

「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

特に制限は設けない。

2. 投稿内容および種類について

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

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

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

3. 採否等について

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

4. 原稿の書き方について

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

英文は、A4サイズタイプ用紙を使用し、15枚以内を原則とする。

計量単位は、原則として国際単位系（m, kg, sec など）とする。

また、英文字および数字は半角とする。

5. 文献の書き方について

本文中の文献は、著者（発行年）という形式で表記する。

例）田中（1996）は -----

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

ジの順とする。

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

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

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

例）田中ら（1996 b）は，-----

6. 原稿の提出先

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

〒163-0717

東京都新宿西新宿 2-7-1

小田急第一生命ビル 17 階

日本陸上競技連盟

「陸上競技研究紀要」編集委員会宛

（Tel 03-5321-6580 Fax 03-5321-6591）

E-mail: kiyou@jaaf.or.jp

7. 原稿の締め切り

原稿の締め切りは特に設けず，随時受理し，査読を行う。ただし，2015年度版は，2016年1月末日とする。

8. その他

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

（2015年12月 改訂）









あ い さ つ

公益財団法人日本陸上競技連盟
専務理事 尾縣 貢

オリンピック・パラリンピックイヤーを迎えました。本連盟は、4年に1度のオリンピックをターゲットとして定め、それに向けて種々の活動を展開しています。いわば、本年は区切りの年であり、4年間の強化活動、そしてその活動をサポートしている医科学、普及育成などの活動の集大成の年になります。それとともに、リオデジャネイロ大会は、2020年東京オリンピック・パラリンピックに向かう道中の道標となります。すなわち、リオデジャネイロ大会終了後には、4年間の活動の評価点検から得られる知見を東京大会に向けての強化戦略に活かすことを考えていくこととなります。

ここで、2012年ロンドン大会後から現在に至るまでの医科学のサポート活動や普及育成の活動を振り返ってみた時に、「強化現場に入り込んだ活動ができている」「テラーメード型のサポートが増えている」「限りあるタレントを育成する方策を検証している」などのポジティブな評価が浮かんできます。これは、それぞれの委員会活動が活発になり、そして委員会の中の連携が強まっていることを意味するものです。このうちの委員会の連携というのは、東京大会での陸上競技チームの活躍を左右するキーワードの一つになることなのでしょうから、さらに推し進めていかなければなりません。

オリンピック強化のサポートに加え、これらの委員会活動に求めるものがもう一つあります。それは、2020年以降に、「強化と一体となった医科学サポートシステム」「効果的に強化につなげていく普及育成システム」などをレガシーとして残すことです。そのためには、リオから東京までの4年間の活動には、そういった観点を明確に盛り込んでいく必要があります。

そして、これらのサポート活動の拠り所となり、また行ってきた活動を資料として後世に伝えていくのが陸上競技紀要であると考えています。また、コーチが本紀要を読み、そこから得られた知見をコーチングのツールとして活用することが日常的になれば、わが国のコーチングのレベルは確実に高まることでしょう。

陸上競技研究紀要

Bulletin of Studies in Athletics of JAAF

Vol.11 2015

目 次

【資料】

日本代表選手の青少年期における運動遊び経験およびトレーニング環境
ー日本代表選手に対する軌跡調査ー
・・・・・・・・渡邊將司ほか・・・4

棒高跳における空中動作の上昇局面に関する運動学的研究
・・・・・・・・池和田克彦ほか・・・16

中学陸上競技者におけるコントロールテストと競技成績の関係
・・・・・・・・加藤和樹ほか・・・27

【特集企画】

陸上競技における体罰・暴力の課題と解決の方向性
・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・33

【日本陸連科学委員会研究報告 第14巻（2015）陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2015】
・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・53

【エキサイティング メディカル レポート】
・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・155

資 料

資料論文 目次

- 日本代表選手の青少年期における運動遊び経験およびトレーニング環境・・・・・・・・・・ 4
ー日本代表選手に対する軌跡調査ー
渡邊將司，森丘保典，伊藤静夫，三宅聡，繁田進，尾縣貢
- 棒高跳における空中動作の上昇局面に関する運動学的研究・・・・・・・・・・ 16
池和田克彦，水島宏一，繁田進
- 中学陸上競技者におけるコントロールテストと競技成績の関係・・・・・・・・・・ 27
加藤和樹，繁田進，東川安雄，伊藤静夫，小林敬和，岩壁達男，渡部誠，桜井智野風，
井筒紫乃，沼澤秀雄，櫻田淳也，渡邊將司，舟橋昭太，熊原誠一，豊田裕浩，平山公紀，
横山巧機

日本代表選手の青少年期における運動遊び経験およびトレーニング環境
—日本代表選手に対する軌跡調査—

渡邊将司¹⁾ 森丘保典²⁾ 伊藤静夫²⁾ 三宅 聡³⁾ 繁田 進⁴⁾ 尾縣 貢³⁾

1) 茨城大学教育学部 2) 日本体育協会 3) 日本陸上競技連盟 4) 東京学芸大学教育学部

Play and training environment experiences of international level athletes during childhood and adolescence

—Retrospective study of international level Japanese athletes—

Masashi Watanabe¹⁾ Yasunori Morioka²⁾ Shizuo Ito²⁾ Satoshi Miyake³⁾ Susumu Shigeta⁴⁾
Mitsugi Ogata³⁾

- 1) College of Education, Ibaraki University
- 2) Japan Sports Association
- 3) Japan Association of Athletics Federations
- 4) Faculty of Education, Tokyo Gakugei University

Abstracts

This study was conducted to elucidate childhood and adolescent play and training experiences of international level track and field athletes. We administered a questionnaire to 544 people who had participated in the Olympics, World Championships, Asian Games, or Asian Athletics Championships. We specifically examined data of 296 respondents born in April 1958 or later. Athletes who replied “I played well” during elementary school were 87%. Sprinters, hurdlers, jumpers, throwers, and combined events players all reported high perceptions of sports competence. Middle-long distance runners and walkers reported “normal” performance, but the perceived competence of long distance ability was high. Most reasons to begin track and field competition were “recommendations from friends, parents or a teacher” during elementary school, “I was aware of the attractiveness of track and field” during junior high school and “Soliciting from a new coach” during high school. Few athletes were affected by injury. They had trained with kind and respectable coaches and good friends at good institutions. Moreover, emotional support from family played an important role in sports activities.

I 緒言

選手が日本代表として国際大会に出場するまでに得た経験は様々であろう。日本体育協会(1989)は1988年に開催された国際競技会(オリンピック, 中国選手権大会, アジアジュニア選手権大会, 日・中・豪ジュニア対抗大会)に日本代表として参加したジュニアからシニアまでの109名を対象に「競技者の生育歴・競技歴に関する研究調査」(以降「1988年調査」とする)を実施した。この研究は、競技者の家庭環境、競技者の生育歴と運動経験、競技者の

トレーニング過程、トレーニング過程における問題点を質問紙調査している。それから20年以上経って社会的な背景が異なっていると思われるため、この調査結果をそのまま現在の選手に当てはめることは適していないかもしれない。

1988年調査と異なる時代背景としてまず挙げられるのは、子どもを取り巻く環境であろう。宅地開発などで自由に遊ぶ場が少なくなっていることに加え、テレビゲームの発達は子どもの日常的な遊びを変容させている。1964年から実施されている文部科学省の体力テストの結果では、1980年代に子

どもの体力はピークを迎え、2000年頃まで低下している。それ以降は横ばい、または緩やかな向上傾向を示すが、1980年代の子どもの体力レベルには至っていない。2000年頃までの体力低下は、運動の実施頻度や実施時間の少ない子どもにおいて顕著であることが示されている(Nishijima et al., 2003)。具体的には、1985年度と2010年度の11歳の50m走の平均値を運動実施頻度別に比較すると、「運動をまったくしない」と回答した集団では、1985年度よりも2010年度の平均値が劣っているのに対して、「ほとんど毎日」運動・スポーツを実施する集団では、わずかではあるが2010年度の方が優れていた(文部科学省, 2011)。すなわち、身体活動が習慣化している集団では1985年頃の水準をおおよそ維持しており、習慣化していない集団だけが低下していると考えられることができる(鈴木, 2015)。

運動を定期的実施するにあたり、有能感はスポーツに取り組むにあたって重要な要素である。運動有能感とは、運動の上達・成功体験から生まれる自分に対する自信のことである(杉原, 2003)。平成27年度全国体力・運動能力調査(スポーツ庁, 2015)において、「運動(からだを動かす遊びをふくむ)やスポーツをすることは得意ですか」・「自分の体力に自信がありますか」という質問に「得意」・「自信がある」と回答した者は、「やや得意」・「やや自信がある」、「やや苦手」・「あまり自信がない」、「苦手」・「自信がない」と回答した者に比べて体力合計得点が高いことが示されている。1988年調査では、小学校時代のかげっこ競争と持久走の能力を「速い」、「普通」、「遅い」の3択で尋ねているが、種目を分けて分析していない。これらの能力は種目によって異なるため、分けて分析する必要がある。

一方で、スポーツのトレーニング環境は良くなっているかもしれない。陸上競技のトレーニングに関する書籍やビデオなどが多く販売されるようになっただけでなく、1990年代後半からのインターネットの普及で、世界トップクラスの選手の動きやトレーニングを動画で見ることができるようになったことで、指導者も選手も最新の情報を得られやすくなった。ハード面に関しても同様に、競技場や学校の施設・設備が充実したり、様々なトレーニング機器がインターネットを通して安く簡単に手に入れられるようになった。このように、最近の日本代表選手を取り巻く環境は1988年調査の時代とは異なるため、選手の経験も異なる可能性がある。

そこで本研究は、日本代表選手を対象にして青少

年期の運動遊び経験およびトレーニング環境について明らかにする。

II 方法

対象は、オリンピック、世界選手権、アジア大会、アジア選手権の出場経験者である。2012年の調査では、1960年から2009年までのオリンピックまたは世界選手権に出場した411名のうち、競技者として第一線を退いている選手を中心に選出し、さらに現住所が判明している204名に「陸上競技におけるトップアスリートの軌跡調査」に関する質問紙を送付して回答を依頼した(渡邊ら, 2013a)。2014年の調査では、オリンピックまたは世界選手権だけでなく、アジア大会やアジア選手権に出場経験のある、1958年4月から1992年3月までに誕生した480名を対象にした。この対象者は、調査時に大学生よりも年齢が高く(大学を卒業している者)、また対象者が中学校期に全国中学校陸上競技大会が開催されていた年齢層である。対象者には、引退した選手だけでなく現役選手も含んでいる。そのうち現住所が判明している340名に、2012年の調査で用いた同じ質問紙を送付して回答を依頼した。2012年の調査では151名から回答があり、当時50歳未満だった104名を抽出した。2014年の調査では194名から回答があり、合計した298名を分析の対象とした。

質問紙において、運動遊びに関しては、小学校期における、1) 運動遊びの頻度と内容、2) 走・跳・投運動に対する有能感を尋ねた。トレーニング環境については、1) 陸上競技を始めた理由、2) スポーツによる2週間以上の怪我の有無、3) 青少年期を通して自分自身のタイプや人間関係および施設・設備、4) 精神的に最もサポートしてくれた人物、5) 指導者の社会的立場、6) 指導者の指導方法について尋ねた(付録1)。1988年調査で尋ねていなかった項目は、4) 精神的に最もサポートしてくれた人物、5) 指導者の社会的立場、6) 指導者の指導方法であった。いくつかの質問項目で幼児期から成年期まで訪ねているが、本研究では小学生期から高校生期までに焦点をあてて分析した。

集計された結果は単純集計して割合を算出した。割合はすべて総数(298名)に対するパーセント(%)で示した。データの集計には統計ソフトウェア JMP8.0 を用いた。

Ⅲ 結果

小学校期の運動遊び経験

1) 運動遊びの頻度と内容

表1には小学生期に運動遊びをしていた頻度を示した。男子では86%、女子では88%の者が「よく遊んでいた」と回答した。一方で「あまり遊んでいなかった」と回答した者は2%と少数であった。

表2には小学生期によく実施していた運動遊びを示した。男子では「鬼ごっこ」(58%)、「野球・ソフトボール」(42%)、「サッカー」(35%)、「ドッジボール」(21%)、「固定遊具遊び」(10%)と続いた。女子では「鬼ごっこ」(56%)、「ドッジボール」(27%)、「固定遊具遊び」(21%)、「縄跳び」(19%)、「ゴム跳び」(14%)と続いた。男女とも「鬼ごっこ」が最も多かったが、男子では「野球・ソフトボール」と「サッカー」が上位に入るのが女子と異なる特徴

表1 小学生期に運動遊びをしていた頻度

	男子	女子	合計
よく遊んでいた	86	88	87
普通	12	10	11
あまり遊んでいなかった	2	2	2

単位は%

表2 小学生期によく実施していた運動遊び

男子		女子	
%	遊びの名称	%	遊びの名称
58	鬼ごっこ(缶ケリ・ケイドロなどを含む)	56	鬼ごっこ(缶ケリ・ケイドロなどを含む)
42	野球・ソフトボール	27	ドッジボール
35	サッカー	21	固定遊具遊び(鉄棒・ブランコなど)
21	ドッジボール	19	縄跳び
10	固定遊具遊び(鉄棒・ブランコなど)	14	ゴム跳び
7	かけっこ	12	野球・ソフトボール
6	かくれんぼ	12	サッカー
6	木登り	10	かけっこ
6	水辺遊び	9	木登り
5	キックベース	8	山遊び
5	伝承遊び(コマ回し・竹馬など)	8	一輪車
5	ボール遊び	8	かくれんぼ
5	山遊び	7	伝承遊び(凧揚げ・竹馬など)
5	縄跳び	6	川遊び
4	自転車	6	バスケットボール
4	バスケットボール	5	探検
3	虫とり・魚とり	4	キックベース
3	スキー	4	バドミントン
2	水泳	3	Sケン
2	一輪車	3	ボール遊び
1	石渡り	3	水泳
1	ケンケン	3	バドミントン
		2	自転車
		2	だるまさんが転んだ
		2	ローラースケート
		2	卓球
		2	バレーボール

2名以上から回答のあった運動遊びを示した

であった。

2) 走・跳・投運動の有能感

表3には、小学生期における走・跳・投運動の有能感を割合で示した。短距離、ハードル、跳躍の選手は、70%以上の者が短距離走能力と跳躍能力が「高かった」と回答した。また、長距離走能力においても約50～60%の者が「高かった」と回答したが、投能力に関しては「普通だった」と回答する者が最も多かった。中長距離、競歩の選手は、80%以上の者が長距離走能力は「高かった」と回答していた。短距離走能力に関しては、中距離選手では「高かった」と回答する者が最も多かったが、競歩選手では「普通だった」と回答する者が最も多かった。跳躍能力と投能力は両種目とも「普通だった」と回答する者が最も多かった。投擲選手と混成選手はすべての運動において「高かった」と回答する者が最も多かった。

青少年期のトレーニング環境

1) 陸上競技を始めた理由

表4には、陸上競技を始めた理由を割合で示した。小学生期で陸上競技を始めるきっかけとして最も多

表3 小学生期における走・跳・投運動の有能感

種目	短距離走能力	長距離走能力	跳躍能力	投能力
短距離(57名)				
高かったと思う	93	60	72	32
普通だったと思う	5	32	26	47
低かったと思う	2	9	2	21
中長距離(112名)				
高かったと思う	49	83	27	17
普通だったと思う	41	15	60	51
低かったと思う	10	2	13	32
競歩(20名)				
高かったと思う	20	85	15	5
普通だったと思う	45	10	45	55
低かったと思う	35	5	40	40
ハードル(28名)				
高かったと思う	89	61	71	32
普通だったと思う	7	18	25	36
低かったと思う	4	21	4	32
跳躍(47名)				
高かったと思う	79	49	83	30
普通だったと思う	19	26	17	57
低かったと思う	2	26	0	13
投擲(24名)				
高かったと思う	75	46	63	75
普通だったと思う	17	17	29	21
低かったと思う	8	38	8	4
混成(10名)				
高かったと思う	70	70	80	80
普通だったと思う	30	20	20	20
低かったと思う	0	10	0	0

各運動能力において最も高い数値を網かけしてある

単位は%

表4 陸上競技を始めた理由

	小学生期	中学生期	高校生期
今までの仲間とうまくいかなかったから		0.3	
今までの指導者とうまくいかなかったから			0.3
今までの競技では上達が望めないと思ったから	0.3	1	2
仲間に誘われたから	23	18	4
新しい指導者に誘われたから	2	9	14
今までの指導者に勧められたから	0.3	4	8
親・教師など周りの人に勧められたから	20	13	8
陸上競技でたまたま良い記録を出したから	2	8	7
陸上競技に魅力を感じたから	7	18	13
転校、移住など家庭の事情	1		
その他	9	10	3

単位は%

黒色セルは20%以上、灰色セルは10%以上、薄灰色セルは10%未満を表す

かったのは、「仲間に誘われたから」(23%) について「親・教師など周りの人に勧められたから」(20%) であった。中学生期で最も多かった理由は、「仲間に誘われたから」(18%) と「陸上競技に魅力を感じたから」(18%) で、「親・教師など周りの人に勧められたから」(13%) と続いた。高校生期で最も多かった理由は、「新しい指導者に誘われたから」(14%) で、「陸上競技に魅力を感じたから」(13%) と続いた。その他の理由では、「兄や姉が陸上競技をやっていたから」「小さいころから走り得意だっ

たから」「球技が苦手だから消去法で」「他にやりたいスポーツがなかったから」「他の部活の先輩が怖かったから」などが挙げられた。

2) スポーツによる2週間以上の怪我の有無

表5には、スポーツが原因で2週間以上の治療を要した障害経験を割合で示した。「経験した」と回答する者の割合が小学生期で7%、中学生期で26%と高まり、高校生期においては59%になった。

3) 青少年期を通してみた自分自身のタイプや人間関係および施設・設備

図1には、青少年期を通してみた自分自身のタイプや人間関係およびハード面についての回答割合を示した。それぞれ3択ではあったが項目の中間を示

表5 スポーツが原因で2週間以上の治療を要した障害経験

	小学生期	中学生期	高校生期
経験した	7	26	59
経験していない	63	64	36
無回答	30	11	5

単位は%

灰色のセルは、その時期で最も高い割合を表す

す者もいた。最も回答が多かったのは、努力／素質・才能型については、「どちらでもない」(38%)、晩熟／早熟型については、「晩熟型」(46%)、体については「体は丈夫だった」(49%)、進路については「競技に進路を託した」(58%)、運については「恵まれた」(53%)、指導者については「恵まれた」(63%)、練習環境(施設など)については「恵まれた」(57%)、クラブ等について(仲間など)は「恵まれた」(53%)であった。

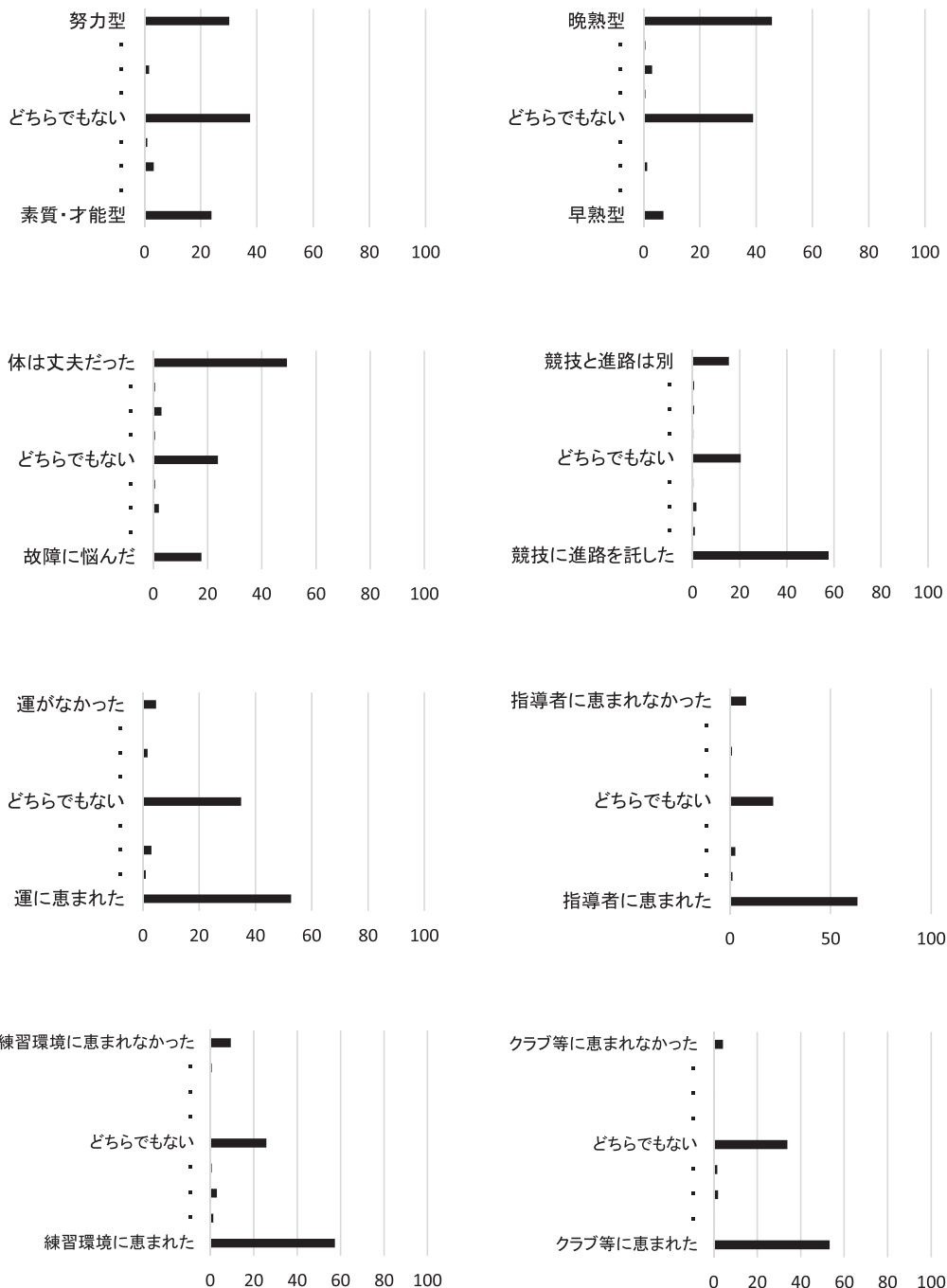


図1 ジュニア期における自分自身のタイプ

表6 スポーツ活動を精神的に最も支えてくれた人物

小学生期		中学生期		高校生期	
人物	%	人物	%	人物	%
母	26	母	30	母	24
父	17	父	15	競技の指導者	23
特になし	11	同性の友人	14	同性の友人	17
同性の友人	8	競技の指導者	12	学校の先生	15
学校の先生	4	学校の先生	12	父	12
競技の指導者	2	特になし	11	自分自身	8
兄姉	2	先輩	4	先輩	5
地域の人	1	自分自身	4	特になし	3
その他	1	兄姉	2	地域の人	2
自分自身	1	その他	1	その他	2
親戚	0	地域の人	0	異性の友人	1
先輩	0			兄姉	1

表7 指導者の有無および指導者の社会的立場

小学生期(あり:59%)		中学生期(あり:92%)		高校生期(あり:97%)	
指導者の内訳	%	指導者の内訳	%	指導者の内訳	%
地域クラブの指導者	45	学校の先生	95	学校の先生	97
学校の先生	37	地域クラブの指導者	3	地域クラブの指導者	1
民間クラブの指導者	11	保護者	2	保護者	1
保護者	9	民間クラブの指導者	0.4	その他	1
その他	1	その他	0.4	実業団(プロ)コーチ	0.3

4) スポーツ活動を精神的に最もサポートしてくれた人物

表6には、スポーツ活動を精神的に最もサポートしてくれた人物を割合で示した。選択割合の多い順にみていくと、小学生期では、「母」(26%)、「父」(17%)、「特になし」(11%)、中学生期では、「母」(30%)、「父」(15%)、「同性の友人」(14%)、高校生期では、「母」(24%)、「競技の指導者」(23%)、「同性の友人」(17%)であった。

5) 指導者の社会的立場

表7には、指導者の有無および指導者の社会的立場について割合で示した。小学生期には59%が「あり」と回答し、そのうちの45%は「地域クラブの指導者」、37%は「学校の先生」であった。中学生期では、92%が「あり」と回答し、そのうちの95%が「学校の先生」であった。高校生期も同様に、97%が「あり」と回答し、そのうちの97%が「学校の先生」であった。

6) 指導者の指導方法

図2には、小学生期、中学生期および高校生期における指導者の印象についての割合を示した。精神的な厳しさについては、「いいえ」と回答する者がすべての時期で最も多かった(42~59%)。人間的な親しみや尊敬については、「はい」と回答する者がすべての時期で最も多かった(65~71%)。指導

者自身の技術レベルについては、小学生期と中学生期においては「どちらともいえない」が最も多かったが(39~56%)、高校生期では「はい」が最も多かった(56%)。指導者の医科学的な知識については、「どちらともいえない」がすべての時期で最も多かった(45~53%)。指導者の過去の競技成績については、小学生期と中学生期においては「どちらともいえない」が最も多かったが(44~51%)、高校生期では「はい」が最も多かった(39%)。練習への参加状況については、「はい」と回答する者がすべての時期で最も多かった(77~86%)。指導者自身の運動状況については、小学生期と中学生期においては「はい」が最も多かったが(39~53%)、高校生期では「いいえ」が最も多かった(41%)。指導者の満足度については、「はい」と回答する者がすべての時期で最も多かった(65~76%)。

IV 考察

小学校期の運動遊び経験と有能感

1988年調査では、男子で85%、女子で71%が「よく運動遊びをしていた」と回答しており、具体的な運動遊びは、男子で「野球」「鬼ごっこ」「サッカー」「缶ケリ」「ドッジボール」、女子では「ドッジボール」「鬼ごっこ」「サッカー」「なわとび」「缶ケリ」「ゴム跳び」の順で多かった。かけっこ競争と持久走の有能感は、男女とも約60%の者が「高かった」と回答していた。

本研究では、小学生期において男女ともほとんどの者がよく運動遊びを実施しており「鬼ごっこ」「ドッジボール」「固定遊具遊び」に加えて男子では「野球・ソフトボール」と「サッカー」といった身体活動レベルが高く、体を巧みに操作する運動を好んでいたことがうかがえる。運動有能感については、短距離、ハードル、跳躍、投擲、混成選手は全体的に高い有能感を持っている者が多かった。中長距離と競歩選手は他種目の運動能力については「普通だった」の

回答が多かったが、それぞれの専門種目で要求される運動能力については、小学生期において高い結果が得られた。

このように、1988年と最近の日本代表選手は、両者とも小学生期によく運動遊びを実施しており、実施していた運動遊びの内容も同じものが多く、運動に対する有能感が高かったと言える。

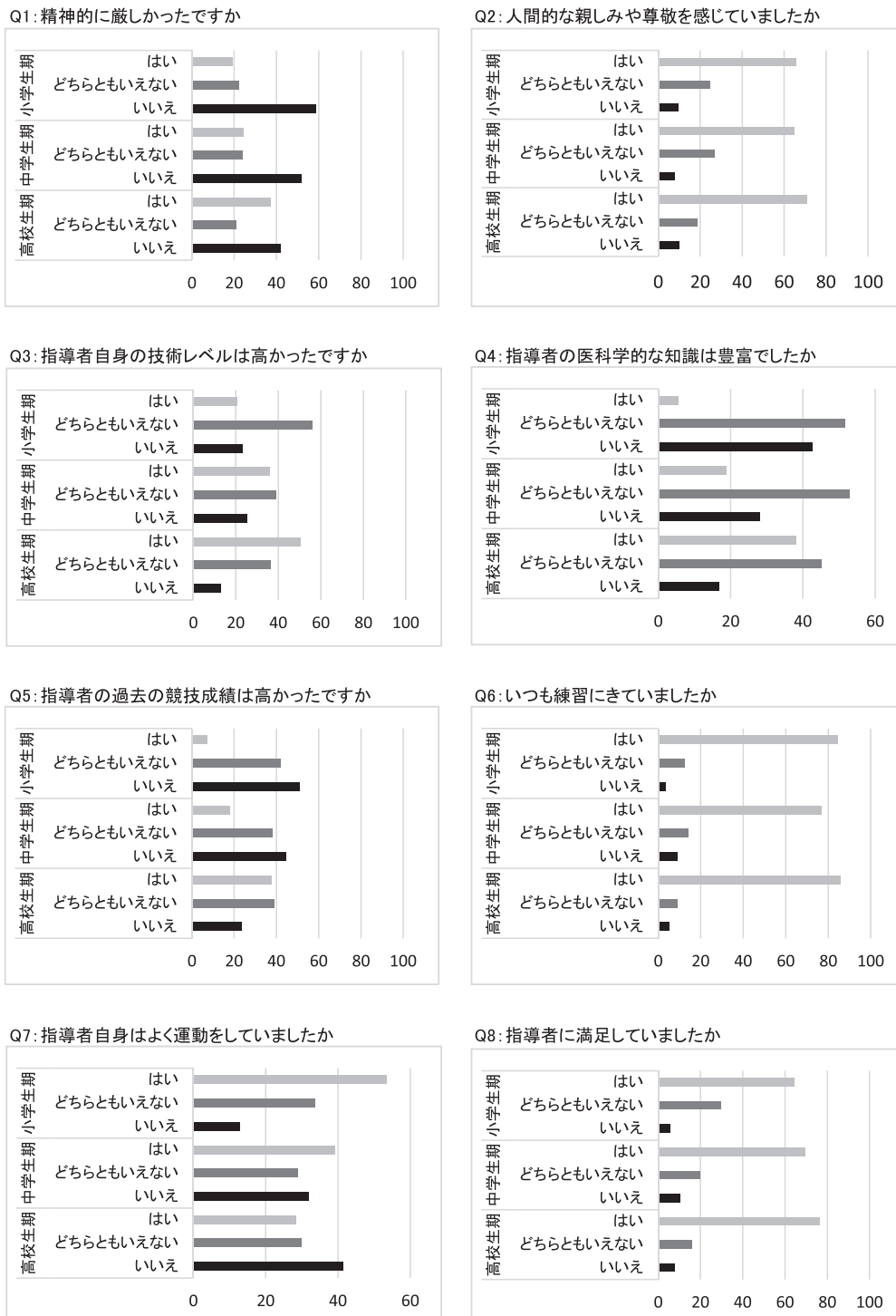


図2 各年齢におけるコーチの印象

青少年期のトレーニング環境

日本代表選手で小学生期に陸上競技を専門的に実施していた者は10%程度であったことから(渡邊ら, 2014), 小学生期に陸上競技を始めた理由の選択割合が20%を超えることは矛盾しているように見える。おそらくこれは, 市町村レベルでの陸上競技大会に向けて学校で短期的に取り組んだことを表していると考えられる。小学生期に仲間や親・教師など周囲の勧めで陸上競技を始めたことで魅力を感じ, 約70%の者が中学生から陸上競技部に所属するようになったのだろう(渡邊ら, 2014)。この結果は1988年調査と似ており, 約50%の者が中学から陸上競技を始め, 男子の38.0%, 女子の47.4%が「先生の勧め」で, 陸上競技を始めていた。高校生期で陸上競技を始めたきっかけは, 指導者のほとんどは学校の先生であることから(表7), 体育の授業やスポーツテストの結果などをみた陸上競技部の顧問(教師)の勧誘であると考えられる。また, 中学生期には他のスポーツを中心的に取り組んでいたが, 一時的に陸上競技部に所属して大会に出場したことで魅力を感じ始めた者もいると考えられる。

日本代表レベルに至るまでには素質や才能が求められるかもしれない。しかしそれを開花させるためには努力も必要であろう。図1で, 素質・才能型か努力型を尋ねた質問で「どちらでもない」という回答が最も多かったのは, ある程度自分自身の能力の高さを認識していながらも, 努力を重ねてきたことを反映していると思われる。1988年調査においても, 競技力におよぼす要因は「先天的」「後天的」「両方」かという質問で, 「両方」と回答した者が約60%であり, 本研究の結果とほぼ一致している。次に, 努力型が多かった背景には, 晩熟型が関連しているかもしれない。渡邊ら(2013b)は, 日本代表選手の約60%は中学生期に全国大会に出場していないが, 高校生期では80%以上が全国大会に出場し, その多くが入賞していることを報告している。すべての日本代表選手は, 為末大氏(400mH)や井村久美子氏(旧姓・池田: 走り幅跳び・100mH)のように, 小・中学生の頃から全国トップクラスであるとは限らないのである。

体は丈夫だったということは(図1), 長期間離脱することなく日常のトレーニングを積めることになる。無回答者の割合が比較的多かったが, おそらく怪我の経験がなかったことを表していると思われる(表5)。そう考えると, スポーツが原因で2週間以上の治療を要した経験の割合は妥当であろう。スポーツ傷害の有無については1988年調査でも尋

ねている。発症時期を分けて尋ねてはいないが, 高校生の64.9%で怪我の経験があると回答しており, 本研究の結果とほぼ一致していた。1988年調査では, 怪我の種類も尋ねており, 最も多かったのが骨折(19.6%), 次いで腰痛(11.8%), 捻挫(9.8%), 肉離れ(9.8%)と続いていた。しかし, 慢性的な関節痛や疲労骨折などの過度なトレーニングが原因で発症した障害なのか, 捻挫や肉離れなどの突発的に起こった傷害なのかは不明であるため, さらに詳細な調査が必要である。

図1で, 競技に進路を託した, 指導者, 練習環境, クラブ等に恵まれたと回答する者が多かったことは, 選手自身の能力を引き出す指導者の存在が不可欠であったと言えよう。指導者自身の競技実績や技術レベルが必ずしも高いわけではなく, 親しみがあり, いつも練習に来ていたことがうかがえる。技術レベルや医学的知識のレベルについては, 指導者が高い技術や知識を有していたとしても, 特に小・中学生に対してはわかりやすく説明したり, 例えたりすることが多いだろう。したがって, 指導者の技術レベルや医学的知識に関しては, 選手にとって「よくわからない」というのが正直な感想かも知れない。設備や仲間にも恵まれていたとの回答も多かった。このように, 青少年期には, 日常のトレーニングに関連する人間関係(指導者や仲間), 施設・設備の両方が良好である必要があるのである。この結果は1988年調査と似ており, 練習仲間やトレーニング環境に恵まれていたと回答する者が, 中学期では16.7~36.4%で, 高校期では44.4~50.0%であった。

一方, 表6をみると, スポーツ活動を精神的に支えてくれた人物としてすべての時期で「母」が最も多かった。小中学生期では「母」について「父」の支えも大きかったことがわかる。このように, 優れた指導者の存在も大切であるが, 家族の支えはより大切であると言えるだろう。

V まとめ

本研究は, 日本代表選手を対象にして青少年期における運動遊び経験およびトレーニング環境について明らかにすることを目的とした。2012年と2014年に日本代表選手を対象にして質問紙調査を実施して298名から回答を得た。小学生期において87%の者が「よく運動遊びをしていた」と回答した。短距離, ハードル, 跳躍, 投擲, 混成選手では全体的に運動有能感が高かった。中長距離と競歩選手は全

体的に「普通だった」と回答する者が多かったが、長距離走能力については、高い有能感を示す者が多かった。陸上競技を始めるきっかけは、小学校期で仲間や親・教師の勧めが多かったが、中学生期では陸上競技に魅力を感じたこと、高校生期からは新しい指導者に誘われたことが挙げられた。怪我で悩んだ者の割合は低く、親しみがあり尊敬できる指導者、良い施設や仲間とトレーニングできていた。また、スポーツ活動をするにあたって家族も精神的に支えていた。時代に伴う環境の変化の影響で1988年の調査結果と異なることを予想したが、傾向はほとんど同じであった。

文献

- 文部科学省 (2011) 平成 22 年度体力・運動能力調査報告書.
- 日本体育協会 (1989) 競技力向上に関するスポーツカリキュラムの開発研究陸上競技班「競技者の生育歴・競技歴に関する調査研究」. 日本体育協会医・科学研究報告書, pp23-46.
- Nishijima T., Nakano T, Takahashi S, Suzuki K, Yamada H, Kokudo S and Ohsawa S (2003) Relationship between changes over the years in physical ability and exercise and sports activity in Japanese youth. *International Journal of Sport and Health Science*, 1(1): 110-118.
- 杉原 隆 (2003) 運動指導の心理学. 大修館書店, pp141-156.
- スポーツ庁 (2015) 平成 27 年度全国体力・運動能力, 運動習慣等調査, 第 3 章基礎集計, 小学校児童の調査結果. (http://www.mext.go.jp/component/a_menu/sports/detail/_icsFiles/afiledfile/2015/12/18/1315117_2.pdf) 参照日: 平成 28 年 3 月 7 日.
- 鈴木宏哉 (2015) 子どもにおける体力・身体活動の大規模調査と縦断的調査の意義. *体育の科学*, 65 (4) : 271-277.
- 渡邊將司, 森丘保典, 伊藤静夫, 三宅 聡, 森 泰夫, 繁田 進, 尾縣 貢 (2013a) 日本代表選手に対する軌跡調査 - 第 1 報 -, 公益財団法人日本陸上競技連盟.
- 渡邊將司, 森丘保典, 伊藤静夫, 三宅 聡, 森 泰夫, 繁田 進, 尾縣 貢 (2013b) オリンピック・世界選手権代表選手における青少年期の競技レベル - 日本代表選手に対する軌跡調査 -. *陸上競技研究紀要*, 9 : 1-6.
- 渡邊將司, 森丘保典, 伊藤静夫, 三宅 聡, 森 泰夫, 山崎一彦, 榎本靖士, 遠藤俊典, 木越清信, 繁田 進, 尾縣 貢 (2014) 日本代表選手におけるスポーツ・種目転向 (トランスファー) の特徴 - 日本代表選手に対する軌跡調査 -. *陸上競技研究紀要*, 10 : 13-21.

付録 1. 質問項目（陸上競技におけるトップアスリートに関する軌跡調査の質問紙より抜粋）

Q1：子ども（小学校期）の頃、よく運動遊びをしましたか？ 次の数字に○印をつけてください。また「1. よく遊んでいた」と回答した方は、思い出せる遊びを（ ）に記入して下さい。

1. よく遊んでいた 2. 普通 3. あまり遊んでいなかった

(

)

※運動遊び = 大人が関与していない子どもだけの自由遊び

Q2：子ども（小学校期）の頃の運動能力は、他の子ども達と比べてどうでしたか？ あてはまる項目の数字に○印をつけてください

短距離走 → 1. 速かったと思う 2. 普通だと思う 3. 遅かったと思う

持久走 → 1. 速かったと思う 2. 普通だと思う 3. 遅かったと思う

跳能力 → 1. 高かったと思う 2. 普通だと思う 3. 低かったと思う

投能力 → 1. 高かったと思う 2. 普通だと思う 3. 低かったと思う

Q8：陸上競技を始めたきっかけ（理由）は何ですか？

変更した時期 変更した理由	小学生 6～12 歳頃	中学生 12～15 歳頃	高校生 15～18 歳頃	青年 18～22 歳頃	成年 23歳 頃～
今までの仲間とうまくいかなかった					
今までの指導者とうまくいかなかった					
今までの競技では上達がのぞめなくなった					
仲間に誘われた					
新しい指導者に誘われた					
今までの指導者に勧められた					
親・教師など周りの人に勧められた					
他の競技でたまたま良い成績を出した					
新しい競技に魅力を感じた					
転校、移住など家庭の事情で					
その他の理由で					
補足（「その他の理由」についてなど）					

Q10：各年齢期における「スポーツが原因の2週間以上の治療を要した傷害（ケガ・傷害や病気）」の経験について、あてはまる【回答】の数字を記入して下さい（ひとつずつ）。競技活動を行っていない時期には×印をつけてください。

【回答】 1. 経験した 2. 経験しない

幼児期 ～6歳頃	小学生期 6～12歳頃	中学生期 12～15歳頃	高校生期 15～18歳頃	青年期 18～22歳頃	成年期 23歳頃～

Q11：ジュニア期の競技活動を振り返ったとき、以下にあげた8つの観点ではどちらのタイプに属するとお考えですか？ あてはまる数字に○印をつけてください。

どちらともいえない

- | | | |
|-----------------|-----------|-----------------|
| (1)素質・才能型 | 1・・・2・・・3 | 努力型 |
| (2)早熟型 | 1・・・2・・・3 | 晩成型 |
| (3)故障に悩んだ型 | 1・・・2・・・3 | 体は丈夫だった型 |
| (4)競技に進路を託した型 | 1・・・2・・・3 | 競技と進路は別型 |
| (5)運に恵まれた型 | 1・・・2・・・3 | 運がなかった型 |
| (6)指導者に恵まれた型 | 1・・・2・・・3 | 指導者に恵まれなかった型 |
| (7)練習環境に恵まれた型 | 1・・・2・・・3 | 練習環境に恵まれなかった型 |
| (8)所属クラブ等に恵まれた型 | 1・・・2・・・3 | 所属クラブ等に恵まれなかった型 |

Q12：各年齢期のスポーツ（競技）活動を精神的に最もサポートしてくれたのは誰ですか？ あてはまる【項目】の数字を記入してください（ひとつずつ）。競技活動を行っていない時期には×印を記入してください。

幼児期 ～6歳頃	小学生期 6～12歳頃	中学生期 12～15歳頃	高校生期 15～18歳頃	青年期 18～22歳頃	成年期 23歳頃～

【項目】

1. 父 2. 母 3. 兄姉 4. 弟妹 5. 親戚 6. 配偶者 7. 同姓の友人
8. 異性の友人 9. 地域の人 10. 先輩 11. 競技の指導者 12. 学校の先生（9を除く）
13. 自分自身 14. 特になし 15. その他（ ）

Q13: あなたが指導を受けた指導者についてお聞きします。各年齢期の指導者の有無についてあてはまる数字に○印をつけ、「1. あり」の場合はそのときの指導者の社会的立場について()に数字を記入してください(ひとつずつ)。

幼児期 ～6歳頃	小学生期 6～12歳頃	中学生期 12～15歳頃	高校生期 15～18歳頃	青年期 18～22歳頃	成年期 23歳頃～
1. あり ()	1. あり ()	1. あり ()	1. あり ()	1. あり ()	1. あり ()
2. なし	2. なし	2. なし	2. なし	2. なし	2. なし

1. 学校(大学含む)の教員または指導者 2. 地域クラブの指導者 3. 民間クラブの指導者
4. 実業団(プロ)コーチ 5. 保護者 6. その他()

Q14: あなたの指導者(コーチ)の指導方法などについてお聞きします。各年齢期の(1)～(8)の質問について、あてはまる【回答】の数字を記入してください。競技活動を行っていない又は指導者がいない時期については空欄で結構です。

【回答】 1. はい 2. どちらともいえない 3. いいえ

年代	幼児期 ～6歳頃	小学生期 6～12 歳頃	中学生期 12～15 歳頃	高校生期 15～18 歳頃	青年期 18～22 歳頃	成年期 23歳頃 ～
精神的に厳しかったですか						
人間的な親しみや尊敬を感じていましたか						
指導者自身の技術レベルは高かったですか						
指導者の医・科学的な知識は豊富でしたか						
指導者の過去の競技成績は高かったですか						
いつも練習にきていましたか						
指導者自身はよく運動をしていましたか						
指導者に満足していましたか						

棒高跳における空中動作の上昇局面に関する運動学的研究

池和田 克彦¹⁾ 水島 宏一²⁾ 繁田 進²⁾

1) 東京学芸大学 ARC 2) 東京学芸大学

A Study of the up-rise of the aerial movement in the pole vaulting

Katsuhiko Ikewada¹⁾ Kouichi Mizushima²⁾ Susumu Shigeta²⁾

1) Tokyo Gakugei University Athletic Research Club

2) Tokyo Gakugei University

Abstracts

A purpose of this study is to relate the term of gymnastics to the aerial movement of the pole vault. Then we considered the aerial movement of the pole vault from the viewpoint of the gymnastics. And we considered technique of peach basket 1/2 twist to handstand of parallel bars and similarity of the aerial movement of the pole vault. We picked up "rotary acceleration", "increase of the shoulder angle" which was the term of parallel bars. In this study, the similarity between such elements as example "rotary acceleration" of parallel bars and swing of pole vault etc became clear by considering the aerial movement of the pole vault from the viewpoint of the gymnastics.

Key words : Pole vault, Aerial movement, Gymnastics, Coaching Guide

I. 問題提起及び目的

棒高跳とは棒を持って助走し、その棒を用いてバーを跳び越し高さを競う跳躍競技である。棒高跳は公式の用語として Pole Vault と呼ばれている。Vault とは「棒や手を支えにして<跳ぶ>ことを意味する動詞として使用されている言葉」である（岡尾, 1996）。

近代陸上競技の種目として棒高跳が行われるようになった契機は、18世紀末から19世紀初頭にかけて近代体育の父と称されるグーツムーツが身体訓練の一環として棒を使用した跳運動を実践させたことである（岸野ほか, 1987）。19世紀の終わり頃、木製の棒が使用され3m台の記録が残っている。それに対して、棒の重さ、折れるという危険性から1904年には日本製の竹ポールが良質で軽量であるといわれ諸外国に多く輸出されていた。当然手軽に良質のポールを入手できる日本選手は目覚ましい成績を残している。それに対して、戦争の勃発により外

国人選手は竹ポールの入手が困難になったこと、また技術の進歩に伴い体重の重い外国人選手たちにとって竹ポールは折れる危険性もあって十分な力を発揮することは出来なかった。以上のような理由から金属製のポールが普及していった。しかし、記録面から見ると鋼鉄や合金製のポールは丈夫という利点はあったが、弾性という利点は失われてしまった。そのため1942年～1960年にかけて世界記録は竹ポール使用で4m77cmから金属製ポール使用に変化しても4m83cmとわずか6cmの伸びにとどまった。ところが、グラスファイバーポールが出現し、1962年2月室内競技会でユールセス選手（アメリカ）が4m88cmの高さを成功させ、その後、世界中の棒高跳競技者はグラスファイバーポールを使用するようになった（広田, 1986）（表1）。

現在は、グラスファイバーのポールに加え、カーボンのポールが使用されている。これらのポールは、曲がらない金属製ポールと比較すると、踏み切り後ポールが大きく曲がり、前進することが可能となり、

表1 ポールの素材と記録（広田（1989）を元に作表）

ポールの素材	主なポールの使用時期	ポールの素材別世界記録	ポールの素材別世界記録保持者
竹ポール	1940年代～1960年頃	4 m 77 (1942年)	C・ワーマーダム
金属製ポール		4 m 83 (1961年)	G・デービス
グラスファイバーポール カーボンポール	1960年以降～現在	6 m 16 (2015年)	L・ラビレニ

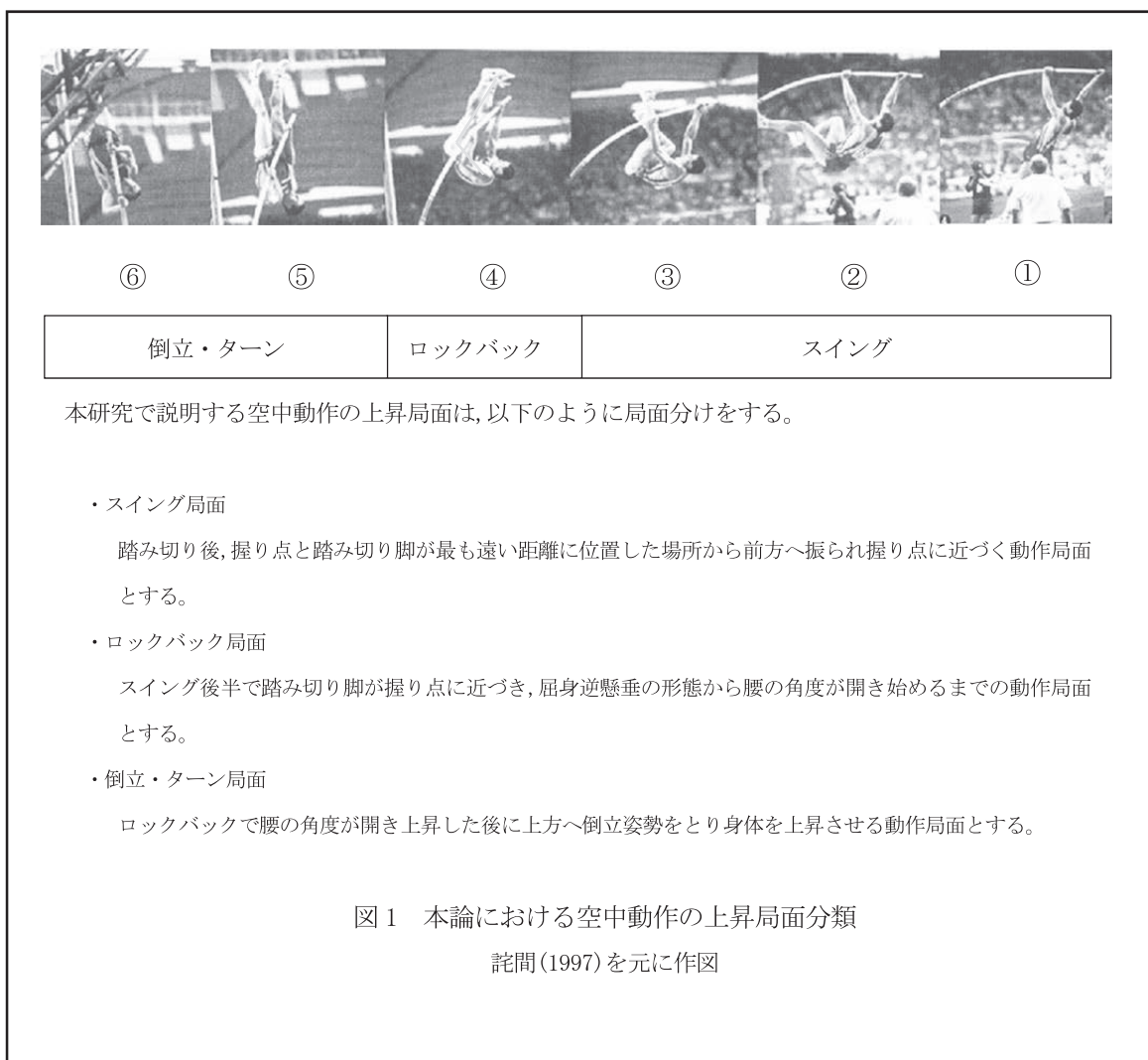


図1 本論における空中動作の上昇局面分類
詫間(1997)を元に作図

その後ポールが伸展することで垂直方向へ立ちやすくなった。そのため、高く跳ぶための重要な要素である「高いグリップ位置」を握ることが可能になった。また、ポールが曲がり、その後伸展時に上方への反発力を受けられるようになり、その力を利用するために跳び方が変化し、踏み切り後グリップ位置より高い位置へ身体を運ぶ「抜き」の高さも向上した。その結果、記録が大きく向上し、現在の棒高跳の世界トップレベルの競技者は5m程度のポールを使用し、1m程度の抜きの高さを出し6m前後の記録を残している。

まず、この「高いグリップ位置」を握るために必要なことは、身長が高いこと、助走スピードが速く

踏み切る力が強いこと、ポールを曲げて立てる技術が高いことである。また、ポールを曲げた後の「抜き」を高くするために必要なことは、空中で身体を適切に動かす調整能力が高いことである。まず、助走からポールを曲げて立てる動作が上手くできなければ、ポールが立たない状態になり、踏み切り後の空中動作を行うという一連の跳躍動作までたどりつけない。そのため助走スピードや踏み切る力の向上や、ポールを曲げて立てる技術の向上に多くの時間が費やされる。

最近10年程度の期間に出版されている主な国内の棒高跳指導書（福間，2012：神谷，2013：越川，2009：尾縣，2007：大村，2010：高橋，

表2 2003年女子世界歴代30傑体操競技出身選手（野口（2004）を元に作表）

順位	記録 (m)	競技者名	国	備考
1	4.82	イシンバエワ	ロシア	体操競技
2	4.80	フェオファノワ	ロシア	体操競技元ロシアジュニアチャンピオン
5	4.70	ポルノワ	ロシア	体操競技
11	4.60	ジョージ	オーストラリア	元サーカス（注）
11	4.60	サットル	アメリカ	体操インストラクター
18	4.53	モルナール	ハンガリー	体操バルセロナ五輪出場
21	4.51	バルトヴァ	チェコ	体操バルセロナ五輪出場
21	4.51	ベリン	スウェーデン	体操競技

注 サークスも体操競技的な動作を含むため体操競技出身とした。

2006：田中，2013：吉田，2013）では，技術を習得するための内容として，助走から踏み切り，ポールを曲げて立てるまでの動作説明が多くされおり，共通する内容が多い。このことにより，日本国内で助走から踏み切り，ポールを曲げて立てる局面までは共通性の高い指導方法が確立されていると考えられる。その一方で，空中動作の抜きに影響する上昇局面（スイング，ロックバック，倒立・ターン局面（図1））に関する日本国内の棒高跳指導書の記述量や共通する内容は少ない。この理由としては上昇局面よりも助走や踏み切りまでの動作が重視されていること，また空中で後方回転を行い，その後倒立姿勢をとる等の非日常的動作は，陸上競技よりも体操競技的な動作であること，このことから，助走や踏み切りと比較すると上昇局面の動作の指導方法は確立されていないと考えられる。

棒高跳は陸上競技種目であるが，前世界記録保持者のセルゲイ・ブブカ選手は，踏み切り後の空中動作は体操競技と言っており，体操競技の指導者に直接指導を受けていた（安田，1994）。さらに，女子棒高跳は2000年シドニーオリンピックから正式種目となり，2003年時点で女子世界記録保持者エレナ・イシンバエワ選手を筆頭に，体操競技経験がある競技者が上位に多くいた（野口，2004）（表2）。このことより棒高跳と体操競技は関連性が高いということが分かる。日本の体操競技は世界の中でトップレベルであり，空中で身体を動かすための有効な方法論を持っている。しかし，日本国内の棒高跳指導書には体操競技の専門家の視点を含めた棒高跳の指導書の作成はされていない。

以上のことより，本研究は，体操競技的な視点から棒高跳の上昇局面と類似した技を示し，体操競技で使用されている言語を棒高跳に結びつけ，上昇局

面技術を習得，向上させるための有効な手段の資料とすることを目的とする。

II . 研究方法

本研究では，空中動作の上昇局面動作において，体操競技的な能力が低い日本国内の地区インカレに出場している大学生棒高跳競技者（以下未熟練棒高跳競技者とする）と体操競技的な能力の高い世界一流棒高跳競技者（以下熟練棒高跳競技者とする）の間で運動経過の中でどのような動作に違いがあるのかを比較及び分析を行う。次に，日本国内の指導書に記述されている上昇局面に関する動作の説明内容より，共通している内容と問題点を挙げる。そして，体操競技を考察する方法の一つの視点である，運動形態的構成要素と運動技術的構成要素を基に棒高跳の上昇局面を考察し，棒高跳の上昇局面と類似した体操競技の技の技術を抽出する。そして，体操競技の現場で使用される感覚運動的言語の詳細説明を行う。さらに，棒高跳の上昇局面の動作と対応させる。そして，棒高跳の上昇局面の類似技の技術を含んだ同系統の技，かつ感覚が類似した，難易度の低い体操競技の技の一例を示す。

III . 結果及び考察

1. 未熟練棒高跳競技者と熟練棒高跳競技者の上昇局面における運動経過時の形態的比較

グラスファイバーやカーボンポールを使用し，ポールを曲げて跳躍するという動作で，これらポールの特性上，ポールが曲がり，最大湾曲後，伸展時に上方への力が加わる。これらのポールは硬さが選択でき，使用するポールにより反発力は異なる。し

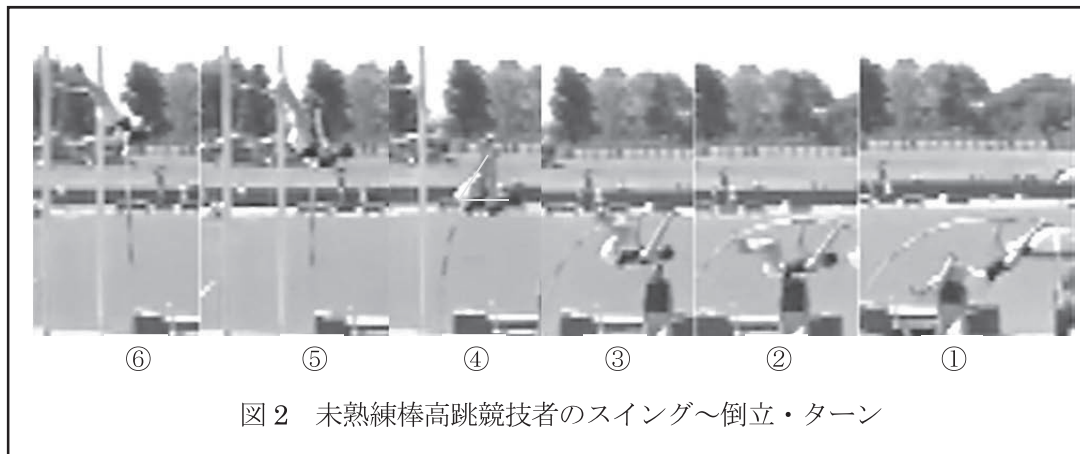


図2 未熟練棒高跳競技者のスイング～倒立・ターン

かし、ポールの反発による上方へ身体が運ばれる力の影響はあるが、実際にグラスファイバーポールが使用される以前の反発がほとんどない金属製ポールを使用していた時代でも70cm程度の抜きが可能であった(広田, 1986)。つまり、現在の世界トップレベルの棒高跳競技者の抜きは1m程度であることから、反発力による上昇は30cm程度であると考えられる。この理由から、反発力の大きいポールを使用するために助走から踏み切り、ポールを立てる練習を行うことは重要ではあるが、効率的な空中動作を行う練習を行うことも記録の向上に近づくということが分かる。

そこで、グラスファイバーポールを使用し、「抜き」が50cm以下の未熟練棒高跳競技者と1m以上の熟練棒高跳競技者の空中動作の上昇局面であるスイング、ロックバック、倒立・ターン局面の動作を形態的に比較し、どの動作に違いがあるのかを抽出する。未熟練棒高跳競技者と熟練棒高跳競技者との間で大きな違いは、未熟練棒高跳競技者はスイング局面からロックバック局面で、肩を軸とした後方回転が不足しており、腰が上がらず、上半身が地面と平行となり、「L」に近い姿勢(図2-④)となっている。その結果として、倒立・ターン局面で上方ではなく、斜め前上方へなっており、倒立姿勢がとれていない(図2-⑤～⑥)、いわゆる前方へ流れた跳躍となってしまう。その一方で、熟練棒高跳競技者は、スイング局面からロックバック局面で肩を中心とした後方回転が行われており、ロックバック局面では腰が上がっており、地面に対して身体が「く」に近い姿勢(図1-④)となっている。そして、倒立・ターン局面では、さらに肩を中心に後方回転と腰の伸展が行われ、上半身が地面に対して垂直に近い下方向を向き、上方へ倒立姿勢をとる跳躍となっている(図1-⑤～⑥)。このような動作の差はスイング局面からロックバック局面で、肩を中心とした後方回転が行わ

れ腰が上がリ、その後、倒立・ターン局面では、肩がさらに後方へ回転し、腰を伸展させ、上方向への倒立姿勢を示しながら身体が上昇しているところである。

2. 棒高跳指導書の上昇局面の説明内容に関する共通内容及び問題点の考察

最近10年程度の期間に出版されている主な日本国内の棒高跳指導書(福間, 2012: 神谷, 2013: 越川, 2009: 尾縣, 2007: 大村, 2010: 高橋, 2006: 田中, 2013: 吉田, 2013)では、空中動作の上昇局面に関する説明は、助走からポールを曲げて立てる動作である助走、突っ込み、踏み切り、ペネトレーション局面までの説明や共通している内容を比較すると少ない。しかし、その中でも上昇局面(スイング、ロックバック、倒立・ターン)の動作の説明はされており、これらの中で共通する動作の説明内容を抽出していく。この結果、陸上競技指導者の中での共通性の高い棒高跳の上昇局面の動作内容が分かるようになると考えられる。また、同時に動作の説明内容の問題点を考察する。(福間, 2012: 神谷, 2013: 越川, 2009: 尾縣, 2007: 大村, 2010: 高橋, 2006: 田中, 2013: 吉田, 2013)

スイング局面に関しては、「両腕または両肘を伸ばす。」(尾縣, 2007: 田中, 2013: 吉田, 2013)「ポール(手)を遠ざける。」(尾縣, 2007: 田中, 2013: 神谷, 2013)という腕に関する動作の説明内容が共通している。しかし、その他の説明は、肩の動きやスイングする方法やタイミングなど、説明する部位は共通しているが、内容は異なっている。

次のロックバック局面に関しては「ポールからはなれないようにする。」(越川, 2009: 大村, 2010)という内容は共通している。しかし、それ以外では共通している項目や内容がなく、記述自体が少ない。

倒立・ターン局面に関しては「身体をひねりなが

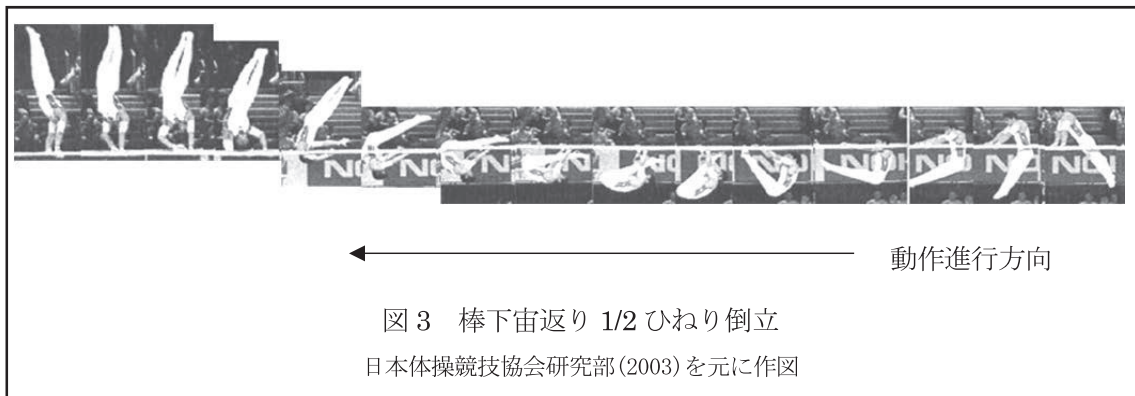


図3 棒下宙返り 1/2 ひねり倒立

日本体操競技協会研究部(2003)を元に作図

ら引き上げる」「(福間, 2012: 尾縣, 2007) 足首を背屈する」(田中, 2013: 神谷, 2013)「肩を落とす」(田中, 2013: 神谷, 2013: 大村, 2010)の内容が共通している。しかし, この「引き上げる」は腕の動かし方の説明が不十分であり, どのように動くのかが詳細に記述されていない。さらに, 「肩を落とす」は陸上競技指導書ではどのような動作なのか説明が不足しており, 理解することが難しいと思われる。このように指導者(福間, 2012: 神谷, 2013: 越川, 2009: 尾縣, 2007: 大村, 2010: 高橋, 2006: 田中, 2013: 吉田, 2013)の間で共通する動作の説明内容があるものの, 理解することが難しく, 陸上競技指導者が指導書を参考にしても棒高跳の空中動作の上昇局面の向上は難しいと考えられる。

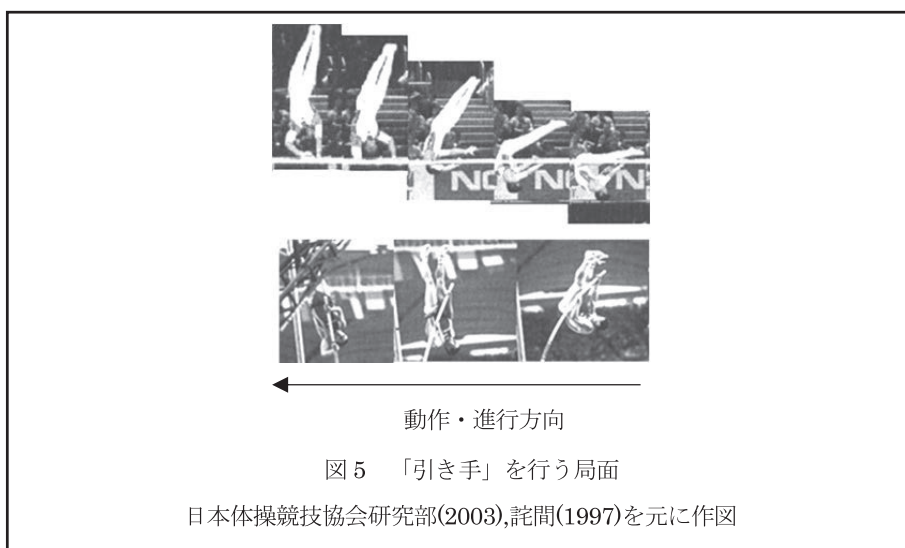
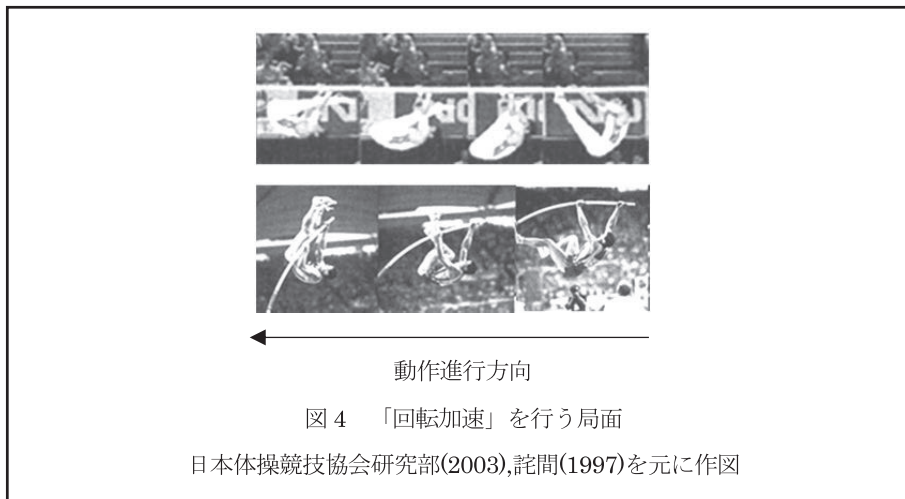
3. 上昇局面動作の後方回転及び上昇動作習得のための方法論

棒高跳の上昇局面であるスイングから倒立局面で後方へ回転し肩と腰を上昇させ上方へ倒立姿勢をとるためには, 体操競技の技を考察する方法の一つである, 身体が器械に対してどのように空間的に転移するのか, 器械に対して転移する身体がどのような姿勢になっているのかを基とする運動形態的構成要素(運動面, 運動方向, 身体の向き, 器械に対する身体の面, 握り方, 運動の空時規定)及び一定の課題を遂行する最善の仕方としての運動技術的構成要素(金子, 1979)を取り入れることが効果的である。この理由としては運動形態的構成要素より棒高跳の上昇局面の動作と形態的な類似技が抽出でき, 運動技術的構成要素よりその技の最善の仕方を抽出することができる。そして, 棒高跳の空中動作の上昇局面と類似した技は, 器具から得られる反発力は棒高跳のポールよりも少ない。しかし, その状態でも上昇力を作り出しており, その技術を棒高跳の上昇局面に転移できれば上昇の動作において効果的だと考えられるからである。

そして, 池和田ら(2007)は運動形態的構成要素をもとに棒高跳の空中動作を「鉛直運動面, 片逆手の握り, 正面懸垂から振動前振り, 握り点を中心とした一回転未満の後方への左右軸回転, 屈身逆懸垂, 1/2 倒立正ひねりの長体軸回転運動」と導き出し, これと類似している体操競技の技の一例として, 平行棒の棒下宙返り 1/2 ひねり倒立(図3)「平行棒の下で肩を中心とした後方への回転, 屈身逆懸垂, 平行棒の上で外手握りでの 1/2 倒立ひねり」を示している。これら棒高跳の空中動作と平行棒の棒下宙返り 1/2 ひねり倒立の形態的な類似点としては, 「握り点を中心とした一回転未満の後方への左右軸回転, 屈身逆懸垂, 1/2 倒立正ひねりの長体軸回転運動」とすることができる。そして, 運動技術的構成要素を基に棒高跳の空中動作の類似技である平行棒の棒下宙返り 1/2 ひねり倒立を運動技術的構成要素から見ていくと, 基本技術は「回転加速」と「引き手」である(金子, 1979)。金子(1979)によると「回転加速」は棒下宙返り系の技を行う場合, 握り点を中心として後方回転を行い, スピードを加速させ体の上昇を助け, 支持に持ち込むことを可能にする原動力であり, 「回転加速」の技術は腰の引き込みによる「落とし」と, 後半は腰の急激な「伸ばし」である。しかし, スピードのある後方回転だけでは上昇させるためには不十分であり, 「引き手」技術との協同作業が行われなければ効果的ではないと述べている。

4. 陸上競技選手に対する体操競技的視点及び運動感覚的言語の問題点

平行棒の棒下宙返り 1/2 ひねり倒立の技で行われる「回転加速」, 「引き手」技術について, どのような動作であるかを体操競技の選手や指導者に伝えることは, かなり容易である。渡辺(1990)は, このようなスポーツ現場で用いられる機能的な言語は感覚運動的言語としている。感覚運動的言語を使用し



運動が表現されることにより、運動を記述したり、説明したりするプロセスが飛躍的に短縮され、この言語的作用によって、先人たちの運動経験を利用することができ、運動を学習する過程を非常に短縮される。さらに金子（1979）は、運動覚に基づくこれらの技術説明語は、運動技術を指導するにあたり、重要性は大きいと述べている。つまり、運動感覚的言語を用いることで、どのような体の動かし方をすれば良いのか、どんな感じなのかが一言で理解できるため、この言語を用いた運動技術の説明は重要であると考えられる。

しかし、棒高跳競技者や陸上競技指導者が感覚運動的言語として体操競技の現場で使用されている「回転加速」、「引き手」を理解するには説明不足であり、これら技術の動作を詳細に説明する必要がある。そこで、本研究では、棒高跳の動作と類似している体操競技の技の技術を棒高跳の空中動作の上昇局面ごとに対応させ、その動作を詳細に説明する。

その結果として体操競技的な動作の技術を棒高跳競技者や陸上競技指導者が棒高跳の空中動作とどのように関連しているのかという理解が深まり、これを参考とし、練習に取り入れることで上昇局面技術を習得するための有効な手段の一つとなる。

5. 体操競技の技術と棒高跳の空中動作の上昇局面との対応

棒高跳の空中動作と類似している技であるの平行棒の棒下宙返り 1/2 ひねり倒立の技術である「回転加速」、「引き手」技術を棒高跳の空中動作の局面ごとに対応させていく。

スイング後半からロックバック局面では平行棒の棒下宙返り 1/2 ひねり倒立の握り点を中心に後方へ回転する課題が共通しているため、この局面で「回転加速」（図4）を行う。その後、ロックバックから倒立・ターン局面では後方回転から上方へ倒立姿勢をとるために、「引き手」（図5）を行うと対応さ

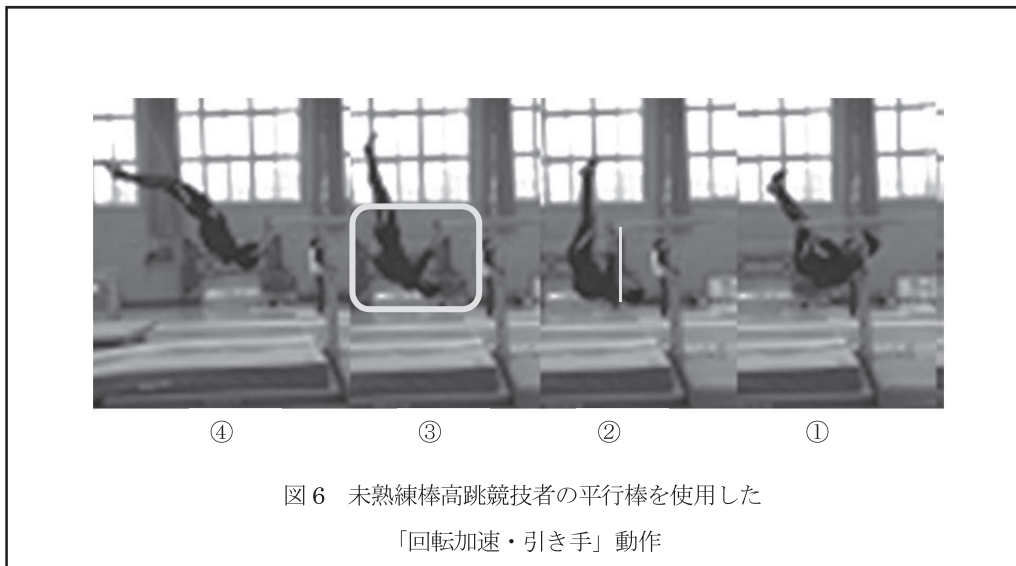


図6 未熟練棒高跳競技者の平行棒を使用した
「回転加速・引き手」動作

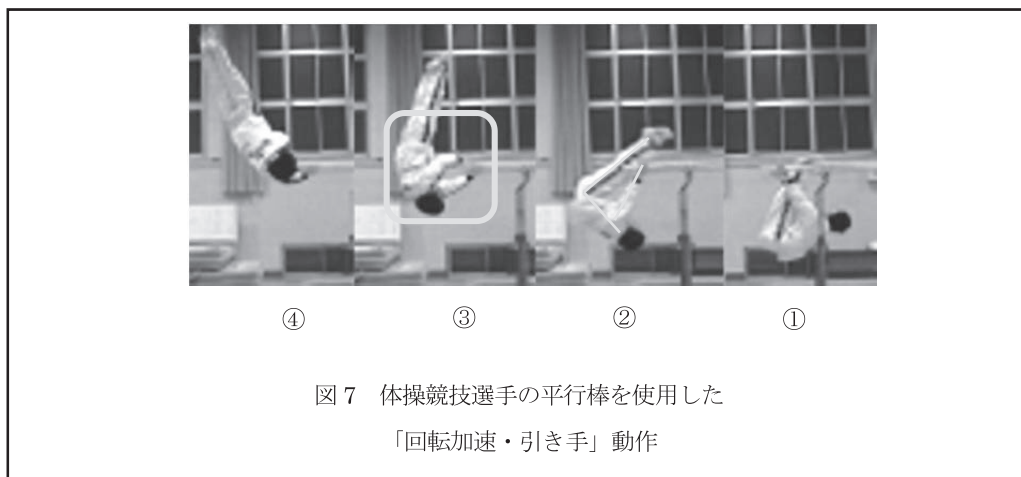


図7 体操競技選手の平行棒を使用した
「回転加速・引き手」動作

ることができる。

6. 体操競技の感覚運動的言語の技術動作の詳細説明

体操競技選手や体操競技指導者以外が理解するために、感覚運動的言語である「回転加速」、「引き手」技術の動作を詳細に説明する必要がある。

(1) 「回転加速」

肩を後方回転させるために一気に下後方へ上体と腰を倒す「落とし（落とす）・はずし（はずす）」と言われる動作と同時に脇を締め、肩関節を伸展させる「肩角度を減少させる」ことで後方回転をさせる動作。

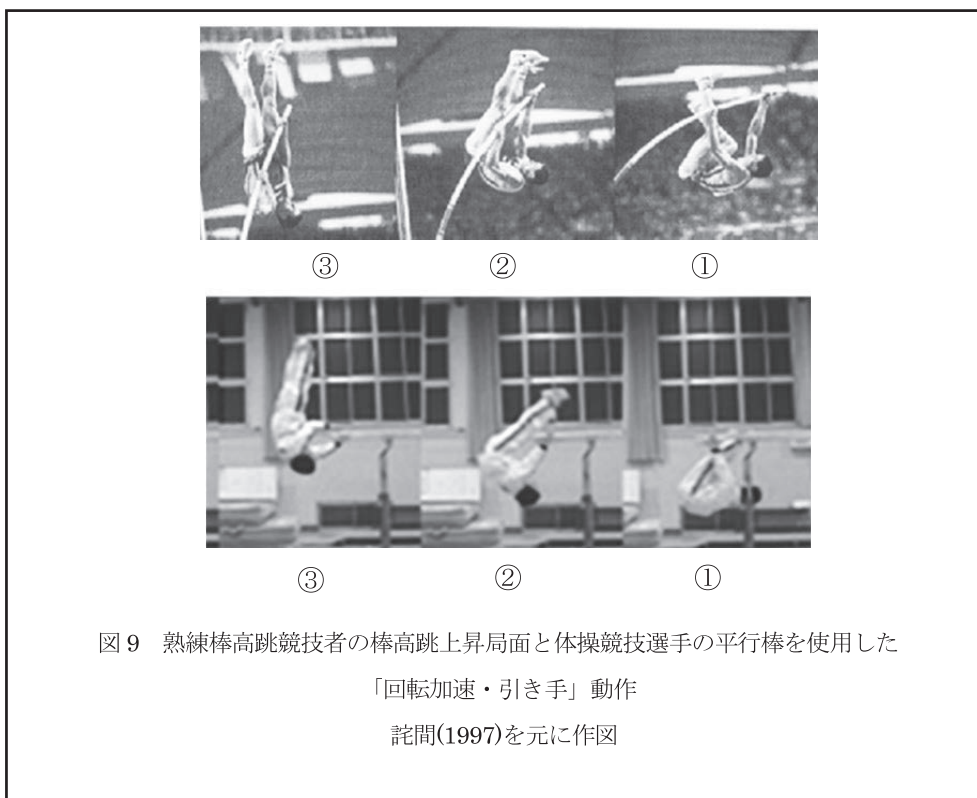
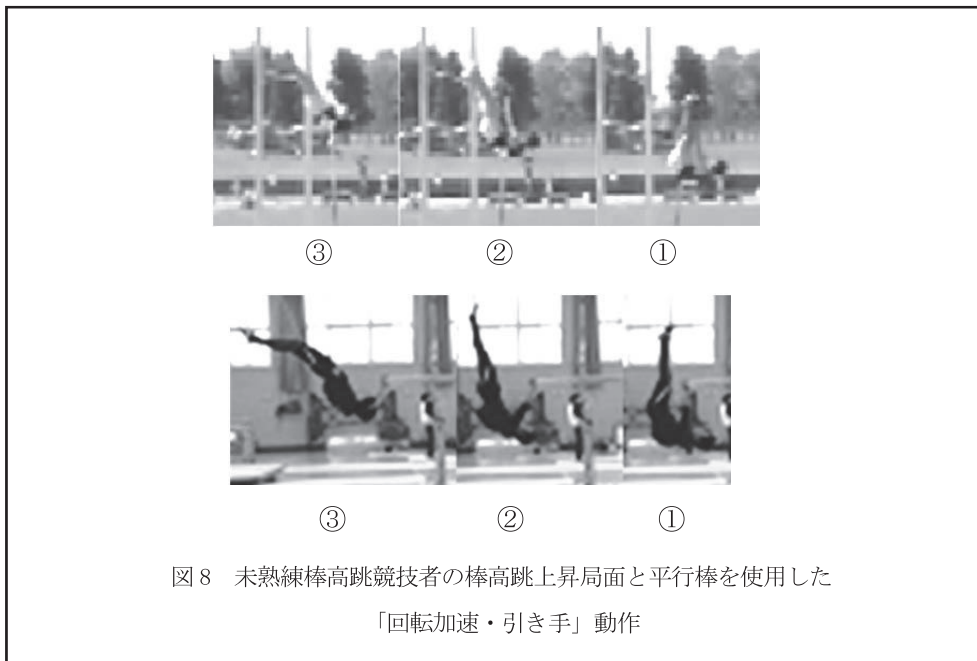
(2) 「引き手」

後方回転が行われている屈身逆懸垂の状態から、肩と腰が上昇すると同時に上方へ一気に腰を伸ばし、その反動を使い、腰角度と肩角度を同時に開き、身体を引き上げるための上昇力を作る動作。

7. 棒高跳指導書の共通内容及び体操競技的視点を含めた空中動作の上昇局面の説明

棒高跳指導書の共通している内容と体操競技的な感覚運動的言語の詳細説明を含めて棒高跳の上昇局面の動作方法を説明をする。

スイング局面からロックバック局面では、肩を中心とし、後方へ回転するためには、「肘を伸ばし」（尾縣，2007：田中，2013：吉田，2013）ながら「握り点から胸を遠ざけ（胸を含み）」（尾縣，2007：田中，2013：神谷，2013）後方へ上体と腰を倒し回転させる、「落とし・はずし」（金子，1979）を行う。また「落とし・はずし」を行うと同時に、脇を締めながら肩関節を伸展「肩角度の減少」させ後方回転させる（回転加速）（金子，1979）。そして、後方回転が行われ、ロックバック姿勢（屈身逆懸垂）になり肩と腰の上昇が行われると同時に、「足首を背屈させ」（田中，2013：神谷，2013）、さらに上昇する力を得るために一気に上方へ腰の伸ばしを行い、反動を使う。そして、同時に肩角度を開きながら身体



の前に握り点を通過させ、上昇させる動作を、タイミングを合わせて行う（引き手）（金子，1979）。この動作の結果，身体が「引き上げ」（福間，2012：尾縣，2007）られ，上方へ倒立姿勢をとりながら上昇できると説明できる。

8. 体操競技的技術の運動感覚を養うための練習方法の一例

図6及び図7は未熟練棒高跳競技者と体操競技選手が平行棒を使用した「回転加速」と「引き手」を行う動作である。これを比較すると未熟練棒高跳競技者は図6-②で肩が握り点より前方へ動かず，後方回転が不十分なため，その後の図6-③では腰及び肩の上昇が弱く，斜め前上方へ身体が伸びている。

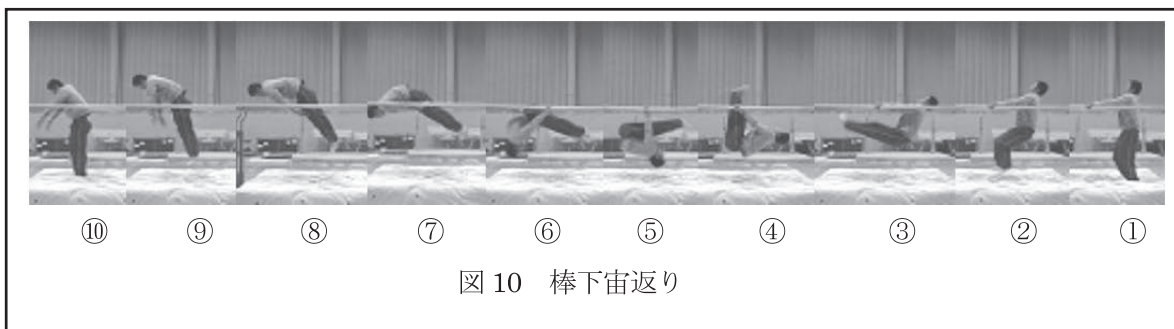


図 10 棒下宙返り

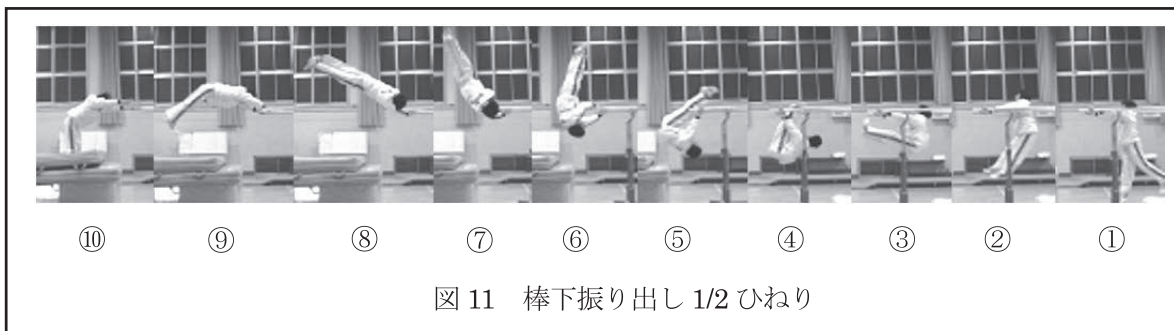


図 11 棒下振り出し 1/2 ひねり

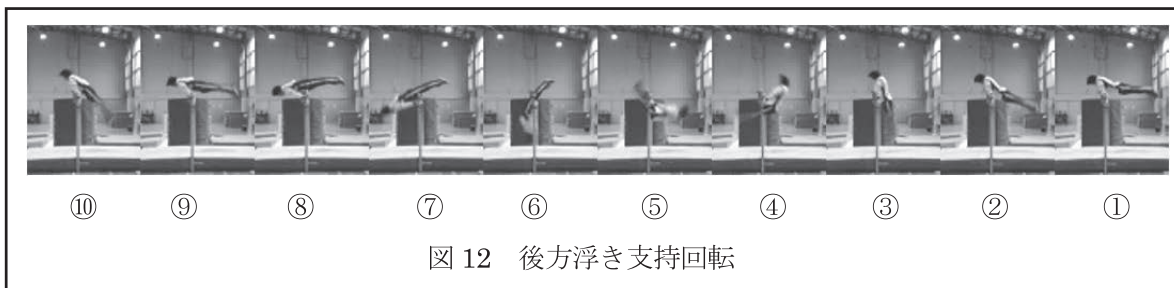


図 12 後方浮き支持回転

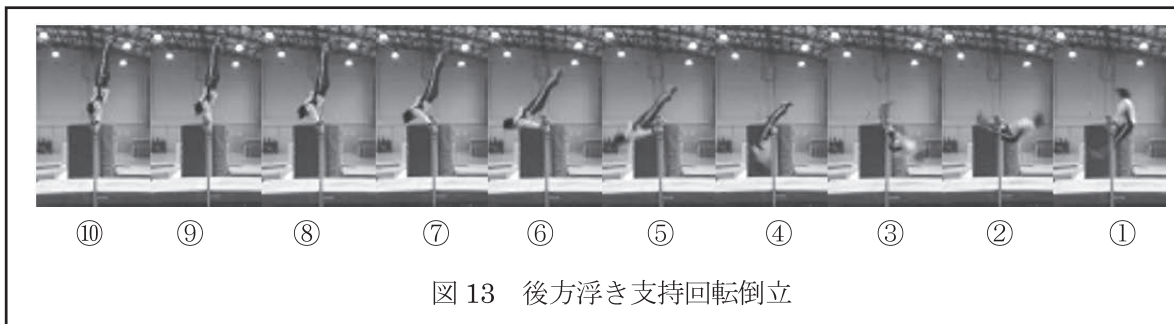


図 13 後方浮き支持回転倒立

それに対して体操競技選手では、図 7-②で握り点より肩が前方へ動き後方回転し、屈身姿勢が保てており「く」の形になっている。その後、図 7-③で腰及び肩が上昇し、図 7-④では上方へ身体が伸び、腰及び肩がさらに上昇している。図 6 のように、肩の後方回転が不十分なことで、上方へ身体が伸びていないという形態は、未熟練棒高跳競技者の棒高跳の上昇局面動作と類似している(図 8)。その一方で、熟練棒高跳競技者の空中動作と体操競技選手の「回転加速」と「引き手」動作は肩が後方へ回転しており、腰が上昇し、「く」の形になり類似しており、さらに、その後、上方へ身体が伸びて倒立姿勢がとれている(図 9)。

塩野(1990)は運動の形が似ていたり、仕方が似

ていたりというように、運動の中にも親戚や兄弟のような運動の類縁関係をとらえることができる。その類似している運動をまとめて学習すると運動経験の拡大に大変効果的であると述べている。つまり、この平行棒の上昇局面動作と棒高跳の上昇局面動作は類縁関係があり、これを練習に取り入れることが効果的である可能性が高いと推測できる。

しかし、本論で示している平行棒の棒下宙返り 1/2 ひねり倒立は陸上競技選手が行うには難易度が高い。そのため、金子(1979)が作成した平行棒の棒下宙返り 1/2 ひねり倒立と同系統かつ感覚が類似している難易度の低い技を示す。平行棒では、同系統の技である棒下宙返り(図 10)と棒下振り出し 1/2 ひねり(図 11)を示し、棒下宙返り 1/2 ひねり

倒立の感覚に類似した、鉄棒の同系統の技である後方浮き支持回転（図 12）と、後方浮き支持回転倒立（図 13）を例として示す。これらの技の中で、「回転加速」の練習として取り入れる技の一例としては、棒下宙返り（図 10）、後方浮き支持回転（図 12）が挙げられる。また、「回転加速」に加え「引き手」の練習として取り入れる技の一例として、棒下振り出し 1/2 ひねり（図 11）、後方浮き支持回転倒立（図 13）が挙げられる。

これらの技の練習を行うにあたり、棒高跳の動作局面の動作を意識することが効果的であると考えられる。「回転加速」は、棒下宙返りでは（図 10-③～⑤）、棒下振り出し 1/2 ひねりでは（図 11-③～⑤）、後方浮き支持回転では（図 12-④～⑥）、後方浮き支持回転倒立では（図 13-②～④）の局面で主に行われ、棒高跳の局面に対応させるとスイング、ロックバック局面（図 1-①～④）で行う。「引き手」は、棒下振り出し 1/2 ひねりでは（図 11-⑤～⑧）、後方浮き支持回転倒立では（図 13-④～⑩）の局面で主に行われ、棒高跳の局面に対応させるとロックバック、倒立・ターン局面（図 1-④～⑥）で行う。

IV. まとめと今後の課題

本研究は、体操競技的な視点から棒高跳の上昇局面と類似した技を示し、体操競技で使用されている感覚運動的言語を棒高跳に結びつけ、上昇局面技術を習得、向上させるための有効な手段の資料とすることを目的とした。

まず、未熟練棒高跳競技者と熟練棒高跳競技者の動作を形態的に比較したところスイング局面から倒立・ターン局面で肩を後方へ回転する動作に違いがあった。そして、日本国内の棒高跳の空中動作の上昇局面に関する指導書に記載されている動作の説明内容は各指導者によって異なり共通性が少ない。つまり空中動作の上昇局面を指導できる棒高跳指導者が少なく共通性の高い指導方法が確立されていないという問題点がわかった。

次に、空中動作の能力が高い競技である体操競技の視点で棒高跳の空中動作の考察を行い、棒高跳の空中動作と類似した体操競技の技である平行棒の棒下宙返り 1/2 ひねり倒立の「回転加速」、「引き手」技術を抽出し、棒高跳の空中局面の動作と対応させた。さらに、棒高跳の空中動作の上昇局面に対して、棒高跳指導書の中で共通性がある動作の説明内容と、体操競技の現場で使用される感覚運動的言語を含めた動作の説明を行った。

そして、「回転加速」や「引き手」技術を含んだ同系統の技、かつ棒下宙返り 1/2 ひねり倒立の感覚に類似した、難易度の低い体操競技の技である棒下宙返り（図 10）、棒下振り出し 1/2 ひねり（図 11）、後方浮き支持回転（図 12）、後方浮き支持回転倒立（図 13）を挙げた。この内容を棒高跳指導者や棒高跳競技者が理解することができ、練習に取り入れていくことで効率良く棒高跳の上昇局面技術の習得や改善が行われるようになると考えられる。

以上のように、本研究で取り上げたような上昇局面の内容を棒高跳指導者や棒高跳競技者が理解し、練習が行われるようになれば、日本の棒高跳のレベルも上がり、世界大会でメダルの獲得も期待できるようになると考えられる。

引用・参考文献

- 福間 博樹（2012）部活で大活躍できる！陸上最強のポイント 50（コツがわかる本！）。メイツ出版、68-69.
- 広田 哲夫（1989）最新陸上競技入門シリーズ 6 棒高跳。ベースボールマガジン社、9-10.
- 池和田 克彦、繁田 進、有吉 正博（2008）棒高跳における体操競技的トレーニングに関する一考察—体操競技の技との類似性から。陸上競技研究、3、28-38.
- 神谷 晃尚 棒高跳。（公財）全国高体連陸上競技専門部 編（2013）ジュニア陸上競技マニュアル。陸上競技社、172-187.
- 金子 明友（1974）体操競技のコーチング。大修館、37-39、176-200、282-285、370-376、397-403、471-474.
- 鹿島 丈博（2007）平行棒における「棒下宙返り倒立」の技術に関するモルフォロジー的一考察。体操競技器械運動研究（15）、31-41.
- 加藤澤男（1991）平行棒棒下宙返りの技術学習について—鉄棒の後方浮き支持回転との関連で—。筑波大学運動学研究 7、33-41.
- 岸野 雄三、岡尾恵市、丸山吉五郎、日本体育協会監修（1987）最新スポーツ大辞典。大修館、1156-1158.
- 越川 一紀 跳躍。順天堂大学陸上競技研究室 著、澤木 啓祐監修（2009）順天堂メソッド 勝つための陸上競技。ベースボールマガジン社、118-121.
- 日本体操競技協会研究部（2003）（財）日本体操競技協会研究部報 90 号、23.

- 野口 純正 (2004) STATS ON T&F. 陸上競技マガジン. ベースボールマガジン社, 6, 160-161.
- 尾縣 貢 (2007) ぐんぐん強くなる! 陸上競技. ベースボールマガジン社, 114-125.
- 岡尾 恵一 (1996) 陸上競技のツールをさぐる. 文理閣, 135.
- 大村 邦英 (2010) もっとうまくなる! 陸上競技 (スポーツVシリーズ). ナツメ社, 118-127.
- 塩野 克己 運動の学習転移. 金子明友, 朝岡正雄編著 (1990年) 運動学講義. 大修館, 101-107 123-124.
- 高橋 卓巳, 棒高跳. 公益財団法人全国高体連陸上競技専門部 編 (2006) ジュニア陸上競技マニュアル. 陸上競技社, 182-190.
- 詫間 茂 棒高跳. 全国高等学校体育連盟陸上競技部編 (1997) ジュニア陸上競技教典 - 初心者マニュアルQ & A -. 株式会社陸上競技, 167.
- 田中 光, 跳躍. 公益財団法人 日本陸上競技連盟 編 (2013) 陸上競技指導教本アンダー 16・19 [上級編] レベルアップの陸上競技. 大修館書店, 65-71.
- 渡辺 伸 運動の発生と習熟位相. 金子明友, 朝岡正雄編著 (1990年) 運動学講義. 大修館, 123-124.
- 安田 矩明 (1994) スポーツを考える (その3) セルゲイ・ブブカ選手の棒高跳び. 中京大学体育学論叢, 35-2, 128.
- 吉田 孝久, 跳躍種目. 公益財団法人日本陸上競技連盟 編 (2013) 陸上競技指導教本アンダー 16・19 [初級編] 基礎から身につく陸上競技日本陸連. 大修館書店, 10

中学陸上競技者におけるコントロールテスト結果と競技成績の関係

加藤和樹¹⁾ 繁田進²⁾ 東川安雄³⁾ 伊藤静夫⁴⁾ 小林敬和⁵⁾ 岩壁達男⁶⁾ 渡部誠⁷⁾
桜井智野風⁸⁾ 井筒紫乃⁷⁾ 沼澤秀雄⁹⁾ 櫻田淳也¹⁰⁾ 渡邊将司¹¹⁾ 舟橋昭太¹²⁾
熊原誠一¹³⁾ 豊田裕浩¹⁴⁾ 平山公紀¹⁵⁾ 横山巧機¹⁶⁾

- 1) 名古屋西養護学校 2) 東京学芸大学 3) 広島大学 4) 日本体育協会
5) 中央学院大学 6) 国際武道大学 7) 日本女子体育大学 8) 桐蔭横浜大学 9) 立教大学
10) 東京女子体育大学 11) 茨城大学 12) 船橋市立葛飾中学校 13) 東京都立第三商業高等学校
14) 中央大学 15) 八王子市立第六中学校 16) 東京学芸大学大学院

1. はじめに

1) コントロールテストの有効性について

公益財団法人日本陸上競技連盟(以下、「日本陸連」と呼ぶ)は、2011年～2012年にかけて「JAAFアスリート発掘・育成プロジェクト クリニック事業」(以下、「クリニック事業」と呼ぶ)と称して全国の小・中学生を対象にコントロールテストを実施した。

日本陸連によると、全国31か所で開催されたこのクリニック事業は、「競技者育成プロジェクトに基づいた指導の啓蒙」や、「タレントの発掘」、また「都道府県陸協との連携の強化」を目的として行われているが、コントロールテストの意義として尾縣(2009)は「現在の状態を知ることができる。トレーニング効果の獲得を検証できる。ケガを防ぐ。他者との比較ができる。自分の適性を見抜ける。タレント発掘ができる。」と記述しており、本クリニック事業の目的の一つである「タレント発掘」において一定の成果を挙げることが出来るのではないかと考えられる。

しかしながら、国内の陸上競技におけるコントロールテストの先行研究では、稲岡ら(1986)や森(2012)などが行ったように成人を対象としたものが多くみられ、中学生や高校生を対象とした研究は十分にされていない。

そこで本研究では、中学陸上競技者のコントロールテストと競技成績の関係を明らかにするとともに、コントロールテストの有効性を検討し、また点検基準表を作成することにより、競技力の指標や競技力向上および今後の指導のための基礎的知見を得ることを目的とした。

2) コントロールテストの内容について

コントロールテストの実施種目については、先行研究を参考に「20m ホッピング」「クイックジャンプ前後」「クイックジャンプ左右」の3種目を選出した。

「20m ホッピング」は、スピード筋力(水平的跳躍力)を測る項目に分類され、また井藤(2003)によると、ホッピング運動は瞬発力や筋持久力だけではなく、バランスや調整力を含んだ項目でもあることを示唆している。また小林(2002)によると、中国では少年少女を対象にホッピング動作をコントロールテストとして実施しており、競技力を測る指標として適切であると考えられる。

「クイックジャンプ前後」及び「クイックジャンプ左右」は、体力テストで行われる反復横跳びなどと同様に敏捷性(神経系)を計測する項目に分類される。また、指導書によるとクイックジャンプはSAQトレーニングの一つとして紹介されている。SAQトレーニングとは、スポーツにおける速さをSpeed(直進性の短距離スプリント能力)、Agility(身体移動を制御する能力)、Quickness(刺激に反応し速く動き出す能力)の3つに分類し、それぞれを合理的にみにつけるトレーニングであり、とくにクイックジャンプはアジリティドリルとして紹介されている。陸上競技におけるアジリティドリルについて、原田(2000)は走りという動きの中で安定した身体軸を維持することを目的としていると報告している。よって、クイックジャンプには敏捷性とバランスや調整力といった体力因子が関わっており、陸上競技の競技記録を推測するために有効なのではないかと考えられる。

表1 男子全体の人数、平均値、最小値、最大値、標準偏差

		人数	平均値	最小値	最大値	標準偏差
体格	身長(cm)	1326	162.9	135	185	8.46
	体重(kg)	1321	49.5	25.7	120	9.19
コントロールテスト	20mホッピング(歩)	1325	9.6	6.5	16	1.38
	クイックジャンプ前後(回)	1338	42.5	13	72	8.06
	クイックジャンプ左右(回)	1342	42.9	19	70	6.51

表2 女子全体の人数、平均値、最小値、最大値、標準偏差

		人数	平均値	最小値	最大値	標準偏差
体格	身長(cm)	1212	156.3	136	173	5.66
	体重(kg)	1121	44.5	30	78	5.95
コントロールテスト	20mホッピング(歩)	1210	11	7.5	18	1.41
	クイックジャンプ前後(回)	1228	42.6	15	72	6.76
	クイックジャンプ左右(回)	1230	41.8	17	69	5.72

表3 体格、コントロールテストの男女差 (t検定)

		男子		女子		P値
		平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	
体格	身長(cm)	162.9	8.46	156.3	5.66	**
	体重(kg)	49.5	9.19	44.507	5.95	**
コントロールテスト	20mホッピング(歩)	9.6	1.38	10.951	1.41	**
	クイックジャンプ前後(回)	42.5	8.06	42.63	6.76	N.S
	クイックジャンプ左右(回)	42.9	6.51	41.8	5.72	**

**p<0.001

2. 調査方法

1) 調査対象について

全国31か所で行われたクリニック事業のうち、中学生を対象とした15都道府県17地域のコントロールテスト結果を分析した。

2) 分析項目について

クリニック事業において調査用紙で回答してもらった①性別②学年③身長④体重⑤専門種目⑥自己ベストの6項目と、「20mホッピング」の歩数と、「クイックジャンプ前後」の回数および「クイックジャンプ左右」の回数の3種目を基に分析を行った。

20mホッピングは、立位姿勢から20mの利き脚での片足連続跳躍を行い、その歩数を計測した。クイックジャンプ前後および左右では、地面に書かれたラインを往復で跳び越すように両脚連続跳躍し、10秒間の計測での回数を測定した。

3) 統計処理

本研究で得られたデータの統計処理には、パーソナルコンピューターの統計分析ソフト IBM SPSS Statistics 21を使用した。対象者を男女に分け、競技種目の記録と体格やコントロールテスト結果の相互関係を明らかにするためにピアソンの相関係数を用いた。また、コントロール結果の男女差を明らかにするためにt検定を行い2群間の平均を比較し

た。なお、危険率については5%未満を有意水準として採用した。

4) 点検基準表

本研究において、競技種目の記録とコントロールテスト結果に高い相関係数が認められたものを対象として回帰直線をもとめ、それを基に点検基準表を作成した。

3. 結果と考察

1) コントロールテスト結果と競技記録の関係について

① 20mホッピングについて

各競技種目の記録とコントロールテスト結果間の相関係数を、男子は表4に、女子は表5に示した。

20mホッピングの歩数と競技記録の間には、男子では11種目、女子では9種目において有意な相関が認められた。男子、女子ともにほぼすべての種目で1%水準の高い相関が認められ、20mホッピングの歩数は競技記録を測る指標として十分な成果を得られるということが示唆された。

② クイックジャンプについて

表4および表5より、クイックジャンプ前後では男子で5種目、女子で4種目に有意な相関が認められ、クイックジャンプ左右では男子で7種目、女子で6種目に有意な相関が示された。

表4 男子各競技種目の記録とコントロールテスト各項目との相関係数表

	100m	200m	400m	110mH	800m	1500m	3000m	走高跳	棒高跳	走幅跳	三段跳	砲丸投	四種競技
n数	372	32	52	119	57	229	67	89	23	170	7	85	7
20m ホッピング	0.744 **	0.819 **	0.685 **	0.605 **	0.768 **	0.611 **	0.611 **	-0.499 **	-0.610 **	-0.802 **	-0.735 N.S	-0.459 **	-0.073 N.S
クイック ジャンプ 前後	-0.362 **	-0.626 **	-0.128 N.S	-0.130 N.S	-0.103 N.S	-0.264 **	-0.199 N.S	0.068 N.S	0.023 N.S	0.372 **	0.417 N.S	0.237 *	-0.342 N.S
クイック ジャンプ 左右	-0.416 **	-0.645 **	-0.461 **	-0.329 **	-0.148 N.S	-0.332 **	-0.120 N.S	0.143 N.S	0.205 N.S	0.329 **	0.238 N.S	0.343 **	0.052 N.S

**p<0.01

*p<0.05

表5 女子各競技種目の記録とコントロールテスト各項目との相関係数表

	100m	200m	110mH	800m	1500m	3000m	走高跳	走幅跳	砲丸投	四種競技
n数	427	35	152	124	125	7	86	145	92	12
20m ホッピング	0.732 **	0.582 **	0.629 **	0.562 **	0.341 **	0.393 N.S	-0.638 **	-0.695 **	-0.374 **	-0.683 **
クイック ジャンプ 前後	-0.357 **	-0.193 N.S	-0.212 *	-0.376 **	-0.093 N.S	-0.414 N.S	0.199 N.S	0.214 *	0.057 N.S	0.557 N.S
クイック ジャンプ 左右	-0.442 **	-0.230 N.S	-0.261 **	-0.370 **	-0.193 *	-0.769 *	0.173 N.S	0.288 **	0.181 N.S	0.019 N.S

**p<0.01

*p<0.05

表3より、体格やコントロールテスト結果の男女差をt検定で比較した結果、クイックジャンプ前後でのみ有意な男女差が認められず、またクイックジャンプ前後は他のコントロールテスト結果と比較して競技力と相関を認められた種目が少なかった。更に有意ではなかったものの男子の四種競技では競技記録と負の相関が認められており、クイックジャンプ前後は競技力と相関係数の高い体格や他のコントロールテスト結果とは異なる要素が介在するのではないかと考えられ、コントロールテスト項目としてクイックジャンプを実施するには、前後の回数より左右の回数を計測する方が適していると考えられる。

③種目毎の考察

本研究で行ったコントロールテスト3種目のうち、20mホッピングの歩数は男女ともにほぼすべての種目と高い相関を示しており、中学陸上競技者におけるあらゆる種目の資質を予測するために有効な手段であると考えられる。

一方で、クイックジャンプ前後および左右の回数は20mホッピングの歩数と比較して相関が認められた種目数は少なく、また種目によっては20mホッピングの歩数と比べ低い相関を示していた。しかしながらその中でも、短距離疾走能力を重要とする100mと走幅跳では男女ともに他の種目と比較して高い相関を示しており、クイックジャンプの回数は短距離疾走能力を推測することにおいては十分に有効なのではないかと考えられる。

またクイックジャンプ前後と左右の違いを比較す

ると、男女ともにクイックジャンプ左右の方がより多い種目において相関が認められた。特にハードル走では男女ともクイックジャンプ左右の方が高い相関を示しており、また男子400mや女子1500m、3000mなどでも同様にクイックジャンプ左右の方が高い相関を示していた。前述のとおりクイックジャンプは短距離疾走能力と相関があるのではないかと考えられるが、クイックジャンプ左右の値は、疾走能力を伴ったハードルなどの専門的技術や中長距離種目などの持久力、筋持久力にも関係があるのではないかという可能性が示唆された。

2) 点検基準表について

本研究においてコントロールテストの結果と各競技種目の記録に高い相関関係が認められたものを中心に点検基準値を算出し、男子を表6に、女子を表7にまとめた。その結果、男女ともに、20mホッピングの9種目で点検基準表を作成することができた。

同じように過去にコントロールテストの結果と陸上競技の競技記録の相関関係から、点検基準を示した先行研究はいくつか存在する。しかし、本研究とは違い、成人男性を対象としており、また各競技種目に限定するものであった。そのため今回の点検基準表との比較には適していないと判断し、各種目における20mホッピングの値では最小値を上位、平均値を中位と仮定するとともに、競技成績では全日本中学陸上競技選手権大会参加標準記録を上位の対象、東京都総合体育大会参加標準記録を中位の対象とし、その妥当性を検討したところ、中位において

表6 男子 20m ホッピング点検基準表

20mホッピング(歩)	100m	400m	110mH	800m	1500m	3000m	棒高跳
5.50	10"7	47"0	13"8	1'52	4'04	8'01	4.40m
6.00	11"0	48"6	14"4	1'55	4'09	8'14	4.17m
6.50	11"3	50"1	15"0	1'59	4'15	8'27	3.94m
7.00	11"6	51"6	15"6	2'02	4'20	8'40	3.71m
7.50	11"9	53"1	16"2	2'05	4'26	8'53	3.48m
8.00	12"2	54"6	16"8	2'09	4'31	9'06	3.25m
8.50	12"4	56"1	17"4	2'12	4'37	9'19	3.02m
9.00	12"7	57"6	18"0	2'16	4'42	9'32	2.79m
9.50	13"0	59"1	18"6	2'19	4'48	9'45	2.56m
10.00	13"3	60"6	19"3	2'22	4'53	9'58	2.33m
10.50	13"6	62"2	19"9	2'26	4'59	10'11	2.10m
11.00	13"9	63"7	20"5	2'29	5'04	10'24	1.87m
11.50	14"2	65"2	21"1	2'33	5'10	10'37	1.64m
12.00	14"5	66"7	21"7	2'36	5'15	10'50	1.41m

表7 女子 20m ホッピング点検基準表

20mホッピング(歩)	100m	200m	110mH	800m	走高跳	棒高跳
7.0	12"1	25"3	13"8	2'14	1.62m	5.40m
7.5	12"4	25"8	14"4	2'17	1.58m	5.30m
8.0	12"7	26"2	14"9	2'20	1.54m	5.10m
8.5	12"9	26"7	15"5	2'23	1.51m	5.00m
9.0	13"2	27"2	16"0	2'25	1.47m	4.80m
9.5	13"5	27"7	16"5	2'28	1.44m	4.70m
10.0	13"7	28"1	17"1	2'31	1.40m	4.50m
10.5	14"0	28"6	17"6	2'34	1.36m	4.40m
11.0	14"2	29"1	18"2	2'36	1.33m	4.20m
11.5	14"5	29"6	18"7	2'39	1.29m	4.10m
12.0	14"8	30"0	19"2	2'42	1.26m	3.90m
12.5	15"0	30"5	19"8	2'45	1.22m	3.80m
13.0	15"3	31"0	20"3	2'48	1.18m	3.60m
13.5	15"6	31"5	20"9	2'50	1.15m	3.50m

類似した値を示したが、上位には種目によって相違が見られた。これは上位の絶対数が中位の絶対数と比べ少ないからであると考えられる。とくに極端に相違していた種目は、男子は20mホッピングと200mおよび走幅跳、女子の20mホッピングと四種競技であった。女子の四種競技とはn数が少ないために相違が大きくなったと考えられる。また男子200m、走幅跳は十分なn数であったが、その中に全日本中学陸上競技選手権大会標準記録突破者の割合が他種目と比べても少なかったために相違が大きくなったと考えられる。表6および表7は妥当性が認められたと判断した種目の点検基準表である。

この表はあくまでも各種目と20mホッピングの数値を対応させたものであり、種目間には対応のないものである。そのため具体的にどのような能力が秀でているのかを示しているものではなく、広義での競技力を参考程度に示している。しかし、一つの指標として指導の場面で活用できるのではないかと考えられ、また、この表の精度を上げることが今後の

課題となるだろう。

4. まとめ

2011年～2012年にかけて、公益財団法人日本陸上競技連盟が主催する「JAAFアスリート発掘・育成プロジェクト クリニック事業」において、中学生を対象に全国で行われたコントロールテストの結果を集計し分析した結果、以下のようなことが明らかとなった。

1) 20mホッピングの歩数と競技記録との間には、男子では11種目、女子では9種目とほぼすべての種目で有意な相関が認められ、20mホッピングの歩数はあらゆる競技の競技記録を推察するのに有効である。

2) クイックジャンプ前後の回数と競技記録との間には、男子では5種目、女子では4種目で有意な相関が認められ、クイックジャンプ左右の回数と競

技記録との間には、男子では7種目、女子では6種目で有意な相関が認められた。特に短距離疾走能力と関係が強い種目に相関が認められ、それらの種目を推察するのに有効であると考えられる。

3) クイックジャンプ前後においてのみ男女間に有意な差は認められず、また20mホッピングとクイックジャンプ左右に比べ競技力と有意な相関を認められた種目が少なかった。クイックジャンプ左右ではクイックジャンプ前後と比べてハードル走や中長距離種目においても相関が認められ、有効性を示すことが出来た。

以上のことから、本研究でのコントロールテストで行った20mホッピングの歩数とクイックジャンプの回数は、中学生の資質を評価するために有効であることが示唆された。特に20mホッピングではあらゆる種目の評価に有効であると示されたが、クイックジャンプでは前後と左右に相違がみられ、短距離疾走能力を評価する上では有効であるが、ハードル走や中長距離種目においてはクイックジャンプ前後よりもクイックジャンプ左右の方が適していると示唆された。

しかしながら、本コントロールテスト結果の分析によって競技記録の推測をすることは可能であるが、タレント発掘という点では項目が少なく明確にすることは出来なかった。また点検基準表についてもまだ詳細で正確な評価をするためには分析が少なく、同様の研究を縦断的に行うことでより有効な指標を得ることが出来るのではないかと考えられる。

5. 謝辞

本調査は、公益財団法人日本陸上競技連盟普及育成委員会の「JAAFアスリート発掘・育成プロジェクト クリニック事業」において実施されたものであり、測定にご協力いただいた対象競技者や指導者のみなさま及び連盟の関係者、入力作業にご協力いただいた大学院生のみなさんに感謝いたします。

引用・参考文献

原田 康弘 (2000) 月間トレーニング・ジャーナル 2000年7月号. ブックハウスHD: 4-10.
稲岡 純史, 村木 征人, 国土 将平 (1993) コントロールテストから見た跳躍競技の種目特性及び競技パフォーマンスとの関係. スポーツ方法学研究, 6: 41-48.

稲岡 純史, 村木 征人, 国土 将平 (1986) コントロールテストに見られる跳躍競技者(陸上競技)の競技特性. 日本体育学会大会号, 37A: 376.

菊地 俊紀, 村木 征人, 伊藤 信之 (1990) 陸上競技跳躍種目に於けるトレーニングの評価としてのコントロールテスト. 日本体育学会大会号, 41B: 603.

木南 洋子 (2010) 陸上競技ジュニア競技者におけるコントロールテストを用いた種目特性の検討. 愛知教育大学保健体育講座研究紀要, 35: 114-116.

小林 敬和, 繁田 進 (2002) 2002年中国少年少女のコントロールテストの紹介. フューチャーアスレティックス, 2: 71-76.

森 健一 (2012) コントロールテストにおけるWingate anaerobic testの役割. 陸上競技研究, 88: 2-11.

尾縣 貢 (2009) 陸上競技クリニック vol14. ベースボール・マガジン社, 6-34.

大久保 初男 (1993) 生涯スポーツ的視点からみた中・長距離走における種目決定要因に関する一考察 - 女子高生コントロールテストから -. 日本体育学会大会号, 44B: 705.

角南 良幸, 村上 清英, 中山 正剛, 大隈 節子 (2009) 大学体育実技のためのSAQ関連体力測定および評価法の検討: 過去の運動経験が及ぼす影響と標準値の作成. 大学体育学, 6(1): 33-42.

鈴木 荘夫 (1999) スポーツスピード養成SAQトレーニング. 日本SAQ協会編, 大修館書店, 6-10, 36.

田内 健二, 真鍋 芳明 (2003) 各種跳躍運動におけるパワー発揮が能力からみた投擲競技者の体力特性. 陸上競技研究, 52: 22-29.

戸田 次郎, 鎌田 貴, 植田 恭史 (1993) 三段跳びのコントロールテストに関する研究. 東海大学紀要 体育学部, 22: 33-44.

特集企画

陸上競技における体罰・暴力の課題と解決の方向性

序 文

昨今のスポーツ界における体罰・暴力問題が社会的な注目を浴びるなか、日本体育協会、日本オリンピック委員会等の主要スポーツ団体は「スポーツ界における暴力行為根絶宣言」（2013年4月）という決意表明をもって迅速な対応を示した。また国も機敏な対応をみせ、2013年9月には「スポーツを行う者を暴力等から守るための第三者相談・調査制度の構築に関する実践調査研究協力者会議」を設置し、同年12月にはその報告書を出した。これを受け2014年1月、日本スポーツ振興センターを中心とするスポーツ団体内に「第三者相談窓口」が開設されるに至っている。ただし、2015年になると関係諸機関の対応にも一区切りが付き、体罰・暴力問題に対する社会の喧噪もトーンダウンしたかのように見える。こうした一連の対応は、迅速機敏ではあっても、体罰・暴力の根本原因に踏み込むことにはならず、言わば対症療法的な処置であったことは否めない。

一方、日本体育学会もこの問題には時宜にかなって対応している。2013年1月に緊急声明を出し、同年10月より特別委員会、専門領域においてこの問題に関する検討が始まった。2015年3月、本検討作業の最終報告書が体育学研究の特集号として領域ごとにまとめられた。各専門分科会がそれぞれの学術的観点から問題の原因、所在、対策などを多角的に論じ、先の対症療法的な対応とは趣を異にした。ただし、こうした論考が実際のスポーツ現場で具体的に機能するか否かは依然未知数である。病因が明らかになっても、言わば原因療法としての効果はこれからの課題であり、同時に、学術とスポーツ現場のかかえる共通の宿題でもある。

体罰・暴力の原因の一つとしてしばしば取り上げられるのが行き過ぎた勝利至上主義である。しかし何と云っても、勝つことすなわち競技力向上は競技者、競技団体にとっての最重要課題である。つまり、競技者育成・強化には体罰・暴力のリスクが根源的につきまとい、この二律背反のなかにこそ問題解決への糸口が隠されているのではないか。

実は、上記体育学研究論文は、学術論文としてやや馴染みにくいかも知れないが、スポーツ現場で活用すべき多くのヒントが隠されている。スポーツ現場はこうした学術論文の中からのヒント探しにもっと熱心になってもよいように思えてならない。そこで本誌として、競技力向上をテーマとする競技団体の立場から、「体罰・暴力問題を考える - 陸上競技における課題と解決への方向性-」というテーマで特集を企画した。上記論文筆者のなかから、とくに幼少年期における身体活動に解決の可能性を論じた坂本拓弥氏、スポーツ科学の活用が解決につながることを論じた尾縣貢氏、そしてこの体育学会の特別企画の総括リーダーとして尽力された阿江美恵子氏の三氏に、陸上競技での応用を踏まえて改めて論文執筆を依頼した次第である。とりわけ陸上競技を指導されている先生方には、是非、競技者を育てるという身近なテーマとしてこの特集論文を読んで頂きたい。

陸上競技研究紀要編集委員会
編集委員長 伊藤静夫

＜特集企画＞ 陸上競技における体罰・暴力の課題と解決の方向性

目 次

体罰・暴力根絶に向けて・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	36
－問題の所在と取り組み－	
阿江美恵子	
体罰・暴力を容認する身体とその変容の可能性・・・・・・・・	42
坂本拓弥	
コーチングのツールとしてのスポーツ科学の活用・・・・・・・・	46
尾縣貢	

体罰・暴力根絶に向けて —問題の所在と取り組み—

阿江美恵子
東京女子体育大学

1. はじめに

2013年1月8日に新聞各社が大阪の男子高校生が運動部活動中の指導者の体罰を苦に自殺したことを報じた(2013a)。その後、2012年のロンドン夏季オリンピック大会出場の柔道女子選手が監督の暴力指導を、連名で訴えるという事態が起きた(2013b)。この問題に関する反響は大変大きく、報道直後から起きた「スポーツ指導者は体罰を当然と思っているのではないか、スポーツの負の部分ではないか、スポーツは非人道的ではないか、大人が女性・子どもに体罰をするとは許せない、昔からずっとあった、強くなるには必要だ」など様々な方向からの非難と、また反対に体罰擁護の声も起き、体育・スポーツ界の根底を揺るがす大きな事件に発展した。そのさなかにも指導者の体罰指導のビデオ映像がインターネットを通じて流され、「問題意識のかけらもないような」スポーツ指導者の行動に、心あるスポーツ関係者は驚いたに違いない。

ことの重大さを認識した日本体育学会では、理事会が緊急声明(2013年1月31日)を出し、「体育・スポーツ指導の原点を求める学術行動を起こす」決意を表明した。筆者は1990年から運動部指導者の体罰・暴力の実態調査と原因究明のための研究を続け(1990、1991、1995)、「運動部指導者の暴力的行動の影響：社会的影響過程の視点から」という論文で、指導者から暴力を用いた指導をうけた選手が暴力を伝承する可能性を指摘した(阿江、2000)。

そのような経緯と日本体育学会の理事を務めていたことから、2013年度に日本体育学会理事会に設置された体罰・暴力根絶特別委員会の委員長を務めることとなった。本稿では、2013年度と2014年度の日本体育学会の体罰・暴力根絶の取り組みを紹介する。これらの取り組みが、日本体育学会会員に情報として十分行き届いているかの検証はできていないが、あらためて関心を喚起し、指導者の体罰・暴

力は許されないものであるという理念を徹底したいと考えている。

2. 日本体育学会の緊急声明

以下は、2013年1月31日の緊急声明の原文である(日本体育学会理事会、2013年)。

「(一社)日本体育学会理事会 緊急声明

2012年12月23日、大阪市立桜宮高校の男子バスケットボール部主将が顧問教員の体罰に抗議してみずから命を絶ちました。誠に痛ましい出来事であり、心からご冥福を申し上げますとともに、ご遺族の方々に哀悼の意を表します。

今回の出来事は、現在なおわが国の社会に潜在している運動部の体罰の現状をあらためて私たちに見せつけることになりました。私たちにとって、運動部における体罰が指導上の「禁じ手」であることは過去も、現在も、そして未来も自明の理です。そのために、一般社団法人日本体育学会において、こうした声明を出すこと自体が本来、不必要との認識がありました。

しかしながら、2013年1月12日の日本体育学会理事会では、今回の「桜宮高校における体罰事件」が議題に取り上げられ、運動部の指導において体罰は用いてはならないことが必ずしも徹底されていない現状を認識し、あらためてこの問題を直視して真摯な対応を行うべきであるという意見で一致しました。

手始めとして、体育・スポーツ・健康関連のわが国最大の学術研究団体である一般社団法人日本体育学会は、わが国における運動部の体罰を根絶するために、この緊急声明を出すことにいたしました。

日本体育学会にはこれまで64年の歴史があります。この緊急声明を踏まえて、これまで日本体育学会において調査・研究され、蓄積されてきた運動部の指導における体罰問題に関する知見を結集し、新

たに「運動部における体罰根絶への提言」を作成し、公表したいと考えています。

体罰による運動部の指導は、顧問教員が動物の調教のように生徒を自在に操ろうとする手段であり、決して容認できるものではありません。実験心理学の研究成果が示すように、閉じられた空間の中で人を罰することができる権限をもたせると、その権限は次第にエスカレートしていき、他方で罰を受ける側もそれを甘受するようになります。同様に無気力で無抵抗な人間を作り出すという実験結果も見られます。

その一方で、競技スポーツの隆盛は、学校運動部に多くの責務を負わせていることも事実です。体育・スポーツの本来の姿を改めて確認することも体罰根絶につながるものと考えます。

一般社団法人日本体育学会は、今後、運動部における体罰の生徒への影響を科学的に検証するだけでなく、体罰のない指導が競技成績向上にも有効であり、かつ不可欠であることを、学会全体で総力を挙げて社会に訴えかけていきます。

2013年1月31日

(一社)日本体育学会理事会
会長 山西 哲郎
副会長 朝岡 正雄
副会長 平野 裕一
常務理事 近藤 良享
(理事一同)

このような声明が日本体育学会から出されたことは初めてのことだったのではないと思われる。

この声明の上記下線(筆者による)にあるように日本体育学会は「運動部における体罰根絶への提言」を作成し、公表したいと考えています。」と表明し、次の行動に移った。それが2013年の日本体育学会第64回大会(立命館大学 びわこ・草津キャンパス、2013年8月28日～30日)における、緊急シンポジウム2題に結実した。

3. 日本体育学会第64回大会(2013年)での緊急シンポジウム

日本体育学会第64回大会(立命館大学びわこ・くさつキャンパス、2013年8/28～30)において、緊急シンポジウムI(8月28日(水)16:00～18:00)テーマ:専門領域からみる「体育・スポー

ツの原点とは何か、体育・スポーツ指導の原点とは何か」と緊急シンポジウムII(8月29日(木)14:00～16:00)テーマ:スポーツ関係団体からみる「体育・スポーツ指導の原点とは何か」が開催された。そこでの内容を以下にまとめた。

シンポジウムIで出された提言

専門領域パネリストやフロアから出された提言

- ・経営組織論のメゾ的視点から考察すると、①教員養成、②リカレント教育、③マニュアル整備に取り組む必要がある。(野川春夫(順天堂大学))
- ・ジェンダーの視点から、①人権意識の向上、②スポーツ界の男女平等の確立を推進する必要がある。特に、女性スポーツの指導は女性が行うのが望ましい。(阿江美恵子(東京女子体育大学))
- ・体育とスポーツは文化的そして社会制度として異なっていることを認識し、混同しないことが必要である。(菊幸一(筑波大学))
- ・指導者やコーチングの能力について、その目的や方法を再検討する必要がある。(朝岡正雄(環太平洋大学))
- ・指導者が暴力を使う理由や原因、容認する風土を把握する必要がある。(フロア)
- ・特に初心者や女性に対する指導力の向上が必要である。(フロア)

シンポジウムIIでスポーツ関係団体から出された提言

- ・体育系の大学で、教員養成課程に運動部活動指導法を必修カリキュラムにする、外部指導員の指導力向上に恒常的に講習その他の工夫をすること。(友添 秀則(早稲田大学))
 - ・文部科学省では、第三者による相談・調査制度を作成して、問題が起きたときの救済および予防ができるような仕組みを整備する。(杉浦 久裕(文部科学省))
 - ・現場の指導者からは、愛情を持って個性の違いを尊重して選手を指導することの重視。(宇津木 妙子(NPO法人ソフトボール・ドリーム理事長))
 - ・サッカー協会からは、指導環境を整備することが重要で、そのために指導者ライセンスの確立、一人の指導者の指導人数の制限、指導者を斡旋できるシステムの構築、補欠ゼロ・複数登録のリーグ戦整備という計画が示された。(山口隆文(日本サッカー協会))
- 以上のことを山口泰雄氏(神戸大学)は、部活動指導者養成のコアカリキュラムの構築・実施、選手

の自主性を尊重・アスリートファーストという理念の教育、良いクラブの育成、に凝集されるとまとめた。注1)

以上の提言は、シンポジウムで話題提供をした登壇者の多様性を反映して多岐にわたり、体罰・暴力の問題がいかに広く深く体育・スポーツを蝕んでしまったかが示されたとも考えられる。特に教員の関わる学校運動部での暴力指導の蔓延は、罰則を厳しくして根絶するという文部科学省の取り組みを生んだと言えるだろう。外圧からでなく、自ら根絶を目指すという日本体育学会理事会の決意のもと、理事会で設置された体罰・暴力根絶特別委員会（担当理事 阿江美恵子、小林勝法）は、2013年10月12日の日本体育学会理事会において他の委員会、専門領域に委託して、体育学会の総力をあげて具体的な方策をまとめることを提案した。

4. 専門領域、委員会への方策の委託

それぞれの専門領域、体育学会理事会内の委員会に体罰・暴力を根絶する方策を以下のテーマで委託した。専門領域の事務局に人選を任せ、提言を報告書にまとめる担当者には日本体育学会から委任状を送った。提言の第一次締め切りを2014年3月末とした。

テーマは以下のようであった。

- 1) 大学体育問題特別委員会（理事会）
体育系大学で運動部指導のためのコアカリキュラムの開発、教育実施へのロードマップの作成（体育系大学・学部長会議と連動）
新たな指導者資格制度の検討
- 2) 男女共同参画特別委員会（理事会）
女性競技者の抱える問題、女性指導者増加のための具体的方策の検討
- 3) 体育方法専門領域、体育経営専門領域、体育心理学専門領域
指導環境の整備を妨げるものを大局的に検討する。
指導者の目的・方法の再検討
- 4) 体育哲学専門領域
暴力容認の風土の解明と、風土を変える視点の検討
- 5) 体育社会学専門領域、体育科教育専門領域
学校教育と運動部活動の新たな構造改革
良いクラブ指導者は教員であるべきか否か
- 6) 体育心理学専門領域、スポーツ法学（それぞ

れに同じテーマをお願いした）。

第三者相談窓口によるサポートシステム構築の検討

それぞれから選ばれたのは以下の方々であった。

表1. 提案作成の研究者名簿

専門領域	担当者
体育方法	大嶽真人（日本大学） 橋口 泰一（日本大学松戸歯学部） 古賀 初（東京電機大学） 小塚 昭仁（防衛大学） 関子浩二（筑波大学） 尾縣 貢（筑波大学）
体育経営管理	作野誠一（早稲田大学）
体育心理学	中込四郎（筑波大学） 岡澤祥訓（奈良教育大学） 豊田則成（びわこ成蹊スポーツ大学）
体育哲学	関根正美（日本体育大学） 田井健太郎（長崎国際大学） 坂本拓弥（東京学芸大学大学院・院生）
体育社会学	新井野洋一（愛知大学） 松尾 哲矢（立教大学） 杉本 厚夫（関西大学）
体育科教育学	菊 幸一（筑波大学） 神谷 拓（宮城教育大学）
スポーツ法学	井上洋一（奈良女子大学）
委員会（理事会）	担当者
大学体育問題特別委員会	土屋裕睦（大阪体育大学） 松元 剛（筑波大学）
男女共同参画委員会	阿江美恵子（東京女子体育大学） 金谷麻理子（筑波大学）

第一次報告は、日本体育学会理事会（2014.4.10開催）で報告されたが、専門領域の取り組みが素晴らしく、体育学会の会員に公開して議論を深める必要があると特別委員会では考え、理事会で了承された。そして、2014年度秋にこれらをまとめた専門領域、委員会の研究者たちを一堂に会して、意見交換の会を開くこととした。その意図は、各専門領域の視点が様々で、まとめてしまうより、そのままオープンにしたほうが専門性の異なる日本体育学会の会員には理解されるということと、他の領域の考えを知る良い機会になるだろうということからであった。

5. 公開研究会（2014年11月3日）の内容

研究会は、「運動部活動の支援と指導者養成に関する公開研究会」とし、主催は日本体育学会体罰・

暴力根絶特別委員会であった。趣旨は「スポーツ指導における体罰・暴力事件が相次いだことから、指導者の資質向上が改めて問いなおされ、都道府県教育委員会や中体連、高体連、日本体育協会などもその取り組みをすでに始めている。急を要する対応としては、現職教員の再教育や教職課程で学ぶ学生の教育などが必要であるが、この点だけに焦点を当てると、近視眼的で視野も狭くなりがちである。そこで、学校運動部活動は制度として今後どうあるべきか、理念的、長期的な視点から検討した上で、研究者と現職教員が一堂に会し、目下の課題の学生の資質向上の具体的な教育プログラムについて検討する。」というものであった。

内容と演者は以下のとおりであった。

I 部 運動部と指導者を取り巻く環境と制度

—運動部活動の行政的位置づけや支援態勢—

司会：阿江美恵子（体罰・暴力根絶特別委員会委員長、東京女子体育大学）

- ・松尾哲矢（社会、立教大学）
学校教育と運動部活動の構造改革
- ・作野誠一（経営管理、早稲田大学）
部活動改革に向けた検討課題と提案
- ・神谷拓（教科教育、宮城教育大学）
教師の専門性と運動部活動の位置づけ

コメンテーター：中体連 菊山直幸専務理事
高体連 小野力会長
佐藤豊 鹿屋体育大学教授

II 部 指導者育成・研修プログラムの内容と方法

司会：小林勝法（文教大学）

発表：現職教員対象調査結果
（佐藤正伸・文教大学）

運動部指導者養成のための授業科目
（土屋裕睦・大阪体育大学）

コメンテーター：中体連 菊山直幸専務理事
高体連 小野力会長
佐藤豊 鹿屋体育大学教授

上記研究会の概要は以下のとおりである（日本体育学会、2014）。

学校運動部のあり方から、指導者の暴力をなくすための視点を、体育社会学、体育経営管理学、体育科教育の3人が話題提供を行った。教員の立場から現場の問題がコメンテーターから指摘され、運動部指導者の抱える問題が明らかとなった。参加者からは体罰問題を解決すべきだという意欲が強く表明された。また、体罰問題を抜本的に根絶するためのロードマップを作成して関連専門領域の意見をまとめて

いくべきだという意見が出された。それについては次年度に向けて理事会に提案することとした。

異なる専門領域を体育学会大会とは異なる時期に集めて、このような研究会ができたことは、専門領域相互の意見交換による問題意識の深まりと視点の違いを認識できたという意義があった。このように研究者の立場からは、体罰根絶という一致した見解が出されたが、根絶できない集団が対極に存在し、自分たちの意見を正々堂々と主張することもない。この構図は記憶が薄れてきたときに再び浮上してくる危険性を持っている。スポーツを志して指導者の道に進んだ指導者集団のどこをどのようにルール化すれば体罰根絶に繋がるか、そのことを皆が認識するために、繰り返し、繰り返し頭に叩き込まなくてはならない。そのためには、継続的な教育の重要性が指摘できる。

6. 日本体育学会第66回大会における本部企画シンポジウム（2015年8月26日、国士舘大学）

2015年3月末に最終報告が完成した。ここでは紙幅の関係で詳細を示すことができないが、日本体育学会のホームページで論文公開と同様の手法をとって公表した（2016年1月末現在）。

各専門領域の問題解決への意識の高さは、2014年11月3日に開催された研究会での参加者の議論でも感じることができた。これは体育学会の会員の多くが、議論に加わりたいという意欲を持ち、解決策を提案したいという意欲の現われではないかと考えることができよう。

そこで、日本体育学会第66回大会で、「体育・スポーツにおける暴力指導の抑止と指導者教育」というテーマで学会本部企画シンポジウムを開催した。2014年度に各専門領域に依頼した体罰・暴力の根絶に関する提言のまとめと、現職教員・体育系大学生への調査結果を示した。また、具体的な行動指針として、各専門領域の提言の中から、会員への情報の少ないスポーツ法学の取り組みと、指導者の資質向上のための指導者育成について提言を示し、暴力なき体育・スポーツ指導を実現するために心を一つにして取り組む姿勢を共有することを目的とした。

司会是小林勝法（文教大学、日本体育学会体罰・暴力根絶特別委員会副委員長）で、以下に演者と発表概要を示した（日本体育学会第66回大会予稿集、2015）。

①体罰・暴力根絶特別委員会の最終報告の紹介

阿江美恵子（東京女子体育大学）

最終報告の概要と文部科学省平成26年度委託研究（東京女子体育大学）の調査結果を紹介した。教員免許更新講習会3会場に参加した324名のうち、運動部指導に必要な情報やスキルが十分に身につけていると回答したものは3割であった。さらに、運動部指導の講習会の必要性は8割以上が認めていた。体罰をなくす環境整備では、指導者の数を増やす、指導者の経済的な保障、文武両道の強化を必要と答えたものが多かった。体罰を用いた者への処分については、30代が必要性への認識が少なく、50代のほうが厳しく回答していた（阿江・大石、2015）。

②スポーツ法学からの現状と問題

井上洋一（奈良女子大学）

スポーツ法学会は、第1にスポーツ界がいま、まさに暴力・人権侵害行為との決別の時期を迎えていること、第2に、成立したばかりの基本法でも強調されたようにスポーツ団体には、社会に対して、良きガバナンスとコンプライアンス（法令遵守）が求められていること、を重大にとらえ、提言として、6つの緊急課題と中・長期的課題を提案し、求める方向性を示した。

具体的な対応として、サポートシステムの構築、とくに第三者相談窓口等の早期の開設が共通の課題として認識された。スポーツ法学の立場から、サポートシステムの構築に向けて、第三者相談窓口等を中心に、その現状を明らかにした。

③新しい時代にふさわしいスポーツ指導者育成のあり方

土屋裕睦（大阪体育大学）

スポーツ指導における暴力根絶を目指した文部科学省の有識者会議の報告書である「運動部指導ガイドライン」（座長：友添）ならびに「タスクフォース報告書」（座長：勝田）を精読し、授業科目に含まれるべき内容を検討した。スポーツ指導に必修となる基礎的な知識（例：運動部活動における安全・事故防止対策）や対象に応じたより専門的な知識（例：競技特性や生徒の発達段階に応じた適切な指導内容・方法）を段階的に学ぶような、層構造のカリキュラムを想定した。

体罰・暴力の背景等の探求から、具体的な根絶のための指導者教育に視点が移ってきたことが見て取れるだろう。指導行動での体罰防止は体育・スポーツ界の喫緊の課題であり、体育人の手で解決するた

めに、教育で暴力を用いることの不正と、指導はどうあるべきかの正しい理念を身につけさせれば、直近の対処だけでなく、本当の暴力根絶を実現できると考えられる。

7. 2016年の日本体育学会大会における国際シンポジウム（大阪体育大学）

スポーツ指導者の体罰・暴力の発端となった大阪での学会大会の開催で、会場校の大阪体育大学大会組織委員会は、一連のこの問題の最後になる国際シンポジウムを企画している（予定）。欧米でも指導者の暴力やセクシュアルハラスメントは問題となってきたが、防止策を考える手がかりが得られることを期待している。

8. 体罰・暴力根絶の長い道のり

筆者は指導者の暴力を人間の攻撃性の一部として理解しようとしたが（阿江、2000）、2013年の事件以来、教育現場では「非行行動の矯正として教師は体罰を用いざるを得ないことがある、それまで否定するのか」という議論が起きたという。運動部活動中の指導者の暴力が、「非行行動の矯正」であることが証明できれば問題解決は早いはずである。しかし、多くの体罰指導者は、矯正のために殴っているのではなかったことが大きな問題であった（阿江、2000）。

280名対象（2013年に高校3年生）を対象に、体罰が問題になったあとの高校での運動部指導者の動向を調査し、指導者が変更された（5.4%）のち、その指導者がどうなったかを図1にまとめた（阿江・大石、2015）。部活を持たない33.3%、退職6.7%であった。退職は懲戒免職か否かは不明だが、自らやめた者もいたと考えて良いだろう。専門領域の報告書の中から、体育心理学領域の豊田の記述に、「本報告における4つの事例の中では、まさに体罰・暴力を起こした指導者も困惑し、自分を見失い、対処困難に陥っていることが可視化されていた。」とある（日本体育学会HP.）。

表1は、290名の女子体育系大学生（2013年度に高校3年生）に体罰問題が起きたときに「どのように感じたか」を複数回答させたものである（阿江・大石、2015）。40%が「体罰はなくなることはない」と感じていた。体罰は仕方ないと考えるグループと否定するグループに分かれることが示されている。スポーツに参加する子どもに、大人の指導者が、指

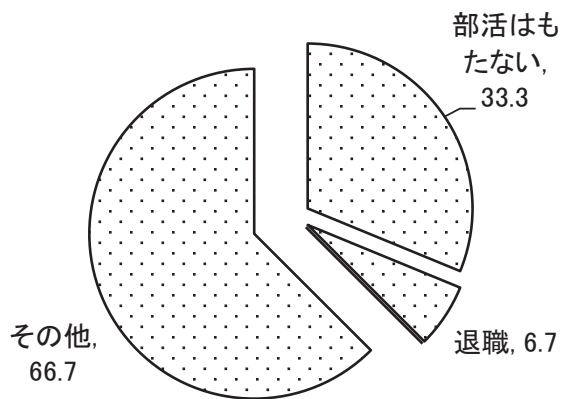


図 1. 体罰をした指導者のその後について

表 1. 体罰が問題になったときの考え

カテゴリ	件数	(全体)%
体罰がなくなることはないと思った	118	40.7
指導者がやめたら困ると思った	71	24.5
大人が体罰を用いるのは許せない	71	24.5
体罰はセクハラにも関連している	62	21.4
体罰を受けたがその先生は尊敬している	57	19.7
体罰を用いたら指導者はやめさせるべきだ	50	17.2
体罰を用いる指導者がいることに驚いた	45	15.5
体罰を用いる男性指導者は異常である	31	10.7
耐えてきたのが無駄になるような気がした	18	6.2
体罰がどうしていけないのかわからなかった	17	5.9
スポーツは殴られて強くなる	16	5.5
体罰によって自分を追い込めた	14	4.8
やっと体罰がなくなると思い嬉しかった	12	4.1
殴られなければ理解できなかった	12	4.1
大会に出るには体罰は必要だと思った	9	3.1
体罰はスキンシップである	3	1.0
態度の悪い生徒にいじめられると思った	2	0.7

導の方法として暴力を用いることが「異常なこと」であることの教育が必要であることが見て取れるだろう。指導者が「正しいこと」と考えていれば、そういう指導になる。子どもは正しいことも正しくないことも教育されてしまうのである。自分で考えて判断できるのはずっと後からである。その知識がなく、スポーツだけができる人が子どもの指導に関わることのミスマッチである。

指導者教育は長い道のりだが、続けることが大切であることを主張したい。

9. まとめ

本稿は、日本体育学会理事会に設置された体罰・暴力根絶委員会の2013年から2015年にわたる指導者の体罰・暴力根絶の取り組みを簡単に紹介した。

運動部の教育的価値と競技力向上を目指す勝利至

上主義の二つの相容れない価値について、専門領域は勝利志向を否定的に論じていた。体育方法やスポーツ競技団体の指導に関わっている多くの指導者が理論的な論文に触れる機会が乏しく、他方文系の専門領域の研究者は、競技スポーツで何が起きているかに関心が薄かった。指導者教育は様々な専門領域の知識がすべてのスポーツ指導者に必要で、その知識がスポーツの科学的指導につながることを示唆している。今回の問題は、体育・スポーツが狭いスポーツ社会だけのものではなく、社会にとって意義のある活動であるからこそ多くの関心を得たと認識すべきである。スポーツ指導者は社会の認める行動規範に則って行動しなければならないのである。

注1) このシンポジウムは、一般社団法人日本体育学会 第64回大会組織委員会 立命館大学スポーツ健康科学部、立命館大学映像研究科 郡航 宮田悠史 ベリモア ショーンにより、DVDにまとめられた。

文献

- 阿江美恵子 (1990) スポーツ指導者の暴力的行為について、東京女子体育大学紀要 25 : 9-16.
- 阿江美恵子 (1991) 暴力を用いたスポーツ指導の与える影響、東京女子体育大学紀要 26 : 10-16.
- 阿江美恵子 (1995) 学校期の競技スポーツ指導における体罰、東京女子体育大学紀要 30 : 85-91.
- 阿江美恵子 (2000) 運動部指導者の暴力的行動の影響：社会的影響過程の視点から、体育学研究 45 : 89 - 103.
- 阿江美恵子・大石千歳 (2015) 平成26年度文部科学省委託事業学校体育活動における指導のあり方調査研究事業「体育系大学における運動部指導者の資質育成」東京女子体育大学 Pp. 137.
- 朝日新聞 (2013a) 1月9日朝刊.
- 朝日新聞 (2013b) 1月30日朝刊.
- 日本体育学会理事会 (2013) 日本体育学会理事会名で2月5日 日本体育学会ホームページで公開された.
- 日本体育学会 (2014) 第13回理事会資料、12月6日.
- 日本体育学会第66回大会予稿集 (2015) pp. 9-11.

体罰・暴力を容認する身体とその変容の可能性

坂本拓弥
明星大学教育学部

0. 体罰をどう理解しているのか？

本稿の目的は、競技スポーツ、特に陸上競技における体罰・暴力について、身体という視点からその意味を検討し、この問題に取り組んでいく1つの可能性を示すことである。周知のように、運動部活動をはじめとする我が国のスポーツ界において、本特集のテーマである体罰・暴力（本稿では敢えて、以下「体罰」と記す。詳細は最終節を参照されたい。）は、重大かつ深刻な課題として存在している。この論点は、決して新しいものではない。むしろ、古くから語られてきた事柄である。しかし、今もなおこの問題が論じられなければならないとすれば、それはこの問題が未だにわれわれの目の前に厳然と在るからだと言えよう。これまで、幾度となくその行為が否定され、またその非道徳性がどれほど声高に叫ばれても、体罰は我が国のスポーツ界に在り続けてきたのである。

体罰によって人の命が失われるようなショッキングな事件が発生したとき、各種のメディアはそれを大々的に報じ、社会もその報道に相づちを打ち、体罰を根絶すべきだと強く思い、その声を上げてきた。そして、われわれはそのような経験を何度も繰り返してきたはずである。しかし、上述のように、この問題は今でもスポーツ界に根強く生き残っている。その現実を批判的に見つめたとき、われわれは、われわれ自身がこれまでスポーツ界における体罰をどのように理解してきたのかを再考する必要に迫られるであろう。なぜなら、これまで繰り返してきた対策や処方、実質的な意味においては功を奏していないからである。つまり、われわれは体罰というある種の〈病〉の正体を未だに捉えきれてはおらず、だからこそ、その〈病〉に対して有効な治療法を見つけ出すことができていないのである。

残念ながら、今日ではこの「体罰とは何か」という根源的な問いは、ほとんど等閑視されていると

言ってもよい。体罰に関する多くの議論は、その対象の正体を見極めることなく、曖昧に共有されているイメージに基づいて、もしくは文部科学省をはじめとした各種機関の示した暫定的な定義に則っている。しかし、それらはいずれも、学術的に慎重な議論と確かな論拠に基づいて導かれたものではない。したがって、その妥当性は、いわば誰にも検証されていないと言ってもよいのかもしれない。そして、そのような体罰理解に基づいた議論が問題の本質を捉えられないということは、自明であるように思われる。それゆえ、われわれはまず、スポーツ界における体罰という事象そのものを、改めて捉え直す必要がある。それによって始めて、従来とは異なる視点から、この問題に迫ることができると考えられる。

1. 体罰という事象を捉え直す：身体文化としての体罰

いきなり結論めいたことを言えば、体罰とは、身体的な罰である。すなわち、それは人間の身体に与えられる罰である。このことは、あまりに自明であるがゆえに、その意味が省みられることはほとんどない。しかし、少し考えてみればわかるように、人間以外の動物に対して叩いたり蹴ったりする行為を、われわれは体罰とは呼ばない。恐らく、しつけや調教、もしくは虐待と呼ぶのではないだろうか。このことから明らかなように、体罰とは極めて人間的な行為であり、それは人間に固有の事象なのである。

体罰とは、文字通り身体に与えられる罰である。しかし、この事象について、われわれはその身体的な意味を捉えてきたとは言えないであろう。なぜなら、これまでこの問題について論じられてきたものの多くが、身体よりもむしろ心に言及するものであったからである。その最も典型的な例は、昨今の

アンガーマネジメントやアンガーコントロールについての多くの議論であろう。それらの議論は、指導者や教師の心に働きかけることで体罰問題を解決しようとする意図を有しており、それは同時に、体罰の原因を心に求めていることになる。つまりそこでは、指導者や教師の心の在り方が問題として捉えられているのである。しかし、その体罰理解は、果たして妥当なものなのだろうか。

確かに、心理学的な視点から論じられるアンガーマネジメントの議論は、一定の説得力を有しているし、実証的な知見も示されている。しかし、より重要なことは、それが体罰の本質的な問題性を捉えることになっているのかを問うことである。残念ながら、それが達成されているとは必ずしも言えないであろう。なぜなら、アンガーマネジメントを含む多くの対策案は、「体罰にも適用可能」という位置づけにあるからである。より具体的に言えば、それらの対策は突発的な暴力全般に当てはまる事柄であり、つまりはスポーツ界における体罰に限られたものではないと言える。

体罰が身体に関わっているという最も基本的な事柄を見つめ直すことによって、われわれは〈身体文化としての体罰〉という新たな理解の可能性を見出すことができる¹。つまり、体罰は心の問題としてではなく、むしろわれわれの身体のレベルにおいて、スポーツ界の1つの文化として存在してきたということである。さらに言えば、身体文化としての体罰は、指導者と選手との間において「1つの身体的なコミュニケーションとして機能」²してきたと言える。だからこそ、被体罰経験者の体罰に対する肯定的な態度は、絶えることなく根強い支持を得てきたのである。「愛のムチ」という語によって表されてきた事柄の内実も、このように理解することができる。いずれにしても、体罰は身体的な事象であり、その問題には身体的な側面からの接近が不可欠なのである。

2. 体罰を許容する身体：痛みの意味

体罰の身体的な側面を考えたとき、実感として想起されるのが、痛みである。体罰が罰であるためには、痛みが不可欠である。なぜなら、痛みの伴わない体罰は、そもそも罰としての意味をなさないからである。もちろん、痛みには精神的なものまでさまざまな在り方が想定されるが、ここで問題とするのは、身体に物理的な力が加えられたことによって生じる痛みである。より現実的に言えば、それは指導

者の殴ったり蹴ったりといった行為によって、選手が感じる痛みである。

われわれが日常の生活において痛みを感じる場合、それは一般的に、生体が何かの危険を知らせるシグナルの役割を果たしている。すなわちそれは、過度の物理的な負荷、また異常な熱さや冷たさに対する一種の防衛反応と言える。この観点からみると、例えば日常の教室において、教師が児童・生徒を叩いたりすることは、明らかに痛みを発生させる体罰である。なぜなら、日々の学校における学習において、そのような痛みは、アクシデントを除いては通常起こりえない現象だからである。

しかし、このことは、逆説的にスポーツ界における体罰の特異な位置づけを浮かび上がらせる。今日のスポーツ科学に基づくトレーニング理論によれば、選手が身体能力を向上させるためには、現段階の自らの限界を少し超えた負荷をかけることが求められる。その負荷は、重すぎても軽すぎても、効率的に身体能力を高めることはできないとされる。言い換えれば、ある程度の苦しさを覚える負荷がなければ、身体的な能力は向上していかないのである。このことは、種目を問わず競技スポーツに打ち込んだことのある者ならば、誰もが一度は体験的に理解していることであろう。陸上競技に取り組む選手が、自己ベストを少しでも〈超えよう〉と日々努力することは、まさにこのことを体現している。

そしてここに、スポーツ界における体罰問題の根源的な難しさが現れる。上述のように、いわゆるハードなトレーニングは、選手に少なくない痛みを感じさせる。このことは、自らの限界まで肉体を〈追い込む〉や〈いじめぬく〉といった表現に象徴的に現れている。つまり、選手が自らの身体的能力を向上させるためには、同時にハードなトレーニングに伴う苦痛に耐え抜く能力が求められているわけである。したがって、その痛みには耐えられない選手は、トレーニングから脱落した者になってしまうのである。

以上の考察からは、体罰に関わる身体の在り方として、次の論点が提示される³。すなわち、ハードなトレーニングに伴う痛みは、日常生活で感じられないものであるにとどまらず、むしろ体罰に伴う痛みをも凌駕している可能性がある。もちろん、体罰に伴う痛みを一概に定めることはできないとしても、頭を叩かれたり胴体を突き飛ばされたりした痛みは、ハードなトレーニングによって肉体を限界まで追い込んだりいじめぬいたりしたときの苦しみや痛みと比して、特別なものとは感じられないであろ

う。したがって、そのようなトレーニングに伴う身体的な痛みの在り方は、体罰という行為が選手にとって持つ意味を相対的に薄めている可能性がある。より正確に言えば、そのような選手にとって、体罰は〈大したこと〉ではなくなってしまうのである。

さらに、痛みについての検討から導かれるもう1つの論点は、そのようなハードなトレーニングを耐え抜く〈強い〉身体の内蔵である。これについて尹は、自身の柔道経験を振り返り、ハードなトレーニングを経て「わかってきたのは、術理ではなく、痛みに対し鈍感にならないと要求されている強さめいたものは得られないということ」⁴であったと述べている。彼はさらに、そのような痛みの在り方は、「柔道に限らず、体育会系にわりと共通している文化だろう。なぜだか体の鍛錬が、どんどん感覚を鈍らせる方向に進んでいってしまう」⁵と指摘している。

これに類似する事柄を、瀧澤は身体の「先鋭化」⁶と呼んでいる。先鋭化とは、ある競技種目に特有の身体的能力を身につけることによって、その種目に特化された身体へと変わっていくことである。例えば陸上競技において、長距離選手と投てき種目の選手の身体が明らかに異なっているのは、それぞれの種目に求められる身体へと先鋭化したためである。瀧澤によれば、「先鋭化によって、他の種目の運動には適さない身体の構造になることができる」⁷一方で、それを「目指すこと自体、身体の構造のある方向に向け、その方向に制限することになる」⁸という。つまり、身体先鋭化は、ある競技種目に対応する〈強い〉身体をつくと同時に、それ以外の事柄に対応する身体的能力の育成を阻害する可能性を有しているのである。このことは、尹が指摘していたように、特定の競技以外の物事に対する、身体鈍感さとも言えるであろう。そしてその鈍感さは、ある状況においては、選手に対する暴力行為＝体罰を支えていると考えられる。

3. 身体の変容から体罰問題に挑む道：体ほぐしの運動の理念

ここで再度、われわれが日常的に実践するスポーツ活動における身体の内蔵に目を向けてみたい。陸上競技はもちろん、競技スポーツ一般においても、われわれは多くの場合、自らの身体の内蔵を出来る限り高めることを目指している。その能力は競技種目によって異なっているものの、身体能力の向上

を目指しているという点に変わりはない。このことは、例えば100m走やマラソンのように純粋な走力を競うものから、棒高跳びややり投げのように道具の操作が重要となるものまで、一貫している。いかなる場合も、中心的な関心事は選手自身の身体なのである。そして、だからこそわれわれは、この選手の身体という視点から、上述の体罰とトレーニングとの困難な関係を見直していかなければならないと言える。

その糸口を、本稿では体ほぐしの運動やボディワークといった活動に求めてみたい。なぜなら、それらの身体活動はまさに、スポーツ界が目指し育んできた〈強い〉身体に再考を求めるものだからである。例えば、体ほぐしの運動の重要性を指摘する村田は、それによって「自分の体や他者の体への気付きが生まれ」⁹ることを指摘している。また遠藤は、ボディワークの意味を強調する中で、「他者を感じるためには、まずもって自分が自身を実感できた方がよい。他者の体や心を、自分の体や心を通して実感したとき、他者の大切さやかけがえのなさが身に滲みて感じられてくるのではないだろうか」¹⁰と述べている。つまり、これらの活動は、身体を通して自己や他者の在り方を感じることを目指すものであり、したがってそれは、体罰のような他者への暴力行為を抑止する可能性がある。遠藤が指摘していたように、自己や他者の「大切さやかけがえのなさ」を身体においてリアルに感じる事ができれば、選手を傷つける行為はなされないのではないだろうか。

もちろん、だから陸上競技のトレーニングにおいて体ほぐしの運動やボディワークをやればよい、といった提言は短絡的に過ぎるであろう。むしろ、現実的な応用可能性を考えるならば、体ほぐしの運動の理念を、陸上競技のトレーニングにどのように取り入れていくのかという点が問題となる。これは、一見困難な課題のように見えるかもしれない。なぜなら、体ほぐしの運動と陸上競技のトレーニングでは、あまりにもその目的に違いがあるからである。しかし、本稿の議論から示唆されるように、体罰問題を捉え直すために最も問題視すべきは、そこに大きな差を即座に感じてしまい、それらを違う世界のものとして無意識のうちに判断してしまう、われわれのスポーツ観やトレーニング観である。むしろ、陸上競技の優れた選手は、自らの身体への気付きには敏感であるとも考えられる。そうであるならば、そこから他者の身体への気付きにつなげる方途は、いかようにも探ることができるのではないだろうか。そ

して、そこにこそ、ハードなトレーニングに耐える〈強さ〉と他者への感受性を兼ね備えた、真の意味でのトップレベルの陸上競技選手が育つ可能性が生まれてくるのではないだろうか。昨今のドーピングや薬物使用の問題からも明らかなように、トップレベルのスポーツ選手にとって、身体能力だけが高ければよい時代は、もうすでに終わっているのである。

4. 「体罰」と呼ぶことをやめるとき

さて、以上に論じたように、体罰を身体的な罰として改めて捉え直し、それを身体という視点から理解することは、従来の体罰理解を超える1つの可能性を有していると言える。また、ハードなトレーニングに伴う身体的な苦痛の在り方からは、われわれが競技スポーツにおいてより高きを目指し続ける限り、その裏側に体罰を許容する素地が常に併せて織り込まれていることを、自覚しなければならないことが指摘された。さらに、そのような〈強い〉身体の在り方を、体ほぐしの運動やボディワークといった活動の理念を参考に、より幅の広い、応用可能性を含んだ在り方へと変容させていく必要性が示唆された。

しかし、本稿の最後に指摘しておきたいことは、「体罰」という言葉そのものに隠された、われわれの潜在的な体罰観についてである。体罰は、言葉の定義を厳密に考えれば、今日の我が国には存在しえない行為である。ここまでさんざん体罰について云々しながら何を言っているのかと、読者諸氏は訝しく思われるかもしれない。しかし、これは重要なことである。なぜなら、「体罰」という罰は、今日の我が国にはすでに存在せず、〈体罰とよばれる暴力〉が存在するのみだからである¹¹。では、なぜこのことが問題なのか。

そもそも、「罰」自体は何も悪いことではない。何かの行為に対して、時には「罰」則が適用され、また時には賞「罰」が与えられ、さらには処「罰」の対象になることもある。このような一般的な「罰」の意味は、どちらかと言えば正義や善を保つためになされるというところに認められる。つまり、「罰」そのものには、決してネガティブな意味はないわけである。そして、だからこそ、われわれが体「罰」という語を使い続ける限り、そこには常に、1つの「罰」としての体罰という、暗黙的な正当化の影が潜むことになるのである。したがって、われわれスポーツ関係者は今、「体罰」という語そのものの使

用をやめなければならない地点に立っているのかもしれない。それは、たかが言葉の問題とも思われる。しかし、それは一方で、われわれの潜在的な意識を劇的に変革する糸口になるのかもしれないのである。

注及び引用・参考文献

- 1 詳しくは次の拙稿を参照されたい。坂本拓弥 (2011) 運動部活動における身体性：体罰の継続性に着目して。体育・スポーツ哲学研究, 33(2), pp. 63-73.
- 2 坂本拓弥 (2015) 身体という視点から「体罰」問題にアプローチする可能性, 2014 年度笹川スポーツ研究助成研究成果報告書。公益財団法人笹川スポーツ財団, p. 49.
- 3 ここで示される2つの論点については、すでに次の拙稿で論じた。坂本拓弥 (2015) 身体という視点から「体罰」問題にアプローチする可能性。2014 年度笹川スポーツ研究助成研究成果報告書。公益財団法人笹川スポーツ財団, pp. 47-54.; 坂本拓弥 (2015) 体罰・暴力容認の一つの背景とその変容可能性。体育学研究, 60(Report), pp. R3_1-R3_8.
- 4 尹雄大(2014)体の知性を取り戻す。講談社, p. 60.
- 5 同上書, p. 60.
- 6 瀧澤文雄 (1995) 身体の論理。不味堂出版, pp. 134-136.
- 7 同上書, p. 135.
- 8 同上書, p. 136.
- 9 村田芳子編著 (2001) 「体ほぐし」が拓く世界：子どもの心と体が変わるとき。光文書院, p. 166.
- 10 遠藤卓郎 (2005) ボディワークの授業から：内側からの体育に向けて。大学体育研究, 27, p. 27.
- 11 同様の事柄を、和田は次のように指摘している。「いわゆる『体罰』問題を論じる際、学校で起こった事件すべてが『体罰』という言葉でひとくくりにされていることがまず問題です。生徒に対する教師の指導行為と、私憤に駆られた暴力行為とを、すべて一緒くたにして『体罰』と呼んでいることが、問題をわかりにくくしているのです。」和田秀樹 (2013) いじめは「犯罪」である。体罰は「暴力」である。潮出版社, pp. 136-137.

コーチングのツールとしてのスポーツ科学の活用

尾縣 貢
筑波大学体育系

1. はじめに

競技者育成にとって、“スポーツ科学の活用”は一つのキーワードになる。わが国のスポーツに関する研究は、先進を誇り、その気になれば、いつでもどこでも誰もが多くの情報を入手できる環境にある。しかしながら、コーチング現場でスポーツ科学の知見が十分に活用されているかという点、そうとは言えない。このような現状を鑑みてか、2011年施行のスポーツ基本法には、「国がスポーツに関する諸科学を総合して、実地的及び基礎的な研究を推進し、これらの研究の成果を活用してスポーツに関する施策の効果的な推進を図る」ことが謳われている。

このスポーツ基本法施行後の2012年あたりから高校運動部における体罰、柔道女子日本代表チームにおける暴力行使などの問題が次々と明るみになり、スポーツ現場の混乱が深刻な社会問題にまで発展した。2013年2月5日、下村博文文部科学大臣は、この状況を「国のスポーツ史上最大の危機」であると憂い、「スポーツ指導における暴力根絶へ向けてのメッセージ」を国民に対して発信した（文部科学省、2013）。ここでは、「暴力を根絶すること」に加え、「新しい時代に相応しいスポーツの指導法を確立すること」を訴えた。結果的に、一連の不祥事に対する危機感が引き金になり、スポーツ界の改革の実際のスタートが切られたことになる。これは、スポーツ界史上最大の「危機」がスポーツ界の改革のための「好機」に転じたと言える。

このような背景もあり、スポーツ科学は、体罰・暴力に代わるコーチングのツールとしての注目が高まっている。なかでも自然科学的研究から得られる知見は、競技者の“技術”“体力”を効率良く高めることに役立つ。本稿では、スポーツ科学のコーチングへの導入について体力トレーニングに着目して論じる。

2. 体力トレーニングの基本的な考え方

体力トレーニングは、生体に負荷された運動刺激とその反応の関係を利用して、体力を高めていく行為であると定義できる。そのため、期待するトレーニング効果を得るためには、行う運動の選択とその行い方が重要になる。すなわち、運動の種類、強度と継続時間、密度などのトレーニング条件の設定が鍵となるのである。

体力トレーニングにおけるこの刺激-反応の過程は、技術トレーニングの場合と比べるとシンプルである。図1は、技術と体力の2要因が変化していく過程である（図子、2013）。技術トレーニングでは、模倣運動やドリル等を繰り返す試行錯誤の段階で神経に刺激を与え、動きの感覚やコツを習得させることで運動の習熟を導いていくために、突然に動作が変容して即時的に効果が表れたり、逆にトレーニングを継続していてもなかなか効果が出ないこともある。一方、体力トレーニングでは、適切なトレーニング刺激を与えた後に適切な休息を取りながら疲労の回復を図れば、かなり規則的に超回復現象が生じる。すなわち、計画的に実践すれば、期待する成果をあげやすいのが体力トレーニングなのである。しかしながら、その一方で“非科学的トレーニング”

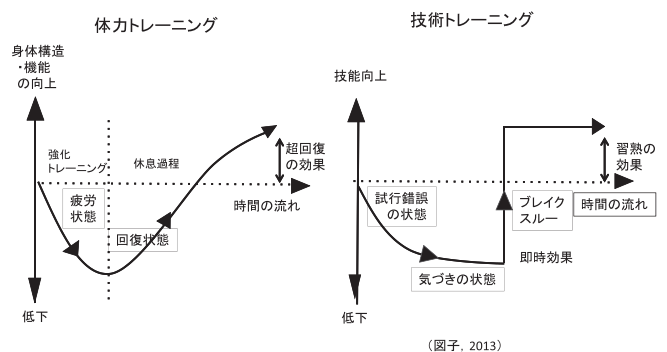


図1 体力トレーニングと技術トレーニングにおける効果の表れ方

がまかりとおり、体罰や暴力を生み出す温床となるのも体力トレーニングである。このようにスポーツ科学の導入が比較的容易である体力トレーニングで成果をあげることが、旧態依然としたコーチングを変えるための突破口になり得るのではないだろうか。

3. トレーニングの条件を考える

挙上重量、反復する回数、走る距離、スピード、本数、休息の時間など、トレーニングを実施するにあたり、決めなければならないトレーニング条件(変数)は数多ある。同じエクササイズを選択しても、これらの変数を変えることで、トレーニング効果が変わってしまうので細心の注意が必要となる。トレーニング条件を決定するための根拠は、スポーツ科学の知見に見つけることができる。

ここでは、陸上競技のトレーニングとして頻繁に用いられる筋力トレーニングとランニングにおけるトレーニング条件を決める際のヒントをあげてみよう。

1) 筋力トレーニング

バーベルなどを用いたトレーニングでは、挙上する重量と回数により、その効果は異なる。図2は、重量と反復回数を変えてアームカールを行った場合の効果を示している(Schmidtbleiher and Buehrle, 1983)。MAXは最大筋力の90%以上の負荷で反復回数が3回以上、パワーは最大筋力の45%で8回を全速で反復、MRは最大筋力の70%で12回の反復という設定であった。最大筋力における効果に大差はないものの、力の立ち上がり(筋力発揮の集中性)では、MRはほとんど効果がなく、Maxで大きな改善が見られた。逆に筋肥大ではMRが大きな効果を得たが、Maxとパワーはその半分程度の効果であった。この結果は、筋肉のどの機能を改善するかを明確にしたうえで、条件を設定する必要があることを示している。例えば、投てき選手では、“冬季の鍛錬期で筋肥大を課題とし、競技会期前の準備期で肥大した筋を合目的に動かすために神経系に刺激を与える”というトレーニングの流れを考え、重量と回数を設定することが多い。

また、セット間の休息時間も効果に影響を及ぼす変数となりうる。図3は、Kreamer et al. (1990)の報告の一部である。これは、大筋群のトレーニングにおいて、10RM (Repetition maximal) で休息を1分としたセットと3分としたセットの間で、筋などの発育に関係する成長ホルモンの分泌量を比較し

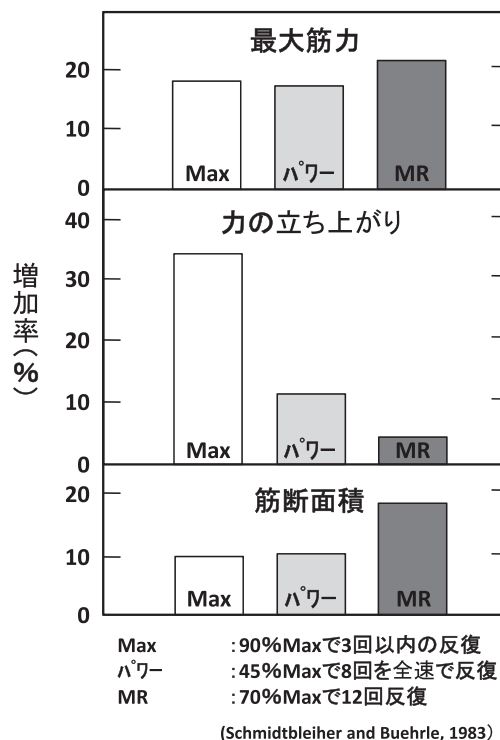


図2 筋力トレーニングの強度・反復回数と効果の関係

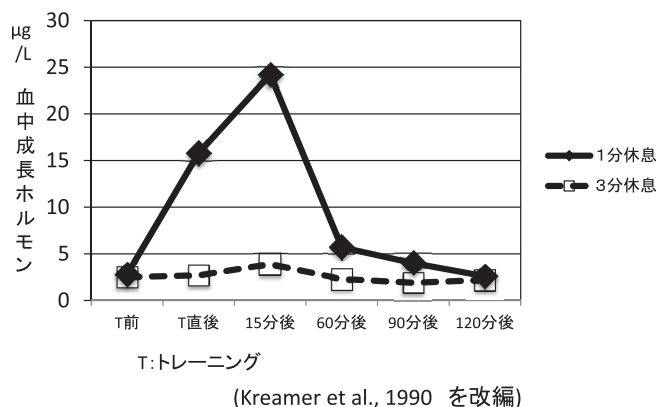


図3 筋力トレーニングにおけるセット間の休息時間と血中成長ホルモンの分泌量の関係

たものである。セット間1分では、3分に比較するとホルモン分泌量が顕著に高いことが結果として得られている。この知見は、筋肉がつきにくい女性競技者が筋肥大を課題とするようなケースでは、上記の重量と回数のみならず、セット間の休息を適切に設定することの重要性を示唆するものである。

2) ランニング

ランニングは、いろいろなトレーニング目的も持って利用される。マラソンのように長い距離を比較的低いスピードで走れば、主に全身持久力を高めることができ、400m走のように乳酸産生が最大になるようなスピードで走れば筋持久性を高めることができる。また、スタートダッシュを爆発的なス

表1 運動の強度・持続時間とエネルギー供給との関係

区分	持続時間	強度水準	エネルギー供給系	エネルギー供給 (%)	
				無酸素性	有酸素性
1	1~15秒	最大限界	ATP-PC系	100~95	0~5
2	15~60秒	最大限界	ATP-PC系と乳酸系	90~80 ※	10~20
3	1~6分	最大下	乳酸系と有酸素性	70~ (40~30)	30~ (60~70)
4	6~30分	中	有酸素性	(40~30) ~10	(60~70) ~90
5	30分以上	低	有酸素性	5	95

(ボンパ, 2006)

※30秒程度で疲労困憊に至る運動の約65%, 60秒で疲労困憊の約50%が無酸素性エネルギー供給系に依存しているという報告 (Medbo and Tbata, 1993) もある。

ピードで走れば、筋力・パワー、敏捷性などが改善される。これらの例のように、ランニングによるトレーニング刺激は、そのスピードと継続時間の関係により変化する。ランニングの強度は、エネルギー供給系に基づいても評価することもできる。表1は、持続可能時間と動員されるエネルギー供給系との関係を示している (ボンパ, 2006)。区分1は15秒以内で終了する短時間に最大限界の活動を行う運動 (100m 走) であり、ATP-PC 系によりほとんどのエネルギーが供給される。ちなみに100m 走中の酸素負荷量は80-90%にも達する。区分2は、最大強度の活動を15-60秒間持続する運動 (200m 走, 400m 走) であり、ATP-PC 系と乳酸系が主たるエネルギー供給源になる。区分3は、1-6分間の運動 (800m 走, 1500m 走) であり、乳酸系と有酸素系が主たるエネルギー供給系になる。活動後の乳酸の蓄積は著しく、生体内はアシドーシスの状態になる。区分4は、最大30分前後持続する運動 (3000mSC, 5000m 走, 10000m 走) であり、有酸素系からのエネルギー供給が優位になる。区分5は、強度は低い長時間継続する運動 (マラソン, 20km 競歩, 50km 競歩) であるため、エネルギーの消費量は大きくなる。

「専門とする種目がどのような割合でそれぞれのエネルギー系に依存しているのか」「どのエネルギー供給系によるエネルギー生成を強化するのか」などを十分に理解したうえで、トレーニングにおけるランニングの強度と距離を決定する必要がある。

4. PDCAサイクルの活用

1) 評価への科学の導入

PDCA サイクルとは、企業が行う生産管理や品質管理などの管理業務を円滑に進める方法の一つであり、Plan (計画) → Do (実行) → Check (評価) → Act (改善) の4段階を繰り返しながら業務を改善していく (図4)。この考え方は、近年、コーチングにおいても採択され、成果をあげている例も

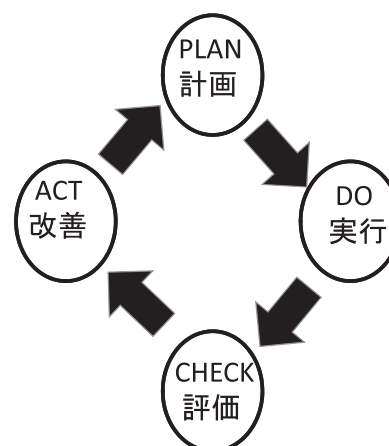
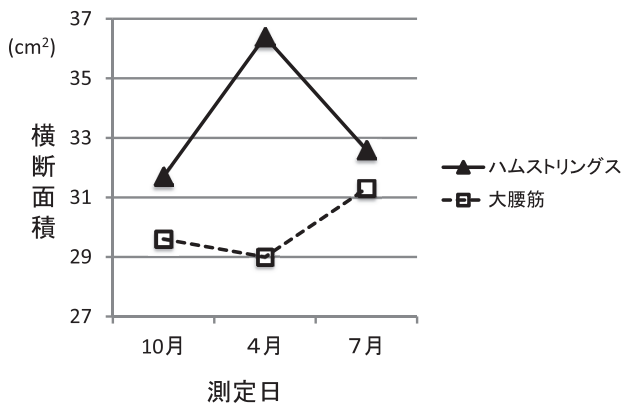


図4 PDCAサイクル

ある。

このサイクルの4段階のうちでも、特にCheck (評価) において科学的手法の活用を推奨したい。具体的には、評価において信頼できる指標を用いて定期的に測定を行い、その変化をモニターすることで、その後のAct, Plan, Do も効果的になっていくのである。

評価にスポーツ科学を活用した研究例をあげてみよう。日本の女子トップスプリンター2名を対象に、形態、体力、動作面の評価を1年間にわたり実施し、スプリントパフォーマンスのレベルと動作との関係、トレーニング内容と体力レベルの推移との関係などを明確にした報告 (新井ほか, 2004) がある。図5は、その成果のうちの一つである。このグラフは、MRIにより測定した大腰筋、ハムストリングスの横断面積の変化である。重点的に下肢の筋力トレーニングに取り組んだ冬季トレーニング後の4月に大腰筋に肥大が見られていない。ところが、大腰筋はハイスピードのスプリントが多い競技会期に肥大していることが示されている。この理由として、ハイスピードのスプリントでは、後方への素早く力強いキックを行い、勢い良く後方へ移動する脚を前方へ切り返す局面で、大腰筋に大きなエキセンリックな負荷がかかることがあげられている。そ



(新井ほか, 2004 から作成)

図5 トレーニングに伴う女子スプリンターの筋肉量の推移

して、この課題を解決する対策として、①冬季でも高いスピードのスプリントを入れる、②大腰筋に負荷がかかる筋力トレーニングの手段をトレーニングに採用する、という2点が提案された。

これは、評価をトレーニングの改善および計画に効果的に活用できた例である。

2) コントロールテストの実施

PDCA サイクルにおける Check (評価) は、先にあげた研究例のように大学や研究機関の実験室で行うことで高い精度が約束されるが、そのような恵まれた環境にいない競技者の方が圧倒的多数である。そこで、フィールドでのコントロールテストの実施を勧める。フィールドでのコントロールテストを表2にあげている条件を見たとすように計画する。次に、コントロールテストの項目として、各々の専門競技に要求される体力要因を測定できる項目を選ぶ。表3は、陸上競技の種目に求められる主な体力要因、表4は、それらの体力要因を測定することができる測定項目を示している。

コントロールテストを繰り返し、多くのデータを蓄積していくことで、実施している評価の妥当性、信頼性、客観性などを検証することができ、実験室のテストにも勝るような効果的な評価法を確立することができると思う。

5. トレーニング効果をあげる休息

1) トレーニングと休息の関係

「休息もトレーニングのうち」と考えることが大切である。「毎日やらないと落ち着かない」「休んでしまうと効果が落ちるのではないかと不安になる」という声は良く聞くが、この気持ちが過剰なトレーニングにつながり、トレーニング効果を下げるばか

表2 コントロールテストが備えるべき条件

- その種目に必要な体力を評価できること
→テスト項目を適切に選ぶ必要がある
- 特別な器具を必要とせず短時間でできること
→トレーニングの一環として行える
- 高度な(難しい)技術が要求されないこと
→テストへの慣れによって記録が左右されない
- 再現性が高いこと
→1回1回の誤差が小さい

表3 各種目に求められる体力要因

種目	優先順位				
	1	2	3	4	5
100m, 200m, 100mH, 110mH	スピード	パワー	最大筋力・筋持久力		
400m, 400mH	スピード	筋持久力	パワー	全身持久力	最大筋力
中距離	筋持久力	スピード・全身持久力	パワー		
長距離	全身持久力	筋持久力	スピード	パワー	
走高跳	パワー	最大筋力	スピード	筋持久力	
走幅跳	パワー	スピード	最大筋力	筋持久力	
棒高跳・三段跳	パワー	スピード・最大筋力	筋持久力		
砲丸投・円盤投 ハンマー投	最大筋力	パワー	スピード	筋持久力	
やり投	パワー	最大筋力	スピード	筋持久力	

H: ハードル

表4 各体力要因を測定することができる項目

体力要因	測定項目		
スピード	30mダッシュ	30m加速走	
パワー	立幅跳	立三・五段跳	30mバウンディング
	リバウンドジャンプ	砲丸フロント投	砲丸バック投
最大筋力	ベダリング		
	ウエイト種目 (ベンチプレス, スクワット, クリーンなど)		
筋持久力	40・60秒間走	30秒間ベダリング	
全身持久力	12間走分		

りか、スポーツ障害を招いたり、心理面での疲労を蓄積してバーンアウトに陥ることにもつながる。

トレーニング効果を最大のものにするためには、休息を計画的に組み込んだトレーニングプランを作成し、それを柔軟に実践していくことが肝要である。このトレーニングプランの基礎となるのが、トレーニングと回復の組み合わせである。トレーニングで行うオーバーロードの運動は、生体へのストレスになり、ストレスを受けるとホメオスタシスが一時的に崩れ、その後には身体的には防衛的に戻ろうとする修復過程が見られる。そして、再びホメオスタシスを取り戻すと、以前と同じ種類・強度のストレスでは、ホメオスタシスが崩れることは無く、より強い運動

ストレスに耐えることができるようになる。

これがトレーニングにより体力が改善されていくメカニズムであるが、Yakovlev (1975) は、これを超回復 (super-compensation) の原理としてトレーニングに応用したのである。図6は、これを模式的に示している (日本体育協会, 1997)。トレーニングというストレス (負荷) が与えられると、身体は疲労状態に陥り、一時的にその機能は低下する。その後、休息 (回復) を取ると、ある時間に達した時点で低下していた機能がトレーニング前のレベルを超える状態にさしかかる。これを超回復現象と呼んでいる。超回復の状態では、次の適切なストレスとなるトレーニングを行えば、更なる超回復を迎えることができるのである。このように、負荷と回復をうまく配置したトレーニング計画を実践すれば、身体の機能は、aのように右肩上がりに改善されていく。もし、回復が不十分な場合には、bのようにトレーニング前の水準に達しないまま、次のストレスを受けることになるので、機能は右肩下がりになってしまう。

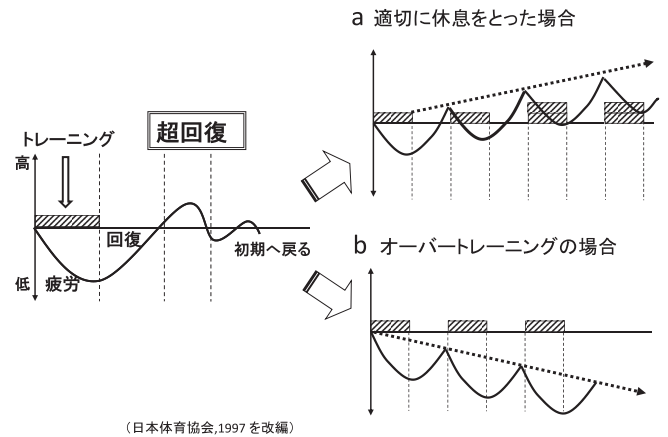
2) トレーニングからの回復過程における個人差

超回復理論からは、休息の大切さを知ることができる。とは言いつものの、適切に休息を設定することは簡単なことではない。なぜなら回復の様相は、負荷となるトレーニングの種類や強度、競技者のレベルや年齢などの様々な要因によって異なるからである。ここで興味深い報告を紹介しよう。

図7は、2名の長距離ランナーが30km タイムトライアルという高強度のトレーニングを行った後の回復過程における乳酸脱水素酵素 (LDH) とグルタミン酸 - オキサロ酢酸トランスアミラーゼ (GOT) の変動を示している (千住・尾縣, 未発表)。30km走という同じストレスをかけた場合においても、血清酵素活性から評価できる回復程度には、大きな差が生じている。A選手は、筋などの組織炎症や損傷の指標となるLDH、心臓や肝臓に多く分布し激運動後に活性値が急激に上昇すると考えられているGOTの両方とも、B選手と比較して、運動後の上昇が顕著であり、しかも遅い回復を示している。これは、回復の過程には個人差が見られ、休息の取り方は個に応じる必要のあることを示している。このようにトレーニングと回復の関係は未知なる部分が多いため、さらなる研究の遂行が求められる。

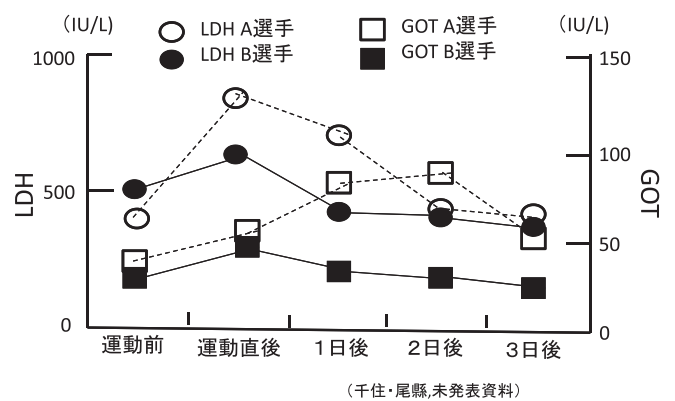
3) 回復状況を把握するための簡易な指標

十種競技の競技会8日前から競技会後6日のコンディションを全身疲労度や遅発性筋痛といった主観的指標と、血液性状などの客観的指標により調査



(日本体育協会, 1997 を改編)

図6 超回復現象の説明



(千住・尾縣, 未発表資料)

図7 30km走後のLDH (lactate dehydrogenase) とGOT (glutamic oxaloacetic transaminase) の回復

した報告 (森ほか, 2012) がある。この報告では、競技会前のピーキング期後半と競技会後の回復期において、主観的指標が客観的指標を反映していることから、より簡便な主観的指標 (全身疲労度、遅発性筋痛) による評価で十分にコンディションを把握出来る可能性があることが明らかになった。すなわち、これらを毎日測定し、その変化をモニターすることにより疲労をかなりの確に把握することができ、その状態に応じて休息の取り方も検討できるということである。このように普段から自分の状態を内省しておき、コンディションをコントロールすることを習慣化することを勧める。

4) 有用な指標となる筋肉痛

伸張反射を用いて爆発的に大きな力を発揮するプライオメトリックスの代表的な運動である高強度ジャンプは、筋のダメージが大きく、強い筋肉痛が長く残る場合がある。しかしながら、トレーニング実施に際して筋肉痛は考慮されないことが多いのである。筋肉痛は、トレーニング実践にマイナスの効果을及ぼさないのであろうか、という疑問が生じ

表 5 高強度ジャンプトレーニング前 (Pre), トレーニング 4 時間後 (Post 8), 24 時間後 (Post 24), 72 時間後 (Post 72) の筋肉痛, ジャンプパフォーマンス, キネティクスおよびキネマティクス

項目	Pre	Post 4	Post 24	Post 72	分散分析	多重比較
筋肉痛	0±0	2.78±1.39	4.11±1.36	2.11±1.27	***	Pre<P4・P24・P72, P4・P72<P24
ドロップジャンプ指数 (m/s)	2.772±0.326	2.446±0.252	2.271±0.200	2.679±0.456	***	Pre・P72>P4・P24
ジャンプ高 (m)	0.420±0.047	0.399±0.057	0.386±0.041	0.409±0.053	*	Pre・P72>P24
接地時間 (s)	0.152±0.007	0.163±0.011	0.171±0.024	0.154±0.014	*	Pre・P72<P24
重心低下量 (m)	0.059±0.009	0.070±0.017	0.081±0.017	0.067±0.014	*	Pre・P72<P24
関節の動作範囲 (deg)						
足関節屈曲	14.0±3.2	17.3±5.9	18.4±4.6	15.9±3.9	*	Pre<P4・P24
膝関節屈曲	3.9±3.0	7.7±4.3	10.7±7.2	6.4±6.3	*	Pre<P24
スティッフネス (N/kg/m)	860.7±226.6	688.8±243.6	564.0±205.5	773.9±273.4	*	Pre・P72>P24

*** p<0.001 * p<0.05 < > p<0.05

(尾縣ほか, 2015)

る。

尾縣ほか (2015) は, 高強度のジャンプトレーニングの 4 時間後, 24 時間後, 72 時間後に筋肉痛の程度, ジャンプのパフォーマンス, 下肢動作, キック力の回復程度を調査した. その結果の一部が表 5 である. この結果からは, ジャンプのパフォーマンスは筋肉痛に影響を受けていることが明らかである. 特に筋肉痛の顕著なトレーニングの 24 時間後では, 有意な跳躍高の低下および接地時間の増大がみられ, その結果, ドロップジャンプ指数は顕著な低下を示した. このことから, 「短時間で高く跳ぶ」というプライオメトリックジャンプの課題が達成できない状況に陥っていたことが分かった. このパフォーマンスの低下は, エキセントリック局面での膝関節および足関節の動作の変化, 下肢 stiffness の低下などのジャンプ中の脚動作の変容と関係があったのである.

これらの変化を, どう解釈するかが問題である. 筋肉痛による動作変容が生じ, プライオメトリックジャンプとしての質が低下しているため, 他のトレーニングに切り替えるなどの対応する, といった柔軟な考えが必要であろう. ちなみに, この報告では, 【筋肉の痛みを感じますか? 0: 全く感じない, 1: 少しは感じる, 2: やや感じる, 3: ある程度感じる, 4: かなり感じる, 5: 非常に感じる】というスケールを用いており, 24 時間後の筋肉痛の平均値は 4.11 ± 1.36 であった. これは, 主観的筋肉痛は「かなり感じる」に該当し, このレベルに達した場合には, ジャンプトレーニング実施の是非を考えなければならないであろう. このように, トレーニング後の筋肉痛は, 次のトレーニングを遂行するにあたって回復の程度を判断する指標になると考えられる.

おわりに

本稿では, 体力トレーニングに焦点を当て, 研究で得られた知見をコーチングに活かすヒントをあげていった. しかしながら, 研究の数だけ応用できる科学的知見もあるため, それらを幅広く活用するには, コーチ自身の学ぶ姿勢が求められる. 「学ぶことをやめたら, 指導することもやめなければならない」という元フランスチーム監督のロジュ・ルメール氏の言葉のように, 常に学び続け, 経験則だけに基づいたコーチングから脱却し, スポーツ科学を応用した効果的なコーチングを実践したいものである. この取り組みが「新しい時代にふさわしいコーチング (文科省, 2013)」の構築に役立っていくであろう.

文献

- 新井宏昌, 渡邊信晃, 高本恵美, 真鍋芳明, 前村公彦, 岩井浩一, 宮下 憲, 尾縣 貢 (2004) 国内一流スプリンターにおけるトレーニング経過にともなう形態的・体力的要因と疾走動作の変化. 体育学研究, 49: 321-334.
- ボンパ: 尾縣 貢・青山清英監訳 (2006) 競技力向上のトレーニング戦略. 大修館書店: 東京.
- < Bompa, T. O. (1999) Periodization: Theory and Methodology of Training. Human Kinetics Publication: Champaign. >
- Kraemer, W. J., Marchitelli, L., Gordon, S. E., Harman, E., Dziados, J. E., Mello, R., Frykman, P., McCurry, D. and Fleck, S. J. (1990) Hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise. J. Appl. Physiol., 69: 1142- 1450.

- Medbo, J. and Tabata, I. (1993) Anaerobic energy release in working muscle during 30 s to 3 min of exhausting bicycling. *J. Appl. Physiol.* 75 : 1654 - 1660.
- 森 健一, 荒井 謙, 大山卞圭悟, 尾縣 貢 (2012) コンディション評価に対する主観および客観的指標の関係性：十種競技者に着目して. *陸上競技研究誌*, 10 : 17-24.
- 文部科学省 (2012) スポーツ基本法. http://www.mext.go.jp/a_menu/sports/kihonhou/attach/1307658.htm, (参照日 2016 年 1 月 16 日).
- 文部科学省 (2013a) スポーツ指導における暴力根絶へ向けて～文部科学大臣メッセージ～. http://www.mext.go.jp/b_menu/daijin/detail/1330634.htm, (参照日 2016 年 1 月 16 日).
- 文部科学省 (2013b) スポーツ指導者の資質能力向上のための有識者会議 (タスクフォース) 報告書. http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/sports/017/toushin/1337250.htm, (参照日 2016 年 1 月 16 日).
- 日本体育協会 (1997) ジュニア期のスポーツライフマネジメント.
- 尾縣 貢, 木越清信, 遠藤俊典, 森 健一 (2015) 高強度ジャンプエクササイズ後の回復過程：筋肉痛とパフォーマンスとの関連に焦点を当てて. *体力科学*, 64 : 117-124.
- Schmidtbleiher, D. and Buehrle, M. (1983) Neural adaptation and increase of Crosssectional area studying different strength training methods. *Biomechanics X-B, Human Kinetics Publishers : Champaign*, pp. 615 - 620.
- 千住泰之・尾縣 貢 : 未発表資料.
- Yakovlev, N. N. (1975) Biochemistry of sport in the Soviet Union : beginning development and present status. *Med. Sci. Sports*, 7 : 237-247.
- 図子浩二 (2013) トレーニング理路と方法論. 日本体育協会 (編) 公認スポーツ指導者養成テキスト 共通科目Ⅲ. pp. 104-117.

日本陸連科学委員会研究報告 第14巻 (2015)
陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2015

序 文

2015 年度における科学委員会の主な活動は、以下のとおりである。

1. 種目別サポート活動など

パフォーマンス分析として、競技会を対象としたバイオメカニクス研究活動をゴールデングランプリ、日本選手権などの競技会にて行った。競技会終了後に各種目の強化委員と連携して、選手へのフィードバックを行なった。また、北京・世界陸上における支援活動及び国立スポーツ科学センターや強化合宿時のフィジカルやスキル測定及びデータフィードバックを行った。

2. ジュニア選手に関する活動

和歌山インターハイにおいて VTR 撮影、タイム分析及び入賞者を対象とした心理面や怪我（障害）及び栄養に関するアンケート調査を実施した。

3. マラソン・競歩の暑さ対策に関する調査研究活動

暑熱対策に関する活動として、強化委員会（男女長距離・マラソン部・競歩部）と連携し、北海道（男女）、福岡（男子）、びわ湖（男子）の各マラソンレース及び土別ハーフマラソンで日本人招待選手を中心とした暑さに対する影響やマラソンが生体へ与える負担度等を検討した。また、マラソン及び競歩の強化合宿（男女）において、日々のコンディションチェック、トレーニング中の汗の電解質や深部体温を計測する試み等に加え、プレクーリングについての取り組みについても実施し、夏場のマラソン、競歩における選手への具体的な方策を提案できるようデータ収集活動を展開した。

4. 東京 2020、ポスト 2020 に向けた活動

ジュニア選手の種目転向、発掘に関する科学委員会のワーキンググループと強化委員会、普及育成委員会とが共同で、これまでに収集してきた体力データやトップ選手の履歴やインタビューを行う等して、トランスファーマップ（種目転向の道しるべ）策定に向けた取り組みを行った。また、ダイヤモンドアスリーのフィジカルチェックなどの支援も実施した。

5. 科学的データ普及支援（研修会やセミナー開催など）

強化委員会強化育成部と連携し、科学委員を派遣し、全国各地高体連合宿における研修の中で、これまでの科学的データや知見の伝達講習会を実施した。

科学委員会では、強化現場に密着し、個別的、実践的なデータ収集と即時的フィードバックに重点を置いた活動を展開しており、本報告書では主として 2015 年度に実施した上記の活動報告を 16 編掲載している。選手の育成・強化に関わる全ての方々に資する充実した情報発信となるように今後も努めていきたい。今後も、強化委員会、普及育成委員会及び医事委員会等関連の委員会の先生方と緊密な連携を図りながら選手育成・強化支援活動をより一層、充実させていく予定である。

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

科学委員会委員長
杉田正明

2015年度 科学委員会メンバー

杉田 正明	三重大学教育学部保健体育科
榎本 靖士	筑波大学体育科学系
持田 尚	東京学芸大学
森丘 保典	日本体育協会スポーツ科学研究室
松林 武生	国立スポーツ科学センター
三浦 康二	成蹊大学
岡崎 和伸	大阪市立大学
門野 洋介	仙台大学
貴嶋 孝太	大阪体育大学
久保田 潤	独立行政法人日本スポーツ振興センター
後藤 一成	立命館大学
小山 宏之	京都教育大学
佐伯 徹郎	日本女子体育大学
酒井 健介	城西国際大学
鈴木 岳	株式会社 R - Body project
須永美歌子	日本体育大学
田内 健二	中京大学
高橋 恭平	熊本高専専門学校
高松 潤二	流通経済大学
瀧澤 一騎	アスリーツ・ラボ
広川龍太郎	東海大学国際文化学部
松尾 彰文	鹿屋体育大学
松生 香里	東北大学大学院医学系研究科
真鍋 知宏	慶應義塾大学スポーツ医学研究センター
柳谷登志雄	順天堂大学
山口 太一	酪農学園大学
山本 宏明	北里大学メディカルセンター

※所属は2016年2月現在

日本陸連科学委員会研究報告 第14巻 (2015)
陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2015 目次

第29回サフォークランド士別ハーフマラソン大会における調査・・・58
松生香里, 岡崎 和伸, 杉田正明, 橋本峻, 保科圭汰, 高岡寿成, 黒木純, 佐藤敏信,
宗猛

第29回北海道マラソンにおける調査について・・・63
杉田正明, 松生香里, 瀧澤一騎, 岡崎和伸, 山口太一, 橋本峻, 須永美歌子, 山本宏明,
武富豊, 宗猛, 酒井勝充

日本一流 400m ハードル選手のレースパターン分析・・・69
-2015年の国内主要大会について-
森丘保典, 貴嶋孝太, 千葉佳裕, 櫻井健一, 杉田正明

国内トップ選手における40km走時の発汗と脱水状況の調査・・・74
瀧澤一騎, 杉田正明, 松生香里, 岡崎和伸, 橋本峻, 宗猛, 酒井勝充

競歩夏期合宿における調査について・・・78
岡崎和伸, 三浦康二, 瀧澤一騎, 橋本峻, 杉田正明, 今村文男

2015年和歌山国体競歩種目における男女U19競技者の前額面内下胴キネマティクス・・・83
三浦康二, 永原隆, 渡辺圭佑

2015年日本ジュニア・ユース選手権男女100m決勝における疾走動作の分析・・・87
山元康平, 高橋恭平, 貴嶋孝太, 広川龍太郎, 松林武生, 小林海, 福田厚治, 杉田正明

日本一流男子800m選手のレースパターンの特徴・・・93
～川元 奨選手のレースパターンの特徴～
門野洋介, 榎本靖士

畑瀬聡選手における日本新記録の投てき動作の特徴・・・96
-18.78mと17.91mの比較-
加藤忠彦, 塚田卓巳, 田内健二

2015年第15回世界陸上競技選手権北京大会400m走のレース分析・・・100
-男子準決勝および女子予選レースに着目して-
山元康平, 高橋恭平, 広川龍太郎, 松林武生, 小林海, 柳谷登志雄, 松尾彰文

日本一流男子 110m ハードル選手および女子 100m ハードル選手のレース分析	106
－ 2015 年度主要競技会の分析結果について－	
貴嶋孝太, 山元康平, 柴山一仁, 杉本和那美, 櫻井健一, 千葉佳裕 , 森丘保典	
2015 年における日本および世界一流 200m 選手のレース分析	115
高橋恭平, 広川龍太郎, 松林武生, 小林海, 松尾彰文, 柳谷登志雄, 山元康平	
2015 年主要競技会における男女 400m 走のレース分析	128
山元康平, 高橋恭平, 広川龍太郎, 松林武生, 小林海, 松尾彰文, 柳谷登志雄	
2015 年全国高校総体における男子 4 × 4 0 0 メートルリレーのレース分析	135
柳谷登志雄, 安藤柊之介, 山元康平, 小山宏之, 貴嶋孝太, 杉田正明	
2015 シーズンと記録別にみた男女 1 0 0 m のレース分析について	141
松尾彰文, 広川龍太郎, 柳谷登志雄, 松林武生, 高橋恭平, 小林海, 杉田正明	
男子ナショナルチーム・4 × 100m リレーのバイオメカニクスサポート研究報告 (第 5 報)	150
－ 2015 北京世界選手権決勝進出チームの傾向など－	
広川龍太郎, 松尾彰文, 松林武生, 小林海, 高橋恭平, 柳谷登志雄, 小山宏之, 土江寛裕, 荻部俊二, 杉田正明	

第29回サフォークランド士別ハーフマラソン大会における調査

松生香里¹⁾ 岡崎 和伸²⁾ 杉田正明³⁾ 橋本峻³⁾ 保科圭汰⁴⁾ 高岡寿成⁵⁾ 黒木純⁶⁾
佐藤敏信⁷⁾ 宗猛⁸⁾

1) 東北大学 2) 大阪市立大学 3) 三重大学 4) 酪農学園大学 5) カネボウ
6) 三菱日立パワーシステムズ長崎 7) トヨタ自動車 8) 旭化成

はじめに

長距離・マラソンの競技パフォーマンスは、冬期のレースに比べて夏期は、外気温・湿度が上昇する暑熱環境の中での競技が実施されるため、競技中の体温上昇によるエネルギーの消耗も激しく、パフォーマンスは低下する。これらの背景から、暑熱下のレース中における給水の重要性、また、摂取するスポーツ飲料の組成や温度の検討など、いかに体内で素早く吸収し、パフォーマンス低下を防止できるかといった暑熱対策に関する調査が盛んに進んでいる。一方で、「暑さに強い選手・弱い選手」と評価されるように、暑さに対する適応能力の個人差は、種々の生理学的特徴との関連は否めないと考えられる。科学委員会では、2013年度から暑熱対策を視野に入れたマラソンレース時、および夏期合宿時において、生理学的指標を用いた調査を実施している²⁾。昨年度、実施した競歩選手の合宿中における汗の成分分析の報告では、各選手の汗中成分に特徴的な差がみられたこと、監督・コーチに暑さに強いと評された選手は、汗中のナトリウム濃度が低い選手が大半であったことを報告している¹⁾。これらの結果から、選手個人の生理学的特性を有益な情報として、選手や指導者に提供できれば、暑熱対策として、現場サポートへの還元が期待できる。このように、暑熱環境下のレースで好成績を得るための対策として、選手個人の特性を把握し、それぞれに合った暑熱に対する事前のコンディショニング・対処方法を検討しておくことが、勝つためのレースを展開する上で、非常に重要な鍵になると想定される。

そこで本調査は、夏期に実施される第29回サフォークランド士別ハーフマラソン大会に参加した選手のうち、測定協力が得られた5名を対象に実施した。この調査では、暑熱環境下で実施される夏期のハーフマラソンにおいて、レース前日、スタート

前・ゴール後に、主観的コンディションの質問調査、生理学的調査（尿中指標、体重変化、給水量の聞き取り調査、レース中の汗の電解質濃度）を実施し、レース時による身体への影響を検討し、暑熱対策に役立つ基礎資料を得ることを目的とした。

方法

1) 対象選手

2015年7月26日の第29回サフォークランド士別ハーフマラソン大会に参加し、測定協力の同意が得られた男子選手5名を対象とした。

2) 測定の概要

測定は、レース前日(7/25)、スタート前・後(7/26)に実施した。

前日測定は、選手の滞在するホテルの一室で、午後2時から4時の間に実施した。レース当日測定は、測定スタッフが、スタート地点近くの建物内に集合・準備し、スタート直前の9時までの間に実施した。ゴール直後の測定は、測定場所となるテント内に体制を整え、各指導者に対象選手を誘導いただき、測定を実施した。対象選手には、体重、耳管温、尿・汗の採取および、質問紙による給水量の聞き取り調査(表1.参照)を実施した。

3) 体重測定

体重は10g単位の体重計を用いて、レース前日、スタート前・後にレース時と同様の服装で測定した。

4) 尿の採取

尿は、レース前日とスタート前に、紙コップを用いて採取した。対象選手の尿検体から比重(尿比重計、ATAGO OAL-09S)および、試験紙にて、尿中タンパク、クレアチン、pHを測定した。

表 1. 給水アンケート調査表

測定用紙	測定日 2015 年 7 月 26 日																		
<p>● 給水アンケート（給水量の聞き取り調査） 氏名： _____ ID： _____</p> <p>記憶している範囲で結構ですので、摂取したドリンク、おおよその量（ _____ mL）、スポンジ使用についてお答えください。</p> <p>※ W:水、S: スポンジ、SP:スポーツドリンクです。</p> <p>※ ドリンクの量は見本のカップを参考にお答えください。</p>																			
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>(記入例)</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%; padding: 2px;">給水量</td> <td style="width: 40%; padding: 2px;">W 100 mL</td> <td style="width: 45%; padding: 2px;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">前半</td> <td style="padding: 2px;">5.0km-10km (W, S, SP) 10.0km-15km (W, S, SP, SPD)</td> <td style="padding: 2px;">SP 200 mL</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;"></td> <td style="padding: 2px;">15.0km-20.0km (W, S, SP)</td> <td style="padding: 2px;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">前半</td> <td style="padding: 2px;">少ない 0 — 1 — 2 — 3 — 4 — 5 — 6 — 7 — 8 — 9 — 10</td> <td style="padding: 2px;">多い</td> </tr> </table> </div>		給水量	W 100 mL		前半	5.0km-10km (W, S, SP) 10.0km-15km (W, S, SP, SPD)	SP 200 mL		15.0km-20.0km (W, S, SP)		前半	少ない 0 — 1 — 2 — 3 — 4 — 5 — 6 — 7 — 8 — 9 — 10	多い						
給水量	W 100 mL																		
前半	5.0km-10km (W, S, SP) 10.0km-15km (W, S, SP, SPD)	SP 200 mL																	
	15.0km-20.0km (W, S, SP)																		
前半	少ない 0 — 1 — 2 — 3 — 4 — 5 — 6 — 7 — 8 — 9 — 10	多い																	
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%; padding: 2px;">給水量</td> <td style="width: 40%; padding: 2px;">0.0km-5.0km (W, S, SP) 5.0km-10km (W, S, SP)</td> <td style="width: 45%; padding: 2px;">W _____ mL</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">前半</td> <td style="padding: 2px;"></td> <td style="padding: 2px;">SP _____ mL</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;"></td> <td style="padding: 2px;">少ない 0 — 1 — 2 — 3 — 4 — 5 — 6 — 7 — 8 — 9 — 10</td> <td style="padding: 2px;">多い</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">後半</td> <td style="padding: 2px;">10.0km-15km (W, S, SP) 15.0km-21.0975km (W, S, SP)</td> <td style="padding: 2px;">W _____ mL</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;"></td> <td style="padding: 2px;"></td> <td style="padding: 2px;">SP _____ mL</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;"></td> <td style="padding: 2px;">少ない 0 — 1 — 2 — 3 — 4 — 5 — 6 — 7 — 8 — 9 — 10</td> <td style="padding: 2px;">多い</td> </tr> </table>		給水量	0.0km-5.0km (W, S, SP) 5.0km-10km (W, S, SP)	W _____ mL	前半		SP _____ mL		少ない 0 — 1 — 2 — 3 — 4 — 5 — 6 — 7 — 8 — 9 — 10	多い	後半	10.0km-15km (W, S, SP) 15.0km-21.0975km (W, S, SP)	W _____ mL			SP _____ mL		少ない 0 — 1 — 2 — 3 — 4 — 5 — 6 — 7 — 8 — 9 — 10	多い
給水量	0.0km-5.0km (W, S, SP) 5.0km-10km (W, S, SP)	W _____ mL																	
前半		SP _____ mL																	
	少ない 0 — 1 — 2 — 3 — 4 — 5 — 6 — 7 — 8 — 9 — 10	多い																	
後半	10.0km-15km (W, S, SP) 15.0km-21.0975km (W, S, SP)	W _____ mL																	
		SP _____ mL																	
	少ない 0 — 1 — 2 — 3 — 4 — 5 — 6 — 7 — 8 — 9 — 10	多い																	
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%; padding: 2px;">スポンジの利用</td> <td style="padding: 2px;">前半 少ない 0 — 1 — 2 — 3 — 4 — 5 — 6 — 7 — 8 — 9 — 10</td> <td style="padding: 2px;">多い</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;"></td> <td style="padding: 2px;">後半 少ない 0 — 1 — 2 — 3 — 4 — 5 — 6 — 7 — 8 — 9 — 10</td> <td style="padding: 2px;">多い</td> </tr> </table>		スポンジの利用	前半 少ない 0 — 1 — 2 — 3 — 4 — 5 — 6 — 7 — 8 — 9 — 10	多い		後半 少ない 0 — 1 — 2 — 3 — 4 — 5 — 6 — 7 — 8 — 9 — 10	多い												
スポンジの利用	前半 少ない 0 — 1 — 2 — 3 — 4 — 5 — 6 — 7 — 8 — 9 — 10	多い																	
	後半 少ない 0 — 1 — 2 — 3 — 4 — 5 — 6 — 7 — 8 — 9 — 10	多い																	
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%; padding: 2px;">レース中の主観的体温</td> <td style="padding: 2px;">前半 低い 0 — 1 — 2 — 3 — 4 — 5 — 6 — 7 — 8 — 9 — 10</td> <td style="padding: 2px;">高い</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;"></td> <td style="padding: 2px;">後半 低い 0 — 1 — 2 — 3 — 4 — 5 — 6 — 7 — 8 — 9 — 10</td> <td style="padding: 2px;">高い</td> </tr> </table>		レース中の主観的体温	前半 低い 0 — 1 — 2 — 3 — 4 — 5 — 6 — 7 — 8 — 9 — 10	高い		後半 低い 0 — 1 — 2 — 3 — 4 — 5 — 6 — 7 — 8 — 9 — 10	高い												
レース中の主観的体温	前半 低い 0 — 1 — 2 — 3 — 4 — 5 — 6 — 7 — 8 — 9 — 10	高い																	
	後半 低い 0 — 1 — 2 — 3 — 4 — 5 — 6 — 7 — 8 — 9 — 10	高い																	

5) 汗の採取

本調査では、昨年度の競歩合宿時に実施した調査と同様の方法を用いて、選手の右側胸部（表面積 7.5cm × 7.5cm）を、レース中の汗採取部位とした¹⁾。先行研究³⁾では、全身の汗中電解質損失と局所採取された汗による推定電解質損失の関係について、最も相関関係が高かった部位が大腿部および胸部であったことから、胸部を汗採取部位として実施した。ウォーミングアップ終了後、スタート前に、蒸留水を含ませた紙および脱脂綿を用いて汗採取部位およびその周辺の汗および付着物を拭き取り、乾いた紙および脱脂綿を用いて、水分を完全に拭き取った。

その後、綿（滅菌クロスガーゼコットン7号、オオサキメディカル社製）、ポリエチレンフィルム、および粘着性透明創傷被覆・保護材（テガダームフィルム、3M社製）で作成した汗採取パッチを採取部位に貼付した⁴⁾。ゴール後に汗採取パッチをはがし、ポリエチレンバッグに密封した。その後、汗を含んだ綿を注射器（テルモシリンジ 20mL、テルモ社製）に入れ、汗をポリスピッツに採取した。

6) 汗の電解質濃度の測定

採取当日、携帯型コンパクトイオンメータ（LAQUAtwin B-700 シリーズ、HORIBA 社製）を用い

表 2. 対象選手のレース結果、主観的コンディション、尿中指標、体重、給水量、およびレース前後の体重変化

選手		A	B	C	D	E	
レース結果		1:04:20	1:04:41	1:05:17	1:05:38	1:07:12	
主観的 10段階スケール (不調-好調) (少ない-多い)	睡眠	9	5	2	9	8	
	食欲	9	7	6	9	8	
	排便量	8	7	5	6	8	
	排便状態	9	5	5	8	9	
	前日の練習量	9	4	8	3	5	
	前日の練習時間	4	2	4	2	2	
	前日の練習の質	9	6	3	2	2	
2ヶ月以内に体調を崩しましたか？		いいえ	いいえ	いいえ	いいえ	はい 1(7月22日:中耳炎)	
尿中指標	比重	レース前日	1.025	1.030	1.030	1.019	1.014
		スタート前	1.024	1.027	1.032	1.007	1.024
	タンパク	レース前日	-	-	30	-	-
		スタート前	-	-	-	-	-
	クレアチン (mg/dL)	レース前日	300	OVER	300	200	100
		スタート前	200	300	300	100	300
	pH	レース前日	5.5	6.0	6.0	6.0	5.5
		スタート前	7.0	6.0	6.0	5.5	6.0
	その他	レース前日	-	-	-	-	潜血: 0.06
		スタート前	-	-	-	-	潜血: 0.06
給水量(主観値)		0.06	0.03	0.12	0.03	0.00	
体重(kg)	レース前日	51.56	60.02	49.44	57.00	59.76	
	スタート前	52.48	59.84	50.46	57.30	59.58	
	ゴール後	51.22	58.00	49.34	55.68	58.00	
体重変化	レース前後 変化量(kg)	-1.32	-1.87	-1.24	-1.65	-1.58	
	レース前後 変化率(%)	2.52	3.13	2.46	2.87	2.65	

て汗の電解質濃度の簡易測定を実施した。分析項目は、汗中のナトリウム、カリウムイオン濃度、カルシウムイオン濃度を測定した。

7) 質問紙調査

質問紙調査は、レース前日は、コンディション確認を兼ねて、10段階スケールにて、睡眠、食欲、排便量、排便状態、前日の練習量・練習時間・練習の質および、過去2ヶ月の体調を記入して頂いた。ゴール後は、給水量の聞き取り調査を実施した(表1)。選手の給水量は、少しでも正確に測定するため、見本の給水用カップを準備し、それを基準に聞き取り調査を行った。この聞き取り調査の結果から、選手個々の実際の給水量を推定して用いた。

8) 環境温度測定

レース中の環境条件調査は、湿球黒球温度計を用いて、気温、湿度および湿球黒球温度(WBGT)を測

定した。

結果と考察

対象選手のハーフマラソンの結果、主観的コンディション、尿中指標(比重、タンパク、クレアチン、pH)、体重、給水量、およびレース前後の体重変化を表2に示した。選手のレース結果は記録順に、A選手~E選手として示した。

レース前日の主観的コンディションは、睡眠、食欲、排便量、排便状態、前日の練習量・練習時間・練習の質とし、10段階の尺度を用い、また、2ヶ月以内に体調を崩したかどうかについて「はい」か「いいえ」で、質問紙にて記録した。各選手において、特徴的な違いは認められないが、E選手はレース4日前に中耳炎と診断を受けたと記載があった。また、E選手は、尿中指標において、レース前日とスタート前に潜血0.06が認められた。今回の報告資料と

表3. 第29回サフォークランド土別ハーフマラソン大会中における環境条件の変化

	スタート時	レース中 平均	レース中 最高	ゴール後
気温(°C)	26.7	25.7	26.3	26.0
湿度(%)	67.9	68.9	71.0	67.7
WBGT(°C)	24.5	24.0	24.6	24.2

は関連はないが、土別ハーフマラソン後の釧路合宿では、合宿途中の練習中に体調不良を訴え、遠征先の病院にて受診後、気管支炎と診断されたため、遠征先から自宅に戻り休養することになった。選手1名の例ではあるが、主観的コンディション調査、尿中指標などの生理学的パラメータは、心身の疲労状態やコンディション悪化の予兆を捉える情報として活用できる可能性が考えられる。

各選手のレース前後における体重変化（給水量で補正した体重変化）は、体格が大きいほど（体重が重いほど）変化率が高く、発汗量が多い傾向がみられた。

レース時の気象状況データを表3に示した。レース中の平均気温は25.7°C、湿度68.9%、WBGT24.0°Cであり、朝9時30分スタートのハーフマラソンで、1時間程度であることから、気象条件に大きな変化はみられなかった。

次に、レース中における汗中のナトリウム、カリウム、カルシウム濃度を図1に示した。各イオン濃度とも百万分率で示した。また、ナトリウムイオン濃度から食塩（塩化ナトリウム）換算した汗中塩分濃度を示した。ナトリウムイオン濃度は1000ppmから1600ppm、カリウムイオン濃度は140ppmから160ppm、カルシウムイオン濃度は9ppmから16ppm、塩分濃度は0.245から0.406となり、ナトリウムとカルシウムイオン濃度および塩分濃度には、選手間で大きな違いが認められた。

A選手は、ナトリウムイオン濃度が1600ppmで5名中最も高値を示し、カルシウムイオン濃度が9ppmで最も低値を示した。一方、B選手はナトリウムイオン濃度が1000ppm、カルシウムイオン濃度が16ppmとなり、A選手とは逆のパターンを示した。

昨年度の長距離・マラソン合宿および、競歩合宿における指導者・コーチの主観から、汗中の電解質濃度が低い選手は、暑さに強い可能性を報告している¹⁾。汗中の電解質濃度が高いほど、発汗時に血漿量が低下しやすくなるため、熱放散能の低下を招きやすく、運動中の体温上昇に伴い、脱水の影響を受けやすいことを指摘している。これらのことから、レース時の汗中電解質濃度の高かったA選手は、給水では、汗より電解質濃度の高い水分を補う必要性

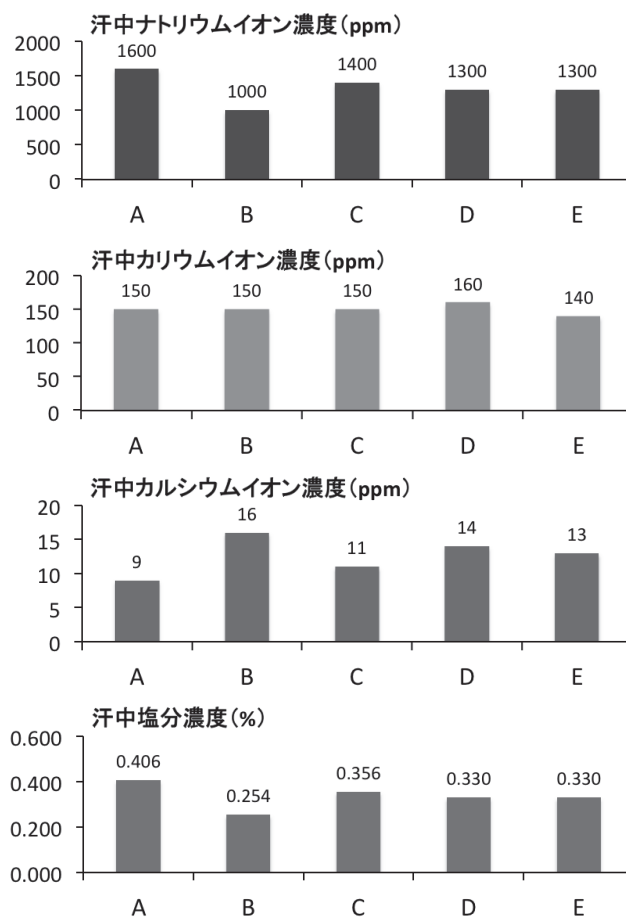


図1. 対象選手におけるハーフマラソンレース時の汗中電解質濃度

が考えられ、汗より低い電解質濃度の水分摂取では、血漿量が回復しにくいことが推測できる。また、B選手のカルシウム濃度は5名中、最も高値を示した。体内のカルシウムイオンは、筋収縮や神経系の働きに重要な役割を担っていることから、脱水によって血漿中・筋中のカルシウムイオンの平衡が崩れた際に筋痙攣が起きることがある。また、他の電解質濃度（ナトリウム、カリウム、マグネシウムイオンなど）とのバランス・恒常性が崩れた際、特に重篤な場合は、不整脈・意識障害などの症状が現れる可能性が危惧される。しかしながら、一概に、汗に含まれるカルシウムイオンの成分が高いことで、身体に大きな問題が起こるとい根拠は認められていない。暑熱下におけるパフォーマンス低下を防ぐためには、ナトリウムイオンなど、他の電解質濃度の高い給水によって脱水を防ぐことが重要であると考えられる。

また、他の3名の選手においても、汗中の電解質濃度は、それぞれ異なった特徴がみられた。E選手においては、レース中、一度も給水を行わずにゴールしたが、汗中の電解質濃度に特徴的な違いはみら

れなかった。今回はハーフマラソンであり、1時間程度の運動継続時間であったことや、真夏の炎天下のレースではなかったことなどから、影響が少なかったことがうかがえる。しかし、フルマラソンの場合は、夏期や冬期に限らず、前半からの給水や、給水の組成を考慮してレースを進めることが、後半のパフォーマンス低下を防ぐことに繋がるという重要な基礎資料になる。具体的にどのくらいの電解質濃度の給水量が、腸管での吸収に適度であるのか、選手個人の体質を考慮した検討が必要になると考えられる。今回のハーフマラソンにおける各選手の汗中の電解質濃度から、選手それぞれに合った給水の組成について検討を進めて行くことが、脱水によるパフォーマンス低下の防止につながり、勝つための戦略の一つとして貢献できるかもしれない。

昨年度の競歩選手の合宿中の調査では、ポイント練習などにおいて、汗中の電解質濃度の測定を、一度実施することにより、ある一時期の選手個人の発汗時の電解質濃度の特徴が把握できる可能性を示唆している¹⁾。また、汗中の電解質濃度は、発汗量が多いほど高く、暑熱馴化によって低下する。これらの情報から、定期的な汗中の電解質濃度の測定は、選手の暑熱馴化の状態を知る手がかりとして、暑熱対策のコンディショニングへの活用が期待できる。さらに、定期的な汗成分の測定によって、選手個人が暑熱馴化しやすい体質か、または、馴化に時間がかかる体質か、といった推測が可能となり、レース前の調整に貢献できる可能性がある。

以上のことから、今回の土別ハーフマラソンの測定における汗の成分分析において、各選手の特徴から、暑さに対する馴化状態や耐性が異なる可能性が示唆された。レース時の汗中電解質濃度は貴重な情報であるが、暑熱下のレースに向けた事前のコンディショニングという視点から、体重変化や尿中指標などと合わせて、定期的な測定を重ねることで、各選手の体質の特性や現状を把握し、目標とするレース時の給水成分を検討する有益な情報としての活用が期待できる。今後、さらに、選手のコンディショニングサポートおよび、レース時の生理学的指標の調査を継続し、各選手に合った暑熱対策の情報として、的確なアドバイスができるよう、現場還元を目指したい。

謝辞

本測定を実施するに当たり、第29回サフォークランド土別ハーフマラソン大会運営委員会の皆様に

は、大変お世話になりました。また、これらの取り組みにご協力、ご尽力いただきました選手、スタッフ、関係者の皆様に心より感謝申し上げます。

文献

- 1) 岡崎和伸, 松生香里, 瀧澤一騎, 三浦康二, 杉田正明, 今村文男, 宗猛, 酒井勝充: 長距離および競歩選手における汗中の電解質濃度の分析. 陸上競技研究紀要. 10巻146-149. 2015.
- 2) 杉田正明, 瀧澤一騎, 岡崎和伸, 松生香里, 山口太一, 広川龍太郎, 須永美歌子, 武富豊, 宗猛, 酒井勝充. 北海道マラソンにおける調査について. 陸上競技研究紀要. 10:150-158. 2015.
- 3) Baker LB, Stofan JR, Hamilton AA, and Horswill CA: Comparison of regional patch collection vs. whole body washdown for measuring sweat sodium and potassium loss during exercise. J Appl Physiol 107(3): 887-895, 2009.
- 4) Baker LB, Ungaro CT, Barnes KA, Nuccio RP, Reimel AJ, Stofan JR: Validity and reliability of a field technique for sweat Na⁺ and K⁺ analysis during exercise in a hot-humid environment. Physiol Rep 2;2(5): e12007, 2014.

第29回北海道マラソンにおける調査について

杉田正明¹⁾ 松生香里²⁾ 瀧澤一騎³⁾ 岡崎和伸⁴⁾ 山口太一⁵⁾ 橋本 峻¹⁾
須永美歌子⁶⁾ 山本宏明⁷⁾ 武富 豊⁸⁾ 宗 猛⁹⁾ 酒井勝充¹⁰⁾
1) 三重大学 2) 東北大学 3) アスリーツ・ラボ 4) 大阪市立大学
5) 酪農学園大学 6) 日本体育学大 7) 北里大学 8) 天満屋 9) 旭化成
10) コニカミノルタ

はじめに

2014年度から実施している北海道マラソンでは、暑さ対策が不可欠といわれている夏のマラソンにおける暑熱対策として取り組みを充実させてきている。夏場のマラソン走行前後における生理学的調査等を実施し、レースによる身体への影響を検討し、暑熱対策に対する一助となる指標作りや方策を提供することを目的として取り組んできており、本稿では第29回北海道マラソンにおける取り組みの一部を報告する。

2015年に実施した調査の概要

対象選手は、国内および道内招待選手ならびに有力選手の中で協力の同意が得られた男女の選手とし、2015年は男子9名、女子7名が測定対象者であった。なお、測定前に本調査の趣旨、内容などを口頭と資料で各選手に説明し、同意書を得る手続きを行った。

主な測定項目は、下記のとおりである。

- ・体重（10g単位）（前日、レース前、レース後）
- ・体温（耳管温、深部体温）（前日、レース前、レース後）
- ・採尿（試験紙での検査とSRLでの分析）（前日、レース前）
分析項目：比重、ケトン体、pH、タンパク、クレアチニン、ウロビリノーゲン、潜血、浸透圧、電解質
- ・血中脂質（総コレステロール、中性脂肪、HDLコレステロール、LDLコレステロール）（前日、レース後）
- ・酸化ストレス（血中d-ROM、BAP、尿中8-OHdG）（前

日、レース後）

- ・質問紙による給水時の量や暑さの主観等の聞き取り（レース後）

これらは、これまでの測定内容にいくつか項目を追加し、より幅広い視点から夏場のマラソンにおける基礎的データ収集にとりくんでいる。

前日（8/29）の測定は、選手村となっているホテルの一室で午後2時間の間に測定を行い、レース当日（8/30）は、測定スタッフはスタート脇のテントへ6時に集合し準備し、スタート開始の9時までの間に様々な測定を行った。ゴール後の測定場所（写真1）へ移動し体制を整え、ゴールイン後も強化委員の方々の協力を得て、対象の選手を誘導してくれる等、ご協力をいただいたおかげで、スムーズに実施することができた（写真2、3）。

気象状況は、我々がWBGT計を用いて計測した（写真4）データを図1に示した。スタート時には約25度前後、湿度は約46%を示したが、時間経過とと



写真1 ゴール後の測定場所（テント内）



写真2 ゴール後の体重測定の様子



写真4 ゴール付近の環境データ計測の様子



写真3 ゴール後の耳管音測定の様子

もに湿度は上昇し、最高約 55%を記録したが、気温はほぼ 24 度台を示した。WBGT は約 20 ～ 24 度、黒球温度は、28 ～ 35 度を示し、レース中は緩やかに上昇を示した。レースが進むにつれ暑熱の影響が緩やかに大きくなっていったことがうかがえる。招待選手・一般参加を合わせて 14,297 人が出走し、完走率は 82.4%と昨年の 78.9%より高い割合を示した。

測定結果については、これまでと同様に男女別に各項目の平均値、最大値、最小値を掲載するかたちで報告するにとどめさせていただく。表 1 から 4 に

男女の調査結果の一覧を示す。

体重の減少率や耳管温の上昇度合い、給水量などは、暑熱環境の中でのマラソンレースを走る上で、重要な指標となる。こうした調査は、夏場だけでなく比較対象とするため冬場の福岡国際マラソン、琵琶湖毎日マラソンでも実施するとともに、強化合宿にも帯同し、様々なデータ収集を行っている。しかしながら、個人の体調や気象条件や走行距離、ペースなどがその時々において異なるため、幅広いコンディションに関するデータも収集しながら選手個人の特徴を読み解く努力を重ねている。個々人に応じた暑熱対策の方策を提示できることを目標とし、今後も取り組みを充実させていきたいと考えている。

最後に、これらの取り組みにご協力、ご尽力いただきました選手、スタッフ、関係者の皆様に感謝申し上げます。

謝辞

本測定を実施するに当たり、三重大大学の谷口耕輔君をはじめ、北海道大学、酪農学園大学の学生スタッフの皆様大変お世話になりました。ここに感謝の意を表します。

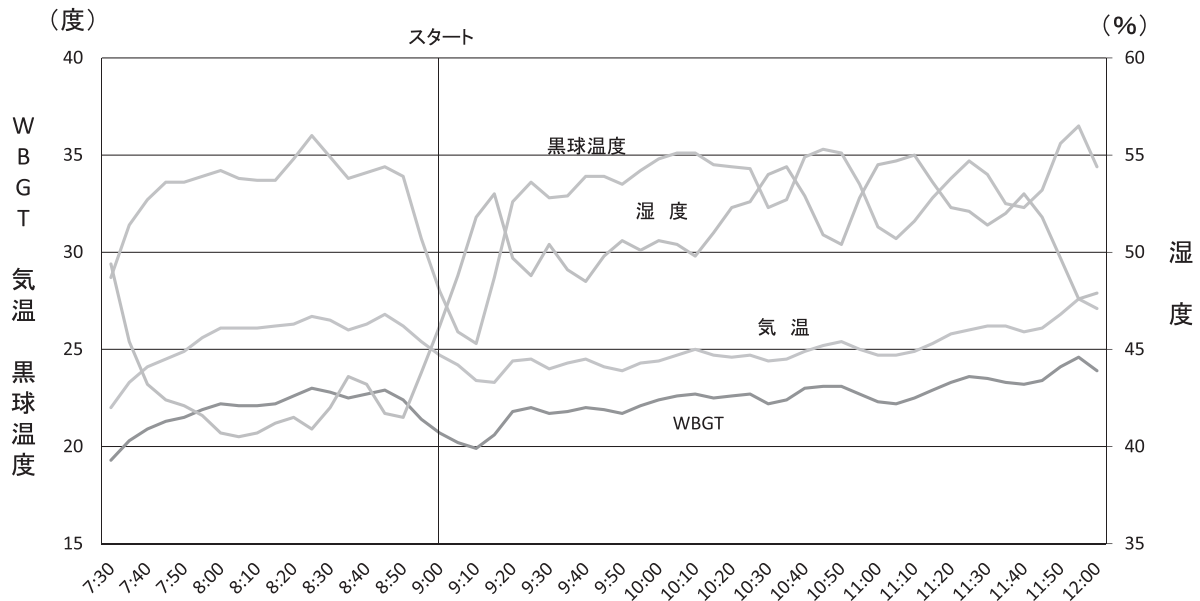


図1 第29回北海道マラソン(2015.8.30)における環境変化

表1 第29回北海道マラソンにおける調査結果(体重、体温など)

		男子					女子				
		平均	標準偏差	最大値	最小値	n	平均	標準偏差	最大値	最小値	n
順位		13.3	12.4	38	2	9	7.86	5.37	19	3	7
記録		2:21:19	0:05:06	2:30:49	2:17:03	9	2:37:51	0:06:03	2:51:04	2:33:20	7
体重 (kg)	大会前日	54.39	3.29	58.03	48.22	9	47.06	2.77	51.32	43.18	7
	レース当日(朝)	53.99	2.95	57.45	48.61	9	47.77	2.92	52.20	43.55	7
	レース後	51.56	2.83	55.10	46.26	9	45.26	2.82	49.13	40.64	7
	マラソン前後変化量(kg)	-2.42	0.29	-2.82	-1.91	9	-2.51	0.38	-3.07	-1.96	7
	マラソン前後変化率(%)	4.49	0.48	5.26	3.82	9	5.26	0.78	6.68	4.34	7
	合計 水+スペシャル等(主観)	0.73	0.45	1.55	0.31	9	0.68	0.23	0.94	0.38	7
	マラソン前後正味変化量(kg)	-3.16	0.57	-4.21	-2.51	9	-3.19	0.54	-4.01	-2.34	7
	マラソン前後正味変化率(%)	5.86	1.06	7.88	4.70	9	6.67	1.07	8.40	5.19	7
耳管温 (°C)	大会前日	36.52	0.40	37.0	35.9	9	36.21	0.50	37.2	35.9	7
	レース当日(朝)	36.29	0.73	37.6	35.1	9	36.28	0.71	37.2	35.4	6
	レース後	36.78	0.99	38.2	35.0	9	37.39	0.94	38.9	36.4	7
	マラソン前後変化量(°C)	0.49	0.70	-1.30	0.40	9	1.05	0.52	1.70	0.50	6
	マラソン前後変化率(%)	1.35	1.93	-3.58	1.13	9	2.89	1.40	4.57	1.39	6
深部体温 (°C)	大会前日	36.99	0.24	37.4	36.7	9	36.79	0.23	37.1	36.4	7
	レース当日(朝)	36.66	0.20	37.0	36.4	9	36.43	0.23	36.8	36.2	6
	レース後	36.90	0.90	38.5	36.0	9	36.41	0.45	37.3	36.0	7
	マラソン前後変化量(°C)	0.24	0.94	1.80	0.00	9	0.03	0.58	1.10	0.00	6
	マラソン前後変化率(%)	0.67	2.55	4.90	0.00	9	0.10	1.60	3.04	0.00	6

表2 第29回北海道マラソンにおける調査結果（給水アンケートなど）

		男 子					女 子				
		平均	標準偏差	最大値	最小値	n	平均	標準偏差	最大値	最小値	n
給水	前半(水摂取量)	58.89	53.49	150	0	9	15.00	20.21	50	0	7
	中盤(水摂取量)	107.78	91.89	300	0	9	87.14	47.86	150	0	7
	後半(水摂取量)	97.78	93.91	300	0	9	90.00	67.33	200	0	7
	水計(主観 ml)	264.44	218.92	700	0	9	192.14	113.21	350	0	7
	前半(スポーツドリンク摂取量)	5.56	16.67	50	0	9	14.29	37.80	100	0	7
	中盤(スポーツドリンク摂取量)	16.11	32.19	90	0	9	28.57	48.80	100	0	7
	後半(スポーツドリンク摂取量)	26.67	42.13	100	0	9	8.57	22.68	60	0	7
	スポーツドリンク計(主観 ml)	48.33	74.08	180	0	9	51.43	88.59	200	0	7
	前半(スペシャルドリンク摂取量)	163.33	155.48	500	20	9	147.86	82.86	300	60	7
	中盤(スペシャルドリンク摂取量)	183.33	158.67	500	20	9	146.43	70.28	210	60	7
	後半(スペシャルドリンク摂取量)	73.33	60.62	200	0	9	139.29	66.36	210	60	7
	スペシャルドリンク計(主観 ml)	420.00	344.49	1200	100	9	433.57	204.71	700	220	7
	前半(合計摂取量)	227.78	186.80	600	70	9	177.14	92.14	300	90	7
	中盤(合計摂取量)	307.22	209.00	650	70	9	262.14	89.99	370	140	7
	後半(合計摂取量)	197.78	76.12	300	90	9	237.86	107.23	420	125	7
	合計摂取量(主観 ml)	732.78	451.21	1550	310	9	677.14	227.58	940	380	7
	前半(主観的な摂取量)	6.22	1.99	9	3	9	5.29	2.06	9	3	7
	中盤(主観的な摂取量)	6.22	2.33	9	3	9	6.43	2.07	9	4	7
	後半(主観的な摂取量)	6.22	2.49	10	3	9	6.14	2.04	9	3	7
	前半(主観的なスポンジの利用)	4.67	4.00	10	0	9	3.14	3.76	10	0	7
中盤(主観的なスポンジの利用)	5.78	2.99	10	1	9	4.14	3.24	10	0	7	
後半(主観的なスポンジの利用)	5.11	3.69	10	0	9	4.29	3.86	10	0	7	
前半(レース中の主観的な体温)	6.11	1.27	8	4	9	5.43	1.90	8	3	7	
中盤(レース中の主観的な体温)	6.67	2.00	9	4	9	6.14	1.77	8	4	7	
後半(レース中の主観的な体温)	7.56	1.88	10	4	9	7.14	2.41	10	3	7	

表3 第29回北海道マラソンにおける調査結果（血中脂質、酸化ストレスなど）

		男 子					女 子				
		平均	標準偏差	最大値	最小値	n	平均	標準偏差	最大値	最小値	n
T-CHO (mg/dL)	大会前日	221.00	35.88	298	184	8	242.43	31.56	271	180	7
	レース当日(朝)										
	レース後	239.50	32.38	284	215	4	256.67	30.62	292	238	3
TG (mg/dL)	大会前日	89.13	32.24	148	55	8	110.57	53.13	188	61	7
	レース当日(朝)										
	レース後	154.75	46.31	195	98	4	147.33	52.31	180	87	3
HDL-C (mg/dL)	大会前日	72.13	19.50	109	44	8	87.57	21.18	122	59	7
	レース当日(朝)										
	レース後	73.50	29.00	108	44	4	82.67	15.31	100	71	3
LDL-C (mg/dL)	大会前日	130.75	21.76	175	112	8	132.00	37.20	163	65	7
	レース当日(朝)										
	レース後	134.75	27.99	160	102	4	143.67	30.44	178	120	3
L/H	大会前日	1.90	0.48	2.7	1.4	8	1.60	0.70	2.7	0.8	7
	レース当日(朝)										
	レース後	2.10	1.09	3.6	1.2	4	1.80	0.56	2.3	1.2	3
d-ROM (U.CARR)	大会前日	273.56	19.37	297	243	9	297.57	46.24	327	195	7
	レース当日(朝)										
	レース後										
BAP (μ mol/l)	大会前日	1933.33	154.81	2095	1673	9	1851.86	301.29	2104	1385	7
	レース当日(朝)										
	レース後										
BAP/d-ROM	大会前日	7.10	0.77	8.45	6.13	9	6.46	2.04	10.58	4.48	7
	レース当日(朝)										
	レース後										
8-OHdG (ng/ml)	大会前日	18.62	7.86	35.4	8.9	9	29.66	24.18	83.8	14.6	7
	レース当日(朝)	13.02	9.62	30.5	1.8	9	19.80	11.62	39.0	6.7	7
	レース後										
クレアチニン (mg/dL)	大会前日	92.56	31.37	156.1	59.9	9	115.47	65.36	253.8	60.4	7
	レース当日(朝)	59.02	35.74	113.2	12.8	9	94.41	40.55	168.1	56.0	7
	レース後										
8-OHdG /クレアチニン	大会前日	19.74	2.75	23.0	15.0	9	24.39	5.13	33.0	17.5	7
	レース当日(朝)	19.82	10.22	41.5	7.9	9	20.30	5.69	27.4	10.8	7
	レース後										

表4 第29回北海道マラソンにおける調査結果(尿検査)

SRL		男 子					女 子				
		平均	標準偏差	最大値	最小値	n	平均	標準偏差	最大値	最小値	n
クレアチニン(mg/dL)	大会前日	91.35	25.66	136.98	58.17	9	102.91	45.76	197.1	59.2	7
	レース当日(朝)	53.44	41.34	119.19	8.48	9	87.65	39.25	158.81	42.84	7
	レース後										
浸透圧(mOsm/Kg・H ₂ O)	大会前日	761.22	203.73	972	461	9	1020.14	88.94	1173	918	7
	レース当日(朝)	485.00	308.91	975	122	9	960.43	79.89	1083	858	7
	レース後										
Na(mEq/L)	大会前日	169.33	60.74	236	73	9	196.57	26.91	230	149	7
	レース当日(朝)	114.56	71.00	253	29	9	206.14	39.19	262	137	7
	レース後										
K(mEq/L)	大会前日	57.18	27.86	110.4	19.6	9	69.54	27.11	107.0	27.5	7
	レース当日(朝)	35.63	29.34	98.1	5.6	9	69.67	17.21	100.0	48.8	7
	レース後										
Cl(mEq/L)	大会前日	188.89	70.06	287	80	9	241.29	23.42	266	204	7
	レース当日(朝)	131.89	79.08	263	35	9	246.14	48.70	299	162	7
	レース後										
Ca(mg/dL)	大会前日	12.52	4.20	20.3	8.1	9	26.39	9.80	37.8	14.2	7
	レース当日(朝)	8.62	5.98	18.2	2.1	9	23.96	13.16	52.6	15.8	7
	レース後										
Mg(mg/dL)	大会前日	5.71	2.67	11.8	2.8	9	10.97	2.60	13.5	6.2	7
	レース当日(朝)	2.58	1.76	5.7	0.5	9	7.33	3.15	12.6	4.3	7
	レース後										
Fe(μ g/dL)	大会前日	5.11	0.33	6	5	9	5.00	0.0	5	5	7
	レース当日(朝)	4.33	1.73	7	2	9	4.43	1.62	7	3	7
	レース後										
比重	大会前日	1.020	0.0053	1.026	1.013	9	1.029	0.0034	1.034	1.024	7
	レース当日(朝)	1.012	0.0084	1.026	1.002	9	1.025	0.0036	1.030	1.020	7
	レース後										
pH	大会前日	6.50	0.75	7.5	5.5	9	5.64	0.24	6.0	5.5	7
	レース当日(朝)	6.56	0.95	7.5	5.0	9	6.86	1.21	9.0	5.5	7
	レース後										

日本一流 400m ハードル選手のレースパターン分析 — 2015 年の国内主要大会について —

森丘保典¹⁾ 貴嶋孝太²⁾ 千葉佳裕³⁾ 櫻井健一⁴⁾ 杉田正明⁵⁾

1) 日本体育協会 2) 大阪体育大学 3) 城西大学 4) 国際武道大学 5) 三重大学

1. はじめに

本稿では、2015 年シーズンに開催された国内主要大会における日本一流 400m ハードル選手のタッチダウンタイムやハードル区間の時間、速度および歩数について報告する。

2. 方法

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。ハードル区間歩数は、ハードルクリアランス直後の先行（リード）脚の着地から逆脚の接地までを 1 歩目とし、次のハードルクリアランス直前の接地までの歩数とした。測定区間の平均疾走速度は、ハードル区間距離を区間時間で除すことにより求めた。

表 1 静岡国際陸上（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
松下 祐樹	3位	区間時間 (sec)	6.04	3.84	3.90	3.94	4.04	4.27	4.37	4.60	4.67	4.80	5.31
		通過時間 (sec)	6.04	9.88	13.78	17.72	21.76	26.03	30.40	35.00	39.67	44.47	49.78
		区間速度 (m/s)	7.45	9.11	8.97	8.88	8.66	8.20	8.01	7.61	7.49	7.29	7.53
		歩数		13	13	13	13	14	14	15	15	15	
小西 勇太	4位	区間時間 (sec)	6.17	3.87	3.94	4.02	4.15	4.17	4.44	4.54	4.67	4.67	5.34
		通過時間 (sec)	6.17	10.04	13.98	18.00	22.15	26.32	30.76	35.30	39.97	44.64	49.98
		区間速度 (m/s)	7.29	9.04	8.88	8.71	8.43	8.39	7.88	7.71	7.49	7.49	7.49
		歩数		14	14	14	14	14	15	15	15	15	

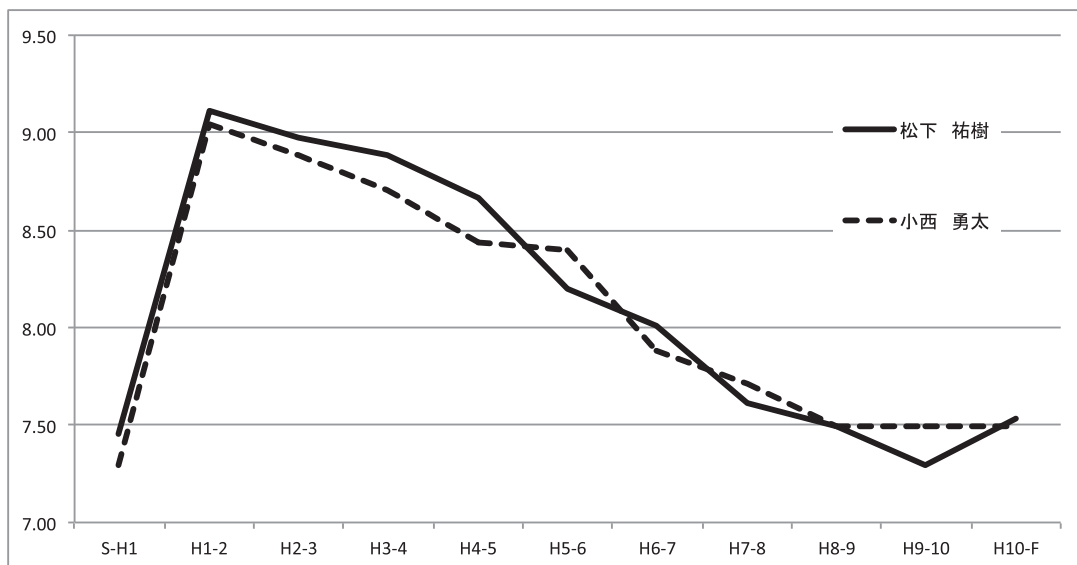


図 1 静岡国際陸上（男子）

表2 ゴールデングランプリ陸上（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
小西 勇太	2位	区間時間 (sec)	6.17	3.97	4.02	4.14	4.12	4.15	4.22	4.42	4.50	4.67	5.32
		通過時間 (sec)	6.17	10.14	14.16	18.30	22.42	26.57	30.79	35.21	39.71	44.38	49.70
		区間速度 (m/s)	7.29	8.82	8.71	8.45	8.50	8.43	8.29	7.92	7.78	7.49	7.52
		歩数		14	14	14	14	15	15	15	15	15	

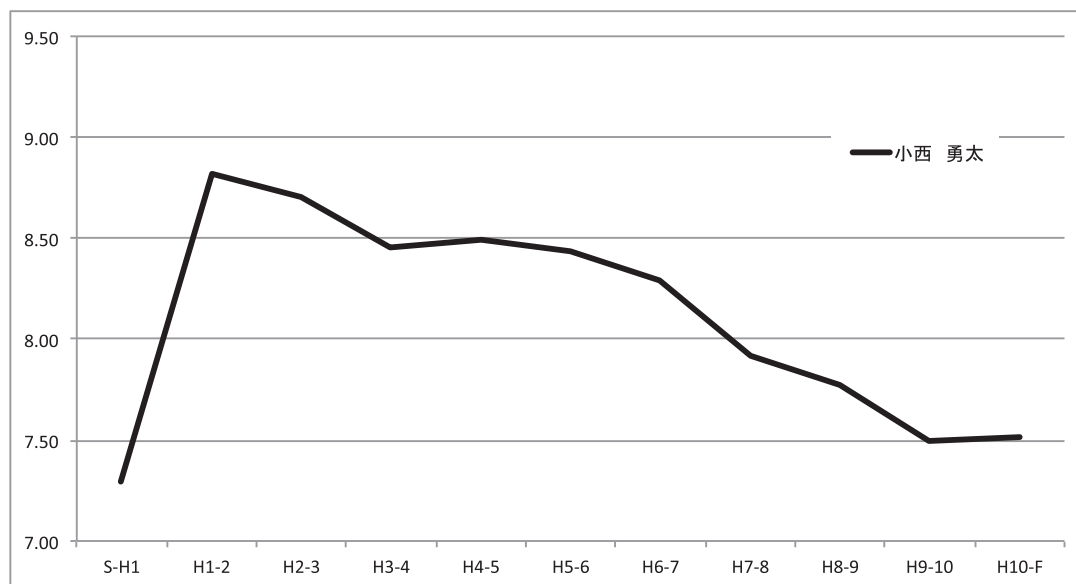


図2 ゴールデングランプリ陸上（男子）

表3 ゴールデングランプリ陸上（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
吉良 愛美	2位	区間時間 (sec)	6.66	4.34	4.39	4.50	4.60	4.87	5.12	5.27	5.46	5.99	6.53
		通過時間 (sec)	6.66	11.00	15.39	19.89	24.49	29.36	34.48	39.75	45.21	51.20	57.73
		区間速度 (m/s)	6.76	8.06	7.97	7.78	7.61	7.19	6.84	6.64	6.41	5.84	6.13
		歩数		15	15	15	15	16	16	16	16	16	17

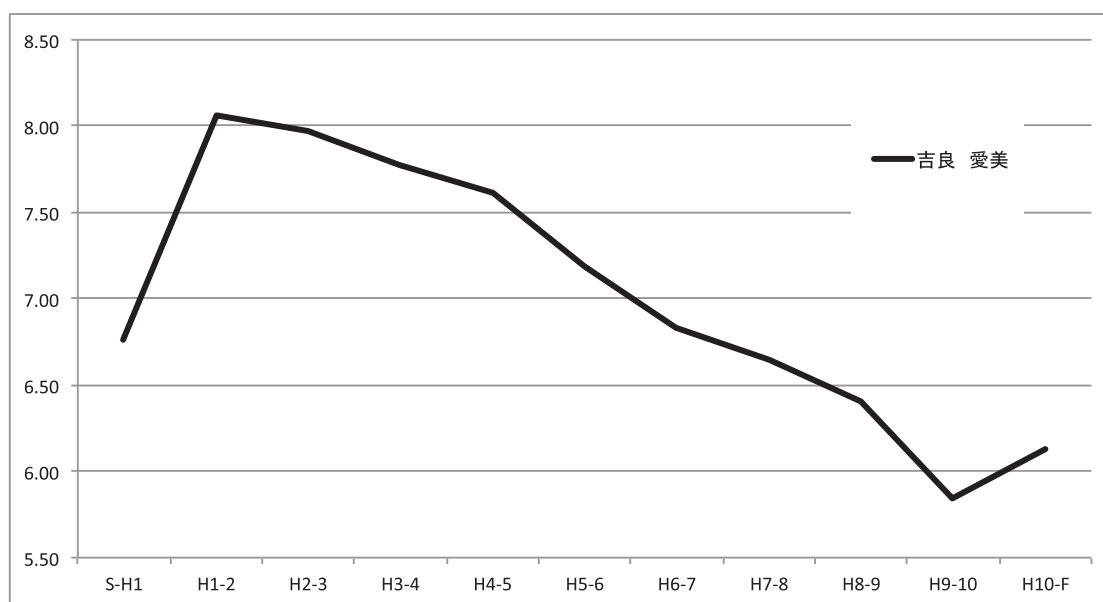


図3 ゴールデングランプリ陸上（女子）

表4 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
松下 祐樹	1位	区間時間 (sec)	6.11	3.80	3.92	3.95	4.10	4.27	4.42	4.64	4.65	4.69	5.21
		通過時間 (sec)	6.11	9.91	13.83	17.78	21.88	26.15	30.57	35.21	39.86	44.55	49.76
		区間速度 (m/s)	7.36	9.21	8.93	8.86	8.54	8.20	7.92	7.54	7.53	7.46	7.68
		歩数		13	13	13	13	14	14	15	15	15	
岸本 鷹幸	2位	区間時間 (sec)	6.01	3.75	3.85	3.94	4.09	4.27	4.35	4.52	4.64	4.84	5.55
		通過時間 (sec)	6.01	9.76	13.61	17.55	21.64	25.91	30.26	34.78	39.42	44.26	49.81
		区間速度 (m/s)	7.49	9.33	9.09	8.88	8.56	8.20	8.05	7.74	7.54	7.23	7.21
		歩数		13	13	13	13	14	14	15	15	15	
小西 勇太	3位	区間時間 (sec)	6.21	3.84	3.95	4.02	4.10	4.25	4.34	4.50	4.65	4.72	5.48
		通過時間 (sec)	6.21	10.05	14.00	18.02	22.12	26.37	30.71	35.21	39.86	44.58	50.06
		区間速度 (m/s)	7.25	9.11	8.86	8.71	8.54	8.24	8.06	7.78	7.53	7.42	7.30
		歩数		13	13	13	13	14	14	15	15	15	

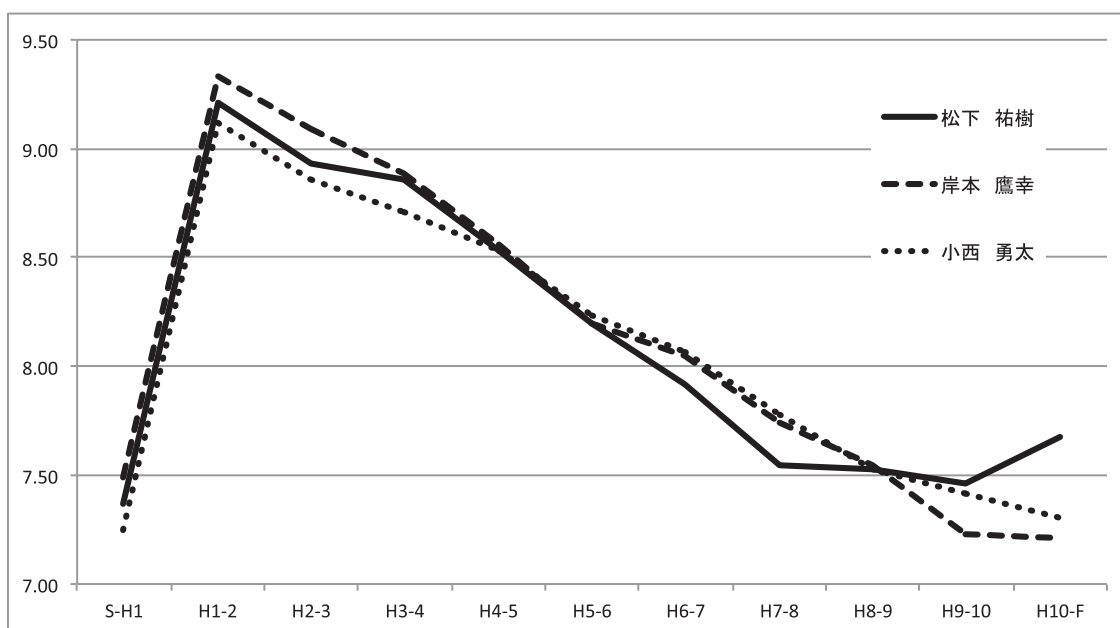


図4 日本選手権 (男子)

表5 日本選手権 (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
吉良 愛美	1位	区間時間 (sec)	6.71	4.42	4.41	4.50	4.62	4.80	4.95	5.22	5.37	5.77	7.15
		通過時間 (sec)	6.71	11.13	15.54	20.04	24.66	29.46	34.41	39.63	45.00	50.77	57.92
		区間速度 (m/s)	6.71	7.92	7.94	7.78	7.58	7.29	7.07	6.70	6.52	6.07	5.59
		歩数		15	15	15	15	16	16	17	17	18	

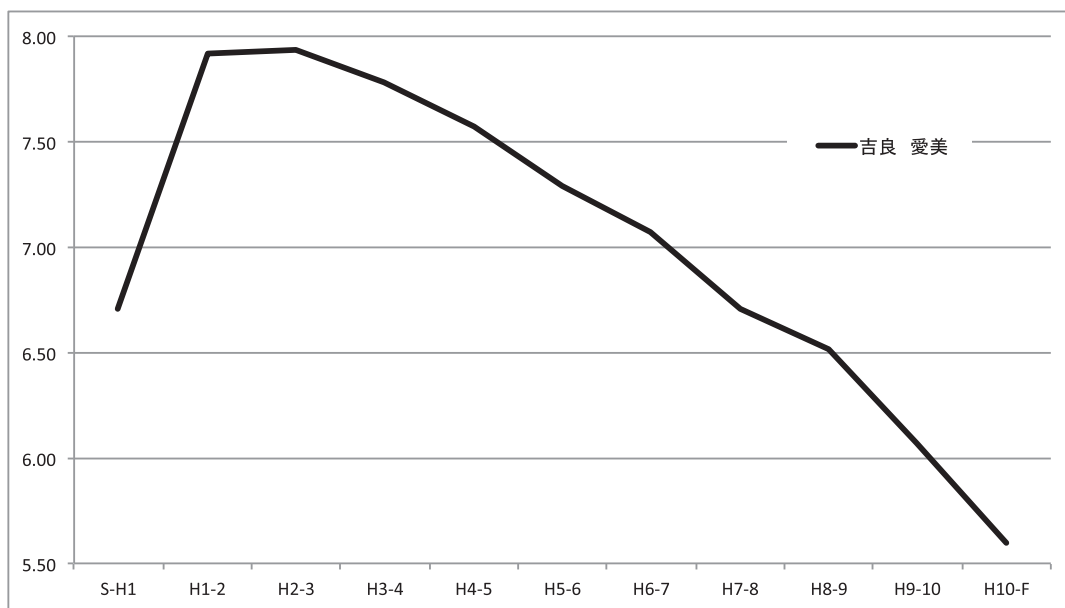


図5 日本選手権 (女子)

表6 日本ジュニア選手権 (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
渡部 佳朗	1位	区間時間 (sec)	6.01	3.74	3.89	4.04	4.10	4.30	4.44	4.50	4.64	4.84	5.47
		通過時間 (sec)	6.01	9.75	13.64	17.68	21.78	26.08	30.52	35.02	39.66	44.50	49.97
		区間速度 (m/s)	7.49	9.36	9.00	8.66	8.54	8.14	7.88	7.78	7.54	7.23	7.31
		歩数		14	14	14	14	15	15	15	15	15	15
豊田 将樹	2位	区間時間 (sec)	6.28	4.04	4.10	4.34	4.34	4.30	4.18	4.37	4.50	4.57	5.14
		通過時間 (sec)	6.28	10.32	14.42	18.76	23.10	27.40	31.58	35.95	40.45	45.02	50.16
		区間速度 (m/s)	7.17	8.66	8.54	8.06	8.06	8.14	8.37	8.01	7.78	7.66	7.78
		歩数		14	14	14	14	15	15	15	15	15	15
大林 督享	3位	区間時間 (sec)	6.10	3.84	4.14	4.20	4.34	4.27	4.37	4.50	4.54	4.64	5.24
		通過時間 (sec)	6.10	9.94	14.08	18.28	22.62	26.89	31.26	35.76	40.30	44.94	50.18
		区間速度 (m/s)	7.38	9.11	8.45	8.33	8.06	8.20	8.01	7.78	7.71	7.54	7.63
		歩数		15	15	15	15	15	15	15	15	15	15

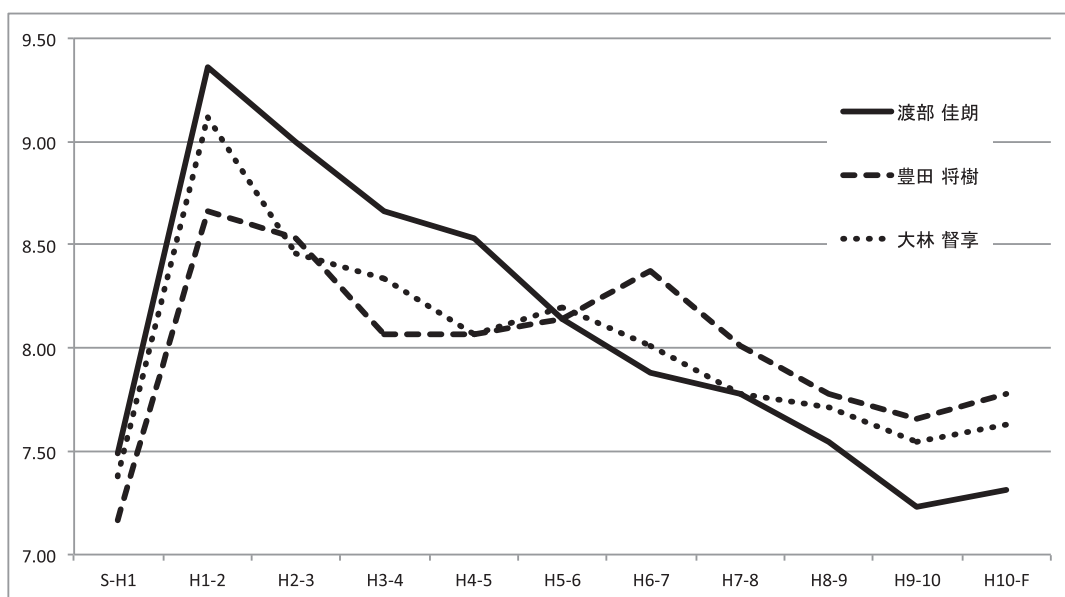


図6 日本ジュニア選手権 (男子)

表7 日本ジュニア選手権 (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
兒玉 彩希	1位	区間時間 (sec)	6.82	4.60	4.64	4.79	5.02	5.14	5.21	5.24	5.67	5.57	6.21
		通過時間 (sec)	6.82	11.42	16.06	20.85	25.87	31.01	36.22	41.46	47.13	52.70	58.91
		区間速度 (m/s)	6.60	7.61	7.54	7.31	6.97	6.81	6.72	6.68	6.17	6.28	6.44
		歩数		16	16	16	17	17	17	17	18	18	
荒島 夕理	2位	区間時間 (sec)	6.90	4.47	4.58	4.67	4.79	5.02	5.27	5.41	5.57	5.77	6.52
		通過時間 (sec)	6.90	11.37	15.95	20.62	25.41	30.43	35.70	41.11	46.68	52.45	58.97
		区間速度 (m/s)	6.52	7.83	7.64	7.49	7.31	6.97	6.64	6.47	6.28	6.07	6.13
		歩数		15	15	15	15	17	17	17	17	17	

表8 日本ユース選手権 (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
村上 瑞季	1位	区間時間 (sec)	6.88	4.50	4.67	4.94	4.97	5.17	5.26	5.29	5.44	5.51	6.24
		通過時間 (sec)	6.88	11.38	16.05	20.99	25.96	31.13	36.39	41.68	47.12	52.63	58.87
		区間速度 (m/s)	6.54	7.78	7.49	7.09	7.04	6.77	6.65	6.62	6.43	6.35	6.41
		歩数		15	15	16	16	16	17	17	17	17	

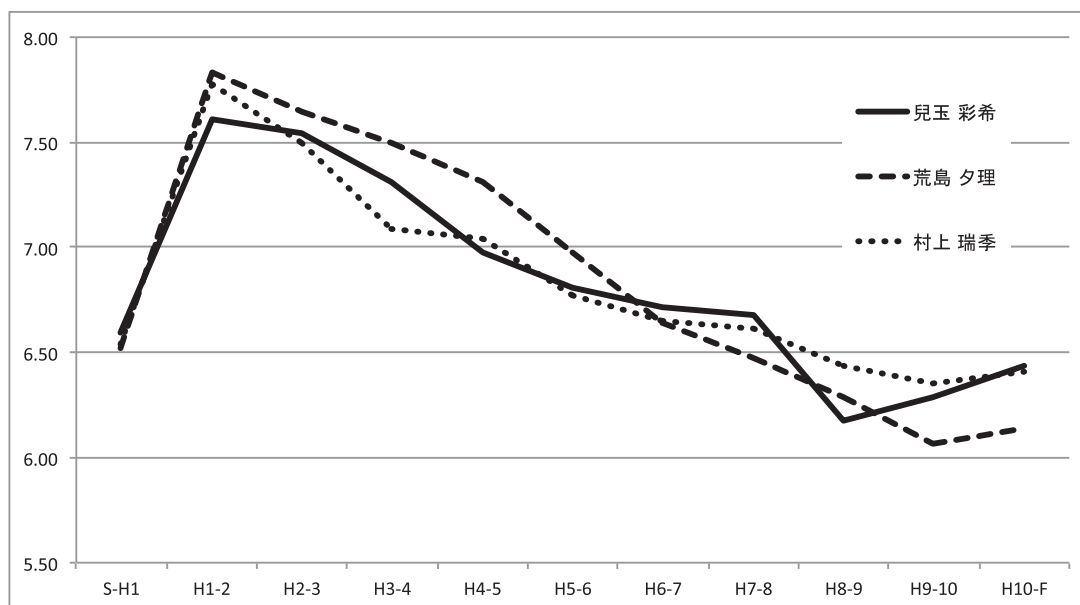


図7 日本ジュニア・ユース選手権 (女子)

国内トップ選手における 40km 走時の発汗と脱水状況の調査

瀧澤 一騎¹⁾ 杉田 正明²⁾ 松生 香里³⁾ 岡崎 和伸⁴⁾ 橋本 峻²⁾ 宗猛⁵⁾ 酒井勝充⁶⁾
1) アスリート・ラボ 2) 三重大学 3) 東北大学 4) 大阪市立大学 5) 旭化成
6) コニカミノルタ

はじめに

オリンピックや世界陸上は夏期に開催されるが、夏期は長距離種目やマラソンのパフォーマンス発揮にとって不利になる。夏期は冬期と比べて気温が高く、湿度も高いことが多いため、競技中の体温が上昇しやすくなるからである。一般に、脳や心臓など身体内部の温度（深部体温）がおおよそ 40 度を超えるとその強度での運動継続が困難になると考えられており (Ely et al., 2009), 長距離やマラソンなどでは競技中にできるかぎり深部体温を上昇させないようにすることが重要である。また、体温(体熱)は放射, 伝道, 対流, 蒸散によって外部環境とやりとりされているが, 外気温が体表面の温度(おおよそ 30 度)を超えると汗による蒸散でしか放出することはできないとされている(瀧澤と石井, 2013)。したがって, 暑熱環境下において長距離種目やマラソンのパフォーマンスを維持・向上させるためには発汗機能が重要となってくるということが考えられる。

体温の過度な上昇を防ぐためには発汗が重要となるが, 発汗そのものもパフォーマンス低下要因となる。日本体育協会によると, 発汗によって 2% の体重低下が起こることで持久性のパフォーマンスは低下するとされている(川原ら, 1994)。故に, 長距離種目やマラソンにおいては運動前や競技中における給水によって体水分量の維持をしておくことが, 暑熱環境下でパフォーマンス低下を防ぐ手立てとなり得る。また, 汗中にはナトリウムやカリウム, カルシウムなどの電解質も含まれており, 水分だけではなく電解質の損失もパフォーマンスに影響を及ぼしている可能性も考えられる。選手に対して「暑さに強い / 弱い」という評価がされることがあるが, 競技前後の脱水レベルや競技中の発汗量, 汗中電解質濃度などが暑さへの対応力に関与しているかもしれない。

そこで, 我々は 2015 年 9 月に行われたマラソン・ナショナルチームと日本実業団連盟選抜の合同合宿において, 国内トップレベルの長距離選手のトレーニングにおける発汗や脱水の状況について調査を行った。

対象と方法

対象

対象は, 2015 年 8 月 31 日から 9 月 9 日の期間で北海道士別市において行われたマラソン・ナショナルチームと日本実業団連盟選抜の合同合宿に参加し, 最終日前日(9 月 8 日)の 40km 走を行った 10 名とした。

調査の概要

体内の水分状況を把握するため, 40km 走の当日起床直後と練習後最初の尿を採取し, アタゴ社製 PAL-09S を用いて尿比重を測定した。

汗中の電解質濃度を測定するため, 岡崎らの方法(2015)に倣い 40km 走前のウォーミングアップ終了後, スタート直前に右側胸部に 7.5 × 7.5cm のガーゼを貼付し, レース後回収することによって汗を採取した。貼付部分およびその周囲は, 蒸留水と脱脂綿によって汗や付着物を拭き取り, 乾燥した脱脂綿によって水分をできる限り除去してからガーゼを貼付した。汗採取用のガーゼはオオサキメディカル社製滅菌クロスガーゼコットン 7 号を使用し, ポリエチレンフィルムおよび粘着性透明創傷被膜保護材(テガダームフィルム, 3M 社製)によって貼り付けた。40km 走終了後, ガーゼを剥がしポリエチレンバッグに密封し, その後汗を含んだガーゼを注射器(テルモシリンジ 20ml, テルモ社製)に入れて, ポリスピッツに絞り出して採取した。

表 1. 40km 走における 5km 毎の通過タイムと各 5km のタイム

距離	5km	10km	15km	20km	25km	30km	35km	40km
総タイム	17' 28"	34' 56"	52' 24"	1° 09' 51"	1° 27' 10"	1° 44' 28"	2° 01' 51"	2° 19' 13"
5km 毎	17' 28"	17' 28"	17' 28"	17' 27"	17' 19"	17' 18"	17' 23"	17' 22"

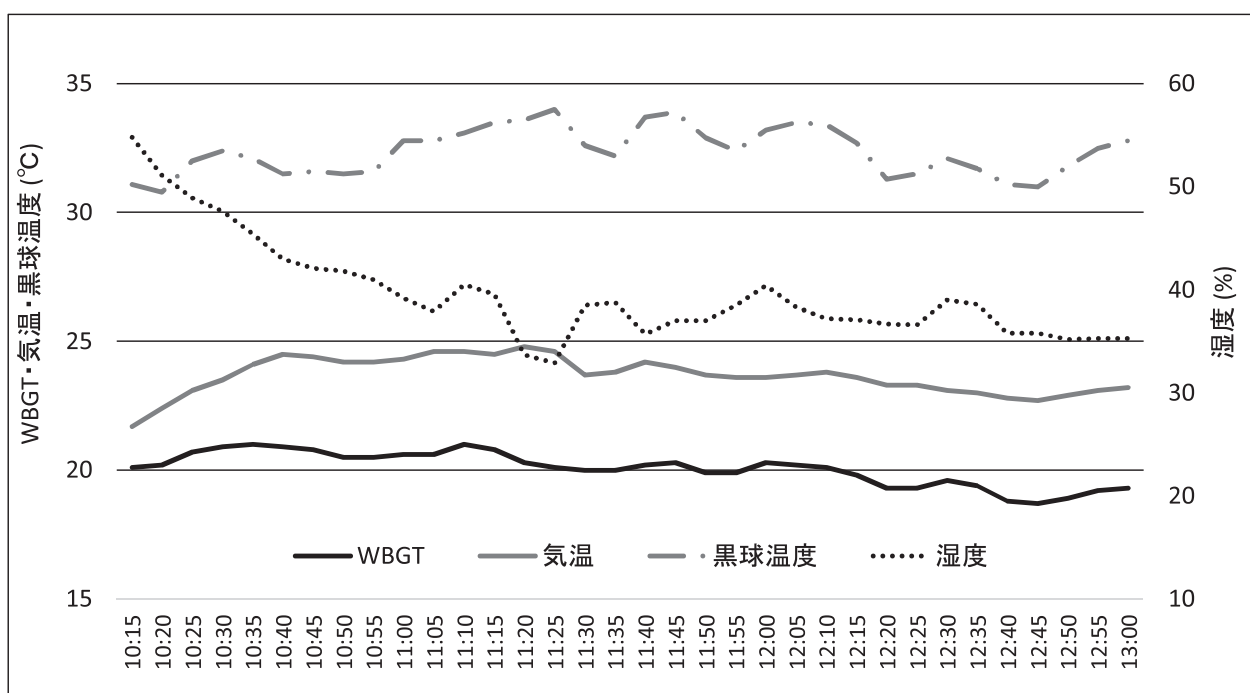


図 1. 40km 走中における気温，黒球温，湿度，WBGT

日本体育協会による指針では，WBGT で 21℃以下はほぼ安全，21～25℃は注意，25～28℃は警戒，28～31℃は嚴重警戒，31℃以上は運動は原則中止，とされる。

40km 走での脱水量を推定するために，直前と直後に体重計（デジタル台はかり，エー・アンド・デイ社製）によって 10g 単位で体重を測定した．代表する選手 1 名について，40km 走中に着用したウェアと靴や靴下の重量を前後で比較し，その重量が 200g であったことから，練習後の体重から 200g を差し引いた値を評価の対象とした．

40km 走のスタート 15 分前より終了 5 分後までを通じて 5 分毎に，WBGT 計によって気温，黒球温，湿度を測定し，また算出された WBGT を記録した．

結果と考察

対象とした選手は午前 10 時 30 分にスタートして集団で走行し，一時的に少し離れる選手もいたが，最終的には全員が 2 時間 19 分 13 秒で走り終えた．5km 毎のタイムを表 1 に示す．

40km 走中の天候は晴れであった．また，走行中の気温，黒球温，湿度，WBGT を図 1 に示す．9 月上旬に行われた合宿中に行われた練習であったが，気温・湿度共に暑熱環境といえるほどの上昇は見ら

れなかった．40km 走中の WBGT は平均するとおおよそ 20℃程度であり，日本体育協会の指針（川原ら，1994）に照らし合わせても，熱中症に関しては「ほぼ安全」と判断される環境であった．

前後での体重変化を表 2 に示す．環境としては過酷ではなかったにも関わらず，40km 走前後での体重減少は 5%にも及んでいた．今回，給水量については測定をしていないため正確な発汗量と給水量は不明であるが，ある程度以上の発汗があったことと給水量が発汗量に見合っていなかったことが推察される．今回の 40km 走のペースはそれほど速くなかったことと，環境温があまり上がっていなかったこともあり，対象とした選手にとってはそれほど過酷ではなかったために給水をあまり摂らなかったのかもしれない．

当日の起床直後と 40km 終了後最初の尿比重について，図 2 に示す．今回測定に使用した機器では，1.025 以上の比重が脱水状態であるとされている．ほとんどの選手が起床直後の尿においても 1.025 以上を示しており，練習の前段階から脱水傾向であったことが推察される．また，7 名の選手で 40km 走

表 2. 40km 走の直前と直後における体重
 練習後の体重については，着衣についた汗を考慮して前後の差と減少量は 200g 差し引いたもので評価した。

	練習前 (kg)	練習後 (kg)	練習後 (吸水量差引後) (kg)	前後の差 (kg)	減少率 (%)
A	57.43	54.36	54.16	3.27	5.69
B	61.30	58.76	58.56	2.74	4.47
C	48.48	46.16	45.96	2.52	5.20
D	63.48	61.05	60.85	2.63	4.14
E	55.20	52.61	52.41	2.79	5.05
F	55.20	52.16	51.96	3.24	5.87
G	57.64	54.98	54.78	2.86	4.96
H	54.25	51.76	51.56	2.69	4.96
I	56.67	54.22	54.02	2.65	4.68
J	56.89	54.24	54.04	2.85	5.01
平均	56.65	54.03	53.83	2.82	5.00
標準偏差	4.04	4.02	4.02	0.25	0.52

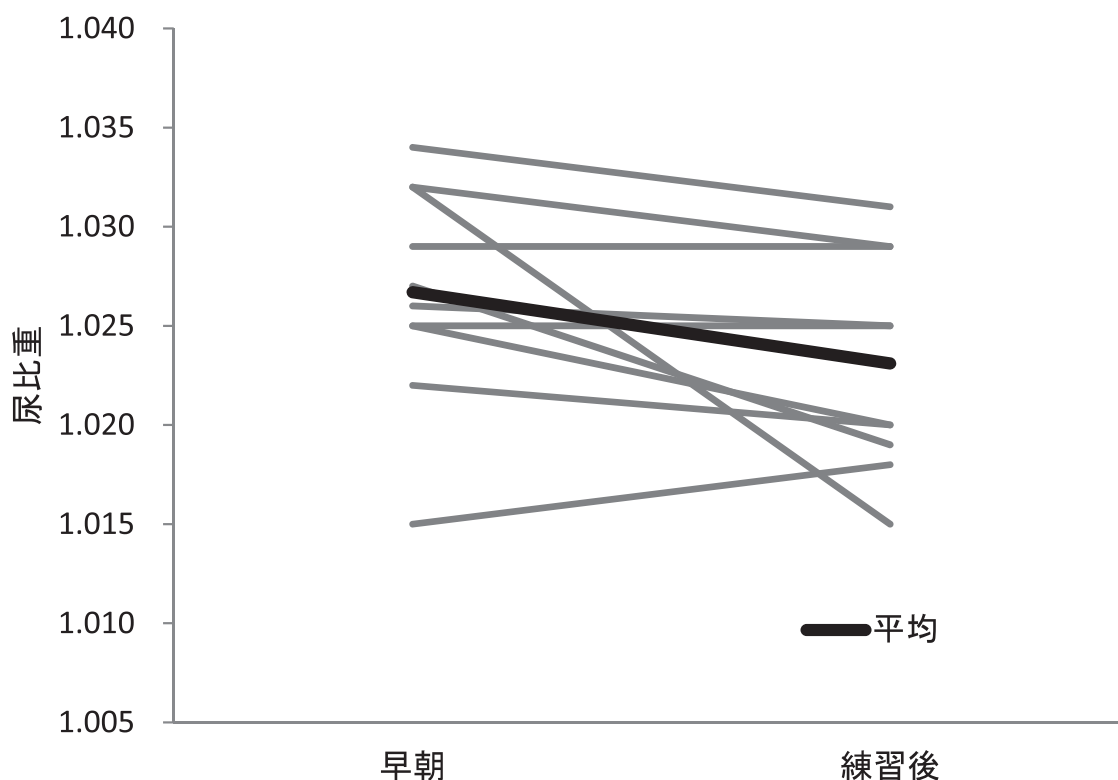


図 2. 40km 走当日の起床直後と練習後における尿比重
 灰色線は各選手のデータ，黒線が全体の平均。1.025 以上は脱水と判定される。

後に起床時よりも比重が下がっており，練習後の給水は行っても練習前はあまり意識されていない可能性が伺えた。しかし，今回は選手の負担も考慮して 40km 直前ではなく，開始 5 時間程度前の起床時のものを練習前として採用した。したがって，40km 走直前では異なっている可能性もある。また，

今回は合宿の最終日前日，ということで前 8 日におけるトレーニングの積み重ねもあり，脱水が亢進していたことも考えられる。しかしながら，起床時における尿比重から脱水と判断される選手が 10 名中 8 名いたことはコンディショニングにとって決して良いとは言えず，水分摂取に関する啓蒙の必要性が

表 3. 40km 走中における汗中のナトリウム, カリウム, カルシウムの濃度

	汗ナトリウム濃度 (ppm)	汗塩分濃度 (%)	汗カリウム濃度 (ppm)	汗カルシウム濃度 (ppm)
A	770	0.196	230	7
B	1100	0.279	120	10
C	1400	0.356	120	10
D	690	0.175	140	14
E	1500	0.381	130	13
F	2300	0.584	110	7
G	1700	0.432	110	7
H	2400	0.610	120	9
I	1500	0.381	88	12
J	1000	0.254	120	15
平均	1436	0.365	129	10
標準偏差	583	0.148	38	3

あるだろう。

汗中の電解質濃度について、表 3 に示す。電解質濃度に関しては、今回の調査では明確な傾向は発見できなかった。汗中の電解質濃度は身体の部位によって異なるとされているが、全身での電解質濃度と胸部または大腿部の電解質濃度で高い相関が認められることから (Baker et al., 2009), 今回は選手の負担も考慮して胸部から採取した。実際の電解質損失量は、測定部位や発汗量、または走行中の給水量や成分とも関わるため今回の調査だけで判断するのは難しい。ナトリウムについては個人差も非常に大きいため標準偏差も大きくなっている。カリウムやカルシウムについては、ナトリウムほど個人差は大きくはなかった。上述した通り、今回の 40km 走は対象とする選手にとって走行速度や環境温が過酷とは言えなかった。したがって、より強度の高い内容や、気温・湿度共に高い環境であれば電解質の量や比率が変化して、暑熱環境に対する強弱や対応力を向上するうえでの手がかりが得られるかもしれない。

謝辞

測定にご協力頂いた選手の皆様と、各所属チームの指導者の皆様に深く感謝いたします。

文献

Baker LB, Stofan JR, Hamilton AA, Horswill CA. (2009) Comparison of regional patch collection vs. whole body washdown for measuring sweat sodium and potassium loss during exercise. *J. Appl. Physiol.*, 107 (3),

887-895.

Ely BR, Ely MR, Cheuvront SN, Kenefick RW, Degroot DW, Montain SJ (2009) Evidence against a 40 degrees C core temperature threshold for fatigue in humans. *J. Appl. Physiol.* 107 (5), 1519-1525.

川原貴, 中井誠一, 白木啓三, 森本武利, 朝山正巳 (1994), スポーツ活動中の熱中症予防ガイドブック, 財団法人日本体育協会.

岡崎和伸, 松生香里, 瀧澤一騎, 三浦康二, 杉田正明, 今村文男, 宗猛, 酒井勝充 (2015) 長距離および競歩選手における汗中の電解質濃度の分析. 陸上競技研究紀要, 第 10 巻 (第 1 号), 146-149.

瀧澤一騎, 石井好二郎 (2013), スポーツと体温調節, スポーツ生理学. 富樫健二 (編). 化学同人, p. p. 153-164.

競歩夏期合宿における調査について

岡崎和伸¹⁾ 三浦康二²⁾ 瀧澤一騎³⁾ 橋本 峻⁴⁾ 杉田正明⁴⁾ 今村文男⁵⁾

1) 大阪市立大学 2) 成蹊大学 3) アスリーツ・ラボ 4) 三重大学 5) 富士通

はじめに

オリンピックや世界選手権などの夏期に実施される競技会で好成績を得るには、暑熱環境への対策が不可欠である。特に、夏期のマラソンなどの長距離および競歩種目では、レース中に身体内部の体温(深部体温)の上昇を抑えることが高いパフォーマンスを発揮するカギとなる(1)。夏期の競技が実施される暑熱環境下では、体内の熱を放散する機構(熱放散機構)において、発汗が最も重要となる(1)。しかし、汗は体液から作られるため、汗をかくほど体内は脱水することとなる。また、体液中の濃度よりは低いものの、汗中にはナトリウムを中心とした電解質が含まれている。そのため、レース中に水分および電解質を適度に補給し回復しなければ、パフォーマンスの低下を招くこととなる(1)。また、レース前に既に脱水していれば、同様にパフォーマンスは低下することとなる(1)。このように、長距離および競歩選手では、レース中のみならずレース前においても、水分および電解質を適度に補給し脱水を避ける必要がある。

これらを背景とし、我々は、2013年度からマラソンレース時(2)や長距離および競歩の合宿時(3)において、暑熱対策を視野に入れた生理学的調査を実施している。2014年度に実施した長距離および競歩選手の夏期合宿中の調査において、汗中の電解質濃度、特にナトリウムイオン濃度には大きな個人差が認められること、さらに、汗中ナトリウムイオン濃度の低い選手ほど暑さに強い傾向が認められることを報告した(3)。この結果は、各選手の特性に合わせた暑熱対策が必須であることを示している。つまり、各選手が暑熱環境下のレースで好成績を得るためには、脱水状況や汗への電解質損失量を把握し、それに合わせた事前のコンディショニング・対処方法に加え、レース中の給水の量および組成を検討しておく必要がある。

そこで本調査では、夏期に実施される長距離および競歩における暑さ対策の基礎資料を得ることを目的とし、競歩の夏期合宿において、練習中の汗の電解質濃度、総発汗量および電解質損失量を測定した。ここでは、その結果の一部を報告する。

方法

1) 対象選手

千歳市で実施された競歩ブロック合宿(2015年7月18日~7月27日)、および、競歩種目別合宿(2015年7月28日~8月6日)に参加した競歩選手14名(男子12名、女子2名)を対象とした。対象には、2015年世界陸上競技選手権大会(北京)の日本代表選手5名(男子20km競歩3名、男子50km競歩3名、女子20km競歩1名)が含まれる。

2) 測定の概要

期間中の各ポイント練習時に、体重、脱水量、給水量、総発汗量を計測し、胸部の汗を採取した。また、気温、湿度、黒球温度、湿球黒球温度(WBGT)をWBGT計によって5分毎に計測した。

1. 体重、脱水量、給水量、および、総発汗量の測定

ウォーミングアップ終了後の練習スタート前およびゴール直後に体重を10g単位で計測(デジタル台はかり、エー・アンド・デイ社製)した。着衣に付着した汗を200gとし、ゴール後の計測値から200gを差し引いた値をゴール後の体重として評価した。体重の変化から脱水量および脱水率を算出した。また、各選手の給水用ボトルの重さをスタート前およびゴール後に10g単位で計測(同上)し、重さの変化から給水量を計測した。脱水量に給水量を加えた量を練習中の総発汗量とした。

表 1. ポイント練習の内容

選手	練習内容							
	7月20日	7月21日	7月25日	7月26日	8月2日	8月3日	8月4日	8月5日
A	25k	30k	25k	15k	20k	4k-3k-3k-2k	20k	30k
B	15k		30k	20k				
C				30k	30k	25k		
D	22k		15k		35k	20k		
E	30k		30k	30k	20k			
F			45k	30k				
G	15k			20k	15k			
H	25k		20k	30k	40k	20k	30k	
I	25k		20k	30k	35k	20k	30k	
J	25k		20k	20k	25k	20k	12k	
K	25k	20k	35k	40k	20k	30k		
L	25k	20k	30k	40k	20k	20k		
M	15k		20k	20k		15k		
N				30k		20k	20k	

灰色背景の練習時に汗の採取・分析を実施した。

表 2. ポイント練習時の環境条件

環境条件	7月20日	7月21日	7月25日	7月26日	8月2日	8月3日	8月4日	8月5日
気温(°C)	24.4°C 22.3-25.7	22.4°C 21.8-23.5	21.9°C 21.7-22.3	22.0°C 21.4-22.8	27.1°C 23.7-29	23.7°C 23.0-24.5	23.2°C 22.9-23.6	29.6°C 28.2-30.6
湿度(%)	67% 62-77	75% 69-80	98% 93-99	91% 85-95	53% 47-68	78% 74-81	90% 87-91	56% 54-58
湿球黒球温度(°C)	23.2°C 22.0-23.2	21.8°C 21.1-23.0	22.0°C 21.6-22.7	22.1°C 21.6-22.9	24.4°C 22.2-25.7	22.6°C 22.0-23.4	22.8°C 22.6-23.0	27.0°C 26.1-27.7

上段に平均値、下段に最低値および最高値を示した。

2. 汗の採取

我々が陸上競歩および長距離選手において報告した方法(3)を用いて、右側胸部(採取部位表面積7.5cm×7.5cm)の汗を採取した。ウォーミングアップ終了後の練習スタート前に、蒸留水を含ませた紙および脱脂綿を用いて汗採取部位およびその周辺の汗および付着物を拭き取り、乾いた紙および脱脂綿を用いて水分を完全に拭き取った。その後、綿(滅菌クロスガーゼコットン7号、オオサキメディカル社製)、ポリエチレンフィルム、および、粘着性透明創傷被覆・保護材(テガダームフィルム、3M社製)で作成した汗採取パッチを採取部位に貼付した(3)。練習直後に汗採取パッチをはがし、ポリエチレンバッグに密封した。その後、汗を含んだ綿を注射器(テルモシリンジ20mL、テルモ社製)に入れ、汗をポリスピッツに採取した。

3. 汗中電解質濃度の測定

採取当日、携帯型コンパクトイオンメータ(LAQUAtwin B-700 シリーズ、HORIBA 社製)を用いて、汗中の電解質(ナトリウムイオン、カリウムイオン、および、カルシウムイオン)濃度を測定した。

4. 汗中電解質損失量の算出

汗中の電解質濃度に総発汗量を乗じて算出した。汗中の電解質濃度は、身体の部位によって異なるが、先行研究(4, 5)において、全身の汗中電解質損失と局所採取された汗による推定電解質損失の関係について、最も相関関係が高かった部位が大腿部および胸部であったことから、本測定では胸部の値を採用した。

結果と考察

測定を実施した選手の練習内容を表1に、練習時の環境条件を表2に示した。GおよびMは女子選手である。汗中のナトリウム、カリウム、および、カルシウムイオン濃度を、それぞれ、図1~図3に示した。各イオン濃度とも百万分率で示し、ナトリウムイオン濃度については、食塩(塩化ナトリウム)換算した値を合わせて示した。各日の練習内容や環境条件は異なるものの、測定を複数回実施した選手における各日の各イオン濃度は概ね同等の値を示した。2014年度に実施した長距離および競歩選手の夏期合宿中の調査(3)と同様に、汗中のナトリウムイオン濃度には、非常に大きな個人差が認めら

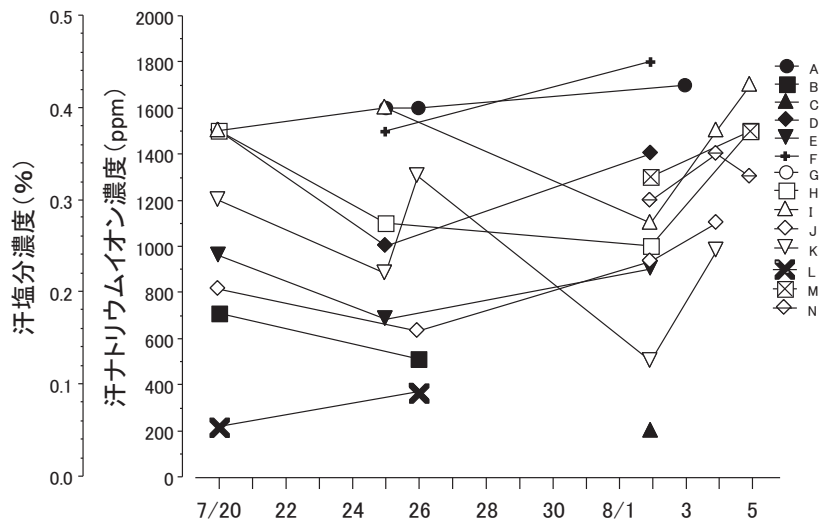


図1. 汗中のナトリウムイオン濃度（塩分濃度も合わせて表示）

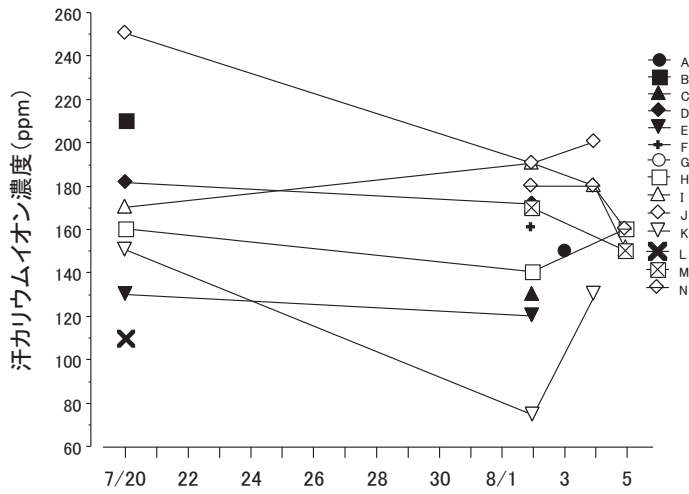


図2. 汗中のカリウムイオン濃度

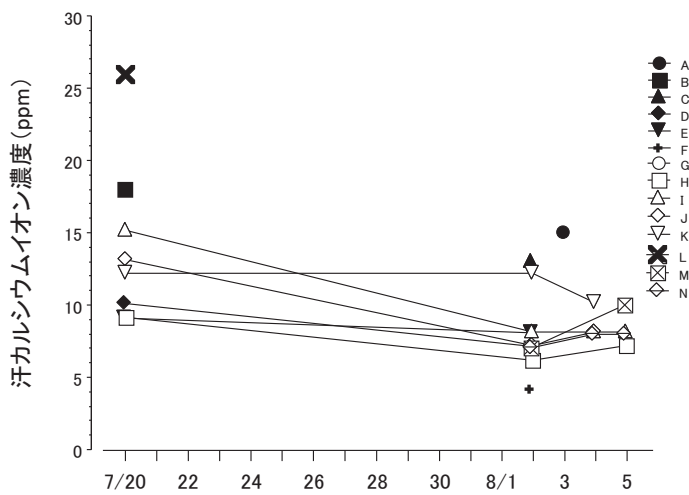


図3. 汗中のカルシウムイオン濃度

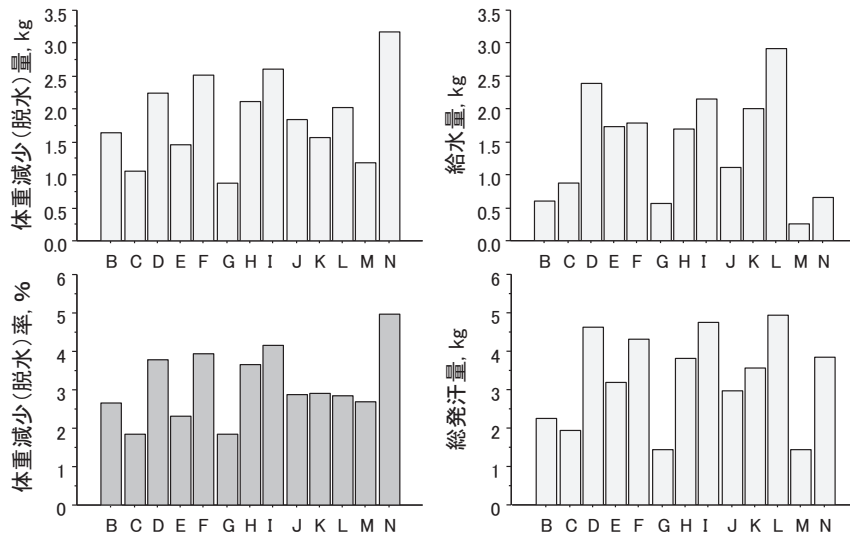


図4. 8月2日の練習時の体重減少量、体重減少率、給水量、および、総発汗量

れた。通常、汗中のナトリウムイオン濃度は、単位時間当たりの発汗量が多いほど高いが、暑熱馴化によって低下する (1)。したがって、気温や練習内容の異なる条件間では単純に比較はできないが、今回の調査において、汗中のナトリウムイオン濃度の最低値はC (8月2日) の200ppm (食塩濃度0.051%)、一方、最高値はF (8月2日) の1800ppm (食塩濃度0.46%) であり、9倍もの差が認められた。汗中の電解質濃度が高いほど、汗をかいた時に血漿量が低下しやすいため、運動能や熱放散能の低下を招きやすい (1)。つまり、運動中の心拍数および体温が上昇しやすく、脱水の影響を受けやすい。このように、汗中の電解質濃度の高い選手は、給水で汗より電解質濃度の低い水分を摂取していると血漿量が回復しにくいと考えられ、暑熱環境下において特に影響を受けやすい選手と考えられる。一方、年間を通して汗のナトリウムイオン濃度を継続的に測定すれば、各選手の暑熱馴化の程度や、暑熱馴化しやすさの程度を把握することが可能となると考えられる。

汗中のカルシウムイオン濃度は、ナトリウムイオン濃度に比べて数値は小さく、多くの選手で5~15ppmを示したが、L選手のように高い値を示すものも認められた。カルシウムイオンは、筋収縮や神経系の働きに重要な役割を担っていることから、汗中に多量のカルシウムが排泄される場合には、体内でのバランスが崩れ筋痙攣などを引き起こすことも考えられる。汗中に含まれる他のミネラルやビタミンなどを含め、汗中への排泄と生理的応答やパフォーマンスとの関連も今後検討する必要があると考えられる。

8月2日の練習時の体重減少量、体重減少率、給

水量、および、総発汗量を図4に示した。総発汗量および給水量は、体格の大きい選手ほど多く、また、練習の距離・時間が長いほど多くなる傾向にはあるが、体重減少(脱水)率は約2~5%であった。通常、脱水のレベルが体重の2%以上に達すると、脱水のレベルに応じて暑熱環境下の持久性パフォーマンスは低下する。特に、脱水のレベルが4~5%に達していた選手では、脱水のレベルを低く抑える対策が必要と考えられる。次に、汗中の電解質濃度および損失量を図5に示した。女子選手Mでは汗中の電解質損失量が低いですが、これは、練習の距離・時間が短く総発汗量の少ないためである。男子選手の汗中のナトリウム損失量は、汗中のナトリウムイオン濃度が高いほど多い傾向にあり、最小値はCの388mg (食塩1.0g)、最大値はFの7740mg (食塩19.7g) であり、約20倍もの差が認められた。また、汗中のカリウムイオン損失量については、最小値はCの252mg、最大値はIの903mgであった。汗中のカルシウムイオン損失量については、最小値はFの17mg、最大値はKの43mgであった。

脱水量や脱水率に加えて、汗中の電解質濃度および損失量を考慮し、各選手の特性に合わせた給水の量や組成を検討することは、夏のレースで好成績を得るための重要な戦略の一つとなると考えられる。また、特に、脱水率や汗中の電解質損失量の多い選手では、練習外においても水分および電解質を十分に補給し、次の練習開始前までに体液状態を回復させることに注意する必要がある。

以上、汗中の電解質濃度および損失量の測定は、暑熱耐性および暑熱馴化に関して、今後の暑熱対策を進めていく上で有益な指標となると考えられる。

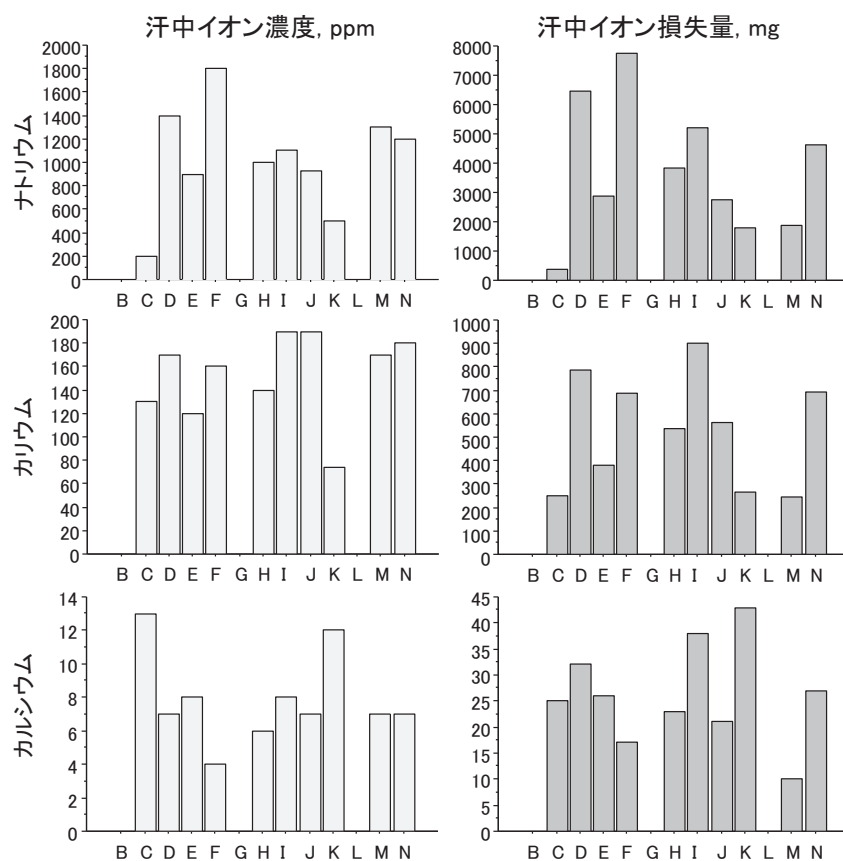


図5. 8月2日の練習時の汗中ナトリウムイオン、カリウムイオン、カルシウムイオン濃度および損失量

今後も測定を継続するとともに、各選手に応じた暑熱対策の方策をできるように、さらに取り組みを充実させていきたいと考えている。

謝辞

本調査を実施するに当たり、ご協力、ご尽力を頂きました選手、スタッフ、関係者の皆様に感謝申し上げます。

文献

- 1) 岡崎和伸：運動と発汗および皮膚血流調節（総説）. 発汗学 18: 11-18, 2011.
- 2) 杉田正明, 瀧澤一騎, 岡崎和伸, 松生香里, 山口太一, 広川龍太郎, 須永美歌子, 武富豊, 宗猛, 酒井勝充. 北海道マラソンにおける調査について. 陸上競技研究紀要 10: 150-158, 2015.
- 3) 岡崎和伸, 松生香里, 瀧澤一騎, 三浦康二, 杉田正明, 今村文男, 宗猛, 酒井勝充: 長距離および競歩選手における汗中の電解質濃度の分析. 陸上競技研究紀要 10: 146-149, 2015.
- 4) Baker LB, Stofan JR, Hamilton AA, and

Horswill CA: Comparison of regional patch collection vs. whole body washdown for measuring sweat sodium and potassium loss during exercise. J Appl Physiol 107(3): 887-895, 2009.

- 5) Baker LB, Ungaro CT, Barnes KA, Nuccio RP, Reimel AJ, Stofan JR: Validity and reliability of a field technique for sweat Na⁺ and K⁺ analysis during exercise in a hot-humid environment. Physiol Rep 2;2(5): e12007, 2014.

2015 年和歌山国体競歩種目における男女 U19 競技者の前額面内下胴キネマティクス

三浦康二¹⁾ 永原 隆²⁾ 渡辺 圭佑³⁾

1) 成蹊大学 2) 鹿屋体育大学 3) 岐阜県スポーツ科学センター

1. 目的

競歩における肩甲帯と骨盤の前額面内の回転は、大きな歩行速度を獲得するための技術とされている (Murray ほか, 1983 ; Payne と Payne, 1981). また, 男子 20kmW の 3 次元分析から, 支持期中盤における回復脚側股関節を持ち上げるような下胴の前額面内における角加速度が大きな歩行速度と高い競技パフォーマンスの獲得に関係していたことが報告されている (三浦ほか, 2014 ; Hoga-Miura et al., in press).

これらの先行研究の示唆を根拠として, 日本陸上競技連盟科学委員会の活動において国内外の競歩レースの画像撮影とデータ分析および評価, 強化選手へのフィードバックが行われている (三浦ほか, 2015).

本報告では, 2015 年 10 月に行われた和歌山国体陸上競技・競歩種目に出場した男女 U19 育成競技者のレース序盤における前額面内の下胴キネマティクスの分析結果を示すことを目的とした。

2. 方法

分析レースは, 和歌山国体陸上競技・少年男子共通 5000mW 決勝 (10 月 5 日) と成年女子 10000mW 決勝 (少年選手も出場可能, 10 月 5 日) であった。これらのレースにおいて, バックストレート 1 レーンの延長線上の競技場外, グランドレベルの高さにビデオカメラを固定し, カメラスピード 60fps で撮影した。

撮影した競技者のうち, 男子については 2015-16 年 U19 育成競技者である上位 3 名, 女子については同じく 2015-16 年 U19 育成競技者 1 名 (7 位, 少年出場者の最上位) を本報告における分析対象者とした。これらの競技者のユニフォームパンツの腰部上端ラインの左右の端 2 点を下胴の前額面内の動作を

示す分析点として 1 歩行周期 (2 歩) 分の動作をビデオ動作分析システム (Frame-DIAS IV, DKH 社製) によりデジタル化した。また, 実長換算は不可能であったが, 1 レーンの 200m スタートライン両端をデジタル化することで水平較正マーカーとした。

得られた分析点の分析画像面内の座標はバターワース型デジタルフィルターによって平滑化した。また, 水平較正用の 2 点を結んだ線分を基準としてパンツの腰部上端ラインの前額面内の角度を下胴角度として算出し, 時間微分することで下胴の角速度, 角加速度を算出した。

算出したデータの対象者間のデータ比較のために局面を分けて比較を行った。左右の足部が離地する時点は分析画像から判断できなかったことから, 右足接地から左足接地までを右足支持期, 左足接地から右足接地までを左足支持期として, それぞれの局面の接地時点を 0%, 反対側の接地時点を 100% として局面を規格化してデータの比較を行った。

3. 結果

男女それぞれの種目における前額面内の下胴角速度を図 1 に示し, 角加速度を図 2 に示した。グラフの正の値は前額面における反時計まわりの角速度, 角加速度を示し, 負の値は時計回りの角速度, 角加速度を示している。また, 右足支持期では, 正の値は下胴の回復 (左) 脚側を持ち上げる方向, 負の値は回復 (左) 脚側を下げる方向の回転を示し, 左足支持期では正の値は下胴の回復 (右) 脚側を下げる方向, 負の値は回復 (右) 脚側を持ち上げる方向の回転を示している。

文献

三浦 康二ほか (2014) 3 次元倒立振子モデルによる男子 20kmW 公認レースにおける歩行速度の分

- 析. 日本陸上競技学会第13回大会プログラム,
日本陸上競技学会, 26.
- 三浦 康二ほか (2015) 2014年第15回世界ジュニア陸上選手権男女10000mにおける上位者の前額面内下胴キネマティクス変化. 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 REPORT2014, 13, 131-136.
- Hoga-Miura, K., et al. (in press) A three-dimensional kinematic analysis of men's 20-km walking races using an inverted pendulum model. *Gazzetta Medica Italiana Archivio per le Scienze Mediche*.
- Murray, M.P. et al. (1983) Kinematic and electromyographic patterns of olympic racewalkers. *The American Journal of Sports Medicine*, 11(2), 68-74.
- Payne, H. and Payne, R. (1981) *The science of track and field athletics*. Pelman Books, London.

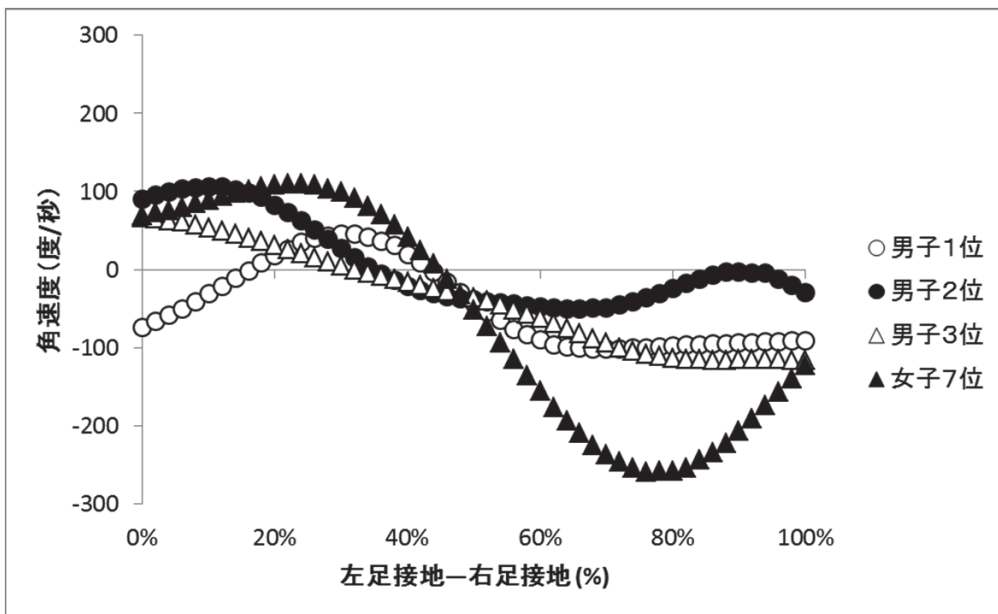
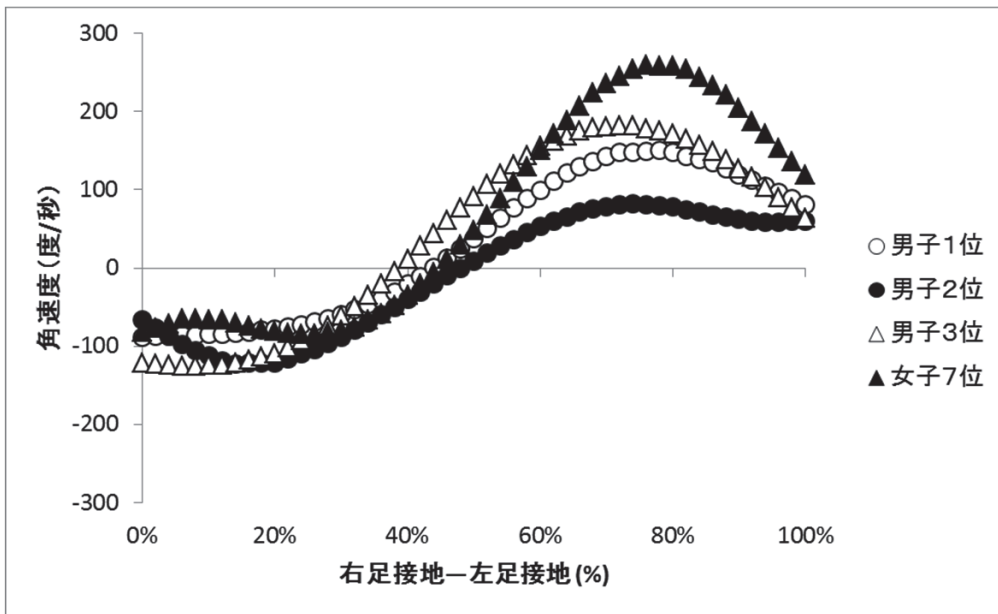


図1 前額面内の下脛角速度

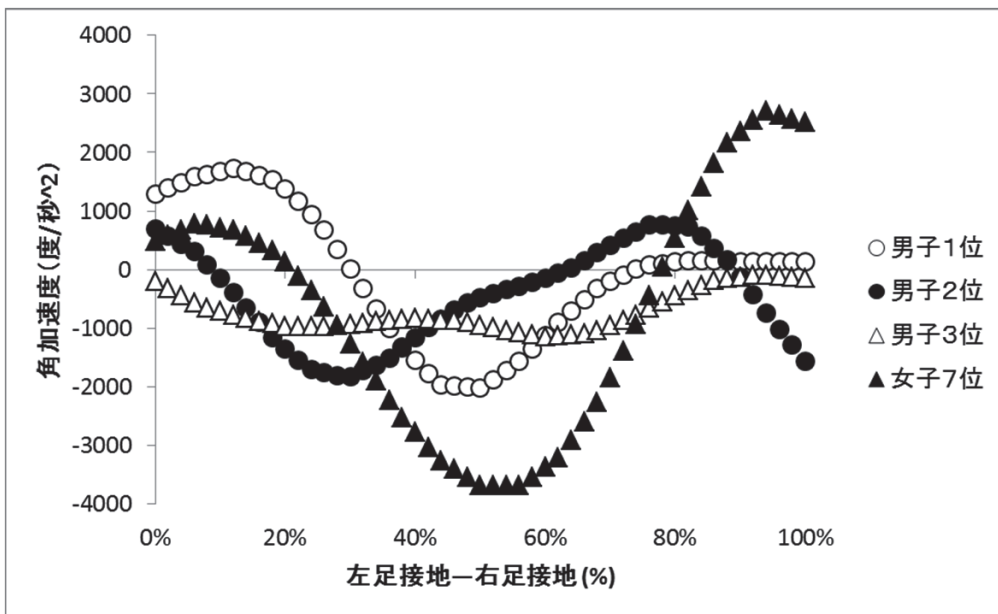
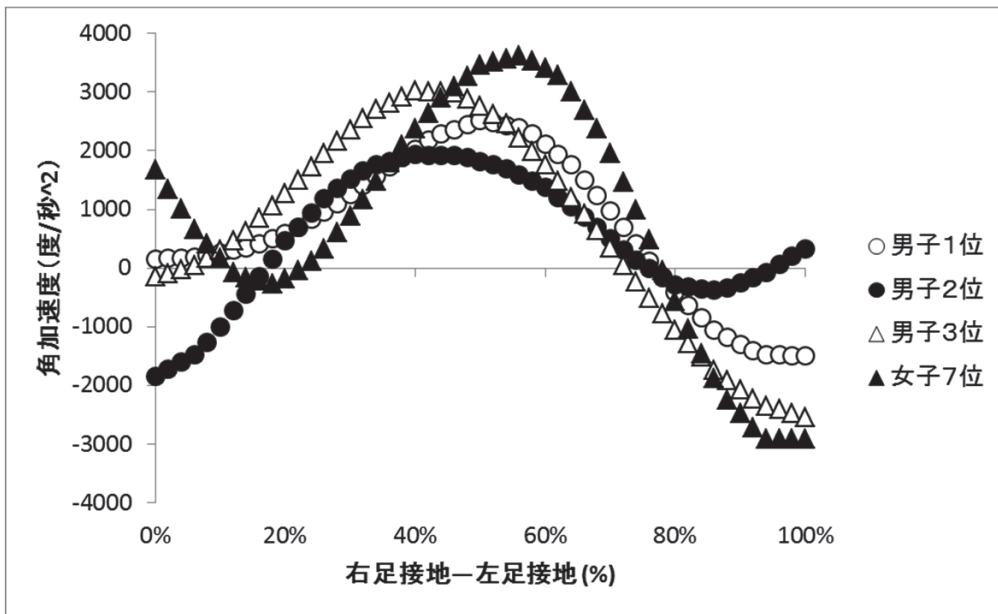


図2 前額面内の下脚角加速度

2015年日本ジュニア・ユース選手権男女100m決勝における疾走動作の分析

山元康平^{1) 9)} 高橋恭平²⁾ 貴嶋孝太³⁾ 広川龍太郎⁴⁾ 松林武生⁵⁾ 小林海⁶⁾
福田厚治⁷⁾ 杉田正明⁸⁾

1) 筑波大学大学院 2) 熊本高等専門学校 3) 大阪体育大学 4) 東海大学
5) 国立スポーツ科学センター 6) 日本スポーツ振興センター 7) 兵庫県立大学 8) 三重大学
9) 日本学術振興会特別研究員DC

1. はじめに

日本陸上競技連盟科学委員会の短距離班では、100m走の最大疾走速度局面を中心に継続して疾走動作の分析を行っている。本稿では、それらのデータの一部として、2015年日本ジュニア陸上競技選手権大会ならびに日本ユース陸上競技選手権大会男女100m決勝レースにおける動作分析データの一部について示す。

2. 方法

2-1. 対象競技会および対象競技者

第31回日本ジュニア陸上競技選手権大会および第9回日本ユース陸上競技選手権大会における男女100m優勝者を分析対象とした〔ジュニア男子：岩崎浩太郎選手, 10.45秒(向風0.1m);ジュニア女子：エドバー イヨバ選手, 11.72秒(向風0.5m);ユース男子：宮本大輔選手, 10.59秒(向風1.5m),ユース女子優勝の齋藤愛美選手は、予選・決勝レースともに分析が不可能であったため、2位の福田真衣選手, 11.88秒(向風0.7m)を分析対象とした〕。

シニアトップレベル競技者のデータについて、2007年大阪世界陸上における男女100m, 200m競技者のデータ(福田ほか, 2010)を比較対象とした。

2-2. レースの撮影および分析

100m走における50-60m付近を分析対象区間とした。ハイスピードカメラ(Exilim, EX-F1, CASIO, 299.7fps)をスタンドに設置し、疾走する競技者を撮影した。得られた映像を、動作分析ソフト(FramDias IV, DKH)を用いて、疾走動作の1サイ

クルについて身体分析点23点をデジタイズした。デジタイズによって得られた座標値を、2次元DLT法を用いて実長換算し、各種の項目を算出した。

2-3. 算出項目

福田ほか(2010)を参考に、以下の項目を算出した。

2-3-1. 疾走速度, ストライド, ピッチ

ストライドは、接地脚のつま先から次の接地脚のつま先までの水平距離とし、2歩(1サイクル)の平均値を算出した。ピッチは、1サイクルに要した時間から求めた。疾走速度は、ストライドとピッチの積とした。

2-3-2. 回復脚の動作

- ①もも上げ角度および速度：鉛直線と大腿部のなす角度および角速度の最大値
- ②引き付け角度および速度：膝関節の角度の最小値および屈曲角速度の最大値
- ③振り出し角度および速度：大転子と外果を結んだ線分(以下、脚全体)と鉛直線のなす角度の最大値および膝関節の最大伸展速度
- ④振り戻し速度：脚全体の接地前の最大角速度

2-3-3. 支持脚の動作

- ①股関節角度：接地瞬時、離地瞬時の角度および支持期の角度変位
- ②膝関節角度：接地瞬時、離地瞬時の角度および支持期の角度変位
- ③支持期の膝関節、股関節および脚全体の伸展角速度

3. 結果

表1は、対象者の疾走速度、ストライドおよびピッチを示したものである。また図1は、疾走速度

表 1. 疾走速度, ストライドおよびピッチ

	疾走速度 [m/s]	ストライド [m]	ピッチ [stes/s]
岩崎 浩太郎	10.65	2.15	4.95
宮本 大輔	10.54	2.16	4.87
エドバー イヨバ	9.48	2.06	4.61
福田 真衣	9.54	2.07	4.61
T. ゲイ	11.82	2.43	4.85
A. パウエル	11.72	2.39	4.90
朝原宜治	11.52	2.42	4.76
塚原直貴	11.19	2.26	4.96
W. スピアモン	10.39	2.47	4.20
U. ボルト	10.25	2.63	3.90
末續慎吾	9.99	2.29	4.36
高平慎士	9.76	2.45	3.99
V. キャンベル	10.43	2.29	4.55
L. ウィリアムス	10.37	2.09	4.96
高橋萌木子	9.46	2.14	4.42
A. フェリックス	9.42	2.36	4.00
信岡沙希重	8.51	2.08	4.09

とストライドおよびピッチとの関係を示したものである。表および図には、比較データとして福田ほか(2010)が報告した日本および世界トップ競技者のデータも併せて示している。以降の図表でも同様である。

表 2 は、対象者の回復脚動作に関する項目を示したものである。また、図 2 および図 3 は疾走速度と回復脚動作との関係について示したものである。

表 3 は、対象者の支持脚動作に関する項目を示したものである。また、図 4 および図 5 は、疾走速度と支持期の股関節および膝関節角度との関係を示したものである。さらに、図 6 は、疾走速度と支持脚の股関節、膝関節および脚全体の最大伸展速度との関係を示したものである。

本稿では、日本陸上競技連盟科学委員会の短距離班が行っている動作分析データの一例として、2015 年度日本ジュニア・ユース選手権における男女 100m 決勝優勝者（ユース女子のみ 2 位の競技者）の動作分析結果について、シニアのトップ選手のデータと対比させる形で示した。個々の競技者の疾走動作の特徴については、紙面の都合上言及しないが、ユース・ジュニア競技者にとっては、分析データを、同年代同レベルの競技者、およびより高いレベルにあるシニア競技者のデータと対比させることで、個々の特徴や今後の課題を探る手掛かりとなるであろう。

パフォーマンスと疾走動作との関係については、古くから研究が行われており、日本陸上競技連盟科学委員会の蓄積データからも、パフォーマンスの高

い競技者の疾走動作の特徴が示されている（伊藤ほか, 1998）。一方、個々の競技者のユース・ジュニアからシニア、さらに世界トップレベルの競技者への縦断的な発達過程については、まだまだ情報が不足しているのが現状である。また、動作分析データと個々の競技者の体格や体力、レースパターンなどの特性を関連づけて検討することで、個々の競技者の特性に適した疾走技術を類型化していくことも今後の課題となってくるものと思われる。これらの課題を解決するためには、継続したデータの収集と分析、アクセス可能なデータベースの構築が必要不可欠であり、今後も国内外の幅広い競技レベルの競技会において、継続してデータの収集と分析を行っていく予定である、

文献

- 福田厚治・貴嶋孝太・伊藤 章・堀 尚・川端浩一・末松大喜・大宮真一・山田彩・村木有也・淵本隆文・田邊 智 (2010) 一流短距離選手の疾走動作の特徴 —第 11 回世界陸上競技選手権大阪大会出場選手について—。第 11 回世界陸上競技選手権大会 日本陸上競技連盟バイオメカニクス研究班報告書 世界一流陸上競技者のパフォーマンスと技術。財団法人日本陸上競技連盟：東京, pp. 39-50.
- 伊藤 章・市川博啓・斉藤昌久・佐川和則・伊藤道郎・小林寛道 (1998) 100m 中間疾走局面における疾走動作と速度との関係。体育学研究, 43 : 260-273.

表 2. 回復脚動作に関する項目

	ももあげ角度 [deg]	引き付け角度 [deg]	振り出し角度 [deg]	もも上げ速度 [deg/s]	引き付け速度 [deg/s]	振り出し速度 [deg/s]	振り戻し速度 [deg/s]
岩崎 浩太郎	73.6	31.7	36.4	864.8	1237.0	1280.6	524.3
宮本 大輔	69.9	24.7	33.0	784.6	1268.8	1143.3	542.9
エドバー イヨバ	65.3	35.6	32.1	694.3	1209.7	1130.5	492.5
福田 真衣	64.0	29.8	38.0	783.0	1277.6	1142.5	525.5
T. ゲイ	70.4	32.9	37.2	811.1	1286.7	1079.5	569.6
A. パウエル	70.4	38.4	34.1	780.3	1159.8	1041.0	561.5
朝原宜治	77.0	28.7	35.1	804.3	1178.3	1186.1	545.9
塚原直貴	78.6	30.2	37.4	891.1	1264.8	1228.1	546.0
W. スピアモン	66.0	33.4	34.8	786.0	1051.6	1073.7	469.0
U. ボルト	68.3	34.4	32.2	667.5	980.3	1029.5	409.0
末續慎吾	69.0	26.7	35.4	901.5	1199.8	1225.5	483.0
高平慎士	75.6	24.1	38.8	791.4	1145.7	1255.3	490.0
V. キャンベル	65.4	32.9	32.0	910.5	1175.4	1224.6	526.0
L. ウィリアムス	61.1	34.6	31.9	843.0	1295.8	1201.1	504.0
高橋萌木子	67.8	28.9	33.5	696.5	1158.9	1128.4	540.0
A. フェリックス	63.5	27.1	33.6	780.9	1043.8	1087.6	465.0
信岡沙希重	66.1	24.8	30.5	757.3	1147.7	1039.6	394.0

表 3. 支持脚動作に関する項目

	股関節角度			膝関節角度					最大伸展速度		
	接地時 [deg]	離地時 [deg]	角度変位 [deg]	接地時 [deg]	中間 [deg]	離地時 [deg]	屈曲角度変位 [deg]	伸展角度変位 [deg]	股関節 [deg/s]	膝関節 [deg/s]	脚全体 [deg/s]
岩崎 浩太郎	145.4	200.4	55.1	143.2	135.1	143.1	-8.2	8.0	830.5	257.9	690.4
宮本 大輔	144.1	185.8	41.8	163.6	151.3	156.4	-12.3	5.0	727.1	129.1	694.2
エドバー イヨバ	146.2	206.5	60.3	151.0	140.9	161.5	-10.1	20.6	720.6	506.3	639.8
福田 真衣	142.8	205.0	62.1	154.3	141.1	162.0	-13.3	21.0	594.5	217.7	652.5
T. ゲイ	140.3	197.6	57.4	154.4	157.8	158.1	3.4	0.3	867.9	116.3	745.0
A. パウエル	142.7	190.9	48.2	152.4	144.9	144.9	-7.5	0.1	697.0	41.6	709.0
朝原宜治	140.7	192.4	51.7	150.3	144.7	147.1	-5.6	2.4	781.9	93.7	736.8
塚原直貴	137.8	188.1	50.3	149.7	141.0	145.2	-8.7	4.3	712.6	149.6	731.0
W. スピアモン	150.8	195.6	44.8	159.9	154.3	154.6	-5.6	0.3	576.8	23.5	590.0
U. ボルト	147.5	204.3	56.8	156.0	149.0	157.6	-6.9	8.5	698.0	226.8	603.0
末續慎吾	137.7	198.6	60.9	143.8	136.9	152.7	-6.9	15.8	767.0	374.6	692.6
高平慎士	147.3	209.6	62.4	151.9	142.5	157.7	-9.4	15.2	754.5	380.9	652.3
V. キャンベル	139.1	193.6	54.4	158.5	157.9	164.1	-0.6	6.2	808.5	190.8	740.4
L. ウィリアムス	129.7	191.9	62.2	150.7	144.9	155.8	-5.8	10.8	887.0	336.8	752.8
高橋萌木子	147.8	197.1	49.3	154.0	153.1	156.4	-0.8	3.3	713.0	214.7	630.6
A. フェリックス	146.7	209.8	63.1	147.1	141.4	161.9	-5.8	20.6	809.5	468.7	634.0
信岡沙希重	143.1	205.3	62.2	151.7	145.1	162.2	-6.6	17.1	762.7	389.0	625.0

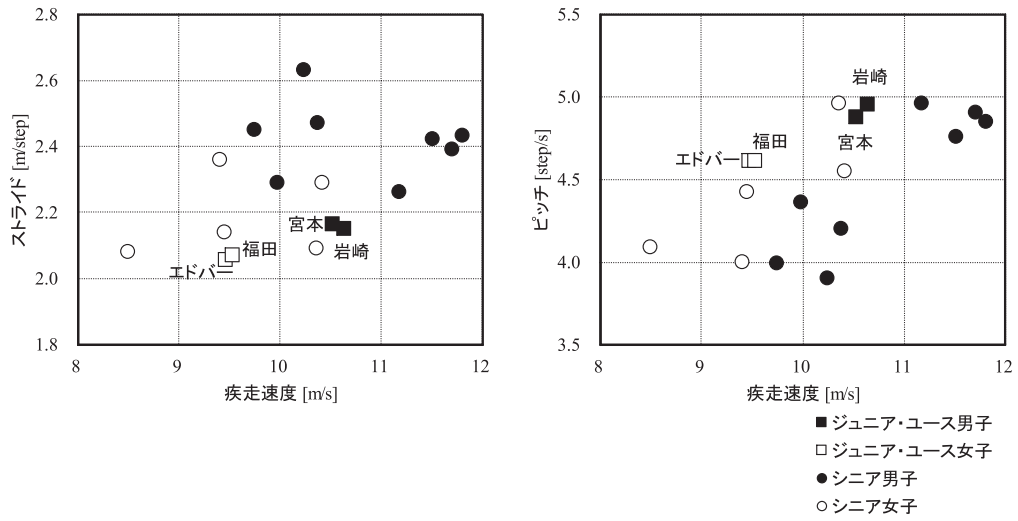


図 1. 疾走速度とピッチおよびストライドとの関係

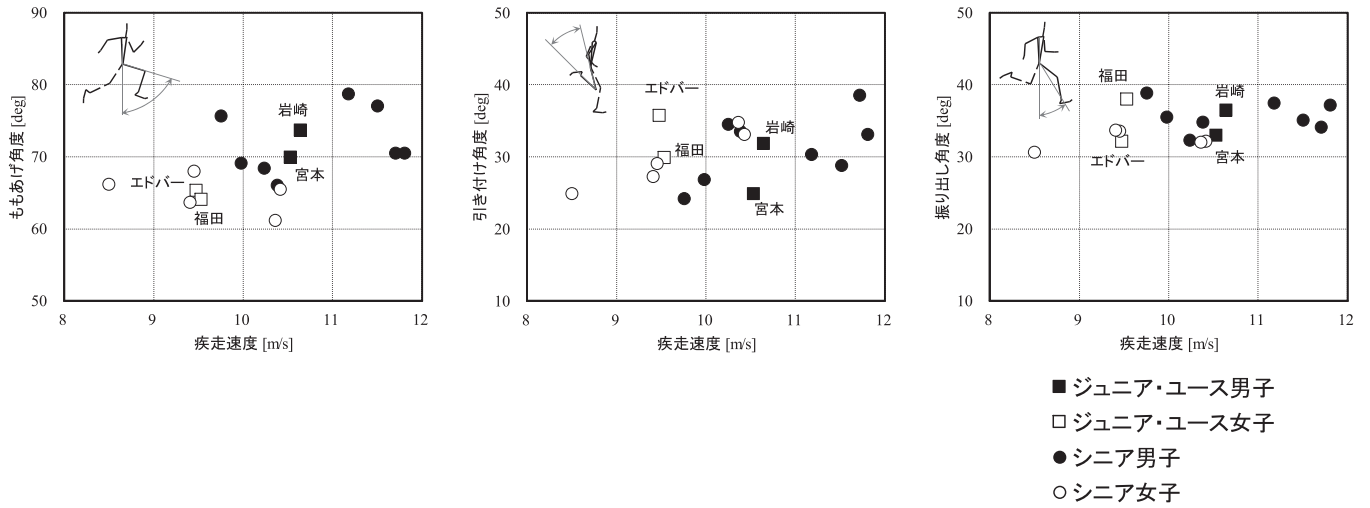


図 2. 疾走速度と回復脚動作角度との関係

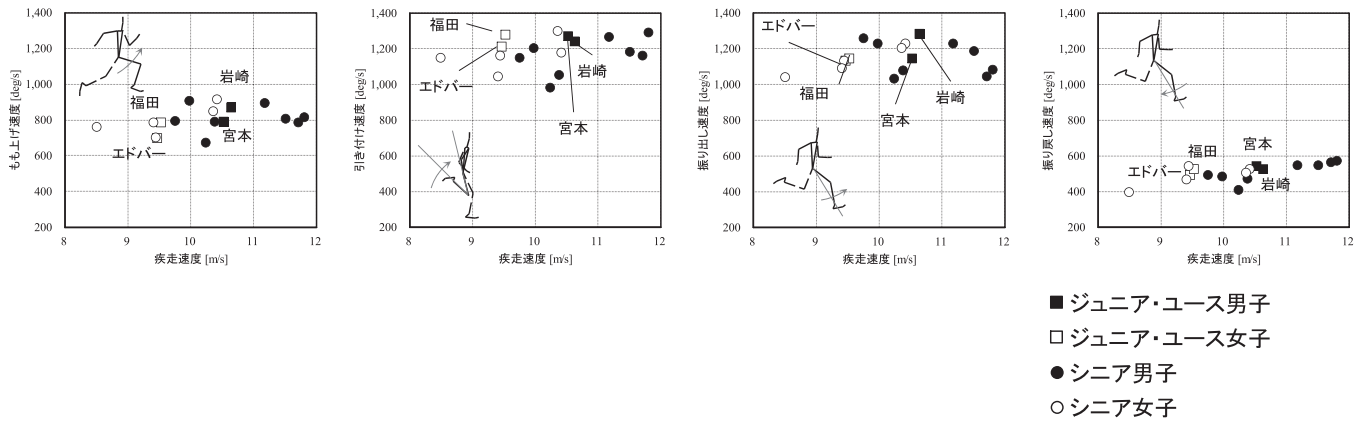


図 3. 疾走速度と回復脚動作速度との関係

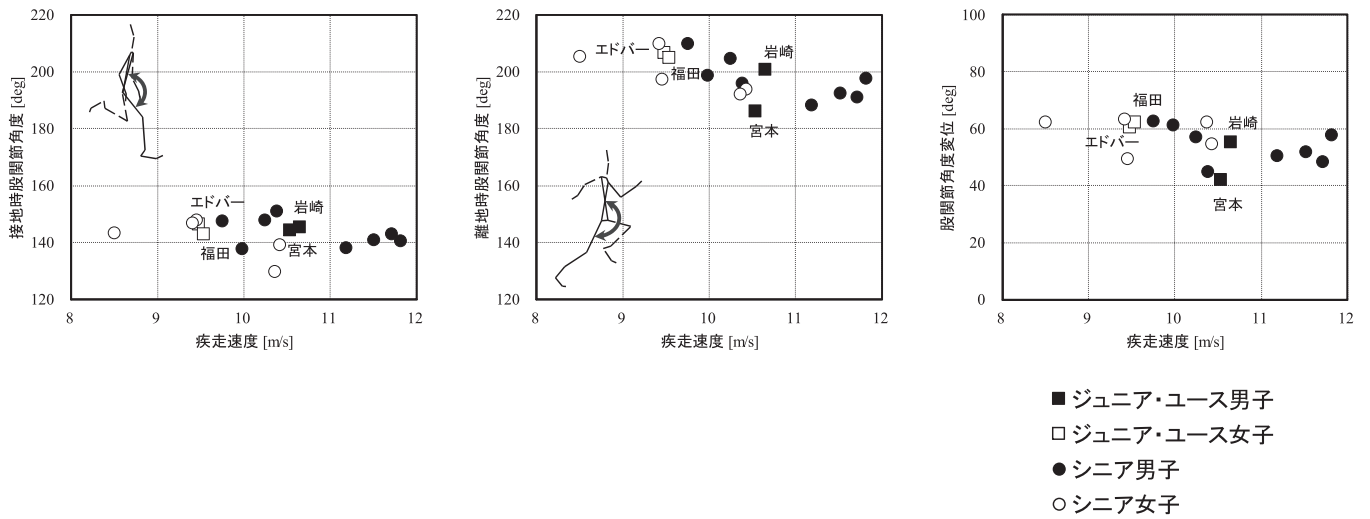


図 4. 疾走速度と支持脚股関節角度との関係

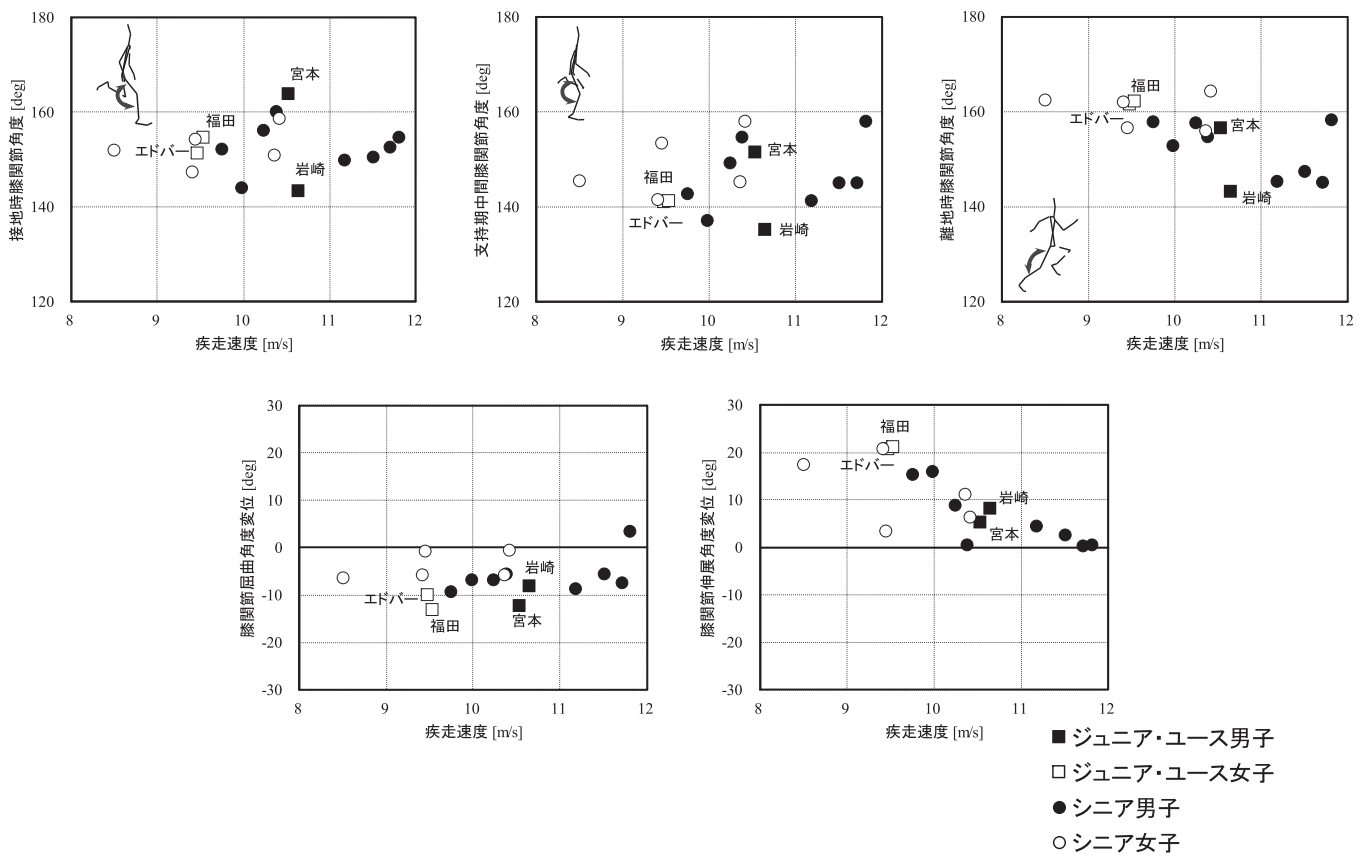


図 5. 疾走速度と支持脚膝関節角度との関係

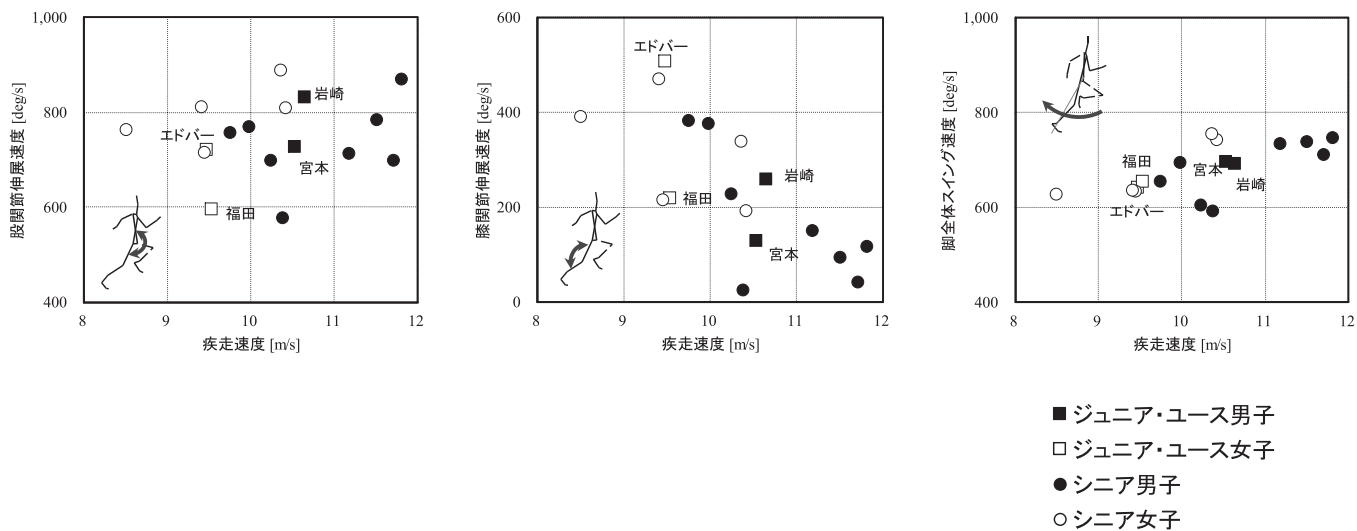


図 6. 疾走速度と支持脚股関節，膝関節の最大伸展速度および脚全体スイング速度との関係

日本一流男子 800m 選手のレースパターンの特徴 ～川元 奨選手のレースパターンの特徴～

門野洋介¹⁾ 榎本靖士²⁾
1) 仙台大学 2) 筑波大学

1. 目的

本稿では、男子 800m の日本記録保持者である川元奨選手（スズキ浜松 AC）のレースパターンの特徴を、他の選手や川元選手個人内のレースパターンと比較することにより明らかにすることを目的とした。

2. 方法

以下の方法により、レース分析を行なった。1～2 台のビデオカメラ（60Hz）を用い、スタンドからレース全体を VTR 撮影した。スタートピストルの閃光をシャッタースピード 1/60s で撮影した後、シャッタースピード 1/500～1/1000s で選手を追従撮影した。撮影した映像のうち、表 1 に示した 3 つの競技会における男子 800m レースを分析した。撮影した VTR 画像から 100m 毎の通過タイムを読み取り（但し、最初の地点はブレイクラインの 120m とした）、通過タイムから各区間に要したタイム（区間タイム）を算出し、区間距離を区間タイムで除すことにより区間平均走スピード（スピード）を算出した。また、各区間において 10 歩に要した時間を読み取り、1 歩の平均時間の逆数をピッチ、スピードをピッチで除すことによりストライドを算出し

た。

3. 結果および考察

表 2 は、3 つのレースにおける川元選手、2015 年日本選手権 2 位の横田真人選手（富士通）および 3 位の田中匠瑛選手（盛岡市役所）の通過タイム、スピード、ピッチおよびストライドを表したものであり、図 1 は 2015 年日本選手権決勝、図 2 は 2014 年および 2015 年のゴールデンングランプリにおける川元選手のそれらの変化を表したものである。

日本選手権決勝では、川元選手が 3 番手でそのすぐ後方に横田選手が付ける形で 400m を通過し、500～600m で川元選手が 2 番手、横田選手が 3 番手に順位を上げ、700m 付近で川元選手が先頭、横田選手が 2 番手に順位を上げ、ラスト 100m で横田選手が川元選手に並んだが、川元選手が振り切って一着でフィニッシュした。このときの 2 人のスピードの変化をみると（図 1）、ほとんど同じパターンであることがわかる。しかし、ピッチおよびストライドの変化をみると、川元選手のこれらはレース全体を通して非常に滑らかに変化しているのに対し、横田選手はやや増減がみられた。3 位の田中選手は上位 2 名とややスピードの変化が異なるが、ピッチおよびストライドの変化を川元選手と比べると、田中選

表 1 分析対象とした競技会

年月日	競技会	場所
2014年5月11日	セイコーゴールデングランプリ2014東京	国立
2015年5月10日	セイコーゴールデングランプリ2015川崎	等々力
2015年5月28日	第99回日本陸上競技選手権大会	デンカビッグスワンスタジアム新潟

表2 2014年および2015年ゴールデングランプリにおける川元選手および2015年日本選手権決勝上位3名の通過タイム、スピード、ピッチおよびストライド

		120m	200m	300m	400m	500m	600m	700m	800m
2014年 GGP	通過タイム	15.48	25.58	38.71	52.24	1:05.83	1:19.15	1:32.29	1:45.75
	スピード (m/s)	7.75	7.93	7.61	7.40	7.35	7.51	7.61	7.43
	川元 奨								
1:45.75	ピッチ (歩/s)	3.75	3.57	3.48	3.39	3.43	3.53	3.61	3.70
	ストライド (m)	2.07	2.22	2.18	2.18	2.15	2.13	2.11	2.01
	2015年 GGP								
2015年 GGP	通過タイム	15.62	25.76	39.11	52.75	1:06.62	1:20.20	1:33.54	1:46.79
	スピード (m/s)	7.68	7.89	7.49	7.33	7.21	7.36	7.49	7.55
	川元 奨								
1:46.79	ピッチ (歩/s)	3.79	3.55	3.44	3.39	3.43	3.44	3.59	3.72
	ストライド (m)	2.03	2.22	2.17	2.17	2.11	2.14	2.09	2.03
	2015年 日本選手権 決勝								
2015年 日本選手権 決勝	通過タイム	16.02	26.13	39.44	53.44	1:07.58	1:21.83	1:35.61	1:49.02
	スピード (m/s)	7.49	7.91	7.51	7.14	7.07	7.02	7.26	7.46
	川元 奨								
1:49.02	ピッチ (歩/s)	3.77	3.61	3.51	3.39	3.39	3.39	3.57	3.79
	ストライド (m)	1.99	2.19	2.14	2.11	2.09	2.07	2.03	1.97
	2015年 日本選手権 決勝								
2015年 日本選手権 決勝	通過タイム	16.02	26.31	39.61	53.62	1:07.75	1:22.08	1:35.75	1:49.16
	スピード (m/s)	7.49	7.77	7.52	7.14	7.08	6.98	7.32	7.45
	横田真人								
1:49.16	ピッチ (歩/s)	3.75	3.61	3.61	3.46	3.53	3.48	3.68	3.68
	ストライド (m)	2.00	2.15	2.08	2.06	2.01	2.00	1.99	2.03
	2015年 日本選手権 決勝								
2015年 日本選手権 決勝	通過タイム	16.20	26.56	40.22	54.19	1:08.39	1:22.27	1:36.06	1:50.60
	スピード (m/s)	7.41	7.72	7.32	7.16	7.04	7.20	7.25	6.88
	田中匠瑛								
1:50.60	ピッチ (歩/s)	3.68	3.48	3.46	3.33	3.43	3.37	3.46	3.31
	ストライド (m)	2.01	2.22	2.11	2.15	2.06	2.14	2.09	2.08

手の方がこれらの増減が大きいことがわかる。

2014年および2015年ゴールデングランプリにおける川元選手のスピードの変化を比べる(図2)と、レース全体を通して変化パターンはほとんど同じであるが2014年の方が若干大きなスピードで推移しており、ラスト100mでは2014年が減少しているのに対して2015年では維持されていた。ピッチおよびストライドの変化をみると、大きさ、変化パターンともにほとんど同じであった。また、これらの変化パターンは、前述の日本選手権においてみられた特徴と同様、レース全体をとおして滑らかに変化していた。

以上のように、川元選手のレースパターンを、他の選手や川元選手個人内で比較した結果、川元選手はレース全体を通してピッチおよびストライドを滑

らかに変化させて走っていることが明らかとなった。レース中、必要以上にピッチおよびストライドの増減を繰り返すことはエネルギーのロスにつながると考えられるため、これらの無駄な変化はできる限り避けた方がよいであろう。川元選手は、今回分析を行なった3つのレースすべてにおいて、非常に滑らかなピッチとストライドの変化パターンを示していたことから、このような走り方ができることが川元選手の特徴であると考えられ、効率のよいレースを行なうための一つの技術であると考えられる。

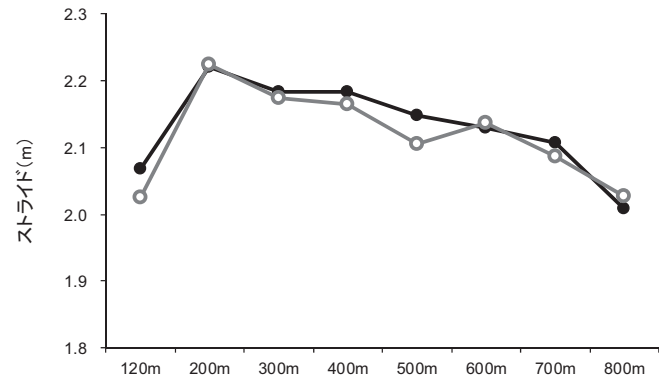
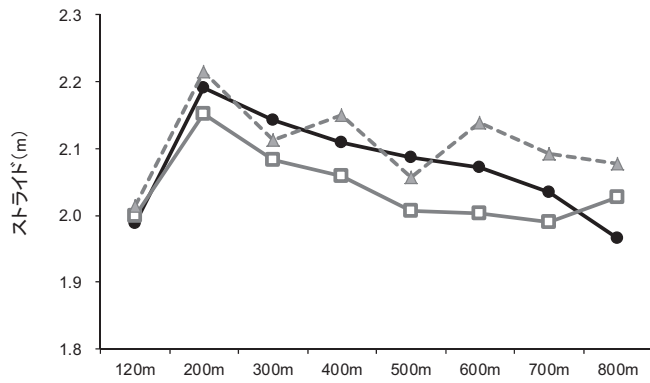
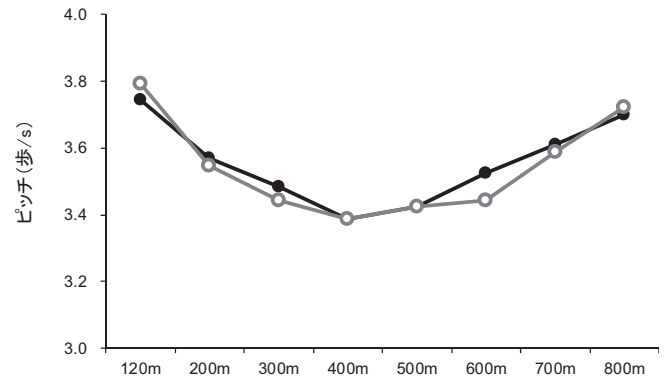
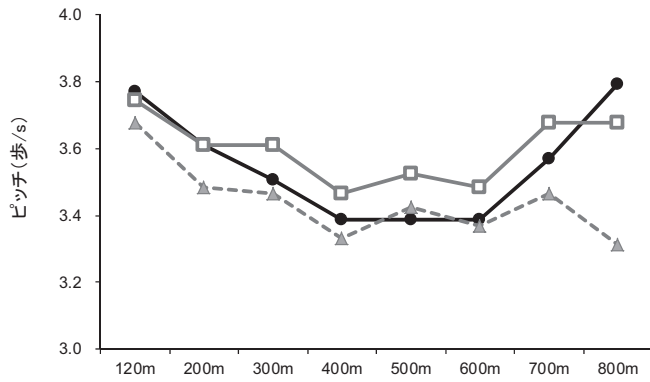
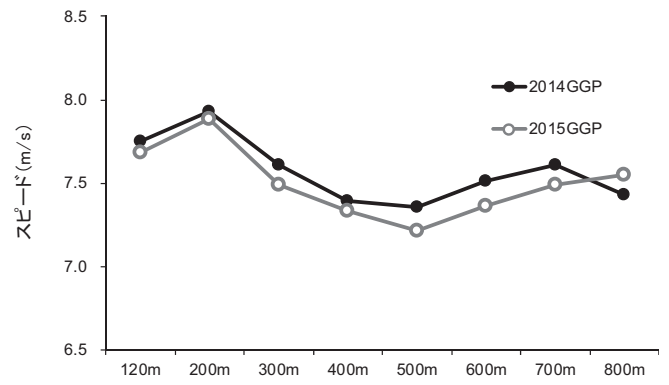
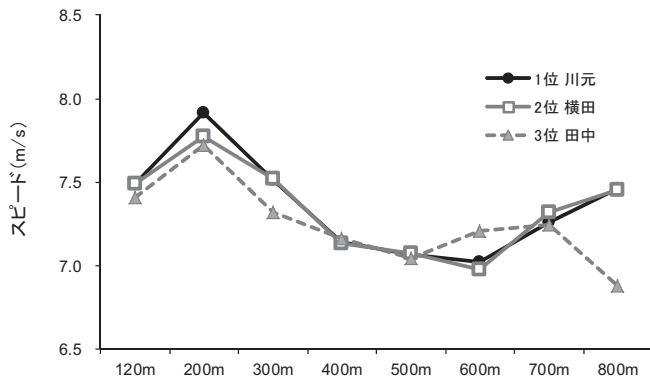


図1 2015年日本選手権決勝における上位3名のスピード、ピッチおよびストライドの変化

図2 2014年および2015年ゴールデングランプリにおける川元奨選手のスピード、ピッチおよびストライドの変化

畑瀬聡選手における日本新記録の投てき動作の特徴 —18.78m と 17.91m の比較—

加藤 忠彦¹⁾ 塚田卓巳²⁾ 田内健二³⁾

1) 鹿屋体育大学大学院 2) 日本スポーツ振興センター 3) 中京大学

1. はじめに

2014年日本陸上競技選手権において畑瀬聡選手が18.78mの日本新記録を樹立した。男子の砲丸投においては2009年以来、7年ぶりの日本新記録であり、今後さらなる記録の更新が期待される。また、日本における砲丸投の競技水準は世界に比較して劣っており、今後の日本における競技水準を高めるための一助として、畑瀬選手の特徴を明らかにすることは有益になると考えられる。

そこで本投稿では、畑瀬選手の18.78mの投てき動作を、他の試技との比較から明らかにすることを目的とした。

2. 方法

2.1 分析試技

分析試技は、日本陸上競技選手権において畑瀬選手が日本新記録を記録した18.78mの試技とした。また、17.91mの試技を比較対象とした。

2.2 撮影方法

投てき試技は、サークルの側方及び後方に設置した2台のデジタルビデオカメラ(HVR-A1J、sony)を用いて、毎秒60コマ、シャッタースピード1/1000sで撮影した。本研究では、投てき方向をy軸、y軸に対して右方向をx軸、鉛直方向をz軸とする

右手系の静止座標系を設定した。また、サークルの中心を原点として、前後方向1.5m、左右方向1.5mの9か所に高さ2.8m、マーク間隔0.4mのキャリブレーションポールを立てた。

2.3 データ分析

ビデオカメラによって撮影された映像を動作解析ソフト(Frame-DIAS V, ディケイエイチ)を用いて、身体分析点23点および砲丸1点を毎秒60コマでデジタル化した。デジタル化した分析点の座標値を三次元DLT法により実長換算し、身体分析点および砲丸の三次元座標値を求めた。算出した三次元座標値は、残差分析法(Winter, 1990)によって決定された最適遮断周波数(3~7Hz)で、バタワースデジタルフィルタにより平滑化した。2台のカメラによって撮影された映像の同期は、砲丸のリリース時点のコマ数を合わせるにより行った。

2.4 分析項目

投てき動作は、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(Re1)の各イベントを設定し、MidからR-offをスタート局面、R-offからR-onをグライド局面、R-onからL-onまでを移行局面、L-onからRe1までを突き出し局面とした(図1)。

分析項目として、リリース時の砲丸速度、リリース高、リリース角度、身体重心速度、局面時間、砲

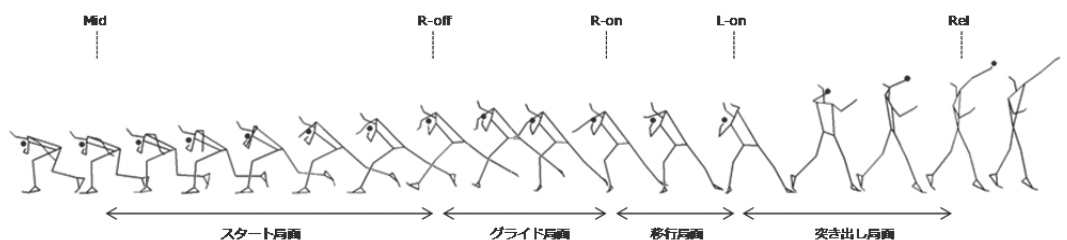


図1 畑瀬選手のスティックピクチャ

丸の移動距離を算出した。また、田内ら（2006）の方法に基づき、砲丸速度に対する身体各部位における動作の貢献の仕方を明らかにした。投動作を下肢—体幹—上肢モデルにモデル化し、以下の式①および②によって算出した。なお、本研究では、投てき方向の速度のみを扱った。

$$V_s = v_{s/t} + v_{t/l} + v_l \quad \dots \text{式①}$$

ここで、 V_l は下肢の動作による砲丸速度（下肢）、 $V_{t/l}$ は体幹の伸展動作による砲丸速度（体幹の起こし）、 $V_{s/t}$ は上肢の動作による砲丸速度を示すことになる。また、 $V_{s/t}$ については、両肩の midpoint から右肩峰までの線分 (l_t)、 l_t と X 軸とのなす角 (θ_t)、右肩峰から砲丸までの線分 (l_a)、 l_a と l_t のなす角 (θ_a) を極座標で示した。

$$V_{s/t} = \dot{l}_t \sin \theta_t + \dot{\theta}_t (l_t \cos \theta_t + l_a \cos(\theta_t + \theta_a)) + \dot{l}_a \sin(\theta_t + \theta_a) + \dot{\theta}_a (l_a \cos(\theta_t + \theta_a)) \quad \dots \text{式②}$$

ここで、 l_t 、 θ_t 、 l_a 、 θ_a の微分項は、それぞれ体幹の伸縮による砲丸速度（体幹伸縮）、体幹の長軸周りの回転動作による砲丸速度（体幹の長軸回転）、上肢の伸展動作による砲丸速度（上肢伸縮）、上肢

表 1 投てき記録とリリースパラメータ

投てき記録	(m)	18.78	17.91
リリース速度			
左右	(m/s)	-0.6	-1.1
前方	(m/s)	10.0	9.8
上方	(m/s)	7.6	6.9
合成	(m/s)	12.5	12.1
リリース高	(m)	2.1	2.1
リリース角	(°)	37.1	35.1

表 2 動作時間と砲丸の移動距離，および身体重心速度

	局面/ イベント/	スタート局面		グライド局面		移行局面		突き出し局面	
		Mid	R-off	R-on	R-on	L-on	Rel		
動作時間(s)	18.78m		0.233	0.150	0.083	0.250			
	17.91m		0.200	0.133	0.100	0.233			
砲丸の移動距離(m)	18.78m		0.5	0.3	0.2	1.7			
	17.91m		0.5	0.3	0.2	1.6			
身体重心の速度(m/s)	x	18.78m	-0.13	-0.13	0.01	-0.16	0.21		
		17.91m	-0.03	-0.16	-0.04	-0.01	0.17		
	y	18.78m	1.00	2.42	2.13	2.29	0.44		
		17.91m	1.16	2.45	2.15	2.27	0.66		
	z	18.78m	-0.13	0.65	-0.27	0.07	1.21		
		17.91m	0.38	0.62	-0.39	0.11	0.96		

の水平内外転動作による砲丸速度（上肢回転）を示すことになる。なお、体幹伸縮はほぼ 0 であったために、本研究では示さないことにする。

3. 結果および考察

3.1 基礎的パラメータについて

表 1 に、18.78m および 17.91m の試技におけるリリースパラメータを示した。また、動作時間と砲丸の移動距離，および身体重心の速度を表 2 に示した。砲丸のリリース速度は、全ての成分において 18.78m の試技が高かった。リリース高は両試技でほぼ同じであったが、リリース角は 18.78m の試技が大きかった。動作時間はほぼ同値であった。砲丸の移動距離は、突き出し局面において 18.78m の試技が約 10cm 長かった。身体重心の速度は、Rel において、y 成分は 17.91m の試技が高く、z 成分は 18.78m の試技が高かった。

投てき距離は砲丸のリリース速度でほぼ決まる（エッカー，1979）。したがって、リリース速度の増大が畑瀬選手の日本新記録樹立に大きく影響したと考えられる。渋川ら（1968）は、砲丸に大きなエネルギーを与えるためには、まず、全身のエネルギーを高める必要があると指摘している。しかしながら、身体重心の速度は Mid から L-on にかけて、両試技で同等であったことから、L-on の時点で身体が獲得していた運動エネルギーは同等であったといえる。したがって、突き出し局面における動作の差異が、砲丸の加速に影響したと考えられる。したがって、Rel における身体重心の速度や、砲丸の移動速度距離の差異は、砲丸へエネルギーを伝達していく過程の成否が影響したものと考えられる。

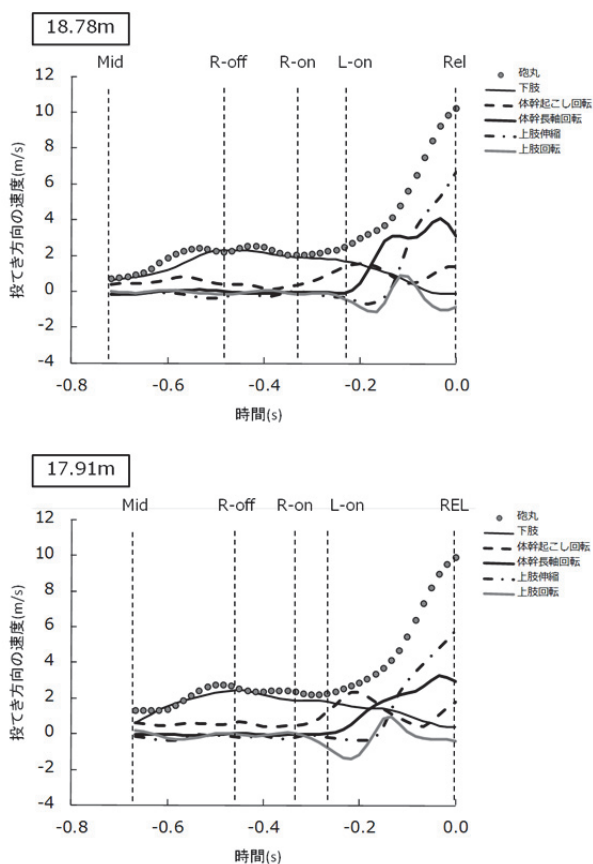


図2 砲丸速度に対する身体各部位の貢献

3.2 投てき方向の砲丸速度に対する身体各部位の貢献

図2に、砲丸速度および各動作による砲丸速度を示した。突き出し局面に着目すると、両試技において体幹起こし回転、体幹の長軸回転、上肢回転、上肢伸縮の順に貢献が増大しており、いわゆる運動連鎖が生じていたと示唆される。また、体幹の長軸回転の貢献は18.78mの試技において高値を示していた。上肢伸縮の貢献に大きな差はなかった。田内ら(2006)は、女子競技者における日本国内レベルと世界レベルの競技者の比較において、世界レベルの競技者は上肢による突き出しによる突き出し動作の貢献は日本国内レベル競技者と同等であったが、体幹の長軸回転の貢献が顕著に高いことを報告している。本研究においても、18.78mと17.91mの両試技において上肢の貢献は同等であったことから、畑瀬選手の18.78mの試技においては、体幹の長軸回転の貢献が増大したことにより、砲丸速度の増大に繋がったと考えられる。

3.3 体幹の長軸周りの投てき動作

体幹の長軸回転の貢献を高めた動作を検討するため、図3に体幹の捻転角度、体幹の長軸回転角速度、および体幹と砲丸との距離を示した。体幹の捻転角

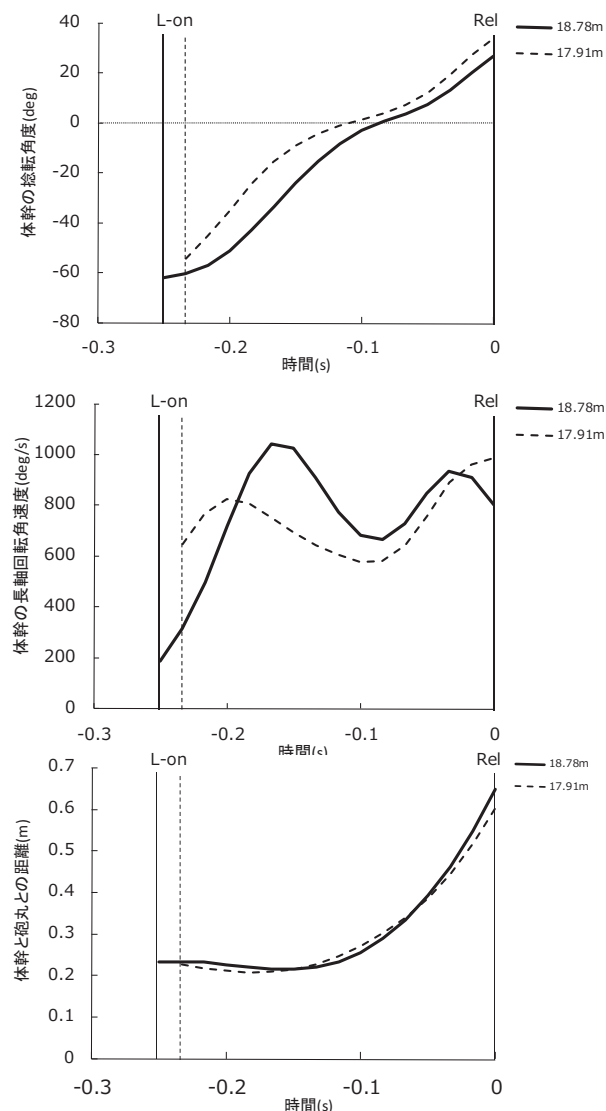


図3 体幹の捻転角度、体幹の長軸回転角速度、体幹と砲丸との距離

度は、L-onからRelにかけて18.78mの試技が負の方向に大きかったが、変化量に差はなかった。体幹の長軸周りの回転角速度は、両試技において前半にピークを迎えた後にいったん減少し、後半に再び増加していた。18.78mの試技においては、前半に急激に増加しており、17.91mの試技に比較して顕著に高かった。後半は両試技間で同等の値であった。体幹と砲丸との距離は、ほぼ同等の値であったが、リリース直前に18.78mの試技において増大し、Relの時点で4cmほど高かった。

体幹の長軸周りの貢献は、体幹の長軸周りの角速度と体幹と砲丸との距離との掛け算である(式②)。田内ら(2006)は、体幹の長軸回転の貢献を高める要因として、体幹と砲丸との距離を遠くすることを指摘している。しかしながら、18.78mの試技と17.91mの試技における体幹と砲丸との距離の差は、わずか4cm程度であることから、体幹の長軸回転の

貢献に大きく影響したとは考えられない。したがって、体幹の長軸回転角速度の増大が、体幹の長軸回転の貢献の増大をもたらしたと考えられる。

4. まとめ

以上のことから、畑瀬選手の 18.78m の投てきにおいては、突き出し局面における体幹の長軸回転角速度の増大により、砲丸速度に対する体幹の長軸回転の貢献を高めることで、グライド局面において獲得したエネルギーを効率よく砲丸へ伝達させ、より高い砲丸のリリース速度につながったものと考えられる。

参考文献

- エッカー (1979) 運動力学による陸上競技種目別最新技術. ベースボール・マガジン社 : 106-113
- 渋川侃二, 吉本修, 植屋清見 (1968) 砲丸投のエネルギー的考察. 東京教育大学体育学部スポーツ研究所報 6 : 63-68
- 田内健二, 村上雅俊, 高松潤二, 阿江通良 (2006) 砲丸投げにおける砲丸速度に対する身体各部位の貢献 - 世界レベル選手と日本レベル選手との比較 -. 陸上競技研究紀要 2 : 65-73
- Winter, D. A. (1990) : Biomechanics and motor control of human movement 2nd.ed.. John Wiley & Sons Inc. : 27-50

2015 年第 15 回世界陸上競技選手権北京大会 400m 走のレース分析 — 男子準決勝および女子予選レースに着目して —

山元康平^{1) 8)} 高橋恭平²⁾ 広川龍太郎³⁾ 松林武生⁴⁾ 小林海⁵⁾ 柳谷登志雄⁶⁾
松尾彰文⁷⁾

- 1) 筑波大学大学院 2) 熊本高等専門学校 3) 東海大学 4) 国立スポーツ科学センター
5) 日本スポーツ振興センター 6) 順天堂大学 7) 鹿屋体育大学
8) 日本学術振興会特別研究員DC

1. はじめに

我国の 400m 走における五輪および世界選手権での現実的な目標は、男子は準決勝を通過しての決勝進出、女子は参加標準記録を突破しての本大会への出場および予選を通過しての準決勝進出になると考えられる。そこで本稿では、それらのラウンドを通過するための基礎的資料を得ることを目的とし、2015 年第 15 回世界陸上競技選手権北京大会（以下、世界選手権）における 400m 走について、男子準決勝レース、女子予選レースについての分析結果を報告する。

2. 方法

2-1. 対象レースおよび選手

世界選手権男子 400m 走準決勝および女子予選レースを分析対象とした。失格となった者や著しくパフォーマンスの低かった者は分析対象から除外した。比較対象として、男女の 2015 年度日本ランク上位 3 名の日本人競技者（男子：金丸祐三選手、北川貴理選手、佐藤拳太郎選手；女子：青木沙弥佳選手、藤沢沙也加選手、石塚晴子選手）を加えた。

その結果、分析対象者数は、男子延べ 27 名（世界選手権準決勝進出者 24 名＋日本人競技者 3 名）、女子 41 名（世界選手権予選出場者 38 名＋日本人競技者 3 名）であった。

2-2. レースの撮影

3-5 台のデジタルビデオカメラ [Exilim (EX-F1, CASIO, JAPAN, 29.97fps), Lumix (FZ200, Panasonic, JAPAN, 59.94fps) スポーツコーチング

カメラシステム (GC-LJ25B システム, JVC, JAPAN, 59.94fps)] をスタンドに設置し、レースを撮影した。スタートピストルの閃光または発煙を撮影した後、競技者を追従撮影した。主な撮影場所は、第 1 曲走路、バックスタンド中央付近、第 4 曲走路、ホームスタンドのフィニッシュラインの付近であった。後述する Overlay 分析 (持田ほか, 2007) における距離較正のために、同じ位置から 400mH のハードルが設置された映像を撮影した。

2-3. データ処理

400mH のハードル設置位置 (45m, 80m, 115m, 150m, 185m, 220m, 255m, 290m, 325m および 360m) の通過タイムを、Overlay 方式 (持田ほか, 2007) を用いて算出した。表計算ソフト (MS-Excel 2010) の Visual Basic for Application を用いて開発した専用の映像分析プログラムを用い、分析対象の 400m 走のレース映像と、距離較正用のハードル画像を合成表示し、競技者が各地点を通過するタイムを読み取った。映像の合成表示は、グラウンド上のラインや観客席などを手掛かりに、2 つの映像を重ね合わせた。

50m 毎の各地点の通過タイムを、各地点を挟む前後 2 地点の通過タイムを基にした直線回帰により求めた (持田ほか, 2007)。さらに、100m 毎の区間タイム、レース後半 200m の区間タイム (以下、後半 200m タイム) を算出した。また、走スピード低下の評価指標として、レース前半 200m の区間タイムと後半 200m タイムの差 (以下、前後半差) を算出した。前後半差は、値が小さいほどレース前半から後半への走スピードの低下が少ないことを示す。50m 毎の区間について、各区間の距離を各区間に要

表1 男子準決勝における通過タイムおよび区間タイム

選手名	年齢 (2015)	400mPB [s]	400mSB [s]	200mPB [s]	記録 [s]	通過タイム [s]								区間タイム [s]					200mPB vs 200m通過		
						50m	100m	150m	200m	250m	300m	350m	400m	100-200m	200-300m	300-400m	200-400m	前後半差	[%]	差 [s]	
Isaac MAKWALA	29	43.72	43.72	19.96	44.11	Q	5.98	10.79	15.68	20.83	26.19	31.63	37.51	44.11	10.04	10.80	12.48	23.28	2.45	95.82	0.87
Kirani JAMES	23	43.74	43.78	20.41	44.16	Q	6.18	11.04	16.03	21.21	26.60	32.18	38.00	44.16	10.17	10.96	11.98	22.95	1.74	96.22	0.80
Luguelin SANTOS	22	44.11	44.11	20.55	44.26	Q	6.31	11.37	16.48	21.65	26.93	32.38	38.12	44.26	10.29	10.73	11.88	22.61	0.95	94.91	1.10
Wayde VAN NIEKERK	23	43.48	43.48	19.94	44.31	Q	6.04	10.89	15.97	21.36	26.93	32.38	38.15	44.31	10.47	11.02	11.93	22.95	1.59	93.34	1.42
LaShawn MERRITT	29	43.65	43.65	19.98	44.34	Q	6.17	11.02	16.05	21.37	26.92	32.44	38.22	44.34	10.35	11.07	11.90	22.97	1.59	93.48	1.39
Yousef Ahmed MASRAHI	28	43.93	43.93		44.40	Q	6.15	11.09	16.17	21.44	26.82	32.35	38.19	44.40	10.35	10.91	12.05	22.96	1.52		
Rabah YOUSIF	29	44.54	44.54	21.07	44.54	q	6.18	11.32	16.45	21.75	27.14	32.68	38.51	44.54	10.43	10.93	11.86	22.79	1.04	96.87	0.68
Machel CEDENIO	20	44.36	44.36	21.15	44.64	q	6.23	11.20	16.23	21.47	27.00	32.54	38.37	44.64	10.27	11.07	12.10	23.17	1.70	98.51	0.32
Lalonde GORDON	27	44.52	44.64	20.26	44.70		6.24	11.19	16.17	21.45	26.94	32.45	38.36	44.70	10.26	11.01	12.25	23.25	1.81	94.47	1.19
David VERBURG	24	44.41	44.41	20.63	44.71		6.03	11.01	16.08	21.35	26.76	32.43	38.37	44.71	10.33	11.08	12.28	23.36	2.01	96.64	0.72
Kévin BORLÉE	27	44.56	44.74	20.72	44.74		6.07	11.10	16.20	21.44	26.91	32.51	38.41	44.74	10.34	11.07	12.23	23.30	1.86	96.65	0.72
Bryshon NELLUM	26	44.65	44.65	20.23	44.77		6.09	11.04	16.13	21.40	26.90	32.50	38.47	44.77	10.37	11.10	12.27	23.37	1.96	94.51	1.17
Javon FRANCIS	21	44.50	44.50	20.58	44.77		6.26	11.19	16.22	21.50	27.09	32.62	38.46	44.77	10.31	11.12	12.15	23.27	1.77	95.71	0.92
Jonathan BORLÉE	27	44.43	44.43	20.31	44.85		6.18	11.16	16.28	21.59	27.08	32.64	38.47	44.85	10.43	11.05	12.21	23.26	1.67	94.07	1.28
Rusheen MCDONALD	23	43.93	43.93	20.57	44.86		6.34	11.41	16.53	21.87	27.46	32.99	38.73	44.86	10.46	11.12	11.87	22.99	1.13	94.07	1.30
Renny QUOW	28	44.53	44.54	20.39	44.98		6.17	11.18	16.27	21.44	26.76	32.40	38.39	44.98	10.26	10.96	12.58	23.54	2.09	95.09	1.05
Steven GARDINER	20	44.27	44.27	20.66	44.98		6.57	11.71	16.83	22.15	27.63	33.11	38.92	44.98	10.45	10.96	11.87	22.83	0.67	93.26	1.49
Chris BROWN	37	44.40	44.54	20.58	45.07		5.99	10.85	15.87	21.14	26.71	32.45	38.51	45.07	10.29	11.30	12.62	23.93	2.78	97.34	0.56
Vernon NORWOOD	23	44.44	44.44	20.77	45.07		6.13	11.01	16.00	21.24	26.76	32.49	38.52	45.07	10.23	11.25	12.58	23.83	2.59	97.79	0.47
Martyn ROONEY	28	44.45	44.45		45.29		6.23	11.21	16.33	21.65	27.18	32.69	38.66	45.29	10.44	11.04	12.60	23.64	1.99		
Nery BRENES	30	44.65	44.80	20.49	45.41		6.09	10.98	15.97	21.23	26.77	32.39	38.55	45.41	10.25	11.16	13.02	24.18	2.94	96.50	0.74
Peter MATTHEWS	26	44.69	44.69		45.42		6.04	10.85	15.82	21.04	26.61	32.44	38.67	45.42	10.20	11.40	12.98	24.38	3.33		
Michael MATHIEU	31	45.00	45.00	20.16	45.43		6.03	10.98	16.07	21.40	26.96	32.58	38.73	45.43	10.42	11.18	12.85	24.03	2.63	94.20	1.24
Liemarvin BONEVACIA	26	44.72	44.72	20.62	45.65		6.24	11.30	16.43	21.83	27.40	33.10	39.12	45.65	10.53	11.27	12.55	23.82	1.99	94.45	1.21
金丸祐三 世界選手権予	28	45.16	45.22	20.69	45.65		6.15	11.13	16.25	21.60	27.21	33.02	39.20	45.65	10.47	11.42	12.63	24.05	2.46	95.81	0.91
北川貴理 日本選手権予	19	45.52	45.52	21.72	45.52		6.32	11.36	16.59	21.97	27.51	33.13	39.11	45.52	10.60	11.16	12.39	23.55	1.58	98.87	0.25
佐藤拳太郎 日本選手権予	21	45.58	45.58	21.19	45.58		6.35	11.50	16.59	21.78	27.18	32.89	39.01	45.58	10.28	11.11	12.69	23.80	2.02	97.28	0.59
決勝進出者平均	25.4	43.94	43.95	20.44	44.35		6.16	11.09	16.13	21.39	26.82	32.32	38.13	44.35	10.29	10.94	12.02	22.96	1.57	95.59	0.94
	3.5	0.34	0.34	0.48	0.17		0.10	0.19	0.25	0.26	0.28	0.30	0.28	0.17	0.13	0.12	0.19	0.19	0.43	1.72	0.37
準決勝落選者平均	26.5	44.51	44.55	20.50	45.04		6.17	11.14	16.20	21.48	26.99	32.61	38.59	45.04	10.35	11.13	12.43	23.56	2.08	95.34	1.01
	4.0	0.22	0.24	0.19	0.30		0.14	0.21	0.25	0.28	0.28	0.34	0.21	0.30	0.09	0.12	0.34	0.42	0.65	1.36	0.30

した時間で除すことで各区間の平均走スピード（以下、走スピード）を算出した。

走スピードについて、二元配置分散分析（区間×群）を用い、各区間における群間の平均値の差について検討した。有意水準は5%未満とした。

3. 結果および考察

3-1. 男子準決勝

表1は、男子分析対象者の50m毎の通過タイム、100m毎の区間タイム、後半200mタイム、前後半差を示したものである。また、対象者に関する基礎的情報として、年齢、400mの自己最高記録および2015年度最高記録、200mの自己最高記録（最高走スピード能力の指標）も併せて示した。各項目について、決勝進出者、準決勝落選者の平均値および標準偏差を示した。比較対象として、日本人3選手のデータも併せて示した。また図1は、男子準決勝における決勝進出者および準決勝落選者の走スピードの変化を示したものである。日本人の比較対象として、金丸祐三選手の世界選手権予選レースの走スピードの変化も併せて示した。

準決勝通過の最低記録は、着順による通過が44.40秒、タイムによる通過が44.64秒であり、いずれも日本記録を上回るハイレベルなものであった。決勝進出者の準決勝における記録は44.35 ± 0.17秒、準決勝落選者の記録は45.04 ± 0.30秒で

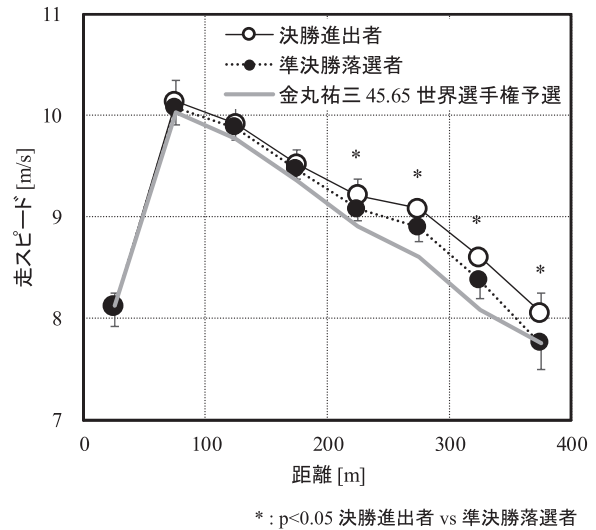


図1 世界選手権男子400m準決勝における決勝進出者および準決勝落選者の走スピードの変化の比較

あった。

走スピードの変化を見ると、決勝進出者と準決勝落選者は、200m付近まで同程度のスピードであり、200m以降に差が生じていた。具体的なタイムとしては、200mの通過タイムは両群とも変わらず21.4秒前後であるが、300mの通過タイムは、決勝進出者は32.32 ± 0.30秒に対して、準決勝落選者は32.61 ± 0.24秒と、約0.3秒の差が生じていた。そして、300-400m区間タイムは、決勝進出者が12.02 ± 0.19秒、準決勝落選者が12.43 ± 0.34

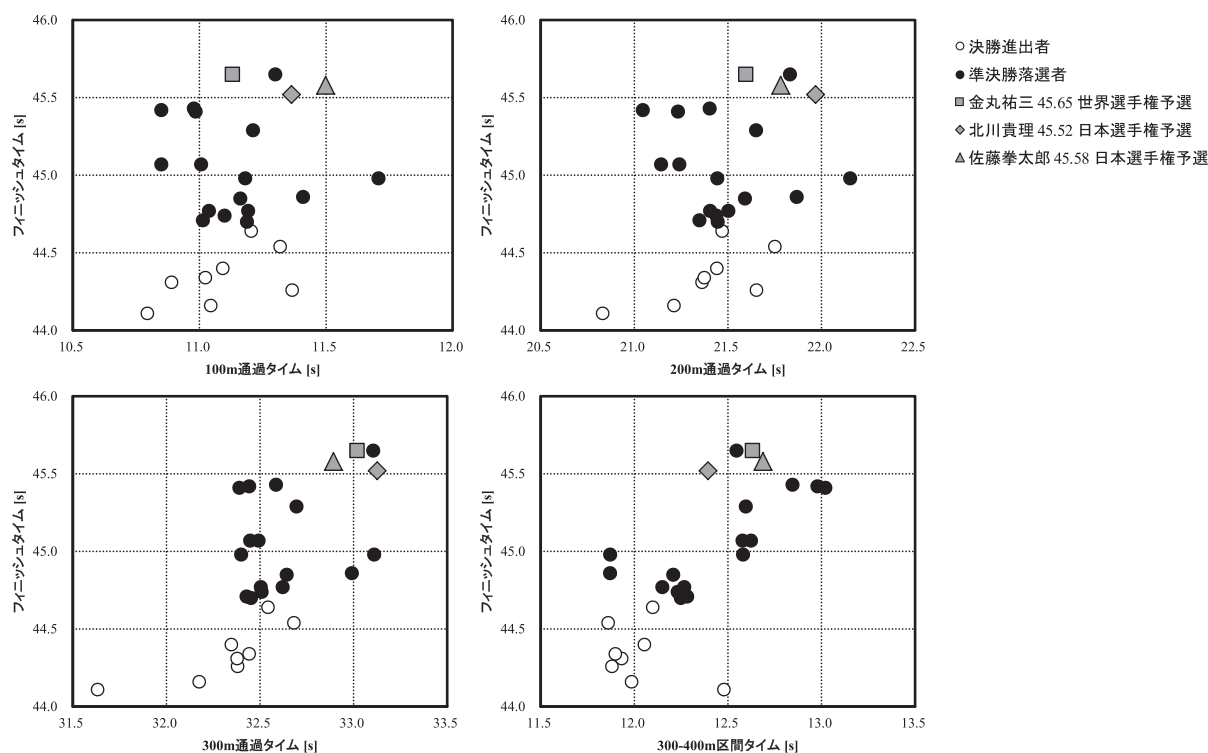


図2 世界選手権男子 400m 準決勝におけるフィニッシュタイムと通過タイムおよび区間タイムとの関係

秒であり、さらに約 0.4 秒程度の差が生じていた。図 2 は、400m 走フィニッシュタイムと 100m 毎の通過タイムおよび 300-400m 区間タイムとの関係を示したものである。図 2 から、100m 通過タイム、200m 通過タイムは、決勝進出者と準決勝落選者は同程度であったことがわかる。また、300m の通過タイムについては、両群の平均値には約 0.3 秒の差が見られるが、31.63 秒で通過している MAKWALA 選手、32.18 秒で通過している JAMES 選手が集団からやや逸脱しており、多くの決勝進出者および準決勝落選者が 32.5 秒前後で通過していた。一方、300-400m 区間タイムについては、多くの決勝進出者が 12.0 秒前後でカバーしているのに対し、準決勝落選者の多くはそれ以上の時間を要しており、最後の 100m で差が生じていることがわかる。これらのことから、200m を 21.4 秒前後、300m を 32.5 秒を切るタイムで通過し、最後の 100m を 12.0 秒前後で走りきることが、決勝進出のためのひとつのモデルとなると考えられる。このようなペースを実現するためには、最高走スピード能力とスピード持久力を高いレベルで両立する必要があると考えられる。そこで、最高走スピード能力の指標として、個々の競技者の 200m の自己最高記録を調査するとともに、200m の自己最高記録に対する 200m 通過タイムの割合についても算出し、それらを決勝進出者と準決勝落選者と比較した。その結果、200m の自己最高記録、

200m 通過タイムの割合は両群ともにそれぞれ 20.5 秒、95% (200m 自己最高記録+約 1 秒) 程度であり、両者に大きな差は見られなかった。決勝進出者には、200m19 秒台の自己記録を持つ競技者が 3 名見られること、メダル獲得者は準決勝から決勝で前半のペースを大幅に高めていることに鑑みると、最高走スピード能力の高さとそれによるレース前半での余力が、上述したペースを実現する上で重要であることに疑いの余地はない。一方で、決勝進出者と準決勝落選者との間には、200m 自己最高記録やそれに対する 200m 通過タイムの割合に明確な違いは見られず、決勝進出者と準決勝落選者との間に 200m 以降に生じる差は、必ずしも最高走スピード能力の高さおよびそれによる余力の違いのみによるものではなく、ペース配分やスピード持久能力も重要なものと推察される。なお、200m の自己最高記録は必ずしも個々の競技者の最高走スピード能力を表すものではなく、また、自己記録が確認できなかった者も見られたため、今回の結果のみから明確な結論を見出すことはできず、上述したペースを実現するための最高走スピード能力やスピード持久能力に関するさらなる調査が必要である。

決勝進出者と金丸選手の世界選手権予選におけるペースとを比較すると、200m までに約 0.2 秒、200-300m で約 0.3 秒、300-400m で約 0.6 秒の差が生じることになり、単純な比較では、後半 200m で

表2 女子予選における通過タイムおよび区間タイム

選手名	年齢 (2015)	400mPB [s]	400mSB [s]	200mPB [s]	記録 [s]	通過タイム [s]								区間タイム [s]				200mPB vs 200m通過			
						50m	100m	150m	200m	250m	300m	350m	400m	100-200m	200-300m	300-400m	200-400m	前後半差	[%]	差 [s]	
Stephanie Ann MCPHERSON	27	49.92	50.32	22.93	50.34	Q	6.68	12.22	17.93	23.86	30.07	36.63	43.42	50.34	11.64	12.77	13.71	26.48	2.62	96.10	0.93
Bianca RAZOR	21	50.37	50.37	23.35	50.37	Q	6.94	12.63	18.47	24.46	30.55	36.81	43.37	50.37	11.82	12.36	13.56	25.91	1.46	95.48	1.11
Shericka JACKSON	21	49.99	49.99	22.84	50.41	Q	6.70	12.29	18.00	23.93	30.20	36.66	43.39	50.41	11.64	12.73	13.75	26.48	2.54	95.43	1.09
Phyllis FRANCIS	23	50.50	50.50	22.70	50.52	Q	6.76	12.35	18.07	24.11	30.40	36.81	43.47	50.52	11.76	12.69	13.71	26.41	2.29	94.13	1.41
Shaunae MILLER	21	49.67	49.67	22.14	50.53	Q	6.76	12.30	18.05	24.11	30.28	36.64	43.28	50.53	11.81	12.53	13.89	26.42	2.31	91.83	1.97
Christine DAY	29	50.14	50.14		50.58	Q	6.85	12.40	18.12	24.06	30.18	36.51	43.29	50.58	11.65	12.45	14.07	26.52	2.47		
Allyson FELIX	30	49.26	49.26	21.69	50.60	Q	6.39	11.75	17.55	23.89	30.35	36.88	43.50	50.60	12.15	12.99	13.72	26.71	2.81	90.78	2.20
Patience Okon GEORGE	24	50.71	50.71		50.87	Q	6.71	12.18	17.87	23.83	30.00	36.53	43.47	50.87	11.65	12.70	14.34	27.04	3.21		
Floria GUEI	25	50.89	50.89	23.79	50.89	Q	6.93	12.56	18.47	24.61	30.84	37.21	43.85	50.89	12.05	12.60	13.68	26.28	1.66	96.66	0.82
Christine OHURUOGU	31	49.41	50.16	22.85	51.01	Q	6.88	12.60	18.55	24.77	31.05	37.30	43.90	51.01	12.17	12.53	13.71	26.24	1.47	92.26	1.92
Natalia PYGYDA	34	50.62	50.62	22.82	51.07	Q	6.60	12.29	18.07	24.15	30.46	37.06	43.88	51.07	11.85	12.91	14.01	26.92	2.78	94.51	1.33
Novlene WILLIAMS-MILLS	33	49.63	50.47	23.25	51.07	Q	6.86	12.34	18.07	24.02	30.26	36.75	43.61	51.07	11.68	12.72	14.32	27.05	3.03	96.79	0.77
Anyika ONUORA	31	50.87	50.87	22.64	51.14	q	6.86	12.43	18.42	24.64	30.87	37.11	43.79	51.14	12.21	12.47	14.03	26.50	1.86	91.88	2.00
Marie GAYOT	26	50.97	50.97	23.05	51.24	Q	7.10	13.02	19.02	25.21	31.59	37.89	44.39	51.24	12.19	12.68	13.35	26.03	0.82	91.44	2.16
Natasha HASTINGS	29	49.84	50.24	22.61	51.25	Q	6.51	11.94	17.72	23.91	30.26	36.86	43.83	51.25	11.97	12.95	14.39	27.34	3.44	94.57	1.30
Patrycja WYCISZKIEWICZ	21	51.31	51.31	23.73	51.31	q	6.82	12.50	18.25	24.32	30.66	37.17	44.01	51.31	11.82	12.85	14.14	26.99	2.67	97.58	0.59
Maureen Jelagat MAIYO	30	51.40	51.40		51.40	q	6.79	12.36	18.25	24.38	30.67	37.18	44.05	51.40	12.02	12.80	14.22	27.02	2.65		
Nadezhda KOTLYAROVA	26	51.42	51.42	23.33	51.42	Q	6.75	12.31	18.08	24.11	30.39	37.03	43.98	51.42	11.80	12.92	14.39	27.31	3.20	96.77	0.78
Kabange MUPOPO	23	50.22	50.22		51.55	Q	6.57	12.22	18.37	24.71	30.95	37.24	44.01	51.55	12.48	12.54	14.31	26.84	2.14		
Ekaterina RENZHINA	21	51.49	51.49	22.61	51.55	Q	6.84	12.55	18.44	24.67	31.06	37.49	44.25	51.55	12.11	12.82	14.06	26.88	2.22	91.67	2.06
Libania GRENOT	32	50.30	51.07	22.85	51.64	q	6.71	12.38	18.37	24.60	31.02	37.64	44.49	51.64	12.22	13.04	14.00	27.04	2.44	92.89	1.75
Anneliese RUBIE	23	51.69	51.69	24.13	51.69	q	6.68	12.37	18.28	24.47	30.77	37.35	44.25	51.69	12.10	12.88	14.34	27.22	2.75	98.61	0.34
Carline MUIR	28	51.55	51.70	24.09	51.70	q	6.89	12.45	18.18	24.14	30.39	36.96	44.04	51.70	11.69	12.82	14.74	27.56	3.42	99.80	0.05
Malgorzata HOLUB	23	51.74	51.74		51.74		7.04	12.78	18.55	24.49	30.70	37.21	44.15	51.74	11.71	12.72	14.53	27.25	2.76		
Regina GEORGE	24	50.84	51.30	23.22	51.74		6.84	12.51	18.42	24.54	31.01	37.55	44.41	51.74	12.04	13.01	14.19	27.20	2.65	94.61	1.32
Olha ZEMLYAK	25	51.00	51.61		52.00		6.89	12.59	18.44	24.56	30.90	37.51	44.46	52.00	11.97	12.95	14.49	27.44	2.88		
Iga BAUMGART	26	52.02	52.02	24.10	52.02		7.01	12.70	18.59	24.77	31.10	37.65	44.60	52.02	12.07	12.88	14.37	27.25	2.48	97.30	0.67
Mariya MIKHAILIYUK	24	51.45	51.45		52.16		6.91	12.69	18.64	24.90	31.29	37.74	44.57	52.16	12.21	12.84	14.42	27.26	2.37		
Gunta LATIŠEVA-CUDARE	20	52.17	52.17	24.24	52.17		7.00	12.74	18.65	24.84	31.26	37.88	44.76	52.17	12.10	13.04	14.29	27.33	2.49	97.59	0.60
Kineke ALEXANDER	29	51.50	51.23	23.00	52.24		6.92	12.74	18.82	25.14	31.65	38.24	44.98	52.24	12.40	13.09	14.00	27.10	1.95	91.47	2.14
Lisneidy VEITIA	21	51.72	52.11		52.25		7.04	12.78	18.75	25.04	31.46	37.96	44.79	52.25	12.26	12.92	14.29	27.21	2.17		
Tosin ADELOYE	19	51.24	51.24		52.42		6.87	12.54	18.39	24.54	31.01	37.66	44.65	52.42	12.00	13.12	14.76	27.88	3.34		
Justine PALFRAMAN	22	51.27	51.27	22.96	52.45		6.69	12.32	18.30	24.43	30.79	37.34	44.47	52.45	12.11	12.91	15.11	28.02	3.59	93.99	1.47
Mariabenedicta CHIGBOLU	26	51.67	51.67	23.45	52.48		6.70	12.38	18.34	24.51	30.86	37.50	44.57	52.48	12.13	12.99	14.98	27.97	3.45	95.67	1.06
Iveta PUTALOVÁ	27	52.18	52.18	24.74	52.52		6.72	12.26	18.03	24.20	30.68	37.44	44.72	52.52	11.94	13.23	15.08	28.32	4.11	102.22	-0.54
Geisa Aparecida COUTINHO	35	51.08	51.43	23.07	52.72		6.90	12.74	18.77	25.08	31.52	38.17	45.22	52.72	12.35	13.08	14.55	27.64	2.55	91.97	2.01
Aauri Lorena BOKESA	27	51.66	52.20		52.98		7.12	12.92	18.87	24.98	31.32	37.99	45.14	52.98	12.06	13.01	14.99	28.00	3.01		
Audrey JEAN-BAPTISTE	24	51.93	51.93		53.18		6.91	12.77	19.07	25.49	31.92	38.59	45.59	53.18	12.72	13.10	14.59	27.69	2.21		
青木沙弥佳 日本選手権	29	53.05	53.05	23.81	53.05		6.84	12.66	18.72	25.00	31.71	38.57	45.58	53.05	12.34	13.57	14.48	28.05	3.05	95.24	1.19
藤沢沙也加 日本選手権	24	53.14	53.14	23.81	53.14		6.73	12.36	18.18	24.44	31.18	38.19	45.39	53.14	12.08	13.75	14.95	28.70	4.26	97.43	0.63
石塚晴子 インターハイ	18	53.30	53.30	24.33	53.30		6.91	12.75	18.82	25.07	31.62	38.49	45.70	53.30	12.33	13.42	14.81	28.23	3.15	97.04	0.74
準決勝進出者平均	26.5	50.53	50.67	23.02	51.05		6.76	12.37	18.20	24.30	30.58	37.03	43.81	51.05	11.93	12.73	14.02	26.75	2.45	94.69	1.29
	4.2	0.72	0.64	0.61	0.44		0.15	0.24	0.30	0.35	0.38	0.35	0.35	0.44	0.23	0.18	0.33	0.43	0.65	2.58	0.63
準決勝進出下位8名平均	25.5	51.17	51.29	23.46	51.53		6.76	12.39	18.28	24.42	30.74	37.26	44.14	51.53	12.03	12.83	14.28	27.11	2.69	96.22	0.93
	3.9	0.54	0.45	0.58	0.13		0.09	0.10	0.11	0.21	0.24	0.21	0.17	0.13	0.24	0.13	0.22	0.22	0.42	2.96	0.73
予選落選者平均	24.8	51.56	51.70	23.60	52.34		6.90	12.63	18.57	24.77	31.16	37.76	44.74	52.34	12.14	12.99	14.58	27.57	2.80	95.60	1.09
	3.8	0.40	0.36	0.63	0.40		0.12	0.19	0.25	0.33	0.35	0.36	0.35	0.40	0.23	0.12	0.33	0.37	0.58	3.25	0.81

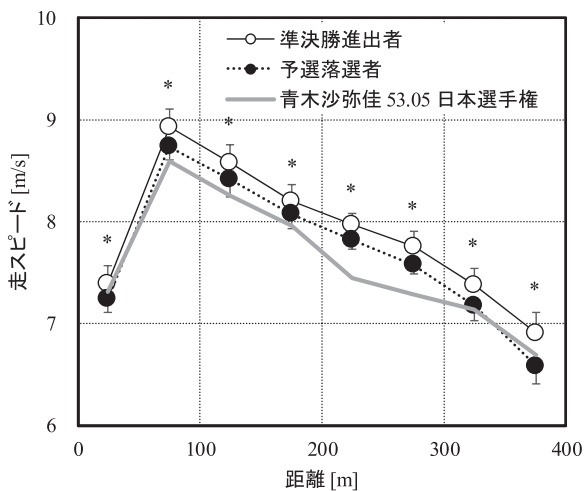
大きな差が生じていることになる。一方で、上述したペースは、今回の世界選手権で決勝に進出した選手の全体的な傾向であるため、これらの値を目安としながらも、自己の能力を最大限に発揮できるペース配分の選択が重要であると考えられる。また、上述したように、200m 自己最高記録については、決勝進出者および準決勝落選者ともに20.5秒前後の記録を有しており、スピード能力の目安になると考えられる。

3-2. 女子予選

表2は、女子分析対象者の50m 毎の通過タイム、100m 毎の区間タイム、後半200m タイム、前後半差を示したものである。男子同様に、対象者に関する基礎的情報として、年齢、400m の自己最高記録および2015年度最高記録、200m の自己最高記録も示

した。各項目について、準決勝進出者、予選落選者の平均値および標準偏差を示した。また、対象は予選レースであり、決勝進出者などの記録上位者は大きく余力を残したレースであると推察される。そのため、より日本人選手にとって現実的な目安になると思われる、準決勝進出者の中でも記録が下位の8名についても各項目の平均値および標準偏差を求めた。さらに、比較対象として、日本人3選手のデータも併せて示した。また図3は、女子予選における準決勝進出者および予選落選者の走スピードの変化を示したものである。日本人の比較対象として、青木選手の日本選手権決勝の走スピードの変化も併せて示している。また図4は、400m 走フィニッシュタイムと100m 毎の通過タイムおよび300-400m 区間タイムとの関係を示したものである。

予選通過の最低記録は、着順による通過が51.55



*: $p < 0.05$ 準決勝進出者 vs 予選落選者

図3 世界選手権女子400m予選における準決勝進出者および予選落選者の走スピードの変化の比較

秒, タイムによる通過が51.70秒であり, いずれも日本記録を上回るものであった. 準決勝進出者の予選における記録は 51.05 ± 0.44 秒, 準決勝進出下位8名の記録は 51.53 ± 0.13 秒, 落選者の記録は 52.34 ± 0.40 秒であった.

走スピードの変化を見ると, 準決勝進出者は予選落選者と比較して, 序盤からレース全体にわたって高い走スピードを発揮していた. 通過タイムを見ると, 100m通過タイムは準決勝進出者 12.37 ± 0.24

秒, 準決勝進出下位8名 12.39 ± 0.10 秒, 予選落選者 12.63 ± 0.19 秒であり, 100mの時点で通過者と落選者との間には0.2秒以上の差が生じていた. 以降も両群の差は広がっていった. このことから, 女子については, レース序盤から高い走スピードを獲得することが必要になると考えられる. また, 200m自己最高記録について見ると, 準決勝進出者は 23.02 ± 0.61 秒, 準決勝進出下位8名は 23.46 ± 0.58 秒, 予選落選者は 23.60 ± 0.63 秒であった. 準決勝進出者と予選落選者との間には, 200m走能力に顕著な差が見られたが, 準決勝進出下位8名と予選落選者との間の差は必ずしも大きくなく, 男子と同様に最高走スピード能力だけでなく, スピード持久力やペース配分などの能力も重要になると考えられる. 51秒台を達成し, 予選を通過するためのペース配分は, 100mを12.5秒前後, 200mを24.5秒前後, 300mを37.5秒以内で通過し, 最後の100mを14.5秒以内でカバーすることが目安になると考えられる.

日本人選手について見ると, 日本選手権優勝者の青木選手は, 準決勝進出下位8名と比較して, 100m通過タイムで0.27秒, 200m通過タイムで0.58秒, 300m通過タイムで1.31秒の差が見られた. 300-400m区間タイムは, 0.2秒の差であり, 比較的小さかったが, 仮に準決勝進出者中最も速いタイム(13.35秒)でカバーできたとしても, 準決勝進出

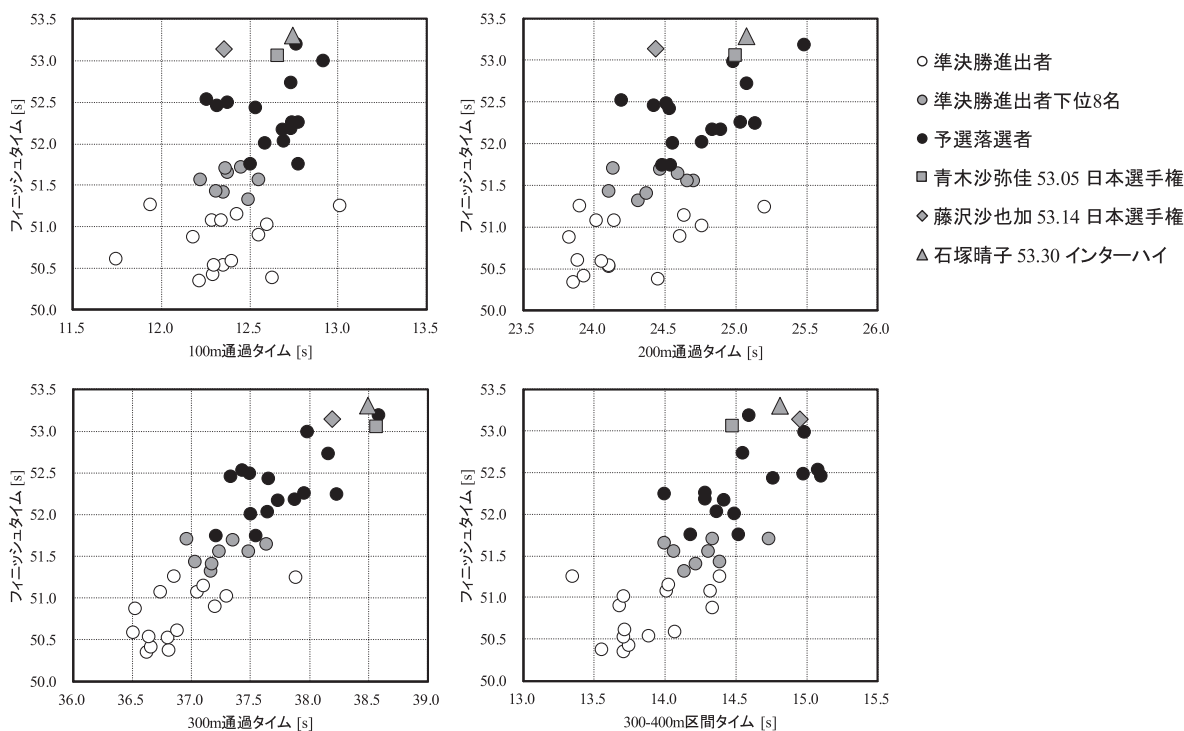


図4 世界選手権女子400m予選におけるフィニッシュタイムと通過タイムおよび区間タイムとの関係

記録には及ばないため、300mまでのタイムの短縮が必要であると考えられる。一方、日本選手権2位の藤沢選手は、200mまでは準決勝進出下位8名と同程度のタイムで通過しており、単純な比較では後半200mの改善が課題になると考えられる。また、上述した各群の200m自己最高記録に鑑みると、準決勝進出のためには、23.5秒前後の走力が必要になると考えられる。

4. まとめ

本稿では、日本人400m競技者の五輪および世界選手権において目標となる男子決勝進出、女子準決勝進出のための基礎的資料を得ることを目的とし、2015年世界選手権の400m男子準決勝、女子予選のレース分析を行った。主な結果は以下のとおりである。

- ① 男子では、決勝進出者と準決勝落選者との間には、200m以降に差が生じており、300-400m区間の差が大きかった。決勝進出のためのペース配分の目安は、100m通過11.1秒前後、200m通過21.4秒前後、300m通過32.5秒前後、300-400m区間を12.0秒前後であった。
- ② 女子では、準決勝進出者と予選落選者との間には、レース全体にわたって走スピードに差が見られ、レース序盤から高い走スピードを獲得することが必要になると考えられた。予選通過のためのペース配分の目安は、100m通過12.5秒前後、200m通過24.5秒前後、300m通過37.5秒以内、300-400m区間を14.5秒以内であった。

文献

持田 尚・松尾彰文・柳谷登志雄・矢野隆照・杉田正明・阿江通良 (2007) Overlay表示技術を用いた陸上競技400m走レースの時間分析. 陸上競技研究紀要, 3 : 9-15.

日本一流男子 110m ハードル選手および女子 100m ハードル選手のレース分析 -2015 年度主要競技会の分析結果について -

貴嶋孝太¹⁾ 山元康平²⁾⁸⁾ 柴山一仁³⁾ 杉本和那美⁴⁾
櫻井健一⁵⁾ 千葉佳裕⁶⁾ 森丘保典⁷⁾

1) 大阪体育大学 2) 筑波大学 3) 仙台大学 4) 大阪国際大学
5) 国際武道大学 6) 城西大学 7) 日本体育協会 8) 日本学術振興会特別研究員DC

1. はじめに

競技会におけるレース分析結果は、選手やコーチがレースの評価を行ったり、それまでの取り組みの出来栄を判断したりする資料として活用することができる。日本陸上競技連盟科学委員会では、競技会におけるレース分析を行っているが、本稿では、2015年シーズンに国内で開催された主要競技大会における、男子 110m ハードル（以下、「110mH」とする）、および女子 100m ハードル（以下、「100mH」とする）種目のレース分析結果を報告する。

また、2015年シーズンは海外の女子 100mH 選手のレース分析をする機会を得たことから、やや広範囲の記録を有する選手のレース分析を行い、結果も併せて報告する。

2. 方法

2-1. 対象選手、および対象競技会

分析の対象は、国内男子 110mH 選手のべ 16 名、女子 100mH 選手のべ 19 名とした。対象選手たちが出場した競技会 4 大会を分析対象競技会とした（表 1）。

2-2. 測定方法、および分析項目

レース分析のためのビデオ撮影は、各ハードルレースの 3 台目と 7 台目の側方にあたる観客席スタンドに設置したデジタルビデオカメラを用いて行った（239.7fps または 299.7fps）。スタートピストルの閃光を映した後、各選手のハードリングの踏切脚とハードリング後の最初の着地（以下、「タッチダウン」とする）が確認できるように、追従撮影した。撮影した映像を基に、スタートピストルの閃光からハードルの踏切、およびタッチダウンの時間を読み取り、各測定区間に要した時間を求めた。

ハードルにおける測定区間は以下のように定義した。すなわち、アプローチとはスタートから 1 台目のタッチダウンまでとした。1-2 区間は 1 台目のタッチダウンから 2 台目のタッチダウンまで、2-3 区間は 2 台目のタッチダウンから 3 台目のタッチダウンとして、以降 9-10 区間まで同様に定義した。ランインは 10 台目のタッチダウンからフィニッシュまでとした。各区間の平均疾走速度（以下、「走速度」とする）は、各区間距離を区間の時間で除すことにより求めた。また、ハードリングタイムは、各ハードリングの踏切脚が接地した瞬間からハードリング後のリード脚が接地する瞬間までの時間とした。インターバルランタイムは、タッチダウンから次の

表 1. 分析対象レース、対象選手

期日	競技会名	会場	対象選手(所属)
150503	静岡国際陸上	エコパ・静岡	男子: 増野元太(国武大), 古谷拓夢(早稲田大), 佐藤大志(日立化成), 札幌大輝(国武大), 大室秀樹(大塚製薬) 女子: 木村文子(エディオン), 紫村仁美(佐賀陸協), 伊藤愛里(住友電工), 青木益未(環太平洋大)
150510	セイコーゴールデングランプリ (GGP)川崎	等々力・神奈川	S.ピアソン(AUS), Q.ハリソン(USA), T.ジョーンズ(USA), K.キャストリン(USA), L.アイドレッド(DOM), 木村文子(JPN), 青木益未(JPN), 伊藤愛里(JPN)
150627, 28	日本選手権	デンカビッグスワン・新潟	男子: 高山峻野(明治大), 古谷拓夢(早稲田大), 増野元太(国武大), 能登谷雄太(ニューモード), 和戸達也(和歌山県教育庁), 西澤真徳(鳥取陸協), 古川裕太郎(山形TFC)
151016	日本ジュニア陸上	瑞穂・愛知	女子: 紫村仁美(佐賀陸協), 青木益未(環太平洋大), 藤原未来(武庫川女大), ヘンブヒル恵(中央大), 清山ちさと(筑波大), 伊藤愛里(住友電工)
			古谷拓夢(早稲田大), 金井直(市立橋高), 栗城アンソニー(国武大)

ハードリング踏切脚が接地する瞬間までの時間とした。

相関分析はピアソンの積率相関分析を用い、有意水準は5%未満とした。

なお、本稿ではアプローチとランインを除いた区間の結果を中心に報告する。

3. 結果と考察

3-1. 男子 110mH レース中の走速度変化と最高走速度

各競技会でのレース分析結果を表2から表4に示した。さらに、各レースで分析対象者3名ずつの走速度の変化を、図1から図3に示した。

レース中の走速度は、どの選手も概ねスタート後に高まり、最高速度が出現した後はやや低下するようなパターンを示した。

レース記録とレース中の最高走速度との間には負の相関関係がみられた(図4. $r=-0.615$, $p<0.05$)。これまでの報告(森田ほか, 1994; 柴山ほか, 2010; 貴嶋ほか, 2013)同様に、レース中の最高走速度がレース記録に大きく影響することを示した。

3-2. 女子 100mH レース中の走速度変化と最高走速度

表5から表7に女子 100mH レース中の走速度変化を示した。また、各レースにおいて分析対象者のうち国内選手3名ずつの走速度の変化を図5から図7に示した。また、GGP 川崎においては、海外選手3名の結果も図中に併記し、国内選手たちと俯瞰的な比較ができるようにした。

走速度は、スタートから中盤にかけて増加し、最高速度が出現した後は低下する変化パターンを示した。レース記録とレース中の最高走速度との関係を図8に示したが、有意な負の相関関係を示した($r=-0.968$, $p<0.01$)。すなわち、レース記録のいい選手は最高走速度が高いことを示した。杉本ほか(2012)は、女子 100mH レースにおいて、レース中に発揮された最高走速度はレース記録に強く影響することを報告したが、本研究でもそれを支持するものである。

3-3. 女子 100mH レース分析結果

10台のハードルを基準にしてレースを序盤、中盤、終盤の3つの区間に分け、各区間の平均インターバルランタイム、平均ハードリングタイム、平均走速度を算出した。

レース記録と平均インターバルランタイムとの間

には、序盤、中盤、終盤ともに有意な正の相関関係がみられた(図9. それぞれ, $r=0.641$, $p<0.01$; $r=0.741$, $p<0.01$; $r=0.801$, $p<0.01$)。したがって、女子 100mH の記録がいい選手ほどレース全体を通してインターバルランタイムが短いことを示した。

図10に示すレース記録と平均ハードリングタイムとの間には、それぞれ有意な正の相関関係がみられた(それぞれ, $r=0.511$, $p<0.05$; $r=0.531$, $p<0.05$; $r=0.521$, $p<0.05$)。今回分析した女子 100mH の選手たちの結果からは、ハードリングタイムもレース記録にやや影響するものの、インターバルランタイムほどその影響は大きくないと考えられる。

レース記録を平均走速度との関係を図11に示した。レース序盤、中盤、終盤ともにレース記録との間に有意な負の相関関係がみられた(それぞれ, $r=0.941$, $p<0.01$; $r=0.974$, $p<0.01$; $r=0.964$, $p<0.01$)。女子 100mH 記録のいい選手はレース序盤から高い速度で疾走し、中盤、終盤でも高い走速度を発揮することができる能力・技術を有していることを示唆している。

4. まとめ

2015年シーズンに国内で開催された競技会における、男子 110mH と女子 100mH のレース分析を行った。その結果を以下にまとめる。

- ・男子 110mH レース中の走速度は、レース序盤から中盤にかけて高まり、その後は徐々に低下する。対象選手の多くはこの変化パターンを示す。
- ・男子 110mH レース記録がいい選手ほど、最高走速度が高いことを示した。
- ・女子 100mH レースにおいて、走速度が高い選手ほどレース記録がいい。記録がいい選手の走速度は、レース序盤、中盤、終盤のいずれも高かった。
- ・女子 100mH のレース記録は、インターバルランタイムとハードリングタイムの両方の影響がある可能性を示したが、インターバルランニングタイムの方がより大きく影響することを示した。

参考・引用文献

貴嶋孝太, 谷川 聡, 櫻井健一, 安井年文, 浅見公博, 荻部俊二, 青戸慎司, 綿谷貴志, 柴山一仁, 森丘保典(2013) 日本一流男子 110m ハードル選手のレース分析— 2011年から2013年までのレース分析結果について—, 陸上競技研究紀要, 9, 71-86.

森田正利, 伊藤 章, 沼澤秀雄, 小木曾一之, 安井年文 (1994) スプリントハードル (110mH・100mH) および男女 400mH のレース分析, 世界一流陸上競技者の技術—第 3 回世界陸上競技選手権大会バイオメカニクス研究班報告書—, ベースボール・マガジン社: 東京. 66-91.

柴山一仁, 川上小百合, 谷川 聡 (2010) 2007 年世界陸上競技選手権大会における男子 110m ハードル走および女子 100m ハードル走レースの時間分析, 世界一流陸上競技者のパフォーマンスと技術—第 11 回世界陸上競技選手権大会日本陸上競技連盟バイオメカニクス研究班報告書—, 日本陸上競技連盟: 東京. 76-85.

杉本和那美, 榎本靖士, 森丘保典, 貴嶋孝太, 松尾彰文 (2012) 100m ハードルにおけるハードルサイクルおよびステップごとにみた疾走速度の変化, 陸上競技研究紀要, 8, 1-8.

表 2. 静岡国際陸上 (150503) 男子 110mH

選手名(所属)	レース	記録	風	ハードル→ 区間→	順位										
					アブローチ	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	8th	9th	10th
増野元太 (国武大)	決勝1位	13.80	-0.8	タッチダウンタイム(秒)	2.63	2.63	3.71	4.78	5.87	6.93	8.04	9.12	10.21	11.30	12.39
				区間タイム(秒)	1.07	1.08	1.09	1.06	1.11	1.07	1.09	1.08	1.09	1.09	1.41
				インターバルランタイム(秒)	0.57	0.59	0.59	0.55	0.60	0.56	0.59	0.57	0.59	0.89	
				ハードリングタイム(秒)	0.51	0.49	0.50	0.51	0.51	0.52	0.50	0.51	0.50	0.52	
				走速度(m/秒)	8.51	8.48	8.40	8.61	8.23	8.51	8.35	8.43	8.35	9.96	
古谷拓夢 (早稲田大)	決勝2位	13.93	-0.8	タッチダウンタイム(秒)	2.63	2.63	3.74	4.82	5.91	6.99	8.07	9.16	10.26	11.36	12.48
				区間タイム(秒)	1.11	1.09	1.09	1.07	1.08	1.09	1.10	1.10	1.12	1.45	
				インターバルランタイム(秒)	0.62	0.61	0.61	0.59	0.62	0.60	0.62	0.61	0.65	0.94	
				ハードリングタイム(秒)	0.48	0.48	0.47	0.48	0.47	0.48	0.48	0.49	0.48	0.50	
				走速度(m/秒)	8.25	8.40	8.40	8.51	8.43	8.40	8.30	8.33	8.13	9.69	
佐藤大志 (日立化成)	決勝3位	13.97	-0.8	タッチダウンタイム(秒)	2.62	2.62	3.77	4.85	5.94	7.00	8.09	9.16	10.28	11.38	12.52
				区間タイム(秒)	1.16	1.08	1.08	1.06	1.09	1.07	1.12	1.11	1.14	1.45	
				インターバルランタイム(秒)	0.66	0.55	0.59	0.57	0.60	0.57	0.63	0.60	0.63	0.92	
				ハードリングタイム(秒)	0.49	0.53	0.49	0.49	0.49	0.50	0.49	0.51	0.50	0.52	
				走速度(m/秒)	7.89	8.48	8.43	8.59	8.40	8.56	8.15	8.25	8.03	9.69	
札幌大輝 (国武大)	決勝4位	13.99	-0.8	タッチダウンタイム(秒)	2.74	2.74	3.86	4.93	6.01	7.08	8.14	9.22	10.30	11.40	12.51
				区間タイム(秒)	1.13	1.07	1.08	1.06	1.06	1.08	1.08	1.10	1.11	1.48	
				インターバルランタイム(秒)	0.64	0.56	0.61	0.59	0.59	0.59	0.61	0.63	0.64	1.00	
				ハードリングタイム(秒)	0.49	0.50	0.47	0.47	0.47	0.48	0.47	0.47	0.47	0.48	
				走速度(m/秒)	8.10	8.56	8.45	8.59	8.61	8.48	8.45	8.30	8.20	9.49	
大室秀樹 (大塚製薬)	決勝6位	14.09	-0.8	タッチダウンタイム(秒)	2.66	2.66	3.76	4.85	5.95	7.03	8.12	9.23	10.33	11.46	12.61
				区間タイム(秒)	1.10	1.09	1.09	1.08	1.09	1.10	1.11	1.13	1.14	1.48	
				インターバルランタイム(秒)	0.58	0.57	0.57	0.56	0.56	0.59	0.58	0.62	0.62	0.96	
				ハードリングタイム(秒)	0.52	0.53	0.52	0.52	0.53	0.52	0.53	0.51	0.52	0.52	
				走速度(m/秒)	8.28	8.35	8.38	8.45	8.35	8.28	8.25	8.08	8.01	9.45	

表 3. 日本選手権 (150628) 男子 110mH

選手名(所属)	レース	記録	風	ハードル→ 区間→	順位										
					アブローチ	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	8th	9th	10th
高山峻野 (明治大)	決勝1位	13.81	-1.4	タッチダウンタイム(秒)	2.58	2.58	3.64	4.69	5.76	6.84	7.91	8.98	10.08	11.18	12.30
				区間タイム(秒)	1.06	1.05	1.07	1.08	1.06	1.08	1.09	1.11	1.12	1.51	
				インターバルランタイム(秒)	0.56	0.57	0.60	0.59	0.57	0.58	0.60	0.61	0.61	1.01	
				ハードリングタイム(秒)	0.50	0.48	0.47	0.49	0.49	0.49	0.49	0.50	0.50	0.50	
				走速度(m/秒)	8.63	8.70	8.53	8.46	8.59	8.49	8.36	8.27	8.18	9.28	
古谷拓夢 (早稲田大)	決勝2位	13.81	-1.4	タッチダウンタイム(秒)	2.62	2.62	3.72	4.79	5.86	6.92	7.98	9.07	10.17	11.27	12.36
				区間タイム(秒)	1.11	1.06	1.08	1.06	1.06	1.09	1.10	1.10	1.09	1.45	
				インターバルランタイム(秒)	0.62	0.57	0.59	0.57	0.59	0.62	0.62	0.61	0.60	0.96	
				ハードリングタイム(秒)	0.49	0.49	0.48	0.49	0.48	0.47	0.48	0.49	0.49	0.48	
				走速度(m/秒)	8.27	8.59	8.49	8.66	8.59	8.40	8.33	8.30	8.36	9.68	
増野元太 (国武大)	決勝3位	13.85	-1.4	タッチダウンタイム(秒)	2.63	2.63	3.70	4.77	5.82	6.88	7.97	9.05	10.13	11.22	12.35
				区間タイム(秒)	1.07	1.07	1.05	1.06	1.09	1.08	1.08	1.08	1.14	1.50	
				インターバルランタイム(秒)	0.57	0.59	0.56	0.57	0.61	0.58	0.60	0.60	0.66	1.00	
				ハードリングタイム(秒)	0.50	0.48	0.49	0.49	0.48	0.50	0.48	0.48	0.48	0.50	
				走速度(m/秒)	8.53	8.53	8.70	8.66	8.40	8.46	8.43	8.43	8.03	9.37	
能登谷雄太 (ニューモード)	決勝4位	13.87	-1.4	タッチダウンタイム(秒)	2.67	2.67	3.73	4.79	5.85	6.92	7.99	9.08	10.16	11.27	12.37
				区間タイム(秒)	1.06	1.06	1.06	1.07	1.08	1.09	1.08	1.11	1.11	1.50	
				インターバルランタイム(秒)	0.54	0.57	0.56	0.57	0.57	0.58	0.57	0.60	0.60	0.98	
				ハードリングタイム(秒)	0.52	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.51	0.50	0.50	0.52	
				走速度(m/秒)	8.63	8.59	8.66	8.56	8.49	8.40	8.46	8.27	8.24	9.38	
和戸達也 (和歌山県教育庁)	決勝5位	13.90	-1.4	タッチダウンタイム(秒)	2.57	2.57	3.65	4.71	5.78	6.85	7.93	9.03	10.11	11.23	12.37
				区間タイム(秒)	1.08	1.06	1.07	1.07	1.08	1.10	1.09	1.11	1.15	1.53	
				インターバルランタイム(秒)	0.61	0.60	0.60	0.60	0.62	0.63	0.61	0.65	0.68	1.04	
				ハードリングタイム(秒)	0.47	0.46	0.47	0.47	0.46	0.46	0.48	0.47	0.47	0.48	
				走速度(m/秒)	8.46	8.59	8.53	8.56	8.49	8.33	8.40	8.21	7.97	9.19	
大室秀樹 (大塚製薬)	決勝5位	13.90	-1.4	タッチダウンタイム(秒)	2.62	2.62	3.70	4.77	5.84	6.94	8.01	9.10	10.21	11.31	12.42
				区間タイム(秒)	1.08	1.06	1.08	1.09	1.07	1.10	1.10	1.11	1.11	1.48	
				インターバルランタイム(秒)	0.54	0.54	0.56	0.57	0.55	0.59	0.59	0.58	0.60	0.97	
				ハードリングタイム(秒)	0.54	0.53	0.52	0.52	0.53	0.50	0.51	0.52	0.51	0.50	
				走速度(m/秒)	8.46	8.59	8.49	8.36	8.53	8.33	8.30	8.27	8.24	9.48	
西澤真徳 (鳥取陸協)	決勝7位	13.93	-1.4	タッチダウンタイム(秒)	2.66	2.66	3.76	4.85	5.94	7.02	8.10	9.19	10.29	11.40	12.51
				区間タイム(秒)	1.11	1.09	1.08	1.08	1.08	1.09	1.10	1.11	1.11	1.42	
				インターバルランタイム(秒)	0.57	0.57	0.55	0.56	0.56	0.56	0.58	0.58	0.58	0.89	
				ハードリングタイム(秒)	0.54	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.52	0.53	0.53	0.53	
				走速度(m/秒)	8.27	8.36	8.46	8.43	8.43	8.40	8.33	8.21	8.24	9.89	
古川裕太郎 (山形TFC)	決勝8位	14.00	-1.4	タッチダウンタイム(秒)	2.63	2.63	3.70	4.77	5.83	6.89	7.97	9.09	10.20	11.34	12.48
				区間タイム(秒)	1.07	1.06	1.06	1.06	1.08	1.12	1.11	1.14	1.15	1.52	
				インターバルランタイム(秒)	0.56	0.57	0.57	0.57	0.60	0.63	0.59	0.65	0.63	0.99	
				ハードリングタイム(秒)	0.51	0.50	0.49	0.50	0.48	0.49	0.52	0.49	0.51	0.53	
				走速度(m/秒)	8.53	8.59	8.63	8.59	8.46	8.15	8.27	8.03	7.97	9.24	

表 4. 日本ジュニア陸上 (151016) 男子 110mH

選手名(所属)	レース	記録	風	ハードル→ 区間→	順位										
					アブローチ	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	8th	9th	10th
古谷拓夢 (早稲田大)	決勝1位	13.86	+0.1	タッチダウンタイム(秒)	2.67	2.67	3.76	4.83	5.90	6.97	8.05	9.13	10.21	11.31	12.40
				区間タイム(秒)	1.09	1.07	1.07	1.08	1.08	1.07	1.08	1.11	1.09	1.48	
				インターバルランタイム(秒)	0.59	0.57	0.60	0.60	0.60	0.58	0.60	0.63	0.60	0.96	
				ハードリングタイム(秒)	0.50	0.50	0.47	0.48	0.48	0.49	0.48	0.48	0.49	0.48	
				走速度(m/秒)	8.36	8.56	8.56	8.49	8.46	8.53	8.46	8.27	8.40	9.60	
金井直 (市立橘高)	決勝2位	13.91	+0.1	タッチダウンタイム(秒)	2.65	2.65	3.74	4.81	5.89	6.97	8.04	9.12	10.22	11.32	12.45
				区間タイム(秒)	1.09	1.07	1.07	1.08	1.08	1.08	1.11	1.10	1.13	1.46	
				インターバルランタイム(秒)	0.59	0.58	0.58	0.59	0.58	0.58	0.61	0.60	0.63	0.95	
				ハードリングタイム(秒)	0.50	0.50	0.50	0.49	0.50	0.50	0.49	0.50	0.50	0.51	
				走速度(m/秒)	8.36	8.53	8.53	8.46	8.49	8.49	8.27	8.33	8.12	9.58	
栗城アンソニー (国武大)	決勝3位	14.07	+0.1	タッチダウンタイム(秒)	2.67	2.67	3.79	4.89	5.98	7.05	8.14	9.25	10.35	11.46	12.58
				区間タイム(秒)	1.12	1.10	1.08	1.07	1.09	1.11	1.11	1.11	1.13	1.49	
				インターバルランタイム(秒)	0.58	0.59	0.58	0.58	0.59	0.60	0.58	0.59	0.62	0.97	
				ハードリングタイム(秒)	0.54	0.51	0.50	0.49	0.50	0.50	0.53	0.51	0.50	0.52	
				走速度(m/秒)	8.15	8.30	8.43	8.53	8.36	8.27	8.27	8.27	8.12	9.43	

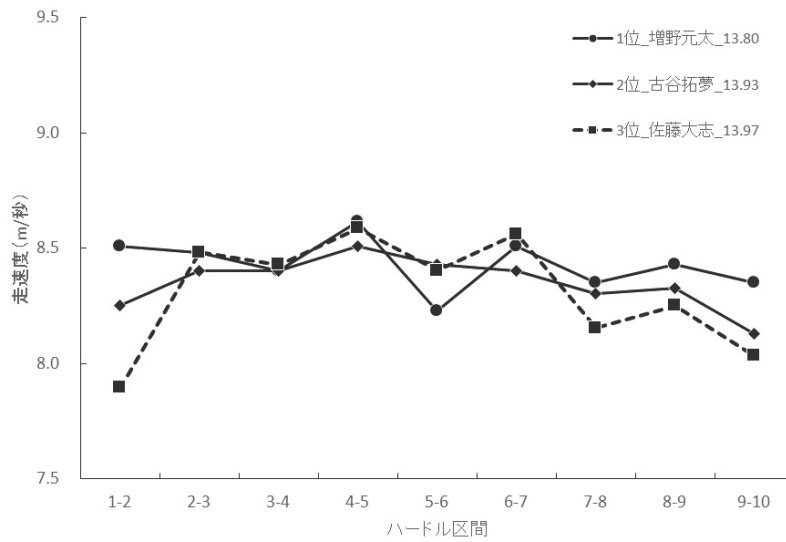


図 1. 男子 110mH レース中の走速度変化 (静岡国際陸上)

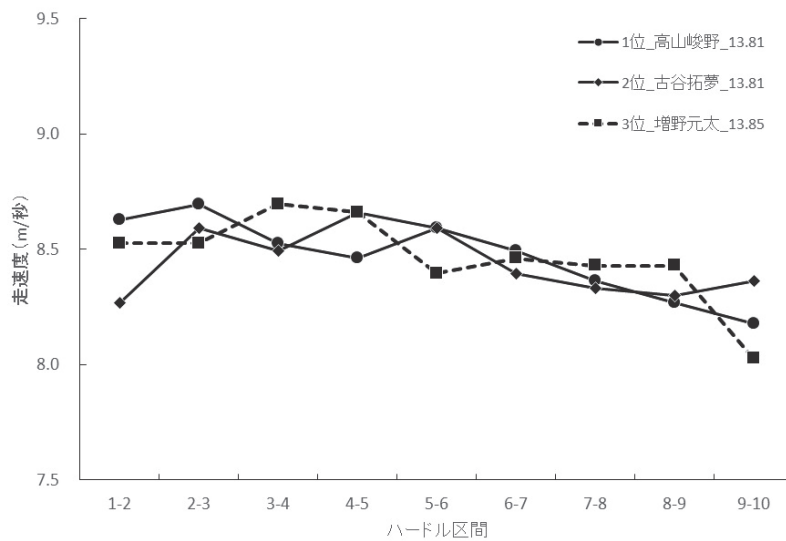


図 2. 男子 110mH レース中の走速度変化 (日本選手権)

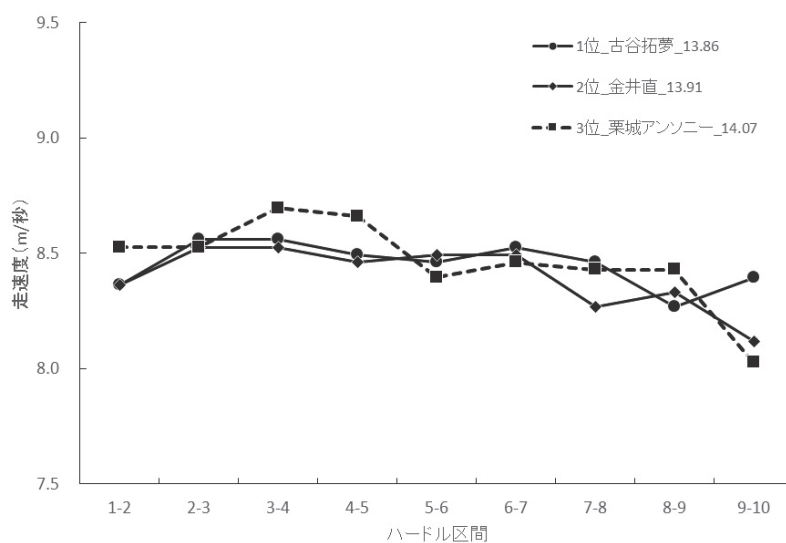


図 3. 男子 110mH レース中の走速度変化 (日本ジュニア陸上)

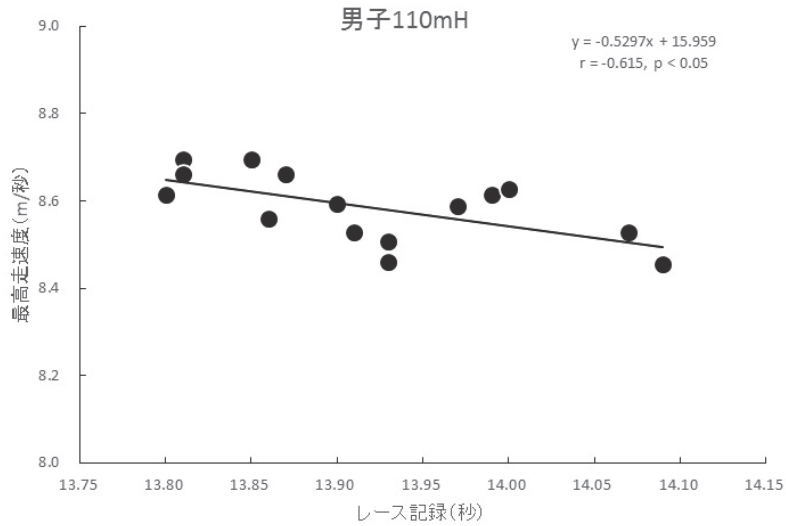


図 4. 男子 110mH レース記録と最高走速度との関係

表 5. 静岡国際陸上 (150503) 女子 100mH

選手名(所属)	レース	記録	風	ハードル→ 区間→	タイム										
					アプローチ	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	8th	9th	10th
木村文子(エディオン)	決勝1位	13.27	+0.2	タッチダウンタイム(秒)	2.65	2.65	3.71	4.75	5.78	6.82	7.84	8.89	9.93	10.98	12.07
				区間タイム(秒)	1.07	1.03	1.03	1.04	1.02	1.04	1.05	1.05	1.09	1.20	
				インターバルランタイム(秒)	0.64	0.60	0.60	0.62	0.60	0.63	0.62	0.63	0.68	0.78	
				ハードリングタイム(秒)	0.43	0.43	0.43	0.42	0.42	0.41	0.42	0.41	0.42		
				走速度(m/秒)	7.96	8.22	8.24	8.19	8.30	8.14	8.11	8.11	7.81	10.82	
紫村仁美(佐賀陸協)	決勝2位	13.32	+0.2	タッチダウンタイム(秒)	2.65	2.65	3.73	4.78	5.82	6.84	7.89	8.94	10.01	11.08	12.15
				区間タイム(秒)	1.07	1.06	1.03	1.02	1.05	1.05	1.07	1.06	1.07	1.17	
				インターバルランタイム(秒)	0.63	0.61	0.59	0.58	0.62	0.61	0.63	0.62	0.62	0.73	
				ハードリングタイム(秒)	0.45	0.45	0.45	0.44	0.43	0.44	0.44	0.45	0.45	0.44	
				走速度(m/秒)	7.91	8.04	8.22	8.30	8.11	8.09	7.94	7.99	7.91	11.13	
伊藤愛里(住友電工)	決勝5位	13.58	+0.2	タッチダウンタイム(秒)	2.70	2.70	3.79	4.86	5.92	6.96	8.01	9.08	10.18	11.25	12.33
				区間タイム(秒)	1.09	1.07	1.06	1.04	1.05	1.07	1.10	1.07	1.08	1.25	
				インターバルランタイム(秒)	0.67	0.67	0.64	0.64	0.65	0.67	0.69	0.64	0.65	0.84	
				ハードリングタイム(秒)	0.41	0.41	0.41	0.40	0.40	0.40	0.41	0.43	0.42	0.41	
				走速度(m/秒)	7.81	7.91	8.04	8.14	8.11	7.94	7.74	7.96	7.89	10.36	
青木益未(環太平洋大)	決勝6位	13.65	+0.2	タッチダウンタイム(秒)	2.65	2.65	3.76	4.85	5.90	6.95	8.00	9.08	10.18	11.30	12.42
				区間タイム(秒)	1.11	1.08	1.05	1.05	1.05	1.08	1.10	1.12	1.12	1.23	
				インターバルランタイム(秒)	0.64	0.61	0.60	0.61	0.61	0.64	0.65	0.66	0.66	0.77	
				ハードリングタイム(秒)	0.47	0.47	0.45	0.44	0.44	0.44	0.45	0.45	0.46	0.46	
				走速度(m/秒)	7.65	7.84	8.09	8.09	8.09	7.89	7.72	7.60	7.58	10.56	

表 6. GGP 川崎 (150510) 女子 100mH

選手名(国籍)	レース	記録	風	ハードル→ 区間→	タイム										
					アプローチ	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	8th	9th	10th
					1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	ライン	
S.ピアソン(AUS)	決勝1位	12.66	+0.9	タッチダウンタイム(秒)	2.57	2.57	3.59	4.58	5.56	6.54	7.51	8.49	9.49	10.49	11.54
				区間タイム(秒)	1.02	0.99	0.98	0.98	0.97	0.98	1.00	1.00	1.04	1.12	
				インターバルランタイム(秒)	0.60	0.57	0.58	0.58	0.57	0.59	0.59	0.58	0.63	0.68	
				ハードリングタイム(秒)	0.42	0.42	0.40	0.40	0.40	0.39	0.40	0.42	0.42	0.44	
				走速度(m/秒)	8.35	8.58	8.69	8.69	8.75	8.64	8.52	8.46	8.14	11.59	
Q.ハリソン(USA)	決勝2位	12.75	+0.9	タッチダウンタイム(秒)	2.62	2.62	3.63	4.63	5.61	6.56	7.52	8.55	9.55	10.58	11.62
				区間タイム(秒)	1.01	1.00	0.97	0.95	0.96	1.03	1.01	1.03	1.03	1.13	
				インターバルランタイム(秒)	0.61	0.60	0.58	0.57	0.58	0.65	0.59	0.63	0.63	0.70	
				ハードリングタイム(秒)	0.41	0.40	0.39	0.38	0.38	0.38	0.42	0.40	0.40	0.43	
				走速度(m/秒)	8.38	8.52	8.72	8.94	8.85	8.27	8.44	8.24	8.22	11.49	
T.ジョーンズ(USA)	決勝3位	12.83	+0.9	タッチダウンタイム(秒)	2.66	2.66	3.72	4.71	5.69	6.68	7.66	8.65	9.65	10.65	11.68
				区間タイム(秒)	1.06	0.99	0.97	0.99	0.98	0.99	1.00	1.00	1.02	1.15	
				インターバルランタイム(秒)	0.63	0.56	0.56	0.59	0.57	0.58	0.59	0.59	0.60	0.74	
				ハードリングタイム(秒)	0.43	0.44	0.41	0.40	0.41	0.41	0.41	0.41	0.42	0.41	
				走速度(m/秒)	8.04	8.55	8.72	8.58	8.69	8.58	8.49	8.46	8.32	11.26	
K.キャストリン(USA)	決勝4位	12.92	+0.9	タッチダウンタイム(秒)	2.63	2.63	3.71	4.73	5.73	6.72	7.69	8.68	9.70	10.70	11.74
				区間タイム(秒)	1.08	1.02	0.99	0.99	0.97	0.98	1.02	1.01	1.03	1.18	
				インターバルランタイム(秒)	0.68	0.61	0.60	0.60	0.58	0.61	0.63	0.61	0.64	0.77	
				ハードリングタイム(秒)	0.40	0.41	0.39	0.39	0.39	0.38	0.39	0.40	0.40	0.41	
				走速度(m/秒)	7.86	8.33	8.55	8.35	8.75	8.64	8.35	8.44	8.22	11.00	
L.アイドレッド(DOM)	決勝5位	13.05	+0.9	タッチダウンタイム(秒)	2.65	2.65	3.72	4.75	5.77	6.76	7.76	8.78	9.81	10.84	11.90
				区間タイム(秒)	1.08	1.03	1.02	0.99	1.00	1.02	1.03	1.03	1.05	1.15	
				インターバルランタイム(秒)	0.66	0.59	0.60	0.57	0.61	0.63	0.62	0.60	0.63	0.71	
				ハードリングタイム(秒)	0.42	0.44	0.42	0.41	0.40	0.39	0.40	0.43	0.43	0.44	
				走速度(m/秒)	7.89	8.27	8.35	8.61	8.46	8.35	8.27	8.22	8.06	11.26	
木村文子(JPN)	決勝6位	13.13	+0.9	タッチダウンタイム(秒)	2.63	2.63	3.68	4.69	5.71	6.74	7.74	8.78	9.82	10.87	11.93
				区間タイム(秒)	1.04	1.01	1.02	1.03	1.01	1.04	1.03	1.05	1.06	1.20	
				インターバルランタイム(秒)	0.61	0.59	0.62	0.62	0.60	0.63	0.63	0.65	0.64	0.79	
				ハードリングタイム(秒)	0.43	0.42	0.40	0.41	0.40	0.40	0.41	0.41	0.42	0.41	
				走速度(m/秒)	8.14	8.41	8.32	8.27	8.44	8.19	8.22	8.06	8.04	10.82	
青木益未(JPN)	決勝7位	13.59	+0.9	タッチダウンタイム(秒)	2.68	2.68	3.75	4.81	5.86	6.90	7.95	9.04	10.13	11.23	12.35
				区間タイム(秒)	1.07	1.05	1.05	1.04	1.05	1.08	1.09	1.10	1.12	1.24	
				インターバルランタイム(秒)	0.60	0.62	0.61	0.61	0.63	0.64	0.63	0.66	0.67	0.77	
				ハードリングタイム(秒)	0.47	0.44	0.44	0.43	0.42	0.44	0.46	0.45	0.45	0.47	
				走速度(m/秒)	7.94	8.06	8.11	8.14	8.06	7.86	7.79	7.70	7.60	10.48	
伊藤愛里(JPN)	決勝8位	13.59	+0.9	タッチダウンタイム(秒)	2.74	2.74	3.86	4.94	6.00	7.04	8.09	9.15	10.23	11.31	12.40
				区間タイム(秒)	1.12	1.09	1.05	1.05	1.04	1.06	1.08	1.08	1.09	1.19	
				インターバルランタイム(秒)	0.71	0.65	0.63	0.65	0.66	0.68	0.68	0.65	0.68	0.76	
				ハードリングタイム(秒)	0.41	0.44	0.42	0.39	0.39	0.38	0.40	0.42	0.41	0.43	
				走速度(m/秒)	7.60	7.81	8.09	8.11	8.14	7.99	7.86	7.89	7.79	10.95	

表 7. 日本選手権 (150627) 女子 100mH

選手名・所属	ラウンド	記録	風	ハードル→ 区間→	タイム										
					アプローチ	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	8th	9th	10th
					1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	ライン	
紫村仁美(佐賀陸協)	決勝1位	13.27	-0.2	タッチダウンタイム(秒)	2.64	2.64	3.69	4.73	5.75	6.80	7.82	8.85	9.92	10.99	12.07
				区間タイム(秒)	1.06	1.04	1.02	1.05	1.02	1.03	1.07	1.06	1.08	1.20	
				インターバルランタイム(秒)	0.62	0.60	0.59	0.62	0.58	0.60	0.65	0.63	0.65	0.75	
				ハードリングタイム(秒)	0.44	0.44	0.43	0.43	0.44	0.43	0.43	0.44	0.44	0.45	
				走速度(m/秒)	8.06	8.18	8.32	8.12	8.32	8.25	7.93	7.99	7.84	10.84	
田中杏梨(甲南大)	決勝2位	13.30	-0.2	タッチダウンタイム(秒)	2.65	2.65	3.69	4.73	5.75	6.77	7.80	8.83	9.88	10.94	12.05
				区間タイム(秒)	1.04	1.04	1.02	1.03	1.03	1.03	1.06	1.06	1.11	1.25	
				インターバルランタイム(秒)	0.60	0.63	0.60	0.62	0.62	0.61	0.65	0.65	0.69	0.81	
				ハードリングタイム(秒)	0.44	0.41	0.41	0.40	0.41	0.41	0.40	0.41	0.42	0.44	
				走速度(m/秒)	8.18	8.18	8.35	8.28	8.28	8.28	8.06	8.02	7.66	10.40	
青木益未(環太平洋大)	決勝3位	13.42	-0.2	タッチダウンタイム(秒)	2.67	2.67	3.71	4.76	5.83	6.87	7.92	8.97	10.04	11.15	12.24
				区間タイム(秒)	1.04	1.05	1.07	1.04	1.06	1.05	1.07	1.11	1.09	1.18	
				インターバルランタイム(秒)	0.57	0.59	0.61	0.58	0.61	0.59	0.61	0.64	0.62	0.72	
				ハードリングタイム(秒)	0.48	0.46	0.45	0.46	0.45	0.45	0.46	0.46	0.47	0.46	
				走速度(m/秒)	8.15	8.09	7.96	8.18	8.02	8.12	7.93	7.69	7.81	10.99	
藤原未来(武庫川女大)	決勝4位	13.46	-0.2	タッチダウンタイム(秒)	2.65	2.65	3.73	4.80	5.86	6.92	7.98	9.03	10.10	11.18	12.29
				区間タイム(秒)	1.08	1.07	1.06	1.06	1.07	1.05	1.07	1.08	1.11	1.17	
				インターバルランタイム(秒)	0.63	0.60	0.60	0.60	0.62	0.60	0.63	0.63	0.66	0.71	
				ハードリングタイム(秒)	0.45	0.47	0.46	0.45	0.45	0.45	0.44	0.45	0.45	0.46	
				走速度(m/秒)	7.87	7.93	8.06	8.06	7.96	8.09	7.96	7.87	7.66	11.12	
へんぷヒル恵(中央大)	決勝5位	13.52	-0.2	タッチダウンタイム(秒)	2.69	2.69	3.77	4.81	5.85	6.89	7.93	8.98	10.05	11.14	12.26
				区間タイム(秒)	1.07	1.05	1.04	1.04	1.04	1.06	1.07	1.09	1.12	1.26	
				インターバルランタイム(秒)	0.63	0.62	0.62	0.61	0.60	0.62	0.64	0.66	0.68	0.79	
				ハードリングタイム(秒)	0.45	0.43	0.42	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.44	0.46	
				走速度(m/秒)	7.93	8.12	8.18	8.18	8.18	8.06	7.96	7.78	7.60	10.34	
清山ちさと(筑波大)	決勝6位	13.57	-0.2	タッチダウンタイム(秒)	2.69	2.69	3.77	4.82	5.88	6.93	7.97	9.02	10.11	11.22	12.35
				区間タイム(秒)	1.08	1.04	1.06	1.05	1.04	1.06	1.09	1.11	1.13	1.22	
				インターバルランタイム(秒)	0.65	0.60	0.63	0.62	0.61	0.63	0.66	0.68	0.68	0.76	
				ハードリングタイム(秒)	0.43	0.45	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.44	0.45	0.45	
				走速度(m/秒)	7.87	8.15	8.02	8.09	8.18	8.06	7.81	7.63	7.52	10.69	
伊藤愛里(住友電工)	決勝7位	13.67	-0.2	タッチダウンタイム(秒)	2.68	2.68	3.78	4.86	5.92	6.99	8.05	9.12	10.21	11.31	12.45
				区間タイム(秒)	1.11	1.08	1.06	1.07	1.06	1.07	1.09	1.11	1.13	1.22	
				インターバルランタイム(秒)	0.70	0.65	0.64	0.66	0.65	0.67	0.68	0.70	0.72	0.79	
				ハードリングタイム(秒)	0.40	0.43	0.42	0.41	0.40	0.40	0.41	0.40	0.41	0.43	
				走速度(m/秒)	7.69	7.87	8.06	7.96	8.02	7.93	7.81	7.69	7.49	10.62	

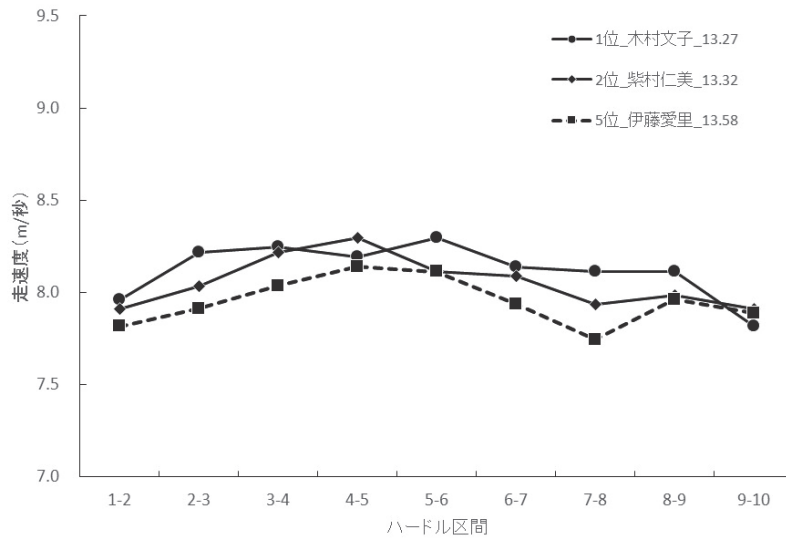


図 5. 女子 100mH レース中の走速度の変化 (静岡国際陸上)

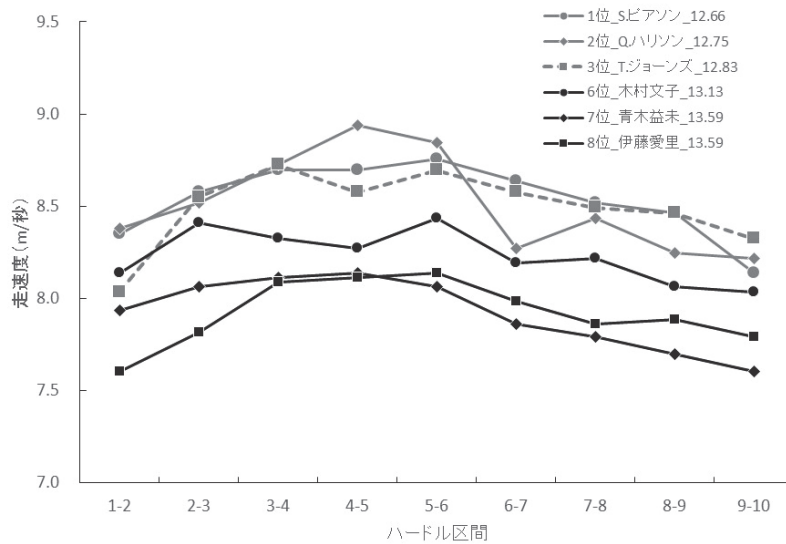


図 6. 女子 100mH レース中の走速度の変化 (GGP 川崎)

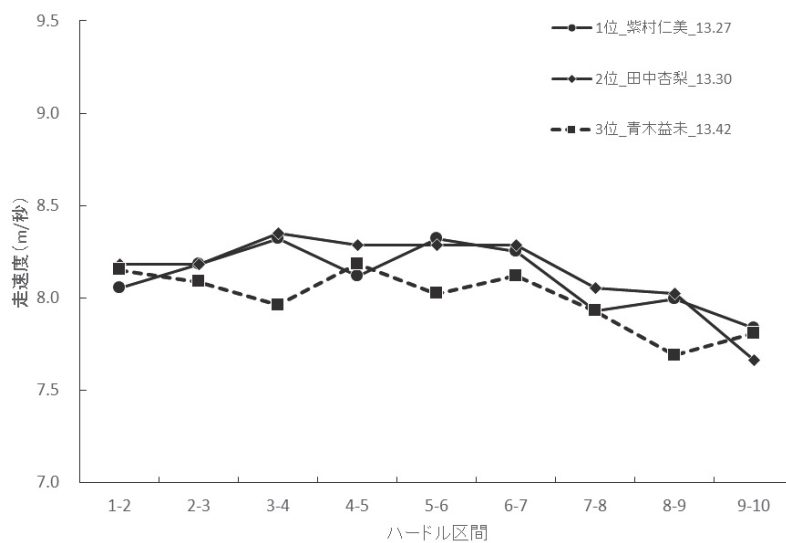


図 7. 女子 100mH レース中の走速度の変化 (日本選手権)

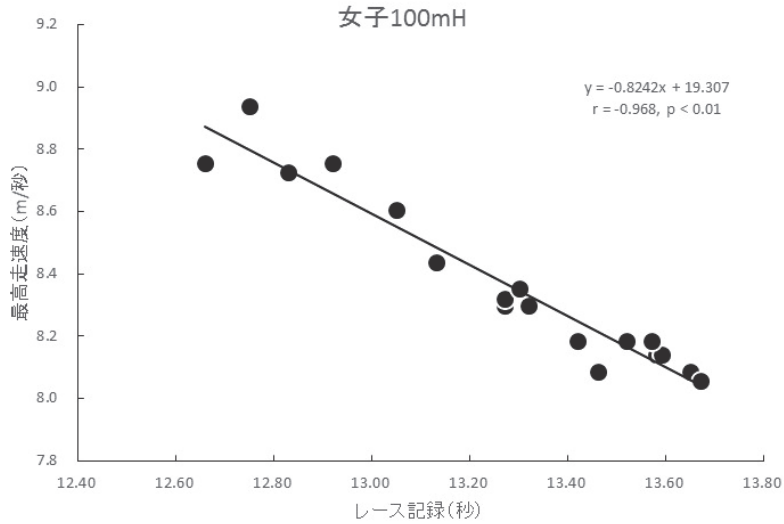


図 8. 女子 100mH レース記録と最高走速度との関係

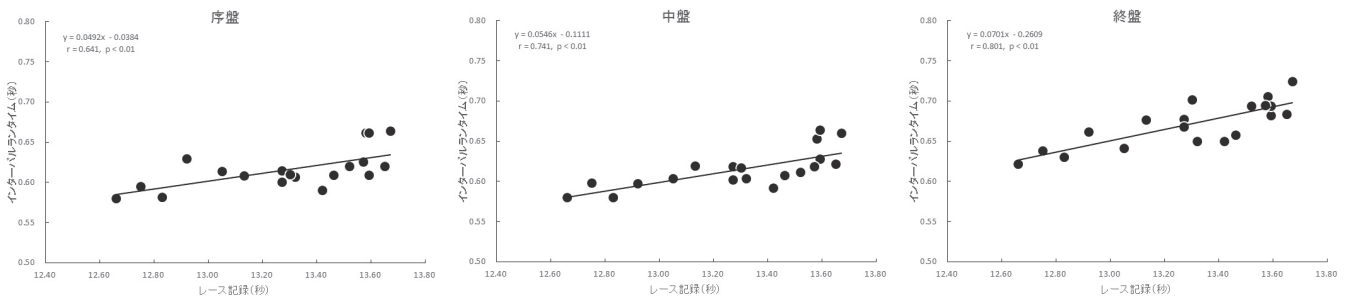


図 9. 女子 100mH レース記録とインターバルランタイムとの関係 左 ; 序盤, 中 ; 中盤, 右 ; 終盤

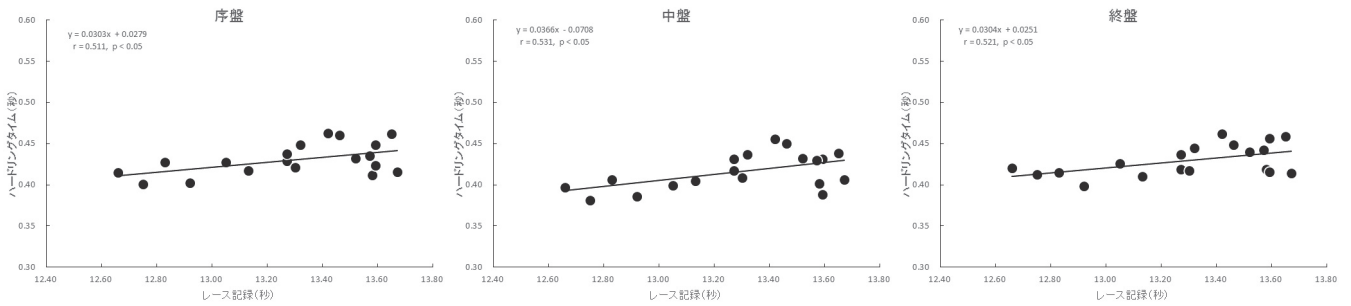


図 10. 女子 100mH レース記録とハードランタイムとの関係 左 ; 序盤, 中 ; 中盤, 右 ; 終盤

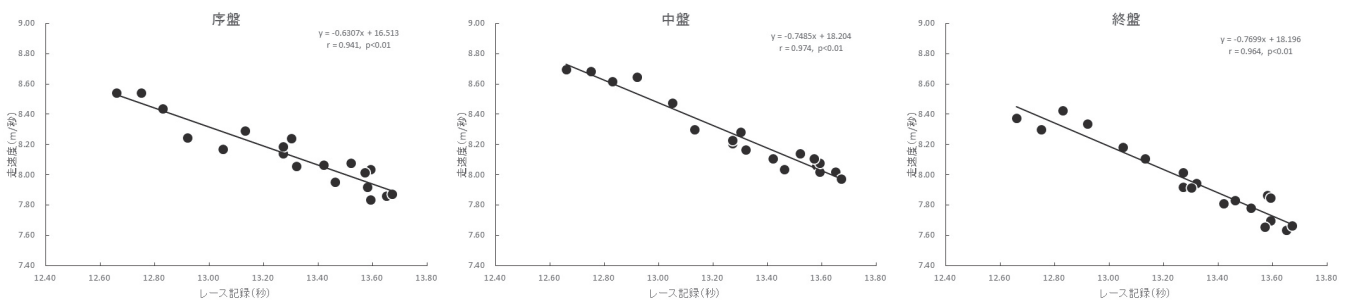


図 11. 女子 100mH レース記録と平均走速度との関係 左 ; 序盤, 中 ; 中盤, 右 ; 終盤

2015年における日本および世界一流200m選手のレース分析

高橋恭平¹⁾ 広川龍太郎²⁾ 松林武生³⁾ 小林海⁴⁾ 松尾彰文⁵⁾ 柳谷登志雄⁶⁾
山元康平⁷⁾

1) 熊本高等専門学校 2) 東海大学 3) 国立スポーツ科学センター
4) 日本スポーツ振興センター 5) 鹿屋体育大学 6) 順天堂大学 7) 筑波大学大学院

1. はじめに

本報告では、2015年日本陸上競技連盟科学委員会の活動として行われた国内外対象の主要競技会における200mレース分析結果から、疾走速度、ピッチ、ストライドを中心に言及する。

2. 方法

2-1. 対象競技会

対象競技会は下記4競技会とし、レース測定および分析を行った。

- ・第49回織田幹雄記念国際陸上競技大会（以下、織田記念、2015年4月18日～19日）
- ・セイコーゴールデングランプリ陸上2015川崎（以下、SGG、2015年5月10日）
- ・第99回日本陸上競技選手権大会（以下、日本選手権、2015年6月26日～28日）
- ・第15回世界陸上競技選手権（以下、世界選手権、2015年8月22日～30日）

2-2. 対象選手

対象選手は競技会毎に下記のとおりである。

- ・織田記念：男女200mA決勝進出者15名（男子7名、女子8名）
- ・SGG：男女200m決勝進出者16名（男子8名、女子8名）
- ・日本選手権：男女200m決勝進出者17名（男子9名、女子8名）
- ・世界選手権：男女200mに出場した日本選手、アジア選手、およびメダリスト（男子8名、女子4名）

2-3. 測定方法

200mレースの測定は、液晶デジタルビデオカメ

ラ Lumix (DMC-FZ200、Panasonic、JAPAN) およびスポーツコーチングカメラシステム (GC-LJ25B システム、JVC、JAPAN) を7～9台用いて、主に競技場内の観覧スタンドから映像をハイスピード撮影することで実施された。カメラの撮影速度は239.76fps (≒240fps) とし、各撮影ポイント (表1) においてそのレースに出場している全選手 (全レーン) が入る画角を設定した。

測定スタッフは20m、55m、80m、100m、120m、150m、180m付近の延長上、観覧スタンドから撮影するためにそれぞれ配置された。レースの撮影は、スターターのピストル閃光を撮影した後、全選手がゴールするまでパニング撮影を行った。

2-4. 分析方法

分析を実施したレースは、織田記念男女200mA決勝、SGG男女200m決勝、日本選手権男女200m決勝、世界選手権における日本代表選手、アジア選手および男女メダリストが出場した全レースであった。映像分析には映像再生・編集ソフト (QuickTimePro7、

表1. 撮影 (測定) 地点

撮影地点	グラウンドマーカー
20m	400mハードル 6台目
55m	400mハードル 7台目
80m	400mハードル 8台目 400mリレー 4走ブルーライン
100m	400mリレー 3走→4走の テイクオーバーゾーンの中心
121.5m	100mハードル 2台目
149.42m	110mハードル 6台目
181m	100mハードル 9台目

表 2. 各区間におけるピッチの分析歩数

区間	分析歩数
スタート (0m) - 20m	10 歩
20m - 55m	12 歩
55m - 80m	8 歩
80m - 100m	6 歩
100m - 121.5m	6 歩
121.5m - 149.42m	8 歩
149.42m - 181m	8 歩
181m - フィニッシュ (200m)	6 歩

Apple、USA) によるコマ (フレーム) 表示機能を用い、まず、全測定ポイントから撮影した映像において、スターターのピストル閃光をゼロフレームに編集した。

2-4-1. 通過タイムおよび区間平均速度

通過タイムは各分析ポイントを選手の胴体部分が通過した時点のフレーム数から求め、さらに、区間平均速度 (以下、区間速度) の算出を行った。

2-4-2. 速度逓減率

速度逓減率は、最高速度から低下した速度の割合を示す指標である。下に示す計算式により求めた。

$$([181\text{m} - 200\text{m} \text{ 区間速度}] \div [\text{最高速度}] \times 100) - 100$$

2-4-3. 区間平均ピッチおよび区間平均ストライド

区間平均ピッチ (以下、ピッチ) および区間平均ストライド (以下、ストライド) は、世界選手権のみ分析を行った。

ピッチは、各区間の分析ポイント通過後最初の1歩をゼロ歩として、計6~12歩 (表2) に要した時間のフレーム数から、1秒あたりのピッチを算出した。

ストライドは、2-4-1で求めた区間速度をピッチで除すことにより求めた。

3. 結果

図1は本研究の分析対象全レースにおけるフィニッシュタイムと最高速度の関係を示している。男女共に、最高速度はフィニッシュタイムと有意な相関関係が認められた ($p < 0.01$)。一方、速度逓減率はフィニッシュタイムと有意な相関関係が認められなかった。

以下より、対象競技会別に述べる (全結果の詳細は参考資料を参照)。

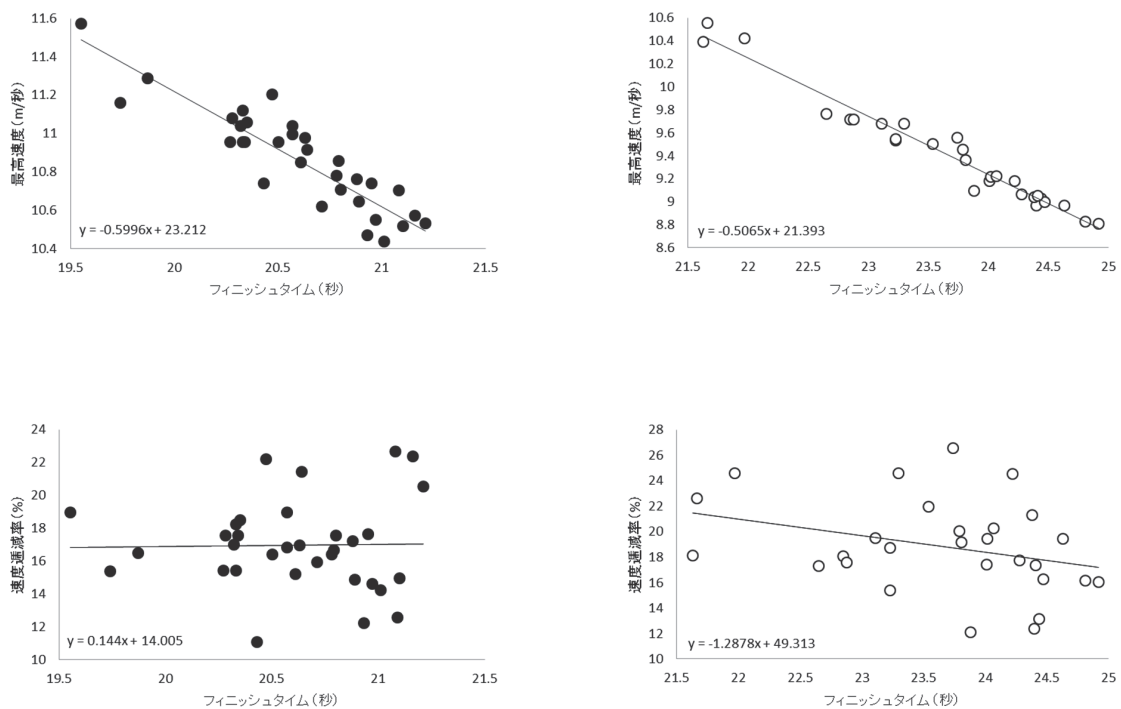


図 1. 2015 年分析対象全レースにおけるフィニッシュタイムと最高速度 (上)・速度逓減率 (下) の関係 (左側●: 男子 右側○: 女子)

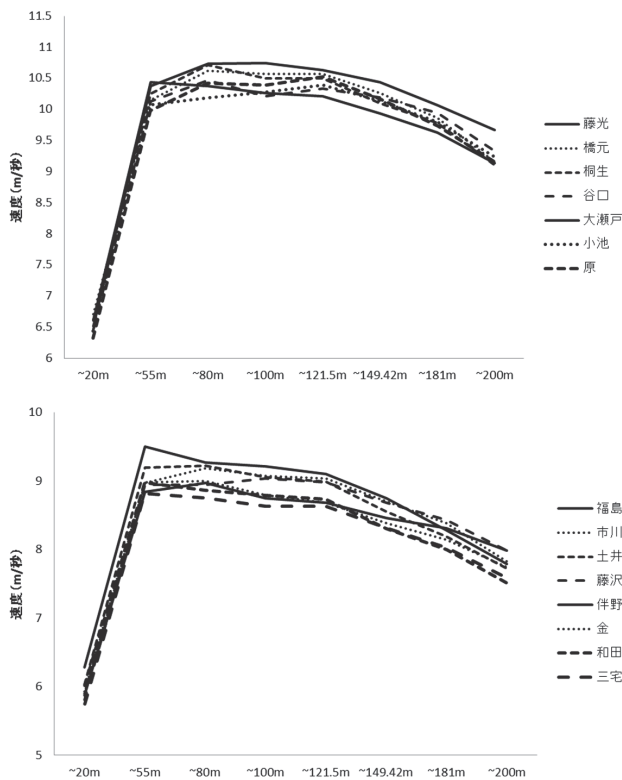


図2. 織田記念における男子（上）および女子（下）の速度変化

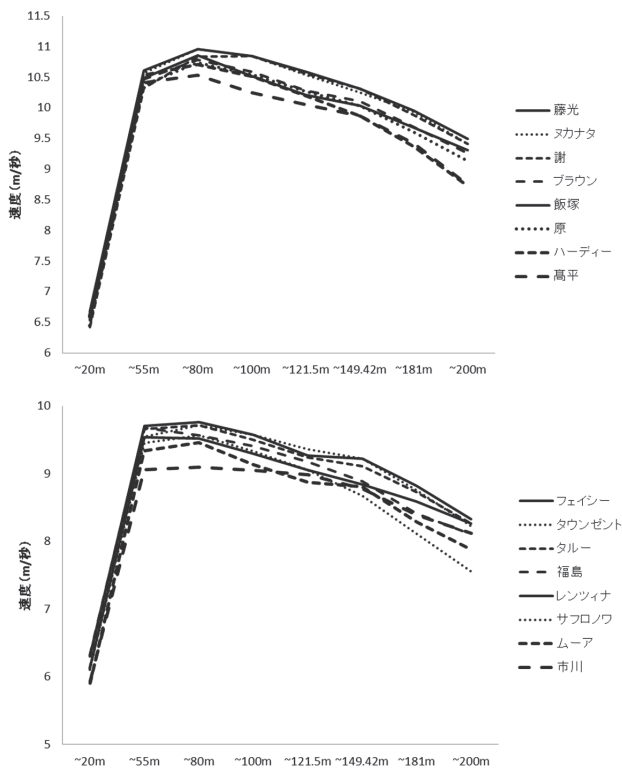


図3. SGGにおける男子（上）および女子（下）の速度変化

3-1. 織田記念

図2は織田記念の男女200mA決勝の区間速度の変化を示したものである。

男子200mA決勝において最高速度が最も高かったのは1位の藤光選手で10.74m/秒で、さらに、速度逓減率もファイナリスト全体で最も低い11.07%であった。一方、2位の橋本選手と3位の桐生選手は最高速度が共に10.6m/秒を超えながらも、速度逓減率がおよそ16～17%以上であった。最高速度の出現区間は55m－80m区間が7名中3名と最も多かったが、選手により様々であった。最高速度の平均値は10.56m/秒で、速度逓減率は14.08%であった。女子200mA決勝において最高速度が最も高かったのは1位の福島選手で9.50m/秒であったが、速度逓減率はファイナリスト全体で最も高い21.95%であった。最高速度の出現区間は55m－80m区間が8名中4名と最も多く、次いで20m－55m区間が3名、藤沢選手のみ80m－100m区間であった。最高速度の平均値は9.09m/秒で、速度逓減率は17.02%であった。

3-2. SGG

図3はSGGの男女200m決勝の区間速度の変化を示したものである。

男子200m決勝において最高速度が最も高かったのは1位の藤光選手および2位のヌカナタ選手、共に10.96m/秒で、さらに、藤光選手の速度逓減率は3位の謝選手に次いで2番目に低い15.44%であった。最高速度の平均値は10.80m/秒で、速度逓減率は17.63%であった。

女子200m決勝において最高速度が最も高かったのは1位のフェイシー選手で9.76m/秒で、日本人1位の福島選手より0.08m/秒高かった。また、フェイシー選手の速度逓減率は17.30%で、全体の3番目に低い速度逓減率であった。一方、福島選手は全体の3番目に高い速度逓減率であった(19.50%)。最高速度の平均値は9.56m/秒で、速度逓減率は18.32%であった。

3-2. 日本選手権

図4は日本選手権の男女200m決勝の区間速度の変化を示したものである。

男子200m決勝において最高速度が最も高かったのは1位の藤光選手および3位の高瀬選手、共に11.04m/秒で、分析した国内レース（織田記念、SGG）と比較して最も高かった。また、最高速度出現区間は、全選手において55-80m区間であった。

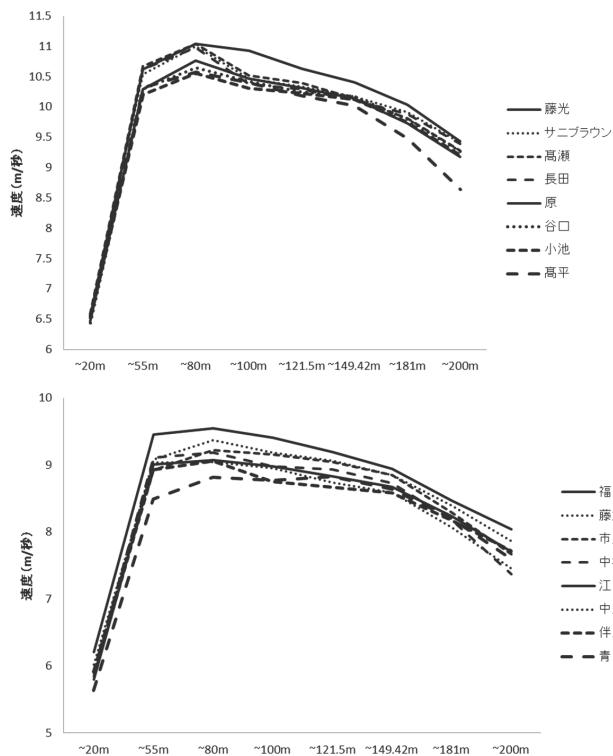


図4. 日本選手権における男子(上)および女子(下)の速度変化

速度逓減率が最も低かったのは、7位の小池選手で14.61%であった。一方、1位の藤光選手は8人中5番目に低い速度逓減率で(17.02%)、分析した国内

レース(織田記念、SGG)と比較して最も高かった。最高速度の平均値は10.82m/秒で、速度逓減率は17.35%であった。

女子200m決勝において最高速度が最も高かったのは1位の福島選手で9.54m/秒であった。また、最高速度出現区間は、8位の青山選手を除く7名の全選手において55-80m区間であった。速度逓減率が最も低かったのは8位の青山選手(16.15%)で、1位の福島選手は全選手中4番目の18.72%であった。最高速度の平均値は9.16m/秒で、速度逓減率は19.41%であった。

3-3. 世界選手権

図5~9は世界選手権の日本代表選手および男子アジア選手、男子メダリストの200m全レース、女子200mメダリストの決勝における区間速度とピッチおよびストライドの変化を示したものである。全分析対象者(レース)に共通して、最高速度の出現区間が55-80m区間であった。

3-3-1. 藤光謙司選手

藤光選手の予選における最高速度は11.08m/秒で、本研究において我々が分析した藤光選手のレース中で最高値であった。速度変化パターンは、予選と準決勝においてほぼ同様であった(図5)。ピッチとストライドは予選と準決勝において類似した変化を示したが、スタート-20m区間のピッチにおい

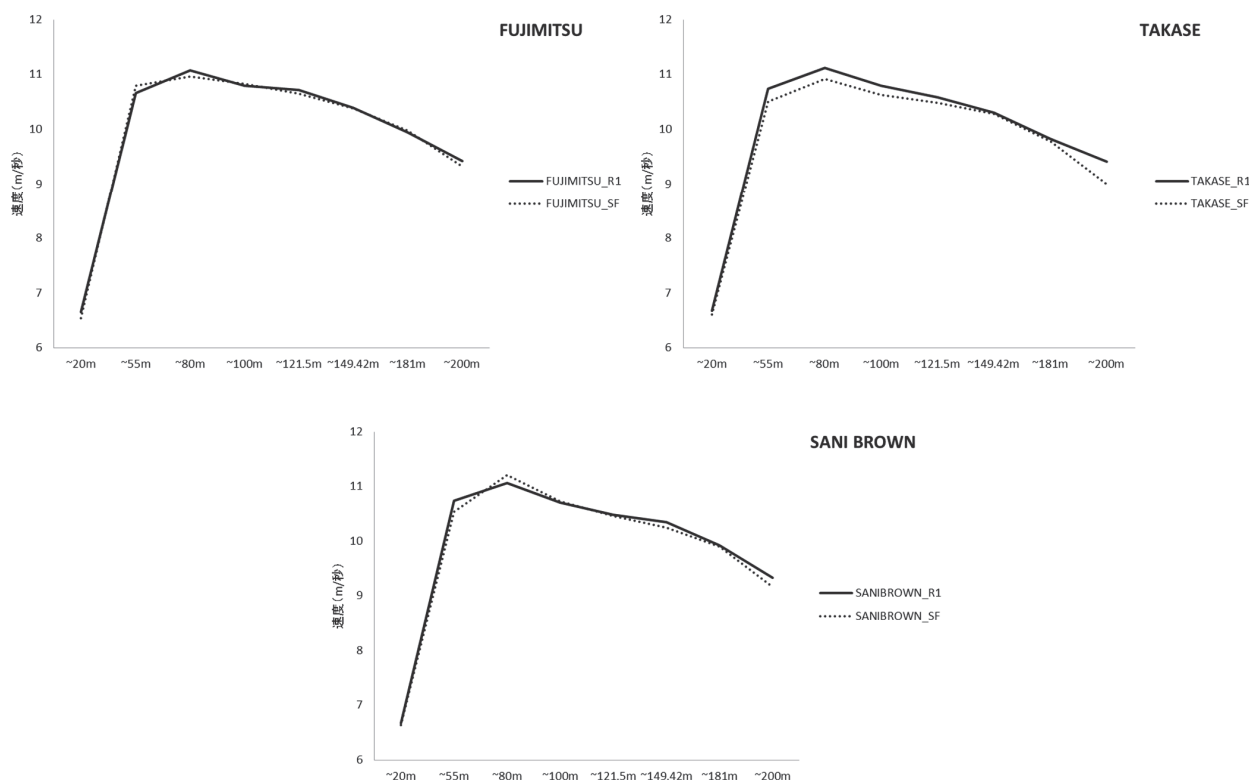


図5. 世界選手権における男子日本代表選手の速度変化

て、準決勝は予選よりやや高く、181m-200m 区間のピッチにおいて、予選が準決勝よりやや高かった(図6)。

3-3-2. 高瀬慧 選手

高瀬選手の予選における最高速度は11.12m/秒で、本研究において我々が分析した高瀬選手のレース中で最高値であった。疾走速度は、121.5m-181m 区間以外の全ての区間において、予選が準決勝より高かった(図5)。ピッチは、スタート-20m 区間において、予選が準決勝よりやや高く、その後100m-121.5m 区間辺りまではほぼ類似しているが、それ以降、特に181m-フィニッシュ区間において準決勝は予選より低かった(図6)。

3-3-3. サニブラウンハキーム 選手

サニブラウン選手の準決勝における最高速度は予選(11.06m/秒)より高く11.20m/秒で、この最高速度は、本研究において我々が分析した日本人レースにおいて最高値であった。疾走速度は、20m-55m 区間と121.5m-149.42m 区間、181m-200m 区間において、予選が準決勝より高く、55m-80m 区間において、準決勝が予選より高かった(図5)。ピッチとストライドは予選と準決勝においてほぼ類似した変化を示したが、20m-80m 区間におけるピッチは準決勝が予選よりやや高かった。一方、ストライドは20m-55m 区間において予選が準決勝よりやや高かった(図6)。

3-3-4. Usain BOLT 選手

BOLT 選手の最高速度はいずれも55m-80m 区間で出現しており、それぞれ、予選11.29m/秒、準決勝11.20m/秒、決勝11.57m/秒であった。決勝の最高速度は我々が分析した全レースにおいて最高値であった(図7)。ピッチとストライドの変化から、それぞれのラウンドにおいて大きな違いがあることが分かる。予選と準決勝におけるスタート-80m 区間のピッチは、ほぼ類似した変化を示しているが、準決勝においてはそれ以降の区間で予選より高いピッチを示している。決勝においては最高速度やピッチの変化から観察できるとおり、予選および準決勝とは全く違うレースを展開していることが分かる(図8)。

3-3-5. Justin GATLIN 選手

GATLIN 選手の最高速度はいずれも55m-80m 区間で出現しており、それぞれ、予選11.02m/秒、準決勝11.20m/秒、決勝11.16m/秒であった(図7)。GATLIN 選手のピッチは、スタート-80m 区間までほぼ同じで、それ以降、予選、準決勝、決勝のラウンド順で高くなっている(図8)。

3-3-6. Anaso JOBODWANA 選手

JOBODWANA 選手の最高速度はいずれも55m-80m 区間で出現しており、それぞれ、予選11.14m/秒、準決勝11.12m/秒、決勝は銀メダルのGATLIN 選手を上回る11.29m/秒であった。予選と準決勝の速度は、スタート-100m 区間までほぼ同じで、それ以降、予選はゴールに至るまで緩やかに漸減したが、準決勝の速度は決勝時とほぼ同じ変化を示した(図7)。JOBODWANA 選手のピッチは、100m 以降、予選、準決勝、決勝のラウンド順で高くなっている(図8)。

3-3-7. Femi OGUNODE 選手

今季好調であったカタールのOGUNODE 選手は、世界選手権後ブリュッセルで19.97秒(-0.4m/s)のアジア記録を樹立した。世界選手権で7位入賞したOGUNODE 選手の最高速度は、それぞれ、予選11.12m/秒、準決勝11.10m/秒、決勝10.96m/秒であった。予選と決勝の最高速度は0.16m/秒の差があるものの、80m 以降はほぼ同じ変化を示した。一方、準決勝では、予選と準決勝とは異なり、80m-181m 区間の速度が高かった(図7)。ピッチとストライドは、それぞれのラウンドで顕著な差異は認められなかった(図8)。

3-3-8. 福島千里 選手と子メダリスト3 選手

福島選手の予選の最高速度は、今季日本最高となる23.11秒を記録したSGG 時の最高速度と並ぶ9.68m/秒で、我々が分析した福島選手の今季全レースにおいて最も高かった。優勝したSCHIPPERS 選手の最高速度はメダリストの中では10.39m/秒と最も低いものの、圧倒的に低い速度逡減率(18.13%)が顕著であった(図9上)。また、福島選手のピッチは、メダリストを上回る程であるが、一方、ストライドは、特に55m 以降においてメダリストと比較して低くなっていることが分かる。SCHIPPERS 選手のピッチは、コーナー区間で福島選手や他メダリストより顕著に低くなっているが、それ以降は他メダリストと類似したピッチとなっている。一方、ストライドは、福島選手や他メダリストと比較して終始高い水準を保持していることが分かる(図9下)。

4. まとめ

2015年における日本および世界一流200m 選手のレースを分析した結果、次のことが明らかとなった。

- ・最高速度はフィニッシュタイムと有意な相関関係がある。一方、速度逡減率においては認められなかった。
- ・我々の今回の分析対象レースにおいて男子最高タ

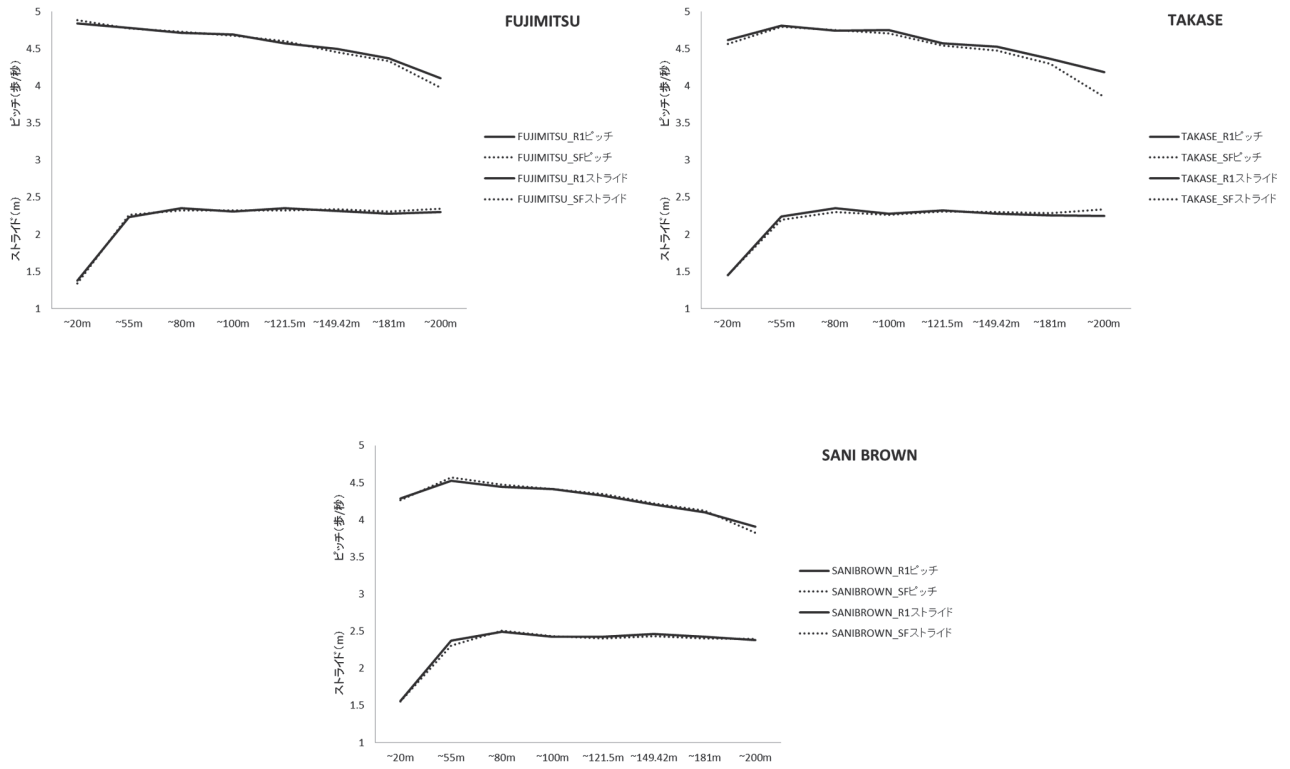


図 6. 世界選手権における男子日本代表選手のピッチおよびストライド変化

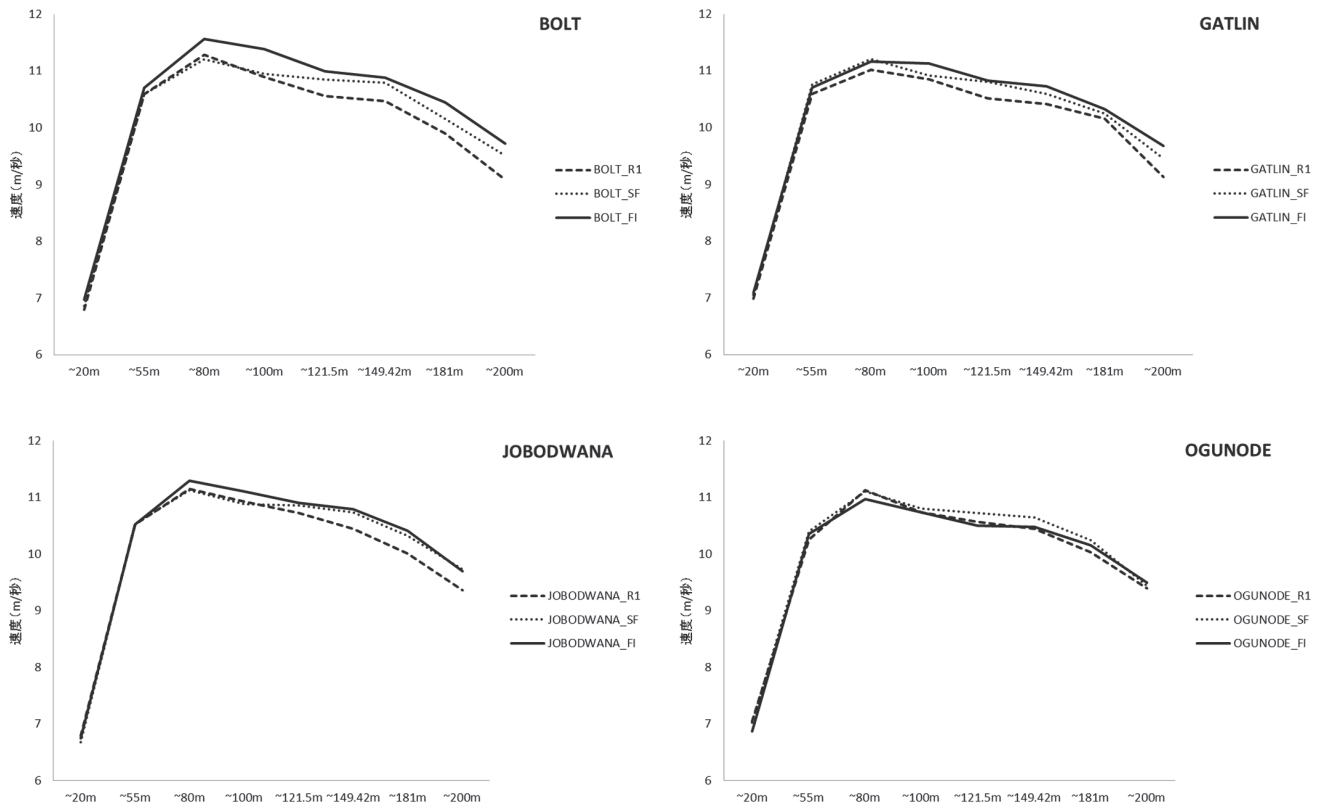


図 7. 世界選手権における男子メダリストと OGUNODE 選手の速度変化

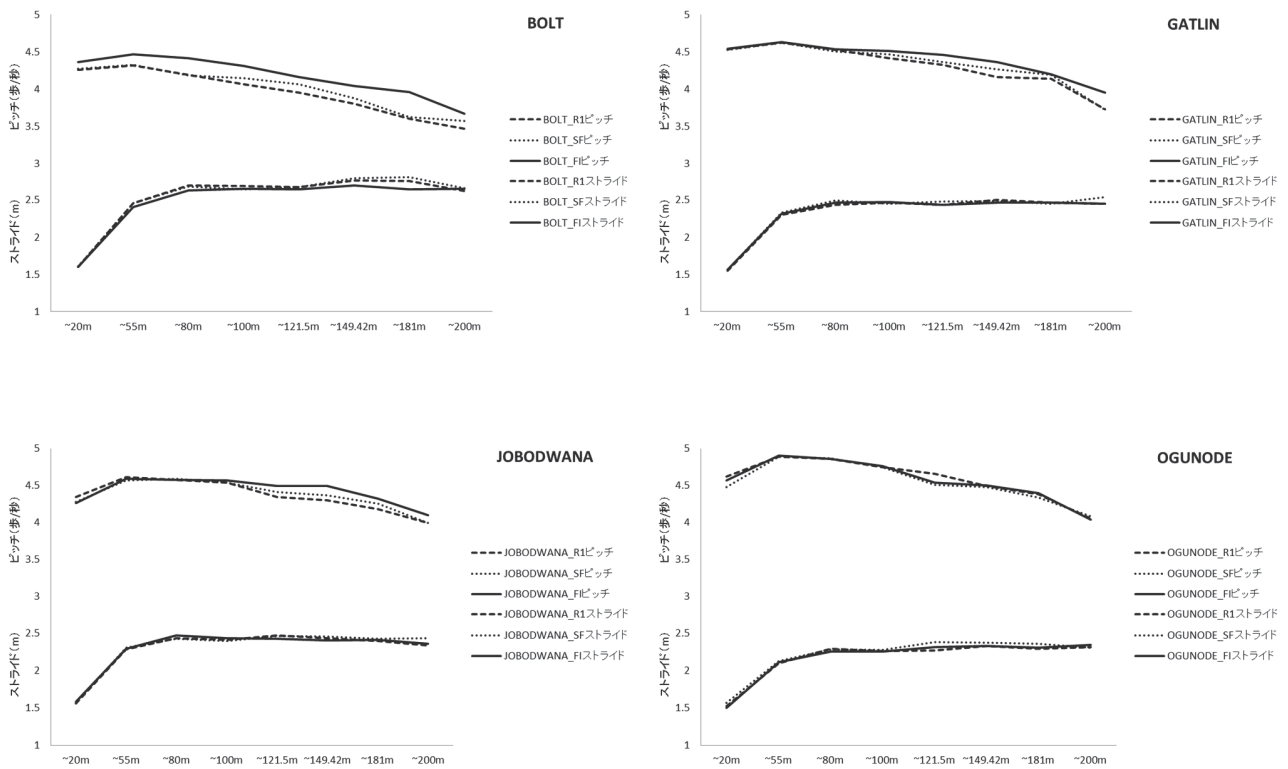


図 8. 世界選手権における男子メダリストと OGUNODE 選手のピッチおよびストライド変化

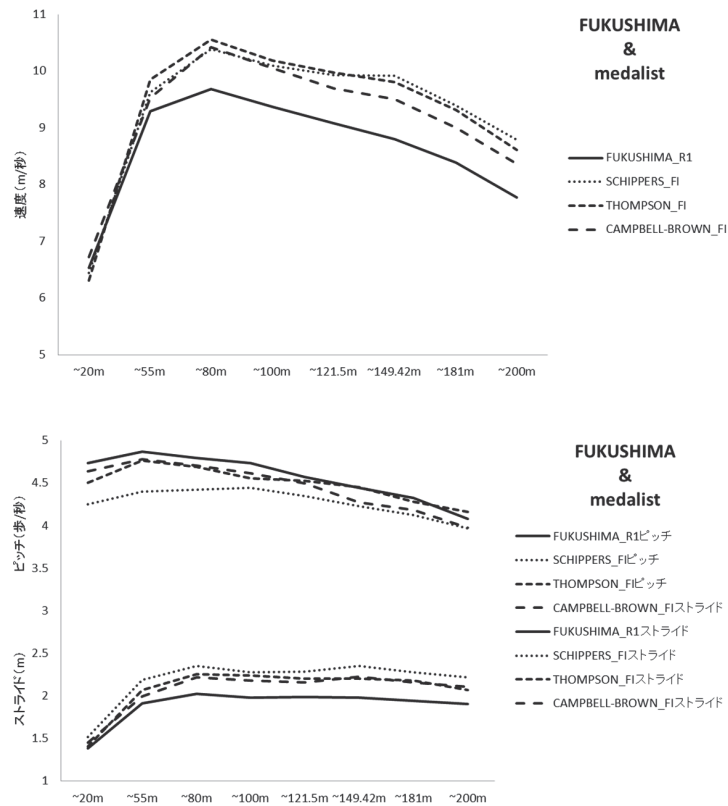


図 9. 世界選手権における FUKUSHIMA 選手と女子メダリストの速度（上）およびピッチ・ストライド変化（下）

イムは世界選手権決勝時の BOLT 選手の 19.55 秒で、その時の最高速度は 11.57m/秒であった。同じく日本人男子最高タイムは、世界選手権予選時の藤光選手の 20.28 秒で、その時の最高速度は 11.08m/秒であった。一方、女子最高タイムは世界選手権決勝時の SCHIPPERS 選手の 21.63 秒で、その時の最高速度は 10.39m/秒であった。同じく日本人女子最高タイムは、SGG 決勝時の福島選手の 23.11 秒で、その時の最高速度は 9.68m/秒であった。

- ・最高速度出現区間は、多くの選手において 55m-80m 区間であった。

- ・速度逡減率では日本一流選手は世界一流選手と比較して対等であるが、最高速度においては顕著な差がある。

- ・世界一流男子選手のピッチおよびストライドの変化から、特に BOLT 選手はラウンド毎に走り方を大きく変えていることが分かる。GATLIN 選手と JOBODWANA 選手はコーナー区間において全てのラウンドで同様であるが、直線区間はラウンド毎に調整していることが観える。

参考資料

第49回織田幹雄記念国際陸上競技大会 @ 広島広域公園陸上競技場(エディオンスタジアム広島)
 男子 200m A決勝
 2015/4/18 17:25 (風速 +1.5 m/s)

順位 レーン	選手名 (所属)	記録(秒)	最高速度(m/秒) 到達地点	速度遅減率(%)	通過タイム(秒)									
					0m ~ 20m	20m ~ 55m	55m ~ 80m	80m ~ 100m	100m ~ 121.5m	121.5m ~ 149.42m	149.42m ~ 181m	181m ~ 200m		
1位 5レーン	藤光 謙司 (ゼンリン)	20.43	10.74 80-100m	11.07	3.07	6.44	8.77	10.63	12.65	15.33	18.46	20.43		
					6.52	10.37	10.73	10.74	10.63	10.44	10.07	9.67		
2位 3レーン	橋元 晃志 (早稲田大)	20.71	10.62 55-80m	15.94	2.98	6.43	8.79	10.63	12.65	15.33	18.46	20.43		
					6.71	10.15	10.62	10.57	10.57	10.26	9.86	9.16		
3位 6レーン	桐生 祥秀 (東洋大)	20.80	10.71 55-80m	17.56	3.02	6.44	8.77	10.67	12.72	15.49	18.71	20.80		
					6.62	10.25	10.71	10.50	10.50	10.10	9.78	9.11		
4位 7レーン	谷口 耕太郎 (中央大)	20.93	10.47 55-80m	12.22	3.09	6.55	8.94	10.89	12.97	15.72	18.89	20.93		
					6.46	10.13	10.47	10.21	10.33	10.19	9.94	9.33		
5位 2レーン	大瀬戸 一馬 (法政大)	21.01	10.44 20-55m	14.22	3.02	6.38	8.79	10.74	12.84	15.65	18.93	21.01		
					6.61	10.44	10.38	10.26	10.21	9.93	9.63	9.14		
6位 1レーン	小池 祐貴 (慶應義塾大)	21.09	10.39 100-121.5m	12.57	3.11	6.58	9.04	10.98	13.05	15.81	19.03	21.09		
					6.44	10.07	10.19	10.28	10.39	10.13	9.80	9.23		
7位 8レーン	原 翔太 (スズキ浜松AC)	21.1	10.52 100-121.5m	14.97	3.16	6.67	9.07	10.99	13.04	15.78	19.02	21.10		
					6.33	9.98	10.42	10.39	10.52	10.17	9.74	9.15		

女子 200m A決勝
 2015/4/18 17:10 (風速 +1.7 m/s)

順位 レーン	選手名 (所属)	記録(秒)	最高速度(m/秒) 到達地点	速度遅減率(%)	通過タイム(秒)									
					0m ~ 20m	20m ~ 55m	55m ~ 80m	80m ~ 100m	100m ~ 121.5m	121.5m ~ 149.42m	149.42m ~ 181m	181m ~ 200m		
1位 4レーン	福島 千里 (北海道ハイテクAC)	23.54	9.50 20-55m	21.95	3.18	6.87	9.56	11.73	14.09	17.29	21.10	23.54		
					6.28	9.50	9.27	9.21	9.10	8.74	8.28	7.79		
2位 6レーン	市川 華菜 (ミズノ)	24.01	9.18 55-80m	17.39	3.39	7.29	10.02	12.22	14.60	17.81	21.58	24.01		
					5.90	8.97	9.18	9.07	9.03	8.70	8.38	7.82		
3位 5レーン	土井 杏南 (大東文化大)	24.02	9.22 55-80m	19.43	3.32	7.12	9.84	12.05	14.44	17.71	21.56	24.02		
					6.03	9.19	9.22	9.05	8.99	8.55	8.19	7.72		
4位 3レーン	藤沢 沙也加 (セレスポ)	24.44	9.03 80-100m	13.16	3.45	7.37	10.16	12.37	14.77	17.98	21.73	24.11		
					5.80	8.94	8.94	9.03	8.98	8.68	8.43	7.98		
5位 8レーン	伴野 里緒 (七十七銀行)	24.40	8.97 55-80m	12.41	3.41	7.37	10.15	12.44	14.92	18.22	22.02	24.40		
					5.87	8.84	8.97	8.74	8.68	8.46	8.31	7.98		
6位 7レーン	金 岷志 (韓国)	24.47	9.00 55-80m	16.28	3.38	7.27	10.05	12.33	14.80	18.13	22.01	24.47		
					5.92	8.98	9.00	8.79	8.68	8.38	8.14	7.74		
7位 1レーン	和田 麻希 (ミズノ)	24.63	8.97 20-55m	19.44	3.33	7.23	10.05	12.33	14.79	18.16	22.10	24.63		
					6.01	8.97	8.86	8.79	8.73	8.30	8.00	7.51		
8位 2レーン	三宅 奈緒香 (住友電工)	24.92	8.81 20-55m	16.07	3.48	7.45	10.31	12.63	15.12	18.48	22.42	24.92		
					5.74	8.81	8.75	8.63	8.63	8.31	8.02	7.59		

セイコーゴールデングランプリ陸上2015川崎 @ 川崎市等々力陸上競技場
男子 200m 決勝
2015/5/10 15:05 (風速 -0.5 m/s)

順位 レーン	選手名 (所属)	記録(秒)	最高速度(m/秒) 到達地点	速度遅減率(%)	0m ~ 20m	20m ~ 55m	55m ~ 80m	80m ~ 100m	100m ~ 121.5m	121.5m ~ 149.42m	149.42m ~ 181m	181m ~ 200m
1位 6レーン	藤光 謙司 (ゼンリン)	20.33	10.96 55-80m	15.44	通過タイム(秒) 2.99	6.29	8.58	10.42	12.45	15.16	18.33	20.33
					区間速度(m/秒) 6.68	10.61	10.96	10.85	10.59	10.32	9.95	9.49
2位 5レーン	カルビン ヌカナタ (ケニア)	20.50	10.96 55-80m	16.40	通過タイム(秒) 3.10	6.41	8.70	10.54	12.58	15.30	18.48	20.50
					区間速度(m/秒) 6.45	10.57	10.96	10.85	10.54	10.25	9.93	9.41
3位 8レーン	謝 震業 (中国)	20.61	10.85 80-100m	15.23	通過タイム(秒) 3.11	6.50	8.81	10.65	12.69	15.40	18.59	20.61
					区間速度(m/秒) 6.43	10.32	10.84	10.85	10.55	10.32	9.88	9.41
4位 3レーン	ジャーメーン ブラウン (ジャマイカ)	20.78	10.78 55-80m	16.39	通過タイム(秒) 3.06	6.41	8.73	10.61	12.71	15.47	18.73	20.78
					区間速度(m/秒) 6.53	10.46	10.78	10.59	10.28	10.11	9.69	9.26
5位 7レーン	飯塚 翔太 (ミズノ)	20.79	10.86 55-80m	16.66	通過タイム(秒) 3.06	6.39	8.70	10.60	12.70	15.49	18.75	20.79
					区間速度(m/秒) 6.54	10.49	10.86	10.52	10.22	10.03	9.68	9.31
6位 2レーン	原 翔太 (スズキ浜松AC)	20.95	10.74 55-80m	17.66	通過タイム(秒) 3.10	6.48	8.80	10.70	12.80	15.58	18.87	20.95
					区間速度(m/秒) 6.45	10.37	10.74	10.54	10.27	10.03	9.60	9.13
7位 4レーン	プレッツェル ハーディー (アメリカ)	21.08	10.70 55-80m	22.68	通過タイム(秒) 3.03	6.36	8.69	10.59	12.70	15.53	18.90	21.08
					区間速度(m/秒) 6.60	10.53	10.70	10.52	10.20	9.87	9.37	8.72
8位 1レーン	高平 慎士 (富士通)	21.21	10.53 55-80m	20.55	通過タイム(秒) 3.03	6.39	8.76	10.71	12.85	15.68	19.04	21.21
					区間速度(m/秒) 6.60	10.41	10.53	10.25	10.06	9.87	9.42	8.74

10.80 17.63

女子 200m 決勝
2015/5/10 16:47 (風速 +1.0 m/s)

順位 レーン	選手名 (所属)	記録(秒)	最高速度(m/秒) 到達地点	速度遅減率(%)	0m ~ 20m	20m ~ 55m	55m ~ 80m	80m ~ 100m	100m ~ 121.5m	121.5m ~ 149.42m	149.42m ~ 181m	181m ~ 200m
1位 4レーン	シモーン フェイシー (ジャマイカ)	22.65	9.76 55-80m	17.30	通過タイム(秒) 3.18	6.79	9.35	11.44	13.76	16.79	20.37	22.65
					区間速度(m/秒) 6.29	9.70	9.76	9.57	9.26	9.22	8.82	8.32
2位 5レーン	ティファニー タウンゼント (アメリカ)	22.85	9.71 55-80m	18.08	通過タイム(秒) 3.28	6.94	9.52	11.61	13.90	16.93	20.54	22.85
					区間速度(m/秒) 6.10	9.55	9.71	9.57	9.36	9.22	8.76	8.23
3位 2レーン	マリージョゼ タルー (コートジボワール)	22.88	9.71 55-80m	17.57	通過タイム(秒) 3.26	6.89	9.46	11.57	13.89	16.96	20.58	22.88
					区間速度(m/秒) 6.13	9.66	9.71	9.50	9.23	9.11	8.72	8.26
4位 6レーン	福島 千里 (北海道ハイテクAC)	23.11	9.68 20-55m	19.50	通過タイム(秒) 3.17	6.78	9.40	11.52	13.87	17.01	20.76	23.11
					区間速度(m/秒) 6.32	9.68	9.56	9.40	9.18	8.88	8.41	8.10
5位 3レーン	エカテリーナ レンツィナ (ロシア)	23.23	9.54 20-55m	15.39	通過タイム(秒) 3.27	6.94	9.57	11.72	14.09	17.25	20.93	23.23
					区間速度(m/秒) 6.12	9.54	9.51	9.29	9.06	8.84	8.59	8.26
6位 7レーン	オリガ サフロノフ (カザフスタン)	23.74	9.56 55-80m	26.56	通過タイム(秒) 3.27	6.98	9.59	11.74	14.11	17.33	21.22	23.74
					区間速度(m/秒) 6.11	9.45	9.56	9.33	9.06	8.67	8.11	7.55
7位 1レーン	ラショーンティアー ムーア (アメリカ)	23.79	9.45 55-80m	20.02	通過タイム(秒) 3.39	7.14	9.78	11.97	14.39	17.56	21.38	23.79
					区間速度(m/秒) 5.91	9.33	9.45	9.13	8.87	8.81	8.28	7.88
8位 8レーン	市川 華菜 (ミズノ)	23.88	9.10 55-80m	12.11	通過タイム(秒) 3.37	7.24	9.99	12.20	14.59	17.77	21.54	23.88
					区間速度(m/秒) 5.93	9.05	9.10	9.05	8.98	8.78	8.39	8.11

9.56 18.32

第99回日本陸上競技選手権大会 @ デンカビッグスワンスタジアム
 男子 200m 決勝
 2015/6/27 17:50 (風速 +0.8 m/s)

順位 レーン	選手名 (所属)	記録(秒)	最高速度(m/秒) 到達地点	速度遅減率(%)	0m ~ 20m	20m ~ 55m	55m ~ 80m	80m ~ 100m	100m ~ 121.5m	121.5m ~ 149.42m	149.42m ~ 181m	181m ~ 200m
1位 4レーン	藤光 謙司 (ゼンリン)	20.32	11.04 55-80m	17.02	通過タイム(秒) 3.07	6.36	8.63	10.46	12.48	15.16	18.31	20.32
					区間速度(m/秒) 6.52	10.62	11.04	10.92	10.63	10.41	10.04	9.43
2位 5レーン	サニブラウン ハキーム (城西大城西高)	20.57	11.00 55-80m	16.82	通過タイム(秒) 3.04	6.36	8.63	10.54	12.62	15.37	18.55	20.57
					区間速度(m/秒) 6.59	10.54	11.00	10.47	10.33	10.17	9.91	9.41
3位 6レーン	高瀬 慧 (富士通)	20.57	11.04 55-80m	18.95	通過タイム(秒) 3.04	6.31	8.58	10.48	12.55	15.30	18.52	20.57
					区間速度(m/秒) 6.59	10.68	11.04	10.52	10.39	10.14	9.81	9.28
4位 8レーン	長田 拓也 (法政大)	20.63	10.98 55-80m	16.94	通過タイム(秒) 3.06	6.36	8.63	10.56	12.65	15.41	18.61	20.63
					区間速度(m/秒) 6.53	10.62	10.98	10.38	10.29	10.11	9.88	9.39
5位 3レーン	原 翔太 (スズキ浜松AC)	20.88	10.76 55-80m	17.21	通過タイム(秒) 3.09	6.49	8.82	10.73	12.81	15.57	18.81	20.88
					区間速度(m/秒) 6.46	10.30	10.76	10.47	10.31	10.14	9.73	9.18
6位 1レーン	谷口 耕太郎 (中央大)	20.89	10.65 55-80m	14.89	通過タイム(秒) 3.11	6.51	8.85	10.77	12.87	15.62	18.84	20.89
					区間速度(m/秒) 6.44	10.30	10.65	10.42	10.25	10.17	9.80	9.27
7位 9レーン	小池 祐貴 (慶應義塾大)	20.97	10.55 55-80m	14.61	通過タイム(秒) 3.07	6.50	8.87	10.81	12.91	15.67	18.91	20.97
					区間速度(m/秒) 6.52	10.21	10.55	10.31	10.23	10.13	9.74	9.21
8位 2レーン	高平 慎士 (富士通)	21.16	10.57 55-80m	22.37	通過タイム(秒) 3.05	6.44	8.81	10.73	12.84	15.63	18.96	21.16
					区間速度(m/秒) 6.55	10.32	10.57	10.40	10.19	10.02	9.48	8.64

10.82 17.35

女子 200m 決勝
 2015/6/27 17:35 (風速 +0.1 m/s)

順位 レーン	選手名 (所属)	記録	最高速度(m/秒) 到達地点	速度遅減率(%)	0m ~ 20m	20m ~ 55m	55m ~ 80m	80m ~ 100m	100m ~ 121.5m	121.5m ~ 149.42m	149.42m ~ 181m	181m ~ 200m
1位 3レーン	福島 千里 (北海道ハイテクAC)	23.23	9.54 55-80m	18.72	通過タイム(秒) 3.22	6.93	9.55	11.67	14.01	17.14	20.87	23.23
					区間速度(m/秒) 6.20	9.45	9.54	9.40	9.19	8.94	8.47	8.04
2位 5レーン	藤沢 沙也加 (セレスポ)	23.81	9.37 55-80m	19.18	通過タイム(秒) 3.40	7.25	9.92	12.10	14.47	17.63	21.39	23.81
					区間速度(m/秒) 5.88	9.08	9.37	9.19	9.06	8.84	8.39	7.86
3位 6レーン	市川 華菜 (ミスノ)	24.07	9.22 55-80m	20.25	通過タイム(秒) 3.42	7.35	10.06	12.25	14.62	17.78	21.59	24.07
					区間速度(m/秒) 5.84	8.92	9.22	9.15	9.04	8.84	8.28	7.67
4位 7レーン	中村 水月 (大阪成蹊大)	24.22	9.18 55-80m	24.52	通過タイム(秒) 3.38	7.22	9.95	12.17	14.58	17.78	21.64	24.22
					区間速度(m/秒) 5.91	9.11	9.18	8.98	8.93	8.73	8.18	7.37
5位 2レーン	江口 琴美 (埼玉大)	24.28	9.07 55-80m	17.72	通過タイム(秒) 3.45	7.34	10.09	12.32	14.76	17.98	21.81	24.28
					区間速度(m/秒) 5.80	9.00	9.07	8.98	8.83	8.67	8.23	7.70
6位 1レーン	中野 真琴 (安城学園高)	24.38	9.04 55-80m	21.33	通過タイム(秒) 3.32	7.20	9.96	12.20	14.66	17.91	21.83	24.38
					区間速度(m/秒) 6.02	9.03	9.04	8.95	8.74	8.58	8.06	7.45
7位 8レーン	伴野 里緒 (七十七銀行)	24.41	9.05 55-80m	17.38	通過タイム(秒) 3.38	7.30	10.06	12.35	14.83	18.08	21.95	24.41
					区間速度(m/秒) 5.91	8.93	9.05	8.75	8.66	8.58	8.18	7.71
8位 4レーン	青山 聖佳 (大阪成蹊大)	24.81	8.83 100-121.5m	16.15	通過タイム(秒) 3.55	7.67	10.51	12.79	15.23	18.46	22.31	24.81
					区間速度(m/秒) 5.63	8.48	8.81	8.77	8.83	8.64	8.20	7.60

9.16 19.41

第15回世界陸上競技選手権中華人民共和国・北京大会 @ 国家体育场
男子 200m 予選1組
2015/8/25 19:29 (風速 -0.3 m/s)

順位 レーン	選手名 (所属)	記録(秒)	最高速度(m/秒) 到達地点	速度遅減率(%)	0m ~	20m ~	55m ~	80m ~	100m ~	121.5m ~	149.42m ~	181m ~	200m
2位	Kenji FUJIMITSU (日本)	20.28	11.08	17.55	通過タイム(秒)								
					3.01	6.29	8.55	10.40	12.40	15.09	18.26	20.28	
					区間速度(m/秒)								
					6.65	10.66	11.08	10.80	10.72	10.39	9.95	9.43	
					区間ピッチ(歩/秒)								
					4.83	4.78	4.71	4.69	4.57	4.49	4.37	4.10	
					区間ストライド(m)								
					1.38	2.23	2.35	2.30	2.35	2.31	2.28	2.30	

男子 200m 予選2組
2015/8/25 19:36 (風速 -0.2 m/s)

順位 レーン	選手名 (所属)	記録(秒)	最高速度(m/秒) 到達地点	速度遅減率(%)	0m ~	20m ~	55m ~	80m ~	100m ~	121.5m ~	149.42m ~	181m ~	200m
4位	Kei TAKASE (日本)	20.33	11.12	18.23	通過タイム(秒)								
					2.99	6.25	8.50	10.35	12.38	15.09	18.31	20.33	
					区間速度(m/秒)								
					6.68	10.74	11.12	10.80	10.58	10.30	9.82	9.41	
					区間ピッチ(歩/秒)								
					4.61	4.80	4.74	4.75	4.57	4.52	4.36	4.18	
					区間ストライド(m)								
					1.45	2.24	2.35	2.27	2.32	2.28	2.25	2.25	

男子 200m 予選3組
2015/8/25 19:43 (風速 +0.1 m/s)

順位 レーン	選手名 (所属)	記録(秒)	最高速度(m/秒) 到達地点	速度遅減率(%)	0m ~	20m ~	55m ~	80m ~	100m ~	121.5m ~	149.42m ~	181m ~	200m
1位	Usain BOLT (ジャマイカ)	20.28	11.29	24.23	通過タイム(秒)								
					2.94	6.25	8.46	10.30	12.33	15.00	18.19	20.28	
					区間速度(m/秒)								
					6.79	10.60	11.29	10.90	10.56	10.48	9.90	9.09	
					区間ピッチ(歩/秒)								
					4.26	4.31	4.19	4.06	3.95	3.80	3.60	3.47	
					区間ストライド(m)								
					1.59	2.46	2.70	2.68	2.67	2.76	2.75	2.62	

男子 200m 予選4組
2015/8/25 19:51 (風速 0.0 m/s)

順位 レーン	選手名 (所属)	記録(秒)	最高速度(m/秒) 到達地点	速度遅減率(%)	0m ~	20m ~	55m ~	80m ~	100m ~	121.5m ~	149.42m ~	181m ~	200m
1位	Justin GATLIN (アメリカ合衆国)	20.19	11.02	20.64	通過タイム(秒)								
					2.86	6.16	8.43	10.28	12.32	15.00	18.11	20.19	
					区間速度(m/秒)								
					6.99	10.60	11.02	10.85	10.52	10.41	10.16	9.13	
					区間ピッチ(歩/秒)								
					4.53	4.62	4.52	4.41	4.32	4.16	4.13	3.73	
					区間ストライド(m)								
					1.54	2.29	2.44	2.46	2.44	2.50	2.46	2.45	
2位	Abdul Hakim SANI BROWN (日本)	20.35	11.06	18.50	通過タイム(秒)								
					2.99	6.25	8.51	10.38	12.43	15.13	18.31	20.35	
					区間速度(m/秒)								
					6.68	10.74	11.06	10.70	10.48	10.35	9.92	9.33	
					区間ピッチ(歩/秒)								
					4.29	4.52	4.44	4.41	4.32	4.21	4.10	3.91	
					区間ストライド(m)								
					1.56	2.38	2.49	2.43	2.43	2.46	2.42	2.38	

男子 200m 予選7組
2015/8/25 20:11 (風速 -0.4 m/s)

順位 レーン	選手名 (所属)	記録(秒)	最高速度(m/秒) 到達地点	速度遅減率(%)	0m ~	20m ~	55m ~	80m ~	100m ~	121.5m ~	149.42m ~	181m ~	200m
1位	Anaso JOBODWANA (南アフリカ共和国)	20.22	11.14	19.09	通過タイム(秒)								
					2.95	6.28	8.52	10.35	12.36	15.03	18.19	20.22	
					区間速度(m/秒)								
					6.78	10.52	11.14	10.92	10.72	10.44	10.00	9.36	
					区間ピッチ(歩/秒)								
					4.34	4.61	4.58	4.54	4.35	4.30	4.18	4.00	
					区間ストライド(m)								
					1.56	2.28	2.43	2.41	2.47	2.43	2.39	2.34	
2位	Femi OGUNODE (カタール)	20.25	11.12	18.43	通過タイム(秒)								
					2.84	6.26	8.50	10.37	12.40	15.08	18.23	20.25	
					区間速度(m/秒)								
					7.04	10.25	11.12	10.73	10.56	10.44	10.03	9.39	
					区間ピッチ(歩/秒)								
					4.62	4.89	4.86	4.75	4.66	4.49	4.38	4.05	
					区間ストライド(m)								
					1.52	2.10	2.29	2.26	2.27	2.32	2.29	2.31	
DQ	Zhenye XIE (中国)	20.36 (推定)	11.16	20.19	通過タイム(秒)								
					2.89	6.28	8.52	10.37	12.39	15.09	18.31	20.36	
					区間速度(m/秒)								
					6.91	10.33	11.16	10.80	10.65	10.33	9.81	9.29	
					区間ピッチ(歩/秒)								
					4.44	4.56	4.56	4.47	4.41	4.33	4.23	3.92	
					区間ストライド(m)								
					1.56	2.27	2.45	2.42	2.41	2.39	2.32	2.37	

男子 200m 準決勝2組
2015/8/26 20:37 (風速 -0.2 m/s)

順位 レーン	選手名 (所属)	記録(秒)	最高速度(m/秒) 到達地点	速度遅減率(%)	0m ~	20m ~	55m ~	80m ~	100m ~	121.5m ~	149.42m ~	181m ~	200m
1位	Justin GATLIN (アメリカ合衆国)	19.87	11.20	18.55	通過タイム(秒)								
					2.84	6.09	8.32	10.15	12.14	14.78	17.86	19.87	
					区間速度(m/秒)								
					7.05	10.76	11.20	10.92	10.81	10.59	10.25	9.45	
					区間ピッチ(歩/秒)								
					4.52	4.62	4.50	4.47	4.36	4.26	4.19	3.72	
					区間ストライド(m)								
					1.56	2.33	2.49	2.44	2.48	2.48	2.45	2.54	
3位	Femi OGUNODE (カタール)	20.05	11.10	17.74	通過タイム(秒)								
					2.85	6.21	8.47	10.32	12.32	14.95	18.03	20.05	
					区間速度(m/秒)								
					7.02	10.40	11.10	10.80	10.72	10.64	10.23	9.43	
					区間ピッチ(歩/秒)								
					4.48	4.89	4.87	4.75	4.51	4.48	4.34	4.09	
					区間ストライド(m)								
					1.57	2.13	2.28	2.27	2.38	2.37	2.36	2.30	
5位	Abdul Hakim SANI BROWN (日本)	20.47	11.20	22.21	通過タイム(秒)								
					3.01	6.33	8.56	10.43	12.48	15.21	18.40	20.47	
					区間速度(m/秒)								
					6.64	10.54	11.20	10.73	10.46	10.25	9.90	9.17	
					区間ピッチ(歩/秒)								
					4.27	4.57	4.47	4.41	4.35	4.22	4.13	3.83	
					区間ストライド(m)								
					1.56	2.31	2.51	2.43	2.41	2.43	2.40	2.39	

男子 200m 準決勝3組
2015/8/26 20:45 (風速 +0.8 m/s)

順位 レーン	選手名 (所属)	記録(秒)	最高速度(m/秒) 到達地点	速度遅減率(%)	0m ~	20m ~	55m ~	80m ~	100m ~	121.5m ~	149.42m ~	181m ~	200m
1位	Usain BOLT (ジャマイカ)	19.95	11.20	17.82	通過タイム(秒)								
					2.92	6.22	8.45	10.28	12.26	14.84	17.95	19.95	
					区間速度(m/秒)								
					6.86	10.60	11.20	10.95	10.85	10.80	10.16	9.51	
					区間ピッチ(歩/秒)								
					4.27	4.32	4.18	4.15	4.06	3.88	3.63	3.57	
					区間ストライド(m)								
					1.61	2.45	2.68	2.64	2.67	2.79	2.80	2.66	
2位	Anaso JOBODWANA (南アフリカ共和国)	20.01	11.12	14.39	通過タイム(秒)								
					3.00	6.32	8.57	10.41	12.39	14.99	18.06	20.01	
					区間速度(m/秒)								
					6.67	10.53	11.12	10.87	10.85	10.73	10.32	9.72	
					区間ピッチ(歩/秒)								
					4.28	4.57	4.59	4.54	4.41	4.37	4.25	4.00	
					区間ストライド(m)								
					1.56	2.31	2.42	2.40	2.46	2.46	2.43	2.43	
7位	Kenji FUJIMITSU (日本)	20.34	10.96	17.56	通過タイム(秒)								
					3.06	6.30	8.58	10.43	12.45	15.14	18.30	20.34	
					区間速度(m/秒)								
					6.54	10.80	10.96	10.82	10.65	10.38	9.98	9.32	
					区間ピッチ(歩/秒)								
					4.88	4.77	4.73	4.67	4.60	4.45	4.33	3.97	
					区間ストライド(m)								
					1.34	2.26	2.32	2.32	2.32	2.33	2.30	2.34	
8位	Kei TAKASE (日本)	20.64	10.92	21.43	通過タイム(秒)								
					3.03	6.36	8.65	10.53	12.58	15.30	18.53	20.64	
					区間速度(m/秒)								
					6.60	10.50	10.92	10.63	10.48	10.28	9.78	8.99	
					区間ピッチ(歩/秒)								

男子 200m 決勝
2015/8/27 20:55 (風速 -0.1 m/s)

順位 レーン	選手名 (所属)	記録(秒)	最高速度(m/秒)		速度遅減率(%)	到達地点																					
			到達地点	到達地点		0m	20m	20m	55m	55m	80m	80m	100m	100m	121.5m	121.5m	149.42m	149.42m	181m	181m	200m						
1位 6レーン	Usain BOLT (ジャマイカ)	19.55	11.57	18.96	通過タイム(秒)																						
					2.87	6.14	8.30	10.05	12.01	14.57	17.60	19.55															
					区間速度(m/秒)																						
					6.98	10.70	11.57	11.39	10.99	10.88	10.44	9.73															
区間ピッチ(歩/秒)																											
4.36															4.46	4.41	4.31	4.16	4.04	3.96	3.67						
区間ストライド(m)																											
1.60															2.40	2.62	2.64	2.64	2.70	2.64	2.65						
2位 4レーン	Justin GATLIN (アメリカ合衆国)	19.74	11.16	15.37	通過タイム(秒)																						
					2.82	6.09	8.33	10.13	12.12	14.72	17.78	19.74															
					区間速度(m/秒)																						
					7.08	10.70	11.16	11.13	10.83	10.73	10.33	9.67															
区間ピッチ(歩/秒)																											
4.54															4.63	4.54	4.51	4.45	4.36	4.20	3.95						
区間ストライド(m)																											
1.56															2.31	2.46	2.47	2.43	2.46	2.46	2.44						
3位 7レーン	Anaso JOBODWANA (南アフリカ共和国)	19.87	11.29	16.47	通過タイム(秒)																						
					2.97	6.29	8.51	10.31	12.28	14.87	17.91	19.87															
					区間速度(m/秒)																						
					6.74	10.52	11.29	11.10	10.90	10.78	10.40	9.69															
区間ピッチ(歩/秒)																											
4.27															4.59	4.58	4.57	4.50	4.49	4.32	4.10						
区間ストライド(m)																											
1.58															2.29	2.47	2.43	2.42	2.40	2.41	2.36						
7位 2レーン	Femi OGUNODE (カタール)	20.27	10.96	15.45	通過タイム(秒)																						
					2.92	6.30	8.58	10.44	12.49	15.16	18.27	20.27															
					区間速度(m/秒)																						
					6.86	10.35	10.96	10.73	10.50	10.48	10.15	9.49															
区間ピッチ(歩/秒)																											
4.57															4.90	4.86	4.76	4.54	4.50	4.40	4.04						
区間ストライド(m)																											
1.50															2.11	2.26	2.25	2.31	2.33	2.31	2.34						

女子 200m 予選5組
2015/8/26 19:43 (風速 +0.1 m/s)

順位 レーン	選手名 (所属)	記録(秒)	最高速度(m/秒)		速度遅減率(%)	到達地点																					
			到達地点	到達地点		0m	20m	20m	55m	55m	80m	80m	100m	100m	121.5m	121.5m	149.42m	149.42m	181m	181m	200m						
5位 2レーン	Chisato FUKUSHIMA (日本)	23.30	9.68	24.61	通過タイム(秒)																						
					3.06	6.83	9.41	11.54	13.91	17.09	20.85	23.30															
					区間速度(m/秒)																						
					6.53	9.29	9.68	9.37	9.08	8.80	8.38	7.77															
区間ピッチ(歩/秒)																											
4.73															4.87	4.80	4.73	4.57	4.44	4.32	4.08						
区間ストライド(m)																											
1.38															1.91	2.02	1.98	1.99	1.98	1.94	1.90						

女子 200m 決勝
2015/8/28 21:00 (風速 +0.2 m/s)

順位 レーン	選手名 (所属)	記録(秒)	最高速度(m/秒)		速度遅減率(%)	到達地点																					
			到達地点	到達地点		0m	20m	20m	55m	55m	80m	80m	100m	100m	121.5m	121.5m	149.42m	149.42m	181m	181m	200m						
1位 6レーン	Dafne SCHIPPERS (オランダ)	21.63	10.39	18.13	通過タイム(秒)																						
					3.10	6.74	9.15	11.13	13.29	16.11	19.47	21.63															
					区間速度(m/秒)																						
					6.45	9.62	10.39	10.10	9.93	9.92	9.39	8.79															
区間ピッチ(歩/秒)																											
4.25															4.40	4.42	4.44	4.35	4.23	4.13	3.96						
区間ストライド(m)																											
1.52															2.19	2.35	2.27	2.29	2.35	2.28	2.22						
2位 5レーン	Elaine THOMPSON (ジャマイカ)	21.66	10.55	22.59	通過タイム(秒)																						
					3.17	6.72	9.09	11.06	13.21	16.06	19.45	21.66															
					区間速度(m/秒)																						
					6.31	9.85	10.55	10.18	9.97	9.80	9.31	8.61															
区間ピッチ(歩/秒)																											
4.50															4.76	4.69	4.55	4.52	4.45	4.28	4.16						
区間ストライド(m)																											
1.40															2.07	2.25	2.24	2.20	2.20	2.18	2.07						
3位 2レーン	Veronica CAMPBELL-BROWN (ジャマイカ)	21.97	10.42	24.61	通過タイム(秒)																						
					2.97	6.65	9.05	11.04	13.25	16.19	19.70	21.97															
					区間速度(m/秒)																						
					6.73	9.53	10.42	10.05	9.69	9.51	9.00	8.37															
区間ピッチ(歩/秒)																											
4.64															4.78	4.70	4.61	4.50	4.27	4.18	3.97						
区間ストライド(m)																											
1.45															1.99	2.22	2.18	2.16	2.23	2.15	2.10						

2015年主要競技会における男女400m走のレース分析

山元康平^{1) 8)} 高橋恭平²⁾ 広川龍太郎³⁾ 松林武生⁴⁾ 小林海⁵⁾ 松尾彰文⁶⁾
柳谷登志雄⁷⁾

- 1) 筑波大学大学院 2) 熊本高等専門学校 3) 東海大学 4) 国立スポーツ科学センター
5) 日本スポーツ振興センター 6) 鹿屋体育大学 7) 順天堂大学
8) 日本学術振興会特別研究員DC

1. はじめに

本稿では、2015年度に日本陸上競技連盟科学委員会の活動として行われた国内外の主要競技会における男女400m走のレース分析結果について報告する。

2. 方法

2-1. 対象競技会

下記の5つの競技会を分析対象とした。

- ①第99回日本陸上競技選手権大会（以下、日本選手権、2015年6月26日～28日）
- ②第68回全国高等学校陸上競技対校選手権大会（以下、インターハイ、2015年7月29日～8月2日）
- ③第15回世界陸上競技選手権（以下、世界選手権、2015年8月22日～30日）
- ④第70回国民体育大会（以下、国体成年および国体少年A、2015年10月2日～6日）
- ⑤第31回日本ジュニア陸上競技選手権大会（以下、日本ジュニア、2015年10月16日～18日）
- ⑥第9回日本ユース陸上競技選手権大会（以下、日本ユース、2015年10月16日～18日）

2-2. 対象選手

各競技会における男女決勝進出者を分析対象とした。レース中の転倒や明らかな疲労困憊などによって著しくパフォーマンスの低かった者は分析対象から除外した。また、日本選手権および世界選手権においては、記録の良かった者や日本人競技者を対象に、適宜予選および準決勝の分析も行った。

その結果、分析対象者数は、男子延べ88名（400m

走記録：46.40 ± 1.59秒）、女子延べ95名（同：53.22 ± 2.10秒）であった。

2-3. レースの撮影

3-5台のデジタルビデオカメラ [Exilim (EX-F1, CASIO, JAPAN, 29.97fps), Lumix (FZ200, Panasonic, JAPAN, 59.94fps) スポーツコーチングカメラシステム (GC-LJ25B システム, JVC, JAPAN, 59.94fps)] をスタンドに設置し、レースを撮影した。スタートピストルの閃光または発煙を撮影した後、競技者を追従撮影した。主な撮影場所は、第1曲走路、バックスタンド中央付近、第4曲走路、ホームスタンドのフィニッシュラインの付近であった。後述するOverlay分析（持田ほか、2007）における距離較正のために、同じ位置から400mHのハードルが設置された映像を撮影した。

2-4. データ処理

400mHのハードル設置位置（45m, 80m, 115m, 150m, 185m, 220m, 255m, 290m, 325m および 360m）の通過タイムを、Overlay方式（持田ほか、2007）を用いて算出した。表計算ソフト（MS-Excel 2010）のVisual Basic for Applicationを用いて開発した専用の映像分析プログラムを用い、分析対象の400m走のレース映像と、距離較正用のハードル映像を合成表示し、競技者が各地点を通過するタイムを読み取った。映像の合成表示は、グラウンド上のラインや観客席などを手掛かりに、2つの映像を重ね合わせた。

50m毎の各地点の通過タイムを、各地点を挟む前後2地点の通過タイムを基にした直線回帰により求めた（持田ほか、2007）。さらに、100m毎の区間タイム、レース後半200mの区間タイム（以下、後半

表1 男子 通過タイム, 区間タイムおよび走スピード低下率

選手名	競技会名	日付	記録 [s]	通過タイム [s]					区間タイム [s]				低下率 [%]				
				50m	100m	150m	200m	250m	300m	350m	400m	100-200m		200-300m	300-400m	前後半差	
金丸祐三	日本選手権決	2015.6.28	46.10	6.17	11.20	16.42	21.84	27.58	33.41	39.55	46.10	10.64	11.57	12.69	24.26	2.42	19.54
佐藤孝太郎	日本選手権決	2015.6.28	46.12	6.36	11.32	16.38	21.72	27.29	33.16	39.35	46.12	10.40	11.45	12.96	24.40	2.69	22.73
木村朋也	日本選手権決	2015.6.28	46.58	6.36	11.64	17.08	22.54	28.19	33.81	39.86	46.58	10.90	11.27	12.77	24.04	1.50	15.71
北川貴理	日本選手権決	2015.6.28	46.67	6.24	11.34	16.58	22.16	27.89	33.73	40.00	46.67	10.82	11.58	12.94	24.51	2.36	21.77
堀井浩介	日本選手権決	2015.6.28	46.74	6.26	11.25	16.38	21.94	27.80	33.74	39.98	46.74	10.69	11.81	13.00	24.80	2.87	21.37
小林直己	日本選手権決	2015.6.28	47.11	6.31	11.33	16.52	21.95	27.59	33.58	40.14	47.11	10.62	11.64	13.53	25.16	3.22	27.08
木村和史	日本選手権決	2015.6.28	47.35	6.44	11.73	17.05	22.55	28.05	33.81	40.17	47.35	10.82	11.26	13.54	24.80	2.26	18.68
廣瀬英行	日本選手権決	2015.6.28	47.49	6.24	11.28	16.43	21.93	27.62	33.66	40.16	47.49	10.64	11.73	13.83	25.56	3.64	24.73
金丸祐三	日本選手権予	2015.6.27	45.22	6.37	11.39	16.49	21.69	27.17	32.87	38.89	45.22	10.31	11.18	12.35	23.53	1.84	16.47
北川貴理	日本選手権予	2015.6.27	45.52	6.32	11.36	16.59	21.97	27.51	33.13	39.11	45.52	10.60	11.16	12.39	23.55	1.58	18.82
佐藤孝太郎	日本選手権予	2015.6.27	45.58	6.35	11.50	16.59	21.78	27.18	32.89	39.01	45.58	10.28	11.11	12.69	23.80	2.02	18.15
堀井浩介	日本選手権予	2015.6.27	45.85	6.29	11.48	16.75	22.29	28.11	33.81	39.67	45.85	10.81	11.52	12.04	23.56	1.27	11.84
小林直己	日本選手権予	2015.6.27	45.91	6.32	11.42	16.58	21.92	27.53	33.13	39.18	45.91	10.50	11.21	12.78	23.99	2.07	18.01
廣瀬英行	日本選手権予	2015.6.27	45.94	6.29	11.28	16.42	21.76	27.42	33.23	39.32	45.94	10.48	11.47	12.71	24.18	2.42	20.85
木村和史	日本選手権予	2015.6.27	45.96	6.57	11.75	17.12	22.53	28.10	33.61	39.47	45.96	10.78	11.08	12.35	23.43	0.90	14.40
木村朋也	日本選手権予	2015.6.27	46.07	6.17	11.18	16.25	21.48	27.15	32.89	39.12	46.07	10.31	11.40	13.18	24.59	3.10	22.22
ウオルシュティアン	日本選手権予	2015.6.27	46.11	6.24	11.34	16.53	21.77	27.23	33.17	39.40	46.11	10.43	11.40	12.94	24.34	2.58	19.25
油井快晴	日本選手権予	2015.6.27	46.36	6.39	11.54	16.70	22.04	27.59	33.43	39.59	46.36	10.50	11.39	12.93	24.32	2.27	18.32
渡邊和也	日本選手権予	2015.6.27	46.03	6.25	11.42	16.60	21.96	27.57	33.33	39.45	46.03	10.53	11.38	12.70	24.07	2.12	17.56
石塚祐輔	日本選手権予	2015.6.27	46.30	6.18	11.29	16.43	21.81	27.49	33.36	39.57	46.30	10.52	11.55	12.94	24.49	2.68	19.25
船戸大輔	インターハイ決	2015.7.29	47.06	6.50	11.56	16.80	22.29	28.12	34.14	40.41	47.06	10.73	11.85	12.92	24.77	2.48	21.51
大良浩輝	インターハイ決	2015.7.29	47.32	6.59	11.81	17.18	22.81	28.63	34.75	40.96	47.32	11.00	11.94	12.57	24.51	1.70	16.22
江藤祐都	インターハイ決	2015.7.29	47.46	6.57	11.95	17.52	23.23	29.06	34.97	41.04	47.46	11.29	11.74	12.49	24.23	1.00	13.28
佐々木愛斗	インターハイ決	2015.7.29	47.55	6.40	11.74	17.32	23.19	29.12	35.08	41.18	47.55	11.44	11.90	12.47	24.36	1.18	12.99
染谷翔	インターハイ決	2015.7.29	48.29	6.71	12.12	17.68	23.48	29.39	35.38	41.59	48.29	11.36	11.90	12.91	24.81	1.33	14.07
中机陽彦	インターハイ決	2015.7.29	49.03	6.64	12.05	17.70	23.72	29.82	36.10	42.49	49.03	11.66	12.38	12.93	25.31	1.59	16.10
三浦歩	インターハイ決	2015.7.29	49.10	6.69	12.21	17.88	23.81	29.88	36.16	42.62	49.10	11.60	12.35	12.94	25.29	1.48	15.13
松原秀一郎	インターハイ決	2015.7.29	50.98	6.55	12.04	17.72	23.65	29.93	36.59	43.58	50.98	11.61	12.95	14.39	27.33	3.69	23.59
金丸祐三	世界選手権予	2015.8.23	43.65	6.15	11.13	16.25	21.60	27.21	33.02	39.20	43.65	10.47	11.42	12.63	24.05	2.46	21.29
VAN NIEKERK	世界選手権決	2015.8.26	43.48	6.02	10.73	15.65	20.76	25.95	31.36	37.17	43.48	10.03	10.60	12.12	22.72	1.95	21.69
MERRITT	世界選手権決	2015.8.26	43.65	6.06	10.73	15.68	20.87	26.21	31.65	37.40	43.65	10.14	10.78	12.00	22.78	1.90	21.63
JAMES	世界選手権決	2015.8.26	43.78	6.21	10.99	15.90	21.00	26.26	31.73	37.50	43.78	10.01	10.73	12.05	22.78	1.79	19.51
SANTOS	世界選手権決	2015.8.26	44.11	6.36	11.23	16.23	21.32	26.56	32.05	37.89	44.11	10.09	10.73	12.06	22.79	1.47	18.15
MAKWALA	世界選手権決	2015.8.26	44.63	6.14	10.91	15.85	20.98	26.22	31.71	37.80	44.63	10.06	10.73	12.92	23.65	2.67	25.38
YOUSIF	世界選手権決	2015.8.26	44.68	6.28	11.35	16.47	21.74	27.21	32.80	38.64	44.68	10.39	11.06	11.88	22.94	1.19	14.52
CEDEÑO	世界選手権決	2015.8.26	45.06	6.34	11.41	16.52	21.84	27.32	33.03	38.88	45.06	10.44	11.19	12.03	23.22	1.37	13.82
MASRAHI	世界選手権決	2015.8.26	45.15	6.25	11.11	16.15	21.41	26.90	32.63	38.55	45.15	10.31	11.22	12.52	23.74	2.33	20.16
小林直己	国体成年決	2015.10.3	46.87	6.33	11.61	17.15	22.93	28.72	34.53	40.54	46.87	11.32	11.61	12.34	23.94	1.02	14.84
田村朋也	国体成年決	2015.10.3	46.92	6.23	11.41	16.98	22.88	28.60	34.33	40.37	46.92	11.47	11.44	12.59	24.04	1.15	18.08
木村賢太	国体成年決	2015.10.3	47.11	6.39	11.52	16.92	22.63	28.43	34.30	40.44	47.11	11.12	11.67	12.81	24.48	1.84	19.77
渡邊和也	国体成年決	2015.10.3	47.17	6.27	11.49	17.00	22.82	28.66	34.61	40.76	47.17	11.33	11.80	12.56	24.35	1.54	17.94
加藤修也	国体成年決	2015.10.3	47.28	6.63	12.10	17.73	23.64	29.57	35.38	41.21	47.28	11.54	11.74	11.90	23.64	-0.01	8.06
矢野琢斗	国体成年決	2015.10.3	47.68	6.44	11.65	17.15	22.95	28.87	34.92	41.14	47.68	11.29	11.97	12.76	24.73	1.79	18.80
堀井浩介	国体成年決	2015.10.3	47.80	6.30	11.64	17.30	23.28	29.31	35.34	41.42	47.80	11.63	12.07	12.46	24.52	1.24	14.06
石塚祐輔	国体成年決	2015.10.3	48.31	6.30	11.56	17.13	23.02	29.06	35.25	41.55	48.31	11.46	12.23	13.06	25.29	2.28	19.10
染谷翔	国体少年A決	2015.10.3	47.64	6.65	12.37	18.03	23.73	29.62	35.48	41.47	47.64	11.36	11.74	12.16	23.91	0.17	6.32
伊藤聖生	国体少年A決	2015.10.3	47.68	6.53	12.01	17.63	23.51	29.52	35.55	41.53	47.68	11.50	12.03	12.13	24.17	0.66	11.37
松浦和希	国体少年A決	2015.10.3	47.74	6.57	11.99	17.63	23.48	29.42	35.31	41.32	47.74	11.49	11.83	12.43	24.26	0.78	13.90
中机陽彦	国体少年A決	2015.10.3	47.93	6.61	12.02	17.55	23.39	29.38	35.50	41.58	47.93	11.37	12.11	12.43	24.54	1.15	12.06
江藤祐都	国体少年A決	2015.10.3	48.06	6.65	12.16	17.77	23.51	29.45	35.37	41.54	48.06	11.35	11.86	12.69	24.55	1.03	12.21
樋口一馬	国体少年A決	2015.10.3	48.26	6.62	12.00	17.58	23.34	29.27	35.48	41.73	48.26	11.34	12.14	12.78	24.92	1.58	16.54
河内光起	国体少年A決	2015.10.3	49.38	6.66	12.10	17.63	23.39	29.44	35.63	42.22	49.38	11.29	12.24	13.75	25.99	2.60	23.05
ウオルシュティアン	日本ジュニア決	2015.10.16	46.54	6.24	11.35	16.60	22.05	27.68	33.66	39.94	46.54	10.71	11.60	12.88	24.49	2.43	20.97
松原秀一郎	日本ジュニア決	2015.10.16	47.00	6.38	11.63	16.97	22.71	28.63	34.61	40.69	47.00	11.07	11.90	12.39	24.29	1.59	14.06
小淵瑞樹	日本ジュニア決	2015.10.16	47.36	6.52	11.85	17.33	23.00	28.78	34.72	40.78	47.36	11.15	11.72	12.64	24.36	1.37	14.01
山本賢志	日本ジュニア決	2015.10.16	47.46	6.38	11.54	16.77	22.36	28.16	34.25	40.63	47.46	10.82	11.88	13.21	25.10	2.73	21.03
太田和希	日本ジュニア決	2015.10.16	47.51	6.21	11.46	16.82	22.55	28.50	34.63	40.93	47.51	11.08	12.08	12.88	24.96	2.42	17.74
片山雄斗	日本ジュニア決	2015.10.16	47.62	6.34	11.57	16.97	22.68	28.52	34.55	40.83	47.62	11.10	11.88	13.07	24.94	2.27	19.40
三浦歩	日本ジュニア決	2015.10.16	48.11	6.43	11.65	17.18	22.93	28.83	35.08	41.51	48.11	11.28	12.16	13.03	25.18		

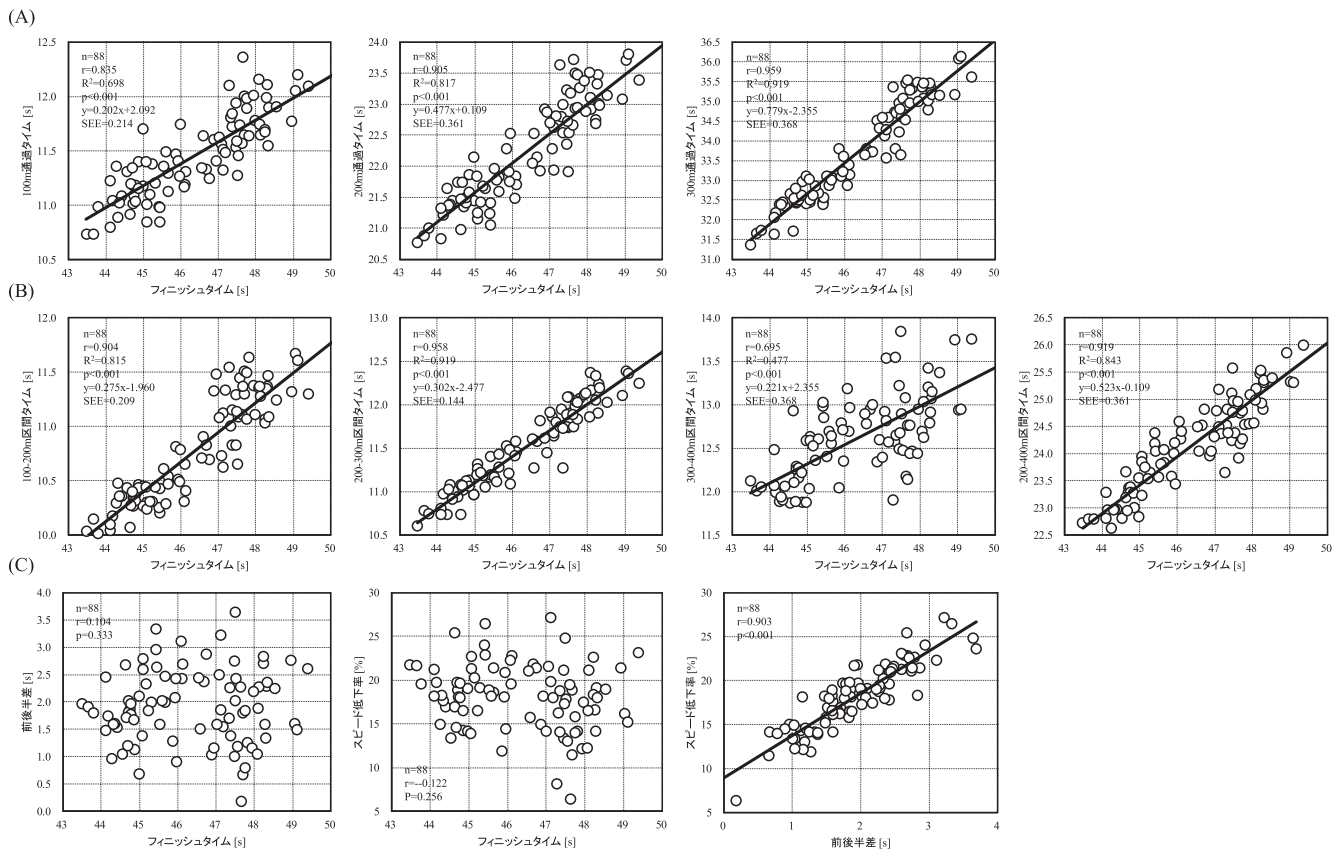


図1 400m走におけるフィニッシュタイムと(A) 通過タイム (B) 区間タイム (C) スピード低下指標との関係 (男子)

y : 各地点通過タイムおよび区間タイム (秒) x : 400m走フィニッシュタイム (秒)

SEE : 推定値の標準誤差 (秒)

区間タイムおよび後半200mタイム、(C) 前後半差および走スピード低下率との関係を示したものである。また、前後半差と走スピード低下率との関係も併せて示した。(A) (B) については、フィニッシュタイムと各タイムとの回帰式および推定の標準誤差(SEE)も算出した。

フィニッシュタイムと各地点の通過タイムおよび各区間タイムとの間に有意な相関関係が認められた。300-400m区間タイムは、他の区間と比較して相関係数が低い傾向にあり、個人差が大きい傾向が見られた。

回帰式は、400m走フィニッシュタイムを独立変数、各地点の通過タイムおよび各区間タイムを従属変数としており、目標とする400m走タイムから、各通過タイム、区間タイムの目安を求めることが可能である。また、推定の標準誤差は、各タイムの個人差の範囲と解釈することもできるであろう。回帰式から求められる五輪参加標準記録45.40秒のモデル通過タイムは、100m11.3秒、200m21.8秒、300m33.0秒となる。また、日本記録ならびに世界選手権・五輪における決勝進出の目安となる44.7

秒のモデル通過タイムは、100m11.1秒、200m21.4秒、300m32.5秒となる。これらの値は、トレーニングにおける目標値や、レースを評価する上での指標として活用できると考えられる。

走スピード低下の指標である前後半差および走スピード低下率とフィニッシュタイムの間には、いずれも有意な相関関係は認められず、いずれのパフォーマンスレベルにあってもばらつきが大きかった。また、前後半差と走スピード低下率の間には有意な相関関係が認められ、レース前半と後半の200mのタイムから、レース全体の走スピードの低下を簡易的に評価できることが示された。なお、前後半差の対象者全体の平均値は1.91 ± 0.71秒であり、400mのパフォーマンスレベルが43-50秒の範囲の男子競技者においては、1.2~2.6秒程度が前後半差(走スピード低下)の目安となると考えられる。

3-1-2. 競技レベル別にみた走スピード、ピッチおよびストライドの変化

図2は、走スピード、ピッチおよびストライドの

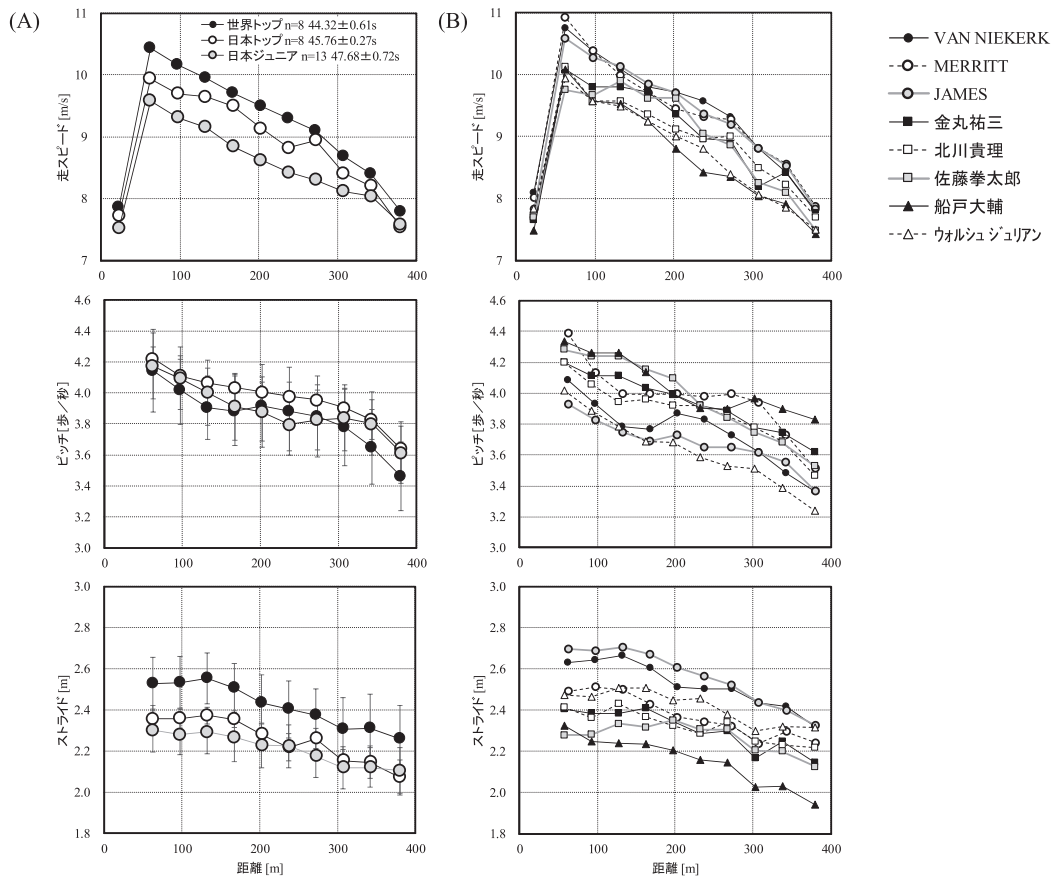


図2 競技レベル別にみた走スピード、ピッチおよびストライドの変化（男子）
 (A) 各レベルの平均パターン (B) 各レベルの代表的競技者のデータ

変化について (A) 世界トップレベル、日本シニア
 トップレベルおよび日本ジュニアトップレベルの平均
 値、(B) 各レベルの代表的競技者について示した
 ものである。世界トップレベルについては、世界選
 手権の決勝レース (n=8, 400m 走タイム 44.32 ± 0.61
 秒)、日本シニアトップレベルについては、好記録
 であった日本選手権の予選レース (n=8, 400m 走タ
 イム 45.76 ± 0.27 秒)、日本ジュニアトップレベル
 については、インターハイおよび日本ジュニア、日
 本ユースの決勝レース (n=13, 400m 走タイム 47.68
 ± 0.72 秒) を対象とした。

走スピードについては、多くの競技者で最高走ス
 ピードが出現する 45-80m 区間においてレベル間の
 差が顕著であった。250m 以降ではレベル間の差が
 小さくなる傾向が見られた。ピッチについては、レ
 ベル間で顕著な差は認められなかったが、日本シニ
 アトップレベルは、世界トップレベルと比較して、
 ピッチが高い傾向が認められた。一方、ストライド
 については、世界トップレベルが顕著に大きく、日
 本トップレベルと日本ジュニアトップレベルとの差
 は小さかった。

個々人の特徴については、世界選手権金メダリス

トの VAN NIEKERK 選手は、レース全体にわたって満
 遍なく走スピードが高く、大きなストライドが特徴
 であった。銀メダリストの MERRITT 選手、銅メダリ
 ストの JAMES 選手はともに 190cm を越える長身であ
 るが、MERRITT 選手は、ストライドは平均的な値で
 ピッチが高く、一方 JAMES 選手は、ピッチは低い
 が顕著にストライドが大きく、対照的な傾向を示した。

3-2. 女子

3-2-1. 400m 走記録と通過タイム、区間タイムおよ びスピード低下との関係

表 2 は、女子の主要な分析対象レースにおける
 50m 毎の通過タイム、100m 毎の区間タイム、後半
 200m タイム、前後半差および走スピード低下率を
 示したものである。

図 3 は、男子と同様に、フィニッシュタイムと各
 項目との関係を示したものである。

男子と同様に、フィニッシュタイムと各地点の通
 過タイムおよび各区間タイムとの間に有意な相関関
 係が認められた。男子と比較すると、300-400m 区
 間タイムとフィニッシュタイムの関係が強い傾向が
 見られた。

表2 女子 通過タイム, 区間タイムおよび走スピード低下率

選手名	競技会名	日付	記録 [s]	通過タイム [s]						区間タイム [s]				低下率 [%]			
				50m	100m	150m	200m	250m	300m	350m	400m	100-200m	200-300m		300-400m	200-400m	
青木沙弥佳	日本選手権決	2015.6.27	53.05	6.84	12.66	18.72	25.00	31.71	38.57	45.58	53.05	12.34	13.57	14.48	28.05	3.05	19.19
藤沢沙也加	日本選手権決	2015.6.27	53.14	6.73	12.36	18.18	24.44	31.18	38.19	45.39	53.14	12.08	13.75	14.95	28.70	4.26	23.86
石塚晴子	日本選手権決	2015.6.27	53.44	7.07	12.84	18.85	25.11	31.75	38.76	45.94	53.44	12.27	13.65	14.68	28.33	3.21	21.45
武石この実	日本選手権決	2015.6.27	53.58	6.85	12.67	18.72	25.09	31.97	39.05	46.18	53.58	12.42	13.96	14.53	28.49	3.40	18.79
千葉麻美	日本選手権決	2015.6.27	53.65	6.85	12.71	18.79	25.07	31.87	38.83	45.97	53.65	12.36	13.76	14.82	28.58	3.50	20.13
新宅麻未	日本選手権決	2015.6.27	53.78	7.07	13.03	19.05	25.21	31.77	38.53	45.68	53.78	12.18	13.32	15.25	28.57	3.37	19.87
佐藤日奈子	日本選手権決	2015.6.27	54.00	7.17	12.95	18.95	25.20	31.76	38.82	46.13	54.00	12.25	13.62	15.18	28.80	3.61	24.12
松本奈葉子	日本選手権決	2015.6.27	54.31	7.23	13.15	19.20	25.55	32.37	39.48	46.70	54.31	12.40	13.93	14.83	28.76	3.21	18.81
石塚晴子	インターハイ決	2015.7.29	53.30	6.91	12.75	18.82	25.07	31.62	38.49	45.70	53.30	12.33	13.42	14.81	28.23	3.15	21.82
岩田優奈	インターハイ決	2015.7.29	54.37	7.05	13.16	19.39	25.83	32.52	39.51	46.71	54.37	12.67	13.68	14.86	28.54	2.71	16.67
青木りん	インターハイ決	2015.7.29	54.74	7.21	13.29	19.49	26.00	32.84	39.90	47.05	54.74	12.71	13.90	14.84	28.74	2.74	15.61
池崎愛里	インターハイ決	2015.7.29	55.08	7.15	13.04	19.22	25.73	32.59	39.78	47.17	55.08	12.69	14.05	15.30	29.35	3.62	21.94
松本扶弥	インターハイ決	2015.7.29	55.68	6.98	13.15	19.59	26.19	33.06	40.28	47.71	55.68	13.04	14.09	15.40	29.49	3.30	18.59
上杉悠菜	インターハイ決	2015.7.29	55.74	7.12	13.27	19.50	26.12	33.09	40.38	47.88	55.74	12.86	14.26	15.36	29.62	3.50	19.75
江田涼	インターハイ決	2015.7.29	55.82	6.91	13.05	19.37	25.99	32.97	40.24	47.81	55.82	12.94	14.25	15.58	29.83	3.84	20.81
吉田紗弓	インターハイ決	2015.7.29	55.97	7.34	13.44	19.72	26.35	33.26	40.39	47.94	55.97	12.91	14.04	15.58	29.62	3.27	21.50
FELIX	世界選手権決	2015.8.27	49.26	6.29	11.46	17.15	23.34	29.46	35.67	42.24	49.26	11.88	12.32	13.59	25.92	2.57	24.10
MILLER	世界選手権決	2015.8.27	49.67	6.78	12.24	17.90	23.84	30.01	36.14	42.65	49.67	11.60	12.30	13.53	25.83	3.98	19.00
JACSON	世界選手権決	2015.8.27	49.99	6.80	12.14	17.63	23.45	29.56	36.03	42.79	49.99	11.31	12.58	13.96	26.54	1.09	23.26
DAY	世界選手権決	2015.8.27	50.14	6.94	12.61	18.42	24.37	30.40	36.62	43.17	50.14	11.77	12.25	13.52	25.77	1.40	14.44
MCPHERSON	世界選手権決	2015.8.27	50.42	6.78	12.41	18.18	24.27	30.36	36.58	43.19	50.42	11.86	12.31	13.84	26.15	1.88	16.07
WILLIAMS-MILLS	世界選手権決	2015.8.27	50.47	6.79	12.37	18.02	23.96	30.13	36.57	43.37	50.47	11.59	12.61	13.90	26.51	2.56	18.25
FRANCIS	世界選手権決	2015.8.27	50.51	6.74	12.28	17.93	23.94	30.23	36.64	43.34	50.51	11.67	12.70	13.87	26.57	2.62	18.15
OHURUOGU	世界選手権決	2015.8.27	50.63	6.68	12.10	17.77	23.76	29.92	36.29	43.07	50.63	11.66	12.54	14.34	26.87	3.12	21.99
青山聖佳	国体成年決	2015.10.3	53.75	6.94	12.80	19.14	25.70	32.42	39.34	46.40	53.75	12.90	13.64	14.41	28.05	2.34	20.60
松本奈葉子	国体成年決	2015.10.3	54.69	7.20	13.60	20.27	26.98	33.71	40.48	47.41	54.69	13.38	13.49	14.21	27.71	0.72	10.54
千葉麻美	国体成年決	2015.10.3	54.74	7.01	13.24	19.84	26.64	33.45	40.27	47.36	54.74	13.40	13.64	14.47	28.10	1.47	16.72
西田文香	国体成年決	2015.10.3	55.10	7.09	13.27	19.85	26.64	33.60	40.53	47.63	55.10	13.38	13.89	14.57	28.46	1.82	16.78
青木沙弥佳	国体成年決	2015.10.3	55.14	6.89	13.03	19.62	26.40	33.28	40.24	47.54	55.14	13.37	13.84	14.90	28.74	2.34	20.38
佐藤日奈子	国体成年決	2015.10.3	55.23	7.17	13.78	20.62	27.33	33.94	40.75	47.81	55.23	13.55	13.42	14.48	27.90	0.57	9.70
新宅麻未	国体成年決	2015.10.3	55.40	7.28	13.64	20.27	27.07	33.80	40.60	47.70	55.40	13.43	13.53	14.80	28.33	1.27	14.61
久保倉里美	国体成年決	2015.10.3	55.47	7.00	13.28	19.99	26.81	33.71	40.67	47.85	55.47	13.53	13.86	14.80	28.66	1.85	16.29
岩田優奈	国体少年A決	2015.10.3	54.28	7.19	13.44	19.84	26.41	33.19	40.10	47.08	54.28	12.97	13.69	14.18	27.87	1.47	11.90
石塚晴子	国体少年A決	2015.10.3	54.44	6.99	12.97	19.29	25.77	32.44	39.43	46.76	54.44	12.80	13.66	15.01	28.67	2.89	21.90
青木りん	国体少年A決	2015.10.3	55.41	7.20	13.34	19.70	26.42	33.43	40.60	47.73	55.41	13.08	14.17	14.81	28.99	2.57	15.79
松本扶弥	国体少年A決	2015.10.3	55.79	7.19	13.48	20.07	26.88	33.76	40.86	48.14	55.79	13.40	13.98	14.93	28.91	2.04	15.03
中島藍梨	国体少年A決	2015.10.3	55.85	7.11	13.32	19.72	26.49	33.37	40.55	47.99	55.85	13.17	14.06	15.30	29.36	2.88	21.36
柴田知春	国体少年A決	2015.10.3	56.04	7.24	13.49	19.94	26.61	33.54	40.58	48.01	56.04	13.12	13.97	15.46	29.43	2.82	19.69
芝田望笑	国体少年A決	2015.10.3	56.46	7.07	13.10	19.47	26.28	33.40	40.74	48.37	56.46	13.18	14.47	15.72	30.18	3.91	23.17
藤井彩乃	国体少年A決	2015.10.3	57.24	7.33	13.57	20.00	26.81	33.88	41.23	48.91	57.24	13.24	14.42	16.01	30.43	3.62	21.15
岩田優奈	日本ジュニア決	2015.10.16	53.79	7.05	13.01	19.10	25.54	32.17	39.06	46.26	53.79	12.53	13.53	14.73	28.25	2.72	19.02
石塚晴子	日本ジュニア決	2015.10.16	54.21	7.04	12.97	19.10	25.51	32.17	39.14	46.44	54.21	12.54	13.64	15.07	28.70	3.19	20.65
松本扶弥	日本ジュニア決	2015.10.16	54.93	7.07	13.11	19.39	26.02	32.86	39.96	47.27	54.93	12.92	13.94	14.97	28.91	2.89	18.89
中島藍梨	日本ジュニア決	2015.10.16	55.10	7.10	13.01	19.44	26.18	33.05	40.13	47.45	55.10	13.17	13.94	14.97	28.92	2.74	21.94
柴田知春	日本ジュニア決	2015.10.16	55.18	7.25	13.41	19.84	26.52	33.21	40.15	47.38	55.18	13.11	13.63	15.03	28.66	2.14	17.48
権谷佳奈子	日本ジュニア決	2015.10.16	55.91	7.31	13.43	19.89	26.67	33.62	40.82	48.21	55.91	13.24	14.14	15.09	29.24	2.56	18.39
荒島夕理	日本ジュニア決	2015.10.16	56.16	7.40	13.60	20.07	26.95	33.87	40.96	48.29	56.16	13.35	14.01	15.20	29.21	2.26	18.21
岡部唯香	日本ジュニア決	2015.10.16	56.40	7.13	13.12	19.40	26.06	33.01	40.34	48.09	56.40	12.94	14.28	16.06	30.34	4.28	25.15
島田雪菜	日本ユース決	2015.10.16	54.85	7.22	13.42	19.87	26.47	33.29	40.38	47.66	54.85	13.04	13.91	14.47	28.38	1.92	16.34
青木りん	日本ユース決	2015.10.16	54.87	7.04	12.98	19.24	25.78	32.64	39.79	47.14	54.87	12.80	14.00	15.08	29.09	3.31	20.97
小山佳奈	日本ユース決	2015.10.16	55.59	7.27	13.52	20.00	26.74	33.56	40.54	47.76	55.59	13.22	13.80	15.05	28.85	2.11	15.91
芝田望笑	日本ユース決	2015.10.16	55.88	7.09	13.05	19.44	26.20	33.15	40.47	48.06	55.88	13.15	14.28	15.41	29.68	3.49	24.53
戸谷湧海	日本ユース決	2015.10.16	55.94	7.23	13.23	19.47	26.06	32.95	40.25	47.87	55.94	12.83	14.18	15.69	29.88	3.82	23.44
秦野南美	日本ユース決	2015.10.16	56.07	7.39	13.80	20.35	27.14	34.16	41.34	48.61	56.07	13.34	14.20	16.73	28.93	1.79	12.56
藤井彩乃	日本ユース決	2015.10.16	56.13	7.50	13.96	20.55	27.35	34.36	41.48	48.68	56.13	13.39	14.14	14.65	28.78	1.44	10.96
江成みなみ	日本ユース決	2015.10.16	56.78	7.15	13.23	19.60	26.41	33.45	40.92	48.64	56.78	13.18	14.51	15.86	30.37	3.97	23.55

男子と同様に、400m 走タイムから各地点の通過タイムおよび区間タイムを予測する回帰式を算出した。回帰式から求められる五輪参加標準記録 52.20 秒のモデル通過タイムは、100m12.6 秒, 200m24.8 秒, 300m37.8 秒となる。推定誤差を考慮すると、300m 地点を 37.5-38.0 秒程度で通過することが、参加標準記録突破の目安となると考えられる。参考までに、日本記録保持者である千葉麻美選手(旧姓, 丹野)が、2007 年大阪世界選手権準決勝において、51.81 秒を記録したレースにおける各地点の通過タイムは、100m12.58 秒, 200m24.76 秒, 300m37.63 秒であったと報告されている(持田・杉田, 2010)。

走スピード低下の指標である前後半差および走スピード低下率とフィニッシュタイムとの間には、いずれも有意な相関関係は認められなかった。このことは、男子同様に、いずれのパフォーマンスレベルにあっても走スピード低下のばらつきが大きいことを示している。また、前後半差と低下率との間には、男子と同様に有意な相関関係が認められた。前後半差の対象者全体の平均値は 2.66 ± 0.78 秒であり、

男子よりわずかに大きい傾向が見られた。400m のパフォーマンスレベルが 49-57 秒の範囲の女子競技者においては、1.9 ~ 3.4 秒程度が前後半差(走スピード低下)の目安となると考えられる。

3-2

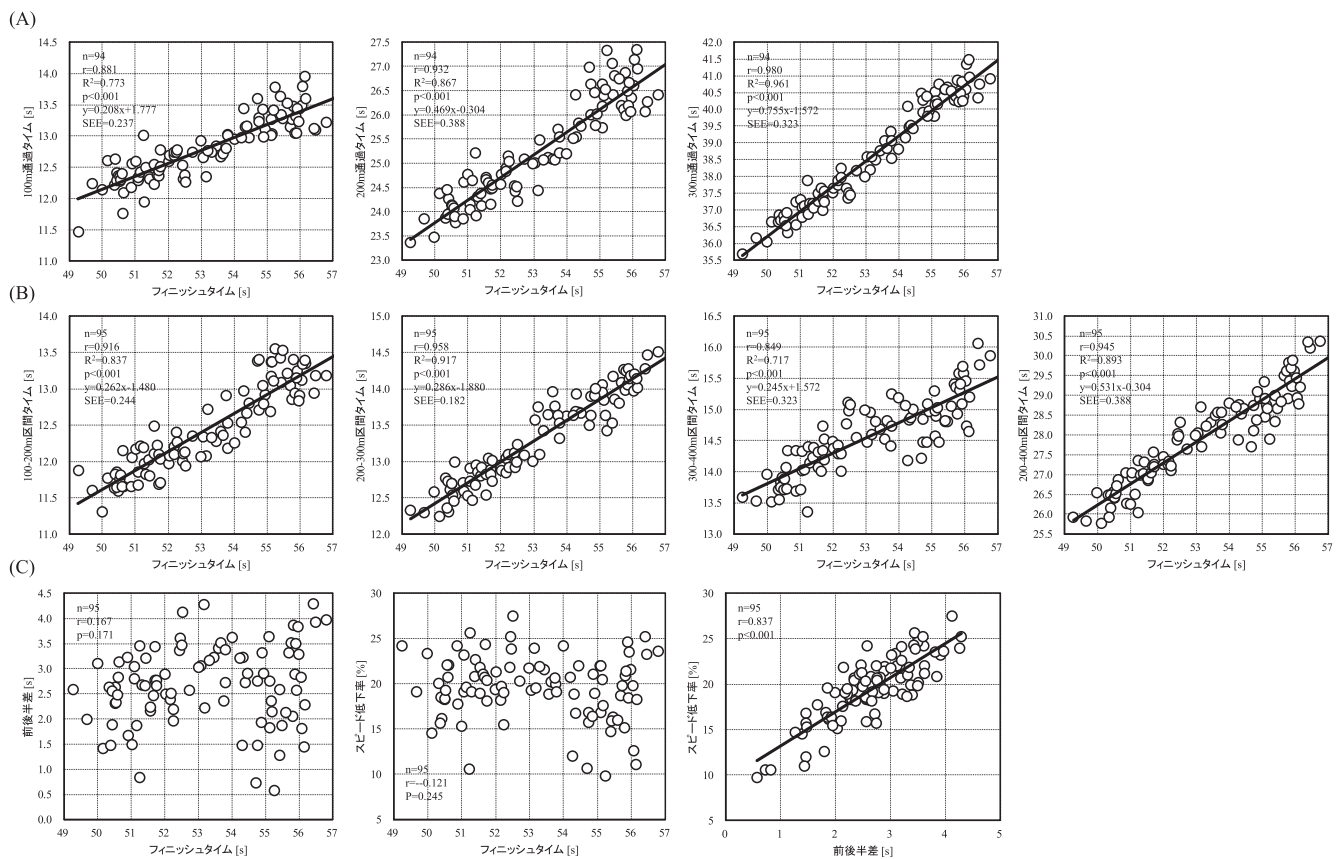


図3 400m走におけるフィニッシュタイムと(A) 通過タイム (B) 区間タイム (C) スピード低下指標との関係 (女子)

y : 各地点通過タイムおよび区間タイム (秒) x : 400m 走フィニッシュタイム (秒)

SEE : 推定値の標準誤差 (秒)

世界トップレベルと日本トップレベルでは、レースの中盤 (200-300m 付近) において、走スピードの差が大きくなる傾向が見られた。

ピッチおよびストライドについては、男子と同様に、ピッチはレベル間の差が小さく、ストライドは世界トップレベルが顕著に大きい傾向を示した。また、日本シニアトップレベルは、世界トップレベルと比較してピッチが高い傾向にあること、日本トップレベルと日本ジュニアトップレベルではストライドが同程度である傾向も男子と同様であった。

個人の特徴について見ると、世界選手権金メダリストのFELIX選手は、最高走スピードが顕著に高く、レース中盤で一度大きく走スピードが低下した後、中盤から再び走スピードが増加する特徴的な二峰性の走スピード変化を示した。このような走スピードの変化とともに、ピッチおよびストライドも大きく変化していたが、特にピッチの変化が顕著であり、ピッチによって走スピードがコントロールされていると推察される。日本人選手では、藤沢選手はレース前半の走スピードが高い傾向が見られたが、中盤以降の走スピードの低下が顕著であった。一方青木

選手は、レース中盤以降の走スピードが高い傾向が見られた。

4. まとめ

本稿では、2015年度の国内外の男女400m走レースを分析した。主な結果は以下のとおりである。

- ① 男女ともに400mフィニッシュタイムと100m毎の通過タイムおよび区間タイムとの間に有意な相関関係が認められた。前後半差および走スピード低下率との間には認められなかった。400m走タイムから各地点の通過タイム、区間タイムを推定する式を作成した。
- ② 世界トップレベル、日本シニアトップレベル、日本ジュニアトップレベルを比較すると、男女ともに世界トップレベルは、レース前半から中盤における走スピードが顕著に高く、ストライ

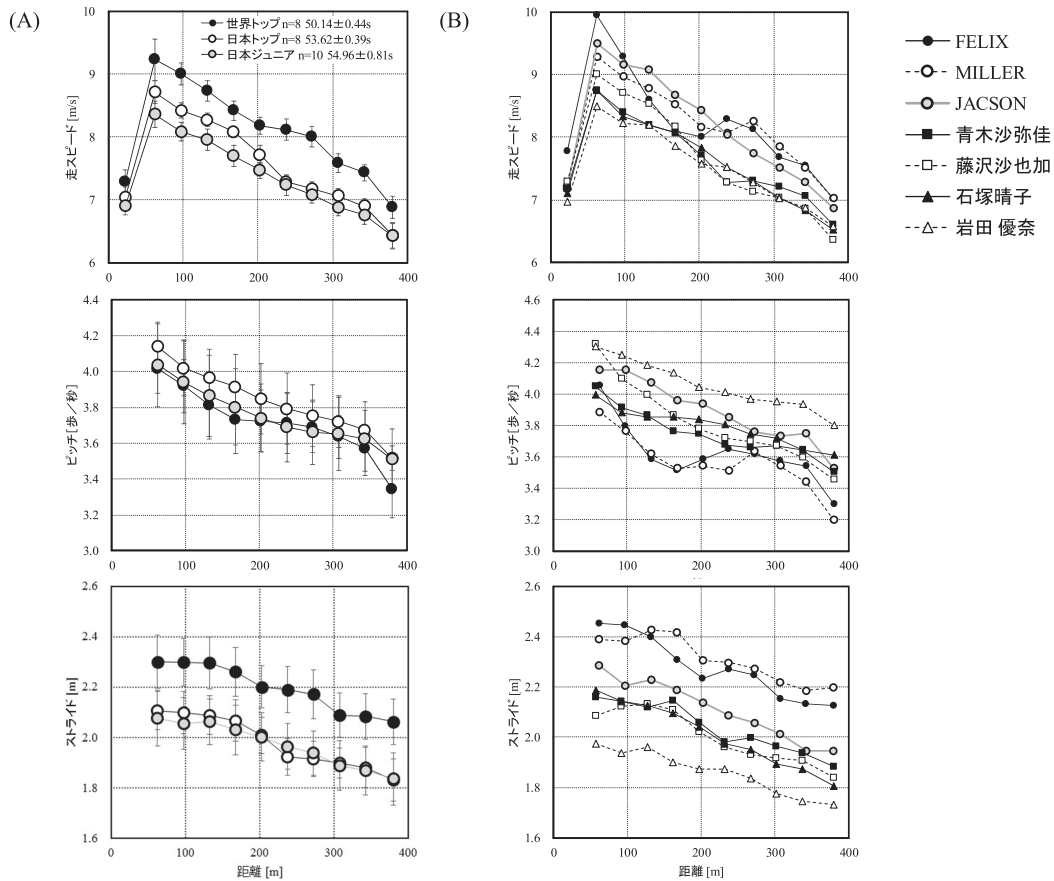


図4 競技レベル別にみた走スピード，ピッチおよびストライドの変化（女子）
 (A) 各レベルの平均パターン (B) 各レベルの代表的競技者のデータ

ドが大きかった。日本シニアトップレベルは、ピッチが高い傾向が見られた。

文献

- 持田 尚・松尾彰文・柳谷登志雄・矢野隆照・杉田正明・阿江通良（2007）Overlay 表示技術を用いた陸上競技 400m 走レースの時間分析。陸上競技研究紀要，3：9-15.
- 持田 尚・杉田正明（2010）2007 世界陸上競技選手権大阪大会における決勝 400m 走レースのバイオメカニクス分析。第 11 回世界陸上競技選手権大会 日本陸上競技連盟バイオメカニクス研究班報告書 世界一流陸上競技者のパフォーマンスと技術。財団法人日本陸上競技連盟：東京，pp. 51-75.
- 山本真帆・松林武生・山中亮・小林海・松尾彰文・柳谷登志雄・広川龍太郎・小山宏之・榎本靖士・岡崎和伸・門野洋介・山元康平（2014）2014 年度競技会における男子 400m 走のレース分析。陸上競技研究紀要，10：75-79.

2015年全国高校総体における男子4×400メートルリレーのレース分析

柳谷登志雄¹⁾ 安藤柗之介¹⁾ 山元康平^{2) 6)} 小山宏之³⁾ 貴嶋孝太⁴⁾ 杉田正明⁵⁾

1) 順天堂大学大学院 2) 筑波大学 3) 京都教育大学 4) 大阪体育大学 5) 三重大学
6) 日本学術振興会特別研究員DC

1. はじめに

本年のインターハイは7月29日から8月2日までの5日間にわたり、和歌山県和歌山市・紀三井寺競技場を会場として開催された。日本陸連科学委員会では、全国高等学校陸上競技対抗選手権大会（インターハイ）に出場する高校生の競技を対象として、バイオメカクスデータを収集する活動を継続的に実施しているが、今年もこの期間を通して各種目のデータの収集と分析およびデータフィードバックを行った。

5年後の2020年に開催される東京オリンピックでは、今年のインターハイに出場した世代の競技者が多数出場することが予想される。そのため、この世代の現在の競技に関する情報を収集・分析することは、今後の選手強化などに非常に有用であり重要であると考えられる。

インターハイ関連のデータ分析については、速報掲示板および報告書、そして陸上競技専門誌に公表しているが、4×400メートルリレーに関しては最終日の最終種目として実施されており、これらの報告書などには情報が掲載されないこと、そして毎年好記録が出ていることから、本稿ではこれに関するデータを報告する。

2. 方法

2.1 分析対象レースおよび分析対象校

分析対象としたレースは、平成27年に開催された全国高等学校陸上競技選手権大会（インターハイ）において実施された4×400メートルリレー（以下、4×400mRとする）の男女各決勝であった。

分析対象校は、男子が決勝レースに出場した九州学院（熊本）、盛岡南（岩手）、相洋（神奈川）、成田（千葉）、東京（東京）、宇治山田商（三重）、関大北陽

（大阪）、大阪（大阪）および宮崎工業（宮崎）の全9校であった。また、女子は、決勝レースに出場した東大阪大敬愛（大阪）、相洋高校（神奈川）、成田（千葉）、至学館（愛知）、八王子（東京）、東京（東京）、中京大中京（愛知）、市立船橋（千葉）の全8校であった。

2.2 映像データの収集

大会当日のレースの様態を、デジタルビデオカメラ（EXILIM EX-F1, CASIO社製）を2台用いて、メインスタンド最上段からレースの様態を撮影した。この時のビデオカメラの配置は図1に示した通りであった。

なお、ビデオカメラの設定は以下の通りとした。すなわち、撮影モードはM（マニュアル）モードとし、その際のビデオ画質はFHD画質（1920×1080）、フレームレイトは60fps（プログレッシブ）であった。また、シャッタースピードおよびF値については、レース実施時の撮影ポイントにおいて分析に最適な映像が取得できるように適宜調節した。

また、レース展開などにより撮影したビデオではレースの様態を確認することが困難である場合には、動画共有サイトYouTubeに公表されている該当レースの動画をダウンロードして利用した。

2.3 データ分析

撮影したビデオ映像をパーソナルコンピュータ上でソフトウェア（Qucik Time Player 7）を用いて再生し、各イベントの時間を読み取った。ゴールタイムは、大会本部から公表される公式記録から引用した。さらに、第2走者から第4走者までの走者が第1レーンの200m走スタートラインを通過する時間を読み取った。この値は、厳密には走順およびレーンにより200m地点ではないものの、各走者の前半と後半におけるタイム差の指標として用いた。

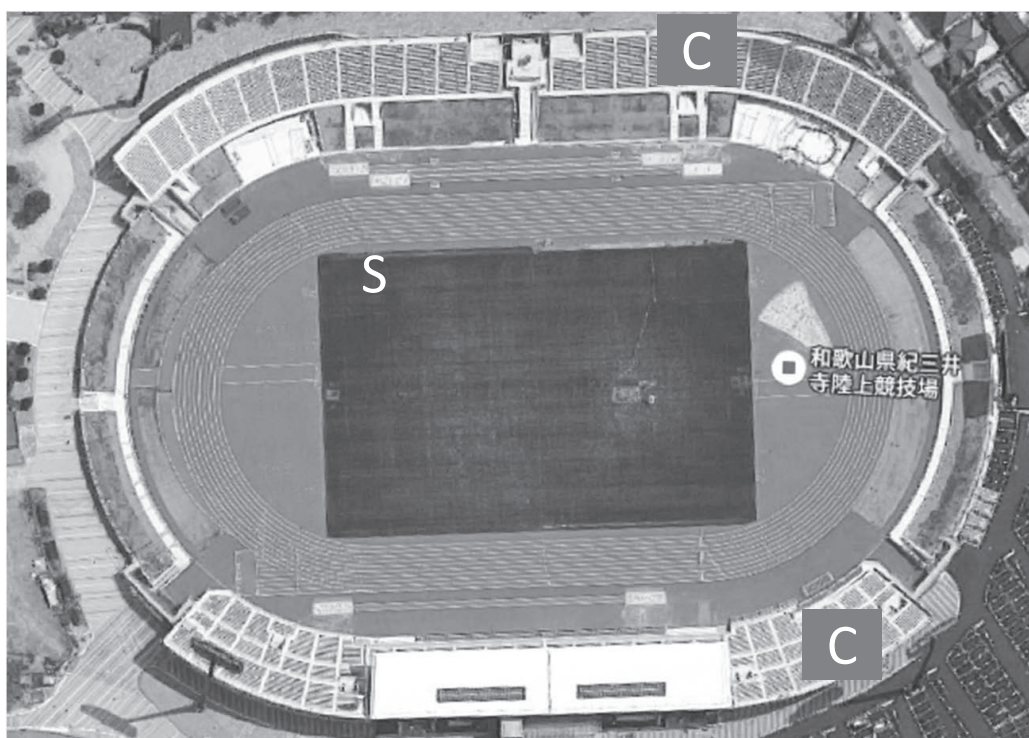


図1 4×400mリレーにおけるビデオカメラの配置 (Google Map より引用・加筆)

表1 男子4×400mリレー決勝レースの分析結果

順位	レーン	校名	ゴールタイム		第1走者 (400m)		第2走者 (600m) (800m)		第3走者 (1000m) (1200m)		第4走者 (1400m) (1600m)	
					通過タイム(秒)	200mラップ(秒)	通過タイム(秒)	200mラップ(秒)	通過タイム(秒)	200mラップ(秒)	通過タイム(秒)	200mラップ(秒)
優勝	3	九州学院・熊本	3分10秒18	通過タイム(秒)	49.27	70.70	96.46	117.82	144.11	166.47	190.18	
				200mラップ(秒)			21.44	25.76	21.35	26.29	22.36	23.74
				400mラップ(秒)	49.27		47.20		47.65		46.10	
2位	4	盛岡南・岩手	3分10秒66	通過タイム(秒)	48.48	70.54	95.95	118.39	143.94	166.07	190.66	
				200mラップ(秒)			22.06	25.41	22.44	25.56	22.12	24.62
				400mラップ(秒)	48.48		47.46		48.00		46.75	
3位	8	相洋・神奈川	3分10秒87	通過タイム(秒)	48.11	70.10	95.73	118.25	143.84	166.30	190.87	
				200mラップ(秒)			21.99	25.63	22.52	25.59	22.46	24.61
				400mラップ(秒)	48.11		47.61		48.11		47.06	
4位	5	成田・千葉	3分10秒93	通過タイム(秒)	48.10	70.34	96.01	118.69	144.43	166.70	190.93	
				200mラップ(秒)			22.24	25.68	22.67	25.74	22.27	24.26
				400mラップ(秒)	48.10		47.91		48.42		46.53	
5位	7	東京・東京	3分11秒69	通過タイム(秒)	47.26	69.60	95.63	117.98	143.79	166.77	191.69	
				200mラップ(秒)			22.34	26.03	22.36	25.81	22.97	24.94
				400mラップ(秒)	47.26		48.37		48.16		47.91	
6位	1	宇治山田商・三重	3分13秒97	通過タイム(秒)	49.15	70.80	98.31	120.62	146.15	169.27	193.97	
				200mラップ(秒)			21.65	27.51	22.31	25.53	23.12	24.72
				400mラップ(秒)	49.15		49.17		47.83		47.85	
7位	6	関大北陽・大阪	3分14秒17	通過タイム(秒)	49.78	72.41	97.50	120.79	145.56	168.84	194.17	
				200mラップ(秒)			22.62	25.09	23.29	24.77	23.27	25.36
				400mラップ(秒)	49.78		47.71		48.06		48.63	
8位	9	大阪・大阪	3分14秒95	通過タイム(秒)	49.48	72.01	97.65	120.65	146.81	170.24	194.95	
				200mラップ(秒)			22.52	25.64	23.01	26.16	23.42	24.74
				400mラップ(秒)	49.48		48.16		49.17		48.16	
9位	2	宮崎工・宮崎	3分17秒85	通過タイム(秒)	49.78	71.87	98.38	121.62	148.57	170.84	197.85	
				200mラップ(秒)			22.09	26.51	23.24	26.94	22.27	27.11
				400mラップ(秒)	49.78		48.60		50.18		49.38	

これらの時間から、各校の区間タイム、各走者の200m通過タイム、そして各走者の前半200mと後半200mにおけるタイム差を示した。

3. 結果および考察

男子決勝レースの分析結果については表1に示した通りである。

優勝した九州学院(熊本)のゴールタイムは3分10秒18であった。また、第4位の成田(千葉)の

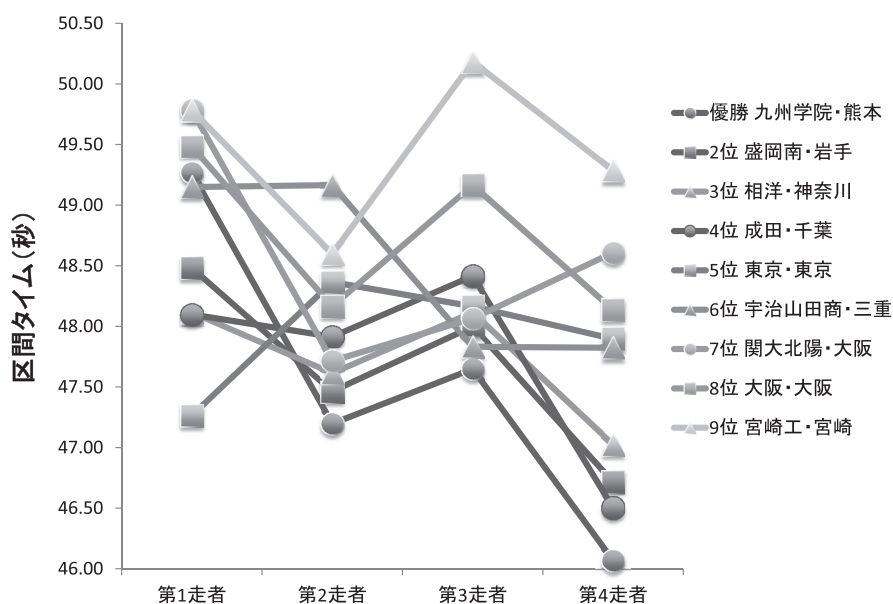


図2 男子4×400mリレー決勝における走順ごとの区間タイム

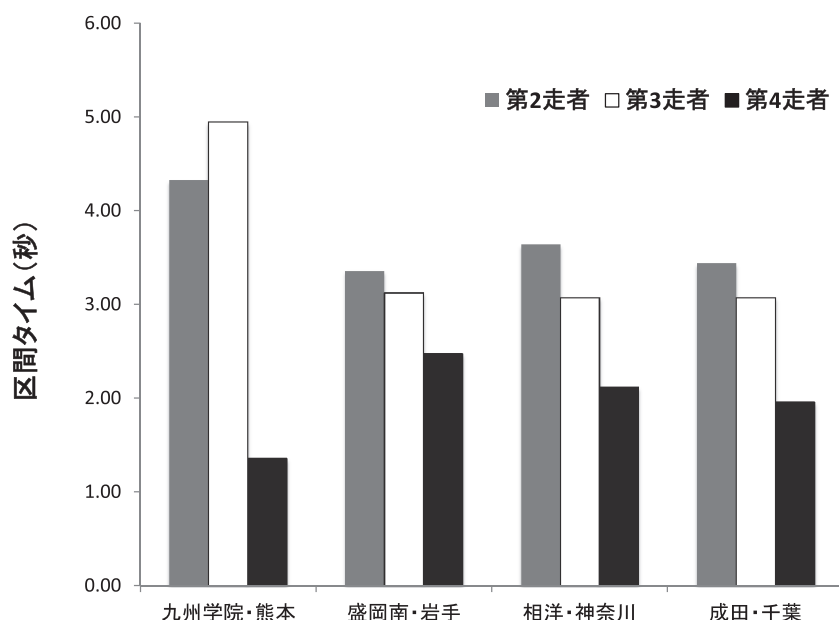


図3 男子4×400mリレー決勝における第2・3・4走者の前後半200m毎のタイム差

ゴールタイムは3分10秒93であることから、僅か1秒の間に第1位から第4位までの4校（九州学院、盛岡南、相洋、成田）がゴールラインを通過しており、いずれの高校の競技力も拮抗していたことがわかる。

また図2に、走順ごとの区間タイムを示した。決勝レースの第一走者から第四走者までの平均タイムはそれぞれ48.82秒、48.02秒、48.40秒および47.56秒であった。これに対して、優勝チームの第一走者から第四走者までのラップタイムは、それぞれ49.27秒、47.20秒、47.65秒および46.07秒であった。このことから、優勝チームは、第一走者だけが平均値を下回るタイムであったが、第二走者以降は

いずれの走者も各走順内で最も速いタイムで疾走していたことが示された。

400m走では、レース前半にスピードを上げ過ぎると後半の失速が起こることはよく知られている。したがって、レース後半の顕著なスピードの低下など避けるためにはペース配分が重要になる。しかしながら4×400mリレーの場合には、レースでの位置取りも重要であるため、各走者とも前半から比較的ハイスピードで疾走せざるを得ない状況にある。そこで、第2走者以降の選手を対象として各区間の前後半200m毎のタイム差を求め図3に示した。このタイム差が小さいほど、後半にタイムが落ちていないと考えることが可能である。しかしながら、こ

表2 女子4×400mリレー決勝レースの分析結果

順位	レーン	校名	ゴールタイム			第1走者 (400m)		第2走者 (600m) (800m)		第3走者 (1000m) (1200m)		第4走者 (1400m) (1600m)	
				通過タイム(秒)	200mラップ(秒)	通過タイム(秒)	200mラップ(秒)	通過タイム(秒)	200mラップ(秒)	通過タイム(秒)	200mラップ(秒)	通過タイム(秒)	200mラップ(秒)
優勝	6	東大阪大敬愛・大阪	3分40秒76	通過タイム(秒)	56.86	82.70	111.93	138.54	167.60	191.98	220.76		
				200mラップ(秒)		25.84	29.23	26.61	29.06	24.37	28.78		
				400mラップ(秒)	56.86		55.07		55.67		53.16		
2位	7	相洋・神奈川	3分42秒74	通過タイム(秒)	56.51	82.28	111.98	138.62	168.10	193.88	222.74		
				200mラップ(秒)		25.78	29.70	26.64	29.48	25.78	28.86		
				400mラップ(秒)	56.51		55.47		56.12		54.64		
3位	4	成田・千葉	3分43秒09	通過タイム(秒)	56.69	81.95	111.36	138.59	168.27	194.04	223.09		
				200mラップ(秒)		25.26	29.41	27.23	29.68	25.78	29.05		
				400mラップ(秒)	56.69		54.67		56.91		54.82		
4位	8	至学館・愛知	3分44秒61	通過タイム(秒)	56.84	82.15	111.48	138.44	168.52	194.58	224.61		
				200mラップ(秒)		25.31	29.33	26.96	30.08	26.06	30.03		
				400mラップ(秒)	56.84		54.64		57.04		56.09		
5位	2	八王子・東京	3分44秒62	通過タイム(秒)	56.22	82.10	111.48	138.30	168.10	194.46	224.62		
				200mラップ(秒)		25.88	29.38	26.83	29.80	26.36	30.16		
				400mラップ(秒)	56.22		55.26		56.62		56.52		
6位	5	東京・東京	3分46秒61	通過タイム(秒)	56.42	82.12	113.43	139.39	170.62	196.66	226.61		
				200mラップ(秒)		25.69	31.31	25.96	31.23	26.04	29.95		
				400mラップ(秒)	56.42		57.01		57.19		55.99		
7位	3	中京大中京・愛知	3分48秒37	通過タイム(秒)	57.52	83.78	114.28	140.39	172.42	197.96	228.37		
				200mラップ(秒)		26.26	30.50	26.11	32.03	25.54	30.41		
				400mラップ(秒)	57.52		56.76		58.14		55.95		
8位	9	市立船橋・千葉	3分49秒24	通過タイム(秒)	57.49	83.63	112.86	140.04	171.05	197.43	229.24		
				200mラップ(秒)		26.14	29.23	27.18	31.01	26.38	31.81		
				400mラップ(秒)	57.49		55.37		58.19		58.19		

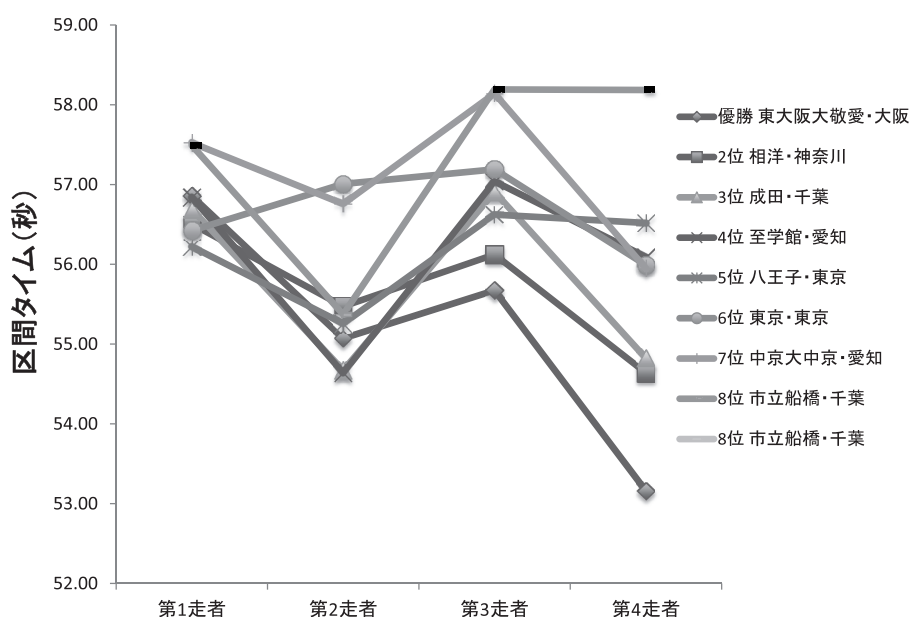


図4 女子4×400mリレー決勝における走順ごとの区間タイム

の種目では、走順によって200m走のスタート地点が何メートルに相当するのかが異なるため、同じ走順内での比較は可能であるが、走順をまたいでの単純は出来ない。

したがって、同一走順内での比較をすると、優勝した九州学院の第二および第三走者は他校に比べて前後半タイム差が大きいこと、そして第四走者は前後半タイム差が最も小さいことが特徴として示された。また、それ以外の上位校の場合には、同一走順内での前後半タイム差は何れの学校ともさほど大きくないことも示された。昨年のインターハイにおけ

る報告では、優勝した成田の前後半タイム差は、いずれの走順においても他校に比べて少ないことを報告しており、このことからレース前半で先行した成田は終始マイペースで走ることが出来たのではないかと考察している。これに対して、本レースにおける九州学院は第一走者で六番手となり、その後の第二走者および第三走者ではトップバトンを渡していることから、九州学院の第一走者は前半から追い上げる必要があったこと、そして第二走者も他校から逃げ切るために前半を速いタイムで通過する必要があったため結果として前後半タイム差が大きくなっ

てしまったと考えられた。

女子決勝レースの分析結果については表2に示した通りである。また図4に、走順ごとの区間タイムを示した。女子の決勝は昨年に引き続き東大阪大敬愛高（大阪）が第2位の相洋高（神奈川）に約2秒の差をつけ、3分40秒76で連覇を果たした。しかしながら、昨年の同校のゴールタイムは3分39秒17であり、単純にタイムだけで比較すると、昨年のタイムをわずかに下回るものであった。

決勝レースの第1走者から第4走者までの平均タイムはそれぞれ56.82秒、55.53秒、56.99秒および55.67秒であり、いずれの走順の選手も55秒前後のタイムであった。これに対して、優勝チームの第1走者から第4走者までのラップタイムは、それぞれ56.86秒、55.07秒、55.67秒および53.16秒であった。このことから、優勝チームは、第1走者は平均値にほぼ近いタイムであったものの、第3走者と第4走者は各走順で最も速いタイムで疾走したこと、なかでも第4走者の石塚選手のタイムは二番目のタイムであった青木選手（相洋高）を約1.5秒引き離す突出するものであったことがわかる。このことから、インターハイで優勝するためには、ラップタイムで56秒を上回るレベルの走力が必要であるといえよう。

この種目では、400m走に代表されるような、いわゆるロングスプリント走における個々の能力が求められると考えられる。渡部ら（2006）によるインターハイの女子4×400mRの分析結果によると、この種目の準決勝では400m走タイムのレベルの高い選手が各校に1名は居るのに対して、準決勝レベルになると2名は居り、さらに決勝レベルになると2名は居るといことである。この種目では、前半のレース展開により、追いかける走りをするか、あるいは追いかける走りをするかが決まってくるため、このようなレベルの高い選手をどのような走順に配置してくるかが、レース展開やタイムにも大きく影響すると考えられる。

渡部（2006）はインターハイの女子4×400mR出場校への調査から、この種目に関するオーダーの並べ方の調査を行い、どのような走力の者を第何走者に配置するかを論じている。それによると、そのコンセプトは予選から準決勝そして決勝へとラウンドが上がるに従い変化してくることである。例えば予選では第二走者に最も速い走者（エース）を配置し、次に速い走者を第四走者に配置するケースが多いようである。これはエースを第二走者に配置することにより、少しでも順位を上げておきたいと考

えるチームが多いためであると考えられる。そして準決勝レベルでは、予選と同様に、最も速い走者を配置するチームが多い一方で、第四走者にエースを配置するチームや第三走者に準エースを配置するチームも多いとのことである。この狙いとしては、第二走者において先頭グループにつけて第三走者とアンカーへつなげることで決勝への進出を伺っているチームが多いためであると考えられている。そして、決勝レベルでは、エースをアンカー、さらに準エースを第二走者に配置しているチームが多いことが報告されている。また、決勝では、チームで最も遅い走者を第一走者に配置し、第三走者にチームで三番手の選手を配置しているチームが多く、このことから決勝ではアンカー勝負で順位を上げたいと考えるチームが多いためであると考えられる。

男子と同様に女子においても上位入賞したチームにおけるレースの前後半のタイム差を比較した結果を図5に示した。女子の場合も男子と同様に全ての選手が前半200mのタイムの方が早い傾向が示され、全チームの前後半差の平均は3.89秒であった。このことから、ほぼ全ての選手が前半からハイペースであったといえる。ただし、この前後半のタイム差はあくまでも個々の選手のペース配分を表しているものであり、400mの走能力を表しているわけではない。例えば、優勝した東大阪大敬愛高の石塚選手の前後半差は4.40秒であり、後半のタイム低下は全体の中でも大きいほうであるが、前半200m（24.37秒）と後半200m（28.78秒）はともに、出場選手中もっとも早いタイムであることもわかる。レースパターンの個人差は同程度のレベルの競技者であっても大きいものである。また、レベルの高い競技者はレースの前半・後半のどちらかが速いというわけではなく、ともに速いタイムで走っていた。

400メートル走のペース配分に関する研究論文では、前半の200mを全力疾走の93%のタイムで通過した時に400m走のタイムが最も高くなることが報告されている。また、その時の380メートル地点でのピッチとストライド低下は、125メートル地点におけるピッチとストライドに対してそれぞれ2.4%および9.2%低下したものであるのに対して、前半を全力疾走の98%で疾走したときには、ピッチとストライドの低下は13%にも及ぶことが報告されている。このように4×400mRにおいて前半から過度のスピードで追い上げることで、後半の走りの低下が起こるため、前半のスピードを抑えめで行くことが後半の追い上げに繋がる可能性がわかる。

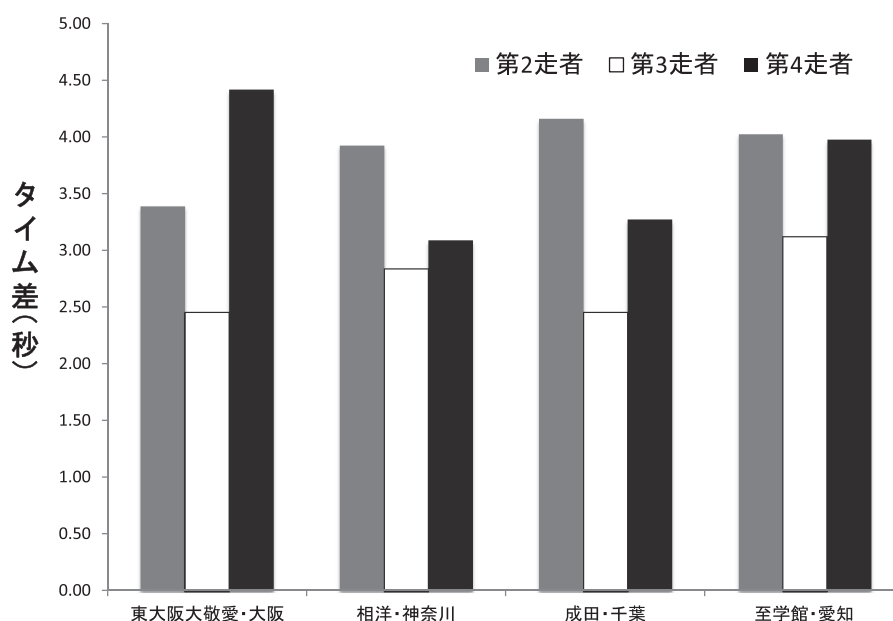


図5 女子4×400mリレー決勝における第2・3・4走者の前後半200m毎のタイム差

同じリレー種目でも、400メートルリレー（以下、400mRとする）であれば、バトンパスの技術がタイムの向上や低下に大きく影響するものの、この種目では、バトンパスの技術はさほどレースタイムに影響しないと思われる。一方、先述の通り、各走者のペース配分は大きく影響すると考えられている。

これに対して、麻場（2005）はこの種目のアテネオリンピックに向けた取り組みとして、日本代表チームのメンバーを前年度実績により固定し、代表候補による強化合宿などでは全員が同じトレーニングメニューを実施し、さらに冬季と通してバトンワークをトレーニングの随所に取り入れたことを報告している。

以上のように4×400mRは、各走者の走力だけではなく、走順の配置やペース配分など様々な要因がチームのタイムや順位に影響する種目であるといえる。

4. 引用参考文献

- 1) 4×100m, 4×400mリレーについて -日本チームの挑戦. 杉田正明, 広川龍太郎, 松尾彰文 [他]. 陸上競技学会誌 (6), 21-26, 2007.
- 2) 女子4×400mリレーにおける各走者区間タイムからみたオーダーについての一考察. 渡部 誠, 斎藤隆志, 岡野 進. 陸上競技研究紀要 2, 53-57, 2006.
- 3) オリンピック・世界選手権4×400mリレーの各走者区間タイムについて (特集: リレー).

野口純正, 高橋牧子. スプリント研究 15, 33-50, 2005.12

- 4) アテネオリンピック4×400mリレーの戦略 (特集: リレー). 麻場一徳. スプリント研究 15, 11-15, 2005-12
- 5) 柳谷 登志雄, 辻 秀憲, 小林 海, 松尾彰文, 杉田正明. 全国高校総体における男子4×400mリレーのレース分析 (日本陸連科学委員会研究報告 第13巻 (2014) 陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2013). 陸上競技研究紀要 10, 104-108, 2014
- 6) Saraslanidis PJ, Panoutsakopoulos V, Tsalis GA, Kyprianou E. The effect of different first 200-m pacing strategies on blood lactate and biomechanical parameters of the 400-m sprint. Eur J Appl Physiol. 111(8):1579-90, 2011.

2015 シーズンと記録別にみた男女100mのレース分析について

松尾彰文¹⁾ 広川龍太郎²⁾ 柳谷登志雄³⁾ 松林武生⁴⁾ 高橋恭平⁵⁾ 小林海⁶⁾ 杉田正明⁷⁾
1) 鹿屋体育大学 2) 東海大学 3) 順天堂大学 4) 国立スポーツ科学センター
5) 熊本高等専門学校 6) 日本スポーツ振興センター 7) 三重大学

国際大会や日本のトップスプリンターが出場するような競技会（主に織田記念、ゴールデングランプリ、日本選手権、国体、世界選手権）における短距離男女100mにおいて、海外選手や日本選手を対象としたレース分析として加速過程、最高スピードとスピード低下について記録（100mのフィニッシュタイム）との関連性を検討し、記録ともっとも密接な関係にあるのが、レース中の最高スピードであり、次いで加速過程の指標としての30m通過タイムであるが、フィニッシュ直前のスピード低下率の影響が少ないことを報告してきた（松尾ら、2014、2013、2010、2009）。さらに、レース中のピッチやストライドを分析した結果から、レース中の最高スピードの直前にピッチが最高値に達していたことや、記録別に統計処理でみると日本選手と海外選手ではピッチでは明らかな差がないことなどを報告してきた（松尾ら、2014、2011）。また、ピッチとストライド分析例が多数ある選手について記録との関係を見ると、ピッチに影響される場合、ストライドに影響される場合、両方に影響される場合と、傾向がない場合という4つのタイプがあることが分かった（松尾ら、2014）。このことは、選手個人の記録、ピッチやストライドの特性を把握したうえで、記録を向上させるための方策を企画する必要性があることを示唆していると考えられる。レース展開全体での方策を検討するためには、ピッチやストライドだけではなく、スタートからの加速過程、最高スピード、スピードの持久性の各指標を巨視的な視点からだけではなく、微小な記録別に分けて、その中での相互関連を検討する必要がある。

そこで、この報告書では、2015年シーズンの男女100mレース分析結果の報告とともに、レース分析指標である、30mラップタイム、最高スピードおよびスピード減率の関係を記録別に統計処理を行い、レース展開における目標設定のための参考資料

を提供しようとした。

方法

1. 2015シーズンの分析

織田記念、ゴールデングランプリ（GGP）、日本選手権においてレーザ方式疾走スピード測定装置（ラベック）により選手の後方から疾走スピードを測定した。織田記念では男子26例、女子27例、GGPでは男女ともに6例づつ、日本選手権では男子37例、女子32例、合計で男子69例、女子65例のデータ収集ができた。

疾走スピード分析は、10m区間ごとの通過タイム、区間ごとの通過タイムを求めたのち、区間平均スピードを算出した（松尾ら、2008）。また、レース中のスピードの最高値を最高スピード、それが出現した区間を出現区間、およびその区間の中間時点を出現時間とした。最高スピードから90mと100mの区間スピードへの低下率をスピード減率とした。

2. 記録別の集計

科学委員会の100mレース分析のデータベース全体（松尾ら、2014）の計測結果（男子829例、女子751例）を100mの記録を基準として、0.1秒ごとにグループ分けした。男子では9秒台のグループを90とし、10.0秒台を100、10.1秒台を101、そのあとを0.1秒ごとに分けたが、10.9以降は109とした。女子では10秒台を100として、12.3秒以降を一つのグループとして123とした。グループごとに記録、30m通過時間、50m通過時間、最高スピード、スピード減率の平均値、標準偏差、最大値および最小値を求めた。さらに加速過程の評価指標として30m通過時間、最高スピード、スピード減率で、相互の関連性を相関分析した。この統計処理において、相関係数の有意性は5%以下とした。

結果と考察

1. 2015 シーズンの測定結果

表 1 および表 2 に、2015 シーズンの測定結果を男女別に示した。測定した記録の上位 20 位までは 10 m ごと分析結果を表示した。男子についてみると 2015 の日本選手権までに計測してもっともよい記録はゴールデングランプリの Koffi 選手 (1 位) と高瀬選手 (2 位) の 10.09 秒 (-0.1 m/s) で、レース中の最高スピードは Koffi 選手の 11.56 m/s であった。女子ではもっとも記録がよかったのはゴールデングランプリでの Bartoletta 選手の 11.26 秒 (11.2 m/s) で、最高スピードは同じく 10.05 m/s であった。

2. 最高スピード、30 m 通過タイム、およびスピード低減率との関係

図 1 および図 2 に、男女それぞれで、レース中の最高スピードと記録、30 m 通過タイムと記録、およびスピード低減率と記録との関係を示した。図中の太い線は、データベース全体を分析して得られた回帰直線である。細い線は、2015 年に得られたものである。2015 年度をみると、最高スピードと記録とは統計的に有意な負の比例関係 (男子; $n=69$, $r=-0.961$, $p<0.001$ 、女子; $n=65$, $r=-0.976$, $p<0.001$) にあり、スピードと記録が非常に強い関係にあった。30 m 通過タイムとは正の相関関係 (男子; $r=0.792$, $p<0.001$ 、女子; $r=0.822$, $p<0.001$) があり、30 m 通過タイムがよいほど記録もよい傾向にあった。スピード低減率とも正の相関関係 ($r=0.276$, $p<0.05$ 、女; $r=0.280$, $p>0.05$) が認められ、低減率が低いほど記録は高い傾向を示した。どの指標をみても男女共にデータベース全体の統計処理結果の傾向とほぼ一致していた。

3. 記録別のグループごとにみた統計値

表 3 には、0.1 秒ごとの記録別グループでみた記録、最高スピード、30 m 通過タイム、50 m 通過タイムおよびスピード低減率の平均値、標準偏差、最小値および最大値、30 m 通過タイム、最高スピードとスピード低減率の相互の相関係数を示した。上段が男子、下段が女子であり、それぞれの最下段には、全体の統計値を示した。グループの人数をみると、9 秒台が 19 例、10.4 秒台が最も多く 158 例であった。女子では 10 秒台が 4 例、11.7 秒台が最も多く 106 例であった。相関係数では、30 m 通過タイムを t30、最高スピードを Vf、スピード低減率を低減率、記録を time として項目タイトルにした。相関

係数をみると、全体では、男子の t30-Vf、Vf-低減率、Vf-time で有意な負の相関関係が、女子の t30-Vf、t30-低減率、Vf-time で有意な負の相関関係がみられた。グループ別に見ると、t30-Vf および Vf-低減率では多くのグループ正の相関関係が認められた。全体で見た場合と、0.1 秒内でみた場合には逆の相関関係であることが分かった。また、Vf-time では、負の有意な相関関係が認められており、0.1 秒の範囲内でも最高スピードと記録とは反比例する傾向にあることを示す結果であった。

図 3 では、記録別のグループごとの最高スピードの平均値、標準偏差、最大値および最小値を記録の平均値との関係で示した (上段; 男子、下段; 女子)。男女ともに平均値でみても、最高スピードとフィニッシュタイムはほぼ反比例関係が強いことがわかる。しかしながら、それぞれの両端のグループを除いて、記録別グループごとにみる最高スピードの標準偏差は約 0.08 m/s であり、最大値と最小値の差の範囲は、おおむね 0.4 m/s であった。

グループ別に見た統計値から、90 グループの特徴を例としてみよう。最高スピードの最大値 12.35 m/s はボルトの 9.58 秒時の値である。このグループの最小値 11.63 m/s は 10 秒の壁を突破するための条件のひとつともいえる。100 の最高値が 11.76 m/s、101 では 11.63 m/s であり、9 秒台の条件を満たしている。9 秒台の最高スピードに達していても 10.1 秒の記録例があることは、最高スピードと記録とが密接な関係であるものの、微小範囲で見ると多少のばらつきがあることを示している。さらに、30 m 通過で見ると、90 のもっとも遅いタイムは 3.92 秒であり、このタイムは 106 の最速タイム 3.93 秒と 0.01 秒差であった。50 m 通過でみると 90 の最も遅い値は 5.66 秒であり、このタイムは 103 の最速タイムに等しい。スピード低減率をみると、90 の最低値は 8.89% で、どのグループでも 90 の最低値が含まれている。このように 9 秒台の最も遅い値をみていくと、30 m 通過では 10.6 秒台の最速値に、50 m 通過では 10.3 秒台の最速値に、さらに、最高スピードでは 10.1 秒台の最速値にほぼ等しかった。この例のように、最低条件だけをみて、目標値にできるのだろうか。

微小な記録区間 (0.1 秒ごと) において、それぞれのグループ内で、加速過程、最高スピード、スピード低下に関連する項目に対して相互の関係をみた。図 4 では男子 104、図 5 では女子 117 を例として、3 つの相互の関連を示した。男女ともに 30 m 通過タイムと最高スピード、および最高スピードと

スピード逓減率においてそれぞれで統計的に正の相関関係が、また、30 m通過タイムとスピード逓減率では統計的に有意な負の相関関係にあることが示されている。最高スピードと記録との関係は、どのグループでも負の相関関係にあり、最高スピードが高いほど記録がよい傾向が認められた。これらのことは、30 m通過が速いほど最高スピードが低く、最高スピードが高いほどスピード逓減率も高い傾向にあることと、30 m通過タイムが速いほどスピード逓減率も高いことを示している。このような傾向は、他のグループでみられている。以上のことから、目標タイムを設定する際に、30m 通過を遅いタイムに設定した場合には、最高スピードは速い値にすることと、スピード低下が起りやすい傾向あることへの留意が必要である。逆に、30m 通過タイムを速く設定した場合には、最高スピードは低い値にしておいてもスピード低下は起りにくい傾向にあるが、30m 通過タイムが速いとスピード低下が起りやすい傾向があることにも留意が必要である。このようなフィニッシュ手前のスピード低下には、どのようなレースでも留意が必要であることを示唆していると考えることができる。

具体的な目標設定の例を考えてみよう。男子で10.3 秒台を目標にする場合、30m 通過の目標タイムを遅い方の4.0 秒とした場合には、最高スピードは速い方の11.46m/s を目標値とすることが望ましいが、スピード低下が起りやすいことになる。逆に最高スピードを遅い方に10.99m/s とした場合には、30m 通過は速い方の3.84 秒に設定することが望ましいであろうが、ここでも30m 通過タイムと逓減率の関係配慮するとスピードが低下しないようにすることにも留意が必要であろう。女子では11.5 秒台を目標とした場合、30m 通過を遅い方の4.37 秒とした場合には最高スピードは速い方の10.04m/s に、最高スピードを遅い方の9.66m/s とした場合には30m 通過は速い方の4.18 秒とし、スピード低減を少なくするような目標設定が望まれる。ここでは、グループごとの両極の値を例とした場合について述べたが、中間の値すなわち、平均値、標準偏差で検討することも可能である。どのような目標に設定するかは、選手のレース展開の傾向や身体的な特性などと合わせて総合的に検討していくことが必要であろう。

まとめ

2015 年度のシーズンの織田記念、ゴールデング

ランプリおよび日本選手権においてレーザー方式のスピード計測装置で、男女100m レース中の選手の疾走スピードを分析、加速課程の評価指標として30m 通過タイム、最高スピードの指標として10m 区間の最高スピード値およびスピードの持続性の指標としてフィニッシュ手前10m 区間のスピード逓減率を分析した。また、従来より測定値をデータベースをもとに、0.1 秒ごとのグループに分け、グループごとに、レース分析項目ごとの関係を検討した。その結果、次のようなことが明らかとなった。

1. 男子についてみると2015 の日本選手権までに計測してもっともよい記録はゴールデングランプリの Koffi 選手と高瀬選手の10.09 秒(-0.1m/s) で、レース中の最高スピードは同じく11.56m/s であった。女子ではもっとも記録がよかったのはゴールデングランプでの Bartoletta 選手の11.26 秒(11.2m/s) で、最高スピードは同じく10.05m/s であった。
2. 100m の記録との関連性をみると 最高スピードと記録とは統計的に有意な負の比例関係(男子; n=69, $r=-0.961$, $p<0.001$ 、女子; n=65, $r=-0.976$, $p<0.001$) にあり、スピードが速いほど記録が非常に強い関係にあった。30m 通過タイムとは正の相関関係(男子; $r=0.792$, $p<0.001$ 、女子; $r=0.822$, $p<0.001$) があり、記録がよいほど30m 通過タイムがよいほど記録もよい傾向にあった。スピード逓減率とも正の相関関係($r=0.276$, $p<0.05$ 、女; $r=0.280$, $p>0.05$) が認められ、逓減率が低いほど記録は高い傾向を示した。
3. 微小な0.1 秒ごとの記録別グループごとに、最高スピードとスピード逓減率の相互の相関係数について検討した結果、多くのグループで、男女ともに30 m通過タイムと最高スピード、および最高スピードとスピード逓減率においてそれぞれで統計的に正の相関関係が認められた。また、30 m通過タイムとスピード逓減率では統計的に有意な負の相関関係にあった。これらのことは30 m通過が速いほど最高スピードが低く、最高スピードが高いほどスピード逓減率も高い傾向にあることと、30 m通過タイムが速いほどスピード逓減率も高いことを示している。このような結果をもとに、目標タイムを設定する場合の留意点について考察した。

参考文献

1. 松尾彰文、広川龍太郎、柳谷登志雄、杉田正明、2008年男女100m, 110mハードルおよび100mハードルのレース分析、陸上競技研究紀要、5、50-62、2009
2. 松尾彰文、広川龍太郎、柳谷登志雄、杉田正明、2009年シーズンにおける直走路種目のスピードとストライドの分析、陸上競技研究紀要、6、63-69、2010
3. 松尾彰文、持田尚、法元康二、小山宏之、阿江通良、世界トップスプリンターのストライド頻度とストライド長の変化、陸上競技研究紀要、6、56-62、2010
4. 松尾彰文、広川龍太郎、柳谷登志雄、持田尚、杉田正明、松林武生、貴嶋孝太、川崎知美、苅部俊二、土江寛裕、清田浩伸、麻場一徳、中村宏之、100mレースにおける4ステップごとにみたスピード、ピッチおよびストライドの変化、陸上競技研究紀要、7、21-29、2011
5. 松尾彰文、広川龍太郎、柳谷登志雄、小林海、松林武生、貴嶋孝太、山本真帆、綿谷貴志、渡辺圭佑、杉田正明、2012年および2013年の100mレースにおけるスピード変化と最高スピード出現区間について、陸上競技研究紀要、9、50-55、2013
6. 松尾彰文、広川龍太郎、柳谷登志雄、松林武生、山本真帆、高橋恭平、小林海、杉田正明、男女100mレースにおける記録と、スピード、ピッチおよびストライドの関係について、陸上競技研究紀要、10、64-74、2014

表1 2015年度 男子100mレース分析結果表(記録順)

大会名	氏名	ラウンド	記録		最高スピード		出現区間		出現時間		スピード 低下率 %
			m/s	s	m/s	s	m	s	s		
15GGP	KOFFI Hua Wilfried	FI	-0.1	10.09	11.56	50m-60m	6.13	1.88	3.01	0.93	10.09
15GGP	高瀬 慧	FI	-0.1	10.09	11.51	40m-50m	5.19	1.89	2.93	0.94	10.09
15GGP	SU Bingham	FI	-0.1	10.10	11.43	40m-50m	5.18	1.89	2.92	0.93	10.10
15GGP	ADAMS Harry	FI	-0.1	10.22	11.33	40m-50m	5.27	1.92	2.96	0.96	10.22
15GGP	ZHANG Peiming	FI	0.2	10.24	11.30	60m-70m	7.06	1.93	2.98	0.95	10.24
15日本選手権	高瀬 慧	FI	-0.9	10.28	11.20	50m-60m	6.16	1.93	2.97	0.94	10.28
15日本選手権	小谷 優介	R1	0.2	10.31	11.08	40m-50m	5.25	1.89	2.94	0.95	10.31
15日本選手権	ケンブリッジ 飛鳥	R1	0.5	10.33	11.26	50m-60m	6.24	1.96	3.02	0.98	10.33
15日本選手権	塚原 直貴	R1	0.2	10.35	11.08	50m-60m	6.19	1.91	2.97	0.96	10.35
15日本選手権	桐生 祥秀	R1	-0.5	10.36	11.10	50m-60m	6.21	1.91	2.97	0.96	10.36
15日本選手権	ケンブリッジ 飛鳥	R1	0.2	10.37	11.20	50m-60m	6.21	1.95	3.00	0.98	10.37
15日本選手権	ケンブリッジ 飛鳥	FA	-0.2	10.37	11.15	50m-60m	6.24	1.95	3.02	0.98	10.37
15日本選手権	塚原 直貴	R1	0.6	10.37	11.06	60m-70m	7.15	1.91	2.97	0.96	10.37
15日本選手権	女部田 祐	R1	0.7	10.39	11.12	50m-60m	6.24	1.92	2.98	0.97	10.39
15日本選手権	川面 聡大	R1	0.2	10.39	11.05	50m-60m	6.20	1.91	2.97	0.96	10.39
15日本選手権	サニブラウン アブデ	FI	-0.9	10.40	11.07	40m-50m	5.31	1.87	2.98	0.95	10.40
15日本選手権	桐生 祥秀	FA	-0.2	10.40	11.09	40m-50m	5.30	1.92	2.97	0.96	10.40
15日本選手権	川面 聡大	FI	-0.9	10.40	10.97	50m-60m	6.22	1.89	2.96	0.95	10.40
15日本選手権	塚原 直貴	FA	-0.2	10.40	11.03	50m-60m	6.22	1.90	2.97	0.96	10.40
15日本選手権	高瀬 慧	R1	-0.7	10.40	11.10	40m-50m	5.33	1.96	3.01	0.98	10.40

表2 2015 日本選手権 女子100m レース分析結果表

大会名	氏名	ラウンド	記録		風	最高スピード	最低減率	通過時間										100m	
			出現区間	出現時間				項目	10m	20m	30m	40m	50m	60m	70m	80m	90m		
15GGP	BARTOLETTA Tiana	FI	1.2	11.26	10.05	40m-50m	5.69	6.4	2.01	1.12	3.13	4.18	5.19	6.19	7.18	8.18	9.18	10.20	11.26
15日本選手権	世古 和	FI	-0.3	11.89	9.48	50m-60m	6.70	8.94	2.01	1.06	3.07	4.07	5.07	6.07	7.07	8.07	9.07	10.07	11.26
15GGP	FACEY Simone	FI	1.2	11.27	10.04	60m-70m	7.72	3.7	2.02	1.14	3.16	4.20	5.22	6.22	7.22	8.21	9.22	10.24	11.27
15日本選手権	福島 千里	SF	1.9	11.42	9.95	50m-60m	6.71	7.2	2.01	1.13	3.13	4.18	5.20	6.21	7.21	8.23	9.28	10.34	11.42
15日本選手権	沖原 直樹	FI	-0.3	11.92	9.54	30m-40m	6.87	9.51	2.01	1.05	3.05	4.05	5.05	6.05	7.05	8.05	9.05	10.05	11.42
15日本選手権	沖原 直樹	FI	1.1	11.95	9.48	40m-50m	6.71	7.2	2.01	1.13	3.13	4.18	5.20	6.21	7.21	8.23	9.28	10.34	11.42
15日本選手権	中村 水月	FI	-0.2	11.99	9.49	40m-60m	6.90	9.4	2.01	1.13	3.13	4.18	5.20	6.21	7.21	8.23	9.28	10.34	11.42
15日本選手権	藤森 友紀	FI	0	11.99	9.45	40m-50m	6.90	9.4	2.01	1.13	3.13	4.18	5.20	6.21	7.21	8.23	9.28	10.34	11.42
15日本選手権	高澤 有紀	FI	-2	11.99	9.52	40m-50m	6.00	7.6	2.01	1.13	3.13	4.18	5.20	6.21	7.21	8.23	9.28	10.34	11.42
15日本選手権	高澤 有紀	SF	1.9	11.99	9.47	40m-50m	6.00	7.6	2.01	1.13	3.13	4.18	5.20	6.21	7.21	8.23	9.28	10.34	11.42
15日本選手権	北風 沙織	FI	0.8	12.00	9.47	50m-60m	7.05	7.4	2.01	1.13	3.13	4.18	5.20	6.21	7.21	8.23	9.28	10.34	11.42
15日本選手権	北風 沙織	FI	0.8	12.00	9.50	30m-40m	7.03	9.6	2.01	1.13	3.13	4.18	5.20	6.21	7.21	8.23	9.28	10.34	11.42
15日本選手権	北風 沙織	FI	-0.3	12.00	9.41	40m-50m	5.90	9.4	2.01	1.13	3.13	4.18	5.20	6.21	7.21	8.23	9.28	10.34	11.42
15日本選手権	原田 沙弥	FI	0	12.01	9.43	40m-50m	5.95	8.1	2.01	1.13	3.13	4.18	5.20	6.21	7.21	8.23	9.28	10.34	11.42
15日本選手権	北風 沙織	SF	-1.5	12.01	9.42	40m-50m	5.99	7.7	2.01	1.13	3.13	4.18	5.20	6.21	7.21	8.23	9.28	10.34	11.42
15日本選手権	小山 晶	FI	0	12.02	9.38	40m-50m	5.97	7.7	2.01	1.13	3.13	4.18	5.20	6.21	7.21	8.23	9.28	10.34	11.42
15日本選手権	金峯 丞	FI	0.2	12.04	9.37	50m-60m	7.11	5.1	2.01	1.13	3.13	4.18	5.20	6.21	7.21	8.23	9.28	10.34	11.42
15日本選手権	三宅 真理奈	FB	-0.1	12.04	9.30	40m-50m	5.91	7.2	2.01	1.13	3.13	4.18	5.20	6.21	7.21	8.23	9.28	10.34	11.42
15日本選手権	三宅 真理奈	FB	-0.1	12.04	9.44	50m-60m	7.05	7.6	2.01	1.13	3.13	4.18	5.20	6.21	7.21	8.23	9.28	10.34	11.42
15日本選手権	三宅 真理奈	FB	-0.3	12.05	9.25	40m-50m	5.96	6.3	2.01	1.13	3.13	4.18	5.20	6.21	7.21	8.23	9.28	10.34	11.42
15日本選手権	北風 沙織	FI	-0.1	12.06	9.38	40m-50m	6.03	9.7	2.01	1.13	3.13	4.18	5.20	6.21	7.21	8.23	9.28	10.34	11.42
15日本選手権	北風 沙織	FI	1	12.07	9.31	40m-50m	6.02	9.4	2.01	1.13	3.13	4.18	5.20	6.21	7.21	8.23	9.28	10.34	11.42
15日本選手権	北風 沙織	FI	0.2	12.07	9.37	30m-40m	7.12	7.1	2.01	1.13	3.13	4.18	5.20	6.21	7.21	8.23	9.28	10.34	11.42
15日本選手権	北風 沙織	FI	0	12.08	9.41	30m-40m	7.14	7.7	2.01	1.13	3.13	4.18	5.20	6.21	7.21	8.23	9.28	10.34	11.42
15日本選手権	北風 沙織	FI	-0.1	12.08	9.31	50m-60m	7.07	5.5	2.01	1.13	3.13	4.18	5.20	6.21	7.21	8.23	9.28	10.34	11.42
15日本選手権	北風 沙織	SF	-1.5	12.08	9.40	50m-60m	6.95	13.8	2.01	1.13	3.13	4.18	5.20	6.21	7.21	8.23	9.28	10.34	11.42
15日本選手権	北風 沙織	FI	0.2	12.09	9.33	40m-50m	5.95	8.6	2.01	1.13	3.13	4.18	5.20	6.21	7.21	8.23	9.28	10.34	11.42
15日本選手権	北風 沙織	FI	1.9	12.09	9.45	40m-50m	6.01	9.1	2.01	1.13	3.13	4.18	5.20	6.21	7.21	8.23	9.28	10.34	11.42
15日本選手権	北風 沙織	FI	0.2	12.10	9.35	50m-60m	7.09	7.3	2.01	1.13	3.13	4.18	5.20	6.21	7.21	8.23	9.28	10.34	11.42
15日本選手権	北風 沙織	FI	1	12.11	9.37	50m-60m	7.13	8.7	2.01	1.13	3.13	4.18	5.20	6.21	7.21	8.23	9.28	10.34	11.42
15日本選手権	北風 沙織	FI	0.8	12.12	9.34	40m-50m	5.99	8.8	2.01	1.13	3.13	4.18	5.20	6.21	7.21	8.23	9.28	10.34	11.42
15日本選手権	北風 沙織	FI	-1.5	12.12	9.35	40m-50m	6.04	7.6	2.01	1.13	3.13	4.18	5.20	6.21	7.21	8.23	9.28	10.34	11.42
15日本選手権	北風 沙織	FI	0.2	12.16	9.26	30m-40m	7.20	5.1	2.01	1.13	3.13	4.18	5.20	6.21	7.21	8.23	9.28	10.34	11.42
15日本選手権	北風 沙織	FI	-0.1	12.16	9.29	40m-50m	6.00	8.3	2.01	1.13	3.13	4.18	5.20	6.21	7.21	8.23	9.28	10.34	11.42
15日本選手権	北風 沙織	FI	-0.3	12.17	9.32	40m-50m	5.93	12.4	2.01	1.13	3.13	4.18	5.20	6.21	7.21	8.23	9.28	10.34	11.42
15日本選手権	北風 沙織	FI	-0.3	12.24	9.18	30m-40m	7.16	7.4	2.01	1.13	3.13	4.18	5.20	6.21	7.21	8.23	9.28	10.34	11.42
15日本選手権	北風 沙織	SF	-1.5	12.26	9.22	40m-50m	6.08	7.5	2.01	1.13	3.13	4.18	5.20	6.21	7.21	8.23	9.28	10.34	11.42
15日本選手権	北風 沙織	SF	1.9	12.31	9.27	40m-50m	6.09	7.7	2.01	1.13	3.13	4.18	5.20	6.21	7.21	8.23	9.28	10.34	11.42
15日本選手権	北風 沙織	FI	-0.1	12.32	9.16	40m-50m	6.09	7.7	2.01	1.13	3.13	4.18	5.20	6.21	7.21	8.23	9.28	10.34	11.42
15日本選手権	北風 沙織	FI	0	12.37	9.16	40m-50m	6.19	6.2	2.01	1.13	3.13	4.18	5.20	6.21	7.21	8.23	9.28	10.34	11.42
15日本選手権	北風 沙織	FI	-0.5	12.48	9.12	50m-60m	7.34	7.4	2.01	1.13	3.13	4.18	5.20	6.21	7.21	8.23	9.28	10.34	11.42
15日本選手権	北風 沙織	FI	0.8	12.55	9.03	40m-50m	6.22	9.5	2.01	1.13	3.13	4.18	5.20	6.21	7.21	8.23	9.28	10.34	11.42

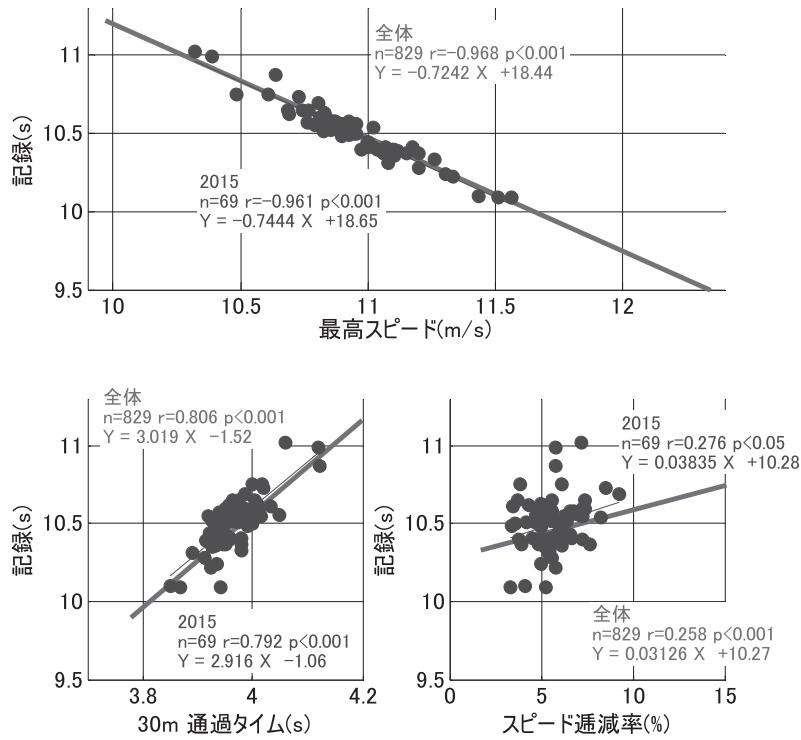


図1 男子における記録、最高スピード、30 m通過タイムおよびスピード逓減率の関係
全体；陸連データベース内の全データ
2015；2015年シーズンのデータ

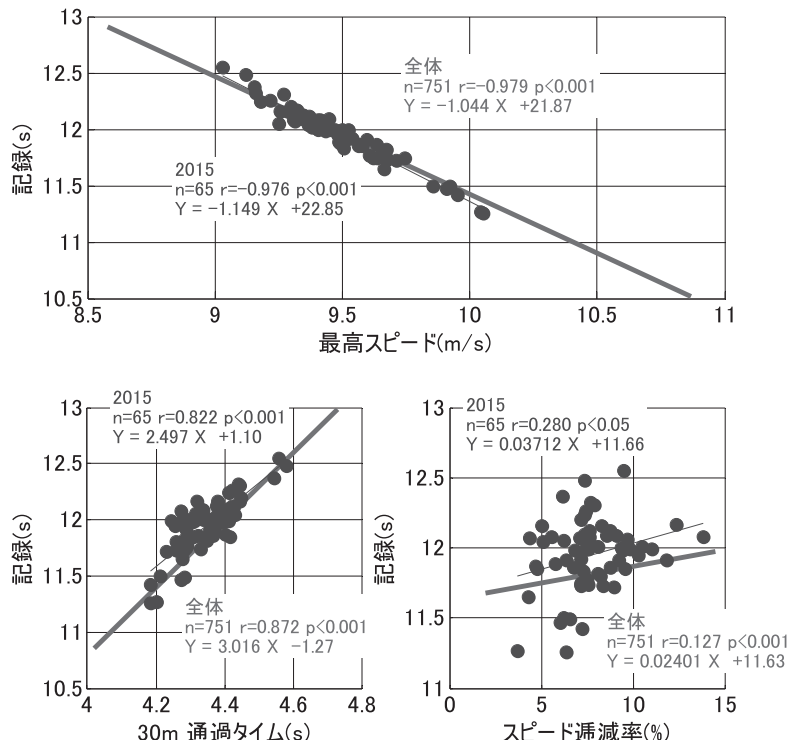


図2 女子における記録、最高スピード、30 m通過タイムおよびスピード逓減率の関係
記号は男子と同じ

表3 グループ別に見た記録、最高速度、30m通過タイム、50m通過タイム、スピード逓減率と相互の相関係数

男子	group	n	記録(秒)				最高スピード(m/s)				30m 通過タイム(秒)				50m 通過タイム(秒)				スピード逓減率(%)				相関係数 *p<0.05, **p<0.001, ***p<0.0001			
			mean	sd	min	max	mean	sd	min	max	mean	sd	min	max	mean	sd	min	max	mean	sd	min	max	t30-Vf	Vf-逓減率	t30-逓減率	vf-time
			90	19	9.87	0.11	9.58	9.99	11.89	0.21	11.63	12.35	3.84	0.04	3.78	3.92	5.58	0.05	5.47	5.66	4.45	2.00	1.86	8.89	-0.159	0.238
total	830	10.45	0.22	9.58	11.18	11.03	0.30	9.97	12.35	3.96	0.06	3.78	4.20	5.80	0.10	5.47	6.14	5.71	1.84	1.73	18.17	-0.689***	-0.145***	0.004	-0.968***	

女子	group	n	記録(秒)				最高スピード(m/s)				30m 通過タイム(秒)				50m 通過タイム(秒)				スピード逓減率(%)				相関係数 *p<0.05, **p<0.001, ***p<0.0001			
			mean	sd	min	max	mean	sd	min	max	mean	sd	min	max	mean	sd	min	max	mean	sd	min	max	t30-Vf	Vf-逓減率	t30-逓減率	vf-time
			100	4	10.84	0.13	10.73	10.99	10.68	0.18	10.44	10.87	4.10	0.05	4.02	4.13	6.00	0.07	5.91	6.06	6.69	1.98	5.10	9.26	-0.338	-0.953*
total	751	11.80	0.35	10.73	13.08	9.64	0.33	8.58	10.87	4.33	0.10	4.02	4.73	6.42	0.16	5.91	7.03	7.14	1.85	1.97	14.51	-0.816***	-0.049	-0.169***	-0.979***	

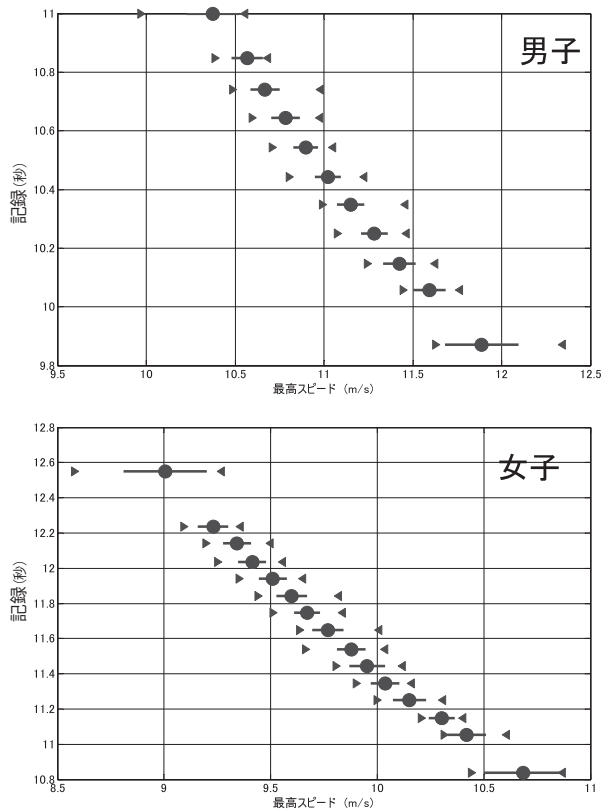


図3. 記録別のグループでみた記録とグループごとの最高スピードの平均値、標準偏差、最大値および最小値

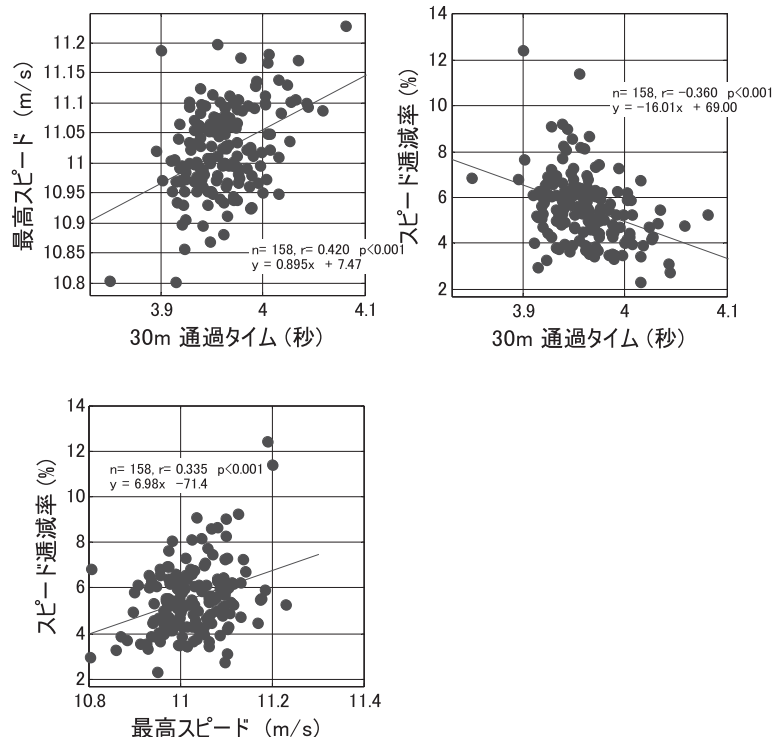


図4 男子 104 グループの 30 m 通過タイム、最高スピード、スピード通減率の相互関係

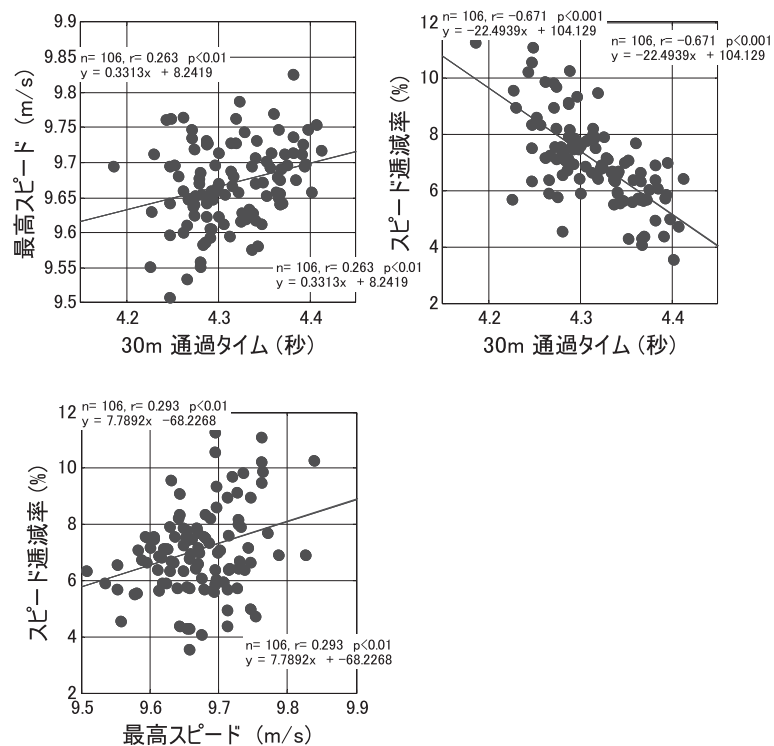


図5 女 117 グループの 30 m 通過タイム、最高スピード、スピード通減率の相互関係

「男子ナショナルチーム・4×100mリレーのバイオメカニクスサポート研究報告(第5報) -2015北京世界選手権決勝進出チームの傾向など-

広川龍太郎¹⁾ 松尾彰文²⁾ 松林武生³⁾ 小林海⁴⁾ 高橋恭平⁵⁾
柳谷登志雄⁶⁾ 小山宏之⁷⁾ 土江寛裕⁸⁾ 荻部俊二⁹⁾ 杉田正明¹⁰⁾

- 1) 東海大学 2) 鹿屋体育大学 3) 国立スポーツ科学センター 4) 日本スポーツ振興センター
5) 熊本高等専門学校 6) 順天堂大学 7) 京都教育大学 8) 東洋大学 9) 法政大学
10) 三重大学

I. はじめに

2008北京五輪では銅メダルを獲得し、また2012ロンドンオリンピックでも第5位に入賞と、オリンピックでは決勝進出が常連となっている男子日本代表チームである。2015世界リレー大会でも第3位に入賞し、リオデジャネイロ五輪の出場権を獲得した。

2015年度は、世界リレー大会ならびに世界選手権と、2度の大舞台があった。両大会で決勝に残ったのはジャマイカ、米国、ドイツ、フランスの4チームで、残りの4チームは入れ替わっている。世界選手権では残念ながら、日本チームも決勝進出を逃している。中国チームは世界リレーでは失敗しているが、世界選手権では自国開催の力を見せて銀メダル獲得、アジア新記録をマークしている。

安定して結果を残すためには、世界各国の現状を把握しておく必要があると考えた。今回の報告では、2015世界選手権にて決勝に進出した8チームの分析と、予選でアジア新記録を出した中国チーム、ならびに予選の日本チームのデータを報告する。各国のデータを分析することにより、日本チームの一助となればと願っている。

尚、日本陸連科学委員会ならびにチーム「ニッポン」マルチサポート事業で行っているデータ収集ならびにフィードバックの詳細は、過去の研究報告第1～4報ならびに2012年日本スプリント学会における「ロンドンオリンピックに向けた男子4×100mリレーへの科学的サポート(松尾ら)」の資料を参考にされたい。

II. 方法

カメラはパナソニック製DMC-FZ200とDKH/JVCスポーツコーチングカムを用いた。FZ200は120frame/秒時の映像が鮮明で、走路上のマーキングが分かりやすく、またスポーツコーチングカムは高速度撮影時でもズームが有効という特長がある。よって撮影ポジションによってカメラを使い分けている。撮影は環境光の状況により240frame/秒もしくは120frame/秒を選択し、撮影現場にて最良の方法で撮影した。撮影は全て観客スタンドで行い、キャリブレーションマークならびに走者が的確に収まる位置で撮影した。可能な限りスターターのシグナル光が写る様にした。カメラ位置などの概略図は図1の通りである。1台のカメラで複数箇所の撮影をし、データに誤差の出ない様に細心の注意を払った。先行の報告では、縁石マークやハードルなどを

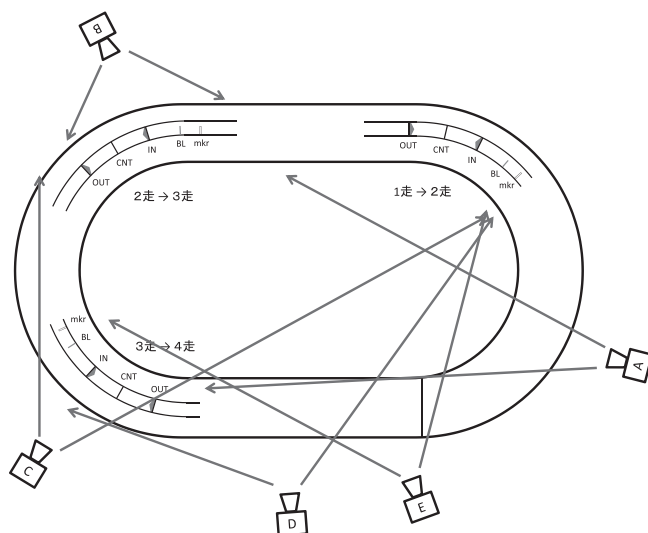


図1

用いて、バトンパスゾーン出口から 10m 先にキャリブレーションマークをし、ブルーゾーンから出口プラス 10m の計 40m を用いてパス区間タイムを算出していたが、今回の大会ではマーキングが出来なかったため、40m の計測は断念した。

パス区間タイムや走速度を算出は基本的に 240fps で行い、Apple® 製 Final Cut Pro X ならびに QuickTimePro7 を用いてコマの割り出しをした。

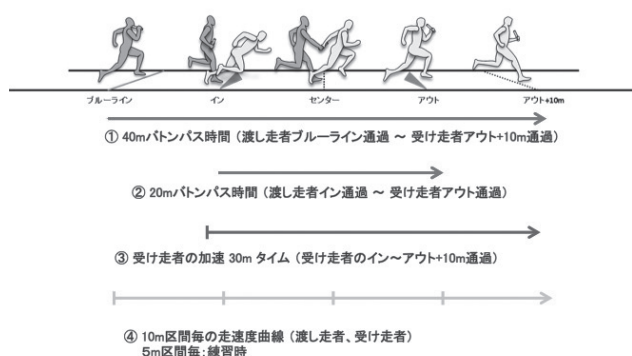
Ⅲ. フィードバックしたデータについて

情報の共有方法の詳細は、2011 年度陸連紀要報告などを参照されたい。

リレーのバトンパスタイムなどの分析区間は、図 2 を基準としている(2014 年度第 4 報と同様である)。大会時ならびに練習時は①から④を適宜組み合わせ、データ収集ならびにフィードバックをしている。代表チームが最も重要視している指標は“前走者ブルーゾーン通過から、次走者バトンパスゾーン出口から 10m 先通過までの 40m バトンパス時間(土江寛裕・強化副部長の提唱する「パスの巧みさ+しっかり加速しているか」「3 秒 75 で走れば 38 秒突破が可能」「バトンを渡す位置に影響されずに目安となる指標である」のためである)” = 図中①であるが、前述したとおり、今回はキャリブレーションマークが出来なかったため、図中②の 20m バトンパス区間のデータを算出した。また各カメラにスタートシグナルがしっかり映ったため、各個人の走タイムも算出した。1 走はブルーまでの 80m タイムとインまでの 90m タイムを算出した。基本的には 90m タイムが指標となると考えるが、状況によってインまでに前走者と詰まる事があり、減速している可能性があるため、80m タイムも参考のため算出した。2 走ならびに 3 走はインからインまでの 100m タイムとした。4 走はインからゴールまでの 110m タイムとアウトからゴールまでの 90m タイムとした。フィードバックしたデータの一部と過去に算出したパスタイムのデータを表 1 に示した。

世界選手権の結果を見ると、中国のパスタイムの早さが伺えた。37 秒 92 のアジア新記録の時の 5 秒 59 は、優勝したジャマイカよりも早く、失格したが 1 位争いをしていた米国よりも早い。中国チームも本格的にパス練習をしているとの情報があったが、このパスタイムが練習の成果を裏付けているよう伺えた。

個人の走タイム合計を見てみると、決勝の中国の 38 秒 75 は、ジャマイカの 38.17 に続く 2 番目のタ



(松林他, JSS科学会議, 2012)

図 2

イムであり、ここでも中国の早さが伺えた。失格した米国も 38 秒 46 を出しており、失格していなければ 2 番目のタイムであった。

また、個人区間タイムがフラットレースのシーズンベスト記録(以下、SB)に対して何%であったのかを算出した(表 2)。シーズンベスト記録は IAAF のウェブサイトなどを参考にした。100m 記録がランク外で分からなかった選手は、200m のタイムを用いた。その際は 200m 記録の 1/2 のタイムとした。表中の % 数値が小さいほど、SB に対してリレーでのタイムが良かったことを表している。1 走の MO や大瀬戸、2 走の XIE や藤光、3 走の JARVIS や世界ジュニアの CLAKE、4 走は FRANCIS や BOLT 選手の % 値が小さく、リレーで能力を発揮していたことが伺えた。

「何%なら良い評価なのか?」などの指標の作成は今後の課題である。最終的には「個人の SB が〇〇秒〇〇だから、その 92% の△△秒あたりをリレー本番の目標になるだろう。」という様な使い方が出来ればと考えている。

また図 3 ~ 6 は SB と個人区間タイムの相関図である。横軸は SB を、縦軸は個人区間タイムを表している。1 走の相関係数は 0.73、2 走は 0.60、3 走は 0.56、4 走は 0.71 であった。2 走と 3 走は風の方向であったり、受け手それから渡し手と 2 度のパスの影響による加減速からか、1 走と 4 走に比べて相関係数は低かった。1 走と 4 走は比較的高い相関係数であった(特に 4 走は、失格の RODGERS を省くと相関係数は 0.89 まで上がる)。1 走と 4 走はパスが 1 回しかないことや、選手選考の際に安定して能力を発揮できる選手を配置している事などが考えられるが、「1 走と 4 走は、どの様な状況であっても SB と同じ走力が充分望める」ことが伺えた。

また 1 走と 3 走の回帰直線より下にプロットされ

ている選手は「コーナー走が上手な選手」と言える
かもしれない、2走と4走の回帰直線より下にプロッ
トされている選手は「加速走の上手な選手」と言え
るかもしれないことが伺えた。今後、さらにデータ
を収集して、方向性を見いだせればと考えている。

最後に、現在は

- ・ グランド上に点在しているマークと DLT 法を用
いて「アウト +10m」のマークを擬似的に構築し、
土江氏の提唱する 40m パスタイムを、どの競技
場でも算出できないか？
- ・ 伊藤 (2015) の方法により、少ないカメラ数で
もタイム分析が可能か？
- ・ 映像ではなく、レーザー装置を用いてのタイム
算出が可能か？

に取り組んでいる。より効率的に、正確に測定出
来ればと考えている。

参考文献

伊藤信之 (2015) 4 × 100m リレーにおける走者の
疾走能力および走者間の間合いの評価 日本陸上
競技学会第 14 回大会

広川龍太郎 松尾彰文 松林武生 小林海 山本
真帆 高橋恭平 柳谷登志雄 榎本靖士 小山
宏之 門野洋介 岡崎和伸 土江寛裕 伊東浩
司 杉田正明 (2014) 男子ナショナルチーム・4
× 100m リレーのバイオメカニクスサポート研究
報告 (第 4 報) 陸上競技研究紀要 vol. 10、100-
103

広川龍太郎 松尾彰文 松林武生 貴嶋孝太 山本
真帆 高橋恭平 渡辺圭佑 綿谷貴志 柳谷登志
雄 持田尚 森丘保典 杉田正明 苅部俊二 土
江寛裕 高野進 (2013) 男子ナショナルチーム・
4 × 100m リレーのバイオメカニクスサポート研
究報告 (第 3 報) 陸上競技研究紀要 vol. 9、61-
65

広川龍太郎 松尾彰文 柳谷登志雄 持田尚 森丘
保典 松林武生 貴嶋孝太 山本真帆 高橋恭平
渡辺圭佑 綿谷貴志 杉田正明 苅部俊二 土
江寛裕 高野進 (2012) 男子ナショナルチーム・
4 × 100m リレーのバイオメカニクスサポート報
告 (第 2 報) 陸上競技研究紀要 vol. 8、35-38

松林武生 松尾彰文 貴嶋孝太 山本真帆 広川龍
太郎 (2012) 陸上競技男子 4 × 100m リレーにお
けるバトンパス技術の評価 第 9 回 JISS スポー
ツ科学会議

広川龍太郎 松尾彰文 杉田正明 (2009) 男子ナシ

ナルチーム・4 × 100m リレーのバイオメカニク
スサポート報告 陸上競技研究紀要 vol. 5、67-
70

杉田正明 広川龍太郎 松尾彰文 川本和久 高野
進 阿江道良 (2007) 4 × 100m、4 × 400m リレー
について 陸上競技学会誌 vol. 6 21-26

柳谷登志雄 小山桂史 杉田正明 (2007) 男子
4 × 100mR 決勝に見るバトンパスワーク 陸上競
技マガジン 12 154-155

杉田正明 広川龍太郎 高野進 有川秀之 川本和
久 阿江道良 小林寛道 (2005) 国際グランプリ
大阪大会 2004 の 4 × 100m リレーバトンパス分析
陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2004
121-123

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

表1 パスタイムならびに個人区間タイム

予選	2015北京世界陸上										2014アジア大会					2014世界ジュニア選手権							
	組5位		組4位		組3位		組2位		組1位		決勝		決勝		決勝		決勝		予選				
	7レーン	8レーン	9レーン	4レーン	3レーン	3レーン	6レーン	DNF	7レーン	5レーン	1位	2位	3位	4位	5位	6位	1位	2位	3レーン	4レーン	5レーン		
インナーアウト走→3走	1.92	1.84	1.89	1.84	1.84	1.83	1.85	1.85	1.84	1.94	CHN 37.99	日本 38.49	USA 38.70	日本 39.02	JAM 39.12	CHN 39.51	USA 39.43						
インナーアウト走→4走	1.84	1.85	1.86	1.86	1.86	1.87	1.87	1.87	1.84	1.95	1.82	1.95	1.91	1.91	1.93	2.01	1.93						
インナーアウト走→4走	2.04	1.84	1.93	1.90	1.93	1.96	1.89	1.89	1.84	1.93	1.83	1.84	1.84	2.04	2.01	2.03	2.01						
パスタイム	5.90	5.59	5.86	5.68	5.91	5.63	5.81	5.89	5.64	5.89	5.61	5.89	5.61	5.69	5.84	5.97	6.01						
1走90mタイム(フルマラ)	8.58	8.37	8.37	8.51	8.63	8.51	8.44	8.44	8.46	8.44	8.44	8.44	8.44	8.46	8.44	8.44	8.44						
(1)走90mタイム(インマラ)	9.55	9.29	9.58	9.53	9.44	9.27	9.43	9.43	9.41	9.43	9.43	9.43	9.43	9.43	9.43	9.43	9.43						
(2)走90mタイム(インマラ)	9.38	9.23	9.34	9.30	9.20	9.24	9.24	9.24	9.24	9.24	9.24	9.24	9.24	9.24	9.24	9.24	9.24						
(3)走90mタイム(インマラ)	9.68	9.48	9.58	9.36	9.26	9.34	9.34	9.34	9.34	9.34	9.34	9.34	9.34	9.34	9.34	9.34	9.34						
(4)走90mタイム(インマラ)	10.75	10.22	9.90	10.26	10.23	10.24	10.27	10.54	DNF	10.22	10.33	10.10	10.33	10.10	10.28	10.61	10.40						
4走アウトコート90mタイム	8.41	8.17	8.09	8.11	8.21	8.21	8.05	8.33	DNF	8.33	8.33	8.33	8.33	8.24	8.13	8.44	8.28						
(1)走2走(3走→4)	39.35	38.17	38.75	38.95	38.75	38.98	38.94	38.94	38.46	38.94	38.46	38.94	38.46	38.94	38.46	38.94	38.46						
1走者名(SB)	大瀬戸 0.28	MO10.38	CARTER9.98	MO10.38	BROWN1.01	REUS10.09	BIRON10.17	WALSH10.22	BROMELL9.84	KILTY10.05	CHEW不明	山藤10.14	MILLER10.19	川上10.45	ROBINSON10.3	MO10.37	川上10.45	MILLER10.19					
2走者名(SB)	藤光 10.24	XIE10.25	POWELL9.81	XIE10.25	DE GRASSE9.92	KNIPPHALS10.13	LEMAITRE10.07	BAILEY10.11	GATLINS.74	TALBOT10.14	XIEZ0.44,10.24	飯塚10.25	BROMELL9.97	桐生10.05	O'HARA10.19	LIANGZ0.96	桐生10.05	BROMELL9.97					
3走者名(SB)	長田 10.19	SUN9.99	ASHIMADE9.91	SUN9.99	RODNEY10.28	KOSENKOW10.26	ANJUMAN10.3	JARVIS10.89	GAY9.87	ELLINGTON10.19	SU10.10	高平10.19	WILLIAMS10.21	小池10.32	CLARKE10.48	LI10.54	小池10.32	JERRIGAN10.2					
4走者名(SB)	空口 10.37	ZHANG10.13	BOLT19.79	ZHANG10.13	WARNER10.16	MENGA10.35	VICAUT9.86	FRANGIS10.28	RODGERS9.86	LUJAH9.96	FRANGIS10.17	高平10.13	FRIDAY10.00	森20.71	MINZIE10.16	LI10.66	森20.71	WELLS10.49					
4名平均	10.27	10.18	10.18	10.18	10.11	10.20	10.10	10.37	9.82	10.19	無し	10.17	10.17	10.29	10.30	10.30	10.51	10.29					

*1走は80mタイムと90mタイムを、4走は110mタイムと90mタイムを算出。(詰まる、ギリギリ届くという事があるので、種別の判断材料があった方が良い)

表2 2015 北京決勝進出チーム + 予選の日本、中国 +2014 アジア大会日本と中国、2014 世界ジュニア決勝上位4ヶ国

NAME	1走		2走		3走		4走						
	SB	リレー時の90mタイム %	NAME	SB	リレー時のin100mタイム %	NAME	SB	リレー時のin100mタイム %					
MO予	10.38	9.49	XIE予	10.22	10.19	JARVIS	10.89	9.33	FRANCIS	10.28	8.05	78.31	
MO決	10.38	9.58	XIE決	10.25	9.37	CLARKEジュ	10.48	9.58	BOLT	9.79	7.72	78.86	
大瀬戸	10.28	9.55	藤光	10.24	9.38	SU予	10.1	9.36	VICAUT	9.86	7.8	79.11	
山藤	10.14	9.43	KNIPPHALS	10.13	9.31	小池ジュ	10.32	9.73	リジュ	10.66	8.44	79.17	
CARTER	9.98	9.29	XIE予	10.25	9.43	LINジュ	10.54	9.94	FRIDAYジュ	10	7.93	79.30	
川上ジュ	10.45	9.75	LEMAITRE	10.07	9.3	SU予	9.99	9.48	MENGA	10.35	8.21	79.32	
REUS	10.09	9.44	TALBOT	10.14	9.38	RODNEY	10.28	9.76	森ジュ	10.36	8.24	79.54	
KILTY	10.05	9.41	飯塚	10.19	9.47	長田	10.19	9.68	WARNER	10.16	8.11	79.82	
MOジュ	10.37	9.72	POWELL	9.81	9.14	高平	10.23	9.74	ZHANG決	10.13	8.09	79.86	
WALSH	10.22	9.6	GATLIN	9.74	9.08	ANJUMAN	10.32	9.84	MINZIEジュ	10.16	8.13	80.02	
BROWN	10.10	9.53	BAILEY	10.11	9.44	ELLINGTON	10.19	9.73	ZHANG予	10.17	8.16	80.24	
ROBINSONジュ	10.37	9.81	DEGRASSE	9.92	9.3	KOSENKOW	10.26	9.83	ZHANG予	10.37	8.17	80.65	
MILLERジュ	10.19	9.68	LIANGジュ	10.48	9.98	SU決	9.99	9.58	谷口	10.37	8.41	81.10	
BROMELL	9.84	9.35	BROMELLジュ	9.97	9.54	GAY	9.87	9.51	高瀬	10.13	8.27	81.64	
BIRON	10.17	9.67	桐生ジュ	10.05	9.72	WILLIAMSジュ	10.21	9.87	RODGERSDQ	9.86	8.33	84.48	
CHEN	無し	なし	O'HARAジュ	10.19	10.07	ASHIMADE	9.91	9.84	UJAH	9.96	DNF	なし	
		平均%			平均%							平均%	
		93.73			93.50							94.91	80.09

*%は、数字が小さいほど、シーズンベストに対してリレー時の個人タイムが良いことを表す。
 ※ 100mのSBが不明の選手は、200mの記録÷2で算出。
 ※ 2014飯塚選手と高平選手は、100mより200mのSBタイムの方が良かったので、200mのタイムより算出。
 ※ ジュは、世界ジュニアの決勝進出チームメンバー。
 ※ アはアジア大会を表す。

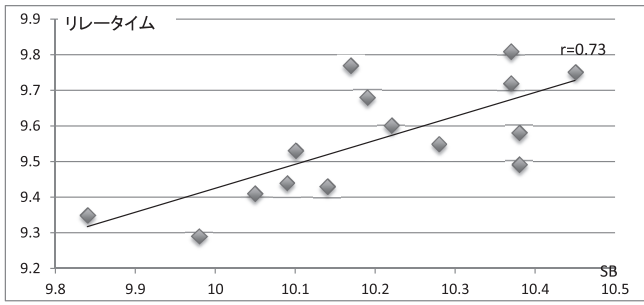


図3 1走の相関図

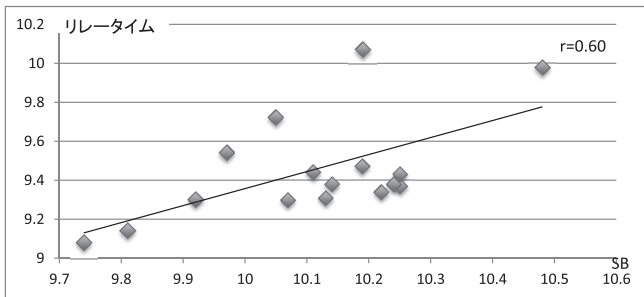


図4 2走の相関図

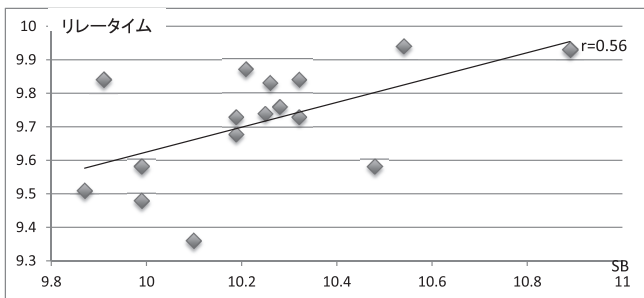


図5 3走の相関図

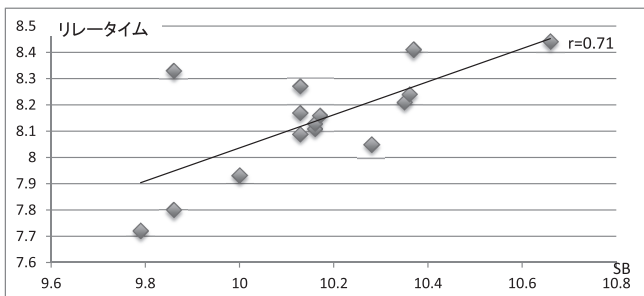


図6 4走の相関図

エキサイティング メディカル レポート

エキサイティング メディカル レポート 目次

- 第 15 回世界陸上競技選手権チームドクター・トレーナー帯同 158
鳥居俊, 真鍋知宏, 村上博之
- 第 9 回世界ユース陸上競技選手権大会帯同報告 163
ー日本陸連医事委員の取り組みー
塚原由佳, 鎌田浩史
- 第 2 回世界リレー大会帯同報告書 167
鳥居俊
- 第 15 回世界陸上競技選手権におけるコンディション把握方法 170
村上博之, 鳥居俊, 真鍋知宏

第15回世界陸上競技選手権チームドクター・トレーナー帯同

鳥居 俊¹⁾ 真鍋 知宏²⁾ 村上 博之³⁾

- 1) 早稲田大学スポーツ科学学術院 2) 慶應義塾大学スポーツ医学研究センター
3) Macumo 鍼灸治療院

1. はじめに

第15回世界陸上競技選手権は2015年8月22日～8月30日に中華人民共和国の北京で行われた(役員がメインの本隊は8月17日に品川前泊、18日出発、31日帰国)。今回の世界選手権からA,B標準記録がなくなり、単一の参加標準記録に統一された。これは参加競技者数を抑制したいという国際陸連の意図があったようであるが、実際には前回と同じ程度の選手が参加したようである。派遣選手は2016年のリオデジャネイロオリンピックを見据えて世界で戦える選手を中心に、トップレベルの競技者で構成されていた。

2. 選手団の構成

専務理事 尾縣貢団長、理事・強化委員長 原田康弘監督をはじめとするコーチ・役員28名(男子26名、女子2名)、競技者53名(男子36名、女子17名)の合計81名の選手団であり、前回モスクワ大会の69名(競技者44名)を上回っていた。メディカルスタッフは医師(整形外科医・内科医)2名、トレーナー3名(男子2名、女子1名)であった(写真1)。この他にオフィシャルサプライヤー(アシックス)2名、東武トップツアー1名も帯同した。

3. 派遣前準備

6年前より開始した週間コンディションチェックは、今回から陸連内のシステムを利用する関係で開始時期が遅くなり、7月中旬から開始となった。選手には毎週月曜日に、直近のコンディションを入力するようにメディカルスタッフより携帯メールで促し、水曜日までにウェブ上で回答する形式であった。今大会は、初代表の選手が半数以上で、代表選手の

義務として自身のコンディションを提出するという意識が根付きにくかったこともあってか、回答率は80%をやや上回る程度であった(前回モスクワ世界選手権時は95%程度の回答率)。

また、マラソン選手2名は3月11日に慶應義塾大学病院スポーツ医学総合センター外来で、その他の選手は7月下旬から8月上旬にかけてJISSメディカルセンタークリニックでメディカルチェックを実施した。8月6日の結団式の直前に採血ドーピング検査の概要などを説明した。なお、TUE(治療使用特例)を必要とする選手はいなかった。しかしながら、リレーメンバーやIAAFからの招待選手が最終的に確定するのが8月10日であったため、上記週間コンディションチェックを利用した回答を出来ず、事前のメディカルチェックも受けられない選手がかなりいた。これら選手に対しては、事前の短距離合宿に帯同ドクターが訪問するなどして適宜対処した。



写真1 ファイナルバンケットでのメディカルスタッフ集合写真(左から 田村トレーナー、村上トレーナー、鳥居ドクター、真鍋ドクター、常友トレーナー)

また、男子マラソン選手が7月下旬に髄膜炎を発症し、本大会への出場を辞退することとなった。本件については早期から情報を把握しており、医事委員長、帯同ドクター間で情報を共有していた。

ドクターバッグの管理を2015年初めにJISSメディカルセンターに依頼したため、薬剤師の上東さんに必要物品を連絡するだけで、前泊ホテルに届けられていた。このシステムは薬剤の管理上の問題だけでなく、以前のように帯同ドクターが事務局を訪問して準備する手間が省けており、非常に有益と感じられた。携行医薬品にはフォーマットにある物品を基本として、局所麻酔薬を追加した。

4. 渡航および現地の状況

時差1時間と日本とほとんど時差がないので、選手の出発は各人の競技日程に合わせて設定された。そのために現地で選手同士が会わずに帰国するというケースもあった。

ドクター2名を含む本隊の渡航は、往路は羽田空港から北京空港への便であった。空港到着時に遠くの風景が見えずに霞んでおり、さらに何となく喉にいがらっぽさを感じた。到着とともにマスクを着用する選手も何人か見受けられた。空港から選手村であるBeijing North Star Continental Grand Hotelへの移動はバス2台で、約1時間を要した。

到着時の気温は最低気温18度、最高気温は30度程度で推移していたが、後半になって最低気温が13度、最高気温が25度程度と夏の終わりを感じさせる気候であった。朝晩の気温はさほど高くはなかったが、日中は日差しとともに暑さを感じるよう

になり、ロードレースでは気象変化に対応する必要もあった。熱中症に関連する情報はサブトラックから競技場への通路の途中に設置されたモニター画面に表示されていた(写真2)。また、到着時に懸念された大気汚染については、大会開始直前から北京市内の交通規制(自動車ナンバーの下1桁奇数偶数による規制)、工場の操業規制が行われ、日を追って空気が澄んでいくのを体感した。ただ、この規制は世界陸上のためではなく、世界陸上終了後の9月3日に行われる抗日勝戦70周年記念パレードに向けたものであり、大会中に広がった青空のことは“パレード・ブルー”と呼ばれていた。このため、大気汚染が競技に影響を与えた事例は見受けられず、マスクを着用する選手の数も日毎に減少していった。会場である国家体育场(通称Bird's Nest鳥の巣)までシャトルバスで約10分の距離で、徒歩でも20分ほどであった。練習時間とシャトルバスの時間が合わない際には、徒歩やジョグで移動する選手や役員が多かった。

部屋は一部役員にはダブル、その他の役員・選手にはツインであった。当初、飲料水は各部屋にペットボトル3本程度が用意されていたが、大会開始後は部屋に補充されることは無くなり、各自がサブトラックで調達するか、トレーナールーム前に用意された飲料水などを持って行くなどしていた。水道水は飲料にも耐えられるような感じであったが、組織委員会からは飲用しないようにとのことであった。部屋の掃除は通常のホテルと同様であった。洗濯はランドリーなどを利用することが出来なかったため、各自の部屋で手洗い洗濯を行い、部屋干しするしか手段がなかった。

食事はホテル内の食堂あるいは大部屋で提供された。朝食は1階の食堂で、昼食と夕食は2階の宴会場のような広いスペースで提供された。洋食を主としたメニューで、バイキング形式で提供されていた。生野菜、米(白米と微妙な味付けのチャーハン)、パスタ、牛肉、豚肉、鶏肉、魚、フルーツ(リンゴ、メロン、スイカ、パイナップル、バナナ)、ケーキなどのデザートが置かれており、全体的に味付けは薄味であったが、問題なく食することが出来た。直前の武漢・アジア選手権出場選手のドーピング検査(尿)で食事由来と考えられるクレンプテロールが検出されたとの情報があったため、コーチ、選手に対して選手村外での食事摂取のリスクについて説明した。実際には、外食をしたり、近隣のコンビニエンスストアで食料を調達している選手も多かったが、特段の問題は生じなかった。



写真2 サブトラックから競技場へ通じる地下通路入口付近に設置された気象情報表示モニター

ホテル近隣にはショッピングセンター、スーパーマーケット、コンビニエンスストア（セブンイレブン）があり、食料調達には問題なかった。また、セブンイレブンの近くにスターバックスもあり、選手などは利用していた。

ホテルの昼食、夕食会場の出入り口付近においてアンチ・ドーピング活動のアウトリーチプログラムが行われていた（写真3）。アンチ・ドーピング活動に取り組む6名の有名な陸上選手のポスターが貼られていたが、その中に室伏広治選手のものもあった（写真4）。

5. 現地での医療活動

8月20日夕方に競技場近くのNational Convention Centerでメディカルミーティングが行われた。LOCの医事責任者とアロンソ委員長（医事責任者）、フィシェット先生（アンチ・ドーピング責任者）および傷害疾病調査の担当者などが登壇した。スタジアムやサブトラックの医療救護体制についての説明、傷害疾病調査の方法、ドーピング検査についての説明があった。

日本選手団の多くはホテルの10階に宿泊した。エレベーターに近い1部屋をトレーナールームとして、2～3台のマッサージベッドを並べてトレーナーによるケアが行われた（写真5）。ドクターズバックはこの部屋に置いて、必要時に適宜診察を行うこととした。レトルト食品、補食などは机の上に置かれ、選手が各自持って行く形をとった。また事務局が現地で購入した電子レンジを設置して、レトルト食品の調理に用いた。

選手村の医務室はホテル2階にあったが、日本選手がお世話になることはなく、使用済みの注射針の廃棄を依頼する際に訪問しただけであった（事前に医療廃棄物の回収を行うことがアナウンスされていた）。また、競技場医務室はゴール近くの1室に用意されていたが、幸いなことに日本選手が入室することは1度もなかった。また、post event area (PEA) 付近にも医師と看護師が待機しており、必要に応じて応急手当をしていた。

日本チームは現場ではサブトラックにトレーナーベッドを置き、トレーナーによるケアを実施した。競技中はゴール付近のスタンドで状況を見守り、必要に応じてPEAへ移動し、競技後の選手に声をかけてドーピング検査の有無を把握するとともに、体調を管理した。国際陸連医事委員長のアロンソ先生とは大会前からメールを通じてさまざまなディスカッ



写真3 選手村ホテルでのアンチ・ドーピングアウトリーチプログラム



写真4 アウトリーチプログラム会場に掲示された一流選手のポスター(右上が室伏広治選手)



写真5 トレーナールームの様子



写真6 国際陸連医事委員長アロンソ先生との記念撮影

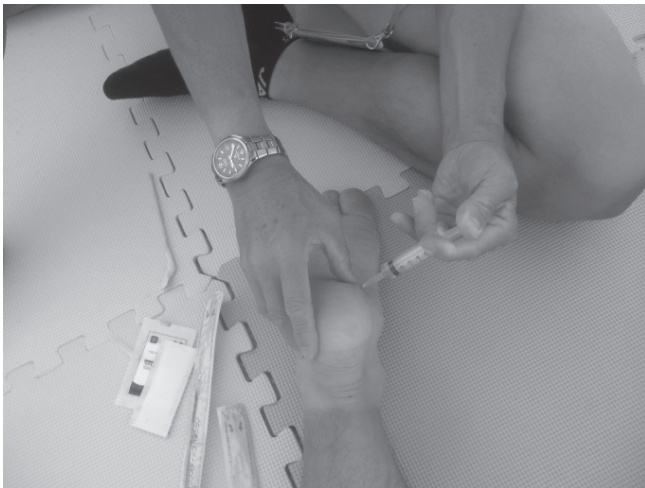


写真7 鳥居医師によるサブトラックでの処置の様子

ションをしており、大会中にも情報交換をする機会も多かった(写真6)。救急搬送事例は1例もなかった。

内科疾患はほとんど発生せず経過したのに対して、外傷・障害事例はいくつか発生した。20km競歩男子選手は7月から増悪したそけい部痛のため途中棄権することになった。男子走幅跳選手は北京入りの1週間前に踵部脂肪体損傷をおこし、直前まで安静に努め、麻酔剤を打って予選に臨んだが(写真7)、僅差で決勝進出はならなかった。男子短距離選手1名でレース中に比較的軽症の肉離れも発生した。その他、慢性的な疼痛部位に対して、あるいは競技後の疼痛に対して消炎鎮痛剤を内服することになり、今大会でもかなりの量を使用した。

6. ドーピングコントロール

事前にアナウンスされていたように、テグ、モスクワ大会とは異なり、全員に対する採血ドーピング検査は実施されなかった。その代わりに、種目に応じて採血検査が実施された。持久系種目の選手はほぼ全員に対して検査が実施され、その他の種目についてはランダムに選ばれているようであった。通告は選手の部屋にシャペロンが訪問する形式で行われ、帯同ドクターにその旨が伝達された。通告は到着直後のこともあれば、翌朝のこともあったが、後から到着するコーチに事前にこれくらいのタイミングで通告があることを連絡していたため、練習に支障を来すことはなかった。

ホテル内のDoping Control Stationは3階にあった。入室すると、選手名簿に到着時刻を記入し署名する。次に待合室となっている部屋に入り、書類の作成が行われる。出場種目や部屋番号が記入され、採血に対する同意の署名をする。作業室は4つあり、Blood Control Officer(BCO)とDoping Control Officer(DCO)が待っている。まず、2時間以内に激しい運動をしたか、2週間以内に高地トレーニングを施行したか、最近の献血、輸血歴などに関する問診が行われる。安静座位で10分間待ってから、採血が行われる。末血2本の選手がほとんどであったが、3名だけが末血2本+生化学2本であった。採血時のトラブルはなかった。25名の日本選手が事前の採血検査を受けた。競歩の1選手が採血検査翌日にOOCTの尿検査の対象となった。大会後のIAAFからの発表によると、事前の採血検査は662検体、尿検査は54検体実施された。

尿検体による競技会検査は528検体で、テグ、モスクワ大会と同程度であった。今回は、決勝からのセレクションがメインだったようである。選手は競技を終了すると、ゴール脇の階段を上がる。そこでカメラ付きのインタビューが行われ、蛇行した上で階段を下りてくる(長距離の選手にとってはきつい道のりとのこと)。次にミックスゾーンに入り、各メディアのカメラインタビューがある。その後、記者の取材ゾーンが蛇行しながら存在する。それを抜けると手荷物を受け取るPEAがあり、その部屋に入る付近でシャペロンから通告を受けていた。日本人選手は12人が採尿検査を受けた(テグ大会ではわずかに3人)。競技会場の検査室は2つの待合室、4つの作業室(トイレが奥にある)から構成されていた。必要尿量はエリスロポエチン検査の有無を問わず90mLであった。DCOはCHINADA派遣の中国人で

あったが、山澤先生のことを知っている DCO や日本語を話す DCO もいた。検査手技については、特段の問題はなかった。女子 4 × 400mR で日本記録を樹立した際には、TIC に申請後、検査を実施してもらった（1 名は元々のセレクションに入っていて、3 名分をこちらから検査依頼）。結果的に日本人選手は 14 人が採尿検査を受けた（モスクワは 12 人）。

7. まとめ、反省

大会期間中の役割分担として、モスクワ世界陸上、仁川アジア大会と同様に、鳥居はサブトラックでの最終チェック、真鍋は競技場内の PEA での体調チェックとドーピング検査への対応と明確にした。選手村ホテルと競技場が比較的近かったため、医師 2 人が競技場に常駐することが可能であった。

事前のメディカルチェックで各選手の問題点を把握しており、出場全選手をスタートラインに送り出すことが出来た。しかしながら、故障を抱えていることを選手自身が事前に申し出ない限りは、対処が困難であることも思い知らされた。

週間コンディションチェックは選手とのコミュニケーションに大変有益であり、今後も継続していくのが妥当と考えられる。しかし、以前と比べて回答率がやや低下していることと、チェックの開始時期についても今後の検討課題と思われる。

第9回 世界ユース陸上競技選手権大会帯同報告 — 日本陸連医事委員の取り組み —

塚原由佳¹⁾ 鎌田浩史²⁾

1) 慶應大学医学部スポーツ医学総合センター 2) 筑波大学医学医療系整形外科

(はじめに)

第9回世界ユース選手権大会が、2014年7月15日より7月19日までの5日間、コロンビアのカリで開催された。今回、この大会にてメディカルサポートを行ったので報告する。

選手団は男子選手22名、女子選手19名、スタッフ合わせ総勢60名により構成され、メディカルサポートとしては、医事委員よりが2名の医師および2名のアスレチックトレーナーが帯同した。

選手団は7月9日に成田市内のホテルで結団式を行い、翌7月10日に渡航し、7月22日に帰国した。

(渡航前準備)

陸連派遣にあたっては事前にメディカルアンケートを行っている。本大会においても選手の決定後、メディカルアンケートを選手に送付し、回収した。このメディカルアンケートの結果、慢性的な整形外科疾患を抱えている選手はいたが、いずれも軽症であり競技には大きな影響がないものと判断し、大会期間中トレーナーとともに慎重に経過観察していくこととした。

サプリメントの項目では、女子長距離選手を中心に内服している選手が多かった。3名の選手は成分がはっきりしないサプリメントを使用していたことなどから、持参をしないことを推奨した。また続発性無月経が女子800m以上の長距離選手と競歩の選手全員に見られた。一通りの確認と助言を行うこととしたが、今後、何らかの日頃からの介入が必要であると考えられた。

今回は、南米の大会であり、医事委員会より予防接種について、破傷風、麻疹、A型肝炎について接種を推奨する内容で案内した。しかし、派遣まで時間がなかったことや、推奨するものの、基本的には個人の判断によるため、直前までに予防接種を受け

ていた選手は数人にとどまった。派遣決定からの期間が短いことと、必要性や個人の相談にのる時間がないことが課題である。

(渡航から大会前日まで)

ミーティングでは体調管理、サプリメントの話を行った。事前に行ったメディカルアンケートをもとに、調整の必要な選手の確認・簡単な診察、サプリメントの指導、体調に関する問診などを行った。今回サプリメントを多く摂取している選手や持参してきた選手が多く見られた。中には指導者・親などからの指示のみで、サプリメントの内容や意義を理解しないまま使用している選手もいたため、必要性和危険性を踏まえて不必要なサプリメントの使用を検討するように指導した。体調管理に関しては、感冒後で喉に違和感のある選手が1名いたが、その他大きな問題を抱えている選手はいなかった。

本大会は南米で行われるため渡航時間が長く、往路はニューヨークにて1泊する行程であった。ニューヨークでは食事の変化や時差ぼけもあり食事摂取量は少なかったが、衛生面などは問題なかった。滞在中の気候も良く、気温は27℃前後・晴れと過ごしやすく体調を崩す選手は見受けられなかった。到着日にはセントラルパークでブロック毎に汗を流した。

アメリカからカリ(コロンビア)は、直行便行きAグループ(途中コロンビア国内において荷物と人の出入りによる約1時間機内でのストップオーバーあり)とボゴタ経由のBグループの2班に分かれた。選手の負担を考え、大会の前半に出場する選手は、比較的負担の少ないAグループでの移動になるように配慮した。

各室のトイレやシャワー、アメニティー、ベッドメイキングは通常のホテル仕様であったが部屋は通常より少し広かった。1部屋をトレーナールームと

して確保し、マッサージベッドを2台設置し、トレーナーによるマッサージやストレッチなどの施術を行った。その他、自由に使える電子レンジを設置し、持ち込みの補食の提供の場とした。少し広めの部屋を使用したこともあり、ソファやテーブルにてくつろぎながら情報交換できる空間として利用されていた。

食事は朝食・昼食・夕食ともホテル2階の宴会場で、ビュッフェタイプでの提供となった。パンやパスタ、ライスの主食とともに、鶏肉や魚、ハム・ソーセージ、生野菜、パイナップル、ヨーグルト等の副食が並んでいた。生野菜とカットフルーツに関しては、1日目はスタッフのみとして特に問題ないことを確認の上、翌日から選手も摂取許可した。飲み物のジュースは提供されてはいたものの100%果汁でないものもあった。基本的には安全な食事が提供される環境であった。

ホテルの入り口には警察官も常駐しており、周囲の環境は想像以上に悪い治安ではなかったが、外出は基本的に定められたタイミングのみとした(門限18:00まで)。選手たちはホテルと連結しているスーパーで日用品や補食・水分の買い出しを随時行っていた。朝練は、ホテル周囲で安全に行うことができた。ただし、道が凸凹しており、段差などに注意しながら行う必要があった。

(会場環境)

ホテル間からメイン会場・練習場(サブトラック・体育大学)はシャトルバス約20-25分・45分に1本で運行しており、警察官(白バイ2台)が先導のため、安全性は確保できていた。同じホテルに宿泊中の他国の選手と共通のバスで移動したが、バスの中で大きな音楽や大声を出す他国選手もおり、穏やかな日本選手とは文化の違いを感じた。

Warming-up会場・サブトラックは400mトラックであったが、トラック内の芝はフラットではなく整備されておらず少し足を取られる印象であった。さらに隣接する400mトラックが投てき場となっており、環境としては悪くはなかった。日本チームは投てき場との間のバックスタンド裏の風通しのよいところをベースとした。Warming-up会場ではミネラルウォーターが十分提供されていたが、ペットボトルに穴が空いていたり、少し水道水の匂いを感じたものがいた。

サブトラックからメイン会場までは距離的には数百メートルと歩行可能であったが、治安の面から基

本的にはバスを使用していた。選手に関しては練習場からのバスに乗る時点での確認がコールも兼ねていた。メイン会場ではIDによる入場確認がしっかりと行われていたが、ドクターのパスも行けるところが限られており、ミックスゾーンなどへのアクセスは難しかった。ゴール後のコンディション確認やドーピング検査の対象となった際の帯同のためにはミックスゾーン近くまで入れるパスが必要であると思われた。

大会期間中を通して、日中はWBGTで31℃台まで行くことがあったものの、全体的に予想以上に過ごしやすかった。また、標高が1000m近くと高いため、最初の数日は息が上がりやすいと訴えていた選手がいたが、すぐに慣れてきた。

(医療活動)

ドクターはサブとメインで分かれ、サブが午前と午後の間で撤収する際はホテルに戻ったりもした。トレーナーはサブとホテルで1名ずつ日毎に交代していた。

感冒後の選手に関しては、走行後に軽度呼吸困難感とわずかな喘鳴があり、気管支炎と判断し練習前と後に吸入を行った。その他、大会前々日から3名の選手が軽度の下痢を患っていたため整腸剤処方と経口摂取を促した。これらの選手はすぐに改善した。

大会期間中の外傷は肉離れ、打撲、擦過傷などがあつたがいずれも軽傷であった。気候として過ごせない暑さではなかったものの、長距離種目の選手を中心に熱中症様症状を訴えている選手が数名いた。1人に関してはレース後に倒れこみ、医務室に搬送後、安静・酸素吸入を行ったが、幸いに大きな故障や病気の発生に結びつく選手はいなかった。

選手からのマッサージやストレッチの要求は、種目に関わらず、下腿に関するものが多く、これらの要求に対しては、出場する種目の内容やその日程を十分に鑑みた上で、トレーナー2人により綿密なスケジュールが立てられた。また、大会期間中は、マッサージベッドの1台をWarming-up会場に持ち込み、そこでも選手への対応が行われた。

今大会出場選手で気になったのは続発性無月経についてである。帯同医師の一人が女性であり、積極的に介入して情報を確認できたこともあり、長距離・競歩の選手全員が何らかの月経に関する問題を持っていることが確認できた。強い貧血様症状を抱えている選手もいたが、その選手も含め、「病院に行かなくてはいけないという自覚は持っていたがどこに

行けばいいかわからない」という状況であった。試合後全員に対して数分のレクチャーを行うことができたが、どの選手も興味を持って積極的に取り組む姿勢を示した。選手にわかりやすいような啓蒙活動を行い、積極的に専門家への受診が抵抗なく進められるような体制が必要であると感じた。

その一環として、大会開始直前に監督より時間をいただいて、選手・コーチに対して障害・外傷のレクチャーを行った。日本より持参した『陸上競技ジュニア選手のスポーツ外傷・障害調査：インターハイ出場選手調査報告 ～第1報(2014年度版)～』を配布し、同年代の陸上選手が抱えている問題点について改めて整理し、選手たちに認識してもらえるように指導した。これからもこのような機会をいただき、積極的に介入していきたいと考えている。

(ドーピングコントロール)

今回の対象者は1人：男性(2種目で該当した)であった。一度経験済みの選手であったため問題なく、しかも短時間で終了した。検査は適正に行われていたが、日本ほど厳密ではない点(未成年者を検査するDCOに対する同伴者の看視確認など)があったため、われわれより申請しDCOの看視確認を行った。

検査室は本会場1階にあるロッカーを使用した検査室であった。もともとサッカーのロッカーであるため検査待機室としては殺風景であった(TVがなかったなど)。その他、提供されていた水分がミネラルウォーターのみであったことが残念な点ではあったが、プライバシーは守られている環境にあり、DCSとしては問題なかった。

(成績)

本大会では日本選手団は大活躍であった。金メダル3、銀メダル1、銅メダル1。特にサニブラウン・アブデル・ハキーム選手は100m、200mで大会新記録、2冠の快挙を成し遂げた。その他、入賞13人、自己記録更新を成し遂げた選手も多かった。国別獲得 Medal Table においてはアメリカ・ケニアについて3位にランクインした。

(まとめ)

今回の帯同の特徴は移動が非常に長かったことである。往路はアメリカで一泊もあり、選手にとって

は精神的にも肉体的にもコントロールが困難であったと思われるが、時差症候群に苦しんだ選手がいなかったのは幸いであった。33名の選手は本遠征が初めての海外遠征であり、男子に関しては全員が初めての海外遠征であった。

今回、医事委員会で時差症候群に関するアンケートを行った。時差の影響を受けられる症状を各項目(パフォーマンス、睡眠、食事、胃腸障害、疲労、時差症候群)で自己評価し記録した。その結果、大幅にパフォーマンスが落ちていると感じている選手や、食事環境が悪くなかったため食事や胃腸障害を感じている選手はいなかった。しかし、機内での睡眠時間が極端に少ない選手や、移動時間を十分把握していない選手が見受けられた。最終的に試合への影響は少なかったようであるが、大半の選手が初めての海外遠征ということで興奮していたことが予想され、時差対策は行っていない選手がほとんどであった。今後、機内での過ごし方なども学んで欲しいと感じた。

当初から心配であった治安に関しては警察も多かったことから困ることはなかった。食事・衛生面も問題なく、ひどい旅行者下痢症などが出なかったのが幸いであった。大きな傷病、外傷、障害の発生もなく無事に終了したことが何より良かったことであった。また医事委員会の行っている、『時差症候群に対する対策』『ジュニアアスリートの障害予防』に関する取り組みの実践することができ、今後さらなる積極的介入に繋がるものと思われた。



第2回世界リレー大会帯同報告書

鳥居 俊

日本陸連医事委員会委員

1. はじめに

第2回世界リレー大会は2015年5月2日～3日に昨年の第1回と同様にバハマのナッソーで行われた。選手団は4月26日に成田で前泊し、27日11時過ぎに成田空港を出発、同日ニューヨークで1泊ののち、28日午後ナッソーへ到着した。今大会での入賞は来年のリオデジャネイロオリンピックのリレー種目の出場権が得られることになっていた。

2. 選手団の構成

専務理事 尾縣貢団長、麻場一弘監督とコーチ4名（男子短距離：苅部、土江、女子短距離：瀧谷、太田）、メディカルスタッフ3名、渉外担当1名、競技者（4×100M、4×400M）18名（男子9名、女子9名）に近畿日本ツーリスト加藤氏の合計29名の選手団であった。このうちメディカルスタッフは医師（整形外科医）1名、トレーナー2名（男子1名、女子1名）であった。

3. 派遣前準備

今大会の代表は4月19日に行われた織田記念陸上競技大会の結果に基づいて決定されたため、派遣直前の22日であった。そのため、派遣前の特別なチェックはできなかった。男女ともリレーのナショナルチームが作成され、合宿等の活動をしていたため、ある程度の把握はできているはずであった。また、3月中に米国でのレースで桐生選手が追い風参考ながら9秒台を出すなど明るい材料もあった。

しかし、男子は実際に4月からの国内の競技会では中心となるはずの選手が急性外傷やコンディション不良などで欠場し、4×100Mは社会人2名大学生3名で、4×400Mは大学生4名の構成となった。女子は対照的に全員がナショナルチームメンバーか

ら選出された。

代表決定後、メディカルアンケートの提出をトレーナーを介して各選手に依頼し大部分は出発前に提出されたが、成田空港で提出した選手も2名いた。なお、TUEを必要とする選手はいなかった。

今大会は渡航期間全体の日程が10日間であり、選手数も少なかったため、持参する薬剤類（内服、外用、注射）を従来の半分程度に厳選した。

4. 渡航および現地の状況

ニューヨークまで13時間余りの渡航であり、エコノミー席のため疲労もあり、また時差13時間もあったため到着日や翌日は体調が万全でない選手もいた。ニューヨークから3時間余りのナッソーはニューヨークと時差がなく、サマータイムのため日の出が現地時間の7時頃、日没は夜19時頃であった。

選手村はAtlantisというリゾートホテルであり、空港からバスで1時間弱であった。欧米人を中心とした海浜高級リゾートであり、リゾート客が闊歩する選手村内に当初は違和感もあったが、間もなく気にならなくなった。選手村に到着後、ADカードを作成、各自の宿泊室へ移動した。居室はほとんどがツインで、バスタイレ付で広かった。トレーナー室を1室設け、今回は本部室は設定しなかった。

ナッソーの気候は最低気温15度前後、最高気温は30度を超えると予想されていたが、前半は雨天や曇天が多く、雷雨やスコールのような強雨のこともあった。また、夜間は肌寒く感じた。

高級リゾート施設のため衛生状態は良好であったが、水道水は飲用に使わないように事前に伝えられており、ミネラルウォーターを飲用に用いた。

居室内の清掃にはホテルスタッフが毎日現れ、ゴミの回収、タオルやシーツの交換を行った。

洗濯施設はなく、おそらく選手はみな手洗いでしのいだと思われる。

食事は大会用の食堂が4月30日夕食からとなったため、28日～30日昼までは施設内の3か所で使用できる食事チケットが配布されたが、しばしばそのうちの1か所が営業しておらず、ピザ屋やバーベキュー料理店は摂取栄養素が偏る心配があった。30日夜からの食堂ではバイキング形式で提供されたが、この国の習慣か。朝食は生野菜がなくパン類とベーコンや卵（ゆで卵かスクランブルエッグ）、フルーツ、ヨーグルトであり、飲み物はコーヒー、紅茶が主であった。一方、昼食と夕食はパンだけでなく米（ピラフ的なもの）、スープ、肉料理、魚料理、カットフルーツ（メロン、スイカ、リンゴ、パイナップル、ドライフルーツ）、と日によってケーキなどのデザートが置かれていた。全体としてアジア大会や世界選手権などの国際大会と比較して料理数が少なかった。このような理由もあってか、選手たちはホテル内のスターバックスのコーヒーやサンドウィッチをしばしば利用していた。

競技会場であるメインスタジアムとサブトラックは5～6km離れており、30分間隔に出されるバスで移動したが、島内の道路の渋滞状況により所要時間はまちまちであった。なお、渋滞時に警察の先導で道を開けて優先通行も実施され、最短で7分で移動できた時もあったが、あまりのスピードに気分が悪くなった選手もおり、コーチも恐怖感を感じたと話していた。

競技場、サブトラックの走路自体は特に問題がなかったが、サブトラックのフィールドは芝の凹凸が多く、油断すると捻挫をする危険もあった。また、雨であちこちに大きな水たまりができることもあった（図1）。



図1 サブトラックの水たまり

5. 現地での医療活動

本大会では競技前のドーピング検査は通知がなく、行われなかった。大会本部の医務室はメイン競技場内にあったと思われるがアクセスできず、大会側トレーナールームはサブトラックの入口付近に10台ほどのベッドが並べられていたがあまり稼働しているように見えなかった。

選手村トレーナー室には練習がない時は2台のマッサージベッドを並べてトレーナーによるケアが行われた。ドクターズバックはトレーナー室に置き、診察はトレーナー室で行った。競技時間が夜間となるため、トレーナーの予約は24時ごろまでとなることもあった。

競技場では競技会終了日まで、サブトラックに日本チームテントを確保し（図2）、トレーナーベッドを置き、ドクターとトレーナーが常駐し診察やケアを実施した。今回は帯同ドクターが1名のためドーピング検査対象となった選手がいた場合には同席しないこととした。

本大会中の救急搬送事例はなかった。しかし、4継男子選手の1名が事前の練習中に左腓腹筋の1度と思われる筋損傷を受傷し、出場を断念した。4継男子選手の1名は足趾の腓胝による疼痛を訴え、圧迫部の除圧パッドをトレーナーが作成した。マイルの男子選手の1名は前日の練習時に膝痛を訴え、診察後トレーナーのケアと内服の使用で出場した（派遣されたのが4名のため欠場できなかったこともある）。

さらに、4継女子選手の1名は足関節部の痛みを訴え内服を希望し、前日より服用を行った。また、マイルの女子選手の1名が2日目のB決勝のウォーミングアップ中に膝後方の痛みを訴え、内外膝屈筋



図2 日本チームテント

の腱障害と診断し、内服を使用した。この2名も予定通りに出場した。競技に影響のないものとして、1名の男子選手に手指の爪周囲膿瘍があり、針で小切開し排膿させることでほぼ治癒した。

内科疾患としてはマイルの男子選手の1名が前日より発熱と咳のため内服を使用した。同室の選手への感染を憂慮して別室にすることも考慮されたが、大会本部へ問い合わせてもらっても空室がない状況で幸いに内服により咳がおさまったため部屋の変更はしなかった。ただ、発熱はレース日の昼にも解熱しておらず、37.5度であったが、選手自身は体調不良を感じないとのことであった。また、スタッフにも2名風邪による内服の使用が必要となり、帰国時までの内服を手渡した。従って、消炎鎮痛剤、胃粘膜保護剤、総合感冒薬、鎮咳剤を多数使用することになった。

5. ドーピングコントロール

派遣選手中にこれまで検査対象となって検査を受けた経験のない選手は1名のみであった。

競技後の検査対象となったのは男子4継決勝(図3)の1名のみであった。すでに国内、海外での多くの大会で検査経験があり、問題なかった。

6. まとめ、反省

本大会は代表決定が直前であったこと、男子はナショナルメンバーの主力選手が国内選考会で欠場して若手選手中心となった(図4)ため、帯同メディカルスタッフ(図5)が知悉していない選手も含まれた。また、選考後の欠場者もあり、ほぼぎりぎりのメンバーで出場することになり、新たな傷病者が出ないことを祈ったが、結果的に1名の欠場を除き全員が出場できた。



図3 男子4×100M



図4 全員の集合写真



図5 メディカルスタッフ
(田村 TR、鳥居、村上 TR)

第15回世界陸上競技選手権におけるコンディション把握方法

村上 博之¹⁾ 鳥居 俊²⁾ 真鍋 知宏³⁾

1) Macumo 鍼灸治療院 2) 早稲田大学スポーツ科学学術院

3) 慶應義塾大学スポーツ医学研究センター

1. はじめに

2009年の第12回世界陸上競技選手権より日本陸上競技連盟医事委員会では出場選手に対して週間コンディションチェックを実施している。オリンピック、世界選手権、アジア大会といった大規模大会では毎度実施しており、今回の世界陸上競技選手権で7回目の実施となった。

陸上競技は個人競技であり、種目も多岐にわたる。代表選手決定後は種目ごともしくは個人での合宿を行う事が多く、選手全員が一堂に会する合宿がない。また、球技などのチームスポーツと違いチームトレーナー制度も基本的にはない。代表選手として選出された際に、選手本人からコンディションについての情報収集をする他に手段がないという背景がある。リレー以外では補欠選手がいない陸上競技においては代表に選出された全選手をスタートラインに送り出す必要がある。選手がより良い状態でスタートラインに立てるようにするために大規模大会においてはメディカルアンケート、週間コンディションチェック、現地コンディションチェックの3段階に分けたコンディション把握方法を採用している。大規模大会以外においてもメディカルアンケートと現地コンディションチェックは全選手に対して実施している。2009年より実施してきたネットワーク経由で提出する週間コンディションチェックは、改善すべき点を随時医事委員長や大会帯同ドクター、トレーナー、事務局の担当者、システム開発者とディスカッションを行ってきた。今回はロンドン五輪の際に一部を改訂したものをベースとして活用した。

2. 実施内容および実施方法

今大会の日本代表選手数は男子36名、女子17名の合計53名であった。代表選手決定が3月中旬か

ら8月中旬までの6回(3/11 マラソン、4/23 競歩、6/29トラックアンドフィールド、7/15 混成、8/4 記録突破による追加代表選手、8/13 男女マイルルレー)に分かれており、全員に対して同じタイミングでスタートをすることができなかった。

選手のコンディション把握はドクターによるメディカルチェックを土台とし、それ以外に大きく分けて以下の3つの方法で行っている。

①メディカルアンケート

整形外科疾患、内科疾患、ドーピング検査経験の有無、TUE申請の有無、現在の怪我の状況、普段のトレーナーの情報、これまでの海外渡航歴、アレルギーの有無、予防接種歴、女性アスリートへの質問項目、メディカルスタッフへの要望などを記載。A4用紙2枚分に記載のうえ陸連事務局にFAXにて提出し、帯同メディカルスタッフで情報を共有。

②週間コンディションチェック

自身の毎週のコンディションを強化委員長、種目担当コーチ、メディカルスタッフに報告。コンディションに関する10項目の質問について1から10の10段階で主観的に評価する(表1)。練習強度、練習意欲、パフォーマンス達成度(この1週間に参加した競技会の記録、1週間の練習内容達成度)、寝付き、寝起き、食欲・食量、便通、疲労感、全体的体調、今の自信と気持ちの安定感の10項目とし、1点から10点で設定をした。点数が高い方が良い状況、点数が低いと悪い状況とした。またこれとは別に、障害部位の痛み・張り(なし、あり:練習に支障なし、あり:練習に支障あり)、通院、服薬、生理の有無、自由記載欄として障害・疾病及びその部位、服用薬についての欄を設けた。さらに、上記以外の内容で何か気になることがあればドクターとトレーナーに直通のメールで相談する旨の文言と相

表 1

北京世界選手権代表選手週間コンディションチェック内容

質問は下記のとおりです。その日または、前回入力後からのコンディションを、項目ごとに自己評価してください。1点は今までになく悪い、弱い、痛いなどで、10点は今までになく良い、強いとしてください。

1、練習強度	1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10		
	とても弱い	普通	とても強い
2、練習意欲	1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10		
	まったくない	普通	とてもある
3、パフォーマンス達成度(この1週間に参加した競技会の記録、1週間の練習内容達成度)	1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10		
	これまでになく悪い	普通	これまでになく良い
4、寝付き	1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10		
	とても悪い	普通	とても良い
5、寝起き	1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10		
	とても悪い	普通	とても良い
6、食欲・食事量	1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10		
	とても悪い	普通	とても良い
7、便通	1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10		
	とても悪い	普通	とても良い
8、疲労感	1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10		
	とても強い	普通	とても軽い
9、全般的体調	1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10		
	とても悪い	普通	とても良い
10、今の自信と気持ちの安定感	1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10		
	大変落ち込んでいる	普通	自信あり
	コーチと相談できていない		コーチと相談できている

※傷害部位の痛み・張り

-なし

-あり／練習に支障なし

-あり／練習できない

※障害・疾病 自由記入

※通院 あり・なし

※服薬 あり・なし

※部位 自由記入

※服用薬 自由記入

※生理 あり・なし

*上記以外での内容についてなにか気になることがある場合は、med@jaaf.or.jp にメールを送ってください。

表2

コンディションチェック

氏名

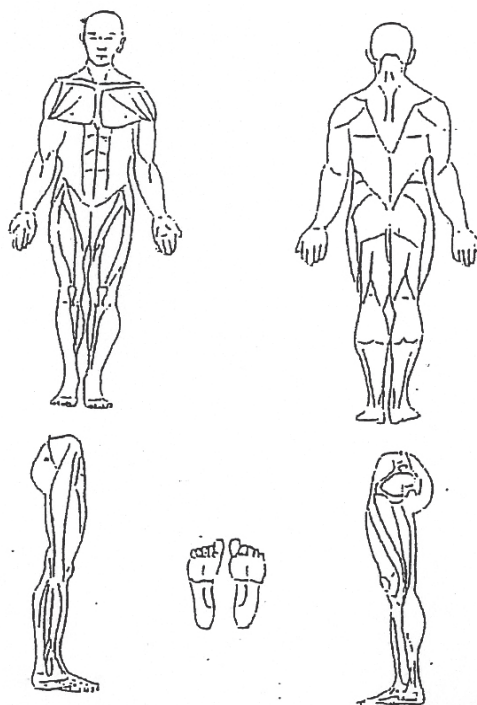
種目()

記入日 年 月 日() 記入時間 時 分 入村日 or 試合2日前

- ①練習強度 1-2-3-4-5-6-7-8-9-10
弱い 普通 強い
- ②意欲 1-2-3-4-5-6-7-8-9-10
ない 普通 ある
- ③パフォーマンス達成度
1-2-3-4-5-6-7-8-9-10
低い 普通 高い
- ④睡眠 1-2-3-4-5-6-7-8-9-10
悪い 普通 良い
- ⑤食欲 1-2-3-4-5-6-7-8-9-10
ない 普通 ある
- ⑥便秘 1-2-3-4-5-6-7-8-9-10
悪い 普通 良い
(便秘 or 下痢)
- ⑦疲労感 1-2-3-4-5-6-7-8-9-10
強い 普通 軽い
- ⑧全般的体調
1-2-3-4-5-6-7-8-9-10
悪い 普通 良い
- ⑨傷害部位の疼痛
1-2-3-4-5-6-7-8-9-10
悪い 普通 ない
(試合に支障あり) (試合に支障なし) (問題なし)
- ⑩今の自信と気持ちの安定感
1-2-3-4-5-6-7-8-9-10
落ち込んでいる 普通 自信あり

《記入》 疲労部位→○

痛みのある部位→×



談用のメールアドレスを記載した。

選手は各自に割り当てられた個人IDとパスワードを用いて専用サイトにログインして各項目に回答する方法を採用した。

③現地コンディションチェック

10項目10段階の内容は週間コンディションチェックとほぼ同様である。現地コンディションチェックには項目中に障害部位の疼痛が入り、寝付き・寝起きを睡眠の項目でまとめた。全身の絵があるので必要に応じて現時点で気になる箇所、痛みのある箇所にマークができる形式とした。選手入村日と最初の試合の2日前に紙ベースでの実施している。海外ではネット環境が必ずしも整っているとは限らないこと、用紙の配布と回収をメディカルスタッフから選手に対して直接行うことによりコミュ

ニケーションを取る機会を設けること、試合前のコンディション情報を確実に収集することなどを目的にネットワークを利用せずに紙ベースで実施している(表2)。

第一段階としてメディカルアンケートに各選手が記載した情報をもとに気になる記載のある選手には個別に連絡をとった。幸い、出場に影響するような大きな問題を記載する選手はいなかった。選手自らが自身の体調や怪我について正直に記載してくれないとメディカルスタッフには情報が回ってこないことが課題の一つである。メディカルアンケートはこれまでの試合同様に全選手から提出があった。

メディカルアンケートを情報のベースとして、鳥居ドクターと真鍋ドクターによるJISSでのメディカルチェック、もしくは両ドクターによる合宿先へ

の訪問で各選手の問題箇所への対応に当たっていた。ドクターからの情報をトレーナーも含めたメディカルスタッフ全員で共有できたことは非常に有益であった。トレーナーが合宿帯同することが多く、気になる選手がいた場合はドクターに連絡を取って指示を仰ぐ事も何例かあった。その後は週間コンディションチェックでの回答内容と照らし合わせ、各選手の状態を追いかける形で情報を活用した。

週間コンディションチェックの第1回目の実施は日本選手権後のトラックアンドフィールド選手発表後の7月13日であった。各選手には週に最低でも1回は必ず自身のコンディションについて報告するようにと実施案内には記された。ほぼ毎日自身のコンディションを入力する選手も極少数であったが見られた。

実施を前に、6月29日の時点で日本代表選手に選出されていた全選手にメディカルアンケートと共に週間コンディションチェックに関する説明文と個人ID、パスワードが配布された。

各選手にはまずメーリングリストに普段使用するメールアドレス（パソコン、携帯いずれかまたは両方）を登録してもらう形式をとった。これは、メディカルスタッフから全選手にアナウンスをする際に使用する為の手段であった。しかしメーリングリストに登録していない選手が数名おり、結局は個別の対応が必要になる場面もあった。

メディカルスタッフから毎週月曜日に、週間コンディションを提出するようという内容のメールを配信した。その後、水曜日に再度一斉メールにて未回答の選手名を記載したメールを配信し、更に土曜日にも未回答の選手名を列挙したメールを配信した。

10段階で3以下の回答をした項目のある選手にはメディカルスタッフから個別にメールもしくは電話で連絡をして状況の確認を行った。選手が入力した情報は時系列に確認できたので、自身の体調に不安のある選手に即時に対応が可能であった事は非常に有益であった。必要に応じてメディカルスタッフから選手に直接助言を行い、早い段階での問題解決に努めた。

週間コンディションチェックの回答率は平均すると80%をやや上回る程度であった。前回のモスクワ世界選手権では95%の回答率であったので、今回はそれに比べると低い回答率となった。自身のコンディションについてメディカルスタッフに報告することは代表選手の義務の一つであるという認識であるが、世界選手権初代表の選手が半数以上であり、

意識の浸透に時間を要することもあってかメディカルスタッフから催促をしないと情報を得られにくい状況であった。初代表の選手にとっては初めての週間コンディションチェックであったので不慣れであったことも、回答に時間を要したことに影響していると考えられる。また、日本選手権後に合宿や、現住所から離れた地元の壮行会に行く選手の手元に週間コンディションチェックに関する文書が届くのに時間を要しているということもあった。選手の携帯電話のメール受信設定によってはパソコンアドレスからメールが届かないという事も何件かあり、個別に対応した。

現地コンディションチェックは各選手の入村日と最初の試合の2日前に実施した。現地で用紙を直接配布する形式であるので全選手から回答を得る事ができた。記載内容で気になる事があればその場で回収に当たるトレーナーが選手とコミュニケーションをとり、情報を収集した。ドクター、強化委員長、種目担当コーチと情報を共有し、必要に応じてドクターによるチェックも行っていた。日本と北京の距離が近い事もあり、時差や飛行機の移動による疲労感を訴える選手はほとんどいなかった。大気汚染を気にしている選手は数名いたが、北京の青空を見て安心している様子であった。最初の試合2日前の現地コンディションチェックでも試合に大きな影響がある問題を抱えている選手はいなかった。

3. 戦績と週間コンディションチェックの関連について

今大会での戦績とコンディションについて一部触れる。今大会での主な戦績は、メダル1名、入賞2名、日本記録リレー1チーム、自己ベスト1名、シーズンベスト5名及びリレー1チームであった。その中から自己ベストを出した選手と、活躍が期待されたが思うような結果に結びつかなかった選手の例を挙げる。

- ・今大会において個人種目で自己ベストを出した選手のコンディション推移（図1）

全項目において回答の数値幅が2以内で収まっており、全期間を通して非常に安定した体調であったことが伺えた。回答の数値が他の選手と比べると高い位置で安定していることもこの選手の特徴であった。メディカルアンケートには6月上旬頃から左アキレス腱部に痛みがあり、鍼、灸、超音波での治療を継続している旨の記載があった。コンディション

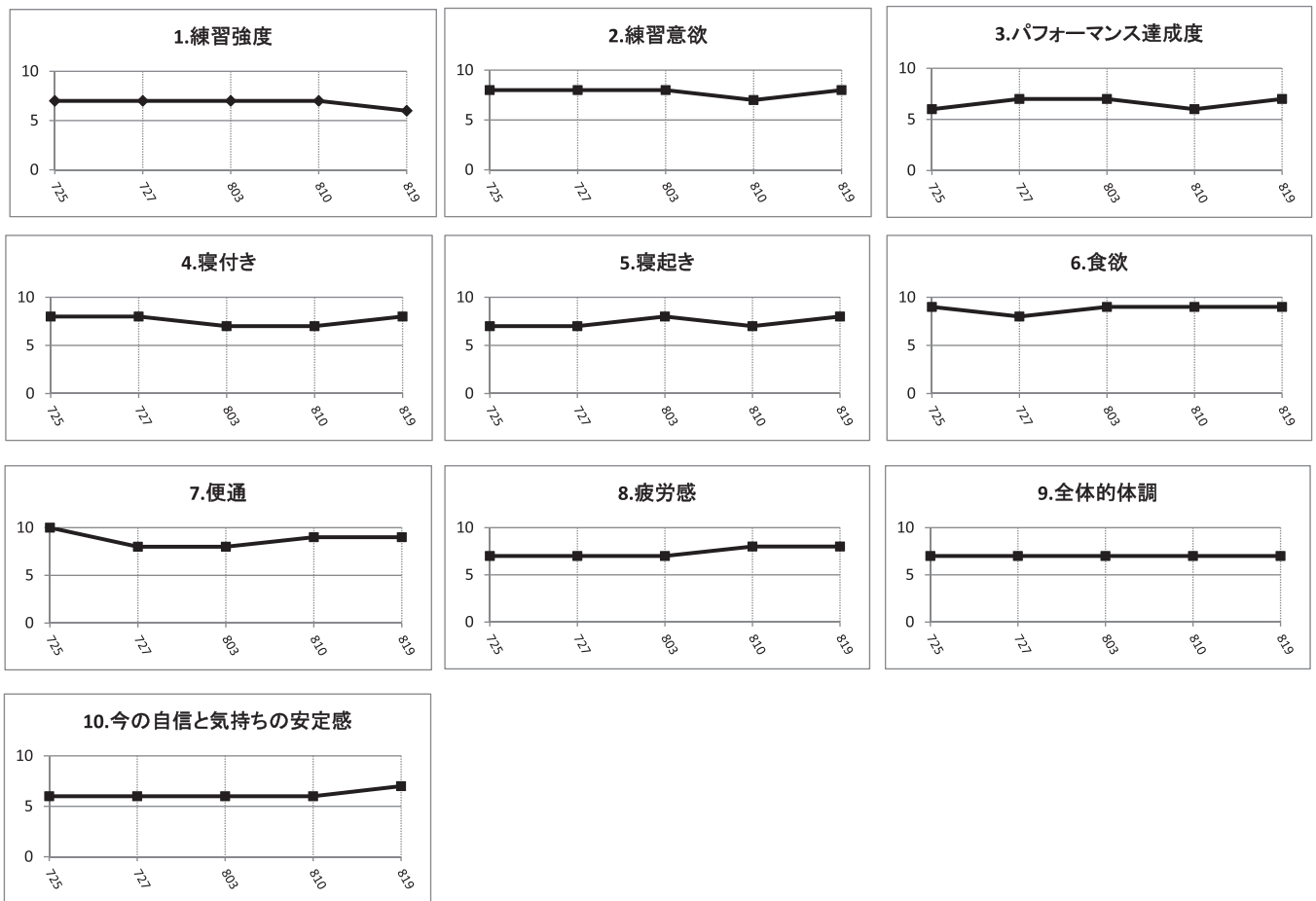


図 1

チェック全期間を通して同部位の痛みがあると回答していたが練習には支障ないレベルであった。毎回の点数を見ると、練習意欲も高く、睡眠についても安定していた。全体的体調は一定で安定しており、試合に向けて疲労感が抜けてメンタル面が上がっていく様子も見られた。回答数値の傾向は個人によってまちまちであるが、この選手は全項目に対して高い数値を回答する傾向が見られた。

- ・代表決定時の成績がよく、世界選手権での活躍が期待されたが成績に結びつかなかった選手のコンディション推移 (図 2)

メディカルアンケートによると、6月上旬頃より下腹部及び大腿内側部に練習に支障のある強い張り及び痛みがあり、コンディションチェック開始時より本人からも同部位の痛みについての訴えがあった。また試合が近づくにつれて服薬も毎回行っている旨の申告があった。全体を見渡すと試合に向けて体調とメンタル部分 (自信と気持ちの安定感) が下がり傾向にあり、疲労感も強くなっていった。また、寝付きや寝起きの点数も下がっていることが確認できた。各項目での点数のばらつきも見られた。

回答に用いる数値や回答の傾向には個人差があるので、単純に他者と比較する事はできない。戦績とコンディションチェックを比較した際に、必ずしも戦績によって同じような傾向が見られる訳ではない。各個人の回答の特徴を把握した上でコンディションの推移を見ていくのが理想であるが、限られた回数と実施期間の中で傾向を探り、個別への対策を練るのは非常に難しく今後更なる検討が必要であると感じている。

4. まとめ、反省

メディカルスタッフで選手情報を共有する事ができ、問題点に早い段階で対応する事ができた。鳥居ドクター、真鍋ドクターには日本選手権や代表決定後の合宿先にも選手のチェックに来ていただき、代表決定後の問題にもその場で対応いただけた。ドクター不在の合宿中に気になる事があればその場でドクターに電話で相談し、JISSでの診察を受けるといった事例もあった。問題が起きても早い段階で対応できた事でリレーの補欠選手以外の全選手をスタートラインに送り出すことができた。

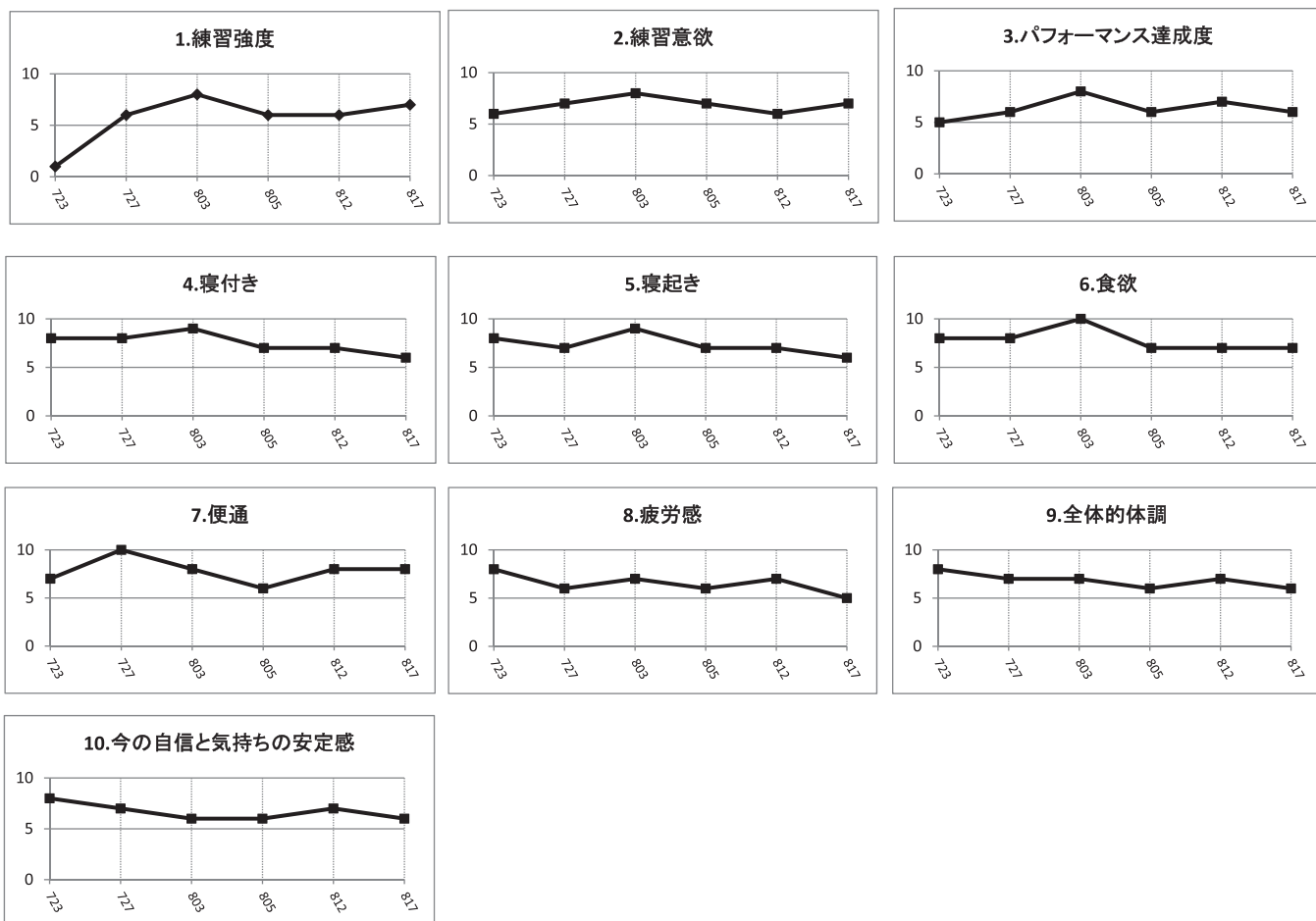
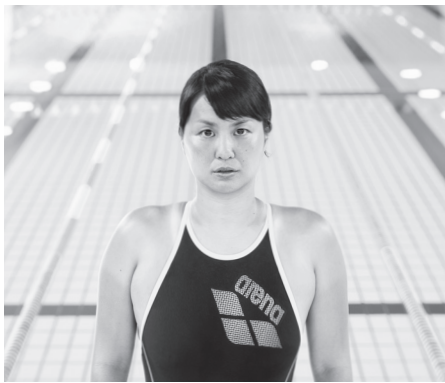


図 2

3段階でのコンディション把握は非常に有益であった。種目により代表決定時期が異なり、特にマラソンや競歩は試合が数ヶ月先になる。代表決定した早い段階でのチェックの開始や、回答率を上げるためのさらなる工夫、選手のデータの活用方法について、今後の検討課題と思われる。



前を向け。
未来たち。

追いかけて来い。追い抜いて行け。
若い君たちの可能性こそが未来だ。



スポーツは育てることができる。

toto
FOR ALL SPORTS OF JAPAN

toto・BIGの収益は、未来のメダリストの
発掘・育成に役立てられています。



陸上競技研究紀要 第11巻

編集後記

2015年度「陸上競技研究紀要」第11巻をお届けします。本号は、資料3編、「日本陸連科学委員会研究報告」の論文16編、「エキサイティング・メディカル・レポート」4編、および特集企画の「体罰・暴力問題を考える - 陸上競技における課題と解決への方向性 -」から構成されています。

さて、ごく最近ジュニア競技者育成に関する二つの興味深い総説論文が報告されたので紹介します。ひとつは、昨年Br J Sports Med誌で発表された「ジュニア競技者の育成に関するIOC合意声明 International Olympic Committee consensus statement on youth athletic development」であり、今ひとつは今年になってSports Med誌に発表された「イギリス人メダリスト・プロジェクト：世界チャンピオンのタレント育成に関する今日的知見 The Great British Medalists Project: A Review of Current Knowledge on the Development of the World's Best Sporting Talent」です。前者は、ジュニア競技者の発掘・育成に関する今日のエビデンスを総合的、多角的に網羅したもので、後者は、その中でも超エリート級の競技者を対象に彼らを如何に育成するかという観点から学術見解を総括したものです。いずれも充実した内容の科学研究レビューとして高く評価されるものですが、ここでは学術から少し離れて注目しておきたいことがあります。それは、前者がIOC、後者がUKスポーツというスポーツ団体が主導したプロジェクト研究であり、また研究班も国際的なオーソリティーによって編成されているという点です。もちろん、これまでもIOCをはじめスポーツ団体はこの種の研究レビューや公式見解を適宜発表してきましたが、その目的や方向性が明確になり徹底されてきた印象を上記論文から受けるのです。それを一言でいいあらわせば、国際的視野に立ったエビデンス・ベーストによるスポーツ政策の徹底、ということだと思います。ジュニア競技者の育成は、どの国においても、またどの競技団体においても重要課題の一つであり、しかも長期間にわたり首尾一貫して実践されるべきスポーツ政策です。当然、それだけ多額の投資を必要とします。その政策立案にあたって、確かな科学的根拠に基づいたエビデンスベーストが切望されるのは至極当然のことでしょう。現実的な課題解決に向け、ごく自然にスポーツ団体と学術の融合が図られた結果と言えましょう。そして、この流れは今後ますます促進されるのではないのでしょうか。是非注目しておきたいところです。ひるがえって、本誌の今号の特集記事も、競技団体と体育学会との接点から生まれた企画でした。2020年東京オリンピック・パラリンピックへ向けて、わが国でもこうした方向性が強化されることを、期待を込めて予測しておきたいと思います。

2016年3月1日

文責 伊藤静夫

【陸上競技研究紀要第11巻 編集委員会】

伊藤静夫（編集委員長）、榎本靖士（編集副委員長）、
高松潤二、森丘保典、青山清英、高橋義雄、桜井智野風、安井年文、眞鍋芳明

【日本陸上競技連盟・事務局】

森谷真咲、中村 仁





写真：フォート・キシモト





「陸上競技研究紀要」第11巻

2016年3月1日発行

発行人 尾縣 貢

発行所 公益財団法人日本陸上競技連盟

〒163-0717 東京都新宿区西新宿2-7-1 小田急第一生命ビル17階

TEL : 03-5321-6580
