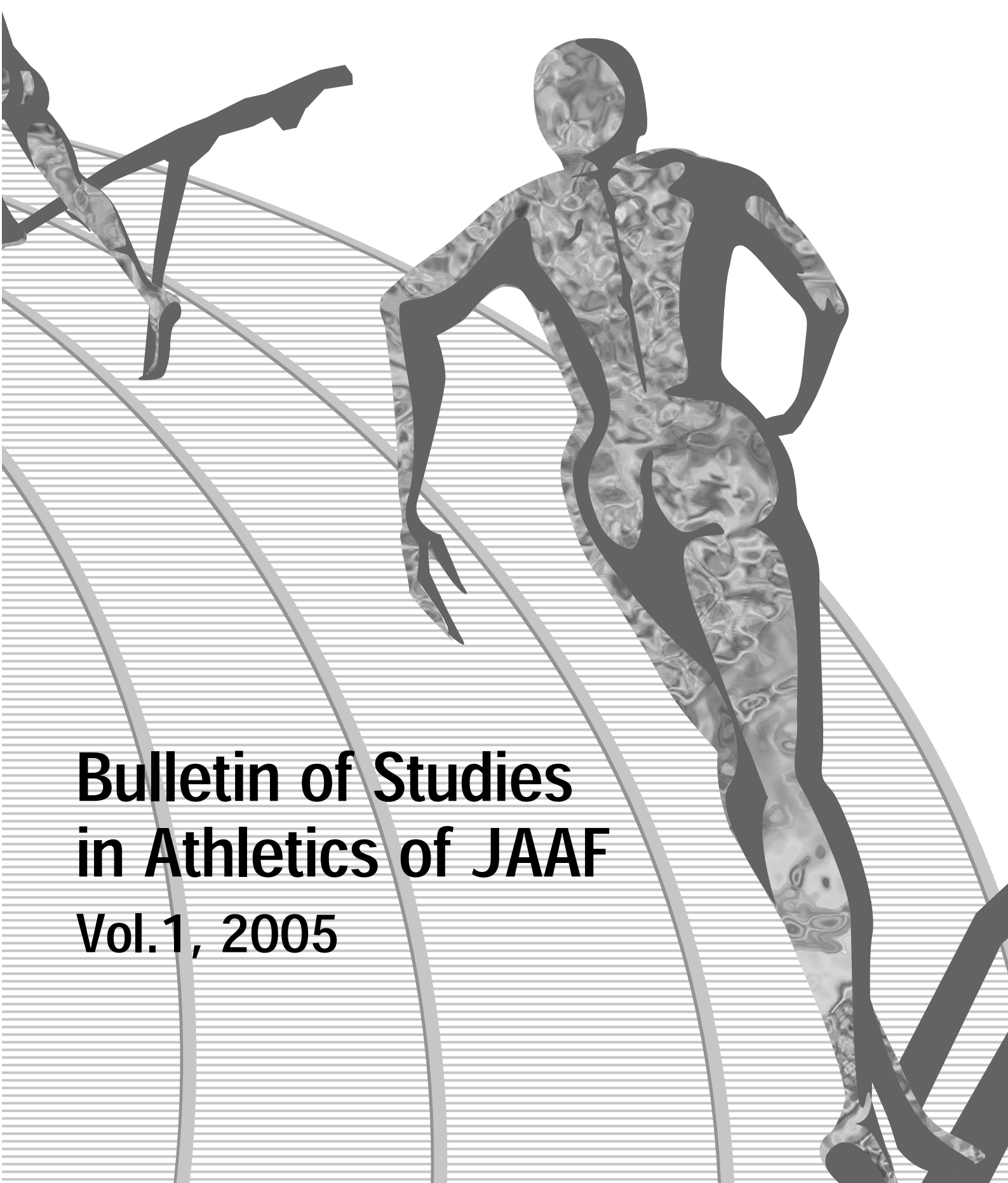


JAAF

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.1, 2005**

「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) 田中競子(1996) 幼少年の疾走能力の発達、体育学研究 55(2)、155-162。

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
副会長・専務理事 櫻井孝次

陸上競技に関するアカデミックな調査・研究に関することは(財)日本陸上競技連盟の中で、普及委員会が発行する「陸上競技紀要」と科学委員会が発行する「日本陸連科学委員会研究報告 陸上競技の医科学サポート研究 REPORT」のふたつが担いその役割を果たしてきた。この度、両者を統合する「陸上競技研究紀要」として更なる発展を期すことになった。

競技力の向上は、陸上競技の普及・発展に大きく影響を及ぼす大切な要素であり、日本記録の誕生や国際大会での活躍は陸上競技に対する関心を高めることにつながっていく。競技力向上の為には指導者の経験と熱意に加えて医科学のサポート、さらには医科学サポートをバックアップするアカデミックな調査・研究は欠かせない。2004年のアテネオリンピック大会で日本選手は予想を上回る活躍を示したが、国際的な競技力の向上を目指して選手・指導者・医科学研究者が一体になって取り組んだ「国立スポーツ科学センター」の果たした役割が評価されている。

今、日本の陸上界は2006年福岡市で行われる世界クロスカントリー大会と2007年大阪市で行われる世界陸上競技選手権大会の大きなビッグイベントを地元日本で開催する準備をして国際的な地位向上を目指している。リニューアルした「陸上競技研究紀要」発行を機会に、日本に於ける陸上競技の調査・研究が国際的な評価を高めるよう研鑽に励んでほしい。

陸上競技研究紀要

Bulletin of Studies in Athletics of JAAF

Vol.1 2005

目 次

【原著論文】

- 不正スタートに関わるルール改正が
決勝進出者のスタート反応時間に及ぼす影響 梶原洋子ほか . . . 1
- 中高年齢女性の 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変化 田中秀一ほか . . . 8
- 世界と日本の一流男子 800m 選手のレースパターンの比較 榎本靖士ほか . . . 16
- 長野マラソンの支援システムに関する基礎研究
—参加者のニーズに着目して— 阿保雅行ほか . . . 23
- 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 武田 理ほか . . . 30
- 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競技者との相違 田内健二ほか . . . 36
- 中学四種競技者のトレーニングおよび意識についての調査研究
—全国大会レベル競技者の場合— 繁田 進ほか . . . 45
- アテネ・オリンピック大会における陸上競技日本代表選手・団
の記録「達成率」ならびに実力発揮度について 岡野 進ほか . . . 52
- 【資 料】**
- 日本と世界の 100m 走の記録の推移の分析
日本選手はいつ頃世界レベルに達することができるのか 伊藤 宏ほか . . . 61
- 傾斜スタート台を利用した 20m Dash の疾走速度に関する研究
— 単一傾斜台と複合傾斜台の比較 — 内山了治ほか . . . 67
- 第 20 回全国小学生陸上競技交流大会参加選手の実態報告 小野伸一郎ほか . . . 72
- 小学生対象陸上競技クラブの種類別活動の実態
第 20 回全国小学生陸上競技交流大会 (2004 年)
指導者への調査分析 木村一彦ほか . . . 79
- 2004 年度全国高等学校総合体育大会
入賞陸上競技選手におけるサプリメント摂取状況 石井好二郎ほか . . . 95
- 【科学委員会研究報告 陸上競技の医科学サポート研究】** 103

不正スタートに関わるルール改正が決勝進出者のスタート反応時間に及ぼす影響

梶原 洋子¹⁾ 横倉 三郎²⁾ 平下 政美³⁾ 野崎 忠信²⁾ 小野 伸一郎⁴⁾ 及川 優介⁵⁾
伊東 浩司⁶⁾ 川嶋 伸次⁷⁾ 木村 一彦⁸⁾

1) 文教大学 2) 明星大学 3) 金城大学 4) 舞鶴工業高等専門学校 5) 原市南小学校
6) 甲南大学 7) 東洋大学 8) 川崎医療福祉大学

Effect of the false start new rule on the start reaction time of finalists

Kajiwara Yoko¹⁾ Yokokura Saburo²⁾ Hirashita Masami³⁾ Nozaki Tadanobu²⁾
Ono Shinichiro⁴⁾ Oikawa Yusuke⁵⁾ Ito Koji⁷⁾ Kawashima Shinji⁶⁾ Kimura Kazuhiko⁸⁾

1) Bunkyo University, Japan

2) Meisei University, Japan

3) Kinjyo University, Japan

4) Maizuru National College of Technology, Japan

5) Haraichi-minami elementary school, Japan

6) Konan University, Japan

7) Toyo University, Japan

8) Department of Health and Sports Sciences, Kawasaki University of Medical Welfare, Japan

Abstract

In January, 2003, the IAAF (International Association of Athletics Federations) applied a new rule (IAAF Rules No. 162). In this study, the start reaction time of the finalists in short-distance races were compared between the last 3 World Championships in Athletics and the effect of the rule change on the start reaction time was evaluated.

1) The start reaction time in the 10 short-distance events generally became slower after the rule change.

2) The start reaction times were generally slower in the linear-course races at all rounds combined and each round after than those before the rule change, indicating the effect of the rule change on the start reaction time.

3) In the non-linear-course races, the start reaction time was slower after the rule change, but the differences were not significant.

Therefore, the effect of rule change on the start reaction time is considered to have been larger in the linear-course races than in the non-linear-course races.

I. はじめに

世界選手権大会やオリンピック大会など大規模な国際競技会（第1条第1項目a～c）においては、短距離競走種目のスタートの公平を期すために、不正スタート発見装置の使用が義務づけられている（IAAF, 2004；日本陸上競技連盟, 2004）。近

年、大規模な国際競技会では、レベル検出方式と変化量検出方式の2種類の異なる不正スタート発見装置の使用が国際陸上競技連盟（The International Association of Athletics Federation : IAAF, 2004）から許可されている。

短距離競走種目のスタート反応時間に関する先行研究によれば、レベル検出方式と変化量検出方式の

2種類の装置間において、同一短距離競走種目および同一競技者でスタート反応時間にかなりの差異が認められることなどが報告されている(野崎ら, 1993; 野崎ら, 2002a; 野崎ら, 2002b; Nozaki T et al., 2003; 野崎ら, 2003a; 野崎ら, 2003b; 横倉ら, 1996; Yokokura S et al, 1998; 横倉ら, 1999; 横倉ら, 2000a; 横倉ら, 2000b; 横倉ら, 2001a; 横倉ら, 2001b)。

2003年1月、IAAFは「混成競技を除いて、不正スタートは1回のみとし、その後不正スタートした競技者はすべて失格とする」というルール改正(IAAF規則162条⑦)を行った(IAAF, 2004; 日本陸上競技連盟, 2004)。このルール改正が、競技者のスタート反応時間に如何なる影響を及ぼすのかは極めて興味深いことであり、その分析・検討が必要であると考えられる。

しかしながら、ルール改正後間もないために、ルール改正がスタート反応時間に及ぼす影響については、Yokokura S et al (2004)の報告を除いてほとんどなされていない。Yokokura S et alの研究では、変化量検出方式による不正スタート発見装置(横倉ら, 1998a; 横倉ら, 1998b)を用いた過去3回の世界選手権大会のスタート反応時間の検討から、ルール改正後のスタート反応時間の分布は、予選から決勝までほぼ正規分布になり、予測スタートが減少したこと、また、ルール改正後は改正前に比較して、スタート反応時間が遅延傾向を示したことを報告している。しかしながら、この先行研究は対象のデータ数は多いものの、予選から決勝までのラウンドにおいて同一競技者のスタート反応時間を縦断的に検討したものではない。

そこで本研究では、不正スタート失格規定のルール改正前後の世界選手権大会における短距離競走10種目の決勝進出者のスタート反応時間を縦断的に検討するとともに、直線および非直線競走種目の分類から検討し、短距離競走の不正スタートに関わるルール改正が世界トップレベルの競技者のスタート反応時間に如何なる影響を及ぼすのかを明らかにすることを目的とした。

II. 研究方法

1. 対象

対象は、変化量検出方式による不正スタート発見装置を用いた、下記に示す過去3回の世界選手権大会におけるリレー競走および混成競技を除く短距離競走種目10種目(男子5種目:100m、200m、400

m、110mH、400mH、女子5種目:100m、200m、400m、100mH、400mH)で、レースが成立し、公式記録として発表された決勝進出競技者のスタート反応時間(予選から第2予選、準決勝、決勝までを含む)のデータを用いた。

対象とするスタート反応時間のデータ数は、1999年セビリヤ世界選手権大会(以降、「1999 Seville」)299例、2001年エドモントン世界選手権大会(以降、「2001 Edmonton」)263例、2003年パリ世界選手権大会(以降、「2003 Paris」)275例であった。

2. 統計処理

スタート反応時間の統計処理は、以下の方法で行い、それらより得られた結果を比較した。

1) 上記の過去3回の世界選手権大会における短距離競走10種目のスタート反応時間を全レースおよびラウンド毎(男女を合わせた予選・準決勝・決勝別)にまとめ、平均値と標準偏差を算出した。なお、第1予選および第2予選がある種目については、両者を含めて予選とした。

2) 上記の過去3回の世界選手権大会における短距離競走10種目について、直線競走種目(男子2種目:100m、110mH、女子2種目:100m、100mH)と非直線競走種目(男子3種目:200m、400m、400mH、女子3種目:200m、400m、400mH)に2分類し、そのタイプのスタート反応時間を全レースおよびラウンド毎(男女を合わせた予選・準決勝・決勝別)にまとめ、平均値と標準偏差を算出した。1)と同様に、第1予選および第2予選がある種目については、両者を含めて予選とした。

多群間比較には一元配置分散分析(one way ANOVA)を用い、有意差が認められた場合には、Scheff'e testを用いて検定した。いずれの場合も危険率5%未満を以て有意とした。なお、統計処理はパーソナルコンピュータ用統計処理ソフト「SPSS12.0」を用いた。

III. 結果および考察

1. 短距離競走10種目のスタート反応時間

図1に過去3大会の短距離競走10種目のスタート反応時間を示した。ルール改正後の2003 Parisは改正前の他の2大会に比較して、スタート反応時間が有意に約10ms遅延傾向を示した(2003 Paris $0.172 \pm 0.034\text{sec}$ > 2001 Edmonton $0.163 \pm 0.027\text{sec}$ ・1999 Seville $0.162 \pm 0.036\text{sec}$ 、2003 Paris vs. 1999 Seville: $p < 0.0001$ 、2003 Paris

vs. 2001 Edmonton: $p < 0.01$).

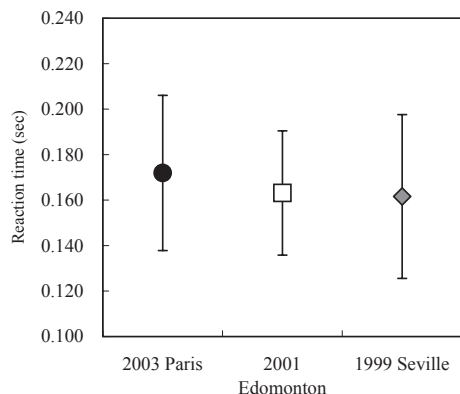


図1 短距離競走10種目のスタート反応時間の比較
: $p < 0.01$, **: $p < 0.0001$

図2に過去3大会の短距離競走種目における予選、準決勝、決勝、すなわち、各ラウンドのスタート反応時間を示した。予選では、2003 Parisのスタート反応時間は2001 Edmontonと1999 Sevilleのそれに比較して遅かったが、有意差は認められなかった(2003 Paris $0.173 \pm 0.033\text{sec}$, 2001 Edmonton $0.172 \pm 0.030\text{sec}$, 1999 Seville $0.165 \pm 0.038\text{sec}$)。準決勝では、2003 Parisのスタート反応時間は2001 Edmontonと1999 Sevilleのそれに比較して、有意に14-17 ms遅延傾向を示した(2003 Paris $0.174 \pm 0.039\text{sec}$ > 2001 Edmonton $0.157 \pm 0.024\text{sec}$ ・1999 Seville $0.160 \pm 0.034\text{sec}$: $p < 0.01$)。また決勝では、2003 Parisのスタート反応時間は2001 Edmontonと1999 Sevilleのそれに比較して、有意に約10ms遅延傾向を示した(2003 Paris $0.168 \pm 0.030\text{sec}$ > 2001 Edmonton $0.158 \pm 0.005\text{sec}$ ・1999 Seville $0.159 \pm 0.038\text{sec}$: $p < 0.05$)。

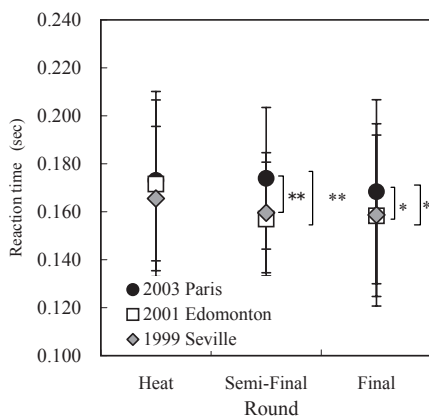


図2 短距離競走10種目の各ラウンドのスタート反応時間の比較 *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$

このように、短距離競走10種目におけるスタート反応時間はルール改正後に総じて遅延傾向を示し、とりわけ、準決勝においてその傾向が顕著であった。

Yokokura S et al (2004)によれば、ルール改正後の2003 Parisのスタート反応時間はルール改正前の2001 Edmonton・1999 Sevilleに比較し、約10 msも遅延傾向を示したことを報告している。この結果は、リレー競走および混成競技を含めた3大会のスタート反応時間の比較検討から得られたものである。しかしながら、本研究では決勝進出者を対象としたが、短距離競走10種目(全体)のスタート反応時間ではYokokura S et alの報告と同程度の遅延傾向を示し、ルール改正によりスタート反応時間は遅延する、とする彼らの報告を支持するかのようである。ルール改正後のスタート反応時間の遅延現象の原因として、Yokokura S et alは正規分布に対する確実度を示す決定係数 R^2 の検討から、次のように報告しているように見て取れる。すなわち、ルール改正後の2003 Parisのスタート反応時間の分布は、予選から決勝までほぼ正規分布を示したのに対して、改正前の2001 Edmontonと1999 Sevilleの予選および決勝などは χ^2 分布を示し、ルール改正後に予測スタートが減少したこと(スタートの発射音の鳴るタイミングを予測してスタートする競技者が減少したこと)を根拠に、ルール改正後のスタート反応時間の遅延現象が観察されたのではないかと結論している。

本研究では、スタート反応時間の分布からの検討はしていない。本研究の対象である決勝進出者、すなわち、世界トップレベルの競技者においても同様な結果が得られるのかは興味・関心が高まるべきところであり、今後、この問題点についての追究も必要であろう。

2. 短距離直線競走種目のスタート反応時間

図3に過去3大会の短距離直線競走種目におけるスタート反応時間を示した。2003 Parisのスタート反応時間は2001 Edmontonと1999 Sevilleのそれに比較して、有意に約10ms遅かった(2003 Paris $0.156 \pm 0.026\text{sec}$ > 2001 Edmonton $0.147 \pm 0.025\text{sec}$ ・1999 Seville $0.147 \pm 0.018\text{sec}$, 2003 Paris vs. 2001 Edmonton: $p < 0.01$, 2003 Paris vs. 1999 Seville: $p < 0.001$)。

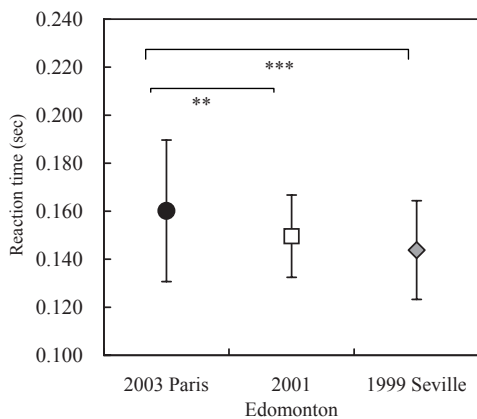


図3 短距離直線競走種目のスタート反応時間の比較 **: $p < 0.01$, ***: $p < 0.001$

図4に過去3大会の短距離直線競走種目における予選、準決勝、決勝のスタート反応時間を示した。予選では、2003 Parisのスタート反応時間は1999 Sevilleのそれよりも有意に10ms以上遅かった(2003 Paris $0.162 \pm 0.033\text{sec}$ > 2001 Edmonton $0.150 \pm 0.023\text{sec}$: $p < 0.05$)。準決勝では、2003 Parisのスタート反応時間は2001 Edmontonと1999 Sevilleのそれに比較して有意に20ms前後遅かった(2003 Paris $0.162 \pm 0.032\text{sec}$ > 2001 Edmonton $0.142 \pm 0.014\text{sec}$ ・1999 Seville $0.138 \pm 0.017\text{sec}$ 、2003 Paris vs. 2001 Edmonton : $p < 0.001$ 、2003 Paris vs. 1999 Seville : $p < 0.0001$)。また、決勝では準決勝と同様に、2003 Parisのスタート反応時間は他の2大会に比較して遅延傾向を示し、2003 Parisは1999 Sevilleのそれよりも約20ms遅かった(2003 Paris $0.155 \pm 0.020\text{sec}$ > 2001 Edmonton $0.138 \pm 0.015\text{sec}$: $p < 0.001$)。

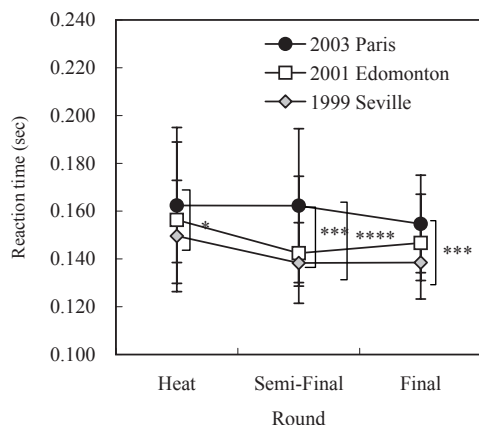


図4 短距離直線競走種目の各ラウンドのスタート反応時間の比較 *: $p < 0.05$, *** $p < 0.001$, ****: $p < 0.0001$

このように、短距離直線競走種目におけるスタート反応時間はルール改正後に総じて遅延する傾向が認められ、特に、準決勝および決勝においてその傾向が顕著であった。

野崎ら(2003b)は、本研究と同様に、短距離直線競走種目のスタート反応時間を検討している。この報告によれば、レベル検出方式による不正スタート発見装置使用のオリンピック大会(1996 Atlanta、2000 Sydney)と変化量方式による不正スタート発見装置使用の世界選手権大会(1999 Seville、2001 Edmonton)との間のスタート反応時間には有意差が認められ、前者のスタート反応時間は後者のそれに比較して、男女ともかなり遅延したという。また、同一装置でもレベル検出方式の場合には、1996 Atlantaと2000 Sydneyの2群間には男女とも有意差が認められたとしている。これに対して、変化量方式の装置使用である世界選手権大会の場合には、2001 Edmontonと1999 Sevilleの2群間には有意差は認められていない。前述の如く、スタートに関わるルール改正は2003年1月である。本研究の対象は決勝進出者であるが、野崎らと同様に、ルール改正前の2001 Edmontonと1999 Sevilleの2群間比較をしたところ、スタート反応時間には有意差は認められず、野崎らの結果と一致する。

伊藤ら(2001)は、世界選手権大会の短距離種目における各ラウンドの記録の比較から、戦術的な検討を行っている。この報告によれば、100mの世界トップレベルの競技者の記録は、予選に比較して準決勝および決勝は有意に速かったという。この結果は、戦術的側面からみると、競技者が予選で自己の力を温存し、その後、ラウンド毎に徐々に記録を短縮し、準決勝あるいは決勝でベストパフォーマンスを発揮するという、計算された、“試合構成(試合運び)”を意味するとしている。有川ら(2002)も、世界選手権大会の決勝進出者を対象に同様な検討を行い、予選の記録が準決勝あるいは決勝のそれより遅いのは戦略的な介入の結果であることを示唆している。

過去3大会におけるラウンド毎のスタート反応時間の推移(図4)をみると、ルール改正前の2001 Edmontonと1999 Sevilleのスタート反応時間は予選に比較して準決勝、決勝で速い傾向が認められた。これに対して、改正後の2003 Parisでは予選と準決勝とに有意差は認められなかったが、決勝は予選と準決勝に比較してスタート反応時間が速い傾向が認められた。準決勝あるいは決勝におけるベストパ

パフォーマンス発揮のための戦略的介入がスタート反応時間においても反映されるか否かについては、今後、詳細に各ラウンドの記録とスタート反応時間との関係の検討を待つ必要がある。

今回、ルール改正前後の短距離直線競走種目におけるスタート反応時間の比較検討によって、各ラウンドともルール改正によるそれへの影響が示唆され、とりわけ、準決勝および決勝ではその影響は大きく、20ms もの遅延が認められた。先の Yokokura S et al (2004) の指摘にもあるように、ルール改正後における予測スタートの減少は、ルール改正による心理的影響を意味するものであると考えられる。「不正スタートは1回のみとし、その後に不正スタートした競技者はすべて失格とする」このルール改正は、100m (100mH、110mH を含む) のような距離の短い直線競走においては、とりわけ、その改正による心理的負担は少なからず大きいものであると推測され、恐らく、これがスタート反応時間の遅延現象に反映されたものと考えられる。

3. 短距離非直線競走種目のスタート反応時間

図5に過去3大会の短距離非直線競走種目におけるスタート反応時間を示した。2003 Paris のスタート反応時間は、他の2大会に比較して遅延傾向を示したが、有意差は認められなかった (2003 Paris $0.180 \pm 0.035\text{sec}$ 、2001 Edmonton $0.173 \pm 0.029\text{sec}$ 、1999 Seville $0.175 \pm 0.041\text{sec}$)。

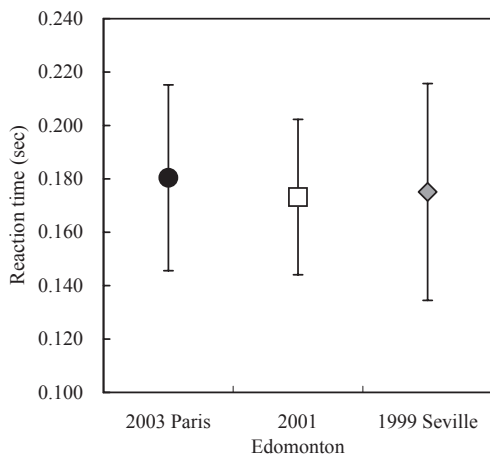


図5 短距離非直線競走種目のスタート反応時間の比較

図6に過去3大会の短距離非直線競走種目における予選、準決勝、決勝のスタート反応時間を示した。2003 Paris の予選 (2003 Paris $0.181 \pm 0.032\text{sec}$ 、2001 Edmonton $0.185 \pm 0.031\text{sec}$ 、1999 Seville

$0.185 \pm 0.031\text{sec}$)、準決勝 (2003 Paris $0.182 \pm 0.041\text{sec}$ 、2001 Edmonton $0.167 \pm 0.024\text{sec}$ 、1999 Seville $0.174 \pm 0.035\text{sec}$) および決勝 (2003 Paris $0.178 \pm 0.032\text{sec}$ 、2001 Edmonton $0.166 \pm 0.027\text{sec}$ 、1999 Seville $0.172 \pm 0.042\text{sec}$) のスタート反応時間は2001 Edmonton と1999 Seville のそれに比較して遅延する傾向が認められたが、有意差は認められなかった。

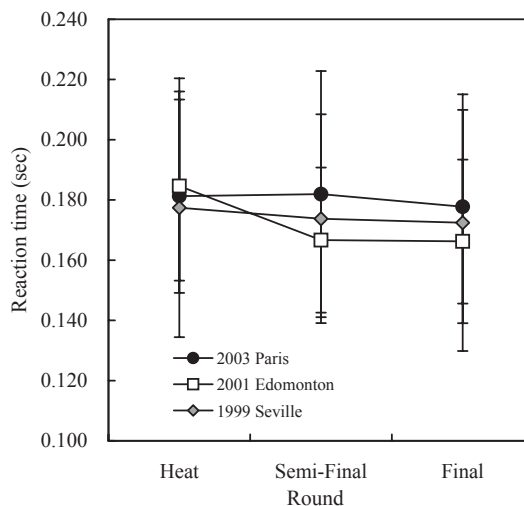


図6 短距離非直線競走種目の各ラウンドのスタート反応時間の比較

不正スタートに関わるルール改正は、前述したように短距離直線競走種目においてはその影響が大きいことが示唆された。しかしながら、短距離直線競走種目の2~4倍長い走行距離の200m および400m (400mH 含む) の非直線競走種目においては、遅延傾向を示したが、その影響は直線競走種目に比して少ないことが窺われた。

IV. まとめ

本研究では、不正スタート失格規定のルール改正前後の世界選手権大会における短距離競走10種目の決勝進出者のスタート反応時間を縦断的に検討するとともに、短距離競走10種目を直線および非直線競走種目に2分類し、ルール改正が世界トップレベルの競技者のスタート反応時間に及ぼす影響を検討した結果、次のような知見を得た。

1. 短距離競走10種目 (全体) のスタート反応時間は、ルール改正後に有意に約10ms も遅延傾向を示した。また、各ラウンドのスタート反応時間は予選では有意差は認められなかったが、準決勝および決勝においては、有意に遅延 (準決勝:14-17 ms、

決勝：10ms) し、ルール改正への影響は予選に比し、準決勝および決勝の方が大きいことが示唆された。

2. 短距離直線競走種目のスタート反応時間は、ルール改正後に有意に約10msも遅延傾向を示した。また、各ラウンドのスタート反応時間は、ルール改正後は予選では有意に10ms以上、準決勝および決勝では有意に約20msも遅延し、ルール改正への影響は予選に比して準決勝および決勝の方が大きいことが示唆された。

3. 短距離非直線競走種目のスタート反応時間は、ルール改正後に全体および各ラウンドにおいても遅延傾向を示したが、有意差は認められなかった。

4. 不正スタートに関わるルール改正は、短距離非直線競走種目に比較して、直線競走種目においてその影響が大きいことが示唆された。

短距離競走10種目および直線競走種目とその各ラウンドにおけるスタート反応時間は、総じて、ルール改正後に遅延傾向が認められ、不正スタートに関わるルール改正による影響が示唆された。また、不正スタートに関わるルール改正による影響は非直線競走種目に比して、直線競走種目の方が大きいことが窺われたが、今後、明確な結果・結論を得るには、継続研究によりこの問題点をさらに追究する必要がある。

参考文献

- 有川秀之、原田康弘、高野進、川本和久 (2002) 第8回世界選手権大会における短距離種目の分析的研究, 陸上競技紀要第15巻, 75-86.
- IAAF (2004) IAAF Handbook 2003-2004.
- 伊藤宏、安田睦 (2001) 100mと400mトップスプリンターの試合構成(試合運び)における実力発揮に関する研究, 陸上競技紀要第14巻, 62-71.
- 日本陸上競技連盟 (2004) 陸上競技ルールブック 2004年度版、あい出版.
- 野崎忠信、金子敬二、横倉三郎 (1993) 陸上競技における不正出発発見装置の問題点、明星大学研究紀要(情報学部)第1号、83-87.
- 野崎忠信、横倉三郎、梶原洋子、伊東浩司 (2002a) 短距離競走種目によるスタート反応時間の考察(その2), 日本体育学会 第53回大会号, 094共A30202, p.516.
- 野崎忠信、横倉三郎、梶原洋子 (2002b) 不正スタート発見装置におけるスタート反応時間の比較ーシドニーオリンピック大会とエドモントン世界選手権大会からー, 陸上競技紀要 第15巻, 39-47.
- Nozaki T, YOKOKURA S, KAJIWARA Y, KIMURA K, TACANO M. (2003) Difference of start reaction time between two false start apparatuses, The Fourth ICHPER. SD Congress proceedings, 246-250.
- 野崎忠信、横倉三郎、梶原洋子 (2003a) アトランタ・シドニーオリンピック大会とセビリア・エドモントン世界選手権大会におけるスタート反応時間の比較, 陸上競技紀要 第16巻, 31-37.
- 野崎忠信、横倉三郎、梶原洋子、伊東浩司 (2003b) 短距離直走路種目によるスタート反応時間の考察, 日本体育学会第54回大会号, 098D20305, p. 542.
- 横倉三郎、鈴木昇、野崎 忠信、金子敬二、藤井新兵衛 (1996) 陸上競技用不正出発発見装置の開発、明星大学研究紀要(情報学部)第4号、49-158.
- YOKOKURA S, SUZUKI N, NOZAKI T, KANEKO K (1998) False start detection system for track and field using comb filter and delay time, Bulletin of Meisei University College of Informatics No.6.
- 横倉三郎、高根輝夫 (1998a) 動作判定装置および動作判定方法、特許第2759769号.
- 横倉三郎、鈴木昇、野崎 忠信、金子敬二 (1998b) 動作判定装置、特許第2838769号.
- 横倉三郎、野崎忠信、鈴木昇 (1999) オートリコール機能を用いた不正スタート発見装置の有効性、明星大学研究紀要(情報学部)第7号、55-65.
- 横倉三郎、野崎忠信 (2000a) オートリコール機能を備えた不正スタート発見装置: 陸上競技研究、第40号, No.1, 28-34.
- 横倉三郎 (2000b) 陸上競技用スタート動作検出方式、計測自動制御学会論文集、VoL36、No.2、159-164.
- 横倉三郎、野崎忠信、梶原洋子、小野伸一郎 (2001a) Difference of start reaction time between two false start apparatuses、第2回陸上競技の医科学・コーチング国際会議、p.167.
- 横倉三郎、野崎忠信、梶原洋子 (2001b) 不正スタート発見装置におけるスタート反応時間について、陸上競技紀要 第14巻, 39-45.
- YOKOKURA S, KAJIWARA Y, HIRASHITA M, TACANO M, ITO K (2004) Effect of new false start

rule on start reaction time, pre-Olympic
congress proceedings, 131-132.

中高年齢女性の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変化

田中秀一¹⁾ 印牧司人²⁾

1) 福井大学教育地域科学部 2) 福井県足羽郡美山中学校

Changes in peak velocity, step frequency and step length at full speed phase during a 100-m race with aging in middle-aged and elderly female runners.

Shuichi TANAKA¹⁾ Morito KANEMAKI²⁾

1) Faculty of Education and Regional Studies, Fukui University

2) Miyama Junior High School, Asuwa-gun, Fukui Prefecture

Abstract

The present study examined the changes in peak velocity (fastest 10-m section), step frequency and step length at full speed phase during a 100-m race with aging. The subjects were 70 (included 2 Korean runners) middle-aged and elderly female master and recreational runners who aged from 35 to 80 years. They were classified into 8 (W35:35-39 yr, W40:40-44 yr, W45:45-49 yr, W50:50-54 yr, W55:55-59 yr, W60:60-64 yr, W65:65-69 yr and W70+:over 70 yr) classes. The video records (60 fields/sec) were carried out at the 4 points (30m, 40m, 50m and 60m from the start line) during a 100-m race.

The results were as follows :

- 1) The peak velocity decreased significantly with aging and the peak velocity correlated negatively and significantly with 100-m running time.
- 2) Although the step frequency during running at peak velocity did not change, the step length decreased significantly with aging.
- 3) Although the peak velocity was correlated positively and significantly with the step length, the step frequency was not correlated.
- 4) The step time did not change with aging however the contact time increased significantly and the flight time decreased significantly with aging.

The results of this study indicated that the peak velocity at full speed phase during a 100-m race decreases with aging in middle-aged and elderly female runners. The cause of declined the peak velocity due to the decreased step length not the step frequency.

I. はじめに

加齢が進行するにしたがって男性と女性ともに、運動パフォーマンスが低下することはよく知られている。短距離走は、接地局面中に爆発的な力を発生させる伸張-短縮の繰り返しが、神経筋系の能力に大きく依存する複雑な全身運動の形を表す(Meroら, 1981; MeroとKomi, 1986)。中高年齢者

を対象にした短距離走に関する研究はいくつか報告(Moore, 1975; 有川, 1992; Hamilton, 1993; Korhonenら, 2003; 田中と印牧, 2004)されており、短距離走パフォーマンスも加齢とともに低下することが明らかにされている。

記録と年齢の関係についてMoore(1975)は、例えば200 m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。マスターズ競技者の100 m走を分析した有川 (1992) は、100 m走の平均歩数頻度と平均歩幅は加齢とともに減少したが、平均歩幅の減少が顕著であったと報告している。Hamilton(1993) は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ると報告した。さらに、女性は男性よりも20歳遅く60歳で、歩幅と最高速度が急激に低下したことを明らかにした。エリートの男女マスターズ競技者を対象にしたKorhonenら(2003)と、日本記録(M60)保持者を含む中高年齢男性を対象にした田中と印牧(2004)は、いずれも100 m走における中間疾走局面の最高速度は加齢とともに低下したと報告した。そして疾走速度を決定する歩数頻度と歩幅は、加齢にともない歩幅は減少したが、歩数頻度はほとんど変化しなかったことも明らかにした。

本研究は、マスターズ選手を含むスポーツを愛好している中高年齢女性を対象にして、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変化を明らかにすることにより、短距離走パフォーマンス低下を防ぐとともに、記録の維持に役立つ知見を得ようとした。

II. 方法

1. 対象

対象にしたのは、2003年に開催された福井マスターズ陸上競技選手権大会と福井県スポーツ・レクリエーション祭マスターズ陸上競技の100 m走に出場した16名に、2004年に開催された福井マスターズ陸上競技選手権大会と第17回全国スポーツ・レクリエーション祭マスターズ陸上競技の100 m走に出場した54名(韓国人選手2名を含む)を加えた、合計70名の女性選手であった。同一選手が複数の競技会に参加している場合は、公式に発表された最も良い記録を出したレースを分析資料にした。

参加年齢規定が、マスターズ陸上競技選手権大会(大会当日の満年齢)とスポーツ・レクリエーション祭(4月1日の満年齢)で異なるために、出場選手の年齢は分析資料に用いた競技会の年齢規定に基づく年齢とした。選手の年齢を日本マスターズ陸上競技連合の年齢区分にしたがって、5歳毎に35~39歳をW35、40~44歳をW40のごとく、W45、W50、W55、W60、W65およびW70+の8クラスに分けた。表1に各クラスの数、年齢、身長および100 m走記録の平均値±SDを示した。

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

Class	N	Age (yr)	Height (m)	100m Record (sec)
W35 (35-39 yr)	7	36.7±1.3	1.61±0.05	15.27±1.31
W40 (40-44 yr)	18	41.8±1.6	1.61±0.05	14.96±0.81
W45 (45-49 yr)	12	47.3±1.1	1.59±0.04	15.46±1.10
W50 (50-54 yr)	9	53.0±1.1	1.59±0.05	15.90±0.87
W55 (55-59 yr)	8	57.3±1.4	1.54±0.04	16.94±0.78
W60 (60-64 yr)	5	61.8±1.3	1.57±0.05	17.17±0.91
W65 (65-69 yr)	9	66.6±1.6	1.51±0.04	18.15±1.70
W70+(70-80 yr)	2	75.0±5.0	1.47±0.06	21.74±2.30

2. VTR撮影

通過タイムを計測するために、30 m、40 m、50 mおよび60 m地点の走路内側の縁石と8レーンの外側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(60フィールド/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. 算出されたデータ

録画したビデオテープをパソコンに取り込み60フィールド/秒(Dual Stream; ディケイエイチ)で再生して、各10 m区間の所要時間とその区間における4歩に要した時間、および4歩の接地時間を読み取った。これらの時間を用いて下記に示したデータ①~⑦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。

- ①各区間の疾走速度(m/sec) = 10 m ÷ 10 m区間の所要時間
- ②歩数(歩/10 m) = 10 m区間の所要時間 ÷ 4歩に要した時間 × 4歩
- ③歩数頻度(歩/sec) = 歩数 ÷ 10 m区間の所要時間
- ④歩幅(m/歩) = 10 m ÷ 歩数
- ⑤歩数指数 = 歩数 × (身長/g)^{1/2}
- ⑥歩幅指数 = 歩幅 ÷ 身長
- ⑦滞空時間(sec) = 1歩時間 - 接地時間
- ⑧100 m走平均速度(m/sec) = 100 m ÷ 100 m公式記録

III. 結果

100 m走記録(表1)は、15.27 ± 1.31sec(W

35) と 14.96 ± 0.81 sec (W 40) から 21.74 ± 2.30 sec (W 70+) であり、100 m 走平均速度として表すと、 6.60 ± 1.28 m/sec (W 35) と 6.70 ± 0.35 m/sec (W 40) から 4.65 ± 0.49 m/sec (W 70+) の範囲に及んだ。100 m 走記録と平均速度の最高は 13.61sec と 8.45 m/sec (W 35)、最低は 24.04sec と 4.65 m/sec (W 70+) であった。年齢と 100 m 走平均速度の関係 (図 1) は、負の相関関係 ($p < 0.01$) があり加齢とともに低下した。年齢と最高速度の関係 (図 2) も、100 m 走平均速度の低下傾向と同様に低下 ($p < 0.01$) して、その低下率の平均は 10 年間あたり 7.2% であった。最高速度と 100 m 走記録の関係 (図 3) は、最高速度が高いほど 100m 走記録は速くなった ($p < 0.01$)。

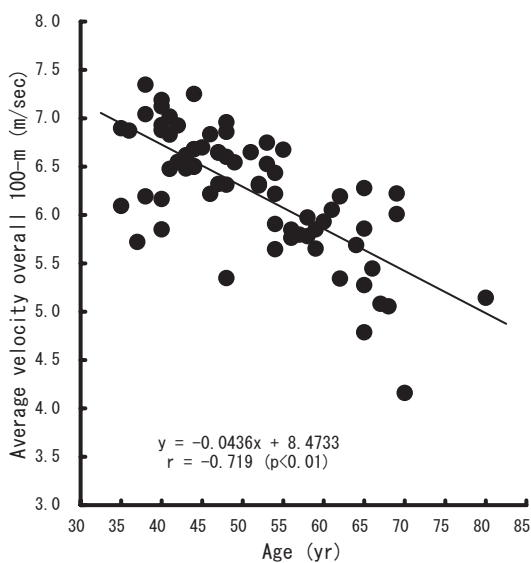


Fig.1 Relationship between age and average velocity overall 100-m.

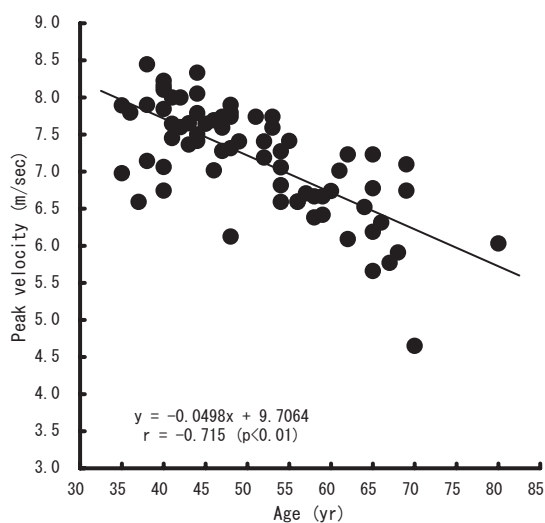


Fig.2 Relationship between age and peak velocity (fastest 10-m section).

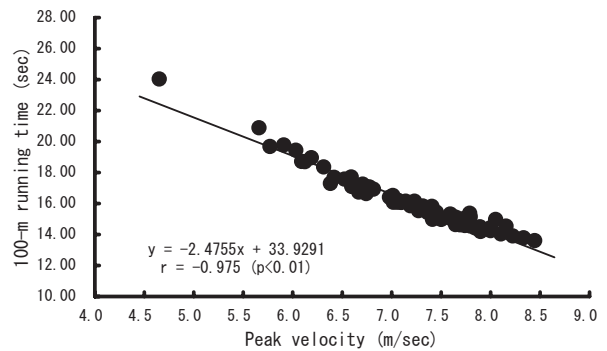


Fig.3 Relationship between peak velocity and 100-m running time.

年齢と歩数頻度 (A) および歩幅 (B) の関係 (図 4) は、年齢と歩数頻度に相関関係はなかったが、年齢と歩幅には負の相関関係 ($p < 0.01$) があり、 2.04 m/歩 (W 35) から 1.12 m/歩 (W 70+) に減少して、その減少率の平均は 10 年間あたり 8.1% であった。最高速度と歩数頻度 (A) および歩幅 (B) の関係 (図 5) は、最高速度と歩数頻度に相関関係はなかったが、最高速度と歩幅には正の相関関係 ($p < 0.01$) があり、最高速度が高いほど歩幅も大きかった。年齢と歩数指数 (A) および歩幅指数 (B) の関係 (図 6) は、年齢と歩数指数に相関関係はなかったが、年齢と歩幅指数には負の相関関係 ($p < 0.01$) があり、 1.22 (W 35) から 0.80 (W 70+) に減少して、その減少率の平均は 10 年間あたり 5.7% であった。

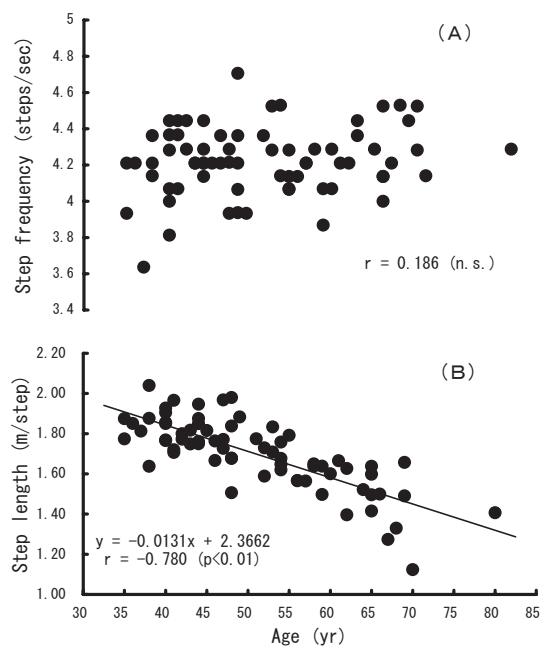


Fig.4 Relationships between age and step frequency (A) and step length (B).

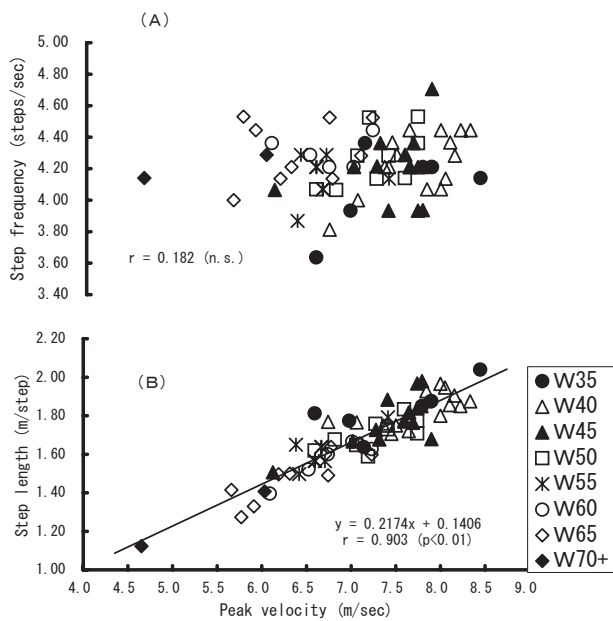


Fig. 5 Relationships between peak velocity and step frequency (A) and step length (B).

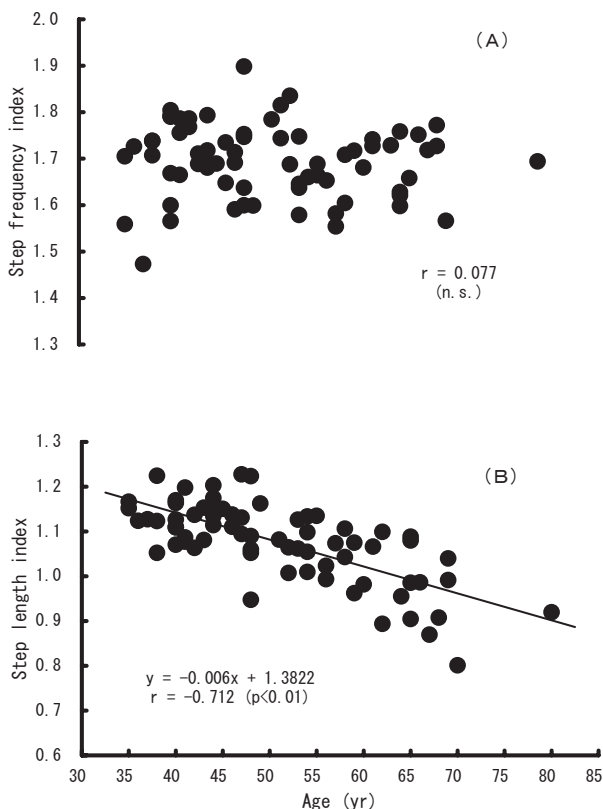


Fig. 6 Relationships between age and step frequency index (A) and step length index (B).

1歩に要する時間である1歩時間は、足が地面に接している接地時間と身体が空中にある滞空時間に

分けられる。図7は年齢と1歩時間、接地時間および滞空時間の関係 (A) を、年齢と接地時間比 (接地時間 / 1歩時間) および滞空時間比 (滞空時間 / 1歩時間) の関係 (B) をそれぞれ示している。年齢と1歩時間に相関関係はなかったが、年齢と接地時間および滞空時間には正と負の相関関係 ($p < 0.01$) がそれぞれあった。すなわち、加齢にともない1歩に要する時間は変化しないが、接地時間は増加して滞空時間は減少した。この傾向は、1歩時間に対するそれぞれの比率 (%) で表すと、W 35歳では接地時間比と滞空時間比がほぼ50%ずつであったのが、W 70+ではそれぞれ58%と42%になりいっそう明確になった。

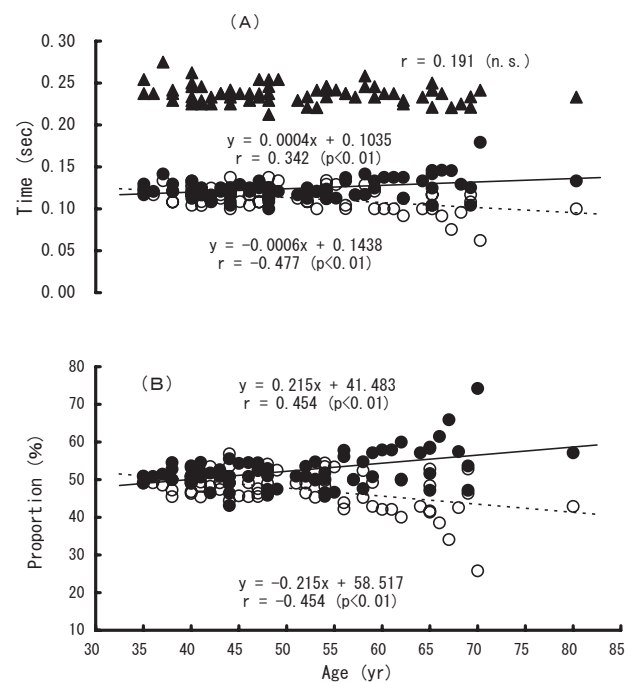


Fig. 7 Relationships between age and step time (▲), contact time (●) and flight time (○) (A). Relationships between age and contact time ratio (●) and flight time ratio (○) (B).

IV. 考察

加齢にともない中高年齢女性の100 m走平均速度 (図1) は低下して、中間疾走局面における最高速度 (図2) も同様に低下した。100 m走は通常、加速局面、最高速度局面および速度遞減局面の3つに大きく分割される。最高速度と100 m走記録には高い正の相関関係があり、100 m走記録を向上させるためには最高速度を高めることが重要であると、一流短距離選手 (阿江, 1991; 阿江ら, 1994; 小林,

2001; 太田と有川, 1998)、小学5・6年生の男女児童(加藤ら, 2002)および中高年齢男性(田中と印牧, 2004)についての結果から明らかにされている。同様なことが、中高年齢女性(図3)についても確かめられた。最高速度が加齢にともなって10年間あたりに低下する率の平均が7.2%であったのは、女性(35歳~89歳)について6.0%(Korhonenら, 2003)と、男性(38歳~77歳)について6.4%(田中と印牧, 2004)よりもやや大きく、男性と女性(30歳~90+歳)を含めた9%(Hamilton, 1993)よりも小さかった。

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、加齢にともない最高速度が低下した(図2)ことは、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。歩数頻度と年齢の関係については、歩数頻度は経年的に増加しない(宮丸, 2002; 斉藤と伊藤, 1995)とされている。しかし、これらの報告は幼児から成人まで、または一流選手までという比較的若い年齢についてである。Hamilton(1993)は100m走と200m走、Korhonenら(2003)は100m走について、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歳まで著しく変化しなかった。田中と印牧(2004)も中高年齢男性の100m走について、同様な結果を報告している。本研究の結果も歩数頻度(図4-A)と歩数指数(図6-A)は加齢にともなう変化がなく、最高速度との相関関係(図5-A)もなかった。加齢とともに筋力・柔軟性などが低下する傾向は著しいが、神経・感覚などの機能の低下は穏やかである(小村, 1990)ことから、歩数頻度は加齢の影響をさほど受けないために変化がなかったと考えられる。しかし、歩数頻度と歩幅は密接に関係していることから、中高年齢者の歩数頻度が加齢にともなって変化しなかったことは、加齢とともに減少した歩幅の影響を受けているのかもしれない。

1歩あたりの歩幅は、その距離を移動するのに要した時間であり、滞空時間と同じである。歩幅を大きくする、換言すると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り、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。大腿部の筋横断面積を20歳代から80歳代の男女について測定し

た久野ら(1998)は、加齢にともない大腿部の筋量が屈筋群と伸筋群ともに減少したものの、伸筋群に比べて屈筋群は加齢による影響を受けにくいことを、さらに大腰筋横断面積の20歳代を基準とした低下率が、女性は男性よりも大きい傾向である(久野ら, 1997)とも報告している。加齢にともなう筋量の減少と筋力の低下は、速筋線維の選択的な萎縮と総筋線維数の減少によるもの(Frischknecht, 1998; 久野ら, 1998, 2003; Lexellら, 1988; Narici, 1999)とされている。

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。これらのことから、加齢にともなう大腿部筋量の減少によって、発揮される筋力が低下して地面に加える力が低下したことと、着地時に加わる垂直方向への力を支える力も減少したために、年齢と歩幅に負の相関関係(図4-B)があり、最高速度と歩幅に正の相関関係(図5-B)があったのであろう。Kuitunenら(2002)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が、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。ChellyとDenis(2001)は40mまでの高い疾走速度のために、Bretら(2002)は平均年齢 22.3 ± 3.9 歳の男性短距離走者(10.72~12.87sec)について中間疾走局面の疾走速度に、いずれも脚スティフネスが大きな役割を果たしたと報告している。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とDeVita, 2000)。HortobagyiとDeVita(2000)は高さが身長 20% (0.328m)に設定された台からの片脚降りにおいて、高年齢女性(60~80歳)は若年女性(18~25歳)よりも脚を伸展した接地を行い脚スティフネスが高かったことは、高年齢者の衰えた神経-筋機能の代償作用であるとしている。台から1回の片脚降りの結果を疾走に適用できない、また本研究では疾走フォームを検討していないが、疾走中に脚を伸ばして接地していたとしても、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、転倒を避けたりす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) と考えられる。

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。加齢にともなう歩幅指数の減少 (図 6 - B) は、斉藤と伊藤 (1995) が示唆していることとは逆に、中高年齢女性における脚筋力や脚筋パワーの機能的な低下が、W 35 ではすでに開始しているのを示しているのではないかと考えられる。歩幅の加齢にともなう 10 年間あたりの減少率の平均 8.1% は、Hamilton (1993) の 6% と Korhonen ら (2003) の女性 5.2% と男性 5.0% よりも大きかった。また、歩幅指数の 10 年間あたりの減少率の平均 5.7% は、Korhonen ら (2003) の女性 4.9% と男性 4.1% よりも大きかった。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 (図 6 - A) ことと関連しているのであろう。

疾走速度の高いランナーは短い接地時間で大きな力を作動させていたのに対して、疾走速度の低いランナーは長い接地時間で少ない力を作動させていたと報告 (Weyand ら, 2000) されている。接地時間を短縮させるには、速筋線維の動員が必要である (Korhonen ら, 2003)。滞空時間は走者の離地時の垂直方向へ発揮された力と、水平方向へ発揮された力の合力によって決定される。加齢にともない 1 歩時間は変化しなかったが、接地時間が増加して滞空時間は減少 (図 7 - A) した。また 1 歩時間に対する接地時間比のほぼ 50% から 58% への増加と、滞空時間比のほぼ 50% から 42% への減少 (図 7 - B) は、女性について Korhonen ら (2003) が報告した最高速度 8.9 m/sec (35 - 39 歳) での接地時間比平均 46% が、最高速度 5.3 m/sec (80 - 87 歳) での平均 71% に増加した傾向と同じであった。このような接地時間比の増加は、前述したごとく速筋線維の選択的な萎縮のために筋力が低下しており、相対的に長い時間をかけて垂直方向と水平方向への力を発揮したことによって生じたと考えられる。

以上のことから、加齢にともなう最高速度の低下に歩数頻度は主要な役割を果たさず、歩幅の減少が決定的な役割を果たしていることが明確に示された。このことは、マスターズ競技者 (Hamilton, 1993; Korhonen ら, 2003) と中高年齢男性 (田中

と印牧, 2004) について、最高速度が加齢にともない低下する原因は歩幅が減少するためであるという報告と一致する。中高年齢者にも筋力トレーニングによって、筋肥大とともに動員される運動単位数が増加して筋力の増大が起こる (Frischknecht, 1998; 久野ら, 2003)。このことから、加齢が進行しても疾走速度を維持するためには、大腿部と骨盤の動きに関与する体幹深部の筋群 (小林, 2001; 久野ら, 2001) の筋力を維持させるとともに、筋機能を疾走速度として発揮するための合理的な脚の動作、例えば、ももを高く上げることよりも高い速度で脚全体を振り下ろす動作、膝関節の伸展を少なくしてキックを行う動作など (伊藤ら, 1998) の修得を心がける必要がある。

V. まとめ

本報告は、35 歳から 80 歳の中高年齢女性 70 名を対象にして、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変化を検討した。

その結果は以下の通りである。

- 1) 最高速度は加齢とともに有意に減少して、100 m 走記録と有意な負の相関関係があった。
- 2) 年齢と歩幅および歩幅指数は負の相関関係があったが、歩数頻度および歩数指数は加齢にともなう変化はなかった。
- 3) 最高速度と歩幅は有意な正の相関関係があったが、歩数頻度とは有意な相関関係はなかった。
- 4) 加齢とともに 1 歩時間は変化しなかったが、接地時間は有意に増加して滞空時間は有意に減少した。

以上のことから、中高年齢女性の 100 m 走中間疾走局面における最高速度は加齢にともない低下するが、その原因は歩数頻度ではなく歩幅が減少するためであると結論づける。

【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)、南後千秋会長と酒井泉事務局長 (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100 m レースパターンの分析—男子を中心に—。日本陸上競技連盟強化本部バイオメカニクス研究班編 世界一流陸上競技者の技術。ベースボールマガジン社、東京 : PP. 14 - 28.
- 有川秀之 (1992) マスターズ陸上競技会 100 m 走の分析。埼玉大学紀要体育学編 25 : 1 - 11.
- Bret C, Rahmani A, Dufour A.-B, Messonnier L. and Lacour J.-R. (2002) Leg strength and stiffness as ability factors in 100 m sprint running. *J. Sports Med. Phys. Fitness*, 42 : 274 - 281.
- Bus S.A. (2003) Ground reaction forces and kinematics in distance running in older-aged men. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 35 : 1167 - 1175.
- Chelly S.M. and Denis C. (2001) Leg power and hopping stiffness : relationship with sprint running performance. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 33 : 326 - 333.
- 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 Suppl. : 9 - 16.
- Hamilton, N. (1993) Changes in sprint stride kinematics with age in master's athletes. *J. Appl. Biomech.* 9 : 15 - 26.
- Hortobágyi 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) 100 m 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、東京。
- 小村 堯 (1990) 鍛錬中高年者の有酸素的能力などに関する15年後の状況。広島体育学研究 16 : 33 - 39.
- 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 Kyrolainen H. (2002) Knee and ankle joint stiffness in sprint running. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 34 : 166 - 173.
- 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？デサントスポーツ科学 19 : 175 - 182.
- 久野譜也、金 俊東、衣笠竜太 (2001) 体幹深部筋である大腰筋と疾走能力との関係。体育の科学 51 : 428 - 432.
- 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 Suppl. : 17 - 30.
- Lexell J., Taylor C.C. and Sjostrom M. (1988) What is the cause of the ageing atrophy? Total number, size and proportion of different fiber types studied in whole vastus lateralis muscle from 15- to 83-year-old men. *J. Neurol. Sci.*, 84 : 275 - 294.
- 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 submaximal, maximal and supramaximal running speeds in sprinters. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 55 : 553 - 561.
- 宮丸凱史 (2002) 疾走能力の発達 : 走り始めから成

人まで. 体育学研究 47 : 607 - 614.

Moore D.H. (1975) A study of age group track and field records to relate age and running speed. *Nature*, 253 : 264 - 265.

Narici M.V. (1999) Effect of ageing on muscle contractile properties. In: *Advances in Rehabilitation - Physical activity in the elderly -*. Capodaglio P. and Narici M.V. (Eds.) Maugeri Foundation Books, Pavia : 61 - 67.

太田 涼、有川秀之 (1998) 日本女子一流選手の 100 m 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 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変化. *陸上競技紀要* 17 : 12 - 19.

Weyand P.G., Sternlight D.B., Bellizzi M.J. 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.

世界と日本の一流男子 800 m 選手のレースパターンの比較

榎本靖士¹⁾ 阿江通良²⁾ 森丘保典³⁾ 杉田正明⁴⁾ 松尾彰文⁵⁾

- 1) 京都教育大学教育学部 2) 筑波大学体育科学系 3) 日本体育協会スポーツ科学研究室
4) 三重大学教育学部 5) 国立スポーツ科学センター

Comparison of the race pattern for the world's and Japanese elite 800 m runners

Yasushi Enomoto¹⁾ Michiyoshi Ae²⁾ Yasunori Morioka³⁾ Masaaki Sugita⁴⁾
Akifumi Matsuo⁵⁾

- 1) Faculty of Education, Kyoto University of Education
2) Institute of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba
3) Sports Science Lab., Japan Amateur Sports Association
4) Faculty of Education, Mie University
5) Japan Institute of Sports Science

Abstract

The purpose of this study was to identify the difference in race patterns between the world's and Japanese elite 800 m runner and to construct a race model for improvement of the race pattern and the performance for Japanese runners. The 800 m races in the international and national level competitions, which include 3rd IAAF World Championships in Athletics Tokyo '91 and Olympic Games in Atlanta '96, were videotaped by two or four VTR cameras. The subjects were seventeen world's elite runners and nineteen Japanese elite runners. Mean running speed, step frequency and step length in each 100 m phase was calculated by the time counting analysis of the VTR images. The results were as follows, 1) the running speed of the world's elite runner was greater than that of the Japanese runner in the 0-120 m and the 500-600 m phase. 2) The running speed through the 800 m race was influenced not by step frequency but step length. 3) There was no great difference in the running speed of the 700-800 m phase between the world's and Japanese elite runner. 4) The subjects were classified into three types, which were the types of speed increase, decrease and maintenance in the last spurt. 5) A model of the race pattern was constructed by averaging the running speeds of the elite runners. These results were suggested that it is useful for the Japanese runner to increase in running speed in the first 120 m and the second half of middle stage and to improve the race pattern as compared with the model in order to improve the 800 m race performance.

I. 緒言

男子 800 m の世界記録は W. キプケテル選手 (デンマーク) が 1997 年に樹立した 1 分 41 秒 11, 日本記録は小野友誠選手 (法政大) が 1994 年に樹立した 1 分 46 秒 18 であり, その差は約 5 秒と大きく, 日本記録は 10 年以上も更新されていない. 世界選手権大会 (以降, 世界陸上) には小野選手が 1995

年イェテボリ大会に出場して以来, 誰も出場していない. 2005 年夏に開催されるヘルシンキ世界陸上の男子 800 m の参加標準記録は A で 1 分 45 秒 40, B で 1 分 46 秒 60 であることを考えると, 男子 800 m 選手にとって日本記録を更新することが 1 つの大きな目標となるであろう. 女子 800 m では杉森美保選手 (京セラ) が日本記録を大きく更新し, アテネオリンピックに出場しており, 日本人選手も 800 m

において国際大会で活躍できる可能性があることを示した。男子 800 m の記録向上は日本陸上界において極めて重要な課題であると言えよう。

800 m において 100 m ごとの平均スピード、平均ピッチおよび平均ストライドのデータは 1991 年東京世界選手権以来、日本陸連科学委員会の活動によって多く蓄積されている。杉田ら(1994, 1995)は、1991 年東京世界陸上や 1994 年広島アジア大会の男子 800 m 決勝におけるレースパターンの分析から、上位入賞者はラストスパートにおいてピッチを増大し、スピードを増大あるいは維持していることを明らかにし、ラストスパートにおけるピッチ増大の重要性を指摘している。しかし、記録向上のためにはラストスパートばかりでなくレース全体にわたって日本人選手の課題を明らかにする必要があると考えられるが、これまで 800 m レース記録とレースパターンの関係に言及した研究はみあたらない。阿江ら(1994)は、男子 100 m におけるレースパターンの分析を行い、一流選手の疾走スピード、ピッチとストライドの変化について検討し、長い加速局面と最高疾走速度の維持など日本人選手が 100 m において好記録を出すための示唆を引き出している。800 m においても世界と日本一流選手のレースパターンの比較から日本一流選手のレースパターンの課題を明らかにすることは 800 m の記録向上に役立つであろう。また、短距離走種目では多くのレースパターンモデルが提示されているが、800 m ではモデルとなるレースパターンが示されていない。

本研究では、男子 800m レースにおけるスピードとピッチおよびストライドを分析し、世界一流選手と日本一流選手のレースパターンを比較することで日本一流選手のレースパターンの課題を検討することと、一流選手のレースパターンモデルを構築することを目的とする。

II. 方法

分析したレースは、1991 年東京世界陸上、1994 年広島アジア大会、1996 年アトランタオリンピック、および 1994 年・2003 年・2004 年日本選手権における男子 800 m 決勝と 1996, 2002 年スーパー陸上、2002, 2003 年ミドルディスタンスチャレンジ男子 800 m で、これらのレースにおいて自己記録あるいは自己記録に近い記録であった世界および日本一流選手を分析対象とした。

分析対象者は、世界一流選手群 (W 群) が 17 名、日本一流選手群 (J 群) が 19 名であった。レース

記録の平均値と標準偏差 (最小値-最大値) は、W 群において 1 分 44 秒 39 ± 1 秒 46 (1 分 42 秒 17 - 1 分 46 秒 69)、J 群において 1 分 48 秒 73 ± 1 秒 07 (1 分 46 秒 72 - 1 分 50 秒 47) であった。

レースを 2 ~ 4 台のビデオカメラでスタートの閃光を映した後、選手を追従撮影し、選手が 120 m 地点、200 m ~ 700 m までの 100 m ごとの地点を通過した時間をビデオ画像から読み取った (最初の 120 m はセパレートレーンを走るため、ブレイクラインの通過で読み取った)。各地点の通過タイムから各 100 m 区間 (ただし最初は 120 m, 次は 80 m とした) に要した時間を算出し、区間タイムと区間平均スピードを算出した。またビデオ画像から各区間において 10 歩に要した時間を読み取り、1 歩の平均時間の逆数を平均ピッチとして算出した。平均スピードを平均ピッチで割ることで各区間の平均ストライドを算出した。以降、これらを単にスピード、ピッチ、ストライドと言う。

W 群と J 群の差を検定するために t 検定を行なった。レース記録とスピード、ピッチおよびストライドとの関係を検討するため、レース記録からレース平均スピード (RV) を算出し、RV と区間スピード、ピッチおよびストライドとの相関係数を算出した。いずれも有意水準は 5%、1% 以下とした。

なお、本研究は日本陸連科学委員会の活動の一部により行われたものである。

III. 結果と考察

1. 世界一流選手と日本一流選手におけるスピード、ピッチおよびストライドの比較

レース記録は世界一流選手と日本一流選手の間に大きな差があり、レース平均スピードでみると W 群が 7.66 ± 0.11 m/s, J 群が 7.36 ± 0.07 m/s と W 群が有意に大きかった ($p < 0.01$)。レースにおける平均ピッチとストライドは、W 群が 3.48 ± 0.13 steps/s と 2.21 ± 0.10 m, J 群が 3.52 ± 0.12 steps/s と 2.10 ± 0.08 m であった。ピッチには有意差はなかったが、ストライドは W 群が有意に大きかった ($p < 0.01$)。

図 1 は、800 m レースにおける W 群と J 群のスピード、ピッチおよびストライドの変化を平均値と標準偏差で示したものである。W 群のスピードは、0-120 m 区間において最大値を示し、その後徐々に減少し、500-600 m 区間で一度増大するが、その後また減少し 700-800 m 区間において最小値を示した。J 群も W 群とほぼ同様の变化であったが、最大

値は120-200 m区間において見られ、700-800 m区間におけるスピードの減少はW群と比較すると小さかった。W群の標準偏差は0-120 m区間で大きく、中盤では小さくなるが、700-800 m区間で再び大きくなっていった。J群の標準偏差は、序盤ではあまり小さくなく、500-600 m区間でやや大きくなり、700-800 m区間では顕著に大きくなっていった。スピードの大きさはいずれの区間においてもW群がJ群より有意に大きい(700 mまでの区間： $p<0.01$, 700-800 m区間： $p<0.05$)、その差は0-120 m区間と500-600 m区間で大きかった。これらの結果から、世界一流選手の特徴は最初120 mのスピードが大きく、その後徐々に減少するものの2周目バックストレートにおいても比較的大きなスピードを維持していることにあると言えよう。

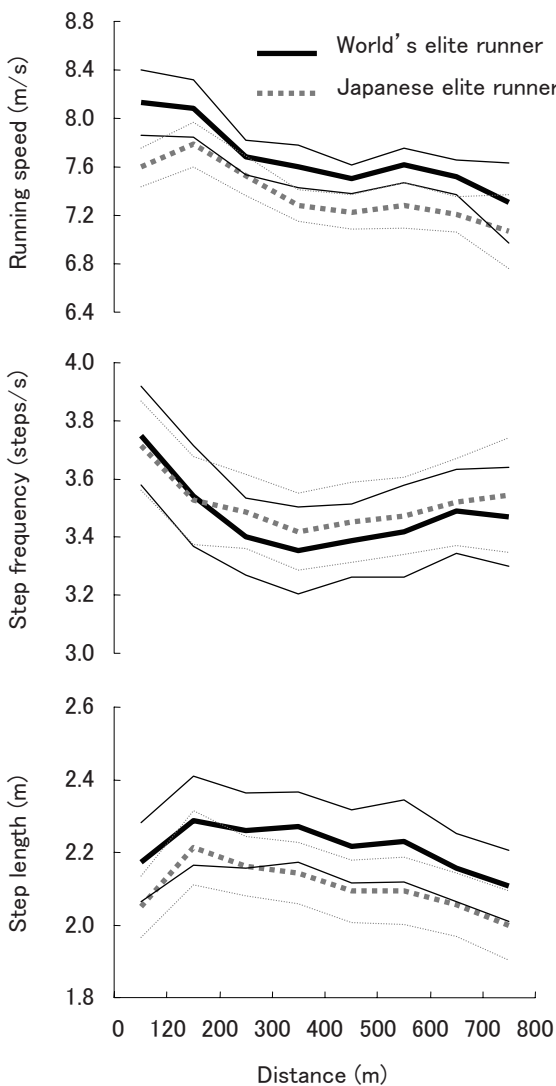


Figure 1 Changes in the running speed, step frequency and step length for the world's and Japanese elite runner during the 800 m races.

図2は、RVと区間スピードおよびストライドとの相関係数を示したものである。RVとスピードの間にはいずれの区間においても有意な正の相関が示され、相関係数は0-120 mおよび500-600 m区間において大きかった(0-120 m： $r=0.890$, $p<0.01$; 500-600 m： $r=0.818$, $p<0.01$)。これらは、800 mにおいて記録がよいものほどスタート直後と中盤に大きなスピードで走っていることを示唆するものであり、世界一流選手の特徴と一致する。また、700-800 m区間において相関係数が低く、W群とJ群のスピードにも大きな差がなかったことから、ラスト100 mにおけるスピードは競技レベルによる影響よりも選手のレースパターンによる影響が大きいと考えられる。有吉ら(1974)は実験的に中距離走の最適なペース配分について生理学的指標をもとに検討し、最初速く、徐々にスピードが低下するペース配分がパフォーマンスを高めるために効率がよく、ラストスパートにも効果的であることを報告している。400mハードルでは途中でスピードを増大することが困難であるため、序盤で獲得したスピードをできる限り中盤で維持することが重要であると考えられており(森丘ら, 2000)、800 mにおいても序盤に獲得したスピードを効果的に維持するペース配分が合理的であると考えられる。以上のことから、800 mにおいて記録を向上するためには、スタート後120 mまでの高いスピードの獲得、2周目のバックストレートにおけるスピードの維持、あるいはその増大が重要であり、ラスト100 mにおけるスピードはそれほど重要でないことが示唆される。

RVとストライドの間にはいずれの区間においても有意な相関がみられたが(いずれも $r=0.5\sim 0.7$)、120-200 m、600-700 m、700-800 m区間において相関係数は小さかった(120-200 m： $r=0.532$, $p<0.01$; 600-700 m： $r=0.549$, $p<0.01$; 700-800 m： $r=0.569$, $p<0.01$)。一方、図に示していないが、ピッチはいずれの区間においてもRVと有意な相関はみられなかった。星川ら(1971)は、走速度を増大したときのピッチおよびストライドの関係から、速度の増大は最高速度に近づくまではストライドの増大、最高速度に近づくにつれてピッチの増大によることを明らかにし、優れた走者ほどストライドの増大により大きな走速度で走ることができることを報告している。これらのことは、800 mにおいて記録を向上するためにはピッチではなく、ストライドの増大がとくに重要であることを示唆している。しかしながら、ストライドには身長などの形態的要因や脚のパワーなど体力的要因のほか、走技術が影響している

と考えられるため、今後さらに 800 m レースにおいて高いスピードの維持につながる大きなストライドを獲得するための走技術を研究する必要があると考えられる。

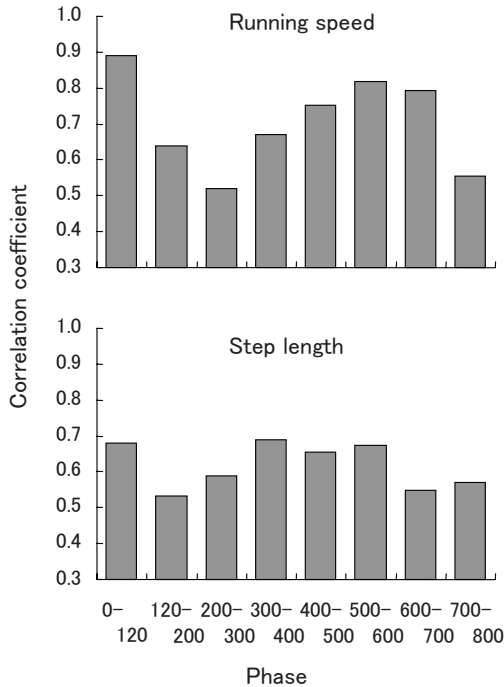


Figure 2 Correlation coefficients of mean running speed in 800 m race to running speed and step length in each 100 m phase during the 800 m race.

2. 一流選手のレースパターンの類型化

短距離走種目ではスピードの変化からレースパターンの類型化が試みられている(阿江ら, 1994; 森丘ら, 2002). 800 m 走においてもレースパターンの類型化は, 選手によって異なるペース配分を検討するうえで役立つと考えられる. 800 m ではレースによっては序盤から中盤のペースが大きく変化することがあるため, ラストパートに着目して類型化を行なった. すなわち, 600-700 m 区間より 700-800 m 区間においてスピードが増大したものをタイプ A, 600-700 m 区間より 700-800 m 区間においてスピードが減少したものをタイプ B とし, タイプ B をさらに 700-800 m 区間のスピードがレース全体の最小値であるタイプ B 1 と最小値ではないタイプ B 2 に分けた.

図 3 は, 典型例によってタイプ別のレースパターンを示したものである. 走者 A はタイプ A の, 走

者 B 1 はタイプ B 1 の, 走者 B 2 はタイプ B 2 の典型例であり, いずれの走者も世界一流選手であった. 400 m までは走者 A のスピードはやや小さかったが, 400-500 m 区間でスピードが増大し, 700-800 m 区間においてさらにスピードが増大していた. 走者 B 1 は序盤から大きなスピードを獲得していたが, 徐々に減少し, 500-600 m 区間で一度増大した後, 700-800 m 区間で大きく減少していた. 走者 B 2 も 700 m までは走者 B 1 とほぼ同様であるが, 700-800 m 区間ではスピードは減少していたもののその減少は小さく抑えられ, スピードの最小値は 400-500 m 区間においてみられた. これらのスピードの変化は他の選手にも同様に見られ, タイプ A はスピード増大型(ラストスパート型), タイプ B 1 はスピード減少型, タイプ B 2 はスピード維持型と呼ぶことができよう.

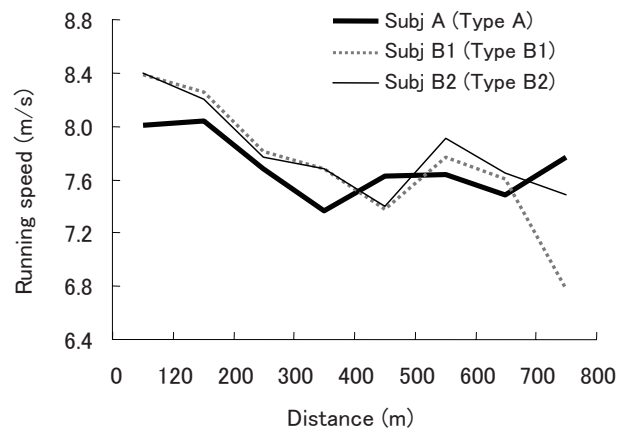


Figure 3 Typical race patterns (type A, B1, and B2) in the 800 m race.

図 4 は, 図 3 と同じ典型例におけるピッチとストライドの変化を示したものである. ピッチとストライドもスピードと同様の方法を用いてタイプ分けを試みた. すなわち, ピッチとストライドそれぞれが 700-800 m 区間で増大したものをタイプ A, 減少したものをタイプ B とし, 最小値の場合はタイプ B 1, 最小値ではない場合はタイプ B 2 とした. これらの方法で類型化すると, 走者 A はピッチがタイプ B 2, ストライドがタイプ A となり, 走者 B 1 はピッチとストライドともにタイプ B 1, 走者 B 2 はピッチがタイプ A, ストライドがタイプ B 1 であった.

図 5 は, W 群と J 群におけるスピード, ピッチおよびストライドをそれぞれ類型化した結果を示したものである. スピードについてみると, W 群ではタイプ A が 2 名, タイプ B 1 が 10 名, タイプ B 2 が 5

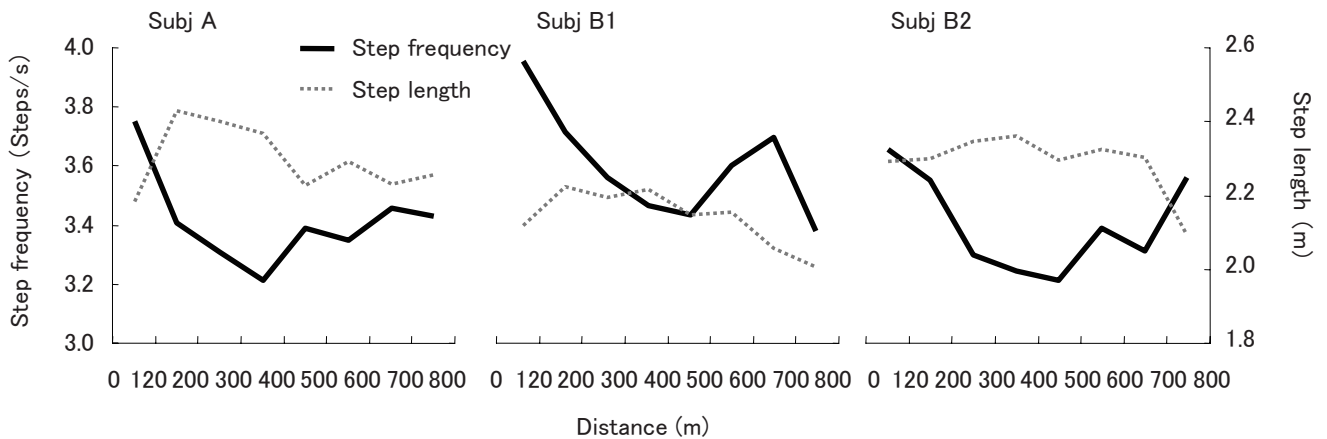


Figure 4 Changes in the step frequency and step length for the typical subjects.

名であり，J群ではタイプAが6名，タイプB1が9名，タイプB2が4名であった．ラスト100 mにおいてスピードを増大した走者はJ群のほうが多かったことが示された．すなわち，日本一流選手のほうがラストスパートに優れていた選手が多かったことを示していると考えられる．

ピッチのタイプAはW群が7名，J群が9名であった．杉田ら（1994）は，ラストスパートにおいてスピードを維持，あるいは増大するためにピッチの増大が大きく貢献していることを報告している．W群とJ群を合わせてみると，スピードのタイプAの中にはピッチのタイプAが6名，タイプB2が2名であった．一方，スピードのタイプB2の中にはピッチのタイプAが6名，タイプB2が3名であった．すなわち，これらの結果は，ラスト100 mにおいてスピードを増大したものがすべてピッチの増大によるものではないこと，スピード維持型の中にもピッチを増大していたものが多くいたことを示していると考えられる．また，ストライドについてみると，W群とJ群ともにほとんどがタイプB1である一方で，タイプAに分類される走者もいることがわかった．以上のことから，記録向上のためには必ずしもラスト100 mにおいてスピードが増大できなくてもよいこと，ラストスパートにおけるピッチの増大はスピードの増大ばかりでなくスピードの減少を抑えることに役立つことが示唆される．

阿江ら（1994）は100 mにおいてピッチとストライドの変化を組み合わせで類型化しているが，800 mではスピードの変化に対して多くのピッチとストライドの変化の組み合わせが存在するため（松尾ら，1994），ピッチとストライドの変化を組み合わせで類型化を行なうことが困難であった．しかし，ピッチのタイプAについてみるとストライドのタイプB1が15名中13名，ピッチのタイプB1にはスピー

ドのタイプB1が9名中8名いた．これらは，ラストスパートにおいてピッチを増大したものはストライドが減少し，ピッチが減少したものはスピードが大きく減少する傾向にあることを示唆するものであろう．今後はスピードとピッチおよびストライドの関係を組み合わせで類型化することも検討する必要があると考えられる．さらに，400 m走においては事例的に体力特性とレースパターンの関係が検討されており（尾縣ら，2000），800 m走においても体力特性とレースパターンの関係を明らかにすることはトレーニング方法やレースパターンの改善点を検討するうえで役立つと考えられ，今後の800 m走の研究における重要な課題の1つと言えよう．

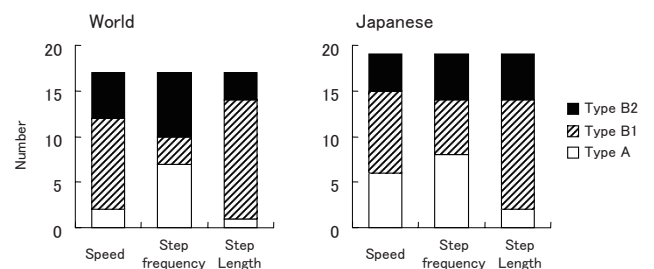


Figure 5 The number of type A, B1, and B2 of the running speed, step frequency and step length in the world's and Japanese elite runner.

3. モデルレースパターン

図6は，800 mレースにおけるW群とJ群の平均スピードとともに笹野浩志選手（2003年の日本選手権優勝）のスピードの変化をRVに対する割合で示したものである．W群とJ群のスピードの変化パターンはすでに述べたとおりである．笹野選手のスピードの変化は，最初200 mでスピードが低く，

400-500 m 区間で一度増大するが、500-700 m の間で大きく減少し、再び 700-800 m 区間で大きく増大していた。W 群および J 群のスピード変化パターンと比較すると笹野選手は最初の 200 m と 500-700 m ではスピードが小さく、ラスト 100 m のスピードが著しく大きいことがわかる。笹野選手のレースパターンは一流選手のレースパターンからはずれており、スピードの増減が大きいことが示された。これは発揮したエネルギーの有効な利用という観点からいうと大きなロスとなっている可能性が考えられる。さらに、世界一流選手の平均値をモデルとすると、笹野選手には今後のレースパターンを前半のスピードを増大し、その後のスピードが徐々に減少するように改善することが望ましいと示唆することが可能であろう。これらのことは、世界一流選手および日本一流選手のレースパターンの平均値をモデルとして利用できる可能性を示唆するものであろう。

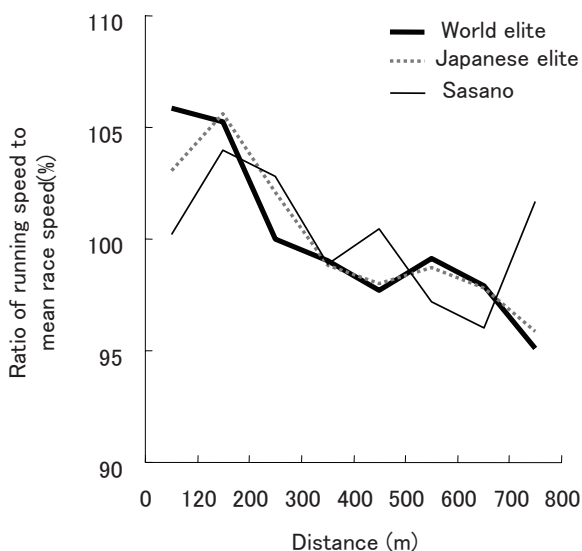


Figure 6 Changes in ratio of running speed to the mean running speed in the 800 m race (RV) for the world's and Japanese elite runner and a Japanese typical runner (Sasano).

表 1 は、W 群と J 群の 200 m ごととの通過タイムと通過タイムのレース記録に対する割合を平均値と標準偏差で示したものである。通過タイムでみると W 群が J 群より 200 m ごとに約 1.2 秒ずつ速いことがわかる。しかし、その割合でみると W 群と J 群に大きな差はみられない。すなわち、これらの通過タイムの割合を用いることで 800 m レースにおけるモデル通過タイムを算出できると考えられる。例えば、目標タイムを 1 分 46 秒 0 に設定したとき、W 群の

通過タイムの割合を用いると、200 m は 25 秒 66、400 m は 51 秒 66、600 m は 78 秒 56 がモデル通過タイムとして導くことができる。さらに標準偏差を考慮に入れると、400 m の通過タイムは 50 秒 95 ~ 52 秒 37 の範囲が 1 分 46 秒を目指すうえで適切であると導くことができる。このように世界一流選手および日本一流選手の平均値をモデルとして利用することで 800 m レース記録向上のためのモデル通過タイムおよびレースパターンを提示することが可能であると考えられる。800 m では記録よりもレースで勝つことが重視され、レースによってはスピードの変化パターンがモデルと大きく異なることもある。しかし、本研究で示した一流選手のレースパターンの標準モデルは、レースで勝つためのレースパターンやレベルに応じたレースパターンなどにも応用することができ、レースパターンの改善による 800 m レース記録の向上に役立つことが期待できよう。

Table 1 Mean split time and ratio of split time to the 800 m race time for the world's and Japanese elite runner.

Point	World elite		Japanese elite		
	Mean	SD	Mean	SD	
200 m	(sec)	24.70	0.76	26.07	0.44
	(%)	23.66	0.51	23.98	0.33
400 m	(sec)	50.89	1.08	53.10	0.72
	(%)	48.74	0.67	48.83	0.60
600 m	(sec)	77.37	1.27	80.69	0.92
	(%)	74.11	0.68	74.21	0.61

IV. 要約

本研究の目的は、男子 800m レースにおけるスピードとピッチおよびストライドを分析し、世界一流選手と日本一流選手のレースパターンを比較することで日本一流選手のレースパターンの課題を検討することと、一流選手のレースパターンモデルを構築することであった。

その結果、以下のことが明らかになった。

- 1) 世界一流選手のスピードは、日本一流選手と比較して最初の 120 m と 500-600 m 区間において顕著に大きかった。
- 2) 世界一流選手と日本一流選手のスピードの差は、700-800 m 区間において最も小さかった。
- 3) いずれの区間においても一流選手のスピードは、ピッチよりもストライドと相関が高かった。

4) 600-700 m 区間から 700-800 m 区間のスピードの変化に着目して、一流選手をスピード増大型、スピード減少型およびスピード維持型に類型化することができ、世界一流選手は日本一流選手よりスピード増大型が少ないことが示された。

5) 700-800 m 区間のピッチおよびストライドの変化もスピードと同様に類型化し、スピード増大型ばかりでなくスピード維持型にもピッチが増大したものが多くいること、ピッチが増大したものはストライドが減少し、ピッチが減少したものはスピードが減少する傾向にあることが示された。

6) 世界一流選手および日本一流選手のレースパターンの平均値をモデルとして利用することができ、一流選手の通過タイムの平均値と標準偏差から目標とするレース記録のためのモデル通過タイムを提示できることが示された。

以上のことから、日本の一流男子 800 m 選手が記録を向上するためには、最初の 120 m のスピードを増大すること、2 周目のバックストレートにおいてスピードを維持あるいは増大することが課題であること、スピードを高めるためにはレース全体にわたって大きなストライドの維持が役立つことが示唆された。また、一流選手のレースパターンの平均値をモデルとして利用することは、レースパターンの改善、さらに記録の向上に役立つことが示唆された。

引用文献

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 100 m レースパターンの分析—男子を中心に—, 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, 東京, PP. 14-28.

有吉正博, 村木征人, 小村渡岐磨(1974)中距離走のペースに関する実験的研究—第二報—, 東海大学紀要体育学部 4, 95-105.

星川 保, 宮下充正, 松井秀治(1971)歩及び走における歩幅と歩数に関する研究—各種速度における歩幅と歩数の関係—, 体育学研究 16 (3), 157-162.

松尾彰文, 杉田正明, 阿江通良, 小林寛道, 岡田英孝(1994)中長距離決勝におけるスピード, ピッチおよびストライドについて, 佐々木秀幸, 小林寛道, 阿江通良(監修)世界一流陸上競技者の技術, ベースボールマガジン社, 東京, PP. 92-111.

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 400 m ハードル走における速度変化特性と記録との関係, 体育学研究 45 (3) 414-421.

森丘保典, 杉田正明, 榎本靖士, 阿江通良, 小林寛道(2002)一流男子 400 m ハードル走におけるレースパターンと記録との関係—5 台目および 8 台目ハードルの通過時刻に注目して—, スプリント研究 12, 20-27.

尾縣 貢, 安井年文, 大山卞圭悟, 山崎一彦, 苅部俊二, 高本恵美, 伊藤 穰, 森田正利, 関岡康雄(2000)一流 400 m ランナーにおける体力的特性とレースパターンとの関係, 体育学研究 45 (3), 422-432.

杉田正明, 松尾彰文, 阿江通良, 伊藤 章, 小林寛道(1994)男子 800 m におけるスピード・ピッチおよびストライド長に関する事例的研究, トレーニング科学 6 (2), 119-128.

杉田正明, 松尾彰文, 阿江通良, 伊藤 章, 小林寛道(1995)男子 800 m 走(アジア大会, '92~'94 日本選手権)のレース分析, 平成 6 年度日本オリンピック委員会スポーツ医・科学研究報告, No. II 競技種目別競技力向上に関する研究—第 18 報—

長野マラソンの支援システムに関する基礎研究
—参加者のニーズに着目して—

阿保雅行¹⁾ 梶原洋子²⁾ 伊藤 宏³⁾

1) 東京外国語大学 2) 文教大学 3) 静岡大学

A fundamental study on the support system of information service for the NAGANO marathon
—From the viewpoint of the needs of the participants—

Masayuki ABO¹⁾ Yoko KAJIWARA¹⁾ Hiroshi ITO¹⁾

1) Tokyo University of Foreign Study

2) Bunkyo University

3) Shizuoka University

Abstract

The purpose of this study was to analyze the information service for the NAGANO Olympic Commemorative NAGANO Marathon(the NAGANO marathon) in order to consider a model of the support system of the technical information service for the NAGANO marathon in the future.

The eighteen items, based on the theoretical model, were divided into six scopes: (a)access, (b)facility, (c)competition rule, (d)medical treatment, (e)running technique, and (f)conditioning. Of the 5,733 runners who participated in April 10th, 2004 Nagano Marathon, 2,625 male runners and 395 female runners completed questionnaires. The statistical method of factor analysis was applied to the questionnaires.

The main results were as follows:

- (1) The factor analysis yielded a solution with four factors which accounted for 56.7% of the variance. The four factors were conceptually labeled 'Conditioning', 'Extensive Facility', 'Drinking Station', and 'Medical Treatment'.
- (2) There were statistical significance between women's average of the factor scores and men's in terms of four factors, such as 'Conditioning', 'Extensive Facility', 'Drinking Station', and 'Medical Treatment'.
- (3) There were statistical significance between registered participants' average of the factor scores and non-registered participants' in terms of three factors, such as 'Extensive Facility', 'Conditioning', and 'Medical Treatment'.

I. 研究目的

長野マラソン参加者の登記・登録者数は、普及委員会(2001, 2002, 2003)によると、各大会参加者の14.8%(第3回大会)、13.7%(第4回大会)、14.1%(第5回大会)であることから、高いというよりもむしろ低い数字であるという報告であった。

普及委員会の性格上、目標の1つとして、長野マラソンの登録者数の増加とともに、未登録者の普及・育成もあげられる。これらに係わる具体的方策を全体的な枠組みの中で検討することは極めて重要であるという認識のもとに本研究が着手された。本研究の目的は、第6回長野オリンピック記念長野マラソン(2004年)の参加者が、様々な環境条件の中でも、

とりわけ各種の情報に求めている程度（ニーズの程度）を分析して、今後における長野マラソンの支援システムのモデル構築とその実現に向けた戦略・戦術を検討するための基礎資料を得ることである。

II. 研究方法

1. 調査内容

アンケートの主な内容は次の通りであった。属性、大会参加数、日本陸上競技連盟の登記・登録制度、長野マラソン大会に求める各種の情報サービス。尚、情報サービスについては、次の6領域18項目で構成した。〔①アクセス：宿、交通、②付帯施設：更衣室、トイレ、シャワー室、③ルール：給食給水、開門閉鎖時間、競技規則、記録証、④医学的処置法：腹痛、足裏負傷、⑤技術：ペース配分、ランニング、⑥コンディション方法：身体、心理、栄養〕。

2. 調査方法

日本陸上競技連盟事務局 ⇔ 長野陸上競技協会
⇔ 長野マラソンの参加者

3. 調査対象と回収状況

調査対象は第6回長野オリンピック記念長野マラソン（2004年4月11日）の参加者であった。参加申込者を区別にしたのが表1である。登記・登録者は約12%、一般競技者（未登録者）は約89%であることから、一般競技者は10人中約9人の割合であった。

表1 2004長野マラソンの参加申込者数

(単位：人)

区分	登記・登録者	一般競技者	招待選手		全体
			海外	国内	
男性	516(10.4%)	4,440(89.4%)	7(0.1%)	6(0.1%)	4,969(100.0%)
女性	68(8.9%)	686(89.8%)	7(0.9%)	3(0.4%)	764(100.0%)
合計	674(11.8%)	5,126(89.4%)	14(0.2%)	9(0.2%)	5,733(100.0%)

出所先：長野マラソン大会組織委員会事務局（2004）長野マラソン公式プログラム

表2 登記・登録の状況（2004年度）

(単位：人)

性別	1.すでにした	2.する予定である	3.しない	4.不明	合計(%)
男性	297(11.3)	210(8.0)	2009(76.5)	109(4.2)	2625(100.0)
女性	43(10.9)	33(8.4)	303(76.7)	16(4.1)	395(100.0)
不明	6(21.4)	1(3.6)	20(71.4)	1(3.6)	28(100.0)
合計	346(11.4)	244(8.0)	2332(76.5)	126(4.1)	3048(100.0)

アンケート調査は、2004年4月10日に若里市民文化ホールの選手受付フロアで実施され、回収数は3,795人であった。上述の「④長野マラソンに求める情報サービスの程度」の質問項目で、1つでも無回答の場合や全てに1または2などの場合は削除した。その結果、有効標本数は3,048人であった。

4. データ処理

「長野マラソンに求める情報サービスの程度」の質問に対する回答は、5段階尺度とした。具体的には、「5点：非常にそう思う、4点：そう思う、3点：どちらとも言えない、2点：そう思わない、1点：全くそう思わない」とした。データの統計処理については、平均値を算出し、比較を行った。そして、情報サービスをどの程度求めているかについては、因子分析法によって因子を抽出し、その解釈をおこなった。併せて、性別や登記・登録などの説明変数の目的変数なる因子得点への影響を検討した。

5. 標本の特性

標本の特性は次の通りであった（表2）。①性別では、男性が約86%、女性が約13%、つまり男性は女性の約6.6倍であった。②登記・登録状況では、「既にした」人は約11%であった。これは参加申込者における登記・登録者の約11%とほぼ同じ割合であるので、長野マラソン参加者全体の傾向をかなり正確に把握できると推察される。

（付加して、③年代別では、10代（0.5%）、20代（14.4%）、30代（28.1%）、40代（29.4%）、50代

(19.3%)、60代(6.4%)、70代(0.3%)、不明(1.1%)であった。④在住の都道府県別では、地元の長野県(48.2%)、東京(7.3%)、神奈川(5.9%)、新潟(5.8%)が目立つが、全体では41都道府県から参加していた。

Ⅲ. 結果と考察

1. 平均値の比較からみた特徴

性別及び登記・登録者別の平均値と標準偏差を求めた結果がそれぞれ表3-1と表3-2である。

1) 全体的傾向

情報サービスに関するニーズの最も高かった項目は「6) 手荷物の運搬や保管場所」で、次ぎに高かったのは「4) トイレの場所や数」であった。これら

は平均値4.00を超えていた。続いて、平均値4.00～3.75の項目は、「2) 会場までの交通手段(含駐車場)」「8) 給食サービスの場所」「3) 更衣室の場所や数」「17) (公認)記録証の発行」であった。平均値3.75～3.50の項目は、「9) 給水の場所、コップの取り方、飲み方」「5) シャワー室(または風呂屋)の場所や数」「12) 42.125kmのペース配分(戦略や戦術)」「13) 長距離ランニングの基本技術」「15) 身体的コンディショニング方法」「14) 大会当日までの食事や栄養の摂取方法」「7) 各中継所の開門閉鎖時間」であった。一方、平均値3.50以下の項目は、「10) 腹痛や筋肉痛への対応」「16) 心理的コンディショニング方法」「11) 足裏皮膚の負傷への対応」「18) 本大会の競技規則」「1) 宿泊施設」であった。

表3-1 平均値の比較(性別)

項目	男性 (n=2625)		女性 (n=395)		全体 (n=3029)		平均値間の比較
	AV	SD	AV	SD	AV	SD	
6)	4.08	0.92	<u>4.33</u>	<u>0.84</u>	4.11	0.91	***
4)	4.03	0.98	<u>4.34</u>	<u>0.79</u>	4.07	0.96	***
2)	3.88	1.13	<u>4.10</u>	<u>0.95</u>	3.91	1.11	***
8)	3.86	0.96	<u>4.03</u>	<u>0.94</u>	3.88	0.96	***
3)	3.78	1.03	<u>4.18</u>	<u>0.83</u>	3.84	1.01	***
17)	3.80	1.01	3.86	1.02	3.81	1.01	
9)	3.69	1.00	<u>3.87</u>	<u>0.98</u>	3.72	1.00	**
5)	3.60	1.09	<u>4.00</u>	<u>0.94</u>	3.65	1.08	***
12)	3.57	1.04	<u>3.86</u>	<u>0.97</u>	3.61	1.04	***
13)	3.54	1.03	<u>3.81</u>	<u>0.98</u>	3.57	1.02	***
15)	3.54	1.00	<u>3.72</u>	<u>0.93</u>	3.57	1.00	***
14)	3.53	1.02	<u>3.76</u>	<u>0.93</u>	3.56	1.01	***
7)	3.50	1.09	<u>3.87</u>	<u>1.06</u>	3.55	1.10	***
10)	3.46	1.02	<u>3.75</u>	<u>0.93</u>	3.50	1.02	***
16)	3.47	1.00	<u>3.67</u>	<u>0.95</u>	3.50	0.99	***
11)	3.43	1.02	<u>3.74</u>	<u>0.91</u>	3.47	1.01	***
18)	3.35	0.95	<u>3.50</u>	<u>0.92</u>	3.37	0.95	**
1)	3.10	1.32	<u>3.32</u>	<u>1.25</u>	3.13	1.31	**

注1) 全体の平均値の高い方から低い順に並べたものである。

尚、平均値の高かった方にアンダーラインを引いた。

注2) AV:平均値、SD:標準偏差

注3) *:p<0.05、**:p<0.01、***:p<0.001

注4) 項目の内容

- 1) 宿泊施設
- 2) 会場までの交通手段(含駐車場)
- 3) 更衣室の場所や数
- 4) トイレの場所や数
- 5) シャワー室(または風呂屋)の場所や数
- 6) 手荷物の運搬や保管場所
- 7) 各中継所の開門閉鎖時間
- 8) 給食サービスの場所
- 9) 給水の場所、コップの取り方、飲み方
- 10) 腹痛や筋肉痛への対応
- 11) 足裏皮膚の負傷への対応
- 12) 42.125kmのペース配分(戦略や戦術)
- 13) 長距離ランニングの基本技術
- 14) 大会当日までの食事や栄養の摂取方法
- 15) 身体的コンディショニング方法
- 16) 心理的コンディショニング方法
- 17) (公認)記録証の発行
- 18) 本大会の競技規則

表3-2 平均値間の比較(2004年度登記登録状況)

項目	1:既にした (n=346)		2:する予定 (n=244)		3:しない (n=2332)		全体 (n=2922)		平均値間の比較
	AV	SD	AV	SD	AV	SD	AV	SD	
6)	<u>4.24</u>	<u>0.85</u>	4.11	0.91	4.09	0.91	4.11	0.91	*
4)	<u>4.19</u>	<u>0.88</u>	3.98	0.92	4.06	0.97	4.07	0.96	*
2)	<u>4.06</u>	<u>0.98</u>	4.02	0.97	3.87	1.13	3.91	1.11	**
8)	3.74	1.07	3.88	0.93	<u>3.90</u>	<u>0.94</u>	3.88	0.96	*
3)	<u>4.02</u>	<u>0.91</u>	3.90	0.93	3.80	1.03	3.83	1.01	***
17)	<u>4.06</u>	<u>0.98</u>	4.02	0.96	3.75	1.02	3.81	1.02	***
9)	3.59	1.06	<u>3.77</u>	<u>1.00</u>	3.72	0.99	3.71	1.00	*
5)	<u>3.81</u>	<u>1.07</u>	3.75	0.97	3.61	1.09	3.65	1.08	**
12)	3.41	1.07	3.60	1.07	<u>3.64</u>	<u>1.03</u>	3.61	1.04	***
13)	3.28	1.10	3.56	1.07	<u>3.62</u>	<u>1.01</u>	3.57	1.03	***
15)	3.39	1.07	3.54	1.00	<u>3.59</u>	<u>0.99</u>	3.56	1.00	**
14)	3.32	1.08	<u>3.59</u>	<u>1.01</u>	3.58	1.00	3.55	1.02	***
7)	3.28	1.16	3.43	1.15	<u>3.60</u>	<u>1.08</u>	3.54	1.10	***
10)	3.23	1.00	3.48	1.03	<u>3.54</u>	<u>1.01</u>	3.49	1.02	***
16)	3.37	1.09	<u>3.54</u>	<u>1.00</u>	3.51	0.98	3.49	1.00	*
11)	3.26	1.02	<u>3.49</u>	<u>0.99</u>	<u>3.49</u>	<u>1.01</u>	3.46	1.01	***
18)	<u>3.53</u>	<u>0.98</u>	<u>3.53</u>	<u>0.92</u>	3.32	0.94	3.36	0.95	***
1)	<u>3.56</u>	<u>1.13</u>	3.44	1.21	3.03	1.32	3.12	1.31	***

注1) 全体の平均値の高い方から低い順に並べたものである。

尚、平均値の最も高かった方にアンダーラインを引いた。

注2) AV:平均値、SD:標準偏差

注3) *:p<0.05、**:p<0.01、***:p<0.001

注4) 項目名は表3-1と同じである。

表4 回転後の因子負荷量行列

項目	第1因子	第2因子	第3因子	第4因子	共通性
1)	0.028	0.445	0.041	-0.066	0.205
2)	0.053	<u>0.632</u>	0.151	-0.036	0.427
3)	0.067	<u>0.822</u>	0.106	0.121	0.706
4)	0.056	<u>0.717</u>	0.155	0.134	0.559
5)	0.083	<u>0.616</u>	0.080	0.138	0.412
6)	0.132	<u>0.519</u>	0.392	0.032	0.442
7)	0.174	0.136	0.495	0.177	0.326
8)	0.181	0.214	<u>0.734</u>	0.114	0.632
9)	0.286	0.181	<u>0.621</u>	0.244	0.561
10)	0.399	0.086	0.331	<u>0.693</u>	0.758
11)	0.431	0.100	0.280	<u>0.706</u>	0.774
12)	<u>0.696</u>	0.072	0.216	0.304	0.630
13)	<u>0.806</u>	0.050	0.182	0.248	0.747
14)	<u>0.852</u>	0.052	0.147	0.174	0.782
15)	<u>0.904</u>	0.062	0.136	0.118	0.854
16)	<u>0.873</u>	0.074	0.156	0.105	0.805
17)	0.353	0.268	0.253	-0.039	0.262
18)	0.427	0.196	0.325	0.040	0.329
因子負荷量の2乗和	4.277	2.682	1.895	1.356	10.211
因子の寄与率 (%)	23.765	14.902	10.528	7.536	
累積寄与率 (%)	23.765	38.667	49.196	56.732	

注1) 項目名は表3-1と同じである。

以上のことから、手荷物やトイレ、交通手段に関するニーズが高く、反対に、宿泊施設や競技規則、負傷等への対応のものが低いことがわかる。

2) 性別の特徴

統計的な有意差は、「17) (公認) 記録証の発行」の項目を除く、17項目に認められ、女性の方の平均値が男性に比べて全て高かった(表3-1)。とりわけ女性の平均値4.00以上の項目を高い方から低い順にみると、「4) トイレの場所や数」「6) 手荷物の運搬や保管場所」「3) 更衣室の場所や数」「2) 会場までの交通手段(含駐車場)」「8) 給食サービスの場所」「5) シャワー室(または風呂屋)の場所や数」であった。一方、平均値3.50以下の項目は、「18) 本大会の競技規則」「1) 宿泊施設」の項目であった。

以上のことから、女性は男性に比べてトイレや手荷物、更衣室、交通手段、シャワー室などマラソン・レースの直前・直後に関わる情報を沢山求めていることがわかる。

3) 登記・登録別の特徴

統計的な有意差は18項目すべてに認められた(表3-2)。

①「既にした」群、②「する予定」群、③「しない」群の平均値を比較した結果、「既にした」群では7項目が、「する予定」群では3項目が、「しない」群では6項目が高かった(尚、2群で平均値が同じ「11)」と「18)」の場合は対象外とした)。

これらを具体的にみると、まず①「既にした」群

の項目は、「6) 手荷物の運搬や保管場所(平均値4.24)」「4) トイレの場所や数(4.19)」「2) 会場までの交通手段(含駐車場)(4.06)」「17) (公認) 記録証の発行(4.06)」「3) 更衣室の場所や数(4.02)」「5) シャワー室(または風呂屋)の場所や数(3.81)」「1) 宿泊施設(3.56)」であった。次に②「する予定」群の項目は、「9) 給水の場所、コップの取り方、飲み方(平均値3.77)」「14) 大会当日までの食事や栄養の摂取方法(平均値3.59)」「16) 心理的コンディショニング方法(3.54)」であった。そして、③「しない」群の項目は、「8) 給食サービスの場所(平均値3.90)」「12) 42.125kmのペース配分(戦略や戦術)(平均値3.64)」「13) 長距離ランニングの基本技術(3.62)」「7) 各中継所の関門閉鎖時間(3.60)」「15) 身体的コンディショニング方法(3.59)」「10) 腹痛や筋肉痛への対応(3.54)」であった。

以上のことから、①登記・登録を「既にした」群はマラソン・レース前後に関わる情報(手荷物、トイレ、交通手段、記録証、更衣室、シャワー室、宿泊施設)を、②「する予定」群はマラソン・レースのための事前準備に関する情報(給水・食事・心理的コンディショニングの方法)を、③「しない」群はマラソンのレース中に関わる情報(給食、ペース配分、ランニング技術、関門閉鎖時間、身体的コンディショニング方法、腹痛等への対応)を、より多く求めていることが推察される。

表5 因子得点の平均値の比較

説明変数 (アイテム・カテゴリ)		人数	第1因子 コンディショ ン方法		第2因子 付帯施設		第3因子 給水所		第4因子 医学的処置法	
			AV	SD	AV	SD	AV	SD	AV	SD
性別	1) 男性	2625	-0.019	0.959	-0.045	0.923	-0.013	0.832	-0.030	0.862
	2) 女性	395	0.135	0.938	0.287	0.772	0.093	0.839	0.203	0.796
	有意差検定			**		***		*		***
年齢	1) 30歳未満	546	0.084	0.967			0.143	0.832	0.162	0.888
	2) 30歳以上	2466	-0.018	0.954			-0.031	0.830	-0.039	0.848
	有意差検定			*				***		***
年間の イベント参加 数	1) 1~3回	1314	0.095	0.938	-0.171	0.954	0.051	0.837	0.149	0.854
	2) 4~6回	702	-0.023	0.930	0.053	0.826	-0.040	0.798	-0.098	0.811
	3) 7~9回	357	-0.082	1.051	0.089	0.875	-0.052	0.874	-0.176	0.869
	4) 10回以上	587	-0.174	0.961	0.288	0.831	-0.052	0.836	-0.137	0.854
	有意差検定			***		***		*		***
			1>2, 1>3, 1>4, 2>4		2>1, 3>1, 4>1, 4>2, 4>3		1>2, 1>3, 1>4		1>2, 1>3, 1>4	
長野マ ラソンの参加 数	1) 初めて	960			0.077	0.903	0.061	0.824		
	2) 2~3回	1165			-0.009	0.899	-0.004	0.817		
	3) 4~5回	591			-0.072	0.920	-0.027	0.859		
	4) 6回全て	327			-0.068	0.937	-0.121	0.851		
	有意差検定					**		**		
					1>2, 1>3, 1>4		1>3, 1>4, 2>4			
登記・ 登録の 認知	1) 知っている	2010	-0.065	0.979	0.099	0.858			-0.072	0.841
	2) 知らない	993	0.129	0.913	-0.189	0.963			0.144	0.870
	有意差検定			***		***				***
登記・ 登録	1) 済み	346	-0.152	1.047	0.274	0.828			-0.238	0.861
	2) する予定	244	0.029	0.984	0.076	0.862			-0.055	0.875
	3) しない	2332	0.019	0.946	-0.051	0.917			0.039	0.851
	有意差検定			**		***				***
			2>1, 3>1		1>2, 1>3, 2>3				2>1, 3>1	

注1) AV: 平均値、SD: 標準偏差 全体= 3048人、*: p<0.05、**: p<0.01、***: p<0.001

2. 因子分析の結果とその解釈

3,048名のデータから計算した18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4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4(回転後の因子負荷量行列)である。因子負荷量が0.500以上の項目にアンダーラインを引いた。累積寄与率は56.7%であった。そして各因子の解釈は次のように考えた。

第1因子は、因子負荷量の最も大きい方から小さい方へ、具体的には、「15) 身体的コンディショニング方法」「16) 心理的コンディショニング方法」「14) 大会当日までの食事や栄養の摂取方法」「13) 長距離ランニングの基本技術」「12) 42.125kmのペース配分(戦略や戦術)」という順にみられた。フル・マラソンを走るための戦略・戦術とランニン

グ技術を視野に入れながら、身心のコンディショニング調整方法に関する情報を知りたい人と解釈できるので、「コンディショニング方法」と解釈した。

第2因子は、同様に、「3) 更衣室の場所や数」「4) トイレの場所や数」「2) 会場までの交通手段(含駐車場)」「5) シャワー室(または風呂屋)の場所や数」「6) 手荷物の運搬や保管場所」という順にみられた。マラソンコースには直接関係しないが、レースの前後に必要な施設、即ち付帯施設の情報を知りたい人と解釈できるので、「付帯施設」と解釈した。

第3因子は、同様に、「8) 給食サービスの場所」「9) 給水の場所、コップの取り方、飲み方」の順にみられた。飲食物供給所の情報を知りたい人と解釈できるので、「給水所」と解釈した。

第4因子は、同様に、「11) 足裏皮膚の負傷への対応」「10) 腹痛や筋肉痛への対応」の順にみられた。

マラソンレース中の負傷や筋肉痛等の対応に関する情報を知りたい人と解釈できるので、「医学的処置法」と解釈した。

4つの因子の中で「コンディション方法」、「給水所」、「医学的処置法」については1つに統合できると考える。即ち、これらの因子はマラソン・ランナーの体力や健康等に直接関するものとしてまとめられよう。一方、「付帯施設」は、マラソンコースやレースには直接関係しないが、競技者が安心してレースができるための周辺的環境条件の1つであるといえる。

3. 因子得点の平均値の比較

性別や登記・登録別等の要因を説明変数とし、因子得点を目的変数としてt-検定またはF-検定を行った結果が表5である。各因子に係るマラソン参加者の具体的なイメージがここから推測できる。

1) 説明変数と関連性のみられた因子

①性別では、女性が、男性に比べて、「コンディション方法、付帯施設、給水所、医学的処置法」に関する情報を強く望んでいたと推察される。

②年齢別では、30歳未満の層が、30歳以上の層に比べて、「コンディション方法、給水所、医学的処置法」に関する情報を強く望んでいたと推察される。

③年間のイベント参加数をみると、1～3回の層は「コンディション方法、給水所、医学的処置法」に関する情報を、一方、10回以上の層は「付帯施設」を強く望んでいたと推察される。

④長野マラソン参加数では、初めての層が、他の層に比べて、「付帯施設、給水所、」に関する情報を強く望んでいたと推察される。

⑤登記・登録別状況では、「済み」の層が「付帯施設」を、「する予定」の層が「コンディション方法」に関する情報を強く望んでいたと推察される。

2) 各因子から目立った説明変数（アイテムとカテゴリ）とその解釈

①第1因子（コンディション方法）では、性別（女性）、年代（30歳未満）、年間のイベント参加数（1～3回）、登記登録制度の認知（知らない）、登記登録（する予定）」が目立った。まとめると、比較的若い女性で、年間のイベント参加数が少なく、登記登録もしない人が特徴的であると推察される。一言でいうと、若い女性でマラソン初心者と考えられる。

②第2因子（付帯施設）では、性別（女性）、年間のイベント参加数（10回以上）、長野マラソンの参加数（初めて）、登記登録制度の認知（知っている）、

登記登録（既にした）の人が目立った。まとめると、女性の競技者で、年間数多くのレースに出場しているが、長野マラソンは初めてという人が特徴的であると推察される。一言でいうと、登記・登録しているベテランの女性マラソン・ランナーと推察される。

③第3因子（給水所）では、性別（女性）、年代（30歳未満）、年間のイベント参加数（1～3回）、長野マラソンの参加数（初めて）の人が目立った。まとめると、比較的若い女性で、年間のイベント参加数が少なく、長野マラソンも初めてであるという人が特徴的であると推察される。一言でいうと、第1因子と同様に、若い女性でマラソン初心者と考えられる。

④第4因子（医学的処置法）では、性別（女性）、年代（30歳未満）、年間のイベント参加数（1～3回）、登記登録制度の認知（知らない）、登記登録（しない）」が目立った。まとめると、比較的若い女性で、年間のイベント参加数が少なく、登記登録もしない人が特徴的であると推察される。一言でいうと、第1因子と第3因子と同様に、若い女性でマラソン初心者と考えられる。

以上のことから、第1因子（コンディション方法）、第3因子（給水所）、そして第4因子（医学的処置法）に関わるマラソン参加者は、具体的には、若い女性でマラソン初心者の方がイメージできる。一方、第2因子（付帯施設）では、登記・登録しているベテランの女性マラソン・ランナーがイメージできる。ところで、登記・登録者別については、「する予定」の層は、他の層に比べて、「コンディション方法」が最も強く、「付帯施設、医学的処置法」については三者の中で中間にあった。「する予定」の層に対しては「コンディション方法」の助言・指導が今後の登記・登録の鍵になると思われる。

まとめ

本研究で得られた結果及び考察をまとめると、以下のようなになる。

①4つの因子が抽出された。第1因子は、フル・マラソンを走るための戦略・戦術とランニング技術を視野に入れながら、身心のコンディション調整方法に関する情報を知りたい人と解釈できるので、「コンディション方法」と解釈した。第2因子は、マラソンコースには直接関係しないが、レースの前後に必要な施設、即ち付帯施設の情報を知りたい人と解釈できるので、「付帯施設」と解釈した。第3因子は、飲食物供給所の情報を知りたい人と解釈できる

ので、「給水所」と解釈した。第4因子は、マラソンレース中の負傷や筋肉痛等の対応に関する情報を知りたい人と解釈できるので、「医学的処置法」と解釈した。

4つの因子の中で「コンディショニング方法」、「給水所」、「医学的処置法」については1つに統合できると考える。即ち、これらの因子はマラソン・ランナーの体力や健康等に直接関するものとしてまとめられよう。一方、「付帯施設」は、マラソンコースやレースには直接関係しないが、競技者が安心してレースができるための周道的環境条件の1つであるといえる。

②性別や登記・登録別等の説明変数と因子得点との検定結果から、各因子に係わるマラソン参加者の具体的な特徴が明らかにされたと考える。

第1因子（コンディショニング方法）については、比較的若い女性で、年間のイベント参加数が少なく、登記・登録もしない人が特徴的である。即ち、若い女性のマラソン初心者が推察される。第2因子（付帯施設）については、女性の競技者で、年間数多くのレースに出場しているが、長野マラソンは初めての人が特徴的である。即ち、登記・登録をしているベテランの女性マラソン・ランナーが推察される。第3因子（給水所）については、比較的若い女性で、年間のイベント参加数が少なく、長野マラソンも初めてであるという人が特徴的である。即ち、第1因子と同様に、若い女性のマラソン初心者が推察される。第4因子（医学的処置法）については、比較的若い女性で、年間のイベント参加数が少なく、登記・登録もしない人が特徴的である。即ち、第1因子と第3因子と同様に、若い女性のマラソン初心者が推察される。

第1因子（コンディショニング方法）、第3因子（給水所）、そして第4因子（医学的処置法）に関わるマラソン参加者は、具体的には、若い女性でマラソン初心者の人がイメージできる。一方、第2因子（付帯施設）では、登記・登録しているベテランの女性マラソン・ランナーがイメージできる。③①②から、今後における長野マラソン大会の支援システムに係わるモデル構築やその実現に向けた戦略・戦術を検討するための基礎資料の一部が得られたと考える。例えば、今回の調査で得たデータの平均値の比較や因子分析の結果からは、男性よりもむしろ女性の支援システムの整備・充実の重要性が指摘された。理由として、とりわけ女性のマラソン・ランナーについては、「初心者とベテラン」、「登記・登録の有無」によって、求めている情報（内容）が異なっている

という事実が明らかにされたからである。言葉を換えると、今後における女性マラソン・ランナーの普及育成の方策に関するヒントが得られたと考える。また、登記・登録者別については、「する予定」の層は、他の層に比べて、「コンディショニング方法」が最も強く、「付帯施設、医学的処置法」については三者の中で中間にあった。「する予定」の層に対しては「コンディショニング方法」の助言・指導が今後の登記・登録の鍵になると思われる。

以上については、アンケート調査の質問項目に限界があった点を十分認識しておかなければならない。例えば、因子分析に用いた18項目の妥当性の検討が必要であると思われる。また、今後の研究課題の1つとして、各種のサービスと情報サービスの関連性を明確にすることがあげられる。

<謝辞>末筆ではあるが、アンケート調査の実施にあたって、快く貴重な時間をさいて協力していただいた長野陸上競技協会及びマラソン参加者の皆様に厚く感謝の意を表する次第である。

<付記：本研究は、財）日本陸上競技連盟・普及委員会・研究調査部の研究調査（2004年度）によっておこなわれた研究成果の一部である。>

文献

- 阿保雅行（2003）第5回長野マラソンのアンケート集計結果（資料編）、第3回研究調査部会議資料、P. 7.
- 財団法人日本陸上競技連盟普及委員会（2001）第3回長野マラソンアンケート集計結果、会議資料、P. 3.
- 財団法人日本陸上競技連盟普及委員会（2002）第4回長野マラソンアンケート集計結果、平成14年度普及委員会活動報告並びに調査研究報告書、11-13.
- 財団法人日本陸上競技連盟普及委員会（2003）第5回長野マラソンアンケート集計結果、会議資料、P. 3.

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

武田 理¹⁾ 村木有也¹⁾ 小山宏之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 analysis on the velocity of the center of gravity and pole bending for men pole vaulters

Osamu Takeda¹⁾ Yuya Muraki¹⁾ Hiroyuki Koyama¹⁾ Michiyoshi Ae²⁾
1) Graduate School, University of Tsukuba
2) Institute of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba

Abstract

The purpose of this study was to analyze the center of gravity (CG) for men pole vaulters and the pole bending during the takeoff and swing phases. Fifteen men pole vaulters, including a Japan national record holder, and their poles were videotaped in official competitions with a VTR camera for two-dimensional DLT technique. The record at the competitions was significantly related to the horizontal CG velocities at the touchdown and takeoff, takeoff angle, and the decrease in the CG velocity during the takeoff phase. Although no significant relationships were found between the horizontal CG velocity and the pole bending, the vaulters with smaller decrease in the CG velocity during the second half of the takeoff phase were able to bend their poles greater than those with larger loss of the CG velocity. The results imply that less decrease in the CG velocity during the takeoff phase may help to bend the pole largely and to acquire excellent record, as well as the horizontal CG velocity. There was an optimum range of the maximum pole bending to obtain maximum record, i. e., 55 to 70 percent of the whole length from the tip of the pole.

1. 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。ポールの素材には、弾性の少ないヒッコリー材に始まり、竹、スチール、アルミニウム、ジュラルミンなどが用いられていたが、1962年にグラスファイバー製のポールが用いられ、アメリカのユールセス選手が16フィート(4m87)という驚異的な世界記録を樹立した。その後、世界記録が次々に更新され、現在では6m14(S. ブヅカ, ウクライナ)まで引き上げられた。この1962年からの飛躍的な記録の伸びは、大きな弾性を持つグラスファイバー製のポールによるところが大きい。

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。その結果、踏切離地時の水平速度が大きいこと、跳躍角が小さいことがポール湾曲を大きくする要因であると述べている。Steben(1970)は、跳躍高を従属変数として、ポールと身体の距離、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に最も大きな影響を及ぼすと報告している。淵本ら(1994)は、国内外の男子一流選手の動作を分析し、助走速度と最大重心高に強い正の相関が見られたことを報告している。このように棒高跳の跳躍高や記録には、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

知られている。また、林ら(2003)は、国内外の一流女子棒高跳選手の踏切動作を分析し、踏切時の重心速度において外国の一流選手との間に大きな差は見られなかったことなどを報告している。しかし、この数年において記録の向上が著しい日本人棒高跳選手を対象としたバイオメカニクスの研究はまだ少ない。

一方、棒高跳において重要なポールの曲がりと選手との動きの関係については先述した Hay(1967)の研究があるが、これは40年近く前のものである。高松ら(1996)は、実験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、跳躍者の動作はポールに影響を与える、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であるなどと述べている。しかし、この研究を除くと、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、特に実際の競技会における選手を対象としたものはほとんどない。

そこで、本研究では、公式競技会における国内外の男子一流棒高跳選手および学生選手計15名の踏切からスウィングまでの動作を身体重心、およびポール湾曲度に着目して分析し、これらと記録との関係を検討することを目的とした。

2. 方法

2.1 VTR 撮影

VTR撮影は、2003年から2004年にかけて行われた公認陸上競技会における棒高跳に出場した国内外

一流選手および学生競技者計15名を分析対象者とした(表1)。VTRカメラは競技場のメインスタンド最前列に水平に固定し、踏切からクリアランスまでを撮影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テープの一部は日本陸連科学委員会が撮影したものである。

2.2 データ処理

撮影したVTR画像から、踏切2歩前離地からポール伸展後15コマまでの動作をビデオ動作解析システム(Frame-DIAS II、DKH社製)によりデジタイズし、身体計測点23点、およびポール上の計測点9点の計32点の座標を得た。得られた座標は2次元DLT法を用いて実座標に換算した。分析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ら1980)、Butterworth low-pass digital filterを用いて行った。X座標(水平)が4.2~8.4Hz、Y座標(鉛直)が4.8~8.4Hzの範囲であった。

2.3 算出項目

- 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、阿江ら(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。重心速度は重心変位を時間微分して算出し、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踏切局面における重心水平速度減速率
踏切脚の膝関節が最も屈曲した時点を踏切中間点(MKF)とし、踏切足接地(TD)から踏切中間点まで

表1 踏切接地時、中間点、離地時における重心水平および鉛直速度、跳躍角、記録

分析対象者	記録(m)	踏切足接地時		踏切中間点		踏切足離地時		跳躍角(deg)
		水平(m/s)	鉛直(m/s)	水平(m/s)	鉛直(m/s)	水平(m/s)	鉛直(m/s)	
A	5.50	9.63	-0.53	8.56	1.78	7.52	2.19	18.24
B	5.80	9.40	0.20	8.20	2.46	7.71	2.57	18.79
C	5.40	9.11	0.11	8.16	2.04	7.50	2.17	16.96
D	5.20	8.66	-0.16	7.65	2.32	7.12	2.06	18.54
E	6.04	9.31	0.49	8.34	1.97	8.13	2.37	16.25
F	5.20	9.05	-0.71	8.14	1.55	7.33	2.16	17.86
G	5.20	9.05	0.26	7.59	2.35	6.96	2.29	19.51
H	5.50	8.89	0.29	7.55	2.84	7.09	2.14	18.08
I	5.40	8.94	0.28	7.62	2.55	6.81	2.39	19.90
J	5.20	8.92	-0.05	7.46	1.76	6.81	2.49	20.68
学生A	5.20	8.67	-0.12	7.74	1.31	6.94	1.95	16.59
学生B	5.20	9.46	-0.62	7.79	2.53	7.22	2.86	21.25
学生C	4.60	8.40	0.27	6.87	2.58	6.26	2.79	24.79
学生D	4.20	8.40	0.32	6.98	2.29	6.23	2.51	22.36
学生E	4.60	8.61	-0.043	7.29	2.09	6.32	2.77	23.69
平均±標準偏差	5.21±0.47	8.96±0.38	-0.001±0.37	7.73±0.48	2.16±0.43	7.06±0.54	2.38±0.28	19.57±2.56

(踏切前半)、踏切中間点から踏切足離地 (TO) まで (踏切後半)、TD から TO まで (踏切全体) の、各局面における重心水平速度減速率を以下の式で算出した。

$$\text{踏切前半の減速率} : \text{DRTD-MKF} = (\text{VMKF} - \text{VTD}) / \text{VTD} \times 100$$

$$\text{踏切後半の減速率} : \text{DRMKF-TO} = (\text{VTO} - \text{VMKF}) / \text{VMKF} \times 100$$

$$\text{踏切全体の減速率} : \text{DRTD-TO} = (\text{VTO} - \text{VTD}) / \text{VTD} \times 100$$

ここで、VMKF は踏切中間点の重心水平速度、VTD は踏切足接地時の重心水平速度、VTO は踏切足離地時の重心水平速度である。

③ポール湾曲率

ポールの上端と下端を結んだ線分の長さを弦長とし、湾曲開始から伸展終了までの弦長を算出した。ポール伸展時の弦長に対する各時点の弦長の比率をポール湾曲率 (以下の式) とし、最も湾曲率が大きい時点を最大湾曲時 (MBP) とした。

$$\text{ポール湾曲率} = 100 - (\text{各時点の弦長} / \text{ポール伸展時の弦長}) \times 100$$

④ポール最大湾曲点

最大湾曲時におけるポール各部分の曲率半径を次式で算出し、曲率半径の最も小さい点を最大湾曲点とした。そして、ポールの下端から最大湾曲点までの各部分長の総和を、最大湾曲時のポール長で除すことにより、最大湾曲点の相対位置を算出した。

$$R_i = L_i / (\theta_{i+1} - \theta_i)$$

ここで、 R_i はポール部分 i の曲率半径、 θ_i および θ_{i+1} はポール各部分とが水平となす角度、 L_i はポール部分 i の部分長を示している。曲率半径が小さいと湾曲が大きいことを示す。

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、有意水準は 5% 以内とした。

3. 結果

3.1 重心速度および跳躍角

表 1 は分析対象者の踏切足接地時、中間点、離地時における重心速度、跳躍角などを示したものである。平均で見ると、重心水平速度は踏切足接地時が最も大きく ($8.96 \pm 0.38 \text{ m/s}$)、踏切足離地時 ($7.06 \pm 0.54 \text{ m/s}$) にかけて減少した。鉛直速度は踏切足接地時 ($-0.001 \pm 0.37 \text{ m/s}$) が最も小さく、中間点をへて、踏切足離地時 ($2.38 \pm 0.28 \text{ m/s}$) にかけて増加していた。

図 1 は分析対象者の記録と踏切足接地時と離地時における重心水平速度および跳躍角の関係を示したものである。重心水平速度と記録との間には有意な正の相関が見られた ($r = 0.91, p < 0.001$)。また、跳躍角と記録との間にも有意な負の相関が見られた ($r = -0.77, p < 0.001$)。

3.2 重心水平速度減速率

表 2 は踏切局面における重心水平速度減速率および記録に対する相関係数を示したものである。平均では、踏切前半の減速率は後半より大きかったが (前半 $-13.8 \pm 2.9\%$; 後半 $-8.7 \pm 2.7\%$)、一流選手 A、および E のように後半の減速率が大きい選手も見られた。一方、一流選手 E は後半の減速率が -2.5% と小さい値を示した。踏切全体の重心水平速度減速率と記録との間には有意な正の相関が見られ ($r = 0.83, p < 0.001$)、踏切前半および後半においても有意な正の相関が見られた (前半 $r = 0.60, p < 0.05$; 後半 $r = 0.67, p < 0.01$)。

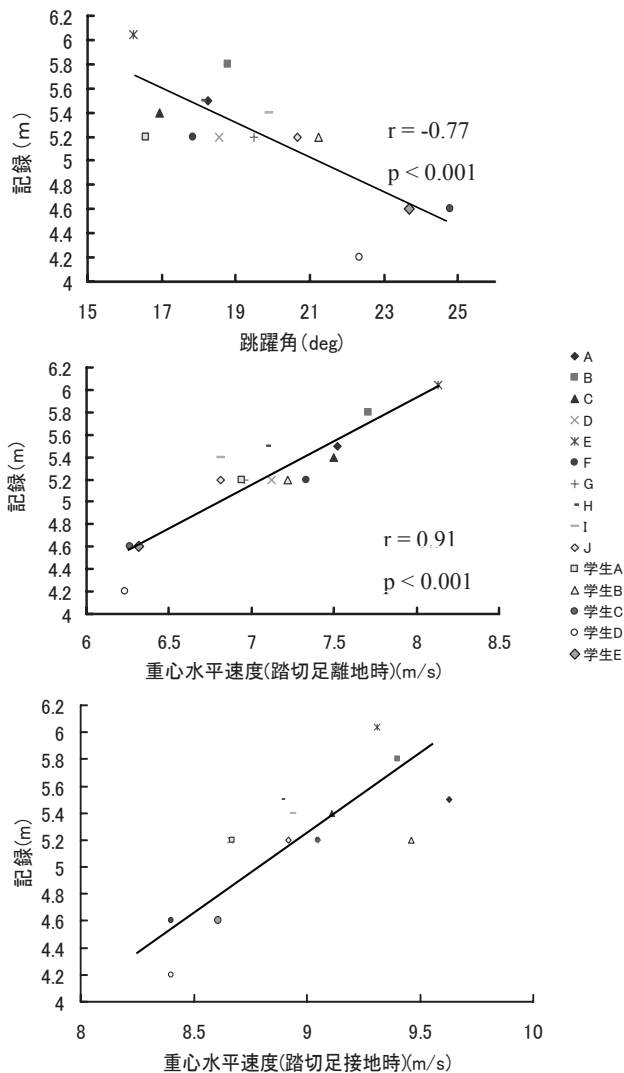


図 1 跳躍角および重心水平速度と記録の関係

表2 踏切局面における重心水平速度減速率および記録との相関係数

分析対象者	DR TD-MKF(%)	DR MKF-TO(%)	DR TD-TO(%)
A	-11.1	-12.1	-21.9
B	-12.8	-6.0	-18.0
C	-10.4	-8.1	-17.7
D	-11.7	-6.9	-17.8
E	-10.4	-2.5	-12.7
F	-10.1	-10.0	-19.0
G	-16.1	-8.3	-23.1
H	-15.1	-6.1	-20.2
I	-14.8	-10.6	-23.8
J	-16.4	-8.7	-23.7
学生A	-10.7	-10.3	-20.0
学生B	-17.7	-7.3	-23.7
学生C	-18.2	-8.9	-25.5
学生D	-16.9	-10.7	-25.8
学生E	-15.4	-13.2	-26.6
平均±標準偏差	-13.8±2.9	-8.7±2.7	-21.3±3.8
相関係数	0.60 ($p < 0.05$)	0.67 ($p < 0.01$)	0.83 ($p < 0.001$)

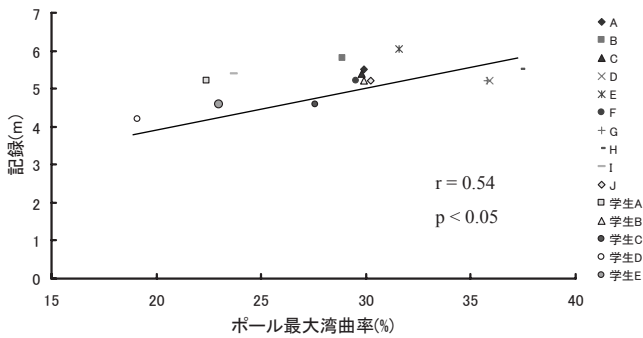


図2 ポール最大湾曲率と記録の関係

3.3 ポールの湾曲

図2は記録とポール最大湾曲率の関係を示したものである。記録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 ($r = 0.54$, $p < 0.05$)。図3はポール最大湾曲率と跳躍角および重心速度との関係を示したものである。跳躍角、重心水平速度とポール最大湾曲率との間には有意な相関は見られなかった。

図4は踏切における重心水平速度減速率とポール最大湾曲率との関係を示したものである。踏切前半および踏切全体の重心水平速度減速率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が、踏切後半の重心速度減速率との間には有意な正の相関が見られた ($r = 0.61$, $p < 0.05$)。

図5はポール最大湾曲点と記録との関係を示したものである。両者間には有意な関係は見られなかった。しかし、両者の関係は最大湾曲点が55～70%あたりで高い記録を示すものが多い2次曲線的傾向が見られた。

4. 考察

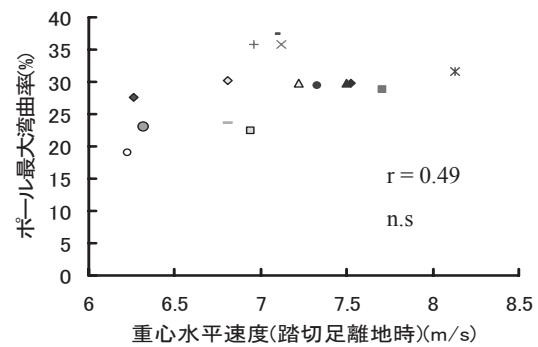
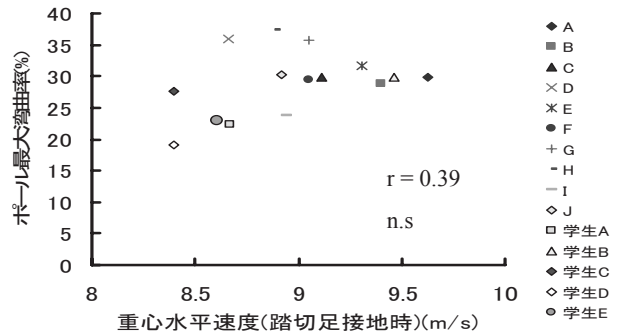
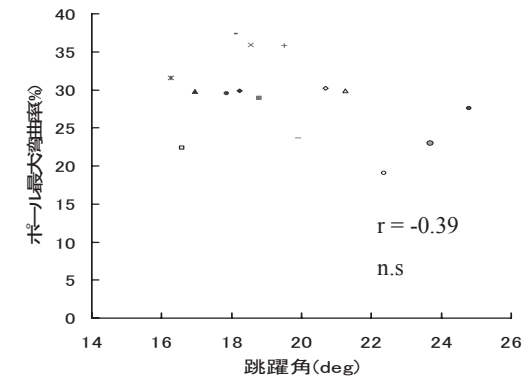


図3 重心速度および跳躍角とポール最大湾曲率の関係

4.1 身体重心の速度と記録

Steben(1970), 淵本ら(1994)は、踏切離地時の水平速度と記録の間に強い正の相関が見られたことを報告している。また、Hay(1967)は踏切離地時の水平速度とポール湾曲との間に有意な正の相関があることを報告している。本研究においても、踏切離地時の重心水平速度と記録の間に有意な正の相関が見られた。踏切離地時の重心水平速度が大きいと、長く、硬いポールの使用が可能となり、さらにHay(1967)の研究から、より大きな弾性エネルギーをポールに蓄積することができると考えられる。したがって、踏切離地時の水平速度は記録を決定する大きな要因と言える。

踏切離地時の水平速度を高めるためには、①助走速度を大きくすること、②踏切における減速を小さくすることが考えられる。図1に示したように、記録の良い選手ほど助走速度が大きい傾向が見られ、

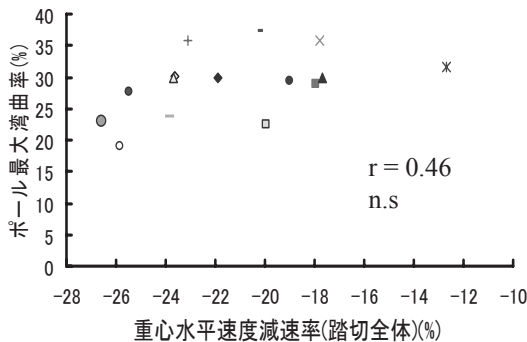
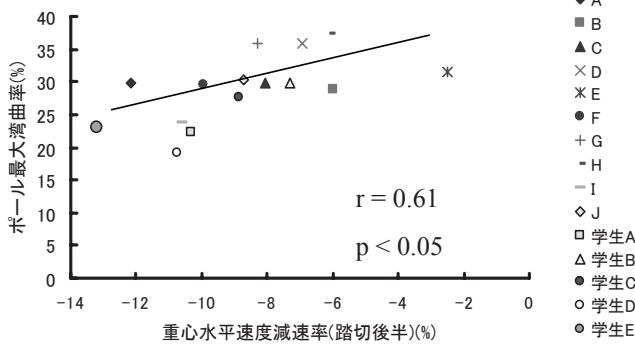
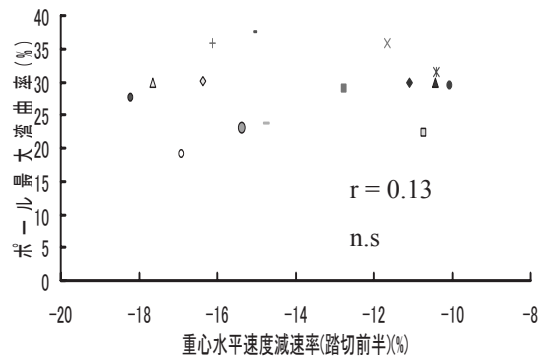


図4 重心水平速度減速率とポール最大湾曲率の関係

踏切における重心水平速度減速率と記録との間にも有意な正の相関が見られた(表2)。これらの結果は、競技水準の高い選手ほど、助走速度が大きいとともに、踏切局面における減速も小さいことを示している。また、跳躍角と記録との間には、有意な負の相関が見られた。この結果は、Hay(1967)の報告と一致していた。さらに、最も記録の良い選手Eの離地時の鉛直速度は全分析対象者の中で最も小さかった(表1)。これらのことから、棒高跳において、助走速度を高めること、踏切局面での水平速度の減速を小さくすること、さらに低く跳び出すことが良い記録につながることを示していると考えられる。

4.2 ポールの湾曲と記録

棒高跳では、助走によって得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、再び選手の運動エネルギー、そして位置エネルギーに変換する。したがって、ポールを大きく湾曲さ

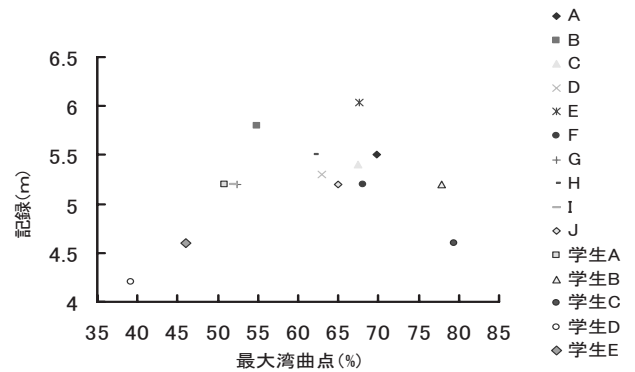


図5 ポール最大湾曲点と記録の関係

せることが良い記録につながると考えられる。記録とポール最大湾曲率の間には有意な正の相関が見られたが(図2)、重心速度や跳躍角とポール最大湾曲率の間には有意な相関が見られなかった(図3)。一方、踏切後半の重心水平速度減速率とポール最大湾曲率の間には有意な正の相関が見られた(図4)。これらのことと、踏切離地時の重心水平速度とポール最大湾曲率との間に正の有意傾向($r=0.49, p<0.1$)があったことを考え合わせると、踏切後半の減速率が小さいことの方が、ポールを大きく湾曲させるのに役立つと考えられる。また、この結果は棒高跳においても減速の小さい踏切を行うことが重要であることを示唆するものであり、今後さらに検討する必要があると考えられる。

ポールの最大湾曲点と記録の関係(図5)を見ると、ポールの最大湾曲点(最大湾曲点)がポール下端から55~70%の場合に良い記録が得られる傾向があり、ポール上端、あるいは下端に近い部分が最大に湾曲した場合には、記録が低下する傾向があるようである。さらに、ポール下端に近い部分の湾曲が大きい場合には、記録が良くなかった。また、ポールの下部が最も湾曲した学生選手DやEの場合(最大湾曲点39%, 46%)は、棒高跳の指導現場や選手の経験から言われている、いわゆる「下曲がり」という現象に相当すると考えられる。この結果は、ポールの最大湾曲点には最適な位置(下端から55~70%)が存在することを示し、ポールの最大湾曲点は、棒高跳技術の評価の観点の一つになると考えられる。

1991年の第3回世界陸上に出場した選手の踏切時の重心水平速度(淵本ら、1994)と本研究における日本一流選手7名(A, B, C, F, G, H, I)の値を比較すると(世界: 9.52 ± 0.37 m/s vs. 日本: 9.15 ± 0.27 m/s)、世界一流選手の方がやや大きい程度である。しかし、踏切離地時の重心水平速度を比較

すると (8.17 ± 0.31 m/s vs. 7.27 ± 0.27 m/s)、世界一流選手との間には1 m/s 近い差があり、世界一流選手と日本一流選手の間には、踏切時の減速に差があると考えられる。これまで、日本選手は世界一流選手に比べ助走速度が小さいとされてきたが、この結果から現在の日本選手の助走速度は、世界一流選手と大差ないと言える。しかし、日本選手では、踏切局面において水平速度の減速が大きかったため、踏切離地時の速度が小さくなり、結果として高い記録につながらなかったのであろう。また、踏切後半の重心水平速度減速率とポール最大湾曲率との間に有意な相関が見られることから、踏切での大きな減速がポールの湾曲を小さくし、記録の差となって表れたものと考えられる。

本研究では、2次元分析を用いたため、ポールの横方向の湾曲については言及できなかったが、今後は3次元分析を行い、より詳細にポールの挙動を研究する必要がある。

5. まとめ

本研究で得られた知見をまとめると、以下のようになる。

- ① 踏切足接地時と離地時の重心水平速度および跳躍角と記録との間には有意な相関が見られた。
- ② 踏切における水平速度減速率と記録の間には有意な正の相関が見られた。
- ③ 重心水平速度とポール最大湾曲率の間には有意な関係はなかったが、踏切後半の重心水平速度減速率とポール最大湾曲率との間に有意な相関が見られた。
- ④ ポールの最大湾曲点の位置が55～70%で良い記録が得られていた。

以上のことから、棒高跳では、大きな踏切離地時の重心水平速度、低い跳躍角、ポールを大きく湾曲させることが重要であるが、ポールの湾曲を大きくするには踏切、特に後半における水平速度の減速を小さくすることが役立つと考えられる。また、ポールの最大湾曲点には最適な範囲が存在し、これはポール長の55～70%の位置であると考えられる。日本選手の助走速度は世界一流選手のものとは大きな差はなくなっているが、踏切局面での減速が大きいことを考えると、踏切技術の改善が必要であり、このことによってポール湾曲を大きくでき、記録も向上すると考えられる。

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係数. *Japanese Journal of Sports Science* 15(3), 155-162
- 林 忠男, 持田 尚, 阿江通良 (2003) 2002 スーパー陸上女子棒高跳分析報告書, 日本陸連科学委員会研究報告, 第2巻1号, 17-29
- 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, 世界一流競技者の技術. ベースボールマガジン社, 東京, pp. 193-204
- Hay JG (1967) Pole vaulting: a mechanical analysis of factors influencing pole-bend. *Res Quart* 38:34-40
- Steben RE (1970) A cinematographic study of selective factors in the Pole Vault. *Res Quart* 41(1):95-104
- 高松潤二 (1996) 棒高跳に関するバイオメカニクス的研究 - ポールの挙動とボックス反力について - 筑波大学大学院体育科学研究科修士論文
- Wells, R.P and Winter, D.A (1980) Assessment of signal and noise in the kinematics of normal, pathological and sporting gaits. *Human Locomotion*, 92-93

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 日本国内レベル競技者との相違

田内健二¹⁾ 持田 尚²⁾ 榎本靖士³⁾ 阿江通良⁴⁾

1) 国立スポーツ科学センター 2) (財)横浜市スポーツ医科学センター 3) 京都教育大学
4) 筑波大学

The difference between female athletes of World level and Japan national level in glide technique of shot put.

Kenji Tauchi¹⁾ Takashi Mochida²⁾ Yasushi Enomoto³⁾ Michiyoshi Ae⁴⁾

1) Japan Institute of Sports Sciences
2) Yokohama sports medical center
3) Kyoto University of education
4) University of Tsukuba

Abstract

The purpose of this study was to investigate the difference between female athletes of World level and that of Japan national level in glide technique of shot put. Thirteen world level (World group) and eleven Japan national level shot putters (National group) were compared in position, displacement, velocity and acceleration of the shot. Although there was no difference in the velocity of the shot at the start of final push-off phase between two groups, in a short period of 0.2 seconds later, the velocity of the shot at release was significant higher in World group than in National group. There were no significant differences in the parameters of the shot during starting and gliding phase. These results indicate that it is necessary for Japan national level athletes to improve the motion during the push-off phase, because the velocity of the shot for Japan national level athletes was similar to that of the world level athletes in preceding of push-off phase.

I. 緒言

これまで日本の女子砲丸投げは、世界のレベルから遠く及ばない代表的な種目として知られてきたが、2004年に森千夏選手が18m22という日本記録を樹立し、アテネオリンピックに出場したことをはじめ、豊永陽子選手は17m57、市岡寿美選手は16m79と世界に通用していけるレベルに近づきつつある。しかし、この3名の選手のレベルが他の日本人選手より突出して優れており、必ずしも全体的にレベルが上がっているとはいえない状況でもある。砲丸投げのグライド投法に関する技術分析は、1950年代から盛んに行なわれ、世界のトップレベルの技

術分析についてもいくつかの報告がある (Marhold, 1974; 植屋ら, 1994)。しかし、多くの研究は男子選手を対象にしている場合が多く、女子選手に関する報告は少ない。また、1970年代から男子の砲丸投げの動作はグライド投法から回転投法へ移行し、現在では回転投法が主流となっている。このことから、近年では砲丸の技術分析に関しても回転投法を用いた報告が多くなっており (Bartonietz, 1994; Luhtanen, et al., 1997; Oesterreich, 1999)、反対にグライド投法を用いた報告は少なくなっている。一方、女子の砲丸投げに限れば、世界の一流競技者であってもグライド投法が主流であり、女子の砲丸投げのグライド投法に関するデータを蓄積、分

析することは現在においても重要な課題の1つである。また、日本においても女子の砲丸投げはグライド動作を行なっている選手が圧倒的に多いにもかかわらず、女子選手を対象にしてグライド動作を定量的に分析した研究は極めて少ない。したがって、女子砲丸投げのグライド投法に関して、世界トップレベルの選手と日本選手との類似点および相違点を明らかにすることは、日本女子砲丸投げの競技力向上のために有用な知見が得られるものと考えられる。

そこで本研究は、グライド投法の動作について世界レベルの選手と日本国内レベルの選手との相違点を明らかにし、日本における女子砲丸投げの競技力向上のために有用な知見を得ることを目的とした。

II. 方法

1. 分析対象

分析対象は、2003年のスーパー陸上、2004年の静岡国際、大阪グランプリ、日本選手権、およびスーパー陸上において女子砲丸投げに出場した選手24名（のべ48名）の各試合における最高記録をマークした試技とし、複数の試合に出場した選手は、記録の最も良い試合の試技とした。すべての対象選手は、グライド投法を行なっており、この中には、2004年アテネオリンピックの決勝進出者5名が含まれていた。なお、図1に示した記録のヒストグラムをみると、両極に偏った分布を示したことから、16.50m以上の選手13名をWorld群、15.00m以下の選手11名をNational群に分けた。World群には日本選手が3名含まれており、National群はすべて日本選手であった。

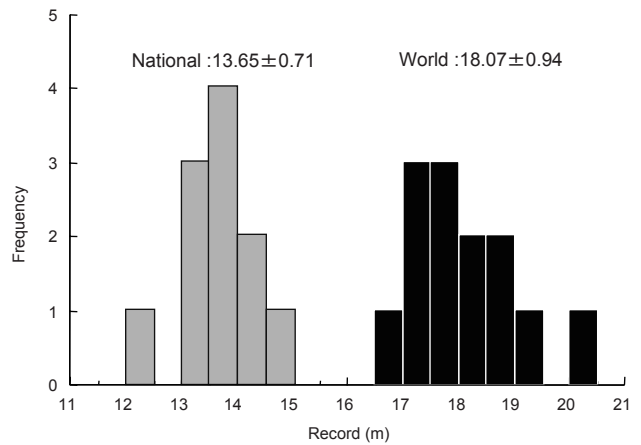


Figure 1 Histogram of shot put record.

2. データ収集

すべての試技を、サークルの右側方に設置した1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、砲丸の2次元座標を得るためにサークルの中心、中心から1.5m後方および2.0m前方（投てき方向）の3ヵ所にキャリブレーションポールを立てた（高さ3m、マーク間隔0.5m）。なお、データ収集は日本陸上競技連盟科学委員会バイオメカニクス班の活動として行われたものである。

3. データ分析

撮影した映像から砲丸を動作解析システム (Frame - DIAS II, ディケイエイチ) を用いてデジタル化した（毎秒60コマ）。2次元DLT法により砲丸の2次元座標を算出し、残差分析法 (Winter, 1990) によ

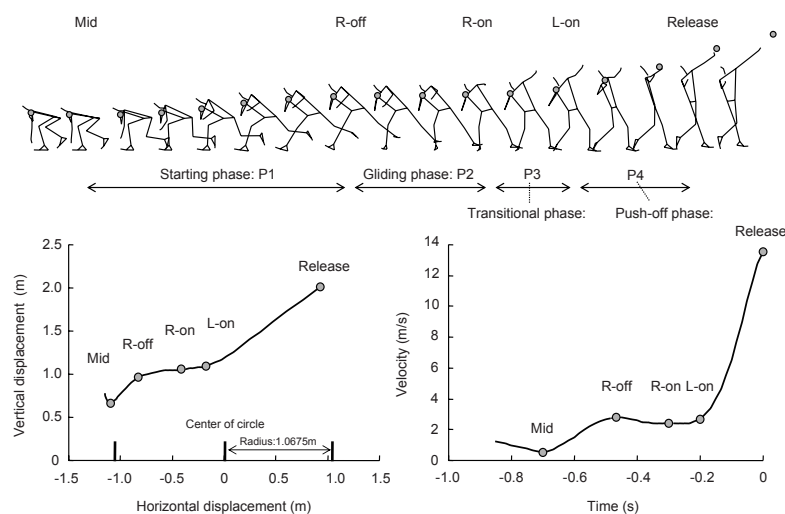


Figure 2 Time-related changes in trajectory (left) and velocity (right) of the shot. Ostapchuku, 20.02m

Table 1 Results of parameters of the shot. Values shows mean \pm SD. **, *, #: significant difference at $p < 0.01$, $p < 0.05$, $p < 0.10$, respectively.

		Event /	Mid	R-off	R-on	L-on	Release	
		Phase /	P1	P2	P3	P4		
Time (s)	World		0.295 \pm 0.159	0.153 \pm 0.025	0.142 \pm 0.036 **	0.232 \pm 0.030		
	National		0.300 \pm 0.103	0.156 \pm 0.013	0.198 \pm 0.023	0.230 \pm 0.021		
Position (m)	Horizontal	World	-1.10 \pm 0.06	-0.75 \pm 0.06	-0.44 \pm 0.07 #	-0.11 \pm 0.08 #	1.06 \pm 0.11	
		National	-1.11 \pm 0.06	-0.79 \pm 0.04	-0.48 \pm 0.06	-0.05 \pm 0.07	1.08 \pm 0.13	
	Vertical	World	0.68 \pm 0.08	0.97 \pm 0.13	1.03 \pm 0.13	1.09 \pm 0.13	2.01 \pm 0.13 **	
		National	0.71 \pm 0.07	0.95 \pm 0.08	0.98 \pm 0.07	1.04 \pm 0.07	1.86 \pm 0.14	
Displacement (m)	Resultant	World	0.46 \pm 0.11	0.32 \pm 0.05	0.33 \pm 0.03 **	1.49 \pm 0.13 #		
		National	0.41 \pm 0.06	0.31 \pm 0.05	0.44 \pm 0.06	1.40 \pm 0.10		
	Horizontal	World	0.35 \pm 0.10	0.31 \pm 0.05	0.33 \pm 0.08 **	1.17 \pm 0.09		
		National	0.33 \pm 0.04	0.30 \pm 0.05	0.43 \pm 0.06	1.13 \pm 0.14		
	Vertical	World	0.29 \pm 0.10	0.06 \pm 0.05	0.07 \pm 0.04	0.91 \pm 0.11 *		
		National	0.24 \pm 0.07	0.03 \pm 0.03	0.06 \pm 0.06	0.82 \pm 0.05		
	Vlocity (m/s)	Resultant	World	0.54 \pm 0.14	2.44 \pm 0.25 **	2.01 \pm 0.22	2.74 \pm 0.37	12.42 \pm 0.56 **
			National	0.52 \pm 0.14	2.15 \pm 0.15	1.95 \pm 0.15	2.78 \pm 0.37	10.78 \pm 0.40
Horizontal		World	0.54 \pm 0.14	2.16 \pm 0.30	2.07 \pm 0.26	2.55 \pm 0.33	9.85 \pm 0.76 **	
		National	0.52 \pm 0.14	2.03 \pm 0.15	1.92 \pm 0.16	2.56 \pm 0.37	8.70 \pm 0.50	
Vertical		World	0.01 \pm 0.07	1.10 \pm 0.30 **	0.16 \pm 0.29 #	0.98 \pm 0.38	7.55 \pm 0.59 **	
		National	0.01 \pm 0.05	0.70 \pm 0.16	-0.93 \pm 0.32	0.94 \pm 0.40	6.36 \pm 0.33	

Horizontal and vertical position: Origin (0,0) was set at center of the circle.

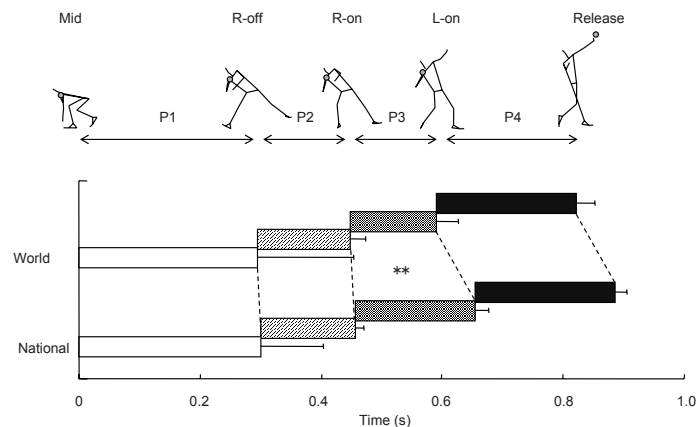


Figure 3 Comparison of duration time of four phases between World group and National group. **: significant difference at $p < 0.01$.

て決定された最適遮断周波数 (3 - 5 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、座標軸はサークルの中心を原点とし、投擲方向を x 軸、鉛直方向を y 軸とした。

本研究では、Marhold (1974) が示した局面分けを参考にして、一連の投擲動作について砲丸の最下点 (Mid), 右足離地 (R-off), 右足接地 (R-on), 左足接地 (L-on) およびリリース (Release) の各イベントを設定し、Mid から R-off までをスタート局面 (P1), R-off から R-on までをグライド局面 (P2), R-on から L-on までを移行局面 (P3), L-on から Release までをプッシュオフ局面 (P4) とした (図 2)。

砲丸の 2 次元座標値を時間微分することにより、

砲丸の速度を算出し、さらに速度を時間微分することにより砲丸の加速度を算出した。各局面の砲丸の加速度については、被験者間の変化パターンを比較するために、3 次のスプライン関数によって 101 個のデータに置き換えた。また、映像から各イベント間のコマ数を読み取ることにより各局面の経過時間を算出した。

4. 統計処理

各算出項目の値は、24 名の平均値 \pm 標準偏差で示した。各算出項目における World 群と National 群との比較には対応のない T-test を用いた。有意性は危険率 5% および 1% 未満で判定し、10% 未満は有意傾向があったとした。

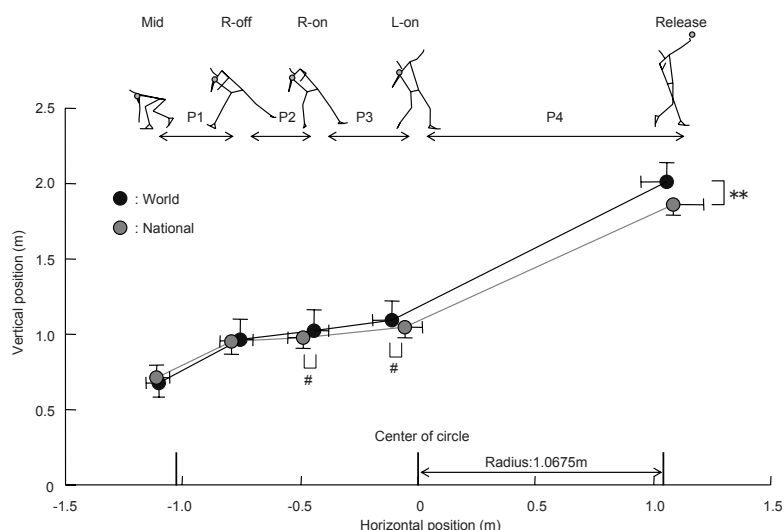


Figure 4 Comparison of trajectory of the shot between World group and National group.
 **, #: significant difference at $p < 0.01$, $p < 0.10$, respectively.

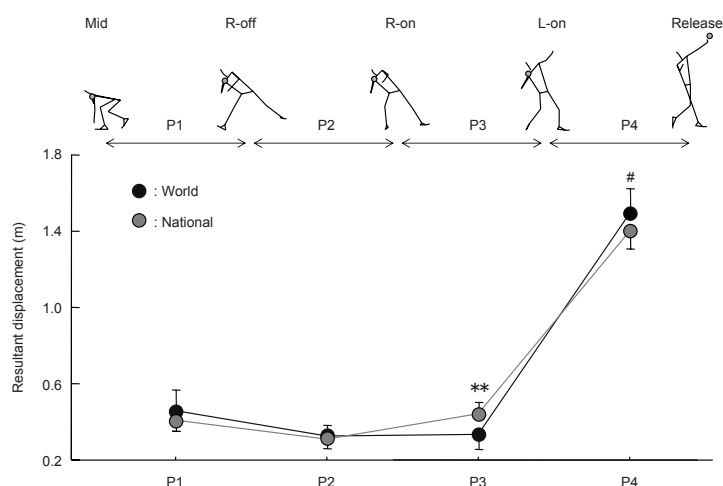


Figure 5 Comparison of resultant displacement of the shot for four phases between World group and National group.
 **, #: significant difference at $p < 0.01$, $p < 0.10$.

III. 結果

図 2 に、砲丸の軌跡および速度の典型例を示した。砲丸の軌跡は、Mid から R-off まで上昇し、R-off から L-on までやや停滞した後に、L-on から Release まで急激に上昇した。砲丸の速度は、Mid から R-off まで増加し、R-on 時に若干低下した後に、L-on から Release まで急激に増加した。

表 1 に、各局面およびイベント時における経過時間および砲丸の位置、変位、速度を示した。各局面の経過時間では、P3 の経過時間において両群間に有意差が認められた (図 3)。砲丸の位置では、Mid 時にはサークルの後端からおよそ 4cm 後方、L-on 時にはサークルの中央より若干後方、Release 時に

はサークルの前端のほぼ真上にあり、Release 時の鉛直方向の位置において両群間に有意差が認められた。また、水平方向の位置についてみると、World 群が National 群と比較して R-on 時にはより前方に位置する傾向が認められ、L-on 時にはより後方に位置する傾向が認められた (図 4)。砲丸の変位では、P3 における合成および水平方向の変位、P4 における鉛直方向の変位において両群間に有意差が認められた。また、P4 における合成変位において World 群が National 群と比較して高値を示す傾向が認められた (図 5)。砲丸の速度では、R-off 時および Release 時の砲丸の合成速度において両群間に有意差が認められた (図 6)。

図 7 に、砲丸の記録が高値であった 2 名 (Sub. A,

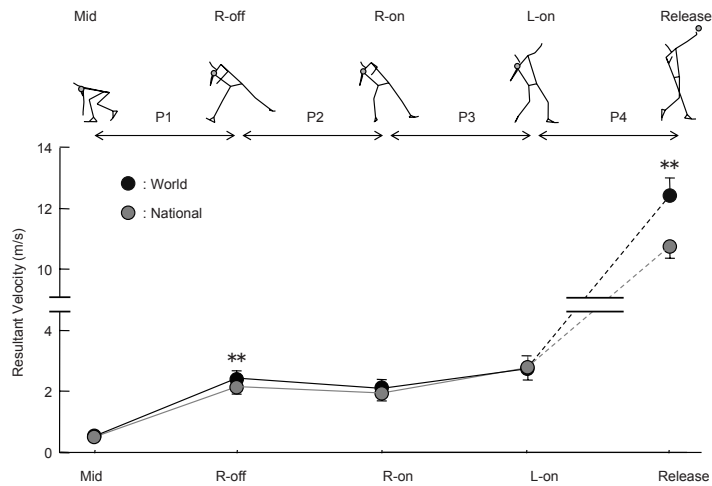


Figure 6 Comparison of velocity of the shot at each event between World group and National group.

** : significant difference at $p < 0.01$.

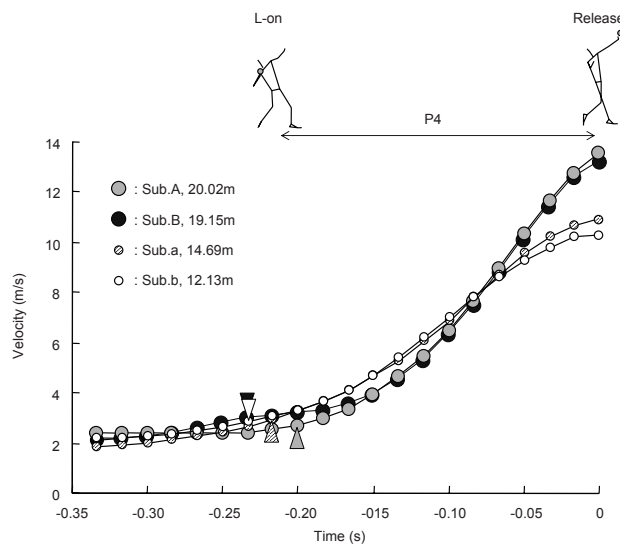


Figure 7 Time-related changes in the velocity of the shot during P4. Sub. A and sub. B are typical two subjects in World group. Sub. a and sub. b are typical two subjects in National group. Each triangle in the graph shows the starting point of P4 in each subject.

B) と低値であった 2 名 (Sub. a, b) の P4 における砲丸の速度の時系列変化を示した。P4 の前半においては Sub. a, b の砲丸の速度が高値を示し、後半においては Sub. A, B の砲丸の速度が高値を示した。

図 8 に、P4 における砲丸の加速度の変化パターンを示した。水平加速度は、0 - 10% において National 群が World 群と比較して有意に高値を示し、50 - 100% において World 群が National 群と比較して有意に高値を示した。鉛直加速度は、30 - 40%, 70 - 90% において World 群が National 群と

比較して有意に高値を示した。

IV. 考察

本研究は、20.20m - 16.79m を記録した World 群と 14.69m - 12.12m を記録した National 群における砲丸のパラメーターを比較することにより、日本選手の競技力向上のために必要な技術的要因を検討することとした。本研究で対象とした World 群は、2004 年に行なわれたアテネオリンピック決勝進出者 5 名を含み、投擲記録の平均値は $18.07 \pm 0.94m$

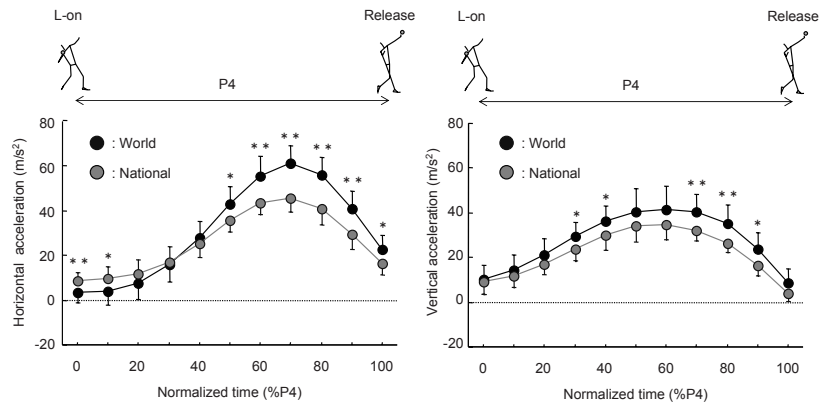


Figure 8 Comparisons of patterns of acceleration of the shot (left: horizontal, right: vertical) between World group and National group during P4. **, *: significant difference at $p < 0.01$, $p < 0.05$, respectively.

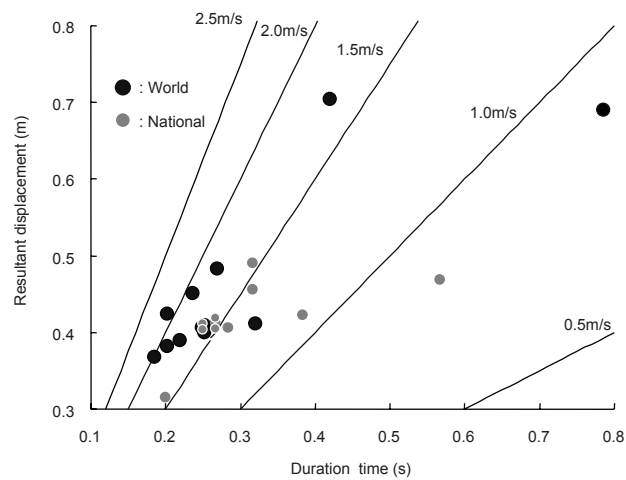


Figure 9 Relationship between duration time and resultant displacement of the shot during P1. Each line in the graph shows average velocity (=Resultant displacement / Duration time) at 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 and 2.5 m/s.

(2004年度世界ランキング30位相当)とかなり高かった。一方、National群の投擲記録の平均値は $13.65 \pm 0.71\text{m}$ (2004年度日本ランキング21位相当)であり、日本選手の特徴をおおよそ反映するものであったと考えられる。以下には、一連のグライド動作の局面にしたがって、考察していくことにする。

1. スタート局面 (P1)

スタート局面では、R-off時の砲丸の速度においてWorld群がNational群と比較して有意に高値を示し、特に鉛直速度において顕著であった(表1, 図6)。これはWorld群がやや低い位置から砲丸を加速させていたことに起因していると考えられる。しかし、この局面の経過時間および変位には有意差は認められていない(表1)。これは、図9に示したように同じ速度でも、時間および変位の両者を長くする選手、あるいは短くする選手などばらつきが

認められたためである。したがって、スタート局面においてはいずれの戦略を選択しても、結果として大きな速度を獲得することが重要であることが示唆された。

2. グライド局面 (P2)

グライド局面では、R-off時には砲丸の速度に有意差が認められていたにもかかわらず、R-on時には有意差が認められなかった(表1, 図6)。グライド局面は両足が離地している局面であることを考慮すると、この原因には、R-off時の両群間の差が砲丸の鉛直速度に大きく、水平速度に小さかったことが考えられる。すなわち、R-on時には鉛直方向の速度がほぼ 0m/s になるために、差の小さい水平速度のみの結果が表れたということである。したがって、上述にはスタート局面において砲丸の速度を高めることが重要であると述べたが、このことが投擲

記録にどのように影響を及ぼしているのかについては明らかにすることはできなかった。しかし、田内(2004)によっても同様の結果が報告されていることから、何らかのプラスの影響があるものと考えられる。このことについては、グライド局面の空中動作、R-on 時の構えの姿勢などに関連付けてさらに検討する必要がある。

3. 移行局面 (P3)

移行局面では、L-on 時の砲丸の速度は両群間でほぼ同様であったが、経過時間および変位はともに World 群では短く、National 群では長かった(表 1, 図 3, 5)。結果として、L-on 時の砲丸の位置は World 群が National 群よりも後方に位置させていた(図 2)。このことから、World 群ではグライド動作での移動距離を短くし、砲丸の加速距離を長くする、いわゆるショート・ロングのリズムを利用していると考えられたが、プッシュオフ局面における砲丸の変位は必ずしも大きくなかった(鉛直方向のみ World 群が有意に高値を示した)(表 1, 図 4)。したがって、移行局面における World 群の動作は、より前半局面(P1, P2)で砲丸を大きく進めていたことから、続くプッシュオフ局面において砲丸の加速距離を確保するための補償的な役割であったと考えられる。一方、National 群では、特に水平方向の変位を大きくし、L-on 時には砲丸をより前方へ位置させていた。植屋ら(1994)は、日本選手は世界トップレベルの選手と比較して左肩の開くタイミングが早いことを指摘している。このことを考慮すると、National 群はこの局面において、すでに左肩を開き砲丸を水平方向に加速させていたことが推察される。この推察については、次のプッシュオフ局面においてさらに検討することにする。

4. プッシュオフ局面 (P4)

プッシュオフ局面においては、Release 時の砲丸の速度に両群間に有意差が認められた。このことは、投擲距離がほぼ初速度で決まる(桜井, 1992)ことから当然であろう。しかし、注目しなければならないのは、プッシュオフ局面の開始である L-on 時には両群間で差がないにもかかわらず、わずか 0.2 秒後の Release 時には顕著な差が認められたことである。このことは、プッシュオフ局面における動作が両群間で大きく異なることを示唆するものである。そこで、両群の特徴を示す典型的な砲丸の速度曲線(図 7)をみると、P4 の前半においては National 群が高値を示し、後半においては World

群が高値を示した。また、P4 における砲丸の加速度の変化パターンを比較した結果、水平加速度の 0 - 10% においては National 群が高値を示し、50% 以降においては World 群が高値を示した(図 8)。これらの結果は、上述した National 群が移行局面において、すでに砲丸を加速させていたという推察を裏付けるものである。グライド投法のメリットは、体幹の起こし回転を利用できるとともに L-on 時に体幹の捻りを大きくできることがあげられる(植屋, 1985)。これは、砲丸の加速距離を長くすることに加えて、体幹筋群の捻り戻しの出力を高めることをねらいとしていると考えられる。したがって、National 群においては L-on 前に肩が開く(肩が体幹の長軸周りに回転することによって、体幹の捻りを大きくできず、捻り戻しの出力を高められないことからプッシュオフ局面後半に水平加速度を大きくできなかったものと考えられる。一方、World 群のプッシュオフ局面前半に速度および加速度が低値であったことは、砲丸の軌跡によって説明できる。すなわち、上方から砲丸の軌跡をみると優れた選手ほど S 字カーブを描き、劣った選手ほど直線に近くなる(Zatsiorsky et al., 1981)ことから、本研究のように砲丸の動きを矢状面内で評価した場合、World 群では S 時を描く局面、すなわち L-on 時からプッシュオフ局面の前半においては砲丸の水平方向の変位が短くなり、速度や加速度が低くなったということである。実際には、プッシュオフ局面前半では、前額面内での砲丸の加速度を高めており、砲丸が再び矢状面内で移動する局面後半において、砲丸の加速度が急激に大きくなったものと考えられる。したがって、World 群においては移行局面で肩を開くことなく L-on を迎えることによって、体幹の捻りを大きくし、プッシュオフ局面では体幹の捻り戻しを最大限に利用することで、砲丸の加速度および速度を大きくできたものと考えられる。なお、図 10 に示した世界一流選手の連続写真をみると、リリース後のフォロースルーでは、身体が前方へ移動することなく、その場でさらに 1 回転していることがわかる。このような動きは National 群にはほとんど認められなかった。したがって、World 群ではグライド投法であっても体幹の長軸周りの回転を強行的に行なっているものと考えられ、上述の捻りに関する考察を間接的に支持するものであると考えられる。

以上のことから、女子砲丸投げにおけるグライド投法による投擲動作の世界トップレベルの選手と日本選手との最も顕著な相違点は、最終局面である

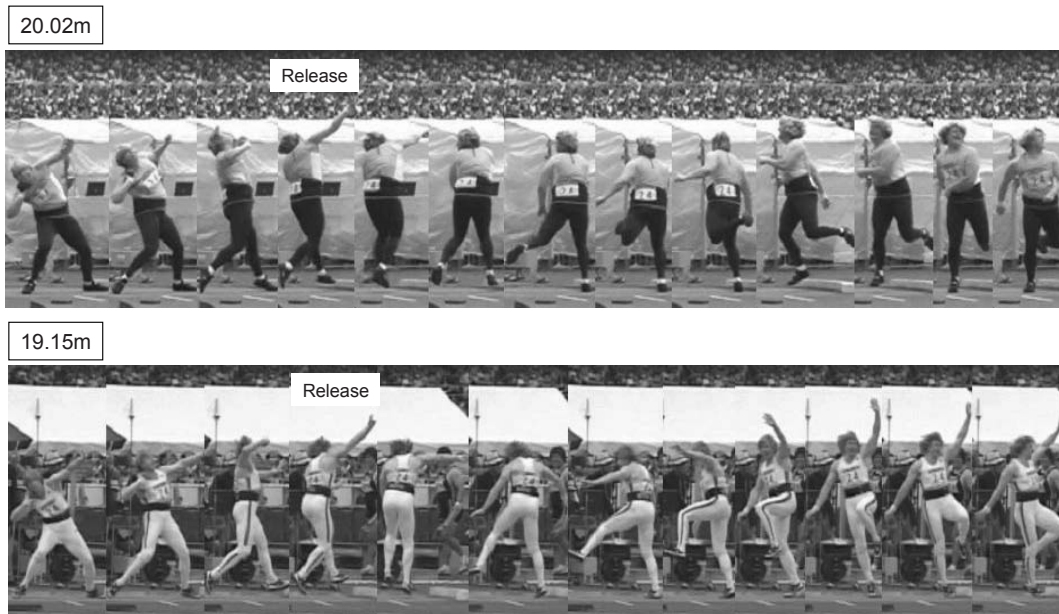


Figure 10 Sequential photographs of the motion after release during glide technique in the two world top level athletes.

プッシュオフ局面の動作に存在することが明らかとなった。また、グライド投法と呼ばれる所以である Mid から R-on までについては、パフォーマンスの差を説明できる相違点を見出すことはできなかった。このことは、日本選手はグライド局面終了時までには高いリリース速度を得るために最低限必要な条件 (R-on までに砲丸の速度およそ 2.0m/s を獲得すること) を満たしていることを示しており、移行局面およびプッシュオフ局面の技術改革により、大幅な競技力向上が期待できるものと考えられる。いずれにしても、より具体的な動作の相違点を明らかにするために 3 次元の動作解析を行ない、本研究で示した推察を検証することが急務の課題である。

V. 要約

本研究では、女子砲丸投げのグライド投法の動作について世界レベル競技者と日本国内レベル競技者との相違点を明らかにするために、13 名の世界レベル競技者 (World 群: 18.07 ± 0.94m) と 11 名の日本国内レベル競技者 (National 群: 13.65 ± 0.71m) を対象にして、投擲試技における砲丸の位置、変位、速度および加速度を比較検討した。なお、本研究では一連の投擲動作について砲丸の最下点 (Mid)、右足離地 (R-off)、右足接地 (R-on)、左足接地 (L-on) およびリリース (Release) の各イベントを設定し、Mid から R-off までをスタート局面、R-off から R-on までをグライド局面、R-on から L-on までを移

行局面、L-on から Release までをプッシュオフ局面とした。主な結果は、次のとおりである。プッシュオフ局面開始時の砲丸の速度には両群間に差は認められなかったにもかかわらず、わずか 0.2 秒後のリリース時には両群間に有意差が認められ、World 群が高値を示した。スタートおよびグライド局面における砲丸の各パラメーターには両群間に顕著な差は認められなかった。これらのことは、日本国内レベルの競技者は、グライド局面終了時までの砲丸の速度は世界レベルの競技者と同様であることから、競技力向上のためには移行局面およびプッシュオフ局面における動作の改善が必要であることを示唆するものである。

参考文献

- Bartonietz, K. E. (1994) Rotational shot put technique: biomechanic findings and recommendations for training. *Track and Field Quarterly Review* 94, 18-29.
- Luhtanen, P., Blomqvist, M. and Vanttinen, T. (1997) A comparison of two elite shot putters using the rotational shot put technique. *New Studies in Athletics* 12, 1-112.
- Marhold, G. (1974) Biomechanical analysis of the shot put. In: *Biomechanics IV*. Nelson, R. C. and Morehouse, C. A.

- (eds) University Park Press, Baltimore, pp. 175-179.
- Oesterreich, R (1999) The rotational shot put technique: a development model for young athletes. *Modern Athlete and Coach* 37, 19-22.
- 桜井伸二 (1992) 投げる科学. 大修館書店: 東京. pp. 42 - 47.
- 田内健二 (2004) 2003 年スーパー陸上女子砲丸投げの技術分析. 陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2003 3, 129-136.
- 植屋清見 (1985) 回転式砲丸投げの技術について. *Jpn J Sports Sci* 4, 91-97.
- 植屋清見, 池上康夫, 中村和彦, 桜井伸二, 岡本敦, 池上哲史 (1994) 砲丸投げのバイオメカニクスの分析. 佐々木秀幸, 小林寛道, 阿江通良監修, 世界一流競技者の技術. ベールボールマガジン社: 東京, pp. 207-219.
- Winter, D. A. (1990) *Biomechanics and motor control of human movement*. John Wiley & Sons Inc, New York, pp. 41-43.
- Zatsiorsky, V. M., Lanka, J. J. and Shalmanov, A. A. (1981) Biomechanical analysis of shot putting technique. *Exercise and Sport Sciences Reviews* 9, 353-389.

中学四種競技者のトレーニングおよび意識についての調査研究 —全国大会レベル競技者の場合—

繁田 進¹⁾ 有吉正博¹⁾ 上野祐紀子²⁾ 西中友季子¹⁾
1) 東京学芸大学 2) 青山学院大学

A Study on the training and feeling of combined event among junior high school tetrathletes
-The Athletes of National Convention level-

Susumu SHIGETA¹⁾ Masahiro ARIYOSHI¹⁾ Yukiko UENO²⁾ Yukiko NISHINAKA¹⁾

1) Tokyo Gakugei University

2) Aoyama Gakuin University

Abstract

The purpose of this study was to examine the training and feeling of combined event among junior high school combined athletes (tetrathletes), by applying a questionnaire survey method to the athletes of the National Convention level.

The results of the analysis were summed up as follows:

- 1) More than half of tetrathletes started combined event because of advice from a coach or other athletes.
- 2) The number of training days was six days a week. Time of the training was two hours to two and half hours a day. Time of the training had a tendency to decrease compared with that junior high school triathletes.
- 3) The problem for training was the lack of training time and an expert coach on combined event. The rate was higher than that of junior high school triathletes.
- 4) Being introduced tetrathlon, athletes can experience many events, so that they can get satisfaction and feel pleasure. However, on the other hand, there is a problem that their burden increase.

I. 研究目的

わが国のジュニア混成競技の研究は、小林(1990)、繁田ら(1994, 2002, 2004)、上野ら(2003)などに代表されるように高校生を対象にしたものが多く、中学生を対象としたものは、繁田ら(1996)の中学三種競技者を対象とした調査研究の他は、ほとんどなされていないのが現状である。

そこで本研究では、平成16年度より新しく導入された四種競技の全国大会レベル競技者を対象に、トレーニングおよび混成競技に対する意識調査を行い、それによって収集した資料を先行研究と比較・検討をすることにより、ジュニア混成競技者育成の

ための基礎的資料を得ることを目的とする。

II. 研究方法

1. 調査対象

平成16年度 第31回全日本中学校陸上競技選手権大会の男女四種競技に出場した競技者65名(男子12名、女子53名)を対象とした。回収率は35.4%(男子6名、平均得点2578点、女子17名、平均得点2559点)であった。

2. 調査方法

質問用紙調査法

3. 調査内容

①プロフィール ②競技に関する意識 ③トレーニングの実態 ④トレーニング上の問題 ⑤混成競技に対する意見

4. 分析方法

質問紙の項目を全てデータとして、統計ソフトSPSSを用いて集計、分析し、比較検討した。

Ⅲ. 結果と考察

1. プロフィール

形態的資質について表1に示した。身長についてみると、男子では平均が176.3 cmであり、最高が180 cm、最低が173 cmであった。女子では平均が160.9 cmであり、最高が166 cm、最低が152 cmであった。

体重についてみると、男子では平均が64.5 kgであり、最高が69 kg、最低が60 kgであった。女子では平均が49.5 kgであり、最高が57.8 kgであり、最低42 kgであった。

表1 形態的資質

		身長(cm)			
	人数	平均	標準偏差	最大値	最小値
四種競技男子	6	176.3	3.01	180	173
四種競技女子	17	160.9	3.65	166	152

		体重(kg)			
	人数	平均	標準偏差	最大値	最小値
四種競技男子	6	64.5	3.79	69	60
四種競技女子	17	49.5	4.32	57.8	42

繁田ら(1996)の三種競技者の研究と比較すると、身長については、男子の平均で1.8 cmの四種競技者の身長が高く、女子の平均で3.8 cm三種競技者の身長が高いことが明らかになった。体重については、男子の平均で0.1 kg四種競技者の体重が重く、女子の平均で3.2 kg三種競技者の体重が重いことが明らかになった。

このことは四種競技では三種競技に比べて、よりオールラウンドな体力・技能が必要となったことで、形態的資質にも差が現れたものと考えられる。男子においては、ハードル種目の導入により体格面に優れた競技者が四種競技を実施するようになり、女子においては、3種目から4種目に種目数が増加したことにより、体格よりも多種目をこなせる技能面に優れた競技者が四種競技を実施していることが推察される。

単独種目の経験について図1に示した。男子につ

いてみると「110 mハードル」「走高跳」「砲丸投」「100 m」「走幅跳」が各50%、「400 m」が33%、「200 m」が17%であった。女子では「100 mハードル」が76%と最も多く、次いで「走高跳」が24%、「砲丸投」が18%、「200 m」「走幅跳」が各12%、「100 m」が6%であった。

単独種目の経験は、男子競技者は多種目に分散する傾向を示したのに対し、女子競技者は100mハードルに集中する傾向を示した。また、男子においては全員が四種競技に含まれるいずれかの種目を単独種目として経験しており、71%の選手が単独種目でも地区ブロックレベルの大会や全国レベルの大会の出場経験があることが明らかになった。女子においても82%にあたる選手が四種競技に含まれる種目を単独種目として経験しており、53%の選手が単独種目でも地区ブロックレベルの大会や全国レベルの大会に出場経験があることが明らかになった。

これらのことから、全国大会に出場している混成競技者は、単独種目においても優れた競技レベルを有していることが示された。

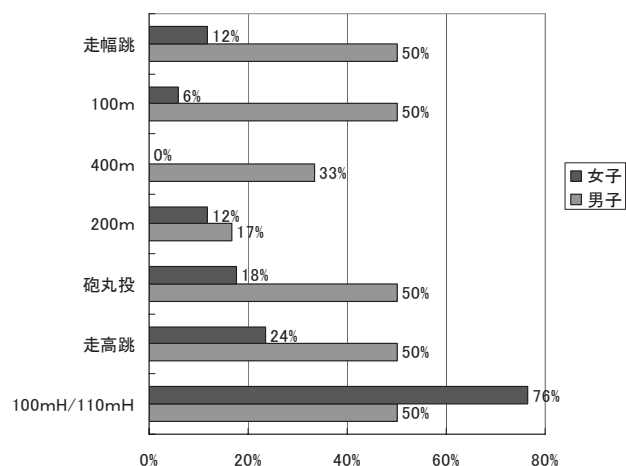
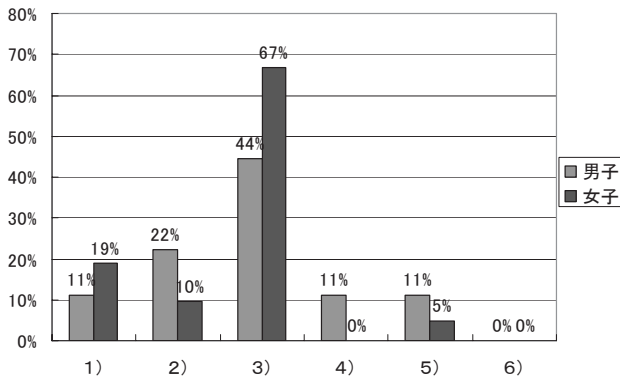


図1 単独種目の経験 複数回答 (四種競技)

2. 競技に対する意識

四種競技を始めたきっかけについて図2に示した。男子では「指導者・先輩・まわりに勧められたため」が44%で最も多く、次いで「陸上競技のトレーニングの一環として」が22%、「単独種目では好成績をあげられないが、混成競技では好成績が望めるため」「混成競技を見て感動したため」「その他」が各11%であった。その他の意見としては『一種目よりも四種目の方が楽しいから』とあった。女子では「指導者・先輩・まわりに勧められたため」が最も多く67%、次いで「単独種目では好成績をあげられないが、混成競技では好成績が望めるため」が



- 1) 単独種目では好成績があげられないが、混成競技では好成績が望めるため
- 2) 陸上競技のトレーニングの一環として
- 3) 指導者・先輩・まわりに勧められたため
- 4) 混成競技を見て感動したため
- 5) その他
- 6) 未回答

図2 混成競技を始めたきっかけ（四種競技）

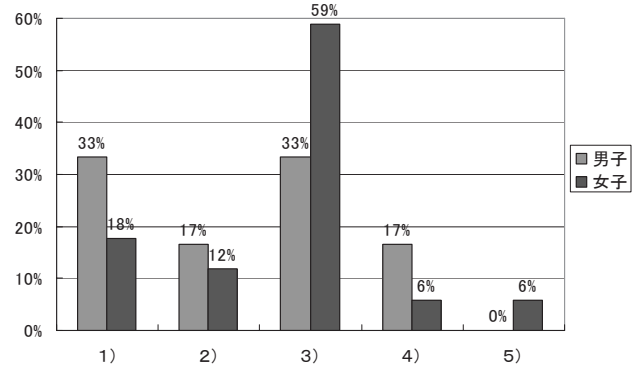
19%、「陸上競技のトレーニングの一環として」が10%、「その他」が5%であった。その他の意見としては『自分がどれくらいできるか試すため』であった。

これらのことから、全国大会出場競技者と言えども自分の意思として混成競技に取り組むというよりは人に勧められて取り組みはじめる傾向が強いことが示唆された。そして、その傾向は女子において顕著であった。

中学での競技目標について図3に示した。男子では「混成競技で好記録・好成績を目指したい」「混成競技と単独種目の両方で好記録・好成績を目指したい」が各33%、「単独種目で好記録・好成績を目指したい」「その他」が各17%であった。女子では「混成競技と単独種目の両方で好記録・好成績を目指したい」が59%と最も多く、次いで「混成競技で好記録・好成績を目指したい」が18%、「単独種目で好記録・好成績を目指したい」が12%、「その他」が6%、であった。

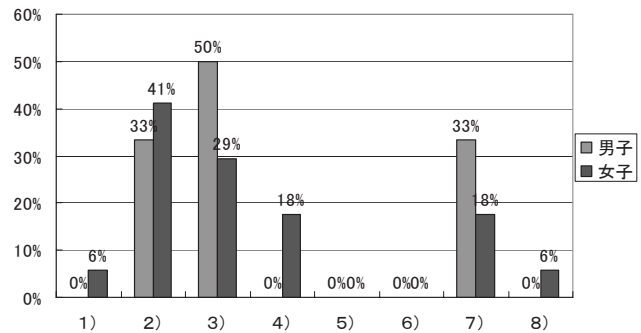
これらのことから、混成競技と単独種目の両方での競技力向上を目指している者の多い傾向を示した。しかし、繁田ら（1996）の三種競技者の研究に比べ、混成競技のみに競技目標をおいている者は増加する傾向を示した。

中学卒業後の目標について図4に示した。男子では「高校で混成競技と単独種目の両方の選手として活躍したい」が50%、「高校で単独種目選手として活躍したい」「その他」が各33%であった。女子では「高校で単独種目選手として活躍したい」が



- 1) 混成競技で好記録・好成績を目指したい
- 2) 単独種目で好記録・好成績を目指したい
- 3) 混成競技と単独種目の両方で好記録・好成績を目指したい
- 4) その他
- 5) 未回答

図3 中学での競技目標（四種競技）



- 1) 高校で混成競技選手として活躍したい
- 2) 高校で単独種目選手として活躍したい
- 3) 高校で混成競技と単独種目の両方の選手として活躍したい
- 4) 他のスポーツ（陸上競技以外）を本格的に取り組みたい
- 5) 他のスポーツ（陸上競技以外）を楽しみたい
- 6) スポーツ以外のことを楽しみたい
- 7) その他
- 8) 未回答

図4 中学卒業後の目標 複数回答（四種競技）

41%で最も多く、次いで「高校で混成競技と単独種目の両方の選手として活躍したい」が29%、「他のスポーツ（陸上競技以外）を本格的に取り組みたい」「その他」が各18%、「高校で混成競技選手として活躍したい」が6%であった。

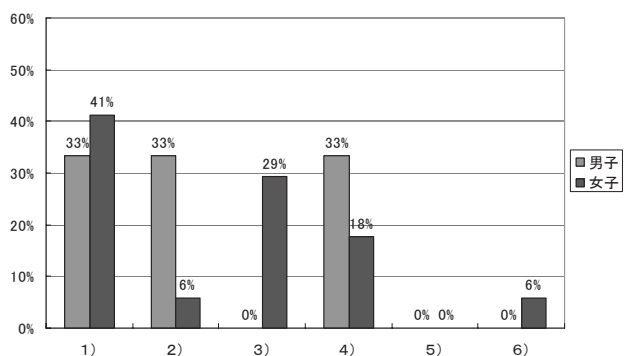
これらのことから中学卒業後は、そのまま混成競技者として活躍したいと考えている者はほとんどなく、混成競技と単独種目の両方または単独種目のみで活躍したいと考えている者が多い傾向を示した。しかしながら、繁田ら（1996）の三種競技者の研究に比べ、単独種目志向の割合は減少する傾向を

示した。

3. レーニングの実態

トレーニングの方法について図5に示した。男子では「いつも混成競技のためのトレーニングをしている」「いつも単独種目のためのトレーニングをしている」「いつも混成競技のためのトレーニングをし、単独種目の試合前のみ単独種目のトレーニングをしている」が各33%であった。女子では「いつも混成競技のためのトレーニングをしている」と答えた競技者が41%で最も多く、次いで「いつも単独種目のためのトレーニングをし、混成競技の試合の前のみ混成競技のトレーニングをしている」が29%、「いつも混成競技のトレーニングをし、単独種目の試合前のみ単独種目のトレーニングをしている」が18%、「いつも単独種目のためのトレーニングをしている」が6%であった。

男女とも、繁田ら（1996）の三種競技者の研究よりも、今回の四種競技者の方が、混成競技のト



- 1) いつも混成競技のためのトレーニングをしている
- 2) いつも単独種目のためのトレーニングをしている
- 3) いつも単独種目のためのトレーニングをし、混成競技の試合前のみ混成競技のトレーニングをしている
- 4) いつも混成競技のためのトレーニングをし、単独種目の試合前のみ単独種目のトレーニングをしている
- 5) その他
- 6) 未回答

図5 トレーニングの方法 (四種競技)

レーニングを中心に行っている者が多い傾向を示した。その傾向は特に女子において顕著であった。

これは、三種競技者は日頃単独種目のためのトレーニングを行い、混成競技の試合前のみ混成競技のトレーニングを行っている傾向を示したのに対し、四種競技者は日頃から混成競技のトレーニングを中心に行っているものが多く、トレーニングがより専門的になってきていることが示唆された。

一週間のトレーニング日数について表2に示し

た。男子では平均で5.7日、最高6日、最低5日であり、女子では平均で5.9日、最高7日、最低5日であった。特に、女子においては一週間毎日トレーニングをしている競技者が18%みられた。全国大会出場競技者の5人に1人が、一週間休みなしでのトレーニング実施の実態が浮きぼりになった。

表2 一週間のトレーニング日数

	人数	平均	標準偏差	最大値	最小値
四種競技男子	6	5.7	0.52	6	5
四種競技女子	17	5.9	0.7	7	5

また、一日のトレーニング時間については表3に示した。男子では平均135.0分、最高180分、最低120分であり、女子では平均131.9分、最高210分、最低60分であった。

男女ともに三種競技者、四種競技者の平均トレーニング日数に差はみられなかったが、平均トレーニング時間は三種競技者よりも減少する傾向を示した。

表3 一日のトレーニング時間 (分)

	人数	平均	標準偏差	最大値	最小値
四種競技男子	6	135	25.1	180	120
四種競技女子	17	131.9	34.3	210	60

朝練習について図6、図7に示した。男子では「朝練習をしている」と答えた競技者が67%、「朝練習をしていない」と答えた競技者が33%であり、朝練習を行っている者の平均トレーニング時間は30.0分で、最高40分、最低20分であった。朝練習の内容についてみると、「ジョギング」「基本ドリル (スプリントドリル・ハードドリルなど)」と答えた競技者が各75%、「ストレッチ」「補強運動」が50%、「ウォーキング」「ウインドスプリント」「ウエイトトレーニング」「走練習」「跳躍練習」「投擲練習」「球技」が各25%であった。女子では「朝練習をしている」と答えた者が76%、「朝練習をしていない」と答えた競技者が24%であり、朝練習を行っている者の平均トレーニング時間は34.6分で、最高50分、最低25分であった。朝練習の内容についてみると「補強運動」と答えた競技者が最も多く、54%で、次いで「基本ドリル (スプリントドリル・ハードドリルなど)」が46%、「走練習」が38%、「ジョギング」が31%、「投擲練習」が23%、「ウエイトトレーニング」が15%、「ウインドスプリング」「ストレッチ」「跳躍練習」「球技」が各8%であった。

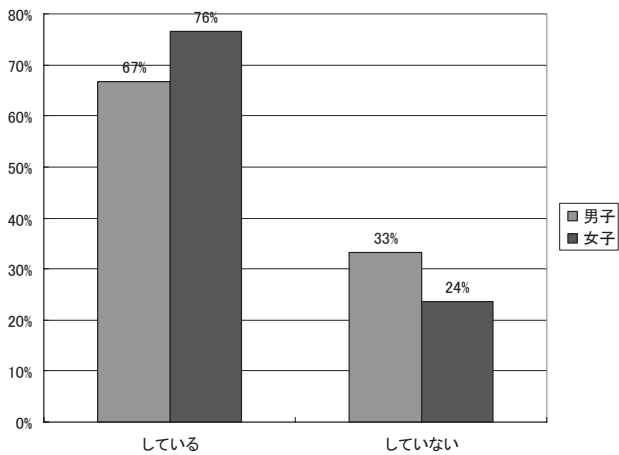


図6 朝練習について（四種競技）

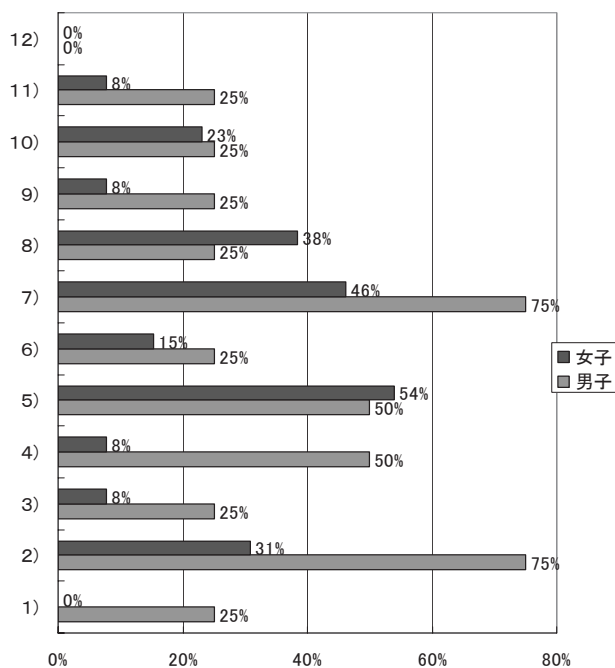


図7 朝練習の内容 複数回答（四種競技）

三種競技者よりも四種競技者の方が朝練習を実施している割合は顕著に高いことが明らかになった。しかし、トレーニング時間は減少傾向を示した。また、内容としては基本ドリルや補強運動といった基礎的なトレーニングを行っている競技者が多かった。これは、トレーニング内容の多い混成競技者が基礎的なトレーニングを朝練習で行い、より、技術性の高い、習得に時間のかかる種目トレーニングを

放課後に行っていると考えられる。これらのことから、短いトレーニング時間を朝練習で補っていることが示唆された。

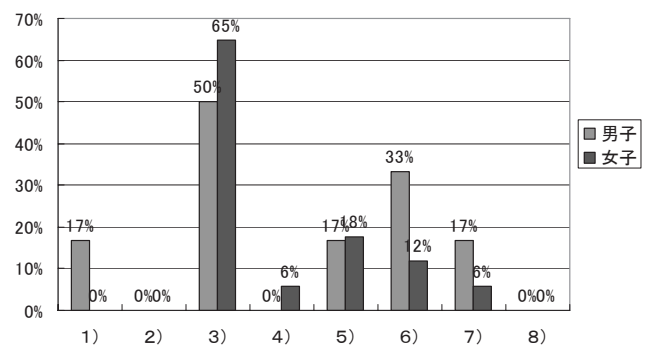
4. トレーニング上の問題点

混成競技をトレーニングする上での問題点について図8に示した。男子では「十分なトレーニング時間が取れない」と答えた競技者が50%、「専門的な指導者がいない」が33%、「トレーニングする場があまりない」「混成競技の試合が少ない」「その他」が各17%であった。女子では「十分なトレーニング時間が取れない」と答えた競技者が65%、「混成競技の試合が少ない」が18%、「専門的な指導者がいない」が12%、「ウエイトトレーニングの施設が少ない」「その他」と答えた競技者が各6%であった。

繁田ら（1996）の三種競技者の研究では、競技会不足を問題点として多くあげられていたが、四種競技者においてはその問題は減少し、トレーニング時間不足や専門的な指導者不足の問題が増える傾向を示した。このことは、短いトレーニング時間の中で、効率の良い混成競技のトレーニングを指導できる、専門的な指導者の必要性を示唆していると思われる。

5. 混成競技に対する意見

四種競技が導入されて良かった点、改善点を図9、図10に示した。良かった点については「いろいろな種目が出来て楽しい」「最後まで順位が決まらない」「全体的な体力・技能が身に付く」「達成感を味



- 1) トレーニングする場があまりない
- 2) 道具・用具がそろっていない
- 3) 十分なトレーニング時間がとれない
- 4) ウェイトトレーニング施設が少ない
- 5) 混成競技の試合が少ない
- 6) 専門的な指導者がいない
- 7) その他
- 8) 未回答

図8 混成競技をトレーニングする上での問題点 複数回答（四種競技）

わえる」などの意見があった。一方、改善点については、「負担が大きい」「種目間の時間が短い」「単独種目への影響」「練習時間が足りない」などの意見があった。

これは、種目数が3種目から4種目になったことにより、多くの種目を経験することで、より混成競技の特性に触れることができ、充実して楽しんでいるように感じられた。その一方で、単独種目との兼ね合いなどによる負担増などの問題も浮き彫りになった。

様々な意見があるが、選手の多くは様々な種目ができることを楽しんでいるように感じられた。その一方で、一日で4種目、あるいは単独種目、リレ種目などの兼ね合いによっては5種目、6種目の出場となることにより、競技者にとって大きな負担となることも明らかとなった。

IV. まとめ

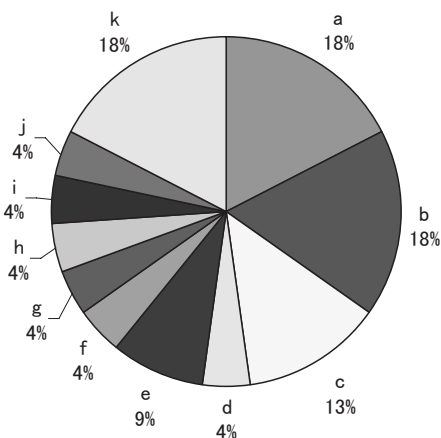
1. 体格に関しては、男子は三種競技者より優れており、逆に、女子は劣っている傾向を示した。また、多くの競技者が、混成競技に含まれるいずれかの種目に、単独種目としても取り組んでいることが明ら

かとなった。中学混成競技競技者は、混成競技に取り組むと同時に、単独種目にも取り組む傾向が示唆された。

2. 競技に関する意識について、四種競技者の半数以上は周囲の勧めをきっかけとして混成競技を始めている。また、多くの競技者の中学での競技目標は、混成競技と単独種目の両方で好記録・好成績を残すことであった。このことは、三種競技者でも同様の結果となっていたことから、中学混成競技者は周囲の勧めをきっかけとして、混成競技に取り組み始め、中学卒業後には、単独種目を中心として混成競技にも取り組んでいきたいと考えている傾向が強いと言える。

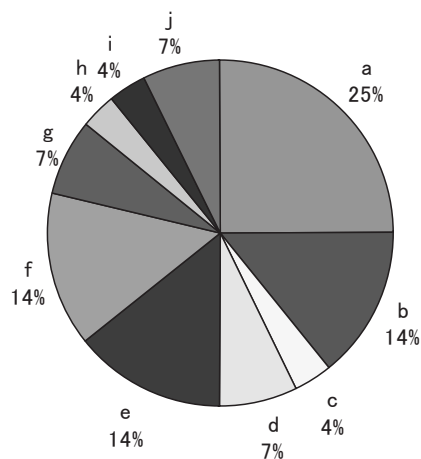
3. トレーニング日数は週6日、一日2時間から2.5時間実施されていた。トレーニング時間は三種競技よりも減少傾向を示した。朝練習については65%以上が実施しており、放課後のトレーニング時間不足を補うためのものであると考えられ、その傾向は四種競技者の方が顕著であった。内容としてはジョギングや基本ドリル、ストレッチ、補強運動等、基礎的なトレーニング内容であった。

4. トレーニング上の問題点をみると、トレーニング時間不足や専門的指導者不足を挙げており、その



- a いろいろな種目ができて楽しい
- b 最後まで順位が決まらない
- c 全体的な体力・技能が見につく
- d 精神的に強くなれる
- e 達成感を味わえる
- f 高校の混成競技につながる
- g 得意種目が増えた
- h 種目間が短く、競技しやすい
- i 平均的な選手にとって有利となった
- j 努力すれば全国大会に出場できる
- k なし

図9 三種競技から四種競技に代わって
【良かった点】



- a 負担が大きい
- b 種目間の時間が短い
- c 複数種目への出場が困難
- d 選択肢がなくなった
- e 単独種目への影響
- f 技術習得に時間がかかるため練習時間が足りない
- g 苦手種目で得点が取れない
- h 三種競技の上位者が生きない
- i それぞれの種目に合わせた身体を作るのが大変
- j なし

図10 三種競技から四種競技に代わって
【改善点】

割合は三種競技者と比べて高くなっている。このことは、種目の増加にともなって起きる、必然的な問題点であり、効率よく多種目のトレーニングを行うための工夫が必要となる。そのためにも、混成競技の専門的な知識を持った指導者の育成が、今後の課題であると考えられる。

5. 混成競技に対する意見についてみると、四種競技が導入されて良かった点、改善点は、4種目になったことで、より多種目を経験することができ、混成競技の特性に触れ、充実していて楽しく感じられる一方で、競技者にとって負担増などの問題も出てきている。

参考・引用文献

上野祐紀子，繁田進，有吉正博，生田目陽子，小林敬和（2003）高校七種競技者のトレーニングおよび意識に関する調査研究—都道府県大会レベルの場合—、陸上競技紀要 16、93－101.

小林敬和（1990）八種競技選手の競技成績に関する分析的研究、日本体育学会第 41 回大会号、639.

繁田進，有吉正博，上野祐紀子，沢辺拓也（2004）高校八種競技者のトレーニングおよび意識に関する調査研究—都道府県大会レベルの場合—、陸上競技紀要 17、88-95.

繁田進，有吉正博，大城戸靖雄，上野祐紀子（2002）高校混成競技者のトレーニングおよび意識に関する調査研究、陸上競技紀要 15、96－102.

繁田進，有吉正博，持田尚，櫻田淳也（1996）混成競技のトレーニングに関する調査研究—中学生の場合—、陸上競技紀要 9、31－36.

繁田進，有吉正博，持田尚，櫻田淳也（1994）混成競技のトレーニングに関する調査研究—高校生の場合—、陸上競技紀要 7、16－21.

アテネ・オリンピック大会における陸上競技日本代表選手・団の記録「達成率」ならびに実力発揮度について

岡野 進¹⁾ 佐々木秀幸²⁾
1) 明海大学 2) 早稲田大学

Achievement and Performance Rates for Japanese Athletes in Track and Field Events at the Athens Olympics

Susumu OKANO¹⁾ Hideyuki SASAKI²⁾
1) Meikai University
2) Waseda University

Abstract

This paper analyzes the achievement and performance rates for the thirty-seven Japanese representatives in the track and field events at the Athens Olympics.

- 1) The average achievement rate for both male and female Japanese athletes was low, at 96.5±3.4% for 24 men and 93.7±4.7% for 13 women. The women's rate was especially low. The average rate for gold medalists of all nationalities was 99.7±1.4% for men and 99.5±1.9% for women, while the rate for Japanese athletes was significantly lower, at the 1% and 0.1% significant level respectively.
- 2) Athletes with achievement rates of 98% or above were considered to have performed up to their abilities. A mere 27.0% of Japanese athletes, 8 men and 2 women, did so. Only one Japanese athlete, a man, was able to improve on his previous best. Of gold medalists for the total of 23 events in which Japanese men and women participated, 18 athletes, 78.3%, had a performance rate of 98% or over, and 13 athletes, 56.5%, beat their previous bests.
- 3) After taking into account the parching heat and the undulation of the course in the marathon event, it can be said that approximately 40% of Japanese male participants and 30% of Japanese female participants were able to perform up to their abilities, while approximately 90% of gold medalists in the 23 events did so.

The above analysis shows that Japanese athletes were able to perform up to their abilities much less frequently than gold medalists. 60 or 70% of them were not satisfied with their results. Possible causes include insufficient conditioning, injuries, other physical problems, mental attitude (setting low goals and having low motivation), and mental problems (nervousness and lack of mental toughness). Japanese athletes have long suffered from not being able to perform up to their abilities in the Olympics and other world competitions. The real causes need to be identified as quickly as possible so that countermeasures

I. 緒言

第28回オリンピック大会は、2004年8月、ギリシャのアテネにおいて開催された。日本の陸上競技は、男子26名・女子13名の代表選手を送った。その結果、前回のシドニー・オリンピック大会(2000

年)の金メダル1個、入賞3個を上回る「金メダル2個、入賞6個」という成績を収めた。確かに、このことは日本選手団として評価されることである。

さて、岡野(1995、1996、1999、2001)は、これまで、国際大会やオリンピックにおける陸上競技日本代表選手(以下、「日本選手」とする)・団の国

際大会における実力発揮度に関する報告等をしてきた。つまり、日本選手・団が、オリンピックをはじめとする国際大会において、自己記録に対して何パーセントの記録を出したかという「達成率 (%)」を求めることから、選手・団の実力発揮度を検証したものであるが、これも、日本選手・団を評価する一方法となろう。

岡野 (1995、1996、1999、2001) のこれまでの報告や 1999 年セビア世界陸上競技選手権大会の資料からは、達成率 (平均値±標準偏差値) 98.3 ± 1.2%を示したシドニー・オリンピックにおける日本女子選手群を例外として、他の全ての大会における日本選手団の達成率はかなり低く、各大会優勝者群の達成率と比較すると有意 (明らか) に低い値であった。もちろん、個人的にも、達成率の低い選手が多く見られた。この原因として、岡野 (2001) は、選手選考会の日程やあり方、選手の大会への臨み方や調整 (コンディショニング)、さらには大会におけるメンタル・タフネスなどの精神的なことに問題があることを指摘した。

上述したこれまでの報告を踏まえ、先に終了したアテネ・オリンピック大会における日本選手・団の達成率ならびの実力発揮度は、いかなるものであったであろうか。また、前回のシドニー・オリンピックまでの国際大会では、芳しくなかった日本選手・団の達成率や実力発揮度は、果たして今回は改善されたのであろうかといったことについて、大変興味

を抱いたので、ここに、それらを検証してみることにした。

II. 研究方法

各選手のアテネ・オリンピック大会における達成率は、大会時の記録が、自己記録の何パーセントに当たるかを、計算して求めた。各選手の諸データ (年齢・体格・記録等) については、『陸上競技マガジン』2004 年 10 月号 (別冊：アテネ・オリンピック陸上競技完全ガイド) と『陸上競技マガジン・記録集計号 (2003 年度)』ならびに『OLYMPIAN (AUTUMN)』(JOC、2004) によった。なお、自己記録については、オリンピック大会前の 2004 年 7 月 31 日現在のものとした。また、大会時記録は、各ラウンドで最も良い記録とした。さらには、日本選手・団の達成率ならびに実力発揮度と比較するための対照群として、日本選手が出場した種目の優勝者の達成率を求めた。優勝者の諸データ (年齢・体格・記録等) は、『陸上競技マガジン』(2004 年 10 月号) によった。

III. 結果と考察

1. 日本選手・団の達成率

①男子：表 1-1 は、男子選手の年齢・体格・記録ならびに達成率等を示したものである。年齢・体格 (BMI) については選手の特徴として参考ま

表 1-1 アテネ・オリンピック日本代表選手の年齢・体格・記録ならびに「達成率」(男子)

男子	氏名	所属	年齢・才	身長・cm	体重・kg	BMI	種目	自己記録	大会時記録	達成率・%	更新率・%	順位
短距離	末續慎吾	ミズノ	24	178	64	20.2	100m	10.03	10.19	98.4	-1.6	17位
	朝原宣治	大阪ガス	32	179	73	22.8	100m	10.02	10.24	97.8	-2.2	21位
	土江寛裕	富士通	30	171	65	22.2	100m	10.21	10.37	98.4	-1.6	39位
	高平慎士	順天堂大	20	179	62	19.4	200m	20.59	21.05	97.8	-2.2	40位
	松田 亮	広島経済大	24	177	70	22.3	200m	20.59	24.59	83.7	-16.3	52位
	佐藤光浩	富士通	24	175	62	20.4	400m	45.50	46.70	97.4	-2.6	32位
	山口有希	東海大	20	174	63	20.8	400m	45.18	46.16	97.8	-2.2	40位
	小坂田淳	大阪ガス	30	176	67	21.6	400m	45.05	46.39	97.1	-2.9	45位
	向井裕紀弘	西濃運輸	24	174	60	19.8	4x400mR	45.82				
	伊藤友弘	法政大	22	174	65	21.5	4x400mR	45.63				
ハードル	谷川 聡	ミズノ	32	185	80	23.4	110mH	13.53	13.39	101.0	1.0	20位
	内藤真人	ミズノ	24	185	75	21.9	110mH	13.47	13.54	99.4	-0.6	26位
長距離	為末 大	A. P. F	26	170	64	22.2	400mH	47.89	48.46	98.8	-1.2	10位
	吉沢 賢	デサント	26	180	71	21.9	400mH	48.85	50.95	95.8	-4.2	29位
	大野龍二	旭化成	19	159	47	18.6	10000m	27.59.32	29.06.50	96.1	-3.9	19位
マラソン	岩水嘉孝	トヨタ自動車	25	174	53	17.5	3000mSC	8.18.93	8.29.07	98.0	-2.0	23位
	国近友昭	エスピー食品	31	179	60	18.7	マラソン	2. 07.52	2. 21.13	90.5	-9.5	42位
	油谷 繁	中国電力	27	163	51	19.2	マラソン	2. 07.52	2. 13.11	96.0	-4.0	5位
競歩	諏訪利成	日清食品	27	178	58	18.3	マラソン	2. 07.55	2. 13.24	95.8	-4.2	6位
	谷井孝行	日大	21	166	57	20.7	20kmW	1. 20.39	1. 23.38	96.4	-3.6	15位
跳躍	山崎勇喜	順天堂大	20	177	65	20.8	50kmW	3. 55.20	3. 57.00	99.2	-0.8	16位
	寺野伸一	サンクラブ	25	176	70	22.6	LJ	8.20	7.70	93.9	-6.1	29位
投擲	杉林孝法	ミキハウス	28	185	66	19.3	TJ	17.02	16.00	94.0	-6.0	38位
	澤野大地	ニシスポーツ	23	182	68	20.5	PV	5.80	5.70	98.2	-1.8	13位
	室伏広治	ミズノ	29	187	96	27.5	HT	84.86	82.91	97.7	-2.3	金メダル
	村上幸史	スズキ	24	185	92	26.9	JT	81.71	78.59	96.1	-3.9	18位
	N=26	平均値	25.3	176.5	66.3	21.2		N=24	平均値	96.5	-3.5	24.5
		標準偏差値	3.73	6.69	10.7	2.3			標準偏差値	3.39		13.5

(注)リレー2種目、競歩2名の途中棄権は除外した。

*参考	バルディニ	イタリア	33					2. 07.29	2. 10.55	97.4	-2.6	金メダル
-----	-------	------	----	--	--	--	--	----------	----------	------	------	------

でに記載した。そこで、男子選手（24名）の達成率について見てみると、岡野（1995、1996、1999、2001）のこれまでの研究からは、達成率98.0%以上であれば、実力をほぼ発揮できたと解釈しているが、男子群の達成率（平均値±標準偏差値）は、 $96.5 \pm 3.4\%$ であった。この値は、前回のシドニー・オリンピックの $96.5 \pm 2.6\%$ とほぼ同値であり、99年セビア世界選手権の $96.0 \pm 3.0\%$ よりはやや良かったものの、広島アジア大会の $97.2 \pm 2.7\%$ や福岡ユニバーシアード大会の $96.8 \pm 3.4\%$ よりはやや低い値であった。このことは、「はじめに」においても触れたが、今回のアテネ・オリンピックの男子群の達成率は低く、実力を発揮できたとはいえないものであったと言える。同時に、今回も、男子群の達成率は、これまでと同様、改善は全く見られていなかったと言える。

個人別では、110 mHの谷川の達成率101.0%（自己記録更新の日本新記録）が最高値であり、足を傷めていた200 mの松田の83.7%が最低値であった。また、実力をほぼ発揮できたと考えられる達成率（98.0%以上）を示した選手は、8名（33.3%）であり、この中で、自己記録を達成した選手は僅か1名（4.2%）しかいなかった。

ところで、日本待望の金メダルを獲得したハンマー投の室伏の達成率は97.7%であり、実力をほぼ発揮できたとする98.0%より、0.3%足りない値であった。室伏は、オリンピック終了直後の9月23日のスーパー陸上で、83 m 15（達成率98.0%）を投げたが、このことからすると、オリンピックでは十分に実力を発揮できていなかったものと推察される。また、マラソンで5・6位に入賞した油谷と諏訪の達成率は、それぞれ96.0%と95.8%と数値的に低いものとなったのは、炎暑と起伏といった外的条件の厳しさが大きく影響したものと考えられ

る。この点、マラソン優勝者のイタリアのバルディニの達成率は、97.4%であった（後掲の表2-1参照）ことを参考にすると、油谷と諏訪は、自己の実力をほぼ発揮できたものと考えて良からう。

ところで、表1-1には記載しなかった4位入賞の4×100 mリレーの達成率は99.5%、同じく4×400 mリレーの達成率は99.8%と、ほとんど日本記録に迫っており、リレーでの実力発揮はできていたが、なぜ、個人種目ではリレーよりも低い達成率となったのか、レースへの臨み方や意気込みに違いがでたのか、いずれにせよ疑問が残るところである。また、特に期待された100 mの末續の達成率は98.4%であり、実力をほぼ発揮できていたと言える。しかしながら、準決勝にも進出できなかったことを考えると、100分の1秒を争う100 mという種目では、自己記録に近い99.5%以上の達成率（100.1%以上の自己記録が望ましい）で走らなければ、日本選手は通用しないということであろう。

②女子：表1-2は、女子選手の年齢・体格・記録ならびに達成率等について示したものである。男子同様、年齢・体格（BMI）については、参考までに記載した。女子群（13名）の達成率（平均値±標準偏差値）は、 $93.7 \pm 4.7\%$ と最悪と言える値であった。岡野（1995、1996、1999、2001）によるこれまでの値は、シドニー・オリンピックが $98.3 \pm 1.2\%$ で最も高く、セビア世界選手権が $97.8 \pm 1.8\%$ 、広島アジア大会が $97.1 \pm 4.2\%$ 、福岡ユニバーシアードが $96.8 \pm 3.4\%$ であった。女子群の場合、前回のシドニー・オリンピックでは、（実力がほぼ発揮できたと考えられる）98.0%以上の達成率を示したにも拘らず、今回のアテネ・オリンピックでは達成率95%（更新率-5%）にも満たないという最悪の結果であった。また、達成率98.0%以上を示した女子選手も、2名（15.4%）しかいなかった。

表1-2 アテネ・オリンピック日本代表選手の年齢・体格・記録ならびに「達成率」（女子）

	氏名	所属	年齢・才	身長・cm	体重・kg	BMI	種目	自己記録	大会時記録	達成率・%	更新率・%	順位
中距離	杉森美保	京セラ	26	156	49	20.3	800m	2.00.46	2.02.82	98.0	-2.0	21位
長距離	富士加代子	ワコール	22	161	45	17.4	10000m	30.51.81	33.48.66	91.2	-8.8	26位
	田中めぐみ	しまむら	28	160	43	16.8	10000m	31.34.01	31.42.18	99.5	-0.5	13位
	弘山晴美	資生堂	35	160	47	18.4	10000m	31.22.72	32.15.12	97.2	-2.8	16位
マラソン	野口みずき	グローバリー	26	150	40	17.8	マラソン	2。21.18	2。26.20	96.5	-3.5	金メダル
	土佐礼子	三井住友海上	28	167	45	16.1	マラソン	2。22.46	2。28.44	96.0	-4.0	5位
	坂本直子	天満屋	23	160	43	16.8	マラソン	2。21.51	2。31.43	93.5	-6.5	7位
競歩	川崎真裕美	海老澤製作所	24	167	52	18.7	20kmW	1。31.19	1。37.56	93.8	-6.2	40位
跳躍	近藤高代	長谷川体育	28	160	56	21.9	PV	4.35	4.15	95.4	-4.6	32位
	花岡麻帆	オフィス24	28	171	56	19.2	LJ	6.82	6.31	92.5	-7.5	34位
投擲	森 千夏	スズキ	24	169	88	30.8	SP	18.22	15.86	87.0	-13.0	36位
	室伏由佳	ミズノ	27	170	64	22.2	HT	67.77	65.33	96.4	-3.6	27位
混成競技	中田友紀	さかえクリニック	27	167	53	19.0	七種競技	5962	4871	81.7	-18.3	28位
	N=13	平均値	26.6	162.9	52.4	19.6		N=13	平均値	93.7	-6.25	22.0
		標準偏差値	3.12	5.92	12.1	3.69			標準偏差値	4.67		12.1

*参考 スデレバ ケニヤ 32 2。18.47 2。26.32 94.7 -5.3 銀メダル

た。

個人別では、10000 mの田中の達成率99.5%が最高値であり、混成競技の中田の81.7%が最低値であった。中田の達成率が極端に低かったのは、走幅跳で3回ファール(0点)したためであった。また、マラソン金メダルの野口の達成率は97.2%、5位の土佐は96.5%、7位の坂本は93.5%であった。参考までに、2位のヌデレバは94.7%であった。このようにマラソンの達成率の低さは、外的コンディション(スタート時の気温35度という炎暑と起伏コース)の影響が大きかったものと考えられる。この点、野口、土佐はヌデレバの達成率をかなり上回っていることや、入賞者の達成率の平均値が95.50%であったことからしても、二人は実力を十分に発揮したものと考えられる。事実、野口はJOC(2004)のアンケートに「積んできたことを試合でも出し切れた」ことと、「いつになく試合中、冷静に走れた」と回答している。

ところで、10000 mの福士の達成率は91.2%、砲丸投の森は87.0%と極端に悪く、体調不良や怪我等、非常に大きなトラブルがあったものと推察される。

2. 日本選手の達成率の分布

図1は、日本選手の達成率の分布を示したものである。ここでは、達成率を4段階に分けて、その分布を男女別(棒グラフ)と男女合計(折れ線グラフ)で示したものであるが、達成率100.0%以上は、自己タイ記録か自己記録を出したということになり、実力を十分に発揮できたことを意味する。また、達成率99.9~98.0%は、実力をほぼ発揮できたと考えられる値であると言えるが、達成率97.9~96.0%は、何らかの原因で実力が発揮できなかったと言える。さらに、達成率95.9%以下、達成率が低くなればなるほど、調整の失敗や精神的な問題

がいつそう大きかったことや、マラソンでは過酷な外的条件などが推察される。

さて、今回のアテネ・オリンピック(図1)においては、自己記録更新者は全体で僅か1名(2.7%)しかいなかった。また、達成率98.0%を超えた選手は、先の自己記録更新者1名と合わせて、男子8名(33.3%)、女子2名(15.4%)の計10名(27.0%)に過ぎなかった。すなわち、残りの男子16名(69.6%) + 女子11名(85.0%)の計27名(73.0%)という多くの選手が、(外的条件を全く考慮しないで達成率のみで判断すると)実力が発揮できなかったか、さらには全く実力が発揮できなかったということになる。先の1)でも述べたが、特に女子の7名(53.8%)が、達成率95.9%以下であったことは、日本選手団(チーム)として、非常に大きな問題である。

ところで、図2は、今回のアテネと前回のシドニーにおける日本選手の達成率の分布を比較したものである。これによると、両オリンピックとも、達成率の分布状況は同じ傾向であり、実力を出せなかった選手が圧倒的に多い。しかも、シドニーよりも今回のアテネの方が、自己記録更新者や達成率98.0%を超えた人数(割合)も少なかった(シドニーが14名=34.1%、アテネが10名=27.0%)。この点、これまでの岡野(1995、1996、2001)の報告や資料(1999)からも、日本選手が、オリンピックや世界選手権をはじめとする国際大会において、自己の実力を発揮できない場合が多いことが指摘されている。

大試合における選手の課題(目標)は、自己記録更新に置かれるのが通常である。この点、1991年東京世界選手権のドイツの例の場合について、Schurbert, Bernard(1992)は「世界選手権に出場したドイツ選手団の21名(23.3%)は目に見える記録の向上を示し、また36名(40%)が自己ベス

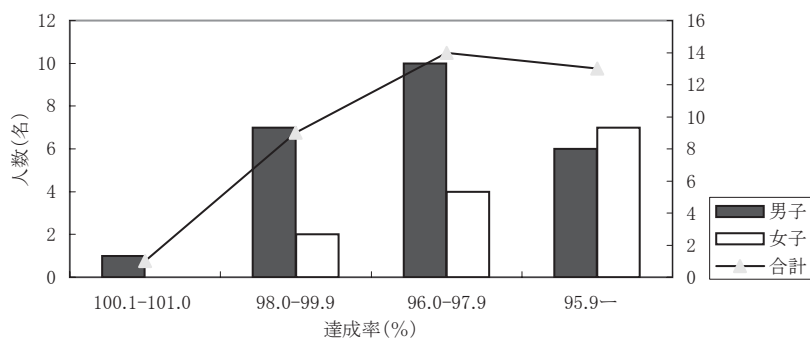


図1 アテネ・オリンピックにおける日本選手の達成率の分布(男子24名・女子13名・合計37名)

<注>棒グラフは図左側の数値、折れ線グラフは図右側の数値

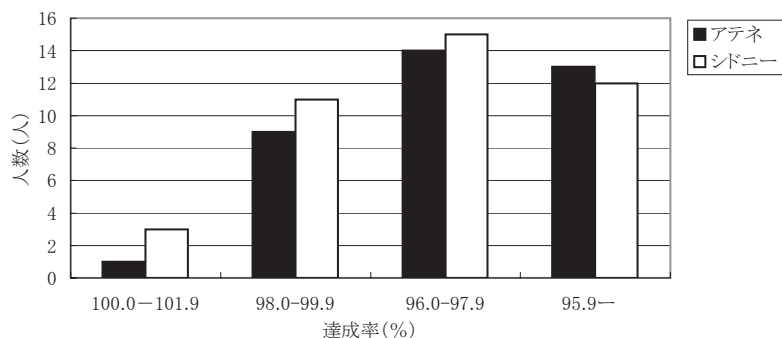


図2 アテネとシドニー・オリンピックにおける日本選手の達成率人数分布の比較—
アテネ37名、シドニー41名

トに近い記録をマークしたが、22名(24.4%)に記録の低下が見られた」と述べている。なお、22名については、「パフォーマンスの調整に問題があった」としている。この様に、ドイツ選手団は世界選手権で、実力を発揮したと考えられる選手が43名(63.3%)もいたということから比較すると、今回のアテネ・オリンピックにおける日本選手・団の実力発揮度が、いかに低いものであるかが分かるであ

ろう。

3. 優勝者・群の達成率と日本選手・団との比較

表2-1は、アテネ・オリンピック優勝者(男子)の年齢・体格・記録ならびに達成率等を示したものである。ここに掲げた男子優勝者は、日本選手が出場した15種目の優勝者である。また、表2-2は、同様に、女子の優勝者(8名)について示したもの

表2-1 アテネ・オリンピック優勝者の年齢・体格・記録ならびに「達成率」(男子)

*自己記録は2004年7月末現在

種目	選手名	国名	年齢・才	身長・cm	体重・kg	BMI	自己記録	大会時記録	達成率・%	更新率・%
100m	ガトリン	アメリカ	22	185	79	23.1	9.92	9.85	100.7	0.7
200m	クロフォード	アメリカ	26	181	75	22.9	19.85	19.79	100.3	0.3
400m	ワリナー	アメリカ	20	188	70	19.8	44.37	44.00	100.8	0.8
110mH	劉翔	中国	21	189	82	23.0	13.06	12.91	101.1	1.1
400mH	サンチェス	ドミニカ共	27	178	73	23.0	47.25	47.63	99.2	-0.8
3000mSC	ケンボイ	ケニア	22	175	62	20.2	8.02.49	8.05.81	99.3	-0.7
10000m	ベケレ	エチオピア	22	160	54	21.1	26.20.31	27.05.10	97.2	-2.8
20km競歩	ブルニエッティ	イタリア	28	175	62	20.2	1.19.43	1.19.40	100.1	0.1
50km競歩	コジェニョフスキ	ポーランド	36	178	73	21.1	3.36.03	3.38.46	98.7	-1.3
マラソン	バルディニ	イタリア	33	176	60	20.2	2.07.29	2.10.55	97.4	-2.6
走幅跳	フィリップス	アメリカ	26	181	82	25.0	8.44	8.59	101.8	1.8
三段跳	オルソン	スウェーデン	24	192	74	20.1	17.80	17.79	99.9	-0.1
棒高跳	マック	アメリカ	31	188	78	22.1	5.90	5.95	100.8	0.8
ハンマー投	室伏広治	日本	29	187	96	27.5	84.86	82.91	97.7	-2.3
槍投げ	トルキルドセン	ノルウェー	22	186	90	26.0	85.72	86.50	100.9	0.9
	平均値	N=15	25.9	181.3	74.0	22.4		平均値	99.7	-0.3
	標準偏差値		4.7	7.8	11.0	2.4		標準偏差値	1.38	

(注)種目は、日本選手の出場種目を対象とした。

ハンマー投	*アヌシュ	ハンガリー	31				84.19	83.16	98.7	-1.3
	*ドーピング失格									

表2-2 アテネ・オリンピック優勝者の年齢・体格・記録ならびに「達成率」(女子)

*自己記録は2004年7月末現在

種目	選手名	国名	年齢・才	身長・cm	体重・kg	BMI	自己記録	大会時記録	達成率・%	更新率・%
10000m		中国	20	166	50	18.1	30.31.55	30.24.36	100.4	0.4
20km競歩	ツメレカ	ギリシャ	22	157	49	19.9	1.29.34	1.29.12	100.4	0.4
マラソン	野口みずき	日本	26	150	41	18.2	2.21.18	2.26.20	96.5	-3.5
走幅跳	レバデワ	ロシア	28	171	60	20.5	7.33	7.07	96.4	-3.5
棒高跳	イシンバエワ	ロシア	22	174	66	21.8	5.90	5.91	100.1	0.1
砲丸投	クンバ	キューバ	29	183	100	29.9	19.31	19.59	101.4	1.4
ハンマー投	クゼンコワ	ロシア	33	176	76	24.5	75.68	75.02	99.1	-0.9
七種競技	クリュフト	スウェーデン	21	178	65	20.5	6820	6952	101.9	1.9
	平均値	N=8	25.1	169.4	63.4	21.7		平均値	99.5	-0.5
	標準偏差値		4.3	10.4	17.3	3.65		標準偏差値	1.94	

(注)種目は、日本選手の出場種目を対象とした。

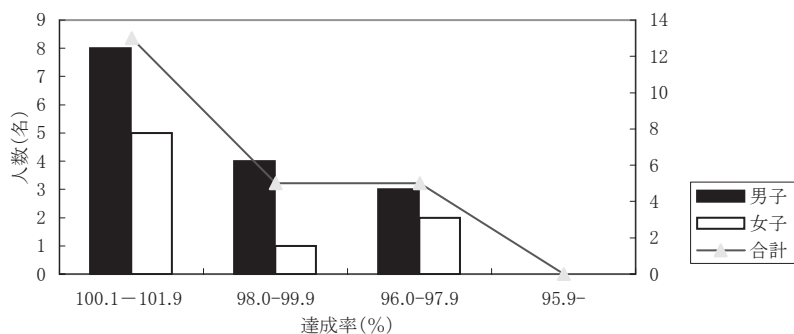


図3 アテネ・オリンピック優勝者群の達成率の分布
(注) 棒グラフは図左側の数値、折れ線グラフは図右側の数値

である。

先の1)で述べた日本選手団の場合と同様に、まず優勝者群の達成率をみると、男子群は99.7 ± 1.4%、女子群は99.5 ± 1.9%であり、共に100.0%に近い高い値であった。ここで、日本選手団の達成率と比較すると、男子優勝者群の達成率は、日本男子群よりも3.2%高く、1%レベルでの有意差が認められた。また、女子優勝者群の達成率は、日本女子群よりも5.8%高く、0.1%レベルでの有意差が認められた。

図3は、優勝者の達成率の分布を示したものであるが、達成率の高い値のところに、多くの優勝者がいる。実際の人数を追ってみると、100.1-101.9%の自己記録更新者は男子8名(53.3%)・女子5名(62.5%)の計13名(56.5%)であり、また達成率98.0-99.9%での優勝者は、男子4名(26.7%)・女子1名(12.5%)の計5名(21.7%)であった。

結局、十分に実力を発揮したり、また実力をほぼ発揮して優勝した選手は、男子が12名(80.0%)・女子が6名(75.0%)の計18名(78.3%)というものであった。

以上から、日本選手団の達成率は、優勝者群と比較すると、男女共有意(明らか)に低く、調整の失敗や大会における精神的な問題(あがり、低い緊張感やメンタル・タフネス)、さらには試合の臨み方(意気込みなどの低さ)などが推察されるのである。

ところで、図4は、今回のアテネ・オリンピックと前回のシドニー・オリンピック、さらには1999年のセビリア世界選手権における優勝者(男・女群)と日本選手(男・女群)の達成率(平均値)を比較したものである。オリンピック優勝者群は、男女共98.2-100.3%という高い達成率を示しているのに比較し、日本男子群とシドニーを除いた日本女子群の達成率の低さが目立つ。もちろん、この点につ

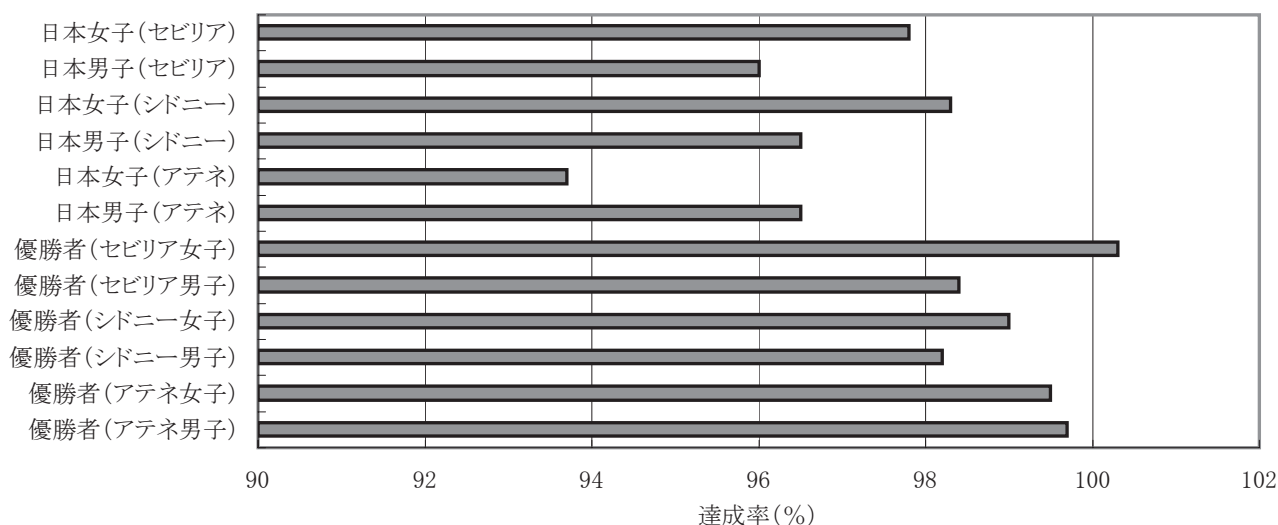


図4 アテネ・シドニー・オリンピック、99セビリア世界陸上の日本選手(男・女群)と優勝者(男・女群)の達成率(平均値)の比較

(注) シドニーの日本男子3名の記録なしは集計から除外してある。

いては、すでに指摘したとおりである。

田代 (1999) は、セビリア世界選手権終了時の総括で、「なぜ日本の陸上は弱いのか。・・・(中略)原因を探っていくと、体力の差だけではない、世界の舞台で力を発揮できない日本陸上界の内弁慶ぶりが浮き彫りになってくる。」と指摘すると同時に、「参加することに意義有で、重圧を感じずにレースに出ている。」とも述べている。また、児玉 (2004) は、アテネ・オリンピックを取材し、多くの選手が「緊張していたわけでも、のまれたわけでもない。大会までは好調だったし、競技場に入っても楽しめた。だけど、思っていたような結果が出せなかった。」というコメントを受けて、「国際大会で緊張しない、のまれな程度の感覚では、オリンピックでは戦えないのではないかと思うのだ。すさまじいほどの緊張感やプレッシャーを背負った上で臨み、そんななかで確実に結果を出していけるだけの強さをもっていることが、真に必要とされる条件なのではないか、と。」と述べている。これと同様なことは、すでに野村 (1999) が、セビリア世界選手権で期待された100・200 mで惨敗した伊東が『緊張感が出てこない』と話したことを取り上げ、「精神的に万全の状態での競技に臨めなかった」ことが、敗因にもなったことを指摘しているのである。

実力が発揮できなかった多くの日本選手と、ほとんどが実力を発揮して優勝した選手の違いは、田代 (1999) や児玉 (2004)、野村 (1999) らが指摘しているように、案外、オリンピック大会への臨み方(強い意気込みと高い緊張度を持つこと)に大きな差があるのかも知れない。

4. 日本選手団と優勝者群の実力発揮度の比較

表3は、アテネ・オリンピックにおける日本選手団と優勝者群の実力発揮度について、比較したものである。ここで示す実力発揮度は、基本的には達成率によっているが、1)でも述べたように、マラソンについては、外的条件(炎暑と起伏)を考慮する必要があるために、基準となる外国選手の達成率を参考にして判断を下したものである。この結果、表に示されているように、優勝者(男女共)の約90%が実力を発揮していたが、日本選手の場合は、男子の約40%、女子の約30%しか、実力を発揮できなかったと言える。このことは、日本選手団として非常に大きな問題であると考えられる。

いずれにしても、選手個々人については言うまでもなく、(財)日本陸上競技連盟ならびにコーチ陣は、

実力が発揮できなかった選手や団としての原因を早急に究明し、その対策を講じていくことが必要である。

5. 日本選手団と優勝者群の年齢・体格指数と達成率の関係

① 年齢(表1・表2参照):日本男子群の平均年齢は25.3 ± 3.7才、優勝者男子群は25.9 ± 4.7才であり、やや優勝者群の平均年齢が高かった。日本女子群の平均年齢は26.6 ± 3.1才、優勝者女子群は25.1 ± 4.3才であり、日本女子群の平均年齢は高く、ベテラン選手が多かった(26才以上は9名で約70%)。ちなみに、前回シドニーの平均年齢は、日本男子群が26.8才、優勝者男子群が27.1才、日本女子群が25.9才、優勝者女子群が28.0才であったことからすると、今回のアテネでは、日本男子群と優勝者(男女共)群は若返ったが、気になることは、日本女子群の若返り(新旧交代)がスムーズに行っていないと思われることである。

ところで、日本選手団の年齢と達成率との関係を見てみたところ、男子群の場合、26才以上(11名)の達成率は96.6 ± 2.6%、25才以下(13名)は96.3 ± 3.9%とほぼ同値であり、年齢(経験)差はなかった。また、女子群の場合は、26才以上(9名)の達成率は94.8 ± 5.0%、25才以下(4名)は91.4 ± 2.7%であり、特に25才以下の(若い)選手4名とも、実力が全く発揮できていなかったばかりか、余りにも悲惨な結果であったことが指摘される。

② 体格指数(BMI)(表1・表2参照):図5は、日本選手(男子・女子群)と優勝者(男子・女子群)のBMI(平均値)を比較したものである。BMIは「22」が理想値とされる。この点、バランスの取れた体型を想定させる優勝者群(男女共)に対して、日本選手団(男女共、特に女子群)の細身体型は、

表3 アテネ・オリンピックにおける日本選手団と優勝者群の実力発揮度

	◎	○	△	×	××	選手数	実力発揮者割合(%)
日本男子	1	9	9	4	1	24	41.67%
日本女子	0	4	4	4	1	13	30.77%
男子優勝者	8	5	2	0	0	15	86.67%
女子優勝者	5	2	0	1	0	8	87.50%

(注) 数値は人数を示す。リレー2種目は入っていない。
◎は自己記録更新者、○は達成率98.0%以上(マラソンは条件を考慮)。
実力発揮者は◎+○人数とした。△・×・××は実力が発揮できていない程度を示す。
優勝者は日本選手が出場した種目のみを対象とした。

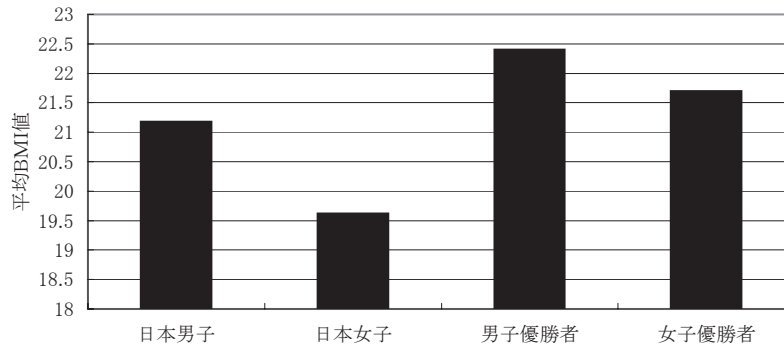


図5 アテネ・オリンピックにおける日本選手と優勝者のBMI平均値の比較

パワー不足（たくましさに欠けること）が連想されるところであり、今回のアテネ・オリンピックの達成率の低さと、関係があるように思われて仕方ない。

IV. 要約

アテネ・オリンピック大会における日本選手・団の達成率ならびに実力発揮度について分析・検証したところ、以下の様な結果が得られた。

1) 日本の男子群(24名)の達成率は $96.5 \pm 3.4\%$ 、女子群(13名)は $93.7 \pm 4.7\%$ と、共に低いものであり、特に女子群は著しく低いものであった。また、日本男子・女子群それぞれの達成率は、優勝者男子群が $99.7 \pm 1.4\%$ 、優勝者女子群が $99.5 \pm 1.9\%$ であったのに比較して、それぞれ $1\% \cdot 0.1\%$ レベルで有意に低いものであった。

2) 実力をほぼ発揮できたと考えられる達成率 98.0% を超えた日本選手は、男子8名・女子2名の計10名(27.0%)と非常に少なかった。また、自己記録を更新した日本選手は男子1名のみであった。いっぽう、優勝者(男女23種目)の 78.3% (18名)は達成率 98.0% を超えており、 56.5% (13名)は自己記録を更新していた。

3) マラソンの外的条件(炎暑と起伏)を考慮した結果、実力をほぼ発揮できたと考えられる日本選手は、男子が約 40% 、女子が約 30% であった。これに対して、優勝者(男女共)の約 90% は実力を発揮していた。

4) 日本女子選手群の平均年齢は 26.6 ± 3.1 歳と高く、若返りがスムーズに行っていないことが推察された。

5) 日本選手団のBMI値は、優勝者群に比べて低く、細身型であり、心身のパワー不足が連想された。

以上の結果、今回のアテネ・オリンピックにおける日本選手団の実力発揮度は、優勝者と比較して明らかに低いものであり、 $60 \sim 70\%$ の選手が不本意

な結果に終わっていた。この原因としては、調整の失敗、体調不良や怪我、さらには大会への臨み方(目標や意気込みの低さ)や精神的な問題(あがり、緊張度やメンタル・タフネスの低さなど)が考えられたが、オリンピックや世界選手権などの大会において、実力が発揮できない選手が多いという日本選手・団の問題点は、実は、ずっと以前から続いていることである。改善を図るには、早急にその原因究明と対策が講じられなければならない。

文献

ベースボール・マガジン社編(2004)2003年度記録集計号。

ジム・レーヤー、小林信也訳(1987)(株)ティビーエス・ブリタニカ。

JOC(2004)OLYMPIAN(AUTUMN)19-20,24.

児玉育美(2004)オリンピック総括、陸上競技マガジン10月号、120-121.

野村隆宏(1999)惨敗日本どうした、毎日新聞・平成11年8月29日付、23.

岡野 進(1995)第12回アジア大会・陸上競技選手の成績(記録)についての一考察、陸上競技紀要第8巻、24-34.

岡野 進(1996)95福岡ユニバーシアード大会(陸上競技)における日本代表選手の競技成績についての一考察、陸上競技紀要第9巻、11-19.

岡野 進(1999)99セビリア世界陸上競技選手権大会における日本代表選手と優勝者の記録「達成率」について(資料)。

岡野 進(2001)シドニー・オリンピック陸上競技における日本代表選手の実力発揮度を考えるー日本代表選手と日本選手の「記録達成率」の比較を通して、陸上競技マガジン3月号、128-133.

陸上競技マガジン編集部(2004)アテネ・オリンピッ

ク陸上競技完全ガイド、陸上競技マガジン9月号別冊付録、4－74.

田上幹樹(2001)生活習慣病を防ぐ七つの秘訣、PP. 53-57、筑摩書房.

陸上競技マガジン編集部(2004)男・女マラソンの分析など、陸上競技マガジン10月号、3－11、PP. 58－64.

Schurbert, Bernd・陸上競技者編集部訳(1992)1991年世界陸上競技選手権大会の分析、陸上競技研究第9号、55－66.

田代 学(1999)世界陸上総括、サンケイスポーツ新聞・平成11年8月31日付、P. 4.

日本と世界の100m走の記録の推移の分析 日本選手はいつ頃世界レベルに達することができるのか

伊藤 宏¹⁾ 岡野 進²⁾
1) 静岡大学 2) 明海大学

I. 目的

これまでの日本男子・女子選手の100m走の記録水準と世界のそれらとはかなりの隔たりがみられた。しかし、最近の日本の男子・女子選手のスプリントレベルの向上には著しいものがみられる。特に、男子では1998年に伊東浩司選手が10秒00を出し、さらに現在末続選手が10秒03と絶好調であり、日本選手初の9秒台に突入する勢いである。

これまでに100mの記録の限界とか予測に対して、多くの研究者が研究発表してきている。これらについて岡野(1987)は次のようにまとめている。初期の予想は、コーチ等の経験と勘から、その当時の限界は、1935年と1955年では10.1秒(手動計時)、1968年には9.8秒(手動計時)と予測していた。1976年には統計学の回帰分析法が用いられ、1976年からみて2000年の予想タイムは9.5秒、電気計時で9.74秒、1983年からみて2000年の予想タイムを9.79秒から9.91秒と予測した。最近の予想では、1984年で2004年には9.56秒と予測している。(これらは、前田新生;1983「スポーツの記録」岩波ジュニア新書、陸上競技マガジン;1964.6 ベースボールマガジン社、Track and Field News;1983.11、H.W.ライダー;1984「スポーツ記録はどこまで伸びるか」日経サイエンス社を参照した。)

これらの報告から、1976年から統計的手法で20年くらい先の予想記録が算出され、現在の世界記録がほぼその予想通りの中されてきているが、1984年に算出された予測記録9.56秒は現在のレベルをまだ遥かに上回っており、現状の水準では、その予想レベルに達するには時間がかかると思われる。また、分析対象年数をどの年代からどの年代まで用いるかによって、算出される予想記録は変わってくる。

いずれにしても、これまでの世界・日本の公認記録の推移をデータベース化し、それらに最新の分析方法を用いれば、新たな予測が可能になるとと思われる。

今回の研究では、日本選手の最近の記録レベルが高くなってきているので、記録の限界や予測そのものを求めるのではなく、これまでの統計的手法である回帰分析(最少二乗法)を用いることによって、日本選手が世界のレベルにいつ頃の程度の記録で追いつけるのかを試みた。

そこで本研究の目的は、世界と日本のそれぞれ最近約34年間の記録とそれに対応した年数との回帰式を求め、世界と日本の回帰式が一致する年度と記録を求めることにある。これによって、今後日本男子・女子選手がいつ頃、どのような記録で世界の水準に追いつくのかを計算で求めることにある。

II. 研究方法

現行の100分の1秒単位の電気計時の記録が比較的容易に入手できる1970年度以降の日本と世界の男・女選手の34年間の100mの記録の変遷を表1と2にまとめた。表1は、各年度の1位にランクされたもの(年度最高記録)を、表2では各年度の上位10位までの平均値を載せた。それらの表に掲載されてあるデータから直線回帰式と多項回帰式を求めた。日本の記録レベルが世界のレベルに追い付くかを求めるには、世界と日本の男女別の回帰式をイコールにし、その解を求めることによって、いつ頃(何年)、どんな記録で日本男女が追いつけるのかが求められる。

また表2の上位10位までの平均値でも回帰式を求めたのは、1位だけの記録で予測値を求めると、ある年度でとてつもなくよい記録が出現することが

あり、その記録が回帰式の精度を落とすこととなることが予想されたからであり、また1位（世界のトップ）になるのではなく、世界の上位水準にいつ頃到達できるのかも求めたいと思ったからである。

さらに、今回直線回帰式だけでなく、よりデータの当てはまりの良さを求めるために二次の多項式を求めてみた。

1. 1970年から2003年までの34年間の世界・日本ランク1位の男女選手の記録を表1に、また同様に各年度10位までの記録の平均値を表2にまとめた。記録は、国際陸連（IAAF）公認で、月刊陸上競技誌に掲載された各年度の記録年鑑（1970～2003）を参照した。表3には、上記で求められた直線の回帰式とそれらの決定係数、さらに求められた回帰式の応用で1970年の予測値を表した回帰式（竹内ら1988）を掲載した。

2. 表1から、各年代と世界・日本ランク1位の男

女選手の記録との対応関係から直線回帰式と二次多項式を求め、それらを図1から図8に図示した。これらの計算はMicrosoft Excel 2001の分析ツールと散布図を用いて行った。

III. 結果と考察

1. 年度最高記録を用いた場合、日本男子選手は、いつ頃、どんな記録で世界（トップ）に追い付くのかについて。図1と2参照。

回帰式 $Y=bX + c$ を統計学的に解釈すると、直線の傾き b は回帰係数と呼ばれ、年度最高記録（ランク1位）の1年間の変化の大きさの目安として解釈される。また同時に算出される R^2 乗は決定係数または寄与率と呼ばれ、 Y （予測値）と x （年代）の標本相関係数の二乗に等しく、回帰式の予測の精度を表す。今回の分析では、相関係数が0.9（非常に

Table 1 100m records of world and Japan's 1st rank

year	Men				Women			
	World 1st rank	name (nationality)	Japan 1st rank	name	World 1st rank	name (nationality)	Japan 1st rank	name
1970	10.24	メッツ(西独)	10.54	神野正英	11.24	紀 政(台湾)	11.94	石野ますよ
1971	10.00	ボルゾフ(ソ連)	10.64	神野正英	11.00	シュテヘル(東独)	12.24	土田恵子
1972	9.90	ハート(米)	10.54	神野正英	11.00	シュテヘル(東独)	12.24	前田美代子
1973	10.24	コルネリウク(ソ連)	10.34	神野正英	10.04	シュテヘル(東独)	12.14	山田恵子
1974	9.90	ウイリアムス(米)	10.64	神野正英	11.90	シェビンスカ(ポーラ)	12.04	土田恵子
1975	10.05	リディック(米)	10.48	神野正英	11.03	シュテヘル(東独)	11.95	松下さゆり
1976	10.06	クロフォード(トリニ)	10.56	豊田敏夫	11.01	リヒター(西独)	11.78	大迫夕起子
1977	9.98	レオナルド(キューバ)	10.62	原田彰	10.88	エルスナー(東独)	11.92	大迫夕起子
1978	10.07	エドワーズ(米)	10.61	原田康弘	10.94	ゲール(東独)	11.73	阿萬亜里沙
1979	10.01	メンネア(伊)	10.50	原田康弘	10.97	ゲール(東独)	11.94	貝原澄子
1980	10.02	サンフォード(米)	10.59	豊田敏夫	10.93	ゲール(東独)	11.94	大迫夕起子
1981	10.00	ルイス(米)	10.58	豊田敏夫	10.90	アシュフォード(米)	11.91	大迫夕起子
1982	10.00	ルイス(米)	10.40	清水禎宏	10.88	ゲール(東独)	11.89	小西恵美子
1983	9.93	カルビン(米)	10.46	不破弘樹	10.79	アシュフォード(米)	11.74	小西恵美子
1984	9.96	ラッター(米)	10.34	不破弘樹	10.76	アシュフォード(米)	11.97	原悦子
1985	9.98	ルイス(米)	10.50	菊池勝彦	10.86	ゲール(東独)	11.81	北田敏恵
1986	9.95	ベンジョンソン(加)	10.35	不破弘樹	10.88	アシュフォード(米)	11.73	北田敏恵
1987	9.83	ベンジョンソン(加)	10.33	不破弘樹	10.86	ヌネア(英)	11.92	磯崎公美
1988	9.92	ルイス(米)	10.28	青戸慎司	10.49	ジョイナー(米)	11.78	磯崎公美
1989	9.94	パレル(米)	10.28	青戸慎司	10.78	ソーウェル(米)	11.76	北田敏恵
1990	9.96	パレル(米)	10.27	宮田英明	10.78	オッティ(米)	11.86	齋藤伸江
1991	9.86	ルイス(米)	10.20	井上悟	10.79	オッティ(米)	11.71	野村綾子
1992	9.93	マーシュ(米)	10.30	青戸慎司	10.80	オッティ(米)	11.72	野村綾子
1993	9.87	クリスティ(英)	10.19	朝原宣治	10.82	ディバース(米)	11.62	伊藤佳奈恵
1994	9.85	パレル(米)	10.24	高橋和裕	10.77	プリワロフ(露)	11.58	北田敏恵
1995	9.91	ベイリー(カナダ)	10.21	伊東浩司	10.84	トーレンス(米)	11.65	北田敏恵
1996	9.84	ベイリー(カナダ)	10.14	朝原宣治	10.74	オッティ(米)	11.48	北田敏恵
1997	9.86	グリーン(米)	10.08	朝原宣治	10.76	ジョーンズ(米)	11.55	吉田香織
1998	9.86	ボルドン(米)	10.00	伊東浩司	10.49	ジョーンズ(米)	11.53	新井初佳
1999	9.79	グリーン(米)	10.06	伊東浩司	10.76	ジョーンズ(米)	11.45	新井初佳
2000	9.86	グリーン(米)	10.11	川畑伸吾	10.75	ジョーンズ(米)	11.42	坂上香織
2001	9.82	グリーン(米)	10.02	朝原宣治	10.82	ピントウセウヰチ(ウク)	11.36	二瓶香子
2002	9.78	モンゴメリー(米)	10.05	末続慎吾	10.83	ピントウセウヰチ(ウク)	11.45	坂上香織
2003	9.93	P.ジョンソン(豪)	10.03	末続慎吾	10.85	Kホワイト(米)	11.45	新井初佳

Table 2 100mrecords of world and japan's 10 ranks average.

Year	World man 10 ranks aver.	Japan man 10 ranks aver.	World woman 10 ranks aver.	Japan woman 10 ranks aver.
1970	10.24	10.77	11.47	12.25
1971	10.30	10.73	11.38	12.37
1972	10.22	10.69	11.34	12.37
1973	10.30	10.65	11.27	11.84
1974	10.32	10.74	11.36	12.23
1975	10.16	10.68	11.28	12.17
1976	10.13	10.72	11.13	12.08
1977	10.14	10.72	11.13	11.99
1978	10.09	10.71	11.14	12.07
1979	10.12	10.60	11.14	12.06
1980	10.12	10.69	11.09	12.00
1981	10.11	10.64	11.10	12.04
1982	10.10	10.53	11.03	12.02
1983	10.09	10.59	10.97	11.83
1984	10.08	10.49	10.99	11.97
1985	10.07	10.55	11.00	12.01
1986	10.04	10.53	10.98	12.02
1987	10.03	10.47	10.94	12.05
1988	10.00	10.43	10.84	11.97
1989	10.04	10.39	11.04	11.88
1990	10.04	10.44	11.02	11.91
1991	9.97	10.34	10.98	11.83
1992	10.00	10.35	10.91	11.82
1993	9.99	10.37	10.98	11.83
1994	9.96	10.35	10.97	11.79
1995	10.02	10.32	10.99	11.78
1996	9.95	10.34	10.93	11.68
1997	9.93	10.29	10.91	11.71
1998	9.92	10.28	10.88	11.72
1999	9.92	10.26	10.89	11.66
2000	9.97	10.24	10.92	11.62
2001	9.96	10.27	10.96	11.69
2002	9.93	10.23	10.97	11.71
2003	9.97	10.24	10.96	11.65

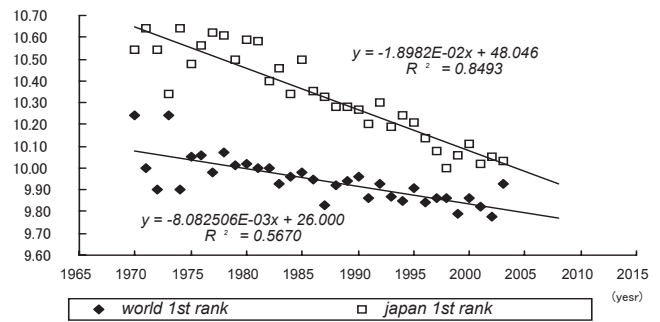


Figure 1 Men 100m time of World and Japan 1st rank in chronological order (linear regression)

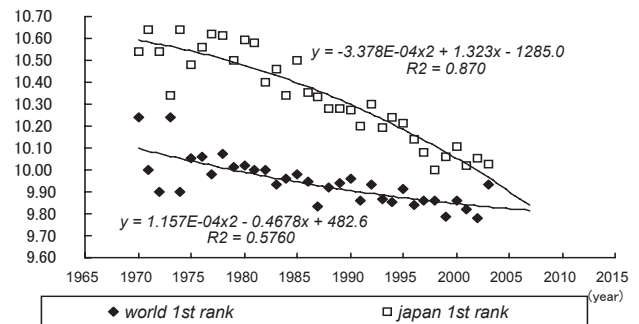


Figure 2 Men 100m time of World and Japan 1st rank in chronological order (polynomial regression)

高い相関関係があるとみなされる)だとすると決定係数は0.81となるので、この数値以上を示す決定係数の回帰式はxによるYの予測値に対する当てはまり具合が有意に高いと解釈した(松浦1991)。

たとえば日本の男子の記録は1年間に0.018982秒短縮され、世界男子は0.00808秒短縮されていると解釈する。そして日本男子の直線回帰の決定係数は0.849と高く、世界男子の直線回帰は低いと解釈される。この世界男子選手の回帰係数について岡野(1987)は1955年から1987年の33年間について算出した係数は0.01713、竹内ら(1988)は1975年

から1985年の11年間の分析で0.0095であり、今回のデータ(34年間)で求められた回帰係数がいちばん小さく0.00808であった。これは、過去のデータを多く用いればそれだけ予測の精度が上がると思われるが、過去の記録測定背景には、計時された時期は記録の短縮率は大きいものであり、記録の計時方法が審判員三名による手動計時であったり、または現在の電気計時なり1/100秒単位で表示されたり、また走路がアンツーカーのような地面からオールウエザーの表面になったり、同じ記録でもその背景は違うものになっている。また、データ数も違くと算出される回帰係数も違うものなる。このような背景を考慮すると、今回算出された回帰

Table 3 Regression equations of World and Japan's 100m records and Year

各分析対象の回帰直線	決定係数	回帰式 Y=bX+c	1970年の予測値を表した回帰式
世界男子各年度ランク1位の回帰直線	0.567	y = -0.0080825x + 26.000	y=10.043-0.0081(x-1970)
日本男子各年度ランク1位の回帰直線	0.849	y = -0.0189820x + 48.046	y=10.616-0.0189(x-1970)
世界女子各年度ランク1位の回帰直線	0.485	y = -0.0090297x + 28.795	y=11.065-0.0090(x-1970)
日本女子各年度ランク1位の回帰直線	0.821	y = -0.0210786x + 53.643	y=12.076-0.0211(x-1970)
世界男子各年度ランク10位までの平均値の回帰直線	0.858	y = -0.0104881x + 30.901	y=10.216-0.0105(x-1970)
日本男子各年度ランク10位までの平均値の回帰直線	0.947	y = -0.0175567x + 45.365	y=10.693-0.0176(x-1970)
世界女子各年度ランク10位までの平均値の回帰直線	0.707	y = -0.0135027x + 37.878	y=11.284-0.0135(x-1970)
日本女子各年度ランク10位までの平均値の回帰直線	0.803	y = -0.0182574x + 48.198	y=12.148-0.0183(x-1970)

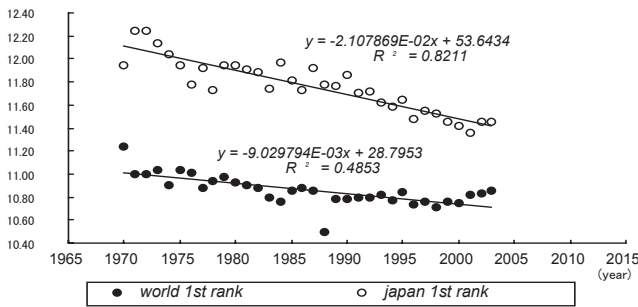


Figure 3 Women 100m time of World and Japan 1st rank in chronological order (linear regression)

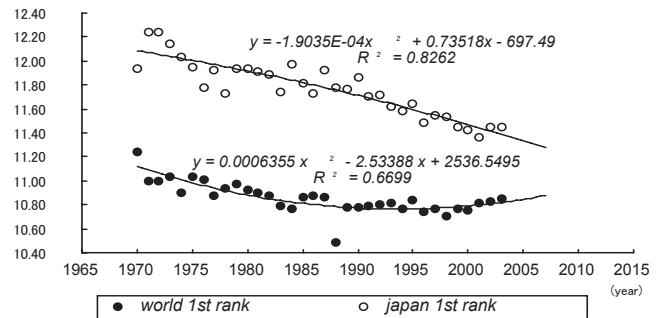


Figure 4 Women 100m time of World and Japan 1st rank in chronological order (polynomial regression)

係数は最近の記録の停滞傾向を加味すると、ほぼ妥当な係数であると思われる。

そこで、日本と世界の直線がクロスする点を求めるために二つの回帰直線を等号で結び、その解を求め、その解を回帰式入れて予測タイムを求めた。日本男子の回帰係数は世界と比較すると 2.35 倍になっており、いずれ二つの直線は交差する推定される。図 1 参照。その結果、日本男子は 2023 年に 9.62 秒のレベルで追い付くと計算された。

この 9.62 秒は非常に高い水準であり、最近の日本男子の記録の急激な短縮率を加味しても、後 20 年で到達するのは難しいと思われる。また、日本男子選手がいつ、何秒で 10.00 秒の壁を乗り越えるかに付いて求めてみると、2005 年に 9.99 秒から 9.98 秒で達成すると算出された。すなわち今年中に日本スプリント界の念願が果たせられることになる。祈念せざるを得ない。

しかしここからは、少しでも早く世界のレベルに到達するための戦略・マネジメントや岡野 (2002) が提案した「陸上競技の競技者育成プログラム策定について」を参考にして経験知と運動学の立場から「スプリント能力向上プログラム実践方策」を挙げてみる。

1. 陸連主導による、さらなる発育発達を踏まえたタレント発掘。
2. 長期に渡る練習・トレーニングシステムの充実。
3. 実効ある練習・トレーニング内容の共有化。
4. より高度な技能を修得したコーチング・トレーナーの養成と有給化。
5. スプリント専用の練習・トレーニング器機の開発。
6. 学校教育とスポーツクラブのより深い協力体制の実現化。
7. 国際的な情報の先取りと選手・指導者の海

外への早期研修制度。

8. 選手終了後の就職やセカンドキャリアへの助言指導。
9. 競技団体および企業による資金援助。
10. 海外試合へジュニアから積極的な参加。特に男・女リレーチームで。
11. 選手・審判員のやる気の出る国内試合の運営方法の工夫。
12. 国立センターや地方の高機能付きトレーニングセンターの積極的利用。

このような環境を整えることによって、10.00 秒を突破することはもちろんのこと、今後 20 年以内に予想記録の実現が可能になると願っている。

また今回は、決定係数の有意水準を高めるために、2 次の多項式を算出してみた。図 2 参照。日本の回帰係数はマイナス、世界はプラスを示したので、図 2 から容易にそのクロス地点が読み取れ、しかも直線回帰よりはかなり早めに追い付くことが判る。しかし、予想に反して決定係数は日本・世界ともに高まらず、また 2004 年を代入すると日本は 9.68 秒ですでに世界を追い抜いていることが計算された。よって、この図 2 の二次多項式は現状にあわないので今回は棄却することにした。

2. 年度最高記録を用いた場合、日本女子選手は、いつ頃、どんな記録で世界に追い付くのだろうか。図 3 と 4 参照。

男子選手と同様な手順で分析を行った。その結果、日本女子選手は 2071 年に 9.95 秒のレベルで追い付くと計算された。もし日本女子選手が 70 年後に世界のトップに追い付いたとしても、現状の世界の女子選手のトップが未だに 10.00 秒を突破していないのに日本の女子選手が 9.95 秒を出して追い付くとは、全く予測することはできない。よって現実的に無理だと思われるので、この予想は棄却するこ

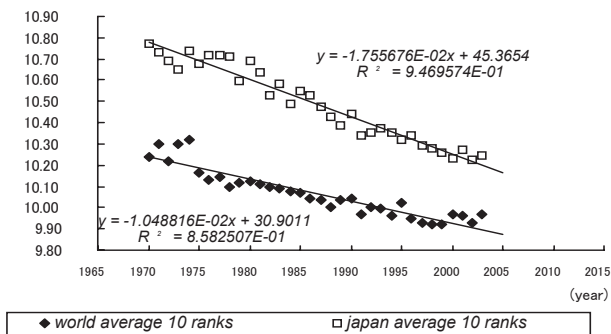


Figure 5 Men 100m time of world and Japan average 10 ranks in chronological order (linear regression)

とにした。しかし、日本女子選手の回帰式の決定係数は0.8211と有意に高いのでこの回帰式を採択し、日本女子選手がいつ11.00秒を切れるのかを求めてみると2020年に11.0008秒と計算された。これは、ここ最近の記録の推移から判断しても後15年くらい11.00秒は突破するものと判断しても良いと思われる。

また、二次多項式では日本女子選手の回帰係数がマイナス、世界女子選手はプラスの方向を示したので、直線回帰式で求められた年数よりは早く達成できると判断される。計算結果から2015年に11.03秒で追い付くと計算された。図4からも判るように、この予想は世界女子選手の記録が今後停滞・低下していることが前提になっているが、今後世界のレベルがこのまま停滞していくとは考えられないので、この結果も現実には合わない解釈し、今回は採択しない。しかし、日本女子選手の決定係数は0.826だから、有意と判断できるので直線回帰式で予想された年数より約五年早く11.00秒に到達できることが予想される。

3. 上位10位までの平均記録を用いた場合、日本男子選手は、いつ頃、どんな記録で世界に追い付くのだろうか。図5と6参照。

日本男子選手の回帰式の決定係数は0.947であ

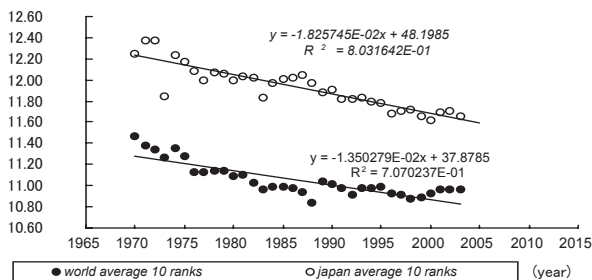


Figure 7 Women 100m time of World and Japan average 10 ranks (linear regression)

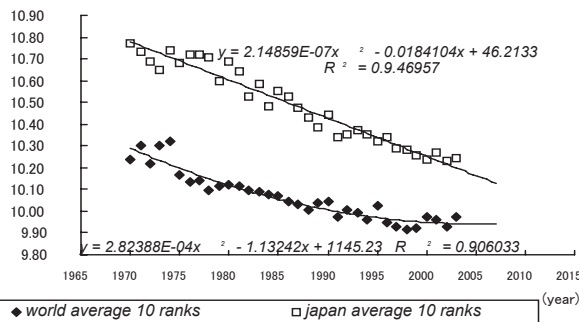


Figure 6 Men 100m time of World and Japan average 10 ranks in chronological order (polynomial regression)

り、世界男子選手では0.858でどちらもかなり高い精度を示している。計算の結果、2037年に9.51秒で世界トップ10位レベルに到達されるようになった。日本男子選手トップ10名の平均値が世界の上位レベルに到達するには、年度最高記録(トップ1位)で算出された予想年より14年も多くかかり、記録も0.1秒も高いレベルになっていた。

この予想値から、日本男子の上位レベルが世界レベルに追いつくには、この算出された記録に到達するかは別にして、それなりに時間がかかると考えられる。またこの直線回帰はあくまで直線なので、これから先も記録が短縮していくことを前提にしている。しかし次に述べる二次多項式で明らかになるが世界男子上位レベルの最近の記録の動向は停滞していることが図6から読み取れる。このことから世界男子の上位レベルがこのままでいて、日本が上記であげたスプリント能力向上プログラムの実効を上げていけば、少なくとも9.99秒レベルには到達できると考えられる。

二次多項式の計算結果では、2017年に9.97秒から9.95秒で世界上位レベルに追いつくとなった。前述したように、世界の上位レベルはここ最近の傾向は停滞傾向である。この現象をこれから先まだまだ短縮していくための準備段階なのか、それともトップレベルとしてはこのあたりが限界になってい

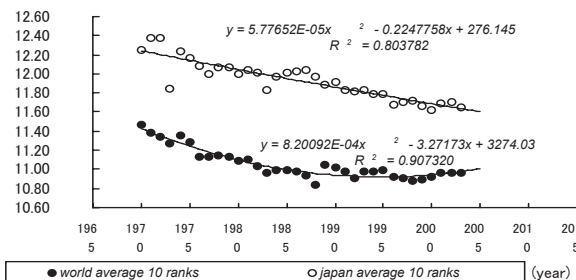


Figure 8 Women 100m time of World and Japan average 10 ranks (polynomial regression)

ると捉えたほうがいいのかは、今回の分析では明確にはなっていない。しかし、二次多項式の方の決定係数は非常に高いので、現状のデータ傾向を分析すると、世界男子は停滞、日本男子は短縮傾向を示しているのこのまま行けば、計算通り日本男子の上位グループのレベルは、スプリント能力向上プログラムが実効を上げれば後15年くらいで、世界の上位レベルまでに到達するのではないかと思われる。

4. 上位10位までの平均記録を用いた場合、日本女子選手は、いつ頃、どんな記録で世界に追い付くのだろうか。図7と8参照。

計算の結果、2150年に8.85秒で世界トップ10位レベルに到達されるとなった。この結果は、直線回帰と同様に全く現実的でないので、廃棄する。しかし、日本女子上位レベルの選手の回帰式の決定係数は0.8032と有意に高いのでこの回帰式を採択し、日本女子上位群の選手がいつ11.00秒台に達するのかを求めてみると2037年に11.008秒と計算された。これは、年度最高記録からの予測値より17年くらいかかるが11.00秒台に到達できるのではないかと思われる。より確実に実現できるためには、男子同様に今までの練習条件にスプリント能力向上プログラムを加味することが必要条件になるとと思われる。

まとめ

本研究の目的は、1970年から2003年まで34年間の世界と日本記録とそれに対応した年数との回帰式を求め、さらに世界と日本の回帰式が一致する年度と記録を算出することであった。これによって、今後日本男子・女子選手の記録がいつ頃、どのような記録で世界の水準に追いつくのかを予想した。

1. 年度最高記録を用いた場合、日本男子選手は、2023年に9.62秒で追い付くと計算された。この9.62秒は非常に高い水準であり、最近の日本男子の記録の急激な短縮率を加味しても、後20年で到達するのは難しいと思われる。さらに、日本男子選手がいつ、何秒で10.00秒の壁を乗り越えるかに付いて求めてみると、2005年に9.99秒から9.98秒で達成すると算出された。今年中に日本スプリント界の念願が果たせられることになる。期待したい。

2. 年度最高記録を用いた場合、日本女子選手は、2071年に9.95秒のレベルで追い付くと計算された。現状の世界の女子選手のトップが未だに10.00秒を突破していないのでこの予想は棄却することにした。いつ11.00秒を切れるのかを求めてみると2020年に11.0008秒と計算された。これは、ここ

最近の記録の推移から判断しても後15年くらいか11.00秒は突破するものと判断しても良いと思われる。

3. 上位10位までの平均記録を用いた場合の日本男子選手は、2037年に9.51秒で世界トップ10位レベルに到達されるとなった。この予想も現実的には厳しく、採択はできない。しかし、二次多項式の計算結果では、2017年に9.97秒から9.95秒で世界上位レベルに追いつくとなった。これは、世界の上位レベルのここ最近の傾向が停滞傾向である事を前提した場合である。

4. 上位10位までの平均記録を用いた場合の日本女子選手は、2150年に8.85秒で世界トップ10位レベルに到達されるとなった。これは全く現実的でないので、廃棄される。日本女子上位群の選手がいつ11.00秒台に達するのかを求めてみると2037年に11.008秒と計算された。これは、年度最高記録からの予測値より17年くらいかかるが11.00秒台に到達できるのではないかと思われる。

この分析は、34年間のデータに基づいて正確に統計処理を行って回帰式を求めた。しかし、算出された結果に対しての考察は、世界・日本の現状の記録のレベル、選手層の把握、練習内容や量・質などを考慮して、運動学的に考察を行った。より正確に回帰式を求めるためには、毎年の記録を入力してデータそのものを蓄積していかなければならない。

文献

- 岡野進 (2002) 陸上競技の競技者育成プログラム策定について、財団法人日本陸上競技連盟 pp. 7-55
- 岡野進 (1987) 100mの限界、陸上競技マガジン、12、102-106.
- 記録年鑑 (1971 - 2004) 月刊陸上競技 別冊付録 講談社.
- 竹内啓、藤野和建 (1988) スポーツの数理科学、共立出版 pp. 11-21.
- 松浦義行 (1991) 体育・スポーツ科学のための統計学、朝倉書店、pp. 56-64.

傾斜スタート台を利用した 20m Dash の疾走速度に関する研究 — 単一傾斜台と複合傾斜台の比較 —

内山了治¹⁾ 田辺 潤²⁾ 坂田洋満³⁾

1) 長野工業高等専門学校 2) 早稲田大学本庄高等学院 3) 木更津工業高等専門学校

I 緒言

スプリント能力を向上させる手段のひとつとして、ダウンヒルランニング（坂下り走）の有効性は古くから指摘されている。最高疾走速度を増加させることを目的とした場合、坂の至適傾斜角度に関しては、Nelson, R. C ら (1971) は、2.6 度より緩やかな傾斜を、J. Pross (1983) は、2 度 (1/22) より浅い傾斜を、村木ら (1988a, 1988b, 1990) は 2 度ないし 3 度の傾斜が望ましいとしている。また、荒川ら (1988, 1991, 1995, 1996) は安全性との関連から 1.59% (0.9 度) ~ 3.57% (2.04 度) の傾斜を推奨している。しかしながら、指導現場に於いて理想的な斜度を持ち、安全が確保できる傾斜走路を見つけることは容易ではない。

内山、田邊ら (2002a, 2002b, 2002c, 2003a, 2003b) はこのことに着目し、手軽に自作できる傾斜走路（傾斜スタート台）を考案し、この走路を使用した疾走速度の変化、疾走動作分析等を報告している (Table1)。この走路の最大の特徴 (Table2) は 2 つの傾斜角度を組み合わせたことである。物体が同じ高さから滑り降りた場合、Fig. 1 に示した斜

Table 1 Recent studies regarding the inclination track.

Year	Contents
2002	傾斜走路の長さについて (18, 15, 10m)
2002	傾斜走路後の 20m 疾走速度について
2002	傾斜走路終端における疾走速度と下肢動作の変容
2003	傾斜走路の製作と活用について
2003	傾斜走路を利用したクラウチング・スタートの動作分析

Table 2 Characteristics of two angles inclination track.

1. 単一角度斜面に比べ、斜面終端までの移動時間が短縮され平均速度が高まる。
2. 単一角度斜面に比べ、フラット走路への移行部分の斜度を緩やかに設定できるため、平坦走路の疾走にスムーズに移行できる。
3. スタート直後の 4m (-4%) の走路は 2 歩ないし 3 歩のステップで通過できるため、傾斜角度を気にとめず疾走できる。
4. 物理的には、同等の速度獲得には、単一傾斜より走路長を短縮できるため製作費用も削減できる。
5. 斜度が緩やかであり安全性に配慮している。
6. 移動可能である。

田邊、内山ら (2002a, 2002b) より、筆者ら一部改変。

面では、 $\theta_1 = \theta_2$ とするよりも $\theta_1 > \theta_2$ の方が A ~ C 間の所要時間は、物理計算上約 2 秒短縮される。これは人間の疾走においても同様と考えられるが、人間の身体は常に走路に接していないので、走者の疾走能力や斜度の大きさのパラメーターが影響し、人が走る場合も同様に所要時間が短縮されるかは明らかでない。

そこで、本研究では単一角度と 2 つの角度を組み合わせた傾斜スタート台をそれぞれ製作し、クラウチング・スタートからの 20m 全力疾走の速度特性を比較検討することにより、傾斜スタート台の有効性についての知見を得ることを目的とした。

II 方法

1. 傾斜スタート台

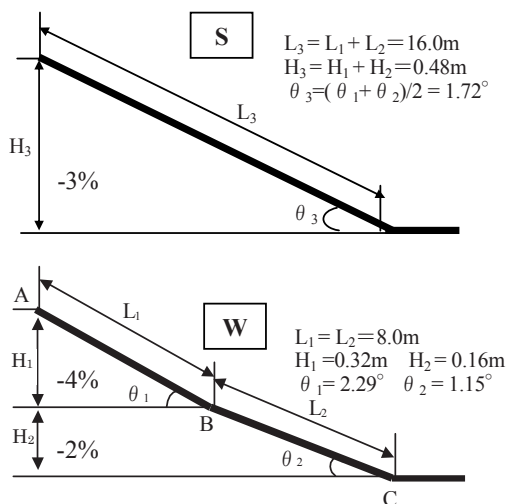


Fig.1 Outline of the inclination track.

本研究に用いた傾斜スタート台は、長野高専技術教育センター製作の-4%と-2%の傾斜を組み合わせた走路（以下、W傾斜台）と、単管を利用した-3%の斜度を持つ走路（以下、S傾斜台）とした。走路幅は0.91m、走路長はいずれも16mとし、傾斜台の最高点高さはW、S傾斜台ともに0.48mとした。走路表面は耐水性ラワンベニヤ板(21mm)の上に厚さ9mmのウレタンシートを敷いた。いずれも走路からの反響や弾みの影響はなかった。走路の概要はFig. 1に示したとおりである。

2. 被験者

被験者は、陸上競技部に所属し短距離を専門とする男子高専学生と高校生計9名とした。被験者の身体的特徴と100m自己最高記録はTable 3に示した。

3. 実験試技

実験試技は、平坦走路（以下、固有）、Sおよび

Table 3 Characteristics of subjects.

Sub.	Age (yrs)	Body height (m)	Body mass (kg)	100m best record (s)
K. K	18	1.73	69.0	10.68
I. T	17	1.73	58.0	10.93
H. S	17	1.61	52.0	11.21
K. M	16	1.66	59.0	11.57
N. T	17	1.70	60.0	11.42
I. H	17	1.62	52.0	11.94
K. Y	17	1.65	51.0	11.87
M. H	17	1.76	59.5	11.98
I. Y	16	1.74	56.0	12.86
Mean	16.89	1.69	57.4	11.61
S. D	0.57	0.05	5.27	0.61

W傾斜台から、クラウチング・スタートによる20m全力疾走を、それぞれ2本ずつとした。傾斜台の終端から20mまでの距離は、W、S傾斜台ともに4mとした。記録の良かった試技を分析の対象とした。

被験者には、試技前に十分なウォーミングアップと傾斜台からのスタートに慣れる時間的な配慮をした。試技間は15～20分の十分な回復時間を設けた。また、試技順については、固有試技を全員が実施した後、被験者をランダムに2グループに分け、試技順による影響を取り除く配慮をした。

4. 分析方法

疾走速度は、4台のVTRカメラ(Camera-1,2: Photron(株)FASTCAM-Rabbit mini2、Camera-3,4: SONY(株) VX-1000、TRV900)の映像から算出した。Camera-3,4には、ビデオタイマー(FOR. A VGT-55)をインポーズした。カメラの設置位置は、Camera-1,2はスタートラインから5mの側方40m地点に、Camera-3,4はスタートラインから20mの側方40m地点に、それぞれカメラレンズの中心までの地上高を1.20mとして設置した。Camera-1,2は毎秒240フレーム、Camera-3,4は毎秒60フレーム、露出時間はともに1/1000秒に設定し、それぞれパニング撮影した。

算出した項目の群間差の検定は、各群間にTテストを用い、有意水準は5%とした。

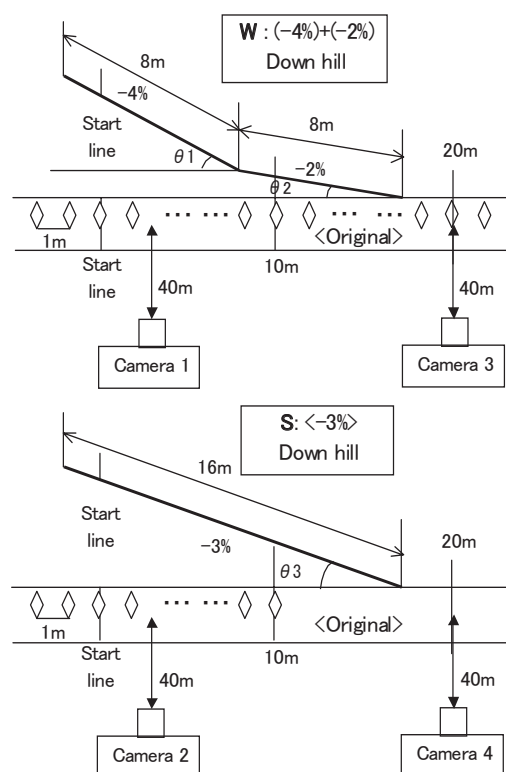


Fig. 2 Setting of the experiment.

III 結果と考察

1. 疾走タイムについて

固有、SおよびW傾斜台を利用した20m全力疾走タイムをTable 4に示した。それぞれの平均値を比較すると、10m通過タイムと20m疾走タイムはいずれもW傾斜台が最も速く、次いでS傾斜台であった。W傾斜台では、固有と比較し、10m通過タイムは0.02秒、20m疾走タイムは0.06秒、10から20mの区間タイムは0.04秒それぞれ短縮した。WとS傾斜台の比較では、10m通過タイムは0.01秒、20m疾走タイムは0.03秒、10から20mの区間タイムは0.02秒それぞれW傾斜台で短縮した。各試技の平均値の差に関しては、固有とW傾斜台間では0.1%水準で、固有とS、及びSとW傾斜台間は1%水準で有意差が認められた。また、10m通過タイムでも、固有とS傾斜台は5%水準で、固有とW、SとW傾斜台間はいずれも1%水準で有意差が認められた。また、10mから20mの区間タイムについては、固有とS傾斜台は1%水準で、固有とW傾斜台は0.1%水準で有意差が認められた。以上の結果は、S傾斜台よりW傾斜台を利用した疾走の方が速く走ることが判明した。しかし、物体が滑り降りる場合の物理計算の差(約2秒)と同等な違いは認められなかった。これは、-4%の傾斜走路8m区間は、6歩程度で通過し、ランニングは物体のように回転による、連続性がないためと考えられる。

2. 疾走速度の増加について

20m全力疾走固有における疾走速度を1として、

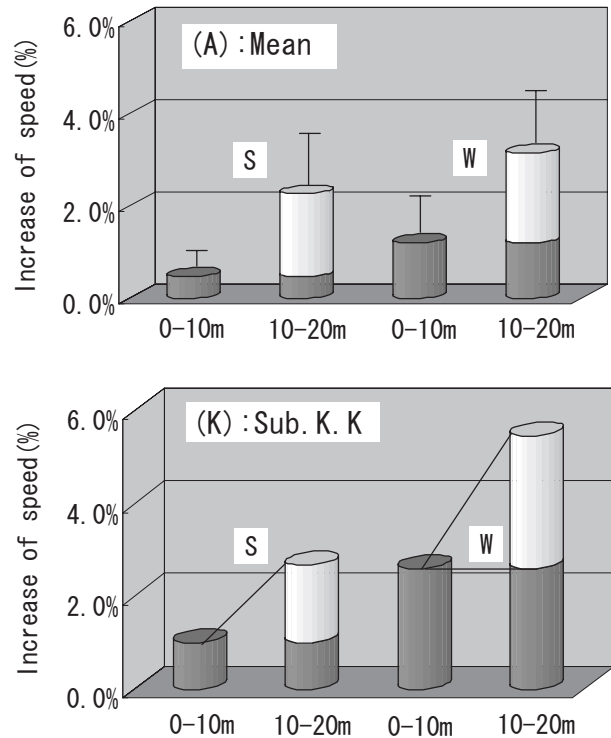


Fig. 3 Proportion of speed increase in 10m and 20m of case as the 100% of the Original. (A): Mean of Subjects. (K): Data of Sub. K. K.

SとW傾斜台からの20m疾走における、0から10m区間及び10から20m区間の速度増加割合をFig. 3に示した。図の上段(A)は被験者の平均値を示し、下段(K)は、速度増加が最も大きかった被験者K.Kの増加割合を示した。

被験者全体の平均値は、S傾斜台10m区間で

Table 4 Comparison of running time between original(0), -3%(S) and (-4%)+(-2%)(W) incline track dash.

Sub.	Original			S: -3%			W: (-4%)+(-2%)		
	10m	20m	10-20m	10m	20m	10-20m	10m	20m	10-20m
K. K	2.00	3.15	1.16	1.98	3.11	1.13	1.95	3.05	1.10
I. T	2.03	3.18	1.15	2.04	3.19	1.15	2.02	3.16	1.14
H. S	1.98	3.15	1.17	1.98	3.13	1.15	1.98	3.12	1.15
K. M	2.10	3.30	1.21	2.08	3.29	1.21	2.08	3.29	1.21
N. T	2.07	3.27	1.20	2.07	3.26	1.19	2.08	3.24	1.15
I. H	2.17	3.45	1.29	2.16	3.40	1.25	2.13	3.40	1.26
K. Y	2.07	3.27	1.20	2.06	3.20	1.14	2.03	3.19	1.16
M. H	2.09	3.33	1.25	2.06	3.30	1.24	2.04	3.25	1.21
I. Y	2.12	3.39	1.27	2.11	3.31	1.20	2.10	3.29	1.19
Mean	2.07	3.28	1.21	2.06	3.25	1.19	2.05	3.22	1.17
S. D	0.06	0.10	0.05	0.05	0.09	0.04	0.06	0.10	0.04
T-test	0>S>>W 0>>W	0>>S>>W 0>>>W	0>>S 0>>>W	>:P<0.05, >>:P<0.01, >>>:P<0.001					

0.46%増加、10mから20m区間でさらに1.8%増加、20m全体では2.26%の増加であった。W傾斜台に関しては、10m区間で1.2%、10mから20m区間で1.95%、20m全体では3.15%の増加であった。被験者個々の増減をみると、速度が低下した被験者が、S傾斜台で2名、W傾斜台で1名見受けられた。これらは走路に不慣れで、安定して走れなかったことが原因として推察された。また、最も速度増加が大きかった被験者K.Kについては、S傾斜台10m区間で1.0%、10mから20m区間でさらに1.67%増加し、20m全体では2.67%増加した。W傾斜台に関しては、10m区間で2.6%、10mから20m区間で2.85%、20m全体では5.45%の増加であった。

ダウンヒル走の速度増加に関する要因としては、H. Kunzら(1981)、JACK Pross(1983)、NELSON, R. Cら(1971)、尾縣ら(1985)、内山ら(2002a)がストライドの増加を挙げているが、本研究結果も同様にピッチは高まらずストライドの増加によってもたらされたといえる。

一方、疾走速度を高めるためのスプリント・アシステッド・トレーニングについて、村木ら(1988a、1988b、1990)は、疾走最高速度の8%から10%程度の増加が望ましいことを報告しているが、本研究ではこのレベルの増加までには僅かに至らなかった。しかし、この走路による疾走速度の開発を目的としたトレーニングは、練習方法の工夫や傾斜台の直前に加速区間を設けるなどの改良により、可能となることが示唆された。

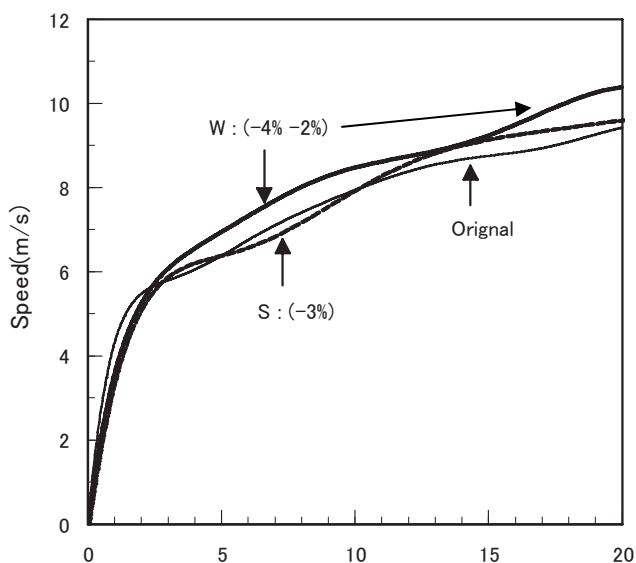


Fig. 4 Comparison of the speed curves by 3 kinds of tracks, Sub. K. K.

3. SとW傾斜台の比較

最も速度増加が大きかった被験者K.Kの速度曲線をFig. 4に示した。この曲線は、被験者K.Kの疾走速度特性と、SおよびW傾斜台の特徴を良く表している。W傾斜台に関しては、-4%の終端(スタートから8m)付近に於いて、他の走路に比べ高い値を示し、8m以降緩やかな傾斜(-2%)をうまく生かし、平坦走路での疾走に滑らかに移行できたものと考察される。S傾斜台については、スタート後6m~8m地点に於いて固有の速度より一時的な低下が見受けられるが、ストライドの急激な伸長によりピッチが低下し、速度も低下したものと思われる。また、傾斜後半で大きく加速され、傾斜終端手前付近で固有と逆転している。傾斜終端の16m付近では、S、W傾斜台がほぼ等しくなり、固有の速度より高い値を示した。S傾斜台については、進行方向へ飛び跳ねる、いわゆる前方に跳躍するような走りで平坦路に移行し、その結果、ストライドが増加し一時的に速度が高くなりW傾斜台とほぼ同等の値を示した。その後はW傾斜台の方が大きな速度で疾走していた。W傾斜台は予想どおり、疾走速度の低下なく平坦走路に滑らかに移行できることを示していた。

IV まとめ

本研究では、単一角度と2つの角度を組み合わせた傾斜スタート台からの、20m全力疾走の速度タイム及び速度特性を比較検討し、傾斜スタート台の有効性について、以下の知見を得た。

- 1) 疾走タイムは、W傾斜台からの疾走が最も速く、S傾斜台及び固有と比較し有意差が認められた。
- 2) W傾斜台における疾走速度の増加は、20m疾走全体で3.15%であり、S傾斜台(2.26%)より効果的であることが認められた。
- 3) 単一角度と2つの角度を組み合わせた傾斜スタート台からの疾走タイム差は、物理計算上の値どおりにはならなかったが、2つの角度を組み合わせた傾斜台の有効性は認められた。

参考文献

- 荒川勝彦(1988) ダウンヒル・ランニングの速度特性について. 日本体育学会第39回大会号, p. 560.
- 荒川勝彦(1991) 短距離走のトレーニング処方に資するダウンヒル・ランニングの基礎的研究. 日本体育学会第42回大会号, p. 678.

- 荒川勝彦 (1995) ダウンヒル・ランニングの客観的タイムと主観的タイムの関係. 日本体育学会第46回大会号, p. 504.
- 荒川勝彦 (1996) ダウンヒル・ランニングの安全性に関する研究. 日本体育学会第47回大会号, p. 548.
- H. Kunz, D. A. Kaufman (1981) Biomechanics of hill sprinting, Track technique, No. 82, 2603-2604.
- Jack Pross (1983) Gradients and their usage, Track Technique, No. 82, 44-47.
- 村木征人, 阿江通良, 宮下 憲, 伊藤信之 (1988a) 等張性トウ・トレーニングにおける適正牽引力とトレーニングの即時効果, スプリント・アシステッド・トレーニングに関する研究(第1報), 昭和63年度 日本体育協会スポーツ科学研究報告, pp. 9-27.
- 村木征人, 阿江通良, 宮下 憲, 伊藤信之 (1988b) トウ・トレーニングの実践的応用と留意点, スプリント・アシステッド・トレーニングに関する研究(第1報), 昭和63年度 日本体育協会スポーツ科学研究報告, pp. 39-43.
- 村木征人, 阿江通良, 宮下 憲, 伊藤信之, 森田正利 (1990) 等張性牽引トレーニングがスプリント・パフォーマンスに及ぼす影響—筑波大学研究班の研究経緯と研究成果の概要—, スプリント・アシステッド・トレーニングに関する研究(第2報), 平成元年度 日本体育協会スポーツ医・科学研究報告, pp. 3-8.
- Nelson, R. C. and Osterhoud, R. G : Effects of altered slope and speed on the biomechanics of running, Medicine and Science in Sport, Vol. 6, Biomechanics II, 220-224, Karger, Basel, 1971
- 尾縣 貢, 栗原崇志, 関岡康雄 (1985) 短距離走のトレーニング手段としての坂下り走の有効性, 陸上競技マガジン, ベースボールマガジン社, 東京, 35-11, 202-205.
- 田邊 潤, 内山了治 (2002a) 移動式傾斜走路の研究開発, 早稲田大学本庄高等学院 研究紀要, 20, 35-45.
- 田邊 潤, 内山了治 (2002b) 移動式傾斜走路の開発, 日本スプリント学会第12回大会, p. 13.
- 内山了治, 田邊 潤, 坂田洋満 (2002c) ダウンヒル・ランニングの加速過程における速度と下肢の変容. スプリント研究 12, 33-42.
- 内山了治, 坂田洋満, 渡辺誠一, 田邊潤, 川久保洋一 (2003a) 傾斜走路を利用したクラウチング・スタートの動作分析. スプリント研究 13, 28-39.
- 内山了治, 渡辺誠一, 関 廣治, 深井郁夫, 三尾敦 (2003b) 傾斜走路の製作とその活用. 長野工業高等専門学校紀要 36, 97-102.

第20回全国小学生陸上競技交流大会参加選手の実態報告

小野伸一郎¹⁾ 梶原洋子²⁾ 木村一彦³⁾ 阿保雅行⁴⁾ 伊藤宏⁵⁾ 雨宮輝也⁶⁾
高瀬博⁷⁾ 大畑好美⁸⁾ 松田移子 豊田則成⁹⁾ 井筒紫乃¹⁰⁾
1) 舞鶴工業高等専門学校 2) 文教大学 3) 川崎医療福祉大学 4) 東京外語大学
5) 静岡大学 6) 帝京平成大学 7) 関東学園大学 8) 森永製菓(株)
9) びわこ成蹊スポーツ大学 10) 日本大学

I. はじめに

本大会は全国規模の小学生陸上競技大会として、1985年に「全国少年少女リレー大会」の大会名で開催が始まった。その後「全国小学生陸上競技交流大会」に名称が変更され、2004年には20回の節目を迎えた。日本陸上競技連盟は本大会の意義を1) 友達づくりやマナーの養成、2) 陸上競技の技能の習得、3) 健全な心身育成、4) 指導者の研修の場などとし、陸上競技の普及発展においては重要なイベントとなっている。また、小学生児童を対象とした都道府県や市町村における陸上競技大会も一般普及されており、競技体験によって興味関心を引き出し、競技意欲を育む工夫がますます必要となっている。特にスポーツ界においては早期専門化がひとつの流れにもなっているが、小学生期の発育発達を考慮した課題設定が重要となる。

そこで本研究は、全国小学生陸上競技交流大会参加児童の生活および大会参加状況について把握し、小学生児童の陸上競技に対する問題点やニーズについても検討し、よりよい大会のあり方への資料を得ることを目的とした。

II. 方法

1. 対象および方法

第20回全国小学生陸上競技交流大会(2004年7月23日～24日)に参加した児童(男子442名、女子464名)を対象とし、質問紙調査票によりデータを収集した。対象者の学年および男女の内訳は表1に示した。参加者は各都道府県予選を通過した都道府県代表選手からなり、男・女4×100mリレー各

5名および個人10種目各1名(男・女6年100m, 男・女5年100m, 男・女80mハードル, 男・女走幅跳, 男・女走高跳)の合計20名である。

表1 対象者の内訳

	男子	女子
	n (%)	n (%)
5年生	62(14.0)	76(16.4)
6年生	380(86.0)	388(83.6)
計	442	464

2. 調査内容

本調査内容については日本陸連普及員会調査研究部によって検討したものである。以下に内容を記す。

- 1) 身長および体重
- 2) 睡眠状況(就寝時刻, 起床時刻)
- 3) 全国大会に向けた練習状況(週当たりの練習日数および1日当たりの練習時間)
- 4) 昨年度全国大会の出場の有無
- 5) 陸上競技を始めるきっかけについて、「運動会で速かった」、「授業・体力測定での記録が良かった」、「家族がやっていた」、「友達がやっていた」、「競技会をテレビで見て」、「家族や指導者にすすめられて」および「その他」の選択肢の中から択一回答を求めた。

6) 普段の練習や全国大会での参加意識について、「走ることや跳ぶこと陸上競技が好き」、「健康や体を鍛えるのに役立つ」、「友達や他の選手に勝ちたい」、「自分のベスト記録を破りたい」、「練習や全国大会を通じて友達や仲間と仲良くなりたい」、「ふだんの練習は楽しい」、「他のスポーツをやりたい気持ちがある」および「中学に入っても陸上競技は続けたい」の項目に対して、5(非常にそう思う)、4(そ

う思う), 3 (どちらとも言えない), 2 (そう思わない), 1 (ぜんぜんそう思わない) までの5段階評価を求めた。

7) 大会前から大会中の体調について、「体がだるい」、「頭が痛い」、「肩がこる」、「気がちる」、「頭がぼんやりする」、「根気がない」、「やる気がなくなる」、「トイレに行きたくなる」、「お腹がいたくなる」、「眠くなる」、「食欲がない」、「かぜをひきやすい」および「足の筋肉やひざ、関節などに痛みがある」の項目に対して、5 (いつもそのように感じる), 4 (ときどきそのような感じがする), 3 (どちらとも言えない), 2 (あまり感じない), 1 (ぜんぜん感じない) までの5段階評価を求めた。

8) 大会前に知っておきたかった知識や情報について、「ホテルで共同生活をするときのポイント」、「ふだんの食事における食べ物のとりかた」、「試合当日の食事のポイント」、「練習中や試合中の水分補給のしかた」、「マッサージやアイシングの方法」、「ウォーミング・アップのやり方」、「試合でのマナーやエチケット」、「競技のルールや注意事項」、「試合前に招集場でチェックされる内容」および「競技場でトイレに行きたくなったときの質問のしかた」の項目に対して、5 (非常にそう思う), 4 (そう思う), 3 (どちらとも言えない), 2 (そう思わない), 1 (ぜんぜんそう思わない) までの5段階評価を求めた。

9) 食習慣について3設問を設けた。

A) 食習慣について、「3食食べる」、「朝食を時々ぬくことがある」、「朝食はいつも食べない」、「昼食をぬくことがある」、「夕食をぬくことがある」および「その他」の選択肢から択一回答を求めた。

B) 食べ物の好き嫌いについて、「非常にある」、「ある」、「どちらとも言えない」および「ぜんぜんない」の選択肢から択一回答を求めた。また、「非常にある」および「ある」と回答したものについて、嫌いな品目 (2~3こまで) の回答を求めた。

C) 「牛乳」、「野菜」、「魚や肉」および「果物」について、朝食、昼食、夕食時の摂取有無の回答を求

めた。

10) 学習塾への参加有無について、「はい」および「いいえ」の二者選択をし、「はい」と答えたものについては週当たりの回数の回答も求めた。

11) お稽古事への参加有無について、「はい」および「いいえ」の二者選択をし、「はい」と答えたものについては週当たりの回数の回答も求めた。

12) 陸上競技以外の好きなスポーツの有無について、「ない」および「ある」の二者選択をし、「はい」のものについてはその種目名 (1つ) の回答を求めた。

13) 将来やってみたいスポーツ種目について、「陸上競技」、「水泳」、「野球」、「サッカー」、「バスケットボール」、「バレーボール」、テニス、「卓球」、「剣道」、「柔道」、「ダンス・バレエ」および「その他」の選択肢の中から択一回答を求めた。なお、「陸上競技」を選択したものは種目名の回答を求めた。

14) 好きなスポーツ選手名 (1~2名) の回答を求めた。

15) 大会に参加しての感想を記述させ、内容によって分類した。

III. 結果および考察

1. 身長および体重

対象者の身長および体重の平均値と同年齢の平成16年度全国平均値 (平成16年度学校保健統計調査速報, 2004) を学年別, 男女別に示した (表2)。加藤ら (1999) は本大会出場男子選手の早熟傾向を報告している。本研究でも6年生女子の体重を除き参加選手の体格は全国平均値を上回っており, 参加選手は体格的に早熟傾向にあった。しかし, 6年生女子については身長が同年齢の全国平均値に比べ5.8cm高かった ($p < 0.01$) が, 体重は全国平均値を0.1kgしか上回っていないことから, 6年生女子選手は瘦身傾向にあることが考えられる。女子選手の瘦身は健康および成長などの弊害を引き起こす可能性があるため, その原因についてはウエイトコントロールの有無を含めて今後調査する必要があると考

表2 対象者の身長および体重

	男 子				女 子			
	身 長		体 重		身 長		体 重	
	n	cm	n	kg	n	cm	n	kg
5年生(10歳)選手	62	145.9±7.9**	62	35.9±6.0	75	147.6±6.9**	61	36.6±5.7**
全国平均		138.9±6.2		34.7±7.9		140.2±6.8		34.5±7.4
6年生(11歳)選手	376	154.6±8.2**	372	41.9±7.3**	378	152.7±6.1**	297	39.7±5.5
全国平均		145.1±7.1		39.0±9.0		146.9±6.7		39.6±8.4

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, 全国平均値との比較

(平均±標準偏差)

えられる。

2. 睡眠状況

睡眠状況を表3に示した。なお、就寝時刻および起床時刻から睡眠時間を算出した。就寝時刻の平均は男子が22時11分、女子が22時24分、起床時刻の平均は男子が6時22分、女子が6時40分となった。睡眠時間は男女とも8時間程度というところであった。日本スポーツ振興センターによる平成12年度児童生徒の食生活等実態調査報告書(2001)によると、小学生の起床時刻は6:30～7:00、就寝時刻は22:00～22:30に集中していると報告されている。本大会参加者の起床および就寝時刻は平均的と判断される。

表3 就寝および起床時刻、睡眠時間

	男子	女子
就寝時刻	22:11±0:57	22:24±0:40
	6:22±0:41	6:40±0:42
睡眠時間(h)	8.12±1.0	8.14±0.2

3. 練習状況

本全国大会に向けての練習状況を表4に示した。練習日数の平均は男女ともに週に3.5日程度、2時間程度の練習時間であった。

表4 練習日数と練習時間

	男子	女子
練習日数(日/週)	3.5±1.8	3.7±1.6
練習時間(時間/日)	1.9±0.9	2.0±1.1

4. 大会連続出場状況

6年生の連続出場者は男子が9.9%、女子が11.4%となった。

5. 陸上競技を始めるきっかけ

表5 陸上競技を始めるきっかけ

	男子	女子
	%	%
運動会で速かった	18.0	8.6
授業・体力測定での記録	9.7	8.8
家族がやっていた	11.7	12.9
友達がやっていた	8.3	10.3
競技会を見て	3.4	1.7
家族や指導者にすすめられて	32.4	32.0
その他	14.2	23.0
無記入	2.3	2.8

陸上競技を始めるきっかけを表5に示した。運動有能感(「運動会で速かった」、「授業・体力測定での記録」)よりも、男女ともに「家族や指導者にすすめられて」が最も多かった(32%)。小学生児童が陸上競技に接する機会をもつには周囲の大人の積極的な働きかけが重要であることを示唆している。

6. 練習や大会への参加意識

5段階で評価し、各項目の平均を図1に示した。全項目とも肯定的な評価をしており、特に選手の目的意識では「健康や体を鍛えるのに役立つ」、「友達や他の選手に勝ちたい」の項目よりも、「自分のベスト記録を破りたい」、「練習や全国大会を通じて友達や仲間と仲良くなりたい」といったところに高い評価をもっていた。また、陸上競技の継続意識は「他のスポーツをやりたい気持ちがある」ものが半数以上あり、「中学に入っても陸上競技は続けたい」という意思があるものは男子で55%程度、女子で70%程度であった。「普段の練習は楽しい」の項目の肯定度は男女ともに4程度であったことから、自己ベスト更新を目指す練習過程のなかで今以上の興味関心を引き出す工夫が期待される。

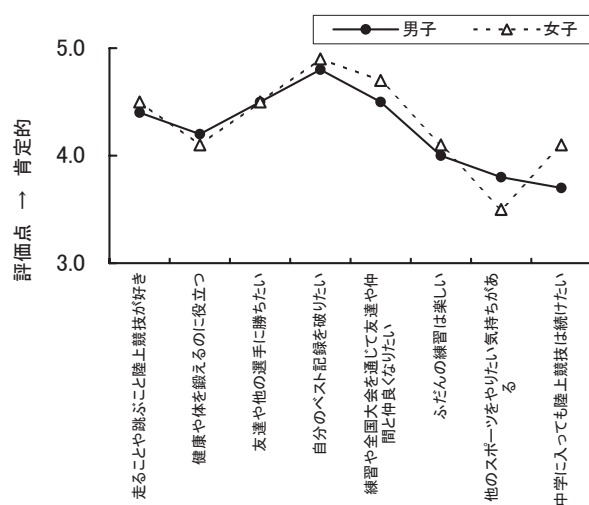


図1 練習や大会への参加意識

7. 大会前および大会中の体調

本項目でも5段階評価を実施し、各項目ごとに評価の平均値を図2に示した。平均的には体調不良を否定評価しているものが多かったが、「ねむくなる」の項目で、5(非常にそう思う)および4(そう思う)の評価は男子で30%、女子で36%であった。夜ふかし(寝不足)型生活によって小学生の30～40%が日中眠たいと訴えているとの報告(平成12年度児童生徒の健康状態サーベイランス事業報告書、

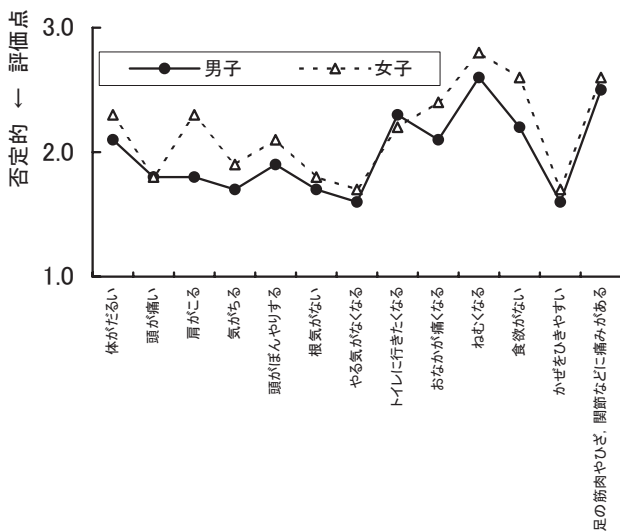


図2 大会前および大会中の体調

2002)と比較すると同程度であり、生活習慣や練習による疲労など留意が必要と考えられる。また、「足や筋肉やひざ、関節などに痛みがある」の項目で5(非常にそう思う)および4(そう思う)の評価は男子で30%、女子で33%もあったことが注目される。鳥居(2003)は運動習慣が骨、筋・腱等の運動器に及ぼす好影響について報告するとともに、小学生期のスポーツ障害では膝のオスグッド病や踵骨のシーバー病などの発症率が高く、運動習慣減少による骨折等の外傷発生の増加も疑っている。指導者はこれらの現状を踏まえ、適切な運動課題、運動量、運動強度の設定と日常の健康管理に留意する必要があるものと考えられる。「体がだるい」、「肩がこる」、「気がちる」、「頭がぼんやりする」、「おなかが痛くなる」、「眠くなる」、「食欲がない」などの体調不良の訴えは、男子に比べ女子の方が多い傾向にあった。本大会参加者は早熟傾向にあることから、小学高学

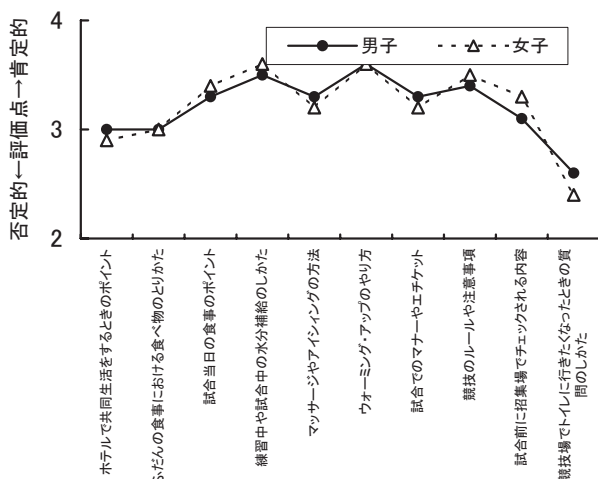


図3 知識や情報への要望

年の女子児童は思春期前期の変化の著しい時期にあたるということが考えられ特には配慮が必要とされる。

8. 知識や情報への要望

大会前に知っておきたかった知識や情報について5段階評価を実施し、その項目ごとの平均を図3に示した。「ウォーミング・アップのやり方」、「練習中や試合中の水分補給のしかた」、「競技のルールや注意事項」、「試合当日の食事のポイント」、「マッサージやアイシングの方法」、「試合でのマナーやエチケット」の順で肯定的評価が高く、試合や練習に関する要望が強かった。今後の指導や研修内容として参考になるものと思われる。

9. 普段の食事について

A) 朝食、昼食、夕食の摂取状況

朝食、昼食、夕食の摂取状況について表6に示した。「3食たべる」は男子で79.3%、女子で80.7%であった。「朝食を時々ぬくことがある」(男子14.4%、女子10.7%)と「朝食はいつも食べない」(男子1.6%、女子4.9%)を合わせると男子が16%、女子が15.6%となったこと、また、「昼食をぬくことがある」と「夕食をぬくことがある」ものもみられた。日本スポーツ振興センターによる平成14年度児童生徒の食事状況調査報告書(2004)では小学生5年生の学校のある日の朝食欠食率は2%以下、ない日は10%超としている。本大会参加者も同様に朝食の欠食が多い実態にあるものと考えられる。

表6 食事摂取状況

	男子	女子
	%	%
3食たべる	79.3	80.7
朝食を時々ぬくことがある	14.4	10.7
朝食はいつも食べない	1.6	4.9
昼食をぬくことがある	1.4	1.3
夕食をぬくことがある	0.2	0.9
その他	0.5	0.4
無記入	2.7	1.1

B) 食べ物の好き嫌いの有無と嫌いな食物

「非常にある」と「ある」ものを合わせると、男子で49.5%、女子で58.6%であった(表7)。また、嫌いな食物の上位10種類を男女別に表8に示した。圧倒的に野菜が大勢を占め、男子では10種類中7品目、女子では10種類中6品目が野菜であった。また、男子で魚が6位に、女子では魚が3位、肉が7位に位置した。平成12年度児童生徒の食生活等

表7 食べ物の好き嫌い

	男子	女子
	%	%
非常にある	9.0	12.7
ある	40.5	45.9
どちらともいえない	22.1	24.2
ぜんぜんない	24.3	9.9
無記入	4.1	7.3

表8 嫌いな食物

順位	男子	女子
1	なす	野菜類
	トマト	ピーマン
3	ピーマン	魚
4	野菜類	ニンジン
5	キノコ	トマト
6	魚	なす
7	アスパラ	肉
8	ニンジン	漬物
9	漬物	納豆
10	ブロッコリー	グリーンピース

実態調査報告書(2001)でも児童生徒の嫌いな食べ物の上位10種類中8品目が野菜を占めており、野菜嫌いは子どもの食嗜好の特徴となっていることから指導が必要である。

C) 牛乳、野菜、魚や肉、果物の摂取タイミング

牛乳、野菜、魚や肉、果物について朝食、昼食、夕食時での摂取状況を図4に示した。牛乳の摂取は男子の朝食時が67.3%、昼食時が52.0%、夕食時が27.3%であり、女子ではそれぞれ、48.5%、67.8%、19.5%となった。野菜の摂取は男子の朝食時が37.6%、昼食時が67.8%、夕食時が78.2%であり、女子ではそれぞれ、34.5%、66.7%、84.8%であった。魚や肉の摂取は男子の朝食時が22.5%、昼食時が46.2%、夕食時が86.0%であり、女子ではそれぞれ、17.8%、51.3%、91.4%であった。

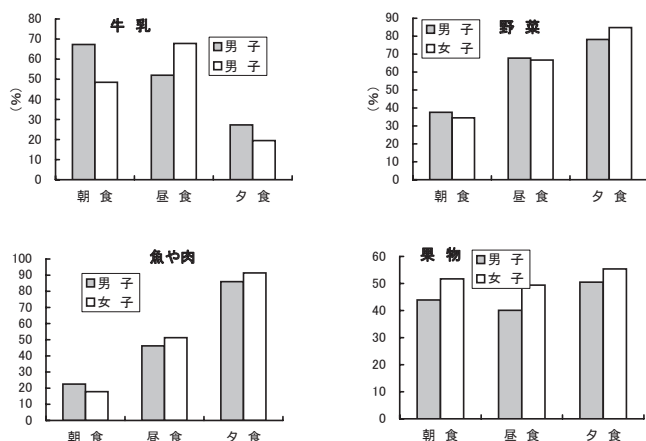


図4 牛乳、野菜、魚や肉、果物の摂取タイミング

表9 学習塾への参加状況

	男子	女子
	%	%
行っている	36.0	39.0
行っていない	61.7	57.5
無記入		3.4

果物の摂取は男子の朝食時が43.9%、昼食時が40.1%、夕食時が50.5%であり、女子ではそれぞれ、51.7%、49.4%、55.4%であった。

10. 学習塾への参加状況

学習塾への参加状況を表9にまとめた。学習塾に通っているものは男子で36%、女子で39%であった。その種類は男子が1.6 ± 0.9種類、女子が1.2 ± 0.5種類、回数は男子が2.2 ± 1.3回/週、女子が2.0 ± 1.0回/週であった。

11. お稽古事の参加状況

お稽古事への参加状況を表10にまとめた。お稽古事に通っているものは男子で60.6%、女子で73.2%であった。その種類は男子が1.4 ± 0.7種類、女子が1.8 ± 0.8種類、回数は男子が3.2 ± 2.0回/週、女子が2.9 ± 1.9回/週であった。

表10 お稽古事への参加状況

	男子	女子
	%	%
行っている	60.6	73.2
行っていない	33.6	20.8
無記入	5.9	6.0

12. 陸上競技以外の好きなスポーツの有無

陸上競技以外の好きなスポーツの有無について表11に示した。「ある」と答えたものは男子で74.3%、女子で66.3%あった。小学生期にはひとつに限定せずにいろいろなスポーツに興味を持っていることがうかがえる。陸上競技以外の好きな種目のベスト5を男女別に表12に示した。男子では野球(35.5%)とサッカー(32.7%)、女子ではバスケッ

表11 陸上競技以外で特に好きなスポーツ

	男子	女子
	%	%
ある	74.3	66.3
ない	22.7	30.5
無記入	2.9	3.2

表 12 陸上競技以外の好きな種目

順位	男子		女子	
		%		%
1	野球	35.5	バスケットボール	29.4
2	サッカー	32.7	バレーボール	21.4
3	バスケットボール	9.4	水泳	13.6
4	水泳	6.1	野球	7.4
5	テニス	2.7	テニス	7.1

トボール (29.4%) とバレーボール (21.4%) に人気集中している。

13. 将来やってみたいスポーツ

結果を図 5 に示した。「陸上競技」を選択したものは男子が 42.3%、女子が 52.8%であった。男子で「野球」(19.6%) と「サッカー」(14.0%) の人気が続いた。女子では「バレーボール」(10.9%) と「バスケットボール」(10.5%) の人気が高かった。

将来やってみたいスポーツで陸上競技を選択したものが選んだ種目は、「100 m」が男子で 49.5%、「ハードル」が 8.5%、「短距離」が 7.5%、「走幅跳」が 9.0%、「走高跳」が 5.3%となり、本大会での実

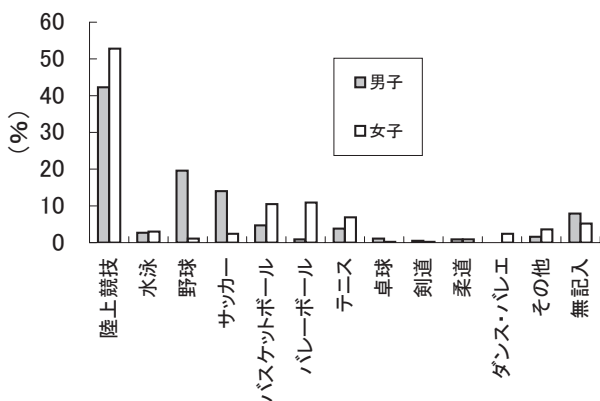


図 5 将来やってみたいスポーツ

施種目に興味を示した。

14. 好きなスポーツ選手

好きなスポーツ選手のベスト 5 を表 13 に示した。男子の人気は末続慎吾選手 (28.0%) が最も高く、イチロー選手 (5.5%)、土江寛裕選手 (5.2%) が

表 13 好きなスポーツ選手

順位	男子			女子		
	選手名	種目	%	選手名	種目	%
1	末続慎吾	陸上	28.0%	末続慎吾	陸上	33.0%
2	イチロー	野球	5.5%	高橋尚子	陸上	18.7%
3	土江寛裕	陸上	5.2%	栗原恵	バレーボール	8.2%
4	松井秀喜	野球	3.7%	土江寛裕	陸上	4.4%
5	中村俊輔	サッカー	3.5%	池田久美子	陸上	4.3%
5	室伏広治	陸上	3.5%			

続いた。女子では末続慎吾選手 (33.0%)、高橋尚子選手 (18.7%)、栗原恵選手 (8.2%) となった。

15. 全国大会の感想

全国大会参加の感想を表 14 に示した。男子の感想では、「友達が増えた」(23%) が最も多く、「楽しかった」(15.1%)、「レベルが高かった」(9.2%) と続いた。女子でも「友達が増えた」(25.4%) が最も多く、「楽しかった」(9.3%)、「また挑戦したい、頑張る」(9.2%) と続いた。肯定的な感想がほとんどであり、競技を経験し、交流を深める大会意義に

表 14 大会の感想

	男子	女子
	%	%
レベルが高い	9.2	7.8
友達が増えた	23.0	25.4
競技場が大きい	2.3	2.2
緊張した	4.5	6.9
また、挑戦したい、頑張る	6.1	8.4
楽しかった、良かった	15.1	9.3
負けて悔しい	2.5	7.1
暑かった	0.5	0.0
国立競技場で走れてよかった	1.1	7.3
もっとタイムを伸ばした	0.2	0.2
ホテルが楽しかった	0.7	0.0
いい体験ができた	0.9	6.0
結果に満足	3.6	7.3
悔いはない	1.1	0.0
ベストの状態出場したい	0.2	0.0
楽だった	0.2	0.0
タータンが硬かった	0.0	0.2
走りやすかった	0.0	0.4
無記入	28.8	11.4

沿ったものであった。

IV. まとめ

第 20 回全国小学生陸上競技交流大会に参加した児童を対象とし、生活および大会、練習参加状況について把握し、小学生児童の陸上競技に対する問題点やニーズについても検討し、よりよい大会のあり方への資料を得ることを研究目的とした。主な結果は以下の通りである。

1) 小学 5 年男・女、小学 6 年生男子では身長および体重ともに全国平均値を上回り早熟傾向にあったが、6 年生女子は身長のみ全国平均値より大きく、身長に比べ体重が軽い痩身傾向を示した。

2) 全国大会に向けての練習は、週に 3.5 日程度、1 回の練習時間は約 2 時間であった。

3) 陸上競技を始めるきっかけは、男女ともに「家族や指導者にすすめられて」が最も多かった(32%)。

4) 練習や大会への目的意識では「自分のベスト記録を破りたい」、「練習や全国大会を通じて友達や仲間と仲良くなりしたい」といったところに高い評価をもっていた。

5) 「ねむくなる」、「足や筋肉やひざ、関節などに痛みがある」の訴えが比較的多いこと、「体がだるい」、「肩がこる」、「気がちる」、「頭がぼんやりする」、「おなかが痛くなる」、「眠くなる」、「食欲がない」などの体調不良の訴えは、男子に比べ女子の方が多い傾向にあった。

6) 小学生アスリートは「ウォーミング・アップのやり方」、「練習中や試合中の水分補給のしかた」、「競技のルールや注意事項」、「試合当日の食事のポイント」、「マッサージやアイシングの方法」、「試合でのマナーやエチケット」などに知識欲求をもっている。

7) 「朝食を時々ぬくことがある」(男子 14.4%, 女子 10.7%) と「朝食はいつも食べない」(男子 1.6%, 女子 4.9%) を合わせると男子が 16%, 女子が 15.6% となった。好き嫌いでは「非常にある」と「ある」ものを合わせると、男子で 49.5%, 女子で 58.6% であった。嫌いな食物は野菜が大勢を占め、男子で魚が 6 位に、女子では魚が 3 位、肉が 7 位に位置した。

8) 将来やってみたいスポーツで「陸上競技」を選択したものは男子が 42.3%, 女子が 52.8% であった。男子では野球とサッカー、女子ではバレーボールとバスケットボールの人気の高かった。

9) 好きなスポーツ選手では男女ともに末続慎吾選手の人気の高かった(男子 28%, 女子 33%)。

10) 全国大会参加の感想は男女ともに「友達が増えた」、「楽しかった」などの肯定的なものがほとんどであった。

以上の結果から小学生アスリートの実態、問題点およびニーズが明らかとなり、日頃の指導や大会のあり方が示唆された。本研究では全体像を明らかにすることを目的としたが、今後は問題点を絞った分析を試みる必要がある。

参考文献

文部科学省 (2004) 平成 16 年度学校保健統計調査速報。

加藤謙一・杉田正明・内原登志子・藤原寛康 (1999) 小学生における短距離走の検討—全国小学生陸

上競技交流大会 100m レースをもとに一、陸上競技紀要, 12, 14 - 20.

日本スポーツ振興センター (2001) 平成 12 年度児童生徒の食生活等実態調査報告書, 独立行政法人日本スポーツ振興センター。

日本学校保健会 (2002) 平成 12 年度児童生徒の健康状態サーベイランス事業報告書, (財) 日本学校保健会。

鳥居俊 (2003) 幼少期の運動習慣が運動器に及ぼす影響, 臨床スポーツ医学, Vol. 20, No. 4, 431 - 436.

日本スポーツ振興センター (2004) 平成 14 年度児童生徒の食事状況調査報告書, 独立行政法人日本スポーツ振興センター。

小学生対象陸上競技クラブの種類別活動の実態

第20回全国小学生陸上競技交流大会（2004年）指導者への調査分析

木村一彦¹⁾ 梶原洋子²⁾ 伊藤宏³⁾ 松田移子⁴⁾ 阿保雅行⁵⁾ 雨宮輝也⁶⁾
小野伸一郎⁷⁾ 高瀬博⁸⁾ 大畑好美⁹⁾ 井筒紫乃¹⁰⁾ 豊田則成¹¹⁾ 米谷正造¹²⁾

- 1) 川崎医療福祉大学 2) 文教大学 3) 静岡大学 4) 茅ヶ崎FC 5) 東京外語大学
6) 帝京国際大学 7) 舞鶴高専 8) 関東学園大学 9) 森永製菓 10) 日本大学
11) びわこ成蹊大学 12) 川崎医療福祉大学

I. 目的

陸上競技の普及発展の為には、小学校の頃から児童にこの競技の特性に触れてもらい興味関心を呼び起こし、基礎的な技術の付与と共に将来に向けた継続を可能にするようなトレーニングの実施が求められる。今日わが国の場合、このような場としての小学校対象の陸上競技クラブは各学校単位の学校体育の延長にあるクラブ、あるいは主に学校区単位のスポーツ少年団としてのクラブ、また地域を単位とした総合型クラブを含む地域スポーツクラブに大別される。

一方日本陸上競技連盟は「研修を通してグループ生活の中での、よい友達づくりやマナーの養成、あらゆるスポーツの基本とされる陸上競技の技能の習得、我が国のスポーツの底辺の拡大をはかり小学生期の児童の健全なる心身育成の一端とする小学生陸上競技指導者の研鑽のための研修」として全国小学生陸上競技交流大会を実施している。各都道府県陸上競技協会の下での予選会を経て、男女4×100mリレー各5名、個人種目10種目（男子6年100m、女子6年100m、男子5年100m、女子5年100m、男子80mハードル、女子80mハードル、男子走幅跳、女子走幅跳、男子走高跳、女子走高跳）各1名、計20名、並びに総監督を含む指導者4名が本大会に参加している。

日本陸上競技連盟・普及委員会・研究調査部は第20回大会（2004年7月23日（金）～25日（日））に参加した指導者を対象に日頃の指導活動についての意識と実態について調査を実施した。これまでも過去の本大会参加指導者に関する岡野ら（1995）、

片瓜ら（1997）や財団法人日本陸上競技連盟普及委員会（2002）の調査報告などがあるが、全体的な指導実態の検討であり、小学校の陸上競技クラブ、スポーツ少年団、地域スポーツクラブ別に検討したものはなかった。本報告はそこから得たデータの中から今日のわが国の小学生を対象とする三種類の陸上競技クラブの活動がどのようになっているかを知り、今後の陸上競技の普及発展の資料とすることを目的に分析検討するものである。

II. 方法

47都道府県の指導者329名を対象に大会二日目（2004年7月23日）の研修会の会場入口で調査用紙を配布し、退室時に回収する無記名、自己記入質問紙法による集合調査法調査を実施した。回収数は190であった。このうち無記入の多かった2名を除く188名を対象とした。（有効回収率57.75%）分析にはSPSSを用い、主に三種のクラブ別クロス集計（ χ^2 検定）を行った。

調査項目は資料に示す。

III. 結果

1. 分析の対象について

188名の今回参加の立場と日頃の指導の有無についてみたものが表1である。立場は別にして日頃指導しているものは160名であった。さらにこの160名の指導者の所属クラブをみたものが表2である。「学校のクラブ・部活動」「スポーツ少年団」「地域スポーツクラブ（含む総合型）」「その他」を選択肢

表1 今回参加の立場と日常的指導の有無 (%)

	日常的指導有	日常的指導無	その他	無記入	計
監督	29(74.4)	5(12.8)	4(7.7)	1(2.6)	39(100.0) (20.7)
コーチ	125(89.9)	7(5.0)	5(3.5)	2(1.4)	115(100.0) (73.9)
その他	4(66.7)	2(33.3)	0(0.0)	0(0.0)	6(100.0) (3.2)
無記入	2(50.0)	2(50.0)	0(0.0)	0(0.0)	4(100.0) (2.1)
計	160(85.1)	16(8.5)	9(4.8)	3(1.6)	188(100.0) (100.0)

表2 所属クラブの種類 (%)

学校のクラブ・部活動	スポーツ少年団	地域スポーツクラブ (含む総合型)	その他	2つ以上	無記入	計
39(24.4)	30(18.8)	63(39.4)	12(7.5)	10(6.3)	6(3.8)	160(100.0)

としてあげ、回答を得た。全体の82.6%にあたる対象者が、単一的に「学校のクラブ・部活動」39名(24.4%)「スポーツ少年団」30名(18.8%)「地域スポーツクラブ(含む総合型)」63名(39.4%)を選択した。「その他」はこれらの複数を選択していた。

そこで、今回の分析当たっては、表1で示した中で「日常的に指導している」160名のうち、表2で「単一的に指導している」の条件をもつ132名を対象に分析することとした。

1) 参加指導者の性別と年齢

性別は「男性」108名(81.8%)「女性」24名(18.2%)であり、所属クラブ種類別に有意な差は認められなかった。

クラブ別年齢階層については、「学校のクラブ・部活動」は「30代」22名(44.0%)「40代」19名(38.0%)が多く、これに対して「スポーツ少年団」は「40代」11名(38.2%)に次いで「60代以上」7名(20.6%)、「地域スポーツクラブ(含む総合型)」は「40代」25名(37.9%)に次いで「30代」19名(28.85%)、「50代」12名(18.2%)と年齢に幅がみられた。

2) 参加指導者の職業

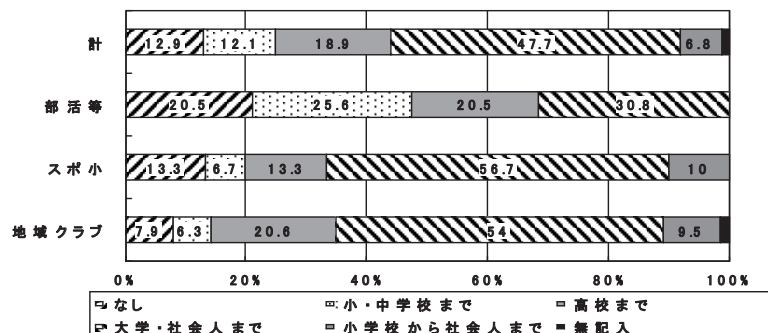
参加指導者の職業については、「学校のクラブ・

部活動」は「小学校教諭」36名(92.3%)が多く、これに対して「スポーツ少年団」は「小学校教諭」13名(43.3%)に次いで「会社員・公務員」9名(30.0%)、「地域スポーツクラブ(含む総合型)」「小学校教諭」26名(41.3%)に次いで「会社員・公務員」22名(34.9%)と職業に幅がみられた。

3) 参加指導者の陸上競技の経験

陸上競技の経験について小学校か中学校、又はその両方で経験したものを「小・中学校まで」、「小・中学校まで」に加えて高校まで経験したものと及び高校のみで経験したものを「高校まで」、同様に大学か社会人で経験したものを「高校まで」、同様に大学か社会人で経験したものを「大学・社会人まで」と分け、「小学校から社会人まで」継続して実施したものを「小学校から社会人まで」とし、さらに経験したことのない「なし」の5区分に分けた。これを図1に示す。

「学校のクラブ・部活動」は「大学・社会人」12名(30.8%)、「小・中学校まで」10名(25.6%)、「なし」8名(20.5%)であった。これに対して「スポーツ少年団」は「大学・社会人まで」が17名(56.7%)、「地域スポーツクラブ(含む総合型)」は「大学・社会人まで」が34名(54.0%)と多かった。「スポーツ



P<0.05

図1 所属クラブ種類別参加指導者の競技歴

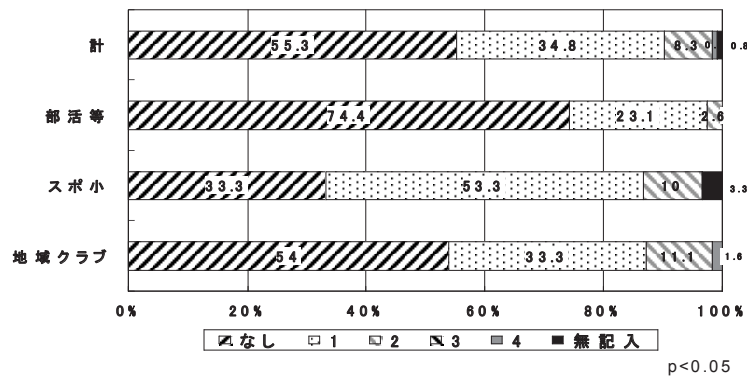


図2 所属クラブ種類別取得資格数 教員免許状を除く資格

少年団「地域スポーツクラブ(含む総合型)」には「小学校から社会人まで」継続して陸上競技を行ったものが10%ほどいた。

4) 参加指導者の取得資格

体協関係の資格、体育指導員、地域の資格、教員免許状、その他から複数回答可で回答を得た。全体で多いのは「教員免許状」69名(67.4%)であった。この教員免許状を除いた資格をいくつ持っているかを求めてみたものが、図2である。「学校のクラブ・部活動」は「なし」29名(74.4%)「1」9名(23.1%)が多かった。これに対して「スポーツ少年団」は「1」が16名(53.3%)、次いで「なし」10名(33.3%)、「地域スポーツクラブ(含む総合型)」は「なし」が34名(54.0%)、「1」21名(33.3%)であった。

2. クラブ種類別特性

1) 部員数と本大会参加者数

クラブ種類別に平均部員数と平均参加者数をみたものを表3に示す。部員数は各学年男女及び計に有意な差は認められなかった。これに対して参加者に関しては6年男女と参加者数に有意な差を認め、5年女子でも傾向を認めた。

すなわち参加者数では「学校のクラブ・部活動」は6年男子 0.11 ± 1.545 、6年女子 0.89 ± 1.410 合計 1.97 ± 2.091 であった。これに対して「スポーツ少年団」は6年男子 1.15 ± 1.870 、6年女子 1.38 ± 1.722 、計 3.45 ± 3.325 、「地域スポーツクラブ(含む総合型)」は6年男子 2.59 ± 2.438 、6年女子 2.13 ± 2.384 、計 5.41 ± 4.287 であった。

2) 指導者数

クラブ種類別指導者数を図3に示す。「学校のクラブ・部活動」は「2-4名」28名(71.8%)が多かった。これに対して「スポーツ少年団」は「2-4名」11名(36.7%)、「5-7名」10名(33.3%)、「地域スポーツクラブ(含む総合型)」は「2-4名」が30.2名(30.2%)「5-7名」17名(27.0%)「11名以上」14名(22.2%)と、指導者数が有意に多かった。

3) 練習計画について

練習計画の有無と内容について図4に示す。全体でみると「年間計画がある」61名(46.2%)が多く、次いで「毎回の計画がある」39名(29.5%)が多かった。所属クラブ種類別に有意な差が認められたのは「計画は特にない」で「学校のクラブ・部活動」が12名(30.8%)と多いことであった。

表3 クラブ種類別部員数と参加者数

所属2		部員数				部員数計	参加数				参加数計
		5男	5女	6男	6女		5男	5女	6男	6女	
部活	x	8.81	8.28	8.97	8.00	34.06	0.08	0.11	0.89	0.89	1.97
36	sd	7.336	6.623	6.487	5.077	21.444	.280	.319	1.545	1.410	2.091
スポ小	x	6.27	5.88	5.96	7.19	25.31	0.27	0.65	1.15	1.38	3.46
26	sd	4.201	3.882	4.142	3.175	10.832	0.452	1.294	1.870	1.722	3.325
地域	x	8.52	8.49	9.18	10.15	36.34	0.30	0.39	2.59	2.13	5.41
61	sd	8.615	8.582	8.721	9.605	33.321	0.587	0.936	2.438	2.384	4.287
合計	x	8.13	7.88	8.44	8.89	33.34	0.23	0.37	1.79	1.61	3.99
123	sd	7.517	7.279	7.393	7.515	26.840	0.493	0.917	2.230	2.067	3.851

差の検定結果

** * **
**<0.01 *<0.05

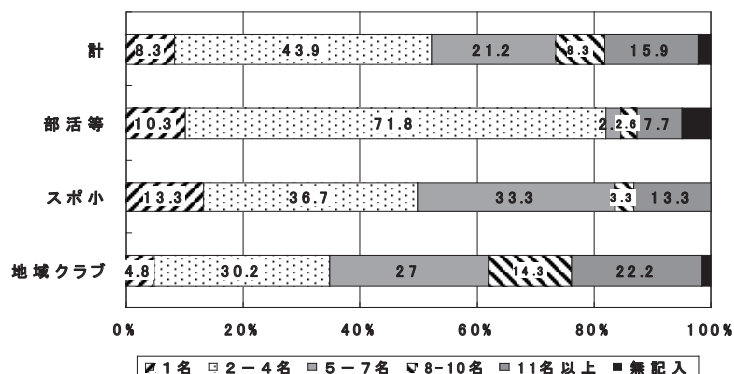


図3 所属クラブ種類別指導者数

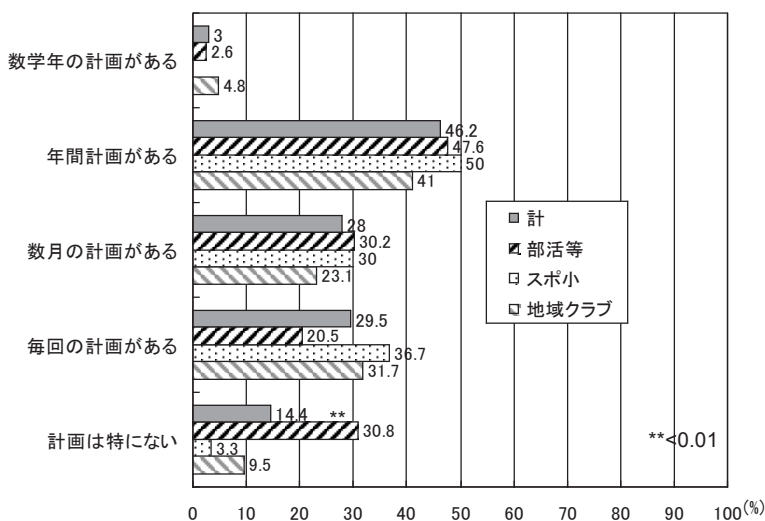


図4 所属クラブ種類別練習計画について（複数回答対象者 132 名を分母として）

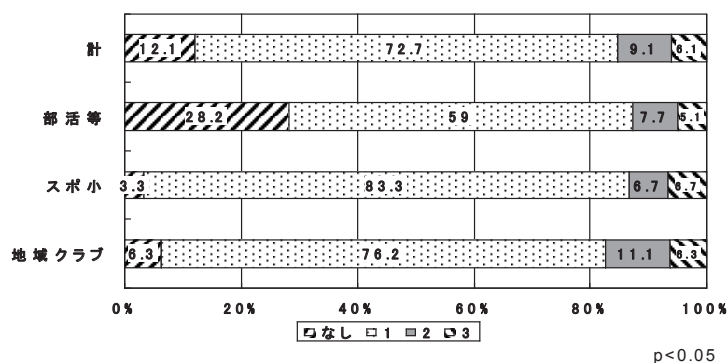


図5 所属クラブ種類別練習計画の種類数

これを所属クラブ別にいくつの計画を持っているかについて図5に示す。「学校のクラブ・部活動」は「1」23名(59.0%)、「なし」11名(28.2%)が多かった。これに対して「スポーツ少年団」は「1」25名(83.3%)、「地域スポーツクラブ(含む総合型)」は「1」が48名(76.2%)「2」7名(11.1%)と、計画数が有意に多かった。

4) 練習曜日について

練習曜日について図6に示す。全体で多いのは「土曜日」82名(62.1%)で、少ないのは「日曜日」32名(24.2%)であった。「学校のクラブ・部活動」は「火曜日」24名(61.5%)「木曜日」20名(51.3%)「金曜日」20名(51.37%)が有意に多く、これに対して「スポーツ少年団」は「土曜日」22名(73.3%)、「地域スポーツクラブ(含む総合型)」も「土曜日」47名(74.6%)が有意に多かった。

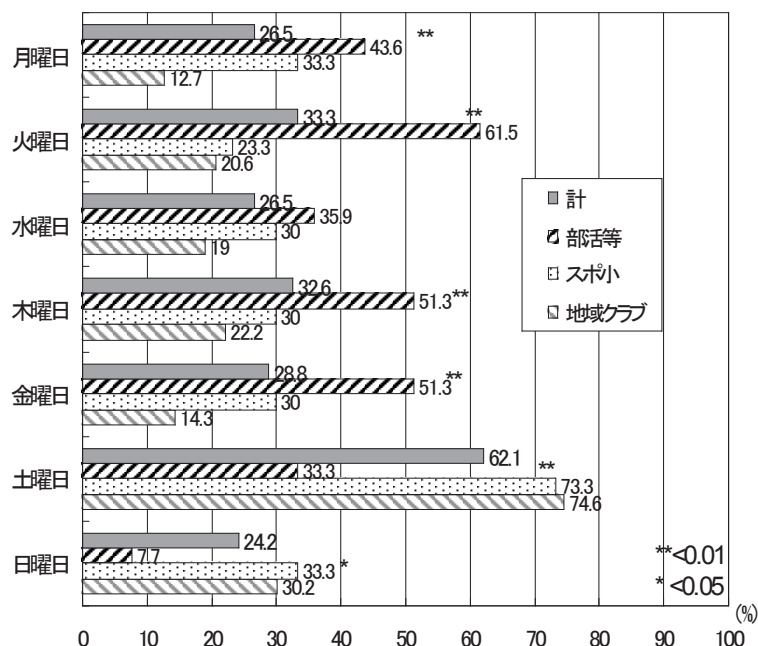


図6 所属クラブ種類別曜日別練習について（複数回答対象者 132 名を分母として）

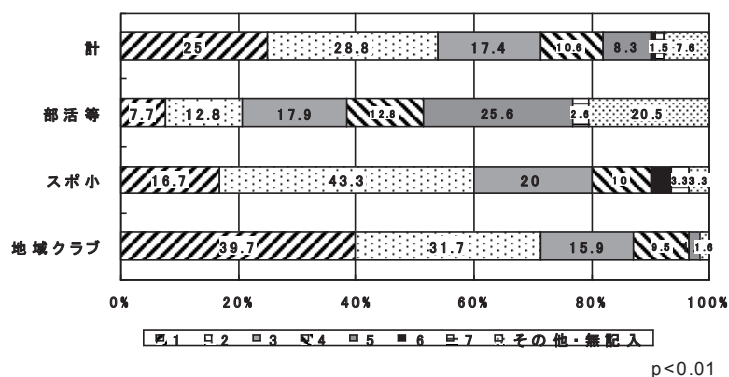


図7 所属クラブ種類別週当たり練習日数

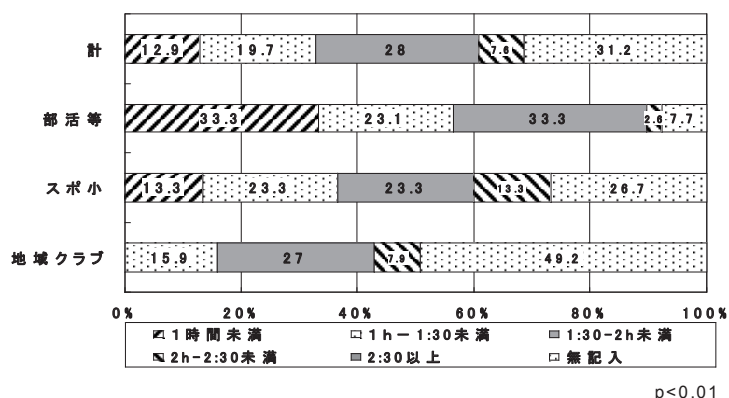
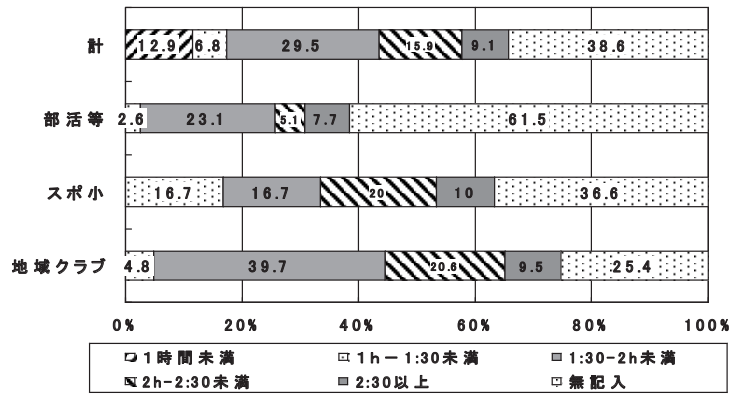


図8 所属クラブ種類別平日の練習時間

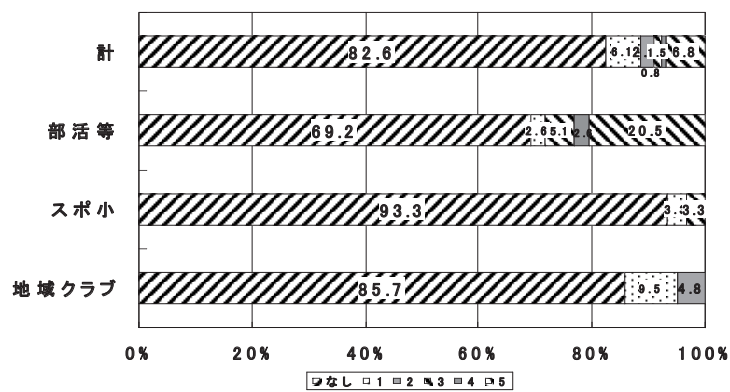
週当たり練習日数について図7に示す。「学校のクラブ・部活動」は「5日」10名(25.6%)が多く、次いで「その他・無記入」8名(20.5%)が多かった。この中には練習は不定期であるとか、この大会前だけ練習という者も含まれており、このようなば

らつきがあると推察する。これに対して「スポーツ少年団」は「2」13名(43.3%)「3」6名(20.0%)、「地域スポーツクラブ(含む総合型)」は「1」25名(39.7%)、「2」20名(31.7%)と有意な差が認められた。



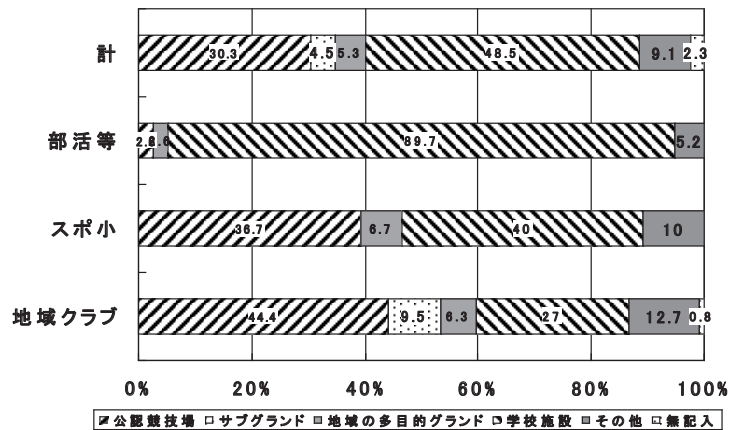
p<0.01

図9 所属クラブ種類別土・日の練習時間



p<0.01

図10 所属クラブ種類別朝練の日数



p<0.01

図11 所属クラブ種類別練習場所

5) 練習時間について

平日の練習時間について図8に示す。「学校のクラブ・部活動」は「1時間未満」と「1時間30分～2時間」が同率の13名(33.3%)が多かった。これに対して「スポーツ少年団」は「1時間～1時間30分」と「1時間30分～2時間」がこれも同率の7名(23.3%)であった。「地域スポーツクラブ(含

む総合型)」は「1時間30分～2時間」17名(27.0%)が有意に多かった。

土曜・日曜日の練習時間について図9に示す。「学校のクラブ・部活動」は「1時間30分～2時間未満」9名(23.1%)が多かった。これに対して「スポーツ少年団」は「2時間～2時間30分未満」が6名(20.0%)、続いて「1時間～1時間30分未満」と「1

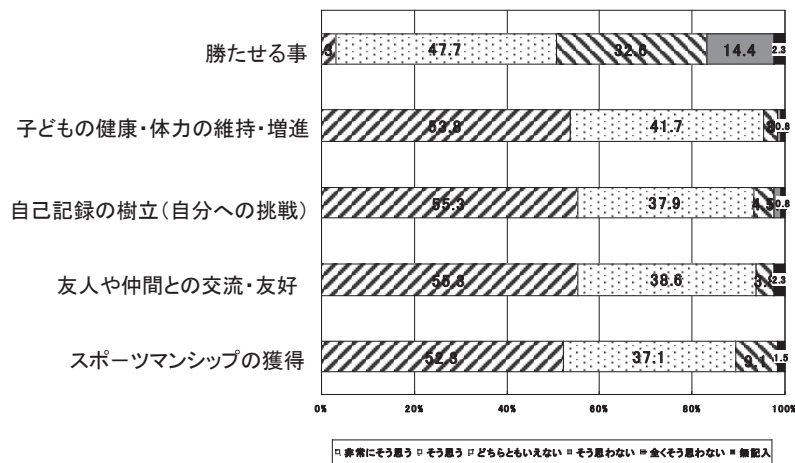


図 12 所属クラブの具体的目標の程度

時間 30 分～2 時間」が同率の 5 名 (16.7%) であった。「地域スポーツクラブ (含む総合型)」は「1 時間 30 分～2 時間」25 名 (39.7%) が有意に多かった。

6) 朝の練習について

週当たり朝の練習実施日数を図 10 に示す。実施していたのは全体の 17.40% であった。

「学校のクラブ・部活動」は「なし」が 27 名 (69.2%) であったが、「スポーツ少年団」の 28 名 (93.3%) 「地域スポーツクラブ (含む総合型)」の 54 名 (85.7%) と比較して有意に少なかった。「学校のクラブ・部活動」の中には週当たり練習日数「5 日」が 8 名 (20.5%) あった。

7) 練習の実施場所について

通常の練習場所について「公認陸上競技場」「競技場サブグラウンド」「地域の多目的グラウンド」「学校施設」「その他」の選択肢を示し、複数回答可で回答を求めた。その結果を図 11 に示す。「学校のクラブ・部活動」は「学校施設」35 名 (89.7%) が多かった。これに対して「スポーツ少年団」は「学校施設」12 名 (40.0%)、「公認競技場」11 名 (36.7%)、「地域スポーツクラブ (含む総合型)」は「公認競技場」28 名 (44.4%) 「サブグラウンド」6 名 (9.5%)、「学校施設」17 名 (27.0%) が多かった。「その他」は二つの施設を使用しているとの回答をまとめたものである。

8) 練習時のメニューについて

これには所属クラブ種類別に差が認められなかった。

練習のメニューについて (a) 「ブロック (種目別)」「特に分けていない」「両方の組み合わせ」と、(b) 「全員同じ」「学年別」「能力別」「個人別」「主に () と () の組み合わせ」の 2 種の選択肢を示し、回答を得た。表 4、5 に示す。

(a) は種目ブロック制を聞いたものだが、「ブロック別」にわけたり、「分けない」で行ったりの「両方の組み合わせ」が 50 名 (37.9%) と多かった。

(b) は学年、レベル別メニューの立て方をみたものだが、「全員同じ」26 名 (19.7%)、「学年別」25 名 (18.9%) であった。「組み合わせ」は 15 名 (11.4%) であった。

9) 小学校の段階で一番養いたい体力

これには所属クラブ種類別に差が認められなかった。小学校の段階で一番養いたい体力として「スピード」「全身持久力」「筋力」「巧緻性など調整力」を選択肢として示し、回答を得た。「巧緻性など調整力」を 96 名 (60.0%) が一番養いたいと回答した。ついで「スピード」26 名 (16.3%)、「全身持久力」23 名 (14.4%) となった。

3. クラブとしての具体的目標及び具体的指導の重要性の認識と指導の有無

1) クラブとしての具体的目標

これには所属クラブ種類別に差が認められなかった。所属クラブの目標について、「勝たせる事」「子どもの健康・体力の維持・増進」「自己記録の樹立(自分への挑戦)」「友人や仲間との交流・友好」「スポーツマンシップの獲得」を上げ、この具体的目標の程度を、「非常にそう思う」「そう思う」「どちらともいえない」「そう思わない」「全くそう思わない」の 5 段階の中から選択してもらうことで知ることとした。結果を図 12 に示す。

「勝たせる事」では「非常にそう思う」5 名 (3.1%)、「そう思う」73 名 (45.6%)、「どちらともいえない」52 名 (32.5%)、「そう思わない」25 名 (15.6%) であったが、他の項目は全て「非常にそう思う」が 50% を超えていた。

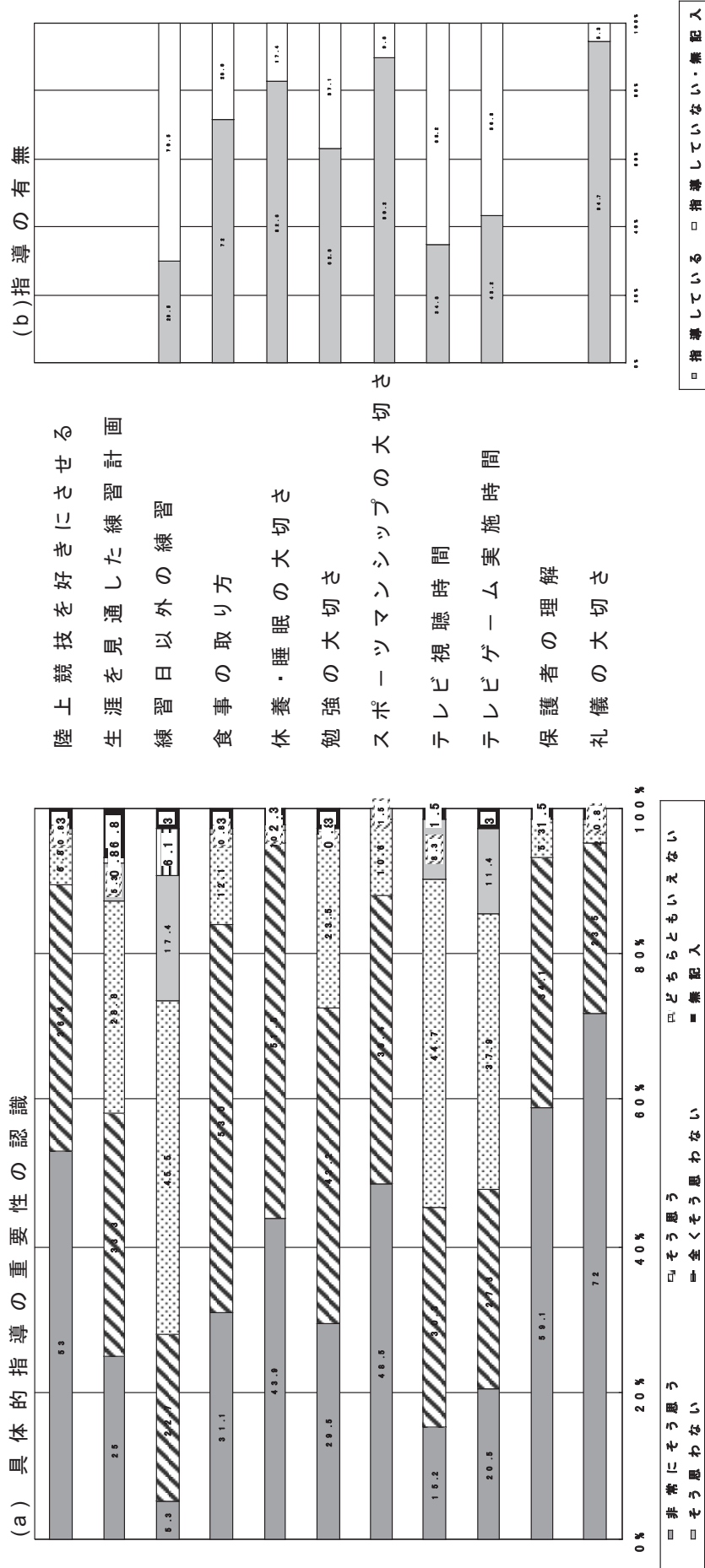


図1 3 具体的指導の重要性の認識と指導の有無

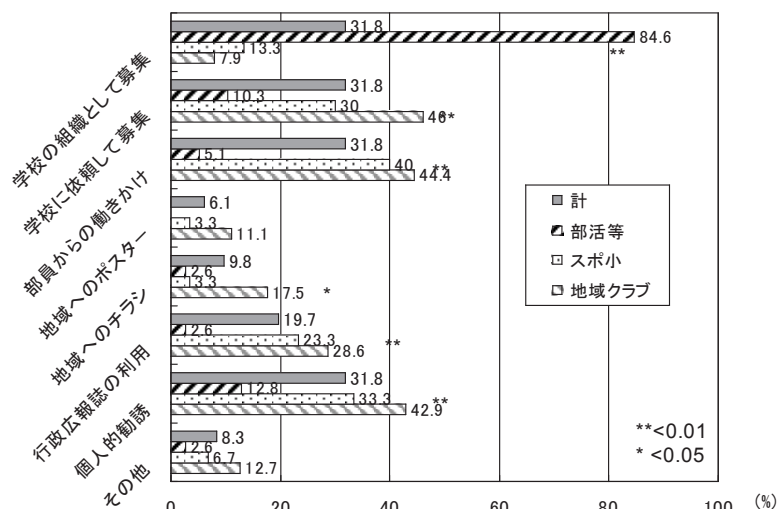


図 14 所属クラブ種類別部員募集について（複数回答対象者 132 名を分母として）

2) 具体的指導の重要性の認識と指導の有無

下に示す事柄についてどのような認識を持ち、実際に指導しているかを、目標と同様に 5 段階で回答を得た。また、それぞれについて指導しているかについて「はい」「いいえ」の二者択一の回答を得た。図 13 図はその結果である。

これは「テレビゲームの実施時間について指導することは大切である」の指導の有無で、「学校のクラブ・部活動」が多いという差が認められた他はなかった。

「陸上競技を好きにさせる事は大切である」は「非常にそう思う」87 名 (54.4%)、「そう思う」57 名 (35.6%) と重要性を認識していた。

「生涯を見通した練習計画を検討することは大切である」は「非常にそう思う」41 名 (25.6%)、「そう思う」53 名 (33.1%) と半数が重要性を認識していた。

「練習日以外にも練習をすることは大切である」は「非常にそう思う」8 名 (5.0%)、「そう思う」39 名 (24.4%) であった。先に見た練習日数を考えた場合、週当たり練習日にはばらつきがあったが、2 日以内のクラブが 50% を超えていたことを考えると少ないともいえる。この指導を行っていたのは 50 名 (31.3%) であった。

「食事の取り方を指導することは大切である」「休養・睡眠の大切さを指導することは大切である」はそれぞれ「非常にそう思う」50 名 (31.3%)、73 名 (45.6%)、「そう思う」88 名 (55.0%)、81 名 (50.6%) と重要性を認識していた。指導も 119 (74.4%)、132 名 (82.5%) が実施していた。

「学校の予習・復習の大切さを指導することは大切である」は「非常にそう思う」45 名 (28.1%) 「そ

う思う」74 名 (46.3%) とであった。指導は 102 名 (63.8%) が実施していた。

「テレビの視聴時間について指導することは大切である」「テレビゲームの実施時間について指導することは大切である」はそれぞれ「非常にそう思う」22 名 (13.8%)、30 名 (18.8%)、「そう思う」52 名 (32.5%)、48 名 (30.0%) と重要性を認識していた者は 50% に満たなかった。指導も 54 名 (33.8%)、67 名 (41.9%) であった。

「スポーツマンシップの大切さを指導することは大切である」「挨拶などの礼儀について指導することは大切である」はそれぞれ「非常にそう思う」73 名 (45.6%)、113 名 (70.6%)、「そう思う」67 名 (41.9%)、40 名 (25.0%) と重要性を認識していた。指導も 143 名 (89.4%)、150 名 (93.8%) が実施していた。

「クラブ運営について保護者の理解を得ることは大切である」は「非常にそう思う」95 名 (59.4%)、「そう思う」55 名 (34.4%) と重要性を認識していた。

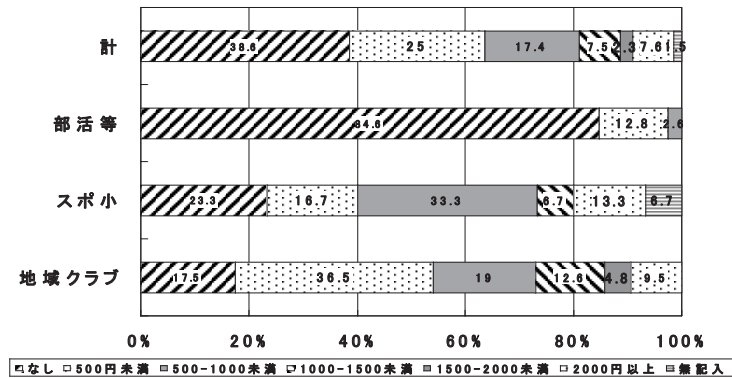
3. 部員募集と部費

1) 部員募集

所属クラブ種類別に部員募集の方法についてみたものを図 14 に示す。

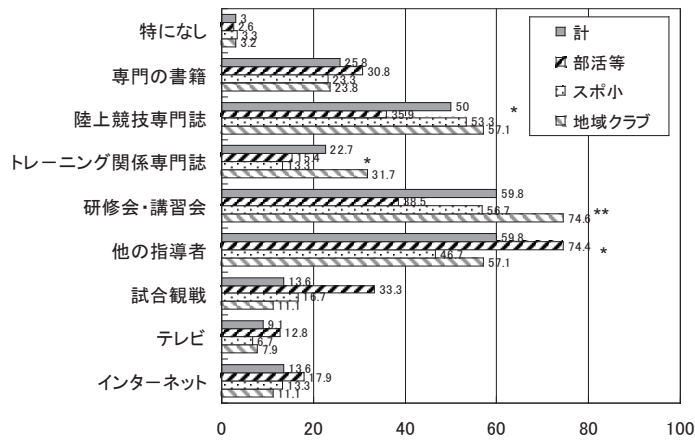
「学校のクラブ・部活動」は「学校の組織として募集」33 名 (84.6%) が多かった。これに対して「スポーツ少年団」は「部員からの働きかけ」12 名 (40.0%) 「個人的勧誘」10 名 (33.3%)、「地域スポーツクラブ (含む総合型)」も「部員からの働きかけ」28 名 (44.4%) 「個人的勧誘」27 名 (42.9%) が多かった。

2) 会費の徴収と地域や学校からの援助



p<0.01

図 15 所属クラブ種類別会費徴収について



**<0.01 (%)
* <0.05

図 16 所属クラブ種類別指導に関する情報源について（複数回答対象者 132 名を分母として）

会費の徴収について月当たりの徴収金額について「なし」「500円未満」「500-1000円未満」「1000-1500円未満」「1000-1500円未満」「1500-2000円未満」「7. 2000円以上」の選択肢を示し、回答を得た結果を図 15 に示す。

「学校のクラブ・部活動」は「なし」33名(84.6%)が多かった。これに対して「スポーツ少年団」は「500-1000円未満」10名(33.3%)「なし」7名(23.3%)、「地域スポーツクラブ(含む総合型)」も「500円未満」23名(36.5%)「500-1000円未満」12名(19.0%)が有意に多かった。

4. 指導者の指導に関する情報源

指導に関する情報をどこから得ているかについて「特になし」「専門の書籍」「陸上競技専門誌」「トレーニング関係専門誌」「研修会・講習会」「他の指導者」「試合観戦」「テレビ」「インターネット」「その他」の選択肢を示し、主な項目を上位3つまでを選択してもらった。その結果を図 16 に示す。

「学校のクラブ・部活動」は「他の指導者」29名(74.4%)が多かった。これに対して「スポーツ少年団」は「研修会・講習会」17名(56.7%)「陸上競技専門誌」16名(53.3%)、「地域スポーツクラブ(含む総合型)」も「研修会・講習会」47名(74.6%)「陸上競技専門誌」36名(57.1%)「他の指導者」36名(57.1%)が多かった。

III. 考察

三種類に大別した小学生を対象としたクラブは、その創設趣意、活動の目的等に違いがある。

小学校のクラブ活動については、文部科学省(1999)が定める小学校学習指導要領4章特別活動に示されており「クラブ活動においては、学年や学級の所属を離れ、主として第4学年以上の同好の児童をもって組織するクラブにおいて、共通の興味・関心を追求する活動を行うこと。」と教育課程の位置づけを持つものである。また学校教育の一環とし

ての部活動組織を持つ学校もある。各学校ではこのクラブ参加者や、授業、新スポーツテスト、校内大会で記録の良かった児童を地区の大会に参加させている。

二つめのスポーツ少年団は財団法人日本体育協会の報告書(2004)によれば日本体育協会によって、スポーツによる青少年の健全育成と生涯スポーツの芽を育てることを目的に作られたもので、小学生の他、中学生、高校生の加盟も認められている。財団法人日本体育協会日本スポーツ少年団(2004)の資料によれば現在約60種目933,192名(2003)が加入しており、陸上競技加入団体は290、加入数は9473名で、これは60種目中14位の数値である。

三つめの地域スポーツクラブは、例えば都道府県、市区町村陸上競技連盟など、地域のいわゆるその種目の専門集団が創設するクラブ、地域住民や行政、民間団体、NPOが創設するクラブなどがあり、それぞれの創設の目的と指導等の意識には違いがある。

一方、地域を想定し、住民が自ら運営するクラブ育成のために文部科学省の補助金モデル事業と定めた構想に総合型地域スポーツクラブがある。ここには先の学校、スポーツ少年団を取り込んでの事業展開もあるが、本調査では「地域スポーツクラブ(含む総合型)」として分類し、検討することとした。

これまでみてきた結果にその特徴が出ている。しかし、「地域スポーツクラブ(含む総合型)」は地域によっては「スポーツ少年団」などを取り込んでいるためか、かなり「スポーツ少年団」と共通する結果も含まれている。

まず「学校のクラブ・部活動」の結果を纏めると、「i 学校体育、教科や特別活動の一環として行われており、中には本大会に出場機会がある者を選抜しているものも含まれていた。ii 指導者は教員であり、陸上競技の経験、資格を持つものは比較して少数であった。iii 指導計画の整備も少なく、陸上競技のトレーニング情報は他の指導者から聞くものが多かった。iii 主に平日学校の校庭で短時間、朝の練習も実施していた。」となる。

学習指導要領総則体育の精神にもあるが、クラブ活動、部活動を含む学校教育の中で「体育」の重要性は言うまでもない。沼里(2002)は「本校は、なぜ体育を重要視するのか」と題し、その効用に長欠、不登校児の解消、他教科の学習への転移、基本的生活習慣の改善、気になる子への対応の成果を上げている。学校の成員である子ども同志、教員がともに活動することは、児童の学校生活を充実させることになり、これを有効に活用しなければならない。板

橋(2002)は中体連事務局長の立場で部活動の活発化にはa 休日の活用を柔軟にすること、b 外部指導者の有効活用を提言している。このようなことで児童には平日にゆとりを持たせ、教員にはこの種目の専門知識の習得も可能となる。ただ渡邊(2004)がいうように教員の間で十分な情報交換を行い、あくまでも教員が責任を負うことのできる環境でなければならない。

次に「スポーツ少年団」、「地域スポーツクラブ(含む総合型)」の結果を纏めると「i 勧誘は学校に依頼したり、部員の口コミ、あるいは個人的勧誘であった。ii 指導は集団的指導で教員以外もおり、陸上競技経験者が多かった。iii 資格を持つ者は「学校のクラブ・部活動」よりは有意に多いが十分とはいえない。iv トレーニング情報も専門誌、講習会などから得ていた。v トレーニング計画は「学校のクラブ・部活動」と比較して整備されていた。vi 練習は陸上競技場や地域のグラウンド、学校の校庭を使い、主に土曜日に実施され、週当たり日数は少ない。」となる。

さらに3種類別に差が認めれなかった指導目標、具体的指導の重要性認識の結果を纏めてみると「i 「勝たせること」は「非常にそう思う」「そう思う」が50%、「子どもの健康・体力の維持・増進」「自己記録の樹立」「友人や仲間との交流・有効」「スポーツマンシップの獲得」は「非常にそう思う」「そう思う」がおおよそ90%であった。ii 具体的指導の重要性認識では「陸上競技を好きにさせる」は「非常にそう思う」「そう思う」が90%であったが、「生涯を見通した練習計画」は60%を切った。」となる。

スポーツ少年団では認定員、認定育成員の養成を、日本体育協会では地域スポーツ指導員、競技力向上指導者、少年スポーツ指導者などの養成をしており、地方公共団体では社会体育指導員などの認定がある。それらの資格取得に関して「スポーツ少年団」で3割、「地域スポーツクラブ(含む総合型)」で5割が資格を持っていなかった。落合(1999)は講習時間並びに費用、カリキュラムの内容、配置の問題など各指導者制度の問題点も多いと指摘しており、それが取得割合を低くしている原因といえる。また陸上競技の経験者といえども子どもに対する指導という点では、そのことを十分知った指導者が必要になる。中央教育審議会の(2002)子どもの体力向上のための総合的な方策について(答申)、でも述べられているが、前述した学校と域指導者者の関係とは反対の、地域指導者が小学校教員から児童の様子や指導の留意点などを学ぶような相互交流が必要となる。

さらに指導計画には人生のどこでその人の最高能力が発揮できるかを見通した計画が重要となる。そのためには中央教育審議会(2002)子どもの体力向上のための総合的な方策について(答申)、保健体育審議会(2000)スポーツ振興基本計画の在り方について—豊かなスポーツ環境を目指して—(答申)でも指摘しているように、日本陸上競技連盟は総力を挙げて、一貫指導システムの構築、すなわちレベル別、年齢別トレーニング基準を作成することが急務であり、それに添った各段階の指導者の育成が重要となる。その際、将来に向けた継続を可能にするようなトレーニングと、指導者の意識が重要である。

学校完全週5日制の見直しがいわれている。「ゆとり」は本来子ども達の1日の中にあるべきで、6日の授業を5日にし、授業時数を詰め込む現行学習指導要領には無理があったと考えている。今後学力低下問題から授業数の増加がいわれるが、子どもの体力、健康づくりに身体活動・スポーツ活動の確保が図られなければならない。完全5日制実施に当たって文部科学省(2000)「スポーツ振興基本計画」の中で学校と地域の連携をうたい、野々宮(2000)もすでに地域スポーツと学校の連携が重要との指摘をしている。しかし、大橋らがいうようにその後の実施の中で多くの成果とともに課題も多く存在している。「学校クラブ・部活動」「スポーツ少年団」「地域スポーツクラブ(含む総合型)」への複数加入を認める事などを含め、連携によって児童は選択の幅を広げ、いずれかで身体活動・スポーツ活動に参加できることになる。前述したように「学校」と「地域」が一つの型の組織の統合ではなく、それぞれが独立的な立場で、競争と協調によって連携することが望ましく、これらのことは地域の実態の応じて柔軟性のあるシステム作りによって可能となる。その意味でも色々なクラブからの参加がある本大会の持つ意味は大きいと考える。

V. まとめ

今回小学生が所属するクラブの指導者について所属するクラブの種類、「学校のクラブ・部活動」「スポーツ少年団」「地域スポーツクラブ(含む総合型)」がどのように運営されているかを調査分析した。

1)「学校のクラブ・部活動」は学校体育、教科や特別活動の一環として行われており、中には本大会に出場機会がある者を選抜しているものも含まれていた。従って指導者層は教員であり、陸上競技の経験、資格を持つものは比較して少数であった。陸上

競技のトレーニング情報は他の指導者から聞くものが多かった。主に平日学校の校庭で短時間、朝の練習も実施していた。

2)「スポーツ少年団」、「地域スポーツクラブ(含む総合型)」は学校に依頼したり、部員の口コミ、あるいは個人的勧誘で部員を集めていた。指導は集団的指導で教員以外もおり、陸上競技経験者が多かった。資格を持つ者は「学校のクラブ・部活動」よりは有意に多いが十分とはいえない。トレーニング情報も専門誌、講習会などから得ていた。トレーニング計画は「学校のクラブ・部活動」と比較して整備されていた。練習は陸上競技場や地域のグラウンド、学校の校庭を使い、主に土曜日に実施され、週当たり日数は少ない。

3)クラブの目標には差が認められなかった。「勝たせること」は「非常にそう思う」「そう思う」が50%、「子どもの健康・体力の維持・増進」「自己記録の樹立」「友人や仲間との交流・有効」「スポーツマンシップの獲得」は「非常にそう思う」「そう思う」がおおよそ90%であった。

4)具体的指導の重要性認識にほとんど差が認められなかった。「陸上競技を好きにさせる」は「非常にそう思う」「そう思う」が90%であったが、「生涯を見通した練習計画」は60%を切った。

このように「学校のクラブ・部活動」と「スポーツ少年団」、「地域スポーツクラブ(含む総合型)」には大きな違いがあった。

「学校」では学校教育の一環として本大会を利用して活動の幅を広げるということは重要なことである。「スポーツ少年団」、「地域スポーツクラブ(含む総合型)」ではより専門的な指導が期待できる。従ってこの3つがお互いに交流し、底辺の拡大と、基礎的な技術の付与が実施されることが望まれる。そのためには日本陸上競技連盟は総力を挙げて、レベル別、年齢別トレーニング基準を作成することが急務であり、それぞれの段階の指導者の育成が重要となる。

その際、将来に向けた継続を可能にするようなトレーニングと、指導者の意識が重要である。

参考文献

- 中央教育審議会(2002)子どもの体力向上のための総合的な方策について(答申)、文部科学省 東京
保健体育審議会(2000)スポーツ振興基本計画の在り方について—豊かなスポーツ環境を目指して

ー (答申) 文部科学省

板橋弘徳 (2002) 中体連事務局長として訴えたいこと
と一部活動指導者、学校管理者、行政に対して
ー、体育科教育 50(5), 44-47 大修館書店
東京

片瓜仲夫 原田伸宏 岡野 進 上島 実 日本陸
連普及委員会 (1997) 小学校における陸上競技
クラブの実態について, 陸上競技紀要, 10,
52-59

文部科学省 (2000) 「スポーツ振興基本計画」, 文
部科学省 東京

文部科学省 (1999) 小学校学習指導要領解説 特別
活動編, pp. 50-58 東洋館出版 東京

森川貞夫 (2000) これからの地域スポーツと社会
体育指導者資格制度, 体育の科学 50(3),
199-208 杏林書院 東京

野々宮 徹 (2000) 完全学校週5日制に向けた学校
と地域社会の望ましい連携の在り方, スポーツ
と健康 32(8), 7-10 第一法規出版 東京

沼里親一 (2002) 本校は、なぜ体育を重要視するの
か、体育科教育 50(5), 22-25

岡野 進 上島 実 服部利夫 (1995) 小学校陸上
競技指導者の状況ー第9回全国小学校陸上競技
大会・指導者のアンケート調査からー. 陸上競
技紀要, 8, 50-57

大橋美勝 米谷正造他 (2004) 総合型地域スポーツ
クラブー形成事例的考察ー, 不昧堂出版 東
京

落合 優 (1999) 社会体育指導者養成制度のこれま
でと、これから、スポーツと健康 31(2), 7-10
第一法規出版

渡邊 彰 (2004) 「運動部活動の実態に関する調
査研究」報告書について, 体育科教育 52(13),
75-77

財団法人日本陸上競技連盟普及委員会 (2002) 「平
成14年度普及委員会活動報告並びに調査研究
報告書」pp. 28-32 財団法人日本陸上競技連盟
普及委員会

財団法人日本体育協会 (2001) 21世紀の国民スポ
ーツ振興方策, pp. 5-6 財団法人日本体育協
会

財団法人日本体育協会日本スポーツ少年団 (2004)
スポーツ少年団とは, pp. 39-40 財団法人日本
体育協会日本スポーツ少年団 東京

資料 1

【指導者用アンケート用紙】

第 20 回全国小学生陸上競技交流大会 (2004年)

指導者の皆様へ (お願い)

このアンケート調査は、本大会に出場する選手をご指導されている皆様を対象とし、日頃の指導活動についての意識と実態について、陸上競技の普及発展の観点から分析・検討を行い、今後のご指導の一助となる資料を作成することを期して実施するものです。回答は、統計的に処理され、上述の目的以外に利用することはありません。趣旨に賛同できる方はご協力のほどお願い致します。

財) 日本陸上競技連盟・普及委員会・研究調査部 2004年 7月 24日 (土)

1. 所属 () 都道府県
2. 今回参加のあなたの立場 1 監督 2 コーチ 3 その他 ()
3. あなたは小学生を対象とした所属クラブで、日常的に指導をされていますか
1 はい 2 いいえ 3 その他 ()
3. 性別 1 男 2 女
4. 年齢 1 20代 2 30代 3 40代 4 50代 5 60代以上
5. 職業 1 教員(1-1 小学校 1-2 中学校 1-3 高等学校 1-4その他) 2 農林・漁業など
3 会社員・公務員など 4 自営業 5 自由業 6 専業主婦 7 無職 8 その他 ()
6. 陸上競技指導経験年数:
1 5年未満 2 5年～10年未満 3 10年～20年未満 4 20年～30年未満 5 30年以上
7. 陸上競技歴(いくつでも): 1 ない 2 小学校 2 中学校 3 高校 4 大学 5 社会人・地域
8. 資格(いくつでも)
1 ない 2 体協 () 3 体育指導員 4 地域の資格 () 5 教員免許 6 その他 ()
9. 所属クラブ
1 学校のクラブ・部活動 2 スポーツ少年団 3 地域スポーツクラブ(含む総合型) 4 その他 ()
10. あなたの所属するところの指導者数: 1 1名 2 2～4名 3 5～7名 4 8～10名 5 11名以上
11. 指導者間の話し合い: 1 よく行う 2 時々行う 3 まれに行う 4 行わない
12. トレーニング計画(いくつでも)
1 数学年(数年)に渡った計画がある 2 年間計画がある 3 数ヶ月の計画がある
4 毎回の計画がある 5 特に計画はない
13. 部員募集(いくつでも)
1 学校の組織として募集 2 学校に依頼して募集 3 部員からの働きかけ 4 地域へのポスター掲示など 5
地域の家庭へのチラシなど 6 行政広報誌の利用 7 個人的勧誘 8 その他 ()
14. 通常の練習日(朝練を除く)(いくつでも)
1 月曜日 2 火曜日 3 水曜日 4 木曜日 5 金曜日 6 土曜日 7 日曜日
15. 通常の練習時間 平日 1 1時間未満 2 1時間以上1時間30分未満 3 1時間30分以上2時間未満
4 2時間以上2時間30分未満 5 2時間30分以上
土・休日 1 1時間未満 2 1時間以上1時間30分未満 3 1時間30分以上2時間未満
4 2時間以上2時間30分未満 5 2時間30分以上
16. 通常の朝の練習日(いくつでも)
1 月曜日 2 火曜日 3 水曜日 4 木曜日 5 金曜日 6 土曜日 7 日曜日
17. 練習メニューについて(a) 1 ブロック(種目)別 2 特に分けていない 3 両方の組み合わせ
(b) 1 全員同じ 2 学年別 3 能力別 4 個人別
5 主に()と()の組み合わせ
18. 小学校の段階で一番養いたい体力はなんですか
1. スピード 2. 全身持久力 3. 筋力 4. 巧緻性など調整力
19. 通常の練習場所 1. 公認陸上競技場 2. 競技場サブグラウンド 3. 地域の多目的グラウンド
4. 学校施設 5. その他 ()
20. 会費(月当たり部員からの徴収) 1. なし 2. 500円未満 3. 500-1000円未満 4. 1000-1500円未満

26. 今後、研修会で取り上げて欲しい内容について、該当する数字を1つだけ選んで○を付けてください。
 また、下記の項目以外に取り上げて欲しい内容がありましたら、()内には具体的な記述をお願いいたします。

5=非常にそう思う 4=そう思う 3=どちらとも言えない 2=そう思わない 1=全くそう思わない

- 1) 子どもの発育発達や体力に関する事..... 5 - 4 - 3 - 2 - 1
- 2) 食事や栄養の摂取方法..... 5 - 4 - 3 - 2 - 1
- 3) 食事の内容やタイミング 5 - 4 - 3 - 2 - 1
- 4) 水分補給や栄養補助食品 5 - 4 - 3 - 2 - 1
- 5) マッサージやアイシングの方法 5 - 4 - 3 - 2 - 1
- 6) ウォーミング・アップの内容と方法 5 - 4 - 3 - 2 - 1
- 7) 障害と救急処置 5 - 4 - 3 - 2 - 1
- 8) 暑さ対策 (夏期のトレーニングや熱中症予防など) 5 - 4 - 3 - 2 - 1
- 9) 短距離走の基本技術と練習方法..... 5 - 4 - 3 - 2 - 1
- 10) ハードル走の基本技術と練習方法 5 - 4 - 3 - 2 - 1
- 11) 走高跳の基本技術と練習方法 5 - 4 - 3 - 2 - 1
- 12) 走幅跳の基本技術と練習方法 5 - 4 - 3 - 2 - 1
- 13) リレー競走の基本技術と練習方法 5 - 4 - 3 - 2 - 1
- 14) 身体的コンディショニングの方法..... 5 - 4 - 3 - 2 - 1
- 15) 心理的コンディショニングの方法..... 5 - 4 - 3 - 2 - 1

(具体的に書きください。 _____

 _____)

27. こどもの指導に関する主な情報源は主にどこから得ていますか。上位3つを上げて下さい。

- ①特になし ②専門の書籍 ③陸上競技専門誌 ④トレーニング関係専門誌 ⑤研修会・講習会
- ⑥他の指導者 ⑦試合観戦 ⑧テレビ ⑨インターネット
- ⑩その他 (_____ , _____ , _____)

28. 本大会の種目・競技運営など大会全般についてお気付きの点・ご要望がありましたら、ご自由にお書きください。

- 競技運営 _____

- 実技研修会(7/23)・研修会(7/24) _____

- 開会・閉会式 _____

- 監督会議 _____

- 食事関係 _____

- その他 _____

協力ありがとうございました。

2004年度全国高等学校総合体育大会入賞陸上競技選手におけるサプリメント摂取状況

石井好二郎¹⁾ 鳥居 俊²⁾ 杉浦克己³⁾

1) 北海道大学大学院教育学研究科体力科学 2) 早稲田大学スポーツ科学部

3) 明治製菓(株) ザバス スポーツ&ニュートリション・ラボ

I. 緒言

子どもの頃からのサプリメントの使用は悪い食習慣を助長し、アスリートであった場合はステロイドを始めとする薬物に移行する雪玉効果(snowball effect)があることが指摘されている(Steen, 1996)。また、これらサプリメントのほとんどは、確かな研究結果によってサポートされておらず、いくつかはアスリートに対し、有害に作用することも指摘されている(The Nutrition Working Group of the IOC, 2004)。しかしながら、サプリメントの使用はジュニア競技者に拡大しており、ゲータレードスポーツ科学研究所の報告(GSSI, 2004)によれば、米国の高校生アスリートの38%、大学生アスリートの76%が日常的にサプリメントを摂取している。また、ジュニア競技者があこがれの選手を模倣して、中学生という早い時期からサプリメントを常習することも指摘されている(GSSI, 2004)。このような背景もあり、特に北米では学会レベルで競技者の食事やサプリメント摂取に関しての提言(ACSM/ADA/DC, 2000)が示されており、ジュニア競技者のサプリメント摂取に対して専門家からの統一見解も行われている(GSSI, 2004)。

日本においてはジュニア競技者へのサプリメント摂取に対して、学会レベルでの提言も統一見解も行われていない。また、我々(中西ら, 2003; Ishii et al, 2005)が全日本大学女子駅伝大会および全国都道府県対抗女子駅伝競走大会出場選手を対象として、サプリメント摂取状況の調査を行ったところ、女子大学生86%、女子高校生で75%、女子中学生では62%の中長距離選手が日常的にサプリメントを摂取していた。すなわち、日本の女子中長距離選手は米国のアスリートと比較して、高率にサプリメントを常用しており、特にジュニア選手に関しては

著しく高く、極めて不用意な状況である。

ジュニア選手のサプリメント摂取動機は他者からの勧めが多く、他者に依存している割合が強いことが報告されている(Ishii et al, 2005)。したがって、ジュニア選手の安易な摂取行動を抑制するためにも、サプリメント摂取に関連深いと考えられる体調・食生活・スポーツ障害の調査を行い、サプリメント摂取の背景を探る必要があると考えられる。

そこで、本研究では2004年度全国高等学校総合体育大会陸上競技入賞者を対象として、高校生トップレベル選手のサプリメント摂取背景には、食生活・体調・スポーツ障害が影響しているのではないかとの仮説に基づき、アンケート調査および分析・検討を行なった。

II. 対象と方法

1. 対象

2004年8月に開催された、2004年度全国高等学校総合体育大会(インターハイ)陸上競技で入賞した選手を対象とした。対象には文書により本調査の目的を説明し、了解を得たうえで無記名式アンケート調査を実施した。回答後、対象各自が封筒に入れ、封をするように指示し、郵送によって回収した。入賞者350名にアンケート(多種目入賞者には1通)を配布し回答の得られた62名(男32名、女30名)を調査対象とした。なお、本調査の回収率は17.7%であった。

2. 調査内容

本調査のアンケート用紙は、中西ら(2003)が作成した内容に改良し、さらに食生活・体調・スポーツ障害に関する項目を加えたものを使用した。

フェースシートとして、対象の性別、学年、身長、

表 1 対象の身体的特徴

男子選手	全対象 (n=32)	短距離 (n=7)	中長距離 (n=8)	跳躍 (n=7)	投擲 (n=5)	障害 (n=4)	混成 (n=1)
学年(年)	2.8±0.4	2.8±0.4	2.8±0.5	2.7±0.5	2.8±0.4	2.8±0.5	2
身長(cm)	176.3±4.6	174.3±6.2	175.4±4.2	178.6±1.5	176.4±5.2	176.5±6.0	179
体重(kg)	65.2±11.0	63.4±5.1	57.1±4.3	63.1±3.0	83.5±15.7	63.3±5.9	72
BMI(kg/m ²)	20.9±3.1	20.9±1.3	18.5±0.7	19.8±1.0	26.7±3.3	20.3±0.9	22.8
競技年数(年)	5.3±1.8	6.4±7.9	5.3±2.7	5.4±1.4	3.6±1.8	5.8±0.5	5
	Mean±S.D.						
女子選手	全対象 (n=30)	短距離 (n=6)	中長距離 (n=8)	跳躍 (n=8)	投擲 (n=3)	障害 (n=2)	混成 (n=3)
学年(年)	2.6±0.6	1.8±0.8	2.6±0.5	2.9±0.4	3±0	3±0	2.7±0.6
身長(cm)	164.1±4.9	162.3±3.6	160.4±3.5	167.6±4.5	167.9±3.8	160±0	167.7±4.2
体重(kg)	52.9±7.5	51.2±3.3	46.9±2.9	55.3±3.2	67.8±14.0	50±0	53.3±2.5
BMI(kg/m ²)	19.6±2.2	19.4±1.2	18.2±1.0	19.7±1.5	24.0±4.2	19.5±0	19.0±0.4
競技年数(年)	5.8±1.7	5.8±1.2	4.9±2.0	6.6±1.5	4.3±1.5	7.5±2.1	6±0
	Mean±S.D.						

表 2 サプリメント摂取経験

	現在摂取している	過去に摂取していたが、 現在は摂取していない	摂取したことがない	無回答
男子(n=32)	21 (66%)	8 (25%)	2 (6%)	1 (3%)
女子(n=30)	20 (66%)	8 (27%)	2 (7%)	0 (0%)
全対象(n=62)	41 (66%)	8 (25%)	2 (6%)	1 (3%)

n.s

体重、競技年数、競技歴を記述させた。競技歴には時期、種目、最も良い成績を記述させた。

サプリメント摂取状況として、サプリメント摂取経験、現在の摂取状況、サプリメントを初めて摂取した時の状況に関して設問し、回答を得た。

サプリメントに関する意識調査として、サプリメント・栄養に関する情報の収集源、情報の充足度、サプリメント摂取に対する意識について設問し、回答を得た。

体調・食生活状況、スポーツ障害に関するアンケートも同時に行った。体調・食生活については、食事環境、体調、食習慣、食嗜好について設問した。スポーツ障害に関しては、障害歴、怪我・病気の予防方法、スポーツに関連した病気・怪我の経験について設問し、それぞれ設定された選択肢より回答を得た。

また、現在のサプリメント摂取状況と体調・食生

活・スポーツ障害の各項目についてクロス集計を行い、各項目に対し「はい」と答えた選手の割合を比べた。

3. 統計処理

クロス集計の統計処理にはカイ二乗検定を使用し、有意水準は $p < 0.05$ とした。

III. 結果

1. フェースシート

対象の平均学年、身長、体重、BMI、競技年数を性別、種目別に表 1 に示した。

2. サプリメント摂取経験

現在もしくは過去にサプリメントを摂取したことがある者は対象全体で 57 名 (92%) 存在し、ほとん

表3 現在摂取しているサプリメントの数

	摂取していない	1種類	2種類	3種類	4種類	5種類以上	
男子 (n=32)	11 (33%)	4 (13%)	6 (19%)	2 (6%)	5 (16%)	4 (13%)	n.s
女子 (n=30)	10 (33%)	7 (23%)	5 (17%)	4 (13%)	2 (7%)	2 (7%)	
全対象 (n=62)	20 (32%)	11 (18%)	11 (18%)	6 (10%)	7 (11%)	6 (10%)	

表4 サプリメント摂取開始時期

	中学校	高校	無回答	
男子 (n=29)	8 (28%)	20 (69%)	1 (3%)	p<0.05
女子 (n=28)	16 (57%)	10 (36%)	2(7%)	
全対象 (n=57)	24 (42%)	30 (53%)	3 (5%)	

どがサプリメント摂取経験者であった(表2)。

3. 現在の摂取状況

現在もサプリメントを摂取している者は41名(66%)であった。また、サプリメントを摂取して

いる者の多く(30名, 73%)が2種類以上のサプリメントを摂取しており、もっとも多い者で、9種類のサプリメントを摂取していた(表3)。現在摂取しているサプリメントの種類を図1に示した。男女共にアミノ酸という回答が最も多く(男子10名48%, 女子14名70%), また、男子ではビタミンC, プロテイン, クレアチンと回答する者がアミノ酸とほぼ同数であった。女子では鉄と回答する者が多く見られ、中でも女子中長距離の選手は8人中6人が鉄を摂取していた。

図2にサプリメント摂取の目的を示した。疲労回復とする者が最も多く見られた(男子19名90%, 女子15名75%)。他にコンディショニング維持, 貧血予防・改善, 筋力増量, 瞬発力向上等の回答も多く見られた。

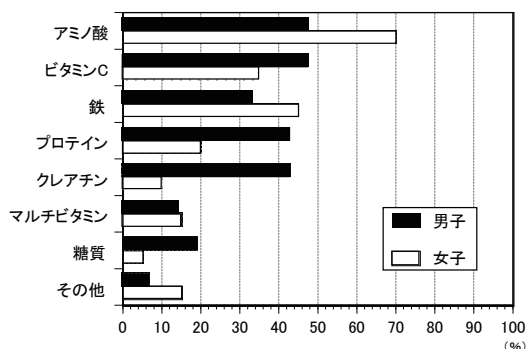


図1 現在摂取しているサプリメント(複数回答)

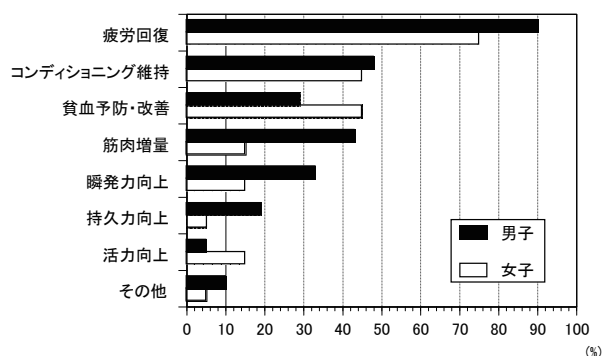


図2 サプリメント摂取の目的(複数回答)

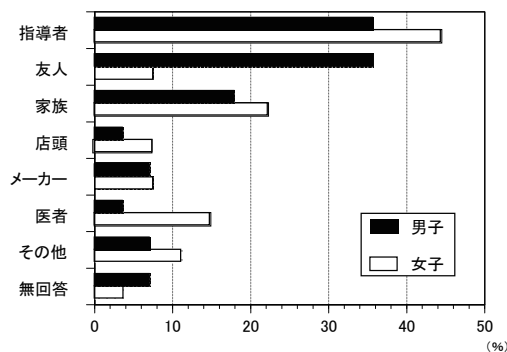


図3 サプリメント摂取きっかけ(複数回答)

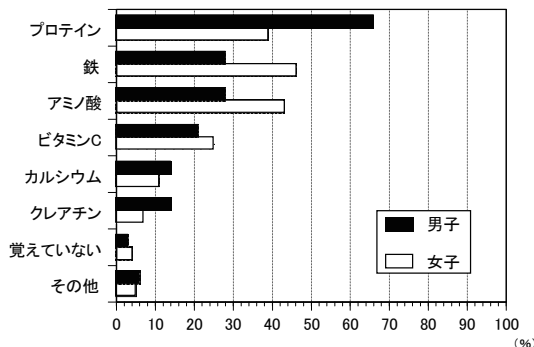


図4 初めて摂取したサプリメント（複数回答）

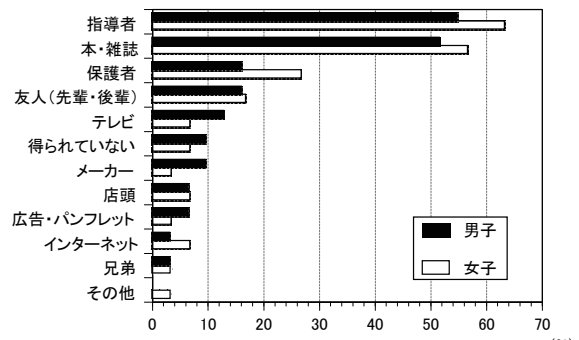


図6 食事・栄養の情報源（複数回答）

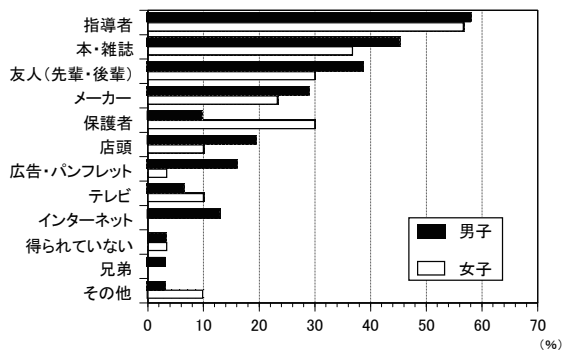


図5 サプリメントの情報源（複数回答）

4. サプリメント摂取開始時の状況

サプリメント摂取を開始した時期を表4に示した。全体の約半数（30名，53%）が高校生時にサプリメントの摂取を開始したと回答した。また，

女子のほうが男子よりも早期にサプリメントを摂取することが認められた。サプリメント摂取のきっかけは，指導者の勧めによるものが多く（男子10名36%，女子12名44%），男子では友人の勧め（男子10名，女子2名）というのも多く見られた（図3）。初めて摂取したサプリメントを図4に示した。男子ではプロテインと答えた者が多く見られた。女子はプロテイン，鉄，アミノ酸がほぼ同数で多かった。

5. サプリメントに関する情報収集，意識

サプリメント情報の収集源を図5，栄養情報の収集源を図6に示した。どちらも指導者から情報を得ていると回答する者が多くみられた。また，「サプリメントや栄養に関する情報が十分に得られているか」という質問に対する回答を表5に示した。「十

表5 得られている情報量

	十分得られている	あまり得られていない	全く得られていない	どちらともいえない	無回答	
男子 (n=32)	14 (44%)	11 (34%)	1 (3%)	4 (13%)	2 (6%)	n.s
女子 (n=30)	7 (23%)	12 (41%)	1 (3%)	10 (33%)	0 (0%)	
全対象 (n=62)	21 (34%)	23 (37%)	2 (3%)	14 (23%)	2 (3%)	

表6 サプリメント・栄養・食事の相談相手

	いない	指導者	栄養士	保護者	友人	その他	未記入・無回答	
男子 (n=32)	14 (45%)	7 (22%)	1 (3%)	1 (3%)	2 (6%)	1 (3%)	6 (18%)	n.s
女子 (n=30)	9 (30%)	7 (23%)	3 (10%)	3 (10%)	2 (7%)	2 (7%)	4 (13%)	
全対象 (n=62)	33 (38%)	14 (23%)	4 (6%)	4 (6%)	4 (6%)	3 (5%)	10 (16%)	

表7 サプリメントに対する意識

	積極的に摂取すべきである	食事で不足する栄養素のみ摂取すべきである	パフォーマンス向上に役立つもののみ摂取すべきである	できるだけ摂取すべきではない	自分の考えに当てはまるものはない	無回答	
男子 (n=32)	5 (16%)	7 (22%)	10 (31%)	5 (16%)	3 (9%)	2 (6%)	n.s
女子 (n=30)	6 (20%)	9 (30%)	3 (10%)	9 (30%)	3 (10%)	0 (0%)	
全対象 (n=62)	11 (18%)	16 (25%)	14 (23%)	14 (21%)	6 (10%)	2 (3%)	

表8 サプリメントの効果

	効果あり	効果なし	無回答
男子 (n=29)	21 (73%)	7 (24%)	1 (3%)
女子 (n=28)	13 (47%)	11 (39%)	4 (14%)
全対象 (n=57)	34 (59%)	18 (31%)	5 (10%)

n.s

表9 サプリメントに対する意識とサプリメント摂取の現状

	現在摂取している	現在摂取していない
サプリメント摂取 肯定 (n=40)	33 (82.5%)	7 (17.5%)
サプリメント摂取 否定 (n=14)	4 (28.6%)	10 (71.4%)

p<0.001

分に得られている」と回答した者が21名(34%)であるに対し、「あまり得られていない」「まったく得られていない」「どちらともいえない」と回答するものが39名(63%)であった。また、有意差はないが、男子の方が女子よりも「十分に得られている」と回答するものが多い傾向にあった。

サプリメントや栄養・食事についての相談相手を表6に示した。「いない」と回答した者が23名(38%)と最も多く、次いで指導者と回答している者が14名(23%)、その他は、栄養士、保護者、友人、主

治医、保健の先生という回答が見られた。

サプリメントに対する意識を表7に示した。男子では「パフォーマンス向上に役立つものを摂取すべき」と答えた者が多く(10名, 31%), 女子では「食事で不足する栄養素のみ摂取すべき」と「できるだけ摂取すべきではない」と答えた者が多かった(どちらも9名, 30%)。サプリメントを摂取した効果を表8に示した。有意差は無いものの、女子に比べて男子の方が効果があると答える者が多くみられた(男子21名73%, 女子13名47%)。

サプリメントに対する意識について、「積極的に摂取すべきである」、「食事で不足する栄養素のみ摂取すべきである」、「パフォーマンス向上に役立つもののみ摂取すべきである」を“サプリメント摂取肯定群”(n=40)とし、「できるだけ摂取すべきではない」を“サプリメント摂取否定群”(n=14)として、サプリメント摂取の現状とクロス集計を行なった。その結果、“サプリメント摂取肯定群”ではサプリメントを摂取している者が多く、“サプリメント摂取否定群”ではサプリメントを摂取している者は少

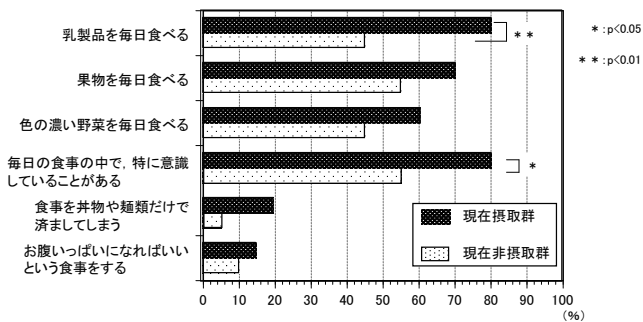


図7 サプリメント摂取の現状と食生活

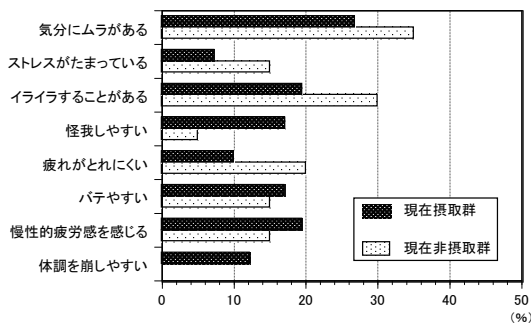


図8 サプリメント摂取の現状と体調

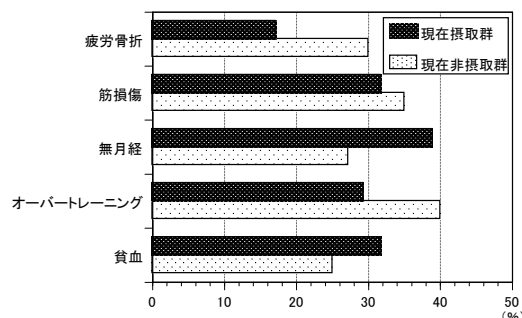


図9 サプリメント摂取の現状とスポーツ障害

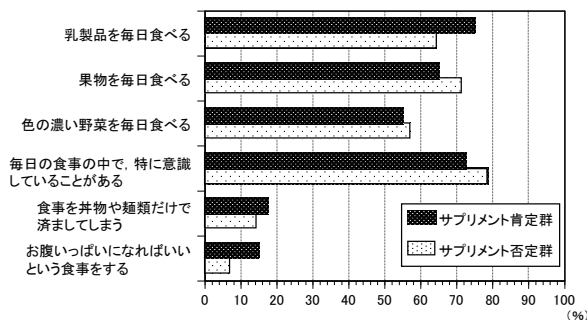


図10 サプリメントに対する意識と食生活

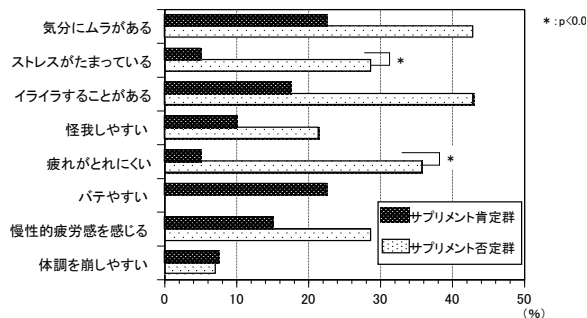


図11 サプリメントに対する意識と体調

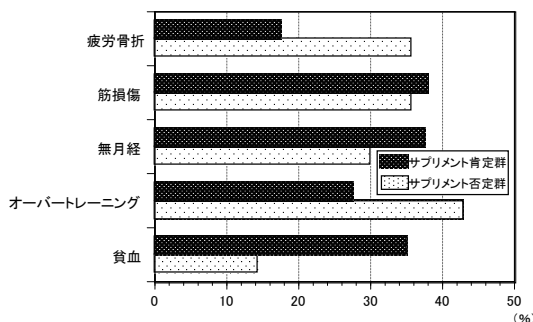


図12 サプリメントに対する意識とスポーツ障害

なかった (表 9)。

6. 食生活・体調・スポーツ障害との関係

サプリメント摂取の現在の状況と食生活、体調、スポーツ障害の関係に着目し、「現在摂取群」(n=41)と「現在非摂取群」(n=20)に分けクロス集計を行った。その結果、「毎日の食事の中で特に意識していることがある」、「乳製品を毎日食べる」という項目において、「現在摂取群」のほうが「現在非摂取群」より有意に高かった (図 7, 8, 9)。

同様に上述の「サプリメント摂取肯定群」(n=40)と、「サプリメント摂取否定群」(n=14)でクロス集計を行った結果、「疲れがとれにくい」、「ストレスがたまっている」という項目において、「サプリメント摂取否定群」のほうが「サプリメント摂取肯定群」より有意に高かった (図 10, 11, 12)。

IV. 考察

トップレベル高校生陸上競技選手を対象とした本研究の目的は、1) サプリメント摂取状況を明らかにすること、2) 食生活・体調・スポーツ障害との関連より、サプリメントを摂取する背景をあきらかにすることであった。

まず、サプリメントの常用であるが男女共に約66%と、高校女子中長距離選手ほど(75%)ではないが、米国の高校アスリートの38% (GSSI, 2004)に比較し極めて高い。また、サプリメント摂取に対し肯定的な選手が多い。そして、この背景には指導者の影響が強いようである。善意からであるが、パフォーマンスを向上させるために、指導者や親が子どもにサプリメント摂取を勧めることが報告されている (Steen, 1996)。さらに、指導者は思春期の競技者に対し、サプリメント摂取への主たる原因であることも報告されている (Douglas & Douglas, 1984; Krowchuk et al, 1989; Sobal & Marquart, 1994)。しかしながら、国際オリンピック委員会 (IOC) の調査によると、市販サプリメントの約15%に禁止薬物が含まれていることが報告されており (Geyer et al, 2004)、IOCはアスリートにサプリメントを常用すべきでないと勧告している (Burke, 2003)。すなわち、指導者がジュニア競技者にサプリメント摂取を勧めることは、禁止薬物に接触する危険性を高め、また、ジュニア競技者がステロイドを始めとする禁止薬物への試用へと移行することを容易とする (Steen, 1996)。このような危険性がありながら、指導者はなぜサプリメント摂取を勧めるのであろうか。

米国のほとんどの高校の指導者が栄養学の公式な教育を受けてはいないことが報告されている (Graves et al, 1991)。また、Sossin et al (1997)は高校の指導者が選手への栄養情報を発信する役割を果たしていることを認めたが、その指導者達に対して栄養知識に関する試験を実施したところ、平均で59%しか正解できなかったことを報告している。すなわち、サプリメント摂取の情報を提供できる資格のない指導者が、サプリメント摂取を促しているのである (Dunn et al, 2001)。日本においては指導者の多くが保健体育の教員であるが、保健体育の教員免許を取得するのに栄養学は必須の科目ではない。したがって、日本の指導者へも栄養学が十分に教育されているとは考えにくい。教員養成課程や再教育のカリキュラムに栄養学を取り入れる等の対策を講ずることが望まれる。

スポーツ選手がサプリメントを摂取する背景には様々な要因が考えられる。我々は偏食や食生活の乱れによる栄養素不足や体調不良、貧血・オーバートレーニング・疲労骨折等のスポーツ障害は、トレーニングの阻害要因となり、サプリメント摂取に結びつくのではないかと仮説を持っていた。しかしながら、サプリメント摂取の有無とスポーツ障害の経験や体調不良との間には関連がみられなかった。それどころか、サプリメント摂取の方が食事に対して気を使っている傾向が認められており、サプリメント摂取の有無はトレーニング阻害要因の経験ではなく、栄養や食への関心の高さが影響していることが示唆された。ACSM/ADA/DC (2000) はアスリートに必要な栄養の補給について、特別な事情（ウェイトコントロール、疾患、ベジタリアン等）を除けば、日常的な食事でも充分であり、サプリメントより、まず食事の組成を考えるべきであると提言している。すなわち、栄養や食への関心の高さが、サプリメントに傾倒させているのであれば本末転倒の状況と言えよう。

また、サプリメントに対する意識と食生活・体調・スポーツ障害の関係より、サプリメント摂取否定群で不定愁訴を訴えるものが多く見られた。さらに、摂取意識と摂取現状の関係をみると、サプリメント摂取肯定群で現在サプリメントを摂取している者が82.5%、否定群で現在非摂取の者が71.4%となっている。しかし、否定群で現在サプリメントを摂取している者が28.6%となっており、本研究の結果だけでは断言できないが、自分の意思に反してサプリメントを摂取しなければならない現状に何らかの原因があるのかもしれない。

V. 結語

日本の陸上競技高校生トップアスリートは、ドーピングで揺れ続ける米国の高校アスリートより、極めて高率にサプリメントを摂取している。ジュニアアスリートのサプリメント摂取が、薬物に移行する雪玉効果 (snowball effect) を生じるのであれば、日本も将来的にはドーピング大国になる可能性もある。IOC (The Nutrition Working Group of the IOC, 2004) は流通しているサプリメントの1/4にドーピングテストで陽性となる可能性があり、現状では安全を確約するサプリメントはないと報告している。そして、最も確かな予防手段は、サプリメントを使用しないことであると勧告している。また、IOC (The Nutrition Working Group of the IOC,

2004) はドーピングで陽性と判断された場合、“知らなかった”ことは理由にはならないとも述べている。おそらく日本で、このIOC (The Nutrition Working Group of the IOC, 2004) の勧告を知っている指導者や競技者は少数であろう。本研究の回答率の低さ (17.7%) から、危機感が希薄であることが伺い知れる。ジュニア競技者は指導者の影響を強く受けることから、まずは指導者の意識を変えることが先決であろう。なお、本調査は5カ年継続して実施される予定である。

参考文献

- ACSM/ADA/DC (2000) Nutrition and Athletic Performance. *Med Sci Sports Exerc* 32(12), 2130-2145
- Burke LM (2003) The IOC consensus on sports nutrition 2003: new guidelines for nutrition for athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 13(4), 549-552.
- Douglas PD & Douglas JG (1984) Nutrition knowledge and food practices of high school athletes. *J Am Diet Assoc* 84(10), 1198-1202.
- Dunn MS, Eddy JM, Wang MQ, Nagy S, Perko MA, Bartee RT (2001) The influence of significant others on attitudes, subjective norms and intentions regarding dietary supplement use among adolescent athletes. *Adolescence* 36(143), 583-591.
- Geyer H, Parr MK, Mareck U, Reinhart U, Schrader Y, Schanzer W (2004) Analysis of non-hormonal nutritional supplements for anabolic- androgenic steroids - results of an international study. *Int J Sports Med* 25(2), 124-129.
- Graves KL, Farthing MC, Smith SA, Turchi JM (1991) Nutrition training, attitudes, knowledge, recommendations, responsibility, and resource utilization of high school coaches and trainers. *J Am Diet Assoc* 91(3), 321-324.
- GSSI (2004) Kids and Sports: Maximizing Benefits, Minimizing Risks. Summary of Facts and Consensus Recommendations from Experts at the 2004 Gatorade Sports Science Institute (GSSI) Conference.

- Ishii K, Nakanishi M, Watanabe A, Sugiura K, Kajiwara Y, Kobayashi K (2005). Supplement use by young female long-distance runners in Japan. in preparation.
- Krowchuk DP, Anglin TM, Goodfellow DB, Stancin T, Williams P, Zimet GD (1989) High school athletes and the use of ergogenic aid. *Am J Dis Child* 143(4), 486-489.
- 中西美恵子, 石井好二郎, 渡辺彩子, 杉浦克己, 梶原洋子, 小林寛道 (2003) 大学女子長距離選手におけるサプリメントの摂取状況. *体力科学*, 52(5), 631-638.
- Steen SN (1996) Nutrition for the school-aged child athlete. In: *The Child and Adolescent Athlete* (Bar-Or O, ed), PP. 260-273. Blackwell Scientific, Oxford.
- Sobal J & Marquart LF (1994) Vitamin/mineral supplement use among athletes: a review of the literature. *Int J Sport Nutr* 4(4), 320-334.
- Sossin K, Gizis F, Marquart LF, Sobal J (1997) Nutrition beliefs, attitudes, and resource use of high school wrestling coaches. *Int J Sport Nutr* 7(3), 219-228.
- The Nutrition Working Group of the IOC (2004) *Nutrition for Athletes: A practical guide to eating for health and performance*. International Olympic Committee, Lausanne.

日本陸連科学委員会研究報告 第4巻 (2005)

陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2004

序 文

本報告書は、2004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。しかし、今年度から報告書は大きく変化した。すなわち、これまで20年以上の歴史を積み重ねてきた「陸上競技紀要」と発展的合併を行い、名称が「陸上競技研究紀要」となり、前編は研究論文を主体に、後編は従来の科学委員会報告書という形をとることになった。

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、インターハイ入賞者を対象にしたサプリメント摂取、障害状況、栄養摂取の3つの実態調査を行なった。この調査は今回が初めてで、選手や指導者に対する周知徹底が不十分なこともあり、回収率は低かった。しかし、今後のジュニア選手指導には貴重な資料となるので、今年度の状況を検討して少なくとも5年間継続する予定である。また、国立スポーツ科学センターをはじめとする国内外での合宿への帯同によるサポート活動も昨年以上に活発に行なわれた。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。

一方、体力データの標準値の作成に関しては蓄積されたデータの集計方法の検討のみしか行なえなかった。来年度には具体的なデータ提示を行ないたいと考えている。

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

2005年3月

平成16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 筑波大学体育センター
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 国立スポーツ科学センター (非常勤専門職員)
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4巻 (2005)
陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2004 目次

“末續慎吾”の100m走中の疾走速度分析	108
広川龍太郎、杉田正明、松尾彰文、阿江通良、金子太郎、高野 進	
日本一流400mハードル選手のレースパターン分析	111
森丘保典、大森重宜、榎本靖士、杉田正明、阿江通良	
日本一流女子中距離選手の800mレースパターン分析	116
榎本靖士、杉田正明、松尾彰文、阿江通良	
力学的エネルギーからみた800m走の動作	118
門野洋介、榎本靖士、杉田正明、阿江通良	
国際グランプリ大阪大会2004の4×100mリレーバトンパス分析	121
杉田正明、広川龍太郎、高野 進、有川秀之、川本和久、阿江通良、小林寛道	
アテネオリンピックと第43回全日本競歩輪島大会の男子20km競歩における ベント・ニー判定の比較	124
法元康二、杉田正明、藤崎 明、阿江通良	
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分析	128
小山宏之、村木有也、阿江通良、伊藤信之、山下訓史、越川一紀	
日本一流男子走幅跳選手の踏切準備と踏切動作のバイオメカニクスの分析	137
飯干 明、大村一光、小山宏之、村木有也、阿江通良	
一流男子走幅跳選手の踏切準備および踏切局面における身体重心速度変化	142
村木有也、阿江通良、小山宏之、伊藤信之	
2004年度日本選手権出場者の跳躍動作の事例報告	147
村木有也、阿江通良、小山宏之、伊藤信之	
2003年度日本選手権における棒高跳上位入賞者の動作分析	152
林 忠男、小林史明	
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	155
武田 理、村木有也、小山宏之、阿江通良	

女子棒高跳のバイオメカニクスの分析・・・・・・・・・・・・・・・・	159
吉原 礼、武田 理、村木有也、小山宏之、阿江通良	
男子一流ハンマー投げ選手のバイオメカニクスの分析・・・・・・・・	163
岡本 敦、池上康男、桜井伸二	
北海道マラソン暑さ対策研究・・・・・・・・・・・・・・・・	167
石井好二郎	
高校生陸上競技摂取における体調・食生活状況に関する調査結果・・・・・・・・	169
杉浦克己	
中距離高所トレーニング合宿の科学的サポート・・・・・・・・	174
榎本靖士、松尾彰文	
平成 16 年度ジュニア強化部科学サポート報告・・・・・・・・	177
持田 尚、深代千之、松尾彰文、高松潤二、田内健二、原田康弘	

“末續慎吾”の100m走中の疾走速度分析

広川龍太郎¹⁾ 杉田正明²⁾ 松尾彰文³⁾ 阿江通良⁴⁾ 金子太郎¹⁾ 高野進¹⁾
1) 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

I. はじめに

末續慎吾君に関して2002年度から今日まで継続して国内主要レースでの疾走速度計測をしている。また計測したレースの競技成績は10"03～10"20の間であり、日本人としては極めてアベレージの高い成績である。そこで、それらのレースにおける疾走速度の分析結果をここに報告した。

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 (winter, 1990)を用いて算出し、0.5～1Hzの間とした。

2. 対象レース

末續君の出場したレースを対象とし、その一覧を表1に記した。

表1 測定の対象試合

日付	試合名	記録(秒)	風速(m)	順位
2002/5/5	2002水戸国際	10"05	追1.9	1
2002/9/7	2002日本インカレ	10"20	追0.5	1
2003/5/5	2003水戸国際	10"03	追1.8	2
2003/5/10	2003大阪GP	10"16	向0.3	3
2003/6/8	2003日本選手権	10"13	追0.1	1
2004/6/6	2004日本選手権	10"10	追1.0	1

III. 結果及び考察

図1に0～100m中の速度曲線を示した。また図2には図1の拡大図ならびに最高速度とその出現地点、そして最高速度の98%以上を維持している区間を矢印で示した。表2は図2に関係する数値の一覧である。

1) 最高速度について

現在までの最高速度は'03日本選手権の11.57m/sである。スタートからの加速やゴールに向けての減速の影響もあるので、最高速度が最も速いレースが競技の最高記録というわけではない。また最も遅かったのは'02日本インカレの11.29m/sであった。そして、11.52m/s以上を出した'02,'03水戸と'03日本選手権では55m付近にピークが来ているが、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と報告されている(杉田他, 2003)(表3)。このことからピークの位置をやや後方へすることを課題としてトレーニングを行っている。'04日本選手権では最高速度が11.44m/sながらも65.5m地点にピークが来ていることから、トレーニングの課題は出来つつあると考えている。

2) 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る。そこで筆者らは最高速度の98%以上で走る区間の長さを検討した。その結果、最も長いのは'02日本インカレで56.7mであった。最も短いのは'03日本選手権で37.0mであった。長かった'02日本インカレは最高速度が最も遅く、短かった'03日本選手権は最高速度が最も速いが、最高速度が速くて区間の長い'03水戸の例もあった。また筆者らの持つ未発表資料の中に、10"2～5台の競技者の結果があるが、それらの長

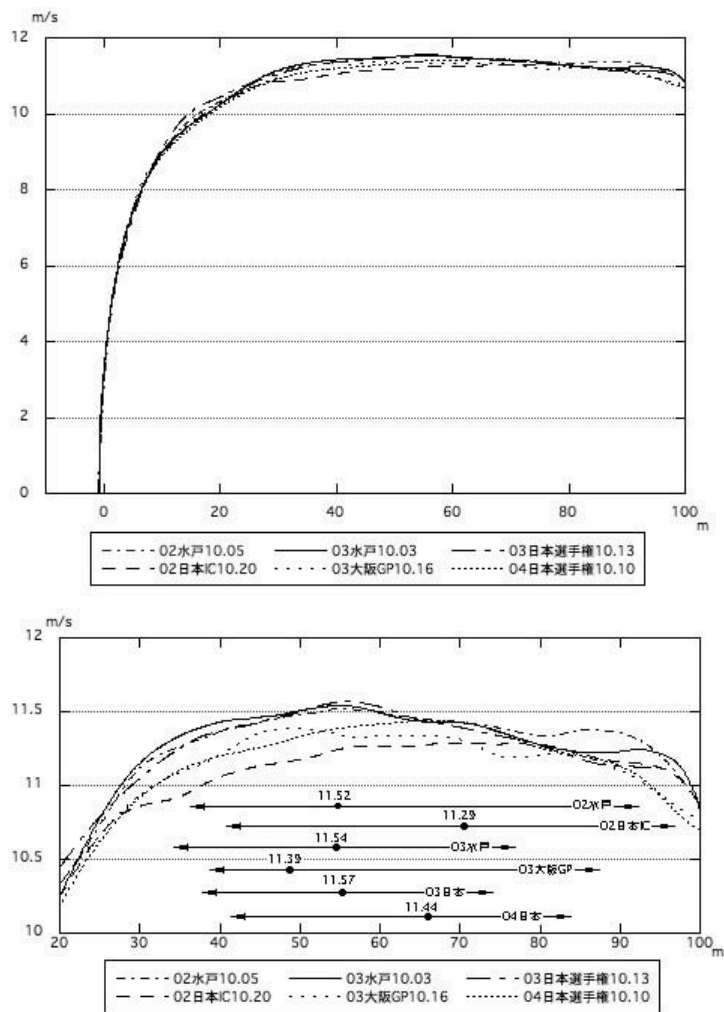


図2 図1の拡大図ならびに最高速度とその出現地点、98%以上走速度を維持している区間

表2 最高速度とその地点、速度の98%以上維持地点とその区間距離

試合名	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)
2002水戸国際	10 [〃] 05	11.52	54.7	36.3	92.9	56.6
2002日本インカレ	10 [〃] 20	11.29	70.8	40.2	96.9	56.7
2003水戸国際	10 [〃] 03	11.54	54.3	34.0	77.9	43.9
2003大阪GP	10 [〃] 16	11.39	48.8	38.5	87.4	48.9
2003日本選手権	10 [〃] 13	11.57	55.7	37.9	74.9	37.0
2004日本選手権	10 [〃] 10	11.44	65.5	40.8	84.3	43.5

表3 最高速度一覧

	最高速度(m/s)	記録(sec)	到達地点(m)	大会名
D・ベイリー	12.10	9.84	59.8	'96Atlanta
B. ジョンソン	12.05	9.79	50-60	'88Seoul
C. ルイス	12.05	9.92	50-60	'88Seoul
C. ルイス	12.05	9.86	70-80	'91東京
F. フレデリクス	12.00	9.94	72.4	'96Atlanta
A. ボルドン	12.00	9.93	85.0	'96Atlanta
R. パレル	11.90	9.88	70-80	'91東京
M. グリーン	11.87	9.86	58.1	'97Athens
D. ミッチェル	11.63	9.91	60-80	'91東京
朝原宣治	11.67	10.05	50-60	'02日本選手権
伊東浩司	11.63	10.08	50-60	'98日本選手権

(杉田らより広川改変)

さは 32 ～ 56m である。それと表 3 の朝原氏や伊東氏の最高速度よりも末續君の方が少し遅いものの、'02、'03 水戸の結果のように末續君の方が記録が良い場合がある事を見ると、末續君は疾走速度の維持能力がかなり高い可能性が伺えた。今後は 9 ～ 10"0 台の一流競技者がどの程度の維持能力があるかの検討が必要と思われる。

今後は映像も用いてレース中のピッチとストライドの変化を捉え、より詳細に疾走パターンを求めたいと考える。

参考文献

D. A. Winter (1990) Biomechanics And Motor Control of Human Movement. Wiley Inter-Science pp41-45

杉田正明・広川龍太郎・阿江通良 (2003) 日本選手権の男女 100m 走中のスピード分析. 陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2003. pp19-23.

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⁾ 大森重宜²⁾ 榎本靖士³⁾ 杉田正明⁴⁾ 阿江通良⁵⁾

1) 日本体育協会 2) 星稜女子短期大学 3) 京都教育大学 4) 三重大学 5) 筑波大学

1. はじめに

本報告では、2004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。

2. 方法

分析対象レースは、2004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）の決勝レース（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。

図1は、ハードル区間定義および区間距離を示したものである。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, H3-4, H4-5, H5-6, H6-7, H7-8, H8-9, 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

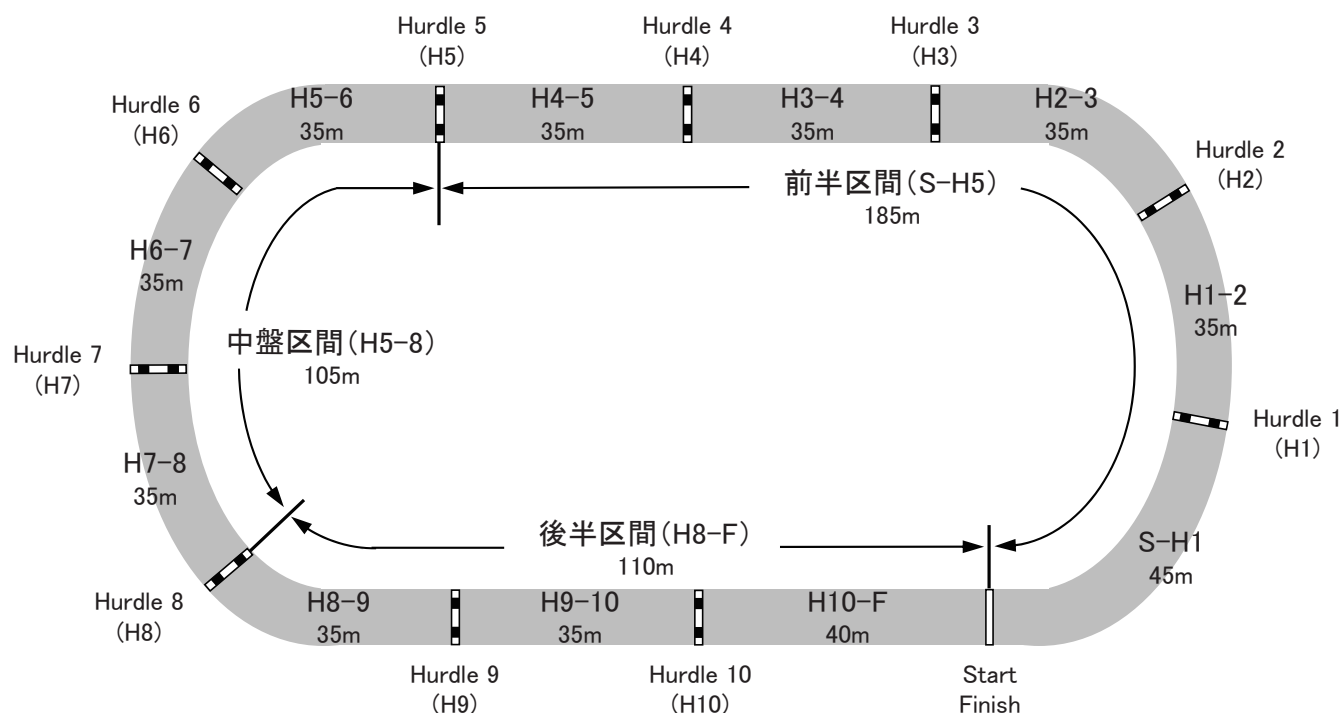


図1 400m ハードル区間定義および区間距離

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
為末 大	1位	区間時間	5.77	3.64	3.79	3.87	3.99	4.19	4.20	4.42	4.64	4.80	5.56
		通過時間		9.41	13.20	17.07	21.06	25.25	29.45	33.87	38.51	43.31	48.87
		歩数		13	13	13	13	14	14	15	15	15	
吉形 政衛	5位	区間時間	5.86	3.85	3.94	4.04	4.15	4.24	4.24	4.32	4.52	4.70	5.51
		通過時間		9.71	13.65	17.69	21.84	26.08	30.32	34.64	39.16	43.86	49.37
		歩数		14	14	14	14	15	15	15	15	15	
河村 英昭	6位	区間時間	6.10	3.80	3.97	4.12	4.29	4.35	4.37	4.40	4.55	4.67	5.39
		通過時間		9.90	13.87	17.99	22.28	26.63	31.00	35.40	39.95	44.62	50.01
		歩数		14	14	14	14	15	15	15	15	15	
千葉 佳裕	9位	区間時間	6.02	3.90	4.04	4.12	4.20	4.32	4.39	4.59	4.70	4.84	5.74
		通過時間		9.92	13.96	18.08	22.28	26.60	30.99	35.58	40.28	45.12	50.86
		歩数		14	14	14	14	15	15	15	15	15	

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。

前半から中盤および中盤から後半にかけての各疾走速度低下率（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 (%) >

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

3. 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）における日本人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。

優勝した為末選手の H5 通過（21.06 秒）は、

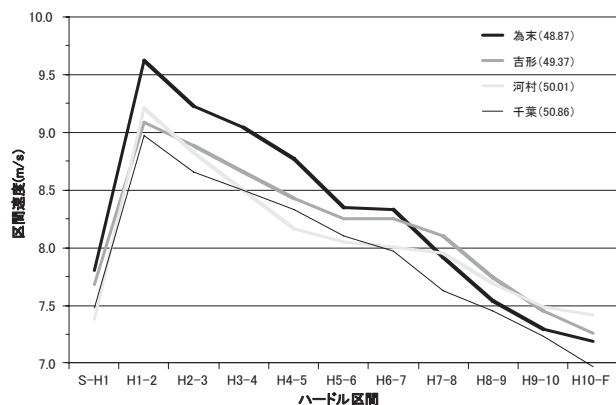


図 2 大阪 GP (男子) におけるハードル区間速度変化

2001 年世界選手権の準決勝よりも速い通過タイムであり、前半速度も他の日本人選手を圧倒している。しかしながら、好調時には 12.5 - 12.6 秒で通過する中盤で 12.81 秒、14.3 - 14.4 秒の後半も 15.00 秒かかり、前中および中後低下率も 6.7%、10.5% と大きく（2001 年世界選手権準決勝時は 3.6%、8.4%）、結果的に 48 秒後半でのフィニッシュとなった。とはいえ、本レースにおいてスタートから 3 台目までの走りにポイントを置いていたことや（陸上競技マガジン 2004 年 6 月号参照）、日本選手権および五輪に向けた調整段階（シーズン第一戦）であったことなどを考え合わせれば、その特徴を十分に発揮したレースであったといえる。

吉形選手は、49.37 秒（自己ベスト）をマークし、五輪参加 A 標準記録（49.20 秒）突破の可能性を示した。H1-2 から 14 歩で走る選手は、13 歩で走る選手と比べて前半の疾走速度を高めることが難しい。過去に H1-2 から 14 歩で走り 48 秒台をマークした日本人選手（河村選手、千葉選手）は、いずれも H5 を 21.7 - 8 秒で通過しているが、吉形選手もそのラインはほぼクリアしている（21.84 秒）。しかしながら、「イーブンペース型」に分類されることの多い 14 歩選手としては、特に中後低下率が 9% 台と高く、このあたりが A 標準記録の突破や 48 秒台突入に向けた課題といえるかもしれない。

先述した河村、千葉両選手は、H5 通過が 48 秒台をマークしたレースよりも 0.5 秒ほど遅く（ともに 22.28 秒）、本来のレースパターンを描くことができないまま、ともに 50 秒台でのフィニッシュとなった。

(2) 日本選手権

表 2 は、日本選手権における上位 4 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。

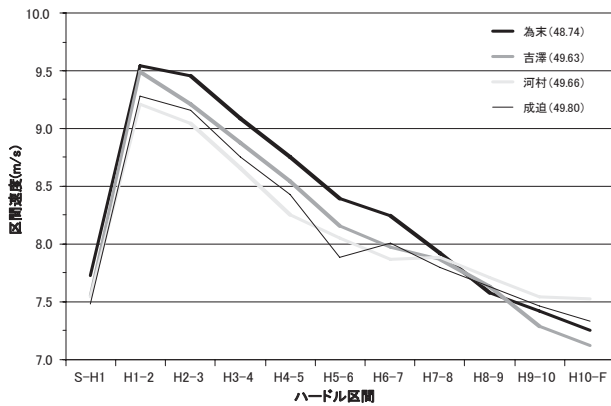


図3 日本選手権（男子）におけるハードル区間速度変化

為末選手は、H3 および H5 のいずれも大阪 GP とほぼ同じタイムでの通過（13.19 秒，21.04 秒）であり、この時点で五輪本番に向けたレース前半の走りの完成度は、かなり高まっていたといえるだろう。しかしながら、中盤 12.84 秒，後半 14.86 秒かかった結果、前～中および中～後低下率もそれぞれ 7.0%、9.5%と大きく、大阪 GP 同様 48 秒後半でのフィニッシュとなった。とはいえ、2 週間前に腰を患い棄権の可能性もあったことを考えれば、十分納得のいくレースだったのではなかろうか。

吉澤選手は、H5 を為末選手に次いで 2 位で通過（21.49 秒）するなど、前半から積極的なレースを展開したが、もともと課題であった中盤の走りに精彩を欠き（前～中低下率も 7%台と大きい）、さらに 2 年前に 48 秒台をマークした日本選手権（48.98

秒）では 14.30 秒でカバーしていた後半にも 15 秒かかってしまい、自己ベストから約 0.7 秒遅れてのフィニッシュとなった。

河村選手は、大阪 GP では 22 秒かかった H5 を 21.92 秒で通過していたが、好調なときには 3～4%で抑えられている前～中低下率は 6%と大きく、後半は上位 4 選手中最も速いタイム（14.50 秒）であったものの、自己ベストより約 0.8 秒遅いフィニッシュとなった。

成迫選手は、H5 を為末選手に次ぐ 2 位で通過（21.76 秒）しているが、H5-6 で大きく速度を低下させ、また H6-7 では加速するなど、中盤の走りが安定していない（前～中低下率も 7%台と大きい）。H5-6 では 13 歩から 14 歩へ歩数を切り替えているが、この歩数調整の失敗が中盤の走りに大きく影響したといえるだろう。

(3) スーパー陸上

表 3 は、スーパー陸上における男子上位 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。

為末選手の H3 通過（13.27 秒）および H5 通過（21.16 秒）は、大阪 GP および日本選手権の時よりも遅いタイムであったが、先の 2 レースに比べて中盤以降での速度低下が抑えられていたことが（前～中低下率 5.9%、中～後低下率 8.7%）、48 秒中盤（48.59 秒）でのフィニッシュにつながったといえ

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
為末 大	1位	区間時間	5.82	3.67	3.70	3.85	4.00	4.17	4.25	4.42	4.62	4.72	5.52
		通過時間	9.49	13.19	17.04	21.04	25.21	29.46	33.88	38.50	43.22	48.74	
		歩数	13	13	13	13	14	14	15	15	15		
吉澤 賢	2位	区間時間	5.96	3.69	3.80	3.94	4.10	4.29	4.39	4.45	4.59	4.80	5.62
		通過時間	9.65	13.45	17.39	21.49	25.78	30.17	34.62	39.21	44.01	49.63	
		歩数	13	13	13	13	14	14	15	15	15		
河村 英昭	3位	区間時間	5.97	3.80	3.87	4.04	4.24	4.35	4.45	4.44	4.54	4.64	5.32
		通過時間	9.77	13.64	17.68	21.92	26.27	30.72	35.16	39.70	44.34	49.66	
		歩数	14	14	14	14	15	15	15	15	15		
成迫 健児	4位	区間時間	6.02	3.77	3.82	4.00	4.15	4.44	4.37	4.49	4.59	4.69	5.46
		通過時間	9.79	13.61	17.61	21.76	26.20	30.57	35.06	39.65	44.34	49.80	
		歩数	13	13	13	13	14	14	15	15	15		

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
為末 大	1位	区間時間	5.86	3.62	3.79	3.89	4.00	4.15	4.20	4.42	4.57	4.65	5.44
		通過時間	9.48	13.27	17.16	21.16	25.31	29.51	33.93	38.50	43.15	48.59	
		歩数	13	13	13	13	14	14	15	15	15		
成迫 健児	2位	区間時間	5.99	3.64	3.80	3.94	4.00	4.15	4.39	4.45	4.55	4.67	5.49
		通過時間	9.63	13.43	17.37	21.37	25.52	29.91	34.36	38.91	43.58	49.07	
		歩数	13	13	13	13	13	15	15	15	15		

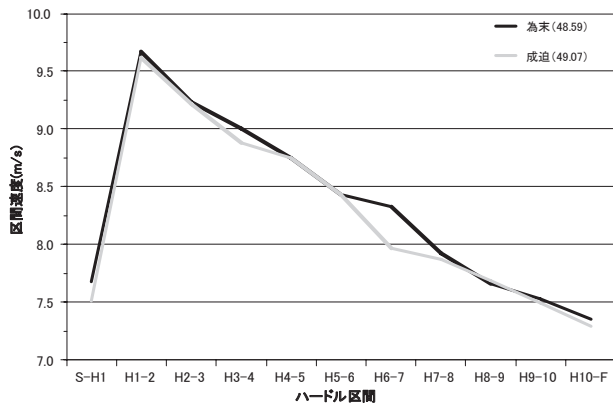


図4 スーパー陸上（男子）におけるハードル区間速度変化

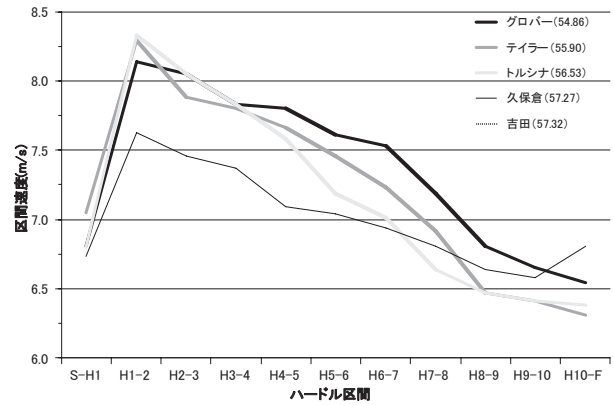


図5 スーパー陸上（女子）におけるハードル区間速度変化

る。モナコで行われた2nd IAAF World Athletics Final（6位：48.72）に出場してからわずか4日後というスケジュールで、アテネオリンピックの準決勝（48.46秒）に次ぐ記録をマークできたことは、今シーズンの為末選手の安定性を示すものであるといえる。

成迫選手は、H6までインターバルを13歩で走っており、H5の通過が21.37秒、H5-6通過も4.15秒と順調に為末選手を追走し、H6通過時点で約0.2秒差につけていた。しかしながら、本来14歩で走るはずのH6-7が15歩になってしまったため（陸上競技マガジン2004年11月号参照）、この区間で大きく速度を低下させてしまった。H8通過時点の差は0.43秒まで広がり、結果的に、これがフィニッシュ記録の差となった。しかしながら、歩数切り替えに失敗したH6-7区間をのぞけば、両選手のレースパターンは一致度が高く（図4参照）、48秒中盤の記録を予感させるのに十分な走りであったといえる。実際、翌月の国体では予定歩数（H6まで13歩、H6からH8を14歩、H8以降を15歩）で走り、48.58秒というハイレベルな記録（日本歴代3位；

2004世界17位）をマークしている。

表4は、女子上位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5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。

優勝したグロバー選手は、2003年パリ世界陸上の銅メダリストで、2004年シーズンも53秒台を5回マークするなど安定した力を持った選手である。また、2位のテイラー選手も、グロバー選手を上回るシーズンベスト（53.36秒）をマークする実力者であったが、両選手ともに本来の力には遠く及ばない記録でのフィニッシュとなった。

久保倉選手は、自己記録と自らの持つ日本学生新記録を更新した。H5の通過は、2002年のスーパー陸上（25.46秒）や2003年の日本選手権（25.49秒）のときよりも遅い通過（25.66秒）であったが、中盤、後半の速度低下を最小限に抑える「イーブンペース型」のレースを展開した（前～中低下率、中～後低下率ともに3%台と低い）。今後、55秒～56秒前半を目指すのであれば、H5を24秒台後半～25秒台前半で通過するようなレースパターンが求められる。

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
S. グロバー	1位	区間時間	6.61	4.30	4.35	4.47	4.49	4.60	4.65	4.87	5.14	5.26	6.12
		通過時間		10.91	15.26	19.73	24.22	28.82	33.47	38.34	43.48	48.74	54.86
		歩数		16	16	16	16	16	16	17	17	17	
B. テイラー	2位	区間時間	6.38	4.22	4.44	4.49	4.57	4.69	4.84	5.06	5.41	5.46	6.34
		通過時間		10.60	15.04	19.53	24.10	28.79	33.63	38.69	44.10	49.56	55.90
		歩数		15	15	15	15	15	16	16	17	17	
N. トルシナ	3位	区間時間	6.62	4.20	4.35	4.47	4.62	4.87	4.99	5.27	5.41	5.46	6.27
		通過時間		10.82	15.17	19.64	24.26	29.13	34.12	39.39	44.80	50.26	56.53
		歩数		15	15	15	15	16	16	16	16	16	
久保倉 里美	4位	区間時間	6.69	4.59	4.69	4.75	4.94	4.97	5.04	5.14	5.27	5.32	5.87
		通過時間		11.28	15.97	20.72	25.66	30.63	35.67	40.81	46.08	51.40	57.27
		歩数		16	16	17	17	17	17	17	17	17	
吉田 真希子	5位	区間時間	6.76	4.37	4.59	4.67	4.79	4.94	5.01	5.19	5.26	5.47	6.27
		通過時間		11.13	15.72	20.39	25.18	30.12	35.13	40.32	45.58	51.05	57.32
		歩数		16	16	16	16	17	17	17	17	18	

るだろう。なお、約 10 日後に開かれた実業団・学生対抗において、56.73 秒の日本学生新記録を樹立している。

吉田選手は、前半 25.18 秒、中盤 15.14 秒とまずまずの走りで、H8 の通過も久保倉選手 (40.81 秒) よりも 0.5 秒ほど速かったが (40.32 秒)、好調であれば 16.0 - 16.5 秒でまとめる後半に 17 秒かかってしまい、結果的に久保倉選手に僅差の先着を許す 57.32 秒でのフィニッシュとなった。

参考文献

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 (3), 414-421.

森丘保典, 杉田正明, 榎本靖士, 阿江通良, 小林寛道 (2002) 一流男子 400m ハードル走におけるレースパターンと記録との関係—5 台目および 8 台目ハードルの通過時刻に注目して—, スポーツ研究, 12, 20-27.

日本一流女子中距離選手の 800m レースパターン分析

榎本靖士¹⁾ 杉田正明²⁾ 松尾彰文³⁾ 阿江通良⁴⁾

1) 京都教育大学 2) 三重大学 3) 国立スポーツ科学センター 4) 筑波大学

目的

日本選手権女子 800m 決勝レースにおいて日本記録を大幅に更新し、アテネオリンピックの代表となった杉森美保選手（京セラ）のレース分析結果を報告し、今後の中距離走のレベル向上につながる資料としたい。

方法

兵庫リレーカーニバル、日本選抜陸上石川大会、日本選手権女子 800m 決勝レースを 2 台のカメラで VTR 撮影し、ピストルのシグナルと各 100 m 通過タイムをビデオ画像から読み取り、各 100 m 区間の平均スピードを算出した。また、100 m 区間において 10 歩に要した時間を読み、1 歩に要した平均時間の逆数をピッチとして算出した。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。1991 年東京世界陸上女子 800 m 決勝レースにおける同様のデータを比較のため用いた（松尾ら、1994）。

結果と考察

表 1 杉森選手の 2004 年兵庫リレーカーニバル、日本選抜陸上石川大会および日本選手権決勝 800m レースにおけるスプリットおよびラップタイム

	04兵庫		04石川		04日本Ch	
	スプリット	ラップ	スプリット	ラップ	スプリット	ラップ
120	: 17.48	17.48	: 17.42	17.42	: 16.70	16.70
200	: 29.25	11.76	: 28.91	11.49	: 28.16	11.46
300	: 44.38	15.13	: 44.10	15.19	: 43.11	14.95
400	1 : 0.08	15.70	: 59.53	15.42	: 58.12	15.02
500	1 : 15.69	15.62	1 : 14.61	15.08	1 : 13.51	15.38
600	1 : 31.49	15.80	1 : 30.07	15.47	1 : 28.51	15.00
700	1 : 47.42	15.92	1 : 45.85	15.77	1 : 44.22	15.72
800	2 : 4.35	16.93	2 : 2.32	16.47	2 : 0.46	16.24

表 1 は、今シーズンの杉森選手の兵庫リレーカーニバル、日本選抜陸上石川大会および日本選手権 800m 決勝レースにおけるスプリットおよびラップタイムを示したものである。杉森選手は、手術を経て故障から復活し、兵庫（2 分 4 秒 35）、石川（2 分 2 秒 32）と順調に記録を伸ばし、日本選手権では惜しくも 1 分台とはならなかったものの 2 分 0 秒 46 の日本記録を樹立した。杉森選手はいずれのレースにおいても自ら積極的にハイペースを作り、ゴールまでできる限り維持するレースパターンであった。日本選手権では、200m のスプリットタイムが 28 秒 16、400m が 58 秒 12、600m が 1 分 28 秒 51 と非常にハイペースであったことがわかる。いずれのレースにおいても 100m ごとのラップタイムは、最後の 100m 以外（最初の 200m は 120m と 80m のラップタイムになっている）は 14 秒台、15 秒台であったが、最後の 100m は 16 秒台となっていた。しかし、日本選手権では兵庫に比べ、200m 地点でおよそ 1 秒、400m 地点で 2 秒、600m 地点で 3 秒、ゴール地点で 4 秒と 200m ごとのラップタイムがおよそ 1 秒ごと速かった。

図 1 は、杉森選手の 3 レースおよび 1991 年東京世界陸上優勝者の走スピード、ピッチおよびストライドの変化を示したものである。杉森選手はいずれのレースにおいてもスピードは徐々に低下していたが、日本選手権では最初の 120m のスピードが大きく、また 500-600m 区間でわずかではあるがスピードを増大していた。最後の 100m においてスピードの低下は見られるが、兵庫、石川と比べるとやや速かった。これらは、兵庫、石川と経て日本選手権では前半からハイペースを維持するレースパターンが向上していたことを示していると言える。ピッチは、いずれのレースにおいても最初の 120 m で最も高く、120 ~ 700m 地点までは 3.5 ~ 3.6 歩/秒を維持したが、最後の 100m では低下していた。

ストライドは、3レースとも120-200m区間において最も大きく、その後徐々に低下していたが、日本選手権では500-600m区間で一度増大していた。これらの傾向から、杉森選手は中盤ではストライドの維持によりスピードを維持しているが、ラスト100mではピッチの低下によりスピードが低下していたと考えられる。

1991年東京世界陸上優勝者のスピードは、前半200mでは非常に大きく、中盤では一度大きく低下したが、最後の300mから増大していた。中盤では杉森選手と差はないが、前半およびラスト200mにおいて差が顕著であった。世界陸上優勝者のピッチは、前半で大きく、中盤で大きく低下したが、ラストで増大していた。ストライドは、120-200m区間で最も大きく、徐々に減少していたが、500-600m区間で一度増大し、その後また減少していた。世界陸上優勝者と杉森選手を比較すると、前半におけるスピードの差はストライドによる、最後の200mにおけるスピードの差はピッチによると考えられる。杉森選手は、ラストパートにおいてピッチの増大によりスピードを維持および増大することがさらなる記録向上に重要な課題となるであろう。

京セラ陸上部の大森監督の話によると、オリンピックを通じて世界レベルとの差を前半におけるスピードの余力によるものと分析し、レースパターンをレース前半において若干の余裕を作り、ラストパートにおいてスピードを増大するよう改善に取り組まれているそうである。今後さらなる記録向上が期待されるであろう。最後に、杉森選手の貴重なデータの公表にご理解を頂いた京セラ陸上部の大森監督はじめスタッフの方々に感謝いたします。

引用文献

松尾彰文, 杉田正明, 阿江通良, 小林寛道, 岡田英孝 (1994) 中長距離決勝におけるスピード, ピッチおよびストライドについて, 佐々木秀幸, 小林寛道, 阿江通良 (監修) 世界一流陸上競技者の技術, ベースボールマガジン社, 東京, 92-111.

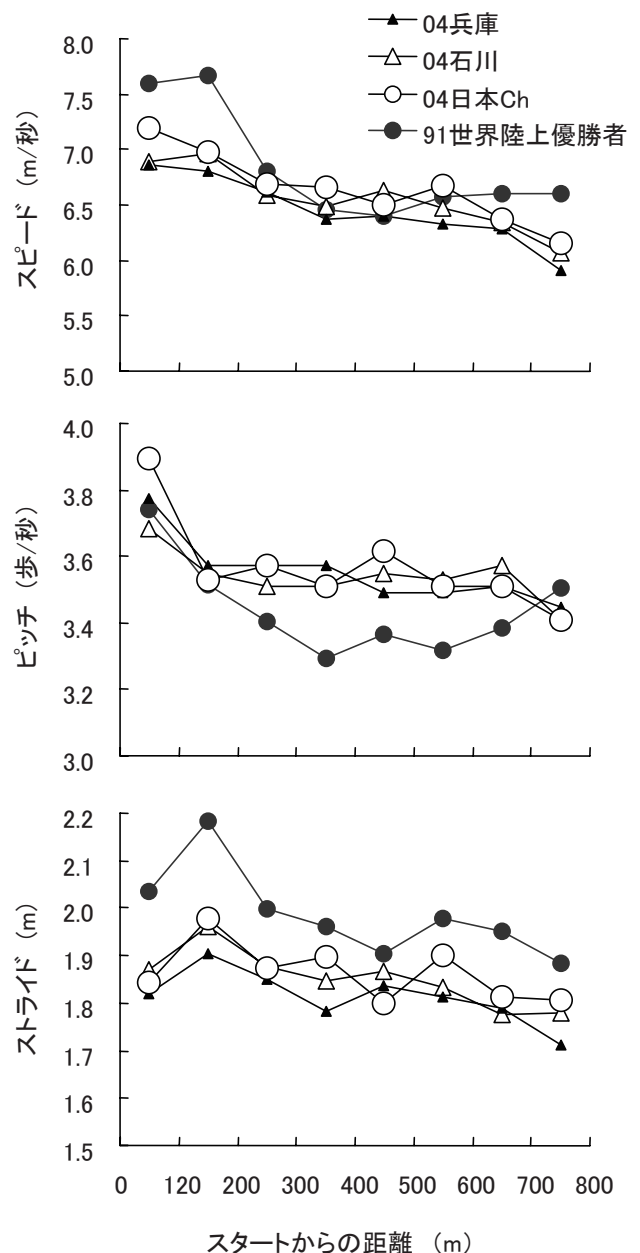


図1 杉森選手の2004年兵庫リレーカーニバル、日本選抜陸上石川大会および日本選手権決勝800mレースおよび1991年東京世界陸上優勝者の走スピード、ピッチおよびストライドの変化

力学的エネルギーからみた800m走の走動作

門野 洋介¹⁾ 榎本靖士²⁾ 杉田正明³⁾ 阿江通良⁴⁾

1) 筑波大学体育専門学群 2) 京都教育大学 3) 三重大学 4) 筑波大学

1. 目的

中距離走におけるバイオメカニクスの研究は、これまでレースの走速度、ピッチ、ストライドの変化を検討したものが多く行われている。しかし、レース中の走動作に関する研究は少ない。そこで本研究の目的は、男子800mレースにおける世界一流選手と日本人選手の走動作を、疾走フォーム、力学的エネルギー、力学的エネルギー利用の有効性などに着目して事例的に比較し、800m走の走技術に関する基礎的知見を得ることである。

2. 方法

世界一流から日本人高校選手までの男子800m選手17名を分析した。(表1)

撮影を行った競技会を表2に示した。

これらの競技会の男子800mレースにおいて、550m地点を疾走中の選手を、側方からVTR撮影した。撮影スピードは毎秒60フィールド、露出時間は撮影条件により1/1000秒～1/2000秒とした。撮影したVTR画像から1サイクルの走動作について、身体

分析点23点と校正マーク2点をデジタル化し、実座標換算、および平滑化を行った。得られた2次元座標をもとに、走速度、力学的エネルギー、力学的エネルギー利用の有効性指数、回復期の下肢関節トルクパワーなどを算出した。

3. 結果および考察

図1は、レース記録と550m地点の走速度との関係について示したものである。レース記録と550m地点の走速度との間には、有意な相関関係は認められなかった。これは、800m走のレースペースが一定ではないことや、レース展開が多様であるといった中距離種目の特性をあらわしたものであろう。よって550m地点の走速度だけをみて、800m走のパフォーマンスを評価することは難しいと考えられる。

そこで本研究では、550m地点の走速度がほぼ同じであったが、レース記録の大きく異なる4名の選手について事例的に比較することにより、目的の達成を試みた。その4名の選手は、ウィルフレッド・ブンゲイ選手(ケニア、レース記録1'45"99、

表1 分析対象者の特性 (N = 17)

	身長(m)	体重(kg)	レース記録(min:s.)	ベスト記録(min:s.)
Mean±S.D.	1.75±0.05	62.6±5.8	1:50.68±2.67	1:49.76±2.79
Min - Max	1.67 - 1.90	55.0 - 79.0	1:45.99 - 1:54.52	1:42.96 - 1:53.10

表2 VTR撮影を行った競技会

Competition	Date	Stadium	N of subject
02ポケットバンク スーパー陸上	2002.9.16	横浜国際総合	2
第87回日本陸上競技選手権大会	2003.6.8	横浜国際総合	1
03アコムミドルディスタンスチャレンジ第3戦	2003.6.22	日本体育大学健志台	7
第88回日本陸上競技選手権大会	2004.6.6	鳥取県布施	3
04ホクレンディスタンスチャレンジ第5戦札幌大会	2004.7.7	札幌市円山	1
第57回全国高等学校陸上競技対校選手権大会	2004.8.4-5	島根県浜山	3

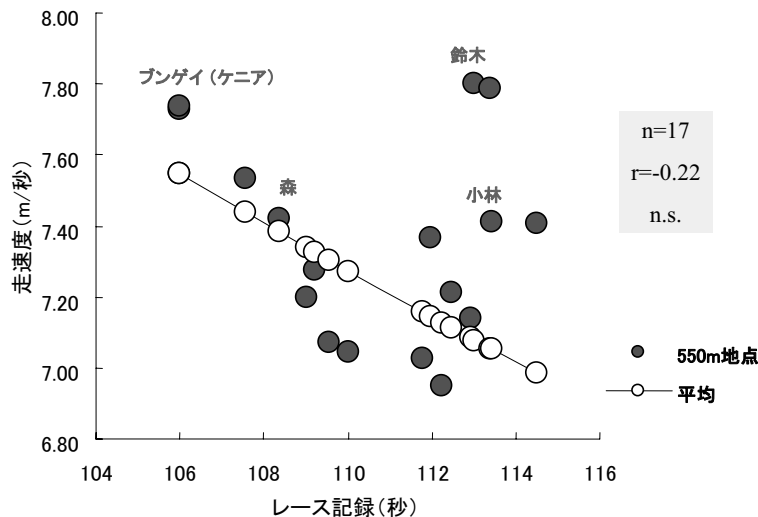


図1 レース記録と550m地点の走速度との関係

アテネ五輪5位), 鈴木選手 (レース記録 1' 53" 02), 森選手 (レース記録 1' 48" 36), 小林選手 (レース記録 1' 53" 43) であった (図1)。

図2は, 4名の選手の1サイクルにおける力学的エネルギー利用の有効性指数 (以下EI) について示したものである。レース記録の高かった選手は, 低かった選手に比べてEIが高い傾向がみられた。このことは, 同じ走速度で疾走している場合, レース記録の高かった選手ほど, 出力した力学的エネルギーを走速度へと有効に変換できていたことを示している。

図3は, 4名の選手の支持脚の足関節角度について示したものである。EIの低かった選手 (鈴木, 小林) は, 足関節の最大屈曲が大きく, 支持期後半の伸展が大きかった。足関節は支持期前半では力学的エネルギーを吸収し, 後半ではエネルギーを発揮する働きがあることを考えると, EIの低かった選手 (鈴木, 小林) は支持脚足関節での力学的エネルギーの吸収と発揮が大きかったと推測される。

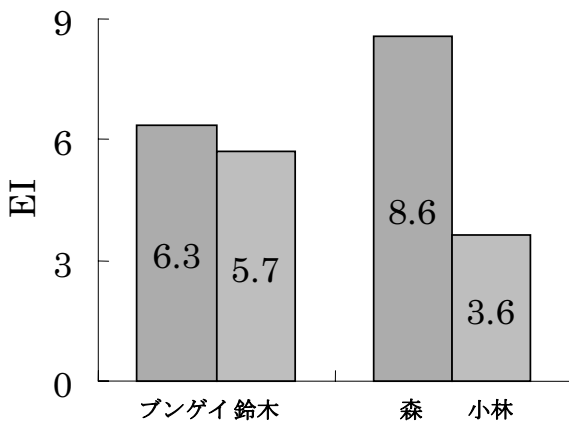


図2 力学的エネルギー利用の有効性指数 (EI)

図4は, ブンゲイ選手と鈴木選手の回復脚の股関節トルクパワーについて示したものである。なお比較のため, 値は体重あたりに, 時間は回復期を100%として規格化した。正のトルクパワーは, ブンゲイ選手において回復期前半 (逆足接地付近) で大きく, 鈴木選手において後半 (接地前) で大きかった。つまり, ブンゲイ選手は脚の前方への引き出しにおいて大きな正パワーを発揮していたのに対し, 鈴木選手は脚の振り戻しにおいて大きな正パワーを発揮していた。したがって, ブンゲイ選手は逆足接地付近で回復脚の引き出しを強調した動作を行っており, 一方鈴木選手は接地前に回復脚の振り戻しを強調した動作を行っていたと推測される。

図5は, 支持期の水平方向と鉛直方向の平均力について示したものである。支持期前半の水平方向の平均力, つまりブレーキ力は, 鈴木選手の方が大きな値を示した。鈴木選手は, 上述したように回復脚の振り戻しを強調しており, 接地時の身体に対する相対速度は小さくなるため, 接地のブレーキ力や衝撃力は小さくなると予想された。しかし, ブレーキ力はブンゲイ選手に比べて大きな値を示した。そこで, 鈴木選手は接地前の股関節トルクパワーが大きかったことを考慮すると (図4), 接地時に脚の剛

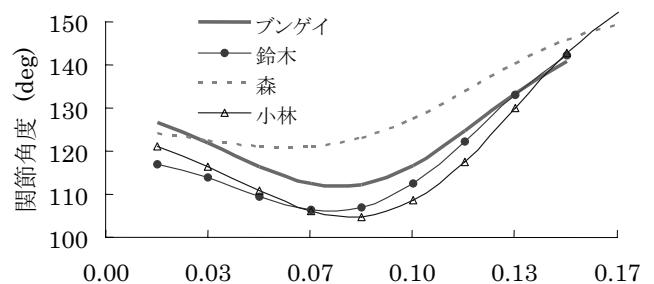


図3 支持脚の足関節角度

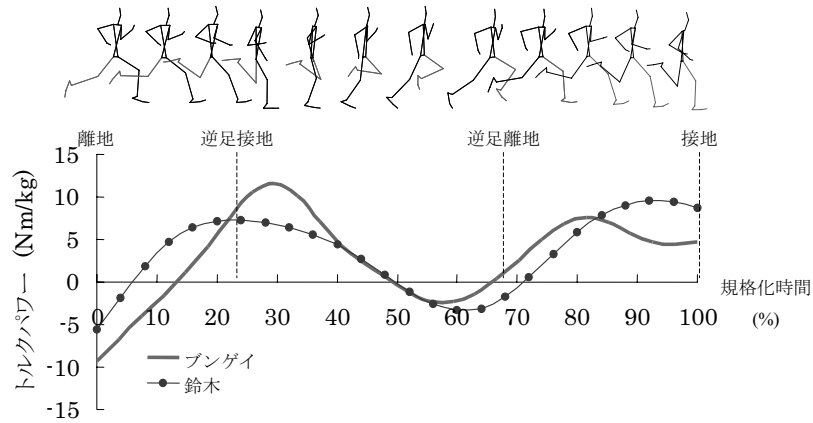


図4 回復脚の股関節トルクパワー

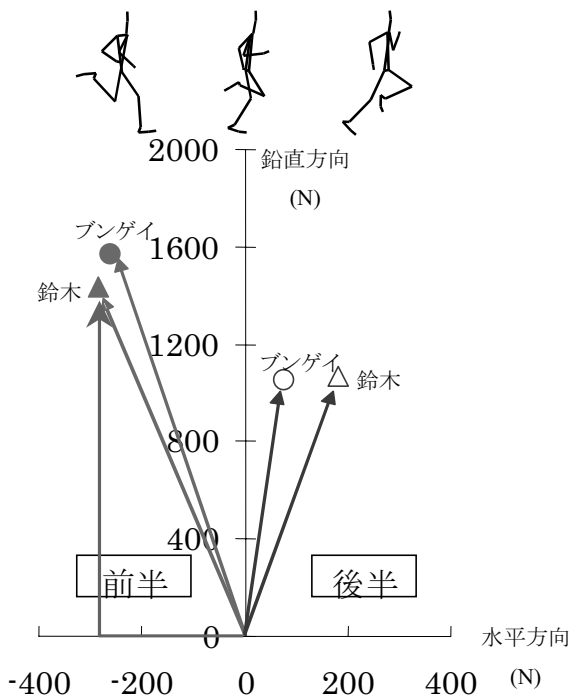


図5 支持期における平均力

①レース記録の高い選手ほどEIが高く、②支持脚の足関節の屈伸が小さい。また、③世界一流選手(ブンゲイ選手)は、逆足接地付近で回復脚の引き出しを強調しており、接地のブレーキ力や衝撃力の小さいSoft landing型の接地を行っていた。

これらのことから、800mレース中盤では、逆足接地付近で回復脚の引き出しを強調すること、Soft landing型の接地を行い、足関節の屈伸を小さく抑えることなどが役立つと考えられる。

性が高くなり、Hard landingに近い衝突状の接地となり、ブレーキ力や衝撃力が大きかったと考えられる。そして、鈴木選手は接地の衝撃力を足関節の屈曲により吸収していたと推測される(図3)。一方、ブンゲイ選手は接地前の股関節トルクパワーは小さく(図4)、支持期前半の水平方向の平均力が小さかった。したがって、ブンゲイ選手の接地はSoft landingに近いものとなり、ブレーキ力や衝撃力が小さかったと考えられる。

4. 結論

本研究の結果および考察から、以下のようなことが明らかになった。同一の速度で疾走している場合、

国際グランプリ大阪大会 2004 の 4 × 100 m リレーバトンパス分析

杉田正明¹⁾ 広川龍太郎²⁾ 高野 進²⁾ 有川秀之³⁾ 川本和久⁴⁾ 阿江通良⁵⁾ 小林寛道⁶⁾
1) 三重大学 2) 東海大学 3) 埼玉大学 4) 福島大学 5) 筑波大学 6) 東京大学

目的

本研究は、国際グランプリ陸上大阪大会 2004 の日本代表・男子、女子 4 × 100 m チームを対象にバトンゾーンの通過タイムを分析することによって、バトンパスに関する基礎的資料を得ることを目的とした。

方法

国際グランプリ陸上大阪大会 2004 (2004 年 5 月 8 日、於・大阪長居陸上競技場) において日本代表チーム (男子 A、B、女子) が走った 4 × 100 m リレーを撮影対象とした。撮影は、家庭用デジタルビデオカメラ 3 台を用い、スタートの号砲時の閃光を映した後、4 × 100 m リレーの 3 カ所のバトンゾーンの入口と出口を渡し手走者と受け手走者が入るように行った。スタート時の閃光を 0 秒とし、毎秒 60 コマの単位で各テークオーバーゾーンの入口、出口の通過タイム (秒) を求め、ゾーン内の所要タイム等を算出した。

結果および考察

表 1 に男子 A チーム、B チームの通過タイム分析結果を示した。A チームは、日本記録に 0.04 秒差の 38 秒 35 でアメリカチームを抑えて 1 位、B チームは 39 秒 07 で 3 位であった。表には 2001 年の南部と 2002 年の南部、スーパー陸上時のデータを比較のため、あわせて載せた。

各ゾーン (20 m) 所要タイムは、全て 2 秒以内の 1.90 ~ 1.95 秒であり、テークオーバーゾーン内の合計所要タイムは 5.77 秒となり、表中のこれまでの数値 (5.99 ~ 6.13 秒) の中で最も短い結果であった。B チームも同様に各ゾーン所要タイムが 2

秒以内で合計所要タイムが 5.90 秒であった。

これまで短距離部ではリレーのプロジェクトを発足させ、ナショナルチームレベルでのバトンパス技術の向上を図ってきた。目標とする指標として、渡し手走者のブルーゾーン通過から受け手走者のテークオーバーゾーン出口の通過までのタイムが 3.7 秒台が目標設定タイムであった。もし仮に 3.80 秒でいくことができればこの 40 m の平均スピードは

表 1 '04 大阪 G P 男子 4 × 100 m リレータイム分析結果

'04大阪A	(38秒35. 1走: 朝原、2走: 末續、3走: 吉野、4走: 大前)
'04大阪B	(39秒07. 1走: 土江、2走: 宮崎、3走: 高平、4走: 石倉)
'01南部	(39秒09. 1走: 土江、2走: 末續、3走: 藤本、4走: 安井)
'02南部	(40秒13. 1走: 土江、2走: 菅野、3走: 伊藤、4走: 大前)
'02スーパー	(39秒07. 1走: 宮崎、2走: 末続、3走: 奥迫、4走: 朝原)

ゾーン入口、出口のタイム

	'04大阪A	'04大阪B	'02スーパー	'02南部	'01南部
1→2走 入口	9.50	9.57	9.65	9.87	9.71
1→2走 出口	11.40	11.52	11.63	11.82	11.66
2→3走 入口	18.65	19.05	18.91	19.54	18.84
2→3走 出口	20.60	21.02	20.92	21.62	20.76
3→4走 入口	28.10	28.50	28.64	29.31	28.29
3→4走 出口	30.02	30.48	30.70	31.42	30.41
フィニッシュタイム	38.35	39.07	39.07	40.13	39.09

(単位: 秒)

ゾーン (20m) 所要タイム

	'04大阪A	'04大阪B	'02スーパー	'02南部	'01南部
1→2走	1.90	1.95	1.98	1.95	1.95
2→3走	1.95	1.97	2.01	2.08	1.92
3→4走	1.92	1.98	2.06	2.11	2.12
バトンタイム	5.77	5.90	6.05	6.13	5.99
疾走タイム	32.58	33.17	33.02	34.00	33.10

(単位: 秒)

個人タイム

	'04大阪A	'04大阪B	'02スーパー	'02南部	'01南部
90m 1走	9.50	9.57	9.65	9.87	9.71
30+80m 2走	7.25	7.53	7.28	7.72	7.18
30+80m 3走	7.50	7.48	7.73	7.69	7.53
30+90m 4走	8.33	8.59	8.37	8.71	8.68

(加速距離+疾走距離)

(単位: 秒)

10.53m/秒となる。今回のAチームの1走(朝原)から2走(末続)のゾーン所要タイムは1.90秒であるので、 $20\text{ m} \div 1.90\text{ 秒} = 10.53\text{ m/秒}$ となり、ほぼこの水準に達していることが分かる。同様の計算方法で2走(末続)から3走(吉野)では10.26 m/秒、3走(吉野)から4走(大前)は10.42 m/秒となり、1走から2走の水準には及ばないもののそれに近いレベルであることをうかがわせる結果を示している。このことは、プロジェクトの成果がバトンパス技術の向上というかたちで数値となって表れたものと考えられる。

しかし、'91東京世界陸上で優勝したアメリカ(37秒50)では合計所要タイムが5.65秒で、2位のフランス(37秒87)は5.49秒、3位のイギリス(38秒09)では5.59秒であり、これらの数値から考えると、日本男子チームにはバトンパスによるタイム短縮の余地がまだあると考えられる。

一方、各走者のバトンゾーンを除いた個人タイム(秒)についてみると、今回のAチームの4名のタイムのほとんどは表中のこれまでの数値の中で最高タイムを示している。しかし、2走では2001南部(末続)の7.18秒で今回(末続)の7.25秒を上回っている。また3走ではA(吉野)の7.50秒よりもB(高平)の7.48秒の方が0.02秒よいタイムを示していた。これらは、バトンパスワークや風向きやその時々コンディションも異なるので、一概に単純比較することは難しいと思われるが、以上の結果をふまえて、もし仮に各バトンゾーン所要タイムが1.90秒(3ヶ所合計5.70秒)で、個人タイムの最速タイム(1走9.50秒、2走7.18秒、3走7.48秒、4走8.33秒)を用いて、400mリレーのタイムを試算すると38秒19となる。このタイムはアテネ五輪の3位(ナイジェリア)の38秒23を上回る数値となり、大変興味深い。様々な条件次第であると思われるが、男子のナショナルチームにおいては、このレベルの実力はじゅうぶんに有していると考えられる。

次に、女子についてみてみることにする。

表2に女子の通過タイム分析結果を示した。表には2003年の南部、2002年の南部、スーパー陸上時のデータをあわせて載せた。今回のレースでは国際混成チーム(43秒22)に続き2位であったものの43秒77を記録し、これまでの日本記録(44秒10)を大きく上回る新記録を樹立した。

バトンパス所要時間をみてみると、1走(石田)から2走(鈴木)が2.12秒ともっとも短くこれは表中のこれまでの中で、最短タイムであった。2走

(鈴木)から3走(坂上)は2.23秒、3走(坂上)から4走(小島)が2.21秒でテークオーバーゾーン内の合計所要タイムは6.56秒を示したが、この数値は、2002年南部の6秒55とほぼ同等の数値であった。この時のゴールタイムは44秒29であり、44秒10の時では合計所要タイムは6.65秒であり、これらのことからゾーン内の合計所要タイムとゴールタイムとの間に明らかな関係性があるとはいいがたく、このことは女子の場合、ゴールタイムが44秒3以内では、ゾーン内の所要タイムがゴールタイムに与える影響はそれほど大きくないといえるかもしれない。しかし、もし仮に各ゾーンが1走から2走の所要タイム2秒12でいくと合計は6.36秒となり、 $6.56\text{ 秒} - 6.36\text{ 秒} = 0.2\text{ 秒}$ の短縮が現段階でも可能となる。

'91東京世界陸上で優勝したジャマイカ(41秒94)では合計所要タイムが6.46秒であり、二位の旧ソ連(42秒20)は6.38秒、3位のドイツ(42秒33)では6.46秒を示し、41〜42秒台のチームとテ

表2 '04大阪GP 女子4×100mリレータイム分析結果

'04大阪GP(1走:石田、2走:鈴木、3走:坂上、4走:小島)
'03南部(1走:石田、2走:鈴木、3走:坂上、4走:新井)
'02南部(1走:石田、2走:新井、3走:鈴木、5走:金沢)
'02スーパー(1走:松本、2走:新井、3走:鈴木、6走:坂上)

ゾーン入口、出口のタイム

	'04大阪GP	'03南部	'02南部	'02スーパー
1→2走入口	10.65	10.73	10.74	10.86
1→2走出口	12.77	12.88	12.95	13.00
2→3走入口	21.25	21.36	21.48	21.43
2→3走出口	23.48	23.53	23.65	23.71
3→4走入口	32.02	31.86	32.34	32.58
3→4走出口	34.23	34.19	34.51	34.90
フィニッシュタイム	43.77	44.10	44.29	44.73

(単位:秒)

ゾーン(20m)所要タイム

	'04大阪GP	'03南部	'02南部	'02スーパー
1→2走	2.12	2.15	2.21	2.14
2→3走	2.23	2.17	2.17	2.28
3→4走	2.21	2.33	2.17	2.32
バトンタイム	6.56	6.65	6.55	6.74
疾走タイム	37.21	37.45	37.74	37.99

(単位:秒)

個人タイム

		'04大阪GP	'03南部	'02南部	'02スーパー
90m	1走	10.65	10.73	10.74	10.86
30+80m	2走	8.48	8.48	8.53	8.43
30+80m	3走	8.54	8.33	8.69	8.87
30+90m	4走	9.54	9.91	9.78	9.83

(単位:秒)

((財)日本陸連・科学委員会)

クオーバーゾーン内の合計所要タイムが今回の日本チーム (6.56 秒) と 0.10 ~ 0.18 秒しか変わらないことから考えると、現段階における日本女子チームのバトンパスの技術レベルはかなり高い水準に達しているといえる。合宿を重ねてリレーの強化に取り組んだ成果がこうした結果となって表れたといえよう。

各走者のバトンゾーンを除いた個人タイム (秒) についてみると、今回の 1 走 (10.65 秒) と 4 走 (9.54 秒) が表中のこれまでの数値の中での最高タイムであり、2 走は 2002 年スーパー (新井) の 8.43 秒、3 走は 2003 年南部 (坂上) の 8 秒 33 であった。男子と同様に様々な条件やメンバー等が異なるので、一概に単純比較は困難かもしれないが、しかしそれらのタイム差は決して小さくないと思われ、このことは各大会における女子選手のコンディションの好不調が与えるタイムへの影響度が大きいことを示している。

以上の結果をふまえて、もし仮に各バトンゾーン所要タイムが 2.12 秒 (3 ヶ所合計 6.36 秒) で、個人タイムの最速タイム (1 走 10.65 秒、2 走 8.43 秒、3 走 8.33 秒、4 走 9.54 秒) を用いて、女子の 400 m リレーのタイムを試算すると 43 秒 31 と試算できる。世界のトップレベルの国々との比較から日本女子チームのバトンパス技術はひじょうに高いレベルにあるが、アテネ五輪における 400 m リレーの決勝進出ラインが 43 秒 08 であることを考え合わせると、オリンピックや世界選手権での入賞を目指すためには、各選手の走力アップが最重要課題であると考えられる。

参考文献

杉浦雄策、沼澤秀雄：世界一流選手の 4 × 100 m リレーにおける時間分析，世界一流陸上競技者の技術 pp57-65，ベースボール・マガジン社，1994.

アテネオリンピックと第43回全日本競歩輪島大会の 男子20km競歩におけるベント・ニー判定の比較

法元康二¹⁾ 杉田正明²⁾ 藤崎 明³⁾ 阿江通良⁴⁾

1) 青森県スポーツ科学センター 2) 三重大学 3) 日本陸上競技連盟競技運営委員会審判部
4) 筑波大学

1. 目的

公式競技会における競歩種目の判定は、競技規則に定める、いずれかの足が常に地面から離れない(ロス・オブ・コンタクトにならない)ようにし、前脚は接地の瞬間から垂直の位置になるまでまっすぐに伸びていなければならない(ベント・ニーにならない)、という競歩の定義に基づいて、5名から8名の競歩審判員が視覚によって行う(財団法人日本陸上競技連盟, 2004)。また、競技者が競歩の定義に反するおそれがあると判断された場合には注意が行われ、競技者が競歩の定義に反していると判断された場合は警告が行われる。さらに、3名の審判員が警告を行った場合、競技者は失格となる。したがって、公式競技会における失格の判定は、複数の競歩審判員による主観的判断を積み上げたものであると考えられるが、客観的指標に基づいた判定ではないことから、競歩審判員の編成が異なる場合、判定基準が変化する可能性がある。そのため、複数の公式競技会において、バイオメカニクス的手法によって分析した競技者の動作と競歩審判員による判定結果の関係を詳細に検討することは、異なる競技会に共通した競歩審判員の判定基準を明らかにするのに役に立つと考えられる。さらに、競技者の動作と判定結果の関係を、国際競技会と日本の国内競技会で比較することで、わが国の競歩審判員が用いている判定基準と国際競技会の判定基準の違いを明らかにし、競歩審判員の技能向上に役立てることができると考えられる。

本報では、アテネオリンピックと第43回全日本競歩輪島大会における男子20km競歩レースにおける競技者の動作を三次元画像分析し、競歩審判員のベント・ニーの判定結果と動作との関係を比較する

ことを目的とした。

なお、アテネオリンピックにおけるデータ収集は、日本代表選手に対する支援活動の一環として実施したものである。

2. 方法

第43回全日本競歩輪島大会(2004.4.11, 石川県輪島市, 以下輪島)とアテネオリンピック(2004.8.20, ギリシャ共和国アテネ市, 以下アテネ)の男子20km競歩について分析を行った。輪島では、レースはスタート・フィニッシュ地点を含む一周2kmの周回コースで行われ、アテネでは、スタート・フィニッシュ地点となるオリンピック・スタジアムから1km離れた一周2kmの周回コースでレースが実施された。輪島ではスタートから0.7km地点、アテネではスタートから2km地点の、それぞれの地点のコース脇の歩道に二台のVTRカメラ(DCR-VX2000, 毎秒60フィールド, 露出時間1/1000秒)を設置して撮影を行った。両方のレースで、交通量の少ない住宅街にコースが設定されていたため、コース上に幅3m, 縦4.5m, 高さ2mの分析範囲を設けてレース後にキャリブレーションを行い、DLT法によって競技者の三次元座標を算出した。

被験者は、競技会終了後に入手した競歩審判集計表に記載された判定結果をもとに選択した。アテネでは、ベント・ニーの注意・警告を受けなかった競技者(アテネGOOD群)とベント・ニーの警告を受けた競技者(アテネBK群)のそれぞれの上位2名を選択し、輪島では、ベント・ニーの警告を受けた競技者の上位2名(輪島BK群)を選択した。アテネGOOD群については、分析可能な周回のうち2km周回コースのスプリットタイムがもっとも速かった

周回での歩行フォームを分析し(被験者 A:6km 地点, 被験者 B: 6km 地点), アテネ BK 群, 輪島 BK 群については, 最初の警告を受けた周回か, その前後の分析可能であった周回の歩行フォームを分析した(アテネ BK 群・被験者 C: 14km 地点; アテネ BK 群・被験者 D: 12km 地点, 輪島 BK 群・被験者 E: 7km 地点, 輪島 BK 群・被験者 F: 3km 地点). 分析項目の定義は図 1 に示したとおりである.

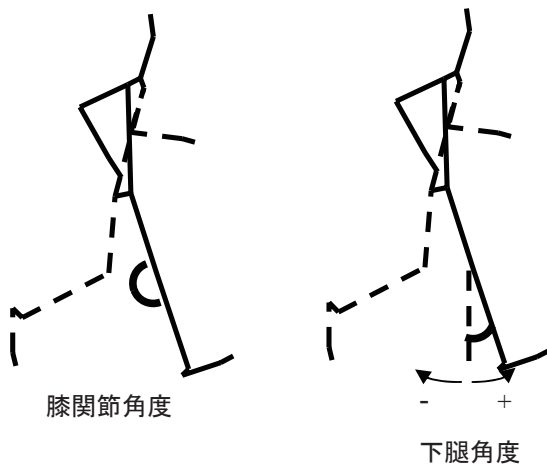


図 1 角度の定義

3. 結果と考察

3.1 歩行速度, ストライド, ピッチ

表 1 に 6 名の被験者の歩行速度, ストライド, ピッチを示した. 6 名とも両足が地面と離れる非支持局面を発生させていたため, 支持距離, 非支持距離, 支持時間, 非支持時間を示した. アテネ GOOD 群の

歩行速度は(被験者 A:4.19m/s, 被験者 B:4.28m/s), スプリットタイムがもっとも少なかった周回を分析対象としたため, アテネ BK 群(被験者 C:4.07m/s, 被験者 D:4.05m/s), 輪島 BK 群(被験者 E:3.77m/s, 被験者 F:3.82m/s) よりも大きかった. ストライドについてはアテネ GOOD 群(被験者 A:1.26m, 被験者 B:1.28m) は, アテネ BK 群(被験者 C:1.25m, 被験者 D:1.15m), 輪島 BK 群(被験者 E:1.16m, 被験者 F:1.14m) よりも大きかった. ピッチについては, アテネ GOOD 群(被験者 A:3.33Hz, 被験者 B:3.33Hz) とアテネ BK 群(被験者 C:3.24Hz, 被験者 D:3.53Hz), 輪島 BK 群(被験者 E:3.24Hz, 被験者 F:3.33Hz) の間で, 明確な違いはなかった.

3.2 膝関節角度の変化

図 2 は 6 名の被験者全員の右足回復期と右足支持期における支持脚膝関節角度の変化を, 右足離地から右足接地までの右足回復期と, 右足接地から右足離地までの右足支持期を, それぞれ 100% として規格化して示したものである.

右足回復期についてみると, 右足離地時に 150 度くらいであった膝関節角度は, 右足回復期 40% までの局面で 100 度から 90 度くらいまで屈曲した後, 右足回復期 40% から右足接地までに, 180 度くらいまで伸展していた. 右足離地から右足回復期 40% までは, アテネ GOOD 群と, アテネ BK 群および輪島 BK 群の間に明確な差はみられなかった. しかし, 右足回復期 40% から右足接地までの, 膝関節が伸展する局面では, 輪島 BK 群の膝関節角度が, アテネ GOOD 群, アテネ BK 群よりも大きく, 輪島にお

表 1 分析対象者の歩行速度, ピッチ, ストライド

	アテネ GOOD 群		アテネ BK 群		輪島 BK 群	
	A	B	C	D	E	F
歩行速度(m/s)	4.19	4.28	4.07	4.05	3.77	3.82
ストライド(m)	1.26	1.28	1.25	1.15	1.16	1.14
支持距離(m)	1.11	1.10	1.04	1.00	0.94	0.98
非支持距離(m)	0.15	0.18	0.21	0.14	0.22	0.16
ピッチ(Hz)	3.33	3.33	3.24	3.53	3.24	3.33
ステップ時間(s)	0.30	0.30	0.31	0.28	0.31	0.30
支持時間(s)	0.28	0.27	0.28	0.27	0.27	0.28
非支持時間(s)	0.02	0.03	0.03	0.01	0.04	0.02

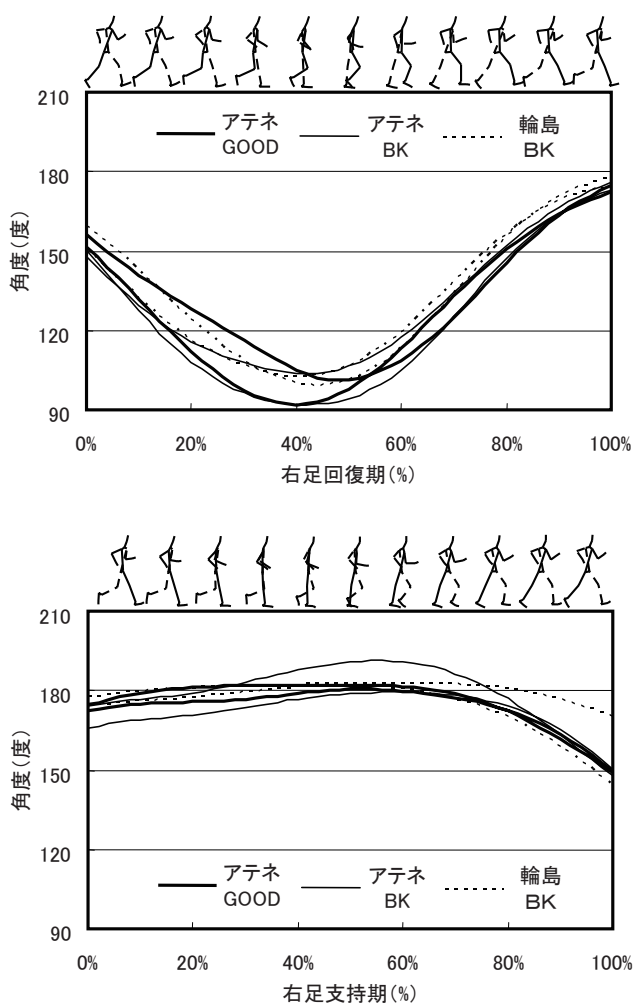


図2 右足回復期（上）と右足支持期（下）における分析対象者の膝関節角度変化

いてベント・ニーの警告を受けた競技者の方が、アテネにおける競技者よりも膝関節が伸展していたことを示している。

右足支持期については、右足接地に180度よりもわずかに屈曲していた膝関節角度は、右足支持期60%までに180度くらいまで伸展した後、150度近くまで屈曲し、離地していた。右足支持期全体で、アテネGOOD群と、アテネBK群および輪島BK群の間には明確な差はみられなかった。競技規則第230条では、ベント・ニーの判定を受けない歩型を、接地から支持脚が地面と鉛直の位置になるまでの局面で、支持脚膝関節が伸展位に保たれているもの定義している（財団法人日本陸上競技連盟，2004）。しかし、本報における分析の結果では、ベント・ニーの注意と警告を受けなかった競技者でも、接地時にはわずかに膝関節が屈曲していた。したがって、公式競技会における競歩審判員の判定は、競技規則の定義とは異なる観点で行われていたと考えられる。

3.3 支持脚下腿の部分角度の変化

図3は6名の被験者全員の右足回復期と右足支持期における支持脚下腿部分角度の変化を、図2と同じように右足支持期と右足回復期を規格化して示したものである。

右足回復期についてみると、右足離地時に-45度くらいであった下腿部分角度は、右足回復期30%くらいまで減少した後に、増加して右足支持期70%くらいで正の角度に変化していた。このことは、右脚下腿は、右足つま先が離地してから、右足回復期30%までは後方に振り戻され、右足回復期70%くらいで下腿が前方に振り出されたような姿勢になってから接地していたことを示している。右足接地において、アテネGOOD群の下腿部分角度は、被験者Aが21.3度、被験者Bが22.5度であり、2名とも、アテネBK群（被験者C:16.9度、被験者D:21.1度）、輪島BK群（被験者E:14.1度、被験者F:21.0度）よりも大きかった。しかし、被験者A、D、Eの間ではほとんど差がなく、右足接地における右脚下腿の角度には、アテネGOOD群と、アテネBK群および輪島BK群の間に明確な違いはみられなかったといえる。また、右足回復期全体を通じて、アテネGOOD群と、アテネBK群および輪島BK群の間に明確な違いはみられなかった。

右足支持期についてみると、20度程度であった右足接地時の下腿部分角度は、右足支持期20%くらいで負の値に変化し、右足離地時では-45度くらいになっていた。このことは、右脚下腿は、右足接地における前方に振り出した姿勢から振り戻され、右足支持期20%付近で、下腿が地面と垂直になり、右足離地時まで後方に振り戻されていたことを示している。下腿部分角度は、右足接地から右足支持期20%まで、アテネGOOD群が、アテネBK群、輪島BK群よりも大きかった。したがって、本報で分析した被験者では、ベント・ニーの警告を受ける場合には、支持足接地後の支持脚下腿の振り出しが、ベント・ニーの注意と警告を受けなかった場合に比べて小さかったといえる。

競歩審判員は、競技中に競技者がベント・ニーになっているかどうかだけでなく、ロス・オブ・コンタクトになっているかどうかについても判断してはならない。また、アテネにおいて男子20km競歩に出場した48名の競技者に対して8名の競歩審判員によって行われたロス・オブ・コンタクトの注意の総数は59個であったのに対し、ベント・ニーの注意は21と少なく、輪島でも同様にベント・ニーの注意は少なかったことから（出場数：48名、競

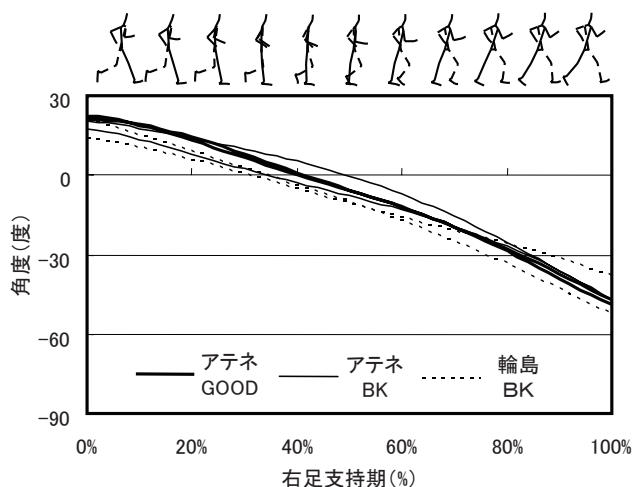
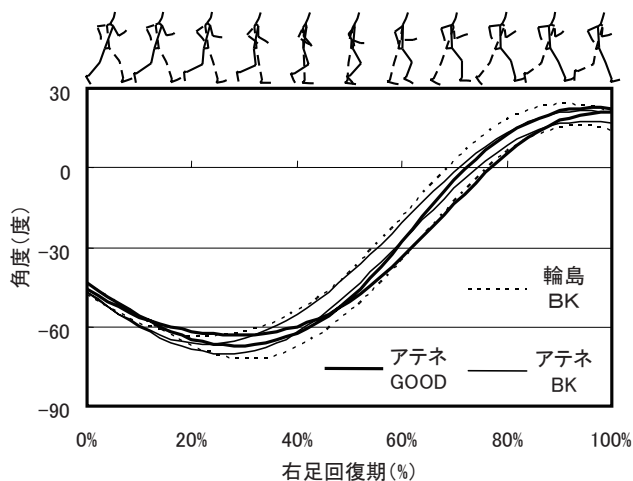


図3 右足回復期（上）と右足支持期（下）における分析対象者の下腿部分角度変化

歩審判員：8名，ロス・オブ・コンタクト：110個，ベント・ニー：43個），両方のレースで，ベント・ニーよりもロス・オブ・コンタクトの判定を受けやすい競技者の方が多かったと考えられる。したがって，ロス・オブ・コンタクトの注意・警告を受けやすい競技者の特徴は，回復脚下腿および足部にあらわれることから（法元ら，2004），競歩審判員は，競技者の下腿および足部の動きに注意を払って監察を行っていたと考えられる。また，本報において分析した被験者の支持時間は0.27-0.28秒であったが（表1），支持脚接地から支持脚が地面と垂直になるまでの時間は，そのうち，0.08-0.1秒と，非常に短い時間であったことから，ロス・オブ・コンタクトとベント・ニーの判定を短時間で同時に行うために，競歩審判員は下腿および足部の動きに注目して判定を行っていたと考えられる。

引用文献

- 法元康二，杉田正明，藤崎 明，阿江通良（2004）競歩の歩型判定に関するバイオメカニクスの分析 - 第42回全日本競歩輪島大会男子20km競歩の判定結果から - . 日本陸上競技連盟科学委員会研究報告，第3巻1号，陸上競技の医科学サポート研究 REPORT，53-59.
- 財団法人日本陸上競技連盟（2004）陸上競技ルールブック2004年版. あい出版，東京，pp488-491.

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

小山宏之¹⁾ 村木有也¹⁾ 仲谷政剛¹⁾ 阿江通良¹⁾ 伊藤信之²⁾ 山下訓史³⁾

1) 筑波大学 2) 横浜国立大学 3) 郡山高校

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。

- 2004年5月3日 第20回静岡国際陸上(静岡国際)
- 2004年5月5日 2004水戸国際陸上競技大会(水戸国際)
- 2004年5月8日 国際グランプリ陸上大阪大会(大阪GP)
- 2004年6月4～6日 第88回日本陸上競技選手権(NCH)

• 2004年9月23日 2004スーパー陸上(SUPER)

3. 分析対象選手および試合結果

分析対象選手および試合結果について表1に示した。

4. データについて

4.1 男子棒高跳選手の助走速度曲線

図1～4は2004静岡国際，2004大阪GP，2004日本選手権および2004スーパー陸上横浜の各競技会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。

澤野選手の助走速度はいずれの競技会においても10.1～10.4m/sの範囲であり(平均, 9.31 ± 0.08m/s, n=24), アテネオリンピック優勝者のマック選手と同程度であった(試合における分析試技6.04m)。また，両選手の助走速度の変化パターンに大きな相違は見られなかった。これまでに報告されている世界一流選手の助走速度(9.55

表1 男女棒高跳分析試合，対象選手，競技結果および分析試技

大会名	種目	名前				
静岡国際 (草薙)	棒高跳 男子	澤野 大地	5.20 o	5.40 xxo	<u>5.60 xo</u>	5.70 xxx
		中野 真実	3.80 o	4.00 o	4.10 xo	4.20 o <u>4.31 xo</u> 4.40 xxx
水戸国際 (水戸)	棒高跳 女子	近藤 高代			<u>4.10 o</u>	4.20 xxx
		小野 真澄	3.80 xo	4.00 xo	<u>4.10 o</u>	4.20 xxx
		マック	5.40 xo	5.50 xo	<u>5.60 o</u>	5.71 xxx
大阪GP (長居)	棒高跳 男子	澤野 大地	<u>5.40 -xx</u>			
		NCH (布勢)	棒高跳 男子	澤野 大地	5.30 o	5.50 o
SUPER (横浜)	棒高跳 男子	近藤 高代			4.10 o	4.20 xo <u>4.30 xxo</u> <u>4.40 xxx</u>
		中野 真実	3.80 o	4.00 xo	4.10 o	4.20 o <u>4.30 xxx</u>
SUPER (横浜)	棒高跳 男子	マック		5.60 o		5.80 o <u>6.04 x-x</u>
		澤野 大地	5.50 xo	<u>5.60 o</u>	5.70 xxx	

注) 斜太字でアンダーラインをひいた試技が分析試技

表2 男女走幅跳および三段跳分析試合, 対象選手, 競技結果および分析試技

大会名	種目	名前	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	6回目
静岡国際 (草薙)	走幅跳 女子	池田 久美子	<u>6.42</u>	F	F	F	F	F
		花岡 麻帆	<u>6.29</u>	6.21	6.12	6.25	6.19	6.25
		佐藤 友香	5.56	5.85	6.00	6.03	5.97	<u>6.03</u>
		梶見 咲智子	5.92	5.92	6.01	<u>6.02</u>	5.75	F
大阪GP (長居)	走幅跳 女子	花岡 麻帆	<u>6.57</u>	F	6.54	6.30	6.41	6.44
		池田 久美子	6.46	<u>6.55</u>	6.50	—	6.44	6.45
		梶見 咲智子	<u>6.12</u>	6.04	F	5.91	5.99	F
		三段跳 男子	マーフィー	16.49	F	F	<u>16.91</u>	F
		石川	15.72	<u>16.34</u>	16.11	15.73	F	15.81
NCH (布勢)	走幅跳 女子	花岡 麻帆	6.54	<u>6.67</u>	F	6.57	6.58	F
		池田 久美子	6.39	6.3	6.35	<u>6.63</u>	6.28	6.64
		佐藤 友香	<u>6.21</u>	6.13	6.17	F	5.86	6.09
		梶見 咲智子	F	6.15	<u>6.19</u>	6.15	6.02	5.97
走幅跳 男子	寺野 伸一	7.24	<u>7.85</u>	F	—	F	<u>8.20</u>	
	田川 茂	7.81	F	F	<u>7.65</u>	F	<u>7.90</u>	
三段跳 男子	杉林 孝法	15.77	16.09	F	16.47	16.60	<u>16.77</u>	
	石川 和義	15.34	F	15.91	<u>16.26</u>	F	—	
SUPER (横浜)	走幅跳 女子	佐藤 友香	F	6.14	6.22	6.08	<u>6.44</u>	6.43
		花岡 麻帆	6.16	6.20	6.06	4.78	6.22	<u>6.23</u>
		池田 久美子	F	6.16	6.20	4.72	<u>6.22</u>	6.01
		梶見 咲智子	F	5.98	F	5.87	<u>6.09</u>	F
		ジョージ	6.55	6.44	6.59	6.56	F	<u>6.61</u>
		レベデワ	6.35	6.40	6.48	6.49	6.56	<u>6.61</u>
三段跳 男子	石川 和義	16.07	16.21	15.69	F	—	<u>16.37</u>	
	ブルケニア	16.31	16.61	16.57	<u>16.69</u>	16.01	16.60	
	メレトグル	F	F	16.34	F	16.38	<u>16.62</u>	

注) 斜太字でアンダーラインをひいた試技が分析試技

± 0.18m/s, 競技記録 5.75-5.85m, 淵本ら (1994)) と比較した場合でも, ほぼ同等の助走速度を獲得している。これらのことから, 助走速度曲線から見た場合, 現在の助走で 5m80 を超える跳躍が可能であると考えられる。

4.2 女子棒高跳選手の助走速度曲線

図 5 ~ 6 は 2004 水戸国際および 2004 日本選手権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。

中野選手の助走速度は両試合のいずれの試技に

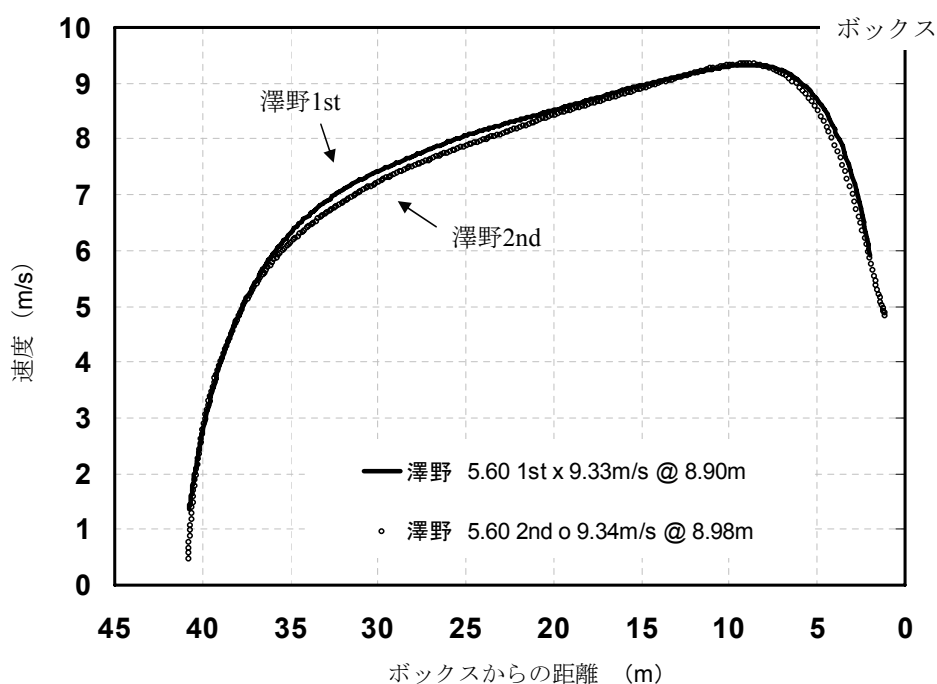


図1 2004 静岡国際における男子棒高跳選手の助走速度曲線

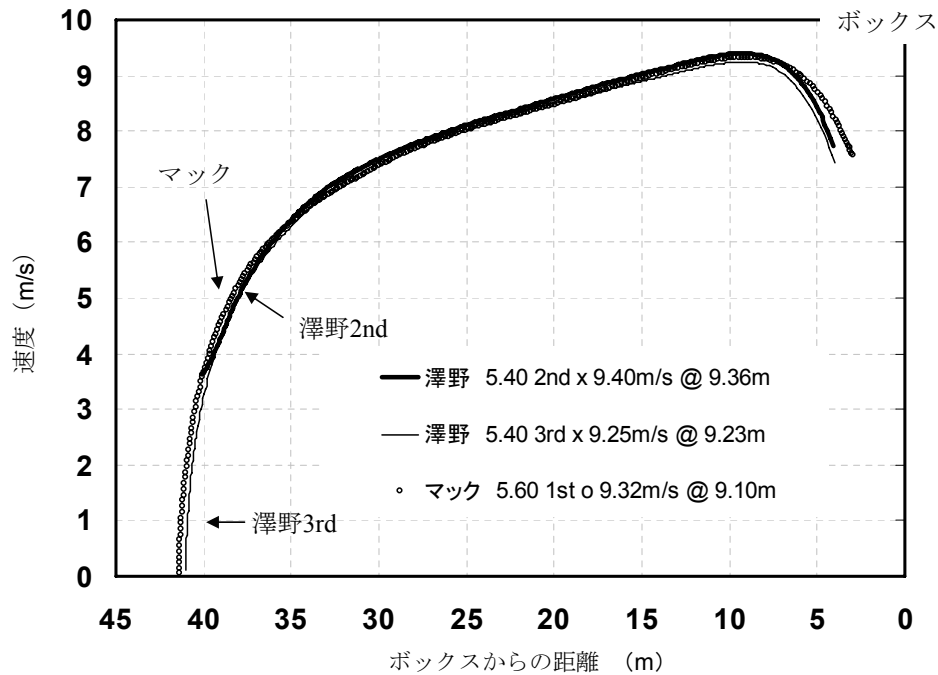


図2 2004大阪GPにおける男子棒高跳選手の助走速度曲線

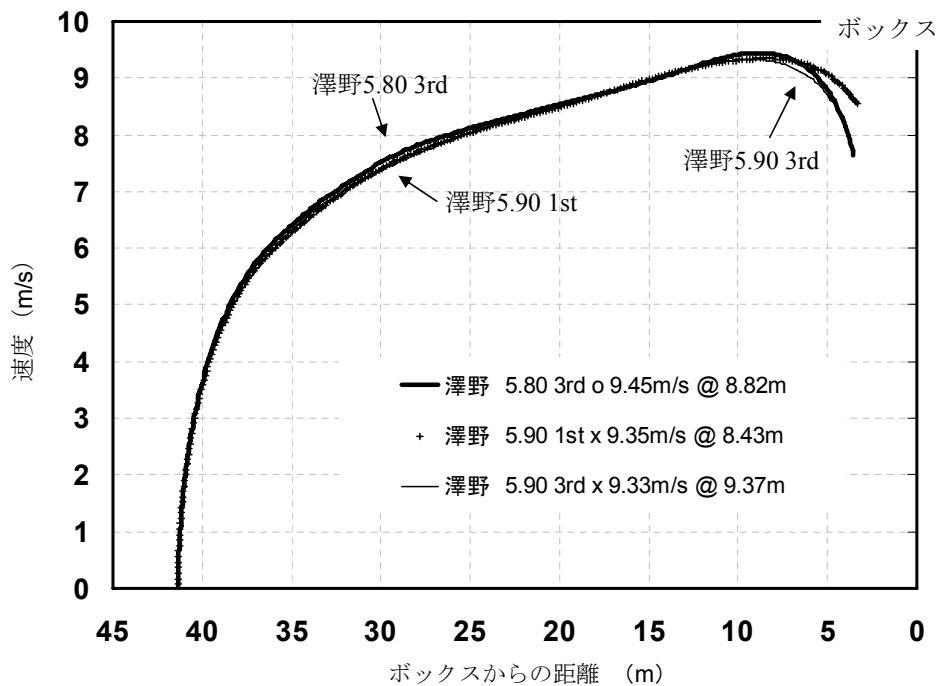


図3 2004NCHにおける男子棒高跳選手の助走速度曲線

においても8.2～8.5m/sの範囲（最も大きい試技で8.42m/s）であった（図5,6）。今年度、日本記録を樹立した近藤選手の助走速度は8.0～8.2m/sの範囲であり、中野選手に比べやや小さい傾向が見られた（図5,6）。世界のトップ選手であるフェオファノワ選手（ロシア）の踏切5m前における水平速度の報告（8.60m/s;試技記録不明;Petrov, 2004）や、女子世界記録（4.92m）と同程度の男子高校生の助走速度と比較した場合（8.67m/s;試技記録, 4.95m;陸上競技マガジン11月号別冊付録, 2004）、中野選

手は一流選手に近い助走速度を獲得していると考えられる。一方、近藤選手の助走速度は一流選手のものに比べやや小さい傾向が見られ、記録の向上を考える上で、走能力の向上が課題の一つになると考えられる。

4.3 女子走幅跳選手の助走速度曲線

図7～10は2004静岡国際, 2004大阪GP, 2004日本選手権および2004スーパー陸上横浜の各競技会における女子走幅跳選手の助走速度曲線を示した

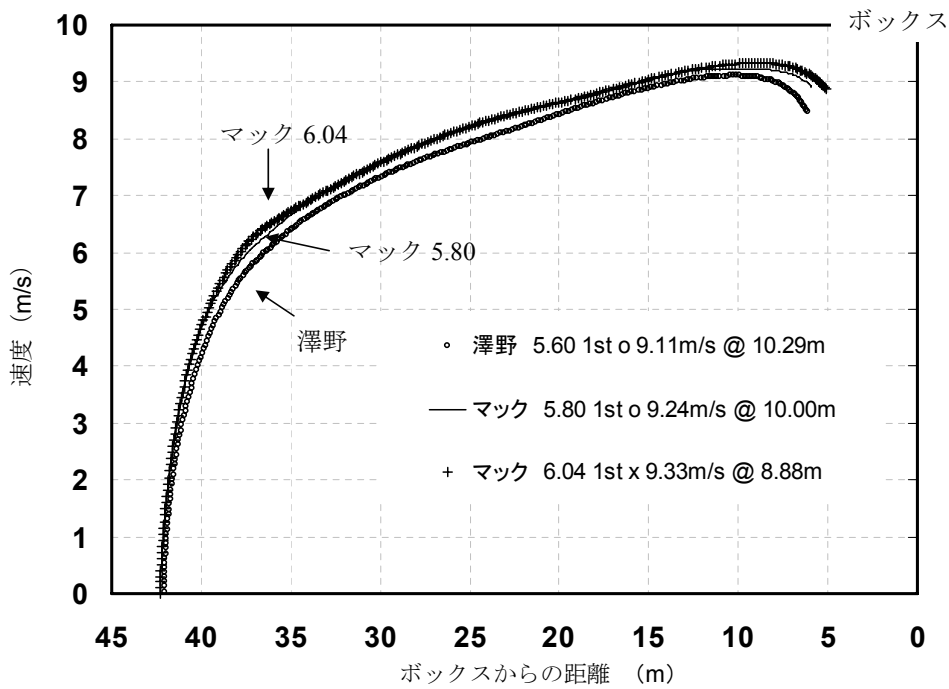


図4 2004SUPERにおける男子棒高跳選手の助走速度曲線

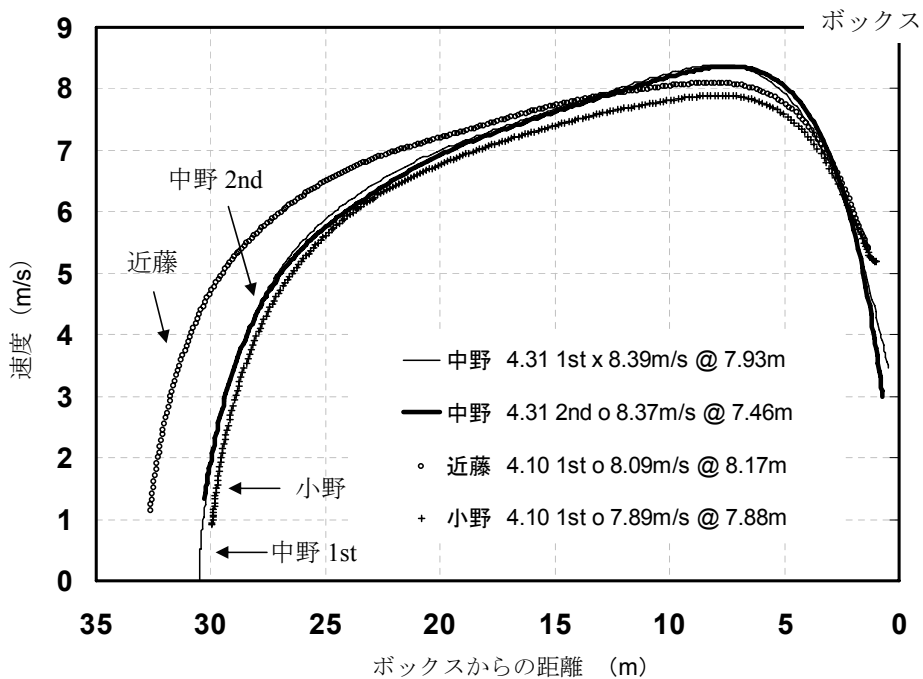


図5 2004水戸国際における女子棒高跳選手の助走速度曲線

ものである。

花岡選手、池田選手の助走速度は（花岡，9.02～9.28m/s；池田，9.20～9.50m/s）日本選手の中では大きい傾向が見られた（図7～10）。昨年度の報告（小山ら，2004）と比較すると，池田選手はほぼ同程度であったが（2003，9.19～9.51m/s），花岡選手はやや小さい傾向が見られた（2003，9.23～9.43 m/s）。SUPER陸上に出場したレベデワ選手（アテネオリンピック優勝）と日本選手4名との間には約0.6m/sの助走速度の差が見られた（図10）。

また，世界一流女子選手の助走速度は平均9.6m/s（踏切接地時）であることが報告されている（深代ら，1994）。助走速度と跳躍距離の間には強い正の相関関係があること（深代，1990）からも，日本選手は記録向上のために，走能力の向上が必要であると考えられる。

2004SUPER陸上に出場した外国選手2名は，日本選手に比べ助走距離が短いにも関わらず助走速度は非常に大きかった（図10）。両選手ともに初期加速（助走開始後約15m）は日本選手と大きな相違は見

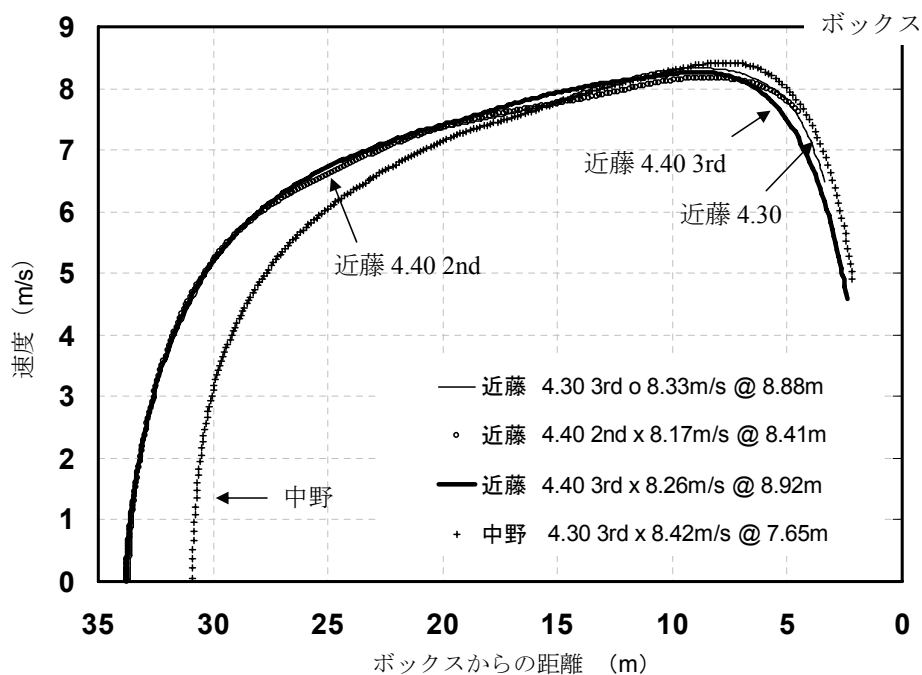


図6 2004NCHにおける女子棒高跳選手の助走速度曲線

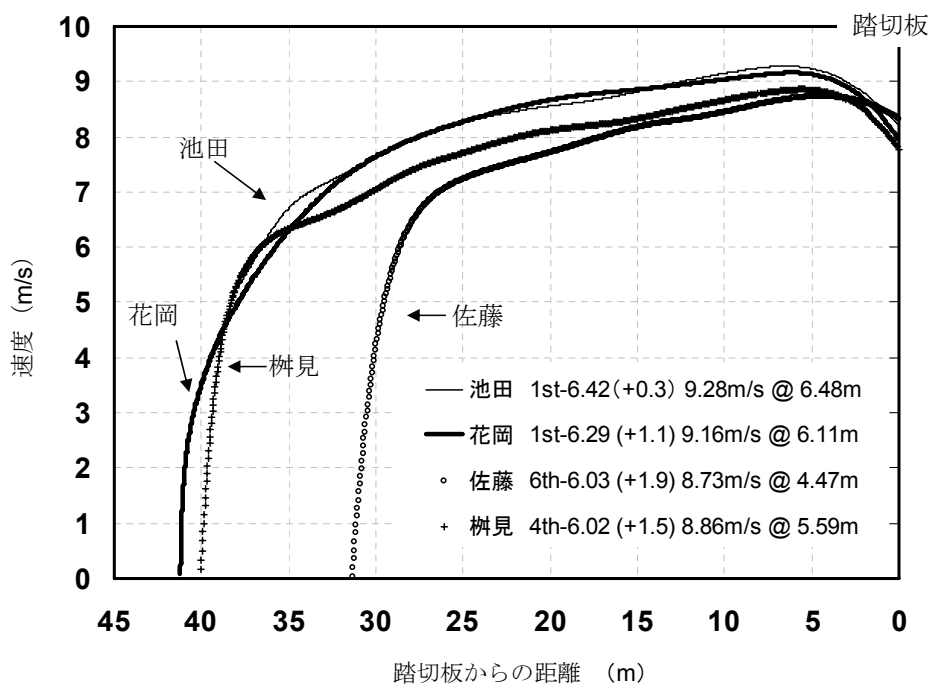


図7 2004 静岡国際における女子走幅跳選手の助走速度曲線

られないが、助走中盤における速度増加が日本選手に比べ大きかった。これらのことから、日本選手は走能力の向上および助走中盤の走り方、また、速い助走速度に対応する技術トレーニングが必要になると考えられる。

池田選手は昨年度の報告において踏切前における助走速度の減少が大きいことが問題点として指摘されていた(小山ら, 2004)。今年度においても踏切前における助走速度の減少は他の選手に比べ大きい傾向が見られた(図8, 9, 10)。試合の動作分析に

より助走から踏切への移行動作に改善は見られているが、移行動作のさらなる改善が望まれる。

佐藤選手は他の日本選手に比べ助走距離が短く、助走開始後の加速が大きい傾向が見られた(図7, 9, 10)。花岡選手や池田選手に比べ助走速度は約0.2~0.3m/s小さいが、踏切前の減速が少ないため踏切板付近の水平速度は日本選手の中でも大きい傾向が見られた。

4.4 男子走幅跳選手の助走速度曲線

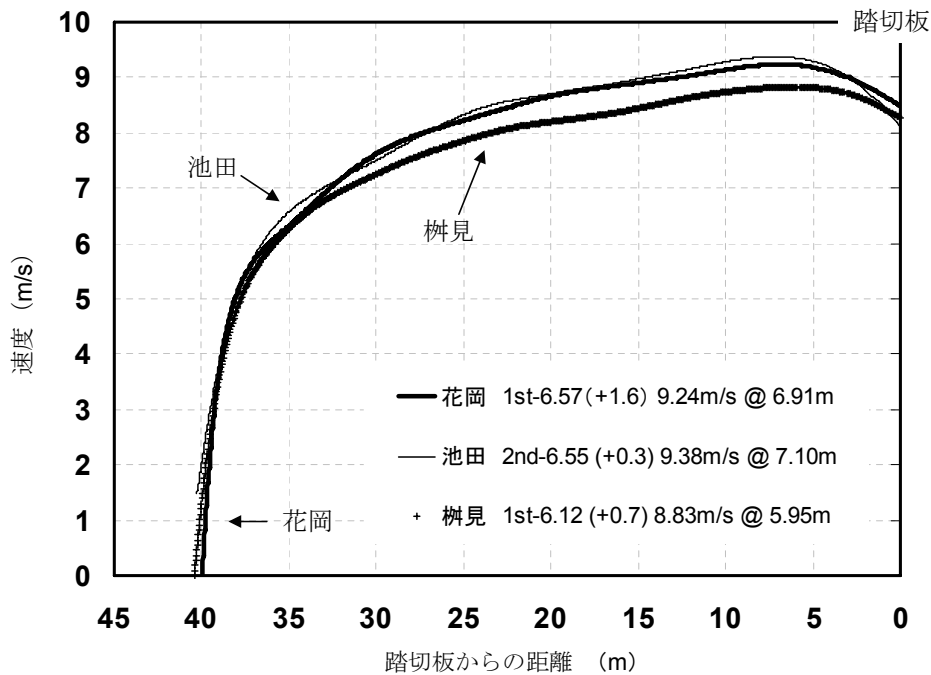


図8 2004大阪GPにおける女子走幅跳選手の助走速度曲線

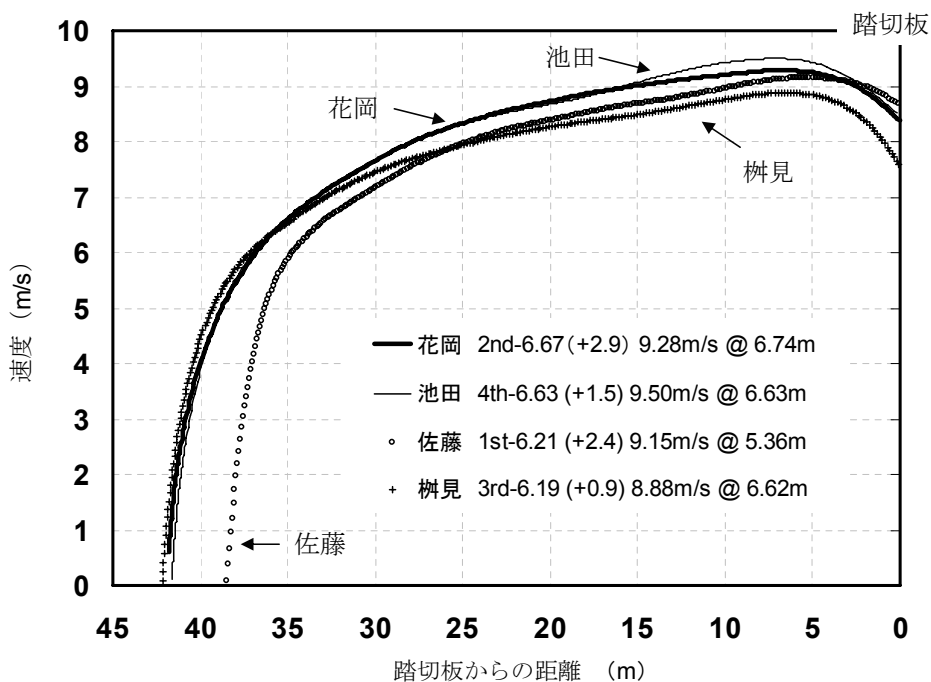


図9 2004NCHにおける女子走幅跳選手の助走速度曲線

図11は2004日本選手権における男子走幅跳選手の助走速度曲線を示したものである。

寺野選手は日本選手権においてオリンピックA標準記録突破となる8m20を記録した。その6回目の助走速度は全試技の中で最も大きく10.51m/sであった(図11)。また、図示していない試技においても10.31~10.43m/sと安定して大きい助走速度を獲得していた。これまで報告されている8m10~8m42を記録した国内・外国選手の助走速度(10.20~10.58m/s; 深代ら(1994))と比較した場合でも、

同程度の助走速度を獲得している(ただし、上記の助走速度は踏切接地時)。これらのことから、寺野選手には8m台での記録の安定およびさらなる記録の向上が期待される。

田川選手の助走速度は10.26~10.36m/sの範囲であり、寺野選手に比べ若干小さい傾向が見られた。最高速度の出現地点およびその地点のばらつきを寺野選手と比較すると、田川選手の試技間に見られるばらつきは大きく、さらに踏切に遠い地点でピークに達する傾向が見られた(田川, 8.1 ± 0.7m, max-

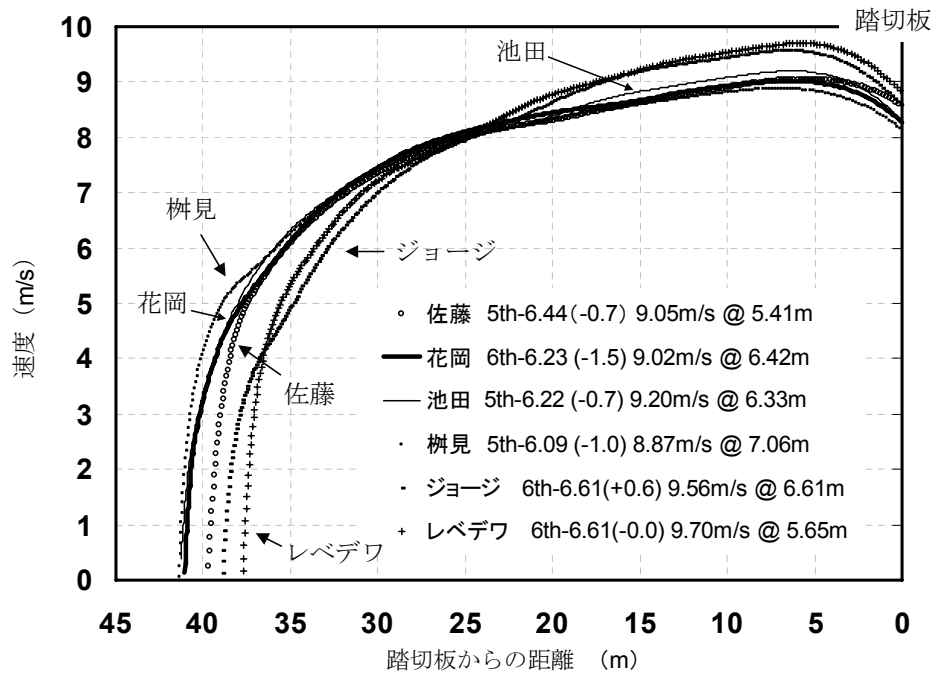


図 10 2004SUPER における女子走幅跳選手の助走速度曲線

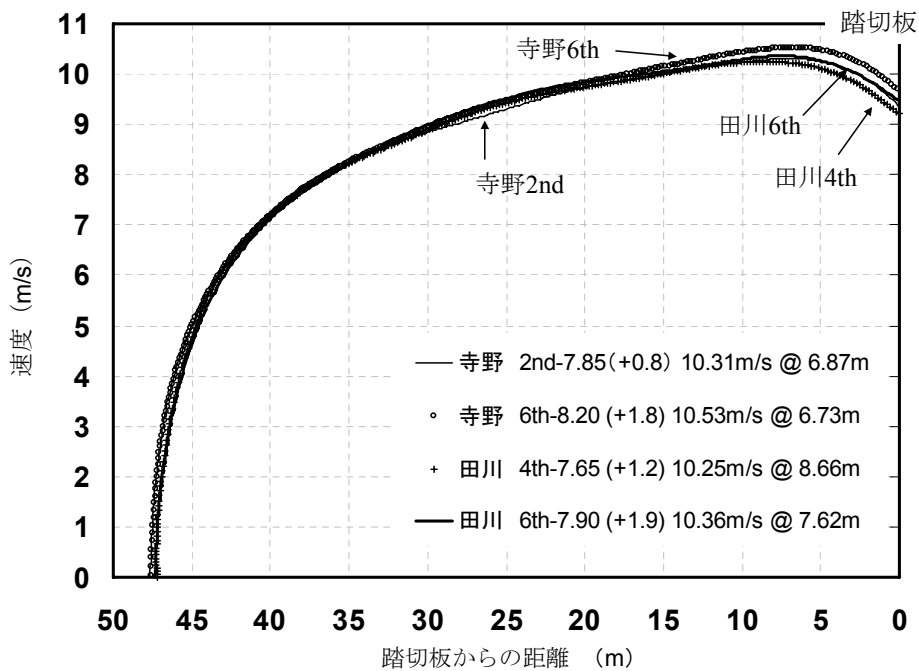


図 11 2004NCH における男子走幅跳選手の助走速度曲線

min, 9.2-7.5m; 寺野, 6.9 ± 0.2m, 7.2-6.9m). これらのことから, 田川選手は走能力の向上に加え, 助走中盤から終盤にかけての走りに課題があると考えられる.

4.5 男子三段跳選手の助走速度曲線

図 12 ~ 14 は 2004 大阪 GP, 2004 日本選手権および 2004 スーパー陸上横浜における男子三段跳選手の助走速度曲線を示したものである.

石川選手の助走パターンは試合によって相違が見

られた (図 12, 13, 14). 大阪 GP では助走開始から中盤まで十分に加速し, 最高助走速度は 10.24m/s と高い値を示した. また, 図示していない試技の助走速度も 10.20 ± 0.08m/s であり, 安定して高い助走速度を獲得していた. 一方, 日本選手権およびスーパー陸上では, 助走開始後の速度増加が小さく, 踏切前まで緩やかに速度を増加させていた. また, 助走前半における速度増加が小さいために最高速度は大阪 GP に比べ約 0.3m/s 程小さかった. これらの特徴は図示していない試技にも見られ, 特にスー

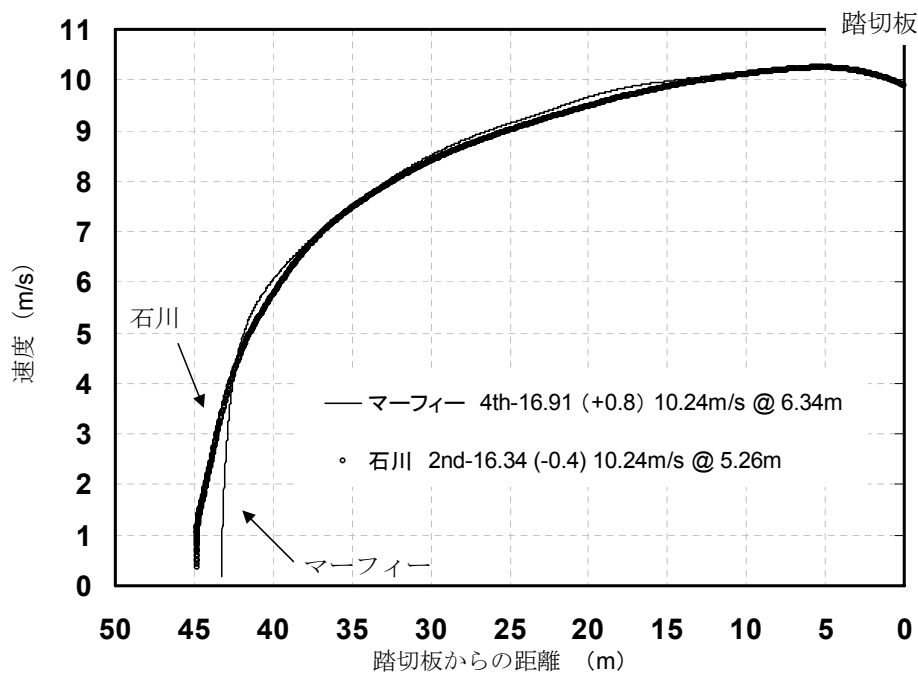


図 12 2004 大阪 GP における男子三段跳選手の助走速度曲線

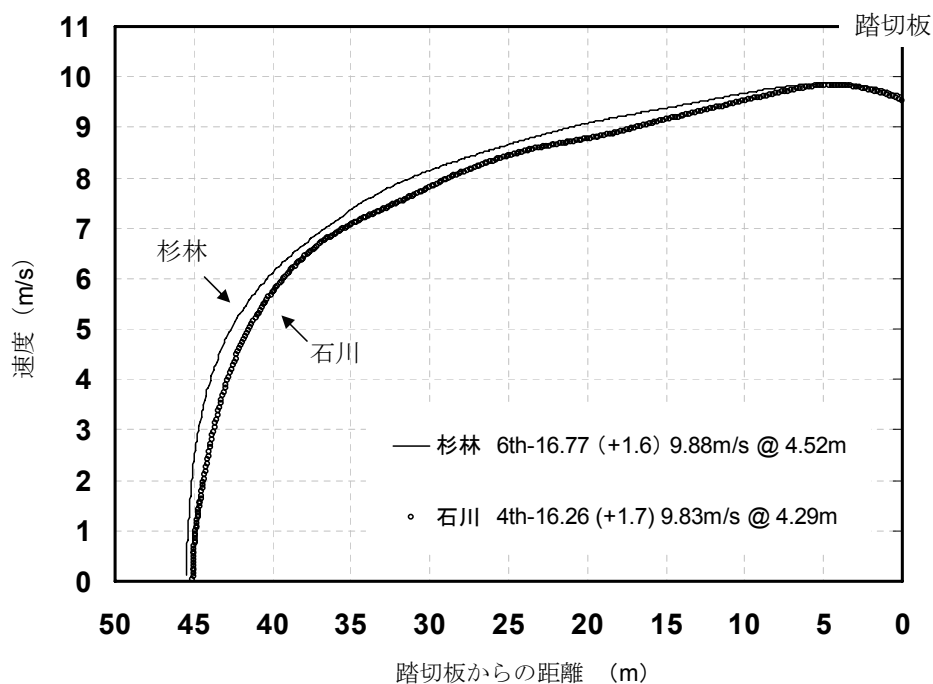


図 13 2004NCH における男子三段跳選手の助走速度曲線

パー陸上において顕著であった。

大阪 GP の助走速度は昨年度の報告 (小山ら, 2004) にあるベル選手 (自己記録, 17.63m; 試合時, 17.01m) と同程度であり, 世界一流選手の助走速度 (世界平均 10.39m/s, 阿江ら (1994)) と比較した場合でも, 一流選手に近い助走速度を獲得している。これらのことから, 石川選手は 17m を超える跳躍が可能な走能力を有すると考えられる。今後は, 助走パターンの安定が課題であろう。

杉林選手は昨年度と助走距離はほぼ同じであった

が, 助走速度は約 0.3m/s 小さかった。図示していない試技においても $9.69 \pm 0.14\text{m/s}$ であり, 昨年度に比べ小さい傾向が見られた。

参考文献

阿江通良, 深代千之, 山本恵美, 伊藤信之, 斉藤望 (1994) 男子三段跳の踏切に関するバイオメカニクスの研究. 世界一流競技者の技術, ベースボールマガジン社, 152-166.

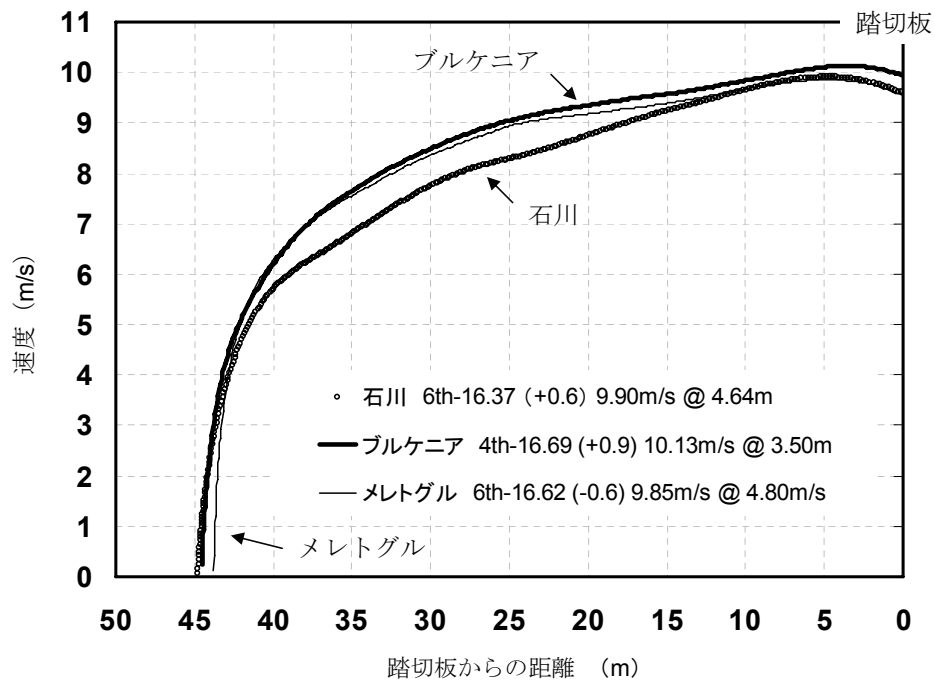


図 14 2004SUPER における男子三段跳選手の助走速度曲線

深代千之 (1990) 跳ぶ科学, 大修館書店.

深代千之, 若山章信, 小嶋俊久, 伊藤信之, 新井健之, 飯干明, 淵本隆文, 湯海鵬 (1994) 走幅跳のバイオメカニクス. 世界一流競技者の技術, ベースボールマガジン社, 135-151.

小山宏之, 村木有也, 阿江通良, 伊藤信之, 山下訓史 (2004) 競技会における一流女子走幅跳選手および男女三段跳選手の助走速度分析. 日本陸連科学委員会研究報告, 3(1).

Petrov, V. (2004) Pole vault - the state of the art. *New studies in Athletics*, 19 (3), 23-32.

陸上競技マガジン 11月号別冊付録 TECHNICAL DIGEST 島根インターハイから学ぶジュニアトップアスリートの技術 (2004), 陸上競技マガジン, 54(12).

日本一流男子走幅跳選手の踏切準備と踏切動作のバイオメカニクスの分析

飯干 明¹⁾ 大村一光²⁾ 小山宏之³⁾ 村木有也³⁾ 阿江通良³⁾
1) 鹿児島大学 2) 志學館大学 3) 筑波大学

I. 目的

2004年度日本陸上競技選手権の男子走幅跳において、寺野伸一選手（サンクラブ）が6回目の跳躍で自己最高記録を一挙に16cmも更新する8m20（大会新記録、2004年度世界ランキング23位）（記録集計号、2004）を跳躍して大会3連覇を果たすとともに、アテネオリンピックA標準記録（8m19）を突破してオリンピック代表となった。寺野選手が記録した8m20は、1992年に森長正樹選手が樹立した日本記録（8m25）に、あと5cmとせまる日本歴代2位の好記録であり、今後、日本記録の更新が期待される。そこで、寺野選手の助走速度や踏切準備から踏切局面の動作をバイオメカニクスの分析することで、記録更新への手掛かりになるとみられる基礎的知見を得ることにした。なお、寺野選手のデータを検討するにあたり、8m25の日本記録を持つ森長選手などの日本一流選手のデータや、8m71（世界歴代7位）の記録を持つペドロソ選手や2002年大阪グランプリで優勝したストリングフェロー選手（8m49）などの世界一流選手のデータを比較の対象とした。

II. 方法

第88回日本陸上競技選手権大会（鳥取市・布勢

総合運動公園陸上競技場、2004.6.4～6.6）の男子走幅跳決勝で、優勝した寺野選手が8m20を跳躍した試技を撮影し分析した。踏切準備および踏切局面の動作を踏切板の側方に設置した2台のDVカメラ（60Hz）で撮影し、得られたVTR画像をデジタイズして、60Hzから250Hzに補間した後、基準のコマを設定し、2台のカメラの座標値を合成（平均）した。そして、得られた身体各部位の座標値をもとに上体角や自由脚の大腿角速度などについて分析した。なお、助走速度については、レーザー方式の速度測定装置（LAVEG）により測定したが、踏切前3歩の助走速度は、動作分析によって得られた身体重心の水平速度とした。図1にDVカメラとLAVEGの設置状況を示した。

III. 結果および考察

1. 助走速度と踏切準備局面について

図2は、寺野選手と2001年の静岡グランプリで8m18を跳躍した森長選手の助走速度の変化を示したものである。寺野選手の助走の最高速度は10.5m/秒（踏切前6.7m地点）であり、森長選手の最高速度10.8m/秒（踏切前4.4m地点）よりも、やや小さかった。また、両選手とも踏切準備局面で助走速度の低下がみられるが、寺野選手の方が、わず

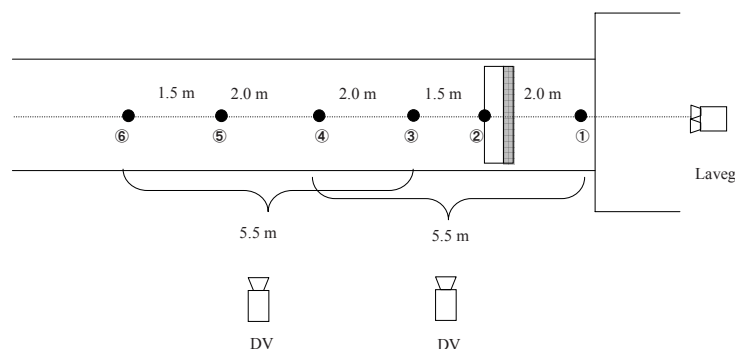


図1 DVカメラとLAVEGの設置状況

かに低下が大きい傾向にあった。

図3は、踏切準備局面における寺野選手と、2002年大阪グランプリで優勝したストリングフェロー選手(8m49)と2位になったフィリップ選手(8m31)の助走速度の変化を示したものである。寺野選手については踏切前3歩の、ストリングフェロー選手とフィリップス選手については踏切前2歩の助走速度の変化を、それぞれ示している。寺野選手とストリングフェロー選手の助走速度は、踏切2歩前着地(L2on)から踏切1歩前着地(L1on)まで、ほぼ同じであった。その後、ストリングフェロー選手が、助走速度を維持したまま踏切に移っているのに対し、寺野選手は、踏切1歩前で助走速度を低下させながら踏切に移っていた。我が国の一流選手の場合、踏切1歩前の局面で助走速度が低下する傾向にあったと報告されているが(阿江他、1999)、寺野選手も同様の傾向がみられた。このように、我が国

の一流選手にみられる踏切準備局面における助走速度の低下には、①支持脚の動き(支持足を身体重心のかなり前に接地したり、支持脚の膝関節を大きく屈曲させること)、②自由脚の動き(支持脚接地時の自由脚の引きつけが十分でないこと)、③上体の動き(上体を起こすタイミングが早すぎること)(阿江他、1999; 飯干他、2003; 村木他、2004a; 村木他、2004b)などが影響していると考えられる。なかでも、からだの中で質量の大きな上体の動きは、身体重心に及ぼす影響も大きいことから、上体を起こすタイミングが早すぎると助走速度の低下も大きくなるとみられている(阿江他、1999; 飯干他、2003)。そこで、踏切1歩前の接地局面における寺野選手の上体の動きを中心に検討した。

図4は、寺野選手とストリングフェロー選手、フィリップス選手の踏切1歩前接地から離地までの動きを示したものである。この図より、寺野選手は、踏切1歩前の接地時では、ほぼ垂直に上体を保っていたが、その後、徐々に上体を後傾させ、1歩前離地時には、3選手の中で最も上体を後傾させていたことがわかる。

図5は、踏切準備局面における上体角の変化を示したものである。寺野選手については踏切前3歩の、ストリングフェロー選手とフィリップス選手については踏切前2歩の上体角の変化を、それぞれ示している。なお、正の値が上体の前傾を、負の値が上体の後傾を、それぞれ示している。寺野選手の上体角は、1歩前接地時は正の値(0.8度)であったが、1歩前離地時には-7.1度となっており、ストリン

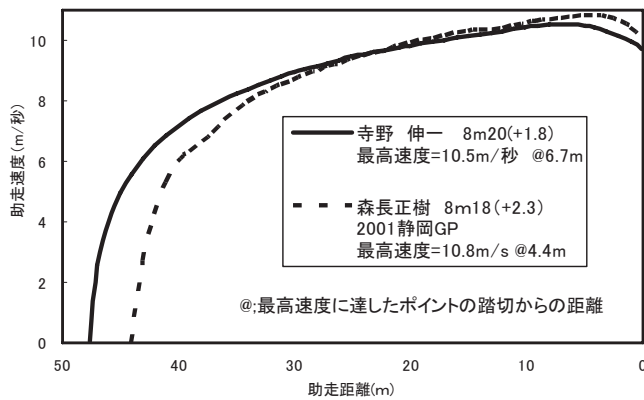


図2 寺野選手と森長選手の助走速度の変化

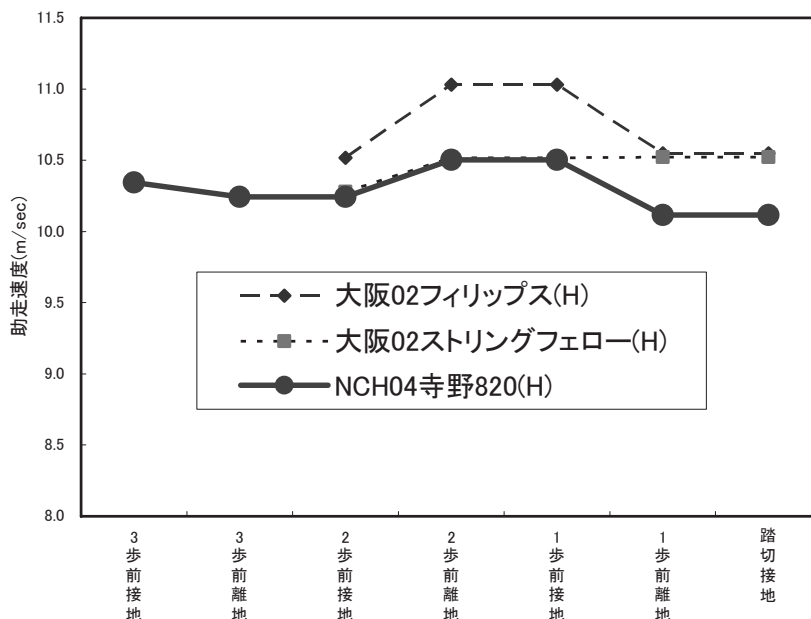
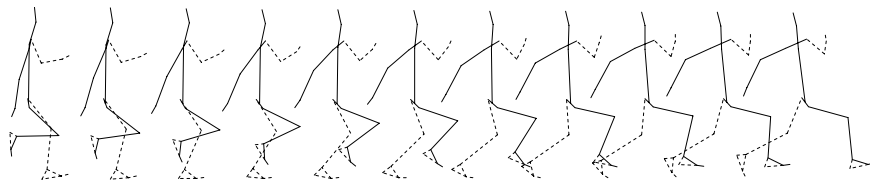
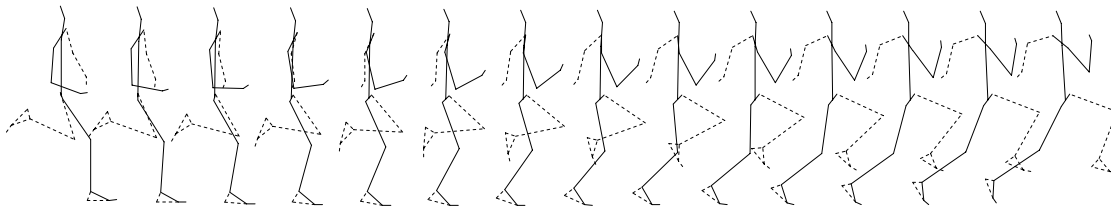


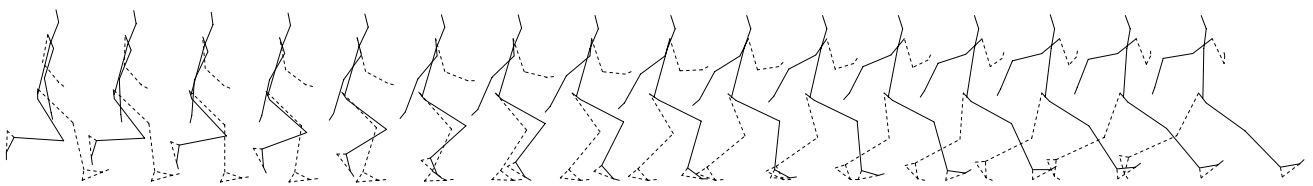
図3 踏切準備局面における助走速度の変化



寺野 8m20 04日本選手権 踏切1歩前接地～踏切1歩前離地



Stringfellow 8m49 02大阪 踏切1歩前接地～踏切1歩前離地



Phillips 8m31 02大阪 踏切1歩前接地～踏切1歩前離地

図4 踏切1歩前接地から離地までの寺野選手とSTRINGフェロー選手、フィリップス選手のフォーム

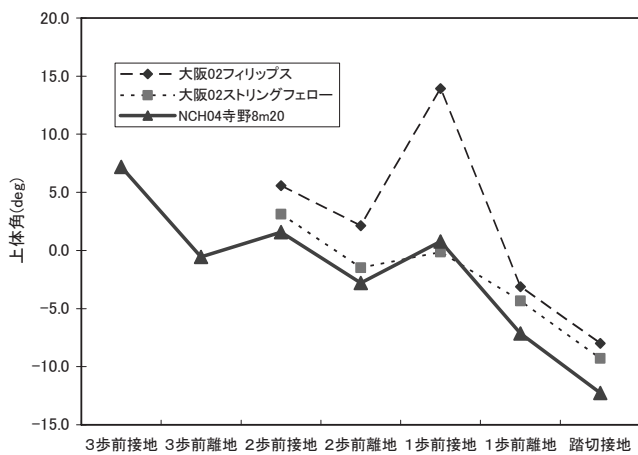


図5 踏切準備局面における上体角の変化

グフェロー選手(-4.3度)やフィリップス選手(-3.1度)よりも上体を大きく後傾させていた。その後、1歩前離地から踏切接地にかけて、寺野選手はさらに上体を後傾させ、踏切接地時の上体角は-12.3度となっていた。寺野選手は、図4からわかるように、踏切1歩前接地時に、3選手のなかでは支持足を身体重心に最も近い位置(30cm)で接地しており、自由脚も引きつけていた。このような支持足の接地や自由脚の動きは、助走速度を維持するうえで効果的であるとみられることから、寺野選手が踏切準備局面で助走速度を低下させていたのは、上体を起こすタイミングが早かったことによるとみられる。寺野

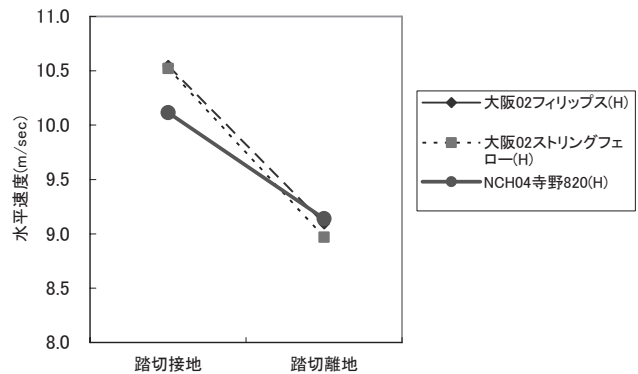
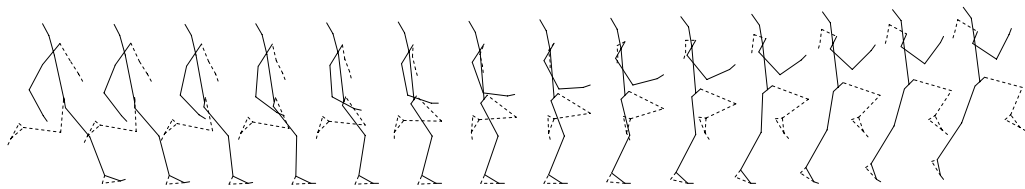


図6 踏切局面における水平速度の変化

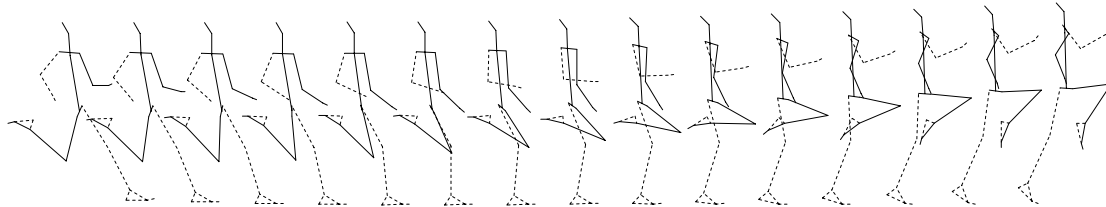
選手と踏切2歩前接地時に同じ助走速度であったSTRINGフェロー選手は、踏切1歩前で助走速度を低下させることなく8m49を跳躍していた。助走速度が大きくなると、踏切動作に影響を及ぼすとみられるので、単純に比較することはできないが、寺野選手が踏切1歩前の局面で上体を起こすタイミングを改善することにより、より大きな助走速度で踏切に移ることができ、さらなる飛躍が期待される。

2. 踏切局面について

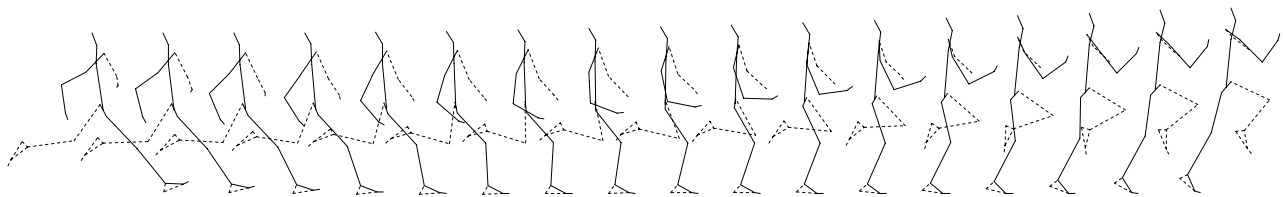
図6は、寺野選手と世界一流選手の踏切局面における助走の水平速度の変化を示したものである。踏切接地(Ton)から踏切離地(Toff)にかけて、いずれの選手も助走速度が低下しているが、寺野選手



寺野 8m20 04日本選手権 踏切接地～踏切離地



Stringfellow 8m49 02大阪 踏切接地～踏切離地



Phillips 8m31 02大阪 踏切接地～踏切離地

図7 踏切局面における寺野選手とistringフェロー選手、フィリップス選手のフォーム

(-1.0m/秒)の助走速度の低下は、istringフェロー選手(-1.5m/秒)やフィリップス選手(-1.4m/秒)に比べると小さい傾向にあった。このように、踏切局面で、世界一流選手が寺野選手よりも助走速度を低下させていたのは、1つには、世界一流選手の場合、踏切局面で鉛直速度を大きくしていたことによるとみられる。その結果、istringフェロー選手(22.4度)やフィリップス選手(22.3度)の跳躍角は、寺野選手の跳躍角(21.2度)よりもやや大きかった。しかし、寺野選手の跳躍角も、長崎インターハイで優勝した今井選手(22.9度)(飯干他、2003)に比べると小さいものの、これまでに報告されている日本一流選手(下選手:8m10の跳躍時に20.5度、森長選手:8m13の跳躍時に19.7度)(深代他、1994)に比べると大きい傾向にあった。日本選手と同じような体格で8m71の記録を持つペドロソ選手は、跳躍角(23.9度)の大きい選手であり、自由脚の素早い振り上げが、跳躍角に影響していると推察されている(飯干他、2003; Koyama, 2003)。寺野選手の場合、踏切局面で鉛直速度をあまり増大させずに大きな跳躍角を得ていたことから、踏切で自由脚を素早く振り上げていた可能性があると考えられる。そこで、踏切局面での振上脚について検討した。

図7は、踏切局面における寺野選手とistring

フェロー選手、フィリップス選手のフォームを示したものである。この図より、寺野選手は、踏切接地時に自由脚を十分に引きつけ、踏切前半で自由脚を素早く前方へ振り上げていたものとみられる。

図8は、寺野選手と日本一流選手、世界一流選手の踏切局面における振上脚の大腿角速度の変化を示したものである。なお、ペドロソ選手(8m29)、森長選手(7m76)、稲富選手(7m57)のデータは、2001年スーパー陸上(横浜国際)で撮影されたものである。寺野選手の場合、踏切接地時の角速度はペドロソ選手に次いで大きく、角速度のピークの出現もペドロソ選手に次いで早かった。そして、ピーク値は最も大きく、踏切中盤から踏切離地にかけての角速度の減速は、ペドロソ選手とほぼ同じであった。走幅跳における振上脚の役割として、踏切前半では身体の起こし回転を促進し、踏切の前半と中盤において鉛直力を増加させ、踏切終盤では踏切脚の引き上げを促進すると報告されている。そして、振上脚の効果を大きくするためには、すばやく振ってすばやく止めることが必要であると指摘されている(阿江他、2004)。寺野選手は、8m20の跳躍について、「特別、滞空時間が長いなど、いったという感触がなかった」(石井、2004)、「踏み切り板に引っ掛かった」(月刊陸上競技編集部、2004)という感想を述べている。このような感想は、図8をもとにすると、踏切にお

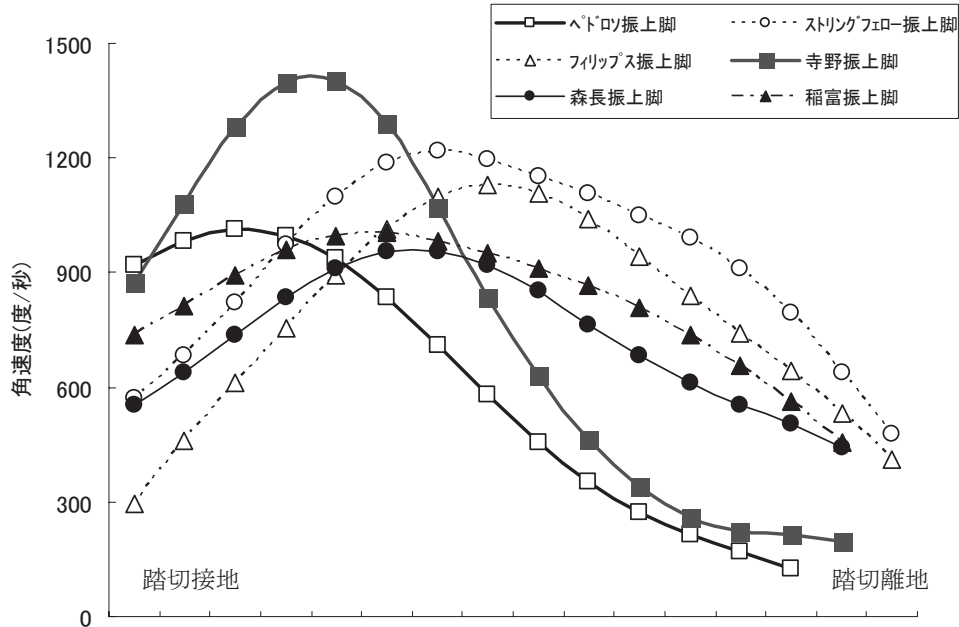


図8 寺野選手と世界一流選手、日本一流選手の踏切局面における振上脚の大腿角速度の変化

いて、振上脚をすばやく振ってすばやく止めるという、振上脚の効果を大きくする動きが行われたことによるものと推察される。今後、8m20の跳躍と他の跳躍の踏切局面における振上脚の動きを比較するとともに、踏切脚の動きを比較・検討することで、寺野選手の述べている「踏み切り板に引っ掛かった」跳躍の鍵を明らかにする手掛かりが得られよう。

寺野選手が日本歴代2位の8m20を跳躍した試技を分析した結果、踏切準備局面で上体を起こすタイミングは早いものの、踏切局面では振上脚を効果的に使っていたことが明らかとなった。踏切局面については、踏切脚の動きもあわせて、今後、さらに検討していく必要があるが、踏切準備局面で上体を起こすタイミングを改善することにより、日本記録の更新が期待される。

参考文献

阿江通良ほか (1999) : 一流走幅跳選手の踏切準備動作のバイオメカニクスの分析. 平成10年度日本体育協会スポーツ科学研究報告集 vol.1. pp.183-186. 1999.

阿江通良ほか (2004) : 最近の走高跳および走幅跳に関するバイオメカニクスの研究から. 陸上競技学会誌2, 32-33.

石井 信 (2004) : 第88回日本選手権速報 寺野伸一. 陸上競技マガジン、54(8), 13.

飯干 明ほか (2003) : 長崎インターハイにおける男子走幅跳のバイオメカニクスの分

析. 陸上競技マガジン 53(13), 160-165. 2003.

深代千之ほか (1994) : 走幅跳のバイオメカニクス. (佐々木秀幸 ほか編) 世界一流陸上競技者の技術. ベースボールマガジン社. pp.135-151.

Koyama H et al (2003) : EFFECT OF THE SWING MOTION OF THE FREE LEG ON THE TAKEOFF FOR ELITE LONG JUMPER. Proceeding of International Society of Biomechanics XIXth Congress, 217.

村木有也ほか (2004a) : 男子走幅跳の踏切準備および踏切局面における動作変化パターン. 陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2003, 81-86.

村木有也ほか (2004b) : 女子走幅跳の踏切準備および踏切局面における動作の事例報告. 陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2003, 87-90.

月刊陸上競技編集部 (2004) : 寺野執念の大ジャンプ!. 月刊陸上競技、38(8), 42.

記録集計号 2004 : 陸上競技マガジン 3月号増刊、55(4)、2005.

一流男子走幅跳選手の踏切準備および踏切局面における身体重心速度変化

村木有也¹⁾ 阿江通良²⁾ 小山宏之¹⁾

1) 筑波大学人間総合科学研究科 2) 筑波大学体育科学系

1. はじめに

本報告では、これまで得られた世界および日本一流選手のデータをもとに、走幅跳の踏切準備（助走最後2歩）および踏切局面における身体重心速度の変化パターン、変化量に関する基礎的知見を得ることを試みた。また、世界選手との比較から、日本選手の課題について検討した。

2. 方法

以下に示した大会において、助走路の側方から踏切準備および踏切局面における動作を撮影した。

- ・2002年 静岡国際陸上 (2002. 5. 3, 草薙)
- ・2002年 国際グランプリ陸上大阪大会 2002 (2002. 5. 11, 万博)
- ・2002年 第86回日本陸上競技選手権大会 (2002. 6. 7-9, 西部緑地公園)
- ・2002年 スーパー陸上 2002 ヨコハマ (2002. 9. 16, 横浜国際)
- ・2003年 第87回日本陸上競技選手権大会 (2003. 6. 6-8, 横浜国際)
- ・2003年 スーパー陸上 2003 ヨコハマ (2003. 9. 23, 横浜国際)
- ・2004年 第88回日本陸上競技選手権大会 (2004. 6. 4-6, 布勢)

2002年静岡、スーパー陸上は高速度VTRカメラ(250Hz)とDVカメラ(60Hz)各1台、他の大会では2台の高速度VTRカメラを用いた。身体分析点23点の2次元座標は、VTR画像をデジタル化し、2次元DLT法により算出した。得られたデータをもとに、身体重心位置、速度を算出した。また、踏切接地中の踏切足爪先座標とフェールラインとの距離を公式記録に加え、実際に跳躍した距離(実測記録)を算出した。被験者は、世界選手8名、日本

選手25名の計33名とした(村木ら, 2003, 2004, 2005)。

- ・全被験者平均: 身長 1.79 ± 0.06 m, 体重 69.9 ± 0.9 kg, 実測記録 7.78 ± 0.77 m
- ・世界選手: 身長 1.86 ± 0.06 m, 体重 77.8 ± 6.8 kg, 実測記録 8.19 ± 0.21 m (7.90 - 8.51)
- ・日本選手: 身長 1.77 ± 0.05 m, 体重 67.3 ± 4.8 kg, 実測記録 7.65 ± 0.21 m (7.32 - 8.15)

全被験者のデータをもとに、統計的手法を用いて分析を行った。重相関分析により、踏切における跳躍記録決定要素と考えられる踏切離地時の水平、鉛直重心速度、重心距離(重心と踏切足爪先との水平距離)、重心高の実測記録への影響の大きさについて検討した。また、相関分析により、各歩における接地、離地時の重心速度、支持中の重心速度変化間の関係について検討した。各分析における有意水準は5%とした。

3. 結果および考察

基礎的資料として、図1に踏切準備および踏切局面における平均動作モデルを示した。平均動作モデルは、身体各部の座標データをAe et al. (1997)

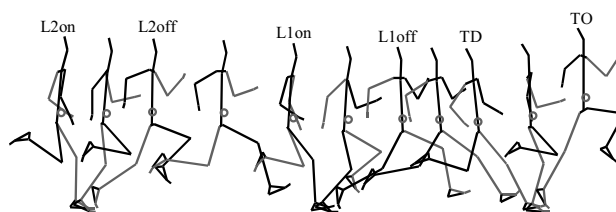


図1 踏切2歩前接地時から踏切離地時における全被験者平均(n = 33)のスティックピクチャー。L2, L1はそれぞれ踏切2歩前, 1歩前を, on, offは接地時および離地時を, TDは踏切接地, TOは踏切離地時を示す

の方法によって規格化した後、踏切時間を基準として各歩の平均支持および空中時間で規格化、平均して作成したものである。

3.1 跳躍距離獲得の要因

走幅跳における跳躍記録は、踏切離地時の重心距離、空中距離、着地距離で構成される（深代, 1990）。空中に投げ出された身体は放物運動をすることから、助走および踏切によって獲得され、跳躍距離を決定付ける基礎的要素として踏切離地時の重心位置や速度が考えられる。そこで、踏切離地時の重心距離、重心高および水平、鉛直重心速度の実測記録への影響の大きさについて検討した。図2はその結果を示している。

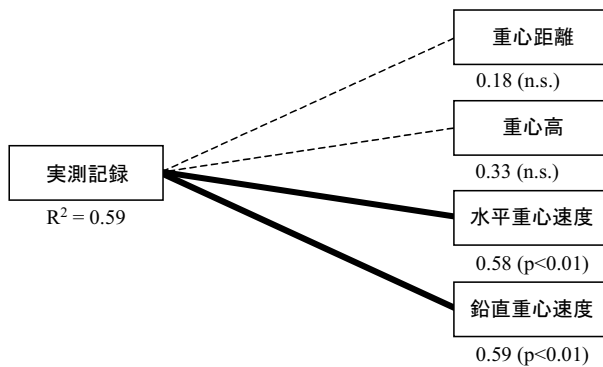


図2 踏切離地時における跳躍距離獲得要因（実測記録と踏切離地時の重心距離、重心高、水平、鉛直重心速度の重相関分析）。図中の数値は重相関係数 R および各変数と実測記録との偏相関係数を示す

図2に示したように、実測記録への影響（偏相関係数）が大きかったのは踏切離地時の水平および鉛直重心速度であり、多くの指導書や研究においても述べられているように、踏切離地時の重心速度はパフォーマンスを向上させるための基礎的条件であることがわかる。また、これら4変数による実測記録の説明率は約60%程度（重相関係数 $R^2 = 0.59$ ）であり、踏切後の空中、着地動作も無視できない技術であろう。

踏切離地時の水平速度は助走速度とともに跳躍記録との相関関係が多く報告されているが（深代, 1990）、一流選手群を扱った研究では跳躍距離と鉛直重心速度との相関は低いことが報告されている（Hay, 1986）。これら先行研究の結果は、水平速度に比べ鉛直速度は重要でないことを示すのではなく、水平速度が助走速度の増大によって容易に得られるのに対し、鉛直速度を得る踏切技術の難しさを

示していると考えられる。重相関分析の結果、水平および鉛直重心速度の実測記録への影響は同程度であったことから、助走において水平速度を高めておき、踏切ではいかに効果的に鉛直速度を獲得するかが課題となる。

3.2 重心速度の変化パターンおよび変化量

図3は踏切2歩前から踏切における各歩の接地および離地時の水平、鉛直重心速度の変化パターンを、図4は各歩における水平および鉛直重心速度変化を示している。図3, 41に示したように、水平重心速度は、踏切2歩前では増加、踏切1歩前では減少し、踏切において大きく減少していた。相関分析の結果から、各歩における接地時と離地時の水平重心速度の間に有意な正の相関関係がみられた（2歩前, $r = 0.77, p < 0.01$; 1歩前, $r = 0.55, p < 0.01$; 踏切, $r = 0.67, p < 0.01$ ）。各歩における水平重心速度変化と接地、離地時の水平重心速度との関係についてみると、踏切2歩前では接地時の水平速度と水平速度変化との間に相関はなく、水平速度変化と離地時の水平速度との間に有意な正の相関がみられた（ $r = 0.50, p < 0.01$ ）。踏切1歩前では、踏切2歩前とは逆に接地時の水平速度と水平速度変化との間には負の相関がみられ（ $r = -0.64, p < 0.01$ ）、水平速度変化と離地時の水平速度との間に相関はみられなかった。踏切では、接地時の水平速度、離地時の水平速度ともに水平速度変化との間に有意な相関がみられた（接地時, $r = -0.40, p < 0.05$; 離地時, $r = 0.41, p < 0.05$ ）。

鉛直重心速度は、いずれの歩においても増加し、特に踏切における増加が大きかった。また、踏切1歩前における接地時の下向き速度が大きく、1歩前離地時の上向き速度、踏切接地時の下向き速度が小さかった。相関分析の結果から、いずれの歩においても接地時の鉛直速度と鉛直速度変化（2歩前, $r = -0.71, p < 0.01$; 1歩前, $r = -0.45, p < 0.01$; 踏切, $r = -0.45, p < 0.01$ ）、鉛直速度変化と離地時の鉛直速度（2歩前, $r = 0.82, p < 0.01$; 1歩前, $r = 0.64, p < 0.01$; 踏切, $r = 0.88, p < 0.01$ ）との間に有意な相関関係がみられた。接地時と離地時の鉛直速度との間に有意な相関がみられたのは、踏切2歩前離地時と1歩前接地時（ $r = 0.41, p < 0.05$ ）および1歩前接地時と離地時（ $r = 0.39, p < 0.05$ ）のみであった。水平重心速度と鉛直重心速度との関係をみると、踏切における水平速度変化と鉛直速度変化（ $r = -0.46, p < 0.01$ ）、鉛直速度変化と離地時の水平速度（ $r = -0.37, p < 0.05$ ）、水

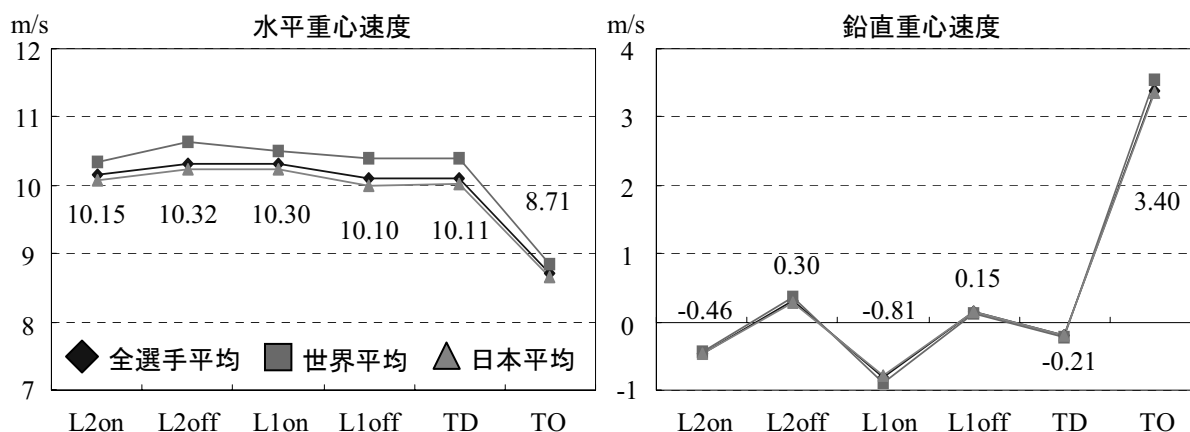


図3 踏切2歩前接地 (L2on), 2歩前離地 (L2off), 1歩前接地 (L1on), 1歩前離地 (L1off), 踏切接地 (TD), 踏切離地時 (TO) における全選手 (n = 33), 世界選手 (n = 8), 日本選手平均 (n = 25) の水平および鉛直重心速度. 図中の数値は全選手の平均値

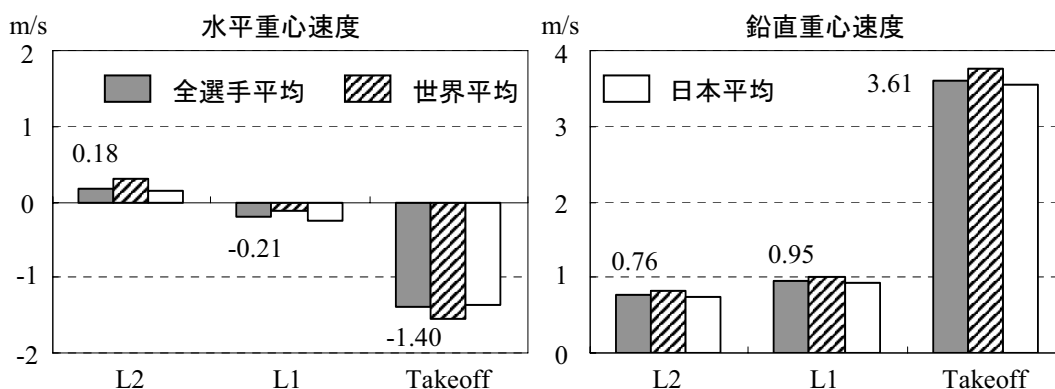


図4 全選手 (n = 33), 世界選手 (n = 8), 日本選手平均 (n = 25) の踏切2歩前 (L2), 1歩前 (L1), 踏切 (Takeoff) における水平および鉛直重心速度変化 (離地-接地). 図中の数値は全選手の平均値

平速度変化と離地時の鉛直速度 ($r = -0.40$, $p < 0.05$) との間に有意な負の相関関係がみられた. 踏切2歩前, 1歩前における水平速度と鉛直速度との間に有意な相関関係はみられなかった.

これらのことから, 踏切2歩前では, 離地時の水平速度を大きくするために接地時に大きな水平速度を獲得しておくことが重要であり, さらに水平速度変化 (増加) を大きくすることが有効であると考えられる. また, 踏切準備のため踏切2歩前から1歩前への空中期において大きく重心を下げるが (図1), 踏切2歩前離地時の鉛直上向き速度の増加は1歩前接地時の鉛直下向き速度の減少に関連することから, 効果的に重心を下げるためには踏切2歩前離地時の鉛直上向き速度を小さくすることが有効であると考えられる.

踏切1歩前では, 接地時の水平速度と接地中の水平速度変化 (減少) との関係がみられたが, これは踏切2歩前やスプリントとは異なり踏切への準備として重心を下げた姿勢で接地しており (図1), 水

平速度を維持するのが難しかったためであると考えられる. しかし, 踏切1歩前における水平速度減少と離地時の水平速度との間に関係がみられないことから, 1歩前の減速は大きくなるものの, 1歩前までに大きな水平速度を獲得しておくことが1歩前離地時の水平速度を大きくするために重要となると考えられる.

踏切では, 離地時の水平速度を大きくするため, 水平速度の減少を抑えること, 他の歩と同様に接地時において大きな水平速度を得ていることが重要となると考えられる. 一方, 接地時の水平速度と踏切における水平速度変化 (減少) との関係はみられるものの, 踏切接地時の水平速度と鉛直速度変化 (増加, $r = 0.001$, n. s.) との間に関係はみられなかった. これらのことから, 助走速度の増大にともない獲得される鉛直速度の大きさが変わることはないが, 水平速度のロスが大きくなることを示していると考えられる. また, 踏切接地時と離地時の鉛直速度に相関関係はみられず ($r = 0.17$, n. s.), 踏切

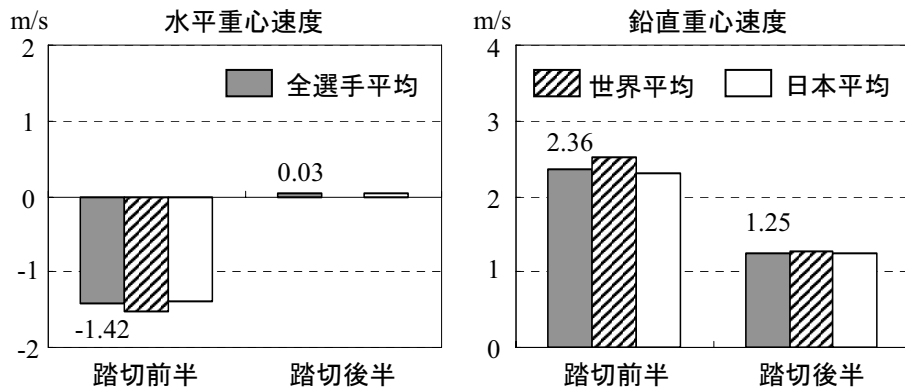


図5 全選手 (n = 33), 世界選手 (n = 8), 日本選手平均 (n = 25) の踏切前半 (接地～膝最大屈曲) および後半 (膝最大屈曲～離地) における水平および鉛直重心速度変化. 図中の数値は全選手の平均値

における鉛直速度変化 (増加) と離地時の鉛直速度とに関係がみられたことから, 接地時の鉛直速度に関わらず踏切における鉛直速度増加量が離地時の鉛直速度を大きくするためには重要であると考えられる. 踏切接地時の鉛直速度と鉛直速度変化との相関関係もみられたが, 接地時の下向き速度を打消すための鉛直速度増加分は水平速度の減少を導くのみである. したがって, 水平速度の減少を最小限に抑えて大きな鉛直速度を獲得するためには, 接地時の鉛直下向き速度を小さくすることが重要であると考えられる.

図5は, 踏切における前半 (踏切接地から踏切脚膝関節最大屈曲時) および後半の水平, 鉛直重心速度変化を示したものである. 図5に示したように, 踏切における水平重心速度の減少は踏切前半におけるものであり, 前半における鉛直速度増加も全体の65%以上と大きかった. 踏切前半では膝, 足関節ともに屈曲し, 水平速度は減少していくものの, 主に踏切足を軸にした身体の起こし回転によって鉛直速度が増加することから (村木ら, 1982), 水平から鉛直方向へと速度の変換が行われる踏切前半において, 起こし回転の効果を最大限に利用することが効果的な踏切を行うために重要であると考えられる.

これまでの結果をまとめると, 各歩において水平重心速度の増減はあるものの, 踏切2歩前までに大きな助走速度を獲得しておくことが重要であると考えられる. また, 踏切1歩前では助走速度の増加とともに水平速度の減少が大きくなるという関係がみられたが, 2003年スーパー陸上に出場したトムリンソン選手 (GBR) では1歩前接地時の水平速度は10.47 m/sと大きかったが, 水平速度の減少は-0.02 m/sと非常に小さく, 2002年スーパー陸上に出場したペドロソ選手 (CUB) では1歩前接地時の水平速度は9.92 m/sであったが, 水平速度変化は

0.28 m/sと増加していた. 踏切においては, 水平速度変化と鉛直速度変化とに関係がみられたが, ペドロソ選手では水平速度の減速は-1.45 m/sと全体平均と比べ少し大きかったものの, 鉛直速度の増加は3.95 m/sと非常に大きかった. これらの例が示すように, 踏切準備および踏切技術の向上は多くの選手の課題であると考えられる.

全体の平均から得られた結果, および外国人選手との比較から, 日本人選手は踏切2歩前から踏切まで助走終盤の走速度を高めること, また, 踏切における鉛直速度の獲得, 特に踏切前半において大きな鉛直速度を獲得することが今後の課題となると考えられる.

参考文献

- Ae M., Fujii N., Takamatsu J. (1997) A biomechanical method for the construction of a "standard motion" and the identification of essential motion by motion variability. In Abstract of the International Society of Biomechanics XVIth Congress : 27.
- 深代千之 (1990) 跳ぶ科学. スポーツ科学ライブラリー4, 大修館書店.
- Hay, J.G. (1986) The biomechanics of the long jump. In K.B. Pandolf (ed), Exercise and Sports Sciences Reviews (volume 14) (pp. 401-446). New York: Macmillan Publishing Co.
- 村木有也, 小山宏之, 阿江通良 (2003) 踏切への移行期における一流男子走幅跳選手の下肢関節トルク. 日本体育学会第54回大会号 (大会抄録集), 日本体育学会第54回大会組織委員会,

376.

村木有也, 阿江通良, 小山宏之, 伊藤信之, 山下訓史 (2004) 男子走幅跳の踏切準備および踏切局面における動作変化パターン. 陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2003, 3 (1), 日本陸上競技連盟, 81-86.

村木有也, 小山宏之, 阿江通良 (2004) 走幅跳の踏切準備および踏切局面における身体重心速度への下肢各部の貢献 (ポスター発表). 第18回スポーツバイオメカニクス学会大会. 鹿屋体育大学, 9月9-11日.

村木有也, 小山宏之, 阿江通良 (2005) 一流走幅跳選手の踏切準備および踏切動作パターン (ポスター発表). 日本スポーツ方法学会第16回大会. 山形大学, 3月21日.

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

2004 年度日本選手権男子走幅跳選手の跳躍動作の事例報告

村木有也¹⁾ 阿江通良²⁾ 小山宏之¹⁾

1) 筑波大学人間総合科学研究科 2) 筑波大学体育科学系

1. はじめに

本報告では、2004 年度日本選手権男子走幅跳入賞者 3 名の踏切準備および踏切動作について分析し、跳躍技術に関する基礎的知見を得ることを試みた。2004 年度日本選手権 (2004. 6. 4-6) はアテネオリンピックの代表選考会を兼ね、鳥取県布勢競技場にて開催されたものである。オリンピック参加標準記録 A (8.19 m) を越える 8.20 m を跳んだ寺野選手が優勝し、2 位には 7.90 m で田川選手が続いた。

2. 方法

分析試技は、寺野 (8.20 m)、田川 (7.90 m)、志鎌選手 (7.65 m) の最高跳躍記録試技とした。寺野選手は優勝、田川選手は 2 位、志鎌選手は関東インカレ (2004. 5. 14-17, 横浜国際) の優勝者で 6 位入賞という結果であった。

2 台の DV カメラ (60Hz) を用い、助走路の側方から踏切準備および踏切局面における動作を撮影した。撮影した VTR 画像をデジタイズし、2 次元 DLT 法により身体各部の 2 次元座標を得た。得られた身体座標値から、身体重心の速度、下肢のセグメントおよび関節の角度、角速度を算出した (図 1)。なお、

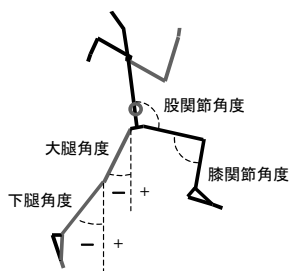


図 1 下肢の関節およびセグメント角度定義。セグメント角度が正の時は鉛直より前方に、負の時は後方にあることを示す

画像分析から得られた踏切足爪先位置を考慮した実測距離は、寺野、田川、志鎌選手それぞれ 8.25 m, 8.05 m, 7.76 m であった。

3. 結果および考察

図 2 は 3 選手の踏切 2 歩前接地から踏切離地時までの水平および重心鉛直速度の変化パターンを、図 3 は踏切前半および後半における水平、鉛直重心速度変化を示したものである。

図 2 に示したように、踏切接地時の水平速度は寺野選手が 9.98 m/s、田川、志鎌選手は 9.78m/s とほぼ同程度であった。しかし、寺野選手の踏切離地時の水平速度は 9.12 m/s と非常に大きく、鉛直速度も 3.42 m/s と獲得していた。このことから、寺野選手は踏切における水平速度の減少を抑え (-0.86 m/s)、なおかつ鉛直速度を大きくできたことが、実測 8.25 m という高いパフォーマンスを発揮することができた要因であろう。一方、田川選手は踏切における水平速度の減少は -1.12 m/s と小さかった。踏切離地時の水平速度は 8.66 m/s であったが、鉛直速度は 3.28 m/s と小さく、志鎌選手は踏切離地時の水平速度は 8.33 m/s、減速は -1.45 m/s と大きかったが、離地時の鉛直速度は 3.56 m/s と 3 選手の中で最も大きかった。これらのことから、田川選手は水平速度を維持する、志鎌選手は鉛直速度を大きく獲得するような跳躍であったと考えられる。また、図 3 に示したように、寺野選手は踏切後半における鉛直速度の増加が 1.64 m/s と大きく、前半では鉛直速度の増加が 1.85 m/s と小さかったが、水平速度の減少を -0.96 m/s と小さく抑えていた。田川、志鎌選手の鉛直速度について比較すると、踏切前半における増加は志鎌選手 (田川, 2.10 m/s ; 志鎌, 2.51 m/s)、後半の増加は田川選手の方が大きく (田川, 1.36 m/s ; 志鎌, 0.97 m/s)、踏切全

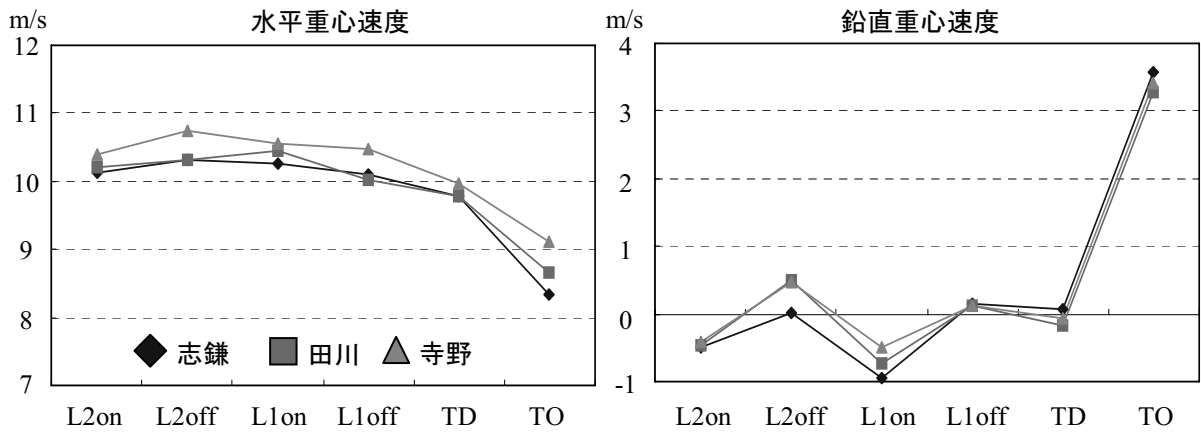


図2 踏切2歩前接地 (L2on), 2歩前離地 (L2off), 1歩前接地 (L1on), 1歩前離地 (L1off), 踏切接地 (TD), 踏切離地時 (TO) における寺野, 田川, 志鎌選手の水平および鉛直重心速度

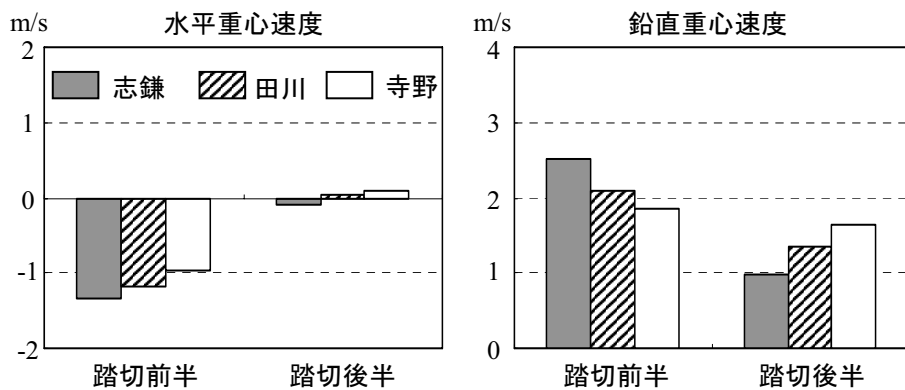


図3 寺野, 田川, 志鎌選手の踏切前半 (接地~膝最大屈曲) および後半 (膝最大屈曲~離地) における水平および鉛直重心速度変化

体の増加分はほぼ同程度であったが、踏切接地時の鉛直速度は志鎌選手の 0.08 m/s に対して田川選手は -0.18 m/s と下向き速度が大きく (寺野, -0.06 m/s)、このため踏切離地時の鉛直速度は志鎌選手の方が大きかった。

踏切準備局面についてみると、寺野選手は踏切2歩前接地時から非常に水平速度が大きく、踏切2歩前ではさらに加速し (0.34 m/s)、踏切1歩前における減速が小さい (-0.07 m/s) という特徴がみられた。田川, 志鎌選手の助走速度はほぼ同様であったが、踏切1歩前における田川選手の減速が大きかった (田川, -0.42 m/s ; 志鎌, -0.15 m/s)。また、志鎌選手は、踏切2歩前離地時の鉛直上向き速度を抑えていた (寺野, 0.46 m/s ; 田川, 0.51 m/s ; 志鎌, 0.02 m/s)。

図4は3選手の踏切準備および踏切局面における動作のスティックピクチャーを、図5は3選手の踏切2歩前接地から踏切離地における踏切脚および振上脚小腿および大腿角速度の変化を示したものである。

3選手の下肢セグメントおよび関節角度の特徴をまとめると以下の通りである (図4)。

[寺野選手]

- 踏切接地時の踏切脚膝関節角度が小さい (寺野, 161 deg ; 田川, 174 deg ; 志鎌, 170 deg)。
- 踏切における踏切脚膝関節最大屈曲角度が小さい (寺野, 133 deg ; 田川, 142 deg ; 志鎌, 146 deg)。
- 踏切1歩前接地時の遊脚大腿が大きく前方に位置している (寺野, $+46 \text{ deg}$; 田川, $+6 \text{ deg}$; 志鎌, $+7 \text{ deg}$)。
- 踏切1歩前接地時の支持脚小腿が後方に位置している (寺野, -6 deg ; 田川, $+5 \text{ deg}$; 志鎌, $+14 \text{ deg}$)。
- 踏切2歩前離地時の支持脚大腿がより前方に位置している (寺野, -20 deg ; 田川, -32 deg ; 志鎌, -33 deg)。

[田川選手]

- いずれの歩においても接地時の遊脚大腿がより後

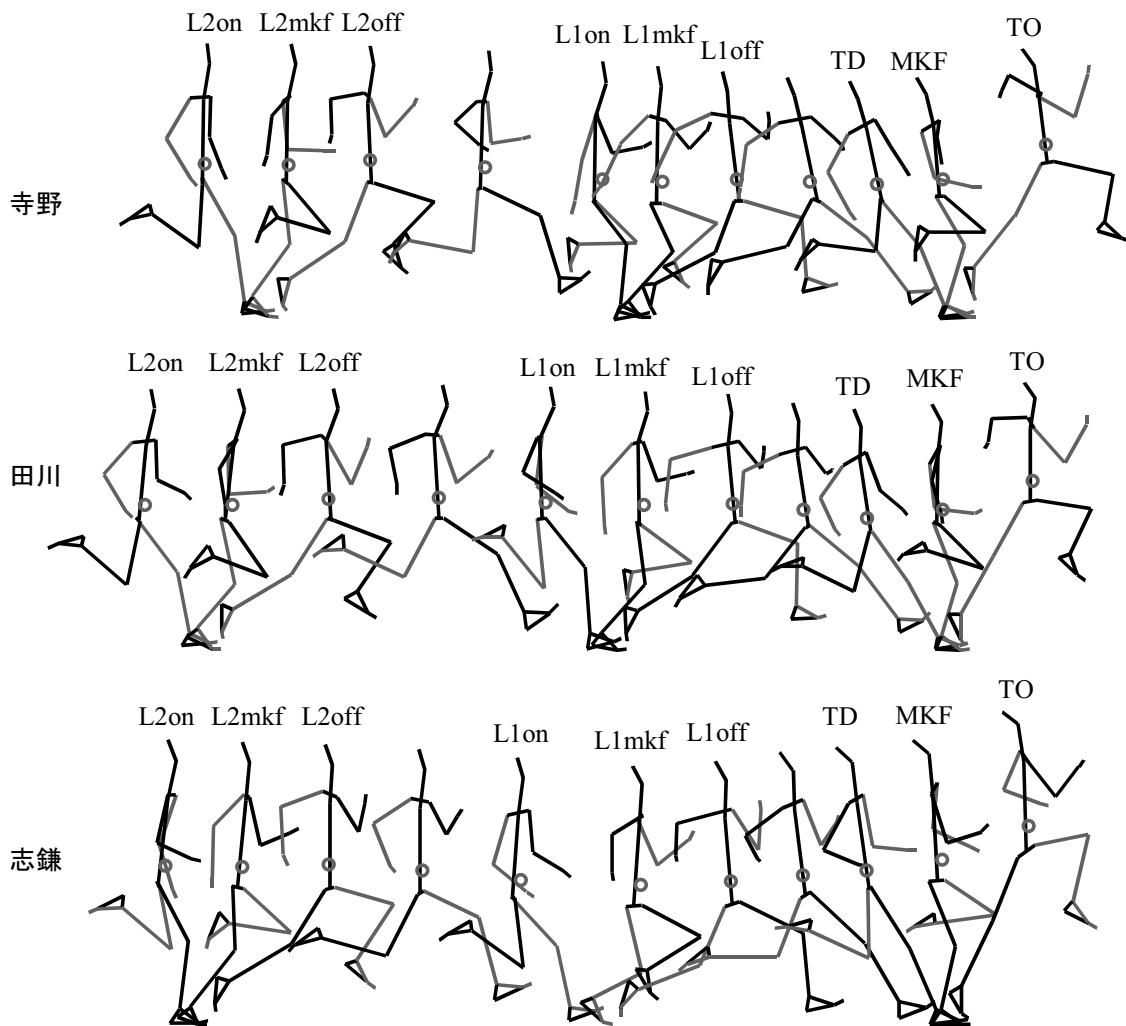


図4 踏切2歩前接地時から踏切離地時における寺野，田川，志鎌選手のスティックピクチャー．L2，L1はそれぞれ踏切2歩前，1歩前局面を，on，mkf，offはそれぞれ接地，支持脚膝関節最大屈曲，離地時を，TDは踏切接地，MKFは踏切脚膝関節最大屈曲，TOは踏切離地時を示す

方へ位置している（踏切2歩前，寺野， -3 deg ，田川， -12 deg ，志鎌， $+10\text{ deg}$ ；踏切，寺野， -5 deg ，田川， -15 deg ，志鎌， $+2\text{ deg}$ ）．

- 踏切2歩前および踏切1歩前離地時の支持脚大腿がより後方に位置している（寺野， -21 deg ；田川， -36 deg ；志鎌， -24 deg ）．

[志鎌選手]

- 踏切接地時に振上脚大腿がより前方に位置している．
- 踏切における踏切脚膝関節最大屈曲角度が大きい．
- 踏切1歩前接地時の遊脚大腿がより後方へ位置している．
- 踏切1歩前接地時の支持脚下腿がより前方に位置している．

また，3選手の下肢セグメントおよび関節角速度

の特徴は以下の通りである（図5）．

- ①寺野，田川選手は踏切接地後の支持脚下腿の後方回転速度が大きい．
- ②寺野選手は，踏切2歩前から1歩前の空中期における踏切脚大腿の前方回転速度が大きい．
- ③寺野選手は，踏切接地後に踏切脚大腿の後方回転速度の増加が大きい．
- ④寺野選手は，支持脚（振上脚）下腿の後方回転速度が踏切1歩前接地前から大きく，踏切1歩前支持中大きかった．
- ④志鎌選手は，踏切1歩前接地時の支持脚（振上脚）後方回転速度は小さかったが，踏切前半では大きく，後半では小さくなっていた．
- ⑤寺野選手は，踏切1歩前後半の支持脚（振上脚）大腿の後方回転速度が大きかった．

以上の結果をまとめると，踏切局面における寺野，田川選手の踏切前半の水平速度減少，鉛直速度増加

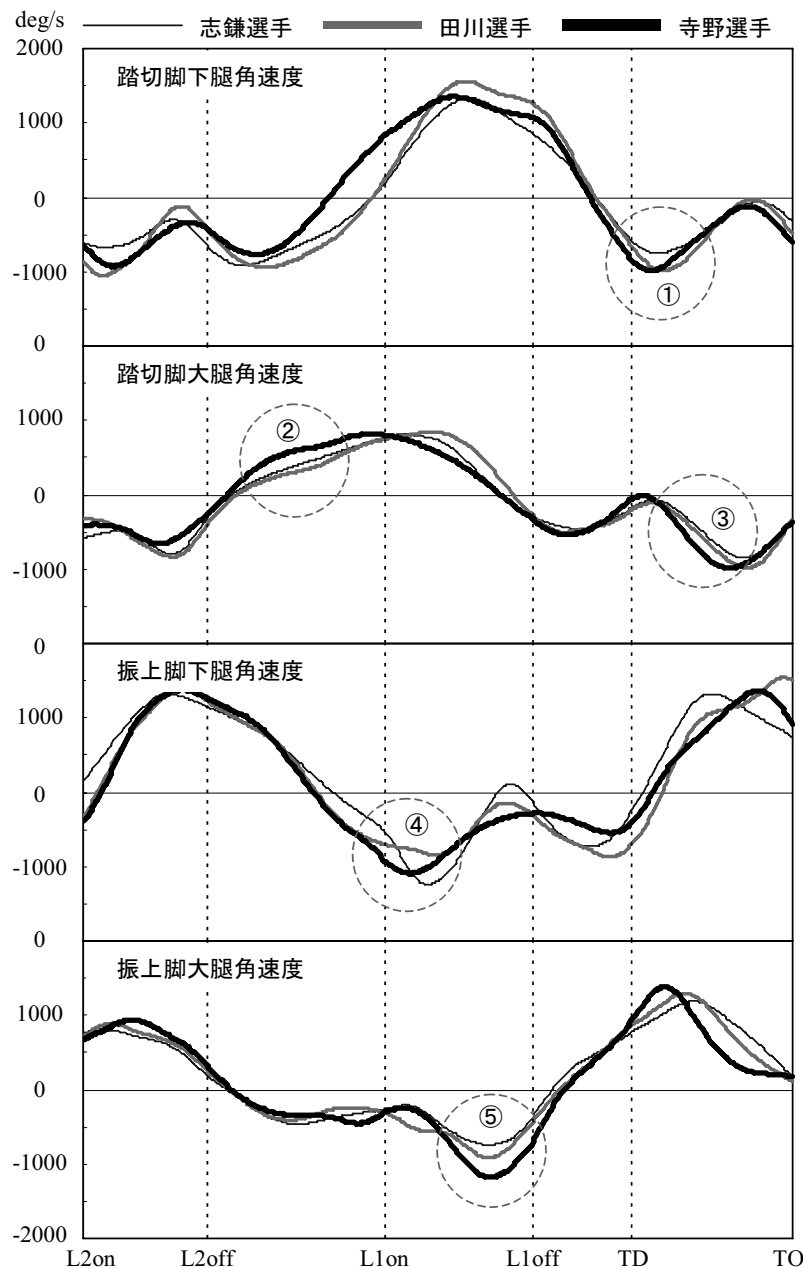


図5 踏切2歩前接地時(L2on)から踏切離地時(TO)における寺野, 田川, 志鎌選手の踏切脚および振上脚下腿, 大腿角速度の変化. 正の時は前方回転, 負の時は後方回転する. L2offは踏切2歩前離地時, L1on, L1offはそれぞれ1歩前接地, 離地, TDは踏切接地を示す. データは踏切時間を基準に各支持期, 空中期の時間で規格化している

が小さかったのは, 踏切接地後の踏切脚下腿の後方回転速度が大きい(①), つまり膝をすばやく屈曲して踏切接地後の衝撃を吸収していたためと考えられる. また, 寺野選手は, 踏切接地後の踏切脚大腿の後方回転速度増加が大きく(③), 踏切脚下腿の後方回転速度を他の選手より早い段階で上回っていた. つまり, 膝関節が屈曲から伸展へと移行するタイミングが早く, 踏切後半の鉛直速度を大きく獲得することができた要因と考えられる. 一方, 志鎌選手は, 接地後の踏切脚下腿の後方回転速度が小さい(③), つまり膝の屈曲速度が小さく衝撃に抗するよ

うな踏切動作を行い, 踏切前半において大きな鉛直速度を獲得していたと考えられる. 志鎌選手の特徴として, 踏切接地時に振上脚大腿をより引きつけて接地していたことは, 接地中の膝の屈曲を抑えるのに役立っていたと考えられる.

踏切1歩前では, 寺野選手の水平速度の減少が非常に小さかったが, これは遊脚(踏切脚)を大きく引きつけて接地することができていたためであると考えられる. これは, 踏切への準備として踏切1歩前離地時まで十分に遊脚を引き出しておく必要があるが, 1歩前接地時に遊脚が後方に位置していると

引き出すのに時間を要し、それだけ水平速度のロスをとまなうためである(小山ら, 2005)。また, 1歩前接地後の支持脚(振上脚)下腿の後方回転速度が大きかったこと(④), 1歩前後半の支持脚大腿の後方回転速度が大きかったこと(⑤), つまり前半では膝をすばやく屈曲し, 後半では股, 膝関節をすばやく伸展させていたことも水平速度を維持することができた要因の一つであると考えられる。踏切1歩前における減速は田川選手の方が志鎌選手よりも大きかったが, 1歩前における減速量に差はなく(寺野, -0.10 m/s; 田川, -0.52 m/s; 志鎌, -0.54 m/s), 志鎌選手は加速量が大きかった(寺野, 0.03 m/s; 田川, 0.09 m/s; 志鎌, 0.39 m/s) ためにこのような結果となっていた。田川, 志鎌選手の減速が大きかった要因としては, 踏切1歩前接地時に遊脚の引きつけが遅れたこと, 1歩前接地後の支持脚下腿の後方回転速度が小さかったこと(④), 志鎌選手に関しては1歩前接地時に支持脚下腿がより前方に位置していたことが考えられる。

各歩の遊脚の引きつけについてみると, 踏切では志鎌選手に比べ, 寺野, 田川選手は振上脚の引きつけが遅れていた。寺野選手は踏切1歩前離地時の支持脚(振上脚)大腿は最も前方へ位置していたが, 後方回転速度が最も大きかったこと, 田川選手は1歩前離地時の支持脚大腿が最も後方へ位置していたことにより, それぞれ踏切接地時まで振上脚を引きつける十分な時間が取れなかったと考えられる。踏切1歩前では, 寺野選手は遊脚(振上脚)大腿を大きく引きつけて接地することができていたが, これは踏切2歩前離地時に支持脚(振上脚)大腿がより前方に位置しており, さらに2歩前から1歩前の空中期における支持脚大腿の引きつけ速度が大きかった(②)ことが要因であると考えられる。

寺野選手の水平速度は1991年東京世界陸上男子走幅跳決勝進出者平均の踏切離地時重心水平速度(8.97 m/s, 深代ら, 1994)と比較しても高いレベルにあり, 今後の課題としては踏切前半における鉛直速度の獲得であると考えられる。そのためには, 踏切前半で身体の起こし回転を利用し, より踏切脚膝関節を突っ張るような動作が必要であると考えられる。志鎌選手の課題の一つとして, 踏切1歩前において水平速度の増減が大きいことがあげられ, 水平速度の減少を抑えるためには踏切1歩前における遊脚の引きつけ, 支持脚下腿を前に出さないといった動作の改善が有効であると考えられる。田川選手は, いずれの歩においても遊脚の引きつけが遅れており, よりすばやい脚の引きつけ動作の習得が課題

となると考えられる。また, 田川選手は踏切における鉛直速度変化は他の選手と変わらなかったが, 踏切離地時の鉛直速度が小さかったことから, 効果的な踏切を行うためには踏切接地時の鉛直下向き速度を抑えることが課題となると考えられる。

参考文献

- 深代千之, 若山章信, 小嶋俊久, 伊藤信之, 新井健之, 飯干明, 淵本隆文, 湯海鵬(1994) 走幅跳のバイオメカニクス. 世界一流競技者の技術(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)(pp. 135-151). ベースボール・マガジン社.
- 小山宏之, 村木有也, 阿江通良(2005) 走幅跳の踏切準備動作に関するキネマティクスの研究(ポスター発表). 日本スポーツ方法学会第16回大会. 山形大学, 3月21日.

2003 棒高跳び日本選手権上位入賞者の動作分析

林 忠男¹⁾ 小林史明¹⁾

1) 日本体育大学

1. はじめに

男子棒高跳び競技においては2002年以来、毎年日本記録が更新されており、ここ数年めざましい進歩がおこなわれている。しかしながら国際大会において入賞するレベルには、いまだ到達できていないのが現状である。本研究では2003年度日本選手権において記録された5m75cmの日本記録時の跳躍動作を中心に、国内エリート選手の踏切前後の技術を分析し今後のさらなる記録更新の一助にすることを目的とする。

2. 方法

2003年6月8日におこなれた2003年度日本陸上競技選手権における男子棒高跳び競技の上位入賞者3名：澤野大地選手、小林史明選手、安田覚選手の最高記録時の踏切り動作を2台のハイスピードカメラで250コマ/秒で撮影し、3次元DLT法を用いて踏切り局面を分析した。

3. 結果

図1は各選手の踏切り動作をスティックピク

チャーであらわしたものである。各図は每秒250コマで作成したものを約20コマおきに表示したものである。進行方向は左から右で、左から2フェーズ

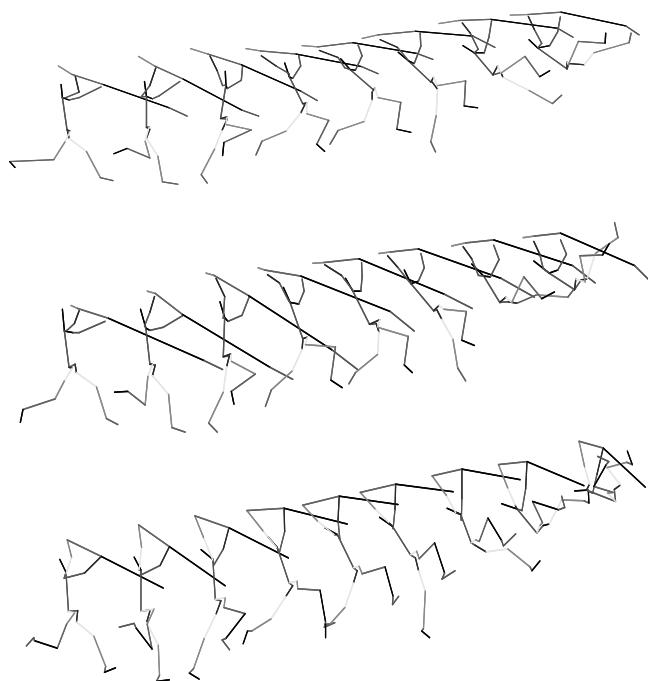


図1. 安田選手、小林選手、澤野選手の踏切り動作スティックピクチャー。ポールは中央部から把手側のみを表示している。

表1 各選手のプロフィール

	澤野大地選手	小林史明選手	安田覚選手
身長	182cm	180cm	175cm
体重	68kg	71kg	68kg
ベスト記録	5m80cm(2004.6)	5m71cm(2002.8)	5m50cm
2003日本選手権記録	5m75cm(当時日本新記録)	5m40cm	5m40cm

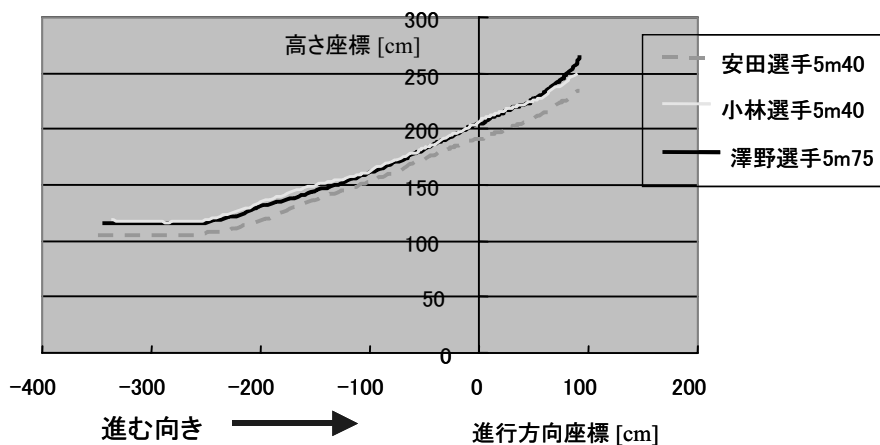


図 2. 各選手の身体重心の位置変化。図中の曲線は進行方向を X 軸、高さ方向を Z 軸にとった時の XZ 平面への重心座標の投影成分をあらわしている。X = 0 はボックス先端から 2 m 助走路側の位置を示している。

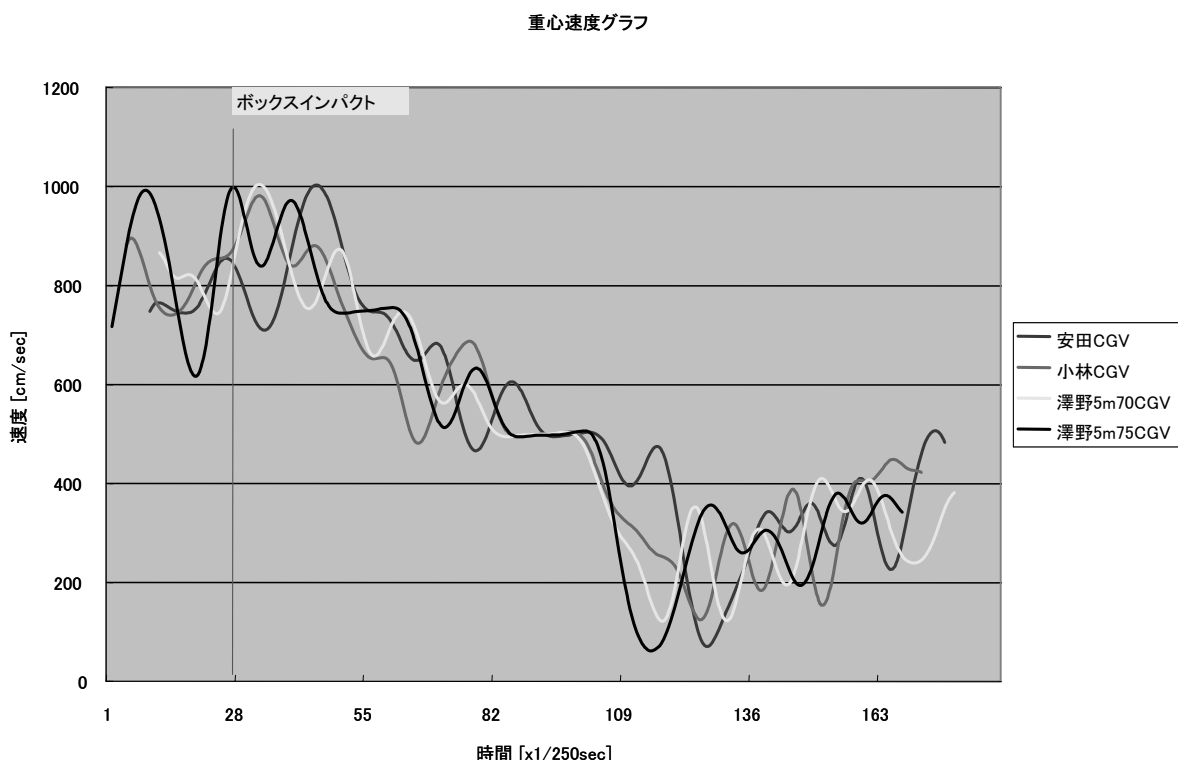


図 3. 各選手の身体重心の速度グラフ。横軸は 1/250 秒を単位とする時間を表し、縦軸は速度を cm/ 秒で表したものである。データはローパスフィルタにより 10Hz 以下のデータを遮断している。

目と 3 フェーズ目の間で各選手ともボックスインパクト（ポール先端がボックスに激突した瞬間）を迎えている。

図 2 は各選手の身体重心位置を表したグラフである。横軸 (X 軸) はボックス先端を 200 cm としたときの進行方向座標で、縦軸 (Z 軸) は助走路面を 0 cm としたときの高さを表している。各色の曲線は安田選手、小林選手、澤野選手それぞれの身体重心の XZ 平面への投影成分を表している。

図 3 は踏切り時の身体重心速度をグラフ化したも

のである。横軸は時間で単位は 1/250 秒、すわわち毎秒 250 コマで分析した際のコマ数、縦軸は速度で単位は cm/ 秒を表している。フィルタとして Butterworth のローパスフィルタを用いて、10Hz 以上の周波数データをノイズとして遮断した。図中のタテ細線はボックスにポール先端が激突した瞬間を表しており、各試技のその瞬間を重ねて同期させた。

図 4 はボックスインパクト時の重心の速度ベクトルの XZ 平面投影成分を表している。矢印の大きさが速度の大きさを、矢印が速度の向きを表している。

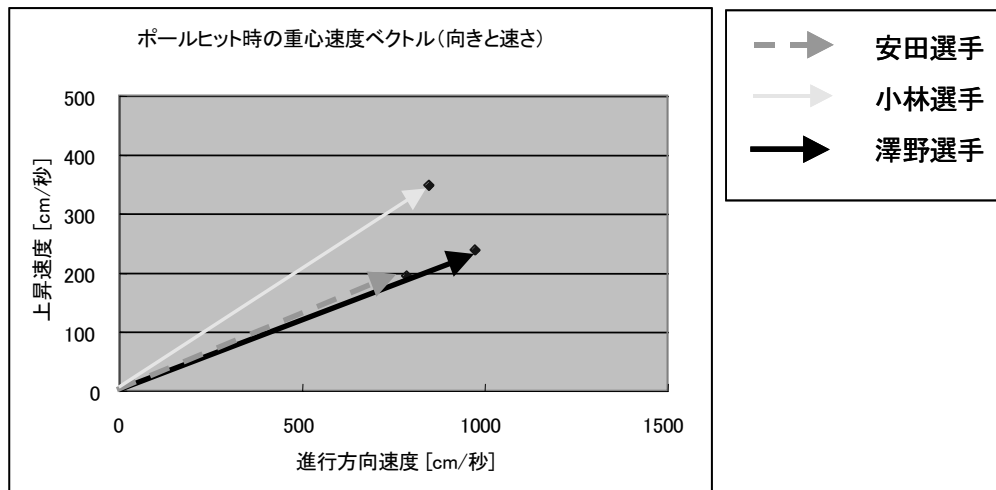


図4. ボックスインパクト時の重心の速度ベクトルのXZ平面投影成分。矢印が速度ベクトルを表しており、上から小林選手、安田選手、澤野選手の順。横軸は進行方向（X軸方向）速度成分、縦軸は上昇速度（Z軸方向）成分。いずれも単位はcm/秒。

上から小林選手、安田選手、澤野選手の順である。横軸は進行方向（X軸方向）速度成分、縦軸は上昇速度（Z軸方向）成分でいずれも単位はcm/秒を示している。

4. 考察

図3の重心速度グラフからボックスへのインパクト前後で各選手とも10m/秒前後の重心速度を得ていることがわかる。しかしながら小林選手、および安田選手の記録は5m40cmであるのに対して、澤野選手は5m75cmと大きく異なっている。このことは重心速度が大きくとも、かならずしもパフォーマンスが高くなるわけではないことを示唆している。

一方、図2の身体重心位置グラフからは各選手の重心軌跡が読み取れるが、小林選手は踏切りの前半で高い軌跡を描き、安田選手は踏切り後半で高い軌跡を描いていることがわかる。これに大して澤野選手は踏切り中の重心軌跡はあまり上昇せず、踏切り後しばらくしてから一気に上昇していることがよみとれる。

このことは図4のボックスインパクト時の重心の速度ベクトルからも明らかで、小林選手、安田選手と比較して、澤野選手は低く大きな速度ベクトルを示している。

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

武田 理¹⁾ 村木有也¹⁾ 小山宏之¹⁾ 阿江通良²⁾
1) 筑波大学大学院 2) 筑波大学体育科学系

1. はじめに

棒高跳は、ポールを使って跳躍し、跳躍高を競う競技である。ポールの材質の改良に伴い記録は向上し、現在では大きく湾曲するグラスファイバー製のポールの登場により世界記録は6m14(S. ブブカ, ウクライナ)まで引き上げられている。そのためポールの大きな湾曲は棒高跳において記録を高めるのに重要な要素であると考えられる。しかし、これまでにポールの曲がり方に関する研究はほとんど見られないのが現状である。そのため本研究では、ポールの曲がり方に着目し、身体重心速度などとの関係について報告する。

2. 方法

VTR撮影は、2003年から2004年にかけて行われた公認陸上競技会における棒高跳に出場した国内外一流選手および学生競技者計15名を分析対象者とした(表1)。VTRカメラは競技場のメインスタンド最前列に水平に固定し、踏切からクリアランスまでを撮影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テープの一部は日本陸連科学委員会が撮影したものである。

データ処理

撮影したVTR画像から、踏切2歩前離地からポール伸展後15コマまでの動作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、身体計測点23点、およびポール上の計測点9点の計32点の座標を得た。得られた座標は2次元DLT法を用いて実座標に換算した。分析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ら1980)、Butterworth low-pass digital filterを用いて行った。X座標(水平)が4.2~8.4Hz、Y座標(鉛直)が4.8~8.4Hzの範囲であった。

算出項目

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、阿江ら(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。重心速度は重心変位を時間微分して算出し、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踏切局面における重心水平速度減速率

踏切脚の膝関節が最も屈曲した時点を踏切中間点(MKF)とし、踏切足接地(TD)から踏切中間点まで(踏切前半)、踏切中間点から踏切足離地(TO)まで(踏切後半)、TDからTOまで(踏切全体)の、各局面における重心水平速度減速率を以下の式で算出した。

踏切前半の減速率 : $DRTD-MKF = (VMKF - VTD) / VTD \times 100$

踏切後半の減速率 : $DRMKF-TO = (VTO - VMKF) / VMKF \times 100$

踏切全体の減速率 : $DRTD-TO = (VTO - VTD) / VTD \times 100$

ここで、VMKFは踏切中間点の重心水平速度、VTDは踏切足接地時の重心水平速度、VTOは踏切足離地時の重心水平速度である。

③ポール湾曲率

ポールの上端と下端を結んだ線分の長さを弦長とし、湾曲開始から伸展終了までの弦長を算出した。ポール伸展時の弦長に対する各時点の弦長の比率をポール湾曲率(以下の式)とし、最も湾曲率が大きい時点を最大湾曲時(MBP)とした。

ポール湾曲率 = $100 - (\text{各時点の弦長} /$

表1 踏切接地時，中間点，離地時における重心水平および鉛直速度，跳躍角，記録

分析対象者	踏切足接地時			踏切中間点		踏切足離地時		跳躍角(deg)
	記録(m)	水平(m/s)	鉛直(m/s)	水平(m/s)	鉛直(m/s)	水平(m/s)	鉛直(m/s)	
A	5.50	9.63	-0.53	8.56	1.78	7.52	2.19	18.24
B	5.80	9.40	0.20	8.20	2.46	7.71	2.57	18.79
C	5.40	9.11	0.11	8.16	2.04	7.50	2.17	16.96
D	5.20	8.66	-0.16	7.65	2.32	7.12	2.06	18.54
E	6.04	9.31	0.49	8.34	1.97	8.13	2.37	16.25
F	5.20	9.05	-0.71	8.14	1.55	7.33	2.16	17.86
G	5.20	9.05	0.26	7.59	2.35	6.96	2.29	19.51
H	5.50	8.89	0.29	7.55	2.84	7.09	2.14	18.08
I	5.40	8.94	0.28	7.62	2.55	6.81	2.39	19.90
J	5.20	8.92	-0.05	7.46	1.76	6.81	2.49	20.68
学生A	5.20	8.67	-0.12	7.74	1.31	6.94	1.95	16.59
学生B	5.20	9.46	-0.62	7.79	2.53	7.22	2.86	21.25
学生C	4.60	8.40	0.27	6.87	2.58	6.26	2.79	24.79
学生D	4.20	8.40	0.32	6.98	2.29	6.23	2.51	22.36
学生E	4.60	8.61	-0.043	7.29	2.09	6.32	2.77	23.69
平均±標準偏差	5.21±0.47	8.96±0.38	-0.001±0.37	7.73±0.48	2.16±0.43	7.06±0.54	2.38±0.28	19.57±2.56

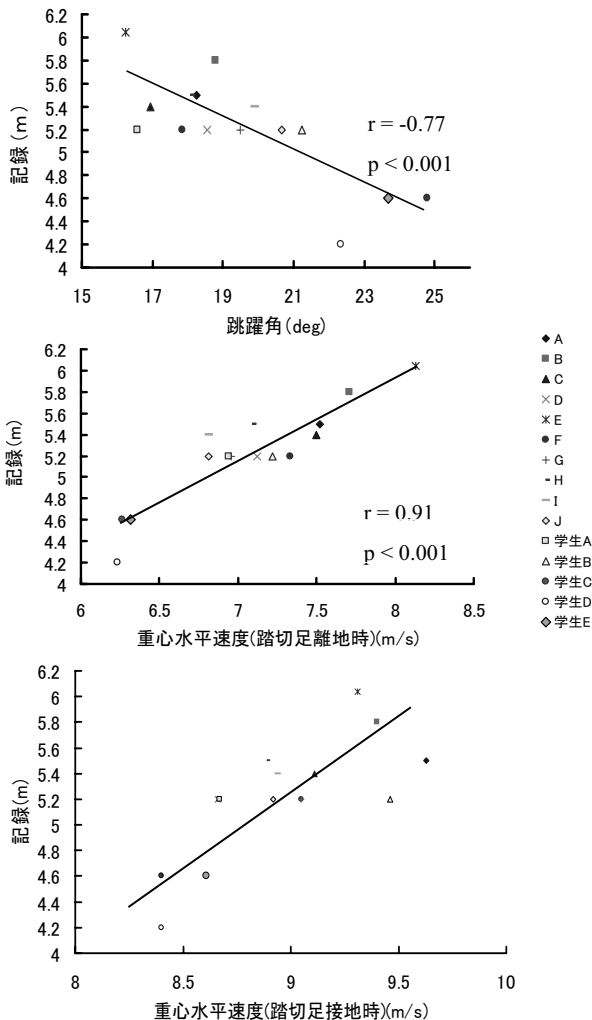


図1 跳躍角および重心水平速度と記録の関係

ポール伸展時の弦長) × 100

⑤ポール最大湾曲点

最大湾曲時におけるポール各部分の曲率半径を次式で算出し、曲率半径の最も小さい点を最大湾曲点とした。そして、ポールの下端から最大湾曲点まで

の各部分長の総和を、最大湾曲時のポール長で除すことにより、最大湾曲点の相対位置を算出した。

$$R_i = L_i / (\theta_{i+1} - \theta_i)$$

ここで、 R_i はポール部分 i の曲率半径、 θ_i および θ_{i+1} はポール各部分とが水平となす角度、 L_i はポール部分 i の部分長を示している。曲率半径が小さいと湾曲が大きいことを示す。

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、有意水準は5%以内とした。

3. 結果と考察

3.1 重心速度および跳躍角

表1は分析対象者の踏切足接地時、中間点、離地時における重心速度、跳躍角などを示したものである。平均で見ると、重心水平速度は踏切足接地時が最も大きく (8.96 ± 0.38 m/s)、踏切足離地時 (7.06 ± 0.54 m/s) にかけて減少した。鉛直速度は踏切足接地時 (-0.001 ± 0.37 m/s) が最も小さく、中間点をへて、踏切足離地時 (2.38 ± 0.28 m/s) にかけて増加していた。

図1は分析対象者の記録と踏切足接地時と離地時における重心水平速度および跳躍角の関係を示したものである。重心水平速度と記録との間には有意な正の相関が見られた ($r = 0.91, p < 0.001$)。また、跳躍角と記録との間にも有意な負の相関が見られた ($r = -0.77, p < 0.001$)。

3.2 重心水平速度減速率

表2は踏切局面における重心水平速度減速率および記録に対する相関係数を示したものである。平均

表2 踏切局面における重心水平速度減速率および記録との相関係数

分析対象者	DR TD-MKF(%)	DR MKF-TO(%)	DR TD-TO(%)
A	-11.1	-12.1	-21.9
B	-12.8	-6.0	-18.0
C	-10.4	-8.1	-17.7
D	-11.7	-6.9	-17.8
E	-10.4	-2.5	-12.7
F	-10.1	-10.0	-19.0
G	-16.1	-8.3	-23.1
H	-15.1	-6.1	-20.2
I	-14.8	-10.6	-23.8
J	-16.4	-8.7	-23.7
学生A	-10.7	-10.3	-20.0
学生B	-17.7	-7.3	-23.7
学生C	-18.2	-8.9	-25.5
学生D	-16.9	-10.7	-25.8
学生E	-15.4	-13.2	-26.6
平均±標準偏差	-13.8±2.9	-8.7±2.7	-21.3±3.8
相関係数	0.60	0.67	0.83
	($p < 0.05$)	($p < 0.01$)	($p < 0.001$)

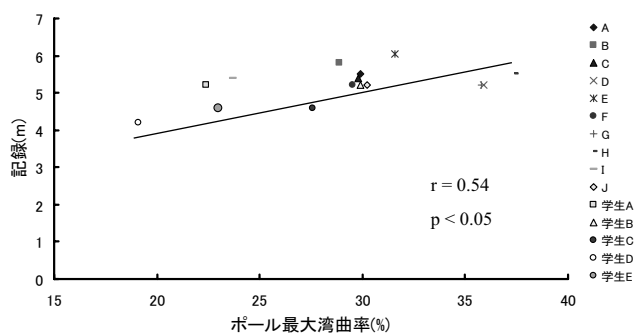


図2 ポール最大湾曲率と記録の関係

では、踏切前半の減速率は後半より大きかったが（前半 $-13.8 \pm 2.9\%$ ；後半 $-8.7 \pm 2.7\%$ ）、一流選手A、およびEのように後半の減速率が大きい選手も見られた。一方、一流選手Eは後半の減速率が -2.5% と小さい値を示した。踏切全体の重心水平速度減速率と記録との間には有意な正の相関が見られ ($r=0.83, p<0.001$)、踏切前半および後半においても有意な正の相関が見られた（前半 $r=0.60, p<0.05$ ；後半 $r=0.67, p<0.01$ ）。

3.3 ポールの湾曲

図2は記録とポール最大湾曲率の関係を示したものである。記録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 ($r = 0.54, p < 0.05$)。図3はポール最大湾曲率と跳躍角および重心速度との関係を示したものである。跳躍角、重心水平速度とポール最大湾曲率との間には有意な相

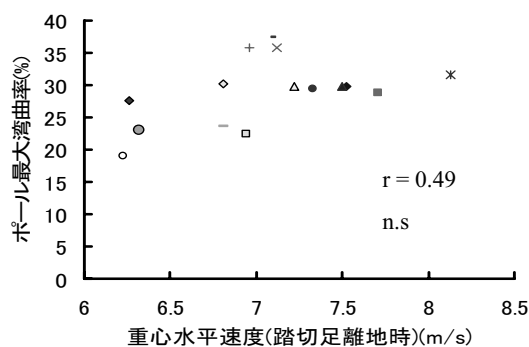
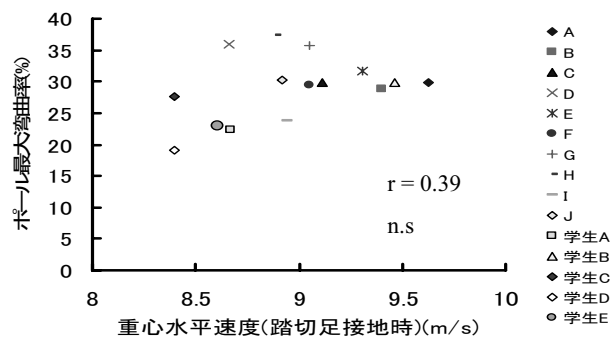
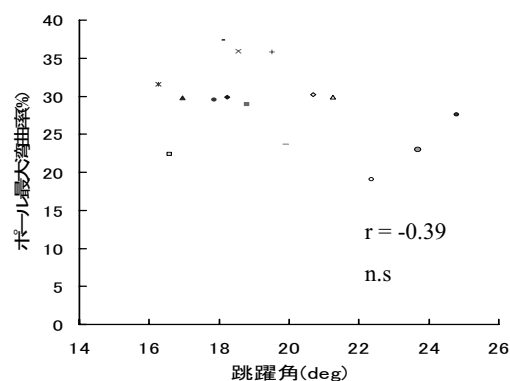


図3 重心速度および跳躍角とポール最大湾曲率の関係

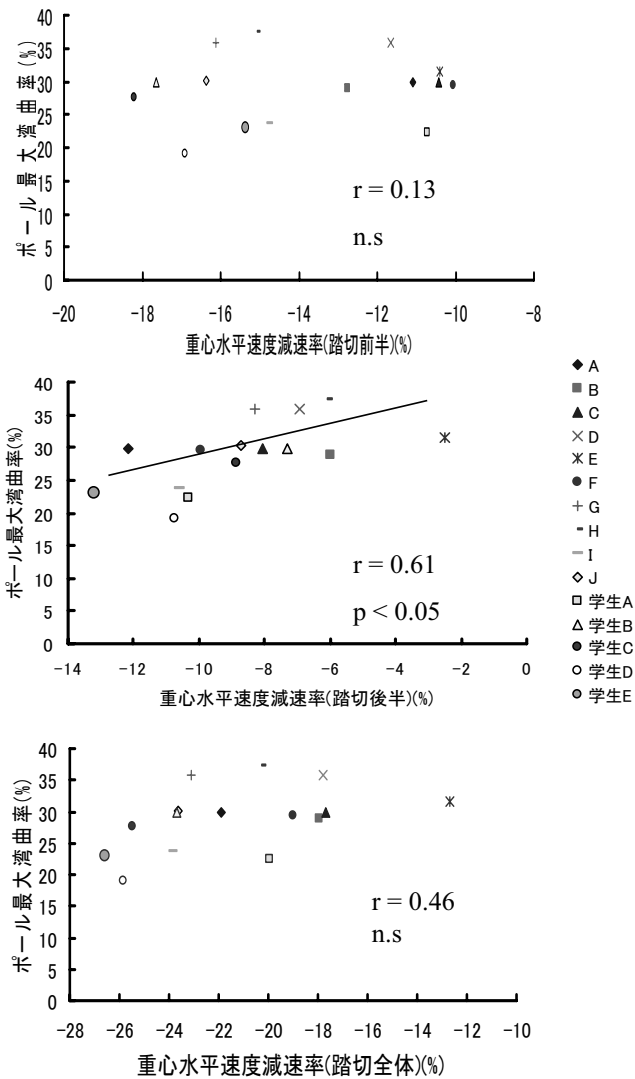


図4 重心水平速度減速率とポール最大湾曲率の関係

関は見られなかった。

図4は踏切における重心水平速度減速率とポール最大湾曲率との関係を示したものである。踏切前半および踏切全体の重心水平速度減速率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が、踏切後半の重心速度減速率との間には有意な正の相関が見られた ($r = 0.61$, $p < 0.05$)。

図5はポール最大湾曲点と記録との関係を示したものである。両者間には有意な関係は見られなかった。しかし、両者の関係は最大湾曲点が55～70%あたりで高い記録を示すものが多い2次曲線的傾向が見られた。

4. まとめ

本分析では、ポールの湾曲やポールの最大湾曲点と記録との関係について明らかにできた。ポールの

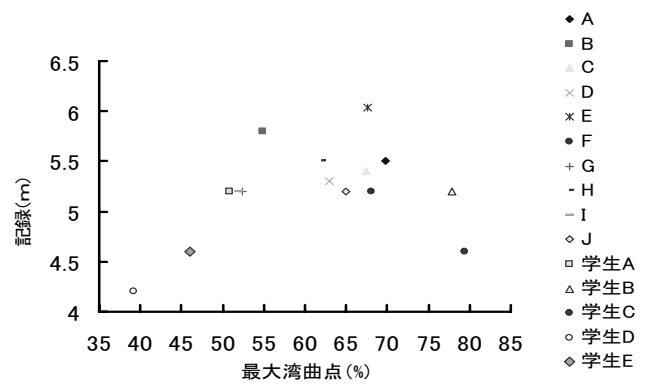


図5 ポール最大湾曲点と記録の関係

湾曲は記録を高めるために重要な要素の一つであると考えられ、ポールの最大湾曲位置についても2次曲線的な関係を示すことからポールの湾曲には記録を高めるために最適な位置が存在すると考えられる。また、ポールを大きく湾曲させる要因については、踏切後半での重心水平速度の減速が関与していることから、踏切局面での減速を抑える動作が重要であると考えられる。今後は、踏切での減速の要因など跳躍者の動作を明らかにすることでポールの湾曲を大きくする要因、ポールの最適な位置を湾曲させるための動作など詳細な関係が明らかにできると考えられる。そのため今後は、3次元分析に発展させ、より詳細な分析を行う必要があると考えられる。

女子棒高跳のバイオメカニクスの分析

吉原 礼¹⁾ 武田 理²⁾ 村木有也²⁾ 小山宏之²⁾ 阿江通良³⁾
1) 筑波大学体育専門学群 2) 筑波大学大学院 3) 筑波大学

I. はじめに

本報告では、競技会における日本一流女子棒高跳選手と学生選手の踏切から振り上げ動作までを分析し比較した。

II. 方法

1. 被験者

水戸国際陸上(2004.5.5)の上位3選手と大学競技会(2004.9.4)に出場した学生2選手を被験者とした。被験者の特性は表1に示す。以下の5人の被験者は全員左足踏切であった。

表1 被験者の特性

		身長(m)	体重(kg)	分析試技
水戸国際陸上	中野	1.66	57	4m31
	近藤	1.60	56	4m10
	小野	1.61	51	4m10
大学競技会	Y.A	1.63	53	3m50
	Y.M	1.59	50	3m40

2. 撮影方法

水戸国際陸上、大学競技会ともに、2次元動作分析を行うために1台のビデオカメラ(60 f / s)を助走方向に対して右側に設置し、撮影を行った。撮影範囲はボックス上(アップライト0 m)から助走路側に6 mとし、踏切1歩前からクリアランス手前までの撮影が可能であった。

3. データ処理方法

撮影したビデオテープから2次元DLT法により2次元座標を収集し、以下の項目を用いて分析した。

- (1) 身体重心の速度と減速率、跳躍角
- ・ 身体重心の速度の変化(水平、鉛直)

- ・ 減速率

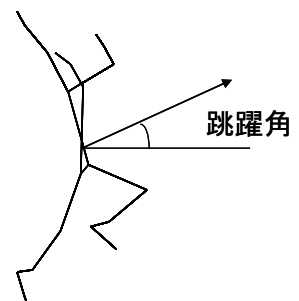
$X_{on} - X_{off} / X_{on}$ を減速率とした。

ただし、踏切足接地の瞬間の重心水平速度： X_{on}

踏切足離地の瞬間の重心水平速度： X_{off}

- ・ 跳躍角

踏切足離地時の重心速度ベクトルが水平面となす角



- (2) 身体各部位の角度

- ① ポールー右腕角度

右手、左手を結んだ線と右手、右肩を結んだ線の角度とした。

- ② 左肘関節角度

上腕と前腕のなす角を肘関節角度とした。



図1 角度定義

- (3) 右肩に対する右手の相対速度

III. 結果

1. 跳躍フォーム

図1～3は各選手の踏切1歩前から振り上げまでの動作フォームのスティックピクチャーを示したものである。また、表2は踏切足接地時・離地時の重心速度、減速率、跳躍角を示したものである。表2

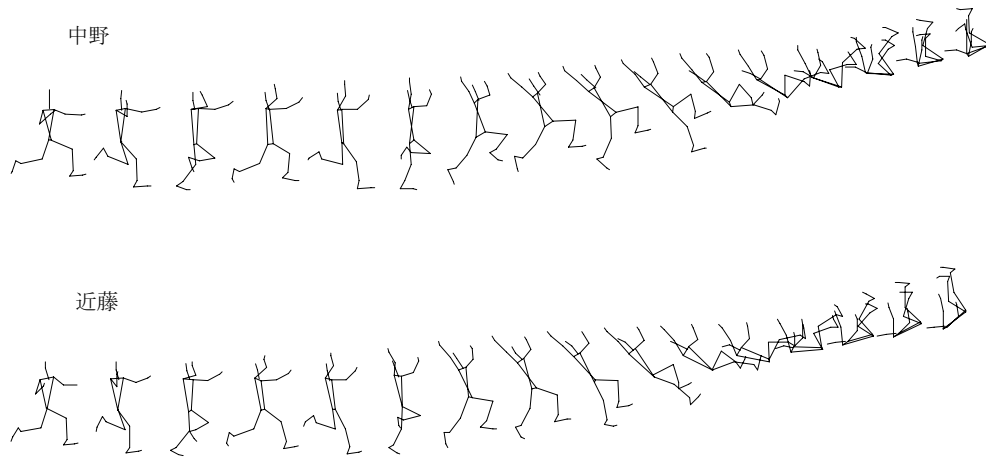


図2 中野、近藤の跳躍フォーム

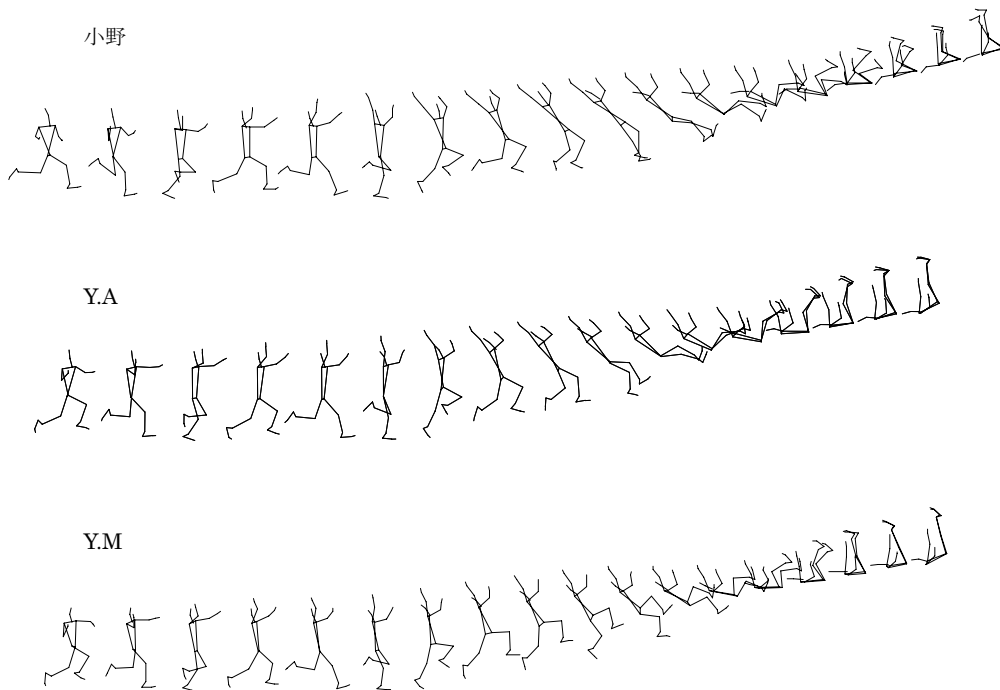


図3 小野、学生選手の跳躍フォーム

表2 踏切足接地時・離地時の重心速度、減速率、跳躍角

	接地時重心速度(m/s)		離地時重心速度(m/s)		減速(m/s)	減速率(%)	跳躍角(度)
	水平	鉛直	水平	鉛直	水平	水平	
中野	7.81	0.21	6.70	2.31	-1.11	14.2	19.0
近藤	7.98	-0.06	6.64	2.33	-1.34	16.8	19.3
小野	7.80	-0.01	6.23	2.41	-1.57	20.1	21.1
Y.A	6.85	0.58	5.74	2.65	-1.11	16.2	24.8
Y.M	6.93	0.20	5.46	2.84	-1.47	21.2	27.4

を見ると、中野、近藤、小野の踏切足接地時の重心水平速度が学生選手に比べて大きく、高い助走速度が得られていることがわかる。減速率は中野が最も小さく、Y.Mが大きい。踏切足離地時の重心鉛直速

度は中野、近藤、小野の3選手の値が学生選手に比べて小さい。また、跳躍角も中野、近藤、小野の3選手の値が学生選手に比べて小さい。このことから一流選手は鉛直上方向への跳び出しを抑えて前方向

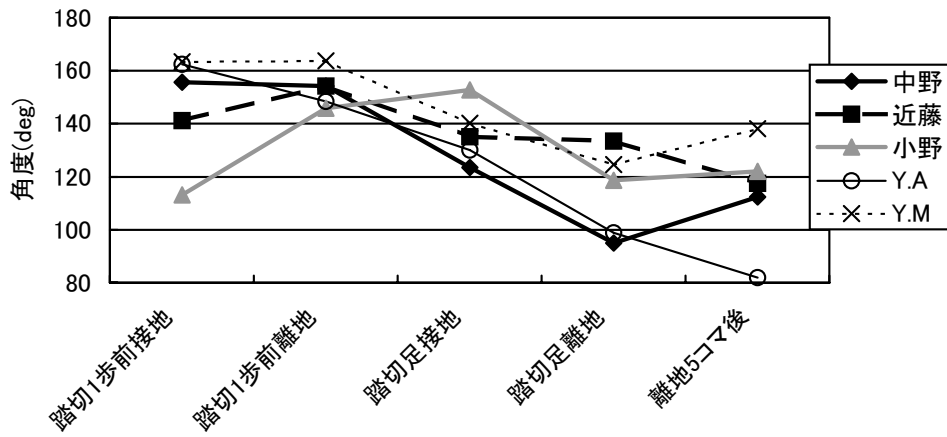


図4 ポール—右腕角度の変化

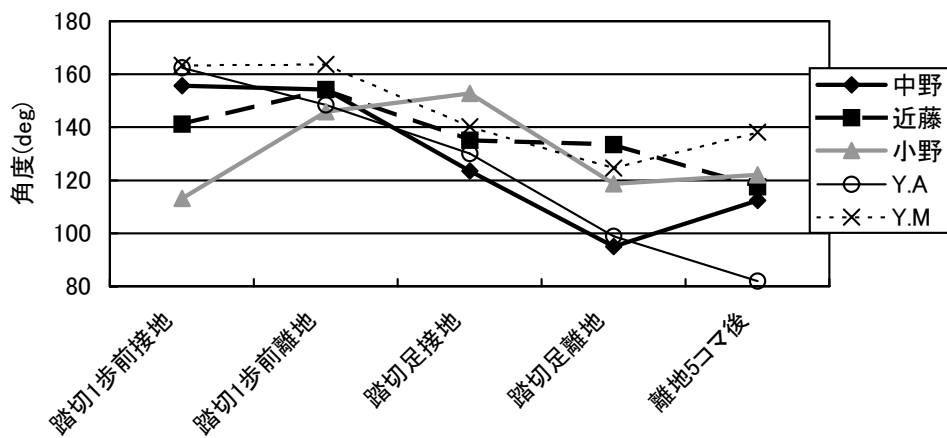


図5 左肘関節角度の変化

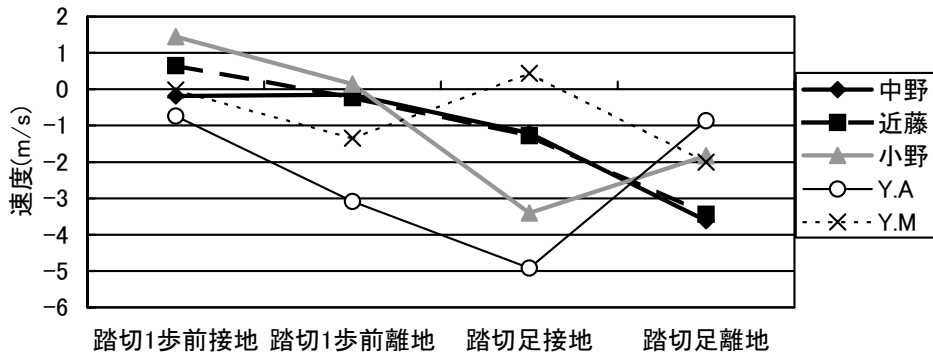


図6 右肩に対する右手の相対速度の変化

へ飛び出していることがわかる。

2. 角度変化

図4はポール—右腕角度の変化である（踏切足接地から体幹部が水平に達するまでを示した）。踏切足離地時とその後の角度が小野、Y.Aは他の3選手に比べて小さいことがわかる。踏切足離地後の変化で特にY.Aの値は小野に比べても小さくなっており、踏切足離地後に左肘がつぶれてポールと身体とが近づいている可能性がある。中野、近藤、小野は

学生選手と比較すると、振り上げ動作の途中、体幹部が水平に達するまでにポール—右腕角度が大きくなる局面があり、ポールと身体との間に空間が保たれていると考えられる。

図5は左肘関節角度の変化である。小野は踏切足1歩前から踏切足接地までに値が大きくなる。すなわち、肘関節を伸展させながら踏切足接地に入るといふ他の選手にはみられない特徴があった。近藤は踏切足接地から離地の間で左肘関節の屈曲がほとんどない。中野、Y.Mは踏切足離地後に左肘関節が伸

展し、小野もわずかに伸展している。しかし、Y.A は踏切足接地から踏切後まで大きな左肘関節の屈曲がみられる。

3. 右肩に対する右手の相対速度

図6は右肩に対する右手の相対速度（水平方向）を示したものである。右肩に対して後方へ移動すると負の値を示す。中野、近藤は踏切1歩前接地から踏切足接地までに右手を右肩の上方かやや後方に上げてポールを出している、その後、肩が先行するように踏切を行い、離地している。小野、Y.Aは踏切1歩前から踏切足接地から踏切足接地までに右手を右肩の後方へ上げて踏切に入っている。Y.Mは踏切足接地時には右肩に対して右手が先行するよう前方向へポールを出している。

IV. 参考文献

- 淵本隆文，高松潤二，阿江通良（1994）：棒高跳の動作学的分析，世界一流競技者の技術．ベースボールマガジン社，東京，pp. 193-204.
- Hay JG（1976）：Pole vaulting: a mechanical analysis of factors influencing pole-bend. Res Quart 38 : 34-40.
- 武田理，小山宏之，村木有也，阿江通良（2004）：男子一流棒高跳選手の動作分析－踏切における減速について－，日本陸連科学委員会研究報告，第3巻1号，pp. 91-102.

日本陸上競技連盟バイオメカニクス研究班 男子一流ハンマー投選手のバイオメカニクスの分析

岡本 敦¹⁾ 池上康男²⁾ 桜井伸二³⁾

1) 名古屋経営短期大学 2) 名古屋大学 3) 中京大学

1. はじめに

2004年8月22日(日本時間23日午前3時15分から)にアテネオリンピック男子ハンマー投げ決勝において82m91を投げ、金メダルに輝いた。日本人初の投てき種目でのオリンピック金メダルを獲得した。

われわれの研究グループは2004年5月8日に大阪長居陸上競技場で開催された大阪国際グランプリにおいて3次元動作解析を行った。今回は大阪グランプリで優勝した室伏広治選手と準優勝のアヌシュ選手の分析結果から、室伏広治選手のハンマー投の特徴を明らかにすることを目的とした。

2. 方法

長居陸上競技場のハンマー投投てきサークルの側方と後方の観客席最上段に設置した2台の高速ビデオカメラ(nac社製ハイスピードビデオカメラHSV-500C3)のシャッターを同期し、毎秒250コマで撮影した。得られた2台の映像を座標解析し、DLT(Direct Linear Transformation法)によって身体各部とハンマーヘッドの3次元座標値を算出した。

動作中に選手が発揮する力は動作中にハンマーヘッドに作用する力の最大値を示した。パワーは4回転目のターンのローポイントからリリースまでのハンマーヘッドの持つ力学的エネルギーの変動から平均パワーとして求めた。左膝関節角度は左膝と左大転子を結ぶベクトルと左膝と左足関節を結ぶベクトルのなす角とした。左股関節角度は左大転子と左肩を結ぶベクトルと左大転子と左膝を結ぶベクトルのなす角とした。

3. 結果と考察

1) 室伏選手とアヌシュ選手の比較

表1に室伏選手とアヌシュ選手のリリース時の初期条件を示した。

表1 室伏選手とアヌシュ選手のリリース時の初期条件の比較

	記録(m)	初速度(m/s)	投射角(deg)	リリース高(m)
室伏	82.18	28.7	39.6	1.37
アヌシュ	80.93	28.4	44.2	1.26

図1に室伏選手のハンマーヘッドの速度の経時的変化を示した。また、図2にアヌシュ選手のハンマーヘッドの速度の経時的変化を示した。図中のHPはハイポイント、LPはローポイントを示している。また、SSは片足支持になった時点、DSは両足支持になった時点を示している。⇨は両足支持期を示しており、⇩は片足支持期を示している。室伏選手とアヌシュ選手の速度変動の特徴は、アヌシュ選手は片足支持の時間が非常に短いのに対して室伏選手はアヌシュ選手に比べると片足接地期が長くなっている。また、アヌシュ選手はハイポイント後に両足接地をした時点からハンマーヘッドの加速が始まっているのに対して、室伏選手はハイポイント直後の両足接地をする前の片足支持期から加速が始まっている。これまでハンマー投では両足接地期に加速し、片足接地期に減速すると言われてきたが、今回の分析から室伏選手は従来のハンマー投の加速理論とは異なる技術でハンマーを加速している可能性が示唆された。

室伏選手とアヌシュ選手のハンマーヘッドの速度の比較を図3に示した。この図から、ターン開始

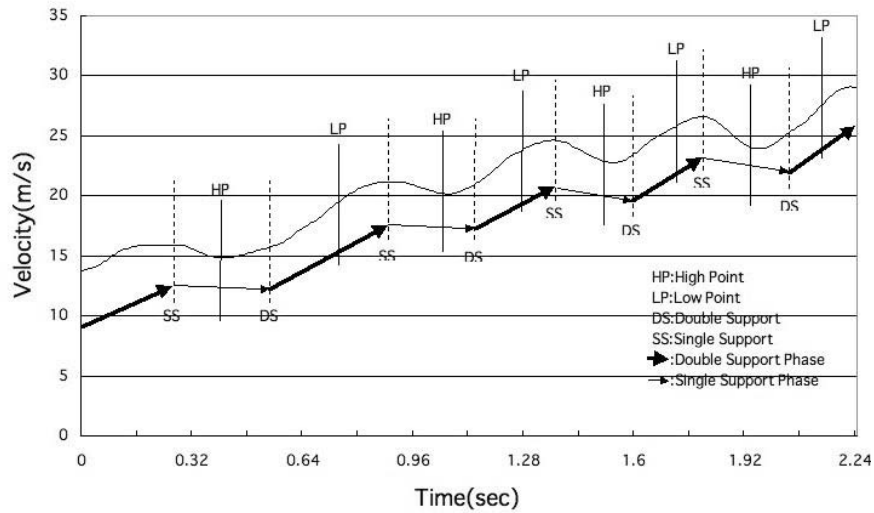


図1 室伏選手のハンマーヘッドの速度の経時的変化

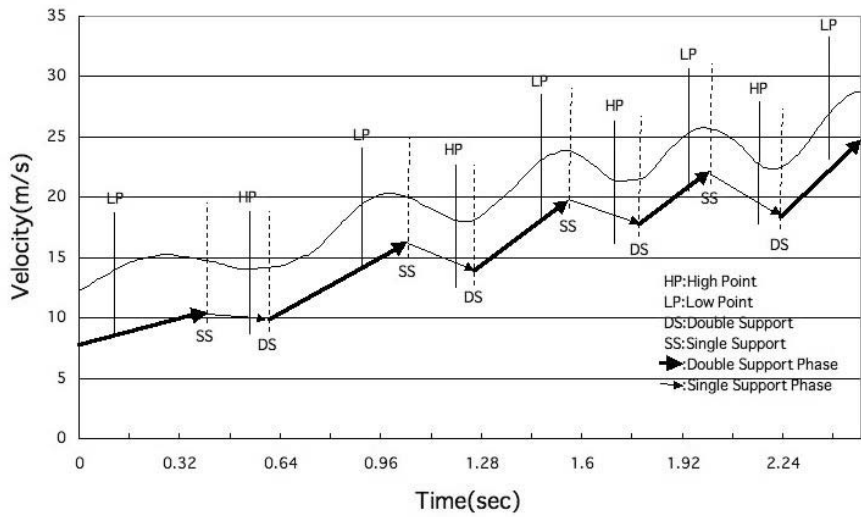


図2 アヌシュ選手のハンマーヘッドの速度の経時的変化

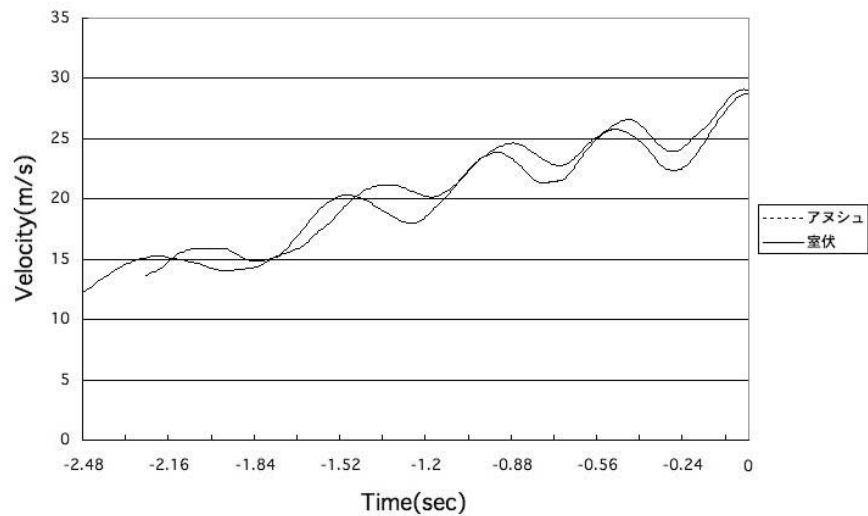


図3 室伏選手とアヌシュ選手のハンマーヘッドの速度変動の比較

からリリースまでの動作時間は室伏選手のほうが約0.2秒短く、室伏選手のターンが速いことが明らかである。

また、ターン開始時の速度も室伏選手のほうが速く、ターン毎の速度変動も室伏選手は小さ

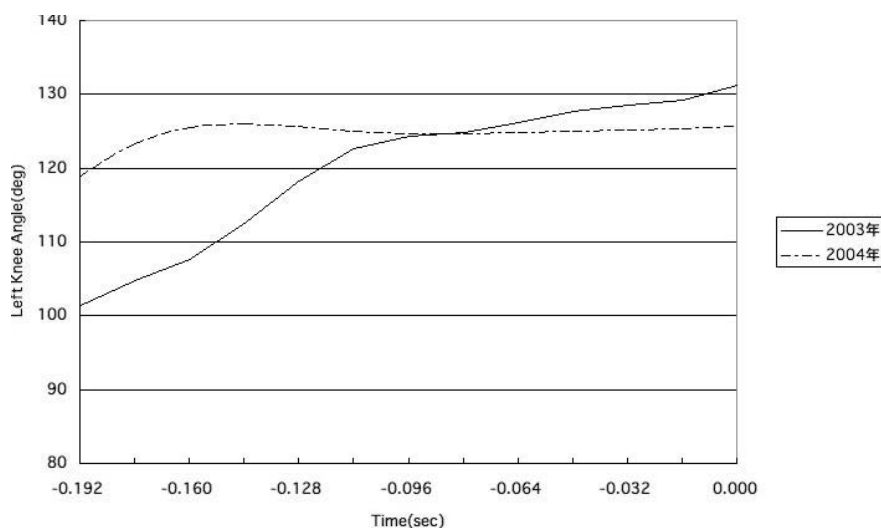


図4 左膝関節角度の2003年と2004年の比較

かった。最終ターンの極大値から極小値の差は室伏選手が $26.61-23.96=2.65$ (m/s)、アヌシュ選手が $25.78-22.35=3.43$ (m/s) であった。これは体格で劣る室伏選手は最後の加速局面で加速できる速度が小さくなるため、それを補うためにターン開始時から速度を大きくし、ターン毎の速度変動も小さく抑さえ、速度のロスが少なくなったものと推察される。この速度変動が小さく速度のロスが小さいことはハンマー投の技術的な高さを裏付ける結果であると考えられた。

2) 室伏選手の2003年と2004年の比較

室伏選手はアテネオリンピックで金メダルに輝いたものの、2003年に記録した自己ベスト 84m86 (6/29 プラハ国際：世界歴代3位) を上回ることが出来なかった。そこで昨年と今年のフォームの違いについて検討した。

2004年の室伏選手は5月8日の大阪グランプリでは 82.18m で優勝、6月6日の日本選手権では 82.09m で優勝と一見順調な仕上がりを見せた。しかし、昨年、殆どファールが見られなかったのに比べると今年は室伏選手らしからぬファールが多く見られた。

表2に2003年と2004年の室伏選手の大阪グランプリでの優勝記録の初期条件を示した。

表2 室伏選手の大阪グランプリの2003年と2004年の初期条件の比較

	記録 (m)	初速度 (m/s)	投射角 (deg)	リリース高 (m)	力(kgw)	パワー(w)
2003年	82.95	29.2	40.1	1.42	364	7460
2004年	82.18	28.7	39.6	1.37	341	7870

2003年と2004年の初期条件の比較から、記録の低下はハンマーを引く力の低下による初速度の低下であることが分かる。それでは、何故、2004年はハンマーを引く力が低下したのであろうか？

図4に室伏選手の投てき中の左膝関節角度の経時的变化を示した。また、図5に左股関節角度の経時的变化を示した。これらの図では、最終ターンの両足接地時点からリリースまでを示している。リリースの0.1秒前がほぼローポイントである。

2003年と2004年を比較すると、膝関節では2003年には両足接地後ローポイントまで伸展し、ローポイント以後も伸展が緩やかに続いていたのに比して2004年は両足接地直後に若干、伸展したもののそれ以後膝関節角度はほぼ一定の値を示していた。左股関節角度では、2003年にはローポイント近辺で急速に伸展したのに対して2004年では、両足接地からリリースまで緩やかに伸展されており、その角度も2003年の半分程度であった。このローポイント近辺での膝関節と股関節の伸展は、大臀筋や大腿四頭筋などの下肢の大筋群によって地面を蹴ることによってハンマーを加速する力を発揮している局面であり、2004年にはこの部分の加速が不十分になったものと考えられた。

2004年に室伏選手が昨年には見られなかった、投てき方向へ向かって左側へファールする投てきが何度も見られた。これはこのローポイントでの投てき方向への加速が不十分になった時に、ハンマーを投てき方向に向かって左へ引っかけたことによるファールであると考えられた。

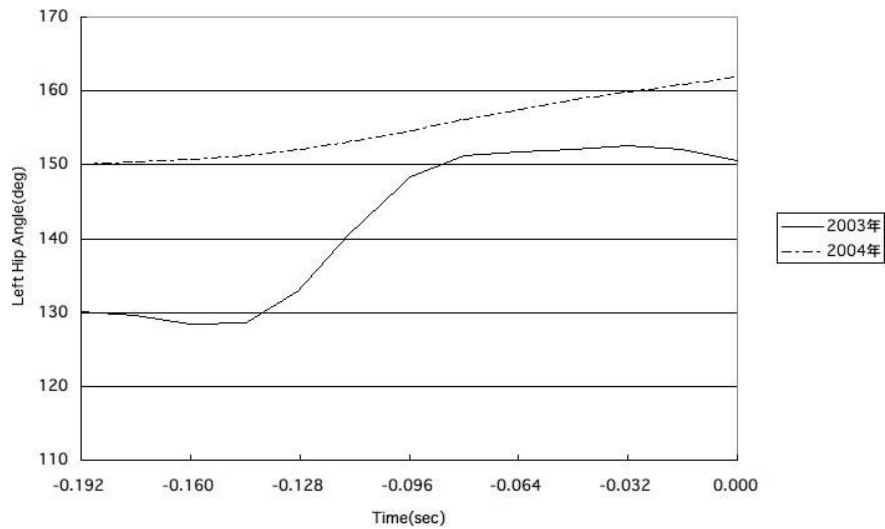


図5 左腰関節角度の2003年と2004年の比較

4. まとめ

室伏選手のハンマー投を3次元動作解析した結果、一般にはハンマー投では両足接地期で加速し片足接地期で減速すると言われているが、室伏選手はハイポイント直後の片足接地期から加速が始まるという特殊な加速技術を使用していることが明らかとなった。また、2003年と2004年の投てき動作の比較から2004年はローポイントでの膝関節と股関節の伸展による蹴りがやや弱く、それが投てき方向左へ引っかけるフェールを引き起こした可能性が示唆された。今後、これらの問題点を修正し、2005年の世界陸上、2008年の北京オリンピックとさらなる活躍を期待したい。

北海道マラソン暑さ対策研究

石井好二郎
北海道大学

これまでの北海道マラソンの調査結果より、夏のマラソンに好成績を収めるには腎機能の状態が重要である可能性が高いことが示されている。腎機能を判断する項目としては尿酸、尿素窒素、クレアチニン、および尿素窒素/クレアチニン比が一般的であるが、これらの項目はタンパク量の影響を受けるため、マラソンレース後は腎機能の低下が原因であるのか、筋肉の破壊が原因であるのか、判断が付きかねる場合があった。そこで今回は腎機能をタンパク量の影響を受けることなく測定できるシスタチンCを測定項目に入れ検討を行った。

今回の調査から「尿酸」「尿素窒素」「クレアチニン」、および脱水や腎機能障害により高値を示す血清電解質が上昇していてもシスタチンCは正常範囲内であることが少なくなかった(表1および2)。また、血清浸透圧と坑利尿ホルモンであるバソ

プレッシンとの関係を見たところ、互いに高値を示す選手にシスタチンCの基準値を超える対象が認められた(図1)。

したがって、シスタチンCは一過性の血中タンパク量の上昇や脱水の影響を受けることなく、腎機能の状態を計り知る項目として有効であることが示唆された。

表1. 2004 北海道マラソン完走後の男子選手における非タンパク窒素化合物、血清電解質およびシスタチンC

被験者	尿酸	尿素窒素	クレアチニン	Na	Cl	K	シスタチンC
A	5.4	19.6	<u>1.05</u>	<u>149</u>	105	4.5	1.00
B	6.9	<u>20.3</u>	1.04	146	103	4.5	0.95
C	3.8	18.8	<u>1.29</u>	147	103	5.6	<u>1.27</u>
D	6.3	14.4	<u>1.15</u>	146	105	4.2	0.69
E	6.7	19.2	<u>1.53</u>	<u>148</u>	<u>110</u>	4.3	<u>1.23</u>
F	6.0	16.7	0.94	143	103	3.9	0.82
G	5.2	<u>22.0</u>	<u>1.14</u>	146	103	4.6	0.93
H	6.5	<u>23.3</u>	1.01	143	103	4.6	0.88
I	5.4	17.9	0.92	144	105	3.7	0.67
J	4.6	19.4	0.89	<u>149</u>	107	4.6	0.79
K	6.9	17.7	<u>1.13</u>	147	104	3.9	0.90
L	5.4	20.0	0.76	144	100	3.6	0.69
M	7.0	<u>27.9</u>	<u>1.23</u>	147	102	5.2	<u>1.06</u>
N	6.5	16.1	<u>1.43</u>	<u>149</u>	104	4.0	<u>1.10</u>
O	5.4	<u>21.0</u>	0.94	<u>148</u>	106	4.4	0.78
P	5.3	17.5	0.91	147	105	4.5	0.84
Q	5.9	<u>26.4</u>	<u>1.19</u>	145	104	4.3	0.97
R	5.0	<u>22.9</u>	0.99	147	106	4.0	0.84
S	6.0	<u>21.6</u>	<u>1.14</u>	146	107	5.3	0.76

(斜体下線のある数字は基準値を超えたことを示す)

表 2. 2004 北海道マラソン完走後の女子選手における非タンパク窒素化合物, 血清電解質およびシスタチン C

	尿酸	尿素窒素	クレアチニン	Na	Cl	K	シスタチンC
a	4.7	18.0	0.69	<u>148</u>	109	4.0	0.63
b	6.5	<u>24.5</u>	<u>1.09</u>	145	106	4.8	<u>1.04</u>
c	4.9	19.8	<u>0.94</u>	145	105	4.1	0.77
d	4.5	<u>25.7</u>	<u>0.97</u>	146	105	3.8	0.89
e	4.6	<u>21.9</u>	<u>0.94</u>	146	107	4.9	0.77
f	5.6	16.3	0.68	<u>152</u>	109	4.7	0.63
g	4.4	<u>22.0</u>	<u>0.97</u>	147	108	<u>5.2</u>	0.77
h	4.5	16.6	0.63	144	104	4.2	0.64
l	5.7	<u>26.1</u>	<u>0.96</u>	146	106	4.4	0.81
j	4.9	19.4	<u>0.94</u>	144	103	4.2	0.72

(斜体下線のある数字は基準値を超えたことを示す)

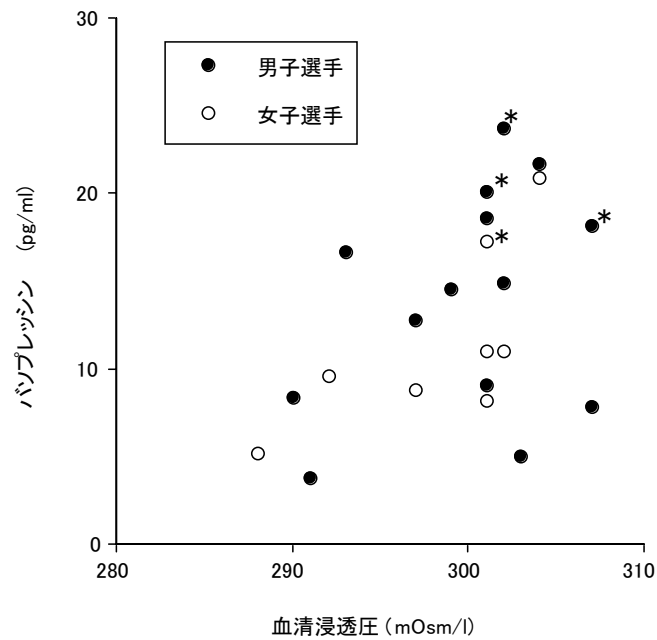


図 1. 2004 北海道マラソン完走後の血清浸透圧とバソプレッシンの関係 (* マークが付いている対象はシスタチン C が基準値を超えた選手を示す)

高校生陸上競技摂取における体調・食生活状況に関する調査結果

「高校生陸上競技選手におけるサプリメント摂取，スポーツ障害，および体調・食生活状況に関する調査」より

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

【食事環境について】

62名の対象者において，3食の食事において欠食が確認されたのは2名（3年男子投擲 3年女子跳躍）であった．いずれも朝食での欠食が確認されたが習慣的なものではないことが示唆された．食事を摂取する場所としては，朝食・夕食に関しては自宅が最も高く80%を超え，昼食に関してはその他が58%を占めた．間食に関しては摂取習慣がないものが23.3%であった．

食事の摂取時間に関しては，6:30～7:00（朝食），12:30～13:00（昼食），20:00～21:00（夕食）が最頻値であった．練習時間と関連する食事の摂取時間であるが，朝食では5:00～5:30が8.1%で最も早く，夕食では22:00以降に摂取する者はいなかった．外食は「する」と回答した者が48.3%で週平均では 1.0 ± 0.3 回の頻度が平均値で得られた．

【体調について】

睡眠に関しては，充分に取れていると回答した者が82.3%であった．練習時間の最頻値は3時間（50.0%）であり，平均練習時間は 3.0 ± 1.0 時間であった．食欲は「あまりない（3.2%）」「ない（0.0%）」と僅かであり，また排便は「毎日する（83.9%）」が高い数値を示した．

各種症状知覚においては「気分にもらがある（45.2%）」を除く全ての項目において50.0%以上が知覚症状を有していないことが確認された．比較的症状が多い項目は，「太りやすい（29.0%）」「腰痛もち（29.0%）」「アレルギー体質である（25.8%）」「イライラする（22.6%）」「立ちくらみがある（22.6%）」であった． χ^2 検定の結果，性差で統計的有意差が確認された項目は「低血圧であ

る（ $p=0.008$ ）」「立ちくらみがある（ $p=0.049$ ）」「太りやすい（ $p=0.004$ ）」の3項目で「低血圧である」「太りやすい」に関しては女性選手において「はい」と答える者の割合が高かった．

【食嗜好について】

6つの食品群「穀物（ごはん・パン・麺）」「肉」「魚」「色の濃い野菜」「果物」「乳製品」の摂取状況に関しては「穀物（ごはん・パン・麺）を毎日食べる」に「いいえ」と回答した者が4.8%確認された．「肉を毎日食べる」「魚を毎日食べる」に「はい」と回答した者の割合はそれぞれ41.9%，21.0%と低い数値を示した．「色の濃い野菜を毎日食べる」「果物をよく食べる」「乳製品を毎日食べる」に「はい」と回答した者の割合はそれぞれ54.8%，66.1%，72.6%であった．6つの質問項目において全てに「はい」と回答した者の割合は12.9%，5項目に「はい」と回答した者の割合は9.7%，以下4項目，3項目，2項目，1項目に回答した者の割合はそれぞれ24.2%，33.9%，11.3%，4.8%で全ての項目に「いいえ」と回答した者は2名（3.2%）確認された．嗜好に関する食行動に関しては，「好き嫌いがある」に「はい」と回答した者の割合が38.7%と高い数値を示した．間食に関する項目「ハンバーガーやフライドポテトをよく食べる」「スナック菓子やポテトチップスをよく食べる」「チョコレートやケーキをよく食べる」「カップラーメンやインスタント食品をよく食べる」「ジュースや炭酸飲料を1日何回も飲む」「アイスクリームをほとんど毎日食べる」「ファーストフードをよく利用する」に「はい」と回答した者の割合は，いずれも10%程度であった（11.3～12.9%）．食事の量に関する項目「食欲があり2人前以上簡単に食べてしまう」「夕食をたっぷり食べる」に「はい」と回答した者の割合は

14.5%, 45.2%と比較的高く, これら項目に関しては χ^2 検定の結果, 性差で統計的有意差が確認された ($p=0.028$, $p=0.028$). その他に性差で統計的有意差が確認された項目は「トンカツ・生姜焼きなど豚肉料理をよく食べる」「肉は脂がのったものが好きだ」であり, 「肉類」の摂取に関する項目であった ($p < 0.001$, $p=0.009$).

【食品群摂取状況と知覚症状, 食嗜好および障害経験との関係】

6つの食品群「穀物(ごはん・パン・麺)」「肉」「魚」「色の濃い野菜」「果物」「乳製品」の摂取状況に関して, それぞれの質問項目において全てに「はい」と回答した者の割合は12.9%, 5項目に「はい」と回答した者の割合は9.7%, 以下4項目, 3項目, 2項目, 1項目に回答した者の割合はそれぞれ24.2%, 33.9%, 11.3%, 4.8%で全ての項目に「いいえ」と回答した者は2名(3.2%)確認された. このうち, 「はい」と回答した数が3項目以下の者をGroup 1 ($N=33$)とし, 4項目以上の者をGroup 2 ($N=29$)として以下の解析を行った.

<Groupと知覚症状(問10)の合計得点との関係>
Group 1の平均点は 55.2 ± 6.9 , Group 2の平均点は 53.6 ± 7.7 でStudent-t-testの結果両群に有意な差は観察されなかった ($p=0.374$).

<Groupと食嗜好(問12)の合計得点との関係>
Group 1の平均点は 46.1 ± 7.6 , Group 2の平均点は 50.3 ± 7.8 でStudent-t-testの結果両群に有意な差が観察された ($p=0.037$). 6つの食品群において摂取状況が良好な集団は, 食嗜好に偏りが無いことが示された.

<Groupと障害経験>
群間において障害経験者の割合において χ^2 検定の結果, 有意な差は確認されなかった. しかしながら無月経経験者の割合はGroup 1で低い傾向にあり ($p=0.061$), 僅かではあるが, 筋損傷経験者の割合はGroup 2が低い値を示した (Group 1: 36.4%, Group 2: 27.6%).
以下に単純集計結果を示します.

<摂取状況> 有効回答数(62名, 62名, 62名, 60名)
朝食 毎日摂る (96.7%) 時々摂る (3.3%)
毎日摂らない (0.0%)

昼食 毎日摂る (100.0%) 時々摂る (0.0%)
毎日摂らない (0.0%)
夕食 毎日摂る (100.0%) 時々摂る (0.0%)
毎日摂らない (0.0%)
間食 毎日摂る (13.3%) 時々摂る (63.3%)
毎日摂らない (23.3%)

<摂取場所> 有効回答数(62名, 62名, 62名, 42名)
朝食 自宅 (82.3%) 寮/合宿所 (11.3%)
学食 (3.2%) 外食 (0.0%) コンビニ (1.6%) その他 (1.6%)
昼食 自宅 (16.1%) 寮/合宿所 (0.0%)
学食 (25.8%) 外食 (0.0%) コンビニ (0.0%) その他 (58.1%)
夕食 自宅 (87.1%) 寮/合宿所 (12.9%)
学食 (0.0%) 外食 (0.0%) コンビニ (3.3%) その他 (10.0%)
間食 自宅 (57.1%) 寮/合宿所 (0.0%)
学食 (4.8%) 外食 (0.0%) コンビニ (31.0%) その他 (7.1%)

<調理者> 有効回答数 (61名, 60名, 61名, 31名)
朝食 母親 (77.0%) 自分 (6.6%) 食事当番 (0.0%) 調理師・栄養士 (3.3%)
寮の調理人 (8.2%) その他 (4.1%)
昼食 母親 (78.3%) 自分 (1.7%) 食事当番 (0.0%) 調理師・栄養士 (6.7%)
寮の調理人 (3.3%) その他 (10.0%)
夕食 母親 (85.2%) 自分 (0.0%) 食事当番 (1.6%) 調理師・栄養士 (1.6%)
寮の調理人 (9.8%) その他 (1.6%)
間食 母親 (16.1%) 自分 (25.8%)
食事当番 (0.0%) 調理師・栄養士 (12.9%) 寮の調理人 (3.2%) その他 (41.9%)

<食事時間> 有効回答数(62名, 62名, 62名, 19名)
朝食 5:00~5:30 (8.1%)
5:30~6:00 (3.2%)
6:00~6:30 (21.0%)
6:30~7:00 (35.5%)
7:00~7:30 (21.0%)
7:30~8:00 (9.7%)
8:00~ (1.6%)
~12:00 (6.5%)
昼食 12:00~12:30 (17.7%)
12:30~13:00 (62.9%)

	13:00～13:30 (12.9%)	風邪ひきやすい 有効回答数 (62名)
	13:30～14:00 (0.0%)	はい (3.2%) どちらでもない (22.6%)
	14:00～ (0.0%)	いいえ (74.2%)
夕食	～18:00 (0.0%)	アレルギー体質 有効回答数 (62名)
	18:00～19:00 (9.7%)	はい (25.8%) どちらでもない (9.7%)
	19:00～20:00 (41.9%)	いいえ (64.5%)
	20:00～21:00 (45.2%)	体調崩しやすい 有効回答数 (62名)
	21:00～22:00 (3.2%)	はい (8.1%) どちらでもない (30.6%)
	22:00～ (0.0%)	いいえ (61.3%)
間食	朝食以前 (0.0%) 朝食～昼食 (21.1%)	慢性的疲労感がある 有効回答数 (62名)
	昼食～夕食 (63.2%) 夕食以後 (15.8%)	はい (17.7%) どちらでもない (14.5%)
		いいえ (67.7%)
外食	有効回答数 (60名)	イライラする 有効回答数 (62名)
	する (48.3%) しない (51.7)	はい (22.6%) どちらでもない (32.3%)
	週平均 1.0 ± 0.3 回	いいえ (45.2%)
睡眠	有効回答数 (62名)	集中力に欠ける 有効回答数 (62名)
	十分 (82.3%) 不足気味 (17.7%)	はい (6.5%) どちらでもない (22.6%)
		いいえ (71.0%)
練習時間	有効回答数 (60名)	立ちくらみがある 有効回答数 (62名)
	1時間 (1.7%) 2時間 (21.7%)	はい (22.6%) どちらでもない (27.4%)
	2.5時間 (6.7%) 3時間 (50.0%)	いいえ (50.0%)
	4時間 (13.3%) 5時間 (0.0%)	めまいがある 有効回答数 (62名)
	6時間 (1.7%) 7時間 (0.0%)	はい (14.5%) どちらでもない (17.7%)
	8時間 (1.7%)	いいえ (67.7%)
	平均練習時間 3.0 ± 1.0 時間	バテやすい 有効回答数 (62名)
		はい (16.1%) どちらでもない (24.2%)
		いいえ (59.7%)
食欲	有効回答数 (62名)	疲れが取れない 有効回答数 (62名)
	かなりある (35.5%) ある (46.8%)	はい (12.9%) どちらでもない (35.5%)
	ふつう (14.5%) あまりない (3.2%)	いいえ (51.6%)
	ない (0.0%)	太りやすい 有効回答数 (62名)
		はい (29.0%) どちらでもない (19.3%)
		いいえ (51.6%)
排便	有効回答数 (62名)	ストレスが溜まっている 有効回答数 (62名)
	毎日する (83.9%)	はい (9.8%) どちらでもない (27.9%)
	毎日はない (12.9%)	いいえ (62.3%)
	数日しないことがある (3.2%)	気分にもらがある 有効回答数 (62名)
		はい (29.0%) どちらでもない (25.8%)
		いいえ (45.2%)
<体調>		不眠気味 有効回答数 (62名)
低血圧	有効回答数 (62名)	はい (12.9%) どちらでもない (4.8%)
	はい (14.5%) どちらでもない (14.5%)	いいえ (82.3%)
	いいえ (71.0%)	過食気味 有効回答数 (62名)
下痢気味	有効回答数 (62名)	はい (8.1%) どちらでもない (17.7%)
	はい (8.1%) どちらでもない (17.7%)	いいえ (74.2%)
	いいえ (74.2%)	口内炎 有効回答数 (62名)
口内炎	有効回答数 (62名)	はい (11.3%) どちらでもない (19.4%)
	はい (11.3%) どちらでもない (19.4%)	いいえ (69.4%)
	いいえ (69.4%)	筋肉痛おこしやすい 有効回答数 (62名)
		はい (16.1%) どちらでもない (21.0%)
		いいえ (62.9%)

いいえ (62.9%)
腰痛もち 有効回答数 (62名)
はい (29.0%) どちらでもない (21.0%)
いいえ (50.0%)
痙攣・足つりを起こしやすい 有効回答数 (62名)
はい (11.3%) どちらでもない (17.7%)
いいえ (71.0%)
怪我しやすい 有効回答数 (62名)
はい (12.9%) どちらでもない (24.2%)
いいえ (62.9%)
風邪ひきやすい 有効回答数 (62名)
はい (3.2%) どちらでもない (22.6%)
いいえ (74.2%)

穀物 (ごはん・パン・麺) を毎日食べる
95.2% 有効回答数 (62名)
肉を毎日食べる
41.9% 有効回答数 (62名)
魚を毎日食べる
21.0% 有効回答数 (62名)
色の濃い野菜を毎日食べる
54.8% 有効回答数 (62名)
果物をよく食べる
66.1% 有効回答数 (62名)
乳製品を毎日食べる
72.6% 有効回答数 (62名)
上記項目の複数該当者割合 有効回答数 (62名)
0(3.2%) 1(4.8%) 2(11.3%) 3(33.9%)
4(24.2%) 5(9.7%) 6(12.9%)

<食嗜好>
好き嫌いがある 有効回答数 (62名)
はい (38.7%) どちらでもない (14.5%)
いいえ (46.8%)
ハンバーガーやフライドポテトをよく食べる
有効回答数 (62名)
はい (11.3%) どちらでもない (16.1%)
いいえ (72.6%)
スナック菓子やポテトチップスをよく食べる
有効回答数 (62名)
はい (9.7%) どちらでもない (17.7%)
いいえ (72.6%)
チョコレートやケーキをよく食べる
有効回答数 (62名)
はい (11.3%) どちらでもない (19.4%)
いいえ (69.4%)
カップラーメンやインスタント食品をよく食べる

有効回答数 (62名)
はい (11.3%) どちらでもない (22.6%)
いいえ (66.1%)
ジュースや炭酸飲料を1日何回も飲む
有効回答数 (62名)
はい (12.9%) どちらでもない (17.7%)
いいえ (69.4%)
アイスクリームをほとんど毎日食べる
有効回答数 (62名)
はい (11.3%) どちらでもない (12.9%)
いいえ (75.8%)
ファーストフードをよく利用する
有効回答数 (62名)
はい (11.3%) どちらでもない (12.9%)
いいえ (75.8%)
おなかいっぱいになればいいという食事をする
有効回答数 (62名)
はい (11.3%) どちらでもない (25.8%)
いいえ (62.9%)
食事を丼物や麺類だけで済ませてしまうことがある
有効回答数 (62名)
はい (14.5%) どちらでもない (29.0%)
いいえ (56.5%)
食事が不規則で食べ方にムラがある
有効回答数 (62名)
はい (12.9%) どちらでもない (17.7%)
いいえ (69.4%)
おかずを残すことがよくある 有効回答数 (62名)
はい (6.5%) どちらでもない (21.0%)
いいえ (72.6%)
小食である 有効回答数 (62名)
はい (6.5%) どちらでもない (14.5%)
いいえ (79.0%)
野菜は嫌いでもほとんど食べない
有効回答数 (62名)
はい (4.9%) どちらでもない (6.6%)
いいえ (88.5%)
トンカツ・生姜焼きなど豚肉料理をよく食べる
有効回答数 (62名)
はい (21.0%) どちらでもない (29.0%)
いいえ (50.0%)
唐揚げ・カツ・天ぷらなどをよく食べる
有効回答数 (62名)
はい (8.1%) どちらでもない (33.9%)
いいえ (58.1%)
食欲があり2人前以上簡単に食べてしまう
有効回答数 (62名)

はい (14.5%) どちらでもない (25.8%)

いいえ (59.7%)

夕食をたっぷり食べる 有効回答数 (62名)

はい (45.2%) どちらでもない (24.2%)

いいえ (30.6%)

肉は脂がのったものが好きだ 有効回答数 (62名)

はい (12.9%) どちらでもない (27.4%)

いいえ (59.7%)

中距離高所トレーニング合宿の科学的サポート

榎本靖士¹⁾ 松尾彰文²⁾

1) 京都教育大学 2) 国立スポーツ科学センター

目的

長距離選手では、日本代表選手の多くが高所トレーニングを行なっている。高所トレーニングは主に有氣的持久力を向上するために有効であると考えられているが、無氣的持久力にはどの程度効果があるかはまだわからないことが多い。400mHの山崎選手が現役時代に高所トレーニングを導入していたという話や中距離選手に高所トレーニングを導入して好結果を得たという話もある。中距離選手やコーチの心理としては、乳酸を多く産生するトレーニングを酸素の薄い高所においてどのように行なえるのか、またその疲労回復は平地とどのように違うのかは不安となるところである。そこで、長野県菅平高原にて行われた中距離ナショナルチーム合宿において、国立スポーツ科学センター（JISS）の協力を得て科学的サポートを行なった。ここでは、高所トレーニングの科学的サポートの概要を報告する。

方法

高所トレーニングは、平成16年8月30日～9月5日まで長野県の菅平高原にて行なわれた。菅平高原は標高約1300m程度であり、高所と言うにはやや低いが、準高所として高所トレーニングの効果が期待でき、また中距離トレーニングでは呼吸の苦しさを激しく感じずに行なうことができるため、適していると考えられる。強化指定選手は合宿前日にJISSにおいて無氣的持久力測定（MART）を行うと同時に血液検査や低酸素曝露による生体の反応を測定し、高所への適応検査を受けた。高所トレーニング中は、起床時の脈拍、体重、体水分量、早朝トレーニングでの心拍数と血中乳酸値、メイントレーニングにおける血中乳酸値、睡眠時の動脈血酸素飽和度（SP02）を測定し、トレーニング状況をモニターし

た。早朝トレーニングにおける心拍数や血中乳酸値の測定は、選手に毎朝約6kmを同じペースで走ってもらい、同一負荷に対する生体の反応から高所への順応や疲労の状況を確認するために行なわれた。これらの測定は、いままでの強化合宿においても行なわれたことがないので、一流選手の強化合宿におけるトレーニングモニターとしても貴重な資料となった。これらの測定はJISSスポーツ科学研究部の竹野氏と前川氏の協力によるものである。

結果と考察

1) コンディションチェックのための測定値の変化

高所では一般的に脱水になりやすく、高所トレーニングを成功させるための重要な要因の1つに水分補給があげられている。図1と2は、起床時の体重と体水分量の変化を示したものである。体重は、2日目（9/1）に全員が減少し、その後増大するが、最終日（9/5）でまた減少するものが多かった。体水分量も、2日目に減少するものが多かったが、

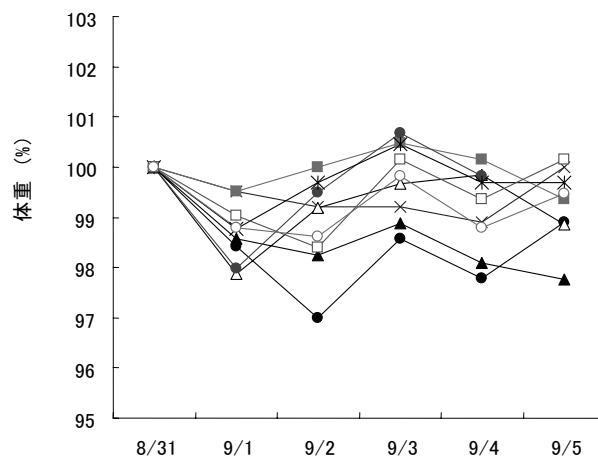


図1 合宿中の体重の変化（初日を100%とした相対値）

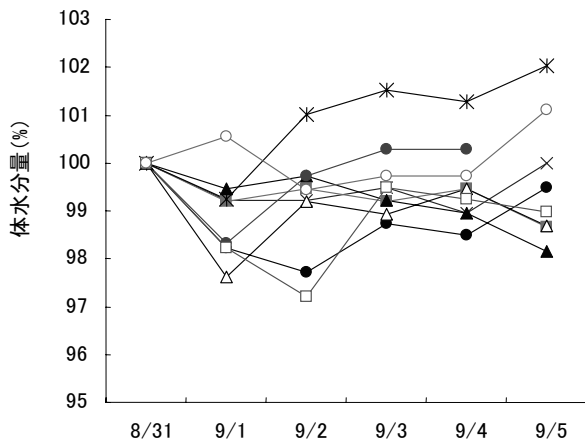


図2 合宿中の体水分量の変化（初日を100%とした相対値）

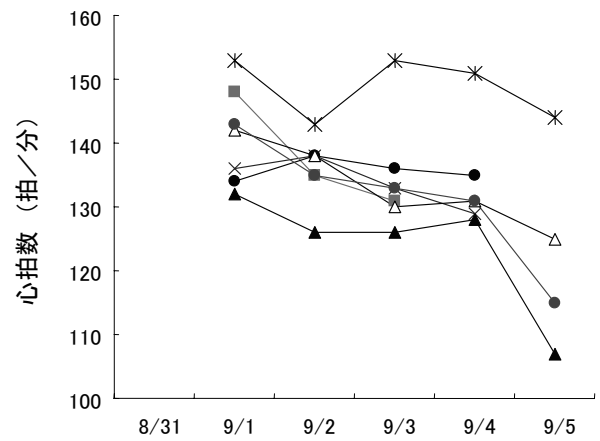


図4 早朝トレーニング終了時の心拍数の変化

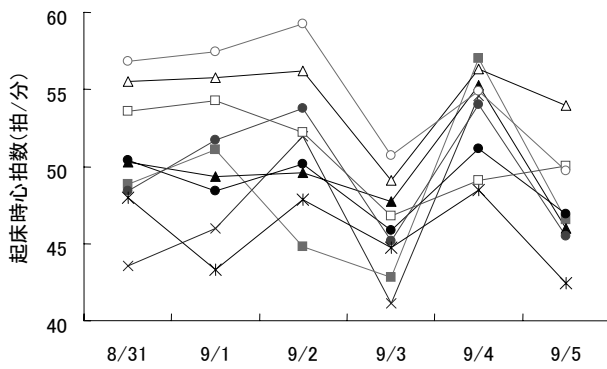


図3 合宿中の起床時心拍数の変化

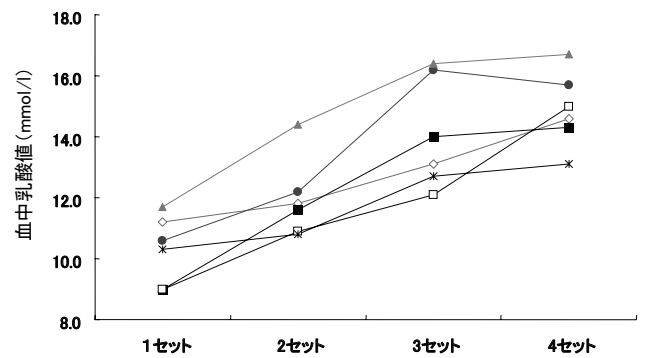


図5 300m×3本（2分レスト）×4セット（10分レスト）における血中乳酸値の変化

その後は増大するものや最終日に減少するものがいた。9/2のトレーニングが軽いものであったため、9/3に体重や体水分量が回復していたこと、選手の積極的な給水のため体水分量が増大するものが多かったことが伺える。また9月に入り気温も低かったことが脱水を生じなかった原因とも考えられる。

図3は、合宿中の起床時心拍数の変化を示したものである。2日目、3日目とわずかではあるが上昇傾向にあるが、軽トレーニング後の9/3では全員が合宿中最小値を示した。これはトレーニング負荷が低かったこととともに、高所への順応がおこったためと考えられる。起床時心拍数は疲労状態の検査として広く普及しているが、今回の結果は改めて起床時心拍数の測定の意義を確認できるものであった。

図4は、早朝トレーニング（6km走）終了時の心拍数の変化を示したものである。ほとんどの選手で日が経つにつれて心拍数が減少していた。一定負荷における心拍数の変化は起床時や安静時よりもより安定して高所への適応状況を確認できる可能性があると考えられる。しかし、選手によっては安定した

値を得られない場合もあり、走行後の血中乳酸値も選手によってばらつきが大きかった。今回は5分/kmのペースで約6kmを走ってもらったが、もう少しペース（負荷）を上げたほうが安定した結果が得られるのかもしれない。しかし、この測定は選手への心理的ストレスも大きいいため、今後の実施にはさらに検討を重ねる必要がある。

2) トレーニングモニタのための測定値の変化

図5および6は、メイントレーニングにおける乳酸値の変化を示したものである。図5は9/1午前に行なわれた300m3本（間は2分rest）を4セット（セット間は10分rest）、図6は9/3午前に行なわれた400m+300m+200m（それぞれの間は100m walk）を5セット（セット間は10分rest）行なったときのセット終了後に測定したものである。図5では、セットが進むにつれて乳酸値が増大する傾向がみられるが、乳酸値の大きさに選手間のばらつきが大きいことがわかる。一方、図6では増大傾向にあるもののその増加の仕方に選手間のばらつきがみられるが、5セット終了時では多くの選手

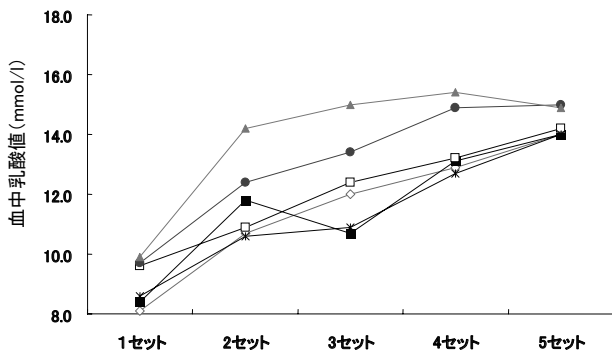


図6 (400m(100w) + 300m(100w) + 200m) × 5セット (10分レスト) における血中乳酸値の変化

15.4mmol/l、トレーニング後は117.0秒、13.8mmol/lであった。図7は、MARTの血中乳酸値の変化を示したものである。2名で最高スピードでの乳酸値が減少していたが、残り2名では乳酸値が増大していた。高所トレーニングによって乳酸の除去能力の改善が期待できると考えられるが、トレーニング後は合宿後すぐに行なったため疲労の影響もあり、明確な変化は得られなかった。今後は、トレーニング後1週間程度経って疲労から回復してから測定することが、トレーニング効果や高所トレーニングと試合の間隔を考えるためにも望ましいと考えられる。今後も中距離走における望ましい高所トレーニングの取り組み方を様々な形で検討する必要がある。

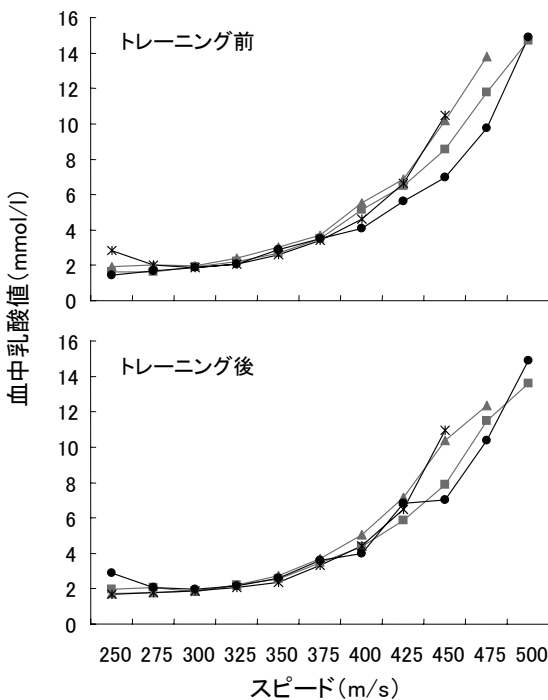


図7 MARTにおける乳酸値の変化

で14 mmol/lあたりになっていた。選手は、手探りでペースを判断しながら走っており、極度に追い込むような走りはできなかったように見受けられたが、9/3では高所でのトレーニングにも少しは慣れて、高い乳酸値を出す選手が増えたのかもしれない。予想していたよりは血中乳酸値が低かったものの(MARTでの最大乳酸値に対して90%程度であった)、このようなトレーニング中の乳酸値の測定はこれまであまり例がないため、今後は平地でのトレーニングにおいてもこのような乳酸値のデータを蓄積することが、トレーニング負荷を最適にコントロールするために役立つ測定となるであろう。

高所トレーニング前のMARTにおける走行時間、最大乳酸値の平均値(4名)は、116.8秒、

平成16年度ジュニア強化部科学サポート報告

持田 尚¹⁾ 深代千之²⁾ 松尾彰文³⁾ 高松潤二³⁾ 田内健二³⁾ 原田康弘⁴⁾ 阿江通良⁵⁾
 1) 横浜市スポーツ医科学センター 2) 東京大学 3) 国立スポーツ科学センター
 4) クレーマージャパン 5) 筑波大学

1. はじめに

現在、ジュニア強化部への科学サポートは主に国立スポーツ科学センター（以下 JISS とする）との連携において実施されている。実施内容については、科学委員会のジュニア担当者が、ジュニア強化部長と相談のうえ決定し、さらには JISS スタッフと打ち合わせを行い調整している。平成16年度は、ジュニア強化選手の測定研修合宿と U23 一貫指導有望競技者の科学サポートが実施された。本稿では両サポートにおいて、実施している「Maximal Anaerobic Running Test」と「スキルチェック」について報告する。

2. Maximal Anaerobic Running Test の活用例

2-1 Maximal Anaerobic Running Test の内容

現在、400m 走ジュニア競技者を中心に Maximal Anaerobic Running Test（以下 MART とする）を活用し、スプリント運動における血中乳酸値を指標にして、400m 走競技者としてのコンディションレベルの把握を試みている。コンディションレベルの把握は、①最大パワー、②アネロビックキャパシティ、③最大下パワーから行っている。これらは、現場的な表現に言い換えると、①どのくらい速い走速度まで走りきれるか、②どのくらいまで追い込める生理学的なキャパシティーがあるのか、③各ステージをどのくらいの余力を残して走っているのかとなり、それらを数値化することで現在のレベルや状態を把握したり、トレーニング効果を判定する材料として活用できるものと期待している（持田ら, 2002; 森丘ら, 2003; 森丘ら, 1998; Nummela, A. ら, 1996d; Rusko, H ら, 1993）。

握は、①最大パワー、②アネロビックキャパシティ、③最大下パワーから行っている。これらは、現場的な表現に言い換えると、①どのくらい速い走速度まで走りきれるか、②どのくらいまで追い込める生理学的なキャパシティーがあるのか、③各ステージをどのくらいの余力を残して走っているのかとなり、それらを数値化することで現在のレベルや状態を把握したり、トレーニング効果を判定する材料として活用できるものと期待している（持田ら, 2002; 森丘ら, 2003; 森丘ら, 1998; Nummela, A. ら, 1996d; Rusko, H ら, 1993）。

2-2 MART の実施方法

MART は上り傾斜4度のトレッドミル上を走ることで行う。走行時間は20秒間、休息は100秒間の間欠的な運動となる。はじめの走速度は分速250mからスタートし、1本ごとに分速25mずつ漸増させていく。終了は走者が走速度についていけなくなった時点とする。各ステージ走行後、40秒時点に、耳朶より採血したサンプルから血中乳酸値を求める。また、テスト終了後、3分後、5分後、7分後、10分後にも採血し、最大血中乳酸値を求める。（図1）。

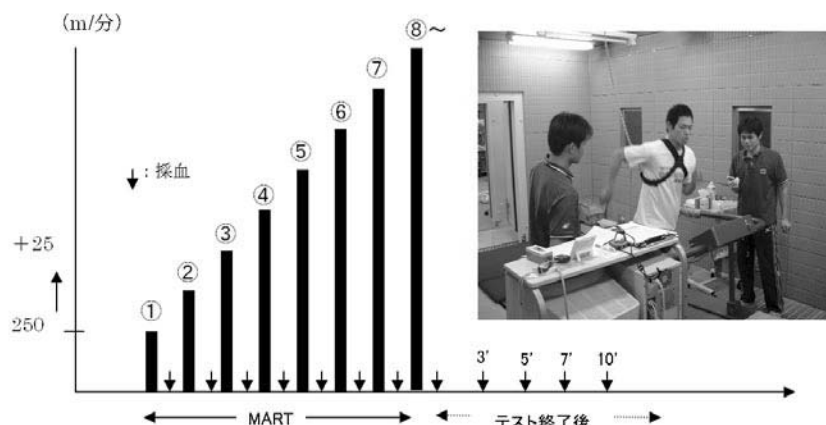


図1 MARTのプロトコル

表1 MARTの結果表

氏名	K選手	S選手	F選手	Y選手
測定日	2004/11/24	2004/11/24	2004/11/24	2004/11/24
ベスト記録(秒)	45.89	46.85	47.25	47.90
埼玉国体記録:10月下旬(秒)	45.89	49.55	47.25	48.42
ステージ数(ステージ)	10	10	10	10
最終ステージ運動時間(秒)	20	11	15	11
①総走行時間指数	119	110	114	110
②最大血中乳酸値(mmol/l)	20.58	17.57	17.06	16.26
Speed@20%Pbla(m/min)	303	309	314	277
Speed@40%Pbla(m/min)	400	388	390	373
③Speed@60%Pbla(m/min)	445	432	433	428

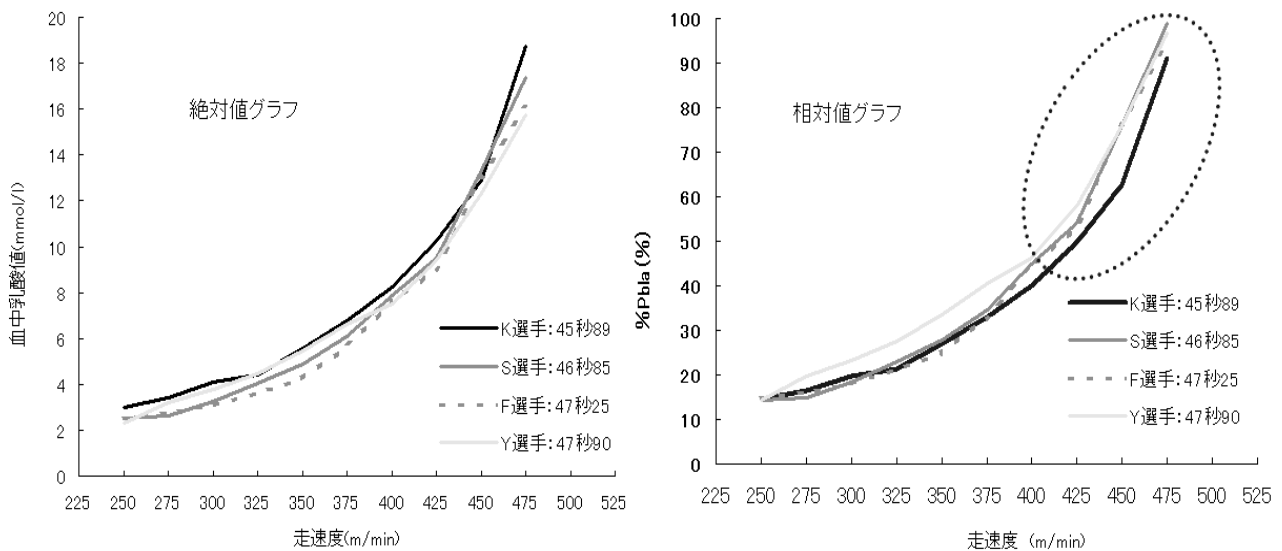


図2. 男子ジュニアトップ400m走競技者のMARTグラフ(2004年度)

左図:ステージごとの血中乳酸値のプロット

右図:最大血中乳酸値を100としたときの相対値のプロット

2-2 MARTの評価指標について

表1と図2は今年のジュニア強化部測定研修合宿(2005年11月)で測定したMARTの結果である。①最大パワーは、表1の総走行時間指数で、②アネロビックキャパシティーは、表1の最大血中乳酸値で、③最大下パワーは、表1のSpeed@60%Pblaで評価していく。ところで、本来MARTで算出するパワーは、運動強度から計算式で算出した酸素需要量(ml/kg/min)で表し、単位を統一しているが、本稿では最大パワーは総走行時間から割り出した指数値で、最大下パワーは走速度で代用していることを断っておく。

さてMARTでは、まず第一に最大パワーがどのくらいかを評価する。最大パワーはMARTでの走力を意味するが、レベルの高い競技者ほど総走行時間指

数が高い傾向にある。この数値をどこまで上げられるかが、このテストの最大目標となる。

次に、アネロビックキャパシティーの評価である。エネルギー供給においてどのくらい解糖系をフル稼働できるのかをみる。このテストでは男子の場合20mmol/l前後が上限に近い数値なので、それが目標値となる。

最後に、最大下パワーの評価である。それは、最大血中乳酸値を基準としたとき、その60%乳酸値に達したときの走速度で表すことができる。最大血中乳酸が最大運動における解糖系が働きうる限界値と考えると、最大血中乳酸値は疲労困憊の基準と捉えることができる。すると、各ステージの血中乳酸相対値は、その速度での疲労度として捉えられ、この数値の把握は、どの段階から疲労が高まってくるの

かを指し示す指標にもなり、400m 走競技者のコンディショニングの把握、トレーニングのプランニングに役立つものと考えている。

2-3 MART データの解釈例

MART 結果から、400m 走競技者としてのコンディショニングレベルについてジュニア強化部測定研修合宿に参加した 400m 走競技者 4 選手を評価してみた。表 1 に MART の結果を示した。まず最大パワーは、K 選手が 119 で、F 選手が 114 と、他の S 選手、Y 選手の 110 と比較して高かった。S 選手の 400m 走ベスト記録は 46 秒 85 と、F 選手や Y 選手の記録よりも高い。しかし S 選手の最大パワーは低い傾向であった。ただし、S 選手は測定直前に行われた埼玉国体では、49 秒台で予選落ちと本調子で無かった様子であり、今回の結果は妥当なところであるかも知れない。さて、最大パワーが高かった K 選手と F 選手の最大血中乳酸値はそれぞれ 20.58 (mmol/l) と 17.06 (mmol/l) であった。これは、K 選手のアネロビックキャパシティー、つまり糖分解によるエネルギー供給量の上限（速筋の割合や量、そして筋の活動レベルが影響する）が高い域にあることを意味している。

最後に、最大下パワーは、K 選手が 445 (m/min) と、他の 3 選手 (S 選手 432m/min, F 選手 433m/min, Y 選手 428m/min) より高い値であった。図 2 右（相対値グラフ）の点線丸枠付近を観察してもらえると、S 選手、F 選手は既に走速度 400 (m/min) あたりから K 選手よりグラフが上昇傾向となっていることが分かる。それは同じ速度を走っているが疲労度が相対的に高くなっていることを意味し、走りに余力がなくなり始めていることを示している。これは、K 選手が他の F、S、Y 選手より最大パワーが大きかった理由として、走速度 400m/min 時点において既に走力差出始めていたということが示唆された。

まとめると、45 秒台の記録をもつ K 選手は、MART での最大血中乳酸値が 20mmol/l を超える高いアネロビックキャパシティーと最大下スプリント走、特に走速度が 400m/min 以降での走力の高さが優れており、400m 走競技者として、高いコンディショニングレベルを備えていることが確認できた。また、F、S、Y 選手らの課題としては走速度 400 (m/min) 付近での乳酸上昇が急激にならないような準備が必要だと考えられるだろう。

2-4 トレーニング処方例

さて、今回は MART 結果から 400m 走競技者として

のコンディショニングレベルを評価した。そのうえで、今後 400m 走パフォーマンスを向上させるために、漸増式 40 秒間走トレーニングの導入をトレーニング手段の一つとして提案した。各種ねらいの異なったトレーニング内容が MART の結果にどのように影響するのか検討した報告もあるが、この漸増式 40 秒間走トレーニングは、①最大パワー、②アネロビックキャパシティー、③最大下パワーすべての値を全体的に向上させるといったことが、指導現場でも検証されつつある。そのため、ジュニア強化部長と検討のうえ提案した次第である。トレーニングプロトコルの内容はまさしく MART のプロトコルと類似している。言ってみれば MART 的トレーニングと呼べるものである。このように段階的に運動強度を漸増させて行うトレーニングの効果は生理学的な要素だけでなく、技術的、戦術的要素にも好影響を与えることが期待でき、400m 走パフォーマンス向上のために、トレーニング内容に漏れないよう全体的にバランスの良いトレーニング手段であるとの評判である。以下に、漸増式 40 秒走トレーニングの実施例を記しておく。

<漸増式 40 秒走トレーニング実施例>

走行時間：40 秒間

休息时间：4 分

距離設定：①男子 400m 走タイム 46 秒前後レベル

スタート約 270m 前後～

②女子 400m 走タイム 55 秒前後レベル

スタート約 220m 前後～

漸増設定：+ 5m ずつ 2 本連続して 40 秒間で走れなかったら終了

本数：8 本～12 本程度

3. スキルチェックの活用例

3-1 スプリント動作の分析とフィードバック

2002 年より、ジュニア強化部測定研修合宿では、JISS のスキルチェックを依頼している。主に walk、jog、run、sprint の動作を分析対象としている。選手や指導者へのフィードバックは、足や膝、骨盤などの軌跡やスティックピクチャーを利用し、動きを数値化・視覚化したデータを提供している（図 3、図 4）。これらの情報は、選手の感覚や指導者の観察情報とのすり合わせ材料としても活用でき、左右の動きの違いや、他人との動きの違いなどを比較することで活用できるであろう。

ところで、疾走動作を矢状面（側方）から観た議論は、研究者のみならず指導者の間でも深まってい

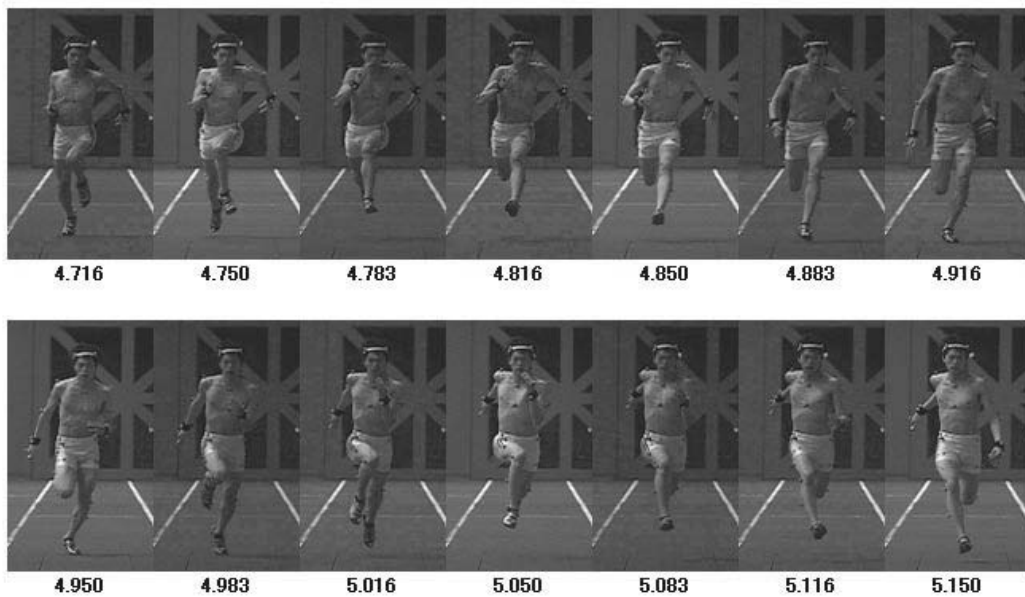


写真1 正面からみた疾走フォーム

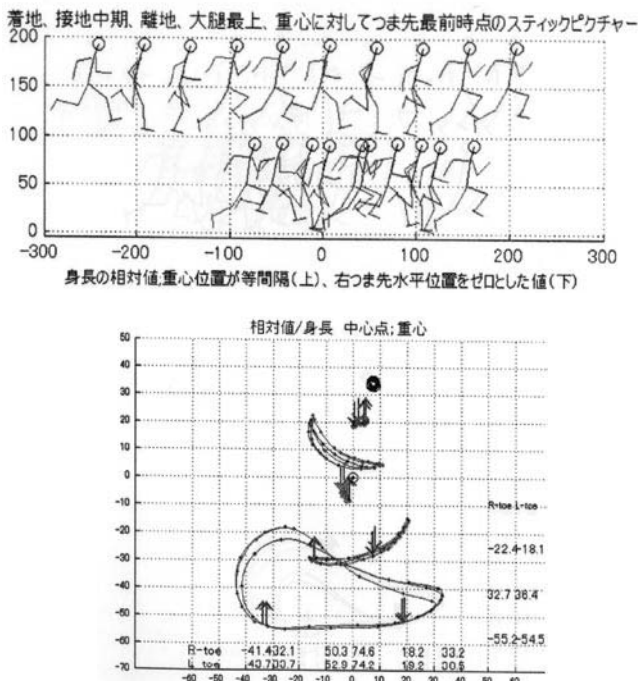


図3 動作分析フィードバック資料 (松尾作成資料より抜粋)

る傾向にあるが、前額面（前後）から観た議論は比較的少なく、あまり深く議論されていない感がある。しかしながら、前額面から疾走動作を観ていくと、キック後のつま先の方向性や接地の仕方の違い、それから接地後の膝の向きの違いや左右のブレなど非常に多くの情報を有している（写真1）。もちろん力ベクトルの情報も合わせればなおさらであろう。理学療法分野では、スポーツ障害と動作特徴の関連性を見るために、前額面から動作を観察・分析することをよく利用し、多くの知見を得ている。また

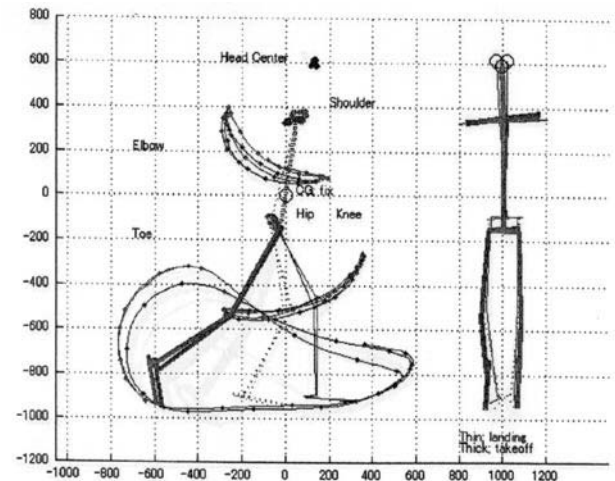


図4 矢状面と前額面からのみた疾走動作 (松尾作成資料より抜粋)

それは怪我を治すといった領域はもちろんのこと、いい動きを習得するといった運動学的領域までオーバーラップしていることも少なくない。今回の松尾研究員 (JISS) が作成したフィードバック資料には、前額面からの観た動作に関する情報も載せてもらっている (図4)。今後はこのように、疾走動作を多角的に分析していくことで、スプリントに関する議論をさらに深めていくことが必要であると考えている。

3-2 アライメントチェックについて

アライメントチェックは、足圧分布、立位姿勢、そして力の使い方などの特徴を個人ごとに把握することにより、障害予防や動作改善のための基礎情報の収集を目的としている。データは映像と Vicon

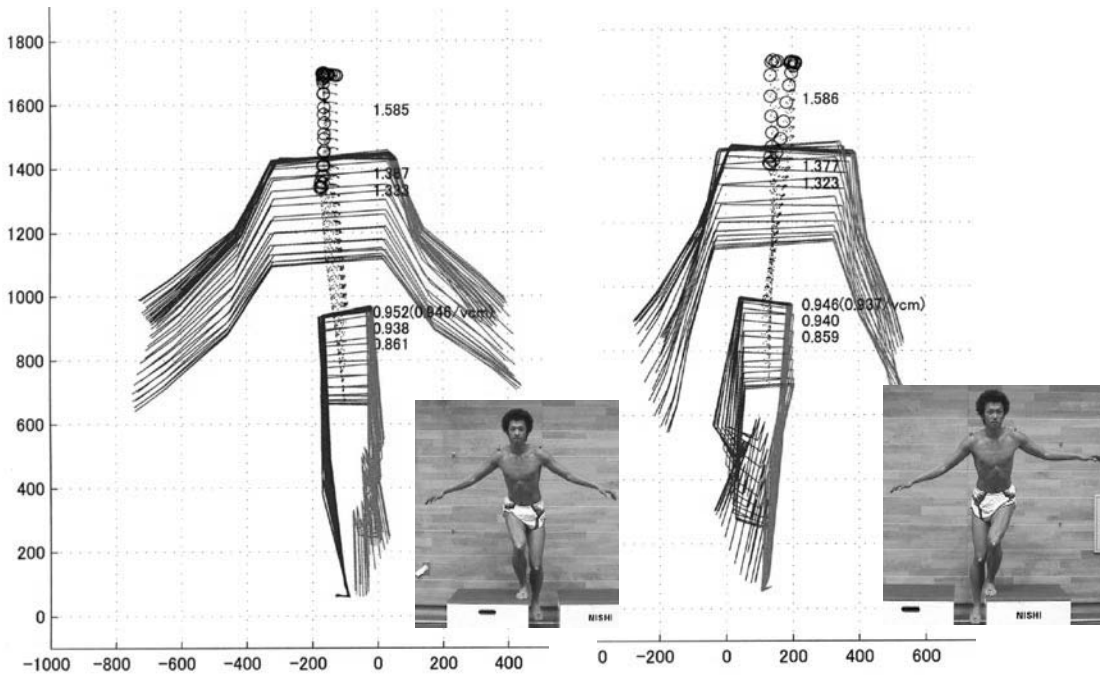


図5 片足屈伸の動作特徴

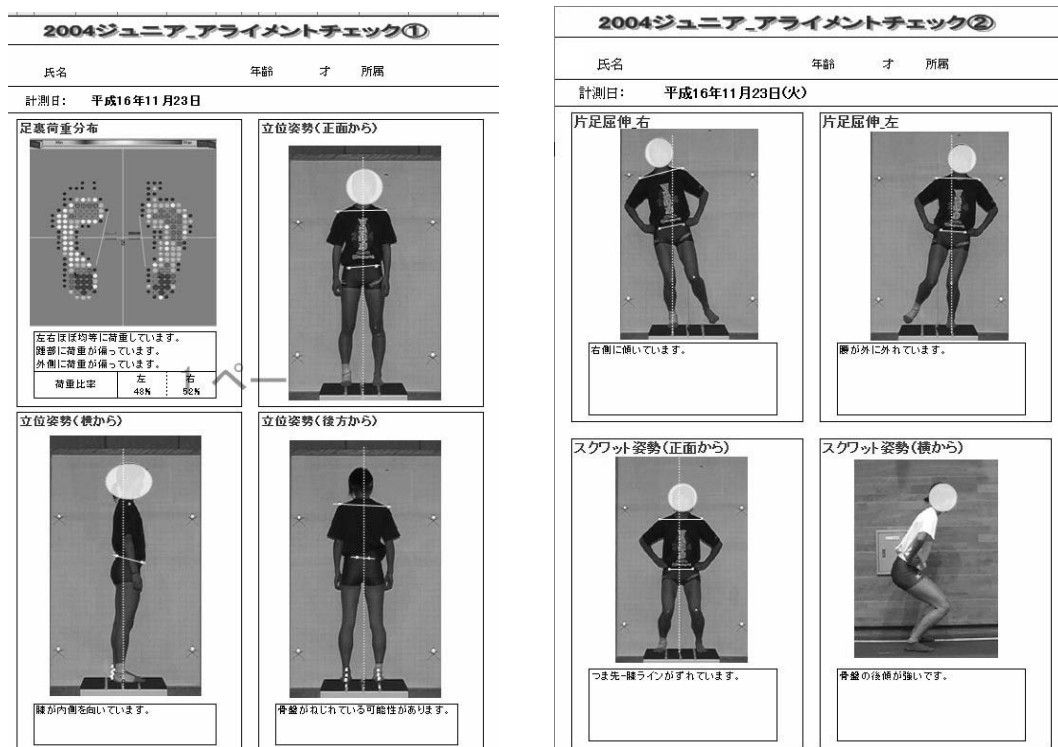
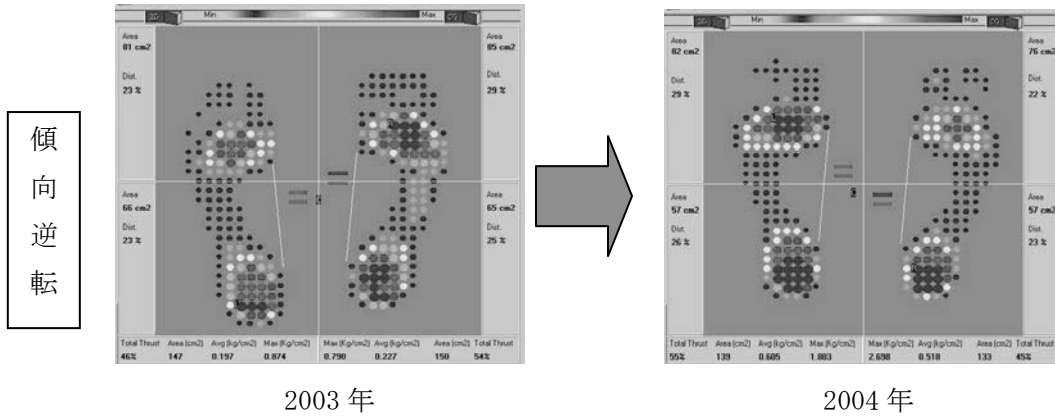


図6 アライメントチェックフィードバック資料

システムによる3次元座標で収集している(図5)。フィードバックは、画像を定性的に評価し、個人ごとに必要なストレッチングや補強トレーニングをアドバイスしている(図6)。特に、現在痛みを抱えていたり、怪我一步手前ぐらいで悩んでいる場合などには、これらの情報を元にスポーツ整形外科への診察やインソール作成を勧めたりすることもある。

足圧分布図は、足裏にかかっている圧の分布状態を視覚化したものである。この情報を足部のアライメントだけでなく、下肢・骨盤の状態との関連性も考慮に入れながら検討し利用している。ジュニアトップ選手といえども、足圧分布の状態は一様ではなく、個人差が大きい。その傾向も、変化が少ない者や大きく変化している者もある(図7)。

<A 選手>



<B 選手>

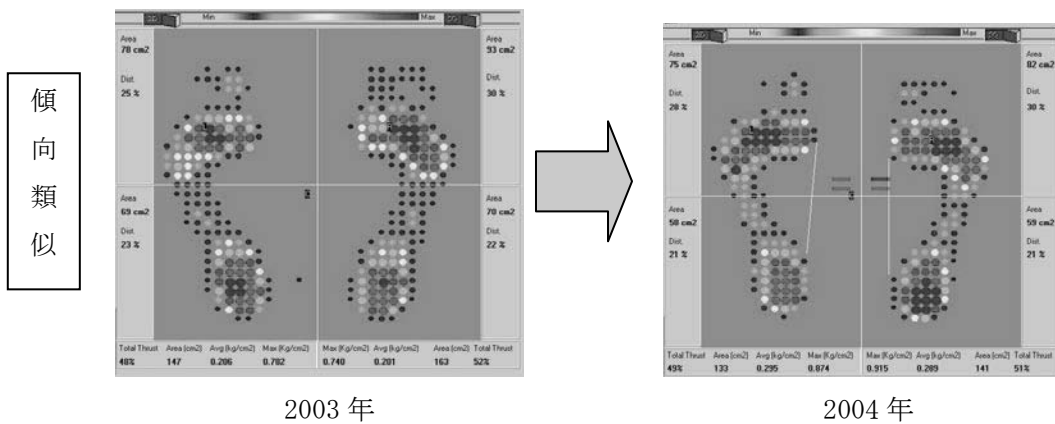


図 7 足圧分布の縦断的变化

表 2 足圧の左右差 (n=60)

	傾向	圧力差 (%)	人数	割合
右++	右	9.9 ~	10 人	16.7%
右+	やや右	3.3 ~ 9.9	20 人	33.3%
0	均等	-3.3 ~ 3.3	16 人	26.7%
左+	やや左	-9.9 ~ -3.3	12 人	20.0%
左++	左	-9.9 ~	2 人	3.3%

+値：右>左

-値：右<左

また、圧の左右差について昨年検討した結果では、69.7%の者が右足の圧が高い傾向であったが(23人/33人)、今年27人のデータを加えた傾向では、右足の圧が左足の圧よりも高い者が全体の50%を占める傾向であった。昨年に比べるとやや下がる傾向であったが、左足の圧が高いもの(23.3%)より多い傾向であることは変わらなかった(表2)。この傾向が陸上競技選手の特徴なのかどうかは今後更なる検討が必要であろう。

4 まとめ

以上、ジュニア強化部科学サポートで実施している「Maximal Anaerobic Running Test」と「スキルチェック」について報告した。ジュニア競技者への強化策は、シニアナショナルチームが世界で勝つために打ち立てていく強化指針にベクトルあわせ実施していくことが重要と考えている。科学サポートの実施内容もそういった一連の方向性を持った内容のスタンダード作りが必要であろう。科学委員会では、今後も皆様のご協力をいただきながら、各強化部の打ち出す強化対策を科学的側面から支援できるよう力を発揮していきたいと考えている。

5 参考文献

持田 尚・吉久武志・石毛勇介, (2002) 競技レベル別にみた陸上競技・ジュニア 400m 走競技者のアネロビック・パワー発揮特性. 体力科学, 51-6: 709.
 森丘保典・伊藤静夫・持田 尚・大庭恵一・原 孝子・内丸 仁・青野 博・雨宮輝也, (2003)

間欠的な漸増負荷ランニング中の血中乳酸動態から推定されるパワーと400m走記録との関係．体育学研究，48：181-190.

森丘保典・持田 尚・伊藤静夫・原 孝子・内丸 仁・雨宮輝也，(1998) 間欠的ランニングテストによるアネロビック・パワーの測定 - 陸上競技混成選手への応用 - ．日本体育学会第49回大会号，267.

Nummela, A., Mero, A., and Rusko, H. (1996d) Effects of sprint training on anaerobic performance characteristics determined by the MART. *Int. J. Sports Med.*, 17(Suppl.2): 114-119.

Rusko, H, Nummela, A, and Mero, A (1993) A new method for the evaluation of anaerobic running power in athletes. *Eur. J. Appl. Physiol*, 66:97-101.

「陸上競技研究紀要」第1巻

2005年3月31日発行

発行人 櫻井 孝次

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

陸上競技研究紀要 第1巻

編集後記

リニューアルした陸上競技研究紀要第1巻が完成しました。この研究紀要は、これまで普及部が中心となって編集していた「陸上競技紀要」と、科学委員会の各年度の活動をまとめた「科学委員会研究報告」を1つにまとめ、陸上競技に関する研究、調査、アイデアなどを発表する場を提供し、わが国の陸上競技の発展に寄与することをねらって新たに出発しました。

記念すべき第1巻には、学会の専門誌でも集まらないほどの原著論文、資料が寄せられましたが、査読審査を経て、原著論文8編、資料5編が掲載されています。原著論文にはわが陸上界から世界に情報を発信することを目指して、英文のタイトルや要約をつけていただきました。これは、将来、この研究紀要を国際陸連が発行しているNSA (New Studies in Athletics) に匹敵するような内容のものにしたいと、陸連の方や編集委員が考えたためです。

第2部の科学委員会報告書には18編の報告書が掲載されています。これは、科学委員会がこの数年作成してきた報告書の延長上にあるもので、現場の指導者には一流選手のデータを知るための貴重な資料となっているようです。

この研究紀要は、上述したような蓄積の上にスタートしたのですが、まだまだ不備があると思います。このことは言い換えると、大きな進歩の可能性を持っていることにもなります。この研究紀要がどのように発展するかは、陸上競技を愛する人々、少し違った眼（例えば、科学的な）で陸上競技をみてやろうという人々にかかっています。多くの方の投稿、意見、叱咤激励をお願いする次第です。

最後になりましたが、多忙にもかかわらず、櫻井専務理事から丁寧な挨拶を寄せていただきました。ここにお礼も申し上げます。

また、この研究紀要は、陸連役員諸氏のご理解、ならびに事務局の風間 明氏、森 泰夫氏、三宅 聡氏の献身的な努力がなくては生まれなかったものです。ここに記して心より感謝致します。

文責 阿江通良（編集委員長）

陸上競技研究紀要第1巻 編集委員
阿江通良（編集委員長）、岡野 進（副委員長）、梶原洋子、伊藤 宏
松尾彰文、杉田正明
（事務局）風間 明、森 泰夫、三宅 聡