	3.0
	全体	73.0	15.3	7.4	4.4

\*  $\chi^2=8.7, df=3, p=0.03$   
 \*\*  $\chi^2=9.8, df=3, p=0.02$   
 \*\*\*  $\chi^2=8.4, df=3, p=0.04$

また、「色の濃い野菜を食べる」、「色の薄い野菜を食べる」、「ジュースを飲みすぎない」の項目において男女差が認められ、野菜に関しては女子の保護者が、ジュースに関しては男子の保護者が多かった。

サプリメントの使用に関しては、使用している子どもは保護者が摂取を勧めているとの回答が多かった。

## IV. 考察

### 1. 選手の食生活及び生活全般について

本研究の選手は、1週間当たりの練習頻度は3.9 ± 2.3回/週であり、1日当たりの平均練習時間は0.9 ± 0.5時間であった。陸上選手118名（全体の3.4%）を含むさまざまなスポーツ種目を行う児童を対象とした唯一の先行研究（鈴木ら，2007）では、3時間以上が16%、2時間以上が38%、1時間以上が25%であった。本研究対象者の練習時間は他競技と

比べるとさほど多くはないことが明らかとなった。

就寝時間の最頻値は（独）日本スポーツ振興センターによる全国調査（2009）の平均と比較するとやや遅めの傾向がうかがえるものの、就寝時間も起床時間も一般児童と大きな差はみられず、練習が就寝時間に影響していることはなさそうである。睡眠時間は8時間から9時間が最も多く、スポーツを行う児童を対象とした鈴木らの研究結果とも同様であった。

児童の食生活の問題点として欠食があげられている。朝食を欠食する児童は学力が低い傾向にあること（文部科学省，2009；Murphyら，1998；Rampersaudら，2005）や、体調不良を訴えるケースが多いことなどが報告されている（小澤，2009；岡村ら，2009；越川ら，2007；光岡ら，2002）。本研究における朝食の欠食率は全国平均と比較して低く、この結果はスポーツを行う子どもを対象とした鈴木らの結果と一致する。しかしながら、保護者が朝食を欠食しないように意識しているとはいえ、欠食率はゼロではなかった。本研究対象者の多くは、将来国際大会や日本選手権などにおいて活躍できる選手になるという目標を持っているため、食習慣の面からも栄養摂取状況の面からも、朝食を毎日必ず摂取することは重要と考えられる。朝食を欠食する選手の問題点として、就寝時間が遅いことや間食（夜食で取る場合も含む）で菓子類などの摂取が多いことと関連していることが考えられた。

昼食は全員が給食を摂取していた。学校給食の摂取目標量の基準は、スポーツ活動を全く行わない子どもも含めた一般児童を対象として策定されたものである（文部科学省，2008）。したがって、定期的に練習を行うことによりエネルギー消費量が増加する陸上選手にとっては、給食はやや少なめのボリュームとなるはずであり、給食が足りないと感じている選手も多数いた。その一方で給食を残す選手が約2割おり、多すぎると回答した者もいたことは予想外の結果であった。スポーツを行う場合、エネルギー消費量の増加に見合う食事を摂取しなければならないという基本的事項を理解していないためではないかと考えられた。

間食については、スナック菓子、アイスクリーム、チョコレートなどの菓子類が上位にあがっていた。また、おにぎりなどのご飯類や牛乳・ヨーグルトも上位に入っていた。これらの結果は鈴木らの研究と一致していた。本研究では量的な把握まではしていないが、多すぎれば糖質や脂質の過剰摂取につながり、体脂肪を増加させる懸念がある。間食（おやつ）

と補食の区別をつけ、それぞれを適量摂取できるように導く食教育が必要と思われる。

夕食についてはほとんどの選手が摂取していた。しかし、「ときどき残す」と回答した選手が54%、「いつも残す」と回答した選手が2.5%いた。保護者の回答とのクロス集計をした結果、残すと回答した家庭では家族そろって食事をするか大人の家族の誰かと食べているケースが多く、「ほとんど残さない」と回答した選手と食環境には差がなかった。このことは、保護者への食教育の必要性を示唆するものである。さらに、食環境と体調をクロス集計した結果、体調不良項目に「いいえ」と回答した選手は子どもだけで食べているケースが少ないという関連が見られた。保護者が一緒に食事することは選手のコンディション維持にも影響を与えるのではないかと考えられた。

## 2. 選手と保護者の食意識について

本研究の保護者のアンケートから、好き嫌いをしないこと、栄養バランス、食事はゆっくりよくかんで食べること、の3点を保護者が子どもに特に気をつけさせていることが明らかとなった。しかし、これらのことを意識している選手の割合は半数程度にとどまっていた。保護者が意識して接しても、子どもが実践できるようになる、すなわち教育効果が見られるには時間がかかるようである。

本研究では、保護者の豆製品・緑黄色野菜・その他の野菜・海藻・きのこ類・イモ類・果物に対する意識は、主食や肉類などの主菜と比較すると低いものであった。すなわち、たんぱく源となる主菜に関しては意識して食べさせるようにしているが、野菜類などの副菜に関しては主菜ほど意識されていなかった。また、「主菜」「副菜」という呼び方は知っていても、具体的に何をどれだけ食べさせればよいかという、日常生活の中で実践に結びつく知識が不十分な場合はバランスのよい食生活を子どもに送らせることは困難となってしまう。豆製品・緑黄色野菜・その他の野菜・海藻・きのこ類などを利用した副菜は、いずれもビタミン・ミネラル・食物繊維などを豊富に含み、選手に積極的に摂取させたい料理である。これらをきちんと食事から摂取できれば、小学生にサプリメントの使用を勧める必要は無いと考えられ、保護者に対してレシピ紹介なども含めた具体的なアドバイスが必要なのではないかと考えられた。

鈴木ら（2007）はスポーツを行う家庭において保護者の意識と子どもの意識は一致することを報告

し、木村ら(2008)はスポーツを行う子どもの保護者に対して食事バランスを中心とした食教育を実施したところ、児童における食の意識や知識を高める効果が十分に認められたことを報告している。保護者の食意識が高いと子どもの食品摂取状況も良好であることが一般児童においても示されており(塚原ら, 2003; 佐々ら, 2003)、保護者の食習慣に関する意識が子どもの食生活や生活習慣の形成に影響を与えることは明らかである。今後「選手の食育」を推進するにあたっては、選手に対してのみでなく保護者に対しても積極的な食教育を行い、保護者の食意識を高める働きかけも同時に行うことが、選手の健全な発育・発達を促しコンディションを良好に維持することに繋がると考えられた。

## V. 要約

陸上競技を行う小学生を対象として調査を行い、食事・食生活に関する実態把握と問題点の抽出を行い、問題点を改善するための“陸連スポーツ食育プログラム”の開発に向けての基礎資料とすることを目的とした。

- 1) 選手の朝食の欠食率は全国の小学生と比較して低値であったが、ゼロではなかった。
- 2) 間食としてスナック菓子、アイスクリーム、チョコレートやクッキーなどの菓子類の摂取が多かったが、ごはん類や牛乳・乳製品などの補食を摂取する選手もいた。
- 3) 好き嫌いをしない、バランスよく食べる、よくかんで食べるなど保護者が意識して子どもに教育している事柄は、必ずしも実践されているとは言えなかった。
- 4) 保護者は肉類などの主菜に関する意識は高いが、野菜類などの副菜に関する意識はさほど高くはなく、サプリメント摂取を勧める保護者もみられた。

以上より、選手には食事の重要性を理解させるとともに日常の食事や間食・補食の摂取のしかたについて教育し、保護者には何をどれだけ食べさせればよいかという具体的な知識と実践方法について教育する必要があると考えられた。

## 謝辞

本調査は財団法人日本陸上競技連盟医事委員会、指導者育成委員会(当時)及び普及委員会(当時)の合同による「日本陸連食育プロジェクトチーム

(リーダー：山澤医事委員長)」により実施されたものであり、連盟の関係者の皆様方及びアンケート発送業務や委員会を横断してのご調整に尽力して頂きました陸連事務局の三宅聡氏に感謝をいたします。また、本研究を進めるにあたり、アンケート調査に快くご協力頂いた選手及び保護者の方々、アンケートの入力作業にご協力頂いた日本女子体育大学陸上競技部の磯田智美さん、岩部亜矢乃さん、坪谷麻衣子さんに感謝いたします。

## 参考文献

- 独立行政法人日本スポーツ振興センター：平成19年度児童生徒の食事状況等調査報告書，p241(2009)
- 福原桂，田辺由紀，金子佳代子，石井荘子，坂本元子：小学生の食生活及び食に関する意識・知識の発達的変容(第1報) 4年生から6年生における発達的変容，日本家政学会誌，51(7)，605-612(2000)
- 橋本京子：学校給食における食教育—実践例から—，保健の科学，48(10)，752-758(2006)
- 畑中高子，生田清美子，竹田由美子：小学生の食生活と健康教育，学校保健研究，41，415-428(1999)
- 加賀勝，高橋香代，清野佳紀：青少年期における運動実施頻度の二極化について，日本小児科学会雑誌，108(4)，625-634(2004)
- 木村典代，古旗照美，田口素子，鈴木志保子，青野博：スポーツ活動をしている児童の保護者に対する栄養教育教材を用いた栄養指導効果の検証．平成19年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告，No. III 小学生を対象としたスポーツ食育プログラム開発に関する調査研究—第2報—，115-133(2008)
- 小林寛道：現代の子どもの体力，体育の科学，49，14-19(1999)
- 越川絵里子，奥田豊子，村井陽子：小学校高学年の食生活と学習態度や意欲との関連性，大阪教育大学紀要 第II部門，55(2)，35-44(2007)
- 厚生労働省策定：日本人の食事摂取基準[2005年版]，p28-171(2005) 第一出版，東京
- 熊上聡子，宮崎広子：学童における食生活と生活習慣，聖カタリナ女子短期大学紀要，33，97-110(2000)
- 光岡攝子，堀井理司，大村典子：学童の自覚的疲労症状と生活要因との関連，保健の科学，44(2)，155-160，保健の科学(2002)
- 水津久美子，穴井恭子，中村さゆり，山本真弓：児

- 童の食生活に関する実態と保護者の意識との関連について－児童の元気創造を目指して－，山口県立大学生生活科学部研究報告，31，29-40（2005）
- 文部科学省：平成21年度全国学力・学習状況調査報告書，p18（2009）
- 20 文科ス発第754号文部科学省スポーツ・青少年局長通知：学校給食における食事内容について（2008）[http://www.mext.go.jp/a\\_menu/sports/syokuiku/08110511.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/sports/syokuiku/08110511.htm)
- 森脇弘子，小田光子，佐久間章子，寺岡千恵子，岸田典子：小学生の食生活・生活習慣に及ぼす調理担当者の意識，栄養学雑誌，64（2），87-96（2006）
- J. Michael Murphy, Maria E. Pagano, Joan Nachmami, Peter Sperling, Shirley Kane, Roland E. Kleinman: The Relationship of School Breakfast to Psychosocial and Academic Functioning, Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine, 152, 899-907 (1998)
- 岡村佳代子，草川恵子，中田紋子，若野暢代，福本純子，奥田豊子：小学校高学年児童の生活リズムと朝食摂取との関連性，大阪教育大学紀要 第II部門，57(2)，37-47(2009)
- 小澤治夫：学校調査からみえてくる子どものからだの変化，チャイルドヘルス，9（11），20-22（2006）
- Gail C. Rampersaud, Mark A. Pereira, Beverly L. Girard, Judi Adams, Jordan D. Metz: Breakfast Habits, Nutritional Status, Body Weight and Academic Performance in Children and Adolescents, American Dietetics Association, 105(5), 743-760 (2005)
- 佐々尚美，加藤佐千子，田中宏子，貴田康乃：大人と一緒に食事が子どもの食意識・食態度・食知識に及ぼす影響，日本家庭科教育学会誌，46(3)，226-233（2003）
- 杉原一昭：何が子どもを変えたのか，体育の科学，49，4-8（1999）
- 杉原隆：ジュニア期のスポーツ・身体活動の意義，体育の科学，57（10），724-727（2007）
- 鈴木志保子，木村典代，葦原摩耶子，青野博：スポーツ活動をしている児童の生活全般に関する調査，平成18年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告，No. III 小学生を対象としたスポーツ食育プログラム開発に関する調査研究－第1報－，27-88，（2006）
- 塚原康代：保護者の食意識と子どもの食生活・身体状況－ライフステージ別相違点と相互関連性－，栄養学雑誌，61（4），223-233（2003）

## 第25回日清食品カップ全国小学生陸上競技交流大会優勝選手の食事実態について

大畑好美<sup>1)</sup> 長坂聡子<sup>2)</sup> 田口素子<sup>3)</sup> 繁田 進<sup>4)</sup> 山澤文裕<sup>5)</sup>

1) 森永製菓株式会社 2) 国立スポーツ科学センター 3) 日本女子体育大学  
4) 東京学芸大学 5) 丸紅東京本社診療所

### I. 緒言

平成17年に「食育基本法」が制定され、わが国でも、国をあげての食教育が実施され始めた。同時に「食事摂取基準」「食生活指針」「食事バランスガイド」などが打ち出され、食育の重要性がようやく浸透しつつある。

しかし、現状は子どもの朝食欠食、好き嫌いをはじめとした食生活全体の乱れ、肥満あるいは、やせ傾向の増加など様々な問題点が報告されている<sup>1) 2)</sup><sup>3)</sup>。また近年、スポーツ活動を行う小学生に対する調査が行われており、欠食率が低く、食事に関する全般的な意識の持ち方に問題があることが報告されている<sup>4)</sup>。

学童期は成長・発達に十分な栄養素が必要とされている発育急進期である<sup>1)</sup>。またスポーツ活動を行うことにより身体活動量が増加するこの時期に、日頃から健全な食生活を心がけ、正しい食習慣や食事の自己管理能力を養うことが重要である。

「小学生を対象としたスポーツ食育プログラム開発に関する調査研究」<sup>4)</sup>によると、食生活については、「主食・主菜・副菜2品・乳製品・果物」の料理区分をそろえた食事形態（以下「食事の基本形」とする）の出現割合が高い方が、栄養摂取状況が良好であったことが報告されており、これらの料理区分をそろえた食事形態を用いた指導方法が、スポーツ選手の食事内容および栄養摂取状況を改善させる方法として有効であるとの報告もある<sup>5)</sup>。

財団法人日本陸上競技連盟では、陸上競技を行う子どもの食生活の現状把握と問題点抽出、および食環境の改善を行うことを目的として、平成19年に医事委員会・指導者育成委員会（当時）・普及委員会（当時）合同による「食育プロジェクトチーム」を立ち上げ、全国の陸上競技を行う小・中学生と、

その保護者を対象とした食生活および食意識に関する調査を実施している。

本調査は、その一環として「第25回日清食品カップ全国小学生陸上競技交流大会」の各競技種目の優勝者を対象に、食生活の実態を調査し、小学生トップアスリートの食生活の現状および問題点を把握し、今後の栄養教育のための基礎資料とすることを目的とした。

### II. 方法

#### 1. 対象者

対象者は「第25回日清食品カップ全国小学生陸上競技交流大会」の各種目における優勝者であり、陸上競技選手として高い意欲をもっており、継続して調査等に協力しうる者17名とした。また調査に先立ち、調査内容および目的について対象者に十分に説明し同意を得た。

#### 2. 食事調査方法

##### (1) 食事調査

対象者の保護者による自己記録法により休日1日を含む3日間の食事調査を行った。対象者の保護者には自己記入式の食事日誌を配布し、喫食したものをすべてを記録させた。

食事日誌の回収率は100%であった。

##### (2) データ処理

食事日誌に記入された内容を「主食・主菜・副菜・汁物・乳製品・果物」の6つの料理区分に分類し、その摂取回数と、朝食・昼食・夕食ごとの摂取回数を求めた。間食については摂取頻度および内容を把握した。

料理区分の分類にあたり、「主食・主菜・副菜」

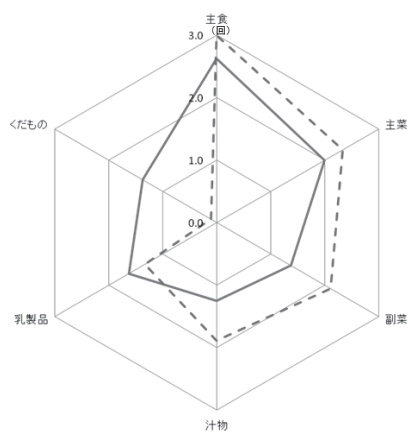


図 1-1 朝食の摂取状況

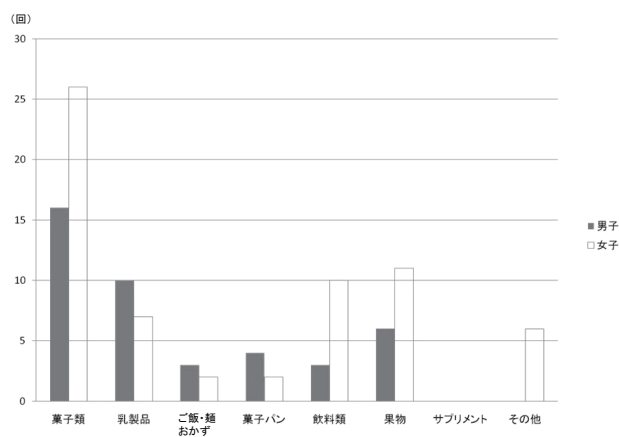


図 2 対象者の間食の摂取状況

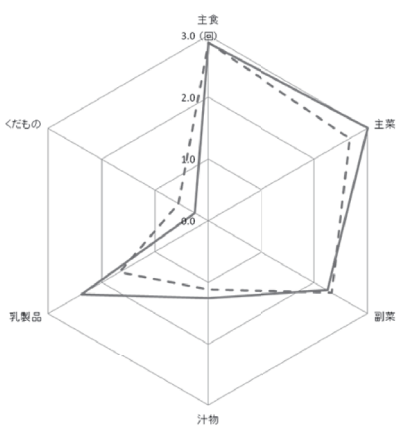


図 1-2 昼食の摂取状況

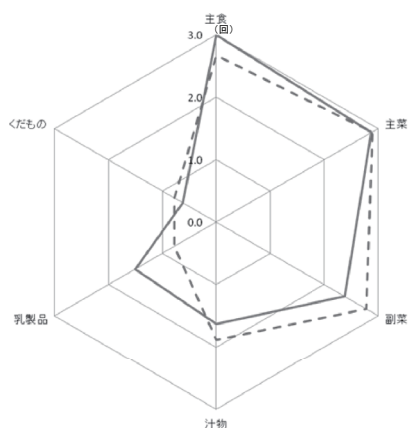


図 1-3 夕食の摂取状況

ン・ミネラル・食物繊維が摂取できる「野菜・いも・きのこ・海藻など」とした。

また、全てがそろった食事をしていた回数が最も多かった選手を「良い例」、最も少なかった選手を「悪い例」とし、栄養摂取状況を比較した。今回は良い例、悪い例ともに、男子選手のものとした。

### Ⅲ. 結果

#### 1. 対象者の料理区分別摂取回数について

3日間の食事調査より、朝食・昼食・夕食の料理区分別摂取状況を図 1-1 ～ 1-3 に示した。

朝食では、主食は1名を除き毎食摂取していた。主菜・副菜・汁物については女子の方が多く摂取していた。女子では果物を摂取している選手が少なかった。昼食では、男女ともほぼ同じ傾向を示した。夕食では、男女ともに主食・主菜・副菜は摂取しているが、乳製品・果物の摂取が低い傾向であった。全体的に女子では果物・乳製品の摂取回数の少なさが目立った。

主食は朝食を欠食していた男子選手1名、夕食で主食のみ欠食していた女子選手1名を除き毎食摂取していた。主菜および副菜では昼食・夕食での摂取頻度は高いが、男女ともに朝食での摂取頻度が最も低かった。汁物は男子で朝食・昼食、女子では昼食で最も摂取頻度が低かった。乳製品は男女とも昼食での摂取頻度が高く、夕食での摂取頻度が低かった。果物は全体的に摂取頻度が低かった。

#### 2. 対象者の間食の摂取状況について

食事調査を行った3日間において、間食の摂取率は100%であった。摂取していた内容について図 2 に示した。

最も多く摂取されていた間食は男女ともに「菓子

については、以下のように定義づけをした。

エネルギー供給が主な役割である主食は、炭水化物が摂取できる「ごはん・パン・麺類・ Pasta など」とした。主菜は筋肉・骨・血液など身体をつくる役割があり、たんぱく質・ミネラル・ビタミンが摂取できる「肉・魚・卵・大豆製品など」とした。副菜にはエネルギー生産反応の円滑化、体調を整える、骨や血液の材料になるといった役割があり、ビタミ



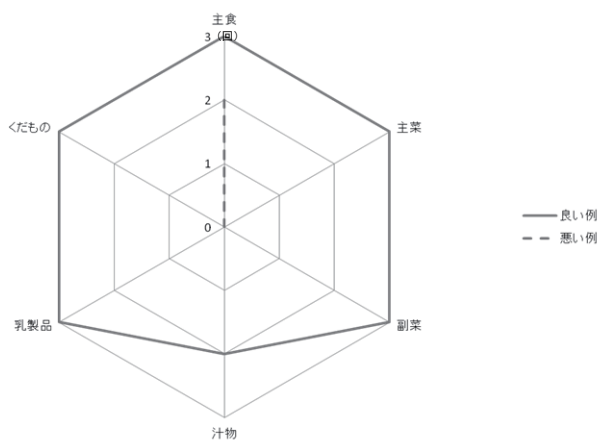


図 3-1 良い例・悪い例の比較 (朝食)

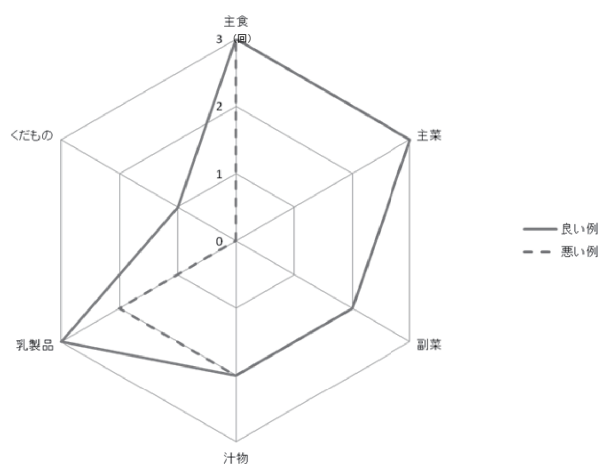


図 3-2 良い例・悪い例の比較 (昼食)

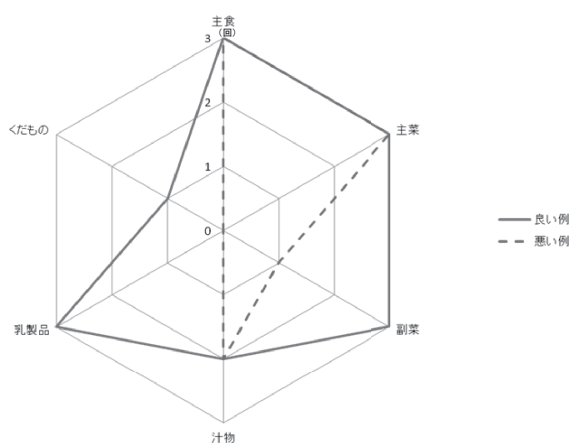


図 3-3 良い例・悪い例の比較 (夕食)

類」であり、特にスナック菓子が多くみられた。これは平成 18 年度に日本体育協会で行われた調査結果<sup>4)</sup>と同様であった。次に多く摂取されていた間食は男子では「乳製品」と「果物」、女子では「果物」と「飲料類」であった。

### 3. 「良い例」「悪い例」の比較

#### (1) 料理区分別摂取回数について

3 日間のうち何回食べていたか、良い例と悪い例の朝食・昼食・夕食別の料理区分別摂取回数の比較を図 3-1 ～ 3-3 に示した。

朝食では良い例は、ほぼ毎食全ての料理区分がそろった食事をしていたのに対し、悪い例では 1 日は朝食欠食、2 日間は主食（ドーナツのみ）の摂取であった。昼食は、2 日間は給食であったため、主食・主菜・副菜・汁物は同回数であったが、良い例は乳製品を毎食摂取、悪い例は給食のみでの摂取、また果物は悪い例では 1 日も摂取していなかった。夕食では主食・主菜・汁物の日数は良い例、悪い例ともに同様の日数であったが、副菜（良い例 3 日、悪い例 1 日）、乳製品（良い例 3 日、悪い例 0 日）、果物（良い例 1 日、悪い例 0 日）においては良い例の方が多く摂取していた。

#### (2) 食事内容について

良い例、悪い例の休日の内容を資料 1、2 に示した。

良い例（資料 1）は 1 食当たりの料理数が多く 5 ～ 9 品であったのに対し、悪い例（資料 2）では料理数が 1 ～ 2 品であり、朝食を欠食していた。また、記入内容についても良い例では料理名だけでなく目安量も細かく記入されているのに対し、悪い例では大まかな記述のみであった。

#### (3) エネルギーおよび栄養素摂取量について

食事日誌をもとに良い例、悪い例のエネルギーおよび栄養素摂取量を算出した。

良い例の方が、エネルギーおよび各栄養素全ての摂取量において、多く摂取していた。

## IV. 考察

### 1. 対象者の料理区分別食事摂取状況について

喫食率は朝食が 94.1%（男子 1 名欠食）、昼食は 100%、夕食は 100%であり、全体的に喫食率は高い傾向であった。欠食は休日で見られ、保護者の意識に問題がある可能性が考えられた。

料理区分別摂取回数では、朝食・昼食・夕食ともに果物の摂取回数が少なく、女子では乳製品の摂取回数も少なかった。最も摂取回数が少なかった果物は、腱や靭帯などの結合組織を構成するコラーゲンを生成する際に重要な働きをするビタミン C や<sup>6)</sup>、エネルギー源となる炭水化物など、スポーツ活動を行う選手にとっては重要な栄養素を多く含んでいるため、毎食摂取する必要があると考える。

次いで摂取回数が少なかった乳製品は、骨づくりにおいて重要な栄養素である。骨は吸収と形成を常

表1 良い例・悪い例のエネルギーおよび栄養摂取状況

		良い例	悪い例
身長	(cm)	163.8	155.7
体重	(kg)	51.3	51.0
エネルギー	(kcal)	2834	2165
体重あたり	(kcal/kg)	55	42
たんぱく質	(g)	126.4	62.8
体重あたり	(g/kg)	2.5	1.2
脂質	(g)	99.3	58.9
脂質エネルギー比率	(%)	31.5	24.5
炭水化物	(g)	347.6	332.7
体重あたり	(g/kg)	6.8	6.5
カルシウム	(mg)	1718	305
鉄	(mg)	10.8	5.1
レチノール当量	( $\mu$ g)	2074	332
ビタミンB <sub>1</sub>	(mg)	1.38	0.59
ビタミンB <sub>2</sub>	(mg)	2.82	0.72
ビタミンC	(mg)	104	35
食物繊維総量	(g)	19.6	9.1

に繰り返しており、特に思春期前半にカルシウム蓄積速度は最大になり、この時期に最大骨量の約4分の1が蓄積されると言われている<sup>6)</sup>。これらのことから思春期を控えた成長期には、カルシウム摂取が重要であることが推測される。小魚や野菜類にもカルシウムは含まれているが、牛乳中のカルシウムが最も吸収率が高い。そのため、学校給食以外の食事でも牛乳・乳製品を摂取する必要があることが考えられる。

以上より、果物および牛乳・乳製品を毎食摂取することを指導する必要があることが、明らかとなった。

## 2. 対象者の間食の摂取状況および内容について

対象者の間食の喫食率は100%であった。

内容については「菓子類」が最も多く、平成18年度に日本体育協会で行われた「小学生を対象としたスポーツ食育プログラム開発に関する調査研究」<sup>4)</sup>と同様の結果であった。スポーツ活動を行う小学生は一般の小学生よりも運動量が多くなる可能性が考えられるため、食事量を多くする必要がある。そのため間食は、食事でもとりきれなかった栄養素を補うために利用されることが望ましく、間食をおやつとしてとらえるのではなく、補食として考える必要がある。本調査の対象者の特徴として、料理区分別の食事摂取状況では乳製品と果物の摂取回数が少なかったが、間食で多く摂取している傾向が見られた。また今回の調査では、間食の時間の確認は行っていないが、夕食前に間食をとっていた場合、夕食の量に影響する可能性がある。これらのことから、

運動のために重要な補食について内容や食べるタイミングなどを選手や保護者、指導者などにアドバイスすることが重要であることが考えられる。

## 3. 「良い例」「悪い例」の比較について

先行研究によると「食事の基本形」の食事形態をとった方が、栄養摂取状況が良好であったとの報告がある<sup>5)</sup>。そのため、本調査対象者において、食事の基本形の出現割合が最も高かった選手を「良い例」、最も低かった選手を「悪い例」とし、食事内容および栄養摂取状況の比較を行った。

「良い例」の朝食は3日間とも食事の基本形になっていたのに対し、「悪い例」では朝食欠食、またはドーナツのみの摂取であった。また、給食での昼食以外の食事において、「良い例」ではほぼ食事の基本形となっているのに対し、「悪い例」では主食、主菜のみ、最も多い日で主食、主菜、副菜、汁物のみとなっており、乳製品や果物の摂取がみられなかった。本調査対象者においても、先行研究と同様に「食事の基本形」の出現割合が高い方が、栄養摂取状況が良好であったため、このような指導方法が有効である可能性が考えられた。

また、食事日誌の目安量について、「良い例」は詳細な食品と目安量が記されているのに対し、「悪い例」では大まかな記入しかされておらず、記入内容についても差がみられた。食事日誌の記入は保護者に依頼しているため、保護者の食意識の違いが食事日誌の記入内容の違いに結びついた可能性が考えられる。調理者の食意識・食教育態度・健康意識が高い方が大豆・根菜・海藻・野菜類などの登場頻度

が高いという報告<sup>7)</sup>があり、さらに学童期・思春期の食生活は保護者にゆだねられているため、保護者の食意識が喫食状況や食事内容に影響した可能性が考えられる。保護者に食教育を行うことにより、児童の食の意識・知識を高めることに効果があるという報告<sup>8)</sup>もあることから、保護者への指導も重要であることが示唆された。

## V. まとめ

「第25回日清食品カップ全国小学生陸上競技交流大会」の各競技種目の優勝者17名を対象に、食生活の現状および問題点を把握し、今後の栄養教育のための基礎資料とすることを目的とし、食生活の実態を調査した。

### 1) 対象者の食生活の傾向について

料理区別では乳製品、果物の摂取回数が男女ともに少ない傾向であった。また、休日の食事では、朝食欠食が1名みられ、昼食においても麺類や丼物など単品で済ませるケースがみられた。

### 2) 対象者の間食の摂取状況について

対象者の間食の摂取割合は100%であった。内容としては菓子類が多く、次いで乳製品、果物であった。

### 3) 「良い例」「悪い例」の比較について

「食事の基本形」の出現割合が高い「良い例」の方が、出現割合の低い「悪い例」と比較して、栄養摂取状況が良好であった。また、食事日誌の記入内容についても「良い例」の方が詳細に記入されており、保護者の食意識が食事内容にも影響している可能性が考えられた。

以上より、本調査対象者の食事摂取内容は乳製品および果物の摂取回数が少なく、これらの重要性を指導する必要があることが明らかになった。また「食事の基本形」に沿う食事を摂取させることにより、栄養摂取状況が向上する可能性が示唆された。選手の食事改善を行うにあたり、保護者への食教育が重要であることが明らかになった。

## 参考文献

1) 熊上聡子, 宮崎広子: 学童における食習慣と生活習慣, 聖カタリナ女子短期大学紀要, 33, 97-

110 (2000)

2) 福原桂, 田辺由紀, 金子佳代子, 石井莊子, 坂本元子: 小学生の食生活及び食に関する意識・知識の発達的変容(第1報) 4年生から6年生における発達的変容, 日本家政学会誌, 51 (7), 605-612 (2000)

3) 安部奈生, 芝木美沙子, 笹嶋由美: 小学生の血圧, 肥満と食行動に関する調査, 学校保健研究, 44, 14-21 (2002)

4) 鈴木志保子, 木村典代, 葦原摩耶子, 青野博: スポーツ活動をしている児童の生活全般に関する調査, 平成18年度 日本体育協会スポーツ医・科学研究報告 No. III 小学生を対象としたスポーツ食育プログラム開発に関する調査研究-第1報-, 27-67

5) 長坂聡子, 田口素子: 大学生女子スポーツ選手を対象とした食事形態を用いた食事指導の効果, 日本女子体育大学紀要, 39巻, 1-7 (2009)

6) 樋口満編著: 新版コンディショニングのスポーツ栄養学, (2007) 市村出版, 東京, 103

7) 森脇弘子, 小田光子, 佐久間章子, 寺岡千恵子, 岸田典子: 小学生の食生活・生活習慣に及ぼす調理担当者の意識, 栄養学雑誌, 64 (2), 87-96 (2006)

8) 木村典代, 古旗照美, 田口素子, 鈴木志保子, 青野博: スポーツ活動をしている児童の保護者に対する栄養教育教材を用いた栄養指導効果の検証, 平成19年度 日本体育協会スポーツ医・科学研究報告 No. III 小学生を対象としたスポーツ食育プログラム開発に関する調査研究-第2報-, 115-133

別添 資料1: 食事日誌 (良い例)

資料2: 食事日誌 (悪い例)

2009 小学生陸上競技交流大会優秀選手選抜研修会【食事日誌 1日目】

所属:

学年:

氏名: **良い例**

種目:

↓日付を書いてください

10/18(日)	食べたもの(料理名)を書いてください↓	食べたものの目安量を書いてください↓
朝食	バターロールパン	パン1個30g 3個
	ハム	ロースハム2枚
	オムレツ	卵Lサイズ1個、粉チーズ小さじ1杯、 オリーブオイル大さじ1/2、トマトケチャップ大さじ1/2
	野菜サラダ(ドレッシングあり)	サニーレタス2枚、ミニトマト1個(20g)、 マスコ和風おいしいドレッシング大さじ1
	ふかし芋	さつまいも80g
	プレーンヨーグルト(ブルーベリージャム)	明治ブルガリアヨーグルト100g、 ブルーベリージャム小さじ1
	牛乳	300cc
	みかん	みかん1個(70g)
	プチ生キャラメルクリームパン	パン20g
	昼食	ごはん
みそ汁(豆腐とわかめ)		おわん1杯(豆腐1/8丁、わかめ少量、水菜10g、 いりこ小10尾)
焼き魚(さんま)		さんま1/2尾
野菜サラダ(ドレッシングあり)		サラダほうれん草20g、きゅうり15g、トマトくし形2切、 マスコ和風おいしいドレッシング大さじ1/2
牛乳		300cc
夕食	ごはん	小どんぶり1杯
	みそ汁	おわん1杯(豆腐1/8丁、わかめ少量、水菜少量、 さつまいも30g、ねぎ少量、いりこ小10尾)
	ハマチのあら煮	ハマチのあら2切、大根2かけ、ごぼう3かけ、 しいたけ1枚、いんげん1本分
	鶏の刺身	鶏の刺身100g、きゅうり5g、しょうゆ
	鶏レバーの甘辛煮	鶏レバー(心臓も含む)30g、こんにやく20g
	寄せ豆腐	豆腐100g、小ねぎ1/2本、しょうゆ
	牛乳	300cc
	間食	スナック菓子
	チョコ	チョコ4.6g(ロッテ紗々1枚)
	ガム	ロッテキシリトールネオライムミント1粒

●管理栄養士からのアドバイス

ご協力ありがとうございました。  
(財)日本陸上競技連盟 食育プロジェクト

2009 小学生陸上競技交流大会優秀選手選抜研修会【食事日誌 2日目】

所属:

学年:

氏名: 良い例

種目:

↓日付を書いてください

10/19(月)	食べたもの(料理名)を書いてください↓	食べたものの目安量を書いてください↓
朝食	ごはん	小どんぶり1杯
	みそ汁(豆腐とわかめ)	おわん1杯(豆腐60g、わかめ少量、にんじん10g、ねぎ少量、いりこ小10尾)
	ハムエッグ	卵Mサイズ1個、ロースハム1枚、オリーブオイル小さじ1杯
	野菜サラダ(ドレッシングあり)	サニーレタス、サラダほうれん草10g、トマトくし形2切、マスコ和風おいしいドレッシング大さじ1
	いんげんのごま和え	いんげん1本分
	板のり	味付のり5枚
	みかん	みかん1/2個
	牛乳	300cc
	プレーンヨーグルト(ブルーベリージャム)	明治ブルガリアヨーグルト100g、ジャム小さじ1杯
昼食	【給食】	
	ごはん	麦ごはん
	みそけんちん汁	豆腐、じゃがいも、にんじん、ごぼう、葉ねぎ、だいこん、こんにゃく、干し椎茸、なめこ
	牛肉のしぐれ煮	牛肉、グリーンピース、ごぼう、糸こんにゃく
	牛乳	200cc
夕食	ごはん	茶わん山盛り1杯
	みそ汁(かぼちゃと大根葉)	おわん1杯(かぼちゃ小6かけ、わかめ少量、大根葉1本分、いりこ小10尾)
	温やっこ	もめん豆腐1/4丁、酢しょうゆ、しょうが少々
	さつまいもサラダ	さつまいも30g、きゅうり1/8本、ツナ大さじ1杯、マヨネーズ大さじ1、サニーレタス1枚分
	春菊とえのき茸の煮浸し	春菊1本分、えのき茸20g
	ハマチのあら煮	ハマチ頭半分、大根3かけ、ごぼう2かけ、しいたけ2枚
		いんげん3本、大根葉少量
	納豆	1パック(40g)
牛乳	300cc	
間食	おにぎり	おにぎり1個(ちりめんじゃこ佃煮小さじ1杯)
	プリン	森永男子スイーツ部理想のプリン100g
	もみじまんじゅう	つぶあん1個
	りんご	りんご1/8個(80g)
	牛乳	300cc

●管理栄養士からのアドバイス

ご協力ありがとうございました。  
(財)日本陸上競技連盟 食育プロジェクト

2009 小学生陸上競技交流大会優秀選手選抜研修会【食事日誌 3日目】

所属:

学年:

氏名: 良い例

種目:

↓日付を書いてください

10/20(火)	食べたもの(料理名)を書いてください↓	食べたものの目安量を書いてください↓
朝食	ごはん	小どんぶり1杯
	みそ汁(かぼちゃと菜っ葉)	おわん1杯(かぼちゃ4かけ、わかめ少量、 菜っ葉小1株、いりこ小10尾)
	ポークソテー	豚肩ロース(みそ漬)1枚、 ピーマン2個、赤ピーマン1個
	さつまいもサラダ	さつまいも、きゅうり、ツナ、マヨネーズ 2口位、 ミニトマト2個
	卵焼き	卵焼き1切
	りんご	りんご1/8個
	プレーンヨーグルト	明治ブルガリアヨーグルト100g
	牛乳	300cc
昼食	【給食】	
	メロンパン	
	チキンとさつまいものクリーム煮	鶏肉、豆ピューレ、チーズ、さつまいも、じゃがいも、玉ねぎ、 にんじん、白菜、エリンギ、マッシュルーム、ほうれん草
	いりこ大豆の香りและ	煮干し、大豆、スキムミルク
	牛乳	200cc
	りんごヨーグルトゼリー	
夕食	おにぎり	ゆかりごはん0.8合分
	鍋風野菜スープ	鶏肉1かけ、いわしのつみれ3個、大根、 にんじん、ごぼう、里芋(小1個)、 しいたけ1枚、えのき茸、豆腐1/4丁、 白菜、深谷ネギ、大根葉 } どんぶり 1杯分
	りんご	りんご1/8個
	かき	かき1/4個
	牛乳	300cc
間食	ガム	ロツテキシリトールネオライムミント1粒

●管理栄養士からのアドバイス

ご協力ありがとうございました。  
(財)日本陸上競技連盟 食育プロジェクト

2009 小学生陸上競技交流大会優秀選手選抜研修会【食事日誌 1日目】

所 属: \_\_\_\_\_ 学 年: \_\_\_\_\_

氏 名: 悪い例 \_\_\_\_\_ 種 目: \_\_\_\_\_

↓日付を書いてください

10/18(日)	食べたもの(料理名)を書いてください↓	食べたものの目安量を書いてください↓
朝食		
昼食	牛丼	吉野家の牛丼(並)
夕食	チャーハン	キャベツ1/8、玉ねぎ1/3、 ごはん茶わん3杯分くらい
	から揚げ	4個
間食	おにぎり	1個

●管理栄養士からのアドバイス

ご協力ありがとうございました。  
(財)日本陸上競技連盟 食育プロジェクト

2009 小学生陸上競技交流大会優秀選手選抜研修会【食事日誌 2日目】

所属: \_\_\_\_\_ 学年: \_\_\_\_\_

氏名: 悪い例 \_\_\_\_\_ 種目: \_\_\_\_\_

↓日付を書いてください

10/19(月)	食べたもの(料理名)を書いてください↓	食べたものの目安量を書いてください↓
朝食	ドーナツ	プレーン1個 ココア1個
昼食	【給食】 ごはん	ごはん
	豚肉のねぎみそ焼き	豚肉、みそ、とうふ、かまぼこ、かつおぶし
	大根のあえもの	にんにく、しょうが、ねぎ、だいこん、にんじん
	うすくず汁	えのきだけ、しめじ
	牛乳	牛乳
夕食	焼きそば	肉(豚コマ肉)、キャベツ
	ごはん	茶わん1杯
	みそ汁	なめこ、豆腐
	まぐろ刺身	5切くらい
間食	お菓子	チョコ クッキー ポテトチップス スポーツドリンク

●管理栄養士からのアドバイス

ご協力ありがとうございました。  
(財)日本陸上競技連盟 食育プロジェクト



2009 小学生陸上競技交流大会優秀選手選抜研修会【食事日誌 3日目】

所 属: \_\_\_\_\_ 学 年: \_\_\_\_\_

氏 名: 悪い例 \_\_\_\_\_ 種 目: \_\_\_\_\_

↓日付を書いてください

10/20(火)	食べたもの(料理名)を書いてください↓	食べたものの目安量を書いてください↓
朝食	ドーナツ	プレーン1個 ココア1個
昼食	【給食】 くろパン	
	ミートボール	ミートボール(鶏肉)
	ゆで野菜	にんじん、たまねぎ、カリフラワー、ブロッコリー
	さつまいもシチュー	
	牛乳	
夕食	カレーライス	大皿2杯分
	ほうれん草の玉子とじ	もやし、ほうれん草、玉子
	みそ汁	なめこ、豆腐
間食		

●管理栄養士からのアドバイス

ご協力ありがとうございました。  
(財)日本陸上競技連盟 食育プロジェクト

## 第12回世界選手権ベルリン大会の女子マラソンにおける 環境温度条件とパフォーマンス

梶原洋子<sup>1)</sup> 横倉三郎<sup>2)</sup> 小野伸一郎<sup>3)</sup> 石井好二郎<sup>4)</sup> 米津光治<sup>1)</sup>

1) 文教大学教育学部 2) 明星大学人文学部 3) 舞鶴工業高等専門学校

4) 同志社大学スポーツ健康科学部

### Environmental temperature and women's marathon-running performance in 12th IAAF world championships in athletics

#### I. はじめに

1984年のロサンゼルス五輪以降、五輪や世界選手権などビッグタイトルは夏期の暑熱環境下で開催されることが多い。ロサンゼルス五輪および1995年の福岡ユニバーシアード女子マラソンにおいて、エリートランナーが熱中症に陥り、迷走状態を呈したのは周知の事実である。また、2007年に日本で開催された第11回世界選手権大阪大会では、高温・多湿の環境条件下であったため、男女マラソンにおいて熱中症や脱水等を原因とする途中棄権（男子33%、女子14%）は多く、優勝タイムは世界選手権大会史上最も遅いものであった。このように、夏期の暑熱環境下で行われる陸上競技のような屋外のスポーツ活動、とりわけ、マラソンのような持久性種目、かつ、ロード種目では気温、湿度、輻射熱などの気象環境の影響を受け、過度の深部体温上昇の場合には、生体負担度が大きくなり、パフォーマンス（競技成績等）は低下する。競技選手にとって、高パフォーマンスの発揮や良好なコンディションの保持において、気象環境は重要な要因であり、それらの情報収集は戦略上必要不可欠であると考えられる。

American College of Sports Medicine (1975, 1984) は暑熱環境下の温熱指標として WBGT (Wet-Bulb Globe Temperature: 湿球黒球温度) を基準とした長距離走の熱中症予防措置を示している。一方、IAAF (International Association of Athletics Federations: 国際陸連) も「Medical Manual for Athletic and Road Racing Competition A

Practical Guide」(1998) を発行し、American College of Sports Medicine の指針に準拠して、これらについて提示している。上述したように、環境条件の評価・検討には、温熱指標として WBGT による観測が重要視されているが、五輪や世界選手権のマラソンレースにおけるその詳細な報告はほとんどなされていない。重複するが、競技選手のパフォーマンスおよびコンディショニングに影響を及ぼす要因である気象環境に関する情報は、戦略を練る上で極めて重要である。しかしながら、これらに関する情報は不足しており、大会終了後においてもその報告はほとんどなされておらず、2009年の第12回世界選手権ベルリン大会 (12th IAAF World Championships in Athletics) においても同様である。したがって、どの程度の環境レベル（暑熱レベル）でマラソンレースが行われたのか？また、同マラソンレース、すなわち、同環境条件下におけるレースのパフォーマンスには競技レベルによる差違があるのか？については未解明である。

そこで本研究では、第12回世界選手権ベルリン大会における、気象環境および順位別の記録達成率等について分析・検討することにより、競技選手のパフォーマンス発揮やコンディショニングに関する戦略的な基礎資料を得ることを目的とした。

#### II. 研究方法

2009年8月15日～8月23日の期間に開催された、第12回世界選手権ベルリン大会（以降、「ベルリン世界陸上」とする）、女子マラソンを対象とした。

## 1. 環境温度の観測

測定時刻は8月23日女子マラソンスタート1時間前から競技終了までの時間帯の環境温度条件を観測した。図1はベルリン世界陸上のマラソンコースを示す。

環境温度の測定項目は下記のとおりである。American College of Sports Medicineの運動指針に示す環境温度の測定方法に準拠して、各測定項目を観測した。

測定項目はWBGT(湿球黒球温度), Ta(乾球温度), RH(相対湿度), Tg(黒球温度), Tr(道路表面温度:以降,「路面温度」とする)であった。測定装置は京都電子工業熱中症指標計(暑熱環境計:スポーツ用)WBGT-203Bを用いた。暑熱環境計は地上約120cmに設置あるいは手に保持し,15分以上経過後の測定値を読み取った。路面温度は横河電子機器PM series JIS C 6802(Distance D to Sport S size)を用いた。なお,路面温度は約10分間隔で,また,その他のWBGT等の項目は1分間隔で測定した。

## 2. 記録達成率, マラソン前半・後半タイムとその指数, ランニングスピード

記録達成率は,各競技者の自己ベスト記録に対する本大会の記録の割合(以降,「記録達成率」とする)から求めた。マラソンの前半・後半指数は,前半ハーフ

の記録に対する後半ハーフの記録の割合から求めた。5Km毎のランニングスピードは,各5Km(スタート~5Km, 5~10Km, 10~15Km, 15~20Km, 20~25Km, 25~30Km, 30~35Km, 35~40Km)と40Km~フィニッシュのスプリットタイムから1分当たりのランニングスピード(m/min)を求めた。いずれも公式発表の参加競技者リストおよび公式記録を用いた。また,同環境条件下におけるレースのパフォーマンスには競技レベルによる差があるのかを分析・検討するために,上記項目について,順位別6群間(1~10位, 11~20位, 21~30位, 31~40位, 41~50位, 51~60位)に類別し,比較した。

## 3. 統計処理

統計処理計算は,SPSS statistical package program (Version 16.0 for Window)を用いた。記録達成率,前半・後半タイム指数等の順位別比較には一元配置分散分析(one-way ANOVA)を用い,群間に有意差が認められた場合にはFisher's Modified least significant differenceを用いた。順位毎の前半ハーフタイムと後半ハーフタイムの比較はstudent's t testを用いた。なお,有意水準はいずれも $p < 0.05$ とした。



図1 マラソンコース (IAAF, 2009より引用)

### Ⅲ. 結果と考察

#### 1. 環境条件の実態

図2は女子マラソンレース前後のWBGT, Ta, RH, Tg, Trの経時的推移を示した。公式発表によれば、8月23日の女子マラソンスタート直前の気象状況は気温19℃、湿度64%で、競技終了時点の14時16分のそれは、23℃、41%であった。しかしながら、我々の観測によればスタート時には既にTa(気温)23.1℃、Tg 28.3℃、WBGT 18.7℃、RH(湿度)37.6%、Tr 33.4℃であった。また、公式発表の競技終了時点に最も近い時刻の我々の観測値は、それぞれ21.1℃、34.5%であった。公式発表によれば、レース当日の天候は快晴である。しかしながら、我々の現地での観測では曇天の薄日であったり、急に雲の間隙から直射が強くなったりなど、レース当日の天候にはかなりの変動が認められた。その反映として、図2から刻々と各種温度が変動している状況が見て取れるが、一般的には現地での環境温度条件は气象台や大会公式発表と比較して、高値である場合が多い。各種温熱指標を見ると、それらの最大値はレース終盤に観測され、Ta 30.3℃、Tg 42.7℃、WBGT 25.5℃、Tr 39.8℃であった(図2)。なお、レース中の平均値はTa 24.6 ± 1.82℃、Tg 32.7 ± 5.16℃、WBGT 20.4 ± 1.84℃、RH 36.6 ± 2.89%、Tr 35.7 ± 2.08℃であった。IAAFのロードレースのリスクチャートによれば、今回のWBGT 20.4 ± 1.84℃は「中等度」の暑熱レベルに該当する。すな

わち、ベルリン世界陸上女子マラソンのWBGTは石井(2009)が観測した2007年開催の大阪世界陸上のそれ(WBGT 26~30℃;「高い」~「極めて高い」の暑熱レベル)と比較すると、夏期大会のマラソンレースとしては良好な環境温度条件の中で実施されたと言える。なお、女子マラソンレースにおける途中棄権は16%で、大阪世界陸上の14%と同程度であった。

#### 2. ランニングスピード、マラソン前半・後半タイムとその指数、記録達成率

図3は上位3位入賞者と日本代表選手および順位別の5Km毎のスプリットタイム(Running speed : m/min)を示したものである。

上位3名(1位 Xue Bai; CHN, 2位 尾崎好美; JPN, 3位 Aselefech Mergia; ETH)のスタートから40Kmまでの5Km毎のランニングスピードは281~293 m/minで推移したが、Xue選手は41Km以降にペースアップ(310m/min)し、追隨する尾崎選手(303m/min)とAselefech選手(298m/min)を引き離してフィニッシュしている。順位別のスプリットタイムから30Km以降のランニングスピードの維持能力、急激なスピードの切り替えとその対応等が勝敗に影響を及ぼしていることが窺えた(図3)。図4に示した前半ハーフタイムと後半ハーフタイム、前半・後半指数からも順位別による差が認められ、1~10位群のみ後半ハーフタイムが前半ハーフタイムよりも有意に速く、前半・後半指数は

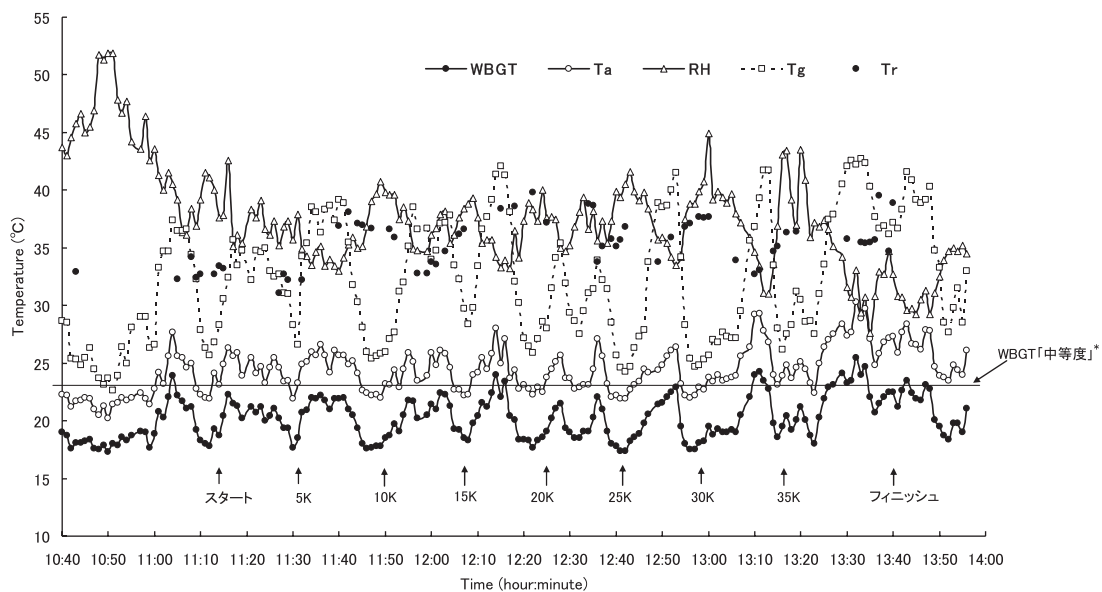


図2 マラソンの環境温度の推移

WBGT(湿球黒球温度)、Ta(乾球温度)、RH(相対湿度)、Tg(黒球温度)、Tr(路面温度) \* : IAAFのロードレースのリスクチャート「中等度」の暑熱レベル

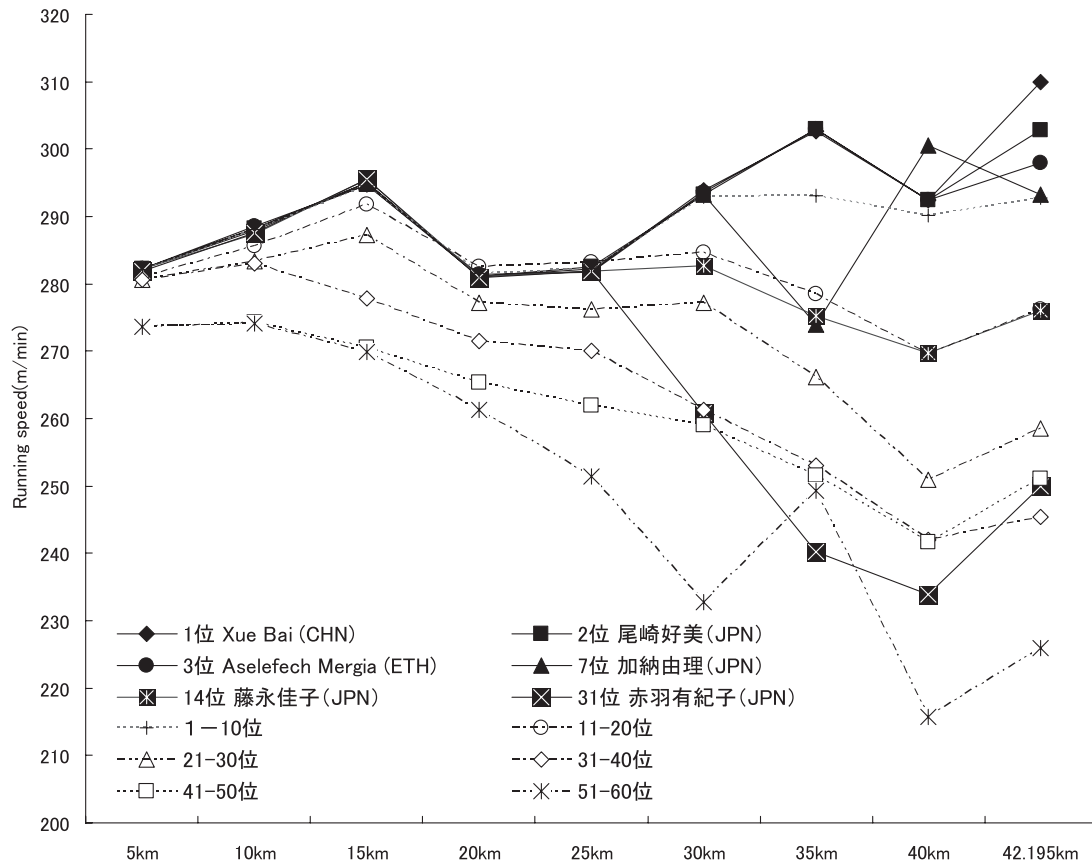


図3 順位別のスプリットタイム (Running speed : m/min)

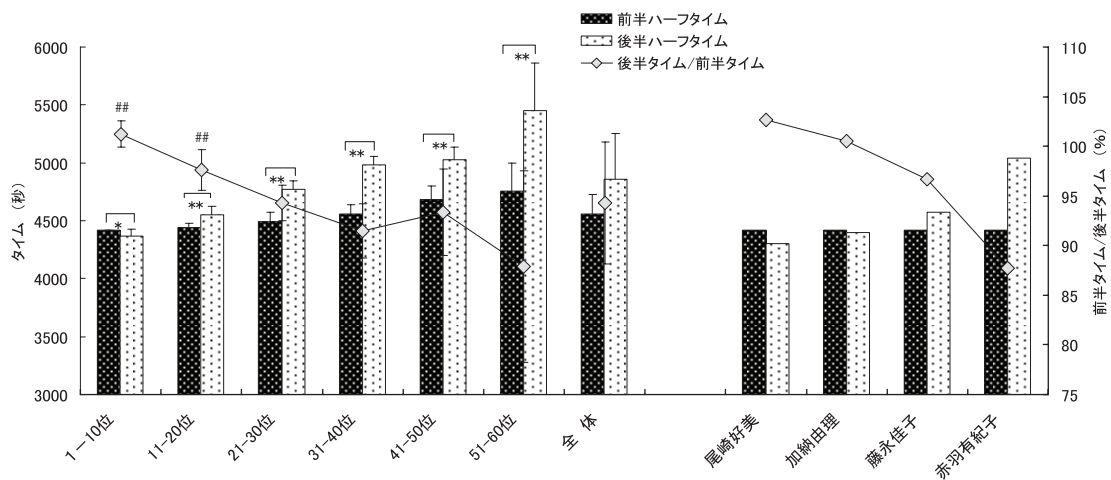


図4 順位別の前半・後半タイムの平均値および標準偏差

\*\*; $p < 0.01$ , \*; $p < 0.05$  #; $p < 0.01$  1-10位・11-20位 vs 各順位群

101.2%であった。これに対してその他の5群では、前半ハーフタイムに比べて後半ハーフタイムが有意に遅かった。また、前半・後半指数は1～10位群と11～20位群(97.6%)の2群間に有為差は認められなかったが、この2群に比べて21～30位群(94.3%)、31～40位群(91.5%)、41～50位群(93.3%)、51～60位群(87.9%)は有為に低値を示した。すなわち、上位の選手ほど前半・後半指数が高値であり、同一環境下における記録の低下は小さい。

図5は順位別の記録達成率の平均値を示したものである。全選手(n=60)の平均値は $96.1 \pm 4.1\%$ であったが、順位がよい群ほど記録達成率は有意に高値を示し、1～10位群 $98.6 \pm 1.0\%$ に対して51～60位群91.3%であった。日本代表のそれは尾崎選手98.7%、加納選手98.3%、藤永選手98.9%、赤羽選手92.4%で、赤羽選手を除く3選手は健闘した結果と言えよう。赤羽選手の後半レース中の急激なランニングスピードの低下は、本人(談話)によれば「脱水症状に陥った」とのこと、所謂、暑さ対策の失敗が原因と考えられる。全選手60名中8名(13.3%)は自己ベスト記録を更新し、記録達成率の範囲は100～104.9%であった。

前述したように、全選手の記録達成率の平均値は96%である。換言するならば、全選手の記録低下率は4%である。

MATTHEW R. ELYら(2007)は、WBGTを指標にマラソンパフォーマンスとの関係を検討しているが、ベルリン世界陸上(WBGT $20.4 \pm 1.84^{\circ}\text{C}$ )と同程度のWBGTの環境温度の場合には記録低下率は5～6%

とし、パフォーマンスの高い選手ほどその低下率の小さいことを報告している。今回結果の記録低下率は前述のように4%程度であること、また、パフォーマンスの高い選手ほどその値は低値であること、これはMATTHEW R. ELYらの報告を支持するものであった。なお、梶原ら(2001)は既に、2000年開催のシドニー五輪女子マラソン選手45名(WBGT $21.5 \pm 2.0^{\circ}\text{C}$ )を対象に調査し、記録低下率は3～4%であること、またパフォーマンスの高い選手ほどその値が低値であることなどを報告している。MATTHEW R. ELYらの報告に比較して、低下率は1%程度の低値である。これは誤差範囲であるかも知れない。しかしながら、マラソンのパフォーマンスには気象状況のほか、マラソンコース、競技会の規模・意義、ペースメーカーの有無、男女混合レース、参加選手の競技レベルなど様々な要因が関与すると考えられる。因みに、ベルリンのマラソンコースは周回コース(図1)で起伏のないフラットなコースである。また、記録の出るコースとして知られており、野口みずき選手(2時間19分12秒:2005年)、渋井陽子選手(2時間19分41秒:2004年)、高橋尚子選手(2時間19分49秒:2001年)の3選手はいずれもこのレース(男女混合レース)で日本最高記録を更新している。今後もこの問題点については追究していきたい。

#### IV. まとめ

本研究は、第12回世界選手権ベルリン大会における、環境温度条件および順位別の記録達成率等に

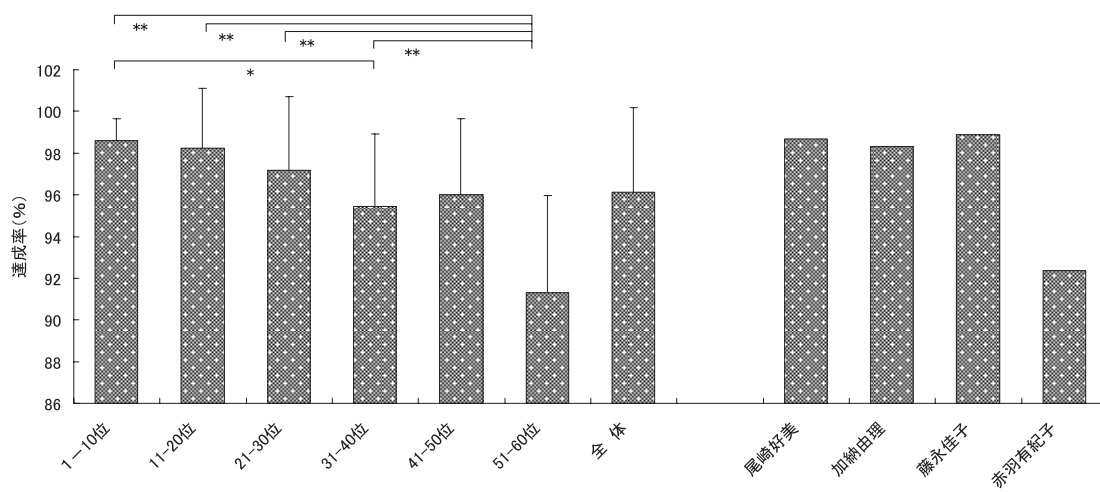


図5 順位別の記録達成率の平均値および標準偏差

\*\*; $p < 0.01$ , \*; $p < 0.05$

ついて分析・検討することにより、競技選手のパフォーマンス発揮やコンディショニングに関する戦略的な基礎資料を得ることを目的とした。

今回の研究結果から得られた知見をまとめると、以下のとおりであった。

### 1. 環境温度条件の実態

女子マラソンのレース中の各観測値の平均値は次のとおりであった。乾球温度（気温）24.6℃，相対湿度（湿度）36.6%，黒球温度 32.7℃，路面温度 35.7℃，WBGT 20.4℃で，大会公式発表と比べて高値を示した。また，IAAF の WBGT を指標とする暑熱レベルは「中等度」に該当し，2007 年の大阪世界陸上に比較し，夏期大会のマラソンレースとしては良好な環境温度条件であった。

### 2. 競技選手のパフォーマンス発揮

女子マラソンランナーのパフォーマンスとして，5Km 毎のランニングスピードや記録達成率および記録低下率等の検討から，順位のよい選手ほど，ランニングスピードの低下が少なく，その維持能力が高く，前半・後半タイム指数が高値であった。記録達成率も同様に順位のよい選手ほど有意に高値を示した。

2009 年開催のベルリン世界陸上において，日本代表選手 1 名の直前の大会不参加および出場選手における暑さ対策の失敗事例（1 例）がみられたことから，今後の世界陸上など夏期に開催される大会において勝つ抜くためには，コンディショニングおよび暑さ対策が重要であり，本研究結果は選手およびコーチなど指導者にとって戦略を練る上での有益な情報となるものと思われる。今後も環境温度条件とパフォーマンスについては極めて興味・関心のある問題点であり，継続して追究していきたい。

### 参考文献

American college of Sports Medicine (1975).  
Prevention of heat injuries during distance running. Med. And Sci. in Sports, 7 (1), vii-viii.  
American college of Sports Medicine (1984).  
Prevention of thermal injuries during distance running. Med. And Sci. in Sports and Exercise, 16 (5), 427-443.  
IAAF COUNCI; (1998). Medical MANUAL for Athletics and Road Racing

Competitions, A Practical Guide, Monaco, 39-75.

IAAF(2009):Program, Official, 12<sup>th</sup>IAAF world Championships in Athletics Berlin 2009(2009), 86-88

石井好二郎 (2009). 北京オリンピック男子マラソンレース時の暑熱環境の分析. 陸上競技研究紀要, 5 : 86-88.

梶原洋子ら (2001). シドニー五輪における長距離・マラソンの環境温度条件の実態. 陸上競技紀要, 14 : 14-28.

MATTHEW R. ELY, SAMUEL N. CHEUVRONT, WILLIAMO ROBERTS, and SCOTT J. MONTAIN(2007) Impact of Weather on Marathon-Running Performance Med. Sci. Sports Exerc vol.39, No.3, 487-493

# 全国小学生クロスカントリーリレー研修大会の競技運営に関する 小学生競技者の満足度調査 － 2009年の大会を中心に－

岡野 進<sup>1)</sup> 阿保雅行<sup>2)</sup> 伊藤 宏<sup>3)</sup>

1) 明海大学 2) 東京外国語大学 3) 静岡大学

## I. 研究目的

陸上競技大会の競技運営のあり方を検討する視点としては、競技規則（ルール）を始めとして、競技運営に直接関わる審判員の養成や研修、競技補助員への対応、競技者やコーチへの対応、そして観客（テレビ等の視聴者含む）への対応等が重要であるといわれている。競技者からみた競技運営の満足度を数値化すると共に、改善度も算出して競技運営のあり方を検討する研究が最近みられるようになった。とりわけ小学生競技者に着目した研究としては、阿保・伊藤・岡野（2007, 2008）の全国小学生陸上競技交流大会や岡野・伊藤・阿保（2009）の全国小学生クロスカントリーリレー研修大会に関する報告があげられる。

本研究の目的は、第11回全国小学生クロスカントリーリレー研修大会（以下、全小クロカン2009と略す）の競技者（小学生）を対象としたアンケート調査から、競技運営に関する満足度や改善度を数値化することにある。その結果は、主催者が運営協力の組織または団体等と協同して今後の競技運営を具体的に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、スポーツ経営学的視点でいうと、全国大会レベルの競技運営に係わる施設用具や諸サービスに対して小学生（競技者）がどの程度満足しているか、また不満足であるかといったことなどを評価する、いわゆる顧客満足度（Customer Satisfaction）調査である。

## II. 研究方法

### 1. 調査内容

アンケート調査票の内容については、岡野・伊藤・阿保（2009）が第10回全国小学生クロスカントリーリレー研修大会で用いた5領域（指導と研修会、宿舎、付帯施設、競技運営、小学生に対する審判員の対応）を踏襲した。但し、「小学生に対する審判員の対応」の項目については「係員の接し方」と「係員の言葉づかい」の視点から新たに構成した。従って、満足度に関する項目は、総合的評価の項目を含む、次の24項目とした。

1) 小学校体育館での研修会、2) 宿舎の部屋、3) 宿舎の食事（内容・量・食事時間など）、4) 宿舎での他県小学生との交流、5) 競技会場への移動バス、6) 競技会場の更衣室（広さやきれいさ）、7) 競技会場のトイレ（数やきれいさ）、8) 競技会場の荷物置き場（衣類やシューズなど）、9) 競技会場における水（ペットボトル）のサービス、10) ウォーミングアップの時間（長さ）、11) ウォーミングアップ場における係員の接し方（態度）、12) ウォーミングアップ場における係員の言葉づかい、13) 招集所における係員の接し方（態度）、14) 招集所における係員の言葉づかい、15) スタート（中継地点）における係員の接し方（態度）、16) スタート（中継地点）における係員の言葉づかい、17) コースにおける係員の接し方（態度）、18) コースにおける係員の言葉づかい、19) スタート案内や結果発表のしかた（アナウンス含む）、20) 選手注意事項や競技ルールに関する指導・助言、21) 競技会におけるマナーやエチケットの指導・助言、22) 開会式や閉会式の挨拶や時間（長さ）・運営、23) 表彰式のやり方や運営、24) 総合的評価。



表1 標本の特性

1) 性別	① 男子	140( 50.4)	② 女子	138( 49.6)		
2) 学年	① 5年生	75( 27.0)	② 6年生	198( 71.2)	③ 無回答	5( 1.8)
3) 出場回数	① 初めて	248( 89.2)	② 2回目	18( 6.5)	③ 無回答	12( 4.3)
4) 出場種目	① 友好タイムトライアル	70( 25.2)	② クロスカントリーリレー	205( 73.7)	③ 無回答	3( 1.1)
5) 参加の動機・目的	① 走ることが好きだから	69( 24.8)	② 他人に勝ちたいから	10( 3.6)	③ 健康体力の維持増進のため	5( 1.8)
	④ 自己記録の樹立をしたいから	67( 24.1)	⑤ 友人や仲間との友好のため	13( 4.7)	⑥ チーム優勝や入賞を目指して	114( 41.0)

注) 標本数 (全体 n=278) , 表中の数字 (人数, %)

なお, 調査項目については, 主催者をはじめ, 運営協力 (団体または組織など), 競技場などの経営管理者が操作可能なものに限定すべきであると考えられるが, 一部の項目については, 小学生 (競技者) の意見を求めるために, あえて採用した。

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

## 2. 調査方法・回収状況・有効標本数

全小クロカン2009は, 2009年3月21日 (土) ~ 22日 (日) の2日間 (1泊2日) の日程で行われた。競技会の種目は, 友好タイムトライアルとクロスカントリーリレーであった。アンケート調査票は, 監督・代表者会議で配布し, 大会終了後, (財) 日本陸上競技連盟事務局に郵送してもらって回収した。400人 (50チーム) の小学生参加者 (予定) の中から, 42チーム (319人) の回答が得られた。本研究では, 満足度の項目として, 24項目 (上述) を取り上げたが, それらの中で1項目でも無回答があった41標本については削除した。従って, 本研究で用いた有効標本数は278 (87.1%) であった。

## 3. 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 (23

項目) と総合的評価と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) は改善度指数が10以上の項目は「即改善」, 5以上の項目は「要改善」, そして, 負 (マイナス) の項目は「改善不要」と指摘している。

## III 結果と考察

### 1. 標本の特性

標本の特性は次の通りであった (表1)。1) 性別については, 男子50.4%, 女子49.6%であった。2) 学年別については, 5年生27.0%, 6年生71.2%であった。3) 大会出場回数については, 初出場者89.2%, 2回目6.5%であった。4) 出場種目については, 友好タイムトライアル25.2%, クロスカントリーリレー73.7%であった。

### 2. 満足度の全体的傾向

#### (1) 平均値の比較

まず全体的傾向として (表2), 満足度の平均値が高い項目は, 「2) 宿舍の部屋 (4.27)」「10) ウォーミングアップの時間 (長さ) (3.94)」「19) スタート案内や結果発表のしかた (アナウンス含む) (3.92)」「20) 選手注意事項や競技ルールに関する指導・助言 (3.92)」等であった。

一方, 満足度の平均値が低い項目は, 「7) 競技会場のトイレ (数やきれいさ) (3.06)」「8) 競技会場の荷物置き場 (衣類やシューズなど) (3.22)」「22) 開会式や閉会式の挨拶や時間 (長さ)・運営 (3.25)」等であった。

表2 性別の平均値比較

項 目	1. 男子 n=140		2. 女子 n=138		全 体 n=278		平均値 間の比 較
	AV	SD	AV	SD	AV	SD	
1) 小学校体育館での研修会	3.91	0.96	3.85	0.90	3.88	0.93	
2) 宿舎の部屋	4.27	1.06	4.28	1.12	4.27	1.09	
3) 宿舎の食事 (内容・量・食事時間など)	3.89	1.12	3.67	1.14	3.78	1.13	
4) 宿舎での他県小学生との交流	3.20	1.25	3.34	1.16	3.27	1.21	
5) 競技会場への移動バス	3.82	1.10	4.00	0.91	3.91	1.01	
6) 競技会場の更衣室 (広さやきれいさ)	3.40	1.01	3.19	1.10	3.29	1.06	
7) 競技会場のトイレ (数やきれいさ)	3.05	1.18	3.07	1.23	3.06	1.20	
8) 競技会場の荷物置き場 (衣類やシューズなど)	3.22	1.26	3.22	1.15	3.22	1.21	
9) 競技会場における水 (ペットボトル) のサービス	3.45	1.25	3.52	1.14	3.48	1.20	
10) ウォーミングアップの時間(長さ)	3.87	1.15	4.02	0.95	3.94	1.05	
11) ウォーミングアップ場における係員の接し方 (態度)	3.42	1.24	3.65	1.03	3.53	1.14	
12) ウォーミングアップ場における係員の言葉づかい	3.43	1.24	3.65	1.12	3.54	1.19	
13) 招集所における係員の接し方 (態度)	3.35	1.28	3.39	1.22	3.37	1.25	
14) 招集所における係員の言葉づかい	3.30	1.24	3.37	1.25	3.34	1.24	
15) スタート (中継地点) における係員の接し方 (態度)	3.51	1.20	3.57	1.10	3.54	1.15	
16) スタート (中継地点) における係員の言葉づかい	3.57	1.14	3.63	1.04	3.60	1.09	
17) コースにおける係員の接し方 (態度)	3.70	1.08	3.71	0.98	3.70	1.03	
18) コースにおける係員の言葉づかい	3.73	1.03	3.74	0.97	3.74	1.00	
19) スタート案内や結果発表のしかた (アナウンス含む)	3.81	1.16	4.03	1.01	3.92	1.09	
20) 選手注意事項や競技ルールに関する指導・助言	3.75	1.10	4.10	0.84	3.92	0.99	**
21) 競技会におけるマナーやエチケットの指導・助言	3.63	1.12	3.89	0.90	3.76	1.02	*
22) 開会式や閉会式の挨拶や時間 (長さ)、運営	3.19	1.31	3.31	1.24	3.25	1.28	
23) 表彰式のやり方や運営	3.55	1.20	3.73	1.20	3.64	1.20	
24) 総合的評価	3.97	1.07	4.13	0.87	4.05	0.98	

注) AV:平均値 SD:標準偏差, \* : $p<0.05$  \*\* : $p<0.01$

そして性別の平均値比較を行った結果、「20) 選手注意事項や競技ルールに関する指導・助言」「21) 競技会におけるマナーやエチケットの指導・助言」の2項目に有意差が認められ、いずれの場合も女子の平均値が男子よりも高かった。

尚、23項目 (n=278) の信頼性係数 (Cronbachの $\alpha$ 係数) は、 $\alpha = 0.9345$ であった。

### 3. 満足度—満足率 (良い) に着目した場合—

総合的評価の満足度 (即ち、満足率 (良い) は、72.3%であった (図1)。

各項目の満足率 (良い) をみると、80%台は「2) 宿舎の部屋 (81.7%)」の1項目、70%台は1項目も無く、60%台は「10) ウォーミングアップの時間 (長さ) (67.6%)」「20) 選手注意事項や競技ルールに関する指導・助言 (66.5%)」「19) スタート案内や結果発表のしかた (アナウンス含む) (65.8%)」「1) 小学校体育館での研修会 (65.1%)」「5) 競技

会場への移動バス (65.1%)」「3) 宿舎の食事 (内容・量・食事時間など) (61.5%)」の6項目であった。また 50%台は「21) 競技会におけるマナーやエチケットの指導・助言 (58.6%)」「23) 表彰式のやり方や運営 (57.6%)」「17) コースにおける係員の接し方 (態度) (55.4%)」「18) コースにおける係員の言葉づかい (54.3%)」「16) スタート (中継地点) における係員の言葉づかい (53.2%)」「11) ウォーミングアップ場における係員の接し方 (態度) (52.2%)」「12) ウォーミングアップ場における係員の言葉づかい (51.8%)」「15) スタート (中継地点) における係員の接し方 (態度) (51.8%)」の8項目であった。そして50%未満は「22) 開会式や閉会式の挨拶や時間 (長さ)・運営 (47.5%)」「9) 競技会場における水 (ペットボトル) のサービス (45.0%)」「13) 招集所における係員の接し方 (態度) (44.2%)」「14) 招集所における係員の言葉づかい (44.2%)」「8) 競技会場の荷物置き場 (衣類

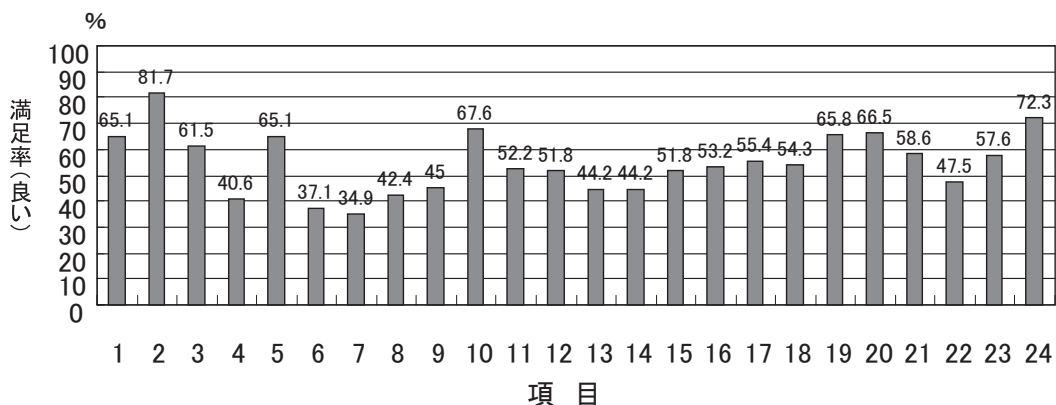


図1 満足度—満足率（良い）—

やシューズなど) (42.4%)」「4) 宿舎での他県小学生との交流 (40.6)」「6) 競技会場の更衣室 (広さやきれいさ) (37.1%)」「7) 競技会場のトイレ(数やきれいさ) (34.9%)」の8項目であった。

#### 4. 改善度

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

##### (1) 満足率（良い）と独立係数の関係

大会運営の総合評価に寄与する貢献度を独立係数でみると（図2）、「23) 表彰式のやり方や運営 (0.4344)」が最も高く、次に「21) 競技会におけるマナーやエチケットの指導・助言 (0.4230)」「20) 選手注意事項や競技ルールに関する指導・助言 (0.4097)」「17) コースにおける係員の接し方(態度) (0.4070)」等が続く。

独立係数は高いが満足率（良い）が比較的低い項目の例としては、「23) 表彰式のやり方や運営」があげられる。この項目の独立係数は0.4344で最も高かったが、満足率は57.6%で第9番目であつ

た。即ち、この項目は大会運営の総合評価を高める重要な要因であるにもかかわらず、相対的に低い満足率（評価）となっているので、今後、改善すべき項目であると考えられる。同様に、「21) 競技会におけるマナーやエチケットの指導・助言 (0.4230)」と「17) コースにおける係員の接し方(態度) (0.4070)」の項目は、独立係数がそれぞれ第2位と第4位と高い位置づけであったけれども、満足率（良い）はそれぞれ第8位と第10位という低い位置づけであった。これらの項目も今後の課題であるとする。

一方、「2) 宿舎の部屋 (81.7%)」と「10) ウォーミングアップの時間（長さ) (67.6%)」の項目は、独立係数がそれぞれ0.3568 (第6位)と0.2679 (第17位)であったが、満足率（良い）は、それぞれ第1位 (81.7%)と第2位 (67.6%)であった。小学生（競技者）から高く評価された項目であったと

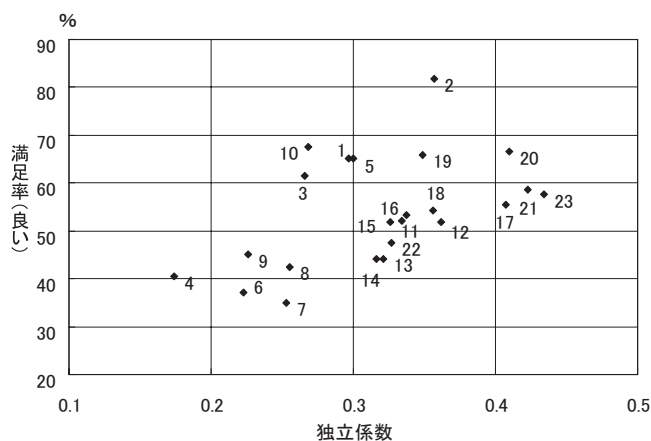


図2 満足率（良い）と独立係数の関係

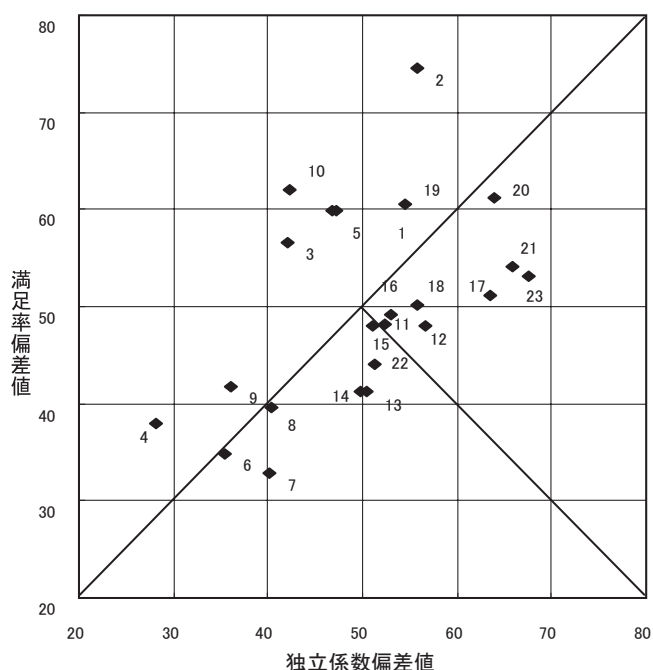


図3 満足率偏差値と独立係数偏差値の関係

表3 競技運営に関する満足度と改善度

(n=278)

項目	満足度の区分			独立係数	独立係数 偏差値	満足率 偏差値	距離	角度	修正 指数	改善度 指数
	1. 悪い %	2. 普通 %	3. 良い %							
1)	6.5	28.4	65.1	0.2968	46.73	59.84	10.37	153.40	-0.704	-7.31
2)	9.0	9.3	81.7	0.3568	55.83	74.63	25.31	121.68	-0.352	-8.91
3)	13.7	24.8	61.5	0.2660	42.05	56.63	10.35	174.81	-0.942	-9.75
4)	19.8	39.6	40.6	0.1742	28.13	37.98	24.96	106.20	-0.180	-4.49
5)	6.8	28.1	65.1	0.2997	47.17	59.84	10.24	151.05	-0.678	-6.95
6)	16.1	46.8	37.1	0.2229	35.51	34.76	21.02	88.55	0.016	0.34
7)	33.1	32.0	34.9	0.2532	40.11	32.83	19.81	74.94	0.167	3.31
8)	25.9	31.7	42.4	0.2550	40.38	39.59	14.18	87.73	0.025	0.36
9)	14.3	40.7	45.0	0.2261	36.00	41.84	16.20	104.75	-0.164	-2.65
10)	9.4	23.0	67.6	0.2679	42.34	62.09	14.31	167.36	-0.860	-12.30
11)	14.3	33.5	52.2	0.3340	52.37	48.27	2.94	8.88	0.901	2.65
12)	15.8	32.4	51.8	0.3621	56.64	47.95	6.95	27.80	0.691	4.80
13)	22.7	33.1	44.2	0.3211	50.42	41.19	8.82	42.26	0.530	4.68
14)	24.5	31.3	44.2	0.3166	49.74	41.19	8.81	46.69	0.481	4.24
15)	15.5	32.7	51.8	0.3258	51.14	47.95	2.35	16.04	0.822	1.93
16)	13.3	33.5	53.2	0.3377	52.94	49.23	3.04	30.35	0.663	2.01
17)	8.3	36.3	55.4	0.4070	63.45	51.16	13.50	49.93	0.445	<u>6.01</u>
18)	6.1	39.6	54.3	0.3565	55.79	50.20	5.79	46.94	0.478	2.77
19)	11.5	22.7	65.8	0.3485	54.58	60.48	11.44	111.40	-0.238	-2.72
20)	7.2	26.3	66.5	0.4097	63.86	61.13	17.77	83.77	0.069	1.23
21)	7.6	33.8	58.6	0.4230	65.87	54.05	16.38	59.33	0.341	<u>5.58</u>
22)	29.5	23.0	47.5	0.3271	51.33	44.09	6.06	32.32	0.641	3.88
23)	18.7	23.7	57.6	0.4344	67.61	53.09	17.88	54.95	0.389	<u>6.96</u>
平均値			54.09	0.3184						
標準偏差			11.19	0.0659						
24)	6.1	21.6	72.3							

注1) 項目の内容については、表2を参照のこと。

注2) 改善すべき項目は、改善度指数が「5以上」の下線の引かれたものである。

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)、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(表3)、そして改善度指数を図示した(図4)。値が正(プラス)の項目が今後改善すべき項目であり、15項目が認められた。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」としていることから、即改善すべき項目は認められなかった。しかし、要改善としては3項目、具体的には「23)表彰式のやり方や運営(6.96)」

「17)コースにおける係員の接し方(態度)(6.01)」「21)競技会におけるマナーやエチケットの指導・助言(5.58)」があげられる。なお、次に示す改善度指数が5未満の12項目は要改善でないとしても、準改善項目として認識して競技運営を行うべきである。具体的には「12)ウォーミングアップ場における係員の言葉づかい(4.80)」「13)招集所における係員の接し方(態度)(4.68)」「14)招集所における係員の言葉づかい(4.24)」「22)開会式や閉会式の挨拶や時間(長さ)・運営(3.88)」「7)競技会場のトイレ(数やきれいさ)(3.31)」「18)コースにおける係員の言葉づかい(2.77)」「11)ウォーミングアップ場における係員の接し方(態度)(2.65)」

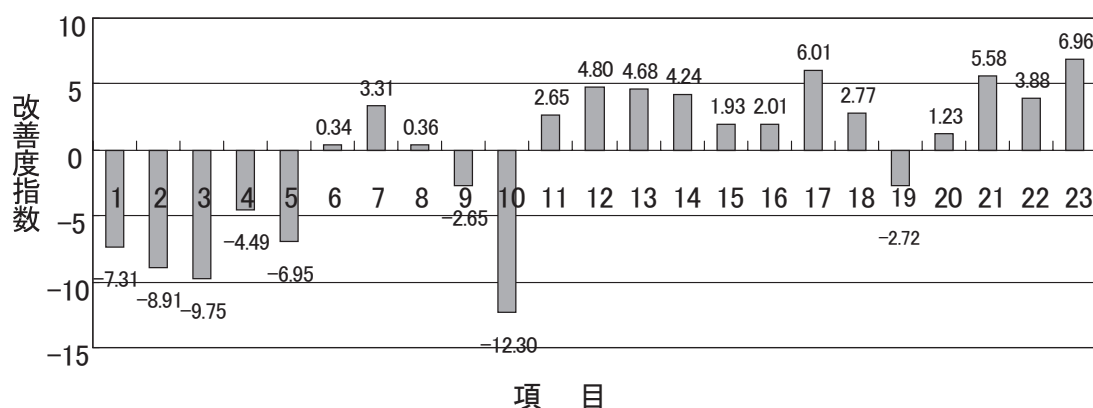


図4 改善度—改善度指数—

「16) スタート(中継地点)における係員の言葉づかい(2.01)」「15) スタート(中継地点)における係員の接し方(態度)(1.93)」「20) 選手注意事項や競技ルールに関する指導・助言(1.23)」「8) 競技会場の荷物置き場(衣類やシューズなど)(0.36)」「6) 競技会場の更衣室(広さやきれいさ)(0.34)」である。

一方、改善度の値が負(マイナス)の項目は改善不要である。具体的には「9) 競技会場における水(ペットボトル)のサービス(-2.65)」「19) スタート案内や結果発表のしかた(アナウンス含む)(-2.72)」「4) 宿舎での他県小学生との交流(-4.49)」「5) 競技会場への移動バス(-6.95)」「1) 小学校体育館での研修会(-7.31)」「2) 宿舎の部屋(-8.91)」「3) 宿舎の食事(内容・量・食事時間など)(-9.75)」「10) ウォーミングアップの時間(長さ)(-12.30)」の8項目があげられる。

#### IV まとめ

本研究の目的は、全小クロカン2009の競技者(小学生)を対象としたアンケート調査から、競技運営に関する満足度や改善度を数値化することであった。

結果は、以下のようにまとめられる。

(1) 競技運営に関する満足度について—満足率(良い)の視点から—

①総合的評価の満足率(良い)

総合的評価の満足率(良い)は、72.3%であった。

②各項目の満足率(良い)

各項目の満足率(良い)については、80%台が「2) 宿舎の部屋(81.7%)」、60%台が「10) ウォーミングアップの時間(長さ)(67.6%)」「20) 選手注意事項や競技ルールに関する指導・助言(66.5%)」等の6項目、50%台が「21) 競技会におけるマナー

やエチケットの指導・助言(58.6%)」「23) 表彰式のやり方や運営(57.6%)」等の8項目であった。そして50%未満が「22) 開会式や閉会式の挨拶や時間(長さ)・運営(47.5%)」「9) 競技会場における水(ペットボトル)のサービス(45.0%)」等の8項目であった。

(2) 競技運営に関する改善度について—改善度指数の視点から—

改善度指数が10以上(即改善)の項目は1項目も認められなかったが、改善度指数5以上(要改善)は「23) 表彰式のやり方や運営(6.96)」「17) コースにおける係員の接し方(態度)(6.01)」「21) 競技会におけるマナーやエチケットの指導・助言(5.58)」の3項目が、改善度指数5未満(準改善)は「12) ウォーミングアップ場における係員の言葉づかい(4.80)」「13) 招集所における係員の接し方(態度)(4.68)」等の12項目が認められた。一方、改善度指数の値が負(改善不要)の項目は、「10) ウォーミングアップの時間(長さ)(-12.30)」「3) 宿舎の食事(内容・量・食事時間など)(-9.75)」等の8項目が認められた。

付記及び謝辞

本研究は、(財)日本陸上競技連盟普及委員会(現:普及育成委員会)の調査研究(2008年度)によって行われた研究成果の一部である。アンケート調査の実施にあたって、時間をさいて快く協力くださった小学生や指導者・コーチの皆さんに厚く感謝申し上げる次第である。また、アンケート調査用紙を配布、回収してくださった(財)日本陸上競技連盟普及育成委員会ならびに事務局の方々から感謝申し上げる次第である。

## 文献

- 阿保雅行・伊藤宏・岡野進（2007）全国小学生陸上競技交流大会の競技運営に関する満足度・改善度について．陸上競技研究紀要，第3巻，pp. 32-38.
- 阿保雅行・伊藤宏・岡野進（2008）全国小学生陸上競技交流大会に参加した小学生競技者の競技運営に関する満足度・改善度について（その2）．陸上競技研究紀要，第4巻，pp. 26-33.
- 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.
- 岡野 進・伊藤 宏・阿保雅行（2009）全国小学生クロスカントリーリレー研修大会の競技運営に関する小学生競技者の満足度調査－2008年の大会を中心に－．陸上競技研究紀要，第5巻，pp. 26-31.

（受理日：2010年2月25日）

## 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—

(財) 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。

競技運営の満足度を算出すると共に改善度も数値化して競技運営のあり方を検討する先行研究としては、1) 競技者を視点とした研究（阿保・長野・神尾, 2006; 阿保・伊藤・岡野, 2007b, 2008c, 2009a; 阿保・長野・神尾・石井・関岡, 2008a, 2008b, 2009c; 岡野・伊藤・阿保, 2009), 2) 審判講習生（兼競技補助員）を視点とした研究（阿保・長野・神尾・関岡, 2007a), 3) 競技補助員を視点とした研究（阿保・長野・神尾・石井・関岡, 2008d, 2009d), そして、4) 観客を視点とした研究（阿保・黒澤・中島・鈴木・吉儀, 2009b) があげられる。

本研究の目的は、観客からみた競技運営、とりわけ「場内アナウンスや音楽の使い方、大型スクリーンの記録表示や映像の使い方について（以下、競技会アナウンスと略す）」の満足度や改善度を明らかにすることである。具体的には「スーパー陸上競技大会 2009 川崎（以下、スーパー陸上 2009 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については、前年の大会、即ち「セイコースーパー陸上競技大会 2008 川崎」との比較を可能とするために、阿保・黒澤・中島・鈴木・吉儀 (2009b) の用いた質問項目と同一とした。競技会の性格上、「表彰」は日本選手権大会には必要であるが、スーパー陸上には必要としないので、スーパー陸上 2009 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 2009 の当日 (2009 年 9 月 23 日) に実施された。アンケート用紙は、大会プログラムの中に綴じ込まれており、競技観戦の合間に記入して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15,634人（発表）であった。プログラム販売数は1,648部で、そのうちアンケート調査票の回収数は595（36.1%）、本稿に用いた有効標本数は536（32.5%）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。

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

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 138 (25.7) 2) 一般観客 390 (72.8) 3) 無回答 8 (1.5)
2. 性別	1) 男性 332 (61.9) 2) 女性 204 (38.1)
3. 年代	1) 10代 182 (34.0) 2) 20代 52 (9.7) 3) 30代 62 (11.6) 4) 40代 100 (18.7) 5) 50代 61 (11.4) 6) 60代 62 (11.6) 7) 70歳以上 13 (2.4) 8) 無回答 4 (0.6)
4. 競技経験	1) ある 324 (60.4) 2) ない 196 (36.6) 3) 無回答 16 (3.0)
5. 観戦歴	1) 初めて 109 (20.3) 2) 10回未満 227 (42.4) 3) 10以上30回未満 87 (16.2) 4) 30回以上 111 (20.7) 5) 無回答 2 (0.4)

注) 標本数 (全体 n=536)

### 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61.9%、女性が38.1%であった。そして年

表2 性別の平均値比較

項目	1. 男性 n=332		2. 女性 n=204		全体 n=536		平均値 間の比較
	AV	SD	AV	SD	AV	SD	
1) 競技開始前の見どころ紹介	3.93	0.93	3.86	0.91	3.90	0.92	
2) トラック競技の選手紹介	4.03	0.94	4.05	0.92	4.04	0.93	
3) フィールド競技の選手紹介	3.99	0.98	3.96	0.95	3.98	0.97	
4) トラック競技の実況	3.87	0.95	3.83	1.00	3.86	0.97	
5) フィールド競技の実況	3.78	1.00	3.75	1.02	3.77	1.01	
6) 結果発表	3.84	0.99	3.85	1.00	3.84	0.99	
7) 大型スクリーンの文字や映像の使い方	3.93	0.96	3.90	0.99	3.92	0.97	
8) 音楽や効果音	3.81	1.06	3.70	1.14	3.77	1.09	
9) 総合的評価	4.00	0.83	3.93	0.89	3.97	0.85	

注) AV:平均値 SD:標準偏差



表3 回転後の因子負荷量行列

項目	因子1	因子2	因子3	共通性
2) トラック競技の選手紹介	<u>.856</u>	.297	.273	.895
3) フィールド競技の選手紹介	<u>.837</u>	.250	.347	.882
1) 競技開始前の見どころ紹介	<u>.569</u>	.394	.361	.609
7) 場内大型スクリーンの文字や映像の使い方	.268	<u>.834</u>	.253	.831
6) 結果発表	.335	<u>.559</u>	.469	.645
8) 音楽や効果音	.267	<u>.550</u>	.380	.518
5) フィールド競技の実況	.397	.386	<u>.798</u>	.943
4) トラック競技の実況	.421	.390	<u>.691</u>	.807
因子負荷量の2乗和	2.347	1.917	1.867	6.130
因子の寄与率 (%)	29.339	23.960	23.338	
累積寄与率 (%)	29.339	53.299	76.637	

注) 標本数(n=536)

表4 因子得点の平均値比較

説明変数 (アイテム・カテゴリ)			第1因子 選手紹介		第2因子 視聴覚手法		第3因子 実況	
人数			AV	SD	AV	SD	AV	SD
1. 年代	1) 10代	182	0.195	0.823	0.234	0.895	0.187	0.848
	2) 20代~30代	114	0.065	1.001	-0.195	0.944	-0.294	1.003
	3) 40代~50代	161	-0.247	1.009	-0.117	0.850	0.042	0.889
	4) 60代以上	75	0.009	0.804	-0.034	0.657	-0.102	0.888
	有意差検定		***	1>3 2>3 4>3	***	1>2, 3, 4	***	1>2, 4 3>2

注1) 全体 (n=536) AV: 平均値, SD: 標準偏差 \*\*\*: p<0.001

注2) 性別 (男性, 女性), 競技経験 (ある, ない), 観戦歴 (初めて, 10回未満, 10回以上) の平均値の比較の結果は, 有意差が認められなかったため, 表4から削除してある。

代別では10代が34.0%, 20代~30代が21.3%, 40代~50代が30.0%, 60代以上が14.0%であった。

## 2. 満足度の全体的傾向

### (1) 平均値の比較

まず全体的傾向として(表2), 満足度の高かった項目(上位2位)は, 「2) トラック競技の選手紹介(4.04)」「3) フィールド競技の選手紹介(3.98)」であった。一方, 満足度の低かった項目(下位2位)は, 「8) 音楽や効果音(3.77)」「5) フィールド競技の実況(3.77)」であった。そして性別の平均値比較を行った結果は, 男女に有意な差が認められなかった。

### (2) 因子分析

#### 〔1〕因子分析の結果とその解釈

536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

76.6%であった。8項目の信頼性係数(Cronbachの $\alpha$ 係数)は0.9322で, KMO(Kaiser-Meyer-Olkin)の標本妥当性の測度は0.890であった。各因子の解釈は次のように考えた。

第1因子に係わる項目については, 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因子に係わる項目は, トラック競技やフィールド競技の実況と解釈されるので, 「実況」と命名された。

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」から構成されていることが明らかになった。

#### 〔2〕因子得点の平均値の比較

年代別の要因(アイテム)を説明変数とし, 因子

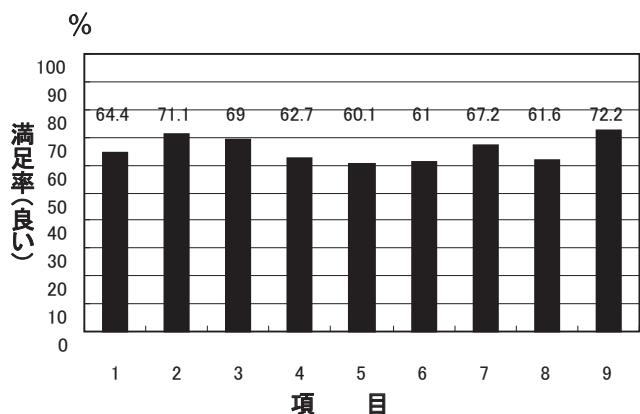


図1 満足度 -満足率 (良い) -

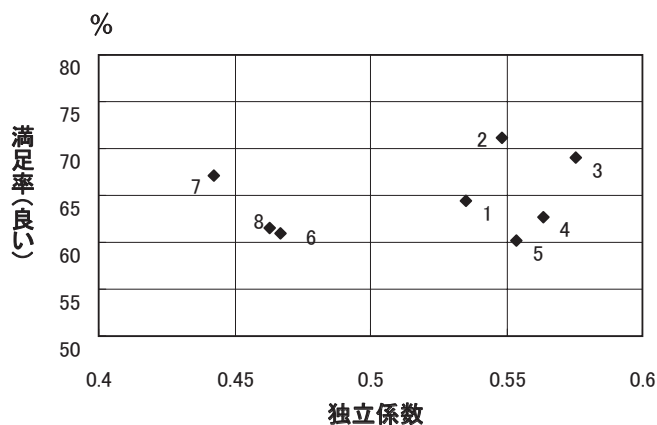


図2 満足率 (良い) と独立係数の関係

得点を目的変数としてF-検定を行った結果(表4), 3因子すべてに有意差が認められ, とりわけ「10代」の群の平均値が高かった。

(3) 満足度-満足率 (良い) に着目した場合-

総合的評価の満足度 (即ち, 満足率 (良い) の場合) は, 72.2%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 (71.1%)」の1項目, 60%台は「3)フィールド競技の選手紹介 (69.0%)」「7)場内大型スクリーンの文字や映像の使い方 (67.2%)」「1)競技開始前の見どころ紹介 (64.4%)」「4)トラック競技の実況 (62.7%)」「8)音楽や効果音 (61.6%)」「6)結果発表 (61.0%)」「5)フィールド競技の実況 (60.1%)」の7項目であった。60%未満は認められなかった。

(4) 改善度

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

〔1〕満足率 (良い) と独立係数の関係

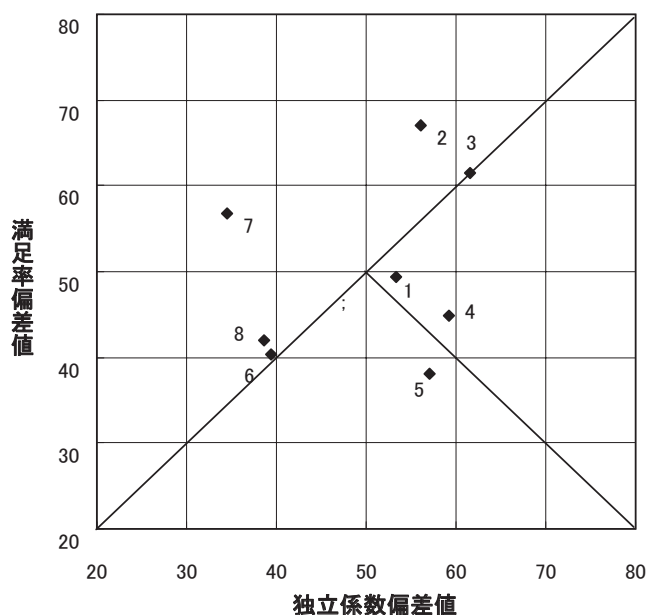


図3 満足率偏差値と独立係数偏差値の関係

改善度指数

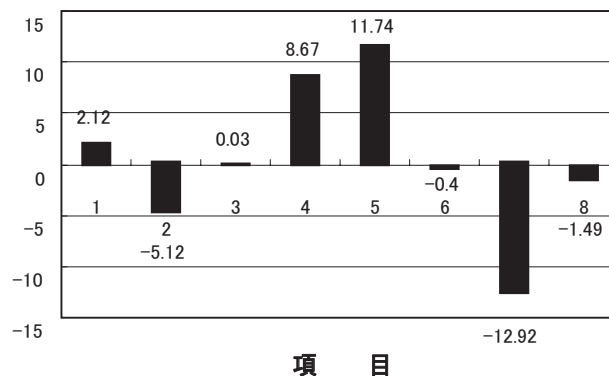


図4 改善度 -改善度指数-

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, 「4)トラック競技の実況」が例としてあげられる (図2)。この項目の独立係数は第2位であったが, 満足率 (良い) は第5位であった。即ち, この項目は競技会アナウンスの総合評価を高める重要な要因であるにもかかわらず, 相対的に低い満足率 (評価) となっているので, 今後, 改善すべき項目であると考え。

〔2〕改善度指数

菅 (2004) の方法によって, まず満足率偏差値と独立係数偏差値を算出して図示し (図3), 次に改善度指数を算出した (図4)。値が正 (プラス) の項目が今後改善すべき項目であり, 具体的には「5)フィールド競技の実況 (11.74)」「4)トラック競技の実況 (8.67)」「1)競技開始前の見どころ紹介 (2.12)」「3)フィールド競技の選手紹介 (0.03)」であった。ところで, 菅 (2006) によると, 「改善度

指数が5以上の場合は要改善, 10以上は即改善」であることから, まず即改善の項目としては「5) フィールド競技の実況 (11.74)」が, 要改善の項目としては「4) トラック競技の実況 (8.67)」があげられる. なお, 改善度指数が5未満の場合は要改善でないとしても, 準改善項目として認識して競技会アナウンスを行うべきであろう.

一方, 改善度指数の値が負 (マイナス) の項目は改善不要であり, 具体的には「7) 場内大型スクリーンの文字や映像の使い方 (-12.92)」「2) トラック競技の選手紹介 (-5.12)」「3) フィールド競技の選手紹介 (-1.59)」「8) 音楽や効果音 (-1.49)」「6) 結果発表 (-0.40)」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 (11.74)」と「4) トラック競技の実況 (8.67)」の2項目と係わっていた. 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「2) トラック競技の選手紹介 (-5.12)」の1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 (-13.80)」「8) 音楽や効果音 (-1.49)」「6) 結果発表 (-0.40)」の3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2因子 (視聴覚手法) 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点にまとめられる.

(1) 総合的評価の満足度は, 満足率 (良い) の視点からいうと, 72.2%であった.

(2) 競技会アナウンスの改善度を改善度指数の視点からみると, 改善度指数10以上の即改善は「5) フィールド競技の実況 (11.74)」の1項目が, 改善度指数5以上の要改善は「4) トラック競技の実況 (8.67)」の1項目が, 改善度指数5未満の準改善は「1) 競技開始前の見どころ紹介 (2.12)」等の2項目が認められた. 一方, 改善度指数の値が負 (マイナス) の項目は改善不要であって, 「7) 場内大型スクリーンの文字や映像の使い方

表5 競技会アナウンスの満足度・改善度

項目	満足度の区分			独立 係数	独立係数 偏差値	満足率 偏差値	距離	角度	修正 指数	改善度 指数	因子 番号
	1. 悪い %	2. 普通 %	3. 良い %								
1)	5.8	29.9	64.4	0.5350	53.37	49.37	3.43	34.42	0.618	2.12	1
2)	4.9	24.1	71.1	0.5484	56.10	67.09	18.15	115.35	-0.282	-5.12	1
3)	6.3	24.6	69.0	0.5754	61.61	61.53	16.36	89.80	0.002	0.03	1
4)	7.3	30.0	62.7	0.5635	59.18	44.87	10.52	15.81	0.824	<u>8.67</u>	3
5)	10.3	29.7	60.1	0.5534	57.12	37.99	13.96	14.35	0.841	<u>11.74</u>	3
6)	8.0	31.0	61.0	0.4669	39.47	40.37	14.27	92.55	-0.028	-0.40	2
7)	7.3	25.6	67.2	0.4422	34.43	56.77	16.98	158.49	-0.761	-12.92	2
8)	10.6	27.8	61.6	0.4630	38.67	41.96	13.89	99.63	-0.107	-1.49	2
平均値 標準偏差			64.6 3.8	0.5185 0.0490							
9)	3.9	23.9	72.2								

注1) 全体 (n=536)

注2) 改善度指数が「5以上 (要改善), 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 | 5) フィールド競技の実況    | 8) 音楽や効果音 |
| 2) トラック競技の選手紹介  | 6) 結果発表          | 9) 総合的評価  |
| 3) フィールド競技の選手紹介 | 7) 場内大型スクリーンの文字や |           |
| 4) トラック競技の実況    | 映像の使い方           |           |

(-12.92)」等の4項目が認められた。

因子分析の結果、競技会アナウンスの基礎的因子構造は、「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、「視聴覚手法」については維持戦略で対応すべきであろう。

## 付記

本稿は、(財)日本陸上競技連盟競技運営委員会の調査研究(2009)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くだ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、データ入力してくださった日刊スポーツ新聞社の方々に心から感謝申し上げます。

## 文献

- 阿保雅行・長野史尚・神尾正俊(2006)日本I Cにおける混成競技の運営に関する満足度・改善度について。陸上競技研究 67(4) : 45-49.
- 阿保雅行・長野史尚・神尾正俊・関岡康雄(2007a)学生審判員講習会に関する満足度・改善度について。陸上競技研究 69(2) : 38-41.
- 阿保雅行・伊藤 宏・岡野 進(2007b)全国小学生陸上競技交流大会の競技運営に関する満足度・改善度について。陸上競技研究紀要 3 : 32-38.
- 阿保雅行・長野史尚・神尾正俊・石井智也・関岡康雄(2008a)全日本学生陸上競技チャンピオンシップの競技運営に関する満足度・改善度について—2006年と2007年の大会を中心に—。陸上競技研究 73(2) : 34-39.
- 阿保雅行・長野史尚・神尾正俊・石井智也・関岡康雄(2008b)日本学生陸上競技個人選手権大会の競技運営に関する満足度・改善度について—2008年の大会を中心に—。陸上競技研究 74(3) : 47-54.
- 阿保雅行・伊藤 宏・岡野 進(2008c)全国小学生陸上競技交流大会に参加した小学生競技者の競技運営に対する満足度・改善度について(その2)。

陸上競技研究紀要 4 : 26-33.

- 阿保雅行・長野史尚・神尾正俊・石井智也・関岡康雄(2008d)競技運営に関する競技補助員の満足度・改善度—日本学生陸上競技個人選手権大会 2008を中心に—。陸上競技研究 75(4) : 43-48.
- 阿保雅行・伊藤 宏・岡野 進(2009a)全国小学生陸上競技交流大会の競技運営に関する小学生競技者の満足度調査—2008年の大会を中心に—。陸上競技研究紀要 5 : 32-37.
- 阿保雅行・黒澤達郎・中島剛・鈴木一弘・吉儀 宏(2009b)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 2008 川崎を中心に—。陸上競技研究紀要 5 : 38-43.
- 阿保雅行・長野史尚・神尾正俊・石井智也・関岡康雄(2009c)日本学生陸上競技対校選手権大会の競技運営に関する競技者の満足度調査—2008年大会を中心に—。陸上競技研究 78(3) : 35-40.
- 阿保雅行・長野史尚・神尾正俊・石井智也・関岡康雄(2009d)日本学生陸上競技対校選手権大会の競技運営に関する競技補助員の満足度調査—2008年大会を中心に—。陸上競技研究 79(4) : 58-63.
- 岡野 進・伊藤 宏・阿保雅行(2009)全国小学生クロスカントリーリレー研修大会の競技運営に関する小学生競技者の満足度調査—2008年の大会を中心に—。陸上競技研究紀要 5 : 26-31.
- 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。

(受理日 : 2010年2月8日)

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—

項目	満足度：満足率(良い)%						改善度：改善度指数					
	性別		年代別				性別		年代別			
	男性 n=332	女性 n=204	10代 n=182	20～ 30代 n=114	40～ 50代 n=161	60代 以上 n=75	男性 n=332	女性 n=204	10代 n=182	20～ 30代 n=114	40～ 50代 n=161	60代 以上 n=75
1)	65.7	62.3	76.9	62.3	55.9	56.0	3.37	0.03	3.75	0.29	4.78	4.28
2)	71.1	71.1	83.5	68.4	60.9	69.3	-5.05	-4.21	-17.31	-5.94	-2.57	-2.97
3)	69.6	68.1	79.7	67.5	58.4	70.7	-0.79	0.38	-1.36	1.49	1.96	2.38
4)	64.5	59.8	76.9	50.0	59.6	53.3	<b>5.23</b>	<b>12.07</b>	4.43	<b>10.94</b>	-1.24	<b>6.65</b>
5)	60.8	58.8	75.3	41.2	57.8	57.3	<b>12.72</b>	<b>7.14</b>	<b>12.12</b>	<b>9.48</b>	<b>8.52</b>	0.58
6)	61.7	59.8	74.2	49.1	57.1	57.3	2.81	-4.71	-4.15	0.15	0.26	<b>6.34</b>
7)	68.4	65.2	77.5	58.8	59.6	70.7	-15.50	-6.83	-2.66	-6.92	-16.29	-18.98
8)	62.0	60.8	73.6	55.3	56.5	52.0	-1.40	-1.19	5.07	-6.98	2.58	-0.81
9)	73.2	70.6	88.5	65.8	63.4	61.3						

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— (続き)

項目	満足度：満足率(良い)%						改善度：改善度指数					
	競技経験別		観戦別			全体 n=536	競技経験別		観戦別			全体 n=536
	有 n=324	無 n=196	初め て n=109	10回 未満 n=227	10回 以上 n=198		有 n=324	無 n=196	初め て n=109	10回 未満 n=227	10回 以上 n=198	
1)	67.9	58.7	67.9	62.1	64.6	64.4	-0.29	3.38	-3.50	-3.22	2.87	2.12
2)	74.4	65.3	70.6	71.4	70.7	71.1	-10.74	-1.21	-3.56	-13.00	-2.91	-5.12
3)	71.9	64.3	68.8	67.4	70.7	69.0	-2.72	-0.10	4.57	-8.31	-1.77	0.03
4)	66.7	55.1	60.6	63.9	62.1	62.7	<b>7.77</b>	<b>7.83</b>	<b>15.43</b>	<b>9.84</b>	4.66	<b>8.67</b>
5)	62.7	54.1	64.2	59.9	57.6	60.1	<b>18.99</b>	4.65	3.96	<b>8.73</b>	<b>18.26</b>	<b>11.74</b>
6)	63.9	54.6	59.6	60.4	62.6	61.0	2.44	-1.42	2.87	<b>12.28</b>	-3.90	-0.40
7)	69.8	62.2	68.8	65.2	68.2	67.2	-9.88	-13.54	-12.37	-4.60	-13.61	-12.92
8)	63.9	56.6	67.0	59.5	60.6	61.6	-2.27	-0.50	-7.03	0.08	-0.10	-1.49
9)	76.5	64.3	74.3	73.1	69.7	72.2						

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9巻 (2010)

陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2009

## 序 文

科学委員会は、実際の競技会におけるバイオメカニクス研究活動に加え、ベルリン世界選手権大会における調査、競歩やマラソンの暑熱対策、競技者の技術チェック、フィットネスチェック（体力テスト）、トレーニングにおける生理科学的なサポート、コンディショニングサポート、栄養サポート等の医科学・サポート活動を行なった。このうち、世界選手権の報告（松尾ほか）には、ボルト選手に関するデータが掲載されており、貴重な報告になった。また、2011年に韓国のテグで開催される世界選手権大会を見据えた環境（暑熱）予備調査を行い、報告書にまとめた。

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

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

科学委員会委員長

阿江通良

2010年3月

## 平成 21 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（(財)日本オリンピック委員会）  
榎本 靖士 京都教育大学教育学部体育学科  
持田 尚 (財)横浜市スポーツ振興事業団横浜市スポーツ医科学センター  
飯干 明 鹿児島大学教育学部  
石井好二郎 同志社大学スポーツ健康科学部  
伊藤 章 大阪体育大学  
井本 岳秋 静岡県総合健康センター 健康増進課  
杉浦 克己 明治製菓株式会社 ザバス スポーツ&ニュートリション・ラボ  
田内 健二 早稲田大学スポーツ科学部  
高松 潤二 国立スポーツ科学センター  
高本 恵美 大阪体育大学体育学部  
鳥居 俊 早稲田大学スポーツ科学部スポーツ医科学科  
広川龍太郎 北海道東海大学国際文化学部地域創造学科健康スポーツコース  
法元 康二 茨城県立医療大学保健医療学部  
山崎 史恵 鹿屋体育大学 中島研究室（研究生）  
柳谷登志雄 順天堂大学スポーツ健康科学部  
瀧澤 一騎 新潟医療福祉大学 医療技術学部 健康スポーツ学科  
森丘 保典 日本体育協会スポーツ科学研究室  
小山 宏之 筑波大学体育センター  
八田 秀雄 東京大学  
瀬屋 光男 東京大学

※所属は平成 22 年 3 月現在



日本陸連科学委員会研究報告 第9巻 (2010)  
陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2009 目次

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・・・・・・・・・・	56
松尾彰文, 持田 尚, 法元康二, 小山宏之, 阿江通良	
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・・・・・・・・	63
松尾彰文, 広川龍太郎, 柳谷登志雄, 杉田正明	
世界選手権 Osaka2007における男子200mの走速度およびピッチ・ストライドの分析・・	72
土江寛裕, 小林 海, 持田 尚, 杉田正明, 柳谷登志雄, 広川龍太郎, 松尾彰文	
110mハードル, 100mハードルのレースパターン・標準モデルの作成の試み —第一報・2009年度グランプリでの110mハードルタッチダウンタイム—・・	85
広川龍太郎, 杉田正明, 森丘保典, 持田 尚, 松尾彰文, 柳谷登志雄	
2009年日本一流男子800m選手のレースパターン分析・・・・・・・・・・	87
門野洋介, 榎本靖士, 森丘保典	
2009年第12回世界陸上競技選手権ベルリン大会に出場した 競歩種目日本代表選手のコンディショニングについて・・・・・・・・	91
井本岳秋, 法元康二, 鈴木従道, 小坂忠広, 今村文男, 柳澤 哲	
北京五輪および世界陸上競技選手権ベルリン大会における国際審判員の判定傾向分析・・	102
法元康二	
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・・・・・・・・	108
小山宏之, 村木有也, 柴山一仁, 阿江通良	
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—・・・・・・・・	118
田内健二, 遠藤俊典, 藤田善也, 矢野恵太, 藤井宏明	
混成強化部への科学的サポート —得点分析からみた日本十種競技界の現状と課題—・・・・・・・・	122
持田 尚, 松林武生, 松尾彰文, 松田克彦, 本田 陽, 阿江通良	
十種競技選手のスプリント種目での走パフォーマンス分析・・・・・・・・	126
持田 尚, 松林武生, 松尾彰文, 松田克彦, 本田 陽, 阿江通良	

十種競技選手の走幅跳，棒高跳での跳躍パフォーマンス分析・・・・・・・・・・・・・・・・	137
松林武生，持田 尚，松尾彰文，松田克彦，本田 陽，阿江通良	
インターハイ入賞選手に対するスポーツ障害に関する質問紙調査・・・・・・・・・・・・	148
鳥居 俊，阿江通良，石井好二郎，杉浦克己	
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・・・・・・・・・・・・	153
石井好二郎，瀧澤一騎，Kim Hae-Dong，Bae Yeoung-Sang	

## 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

松尾彰文<sup>1)</sup> 持田尚<sup>2)</sup> 法元康二<sup>3)</sup> 小山宏之<sup>4)</sup> 阿江通良<sup>4)</sup>

1) 国立スポーツ科学センター 2) 横浜スポーツ医科学センター 3) 茨城県立医療大学  
4) 筑波大学

### 緒言

陸上競技短距離レースの分析では、スピード変化について、ビデオカメラやレーザー方式のスピード計測装置で数多く行なわれており、レース中の最大スピードが100mのタイムと相関が高いことがわかっている(松尾ら, 2009)。疾走のスピードはストライドの長さ×頻度の積として表され、同じスピードでもストライド長とストライド頻度の組み合わせ方は多種多様である。世界のトップ加速局面、最大スピード局面やフィニッシュ直前局面のそれぞれで、ストライド頻度とストライド長の組み合わせ方を探ることは、レース戦略をたてる場合の基礎的な資料となるであろう。

世界のトップクラスが集まる世界選手権では、レース戦略を探る絶好の機会である。2009年8月ベルリンで行われた陸上競技世界選手権に日本陸連科学委員会では国立スポーツ科学センターとともにレース分析ができるような映像データの収集をおこなった。

本研究では、世界記録が出た男子100mにおけるスピード、ストライドの頻度と長さ、接地時間や空中時間について、決勝の上位3名と日本人選手を分析してレースパターンについて検討することを目的とした。

### 方法

世界選手権の男子100mレースを1次予選から決勝まで、ハイスピードのビデオ映像が撮影できるデジタルカメラ(CASIO; EXILIM PRO EX-F1およびEX-FH20)にて毎秒299.7コマまたは毎秒209.79コマで、スタート付近、フィニッシュライン付近、バックスタンド中央、直走路正面の4カ所から撮影した。

分析は、決勝レースの上位3名と日本選手のこの大会でタイムが最もよかったレースを対象とした。

決勝レースのボルトとパウエルのスピードは公式に発表された10mごとのラップタイムデータを用いた([http://berlin.iaaf.org/mm/Document/Development/Research/05/31/54/20090817073528\\_httpostedfile\\_Analysis100mMenFinal\\_Bolt\\_13666.pdf](http://berlin.iaaf.org/mm/Document/Development/Research/05/31/54/20090817073528_httpostedfile_Analysis100mMenFinal_Bolt_13666.pdf))。ゲイ選手および日本選手の10mごとのラップタイムはトラックにつけられたマークやハードル位置のマークを参考にその上をトルソーが通過するタイムとした。ベルリンの競技場では、ハードルのマークが大きく、カメラを設置したこの位置からでも確認できた。10mごとのマークがなかった70mと80m付近では100mハードル(72.5mと81m)のマークを参考にして通過タイムを分析し、距離時間の関係から70mおよび80mの通過タイムをスプライン関数にて推定した。

スタートからゴールまでのつま先の着地および離地のタイミングをビデオ映像のコマ数より分析した。299.7コマ/秒では、0.003秒の分解能、209.79コマ/秒では0.005秒であった。

つま先の着地をもとに、1ステップを右足着地から次の左足着地までの右-左ステップと左足着地から次の右足着地までの左-右ステップとした。また、ストライドとして右足から次の右足の着地までを右ストライド、左足着地から次の左足着地までを左ストライドとした。それぞれのステップおよびストライドで、接地時間の差の逆数を頻度、着地位置の差を長さとした。

着地位置は、各ステップの着地時間と10mごとに計測した通過時間と距離の関係から、スプライン関数を用いて補間し、着地時のトルソーの位置を推定した値とした。したがって、この方法で推定したステップ長およびストライド長はそれぞれのトルソー

の移動距離に相当する。

## 結果

ボルト選手を含む6名の10mごとの通過タイム、区間の通過タイムと区間スピードを表1に、また、時間経過にともなうスピードの変化を図1に示した。ボルト選手の最大スピードは12.35m/sでもっとも速く、次いでガイ選手の12.20m/sで、パウエル選手は11.90m/sであった。一方、日本選手は11.36m/sから10.91m/sであり、ボルト選手とは1m/s以上の差があった。また、最大スピードに達した区間をみると、ボルト選手とガイ選手がともに60mから70m区間であったが、他の選手は50mから60mの区間であった。北京オリンピックのボルト選手の最大スピードは12.2m/sであったことから、さらに0.1m/s程速かったことが明らかになった。

表2には、ボルト選手の1歩目からフィニッシュまでの1歩ごとの着地時間とそのときの位置、およびピッチとストライドを示した。なお、最後の1歩としてつま先の着地位置をビデオ映像から分析すると長さは2.99mであった。頻度の最も高い値は右が20m付近で2.33s/sと左が40mから50mの2.29s/sであった。ストライド長でみると、フィニッシュ前で、右が5.73m、左が5.51mであった。

図2は、ボルト選手を含む上位3名と日本人選手のストライドの頻度と長さの変化である。Rは右ストライド、Lは左ストライドである。

ボルト選手のストライド頻度を見ると、スタートから15m付近(約2.5秒)までは増加し、その後、4秒後(35m付近)まで減少する。さらに、5秒後(50m付近)まで再び増加するがそのあと徐々に減少する傾向がみられた。最大スピード区間である60mから70mの手前では頻度が減少しているがストライドが伸びる傾向であることが明らかである。このようにレース中にストライド頻度には2つのピークがあり、最大スピード付近では頻度が減少し長さが伸びる傾向は91年のカールルイス選手(9.86秒当時世界記録)にも見られた傾向であった(阿江, 1994)。他の選手を見ると、頻度はスタートから2秒くらいまでに2.4s/sから2.5s/sまで増加し、7秒くらいまで頻度の値はこの範囲でばらつく傾向であった。その後、フィニッシュまでは、どの選手も徐々に減少した。

ボルト選手のストライド長をみると、スタートから15m付近(2.5秒)くらいまでは顕著に増加するが、その後は、フィニッシュまで徐々に増加したり、

あるいは変化しなかったりしていた。スタートから3秒過ぎから他の選手と差が大きくなる傾向がみられ、最大スピード付近ではガイ選手やパウエル選手よりも0.5mほど長いし、日本選手よりも1m程度長かった。

レース経過ごとにストライドの頻度と長さを関連づけると以下のようなになる。

- (1) スタートから最大スピードまで  
0m～15m; ストライド長とストライド頻度ともに増加  
15m～30m; ストライド頻度が減少, ストライド長は増加  
30m～40m; ストライド頻度が増加, ストライド長はわずかに増加  
40m～65m; ストライド頻度が減少, ストライド長は増加し, 最大スピード区間へ
- (2) 最大スピード局面からフィニッシュまで  
65m～80m; スピード維持区間; ストライド頻度, ストライド長ともに変化は僅か  
80m～100m; フィニッシュ直前; ストライド頻度が減少, ストライド長は増加

特に、最大スピードに到達する直前の区間では頻度は減少しているが、ストライド長を伸ばしながら、スピードを上昇させていた。ストライド頻度と長さの組み合わせ方は多種多様であり、ボルト選手のようなパターンはその一例であると考えられる。

塚原選手の2次予選では、フィニッシュまでストライドの頻度と長さともに顕著な減少が見られなかった。フィニッシュ直前で先行する選手を追い越し4着と差0.01秒で3着となり、準決勝進出を決めることができたのは、ストライド長と頻度ともに維持されていたことが要因の一つではないかと考えられる。

日本選手と決勝上位3名と比べると、ストライド頻度よりもストライド長の差が顕著であることがわかる。塚原選手についてその後のスピード上昇にはストライド頻度をさらにあげるのか、長さを広げるのかの検討が必要であろう。江里口選手と木村選手ではスタートから3秒程のところでストライドが一度減少する局面が見られた。ボルト選手のパターンのようにスムーズなストライドの増加を求めるのか、頻度との関係も含めた検討が必要であろう。

図3には選手別に見た時間経過にともなうスタートからフィニッシュまでの接地時間(上段)と滞空時間(下段)の変化を示した。接地時間はスタート直後では0.14から0.19秒であるが、スピード上昇にともない減少し、スタートから4秒もしくは5秒

表 1. 男子 100m の 10m ごとのラップタイム, 区間通過タイム, 区間スピード

ボルト選手とパウエル選手のデータは大会ホームページで公開されたものである。

ガイ選手と日本人選手はビデオ映像からトラックのマークを参考に分析した。トラックのマークは 10m から 60m までは 10m ごとのマーカーを参照した。70m 付近と 80m 付近は 100m ハードルのマーカーを 90m はリレーゾーンのラインを参照した。

name	round	wind m/s	finish time s	max speed m/s	max speed distance m	item	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
							time(s)	lap(s)	speed(m/s)	time(s)	lap(s)	speed(m/s)	time(s)	lap(s)	speed(m/s)	time(s)	lap(s)
Usain Bolt	FI	0.9	9.58	12.35	65	time(s)	1.89	2.88	3.78	4.64	5.47	6.29	7.10	7.92	8.75	9.58	
							lap(s)	1.89	0.99	0.90	0.86	0.83	0.82	0.81	0.82	0.83	0.83
								speed(m/s)	5.29	10.10	11.11	11.63	12.05	12.20	12.35	12.20	12.05
Tyson Gay	FI	0.9	9.71	12.2	65	time(s)	1.91		2.93	3.85	4.71	5.55	6.38	7.20	8.03	8.86	9.71
							lap(s)	1.91	1.02	0.92	0.86	0.84	0.83	0.82	0.83	0.83	0.85
								speed(m/s)	5.24	9.80	10.87	11.63	11.90	12.05	12.20	12.05	12.05
Asafa Powell	FI	0.9	9.84	11.9	55	time(s)	1.87		2.90	3.82	4.70	5.55	6.39	7.23	8.08	8.94	9.84
							lap(s)	1.87	1.03	0.92	0.88	0.85	0.84	0.84	0.85	0.86	0.90
								speed(m/s)	5.35	9.71	10.87	11.36	11.76	11.90	11.90	11.76	11.63
Naoki Tsukahara	QF	0.4	10.15	11.36	55	time(s)	1.90		2.95	3.90	4.80	5.70	6.58	7.46	8.34	9.23	10.15
							lap(s)	1.90	1.05	0.95	0.90	0.90	0.88	0.88	0.88	0.89	0.92
								speed(m/s)	5.28	9.46	10.55	11.07	11.19	11.36	11.36	11.31	11.22
Masashi Eriguchi	R1	-0.2	10.38	11.14	55	time(s)	1.94		2.97	3.94	4.86	5.76	6.66	7.56	8.47	9.41	10.38
							lap(s)	1.94	1.03	0.97	0.92	0.90	0.90	0.90	0.91	0.94	0.97
								speed(m/s)	5.16	9.68	10.34	10.88	11.05	11.14	11.13	10.91	10.69
Shintaro Kimura	R1	-0.4	10.47	10.91	55	time(s)	1.93		2.97	3.92	4.85	5.77	6.69	7.61	8.55	9.49	10.47
							lap(s)	1.93	1.04	0.95	0.93	0.92	0.92	0.92	0.94	0.94	0.98
								speed(m/s)	5.18	9.63	10.45	10.78	10.89	10.91	10.84	10.68	10.56

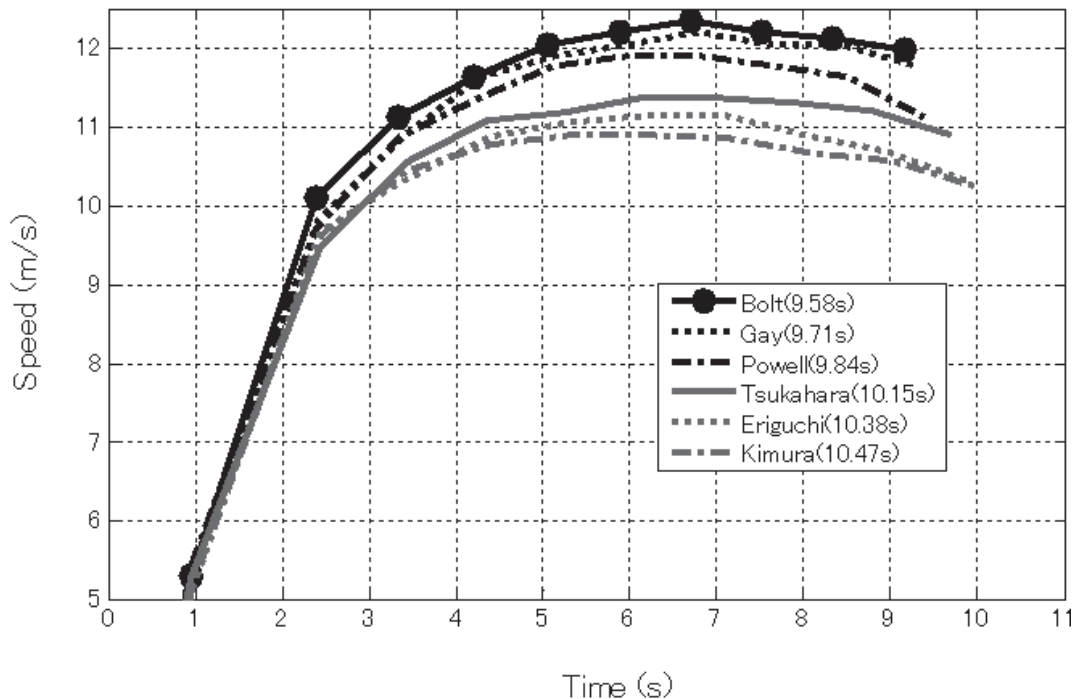


図 1. 10m 区間平均スピード変化

表2. ボルト選手のスタートからフィニッシュまでの左右別にみたすべてのステップにおける着地時間, スタートからの着地位置, ピッチおよびストライド

着地位置は10m ごとのトルソーの通過タイムと距離の関係をもとに着地時の位置を推定したものである。したがって、ここでいう着地位置は、足跡を実測したものではなく、ストライドはトルソーの移動距離に相当する。ビデオ映像から分析した最後に1歩は3.00mであった。

bolt 9.58 sec								
	Right				Left			
	time s	distance m	frequency s/s	length m	time s	distance m	frequency s/s	length m
1	0.56	1.14			0.77	2.03		
2	1.03	3.44	2.11	2.30	1.25	4.86	2.08	2.83
3	1.50	6.69	2.14	3.25	1.72	8.49	2.14	3.63
4	1.96	10.66	2.16	3.97	2.17	12.65	2.21	4.16
5	2.40	14.94	2.28	4.28	2.61	17.11	2.28	4.46
6	2.83	19.45	2.33	4.51	3.05	21.82	2.28	4.71
7	3.27	24.28	2.26	4.84	3.49	26.70	2.27	4.88
8	3.71	29.25	2.26	4.97	3.94	31.79	2.23	5.09
9	4.17	34.44	2.21	5.19	4.39	37.01	2.22	5.22
10	4.61	39.64	2.26	5.20	4.82	42.19	2.29	5.18
11	5.04	44.83	2.31	5.19	5.26	47.45	2.29	5.27
12	5.48	50.08	2.31	5.25	5.70	52.79	2.27	5.34
13	5.92	55.51	2.24	5.43	6.14	58.20	2.26	5.41
14	6.37	60.98	2.24	5.47	6.59	63.74	2.22	5.54
15	6.82	66.59	2.21	5.60	7.04	69.26	2.24	5.52
16	7.27	72.09	2.24	5.50	7.49	74.74	2.24	5.48
17	7.72	77.54	2.24	5.45	7.93	80.16	2.24	5.42
18	8.17	83.02	2.21	5.48	8.39	85.67	2.19	5.51
19	8.63	88.52	2.19	5.50	8.85	91.17	2.19	5.50
20	9.09	94.07	2.17	5.55	9.30	96.68	2.19	5.50
21	9.56	99.80	2.10	5.73				

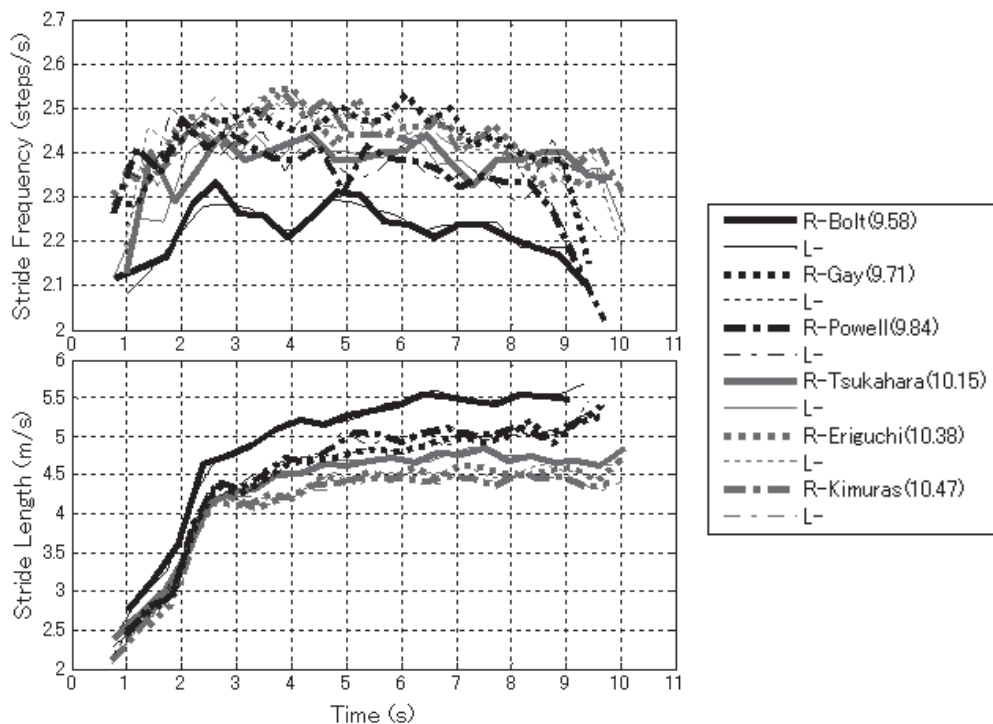


図2. 選手別に見た時間経過にともなうスタートからフィニッシュまでのストライド頻度(上段)とストライド長(下段)の変化

くらいで0.08秒から0.1秒くらいまで減少する傾向である。ストライド頻度が他の選手よりも明らかに少なかったボルト選手は、0.17秒くらいから最大スピード付近で0.09秒まで短くなった。この時間は他の選手と比べても特別長いことはなかった。空中時間をみるとスタート直後は0.04秒であるが、しだいに長くなり、4秒から5秒くらいで0.1秒から0.14秒ほどに達し、フィニッシュまでほぼそのままの選手と、ゲイ選手やボルト選手と塚原選手のように長くなる傾向の選手もいた。ボルト選手はストライド頻度は他の選手よりも明らかに少ないが、接地時間では、特別に長いというほどではなかったが、滞空時間では、もっとも長い値を示す傾向がみられた。

表3では、決勝(Final)での上位3選手と1次予選(1Round)または準々決勝(Q-Final)における日本選手3名の身長(Height)、体重(Weight)、ラウンド(round)、フィニッシュタイム(Finish time)、風速(wind)、スタート局面(start)、最大スピード局面(max)、フィニッシュ直前局面(finish)におけるスピード(speed)、ステップ頻度(step frequency)、ステップ長(step length)と接地時間(contact)を示した。局面の数値は4ステップの平均値とした。また%では、最大区間に対するフィニッシュ直前区間の数値の比を示した。スピードの低下は、ボルト選手の3%がもっとも少なく、パウエル選手と江里口選手の7%がもっとも大きかった。

ストライド長で身長比をみるともっとも大きかったのは、ボルト選手の140%であり、もっとも小さいのが塚原選手と木村選手の131%であった。このことは、ボルト選手は身長が高い以上に長いストライドで走っていたことを示す結果である。このように長いストライドは、長身長の足の長さで得られるだけではなく、地面への出力も長いストライドを得るために有効に行なわれた結果と考えられる。接地時間をみても0.09秒と日本人選手とほぼ同じ水準であった。このことから接地中、秒速で1m/sの差は接地中の地面への出力に大きな差があり、それが、ストライドの差になって現れたものと考えられる。

## まとめ

2009年8月の世界陸上競技選手権ベルリン大会における世界記録9.58秒のボルト選手を含む男子100m決勝レースの上位3名と日本人選手3名を対

象にレース中のスピード、ストライド頻度およびストライド長を大会中に撮影した高速のビデオ映像から分析した。ベルリンのトラックには、ハードル等のマークが大きく、また、ほぼ10mごとにマークやラインが引かれてあった。これらのマークはビデオ映像からも認識することができたので、精度の高い分析ができた。

1. ボルト選手についてみるとスタートからフィニッシュまで他の選手に比べ、ストライドは長く、最大スピード区間では2.75mに達しており、身長比でみると140%で、他の選手よりも高い値であった。また、フィニッシュ時のステップは2.99mであった。
2. ボルト選手のピッチは他の選手よりも遅く、最大スピード区間では4.48s/sであり、もっとも速かったゲイ選手の4.9s/sよりも0.42s/s少なかった。
3. 接地時間では最大スピード区間でも0.09秒で他の選手と同水準であったが滞空時間をみると、他の選手よりも長かった。
4. ボルト選手についてみると、レース中ストライドの頻度と長さは以下のように変化した。特に、最大スピードに到達する直前の区間では頻度は僅かに減少しながら、ストライドが長くなる傾向であった。

### (1) スタートから最大スピードまで

0m - 15m ; ストライドとピッチを同時に増加

15m - 30m ; ピッチが減少, ストライドは増加

30m - 40m ; ピッチが増加, ストライドの変化はわずか

40m - 65m ; ピッチが減少, ストライドが増加し, 最大スピード区間へ

### (2) 最大スピード局面からフィニッシュまで

65m - 80m ; スピード維持区間 ; ピッチ, ストライドを保持

80m - 100m ; フィニッシュ直前 ; ピッチが減少, ストライドが増加

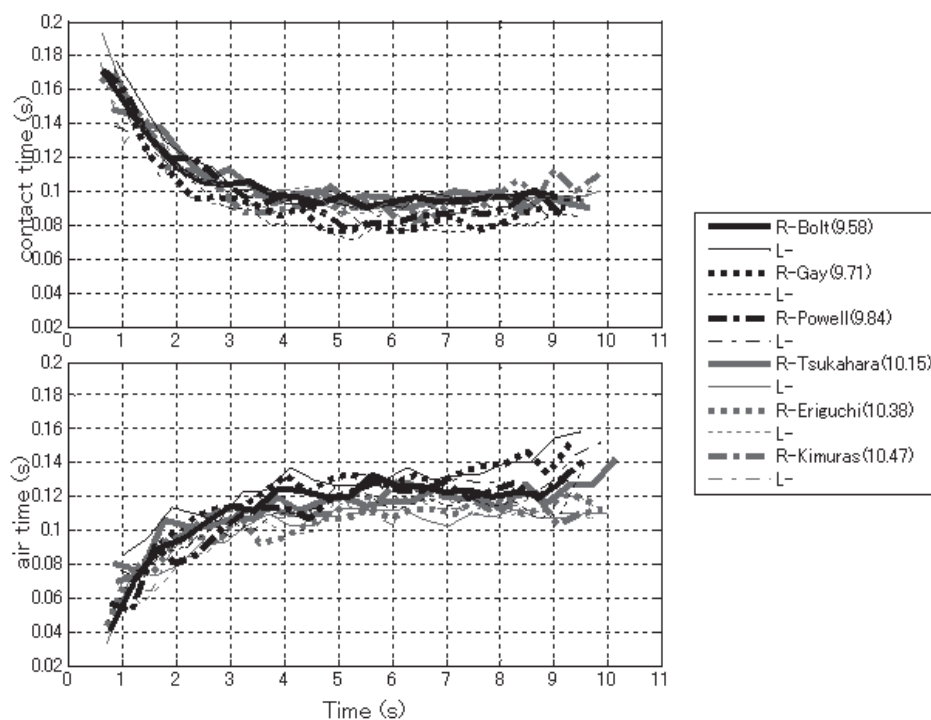


図3. 選手別に見た時間経過とともにスタートからフィニッシュまでの接地時間（上段）と滞空時間（下段）の変化

表3. 男子 100m 決勝 (Final) における上位3選手と1次予選 (1 Round) または準々決勝 (Q-Final) における日本選手3名の身長 (Height), 体重 (Weight), ラウンド (round), フィニッシュタイム (Finish time), 風速 (wind), スタート局面 (start), 最大スピード局面 (max), フィニッシュ直前局面 (finish) におけるスピード (speed), ステップ頻度 (step frequency), ステップ長 (step length) と接地時間 (contact)

局面別の数値は、それぞれの局面での4ステップの平均値とした。各指標で、最大スピード局面とフィニッシュ直前局面との比率をみた。また、ストライドについては、最大スピード局面での身長比も示した。

Athlete		Usain Bolt	Tyson Gay	Asafa Powell	Naoki Tsukahara	Masashi Eriguchi	Shintaro Kimura
Height (cm)		196	183	190	180	170	171
Weight (kg)		95	73	88	75	60	68
round		Final	Final	Final	Q-Final	1 Round	1 Round
finish time(s)		9.58	9.71	9.84	10.15	10.38	10.47
wind(m/s)		0.9	0.9	0.9	0.4	-0.2	-0.4
speed (m/s)	start	5.29	5.24	5.35	5.28	5.16	5.18
	max	12.35	12.2	11.9	11.36	11.14	10.91
	finish	11.98	11.76	11.11	10.91	10.31	10.24
	%	97	96	93	96	93	94
Step frequency (s/s)	start	4.29	4.57	4.67	4.37	4.67	4.7
	max	4.48	4.9	4.75	4.82	4.82	4.89
	finish	4.29	4.54	4.17	4.6	4.67	4.75
	%	96	93	88	95	97	97
Step length (m)	start	1.35	1.21	1.21	1.28	1.14	1.14
	max	2.75	2.48	2.51	2.36	2.28	2.23
	finish	2.81	2.61	2.66	2.37	2.24	2.19
	%	102	105	106	100	98	98
	max/ht	140	135	132	131	134	131
contact (s)	start	0.16	0.16	0.15	0.16	0.15	0.15
	max	0.09	0.07	0.08	0.09	0.09	0.09
	finish	0.09	0.09	0.1	0.09	0.1	0.1
	%	99	118	113	101	106	110
start; start-10m		max; maxSpeed		finish; 90m-100m		% ; finish/max	



## 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 (1994) 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.
2. 松尾彰文・広川龍太郎・柳谷登志雄・杉田正明 (2009) 2008年男女100m, 110mハードルおよび100mハードルのスピード分析. 陸上競技研究紀要, 5: 50-62.

## 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

松尾彰文<sup>1)</sup> 広川龍太郎<sup>2)</sup> 柳谷登志雄<sup>3)</sup> 杉田正明<sup>4)</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) 三重大学

### 緒言

直走路で行われる種目(男女 100m および 110m ハードル (110H) と 100m ハードル (100H)) では, レース中の最大スピードの重要性が指摘されている(阿江ら, 1995, 松尾ら, 2009). そこで, 国内の主要な大会で行ったスピード分析の結果, 100m では高速ビデオ映像によるストライド分析結果について報告する. また, いままでのスピード分析をもとに, トレーニングでの活用に向けた基準値の試みもあわせて報告する.

### 方法

科学委員会では, 4 月織田記念, 5 月大阪グランプリ, 6 月日本選手権, 7 月インターハイ, 9 月スーパー陸上でレース中の疾走スピードを測定した. 予選から決勝レースにおいてそれぞれでシード選手を中心に, 2-4 名を測定対象とした.

スピードの計測には, レーザー方式スピード測定装置(Laveg)を用いた. スタートの後方にて, 選手の背部から計測した. フィニッシュタイムと時間-距離の関係を利用して, スタートから 10m ごとに通過タイムを求めた(松尾ら, 2008). ハードル競技では, 選手の背部がハードル上の通過時間を算出した. このために, タッチダウンタイムと異なる.

ストライド分析のために, 走路の側面から, スタート付近とフィニッシュ付近にカメラを置き, レースの様子を先頭の選手を中心にスタートからフィニッシュまでをパンニング撮影した. 撮影には 299.7 コマ/秒と 209.79 コマ/秒で動画撮影ができるカメラ(EX-F1 と EX-FH20m, カシオ社製)を用いた.

動画の映像で, スタートからフィニッシュの後の 1 歩までの接地時間および離地時間を分析した. スピード計測で得られた 1/100 秒ごとの時間と距離の

データから, 接地時のトルソーの位置を推定した.

右から右, 左から左のストライドの頻度(SF)と長さ(SL)を求めた. また, 左右それぞれで 2 歩ずつの平均値を, スタート, 最大スピード区間と 90m からフィニッシュまでの区間で求め, それぞれの局面での代表値とした.

収集したデータをもとにして, トレーニング現場で活用できることを想定して, 通過タイムでは 30m と 50m, 区間通過タイムとしては 20m から 50m と 20m から 70m の通過タイムとその区間の平均スピード, 最大スピードとフィニッシュタイムとの相関と回帰式をもとめた. 20m から 50m までおよび 20m から 70m 区間としたのは, 加速走でのタイムトライアルの参考値になるように配慮した. すなわち, 20m 加速してからの 30m 間のタイムトライアル, また, 20m 加速してからの 50m 間のタイムトライアルというトレーニング形式を想定した. 男女ともにビデオ映像からの測定値も含めて処理した. 回帰式をもとにして, 男子では 9.7 秒から女子では 10.5 秒から 0.1 秒ごとにそれぞれの項目で値を算出した.

### 結果

#### 100m

男子 100m および女子 100m で測定した上位 10 名の記録, 最大スピード, その出現区間, スピード逓減率, 10m ごとの通過タイム, ラップタイム, 区間平均スピードを表 1 および表 2 に示した. ラウンドの R1 は予選, SF は準決勝, FI は決勝である. スピード逓減率は, 最大スピードに対するフィニッシュ直前 10m 区間のスピード低下率とした. 最大スピードをみると, 男子ではゲイ選手の 11.56m/s がもっとも高く, 次いで江里口選手の 11.52m/s, 塚原選手の 11.45m/s であった.

図 1 および図 2 には, 09 年シーズン, 男子 100m

表 1. 2009 年シーズン, 男子 100m においてラベックで測定したトップ 10 の記録, 最大スピード, その出現区間, スピード逓減率, 10m ごとの通過タイム, ラップタイム, 区間平均スピード  
 ラウンドの R1 は予選, SF は準決勝, FI は決勝である. スピード逓減率は, 最大スピードに対するフィニッシュ直前 10m 区間のスピード低下率とした.

日付	氏名	ラウンド	風速 m/s	記録 s	最大スピード m/s	最大スピード 区間中間点 m	スピード 逓減率 %	item										
								10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
2009.6.28 江里口 匡史	SF		1.9	10.07	11.52	55	6.8	time(s)	1.91	2.94	3.86	4.74	5.61	6.48	7.35	8.24	9.14	10.07
								lap(s)	1.91	1.03	0.92	0.88	0.87	0.87	0.87	0.89	0.90	0.93
								speed(m/s)	5.24	9.71	10.85	11.34	11.50	11.52	11.45	11.32	11.09	10.74
2009.6.27 塚原 直貴	R1		1.8	10.09	11.45	55	3.3	time(s)	1.92	2.96	3.89	4.79	5.67	6.54	7.42	8.30	9.19	10.09
								lap(s)	1.92	1.04	0.93	0.90	0.88	0.87	0.88	0.88	0.89	0.90
								speed(m/s)	5.20	9.68	10.68	11.11	11.40	11.45	11.39	11.34	11.29	11.07
2009.9.23 GAY, Tyson	FI		0.5	10.13	11.56	55	7	time(s)	1.93	2.99	3.92	4.82	5.69	6.56	7.43	8.30	9.20	10.13
								lap(s)	1.93	1.06	0.93	0.90	0.87	0.87	0.87	0.87	0.90	0.93
								speed(m/s)	5.17	9.47	10.68	11.18	11.41	11.56	11.54	11.40	11.16	10.74
2009.6.27 木村 慎太郎	R1		1.4	10.21	11.19	55	3.6	time(s)	1.89	2.93	3.87	4.78	5.68	6.58	7.47	8.37	9.28	10.21
								lap(s)	1.89	1.04	0.94	0.91	0.90	0.90	0.90	0.90	0.91	0.93
								speed(m/s)	5.30	9.60	10.58	10.98	11.12	11.19	11.17	11.11	10.97	10.79
2009.6.28 荒尾 将吾	SF		1.9	10.22	11.31	55	5.8	time(s)	1.91	2.96	3.90	4.81	5.69	6.58	7.47	8.37	9.28	10.22
								lap(s)	1.91	1.05	0.94	0.91	0.88	0.89	0.89	0.90	0.91	0.94
								speed(m/s)	5.23	9.56	10.59	11.08	11.26	11.31	11.23	11.13	10.95	10.65
2009.4.29 高平 慎士	R1		1.8	10.28	11.26	55	4.5	time(s)	1.96	3.02	3.97	4.88	5.78	6.66	7.55	8.45	9.35	10.28
								lap(s)	1.96	1.06	0.95	0.91	0.90	0.88	0.89	0.90	0.90	0.93
								speed(m/s)	5.11	9.45	10.47	10.96	11.21	11.26	11.23	11.19	11.08	10.75
2009.6.27 小島 茂之	R1		1.0	10.31	11.23	45	5.4	time(s)	1.95	3.01	3.97	4.88	5.77	6.66	7.56	8.46	9.37	10.31
								lap(s)	1.95	1.06	0.96	0.91	0.89	0.89	0.90	0.90	0.91	0.94
								speed(m/s)	5.14	9.41	10.41	10.96	11.23	11.20	11.16	11.08	11.06	10.61
2009.6.28 長沢 隼	SF		2.4	10.34	11.17	55	4.5	time(s)	1.92	2.99	3.95	4.88	5.77	6.67	7.57	8.48	9.40	10.34
								lap(s)	1.92	1.07	0.96	0.93	0.89	0.90	0.90	0.91	0.92	0.94
								speed(m/s)	5.20	9.35	10.42	10.81	11.13	11.17	11.12	10.99	10.83	10.67
2009.6.27 仁井 有介	R1		1.8	10.34	11.13	55	3.1	time(s)	1.93	2.98	3.94	4.87	5.77	6.67	7.57	8.49	9.41	10.34
								lap(s)	1.93	1.05	0.96	0.93	0.90	0.90	0.90	0.92	0.92	0.93
								speed(m/s)	5.18	9.49	10.45	10.79	11.08	11.13	11.04	10.92	10.83	10.79
2009.4.29 齋藤 仁志	R1		2.2	10.35	11.25	65	4.1	time(s)	1.98	3.05	4.02	4.94	5.85	6.74	7.63	8.52	9.42	10.35
								lap(s)	1.98	1.07	0.97	0.92	0.91	0.89	0.89	0.89	0.90	0.93
								speed(m/s)	5.06	9.31	10.32	10.79	11.04	11.23	11.25	11.18	11.13	10.79

表 2. 2009 年シーズン, 男子 100m においてラベックで測定したトップ 10 の記録, 最大スピード, その出現区間, スピード逓減率, 10m ごとの通過タイム, ラップタイム, 区間平均スピード

日付	氏名	ラウンド	風速 m/s	記録 s	最大スピード m/s	最大スピード 区間中間点 m	スピード 逓減率 %	item										
								10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
2009.9.23 FELIX, Allyson	FI		-0.8	11.22	10.23	55	6.6	time(s)	2.02	3.16	4.20	5.20	6.17	7.15	8.14	9.15	10.17	11.22
								lap(s)	2.02	1.14	1.04	1.00	0.97	0.98	0.99	1.01	1.02	1.05
								speed(m/s)	4.95	8.75	9.64	10.04	10.22	10.23	10.07	9.94	9.78	9.55
2009.4.29 福島 千里	FA		2.2	11.23	10.12	45	7.5	time(s)	1.99	3.11	4.14	5.14	6.13	7.12	8.11	9.12	10.16	11.23
								lap(s)	1.99	1.12	1.03	1.00	0.99	0.99	0.99	1.01	1.04	1.07
								speed(m/s)	5.03	8.91	9.68	10.05	10.12	10.11	10.03	9.89	9.63	9.36
2009.4.29 高橋 萌木子	FA		2.2	11.24	10.23	65	4.2	time(s)	2.06	3.22	4.27	5.29	6.27	7.26	8.23	9.22	10.22	11.24
								lap(s)	2.06	1.16	1.05	1.02	0.98	0.99	0.97	0.99	1.00	1.02
								speed(m/s)	4.86	8.64	9.45	9.87	10.13	10.19	10.23	10.16	9.98	9.80
2009.4.29 渡辺 真弓	R1		2.8	11.31	10.14	45	5.3	time(s)	2.07	3.21	4.26	5.26	6.25	7.23	8.23	9.25	10.27	11.31
								lap(s)	2.07	1.14	1.05	1.00	0.99	0.98	1.00	1.02	1.02	1.04
								speed(m/s)	4.84	8.72	9.57	9.96	10.14	10.13	10.03	9.84	9.79	9.60
2009.6.28 和田 麻希	SF		1.0	11.68	9.64	55	6	time(s)	2.04	3.20	4.28	5.32	6.36	7.40	8.44	9.50	10.58	11.68
								lap(s)	2.04	1.16	1.08	1.04	1.04	1.04	1.04	1.06	1.08	1.10
								speed(m/s)	4.91	8.58	9.30	9.58	9.64	9.64	9.56	9.47	9.28	9.06
2009.4.29 石田 智子	R1		3.4	11.74	9.65	45	7.3	time(s)	2.04	3.20	4.27	5.31	6.34	7.39	8.45	9.53	10.62	11.74
								lap(s)	2.04	1.16	1.07	1.04	1.03	1.05	1.06	1.08	1.09	1.12
								speed(m/s)	4.91	8.63	9.34	9.60	9.65	9.54	9.44	9.30	9.15	8.95
2009.6.28 佐野 夢加	SF		1.8	11.75	9.69	45	8.2	time(s)	2.08	3.24	4.31	5.35	6.38	7.42	8.46	9.53	10.63	11.75
								lap(s)	2.08	1.16	1.07	1.04	1.03	1.04	1.04	1.07	1.10	1.12
								speed(m/s)	4.82	8.60	9.30	9.64	9.69	9.67	9.56	9.40	9.12	8.89
2009.6.28 河原崎 可央里	SF		1.0	11.76	9.63	45	6.6	time(s)	2.11	3.27	4.33	5.37	6.41	7.45	8.50	9.57	10.65	11.76
								lap(s)	2.11	1.16	1.06	1.04	1.04	1.04	1.05	1.07	1.08	1.11
								speed(m/s)	4.74	8.63	9.37	9.61	9.63	9.59	9.53	9.37	9.28	9.00
2009.6.27 中野 瞳	R1		3.0	11.82	9.55	45	6.7	time(s)	2.08	3.25	4.33	5.38	6.43	7.48	8.53	9.60	10.70	11.82
								lap(s)	2.08	1.17	1.08	1.05	1.05	1.05	1.05	1.07	1.10	1.12
								speed(m/s)	4.81	8.54	9.23	9.52	9.55	9.54	9.50	9.34	9.13	8.91
2009.6.27 高木 志帆	R1		2.1	11.83	9.56	45	8	time(s)	2.03	3.20	4.28	5.33	6.38	7.43	8.49	9.58	10.69	11.83
								lap(s)	2.03	1.17	1.08	1.05	1.05	1.05	1.06	1.09	1.11	1.14
								speed(m/s)	4.92	8.53	9.26	9.52	9.56	9.55	9.39	9.18	9.00	8.79

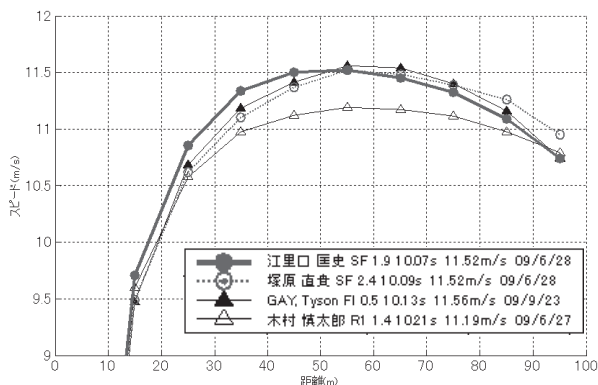


図 1. 09 年シーズン，男子 100m で測定した上位 4 名のスピード曲線

スタートから 10m までの区間ではスピードの差は顕著ではないので，9m/s 以上からのグラフとした。

と女子 100m のそれぞれで測定した上位 4 名のスピード曲線を示した。スタートから 10m までの区間ではスピードの差は顕著ではないので，男子では 9m/s 以上，女子では 8.5m/s 以上からのグラフとした。男子では，江里口選手の 20m から 50m までのスピードは，他の選手よりも明らかに高く，最大スピードはゲイ選手がもっとも高い値であった。フィニッシュ前 10m では塚原選手がもっとも高かった。女子では，20m から 30m 付近では，福島選手がフェリックス選手よりもわずかに高い値であったが，最大スピードでは，フェリックス選手が 50m から 60m 区間で，高橋選手は 60m から 70m 区間で 10.23m/s に達していた。フィニッシュ前のスピードは高橋選手がもっとも高い値であった。このように同じくらいのフィニッシュタイムでも，スピード変化を加速過程，最大スピードに到達する過程，スピードの低下の過程で比較するとレースごとの特徴が把握できるであろう。

図 3 と図 4 では最大スピード，30m ラップタイムおよびスピード低減率とフィニッシュタイムとの関係を見たものである。それぞれのプロットは 09 年シーズンの値である。男子の大きな●はボルト選手の 9.58 秒の値である。男女ともに長い直線は従来からの測定値 (A11) である。最大スピード，30m 通過タイムともに，フィニッシュタイムとの間には統計的に有意な相関関係が認められ，従来の傾向とほぼ同一線上に分布した。一方，スピード減速率は，男子の A11 では，有意な相関関係が認められているが，09 年では有意な相関は見られなかった。女子では A11 では相関がみられないが，逆に 09 年で相関が見られた。これらのことは，30m ラップと最大スピードは明らかにパフォーマンスを決める要

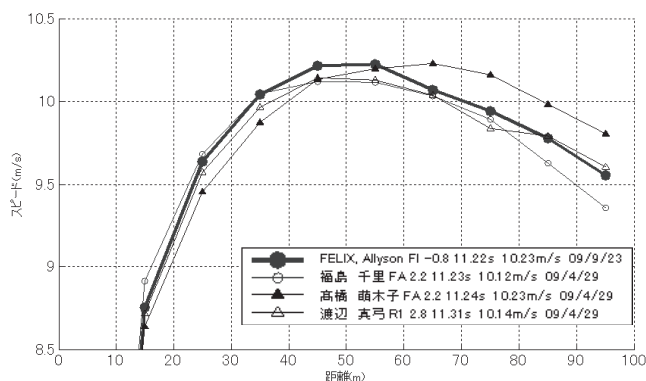


図 2. 09 年シーズン，女子 100m で測定した上位 4 名のスピード曲線

因であるといえる。

スピードはストライドの長さ×頻度の積であるので，レース中のストライドの頻度と長さの関係を見ることは，レース戦略のための基礎資料となるであろう。図 5 と 6 では，日本選手権における男女 100m の予選から決勝までの男女それぞれで上位記録 2 例を対象にスタートからフィニッシュまでのストライドを分析した結果を示した。図中の数値は，スタート直後，最大スピード区間，フィニッシュ直前のそれぞれの区間で左右 2 ストライドずつの平均値である。男子では準決勝の江里口選手 10.07 秒と塚原選手 10.09 秒のストライドの頻度と長さを比べると，江里口選手がスタートから頻度が高く，長さは塚原選手の方が長い傾向であった。特に頻度では塚原選手はスタート直後顕著に低い値を示した。両者ともに 3 秒くらいまでは徐々に頻度が増加し，その後ほぼ一定の値であるが，6 秒後くらいから徐々に減少するが，8 秒から 9 秒後には明らかに低下する傾向が見られた。一方ストライドの長さはスタート直後は急激に伸びるが，伸び方は次第に少なくなる。5 秒以降はほぼ一定の値を示すが，塚原選手ではフィニッシュ直前には顕著に長くなっていた。女子では，予選の福島選手 11.32 秒と決勝の高橋選手 11.36 秒の頻度と長さを比べると，福島選手はスタートから頻度が高い傾向であった。両者ともにスタートから 1 秒過ぎからはほぼ一定の値であるが，福島選手では 7 秒くらいから高橋選手は 8 秒くらいから徐々に減少する傾向がみられる。スタート直後の長さをみると，両者で顕著な差はないが，3 秒後以降，高橋選手のほうが長い値であった。

塚原選手と高橋選手はともに，スタート直後は 2 ストライド / 秒くらいで，最大スピード区間と比べて明らかに遅い頻度であるが，江里口選手と福島選手では最大スピードに近い頻度である。このよう

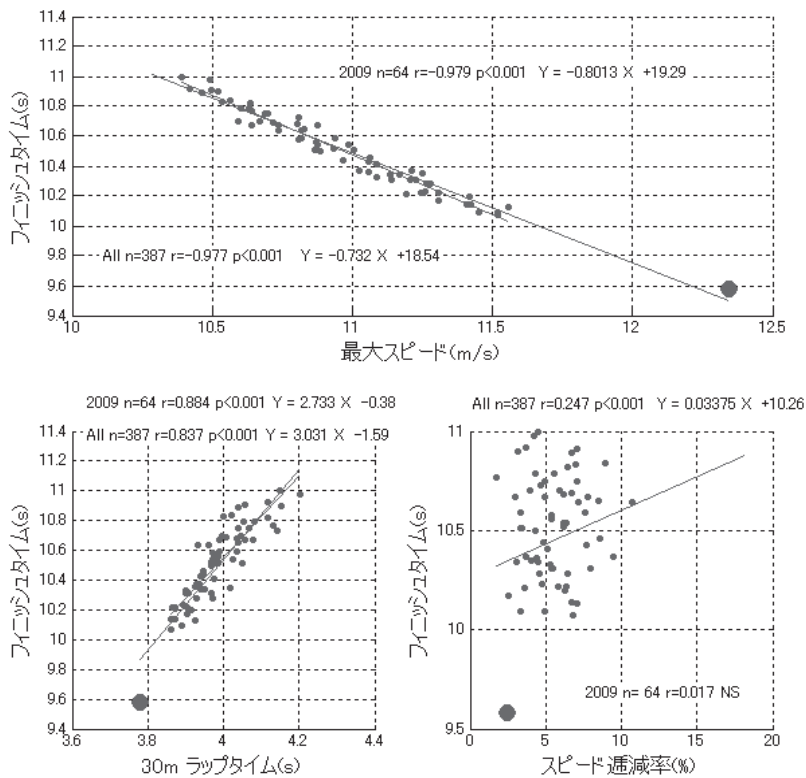


図 3. 09 年シーズン, 男子 100m で測定した最大スピード, 30m ラップ, およびスピード減速率とフィニッシュタイムの関係

All は 88 年ソウルオリンピックから 2009 年世界選手権ベルリンを含むビデオ映像による測定も含むデータである。大きな●印はボルト選手の 9.58 秒である。

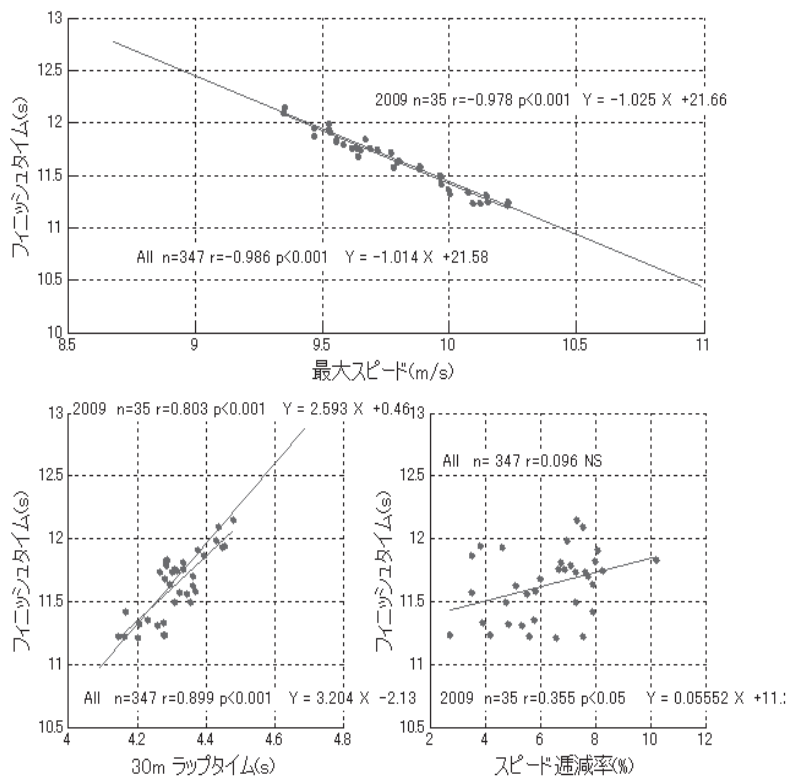


図 4. 09 年シーズン, 女子 100m で測定した最大スピード, 30m ラップ, およびスピード減速率とフィニッシュタイムの関係

All は 88 年ソウルオリンピックからのビデオ映像による測定も含むデータである。

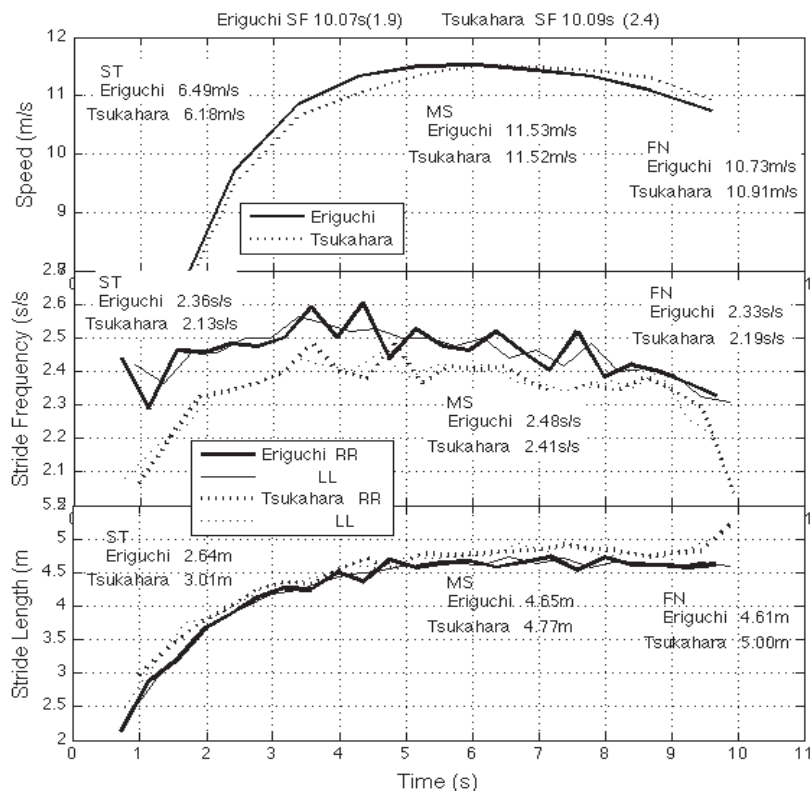


図 5. 日本選手権男子 100m 準決勝における記録上位 2 名のスピード，ストライド頻度，ストライド長の変化  
RR は右足着地から次の右足着地でみた，LL はその左足でみたストライド頻度，ストライド長である．図中の ST はスタートから 10m まで，MS は最大スピード区間，FN は 90m からフィニッシュまでの局面での値である．それぞれの値は，スピードでは 10m 区間のスピード，他は 4 ストライドの平均値である．

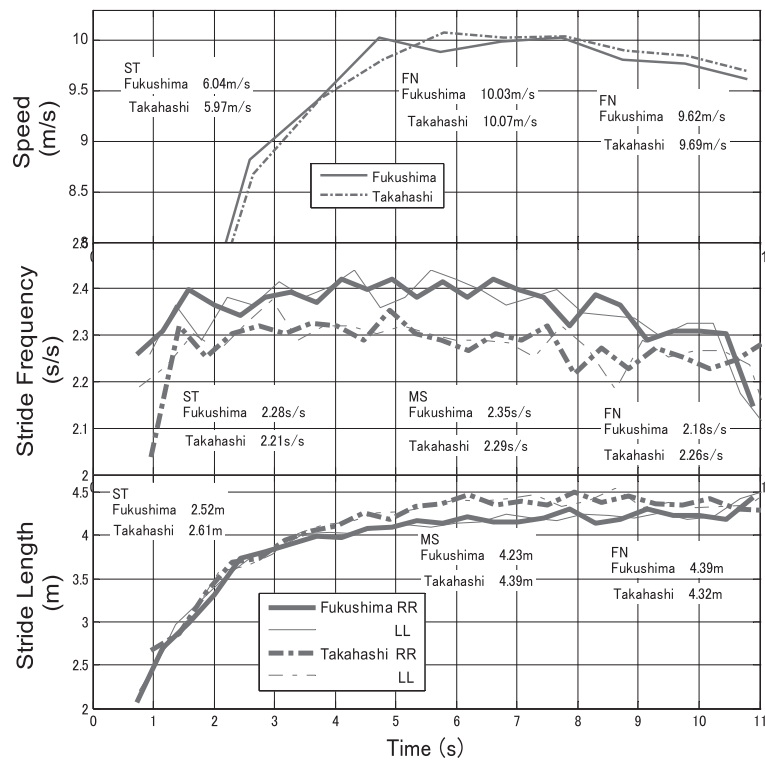


図 6. 日本選手権女子 100m 予選から決勝までの記録上位 2 名のスピード，ストライド頻度，ストライド長の変化  
図中の注釈は図 5 参照．

に、スタート直後から速い頻度のパターンと遅い頻度でスタートしたあとで頻度をあげていくパターンがあった。これらのことから、2つのパターンの優劣を議論するのではなく、別々のパターンにとらえ、選手の特性とあわせた戦略構築の必要性が示唆される。

スピード分析で100mフィニッシュタイムに影響すると項目として加速過程、最大スピード付近の指標から、30mラップタイムと50mラップタイム、最大スピードを選びだした。また、トレーニングの実践現場で行われている加速したあとのタイムトライアルを想定して20mから50mまでと20mから70mまでの2種類の区間通過タイム区間の平均スピードを求めた。フィニッシュタイムとこれらの指標との回帰式を求めた。これらの回帰式によりそれぞれの指標からフィニッシュタイムを推定するための数値を表3に示した。

男子で30mダッシュのタイムが4.02秒であれば、100mのフィニッシュタイムの10.60秒に相当するダッシュである。50mダッシュで5.60秒であれば、フィニッシュタイムは10.00秒となる。20m加速のあと30mタイムトライアル(20m加速30mTT)した

場合のタイムが2.76秒であれば、10.30秒、50mタイムトライアル(20m加速50mTT)のタイムが4.60秒であれば、10.40秒に相当する。逆に10.10秒を目標とするのであれば、参照値は、30mダッシュでは3.86秒、50mでは5.65秒、20m加速30mTTでは2.71秒、20m加速50mTTでは4.45秒、最大スピードは11.53m/sとなる。女子でみると、フィニッシュタイムの目標が11.50秒の場合、30mダッシュでは4.25秒、50mダッシュでは6.30秒、20m加速30mTTでは3.09秒、20m加速50mTTでは5.12秒が参照値となる。これらの参照値は統計的に算出した平均的な参照値であるために、選手の特性によっては個別に設定することが必要となるであろう。トレーニング現場では手動のストップウォッチでタイムの計測が行われている。より精度の高いタイム計測のためには光電管あるいはラベックのような測定装置が必要であるが、ここで示した区間の通過タイムは、トレーニング現場で活用できるであろう。

#### ハードル

男女ハードル競技における上位10名のラウンド、風速、記録、最大スピード、その出現区間およびハー

表3. スピード分析結果から、100mフィニッシュタイムとの回帰式をもとにした30mと50mの通過タイム、20m加速30mタイムトライアル、20m加速50mタイムトライアルおよび最大スピードからのフィニッシュタイム推定値表

男子では11.08秒よりもまた、女子では12.89秒よりも遅い計測値がないが、男子では12秒まで、女子は13秒まで算出した。

男子 y = ax + b (n=387)	通過タイム(s)		区間通過タイム(s)		区間スピード(m/s)		
	30m	50m	20m-50m	20m-70m	20m-50m	20m-70m	TopSpeed
a	3.069	2.13	3.612	2.041	-0.9433	-0.8664	-0.732
b	-1.74	-1.93	0.32	1.01	20.54	19.82	18.54
r	0.846	0.942	0.976	0.986	0.974	0.986	0.977
100mタイム	9.60	3.70 5.41	2.57 4.21	11.60 11.80	12.21		
	9.70	3.73 5.46	2.60 4.26	11.49 11.68	12.08		
	9.80	3.76 5.51	2.62 4.31	11.39 11.57	11.94		
	9.90	3.79 5.55	2.65 4.36	11.28 11.45	11.80		
	10.00	3.83 5.60	2.68 4.40	11.17 11.33	11.67		
	10.10	3.86 5.65	2.71 4.45	11.07 11.22	11.53		
	10.20	3.89 5.69	2.74 4.50	10.96 11.10	11.39		
	10.30	3.92 5.74	2.76 4.55	10.86 10.99	11.26		
	10.40	3.96 5.79	2.79 4.60	10.75 10.87	11.12		
	10.50	3.99 5.84	2.82 4.65	10.64 10.76	10.98		
	10.60	4.02 5.88	2.85 4.70	10.54 10.64	10.85		
	10.70	4.05 5.93	2.87 4.75	10.43 10.53	10.71		
	10.80	4.09 5.98	2.90 4.80	10.33 10.41	10.57		
	10.90	4.12 6.02	2.93 4.85	10.22 10.30	10.44		
	11.00	4.15 6.07	2.96 4.89	10.11 10.18	10.30		
	11.20	4.22 6.16	3.01 4.99	9.90 9.95	10.03		
	11.40	4.28 6.26	3.07 5.09	9.69 9.72	9.75		
	11.60	4.35 6.35	3.12 5.19	9.48 9.49	9.48		
	11.80	4.41 6.45	3.18 5.29	9.27 9.26	9.21		
	12.00	4.48 6.54	3.23 5.38	9.05 9.03	8.93		
女子 y = ax + b (n=347)	通過タイム(s)		区間通過タイム(s)		区間スピード(m/s)		
	30m	50m	20m-50m	20m-70m	20m-50m	20m-70m	top speed
a	3.204	2.098	3.559	2.02	-1.178	-1.103	-1.014
b	-2.13	-1.71	0.50	1.16	22.95	22.28	21.58
r	0.899	0.973	0.982	0.991	0.976	0.989	0.986
100mタイム	10.50	3.94 5.82	2.81 4.62	10.57 10.68	10.93		
	10.60	3.97 5.87	2.84 4.67	10.48 10.59	10.83		
	10.70	4.00 5.92	2.87 4.72	10.40 10.50	10.73		
	10.80	4.04 5.96	2.89 4.77	10.31 10.41	10.63		
	10.90	4.07 6.01	2.92 4.82	10.23 10.32	10.53		
	11.00	4.10 6.06	2.95 4.87	10.14 10.23	10.43		
	11.10	4.13 6.11	2.98 4.92	10.06 10.14	10.34		
	11.20	4.16 6.15	3.01 4.97	9.97 10.05	10.24		
	11.30	4.19 6.20	3.03 5.02	9.89 9.95	10.14		
	11.40	4.22 6.25	3.06 5.07	9.80 9.86	10.04		
	11.50	4.25 6.30	3.09 5.12	9.72 9.77	9.94		
	11.60	4.29 6.34	3.12 5.17	9.63 9.68	9.84		
	11.70	4.32 6.39	3.15 5.22	9.55 9.59	9.74		
	11.80	4.35 6.44	3.18 5.27	9.47 9.50	9.64		
	11.90	4.38 6.49	3.20 5.32	9.38 9.41	9.55		
	12.00	4.41 6.53	3.23 5.37	9.30 9.32	9.45		
	12.10	4.44 6.58	3.26 5.42	9.21 9.23	9.35		
	12.20	4.47 6.63	3.29 5.47	9.13 9.14	9.25		
	12.30	4.50 6.68	3.32 5.51	9.04 9.05	9.15		
	12.40	4.53 6.73	3.34 5.56	8.96 8.96	9.05		
	12.50	4.57 6.77	3.37 5.61	8.87 8.87	8.95		
	12.60	4.60 6.82	3.40 5.66	8.79 8.78	8.86		
	12.70	4.63 6.87	3.43 5.71	8.70 8.69	8.76		
	12.80	4.66 6.92	3.46 5.76	8.62 8.59	8.66		
	12.90	4.69 6.96	3.48 5.81	8.53 8.50	8.56		
	13.00	4.72 7.01	3.51 5.86	8.45 8.41	8.46		

ドル間のタイム、ラップ、スピードを表4と表5に示した。男子110mハードルでもっとも速かったのはトーマス選手13.37秒の9.09m/s、次いで尹選手13.40秒の9.02m/s、そして田野中選手13.57秒の8.82m/sであった。一方、女子100mハードルではフェリシア選手12.74秒の8.71m/s、次いでファウンテン選手13.15秒の8.37m/s、石野選手13.15秒の8.35m/s、寺田選手13.05秒の8.34m/sの順であった。ハードル間のスピード変化をみたものを図7と図8、また、上位10名の測定値を表横軸はスタートからの距離であるが、ハードル位置の番号とした。第1ハードルまでのスピードには、顕著な差がないため、1台目以降のハードル間スピードの比較ができるよう男子では8m/s以上、女子では7.6m/s以上のスピードの表示とした。男子ではトーマス選手や尹選手は4台目あるいは5台目までスピードを増加させていた。日本選手では、3台目まで田野中選手のスピードはトーマス選手や尹選手とほぼ同じ水準であった。また、女子では、フェリシア選手のスピードは4台目以降でも増加していた。日本選手では、フェリシア選手と比べると2台目までのスピードでも差があった。

図9では、最大スピードとフィニッシュタイムとの関係みたものである。図中のA11は06年からラベックで測定したデータであり、男子では119例、女子では121例であった。09年のデータも従来からのデータとほぼ同じように分布し、両者間で統計的に有意な負の相関関係があることが認められた。相関係数をみると男子ではA11では $r=-0.877$ 、09年でも $r=-0.854$ であり、100mハードルよりも低い値であった。また、女子ではA11で $r=-0.965$ 、09年で $r=-0.982$ で男子110mハードルよりも高くほぼ100mと同じ程度の値であった。これらのことは、男子110mハードルではハードル間のスピード以外の要因の影響もあることが示唆される。1台目までのタイム、10台目からフィニッシュまで、あるいは後半のスピード低下などの要因が考えられる。

## まとめ

国内の主要な大会で男子100mでは64例、女子100mでは35例、男子110mハードルでは33例、女子100mハードルでは42例のデータ収集が行えた。

1. 男女100mでは、レーザー方式によるスピード分析により、最大スピードとフィニッシュタイムとの間には従来通り統計的に有意な関係であったが、最大スピードに至までの加速過程に

個人差があることが示された。

2. 高速ビデオ映像からレース中のストライドの頻度と長さを男子2例、女子2例を分析した。その結果、スタート時にストライドの頻度が遅いパターンとスタートから速い頻度で加速するパターンがあり、レース戦略のための基礎的な資料となるであろう。
3. レース分析の成果として、トレーニング現場での活用を想定して30mと50mの通過タイム、20m加速30mタイムトライアルや20m加速50mタイムトライアルのタイムから、フィニッシュタイムを想定できるような換算表を提供した。
4. 男子110mハードルと女子100mハードルでも最大スピードとフィニッシュタイムとの有意な相関関係が認められている。

## 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(1994) 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.
2. 松尾彰文・広川龍太郎・柳谷登志雄・杉田正明(2009) 2008年男女100m, 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.



表 4. 男子 110m ハードルで測定した上位 10 名のラウンド、風速、記録、最大スピード、その出現区間およびハードル間のタイム、ラップ、スピード  
最大スピード出現区間は前後の台数とした。そこで、F はフィニッシュである。

日付	氏名	ラウンド	風速 m/s	記録 s	最大スピード m/s	最大スピード 区間台数 m	item											
								1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	110m
2009.9.23 THOMAS, Dwight	FI	-1.3	13.37	9.09	10-F		time(s)	2.45	3.52	4.56	5.58	6.62	7.65	8.7	9.73	10.78	11.83	13.37
							lap(s)	2.45	1.07	1.04	1.02	1.04	1.03	1.05	1.03	1.05	1.05	1.54
							speed(m/s)	5.6	8.52	8.8	8.94	8.83	8.83	8.76	8.84	8.72	8.7	9.09
2009.4.29 尹 靖	FI	1.9	13.4	9.02	4-5		time(s)	2.45	3.52	4.56	5.58	6.59	7.61	8.65	9.7	10.75	11.81	13.4
							lap(s)	2.45	1.07	1.04	1.02	1.01	1.02	1.04	1.05	1.05	1.06	1.59
							speed(m/s)	5.61	8.55	8.79	8.93	9.02	8.94	8.83	8.73	8.7	8.62	8.8
2009.6.27 田野中 輔	FI	1.6	13.57	8.82	10-F		time(s)	2.46	3.53	4.58	5.62	6.67	7.72	8.78	9.83	10.9	11.98	13.57
							lap(s)	2.46	1.07	1.05	1.04	1.05	1.05	1.06	1.05	1.07	1.08	1.59
							speed(m/s)	5.57	8.54	8.75	8.76	8.75	8.72	8.62	8.63	8.55	8.49	8.82
2009.6.27 首藤 貴之	FI	1.6	13.77	8.64	3-4		time(s)	2.44	3.54	4.61	5.66	6.74	7.8	8.88	9.95	11.03	12.13	13.77
							lap(s)	2.44	1.1	1.07	1.05	1.08	1.06	1.08	1.07	1.08	1.1	1.64
							speed(m/s)	5.62	8.34	8.55	8.64	8.49	8.62	8.5	8.52	8.47	8.31	8.53
2009.9.23 モーゼス 夢	FI		13.77	8.64	3-4		time(s)	2.46	3.54	4.61	5.67	6.74	7.82	8.89	9.97	11.05	12.14	13.77
							lap(s)	2.46	1.08	1.07	1.06	1.07	1.08	1.07	1.08	1.08	1.09	1.63
							speed(m/s)	5.59	8.45	8.49	8.64	8.57	8.48	8.52	8.48	8.43	8.36	8.63
2009.6.26 大橋 祐二	R1	0.6	13.78	8.75	3-4		time(s)	2.46	3.55	4.61	5.65	6.7	7.76	8.83	9.9	11	12.12	13.78
							lap(s)	2.46	1.09	1.06	1.04	1.05	1.06	1.07	1.07	1.1	1.12	1.66
							speed(m/s)	5.58	8.39	8.64	8.75	8.72	8.62	8.53	8.51	8.3	8.22	8.43
2009.6.27 内藤 真人	SF	0.5	13.79	8.78	3-4		time(s)	2.5	3.59	4.65	5.69	6.74	7.8	8.86	9.93	11.02	12.14	13.79
							lap(s)	2.5	1.09	1.06	1.04	1.05	1.06	1.06	1.07	1.09	1.12	1.65
							speed(m/s)	5.48	8.45	8.62	8.78	8.68	8.64	8.61	8.52	8.4	8.19	8.48
2009.6.26 古川 裕太郎	R1	0.6	13.82	8.63	3-4		time(s)	2.41	3.51	4.57	5.63	6.7	7.77	8.85	9.93	11.04	12.16	13.82
							lap(s)	2.41	1.1	1.06	1.06	1.07	1.07	1.08	1.08	1.11	1.12	1.66
							speed(m/s)	5.69	8.35	8.56	8.63	8.6	8.52	8.48	8.43	8.22	8.16	8.45
2009.4.29 朴 泰碩	H1	0.6	13.87	8.57	4-5		time(s)	2.45	3.54	4.61	5.68	6.74	7.82	8.93	10.03	11.13	12.23	13.87
							lap(s)	2.45	1.09	1.07	1.07	1.06	1.08	1.11	1.1	1.1	1.1	1.64
							speed(m/s)	5.61	8.38	8.53	8.54	8.57	8.47	8.29	8.25	8.34	8.32	8.55
2009.6.26 八幡 賢司	R1	0.3	13.91	8.59	3-4		time(s)	2.44	3.52	4.6	5.66	6.73	7.81	8.91	10.01	11.11	12.23	13.91
							lap(s)	2.44	1.08	1.08	1.06	1.07	1.08	1.1	1.1	1.1	1.12	1.68
							speed(m/s)	5.63	8.41	8.51	8.59	8.5	8.47	8.36	8.32	8.26	8.16	8.35

表 5. 女子 100m ハードルで測定した上位 10 名のラウンド、風速、記録、最大スピード、その出現区間およびハードル間のタイム、ラップ、スピード  
最大スピード出現区間は前後の台数とした。そこで、F はフィニッシュである。

日付	氏名	ラウンド	風速 m/s	記録 s	最大スピード m/s	最大スピード 区間台数 m	item											
								1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	100m
2009/9/23 FELICIEEN, Perdi	FI	0.3	12.74	8.71	6-7		time(s)	2.44	3.49	4.50	5.49	6.47	7.45	8.42	9.43	10.46	11.48	12.74
							lap(s)	2.44	1.05	1.01	0.99	0.98	0.98	0.97	1.01	1.03	1.02	1.26
							speed(m/s)	5.32	8.11	8.42	8.62	8.65	8.67	8.71	8.47	8.25	8.31	8.34
2009/6/26 寺田 明日香	FI	1.9	13.05	8.34	10-FI		time(s)	2.47	3.53	4.57	5.60	6.62	7.65	8.67	9.70	10.74	11.79	13.05
							lap(s)	2.47	1.06	1.04	1.03	1.02	1.03	1.02	1.03	1.04	1.05	1.26
							speed(m/s)	5.26	8.00	8.19	8.27	8.33	8.30	8.32	8.26	8.15	8.08	8.34
2009/6/26 石野 真美	FI	1.9	13.15	8.35	3-4		time(s)	2.48	3.55	4.57	5.58	6.60	7.62	8.65	9.69	10.75	11.83	13.15
							lap(s)	2.48	1.07	1.02	1.01	1.02	1.02	1.03	1.04	1.06	1.08	1.32
							speed(m/s)	5.23	8.00	8.34	8.35	8.35	8.32	8.26	8.19	8.03	7.86	7.96
2009/9/23 FOUNTAIN, Hylea	FI	0.3	13.15	8.37	3-4		time(s)	2.48	3.55	4.57	5.59	6.61	7.63	8.67	9.71	10.77	11.84	13.15
							lap(s)	2.48	1.07	1.02	1.02	1.02	1.02	1.04	1.04	1.06	1.07	1.31
							speed(m/s)	5.25	7.93	8.28	8.37	8.33	8.33	8.21	8.15	8.02	7.91	8.03
2009/6/26 城下 麗奈	FI	1.9	13.26	8.18	4-5		time(s)	2.49	3.57	4.63	5.68	6.72	7.76	8.80	9.84	10.90	11.97	13.26
							lap(s)	2.49	1.08	1.06	1.05	1.04	1.04	1.04	1.04	1.06	1.07	1.29
							speed(m/s)	5.22	7.85	8.03	8.12	8.18	8.14	8.17	8.16	8.07	7.95	8.12
2009/6/26 熊谷 史子	SF	1.0	13.5	8.14	4-5		time(s)	2.50	3.60	4.67	5.72	6.77	7.82	8.89	9.96	11.05	12.15	13.50
							lap(s)	2.50	1.10	1.07	1.05	1.05	1.05	1.07	1.07	1.09	1.10	1.35
							speed(m/s)	5.21	7.74	7.94	8.05	8.14	8.03	8.00	7.90	7.80	7.73	7.80
2009/6/25 紫村 仁美	R1	1.5	13.66	7.99	3-4		time(s)	2.54	3.64	4.71	5.78	6.85	7.92	9.00	10.08	11.18	12.30	13.66
							lap(s)	2.54	1.10	1.07	1.07	1.07	1.07	1.08	1.08	1.10	1.12	1.36
							speed(m/s)	5.11	7.75	7.91	7.99	7.93	7.90	7.90	7.84	7.72	7.61	7.73
2009/4/29 赤井 涼香	H1	2.1	13.72	8.05	4-5		time(s)	2.55	3.67	4.75	5.81	6.86	7.92	9.00	10.10	11.21	12.34	13.72
							lap(s)	2.55	1.12	1.08	1.06	1.05	1.06	1.08	1.10	1.11	1.13	1.38
							speed(m/s)	5.10	7.62	7.88	8.00	8.05	8.02	7.89	7.76	7.64	7.51	7.60
2009/6/25 中村 梨穂	R1	1.5	13.76	7.94	4-5		time(s)	2.56	3.67	4.75	5.82	6.89	7.97	9.06	10.15	11.26	12.39	13.76
							lap(s)	2.56	1.11	1.08	1.07	1.07	1.08	1.09	1.09	1.11	1.13	1.37
							speed(m/s)	5.08	7.68	7.87	7.93	7.94	7.85	7.79	7.81	7.69	7.53	7.65
2009/6/25 柴 梨沙	R1	0.0	13.81	7.89	4-5		time(s)	2.46	3.57	4.66	5.74	6.82	7.91	9.01	10.12	11.24	12.37	13.81
							lap(s)	2.46	1.11	1.09	1.08	1.08	1.09	1.10	1.11	1.12	1.13	1.44
							speed(m/s)	5.28	7.65	7.81	7.86	7.89	7.78	7.76	7.66	7.60	7.51	7.28

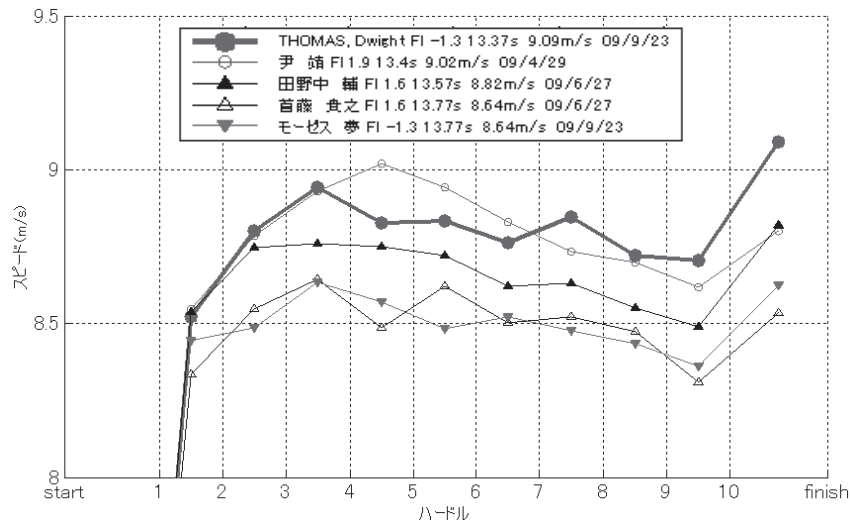


図 7. 09 年シーズン、男子 110m ハードルで測定した上位 5 名のスピード曲線

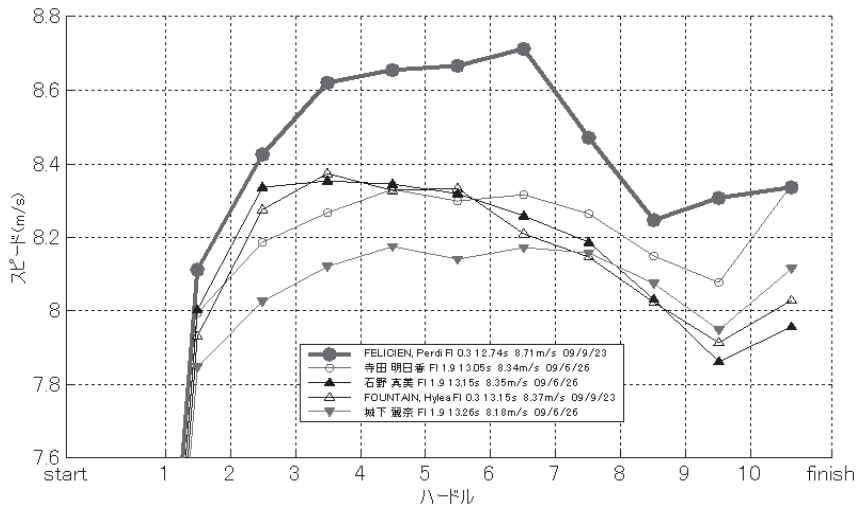


図 8. 09 年シーズン、女子 100m ハードルで測定した上位 5 名のスピード曲線

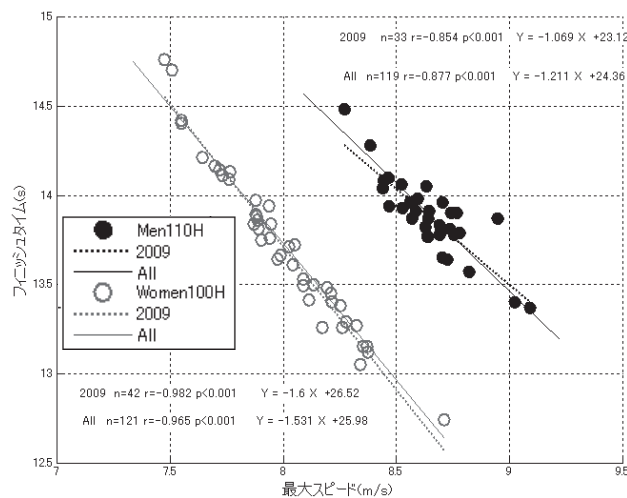


図 9. 09 年シーズン、男女ハードルで測定した最大スピードとフィニッシュタイムの関係  
All は 09 年を含む、06 年からの測定値である。

## 世界選手権 Osaka2007 における男子 200m の走速度 およびピッチ・ストライドの分析

土江寛裕<sup>1)</sup> 小林海<sup>2)</sup> 持田尚<sup>3)</sup> 杉田正明<sup>4)</sup> 柳谷登志雄<sup>5)</sup> 広川龍太郎<sup>6)</sup> 松尾彰文<sup>7)</sup>  
1) 城西大学 2) 早稲田大学 3) 横浜市スポーツ医科学センター 4) 三重大学  
5) 順天堂大学 6) 東海大学 7) 国立スポーツ科学センター

### ○科学委員会から

本論文は、2007年の世界陸上競技選手権大阪大会における男子200mのレースを分析したものであり、最後に資料として詳細なレースパターンに関するデータが掲載されている。本来であれば、本論文は日本陸上競技連盟発行の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、2010年3月発行）に掲載されるべきものであったが、編集者である科学委員会委員長（阿江通良）の勝手により、研究報告書に掲載できなかった。しかし、著者の寛大な理解により、遅ればせながら、2009年度科学委員会報告書において貴重な研究成果を公表できるようになった。ここに記して、著者へお詫びし、感謝申し上げる次第である。

### I. はじめに

大阪世界陸上における男子200mは、アメリカ合衆国（以下アメリカ）とジャマイカがそれぞれ3名ずつ決勝に進出し、スプリント2強国を中心とする戦いであったが、アメリカのTyson Gay選手がジャマイカのUsain Bolt選手との接戦を19秒76の大会新記録で制し、100mと合わせて2冠を達成した。

これまで200mの分析は、カーブ部分を含むことによる分析の困難さから、細かい区間に区切った分析は行われなかった。しかし200mは、平均速度では100mとほぼ変わらないスピードレースであり、より細かい走速度の変化やピッチおよびストライドの変化、およびそれらのカーブ、直線におけるデータは、非常に興味深い資料になると考えられる。

そこで本研究では、2007年8月28日から30日にかけて行われた、大阪世界陸上における男子200mの2次予選以降のレースを対象に、20mごとの

通過タイム、ピッチ、ストライドを分析し、一流スプリンターがどのように200mを疾走していたのかを明らかにすることを目的とした。

### II. 方法

#### II.1. 映像撮影方法

映像は、スタンドから7台の民生用デジタルビデオカメラ（60fps）を用いて撮影した。競技中の撮影に先立ち、トラック上にホワイトテープをスタートからゴールまでの20mごとに設置し、各カメラからキャリブレーション映像を撮影した。競技中はいずれのカメラも電子シャッターをオフにした状態でスターターピストルの閃光を映しこみ、すぐにシャッターを100～1000分の1に設定した後、選手の全員が写りこむようにゴールまで撮影した。

#### II.2. 分析方法

映像はPCファイルに変換しPCに取り込み保存した。20mごとの通過タイムは、20mごとの各地点をもっとも分析しやすい映像を用い、分析を行った。あらかじめ撮影しておいたキャリブレーション映像から、デジタルソフト（Framedias, DKH）を用い、各レーンにおける20mごとの地点と、競技中のカメラでも視認可能な動かない2点（図1中点AおよびB、グラウンド上に記された目印やラインの交点、縁石の切れ目、看板や柱などの角）をリファレンスポイントとしてデジタル化した。次に競技中の映像で点A、Bをデジタル化し、コンピュータ上でA-Bに対する各レーンの20mごとの地点の画面上の座標を計算により求め、デジタルソフトで再表示させて分析を行った（図2）。

分析は男子2次予選、準決勝、決勝のすべての選

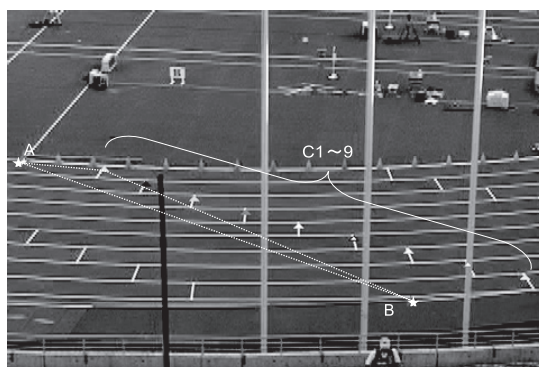


図1 キャリブレーション映像の例 (60m 地点). リファレンスポイント (A および B) と各レーンにおける 20m ごとの地点 (C1 ~ 9) をデジタル化した.

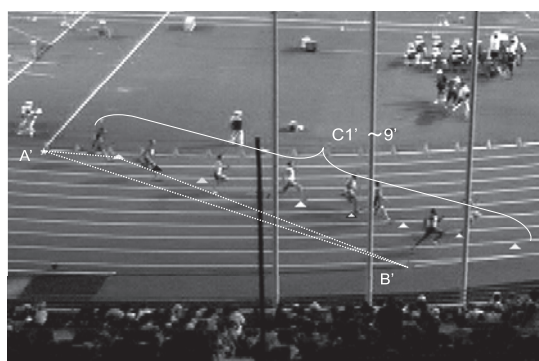


図2 実際の分析に用いた映像 (60m 地点). はじめに A', B' のリファレンスポイントのみを撮影し, A' B' に対する各レーンの 20m ごとの地点の画面上での座標を計算でもとめ, 再表示させた.

手について行い, 以下のパラメータを算出して分析を行った.

① 20m ごとの通過タイム, 区間タイムおよび区間速度

20m ごとの各地点の通過タイムは, ピストルの閃光から, 各地点に再表示させたポイントを選手のトルソー (胴体部分) が通過するまでの時間を, ビデオのフレーム数から求め, 割り切れない部分は 100 分の 1 秒の位で四捨五入した. 区間タイムは各地点の通過タイムから, その差分により求め, さらに区間タイムから区間速度を求めた. 0m ~ 20m の区間タイムについては, 公式発表されているリアクションタイム分を差し引いて求めた. また, 200m 地点の通過タイムは, 正式フィニッシュタイムを用いた.

② 区間平均ピッチ (Step Frequency; SF)

ピッチはそれぞれの 20m ごとの区間についての 8 歩 (0 ~ 20m 区間のみ 10 歩) にかかった時間をビデオのコマ数から区間タイムと同様に 100 分の 1 秒単位で求め, 1 秒あたりの歩数 (ピッチ) を求めた. ストライドの大きい選手で, 区間内に 8 歩が完了しない場合は, 区間前と後の 1 歩で, より対象区間に

大きく関わる 1 歩を加えて 8 歩の時間を求めた. また, 区間ピッチの最大値を最大ピッチ (SFmax) とした.

③ 区間平均ストライド (Stride Length; SL)

ストライドは①で求めた区間速度を②で求めたピッチで除すことにより, 区間内の平均ストライドを求めた. また, 最大ストライドは, 180 ~ 200m で流すことによるストライドの増加 (いわゆる間延び) が見受けられたため, 180m までの区間における最大値を最大ストライド (SLmax) とした.

④ 最大走速度時ピッチ・ストライド

①によって求めた 20m ごとの区間平均速度のうち, もっとも大きかった区間を最大走速度とし, その区間において②, ③によって求めたピッチとストライドをそれぞれ最大走速度時ピッチ (SF@max), 最大走速度時ストライド (SL@max) とした.

⑤ 速度低下率の算出

最大走速度が出現してからフィニッシュまでの速度の低下率 (Speed Deceleration ratio; %Dec) は, 走速度の最大値に対する最小値の減少率 (阿江ら,

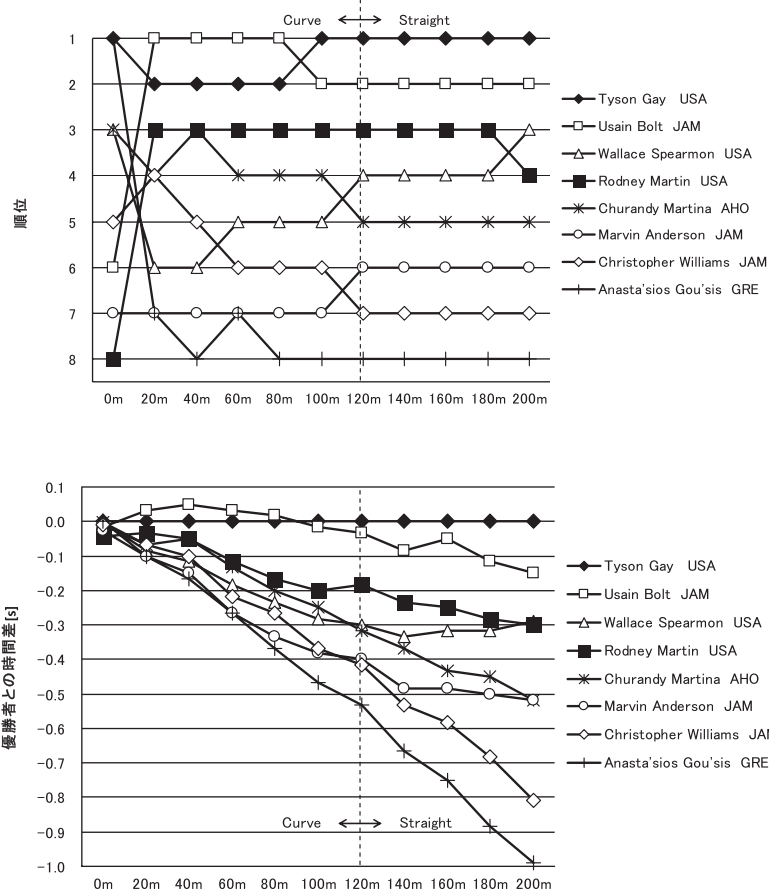


図3 男子200m決勝における順位変動（上部パネル）と優勝者（Gay）との時間差（下部パネル）

1994 資料には% Dec (※ 2) として記している) で表記されることが多いが、200m 競走においては、フィニッシュ付近で流すなどして速度を急激に緩める選手が多く、正確な低下率を反映していない恐れがある。本研究においては、最大走速度が得られた区間以後の区間すべてにおいて、仮に最大走速度が維持されたときのフィニッシュタイムを推計し、それに対する実際のフィニッシュタイムの増加率（それぞれのフィニッシュタイムから200mの平均速度を求め、その差分から速度の低下率を求めた）を速度低下率 (%Dec) とした（資料には% Dec (※ 1) としている）。

#### ⑥ その他のパラメータ

各選手の身長は、国際陸連ホームページ、各国陸連および所属チームホームページから得た数値を用いた。また身長比ストライドは、各選手のストライドを身長で除すことによって標準化したものである。

#### II.3. 統計処理

2群間の差の検定にはT検定（ラウンド間の同一

被検者群を比較する際は対応あり、その他は対応なしを選択)を用いた。また、2群間の相関の検証はピアソンの相関係数を用いた。いずれも危険率5%未満を有意とし、有意水準を5%、1%、0.1%の3段階で示した。

### III. 結果と考察

本研究における対象選手は2次予選以降進出者32名 (BH:  $1.81 \pm 0.06$ m), 2次予選 (QF) 32名, 準決勝 (SF) 16名, 決勝 (FINAL) 8名で、延べ56名であった。各ラウンドにおける平均フィニッシュタイムは、QFが  $20.64 \pm 0.35$  秒, SFが  $20.33 \pm 0.23$  秒, FINALが  $20.21 \pm 0.33$  秒であった。

本研究で測定、算出されたデータはすべて資料にまとめた。以下はそのデータから注目対象によって抜き出して分析したものである。

#### III.1. 決勝レースの分析

##### i) 決勝のレース展開

図3は決勝における8名の選手の20mごとの通過順位を示し、図4は優勝したGay (USA) に対する

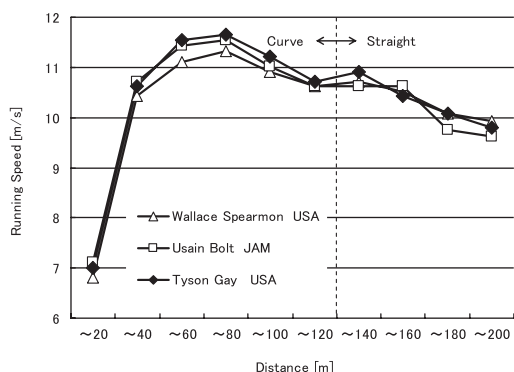


図4 男子200m決勝における上位3名のスピード曲線

時間差を示す。決勝レースはリアクション（図中0m地点）ではGayとGouisis（GRE）が0.143秒で最も早く反応した。その後20m地点ではBoltがリードし、40m地点で最大0.05秒先行した。その後はGayがBolt（JAM）の走速度を上回り、徐々に差を縮め、100m地点で逆転すると、徐々に差を広げて1位でフィニッシュした。3位以降は、Martin（USA）がスタート後から3番手を維持していたが、最大で0.117秒の差があったSpearmon（USA）に、180～200m区間で逆転され、4位となった。Spearmonは20m地点では6番目に位置していたが、徐々に順位を上げ3位に入った。140mからフィニッシュまでの間の走速度は、優勝したGayと同等もしくは上回っていた（図4）。5位以降はカーブ区間では順位を変動させながら、先頭からは離され、直線に入ると、順位の変動はなく、そのままフィニッシュした。

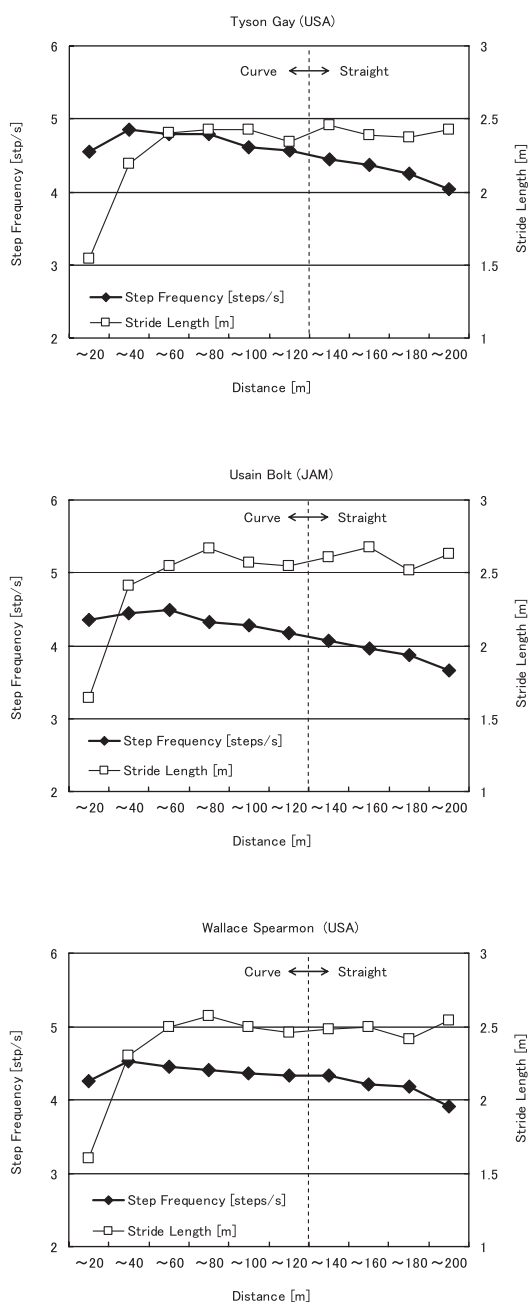


図5 男子200m決勝における上位3名のピッチ・ストライド変動

## ii) メダリストの走速度およびピッチ・ストライドの変化

図4は決勝レースにおける上位3名の走速度変化を表している。カーブ区間では、スタート後に速度が急激に高まり、60～80mでいずれも最大走速度（Gay:11.65m/s Bolt:11.54m/s Spearmon:11.32m/s）を示した。80m地点までBoltがGayを先行していたが、速度は40～60m区間ではすでにGayがBoltを上回っていた。Spearmonは最大走速度が11.32m/sで、下位入賞者とほとんど変わらない値であるが、決勝進出者の中で速度低下率が4.40%と最も低く、速度を継続することにより上位に入ったといえる。

図5は、Gay、Bolt、Spearmonの決勝レースでのピッチ、ストライドの変化を示す。Gayは20～40m区間で最大ピッチ4.85 stp/sを記録し、ストライドを徐々に増加させることにより速度を増加させている。ピッチはスピードの低下とともに徐々に減少していくが、ストライドは40m以降2.4m前後をフィニッシュまで維持している。カーブ区間から直線区間に入るところで一度低下したストライドが再度大きくなり、それにより速度が増加している。カーブの出口で走り切り替えている可能性が考えられる。Boltはスタート後20～40m区間ですでにストライドは2.41mに達し、40m以降は2.5mを上回るストライドをフィニッシュまで維持している。カーブから直線区間に入るところでストライドの増加がみられ、Gayと同様にこの地点で走り切り替えている可能性がある。Spearmonは40～60m区間でストライドが2.5mに達し、おおよそ2.5mのストライドをフィニッシュまで維持している。ピッチ

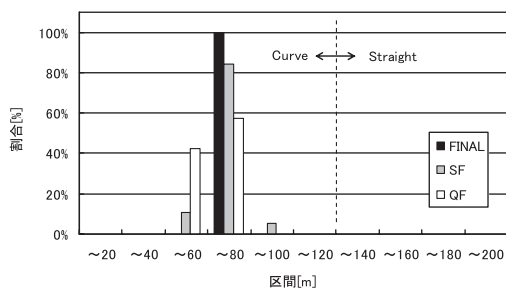


図6 各ラウンドにおける最大走速度出現区間の度数分布（パーセンテージ）

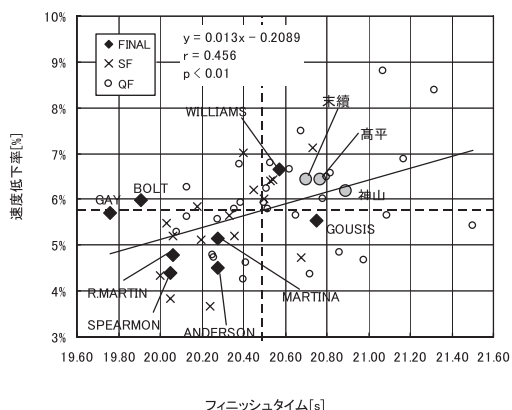
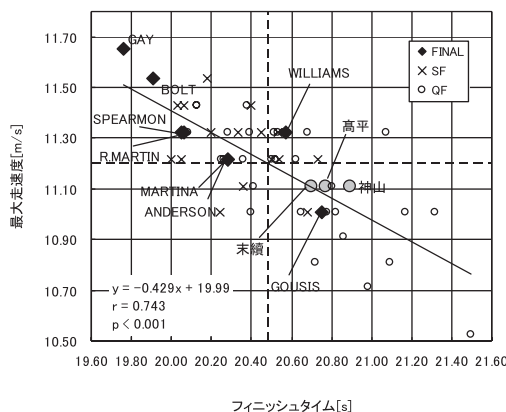


図7 フィニッシュタイムと最大走速度（上部パネル）および速度低下率（下部パネル）の関係

は20～40m区間で最大値（4.53stp/s）を記録し、その後徐々に減少するが、上位2名と比較すると、その低下率は小さい（160～180m区間でのSFmaxに対する相対値；Spearmon:92.2%, Gay:87.6%, Bolt:86.3%）。Spearmonはピッチの低下率を抑えることで他選手に比較して走速度を維持していたと考えられる。

### III.2. パフォーマンスと走速度、ピッチ・ストライドの分析

#### i) 最大走速度および速度低下率とフィニッシュタイムとの関係

最大走速度は全ラウンドを通じての平均が  $11.20 \pm 0.21\text{m/s}$ 、QFが  $11.13 \pm 0.22\text{m/s}$ 、SFが  $11.27 \pm 0.15\text{m/s}$ 、FINALが  $11.32 \pm 0.20\text{m/s}$ であった。図6はQF, SF, FINALそれぞれにおける最大走速度が観測された区間の度数をカウントし、ラウンドごとの全度数に占める割合を示している。40mから100m間のカーブ区間に、すべての選手が最大走速度に到達している。その中でも60～80m区間で最大走速度に到達する選手が最も多く、決勝は8人全員が60～80m区間で最大走速度を記録していた。

図7上段は、フィニッシュタイムに対する最大走速度の関係を表している。FINALおよびQFにおける日本人選手のプロットは図中に選手名を記した。図中の十字の破線は、最大走速度およびフィニッシュタイムの平均値（ $11.20\text{m/s}$ ,  $20.49\text{s}$ ）を表している。フィニッシュタイムと最大走速度の間には、統計的に有意な相関関係が認められ（ $r=0.743$ ,  $p<0.001$ ,  $n=56$ ）、最大走速度がフィニッシュタイムに大きく影響していると考えられる。200mにおいても100mと同様に（阿江ら, 1994 松尾, 2007 松尾ら, 2007）最大速度がパフォーマンスの決定的要素であるということが示唆された。

本研究における速度低下率は、全ラウンド通じて平均が  $5.75 \pm 1.03\%$ 、QFが  $5.98 \pm 1.06\%$ 、SFが  $5.52 \pm 1.04\%$ 、FINALが  $5.34 \pm 0.78\%$ であった。図7下段は、フィニッシュタイムに対する、速度低下率を示している。図中の十字の破線は、速度低下率およびフィニッシュタイムの平均値（ $5.75\%$ ,  $20.49\text{s}$ ）を表している。フィニッシュタイムに対する速度低下率には、有意な相関関係が認められ（ $r=0.456$ ,  $p<0.01$ ,  $n=56$ ）、フィニッシュタイムの良い選手ほど低下率は低かった。この結果により、速度低下率を抑えることが200mのパフォーマンスを向上させることが示唆された。

#### ii) 最大走速度とピッチ・ストライド

図8は、最大走速度に対するストライド（上部パネル）、標準化ストライド（下部パネル）を示している。最大走速度に対するストライドおよび標準化ストライドには、いずれにも5%水準で有意な相関関係が認められた。また、図9は最大走速度に対するピッチの関係を示している。最大走速度とピッチの間には有意な相関関係は認められなかった。

男子の100m走において最大走速度は、ピッチではなく、ストライドに依存することが数多く報告されている。本研究では最大走速度はすべてカーブ部分での区間で見られている。カーブ部分での走速度も、100mと同様にストライドに依存するというこ

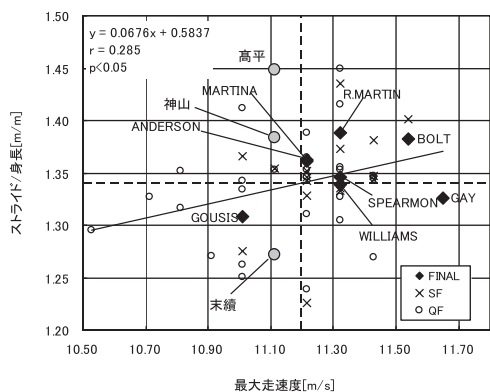
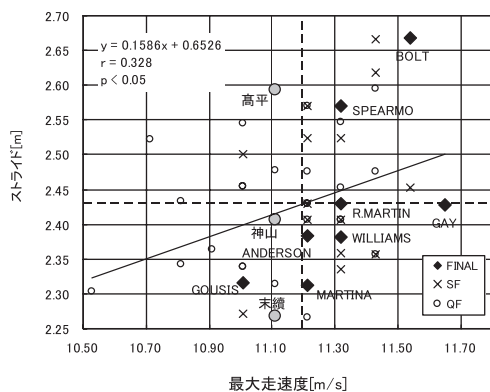


図8 最大走速度とストライド，標準化ストライドの関係

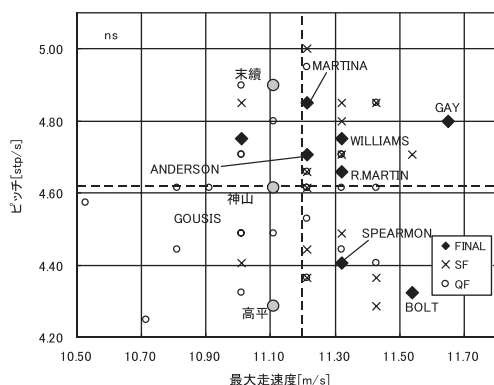


図9 最大走速度とピッチの関係

とがいえ。

### iii) ピッチ・ストライドからみた選手のカテゴリ

図10上段は延べ56人全員における，最大走速度が観測された区間でのピッチ・ストライドを表している。決勝進出者と日本人選手のプロットには名前を記した。また，図中の斜めの細い点線は，10.5m/s から 12.0m/s までの 0.5m/s ごとの走速度の目盛線を表している。さらに，図中の十字および太い斜めの破線は，ピッチ，ストライド，走速度の平均値 (4.62stp/s, 2.43m, 11.20m/s) を表している。全平均値から分類すると，今回の選手の中では Bolt と Spearmon, 高平はストライド型，Martina,

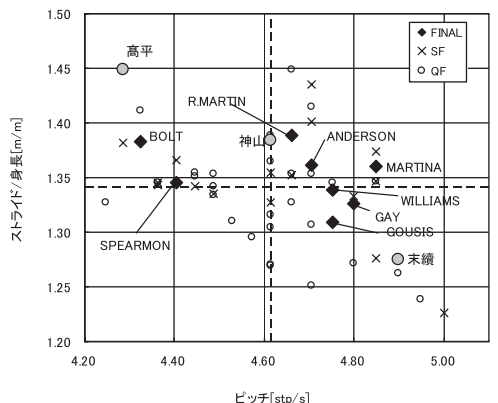
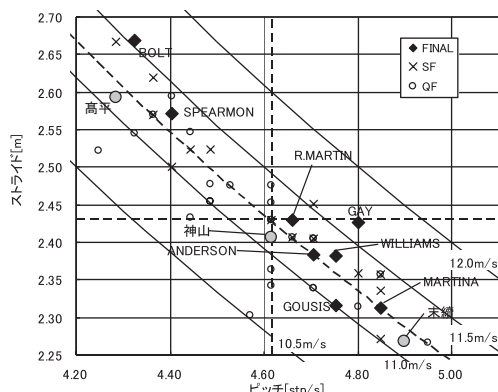


図10 最大速度出現区間におけるピッチ・ストライド (上部パネル) とピッチ・標準化ストライド (下部パネル)。図中の破線はピッチ，ストライド，最大走速度 (上部パネル) およびピッチ，標準化ストライド (下部パネル) の全被験者の平均値を表す

Gousis, 末續はピッチ型，Martina, 神山は平均型に分類することができるであろう。Gay はピッチ型ではあるが，同時に平均的なストライドも持ち合わせているために高い速度が実現できていると思われる。Bolt はピッチは著しく低いが，2m70 近いストライドで高い速度を達成していると考えられる。図10下段はストライドを身長で標準化したものである。身長の大い Bolt のストライドは，身長で標準化すると平均に近づき，Spearmon も平均的なストライドになる。一方で，高平は，身長に非常に大きいストライドで走っていることがわかる。Martina は，標準化前のストライドではピッチ型に分類され，神山も標準型の中でもストライドは平均を下回っていたが，身長で標準化することにより，平均より大きいストライドで走っていたことがわかる。末續は標準化後もピッチ型に分類できるであろう。

### III.3. 各ラウンドの通過条件の分析

表1は各ラウンドにおける通過者(Qualifier: Q), 非通過者 (Disqualifier: DQ), 決勝はメダリスト



表1 各ラウンドにおける全被験者の平均値±SD と、メダリストもしくは通過者 (M or Q) と下位入賞者もしくは非通過選手 (LP or DQ) の平均値±SD および統計的有意水準

Round	Name	n	Record	Max Speed	SF@max	SL@max	SF max	SL max	%Decel
FINAL	All	8	20.21	11.32	4.66	2.44	4.72	2.44	5.34%
	SD		±0.33	±0.20	±0.19	±0.12	±0.14	±0.12	±0.78%
	M	3	19.91	11.50	4.51	2.56	4.62	2.57	5.37%
	SD		±0.15	±0.17	±0.25	±0.12	±0.20	±0.11	±0.85%
	LP	5	20.39	11.22	4.74	2.36	4.77	2.37	5.33%
	SD		±0.27	±0.13	±0.07	±0.05	±0.16	±0.04	±0.84%
M vs LP			*	*	ns	*	ns	ns	
Semi FINAL	All	16	20.33	11.27	4.62	2.44	4.67	2.45	5.52%
	SD		±0.23	±0.15	±0.21	±0.12	±0.20	±0.11	±1.04%
	Q	8	20.14	11.31	4.66	2.43	4.70	2.45	4.89%
	SD		±0.12	±0.16	±0.23	±0.13	±0.07	±0.12	±0.84%
	DQ	8	20.52	11.23	4.58	2.45	4.63	2.45	6.15%
	SD		±0.13	±0.13	±0.21	±0.11	±0.34	±0.11	±0.83%
Q vs DQ			***	ns	ns	ns	ns	**	
Quarter FINAL	All	32	20.64	11.13	4.60	2.42	4.72	2.44	5.98%
	SD		±0.35	±0.22	±0.18	±0.09	±0.15	±0.09	±1.06%
	Q	16	20.36	11.27	4.64	2.43	4.72	2.46	5.69%
	SD		±0.16	±0.12	±0.17	±0.10	±0.16	±0.10	±0.78%
	DQ	16	20.93	10.99	4.57	2.41	4.71	2.43	6.26%
	SD		±0.25	±0.21	±0.18	±0.09	±0.15	±0.09	±1.23%
Q vs DQ			***	***	ns	ns	ns	ns	

(Medalist: M), 下位入賞者 (Lower Placed: LP) に分け、各ラウンドの全選手の平均値, SDに加え、それぞれのラウンドにおける2群の平均値, SD, 群間の統計的有意差を示したものである。また、図11は、QF, SF, FINALにおける、速度変化の平均±SDを図示したものである。

### i) 2次予選

2次予選においてQ群, DQ群は、フィニッシュタイムの平均がそれぞれ20.36±0.16秒, 20.93±0.25秒で、0.1%水準で有意な差が認められた。また、最大走速度はQ群が11.27±0.12m/s, DQ群が10.99±0.21m/sで、これも有意な差が認められた。一方でピッチ, ストライド, 速度低下率には有意差は認められなかった。図11上段は2群のスピード曲線であるが、20～40m区間での速度に、すでに有意差がみられ、フィニッシュまですべての区間において有意差が認められた。速度低下率には差はみられないので、走速度はQ群と同じように低下しているが、最大走速度がQ群が大きかったために、フィニッシュタイムに差が出たと考えられる。

### ii) 準決勝

準決勝においては、Q群, DQ群は、フィニッシュタイムの平均がそれぞれ20.14±0.12秒, 20.52±0.13秒で、0.1%水準で有意な差が認められた。2次予選とは異なり、最大走速度には有意差はみられず (Q群: 11.31±0.16m/s, DQ群: 11.23±0.13m/s), 速度低下率に1%水準で有意差が認めら

れた (Q群: 4.89±0.84%, DQ群: 6.15±0.83%)。図11中段に示すように、スピード曲線でも、最大走速度が観測された60～80m区間までは有意差はみられないが、次の80～100m区間から2群間に有意差がみられ、直線区間ではさらに差が広がった。準決勝へ進んだ選手が2次予選で記録した最大走速度(11.27±0.12m/s)も、準決勝で向上していなかった(11.27±0.15m/s)。したがって、今大会の準決勝では、2次予選と同じレベルまで最大走速度を高め、そこから速度を持続できた選手が、次の決勝に進出できたと思われる。

### iii) 決勝

決勝ではM群, LP群がそれぞれ19.91±0.15秒, 20.39±0.27秒のフィニッシュタイムを記録し、これらは5%水準で有意差が認められた。最大走速度はM群が11.50±0.17m/s, LP群が11.22±0.13m/sで、これも5%水準で有意にM群が大きかった。また、最大走速度時のストライドも有意にM群が大きかった(M: 2.44±0.12m, LP: 2.36±0.05m)。速度低下率, およびピッチには有意差はみられなかった。統計的な差はみられなかったが、M群は準決勝に比べ、決勝で最大走速度が高まった。LP群はほとんどの選手が決勝で準決勝よりも最大走速度が低下している。一方で、速度低下率はM群は決勝で増加し、LP群はほとんどの選手が減少した。図11下段のスピード曲線を見ると、速度が一番大きくなる40～80m区間でM群が有意に大きい速度であったことがわかる。M群は準決勝でのトップス

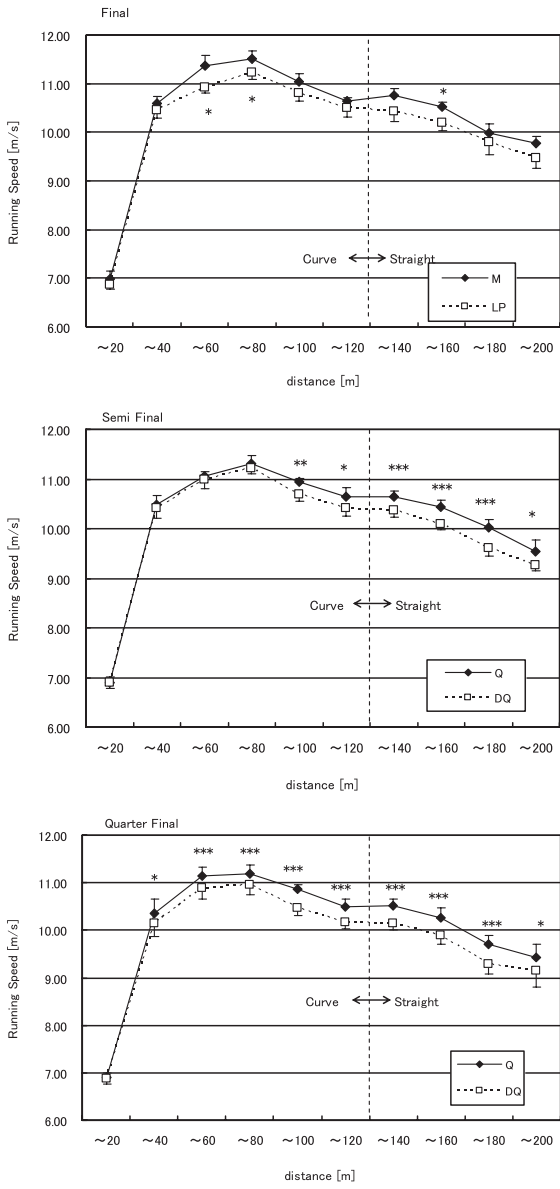


図 11 各ラウンドにおける、メダリストもしくは通過者 (M or Q) と下位入賞者もしくは非通過者 (LP or DQ) の平均値

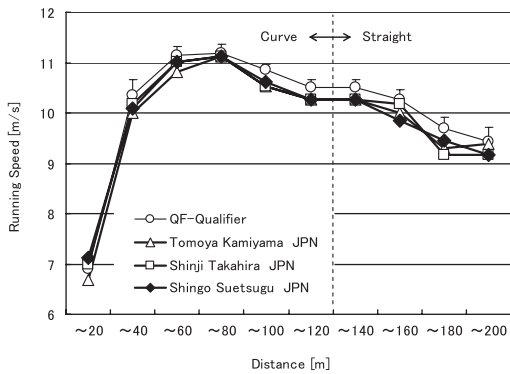


図 12 日本代表 3 選手の二次予選におけるスピード曲線および準決勝進出者の平均スピード曲線

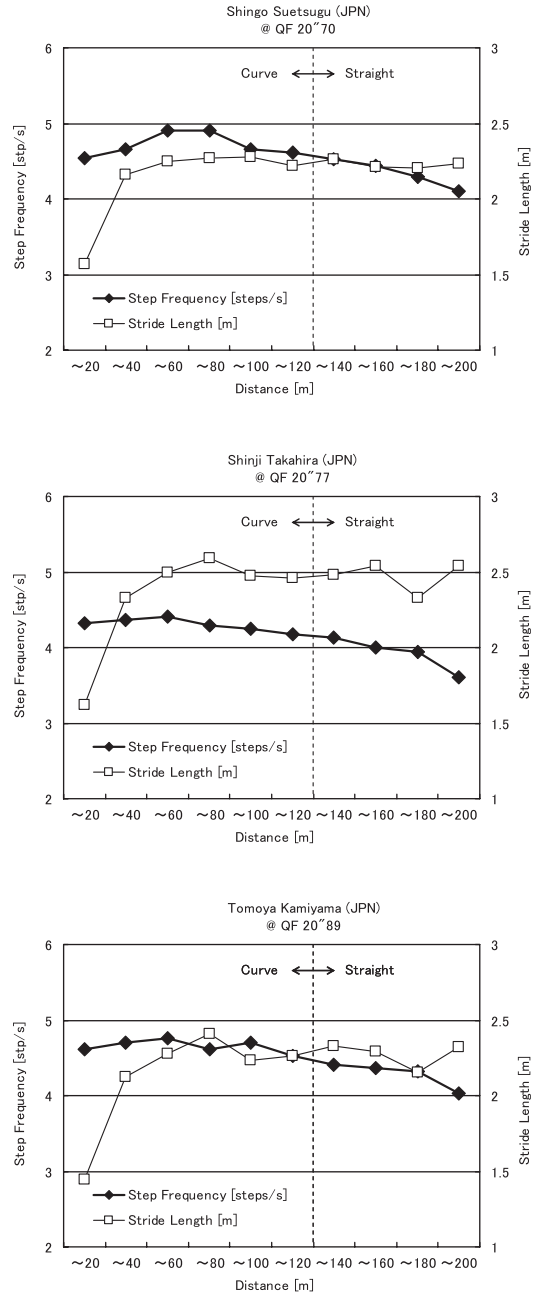


図 13 日本代表 3 選手 (上部パネル: 末續選手, 中央パネル: 高平選手、下部パネル: 神山選手) の二次予選におけるピッチ, ストライド変化

ピードにもまだ余裕があり、決勝では、さらにストライドを大きくすることによって最大走速度を高めることができた選手であったと考えられる。

#### Ⅲ. 4. 日本人選手の速度、ピッチ、ストライド変化

図 12 に QF における日本人 3 選手（末續，高平，神山）と QF 通過者の平均のスピード曲線，図 13 に、それぞれ 3 選手のピッチ，ストライド変化を図示した。

3 選手ともに、最大走速度は 11.11m/s で、二次予選通過者の平均値（11.13 ± 0.22m/s）とほぼ同等の値を示していた。しかし、速度の低下率は末續 6.44%，高平 6.44%，神山 6.18% と二次予選通過者の平均値（5.69 ± 0.78%）より大きく、十分な最大走速度に達しながらも、速度が持続できなかったことにより 2 次予選を通過できなかったと考えられる。また、図 12 をみると、20～60m 区間においても、通過者の平均値よりやや低く、スピードの立ち上がり方もやや鈍かったと思われる。

図 13 は 3 選手のピッチとストライドの変化をそれぞれ図示したものである。末續選手はピッチ型に分類されるが、カーブ局面ではピッチを高めることにより速度を増加させていたことがうかがわれる。後半は、他の多くの選手と同様に、ストライドは維持しながらも、ピッチの減少により、徐々に減速している。高平選手は大きなストライドが特長の選手で、最大走速度到達後はフィニッシュまで 2.5m 前後にも達していた。また身長を考慮すると、出場選手の中でも特に大きなストライドで走っていると分類することができる。カーブの出口では一度落ちかけたストライドを再度伸ばしているが、それによるスピードの増加はおこっていない。神山選手はピッチ、ストライド両方が平均的な値の平均型の選手であった。カーブの出口付近でストライドを延長させているが、末續選手と同様に速度の増加は見られなかった。速度低下率は 6.18% と、日本人 3 選手の中では最も小さかった。

#### Ⅳ. まとめ

大阪世界陸上の男子 200m 2 次予選以降について、20m ごとの走速度およびピッチ、ストライドを分析した結果、以下のようなことがまとめられた。

- ① 決勝では最も高い最大走速度を記録した Gay が先行する Bolt をカーブで逆転して優勝した。
- ② 200m の最大走速度は、40～100m のカーブ区間でみられ、特に 60～80m 区間で最も多く出現

した。

- ③ 200m のフィニッシュタイムは最大走速度に比例し、速度低下率に反比例した。
- ④ カーブ区間でみられた最大走速度は、ストライドに依存し、ピッチとの有意な相関はみられなかった。
- ⑤ 2 次予選は最大走速度の高い選手が、準決勝では速度低下率の低い選手が、それぞれラウンドを通過し、次のラウンドへ進出した。
- ⑥ 決勝は、最大走速度を準決勝よりもさらに高めることのできた選手がメダルを獲得した。
- ⑦ 日本人選手はカーブ区間での速度の立ち上がり低いことと、後半部分での低下率が大きかったことにより、準決勝への進出を逃した。

#### Ⅴ. 参考文献

- 阿江通良・鈴木美佐緒（1992）世界一流スプリンターのレースパターン. Japanese J. Sport Sci, 11(10) : 609-614.
- 阿江通良・鈴木美佐緒・宮西智久・平野敬靖（1994）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.
- 有川秀之・高野進・麻場一徳・荻部俊二（2006）世界選手権第 8 回から第 10 回大会における男子ショートスプリント種目の分析的研究. 陸上競技研究紀要, 2 : 5-12.
- 伊藤章・貴嶋孝太（2007）2007 年世界陸上大阪大会の 100m および 200m レースのみどころ. 陸上競技学会誌, 6Suppl. : 2-5.
- 松尾彰文（2007）陸上競技のサイエンス スプリントのスピードとテクニック～離地時点の膝の動きに着目～. 月刊陸上競技, 7 : 228-230.
- 松尾彰文・広川龍太郎・杉田正明・阿江通良（2007）レーザー方式による 100m およびハードルのスピード分析. 陸上競技研究紀要, 3 : 59-64.
- 沼澤秀雄・杉浦雄策（1994）200m, 400m レースの時間分析. 世界一流競技者の技術, ベースボールマガジン社：東京, 50-56.
- 斉藤満・橋本勲（1982）トップスプリンターの走速度と歩幅と歩数頻度～日本と世界との一流選手の比較～. Japanese J. Sport Sci, 11-3 : 237-241.
- 土江寛裕・中川博文・矢澤誠・佐々木秀幸（2002）200m 競走における 10m ごとの疾走速度とピッチ、ストライド変化. 陸上競技紀要, 15 : 30-38.









## 110m ハードル, 100m ハードルのレースパターン・標準モデルの作成の試み - 第一報・2009年度グランプリでの110m ハードルタッチダウンタイム -

広川龍太郎<sup>1)</sup> 杉田正明<sup>2)</sup> 森丘保典<sup>3)</sup> 持田尚<sup>4)</sup> 松尾彰文<sup>5)</sup> 柳谷登志雄<sup>6)</sup>

1) 東海大学 2) 三重大学 3) 日本体育協会 4) 横浜市スポーツ医科学センター  
5) 国立スポーツ科学センター 6) 順天堂大学

### はじめに

現在, 110m ハードル・100m ハードルにおけるレースパターンを分析し, 標準モデルを作成するプロジェクトを進めている。標準モデルを作成する事により, 標準と個人の結果とを比較する事が出来, レースの評価やトレーニングの指標作成の一助となると考えている。

先行研究におけるレースパターン分析は, ハードル間のインターバルタイム分析が殆どであるが, 今回の分析ではハードル間だけにとどまらず, 走行中の一歩毎の分析を試みている。これは, 手軽かつ安価で毎秒 200 フレーム以上で撮影可能なハイスピードカメラが普及したため, 足の接地タイミングを詳細に分析できるようになり, 実現した。

被験者群を 13 秒台前半/後半, 14 秒台前半/後半, 15 秒台前半/後半の計 6 グループに分けて, モデルの作成を進めている。モデル化にあたっては各群共に 30 例以上のデータが必要のため, 今後ともデータの収集を継続する必要がある。今回は 2009 年度のグランプリシリーズなどで収集できた 110m ハードルのデータのタッチダウンタイムを報告する。

### 方法

2 台もしくは 3 台のデジタルハイスピードカメラ(カシオ製 EX-F1 もしくは EX-FH20) を用いた。2 台の時は 50m 付近とゴール付近からパンニング撮影を行った。3 台の時は追加して正面から撮影を行った。Apple 製 QuickTimePro7® を用いて再生し, 同ソフトの持つコマ表示機能を用いた。接地時間などの算出は表計算ソフトを用いた。

分析対象レースは織田記念, 大阪グランプリ, 南

部記念, 日本選手権, スーパー陸上の決勝レースとした。

### 結果

表 1 はタッチダウンタイムの結果である。平均タイムは 13 秒 76 ± 0.18 であった。例数が少ないので考察まで述べないが, 最新のデータとしてご活用頂ければ幸いである。今後データが纏まり次第, 考察も含めて逐次報告の予定である。

### 参考文献

- 松尾彰文・広川龍太郎・柳谷登志雄・杉田正明 (2009) 2008 年男女 100m, 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.
- 宮下憲 (1993) 110m ハードルにおけるモデルタッチダウンタイムに関する研究。陸上競技研究, 14: 10-20.
- 谷川聡 (2007) 世界トップレベルの男子 110m および女子 100m ハードル競走の競技特性。陸上競技学会誌, 6: 46-54.



2010科学委員会WG資料

表1 タッチダウンタイム	1H	2H	3H	4H	5H	6H	7H	8H	9H	10H	Goal time	(s)																										
緑田記念	2.66	2.83	3.06	3.27	3.74	3.90	4.13	4.34	4.82	4.97	5.20	5.41	5.88	6.03	6.26	6.47	6.93	7.08	7.33	7.54	8.00	8.16	8.39	8.61	9.08	9.24	9.48	9.69	10.16	10.32	10.58	10.80	11.27	11.44	11.69	11.92	12.40	13.99
+0.6m	2.65	2.80	3.05	3.23	3.74	3.88	4.10	4.29	4.81	4.95	5.16	5.35	5.84	5.99	6.19	6.38	6.92	7.07	7.26	7.48	7.98	8.10	8.34	8.56	9.07	9.20	9.45	9.65	10.16	10.30	10.55	10.75	11.28	11.41	11.65	11.86	12.37	13.80
data no.3	2.63	2.77	3.02	3.21	3.72	3.86	4.09	4.28	4.75	4.91	5.14	5.33	5.83	5.97	6.19	6.39	6.91	7.05	7.27	7.46	7.96	8.10	8.35	8.54	9.05	9.19	9.44	9.64	10.14	10.29	10.53	10.75	11.25	11.41	11.66	11.86	12.37	13.79
data no.4	2.63	2.80	3.03	3.26	3.71	3.88	4.12	4.33	4.78	4.94	5.17	5.39	5.83	5.98	6.19	6.43	6.88	7.03	7.25	7.51	7.94	8.09	8.33	8.55	9.09	9.18	9.41	9.62	10.08	10.25	10.49	10.70	11.17	11.35	11.60	11.83	12.29	13.77
data no.5	2.64	2.79	3.03	3.22	3.71	3.86	4.09	4.28	4.77	4.90	5.13	5.33	5.84	5.96	6.20	6.40	6.87	7.04	7.26	7.48	7.96	8.13	8.36	8.57	9.08	9.21	9.45	9.63	10.13	10.29	10.54	10.73	11.23	11.38	11.61	11.83	12.33	13.77
data no.6	2.62	2.79	3.02	3.22	3.71	3.86	4.09	4.28	4.75	4.91	5.14	5.33	5.83	5.98	6.20	6.40	6.87	7.05	7.28	7.48	7.95	8.11	8.34	8.54	9.01	9.16	9.42	9.61	10.08	10.25	10.49	10.69	11.18	11.35	11.58	11.81	12.29	13.76
data no.7	2.60	2.75	3.00	3.18	3.68	3.81	4.06	4.24	4.74	4.87	5.12	5.30	5.80	5.92	6.16	6.35	6.85	6.97	7.19	7.41	7.90	8.04	8.27	8.48	8.96	9.10	9.35	9.53	10.04	10.18	10.43	10.63	11.12	11.25	11.49	11.71	12.20	13.65
data no.8	2.60	2.75	2.98	3.19	3.67	3.81	4.04	4.24	4.70	4.84	5.07	5.27	5.73	5.87	6.10	6.29	6.75	6.89	7.12	7.32	7.77	7.94	8.15	8.36	8.81	8.95	9.18	9.39	9.86	10.00	10.22	10.43	10.90	11.05	11.28	11.50	11.96	13.40
data no.9	2.55	2.68	2.94	3.14	3.59	3.74	4.01	4.17	4.60	4.75	5.00	5.20	5.63	5.79	6.03	6.20	6.62	6.80	7.05	7.24	7.65	7.82	8.06	8.28	8.71	8.86	9.11	9.32	9.76	9.92	10.16	10.37	10.84	10.99	11.25	11.46	11.94	13.40
data no.10	2.64	2.81	3.04	3.24	3.70	3.86	4.10	4.29	4.74	4.89	5.11	5.31	5.79	5.92	6.15	6.36	6.83	6.96	7.19	7.37	7.84	7.99	8.22	8.40	8.88	9.03	9.25	9.45	9.95	10.09	10.31	10.51	11.00	11.15	11.39	11.59	12.09	13.48
data no.11	2.63	2.76	3.01	3.22	3.69	3.84	4.07	4.28	4.73	4.86	5.09	5.31	5.77	5.91	6.14	6.33	6.78	6.93	7.16	7.35	7.80	7.96	8.18	8.36	8.81	8.96	9.18	9.39	9.84	10.01	10.24	10.45	10.91	11.07	11.30	11.52	11.99	13.51
data no.12	2.60	2.76	3.01	3.21	3.69	3.83	4.07	4.27	4.73	4.89	5.11	5.30	5.79	5.95	6.17	6.36	6.84	6.99	7.21	7.44	7.89	8.03	8.26	8.46	8.96	9.12	9.34	9.56	10.02	10.16	10.41	10.62	11.10	11.24	11.49	11.71	12.19	13.67
data no.13	2.61	2.77	3.02	3.23	3.69	3.85	4.11	4.30	4.77	4.92	5.16	5.36	5.83	5.98	6.23	6.44	6.90	7.05	7.29	7.50	7.97	8.12	8.36	8.59	9.05	9.21	9.45	9.67	10.15	10.30	10.56	10.76	11.25	11.41	11.67	11.88	12.37	13.94
data no.14	2.44	2.60	2.84	3.04	3.54	3.69	3.93	4.13	4.65	4.79	5.03	5.22	5.74	5.87	6.11	6.31	6.82	6.96	7.19	7.39	7.91	8.05	8.27	8.50	9.01	9.16	9.39	9.59	10.11	10.25	10.50	10.70	11.22	11.36	11.61	11.81	12.33	13.98
data no.15	2.73	2.86	3.09	3.29	3.83	3.96	4.19	4.38	4.91	5.05	5.27	5.47	5.99	6.14	6.36	6.56	7.08	7.22	7.44	7.65	8.16	8.30	8.54	8.73	9.25	9.39	9.64	9.84	10.36	10.52	10.73	10.93	11.45	11.59	11.82	12.02	12.57	13.94
data no.16	2.63	2.79	3.03	3.22	3.70	3.86	4.09	4.28	4.76	4.91	5.14	5.33	5.81	5.96	6.18	6.38	6.85	7.01	7.25	7.44	7.91	8.07	8.29	8.49	8.97	9.13	9.37	9.56	10.04	10.20	10.45	10.64	11.14	11.30	11.54	11.73	12.25	13.72
data no.17	2.67	2.83	3.07	3.28	3.76	3.93	4.15	4.35	4.81	4.98	5.19	5.40	5.87	6.03	6.25	6.45	6.91	7.09	7.31	7.51	8.00	8.16	8.39	8.60	9.08	9.25	9.49	9.68	10.18	10.35	10.58	10.79	11.31	11.46	11.70	11.92	12.42	13.88
data no.18	2.65	2.78	3.02	3.22	3.74	3.87	4.10	4.30	4.82	4.94	5.18	5.37	5.87	6.01	6.24	6.44	6.93	7.07	7.31	7.51	8.00	8.14	8.38	8.58	9.06	9.21	9.44	9.66	10.14	10.28	10.51	10.74	11.25	11.40	11.64	11.87	12.38	13.87
data no.19	2.63	2.77	3.00	3.21	3.69	3.82	4.07	4.26	4.75	4.89	5.11	5.31	5.81	5.95	6.17	6.37	6.87	7.00	7.24	7.44	7.94	8.07	8.32	8.51	9.02	9.15	9.40	9.60	10.10	10.23	10.49	10.68	11.18	11.32	11.58	11.77	12.26	13.72
data no.20	2.63	2.78	3.02	3.23	3.72	3.85	4.10	4.30	4.80	4.94	5.16	5.38	5.86	5.99	6.23	6.44	6.93	7.06	7.30	7.51	7.99	8.13	8.38	8.58	9.09	9.22	9.46	9.68	10.17	10.31	10.55	10.77	11.27	11.41	11.70	11.91	12.43	13.96
data no.21	2.61	2.78	3.01	3.21	3.71	3.87	4.09	4.28	4.76	4.92	5.14	5.34	5.81	5.97	6.20	6.38	6.86	7.02	7.26	7.44	7.92	8.09	8.31	8.52	9.09	9.16	9.40	9.60	10.08	10.25	10.48	10.69	11.17	11.34	11.59	11.80	12.27	13.81
data no.22	2.64	2.80	3.03	3.23	3.75	3.90	4.12	4.32	4.81	4.95	5.17	5.37	5.87	6.02	6.24	6.43	6.92	7.07	7.29	7.49	7.99	8.15	8.38	8.59	9.07	9.22	9.46	9.68	10.17	10.33	10.54	10.77	11.29	11.44	11.66	11.90	12.41	13.89
data no.23	2.65	2.80	3.04	3.23	3.75	3.88	4.11	4.30	4.81	4.96	5.18	5.37	5.90	6.02	6.25	6.43	6.94	7.08	7.28	7.49	8.01	8.14	8.37	8.56	9.08	9.22	9.44	9.65	10.15	10.30	10.54	10.74	11.27	11.40	11.61	11.80	12.32	13.77
data no.24	2.63	2.76	3.00	3.20	3.71	3.84	4.08	4.28	4.78	4.93	5.16	5.35	5.85	5.99	6.21	6.40	6.91	7.06	7.30	7.50	8.01	8.16	8.39	8.59	9.10	9.25	9.48	9.69	10.19	10.34	10.57	10.77	11.27	11.42	11.65	11.87	12.38	13.86
data no.25	2.68	2.82	3.05	3.24	3.77	3.91	4.16	4.33	4.87	5.00	5.24	5.42	5.95	6.09	6.30	6.50	7.03	7.16	7.40	7.58	8.09	8.23	8.45	8.66	9.17	9.31	9.52	9.74	10.25	10.38	10.61	10.81	11.33	11.46	11.71	11.91	12.44	13.86
data no.26	2.66	2.80	3.03	3.24	3.73	3.87	4.09	4.29	4.76	4.92	5.13	5.34	5.81	5.96	6.18	6.38	6.86	7.00	7.21	7.42	7.90	8.06	8.28	8.50	9.09	9.14	9.37	9.58	10.07	10.23	10.46	10.66	11.17	11.33	11.57	11.79	12.28	13.81
data no.27	2.59	2.73	2.95	3.17	3.67	3.81	4.05	4.23	4.72	4.85	5.08	5.27	5.76	5.90	6.13	6.32	6.80	6.93	7.17	7.37	7.87	8.00	8.24	8.43	8.91	9.05	9.30	9.49	9.97	10.11	10.36	10.56	11.05	11.19	11.45	11.64	12.13	13.57
data no.28	2.60	2.76	3.00	3.20	3.66	3.81	4.03	4.24	4.70	4.85	5.08	5.28	5.73	5.87	6.11	6.29	6.74	6.90	7.14	7.33	7.78	7.93	8.17	8.36	8.83	8.97	9.19	9.39	9.85	10.00	10.24	10.44	10.95	11.08	11.29	11.48	11.98	13.37
data no.29	2.60	2.75	2.99	3.20	3.68	3.83	4.05	4.26	4.74	4.89	5.10	5.31	5.80	5.96	6.18	6.38	6.87	7.02	7.24	7.44	7.94	8.09	8.32	8.53	9.02	9.17	9.40	9.60	10.10	10.24	10.50	10.70	11.18	11.34	11.57	11.78	12.28	13.77
data no.30	2.61	2.75	3.00	3.20	3.69	3.83	4.06	4.28	4.75	4.90	5.13	5.33	5.79	5.93	6.17	6.37	6.85	6.99	7.23	7.43	7.91	8.07	8.31	8.52	9.02	9.18	9.43	9.64	10.14	10.28	10.55	10.76	11.26	11.41				

## 2009 年日本一流男子 800m 選手のレースパターン分析

門野洋介<sup>1)</sup> 榎本靖士<sup>2)</sup> 森丘保典<sup>3)</sup>

1) 筑波大学体育センター 2) 京都教育大学 3) 日本体育協会スポーツ科学研究室

### はじめに

2009 年 10 月 18 日, 日本体育大学最終フィールド競技会の男子 800m において, 横田真人選手(当時, 慶應義塾大学, 現在, 富士通) が 1 分 46 秒 16 の日本新記録をマークした. 1994 年に小野友誠選手(法政大学) が 1 分 46 秒 18 の日本記録を樹立して以来 15 年ぶりの快挙である. 本稿では, 2009 年に日本陸上競技連盟科学委員会が活動を行なった競技会における日本一流男子 800m 選手, 特に横田選手のレース分析結果を報告する.

### 方法

分析レースは, ヤマザキ国際グランプリ陸上大阪大会 2009 (以下, 大阪 GP), 2009 ゴールデングেমズ in のべおか (以下, GGN), 第 93 回日本陸上競技選手権大会 (以下, 日本 CH), 日本体育大学最終フィールド競技会 (以下, 日体大) における男子 800m レースであった.

2~4 台のビデオカメラを用い, スタンドからレースを 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, 横田選手の 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 (以下, 走スピード) を算出した.

### 結果および考察

表 1 は, 分析レースにおける横田選手の通過タイム, 区間タイム, 走スピードおよびベルリン世界陸上標準モデルについて, 図 1 は分析レースにおける横田選手の走スピードの変化およびベルリン世界陸上 B 標準モデルレースパターンについて示したもの

である. ここで, モデルとは, 門野 (2007) 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, 目標タイム (B 標準: 1 分 46 秒 60) 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であり, モデルレースパターンとは走スピードの変化のことを示す.

2009 年シーズン当初の目標はベルリン世界陸上の参加 B 標準記録 (1 分 46 秒 60) の突破であったため, B 標準記録のモデルレースパターンとの比較を行なうことにより, 横田選手のレースパターンの評価を行なう. 大阪 GP では 0~600m, GGN では 300~600m において走スピードが B 標準モデルを下回っていた (図 1). また, 日本 CH, すなわちベルリン世界陸上最終選考会では, 0~500m において B 標準モデルを若干上回っていたが, 500m 以降は走スピードが大きく低下していた. そして, ベルリン世界陸上 B 標準記録突破および日本新記録をマークした日体大では, 200~400m においてモデルを若干下回っているが, 400~700m においてはモデルを上回る走スピードを維持していた. このように, 大阪 GP から GGN にかけては主に 0~300m の走スピードが, GGN から日本 CH では主に 300~500m の走スピードが, そして日本 CH から日体大にかけては主に 500~700m の走スピードがモデルレースパターンに近づくようにシフトしていた. すなわち, レースを重ねるごとに, スタートからフィニッシュにかけて順番にモデルレースパターンに近づくようにレースパターンが修正されていたことがわかった.

図 2 は, ベルリン世界陸上 A 標準モデルレースパターンと日本 CH および日体大における横田選手の走スピードの変化を示したものである. ベルリン世界陸上は既に終了しているが, 仮に次の目標をベルリン世界陸上 A 標準に相当する 1 分 45 秒 40 とした

表1 分析レースにおける横田選手の通過タイム，区間タイム，走スピードおよびベルリン世界陸上標準モデル

		120m	200m	300m	400m	500m	600m	700m	800m
大阪GP	通過タイム【秒】	15.63	26.13	39.42	53.27	1:06.93	1:20.91	1:34.68	1:48.00
	区間タイム【秒】	15.63	10.49	13.30	13.85	13.66	13.98	13.76	13.32
		26.13	27.14	27.64	27.09				
スピード【m/秒】	7.68	7.62	7.52	7.22	7.32	7.15	7.27	7.51	
GGN	通過タイム【秒】	15.82	26.20	39.78	53.61	1:07.45	1:21.14	1:34.94	1:48.92
	区間タイム【秒】	15.82	10.38	13.58	13.84	13.84	13.69	13.80	13.98
		26.20	27.41	27.52	27.78				
スピード【m/秒】	7.59	7.71	7.36	7.23	7.23	7.30	7.25	7.15	
日本CH	通過タイム【秒】	15.08	25.19	38.15	51.38	1:04.85	1:19.31	1:33.88	1:48.53
	区間タイム【秒】	15.08	10.11	12.96	13.23	13.46	14.46	14.56	14.65
		25.19	26.19	27.93	29.22				
スピード【m/秒】	7.96	7.91	7.71	7.56	7.43	6.91	6.87	6.82	
日体大	通過タイム【秒】	14.93	25.11	38.56	52.09	1:05.47	1:18.85	1:32.20	1:46.16
	区間タイム【秒】	14.93	10.18	13.46	13.52	13.38	13.38	13.36	13.96
		25.11	26.98	26.76	27.31				
スピード【m/秒】	8.04	7.86	7.43	7.40	7.47	7.47	7.49	7.16	
世界陸上A標準 (1:45.40)モデル	通過タイム【秒】	15.2	25.1	38.1	51.3	1:04.6	1:17.9	1:31.5	1:45.40
	区間タイム【秒】	15.2	10.0	13.0	13.3	13.3	13.3	13.5	13.9
		25.1	26.2	26.6	27.5				
スピード【m/秒】	7.9	8.0	7.7	7.5	7.5	7.5	7.4	7.2	
世界陸上B標準 (1:46.60)モデル	通過タイム【秒】	15.3	25.4	38.5	51.9	1:05.3	1:18.8	1:32.5	1:46.60
	区間タイム【秒】	15.3	10.1	13.1	13.4	13.4	13.5	13.7	14.1
		25.4	26.5	26.9	26.6				
スピード【m/秒】	7.8	7.9	7.6	7.5	7.4	7.4	7.3	7.1	

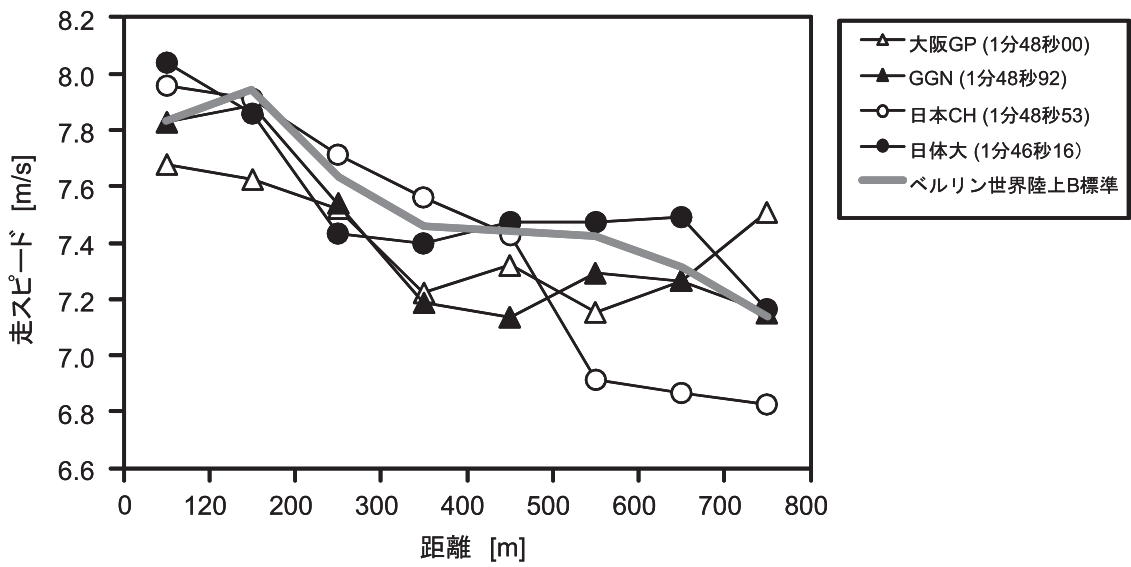


図1 分析レースにおける横田選手の走スピードの変化およびベルリン世界陸上B標準モデルレースパターン

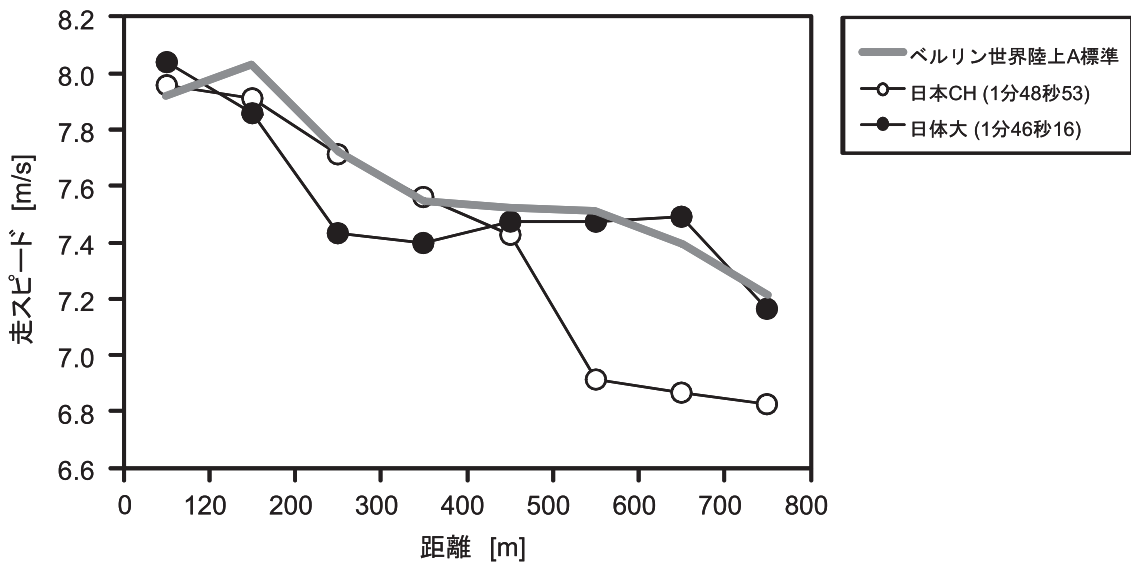


図2 ベルリン世界陸上A標準モデルレースパターンと日本CHおよび日体大における横田選手の走スピードの変化

場合、通過タイム、区間タイムおよび走スピードは表 1 中のようになり、レースパターンは図 2 中のようになる。ここで着目すべきは、仮に 0～400m を日本 CH の走スピードで走り、400～800m を日体大の走スピードで走った場合、A 標準のモデルレースパターンにほぼ一致する点である。すなわち、これまでの横田選手のレースの中から、優れた部分を足し合わせるようにして走ることができれば、1 分 45 秒台の達成が可能となると考えられる。しかし、これはあくまで一つの目安であるので、いかにしてこれに達するかが今後の課題であろう。

## 謝辞

本稿を執筆するにあたり、横田真人選手（富士通）には貴重なデータの公表について快諾していただきました。ここに感謝の意を表します。

## 参考文献

門野洋介（2007）陸上競技のサイエンス 男子 800m 走でよい記録を出すためのモデルレース。月刊陸上競技，10：272-274.

## 2009年第12回世界陸上競技選手権ベルリン大会に出場した 競歩種目日本代表選手のコンディショニングについて

井本岳秋<sup>1)</sup> 法元康二<sup>2)</sup> 鈴木従道<sup>3)</sup> 小坂忠広<sup>4)</sup> 今村文男<sup>5)</sup> 柳澤 哲<sup>6)</sup>

- 1) スポーツ・ウェルネス総合企画研究所    2) 茨城県立医療大学    3) 長谷川体育施設  
4) 石川県立鶴来高等学校    5) 富士通陸上競技部  
6) 東京大学柏II生涯スポーツ健康科学研究センター

### I はじめに

(財)日本陸上競技連盟科学委員会は、2009年8月にドイツ連邦共和国の首都で開催された第12回世界陸上競技選手権ベルリン大会に出場した競歩種目日本代表選手のトレーニングする生活を、2009年6月1日から同年8月31日まで観察したので、コンディショニングの視点から報告する。

### II 方法

対象者：本大会の競歩種目日本代表選手の身体的特徴は表1に示すとおりである。男子5人、女子3人、合計8人である。男子21歳の2人は、いずれも学生である。

調査方法：方法、内容等は、2009年の本報告書<sup>1)</sup>と同様の形式で行った。事前に内定している日本代表選手に対して2009年6月1日から同年8月31日まで、毎日、起床時の心拍数(bpm：拍/分)、口腔温度(°C)、体重(kg)ならびにその日の練習量(km)、滞在先などを記入する調査用紙を配布した。対象者

表1 競歩種目日本代表選手の身体的特徴

性別	選手	年齢 (歳)	身長 (cm)	体重 (kg)	BMI (kg/m <sup>2</sup> )
男子	T.T.	26	167	56	20.1
	Y.Y.	25	178	62	19.6
	K.M.	24	184	65	19.2
	Y.F.	21	165	55	20.2
	Y.S.	21	169	57	20.0
女子	M.K.	29	167	52	18.6
	K.O.	24	160	45	17.6
	M.F.	23	161	45	17.4

8人のうち4人は、2008年北京オリンピック大会前に行った同じ調査方法<sup>1)</sup>を経験しておられ、かつ調査方法、項目等の変更はなかった。データ入力のためにパソコンを用いる人は、統計ソフトExcelの様式に従って、日々のデータを入力してもらった。それらのデータは、後日、電子メールに添付して科学委員会宛に送信してもらった。また、手書きの人は、原本を選手自身で管理し、その写し(コピー)を郵送してもらい、Excelに入力して集計した。

起床時の口腔温度は、少数以下2桁までを表示できる市販の婦人体温計を用いて、ベッドレストの状態で計った。なお、医学・生理学では身体深部の温度(直腸温度等)の測定をもって体温と定義するが、本稿では早朝の口腔温度の情報をもって、便宜上「体温」と呼ぶことにした。また、同時に1分間の心拍数を触診によって数えてもらった。体重は、100gもしくは10g単位の精度で測定できる同一の体重計を用い、各自で測定した。

練習量は、①早朝(起床直後から朝食前までの間)、②午前中(朝食が済んでから昼食までの間)、③午後(昼食が済んでから夕食までの間)に分けて、それぞれ記載した。

なお、同じ距離のトレーニングでも、設定タイムの良し悪しによって運動強度は異なるが、本研究では強度の検討は行わず、積算距離のみを指標として検討した。

### III 結果と考察

① 対象者の練習量：各選手の日々の練習量を世界陸上大会の競歩レースの日から遡って10週間に分けて表した。表2はY.Y.選手、表3はK.M.選手、

表2 Y. Y. 選手の練習量

週数	期間	朝練習距離 (km)	午前練習距離 (km)	午後練習距離 (km)	合計(km)
1	2008/6/13~2008/6/19	13	0	68	154
2	2008/6/20~2008/6/26	7	0	55	216
3	2008/6/27~2008/7/3	14	0	38	257
4	2008/7/4~2008/7/10	121	0	95	271
5	2008/7/11~2008/7/17	126	0	135	261
6	2008/7/18~2008/7/24	127	0	100	233
7	2008/7/25~2008/7/31	112	0	49	161
8	2008/8/1~2008/8/7	68	0	83	151
9	2008/8/8~2008/8/14	92	0	65	157
10	2008/8/15~2008/8/21	48	0	53	101
合計(km)		728	0	741	1962

表3 K. M. 選手の練習量

週数	期間	朝練習量 (km)	午前練習量 (km)	午後練習量 (km)	合計(km)
1	2009/6/6~2009/6/12	33	7	45	85
2	2009/6/13~2009/6/19	7	50	23	80
3	2009/6/20~2009/6/26	20	5	51	76
4	2009/6/27~2009/7/3	34	60	72	166
5	2009/7/4~2009/7/10	31	30	53	114
6	2009/7/11~2009/7/17	20	80	44	144
7	2009/7/18~2009/7/24	23	105	58	186
8	2009/7/25~2009/7/31	10	40	45	95
9	2009/8/1~2009/8/7	15	45	35	95
10	2009/8/8~2009/8/14	40	6	34	80
合計(km)		233	428	460	1121

表4 I. F. 選手の練習量

週数	期間	朝練習量 (km)	午前練習量 (km)	午後練習量 (km)	合計(km)
1	2009/6/6~2009/6/12	11	100	30	141
2	2009/6/13~2009/6/19	40	0	30	70
3	2009/6/20~2009/6/26	69	0	62	131
4	2009/6/27~2009/7/3	20	0	20	20
5	2009/7/4~2009/7/10	19	40	21	80
6	2009/7/11~2009/7/17	32	6	27	65
7	2009/7/18~2009/7/24	38	65	47	150
8	2009/7/25~2009/7/31	33	14	33	80
9	2009/8/1~2009/8/7	40	20	44	104
10	2009/8/8~2009/8/14	54	2	9	65
合計(km)		356	247	303	906

表4はI. F. 選手、表5はY. S. 選手、表6はM. K. 選手、表7はK. O. 選手である。なお、表1の男子T. T. 選手、女子M. F. 選手からはデータの提供がなく、研究協力は得られなかった。

② 練習量の集計結果：各選手の10週間の練習量は、図1に示すとおりである。観察期間中にY. Y. 選手は1,962 kmを歩き、他の選手の約2倍の練習量

表5 Y. S. 選手の練習量

週数	期間	朝練習量 (km)	午前練習量 (km)	午後練習量 (km)	合計(km)
1	2009/6/6~2009/6/12	25	20	54	99
2	2009/6/13~2009/6/19	24	68	35	127
3	2009/6/20~2009/6/26	53	25	36	114
4	2009/6/27~2009/7/3	21	46	38	105
5	2009/7/4~2009/7/10	41	20	37	98
6	2009/7/11~2009/7/17	0	0	46	46
7	2009/7/18~2009/7/24	40	75	63	178
8	2009/7/25~2009/7/31	68	0	65	133
9	2009/8/1~2009/8/7	46	0	71	117
10	2009/8/8~2009/8/14	6	21	35	62
合計(km)		324	275	480	1079

表6 M. K. 選手の練習量

週数	期間	朝練習量 (km)	午前練習量 (km)	午後練習量 (km)	合計(km)
1	2009/6/7~2009/6/13	14	8	37	59
2	2009/6/14~2009/6/20	15	41	7	63
3	2009/6/21~2009/6/27	14	9	22	45
4	2009/6/28~2009/7/4	20	30	52	102
5	2009/7/5~2009/7/11	43	35	49	127
6	2009/7/12~2009/7/18	33	65	37	135
7	2009/7/19~2009/7/25	37	37	48	122
8	2009/7/26~2009/8/1	25	33	22	80
9	2009/8/2~2009/8/8	29	32	15	76
10	2009/8/9~2009/8/15	39	8	12	59
合計(km)		269	298	301	868

表7 K. O. 選手の練習量

週数	期間	朝練習量 (km)	午前練習量 (km)	午後練習量 (km)	合計(km)
1	2009/6/7~2009/6/13	25	10	53	88
2	2009/6/14~2009/6/20	18	33	10	61
3	2009/6/21~2009/6/27	12	35	58	105
4	2009/6/28~2009/7/4	22	71	30	123
5	2009/7/5~2009/7/11	18	53	43	114
6	2009/7/12~2009/7/18	15	72	43	130
7	2009/7/19~2009/7/25	33	44	65	142
8	2009/7/26~2009/8/1	32	30	35	97
9	2009/8/2~2009/8/8	32	36	15	83
10	2009/8/9~2009/8/15	29	14	20	63
合計(km)		236	398	372	1006

に相当する。これに対して、他の5人の選手は996 ± 109kmである。

③ レースにあわせたコンディショニングの方法：Y. Y. 選手は、2009年8月21日の世界陸上大会50kmWに出場したが、ロスオブコンタクトとベントニーの警告により、21 km付近で失格し退場させられてしまった。しかし、コンディショニングの面では2008年北京オリンピック大会よりもよい状態だったと思われる。スタートして1.0 kmを4分18秒で通過し他の選手を寄せ付けなかったことから

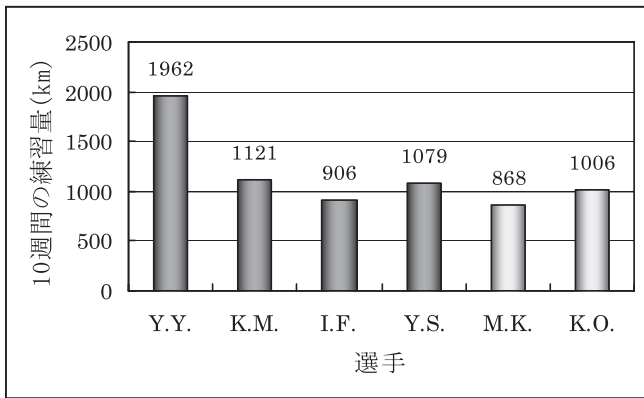


図1 各選手の10週間の練習量 (km)  
(男子：左4人、女子：右2人)

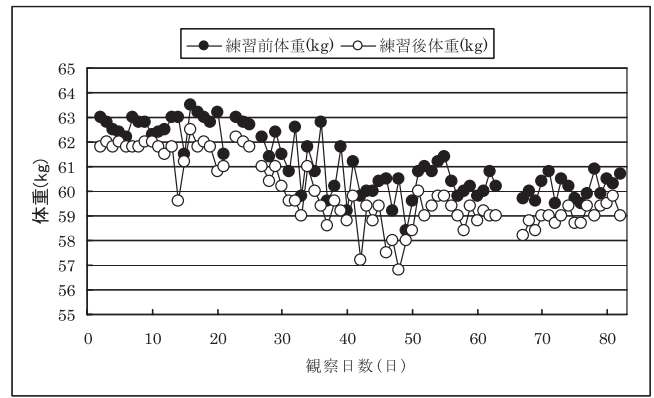


図3 Y.Y. 選手の体重推移

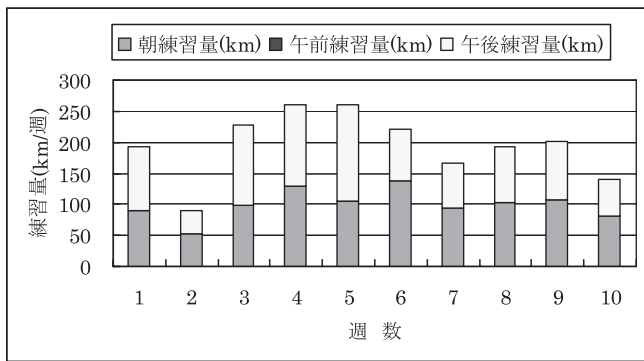


図2 Y.Y. 選手の週間練習量

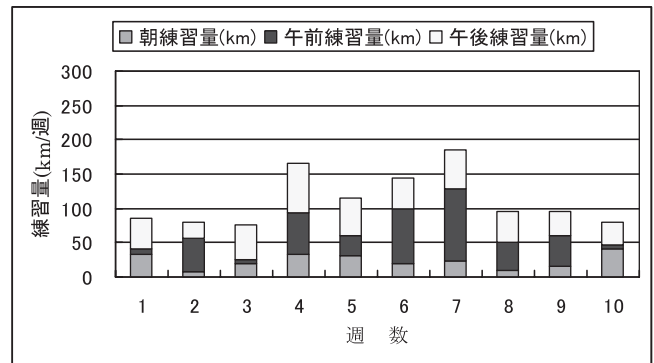


図4 K.M. 選手の週間練習量

推察される<sup>2)</sup>。

彼は、観察期間中に他の日本代表選手の約2倍近い練習を行っていた(図1)が、レースに向けてどのような方法で回復を図っているのだろうか、そのポイントは2つある。一つは図2に示すとおり、夏季の80日間に練習時間を徹底して朝と夕方に分散し、日差しの強い午前中や午後の早い時間帯の練習を一回も行っていない。この生活リズムを維持することによって、早朝練習と夕方練習の間に朝食と昼食を摂りマッサージを受け、実際には夜の睡眠時間よりも長く休養していたことが重要である。二つ目は、いわゆる強化(週間250 km以上の練習量)する時期は本大会の2か月前(表2、図2)であり、1か月前の4週間(週数7~10週)は体重が増える(図3)くらい少ない練習量に変更し回復を図っている点である。

図2の8~9週にかけて一時的に200 km/週まで増えているが、一日あたりに換算すると28.5 kmに相当し、一日2回に分けた距離は大きな負担にはならないと考えられる。ただし、9週目の200 km/週の部分は、2008年北京オリンピック大会では150 km/週<sup>1)</sup>で調整されていた。

また、1か月以内のメインの練習は早朝であり、

夕方の練習量はむしろ少ない傾向を示した。したがって、レースまでの過ごし方、とりわけ早朝練習の分量の判断は、トレーニングを行うのが適切かどうかの判断を含めて、口腔温度、心拍数、体重の変化が重要な目安であることが示唆された。

図3は、Y.Y. 選手の起床時と練習後の体重推移である。特徴は練習後の体重が本大会の1か月前(観察日数50日辺り)から増加傾向を示している。さらに、70日以降は練習前後の体重差が非常に少ないのが特徴である。

恐らくT.S. 監督は、トレーニング効果として「超回復」を意図した戦略だったと思われるが、この方法により、レース当日(50 kmW)の睡眠時間6時間は不十分とはいえ、口腔温度35.62℃、心拍数42 bpm、体重60 kg(スタート時60.7 kg)の記録があり、早朝の低い体温や少ない心拍数、やや増加傾向の体重によって、疲労感がなくスタミナ問題はほとんど解消されている状況だったと思われる。

④ 各選手の週間練習量：図2のY.Y. 選手の解析と同じ方法で、他の選手を表すと、図4 K.M. 選手、図5 I.F. 選手、図6 Y.S. 選手、図7 M.K. 選手、図8 K.O. 選手の順である。

図2のY.Y. 選手と同じように、レースの2か月



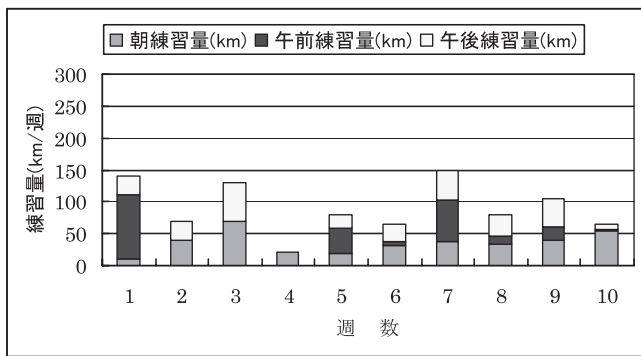


図5 I.F. 選手の週間練習量

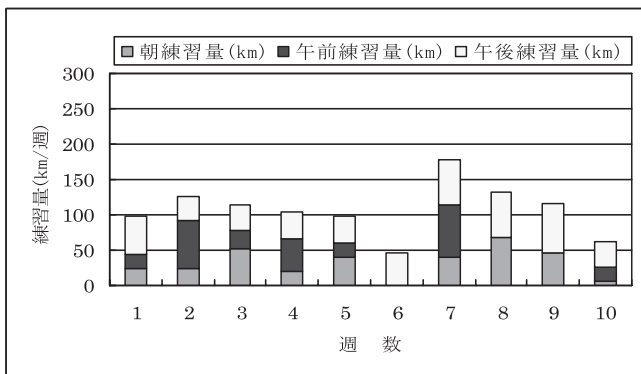


図6 Y.S. 選手の週間練習量

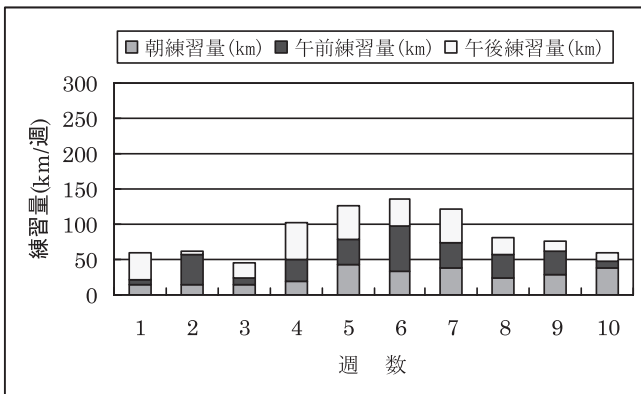


図7 M.K. 選手の週間練習量

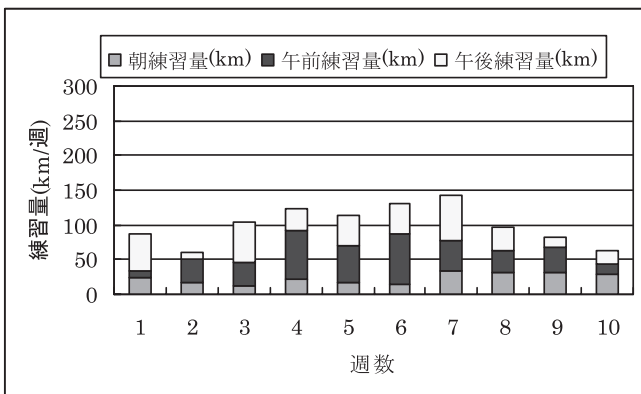


図8 K.O. 選手の週間練習量

前に多くの練習をして、意図して1か月前から練習量を減らしていた選手は、図7のM.K.選手だけである。他の4人の選手(図4、5、6、8)は、いずれも午前の練習を取り入れていることと、練習量を減らす時期が1週間、もしくはそれ以上遅く、7週目(本大会4週間前)がピークである。

特に学生のI.F.選手(図5)とY.S.選手(図6)は、2009年7月9日、第25回ユニバーシアード・ベオグラード大会20 kmWに出場しているため、この大会と世界陸上大会の20 kmWの成績を比較検討した。

⑤ 2つの国際大会の成績：I.F.選手は表8に、Y.S.選手は表9に、それぞれ示した。

その結果、I.F.選手、Y.S.選手のいずれもが、ユニバーシアード大会の成績の方がよく、それから1か月後の世界陸上大会の成績の方が悪かった。

2人の共通点は、日本(成田空港)を出発してからレースを迎える日までの日数が、ユニバーシアード大会では6日間、世界陸上大会では5日間だった。その結果、現地滞在期間がユニバーシアード大会より1日短い世界陸上大会の早朝口腔温度の方が、それぞれ0.27℃、0.22℃高くなっていた。しかも、Y.S.選手の心拍数は56 bpmで、ユニバーシアード

表8 I.F. 選手の国際大会情報

項目	日程、成績など	
大会名	ユニバーシアード	世界陸上
開催都市	ベオグラード	ベルリン
経度	東経20度28分	東経13度24分
緯度	北緯44度48分	北緯52度31分
日本からレース日まで(日)	6	5
日程	2009/7/9	2009/8/15
大会当日の起床時間	3:30	6:00
大会当日の睡眠時間	6:30	8:00
大会当日の体温(℃)	36.24	36.51
大会当日の心拍数(bpm)		47
大会当日の体重(kg)		56
20 kmW(時間:分:秒)	1:22:12	1:25:12

表9 Y.S. 選手の国際大会情報

項目	日程、成績など	
大会名	ユニバーシアード	世界陸上
開催都市	ベオグラード	ベルリン
経度	東経20度28分	東経13度24分
緯度	北緯44度48分	北緯52度31分
日本からレース日まで(日)	6	5
日程	2009/7/9	2009/8/15
大会当日の起床時間	3:30	7:00
大会当日の睡眠時間	7:30	9:00
大会当日の体温(℃)	36.52	36.74
大会当日の心拍数(bpm)	48	56
大会当日の体重(kg)		58.90
20 kmW(時間:分:秒)	1:25:08	1:30:21

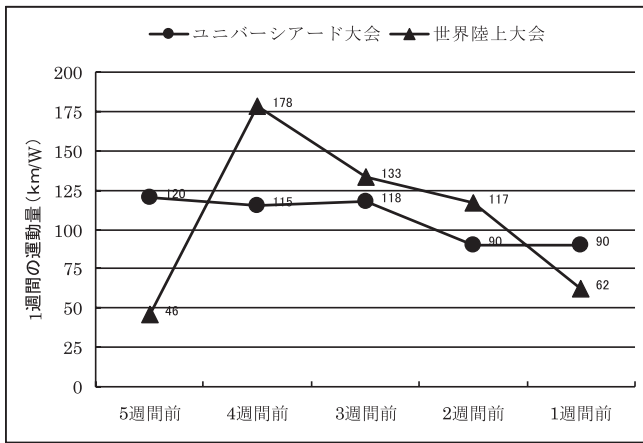


図9 Y.S. 選手の国際大会前の週間練習量の比較

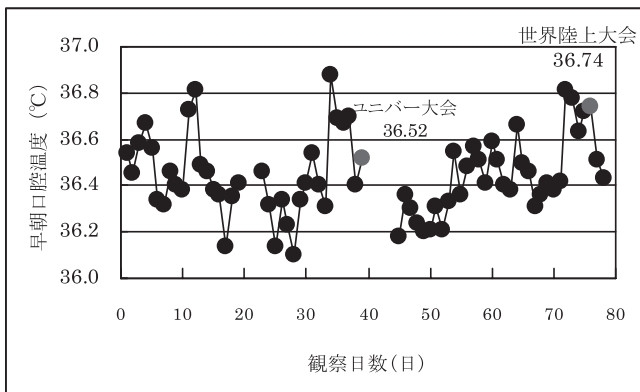


図10 Y.S. 選手の早朝口腔温度の変化（セルビアとドイツの経度差は7度30分で時差はない。しかし、日本から欧州遠征すると8時間の時差の影響で早朝口腔温度は4～6日間上昇したままである。）

大会（48 bpm）より8 bpm 高くなっていた。本大会の戦績はI.F. 選手が3分00秒、Y.S. 選手が5分13秒の遅れになっていた。

この国際大会の好不調の背景をY.S. 選手の練習量にみると、図9に示すとおりである。

5週間の合計練習量はユニバーシアード大会まで533 km、世界陸上大会まで536 kmを歩いたが、各週をみると戦績のよかったユニバーシアード大会前は90 km/週から120 km/週までの範囲にあり、比較的安定した練習量だった。これに対して、世界陸上大会前は最小48 km/週から最大178 km/週まで非常に大きな変化をしていた。このように大きな変化を一か月以内に経験すると、大会直前に62 km/週まで減らしても、4週前の過負荷の影響が残っていると考えられる。図10に同選手の早朝口腔温度の推移を示した。ユニバーシアード大会では時差による口腔温度の上昇が4日間続いているが、5日目には低下していた。しかし、世界陸上大会では5日

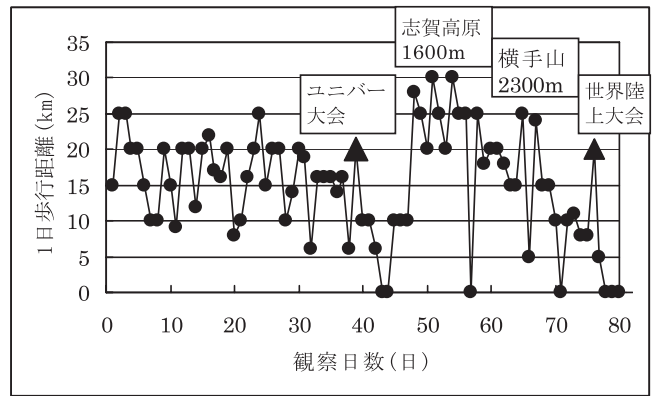


図11 Y.S. 選手の一歩歩行距離の推移

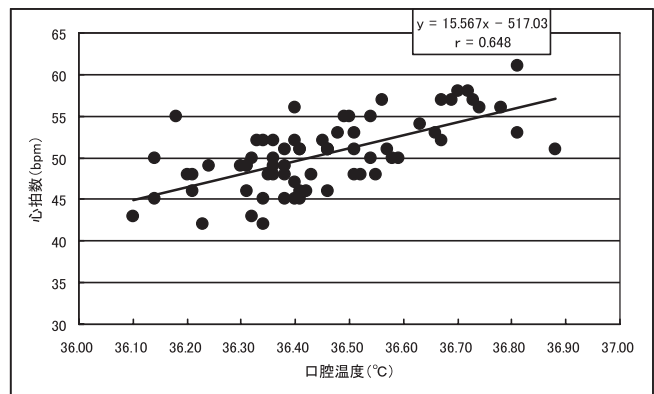


図12 Y.S. 選手の早朝口腔温度と心拍数の関係

間は口腔温度が下がらないままレースの日を迎え、皮肉にもレースの終わった翌6日目に低下した。

以上の結果をまとめると、西回り8時間のジェット移動による時差で体内時計（バイオリズム）の順化には4～5日かかると思われるが、選手の疲労の程度によっても1～2日の差異がでる。この結果、早朝口腔温度が0.2～0.3℃上昇している状態でレースに臨むと、男子20 kmWの戦績は2～5分の遅れとなって現れる可能性がある。

⑥ Y.S. 選手の高体温の背景：Y.S. 選手の練習量と滞在先を示すと、図11に示すとおりである。ユニバーシアード大会の後、日本に帰国すると40～50日辺りで練習量が少なく休養していると思われる。しかし、その後の2009年7月14日には志賀高原一の瀬（標高1,600m）に移動して合宿を始めている。この日は世界陸上大会まで、後33日に相当するが、彼はユニバーシアード大会前より多い練習を行い、さらに標高2,300mの横手山にも移動して合宿を続けている。この時2009年8月3日、早朝口腔温度は36.66℃まで上昇していた。図10の70日辺りで36.40℃まで下がっているように見えるが、同時期に休養十分のY.Y. 選手の口腔温度

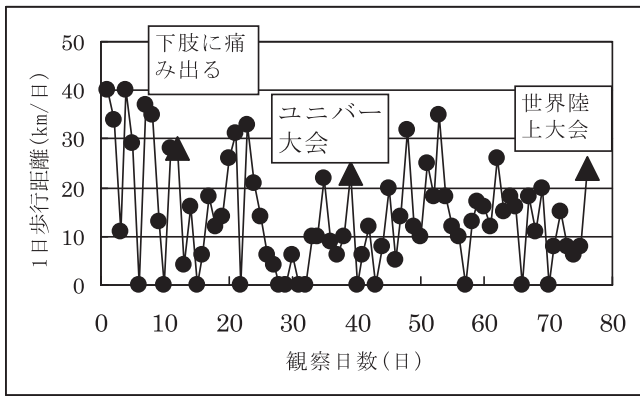


図13 I.F.選手の一歩行距離の推移  
(図中の下肢に痛みが出た時期、ユニバーシアード大会、世界陸上大会は、それぞれ▲印のドットで示した。)

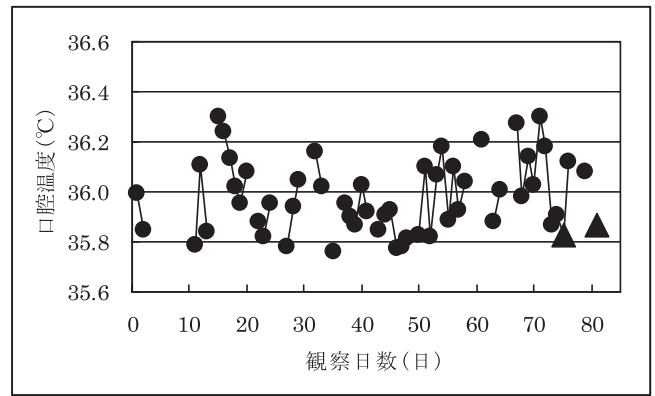


図15 K.M.選手の早朝口腔温度の推移(観察日数80日辺りの▲印は、世界陸上20 kmWと50 kmWレースの日で、早朝口腔温度は、それぞれ35.83°C、35.87°Cだった。)

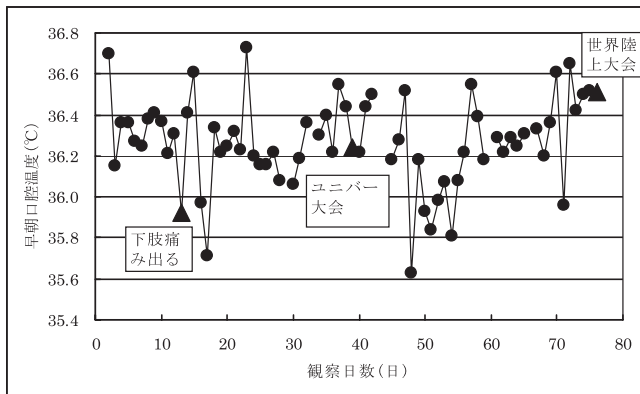


図14 I.F.選手の早朝口腔温度の推移

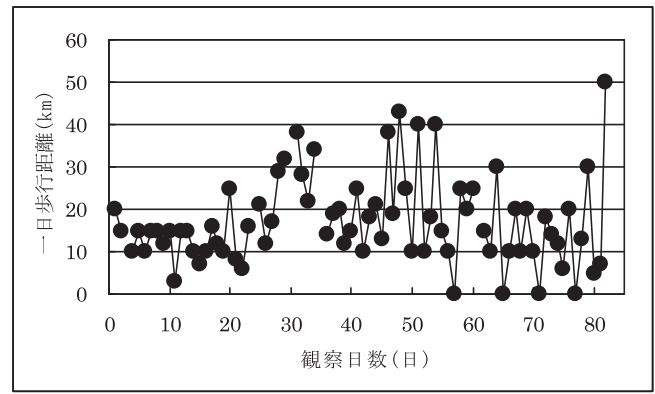


図16 K.M.選手の一歩行距離の推移

は35.50℃台を推移していた。個人差にもよると思われるが、本大会の約10日前の早朝口腔温度が36.40℃を示したことはリスクと考えられる。

なお、Y.S.選手の観察期間中の口腔温度と心拍数の関係は図12に示すとおりである。両者の相関係数は $r = 0.648$ が認められ、密接な関係にあることが分かる。

⑦ I.F.選手のコンディショニング：図5の週間練習量を折れ線グラフで表すと図13に、また、早朝口腔温度は図14に、それぞれ示すとおりである。

両図を並行してみると、観察日数40日から55日にかけて一日30km以上の練習を2回行っているが、口腔温度は差ほど上がらず36.00℃前後を推移する傾向がみられた。しかし、55日から70日まで同じようなパターンの練習を続けると、口腔温度は日々上昇傾向に転じ、世界陸上大会までその傾向は続いた。

I.F.選手は、本大会に向けた長期的な練習計画

の中で、日本を出国する直前まで強い練習をする傾向にあり、残りの1週間で休養をとり大会を迎えようとしているのではないかと感じられる。しかし、最後の1週間は8時間の時差問題と重なっているので、思うように体調が回復しなかったのではないかとと思われる。強化トレーニング後の疲労回復には、国際大会における時差問題に遭遇する前に解決しておくのがよいのではないかと考えられる。

⑧ K.M.選手のコンディショニング：口腔温度と練習量は、それぞれ図15、図16に示すとおりである。口腔温度のデータは81日間に55例しかなく、記載率は68%だった。したがって、詳細な観察は容易でない。彼は20 kmWと50 kmWの両種目にエントリーしていて、幸運にも両種目とも大会当日のデータが揃っていた。

世界陸上大会より1か月前の7月16～24日(図16の観察日数50日辺り)は、志賀高原一の瀬において、1日40km前後の強化練習を4回行っている。その後、7月26日に横手山に移動しているの

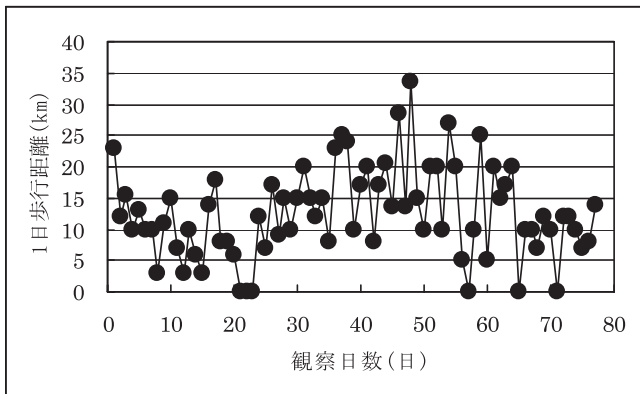


図 17 M.K. 選手の一歩歩行距離の推移（大会の1か月以上前に練習量のピークがあり、以後、減少傾向を示していた。運動量がゼロ(0)の日は、移動日もしくはその翌日に当たる)

で、Y.S. 選手と同一スケジュールだったと思われる。この時、世界陸上大会まで20日たらずで、差し迫った状況にありながら、ほぼ週1回の間隔で完全休養を3回(4回目は移動で機内)採用したことは、コンディショニングの視点から正しい判断と思われる、2008年の北京オリンピック大会前にはみられなかった新たな試みである。

しかし、横手山に10日間滞在していて、早朝練習を一度も行っておらず、午前と午後の練習が5日間行われていた。これには、何か意図した事情があると思われるが、標高が高くなればなるほど気温は低くなるが、紫外線の照射量は増加する。準高所における昼間の練習はできれば避けた方がよいのではないかと考えられる。

欧州遠征による時差問題を迎える約2週間前に、標高2,300mの準高所トレーニング環境に滞在するためには、よほど健康管理上の問題をクリアしておかなければ対応できないかもしれない。

このような競技生活の中で、2009年8月15日(土):20kmWレースの朝、口腔温度35.83℃、心拍数48bpm、同年8月21日(金):50kmWレースの朝、口腔温度35.87℃、心拍数44bpmを記録しており、Y.Y. 選手に次ぐ良いコンディションだったと思われる。

#### ⑨ M.K. 選手のコンディショニング:

M.K. 選手の練習量を折れ線グラフで表すと図17に示すとおりである。練習量は中央部分が高く両端が低い山型を表していて、先の述べたようにY.Y. 選手と同様に理想の練習パターンの一つと考えられる。戦績は、あえなく12km付近で失格になったのは残念である。しかし、練習日記には「体調は悪く

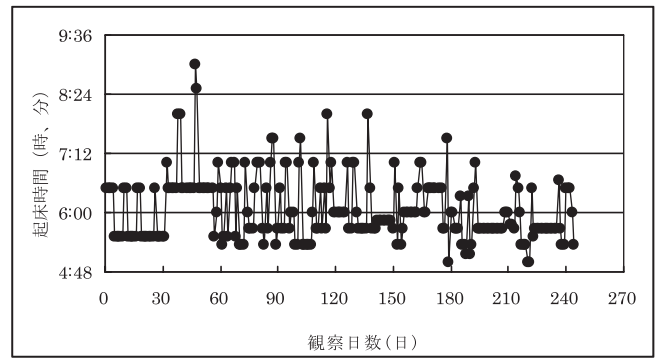


図 18 M.K. 選手の2009年1月1日から同年8月31日までの起床時間の推移

なかった」、また専門誌には「今回、メダルとか入賞を目指さなかったらウソだろう」というほど体調は万全だった<sup>2)</sup>と、それぞれ記載されていた。

とくに、大会まで1か月以内に、完全休養を3回取り入れ、移動日やその翌日に休んでいた。

口腔温度の折れ線グラフは公表できないが、典型的な性周期のパターンが描かれていた。高温期は7月28日にあられ、心拍数49bpmだった。これに対して、低温期は8月16日の本大会の日にあられ、心拍数45bpmだった。女子選手は性周期の問題を抱えているが、コンディショニングの立場からみると男子と同様に、低い体温、少ない心拍数の時期にレースを迎えるのが理想と考えられる。

また、彼女は2008年北京オリンピック大会の本調査研究に協力していただいて以来、今日まで自発的に同じ方法で情報を取り続けている。この間、約2年分の情報があり実業団チームの企業秘密、守秘義務も生まれ、全容は公表できなくなってきた。今日では彼女自身の健康管理や強化方法等に結びついている内容も多いので、支障のない範囲で、その一部を紹介する。

図18は、2009年1月1日から同年8月31日までの起床時間の推移である。30日間隔をほぼ1か月単位としてみると、30日から60日までに起床時間が遅くなっているのは、発熱による睡眠時間の延長を表している。冬季から春、夏に移行すると、起床時間が早くなっている様子が分かる。ところが、就寝時間はどの季節も一定で変わらなかった。図19の睡眠時間は図18の生データを月別に集計し、平均値と標準偏差を示した。その結果、月平均睡眠時間は6月(26日間):8時間00分±41分、7月(31日間):7時間30分±27分、8月(16日間):7時間17分±46分だった。もっとも短かったのは、本大会のために滞在していたベルリン市における6日間(8月11日~16日)で、7時間08分±37分だっ

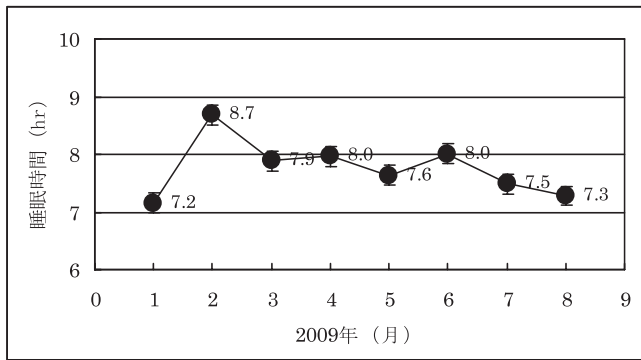


図 19 M.K. 選手の図 18 の睡眠時間の月別平均値と標準偏差（図中の数字は平均睡眠時間を示すが、12進法を10進法で表したので、「7.5」は「7時間30分」と読む）

た。全体の傾向をみると、就寝時間はほぼ22時台であるが、この状態から翌朝5時台に起床すると睡眠時間は8時間を確保できなくなる傾向を示した。今後は、起床時間から8時間遡って、就寝時間を決めるべきと思われる。一日の睡眠時間が30分短縮すると、1か月で15時間、1年で180時間（7.5日分）の睡眠が不足すると計算される。

今回は、とくに本大会前の約1週間の睡眠時間が少なかった。大会前はとくに時差問題を抱えているので睡眠時間の確保が重要と考えられる。事情が許せば昼寝をするなどして、睡眠不足を補う必要があると考えられる。

⑩ K.O. 選手のコンディショニング：練習パターンは、図8に示すとおりで、早朝、午前、午後の練習時間帯に分散している傾向にある。日々の練習量を折れ線グラフで表すと、図20に示すとおりである。すでに他の選手にも指摘したように、彼女も練習のピークが本大会より一か月以内に入っていたが、約10日間で練習量は確実に減少していた。他の部分は、観察日数30日を過ぎた2009年7月2日に一日38 kmを歩いているが、その2日後に休んでいる。また、50日の2009年7月20日にも37 kmを歩いている。

最初のケースは、38 km歩いて二日後に完全休養された理由は、合宿最終日の練習を終えて宿舎に移動したための意図的な練習であった。後のケースは、翌朝2.0 kmを歩いておられ、これも全体の流れに沿った意図的な練習であった。

彼女の最大の危機は、日本を発って2日目、ベルリンにおいて口腔温度36.96℃、心拍数64 bpmになったことである。しかし、この変化は一日限りで治まり、その翌日には36.34℃、59 bpmになっ

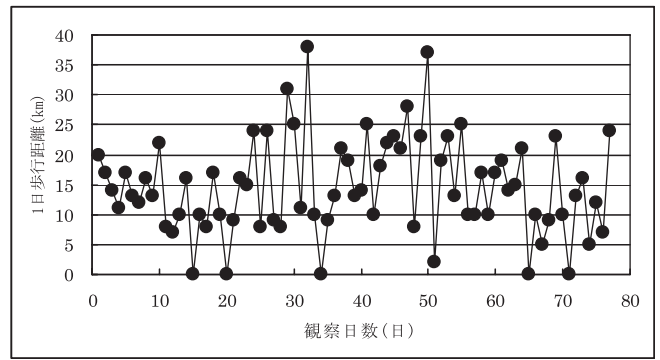


図 20 K.O. 選手の一歩歩行距離の推移

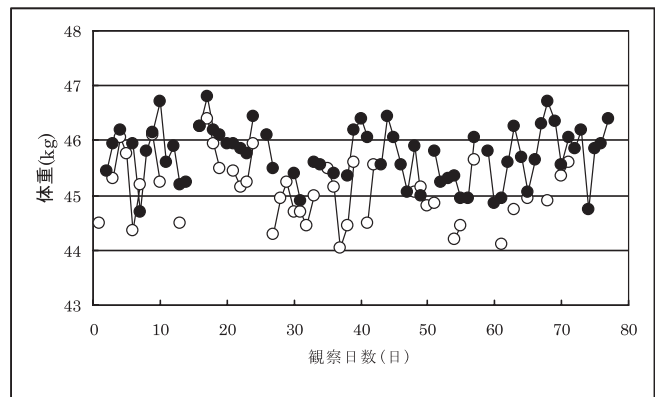


図 21 K.O. 選手の体重推移

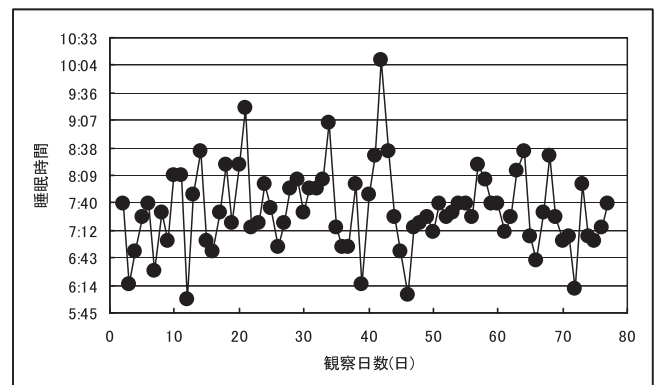


図 22 K.O. 選手の睡眠時間の推移

ていた。また、本大会の朝は、口腔温度36.32℃、心拍数60 bpmだった。観察期間中の心拍数の最低値は53～54 bpmの時もあり、本大会の朝の値は決して低い方ではなかった。

練習前後の体重の変化は、図21に示すとおりである。観察日数76日間に、練習前値は65例（記載率85%）の記録があり、連続的な変化がほぼ読み取れる。しかし、練習後は43例（57%）だった。データ数が60%を下回ると、解析は容易でない。

図22は、同じ観察期間中の睡眠時間の推移である。観察日数50～60日辺りは合宿期間中で睡眠時間はほぼ一定である。しかし、60日以降は長い日

表 10 二人の女子選手の脂質代謝の特徴

選手	例数	総コレステロール (mg/dl)	中性脂肪(mg/dl)	HDLコレステロール (mg/dl)
M.K.	15	136.8 ± 11.5	124.2 ± 33.7	46.5 ± 5.4
K.O.	5	194.6 ± 9.7	123.2 ± 42.1	82.8 ± 3.1

と短い日が交互に入れ替わるような変化をしながら、本大会に向けて短くなる傾向を示した。就寝時間は22時30分から23時00分の間がほとんどであり、今後30～60分早く就寝する努力が必要と思われる。

#### ⑪ 二人の女子選手の血液生化学的特徴：

M.K. 選手と K.O. 選手は共に同じ実業団に所属し、日本人トップの地位にある。表10に脂質代謝の検査結果を示した。二人は、中性脂肪はほぼ同じ値を示したが、総コレステロールとHDL（善玉）コレステロールは、K.O. 選手の方がM.K. 選手より、それぞれ58 mg/dl、36 mg/dl高かった。この2つの項目の特徴から、M.K. 選手と K.O. 選手は全くトレーニングメニューが異なる方法を考案すべきと思われる。すでに所属チームでは二人の個別性を重視し、同一スケジュールで強化を図ることはないといわれている。実際、表6（図7）、表7（図8）を見ると分かるように、本大会に向けた10週間の練習量は、M.K. 選手は868 km、K.O. 選手は1,006 kmで、その差は138kmだった。つまり、M.K. 選手はHDLコレステロールが低くトレーニング量に依存するタイプではない。しかし、K.O. 選手はHDLコレステロールがM.K. 選手より1.83倍高いので繰り返し行われるトレーニングを強化に結びつけるタイプであると思われる。この結果、両者を比較するとM.K. 選手はK.O. 選手の80%、もしくはそれ以下の練習量でコンディショニングを図る方が強化法として有効かもしれない。ただし、M.K. 選手は練習量が少ないところを基礎体力の向上で補う必要がある。

なお、これまで「LDL（悪玉）コレステロール」が定期的に測定されていなかったもので、今後は表10の3項目と合わせて定量分析できれば、更なる競技適正が見出せると思われる。

#### ⑫ 世界陸上大会の戦績

男子20 kmWは2009年8月15日（土）に行われた。競技成績は表11に示すとおりである。

出場選手50人中、ゴールしたのは45人、失格2人、途中棄権3人だった。

また、各国の選手をみると国内記録の更新2人、

表 11 男子 20 kmW の成績

順位	名 前(国)	記録	トップとのタイム差
1位	ワレリーボルチン (ロシア)	1:18:41	
2位	Hao Wang (中国)	1:19:06	
3位	エデル サンチェス (メキシコ)	1:19:22	
11位	M.K. (日本)	1:21:48	3:07
30位	I.F. (日本)	1:25:12	6:31
42位	Y.S. (日本)	1:30:21	11:40

表 12 女子 20 kmW の成績

順位	名 前(国)	記録	トップとのタイム差
1位	オルガ カニスキナ (ロシア)	1:28:09	
2位	オリーブ ローネイン (アイルランド)	1:28:58	自己今季最高記録
3位	劉 Hong (中国)	1:29:10	自己今季最高記録
7位	M.F. (日本)	1:31:15	3:06
12位	K.O. (日本)	1:33:05	4:56
DQ	M.K. (日本)	(12km付近)	

表 13 男子 50 kmW の成績

順位	名 前(国)	記録	トップとのタイム差
1位	Sergey KIRDYAPKIN (ロシア)	3:38:35	
2位	トロン ニマルク (ノルウェー)	3:41:16	
3位	ヘスス アンヘル ガルシア (スペイン)	3:41:37	
18位	M.K. (日本)	3:56:21	17:16
DQ	T.T. (日本)	16km付近	
DQ	Y.Y. (日本)	25km付近	

自己最高記録2人、自己今季最高記録8人だった。

日本人では、K.M. 選手が11位に入った。優勝者とK.M. 選手のタイム差は3分07秒であり、この中に11人が居ることになり、コンディショニング次第では上位入賞の可能性を示唆するタイム差と思われる。

女子20 kmWの成績は、表12に示すとおりである。現地時間の2009年8月16日（日）に行われた。出場選手48人のうちゴールしたのは37人、途中棄権4人、失格7人だった。また自己今季最高記録は37人中6人だった。日本人選手の結果は、M.F. 選手は7位に入賞し、K.O. 選手は12位だった。M.K. 選手は12km付近で失格になった。

男子50kmWは現地時間の2009年8月21日（金）に行われた。成績は表13に示すとおりである。出場選手47人のうちゴールした選手は31人であり、途中棄権13人だった。失格は3人で、うち2人は

日本人選手だった。一方、1位の選手は今季世界最高記録、2位の選手は中国最高記録、3位は自己今季最高記録だった。31人中20人は自己今季最高記録、自己最高記録、国内記録、今季世界最高記録を出しており、ハイレベルのレース展開だったと思われる。

なお、繰り返しになるが、競歩種目全体の失格(DQ)をまとめると、男子20 kmWで47人中2人(4.3%)、女子20 kmWで44人中7人(15.9%)、男子50 kmWで34人中3人(8.8%)だった。全体のDQは125人中12人(9.6%)だった。男女の競歩種目全体のDQ12人中に日本は3人(25.0%)だった。

#### IV まとめ

(財)日本陸上競技連盟科学委員会は、2009年8月にドイツ連邦共和国の首都で開催された第12回世界陸上競技選手権ベルリン大会に参加した競歩種目代表日本選手男女8人のうち6人(男子4人、女子2人)を対象に、2009年6月1日から同年8月31日までトレーニングする生活を観察した。本研究は、とくにコンディショニングの視点からまとめた。

- 1) Y. Y. 選手は、本大会までの80日間に一度も昼間の練習は行わず、早朝と夕方の練習に徹した。メリットは、両方の練習の間に朝食と昼食を摂りマッサージを受け、実際には夜の睡眠時間よりも長く休養していたことが重要である。このトレーニングスタイルは、2008年北京オリンピック大会前にはみられなかった新たな試みだった。
- 2) K. M. 選手は、大会前に完全休養を3日間とっており、本大会の20 kmWの朝の口腔温度と心拍数は、それぞれ35.83℃、48 bpmだった。また50 kmWでは、それぞれ35.87℃、44 bpmだった。なお、2008年北京オリンピック大会の20 kmWの朝の口腔温度は36.17℃を示し、本大会より0.34℃も高かった。今後、いずれの大会においても、朝の口腔温度と心拍数が、それぞれ36℃以下と45 bpm以下であることが重要である。今回のデータの記載率は68%だったので、解析できないところが多かった。記載率を高める努力も必要である。
- 3) I. F. 選手とY. S. 選手の本大会の記録は、それより1か月前に行われたユニバーシアード大会(セルビア共和国)の記録より、それぞれ3分00秒、5分13秒悪かった。2人の共通点は、

本大会の4週間前に強い練習を行い、1週間前に疲労が残ったまま8時間の時差の影響を受けて、口腔温度がユニバーシアード大会より0.2~0.3℃上昇し、戦績に影響したものと考えられる。強化トレーニング後の疲労回復のためには、国際大会における時差問題に遭遇する前に解決しておくことが重要である。

- 4) M. K. 選手は2009年6月1日から同年8月31日までの間で起床時間が早くなる傾向が認められ、月平均睡眠時間は6月(26日間):8時間00分±41分、7月(31日間):7時間30分±27分、8月(16日間:大会当日まで):7時間17分±46分だった。また、1週間単位でもっとも短かったのは、本大会のために滞在していたベルリン市における6日間(8月11日~16日)で、7時間08分±37分だった。今後は、起床予定時間から8時間遡って就寝時間を決めるべきと思われる。また、本大会前はとくに時差問題を抱えており睡眠時間の確保が重要と考えられる。事情が許せば昼寝をするなどして、睡眠不足を補う必要もあると考えられる。
- 5) K. O. 選手は80日間に、35km/日を超える練習を2回(①:38, ②:37 km)行った。①は完全休養を翌日には摂らず2日目になった。②は翌朝2.0 kmを歩いたりしているが、これらの練習はすべて強化のために計画的に行われたものである。今後、できれば25km/日以上歩いた翌日の早朝口腔温度が36.60℃以上あるときは、完全に休養する方が望ましい。実現不可能であれば、翌朝練習を休んで夕方に練習を遅らせることで、前日に受けたストレスから休養時間を長く摂る方法がある。また今後、どの大会においても早朝心拍数は60 bpm以下であることが望ましい。
- 6) 二人の女子選手の血液生化学的特徴から競技適正を見出す指標がある。M. K. 選手とK. O. 選手は共に同じ実業団に所属し、日本人トップの地位にある。しかし、二人の脂質代謝は全く異なるので練習量への配慮が不可欠である。すでに所属チームでは個別性を重視した練習計画に基づいてトレーニングが実施されている。二人の中性脂肪はほぼ同じ値を示したが、M. K. 選手の総コレステロールとHDLコレステロールは、それぞれ136 mg/dl、46 mg/dlだったが、K. O. 選手は、それぞれ194 mg/dl、84 mg/dlだった。本大会に向けた10週間の練習量で、M. K. 選手は868 km、K. O. 選手は1,006 kmで、その差は

138 km だった。つまり、M. K. 選手は HDL コレステロールが低く練習量に依存するタイプではない。これに対して、K. O. 選手は M. K. 選手より HDL コレステロールが 1.83 倍高く、練習量を消化できるタイプである。この結果、M. K. 選手は K. O. 選手の練習量の 80 %、もしくはそれ以下でスタミナを温存しながらコンディショニングを整える方が競技力向上のために重要と思われる。ただし、基礎体力を向上させる生活が必須である。

- 7) 本大会の戦績：男子 20 kmW は 2009 年 8 月 15 日（土）に行われた。出場選手 50 人中、ゴールしたのは 45 人、失格 2 人、途中棄権 3 人だった。また、選手の国内記録の更新 2 人、自己最高記録 2 人、自己今季最高記録 8 人だった。日本人では、K. M. 選手が 1 時間 21 分 48 秒で 11 位に入った。優勝タイムと K. M. 選手の差は 3 分 07 秒であり、この中に 11 人が居ることになり、コンディショニング次第で上位入賞の可能性のあるタイム差と思われた。I. F. 選手は 30 位で 1 時間 25 分 12 秒、Y. S. 選手は 42 位で 1 時間 30 分 21 秒だった。
- 8) 女子 20 kmW は 2009 年 8 月 16 日（日）に行われた。出場選手 48 人のうちゴールしたのは 37 人、途中棄権 4 人、失格 7 人だった。また、自己今季最高記録は 37 人中 6 人だった。日本人選手の結果は、M. F. 選手は 7 位に入賞し、K. O. 選手は 12 位だった。M. K. 選手は 12km 付近で失格となった。
- 9) 男子 50kmW は 2009 年 8 月 21 日（金）に行われた。出場選手 47 人のうちゴールした選手は 31 人、途中棄権 13 人だった。失格は 3 人で、うち 2 人は日本人だった。優勝した選手は今季世界最高記録、2 位の選手は中国最高記録、3 位は自己今季最高記録だった。また、31 人中 20 人は自己今季最高記録、自己最高記録、国内記録、今季世界最高記録を出しており、ハイレベルのレース展開だったと思われた。K. M. 選手は 18 位で 3 時間 56 分 21 秒、T. T. 選手、Y. Y. 選手は失格となった。
- 10) 失格 (DQ) をまとめると、男子 20 kmW で 47 人中 2 人 (4.3 %)、女子 20 kmW で 44 人中 7 人 (15.9 %)、男子 50 kmW で 34 人中 3 人 (8.8 %)、全体の DQ は 125 人中 12 人 (9.6 %) だった。競歩種目全体の DQ は 12 人で、そのうち日本は 3 人 (25.0 %) だった。
- 11) 本報告書は、歩行距離の積算値だけで、負荷強

度の検討を行った。したがって、全力で取り組んだレースと早朝散歩の距離が、それぞれ同じであれば強度も同じとみなされてしまう危険性がある。今後はこれらの問題を解決して評価しなければいけない課題である。

## V あとがき

本文中（結果と考察）に記述しなかったことを少し解説する。この報告書は、競歩選手の早朝の口腔温度や心拍数の僅かな変動が競技成績に影響する可能性を指摘し、リスク管理の盲点やデータの読み方を示した。

しかし、そのような微細な変動がなぜ戦績に影響するのか、疑問に思われる方々も少なくないと考えられる。

早朝の口腔温度や心拍数が、それぞれ 0.5 °C、5.0 bpm 高いということは、それだけ生体負担が生じており、当日のレース中の体温や心拍数も相対的に高くなると考えられる。したがって、レース中は通常より高体温となり発汗量の増大と脱水による多くのリスクが次々に発生して体力は消耗し、設定どおりのスピード（エネルギー消費速度）を維持できず戦績に影響するのではないかと考えている。

T. S. 監督が選手の練習を 80 日間、一日も欠かさず朝・夕に集中されたのも、練習中の体温や心拍数上昇のリスク（紫外線）を回避するための手段であり、選手には高度なトレーニング環境を提供されたものと考えられる。

また、2008 年北京オリンピック大会の調査結果を振り返ると、2009 年世界陸上ベルリン大会の選手の方々にはデータの精度管理が向上し、随所に競技生活に対する軌道修正の試みが見られた。

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

## VI 参考文献

- 1) 井本岳秋ほか：2008 年 第 29 回北京オリンピック大会に出場した競歩種目日本代表選手のコンディショニングについて．陸上競技研究紀要 5：71-83, 2009
- 2) 月刊陸上競技（講談社）. 43（11）, 2009



## 北京五輪および世界陸上競技選手権ベルリン大会における 国際審判員の判定傾向分析

法元康二<sup>1)</sup>

1) 茨城県立医療大学

### はじめに

国際陸連 (IAAF) は競歩審判員育成・資格認定制度を定めており、五輪、世界選手権、ワールドカップ競歩などジュニア・ユースを含めた世界レベルの国際競技会で判定が可能なレベルⅢ審判員 (International Race Walking Judge : IRWJ) と大陸別選手権などエリアレベル競技会で判定可能なレベルⅡ審判員 (Area Race Walking Judge : ARWJ) は IAAF が主催する研修会での競技会運営および歩型判定に関する研修・資格認定が行われ、IAAF が監修した教材と試験問題のみを用いている。2002 年以前は国際競歩審判員のランク付けは行われていなかったが、2002 年秋に IAAF 主催の研修会・資格認定試験が実施され、レベルⅠからⅢまでのランク付けが行われた。その結果、それまで 120 名強の審判員の中から大会ごとに国際審判員から委嘱が行われていたのが、試験によって絞り込まれた 34 名の IRWJ・レベルⅢ審判員の中から委嘱が行われるようになった。個々の大会における審判員の委嘱は LOC および IAAF が行うことになっており、特定の審判員および地域に偏ることがないように配慮して委嘱が行われるようになっている。

さらに、IAAF は競歩審判員倫理規定 (Code of Ethics) を定め、国際競歩審判員が特定の国・地域のチームの一員として行動することを禁じ、具体的な禁止事項を挙げながら大会期間中にそのような行動があった場合には一定期間の資格停止または資格剥奪などの処分を行うなどの制限を盛り込んでいる。その延長線上には倫理上不適切な行動のあったチームおよびコーチ、競技者に対して規定上に明文化されていなくても何らかの処分があると考えるのが当然であり、審判、コーチ (チーム)、競技者の三者に対して高い倫理観を求めることによって競歩

種目の価値を保つようなシステムとなっている。

ところが、上に挙げたようなシステムに対して個々の競歩審判員の判定技能研修に関しては 2002 年のレベルⅢの資格認定試験以降は 2009 年 5 月の欧州杯 (フランス・メツ) と同時に行われた IRWJ 中間研修まで行われることはなく、個々の審判員のそれまでの経験および技量、また、各大会中の各種目の実施前後に競技規則に基づいて行われる審判ミーティングの席上の判定基準のすり合わせに委ねられているのが実情である。世界各国に分散している全ての IRWJ 審判員を全てが参集することの困難さはあっても、判定基準の統一に向けた議論および研修の機会はわが国の国内審判員を対象とした研修の機会 (法元, 2010) と比べて著しく少ないといった印象は否めない。IRWJ として選抜された時点で判定技能や競歩の歩型に関する理解が非常に高いということを割り引いても、こういった現状は競歩種目の世界全体での普及・振興のために放置すべきではなく、また、我が国からも課題解決に向けて IAAF 競歩委員会の日本人委員による提案や日本陸連科学委員からの情報提供 (IAAF, 2005; DaMilano et al., 2008) を行っている。

このような国際審判員の技能研修、判定基準の統一に向けた課題がある一方で、世界大会における上述のような国際審判員委嘱システムを踏まえた日本代表選手の判定対策として、筆者は北京五輪および世界選手権ベルリン大会を前に当該大会で委嘱される競歩審判員の判定傾向の調査と各代表選手のコーチに対する情報提供を行った。本報ではチーム戦術となった競技者ごとの提案事項については公開せず、それ以外の情報を報告することによって、今後のわが国における審判員評価および研修に資するための情報提供としたい。

## 方法

競技規則において競技中・後の作成が義務付けられている競歩審判集計表（各審判員が各競技者に与えた注意および赤カードの種類と時刻を集計したものは、公開が規制されていないため競技会後には審判員およびコーチ、競技者に配布され技能研鑽のための資料として活用されている。また、競技会ごとの審判員編成情報も事前公開が規制されていない。

そのため、北京五輪およびベルリン世界陸上を前に、これまで我国に招聘してきた国際審判員などの人的ネットワークを活用してそれぞれの審判員編成情報を事前に入手し、また、主要大会後に同じ人的ネットワークを活用して入手してきた競歩審判集計表をもとに各審判員についてそれぞれ以下の指標を算出した。

- ①失格率：各審判員が出した赤カードのうち、失格となった競技者に出した赤カードの比率。失格となるべき選手に対する確に赤カードを出していたかどうかの指標となる。
- ②1枚赤カード率：各審判員が出した赤カードのうち、他の審判員が赤カードを出していない競技者に対して赤カードを出した比率。他の審判員と比較して判定基準がずれていたかどうかの指標となる。
- ③ロスオブコンタクト・ベントニー比：各審判員が出した赤カードのうち、ロスオブコンタクトとベントニーの比率

以上の①—③のほかに、各大会において日本選手に対して各審判員が与えた注意および赤カードの枚数、種類についても整理し、審判員ごとの傾向を専任コーチに対して報告したが、各選手の戦術に関する事項であったことから本報では公開しないものとする。

なお、算出根拠となった主要国際競技会は以下のとおり。

- 2003年：パリ世界陸上
- 2004年：アテネ五輪
- 2005年：ヘルシンキ世界陸上
- 2006年：ワールドカップ競歩ラコルーニャ大会
- 2007年：大阪世界陸上
- 2008年：IAAF 競歩チャレンジ北京大会（北京五輪プレ大会）、北京五輪
- 2009年：IAAF 競歩チャレンジセストサンジョヴァンニ大会、ラコルーニャ大会、ベルリン世界陸上

## 結果

### ① 北京五輪

当初、主任審判員を担当予定であった Marlow (GBR) は編成に入らず、代わって Bianchi (SUI) が主任審判員を務め、Bianchi に代わって Khoo (MAS) が審判員を務めた。本報では事前に入手した審判員編成情報に基づく各コーチへの情報提供と、実際の競技会での判定傾向の比較を主眼に置いているので Khoo (MAS) の判定に関する各指標の掲載は割愛した。

表 1-1 に示したのは、北京五輪における競歩審判員の失格率である。失格率が 0.4 より低い場合には網掛けで強調した。IAAF チャレンジ北京大会（北京五輪プレ大会）までの時点で、Bianchi (SUI)、Fletcher (AUS)、Wang (CHN)、Westerfield (USA)、Wrigley (NZL) の各審判員は過去の大会において非常に低い失格率を示す場合があり、必ずしも失格となってしまうべき競技者のみに赤カードを出しているわけではないことから、これらの審判員の評価が偶然であったとしても一致した場合には、失格者が大量に発生することを現場向けレポートに掲載した。

北京五輪では男女3種目を通じて、Fletcher、Müller (GER)、Wang、Wrigley の各審判員が 0.4 より小さい失格率を示したが、次項で示す通り 1枚カード率が非常に高く、判定がばらついたことから大量の失格者が発生するという事はなかった。

表 1-2 に示したのは北京五輪における競歩審判員の 1枚カード率である。1枚カード率が 0.3 以上の場合には網掛けによって強調した。北京五輪プレ大会までの時点では、Dias (POR)、Bianchi、Fletcher、Müller、Wang、Wrigley の 6名の審判員の 1枚カード率が高く、これらの審判員は他の審判員とは違った観点で判定を行ってくる可能性があることを現場向けレポートに掲載した。実際の北京五輪のレースでは全ての審判員の 1枚カード率が高く、個々の審判員の赤カード判定が分散する結果となった。

表 1-3 に示したのは北京五輪における競歩審判員のロスオブコンタクト・ベントニー比である。日本国内で開催される主要ロード競歩競技会では、五輪および世界選手権参加標準記録レベルの競技者に対してベントニーの赤カードが出されることは、外国人の IRWJ を招聘した場合でも非常に少ない。しかし、主要国際競技会ではベントニーの赤カードも頻繁に出されることから、北京五輪を前にして主要大会のロスオブコンタクトとベントニーの赤カード数を整理して現場向けレポートに掲載した。集計の結

表 1-1 北京五輪審判 失格率

審判名	大会名						
	08北京OG	08北京プレ大会	07大阪	06ワールドカップ	05ヘルシンキ	04アテネOG	03パリ
José Dias (Portugal)	0.47	0.59		0.44		0.5	0.82
Frederic Bianchi (Switzerland)	Chief	0.67		0.36			
Jordi Estruch (Spain)	0.40	0.75					0.59
Wayne Fletcher (Australia)	0.13	0.33	0.23				
Rolf Müller (Germany)	0.18	0.57			0.57		
Yang Wang (China)	0.11	0.42			0.45	0.08	
Gary Westerfield (USA)	0.45	0.32					
Peter Wrigley (New Zealand)	0.11	0.36					
Peter Marlow (Great Britain)	-	Chief		0.32		Chief	Chief

表 1-2 北京五輪審判 1枚カード率

審判名	大会名						
	08北京OG	08北京プレ大会	07大阪	06ワールドカップ	05ヘルシンキ	04アテネOG	03パリ
José Dias (Portugal)	0.73	0.12		0.39		0.50	1.00
Frederic Bianchi (Switzerland)	Chief	0.17		0.40			
Jordi Estruch (Spain)	0.67	0.17					0.23
Wayne Fletcher (Australia)	0.56	0.42	0.36				
Rolf Müller (Germany)	0.55	0.14			0.38		
Yang Wang (China)	0.50	0.42			0.27	0.54	
Gary Westerfield (USA)	0.73	0.21					
Peter Wrigley (New Zealand)	0.33	0.36					
Peter Marlow (Great Britain)	-	Chief		0.27		Chief	Chief

表 1-3 北京五輪審判 ロスオブコンタクト・ベントニー比

審判名	判定	大会名						
		08北京OG	08北京プレ大会	07大阪	06ワールドカップ	05ヘルシンキ	04アテネOG	03パリ
José Dias (Portugal)	~	0.47	0.84		0.67		0.70	
	<	0.53	0.16		0.33		0.30	
Frederic Bianchi (Switzerland)	~	Chief	0.36		0.40			
	<	Chief	0.64		0.60			
Jordi Estruch (Spain)	~	0.33	0.39					0.32
	<	0.67	0.61					0.68
Wayne Fletcher (Australia)	~	0.88	0.67	1.00				
	<	0.13	0.33	0.00				
Rolf Müller (Germany)	~	0.27	0.50			0.62		
	<	0.73	0.50			0.38		
Yang Wang (China)	~	0.44	0.50			0.86	0.50	
	<	0.56	0.50			0.14	0.50	
Gary Westerfield (USA)	~	0.50	0.42					
	<	0.50	0.58					
Peter Wrigley (New Zealand)	~	0.44	0.47					
	<	0.56	0.53					
Peter Marlow (Great Britain)	~	-	Chief		0.41		Chief	Chief
	<	-	Chief		0.59		Chief	Chief

果、北京五輪プレ大会までの時点では、Bianchi, Estruch (ESP), Marlow がベントニーの方が多い傾向を示していた。そのため、これまでベントニーの赤カードおよび注意を受けたことがない選手にも注意を促すようレポートに掲載した。実際のレースでは Marlow は審判員編成から外れたが、Bianchi, Estruch に加えて、Dias (POR), Müller, Wang, Wrigley らがベントニーの方が多い傾向を示した。しかし、日本選手への赤カードは全てロスオブコンタクトによるものであり、日本国内のレースと同じ傾向であった。

## ② ベルリン世界陸上

表 2-1 に示したのは、ベルリン世界陸上（ベルリン）における競歩審判員の失格率である。ベルリン世界陸上で判定にあたった審判員の中にはアテネ五輪（アテネ）で判定を行った審判員はいないため、以下のベルリンのデータにはアテネのデータは含まれない。

北京五輪と同様、失格率が 0.4 より低い場合には網掛けで強調した。IAAF チャレンジラコルーニャ大会（ラコルーニャ）までの時点で、Dahm (FRA), Fletcher, Westerfield, Bott (GER) の各審判は過去の大会において非常に低い失格率を示す場合があり、北京五輪の事前レポートと同様、これらの審判の評価が偶然に一致した場合に失格者が大量に発生することを現場向けレポートに掲載した。実際のベルリンの男女 3 種目レースでは、Bott を除く上記各審判に合わせて Fröberg (NOR), Govindaraju (SIN) の各審判員が 0.4 より小さい失格率を示したが、北京五輪と同様に 1 枚カード率が非常に高く、判定がばらついたことから大量の失格者が発生するということはなかった。

表 2-2 に示したのはベルリンでの競歩審判員の 1 枚カード率である。北京五輪と同様に 1 枚カード率が 0.3 以上の場合には網掛けによって強調した。ラコルーニャでの時点では、Dahm, Fletcher, Fröberg, Bott の 4 名の審判員の 1 枚カード率が高く、これらの審判員はそれぞれの大会で他の審判員とは違った観点で判定を行っている可能性があり、ベルリンでも同様の可能性があることを現場向けレポートに掲載した。しかし、実際のベルリンのレースでは主任として判定に加わらなかった Bianchi を除き、上記以外の審判員で 1 枚カード率が高かったのは、Govindaraju と O' Callaghan に留まり、Westerfield, Yang (CHN), Bott の 3 名の審判の赤カード判定は分散することはなかった。しかし、男女 3

種目の赤カードの総数は北京五輪 98 枚に対して、ベルリンが 109 枚と多く、そのことでベルリンでの判定が分散していても失格者数は北京五輪 10 名に対して、ベルリン 12 名と同程度の失格者数になっていたと考えられる。

表 2-3 に示したのはベルリンにおける競歩審判員のロスオブコンタクト・ベントニー比である。北京五輪と同様の理由で、各審判員の赤カードをロスオブコンタクトとベントニーのそれぞれで整理し、集計を行った。その結果、ラコルーニャ大会までの時点では、Fröberg, Yang, Bott, Bianchi がベントニーの方が多い傾向を示していた。そのため、北京五輪の事前レポートと同じように、これまでベントニーの赤カードおよび注意を受けたことがない選手にも注意を促すようレポートに掲載した。実際のレースでは全ての審判員でロスオブコンタクトの方が多い傾向を示した。日本選手に対する赤カードでは、O' Callaghan から山崎選手に対して出されたベントニーを除いてすべてロスオブコンタクトによるものであった。

以上、北京五輪およびベルリンを前に現場向けに提供した全体傾向について示したが、各審判員が日本選手に対して行った判定についても赤カードだけでなく注意を含めて整理し、情報提供を行っている。詳細は戦術と関係するため割愛するが、初顔合わせの審判を除いて概ね過去の大会と同様の判定と同じ判定を本大会（北京五輪、ベルリン）でも受けており、注意で済んでいたものが赤カードに変わった場合に赤カード累積となっている。

## おわりに

本報では各種国際競技会における競歩審判集計表の記載事項整理による競技現場への情報提供について報告したが、これ以外にも各競技会前年における国際競技会の判定ムービーによる情報提供および春シーズンのトラック競技会でのバイオメカニクス分析資料の提供などを行ってきた。

しかし、以上のような情報提供にもかかわらず、北京五輪では 1 名、ベルリン世界陸上では 3 名の失格者が発生することとなった。各競技会における失格宣告のベースとなる赤カード総数では、北京五輪では延べ 7 名の出場者数に対して赤カードが 9 枚、ベルリンでは延べ 9 名に対して 12 枚の赤カードとなり、出場者 1 名あたりの赤カード数では北京の 1.29 枚に対してベルリンでは 1.33 枚と情報提供が競技成績に結びついたとは言い難い結果となっている。

表 2-1 ベルリン世界陸上審判 失格率

審判名	大会名								
	09ベルリン	09ラコルーニャ	09セス	08北京五輪	08北京プレ大会	07大阪	06ワールドカップ	05ヘルシンキ	03パリ
Jean-Pierre Dahm (France)	0.19	0.250					Chief		0.469
Wayne Fletcher (Australia)	0.18			0.125	0.333	0.286			
Anne Frøberg (Norway)	0.31							0.485	
S. Govindaraju (Singapore)	0.27								
Pierce O'Callaghan (Ireland)	0.44		0.556						
Gary Westerfileld (USA)	0.39			0.455	0.316				
Shande Yang (China)	0.5					0.467	0.533		
Manfred Bott (Germany)	0.44	0.267	0.273						
Frederic Bianchi (SUI) - Chief				Chief	0.667		0.320		

表 2-2 ベルリン世界陸上審判 1枚カード率

審判名	大会名								
	09ベルリン	09ラコルーニャ	09セス	08北京OG	08北京プレ大会	07大阪	06ワールドカップ	05ヘルシンキ	03パリ
Jean-Pierre Dahm (France)	0.313	0.375					Chief		0.281
Wayne Fletcher (Australia)	0.545			0.375	0.417	0.333			
Anne Frøberg (Norway)	0.5							0.364	
S. Govindaraju (Singapore)	0.545								
Pierce O'Callaghan (Ireland)	0.556		0.111						
Gary Westerfileld (USA)	0.278			0.182	0.211				
Shande Yang (China)	0.167					0.067	0.267		
Manfred Bott (Germany)	0.133	0.267	0.455						
Frederic Bianchi (SUI) - Chief				Chief	0.056		0.320		

表 2-3 ベルリン世界陸上審判 ロスオブコンタクト・ベントニー比

審判名	判定	大会名								
		09ベルリン	09ラコルーニャ	09セス	08北京五輪	08北京プレ大会	07大阪	06ワールドカップ	05ヘルシンキ	03パリ
Jean-Pierre Dahm (France)	~	0.688	0.875					Chief		0.69
	<	0.312	0.125					Chief		0.31
Wayne Fletcher (Australia)	~	1.00			0.875	0.583	1.000			
	<	0.00			0.125	0.417	0.000			
Anne Frøberg (Norway)	~	0.688							0.438	
	<	0.312							0.562	
S. Govindaraju (Singapore)	~	0.636								
	<	0.364								
Pierce O'Callaghan (Ireland)	~	0.778		0.545						
	<	0.222		0.455						
Gary Westerfileld (USA)	~	0.889			0.636	0.947				
	<	0.111			0.364	0.053				
Shande Yang (China)	~	0.778					0.267	0.400		
	<	0.222					0.733	0.600		
Manfred Bott (Germany)	~	0.667	0.600	0.222						
	<	0.333	0.400	0.778						
Frederic Bianchi (SUI) - Chief	~				Chief	0.389		0.400		
	<				Chief	0.611		0.600		

また、2003年以降の主要世界大会での日本チーム出場者1名あたりの赤カード数では、パリ世界陸上で2.40枚だったのが、アテネ五輪で1.60枚、ヘルシンキ世界陸上で0.43枚、ラコルーニャW杯で0.25枚と劇的に減少してきたものの、大阪世界陸上で0.56枚と再び増加に転じ、その後北京五輪1.29枚、ベルリン世界陸上1.33枚と年々日本選手に対する厳しい歩型評価が下されるようになってきたといえる。しかし、2004年の国内審判制度改革以降にジュニア競技者として育った年代、とりわけ男子に限っていえば世界大会で受ける赤カードは皆無であり、2004年以降は歩型に問題がない、すなわち高い競技水準を目指す前提条件をジュニアの段階で備えているタレントのみがシニア移行後に活躍するようなシステムとなったと考えることもできる。そのため、大きな流れとしては審判制度改革およびそのための情報提供は若手競技者の競技力向上として結実しつつあると考えられ、ロンドン五輪あるいはその先のリオデジャネイロ五輪以降に現在の強化競技者の上を行く競技水準が期待できよう。

しかし、2004年以前にシニアに移行した現在の強化競技者のフォーム改善といった課題も依然として存在しているが、2007年以降の日本チーム平均赤カード数の増加が示す通り、ここ数年の間、競技水準レベルアップの前提となるルール適合のための技術の向上を軽視して競技水準の向上を求めてきた感は否めない。また、歩型に対してこれまで提供してきた情報の浸透度にも現状では限界があることから、そのような情報、とりわけバイオメカニクス分析結果を踏まえて「わざ言語」まで落とし込んだ形でのコーチング技法を検討し、その上でパーソナルコーチおよび競技者へ情報提供することが必要であろう。

## 文献

- DaMilano, M., Vizini, V., LaTorre, A., Saladie-LaFuente, L., Hoga, K., and Ae, M. (2008) *La Marcia-Percorso attraverso la specialita piu medagliata dell'Atletica Leggera Italiana*. Commissione Giudici Marcia e Settore Tecnico Marcia: Roma.
- 法元康二 (2010) 国際競技会における競歩のロス・オブ・コンタクト判定. 月刊陸上競技, 43 (1): 211-213.
- International Association of Athletics Federations (2005) *Materials for IAAF*

## 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>3)</sup> 阿江通良<sup>1)</sup>

1) 筑波大学 2) 大阪電気通信大学 3) 筑波大学大学院

### 1. はじめに

本報告では、レーザーを利用した速度測定装置(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

レーザーを利用した速度測定装置(LAVEG)を用い、跳躍者の助走スピードを測定した。主な分析対象試合は以下に示す通りである。

- ・ 2009年4月26日 第57回兵庫リレーカーニバル(兵庫RC)
- ・ 2009年4月29日 第43回織田幹雄記念国際陸上競技大会(織田記念)
- ・ 2009年5月3日 第25回静岡国際陸上(静岡国際)
- ・ 2009年5月9日 ヤマザキ国際グランプリ陸上大阪大会2009(大阪GP)
- ・ 2009年6月25日～6月28日 第93回日本陸上競技選手権大会(NCH)
- ・ 2009年9月23日 スーパー陸上競技大会2009川崎(SUPER)

### 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2009兵庫RC、大阪GPおよびNCH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1～2は2009兵庫RCおよびNCH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。

NCHでは上位2選手が8.00 mを記録し、3位の猿山選手も7.91 mを記録した。いずれの選手も兵庫RCとNCHの両試合に出場していたが、記録の良い

NCHの方が助走最高スピードは大きかった。一方で、NCH 4位の品田選手も兵庫RCより助走スピードは大きかったが跳躍記録はほぼ同程度に留まった。

図3は荒川、菅井、品田選手について、これまで測定してきた助走スピードデータと跳躍記録との関係を示している。荒川選手は跳躍記録と助走スピードに強い正の相関関係があり、助走スピードが大きい試技で記録が良い傾向にあった。特に8.00 m前後を記録している跳躍は10.60 m/s程度まで助走スピードが高められている傾向にあった。そして、09NCHは助走スピードと跳躍記録が高水準で安定した試合であったといえる。これまでの測定データを踏まえると、10.60 m/s程度の助走スピードで跳躍を行っていくことで世界大会のB標準である8.05 m以上の記録が達成されていくことが推察される。

菅井選手は助走スピードと記録の間に荒川選手ほど明確な関係は読みとれない。すなわち、約10.40 m/sのスピードで8.00 m以上の試技もあれば7.50 mに留まる試技も存在する。09NCHにおいてもほぼ同スピードの3～5本目で約40 cmの距離の差が見られており、これまでの測定結果を踏まえると、ほぼ安定して出せる10.40 m/sのスピードで8.00 m以上の跳躍ができていくことから、今後はそのスピードの中での踏切準備から踏切動作の出来を安定させることが重要になると推察される。

品田選手は助走スピードが10.90 m/sを超える試技もあり、これまで測定した国内選手で最も大きい助走スピードで跳躍を行う選手である。しかし、図3に示したように、助走スピードと跳躍距離の間で関係性はなく、10.90 m/sの場合も10.20 m/sの場合も同様の記録であることが多い。今後は、高いスピードを踏切につなげることが重要な課題になることが推察される。

### 3.2 女子走幅跳選手の助走スピード曲線

表4～6は2009大阪GP, NCHおよびSUPER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2009NCHおよびSUPER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。

NCHでは梶見選手が6.60 mを超える跳躍を2回行い, 世界陸上B標準を突破し優勝した。この試合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。これをSUPERや過去の測定結果と比較すると(2008年, 9.07 ± 0.10 m/s; 2007年, 8.96 ± 0.12 m/s; 2006年, 8.98 ± 0.14 m/s), NCHのスピードがいかに大きかったかがわかる。このように全ての試技で高いスピードまで高めることができていたことが高レベルで安定した要因の1つであったと考えられる。

### 3.3 男子三段跳選手の助走スピード曲線

表7～8は2009織田記念およびNCH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6～7は2009織田記念, NCH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。

2007年の助走スピードの報告(小山ら, 2007)では, 日本選手は助走スピードが低いことが指摘され, 世界平均(10.39 m/s, 阿江ら, 1994)や過去の日本選手の報告(05NCH, 石川, 16.92 m, 10.16 m/s, 小山ら, 2005)などから, 10.00 m/sを超える助走からの跳躍を行う必要があることが示唆されていた。09年の結果を見ると, 気象条件が良かったこともあるが, NCHでは複数選手が複数試技で10.00 m/sを超えていた。このように, NCHにおける助走スピードの水準は過去よりも高い水準にあったが, 一方で, 跳躍記録には大きな変化は見られていない。織田記念ではほぼ同程度の助走スピード(最高スピード9.96 m/s)の中国選手が追参であるが16.80 mを跳躍している。09年の日本選手は助走スピードが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, 今後は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と考えられる。

### 3.4 女子三段跳選手の助走スピード曲線

表9～10は2009織田記念およびNCH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8～9は2009織田記念およびNCH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。

09NCHは昨年に続き吉田選手が優勝した。吉田選

手はここ数年間13m台前半から中盤の安定した跳躍をしているが, 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 ± 0.09 m/s, 2008年: 8.76 ± 0.15 m/s, 2009年: 8.64 ± 0.14 m/sと助走スピードに関しても大きな変化はなく安定している。

大学生である竹田選手と前田選手は両試合とも出場し, 竹田選手の平均は8.46 ± 0.08 m/s(最高8.57 m/s), 前田選手は8.48 ± 0.12 m/s(最高8.63 m/s)であった。両選手ともに吉田選手よりも記録レベルは低いが, 助走スピードも吉田選手より低かった。

表9に示したように14.48 m(追参)を跳躍した中国の謝選手は9.18 m/s, 2003静岡国際で中国の黄選手が14.60 mを跳躍した時の助走スピードは9.38 m/s, またこれまで科学委員が測定できた14.00～14.30 mの9選手の平均は9.08 ± 0.11 m/sである。これらのことから, 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

- 阿江通良・深代千之・山本恵美・伊藤信之・斉藤望(1994) 男子三段跳の踏切に関するバイオメカニクスの研究. 世界一流競技者の技術. ベースボール・マガジン社, pp152-166.
- 小山宏之・村木有也・仲谷政剛・阿江通良, 伊藤信之・山下訓史(2005) 競技会における一流男女走幅跳, 三段跳, および棒高跳選手の助走速度分析. 日本陸連科学委員会研究報告, 4: 128-136.
- 小山宏之・村木有也・武田理・阿江通良・伊藤信之(2006) 競技会における一流男女走幅跳, 三段跳および棒高跳選手の助走速度分析. 日本陸連科学委員会研究報告, 5: 129-143.
- 小山宏之・村木有也・武田理・大島雄治・阿江通良(2007) 競技会における一流男女棒高跳, 走幅跳および三段跳選手の助走速度分析. 陸上競技研究紀要, 3: 104-122.



表1 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

選手	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th
菅井	F 10.06 (@ 7.6)	7.66 (-0.0) 10.05 (@ 6.6)	7.67 (+0.9) 10.24 (@ 5.9)	7.87 (+0.0) 10.19 (@ 6.1)	7.68 (-0.4) 10.22 (@ 5.9)	7.53 (-0.9) 10.18 (@ 5.9)
品田	7.41 (-0.6) 10.42 (@ 6.8)	7.54 (-0.7) 10.42 (@ 6.5)	7.46 (-1.2) 10.46 (@ 8.7)	7.70 (-0.6) 10.54 (@ 8.0)	7.66 (-1.2) 10.51 (@ 10.7)	6.16 (+0.1) 10.72 (@ 7.0)
志鎌	7.42 (+0.1) 9.89 (@ 5.1)	7.34 (+0.2) 9.87 (@ 5.8)	7.61 (+0.6) 9.96 (@ 5.9)	7.55 (-0.9) 9.92 (@ 4.8)	7.62 (-0.2) 10.05 (@ 5.6)	7.67 (-0.6) 10.10 (@ 5.3)
荒川	7.67 (-0.1) 10.42 (@ 7.3)	7.42 (+0.1) 10.53 (@ 9.0)	7.56 (+0.4) 10.45 (@ 7.9)	-	7.55 (-1.2) 10.42 (@ 8.2)	7.47 (-0.1) 10.55 (@ 7.2)
猿山	7.28 (+1.0) 10.13 (@ 5.7)	F 10.06 (@ 6.1)	F 9.90 (@ 5.1)	7.17 (-1.0) 9.74 (@ 6.1)	7.55 (+0.2) 10.01 (@ 6.3)	7.15 (-0.3) 9.99 (@ 5.7)
堀池	7.55 (+0.3) 10.23 (@ 6.5)	F 10.06 (@ 6.2)	7.01 (-0.7) 10.19 (@ 6.2)	7.14 (+0.4) 10.11 (@ 7.0)	-	7.15 (-0.1) 10.00 (@ 6.4)
新村	7.28 (-1.0) 9.70 (@ 7.6)	7.35 (-0.5) 9.96 (@ 8.0)	F 9.85 (@ 6.3)	7.22 (+0.1) 9.79 (@ 6.7)	-	7.41 (+0.3) 10.19 (@ 7.8)
鈴木	F 10.03 (@ 7.2)	7.33 (-0.3) 9.97 (@ 6.3)	7.25 (+0.7) 9.98 (@ 6.7)	6.25 (-0.2) 9.89 (@ 6.6)	F 9.78 (@ 8.5)	7.23 (-0.6) 9.88 (@ 8.4)

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

表2 大阪グランプリ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

選手	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th
ペート	F 10.31 (@ 8.7)	-	7.84 (+0.9) 10.18 (@ 6.7)	F 10.13 (@ 5.5)	7.92 (-0.1) 10.10 (@ 6.7)	7.81 (+0.3) 10.06 (@ 7.7)
クインリー	7.73 (+0.0) 10.47 (@ 7.4)	7.63 (+0.8) 10.40 (@ 7.4)	7.91 (+0.2) 10.35 (@ 8.0)	F 10.50 (@ 6.5)	-	F 10.61 (@ 6.7)
品田	7.86 (+0.4) 10.71 (@ 6.1)	7.77 (+0.1) 10.65 (@ 8.1)	7.66 (+0.7) 10.65 (@ 5.8)	-	7.60 (+0.6) 10.60 (@ 7.9)	7.72 (+0.9) 10.62 (@ 6.6)
菅井	F 10.33 (@ 3.7)	-	7.58 (+0.3) 10.30 (@ 6.5)	7.47 (+0.6) 10.33 (@ 7.5)	7.82 (+0.0) 10.34 (@ 7.4)	F 10.23 (@ 5.5)
荒川	7.61 (+0.0) 10.31 (@ 5.4)	-	F 10.42 (@ 6.4)	F 10.48 (@ 7.0)	7.51 (-0.4) 10.46 (@ 7.8)	F 10.37 (@ 7.2)

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

表3 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

選手	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th
荒川	7.59 (+0.3) 10.59 (@ 6.4)	F 10.74 (@ 6.5)	8.00 (+1.5) 10.78 (@ 6.8)	F 10.45 (@ 7.4)	7.87 (+0.9) 10.60 (@ 7.2)	7.96 (+1.7) 10.74 (@ 5.4)
菅井	F 10.29 (@ 8.7)	7.53 (+1.0) 10.19 (@ 6.5)	7.89 (+1.9) 10.42 (@ 7.3)	7.64 (+1.5) 10.35 (@ 7.9)	8.00 (+0.6) 10.33 (@ 6.8)	F 10.37 (@ 4.4)
猿山	7.38 (+1.4) 10.66 (@ 5.4)	7.61 (+1.5) 10.60 (@ 4.9)	F 10.65 (@ 6.9)	7.48 (+1.1) 10.51 (@ 6.0)	7.43 (+1.1) 10.67 (@ 6.6)	7.91 (+1.5) 10.42 (@ 6.8)
品田	7.73 (+0.3) 10.72 (@ 7.2)	7.70 (+2.4) 10.85 (@ 5.9)	F 10.92 (@ 7.1)	6.55 (+1.3) 10.75 (@ 8.5)	7.68 (+1.2) 10.72 (@ 6.7)	7.52 (+1.0) 10.73 (@ 8.7)
佐伯	F 10.26 (@ 6.7)	7.45 (+1.2) 10.28 (@ 6.5)	7.72 (+1.3) 10.32 (@ 6.0)	F 10.35 (@ 7.0)	-	7.54 (+1.2) 10.18 (@ 6.4)
坂井	7.33 (-0.8) 9.88 (@ 8.4)	7.48 (+1.3) 10.05 (@ 8.2)	7.71 (+2.0) 10.19 (@ 7.5)	7.61 (+1.6) 10.17 (@ 7.7)	7.25 (+1.1) 10.17 (@ 6.6)	7.62 (+1.4) 10.23 (@ 5.4)
堀池	7.71 (+0.0) 10.46 (@ 8.6)	7.59 (+1.3) 10.54 (@ 6.4)	F 10.42 (@ 7.7)	F 10.15 (@ 7.6)	-	6.84 (+1.2) 10.22 (@ 6.9)
志鎌	7.55 (+1.4) 10.22 (@ 5.4)	7.60 (+1.9) 10.09 (@ 5.7)	7.55 (+0.9) 10.24 (@ 6.2)	-	7.47 (+0.7) 10.22 (@ 4.6)	F 10.28 (@ 5.9)

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

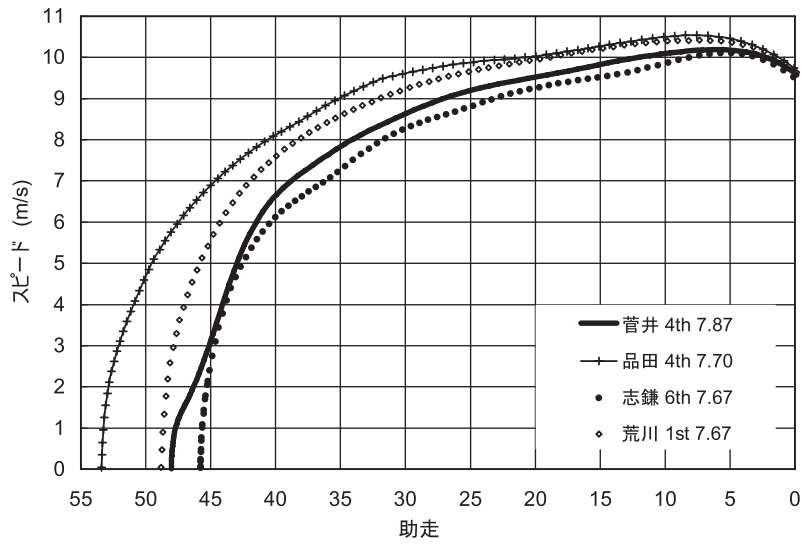


図1 兵庫リレーカーニバル男子走幅跳上位入賞選手の助走スピード曲線 (0mが踏切板)

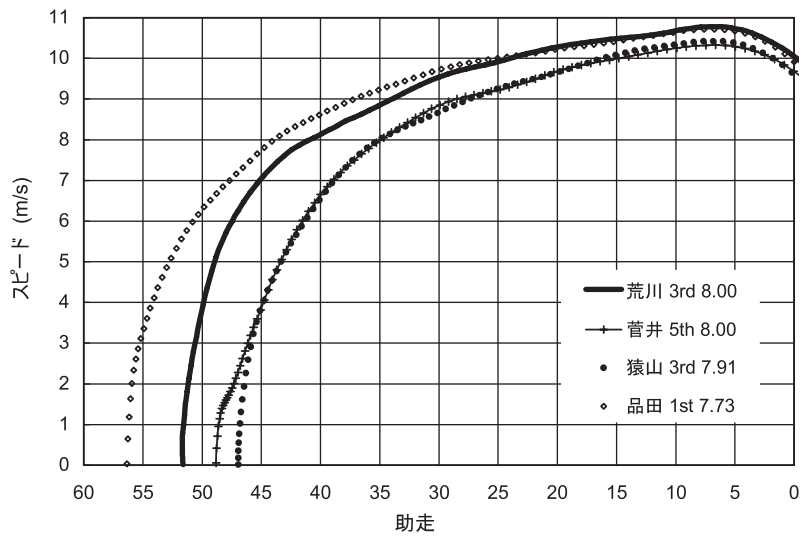


図2 日本選手権男子走幅跳上位入賞選手の助走スピード曲線 (0mが踏切板)

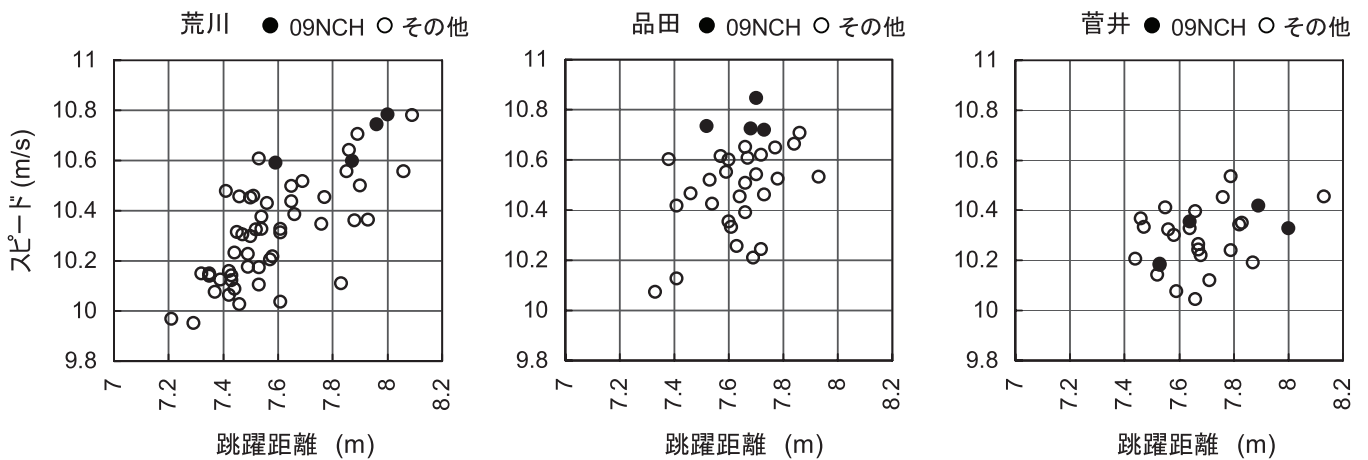


図3 荒川選手 (左), 品田選手 (中), 菅井選手 (右) における助走最高スピードと跳躍距離の関係

表4 大阪グランプリ女子走幅跳入賞選手の各試技の助走における最高スピードおよびその出現地点

選手	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th
グレン	6.65 (+0.8) 9.51 (@ 5.9)	6.57 (-0.9) 9.45 (@ 6.4)	F 9.36 (@ 5.0)	-	6.54 (+0.4) 9.59 (@ 4.9)	6.55 (-0.3) 9.49 (@ 4.5)
ファウンテン	6.51 (+0.2) 9.10 (@ 6.0)	F 9.07 (@ 5.0)	6.29 (+0.0) 9.17 (@ 8.6)	F 9.19 (@ 3.3)	F 9.21 (@ 5.7)	-
井村	6.26 (+0.0) 9.18 (@ 6.6)	6.31 (+0.3) 9.25 (@ 6.5)	6.49 (+1.2) 9.13 (@ 4.2)	6.31 (+0.0) 9.09 (@ 4.1)	6.20 (+0.3) 9.05 (@ 4.9)	-
梶見	6.21 (+0.3) 9.07 (@ 8.5)	F 8.95 (@ 8.1)	-	6.21 (+0.4) 9.11 (@ 7.8)	6.38 (-0.1) 9.12 (@ 6.9)	6.31 (+0.9) 9.12 (@ 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

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

選手	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th
梶見	6.53 (+2.1) 9.41 (@ 6.0)	6.48 (+1.1) 9.25 (@ 7.0)	F 9.35 (@ 6.9)	6.60 (+1.6) 9.41 (@ 6.5)	6.65 (+1.4) 9.29 (@ 6.6)	-
井村	6.33 (+2.1) 9.42 (@ 5.3)	6.46 (+1.3) 9.42 (@ 5.8)	6.38 (+1.3) 9.35 (@ 5.9)	6.27 (+0.9) 9.38 (@ 6.0)	6.46 (+1.4) 9.27 (@ 6.2)	6.31 (+1.5) 9.30 (@ 6.0)
岡山	6.27 (+2.0) 9.34 (@ 6.7)	F 9.27 (@ 5.7)	6.22 (+1.6) 9.25 (@ 5.9)	F 9.29 (@ 6.3)	6.39 (+2.0) 9.26 (@ 6.9)	6.19 (+1.5) 9.26 (@ 5.8)
佐藤	6.05 (+2.6) 8.80 (@ 4.9)	6.08 (+1.8) 8.98 (@ 4.6)	5.83 (+1.4) 8.95 (@ 6.5)	F 8.77 (@ 5.2)	6.26 (+1.8) 9.00 (@ 6.0)	6.04 (+1.2) 8.84 (@ 5.6)
花岡	5.96 (+2.0) 9.23 (@ 6.0)	F 9.18 (@ 5.5)	F 9.20 (@ 7.3)	4.80 (+0.8) 9.01 (@ 6.3)	6.15 (+1.6) 9.03 (@ 6.5)	6.24 (+1.8) 9.13 (@ 5.8)
黒田	5.96 (+2.0) 9.34 (@ 5.0)	6.20 (+2.3) 9.34 (@ 5.0)	F 9.45 (@ 4.8)	F 9.40 (@ 4.3)	6.07 (+1.5) 9.23 (@ 5.5)	5.83 (+1.0) 8.94 (@ 5.4)
湊	5.75 (+0.6) 8.77 (@ 6.0)	5.97 (+1.8) 8.79 (@ 4.6)	-	F 8.85 (@ 5.0)	6.10 (+1.5) 8.88 (@ 4.7)	F 8.91 (@ 4.3)
中野	5.96 (+1.3) 8.91 (@ 5.4)	5.93 (+1.6) 8.98 (@ 7.8)	F 8.93 (@ 4.6)	F 9.07 (@ 5.3)	5.81 (+0.9) 8.95 (@ 5.5)	6.01 (+0.9) 9.02 (@ 5.9)

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

表6 SUPER 陸上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

選手	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th
レベテワ	6.25 (-0.2) 9.16 (@ 5.2)	6.45 (+0.7) 9.15 (@ 6.1)	6.42 (+0.1) 9.21 (@ 4.5)	6.47 (+0.5) 9.29 (@ 4.6)	6.60 (+0.9) 9.35 (@ 4.6)	F 9.27 (@ 5.7)
梶見	6.43 (+0.5) 9.08 (@ 6.0)	6.42 (-0.3) 9.13 (@ 6.7)	6.17 (-0.9) 9.07 (@ 6.2)	F 9.13 (@ 7.2)	6.33 (-0.4) 9.09 (@ 6.1)	-
井村	6.30 (+0.8) 9.22 (@ 5.8)	6.24 (-1.1) 9.07 (@ 5.8)	F 9.13 (@ 7.0)	6.27 (-0.4) 9.00 (@ 5.0)	6.30 (+0.1) 9.01 (@ 4.2)	-
佐藤	-	5.95 (-2.1) 8.66 (@ 5.4)	5.91 (-0.1) 8.82 (@ 5.2)	6.12 (+0.4) 8.85 (@ 5.6)	6.17 (+0.4) 9.01 (@ 5.3)	-
高武	5.81 (-1.9) 8.56 (@ 4.8)	F 8.83 (@ 4.0)	F 8.67 (@ 5.0)	5.99 (+1.3) 8.75 (@ 4.4)	5.93 (-1.0) 8.60 (@ 4.0)	F 8.43 (@ 4.6)

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

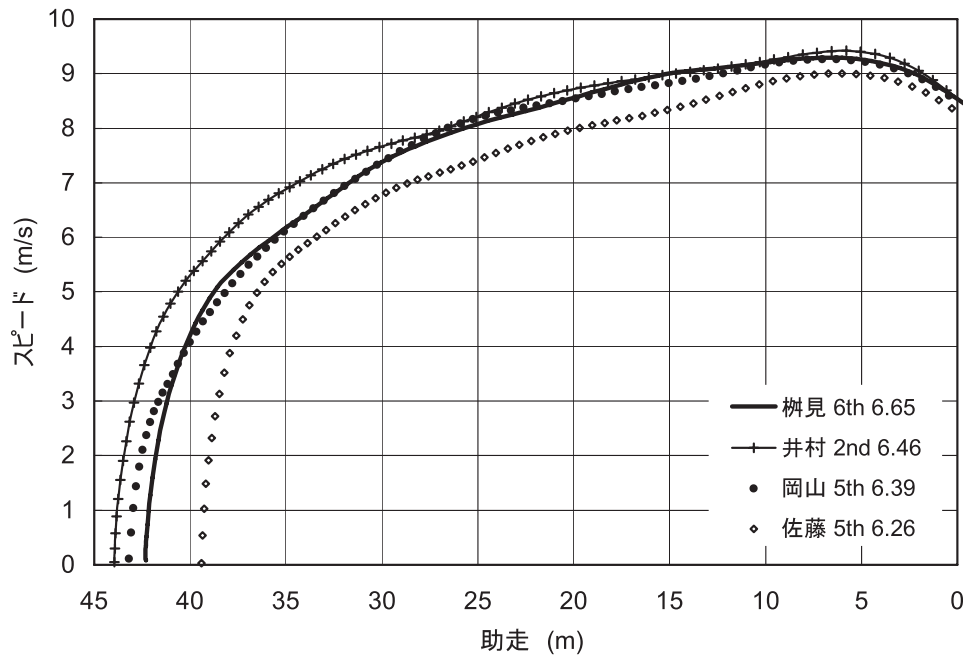


図4 日本選手権女子走幅跳上位入賞選手の助走スピード曲線 (0mが踏切板)

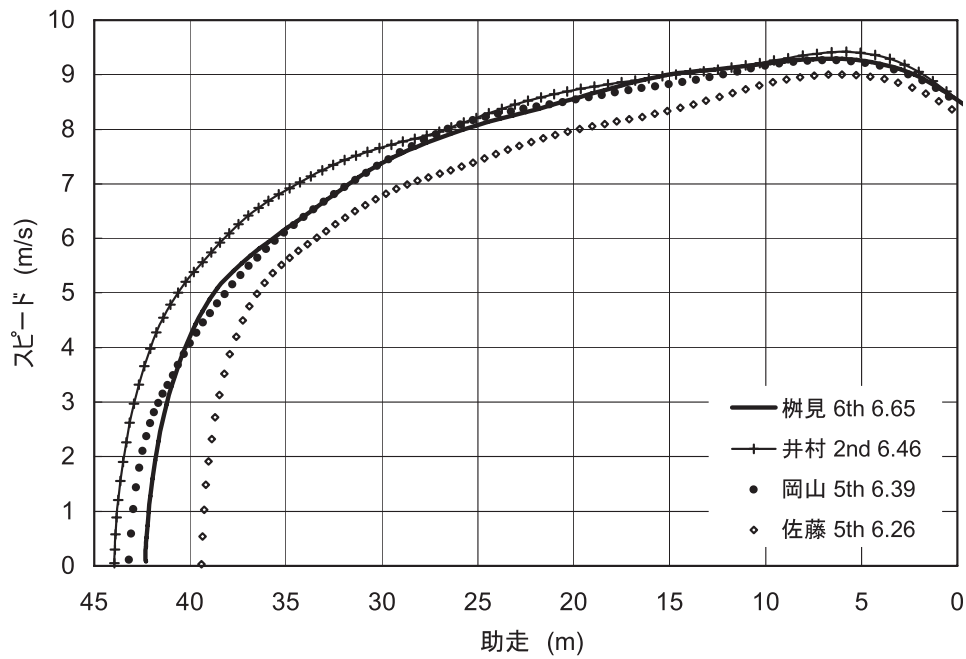


図5 スーパー陸上女子走幅跳上位入賞選手の助走スピード曲線 (0mが踏切板)

表 7 織田記念男子三段跳入賞選手の各試技の助走における最高スピードおよびその出現地点

選手	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th
李	16.19 (+1.7) 9.76 (@ 5.1)	16.80 (+2.9) 9.96 (@ 4.5)	16.46 (+2.3) 9.93 (@ 4.0)	16.55 (+1.3) 9.76 (@ 4.4)	-	-
藤林	15.47 (+1.3) 9.92 (@ 4.6)	16.12 (+1.6) 9.92 (@ 4.8)	-	15.82 (+1.7) 10.04 (@ 5.6)	16.45 (+1.0) 10.00 (@ 4.6)	16.40 (+1.3) 10.13 (@ 4.5)
石川	F 9.95 (@ 5.8)	F 9.69 (@ 4.5)	15.63 (+0.1) 9.48 (@ 7.6)	-	F 9.73 (@ 3.8)	15.88 (-0.5) 9.65 (@ 5.2)
十亀	-	15.87 (+1.5) 9.54 (@ 5.5)	F 9.83 (@ 6.1)	15.73 (+1.6) 9.50 (@ 5.6)	-	F 9.82 (@ 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

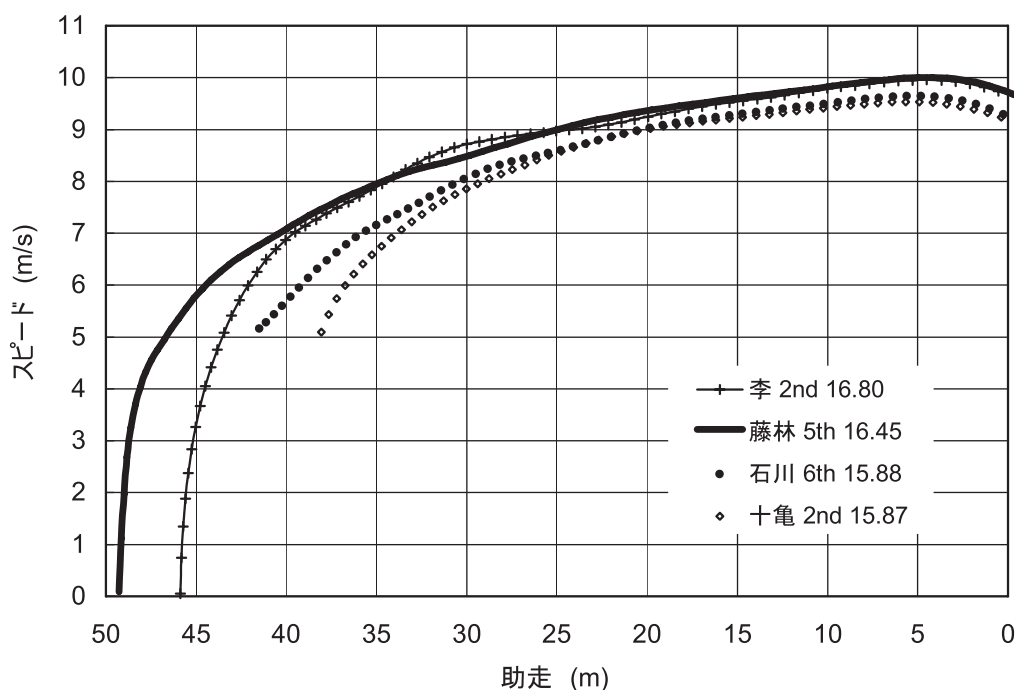


図 6 織田記念男子三段跳上位入賞選手の助走スピード曲線 (0m が踏切板)

表 8 日本選手権男子三段跳入賞選手の各試技の助走における最高スピードおよびその出現地点

選手	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th
杉林	15.78 (+1.8) 9.43 (@ 4.3)	F 9.43 (@ 4.0)	F 9.42 (@ 3.4)	15.85 (+0.8) 9.47 (@ 4.5)	15.37 (+1.9) 9.54 (@ 5.1)	16.45 (+2.2) 9.77 (@ 3.3)
梶川	-	15.86 (+0.9) 10.07 (@ 4.4)	16.36 (+1.5) 10.05 (@ 4.8)	F 10.19 (@ 4.8)	16.07 (+1.7) 10.22 (@ 6.9)	15.51 (+2.0) 10.13 (@ 3.9)
石川	15.69 (+1.9) 9.86 (@ 6.0)	F 10.07 (@ 6.2)	16.19 (+1.0) 9.98 (@ 6.3)	16.01 (+2.1) 10.02 (@ 6.5)	F 9.80 (@ 5.2)	15.96 (+1.1) 9.81 (@ 6.5)
鈴木	15.60 (+2.4) 10.34 (@ 4.8)	16.02 (+2.3) 10.35 (@ 5.7)	15.22 (+2.1) 10.29 (@ 5.3)	15.49 (+1.9) 10.41 (@ 6.6)	15.84 (+1.2) 10.07 (@ 4.2)	F 9.60 (@ 6.9)
堀内	-	15.51 (+1.3) 9.69 (@ 4.6)	15.99 (+0.9) 9.76 (@ 4.6)	15.44 (+0.9) 9.71 (@ 4.6)	15.08 (+1.2) 9.84 (@ 4.3)	F 9.74 (@ 3.9)
角山	14.80 (+1.9) 9.77 (@ 5.1)	15.84 (+1.2) 9.59 (@ 4.5)	15.96 (+1.0) 9.68 (@ 4.5)	15.80 (+2.5) 9.75 (@ 4.6)	15.26 (+1.6) 9.65 (@ 6.0)	15.68 (+1.9) 9.65 (@ 5.4)
藤林	13.79 (+1.3) 10.03 (@ 5.3)	15.84 (+1.2) 10.00 (@ 5.8)	15.96 (+1.0) 10.12 (@ 5.2)	15.56 (+0.9) 9.89 (@ 5.4)	15.53 (+1.1) 9.93 (@ 5.1)	15.04 (+1.7) 10.14 (@ 5.5)
花谷	15.58 (+3.3) 10.02 (@ 6.1)	15.53 (+0.7) 9.83 (@ 6.9)	15.74 (+0.7) 9.96 (@ 7.3)	F 10.11 (@ 7.0)	F 10.03 (@ 5.7)	F 10.00 (@ 5.9)

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

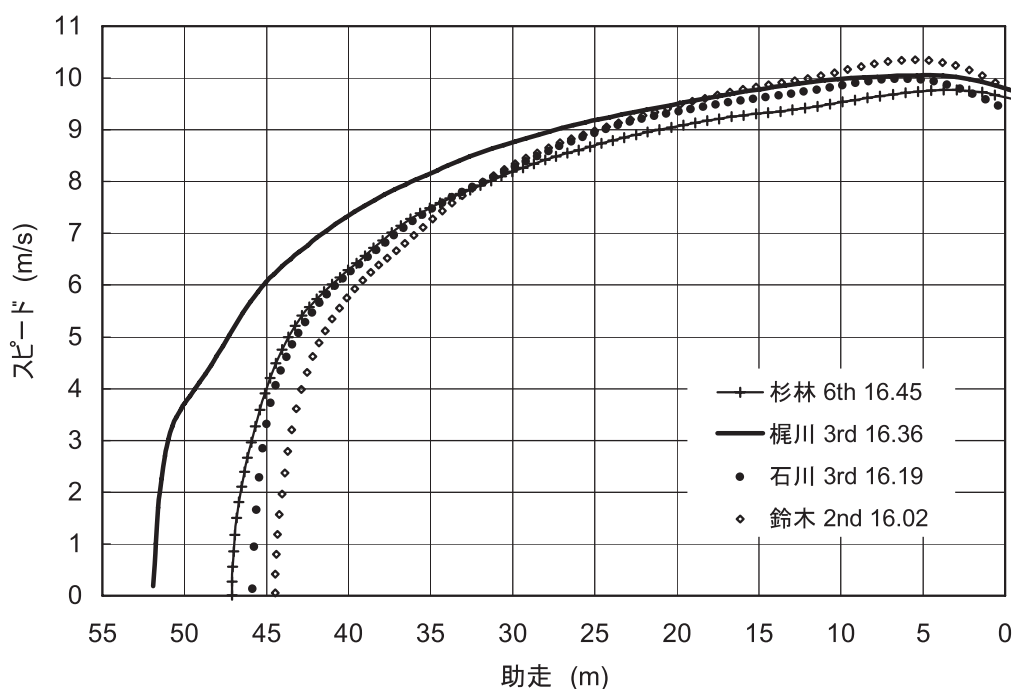


図 7 日本選手権男子三段跳上位入賞選手の助走スピード曲線 (0m が踏切板)

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

選手	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th
謝	14.48 (+2.6) 9.18 (@ 5.1)	11.53 (+0.1) 8.87 (@ 4.0)	F 8.79 (@ 4.9)	-	-	-
竹田	12.82 (+3.0) 8.60 (@ 5.2)	12.84 (+0.0) 8.39 (@ 5.3)	12.72 (-0.2) 8.43 (@ 3.7)	F 8.49 (@ 4.0)	12.70 (+0.3) 8.32 (@ 4.3)	-
三澤	12.66 (+2.5) 8.82 (@ 2.8)	F 8.66 (@ 3.6)	12.17 (+0.1) 8.60 (@ 5.8)	-	F 8.70 (@ 4.4)	12.76 (+0.9) 8.51 (@ 5.5)
前田	12.45 (+1.1) 8.59 (@ 4.9)	F 8.38 (@ 3.9)	F 8.26 (@ 5.3)	12.44 (+0.4) 8.35 (@ 4.9)	F 8.40 (@ 5.3)	12.50 (+0.2) 8.40 (@ 6.1)

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

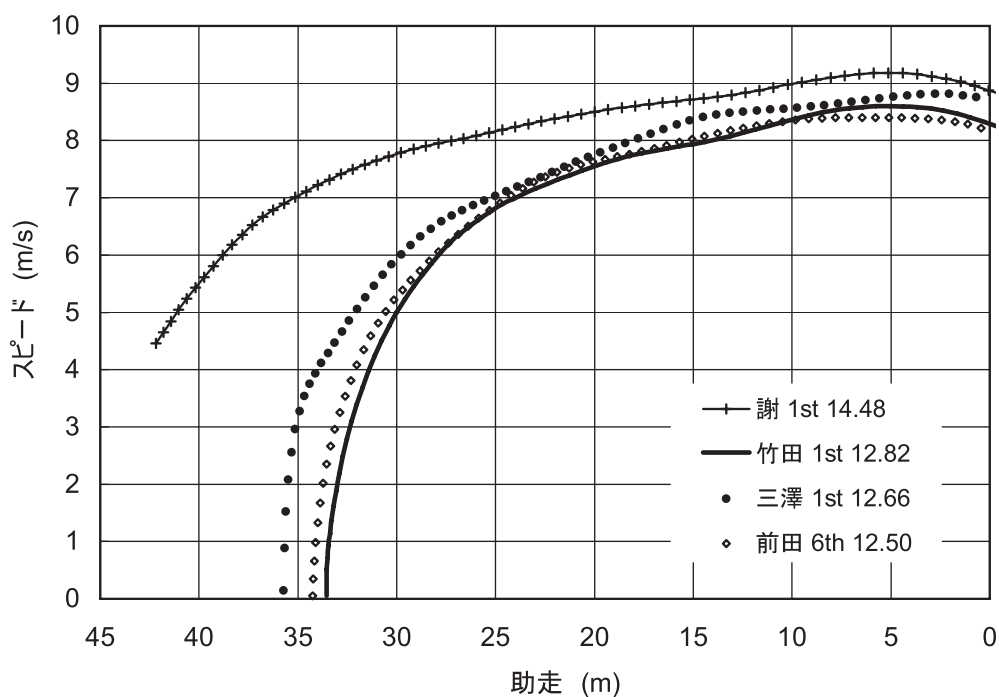


図8 織田記念女子三段跳上位入賞選手の助走スピード曲線 (0mが踏切板)

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

選手	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th
吉田	13.02 (+0.2) 8.63 (@ 6.5)	13.43 (+1.2) 8.76 (@ 4.3)	13.34 (+1.8) 8.80 (@ 4.7)	13.29 (+1.2) 8.57 (@ 6.8)	13.11 (+1.7) 8.66 (@ 5.0)	13.11 (+0.6) 8.41 (@ 4.0)
竹田	12.97 (+2.2) 8.57 (@ 6.0)	F 8.47 (@ 4.8)	F 8.49 (@ 5.0)	-	12.37 (+1.3) 8.41 (@ 4.3)	13.16 (+0.5) 8.44 (@ 4.3)
前田	12.61 (+1.5) 8.61 (@ 5.2)	12.95 (+1.9) 8.63 (@ 5.4)	12.47 (-0.3) 8.57 (@ 4.2)	12.75 (+1.5) 8.50 (@ 4.4)	12.59 (+1.1) 8.53 (@ 4.2)	12.84 (+0.7) 8.57 (@ 4.3)
清瀬	F 8.62 (@ 4.0)	F 8.63 (@ 7.9)	12.94 (+0.9) 8.76 (@ 4.0)	F 8.81 (@ 3.6)	12.79 (+0.7) 8.78 (@ 4.0)	12.63 (+0.3) 8.69 (@ 4.0)
三澤	-	12.62 (+1.5) 8.80 (@ 3.8)	-	12.72 (+1.7) 8.71 (@ 4.1)	12.53 (+0.9) 8.73 (@ 3.7)	12.75 (+1.0) 8.75 (@ 4.7)
中尾	12.14 (+0.7) 8.53 (@ 3.7)	12.71 (+1.7) 8.61 (@ 3.3)	-	12.40 (+1.3) 8.57 (@ 4.1)	F 8.57 (@ 3.0)	12.56 (+1.2) 8.60 (@ 3.9)
大坂	12.49 (+2.2) 8.95 (@ 4.7)	F 8.92 (@ 4.3)	12.48 (+0.2) 8.62 (@ 4.1)	12.56 (+1.5) 8.75 (@ 5.5)	12.45 (+0.8) 8.64 (@ 5.0)	F 8.72 (@ 3.8)
藤田	12.18 (+0.5) 8.05 (@ 4.8)	12.25 (+1.3) 8.10 (@ 4.9)	12.34 (+1.1) 8.16 (@ 5.0)	12.14 (+0.9) 8.09 (@ 5.5)	F 8.12 (@ 4.5)	-

注) 数値は上段が跳躍記録, 下段が最高スピードおよび括弧内は出現地点

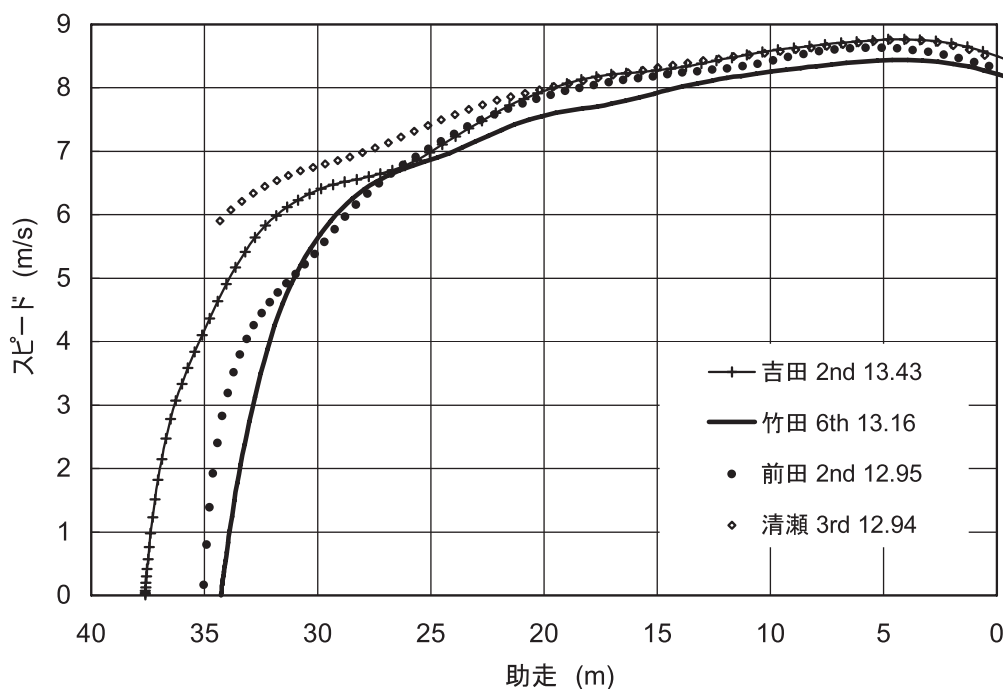


図 9 日本選手権女子三段跳上位入賞選手の助走スピード曲線 (0m が踏切板)



## 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 —

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>

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

### I. はじめに

村上幸史選手は、2009年ベルリンで開催された世界選手権において、予選では83.10mの自己ベストを更新し、決勝では82.97mを投げ見事に銅メダルを獲得した。村上選手は2004年に81.71mという自己ベストを投げて以来、4年間一度も80mオーバーの投げを行っていなかったが、2009年だけで6試合80mオーバーの投げを行った。このことは、2009年の投動作がそれまでの投動作と比較して、大きく変化した可能性が高いことを示唆している。

そこで、本稿では2009年に記録した村上選手の80mオーバーの投動作の特徴を、2007年における投動作と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、村上選手が2009年スーパー陸上において82.41mを記録した試技(以後、単に09年)、および2007年大阪世界選手権において77.63mを記

録した試技(以後、単に07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ヵ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、

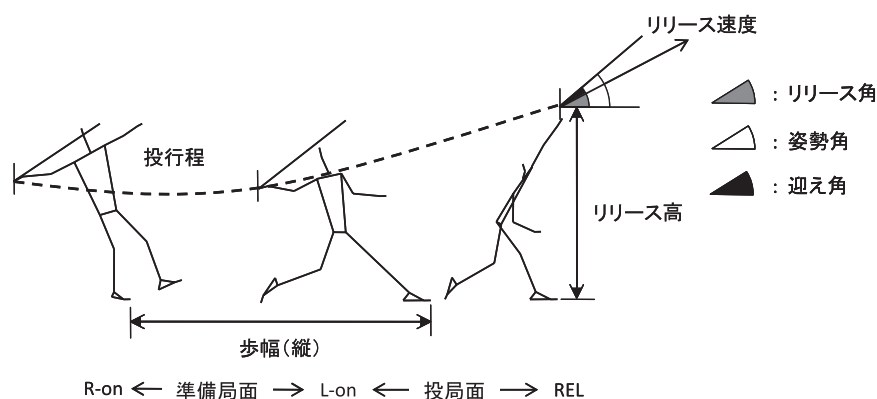


図1 リリースパラメータおよび各算出項目

やりのリリース時点のコマ数を合わせることで行った。算出された3次元座標は8Hzのバッタワースデジタルフィルタにより平滑化した。

#### 4. 分析項目

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

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

なお、理論的にやりの投てき記録を決定する要因となるリリース速度、リリース高およびリリース角 (姿勢角および迎え角を含む) を総じてリリースパラメータとよぶ。

- 6) 身体重心速度 (単に重心速度)
- 7) 局面時間：準備局面および投局面の経過時間
- 8) 投行程：右足接地時からリリースまでのグリップの移動距離
- 9) 歩幅：右足接地時の右つま先から左足接地地時の左つま先までの距離

### Ⅲ. 結果および考察

#### 1. リリースパラメータ

まず、表1に示したリリースパラメータについて09年と07年を比較すると、合成のリリース時速度は、当然のことではあるが09年が07年と比較して高値を示していた。それぞれの速度成分に着目すると、投てき方向の速度は同じであったが、上方の速度は09年が高値を示した。また、迎え角をみると07年はプラス2.5度であったのに対して、09年は0度であった。これらのことは、09年は07年と比較して、上方へのリリース速度が増加した結果、合成のリリース速度が増加し、さらにリリース角とやりの姿勢角が一致したことによって、空気抵抗の少ないやりの飛行軌道であったために、およそ5mの投距離の増加をもたらしたことを示唆するものである。

表1 投てき記録, リリースおよび基礎的パラメータ

	2009スーパー	2007WCh
投てき記録 (m)	82.41	77.63
リリース速度 (m/s)	28.2	27.8
左右 (m/s)	2.3	1.0
前方 (m/s)	23.5	23.5
上方 (m/s)	15.4	14.8
リリース高 (m)	1.93	1.91
リリース角 (deg)	34.5	33.2
迎え角 (deg)	0.0	2.5
局面時間		
準備局面 (s)	0.200	0.217
投局面 (s)	0.117	0.133
重心速度		
R-on (m/s)	6.8	6.7
L-on (m/s)	5.7	5.8
REL (m/s)	3.8	3.4
歩幅(縦) (m)	1.85	1.85
投行程 (m)	3.27	3.47
準備局面 (m)	1.45	1.62
投局面 (m)	1.82	1.85

#### 2. 投てき動作に関するパラメータ

次に、表1に示した動作に関する基礎的パラメータについて09年と07年を比較すると、動作時間は準備局面、投局面ともにわずかに09年が短くなり、重心速度は大きく変化していなかった。また、投行程では09年は07年よりも短くなっていたが、全体 (準備局面+投局面) に対する投局面の投行程の割合は09年では56%、07年では53%であり、09年が高値を示した。これらのことは、09年は07年と比較して、動作時間が短くなったことから、全体のやりの投行程、つまりやりの加速距離は短くなったが、投局面での加速距離をより大きく確保する動作に変化していたことを示唆するものである。その結果、図3に示した上肢各部位の速度は、09年がよりリリースに近いタイミングで急激に加速、減速し、より短時間で近位から遠位の部位へと大きく速度を増加させていたものと考えられる。09年における上肢各部位の速度の変化パターンは、田内ら (2009) が報告した世界トップレベルの選手らの変化パターンとよく一致しており、まさに村上選手が世界トップレベルに至ったことを示す結果であると考えられる。

最後に、図2に示した09年と07年のスティックピクチャを比較すると、09年は動作時間が短いと

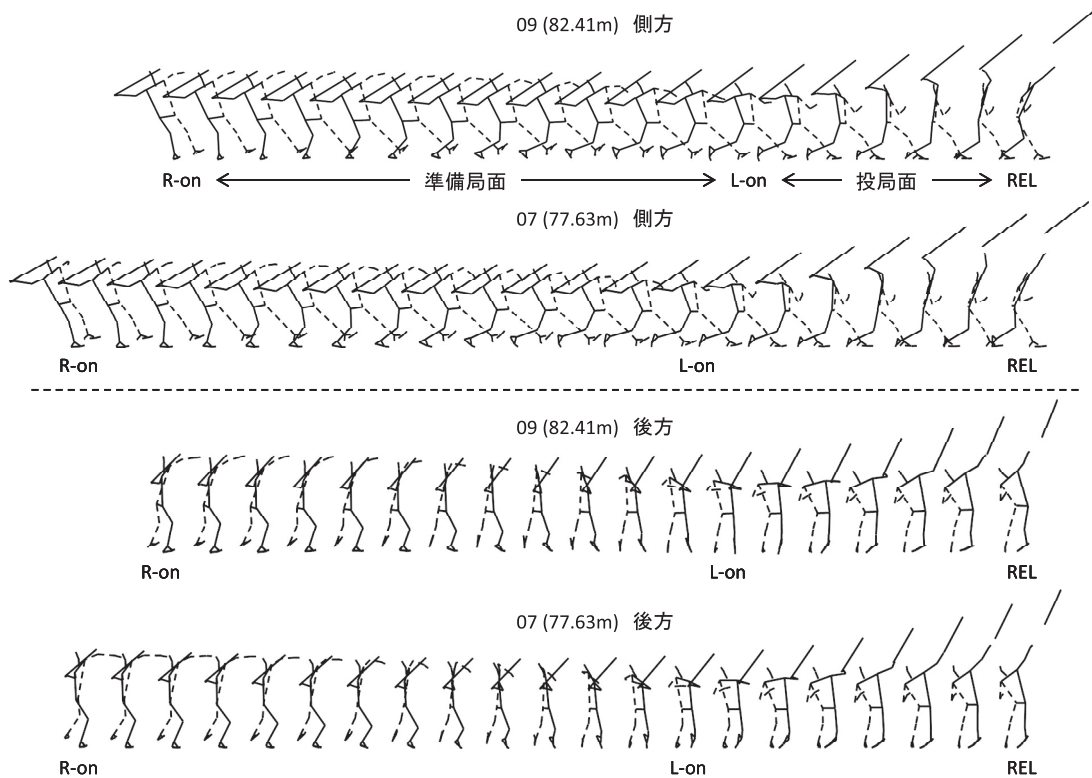


図2 スティックピクチャ (ピクチャ間の時間は1/60秒)

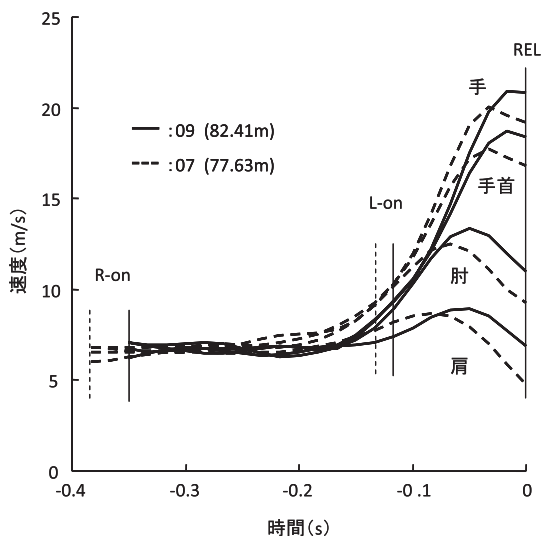


図3 右の肩, 肘, 手首および手の速度

図中の縦線は左から順に R-on, L-on および REL のタイミングを示す

ということ以外に, 準備局面の腰部の動作に大きな変化をみてとれる. つまり, 07年では, R-on時に後方からみた左腰が右腰と重なり, 投てき方向に対して腰のライン (左右の大転子を結んだ線分) が閉じている (より右回旋位にある) のに対して, 09年では左腰がより左に位置し, 投てき方向に対して腰のラインが開いている (より左回旋位にある) ということである. なお, 世界トップレベルの選手も, R-on時に腰がより左回旋位にあることが報告され

ている (田内と村上, 2008). このことをより詳細に検討するために, 図4に腰, 肩および捻転の角度および角速度を示した. 準備局面における腰の角度は, 先に述べたように09年は07年と比較してより左回旋位にあり, 腰のラインが開いた状態であるのに対して, 肩の角度は両年ともほぼ同様であったために, 結果として捻転の角度は09年が大きくなっていた. また, 準備局面において09年は07年と比較して腰の角速度は低く抑えられていたのに対して, 肩の角速度はほぼ同様に保たれ, L-on以降の投局面ではリリース直前で07年よりも高値を示していた. その結果, 捻転の角速度は局面を通して高値を示していた. これらのことは, 09年は07年と比較して, 肩のライン (左右の肩峰を結ぶ線分) は同様でありながら, 腰のラインが開いた状態で準備局面を迎えることで, 体幹の捻転を大きくし, その捻り戻しの角速度を高めることで, リリース直前の肩の角速度を高めていたことを示唆するものである. この09年における高められた肩の角速度は, 上肢各部位のより爆発的な加速 (図3) を行うことを可能にしたものと考えられる.

#### IV. まとめ

村上選手における80mオーバーを記録した09年の投てき動作と07年の投てき動作を比較した結果,

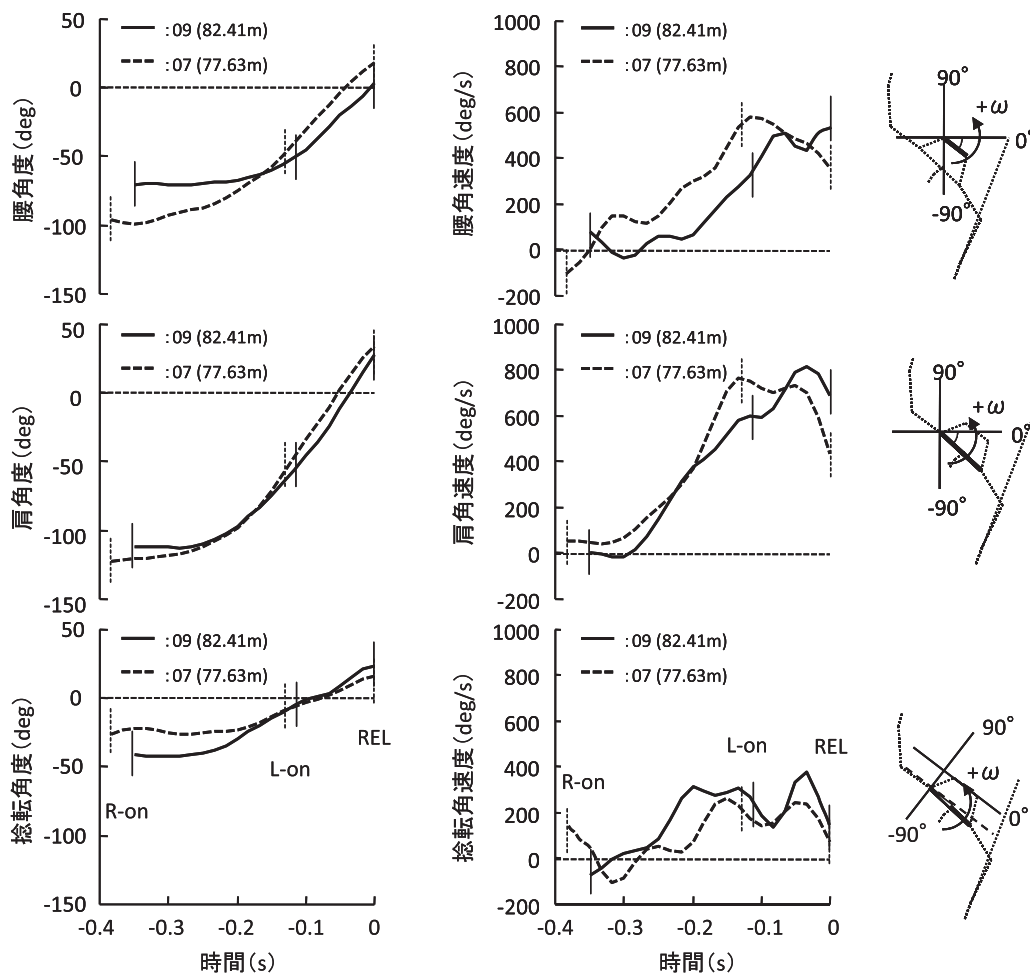


図4 腰，肩，捻転の角度および角速度

図中の縦線は左から順に R-on，L-on および REL のタイミングを示す

09年の投てき動作の特徴として以下のことが明らかになった。

- 1) リリース速度のうち，特に上方へのリリース速度が増大していた。
- 2) 投局面におけるやりの加速距離が相対的に増大していた。
- 3) 上肢各部位の速度がより短時間で大きく加速されていた。
- 4) 準備局面において体幹の捻転動作が強調され，捻り戻しの角速度が増大していた。

これらの動作の特徴は，先行研究によって報告された世界トップレベルの動作の特徴と類似しており，村上選手が記録だけでなく技術的にも，世界トップレベル選手の仲間入りを果たしたことを裏付ける結果であると考えられる。

## 謝辞

本報告を執筆するにあたり，村上幸史選手（スズキ浜松 AC）には貴重なデータの公表を快諾していた

いただきました。この場をお借りして，感謝申し上げます。

## 参考文献

- 田内健二・村上幸史（2008）世界一流男子やり投げにおける投てき技術－91年世界陸上競技選手権東京大会と07年大阪大会との比較－. バイオメカニクス研究，12（2）：143-152.
- 田内健二・村上幸史・藤田善也・磯繁雄（2009）やり投の日本トップ選手における動作分析データの活用事例－世界トップレベルとの相違点を提示して－. スポーツパフォーマンス研究，1：151-161.

## 混成強化部への科学的サポート —得点分析からみた日本十種競技界の現状と課題—

持田尚<sup>1)</sup> 松林武生<sup>2)</sup> 松尾彰文<sup>2)</sup> 松田克彦<sup>3)</sup> 本田陽<sup>4)</sup> 阿江通良<sup>5)</sup>

1) 横浜市スポーツ医科学センター 2) 国立スポーツ科学センター 3) 平成国際大学  
4) 中京大学 5) 筑波大学

### はじめに

本稿では、十種競技強化に資する基礎的資料として、「得点分析からみた日本の現状と課題」について報告する。

混成強化部では、ロンドンオリンピックへ向けた中期強化計画において、科学委員会との連携を謳った。特に、専門種目と混成選手の比較分析を要望として挙げている。そこで、科学委員会では、いままで蓄積してきた専門種目の科学的データと比較するために、十種競技選手の出場する競技会においてバイオメカニクス的研究活動を実施した。本稿に続いて、それらの活動に関する、次の2つを報告させてもらい、科学委員会混成担当部の2009年度活動報告とする。

- 十種競技選手のスプリント種目での走パフォーマンス分析 (持田ら)
- 十種競技選手の走幅跳、棒高跳での跳躍パフォーマンス分析 (松林ら)

### —得点分析からみた日本の現状と課題—

#### 【背景と目的】

本邦歴代十種競技選手で8000点を超えた者はいない。また、1993年に金子宗弘選手が7995点の日本記録を樹立してから17年間、現在もなおその記録は更新されていない。その間に世界記録は9000点台へと突入し、日本十種競技界は世界から取り残されている感が否めないのが現状である。

しかしながら、現在日本トップ3の右代啓祐選手、田中宏昌選手、池田大介選手らは、それぞれ歴代3位(7856点)、4位(7803点)、5位(7788点)に位置し、日本記録更新はもとより世界レベルへの飛

躍が期待されている。

そこで、今一度、世界レベルからみた日本選手らの現況を明らかにすることで、十種競技強化に資する基礎的資料を得ることを目的とする。

#### 【方法】

##### 1. 十種競技種目別評価表の作成と評価

最近の選手で、8000点以上(8006点-9026点)の記録を持つ世界十種競技選手(以下World-classとする)66名のデータを元に、種目別5段階評価表、いわゆる世界基準による十種競技種目別評価表を作成した。その評価表を用い、日本歴代トップ選手について、種目ごとに評価した。元データは2004年度、2007年度、2008年度、2009年度の公式記録より作成した。段階点は次の式より境界点を求めた。

$$\bar{X} \pm k \times SD \dots\dots\dots (式1)$$

ただし、 $\bar{X}$ は平均値、 $SD$ は標準偏差、 $k$ は0.5, 1.5である。

##### 2. 競技レベル別にみた種目別パフォーマンスの分布と下限ラインからみた強化課題の抽出

World-class66名がもつ複数のパフォーマンス、延べ160名分のデータを元に、種目別記録の分布図を作成した。そこから競技レベル別にみた下限ラインを作成し、日本トップ選手における課題の抽出を試みた。下限ラインは、100点ごとに区切った競技レベルごとに最低記録を求め、それぞれの最低記録を1次式に近似することで求めた。

#### 【結果と考察】

##### 1. 日本歴代トップ選手の種目別記録と評価

表1は、世界基準による十種競技種目別評価表である。段階は評価が高い順に+2, +1, 0, -1, -2で

表1 十種競技種目別評価表 -世界基準-

n=66	100m	LJ	SP	HJ	400m	110mH	DT	PV	JT	1500m	
+2	<10.55	>7.82	>16.40	>2.11	<47.50	<13.85	>50.76	>5.22	>69.76	<4'17	優れる
+1	10.55 -10.79	7.82 -7.53	16.40 -15.31	2.11 -2.04	47.50 -48.52	13.85 -14.22	50.76 -47.02	5.22 -4.98	69.76 -64.01	4'17 -4'29	やや優れる
±0	10.79 -11.02	7.53 -7.25	15.31 -14.23	2.04 -1.98	48.52 -49.54	14.22 -14.59	47.02 -43.28	4.98 -4.74	64.01 -58.25	4'29 -4'41	標準
-1	11.02 -11.26	7.25 -6.97	14.23 -13.14	1.98 -1.91	49.54 -50.56	14.59 -14.97	43.28 -39.53	4.74 -4.51	58.25 -52.50	4'41 -4'53	やや劣る
-2	>11.26	<6.97	<13.14	<1.91	>50.56	>14.97	<39.53	<4.51	<52.50	>4'53	劣る
単位	sec	m	m	m	sec	sec	m	m	m	sec	

8000点以上(8004-9026点)66名のデータを元に5段階評価を作成。

表2 日本歴代トップ選手の種目別記録と評価

<記録>	総合得点	100m	LJ	SP	HJ	400m	110mH	DT	PV	JT	1500m
単位	点	sec	m	m	m	sec	sec	m	m	m	sec
1位 金子宗弘	7995	11.23	7.27	13.48	2.02	49.61	14.43	45.80	4.90	60.24	4'47.90
2位 松田克彦	7871	10.87	7.40	12.59	1.96	48.80	14.46	38.06	4.80	57.06	4'35.77
3位 右代啓祐	7856	11.53	6.87	13.61	2.02	50.88	15.23	45.26	4.60	73.82	4'37.65
4位 田中宏昌	7803	10.87	7.16	12.07	1.87	49.85	15.06	40.21	5.10	63.94	4'38.22
5位 池田大介	7788	11.16	7.09	13.43	1.87	49.28	14.90	39.72	4.60	63.73	4'22.39

<評価>	総合得点(点)	100m	LJ	SP	HJ	400m	110mH	DT	PV	JT	1500m
1位 金子宗弘	7995	-1	0	-1	0	-1	0	0	0	0	-1
2位 松田克彦	7871	0	0	-2	-1	0	0	-2	0	-1	0
3位 右代啓祐	7856	-2	-2	-1	0	-2	-2	0	-1	+2	0
4位 田中宏昌	7803	0	-1	-2	-2	-1	-2	-1	+1	0	0
5位 池田大介	7788	-1	-1	-1	-2	0	-1	-1	-1	0	+1

示した。その評価表を用いて日本歴代トップ選手を評価したものが表2である。2009年世界選手権ベルリン大会1位 HARDEE 選手(USA), 8位 GARCIA 選手(CUB), 16位 MÜLLER 選手(GER)の種目別記録と評価は表3に示した。

これらを概観すると、日本人選手らは全体的に-1, -2といった評価の低い種目が多くみられる。PV(棒高跳), JT(やり投げ), 1500mについては全員-1以上の評価でありながら, SP(砲丸投げ)は全員-1以下の評価であった。他の種目の評価は個人ごとにばらつきがみられることから, PV(棒高跳), JT(やり投げ), 1500mの3種目は世界基準からみて日本人選手に共通する得意種目といえ, SP(砲丸投げ)は不得意種目といえよう。

8000点に近い記録を持つ金子選手は, -2の種目がなく, 世界基準からみて大きく足を引っ張る種目がないレベルに達していたといえる。GARCIA 選手, MÜLLER 選手のように世界で16位以内の選手をみても, 得手不得手はあるものの, -2に相当する種目が無いことから, ひとまず日本人選手らは-2の種目を無くすることが課題の1つといえる。

右代選手で言えば, 100mを11秒26以内, LJ(走幅跳)を6m97以上, 400mを50秒56以内, 110mHを14秒97以内にとすることである。

田中選手で言えば, SP(砲丸投げ)を13m14以上, HJ(走高跳)を1m91cm以上, 110mHを14秒97以内にとすることである。

そして, 池田選手では, HJ(走高跳)を1m91cm以上にとすることである。

また, +2の種目を持つ選手は, 世界トップ選手でも希少であり, そういった意味では, 右代選手のJT(やり投げ)は大きな武器である。また, 田中選手のPV(棒高跳)のように, ほとんど+2相当といった秀逸度の高い種目を持っていることは, 不得意種目の補償となり強みといえる。池田選手の1500mも秀逸度の高い種目であり, 得意種目と言えるが, これ以上そのパフォーマンスを高めていくことが好ましいかは一概に言えない。その理由については後述する。

## 2. 世界レベルからみた日本トップ選手らの強化課題

図1に, 十種競技レベル別にみた100m記録の分布と下限ラインを示した。分布を概観すると, 十種競技同レベル内において, 100mの記録には, ばらつきが大きいことが伺える。例えば, 8200点台の選手には10秒53で走る選手がいる一方で, 11秒34かかる選手がいるといった具合である。しかしながら, 十種競技記録が高まるにつれて, それぞれ

表3 2009年世界選手権ベルリン大会ベスト16の種目別記録と評価

<記録>		総合得点	100m	LJ	SP	HJ	400m	110mH	DT	PV	JT	1500m
単位	点	sec	m	m	m	m	sec	sec	m	m	m	sec
1位 HARDEE(USA)	8790	10.45	7.83	15.33	1.99	48.13	13.86	48.08	5.20	68.00	4'48.91	
8位 GARCIA(CUB)	8387	10.60	7.05	15.15	2.08	48.34	14.08	44.40	4.70	69.37	4'49.45	
16位 MÜLLER(GER)	8096	11.01	7.35	14.93	1.99	48.20	14.59	41.21	4.80	57.40	4'33.02	

<評価>		総合得点(点)	100m	LJ	SP	HJ	400m	110mH	DT	PV	JT	1500m
1位 HARDEE(USA)	8790	+2	+2	+1	0	+1	+1	+1	+1	+1	+1	-1
8位 GARCIA(CUB)	8387	+1	-1	0	+1	+1	+1	+1	-1	+1	+1	-1
16位 MÜLLER(GER)	8096	0	0	0	0	+1	0	-1	0	-1	-1	0

表4 各種目で導き出した下限ラインおよび競技レベル別下限値

■ 下限ライン  $y=ax+b$  y:種目記録 x:総合得点

傾き(a)	1日目得点	2日目得点	100m	LJ	SP	HJ	400m	110mH	DT	PV	JT
7.88E-01	5.97E-01	-8.03E-04	1.12E-03	3.51E-03	2.62E-04	-4.29E-03	-1.80E-03	1.32E-02	8.25E-04	2.29E-02	
定数(b)	-2419.05	-1060.98	17.89	-2.32	-15.91	-0.25	86.30	29.96	-69.91	-2.45	-137.43

■ 競技レベルごとの下限値

単位	点	点	sec	m	m	m	sec	sec	m	m	m
8000点台	3886	3715	11.47	6.68	12.20	1.84	51.97	15.53	35.33	4.15	45.58
8100点台	3965	3774	11.39	6.79	12.55	1.87	51.54	15.35	36.65	4.23	47.87
8200点台	4044	3834	11.31	6.90	12.90	1.89	51.11	15.17	37.96	4.32	50.16
8300点台	4122	3894	11.23	7.01	13.26	1.92	50.68	14.99	39.28	4.40	52.45
8400点台	4201	3953	11.15	7.13	13.61	1.95	50.25	14.81	40.59	4.48	54.73
8500点台	4280	4013	11.06	7.24	13.96	1.97	49.82	14.63	41.91	4.56	57.02
8600点台	4359	4073	10.98	7.35	14.31	2.00	49.39	14.45	43.23	4.65	59.31
8700点台	4438	4132	10.90	7.46	14.66	2.02	48.96	14.27	44.54	4.73	61.60

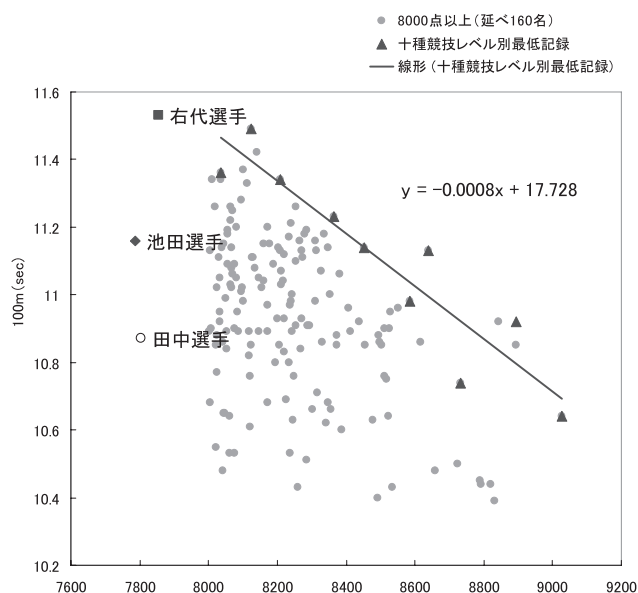


図1. 競技レベル別にみた100m記録の分布と下限ライン

の競技レベルにおける100mの最低記録が良くなる傾向にある。つまりは、8300点以上の選手らには8200点台にみられた最低記録11秒34より遅い選手は存在していないという特徴がみられた。同様の傾向が1500mを除く全ての種目に観察されたため、各種目について下限ラインを求めた。

表4に、各種目で導き出した下限ラインの「傾き」と「定数」および競技レベル別下限値を示した。これを見ると、右代選手の100m(図1)、田中選手の

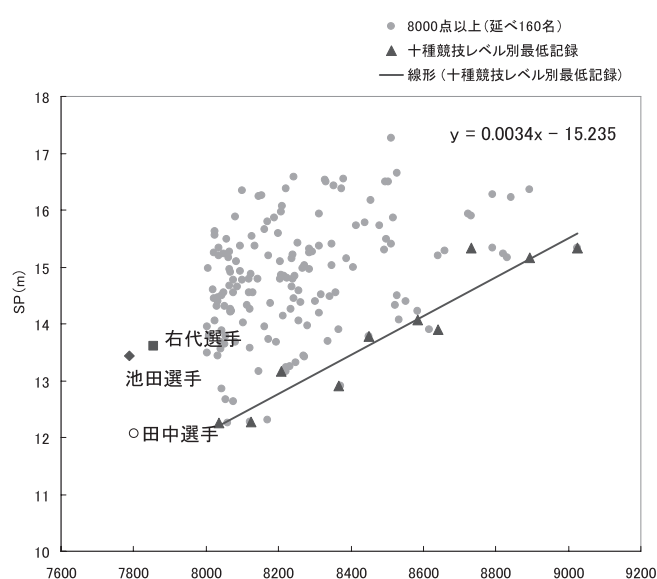


図2. 競技レベル別にみたSP(砲丸投げ)記録の分布と下限ライン

SP(砲丸投げ)(図2)が下限値以下となる。右代選手にはJT(やり投げ)、田中選手にはPV(棒高跳び)といった、秀逸度の高い種目を持つ二人だが、下限値以下の種目があることは、ある意味それが8000点を超えられない制限要因となっている可能性がある。その理由は、世界的に存在しないケースは、日本人の場合でも起こりにくいと考えたためである。

よって、右代選手は100mでは、どのような状況

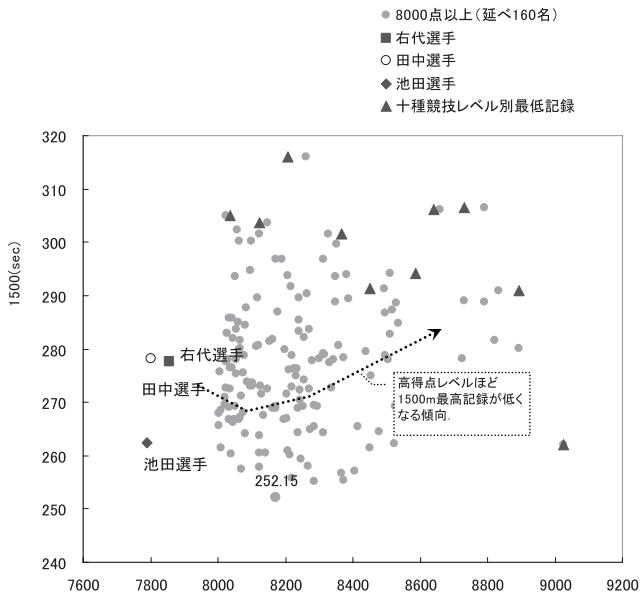


図3. 競技レベル別にみた1500m記録の分布

においても最低限11秒47を超えないレベルへ達することが求められ、さらに11秒26以内で走れるよう強化していくことが重要課題として挙げられよう。

田中選手はSP（砲丸投げ）において、最低限12m20cmを下回らないレベルを確保しつつ、13m14cm以上を目指すことが8000点へ向けた重要課題といえる。

さて、図3に十種競技レベル別にみた1500m記録の分布図を示した。1500mの場合、レベル別最低記録には一定の傾向が観察されなかった。最高記録においては、十種競技レベルが高いほど低くなる様子が伺え、他の種目と異なる傾向にあった。これには、生理学的なアロケーションが影響している可能性があり、記録分布傾向から1500mパフォーマンスは上げても260秒程度が適当かもしれない。これが、「池田選手の1500mパフォーマンスをこれ以上上げることが一概に好ましいと言えない」と前述した理由である。

## まとめ

得点分析から日本十種競技選手の現状と課題について検討した。その結果、次の見解が示された。

- ①世界基準でみると、日本人トップ選手は、PV（棒高跳）、JT（やり投げ）、1500mが得意種目であり、SP（砲丸投げ）は不得意種目である。
- ②8000点以上の世界レベルへ達するためには、次

の課題の解決が求められる。

### <右代選手>

- A. 100mで最低限11秒47を超えないレベルに達すること。次に11秒26以内で走れるよう強化すること。
- B. LJ（走幅跳）を6m97cm以上
- C. 400mを50秒56以内
- D. 110mHを14秒97以内

### <田中選手>

- A. SP（砲丸投げ）で最低限12m20cmを下回らないレベルを確保する。次に、13m14cm以上を目指す。
- B. HJ（走高跳）を1m91cm以上
- C. 110mHを14秒97以内

### <池田選手>

- A. HJ（走高跳）を1m91cm以上
- B. 1500mのパフォーマンス向上は4分20秒程度までが適当と考える。4分15秒より速くなるような体力特性では、生理学的に他の種目に負の影響を与えかねないため注意が必要。

## 謝辞

本報告に関連して、強化合宿中に貴重なご示唆を頂いた、混成部強化協力スタッフでトレーニングコーチの武井氏に感謝いたします。



## 十種競技選手のスプリント種目での走パフォーマンス分析

持田尚<sup>1)</sup> 松林武生<sup>2)</sup> 松尾彰文<sup>2)</sup> 松田克彦<sup>3)</sup> 本田陽<sup>4)</sup> 阿江通良<sup>5)</sup>

1) 横浜市スポーツ医科学センター 2) 国立スポーツ科学センター 3) 平成国際大学  
4) 中京大学 5) 筑波大学

### 1. はじめに

混成強化部は、ロンドンオリンピックへ向けた中期計画のなかで、科学委員会との連携を謳い、専門選手との比較分析を要望している。それを受けて、本報告では、競技会で測定・分析したデータを基に、スプリント種目について専門選手と十種競技トップ選手（右代選手、田中選手、池田選手）との差異について考察したい。今回測定を実施した競技会は以下に示すとおりである。

- 1 : 日本選抜陸上和歌山大会（和歌山 GP, 2009 年 4 月 18 - 19 日）
- 2 : 日本陸上競技選手権（広島, 2009 年 6 月 25 - 28 日）
- 3 : 群馬リレーカーニバル（群馬 RC, 2009 年 10 月 10 - 11）

### 2. 方法

#### 2-1. 十種競技選手プロフィール

トップ強化対象選手は次の通りである。尚、各選手の得点パターンなど詳細情報については、前掲報告の「混成強化部への科学的サポートー日本十種競技界の現状と課題ー」を参照のこと。

- ①右代啓祐（PB 7856 点：日本歴代 3 位）  
H : 196cm BW : 85kg BMI : 22.4
- ②田中宏昌（PB 7803 点：日本歴代 4 位）  
H : 177cm BW : 73kg BMI : 23.3
- ③池田大介（PB 7788 点：日本歴代 5 位）  
H : 185cm BW : 80kg BMI : 23.4

#### 2-2. 100m 走, 110m ハードル走のスピード分析

レーザー方式の距離測定装置（LDM300C - Sports; JENOPTIK 社製）を用い、スタート後方より走者背部へレーザービームを照射し、時間-距離情報を利用して、スタートから 10m ごとの通過タイム、ハードル競技では、背部がハードル上を通過した時間を算出した（松尾ら, 2007）。

#### 2-3. 400m 走のスピード分析

400m 走のスピード分析は、400m ハードルの位置を基準とした Overlay 方式（持田ら, 2007）を用いて行った。11 区間の平均スピード、ピッチ、ストライドおよび相対ピッチと身長比ステップを算出した。

尚、身長比ステップは、ステップ長を身長で除すことにより求め、相対ピッチは、式(1)により求めた。

$$\text{相対ピッチ} = \text{ピッチ} \times \sqrt{\frac{\text{身長}}{g}} \quad (1)$$

ただし、 $g$  は重力加速度 ( $9.81\text{m/s}^2$ ) である。

参考資料として、各通過タイムと距離の直線回帰から、50m 毎の通過タイムを内挿することで求め、50m 毎の区間タイム、区間スピードの表を作成した。

### 3. 結果と考察

#### 3-1. 十種競技選手の 100m 走パフォーマンスの特徴と今後の課題

表 1 に、専門選手と十種競技選手の 10m ごとのラップタイム、区間タイム、区間スピード、最高速度を基準とした相対スピードを示した。区間スピード曲線は図 1 に示した。

速度の変化をみると、走力の違いによる絶対的なスピードに差異はみられるものの、大よその曲線パ

表1 100m 走におけるラップタイム, 区間タイム, 区間スピード, 相対スピード

		Start	10m	20m	30m	40m	50m	60m	70m	80m	90m	100m	
男子 専門選手(10秒09) wind:+1.8m	通過タイム(s)	0	1.92	1.92	2.96	3.89	4.79	5.67	6.54	7.42	8.3	9.19	10.09
	区間タイム(s)		1.92	1.03	0.94	0.90	0.88	0.87	0.88	0.88	0.89	0.90	
	区間スピード(m/s)		5.20	9.68	10.68	11.11	11.40	11.45	11.39	11.34	11.29	11.07	
	相対速度(%)		45	85	93	97	100	100	100	99	99	97	
女子 専門選手(11秒32) wind:+1.5m	通過タイム(s)	0	2.02	2.02	3.16	4.2	5.22	6.23	7.23	8.23	9.25	10.3	11.32
	区間タイム(s)		2.02	1.14	1.05	1.02	1.01	1.00	1.00	1.01	1.02	1.05	
	区間スピード(m/s)		4.96	8.79	9.53	9.81	9.95	10.00	9.97	9.86	9.77	9.52	
	相対速度(%)		50	88	95	98	99	100	100	99	98	95	
右代啓祐(11秒48) wind:+0.5m	通過タイム(s)	0	2.04	2.04	3.18	4.23	5.25	6.25	7.26	8.28	9.32	10.4	11.48
	区間タイム(s)		2.04	1.14	1.05	1.01	1.00	1.01	1.02	1.04	1.07	1.09	
	区間スピード(m/s)		4.90	8.75	9.51	9.88	9.96	9.88	9.78	9.61	9.39	9.17	
	相対速度(%)		49	88	96	99	100	99	98	97	94	92	
田中宏昌(11秒00) wind:+0.5m	通過タイム(s)	0	1.95	1.95	3.05	4.06	5.03	5.99	6.96	7.93	8.93	9.95	11.00
	区間タイム(s)		1.95	1.10	1.01	0.97	0.96	0.96	0.98	1.00	1.02	1.05	
	区間スピード(m/s)		5.13	9.07	9.92	10.26	10.40	10.38	10.25	10.03	9.85	9.49	
	相対速度(%)		49	87	95	99	100	100	99	96	95	91	
池田大介(11秒13) wind:-0.9m	通過タイム(s)	0	2.02	2.02	3.15	4.18	5.17	6.15	7.13	8.11	9.11	10.1	11.13
	区間タイム(s)		2.02	1.13	1.03	0.99	0.98	0.98	0.99	0.99	1.00	1.02	
	区間スピード(m/s)		4.95	8.83	9.73	10.12	10.24	10.21	10.14	10.07	10.01	9.76	
	相対速度(%)		48	86	95	99	100	100	99	98	98	95	

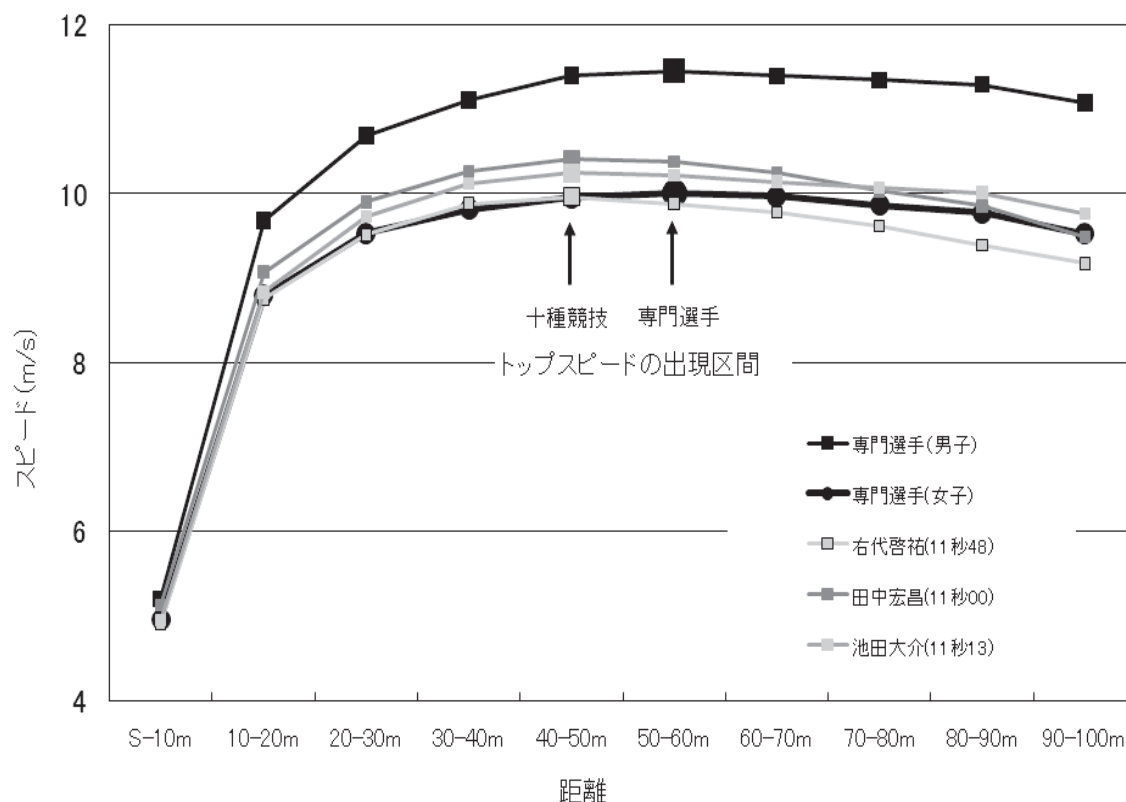


図1 100m 走スピード曲線における専門選手と十種競技選手の比較

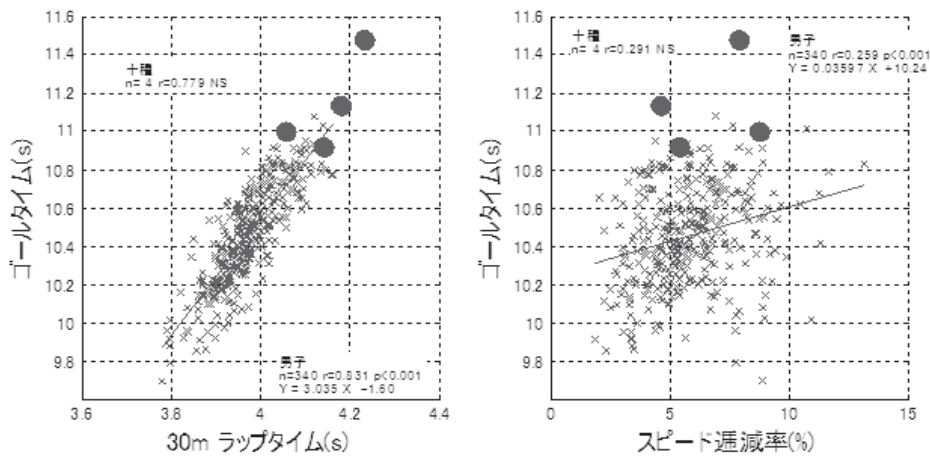
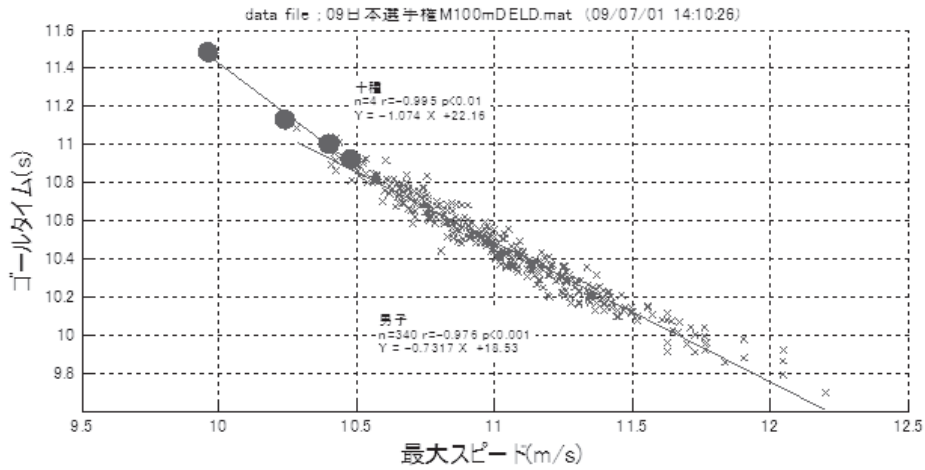


図2 レース中の最大スピード、30m ラップタイム、スピード遅減率とゴールタイムとの関係  
●：十種競技選手4名（1名は10秒92で走った0選手）

表2 110m ハードル走におけるラップタイム、区間タイム、区間スピード、相対スピード

		Start	1H	2H	3H	4H	5H	6H	7H	8H	9H	10H	Goal
男子 専門選手(13秒 57) wind+1.6m	通過タイム(s)	0	2.47	3.54	4.58	5.62	6.67	7.72	8.78	9.84	10.91	11.98	13.57
	区間タイム(s)		2.47	1.07	1.04	1.04	1.04	1.05	1.06	1.06	1.07	1.08	1.59
	区間スピード(m/s)		5.56	8.54	8.75	8.76	8.75	8.72	8.62	8.63	8.55	8.49	8.83
	相対速度(%)		63	97	99	99	99	99	98	98	97	96	100
右代啓祐(15秒 34) wind+1.6m	通過タイム(s)	0	2.59	3.78	4.97	6.16	7.36	8.57	9.79	11.06	12.33	13.52	15.34
	区間タイム(s)		2.59	1.19	1.19	1.19	1.20	1.20	1.22	1.28	1.26	1.19	1.82
	区間スピード(m/s)		5.30	7.66	7.67	7.68	7.63	7.59	7.48	7.17	7.24	7.67	7.70
	相対速度(%)		69	100	100	100	99	99	97	93	94	100	100
田中宏昌(15秒 23) wind+1.6m	通過タイム(s)	0	2.53	3.71	4.89	6.08	7.27	8.48	9.70	10.92	12.17	13.44	15.23
	区間タイム(s)		2.53	1.18	1.18	1.20	1.19	1.20	1.22	1.22	1.26	1.26	1.79
	区間スピード(m/s)		5.43	7.75	7.75	7.64	7.68	7.59	7.47	7.51	7.27	7.24	7.82
	相対速度(%)		69	99	99	98	98	97	96	96	93	93	100
池田大介(14秒 53) wind+1.6m	通過タイム(s)	0	2.50	3.64	4.79	5.91	7.04	8.18	9.32	10.48	11.64	12.82	14.53
	区間タイム(s)		2.50	1.15	1.15	1.12	1.13	1.14	1.14	1.16	1.16	1.18	1.71
	区間スピード(m/s)		5.50	7.97	7.97	8.15	8.07	8.02	8.01	7.89	7.89	7.76	8.19
	相対速度(%)		67	97	97	100	99	98	98	96	96	95	100

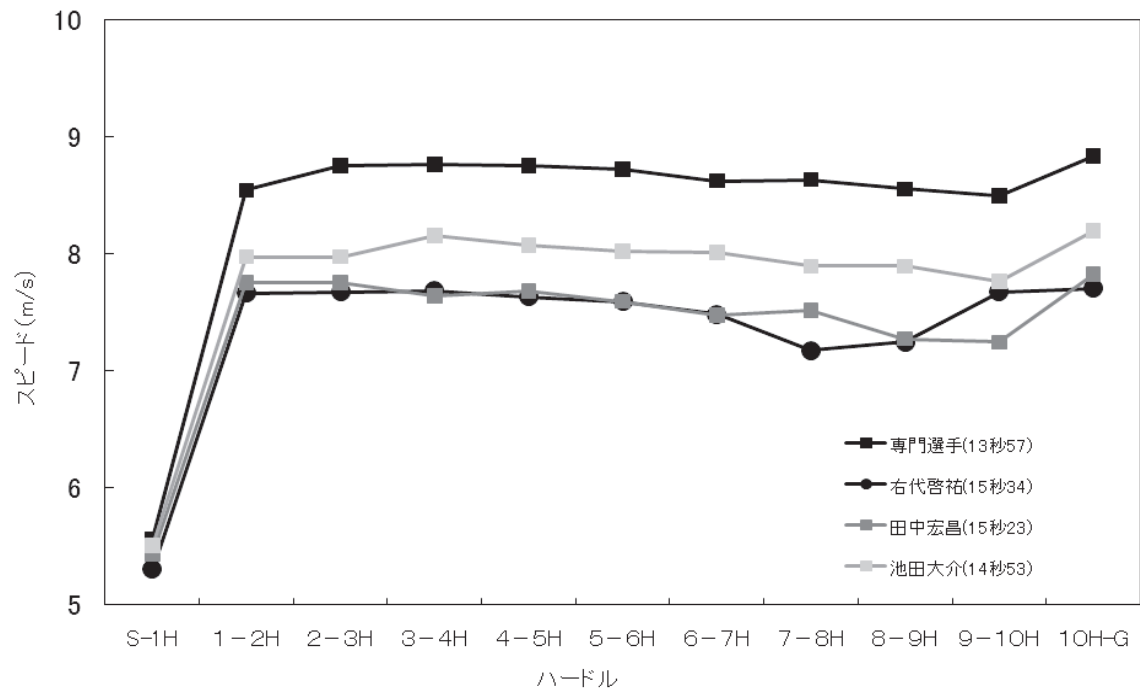


図3 110m ハードル走スピード曲線における専門選手と十種競技選手の比較

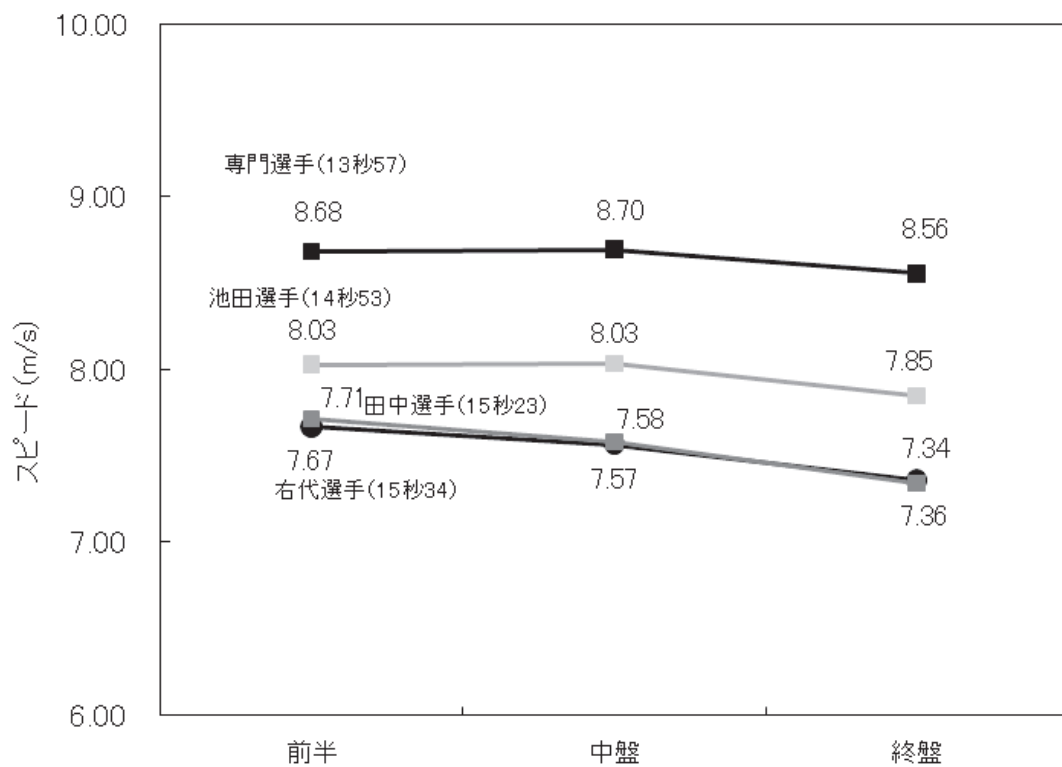


図4 110m ハードル前半・中盤・終盤スピードの変化

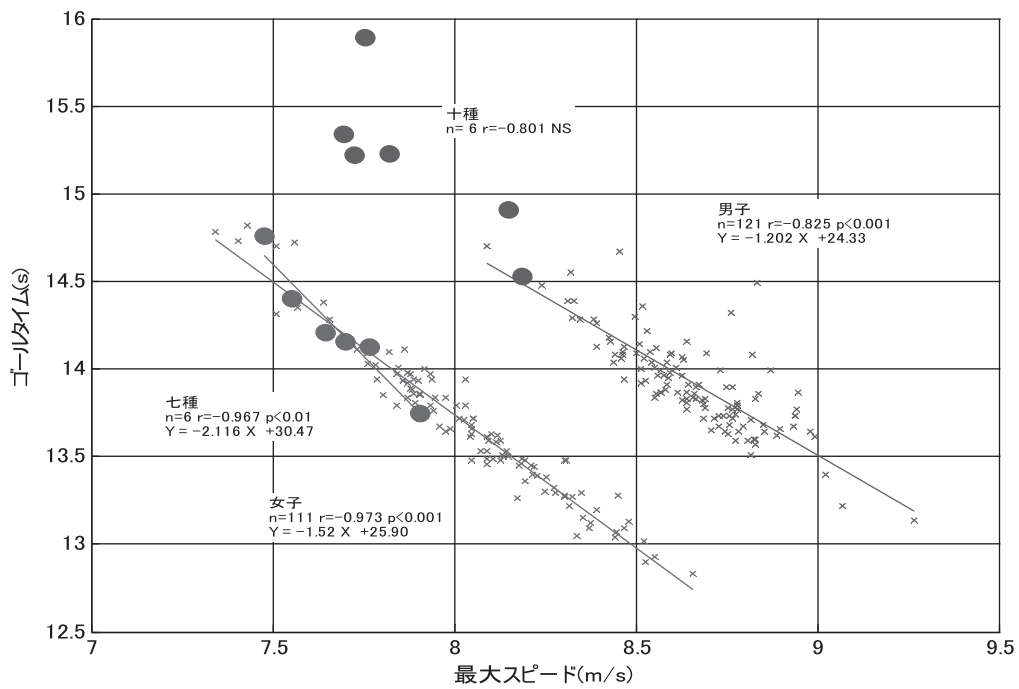


図5 混成競技選手とハードル選手のインターバル間の最大スピードとゴールタイムの関係  
 ●：十種競技選手6名（右代選手，田中選手，池田選手以外に3名含まれる）

表3 400m 走レース中のラップタイム，区間タイム，区間スピード（400m ハードル基準）

■ラップタイム(sec)															
	日付	大会名	レーン	記録(s)	45m	80m	115m	150m	185m	220m	255m	290m	325m	360m	400m
右代選手	4月18日	和歌山GP	9	50.60	6.34	10.39	14.20	18.17	22.27	26.44	30.75	35.14	39.49	44.31	50.60
	6月26日	日本選手権	4	50.77	6.34	10.49	14.62	18.82	23.02	27.29	31.70	36.06	40.56	45.15	50.77
	10月10日	群馬RC	3	50.88	6.38	10.38	14.52	18.68	22.88	27.10	31.38	35.80	40.32	45.10	50.88
田中選手	4月18日	和歌山GP	6	50.08	5.82	9.54	13.36	17.27	21.39	25.63	29.91	34.33	38.59	43.49	50.08
	6月26日	日本選手権	2	50.65	5.96	9.91	14.06	18.29	22.52	26.86	31.23	35.72	40.32	44.95	50.65
	10月10日	群馬RC	6	49.89	5.97	9.85	13.87	18.00	22.17	26.30	30.68	35.12	39.55	44.23	49.89
池田選手	4月18日	和歌山GP	8	49.91	6.16	9.93	13.71	17.63	21.69	25.93	30.20	34.63	38.96	43.71	49.91
	6月26日	日本選手権	1	49.82	6.19	10.31	14.43	18.57	22.77	26.99	31.32	35.67	40.06	44.50	49.82
専門選手(前半型)				45.27	5.71	9.18	12.71	16.25	19.92	23.72	27.63	31.72	35.90	40.09	45.27
専門選手(後半型)				45.98	5.77	9.58	13.30	17.02	20.84	24.71	28.66	32.68	36.80	40.96	45.98
■区間タイム(sec)															
	日付	大会名	レーン	記録(s)	S-45m	45-80m	80-115m	115-150m	150-185m	185-220m	220-255m	255-290m	290-325m	325-360m	360-G
右代選手	4月18日	和歌山GP	9	50.60	6.34	4.05	3.80	3.97	4.10	4.17	4.30	4.39	4.35	4.82	6.29
	6月26日	日本選手権	4	50.77	6.34	4.15	4.12	4.20	4.20	4.27	4.40	4.37	4.49	4.59	5.63
	10月10日	群馬RC	3	50.88	6.38	4.00	4.13	4.17	4.20	4.22	4.28	4.42	4.52	4.78	5.78
田中選手	4月18日	和歌山GP	6	50.08	5.82	3.72	3.82	3.90	4.12	4.24	4.29	4.42	4.25	4.91	6.59
	6月26日	日本選手権	2	50.65	5.96	3.95	4.15	4.22	4.24	4.34	4.37	4.49	4.61	4.62	5.71
	10月10日	群馬RC	6	49.89	5.97	3.88	4.02	4.13	4.17	4.13	4.38	4.43	4.43	4.68	5.66
池田選手	4月18日	和歌山GP	8	49.91	6.16	3.77	3.79	3.92	4.05	4.24	4.27	4.44	4.32	4.76	6.20
	6月26日	日本選手権	1	49.82	6.19	4.12	4.12	4.14	4.20	4.22	4.32	4.35	4.39	4.44	5.33
専門選手(前半型)				45.27	5.71	3.47	3.54	3.54	3.67	3.80	3.90	4.09	4.18	4.19	5.18
専門選手(後半型)				45.98	5.77	3.80	3.72	3.72	3.82	3.87	3.95	4.02	4.12	4.15	5.02
■区間スピード(m/sec)															
	日付	大会名	レーン	記録(s)	S-45m	45-80m	80-115m	115-150m	150-185m	185-220m	220-255m	255-290m	290-325m	325-360m	360-G
右代選手	4月18日	和歌山GP	9	50.60	7.10	8.63	9.20	8.81	8.53	8.39	8.13	7.98	8.04	7.26	6.36
	6月26日	日本選手権	4	50.77	7.10	8.43	8.49	8.33	8.33	8.19	7.95	8.02	7.79	7.63	7.11
	10月10日	群馬RC	3	50.88	7.05	8.75	8.47	8.40	8.33	8.30	8.17	7.92	7.75	7.32	6.92
田中選手	4月18日	和歌山GP	6	50.08	7.73	9.41	9.16	8.97	8.49	8.26	8.16	7.92	8.23	7.14	6.07
	6月26日	日本選手権	2	50.65	7.56	8.85	8.43	8.29	8.26	8.07	8.01	7.80	7.60	7.57	7.01
	10月10日	群馬RC	6	49.89	7.54	9.01	8.71	8.47	8.40	8.47	7.99	7.89	7.90	7.47	7.07
池田選手	4月18日	和歌山GP	8	49.91	7.31	9.28	9.24	8.93	8.63	8.26	8.19	7.89	8.10	7.36	6.45
	6月26日	日本選手権	1	49.82	7.27	8.50	8.49	8.46	8.33	8.29	8.10	8.04	7.98	7.89	7.51
専門選手(前半型)				45.27	7.89	10.09	9.90	9.90	9.54	9.20	8.97	8.56	8.37	8.35	7.72
専門選手(後半型)				45.98	7.80	9.20	9.41	9.41	9.16	9.04	8.85	8.70	8.49	8.43	7.96

表4 400m走レース中のラップタイム, 区間タイム, 区間スピード (計算値: 50m 毎)

■ラップタイム(sec)

	日付	大会名	レーン	記録(s)	50m	100m	150m	200m	250m	300m	350m	400m
右代選手	4月18日	和歌山GP	9	50.60	6.92	12.57	18.17	24.06	30.13	36.38	42.93	50.60
	6月26日	日本選手権	4	50.77	6.93	12.85	18.82	24.85	31.07	37.35	43.83	50.77
	10月10日	群馬RC	3	50.88	6.95	12.75	18.68	24.69	30.77	37.09	43.73	50.88
田中選手	4月18日	和歌山GP	6	50.08	6.35	11.73	17.27	23.20	29.30	35.55	42.09	50.08
	6月26日	日本選手権	2	50.65	6.52	12.28	18.29	24.38	30.61	37.03	43.62	50.65
	10月10日	群馬RC	6	49.89	6.52	12.15	18.00	23.94	30.06	36.38	42.90	49.89
池田選手	4月18日	和歌山GP	8	49.91	6.69	12.09	17.63	23.50	29.59	35.87	42.35	49.91
	6月26日	日本選手権	1	49.82	6.78	12.66	18.57	24.58	30.70	36.92	43.23	49.82
専門選手(前半型)				45.27	6.20	11.20	16.25	21.55	27.07	32.91	38.89	45.27
専門選手(後半型)				45.98	6.32	11.70	17.02	22.50	28.10	33.86	39.77	45.98

■区間タイム(sec)

	日付	大会名	レーン	記録(s)	S-50m	50-100m	100-150m	150-200m	200-250m	250-300m	300-350m	350-400m
右代選手	4月18日	和歌山GP	9	50.60	6.92	5.65	5.60	5.89	6.07	6.25	6.55	7.67
	6月26日	日本選手権	4	50.77	6.93	5.92	5.97	6.03	6.22	6.28	6.49	6.94
	10月10日	群馬RC	3	50.88	6.95	5.79	5.94	6.01	6.08	6.32	6.64	7.15
田中選手	4月18日	和歌山GP	6	50.08	6.35	5.37	5.54	5.94	6.10	6.25	6.54	7.99
	6月26日	日本選手権	2	50.65	6.52	5.76	6.00	6.10	6.22	6.43	6.59	7.03
	10月10日	群馬RC	6	49.89	6.52	5.62	5.85	5.94	6.12	6.33	6.51	7.00
池田選手	4月18日	和歌山GP	8	49.91	6.69	5.40	5.54	5.87	6.08	6.28	6.48	7.56
	6月26日	日本選手権	1	49.82	6.78	5.89	5.90	6.01	6.12	6.23	6.30	6.59
専門選手(前半型)				45.27	6.20	5.00	5.05	5.30	5.52	5.84	5.98	6.38
専門選手(後半型)				45.98	6.32	5.39	5.32	5.48	5.60	5.76	5.91	6.21

■区間スピード(m/sec)

	日付	大会名	レーン	記録(s)	S-50m	50-100m	100-150m	150-200m	200-250m	250-300m	300-350m	350-400m
右代選手	4月18日	和歌山GP	9	50.60	7.23	8.85	8.93	8.49	8.23	8.00	7.63	6.52
	6月26日	日本選手権	4	50.77	7.21	8.45	8.38	8.29	8.04	7.96	7.71	7.21
	10月10日	群馬RC	3	50.88	7.19	8.63	8.42	8.32	8.22	7.91	7.53	7.00
田中選手	4月18日	和歌山GP	6	50.08	7.87	9.31	9.02	8.42	8.20	8.00	7.64	6.26
	6月26日	日本選手権	2	50.65	7.67	8.68	8.33	8.20	8.03	7.78	7.59	7.12
	10月10日	群馬RC	6	49.89	7.67	8.89	8.54	8.42	8.17	7.90	7.68	7.15
池田選手	4月18日	和歌山GP	8	49.91	7.47	9.27	9.02	8.52	8.22	7.96	7.71	6.62
	6月26日	日本選手権	1	49.82	7.38	8.49	8.47	8.32	8.18	8.03	7.93	7.58
専門選手(前半型)				45.27	8.06	10.01	9.90	9.43	9.06	8.56	8.36	7.84
専門選手(後半型)				45.98	7.92	9.28	9.41	9.13	8.93	8.68	8.46	8.05

表5 400m走レース中のピッチおよび相対ピッチ (Zone: 400m ハードル基準)

■ピッチ(Hz)

	日付	大会名	レーン	記録(s)	S-45m	45-80m	80-115m	115-150m	150-185m	185-220m	220-255m	255-290m	290-325m	325-360m	360-G
右代選手	4月18日	和歌山GP	9	50.60	—	3.71	3.69	3.66	3.66	3.62	3.57	3.53	3.51	3.38	3.25
	6月26日	日本選手権	4	50.77	—	3.65	3.63	3.53	3.54	3.50	3.56	3.54	3.56	3.48	3.35
	10月10日	群馬RC	3	50.88	—	3.71	3.64	3.60	3.59	3.62	3.59	3.59	3.53	3.44	3.36
田中選手	4月18日	和歌山GP	6	50.08	—	4.16	3.96	3.85	3.76	3.81	3.73	3.66	3.60	3.51	3.40
	6月26日	日本選手権	2	50.65	—	3.90	3.76	3.66	3.70	3.73	3.68	3.63	3.65	3.57	3.42
	10月10日	群馬RC	6	49.89	—	4.08	3.84	3.80	3.78	3.78	3.70	3.68	3.67	3.62	3.42
池田選手	4月18日	和歌山GP	8	49.91	—	3.93	3.87	3.81	3.80	3.80	3.80	3.80	3.70	3.63	3.49
	6月26日	日本選手権	1	49.82	—	3.80	3.80	3.71	3.71	3.75	3.78	3.81	3.76	3.73	3.63
専門選手(前半型)				45.27	—	4.23	4.16	4.11	3.95	3.95	3.85	3.76	3.76	3.73	3.65
専門選手(後半型)				45.98	—	4.02	3.95	4.01	3.98	4.03	4.07	4.05	3.98	3.92	3.82

■相対ピッチ(Hz)

	日付	大会名	レーン	記録(s)	S-45m	45-80m	80-115m	115-150m	150-185m	185-220m	220-255m	255-290m	290-325m	325-360m	360-G
右代選手	4月18日	和歌山GP	9	50.60	—	1.65	1.64	1.63	1.63	1.61	1.59	1.57	1.56	1.51	1.45
	6月26日	日本選手権	4	50.77	—	1.62	1.62	1.57	1.58	1.56	1.58	1.58	1.58	1.55	1.49
	10月10日	群馬RC	3	50.88	—	1.65	1.62	1.60	1.60	1.61	1.60	1.60	1.57	1.53	1.50
田中選手	4月18日	和歌山GP	6	50.08	—	1.77	1.68	1.64	1.60	1.62	1.58	1.56	1.53	1.49	1.44
	6月26日	日本選手権	2	50.65	—	1.66	1.60	1.56	1.57	1.58	1.56	1.54	1.55	1.52	1.45
	10月10日	群馬RC	6	49.89	—	1.73	1.63	1.61	1.61	1.61	1.57	1.56	1.56	1.54	1.45
池田選手	4月18日	和歌山GP	8	49.91	—	1.70	1.67	1.65	1.64	1.64	1.64	1.64	1.60	1.57	1.51
	6月26日	日本選手権	1	49.82	—	1.64	1.64	1.61	1.61	1.62	1.64	1.65	1.63	1.62	1.57
専門選手(前半型)				45.27	—	1.80	1.77	1.75	1.68	1.68	1.63	1.60	1.60	1.58	1.55

表6 400m 走レース中のステップ長および身長比ステップ (Zone : 400m ハードル基準)

■ステップ長		日付	大会名	レーン	記録(s)	S-45m	45-80m	80-115m	115-150m	150-185m	185-220m	220-255m	255-290m	290-325m	325-360m	360-G
右代選手	4月18日	和歌山GP	9	50.60	—	2.33	2.49	2.41	2.33	2.32	2.28	2.26	2.29	2.15	1.96	
	6月26日	日本選手権	4	50.77	—	2.31	2.34	2.36	2.35	2.34	2.24	2.26	2.19	2.19	2.12	
	10月10日	群馬RC	3	50.88	—	2.36	2.33	2.33	2.32	2.29	2.28	2.21	2.20	2.13	2.06	
田中選手	4月18日	和歌山GP	6	50.08	—	2.26	2.31	2.33	2.26	2.17	2.19	2.16	2.28	2.03	1.79	
	6月26日	日本選手権	2	50.65	—	2.27	2.24	2.26	2.23	2.16	2.18	2.15	2.08	2.12	2.05	
	10月10日	群馬RC	6	49.89	—	2.21	2.27	2.23	2.22	2.24	2.16	2.14	2.15	2.06	2.07	
池田選手	4月18日	和歌山GP	8	49.91	—	2.36	2.39	2.34	2.27	2.18	2.16	2.08	2.19	2.03	1.85	
	6月26日	日本選手権	1	49.82	—	2.24	2.24	2.28	2.24	2.21	2.14	2.11	2.12	2.11	2.07	
専門選手(前半型)				45.27	—	2.38	2.38	2.41	2.41	2.33	2.33	2.28	2.22	2.24	2.12	
専門選手(後半型)				45.98	—	2.29	2.38	2.34	2.30	2.24	2.17	2.15	2.13	2.15	2.08	

■ステップ長(身長比)		日付	大会名	レーン	記録(s)	S-45m	45-80m	80-115m	115-150m	150-185m	185-220m	220-255m	255-290m	290-325m	325-360m	360-G
右代選手	4月18日	和歌山GP	9	50.60	—	1.20	1.28	1.24	1.20	1.19	1.17	1.16	1.18	1.10	1.01	
	6月26日	日本選手権	4	50.77	—	1.19	1.20	1.21	1.21	1.20	1.15	1.16	1.13	1.13	1.09	
	10月10日	群馬RC	3	50.88	—	1.21	1.20	1.20	1.19	1.18	1.17	1.13	1.13	1.09	1.06	
田中選手	4月18日	和歌山GP	6	50.08	—	1.28	1.31	1.32	1.27	1.22	1.24	1.22	1.29	1.15	1.01	
	6月26日	日本選手権	2	50.65	—	1.28	1.27	1.28	1.26	1.22	1.23	1.21	1.18	1.20	1.16	
	10月10日	群馬RC	6	49.89	—	1.25	1.28	1.26	1.25	1.26	1.22	1.21	1.22	1.17	1.17	
池田選手	4月18日	和歌山GP	8	49.91	—	1.28	1.30	1.27	1.24	1.18	1.17	1.13	1.19	1.10	1.01	
	6月26日	日本選手権	1	49.82	—	1.22	1.22	1.24	1.22	1.20	1.16	1.15	1.15	1.15	1.12	
専門選手(前半型)				45.27	—	1.35	1.34	1.36	1.36	1.32	1.32	1.29	1.26	1.26	1.20	
専門選手(後半型)				45.98	—	1.30	1.35	1.33	1.31	1.27	1.23	1.22	1.21	1.22	1.18	

ターンに違いは見られなかった。スピードレベルからみると、十種競技3選手は男子より女子専門選手に近いレベルであった。専門選手の最大スピード出現区間は、50-60m 区間であるのに対し、十種競技選手は40-50m 区間であった。十種競技選手は、40m 以降も加速できる走りの工夫とトレーニングが求められる。

図2は、レース中の最大スピード、30m ラップタイプ、スピード逓減率とゴールタイムの関係について100m 専門選手らと十種競技選手(10秒92の0選手1名が含まれる)のデータを示したものである(松尾, 2009)。

十種競技選手らの30mのラップタイムは、専門選手らの延長線上に分布していた。ただ、十種競技選手内においては有意な相関関係は認められなかった(N.S.)。最大スピードにおいても、十種競技選手らは専門選手らの延長線上に分布していて、有意な相関関係が認められた( $r = -0.995$   $p < 0.01$ )。十種競技選手らのスピード逓減率は4~8%であり、専門選手らとほぼ同範囲にあった。これらの結果から、十種競技選手らの場合でも、30mラップタイムやスピード逓減率よりも、最大スピード値が100m記録に最も影響する指標であると確認できた。

### 3-2. 十種競技選手の110mハードル走パフォーマンスの特徴と今後の課題

表2に、専門選手と十種競技選手のラップタイム、区間タイム、区間スピード、最高速度を基準とした相対スピードを示した。スピード曲線は図3に示した。図3は、1H-4H区間を前半、4H-7H区間を中盤、7H-10H区間を終盤とし、各区間平均スピードの変化を示したものである。

スピード変化をみると、1台目のハードルを越え

た以降、2台目に走者の背部が通過するまでの間に行われる、「着地」、「インターバル走」、「踏み切り」で、既に専門選手との間に大きな差が生まれていた。それ以降の差分は、その区間に比べ少ないことから、H1-H2区間に注目して、今後の解決策を検討していく必要があるだろう。

次に、前半、中盤、終盤でのスピード変化をみると(図4)、15秒台の十種競技選手は、中盤で既にスピード低下が観察される。前半区間までにある程度のスピードを高められる技術レベルに達していないと、中盤以降のスピード低下が顕著になる可能性が示された。

図5は、インターバル間の最大スピードが高いもののほどゴールタイムが良いという関係を示している。

以上、十種競技選手のハードル記録短縮のために、100m走と同様、最大スピードを高めるための取組みが大切である。そのために、まずH1-H2区間に着目して、この区間の加速を限定している要因を検討していく必要があるだろう。

### 3-3. 十種競技選手の400m走パフォーマンスの特徴と今後の課題

400m走レースの400mハードルを基準とした、ラップタイム、区間タイム、区間スピードを表3に、ピッチ、相対ピッチを表5に、ステップ長、身長比ステップ長を表6に示した。参考資料として作成した50m毎のラップタイプ、区間タイム、区間スピードは表4に示してある。比較としてレースタイプの異なる2名の専門選手を用いた。一人は前半型の選手(45秒27)、もう一人は後半型の選手(45秒98)である。

右代選手の場合、相対スピードの変化(図6)をみると、和歌山GP、日本選手権、群馬RCとほぼ同

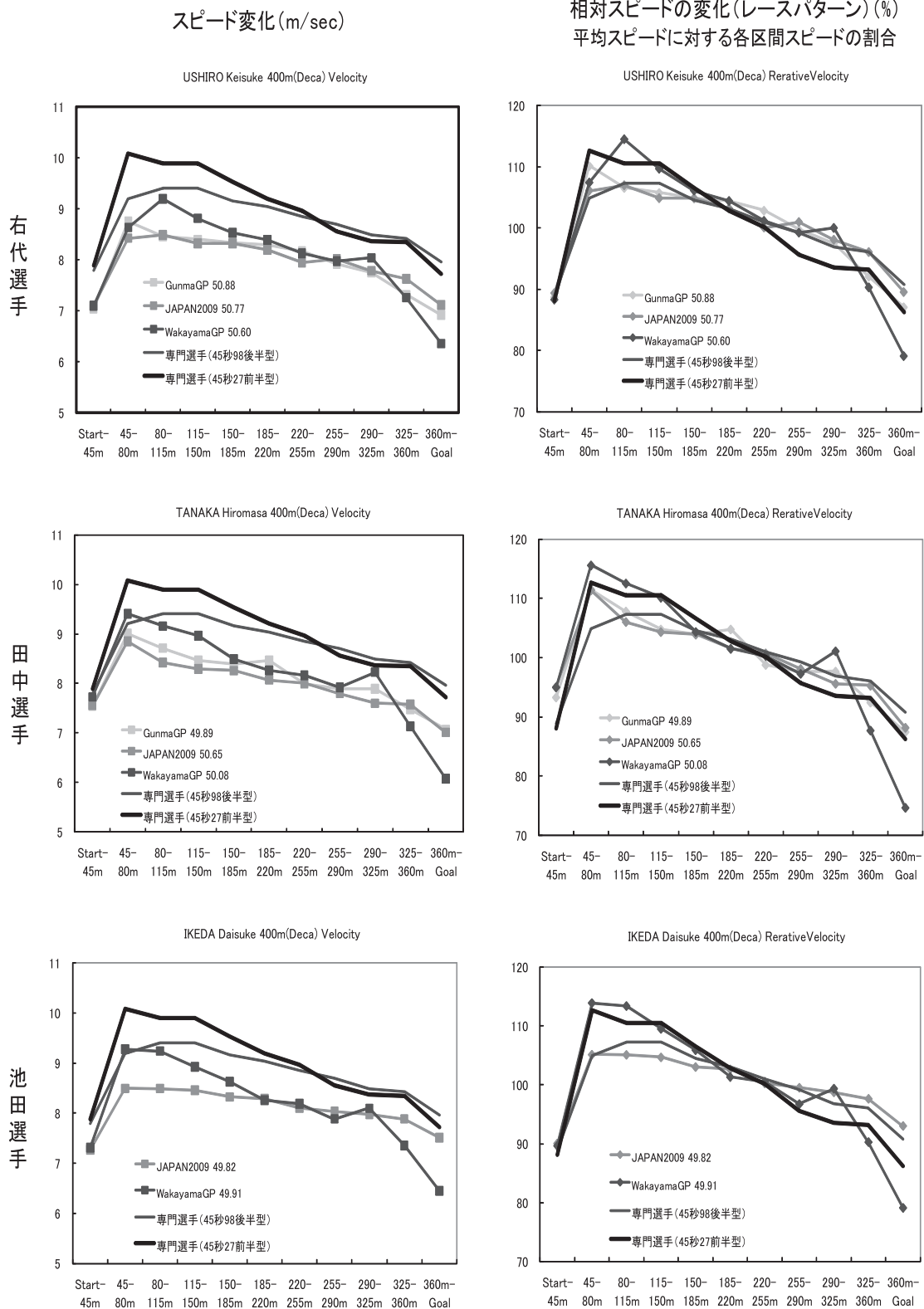


図6 400m走レース中におけるスピード変化とレースパターンの個人内および専門選手との比較



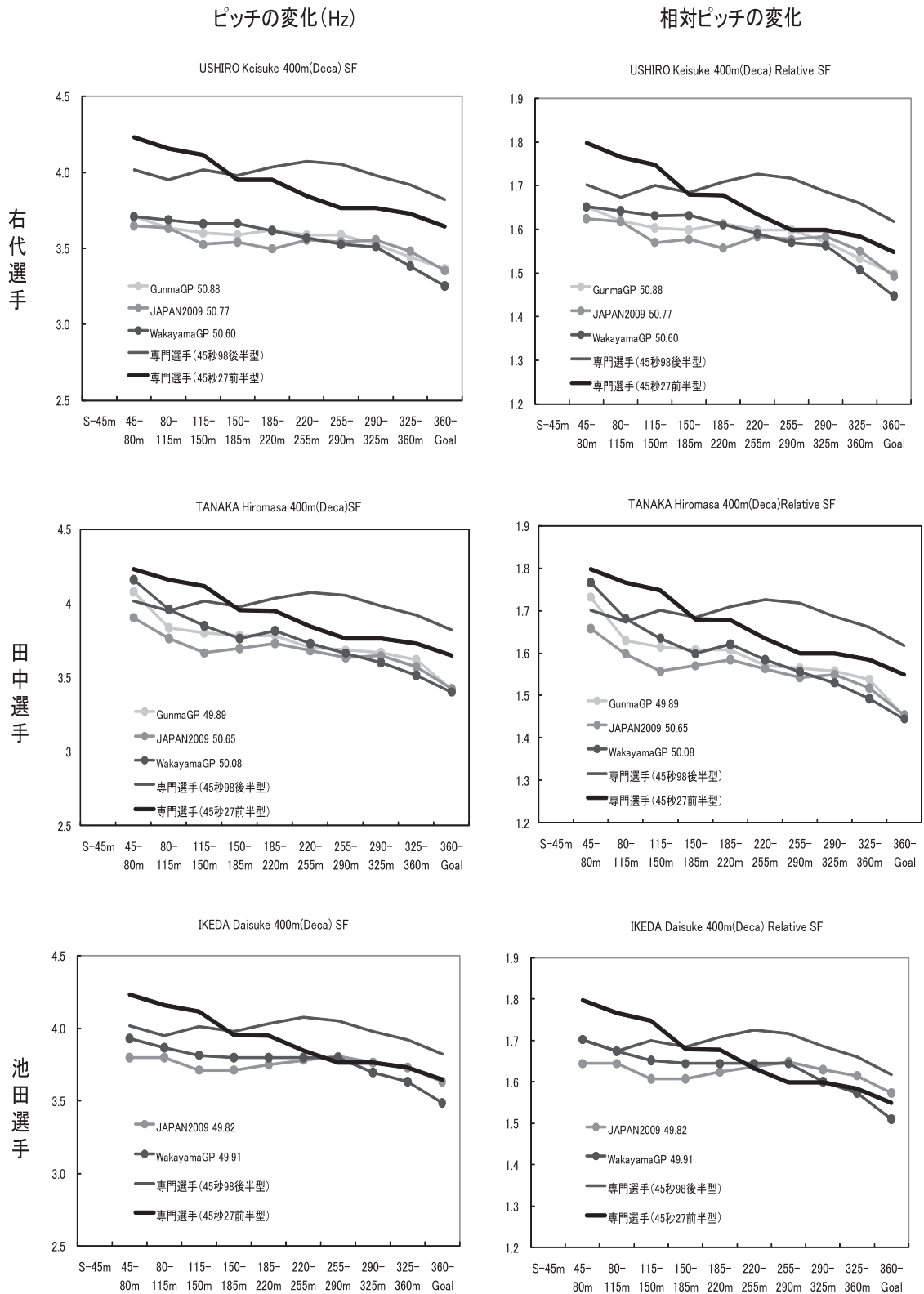


図7 400m 走レース中におけるピッチおよび相対ピッチの個人内比較および専門選手との比較

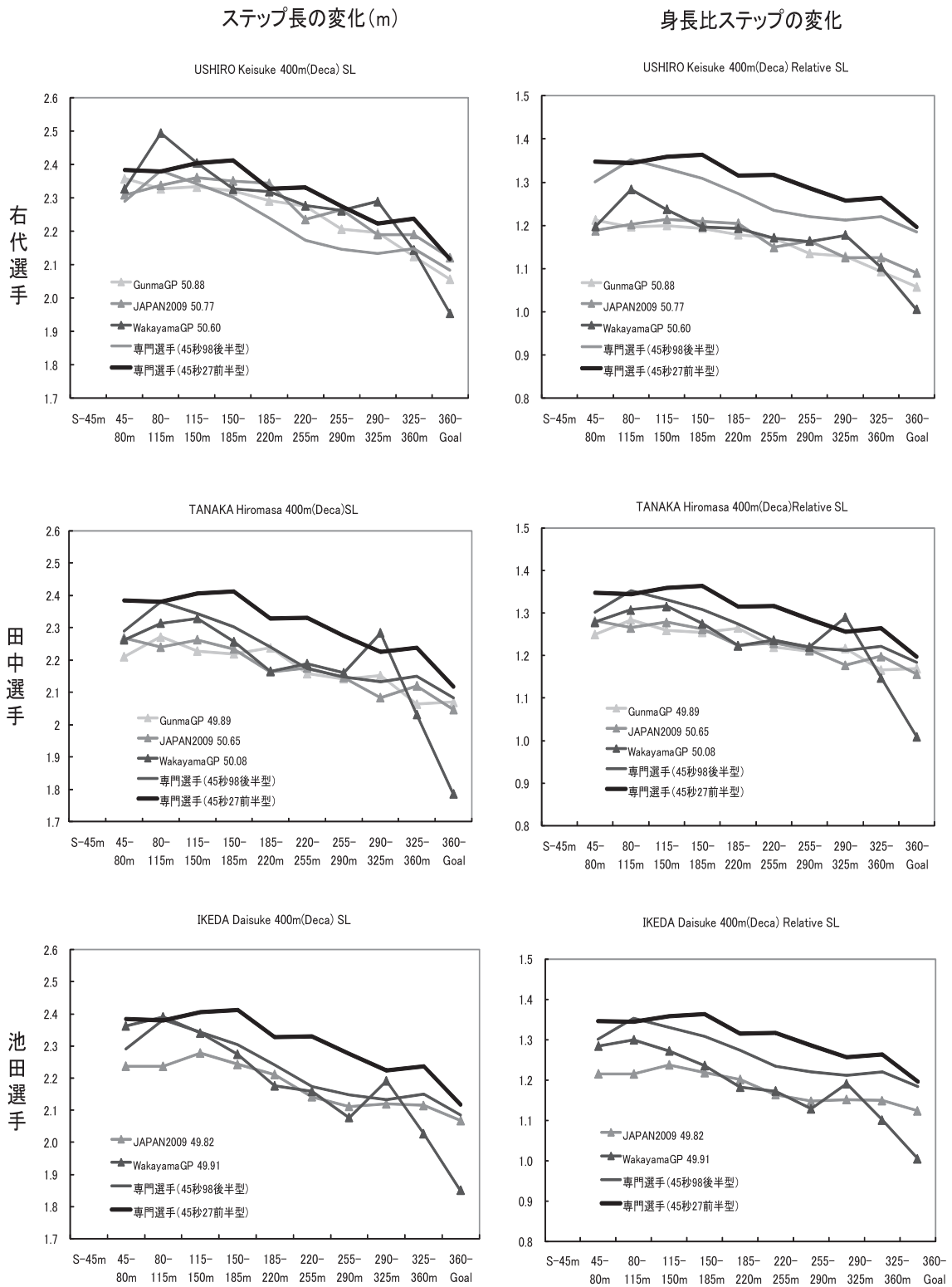


図8 400m 走レース中におけるピッチ，ステップ長変化の個人内比較および専門選手との比較

タイムでありながら、それぞれ異なるレースパターンを示していた。日本選手権、群馬 RC は、最高速度が 45-80m 区間で出現し、相対速度が 110% 程度に収まっていたため、終盤まである程度の速度を維持できたレース展開であった。いっぽう、和歌山 GP では、80-115m 区間まで加速を続け、相対速度が 114% と高い割合で走っていたためか、終盤において急激な減速を招いてしまっていた。このようなレースごとのばらつきは、選手のコメントによれば、隣レーン走者の影響や、風速、風向による心理的反応が影響しているかもしれないとのこと。その他にも、十種競技だけに、1 日目最終種目での疲労など体調による影響も無視できないだろう。今後は、パフォーマンスの変化とレース内訳を検証しながら、強化課題を抽出していきたい。

右代選手のピッチとステップ長をみると、ピッチは専門選手に比べて低く、ステップ長は同レベルであった (図 7, 図 8)。長身スプリンターは、ステップ長は長いが、脚の慣性モーメントが大きいことからピッチは低くなる (阿江, 2009)。右代選手の場合、相対値をみると、身長 (195cm) の割にピッチはやや高く、ステップ長は短い傾向にあると見受けられた (図 7, 図 8)。相対的な観点で言えば、身長比ステップ長の延長が課題といえる。ただし、絶対的観点で考えれば、長身の利点で得られた専門選手レベルのステップ長を低下させず、劣るピッチを高めることを課題とするということも考えられる。どのように強化を進めていくかは、身体的・技術的特徴を踏まえ議論が必要で、経過を観察しながら検討していきたい。

田中選手は、右代選手と異なり、競技会毎のレースパターンのばらつきが、少ないように見える。異なる諸条件の中でもある程度、自分の目指すレースパターンを再現することが出来ていると思われる。

2009 年度シーズンの 400m 走記録は、49 秒 89 であり、十種競技ベスト記録時の 49 秒 85 に近い記録であった。ただし、世界基準からみたそのレベルは「-1」と、100m 走の記録 (10 秒 87) の評価「±0」に比べ低く、同評価レベルに達するためには、400m で 48 秒台が求められる (前掲報告)。

スタートしてからはじめの 45m までの区間スピードは、平均スピードからみると専門選手らよりも 5~7% 高いスピードであった (図 6)。飛ばしすぎの感がある。スタート直後のスピードは多少抑えながら、80m 以降のバックストレートのスピードが中たるみにならないようにしていくことで、改善が期待される。今後も、持っている力を最大限発揮できる

ような最適なレースパターンを行えるようにトレーニングしていくことも、限られた練習で効果を高めるためには有効な手段といえよう。

池田選手が走った和歌山 GP と日本選手権におけるスピード変化をみると (図 6)、和歌山 GP が前半型、日本選手権が後半型と、両極端に異なるレース展開であった。両レースにおけるピッチの違いは小さく、ステップ長の違いによるスピードの変化であった (図 7, 図 8)。どちらの記録もほぼ同じであったため、どちらが適したレースパターンであるかは不明である。今後、データを蓄積しながら検討していきたい。

#### 4. まとめ

競技会で測定・分析したデータを基に、スプリント種目について、専門選手と十種競技トップ選手 (右代選手、田中選手、池田選手) との差異について考察し、次の見解が得られた。

- ① 100m 走に関して、十種競技選手は、40m 以降も加速できる走りの工夫とトレーニングを行い、最大スピードが高まることを目指すべきだろう。
- ② 110m ハードルのパフォーマンス向上に向けて、H1 - H2 区間の加速を限定している要因を明らかにしていくことが必要となる。
- ③ スピード変化、レースパターンの評価、スピードを構成するピッチとステップ長の関係など、400m 走レースの分析データを活用していくことは、競技会ごとにレース展開のばらつきが大きい十種競技選手にとって、最適なレース展開を追求するといった点で有効な強化方法となろう。

#### 参考文献

- 阿江通良 (2009) スプリントの仕組みと特性. 日本トレーニング科学会編 スプリントトレーニング -速く走る・泳ぐ・滑るを科学する-. 朝倉書店: 東京, pp16 - 22.
- 松尾彰文 (2009) 日本陸上競技選手権 短距離, ハードルのスピード分析 (速報レポート).
- 松尾彰文, 広川龍太郎, 杉田正明, 阿江通良 (2007) レーザー方式による 100m およびハードルのスピード分析. 陸上競技研究紀要, 3:59 - 64.

## 十種競技選手の走幅跳, 棒高跳での跳躍パフォーマンス分析

松林武生<sup>1)</sup> 持田尚<sup>2)</sup> 松尾彰文<sup>1)</sup> 松田克彦<sup>3)</sup> 本田陽<sup>4)</sup> 阿江通良<sup>5)</sup>

1) 国立スポーツ科学センター 2) 横浜市スポーツ医科学センター 3) 平成国際大学  
4) 中京大学 5) 筑波大学

### 1. はじめに

本報告は、2009年度日本グランプリシリーズに出場した十種競技選手の走幅跳, 棒高跳のパフォーマンスを、主に助走と踏切に焦点を当てて分析したものである。走幅跳や棒高跳では、助走の速度が跳躍記録に大きく影響することが知られている。また助走での走速度を効率的に跳躍距離に変換するには、高い踏切技術が求められる。これまで日本トップレベルの走幅跳, 棒高跳専門選手に関しては継続的に助走速度の測定がなされ(小山ら, 2007), また動作分析が実施されるなどして(武田ら, 2007), 選手の記録向上のための情報が提供されてきた。しかしながら、十種競技選手を対象とした同様の測定はこれまで本格的にはなされていなかった。世界トップレベルの十種競技選手は、いくつかの種目では日本トップレベルと同程度の記録を残せる実力があり、走幅跳, 棒高跳も例外ではない。特に走幅跳に関しては、2009年世界陸上ベルリン大会での上位10選手の平均記録は7m63, うち4選手は7m80を超えている。このようなレベルに近づくためにも、跳躍パフォーマンスの継続的な分析は有効な手段となる。本報告では、日本トップレベルの十種競技選手にみられる跳躍パフォーマンスの特徴をとらえるとともに、日本トップレベルの走幅跳, 棒高跳専門選手との差異, 世界トップレベル十種競技選手との差異について考察したい。今回測定を実施した競技会は以下に示す通りである。

- 1: 日本選抜陸上和歌山大会(和歌山GP, 2009年4月18-19日)
- 2: 群馬リレーカーニバル(群馬RC, 2009年10月10-11日)

### 2. 測定方法

#### 2-1. 走幅跳

レーザー方式速度測定装置(LAVEG, 100 Hz)を用いて跳躍者の助走速度を測定し、助走中の最高速度、最高速度の出現地点、踏切板通過時の速度を得た。なお、踏切板通過時の速度を項目のひとつとしたのは、これが踏切後の跳躍速度水平成分に近い値と考えられるからである。取得したデータには、これまで走幅跳, 棒高跳に関して報告されている方法(小山ら, 2007)に準じて0.5 Hz ローパスフィルタを適用した。ただし、踏切時には速度が急激に変化し、フィルタ処理を行うと前後のデータから大きく影響を受けてしまうため、データはフィルタ処理前に踏切板通過後の部分を切り捨て、さらに踏切板通過直前0.1秒間と速度変化が一定となるよう踏切板通過後0.1秒分のデータを外挿する処理を行った。この処理を行っても踏切板通過時の速度を確実に捉えられるとは言い難いが、フィルタ処理に付随して生じるデータの混乱は抑えることができる。選手個々人の踏切時の速度低下の特徴を掴むため、またその変化を継続的に追跡するための情報を得るには十分であると考えている。

またこの他に、跳躍動作をハイスピードカメラ(EXILIM EX-FH20, 210fps; EXILIM EX-F1, 300fps)を用いて撮影し、映像から踏切時の接地時間、踏切後から砂場接地までの滞空時間を算出した。踏切後の滞空時間を項目のひとつとしたのは、これが跳躍速度鉛直成分をある程度反映する値と考えられるからである。ハイスピードカメラは4.8ms, 3.3ms毎に画像習得が可能であり、接地時間、滞空時間はこの時間分解能で測定可能であった。しかしながら目視による接地、離地の判断を行うため、実際の測定精度はこれよりやや劣ると考えられる。

## 2-2. 棒高跳

走幅跳と同様に、レーザー方式速度測定装置を用いた助走速度の測定、ハイスピードカメラを用いた跳躍動作の撮影を行い、助走の速度（最高速度、最高速度の出現地点、踏切位置通過時の速度）と踏切時の接地時間を得た。踏切位置は選手や試技毎に異なるため、走路沿いに2m毎に設置した位置マーカーを校正点として用い、跳躍動作を撮影した映像上で計測した。走速度データの処理では、この計測した踏切位置を基準としてデータの切り捨てと外挿を行い、0.5 Hz ローパスフィルタを適用した。

## 3. 結果と考察

### 3-1. 各大会の上位入賞選手

和歌山 GP での優勝者は田中宏昌選手であり、記録は7639点であった。右代啓祐選手が7622点、池田選手が7407点でこれに続いた。走幅跳に関して3選手はそれぞれ5位、6位、8位であり、棒高跳に関しては1位、3位、4位であった。走幅跳の上位3選手は平松忠浩選手、染谷幸喜選手、井上将成選手、棒高跳の2位は染谷選手であった。群馬 RC での優勝者は7856点の右代選手、7213点の田中選手、7175点の土井選手がこれに続いた。3選手の走幅跳の順位はそれぞれ3位、15位、5位であり、棒高跳は4位、2位、1位であった。走幅跳の上位2選手は井上選手と鎌形直彦選手、棒高跳の3位は染谷選手であった。また群馬 RC では、同時開催されたジュニアチャンピオンシップ十種競技に出場の澤田右京選手、中村明彦選手も走幅跳で好記録を残した。以下に、総合得点上位選手と走幅跳、棒高跳の上位選手の測定結果を中心に報告する。

### 3-2. 走幅跳

表1～2は、和歌山 GP および群馬 RC での総合上位入賞選手、および走幅跳上位入賞選手の測定結果を示したものである。また図1～2は、同選手の助走速度曲線を示している。

和歌山 GP では、池田選手が出場選手中最も高い助走最高速度を示したが、跳躍記録は他の選手が上回る結果となった。このことは、池田選手には踏切動作に課題があったことを意味している。走幅跳1位の平松選手は、助走速度の踏切時の低下が小さく、助走で獲得した速度を効果的に踏切に利用できていたことがわかる。また2位の染谷選手、3位の井上選手は踏切板通過時の速度はそれほど高くないが、踏切後の滞空時間が長く、踏切において鉛直方向へ

の跳躍速度を大きく獲得できていたことがわかる。総合優勝者の田中選手は助走から踏切への速度低下が小さいタイプ、2位の右代選手は踏切後の滞空時間が大きいタイプであったと言える。池田選手は同年度中に開催された日本選手権、および世界選手権においては7m00を超える跳躍をみせていることから、和歌山 GP では本来の跳躍を行えていなかったことが推察されるが、その要因を明らかにするには今後も測定を継続していくことが必要であろう。

群馬 RC では、ジュニアの中村選手が最も高い助走最高速度を示したが、踏切板通過時の速度は土井選手のほうがわずかに上回っていた。この2選手は他選手と比較して踏切板通過時の速度が高く、助走速度を活かして跳躍するタイプであるといえる。ただし両選手は、踏切後の滞空時間に関しても比較的長いということが特徴的であった。最も跳躍記録がよかった澤田選手は、最高速度や踏切板通過時の速度に関しては他選手とそれほど変わらなかったが、踏切後の滞空時間が比較的長いタイプであり、これが好記録の要因であったと考えられる。井上選手や鎌形選手は、踏切板通過速度、踏切後の滞空時間ともに平均的で、バランスのとれたタイプであるといえる。総合優勝者の右代選手は、和歌山 GP 同様、踏切後の滞空時間が長いタイプの跳躍を見せた。しかしながら和歌山 GP での跳躍と比較すると、最高速度に達してから踏切板通過時までの速度低下幅が小さくなっていった。3回の跳躍の平均記録をみると和歌山 GP よりも群馬 RC のほうが向上していたが、これは助走速度を踏切でより効果的に利用できるようになった結果であることが推察される。総合2位であった田中選手は、和歌山 GP と比較して助走速度、踏切後滞空時間がともにわずかに低かったが、それよりまず助走最高速度の出現地点が大きく変動していたことに注意しなければならないだろう。これは踏切板への足合わせに問題があったことを意味しており、本来の跳躍動作ができていなかったのだと推察される。

2大会を通じて、踏切板通過の速度が高いタイプの選手は踏切での接地時間が短く、踏切後の滞空時間が長いタイプの選手は接地時間も長い、という共通した特徴がみられた。これは、助走時の接地時間（約80～100ms、松尾ら、2008）とそれほど変わらない短時間での踏切を行えば助走速度の低下が抑えられるが、鉛直方向への跳躍速度を獲得することが難しくなることを意味しているのかもしれない。和歌山 GP から群馬 RC にかけて平均跳躍記録が向上した右代選手では、踏切での助走速度低下が小さく

表1 2009 和歌山G Pにおける男子十種競技選手の走幅跳記録と助走速度

選手	試技		1跳目	2跳目	3跳目	ポイント
田中 宏昌	記録	m	6m71 (+2.0)	6m85 (+0.6)	6m72 (+0.0)	6m85 778
	最高速度(地点)	m/s (m)	9.36 (@6.2)	9.52 (@6.5)	9.37 (@6.4)	
	踏切板通過速度	m/s	8.92	9.24	9.08	
	接地時間	ms	124	129	133	
	滞空時間	ms	729	733	700	
右代 啓祐	記録	m	6m55 (+1.1)	6m58 (+1.3)	6m82 (+0.7)	6m82 771
	最高速度(地点)	m/s (m)	-	-	9.42 (@7.3)	
	踏切板通過速度	m/s	-	-	8.63	
	接地時間	ms	171	157	167	
	滞空時間	ms	824	781	781	
池田 大介	記録	m	6m63 (+0.8)	6m77 (+0.7)	6m73 (+0.1)	6m77 760
	最高速度(地点)	m/s (m)	9.47 (@7.5)	9.72 (@6.9)	9.74 (@7.2)	
	踏切板通過速度	m/s	8.39	9.10	8.91	
	接地時間	ms	-	148	152	
	滞空時間	ms	-	733	752	
平松 忠浩	記録	m	F	6m91 (+1.3)	6m98 (+0.0)	6m98
	最高速度(地点)	m/s (m)	9.54 (@5.5)	9.58 (@4.9)	9.64 (@5.7)	
	踏切板通過速度	m/s	9.18	9.30	9.29	
	接地時間	ms	-	-	129	
	滞空時間	ms	-	-	724	
染谷 幸喜	記録	m	6m43 (+0.9)	F	6m92 (+0.5)	6m92
	最高速度(地点)	m/s (m)	9.40 (@7.0)	9.44 (@6.8)	9.42 (@6.3)	
	踏切板通過速度	m/s	8.61	8.69	8.86	
	接地時間	ms	148	143	133	
	滞空時間	ms	776	786	771	
井上将成	記録	m	F	F	6m91 (+0.3)	6m91
	最高速度(地点)	m/s (m)	9.22 (@6.4)	9.18 (@6.2)	9.12 (@6.4)	
	踏切板通過速度	m/s	8.61	8.75	8.67	
	接地時間	ms	-	-	138	
	滞空時間	ms	-	-	790	

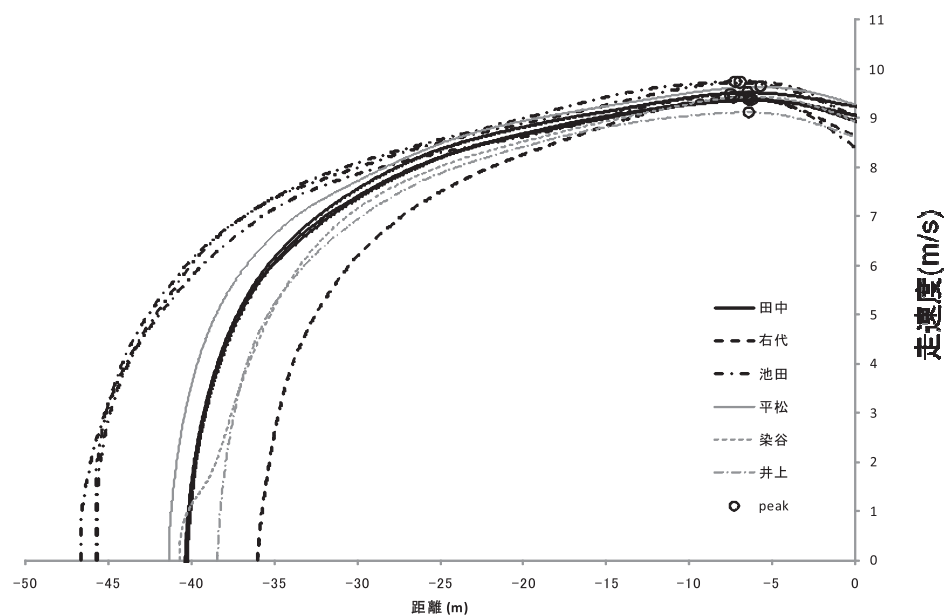


図1 2009 和歌山G Pにおける男子十種競技選手の走幅跳の助走速度曲線  
 ※井上、鎌形、澤田、中村に関しては最も記録がよかった試技のみ

表2 2009 群馬RCにおける男子十種競技選手の走幅跳記録と助走速度

選手	試技		1跳目	2跳目	3跳目	ポイント
右代 啓祐	記録	m	6m82 (+0.7)	6m76 (+1.1)	6m87 (+2.1)	6m87 783
	最高速度(地点)	m/s (m)	-	9.47 (@6.5)	9.64 (@7.0)	
	踏切板通過速度	m/s	-	8.82	8.97	
	接地時間	ms	160	160	157	
	滞空時間	ms	817	793	827	
田中 宏昌	記録	m	6m55 (-0.4)	F	6m48 (+0.7)	6m55 709
	最高速度(地点)	m/s (m)	9.43 (@7.4)	9.52 (@5.0)	9.45 (@6.0)	
	踏切板通過速度	m/s	9.01	9.15	9.09	
	接地時間	ms	127	127	123	
	滞空時間	ms	723	703	713	
土井 翔太	記録	m	6m66 (+0.5)	6m85 (+0.7)	6m64 (+0.5)	6m85 778
	最高速度(地点)	m/s (m)	9.37 (@5.6)	9.65 (@5.5)	9.44 (@5.8)	
	踏切板通過速度	m/s	9.05	9.45	9.12	
	接地時間	ms	130	123	127	
	滞空時間	ms	757	760	770	
井上 将成	記録	m	F	7m02 (+0.2)	6m97 (+0.2)	7m02
	最高速度(地点)	m/s (m)	-	9.53 (@7.9)	9.68 (@7.8)	
	踏切板通過速度	m/s	-	9.01	9.19	
	接地時間	ms	137	140	137	
	滞空時間	ms	737	753	713	
鎌形 直彦	記録	m	6m88 (+2.3)	6m79 (+0.5)	F	6m88
	最高速度(地点)	m/s (m)	9.67 (@7.7)	9.75 (@8.4)	9.56 (@4.5)	
	踏切板通過速度	m/s	9.01	9.15	9.35	
	接地時間	ms	120	123	123	
	滞空時間	ms	740	723	740	
澤田 右京	記録	m	F	6m71 (+0.0)	7m10 (+1.7)	7m10
	最高速度(地点)	m/s (m)	-	-	9.69 (@8.0)	
	踏切板通過速度	m/s	-	-	9.12	
	接地時間	ms	-	137	137	
	滞空時間	ms	-	773	790	
中村 明彦	記録	m	6m75 (+2.6)	6m52 (+0.0)	6m90 (+0.5)	6m90
	最高速度(地点)	m/s (m)	9.89 (@7.6)	9.59 (@7.6)	9.83 (@8.1)	
	踏切板通過速度	m/s	9.26	8.93	9.33	
	接地時間	ms	-	130	130	
	滞空時間	ms	-	763	770	

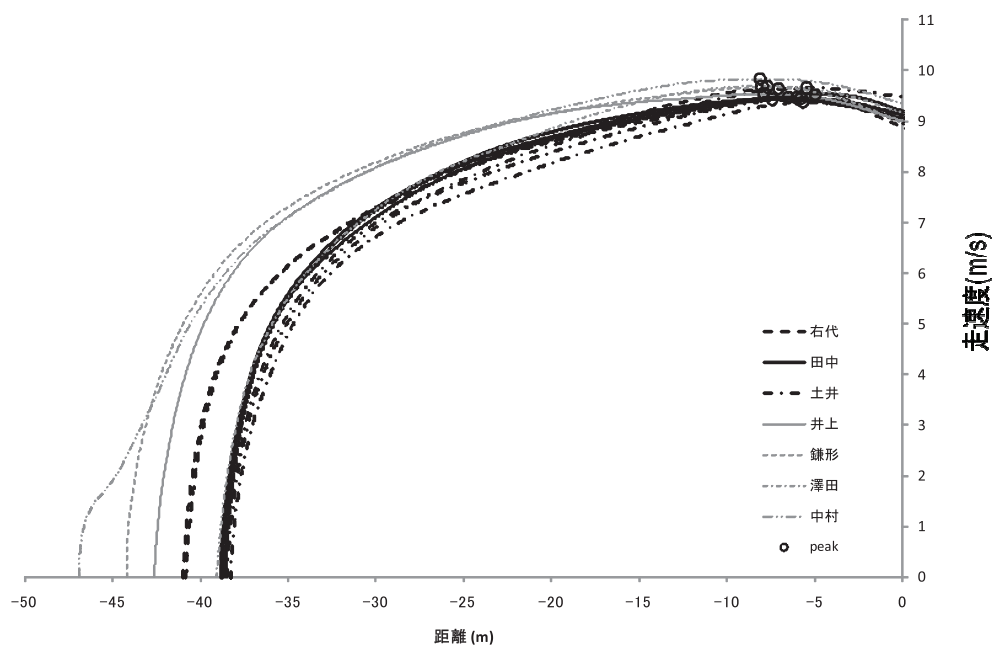


図2 2009 群馬RCにおける男子十種競技選手の走幅跳の助走速度曲線  
 ※井上、鎌形、澤田、中村に関しては最も記録がよかった試技のみ

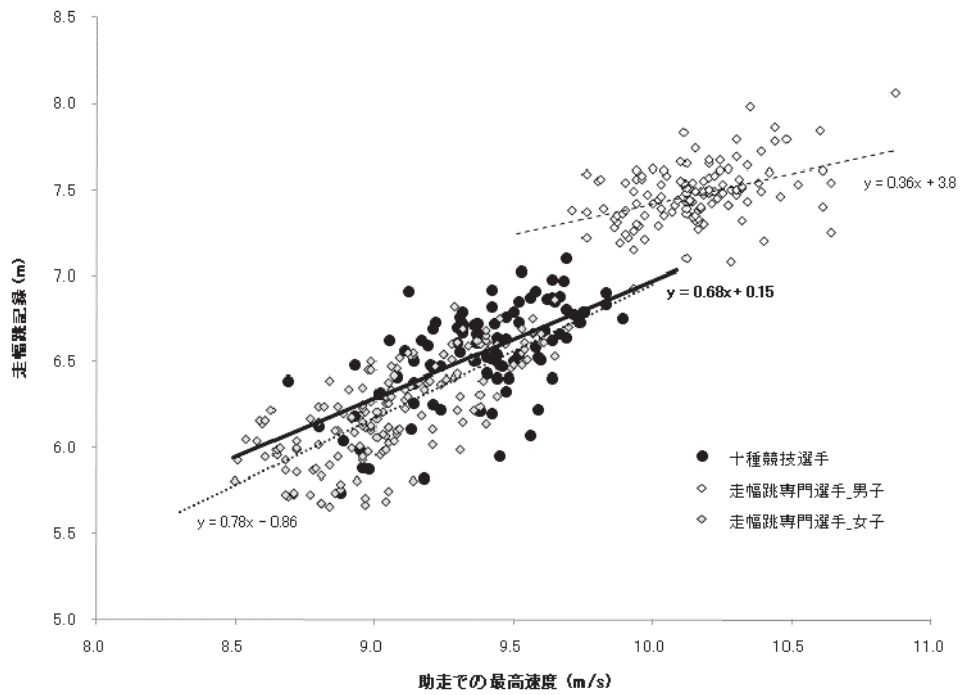


図3 走幅跳の助走最高速度と跳躍記録との関係

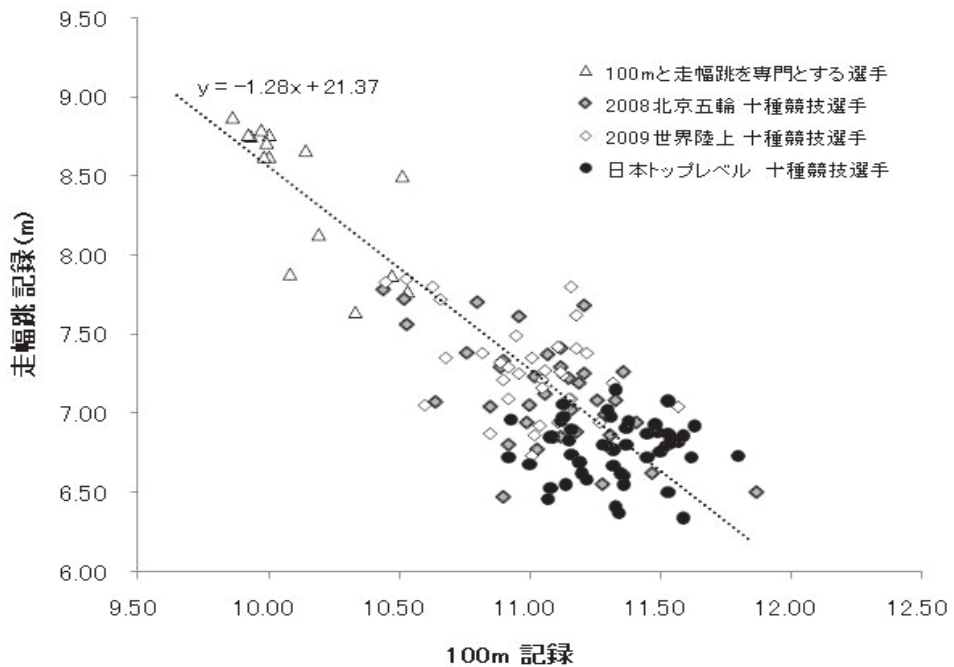


図4 100 m記録と走幅跳記録との関係

※日本人選手のデータは、和歌山GP・群馬RC、日本選手権出場の全選手、池田に関しては世界陸上の記録も含む

※100m・走幅跳専門選手のデータは、カール・ルイス、朝原、品田の年次別ベストを対応させたもの



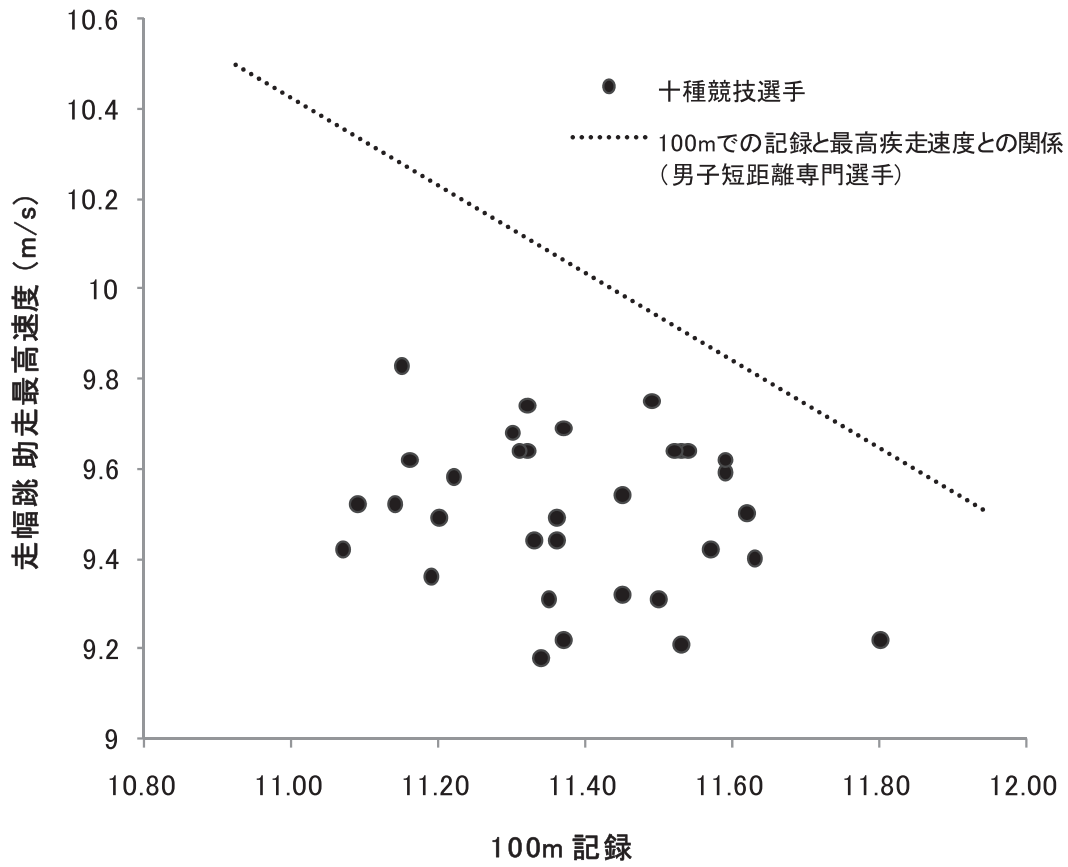


図5 100 m記録と走幅跳での助走最高速度との関係

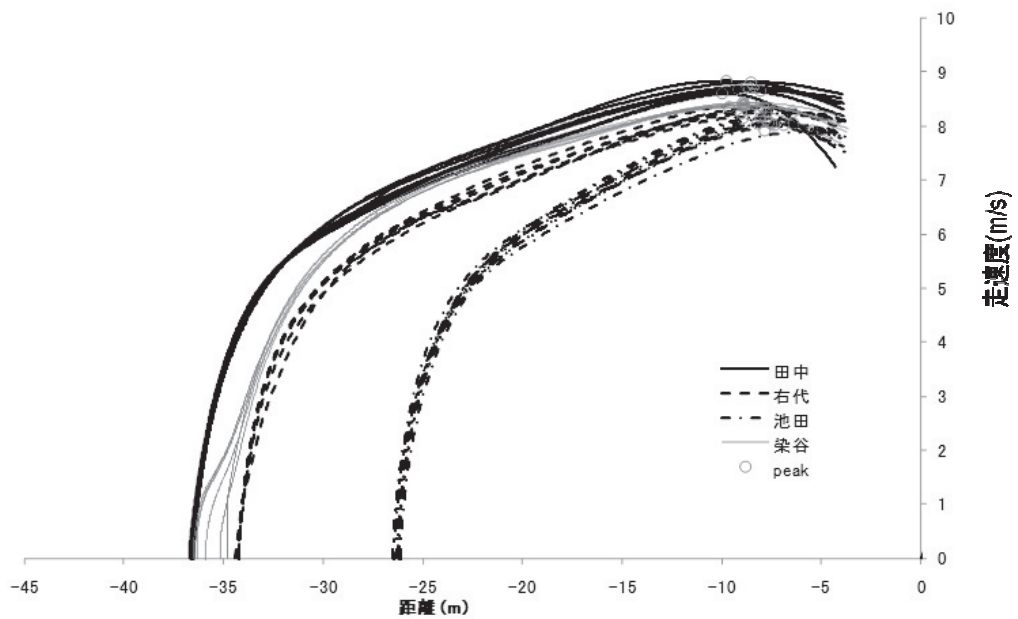


図6 2009 和歌山G Pにおける十種競技選手の棒高跳の助走速度曲線

表4 2009 和歌山GPにおける男子十種競技選手の棒高跳記録と助走速度

選手	試技	4m50 (1)	4m50 (2)	4m60 (1)	4m70 (1)	4m70 (2)	4m70 (3)	4m80 (1)	5m00 (1)	5m00 (2)	5m10 (1)	5m10 (2)	5m10 (3)	ポイント
田中 宏昌	成否			○				○	×	○	×	×	×	5m00 910
	最高速度 (最高速度地点)	m/s (m)		8.65 (@8.1)				8.60 (@10.0)	8.72 (@8.8)	8.80 (@8.5)	8.72 (@8.4)	8.67 (@9.2)	8.83 (@9.8)	
	踏切地点速度 (踏切地点)	m/s (m)		8.52 (@4.0)				7.25 (@4.3)	8.41 (@4.1)	-	8.42 (@3.9)	8.18 (@3.9)	8.31 (@3.9)	
	接地時間	ms		124				129	124	-	124	119	119	
	成否	×	○	○	×	×	×							
染谷 幸喜	最高速度 (最高速度地点)	m/s (m)	8.34 (@9.6)	8.42 (@8.9)	8.39 (@8.9)	8.42 (@8.5)	8.37 (@8.9)	8.38 (@9.0)						4m60 790
	踏切地点速度 (踏切地点)	m/s (m)	-	7.96 (@3.7)	-	-	7.89 (@3.7)	-						
	接地時間	ms	-	138	-	-	133	-						
	成否	×	○	○	×	×	×							
	最高速度 (最高速度地点)	m/s (m)	8.34 (@9.6)	8.42 (@8.9)	8.39 (@8.9)	8.42 (@8.5)	8.37 (@8.9)	8.38 (@9.0)						
右代 啓祐	成否	○						○	×	○	×	×	×	4m50 760
	最高速度 (最高速度地点)	m/s (m)	-					8.15 (@8.9)	8.35 (@8.0)	8.26 (@9.0)	8.24 (@7.8)	8.39 (@8.9)	8.27 (@8.1)	
	踏切地点速度 (踏切地点)	m/s (m)	-					7.62 (@3.9)	8.09 (@3.8)	7.52 (@3.8)	-	-	8.10 (@3.7)	
	接地時間	ms	-					148	143	148	-	-	138	
	成否	×	×	○	×	○	○	×	○	×	×	×	×	
池田 大介	最高速度 (最高速度地点)	m/s (m)	7.93 (@5.4)	8.05 (@6.4)	8.25 (@6.5)	8.02 (@7.3)	8.04 (@7.5)	7.93 (@7.8)	8.06 (@7.6)	8.03 (@6.9)	8.04 (@8.2)	8.12 (@7.8)	8.15 (@8.0)	4m50 760
	踏切地点速度 (踏切地点)	m/s (m)	-	-	-	7.82 (@4.0)	7.79 (@3.9)	-	-	-	-	7.79 (@3.8)	7.72 (@4.1)	
	接地時間	ms	-	-	-	143	148	-	-	-	-	133	152	
	成否	×	×	○	×	○	○	×	○	×	×	×	×	
	最高速度 (最高速度地点)	m/s (m)	7.93 (@5.4)	8.05 (@6.4)	8.25 (@6.5)	8.02 (@7.3)	8.04 (@7.5)	7.93 (@7.8)	8.06 (@7.6)	8.03 (@6.9)	8.04 (@8.2)	8.12 (@7.8)	8.15 (@8.0)	

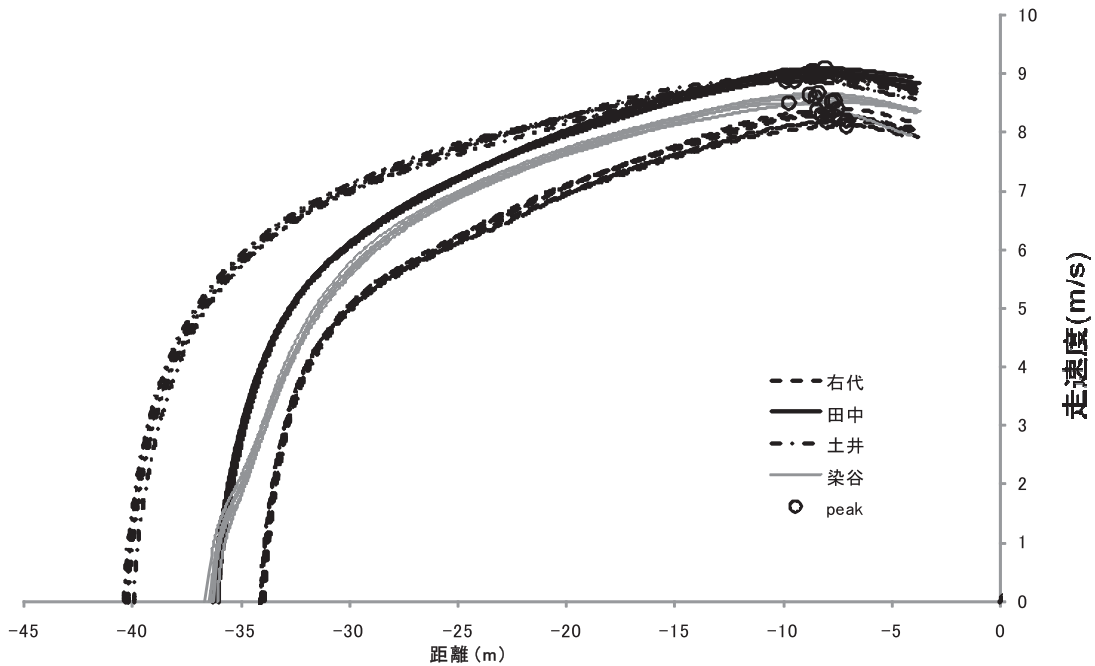


図7 2009 群馬RCにおける十種競技選手の棒高跳の助走速度曲線

表5 2009 群馬RCにおける男子十種競技選手の棒高跳記録と助走速度

選手	試技	4m20 (1)	4m30 (1)	4m40 (1)	4m50 (1)	4m50 (2)	4m50 (3)	4m60 (1)	4m70 (1)	4m70 (2)	4m70 (3)	4m80 (1)	4m80 (2)	4m80 (3)	ポイント
右代 啓祐	成否	○	○	×	×	○	○	×	×	×					4m60 790
	最高速度 (最高速度地点)	m/s (m)	8.11 (@7.1)	8.39 (@7.5)	- -	8.28 (@7.6)	8.29 (@8.2)	8.17 (@8.0)	- -	8.36 (@8.4)	8.20 (@7.1)				
	踏切地点速度 (踏切地点)	m/s (m)	7.96 (@4.0)	8.15 (@3.9)	- (@3.9)	8.02 (@3.8)	8.00 (@3.9)	7.91 (@4.1)	- (@3.9)	7.92 (@3.8)	8.08 (@3.9)				
	接地時間	ms	157	143	153	143	153	150	147	143	143				
	成否		○	○					×	○		×	×	×	
染谷 幸喜	最高速度 (最高速度地点)	m/s (m)	8.52 (@7.8)	- -					8.50 (@9.7)	8.67 (@8.3)		8.60 (@8.5)	8.53 (@7.6)	8.63 (@8.8)	4m70 819
	踏切地点速度 (踏切地点)	m/s (m)	8.36 (@3.7)	- (@3.7)					- (@3.8)	8.37 (@3.8)		8.39 (@3.8)	8.34 (@3.7)	8.32 (@3.8)	
	接地時間	ms	133		123				-	130		137	130	143	
	成否		×	○	×	×	×								
	最高速度 (最高速度地点)	m/s (m)	8.97 (@7.5)	9.03 (@8.6)	9.09 (@8.1)	9.02 (@8.7)	9.04 (@8.6)								
踏切地点速度 (踏切地点)	m/s (m)	8.83 (@3.8)	8.84 (@3.7)	8.94 (@4.1)	8.74 (@3.9)	8.69 (@3.9)									
接地時間	ms	123	117	113	113	120									
成否		○	○				×	×	○	×	×	×			
最高速度 (最高速度地点)	m/s (m)	8.87 (@9.5)	8.95 (@8.7)				8.98 (@8.9)	8.88 (@9.9)	8.95 (@8.5)	8.97 (@9.9)	8.95 (@9.8)	8.98 (@8.6)		5m10 941	
踏切地点速度 (踏切地点)	m/s (m)	8.54 (@3.9)	8.75 (@3.8)				8.66 (@3.9)	8.57 (@3.9)	8.78 (@3.8)	8.67 (@4.0)	8.67 (@4.0)	8.71 (@3.9)			
接地時間	ms	127	117				117	123	117	117	117	117			
成否		○	○				×	×	○	×	×	×			
最高速度 (最高速度地点)	m/s (m)	8.87 (@9.5)	8.95 (@8.7)				8.98 (@8.9)	8.88 (@9.9)	8.95 (@8.5)	8.97 (@9.9)	8.95 (@9.8)	8.98 (@8.6)			
踏切地点速度 (踏切地点)	m/s (m)	8.54 (@3.9)	8.75 (@3.8)				8.66 (@3.9)	8.57 (@3.9)	8.78 (@3.8)	8.67 (@4.0)	8.67 (@4.0)	8.71 (@3.9)			
接地時間	ms	127	117				117	123	117	117	117	117			

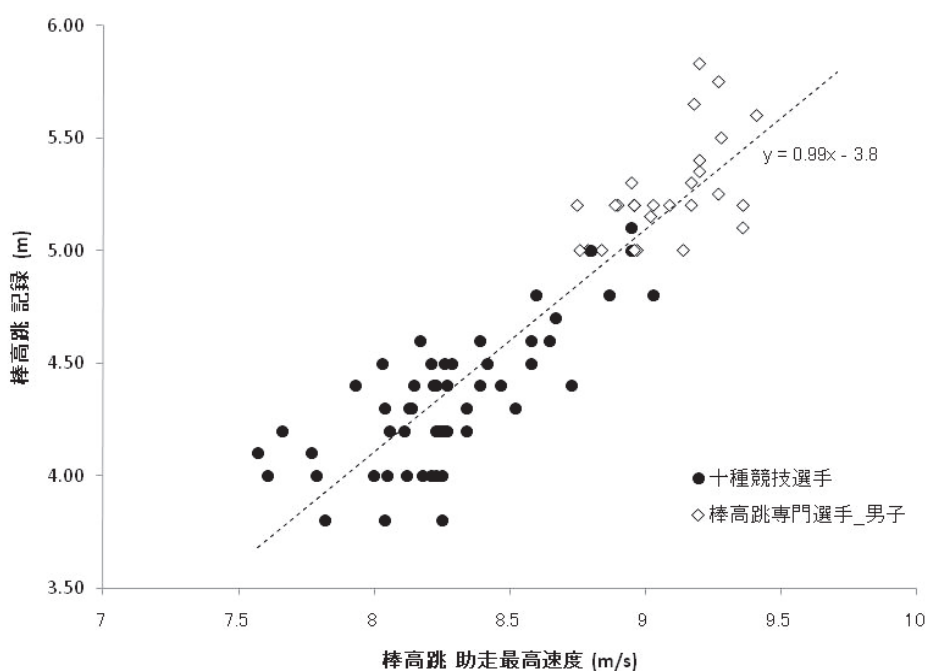


図8 棒高跳の助走最高速度と記録との関係

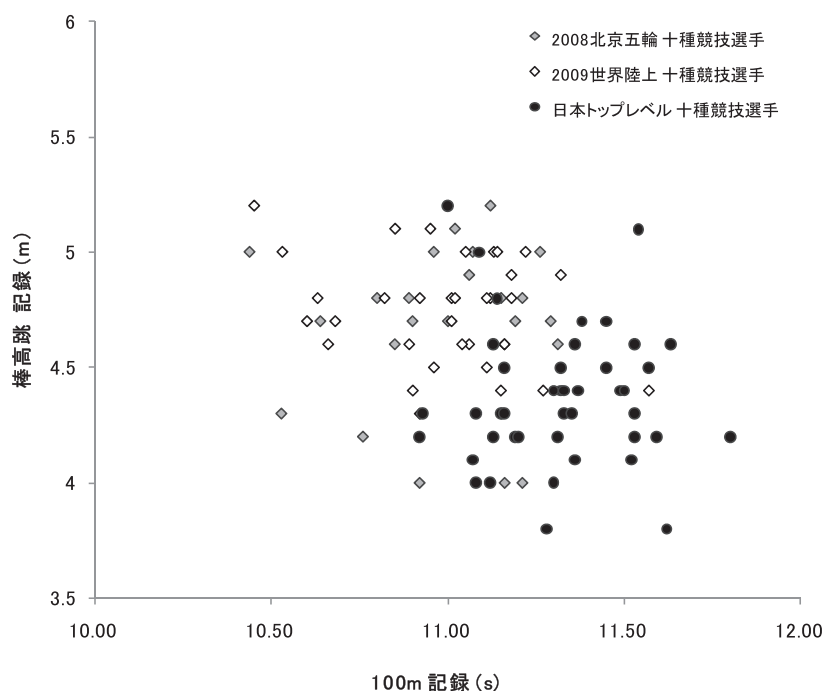


図9 100 mの記録と棒高跳の助走最高速度と記録との関係  
 ※池田については、世界陸上出場時のデータも含む

なったことに接地時間の短縮が伴っていたが、これに滞空時間の短縮が伴わなかったことが良い結果を導いたと考えられる。ただしこれらの関係性は選手の身体的特性や跳躍のタイプ、技術によって異なってくると考えられるので、今後も継続して測定を行い、個人の特性を議論していくことが必要である。

### 3-3. 走幅跳専門選手、世界トップクラス十種競技選手の走幅跳との比較

図3は、走幅跳の助走最高速度と跳躍記録との関係を示したものであり、2006～2007年に報告された男女走幅跳専門選手（外国人選手も含む）のデータ（小山ら、2006、2007）に重ねて、今回測定した十種競技選手のデータをプロットしたものである。十種競技選手は専門男子選手と比較して助走速度が低く、また同じ助走速度から期待される跳躍記録も低いことが見て取れる。このことは、十種競技選手の走幅跳の記録向上には、助走速度と踏切技術の双方に課題があることを意味している。特に助走速度に関して着目すると、100m記録から考えると疾走能力が劣ると考えられる女子走幅跳選手が、助走においては十種競技選手と同程度の速度をみせていることから、十種競技選手は体力的要素でなく技術的要素の向上のみで、助走速度を高められる可能性があると考えられる。

図4は100mと走幅跳との記録の関係を示したものであり、世界トップレベルの十種競技選手のデー

タ、ならびに100mと走幅跳とを共に専門とする選手のデータに重ねて、今回測定を行った和歌山GP、群馬RC、および2009年度日本選手権に出場した十種競技選手のデータをプロットしたものである。100mを11秒前後で走る能力がある場合、世界トップレベルの十種競技選手は走幅跳を7m30ほど記録することが平均的である。これに対して、日本人選手は6m80程度の記録に留まっていることが見て取れ、ポイントに換算すると約100点の差が生じることになる。日本人選手は、100mで発揮している疾走能力を走幅跳の助走において十分に発揮できていないことが推察される。図5は100m記録と走幅跳での助走最高速度との関係を示したものである。図中の直線は、100m記録とレース中の最高疾走速度との関係を示している（松尾ら、2007）。走幅跳の助走はあくまで踏切への移行が前提となされるため、100mレース時と比較すると疾走速度が上昇しないのは当然であるが、その中でも右代選手、池田選手、土井選手などは比較的速い速度（直線から予測される最高速度よりも0.3～0.4 m/s劣る程度）で助走を行っており、さらに助走速度を高めるためには疾走能力そのものを向上させる必要があるといえそうである。一方、0.8 m/sほど予測最高速度を下回っている田中選手などは、現在備えている疾走能力のみでも走幅跳の助走速度をより高めることが可能であることが推察される。ただし、単純に助走速度を高めることができたとしても、それに伴った踏切技

術がなければ跳躍記録の向上が見られるとは限らないことには、注意が必要であろう。

踏切技術に関しては、今回分析した踏切の接地時間、跳躍中の滞空時間からも考察していくことも可能だと考えている。しかしながら、測定データがまだ少ないことや、走幅跳専門選手に関する同種の報告も少ないことから、これからの課題のひとつとしたい。

### 3-4. 棒高跳

表3～4は、和歌山 GP および群馬 RC での総合上位入賞選手、および棒高跳上位入賞選手の測定結果を示したものである。また図6～7は、同選手の助走速度曲線を示している。

和歌山 GP では、棒高跳を得意とする田中選手が、跳躍記録、助走最高速度ともに他選手を大きく上回っていた。全体的にみても、跳躍記録が高い選手ほど助走が速い傾向がみられた。群馬 RC において田中選手はさらに速い助走をみせたが、残念ながら更なる好記録にはつながらなかった。同じく棒高跳を得意とし、群馬 RC で好記録を出した土井選手も、田中選手に匹敵する高い助走速度を示した。田中選手と土井選手が棒高跳記録に関して他選手を圧倒しているのは、高い助走速度が要因であることに間違いなであろう。踏切時の接地時間に関しては、ほとんどの選手は走幅跳での踏切とほぼ同程度、もしくはやや小さい値を示した。ただし、走幅跳において接地時間が長かったものは棒高跳での接地も長い傾向にあり、各選手の棒高跳の踏切スタイルは基本的には走幅跳と同じであると推察される。

### 3-5. 棒高跳専門選手、世界トップクラス十種競技選手の棒高跳との比較

図8は、棒高跳の助走最高速度と跳躍記録との関係（成功試技のみ）を示したものであり、2006～2007年に報告された男子棒高跳専門選手のデータに重ねて、今回測定した十種競技選手のデータをプロットしたものである。走幅跳と同様、十種競技選手と専門選手との助走速度には差が認められるが、同じ助走速度から期待される跳躍記録にはそれほど差がないように見受けられる。記録向上のためにはより高い助走速度の獲得が必要であることを再認識させられる。

図9は100mと走幅跳との記録の関係を示したものであり、世界トップレベルの十種競技選手のデータに重ねて、今回測定を行った和歌山 GP、群馬 RC、および2009年度日本選手権に出場した十種競技選

手のデータをプロットしたものである。助走速度が重要となる棒高跳ではあるが、その記録は疾走能力を大きく反映するであろう100m記録とは関係性が薄いことが見て取れる。この事実は、日本の十種競技選手のみではなく、世界トップレベルの選手たちにも当てはまっている。これが意味するところは、棒高跳の助走速度が本質的な疾走能力にではなく、ポールを持って走るという種目特有の技術に因るところが大きいということであろう。助走が速くなるほど跳躍時にポールを扱う難度も高まると考えられるため、この難度が助走速度を制限している可能性も考えられる。これらの観点を評価する測定項目（踏切位置でのグリップ高など）を設定していくことも今後の課題である。

## 4. まとめ

2009年度日本グランプリシリーズの2大会（和歌山 GP、群馬 RC）出場した十種競技選手を対象に、その走幅跳、棒高跳のパフォーマンスを測定し、助走と踏切に焦点をあてて分析した。その結果は以下のようにまとめられる。

1. 十種競技選手の走幅跳は、専門選手に比べて助走速度が低く、また同じ助走速度から期待される跳躍記録も低かった。助走と踏切、双方に課題があると考えられた。
2. 100mの記録や、世界トップレベルの選手との比較から考察すると、日本の十種競技選手の多くは本来持つ疾走能力を走幅跳の助走において最大限に活用できていない可能性があることが示唆された。
3. 踏切に関しては、踏切での接地時間、跳躍中の滞空時間を今後継続して測定していくことで考察を進めていく必要がある。現在の段階では情報量が不足しており、今後の課題である。
4. 十種競技選手の棒高跳では、助走速度が高い選手ほど好記録を期待できるという関係性が見られた。専門選手と比較しても、記録の差を生む要因の多くは助走速度の差であることがうかがえた。
5. ただし棒高跳の助走速度は、選手の本質的な疾走能力ではなく、棒高跳固有の技術性に因るところが大きいと考えられた。これを今後の測定で評価していくことも課題となる。

## 参考文献

- 小山宏之, 村木有也, 武田理, 阿江通良, 伊藤信之 (2006) 競技会における一流男女走幅跳, 三段跳, および棒高跳選手の助走速度分析. 日本陸連科学委員会研究報告, 5:129-143.
- 小山宏之, 村木有也, 武田理, 大島雄治, 阿江通良 (2007) 競技会における一流男女棒高跳, 走幅跳, および三段跳選手の助走速度分析. 日本陸連科学委員会研究報告, 6:104-122.
- 武田理, 小山宏之, 村木有也, 吉原礼, 阿江通良 (2007) 記録水準の異なる男子棒高跳選手の跳躍動作に関するバイオメカニクスの分析. 日本陸連科学委員会研究報告, 6:123-126.
- 松尾彰文 (2008) モーションキャプチャーの競技力向上への応用ーランニングパフォーマンスへの応用ー. 第20回日本バイオメカニクス学会大会.
- 松尾彰文, 広川龍太郎, 杉田正明, 阿江通良 (2007) レーザー方式による100mおよびハードルのスピード分析. 日本陸連科学委員会研究報告, 6:59-64.

## インターハイ入賞選手に対するスポーツ障害に関する質問紙調査

鳥居 俊<sup>1)</sup> 阿江通良<sup>2)</sup> 石井好二郎<sup>3)</sup> 杉浦克己<sup>4)</sup>

- 1) 早稲田大学スポーツ科学学術院 2) 筑波大学体育科学系 3) 同志社大学スポーツ健康科学部  
4) 立教大学コミュニティー福祉学部

日本陸上競技連盟科学委員会ではインターハイ佐賀大会から島根大会までの4大会で、各種目の入賞者を対象に質問紙調査を実施してきた。質問紙には栄養摂取、サプリメント使用、コンディション管理などの幅広い項目に関する調査が含まれるが、本稿ではさまざまなスポーツ障害に関する項目を分析した結果を報告する。

### 1. 対象者

佐賀大会入賞者86名、千葉大会入賞者108名、大阪大会入賞者58名、島根大会入賞者62名、のべ314名からの回答が分析対象である。性別は男子162名、女子152名である。

対象者の学年別の人数は表1のように3年生が219名(69.7%)と圧倒的に多く、2年生が82名(26.1%)、1年生はわずかに13名(4.1%)である。

回答の結果は性別、短距離、跳躍、投擲などの瞬発系種目と長距離、競歩などの持久系種目に大別して比較する。

### 2. 障害歴に関する回答

この質問では、過去に経験したスポーツ障害を自由記述させる形で調査が行われている。本稿では高校入学後の障害歴について集計して分析した。回答数の多かった障害を表2に列挙する。4位までの項目は男女差がなく、男女とも腰痛に悩む選手が非常に多い(28.7%)ことが明らかになった。男子ではアキレス腱痛、女子ではシンスプリント、疲労骨折が下位ながら男女差のある項目として見られた。

### 3. 内科的障害に関する回答

貧血、肝機能障害、オーバートレーニングに関する回答の結果を分析した。

貧血の既往は男子で18.6%、女子で36.4%との回答があり、明らかに女子で高率であった。貧血になった時期は男子で中学2年生、高校2年生が多く、女子では中学2年生、高校1, 2年生で多く見られた。瞬発系種目では18.9%の既往に対して、持久系種目では50.0%の既往であり、有意に持久系種目で高率であった。特に、持久系種目の女子選手では69.2%の既往であった。

肝機能障害の既往は女子で1名回答があったのみであり、この年代では発生が少ないと考えられる。

オーバートレーニングの既往は特に診察を受けて診断されたという条件を問わなかったため、自覚的な既往を含めたものである。男子では27.7%に、女子では23.5%に既往ありとの回答があった。オーバートレーニングになった時期は男子では高校1, 2年生に、女子では高校2, 3年生に多く見られた。なお、瞬発系種目、持久系種目での既往の差はなかった。

### 4. 初経発来時期、無月経の既往

女子選手では初経や無月経既往などに関する質問を実施した。

初経発来時期は回答のあった146名のうち、小学校6年までが57名、中学1年が47名、中学2年が26名、中学3年が11名であり、高校1年以降が5名あった。

無月経の既往は全体で36.7%に見られたが、瞬発系種目で28.3%、持久系種目で60.5%の既往となり、有意に持久系種目で高率であった(図5)。

無月経既往の選手のうち、現在の月経状態について回答のあった52名中完治したとの回答は15名で、時々再発は9名、治療中は3名、治療せずが25名であり、約半数が放置していたことになる。

## 5. 筋損傷

筋損傷の既往は全体の35.6%に見られ、男女差はなかった。種目系別に比較すると、瞬発系種目で39.6%、持久系種目で25.6%の既往であり、瞬発系種目で有意に高率となった(図6)。筋損傷の部位は既往ありと回答した110名中、大腿後が49名と最も多く、次いで大腿前が36名、ふくらはぎが27名、大腿内側6名であった。損傷部位は先行研究とほぼ同様であった。

筋損傷の発生時期は高校2年が最も多く、次いで高校1年、中学3年の順であった。性別で比較すると、男子では高校2年で最も多く、女子では高校1年、中学3年で多くなっていた。

## 6. 腱損傷

腱損傷の既往は全体の25.5%に見られた。男子では21.7%に、女子では29.5%に既往があり、わずかに女子で多かった。

腱損傷の部位はアキレス腱が25名で最も多く、以下足関節外側17名、足背17名、足関節内側12名、膝蓋腱11名、足底腱膜10名、腸脛靭帯9名の順であった。男女で発生部位の違いを見ると、足関節外側、足底腱膜は男子でやや多く、女子では膝蓋腱、足関節内側、足背は女子で多かった。腱損傷の発生時期は男子では高校2年生で最も多く、全体として高校生時期に多かったが、女子では高校2年生で最も多いことは同様であるものの、中学生から発生が増加していた。

## 7. 疲労骨折

疲労骨折の既往は全体の16.9%に見られた。男子で12.5%、女子で21.6%に既往があり、女子で有意に高率であった。なお、種目系別では差がなかった。

疲労骨折の発生時期は男子で中学3年が最も多く、女子では高校1年が最も多かった(図9)。

なお、疲労骨折の部位については十分な分析ができておらず、今回は報告できない。

## 8. 考察とまとめ

今回分析した調査はインターハイの入賞選手を対象にしたもので、約7割が高校3年生であることから、ある程度の重複はあるものの、高校生のトップ選手の状況を知るためには十分な情報を与えてくれると考えられる。

全体的な障害については腰痛が最も多く、3割近くの選手が回答したことから、陸上競技選手を悩ませる非常に大きな問題と考える必要がある。腰痛の詳細については質問紙調査のため不明であるが、筋性腰痛、腰椎分離症、椎間板障害など多彩な原因が考えられる。跳躍や投擲では腰椎分離症の保有が多いが、最近の調査や研究により腰椎分離症は大部分が中学生期の腰椎後部の疲労骨折が進行したものとされ、中学生期のトレーニングのしかたに影響を受けるはずである。椎間板障害は骨格の成熟がある程度進んだ高校生以降で多くなるが、軟骨である椎間板の障害は修復されないため、発生予防が肝要である。

内科的障害では貧血が予想どおり女子で多く、特に持久系種目で多い結果が明らかになった。男女ともに中学2年生に発生が多く、中学生期のトレーニングや栄養摂取に注意が必要である。特に夏季には発汗により鉄の喪失が増えるため貧血の進行もおこりやすい。貧血は血液検査により診断が明らかであり、また治療効果も検査で確認できるため、定期的な検査が望ましい。オーバートレーニングは原因不明の体調不良とパフォーマンス低下を主症状とするが、確定診断が難しく、貧血、肝機能障害など体調不良を呈する他の疾患を除外して診断に到るのが通常である。本調査では自覚症状でオーバークに近しい状態まで含めた回答と思われる。全体の約1/4に既往ありの回答があり、インターハイ入賞者レベルの選手では高い割合でオーバークによる体調不良やオーバートレーニングの発生が見られると考えられる。

女子選手の月経の問題はこれまで長距離走選手で多く検討されてきた。初経発来は2/3で中学1年までにあり、1/3でやや遅いあるいは遅延していた。無月経既往は全体の1/3以上に見られ、特に持久系種目の選手では60%に既往が見られた。なお、無月経の治療は十分に行われておらず、約半数が放置している現状は望ましくない。無月経は女性ホルモンの減少の一つの徴候であり、骨量減少や筋損傷のリスク増加ももたらすと考えられている。

筋損傷の発生は瞬発系種目で多く、部位的には大



腿後のハムストリングで最も多かった。発生時期は男子で高校2年、女子で高校1年が多く、中学3年から高校2年にかけての時期に発生が多いことが明らかになった。この時期はまだ骨格成長の影響を受けて筋の柔軟性が低下しており、強い筋力発揮とあいまって損傷をおこしやすいと考えられる。

腱損傷はアキレス腱、足関節部、足背、足底、膝蓋腱などに発生が多かった。発生時期は男子が主に高校生時期であるのに対して、女子では中学生時期から発生が見られた。従って、女子では中学生時期より腱損傷の予防を考える必要がある。

最後に、疲労骨折は女子に高率であり、発生率として男子の2倍近かった。発生時期はこれまでに報告されているのと同様に高校1年を中心とした時期に多かった。

スポーツ障害の発生は選手のレベルが高くなり、トレーニングが激しくなるほど高率になることが考えられるが、発育途上の身体では同年齢であっても発育の進んだ選手と発育の遅めの選手でも違いがこりうる。将来の競技力発揮の可能性を期待して、影響の残るようなスポーツ障害を発生させない配慮が指導者に求められる。どのような時期に、どのようなスポーツ障害が発生しているかに関する情報は予防を立案する上で重要である。本調査の結果が陸上競技選手の指導の参考となり、スポーツ障害の発生予防に資することを期待する。

## 参考文献

1. 鳥居俊、来田吉弘：男子高校駅伝選手のランニング障害の発生状況－疲労骨折を中心に．臨床スポーツ医学 10:1529-1532, 1993.
2. 鳥居俊、梶原洋子：中学生長距離走選手のランニング障害の発生状況．ランニング学研究 4:1-4, 1993.
3. 鳥居俊、横江清司、萬納寺毅智、中嶋寛之：女子長距離ランナーの月経異常に伴う骨量減少．臨床スポーツ医学 6:667-672, 1989.
4. 鳥居俊：女子長距離走選手における初経発来前のトレーニング開始は初経発来遅延や骨密度低下と関係する．発育発達研究 32:1-6, 2006.
5. Watson MD, DiMartino PP: Incidence of injuries in high school track and field athletes and its relation to performance ability. Am J Sports Med 15:251-254, 1987.

表1 対象の学年別人数

高校1年生	13名 (4.1%)
高校2年生	82名 (26.1%)
高校3年生	219名 (69.7%)

表2 障害歴の回答数の多かった障害

男子	女子
1. 腰痛 50名	腰痛 40名
2. 膝痛 19名	膝痛 21名
3. 筋痛 17名	筋痛 19名
4. 足痛 11名	足痛 17名
5. アキレス腱痛 7名	シンスプリント 12名
6. 肘痛 6名	疲労骨折 11名
疲労骨折 6名	

表3 腱損傷の部位

全体	男子	女子
1. アキレス腱 25名	アキレス腱 13名	アキレス腱 12名
2. 足関節外側 17名	足関節外側 10名	足背 12名
3. 足背 17名	足底腱膜 6名	足関節内側 8名
4. 足関節内側 12名	足背 5名	足関節外側 7名
5. 膝蓋腱 11名	膝蓋腱 4名	膝蓋腱 7名
6. 足底腱膜 10名	足関節内側 4名	腸脛靭帯 5名
	腸脛靭帯 4名	

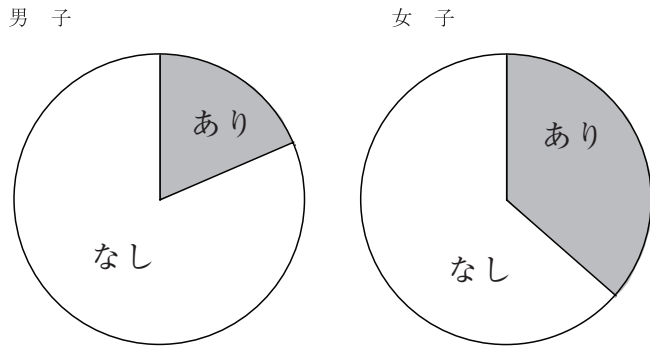


図1 貧血の既往

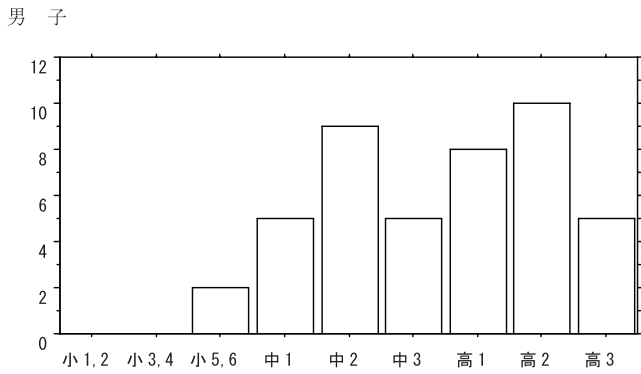
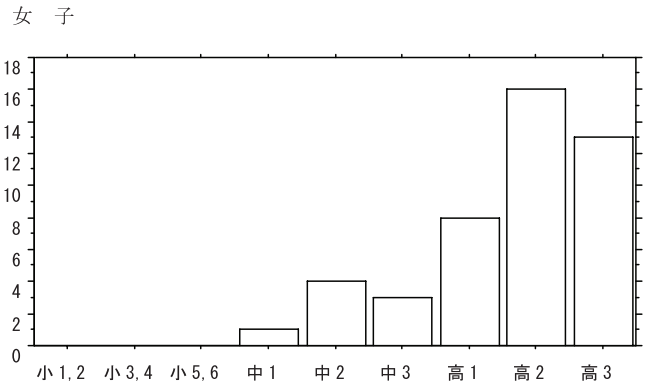
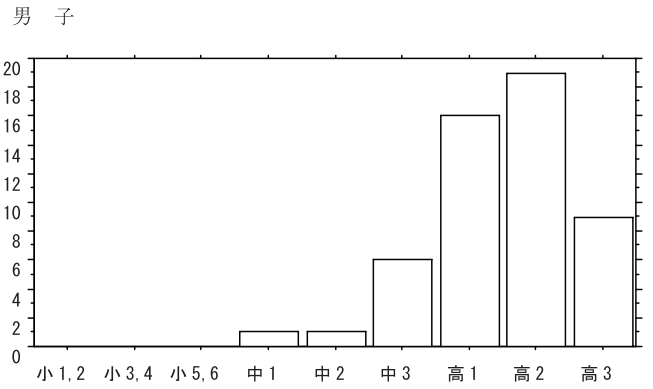


図4 オーバートレーニングの時期

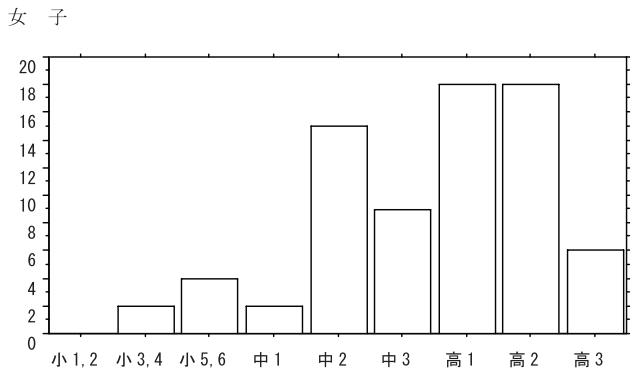


図2 貧血の時期

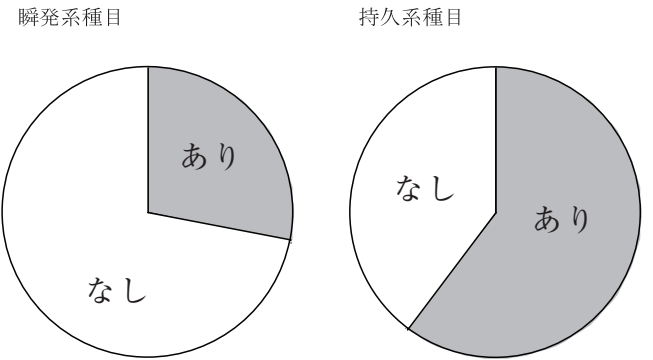


図5 無月経の既往

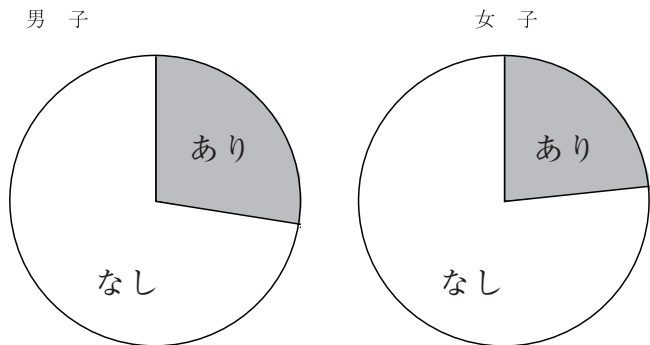


図3 オーバートレーニングの既往

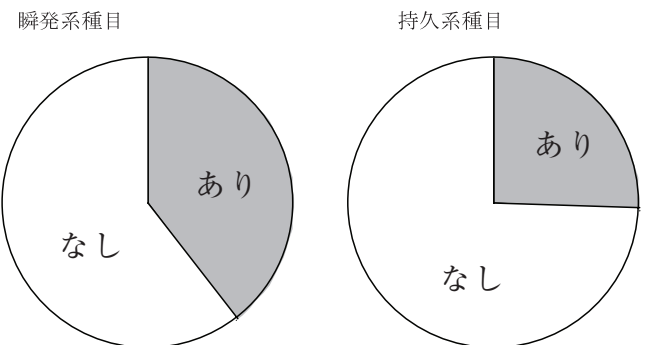
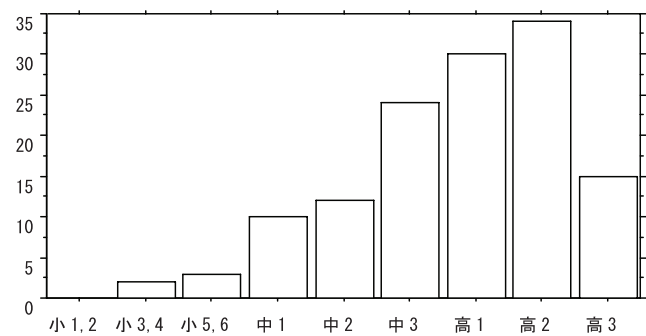
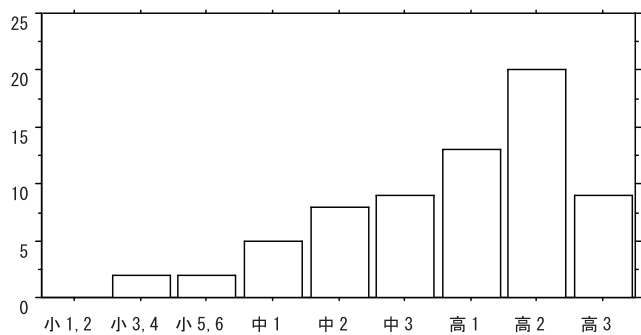


図6 筋損傷の既往、種目系別の比較



男子



女子

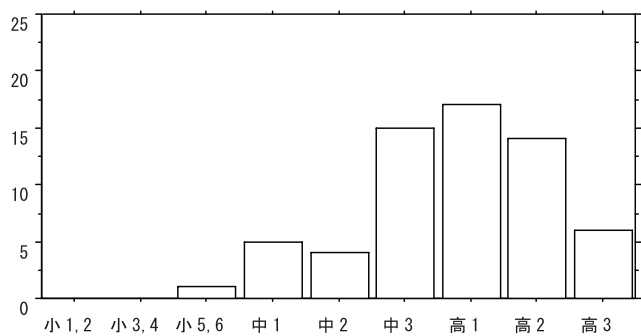
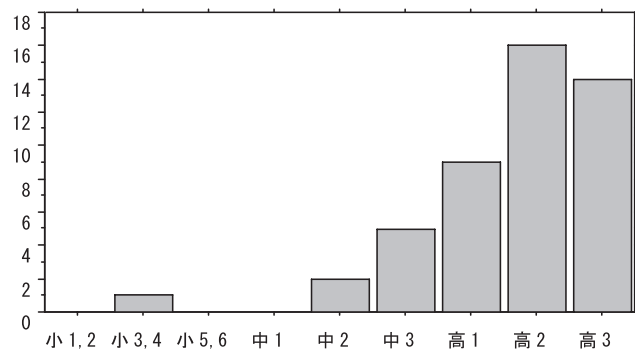


図7 筋損傷の発生時期

男子



女子

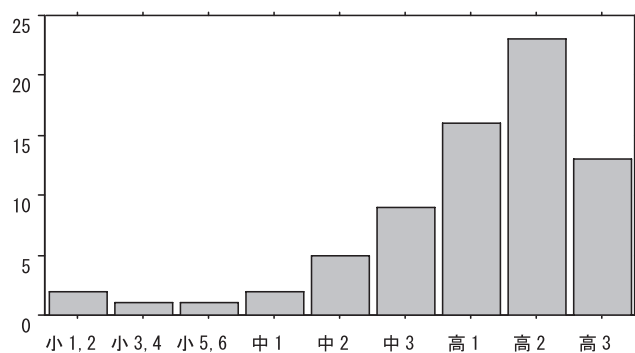
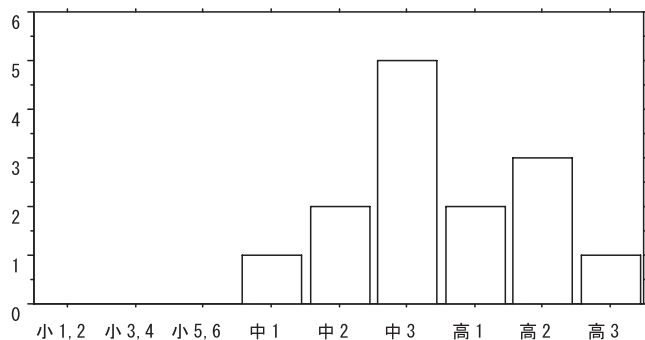


図8 腱損傷の発生時期

男子



女子

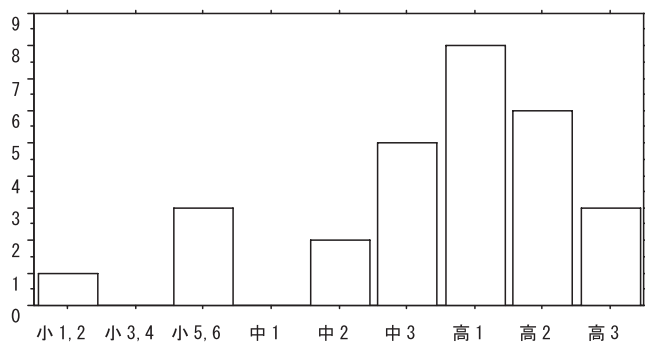


図9 疲労骨折の発生時期

## 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> 瀧澤一騎<sup>2)</sup> Kim Hae-Dong<sup>3)</sup> Bae Yeoung-Sang<sup>4)</sup>

1) 同志社大学スポーツ健康科学部 2) 北海道大学高等教育機能開発総合センター

3) College of Environment, Keimyung University

4) College of Physical Education, Keimyung University

### 目的

大邱市は韓国内陸部に位置する盆地であるため、韓国内で最も暑い都市の一つと言われている。今回の調査では、2011年大邱世界陸上選手権の開催と同時期に韓国大邱市入りし、環境温測定を実施した。しかしながら、昨夏の大邱市内は冷夏であり、参考とするには問題のある特異な測定データとなった。そこで、大邱市に所在する啓明大学体育学部 (College of Physical Education, Keimyung University) Bae Yeoung-Sang 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ので、そのデータより、大会期間中の暑熱環境を推定した。

### 方法

暑熱環境下の温度指標としては WBGT (Wet-Bulb Globe Temperature: 湿球黒球温度) が用いられる。これは暑さ寒さに関係する環境因子 (気温, 湿度, 輻射熱, 気流) のうち, 気温, 湿度, 輻射熱 (日照や照り返し) の3因子を取り入れた指標である。乾球温, 湿球温と黒球温の値から, 次式で計算される。

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

乾球温とは一般的な気温のことで, 湿球温とは乾球温の球部分をガーゼで包み水に浸けている温度計で測る温度のことである。この2つは一般的であるが, 黒球温度計が用意されていることは非常に稀であるので, 乾球温や湿球温から WBGT を推定す

る方法も提案されている (中井ら, 1990; 中井ら, 1992)。気温と湿度から湿球温を推定することは可能であるので, 以下の3式より WBGT を推定した。

- 1) 乾球温からの推定式 =  $2.814 + 0.804 \times \text{乾球温}$
- 2) 湿球温からの推定式 =  $2.466 + 1.052 \times \text{湿球温}$
- 3) 湿球および乾球温からの推定式 =  $1.925 + 1.298(0.7 \text{ 湿球温} + 0.1 \text{ 乾球温})$

今回, 啓明大学環境学部 (College of Environment, Keimyung University) Kim Hae-Dong 教授より, 大邱広域市内5ヶ所の気象データを2004年から2009年の6年間分を譲り受けた。その内の Suseong という観測地点は, 大邱世界陸上マラソンコースの中心に位置しており, Suseong の大邱世界陸上選手権 (以下, 大邱世界陸上) 開催期間中 (8月27日~9月4日) のデータを分析対象とした。なお, この期間の2007年データが欠損していたため, 5年間での検討となった。

### 結果および考察

国際陸連 (IAAF) より暑熱環境下でロードレースを開催する際のリスクチャートが WBGT を基準に発表されている (Roberts, 1998; 表1)。このリスクチャートに準拠し, 3式の WBGT 推定値の日内変動を, 大邱世界陸上開催期間中の前半 (8月27日~31日) と後半 (9月1日~4日) に分けて示したのが図1および図2である。

我々は2007年の大阪世界陸上の男女マラソン

表 1. ロードレースのリスクチャート (IAAF, 1998)

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

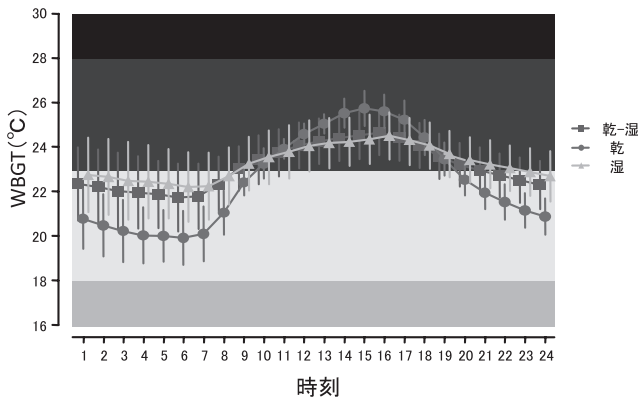


図 1. WBGT 推定値の比較 (8月27日~8月31日)

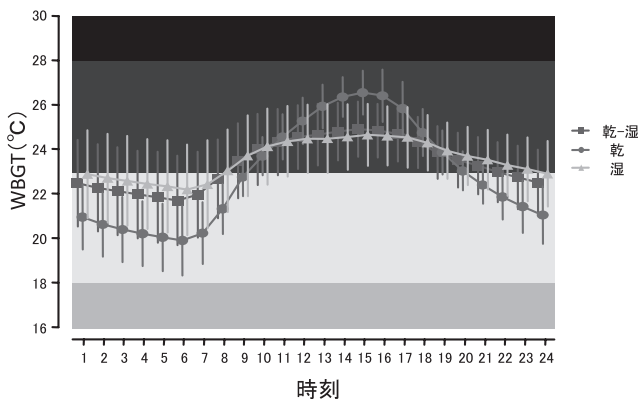


図 2. WBGT 推定値の比較 (9月1日~9月4日)

レース中の WBGT を実測しており (石井ら, 2008), 北京オリンピック男子マラソンのスタート時およびゴール時の WBGT を上述の 1 ならびに 2 式により推定 (石井, 2009) している (図 3)。この 2 大会の環境と比較した場合, 大邱世界陸上のマラソンスタート時刻が早朝であったならば, 北京オリンピック男子マラソンと似かよった環境となる可能性が高い。また, 午前 9 時以降, あるいは夕刻からのスター

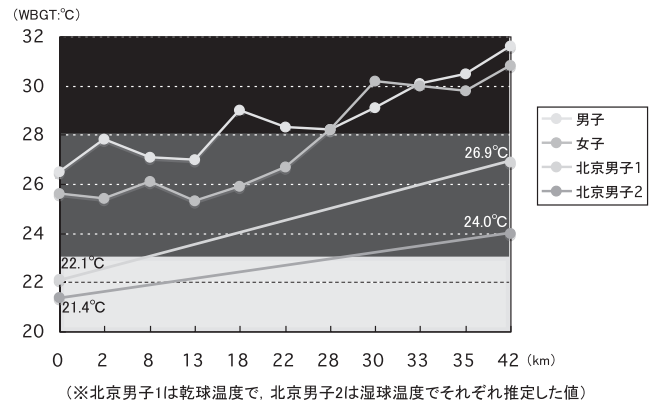


図 3. 大阪世界陸上男女&北京五輪男子マラソン時の WBGT  
(※北京男子1は乾球温度で, 北京男子2は湿球温度でそれぞれ推定した値)

トであれば, 比較的厳しい暑熱環境となる (1988 年ソウルオリンピック男子マラソンは 10 月 2 日午前 9 時スタート)。現時点では, 大邱世界陸上のマラソンスタート時刻は決定していないが, スタート時刻がレース環境を大きく左右することが考えられる。(その後, スタート時刻は男女とも午前 9 時に決定した)

## 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.
- 中井誠一, 寄本明, 森本武利 (1992) 環境温度と運動時熱中症事故発生との関係. 体力科学 41 (5) : 540-547.
- 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.

石井好二郎（2009）北京オリンピック男子マラソンレース時の暑熱環境の分析．日本陸連科学委員会報告書，8：86-88.

## 陸上競技研究紀要 第6巻

### 編集後記

予定より遅くなりましたが、平成22(2010)年度「陸上競技研究紀要第6巻」をお届けします。第1部では、査読審査を得て、「原著論文」2編、「資料」3編、「報告」1編の掲載となりました。また、第2部の「科学委員会報告」では、世界大会のデータを含んだ14編の報告がなされています。今回の「第6巻」の論文・資料・報告の中には、食育に関するものが2編含まれており、普及育成の土台となる貴重な資料として参考になるものです。トップを目指す選手・指導者の方々も、競技力向上に重要な要素である食事に関して今一度振り返り、見直すためのきっかけにはいかがでしょうか。これらも含めまして、各研究成果を大いに参考にしていただき、実際に活用されたり、さらなる研究の発展へとつながることを期待しております。

今回は、原著論文が2編でしたが、さらに多くの原著論文が掲載されるべく、皆様の投稿が増えるよう、編集委員会でも意見交換しております。以前に比べると投稿数は減少傾向にありますが、今回初めてご投稿いただいた先生もいらっしゃいますので、大学教員各位、若手の研究者・指導者には、研究論文をどしどし投稿していただきたくお願い申し上げます。特に、大学院などで学んでいる現役の選手諸君にあっても、自身の競技活動に活かすことだけではなく、セカンドキャリアトレーニングと考える論文投稿にチャレンジしてみる、という考えなどはいかがでしょうか。

本研究紀要は、日本陸連の各専門委員会の活動や研究成果を知らせるものとなっており、小学生からトップレベルまで、競技者の普及・育成・強化につながる可能性のあるものです。なかなか日頃の忙しさのために、研究、論文投稿できない、あるいはこの紀要に目を通す余裕もないという事情もあるかもしれません。しかし、より多くの方々と情報を共有し、現場の課題を研究する、研究成果を現場で試してみる、などの実践と研究の結びつきが活発になり、陸上競技の発展につながれば、と願うものです。そのために重要な役割を果たす「陸上競技研究紀要」のさらなる充実と活用に、微力ですが鋭意努力してまいります。

平成22年7月31日  
文責 佐伯徹郎（編集委員）

陸上競技紀要第6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6巻

---

2010年8月31日発行

発行人 澤木 啓祐

発行所 財団法人日本陸上競技連盟

〒150-8050 東京都渋谷区神南1-1-1 岸記念体育会館内

TEL : 03-3481-2300

---