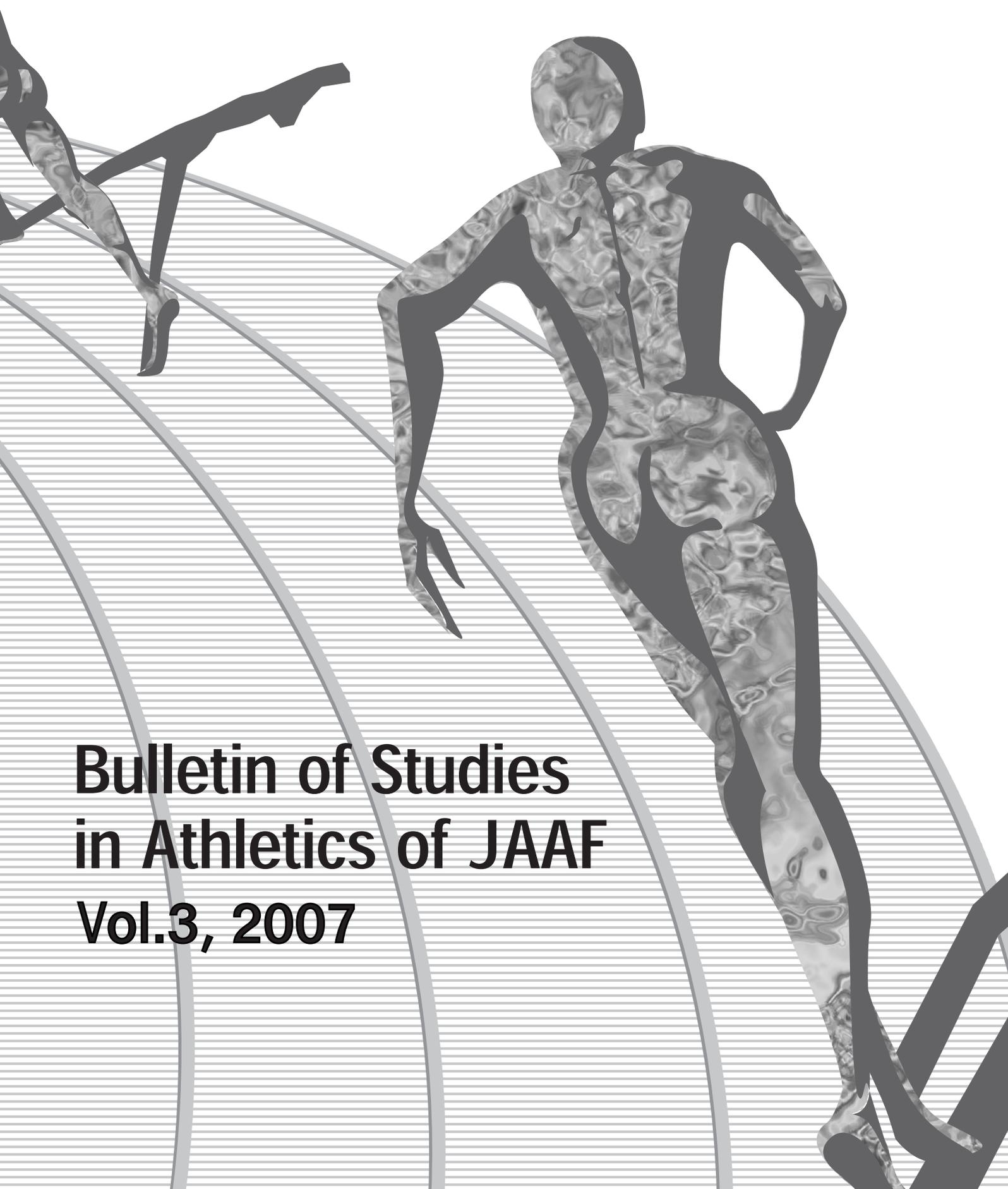


JAAF

財団法人日本陸上競技連盟

ISSN1349-7596

陸上競技研究紀要



**Bulletin of Studies
in Athletics of JAAF
Vol.3, 2007**

「陸上競技研究紀要」

(Bulletin of Studies in Athletics of JAAF)

投稿規定

陸上競技研究紀要編集委員会

1. 投稿資格について

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

2. 投稿内容および種類について

投稿内容は陸上競技についての理論と実践に関するもので、内容に応じて、総説、原著、購読紹介(外国文献の紹介など)、資料、指導法および指導記録の紹介などに分類される。スタイルは和文、英文のどちらでもよい。

総説および原著には英文のタイトル、著者、所属、要約(150語以内)をつける。

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

3. 採否等について

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

4. 原稿の書き方について

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

英文は、A4サイズタイプ用紙を使用し、15枚以内を原則とする。

計量単位は、原則として国際単位系(m, kg, secなど)とする。

5. 文献の書き方について

本文中の文献は、著者(発行年)という形式で表記する。

例) 田中(1996)は _____

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

著者名(発行年) 論文名, 誌名, 巻(号), ページの順とする。

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

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

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

例) 田中ら(1996 b)は, _____

6. 原稿の提出先

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

〒150-8050

東京都渋谷区神南1-1-1 岸記念体育会館内

日本陸上競技連盟

「陸上競技研究紀要」編集委員会宛

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

E-mail: kiyou@rikuren.or.jp

7. 原稿の締め切り

原稿の締め切りは、1月15日とし、発刊はその年度の3月末日とする。

8. その他

掲載者には、「陸上競技研究紀要」10部を寄贈する。

問い合わせ先:

〒244-8529 静岡市大谷836

静岡大学教育学部 保健体育講座

伊藤 宏(普及委員会調査研究担当)

Tel 及び Fax 054-238-4668

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

あ い さ つ

(財) 日本陸上競技連盟
専務理事 澤木 啓祐

普及委員会が主体となって発行していた「陸上競技紀要」と科学委員会が発行していた「陸上競技の医科学サポート研究」の報告書が一つになって再出発をしたこの「陸上競技研究紀要」も第3巻を発行することになった。

近年では、スポーツの競技力発展のためには医科学的な研究に基づくデータを蓄積し、分析・応用していくことが必要であることは至極当然のこととなってきた。

本連盟では、1991年に東京で開催した第3回世界陸上競技選手権大会において多くのデータの収集をおこない、その後「世界一流競技者の技術」という冊子としてその研究成果を発表した。日本の競技力向上に、その成果が十分に生かされたことは周知の事実である。

現在本連盟では、16年ぶりに日本、大阪にて開催することになっている世界陸上競技選手権大会を前に準備に余念がない。トレーニングは「科学性」、「合理性」を持ち、それを発展させた「独創性」によって世界での競争に耐えうる競技力の向上がなされるものである。本年は、この日本において開催される世界選手権においても、世界一流の競技者がその技術を発揮しあうその場でデータを収集し、分析を行うことで、その研究成果が再びわが国の競技力向上に寄与することを願ってやまない。

第3巻となるこの「陸上競技研究紀要」では、投稿論文8編（原著論文：5編、資料報告：3編）、医科学サポート研究報告10編が掲載されている。ここに掲載されている研究報告が、それをご覧になった全国の指導者の日ごろの指導の一助となり、日本陸上界がさらなる発展をすることを期待する。

陸上競技研究紀要

Bulletin of Studies in Athletics of JAAF

Vol.3 2007

目 次

【原著論文】

中高年齢者の 100m 走中間疾走局面における最高速度、歩数頻度および歩幅の加齢にともなう低下の性差
・・・・・・・・奥村浩司ほか・・・ 1

Overlay 表示技術を用いた陸上競技 400m 走レースの時間分析
・・・・・・・・持田 尚ほか・・・ 9

エネルギー変換率からみた男子棒高跳選手の跳躍技術に関するバイオメカニクスの分析
・・・・・・・・武田 理ほか・・・ 16

円盤投げの動作時間と投てき記録との関係
・・・・・・・・田内健二ほか・・・ 25

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
・・・・・・・・阿保雅行ほか・・・ 32

【資料報告】

男子 100m 走における、国内 GP にて収集した外国人選手と末續慎吾選手の疾走速度分析
・・・・・・・・広川龍太郎ほか・・・ 39

小学生のボール投げに関する実態について—平成 17・18 年度全国小学生陸上競技交流大会ソフトボールアンケートより—
・・・・・・・・宮崎明世ほか・・・ 42

第 22 回全国小学生陸上競技交流大会に出場した優秀選手の体力、心理的側面と疾走能力について
・・・・・・・・伊藤 宏ほか・・・ 47

【科学委員会研究報告 陸上競技の医科学サポート研究】
・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 55

中高年齢者の 100 m 走中間疾走局面における最高速度、 歩数頻度および歩幅の加齢にともなう低下の性差

奥村浩司¹⁾ 田中秀一²⁾ 印牧司人³⁾ 窪田範子¹⁾

1) 福井大学大学院教育学研究科 2) 福井大学教育地域科学部
3) 福井市立豊小学校

Gender differences in the age-related decrease in peak velocity, stride frequency and stride length at full speed phase during a 100-m race in middle-aged and elderly runners.

Koji OKUMURA¹⁾ Shuichi TANAKA²⁾ Morito KANEMAKI³⁾ Noriko KUBOTA¹⁾

1) Graduate School of Education, Fukui University
2) Faculty of Education and Regional Studies, Fukui University
3) Minori Elementary School, Fukui-City

Abstract

This study was undertaken to clarify the gender differences in sprint parameters (peak velocity, stride frequency and stride length) that decrease with aging. The subjects were 133 (males 64 and females 69) middle-aged and elderly master and recreational runners aged from 35 to 69 yrs. They were divided into 7 age groups (35-39, 40-44, 45-49, 50-54, 55-59, 60-64 and 65-69 yrs) based on the age of the runners for both males and females. The running performances during the peak velocity phase (30-60m at 10-m intervals) were recorded with digital video cameras. Velocity, stride frequency (SF), stride length (SL), contact time (CT) and flight time (FT) during peak velocity phases were measured.

The results were as follows:

- 1) The peak velocity correlated negatively and significantly with 100-m running time. Both the peak velocity and the 100-m running time decreased significantly in the 50-54 age group in males and females, respectively.
- 2) Neither SF nor SF index decreased all the way through from the 35-39 to 65-69 age groups.
- 3) Both SL and SL index decreased significantly in the 50-54 age group in males and females, respectively.
- 4) Neither stride time (CT+FT) nor CT decreased all the way through from the 35-39 to 65-69 age groups in males and females, respectively. However, FT decreased in the 45-49 age group in males and in the 60-64 age group in females.

Our findings indicated that there were no gender differences in age-related decrease of sprint parameters, except FT.

I. はじめに

短距離走は神経-筋系の能力に大きく依存する複雑な全身運動であり、筋群は伸張-短縮を繰り返すことによって大きな筋パワーを発生させる(Mero

ら, 1981; Mero and Komi, 1986)。加齢とともに起こる筋量と筋力の低下は、筋線維の萎縮、筋線維タイプ分布の変化および運動単位の数が減少するため(Frischknecht, 1998; Vandervoort, 2002, 久野ら, 2003)であり、運動パフォーマンスを漸減させるこ

とになる。我々はこれまでに、中高年齢者を対象にした短距離走について報告(田中と印牧, 2004 ; 2005 ; 田中ら, 2006)しており、Moore(1975)を初めとした先行研究(有川, 1992 ; Hamilton, 1993 ; Korhonenら, 2003)と同様に、加齢にともなって短距離走パフォーマンスは低下することを明らかにしてきた。

エリート男女マスターズ競技者を対象にしたKorhonenら(2003)、男女の中高年齢者を対象にした田中と印牧(2004, 2005)は、いずれも100m走における中間疾走局面の最高速度が加齢とともに低下し、疾走速度を決定する歩幅と歩数頻度について、加齢とともに歩幅は減少するが歩数頻度はほとんど変化しないことを報告している。短距離走記録と加齢の関係についてMoore(1975)は、例えば200m走の年齢別記録は20歳から30歳の間でほぼ最高になった後は漸減して、60歳では最高値の74%にまで低下する指数関数的モデルに表した。また、このモデルを用いて、45歳の女性の100m走記録は女性の世界記録の85%であるのに対して、男性では男性の世界記録の90%に相当することを示し、30歳を超えると女性は男性よりも低下率が大きいように思えると述べている。Hamilton(1993)は10歳毎の年齢群に分けたマスターズ競技者の最高速度が、加齢とともに低下する原因は主として歩幅が減少するためであり、30歳代を基準にすると男性では歩幅の最も大きな低下が60歳代で起こるのに対して、女性では20歳遅く起こると報告した。さらに、男性の最高速度は50歳代まで有意な低下はなく60歳代で有意な低下に達したが、女性は男性よりもわずかに遅く最高速度の低下が起こったと、Moore(1975)とは逆の結果を示した。

以上のごとく、加齢とともに明らかに疾走能力は低下するが、低下傾向の性差については明らかになっていないと言えないであろう。本研究の目的は、100m走における最高速度、歩数頻度および歩幅の加齢にともなう低下に性差があるのかを、マスターズ競技者を含むスポーツを愛好している中高年齢者を対象にして検討することである。

II. 方法

1. 対象

対象にしたのは、これまでに蓄積したデータ(田中と印牧, 2004 ; 2005 ; 田中ら, 2006)に、第23回北陸マスターズ陸上競技選手権大会(2006年9月)100m走に出場した選手を加えた、男性64名と女

性69名の合計133名であった。選手の年齢を5歳毎に、35~39歳の男性はM35と女性はF35のごとく65~69歳まで、それぞれ7つの年齢群に分けた。男性と女性ともに、34歳以下と70歳以上については、データ数が少なく除外した。表1に各年齢群の人数、年齢および身長の平均値±標準偏差を示した。

Table 1 Subjects of different age groups (Mean ±SD).

Age (yrs)	Male		Female	
	N	Height (m)	N	Height (m)
35-39	9	1.71±0.06	7	1.61±0.05
40-44	16	1.72±0.05	17	1.62±0.05
45-49	6	1.73±0.04	13	1.59±0.04
50-54	8	1.70±0.04	10	1.59±0.05
55-59	6	1.70±0.05	9	1.54±0.05
60-64	10	1.66±0.06	5	1.57±0.06
65-69	9	1.64±0.06	8	1.52±0.04

2. VTR撮影

通過タイムを計測するために、走路内側の縁石と8レーンの外側(スタートラインから30m、40m、50mおよび60m地点)にマークを貼り付け、走路両側のマークを結ぶ延長線上の観客席から、3脚に固定した4台のデジタルビデオカメラで撮影録画(30フレーム/sec)した。ビデオカメラには、映像を同期させるためにLED型光呈示器(PH-106; ディケイエイチ)を取り付けた。

3. 算出したデータ

録画したビデオ映像をパソコンに取り込み60フィールド/secで再生(Dual Stream; ディケイエイチ)して、各10m区間の所要時間およびその区間における4歩に要した時間と4歩の接地時間を読み取った。これらの時間を用いて、以下のデータを算出した。各区間の疾走速度のうち、最も高い疾走速度(以下、最高速度とする)とその区間における歩数と歩幅に関するデータについて検討した。身長は選手の承諾を得て、選手招集所にて計測した。

- 各区間の疾走速度(m/sec) = 10m ÷ 10m区間の所要時間
- 歩数(歩/10m) = 10m区間の所要時間 ÷ 4歩に要した時間 × 4歩
- 歩数頻度(歩/sec) = 歩数 ÷ 10m区間の所要時間
- 歩幅(m/歩) = 10m ÷ 歩数
- 歩数指数 = 歩数 × (身長/g)^{1/2}

- ・歩幅指数=歩幅÷身長
- ・滞空時間(sec)=1歩時間-接地時間

4. 統計処理

年齢群毎に算出した各項目の値は、平均値±標準偏差で示した。各算出項目における7つの年齢群比較には一要因分散分析を行い、有意なF値が得られなかった場合はTukeyの多重比較を行った。相関係数は、Pearsonの相関係数を算出した。有意水準は5%以内とした。

III. 結果

男性(●)と女性(○)それぞれ対象者全員を含めた最高速度と100m走記録の関係(図1)は、ともに最高速度が高いほど100m走記録は速くなった($p < 0.01$)。5歳毎に7つの年齢群に分けた各項目の平均値と標準偏差および、各年齢群間の比較結果を男性(表2)と女性(表3)にそれぞれ示した。図2は表2と表3をもとに、各年齢群の最高速度、歩数頻度および歩幅を示した。100m走記録(表2と表3)は、男性では 12.24 ± 0.26 (M35)から 14.66 ± 1.17 sec(M65)へ、女性では 15.27 ± 1.41 (F35)から 17.95 ± 1.81 sec(F65)へそれぞれ低下($p < 0.05$)した。35-39歳を基準にすると、M50とF55で低下($p < 0.05$)して、女性は男性よりも5歳遅い低下を示した。最高速度(図2、表2、表3)は、男性では 9.30 ± 0.26 (M35)から 7.90 ± 0.52 m/sec(M65)へ、女性では 7.53 ± 0.65 (F35)から 6.47 ± 0.58 m/sec(F65)へそれぞれ低下($p < 0.05$)した。35-39歳を基準にすると、M50とF55で低下($p < 0.05$)して、女性は男性よりも5歳遅い低下を示した。しかし、女性ではF35とF40に差はなかったが最も高い最高速度であったF40を基準にすると、F50で100m走記録とともに低下し男性と同じ年齢群であった。

歩数頻度(図2、表2、表3)は、男性と女性ともに7つの年齢群の間に差はなかった。歩幅(図2、表2、表3)は、男性では 2.03 ± 0.12 (M35)から 1.78 ± 0.15 m/stride(M65)へ、女性では 1.84 ± 0.12 (F35)から 1.51 ± 0.13 m/stride(F65)へそれぞれ減少($p < 0.05$)した。35-39歳を基準にすると、M35よりもM40は大きかった($p < 0.05$)が、その後は減少してM50はM35とM40よりも、またF50はF35とF40よりもそれぞれ狭い歩幅であった($p < 0.05$)。身長を考慮した歩数指数と歩幅指数について、歩数指数は男性と女性ともに7つの年齢群の間に差はなかった。歩幅指数は、男性では 1.19 ± 0.05 (M35)から $1.08 \pm$

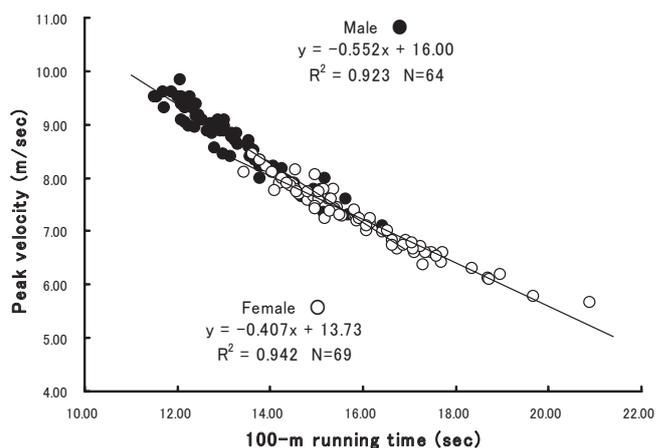


Fig.1 Relationship between peak velocity and 100-m running time.

0.08(M65)へ、女性では 1.14 ± 0.05 (F35)から 1.01 ± 0.08 (F65)へそれぞれ減少($p < 0.05$)した。男性と女性ともに50-54歳代は、35-39歳代と40-44歳代よりも減少($p < 0.05$)した。

表2と表3をもとに、各年齢群の1歩時間、接地時間および滞空時間を図3に示した。1歩時間と接地時間は男性と女性ともに7つの年齢群の間に差はなかった。滞空時間は、男性では 0.113 ± 0.007 (M35)から 0.103 ± 0.014 /sec(M65)へ、女性では 0.119 ± 0.008 (F35)から 0.104 ± 0.014 /sec(F65)へそれぞれ短縮($p < 0.05$)した。35-39歳を基準にすると、男性ではM65で短縮した($p < 0.05$)だけであるが、最も滞空時間が長かったM40を基準にすると、すべてのクラスは短縮した($p < 0.05$)。女性ではF35からF55までは、F45がF55よりも短縮した($p < 0.05$)のを除いて差はなく、F60で明らかに短縮した($p < 0.01$)。女性は男性よりも、高い年齢群で低下を示した。

IV. 考察

35歳から69歳までの中高年齢男性と女性の全員について、最高速度と100m走記録の関係を図示すると、それぞれに高い相関関係(図1)があった。このような関係は、一流短距離選手(阿江, 1991; 阿江ら, 1994; 小林, 2001; 太田と有川, 1998)と小学5・6年生の男女児童(加藤ら, 2002)についても高い相関関係があり、最高速度を高めることが100m走記録を向上させるために重要であると明らかにされているごとく、これまでの中高年齢者(田中と印牧, 2004; 2005)についての結果と同様であった。5歳毎に分けた7つの年齢群の100m走記録は、最も若い35-39歳を基準にするとM50とF55で低下し、女性は男性よりも5歳遅く低下した。しかし、F35

Table 2 Comparison of selected performance parameters of the 100-m running in 5-yr age groups of male runners (mean, SD).

	Age Group						
	M35	M40	M45	M50	M55	M60	M65
100m Running Time (sec)	12.24 ^{d,e,f,g} (0.26)	12.47 ^{d,e,f,g} (0.62)	12.73 ^{e,f,g} (0.98)	13.16 ^{a,b,f,g} (0.57)	13.70 ^{a,b,c,g} (0.94)	14.12 ^{a,b,c,d,g} (0.90)	14.66 ^{a,b,c,d,e,f} (1.17)
Peak Velocity (m/sec)	9.30 ^{d,e,f,g} (0.26)	9.14 ^{d,e,f,g} (0.35)	8.95 ^{e,f,g} (0.59)	8.82 ^{a,b,e,f,g} (0.33)	8.31 ^{a,b,c,d,g} (0.60)	8.17 ^{a,b,c,d} (0.52)	7.90 ^{a,b,c,d,e} (0.52)
Stride Frequency (strides/sec)	4.59 (0.22)	4.38 (0.22)	4.47 (0.27)	4.55 (0.15)	4.44 (0.23)	4.50 (0.29)	4.46 (0.29)
Stride Length (m/stride)	2.03 ^{b,d,e,f,g} (0.12)	2.09 ^{a,c,d,e,f,g} (0.11)	2.00 ^{b,e,f,g} (0.09)	1.94 ^{a,b,f,g} (0.07)	1.87 ^{a,b,c,g} (0.12)	1.82 ^{a,b,c,d} (0.06)	1.78 ^{a,b,c,d,e} (0.15)
Stride Frequency Index	1.92 (0.07)	1.83 (0.07)	1.88 (0.12)	1.90 (0.07)	1.85 (0.09)	1.86 (0.11)	1.83 (0.10)
Stride Length Index	1.19 ^{b,d,e,f,g} (0.05)	1.21 ^{a,c,d,e,f,g} (0.04)	1.16 ^{b,e,f,g} (0.04)	1.14 ^{a,b,f,g} (0.03)	1.10 ^{a,b,c} (0.05)	1.09 ^{a,b,c,d} (0.05)	1.08 ^{a,b,c,d} (0.08)
Stride Time (sec)	0.219 (0.010)	0.229 (0.011)	0.224 (0.013)	0.220 (0.007)	0.226 (0.010)	0.223 (0.014)	0.225 (0.014)
Contact Time (sec)	0.106 (0.006)	0.109 (0.010)	0.112 (0.011)	0.112 (0.005)	0.120 (0.011)	0.115 (0.007)	0.122 (0.020)
Flight Time (sec)	0.113 ^{b,g} (0.007)	0.120 ^{a,c,d,e,f,g} (0.012)	0.113 ^{b,g} (0.010)	0.107 ^b (0.008)	0.106 ^b (0.005)	0.108 ^b (0.007)	0.103 ^{a,b,c} (0.014)

^{a, b, c, d, e, f, g} Group is significantly different ($p < 0.05$) from the M35, M40, M45, M50, M55, M60 and M65 age group, respectively.

Table 3 Comparison of selected performance parameters of the 100-m running in 5-yr age groups of female runners (mean, SD).

	Age Group						
	F35	F40	F45	F50	F55	F60	F65
100m Running Time (sec)	15.27 ^{e,f,g} (1.41)	14.78 ^{d,e,f,g} (0.87)	15.41 ^{e,f,g} (1.12)	15.87 ^{b,f,g} (0.95)	16.78 ^{a,b,c,g} (0.92)	17.17 ^{a,b,d,e,f,g} (1.02)	17.95 ^{a,b,c,d,e,f} (1.81)
Peak Velocity (m/sec)	7.53 ^{e,f,g} (0.65)	7.76 ^{d,e,f,g} (0.41)	7.44 ^{e,f,g} (0.47)	7.26 ^{b,e,f,g} (0.41)	6.75 ^{a,b,c,d} (0.37)	6.72 ^{a,b,c,d} (0.44)	6.47 ^{a,b,c,d} (0.58)
Stride Frequency (strides/sec)	4.10 (0.24)	4.23 (0.16)	4.22 (0.20)	4.20 (0.21)	4.13 (0.14)	4.30 (0.10)	4.29 (0.21)
Stride Length (m/stride)	1.84 ^{d,e,f,g} (0.12)	1.84 ^{d,e,f,g} (0.08)	1.76 ^{e,f,g} (0.13)	1.73 ^{a,b,f,g} (0.09)	1.64 ^{a,b,c,g} (0.11)	1.56 ^{a,b,c,d} (0.11)	1.51 ^{a,b,c,d,e} (0.13)
Stride Frequency Index	1.66 (0.10)	1.72 (0.07)	1.70 (0.08)	1.69 (0.09)	1.64 (0.05)	1.72 (0.02)	1.69 (0.07)
Stride Length Index	1.14 ^{d,e,f,g} (0.05)	1.14 ^{d,e,f,g} (0.04)	1.11 ^{f,g} (0.07)	1.09 ^{a,b,f,g} (0.05)	1.06 ^{a,b,f,g} (0.06)	1.00 ^{a,b,c,d,e} (0.08)	1.01 ^{a,b,c,d,e} (0.08)
Stride Time (sec)	0.245 (0.014)	0.237 (0.009)	0.237 (0.011)	0.238 (0.011)	0.243 (0.008)	0.233 (0.005)	0.233 (0.011)
Contact Time (sec)	0.126 (0.008)	0.120 (0.008)	0.122 (0.009)	0.122 (0.009)	0.125 (0.011)	0.132 (0.010)	0.130 (0.017)
Flight Time (sec)	0.119 ^{f,g} (0.008)	0.117 ^{f,g} (0.009)	0.115 ^{e,f,g} (0.009)	0.116 ^{f,g} (0.010)	0.117 ^{c,f,g} (0.013)	0.101 ^{a,b,c,d,e} (0.007)	0.104 ^{a,b,c,d,e} (0.014)

^{a, b, c, d, e, f, g} Group is significantly different ($p < 0.05$) from the F35, F40, F45, F50, F55, F60 and F65 age group, respectively.

とF40の100m走記録に有意差は認められなかった(表3)が、わずかに高かったF40を基準にすると、F50で低下し男性と同じ年齢群であった。また、最高速度もF35とF40に有意差は認められなかった(表3)が、わずかに高かったF40を基準にすると同様にF50で低下し、100m走記録と最高速度ともに50-54歳代で低下すると言えよう。F40の100m

走記録と最高速度が、F35よりもわずかに高かった(表3と図2)ことについては、競技歴や日常のトレーニング方法と量に関する調査を行っていないために考察できない。しかし、考えられるひとつの可能性は、F40の100m走への出場者数がF35の約2倍(表1)であったことである。すなわち、トレーニングを含めた日常の身体活動量が多く、このこ

とが競技への参加を促してパフォーマンスがわずかに高かったのではないかと考える。短距離走パフォーマンスの低下は65-70歳代で、より明らかになるとの報告(Korhonenら, 2003)よりも早かった。Korhonenら(2003)はヨーロッパベテランズ選手権の決勝進出者を対象にしており、本研究の対象者よりも高い競技力水準を維持していたためであろう。また、女性は男性よりも遅く最高速度が低下した報告(Hamilton, 1993)と異なるが、Hamiltonは30-39歳をひとつの年齢群として対象者を10歳毎に分類しており、本研究では35-39歳を基準にして5歳毎に分類した相違によるものではないかと考える。

歩数頻度と歩幅の積によって疾走速度は決定されることから、男性ではM35を女性ではF40を基準にした最高速度が低下した50-54歳代以降では、歩数頻度と歩幅のどちらかが減少したためであるか、またはその両方が減少したためである。しかし、歩数頻度と歩数指数は、男性と女性ともに35-39歳から

65-69歳まで減少を示さなかった(表2、表3、図2)。歩数頻度と年齢の関係については、幼児から成人あるいは一流選手(宮丸, 2002; 斉藤と伊藤, 1995)まで、歩数頻度は経年的に増加しないとされている。Hamilton(1993)とKorhonenら(2003)は、マスターズ競技者の最高速度局面を分析した結果、歩数頻度は80歳まで著しい変化はなかった。田中と印牧(2004; 2005)も中高年齢者について、同様な結果を報告している。対象にした年齢範囲のマスターズ選手とスポーツ愛好者は、全身的な循環運動である100m走の中間疾走局面において、歩数頻度が減少しない神経-筋系能力を維持していると推察できる。一方、歩幅と歩幅指数は、男性ではM40が最も大きいM35とM40よりもM50で減少し、女性も同様にF35とF40よりもF50で減少を示し、最高速度が低下した年齢群と一致した(表2、表3、図2)。斉藤と伊藤(1995)は6歳以降の加齢に対して、歩幅の絶対値が増加あるいは歩幅指数が一定に保たれた

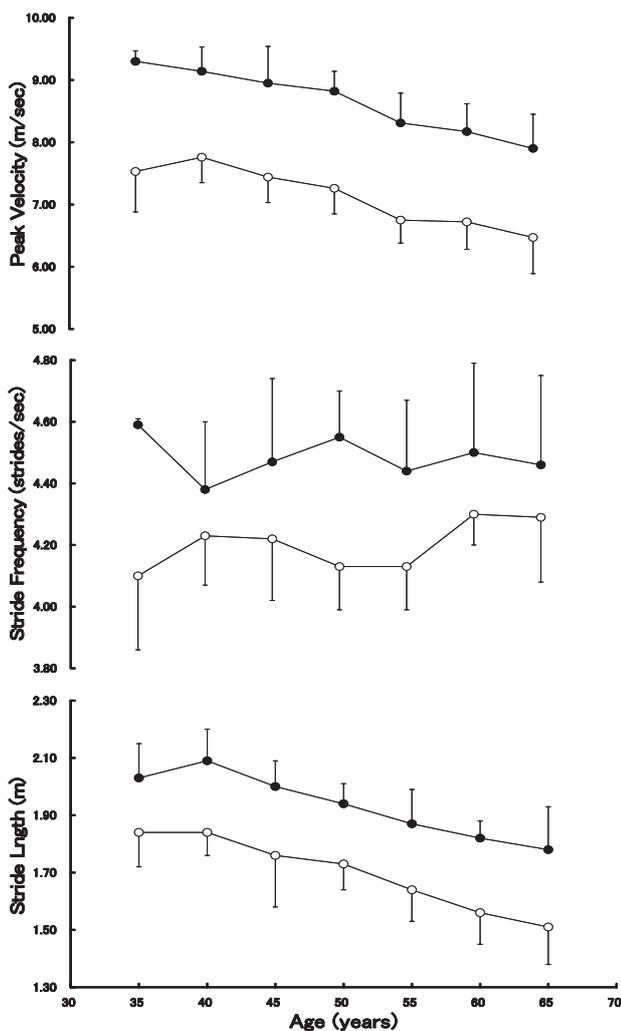


Fig. 2 Changes in peak velocity, stride frequency and stride length with age for both males (●) and females (○).

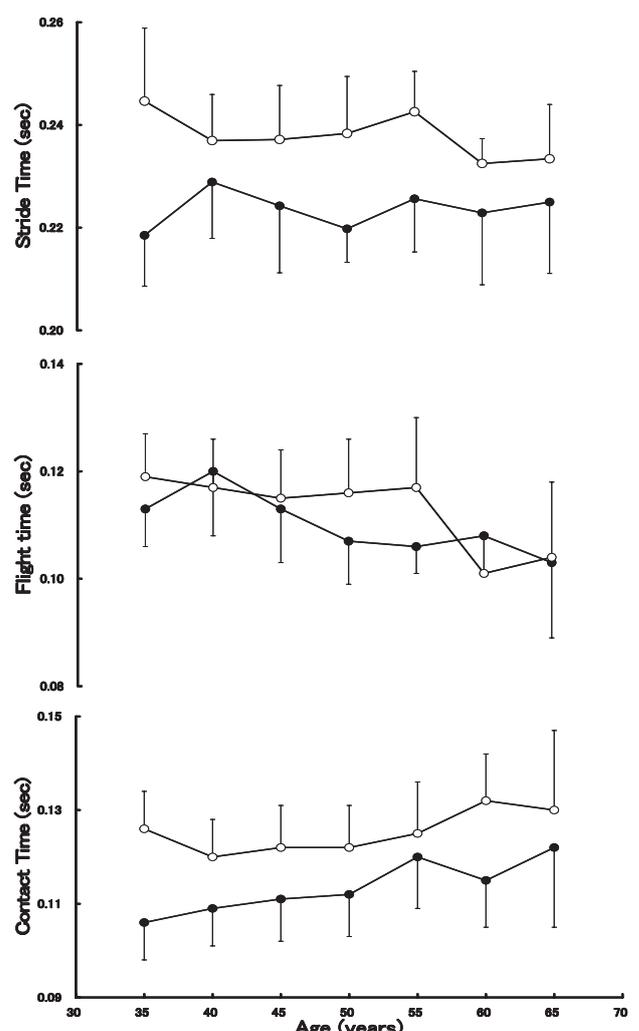


Fig. 3 Changes in stride time, flight time and contact time with age for both males (●) and females (○).

のは、増加した身体質量による物理的な負荷に対応した脚筋力や脚筋パワーの機能的な発達があったと示唆している。男性と女性ともに50-54歳代からの歩幅指数減少は、脚筋力や脚筋パワーの機能的な低下を示していると考えられる。本研究では疾走フォームを検討していないが、加齢にともない大腿部筋量が減少しているために、着地時の衝撃を膝の屈曲によって吸収したり、転倒を避けたるためにキック力を小さくして歩幅を減少させていた(Bus, 2003)とも考えられる。身長の影響を取り除いて歩数頻度を発揮する機能を示す歩数指数(伊藤ら, 1998)が、加齢とともに変化しなかったことと関連して、これまでの報告と同様(Hamilton, 1993; Korhonenら, 2003; 田中と印牧, 2004; 2005)に、最高速度の加齢にともなう低下は、歩数頻度ではなく歩幅の減少と結びつけられる。

1歩時間と接地時間には、男性と女性ともに35-39歳から65-69歳まで変化を示さなかった(表2、表3、図3)。一方、滞空時間は加齢にともなう短縮を示し、男性ではM40がすべての年齢群よりも大きく、女性はF60で明らかに短縮した。1歩時間に差が生じなかったのは、対象者間の接地時間と滞空時間に変動が大きかったことが原因ではないかと考える。歩幅を大きくする、換言すると前方への滞空時間を増大させるためには、より大きな地面反力が必要である。Weyandら(2000)は疾走速度が高い走者ほど、短時間に大きな力を地面に加えることで大きな地面反力を獲得して、滞空時間を増大させ疾走速度を高めていると報告している。さらに、より大きな力を地面に加えるだけでなく、着地時に加わる垂直方向への力を支える力も必要であるとも報告している。

男性と女性(20歳代~80歳代)の大腿部筋量は、加齢にともない屈筋群と伸筋群ともに減少するものの、伸筋群に比べて屈筋群は加齢による影響を受けにくい(久野ら, 1998; 宮谷ら, 2003)。20歳代を基準にすると伸筋群は、男性では50歳代で女性では40歳代で、それぞれ統計的に有意な低値を示し、さらに屈筋群は男性が50歳代で有意な低値を示したのに対して、女性は有意な低下がなかったと報告(久野ら, 1998)されている。また、走動作に重要な働きをする大腰筋の横断面積低下率は、20歳代を基準にすると男性と女性ともに50歳代で有意に減少したことも報告(久野ら, 1997)されている。走パワーと歩幅には高い正の相関関係があり、そして加齢にともない低下する走パワーは、大腿四頭筋の筋量および膝伸展パワーと高い正の相関関係が、さらに加齢

にともなう膝伸展パワーの低下と大腿四頭筋の筋量には高い正の相関関係がある(福永, 2003)。筋力は筋の横断面積と比例関係にあると知られていることから、筋量の減少は筋力が低下することになる。20-39歳を20歳代、70-84歳を70歳代として、日本人男性と女性の膝伸筋群と屈筋群のピークトルクを比較したAkimaら(2001)の報告では、加齢にともなういずれも直線的に低下した。また、20歳代を基準として年代別に比較すると、男性と女性ともに伸筋群のピークトルクは40歳代で、屈筋群のそれは60歳代でそれぞれ有意な低下を示したことから、筋量の低下が主要な要因であるとしている。大腿部の筋量が減少する年代(久野ら, 1998)よりも機能的な低下が起こる年代は、男性では伸筋群と屈筋群ともに10歳早かったのに対して、女性では伸筋群については同じ年代であったが、屈筋群については筋量の減少が認められなかった久野ら(1998)の報告とは異なった。これらの結果と歩幅の減少傾向を考慮すると、加齢にともなう機能的な低下傾向は、男性と女性ともに同様であると考えられる。

スティフネスの重要性もまた指摘されており、Kuitunenら(2002)の報告では最大の70%に相当する速度から最大まで異なる4種類の速度で疾走中に、速度が増加しても足関節スティフネスは変化しなかった。しかし、膝関節スティフネスは直線的に増加したことから、短距離疾走におけるバネのような脚の働きは、膝関節スティフネスによって調節されるであろうとした。走速度が高まるにしたがって、伸筋群と屈筋群の活動による脚スティフネスの増加が必要であることも報告(Kyröläinenら, 1999)されている。関節スティフネスは主動筋群と拮抗筋群の共同収縮によって調節され、脚スティフネスは足関節、膝関節および股関節スティフネスによって決定する(Hortobagyi and DeVita, 2000)。高さが身長20%(0.328m)に設定された台からの片脚降りでは、高年齢女性(60-80歳)は衰えた神経-筋機能の代償作用として、若年女性(18-25歳)よりも高い脚スティフネスを示した(Hortobagyi and DeVita, 2000)。これらのことを循環運動である疾走に必ずしも適用できないであろうが、歩数頻度が増加すると脚スティフネスも増加する(Farley and Gonzalez, 1996)こと、加齢にともない歩幅は減少したものの歩数頻度は男性と女性ともに維持されていたことから、高年齢男性にも高齢女性と同様に脚スティフネスの高まりが起こっているのではないかと推察でき、加齢にともない神経-筋機能が衰える傾向に性差はないと考える。

V. まとめ

本報告は、35歳から69歳の中高齢男性64名と女性69名の合計133名を、5歳毎に7つの年齢群に分けて100m走中間疾走局面における最高速度、歩数頻度および歩幅の加齢にともなう低下の性差を検討した。

その結果は以下の通りである。

- 1)最高速度と100m走記録には、男性と女性ともに有意な負の相関関係があった。最高速度と100m走記録は、男性と女性ともに50-54歳代で有意に低下した。
- 2)歩数頻度と歩数指数は、男性と女性ともに35-39歳代から65-69歳代まで低下しなかった。
- 3)歩幅と歩幅指数は、男性と女性ともに50-54歳代で有意に減少した。
- 4)1歩時間と接地時間は、男性と女性ともに35-39歳代から65-69歳代まで変化しなかったが、滞空時間は男性では45-49歳代で、女性では60-64歳代で有意に低下した。

以上のことから、中高齢男性と女性の100m走中間疾走局面における最高速度、歩数頻度および歩幅の加齢にともなう低下が起こる年代に、接地時間を除いて性差はないと結論づける。

【謝辞】

データ収集に快く協力していただきました選手の皆様、並びに、ビデオ撮影を許可していただきました梅田善彦会長と鴻池清司理事長(日本マスターズ陸上競技連合)、南後千秋会長と藤井弘事務局長(福井マスターズ陸上競技連盟)、遠藤鉄雄理事長と土田久秋氏(福井陸上競技協会)には、ここに記して厚く感謝いたします。

参考文献

- 阿江通良 (1991) 陸上競技におけるトップアスリー
トの技術—一流短距離選手の疾走フォーム—. 体
育の科学, 41 : 279-284.
- 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. 日本陸上競技連盟強化本部バイ
オメカニクス研究班編, ベースボールマガジン
社, 14-28.
- Akima H, Kano Y, Enomoto Y, Ishizu M, Okada
M, Oishi Y, Katsuta S, and Kuno S (2001)

Muscle function in 164 men and women aged
20-84 yr. Med. Sci. Sports Exerc., 33 : 220-
226.

- 有川秀之 (1992) マスターズ陸上競技会100m走の
分析. 埼玉大学紀要体育学編, 25 : 1-11.
- Bus S A (2003) Ground reaction forces and
kine-matics in distance running in older-
aged men. Med. Sci. Sports Exerc., 35 : 1167-
1175.
- Farley C T, and Gonzalez O (1996) Leg
stiffness and stride frequency in human
running. J. Biomechanics 29 : 181-186.
- Frischknecht R (1998) Effect of training on
muscle strength and motor function in the
elderly. Reprod. Nutr. Dev., 38 : 167-174.
- 福永哲夫 (2003) 「生活フィットネス」の性年齢別
変化. 体力科学, 52 : 9-16.
- Hamilton N (1993) Changes in sprint stride
kine-matics with age in master' s athletes.
J. Appl. Biomech., 9 : 15-26.
- Hortobagyi T, and DeVita P (2000) Muscle pre-
and coactivity during downward stepping are
associated with leg stiffness in aging.
J. Electromyogr. Kinesiol., 10 : 117-126.
- 伊藤 章, 市川博啓, 斉藤昌久, 佐川和則, 伊藤道
郎, 小林寛道 (1998) 100m中間疾走局面におけ
る疾走動作と速度との関係. 体育学研究, 43 :
206-273.
- 加藤謙一, 佐藤里枝, 内原登志子, 杉田正明, 小林
寛道, 岡野 進 (2002) 小学生スプリンターにお
ける短距離走の適正距離の検討. 体育学研究,
47 : 231-241.
- 小林寛道 (2001) ランニングパフォーマンスを高め
るスポーツ動作の創造. 杏林書院, 16-24.
- Korhonen M T, Mero A, and Suominen H (2003)
Age-related differences in 100-m sprint
performance in male and female master
runners. Med. Sci. Sports Exerc., 35 : 1419-
1428.
- Kuitunen S, Komi P V, and Kyröläinen H
(2002) Knee and ankle joint stiffness in
sprint running. Med. Sci. Sports Exerc., 34 :
166-173.
- Kyröläinen H, Komi P V, and Belli A
(1999) Changes in muscle activity patterns
and kinetics with increasing running speed.
J. Strength Con. Research. 13 : 400-406.

- 久野譜也, 石津政雄, 岡田守彦, 西嶋尚彦, 松田光生, 勝田 茂 (1997) 加齢にともなう筋萎縮における個人差と活動量との関係. 小野スポーツ科学, 5 : 47-55.
- 久野譜也, 勝田 茂, 石津政雄, 秋間 広 (1998) 高齢者における筋量と筋力の低下は加齢によるものか不活動によるものか? デザントスポーツ科学, 19 : 175-182.
- 久野譜也, 村上晴香, 馬場紫乃, 金 俊東, 上岡方士 (2003) 高齢者の筋特性と筋力トレーニング. 体力科学, 52 : 17-30.
- Mero A, Luhtanen P, Viitasalo J T, and Komi P V (1981) Relationships between the maximal running velocity, muscle fiber characteristics, force production and force relaxation of sprinters. Scand. J. Sports Sci., 3 : 16-22.
- Mero A, and Komi P V (1986) Force-, EMG-, and elasticity-velocity relationships at sub-maximal, maximal and supramaximal running speeds in sprinters. Eur. J. Appl. Physiol., 55 : 553-561.
- 宮谷昌枝, 東 香寿美, 金久博昭, 久野譜也, 福永哲夫 (2003) 下肢筋厚における加齢変化の部位差および性差—20歳代と70歳代の比較—. 体力科学, 52 : 133-140.
- Moore D H (1975) A study of age group track and field records to relate age and running speed. Nature, 253 : 264-265.
- 太田 涼, 有川秀之 (1998) 日本女子一流選手の100mレース分析—世界女子一流選手(マリオン・ジョーンズ)との比較—. 運動とスポーツの科学, 4 : 15-21.
- 斉藤昌久, 伊藤 章 (1995) 2歳児から世界一流短距離選手までの疾走能力の変化. 体育学研究, 40 : 104-111.
- 田中秀一, 印牧司人 (2004) 中高年齢者の100m走中間疾走局面における最高速度、歩数頻度および歩幅の加齢にともなう変化. 陸上競技紀要, 17 : 12-19.
- 田中秀一, 印牧司人 (2005) 中高年齢女性の100m走中間疾走局面における最高速度、歩数頻度および歩幅の加齢にともなう変化. 陸上競技研究紀要, 1 : 8-15.
- 田中秀一, 印牧司人, 奥村浩司 (2006) 中高年齢女性の100m走競技における疾走速度逡減率. 陸上競技研究紀要, 2 : 13-19.
- Vandervoort A A (2002) Aging of the human neuromuscular system. Muscle & Nerve, 25 : 17-25.
- Weyand P G, Sternlight D B, Bellizzi MJ, and Wright S (2000) Faster top running speeds are achieved with greater ground forces not more rapid leg movements. J. Appl. Physiol., 89 : 1991-1999.

Overlay 表示技術を用いた陸上競技 400m 走レースの時間分析

持田 尚¹⁾ 松尾彰文²⁾ 柳谷登志雄³⁾ 矢野隆照⁴⁾ 杉田正明⁵⁾ 阿江通良⁶⁾
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) 順天堂大学
4) 東京学芸大学大学院 5) 三重大学 6) 筑波大学体育科学系

A new method for determining section average running speed in the 400m competition race: feasibility, reliability and validity

Takashi Mochida¹⁾ Akifumi Matsuo²⁾ Toshio Yanagiya³⁾ Takateru Yano⁴⁾
Masayuki Sugita⁵⁾ Michiyoshi Ae⁶⁾
1) Yokohama Sports Medical Center
2) Japan Institute of Sports Sciences
3) Juntendo University
4) Tokyo Gakugei University
5) Mie University
6) University of Tsukuba

Abstract

The purpose of this study was to compare the reliability of two methods of analyzing the each passing time and section average running speed of the runner in the 400m competition race. First was the method of analyzing the passing image of the runner who was videotaped in the every place point such as the 100m position, the 200m position and the 300m position (Video_{epp}-method), second was the method of analyzing the time where the runner passes each hurdle position by using the technique which superimposes 400m competition race image to 400m-hurdle image (Overlay_{400mH}-method). With regard to the Video_{epp}-method, the largest difficulty when we apply this method is that it requires good number of the cameras and assistance. On the one hand, Overlay_{400mH}-method is the epoch-making method because we are able to analyze each average running speed at 11 sections by only one camera.

In the 2006 Seiko Super Track & Field Meet in Yokohama, 400m competition race image and 400m hurdle image which is used as calibration image videotaped from the same place. The analysis object runner made the runner to 8 lanes from the inside 1 lane of the runner who participated.

The Root Mean Square error of passing time of the every place point in Overlay_{400mH}-method was ± 0.05 second, it guaranteed the precision of 1/10 seconds. The result indicated that Overlay_{400mH}-method is proper system of time analysis of 400m competition race. In addition, when change of each average step frequency and step length of 11 sections which are calculated from Overlay_{400mH}-method was analyzed, it was achieved to catch the trend of strategy and circumstances of technical change of the runner. This many objective information means to expand the possibility where it can offer to the leader and the player. The largest feature of this method is we are able to obtain far more detailed data with far less assistance, in the future would like to propose Overlay_{400mH}-method as standard method of time analysis for 400m competition race.

I. 緒言

陸上競技に関する実際的な研究において、スプリント種目における競技会レースの時間分析は数多く行われている。100m走レースに関しては、レーザ方式による速度分析が最近行われるようになり、レース中の速度変化を詳細に捉えられるようになってきた (German Sports University Cologne/ Germany Institute for Athletics, 1997; 杉田ら, 2003a; 広川ら, 2006)。いっぽう、200m走, 400m走のように曲走路を含む種目については、方法論の問題でレーザ方式を用いず、区間ごとの通過タイムから分析する方法がとられている (沼澤ら, 1994; 杉田ら, 2003b; 杉田ら, 2003c)。曲走路を含む種目の時間分析では、内側と外側レーンの曲率が異なるといった問題があり、トラックの外側から撮影する場合は、レーンごとにマーク較正をしなければならず、求める分解能に応じて、人員・カメラ台数が多く必要になることが懸案事項となっている。日本陸上競技連盟科学委員会 (以下JAAF - SCとする) 活動による400m走レース分析においても、もう少し詳細なデータを取得したいところではあるが、現実的には前述する問題などから100m毎の通過タイム、時に350m地点の通過タイムを加えるところまでとどまっている (沼澤ら, 1994; 持田ら, 2003; 杉田ら, 2006)。しかしながら、400mハードル走も曲走路を含む種目ではあるものの、ハードルのタッチダウンタイムを利用することで、撮影時にあまり人手をかけずに11区間 (Start-45m, 45-80m, 80-115m, 115-150m, 150-185m, 185-220m, 220-255m, 255-290m, 290-325m, 325-360m, 360-Goal) という比較的高い分解能で平均疾走速度を求め、その変化から走者のレースパターンを分析し競技力向上に役立つ知見を報告している (森丘ら, 1996; 森丘ら, 1997; 森丘ら, 2000; 森丘ら, 2005)。

ところで、最近、映像分析ソフトウェアの開発・普及により (Video Analysis Software Dartfish ProSuite, DartFish社製; Form analytic software FORM FINDER, 株式会社 インク社製; SiliconCOACH Pro, siliconCOACH社製など)、多くのスポーツ場面において2つの映像を重ね合わせるOverlay表示技術が活用されている。例えば、スポーツ指導現場においては一流選手の映像と重ね合わせることで、技術的な違いを視覚的に確認させたり、あるいは練習前と練習後の動きを比較し、変化を確認させたりするツールとして活用されてい

る。現在のソフトウェア上では、この技術进行操作することは非常に簡便で、ほぼ同じ方向から撮影した映像であれば、ブレンド(blend)調整、スライド(slide)・ズーム(zoom)調整などを行えば、大きさの異なる映像もほぼ一致させることができる。また、その機能には時間表示機能も備わっており、映像の時系列管理も可能である。

そこで本研究では、実際の400m走競技会レースにおいて少ない人員と少ないカメラ台数で、より詳細な平均疾走速度を求めるための工夫として、Overlay表示技術を活用し、400mハードル走レースの映像と重ね合わせることで、11区間の平均疾走速度を求めることが可能かどうか検討することにした。

II. 方法

1. 分析対象レースと選手

セイコースーパー陸上2006ヨコハマ (The 2006 Seiko Super Track & Field Meet in Yokohama) で行われた男子400m走レースを分析対象レースとし、そのレースに出場した8名 (45秒77~46秒88) を分析対象選手とした (表1)。

2. Overlay表示技術を活用した測定方法 (以下Overlay分析とする)

1台のVTRカメラを用いて、較正用映像としての400mハードル走レースおよび分析対象レースである男子400m走レースを、1レーンから8レーンまで走者が全員映るように同一の場所から追従撮影をした (カメラスピード: 60 fields/s, シャッタースピード: 1/500s~1/1000s)。尚、レース撮影の際にはスタートの閃光も映しこむように撮影をした (シャッタースピード: 1/60s)。そして、較正用映像を『Layer1』, 分析対象レースの映像

表1 分析対象者と400m走記録

Subjects	Lane number	400m走記録(秒)
L1	1	46.59
L2	2	46.37
L3	3	46.18
L4	4	45.99
L5	5	46.05
L6	6	46.88
L7	7	45.77
L8	8	46.41

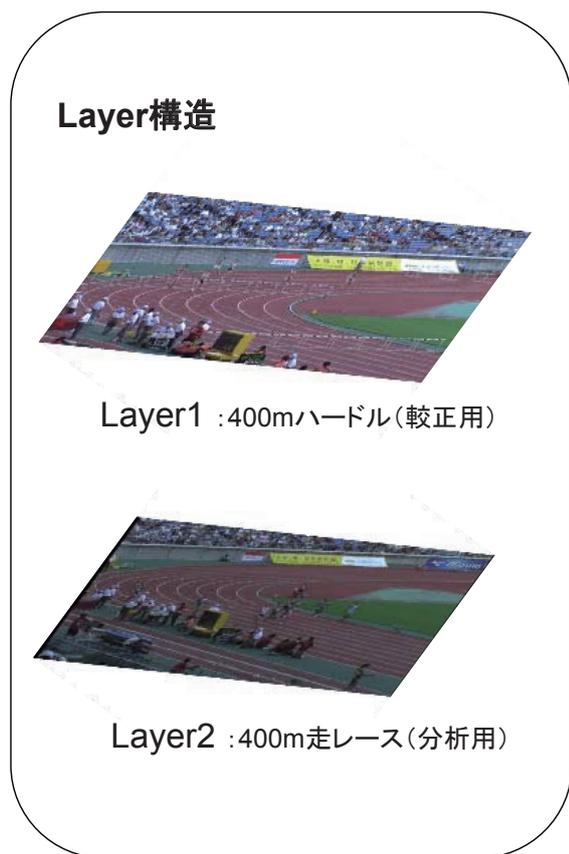


図1 デジタル保存した2つの映像

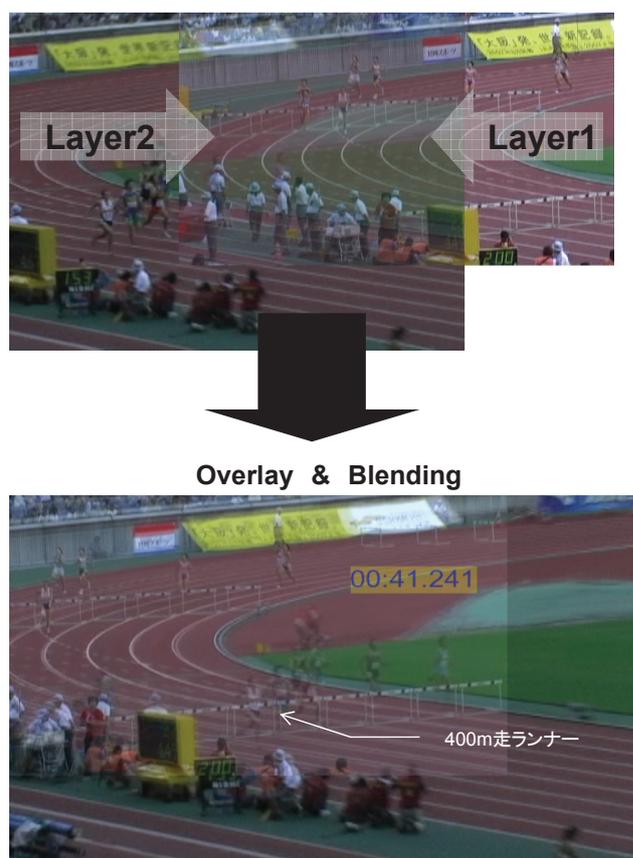


図2 2つの映像のOverlay表示

を『Layer2』としてデジタル (DV NTSC 60images/sec : AVI形式) 保存した (図1) . 各通過タイムは、2つの映像をVideo Analysis Software Dartfish ProSuite (DartFish社製) を用いてOverlay表示させ適度にブレンド (Blend) した映像から、スタートピストル閃光時を基準にLayer1映像の各ハードル位置をLayer2映像の400m走レース走者のトルソーが通過する時刻を読み取ることで求めた. 2つの映像の位置合わせは、レース映像とともに映しこまれたレーンライン、掲示機器、広告などを参考にス

ライド・ズーム機能を使用しながら調整した (図2) . 尚、400mハードルを基準とした通過位置と区間の定義については図3に示した.

3. 検証用データの測定方法

100m地点用に3台 (1~3レーン用, 4~6レーン用, 7~9レーン用), 200m地点用に2台 (1~4レーン用, 5~9レーン用), 300m地点用に1台 (1~9レーン用) を配置し、スタートピストルの閃光を映しこんだ後 (シャッタースピード:

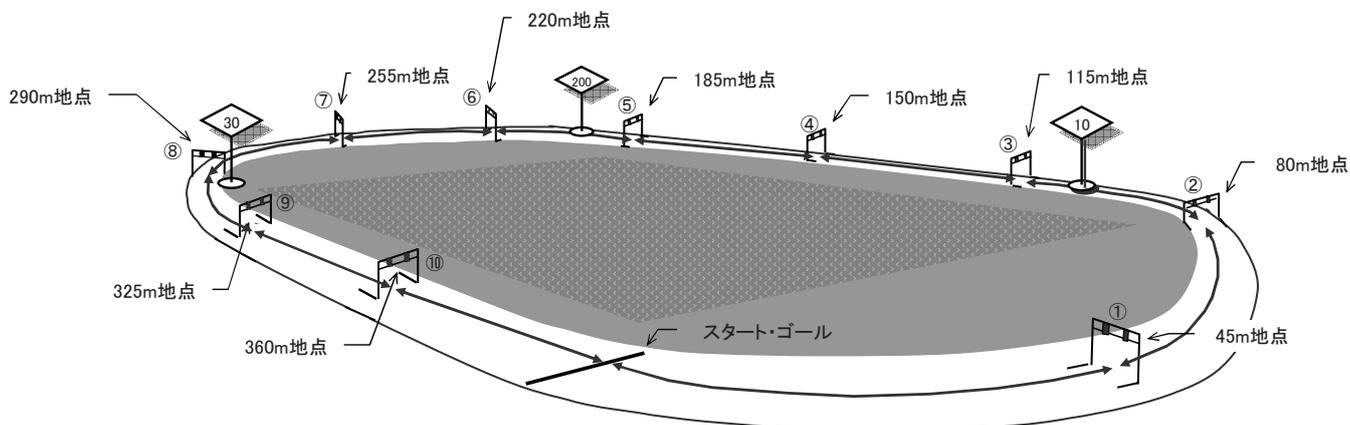


図3 400mハードルを基準とした通過位置と区間の定義

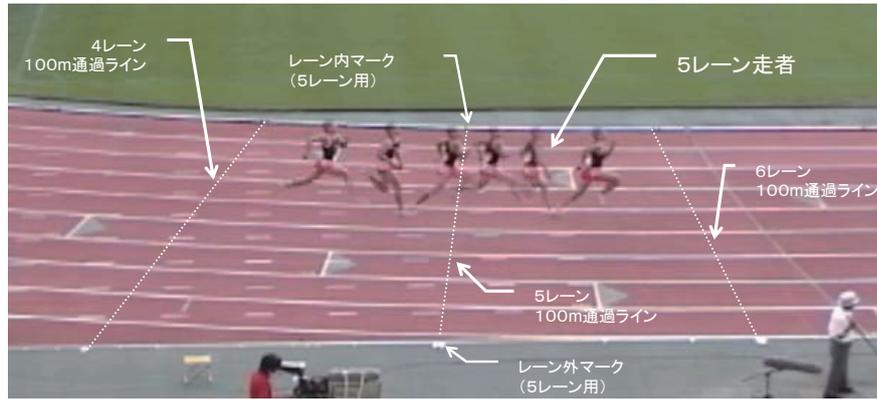


図4 検証用データ100m地点(4~6レーン)通過映像の例

1/60s), それぞれの地点でトラックの内・外に貼付した較正用マークと走者を映しこむよう撮影した(カメラスピード: 60 fields/s, シャッタースピード: 1/500s~1/1000s) (図4)。

それぞれの区間タイムは, デジタル保存した映像ファイル(DV NTSC 60images/sec: AVI形式)を再生し, レーンごとに較正用マークを結ぶ線上を走者のトルソーが通過する瞬間のimageを探索し, スタートピストルの閃光が映っているimageを基準として, それぞれの区間image数に 60^{-1} s/imageを乗じ, 時間に換算することで求めた。

4. 検証方法

Overlay分析で求めた通過タイムの精度とその妥当性について検証するために, 各通過タイムと距離の直線回帰から100m地点, 200m地点, 300m地点の通過タイムを内挿することで求め, その値と検証用データから計測したそれぞれの通過タイムとの誤差と誤差の二乗平均平方根(RMS_{error})を求めることで行った(図5)。

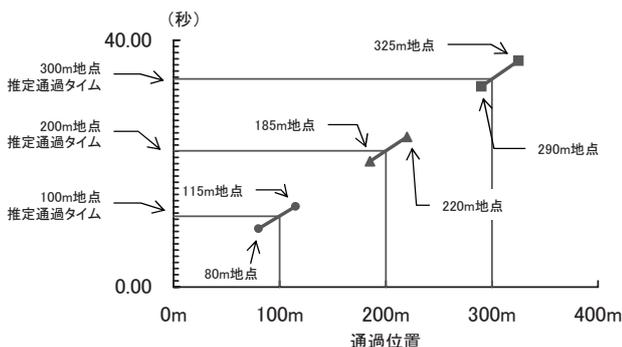


図5 推定通過タイムの算出方法

(1)

$$RMS_{error} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N e^2} \quad e = Y_1 - Y_2$$

ただし Y_1 : 検証用データ Y_2 : Overlay分析データ N : サンプル数

5. 疾走速度変化, ピッチ, ストライド算出方法

Overlay分析で求めた通過タイムから, 11区間の平均疾走速度(\bar{V}_{zone} : m/sec), 平均ステップ頻度(SF_{zone} : steps/sec), 平均ステップ長(SL_{zone} : m/step)を求めた。尚, SF は35m区間内6~7サイクル(12~14steps)に要した時間から平均1ステップ時間を求め, その逆数とした。また, SL_{zone} は, \bar{V}_{zone} を SF_{zone} で除すことで求めた。尚, SF_{zone} と SL_{zone} のレース中の変化については, 最高速度出現区間における値を基準(0)として, その差分(Δ)として示した。最高速度出現区間の値より高く, 長ければ正(+値), 低く, 短い場合は負(-値)とした。

III. 結果および考察

1. Overlay分析で求めた通過タイムの精度とその妥当性

表2には, 検証用データから求めた100m, 200m, 300m地点通過タイム(Y_1)と, Overlay分析から推定した各通過タイム(Y_2)およびその推定誤差(e)を示した。併せて100m, 200m, 300m地点を挟む2点の直線回帰式の傾き(a), 切片(b)を示してある。各3地点における RMS_{error} は ± 0.05 秒の範囲であり, Overlay分析のデータは1/10秒レベルの精度は確保していると思われる。そしてこの結果は400m走レースの通過タイム分析にOverlay分析を用いることの妥当性を示したと言えよう。

2. レース中の疾走速度, ピッチ, ストライドの変化分析対象者のうち接戦を演じた上位3名(L4,

表2 Overlay方式による通過タイム推定誤差とRMSerror

100m地点		RMS _{error} =0.05			
Sub.	Y _{1(sec)}	Y _{2(sec)}	e _(sec)	a	b
L1	11.45	11.46	-0.01	0.1034	1.1210
L2	11.40	11.41	-0.01	0.1034	1.0687
L3	11.48	11.53	-0.04	0.1025	1.2771
L4	11.33	11.25	0.08	0.1015	1.1049
L5	11.08	11.11	-0.02	0.1006	1.0463
L6	10.97	11.04	-0.07	0.1006	0.9803
L7	11.32	11.29	0.02	0.1053	0.7646
L8	11.32	11.38	-0.06	0.1053	0.8486

200m地点		RMS _{error} =0.05			
Sub.	Y _{1(sec)}	Y _{2(sec)}	e _(sec)	a	b
L1	22.02	22.07	-0.05	0.1125	-0.4291
L2	22.23	22.30	-0.07	0.1173	-1.1556
L3	22.32	22.37	-0.06	0.1154	-0.7067
L4	22.18	22.19	-0.01	0.1168	-1.1657
L5	21.58	21.64	-0.05	0.1130	-0.9637
L6	21.70	21.74	-0.04	0.1111	-0.4756
L7	22.08	22.10	-0.02	0.1115	-0.1984
L8	22.22	22.24	0.03	0.1120	-0.1553

300m地点		RMS _{error} =0.05			
Sub.	Y _{1(sec)}	Y _{2(sec)}	e _(sec)	a	b
L1	33.63	33.72	-0.08	0.1192	-2.0447
L2	33.87	33.89	-0.02	0.1187	-1.7199
L3	34.03	34.06	-0.03	0.1220	-2.5393
L4	33.87	33.89	-0.02	0.1197	-2.0186
L5	33.35	33.38	-0.03	0.1235	-3.6716
L6	33.30	33.22	0.08	0.1282	-5.2383
L7	33.30	33.31	-0.01	0.1169	-1.7566
L8	33.87	33.80	0.07	0.1215	-2.6484

<Abbreviation>
 Y₁:検用データ Y₂:Overlay分析データ e(推定誤差):Y₁-Y₂
 a:2点回帰の傾き b:2点回帰の切片
 <小数点以下の端数処理>
 タイム算出については、小数点以下2桁に丸めた。

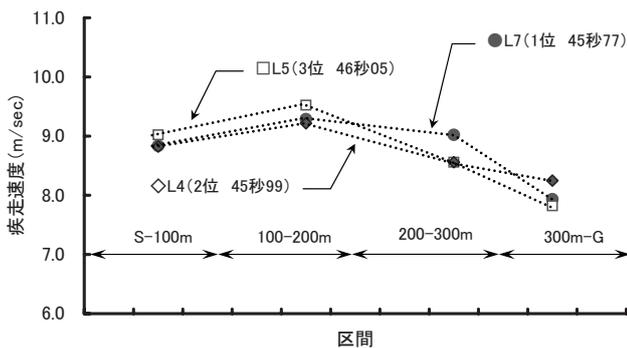


図6 上位3名の疾走速度変化(4区間:100mごと)

L5, L7)の疾走速度変化について、レースを4区間(100m毎)に分けたものを図6に、そして11区間(Overlay分析400mH基準)に分けたものを図7に示した。11区間に分けたものは、4区間に分けたものより、情報量の多さからレース展開を想起させるものとなっている。例えば、最高疾走速度出現については、4区間に分けたものでは100-200m区間

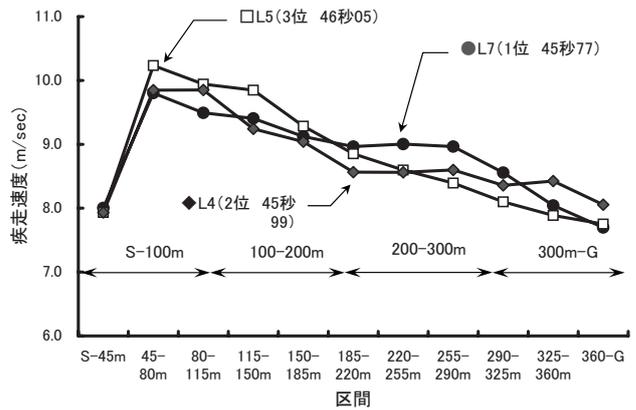
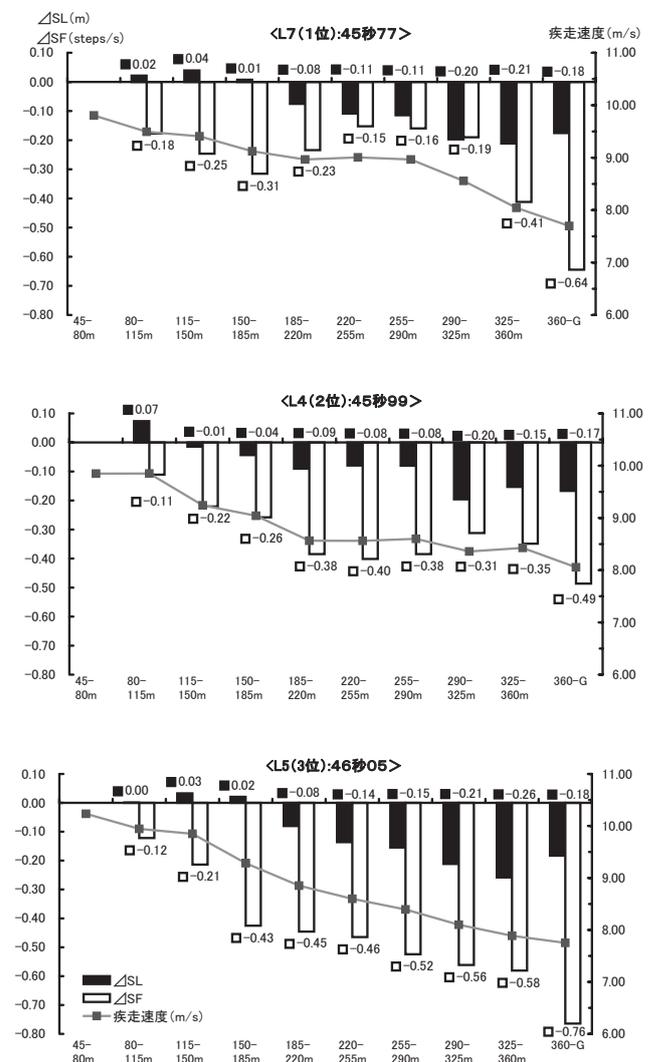


図7 上位3名の疾走速度変化(11区間:Overlay分析400mH基準)



最高速度出現区間(3名とも45-80m区間)を基準とした差(Δ)の変化で示した。+:増加 -:減少 左軸:ピッチ(ΔSF)とストライド(ΔSL) 右軸:疾走速度

図8 上位3名のレース中における疾走速度、ピッチ(SF)、ストライド(SL)の変化

で出現しているが、11区間では45-80m区間ででの出現が確認できることや、220-250m区間以降での速

度維持，低下の様子などでは、走者が逃げ切る様子や追い越そうとしている様子を伺わせてくれる。

さらに，L4とL7の選手を観察するとどちらも185m～290m付近（3区間）において疾走速度を維持している特徴があった．L4の3区間疾走速度は，8.56(m/s)，8.56(m/s)，8.60(m/s)であり，L7は8.97(m/s)，9.00(m/s)，8.97(m/s)であった．そして，その区間のSF_{zone}とSL_{zone}の様子では（図8），L4は Δ SF_{zone}が-0.38(steps/sec)，-0.40(steps/sec)，-0.38(steps/sec)，そして Δ SL_{zone}が-0.09(m/step)，-0.08(m/step)，-0.08(m/step)と，ともに変化させないようにしながら速度維持をしていたが，L7は短縮してしまいがちなSL_{zone}を-0.08(m/step)→-0.11(m/step)→-0.11(m/step)となるべく短くならないよう耐えながらも，SF_{zone}を-0.23(steps/sec)，-0.15(steps/sec)，-0.16(steps/sec)と前半区間レベルに戻すよう高めつつ速度を維持しており，両者の速度維持への技術的対応は異なっていた．以上のように，400m走レースを11区間に分けて分析したデータは，レース中における戦術的・技術的課題を明らかにすることができるなど走者のレースパターンを理解するうえで有益な情報を提供しうるものであった．

IV. まとめ

本研究では，競技会における陸上競技400m走レースの時間分析に新しい試みとして用いたOverlay方式の妥当性について検討するために，各地点にカメラ配置をする方法（従来方式）で分析した100m，200m，300m地点の通過タイムと，Overlay方式から推定した通過タイムを比較した．その結果，Overlay分析のデータは1/10秒レベルの精度は確保しており，400m走レースの通過タイム分析にOverlay分析を用いることは妥当であると結論付けた．そして，Overlay分析で求めた400mハードル位置の通過タイムから，レース中の疾走速度，ピッチ，ストライドの変化を求めたところ，走者の戦術的動向などの現象を捉えることができた．これは，いままでより多くの客観的情報を指導者と選手へ提供できる可能性を広げたことになる．JAAF-SCの活動においてトラックの内側から撮影できる場合には20mごとに分析するケースはあるが，ほとんどの主要競技会においてはトラックの外側からの撮影を余儀なくされる．そのような場合にも，今回の方法は人手と手間をかけずに詳細なデータを取得できる点が最大の利点であり，400mハードルを基準

としたOverlay分析を400m走レース時間分析の標準方法として提案したい．

参考文献

- German Sports University Cologne/ Germany Institute for Athletics (1997) Scientific Bulletin 100m Sprint. IAF Biomechanics Research Project Athens 1997.
- 広川龍太郎，杉田正明，松尾彰文，金子太郎（2006）国内GPにて収集した外国人選手の疾走速度分析．陸上競技研究紀要，2：90-91.
- 松尾彰文（1999）フィールドワークにおけるカメラワーク 陸上競技のフィールドワークトラック競技編．体育の科学，49(3)：206-212.
- 松尾彰文，持田尚，杉田正明（2003）インターハイ男子100mのラップタイムとスピード変化．日本陸連科学委員会研究報告，3（1）：9-18.
- 持田尚，松尾彰文，杉田正明，榎本靖士，小林寛道，阿江通良（2003）競技レベル別にみたジュニア400m走競技者の平均レースパターン．日本陸連科学委員会研究報告，3（1）：27-29.
- 森丘保典，阿江通良，岡田英孝（1996）日本一流男子400mハードル選手のレースパターンの分析一'95ユニバーシアード福岡大会に注目して一．日本体育学会第47回大会号，357.
- Morioka Y, Ae M, Sugita M, Matsuo A, Kobayashi K (1997) Analysis of the race-patterns of men's 400-m hurdles —The races of the X XVI OLYMPIAD in Atlanta, 1996—. Book of Abstracts. XVIth Congress of International Society of Biomechanics (Eds), 206, University of Tokyo, Tokyo
- 森丘保典，杉田正明，松尾彰文，岡田英孝，阿江通良，小林寛道（2000）陸上競技男子400mハードル走における速度変化特性と記録との関係：内外一流選手のレースパターンの分析から．体育学研究，45：414-421.
- 沼澤秀雄，杉浦雄策（1994）200m，400mレースの時間分析，佐々木秀幸，小林寛道，阿江通良（監修）世界一流陸上競技者の技術，ベースボールマガジン社，50-561.
- 杉田正明，榎本靖士，高野進，川本和久，阿江通良（2006）2005スーパー陸上の400m走におけるタイム分析について．陸上競技研究紀要，2：92-94.
- 杉田正明，広川龍太郎，阿江通良（2003a）日本

選手権の男女100m走中のスピード分析. 日本陸連科学委員会研究報告, 3 (1) : 19-23.

杉田正明, 小林寛道 (2003b) 静岡国際陸上の200m走中のタイム分析. 日本陸連科学委員会研究報告, 2 (1) : 91-94.

杉田正明, 持田尚, 榎本靖士, 阿江通良, 小林寛道 (2003c) 日本選手権の100m, 200m走中のタイム分析. 日本陸連科学委員会研究報告, 2 (1) : 95-100.

エネルギー変換率からみた男子棒高跳選手の 跳躍技術に関するバイオメカニクスの分析

武田 理¹⁾ 小山 宏之¹⁾ 吉原 礼¹⁾ 阿江 通良²⁾
1) 筑波大学大学院 2) 筑波大学体育科学系

Biomechanical study on the relationship between conversion of the mechanical energy and vaulting techniques in men's pole vaulters

Osamu Takeda¹⁾ Hiroyuki Koyama¹⁾ Aya Yoshihara¹⁾ Michiyoshi Ae²⁾
1) Graduate School, University of Tsukuba
2) Institute of Health and Sciences, University of Tsukuba

Abstract

The purpose of this study was to investigate the relationship between conversion of the mechanical energy and vaulting techniques in men's pole vault. Forty-four male pole vaulters who participated in official competitions were analyzed. Two dimensional coordinates of the vaulter's body and the pole were obtained by using a two dimensional DLT technique. The center of gravity (CG), conversion ratio of the kinetic energy at takeoff (TO) to the potential energy, pole bending ratio, and pole chord reaction force were calculated. (1) The maximal CG height was significantly related to the CG velocity at TO ($r=0.84, p<0.001$), the maximal pole bending ratio ($r=0.54, p<0.01$), and pole chord reaction force at the maximal pole bending (MPB) ($r=0.72, p<0.001$). (2) There was a significant relationship between the energy conversion ratio and the maximal pole bending ratio ($r=0.46, p<0.05$). However, there was no significant relationship between the energy conversion ratio and the maximal CG height. (3) The maximal pole bending ratio and the pole chord reaction force at MPB for high energy conversion group were significantly larger than those of the low energy conversion group ($p<0.05$). These results suggest that the maximal pole bending ratio is one of key factors to obtain the maximal CG height, and that the force exerted by stretching of the body during swing strongly affects the pole chord reaction force in the pole bending phase.

I. 緒言

棒高跳は、棒(以下、ポール)を用いて跳躍した高さを競う競技である。棒高跳の記録は様々な素材を用いたポールの開発とともに向上してきた。ヒッコリー材に始まり、スチール、ジュラルミンなどが用いられ、1962年にグラスファイバー製のポールを使用して16フィート(4m87)という世界記録が樹立された。その後、世界記録は次々に更新され、現在では6m14(S.ブブカ、ウクライナ)まで引き上げられた。

棒高跳に関する研究には跳躍者の動作を対象としたものが多い。Hay(1967)は、跳躍者の踏切離地時の水

平速度、鉛直速度、跳躍角、グリップと踏切足との水平距離、グリップ幅の5つのパラメータとポール湾曲の大きさとの相関係数を算出し、ポール湾曲に関係する要因を検討している。Steben(1970)は、跳躍高を従属変数とし、ポールと身体との距離、助走速度、踏切初速度、接地時間、下側の腕の肘関節角度を独立変数に重回帰分析を行い、踏切初速度が跳躍高と関係が大きかったことを報告している。これらの研究から、棒高跳の跳躍高には、選手の助走速度や踏切初速度が大きな影響を及ぼすことが明らかになっている。

一方、ポール湾曲と選手の動きとの関係については、先述のHay(1967)の研究があるが、これは40年近く

前のものである。淵本ら(1992)は、一流選手が競技会で使用したポールの反発力を実測するとともに、各選手の跳躍動作を分析している。また、高松(1997)は、実験により跳躍中のボックス反力を測定し、ポールの湾曲量とポールの反発力の関係、ポール反発に及ぼす選手の動作の影響、助走速度と最大湾曲率の関係などを検討した。そして、跳躍者の動作はポールの挙動に影響を与えること、最大重心高を大きくするためには、ポール伸展時のボックス反力の鉛直力積を大きくすることが重要なことなどを示し、ボックス反力の重要性を示唆している。しかし、これらの研究の多くは、一流選手を対象にしたものがほとんどである。また、高松(1997)の研究を除くと、実際の跳躍中のポールの湾曲と跳躍者の動作との関係を検討したものはほとんど見られない。

ポールを大きく湾曲させ、ポールを介して懸垂倒立状態で上方へ身体を投げ出す運動は棒高跳に特有のものである。したがって、ポールを大きく湾曲させ、ポールの動きと身体の動きを調和させるポール操作技術が必要とされる。そこで、本研究では、男子棒高跳選手の競技会における跳躍動作をバイオメカニクスの分析し、エネルギー変換率に着目して、ポール湾曲に影響を及ぼす要因、特に選手の動作とポール湾曲との関係を明らかにすることを目的とした。

II. 方法

1. VTR撮影

VTR撮影は、2003年から2006年に行われた公認陸上競技会における男子棒高跳に出場した国内外一流競技者、学生競技者、高校生競技者、計44名とし、Table 1は分析対象者の特性を示したものである。カメラ(SONY社製、VX-2000)はメインスタンド最前列に固定し、踏切1歩前からクリアランスまでを分析するためボックスの手前6mから奥2mまでを撮影範囲とした。撮影スピードは毎秒60フィールド、露出時間は1/1000秒であった。なお、本研究で用いたVTR画像は日本陸上競技連盟科学委員会の活動として撮影されたものである。

2. データ処理

撮影したVTR画像から踏切1歩前離地からクリアランスまでの身体分析点23点およびポール上の計測点15点の計38点をビデオ動作解析システム(Frame-DIAS II, DKH社製)によりデジタル化し、その座標を得た。得られた座標は2次元DLT法を用いて実座標に換算した。計測点の座標の平滑化は、座標成分ごとに最適遮断周波数を決定し(Wells and Winter 1980), Butterworth low-pass digital filterを用いて行った。最適遮断周波数は、X座標(水平)が4.2~8.4Hz、Y座標(鉛直)が4.2~8.6Hzの範囲であった。

3. 算出項目および算出方法

1) 身体重心高、重心水平および鉛直速度、跳躍角

計測点の2次元座標から、阿江(1996)の身体部分慣性係数を用いて身体重心位置を算出した。重心速度および重心加速度は、重心変位を時間微分して算出した。また、跳躍角は踏切離地時の重心速度ベクトルが水平面となす角度とした。

2) ポール湾曲率

上側のグリップとポールの下端を結んだ線分の長さを弦長とし、各時点における弦長短縮量のポール伸展時(以下、ポールストレート)の弦長に対する割合をポール湾曲率として式(1)により算出した。そしてポール湾曲率が最も大きい時点のポール湾曲率を最大ポール湾曲率とした。

ポール湾曲率 =

$$\left(1 - \frac{\text{各時点の弦長}}{\text{ポールストレート時の弦長}} \right) \times 100 \quad (1)$$

3) ポール弦反力

高松(1997)の推定法を用いて、踏切離地からポールストレートまでのボックス反力(BRF)を算出し、ボックス反力をポールの弦方向に投影したものとした。

4) ポール弾性エネルギー

ポール弦反力は踏切離地からポールが最も湾曲した時点(以下、ポール最大湾曲時)まで、ほぼ直線的に変化したことから踏切離地時のポール弦反力(PCR_{off})とポール最大湾曲時のポール弦反力(PCR_{MPB})および湾曲量で作られる台形の面積を式(2)で算出し、ポール弾性エネルギーとした。

Table 1 Characteristics of the subjects

	Age(year) Max - Min.	Weight(kg) Max - Min.	Personal Best(m) Max - Min.
Subject(n=44)	22±5 32-15	66.1±7.8 86 - 52	5.08±0.61 6.05 - 3.60

ポール弾性エネルギー =

$$\frac{(PCRF_{Toff} + PCRF_{MPB}) \times (PL_{Toff} - PL_{MPB})}{2} \quad (2)$$

ここで, PL_{Toff} は踏切離地時の, PL_{MPB} はポール最大湾曲時のポールの弦長である.

5) スウィング力

ポールターを上側のグリップと重心からなる2次元の振子にモデル化すると, ポールターの重心の加速度 a_v は, 式(3)で表される.

$$a_v = a_u + a_{v/u} \quad (3)$$

a_u は上側のグリップの加速度, $a_{v/u}$ は上側のグリップに対する重心の相対加速度である. そして, スウィングによる力は, 次のような成分に分けることができる(ベアーとジョンストン, 1988).

$$ma_{r_v} = m(\ddot{r} - r\dot{\theta}^2) \quad (4)$$

$$ma_{\theta_v} = m(r\ddot{\theta} + 2\dot{r}\dot{\theta}) \quad (5)$$

ここで, m はポールターの質量, r は上側のグリップに対する重心の位置ベクトル, θ は位置ベクトルの静止座標系 X 軸に対する角度で, a_{r_v} はベクトル動径成分重心加速度, a_{θ_v} は横径成分重心加速度である. そして ma_{θ_v} は ma_{r_v} に比べて著しく小さかったので, 本研究では, $m\ddot{r}$ を伸縮スウィング力, $mr\dot{\theta}^2$ を回転スウィング力と呼ぶことにした.

4. 分析対象者の群分け

本研究では, 棒高跳の技術的要因について検討するため, 運動エネルギーの変換率の指標としてエネルギー変換率を式(6)で算出し, 分析対象者の群分け

を行った.

$$\text{エネルギー変換率} = PE_{\max.CGh} / KE_{Toff} \quad (6)$$

ここで, $PE_{\max.CGh}$ はポールターの最大重心高獲得時の位置エネルギーを, KE_{Toff} は踏切離地時のポールターの運動エネルギーを示す.

5. データの規格化と統計処理

時系列データは踏切足離地からポールストレートを基準(100%)として規格化し平均した. また, ポール最大湾曲時(MPB)を50%とした. なお, ポール弦反力およびスウィング力は各分析対象者の体重で除した.

各算出項目間の相関関係を調べるため, ピアソンの相関係数を算出した. また, エネルギー変換率の上位群と下位群間の差を検定するため, 対応のない両側検定の t 検定を行った. いずれも有意水準は5%以内とした.

Table 2 Kinematic and Kinetic results in the subjects

	All subjects(n=44)	
	Mean±S.D	Max. - Min.
Maximal CG height (m)	5.10±0.56	6.13-3.68
Horizontal CG velocity (m/s)	Touchdown	8.63±0.67
	Takeoff	7.00±0.58
Vertical CG velocity (m/s)	Touchdown	0.48±0.51
	Takeoff	2.58±0.33
Takeoff angle (deg)	20.5±2.8	27.6-15.7
Energy conversion ratio	1.35±0.08	1.49-1.18
Ratio of maximal pole vending (%)	21.9±5.7	35.1-14.3
Pole chord reaction force (N/kg)	Touchdown	8.14±1.69
	Takeoff	14.23±1.74
Pole elastic energy (J)	10.8±3.5	19.1-4.1

K.E : Kinetic energy P.E : Potential energy

Table 3 Correlation coefficients between selected kinematic and kinetic parameters

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
(1) MAX. CG height	1										
(2) Horizontal CG velocity (TD)	0.84***	1									
(3) Horizontal CG velocity (TO)	0.86***	0.87***	1								
(4) Vertical CG velocity (TD)	-0.33	-0.51**	-0.27	1							
(5) Vertical CG velocity (TO)	-0.25	-0.11	-0.13	0.29	1						
(6) Takeoff angle	-0.66**	-0.55**	-0.66**	0.29	0.81	1					
(7) % of max. polebend	0.54**	0.30	0.33	-0.40	-0.57**	-0.58**	1				
(8) Pole chord reaction force(TO)	0.26	0.21	0.29	0.14	-0.21	-0.34	-0.06	1			
(9) Pole chord reaction force(MPB)	0.72***	0.62**	0.55**	-0.54**	-0.45*	-0.59**	0.52**	0.31	1		
(10) Pole eladtic energy	0.78***	0.53**	0.60**	-0.33	-0.57**	-0.73***	0.86***	0.39	0.72***	1	
(11) Energy conversion ratio	0.21	-0.06	-0.29	-0.20	-0.26	-0.01	0.46*	-0.03	0.32	0.36	1

(* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001)

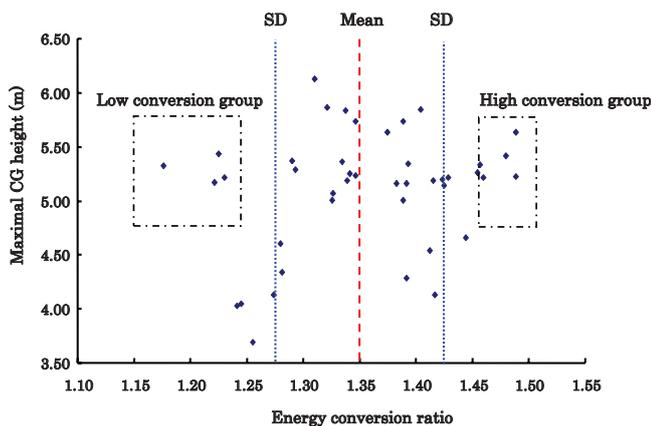


Fig. 1 Relationship between energy conversion ratio and maximal CG height

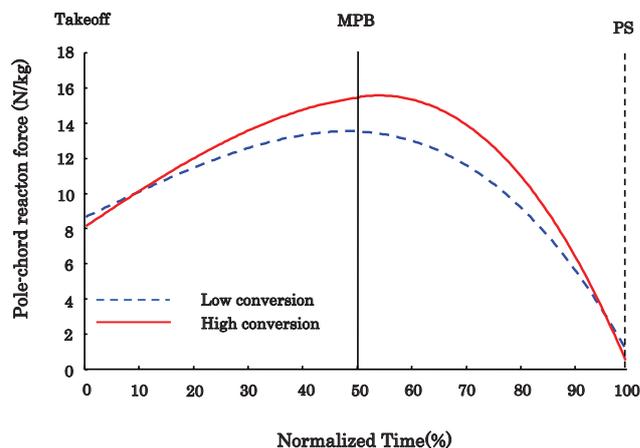


Fig. 2 Changes in the pole chord reaction force for H.C and L.C groups from the takeoff to the pole straightening

III. 結果

1. 身体重心およびポールに関して

1) 身体重心速度および跳躍角

Table 2 は本研究における分析対象者の身体重心のキネマティクスおよびポール湾曲に関する結果を, Table 3は算出項目間の相関関係を示したものである.

重心水平速度は,踏切足接地時から踏切足離地時にかけて減少していた.また,重心水平速度と最大重心高との関係を見ると,踏切足接地時,離地時ともに有意な正の相関を示した($r=0.84, p<0.001$; $r=0.86, p<0.001$).また,跳躍角と最大重心高の間には有意な負の相関が見られた($r=-0.66, p<0.01$).

2) エネルギー変換率

Fig.1はエネルギー変換率と最大重心高との関係を示したものである.エネルギー変換率と最大重心

高との間に有意な相関は見られなかったが,分析対象者全体の中で最大重心高の大きい選手は,エネルギー変換率の平均値(1.35)近くに集まる傾向が見られた.エネルギー変換率とポール最大湾曲率との関係を見ると,有意な正の相関を示した(Table 2, $r=0.46, p<0.05$).

本研究では,エネルギー変換率が±標準偏差外の選手のうち,同程度の記録水準の選手をエネルギー変換率上位群(上位群, $n=5$, 変換率,1.43以上, 最大重心高, $5.37\pm0.19\text{m}$)と下位群(下位群, $n=5$, 変換率,1.27以下,最大重心高, $5.29\pm0.19\text{m}$)とした.

3) ポール湾曲および弦反力

Table 3は,ポールに関する項目と他の項目との相関を示したものである.ポール最大湾曲率,ポール弾性エネルギーと最大重心高の間には,いずれも有意な正の相関が見られた(ポール

Table 4 Kinematic and kinetic results on the high conversion and low conversion groups

		H.C	L.C	Difference	
Maximal CG height(m)		5.37±0.19	5.29±0.19		
Horizontal CG velocity (m/s)	Touchdown	8.87±0.24	9.34±0.29	***	H.C < L.C
	Takeoff	6.87±0.15	7.70±0.19	***	H.C < L.C
Vertical CG velocity (m/s)	Touchdown	0.38±0.33	0.59±0.55		
	Takeoff	2.48±0.28	2.72±0.41		
Takeoff angle (deg)		20.5±1.9	19.5±3.0		
Energy conversion ratio		1.47±0.02	1.21±0.01	***	H.C > L.C
Ratio of maximal pole bending (%)		26.7±7.1	20.5±1.9	*	H.C > L.C
Pole chord reaction force (N/kg)	Takeoff	8.13±2.18	8.66±1.69		
	MPB	15.45±0.43	13.53±0.84	**	H.C > L.C
Pole elastic energy (J)		13.9±3.9	8.9±0.8	*	H.C > L.C
Averaged max. pole bending point (%)		66.1±2.9	47.2±10.9	*	H.C > L.C

H.C : High conversion group L.C : Low conversion group

K.E : Kinetic energy P.E : Potential energy

*, **, *** : significant difference (* $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$)

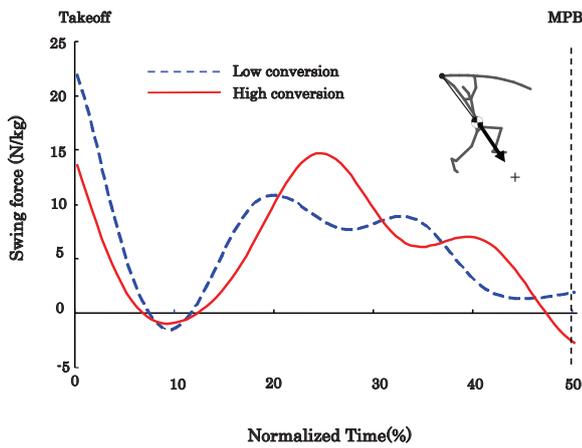


Fig. 3 Changes in the swing force for H.C and L.C groups from the takeoff to the MPB

最大湾曲率, $r=0.54, p<0.01$; ポール弾性エネルギー, $r=0.78, p<0.001$). また, ポール最大湾曲率とポール弾性エネルギーとの間にも, 強い正の相関が見られた ($r=0.86, p<0.001$). 跳躍角とポール最大湾曲率およびポール弾性エネルギーとの間には, いずれも有意な負の相関が見られた (ポール最大湾曲率, $r=-0.58, p<0.01$; ポール弾性エネルギー, $r=-0.73, p<0.001$). 各時点のポール弦反力と最大重心高との間には, 踏切離地時では有意な相関は見られなかったが, ポール最大湾曲時では有意な正の相関を示した ($r=0.72, p<0.001$). また, 跳躍角とポール弦反力との間には, 踏切離地時では有意な相関は見られなかったが, ポール最大湾曲時では有意な負の相関が見られた ($r=-0.59, p<0.01$).

2. エネルギー変換率の上位群および下位群の比較

1) 身体重心およびポール湾曲について

Table 4は, エネルギー変換率の上位群および下位群の各パラメータの平均および標準偏差を示したも

のである.

踏切足接地時, 離地時の重心水平速度は, 上位群が下位群に比べ有意に小さかったが ($p<0.001$), 鉛直速度, 跳躍角には有意差は見られなかった. ポール最大湾曲率は上位群が下位群に比べ, 有意に大きかった ($p<0.05$). ポール弦反力は, 踏切離地時では, 両群間に有意差は見られなかったが, ポール最大湾曲時では, 上位群の方が下位群に比べ有意に大きかった ($p<0.01$). また, ポール弾性エネルギーは, 上位群が下位群に比べ有意に大きかった ($p<0.05$).

2) ポール弦反力の変化

Fig.2は, エネルギー変換率の上位群および下位群の踏切離地からポールストレートまでのポール弦反力の変化を示したものである. なお, 図では0%時が踏切離地時である (図3,4も同様) 踏切離地時では, 両群間に有意な差は見られなかった. しかし, 15%時あたりから上位群の弦反力が下位群の弦反力を上回り, ポール最大湾曲時では上位群が有意に大きかった ($p<0.05$). また, 上位群はポール最大湾曲時後もポール弦反力が増大し, ピーク値はポール伸展局面で出現していた. 一方, 下位群はポール弦反力の増加が上位群に比べ小さく, ピーク値もポール最大湾曲時付近で出現していた.

3) スウィング力の変化

Fig.3は, エネルギー変換率の上位群および下位群の踏切離地からポール最大湾曲時までのスウィング力の変化を示したものである. スウィング力は両群ともに踏切直後に大きな値を示し, その後急激に減少した後, 再び増加し, 最大湾曲時にかけて減少していく傾向が見られた. 上位群は, 踏切直後の値が下位群より小さく, ピーク値の出現が下位群より遅れて出現し (約25%時), 持続も長かった. 一方, 下位群は踏切直後に大きな値を示し, 10%~20%にかけて早期

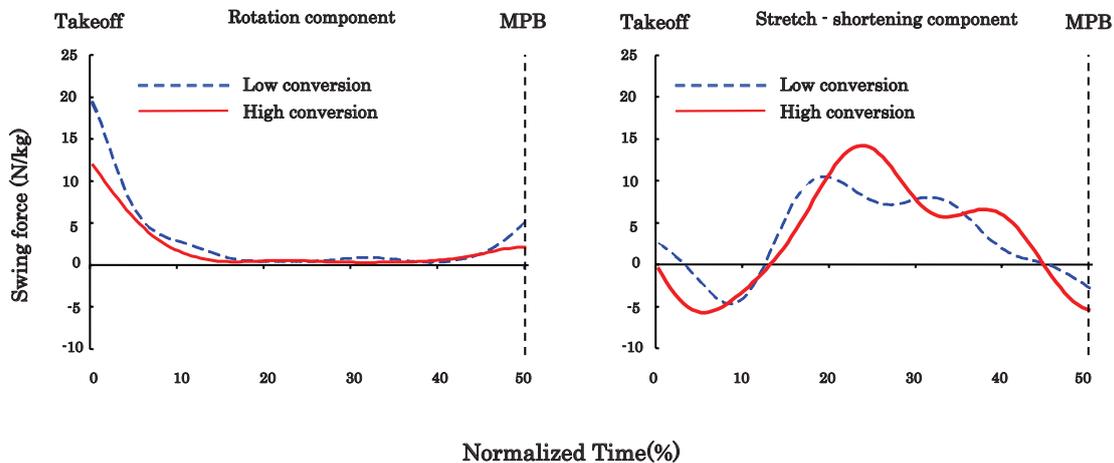


Fig. 4 Changes in the rotation (left) and Stretch - shortening (right) components of the swing force for H.C and L.C groups from the takeoff to the MPB

に上昇し、ピーク値は上位群に比べ小さく、35%時付近から急激に減少した。

Fig.4は、上位群および下位群の踏切離地からポール最大湾曲時までの回転スウィング力と伸縮スウィング力を示したものである。回転スウィング力では、踏切離地直後は下位群が上位群に比べ非常に大きな値を示した。その後15%時にかけて両群ともに急激に減少し、その後、ポール最大湾曲時まで、ほとんど変化はなく、40%時からポール最大湾曲にかけてやや増加した。伸縮スウィング力では、両群ともに踏切離地後に一度減少し、10%時付近で負のピークを示した後、急激に上昇し、負から正に移行した。しかし、下位群は20%時付近でピーク値が出現したのに対し、上位群は25%時付近で出現していた。また、ピーク値の大きさも上位群が下位群よりも大きく、持続も長い傾向が見られた。

IV. 考察

1. 最大重心高とポール弦反力との関係

Steben(1970)、淵本ら(1994)は、踏切離地時の重心水平速度と記録との間に強い正の相関が見られたことから踏切離地時の重心水平速度の重要性であると報告しており、本研究においても、踏切離地時の重心水平速度と最大重心高との間に強い正の相関が見られた($r=0.86, p<0.001$)。また、跳躍角と最大重心高との間に有意な負の相関が見られた($r=-0.66, p<0.01$)。これらのことから、棒高跳において記録を高めるためには、踏切離地時に大きな重心水平速度で低く跳び出すことが重要であると考えられる。

Table 2で示したように、最大重心高とポール最大湾曲率およびポール弾性エネルギー、ポール最大湾曲率とポール弾性エネルギーの間に正の相関が見られたことから、ポールの大きな湾曲は、大きな弾性エネルギーをポールに蓄え、結果として最大重心高の獲得につながると考えられる。

本研究において踏切足接地時、踏切足離地時の重心水平速度とポール最大湾曲率との間に有意な相関は見られなかった。このことは、踏切時の重心水平速度は小さいがポールを大きく湾曲させている選手などが見られることから、踏切離地時の重心水平速度そのものがポールの湾曲に関係するのではなく、選手の使用するポールの長さや硬さ、ポール操作技術が影響してこのような結果になったと考えられる。しかし、一般的には踏切離地時の重心水平速度が大きいことは、長く硬いポールが使用でき、より大きな弾性エネルギーの蓄積を可能にすると

考えられる。また、渋川(1969)は両手でポールに加える力によってポール反発力を変化させられると述べ、Hubbard(1980)、Walker and Kirmser(1982)、Dapena and Braff(1983)、Griner(1984)はポールに関するモデル解析的研究から、ポールに加わる曲げ・伸展モーメントによってポールの湾曲量やポールの曲がり方は変化すると述べている。これらのことから、ポールの湾曲は重心水平速度のみではなく、選手のポールへの力の加え方が影響すると考えられ、ポール操作技術が重要であると言える。

本研究では、踏切離地時のポール弦反力と最大重心高との間に有意な相関は見られなかったが、ポール最大湾曲時では強い正の相関が見られた($r=0.72, p<0.001$)。また、ポール最大湾曲時のポール弦反力とポール伸展局面の最大重心鉛直速度、最大重心鉛直速度と最大重心高との間にはそれぞれ強い正の相関がみられた($r=0.81, p<0.001$)($r=0.91, p<0.001$)。これらの結果は、踏切離地時よりもポール最大湾曲時にかけてポール弦反力を大きくすることにより、ポール伸展局面で、より大きな最大重心鉛直速度を獲得できることを示唆している。

これらのことから、大きな最大重心高を獲得するためには、ポール最大湾曲時にかけてポール弦反力を大きくすることが重要であり、そのためには、大きな反発力のポールを使用することが望ましいと考えられる。しかし、踏切離地時からポール弦反力を高めてしまうと、前後方向のボックス反力が大きくなるので、身体のパール方向への移動を妨げることにより、ポールが立たない可能性があることから、踏切離地時のポール弦反力はあまり大きくしない方が望ましいと考えられる。

2. エネルギー変換率から見た上位群と下位群のスウィング動作

棒高跳は、力学的エネルギーに着目すると、助走によって獲得した運動エネルギーをポールに弾性エネルギーとして一時的に蓄積し、そして位置エネルギーに変換するものと考えられる。したがって、エネルギー変換率が高いことは最大重心高の獲得に重要であり、ポール操作技術にも優れていることを示すと考えられる。

しかし、本研究においてエネルギー変換率と最大重心高との間には有意な相関は見られなかった。また、踏切離地時の重心水平速度とエネルギー変換率との間にも有意な相関は見られず、最大重心高が大きい選手は全被験者のエネルギー変換率の平均値付近に集まる傾向が見られた。淵本ら(1994)は、世界一

流競技者を対象とした研究において、助走速度とエネルギー変換率との間に有意な負の相関が見られたことを報告している。本研究の結果と淵本らの報告を合わせると、最大重心高や記録が最も良い選手が必ずしもエネルギー変換率が良いわけではなく、逆に踏切離地時の重心水平速度は小さいがエネルギー変換率が良く、大きな最大重心高を得た選手がいることを示す。また、本研究では、エネルギー変換率とポール最大湾曲率との間に有意な正の相関が見られたことから、エネルギー変換率を大きくするには、ポールを操作して大きく湾曲させる技術が必要であると考えられる。

Table 4に示したように、上位群の踏切離地時の重心水平速度は下位群より有意に小さく、鉛直速度、跳躍角および最大重心高に差はなかったが、ポール最大湾曲率は上位群が有意に大きかった。これらのことは、上位群はポールを湾曲させる技術に優れ、エネルギー変換率を高め、重心速度が小さくても同程度の最大重心高を獲得していたことを示すと考えられる。そして、ポール弦反力では、上位群および下位群間で踏切離地時に有意差はなかったが、ポール最大湾曲時では、上位群が有意に大きく、ポール最大湾曲率も上位群が有意に大きかったことから、上位群は踏切離地後からポール最大湾曲時にかけてポール弦反力、ポール湾曲を大きくできるポール操作技術を有していたと考えられる。また、棒高跳では、踏切離地からポール最大湾曲時にかけて、スウィング動作を行うことから、両群間に見られたポール弦反力の変化の相違はスウィング動作によるものと推察される。踏切離地からポール最大湾曲時までのスウィング力(Fig.3)を見ると、下位群が踏切離地直後に大きな値を示し、その後両群ともに一度大きく減少し、再び増加していた。そして、増加後のピーク値が上位群で遅れて出現し、かつ大きな値を示した。これは、上位群では下位群よりもスウィング動作のタイミングが遅かったことによると考えられる。

Fig.4に示したように、上位群および下位群の回転スウィング力(左)と伸縮スウィング力(右)は、踏切離地直後に回転スウィング力が両群ともに正の値を示しており、これは踏切直後において選手がポールから力を受け、上側のグリップ回りに回転したことによると考えられる。踏切直後に回転スウィング力が大きいことは棒高跳の指導現場において「振られる」と呼ばれる現象に相当すると考えられる。「振られる」とは、踏切直後にコントロールを失い身体がグリップ回りに急激に回転することをいい、有効ではないとされている。村木(1982)、Tidow(1991)

は、棒高跳では踏切離地直後にペネトレーション(Penetration, 踏切離地時の姿勢を一時的に保ち、前方に突き進む動作)を行うことによってスウィング動作開始のタイミングを遅らせ、ポールの起き上がりとのスウィング動作を同期させることができると述べている。これは、上述の「振られる」現象に防ぐ役割を持つと考えられるが、下位群が踏切直後に顕著に大きな値を示し、スウィング力全体でも早期にピークが出現したことは、下位群では踏切直後に身体が振られたため、大きな角速度を生じたと考えられる。そして、この場合には、その後のスウィング局面においてポールや身体の制御が困難になると考えられる。一方、上位群は下位群より、踏切離地時の回転スウィング力が小さく、上位群は伸縮スウィング力のピークが遅れて出現し、その値も大きく、持続時間が長かった。これらのことは、上位群は踏切離地直後に身体のグリップ回りの回転を抑えて、それにより身体のコントロールが容易になりスウィング動作の開始を遅らせるとともに、正の伸縮スウィング力、すなわち、グリップと身体重心の距離を大きくする動作を行うことでスウィング力をポールに大きくしたと考えられる。また、15%時付近からは、伸縮スウィング力がスウィング力の成分の大部分を占めており、スウィング動作において伸縮スウィング力が強く影響したと考えられる。さらに、ポール弦反力(Fig.2)に両群間に相違が現れる時点と、スウィング力(Fig.3)に相違が現れる時点がほぼ一致していた。また、スウィング力の各成分で見ると、踏切離地直後は回転スウィング力が、その後は伸縮スウィング力が大きかった。これらのことを考えると、スウィング力、特に伸縮スウィング力がポール弦反力に大きな影響をもつことがわかる。

これらのことから、ポール湾曲局面でポール弦反力を大きくするためには、選手のスウィング力が重要で、そのため踏切離地直後は、振られないようにして、身体のコントロールを容易にする必要があり、そのためのポイントはペネトレーションが有効であると考えられる。そして、伸縮スウィング力を大きくする、すなわち上側のグリップと重心の距離を大きく保つようなスウィング動作を行うことによって、ポール最大湾曲時にかけてポール弦反力を大きくできると考えられる。

V. まとめ

本研究では、男子棒高跳選手の競技会における跳躍動作をバイオメカニクスの分析し、ポール湾曲

に影響を及ぼす要因,特に選手の動作とポール湾曲との関係を明らかにすることを目的とした.本研究で得られた結果をまとめると,以下ようになる.

- ①大きな最大重心高を獲得するためには,ポール湾曲局面においてポール弦反力を大きくする必要がある.
- ②ポール湾曲局面におけるポール弦反力の大きさには選手のスウィング力が関係し,踏切離地直後は回転スウィング力が,その後は伸縮スウィング力がポール弦反力により大きな影響を及ぼす.
- ③エネルギー変換率の下位群では,踏切離地直後の回転スウィング力が大きかったが,上位群では踏切離地後に遅いタイミングで発揮された伸縮スウィング力が大きかった.

これらのことから,棒高跳の技術に関して,以下のことが示唆できる.

- ・踏切離地時には「ペネトレーション」,すなわち,踏切離地時の姿勢を一時的に維持することにより,スウィング動作開始のタイミングを遅らせることが有効である.そのためには,踏切離地後に身体を後方に反らし,能動的なスウィング動作を行うイメージを持つことが役立つと考えられる.
- ・能動的なスウィング動作を習得するための鉄棒によるドリルでは,後方から身体を大きくスウィングし,グリップの真下を足が通過するあたりで大きくあふり動作を行う,あるいは,「踏切足をムチのようにして地面を削るようなイメージ」を持って行くと良いと考えられる.
- ・スウィング動作では,早期に膝を抱え込んだり,下側の腕を大きく湾曲させることは避けるべきである.

参考文献

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 Sciences*, 15 (3), 155 - 162.

ベアー・ジョンストン : 長谷川節 訳 (1988) 工学のための力学(上・下). ブレイン図書出版: 東京. <Beer, F.P. and Johnston, E.R. (1977) *Vector mechanics for engineers (Statics, Dynamics)*. McGraw-Hill : NewYork.>

Dapena, J. and Braff, T. (1983) Use of separate hand locations to calculate ground reaction force exerted on a vaulting pole. *Med. and Sci. in Sports and Exercise* 15 (4),

313 - 318.

淵本隆文 (1992) スポーツ用具に注入されるエネルギーを測る一棒高跳ポールの場合一. *Japanese Journal of Sports Sciences*. 11 (3), 188 - 193.

淵本隆文, 高松潤二, 阿江通良 (1992) 世界一流棒高跳選手のバイオメカニクスの分析. *Japanese Journal of Sports Science*. 11(10), 650 - 653.

淵本隆文, 高松潤二, 阿江通良 (1994) 棒高跳の動作学的力学的分析. 日本陸上競技連盟強化本部バイオメカニクス研究班(編) 世界一流陸上競技者の技術(第3回世界陸上競技選手権大会バイオメカニクス研究班報告書). ベースボールマガジン社, 東京, pp.193-204.

Griner, G.M. (1984) A parametric solution to the elastic pole-vaulting pole problem. *ASME J. Appl. Mechanics* 51 (2), 409 - 414.

Hay, J.G. (1967) Pole vaulting : a mechanical analysis of factors influencing pole-bend. *The Res. Quart.* 38, 34 - 40.

Hubbard, M. (1980) Dynamics of the Pole Vault. *J. Biomechanics* 13, 965 - 976.

村木征人, 室伏重信, 加藤 昭 (1982) 現代スポーツコーチ実践講座2・陸上競技(フィールド). ぎょうせい, 東京, pp. 380 - 443.

渋川侃二 (1969) 運動力学. 大修館書店 : 東京.

Steben, R.E. (1970) A cinematographic study of selective factors in the Pole Vault. *The Res. Quart.* 41 (1), 95 - 104.

高松潤二 (1997) 棒高跳に関するバイオメカニクスの研究 -最大重心高増大のための技術的要因-. 筑波大学大学院体育研究科博士論文

武田 理, 村木有也, 小山宏之, 阿江通良 (2005) 身体重心速度およびポール湾曲度からみた男子棒高跳選手のバイオメカニクスの分析. 陸上競技研究紀要 第1巻, 日本陸上競技連盟, 東京, pp. 30 - 35.

田代哲也 (1970) 棒高跳. 丸山吉五郎(他) 陸上競技入門. 講談社, 東京, pp. 103 - 122.

Tidow, G. (1991) Model technique analysis for the pole vault. *Track technique* 114 : 3642 - 3648, 3652.

Walker, H.S. and Kirmser, P.G. (1982) Biomechanical parametric analysis of pole vaulting and optimization of performance. In: Ghista, DN(Eds.) *Human Body Dynamics:*

Impact, occupational, and athletic aspects.
Oxford University Press : New York, pp. 444
- 481.

Wells, R.P. and Winter, D.A. (1980)
Assessment of signal and noise in the
kinematics of normal, pathological and
sporting gaits. In : Human Locomotion I
(Proceedings of the first biannual conference
of the Canadian Society of Biomechanics) 1,
pp. 92 - 93.

円盤投げの動作時間と投てき記録との関係

田内健二¹⁾ 磯繁雄¹⁾ 持田尚²⁾ 杉田正明³⁾ 阿江通良⁴⁾
1) 早稲田大学スポーツ科学学術院 2) (財) 横浜市スポーツ医科学センター
3) 三重大学教育学部 4) 筑波大学体育科学系

Relationships between the duration times of the motion phases and the record in the discus

Kenji Tauchi¹⁾ Shigeo Iso¹⁾ Takashi Mochida²⁾ Sugita Masaaki³⁾ Michiyoshi Ae⁴⁾
1) Faculty of Sport Sciences, Waseda University
2) Yokohama sports medical center
3) Faculty of Education, Mie University
4) Institute of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba

Abstract

The purpose of this study was to investigate the relationships between the duration time of the motion phases and the record in discus throw. Sixty-nine male discus throwers, divided into three groups (Good, Middle, Poor) based on throwing record, were analyzed for the time taken to release the discus from the start of the first turn. The motion of the discus throw was divided five phases: double support phase (P1), single support phase by left foot (P2), nonsupport phase (P3), single support phase by right foot (P4) and delivery phase (P5). In the results of all groups, there were significant negative correlations between the duration times of P1, P4 and P5 and throwing record. We found the significant negative correlations between the duration time of P5 and throwing record in the Good group, the duration time of P1 and throwing record in the Middle group and the duration time of P4 and throwing record in the Poor group. The results indicate that the higher motion speed from the beginning of the first turn to the release is prerequisite for higher performance, but the most important motion phase differs between the performance levels of the athletes.

I. 緒言

円盤投げは、投てき方向とは反対向き立った姿勢からスイング動作を開始し、1回転半のターン動作の後に円盤を投げ出す投法が一般的である。

これまでの円盤投げに関する研究は、円盤のリリースパラメータ（植屋ら、1994；Hay and Yu, 1995）、キネマティクス（宮西ら、1997）およびキネティクス（秋葉ら、1991；Dapena, 1993；宮西ら、1998；松尾と湯浅、2005）について検討したものがあ。キネティクスに関しては、円盤投げ動作の特徴から、円盤および身体の角運動量に着目したものがあ。Dapena（1993）は、円盤の水平スピード増大のためには、ターン動作開始時における

鉛直軸回りの正の角運動量の大きさが極めて重要であることを報告している。秋葉ら（1991）、宮西ら（1998）は、身体の角運動量の時系列変化から、円盤を加速するメカニズムは様ではなく、それぞれ角運動量の伝達方向あるいは動作速度の高低の観点から、大きく2つのタイプに分けられることを報告している。また、松尾と湯浅は（2005）は、円盤のリリース速度には身体の角運動量に加えて並進方向への移動速度も重要であることを報告している。以上のことから、円盤投げにおいては、身体の回転運動あるいは並進運動をより速く行うことにより、円盤に加える運動エネルギーをできる限り大きくすることが重要であるが、そのための動作は身体特性や体力特性などの影響により非常に個人差が大きいこ

とが推察される。

一方、実際のトレーニング現場においては、最終的な円盤のリリース速度を高めるために、選手・コーチが日々試行錯誤を繰り返しながら動作技術の改善を試みている。例えば、最初のターンへの導入を速くしたり、リリース前の右足支持から左足接地までのタイミングを速くしたりすることなどがあげられる。理想的には、このような試みが、上述の先行研究で示された速度や角運動量からみた場合にどのように評価できるのかを即時的にフィードバックされることが望ましい。しかし、実際のトレーニング現場においては、力学的パラメータを即時に算出することは困難である。そこで、最も簡便に動作をモニターできるものとして動作時間があげられる。つまり、一連の円盤投げの動作は大きく、ターンへの導入、ファーストターン、セカンドターン（デリバリー）の各動作に分けられるが、それらの動作時間の長短によって技術を評価するということである。円盤投げの動作時間については、多くの先行研究が示している（植屋ら、1994；宮西ら、1997；Bartlett, 1992）。しかし、被験者が少ないこと、あるいは高い競技レベルではほぼ等質集団であるとみなせることなどから、動作時間の長短が円盤の投てき記録にどの程度影響を及ぼしているかについては明確にされていない。トレーニング現場だけでなく競技会においてもモニターが可能な動作時間が、投てき記録に対してどの程度影響を及ぼす要因であるのかを把握することは、円盤投げの技術指導のために役立つものと考えられる。

そこで本研究は、広範な競技レベルを有した多くの円盤投げ選手を対象として、円盤投げの動作時間と投てき記録との関係を明らかにすることを目的とした。

II. 方法

1. 分析対象

分析対象は、2006年に開催された第54回兵庫リレーカーニバル、第85回関東学生陸上競技対抗選手権大会1部および2部、第90回日本陸上競技選手権大会、および第15回アジア大会（ドーハ）において男子円盤投げに出場した選手69名であった。なお、複数の試合に出場した選手については、最も良い投てき記録であった試合のみを採用した。

本研究では、競技レベルごとに分析を行うために、投てき記録の上位から23名ずつ3群に分け、順にGood群（平均値±標準偏差：53.84±4.77m；範

囲：47.79m–63.79m）、Middle群（42.90±3.20m；38.00m–47.37m）、Poor群（32.72±2.94m；28.06m–37.73m）とした。なお、グループの分け方については議論の余地があるが、記録の優劣を判断する基準を決めることは非常に困難である。したがって、本研究では便宜的に対象者を3等分することによってグループを分けた。その結果、各グループの競技レベルは、おおよそGood群は日本ランキング20位以上（世界レベルの選手も含む）、Poor群は日本ランキング120位以下、Middle群はその中間位に相当するものであった。

2. データ収集および分析

各試合における円盤投げの試技を、サークルの後方から1台のデジタルビデオカメラ（DCR-VX2000, Sony）を用いて撮影した（撮影スピード：毎秒60フィールド、シャッタースピード：1/1000秒）。分析試技は、各選手が参加した試合において最も良い投てき記録であった試技とした。

分析を行うにあたり、宮西ら（1997）の報告をもとに一連の投てき動作に対して、ターンへの導入開始時（Start）、右足離地（R-off）、左足離地（L-off）、右足接地（R-on）、左足接地（L-on）および円盤のリリース時点（Release）のイベントを設定し、startからR-offをダブルサポート局面（P1：ターンへの導入動作）、R-offからL-offを左足によるシングルサポート局面（P2：ターン動作）、L-offからR-onをノンサポート局面（P3：空中動作）、R-onからL-onを右足によるシングルサポート局面（P4：回転から投げ出しへの移行動作）、L-onからReleaseをデリバリー局面（P5：投げ出し動作）とした（図1）。

撮影された映像をPCに取り込み、取り込まれた映像を動作解析ソフト（Frame - DIAS II, ディケイ

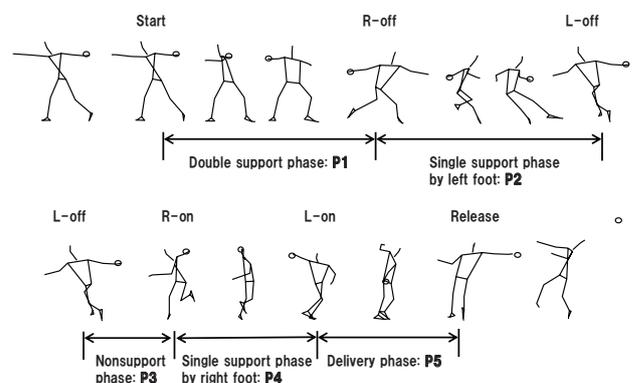


Figure1 Definition of phases in the discus throw

Table1 Results of throwing record and duration times in discus throw for all subjects.

	n	Record (m)	Time (s)					
			Total	P1	P2	P3	P4	P5
All	69	43.15±9.43	1.61±0.23	0.74±0.20 (45.5±5.9%)	0.37±0.04 (23.3±3.1%)	0.09±0.03 (5.8± 2.1%)	0.19±0.03 (11.8± 2.3%)	0.22±0.04 (13.5± 2.5%)

The values in parenthesis are percentage for total time.

Table2 Results of throwing record and duration times in discus throw for each group.

			Total	P1	P2	P3	P4	P5
Good	23	53.84±4.77	1.48±0.18	0.65±0.15 (46.4±6.4%)	0.36±0.03 (22.3±2.9%)	0.10±0.03 (5.7±2.1%)	0.17±0.03 (12.2±2.8%)	0.20±0.03 (13.5±2.6%)
Middle	23	42.90±3.20	1.67±0.22	0.80±0.19 (46.9±5.7%)	0.37±0.05 (22.6±2.7%)	0.09±0.03 (5.3±1.9%)	0.19±0.04 (11.5±1.8%)	0.23±0.04 (13.7±3.0%)
Poor	23	32.72±2.94	1.68±0.25	0.79±0.22 (43.3±5.0%)	0.37±0.05 (25.0±3.1%)	0.09±0.03 (6.5±2.2%)	0.20±0.04 (11.8±2.4%)	0.22±0.04 (13.4±1.8%)
Difference	G > M > P		G < M, P	G < M, P	ns	ns	G < P	G < M

The values in parenthesis are percentage for total time.

> : significant difference at p<0.05.

エイチ) を用いて、各イベント間のコマ数(毎秒60フィールド)を読み取ることにより、各局面の動作時間を算出した。また、StartからReleaseまでの時間をTotalの動作時間とした。

記録と各局面の動作間との相関係数はPearsonの方法を用いて算出した。

III. 結果

3. 統計処理

各算出項目を平均値±標準偏差で示した。Good群、Middle群、Poor群の3群間の有意差検定には、一元配置の分散分析を用いF値が有意であった項目には、Scheffe法を用いて多重比較を行った。投てき

表1に、全ての選手における投てき記録および各局面の動作時間を示した。各局面の動作時間は、P1 が0.74±0.20秒と最も長く、P3 が0.09±0.03秒と最も短かった。Totalの動作時間に対する各局面の動作時間の割合は、P1 からP5 まで順に45.5%、

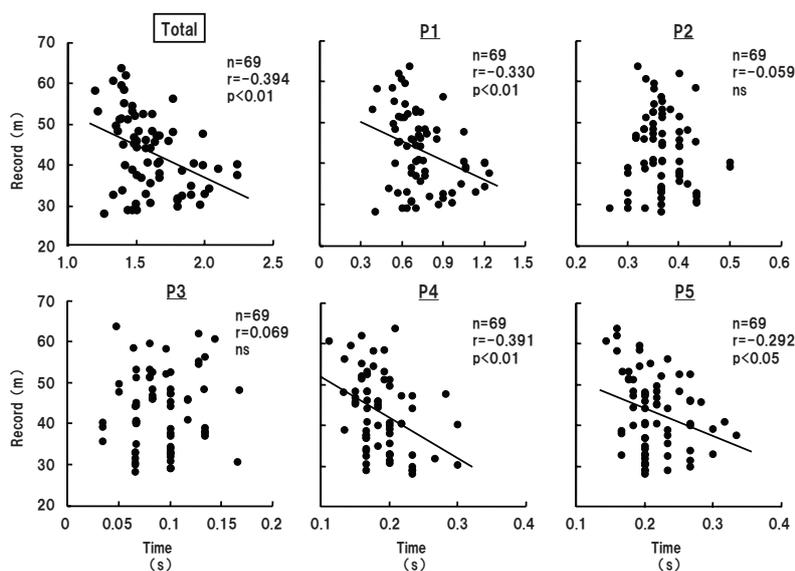


Figure2 Relationships between duration time in each phase and throwing record in discus throw for all subjects.

23.2%, 5.8%, 11.8%および13.6%であった。

図2に、全ての選手における各局面の動作時間と投てき記録との関係を示した。Total, P1, P4 およびP5の動作時間と投てき記録との間に有意な負の相関関係が認められた。

表2に、各グループにおける投てき記録および各局面の動作時間を示した。投てき記録はGood群がMiddle群およびPoor群と比較して、またMiddle群がPoor群と比較して有意に高値を示した。TotalおよびP1の動作時間はGood群が他の2群と比較して有意に低値を示した。P4の動作時間はGood群がPoor群と比較して、またP5の動作時間はGood群がMiddle群と比較して有意に低値を示した。

図3に、各グループにおける各局面の動作時間と投てき記録との関係を示した。Totalの動作時間では、Good群およびMiddle群において投てき記録との間に有意な負の相関関係が認められた。P1の動作時間ではMiddle群においてのみ、P4の動作時間ではPoor群においてのみ、P5の動作時間ではGood群においてのみ、投てき記録との間にそれぞれ有意な負の相関関係が認められた。

IV. 考察

本研究では、一連の円盤投げにおける動作時間が、投てき記録に対してどの程度影響を及ぼす要因であるのかを明らかにするために、円盤投げの初心者レベルから世界レベルまでの広範囲な競技レベルを有する選手を対象にして、動作時間と投てき記録との関係を検討した。本研究では両者の関係につい

て、はじめに全選手でみた場合について考察し、次に競技レベルをもとにして分けたグループ別にみた場合について考察することにする。

1. 全選手でみた場合

本研究における円盤投げのトータル動作時間は平均で1.61秒であり、各局面の動作時間はP1とP2がトータル時間の68.8% (1.11±0.22秒) を占め、P3が5.8% (0.09±0.03秒)、P4とP5が25.3% (0.41±0.05秒) であった(表1)。このようなパターンはいずれの先行研究においてもほぼ同様であった。これらの動作時間と投てき記録との関係を検討した結果、トータルの動作時間において有意な負の相関関係が認められた(図2, 上段左)。このことは、一連の動作速度を速くすることが投てき記録を向上させる1つの要因であることを示唆するものである。仮に、すべての選手の回転半径が同じである(実際にはより高い競技レベルの者ほど回転半径が長いと推察される)とすると、一回転半のターン動作による円盤の移動距離は同じとなることから、その移動距離の所要時間が短ければ円盤の平均速度は高くなる。初心者レベルから世界レベルの選手までを対象とした場合には、このような単純な理論が当てはまるということであろう。

各局面の動作時間と投てき記録との関係をみると、P1の動作時間と投てき記録との間に有意な負の相関関係が認められた(図2, 上段中)。Dapena (1993)は、全身-円盤系の鉛直軸回りの正の角運動量が両足支持局面から左足支持局面前半において増大して最大となり、その後の局面ではほとんど変

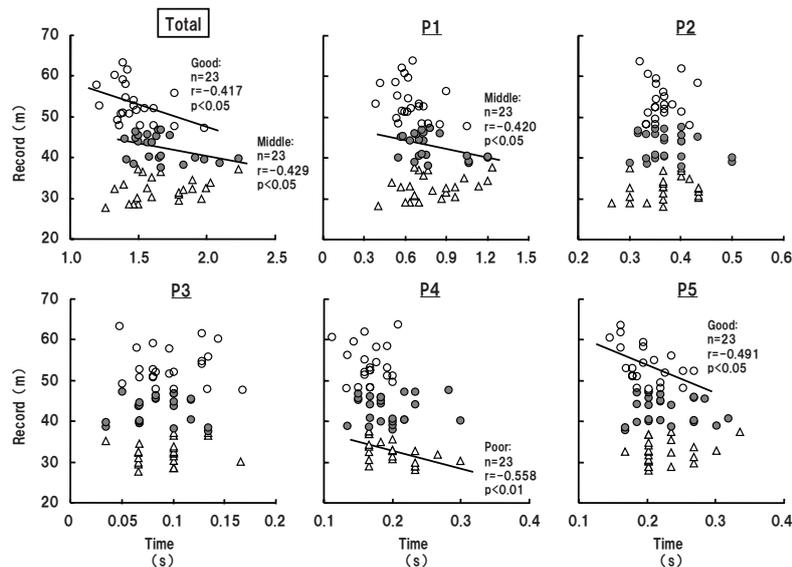


Figure3 Relationships between duration time in each phase and throwing record in discus throw for each group (○: Good, ●: Middle, △: Poor).

化しないことから、円盤の水平スピード増大のためには、ターン動作開始時における鉛直軸回りの正の角運動量を大きくすることが重要であることを強調している。P1におけるターンへの導入動作を速く行うことは、結果的に鉛直軸回りの正の角運動量を大きくすることにつながると考えられることから、本研究の結果はこの意見を支持するものと考えられる。しかしながら、宮西ら（1998）は、アジア一流円盤投げ選手を対象とした分析では、必ずしもDapena（1993）の意見が正しいとは限らないことを具体的に指摘している。このような意見の不一致の原因の1つには、宮西ら（1998）の分析対象の投てき記録の平均値（±SD）が $56.44 \pm 1.84\text{m}$ と非常に高く、ほぼ等質集団であったことが考えられる。つまり、高い競技レベルの中では、初期段階の角運動量の大きさだけでなく、リリースに近いより後半の動作によって記録の優劣が決まるということである。したがって本研究の結果を考慮すると、初心者レベルから世界レベルまでを対象としてみた場合、ターンへの導入動作を速く行い初期段階で大きな角運動量を得ることは、投てき記録向上のための必要条件であると考えられる。

また、P4およびP5の動作時間と投てき記録との間にも有意な負の相関関係が認められた（図2、下段中、右）。P4はターン動作から投げ出し動作への移行局面である。田内ら（2005）は、砲丸投げのグライド動作においても、グライド動作から突き出し動作までの移行局面を短くすることが、投てき記録の向上のために重要であると報告している。彼らは、このことについて「砲丸を突き出す距離をできる限り長く確保するための役割を果たしている」と述べている。本研究においても、砲丸投げとは動作が大きく異なるが、つづくP5において円盤の加速距離を長く確保するために、右足支持からの左足接地の動作を素早く行うことが重要であることを示していると考えられる。P5については円盤が最も加速される局面である（Bartlett, 1992）。P4終了時点の円盤の位置からリリース位置までの加速距離をより短時間で振りきり、円盤をリリースさせることは、より高いリリース速度を生むことにつながることを反映した結果であると考えられる。

なお、統計的に有意であっても動作時間と投てき記録との相関係数は低く、同じ動作時間でも投てき記録のばらつきが非常に大きいことから、動作時間のみが投てき記録に及ぼす影響はそれほど大きくないことは認識しておかなければならない。投てき記録には、同じ動作時間内で起こる動作技術および体

力要因の優劣が大きく影響しているものと考えられる。したがって、今後は、本研究の結果を基礎的な知識としてもちながら、キネマティクスおよびキネティクスの分析を進める必要がある。

2. 競技レベル別でみた場合

ここまでは、全選手でみた動作時間と投てき記録との関係について考察を進めてきたが、競技レベルが異なることによってパフォーマンス向上のために要求される技術が異なることは十分に考えられる。そこで、本研究では全選手を記録順に3つに群分けし、動作時間と投てき記録との関係を検討することとした。その結果、全選手でみた場合とは若干異なる様相を示した。トータルの動作時間と投てき記録との関係では、Good群とMiddle群において有意な負の相関関係が認められたが、Poor群においては有意な相関関係は認められなかった（図3上段左）。このことは、上述した一連の動作時間を速くすることが競技成績を高めるために重要であるという示唆は、ある程度円盤投げの技術に習熟し、専門的な体力を獲得している選手に対してよく当てはまることを示している。

P1の動作時間と投てき記録との関係では、Middle群においてのみ有意な負の相関関係が認められた（図3上段中）。このことは、全選手でみた場合に述べたターン動作の開始時点の角運動量を高めることが重要であるという指摘は、特にMiddle群においてよく当てはまることを示唆している。一方、Good群においては有意な相関関係は認められなかった。上述にはDapena（1993）と宮西ら（1998）の意見の不一致には、競技レベルが高く等質集団を対象にしていることが原因の1つであると指摘した。Good群における結果は、この指摘を支持するものであると考えられる。また、Poor群においても有意な相関関係は認められず、さらに全選手でみた場合とは逆の正の相関関係を示す傾向が認められた（ $r=0.346, p=0.10$ ）。Dapena（1993）は、重要な注意点として、円盤の初心者はターンの初期段階に角運動量を高めるよりも、全体の動作をコントロールすること強調すべきであると述べている。このことと本研究の結果を考慮すると、初心者レベルの場合は、後半の動作をより適切に行えるように、ターンの導入動作をゆっくり行うことが必要になるものと考えられる。

P4の動作時間と投てき記録との関係ではPoor群においてのみ、P5の動作時間との投てき記録との関係ではGood群においてのみ、それぞれ有意な負の

相関関係が認められた（図3下段中，右）．これらのことは，全選手でみた場合に述べたデリバリー局面における円盤の加速距離を長く確保することについてはPoor群，素早い振りきりを行うことについてはGood群によく当てはまることを示している．特に，Good群については，P1からP5までの動作時間が他の2群と比較して有意に短いこと（表2）を考慮すると，最終的に素早い振りきりができるための適切な準備動作を，より速い動作速度の中で達成しなければならないのであろう．

日本における円盤投げの競技レベルは，いまだ世界レベルには遠く及ばないのが現状である．本研究の結果は，非常に大まかな技術の特徴を述べているに過ぎないが，少しでも競技レベルの向上に役立てられるように，今後の研究の基礎として活用していく必要がある．

V. 要約

本研究の目的は，円盤投げにおける動作時間と投てき記録との関係を明らかにすることであった．69名の男性円盤投げ選手（投てき記録の平均値±SD：43.15±9.43m，範囲：28.06–63.79m）を対象にして，各種競技会における円盤投げ動作をデジタルビデオカメラ（毎秒60コマ）を用いて撮影した．本研究では，一連の円盤投げ動作をダブルサポート局面（P1），左足によるシングルサポート局面（P2），ノンサポート局面（P3），右足によるシングルサポート局面（P4）およびデリバリー局面（P5）に分け，それぞれの局面の所要時間（動作時間）を算出した．なお，本研究では全選手でみた場合に加えて，競技レベル別にみた場合の検討を行うために，選手を投てき記録の上位から23名ずつ3群に分け，順にGood群（平均値±標準偏差：53.84±4.77m；範囲：47.79m–63.79m），Middle群（42.90±3.20m；38.00m–47.37m），Poor群（32.72±2.94m；28.06m–37.73m）とした．主な結果は次のようである：全選手で見た場合，P1，P4 およびP5 の動作時間と投てき記録との間に有意な負の相関関係が認められた．競技レベル別にみた場合，Good群においてはP5の動作時間と投てき記録との間，Middle群においてはP1 の動作時間と投てき記録との間，Poor群においてはP4の動作時間と投てき記録との間に，それぞれ有意な負の相関関係が認められた．これら結果は，競技成績を高めるためには，大きくは一連の円盤投げ動作を速く行うことが必要であるが，特に重要とされる動作局面は競

技レベルごとに異なることを示唆するものである．

付記

本研究のデータの一部は，日本陸上競技連盟科学委員会バイオメカニクス班による活動，および日本オリンピック委員会／日本コカ・コーラススポーツ科学基金（アクエリアス基金）の研究助成による活動によって得られたものである．

参考文献

- 秋葉卓雄，関智子，阿江通良，西藤宏司，山崎祐司（1991）円盤投のターン様式について．陸上競技紀要，4：2-14.
- Bartlett, R. M. (1992) The biomechanics of the discus throw: A review. *Journal of Sports Sciences*, 10: 467-510.
- Dapena, J. (1993) New insights on discus throwing. *Track technique* 125: 3977-3983.
- Hay, J. G. and Yu, B. (1995) Critical characteristics of technique in throwing the discus. *Journal of Sports Sciences*, 13: 125-140.
- 松尾宣隆，湯浅景元（2005）円盤投げ動作における身体重心速度が円盤速度と円盤+投擲者角運動量に及ぼす効果．*中京大学体育学論叢*，46（2）：33-43.
- 宮西智久，富樫時子，川村卓，桜井伸二，若山章信，岡本敦，只左一也（1997）アジア大会における円盤投げのバイオメカニクスの分析．*アジア一流陸上競技者の技術—第12回広島アジア大会陸上競技バイオメカニクス研究班報告—*．日本陸上競技連盟科学委員会バイオメカニクス研究班編，佐々木秀幸，小林寛道，阿江通良監修，創文企画，168-181.
- 宮西智久，桜井伸二，若山章信，富樫時子，川村卓（1998）アジア一流選手における円盤投げの角運動量の3次元解析．*バイオメカニクス研究*，2（1）：10-18.
- 田内健二，持田尚，榎本靖士，阿江通良（2005）女子砲丸投げのグライド投法における世界レベル競技者と日本国内レベルとの相違．*陸上競技研究紀要*，1：36-44.
- 植屋清見，池上康男，中村和彦，桜井伸二，岡本敦，池川哲史（1994）円盤投げのバイオメカニクスの研究．*世界一流競技者の技術—第3回世界陸*

上競技選手権大会バイオメカニクス研究班報告書
一. 日本陸競技連盟強化本部バイオメカニクス研
究班編, 佐々木秀幸, 小林寛道, 阿江通良監修,
ベースボール・マガジン社, 257-271.

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

阿保雅行¹⁾ 伊藤 宏²⁾ 岡野 進³⁾

1) 東京外国語大学 2) 静岡大学 3) 明海大学

The Satisfaction and Improvement of the Competition Management for the Primary School Pupils in the Athletics Meeting at the National Level in 2006

ABO Masayuki¹⁾ ITO Hiroshi²⁾ OKANO Susumu³⁾

1) Tokyo University of Foreign Studies

2) Shizuoka University

3) Meikai University

Abstract

The purpose of this study was to analyze the satisfaction and improvement of the competition management for the primary school pupils in the athletics meeting at the national level in 2006.

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

The authors received 954 answers to the questionnaire from 987 pupils at the meeting before the closing ceremony in the athletes' village on 27th August in 2006, and used 807 answers as the samples in this paper.

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

The main results were as follows:

- 1) There were seven items about the improvement of the competition management for the primary school pupils in the athletics meeting at the national level in 2006.
- 2) The factor analysis yielded a solution with five factors which accounted for 56.5% of the variance. The five factors were conceptually labeled 'Method of Conditioning', 'Technical Officials' Attitude', 'Facility and Equipment', 'Athletes' Village', and 'Extensive Facility'.
- 3) It was clear that two factors about 'Technical Officials' Attitude' and 'Facility and Equipment' belonged to the retention strategy, and another factor about 'Method of Conditioning' belonged to the improvement strategy.

I. 研究目的

競技運営のあり方を検討する視点としては、これまでには競技規則をベースとして、次に競技者や観客等へのサービスという視点で検討されてきたといわれている。最近では、競技者からみた競技運営の改善度を数値化して検討し、競技運営のあり方を検討する研究(阿保ら、2006)もみられるようになった。しかし、その研究では、対象が大学の混成競技

の選手であるため回答者が11名と少なく、調査項目の共通性を把握するための因子分析も行われていない。競技運営のあり方を検討するためには、多数の対象者について、競技者からみた満足度や改善度を数値化して検討するとともに、調査項目の共通性を把握するための因子分析を行うことが役に立つと考えられる。

本研究の目的は、小学生を対象とした競技会運営の望ましいあり方を明らかにするため、特に、競技

と選手村の運営に関する満足度・改善度に着目したアンケート調査を実施し、因子分析も交えて検討することにある。より具体的には、第22回全国小学生陸上競技交流大会（国立霞ヶ関競技場、2006年8月）に出場した小学生（競技者）を対象に、競技運営に関する満足度・改善度を数値化あるいは得点化することによって、今後の競技運営に関する課題をより明確化するとともに、今後の競技運営のあり方を具体的に検討するための基礎的な知見を得ることにある。いかえると、本研究は、競技大会に係わる施設用具や諸サービスに対して小学生の競技者がどの程度満足しているか、また不満足であるかなどを評価する、いわゆる顧客満足度（Customer Satisfaction）調査の性格を呈したものである。

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、選手村（いわゆる選手全員が同じホテルに宿泊し、各種の研修や交流を行う性格のものである）、競技規則、競技運営、審判員の小学生に対する対応（態度）、施設用具、競技のシーズン、国立霞ヶ関競技場の特徴を視点として7つの領域から構成した。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とも考えられるが、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。

満足度に関する具体的な項目は、次の通りであった。

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

2. 調査方法・回収状況・有効標本数

交流大会は、2006年8月25日（金）～27日（日）の3日間（2泊3日）の日程で行われた。競技会の種目は、リレー（2種目）、単独種目（100m、80mハードル、走幅跳、走高跳）、オープン種目（ソフトボール投）であった。トラック種目は予選・準決勝・決勝が、走高跳と走幅跳は予選・決勝がそれぞれ行われた。また前述の競技会以外にも、この期間中に、実技研修会や研修会、交流会のプログラムが企画され実施された。アンケート調査は第3日目の閉講式前に行って、987人の小学生参加者（予定）の中から、954人の回答が得られた。本研究では、満足度に関する具体的な項目として、16項目（上述）を取り上げたが、それら16項目の中で1項目でも無回答があった147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807であった。

3. データ処理

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

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

そして満足度に関する15項目については、因子分析法によって因子を抽出し、その解釈を行った。併せて各因子と得点化された改善度についての関連性を検討した。

III. 結果と考察

1. 標本の特性

標本の特性は次の通りであった（表1）。

①性別については、男子が49.4%、女子が50.1%なので、男女構成はほぼ同数であった。②学年については5年生が13.8%、6年生が85.6%なので、5年

表1 標本の特性

① 性別		② 学年		③大会出場回数		④進出ラウンド	
カテゴリ	度数 (%)	カテゴリ	度数 (%)	カテゴリ	度数 (%)	カテゴリ	度数 (%)
1)男子	399 (49.4)	1) 5年生	111 (13.8)	1) 1回目	685 (84.9)	1)予選	549 (68.0)
2)女子	404 (50.1)	2) 6年生	691 (85.6)	2) 2回目	64 (7.9)	2)準決勝	90 (11.2)
3)無回答	4 (0.5)	3)無回答	5 (0.6)	3)無回答	58 (7.2)	3)決勝	151 (18.7)
						4)無回答	17 (2.1)

注1) 標本数 807人

生対6年生の割合は1 : 7であった。③大会出場回数については、1回目が84.9%、2回目が7.9%なので、初出場者の多い大会であった。④進出ラウンドについては、予選が68.0%、準決勝が11.2%、決勝が18.7%なので、決勝進出は約5人に1人の割合で

あった。

2. 満足度と改善度

満足できる項目と改善すべき項目を把握する方法については、次の3つの視点から検討を行った。第

表2 競技運営等に関する満足度・改善度

#	満足度の区分			独立 係数	良い (%)	独立 係数	満足率	距離	角度	修正 指数	改善度	因子 番号
	1. 悪い f (%)	2. 普通 f (%)	3. 良い f (%)									
⑮	70 (8.7)	231 (28.6)	506 (62.7)	0.3763	62.7	72.94	52.73	23.10	51.78	0.42	9.70	1
②	67 (8.3)	326 (40.4)	414 (51.3)	0.2723	51.3	54.27	40.43	10.48	20.96	0.77	8.07	4
⑭	42 (5.2)	298 (36.9)	467 (57.9)	0.3158	57.9	62.08	47.55	12.33	33.54	0.63	7.77	1
⑪	104 (12.9)	246 (30.5)	457 (56.6)	0.2535	56.6	50.90	46.15	3.95	31.85	0.65	2.57	-
⑫	101 (12.5)	336 (41.6)	370 (45.8)	0.1927	45.8	39.98	34.50	18.46	77.88	0.13	2.40	-
⑬	39 (4.8)	257 (31.8)	511 (63.3)	0.2953	63.3	58.40	53.38	9.05	66.91	0.26	2.35	1
⑤	185 (22.9)	255 (31.6)	367 (45.5)	0.1864	45.5	38.85	34.18	19.35	80.17	0.11	2.13	5
①	104 (12.5)	273 (33.8)	433 (53.7)	0.2068	53.7	42.51	43.02	10.24	92.01	-0.02	-0.20	4
④	100 (12.4)	268 (33.2)	439 (54.4)	0.1809	54.4	37.86	43.78	13.64	107.87	-0.20	-2.73	5
⑨	53 (6.6)	221 (27.4)	533 (66.0)	0.2506	66.0	50.38	56.29	6.30	131.54	-0.46	-2.90	2
⑥	31 (3.8)	186 (23.0)	590 (73.1)	0.2841	73.1	56.39	63.95	15.34	110.38	-0.23	-3.53	3
⑩	35 (4.3)	225 (27.9)	547 (67.8)	0.2454	67.8	49.44	58.24	8.26	138.89	-0.54	-4.46	2
③	77 (9.5)	268 (33.2)	462 (57.2)	0.1748	57.2	36.77	46.80	13.61	121.40	-0.35	-4.76	-
⑦	22 (2.7)	151 (18.7)	634 (78.6)	0.2840	78.6	56.37	69.89	20.89	117.25	-0.30	-6.27	3
⑧	47 (5.8)	206 (25.5)	554 (68.6)	0.2085	68.6	42.82	59.10	11.59	173.27	-0.93	-10.78	2
⑩	22 (2.7)	167 (20.7)	618 (76.6)									
⑩	22 (2.7)	167 (20.7)	618 (76.6)									
平均値				0.2485	60.1							
標準偏差				0.0557	9.2							

注1) 標本数 (807人)

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

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

注4) 因子番号は、表3に示してある5つの因子を参照のこと。

注5) 項目

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

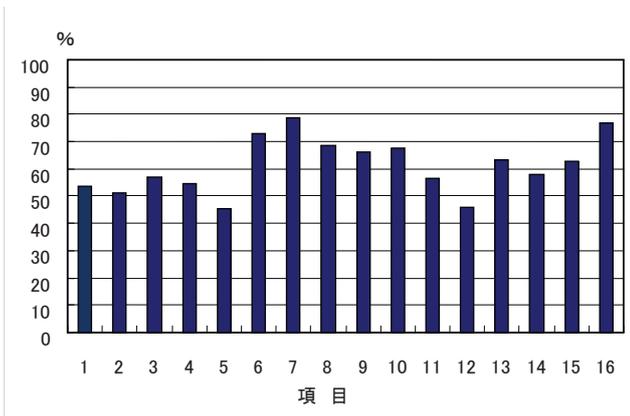


図1 満足率（良い）

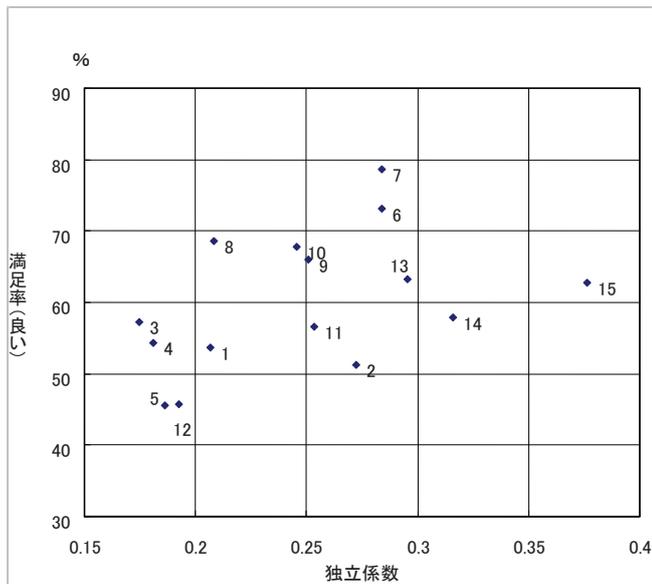


図2 満足率（良い）と独立係数の関係

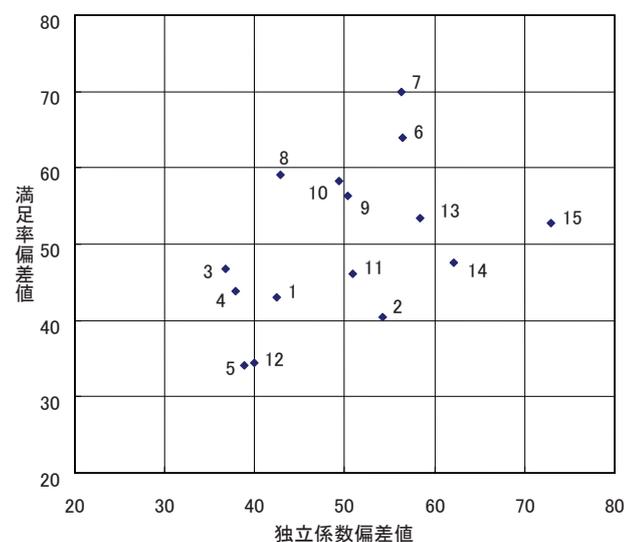


図3 満足率偏差値と独立係数偏差値の関係

1番目は「満足率（良い）」、第2番目は「満足率（良い）」と「独立係数」の関係、第3番目に満足率偏差値と独立係数偏差値をもとに算出した「改善度」に着目した。

1) 満足率（良い）

満足率（良い）をみると（表2および図1）、70%台は2項目（⑦競技場の施設や用具、⑥練習場の施設や用具）、60%台は5項目、50%台は6項目、40%台は2項目（⑫参加した種目の競技開始時刻（はやい・おそい）、⑤競技場のトイレ（数やきれいさ））であった。もし単純に50%以上が満足できる項目であるとするならば、50%未満の項目は改善すべき項目であると考えられる。

2) 満足率（良い）と独立係数の関係

大会運営の総合評価に寄与する貢献度を独立係数でみると（表2および図2）、「⑮競技場に入ってから競技開始前の練習（時間や場所など）」（0.3763）が最も高く、次に「⑭競技会におけるマナーやエチケットの指導」（0.3158）、「⑬競技会のルールや注意事項」（0.2953）、「⑥練習場の施設や用具」（0.2841）、「⑦競技場の施設や用具」（0.2840）等が続く。競技（レースまたは試技）の本番前においては、「⑮競技場に入ってから競技開始前の練習（時間や場所など）」が大会運営の総合評価に大きく影響する要因であることが推察できる。しかし、この項目の満足率は62.7%であり、15項目の中で上位7番目の位置にあった。即ち、この項目は大会運営の総合評価を高める重要な要因であるにもかかわらず、相対的に低い満足率（評価）となっているので、今後、改善すべき項目であると考えられる。国立霞ヶ丘競技場には一周400mまたは300mのサブトラックが設置されていないので、選手はウォーミング・アップを充分することができない状態にあったと推察される。そこで競技日程等のプログラムを工夫して、競技直前における練習の場と時間を確保することが一番重要な課題であると考えられる。

同様に、前述で示したように、「⑭競技会におけるマナーやエチケットの指導」、「⑬競技会のルールや注意事項」の項目は、独立係数がそれぞれ第2位と第3位と高い位置づけであったけれども、満足率（良い）はそれぞれ第8位と第6位という低い位置づけであった。これらの項目も今後の重要な課題であると考えられる。

一方、「⑧練習場における係員の対応のしかた」の独立係数は0.2085で、上から第10番目の位置づけであったが、満足率（良い）は68.6%で第3位で

表3 回転後の因子負荷量行列

項目	因子 1	因子 2	因子 3	因子 4	因子 5	共通性
① 選手村食事	0.1772	0.1476	0.1051	<u>0.5449</u>	0.1417	0.381
② 選手村イベント	0.2267	0.1895	0.1463	<u>0.7266</u>	0.1410	0.657
③ 選手村交流	0.2172	0.1467	0.1027	0.3792	0.1630	0.250
④ 競技更衣	0.2009	0.1523	0.1760	0.1871	<u>0.6418</u>	0.541
⑤ 競技場トイレ	0.1447	0.0912	0.1181	0.1952	<u>0.7963</u>	0.715
⑥ 練習場施設	0.2190	0.1658	<u>0.8532</u>	0.1541	0.2132	0.873
⑦ 競技場施設	0.2338	0.2900	<u>0.7372</u>	0.1905	0.1282	0.735
⑧ 練習場対応	0.1970	<u>0.7298</u>	0.2387	0.2172	0.1347	0.694
⑨ 招集所対応	0.3127	<u>0.7010</u>	0.1948	0.2179	0.1293	0.691
⑩ 競技場対応	0.3285	<u>0.6776</u>	0.1307	0.2022	0.1033	0.636
⑪ サービス	0.3440	0.2283	0.0919	0.3548	0.1730	0.335
⑫ 開始時刻	0.4664	0.2344	0.0475	0.1930	0.1269	0.328
⑬ ルール等	<u>0.6623</u>	0.2474	0.2074	0.2245	0.1178	0.607
⑭ マナー指導	<u>0.6536</u>	0.2014	0.2035	0.2423	0.1586	0.593
⑮ 競技開始前練習	<u>0.5368</u>	0.1988	0.2200	0.1962	0.1552	0.439
因子負荷量の2乗和	2.0283	1.9539	1.6149	1.5482	1.3290	8.474
因子の寄与率 (%)	13.5218	13.0257	10.7659	10.3210	8.8600	
累積寄与率 (%)	13.5218	26.5475	37.3135	47.6345	56.4944	

注1) 標本数 (807人)

注2) 項目の詳細については、表2を参照にこと。

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推察できる。運営のモデルの1つとして考えられるので、今後、具体的な運営方法について詳しく検討していく必要がある。

3) 改善度

管(2004)は、満足率と独立係数から満足率偏差値と独立係数偏差値を算出して図示し(図3)、図中の項目の位置から交点までの角度や距離を測定して数式に代入することで、改善度を算出している。表2は、管の方法により算出した改善度について、値の大きい項目から小さい項目へ並べたものである。

なお、改善度の値が正（プラス）の項目が、今後、改善すべき項目である。具体的には、次の7項目があげられる。

- ⑮ 競技場に入ってから競技開始前の練習（時間や場所など）
- ② 選手村でのイベント（テーマ・内容・時間など）
- ⑭ 競技会におけるマナーやエチケットの指導
- ⑪ 練習場や競技場における水（ペットボトルなど）のサービス
- ⑫ 参加した種目の競技開始時刻（はやい・おそい）
- ⑬ 競技会のルールや注意事項
- ⑤ 競技場のトイレ（数やきれいさ）

一方、改善度の値が負（マイナス）の項目は改善

不要である。具体的には、次の8項目があげられる。

- ① 選手村の食事（内容・食事時間など）
- ④ 競技場の更衣室（きれいさ）
- ⑨ 招集所における係員の対応のしかた
- ⑥ 練習場の施設や用具
- ⑩ 競技場（トラックまたはフィールド）における係員の対応のしかた
- ③ 選手村における他県小学生との交流
- ⑦ 競技場の施設や用具
- ⑧ 練習場における係員の対応のしかた

3. 因子分析の結果とその解釈

15項目の共通性を把握するために因子分析を行った。

807名のデータから計算した15項目の相関係数行列を求め、そして主成分分析から固有値1.00以上の因子が5つ認められた。因子分析（直交回転、バリマックス法）を適用して得られた結果が表3（回転後の因子負荷量行列）である。因子負荷量が0.500以上の項目にアンダーラインを引いた。累積寄与率は56.5%であった。そして各因子の解釈は次のように考えた。

第1因子は、因子負荷量の最も大きい方から小さい方へ、具体的には、「13）競技会のルールや注意事項」、「14）競技会におけるマナーやエチケットの指導」、「15）競技場に入ってから競技開始前

の練習（時間や場所など）」という順であった。これらは本番（レースや試技）の前に社会的常識や心理的・身体的コンディションをできるだけ整える方法と解釈できるので、「コンディショニング方法」と解釈した。

第2因子は、同様に、「8) 練習場における係員の対応のしかた」「9) 招集所における係員の対応のしかた」「10) 競技場（トラックまたはフィールド）における係員の対応のしかた」という順であった。これらは競技役員の小中学生（競技者）に対する対応のしかたと解釈できるので、「審判員対応」と解釈した。

第3因子は、同様に、「6) 練習場の施設や用具」「7) 競技場の施設や用具」という順であった。これらは練習場や競技場の施設用具と解釈できるので、「施設用具」と解釈した。

第4因子は、同様に、「2) 選手村でのイベント（テーマ・内容・時間など）」、「1) 選手村の食事（内容・食事時間など）」の順であった。これらは選手村、つまり選手村のイベントや食事などと解釈できるので、「選手村」と解釈した。

第5因子は、同様に、「5) 競技場のトイレ（数やきれいさ）」「4) 競技場の更衣室（きれいさ）」という順であった。これらは競技場のトイレや更衣室と解釈できるので、「付帯施設」と解釈した。

以上の結果から、5つの因子（コンディショニング方法、審判員対応、施設用具、選手村、付帯施設）は交流大会に係わる競技運営の基礎的構造要因として考えられよう。小中学生（競技者）を指導・育成していく際には、これらの要因を、脳裏において、具体的施策（または事業）を検討すべきである。

4. 改善すべき項目・改善不要の項目と5つの因子の関係

改善すべき項目・改善不要の項目と因子分析による因子との関係を見ると（表2）、まず、改善すべき項目については、3つの項目が第1因子（コンディショニング方法）に、1つの項目が第4因子（選手村）と第5因子（付帯施設）に関係してしていた。とりわけ、改善すべき項目の多かった「コンディショニング方法」に今後大きな課題のあることがわかる。

次に、改善不要の項目については、3つの項目が第2因子（審判員対応）に、2つの項目が第3因子（施設用具）に、1つの項目が第4因子（選手村）

と第5因子（付帯施設）に関係していた。即ち、「審判員対応」と「施設用具」の因子については、現状の方法で次回大会に対応できることが推察できる。

IV. まとめ

本稿のねらいは、交流大会の競技運営に関する満足度・改善度を小学生（競技者）を対象としたアンケート調査から分析することであった。

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

前2者においては満足できる項目と改善すべき項目が推察できたが、とりわけ第3番目の方法は改善度を得点化できるので、今後における競技運営の具体的課題が戦略・戦術の視点から検討することができると考える。

改善度を得点化できると、改善不要の項目については維持戦略を、改善すべき項目については向上戦略で対応することが可能となる。今回の調査においては、「審判員対応」と「施設用具」の因子については維持戦略が、「コンディショニング方法」の因子については向上戦略が該当すると考えられる。とりわけ「コンディショニング方法」の因子に係わる項目については、「⑬競技会のルールや注意事項」、「⑭競技会におけるマナーやエチケットの指導」、「⑮競技場に入ってから競技開始前の練習（時間や場所など）」であり、今後、主催者をはじめ、運営協力の団体、児童の指導者等が有機的な関係を持って、児童に指導・助言をするべきであると考えられる。具体的には、競技前（レースや試技の前）に、社会的常識や心理的・身体的なコンディショニング方法を、できる範囲で、身につけさせておくことが重要であると思う。

競技者からみた競技運営の満足度・改善度については、今後、アンケート調査の質問項目を検討するとともに、異なる年齢の競技者を対象に検討していく必要がある。

<謝辞> アンケート調査の実施にあたって、時間をさいて快く協力して下さった小学生（競技者）の皆さんに厚く感謝申し上げる次第である。また、アンケート調査用紙を配布、回収して下さった

(財) 日本陸上競技連盟普及委員会の方々にも心から感謝申し上げる次第である。

参考文献

- 1) 阿保雅行・長野史尚・神尾正俊 (2006) 日本 I Cにおける混成競技の運営に関する満足度・改善度について、陸上競技研究67、pp. 45-49.
- 2) 管 民郎 (2004) すべてがわかるアンケートデータの分析、現代数学社.

男子 100m 走における、国内 GP にて収集した外国人選手と 末續慎吾選手の疾走速度分析

広川龍太郎¹⁾ 杉田正明²⁾ 松尾彰文³⁾ 阿江道良⁴⁾ 高野進⁵⁾ 末續慎吾⁶⁾
1) 北海道東海大学 2) 三重大学 3) 国立スポーツ科学センター 4) 筑波大学
5) 東海大学 6) ミズノ (株)

I. はじめに

短距離走に関するBiomechanics的研究の中に、レース中の疾走速度の変化を継続的に捉えたものがある。そしてその有用性はコーチらに認められている(阿江他1994)。疾走速度の測定方法に関しては、光電管もしくはVTRカメラを等間隔に配置して、その区間の平均速度を算出する方法(小林1990、阿江他1994)が取られることが多いが、近年ではレーザードップラー式速度測定器が用いられ始めている(金高1999、広川他2004)。これは対象者の後方から一定周波数の半導体レーザーを当て、そのレーザーが反射して返ってくるまでの時間より対象者の位置を時々刻々と検出するものであり、この位置データを微分する事によって、疾走速度が算出される。

疾走スピードの分析とフィードバックは1991年世界選手権に端を発して、今日まで日本選手権や各グランプリ大会、インターハイ等において継続的に行われている。分析結果からレースパターンや最高速度を得て、試合やトレーニングの為にフィードバックしている。データを選手やコーチにフィードバックすることが主な目的のため、日本人選手を対象とすることが殆どであるが、ここでは2004大阪グランプリ大会と2003水戸国際において得られた、ジャスティン・ガトリンの9秒97、モーリス・グリーンの10秒04(どちらもアメリカ)、パトリック・ジョンソン(オーストラリア)の10秒05のトップデータに加えて、その記録と同等の日本人選手の結果として2003水戸国際における末續慎吾10秒03を加えた物をここに報告する。

II. 方法

1. 疾走速度の測定方法

レーザードップラー式速度測定器Laveg-Sport 300C (Jenoptik/ヘンリージャパン社)を用いて、レース中の疾走速度を測定した。サンプリング周波数は100Hzであり、平滑化処理はローパスバターワースフィルタを用いた。最適遮断周波数はWinterの方法(Winter1990)を用いて算出し、0.5~1Hzの間とした。

III. 結果及び考察

図1に0~100m中のスピード曲線を示した。図中の矢印は最高速度の98%以上を維持している区間、●印は最高速度の出現した位置である。表1は図1に関する数値の一覧である。

1. レースのパターンについて

阿江は疾走速度の変化を4パターンとして捉え、次の様に分けている。

- A: 速度が2つのピークを示した後、ゴールまで徐々に減少する二峰性のパターン
- B: ピークが1つのみの単峰性パターン
- C: 速度が2つのピークを示した後、減少するが、ゴール前で再び速度がわずかに増加するパターン
- D: 速度が3つのピークを示した後、ゴールまで徐々に減少する三峰性のパターン

今回は曲線に多少のうねりがあるものの、全ての結果がBであった。1991年世界選手権では、AとBのパターンを合わせて86%を占めていたが、当時の世界記録(9秒86)を出した時のカール・ルイスのパターンはAであった。また決勝に進んだ競技者は一次予選から決勝までの4ラウンドにおいて、常に同

表1 最高速度とその地点、速度の維持区間とその距離

	記録(秒)	最高速度 (m/s)	地点 (m)	98%速度開始地点(m)	98%速度終了地点(m)	その区間 距離(m)	最高速より 前半(m)	最高速より 後半(m)	前半 (%)	後半 (%)
2004大阪GP・ガトリン	9"97	11.75	52.2	36.6	74.6	38.0	15.6	22.4	41.1	58.9
2003水戸・末續慎吾	10"03	11.54	54.3	34.0	77.9	43.9	20.3	23.6	46.2	53.8
2004大阪GP・グリーン	10"04	11.61	54.0	37.5	75.5	38.0	16.5	21.5	43.4	56.6
2003水戸・ジョンソン	10"05	11.60	58.9	39.5	85.6	46.1	19.4	26.7	42.1	57.9

表2 最高速度一覧

	記録 (sec)	最高速度 (m/s)	到達地点 (m)	大会名
B. ジョンソン※	9.79	12.05	50-60	88Seoul
D. ベイリー	9.84	12.10	59.8	96Atlanta
C. ルイス	9.86	12.05	70-80	91東京
M. グリーン	9.86	11.87	58.1	97Athenes
R. バレル	9.88	11.90	70-80	91東京
D. ミッチェル	9.91	11.63	60-80	91東京
C. ルイス	9.92	12.05	50-60	88Seoul
A. ボルドン	9.93	12.00	85.0	96Atlanta
F. フレデリクス	9.94	12.00	72.4	96Atlanta
J. ガトリン	9.97	11.75	52.2	04大阪GP
末續慎吾	10.03	11.54	54.3	03水戸
M. グリーン	10.04	11.61	54.0	05大阪GP
P. ジョンソン	10.05	11.60	58.9	03水戸
朝原宣治	10.05	11.67	50-60	02日本選手権
伊東浩司	10.08	11.63	50-60	98日本選手権
末續慎吾	10.13	11.57	55.7	03日本選手権
J. ガトリン	10.15	11.57	55.1	05大阪GP

※ドーピングにて失格
(杉田らより広川改変)

じパターンではなかったと報告されている(阿江他1994)。このことから、今回全員が同じパターンであったのは珍しいことかもしれない。

またガトリンは曲線の立ち上がりが鋭く、他の

10秒台の選手と比べて加速能力の高さが伺えた。10m/sへの到達位置をみると、ガトリンは13mで到達しているが、他の選手は16-18m付近であり、4m以上の差があった。

2. 最高速度について

ガトリンの11.75m/sが最も速く、その出現位置はスタート後52.2mであった。9秒台で走る競技者は概ね60m以降に11.63m/s以上のピークが来る(杉田他2003)と報告されているが、この時のガトリンは比較的早い段階で最高速度に到達したことがわかった。またグリーンは11.61m/sを54.0mで、ジョンソンは11.60m/sを58.9mで、末續は11.54m/sを54.3mで記録した。これらのことより、外国人選手の方が最高速度はやや速いが、走記録が同じ位であれば、日本人も外国人も最高速度の出現位置は殆ど変わらないことがわかった。また表2は先行研究のデータと

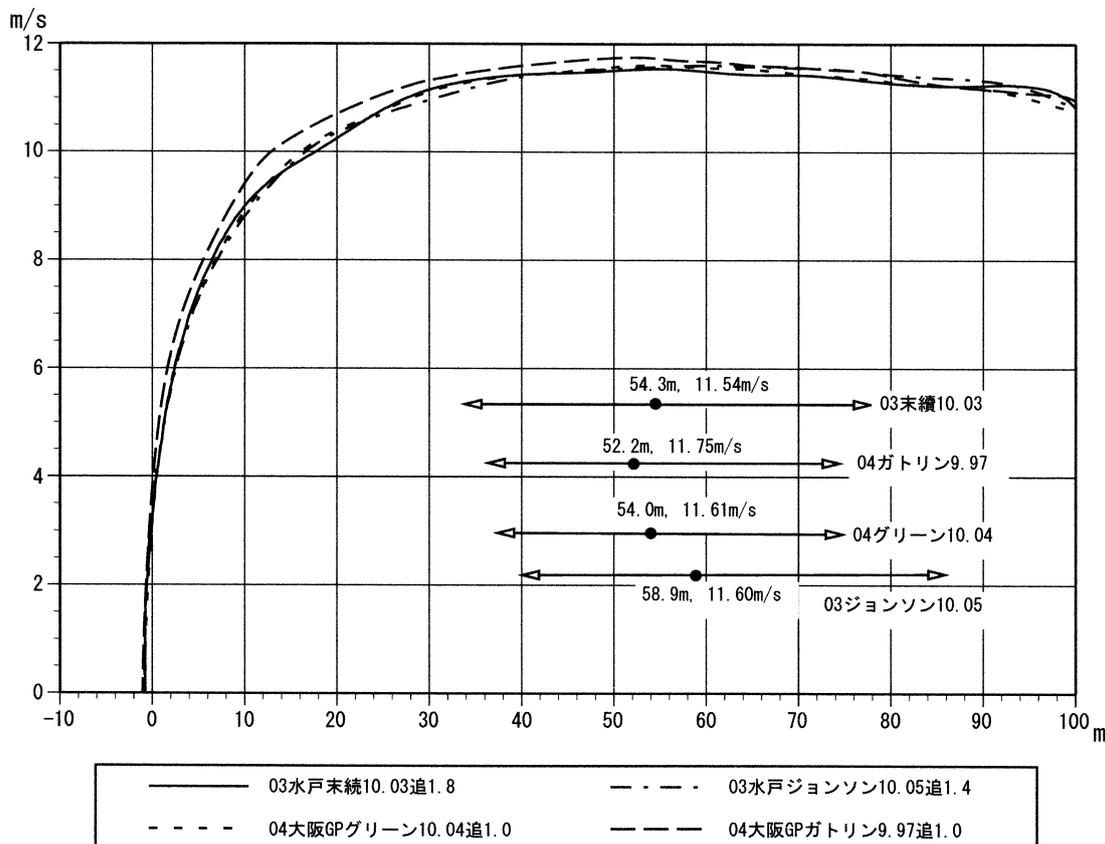


図1 スピード曲線

今回収集したデータを纏めたものである。

3. 速度の維持について

高い疾走速度がより長く持続されていれば、それだけタイムは短縮されると考えられる。そこで最高速度の98%以上で走る区間の長さを検討した（広川他2004）。長い順にジョンソンが46.1m、末續が43.9m、ガトリンとグリーンは38.0mであった。40m以上維持する末續やジョンソンは速度の維持能力が高いと思われる。また最高速度の出た地点から二分割し、速度維持距離の前半・後半の割合を検討した。俗な言い方をすると、前半の割合が高ければ「素早く上げてくるが、タレるのも早い」、後半が高ければ「ピークを過ぎてても頑張っている」ということとなるが、全ての選手が後半の方が割合が高かった。筆者らの持つ未発表資料の中に、10秒1〜4台のデータがあるが、それらの中では後半の割合が小さいものも少なくない。このことから、世界レベルで活躍するには最高速度の向上だけでなく、維持能力の高さも要求されることが伺えた。

IV. まとめ

外国人選手と末續慎吾を交えて9秒97〜10秒05の記録における疾走速度を分析した。その結果

- 1) 総て単峰性のレースパターンであった
- 2) 最高速度はガトリンの11.75m/sが最も速かった。
- 3) 最高速度の出現位置はあまり変わらなかった。
- 4) 最高速度の維持距離はジョンソンの46.1mが一番長かった。

参考文献

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. 世界一流競技者の技術, ベースボールマガジン社, 14-28.

金高宏文 (1999) レーザー速度測定器を用いた疾走速度測定におけるデータ処理の検討. 鹿屋体育大学学術研究紀要22号, 99-107.

小林寛道 (1990) 疾走速度の分析. 走る科学, 50-56.

広川龍太郎, 高野進, 末續慎吾, 金子太郎, 植田恭史 (2004) 陸上競技短距離走者“末續慎吾”の100m走中の疾走速度分析. 東海大学紀要体育学部 No. 34, 93-96.

杉田正明, 広川龍太郎, 阿江道良 (2003) 日本選手権の男女100m走中のスピード分析. 陸上競技の医学サポート研究REPORT2003, 19-23.

Winter D.A. (1990) Biomechanics And Motor Control Of Human Movement. Wiley Inter-Science, 41-45

小学生のボール投げに関する実態について
—平成17・18年度全国小学生陸上競技交流大会
ソフトボールアンケートより—

宮崎明世¹⁾ 西信之²⁾ 原田伸宏³⁾

1) 筑波大学附属高校 2) 東京都立駒場高校 3) 東京都八王子拓真高校

I. はじめに

平成16年度、全国小学生陸上競技交流大会も第20回を数えることとなり、オープン競技としてソフトボール投げが導入された。この年は関東近県からの参加のみであったが、平成17年度は北海道から三重までの男子、滋賀から沖縄までの女子の参加によりオープン競技として実施された。平成18年度は男女の参加県を入れ替えて実施し、平成19年度より正式種目として導入されることとなった。本調査は種目の正式導入を前に平成17年度・18年度の2年間にわたって、現在選手として出場している子どもの実態を把握し、今後に役立てるために行われた。

投げる動作は走・跳・投という人間の運動の基本であり、種目としても陸上競技の3つの柱に位置付けられている。同時に投運動は子どもの頃からの経験が動作の獲得に大きく影響し、将来のパフォーマンスにつながるものである。そういった意味でも子どもの投げる運動の普及は重要な課題であり、このボール投げ種目の導入が投げる動作指導への理解と、種目への動機づけになればと考える。以下に結果を報告する。

II. 調査方法

平成17年度及び平成18年度全国小学生陸上競技交流大会のソフトボール投げ出場選手全員（平成17年度：男子23名、女子23名、平成18年度：男子23名、女子24名）に対し、質問紙形式によるアンケート調査を行った（資料1）。回答は選手本人が記入、若しくは引率責任者が選手本人に質問して代筆する形でなされた。回収率は平成17年度97.9%、平成18年度93.6%であった。

III. 結果と考察

1. 身体的特徴について（表1）

参加選手の平均身長、平均体重をみると、男子で17年度157.1cm（MAX 172cm, MIN 138cm, SD 7.65）、18年度158.0cm（MAX165cm, MIN150cm, SD5.48）、女子では17年度151.2cm（MAX 164cm, MIN 140cm, SD 6.36）、18年度156.4cm（MAX162cm, MIN147cm, SD4.29）で、この年齢の全国平均（文部科学省、2007）（17年度男子145.1cm, 女子146.9cm, 18年度男子145.1cm, 女子147.0cm）を男女ともに大きく上回っていることがわかる。2年間を比較すると、女子の身長の平均は18年度のほうが5cm以上高かった。男女ともに18年度ははばらつきが少なかった。

また、体重についてもその平均は男子17年度47.1kg（MAX 67kg, MIN 35kg, SD 8.62）、18年度46.8kg（MAX58kg, MIN37kg, SD5.91）女子では17年度42.9kg（MAX 58kg, MIN 35kg, SD 5.86）、18年度46.6kg（MAX65kg, MIN32kg, SD6.75）となり身長と同様に全国平均（17年度男子39.0kg, 女子39.6kg, 18年度男子38.8kg, 女子39.5kg）を大きく上回っている。女子は身長と比例して昨年よりも大きい傾向が見られた。

このことから、投てき種目を行う選手は同年代の中でも比較的体格の良い子どもが選ばれているといえるであろう。投てき選手の身体が大きい傾向は小学生でもすでに見られるということか、または子どもにも種目を選択させる際の大人の先入観が影響していることも考えられる。

ボール投げに出場している選手の特徴を明らかにするには、他種目の参加選手の調査を行い比較検討すべきであるが、その際には質問項目も検討する必要があると思われる。現段階では今回の調査で得ら

れた結果から、一般的な傾向に言及するにとどめる。

表1 身体的特徴

		男子		女子	
		2005	2006	2005	2006
身長 (cm)	AVE	157.1	158.0	151.6	156.4
	MAX	172	165	164	162
	MIN	138	150	140	147
	S. D	7.65	5.48	6.48	4.29
体重 (kg)	AVE	47.1	46.8	42.9	46.6
	MAX	67	58	58	65
	MIN	35	37	35	32
	S. D	8.62	5.91	6.00	6.75

2. 環境について (表2-1, 2-2)

子どものスポーツ参加はその子どもの置かれている環境に左右されると考えられる(海老原他1983)。兄弟姉妹の有無と日頃遊んでいる相手について質問した。平成17年度の結果から、男子について兄のいる子どもは全体の34.8%、姉は30.2%で兄と姉を合わせると69.6%と高い確率であった。それに対し年下の弟または妹がいる子どもは30.4%で、一人っ子は4.4%(1人)であった。女子では兄がいる子どもは54.5%、姉は36.4%で兄と姉を合わせると81.8%となった。年下の弟妹は45.5%で一人っ子はいなかった。この結果を見ると年上の兄姉がいる子どもは男女を通して全体の75.6%で、弟妹の37.8%と比べて非常に高い確率であった。この傾向は特に女子に強く、年長の兄姉がいることが運動または投運動に早くから親しむ要因の一つと考えられる。また、女子に関しては男の兄弟がいる確率は72.7%であり、姉妹のいる確率(31.8%)よりも明らかに高かった。一人っ子が男女を通して1名しかいないことも、子どものスポーツ参加に環境が影響を及ぼしていることをうかがわせる。これと比較して18年度の調査では、年上の兄姉がいる子どもが弟妹のいる子どもより多い傾向はより顕著に伺える(兄姉のいる子どもは男子の77.3%、女子の90.9%を占めている)。男子よりも女子にこの傾向が強いことも昨年よりも顕著であった。

この傾向はスポーツ参加自体に当てはまることとも考えられ、今回の調査だけでは、ボール投げ選手特有の特徴であるとは断定できない。

表2-1 兄弟姉妹の有無

	男子				女子			
	2005		2006		2005		2006	
	人	%	人	%	人	%	人	%
兄	11	47.8	11	50.0	12	52.2	12	54.5
姉	8	34.8	8	36.4	8	34.8	8	36.4
弟	4	17.4	5	22.7	5	21.7	3	13.6
妹	4	17.4	5	22.7	5	21.7	3	13.6
なし	1	4.3	1	4.5	0	0	1	5
兄姉	16	69.6	17	77.3	18	78.3	20	90.9
弟妹	7	30.4	9	40.9	10	43.5	6	27.3
兄弟	15	65.2	15	68.2	17	73.9	14	63.6
姉妹	12	52.2	14	63.6	13	56.5	10	45.5

日頃一緒に遊ぶ友達に関する質問では、どちらの調査においても大半が同年齢の友達と答えており、特に女子ではそれ以外の回答は少なかった。男子に関しては年齢の違う友達や兄弟姉妹の回答も見られたが全体を通して一定の傾向は見られなかった。遊びの質が変容し、遊び場も少なくなっている現在、年齢の違う子ども達の集団はできにくくなっており、今回の結果もそのことを裏付けるものであった。

表2-2 日頃一緒に遊ぶ相手

	男子				女子			
	2005		2006		2005		2006	
	人	%	人	%	人	%	人	%
同年友人	20	87.0	19	86.4	20	90.9	17	77.3
年上友人	4	17.4	3	13.6	2	9.1	2	9.1
年下友人	2	8.7	4	18.2	1	4.5	4	18.2
兄弟	6	26.1	0	0	0	0	3	13.6
姉妹	7	30.4	0	0	0	0	1	4.5
母	1	4.3	0	0	0	0	0	0
父	0	0	0	0	0	0	0	0
その他	1	4.3	0	0	0	0	0	0

3. 現在おもに行っているスポーツについて(表3)

投運動を正式種目として設定した場合、どんな子どもが選手として出場してくるのだろうか。現在主に行っているスポーツについて質問した。

17年度の調査から男子では全体の77.3%が野球と回答し、サッカーが13.7%、陸上とソフトボールが9.1%であった。女子では野球が40.9%、陸上31.8%、ソフトボール9.1%、バレーボールが18.2%であった。男女を問わずその大半がオーバーハンドスローまたは同様の打型の運動を主として行う球技を行っていることがわかった。また、18年度の調査でも前年度とほぼ同様の結果が得られた。

小学生では種目を専門化することは望ましくなく、いろいろな運動を行わせることが期待される。

他の運動種目を行っている子どもが陸上競技の投運動に触れ、将来投てき競技に興味を持つことも考えられる。今回の結果は、日頃他の運動種目を主に行っている子どもがボール投げの選手として出場していることを示している。これらの選手が手取り早く結果を出せるだけの存在となるべきではなく、今後は投運動を陸上運動の指導の中にもしっかりと位置付け、他の運動要素とともに指導していくこと

表3 現在行っているスポーツ

	男子				女子			
	2005		2006		2005		2006	
	人	%	人	%	人	%	人	%
野球	17	77.3	16	72.7	9	40.9	6	27.3
サッカー	3	9.1	0	0	0	0	0	0
ソフトボール	2	13.6	3	13.6	2	9.1	7	31.8
陸上	2	9.1	3	13.6	7	31.8	4	18.2
空手	1	4.5	0	0	1	4.5	0	0
柔道	0	0	0	0	1	4.5	0	0
バレーボール	0	0	0	0	4	18.2	2	9.1
バスケット	0	0	1	4.5	0	0	2	9.1
レスリング	0	0	1	4.5	0	0	0	0
アイスホッケー	0	0	0	0	0	0	1	4.5

が望まれる。

練習頻度、練習時間に関する質問では回答形式が多岐にわたり、一定の傾向は見られなかった。しかし、陸上競技では練習時間があまり長くないようにすることが浸透してきている中で、野球の練習時間が長い傾向が見られた。今回の調査では詳細について明らかにすることはできなかった。

4. これまでの運動経験について (表4)

選手のこれまでの運動経験を聞いたところ (複数回答)、男子では野球、サッカー、バスケットボール、水泳、女子では野球、ソフトボール、バスケットボール、水泳、卓球など、そのほかには地域の特色を反映した種目の少数挙げられた。17年度については、男子に比べ女子の方が多様な種目の運動経験を挙げていたが、18年度にはその傾向は見られなかった。また男子は野球が全体の60%近くを占めており、女子でも野球、ソフトボール、バレーボールなどの種目が多く、投運動に取り組む選手には、オーバーハンドスロー及びそれに類する動きを主とする競技の影響が大であることが確認された。

表4 これまでのスポーツ経験

	男子				女子			
	2005		2006		2005		2006	
	人	%	人	%	人	%	人	%
野球	13	59.1	12	54.5	8	36.4	5	22.7
サッカー	4	18.2	0	0	0	0	0	0
バスケット	2	9.1	2	9.1	4	18.2	3	13.6
水泳	2	9.1	0	0	4	18.2	0	0
空手	1	4.5	0	0	1	4.5	0	0
テニス	1	4.5	1	4.5	1	4.5	0	0
クロスカントリースキー	1	4.5	0	0	0	0	0	0
ソフトボール	0	0	1	4.5	4	18.2	4	18.2
卓球	0	0	1	4.5	2	9.1	2	9.1
ゲートボール	0	0	0	0	1	4.5	0	0
ドッジボール	0	0	1	4.5	0	0	0	0
バレー	0	0	0	0	0	0	3	13.6
アイスホッケー	0	0	0	0	0	0	1	4.5

5. 選手の志向、将来の希望について (表5-1, 5-2)

選手の好きなスポーツ、テレビでよく観るスポーツについて質問した (複数回答)。

17年度の結果から男子では好きなスポーツの86.4%が野球、サッカーが27.7%で、その他は10%に満たなかった。テレビでよく観るスポーツ (複数回答) は野球が95.5%、サッカーが22.8%となり、野球が大半を占める結果となった。これに対し女子では好きなスポーツで野球が占める割合は45.5%で男子と比べると低く、他にサッカー、ソフトボール、バスケットボールなどがあげられた。好きな種目として挙げられたスポーツは女子の方が多様であった。テレビでよく観るスポーツは野球が68.2%、バレーボールが22.8%であり、男子とは異なる結果となった。18年度の結果は17年度とほぼ同様の結果であったが、サッカーと答えた子どもはおらず、その代わりにバスケットという回答があった。18年度の調査ではじめて挙げたスポーツはドッジボール、バレー、アイスホッケー、卓球であった。

メディアを通してスポーツに触れることは、子どものスポーツ参加に大きな影響を与えると思われる。スポーツ中継も時代の変化を反映しており、子ども達が目に触れる機会の多い種目に興味を持つのは当然のことであろう。プロ組織の存在もメディアや子ども達の動機づけに大きく影響する。

最後に将来の希望についての質問では、17年度では男子の81.9%が野球と回答したのに対し、女子では野球が18.2%、ソフトボールが31.9%であった。やはり高校野球やプロ野球の影響が大きく出ており、女子が野球を続けても将来の受け入れ先がない結果として、近年オリンピックなどで活躍の目立

つ、ソフトボールがこれに代わるものとなったのであろう。また、男子では野球以外のスポーツはほとんどあげられなかったのに対し、女子では上記のほかにバレーボール(18.2%)、陸上競技(18.2%)があげられた。これは好きなスポーツについての回答と同様の結果であった。このような結果は18年度もほぼ同様であった。

「将来やりたいスポーツ」に陸上競技をあげた選手は17年度の調査では女子の18.2%にとどまったが、18年度では男子の13.6%、女子の18.2%であった。多少の違いはあるにせよ非常に低い率であり、陸上競技の普及の上では今後の検討課題となろう。

表5-1 好きなスポーツ

	男子				女子			
	2005		2006		2005		2006	
	人	%	人	%	人	%	人	%
野球	19	86.4	19	86.4	10	45.5	10	45.5
サッカー	6	27.3	0	0	3	13.6	0	0
水泳	1	4.5	0	0	1	4.5	0	0
スキー	1	4.5	0	0	0	0	1	4.5
ソフト	0	0	0	0	2	9.1	3	13.6
バスケ	0	0	3	13.6	2	9.1	6	27.3
ハンド	0	0	0	0	1	4.5	0	0
柔道	0	0	0	0	1	4.5	0	0
バドミントン	0	0	0	0	1	4.5	0	0
トッチボール	0	0	2	9.09	0	0	1	4.5
バレー	0	0	1	4.55	0	0	1	4.5
アイスホッケー	0	0	0	0.00	0	0	1	4.5
卓球	0	0	0	0.00	0	0	1	4.5

表5-2 将来やりたいスポーツ

	男子				女子			
	2005		2006		2005		2006	
	人	%	人	%	人	%	人	%
野球	18	81.2	19	86.4	4	18.2	3	13.6
ソフト	0	0	0	0	7	31.8	7	31.8
バレー	0	0	0	0	4	18.2	2	9.1
陸上	0	0	3	13.6	4	18.2	4	18.2
サッカー	1	4.5	0	0	0	0	0	0
クロスカントリースキー	1	4.5	0	0	0	0	0	0
アメフト	1	4.5	0	0	0	0	0	0
空手	0	0	0	0	1	4.5	0	0
ハンド	0	0	0	0	1	4.5	0	0
バスケ	0	0	0	0	0	0	2	9.1
マラソン	0	0	0	0	0	0	1	4.5

6. まとめ

本調査では平成17年度及び18年度全国小学生陸上競技交流大会のソフトボール投げ出場選手を対象に、選手の身体状況、選手のおかれた環境、おもに

取り組んでいるスポーツ種目、スポーツ経験、選手の志向等について、これまで述べてきたような結果を得た。本調査結果はあくまでもこの2年間の出場者に関する傾向を示すにとどまり、投運動に取り組む子どもや指導者すべてに摘要できるものではないが、ソフトボール投げの正式導入に備え、オープン種目としての2年間で全国の男女すべての都道府県を対象にアンケートを行ったことになる。同様の方法及び内容で2回の調査を行ったが、その結果は2回の調査で非常に類似したものとなり、現時点でのボール投げに出場してくる選手の傾向はつかめたといえるであろう。

この2年間の調査はあくまでも今回の出場者に関する傾向を示すにとどまるもので、今後は他種目との比較や、一般のスポーツに参加していない子どもとの比較など、さまざまな面から調査研究を行うことが考えられる。

ソフトボール投げが正式種目として導入されるにあたり、子どもの現時点での結果を追い求めるのではなく、子どもたちのために将来を見据えた指導を原点とし、今後も投運動の普及に取り組むべきであろう。

参考文献

- 海老原修, 桜井伸二, 宮下充正(1983) 就学前児童のスポーツ参加が投動作に及ぼす影響について.
J. J. SPORTS SCI. 2-1, 72-78
文部科学省 平成17年度, 平成18年度学校保健統計調査 (2007)

資料1 全国小学生陸上競技交流大会

ソフトボール投げ出場者アンケート

このアンケートは日本陸上競技連盟普及委員会が投運動の調査・研究のために行うもので、回答された内容は研究のみに使用し、その他にはいっさい使用しません。

この研究は子ども達の発育発達にともなった指導のあり方を探るために行うものです。ご理解のうえご協力ください。

所属県 _____

氏名 _____

- 1, 身長 _____ cm
体重 _____ kg
- 2, ソフトボール投げのベスト記録 _____ m
- 3, 兄弟姉妹の有無 兄 _____ 人 姉 _____ 人
弟 _____ 人 妹 _____ 人
- 4, あなたは日頃誰と一緒に遊ぶことが多いですか、○をつけてください。
同じくらいの年の友達・年上の友達・
年下の友達・兄弟・姉妹・母親・父親・その他
- 5, あなたが現在おもに行っているスポーツは何ですか。 _____
また、そのスポーツをどれくらい練習していますか。週 _____ 回 一回の練習は _____ 約時間
- 6, あなたが今までに学校の体育の授業以外で、練習したことのあるスポーツは何ですか。
- 7, 陸上競技以外で、あなたの好きなスポーツは何ですか。
- 8, テレビでスポーツ中継を見ますか、おもに何のスポーツ中継を見ますか。
- 9, 将来はどんなスポーツをやりたいですか。

日本陸上競技連盟 普及委員会
投運動研究プロジェクト

第22回全国小学生陸上競技交流大会に出場した優秀選手の 体力、心理的側面と疾走能力について

伊藤宏¹⁾ 岡野 進²⁾ 井筒紫乃³⁾ 三宅 聡⁴⁾

1) 静岡大学 2) 明海大学 3) 城西国際大学 4) (財)日本陸上競技連盟

I はじめに

日本陸上競技連盟普及委員会（以下、「普及委員会」とする）では、2005年4月からこれまで以上に現場での課題解決に対応できるようにと、いくつかの「調査・研究プロジェクト」を立ち上げてきた。

その中で「全国小学生優秀選手育成プランの検討」プロジェクトが立ち上げられ、第21回「全国大会」に出場した選手をいかに指導し、育てていけば良いかという課題に対応するため、2005年9月、第21回「全国大会」で、各種目の優勝者ならびにその指導者を集めた「第1回全国小学生陸上競技優秀選手研修会（以下、「研修会」とする）を実施してきた。

本報告は、昨年度から継続され育成プランの一環で、第22回「全国大会」に出場した選手の中から、各種目の優勝者を対象にして彼らの身体的（形態・体力・運動能力）心理的・疾走能力を測定し、さらに分析結果を明らかにし、これからの選手育成の課題とされている陸上競技の「一貫指導システム（競技者育成プログラム策定）構築」のための資料となることを目的にした。

II 研究方法

1. 優秀選手の選考条件と研修会について

第22回「全国大会」出場選手の中から優秀選手（今回は、各種目の優勝者）を選出し、将来の有望選手としての意識・意欲づけと、彼らの指導者に陸上競技の一貫指導（発育発達に応じた指導の重要性）を理解してもらうことをねらいとして、「横浜市の日産スタジアム」で開催された「2006スーパー陸上」を観戦してもらうと同時に、一貫指導に関する研修ならびに参加選手の体力、心理的側面と疾走

能力の測定を行うことにした。

選手選考条件は、以下の2点から行なった。

- 1) 各種目（100m、80mH、走幅跳、走高跳）優勝者男女1名ずつの8名と、4×100mリレーの男女優勝チーム（各4名）の、男女合計16名を選抜した。
- 2) 選手選考に当たっては、「中学校でも継続して陸上競技を行うこと、また将来オリンピック選手になりたいという意欲（高いモチベーション）を持っている者」であること。また、「5・6年生時の新体力テストの提出と、今後日本陸上競技連盟の調査に協力できること」等を条件とした（岡野ら、2005）。以上の選考の結果、今回の「研修会」参加選手は、男子6名女子7名合計13名であった。

2. 測定・調査方法

選手の測定は、2006年9月23日に「日産スタジアム」内の「横浜市スポーツ医科学センター」において、形態面、体力面の測定を行ない、また翌24日に、同サブトラックにおいて、60m疾走中の疾走フォームの測定を行なった。また、選手の心理面・生活面に関する調査を、23日の夜の研修時に行なった。

1) 測定項目

「横浜市スポーツ医科学センター」で行なった測定項目は、立位体前屈、全身反応時間、垂直跳び、骨量ならびにBMI、体脂肪率、足底荷重分布であった。また、「普及委員会」が行なった調査・測定は、日常生活調査、運動能力感、不定愁訴、疾走感、PCI（心理的コンディション調査）、60m疾走能力（速度、歩数頻度、歩幅、疾走フォーム）であった。

- 2) 新体力テスト（結果）については、参加選手から提出されたものである。

表1 全国小学生陸上優秀選手選抜体力測定結果一覧表

女子選手		100m	80mH	LJ	HJ	Relay1	Relay2	Relay3	
形態計測	身長(cm)	156.6	151.9	157.1	158.2	155.3	155.9	147.0	
	体型	体重(kg)	45.8	40.7	44.1	43.8	47.0	43.1	40.8
		BMI(kg/m ²)	18.7	17.6	17.9	17.5	19.5	17.7	18.9
		上腕背部(mm)	8.0	11.0	10.5	10.5	13.5	7.0	12.0
	皮脂厚	肩甲骨下部(mm)	8.0	8.0	8.5	6.5	9.0	7.0	10.0
		腹部(mm)	7.0	6.5	11.0	7.0	10.0	6.5	11.0
		推定体脂肪率(%)	12.1	13.4	15.0	12.7	15.4	11.4	16.1
	形態	肩峰幅(cm)	36.8	32.6	34	35	34.2	33	33.1
		骨盤幅(cm)	26.7	23.2	23.0	27.9	25.0	24.8	24.0
		下肢長(cm)	78.9	79.2	80.9	80.2	77.1	78.4	74.2
骨量	音響的骨評価値(×10 ⁶)	2.96	2.53	2.66	3.04	2.86	2.99	2.62	
柔軟性	立位体前屈(cm)	19.5	8.0	17.0	8.0	18.5	15.0	5.5	
バランス	片脚立ち	右 左右(N)	1.89	1.30	3.05	1.37	2.50	1.68	2.54
		前後(N)	1.99	1.31	1.71	1.31	2.31	1.65	2.45
		上下(N)	3.88	2.73	5.09	2.19	4.03	2.94	4.15
		左 左右(N)	1.61	1.39	2.63	1.12	2.09	1.86	2.95
		前後(N)	1.45	1.15	1.75	1.06	1.88	1.37	1.96
		上下(N)	4.64	2.49	4.18	2.18	3.81	3.40	6.47
敏捷性	全身反応時間(音)	反応開始時間(msec)	133.8	148.6	162.2	161.6	140.2	153.2	148.8
		筋収縮時間(msec)	131.2	123.0	119.0	117.0	112.2	93.0	122.6
		全身反応時間(msec)	265.0	271.6	281.2	278.6	252.4	246.2	271.4
瞬発・パワー系	垂直跳び	CMJ(cm)	50.0	—	39.1	32.5	42.4	40.6	39.2
		CMJ腕ふりなし(cm)	41.9	—	31.0	30.9	35.2	34.7	35.9
		連続跳躍(cm)	38.3	—	33.0	33.5	31.0	28.3	31.6
		パワー(watt)	678.0	—	580.1	529.4	590.1	527.2	665.5
		/kg	44.7	—	34.0	33.5	30.7	37.8	30.5
		スクワット連続(cm)	39.1	—	28.7	30.3	28.3	34.0	27.1
		パワー(watt)	211.6	—	173.6	190.8	212.0	204.5	203.2
/kg	13.9	—	10.2	12.1	11.0	14.7	9.3		

表2 全国小学生陸上優秀選手選抜体力測定結果一覧表

男子選手		100m	80mH	HJ	Relay1	Relay2	Relay3	
形態計測	身長(cm)	161.7	158.9	166.0	154.4	162.9	165.0	
	体型	体重(kg)	52.9	48.6	46.0	45.9	57.0	57.9
		BMI(kg/m ²)	20.2	19.2	16.7	19.3	21.5	21.3
		上腕背部(mm)	7.0	5.0	5.0	7.5	8.0	13.0
	皮脂厚	肩甲骨下部(mm)	7.5	6.0	5.0	6.5	8.0	9.0
		腹部(mm)	7.5	4.5	7.0	6.5	9.5	8.5
		推定体脂肪率(%)	11.2	9.2	10.1	11.1	12.1	13.8
	形態	肩峰幅(cm)	37.2	36.1	35.5	36.4	39.3	38.5
		骨盤幅(cm)	25.5	25.5	24.6	25.0	27.6	26.6
		下肢長(cm)	82.5	80.7	89.7	80.0	82.1	85.9
骨量	音響的骨評価値(×10 ⁶)	2.69	2.61	2.90	2.64	3.11	2.44	
柔軟性	立位体前屈(cm)	4.0	11.5	18.5	-3.5	11.0	8.0	
バランス	片脚立ち	右 左右(N)	2.02	1.64	2.83	1.20	2.62	3.81
		前後(N)	1.27	2.24	1.81	1.56	2.46	2.96
		上下(N)	4.27	3.35	4.26	2.51	5.60	7.40
		左 左右(N)	1.54	1.70	2.63	1.31	2.65	5.05
		前後(N)	1.31	1.92	1.78	1.67	2.45	3.60
		上下(N)	2.82	3.58	3.70	2.56	4.79	5.88
敏捷性	全身反応時間(音)	反応開始時間(msec)	166.4	174.0	175.25	209.8	182	192.4
		筋収縮時間(msec)	99.2	118.6	93.8	122.6	118.0	89.6
		全身反応時間(msec)	265.6	292.6	269.0	332.4	300.0	282.0
瞬発・パワー系	垂直跳び	CMJ(cm)	52.1	44.0	40.9	44.8	38.6	41.6
		CMJ腕ふりなし(cm)	43.1	38.0	34.4	38.1	33.5	34.9
		連続跳躍(cm)	29.2	33.5	26.6	26.7	23.9	30.9
		パワー(watt)	459.3	369.4	315.9	383.7	361.6	469.8
		/kg	33.1	30.7	27.4	28.2	23.5	26.2
		スクワット連続(cm)	39.2	36.8	30.6	35.2	29.8	38.7
		パワー(watt)	178.5	137.8	126.8	161.8	148.5	225.6
/kg	12.8	11.4	11.0	11.9	9.6	12.6		

Ⅲ 結果と考察

1. 身長と体重について

優秀選手の身長と体重の平均値と標準偏差を表1、2に示した。男子女子の身長と体重は、全国平均値を有意に上回っていた。BMI値からは、女子の瘦身傾向がはっきりと見られた。以上の結果、今回の優秀選手の形態値は、同世代のそれらよりも明確に上回っていることが分かった。

加藤ら(1999)は、「全国大会」出場選手の形態値が有意に大きいことから、男女とも早熟傾向にあることを報告しているが、今回測定した優秀選手の体脂肪率や骨量からは、脂肪が少なく、骨がしっかりしていることが分かった。いずれにしても、選手が早熟傾向であるかどうかの判断は、形態面だけでなく、これら優秀選手の今後の発育経過や骨年齢などを継続的に見ていく必要がある。

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

文科省(2005)は、6歳から19歳までは、加齢にともなって運動を実施する頻度が高いほど、新体力テストの総合評価点が高い傾向があると報告している。昨年度の優秀選手の毎日の外遊び時間が2時間くらいであったが、今年度は男女とも1時間強であった。さらに、昨年度は勉強時間が男女とも1時間程度で、テレビ、テレビゲーム時間などが合計3時間近くであったが、今年度は男子が1時間、女子が2時間おこない、テレビ、テレビゲーム時間は昨年より1時間短くなり2時間前後であり、特に男子は時間の有効利用という観点から、まだまだ工夫する余地があると思われる。図1参照。

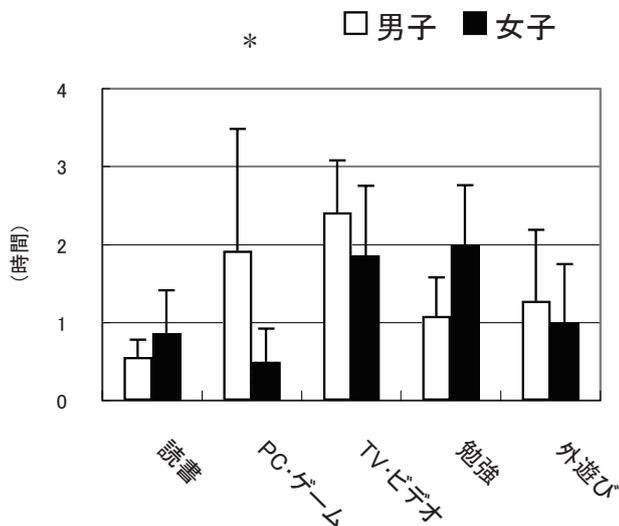


図1 日常生活における時間の使い方

3. 全身反応時間と瞬発・パワー系の測定結果について

反応時間(reaction time)は、筋力とともに運動に対する一つの重要な適性指標である。反応時間は光り、音などのある一つの刺激が与えられたら、出来るだけ速やかに鍵盤を押すとか、脚をステップするとか、全身で跳躍するなど一つの動作反応によって測定される。このようにして得られた反応時間は、刺激を受けて筋収縮が起きるまでに、知覚神経—求心神経—大脳皮質知覚領—遠心神経—筋の経過を通る所要時間である(朝比奈1958)。表1、2の全身反応時間は、反応開始時間と筋収縮時間の合計時間である。

女子の100m選手は反応開始時間が一番早い、筋収縮時間が7人中最下位である。女子Relay2選手の筋収縮時間が最も早く、その結果反応開始時間が最も早い成績を示し、男子選手と比較しても、すばらしい潜在能力を示している。男子では、100m選手が反応開始時間と筋収縮時間ともに早く、バランスのよい反応性を示していた。

4. 新体力テストの測定結果について

「新体力テスト」は、握力、上体起こし、長座体前屈、反復横とび、20mシャトルラン、50m走、立

表3 女子選手の新体力テスト測定結果

女子選手	100m	80mH	LJ	HJ	Relay1	Relay2	Relay3
身長 (cm)	156.6	151.9	157.1	—	147.0	155.9	148.8
体重 (kg)	45.8	40.7	44.1	—	40.8	43.1	42.7
握力 (kg)	34.0	24.0	27.0	—	28.0	26.0	24.0
長座体前屈 (cm)	45.0	39.0	47.0	—	36.0	45.0	33.8
立ち幅跳び (cm)	215.0	196.0	186.0	—	188.0	215.0	208.0
反復横跳び (回)	52	49	41	—	58	48	53
ソフトボール投げ (m)	29	23	25	—	16	33	29
上体起こし30秒間 (回)	24	28	16	—	29	21	26
20mシャトルラン (回)	81	74	50	—	83	66	64
50m走 (秒)	7.2	7.7	7.8	—	7.8	7.3	7.4
100m走 (秒)	—	14.9	15.6	—	14.0	13.0	14.0
体力合計点	78	75	72	—	73	77	75

表4 男子選手の新体力テスト測定結果

男子選手	100m	80mH	HJ	Relay1	Relay2	Relay3
身長 (cm)	161.7	158.9	166.0	165.0	163.2	169.4
体重 (kg)	52.9	48.6	46.0	57.9	56.0	57.3
握力 (kg)	35.0	27.0	27.0	44.5	35.0	37.0
長座体前屈 (cm)	42.0	43.0	46.0	36.0	49.0	42.0
立ち幅跳び (cm)	241.0	200.0	210.0	209.0	205.0	235.0
反復横跳び (回)	60	57	49	45	46	51
ソフトボール投げ (m)	25	63	34	65	46	53
上体起こし30秒間 (回)	25	30	25	26	29	27
20mシャトルラン (回)	97	107	76	—	96	72
50m走 (秒)	7.0	7.1	7.4	7.5	8.0	7.6
100m走 (秒)	—	12.66	13.68	13.18	13.08	—
体力合計点	75	79	74	—	79	77

ち幅とび、ソフトボール投げの8項目である。これらの8項目と垂直跳びは、全国の学校で普通に行われている測定項目である。これらの測定項目について、今後続く後輩の選手や彼らを指導する指導者にとって優秀選手としての体力水準を容易に、客観的に実感でき、有益になる。表3、4に、それらの項目の結果を示した。

男子選手で優れた項目は、筋力の指標である握力、筋力・筋持久力の指標である上体起こし、スピード・走能力の指標である50m走、筋パワー（瞬発力）の指標である立ち幅跳びであった。これらは筋力、パワー系統の能力を示すものである。これらの項目の中では、特に50m疾走能力は群を抜いて優れていた。全国大会で採用されている種目特性の根底には、共通して疾走能力の優れていることが求められている。

しかし、敏捷性の指標である反復横とびは、全国平均値よりは優れてはいるものの際立った成績ではなかった。また、優れた成績を示さなかったのは、柔軟性の指標である長座体前屈、全身持久力の指標である20mシャトルラン、筋パワー（瞬発力）の指標であるソフトボール投げであった。

女子選手で優れた項目は、筋力・筋持久力の指標である上体起こし、スピード・走能力の指標である50m走、筋パワー（瞬発力）の指標である立ち幅とびであった。これらは筋力、パワー系統の能力を示すものである。女子も男子同様に、50m疾走能力は群を抜いた能力を示していた。しかし、敏捷性の指標である反復横跳びでは、全国平均値よりは優れてはいるものの際立ったものではなかった。また、優れた成績を示さなかったのは、柔軟性の指標である長座体前屈であった。

これらの結果から、ほぼ前回選考された男女選手と同様な傾向を示し、「新体力テスト」で示された筋力、スピード、パワーそして敏捷性の能力は秀でていたことが判明した。小・中・高校へと一貫指導の観点から、中学校で競技能力を確実に飛躍させるには、これらの能力をトレーニングの中核としながら、さらに種目特性の動き作りと併せ、総合的にバランスのとれた体力作りに取り組んでいかなければならないと考えられる。今回の調査から、男女とも長座体前屈の成績が低いことから、腰背部、ハムストリング、ふくらはぎの柔軟性を高めるトレーニング（ストレッチングなど）を段階的にそして継続的に取り組む必要がある。なぜなら、これらの筋群は疲労などで収縮する傾向が見られるので、各選手に腰痛や脚部の肉離れなどの怪我が発生しやすくなる

ことが予想されるからである。

5. 不定愁訴と運動有能感

「不定愁訴」は、日常生活における何となく感じる倦怠感のようなもので、これを感じているとすぐに病状が悪化するというものではなく、直接的に病気に影響するものではないが、生活習慣の見直しに利用される。「不定愁訴」の測定項目は、3つの因子から構成されている。1つ目は身体的健康度として「肩が凝る」と「体がだるい」、2つ目は精神的健康度として「気が散る」と「やる気がない」、そして3つ目が生理的健康度として「トイレに行きたくなる」と「おなかが痛くなる」という項目からなり、各項目は、5段階（5がよくあてはまる・・・1がほとんどない）で回答させるものである。

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

図2から、男女選手の「不定愁訴」は3要因とも2点以下であり、健康的な日常生活を送っていることが推察された。また、女子の身体的健康度が男子よりも比較的高めに出ていたが、男女間には有意差は認められなかった。図3の運動有能感では、男子

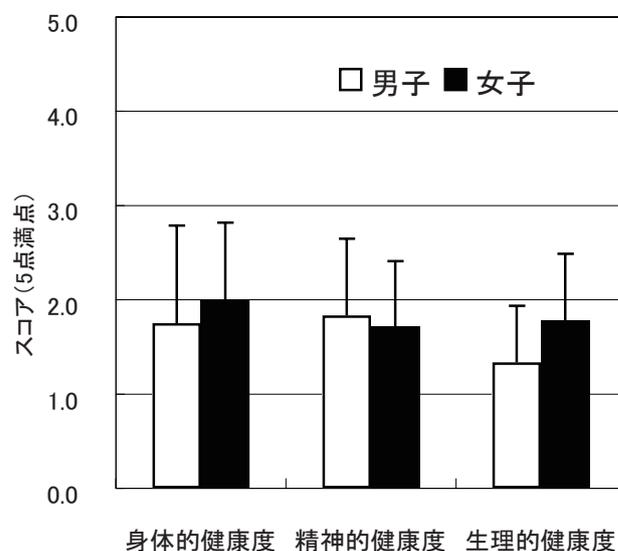


図2 不定愁訴について

は3因子とも4点以上を示し、自分自身の運動有能感に自信を持っていることが判明した。女子では運動能力感のみが3点台を示していたが、他の2因子には4点台を示しており、努力感、友達親和感をしっかり感じていることが分かった。男女間においては、運動有能感に5%水準で有意差が認められ、男子は自分自身の運動能力に自信を持っていることが分かった。

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

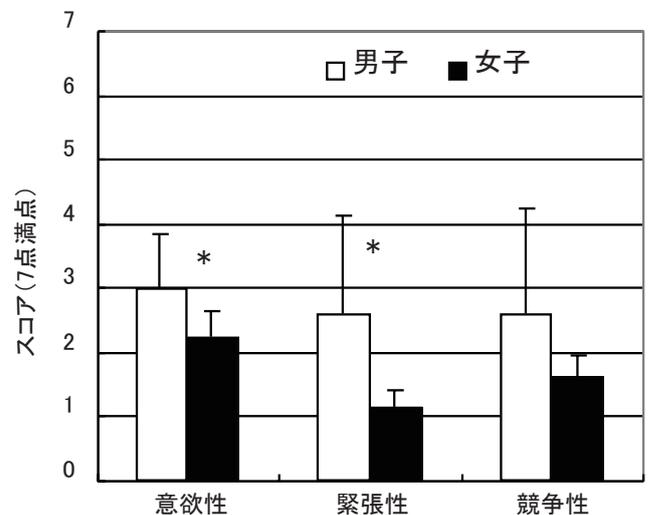
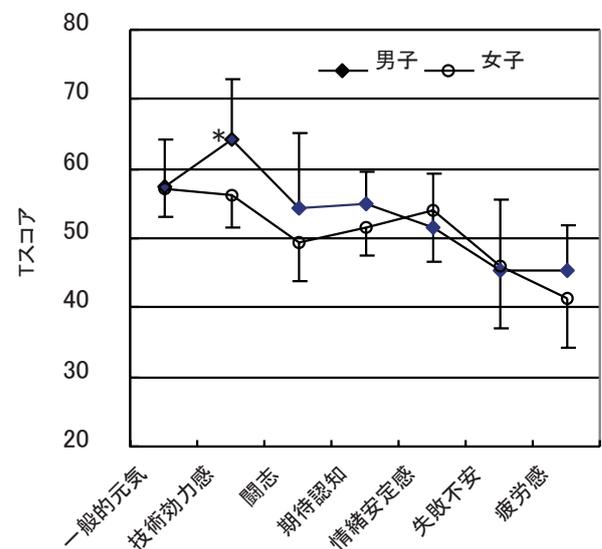
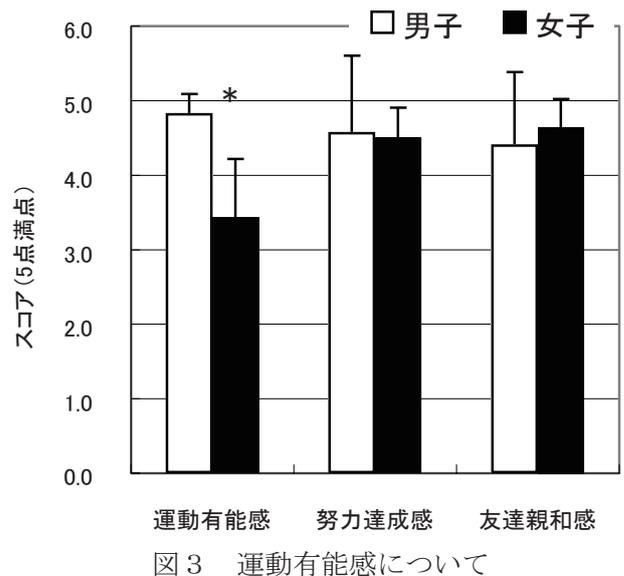
PCIは、猪俣(2000)らが開発したもので、日常の練習やトレーニング時に自分自身で配慮すべき心構えをチェックするものである。測定される側面は7項目からなっており、以下次の通りである。F1: 一般的元気(生活全般に積極的に取り組む状態)、F2: 技術効力感(自己の技術に対する自信)、F3: 闘志(競技における闘争心や競争意欲)、F4: 期待認知(期待をどの程度的に感じているかを示す)、F5: 情緒的安定感(情緒の安定感)、F6: 競技失敗不安(競技における失敗についての程度)、F7: 疲労感(心身両面の疲労感)。これらは、5段階評価で行われる。F1の一般的元気からF5の情緒的安定感までの評価はT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

図4から、男子選手と女子選手と比較すると、技術効力感、闘志、期待認知の項目に違いが見られたが、特に技術効力感には5%水準で有意差が見られた。失敗不安や疲労感とはともに50スコアより低いいため好ましい心理的な状態であったと推察された。

今回の選手を見てみると、前回よりは男女選手にはメンタル的に心配な選手は見られなかった。しかし、男女選手の中に自分の技能に自信がなく、また闘志を持たないいわゆる覇気のない選手が一名ずつ見られた。

7. 60m走に対する運動イメージ

伊藤(2001)は児童の短距離走に対するイメージは意欲性、緊張性、競争性の3因子から構成されていると報告している。一つめの因子は意欲性として「走りたいー走りたくない」「楽しいーつまらない」「最高ー最低」、二つめの因子は緊張性として「長いー短い」「疲れるー楽だ」「緊張するー余裕だ」そして三つめの因子は競争性として「はやいーおそい」「するどいーにぶい」「強いー弱い」のそ



それぞれ三つの測定項目から構成されている。

今回の分析では、それぞれ三つの因子それぞれの測定項目合計を平均し、その平均値をそれぞれの因子の代表値として図5に示した。

60m走に対して男女選手とも、ほぼ同じイメージを表していたが、男女間に意欲性 (p=0.08 片側確率)、緊張性 (p=0.02片側確率) に有意傾向、有意差が認められた。女子選手の方が60m走に対して鮮明なイメージを持っており、緊張せずに速く走りたい距離だと意識していた。

8. 60m疾走における速度・歩数頻度・歩幅と疾走フォームについて

スタート地点から60m地点まで疾走する選手を45m地点側方20m離れた地点からVTRカメラでパンニング撮影し、その映像をパソコンのハードディスクにAVIファイルとして保存し、その映像を再生し、各通過地点(5m,10m,20m,30m,40m,50m,60m)の通過時間をシリコンコーチプロ(siliconCOACH Pro)ソフトで求めた。求められた通過時間と各通過区間の一步の所用時間から伊藤 (2000) がエクセルで作成した分析ソフトで速度、歩幅、歩数頻度を求めた。図6、7参照。

平均疾走速度は、男女とも30m地点で最高速度を示し、その後男子選手は最高速度を95%、女子選手は93%以上の水準で維持してゴールを走り抜いていた。歩数頻度について、男子は20m地点で最高値を示しほぼその水準が保たれたまま走っているのに対して、女子は10m地点で最高値を示しその後は男子より少し低いレベル毎秒4回の水準で走っていた。また、歩幅を各自の身長で除した身長比で見ると、歩数頻度と同期し、男子は20m、女子は10m地点から身長比1.00を越えており、特に男女100m選手は1.20から1.30を示す比率で走っていた。

疾走フォームの分析は、速度測定で求めた映像を用いて、分析もシリコンコーチプロ(siliconCOACH Pro)ソフトを用いて、右足の膝、足首角度と速度を算出した。

さらにここでは、小林 (2001) の報告を参考に、成人優秀選手が最速で疾走している中間疾走局面での離地瞬間時のキック脚の膝関節角度、中間時点(脚が最も屈曲した瞬間)の足関節角度の図の中に小学生優秀選手のそれらを挿入し、これらを図8、9に示した。これらは疾走速度と有意な関係を示す局面と考えられており、前回求めた足先の振り戻しの速度は有意な相関関係が見られなかった事から今回は採用しなかった。今回は、前回選考された選手

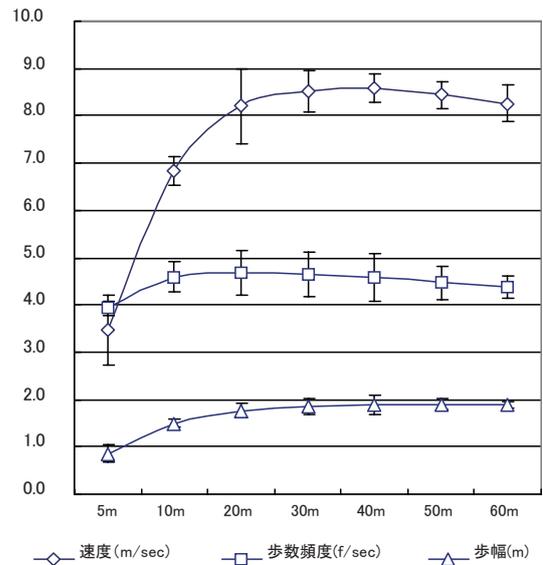


図6 男子優秀選手の60m疾走中の速度、歩数頻度、歩幅

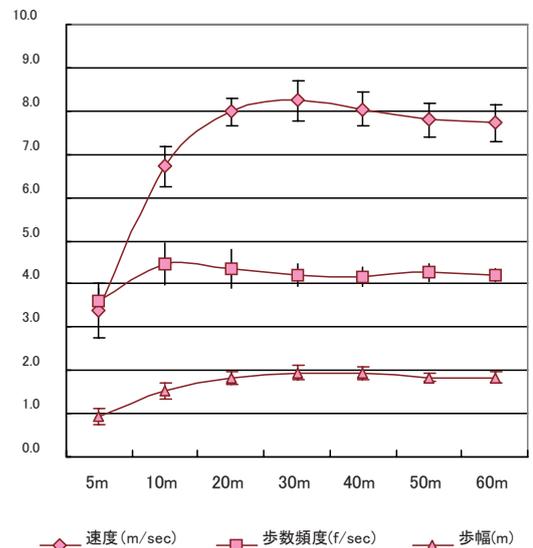


図7 女子優秀選手の60m疾走中の速度、歩数頻度、歩幅

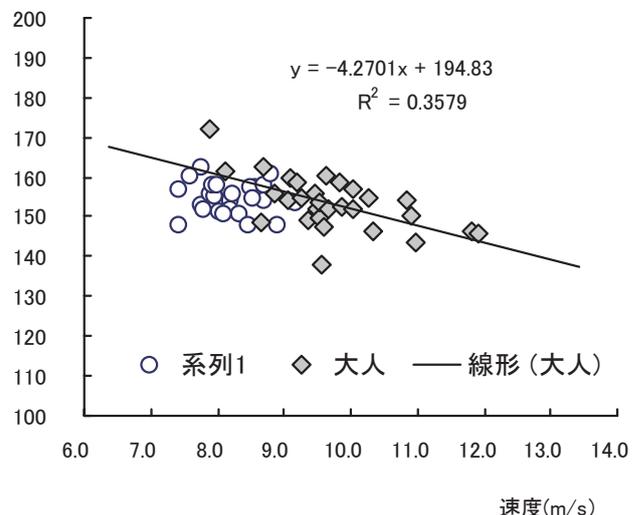


図8 離地瞬間時のキック脚の膝関節角度

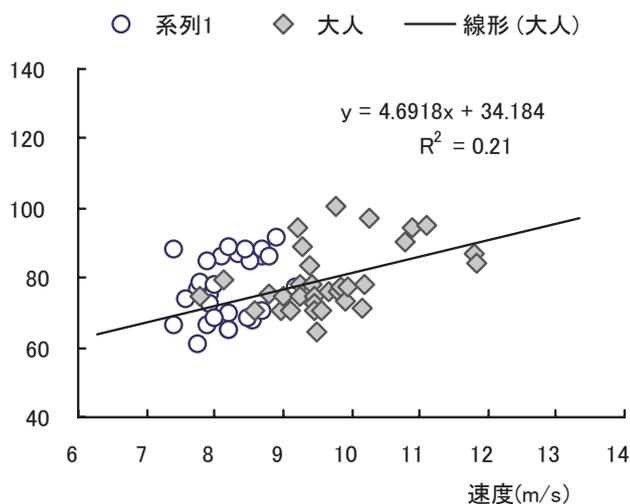


図9 キック脚の体真下時の足関節角度

の離地瞬間局面の膝角度、中間時点の足関節角度のデータを加えて成人優秀選手（図中では◇で表示）と同様に直線上にプロットした。二つの動きの局面では、小学生優秀選手（図中では○で表示）の角度は一流選手の傾向を示す直線上にあることが判明した。

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

IV まとめ

第22回「全国大会」で各種目に優勝した選手の形態値、体力、疾走能力、生活習慣、メンタル面について測定・調査した結果、以下のことが明らかにされた。

1. 形態値については、男子の身長と体重と女子の身長は全国平均値より有意に高いものであった。
2. 日常生活において、男女とも遊びや運動時間は十分取れていたが、それと並行してテレビやパソコンゲームに費やす時間がまだ2時間と多く、勉強時間は1.5時間であった。
3. 「新体力テスト」では男女とも50m走が非常に優れていた。続いて筋力や筋パワーの指標を示す立ち幅とび、垂直とび、そして素早さを表す全身反応時間が有意に優れていたが、反復横とびや20mシャトルラン、ソフトボール投げは全国平均値並みであった。
4. 「不定愁訴」のスコアからは、男女とも健康的

な日常生活を送っていると思われ、また「運動有能感」では、男子選手は、運動をすることや技能習得には大きな自信を持っており、女子選手は努力すればなんとか達成出来る努力達成感に価値観を持っていることが分かった。

5. 「心理的コンディショニング」については、男女間に違いがみられ、男子の方が自分の技能に自信を持っている事が分ったが、全般的には望ましい心構えで練習に取り組んでいた。

6. 「短距離走（50m、）についてのイメージ」は、男子より女子選手の方が緊張せず走れるイメージを持っていた。

7. 「疾走フォーム」については、成人スプリンターと同じ動きで、足首を固定気味にし、キックのフィニッシュ時でも膝を伸展しない動きであった。

以上のように、小学生優秀選手の体力、日常生活、疾走能力などの実態が明らかになった。今回は「研修会」に参加した優秀選手の全体像の把握に取り組んだが、今後は個人個人の特性を解明していくことから、各選手の練習や指導に役立てられるような報告をしたい。最後に、形態・体力面の測定に当たってくださった持田尚氏ら横浜市スポーツ医科学センターの方々に感謝申し上げたい。

引用・参考文献

朝比奈一男 中川功哉 (1958) 体力と神経要素
運動生理学 大修館書店182-185

伊藤宏 (2003) 中学2年男女生徒の短距離走に対する意識構造について スプリント研究13 p40-48

猪俣公宏 (1996) 競技における心理的コンディショニング診断テストの標準化 文部省科学研究費 (一般研究B) 研究成果報告書 p1-48

岡野進 (2004) 競技者育成プログラムと国際競技力向上 競技者育成プログラム (日本陸連編) p5-14

岡野進・伊藤宏・井筒紫乃・三宅聡 (2005) 第21回全国小学生陸上競技交流大会優秀選手「研修会」実施報告 「同報告書」 p56-59

加藤謙一ら (1999) 小学生における短距離走の検討 陸上競技紀要 12 14-20

小林寛道 (2001) ランニングパフォーマンスを高めるスポーツ動作の創造 杏林書院 p24-32

文部科学省 (2005) 平成16年度体力・運動能力調査報告書 p56

日本陸連科学委員会研究報告 第6巻 (2007)

陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2006

レーザー方式による 100m およびハードルのスピード分析

松尾彰文¹⁾ 広川龍太郎²⁾ 杉田正明³⁾ 阿江通良⁴⁾

1) 国立スポーツ科学センター 2) 北海道東海大学 3) 三重大学 4) 筑波大学

はじめに

陸上競技短距離では最大スピードの分析はビデオカメラやレーザー方式の計測で得られており、多くの報告があり（阿江ら，1994，松尾ら，1993，2004，杉田ら，1997，2004），ゴールタイムと密接な関係があることが論じられてきている。ビデオ方式では、一つのレースに参加したもののすべてのラップタイム分析ができるが、ラップタイム分析地点ごとにビデオカメラの設置が必要であるし、解析には時間を要する。しかしながら、トレーニングの目標となる30m，50mや60m等のラップタイムが計測できる。一方、レーザー方式のスピード計測装置では、即時的にしかも、連続的なスピードの変化から最大スピードが評価できるが、装置1台で1名の測定しかできない。ノイズを取り除くためのフィルターの周波数によって最大スピードが影響されるため、金高ら（1999）は、0.5Hz程度の遮断周波数による評価が望ましいことを報告している。また、レーザー方式によるラップタイム推定では遮断周波数の影響が少ないことが報告（松尾ら，2007）されてい

る。これらの成果をふまえるとレーザー方式の利点であるレース中の最大スピード分析だけでなく、途中のラップタイムの評価にも活用できるものと考えられる。そこで、本報告では、2006年に開催された織田記念，大阪グランプリ，日本選手権などで計測した男女の100m，100ハードルおよび110ハードルにおけるスピード分析およびラップタイム分析結果と、その活用法について報告する。

方法

選手のスピード計測に用いたのはレーザー方式による装置（LDM300C-Sport; JENOPTIK社製）は、ランナーの背中にレーザービームを照射して得られる反射光から10msecごとに距離が計測できるものである。この装置の距離の測定誤差は、7cmであり、レーザー光は安全規格で最も安全とされているクラス1である。

この装置1~4台をスタートの後方のグラウンドレベルまたはスタンドに設置して計測した（図1）。計測の対象選手の抽出には、大会プログラムに記載



それぞれの大会で、この装置を1~4台をスタートの後方のグラウンドレベル、もしくは、スタンドに設置した（図1）。計測の対象選手は、1レース、1名もしくは4名であった。なお、2005年の日本選手権では、正面から計測した。

図1. 競技場での計測装置の設置風景（左；2006大阪GP、右；2005スーパー陸上）

表1. ゴールタイムの上位5例の風速、ゴールタイム、最高スピードとその到達区間（ハードルの場合には台数で表示）。同一大会では決勝レースを優先した。

種目	選手名	大会名	風速 m/s	ゴールタイム 秒	最高スピード m/s	到達区間 m
男子100m	Gatlin	大阪グランプリ	-0.1	9.95	11.7	55
	末續	スーパー陸上	2.2	10.12	11.5	55
	塚原	スーパー陸上	0	10.26	11.4	55
	末續	大阪グランプリ	-0.1	10.28	11.2	55
	日高	織田記念	1.6	10.31	11.2	65
女子100m	Felix	大阪グランプリ	2.6	11.11	10.4	55
	Sherone	スーパー陸上	-0.8	11.15	10.3	55
	Durst	大阪グランプリ	2.6	11.16	10.3	55
	信岡	大阪グランプリ	2.6	11.53	9.9	45
	北風	織田記念	2.5	11.59	9.8	45
男子110H	liu	大阪グランプリ	1.2	13.22	9.1	3-4
	田野中	織田記念	3.3	13.51	8.8	5-6
	内藤	織田記念	1.5	13.59	8.8	10-Goal
	内藤	スーパー陸上	-1.3	13.61	9.0	3-4
	内藤	大阪グランプリ	1.2	13.64	8.9	3-4
女子100H	池田	織田記念	1.9	13.04	8.5	4-5
	石野	日本選手権	0.3	13.3	8.2	5-6
	Bliss	織田記念 予選	0.2	13.48	8.1	5-6
	石野	織田記念	0.5	13.49	8.2	3-4
	熊谷	日本選手権	0.3	13.63	8.1	4-5

された記録や陸連強化コーチらから意見を参考にした。

男女100mでは10mごとのラップタイム、ハードルでは、ハードル設置地点の通過タイムを算出した。ハードルでは、従来より報告されているタッチダウンタイムとは異なるラップとなる。レーザー方式の計測装置からは100Hzの時系列データとして距離のデータがコンピュータに記録される。時間×距離関係から、ゴールタイムをゴール地点通過タイムとして、10mごとのラップタイムおよびハードル通過タイムを算出した（松尾ら、2007）。ラップタイム算出には、時間距離データに遮断周波数5Hzのバターワースフィルターをかけた距離のデータを用いた。

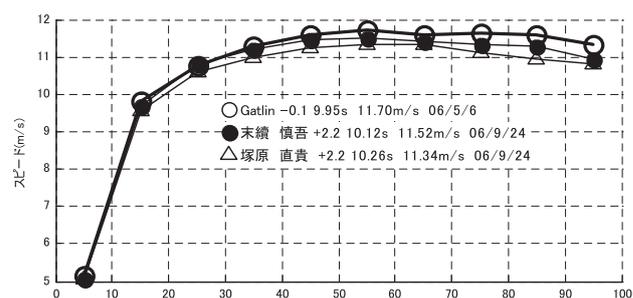
結果および考察

本年度収集した100mレースは男子48例、女子は48例、ハードルでは、男子110ハードルは34例、女子100Hは29例であった。それぞれでゴールタイムの上位5例の最高スピードと到達区間を表1に示した。到達区間の値は、区間の中間の値、ハードルでは台数目で区間を表示した。大阪グランプリ、インターハイ、南部陸上では、グランドレベルからの計測が行えた。なお、ハードルでは、スタンドにラベックを設置した場合、ゴールまで計測できない例（織田記念および日本選手権の内藤選手や織田記念Bliss選手など）が多かった。

1. 男子100m

図2には、06年度で計測できたデータで上位3レースのスピード変化をみたものである。本年度計測した最速の記録は大阪グランプリにおけるGatlinの9.95であり、そのときの最大スピードは11.70m/secであった。このスピードは、従来の報告と比べると、91年世界陸上東京大会のルイスの9.86secの12.05m/sec（阿江、1994）よりも低い値であるが、04年同大会でのGatlin(9.97sec)のレース中に観測されたスピードである11.75m/sec（杉田他、2004）とほぼ同水準の値であった。次の記録は末續の10.12sec、最大スピードは11.50m/sec、塚原の10.26sec、10.41m/secであった。スピード曲線をみると20mから30mの区間スピードをみると末續とGatlinはほぼ同レベルの値を示している。これは末續の加速がGatlinとほぼ同水準にあったことを示す結果である。最大スピードをみると、末續は11.50m/sec、Gatlinは11.75m/secであり、0.25m/secの差がみられた。このスピードの差がゴールタイムの差となっているのであろう。

図3はGatlinの05年スーパー陸上の10.07secと06年大阪グランプリの9.95secとを比較したものである。上段のスピード変化をみると、最大スピードでは、9.95secの場合11.70m/secと10.07secの場合の11.66m/secと0.04m/secの差であった。スピード曲線をみると10mから40mまでの加速区間およびゴール前で9.95secの場合の方がわずかではあるが高い値を示したが、60mから80m付近では、ほぼ同じようなスピードであった。このようなスピードの変化が具体的にどのような差になるのかをみるために、



ラップタイム(上段)と区間スピード(下段)表 DB:m100mDB070516LD.mat

0m	10m	20m	30m	40m	50m	60m	70m	80m	90m	100m
06/5/6 Gatlin -0.1 9.95s 11.70m/s dt 0.05s										
	1.93	2.95	3.88	4.77	5.63	6.49	7.35	8.21	9.07	9.95
	5.17	9.80	10.77	11.29	11.60	11.70	11.60	11.64	11.61	11.34
06/9/24 末續 慎吾 +2.2 10.12s 11.52m/s dt 0.09s										
	1.97	3.00	3.93	4.82	5.69	6.56	7.44	8.32	9.21	10.12
	5.07	9.70	10.81	11.22	11.45	11.52	11.43	11.32	11.27	10.94
06/9/24 塚原 直貴 +2.2 10.26s 11.34m/s dt 0.09s										
	1.97	3.02	3.96	4.87	5.76	6.64	7.53	8.42	9.34	10.26
	5.07	9.58	10.59	10.99	11.25	11.33	11.34	11.12	10.96	10.83
0m	10m	20m	30m	40m	50m	60m	70m	80m	90m	100m

図2. 06年度計測できた100mレースにおける上位3レースのスピード変化、

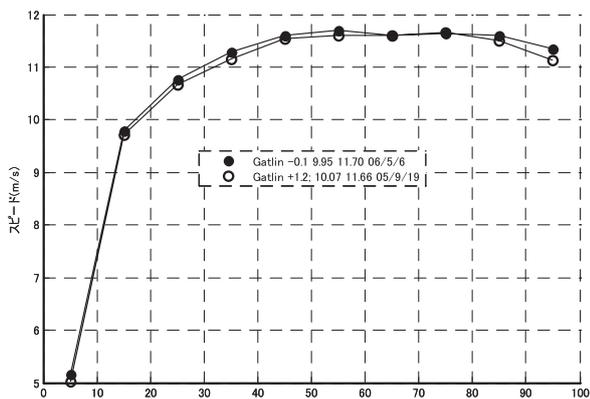
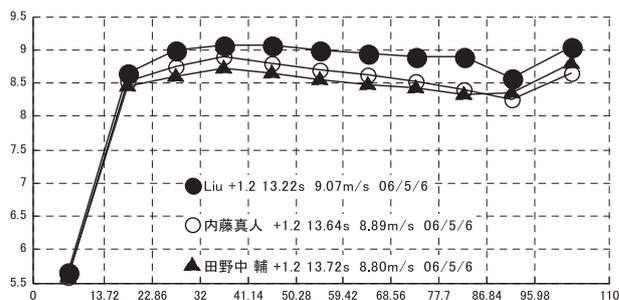


図3. Gatlinの05年スーパー陸上での10.07secと06年大阪グランプリでの9.95secで、スピードとラップタイムの差の比較。上段がスピード変化、下段が両レース中のラップタイムの差である。

10mごとに、両レース中のラップタイムの差として示したのが下段の図である。図中のマイナスの値は、9.95secのラップタイムからの遅れを示している。この図で右肩下がりには差が広がること、変化しない場合には差が広がっていないことを示している。スタートから60mまでは徐々に差が広がりほぼ0.1秒の差となっていた。トップスピードを維持している区間である60mから80mまでの区間では、差が広がっていなかったが、その後、ゴールまで徐々に差が広がり、ゴールでは0.12秒の差になっていた。この2つのレースの比較から、トップスピードに差がなくともスタート過程でほぼ0.1秒、ゴール前のスピードが逡減する区間で0.02秒の差がついたことになる。このような結果からこの2つのレースの差は、主にスタートでの加速過程の違いによるものであろう。このようにラップタイムを比較することは、加速過程、トップスピード、ゴール前の局面を評価するために活用できる可能性を示すものであ



ラップタイム(上段)と区間スピード(下段)表 DB:m110HDB070506LD.mat

S	1H	2H	3H	4H	5H	6H	7H	8H	9H	10H	G
06/5/6 Liu +1.2 13.22s 9.07m/s dt 1.10s	2.42	3.48	4.49	5.50	6.51	7.53	8.55	9.58	10.60	11.67	13.22 s
	5.67	8.65	8.98	9.06	9.07	9.00	8.94	8.90	8.89	8.57	9.05 m/s
06/5/6 内藤真人 +1.2 13.64s 8.89m/s dt 1.19s	2.46	3.53	4.58	5.60	6.64	7.69	8.75	9.82	10.91	12.02	13.64 s
	5.58	8.53	8.75	8.89	8.80	8.71	8.64	8.53	8.40	8.26	8.64 m/s
06/5/6 田野中 輔 +1.2 13.72s 8.80m/s dt 1.59s	2.45	3.53	4.60	5.65	6.70	7.77	8.85	9.93	11.03	12.13	13.72 s
	5.60	8.45	8.59	8.72	8.64	8.56	8.48	8.43	8.32	8.35	8.80 m/s
S	1H	2H	3H	4H	5H	6H	7H	8H	9H	10H	G

図4. 大阪グランプリ男子110Hにおける上位3例のハードル間スピード変化と区間のスピード、ハードル通過時のタイム

ろう。

2. 男子110ハードル

大阪グランプリ男子110Hにおける上位3例のハードル間スピード変化と区間のスピード、ハードル通過時のタイムを図4に示した。中国のLiuが13.22sec、最大スピードは9.1m/sec、2位の内藤は13.64secと8.9m/sec、3位田野中は13.72secと8.7m/secであり、最大スピードは3者ともに3台目から4台目までの区間の値であった。スピード曲線を見ると、Liuは1台目から2台目の8.7m/secから3台目から4台目までの9.1m/secまで0.4m/secスピードを上げるとともに、9台目まで最初のハードル間のスピード以上の速さであった。一方、内藤は8.6m/secから8.9m/secまで0.3m/secスピードを上げたが、7台目以降は最初の1台目から2台目までのスピードよりも低くなっていた。田野中においても、ほぼ同様の傾向であった。このような比較により、Liuはハードルのインターバル間が速いだけではなく、その持続区間も長いことが示された。

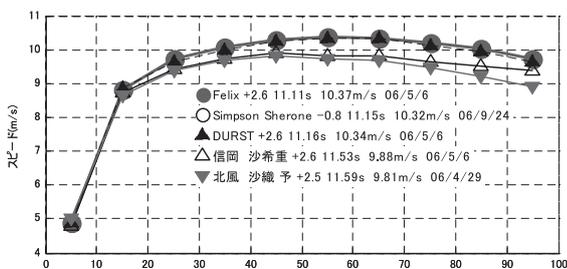
ハードル競技の場合、通常的にはハードルを越えてからの着地のタイムをタッチダウンタイムとして分析されている。本報告では、ハードル通過のラップタイムとした。そのため、計測しているタイミングが多少異なる。しかしながら、レーザー方式による計測の即時性を考慮すると、今後の活用が期待で

きるであろう。また、途中のラップタイムの算出できることから、トレーニングの指標となるような指標も算出できるであろう。

3. 女子100m

女子の100mにおける本年度レーザ方式で計測した記録の上位5レースのスピード変化を示したものが図5である。上位3レースは海外選手でタイムと最大スピードはFleixの11.11secと10.4m/sec, Sheroneの11.15secと10.3m/sec, Durstの11.16secと10.3m/secであった。最大スピードの到達区間は3名ともに50mから60mであった。日本人では、信岡の11.53secと9.9m/sec, 北風の11.59secと9.8m/secであった。最大スピード到達区間は2者ともに40mから50mであった。

ラップタイムをみると北風は30m付近までは、海外の3選手とほぼ同じような値であった。そのあとのスピード変化を見ると、最大スピードは海外選手よりも0.5m/sec低く、また、ゴールまへのスピード低下も大きかった。最大スピードの差である0.5m/secは1秒間で50cm, 2秒で1mの差がついていくほどのスピードの差である。レースの後半50mをこのスピードの差でいくと2.5mの差になり、タイムに換算すると0.25秒ほどになる。これらのことは、100mレースでは、加速性の向上やゴール前の区間のスピード維持よりも、最大スピードを高めること



ラップタイム(上段)と区間スピード(下段)表 DB:w100mDB070506LD.mat

0m	10m	20m	30m	40m	50m	60m	70m	80m	90m	100m
06/5/6 Felix +2.6 11.11s 10.37m/s dt 0.12s										
2.04	3.18	4.20	5.20	6.17	7.14	8.10	9.08	10.08	11.11	s
4.90	8.81	9.74	10.06	10.28	10.37	10.33	10.21	10.03	9.71	m/s
06/9/24 Simpson Sherone -0.8 11.15s 10.32m/s dt 0.11s										
2.07	3.19	4.23	5.22	6.20	7.17	8.14	9.13	10.13	11.15	s
4.84	8.88	9.62	10.09	10.26	10.32	10.25	10.17	9.96	9.81	m/s
06/5/6 DURST +2.6 11.16s 10.34m/s dt 0.13s										
2.05	3.18	4.22	5.22	6.19	7.16	8.13	9.12	10.12	11.16	s
4.88	8.85	9.66	9.98	10.26	10.34	10.31	10.12	9.94	9.65	m/s
06/5/6 信岡 沙希重 +2.6 11.53s 9.88m/s dt 0.13s										
2.09	3.24	4.30	5.33	6.34	7.36	8.37	9.41	10.46	11.53	s
4.78	8.71	9.44	9.73	9.88	9.83	9.82	9.65	9.51	9.37	m/s
06/4/29 北風 沙織 予 +2.5 11.59s 9.81m/s dt 0.23s										
1.99	3.15	4.21	5.25	6.27	7.29	8.33	9.38	10.47	11.59	s
5.02	8.66	9.37	9.69	9.81	9.74	9.67	9.48	9.20	8.92	m/s
0m	10m	20m	30m	40m	50m	60m	70m	80m	90m	100m

図5. 本年度、計測した女子100mの上位5レースのスピード変化およびラップタイムと区間スピード

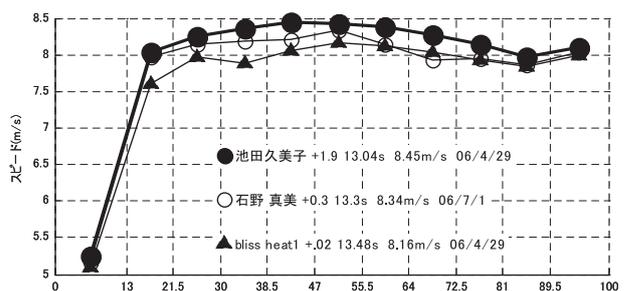
の重要性を示す結果であろう。競技力向上のためには、加速過程やゴール前のスピード低下の工夫よりも、40mから50mでの4歩から5歩のなかで、さらに0.5m/secのスピード向上の工夫であろうことが示唆される結果であった。

4. 女子100mハードルのハードル間スピード

本年度、女子100mハードルにおいてレーザ方式で計測した記録の上位3レースのハードル間スピード変化とラップタイムをみたものが図6である。ゴールタイムと最大スピードをみると池田は13.04secと8.5m/sec, 石野は13.30secと8.2m/sec, Blissは予選であったが、13.48secと8.1m/secであった。男子の110mHと同様にここでのラップタイムはハードル通過時間であり、タッチダウンタイムとは異なる。池田の例は織田記念でだが、このレースでトップはBlissの12.97secであったが、ゴールまで追従できなかったのは残念であった。ハードル間スピードでみると1台目から2台目までのスピードよりも低くなるのは池田では9台目以降であり、高いスピードが後半も維持されている。

5. スピードとパフォーマンス

レーザ方式による男女100mのスピード分析データについて2004年度から2006年度までの男子80例、女子80例のデータを対象として、区間最大スピードとゴールタイムとの関係をみたものが図7である。男女別に相関関係をみると両群ともに統計的に有意な高い相関関係が認められた。この結果は、従来の



ラップタイム(上段)と区間スピード(下段)表 DB:w100HDB070506LD.mat

S	1H	2H	3H	4H	5H	6H	7H	8H	9H	10H	G
06/4/29 池田久美子 +1.9 13.04s 8.45m/s dt 0.36s											
2.47	3.53	4.56	5.58	6.58	7.59	8.61	9.63	10.68	11.74	13.04	s
5.26	8.03	8.24	8.37	8.45	8.43	8.38	8.28	8.15	7.96	8.10	m/s
06/7/1 石野 真美 +0.3 13.3s 8.34m/s dt 0.60s											
2.52	3.59	4.63	5.67	6.70	7.72	8.77	9.84	10.91	11.99	13.30	s
5.16	7.98	8.15	8.19	8.21	8.34	8.13	7.93	7.94	7.86	8.04	m/s
06/4/29 bliss heat1 +0.2 13.48s 8.16m/s dt 0.49s											
2.55	3.66	4.73	5.81	6.86	7.91	8.95	10.01	11.08	12.17	13.48	s
5.10	7.61	7.97	7.87	8.06	8.16	8.12	8.05	7.92	7.84	7.99	m/s
S	1H	2H	3H	4H	5H	6H	7H	8H	9H	10H	G

図6. 本年度、計測した女子100mHの上位3レースのハードル間スピードの変化とラップタイム

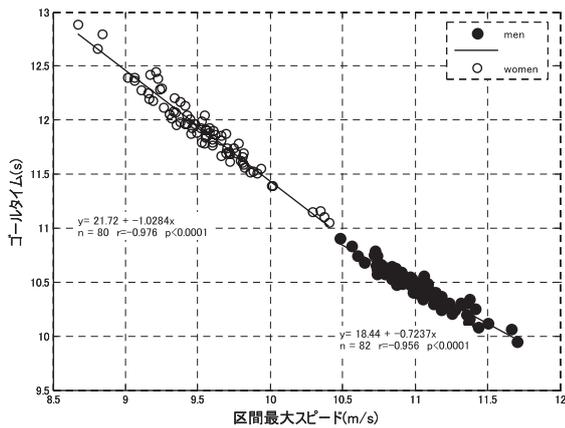


図7. 区間最大スピードとゴールタイムとの関係。データは2004年度から2006年度までのレーザ方式により計測した男女100mレース男子80例、女子82例である。

報告と一致するものである(阿江, 1994, 松尾, 2004,)。すなわち, 100mのゴールタイムはおおむねレース中の最大スピードでほぼ決まってくることを意味している。

同じデータから, 30mと50mのラップタイムとゴールタイムの関係をみたものが図8である。両ラップタイムともに男女別にみてもゴールタイムと統計的に有意な相関関係が認められている。30mよりも50mのほうがより高い相関係数を示しているが, これは, 50mのほうがゴールタイムに近いためであろう。

両群の回帰式ともに相関係数が高いことから, ラップタイムからゴールタイムを推定することが可能であろう。たとえば, 男子で30mダッシュの記録が4.00secとすると回帰式からゴールタイムを推定すると10.53secとなる。このとき, ゴールタイムが10.53secよりも速い場合には, 最大スピードが高いことや後半のスピード逓減が少ないことが考えられる。逆に, 10.53secよりも遅い場合には, 最大スピードが低いことが考えられる。この場合には, 加速過程よりも最大スピードの向上が求められる。また, 50mダッシュが5.80secとするとゴールタイムの推定値は10.42secとなる。この場合もゴールタイムが10.42secを基準にして遅い場合には, 最大スピードを高めることが課題のひとつなるだろう。このように分析データをもとにしたラップタイムとゴールタイムの関係から, 目標とするゴールタイム, スタートダッシュの目標タイムの設定やレースの各局面での評価にも使うことが可能であろう。今後ともにレーザ方式によるラップタイム分析を継続するとともに計測データをデータベース化していくこと

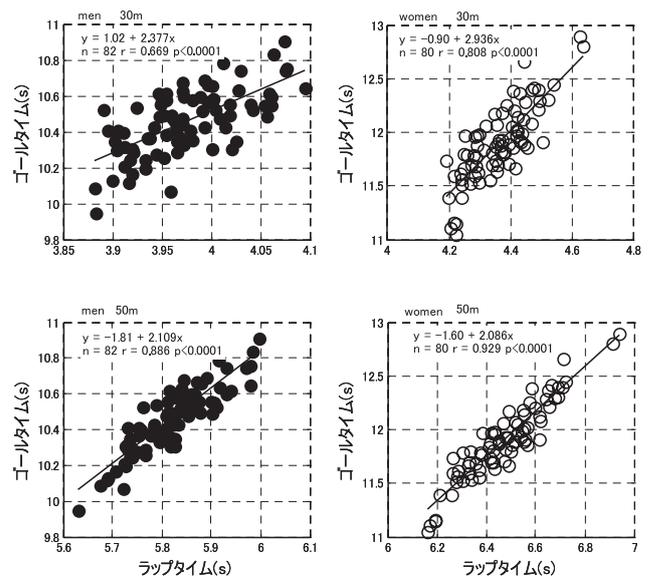


図8. 30mと50mのラップタイムとゴールタイムの関係。データは図7と同じである。

で, より信頼性のある推定式が提供できるようになるであろう。特に2007年の世界陸上で得られるレース中の海外のスプリンターのデータは世界的なスプリントレースの基準値ともいえる資料となるであろう。

まとめ

レーザ方式による短距離およびハードルの測定を行ってきた。本年度は, スピード曲線だけではなく, ラップタイムの分析も試みた。この試みにより, 別のレースでの比較がスピード曲線だけではなく, ラップタイムで10mごとの通過時間での比較が容易になるであろう。今後は, このような解析の即時性を高めることで, ビデオ方式よりも即時的なデータフィードバックが可能であろう。また, レーザ方式では選手の背中にレーザを向けて計測するため, 測定装置の設置場所によっては計測が困難な場合がある。これを解決するためには, 追従のテクニックを向上させること, あるいは, 測定装置そのものをトラックレベルに設置することの2つが解決策として考えられる。いずれにしても, レーザ方式の即時性を生かすためにも, 継続的にデータを蓄積し, コンピュータを活用したデータ解析のシステムの開発が必要であろう。

文献

1. 阿江通良, 鈴木美佐緒, 宮西智久, 岡田英

- 孝, 平野敬靖, 世界一流スプリンターの100mレースパターン分析?男子を中心に?, 世界一流陸上競技者の技術, ベースボール・マガジン社, 東京, 14-28, 1994
2. 広川龍太郎, 杉田正明, 松尾彰文, 阿江通良, 金子太郎, 高野進, ”末續慎吾”の100m走中の疾走速度分析, 陸上競技研究紀要, 1, 108-110, 2005
 3. 広川龍太郎, 杉田正明, 松尾彰文, 金子太郎, 国内GPにて収集した外国人選手の疾走速度分析, 陸上競技研究紀要, 2, 90-91, 2005
 4. 金高宏文, レーザ速度測定器を用いた疾走速度測定におけるデータ処理の検討, 鹿屋体育大学学術研究紀要, 22, 99-108, 1999.
 5. 松尾彰文, 広川龍太郎, 柳谷登志雄, 杉田正明, 阿江通良, レーザー方式スピード測定装置による100mのラップタイム分析, トレーニング科学会, 発表資料, 2007
 6. 松尾彰文, 持田尚, 杉田正明, インターハイ男子100mのラップタイムとスピード変化, 日本陸連科学委員会研究報告, 3 (1), 9-18, 2004
 7. 松尾彰文, 金高宏文, レーザー方式による経時的疾走速度の計測, 51 (8), 2001.
 8. 松尾彰文, 杉田正明, インターハイおよびTOTOスーパー陸上の100m疾走スピード, 平成5年度日本オリンピック委員会スポーツ医・科学研究報告, NoII 競技種目別競技力向上に関する研究, 17, 160-162, 1993.
 9. 杉田正明, 広川龍太郎, 阿江通良, 日本選手権の男女100m走中のスピード分析, 日本陸連科学委員会研究報告, 3 (1), 19-23, 2004
 10. 杉田正明, 加藤謙一, 阿江通良, 松垣紀子, 小林寛道, '96TOTOスーパー陸上の100m走中の疾走スピード, 平成8年度日本オリンピック委員会スポーツ医・科学研究報告, NoII 競技種目別競技力向上に関する研究, 20, 273-277, 1997

セイコースーパー陸上 2006 ヨコハマにおける
400m 走競技者の疾走スピード変化について
— 11 区間平均疾走スピードの変化から —

持田 尚¹⁾ 杉田正明²⁾ 広川龍太郎³⁾ 高野 進⁴⁾ 川本和久⁵⁾ 柳谷登志雄⁶⁾
松尾彰文⁷⁾ 阿江通良⁸⁾

1) 横浜市スポーツ医科学センター 2) 三重大学 3) 北海道東海大学 4) 東海大学
5) 福島大学 6) 順天堂大学 7) 国立スポーツ科学センター 8) 筑波大学体育科学系

1. はじめに

400m走, 4×400m走リレーの強化を考えたとき, 実際に行われた400m走レース中の速度変化などは, 選手とコーチがレース状況を省みる際の資料として, また海外トップレベルの走りを分析した際にはナショナルチームの強化資料として有用であると思われる。

しかしながら, 本邦における400m走レースに関するデータは, 100m走に関するデータ収集に比べて, 継続して収集および分析が行われていないことが指摘されている(杉田ら, 2005)。また, その分析区間は4~5区間(Start-100m, 100-200m, 200m-300m, 300-350m, 350m-400m)であり, もう少し詳細なデータが取得できないか検討されて

きた。そこで, 本稿では新しい分析方法(Overlay方式)を考案し, 11区間の疾走速度を求め, 昨年引き続きセイコースーパー陸上2006ヨコハマにおける男女400m走レースについて分析結果を報告することを目的とした。

2. 方法

2.1 Overlay方式の分析方法と対象者

1台のVTRカメラを用いて, 較正用映像としての400mハードル走レースおよび男・女400m走レースを1レーンから9レーンまで走者が全員映るように同一の場所から追従撮影をした(カメラスピード: 60fields/s, シャッタースピード: 1/500s~1/1000s)。尚, レース撮影の際にはスタートの

表1 男子400m走決勝の通過タイム、区間タイム、区間平均疾走速度

Pos.	Lane	Name	Section	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11											
				S-45m	45-80m	80-115m	115-150m	150-185m	185-220m	220-255m	255-290m	290-325m	325-360m	360-400m	
1位	7	堀籠 佳宏	Passing position	Start	45m	85m	115m	150m	185m	220m	255m	290m	325m	360m	400m
			Passing time(sec)	0	5.6	9.2	12.9	16.6	20.4	24.3	28.2	32.1	36.2	40.6	45.77
			Lap time(sec)	5.6	3.6	3.7	3.7	3.8	3.9	3.9	3.9	4.1	4.4	4.4	5.2
			Speed(m/s)	8.00	9.80	9.49	9.41	9.12	8.97	9.00	8.97	8.56	8.04	7.70	
2位	4	DABROWSKI, Daniel	Passing time(sec)	0	5.7	9.2	12.8	16.6	20.4	24.5	28.6	32.7	36.9	41.0	45.99
			Lap time(sec)	5.7	3.6	3.6	3.8	3.9	4.1	4.1	4.1	4.2	4.2	5.0	
			Speed(m/s)	7.93	9.85	9.85	9.24	9.04	8.56	8.56	8.60	8.36	8.43	8.05	
			Passing time(sec)	0	5.7	9.1	12.6	16.2	19.9	23.9	28.0	32.1	36.5	40.9	46.05
3位	5	金丸 祐三	Lap time(sec)	5.7	3.4	3.5	3.6	3.8	4.0	4.1	4.2	4.3	4.4	5.2	
			Speed(m/s)	7.93	10.23	9.94	9.85	9.28	8.85	8.60	8.39	8.10	7.89	7.75	
			Passing time(sec)	0	5.7	9.5	13.1	16.8	20.6	24.7	28.7	32.8	37.0	41.1	46.18
			Lap time(sec)	5.7	3.8	3.6	3.7	3.9	4.0	4.1	4.1	4.2	4.1	5.1	
4位	3	WIERUSZEWSKI,Rafal	Speed(m/s)	7.93	9.20	9.76	9.45	9.04	8.67	8.63	8.50	8.39	8.53	7.91	
			Passing time(sec)	0	5.8	9.3	13.0	16.7	20.5	24.6	28.7	32.7	36.8	41.1	46.37
			Lap time(sec)	5.8	3.6	3.6	3.7	3.9	4.1	4.0	4.0	4.1	4.3	5.2	
			Speed(m/s)	7.77	9.85	9.67	9.45	9.04	8.53	8.67	8.71	8.49	8.13	7.62	
5位	2	向井 裕紀弘	Passing time(sec)	0	5.6	9.3	13.0	16.7	20.6	24.5	28.5	32.6	36.9	41.2	46.41
			Lap time(sec)	5.6	3.7	3.7	3.7	3.9	3.9	4.0	4.1	4.3	4.3	5.2	
			Speed(m/s)	8.00	9.58	9.49	9.41	9.00	8.93	8.67	8.60	8.23	8.07	7.66	
			Passing time(sec)	0	5.8	9.4	13.0	16.6	20.4	24.3	28.4	32.5	36.7	41.1	46.59
6位	8	為末 大	Lap time(sec)	5.8	3.6	3.6	3.6	3.7	3.9	4.1	4.1	4.2	4.4	5.5	
			Speed(m/s)	7.77	9.71	9.67	9.62	9.37	8.89	8.56	8.53	8.39	7.98	7.25	
			Passing time(sec)	0	5.6	9.0	12.5	16.2	20.1	24.0	27.9	31.9	36.4	41.1	46.88
			Lap time(sec)	5.6	3.4	3.5	3.7	3.9	3.9	3.9	4.1	4.5	4.7	5.7	
7位	1	佐々木 雄大	Speed(m/s)	8.05	10.18	9.94	9.54	9.08	9.00	8.89	8.63	7.80	7.44	6.97	
			Passing time(sec)	0	5.6	9.0	12.5	16.2	20.1	24.0	27.9	31.9	36.4	41.1	46.88
			Lap time(sec)	5.6	3.4	3.5	3.7	3.9	3.9	3.9	4.1	4.5	4.7	5.7	
			Speed(m/s)	8.05	10.18	9.94	9.54	9.08	9.00	8.89	8.63	7.80	7.44	6.97	
8位	6	BATMAN, Daniel	Passing time(sec)	0	5.6	9.0	12.5	16.2	20.1	24.0	27.9	31.9	36.4	41.1	46.88
			Lap time(sec)	5.6	3.4	3.5	3.7	3.9	3.9	3.9	4.1	4.5	4.7	5.7	
			Speed(m/s)	8.05	10.18	9.94	9.54	9.08	9.00	8.89	8.63	7.80	7.44	6.97	
			Passing time(sec)	0	5.6	9.0	12.5	16.2	20.1	24.0	27.9	31.9	36.4	41.1	46.88

表2 男子400m上位3名の個人内比較 -2005年スーパー陸上と比較して-

2006スーパー陸上				1		2		3		4		5			
Pos.	Lane	Name	Section	S-100m	100-200m	200-300m	300-350m	350-400m	Start	100	200	300	350	400m	
1位	7	堀籠 佳宏	Passing position	0	11.3	22.1	33.3	39.3	45.77						
			Lap time(sec)	11.3	10.8	11.2	6.0	6.4							
			Speed(m/s)	8.86	9.25	8.92	8.30	7.77							
2位	4	DABROWSKI, Daniel	Passing time(sec)	0	11.3	22.2	33.9	39.8	45.99						
			Lap time(sec)	11.3	10.9	11.7	6.0	6.2							
			Speed(m/s)	8.83	9.22	8.55	8.38	8.13							
3位	5	金丸 祐三	Passing time(sec)	0	11.1	21.6	33.4	39.6	46.05						
			Lap time(sec)	11.1	10.5	11.8	6.3	6.4							
			Speed(m/s)	9.03	9.52	8.50	7.97	7.78							

2005スーパー陸上				1		2		3		4		5			
Pos.	Lane	Name	Section	S-100m	100-200m	200-300m	300-350m	350-400m	Start	100	200	300	350	400m	
4位	2	堀籠 佳宏	Passing time(sec)	0	11.5	22.5	33.5	39.4	45.89						
			Lap time(sec)	11.5	11.0	11.1	5.8	6.5							
			Speed(m/s)	8.72	9.10	9.04	8.56	7.66							
2位	7	DABROWSKI, Daniel	Passing time(sec)	0	11.5	22.1	33.2	39.2	45.62						
			Lap time(sec)	11.5	10.7	11.1	6.0	6.4							
			Speed(m/s)	8.73	9.37	9.01	8.35	7.80							
1位	4	金丸 祐三	Passing time(sec)	0	11.3	22.0	33.2	39.1	45.47						
			Lap time(sec)	11.3	10.7	11.2	5.9	6.4							
			Speed(m/s)	8.83	9.35	8.92	8.49	7.87							

閃光も映しこむように撮影をした（シャッタースピード：1/60s）。そして2つの映像をVideo Analysis Software Dartfish ProSuite（DartFish社製）を用いて重ね合わせることで各ハードル位置を400m走レース走者のトルソーが通過する時刻を読み取り、10箇所（45m地点、80m地点、115m地点、150m地点、185m地点、220m地点、255m地点、290m地点、325m地点、360m地点）の通過タイムを求め、そして各区間の平均疾走速度を算出した。尚、分析対象者は1位から8位までとした。

2. 2 昨年データとの比較

Overlay方式のデータから推定した100m地点、200m地点、300m地点、350m地点の通過タイムと、杉田ら（2006）の報告データを参照して行った。

3. 結果と考察

3. 1 男子400m走レース

表1に選手の通過タイム、区間タイム、区間平均疾走速度を示した。表2にはOverlay方式から推定した100m地点、200m地点、300m地点、350m地点の通過タイムを示した。1位の堀籠選手の記録は45秒77であり、昨年の45秒89より0秒12更新の自己最高記録であった。レース展開は、前半の走りがDABROWSKI選手や金丸選手と比べてやや遅い速度で走っているものの、200m付近以降の曲走路区間において速度低下を抑え、二人より速い速度を維持しながら追いつけるパターンを示していた（図1）。昨年と比べると、スタートからの100m区間が0.14(m/sec)、100mから200m区間においては0.15(m/sec)程度スピードアップして走っており、中盤やや遅くなりつつも、ラスト50mでは昨年とほぼ

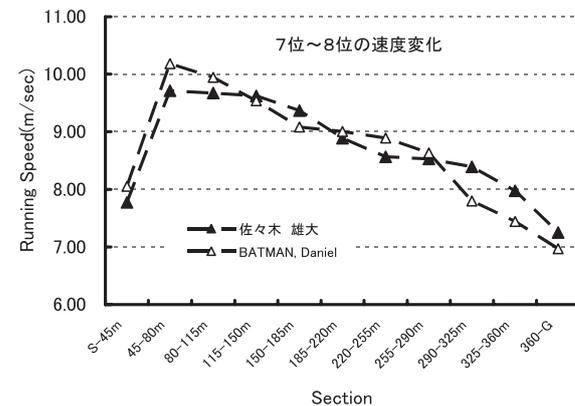
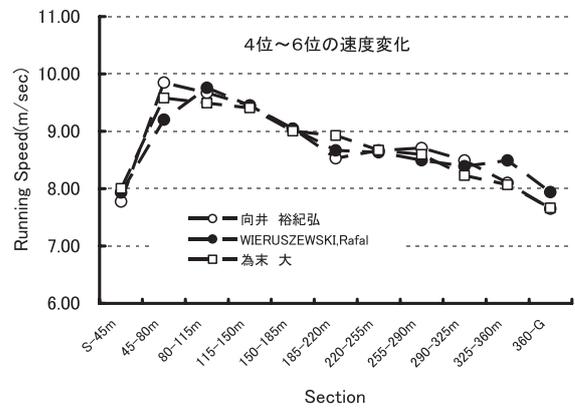
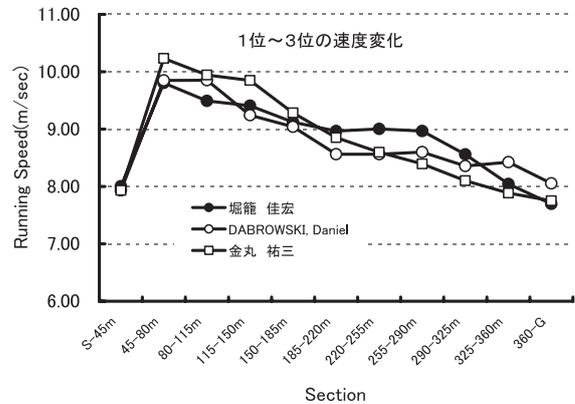


図1 男子400m走レース中の疾走速度変化

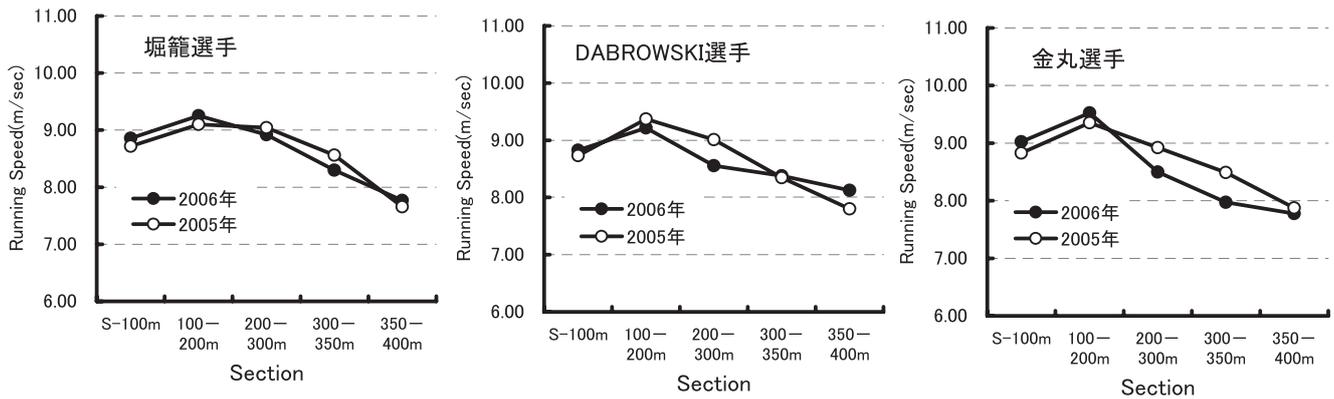


図2 男子400m上位3名の個人内比較 - 2005年スーパー陸上速度変化と比較して -
 ※ 2005年データは杉田ら (2005) より引用し、筆者が作図した。

表3 女子400m走決勝の通過タイム、区間タイム、区間平均疾走速度

Pos.	Lane	Name	Section	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11											
				S-45m	45-80m	80-115m	115-150m	150-185m	185-220m	220-255m	255-290m	290-325m	325-360m	360-400m	
1位	6	AMERTIL, Christine	Passing position	Start	45m	85m	115m	150m	185m	220m	255m	290m	325m	360m	400m
			Passing time(sec)	0	6.1	10.1	14.0	18.1	22.2	26.5	30.9	35.4	40.1	44.9	50.68
			Lap time(sec)	6.1	3.9	4.0	4.1	4.1	4.2	4.4	4.5	4.7	4.9	5.8	
2位	5	丹野 麻美	Speed(m/s)	7.35	8.89	8.78	8.63	8.46	8.26	7.98	7.71	7.52	7.19	6.95	
			Passing time(sec)	0	6.2	10.3	14.4	18.6	22.8	27.2	31.9	36.7	41.8	47.1	53.54
			Lap time(sec)	6.2	4.1	4.1	4.2	4.2	4.4	4.6	4.8	5.1	5.3	6.4	
3位	2	木田 真有	Speed(m/s)	7.27	8.56	8.46	8.36	8.33	7.92	7.55	7.23	6.81	6.60	6.26	
			Passing time(sec)	0	6.2	10.4	14.7	19.0	23.4	27.9	32.5	37.3	42.2	47.4	53.56
			Lap time(sec)	6.2	4.3	4.3	4.3	4.4	4.6	4.6	4.7	5.0	5.1	6.2	
4位	4	竹内 昌子	Speed(m/s)	7.29	8.19	8.19	8.13	8.04	7.69	7.57	7.41	7.04	6.83	6.45	
			Passing time(sec)	0	6.3	10.4	14.7	18.9	23.3	27.8	32.5	37.3	42.4	47.6	54.04
			Lap time(sec)	6.3	4.2	4.3	4.2	4.4	4.6	4.7	4.8	5.1	5.3	6.4	
5位	7	田中 千智	Speed(m/s)	7.19	8.39	8.23	8.29	7.98	7.68	7.47	7.31	6.92	6.64	6.26	
			Passing time(sec)	0	6.7	10.9	15.4	19.7	24.1	28.7	33.4	38.4	43.4	48.8	55.09
			Lap time(sec)	6.7	4.3	4.4	4.4	4.4	4.6	4.7	4.9	5.0	5.4	6.3	
6位	8	成瀬 美紀	Speed(m/s)	6.76	8.16	7.92	8.01	7.98	7.60	7.41	7.14	6.97	6.47	6.34	
			Passing time(sec)	0	6.5	10.8	15.0	19.3	23.9	28.7	33.6	38.7	43.9	49.2	55.36
			Lap time(sec)	6.5	4.3	4.2	4.3	4.6	4.8	5.0	5.0	5.3	5.3	6.1	
7位	3	武藤 奈々	Speed(m/s)	6.92	8.19	8.29	8.10	7.66	7.31	7.04	6.99	6.66	6.58	6.53	
			Passing time(sec)	0	6.3	10.4	14.8	19.1	23.6	28.2	33.1	38.3	43.6	49.0	55.53
			Lap time(sec)	6.3	4.2	4.4	4.3	4.5	4.6	4.9	5.2	5.3	5.4	6.6	
8位	9	木村 朝美	Speed(m/s)	7.19	8.39	8.01	8.13	7.83	7.55	7.14	6.79	6.60	6.50	6.09	
			Passing time(sec)	0	6.5	10.9	15.2	19.7	24.3	29.1	34.1	39.2	44.3	49.7	56.48
			Lap time(sec)	6.5	4.3	4.4	4.5	4.6	4.8	5.0	5.1	5.2	5.4	6.8	
			Speed(m/s)	6.88	8.10	8.04	7.83	7.60	7.31	7.02	6.88	6.75	6.52	5.91	

表4 女子400m上位3名の個人内比較 - 2005年スーパー陸上と比較して -

2006スーパー陸上			1 2 3 4 5						
			Section	S-100m	100-200m	200-300m	300-350m	350-400m	
1位	6	AMERTIL, Christine	Passing position	Start	100	200	300	350	400m
			Passing time(sec)	0	12.4	23.9	36.7	43.5	50.68
			Lap time(sec)	12.4	11.5	12.8	6.8	7.1	
2位	5	丹野 麻美	Speed(m/s)	8.07	8.66	7.81	7.35	7.00	
			Passing time(sec)	0	12.6	24.7	38.2	45.6	53.54
			Lap time(sec)	12.6	12.1	13.5	7.5	7.9	
3位	2	木田 真有	Speed(m/s)	7.91	8.29	7.42	6.70	6.32	
			Passing time(sec)	0	12.9	25.3	38.7	45.9	53.56
			Lap time(sec)	12.9	12.4	13.4	7.2	7.7	
			Speed(m/s)	7.76	8.04	7.48	6.94	6.53	
2005スーパー陸上			1 2 3 4 5						
			Section	S-100m	100-200m	200-300m	300-350m	350-400m	
2位	6	AMERTIL, Christine	Passing position	Start	100	200	300	350	400m
			Passing time(sec)	0	12.5	24.4	36.4	43.0	50.09
			Lap time(sec)	12.5	11.9	12.0	6.6	7.1	
4位	4	丹野 麻美	Speed(m/s)	7.98	8.42	8.33	7.54	7.08	
			Passing time(sec)	0	12.8	25.1	37.8	44.6	51.80
			Lap time(sec)	12.8	12.3	12.7	6.8	7.2	
9位	1	木田 真有	Speed(m/s)	7.79	8.12	7.90	7.33	6.96	
			Passing time(sec)	0	12.9	25.6	39.3	46.6	54.70
			Lap time(sec)	12.9	12.8	13.6	7.3	8.1	
			Speed(m/s)	7.78	7.82	7.34	6.82	6.16	

同じレベルの速度で走る展開であった(図2)。昨年45秒47のジュニア日本新記録で優勝した金丸選手は、今回46秒05の記録で3位であった。他の国内選手に比べて前半から速い速度(最高速度: 10.23(m/sec))で走る展開であったが、

後半は速度低下が大きく、290m地点において堀籠選手に、ラスト40mでDABROWSKI選手に抜かれる結果となった(図1)。しかしながら、昨年と比較すると、はじめの100m区間と100mから200mまでの区間において、それぞれ0.20(m/sec), 0.17

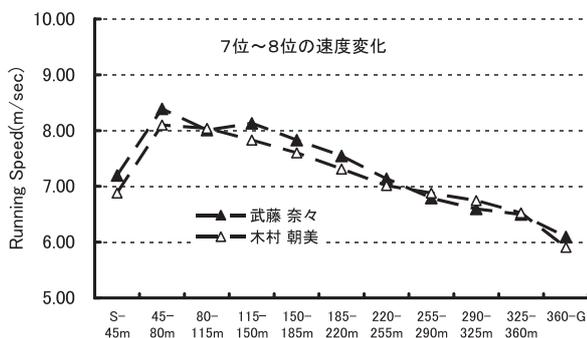
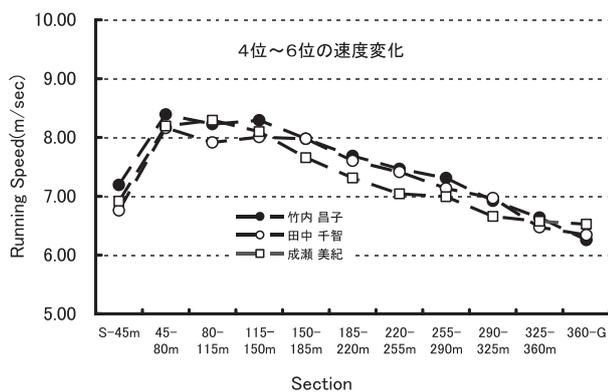
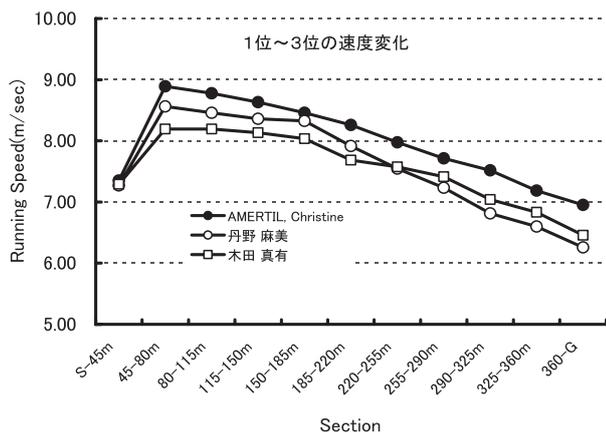


図3 女子400m走レース中の疾走速度変化

(m/sec) 高い速度で走っており、さらなる自己記録更新を期待させる序盤であったと思われる。

3.2 女子400m走レース

さて、女子400m走レースでは、AMERTIL選手が50秒68で1位。丹野選手は53秒54で2位、そして木田選手は53秒56で3位であった。全選手とも45mから80m区間において最高速度が出現しているが、AMERTIL選手の速度は8.89 (m/sec) と、丹野選手の8.56 (m/sec)、そして木田選手の8.19 (m/sec) と比べても最も速かった。そしてAMERTIL選手はその後ペースを乱すことなく（ほぼ一定した速度低下）終盤までレースを展開していた（表3、図3）。いっぽう、丹野選手は、185mから220m区間の速度低下が大きくなり、木田選手に追い上げられる展開となっていた。

昨年に比べて、AMERTIL選手は0秒59、丹野選手は1秒74、記録が低下していたが、両選手ともスタートからの100m区間がそれぞれ0.09(m/sec)、0.12(m/sec)、100mから200m区間においては0.24 (m/sec)、0.17(m/sec)、程度スピードアップして走っていた（表4、図4）。記録の低下は、AMERTIL選手は200mから300m区間の速度が0.52(m/sec)ほど低下していたこと、そして丹野選手は200m以降終盤まで速度の低下が著しかったことが影響していたと思われる。木田選手は昨年より1秒14記録を更新していたが、それは100m以降すべての区間において0.12 (m/sec) から0.36(m/sec)スピードアップして走っていたことによる影響であった。

参考文献

杉田正明・榎本靖士・高野 進・川本和久・阿江通

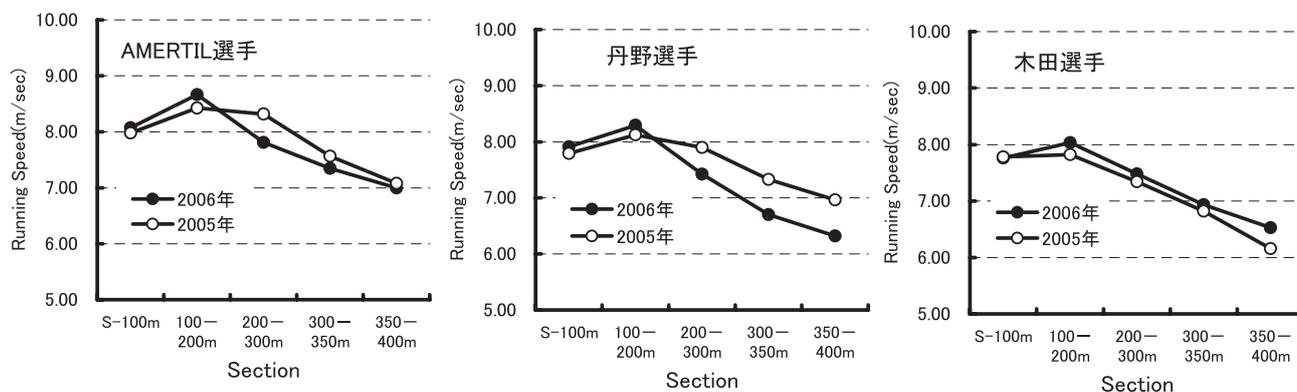


図4 女子400m上位3名の個人内比較 - 2005年スーパー陸上速度変化と比較して -
※ 2005年データは杉田ら（2005）より引用し、筆者が作図した。

良（2006） 2005スーパー陸上の400m走における
タイム分析について，陸上競技紀要 2，92-9

800m レースにおける走スピードとレース後の血中乳酸濃度との関係

榎本靖士 1) 門野洋介 2)
 1) 京都教育大学 2) 筑波大学大学院

1. 目的

中距離走では、有氣的持久力と無氣的持久力の両方が影響すると言われており (Brandon, 1995), 血中乳酸濃度の蓄積で評価される無氣的パワーと中距離パフォーマンスとの間に関係があることが報告されている (森丘ら, 2003). しかし, 中距離レースにおけるレース後の血中乳酸濃度とパフォーマンスの関係を報告した研究は極めて少ない (Lacourら, 1990). そこで本報告は, 一流800m選手のレース後の血中乳酸濃度とレース中の走スピードとの関係を検討することで, 中距離レースに影響を及ぼす要因の検討と中距離選手のトレーニングへの示唆を得ようとするものである.

2. 方法

兵庫リレーカーニバル (平成18年4月23日) における男子800mレースを2台のビデオカメラにより撮影するとともに, 血中乳酸濃度 (LA) をレース後に選手の指先から採血し, ラクテートプロ (アークレイ製) を用いて測定した. 測定の趣旨に賛同した選手を対象とし, レース後選手によって1~3回の測定を行ない, 測定したゴール後の時間を記録した. 対象とした選手の800mベスト記録は1分49秒26±1秒27で, レース記録は1分51秒36±1秒58であった. 撮影した映像から800mの100mごとの通過タイムを算出し, 各100m区間の平均スピードを求めた. スタートから100mまでの平均スピードをv100, 100~200mまでをv200とし, v800まで算出した.

3. 結果と考察

表1は, レース後の血中乳酸濃度 (LA) と測定時刻を選手ごとに示したものである. 各選手のピーク

値を平均すると15.3 mmol/lであった. 個々に着目すると, Bはレース後すぐに16.3 mmol/lとなり, 16分57秒後においても14.7 mmol/lであった. 一方, Fはレース後2分で4.6 mmol/lであったが, 9分15秒後で18.7 mmol/lとなっていた. これまで運動後1~10分間にピーク値が出現すると考えられており (山本, 2004), 本測定でも同様の傾向がみられた. しかし, 急激なピークが出現した選手はまれで, ほとんどの選手が15 mmol/l前後で推移していた. レース後では一度に8人の選手がゴールするため, 測定時刻を統制することは困難である. これらのことを考えると, 今後はレース後にLAを測定するときは, レース直後は避け, 5~10分間で測定することでピーク値に近い値を安定して得ることができると考えられる. 一方, Lacourら (1990) は800m

表1 レース後の血中乳酸濃度 (LA) と測定時刻

選手	LA (mmol/l)	測定時刻
A	15.4	1分 28秒
B	16.3	2分 10秒
	14.7	16分 57秒
C	12.1	4分 50秒
D	14.2	5分 0秒
	7.4	1分 30秒
E	14.3	6分 40秒
	4.6	2分 0秒
F	18.7	9分 15秒
	15.0	3分 40秒
	14.2	5分 50秒
G	14.2	11分 15秒
	15.7	2分 55秒
	15.7	10分 30秒
I	15.9	4分 45秒
	15.1	12分 35秒

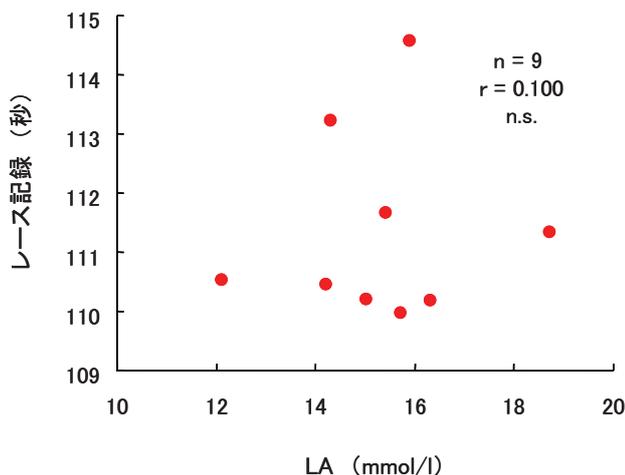


図1 レース記録とレース後血中乳酸濃度 (LA) との関係

レース後において20 mmol/l前後の値を報告している。競技レベルがやや高いことばかりでなく測定法の違いなども関係していると考えられるが、今回の測定値はやや低い値であったと言えよう。また、今回の測定では、ゴール後においても比較的長い時間にわたって高い乳酸値を維持しており、このことからレース中においても高い値を維持していた可能性が示唆される。これらは、中距離走のトレーニング課題として、レース後により多くの乳酸を蓄積するとともに、比較的長い時間にわたって高い乳酸を維持することも重要であることを示唆するものであろう。

図1は、レース記録とレース後血中乳酸濃度 (LA) との関係を示したものである。これらには有意な相関はみられなかった。山本 (2004) は自転車エルゴメーターを用いた90秒間全力ペダリング後の血中乳酸濃度と800mベスト記録との間に有意な負の相関を報告し、最大乳酸値が高いほど800 mパフォーマンスが高いことを示唆している。Lacourら (1990) は、800mレース記録およびベスト記録に対するレース記録の割合とレース後の血中乳酸濃度との間に相関があったことを報告している。しかし、今回の結果からは同様の傾向はみられなかった。今後さらにデータ数を増やすことで同様の傾向

がみられる可能性はあるが、レース記録とLAとの間に強い相関があるとは考えにくい。これは、レースでのパフォーマンスは有氣的持久力やペース配分などの要因が、血中乳酸値は無氣的代謝ばかりでなく乳酸の有氣的代謝が影響するためである。単にLAとレース記録の関係ではなく、LAのばらつきにレースにおけるどのような要因が影響しているかを究明していく必要がある。

表2は、レース後の血中乳酸濃度 (LA) と各区間スピードとの関係を示したものである。v400とLAとの間に有意な正の相関がみられた。また、有意ではないもののv200とLAの間には負の相関傾向がみられた。すなわち、これらの結果は、100~200m区間において走スピードの高い選手はLAが低く、300~400m区間において走スピードが高い選手はLAが高い傾向にあることを示していると考えられる。300~400m区間はレースでは最もスピードが低下する区間で、レース記録との相関も低いことが報告されている (榎本ら, 2005)。この区間のスピードが高いことは身体への負荷がより大きい可能性があり、その結果、LAが高くなったと推測できる。これらのことは推測の域を出ないが、一般的に、運動開始直後はATPやCP系が多くエネルギーを供給し、その後、解糖系が大きく働き、有酸素系は立ち上がるまで時間を要するとされている。すなわち、レースにおいてどの時点で高いスピードを獲得するかは、レース後の乳酸に対して同じではなく異なった影響をもつものと考えられよう。今後は選手ごとに多くのレースにおいてデータを蓄積することでペース配分とLAとの関係を詳細に検討することができ、LAを低く抑えるペース配分やスタート後どの時点でスピードをトレーニングすべきかに役立つ示唆を与えることができると考えられる。

今回は非常に限られたデータでの報告となった。

これまでスピードスケートではレースペースと血中乳酸濃度との関係を検討しているが (湯田ら, 2001)、陸上競技の中距離走では行なわれていないようである。今後は、さらなるデータの蓄積とともに、選手の最大乳酸蓄積能力に対する割合や有氣のおよび無氣的持久力の特性なども加味することで

	v100	v200	v300	v400	v500	v600	v700	v800
r	-0.257	-0.636	-0.361	0.725	0.325	-0.451	-0.201	0.062
p<0.05								

表2 レース後の血中乳酸濃度と各区間スピードとの相関係数

レース後の血中乳酸濃度の解釈を助け、ペース配分やトレーニングへ有益な示唆を提供することができよう。

これらの測定をするにあたり、選手、コーチ、役員の方々に多大なご協力をいただいた。ここに記して感謝の意を表します。

文献

Brandon, L. J. (1995) Physiological factors associated with middle distance running performance. *Sports Med.* 19: 268-277.

榎本靖士, 阿江通良, 森丘保典, 杉田正明, 松尾彰文 (2005) 世界と日本の一流男子800m選手のレースパターンの比較. *陸上競技研究紀要* 1, 16-22.

Lacour R. P., Bouvat E., and Barthelemy J. C. (1990) Post-competition blood lactate concentrations as indicators of anaerobic energy expenditure during 400-m and 800-m races. *Eur. J. Appl. Physiol.* 61: 172-176.

森丘保典, 伊藤静夫, 大庭恵一, 原孝子, 内丸仁, 青野博, 雨宮輝也 (2003) 間欠的漸増負荷走行中の血中乳酸動態から推定されるパワーと中距離走能力との関係. *体力科学* 52: 285-294.

山本正嘉 (2004) 乳酸を測る. 鹿屋体育大学スポーツトレーニング教育研究センター (編) スポーツ選手と指導者のための体力・運動能力測定法, 大修館書店: pp. 43-49.

湯田 淳, 結城匡啓, 伊藤静夫, 河合季信, 高松薫, 阿江通良 (2001) スピードスケート1000m競技における滑走スピードおよびサイクル頻度の変化と血中乳酸濃度からみた合理的ペース. *トレーニング科学* 13: 93-102.

2006年度国内主要競技会における中距離走種目のレース分析

門野洋介 1) 榎本靖士 2) 阿江通良 3) 杉田正明 4)
 1) 筑波大学大学院人間総合科学研究科 2) 京都教育大学体育学科
 3) 筑波大学体育科学系 4) 三重大学教育学部

1. はじめに

本報告では、日本選手権、群馬リレーカーニバルおよびセイコー スーパー陸上2006ヨコハマにて行われた中距離走種目における上位選手を対象に行ったレース分析結果を報告する。

2. 方法

撮影を行った競技会およびレースを表1に示した。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、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。また、各100m区間において10歩に要した時間を読み取り、1歩に要した時間の逆数をピッチとして算出し、さらに走スピードをピッチで除すことによりストライドを算出した。

3. 結果および考察

分析を行ったレースごとに、結果をもとに考察をすすめる。

3.1 男子800m

男子800mは、日本選手権決勝および群馬リレーカーニバルのタイムレース2組を分析した。

3.1.1 日本選手権 男子800m決勝

図1は日本選手権男子800m決勝のレース分析結果をまとめたものである。このレースは、横田真人選手（慶應義塾大学，1年）が1分48秒42の自己新記録で制した。400mの通過タイムは54秒60、後半の400mは53秒82で、2周目の方が速い『後半型』のレース展開であった。走スピードの変化（図1上段）を概観すると、上位3選手は200～700mではほとんど同じ走スピードの変化を示しており、相違がみられた局面は0～200mのレース序盤と700～800m区間の終盤であった。レース序盤についてみると、0～120mでは横田選手の走スピードが最大で、最も速いスタートであった。ストライドは横田選手の2.06mが最大で、ピッチは笹野浩志選手（富士通）の3.85Hzが最大であった。しかし、笹野選手のストライドは1.96mと3選手中最小で、横田選手や鈴木尚人選手（自衛隊体育学校）と比べると約10cmも小さく、笹野選手自身のレース全体平均ストライド（2.08m）と比べても12cmも小さいことから、笹野選手のスタートにおける加速の努力度はかなり小さかったと推測される。鈴木選手はオープンレーンになる120～200m区間において走スピードの増大がみ

表1 撮影を行った競技会およびレース

競技会	月日	場所	分析レース
第90回 日本陸上競技選手権大会	6月30日～7月2日	神戸ユニバー	男女800m決勝, 男女1500m決勝
2006日本グランプリシリーズ第6戦 群馬リレーカーニバル	9月17日	敷島	男800m タイムレース 2組
セイコー スーパー陸上2006ヨコハマ	9月24日	日産スタジアム	男女1500m

	1) 横田真人 1:48.42 (PB)					2) 鈴木尚人 1:49.04					3) 笹野浩志 1:49.15				
	通過タイム (min:s)	区間タイム (s)	走スピード (m/s)	ストライド (m)	ピッチ (steps/s)	通過タイム (min:s)	区間タイム (s)	走スピード (m/s)	ストライド (m)	ピッチ (steps/s)	通過タイム (min:s)	区間タイム (s)	走スピード (m/s)	ストライド (m)	ピッチ (steps/s)
120m	15.57	15.57	7.71	2.06	3.75	15.83	15.83	7.58	2.05	3.70	15.90	15.90	7.55	1.96	3.85
200m	26.07	10.50	7.62	2.18	3.49	26.27	10.43	7.67	2.22	3.45	26.50	10.60	7.55	2.16	3.49
300m	40.20	14.13	7.08	2.10	3.37	40.33	14.07	7.11	2.11	3.37	40.50	14.00	7.14	2.14	3.33
400m	54.60	14.40	6.94	2.08	3.33	54.80	14.47	6.91	2.10	3.30	54.93	14.43	6.93	2.08	3.33
500m	1:08.77	14.17	7.06	2.02	3.49	1:08.93	14.13	7.08	2.05	3.45	1:09.17	14.23	7.03	2.06	3.41
600m	1:22.23	13.47	7.43	2.10	3.53	1:22.40	13.47	7.43	2.10	3.53	1:22.60	13.43	7.44	2.11	3.53
700m	1:35.53	13.30	7.52	2.16	3.49	1:35.67	13.27	7.54	2.04	3.70	1:35.83	13.23	7.56	2.12	3.57
800m	1:48.42	12.89	7.76	2.10	3.70	1:49.04	13.37	7.48	1.99	3.75	1:49.15	13.32	7.51	1.98	3.80
平均	前半400m		7.34	2.11	3.49	前半400m		7.32	2.12	3.45	前半400m		7.29	2.09	3.50
	後半400m		7.44	2.09	3.55	後半400m		7.38	2.05	3.61	後半400m		7.38	2.07	3.58
	レース全体		7.38	2.10	3.52	レース全体		7.35	2.08	3.53	レース全体		7.33	2.08	3.54

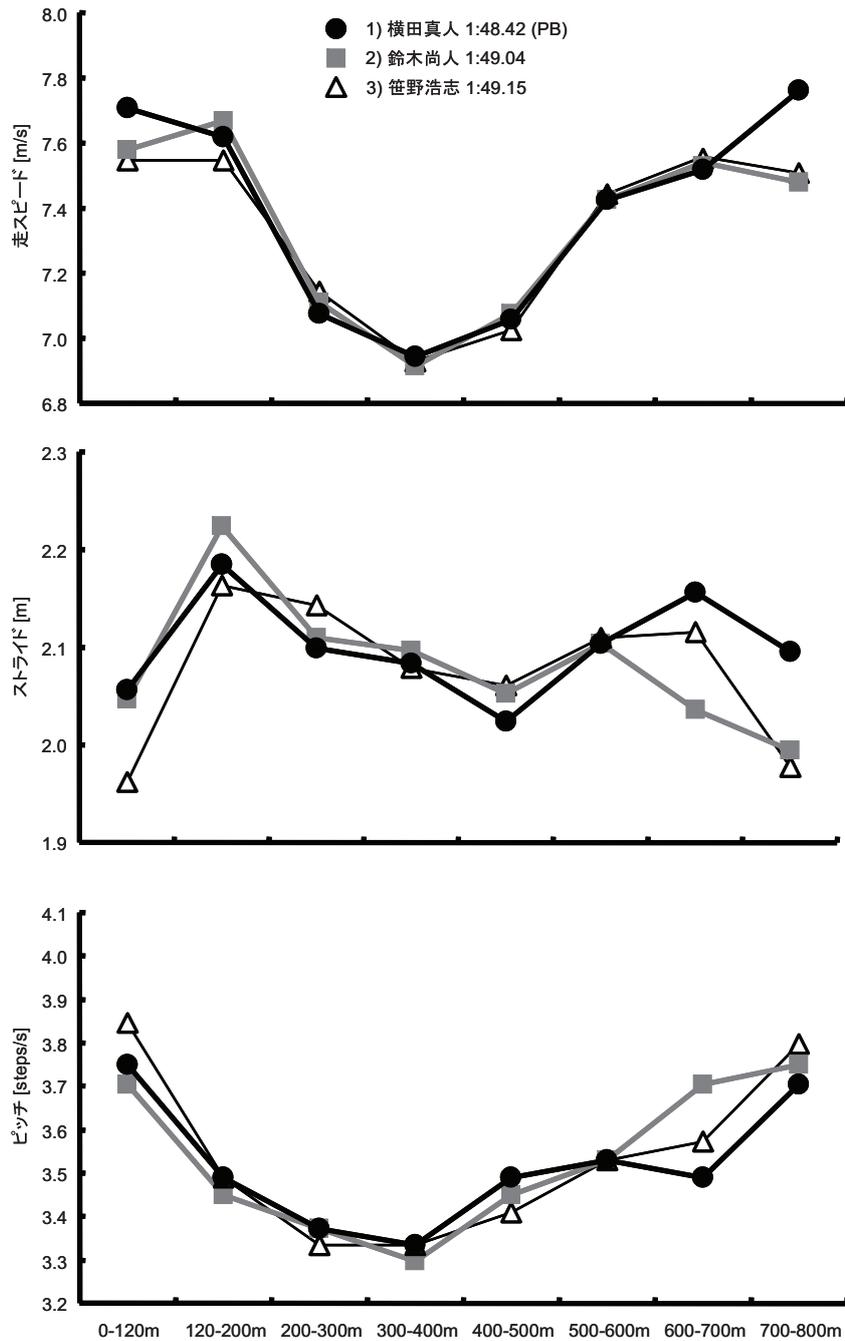


図1 日本選手権男子800m決勝における上位3選手の通過タイム，区間タイム，走スピード，ストライドおよびピッチ

られるが、これは0～120m区間で開いた先頭（横田選手ら）との差を詰めようとしたためであった。このように、レース序盤では横田選手が積極的なスタートでレースの主導権を握り、鈴木選手、笹野選手らがそれを追う展開となった。

レース終盤についてみると、鈴木選手は、600～700mでピッチが大きく増大し、一方でストライドが大きく減少し、続く700～800mではピッチをさらに増大させることができず、ストライドもさらに減少し、走スピードを増大させることができなかつた。笹野選手は、600～700mでストライドを維持してピッチをわずかに増大させ、700～800mではピッチが大きく増大したが、一方でストライドの減少が大きく、鈴木選手と同様に走スピードを増大させることができなかつた。横田選手は、600～700m区間でストライドが増大してピッチが減少し、700～800m区間ではピッチが大きく増大し、一方でストライドは減少したが、他の2選手よりも大きなストライドを維持しており、走スピードを増大させることができた。横田選手は、笹野選手や鈴木選手よりも比較的大きなストライドを維持しており、ピッチの増大を開始するタイミングが最も遅かつた。これらのことから、ラストスパートにおいてはピッチを増大させることが重要であるが、鈴木選手のようにピッチの増大を開始するタイミングが早過ぎると、ピッチが頭打ちになってしまう可能性があることや、また笹野選手のようにピッチの増大とそのタイミングはよくても、ストライドの減少が大きいと、走スピードを増大することやフィニッシュまで高い走スピードを維持することが困難となる場合があると考えられる。したがって、このような『後半型』のレース展開の終盤（ラストスパート）においては、単純にピッチを増大させるだけでなく、ストライドの減少をできる限り小さく抑えてピッチを増大させることや、ピッチの増大を開始するタイミングに注意することなども重要であると示唆される。選手はこれらの点に留意してトレーニングを行うことや、レースの戦術を考えることなどが有効であると考えられる。

3.1.2 群馬リレーカーニバル

図2は群馬リレーカーニバルのグランプリ男子800mタイムレース2組のレース分析結果をまとめたものである。このレースは、第15回アジア大会代表選手の選考レースで、ペースメーカーが付いたレースであった。このレースは、下平芳弘選手（早稲田大学、3年）が1分48秒52で制し、3位に入った口野

武史選手（日本体育大学、2年）は1分48秒88の自己新記録をマークした。

通過タイムをみると、400m通過が54秒台、後半の400mも54秒台で、『平均型』のレース展開であった。走スピードの変化を概観すると（図2 上段）、3選手とも0～120mで加速した後、400mまで走スピードは漸減した。400m以降は全体的に400～600mで走スピードが漸増し、600～800mで漸減するパターンを示したが、個別に詳細にみるとそれぞれ特徴的な部分がみられる。

下平選手は0～120m区間で積極的に加速したが、120～200m区間で後方の選手を牽制したためか、ペースメーカーに付かず減速し、集団に落ち着く形となった。400m通過後、600mにかけて走スピードを漸増させ、600～700m区間において一度走スピードが減少したが、700～800m区間においてそれを維持していた。下平選手は、特に500～600m区間の走スピードの大きさがこのレースにおいて優れた点であり、400m～600mで約0.5秒、他の2選手との差を広げることができた。下平選手はこの区間においてストライドを維持し、ピッチ漸増させていた。600～700m区間ではストライドが急激に減少してピッチが増大し、700～800m区間では再びストライドが増大してピッチが減少し、走スピードを維持していた。このレースの下平選手の場合、レース中盤～終盤においては、ピッチの増減に関わらず、ストライドが増大した局面においては走スピードが増大し、逆にストライドが減少した局面においては走スピードが減少していた。したがって、下平選手はストライドの変化が走スピードに及ぼす影響が大きいと推測され、レース中盤～終盤においてストライドを大きく保つことが、高い走スピードの獲得やその維持につながると考えられる。

口野選手は200m以降、特に後半の400mにおいて走スピード、ストライドおよびピッチの変動がほとんどみられず、ほぼ一定を維持していたことが伺える（図2）。ストライドやピッチの絶対的な大きさには個人差があるが、その維持という点においてこのレースの口野選手は非常に優れており、これが自己新記録につながった要因の1つとして考えられる。

笹野浩志選手（富士通）は、200～600mのレース中盤において、他の2選手に比べてストライドは大きいのが、その増減を繰り返している様子がみられる（図2中段）。このようなストライドの増減は、ストライドの安定性という点からみると非常に不安定であり、非効率的であると考えられる。この原因

	1) 下平芳弘 1:48.52					2) 笹野浩志 1:48.77					3) 口野武史 1:48.88 (PB)				
	通過タイム (min:s)	区間タイム (s)	走スピード (m/s)	ストライド (m)	ピッチ (steps/s)	通過タイム (min:s)	区間タイム (s)	走スピード (m/s)	ストライド (m)	ピッチ (steps/s)	通過タイム (min:s)	区間タイム (s)	走スピード (m/s)	ストライド (m)	ピッチ (steps/s)
120m	15.30	15.30	7.84	1.96	4.00	16.00	16.00	7.50	1.98	3.80	15.63	15.63	7.68	1.92	4.00
200m	26.13	10.83	7.38	2.14	3.45	26.83	10.83	7.38	2.19	3.37	26.27	10.63	7.52	2.13	3.53
300m	40.00	13.87	7.21	2.09	3.45	40.53	13.70	7.30	2.07	3.53	40.23	13.97	7.16	2.00	3.57
400m	54.03	14.03	7.13	2.04	3.49	54.27	13.73	7.28	2.11	3.45	54.27	14.03	7.13	2.02	3.53
500m	1:07.73	13.70	7.30	2.04	3.57	1:08.30	14.03	7.13	2.07	3.45	1:07.97	13.70	7.30	2.04	3.57
600m	1:21.07	13.33	7.50	2.08	3.61	1:21.50	13.20	7.58	2.12	3.57	1:21.57	13.60	7.35	2.03	3.61
700m	1:34.83	13.77	7.26	1.96	3.70	1:35.03	13.53	7.39	2.07	3.57	1:35.20	13.63	7.34	2.03	3.61
800m	1:48.52	13.69	7.31	2.00	3.66	1:48.77	13.74	7.28	1.99	3.66	1:48.88	13.68	7.31	2.05	3.57
平均	前半400m		7.39	2.06	3.60	前半400m		7.37	2.09	3.54	前半400m		7.37	2.02	3.66
	後半400m		7.34	2.02	3.64	後半400m		7.34	2.06	3.56	後半400m		7.32	2.04	3.59
	レース全体		7.37	2.04	3.62	レース全体		7.35	2.07	3.55	レース全体		7.35	2.03	3.63

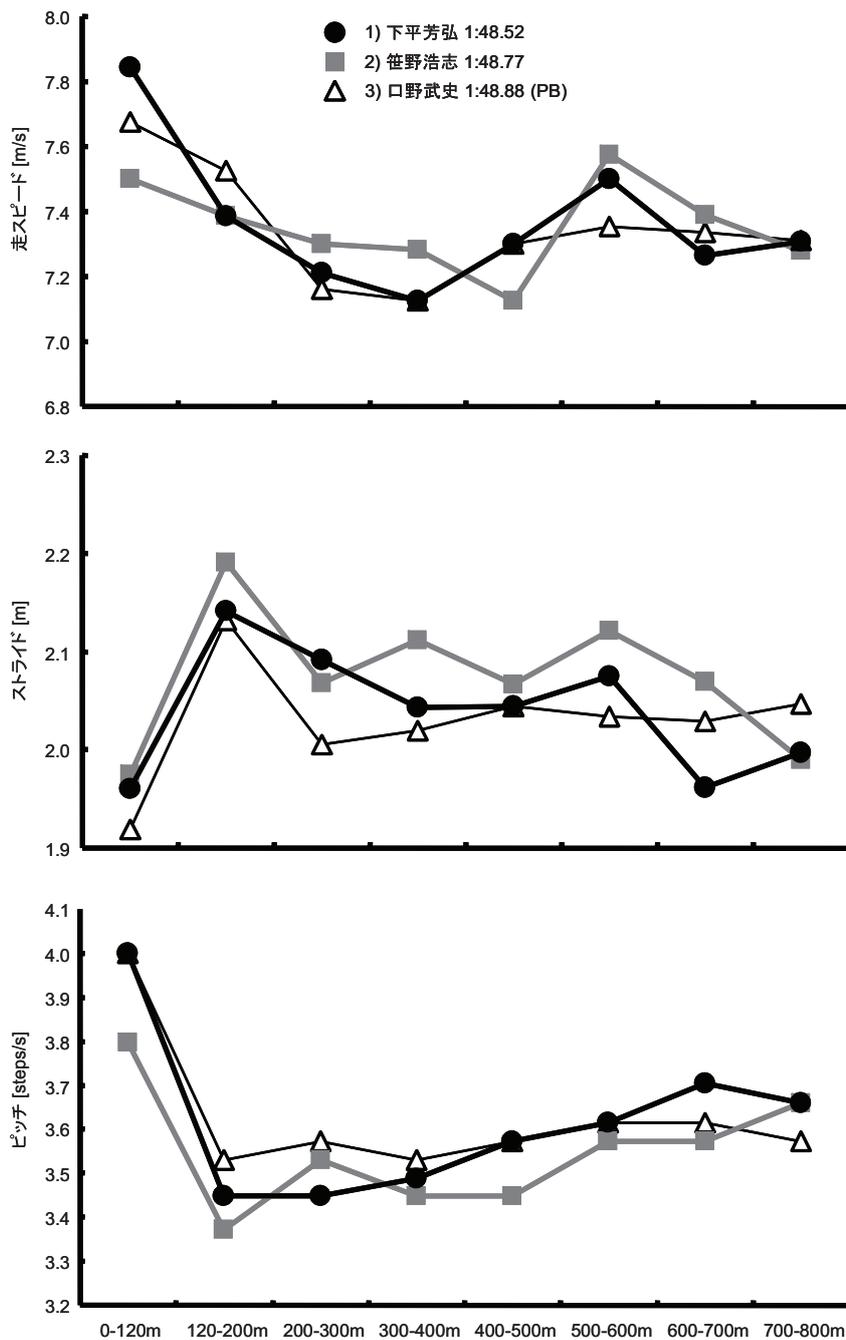


図2 群馬リレーカーニバル男子GP 800m タイムレース2組における上位3選手の通過タイム，区間タイム，走スピード，ストライドおよびピッチ

の1つとして、笹野選手はスタートでの加速が小さかったために集団の後方に位置することになり、レース中盤においてそのポジションを徐々に上げていったことが挙げられる。つまり、レース序盤での位置取りが、200m以降の走りに影響を及ぼすことになったと考えられる。笹野選手は他の2選手に比べて、前半の400mにおいて平均的に走スピードを維持していた点も、その影響によるものと推測される。

3.2 女子800m

女子800mは日本選手権決勝分析した。

3.2.1 日本選手権 女子800m決勝

図3は日本選手権女子800m決勝のレース分析結果をまとめたものである。このレースは、杉森美保選手（京セラ）が2分03秒19で制し、2位に入った久保瑠里子選手（広島井口高校、3年）は2分04秒44の高校歴代2位の好記録（自己新記録）をマークした。

通過タイムをみると、400m通過が60秒台、後半400mが63～4秒台で、『前半型』のレース展開であった。走スピードの変化をみても（図3上段）、スタートからフィニッシュにかけて漸減するパターンを示した。

杉森選手は、最も速いスタートで先頭に立ち、600m通過までは2位以下に常に約0.3～0.6秒、700m通過時点では1秒以上のリードを保ち、終始先頭で逃げ切った。400mを境にストライドが減少し、一方でピッチが増大していることから、杉森選手は、2周目に入った時点でストライドとピッチのバランスを切り替えたものと推測される。また、前後半の中でそれぞれストライドの大きさを維持しており、ピッチも700～800m区間の減少を除けば大きな変動はみられず、終始ストライドとピッチのバランスが安定した走りであったと考えられる。

久保選手は、2番手でレースを進めた陣内綾子選手（佐賀大学、2年）のすぐ後方に付け、陣内選手に引っ張られる形でレースを進めた。したがって、陣内選手が久保選手のよいペースメーカーとなり、その結果2分04秒44の好記録の誕生につながった。久保選手の前半400mの平均ストライドは杉森選手に比べて4cm小さく、平均ピッチでは久保選手の方が大きかった。後半400mにおいては、400～600mではストライド、ピッチを共に維持し、600～700m区間ではストライドの増大によって走スピードを増大させ、700～800m区間ではピッチは減少するが、一方でストライドをさらに増大させることで走スピー

ドの減少を抑制していた。また、後半400mの平均ストライドは杉森選手と同じ1.92mであった。これらのことから、久保選手は、後半の400mにおいては杉森選手と同じ水準までストライドを漸増させることで走スピードを増大あるいは維持していたことがわかる。したがって、久保選手は杉森選手と同水準のストライドで疾走できる能力を有しており、前半400mにおいてさらに大きなストライドを獲得し、また後半においてそれを維持することができれば、さらなる記録の向上が期待できると考えられる。

陣内選手は、2番手で杉森選手を迫る形でレースを進めた。500m以降ピッチを増大させることで走スピードを増大して杉森選手を迫ったが、600m以降は走スピードを増大させることができず、700～800m区間ではピッチも減少し、後方に位置していた久保選手にフィニッシュ直前で逆転を許した。陣内選手は、他の2選手に比べてストライドの大きさと、後半400mにおけるその維持という点では劣るが、それをピッチの増大でカバーし、走スピードを維持していた。このことから、今後、後半400mにおいてストライドを維持することができれば、走スピードの減少を抑制できると考えられる。また、今回のレースでは、スタートにおいて杉森選手と既に0.2～0.3秒程の差を作ってしまう、それを最後まで縮めることができなかった。したがって、スタートで杉森選手から離れないようにすることによっても、その後のレース展開を変えることができるのではないかと考えられる。

3.3 男子1500m

男子1500mは、日本選手権決勝およびスーパー陸上の男子1500mを分析した。

3.3.1 日本選手権 男子1500m決勝

図4は日本選手権男子1500m決勝のレース分析結果をまとめたものである。このレースは、小林史和選手（NTN）が3分41秒37で制した。

このレースは、田子康宏選手（中国電力、3分47秒23、10位）がスタートから先頭を引っ張り、その後徐々に走スピードは低下した（図4上段）。800m通過後、村上康則選手（富士通）が先頭に立ってペースが上がり、村上選手の後方に小林選手が付く形となり、小林選手が1300m付近からスパートを放って先頭を奪い、そのまま逃げ切った。800～900m区間での村上選手による走スピードの増大と、1300m付近からの小林選手のスパート以外は、

	1) 杉森美保 2:03.19					2) 久保瑠里子 2:04.44 (PB)					3) 陣内綾子 2:04.51				
	通過タイム (min:s)	区間タイム (s)	走スピード (m/s)	ストライド (m)	ピッチ (steps/s)	通過タイム (min:s)	区間タイム (s)	走スピード (m/s)	ストライド (m)	ピッチ (steps/s)	通過タイム (min:s)	区間タイム (s)	走スピード (m/s)	ストライド (m)	ピッチ (steps/s)
120m	17.23	17.23	6.96	1.88	3.70	17.97	17.97	6.68	1.80	3.70	17.43	17.43	6.88	1.77	3.90
200m	29.07	11.83	6.76	1.87	3.61	29.70	11.73	6.82	1.86	3.66	29.20	11.77	6.80	1.86	3.66
300m	44.40	15.33	6.52	1.89	3.45	45.07	15.37	6.51	1.84	3.53	44.70	15.50	6.45	1.78	3.61
400m	60.00	15.60	6.41	1.88	3.41	60.43	15.37	6.51	1.87	3.49	60.23	15.53	6.44	1.80	3.57
500m	1:15.73	15.73	6.36	1.82	3.49	1:16.63	16.20	6.17	1.79	3.45	1:16.37	16.13	6.20	1.74	3.57
600m	1:31.63	15.90	6.29	1.80	3.49	1:32.70	16.07	6.22	1.78	3.49	1:32.30	15.93	6.28	1.72	3.66
700m	1:47.20	15.57	6.42	1.82	3.53	1:48.43	15.73	6.36	1.82	3.49	1:48.27	15.97	6.26	1.69	3.70
800m	2:03.19	15.99	6.25	1.83	3.41	2:04.44	16.01	6.25	1.87	3.33	2:04.51	16.24	6.16	1.85	3.33
平均	前半400m		6.66	1.88	3.54	前半400m		6.63	1.84	3.60	前半400m		6.64	1.80	3.69
	後半400m		6.33	1.82	3.48	後半400m		6.25	1.82	3.44	後半400m		6.22	1.75	3.57
	レース全体		6.49	1.85	3.51	レース全体		6.43	1.83	3.52	レース全体		6.43	1.78	3.63

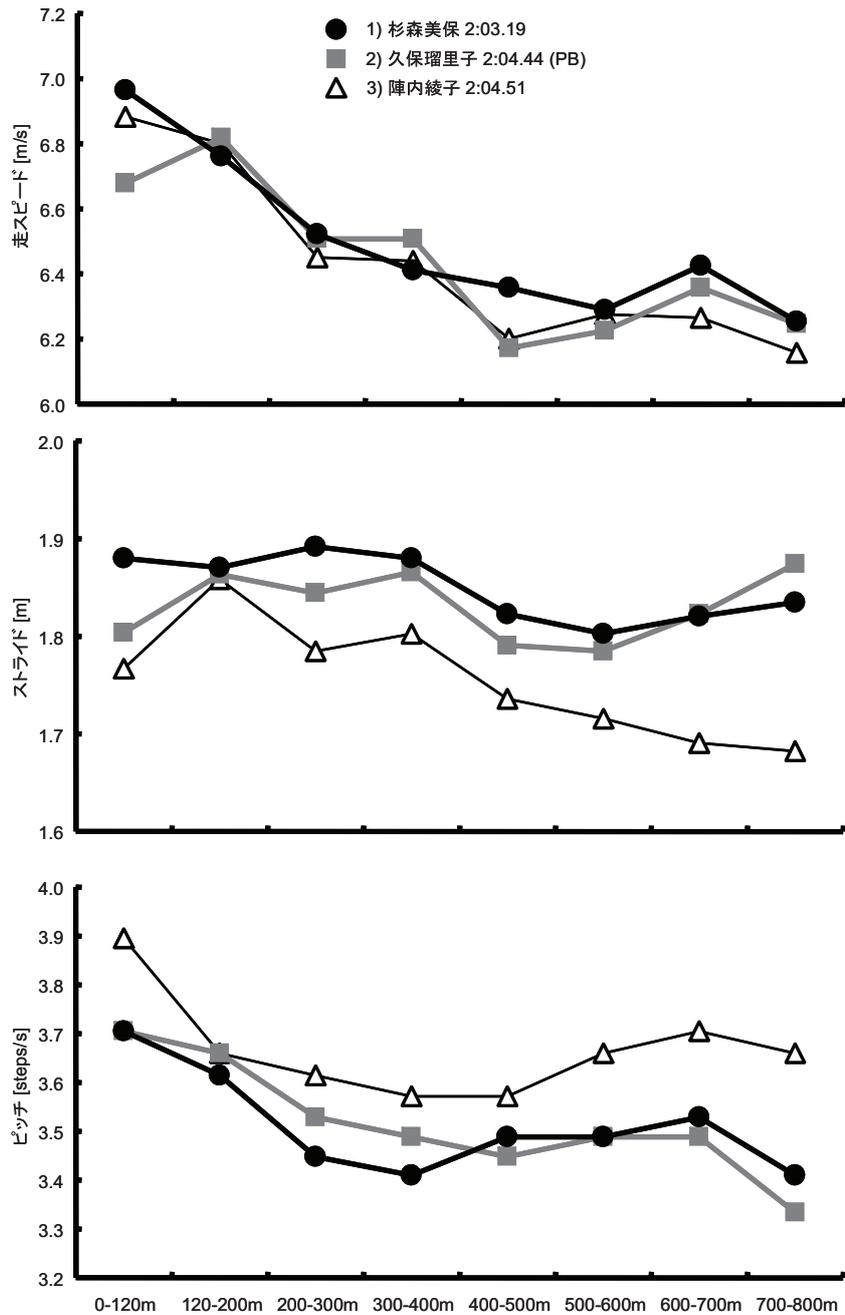


図3 日本選手権女子800m決勝における上位3選手の通過タイム，区間タイム，走スピード，ストライドおよびピッチ

	1) 小林史和 3:41.37					2) 村上康則 3:42.37				
	通過タイム (min:s)	区間タイム (s)	走スピード (m/s)	ストライド (m)	ピッチ (steps/s)	通過タイム (min:s)	区間タイム (s)	走スピード (m/s)	ストライド (m)	ピッチ (steps/s)
		14.77	6.77	1.90	3.57		14.53	6.88	1.86	3.70
100m	14.77					14.53				
200m	28.77	14.00	7.14	2.07	3.45	28.53	14.00	7.14	2.00	3.57
300m	43.13	14.37	6.96	2.04	3.41	42.87	14.33	6.98	1.95	3.57
400m	57.80	14.67	6.82	2.05	3.33	57.63	14.77	6.77	1.90	3.57
500m	1:12.87	15.07	6.64	1.99	3.33	1:12.67	15.03	6.65	1.91	3.49
600m	1:28.17	15.30	6.54	2.00	3.26	1:28.97	15.30	6.54	1.87	3.49
700m	1:43.77	15.60	6.41	1.97	3.26	1:43.57	15.60	6.41	1.88	3.41
800m	1:59.47	15.70	6.37	1.97	3.23	1:59.33	15.77	6.34	1.86	3.41
900m	2:14.43	14.97	6.68	1.98	3.37	2:14.17	14.83	6.74	1.93	3.49
1000m	2:29.17	14.73	6.79	2.04	3.33	2:28.97	14.80	6.76	1.91	3.53
1100m	2:44.03	14.87	6.73	2.04	3.30	2:43.83	14.87	6.73	1.93	3.49
1200m	2:58.96	14.93	6.70	2.01	3.33	2:58.76	14.93	6.70	1.90	3.53
1300m	3:13.73	14.77	6.77	2.01	3.37	3:13.90	15.13	6.61	1.89	3.49
1400m	3:27.73	14.00	7.14	2.07	3.45	3:28.10	14.20	7.04	1.95	3.61
1500m	3:41.37	13.64	7.33	2.03	3.61	3:42.37	14.27	7.01	1.94	3.61
平均	序盤(0-500m)		6.87	2.01	3.42	序盤(0-500m)		6.88	1.92	3.58
	中盤(500-1000m)		6.56	1.99	3.29	中盤(500-1000m)		6.56	1.89	3.46
	終盤(1000-1500m)		6.93	2.03	3.41	終盤(1000-1500m)		6.82	1.92	3.55
	レース全体		6.78	2.01	3.37	レース全体		6.75	1.91	3.53

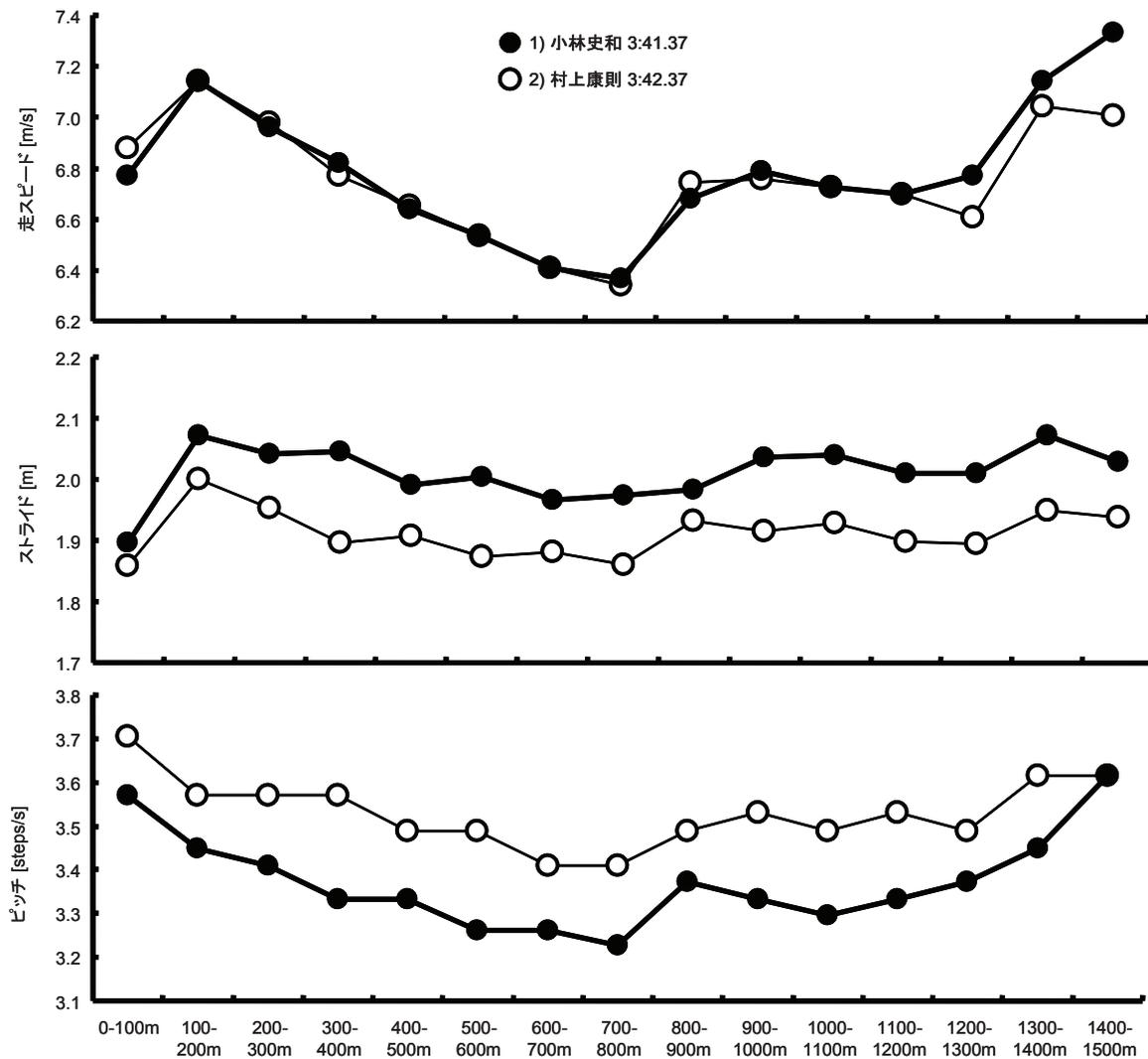


図4 日本選手権男子1500m決勝レースにおける上位2選手の通過タイム，区間タイム，走スピード，ストライドおよびピッチ

大きな変動はみられなかった。

800～900m区間において、村上選手はストライドを増大させることで走スピードを増大し、一方小林選手はピッチを増大させることで村上選手の走スピード増大に対応していた。走スピードの増大に対して、村上選手はストライドの増大で、一方小林選手はピッチの増大で対応していた。

小林選手は1200～1300m区間においてピッチを増大することで村上選手に並び、そのままフィニッシュまでピッチを増大し続けることで村上選手を突き放すことができた。一方村上選手は、1300～1400m区間においてピッチが頭打ちとなり、1400～1500m区間においてそれ以上ピッチを増大させることができず、小林選手の走スピードに対応できなかった。両選手のストライドとピッチを比較すると、小林選手は村上選手に比べてストライドが大きく、一方村上選手は小林選手に比べてピッチが大きい。村上選手のピッチは、最大で0～100m区間の3.70 steps/s、次いで1300～1400m区間の3.61 steps/sであり、もともとピッチ走法である村上選手のピッチが1300～1400m区間で頭打ちとなったと考えられる。レースの序盤や中盤において、同じ走スピードに対してストライドを大きくし、ピッチに余裕を持たせながら疾走することが今後の課題の1つとして考えられる。

3.3.2 スーパー陸上 男子1500m

図5はスーパー陸上の男子1500m決勝のレース分析結果をまとめたものである。このレースは、ペースメーカーであったレミー リモ ヌディワ選手（ケニア）がそのまま3分40秒11の1位でフィニッシュしたため、2位のジェームス ムワンギ ムリギ選手（トヨタ自動車）と3位の小林史和選手（NTN）の2選手を対象に分析を行った。

小林選手はスタートからペースメーカーの後方に付け、ムリギ選手は300m付近から小林選手の後方に付く形でレースを進めた。300～1100mの間、100mを15秒前後のペースを安定して刻み、1100mを通過後ペースメーカーがペースを上げ、フィニッシュまで走スピードが増大していった。小林選手はラスト100mでピッチが急激に減少し、走スピードが減少した。一方、ムリギ選手はこの区間においてピッチを維持し、小林選手をかわして2位でフィニッシュした。

3.4 女子1500m

女子1500mは、日本選手権決勝およびスーパー陸

上の女子1500mを分析した。

3.4.1 日本選手権 女子1500m決勝

図6は日本選手権女子1500m決勝のレース分析結果をまとめたものである。このレースは、吉川美香選手（パナソニック）が4分11秒00の自己新記録で、日本記録保持者の小林祐梨子選手（須磨学園高校、3年）と同タイムながら着差ありの判定で制した。

このレースは、スタートから小林選手が先頭を引っ張り、小林選手から約0.3秒遅れて吉川選手が追う展開となった。900～1200mにおいてその差が約1秒に広がったが、1200m以降吉川選手が徐々にその差を縮め、ラスト100mの直線で吉川選手が小林選手を一旦かわしたが、再び小林選手がゴール直前で追い上げ、2人が並ぶ形でフィニッシュした。

小林選手は、2006年5月6日の国際グランプリ陸上大阪大会（以下、大阪GP）において、4分07秒87の日本新記録を樹立したが、その時のレース分析結果（榎本、2006）と比較する。日本選手権の400m通過は68秒17で、大阪GP（65秒92）に比べて約2秒も遅かった。スタートからの積極的なレース展開が特徴の小林選手にしては、かなり消極的なスタートであったことが伺える。一方、このペースは自己記録4分15秒前後の実力をもつ選手にとっては最適なペースであると考えられ、吉川選手（レース当時の自己記録4分14秒00）にとっても、序盤から小林選手に大きく引き離されることのない理想的なレース展開であったと推測される。その400m通過（68秒17）の遅さを知ったことによる影響か、400m通過後小林選手はストライドの増大によって走スピードを増大し（図6上段および中段）、400～800mのラップタイムを66秒台に上げ、800mを2分14秒20で通過した。1000m付近から再び走スピードが減少し、800～1200mのラップタイムが67秒台、1200m通過が3分21秒33であった。日本選手権と大阪GPの1200mまでの3ラップタイムの変化を比較すると、日本選手権では68秒2 - 66秒0 - 67秒1、大阪GPでは65秒9 - 66秒8 - 66秒1で、大阪GPがほぼ一定のラップタイムであったのに対し、日本選手権では変動が大きく、2ラップ目が最速であった。これが、小林選手の不調（体力面、技術面、精神面など）が原因であったのか、単にペース配分のミスであったのかは定かではないが、いずれにしろ、この不安定なペース配分は、小林選手が本来の実力を発揮できなかった要因の1つとして考えられる。一方、吉川選手のラップタイムは68秒4 - 66秒1 - 67秒8と、小林選手

	2) ジェームス ムワンギ ムリギ 3:40.63					3) 小林史和 3:41.01				
	通過タイム (min:s)	区間タイム (s)	走スピード (m/s)	ストライド (m)	ピッチ (steps/s)	通過タイム (min:s)	区間タイム (s)	走スピード (m/s)	ストライド (m)	ピッチ (steps/s)
100m	15.30	15.30	6.54	1.90	3.45	14.67	14.67	6.82	1.91	3.57
200m	29.33	14.03	7.13	1.95	3.66	28.67	14.00	7.14	2.02	3.53
300m	43.50	14.17	7.06	2.00	3.53	43.30	14.63	6.83	2.00	3.41
400m	58.23	14.73	6.79	1.92	3.53	58.03	14.73	6.79	2.04	3.33
500m	1:13.30	15.07	6.64	1.90	3.49	1:13.10	15.07	6.64	2.01	3.30
600m	1:28.40	15.10	6.62	1.90	3.49	1:28.17	15.07	6.64	2.01	3.30
700m	1:43.40	15.00	6.67	1.91	3.49	1:43.13	14.97	6.68	2.00	3.33
800m	1:58.53	15.13	6.61	1.89	3.49	1:58.17	15.03	6.65	2.04	3.26
900m	2:13.30	14.77	6.77	1.92	3.53	2:12.97	14.80	6.76	2.05	3.30
1000m	2:28.23	14.93	6.70	1.90	3.53	2:27.93	14.97	6.68	2.05	3.26
1100m	2:43.67	15.43	6.48	1.88	3.45	2:43.40	15.47	6.47	1.98	3.26
1200m	2:58.73	15.07	6.64	1.88	3.53	2:58.46	15.07	6.64	1.99	3.33
1300m	3:12.90	14.17	7.06	1.95	3.61	3:12.56	14.10	7.09	2.06	3.45
1400m	3:26.70	13.80	7.25	1.96	3.70	3:26.50	13.93	7.18	2.06	3.49
1500m	3:40.63	13.93	7.18	1.94	3.70	3:41.01	14.51	6.89	2.04	3.37
平均	序盤(0-500m)		6.83	1.93	3.53	序盤(0-500m)		6.84	2.00	3.43
	中盤(500-1000m)		6.67	1.90	3.50	中盤(500-1000m)		6.68	2.03	3.29
	終盤(1000-1500m)		6.92	1.92	3.60	終盤(1000-1500m)		6.85	2.03	3.38
	レース全体		6.80	1.92	3.55	レース全体		6.79	2.02	3.37

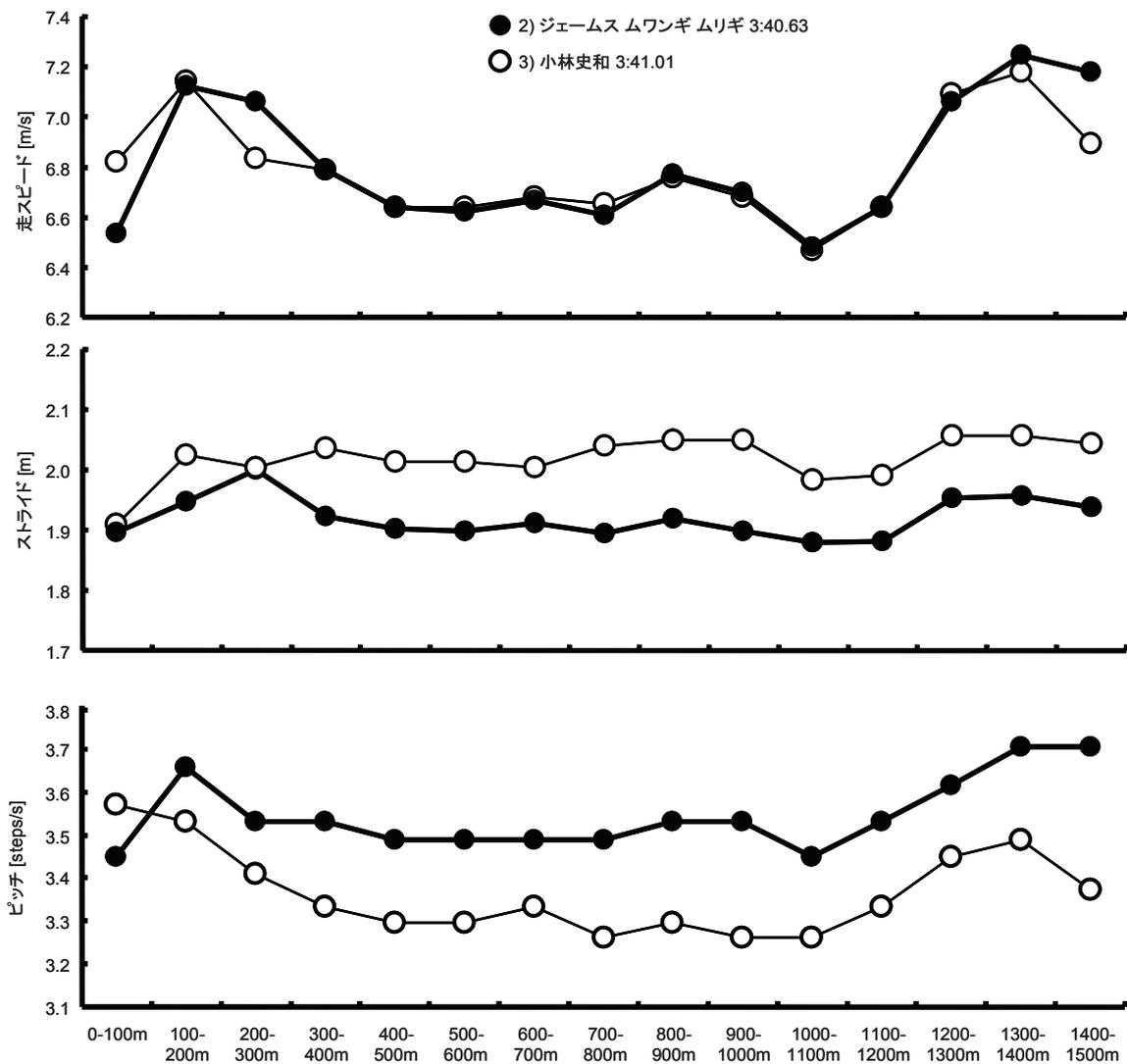


図5 セイコースーパー陸上2006ヨコハマ男子1500mにおける第2位および第3位の通過タイム、区間タイム、走スピード、ストライドおよびピッチ

	1) 吉川美香 4:11.00 (PB)					2) 小林祐梨子 4:11:00				
	通過タイム (min:s)	区間タイム (s)	走スピード (m/s)	ストライド (m)	ピッチ (steps/s)	通過タイム (min:s)	区間タイム (s)	走スピード (m/s)	ストライド (m)	ピッチ (steps/s)
100m	16.57	16.57	6.04	1.57	3.85	16.40	16.40	6.10	1.81	3.37
200m	33.77	17.20	5.81	1.63	3.57	33.53	17.13	5.84	1.81	3.23
300m	51.07	17.30	5.78	1.66	3.49	50.83	17.30	5.78	1.81	3.19
400m	68.37	17.30	5.78	1.66	3.49	68.17	17.33	5.77	1.79	3.23
500m	1:24.73	16.37	6.11	1.75	3.49	1:24.47	16.30	6.14	1.90	3.23
600m	1:41.30	16.57	6.04	1.77	3.41	1:41.03	16.57	6.04	1.87	3.23
700m	1:57.83	16.53	6.05	1.79	3.37	1:57.57	16.53	6.05	1.88	3.23
800m	2:14.50	16.67	6.00	1.74	3.45	2:14.20	16.63	6.01	1.84	3.26
900m	2:21.10	16.60	6.02	1.77	3.41	2:20.57	16.37	6.11	1.89	3.23
1000m	2:47.80	16.70	5.99	1.74	3.45	2:47.16	16.60	6.02	1.87	3.23
1100m	3:05.23	17.43	5.74	1.70	3.37	3:04.30	17.13	5.84	1.83	3.19
1200m	3:22.26	17.03	5.87	1.70	3.45	3:21.33	17.03	5.87	1.84	3.19
1300m	3:39.33	17.07	5.86	1.72	3.41	3:38.30	16.97	5.89	1.85	3.19
1400m	3:55.46	16.13	6.20	1.80	3.45	3:54.96	16.67	6.00	1.86	3.23
1500m	4:11.00	15.54	6.44	1.78	3.61	4:11.00	16.04	6.24	1.85	3.37
平均	序盤(0-500m)		5.90	1.65	3.58	序盤(0-500m)		5.92	1.82	3.25
	中盤(500-1000m)		6.02	1.76	3.42	中盤(500-1000m)		6.05	1.87	3.23
	終盤(1000-1500m)		6.02	1.74	3.46	終盤(1000-1500m)		5.97	1.85	3.23
	レース全体		5.98	1.72	3.48	レース全体		5.98	1.85	3.24

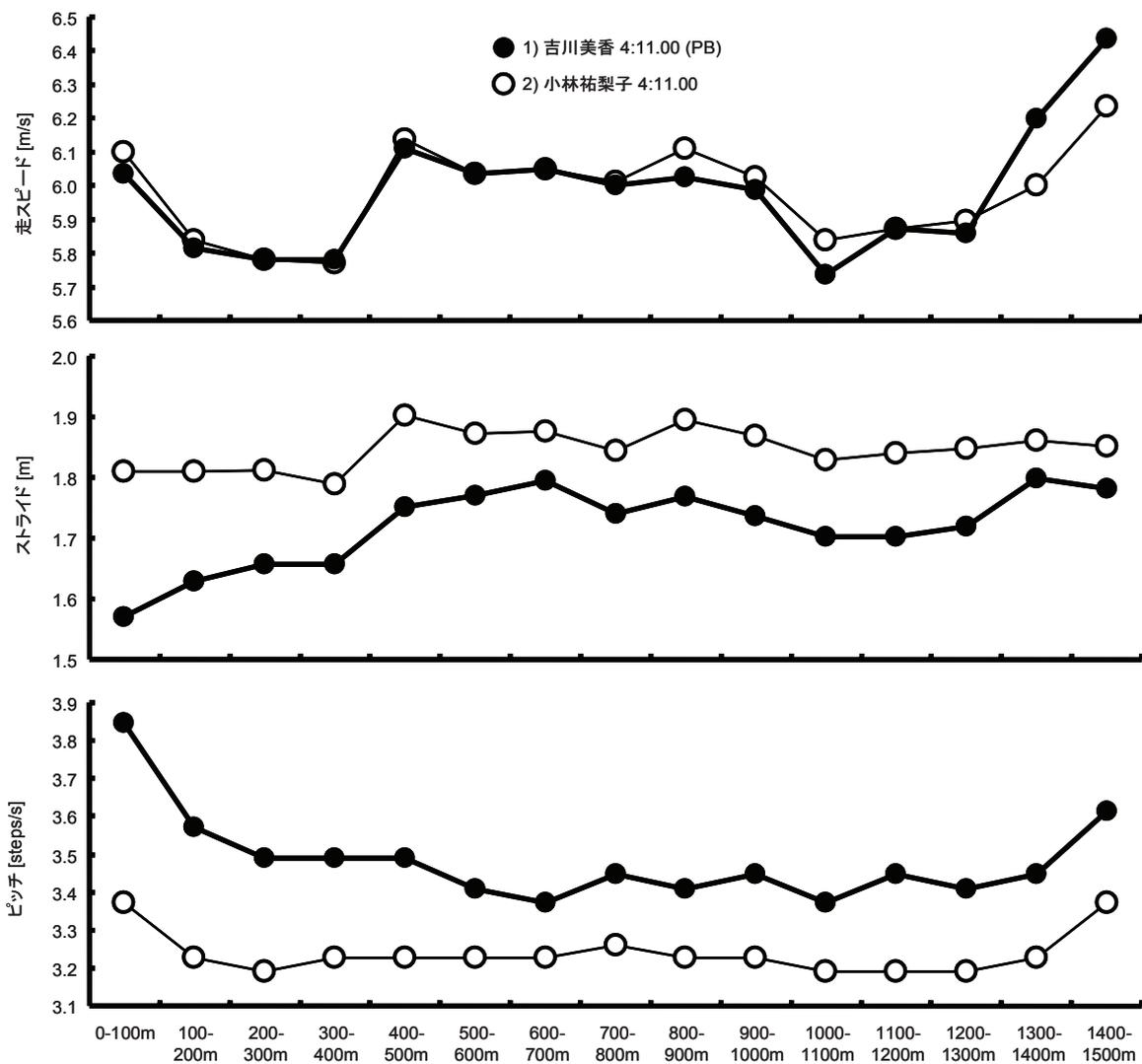


図6 日本選手権女子1500m決勝における上位2選手の通過タイム，区間タイム，走スピード，ストライドおよびピッチ

同様に変動が大きいですが、吉川選手は小林選手から大きく引き離されることなくレースを進めていたため、小林選手がよい目標となり、逆に吉川選手にとっては都合のよいレースパターンとなったと推測される。

レース序盤から中盤におけるストライドおよびピッチの変化をみると（図6中段および下段）、0～200mにおいてピッチが大きいことから、スタートの加速局面においてはピッチが大きく影響していることがわかる。また、レース中盤においては、走スピードが増大した2ラップ目（400～800m）をみると、両者ともピッチを維持してストライドを増大させており、序盤から中盤にかけての平均ストライドを（図6上表）吉川選手は11cm、小林選手は5cmも増大させていた。このことから、レース序盤から中盤の走スピードには、ストライドが大きく影響していると考えられる。

1200m通過後、ラスト200mにおいて両選手とも走スピードを増大させ、ラストスパートに入ったが、吉川選手の方が走スピードの増大が大きく、小林選手との差が急激に縮まった。ラスト100mにおいて、両選手ともさらに走スピードを増大させたが、吉川選手の方が大きく、小林選手を逆転した。ラスト200mにおける両選手のストライドおよびピッチをみると、1300～1400m区間においては、走スピードをより増大させた吉川選手はストライドを約8cmも増大させており、一方の小林選手は約1cm増大させた。続く1400～1500m区間においては、吉川選手は比較的ストライドを維持し（-2cmで1.78m）、ピッチを大きく増大させることで走スピードを増大させていた。一方の小林選手も、ストライドの維持およびピッチの増大がみられた。しかし、吉川選手の方がピッチが大きく、かつ相対的に大きいストライドを維持していたため、吉川選手のスパートの方が上回った。このことから、スパートにおいては主にピッチの増大が重要であるが、ストライドの増大や維持も影響を及ぼすことが明らかとなった。

3.4.2 スーパー陸上 女子1500m

図7はスーパー陸上（以下、スーパー）の女子1500m決勝のレース分析結果をまとめたものである。このレースは、サラ ジェミソン選手（オーストラリア）が4分05秒82で制し、2位の小林祐梨子選手（須磨学園高校、3年）は4分07秒86と自身が5月6日の国際グランプリ陸上大阪大会（以下、大阪GP）でマークした日本記録を0.01秒更新する日本新記録を樹立した。サラ選手は大阪GPにおいて終

始レースを引っ張り、4分03秒51の自己新記録で小林選手を振り切って優勝している。

このレースは、1200m手前までペースメーカーがレースを引っ張った。ペースメーカーを先頭に、サラ選手、小林選手の順でレースは進んだ。大阪GP時のサラ選手のレース分析結果（榎本、2006）と比較すると、400m通過は66秒97で大阪GP（65秒48）に比べて約1秒5遅く、800m通過は2分13秒70で大阪GP（2分12秒30）に比べて約1秒5遅く、1200m通過は3分17秒66で大阪GP（3分16秒50）に比べて約1秒遅かった。しかし、ペースメーカーが抜けた1200m以降、サラ選手は走スピードを増大させてスパートし、ラスト100mにおいて走スピードが大きく減少したが、小林選手を振り切った。サラ選手のラスト300mは48秒2で、大阪GP（47秒0）に比べて約1秒2遅かった。このように、サラ選手は、大阪GPに比べて1200m通過時点で約1秒、ラスト300mで約1秒遅く、その結果大阪GPよりも約2秒遅いゴールタイムとなった。

一方小林選手は、400m通過は67秒13で大阪GP（65秒92）に比べて約1秒2遅く、800m通過は2分13秒83で大阪GP（2分12秒69）に比べて約1秒遅かった。大阪GPにおいて、小林選手は800m通過後サラ選手に徐々に引き離されたが、スーパーにおいては800m通過後も離れることなく、1100mは大阪GP（3分02秒32）を上回る3分02秒10、1200mは大阪GP（3分18秒84）を約0.8秒上回る3分18秒06で通過した。1200mからペースメーカーが抜け、サラ選手のスパートに連れられるように小林選手も走スピードを増大させ、1300m通過は3分33秒93で大阪GP（3分35秒29）に比べて約1秒4早かった。しかし、ラスト200m以降は走スピードが大きく低下してしまい、大阪GPをわずか0.01秒上回る日本新記録でフィニッシュした。

このように、小林選手はスーパーにおいて、大阪GPで離れてしまった800～1000mにおいて、ペースメーカーとサラ選手に引き離されなかったことよって、大阪GP時の通過タイムに追いつくことができたことがわかる。丁度レースの中盤と終盤との境目にあたるこの局面において、走スピードを維持して引き離されなかった点は、大阪GPより改善された点であると考えられる。しかし、1300m通過時点では大阪GPを約1秒2回りながらも、ラスト200mで失速してしまった点は今後の課題となるであろう。この局面に関しては、それ以前のレース展開の影響を大きく受けると考えられるため、この局面のみを取り出して課題とするのには注意が必要である

	1) サラ ジェミソン 4:05.82					2) 小林祐梨子 4:07.86 (NR,PB)				
	通過タイム (min:s)	区間タイム (s)	走スピード (m/s)	ストライド (m)	ピッチ (steps/s)	通過タイム (min:s)	区間タイム (s)	走スピード (m/s)	ストライド (m)	ピッチ (steps/s)
		15.80	6.33	1.84	3.45		15.97	6.26	1.80	3.49
100m	15.80					15.97				
		16.90	5.92	1.81	3.26		17.13	5.84	1.77	3.30
200m	32.70					33.10				
		17.37	5.76	1.79	3.23		17.17	5.83	1.79	3.26
300m	50.07					50.27				
		16.90	5.92	1.79	3.30		16.87	5.93	1.80	3.30
400m	66.97					67.13				
		16.63	6.01	1.82	3.30		16.63	6.01	1.84	3.26
500m	1:23.60					1:23.77				
		16.63	6.01	1.82	3.30		16.67	6.00	1.82	3.30
600m	1:40.23					1:40.43				
		16.83	5.94	1.84	3.23		16.83	5.94	1.82	3.26
700m	1:57.07					1:57.27				
		16.63	6.01	1.78	3.37		16.57	6.04	1.83	3.30
800m	2:13.70					2:13.83				
		16.07	6.22	1.87	3.33		16.13	6.20	1.86	3.33
900m	2:29.77					2:29.97				
		16.07	6.22	1.85	3.37		16.03	6.24	1.89	3.30
1000m	2:45.83					2:46.00				
		16.10	6.21	1.88	3.30		16.10	6.21	1.88	3.30
1100m	3:01.93					3:02.10				
		15.73	6.36	1.86	3.41		15.97	6.26	1.86	3.37
1200m	3:17.66					3:18.06				
		15.50	6.45	1.91	3.37		15.87	6.30	1.89	3.33
1300m	3:33.16					3:33.93				
		15.77	6.34	1.86	3.41		16.60	6.02	1.89	3.19
1400m	3:48.93					3:50.53				
		16.89	5.92	1.78	3.33		17.33	5.77	1.79	3.23
1500m	4:05.82					4:07.86				
平均		序盤(0-500m)	5.99	1.81	3.31		序盤(0-500m)	5.97	1.80	3.32
		中盤(500-1000m)	6.08	1.83	3.32		中盤(500-1000m)	6.08	1.84	3.30
		終盤(1000-1500m)	6.26	1.86	3.36		終盤(1000-1500m)	6.11	1.86	3.28
		レース全体	6.10	1.83	3.33		レース全体	6.05	1.84	3.30

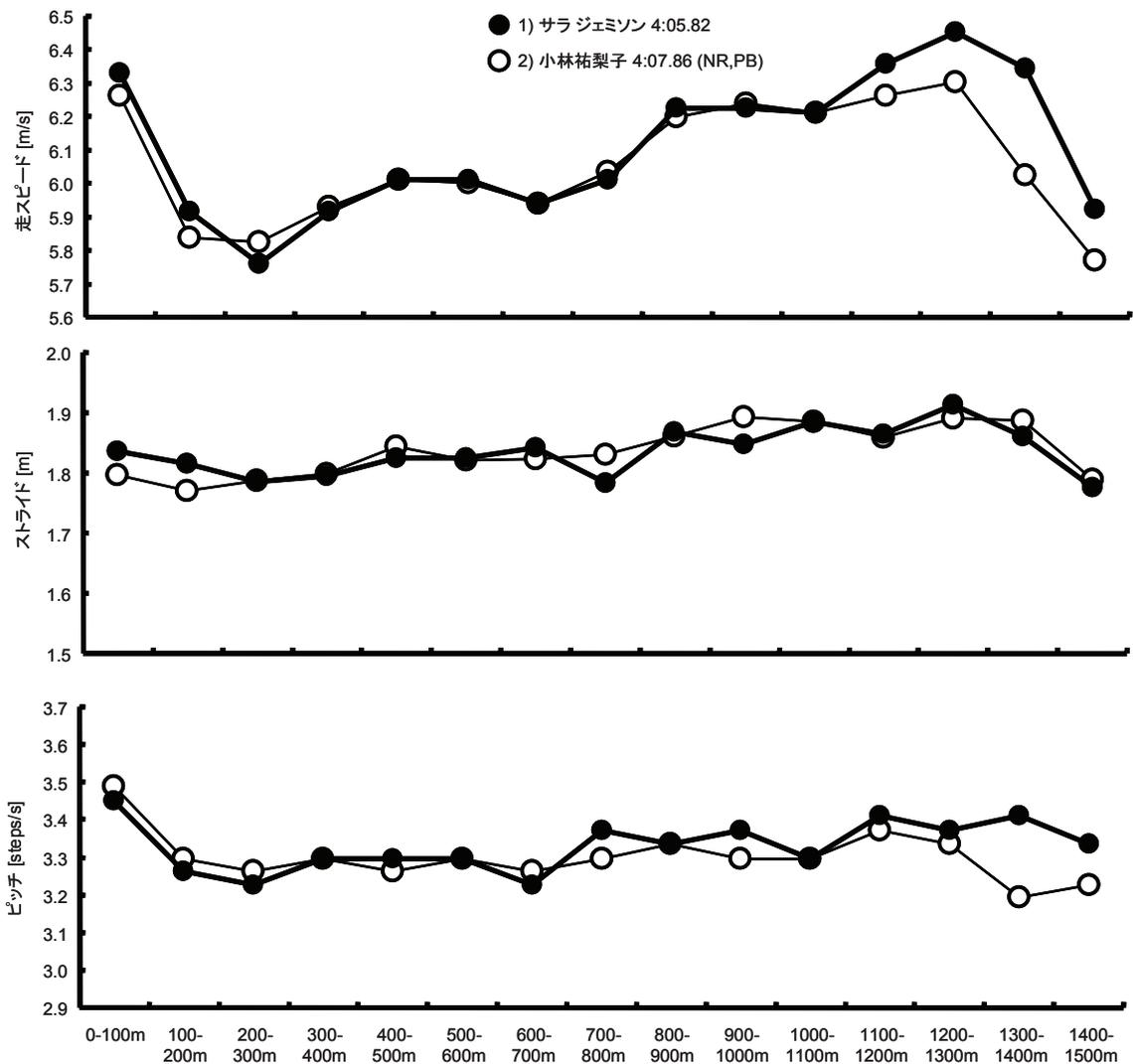


図7 セイコースーパー陸上2006横浜女子1500mにおける上位2選手の通過タイム、区間タイム、走スピード、ストライドおよびピッチ

が、ラスト200mにおける小林選手のストライドとピッチをみると、ストライドはサラ選手と同様に漸減するパターンを示したが、ピッチはサラ選手に比べて減少が大きいことがわかる。つまり、小林選手はラスト200mにおいてピッチを維持することができず、走スピードが減少していた。したがって、レース終盤におけるピッチの増大は、小林選手の今後の課題の1つとして挙げられよう。

このように、小林選手は大阪GPとは異なるレースパターンによって、再び日本記録を塗り替えていたことが明らかとなった。

4. さいごに

本報告では、2006年度の国内主要競技会にて行われた中距離走種目の上位選手のレース分析結果をもとに、事例的に考察を行った。今後、過去に収集されたデータや今後収集されるデータも含め、これらをデータベースとして蓄積し、そこからレースのモデルや基準値などを作成し、それらと比較を行うことで、本報告とは違った視点でレースの評価を行うことができると考えられ、選手にとってさらに有益な情報を引き出すことが可能となるであろう。今後の課題としたい。

引用文献

榎本靖士 (2006) Biomechanics Report. 陸上競技マガジン. ベースボールマガジン社: 東京, 7: pp. 218-219.

2006年北海道マラソン大会の上位入賞選手の血液性状とマラソンパフォーマンス

井本岳秋¹⁾ 石井好二郎²⁾ 鳥居 俊³⁾

- 1) 静岡県総合健康センター 健康増進課 2) 北海道大学 大学院教育学研究科
3) 早稲田大学 スポーツ科学部

要 旨

平成18年8月27日(日)に行われた「2006北海道マラソン大会」(札幌市)に出場し、上位入賞を果した選手を対象に、レース終了直後に採血を実施し、血液情報と競技成績との関係を検索した。事前にインフォームド・コンセント(説明と同意)が得られた選手は男子18名、女子13名、合計31名だった。男子の平均年齢は 27.8 ± 4.3 歳、女子は 27.8 ± 7.0 歳だった。対象の男子の平均タイムは2時間25分40秒 ± 7 分31秒、女子は2時間46分42秒 ± 8 分45秒だった。血液の変化について基準値を基にレース後の影響を倍率で表したところ、2倍以上に達した項目は男子はGOT, LDH(乳酸脱水素酵素), CPK(クレアチンフォスフォキナーゼ), 遊離脂肪酸, クレアチニン, 白血球, ADH(抗利尿ホルモン), 亜鉛の8項目、女子はLDH, CPK, 遊離脂肪酸, フェリチン, ADHの5項目で、いずれも骨格筋の損傷、たんぱく質の代謝産物(ごみ)である窒素成分(残余窒素)の増加、炎症や脱水のリスクを想起させる状態が認められた。これに対して、基準値より下がっていた項目は、男子は中性脂肪, 血糖, クロール, カリウム, 赤血球, 平均赤血球色素濃度, フェリチンの7項目で、女子は中性脂肪, 血糖, カリウム, 赤血球, 平均赤血球色素濃度の5項目だった。男女に共通していたのは、エネルギー源や酸素輸送系に関わる項目が減少しており、また、カリウムの減少は筋収縮力を減弱させると思われる。

北海道マラソンのレース結果とゴールした直後のヘモグロビン濃度(以下、Hbと略記)は有意な相関関係があると認められた。回帰式からタイムを割り出すと、Hb14.0 g/dLでは2時間52分21秒、15.0 g/dLでは2時間25分00秒、16.0 g/dLでは2時間04分54秒と計算され、男女差はなかった。上位に入賞するよ

うなマラソン選手のゴールした直後のHbが1.0 g/dL違っていれば、結果としてマラソンのタイムは20~30分の差がでると計算される。

以上の結果より、マラソンのパフォーマンスに影響する因子は、外部の環境因子や体内の環境因子など多くあると思われるが、スタート時点か、もしくはレース中のHbの差が、マラソンの戦績を高い確率で支配している可能性があると考えられる。

(1) はじめに

2006年8月中旬ころ、ある男子マラソンランナーから筆者に体調不良のメールが届いた。練習中に調子がでないので遠征先近くの病院で血液検査を受けたところ、「鉄欠乏性貧血」と診断され、フェジン(鉄含有のアンプル)の静脈注射を希望したという。詳細を知りたくて、本人に電話をして話を聞いたところ、「今、道内(北海道)で合宿をしていて月末開催予定の北海道マラソン大会にエントリーしているので、それまでに何とか復調させる対応策はとれないか」というものだった。この時点で、レースまで1週間の猶予しかなく、本人は体調不良によるストレスと葛藤の中で「北海道」をあきらめ、次なる目標を「福岡」に切りかえることになった。後日、本人から送られてきた検査値をみると、白血球数 $31 \times 100 / \mu\text{L}$ (基準値39~98)、赤血球 $405 \text{万} / \mu\text{L}$ (427~570)、Hb 12.1g/dL(13.5~17.6)、ヘマトクリット値40.6%(39.8~51.8)、平均赤血球容積100 fL(82.7~101.6)、総たんぱく質6.5 g/dL(6.5~8.3)、血清鉄 $43 \mu\text{g} / \text{dL}$ (58~188)だった。平均赤血球容積を除くと、確かに彼の検査値は成人男性の基準値下限よりどれも低く、トレーニング中に調子が上がらない背景が理解できる。

このような状況のなかで、競技生活を続けている長

距離・マラソン選手は少なくないと思われる。日々の体調を整えながら強化を図り、かつ決められた日程でうまく走れるようにすることの大切さや困難さが伺われる。

一方、競技生活全体からみると、以下に述べるようなことも重要ではないかと筆者は考えている。まず、血液検査による健康管理のことを考えると、貯蔵鉄であるフェリチンの検査をしていないので、体内鉄量の過不足がまったく把握されない状態で鉄剤（フェジンアンプル）を大量に静注していること。次にはこのような不調に至る前の血液検査がいつごろ行われていて、この間の走行距離や体調管理の面が十分理解されていたかどうかという点である。結果的に、彼の場合、最終検査は2006年4月に行われていたのであるが、今回の不調に至るまでの走行距離を割り出すと、約2500kmを走っていると計算され、正しい生体情報を得ることができず健康管理面への配慮が十分とはいえなかったケースである。

本研究では、2006年北海道マラソンにおいて、過去の戦績から上位に入賞すると予想される招待選手を中心にゴール直後に採血を実施し、その検査データから競技力向上やコンディショニングの評価に結びつくような項目の有効利用について検討したので報告する。

(2) 方法

(ア) インフォームド・コンセント

選手への趣旨説明は2006年8月26日（土）に行われた。彼らは、この日、大会本部にて「コール」を兼ねてゼッケンを受け取ることになっているので、科学委員会の方で本研究のインフォームド・コンセント（趣旨説明と同意）を口頭と文書でおこなった。その結果、男子18名、女子13名、合計31名の選手の方々から同年8月27日（日）のレース直後に、以下に示したような条件で研究協力をしていただくための同意が得られた。

(イ) 採血時期・方法と検査項目、集計

事前に承諾を得ている選手はフルマラソンを完走した後、直ちにゴールラインから約20m前方に仮設診療所を設けているので、そこまで係りが徒歩で誘導して、椅子座位の姿勢で看護師によって中部皮下静脈から採血を行った。血液の検査項目は表2に示すとおりで、定量分析は「㈱エスアールエル北海道」に依頼した。統計事項は男・女の平均値±標準偏差ならびに最大値、最小値で、それぞれあらわさ

れた。また、血液の正常値は一般に基準範囲であらわされるので、本研究では最大値と最小値の中間値を基にレース後の変化を倍率であらわした。

(ウ) 暑熱環境の測定について

レース中の暑熱環境の把握のために、暑熱指標計（京都電子工業WBGT-101）を用いて、中之島公園でWBGT、Ta（気温）、RH（相対湿度）、Tg（黒球温度）を、それぞれ測定した。

(エ) 過去のデータとの併合、検討について

2006年の被検者は合計31名であるが、男・女別に分けるとデータ数が少なくなり法則性を見いだすのは困難である。本報告では必要に応じて2004年、2005年度の同じデータ1）を用いて解析をすすめた。

(3) 結果

(ア) 被検者の年齢、戦績

男子18名、女子13名の年齢、順位ならび記録は表1に示すとおりである。男子の平均年齢は27.8±4.3歳、女子は27.8±7.0歳だった。研究協力の得られている男子選手の最高タイムは2時間17分50秒（1位）、女子は2時間32分52秒（1位）だった。これに対して、最も記録の悪かった選手は男子2時間45分38秒（59位）、女子3時間4分59秒（23位）だった。男子18名の平均タイムは2時間25分40秒±7分31秒、女子13名は2時間46分42秒±8分45秒だった。

(イ) 血液検査データ

①血液検査の統計事項は表2（男子）、表3（女子）に示すとおりである。本研究の各選手は安静の検査値がないので、基準範囲を基にレース後の影響を倍率であらわした。その結果、倍率が最も高かった項目は、男女とも抗利尿ホルモン（ADH）だった。また、安静値の2倍以上に達した項目は、男子はGOT、LDH、CPK、遊離脂肪酸、クレアチニン、白血球、ADH、亜鉛の8項目で、女子はLDH、CPK、遊離脂肪酸、フェリチン、ADHの5項目であった。これに対して、レース後に基準値より下がっていた項目は、男子は中性脂肪、血糖、クロール、カリウム、赤血球、平均赤血球色素濃度、フェリチンの7項目で、女子は中性脂肪、血糖、カリウム、赤血球、平均赤血球色素濃度の5項目だった。

②血清総たんぱく質とHbの相関関係は、図1に示すとおりである。このデータは、2004年8月29日

表1 被験者

性別	通し番号	選手	年齢 (歳)	入賞順位	タイム		
					(時間)	(分)	(秒)
男子	1	A	30	1	2	17	50
男子	2	B	24	2	2	17	52
男子	3	C	27	3	2	18	15
男子	4	D	24	4	2	20	13
男子	5	E	25	5	2	21	16
男子	6	F	29	6	2	22	16
男子	7	G	29	7	2	23	1
男子	8	H	31	9	2	23	43
男子	9	I	23	10	2	23	51
男子	10	J	30	11	2	24	33
男子	11	K	22	12	2	24	52
男子	12	L	24	14	2	25	9
男子	13	M	33	15	2	26	35
男子	14	N	27	17	2	28	18
男子	15	O	30	18	2	29	0
男子	16	P	22	19	2	29	11
男子	17	Q	38	43	2	42	23
男子	18	R	32	59	2	45	38
平均値			27.8		2	25	40
標準偏差			±4.3			±7	31
女子	1	A	25	1	2	32	52
女子	2	B	26	2	2	38	52
女子	3	C	22	3	2	39	14
女子	4	D	40	4	2	42	22
女子	5	E	19	5	2	43	0
女子	6	F	36	6	2	43	40
女子	7	G	23	7	2	43	54
女子	8	H	19	8	2	43	59
女子	9	I	31	10	2	48	46
女子	10	J	22	12	2	53	49
女子	11	K	34	14	2	55	13
女子	12	L	36	15	2	56	26
女子	13	M	29	23	3	4	59
平均値			27.8		2	46	42
標準偏差			±7.0			±8	45

(日)1, 2005年8月28日(日)1と2006年8月27日(日)に, それぞれ開催された「北海道マラソン大会」で研究協力が得られた選手の情報をまとめたもので, 研究方法, 採血条件はまったく同じである. 両者の間には $y = 0.299x + 3.617$ の回帰式で示される有意($p < 0.001$)の相関関係($r = 0.635$)が認められた. この回帰式から血清総たんぱく質1.0g/dLあたりHb濃度は, なんと3.34 g/dL変化すると計算された.

③TIBC (総鉄結合能) とZnの相関は, 図2に示すとおりである. TIBCは血清鉄とUIBC (不飽和鉄結合能) を合計した値である. 診断基準の正常範囲は, UIBCは男子104-259 $\mu\text{g/dL}$, 女子108-325 $\mu\text{g/dL}$ である. 血清鉄は男子54-200 $\mu\text{g/dL}$, 女子48-154 $\mu\text{g/dL}$ である. またTIBCは男子253-365 $\mu\text{g/dL}$, 女子246-410 $\mu\text{g/dL}$ である. 亜鉛は, 男女共通に65-110 $\mu\text{g/dL}$ である.

TIBCとZnの分布は, $y = 0.124x + 38.319$ であらわされ, 相関係数は $r = 0.407$ で有意($p < 0.001$)だった.

(ウ)過去3年間の血液データとマラソンの戦績について

ランニングスピードとHb濃度の関係は図3に示すとおりである. 3年間で男子協力者は延べ53名にな

り, 戦績から計算されるランニングスピードは男子 4.860 ± 0.310 m/sec, 女子38名は 4.347 ± 0.221 m/secだった. またHbは男子 15.34 ± 0.99 g/dL, 女子 13.84 ± 1.08 g/dLだった. 男・女のデータを合成してランニングスピードとHb濃度との分布状況から, 両者の間には $y = 1.29x + 8.74$ の回帰式であらわされる有意($p < 0.001$)の相関関係($r = 0.414$)が認められた. この結果, ゴールした直後のHb濃度1.0g/dL当たりの差によってランニングスピードは0.78 m/secの差となると計算された. つまり, この回帰式から計算される予想タイムは, 性差に関係なくHb濃度が13.0 g/dLのとき3時間33分06秒, 14.0 g/dLのとき2時間52分21秒, 15.0 g/dLのとき2時間25分00秒, 16.0 g/dLのとき2時間04分54秒と計算された.

(エ)本大会の暑熱環境について

レース中の暑熱環境を測定した結果は, 表4に示すとおりである. マラソンのスタート時刻は12時10分である. レースの間中, 快晴で気温は30°Cを超えており, 湿度は30%辺りを推移し, WBGTは25を超えていた.

(4) 考 察

(ア)鉄代謝とミネラルバランス

毎年, (財)日本陸上競技連盟は北海道マラソン大会の上位入賞選手を対象に血液学的な検討を行い, 本誌に掲載・報告している1). その流れの中で, 2006年度の上位入賞選手ではフェリチン血症にともなう鉄過剰摂取の傾向のある選手は減っているように思われる. 3年間の戦績と血液性状をみると, Hb濃度の高い順に戦績もよい傾向が認められた. Hb濃度や赤血球の低下から, 鉄分を補う方がよいと考えるのが一般的であるが, 最も大切なことは各ミネラル同士の比率を崩さないように不足したミネラルを摂取することがポイントである. この状態を維持するためには正しい食事法か, もしくはマルチミネラルの適正な摂取を推奨したい. 通常, ランナーが走られなくなってから血液検査を受けると, 慣習として鉄分の過不足をあらわす血清鉄 (酸素輸送鉄) やフェリチン (貯蔵鉄) とならんでHb濃度が検査対象になっているケースが多い. しかし, 長距離・マラソン選手で競技歴が長く, 低体重, 低栄養, 月経不順, 疲労骨折を起こすような過度の練習の中で, 「鉄欠乏性貧血」を発症すると, 亜鉛, 銅, マンガン, モリブデン, セレン, マグネシウム, クロム, ビタミンB12, 葉酸などに代表されるミネラル

表2 男子血液一覧

項目	(単位)	基準値			統計事項				基準値中間からの倍率		
		下限	上限	中間	平均値	標準偏差	最大値	最小値	平均値の倍率	最大値	最小値
総たんぱく質	(g/dL)	6.7	8.3	7.5	8.23	0.50	9.6	7.2	1.10	1.28	0.96
GOT	(IU/L)	10	40	25	51.1	16.4	83	24	2.04	3.32	0.96
GPT	(IU/L)	5	40	23	38.5	11.4	66	19	1.71	2.93	0.84
乳酸脱水素酵素	(IU/L)	115	245	180	410.8	60.3	541	308	2.28	3.01	1.71
CPK	(IU/L)	57	192	125	490.7	246.9	1187	198	3.94	9.53	1.59
総コレステロール	(mg/dL)	150	219	185	229.4	33.6	289	163	1.24	1.57	0.88
中性脂肪	(mg/dL)	50	149	100	56.9	19.6	100	30	0.57	1.01	0.30
遊離脂肪酸	(mEq/L)	0.14	0.85	0.495	1.56	0.52	2.5	0.6	3.15	5.05	1.21
糖	(mg/dL)	70	109	89.5	59.3	14.5	85	32	0.66	0.95	0.36
尿酸	(mg/dL)	3.7	7.0	5.4	6.6	0.9	8.2	4.9	1.23	1.53	0.92
尿素窒素	(mg/dL)	6.0	20.0	13	22.9	3.9	31.4	16.3	1.76	2.42	1.25
クレアチニン	(mg/dL)	0.16	1.04	0.60	1.26	0.15	1.6	1	2.10	2.67	1.67
ナトリウム	(mEq/L)	136	147	142	147.3	4.35	152	134	1.04	1.07	0.95
クロール	(mEq/L)	98	109	104	98.4	24.4	109	1.7	0.95	1.05	0.02
カリウム	(mEq/L)	3.6	5.0	4.3	3.9	0.3	4.5	3.3	0.91	1.05	0.77
カルシウム	(mg/dL)	8.7	10.1	9.4	9.8	0.5	10.7	8.9	1.04	1.14	0.95
無機リン	(mg/dL)	2.4	4.3	3.4	3.83	0.93	5.2	2	1.14	1.55	0.60
鉄	(μg/dL)	54	200	127	180.6	30.4	264	122	1.42	2.08	0.96
白血球	(/μl)	3900	9800	6850	14527.8	2938.5	19400	9300	2.12	2.83	1.36
赤血球	(*104/μl)	427	570	498.5	495.8	33.9	543	434	0.99	1.09	0.87
ヘモグロビン	(g/dL)	13.5	17.6	15.6	15.6	0.9	17.2	14	1.00	1.11	0.90
ヘマトクリット	(%)	39.8	51.8	45.8	48.8	2.9	52.3	41.5	1.07	1.14	0.91
血小板	(*104/μl)	13.1	36.2	24.7	25.4	5.4	34.9	15.7	1.03	1.42	0.64
平均赤血球容積		82.7	101.6	92.2	98.6	4.5	109.7	91.8	1.07	1.19	1.00
平均赤血球色素量		28.0	34.6	31.3	31.6	1.4	35.1	29.8	1.01	1.12	0.95
平均赤血球色素濃度		31.6	36.6	34.1	32.1	0.9	34	31	0.94	1.00	0.91
浸透圧	(mOsm/kg・H ₂ O)	276	292	284	300.7	8.5	310	274	1.06	1.09	0.96
フェリチン	(ng/mL)	27	320	174	117.2	65.6	300.8	26.3	0.68	1.73	0.15
抗利尿ホルモン	(pg/mL)	0.3	3.5	1.9	19.6	14.0	64.3	2.8	10.32	33.84	1.47
亜鉛	(μg/dL)	65	110	88	93.3	13.9	126	72	1.07	1.44	0.82
トランスフェリン	(mg/dL)	190	300	245	294.1	37.7	371	207	1.20	1.51	0.84
不飽和鉄結合能	(μg/dL)	104	259	182	219.3	37.5	302	156	1.21	1.66	0.86

表3 女子血液一覧

項目	(単位)	基準値			統計事項				基準値中間からの倍率		
		下限	上限	中間	平均値	標準偏差	最大値	最小値	平均値の倍率	最大値	最小値
総たんぱく質	(g/dL)	6.7	8.3	7.5	7.79	0.64	9.3	7.1	1.04	1.24	0.95
GOT	(IU/L)	10	40	25	49.5	20.4	110	30	1.98	4.4	1.2
GPT	(IU/L)	5	40	22.5	38.6	16.9	78	22	1.72	3.47	0.98
乳酸脱水素酵素	(IU/L)	115	245	180	366.5	80.4	506	247	2.04	2.81	1.37
CPK	(IU/L)	32	180	106	401.8	207.6	932	207	3.79	8.79	1.95
総コレステロール	(mg/dL)	150	219	184.5	239.5	36.5	324	202	1.3	1.76	1.09
中性脂肪	(mg/dL)	50	149	99.5	72.3	27.4	113	33	0.73	1.14	0.33
遊離脂肪酸	(mEq/L)	0.14	0.85	0.495	1.08	0.52	2.2	0.3	2.18	4.44	0.61
糖	(mg/dL)	70	109	89.5	80.7	27	124	38	0.9	1.39	0.42
尿酸	(mg/dL)	2.5	7.0	4.75	5.9	0.9	7.6	4.5	1.24	1.6	0.95
尿素窒素	(mg/dL)	6	20.0	13	23.2	5.7	37.7	14.5	1.78	2.9	1.12
クレアチニン	(mg/dL)	0.47	0.79	0.63	1.13	0.24	1.6	0.8	1.79	2.54	1.27
ナトリウム	(mEq/L)	136	147	141.5	146.5	5.5	154	139	1.04	1.09	0.98
クロール	(mEq/L)	98	109	103.5	105.7	4.8	112	99	1.02	1.08	0.96
カリウム	(mEq/L)	3.6	5.0	4.3	4.2	0.4	4.8	3.6	0.98	1.12	0.84
カルシウム	(mg/dL)	8.7	10.1	9.4	9.6	0.6	11.2	8.7	1.02	1.19	0.93
無機リン	(mg/dL)	2.4	4.3	3.35	4.13	0.8	5.8	3	1.23	1.73	0.9
鉄	(μg/dL)	48	154	101	112.6	38.6	187	65	1.11	1.85	0.64
白血球	(/μl)	3500	9100	6300	12238.5	2968	20100	8800	1.94	3.19	1.4
赤血球	(*104/μl)	376	500	438	435.1	30.5	492	387	0.99	1.12	0.88
ヘモグロビン	(g/dL)	11.3	15.2	13.25	13.7	0.8	14.7	12	1.03	1.11	0.91
ヘマトクリット	(%)	33.4	44.9	39.15	43.8	2.5	46.5	38.4	1.12	1.19	0.98
血小板	(*104/μl)	13	36.9	24.95	27.3	5.7	38.2	17.6	1.09	1.53	0.71
平均赤血球容積		79	100	89.5	100.9	4	106.6	93.9	1.13	1.19	1.05
平均赤血球色素量		26.3	34.3	30.3	31.5	0.9	33.2	29.5	1.04	1.1	0.97
平均赤血球色素濃度		30.7	36.6	33.65	31.3	0.7	32.6	30.4	0.93	0.97	0.9
浸透圧	(mOsm/kg・H ₂ O)	292	292	292	301.3	10.8	318	285	1.03	1.09	0.98
フェリチン	(ng/mL)	3.4	89	46.2	274.5	492.1	1430.4	16.1	5.94	30.96	0.35
抗利尿ホルモン	(pg/mL)	0.3	3.5	1.9	43.5	46.1	158	4.3	22.89	83.16	2.26
亜鉛	(μg/dL)	65	110	87.5	82.8	16.2	127	67	0.95	1.45	0.77
トランスフェリン	(mg/dL)	200	340	270	310.5	51.9	399	245	1.15	1.48	0.91
不飽和鉄結合能	(μg/dL)	159	307	233	305.2	74.4	435	204	1.31	1.87	0.88

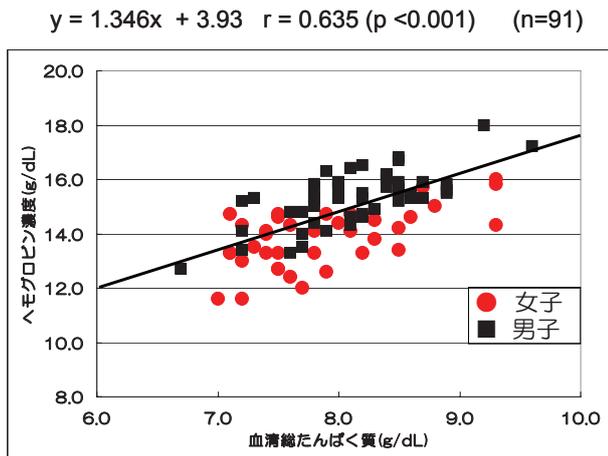


図1 マラソンゴール直後の血清総たんぱく質とヘモグロビン濃度の関係(データは、04, 05, 06年)

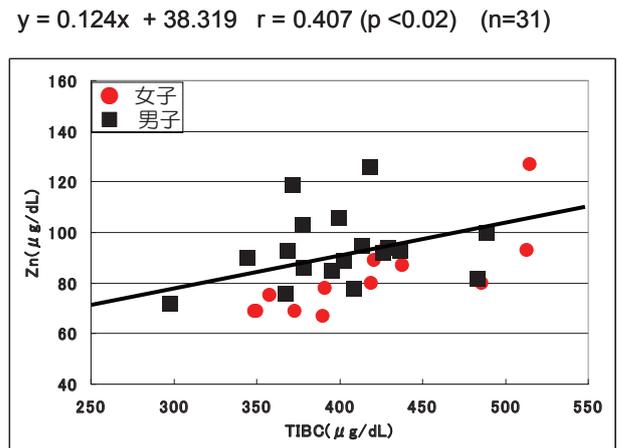


図2 マラソンゴール直後の血清TIBC(総鉄結合能)と亜鉛濃度の関係(データは、2006年のみ)

バランスに変化が及んでいると考えるのが自然である。長距離・マラソンランナーに多い貧血の症例としては、亜鉛欠乏性貧血²⁾の報告があり、処方せんは鉄剤100mgに対して亜鉛40mgの比率を保ちながら内服し²⁾、理想の食事療法が推奨される。ところが、症状にもよるが、これらの処方箋でさえも投与を開始してから3か月くらいは、投与効果の兆しが血中濃度で検証できないことがある。これは、おそらく組織へのミネラル供給が優先していて、未だ血中濃度を反映する状態にないと筆者は考えている。筆者の経験では、一度、亜鉛欠乏性貧血を発症すると、3~6か月程度、亜鉛と鉄の内服を続けなければ貧血ならびにミネラルの問題は解決しないケースがあった。

(イ)レース後に基準値より高くなる項目

血液性状について基準値を基にレース後の影響を倍率で表した。最も倍率が高かった項目は、男女とも抗利尿ホルモン(ADH)だった。また、安静値の2倍以上に達した項目は、男子はGOT, LDH, CPK, 遊離脂肪酸, クレアチニン, 白血球, ADH, 亜鉛の8項目で、女子はLDH, CPK, 遊離脂肪酸, フェリチン, ADHの5項目であった。いずれも、骨格筋の損傷, 残余窒素の増加, 炎症や脱水のリスクを想起させる項目だった。女子でフェリチン濃度が高い理由は、貧血対策のために鉄剤の摂取が日常化していることの裏づけであり、本大会のレースによる影響は少ないと考えている。

(ウ)レース後に基準値より低くなる項目

レース後に基準値より減少した項目は、男女共通

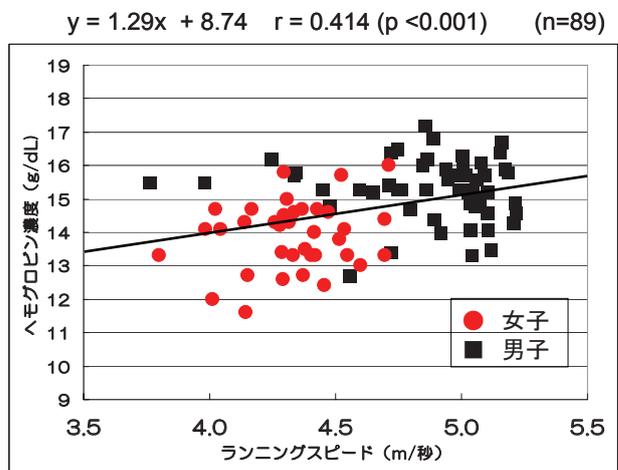


図3 マラソンの平均スピードとゴール直後のヘモグロビン濃度の関係(データは、04, 05, 06年)

して中性脂肪, 血糖値, カリウム, 赤血球であった。中性脂肪, 血糖の減少はいずれもエネルギー源として消費された結果と考えられる。ウルトラマラソンではHb濃度がレース中に下がり貧血を起こすことが知られている³⁾。また、血中カリウムの低下は、心筋や骨格筋の収縮力を減弱させ、不整脈を誘発する原因となり由々しき事態である。亜鉛は男子で増加し、女子では下がっていた。これは男子の場合、LDHやCPKなど心筋や骨格筋の損傷に由来しているためと考えられ、壊れた細胞内の亜鉛が遊離してきた結果ではないかと考えている。またミネラルの保有量は体格に正比例しているの、小柄でやせの多い女子マラソンランナーでは亜鉛不足が潜在的に起こる可能性があり、栄養面でとくにミネラル摂取に注意を払うべきと思われる。

(エ)Hb濃度からマラソン戦績を予測し評価できる

マラソンランナーの身体能力で重要な要素は、呼吸・循環器系が発達していることであり、それらを支える血液性状は酸素輸送系が中心である。2006年度に協力していただいた選手は、男子18名、女子13名、合計31名だった。しかし、統計上の信頼性や普遍的な法則性を見出すには十分な人数とはいえない。そこで、2004年度と2005年度に同じ条件で得られているデータ1)と併合することにより、症例を増やし高い精度の解析を試みた。その結果、今回の測定項目の中では単純ではあるが、肺で酸素を取り込み筋肉に酸素を運搬する役割を担っているHb濃度がマラソンの戦績と密接な関係にあることが明らかにされた(図3)。マラソンの記録を左右する因子は、気温や湿度、天候、風向きや風速、走路条件などの自然環境と血液性状4, 5)や健康状態など体内環境、あるいは競技適正(とくにランニングの効率)や体格、モチベーション(意欲)、性差、年齢、競技歴などがあると思われる。しかし、これらの諸因子はあくまでリスクに過ぎず、これまでパフォーマンスを正確に予測し、評価できるような指標とはならなかった。しかし、本研究では、Hb濃度がマラソンの戦績を支えている傾向が示された。

以前、筆者らは女子のオリンピック日本代表の長距離・マラソン選手の最大酸素摂取量をトレッドミル走により12分間で疲労困憊まで追い込んで測定したことがある。その結果、体重当たり最大酸素摂取量は78mL/kg/minを記録し、安静時のHb濃度が13.6 g/dLのところ、オールアウト直後は15.5 g/dLまで上昇していた経験がある。クレアチニン濃度は前後で変化せず血液濃縮などの影響は極めて少なく、それでも運動後は約1.9 g/dLの上昇を認めたのである。これらの経験を踏まえて、今回の成果を推察すると、ほとんどの選手の安静時のHb濃度はゴール後の値より約2.0 g/dL程度差し引いた値と考えられる。また本研究の解析結果は、実験的な負荷条件とは違って実践的な結果である。WBGTや気温も高く、抗利尿ホルモン、浸透圧、クレアチニンも上昇

していて、身体への負担度を病状としてとらえることはできないが、高熱と脱水の中で生理的には極限状態にある選手も存在したと思われる。

以上の結果より、本研究における競技成績とランニング後のHb濃度の有意な相関関係を考えると、安静時もしくはレース期間中のHb濃度の差が、マラソンにおける戦績の違いを高い確率で支配しているものと考えている。

(5) まとめ

2006年8月27日(日)に行われた北海道マラソン大会(札幌市)の上位入賞予定の選手を対象に、事前に研究の趣旨説明と同意(インフォームド・コンセント)に基づいて、本レースでゴールした直後に採血を行い、血液性状とマラソンパフォーマンスとの関係を検索した。

(ア)研究協力の得られたランナーは、男子18名、女子13名、合計31名だった。男子の平均年齢は27.8±4.3歳、女子は27.8±7.0歳だった。

(イ)研究協力の得られたランナーのうち、男子の最高タイムは2時間17分50秒(1位)、また女子は2時間32分52秒(1位)だった。これに対して、最も記録の悪かった選手は、男子2時間45分38秒(59位)、女子3時間4分59秒(23位)だった。男子の平均タイムは2時間25分40秒±7分31秒、女子は2時間46分42秒±8分45秒だった。

(ウ)血液性状からレースの影響を基準値の倍率で表した。最も倍率が高かった項目は、男女とも抗利尿ホルモン(ADH)だった。また、安静値の2倍以上に達した項目は、男子はGOT, LDH, CPK, 遊離脂肪酸, クレアチニン, 白血球, ADH, 亜鉛の8項目で、女子はLDH, CPK, 遊離脂肪酸, フェリチン, ADHの5項目であった。いずれも、骨格筋の損傷、残余窒素の増加、炎症、脱水などのリスクを思わせた。これに対して、基準値より下がっていた項目は、男子は中性脂肪, 糖, クロール, カリウム, 赤血球, 平均赤血球色素濃度, フェリチンの7項目

表4 気象条件

観察時刻 (時:分)	WBGT	Ta(気温) (°C)	RH(相対湿度) (%)	Tg(黒球温度) (°C)
12:00	25.4	29.3	46.8	33.8
12:30	25.4	30.3	36.8	38.2
13:00	25.7	30.8	36.4	39.1
13:30	25.0	30.5	35.6	36.2
14:00	24.3	30.0	37.8	34.2
16:00	23.6	28.9	35.9	35.3

で、女子は中性脂肪、血糖、カリウム、赤血球、平均赤血球色素濃度の5項目だった。エネルギー源の減少、ならびに筋収縮に不利な電解質の減少や酸素輸送の減少を思わせた。

(エ)レース後のHb濃度は戦績と有意な相関関係が認められた。回帰式からタイムを割り出すと、Hb14.0 g/dLでは2時間52分21秒、Hb15.0 g/dLでは2時間25分00秒、16.0 g/dLでは2時間04分54秒と計算された。本研究のランナーの競技力の中ではゴール直後のHb1.0 g/dLの差によって、マラソンのタイムは約20～30分の差が出ると計算された。

(オ)また、血清総たんぱく質1.0 g/dLあたりHb濃度は、なんと3.0 g/dL変化すると計算され、選手の食生活の重要性と適正な運動量（走行距離）の両立が重要であると考えられる。

(カ)今回の検査データはフルマラソンを全力で完走した直後の値であり、通常の血液検査をする際の条件（早朝、空腹、安静）とはまったく異なっている。もし、読者の方々が参考値として、このデータを引用されるような場合は、必ず実験条件を明記して下さい。

(6) 参考文献

1. 井本岳秋, 石井好二郎, 鳥居 俊: マラソン選手の貧血対策から鉄中毒になる健康管理上の問題. 陸上競技研究紀要. 2(2): 114-117. 2006
2. 西山宗六, 井本岳秋: オーバートレーニングと貧血 - 亜鉛欠乏による溶血と骨髄機能 -. 臨床スポーツ医学, 23(8): 895-900, 2006
3. 駒井説夫: マラソンおよびウルトラマラソンが血液成分に及ぼす影響. 高知大教育紀要, 57: 9, 1999
4. Buchman A L, Keen C, Comisso J, et al: The effect of a marathon run on plasma and urine mineral and metal concentrations. J Am Coll Nutr, 17(2): 124-127. 1998
5. Laihg I A et al: Biochemical observations on a non-elite marathon runner. J Clin Chem Biochem, 22(8): 535-537. 1984

日本一流 400m ハードル選手のレースパターン分析

森丘保典¹⁾ 山崎一彦²⁾ 榎本靖士³⁾ 田内健二⁴⁾ 杉田正明⁵⁾ 阿江通良⁶⁾
1) 日本体育協会 2) 福岡大学 3) 京都教育大学
4) 早稲田大学 5) 三重大学 6) 筑波大学

はじめに

本報告では、2006年に開催された国内主要大会における日本一流400mハードル選手のレースをタイム分析し、各選手のレースパターンの特徴について明らかにすることを目的とした。

方法

分析対象レースは、2006年に行われた国内の主要3大会（国際グランプリ大阪大会、日本選手権、スーパー陸上）の決勝（男子3レース、女子1レース）であった。

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

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

ハードル区間歩数は、ハードルクリアランス直後の先行（リード）脚の着地から逆脚の接地までを1歩目とし、次のハードルクリアランス直前の接地までの歩数とした。

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

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

< 疾走速度低下率 (%) >

前～中低下率=

$[1 - (\text{中盤速度(m/s)} / \text{前半速度(m/s)})] \times 100$

中～後低下率=

$[1 - (\text{後半速度(m/s)} / \text{中盤速度(m/s)})] \times 100$

結果および考察

(1) 国際グランプリ大阪大会

表1は、国際グランプリ大阪大会（大阪GP）における男子6選手のハードル区間時間、ハードル通過時間およびハードル区間歩数を示したものである。また、図1は、各選手のハードル区間速度の推移を示したものである。

成迫選手（3位）はH5の通過が21.11秒と、エアコバキスに次ぐハイペースで通過している。依然として14歩への切り替え（H6-7）における速度低下が大きい。H7-8で持ち直し前中低下率が5%台におさえられたことが、発の47秒台に繋がったといえるだろう。

千葉選手は、ハイペースの流れに上手く乗って、H5が21.40秒、H8の通過も33秒台と、前を行く成迫選手におよそ0.3秒差で食い下がっている。後半の速度低下が大きく、残念ながら自己ベスト記録（48.65秒）には及ばなかったものの、積極的なレース展開によって2度目の48秒台をマークした。

吉形選手も、千葉選手と同様にハイペースの流れに乗り、H5を21.42秒、H8を34.18秒で通過している。千葉選手同様、自己ベスト（48.66秒）には及

表1 国際グランプリ大阪大会（男子）

氏名	順位	項目	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
ジャクソン	1位	区間時間	6.04	4.02	4.09	4.14	4.07	3.92	3.94	4.00	4.20	4.30	4.87
		通過時間		10.06	14.15	18.29	22.36	26.28	30.22	34.22	38.42	42.73	47.60
		歩数		15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
イアコバキス	2位	区間時間	6.06	3.64	3.74	3.77	3.84	4.04	4.15	4.25	4.44	4.67	5.22
		通過時間		9.70	13.44	17.21	21.04	25.08	29.23	33.49	37.93	42.60	47.82
		歩数		13	13	13	13	14	14	14	14	14	15
成迫健児	3位	区間時間	5.95	3.67	3.79	3.82	3.87	4.02	4.32	4.32	4.40	4.55	5.21
		通過時間		9.63	13.41	17.23	21.10	25.12	29.44	33.77	38.17	42.72	47.93
		歩数		13	13	13	13	13	14	14	15	15	
千葉佳裕	5位	区間時間	6.04	3.75	3.77	3.89	3.95	4.05	4.15	4.34	4.52	4.75	5.61
		通過時間		9.79	13.56	17.45	21.40	25.46	29.61	33.95	38.47	43.22	48.83
		歩数		14	14	14	14	14	15	15	15	15	
吉形政衛	6位	区間時間	6.00	3.74	3.84	3.87	3.97	4.14	4.25	4.37	4.52	4.72	5.51
		通過時間		9.74	13.58	17.45	21.42	25.56	29.81	34.18	38.70	43.42	48.93
		歩数		14	14	14	14	14	15	15	15	15	
河北尚弘	7位	区間時間	6.12	3.77	3.89	3.89	4.00	4.14	4.39	4.50	4.65	4.65	5.24
		通過時間		9.89	13.78	17.67	21.67	25.81	30.20	34.70	39.36	44.01	49.25
		歩数		13	13	13	13	14	14	15	15	15	

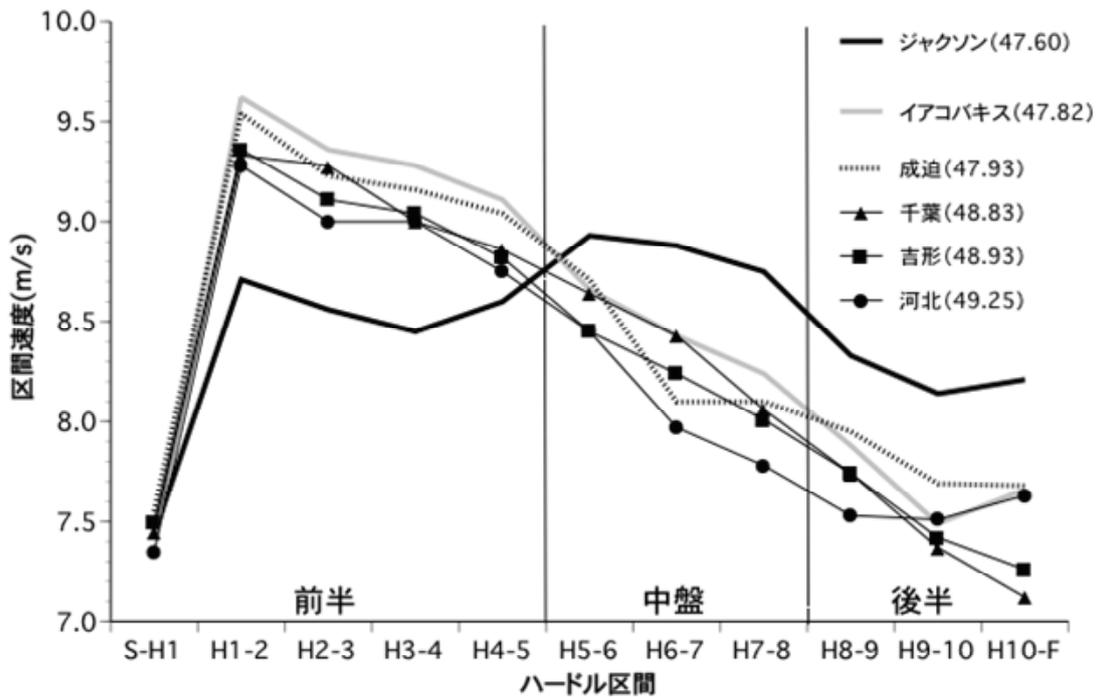


図1 大阪GP（男子）におけるハードル区間速度変化

ばなかったものの、2度目の48秒台をマークした。
千葉、吉形両選手は、前半を14歩で走る選手としては速いタイム（21.4秒台）でH5を通過しており、前半からハイペースとなる世界レベルのレース展開に対応できるパターンを身につけつつあるといえる。

河北選手は、前半を13歩で走る選手としてはH5の通過が遅い（21.67秒）が、中盤、後半の速度低下を最小限に抑えるペース配分によって、自己ベスト記録（その後全日本実業団にて49.17秒）をマークした。

表2 日本選手権（男子）

氏名	順位	項目	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
成迫健児	1位	区間時間	6.07	3.75	3.79	3.9	3.95	4.14	4.42	4.5	4.59	4.64	5.2
		通過時間		9.82	13.61	17.51	21.46	25.60	30.02	34.52	39.11	43.75	48.95
		歩数		13	13	13	13	13	14	14	15	15	
杉町マハウ	2位	区間時間	6.25	3.87	3.84	3.99	4.05	4.27	4.35	4.5	4.59	4.6	5.32
		通過時間		10.12	13.96	17.95	22.00	26.27	30.62	35.12	39.71	44.31	49.63
		歩数		12	12	12	12	13	13	13	13	13	
河北尚弘	3位	区間時間	6.16	3.85	3.94	3.99	4.07	4.24	4.44	4.64	4.65	4.65	5.07
		通過時間		10.01	13.95	17.94	22.01	26.25	30.69	35.33	39.98	44.63	49.70
		歩数		13	13	13	13	14	14	15	15	15	

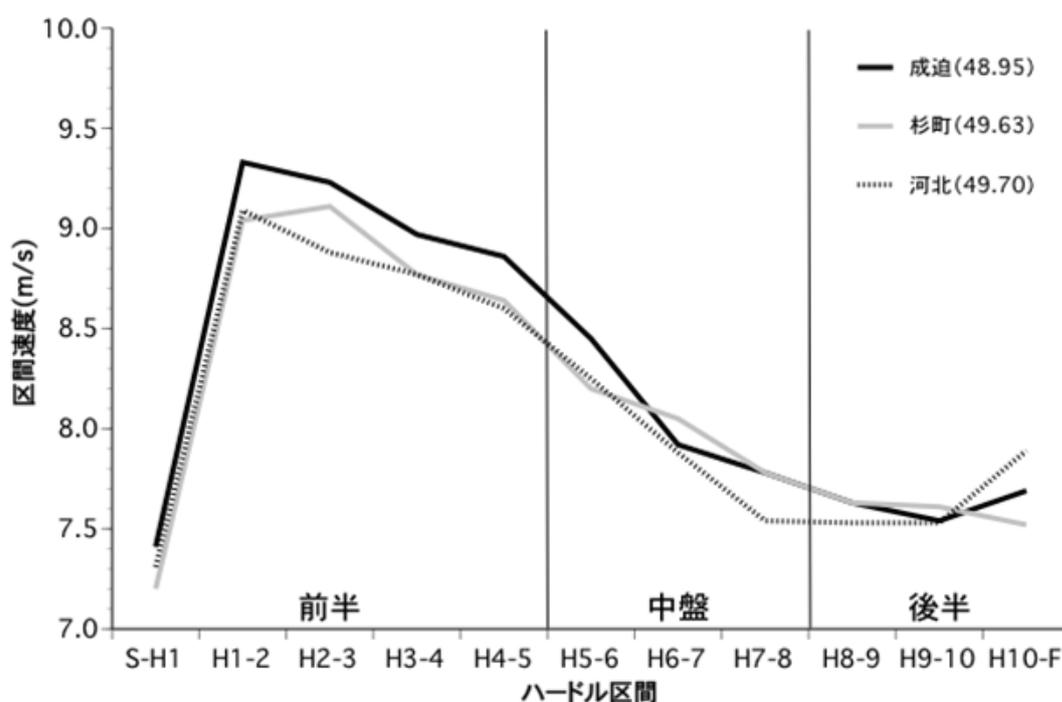


図2 日本選手権（男子）におけるハードル区間速度変化

(2) 日本選手権

表2は、日本選手権における男子3選手のハードル区間時間、ハードル通過時間およびハードル区間歩数を示したものである。また、図2は、各選手のハードル区間速度の推移を示したものである。

優勝した成迫選手は、47秒台をマークした大阪GPに比べるとH5が約0.4秒、H8が約0.8秒、フィニッシュは約1秒遅れの48.95秒であった。競技場や自身のコンディションを考慮し、確実に自身のパターンで走った結果の勝利といえるだろう。

2位の杉町選手は、前半5台目までが12歩、その後は全て13歩という歩数配分であった。世界記録保持者（46.78秒）のヤング選手がH3?5の2区間だけ12

歩で走ったという例があるが、筆者の知る限り杉町選手の歩数配分はまさに前代未聞といえる。H5の通過に22秒かかるなど、まだ12歩のメリットを十分に生かし切れていないところもあるが、経験をつめばすぐに48秒中盤の記録が期待できる選手であると感じる。

3位の河北選手は、H5の通過に22秒を要し、H8も35.33秒と、大阪GPよりも約0.7秒程度遅い通過となったが、H8以降の走りで大阪GPを約0.2秒上回ったため、上位4選手のなかで最も自己ベストに近い記録でのフィニッシュとなった。

表3 スーパー陸上（男子）

氏名	順位	項目	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
クレメント	1位	区間時間	6.01	3.82	3.84	3.84	4.04	4.15	4.24	4.32	4.42	4.55	5.13
		通過時間		9.83	13.67	17.51	21.55	25.70	29.94	34.26	38.68	43.23	48.36
		歩数		13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
河北尚弘	2位	区間時間	6.06	3.77	3.8	3.94	4.09	4.38	4.37	4.47	4.59	4.62	5.21
		通過時間		9.83	13.63	17.57	21.66	26.04	30.41	34.88	39.47	44.09	49.30
		歩数		13	13	13	13	14	14	15	15	15	15
小池崇之	3位	区間時間	6.06	3.79	3.85	3.92	4.1	4.27	4.37	4.45	4.52	4.62	5.5
		通過時間		9.85	13.70	17.62	21.72	25.99	30.36	34.81	39.33	43.95	49.45
		歩数		14	14	14	14	15	15	15	15	15	15
千葉佳裕	5位	区間時間	5.99	3.77	3.85	4.04	4.14	4.27	4.42	4.47	4.5	4.64	5.56
		通過時間		9.76	13.61	17.65	21.79	26.06	30.48	34.95	39.45	44.09	49.65
		歩数		14	14	14	14	14	15	15	15	15	15
吉形政衛	6位	区間時間	5.92	3.65	3.74	3.84	3.99	4.17	4.35	4.44	4.65	5.02	5.99
		通過時間		9.57	13.31	17.15	21.14	25.31	29.66	34.10	38.75	43.77	49.76
		歩数		14	14	14	14	14	15	15	15	15	15

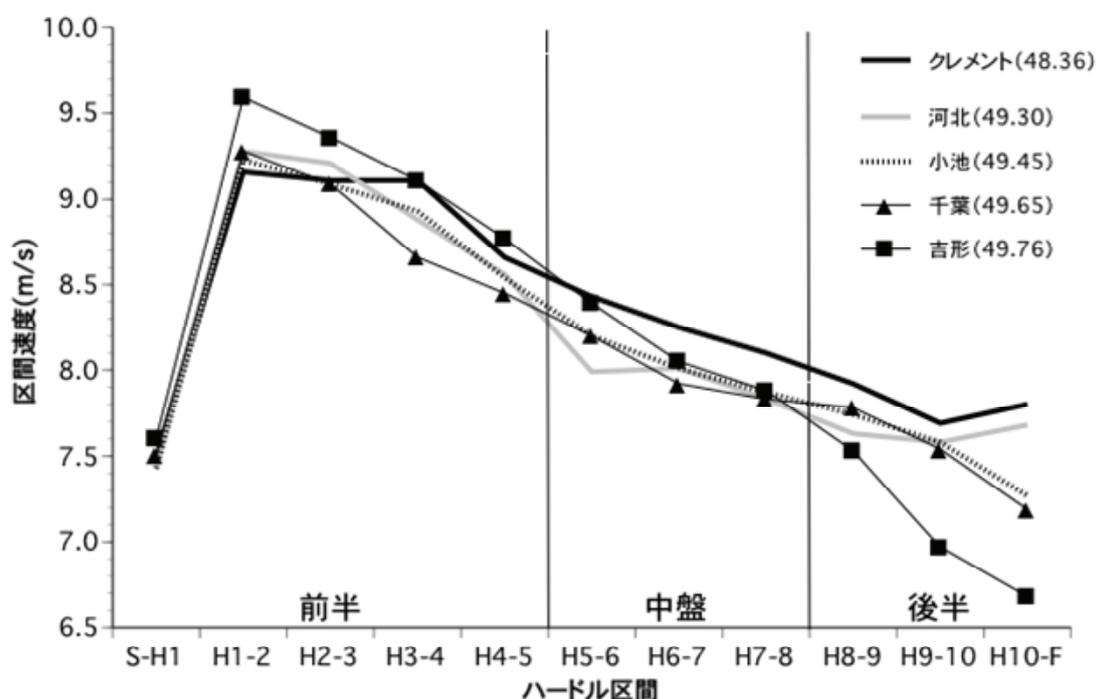


図3 スーパー陸上（男子）におけるハードル区間速度変化

(3) スーパー陸上

表3は、スーパー陸上における男子5選手のハードル区間時間、ハードル通過時間およびハードル区間歩数を示したものである。また、図3は、各選手のハードル区間速度の推移を示したものである。

クレメント選手は、自己ベストよりも約1秒遅いフィニッシュタイムであったが、全てのインターバルを13歩で走るイーブンペースのレースパターンで貫禄の勝利であった。

2位の河北選手は、H5を21.66秒で通過し、その後中盤での速度低下率が7%越えるなどややスローな展開だったが、持ち味の後半で挽回し49秒台前半のフィニッシュとなった。なお、河北選手はシーズ

ン中盤から、H5まで13歩、H5～8を14歩、H8～10を15歩で走る歩数配分に切り替えている。

3位の小池選手は、H5を21.72秒、H8を34.81秒で通過しており、レース全般にわたって大きな速度低下もみられず安定した走りをしている。48秒台を出すための課題は、同じく前半を14歩で走る千葉、吉形両選手の、H5を21.4秒前後、H8を34.0秒前後で通過していく走りが参考になるだろう。

なお、6位の吉形選手は、後半で大きく速度を落としたが、H5を21.14秒、H8を34.10秒というハイペースでレース中盤まで引張った。この積極的な走りは48秒前半～47秒台を目指すためのトライアルとして大いに評価できる。

表4 スーパー陸上（女子）

氏名	順位	項目	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F	
ラブチュニユク	1位	区間時間	6.52	4.22	4.35	4.44	4.75	4.84	5.11	5.19	5.24	5.24	5.91	
		通過時間		10.74	15.09	19.53	24.28	29.12	34.23	39.42	44.66	49.90	55.81	
		歩数		15	15	15	16	16	17	17	17	17	17	
久保倉里美	2位	区間時間	6.59	4.29	4.5	4.54	4.77	4.79	4.99	5.06	5.19	5.31	6.16	
		通過時間		10.88	15.38	19.92	24.69	29.48	34.47	39.53	44.72	50.03	56.19	
		歩数		16	16	16	16	16	17	17	17	17	17	

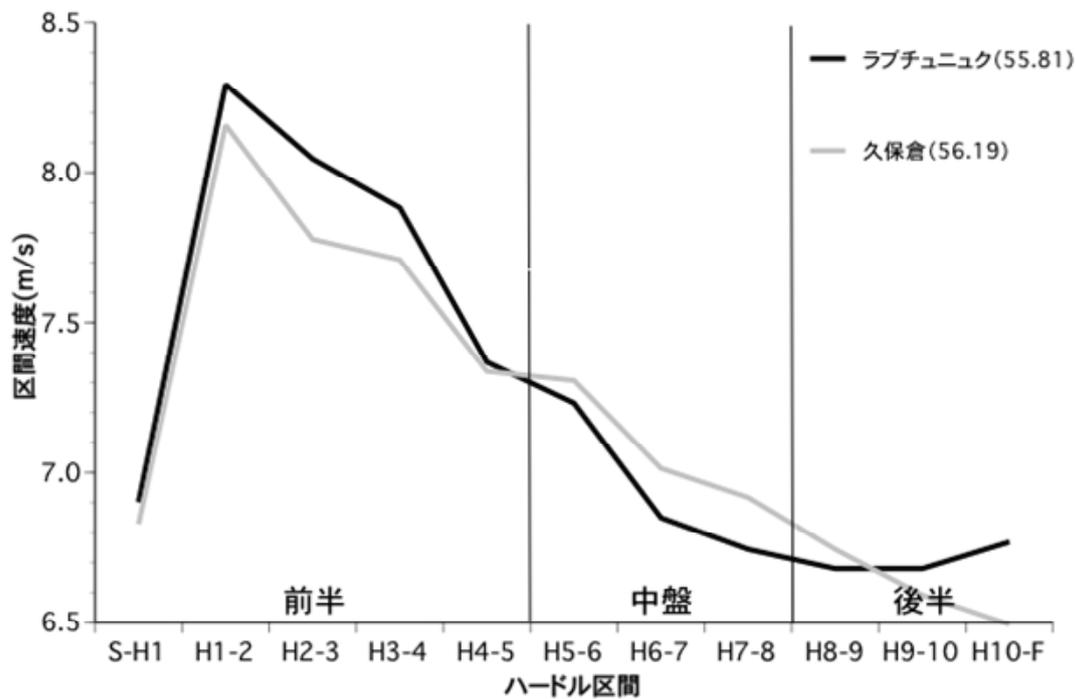


図4 スーパー陸上（女子）におけるハードル区間速度変化

表4は、女子2選手のハードル区間時間、ハードル通過時間およびハードル区間歩数を示したものである。また、図4は、両選手のハードル区間速度の推移を示したものである。

久保倉選手は、H5を24.69秒、H8を39.53秒で通過し、前半から中盤にかけて優勝したラブチュニユクに食い下がる検討をみせた。この通過は、いずれも吉田選手が2004年にマークした日本記録（55.89秒）を上回るペースであり、近い将来の日本記録更新を大いに期待される走りであった。

醍醐選手（走高跳）の日本新記録跳躍フォームの分析

阿江通良¹⁾ 武田 理²⁾ 小山宏之²⁾
 1) 筑波大学 2) 筑波大学大学院

1. はじめに

醍醐選手は、第90回日本選手権（2006年7月2日）において2m33の走高跳日本新記録を樹立した。これは、君野選手が1993年に記録した2m32を13年ぶりに更新したもので、長い低迷期にある日本の走高跳界にとって意義は極めて大きいといえる。

日本陸連科学委員会では、幸いにも第90回日本選手権において醍醐選手の跳躍をVTR撮影でき、3次元動作分析を行なった。撮影は、2台のデジタルカメラを用い毎秒60フィールドで行ない、踏切2歩前からの動作を3次元DLT法により分析した。

ここでは、2m33に挑んだ3回の跳躍、そして醍醐選手と福岡コーチが7月2日のベスト跳躍と評価した2m27（3回目）の跳躍フォームをバイオメカニクスデータをなるべく用いないで、スティックピクチャーを中心に定性的に分析し、醍醐選手の素晴らしい跳躍から何が学べるかを考えてみることにする。

2. 身体重心高や速度からみた醍醐選手の跳躍

表1は踏切準備における身体重心の水平速度（助走速度）、表2は踏切局面における身体重心の水平速度、鉛直速度、跳躍角、離地時重心高、最大重心高などを示したものである。

表1に示した踏切準備局面（助走の最終局面で、ここでは踏切2～1歩前）の水平速度（助走速度）は2m33の1回目と2回目の試技（以下、2m33-1などとする）、2m27の試技（以下、2m27）の順で大きく、この局面での減速は2m33-3、2m27では小さい。また踏切足接地時の助走速度は試技間で大きな差はないが、2m33-1が最も大きく、2m27では最も小さい。

表2に示した踏切足離地時の鉛直速度は2m27、2m33-1、2m33-3の順で大きく、推定最大重心高は2m27と2m33-1では2m42と最も大きく、2m33-3ではやや小さい。跳躍角は2m33-3で52.1度、2m27で51.8度であり、鉛直速度が2番目に大きかった2m33-2では49.1度とわずかに小さい。またバーと

表1 醍醐選手の跳躍における踏み切り準備局面の助走速度 2006年日本選手権

試技		2歩前		1歩前		踏切	
		左足接地	左足離地	右足接地	右足離地	左足接地	左足離地
2m27(3)○	時間(秒)	0.15		0.15		0.15	
	水平速度(m/s)	8.13	7.89	7.78	7.63	7.63	3.76
2m33(1)X	時間(秒)	0.12		0.17		0.17	
	水平速度(m/s)	8.22	8	8	7.83	7.8	4.13
2m33(2)X	時間(秒)	0.15		0.15		0.15	
	水平速度(m/s)	8.14	7.79	7.97	7.7	7.7	4.46
2m33(3)○	時間(秒)	0.13		0.13		0.15	
	水平速度(m/s)	8.09	7.87	7.74	7.71	7.71	3.68

表2 醍醐選手の踏み切りに関する分析結果2007年日本選手権

試 技	2m27(3)○	2m33(1)X	2m33(2)X	2m33(3)○
水平速度(m/s)	3.76	4.13	4.46	3.68
鉛直速度(m/s)	4.78	4.76	4.68	4.73
跳躍角(度)	51.8	49.1	46.4	52.1
重心高・離地時(m)	1.27	1.28	1.25	1.27
推定最大重心高(m)	2.43	2.43	2.36	2.41
バーとの重心高差(m)	-0.16	-0.10	-0.03	-0.08

注) バーとの重心高差: マイナスはバーよりも重心が高いことを示す。

の重心高差とは最大重心高とバーの高さとの差を示し、マイナスはそれだけロスが大きかったことを示す。バーとの重心高差はプラスになる（重心高よりも高いバーをクリアできる）こともあるが、醍醐選手の場合には0.07から0.1m程度のロスを考えておく必要がある。

これらの値を世界一流男子選手と比較してみよう。世界一流選手の離地時の重心高は身長約72%であるので、醍醐選手では70%とやや小さい。しかし、助走速度（ 7.52 ± 0.25 m/s）、最大重心高（ $2m40 \pm 0.06$ ）、鉛直速度（ 4.53 ± 0.16 m/s）、跳躍角（ 47.8 ± 3.5 度）については世界一流選手を上回っている。離地時の重心高が身長72%（1.31m）になれば最大重心高は2m47程度に、離地時重心高は現在のままで鉛直速度が4.8m/sになれば最大重心高は2m45に、4.9m/sでは2m49になり、ロスを考えても2m35~43ぐらいの記録が出せることになる。走高跳に関するこれまでの分析データや経験則から推測すると、離地時の重心高と鉛直速度の大きさは相反する傾向にあるようで、離地時の重心高が大きくなると鉛直速度が小さくなることが多い。したがって、実際には、離地時の重心高を大きくすることを意識しすぎて大きな鉛直速度の獲得に影響しないように注意する必要がある。醍醐選手の助走速度、離地時の合成速度、跳躍角などから考えると、日本選手権時の心身の状態であれば、鉛直速度を4.8~4.9m/sにすることはそれほど困難なことではなく、世界トップクラスの記録（2m35~2m43）の達成は十分に可能と推測される。

走高跳は、重心を高く上げた高さを競うものではなく、毎回の試技でバーを落とさないことを競う安定性が重要な種目である。したがって、醍醐選手が世界的競技会で成功を収めるには、鉛直跳躍速度を高めるとともに、いつも同じように跳躍できる安定性を高める必要がある。

3. 醍醐選手の跳躍フォームの観察

3.1 側方からみたフォーム

図1は助走に対して左横方向から見た醍醐選手の跳躍フォームのスティックピクチャーである。4回の跳躍は、クリアの成功不成功はあるにしてもほとんど区別がつかない。そこで、スティックピクチャーから観察できる醍醐選手の優れた点を挙げてみることにする（図の下に付した番号を参照）。

- ①踏切2歩前ではしっかりと身体が押し出されている（No.3）。
- ②踏切1歩前支持期中ごろでは、膝を深く曲げるよりも下腿を大きく前傾して身体を下げている（No.7）。短距離、長距離を問わず、疾走の支持期では接地後に下腿が素早く前傾するとブレーキが小さくできることを考えると、このよう

な動作はブレーキを小さくして重心を下げるのに役立つと考えられる。

- ③踏切脚を伸ばして身体を大きく後傾して踏切に入っている（No.10）。また踏切脚の屈曲も小さく（つぶれていない、No.11）、大きな力を短時間に発揮できたと思われる。

- ④離地時（No.13）の振り上げ脚の大腿が水平以上に上げられている。

これらの特徴は、最近のわが国の走高跳選手の多くに見られる問題点、すなわち①踏切準備において身体が低すぎる、あるいは高すぎる、②踏切足接地時の後傾姿勢が不十分で、腰が後ろに引け上体が起きた姿勢で踏み切りに入っている、③離地時の振上脚が低いなどとはまったく

逆のものである。しかし、ここで優れた点として挙げたことは醍醐選手特有のものというよりも、一流走高跳選手に共通に見られるもので、図1はよい走高跳のフォームのモデルともいえるものである。

3.2後方からみたフォーム

図2は、醍醐選手の助走および跳躍方向の後方からみた跳躍フォームである。側方からみた場合よりも試技間の相違が観察しやすいと思われる。

- ①踏切2歩前では身体が非常に大きく内傾しており、醍醐選手の特徴といえる。これは、秒速8m以上の大きな助走速度のために可能となったもので、高い助走速度で比較的半径の小さい助走カーブを描こうとすると、遠心力でカーブの外に身体が振られるので、このような大きな内傾が必要となるのである。また、先述したように2歩前でもしっかりと走っていることから、ここでは身体の内傾のみではなく前傾も重要で、身体を内前傾して助走するという意識あるいはイメージを醍醐選手が持っているのかも知れない。
- ②踏切1歩前接地時（No.5）では、2m27および2m33-3における身体の内傾が他の試技よりも大きい。
- ③踏切足接地時では、2m27、2m33-3ではスティックピクチャーの腰幅が他の試技より狭く見える。このことは、踏切脚を前方に出し、振り上げ脚を後方に残して腰が捻られ、しかも他の試技よりも内傾が

大きかったこと（あるいは正確には内傾が見られたこと）を示していると考えられる。助走カーブでは内傾していても、踏切足接地時には身体が後傾のみでなく、外傾している場合が多いことを考えると、外傾がないか、あるいはわずかでも内傾がみられることは、後述するように大きな意味を持っていると考えられる。

3.3 上方からみたフォーム

図3は上方からみた跳躍フォームを示している。2m27では踏切足接地時（No.10）に踏切足の踵が左腰よりもやや右側に接地しているが、他の試技では、2m27に比べてやや左側に接地している。また2m33-3では踏切足がより前方に出されている。これらのことは、ベスト跳躍であった2m27ではわずかな内傾がみられ、2m33-3では後傾が大きかったことを示唆するものであり、この両試技では踏切1歩前の内傾が大きく、他の2試技では1歩前接地時の内傾が小さかったことを考えると、醍醐選手が高いスピードでカーブ助走しながら、外側に振られなかったことが成功の理由の1つといえるであろう。それでは、踏切接地時に身体が内後傾している

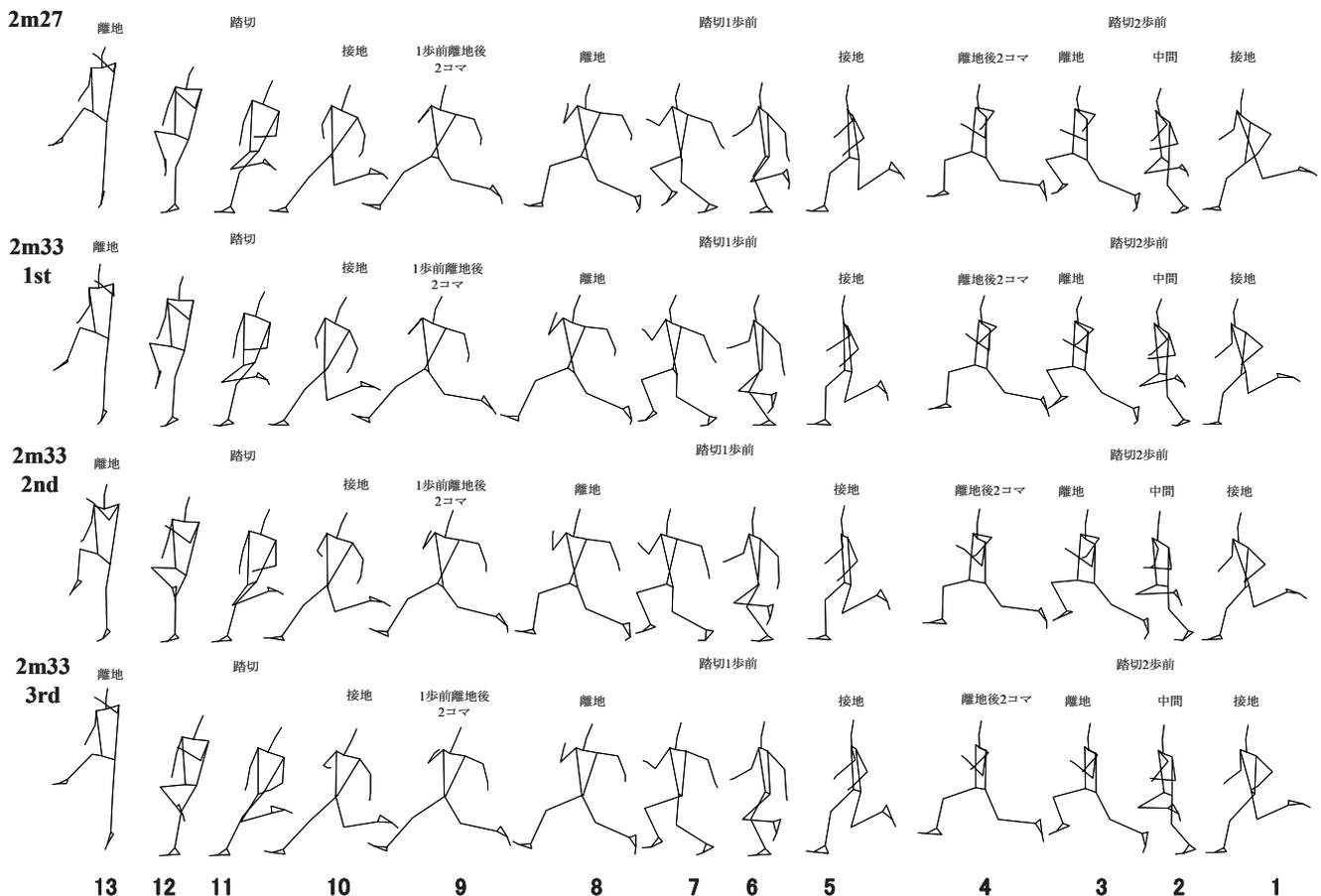


図1 側方からみた醍醐選手の跳躍フォーム

と、どのような利点があるのでしょうか。
 多くの選手に見られように助走で外側に振られ、外傾して踏切に入ると、離地後にバー側に倒れやすくなると考えられる。この場合には、選手は踏切地点が近過ぎるという感覚をもつことになる。しかし、競技中に踏切位置を変えることが難しいことは多くの選手が経験していることであろう。醍醐選手の2m33-1および2では、成功した2試技よりも跳躍角が小さかったことから推測すると、十分に踏み切ったという感覚がないままにバーにかかってしまった跳躍であったと思われる。
 外傾がなく後傾が大きい場合には十分な踏切が行なえるが、下肢筋群の使い方から考えると、この場合には股関節や膝関節の伸筋群に大きく依存することになるであろう。背面跳の踏切における下肢の3次元関節トルクを算出した研究（奥山，2004年度筑波大学修士論文）によると、身体が内後傾して踏切に入った場合には、股関節の伸筋群に加えて、外転筋群の大きなトルクが発揮されるという。このことは、これまでほとんど知られていなかったことであ

り、内後傾して踏切に入ると、股関節の伸筋群のみでなく、外転筋群が使えるので、大きな力を地面に加えることが可能になると考えられる。また、内後傾ができていないと、踏切局面において重心は踏切足上あるいはその近くを通過するので、鉛直地面反力を有効に使い、鉛直力積を大きくできると考えられる。

4. どのようにすると、よい跳躍ができるのか

カーブ助走を用いる背面跳では、身体が外側に振られることが多いようである。バーが高くなり、気合が入って助走速度が大きくなった場合には特にこの傾向が強くなるようである。走高跳では踏切足接地時に後傾あるいは内後傾していることが重要である。このような踏切への入りを可能にする鍵は踏切準備局面にあるのは言うまでもないが、ここでは醍醐選手の踏切1歩前の支持脚の動作に着目してみることにする。

図4は、上方からみた踏切1歩前の支持脚、両

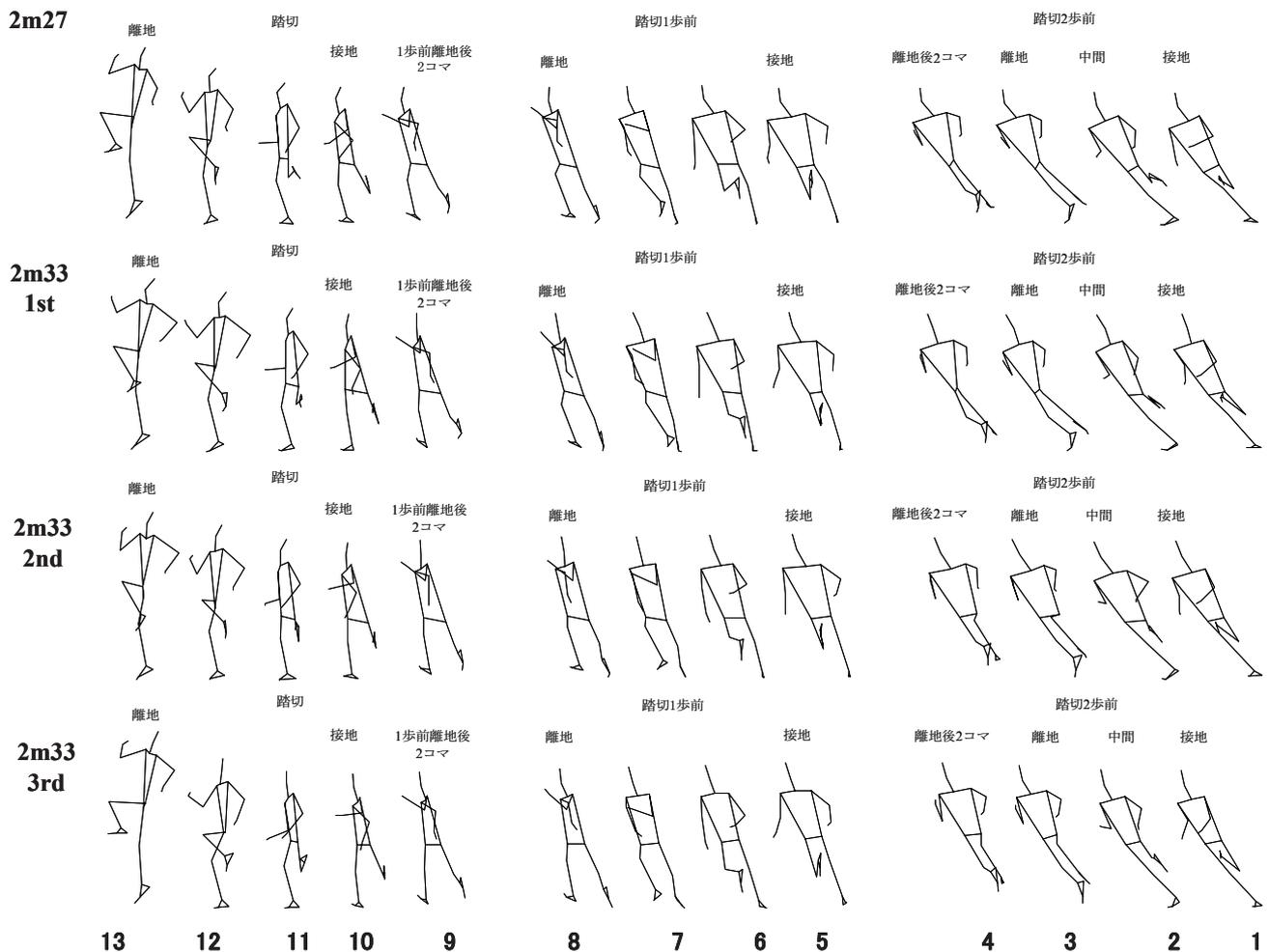


図2 後方からみた醍醐選手の跳躍フォーム

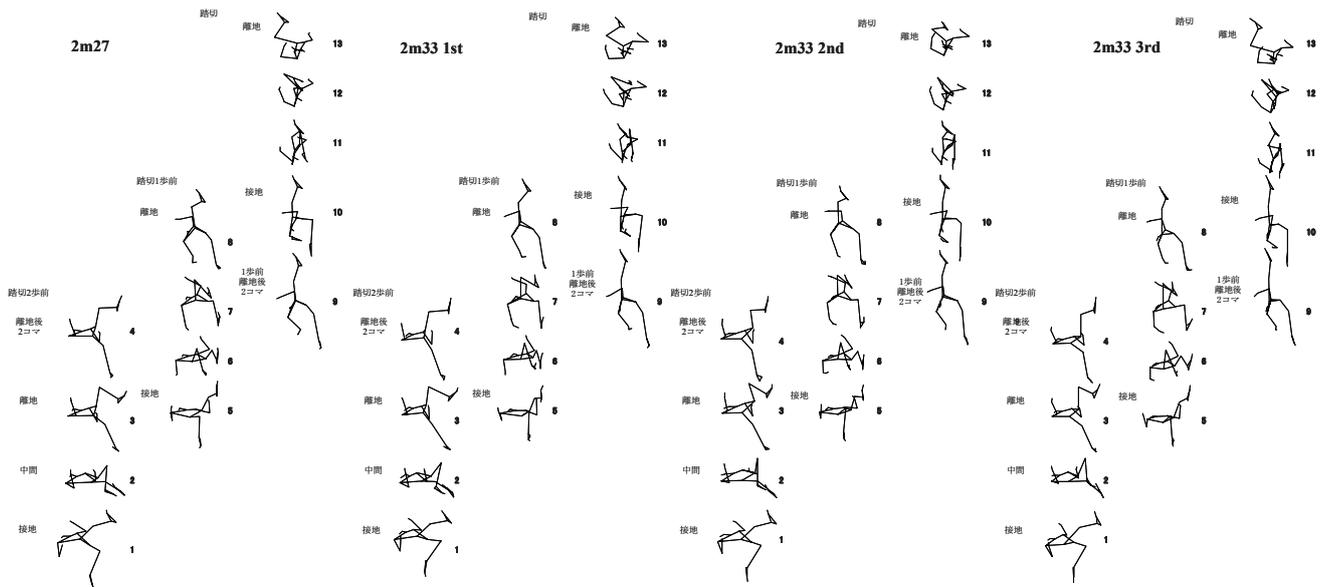


図3 上方からみた醍醐選手の跳躍フォーム（下から上へと進む）

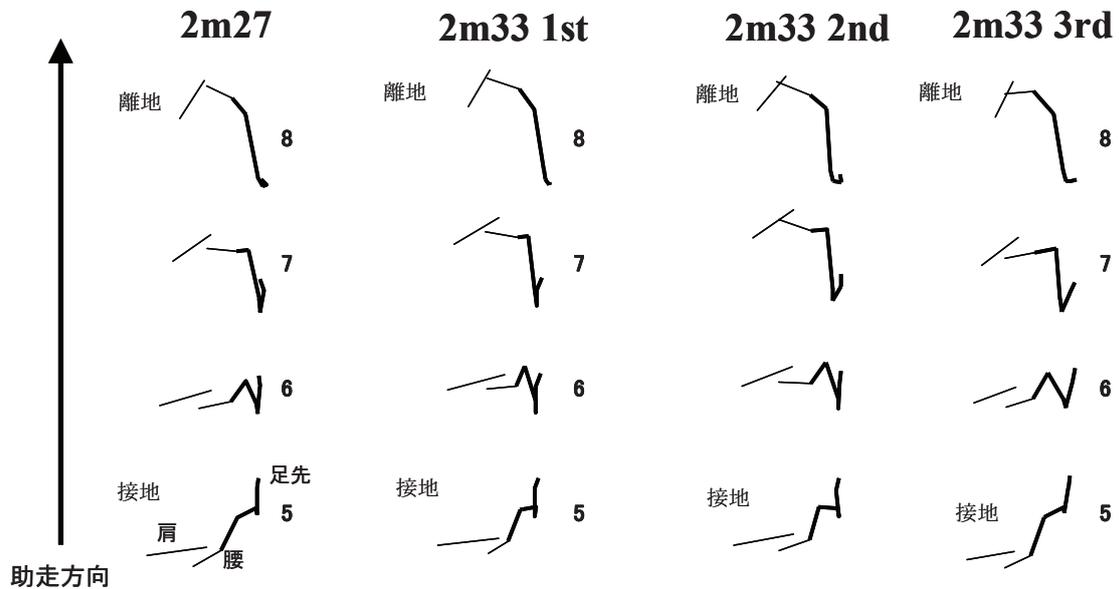


図4 醍醐選手の踏切1歩前支持期における支持脚，両腰，両肩の動き（上方）

腰，両肩の動きを示したものである．2m27および2m33-3では，接地時（No.5）において他の2試技に比べて支持脚と左腰がカーブ内側（左側）に位置しており，身体の内傾が保たれ，外側に振られていないことがわかる．その後，いずれの試技においても下腿が前に倒れていくが，2m33-3では内傾が保持されており，2m27では支持期中ごろで支持脚がわずかに外側に動くが，その後膝が内側にしぼり込まれるようにして離地し，内後傾して踏切に移っている．これは離地時（No.8）において2m33-1および2よりも下腿あるいは膝が内側（左側）にあることから明らかであろう．

以上の醍醐選手の跳躍フォームの観察から，技術

やコーチングに関して以下のような示唆が引き出せるであろう．

- ①踏切2～1歩前で外側に振られないように，カーブでは内前傾して助走し，スピードをコントロールする必要がある．
- ②踏切1歩前支持期では，下腿を前傾させるが，そのとき膝を内側にしぼり込むようにして方向変えることが踏切に外傾せずに入るのに役立つ．
- ③踏切には身体を内後傾して入る意識あるいはイメージをもつ（多くの選手はこのようなイメージを持っていると思われる）．
- ④踏切位置が近いと感じた場合には，踏切足接地時に外傾しすぎていないかをチェックする必要がある

る.

④コーチは側方のみでなく、踏切に対して後方から選手の動きを観察する必要がある.

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

小山宏之¹⁾ 村木有也²⁾ 武田 理¹⁾ 大島雄治¹⁾ 阿江通良¹⁾
1) 筑波大学 2) 大阪体育大学

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，三段跳および棒高跳選手の助走速度を分析した結果を示す。なお，これらのデータの大部分は競技会後一週間以内にコーチと選手にフィードバックしたものである。

2. 方法

レーザーを利用した速度測定装置（LAVEG）を用い，跳躍者の助走速度を測定した。分析対象試合は以下に示す通りである。

- ・ 2006年4月29日 第40回織田幹雄記念国際陸上競技大会（織田記念）
- ・ 2006年5月3日 第22回静岡国際陸上（静岡国際）
- ・ 2006年5月6日 ヤマザキ国際グランプリ陸上大阪大会（大阪GP）
- ・ 2006年6月30日～7月2日 第90回日本陸上競技選手権（日本選手権）
- ・ 2006年9月24日 セイコースーパー陸上2006ヨコハマ（スーパー）

3. データについて

3.1 男子棒高跳選手の助走速度曲線

表1は2006静岡国際における男子棒高跳上位入賞選手の試技の最高速度およびその出現地点を示したものである。また，図1は2006静岡国際における男子棒高跳選手の助走速度曲線を示したものである。

澤野選手は静岡国際陸上において2年連続で日本記録を樹立していたが（2005静岡国際，5m83；2004静岡国際，5m80），今年度は5m60の記録で

あった。2005年の助走速度の最高値は2004年に比べて小さく（2005年， 9.21 ± 0.07 m/s；2004年， 9.31 ± 0.08 m/s，小山ら，2005），日本記録樹立時もその最高速度は大きくなかったが（ 9.20 m/s），2006年の助走速度は2005年より大きくなり，2004年度と同程度の 9.33 ± 0.07 m/sであった。

一方，最高速度が出現する地点を比較すると，2004年（ 8.9 ± 0.3 m），2005年（ 9.6 ± 0.4 m），2006年（ 10.4 ± 0.3 m）と徐々にボックスから遠い地点に変化している傾向が見られる。棒高跳では踏切に移行する際の速度は記録に影響する重要な要因であることから，ピークの出現する地点が年によって変化している点には注意が必要であると考えられる。

3.2 女子棒高跳選手の助走速度曲線

表2は2006織田記念における女子棒高跳上位入賞選手の試技の最高速度およびその出現地点を示したものである。また，図2は2006織田記念における女子棒高跳選手の助走速度曲線を示したものである。

2006年織田記念では，錦織選手が4m36の日本記録を樹立した。錦織選手の2006年の助走速度を2005日本選手権（ 7.78 ± 0.09 m/s），2005スーパー（ 7.74 ± 0.03 m/s）と比較すると，助走速度の最高値は大きな変化はなく，最高速度が出現する地点にも大きな相違は見られなかった。このことは，錦織選手の跳躍動作が記録更新の大きな要因であったことを示唆するものであろう。表2およびグラフからもわかるように，錦織選手の助走速度は $7.7 \sim 7.9$ m/sの範囲である。これは，昨年度も指摘したように，好記録を持つ海外選手と比較した場合に非常に小さいものである（参考，イシンバエワ選手， 8.37 m/s， 4.50 m x，2005スーパー，小山ら，2005）。錦織選手は，走速度を鉛直方向に変換する技術に優れていることが推察されることから，今後は走能力の向上を課題の1つとして捉えることが重

表1 静岡国際男子棒高跳上位入賞選手の助走における最高速度およびその出現地点

選手	高さ	5.50 (1)	5.60 (1)	5.60 (2)	5.70 (1)	5.70 (2)	5.70 (3)					
澤野	m/s (m)	o 9.28 (@ 10.4)	x 9.24 (@ 10.4)	o 9.41 (@ 10.3)	x 9.34 (@ 10.9)	x 9.32 (@ 10.4)	x 9.41 (@ 10.1)					
選手	高さ	5.00 (1)	5.00 (2)	5.20 (1)	5.20 (2)	5.20 (3)	5.30 (1)	5.30 (2)	5.30 (3)	5.40 (1)	5.40 (2)	5.40 (3)
小野寺	m/s (m)	x 8.93 (@ 8.4)	o 8.84 (@ 8.5)	o 8.96 (@ 8.7)	—	—	—	—	—	x 8.99 (@ 10.5)	x 8.98 (@ 9.7)	x 8.65 (@ 9.4)
有木	m/s (m)	o 8.79 (@ 9.6)	—	x 9.03 (@ 9.6)	x 8.74 (@ 9.1)	o 8.89 (@ 9.2)	o 8.95 (@ 9.4)	—	—	x 8.88 (@ 8.4)	—	x 9.01 (@ 10.6)
安田	m/s (m)	x 9.07 (@ 9.5)	o 8.97 (@ 9.6)	o 8.96 (@ 9.9)	—	—	x 8.98 (@ 9.3)	—	—	—	—	—
森部	m/s (m)	x 8.71 (@ 8.6)	o 8.76 (@ 8.3)	o 8.75 (@ 8.3)	—	—	x 8.76 (@ 8.6)	x 8.77 (@ 8.7)	x 8.82 (@ 9.3)	—	—	—
柏木	m/s (m)	x 8.86 (@ 9.6)	o 8.96 (@ 9.3)	o 9.03 (@ 9.5)	—	—	—	x 9.00 (@ 7.3)	x 8.91 (@ 9.5)	—	—	—
渡辺	m/s (m)	x 9.01 (@ 8.9)	o 9.14 (@ 9.6)	o 9.09 (@ 9.9)	—	—	x 9.00 (@ 9.7)	x 9.03 (@ 9.5)	x 9.07 (@ 9.8)	—	—	—

注) 数値は上段が最高速度, 下段が出現地点

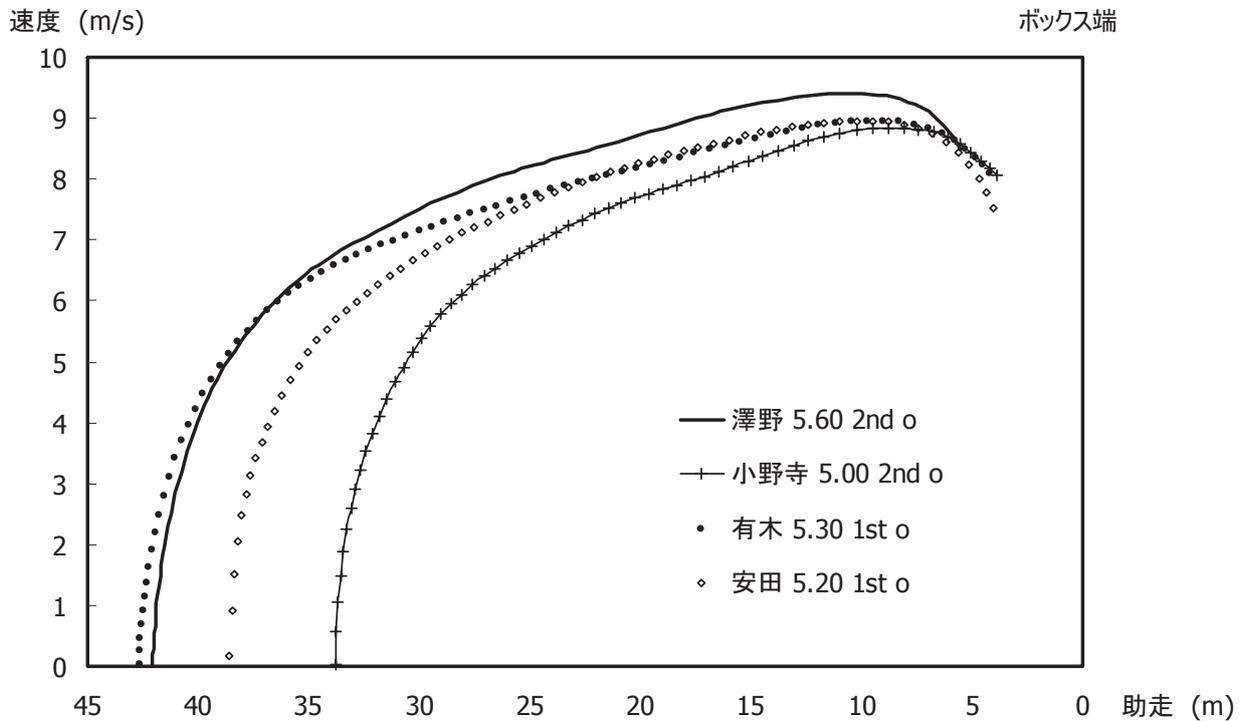


図1 静岡国際男子棒高跳上位入賞者の助走速度曲線 (0mがボックス端)

表2 織田記念女子棒高跳上位入賞選手の助走における最高速度およびその出現地点

選手	高さ (試技)	4.20 (1)	4.36 (1)	4.45 (1)	4.45 (2)	4.45 (3)				
錦織	m/s (m)	o 7.89 (@ 8.1)	o 7.73 (@ 8.2)	x 7.72 (@ 7.9)	x 7.77 (@ 7.9)	x 7.84 (@ 7.8)				
選手	高さ (試技)	3.80 (1)	3.80 (2)	3.80 (3)	3.90 (1)	3.90 (2)	4.00 (1)	4.00 (2)	4.00 (3)	4.10 (1)
中野	m/s (m)	—	—	—	—	—	x 8.09 (@ 8.1)	x 8.20 (@ 7.1)	o 8.18 (@ 6.7)	x 8.29 (@ 7.3)
堀	m/s (m)	o 7.61 (@ 8.5)	—	—	o 7.66 (@ 7.7)	—	x 7.80 (@ 7.8)	x 7.73 (@ 8.0)	x 7.70 (@ 8.2)	—
中川	m/s (m)	—	—	—	—	—	—	x 8.00 (@ 8.7)	x 8.03 (@ 8.8)	—
我孫子	m/s (m)	o 7.62 (@ 7.5)	—	—	x 7.68 (@ 7.6)	x 7.59 (@ 7.4)	—	—	—	—
江口	m/s (m)	—	—	—	x 7.81 (@ 6.8)	—	—	—	—	—
近藤	m/s (m)	x 7.75 (@ 5.5)	x 7.75 (@ 7.5)	o 7.61 (@ 8.0)	—	—	x 7.84 (@ 7.4)	x 7.81 (@ 7.4)	x 7.75 (@ 7.6)	—

注) 数値は上段が最高速度, 下段が出現地点

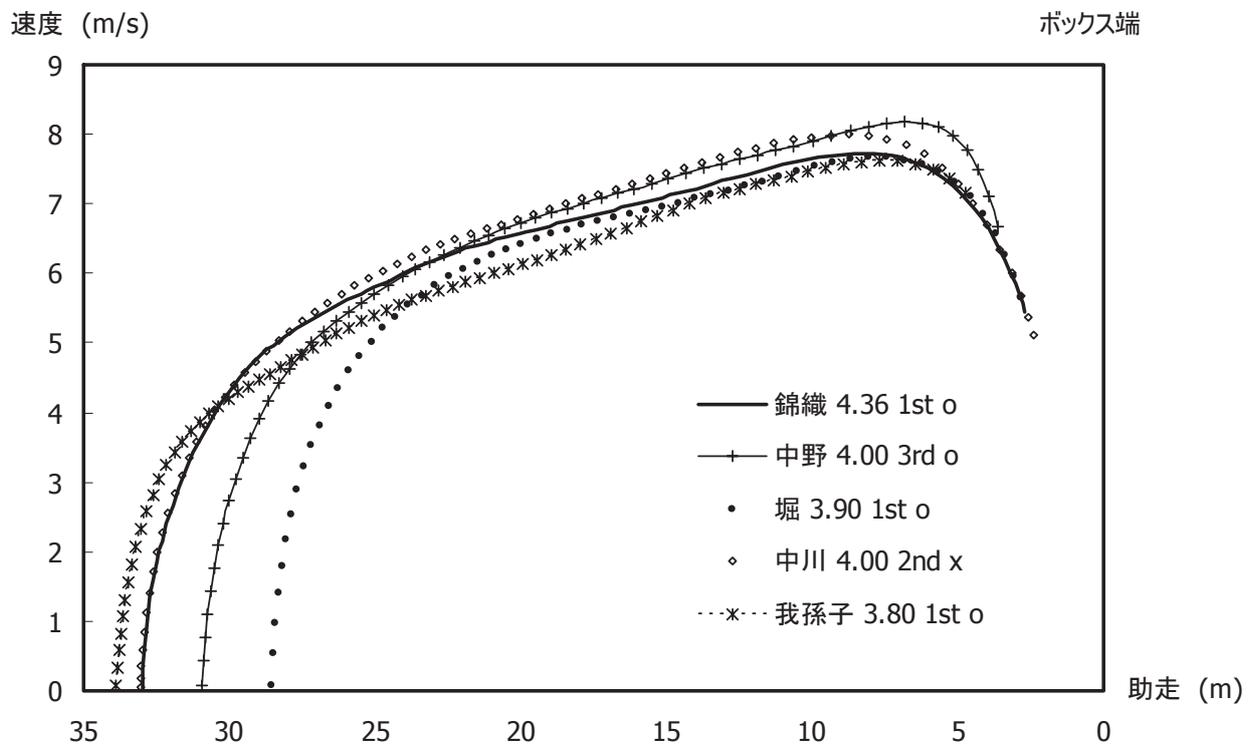


図2 織田記念女子棒高跳上位入賞者の助走速度曲線 (0mがボックス端)

要であると考えられる。

3.3 男子走幅跳選手の助走速度曲線

表3～4は2006静岡国際、2006日本選手権における男子走幅跳入賞選手の全試技の最高速度およびその出現地点を示したものである。また、図3～4は2006静岡国際、2006日本選手権における男子走幅跳上位入賞選手の助走速度曲線を示したものである。

図5は2006日本選手権で優勝した藤川選手の助走速度曲線の平均を大会ごとに示したものである。なお、日本選手権のデータは、記録の良かった5本目(7m86)、6本目(7m71)を除いて平均し、5本目の試技は単独で図中に示した。また、図中の点線は速度のばらつきを示したものである。

図からわかるように、藤川選手は静岡国際から日本選手権にかけて助走距離が4m近く延長し、異なる助走の方法をとっていたことが推察される。日本選手権においてベスト記録となった5本目の速度曲線と平均の速度曲線を比較すると、踏切15m前付近までは非常に類似しほぼ相違がないことがわかる。一方、記録の良かった試技ではその後も速度の上昇が大きく、踏切に移行していた。また、図示していないが、6本目(7m71、実測では7m90程度)の速度曲線も同様に踏切近くまで速度の上昇が見られたことから、日本選手権の助走速度曲線から見た課題は、助走終盤における走り方を安定させることにあると考えられる。また、藤川選手の助走速度は10.1～10.3m/s台である場合が多く(最高は日本選手権6本目10.44m/s、記録7m86)、8m台の跳躍を安定して行うには走能力の向上も課題の一つであろう。

図6は2006日本選手権で2位であった仲元選手の助走速度曲線の平均を示したものである。データは静岡および日本選手権の2試合あったが、全ての試技を平均し示している。

仲元選手は測定した選手の中で最も大きい助走速度を示し、静岡国際と日本選手権の両試合で10.60m/sを超える速度で助走を行っていた。この速度はこれまで継続して測定してきた中でも非常に大きく、2004日本選手権で寺野選手が日本歴代2位(8m20)を記録した際(10.53m/s)よりも大きかった。

一方、踏切前の速度の低下を藤川選手や、後述する寺野選手と比較すると、仲元選手の速度の低下が顕著に大きいことがわかる。このことは、助走で大きな速度を獲得しているが、踏切においてその速度を効果的に利用できていないことを意味している。すなわち、仲元選手は助走から踏切への移行動作の

改善が課題の一つと推察される。また、図に示した速度のばらつき(標準偏差)を藤川選手、寺野選手と比較すると、仲元選手は全体的にばらつきが大きく、踏切中盤においてもそのばらつきは大きいままであった。このことは、試技間で助走の安定性に欠けていたことを示している。仲元選手は測定した競技会において跳躍記録のばらつきも大きかったが、助走のばらつきが大きかったことがその一要因であったことが推察される。仲元選手は非常に高い走能力を有していることから、助走のばらつきを少なくし、踏切への移行を改善することで、記録の大きな更新が期待できると考えられる。

図7は寺野選手の2006静岡国際および日本選手権の助走速度曲線の平均を示したものである。また、図には2004日本選手権で8m20を記録した時の助走速度曲線も同時に示している。

寺野選手は2004年に8mを超えるジャンプをして以降、2005年、2006年と8mを超えていない。助走速度の観点から見ると、2006年度の平均最高速度は 10.19 ± 0.08 m/sであった。一方、8mを跳躍した試技およびその試合での最高速度は、それぞれ10.53m/s、 10.42 ± 0.09 m/sであり、気象条件等に違いはあるが約0.3m/sの差が見られた。これらの結果は、2006年度の寺野選手が7m台に留まっている要因の一つは助走速度が上がりきっていないことであると推察される。

図7で2006年度と8m20時の助走を比較すると、助走距離に差はなく、助走開始後の速度の立ち上がりにも大きな相違は見られていない。しかし、助走中盤における速度の増加には顕著な差があり、2006年度の増加量は少なかったことがわかる。これらのことから、これまでの加速のパターンでスタートを行うのであれば、助走中盤の走り方が重要であり、速度を高めることにつながると推察される。

3.4 女子走幅跳選手の助走速度曲線

表5～8は2006静岡国際、2006大阪GP、2006日本選手権、2006スーパー陸上における女子走幅跳入賞選手の全試技の最高速度およびその出現地点を示したものである。また、図8～11は2006静岡国際、2006大阪GP、2006日本選手権、2006スーパー陸上における女子走幅跳上位入賞選手の助走速度曲線を示したものである。

2006年は大阪GPにおいて池田選手が6m86の日本記録を樹立した。日本記録の跳躍の最高速度は9.65m/sと非常に高いものであり、これまで継続して測定してきた中でも最も大きい速度であった。

表3 静岡国際男子走幅跳入賞選手の各試技の助走における最高速度およびその出現地点

選手	試技	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th
荒川	m		7.48	7.49	7.57	7.83	7.98 (+2.3)
	m/s (m)		10.20 (@ 7.5)	10.17 (@ 7.1)	10.20 (@ 6.8)	10.11 (@ 6.7)	10.35 (@ 6.8)
寺野	m	7.53	7.49	F	7.65	7.79 (+3.3)	7.62
	m/s (m)	10.25 (@ 6.6)	10.15 (@ 6.0)	10.21 (@ 7.1)	10.20 (@ 6.1)	10.30 (@ 6.5)	10.27 (@ 5.4)
仲元	m	7.54	7.20	7.08	7.40	7.79 (+2.8)	7.25
	m/s (m)	10.64 (@ 7.2)	10.40 (@ 7.8)	10.28 (@ 8.5)	10.61 (@ 9.1)	10.48 (@ 9.0)	10.64 (@ 7.2)
佐藤	m	7.42	-	7.62	7.53	7.56	7.66 (+3.2)
	m/s (m)	10.00 (@ 6.4)	-	10.00 (@ 5.9)	10.03 (@ 6.1)	9.94 (@ 6.7)	10.10 (@ 6.2)
趙	m	7.39	F	7.58 (+3.4)	7.50	F	7.47
	m/s (m)	10.03 (@ 7.4)	9.81 (@ 7.3)	10.05 (@ 7.6)	10.31 (@ 7.6)	10.18 (@ 7.1)	10.18 (@ 7.6)
大石	m	7.54 (+2.0)	-	7.49	-	7.50	6.23
	m/s (m)	10.11 (@ 4.8)	10.01 (@ 6.8)	10.19 (@ 5.3)	10.21 (@ 6.8)	10.28 (@ 6.2)	10.12 (@ 6.5)
藤川	m	7.31	7.38	7.50	7.51	7.50	7.51 (+2.1)
	m/s (m)	10.16 (@ 6.0)	10.16 (@ 6.1)	10.30 (@ 7.1)	10.13 (@ 5.8)	10.31 (@ 6.1)	10.32 (@ 6.0)
猿山	m	-	7.49 (+2.9)	7.30	7.34	-	F
	m/s (m)	-	10.21 (@ 6.4)	10.18 (@ 6.8)	10.14 (@ 6.7)	10.02 (@ 6.3)	10.00 (@ 6.2)

注) 数値は上段が跳躍記録, 下段が最高速度および括弧内は出現地点

速度 (m/s)

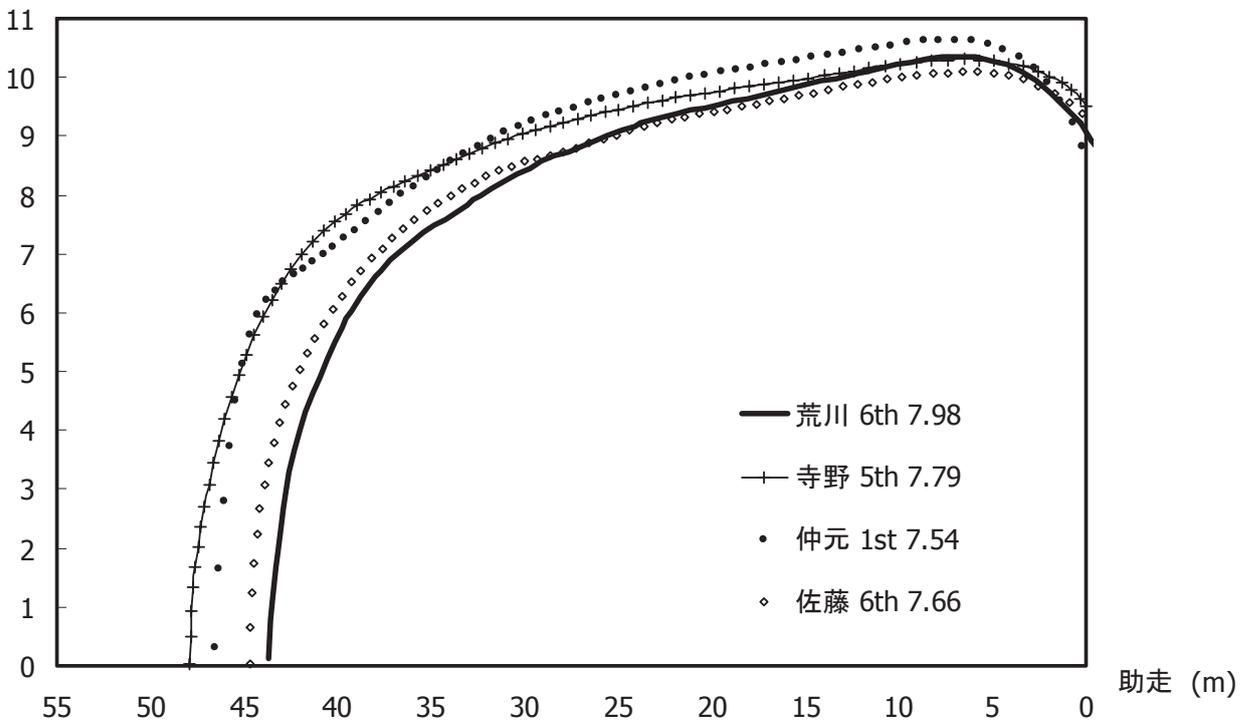


図3 静岡国際男子走幅跳上位入賞選手の助走速度曲線 (0mが踏切板)

表4 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速度およびその出現地点

選手	試技	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th
藤川	m	7.49 (+0.3)	7.48 (+0.7)	F	7.49 (+1.4)	7.86 (+1.1)	7.72 (+1.2)
	m/s (m)	10.22 (@ 5.6)	10.24 (@ 6.7)	10.39 (@ 6.3)	10.39 (@ 7.0)	10.44 (@ 6.1)	10.39 (@ 7.3)
仲元	m	-	7.60 (+0.1)	7.61 (+2.6)	7.84 (+3.1)	7.53 (+2.2)	7.69 (+0.2)
	m/s (m)	-	10.42 (@ 7.7)	10.61 (@ 8.1)	10.60 (@ 8.6)	10.52 (@ 8.1)	10.30 (@ 7.9)
佐伯	m	7.49 (-0.1)	-	F	7.74 (+1.7)	7.58 (+0.1)	7.42 (-1.0)
	m/s (m)	9.93 (@ 7.2)	-	10.09 (@ 6.9)	10.15 (@ 6.3)	9.96 (@ 8.2)	9.94 (@ 7.8)
寺野	m	F	7.29 (+1.0)	7.67 (+2.2)	7.67 (+0.9)	F	7.54 (-0.5)
	m/s (m)	10.11 (@ 6.0)	10.02 (@ 6.8)	10.24 (@ 6.6)	10.20 (@ 6.8)	10.14 (@ 6.5)	10.14 (@ 5.0)
猿山	m	-	7.30 (+0.7)	7.65 (-0.5)	F	7.55 (+0.1)	7.10 (+0.3)
	m/s (m)	-	9.94 (@ 6.5)	10.12 (@ 6.4)	10.12 (@ 6.5)	10.10 (@ 6.8)	10.12 (@ 7.2)
荒川	m	7.53 (+0.1)	7.50 (+1.5)	7.39 (+0.1)	7.43 (+1.8)	7.58 (-0.2)	7.46 (-1.9)
	m/s (m)	10.11 (@ 6.5)	10.30 (@ 7.0)	10.12 (@ 7.1)	10.14 (@ 6.1)	10.22 (@ 5.6)	10.03 (@ 5.8)
森長	m	7.38 (+0.4)	7.38 (+1.1)	7.54 (+0.8)	7.24 (+0.6)	7.35 (+1.2)	-
	m/s (m)	9.71 (@ 5.5)	9.90 (@ 6.3)	9.90 (@ 6.0)	9.90 (@ 7.4)	9.97 (@ 5.8)	-
志鎌	m	7.31 (+2.2)	7.36 (+2.0)	7.48 (+3.2)	7.22 (+0.4)	F	6.93 (+1.5)
	m/s (m)	9.87 (@ 6.0)	9.89 (@ 5.3)	10.12 (@ 6.2)	9.91 (@ 5.6)	9.69 (@ 6.3)	9.93 (@ 7.2)

注) 数値は上段が跳躍記録, 下段が最高速度および括弧内は出現地点

速度 (m/s)

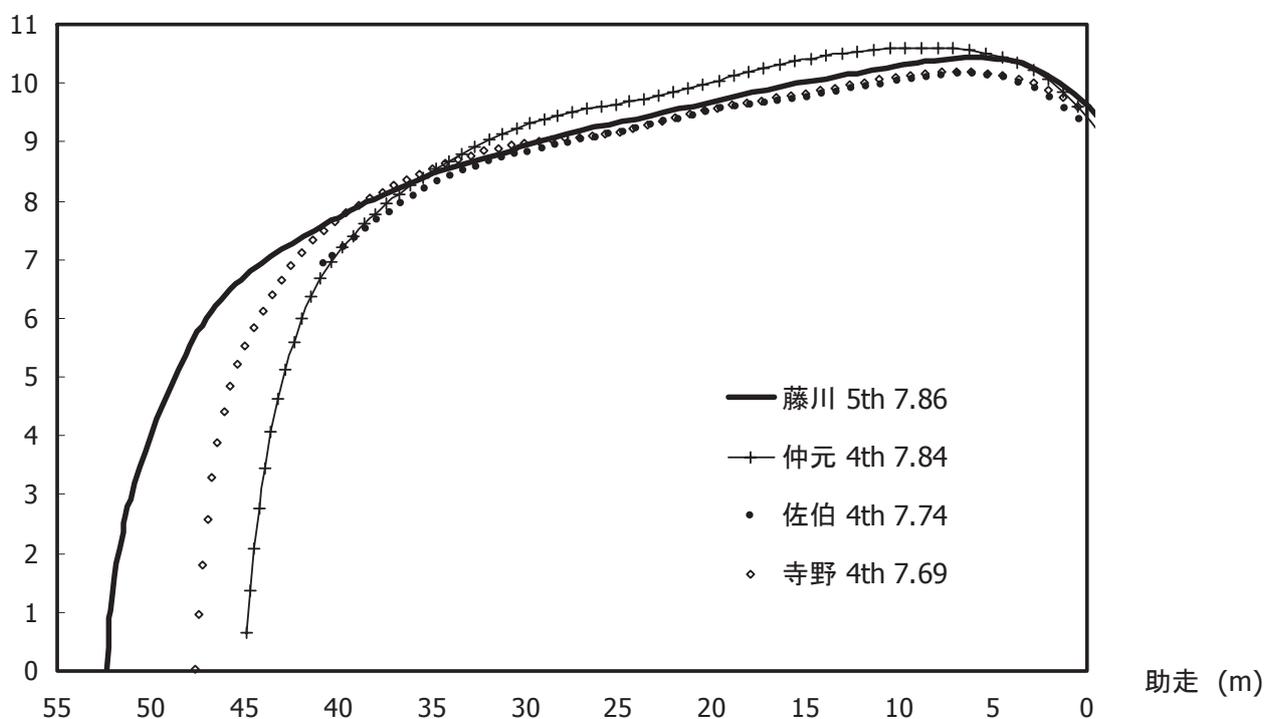


図4 日本選手権男子走幅跳上位入賞選手の助走速度曲線 (0mが踏切板)

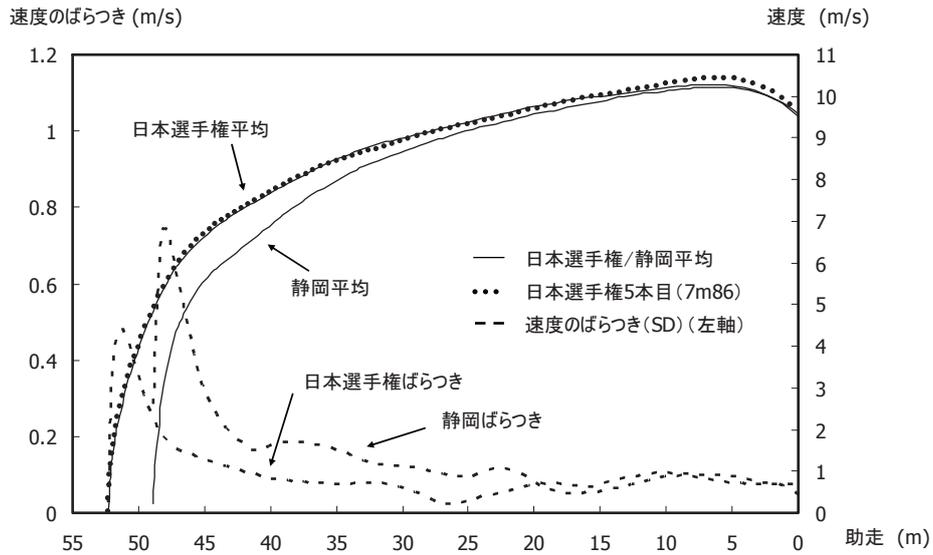


図5 藤川選手の助走速度曲線 (0mが踏切板)

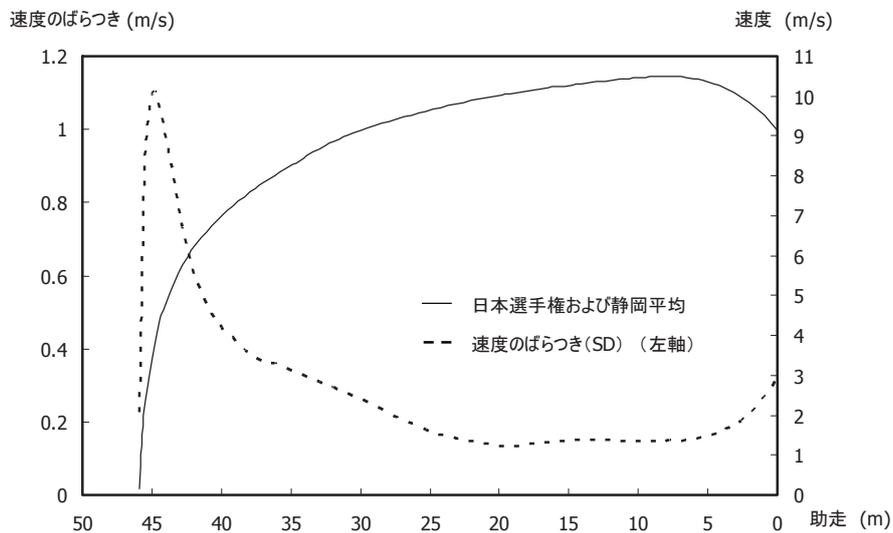


図6 仲元選手の助走速度曲線 (0mが踏切板)

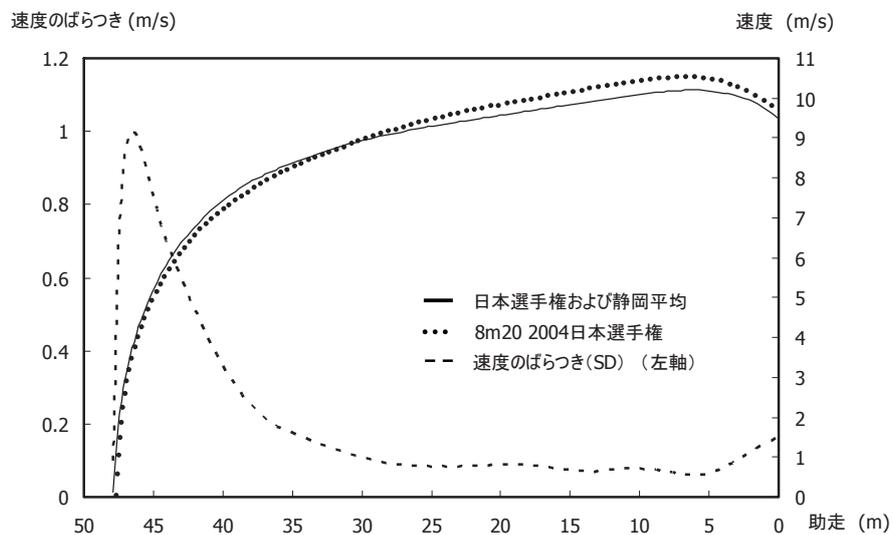


図7 寺野選手の助走速度曲線 (0mが踏切板)

表5 静岡国際女子走幅跳入賞選手の各試技の助走における最高速度およびその出現地点

選手	試技	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th
池田	m	6.29	6.55	6.66	6.66	-	-
	m/s (m)	9.04 (@ 8.1)	9.53 (@ 7.2)	9.57 (@ 9.1)	9.60 (@ 6.2)	-	-
花岡	m	6.12	6.51	6.68 (+2.7)	6.31	6.62	6.60
	m/s (m)	9.05 (@ 7.2)	9.28 (@ 7.6)	9.40 (@ 5.8)	9.38 (@ 5.9)	9.37 (@ 6.0)	9.38 (@ 6.0)
榊見	m	6.17	6.21	6.26	6.42 (+3.2)	6.26	6.36
	m/s (m)	8.77 (@ 6.6)	9.03 (@ 8.1)	9.04 (@ 6.8)	9.07 (@ 4.9)	9.05 (@ 5.9)	9.13 (@ 6.1)
中原	m	5.74	5.96	5.71	6.10	6.23 (+1.1)	-
	m/s (m)	8.71 (@ 5.4)	9.02 (@ 6.3)	8.97 (@ 7.3)	8.87 (@ 6.1)	8.96 (@ 5.5)	-
岡山	m	5.38	6.11 (+0.9)	5.69	-	-	F
	m/s (m)	8.60 (@ 5.7)	9.09 (@ 5.8)	9.04 (@ 5.9)	9.01 (@ 6.2)	8.98 (@ 6.5)	8.97 (@ 6.2)
中田	m	-	-	6.04	5.93	6.04	5.99
	m/s (m)	8.50 (@ 4.4)	8.67 (@ 5.5)	8.72 (@ 4.5)	8.51 (@ 5.5)	8.58 (@ 4.0)	8.72 (@ 3.7)
町田	m	-	-	5.93	5.96	5.88	-
	m/s (m)	-	-	8.68 (@ 5.3)	8.65 (@ 5.1)	8.79 (@ 5.3)	-
岩佐	m	5.72	-	5.87	5.73	5.68	-
	m/s (m)	8.69 (@ 5.1)	8.92 (@ 4.7)	8.78 (@ 6.0)	8.77 (@ 4.9)	8.81 (@ 5.5)	8.75 (@ 4.7)

注) 数値は上段が跳躍記録, 下段が最高速度および括弧内は出現地点

速度 (m/s)

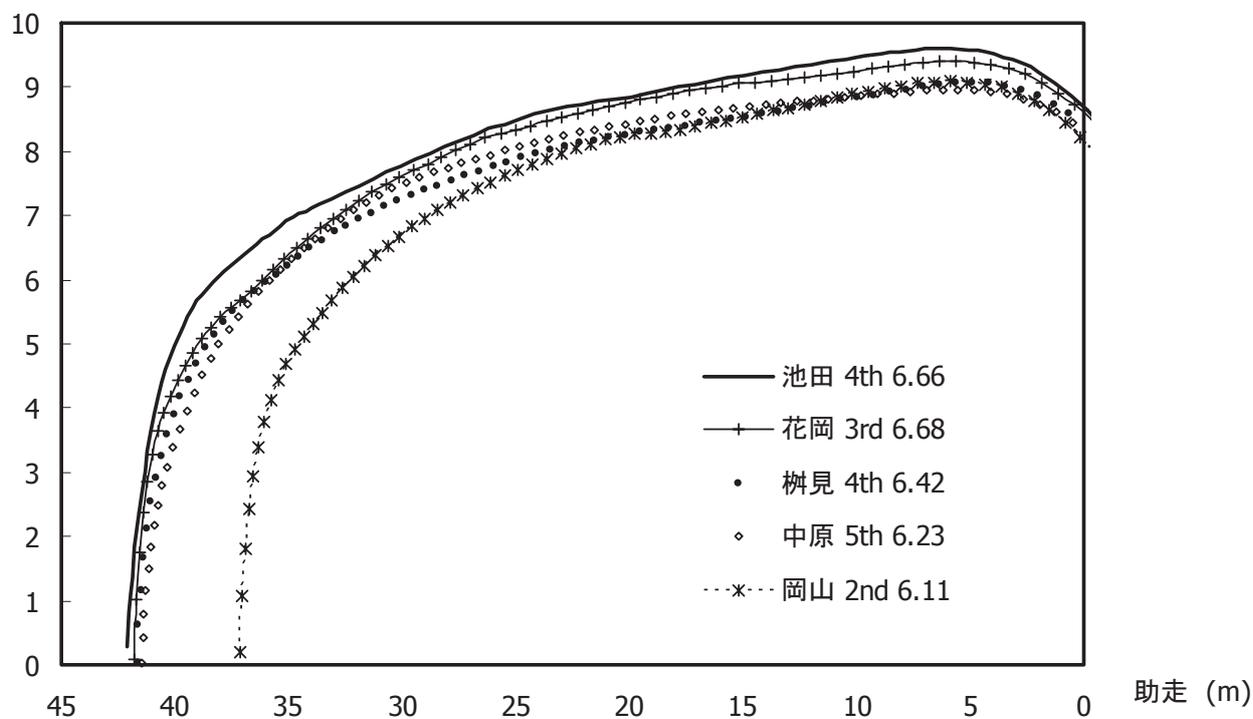


図8 静岡国際女子走幅跳上位入賞選手の助走速度曲線 (0mが踏切板)

表6 大阪GP女子走幅跳入賞選手の各試技の助走における最高速度およびその出現地点

選手	試技	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th
池田	m	6.61	6.86 (+1.6)	-	6.57	6.67	6.75
	m/s (m)	9.60 (@ 7.3)	9.65 (@ 6.3)	-	9.54 (@ 6.9)	9.57 (@ 6.3)	9.57 (@ 6.8)
Thompson	m	6.61	6.70	4.70	6.53	F	6.48
	m/s (m)	9.61 (@ 4.8)	9.70 (@ 6.2)	9.48 (@ 5.0)	9.65 (@ 6.1)	9.62 (@ 6.9)	9.53 (@ 5.7)
花岡	m	6.54	6.54	6.47	F	6.27	6.30
	m/s (m)	9.25 (@ 6.5)	9.25 (@ 5.2)	9.22 (@ 5.6)	9.08 (@ 5.4)	8.99 (@ 6.8)	9.04 (@ 6.7)
榎見	m	6.53 (+1.4)	F	6.45	5.81	-	-
	m/s (m)	9.14 (@ 5.7)	9.12 (@ 6.5)	8.98 (@ 4.9)	9.14 (@ 5.7)	-	-
Jung	m	6.38	6.52 (+0.1)	6.34	6.45	6.47	F
	m/s (m)	9.05 (@ 5.7)	9.09 (@ 6.3)	9.06 (@ 4.5)	8.99 (@ 5.5)	9.06 (@ 5.9)	9.02 (@ 6.5)
Pilatou	m	6.38	F	6.07	F	F	6.41 (+2.6)
	m/s (m)	9.19 (@ 6.4)	9.11 (@ 6.5)	9.04 (@ 4.7)	9.12 (@ 5.1)	9.19 (@ 5.9)	9.29 (@ 5.6)
佐藤	m	6.01	6.09 (+2.8)	5.73	F	-	F
	m/s (m)	8.95 (@ 6.0)	8.93 (@ 5.0)	8.68 (@ 6.0)	8.99 (@ 5.9)	-	8.67 (@ 4.7)

注) 数値は上段が跳躍記録, 下段が最高速度および括弧内は出現地点

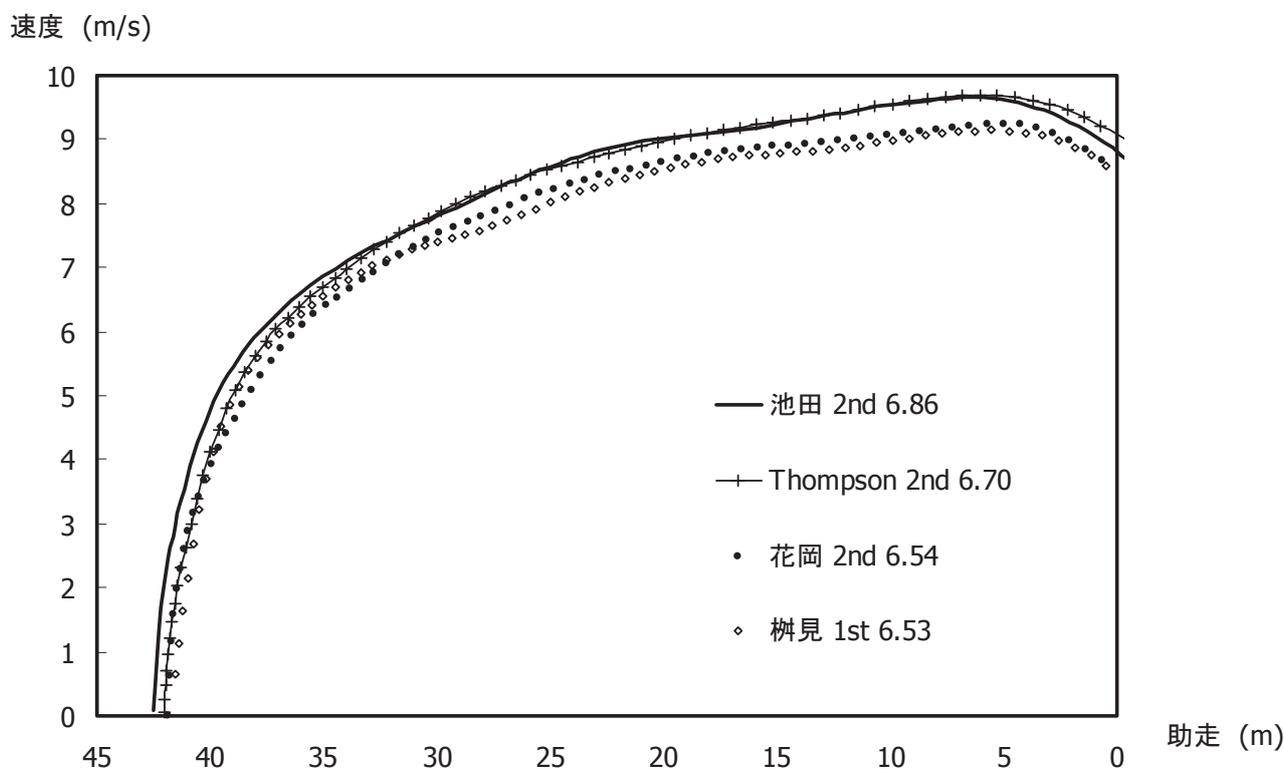


図9 大阪GP女子走幅跳上位入賞選手の助走速度曲線 (0mが踏切板)

表7 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速度およびその出現地点

選手	試技	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th
池田	m	6.48 (+1.4)	6.60 (+0.4)	F	6.59 (-0.3)	6.75 (+0.5)	6.46 (+0.8)
	m/s (m)	9.50 (@ 7.1)	9.47 (@ 6.3)	9.56 (@ 6.1)	9.42 (@ 6.2)	9.45 (@ 6.6)	9.49 (@ 6.8)
花岡	m	F	6.15 (+0.0)	6.19 (+1.7)	F	6.46 (+1.1)	6.60 (+1.1)
	m/s (m)	9.11 (@ 6.0)	8.96 (@ 6.2)	9.17 (@ 6.5)	9.01 (@ 7.3)	9.08 (@ 5.9)	9.28 (@ 6.0)
岡山	m	6.25 (+1.2)	6.17 (+0.1)	F	F	6.35 (+0.6)	6.20 (+0.9)
	m/s (m)	8.96 (@ 5.1)	8.92 (@ 6.1)	8.96 (@ 5.9)	8.95 (@ 6.0)	8.96 (@ 6.3)	8.96 (@ 6.3)
柘見	m	6.20 (+0.5)	6.24 (+0.1)	F	-	6.24 (-0.3)	6.24 (+0.6)
	m/s (m)	8.89 (@ 6.1)	8.80 (@ 6.4)	8.81 (@ 6.2)	-	8.82 (@ 6.2)	8.87 (@ 5.8)
中田	m	6.05 (+1.1)	6.16 (+1.2)	6.16 (+1.1)	-	6.14 (+0.1)	6.22 (+1.1)
	m/s (m)	8.54 (@ 6.2)	8.59 (@ 5.8)	8.62 (@ 4.8)	-	8.60 (@ 4.3)	8.63 (@ 5.1)
中原	m	5.68 (+0.0)	6.10 (+0.8)	6.21 (+0.8)	-	6.13 (+1.7)	6.21 (+1.1)
	m/s (m)	8.81 (@ 6.2)	8.86 (@ 6.6)	8.97 (@ 6.4)	-	8.99 (@ 6.4)	9.01 (@ 6.1)
横川	m	6.02 (+0.8)	6.00 (+0.0)	F	5.84 (+0.8)	-	5.90 (+1.1)
	m/s (m)	8.80 (@ 5.6)	8.72 (@ 5.8)	8.90 (@ 5.7)	8.81 (@ 5.5)	-	8.84 (@ 6.0)
佐藤	m	5.81 (+0.1)	5.99 (+0.4)	6.00 (+0.4)	5.87 (+0.7)	5.95 (+1.0)	F
	m/s (m)	8.50 (@ 4.3)	8.65 (@ 5.6)	8.66 (@ 5.8)	8.68 (@ 5.7)	8.61 (@ 6.8)	8.76 (@ 5.3)

注) 数値は上段が跳躍記録, 下段が最高速度および括弧内は出現地点

速度 (m/s)

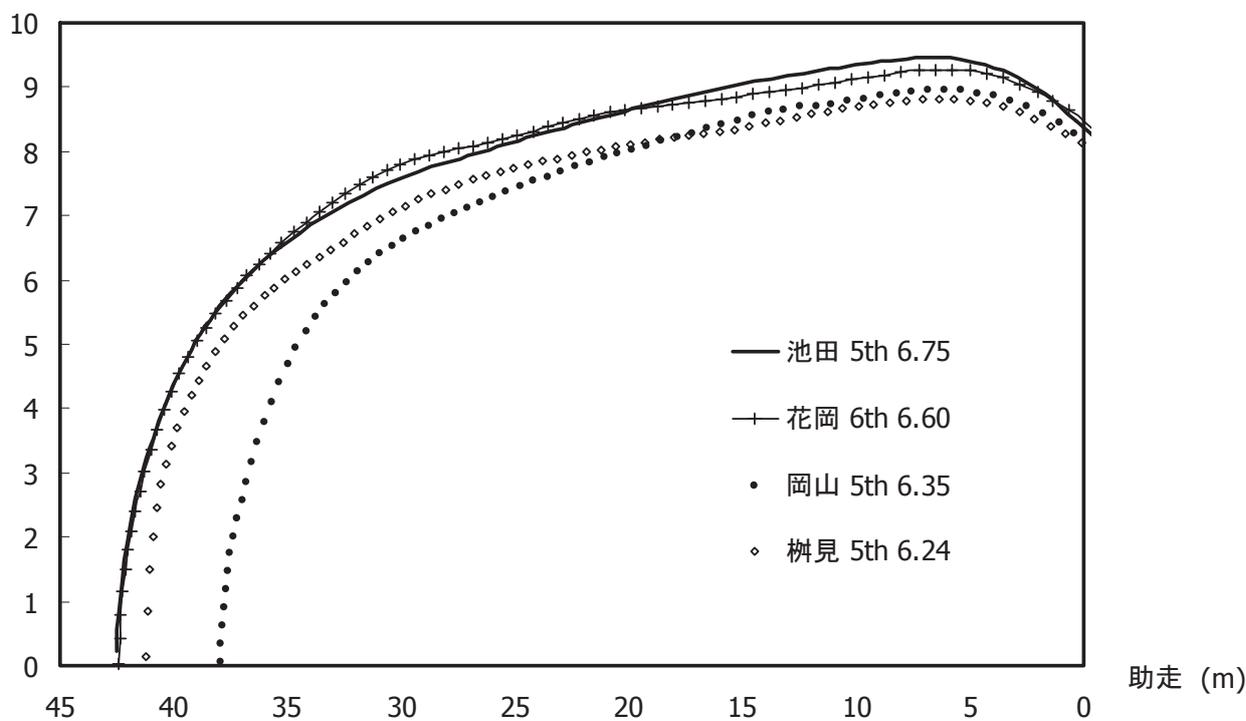


図10 日本選手権女子走幅跳上位入賞選手の助走速度曲線 (0mが踏切板)

表8 SUPER陸上女子走幅跳入賞選手の各試技の助走における最高速度およびその出現地点

選手	試技	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th
池田	m	6.81 (-0.2)	6.70 (+0.1)	6.70 (+0.9)	5.12 (+1.6)	-	-
	m/s (m)	9.53 (@ 7.8)	9.43 (@ 7.4)	9.48 (@ 5.4)	9.46 (@ 6.3)	-	-
花岡	m	-	6.35 (+0.7)	6.40 (-0.1)	6.16 (+0.3)	6.43 (+0.7)	6.30 (-0.4)
	m/s (m)	-	9.17 (@ 7.7)	9.13 (@ 6.7)	9.14 (@ 6.1)	9.06 (@ 6.1)	9.19 (@ 6.1)
Thompson	m	6.35 (-0.4)	6.12 (-0.6)	-	6.26 (+1.1)	6.42 (+1.1)	-
	m/s (m)	9.27 (@ 7.9)	9.33 (@ 7.2)	-	9.44 (@ 7.2)	9.40 (@ 6.4)	-
Richmond	m	6.24 (-0.3)	6.31 (+0.6)	6.36 (-1.1)	6.30 (+0.6)	6.22 (+0.4)	6.11 (-0.9)
	m/s (m)	9.14 (@ 6.7)	9.24 (@ 6.4)	9.12 (@ 6.5)	9.12 (@ 6.0)	9.21 (@ 6.8)	9.09 (@ 7.0)
岡山	m	-	6.18 (-0.2)	F	6.10 (+0.5)	F	6.34 (+0.5)
	m/s (m)	-	8.98 (@ 5.9)	8.92 (@ 4.8)	8.88 (@ 5.8)	8.90 (@ 6.1)	8.95 (@ 6.1)
榎見	m	-	F	6.09 (+0.6)	6.25 (+1.1)	6.23 (-0.4)	-
	m/s (m)	-	8.70 (@ 6.4)	8.79 (@ 5.6)	8.73 (@ 6.0)	8.81 (@ 6.1)	-

注) 数値は上段が跳躍記録, 下段が最高速度および括弧内は出現地点

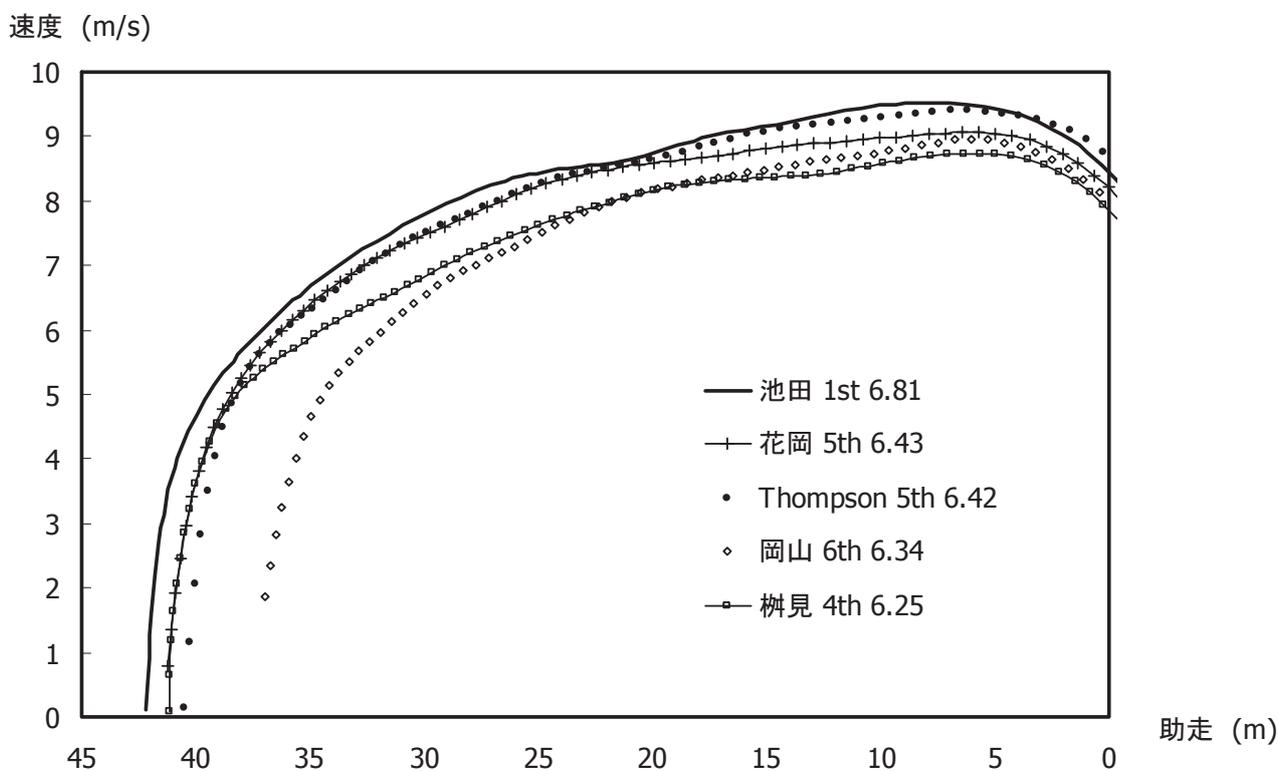


図11 スーパー陸上女子走幅跳上位入賞選手の助走速度曲線 (0mが踏切板)

回数 (回)

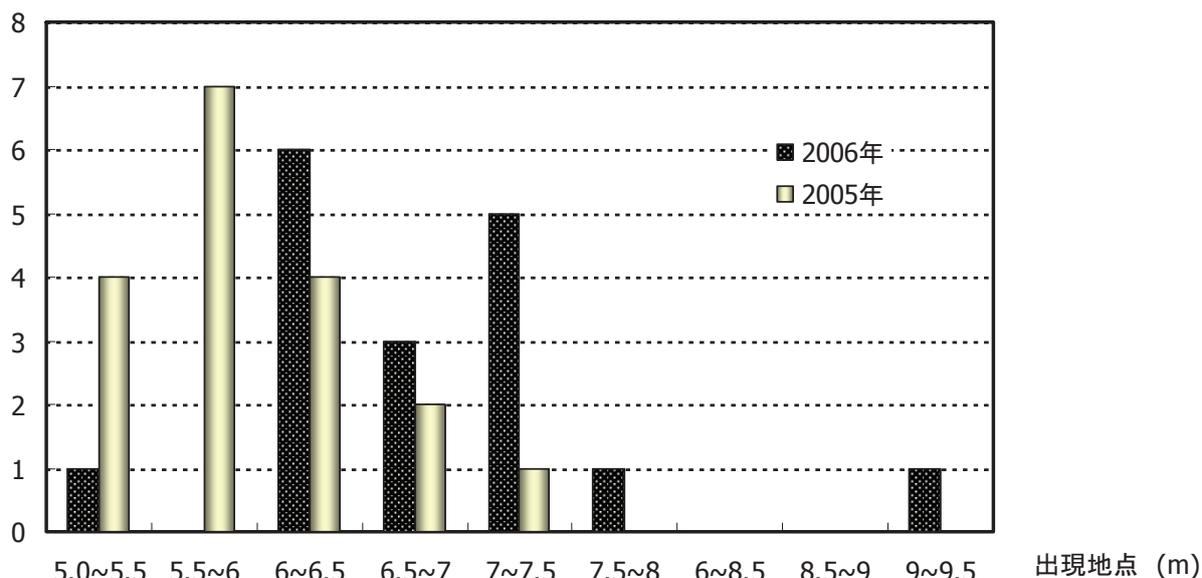


図12 2005および2006年における池田選手の最高速度出現地点の分布

2006年の年間平均（向かい風の試技を除く）を見てみると $9.52 \pm 0.06 \text{m/s}$ （min, 9.42m/s ; max, 9.65m/s ）であり、2005年の $9.42 \pm 0.07 \text{m/s}$ （min, 9.35m/s ; max, 9.55m/s ）に比べ安定して高い速度を獲得できていたことがうかがえる。このことが、2006年に高い記録で安定していたことの一要因であったと推察される。

一方、最高速度出現地点を比較するために、図12に2005年と2006年の最高速度出現地点の分布を示した。図からわかるように、2006年は2005年に比べ踏切から遠い地点に最高速度が出現する傾向がある。昨年度も指摘があったように池田選手は他の選手に比べ、踏切前の減速が大きい傾向が見られる。したがって、助走速度は向上しているが、それに伴い最高速度出現地点も変化していることに、今後注意が必要であると考えられる。

3.5 男子三段跳選手の助走速度曲線

表9～12は2006織田記念、2006大阪GP、2006日本選手権、2006スーパー陸上における男子三段跳入賞選手の全試技の最高速度およびその出現地点を示したものである。また、図13～16は2006織田記念、2006大阪GP、2006日本選手権、2006スーパー陸上における男子三段跳上位入賞選手の助走速度曲線を示したものである。

助走速度のピーク値を見ると、 10m/s を超えたのは、織田記念の藤林選手の5・6回目、大阪GPの竹内選手の5・6回目の計4試技のみであり、数試合を通じて安定して高い助走速度を獲得している選手は

見られなかった。走幅跳と同様に、助走速度の大きさは三段跳の跳躍距離の獲得に不可欠な要素である。より高い助走速度では、後に続くホップ、ステップ、ジャンプを行うことが難しくなるが、記録向上のためには重要な課題となる。なお、これまでの報告の世界平均（ 10.39m/s 、阿江ら、1994）、2005日本選手権における石川選手の $16 \text{m}92$ の跳躍（ 10.16m/s 、小山ら、2005）などからも、 10m/s を超える助走から安定した跳躍を行う必要がある。

3.6 女子三段跳選手の助走速度曲線

表13～14は2006織田記念、2006日本選手権における女子三段跳入賞選手の全試技の最高速度およびその出現地点を示したものである。また、図17～18は2006織田記念、2006日本選手権における女子三段跳上位入賞選手の助走速度曲線を示したものである。

2006年度の日本選手権は昨年続き吉田選手が優勝したが、記録は伸びず $13 \text{m}14$ に留まった。吉田選手は日本人選手の中では高い助走速度で跳躍する選手であるが（2005年、 $8.76 \pm 0.07 \text{m/s}$ 、小山ら、2005）、2006年度の助走速度は $8.51 \pm 0.09 \text{m/s}$ に留まった。一方、吉田選手はこれまで最高出現地点が踏切地点から遠い地点に出現し、踏切への移行に問題があることが指摘されていたが（小山ら、2006）、2006年度はわずかであるが、踏切地点に近づく傾向が見られた。これは、2006年度の速度が小さかったことによる可能性も考えられるが、踏切への移行が改善してきていることを示すと推察される。

表9 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速度およびその出現地点

選手	試技	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th
出口	m	15.99 (+0.9)	F	16.25 (0.0)	15.69 (-0.7)	15.60 (+0.2)	15.77 (-0.8)
	m/s (m)	9.61 (@ 5.1)	9.60 (@ 4.8)	9.60 (@ 4.7)	9.62 (@ 5.6)	9.50 (@ 4.7)	9.45 (@ 5.3)
梶川	m	15.72 (+1.4)	16.12 (+2.3)	14.05 (+0.5)	15.76 (+0.5)	-	15.24 (+2.2)
	m/s (m)	9.82 (@ 5.8)	9.81 (@ 4.5)	9.92 (@ 4.6)	9.74 (@ 5.3)	-	9.93 (@ 5.9)
竹内	m	15.21 (-0.4)	15.55 (+0.3)	15.68 (-0.1)	15.26 (+1.1)	F	16.08 (+0.2)
	m/s (m)	9.70 (@ 4.8)	9.75 (@ 5.2)	9.86 (@ 5.2)	9.87 (@ 5.2)	9.84 (@ 5.2)	9.88 (@ 4.9)
藤林	m	15.71 (-0.3)	F	15.60 (+0.1)	F	15.74 (+3.3)	16.00 (+0.5)
	m/s (m)	9.84 (@ 4.1)	9.98 (@ 4.0)	9.83 (@ 5.1)	9.90 (@ 5.9)	10.13 (@ 5.2)	10.00 (@ 5.2)
稲葉	m	14.91 (+0.1)	15.43 (+0.5)	15.50 (+1.2)	15.16 (+0.2)	-	F
	m/s (m)	9.51 (@ 3.7)	9.54 (@ 3.8)	9.75 (@ 5.0)	9.72 (@ 4.3)	-	9.78 (@ 4.4)
中丸	m	F	15.24 (+0.6)	15.12 (-0.8)	15.35 (+1.7)	15.24 (+2.3)	15.18 (+0.5)
	m/s (m)	9.41 (@ 4.9)	9.57 (@ 5.3)	9.44 (@ 4.9)	9.60 (@ 5.2)	9.61 (@ 5.4)	9.42 (@ 5.9)
井上	m	14.66 (-0.7)	15.13 (+0.5)	15.00 (0.0)	15.06 (+1.6)	14.98 (+0.4)	14.63 (+1.4)
	m/s (m)	9.25 (@ 5.1)	9.38 (@ 4.5)	9.46 (@ 5.1)	9.52 (@ 5.1)	9.39 (@ 4.2)	9.38 (@ 4.2)
道下	m	14.70 (+0.3)	15.06 (+0.2)	F	F	F	F
	m/s (m)	9.77 (@ 7.2)	10.05 (@ 6.7)	10.05 (@ 6.3)	9.95 (@ 6.3)	10.00 (@ 7.1)	9.89 (@ 8.7)

注) 数値は上段が跳躍記録, 下段が最高速度および括弧内は出現地点

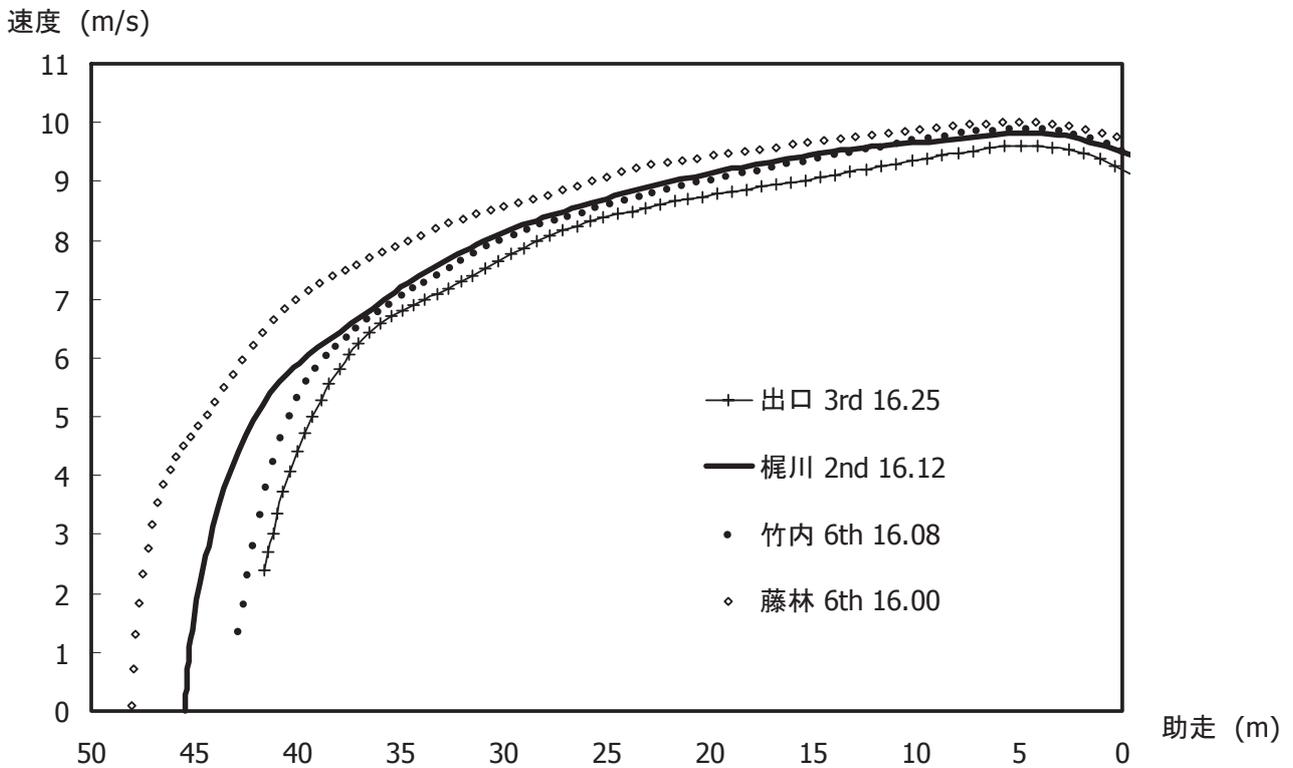


図13 織田記念男子三段跳上位入賞選手の助走速度曲線 (0mが踏切板)

表10 大阪GP男子三段跳入賞選手の各試技の助走における最高速度およびその出現地点

選手	試技	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th
Lethicov	m	16.23	-	F	-	15.83	16.40 (+2.3)
	m/s (m)	9.76 (@ 4.3)	-	9.75 (@ 3.7)	-	9.80 (@ 4.1)	9.94 (@ 4.5)
竹内	m	15.52	15.76	15.80	15.60	15.98 (+1.5)	15.89
	m/s (m)	9.75 (@ 5.7)	9.84 (@ 4.1)	9.80 (@ 4.6)	9.83 (@ 4.6)	10.05 (@ 4.6)	10.15 (@ 4.8)
出口	m	15.86 (+2.9)	15.79	-	14.65	15.69	F
	m/s (m)	9.85 (@ 4.7)	9.54 (@ 6.2)	9.60 (@ 6.6)	9.52 (@ 4.9)	9.44 (@ 4.7)	9.43 (@ 3.4)
藤林	m	15.69 (+0.6)	15.52	15.40	15.47	F	15.50
	m/s (m)	9.72 (@ 3.9)	9.70 (@ 4.6)	9.64 (@ 4.5)	9.95 (@ 5.0)	9.73 (@ 5.6)	9.82 (@ 3.8)
梶川	m	14.25	15.59 (+1.4)	14.44	-	F	15.25
	m/s (m)	9.85 (@ 4.2)	9.77 (@ 4.7)	9.70 (@ 4.1)	-	9.73 (@ 5.5)	9.83 (@ 6.9)
井上	m	15.06 (+0.6)	14.93	14.67	F	14.66	14.69
	m/s (m)	9.47 (@ 4.4)	9.37 (@ 4.0)	9.39 (@ 4.7)	9.26 (@ 4.1)	9.44 (@ 4.0)	9.34 (@ 4.3)

注) 数値は上段が跳躍記録, 下段が最高速度および括弧内は出現地点

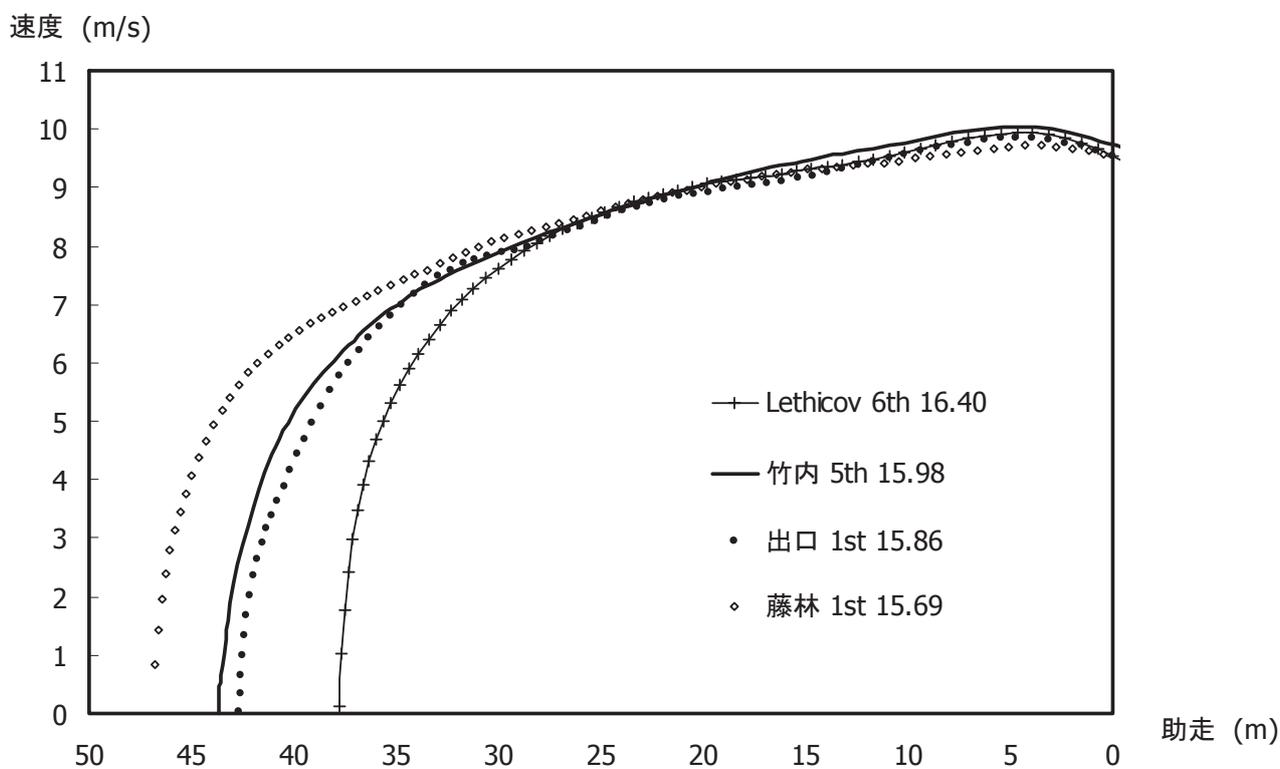


図14 大阪GP男子三段跳上位入賞選手の助走速度曲線 (0mが踏切板)

表11 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速度およびその出現地点

選手	試技	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th
稲葉	m	15.34 (-0.2)	14.07 (+0.0)	15.83 (+0.4)	16.03 (+0.6)	15.71 (-0.5)	16.17 (+0.1)
	m/s (m)	9.57 (@ 4.4)	9.52 (@ 5.2)	9.68 (@ 5.1)	9.71 (@ 4.6)	9.65 (@ 4.5)	9.93 (@ 6.2)
杉林	m	14.97 (-0.1)	14.20 (-1.1)	15.76 (+0.3)	F	F	15.95 (+0.2)
	m/s (m)	9.32 (@ 4.0)	9.02 (@ 4.2)	9.63 (@ 5.1)	9.58 (@ 5.0)	9.54 (@ 4.2)	9.50 (@ 4.7)
園田	m	15.39 (+0.2)	15.20 (-0.2)	15.58 (+0.0)	15.65 (+0.5)	15.86 (+0.0)	F
	m/s (m)	9.53 (@ 5.5)	9.32 (@ 6.3)	9.61 (@ 5.5)	9.68 (@ 8.1)	9.73 (@ 7.6)	9.68 (@ 6.2)
出口	m	15.48 (+0.2)	15.62 (+0.5)	15.82 (+1.0)	15.85 (+0.0)	15.47 (-0.3)	15.74 (+0.1)
	m/s (m)	9.61 (@ 4.1)	9.46 (@ 6.5)	9.57 (@ 4.8)	9.59 (@ 4.3)	9.64 (@ 5.7)	9.49 (@ 5.1)
梶川	m	15.72 (+0.5)	15.70 (+0.1)	15.37 (-0.2)	-	15.66 (+0.0)	15.76 (-0.4)
	m/s (m)	9.80 (@ 6.1)	9.82 (@ 5.9)	9.62 (@ 6.3)	-	9.79 (@ 6.0)	9.82 (@ 4.8)
中丸	m	15.46 (-0.0)	15.27 (-1.0)	15.56 (+0.2)	15.68 (-0.0)	F	-
	m/s (m)	9.66 (@ 3.5)	9.34 (@ 4.4)	9.70 (@ 4.6)	9.56 (@ 4.0)	9.67 (@ 5.1)	-
小松	m	15.25 (+0.0)	-	-	F	15.62 (+0.0)	15.46 (-0.1)
	m/s (m)	9.23 (@ 5.8)	-	-	9.36 (@ 3.8)	9.46 (@ 3.3)	9.30 (@ 3.5)
山本	m	-	15.31 (+0.0)	-	15.09 (+0.1)	-	15.10 (-0.3)
	m/s (m)	-	9.29 (@ 4.5)	-	9.14 (@ 6.0)	-	9.26 (@ 4.6)

注) 数値は上段が跳躍記録, 下段が最高速度および括弧内は出現地点

速度 (m/s)

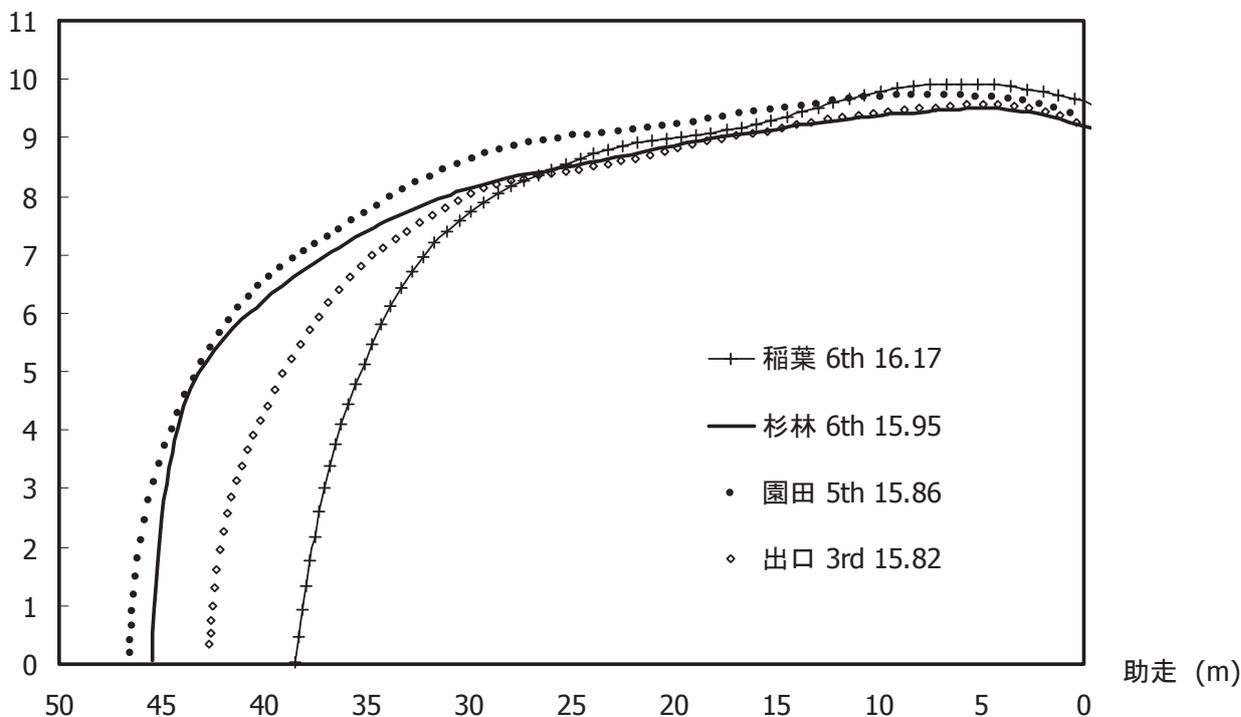


図15 日本選手権男子三段跳上位入賞選手の助走速度曲線 (0mが踏切板)

表12 SUPER陸上男子三段跳入賞選手の各試技の助走における最高速度およびその出現地点

選手	試技	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th
金	m	16.88 (+0.8)	-	-	-	-	-
	m/s (m)	9.85 (@ 5.5)					
バルケビッツ	m	F	16.64 (+0.6)	F	F	F	F
	m/s (m)	10.01 (@ 6.8)	9.95 (@ 6.3)	9.89 (@ 6.7)	9.83 (@ 7.7)	9.92 (@ 5.5)	10.01 (@ 6.8)
杉林	m	15.74 (+0.1)	16.08 (-0.1)	F	-	15.91 (-0.1)	15.61 (-1.0)
	m/s (m)	9.63 (@ 5.0)	9.83 (@ 4.4)	9.64 (@ 5.2)		9.54 (@ 4.3)	9.63 (@ 4.5)
梶川	m	F	F	15.91 (+0.2)	F	F	F
	m/s (m)	9.85 (@ 5.3)	9.81 (@ 4.8)	9.71 (@ 5.6)	9.67 (@ 4.2)	9.65 (@ 5.8)	9.88 (@ 4.6)
竹内	m	15.64 (-0.3)	15.53 (-0.8)	15.84 (-0.1)	F	F	-
	m/s (m)	9.65 (@ 6.1)	9.65 (@ 3.9)	9.69 (@ 5.0)	9.84 (@ 4.6)	9.75 (@ 4.2)	
稲葉	m	15.65 (-0.7)	15.70 (+0.5)	15.76 (+0.8)	-	15.70 (+0.3)	15.51 (-0.1)
	m/s (m)	9.56 (@ 3.6)	9.75 (@ 4.6)	9.61 (@ 3.3)		9.56 (@ 4.4)	9.72 (@ 4.5)
園田	m	15.22 (-1.2)	F	15.76 (+0.2)	F	-	F
	m/s (m)	9.49 (@ 5.2)	9.72 (@ 7.5)	9.63 (@ 5.7)	9.55 (@ 6.7)		9.68 (@ 7.1)

注) 数値は上段が跳躍記録, 下段が最高速度および括弧内は出現地点

速度 (m/s)

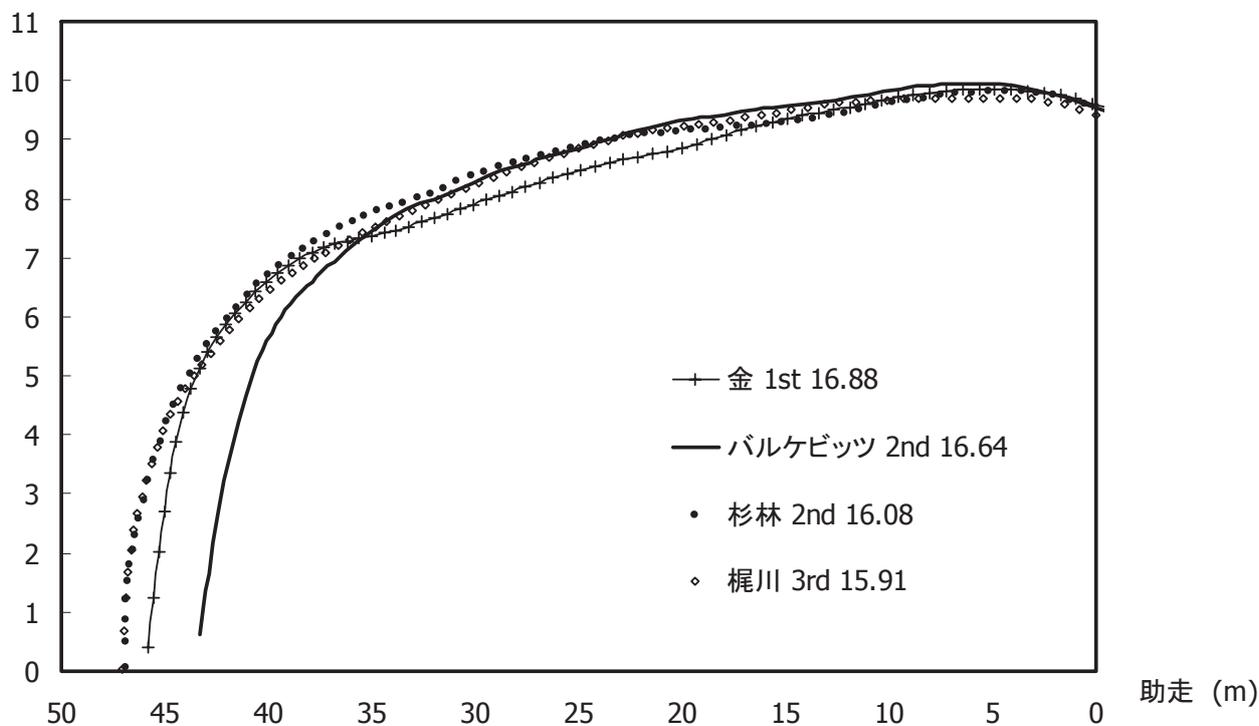


図16 スーパー陸上男子三段跳上位入賞選手の助走速度曲線 (0mが踏切板)

表13 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速度およびその出現地点

選手	試技	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th
王	m	F	12.91 (+0.2)	12.83 (+0.0)	F	13.12 (+0.7)	13.04 (+1.1)
	m/s (m)	8.54 (@ 3.7)	8.57 (@ 4.4)	8.55 (@ 4.6)	8.53 (@ 4.2)	8.54 (@ 4.5)	8.75 (@ 4.7)
今村	m	12.44 (+0.8)	F	12.84 (+0.4)	12.50 (+1.3)	12.12 (+0.8)	12.81 (+1.5)
	m/s (m)	8.17 (@ 6.4)	8.18 (@ 4.6)	8.33 (@ 5.3)	8.23 (@ 5.1)	8.15 (@ 4.8)	8.32 (@ 5.1)
吉田	m	12.48 (+0.4)	12.66 (+0.5)	12.74 (+0.4)	F	12.75 (+0.8)	12.76 (+0.9)
	m/s (m)	8.36 (@ 10.5)	8.41 (@ 6.4)	8.48 (@ 5.0)	8.42 (@ 6.3)	8.54 (@ 5.3)	8.51 (@ 5.5)
荘	m	F	F	12.19 (+0.1)	F	12.47 (+0.2)	F
	m/s (m)	8.39 (@ 4.9)	8.46 (@ 4.8)	8.50 (@ 5.3)	8.46 (@ 5.0)	8.34 (@ 5.2)	8.43 (@ 4.6)
三澤	m	12.01 (0.0)	F	12.30 (+0.4)	12.38 (+1.1)	F	12.13 (+0.3)
	m/s (m)	8.42 (@ 3.0)	8.25 (@ 2.7)	8.36 (@ 3.5)	8.43 (@ 4.3)	8.32 (@ 3.1)	8.42 (@ 3.1)
藤田	m	12.16 (+0.1)	12.33 (+0.4)	12.35 (+0.2)	F	11.22 (0.0)	12.17 (+0.5)
	m/s (m)	8.04 (@ 4.8)	8.03 (@ 4.3)	7.97 (@ 3.9)	8.01 (@ 4.7)	7.92 (@ 3.6)	7.95 (@ 4.5)
野田	m	-	12.27 (+0.5)	11.39 (+0.1)	-	F	-
	m/s (m)	-	8.36 (@ 4.3)	8.32 (@ 3.6)	-	8.48 (@ 3.6)	-
谷澤	m	11.77 (+0.9)	11.92 (+0.4)	12.09 (+0.9)	-	F	11.84 (+0.4)
	m/s (m)	7.96 (@ 4.6)	8.17 (@ 4.7)	8.17 (@ 5.0)	-	8.30 (@ 4.7)	8.09 (@ 4.7)

注) 数値は上段が跳躍記録, 下段が最高速度および括弧内は出現地点

速度 (m/s)

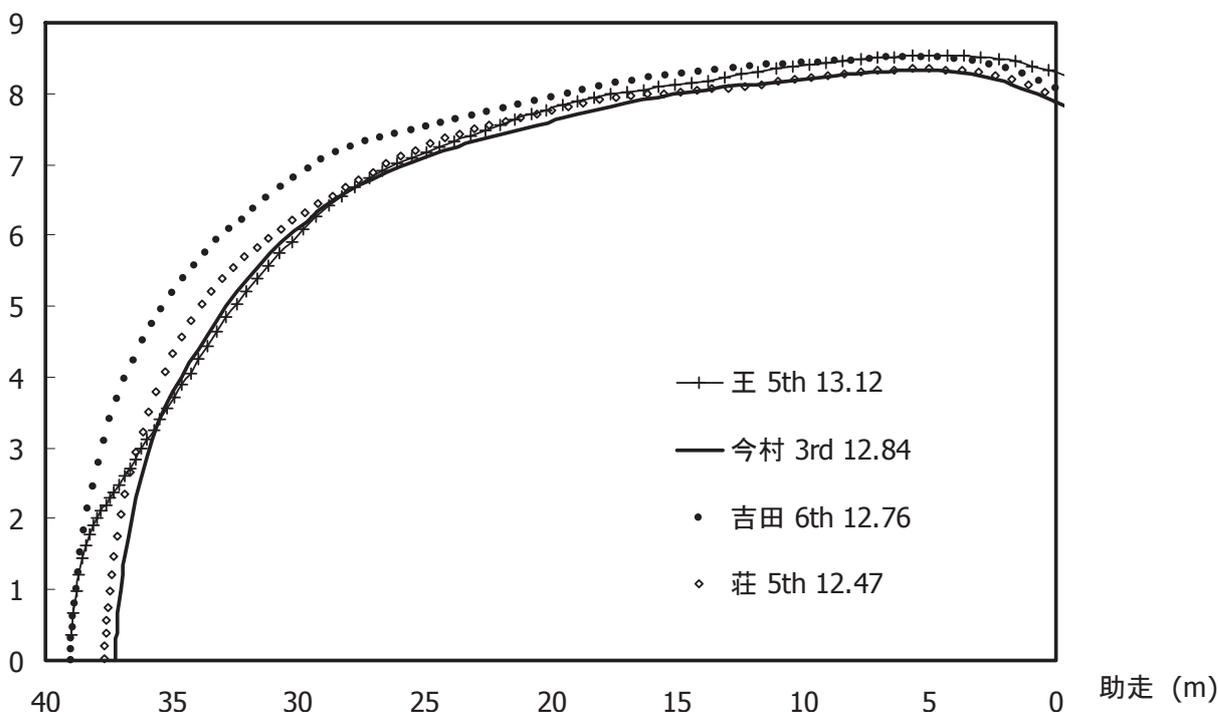


図17 織田記念女子三段跳上位入賞選手の助走速度曲線 (0mが踏切板)

表14 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速度およびその出現地点

選手	試技	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th
吉田	m	13.14 (-0.5)	12.69 (+0.2)	-	12.54 (+0.0)	12.69 (+0.3)	12.12 (+0.4)
	m/s (m)	8.65 (@ 5.3)	8.50 (@ 4.7)		8.64 (@ 4.3)	8.62 (@ 5.6)	8.54 (@ 5.3)
三澤	m	12.38 (+0.2)	F	F	12.73 (+0.1)	-	12.73 (+0.2)
	m/s (m)	8.32 (@ 3.3)	8.34 (@ 3.6)	8.45 (@ 4.6)	8.49 (@ 3.4)		8.57 (@ 5.6)
佐藤	m	12.80 (-0.4)	12.30 (+0.0)	12.13 (-0.7)	12.83 (-0.1)	F	12.47 (-0.2)
	m/s (m)	8.22 (@ 4.6)	8.00 (@ 5.4)	8.19 (@ 6.4)	8.36 (@ 5.5)	8.19 (@ 5.2)	8.41 (@ 4.4)
飛田	m	12.51 (-0.2)	F	F	12.46 (+0.0)	F	12.19 (+0.3)
	m/s (m)	8.12 (@ 2.0)	8.14 (@ 2.8)	8.09 (@ 3.3)	8.11 (@ 3.1)	8.26 (@ 4.7)	8.22 (@ 3.7)
大泉	m	12.30 (+0.0)	12.32 (-0.4)	12.46 (+1.4)	12.40 (-0.1)	12.48 (+0.5)	F
	m/s (m)	8.54 (@ 5.5)	8.59 (@ 4.2)	8.71 (@ 5.0)	8.69 (@ 5.6)	8.61 (@ 5.2)	8.68 (@ 5.3)
今村	m	12.25 (+0.1)	F	12.36 (+0.2)	F	F	F
	m/s (m)	8.05 (@ 5.4)	8.03 (@ 13.1)	7.91 (@ 5.8)	8.11 (@ 7.4)	8.10 (@ 12.2)	8.22 (@ 4.9)
井原	m	F	F	12.27 (+0.4)	F	12.21 (+0.0)	12.12 (-0.3)
	m/s (m)	7.77 (@ 6.3)	7.85 (@ 6.7)	7.94 (@ 11.9)	7.97 (@ 9.8)	7.96 (@ 7.0)	7.84 (@ 15.4)
藤田	m	12.19 (+0.0)	12.23 (-0.0)	F	F	F	12.09 (-0.1)
	m/s (m)	7.99 (@ 4.8)	8.04 (@ 3.8)	8.01 (@ 4.0)	8.01 (@ 4.0)	8.06 (@ 4.0)	8.01 (@ 4.4)

注) 数値は上段が跳躍記録, 下段が最高速度および括弧内は出現地点

速度 (m/s)

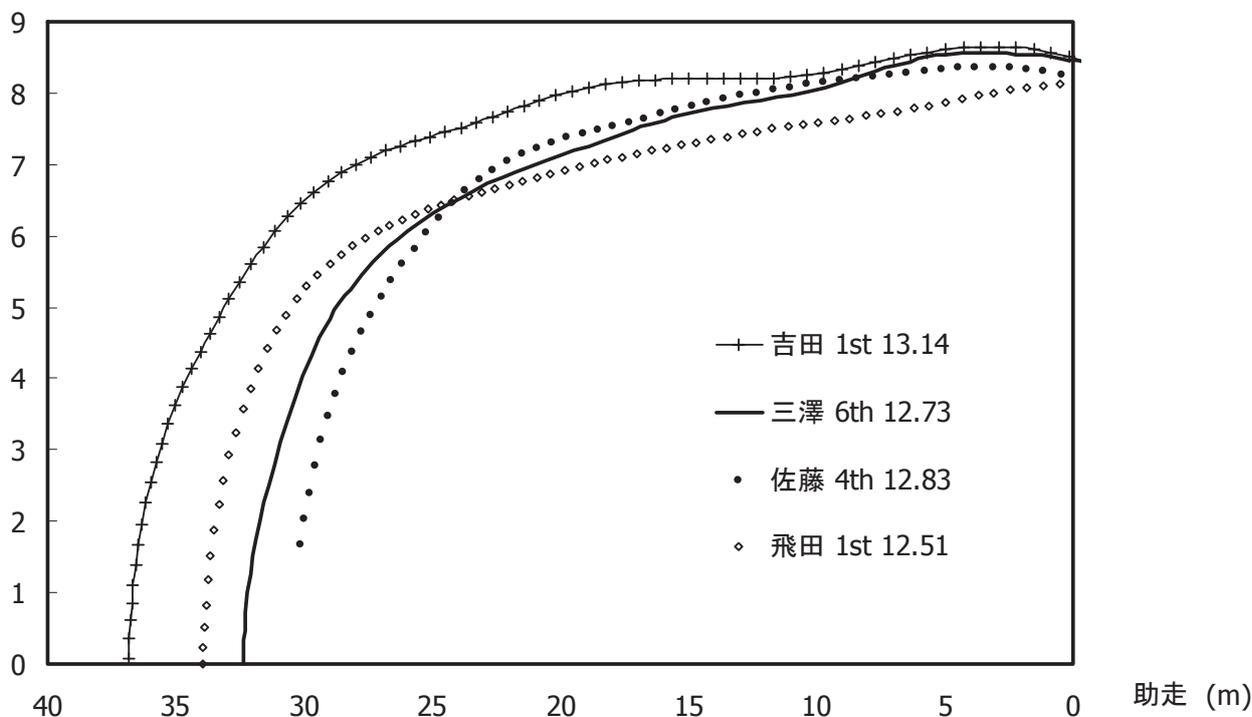


図18 日本選手権女子三段跳上位入賞選手の助走速度曲線 (0mが踏切板)

表13および14に示されているように、多くの選手の助走速度は8m/s台前半であった。三段跳の記録は走幅跳と同様に助走速度との関係が強い。2003静岡国際で中国の黄選手（アジア記録保持者）が14m60を跳躍した時の助走速度は9.38m/sであり、日本の走幅跳選手と同程度かそれ以上の速度で助走を行っていた。また、14mを跳躍する世界選手も9m/s以上の速度で助走をしていることが示されている（Mullerら, 1997）。日本選手は13m台、14m台で競うためにも、より大きい速度で助走でき、その速い速度に対応する動作の習得をしていくことが重要であろう。

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的研究. 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.
- Muller, H and Hommel, H (1997) Biomechanical Research Project at the Vith World Championships in Athletics, Athens 1997: Preliminary Report. New studies in Athletics, 12:2-3, 43-73.

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

武田 理¹⁾ 小山宏之¹⁾ 村木有也²⁾ 吉原 礼¹⁾ 阿江通良¹⁾
1) 筑波大学 2) 大阪体育大学

I. 緒言

棒高跳では、大きく湾曲させたポールと身体の動きを調和させるためのポール操作技術が必要で、一流選手のポール湾曲やポール操作に関する研究が多い。一方、記録水準の低い選手の動作に関する研究は少なく、記録水準の低い選手が記録を向上させるためのポール湾曲やポール操作に関する技術については明らかになっていない。したがって、棒高跳における記録水準の異なる選手の跳躍動作をバイオメカニクスの分析することで、棒高跳において重要なポールの挙動と選手の動作の関係を明らかにできれば、ポール操作技術に関する基礎的知見が得られると考えられる。

そこで、本研究の目的は、記録水準の異なる棒高跳選手の競技会における跳躍動作をバイオメカニクスの分析し、ポール湾曲に影響を及ぼす要因、特にポールの挙動と選手の動作との関係を明らかにし、棒高跳の技術やトレーニングに関する示唆を得ることとした。

II. 方法

1. 分析対象者

公認陸上競技会に出場した、国内外一流男子棒高跳選手、学生および高校生競技者の計44名(自己ベスト: 5.10±0.56m)であった。

2. VTR撮影およびデータ処理

2003年から2006年にかけて行われた公認陸上競技会をピット側方正面スタンドからデジタルビデオカメラ(SONY社製 VX-2000)を使用し、毎秒60フィールド、露出時間は1/1000秒で撮影した。得られた画像から2次元DLT法を用いて身体分析点23点および

ポール分析点の2次元座標を算出した。

平滑化した分析点の座標データから、身体重心高、重心水平および鉛直度、跳躍角、ポール湾曲率、ボックス反力、ポール弦反力、ポール弾性エネルギー、スウィング力などを算出した。なお、ボックス反力の推定には、高松(1997)の方法を用いた。

本研究では、棒高跳の技術的要因について検討するため、運動エネルギーの変換率の指標としてエネルギー変換率を以下の式で算出し、分析対象者の群分けを行った。

$$\text{エネルギー変換率} = \frac{PE_{\max.CGh}}{KE_{Toff}}$$

ここで、PE_{max.CGh}はボウルターの最大重心高獲得時の位置エネルギーを、KE_{Toff}は踏切離地時の運動エネルギーを示す。

時系列データは、各試技について踏切足離地からポールストレートを基準(100%)として規格化し平均した。なお、ポール弦反力およびスウィング力は各分析対象者の体重で除し規格化した。

各算出項目間の相関関係を調べるため、ピアソンの相関係数を算出した。また、エネルギー変換率の上位群と下位群の差を検定するため、対応のないt検定を行い、いずれも有意水準は5%以内とした。

III. 結果および考察

1. 身体重心速度および跳躍角

Table 1は、身体重心のキネマティクスパラメータを示したものである。重心水平速度は、踏切足接地時(8.63±0.67m/s)から踏切足離地時(7.00±0.58m/s)にかけて減少した。鉛直速度は、踏切足接地時(0.48±0.51m/s)から、踏切足離地時(2.58±0.33m/s)にかけて増加していた。重心速度と最大重心高との

Table 1 Kinematics of the whole body center of gravity

		Mean±S.D	Max. - Min.
Maximal CG height (m)		5.10±0.56	6.13-3.69
Horizontal CG velocity (m/s)	Touchdown	8.63±0.67	9.67-7.19
	Takeoff	7.00±0.58	8.13-5.80
Vertical CG velocity (m/s)	Touchdown	0.48±0.51	1.26 - -0.71
	Takeoff	2.58±0.33	3.32-1.95
Takeoff angle (deg)		20.5±2.8	27.6-15.7
Energy conversion ratio		1.35±0.08	1.49-1.18

関係を見ると、水平速度では踏切足接地時、離地時ともに有意な正の相関を示したが($r=0.84, p<0.001$; $r=0.86, p<0.001$)、鉛直速度では有意な相関は見られなかった。また、跳躍角と最大重心高の間には有意な負の相関が見られた($r=-0.66, p<0.01$)。

これらのことから、最大重心高を大きくするためには、大きな重心水平速度で低い跳び出しを行うことが重要であると言える。

2. エネルギー変換率

Fig.1は、エネルギー変換率と最大重心高との関係を示したものである。エネルギー変換率と最大重心高との間に有意な相関は見られなかったが、最大重心高の大きい選手は、エネルギー変換率の平均値(1.35)近くに多く見られた。また、踏切離地時の重心水平速度とエネルギー変換率との間にも有意な相関は見られなかった。一方、エネルギー変換率とポール最大湾曲率との間には有意な正の相関が見られた($r=0.46, p<0.05$)。

淵本ら(1994)は、世界一流競技者では、助走速度とエネルギー変換率との間に有意な負の相関が見られたことを報告している。淵本らは、世界記録保持者のS・ブブカ選手では非常に助走速度が大きかったが、エネルギー変換率は他の一流選手よりも小さかったと述べている。淵本らは、助走速度の大きさに比例してグリップ高が大きくなること、助走速度の増加によりポールがボックスにぶつかる際の衝撃が大きくなり運動エネルギーのロスが増大すること、助走速度の増加にともない、踏切離地後にポウルターが発揮したエネルギーが低下することなどをあげている。本研究と淵本らの結果を合わせると、最大重心高や記録が最も高い選手が必ずしもエネルギー変換率が良いわけではなく、逆に踏切離地時の重心水平速度は小さいがエネルギー変換率が高く、大きな最大重心高を得る選手がいると考えられる。また、本研究では、エネルギー変換率とポール

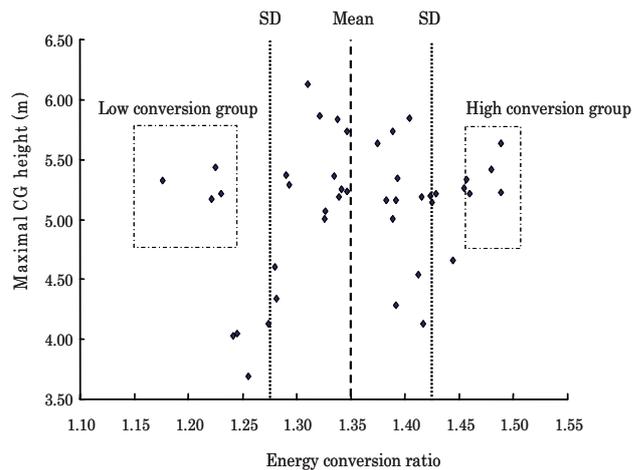


Fig.1 Relationship between energy conversion ratio and the maximal CG height

最大湾曲率との間に有意な正の相関が見られたことから、エネルギー変換率を大きくするには、ポールを操作して湾曲させる技術が必要であると考えられる。

3. ポールの湾曲および弦反力

ポールに関する各項目と他の項目との相関を見ると、ポール最大湾曲率、ポール弾性エネルギーと最大重心高との間には、いずれも有意な正の相関が見られた(ポール最大湾曲率, $r=0.54, p<0.01$; ポール弾性エネルギー, $r=0.78, p<0.001$)。また、踏切離地時のポール弦反力と最大重心高との間に有意な相関は見られなかったが、ポール最大湾曲時では強い正の相関が見られた($r=0.72, p<0.001$)。さらに、ポール最大湾曲時のポール弦反力とポール伸展局面の最大重心鉛直速度、最大重心鉛直速度と最大重心高との間にはそれぞれ強い正の相関が見られた($r=0.81, p<0.001$; $r=0.91, p<0.001$)。これらの結果は、踏切離地時よりもポール最大湾曲時にかけてポール弦反力を大きくすることで、ポール伸展局面でより大きな最大重心鉛直速度を獲得できることを示唆している。

4. エネルギー変換率上位群と下位群の比較

本研究では、エネルギー変換率が±標準偏差範囲外の選手のうち、同程度の記録水準の選手をエネルギー変換率上位群($n=5$, 変換率, 1.43以上, 最大重心高, $5.37 \pm 0.19m$)と下位群($n=5$, 変換率, 1.27以下, 最大重心高, $5.29 \pm 0.19m$)とした。

踏切足接地時、離地時の重心水平速度は上位群が下位群に比べ有意に小さかったが($p<0.001$)、鉛直速度、跳躍角には有意差は見られなかった。

ポール最大湾曲率は上位群(26.7±7.1%)が下位群(20.5±1.9%)より有意に大きかった(p<0.05)。ポール弦反力は踏切離地時では両群間に有意差は見られなかったが、ポール最大湾曲時では上位群(15.45±0.43 N/kg)が下位群(13.53±0.84 N/kg)より有意に大きかった(p<0.01)。また、ポール弾性エネルギーは上位群(13.9±3.9 J)が下位群(8.9±0.8 J)より有意に大きかった(p<0.05)。

これらのことから、上位群はポールを湾曲させる技術に優れており、重心速度が小さくてもエネルギー変換率が高いため、同程度の最大重心高を獲得していた、したがって、上位群は踏切離地後からポール最大湾曲時にかけてポール弦反力、ポール湾曲を大きくできるポール操作技術を有していたと考えられる。棒高跳では、踏切離地からポール最大湾曲時にかけて、スウィング動作を行うことから、両群間に見られたポール弦反力の変化の相違はスウィング動作によるものと考えられる。

5. 上位群と下位群のスウィング力の比較

Fig.2は両群の踏切離地からポール最大湾曲時までのスウィング力の変化を、Fig.3は踏切離地からポールストレートまでのポール弦反力の変化を平均値で示したものである。スウィング力は両群ともに踏切直後から大きな値を示し、その後急激に減少した後、再び増加し、最大湾曲時にかけて減少していく傾向が見られた。しかし、上位群は踏切直後の値が小さく、ピークは下位群より遅れて出現していた(約25%時)。一方、下位群は踏切直後に大きな値を示し、10%~20%にかけて上昇したが、ピーク値は上位群より小さく、35%時付近から急激に減少した。Fig.4は、両群の踏切離地からポール最大湾曲時までの回転(上)および伸縮(下)スウィング力を平均値で示したものである。回転スウィング力では、踏切離地直後は下位群が上位群より大きな値を示した。その後15%時にかけて両群ともに急激に減少し、その後、ポール最大湾曲時までほとんど変化はなかった。伸縮スウィング力(下)では、両群ともに踏切離地後に一度減少して10%時付近で負のピークを示した後、急激に上昇し、負から正に移行した。下位群では20%時付近でピーク値が出現し、上位群は25%時付近で出現していた。ピーク値の大きさは上位群が大きく、持続も長い傾向が見られた。ポール弦反力(Fig.3)とスウィング力の変化を関係づけて考えると、ポール弦反力の値に相違が現れる時点と、スウィング力の値に相違が現れる時点がほぼ一致しており(15%時付近)、スウィング力がポール弦反力に

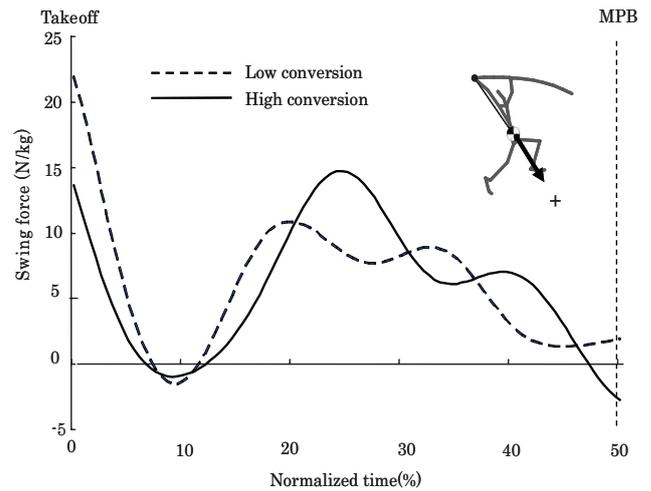


Fig.2 Changes in the swing force for High and Low conversion groups from the takeoff to the MPB

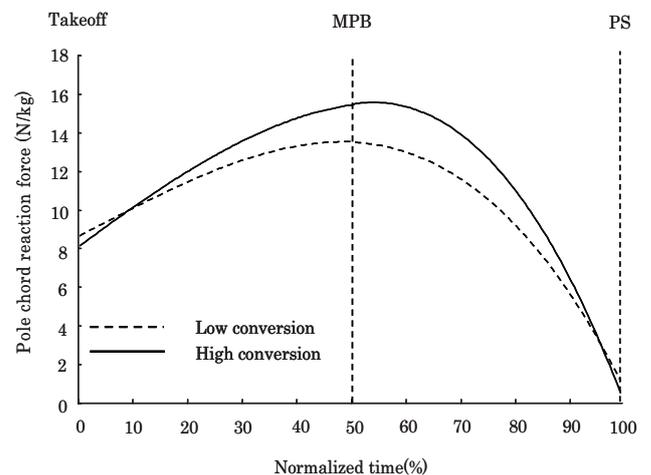


Fig.3 Changes in the pole chord reaction force for High and Low conversion groups from the takeoff to the pole straightening

大きく影響すること、踏切離地直後は回転スウィング力が、その後は伸縮スウィング力の影響が大きいがわかる。

これらのことから、ポール湾曲局面でポール弦反力を大きくするためには、ボウルトアーのスウィング力が重要で、踏切離地直後は回転スウィング力を小さくし、その後、伸縮スウィング力を大きくすることによって、ポール最大湾曲時にかけてポール弦反力を大きくできると考えられる。

6. 棒高跳の技術への示唆

上述したことから、棒高跳のスウィング動作に関して以下のような示唆が引き出せるであろう。

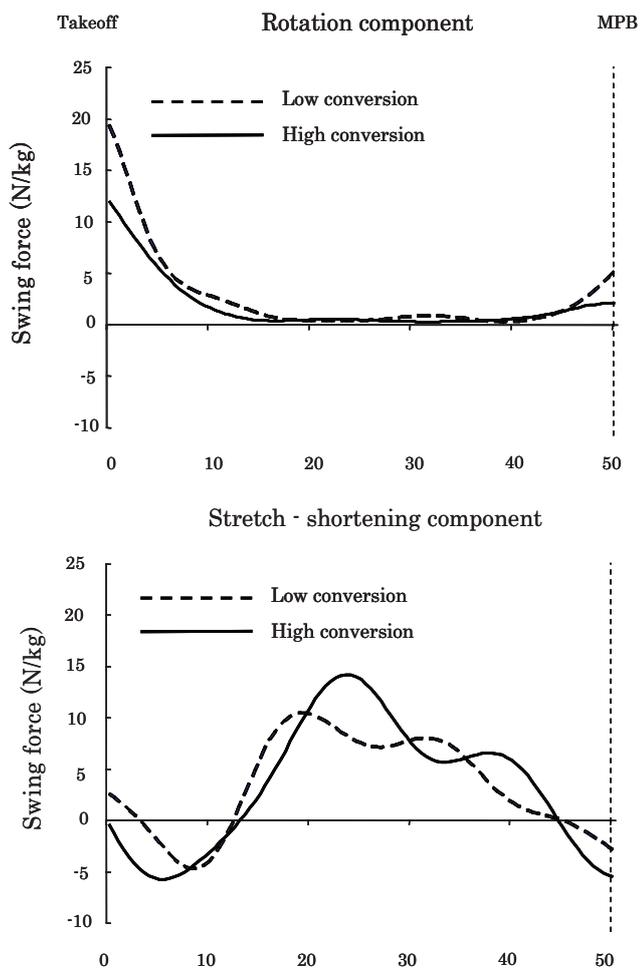


Fig.4 Changes in the rotation (top) and stretch - shortening (bottom) components of the swing force for High and Low conversion groups from the takeoff to the MPB

- ① ポール湾曲局面中にポール弦反力を大きくすることが重要である。そのためには、大きなスウィング力をポールに作用させることが不可欠である。踏切離地直後の回転によるスウィング力は、身体が振られた場合にも生じるので、一時的に踏切離地時の姿勢を維持することなどにより、スウィング動作開始の時点が遅らせることが有効である。
- ② スウィング動作により、ポール弦反力を大きくするためには、伸縮によるスウィング力、すなわち、グリップと重心との距離を大きくするような動作を強調することが役立つ。

【まとめ】

ポール湾曲と選手の動作との関係を検討した結果、以下のことが明らかになった。

- ① 大きな最大重心高を獲得するためには、ポール

湾曲局面においてポール弦反力を大きくする必要がある。

- ② ポール湾曲局面におけるポール弦反力の大きさには選手のスウィング力、特に、伸縮スウィング力がより大きな影響を及ぼす。
- ③ エネルギー変換率の下位群では、踏切離地直後の回転スウィング力が大きかったが、上位群では踏切離地後に遅いタイミングで発揮された伸縮スウィング力が大きかった。
- ④ ポール湾曲局面において伸縮スウィング力を効果的に発揮するためには、踏切直後は回転スウィング力を小さくし、その後の身体およびポールの操作を容易にする必要がある。

また、以下のようなイメージを持って跳躍することがすすめられる。

- ① 踏切離地時の姿勢を一時的に維持することにより、スウィング動作開始のタイミングを遅らせることが有効である。そのためには、踏切離地後に身体を大きく後方に反らし、能動的スウィング動作を行うイメージを持つことが役立つ。
- ② 上述した能動的スウィング動作を習得するための鉄棒ドリルでは、後方から身体を大きくスウィングし、グリップの真下を足が通過するあたりで大きくあふり動作を行う、あるいは踏切足をムチのようにして地面を削るようなイメージで行う。

本研究で用いたVTR画像の多くは、日本陸上競技連盟科学委員会の活動の一環として収集されたものである。ここに記して感謝いたします。

【参考文献】

淵本隆文, 高松潤二, 阿江通良 (1994) 棒高跳の動作学的力学的分析. 日本陸上競技連盟強化本部バイオメカニクス研究班 (編) 世界一流陸上競技者の技術 (第3回世界陸上競技選手権大会バイオメカニクス研究班報告書). ベースボールマガジン社, 東京, pp. 193-204.

高松潤二 (1997) 棒高跳に関するバイオメカニクスの研究 - 最大重心高増大のための技術的要因 -. 筑波大学大学院体育研究科博士論文 砲丸投げにおける砲丸速度に対する身体各部位の貢献 - 世界レベル選手と日本レベル選手との比較 -. 陸上競技研究紀要2 : 65-73.

日本一流男子円盤投げ選手の技術分析 —円盤速度に対する身体各部位の貢献について—

田内健二¹⁾ 持田尚²⁾ 村上雅俊³⁾ 阿江通良⁴⁾

1) 稲田大学 2) (財)横浜市スポーツ医科学センター 3) 愛媛女子短期大学 4) 筑波大学

I. はじめに

我が国の男子円盤投げにおいては、川崎清貴選手が1979年に60m22という日本記録を樹立して以来、およそ30年間、日本記録を更新できないという状況である。近年、男子円盤投げの競技レベルは徐々に高まってきてはいるが、依然として世界レベルに到達するには至っていない。一方、円盤投げの技術に関する研究についても、十分に進んでいるとはいえ、あらゆる情報を蓄積することが急務の課題であると考えられる。

そこで本研究では、一連の円盤投げ動作によって生み出される円盤の速度に対して、下肢、体幹および上肢の各部位の動作が、どのように貢献しているかを明らかにすることを目的とした。

II. 方法

1. 分析対象

分析対象は、2006年に実施された第90回日本選手権における男子円盤投げの上位3名の選手であった。いずれの選手についても6投の試技のうち、最も良い記録であった投てき試技を代表試技とした。

2. データ収集

すべての投てき動作をサークルの左側方および後方に設置した2台のデジタルビデオカメラ (DCR-VX2000, Sony) を用いて、毎秒60コマ、露出時間1/1000秒で撮影した。また、サークルの中心を原点とし、縦4m×横4m×高さ2.5mの画角を設定し、縦横2mおきに計9カ所にキャリブレーションポール (マーク間隔0.5m) を立てた。

3. データ分析

撮影した映像から円盤および身体分析点 (左右の大転子, 左右の肩峰: 4点) を動作解析システム (Frame - DIAS II, ディケイエイチ) を用いて毎秒60コマでデジタル化した。3次元DLT法により円盤および身体分析点の3次元座標を算出し、残差分析法によって決定された最適遮断周波数 (6-8 Hz) で、バッタワースデジタルフィルタにより平滑化した。なお、投てき方向をY軸, Y軸に対して左右方向をX軸, 鉛直方向をZ軸とした右手系の静止座標系を設定した。本研究では、宮西ら (1997) の報告をもとに一連の投てき動作に対して、ターンへの導入開始時 (スタート), 右足離地 (R-off), 左足離地 (L-off), 右足接地 (R-on), 左足接地 (L-on) および円盤のリリース時点 (リリース) のイベントを設定し、スタートからR-offを両足支持局面 (P1), R-offからL-offを左足による片足支持局面 (P2), L-offからR-onを空中局面 (P3), R-onからL-onを右足による片足支持局面 (P4), L-onからリリースを投げ出し局面 (P5) とした (図1)。

本研究では、田内ら (2006) の方法にもとづいて投動作を下肢-体幹-上肢モデル (図2左) にモデル化し、円盤の速度に対する身体各部位の動作の貢献を以下の式1および2によって算出した。

$$V_d = v_h + v_{t/h} + v_{d/t} \quad \dots \text{式1}$$

ここで、 v_h は下肢の動作による円盤速度 (下肢), $v_{t/h}$ は体幹の前後屈による円盤速度 (体幹の起こし), $v_{d/t}$ は上肢の動作による円盤速度を示すことになる。また、 $v_{d/t}$ については、両肩の midpoint から右肩峰までの線分 (l_t), l_t とX軸とのなす角 (θ_t), 右肩峰から砲丸までの線分 (l_a), l_a と l_t とのなす角 (θ_a) による局座標で示した (図2右)。

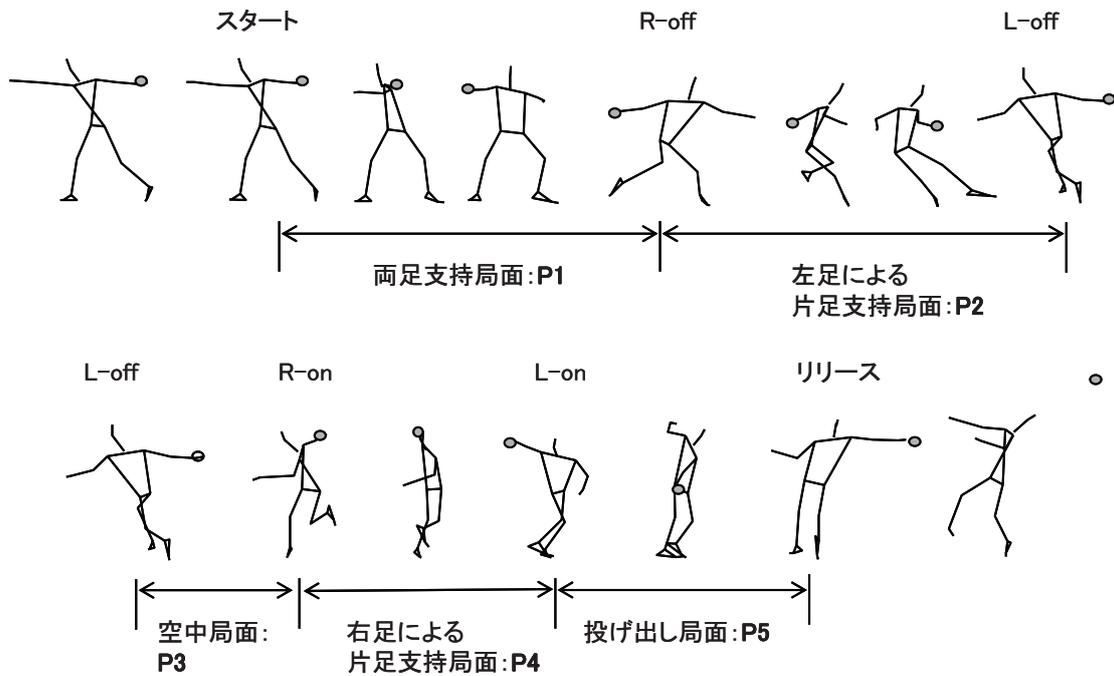


図1 円盤投げにおける各局面の定義

$$v_{d/t} = \dot{l}_t \sin \theta_t + \dot{\theta}_t (l_t \cos \theta_t + l_a \cos(\theta_a + \theta_t)) +$$

$$\dot{l}_a \sin(\theta_a + \theta_t) + \dot{\theta}_a l_a \cos(\theta_a + \theta_t) \quad \dots \text{式2}$$

ここで、 $\dot{\theta}_t$, \dot{l}_a , $\dot{\theta}_a$ の微分項は、順に体幹の伸縮による円盤の速度（体幹の伸縮）、体幹の長軸周りの回転動作による円盤速度（体幹の回転）、上肢の伸縮動作による円盤速度（上肢の伸縮）、上肢の水平内外転動作による円盤速度（上肢の回転）を示すことになる。

III. 結果

表1に、円盤投げの投てき記録およびリリース時の円盤速度を示した。投てき記録は、1位が55.33m、2位が53.65m、3位が52.64mであった。リリース時の円盤速度は、いずれの選手もY成分（投てき方向）の速度が最も高く、次いでZ成分が高く、X成分はかなり低かった。

図3に、各局面の動作時間を示した。他の2選手と比較して、1位の選手はP3 すなわち空中局面の動作時間が長く、P4の動作時間が短かった。2位の選手

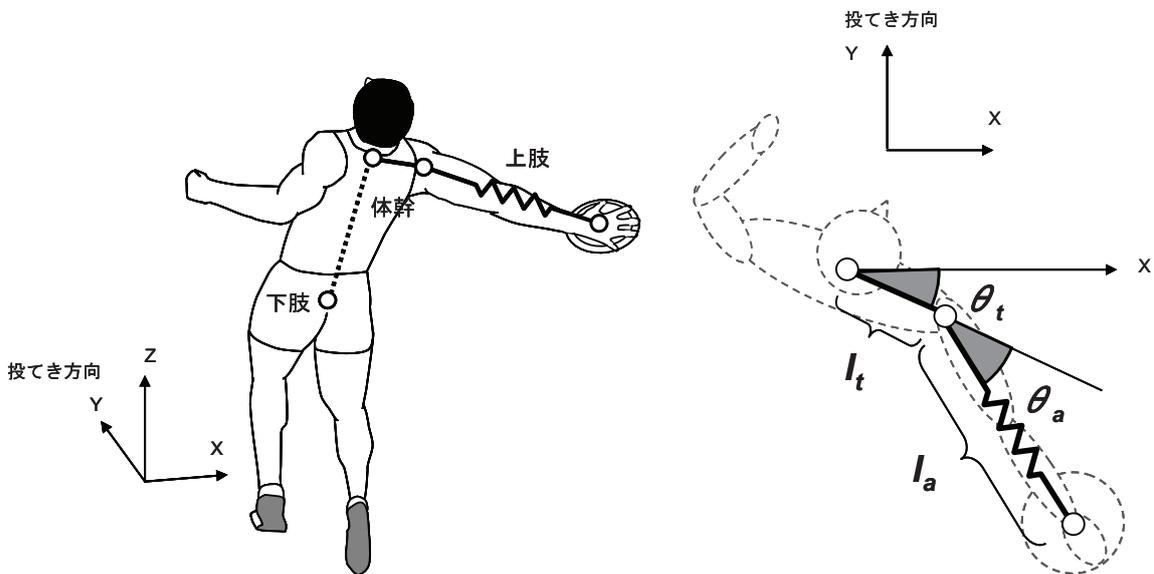


図2 円盤投げにおける下肢—体幹—上肢モデルの定義

表1 円盤投げの投てき記録およびリリース時の円盤速度

	記録(m)	リリース時の円盤速度(m/s)			
		X	Y	Z	合成
1位	55.33	1.61	18.93	12.58	22.78
2位	53.65	2.67	18.90	11.64	22.36
3位	52.64	0.55	18.28	11.92	21.83

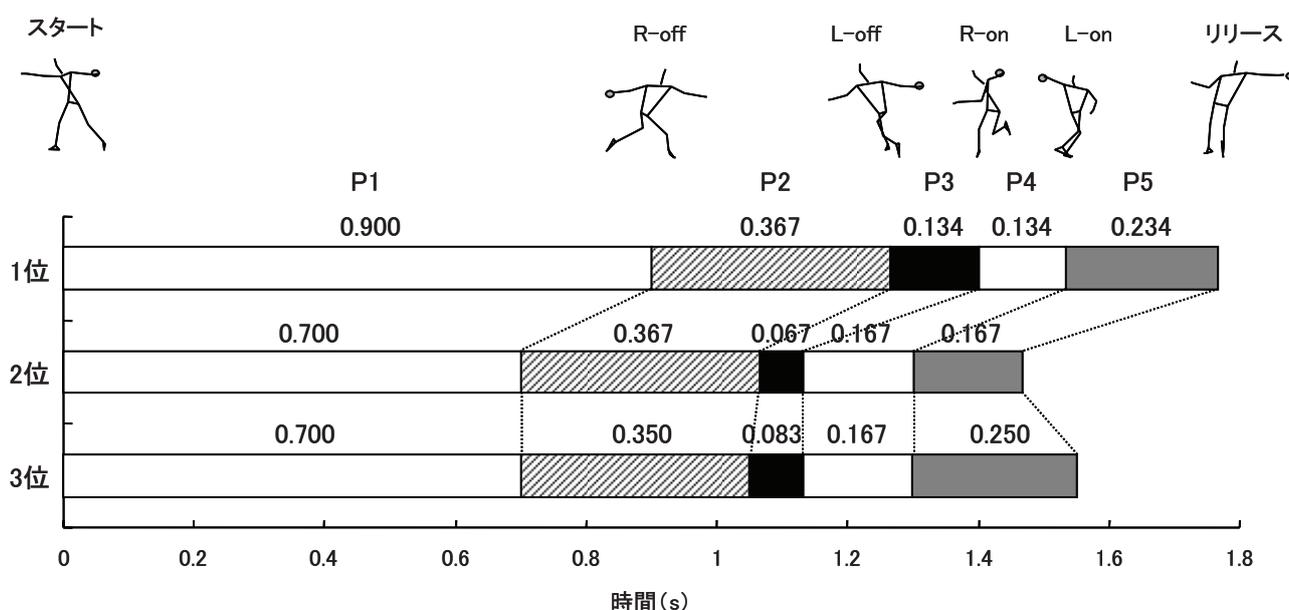


図3 各局面の動作時間

はP3 の動作時間が短くP4 の動作時間が長かった。3位の選手は1位と2位の選手の間接的な動作時間の特徴を示した。

図4に、円盤速度および身体各部位の動作による速度 (Y成分のみ) を示した。全体的にみると、円盤速度に対して体幹の回転の貢献が大きく、リリース前には上肢の回転、次いで上肢の伸縮の貢献が大きくなった。個別にみると、1位の選手はP5において体幹の回転の貢献が高いが後半にはプラトーになり、上肢の回転および伸縮の貢献が高かった。2位の選手はP5において体幹の回転の貢献が非常に高く、リリースまでプラトーになることはなかった。また、上肢の回転および伸縮の貢献は低かった。3位の選手はP5において1位と2位の選手の間接的な身体各部位の貢献の仕方を示した。

IV. 考察

投てき種目における飛距離は、リリース時の投てき物の速度によって決定されることが多くの先行研

究によって報告されている。しかし、円盤投げにおいては必ずしも投てき記録とリリース時の円盤速度との間に有意な相関関係は認められないことも報告され、このことは円盤の形状による空気抵抗の影響が大きいことが指摘されている (宮西ら, 1997)。本研究においては、3名の選手のみであったが、投てき記録の序列とリリース時の円盤の合成速度およびY成分の序列は一致していた。また、3選手ともに円盤の各成分速度の中でY成分は最も高値を示した。

これらのことから、本研究では円盤速度に対する身体各部位の貢献を明らかにするために、特に円盤速度のY成分に着目して分析することにした。その結果、すべての選手においてP4 からP5 の前半までは、円盤速度に対して体幹の回転の貢献が非常に高かった (図4) このことは、リリースのおよそ0.1秒前まで円盤速度は、ほぼ体幹の長軸まわりの回転動作によって生み出されていることを示している。体幹は身体の中で最も大きな質量を有しており、最大の運動エネルギーの発生源である。この体幹を十分

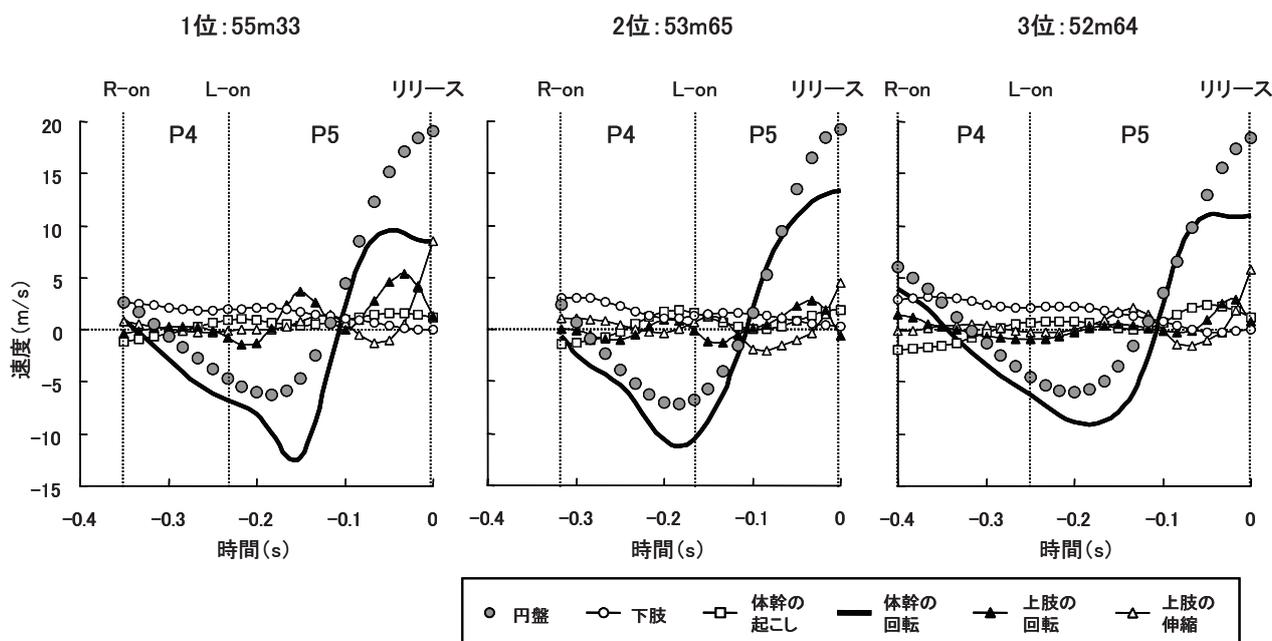


図4 円盤速度および身体各部位の動作による速度（Y成分（投てき方向）のみ）
速度の正の値は投てき方向の速度，負の値は投てき方向と反対方向を示す。

に利用して円盤の速度を獲得することは極めて合理的な動作であると考えられる．続くP5の後半においては，体幹の回転の貢献が大きいものの，上肢の回転，次いで上肢の伸縮の貢献が大きくなった（図4）．このことは，円盤が最も加速局面においては体幹の回転に加えて，体幹に対して上肢が水平内転する動作によって円盤の速度を生み出し，さらにリリース直前では上肢の伸縮，つまり体幹から円盤が離れていく動作によって円盤の速度を生み出していることを示している．ここでの体幹から円盤が離れていく動作は，主に4本の指で保持している円盤を最終的に人差し指あるいは中指で加速する，いわゆる手首のスナップ動作を指しているものと考えられる．他の動作の貢献に関して，松尾と湯浅（2005）は，円盤のリリース速度には並進方向への移動速度が重要であることを報告している．本研究の結果では下肢の動作による円盤速度に対応するが，いずれの選手もP4の前半において3～3.5m/s程度であり，リリース直前にはほぼ0m/sに近くなり，貢献度はかなり低かった．したがって，松尾と湯浅（2005）が指摘した並進方向への移動速度は，直接的に円盤速度に貢献するのではなく，体幹や上肢の速度をよりよく円盤速度に貢献させるための間接的な役割を果たしたものと考えられる．

以上のことは，全体的にみた円盤投げにおける身体各部位の貢献について述べたが，日本のトップレベルの選手であっても貢献の仕方には個人差が認められた．つまり，1位の選手は他の2選手と比較し

て，P5の後半における上肢の回転および伸縮の貢献が大きく，体幹の回転の貢献がプラトーから若干低下していた．反対に2位の選手は上肢の回転および伸縮の貢献がそれほど大きくなく，体幹の回転の貢献がリリースまで大きいままであった．言い換えると，1位の選手は上肢の動作によって円盤を加速させ，2位の選手は体幹の動作によって円盤を加速させていたといえよう．なお3位の選手は1位と2位の選手の特徴を合わせたような貢献の仕方を示した．また，P4およびP5の動作時間の長短についても個人差が同様に認められた（表1）．このことは，R-onからL-onまでの時間を短くあるいは長くすることによって，投げ出し局面における身体各部位の貢献の仕方が変化する可能性があることを示唆している．秋葉ら（1991）は，日本トップレベルの選手の動作分析を行った結果，角運動量の伝達方向の違いから，円盤投げの動作技術が2つのタイプに分けられることを報告している．本研究の結果が秋葉ら（1991）の内容を指示する結果か否かについては，本研究では明らかにできないが，いずれにしても円盤投げにおける円盤速度を高めるための技術（戦略）は，必ずしも一様ではなく，様々な要因によって各選手に適した投てき動作が存在するものと考えられる．

V. まとめ

本研究では，一連の円盤投げ動作によって生み出

される円盤の速度に対して，下肢，体幹および上肢の各部位の動作が，どのように貢献しているかを明らかにするために，日本トップレベルの3名の円盤投げ選手を分析した．その結果，身体各部位の貢献の仕方は必ずしも一様ではなく，相対的に上肢を大きく貢献させるタイプ，あるいは体幹を大きく貢献させるタイプが存在することが明らかとなった．このことが競技力の向上のためにどのような意味をもつのかについては，世界レベルの選手も含めた多くの選手の分析を行うことでより明確にされるものと考えられる．

参考文献

- 秋葉卓雄，関智子，阿江通良，西藤宏司，山崎祐司
(1991) 円盤投のターン様式について．陸上競技紀要4：2-14.
- 松尾宣隆，湯浅景元 (2005) 円盤投げ動作における身体重心速度が円盤速度と円盤+投擲者角運動量に及ぼす効果．中京大学体育学論叢46 (2)：33-43.
- 宮西智久，富樫時子，川村卓，桜井伸二，若山章信，岡本敦，只左一也 (1997) アジア大会における円盤投げのバイオメカニクスの分析．アジア一流陸上競技者の技術—第12回広島アジア大会陸上競技バイオメカニクス研究班報告—．日本陸上競技連盟科学委員会バイオメカニクス研究班編，佐々木秀幸，小林寛道，阿江通良監修：pp. 168-181．創文企画，東京．
- 田内健二，村上雅俊，高松潤二，阿江通良 (2006) 砲丸投げにおける砲丸速度に対する身体各部位の貢献—世界レベル選手と日本レベル選手との比較—．陸上競技研究紀要2：65-73.

序 文

本報告書は、2006年度に行なわれた日本陸上競技連盟科学委員会の活動の一部をまとめたものである。名称が「陸上競技研究紀要」となった第3号である。本委員会の今年度の活動は、バイオメカニクス研究サポートを中心に行なわれたが、3年目に入ったインターハイ入賞者を対象にした実態調査、北海道マラソンにおける生理学的調査を行なった。また、合宿に帯同してのジュニアアスリートに関する調査を行なっているが、下肢のアラインメント計測には成果の予兆がみられるようになった。

本年度の報告書に掲載された報告論文は10編で昨年よりも少ないが、これは本委員会の活動が昨年よりも活発でなかったことを意味するものではなく、競技力向上へのサポートは、国立スポーツ科学センターなどの国内外での合宿への帯同による活動も年々活発に行なわれるようになった。このことは、本委員会の成果がコーチングの現場で利用され始めていることを示すものと思われる。

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る次第です。

科学委員会委員長

阿江通良

2007年5月

平成18年度 科学委員会メンバー

阿江 通良 筑波大学体育科学系
松尾 彰文 国立スポーツ科学センター
杉田 正明 三重大学教育学部保健体育科
持田 尚 (財)横浜市スポーツ振興事業団スポーツ医科学センター
榎本 靖士 京都教育大学教育学部
伊藤 章 大阪体育大学
深代 千之 東京大学大学院生命環境科学系
田中 宏暁 福岡大学スポーツ科学部運動生理学研究室
鳥居 俊 早稲田大学スポーツ科学部スポーツ医科学科
飯干 明 鹿児島大学教育学部
井本 岳秋 静岡県総合健康センター
石島まり子 マダム石島株式会社
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
若山 章信 東京女子体育大学
石井好二郎 北海道大学大学院教育学研究科
加藤 謙一 宇都宮大学教育学部
林 忠男 日本体育大学・情報処理研究室
高松 潤二 国立スポーツ科学センター
広川龍太郎 東海大学体育学部
田内 健二 国立スポーツ科学センター
高井 和夫 文教大学
山崎 史恵 新潟医療福祉大学
法元 康二 青森県スポーツ科学センター

日本陸連科学委員会研究報告 第6巻 (2007)
陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2006 目次

レーザー方式による100mおよびハードルのスピード分析	59
松尾彰文, 広川龍太郎, 杉田正明, 阿江通良	
セイコースーパー陸上2006ヨコハマにおける400m走競技者の疾走スピード変化について - 11区間平均疾走スピードの変化から -	65
持田尚, 杉田正明, 広川龍太郎, 高野進, 川本和久, 柳谷登志雄, 松尾彰文, 阿江通良	
800mレースにおける走スピードとレース後の血中乳酸濃度との関係	70
榎本靖士, 門野洋介	
2006年度国内主要競技会における中距離走種目のレース分析	73
門野洋介, 榎本靖士, 杉田正明, 阿江通良	
2006年北海道マラソン大会の上位入賞選手の血液性状とマラソンパフォーマンス	86
井本岳秋, 石井好二郎, 鳥居俊	
日本一流400mハードル選手のレースパターン分析	93
森丘保典, 山崎一彦, 榎本靖士, 田内健二, 杉田正明, 阿江通良	
醍醐選手(走高跳)の日本新記録跳躍フォームの分析	98
阿江通良, 武田理, 小山宏之	
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	104
小山宏之, 村木有也, 武田理, 大島雄治, 阿江通良	
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	123
武田理, 小山宏之, 村木有也, 吉原礼, 阿江通良	
日本一流男子円盤投げ選手の技術分析 - 円盤速度に対する身体各部位の貢献について -	127
田内健二, 持田尚, 村上雅俊, 阿江通良	

陸上競技研究紀要 第3巻

編集後記

この度、平成18年度「陸上競技研究紀要・第3巻」を発行しました。早いもので、本「研究紀要」もリニューアルしてから3年目を迎えたこととなります。この「研究紀要」は、わが国の陸上競技に関する研究論文（集）であり、なるべく多くの陸上競技関係者や指導者の方々に読んでいただくことをねらいとしています。そこで、今回も、1300部を発行し、日本陸上競技連盟理事・評議員、公認コーチ・上級コーチ、各都道府県陸協、各協力団体、JOC、日本体育協会、国立国会図書館などの国内のみならず、IAAF、アメリカ陸連、英国陸連、ドイツ陸連、AIS、アジア陸連、中国陸連等に配布することにしました。

嬉しいことに、先の第1・2巻では、多くの指導者の方々から、「指導する上で大変参考になるデータがたくさんあるので助かる」とか、また諸外国陸連からも、質問や問い合わせが何件か寄せられています。おそらく、今回発行の第3巻では、さらに多くの方々の目に留まり、たくさんの方々の反響があるものと編集委員一同期待しているところです。

ところで、第1巻・第1部では「査読審査」を経て、原著論文8編、資料5編が掲載されました。また、第2部の科学委員会報告では18編の報告がなされました。第2巻では同様に、原著論文11編、資料1編、科学委員会報告17編が掲載されました。そして、今回（第3巻）は、原著論文5編、資料3編、科学委員会報告10編が掲載されています。

今回（第3巻）第1部の論文・資料（報告）では、疾走に関する分析2編、投擲に関する動作分析と調査に関するもの2編、分析方法に関するもの、競技運営に関するもの、棒高跳の技術分析に関するもの、小学生優秀選手の調査・分析に関するもの各1編（合計8編）が掲載されています。どうか、皆さま方、各論文・資料（報告）を、是非ともご一読ください。また、第2部の科学委員会報告では、上記したとおり、10編が掲載されています。この第2部においては、一流選手の技術的分析データが多種目にわたって報告されていますので、特に現場の指導者の方々には、大変参考になるものと思います。どうぞ、ご活用ください。

本「研究紀要」をさらに充実させるために、研究者や指導者の方々には、論文・資料（報告）のご投稿をお願いしたいと思いますし、また本「研究紀要」ならびに論文等に関する質問、意見等をどしどしお寄せいただきたいと思います。もちろん、われわれ編集委員一同、今後とも、よりいっそう充実した「研究紀要」の作成（内容）を検討していく所存です。

最後になりますが、今回も、お忙しい中、澤木啓祐専務理事から、ご丁寧なるあいさつ文をいただきました。また、本「研究紀要」発行に当たっては、事務局の風間明氏、森泰夫氏、三宅聡氏にご理解とご支援をいただきました。ここに、併せて、心から感謝申し上げる次第です。

平成19年7月31日

文責 岡野 進（編集副委員長）

陸上競技研究紀要第3巻 編集委員
阿江通良（編集委員長）、岡野 進（副委員長）、伊藤 宏、松尾彰文、杉田正明
（日本陸上競技連盟・事務局）風間 明、森 泰夫、三宅 聡

「陸上競技研究紀要」第3巻

2007年7月31日発行

発行人 澤木 啓祐

発行所 財団法人日本陸上競技連盟

〒150-8050 東京都渋谷区神南1-1-1 岸記念体育会館内

TEL : 03-3481-2300
