

陸上競技研究紀要

Vol.16, 2020

JAAF

Japan Association of Athletics Federations



Bulletin of Studies in Athletics of JAAF

contents

特集企画

エリートジュニア競技者の運動・スポーツ歴、
栄養摂取および生活習慣等に関する調査の総括と展望

原著論文

研究資料

日本陸連科学委員会研究報告

日本陸連医事委員会
エキサイティングメディカルレポート



「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、研究資料、実践報告（指導法および指導記録の報告）、文献紹介に分類される。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、日本語に続けて英語のタイトル、著者、所属をつけ、総説および原著には英文要約（150語以内）もつけなければならない。

（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

本文は、A4判縦置き横書きとし、1頁に横42文字×縦38字で約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すること。

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（発行年またはonline）という形式で表記する。

例1) 田中(1996)は -----

例2) 文部科学省(online)は -----

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

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

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

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

例) 田中ら (1996 b) は, -----

WEBサイトやWEBサイトに掲載されているPDFファイルなどを引用文献とする場合は、著者名（発行年）WEBページの題目、URL、（参照日）と表記する。発行年やファイル名が特定できない場合は（著者名, online）と表記する。

例) 日本陸上競技連盟 (online) 陸上競技ヒストリー, <https://www.jaaf.or.jp/history/syoushi/>, (参照日 2020年7月24日)

詳細は、「体育学研究」投稿の手引を参考にする。

6. 原稿の提出先

投稿原稿（本文はMS Word、図表はMS Power Pointで作成）は、下記へE-mailの添付ファイルとして送付する。

日本陸上競技連盟

「陸上競技研究紀要」編集委員会宛

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、2021年度版は、2020年12月1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。

(2020年8月25日 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

2011年制定のスポーツ基本法は、「スポーツは、世界共通の人類の文化である」から始まります。しかし、このコロナ渦では、スポーツは「不要不急」のものと思われ、まだまだ趣味の領域を脱しないことを残念に思いました。

一方で、スポーツを文化に昇華させるべく取り組んでいこうという気持ちもふつふつと湧いてきました。現代人が心身ともに健康的に生きていくためには、スポーツは強い味方になってくれます。スポーツの実践は、身体だけでなく精神にも良い効果をもたらす、健康づくりに役立つだけでなく、スポーツを「みる」ことや「ささえる」ことが、生きる活力や幸福感を生み出すことにも繋がります。

また、トップアスリート強化することや、ジュニアアスリートを育成することから得られた科学的知見はそれに終わることなく、子どもたちの健全な発達を促すことに役立ったり、学校体育に活かされたり、若者のスポーツ参画を推進するヒントにもなる可能性があります。特に陸上競技はシンプルであり身近であるからこそ、幅広い知見を得ることができるものと考えます。私たちは、陸上競技が有するこの価値を再認識し、多くの人に役立つ取り組みを推進することで、スポーツを文化に近づけていきたいものです。

今回の特集であるジュニアエリートアスリート調査で示された知見も育成強化のみならず、様々な分野で活用できるものだと言えます。また、これまでに積み上げられてきた研究成果は、体系化するなどして活かせる形で提供する必要性を感じています。こういったスポーツの知に関して取り組むことも競技団体の使命であると感じています。

皆様の陸上競技に関する様々な取り組みにも、この「陸上競技研究紀要」を役立てていただければ幸甚に存じます。

陸上競技研究紀要

Bulletin of Studies in Athletics of JAAF

Vol.16 2020

目 次

【特集企画】

エリートジュニア競技者の運動・スポーツ歴、栄養摂取
および生活習慣等に関する調査の総括と展望 1

【原著論文】

中学エリート選手の競技継続とハイパフォーマンスの維持に関する研究
. 渡邊將司ほか . . . 38

やり投げにおける意識的な助走速度増大がパフォーマンスと動作に及ぼす影響
. 中西啄真ほか . . . 45

短距離走者を対象とした心理テストの時間的変動性の検討
. 橋本泰裕ほか . . . 54

【研究資料】

中学エリート選手の種目トランスファーの特徴
. 渡邊將司ほか . . . 66

【日本陸連科学委員会研究報告 第19巻(2020) 陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2020】
. 77

【エキサイティング メディカル レポート】
. 241

特集企画

エリートジュニア競技者の運動・スポーツ歴、栄養摂取
および生活習慣等に関する調査の総括と展望

特集によせて

日本学術会議は、2020年6月に発出した提言「科学的エビデンスを主体としたスポーツの在り方」のなかで、「根拠に基づく政策立案 (Evidence-based Policy Making: EBPM)」について「政策の企画立案をその場限りのエピソードに頼るのではなく、政策目的を明確化したうえで政策効果の測定に重要な関連を持つ情報やデータ (エビデンス) に基づくものとする」と定義づけるとともに、「科学的エビデンスの収集とその包括的分析を可能とする体制の整備」「時代変化を意識したスポーツ政策の決定」「多様な人々の参画による生涯を通じた多様なスポーツ実践のための環境づくり」などの重要性について指摘している。

日本陸上競技連盟 (以下「陸連」という) は、2017年5月に発行した「JAAF VISION 2017」において、「国際競技力の向上」と「ウェルネス陸上の実現」という2つのミッションを掲げるとともに、2018年9月には、生涯を見通す長期的展望に立った競技者育成のあり方を示した「競技者育成指針」を、2020年11月には、指導者 (コーチ) のあるべき姿や養成制度の方向性を示した「指導者養成指針」を策定した。日本学術会議の指摘にある「スポーツ」を「陸上競技」に読み替えれば、「国際競技力の向上」と「ウェルネス陸上の実現」という2つのミッションの達成に向けて、両指針に示された方向性に沿った政策を「政策効果の測定に重要な関連を持つ情報やデータ (エビデンス)」に基づいて立案することが求められているといえる。

標記の調査は、全国高等学校総合体育大会の入賞選手を対象として、2004年から陸連の科学委員会がEBPMのためのエビデンスにするべく積み重ねてきたものの一つであるが、昨年、コロナ禍の影響で実施に至らなかったことから、今後の実施形態 (調査の対象、内容および方法) についての議論が重ねられ、次年度以降は新たなスキームで実施することとなった。これまで本調査にご理解とご協力をいただいた全ての関係者 (アントラージュ) に、この場をお借りして深謝したい。

上記のような経緯を踏まえ、本号では特集テーマを「エリートジュニア競技者の運動・スポーツ歴、栄養摂取および生活習慣等に関する調査の総括と展望」として、現在「運動・競技歴」「栄養 (サプリメント) 摂取」「生活習慣」などのテーマで分析をご担当いただいている先生方に、これまでに得られた知見をもとにジュニア競技者を取りまく現状と課題を整理するとともに、今後の普及・育成・強化に資する新たな調査への展望をお示いただくことを依頼した。

本紀要では、これまでジュニア競技者に焦点化し、「陸上競技のタレントトランスファー (2014年)」「若い競技者の育成モデルをめぐる世界の動向 (2016年)」「ジュニア競技者育成と相対年齢効果 (2017年)」「ジュニア競技者育成における身体リテラシーの意義 (2019年)」などの特集テーマが組み立てられてきており、これらのエビデンスは上記の両指針の策定プロセスにおいても大いに活用されてきた。本特集が、「国際競技力の向上」と「ウェルネス陸上の実現」という2つのミッションの達成に向けたEBPMの一助になれば幸いである

<特集企画>

エリートジュニア競技者の運動・スポーツ歴、栄養摂取 および生活習慣等に関する調査の総括と展望

目 次

インターハイ入賞者のスポーツ経験と陸上競技の開始理由・・・・・・・・・・	4
渡邊將司	
全国高等学校総合体育大会入賞選手における食生活とコンディションの関連性 および女子選手の月経状況について・・・・・・・・・・	8
須永美歌子, 山田満月	
エリートジュニア陸上選手のサプリメント使用状況の変遷 16年間(2004～2019年)のインターハイ入賞者を対象とした調査より・・・・・・・・	14
酒井健介	
高校生エリートアスリートの睡眠習慣の変化 : 2004年—2019年全国高等学校総合体育大会入賞選手調査より・・・・・・・・	29
山本宏明	

インターハイ入賞者のスポーツ経験と陸上競技の開始理由

渡邊將司
茨城大学教育学部

1. はじめに

選手はどのようにしてトップレベルに至ったのだろうか。それは多くのアスリートにとって大きな関心事だろう。陸上短距離種目で日本代表経験のある選手に対してインタビュー調査をした研究によると、トップレベルに至るまでの道筋は多様だが、いくつかの共通点があることが明らかとなった。それは、幼少期から足が速いということを実感していたこと、中学校期にはスポーツ種目やパフォーマンスレベルは違えども運動部に所属していたこと、高校期には全国トップレベルの成績を収めていたこと、親は彼らのやりたいことを尊重し過剰でない支援があったことである（小林ほか、2016）。日本代表選手の78.8%は高校期に全国大会の出場経験があり、61.5%は全国入賞経験があった（渡邊ほか、2013）。したがって高校の全国大会で入賞する選手の特徴を明らかにすることは、高校生の競技レベルの向上や競技人口の拡大だけでなく、オリンピックや世界選手権等の国際大会における日本代表選手の効果的な発掘・育成につながる可能性がある。

インターハイ入賞者に対するアンケート調査は2004年度から始まったが、本稿のテーマである運動・スポーツ経験や陸上競技を始めた理由に関する調査は2015年度から加わった。2016年からは年度ごとに集計結果が本紀要に報告されてきたが、ここでは2015年から2019年までに収集されたデータを集約し、インターハイ入賞者の特徴をまとめることとする。なお、各年度に集計された対象者数および総数は表1の通りである。

表1 各年度の人数

	2015	2016	2017	2018	2019	合計
男子	45	15	81	101	50	292
女子	44	17	87	97	55	300

性別が未記入だった3名は除外

2. 経験したスポーツ種目数と肯定感

図1には、これまでに経験したことがあるスポーツ種目数を示した。陸上競技以外のスポーツ経験がない者は13.9%であったが、1～2種目のスポーツ経験がある者が69.1%を占め、3種目以上のスポーツ経験がある者が27.0%であった。このように陸上競技以外の複数の種目を経験している者が多いことがわかる。経験のある種目は、水泳、サッカー、野球、バスケットボール、空手、スキーなど多種多様であったが、陸上競技種目との関連性は見当たらなかった。表2には、多様なスポーツ経験に対する肯定感を示した。79.4%の選手が、「大変役に立った」「役に立った」と回答していることから、多様なスポーツ経験は肯定的に働いていることがわかる。しかし、どのように肯定的に働いているのかは尋ねられていなかったのではわからない。

オリンピックや世界選手権の日本代表選手を対象にした調査をみると、1～2種目のスポーツ経験がある者が69.2%で、3種目以上は8.7%であった（渡邊ほか、2013）。最近のインターハイ入賞者の方が多様なスポーツ経験があるのかもしれない。また、低年齢期に多様な運動経験をしていることは、オーストラリア代表選手を対象にした研究結果と一致している（Huxley et al. 2018）。さらに、ドイツのスポーツ選手を対象にした研究では、世界大会でのメダリストは国内上位選手に比べて、専門スポーツ以外のスポーツ活動にもより多くの時間を充てていることを明らかにした（Gurich and Emrich 2014）。多様なスポーツ経験は、様々な知覚や運動能力の発達につながるだけでなく、ケガの予防や心身のリフレッシュにもつながるといえる。これらのことから、多様な運動・スポーツ経験は、ハイパフォーマンスに関係している可能性があると思われる。

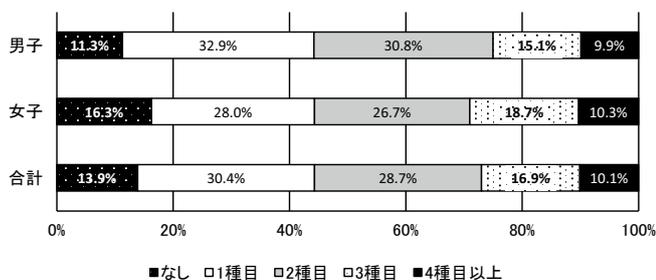


図1 陸上競技以外に経験のあるスポーツ種目数

表2 多様なスポーツ経験に対する肯定感

	男子	女子	合計
大変役に立った	32.3%	43.8%	38.0%
役に立った	41.4%	41.4%	41.4%
どちらともいえない	20.7%	13.1%	16.9%
役に立たなかった	4.4%	1.2%	2.8%
全く役に立たなかった	1.2%	0.4%	0.8%

男子:n=251, 女子:n=251

3. 子どもの頃の運動遊びと運動有能感

表3には、子どもの頃の運動遊びの頻度を示した。84.8%の選手がよく運動遊びをしていた。表4の小学校期の運動有能感をみると、短距離走、長距離走、跳能力において、少なくとも50%以上が優れていたことを自覚していた。

オリンピック・世界選手権の日本代表選手を対象にした調査においても、87%の者がよく運動遊びをしていたと回答した。有能感も同様に投能力以外は周囲の子どもに比べて高かったと自覚していた者が多かった(渡邊ほか 2015)。高い運動有能感を持つことで、より運動に対して前向きになり、体力や運動能力の獲得をより促進する一因となる。走跳投能力は量的な指標で比較されることが多い。体力テストがその一つで、結果が個人にフィードバックされる地域もある。また体育の授業や運動会でも競争する機会はあるし、休み時間等での自由遊びでも何らかの形で他者と比較する機会があったものと思われる。

4. 競技開始の理由

陸上競技を本格的に始めるにあたっての動機(内的要因)といきさつ(外的要因)を尋ねた。表5と表6にはそれぞれの割合を示した。内的要因として最も多かったのは「自分に合った競技だと思ったから」(54.1%)、次いで「楽しそうで面白そうだったから」(46.8%)で、3位以降の理由とは比較的大きな差があった。自分に合った競技だと感じるには

表3 子どもの頃の運動遊び頻度

	男子	女子	合計
よく遊んでいた	84.8%	84.9%	84.8%
普通	13.8%	13.4%	13.6%
あまり遊んでいなかった	1.4%	1.8%	1.6%

男子:n=276, 女子:n=284

表4 小学校期の運動有能感

	男子	女子	合計	
短距離走	速かったと思う	65.3%	81.5%	73.5%
	普通だったと思う	25.0%	14.1%	19.5%
	遅かったと思う	9.7%	4.4%	7.0%
持久走	速かったと思う	50.3%	62.8%	56.7%
	普通だったと思う	30.9%	28.2%	29.5%
	遅かったと思う	18.8%	9.1%	13.8%
跳能力	高かったと思う	53.1%	52.7%	52.9%
	普通だったと思う	36.5%	40.3%	38.4%
	低かったと思う	10.4%	7.0%	8.7%
投能力	高かったと思う	32.3%	34.6%	33.4%
	普通だったと思う	43.4%	36.2%	39.8%
	低かったと思う	24.3%	29.2%	26.8%

男子:n=288, 女子:n=298

比較が必要であろう。様々なスポーツを経験した中で適性を感じたり、仲間と走ったり跳んだりして競う中で自分が優れていると感じることで、適性を感じたのかもしれない。Gurich and Emrich (2014)によると、エリート選手は複数のスポーツを経験する中で、自分に最も合っているスポーツに辿り着いている可能性があるの述べていることから、インターは一入賞者も同様の傾向があると思われる。また、楽しそうで面白そうという陸上競技に魅力を感じていたことも忘れてはならない。陸上競技の魅力の一つに自己記録への挑戦があるだろう。自己記録を更新した時の満足感は、さらなる更新を目指すモチベーションとなるに違いない。また、競争から得られる魅力(勝った時の爽快感や負けた時の悔しさ)もある。

外的要因として最も多かったのは「指導者やコーチにすすめられて」(32.6%)、次いで「先輩や友人にすすめられて」(20.6%)、「学校の先生にすすめられて」(20.4%)であった。指導者と学校の先生を同一人物と捉えている者もいる可能性が高いが、小学校や中学校の頃の先生が、彼らの活躍をみて進学したら陸上競技を始めた方がよいと勧めた可能性も考えられる。また母親や父親からの勧めも18%ほどあった。高い競技パフォーマンスの発揮や競技の継続に、家族の支援が関係していることが示されているが(Bennie and O' Connor, 2006; Huxley et al. 2017, 2018; 渡邊ほか, 2016)、陸上競技を始めるにあたって同様に家族の支援が関係していると言えるだろう。中学生から陸上競技を始めて日

表5 陸上競技を始めた動機 (内的要因)

	男子	女子	合計
自分に合った競技だと思ったから	51.4%	56.7%	54.1%
楽しそう面白そうだったから	40.8%	52.7%	46.8%
ただ何となく	17.1%	14.3%	15.7%
かっこよく見えたから	16.8%	17.7%	17.2%
うまくなれそうだったから	13.7%	14.0%	13.9%
自分を鍛えるのに良い競技だと思ったから	9.9%	5.0%	7.4%
一流選手になれると思ったから	7.5%	3.3%	5.4%
その他	10.6%	13.3%	12.0%

複数回答可 男子:n=292, 女子:n=300

表6 陸上競技を始めたいきさつ (外的要因)

	男子	女子	合計
指導者やコーチにすすめられて	32.9%	32.3%	32.6%
先輩や友人にすすめられて	22.9%	18.3%	20.6%
学校の先生にすすめられて	18.2%	22.7%	20.4%
母親にすすめられて	13.7%	22.7%	18.2%
父親にすすめられて	18.2%	18.3%	18.2%
特にきっかけはない	18.8%	14.3%	16.6%
直接、試合を見て	12.7%	9.7%	11.1%
兄弟にすすめられて	7.9%	13.7%	10.8%
テレビ、新聞、雑誌などの情報によって	7.9%	4.3%	6.1%
親戚にすすめられて	3.1%	1.7%	2.4%
タレント発掘事業に参加して	0.3%	0.3%	0.3%
その他	4.8%	7.0%	5.9%

複数回答可 男子:n=292, 女子:n=300

本代表になった選手も似たように、仲間からの誘い (18%)、陸上競技に魅力を感じたこと (18%)、親や教師からの誘い (13%) がいきさつであった者の割合は比較的高かった (渡邊ほか, 2015)。特に小中学生年代の指導や教育に携わる者は、子ども達に陸上競技の魅力を伝えるとともに、進学したら本格的に始めるよう進言することが求められるだろう。また家庭においても、保護者自身が子どもの適性や興味を知るとともに陸上競技の特性や魅力を伝えることが望ましいだろう。

5. 今後の展望

インターハイ入賞者 (毎年のべ424名) に対するアンケートは、表彰式後に案内していた。後日郵送にて回収していたこともあってか、回収率が非常に低いのが問題であった。また、この調査は他の集団 (インターハイ入賞者以外) には実施していないため、得られた結果がインターハイ入賞者の特性なのかどうかわからなかった。今後は、幅広いレベルの選手から高い確率で回収できそうな場 (ブロックや都道府県レベルの合宿など) で実施する必要があるだろう。

今回報告したスポーツ経験や開始の理由に関する調査は基礎的な情報であるが、時代の流れとともに変化する可能性があるため今後も継続すべきであると考え。一方で、新たな課題も浮かび上がっている。例えば2019年度の登録会員数をみると、高校

生が111,691人であるのに対し、大学生20,296人であった。高校卒業後に大学に進学せずに一般登録する者を考慮したとしても、高校卒業後に競技人口が大幅に減少している様子がわかる。また、高校期に好成績を残していた選手でも、卒業後にさらにパフォーマンスを高める選手もいれば、低下する選手もいる。どのような特徴を持った選手が競技を継続したり、さらにパフォーマンスを高めるのかを明らかにするためには、縦断的な調査も必要であろう。

文献

Bennie A and C' Connor D (2006) Athletic transition: an investigation of elite track and field participation in the post-high school years. *Change: transformations in education*, 9(1): 59-68.

Gullich A and Emrich E (2014) Considering long-term sustainability in the development of world class success. *European Journal of Sport Science*, 14(S1): S384-S397.

Huxley DJ, O' Connor D and Larkin P (2017) The pathway to the top: key factors and influences in the development of Australian Olympic and world championship track and field athletes. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 12(2): 264-274.

Huxley DJ, O' Connor D and Bennie A (2018) Olympic and world championship track and field athletes' experiences during the specializing and investment stages of development: a qualitative study with Australian male and female representative. *Qualitative research in sport, exercise and health*, 10(2): 256-272.

小林柊次郎, 渡邊将司, 森丘保典, 岩瀧一生 (2017) 陸上競技日本代表選手の競技ヒストリー研究—男子短距離選手を対象にした複線経路・投資性モデル—. 陸上競技研究紀要, 13: 4-10.

渡邊将司, 森丘保典, 伊藤静夫, 三宅 聡, 森泰夫, 繁田 進, 尾縣 貢 (2013) 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.

渡邊将司, 森丘保典, 伊藤静夫, 三宅 聡, 繁田 進, 尾縣 貢 (2015) 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－. 陸上競技研究紀要, 11 : 4-15.

渡邊將司, 明珍直樹, 上地 勝, 久保佳彦, 森丘保典, 三宅 聡, 繁田 進, 尾縣 貢 (2016) 高校生における陸上競技の継続および非継続に関する要因. 陸上競技研究紀要, 12 : 4-15.

全国高等学校総合体育大会入賞選手における食生活とコンディションの関連性 および女子選手の月経状況について

須永美歌子¹⁾ 山田満月²⁾

1) 日本体育大学児童スポーツ教育学部 2) 日本体育大学大学院

1. はじめに

競技力向上を目指すアスリートにとって、ピークパフォーマンスを発揮するためにコンディションを整えることは必要不可欠である。特に、毎日の食事によって摂取するエネルギーとトレーニングによって消費されるエネルギーの出納バランスがとれていることが、体づくりをするうえでは基本となる。しかしながら、近年、アスリートにおいて過度な食事制限またはオーバートレーニングによるエネルギー不足が問題となっており、それによって引き起こされる健康障害が懸念されている。

国際オリンピック委員会は、2004年にスポーツにおける相対的エネルギー不足 (Relative Energy Deficiency in Sport; RED-S) に関するコンセンサスステートメントを発表している¹⁾。RED-Sは、様々な健康問題を誘発し、スポーツパフォーマンスの低下につながる事が多くの研究によって報告されている²⁾。さらに、アメリカスポーツ医学会では1997年に女性アスリートに多く発症する健康障害として、摂食障害、無月経、骨粗鬆症をFemale athlete triad (女性アスリートの三主徴) と定義づけた³⁾。さらに、2007年には、利用可能エネルギー不足 (摂食障害の有無は問わない)、視床下部性無月経、骨粗鬆症が三主徴であると変更している⁴⁾。女性アスリートの三主徴は、それぞれ単独ではなく相互に関連しており、特に利用可能エネルギー不足によって月経異常や低骨量状態が誘発されることが明らかとなっている。

男女に関わらず、発育発達が著しい高校生アスリートの場合には、練習量に見合った食事によるエネルギー量の確保は、コンディションを整えるうえで非常に重要である。本稿では、高校生トップアスリートを対象に実施した食生活とコンディションについて実態調査の結果と女子選手における月経状況

について報告する。

2. 方法

2004～2019年までの全国高等学校総合体育大会の陸上競技入賞選手を対象に質問紙を用いて調査を実施し、有効な回答が得られた1,275名 (男子680名、女子594名) を対象に食生活とコンディションに関する質問項目の分析を行った。月経状況に関しては、この質問項目に対して無回答であった1名を除く女子594名のデータを分析対象とした。「月経が25-38日に1回ある」と回答した者を正常月経群 (n=532, 89.6%)、それ以外を月経異常群 (n=62, 10.4%) に群分けした。

データはすべて平均値±標準偏差で示した。正常月経群と月経異常群の差の検定には対応のないt-検定を用いた。有意水準は5%未満とした。

3. 結果および考察

3-1. 食事環境について

朝食、昼食、夕食のそれぞれについて、摂取頻度を調査したところ、朝食は95.3%、昼食は99.5%、夕食は99.4%が毎日摂っていることがわかった (表1)。三食を比較してみると、朝食の摂取頻度がやや低いことが示された。2014年に文部科学省が実施した「睡眠を中心とした生活習慣と子供の自立等との関係性に関する調査」では、「朝食を毎日食べる」と回答した割合が高校生では81.9%であった⁵⁾。このことから、高校生トップアスリートは、一般の高校生に比べて朝食摂取頻度は高いことが明らかになった。

間食については、「毎日摂る」または「時々摂る」を合わせると1,074名であり全体の84.2%であった。アスリートは、運動習慣のない者に比べて、エ

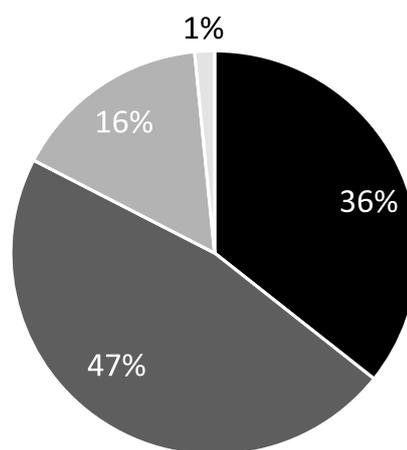
表1 食事の頻度

n=1275	朝食	昼食	夕食	間食
毎日摂る	1215	1268	1267	256
時々摂る	52	7	7	818
毎日摂らない	8	0	1	201

表2 普段の体調で気になる点

n=1275 (複数回答可)	(人)	(%)
イライラすることがある	320	25.1
アレルギーがある	312	24.5
立ちくらみをよく起こす	299	23.5
気分にもらがある	283	22.2
腰痛もちである	268	21.0
疲れがとれにくい	256	20.1
太りやすい	228	17.9
ストレスがたまっている	190	14.9
バテやすい	179	14.0
慢性的疲労感を感じる	159	12.5
怪我をしやすい	155	12.2
めまいをすることがある	151	11.8
筋肉痛を起こしやすい	151	11.8
口内炎がしやすい	133	10.4
不眠気味である	119	9.3
ケイレン・足つりを起こしやすい	113	8.9
下痢気味である	93	7.3
低血圧である	92	7.2
風邪を引きやすい	84	6.6
体調を崩しやすい	80	6.3
練習・試合中に集中力に欠ける	75	5.9
過食気味である	62	4.9

エネルギー消費量が非常に高いため、三食の食事だけではエネルギー摂取量がエネルギー需要量に満たないこともある。したがって、間食を摂っているのは補食としての意味合いが強いのではないかと考えられる。相対的エネルギー不足を予防するためにも三食に加えて間食を摂ることは、非常に有用である。本調査では、食事内容やエネルギー摂取量の測定を行っていないので断定はできないが、食事摂取頻度からみると、インターハイ入賞者は食事によって必要なエネルギー量を確保できている可能性が高いと考えられた。



■ かなりある ■ ある ■ ふつう ■ あまりない
図1 食欲について

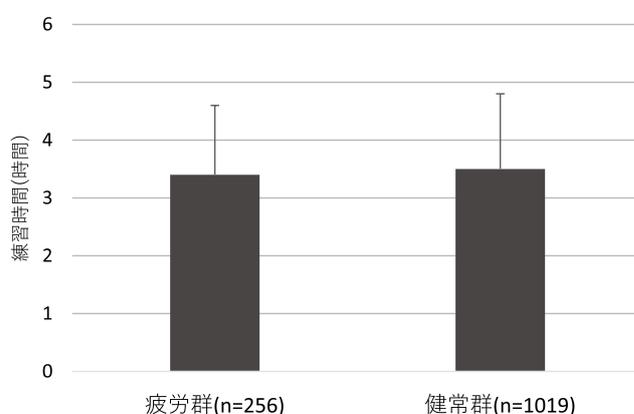


図2 疲労群と健常群の練習時間の比較

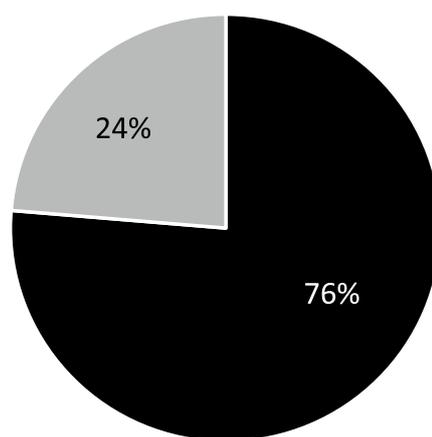
3-2. コンディション (体調) について

普段の体調で気になる点については、「イライラすることがある」(25.1%)が最も多く、続いて「アレルギーがある」(24.5%)、「立ちくらみをよく起こす」(23.5%)などが挙げられ、身体的な不調だけでなく、精神的な不調もみられた(表2)。また、疲労感と練習時間の関連性について検討するため、疲れがとれにくいと回答した者(疲労群:256名)とそうでない者(健常群:1,019名)の練習時間の比較を行った。その結果、練習時間は疲労群3.4±1.2時間、健常群3.5±1.3時間であり、両群に有意な差は認められなかった(図1)。しかしながら、1日当たりの練習時間は最短で1時間、最長で8時間と幅があった。本調査の結果だけでは、疲れがとれにくい原因について特定することは難しいが、障害予防のためにも適切なコンディション管理を行う必要があると考えられた。

食欲に関する調査結果を図2に示した。食欲が「かなりある」36%、「ある」47%、「ふつう」16%、「あまりない」1%であった。食欲については、ほとん

どの選手に問題がないという結果が得られた。食欲があまりないと回答した者に関しては、調査タイミングがインターハイの直後であり8月であったことから、暑さや疲労によって食欲低下を引き起こした可能性も考えられる。

排便に関する調査結果を図3に示した。全体では「毎日する」が84%、「毎日はない」が13%、「数日しないことがある」3%であった。南ら⁶⁾は、高校生を対象に、排便回数及び食生活や食物摂取量に関する意識についてアンケート調査を行ったところ、毎日排便のある割合は、男子(54%)に比べて女子(27%)のほうが低いという結果を報告している。一般の高校生と比較すると、毎日排便の習慣がある割合はインターハイ入賞者の方が高かった。今後は、男女別での検討も必要である。



■ 充分にとれている ■ 不足気味
図3 睡眠について

3-3. 食習慣および食嗜好について

食習慣に関しては、毎日食べる食品について調査を行った。「穀物(ごはん・パン・麺)を毎食食べる」と回答した割合が96.9%と最も高かった(表3)。一方、「魚を毎日食べる」と回答した割合は25.3%と最も低かった。また、「乳製品を毎日食べる」割合は、74.4%と一般の高校生と比較して高い割合を示した。原田ら⁷⁾は、高校生を対象に食物摂取頻度と不定愁訴の関連について検討し、主食と乳製品を多く摂っている生徒の方がイライラや立ちくらみを感じていないと報告している。したがって、今後は食習慣とコンディションの関連性についても検討する必要がある。また、食嗜好については、「好き嫌いがある」という回答が最も多く、37.6%を占めた(表4)。一方、最も回答数が低かったのは、「野菜は嫌いなのでほとんど食べない」であり、3.5%

表3 食習慣について

n=1275 (複数回答可)	(人)	(%)
穀物(ごはん・パン・麺)を毎食食べる	1235	96.9
乳製品を毎日食べる	948	74.4
肉を毎日食べる	853	66.9
色の濃い野菜を毎日食べる	784	61.5
果物(果汁ジュース含む)を毎日食べる	769	60.3
魚を毎日食べる	322	25.3

であった。

3-4. 初経発来学年

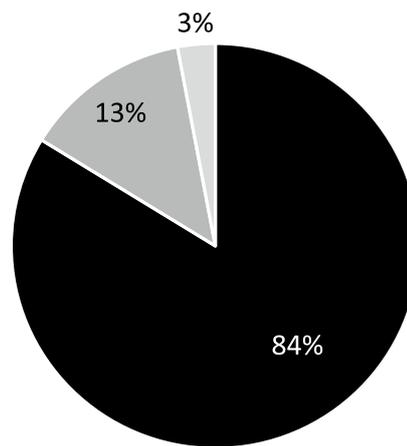
初経発来学年で、最も多かったのは、小学校以前(42.6%)という結果であった(図4)。一般女性の初経発来年齢の平均は、12.2歳であるのに

表4 食嗜好について

n=1275 (複数回答可)	(人)	(%)
好き嫌いがある	479	37.6
食欲があり2人前以上簡単に食べてしまう	226	17.7
ジュースや炭酸飲料を1日何回も飲む	186	14.6
チョコレートやケーキをよく食べる	180	14.1
スナック菓子やポテトチップスをよく食べる	115	9.0
カップラーメンやインスタント食品をよく食べる	111	8.7
食事が不規則で食べ方にムラがある	104	8.2
ファーストフードをよく利用する	92	7.2
おかずを残すことがよくある	82	6.4
小食である	81	6.4
野菜は嫌いなのでほとんど食べない	44	3.5

対し、全国大会レベルの女性アスリートは12.9歳であったことが報告されている⁸⁾。本調査の対象者の半数以上(66.5%)が小学校以前または中学校1年生に初経が発来していることから、過半数は12歳までに初経を迎えていることがうかがえる。女性アスリートのヘルスケアに関する管理指針では、15歳以上で初経発来していない場合に、婦人科の受診を勧めている⁹⁾。本調査は15歳以上である高校生を対象としたが、「まだ初経が発来していない」と回答した者が数名いた。このような選手には、指導者や保護者から病気が潜んでいる可能性があることを伝え、婦人科の受診を促す必要がある。

月経異常群で最も高い割合を示した競技種目は中・長距離(19.0%)であった。競技種目と月経異常との関連については、これまでも報告がなされており、持久系の競技種目において月経異常の割合が高いことが示されている⁸⁾。本調査においても同様の結果が得られたが、先行研究の報告と比べるとその割合は低い。また、短距離や跳躍などにも月経異常の選手は存在し、必ずしも中・長距離だけの問題ではないことが明らかとなった。無月経や月経周期



■ 毎日する ■ 毎日ではない ■ 数日しないことがある
図4 排便について

異常は、利用可能エネルギー不足や体脂肪率が低いことだけでなく、下垂体機能低下症や多嚢胞性卵巣症候群などの病気が原因であるケースもある⁹⁾。女子高校生の場合、健康な状態であれば月に一度の頻度で月経があり、月経周期異常を経て無月経に至る¹⁰⁾。したがって、月経周期異常の時点でいかに

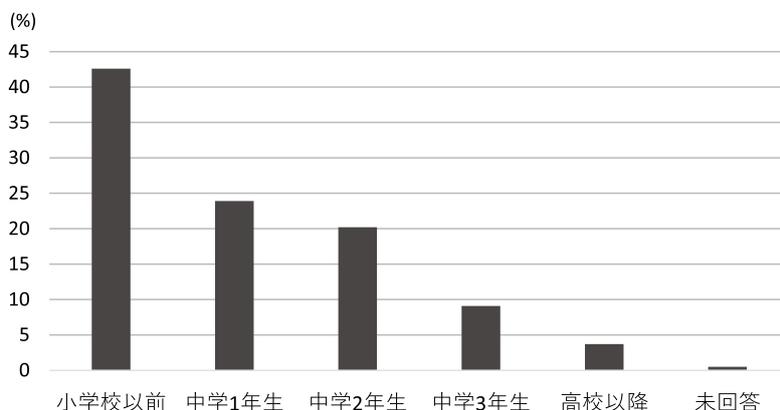
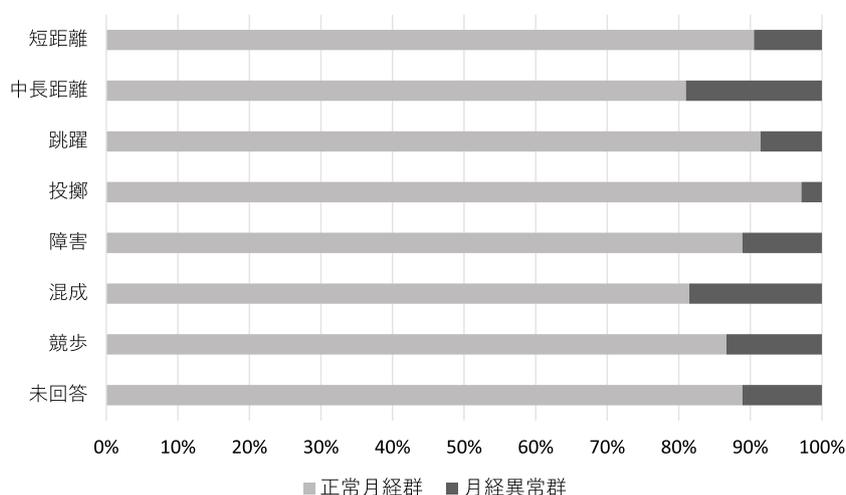


図5 初経発来学年



■ 正常月経群 ■ 月経異常群
図6 競技種目別にみた月経状況

表5 対象者（女性）の身体的特性

	全体	正常月経群 (n=532)	月経異常群 (n=62)
身長 (cm)	163.0±5.4	163.0±5.3	163.4±6.1
体重 (kg)	53.1±9.1	53.5±9.1	48.7±7.1**
BMI (kg/m ²)	20.0±3.2	20.2±3.3	18.4±1.8**

** P<0.001 vs. 正常月経群

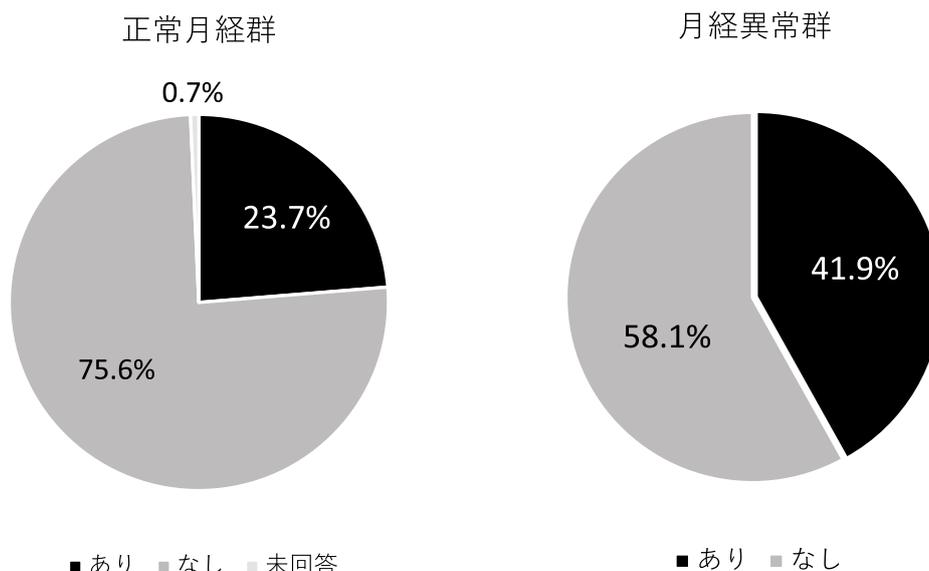


図7 疲労骨折経験の有無

食事量や練習量を調整するかが無月経を予防するうえで非常に重要である。

3-5. 月経状況と身体的特性

月経状況別の身体的特性を表5に示した。月経異常群では、正常月経群に比べて体重およびBMIが有意に低い値を示した (p<0.01)。BMIは、身長の高さに対する体重の比であり、体格指数を示すものである。一般的にBMIは、肥満の判定に用いられているが、女性アスリートの三主徴のスクリーニングとして用いることが推奨されている⁴⁾。実際に、BMIが低い者は月経異常や疲労骨折のリスクが高まる⁸⁾¹⁰⁾ことが報告されている。

3-6. 月経状況と疲労骨折経験の有無

疲労骨折の経験があると回答した割合は、正常月経群23.7%に対して月経異常群では41.9%であった(図7)。前述のとおり、女性アスリートの三主徴は疲労骨折をはじめとした疲労性骨障害のリスクを高めることが明らかとなっている¹¹⁾¹²⁾。国立ス

ポーツ科学センター婦人科において、新規疲労骨折を認めた36名を対象に疲労骨折と関連するリスク因子について検討したところ、10代の女性アスリートでは無月経や低いBMIが疲労骨折の因子として抽出された¹³⁾。このような無月経と疲労骨折との関連については、長期間にわたる低エストロゲン状態が影響していると考えられている。本調査においても、疲労骨折の経験がある割合は、正常月経群に比べて月経異常群において約20%も高い値を示している(図7)。本邦における調査では、全国大会レベルのアスリートにおける疲労骨折の好発年齢は17歳と報告されており⁸⁾、小学生、中学生のうちから予防に努めなければならない。

4. これまでの総括と今後の展望

本稿では、2004～2019年の期間に全国高等学校総合体育大会の陸上競技入賞選手1,275名を対象に実施したアンケート調査の結果をもとに、食生活とコンディショニングの関連性および女子選手における月

経状況について検討した。その結果、本調査の対象者は、食事摂取頻度が高く、食欲や排便の状況についても一般高校生と比べて好ましい状態であった。一方、女子で月経異常の場合には、BMI が低く、疲労骨折のリスクが高まることが明らかとなった。

日本において RED-S や女性アスリートの三主徴の概念が一般に知られるようになったのは最近のことであり、おそらくこのアンケートが始まった当初にはほとんど知られていなかったであろう。今後は、食事によってエネルギーを確保することの重要性や女子選手における月経に関する知識が広く普及することによって、高校生アスリートが健康でコンディションの良い状態で試合に臨むことができる環境が整うことが期待される。

5. 参考文献

- 1) Mountjoy M, Sundgot-Borgen J, Burke L, Carter S, Constantini N, Lebrun C, Meyer N, Sherman R, Steffen K, Budgett R, Ljungqvist A.: The IOC consensus statement: beyond the Female Athlete Triad--Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S). *Br J Sports Med.* 48(7), 491-497, 2014
- 2) Danielle Logue, Sharon M Madigan, Eamonn Delahunty, Mirjam Heinen, Sarah-Jane Mc Donnell, Clare A Corish, Low Energy Availability in Athletes: A Review of Prevalence, Dietary Patterns, Physiological Health, and Sports Performance. *Sports Med*, 48 (1), 73-96, 2018
- 3) Otis CL, Drinkwater B, Johnson M, Loucks A, Wilmore J.: American College of Sports Medicine position stand. The Female Athlete Triad. *Med Sci Sports Exerc.* 29(5), 1997
- 4) Nattiv A, Loucks AB, Manore MM, Sanborn CF, Sundgot-Borgen J, Warren MP: American College of Sports Medicine. American College of Sports Medicine position stand. The female athlete triad. *Med. Sci. Sports Exerc.* 39, 1867-1882, 2007
- 5) 文部科学省, 睡眠を中心とした生活習慣と子供の自立等との関係性に関する調査, http://www.mext.go.jp/a_menu/shougai/katei/1357460.htm, 2014 (参照日: 2021年1月10日)
- 6) 南 夏代, 平井 和子, 武副 礼子, 岡本 佳子, 高校生の排便頻度と食生活に関する意識調査, 栄養学雑誌, 49 (6), 307-314, 1991
- 7) 原田 昭子, 矢埜 みどり, 岸田 恵津, 大瀬良知子, 高校生の食物摂取状況と不定愁訴との関連, 日本食生活学会誌, 22 (3), 213-221, 2011
- 8) 藤井知行ら, 若年女性のスポーツ傷害の解析, 日本産婦人科学会雑誌. 2015; 68(4) 付録, 6-7
- 9) 日本産婦人科学会, 日本女性医学学会. 女性アスリートのヘルスケアに関する管理指針. 15-17,
- 10) Mallinson RJ, De Souza MJ. Current perspectives on the etiology and manifestation of the "silent" component of the Female Athlete Triad. *Int J Womens Health.* 6, 451-467. 2014
- 11) Tenforde AS, Carlson JL, Chang A, Sainani KL, Shultz R, Kim JH et al. Association of the Female Athlete Triad Risk Assessment Stratification to the Development of Bone Stress Injuries in Collegiate Athletes. *Am J Sports Med.* 45, 302-310. 2017
- 12) Goolsby MA, Boniquit N. Bone Health in Athletes. *Sports Health.* 9, 108-117. 2017
- 13) Nose-Ogura S, Yoshino O, Dohi M, Kigawa M, Harada M, Kawahara T, Osuga Y, Saito S. Low Bone Mineral Density in Elite Female Athletes With a History of Secondary Amenorrhea in Their Teens. *Clin J Sport Med.* 30, 245-250. 2020

エリートジュニア陸上選手のサプリメント使用状況の変遷 16年間（2004～2019年）のインターハイ入賞者を対象とした調査より

酒井健介
城西国際大学 薬学部

1. はじめに

国際陸上競技連盟（IAAF）は、2019年に競技者のためのスポーツ栄養に関する包括的な声明を発表した。その中で、サプリメントの使用に関しては、科学的根拠に基づきその安全性、合法性そして効果が認められるものに限って、その使用が考慮されるべきであることが示された。また使用するサプリメントについては、試合の前にトレーニングで試用すべきであることも示された（Burke LM, 2019）。ジュニア選手のサプリメントの使用については、2007年のIAAFの声明（Burke L, 2007）では臨床的監視がなされていない環境下ではその使用を推奨すべきではないことが挙げられていたが、2019年の声明では、ジュニア選手を対象としたサプリメントの使用については、サプリメントを過度に推奨するマーケティング倫理に対して言及するに留まった。2019年のIAAFの声明では、サプリメントを「健康効果もしくはパフォーマンス向上効果を得る目的で、食事に加えて摂取する食物、食物成分、栄養素もしくは非食物成分」と定義している。これは2018年のサプリメントに関する国際オリンピック委員会（IOC）の声明で用いられたものと同じ定義となる（Maughan RJ, 2018）。IOCや各国学術団体（Thomas DT, 2016）の声明では、近年のスポーツ栄養に関する科学的根拠の集積に伴い、サプリメントの使用がさまざまなトレーニングや競技スポーツにおいて、競技者の最適な健康とスポーツパフォーマンスの向上に貢献しうるものであると指摘しているため、その使用を極端に制限するものではなく、適正に使用していくことを推奨することが望まれるとの背景があるのかもしれない。

しかしながらサプリメントの使用や乱用が、健康的でバランスのとれた食生活を乱すことが危惧される。例えば、カルシウムサプリメントを定期的に摂

取している選手は、食事から十分なカルシウムの摂取が困難なためにサプリメントを摂取していることが考えられるが、安易なサプリメントへの依存は、毎日の食事に乳製品を取り入れる工夫を放棄させかねない。乳製品を摂ることで、カルシウム以外にもたんぱく質やビタミンB群など多様な栄養素を摂取することができる。サプリメントは特定の栄養素の補給には優れているが、その他の物質・栄養素の供給には必ずしも適しているとは言い難い製品が多く存在する。また、サプリメントの使用はドーピング禁止薬物の侵入経路としても問題視される。実際、サプリメント使用者がドーピング禁止薬物使用のリスク集団であることも報告されている（Backhouse SH, 2013, Sekulic D, 2016）。もちろん意図しない禁止薬物の摂取もある。わが国ではサプリメントは食品に区分され、食品表示法に基づき原材料に用いられる食品成分および添加物を製品ラベルに表示することが義務付けられているが、表示されていない禁止薬物が製品に混入されている場合もある（Peeling P, 2019）。このような場合、選手はアンチ・ドーピング規則違反の回避を心がけていても、禁止薬物の使用を避けられない場合がある。Martinez-Sanz JM et al. は、流通する100以上のサプリメントを分析し、12～58%の製品に禁止薬物の汚染リスクがあることを報告した（Martinez-Sanz JM, 2017）。

このような背景の中、日本陸上競技連盟（JAAF）は2019年にサプリメント摂取の基本8ヶ条を公表し（JAAF, 2019a）、サプリメントの適正使用を促している。

- 01 サプリを摂る前にまずは“食事の改善”を
- 02 確かめよう！サプリを摂る“目的と使い方”
- 03 サプリの摂りすぎはむしろ“健康へのリスク”あり

表1 サプリメント使用状況

実施年	対象者数		現在摂取している		過去に摂取していたが現在は摂取していない		摂取したことがない	
	男子(n)	女子(n)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)
全数	781	771	64.0	56.2	18.8	18.9	17.2	24.9
I	171	173	64.9	65.3	21.1	20.8	14.0	13.9
II	183	171	63.4	60.8	20.8	20.5	15.8	18.7
III	174	143	64.4	58.7	19.0	16.1	16.7	25.2
IV	253	284	63.6	46.5	15.8	18.3	20.6	35.2
						男子	$\chi^2=5.0$	$p=0.549$
						女子	$\chi^2=32.6$	$p<0.001$

- 04 「これ効くよ」と言われたサプリに要注意
- 05 “絶対に安全” そんなサプリはありません
- 06 気をつけよう！ “海外サプリ” の安易な使用
- 07 サプリによるドーピングは “自己責任”
- 08 サプリを摂る前に医師・栄養士・薬剤師へ “相談”

本特集では、JAAF 科学委員会が 2004 年度から 2019 年度までの 16 年間（2009 年度は除く）実施してきた、全国高等学校総合体育大会（インターハイ）陸上競技入賞者（エリートジュニア陸上選手）を対象としたアンケート調査に基づき、サプリメント使用状況について解析したので報告する。これまでにいくつかの報告がされているが（石井，2005、宮崎，2013、酒井，2017、酒井，2018、酒井 2019）、改めて選手たちがこれまでどのようなサプリメントを使用し、サプリメントの使用についてどのように考えているのかを知ることは、今後あらゆる環境にあるジュニアアスリートに向けたサプリメントの適正使用に関する普及啓発に不可欠な情報であると考ええる。なお、以下データは 2004～2007 年度を I 期、2008～2011 年度を II 期、2012～2015 年度を III 期、2016～2019 年度を IV 期と、それぞれ 4 年分をまとめて解析した。

2. サプリメント使用状況

表 1 には、男女それぞれのサプリメントの使用状況を示した。男子選手は I 期から IV 期まで 64% 前後の使用率で推移しており、2004 年から 2019 年までの期間中の使用割合に大きな変化は見られないが、女子選手では I 期から IV 期まで期を追うごとに、「現在サプリメントを使用している選手」の割合が低下していることが明らかとなった。JAAF 医事委員会は 2013～2016 年に行われた国際大会のうち、27 大会に出場した代表選手 430 名のサプ

リメント使用率が男子 62.1%、女子 69.7%、ジュニア選手では 59.4% であったことを報告している（JAAF, 2019b）。同期間は III 期に相当し、男女合わせたサプリメント使用率は 61.8% であり、ほぼ同じ水準であった。なお本検討における競技種目別のデータは付表 1 に示した。

一概に比較できるわけではないが、Tscholl et al. は 2003 年から 2008 年までの国際大会出場した 6523 名（3887 名が回答）の陸上競技選手を対象とした調査で、約 66% の選手がサプリメントを使用していることを報告し（Tscholl P, 2010）、Suzic LJ et al. は、陸上選手 57 名を含むスポーツ選手 912 名を対象にした調査で、サプリメント使用者は 66.5% であったことを（Suzic LJ, 2011）、Gabriel Baltazar-Martins et al. は 77% の陸上選手がサプリメントを使用していたことをそれぞれ報告している（Gabriel Baltazar-Martins, 2019）。これらのことから、陸上競技選手がサプリメントを使用することは、広く認知されていることがうかがえる。

一方で、スポーツ選手にとって必要な栄養素を補う行為は、毎日の規則的な食事を通じて行うことが重要であり、あくまでサプリメントは補助的な位置づけである。このことは 2018 年の IOC の声明（Maughan RJ, 2018）や 2019 年の IAAF の声明（Burke LM, 2019）でも示されている。そこで、エリートジュニア陸上選手におけるサプリメント使用者の食事バランスについて検討した。食事のバランスは、①穀類（ごはん・パン・麺）を毎食食べる、②肉を毎日食べる、③魚を毎日食べる、④色の濃い野菜を毎日食べる、⑤果物（果汁ジュースを含む）を毎日食べる、⑥乳製品を毎日食べる、の 6 項目について、「はい」と答えた数の総和を従属変数とした。

その結果、男子選手では「サプリメントを現在摂取している選手」が「過去には摂取していたが現在は摂取していない選手」に対して、また女子選手においては「サプリメントを現在摂取している選手」

表2 サプリメント使用状況と食事バランス

男子								
実施年	全数		現在摂取している		過去に摂取していたが現在は摂取していない		摂取したことがない	
	n	Mean ± SD	n	Mean ± SD	n	Mean ± SD	n	Mean ± SD
全数	802	3.9 ± 1.4	509	4.0 ± 1.4	153	3.6 ± 1.4	140	3.8 ± 1.4
I	172	3.7 ± 1.5	112	3.7 ± 1.5	36	3.4 ± 1.5	24	4.3 ± 1.2
II	187	3.9 ± 1.4	116	4.0 ± 1.4	40	3.4 ± 1.1	31	4.0 ± 1.4
III	183	3.9 ± 1.3	118	3.9 ± 1.3	33	3.9 ± 1.4	32	3.6 ± 1.5
IV	260	4.0 ± 1.3	163	4.1 ± 1.3	44	3.8 ± 1.5	53	3.7 ± 1.3

2 way-ANOVA: main effect, period; $p=0.945$, attitude to supplement intake; $p=0.046$, interaction; $p=0.086$

女子								
実施年	全数		現在摂取している		過去に摂取していたが現在は摂取していない		摂取したことがない	
	n	Mean ± SD	n	Mean ± SD	n	Mean ± SD	n	Mean ± SD
全数	791	3.9 ± 1.4	443	4.1 ± 1.4	149	3.7 ± 1.4	199	3.6 ± 1.4
I	176	3.7 ± 1.4	116	3.9 ± 1.3	36	3.1 ± 1.2	24	3.5 ± 1.4
II	173	3.8 ± 1.5	105	4.1 ± 1.5	35	3.3 ± 1.4	33	3.6 ± 1.3
III	147	4.2 ± 1.3	85	4.3 ± 1.2	26	4.7 ± 1.2	36	3.7 ± 1.5
IV	295	3.8 ± 1.4	137	4.0 ± 1.4	52	3.9 ± 1.2	106	3.5 ± 1.5

2 way-ANOVA: main effect, period; $p=0.001$, attitude to supplement intake; $p<0.001$, interaction; $p=0.029$

が「過去には摂取していたが現在は摂取していない選手」、あるいは「摂取したことがない選手」に対して高値を示した。すなわち、サプリメントを現在摂取している選手の方が、より多くの食品群を摂取していることが示された。この結果は、サプリメントを使用している選手が単にサプリメントを「乱用」したり、食事の代わりにサプリメントを使用しているのではなく、しっかりと食事や栄養について理解し、必要に応じてサプリメントを使用していることが示唆される。しかしながら、選手の競技種目やトレーニング環境は多様であり、またそれぞれの選手の詳細な食事摂取状況や栄養素等摂取量を把握しているわけではなく、使用しているサプリメントの「必要性」については、今後改めて検討する必要があるのかもしれない。

3. サプリメント使用品目とその効果

サプリメントを使用している選手の「平均使用品目数」について女子選手では、I期が2.6品目だったのに対し、II期では1.5品目、III期で1.2品目、IV期で1.0品目と低下していた。女子選手においてはサプリメント使用者の割合が同様に低下していたが、使用品目数でも経時的に低下していた。一方男子選手では、I期が2.6品目だったのに対し、II期では1.4品目、III期で1.7品目、IV期で1.5品目と

直線的ではないものの、女子選手同様に使用品目数は低下していた。男子選手ではサプリメント使用者の割合はI期からIV期にわたり、ほぼ同水準であったが、使用品目数では男女ともに低下していた。このことは、選手自身が本当に必要と感じるものを精査できるようになってきていることを示唆しているのかもしれない。

IOCは、サプリメントに含まれる「成分」として、食事から不足しやすい微量栄養素（ビタミンD、鉄、カルシウム）、必要なエネルギーや栄養素を提供するスポーツ食品成分（糖質やプロテイン）、さらにパフォーマンスを促進する成分（カフェイン、クレアチン、硝酸塩、β-アラニン、重炭酸ナトリウム）を挙げ、その他いくつかの機能が期待される成分を列挙している(Maughan RJ, 2018)。この中のカフェイン、クレアチン、硝酸塩、β-アラニン、重炭酸ナトリウムは2019年のIAAFの声明でもパフォーマンスを促進するサプリメントとして挙げられている(Peeling P, 2019)。実際にエリートジュニア陸上選手がどのようなサプリメントを使用しているのか、その使用状況について検討した。JAAF科学委員会が実施してきた調査では、以下のサプリメントを列挙し、その使用状況について尋ねた。IOCやIAAFの声明に記載される4成分についてはクレアチンのみがリストされ、それ以外は12種の栄養素およびコラーゲンからなる全14品目が掲げられて

表3 サプリメント使用品目

男子																
実施年	n	プロテイン	クレアチン	コラーゲン	アミノ酸	カルシウム	鉄	マルチミネラル	ビタミンA	ビタミンB	ビタミンC	ビタミンD	ビタミンE	マルチビタミン	糖質	その他
		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
全数	738	36.4	16.7	4.2	31.3	9.3	18.2	4.6	3.1	5.7	11.8	3.5	4.7	10.3	3.8	5.0
I	115	45.2	27.0	5.2	45.2	14.8	34.8	9.6	5.2	7.8	21.7	5.2	7.0	13.9	7.8	13.9
II	181	29.8	11.6	3.9	26.5	8.8	13.3	1.7	2.8	7.2	10.5	2.8	3.3	6.6	3.9	7.7
III	177	35.0	14.1	5.1	30.5	9.0	16.9	3.4	2.8	6.8	13.6	5.1	7.3	13.6	0.6	0.0
IV	265	38.1	17.4	3.4	29.1	7.5	15.1	5.3	2.6	3.0	7.2	2.3	3.0	9.1	4.2	2.6
χ^2		7.7	13.0	1.1	13.0	5.1	26.2	10.9	2.0	5.6	17.2	3.8	6.5	6.7	10.3	34.4
p		0.052	0.005	0.773	0.005	0.165	<0.001	0.012	0.572	0.130	0.001	0.286	0.091	0.081	0.016	<0.001

女子																
実施年	n	プロテイン	クレアチン	コラーゲン	アミノ酸	カルシウム	鉄	マルチミネラル	ビタミンA	ビタミンB	ビタミンC	ビタミンD	ビタミンE	マルチビタミン	糖質	その他
		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
全数	719	22.5	8.6	2.8	24.8	7.8	26.3	4.6	1.9	6.3	11.4	1.8	3.5	8.2	1.5	4.0
I	119	31.9	16.8	11.8	38.7	12.6	47.9	5.9	3.4	18.5	30.3	3.4	10.1	15.1	4.2	13.4
II	167	26.9	7.2	1.8	20.4	7.8	31.7	6.0	1.8	6.0	10.2	2.4	4.8	10.2	3.0	6.6
III	145	14.5	9.7	0.7	31.7	4.1	22.1	5.5	2.1	3.4	8.3	1.4	1.4	7.6	0.0	0.7
IV	288	20.1	5.6	0.7	18.1	7.6	16.3	2.8	1.4	2.8	5.9	1.0	1.0	4.5	0.3	0.3
χ^2		14.2	14.2	43.1	24.8	6.5	47.3	3.6	1.7	38.3	52.0	3.0	23.3	13.7	12.9	44.3
p		0.003	0.003	<0.001	<0.001	0.088	<0.001	0.303	0.626	<0.001	<0.001	0.385	<0.001	0.003	0.005	<0.001

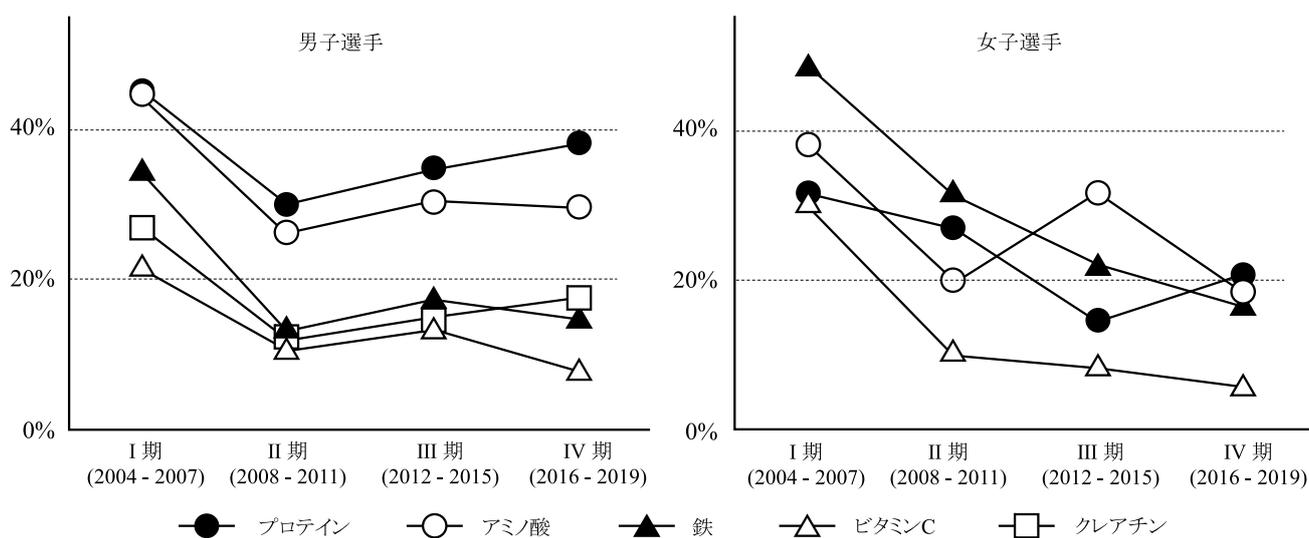


図1 主要サプリメントの使用取割合の推移

いた。

- プロテイン
- コラーゲン
- カルシウム
- マルチミネラル
- ビタミンB
- ビタミンD
- マルチビタミン
- その他
- クレアチン
- アミノ酸
- 鉄
- ビタミンA
- ビタミンC
- ビタミンE
- 糖質

表3には、I～IV期それぞれにおける各種サプリメントの使用割合について示した。男子選手では全体としてプロテイン、アミノ酸、鉄、クレアチン、

ビタミンCの順で使用割合が高く、プロテインはいずれの期においてもその使用割合が最も高いサプリメントであった。鉄およびビタミンCはI期では使用割合が高かったものの、その後、使用割合が低下していることが確認された。女子選手では鉄、アミノ酸、プロテイン、ビタミンCの順で使用割合が高かった。女子選手で鉄の使用割合が高いことは、過去の報告と一致している (Knapik JJ, 2016)。鉄とビタミンCについては男子選手同様に、期が進むにつれて使用割合が低下した。主要品目についてはその推移を図1に示したが、男子選手ではプロテイン、アミノ酸、クレアチンはI期からII期にかけて低下した後、III期以降に使用割合が増加した。女子選手ではプロテインの使用割合がIII期からIV期にか

表4 摂取サプリメントに効果を感じる選手の割合

男子																
実施年	n	プロテイン	クレアチン	コラーゲン	アミノ酸	カルシウム	鉄	マルチミネラル	ビタミンA	ビタミンB	ビタミンC	ビタミンD	ビタミンE	マルチビタミン	糖質	その他
		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
全数	348	33.3	17.2	2.0	26.1	2.6	11.2	0.3	0.6	0.3	0.6	—	0.6	0.6	1.4	12.9
I	69	26.1	17.4	0.0	20.3	4.3	17.4	1.4	1.4	0.0	0.0	—	0.0	1.4	2.9	11.6
II	75	24.0	22.7	4.0	17.3	2.7	8.0	0.0	1.3	0.0	0.0	—	0.0	0.0	1.3	28.0
III	73	35.6	15.1	2.7	31.5	0.0	9.6	0.0	0.0	0.0	2.7	—	2.7	0.0	0.0	4.1
IV	131	41.2	15.3	1.5	31.3	3.1	10.7	0.0	0.0	0.8	0.0	—	0.0	0.8	1.5	9.9
χ^2		8.4	2.1	3.3	7.1	2.9	3.7	4.1	2.9	1.7	7.6	—	7.6	1.9	2.1	21.3
p		0.038	0.542	0.351	0.068	0.407	0.301	0.256	0.414	0.646	0.056	—	0.056	0.602	0.548	≤0.001

女子																
実施年	n	プロテイン	クレアチン	コラーゲン	アミノ酸	カルシウム	鉄	マルチミネラル	ビタミンA	ビタミンB	ビタミンC	ビタミンD	ビタミンE	マルチビタミン	糖質	その他
		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
全数	296	22.3	12.5	2.4	27.4	4.1	24.7	1.0	—	0.7	1.7	—	—	4.1	0.7	13.5
I	69	23.2	7.2	4.3	27.5	1.4	26.1	2.9	—	2.9	4.3	—	—	2.9	0.0	7.2
II	72	27.8	5.6	1.4	9.7	1.4	19.4	1.4	—	0.0	1.4	—	—	4.2	0.0	33.3
III	60	21.7	23.3	0.0	43.3	3.3	28.3	0.0	—	0.0	0.0	—	—	1.7	0.0	0.0
IV	95	17.9	14.7	3.2	30.5	8.4	25.3	0.0	—	0.0	1.1	—	—	6.3	2.1	11.6
χ^2		2.4	11.8	3.2	21.3	7.3	1.6	4.1	—	6.6	4.2	—	—	2.4	4.3	36.2
p		0.502	0.008	0.364	≤0.001	0.064	0.663	0.248	—	0.085	0.237	—	—	0.500	0.235	≤0.001

けて増加しているが、主たる品目はいずれも低下する傾向が示された。これは女子選手のサプリメント使用割合の低下および平均使用品目の低下を反映していると考えられる。競技種目別には付表3-1および3-2に記した。

続いて使用することで効果を感じるサプリメントについて表4に示した。男子選手では、プロテイン、アミノ酸、クレアチン、鉄の順に高い値を示し、これは使用割合の多い品目と一致したが、ビタミンCはその効果を感じる選手はわずかであった。女子選手においても同様の傾向を示し、使用割合の高かったアミノ酸、鉄、プロテインはその効果を感じる選手割合も高かったが、ビタミンCはその効果を感じる選手の割合は低かった。プロテインは主に体重や筋肉量の増量を目的とし、アミノ酸は疲労回復、鉄は貧血改善およびそれに伴う持久力向上など身体的もしくは生理的にその効果を実感しやすいサプリメントであると考えられるが、ビタミンCは水溶性抗酸化成分として主に体調管理(コンディショニング)や、一部上気道感染(風邪)予防などを期待して使用するものであり、これらは体感としての効果を感じにくいかもしれない。

一方で女子選手においては、クレアチン使用によって効果を感じる選手が多かった。上述の通りクレアチンは、その競技力向上に対する科学的根拠(150秒以内(特に30秒以内)の高強度運動の向上や除脂肪体重や筋力の増加など)が示されており、効果を体感しやすかったのかもしれない。鉄サプリメントについては、2019年にJAAFが「不適切な鉄

剤注射の防止に関するガイドライン」を策定したため(JAAF, 2019c)、今後、女子選手の使用状況については注視していく必要があると考える。本来、食事から十分な鉄を摂取することが望まれるが、IOCも鉄は食事だけではその摂取量が不足しがちな栄養素として挙げており、サプリメントに依存する選手が増加するかもしれない。鉄は過剰摂取による副作用もあるため、その適正使用が求められる。

4. サプリメント使用に対する意図

上述の通り鉄欠乏は貧血を招き、またカルシウムの摂取不足は骨量の低下を招く。エネルギーの不足は女性アスリートの三主徴のみならず、男性アスリートにおいても様々な生理的機能への悪影響を及ぼすことが知られている。トレーニングによる疲労からの回復や愁訴の回避、またケガや病気の発症予防への一つの対策は、バランスのとれた食事から十分なエネルギーや栄養素を確保することであるが、食事だけでは不足する栄養素については必要に応じてサプリメントを適正に使用することが望まれる。そのため障害の発生経験はサプリメントの使用状況に影響を与えるものと考えられ、選手の障害歴とサプリメント使用状況について検討した。障害歴として、男子選手では貧血、オーバートレーニング、筋損傷、腱損傷、疲労骨折、骨折の6つの障害を、女子選手にはこれに無月経を加えた7つの障害について、いずれか1つでも経験した選手(+)と1つも経験したことのない選手(-)との間で、サプリメ

表5 障害経験の有無によるサプリメント使用状況

男子

実施年	障害歴*	n	現在摂取している	過去に摂取していたが現在は摂取していない	摂取したことがない	χ^2	p
全数	(-)	162	56.8	17.3	25.9	10.2	<u>0.006</u>
	(+)	641	65.2	19.5	15.3		
I	(-)	42	61.9	21.4	16.7	0.4	0.824
	(+)	130	66.2	20.8	13.1		
II	(-)	41	48.8	17.1	34.1	11.9	<u>0.003</u>
	(+)	147	66.0	22.4	11.6		
III	(-)	41	58.5	14.6	26.8	3.3	0.195
	(+)	142	66.2	19.0	14.8		
IV	(-)	38	57.9	15.8	26.3	1	0.617
	(+)	222	63.5	17.1	19.4		

*既往歴(ケガ・病気): 貧血、オーバートレーニング、筋損傷、腱損傷、疲労骨折、骨折の6つのうち、これまでに1つ以上を経験したことがある者を + とし、1つも経験していない者を - とした。

女子

実施年	障害歴**	n	現在摂取している	過去に摂取していたが現在は摂取していない	摂取したことがない	χ^2	p
全数	(-)	113	50.4	11.5	38.1	13.1	<u>0.001</u>
	(+)	677	57.0	19.9	23.0		
I	(-)	18	66.7	22.2	11.1	0.1	0.928
	(+)	157	66.2	19.7	14.0		
II	(-)	29	48.3	13.8	37.9	8.1	<u>0.017</u>
	(+)	144	63.2	21.5	15.3		
III	(-)	29	65.5	6.9	27.6	2.9	0.236
	(+)	118	55.9	20.3	23.7		
IV	(-)	37	32.4	8.1	59.5	10.5	<u>0.005</u>
	(+)	258	48.4	19.0	32.6		

**既往歴(ケガ・病気): 貧血、オーバートレーニング、無月経、筋損傷、腱損傷、疲労骨折、骨折の7つのうち、これまでに1つ以上を経験したことがある者を + とし、1つも経験していない者を - とした。

サプリメント使用状況に違いがあるのかについて比較した結果を表5に示した。

79.8%と多くの男子選手が、これまでに何らかの障害を経験していることが示された。また障害経験の有無はサプリメントの使用状況にも影響を及ぼし、障害経験者の方がサプリメントを使用しているという結果が示された。I期からIV期に分類してみると、いずれの期間においても障害経験者の方が、高いサプリメント使用割合を示していた。一方、障害経験者の割合はI期で75.6%であったのに対し、IV期では85.4%にまで増加していることにも注視する必要がある。エリート選手のみならずジュニア陸上選手の障害発生予防は重要な課題であり、様々な取り組みが必要であろう。女子選手においては85.7%の選手がある種の障害を経験しており、男子選手を上回る数値であった。女子選手全体では、男

子選手同様に障害経験者の方が高いサプリメント使用割合を示していたが、すべての期間に共通した傾向ではなくIII期においては障害未経験者の方が高いサプリメント使用割合を示している。障害予防や障害からの回復に対するサプリメントの効果については未だ十分な科学的根拠があるわけではなく、女子選手が障害予防に対してサプリメントに依存していないことは、女子選手のサプリメント使用者が男子選手に比べて低いことにも関連しているのかもしれない。

サプリメントの使用は、その行動意図に基づくものと考えられる。すなわちサプリメントの使用を肯定的に捉えているのか、あるいは否定的にとらえているのかは、「サプリメントの使用」という行動制御において大きな意味を持つ。障害の発生を契機にサプリメントを使用し始めるということも、「障害

表 6 サプリメント使用に対する意図

実施年	対象者数		積極的に摂取すべき		食事で不足する栄養素のみ摂取すべき		パフォーマンス向上に役立つもののみ摂取すべき		できるだけ摂取すべきでない		絶対に摂取すべきでない		自分の考えに あたるものはない		
	男子(n)	女子(n)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)	
全数	778	764	14.8	11.0	29.3	32.2	38.0	32.9	11.6	16.4	0.5	0.4	5.8	7.2	
I	168	172	14.9	16.3	31.0	34.9	32.1	29.1	15.5	15.1	0.0	0.0	6.5	4.7	
II	182	166	17.0	14.5	26.9	34.9	42.9	30.1	8.2	13.9	0.5	0.0	4.4	6.6	
III	175	145	14.3	6.2	33.1	26.9	35.4	38.6	10.9	17.2	1.1	0.0	5.1	11.0	
IV	253	281	13.4	8.2	27.3	31.7	40.3	33.8	11.9	18.1	0.4	1.1	6.7	7.1	
													男子	$\chi^2=13.6$	$p=0.554$
													女子	$\chi^2=27.1$	$p=0.028$

表 7 食事・サプリメントに関する情報量

実施年	対象者数		十分得られている		あまり得られていない		全く得られていない		どちらとも言えない		
	男子(n)	女子(n)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)	
全数	779	766	54.2	46.5	26.1	27.5	3.1	2.1	16.7	23.9	
I	168	175	44.6	37.1	32.7	31.4	3.6	1.7	19.0	29.7	
II	184	169	54.9	40.8	22.8	30.8	3.3	3.6	19.0	24.9	
III	175	145	50.9	51.0	28.0	21.4	1.7	0.7	19.4	26.9	
IV	252	277	62.3	53.4	22.6	26.4	3.6	2.2	11.5	18.1	
									男子	$\chi^2=18.7$	$p=0.028$
									女子	$\chi^2=22.0$	$p=0.009$

発生」という事象に対して「サプリメントを使用した方がいい」という意図が働いたことになる。男子選手は女子選手に比べ、「積極的に摂取すべき」や「パフォーマンス向上に役立つもののみ摂取すべき」といったサプリメント使用を肯定的にとらえる選手の割合が高く、女子選手では「できるだけ摂取すべきでない」と否定的にとらえる選手の割合が高かった。とりわけ I 期から IV 期に向け、「積極的に摂取すべき」と考える選手の割合は 16.3% から 8.2% にまで低下し、「できるだけ摂取すべきでない」と考える選手の割合は 15.1% から 18.1% に増加し、女子選手におけるサプリメント使用割合の推移と一致していた。女子選手がサプリメントの使用に対する肯定的な意図が形成されない理由は定かではないが、一方で、「パフォーマンス向上に役立つもののみ摂取すべき」と考える選手は増加傾向にあった。サプリメント使用者の割合の性差は、このような行動意図の違いに影響しているのかもしれない、この差異を明確にすることは今後の課題と考える。

サプリメント使用に対する意図の形成には、サプリメントに対する知識やそれに伴う態度が大きな影響を及ぼしていることも考えられる。そのため、サプリメントに関する情報が十分に入手できているのか、またその知識や情報の入手経路についても検討した。なお、競技種目別のサプリメント使用に関する意図に関しては付表 3 に示した。

5. サプリメントに関する情報入手

食事や栄養に関する情報量に関して、男女ともに約半数の選手が「十分得られている」と感じており（男子：54.2%、女子：46.5%）、男子選手の方が「十分得られている」と感じる選手の割合は高かった。男女ともに I 期に比べ IV 期ではその割合が増加していた（表 7）。Masad et al. は、栄養に関する知識が豊富なスポーツ選手ほどサプリメントの使用割合が低下することを報告しており（Masad, 1995）、女子選手のサプリメント使用者割合が I 期に比べ IV 期で下していたことは、Masad et al. の報告と一致する。しかしながら、入手情報量やその経路のみならず、どのような情報を入手したのか、またその情報の信憑性がどの程度なのかについても検討する必要があるのかもしれない。

男女それぞれの入手経路を表 8 に示した。I 期から IV 期までのすべての期間で指導者から情報を入手している選手の割合が最も高かったが、男子選手では I 期 69.0% から IV 期 57.1% へ、女子選手では I 期 72.6% から IV 期 63.5% へといずれも低下していた。指導者がサプリメントの適正使用に関する十分な知識や情報を有していないことも指摘されているが（Nieper A, 2005）、選手にとって指導者からの情報提供は大きな意味を持つため、今後は選手とともに指導者へもサプリメントの適正使用に関する情報提供を積極的に行うことが望まれる。また男女ともに、友人、雑誌、本、広告・パンフレットおよびテレビ

表8 食事・サプリメントに関する情報入手経路

男子													
実施年	n	指導者	友人	保護者	兄弟	販売店	メーカー	雑誌	本	広告 パンフレット	テレビ	web	その他
		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
全数	824	66.4	36.6	26.5	3.8	14.8	22.6	23.9	12.7	11.5	13.2	29.9	5.6
I	172	69.0	46.2	25.6	5.2	16.3	25.6	44.2	17.4	16.3	16.3	17.4	8.1
II	193	73.4	40.9	29.0	7.8	16.6	24.9	35.8	21.2	18.1	20.7	31.6	5.2
III	186	70.4	33.3	28.0	1.6	16.1	19.9	16.7	10.2	8.1	10.8	29.0	3.2
IV	273	57.1	29.7	24.2	1.5	11.7	20.9	7.7	5.5	6.2	7.7	37.0	5.9
χ^2		16.6	14.9	1.7	15.9	3.1	2.7	98.6	29.9	21.8	19.1	19.6	4.2
p		0.001	0.002	0.645	0.001	0.377	0.443	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.241

女子													
実施年	n	指導者	友人	保護者	兄弟	販売店	メーカー	雑誌	本	広告 パンフレット	テレビ	web	その他
		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
全数	803	69.1	26.5	39.9	5.1	16.2	18.4	19.8	13.4	15.2	14.8	23.2	6.4
I	179	72.6	42.5	41.3	5.0	19.6	20.7	31.8	24.6	16.8	18.4	12.8	11.7
II	176	74.4	36.9	53.4	8.0	21.0	22.2	35.8	17.6	27.3	22.2	19.3	5.1
III	149	69.8	19.5	41.6	3.4	10.7	18.1	11.4	8.1	16.1	10.7	24.2	6.0
IV	299	63.5	14.4	30.1	4.3	14.0	15.1	7.4	7.0	6.7	10.4	31.1	4.0
χ^2		7.7	59.5	25.7	4.2	8.8	4.5	80.5	36.0	37.2	16.0	22.8	11.9
p		0.052	<0.001	<0.001	0.236	0.032	0.212	<0.001	<0.001	<0.001	0.001	<0.001	0.008

を情報入手経路として利用する選手はI期からIV期へと低下し、一方でwebは2倍以上に増加していた。男子選手における情報入手経路はI期で指導者>友人=雑誌>保護者=メーカーの順であったのに対し、IV期では指導者>web>友人>保護者>メーカーへと変化した。同様に女子選手では指導者>友人=保護者>雑誌>本であった順が、指導者>web>保護者>メーカー=友人=販売店へと変化した。これらの変化で、選手がwebから情報を入手する際、その情報の信憑性を判断する知識を選手自身が有しているかということである。情報のみならずサプリメント(製品)の購入も、昨今店頭販売からインターネット販売(EC)へと転じている。Webからの情報入手は容易である一方で、選手自身が情報の解釈や製品購入の責任を負うことになる。海外製品の購入の場合、母語とは異なる言語で記載された表示内容を正しく理解できなければ、ドーピング禁止薬物が含まれる製品を使用してしまいうリスクを伴うことになる。また表示されないドーピング禁止薬物が含まれる製品を購入・使用してしまいうリスクなども潜む(Peeling P, 2019)。選手一人ひとりが情報入手先として、医師や薬剤師、栄養士、科学者といった「信頼できる」経路からサプリメントに関する情報を入手することが望まれる。ただし医師であってもサプリメントに関する十分な知識を持ち合わせていないことも報告されており(Ashar BH, 2007)、公益財団法人 日本スポーツ協会が公認するスポーツドクターやスポーツ栄養士、また公益財団法人 日本ア

ンチ・ドーピング機構が公認するスポーツファーマシストなどサプリメントやアンチ・ドーピングの専門家に、気軽に相談できる環境を構築していくことが、選手のサプリメント適正使用に関する教育の提供とともに重要であると考えられる。

6. まとめと今後について

- 男子選手におけるサプリメント使用者割合は、I期(2004~2007年)からIV期(2016~2019年)までほぼ同水準(64.0%)であったが、女子選手では使用者の割合が低下してきている
- 男女ともサプリメント使用者は、未使用者に比べ毎日の食事でもバランスのとれた食生活を送れていることが示唆された
- 男子選手ではプロテインの使用が最も高く、次いでアミノ酸、鉄、クレアチン、ビタミンCと続き、I期(2004~2007年)からII期(2008~2011年)にかけて使用割合は低下したものの、その後一定の水準で使用されていた
- 女子選手では鉄の使用が最も高く、アミノ酸、プロテイン、ビタミンCと続きIII期(2012~2015年)のアミノ酸およびIV期(2016~2019年)のプロテインの使用割合を除き、I期(2004~2007年)からIV期(2016~2019年)までその使用割合は低下していた
- 男女ともに、プロテイン、アミノ酸、鉄およびクレアチンの使用はその効果を感じる選手の割合

- が、他のサプリメントに比べ高値を示した
- サプリメントの使用に対して肯定的に考える選手は男子選手ではⅠ期（2004～2007年）からⅣ期（2016～2019年）までほぼ同水準（82.1%）であったが、女子選手ではⅢ期（2012～年）以降に低下しており、サプリメント使用状況に類似していた
 - 食事やサプリメントに関する情報を「十分得られている」と感じる選手は、Ⅰ期（2004～年）以降現在に至るまで、男女ともに増加している
 - 食事やサプリメントに関する情報は、主に指導者から得ているため、今後、指導者に対してもサプリメントの適正利用に関する情報を提供していく必要がある
 - Webからサプリメントに関する情報を入手している選手が多く、今後、情報精査のスキルを含め、サプリメントの適正使用に関する教育が必要である
 - エリート選手のみならず、陸上競技に取り組むあらゆるジュニア選手を対象に、選手それぞれのトレーニング環境に即した食生活・栄養に関する教育をベースに、サプリメントの適正使用（含まれる成分の安全性、合法性及び効果や製品購入の際の注意および専門家の照会方法など）に関する教育を選手や指導者に提供していくことが求められる

7. 引用文献

- Ashar BH, Rice TN, Sisson SD. (2007) Physicians' understanding of the regulation of dietary supplements. *Arch Intern Med*, 167(9): 966-969.
- Backhouse SH, Whitaker L, Petróczi A. (2013) Gateway to doping? Supplement use in the context of preferred competitive situations, doping attitude, beliefs, and norms. *Scand J Med Sci Sports*. 23(2):244-52
- Burke LM, Castell LN, Casa DJ, Close GL, CostaRJS, Desbrow B, Halson SL, Lis DM, Melin AK, Peeling P, Saunders PU, Slater GJ, Sygo J, Witard OC, Bermon S, Stellingwerff T. (2019) International Association of Athletics Federations Consensus Statement 2019: Nutrition for Athletics. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 29(2): 73-84.
- Burke L, Maughan R, Shirreffs S. (2007) The 2007 IAAF Consensus Conference on Nutrition for Athletics. *J Sports Sci*. 25 Suppl 1: S1.
- Gabriel Baltazar-Martins, Diego Brito de Souza, Millán Aguilar-Navarro, Jesús Muñoz-Guerra, María del Mar Plata, and Juan Del Coso (2019) Prevalence and patterns of dietary supplement use in elite Spanish athletes. *J Int Soc Sports Nutr*. 16: 30.
- Knapik JJ, Steelman RA, Hoedebecke SS, Austin KG, Farina EK, Lieberman HR. (2016) Prevalence of Dietary Supplement Use by Athletes: Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med*. 46(1):103-123.
- Martínez-Sanz JM, Sospedra I, Ortiz CM, Baladía E, Gil-Izquierdo A, Ortiz-Moncada R. (2017) Intended or Unintended Doping? A Review of the Presence of Doping Substances in Dietary Supplements Used in Sports. *Nutrients*. 9(10): E1093.
- Masad SJ, Shier NW, Koceja DM, Ellis NT. (1995) High school athletes and nutritional supplements: a study of knowledge and use. *Int J Sport Nutr*, 5(3):232-245.
- Maughan RJ, Burke LM, Dvorak J, Larson-Meyer DE, Peeling P, Phillips SM, Rawson ES, Walsh NP, Garthe I, Geyer H, Meeusen R, van Loon L, Shirreffs SM, Spriet LL, Stuart M, Vernec A, Currell K, Ali VM, Budgett RGM, Ljungqvist A, Mountjoy M, Pitsiladis Y, Soligard T, Erdener U, Engebretsen L. (2018) IOC Consensus Statement: Dietary Supplements and the High-Performance Athlete. *Br J Sports Med* 52(7):439-455.
- Nieper A (2005) Nutritional supplement practices in UK junior national track and field athletes. *Br J Sports Med*, 39(9):645-9
- Peeling P, Castell LM, Derave W, de Hon O, Burke LM. (2019) Sports Foods and Dietary Supplements for Optimal Function and Performance Enhancement in Track-and-Field Athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 29(2):198-209.
- Sekulic D, Tahiraj E, Zvan M, Zenic N, Uljevic O, Lesnik B. (2016) Doping Attitudes and Covariates of Potential Doping Behaviour in High-Level Team-Sport Athletes; Gender Specific Analysis. *J Sports Sci Med*.

- 15(4):606-615
- Suzic LJ, Dikic N, Radivojevic N, Mazic S, Radovanovic D, Mitrovic N, Lazic M, Zivanic S, Suzic S. (2011) Dietary supplements and medications in elite sport-polypharmacy or real need? Scand J Med Sci Sports. 21(2):260-7.
- Thomas DT, Erdman KA, Burke LM (2016) American College of Sports Medicine Joint Position Statement. Nutrition and Athletic Performance. Med Sci Sports Exerc. 48(3), 543-68.
- Tscholl P, Alonso JM, Dollé G, Junge A, Dvorak J. (2010) The use of drugs and nutritional supplements in top-level track and field athletes. Am J Sports Med. 38(1):133-40.
- 石井 好二郎, 鳥居 俊, 杉浦 克己 (2005) 2004 年度全国高等学校総合体育大会入賞陸上競技選手におけるサプリメント摂取状況. 陸上競技研究紀要, 1: 95-102.
- 公益財団法人 日本陸上競技連盟 (2019a) サプリメント摂取の基本 8ヶ条. https://www.jaaf.or.jp/files/upload/201909/27_150433.pdf.
- 公益財団法人日本陸上競技連盟 (2019b) 競技者育成プログラム— Accelerating JADM —東京、そしてパリへ. https://www.jaaf.or.jp/pdf/development/program/A4_2019.pdf.
- 公益財団法人 日本陸上競技連盟 (2019c) 不適切な鉄剤注射の防止に関するガイドライン https://www.jaaf.or.jp/files/upload/201905/ガイドライン_パンフレット2019.pdf
- 酒井 健介, 須永 美歌子, 貴嶋 孝太, 森丘 保典, 真鍋 知宏, 山本 宏明, 杉田 正明 (2017) 2017 年度全国高等学校総合体育大会陸上競技入賞者におけるサプリメント摂取状況. 陸上競技研究紀要, 13: 234-242.
- 酒井 健介, 須永 美歌子, 貴嶋 孝太, 森丘 保典, 真鍋 知宏, 山本 宏明, 杉田 正明 (2018) 高校生エリート陸上選手におけるサプリメント使用状況と関連情報入手状況. 陸上競技研究紀要, 14: 243-249.
- 酒井 健介, 須永 美歌子, 貴嶋 孝太, 森丘 保典, 真鍋 知宏, 山本 宏明, 杉田 正明 (2019) 高校生エリート陸上選手におけるサプリメント使用状況. 陸上競技研究紀要, 15: 81-93.
- 宮崎 志帆, 石井 好二郎, 山崎 史恵, 鳥居 俊, 杉浦 克己, 持田 尚, 杉田 正明, 阿江
- 通良 (2013) 高校生トップレベル陸上競技選手におけるサプリメント摂取状況の種目による分析. 陸上競技研究紀要, 9: 136-140.

付表1 競技種目別サプリメント使用状況

短距離								
実施年	対象者数		現在摂取している		過去に摂取していたが現在は摂取していない		摂取したことがない	
	男子(n)	女子(n)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)
全数	176	211	67.0	51.7	19.9	21.8	13.1	26.5
I	41	45	61.0	55.6	22.0	31.1	17.1	13.3
II	49	56	63.3	51.8	28.6	30.4	8.2	17.9
III	31	40	74.2	52.5	16.1	17.5	9.7	30.0
IV	55	70	70.9	48.6	12.7	11.4	16.4	40.0
					男子	$\chi^2=6.4$	$p=0.379$	
					女子	$\chi^2=17.2$	$p=0.008$	
中長距離								
実施年	対象者数		現在摂取している		過去に摂取していたが現在は摂取していない		摂取したことがない	
	男子(n)	女子(n)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)
全数	175	139	72.0	74.8	15.4	10.8	12.6	14.4
I	38	32	81.6	84.4	7.9	9.4	10.5	6.3
II	26	29	69.2	79.3	7.7	6.9	23.1	13.8
III	57	24	70.2	70.8	26.3	20.8	3.5	8.3
IV	54	54	68.5	68.5	13.0	9.3	18.5	22.2
					男子	$\chi^2=15.3$	$p=0.018$	
					女子	$\chi^2=8.0$	$p=0.236$	
跳躍								
実施年	対象者数		現在摂取している		過去に摂取していたが現在は摂取していない		摂取したことがない	
	男子(n)	女子(n)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)
全数	160	133	43.8	45.1	22.5	19.5	33.8	35.3
I	35	34	42.9	61.8	28.6	17.6	28.6	20.6
II	35	19	42.9	47.4	31.4	15.8	25.7	36.8
III	35	24	45.7	66.7	11.4	8.3	42.9	25.0
IV	55	56	43.6	25.0	20.0	26.8	36.4	48.2
					男子	$\chi^2=5.8$	$p=0.442$	
					女子	$\chi^2=18.3$	$p=0.006$	
投擲								
実施年	対象者数		現在摂取している		過去に摂取していたが現在は摂取していない		摂取したことがない	
	男子(n)	女子(n)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)
全数	130	127	69.2	44.1	18.5	22.8	12.3	33.1
I	24	17	62.5	52.9	37.5	29.4	0.0	17.6
II	35	31	77.1	64.5	11.4	22.6	11.4	12.9
III	27	23	70.4	30.4	14.8	13.0	14.8	56.5
IV	44	56	65.9	35.7	15.9	25.0	18.2	39.3
					男子	$\chi^2=10.9$	$p=0.092$	
					女子	$\chi^2=16.0$	$p=0.014$	
障害								
実施年	対象者数		現在摂取している		過去に摂取していたが現在は摂取していない		摂取したことがない	
	男子(n)	女子(n)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)
全数	62	79	71.0	64.6	16.1	25.3	12.9	10.1
I	14	24	57.1	79.2	28.6	16.7	14.3	4.2
II	21	21	71.4	61.9	9.5	23.8	19.0	14.3
III	6	13	83.3	69.2	0.0	23.1	16.7	7.7
IV	21	21	76.2	47.6	19.0	38.1	4.8	14.3
					男子	$\chi^2=5.4$	$p=0.499$	
					女子	$\chi^2=5.5$	$p=0.477$	
混成								
実施年	対象者数		現在摂取している		過去に摂取していたが現在は摂取していない		摂取したことがない	
	男子(n)	女子(n)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)
全数	31	42	71.0	57.1	12.9	14.3	16.1	28.6
I	5	9	100.0	44.4	0.0	22.2	0.0	33.3
II	6	10	66.7	60.0	33.3	10.0	0.0	30.0
III	7	6	71.4	50.0	0.0	50.0	28.6	0.0
IV	13	17	61.5	64.7	15.4	0.0	23.1	35.3
					男子	$\chi^2=7.2$	$p=0.306$	
					女子	$\chi^2=10.9$	$p=0.093$	
競歩								
実施年	対象者数		現在摂取している		過去に摂取していたが現在は摂取していない		摂取したことがない	
	男子(n)	女子(n)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)
全数	47	40	63.8	72.5	23.4	10.0	12.8	17.5
I	14	12	85.7	66.7	7.1	16.7	7.1	16.7
II	11	5	54.5	80.0	27.3	0.0	18.2	20.0
III	11	13	36.4	84.6	45.5	0.0	18.2	15.4
IV	11	10	72.7	60.0	18.2	20.0	9.1	20.0
					男子	$\chi^2=7.7$	$p=0.263$	
					女子	$\chi^2=4.0$	$p=0.677$	

付表 2-1 男子選手における競技種目別サプリメント使用品目

短距離																
実施年	n	プロテイン	クレアチン	コラーゲン	アミノ酸	カルシウム	鉄	マルチミネラル	ビタミンA	ビタミンB	ビタミンC	ビタミンD	ビタミンE	マルチビタミン	糖質	その他
		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
全数	162	35.2	25.3	8.6	35.2	10.5	16.0	6.8	3.7	9.9	14.2	6.2	7.4	13.0	2.5	6.2
I	27	48.1	48.1	3.7	48.1	14.8	37.0	11.1	3.7	14.8	22.2	11.1	11.1	22.2	7.4	7.4
II	48	22.9	18.8	6.3	29.2	10.4	16.7	6.3	6.3	12.5	16.7	6.3	8.3	6.3	0.0	10.4
III	31	35.5	32.3	16.1	41.9	12.9	3.2	3.2	0.0	9.7	9.7	6.5	6.5	22.6	0.0	0.0
IV	56	39.3	16.1	8.9	30.4	7.1	12.5	7.1	3.6	5.4	10.7	3.6	5.4	8.9	3.6	5.4
χ^2		5.6	11.9	3.4	3.9	1.4	13.1	1.5	2.1	2.4	2.7	1.8	1.0	7.3	5.0	3.7
p		0.134	0.008	0.335	0.268	0.706	0.004	0.693	0.558	0.494	0.433	0.616	0.805	0.062	0.171	0.300
中長距離																
実施年	n	プロテイン	クレアチン	コラーゲン	アミノ酸	カルシウム	鉄	マルチミネラル	ビタミンA	ビタミンB	ビタミンC	ビタミンD	ビタミンE	マルチビタミン	糖質	その他
		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
全数	174	29.9	8.6	4.6	33.9	9.8	40.2	3.4	2.3	4.0	14.9	3.4	5.7	13.2	4.0	4.0
I	31	29.0	16.1	6.5	35.5	22.6	61.3	9.7	0.0	0.0	25.8	0.0	0.0	19.4	6.5	16.1
II	26	19.2	3.8	3.8	19.2	3.8	38.5	0.0	0.0	3.8	11.5	0.0	3.8	7.7	3.8	3.8
III	58	39.7	6.9	6.9	36.2	8.6	36.2	5.2	6.9	10.3	20.7	10.3	15.5	19.0	1.7	0.0
IV	59	25.4	8.5	1.7	37.3	6.8	33.9	0.0	0.0	0.0	5.1	0.0	0.0	6.8	5.1	1.7
χ^2		4.6	3.2	2.1	3.0	7.5	7.1	7.2	8.2	9.8	9.1	12.4	15.9	5.5	1.4	15.0
p		0.202	0.363	0.550	0.396	0.058	0.068	0.067	0.042	0.021	0.028	0.006	0.001	0.138	0.696	0.002
跳躍																
実施年	n	プロテイン	クレアチン	コラーゲン	アミノ酸	カルシウム	鉄	マルチミネラル	ビタミンA	ビタミンB	ビタミンC	ビタミンD	ビタミンE	マルチビタミン	糖質	その他
		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
全数	142	26.8	14.8	1.4	26.1	9.2	6.3	2.1	4.2	4.2	9.9	2.8	2.8	6.3	3.5	3.5
I	16	31.3	25.0	0.0	56.3	18.8	12.5	12.5	18.8	6.3	25.0	6.3	12.5	0.0	12.5	12.5
II	33	24.2	15.2	6.1	33.3	12.1	9.1	0.0	6.1	6.1	12.1	6.1	3.0	12.1	6.1	9.1
III	35	20.0	0.0	0.0	11.4	11.4	2.9	0.0	0.0	5.7	11.4	0.0	0.0	5.7	0.0	0.0
IV	58	31.0	20.7	0.0	22.4	3.4	5.2	1.7	1.7	1.7	3.4	1.7	1.7	5.2	1.7	0.0
χ^2		1.6	9.0	6.7	12.8	4.6	2.3	9.9	11.1	1.5	7.1	3.2	6.8	3.1	6.3	10.2
p		0.653	0.029	0.082	0.005	0.203	0.514	0.020	0.011	0.676	0.069	0.358	0.080	0.377	0.100	0.017
投擲																
実施年	n	プロテイン	クレアチン	コラーゲン	アミノ酸	カルシウム	鉄	マルチミネラル	ビタミンA	ビタミンB	ビタミンC	ビタミンD	ビタミンE	マルチビタミン	糖質	その他
		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
全数	174	29.9	8.6	4.6	33.9	9.8	40.2	3.4	2.3	4.0	14.9	3.4	5.7	13.2	4.0	4.0
I	31	29.0	16.1	6.5	35.5	22.6	61.3	9.7	0.0	0.0	25.8	0.0	0.0	19.4	6.5	16.1
II	26	19.2	3.8	3.8	19.2	3.8	38.5	0.0	0.0	3.8	11.5	0.0	3.8	7.7	3.8	3.8
III	58	39.7	6.9	6.9	36.2	8.6	36.2	5.2	6.9	10.3	20.7	10.3	15.5	19.0	1.7	0.0
IV	59	25.4	8.5	1.7	37.3	6.8	33.9	0.0	0.0	0.0	5.1	0.0	0.0	6.8	5.1	1.7
χ^2		4.6	3.2	2.1	3.0	7.5	7.1	7.2	8.2	9.8	9.1	12.4	15.9	5.5	1.4	15.0
p		0.202	0.363	0.550	0.396	0.058	0.068	0.067	0.042	0.021	0.028	0.006	0.001	0.138	0.696	0.002
障害																
実施年	n	プロテイン	クレアチン	コラーゲン	アミノ酸	カルシウム	鉄	マルチミネラル	ビタミンA	ビタミンB	ビタミンC	ビタミンD	ビタミンE	マルチビタミン	糖質	その他
		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
全数	56	39.3	19.6	7.1	35.7	3.6	12.5	5.4	1.8	7.1	16.1	1.8	5.4	8.9	8.9	
I	8	87.5	62.5	12.5	50.0	0.0	25.0	0.0	0.0	12.5	37.5	0.0	12.5	25.0	12.5	
II	21	14.3	14.3	4.8	28.6	4.8	4.8	0.0	0.0	9.5	9.5	0.0	0.0	4.8	4.8	
III	6	33.3	16.7	0.0	50.0	0.0	33.3	16.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
IV	21	47.6	9.5	9.5	33.3	4.8	9.5	9.5	4.8	4.8	19.0	4.8	9.5	4.8	9.5	
χ^2		14.0	11.1	1.2	1.8	0.7	4.8	3.9	1.7	1.2	4.7	1.7	3.1	1.2	3.6	
p		0.003	0.011	0.761	0.623	0.875	0.184	0.275	0.638	0.761	0.197	0.638	0.384	0.759	0.310	
混成																
実施年	n	プロテイン	クレアチン	コラーゲン	アミノ酸	カルシウム	鉄	マルチミネラル	ビタミンA	ビタミンB	ビタミンC	ビタミンD	ビタミンE	マルチビタミン	糖質	その他
		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
全数	32	28.1	21.9	—	28.1	3.1	12.5	3.1	3.1	6.3	6.3	3.1	3.1	15.6	3.1	3.1
I	5	0.0	0.0	—	60.0	0.0	40.0	0.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	0.0	0.0	20.0
II	6	16.7	0.0	—	16.7	0.0	0.0	0.0	0.0	16.7	0.0	0.0	0.0	16.7	16.7	0.0
III	7	42.9	14.3	—	42.9	0.0	0.0	14.3	0.0	0.0	14.3	0.0	0.0	14.3	0.0	0.0
IV	14	35.7	42.9	—	14.3	7.1	14.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.4	0.0	0.0
χ^2		3.5	6.9	—	5.0	1.3	5.4	3.7	5.6	4.1	3.7	5.6	5.6	1.3	4.5	
p		0.321	0.074	—	0.173	0.723	0.148	0.297	0.134	0.248	0.294	0.134	0.134	0.730	0.215	
競歩																
実施年	n	プロテイン	クレアチン	コラーゲン	アミノ酸	カルシウム	鉄	マルチミネラル	ビタミンA	ビタミンB	ビタミンC	ビタミンD	ビタミンE	マルチビタミン	糖質	その他
		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
全数	47	21.3	2.1	—	38.3	14.9	27.7	6.4	6.4	8.5	10.6	6.4	8.5	14.9	—	10.6
I	13	30.8	0.0	—	38.5	15.4	38.5	7.7	7.7	15.4	15.4	7.7	7.7	15.4	—	23.1
II	11	18.2	9.1	—	36.4	9.1	18.2	0.0	0.0	9.1	0.0	0.0	0.0	0.0	—	18.2
III	11	18.2	0.0	—	27.3	9.1	18.2	0.0	9.1	9.1	9.1	9.1	18.2	9.1	—	0.0
IV	12	16.7	0.0	—	50.0	25.0	33.3	16.7	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	33.3	—	0.0
χ^2		1.0	3.3	—	1.3	1.6	1.9	3.7	1.0	1.8	0.4	1.0	2.4	5.4	—	
p		0.807	0.342	—	0.734	0.670	0.585	0.300	0.802	0.611	0.934	0.802	0.502	0.142	—	

付表 2-2 女子選手における競技種目別サプリメント使用品目

短距離																
実施年	n	プロテイン	クレアチン	コラーゲン	アミノ酸	カルシウム	鉄	マルチミネラル	ビタミンA	ビタミンB	ビタミンC	ビタミンD	ビタミンE	マルチビタミン	糖質	その他
		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
全数	193	16.1	9.3	4.1	22.8	5.7	17.1	5.7	5.2	5.7	8.8	4.7	4.7	8.3	2.1	2.6
I	28	10.7	21.4	21.4	28.6	14.3	32.1	0.0	7.1	17.9	17.9	7.1	7.1	14.3	3.6	3.6
II	55	12.7	7.3	3.6	18.2	3.6	21.8	9.1	5.5	5.5	7.3	5.5	5.5	9.1	3.6	5.5
III	40	10.0	7.5	0.0	30.0	2.5	7.5	7.5	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	10.0	0.0	2.5
IV	70	24.3	7.1	0.0	20.0	5.7	12.9	4.3	4.3	1.4	11.4	2.9	2.9	4.3	1.4	0.0
χ^2		5.6	5.7	25.8	2.7	5.0	8.8	3.4	0.3	10.1	7.5	1.0	1.0	3.0	2.0	3.8
p		0.130	0.128	<0.001	0.443	0.169	0.032	0.338	0.951	0.018	0.058	0.804	0.804	0.392	0.580	0.289

中長距離																
実施年	n	プロテイン	クレアチン	コラーゲン	アミノ酸	カルシウム	鉄	マルチミネラル	ビタミンA	ビタミンB	ビタミンC	ビタミンD	ビタミンE	マルチビタミン	糖質	その他
		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
全数	137	23.4	3.6	2.2	29.9	16.8	53.3	6.6	—	5.8	16.8	0.7	3.6	15.3	1.5	6.6
I	28	35.7	3.6	7.1	46.4	10.7	71.4	7.1	—	7.1	32.1	0.0	7.1	21.4	0.0	14.3
II	31	25.8	3.2	0.0	22.6	22.6	64.5	6.5	—	9.7	16.1	3.2	6.5	22.6	6.5	12.9
III	24	12.5	0.0	4.2	37.5	12.5	50.0	12.5	—	0.0	20.8	0.0	0.0	8.3	0.0	0.0
IV	54	20.4	5.6	0.0	22.2	18.5	38.9	3.7	—	5.6	7.4	0.0	1.9	11.1	0.0	1.9
χ^2		4.3	1.5	5.5	6.6	1.9	9.9	2.1	—	2.4	8.4	3.4	3.1	3.7	6.9	8.4
p		0.227	0.686	0.136	0.085	0.590	0.020	0.549	—	0.491	0.038	0.328	0.381	0.295	0.074	0.039

跳躍																
実施年	n	プロテイン	クレアチン	コラーゲン	アミノ酸	カルシウム	鉄	マルチミネラル	ビタミンA	ビタミンB	ビタミンC	ビタミンD	ビタミンE	マルチビタミン	糖質	その他
		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
全数	119	16.0	14.3	1.7	19.3	5.0	16.8	5.0	0.8	8.4	11.8	0.8	3.4	5.0	2.5	5.0
I	21	33.3	28.6	9.5	38.1	14.3	47.6	9.5	4.8	28.6	38.1	4.8	19.0	4.8	14.3	19.0
II	18	16.7	11.1	0.0	16.7	5.6	16.7	0.0	0.0	11.1	11.1	0.0	0.0	11.1	0.0	11.1
III	24	20.8	25.0	0.0	25.0	8.3	12.5	8.3	0.0	8.3	12.5	0.0	0.0	8.3	0.0	0.0
IV	56	7.1	5.4	0.0	10.7	0.0	7.1	3.6	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0
χ^2		8.4	9.5	9.5	8.0	7.3	18.3	2.6	4.7	16.4	19.4	4.7	19.3	3.2	14.4	14.2
p		0.038	0.023	0.023	0.046	0.064	<0.001	0.452	0.195	0.001	<0.001	0.195	<0.001	0.366	0.002	0.003

投擲																
実施年	n	プロテイン	クレアチン	コラーゲン	アミノ酸	カルシウム	鉄	マルチミネラル	ビタミンA	ビタミンB	ビタミンC	ビタミンD	ビタミンE	マルチビタミン	糖質	その他
		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
全数	121	38.0	7.4	1.7	14.9	0.8	1.7	0.8	0.8	3.3	5.8	1.7	1.7	1.7	—	0.0
I	9	55.6	22.2	11.1	33.3	0.0	22.2	0.0	11.1	33.3	33.3	11.1	11.1	11.1	—	0.8
II	28	64.3	10.7	3.6	14.3	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	10.7	0.0	3.6	0.0	—	11.1
III	24	29.2	4.2	0.0	25.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	—	0.0
IV	60	26.7	5.0	0.0	8.3	1.7	0.0	1.7	0.0	0.0	1.7	1.7	0.0	1.7	—	0.0
χ^2		13.5	4.2	7.0	6.4	1.0	25.3	1.0	12.5	28.3	17.1	5.8	7.0	5.8	—	12.5
p		0.004	0.242	0.072	0.094	0.795	<0.001	0.795	0.006	<0.001	0.001	0.120	0.072	0.120	—	0.006

障害																
実施年	n	プロテイン	クレアチン	コラーゲン	アミノ酸	カルシウム	鉄	マルチミネラル	ビタミンA	ビタミンB	ビタミンC	ビタミンD	ビタミンE	マルチビタミン	糖質	その他
		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
全数	77	27.3	13.0	3.9	33.8	11.7	33.8	5.2	2.6	10.4	15.6	—	5.2	6.5	2.6	7.8
I	22	40.9	18.2	9.1	36.4	13.6	40.9	4.5	0.0	22.7	36.4	—	9.1	9.1	4.5	18.2
II	20	30.0	5.0	0.0	35.0	10.0	45.0	15.0	0.0	5.0	10.0	—	10.0	5.0	5.0	10.0
III	14	7.1	28.6	0.0	35.7	0.0	28.6	0.0	7.1	0.0	7.1	—	0.0	14.3	0.0	0.0
IV	21	23.8	4.8	4.8	28.6	19.0	19.0	0.0	4.8	9.5	4.8	—	0.0	0.0	0.0	0.0
χ^2		5.1	5.9	3.0	0.4	3.1	3.8	5.8	2.7	5.9	10.3	—	3.5	3.2	1.7	6.4
p		0.163	0.116	0.391	0.949	0.378	0.280	0.120	0.448	0.119	0.016	—	0.316	0.365	0.633	0.094

混成																
実施年	n	プロテイン	クレアチン	コラーゲン	アミノ酸	カルシウム	鉄	マルチミネラル	ビタミンA	ビタミンB	ビタミンC	ビタミンD	ビタミンE	マルチビタミン	糖質	その他
		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
全数	37	16.2	5.4	2.7	35.1	10.8	32.4	2.7	—	8.1	11.1	—	—	8.1	—	2.7
I	4	25.0	0.0	0.0	50.0	0.0	25.0	25.0	—	25.0	25.0	—	—	0.0	—	25.0
II	10	20.0	10.0	0.0	20.0	10.0	50.0	0.0	—	0.0	11.1	—	—	0.0	—	0.0
III	6	0.0	0.0	0.0	50.0	0.0	16.7	0.0	—	0.0	0.0	—	—	16.7	—	0.0
IV	17	17.6	5.9	5.9	35.3	17.6	29.4	0.0	—	11.8	11.8	—	—	11.8	—	0.0
χ^2		1.5	1.0	1.2	2.0	2.0	2.3	8.5	—	3.2	1.5	—	—	2.1	—	8.5
p		0.678	0.803	0.751	0.578	0.564	0.520	0.037	—	0.355	0.673	—	—	0.546	—	0.037

競歩																
実施年	n	プロテイン	クレアチン	コラーゲン	アミノ酸	カルシウム	鉄	マルチミネラル	ビタミンA	ビタミンB	ビタミンC	ビタミンD	ビタミンE	マルチビタミン	糖質	その他
		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
全数	35	20.0	2.9	2.9	37.1	5.7	65.7	2.9	—	2.9	14.3	—	2.9	17.1	—	2.9
I	7	42.9	14.3	14.3	57.1	28.6	85.7	14.3	—	0.0	28.6	—	14.3	57.1	—	14.3
II	5	20.0	0.0	0.0	20.0	0.0	80.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	40.0	—	0.0
III	13	7.7	0.0	0.0	38.5	0.0	69.2	0.0	—	7.7	23.1	—	0.0	0.0	—	0.0
IV	10	20.0	0.0	0.0	30.0	0.0	40.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0
χ^2		3.5	4.1	4.1	2.1	8.5	4.7	4.1	—	1.7	4.5	—	4.1	14.5	—	4.1
p		0.319	0.249	0.249	0.561	0.037	0.195	0.249	—	0.628	0.213	—	0.249	0.002	—	0.249

付表3 競技種目別サプリメント使用に関する意図

短距離														
実施年	対象者数		積極的に摂取すべき		食事で不足する栄養素のみ摂取すべき		パフォーマンス向上に役立つもののみ摂取すべき		できるだけ摂取すべきでない		絶対に摂取すべきでない		自分の考えにあたるものはない	
	男子(n)	女子(n)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)
全数	171	203	11.7	9.4	30.4	32.0	42.7	34.0	11.1	16.3	0.0	0.0	4.1	8.4
I	41	45	17.1	11.1	34.1	33.3	34.1	33.3	14.6	17.8	0.0	0.0	0.0	4.4
II	47	51	12.8	9.8	25.5	33.3	48.9	29.4	8.5	17.6	0.0	0.0	4.3	9.8
III	30	40	13.3	5.0	26.7	27.5	36.7	40.0	16.7	10.0	0.0	0.0	6.7	17.5
IV	53	67	5.7	10.4	34.0	32.8	47.2	34.3	7.5	17.9	0.0	0.0	5.7	4.5
													男子	$\chi^2=10.0$
													女子	$\chi^2=9.5$
														$p=0.616$
														$p=0.662$
中長距離														
実施年	対象者数		積極的に摂取すべき		食事で不足する栄養素のみ摂取すべき		パフォーマンス向上に役立つもののみ摂取すべき		できるだけ摂取すべきでない		絶対に摂取すべきでない		自分の考えにあたるものはない	
	男子(n)	女子(n)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)
全数	173	140	15.6	13.6	34.1	34.3	34.1	25.7	7.5	18.6	0.6	1.4	8.1	6.4
I	36	33	8.3	24.2	27.8	42.4	38.9	21.2	11.1	9.1	0.0	0.0	13.9	3.0
II	24	30	20.8	20.0	45.8	30.0	20.8	30.0	8.3	16.7	0.0	0.0	4.2	3.3
III	57	24	12.3	0.0	38.6	33.3	31.6	20.8	5.3	29.2	1.8	0.0	10.5	16.7
IV	56	53	21.4	9.4	28.6	32.1	39.3	28.3	7.1	20.8	0.0	3.8	3.6	5.7
													男子	$\chi^2=14.4$
													女子	$\chi^2=20.9$
														$p=0.497$
														$p=0.142$
跳躍														
実施年	対象者数		積極的に摂取すべき		食事で不足する栄養素のみ摂取すべき		パフォーマンス向上に役立つもののみ摂取すべき		できるだけ摂取すべきでない		絶対に摂取すべきでない		自分の考えにあたるものはない	
	男子(n)	女子(n)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)
全数	162	131	9.9	6.9	25.3	34.4	41.4	32.8	17.3	19.8	0.0	0.0	6.2	6.1
I	36	32	13.9	12.5	22.2	37.5	27.8	31.3	25.0	15.6	0.0	0.0	11.1	3.1
II	36	19	8.3	5.3	19.4	52.6	52.8	15.8	13.9	21.1	0.0	0.0	5.6	5.3
III	35	24	8.6	4.2	40.0	25.0	45.7	50.0	5.7	16.7	0.0	0.0	0.0	4.2
IV	55	56	9.1	5.4	21.8	30.4	40.0	32.1	21.8	23.2	0.0	0.0	7.3	8.9
													男子	$\chi^2=16.1$
													女子	$\chi^2=10.8$
														$p=0.186$
														$p=0.548$
投擲														
実施年	対象者数		積極的に摂取すべき		食事で不足する栄養素のみ摂取すべき		パフォーマンス向上に役立つもののみ摂取すべき		できるだけ摂取すべきでない		絶対に摂取すべきでない		自分の考えにあたるものはない	
	男子(n)	女子(n)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)
全数	133	132	18.8	12.9	21.8	27.3	39.1	38.6	9.8	15.9	1.5	0.0	9.0	5.3
I	23	18	17.4	11.1	34.8	27.8	26.1	44.4	13.0	11.1	0.0	0.0	8.7	5.6
II	37	32	27.0	21.9	18.9	25.0	43.2	40.6	2.7	9.4	2.7	0.0	5.4	3.1
III	29	24	20.7	12.5	24.1	12.5	37.9	33.3	13.8	29.2	0.0	0.0	3.4	12.5
IV	44	58	11.4	8.6	15.9	34.5	43.2	37.9	11.4	15.5	2.3	0.0	15.9	3.4
													男子	$\chi^2=14.7$
													女子	$\chi^2=13.1$
														$p=0.477$
														$p=0.360$
障害														
実施年	対象者数		積極的に摂取すべき		食事で不足する栄養素のみ摂取すべき		パフォーマンス向上に役立つもののみ摂取すべき		できるだけ摂取すべきでない		絶対に摂取すべきでない		自分の考えにあたるものはない	
	男子(n)	女子(n)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)
全数	61	80	18.0	10.0	36.1	30.0	32.8	36.3	9.8	13.8	0.0	1.3	3.3	8.8
I	14	25	14.3	16.0	42.9	32.0	28.6	28.0	14.3	20.0	0.0	0.0	0.0	4.0
II	21	20	9.5	15.0	33.3	35.0	47.6	35.0	4.8	0.0	0.0	0.0	4.8	15.0
III	6	14	50.0	7.1	16.7	21.4	16.7	64.3	16.7	7.1	0.0	0.0	0.0	0.0
IV	20	21	20.0	0.0	40.0	28.6	25.0	28.6	10.0	23.8	0.0	4.8	5.0	14.3
													男子	$\chi^2=9.8$
													女子	$\chi^2=19.8$
														$p=0.638$
														$p=0.180$
混成														
実施年	対象者数		積極的に摂取すべき		食事で不足する栄養素のみ摂取すべき		パフォーマンス向上に役立つもののみ摂取すべき		できるだけ摂取すべきでない		絶対に摂取すべきでない		自分の考えにあたるものはない	
	男子(n)	女子(n)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)
全数	31	39	22.6	10.3	19.4	33.3	45.2	41.0	12.9	10.3	0.0	0.0	0.0	5.1
I	5	8	20.0	25.0	0.0	25.0	60.0	12.5	20.0	37.5	0.0	0.0	0.0	0.0
II	6	9	33.3	0.0	16.7	55.6	33.3	33.3	16.7	11.1	0.0	0.0	0.0	0.0
III	7	6	14.3	0.0	14.3	33.3	57.1	66.7	14.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
IV	13	16	23.1	12.5	30.8	25.0	38.5	50.0	7.7	0.0	0.0	0.0	0.0	12.5
													男子	$\chi^2=3.8$
													女子	$\chi^2=19.1$
														$p=0.923$
														$p=0.087$
競歩														
実施年	対象者数		積極的に摂取すべき		食事で不足する栄養素のみ摂取すべき		パフォーマンス向上に役立つもののみ摂取すべき		できるだけ摂取すべきでない		絶対に摂取すべきでない		自分の考えにあたるものはない	
	男子(n)	女子(n)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)
全数	47	39	19.1	20.5	40.4	38.5	23.4	17.9	14.9	10.3	2.1	0.0	0.0	12.8
I	13	11	23.1	27.3	46.2	36.4	23.1	18.2	7.7	0.0	0.0	0.0	0.0	18.2
II	11	5	27.3	40.0	36.4	40.0	27.3	0.0	9.1	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0
III	11	13	9.1	15.4	45.5	46.2	9.1	15.4	27.3	15.4	9.1	0.0	0.0	7.7
IV	12	10	16.7	10.0	33.3	30.0	33.3	30.0	16.7	10.0	0.0	0.0	0.0	20.0
													男子	$\chi^2=8.1$
													女子	$\chi^2=7.5$
														$p=0.774$
														$p=0.822$

付表4 競技種目別の食事・サプリメントに関する情報量

短距離										
実施年	対象者数		十分得られている		あまり得られていない		全く得られていない		どちらとも言えない	
	男子(n)	女子(n)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)
全数	172	204	53.5	41.2	30.2	35.8	2.3	2.0	14.0	21.1
I	40	45	40.0	33.3	40.0	35.6	2.5	2.2	17.5	28.9
II	50	53	52.0	28.3	26.0	45.3	2.0	3.8	20.0	22.6
III	31	40	61.3	40.0	29.0	30.0	3.2	0.0	6.5	30.0
IV	51	66	60.8	57.6	27.5	31.8	2.0	1.5	9.8	9.1
								男子	$\chi^2=7.7$	$p=0.569$
								女子	$\chi^2=18.3$	$p=0.032$
中長距離										
実施年	対象者数		十分得られている		あまり得られていない		全く得られていない		どちらとも言えない	
	男子(n)	女子(n)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)
全数	177	140	57.1	60.0	19.2	20.0	1.7	2.1	22.0	17.9
I	38	32	36.8	43.8	36.8	34.4	2.6	0.0	23.7	21.9
II	25	31	60.0	67.7	20.0	9.7	0.0	0.0	20.0	22.6
III	57	24	57.9	62.5	14.0	16.7	0.0	0.0	28.1	20.8
IV	57	53	68.4	64.2	12.3	18.9	3.5	5.7	15.8	11.3
								男子	$\chi^2=17.2$	$p=0.046$
								女子	$\chi^2=14.0$	$p=0.122$
跳躍										
実施年	対象者数		十分得られている		あまり得られていない		全く得られていない		どちらとも言えない	
	男子(n)	女子(n)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)
全数	162	133	46.9	44.4	34.0	25.6	3.7	2.3	15.4	27.8
I	36	35	47.2	42.9	27.8	25.7	8.3	2.9	16.7	28.6
II	36	19	33.3	31.6	30.6	21.1	5.6	10.5	30.6	36.8
III	35	24	40.0	54.2	45.7	20.8	0.0	0.0	14.3	25.0
IV	55	55	60.0	45.5	32.7	29.1	1.8	0.0	5.5	25.5
								男子	$\chi^2=18.9$	$p=0.026$
								女子	$\chi^2=10.2$	$p=0.333$
投擲										
実施年	対象者数		十分得られている		あまり得られていない		全く得られていない		どちらとも言えない	
	男子(n)	女子(n)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)
全数	131	129	55.7	34.1	20.6	32.6	6.9	3.9	16.8	29.5
I	24	17	54.2	23.5	29.2	47.1	4.2	0.0	12.5	29.4
II	35	31	60.0	45.2	14.3	22.6	5.7	6.5	20.0	25.8
III	28	24	50.0	29.2	25.0	37.5	7.1	4.2	17.9	29.2
IV	44	57	56.8	33.3	18.2	31.6	9.1	3.5	15.9	31.6
								男子	$\chi^2=3.4$	$p=0.947$
								女子	$\chi^2=5.5$	$p=0.785$
障害										
実施年	対象者数		十分得られている		あまり得られていない		全く得られていない		どちらとも言えない	
	男子(n)	女子(n)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)
全数	59	79	69.5	50.6	18.6	16.5	0.0	0.0	11.9	32.9
I	12	25	58.3	40.0	16.7	16.0	0.0	0.0	25.0	44.0
II	21	20	76.2	40.0	23.8	30.0	0.0	0.0	0.0	30.0
III	6	14	33.3	57.1	16.7	0.0	0.0	0.0	50.0	42.9
IV	20	20	80.0	70.0	15.0	15.0	0.0	0.0	5.0	15.0
								男子	$\chi^2=14.7$	$p=0.023$
								女子	$\chi^2=10.5$	$p=0.104$
混成										
実施年	対象者数		十分得られている		あまり得られていない		全く得られていない		どちらとも言えない	
	男子(n)	女子(n)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)
全数	31	41	51.6	51.2	32.3	31.7	3.2	2.4	12.9	14.6
I	5	9	80.0	33.3	0.0	22.2	0.0	11.1	20.0	33.3
II	6	10	50.0	20.0	33.3	70.0	16.7	0.0	0.0	10.0
III	7	6	42.9	100.0	42.9	0.0	0.0	0.0	14.3	0.0
IV	13	16	46.2	62.5	38.5	25.0	0.0	0.0	15.4	12.5
								男子	$\chi^2=8.2$	$p=0.516$
								女子	$\chi^2=19.4$	$p=0.022$
競歩										
実施年	対象者数		十分得られている		あまり得られていない		全く得られていない		どちらとも言えない	
	男子(n)	女子(n)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)	男子(%)	女子(%)
全数	47	40	48.9	60.0	29.8	20.0	2.1	0.0	19.1	20.0
I	13	12	30.8	33.3	46.2	41.7	0.0	0.0	23.1	25.0
II	11	5	72.7	60.0	9.1	20.0	0.0	0.0	18.2	20.0
III	11	13	36.4	69.2	45.5	7.7	0.0	0.0	18.2	23.1
IV	12	10	58.3	80.0	16.7	10.0	8.3	0.0	16.7	10.0
								男子	$\chi^2=10.1$	$p=0.339$
								女子	$\chi^2=7.3$	$p=0.295$

高校生エリートアスリートの睡眠習慣の変化 ：2004年—2019年全国高等学校総合体育大会入賞選手調査より

山本 宏明^{1) 2)}

1) 北里大学メディカルセンター 2) 日本陸上競技連盟科学委員会、医事委員会

要旨

アスリートにおける睡眠の重要性は広く認識されているが、高校生エリート競技者における睡眠習慣の実態に関する報告は少ない。日本陸上競技連盟科学委員会が2004年から2019年にかけて実施したインターハイ入賞者調査の分析を通じて、睡眠習慣と練習時間の関係、15年の歳月に伴う変化、男女による生活習慣の違いについて検討した。

15年間の推移をみると、入賞者の平均睡眠時間(6.83 – 6.85 h/day)と平均練習時間(3.40 – 3.46 h/day)は変化していないものの、就寝、起床時間はいずれも少しずつ早まっており、早寝早起きの傾向が進んでいることがわかった。総計データからは、女子選手のほうが早寝早起きで睡眠時間も短く練習時間も長い傾向があること、オーバートレーニングを経験している競技者には睡眠不足を感じている者が多いことがわかった。

社会の変化に伴い、高校生競技者のタイムスケジュールは変化しうる。また、女子選手の睡眠時間の確保にはより注意を払うべきかもしれない。これからも十分な睡眠を確保し、オーバートレーニングをはじめとする障害から選手たちの健康を守りながら競技力向上を図っていくことが求められている。

1. はじめに

高校生エリートアスリートは十分な睡眠をとれているのだろうか？

アスリートとしてトップレベルの成績を残すためには、適切なトレーニング負荷と回復を繰り返しながら身体的にも技術的にも優れた能力を身につける必要がある。競技者の回復の大きな柱となるのが睡眠と食事であり、競技現場においても様々な工夫が試みられている。一方で、国内の高校生エリートア

スリートの睡眠習慣に関して、実態調査に基づくデータは少ない。高校生競技者は日々の競技活動に加えて学業や通学時間などに追われ、多忙な生活を強いられていることが少なくない。彼ら、彼女らは何時に床に就き、何時に起床し、一日何時間くらい練習をしているのか。競技特性によっても事情が異なるものと思われるが、議論の土台となるデータが必要といえる。

日本陸上競技連盟科学委員会では2004年より全国高等学校総合体育大会陸上競技において8位以内に入賞した選手全員を対象とした包括的なアンケート調査を行っている。本調査の対象となった選手は、厳しいトレーニングと体調管理に成功し、心身共に高いレベルの競技パフォーマンスを目標とする大会で発揮し、結果を得ることに成功したアスリートである。今回は、2004年から2019年にかけて行われた調査から、選手たちの睡眠習慣と練習時間に着目して分析と検証を行い報告する。

2. 目的

陸上競技において同年代における国内最高水準の成績をあげた高校生アスリートの睡眠習慣、練習時間の近年における推移、性別毎の違いの理解、オーバートレーニングと睡眠習慣との関わりについて検証することを目的に、2004年から2019年の調査結果の分析を行った。

3. 方法

3.1 研究方法

質問紙を用いた無記名アンケート調査を競技会開催年度ごとに横断的に行った。性別、学年、過去の競技歴や競技経験年数、食生活およびサプリメントの使用、オーバートレーニングや疲労骨折を含む運

表1 睡眠時間と練習時間の推移

	2004-2008 (n=415)		2010-2013 (n=378)		2015-2019 (n=592)		*p-value
	Mean	± SD	Mean	± SD	Mean	± SD	
就寝時間	23.1	± 0.8	23.0	± 0.7	22.9	± 1.1	0.001
起床時間	5.99	± 0.8	5.89	± 0.7	5.83	± 1.0	0.005
睡眠時間(h)	6.83	± 0.9	6.85	± 0.9	6.83	± 0.8	1.0
練習時間(h)	3.40	± 1.3	3.42	± 1.3	3.46	± 1.3	0.47

*2004-2008と2015-2019の比較 Welch's t-test

動関連障害の既往などについて行った包括的調査の一部として、睡眠や練習時間に関する項目を調査した。

3.2 対象

2004年度から2019年度にかけて16回開催された全国高等学校総合体育大会（インターハイ）のうち、2009年度と2014年度を除く14回分の大会における調査について分析可能なデータが得られた。各年度、陸上競技（※男子21種目、女子20種目）において8位以内に入賞した選手424名を対象に質問紙を配布した。本稿において分析可能であった回答数は総計1385（男子714名、女子671名）であった。有効回答率は23.3%であった。

（※競技内訳：男子；100m、200m、400m、800m、1500m、110mH、400mH、3000mSC、5000mW、4×100m、4×400m、走高跳、棒高跳、走幅跳、三段跳、砲丸投、円盤投、ハンマー投、やり投、八種競技。女子；100m、200m、400m、800m、1500m、3000m、100mH、400mH、5000mW、4×100m、4×400m、走高跳、棒高跳、走幅跳、三段跳、砲丸投、円盤投、ハンマー投、やり投、七種競技）

3.3 倫理的配慮

無記名アンケートにて実施。調査参加は自由意思に基づき、拒否した場合においても不利益はないこと、プライバシーは保護され調査データは研究目的以外には使用しない旨を説明の上で実施した。データは個人を特定できない形で処理、管理した。

3.4 統計

2群間の位置の検定については、対応のないt検定（Welch's t-test、両側検定）を行い、0.05を有意水準とした。2群間の割合の検定にはFisher's exact testを行い、0.05を有意水準とした。

4. 結果

4.1 年次経過に伴う睡眠習慣と練習時間の推移

調査を開始した2004年から2019年にかけての就寝、起床時間、睡眠時間、練習時間の変化を検討するために、2004年から2008年の5年間（第1期）、2010年から2013年の4年間（第2期）、2015年から2019年の5年間（第3期）の3つの期間に分け、各項目の平均値および標準偏差を求めて比較した。（表1）

就寝時間と起床時間については、第1期から第3期に向かって徐々に時間が早くなってきており、第1期と第3期の比較においていずれも有意差を伴う変化が生じていた。平均値で見ると第1期の就寝時間23.1時（23時6分）が第3期には22.9時（22時54分）に、起床時間が5.99時（5時59分）から5.83時（5時50分）へと早まっている。

陸上競技インターハイ入賞者の平均睡眠時間は6.83－6.85時間、平均練習時間は3.40－3.46時間であり、16年の年月が経過しても有意な変化は認めなかった。

4.2 睡眠不足の認識とオーバートレーニング既往の性別における違い

2004年から2019年にかけてのすべての期間の総計データ（2009年と2014年を除く）を用いて、睡眠不足の認識の有無およびオーバートレーニングの既往について男女毎のデータを示し、比較を行った。（表2）睡眠不足であると答えた割合は男子21.8%、女子24.9%で有意差はなかった。オーバートレーニングの既往については男子17.1%、女子13.6%であり、有意差は認めなかった。

4.3 睡眠と練習時間の性別における違い

前項同様の総計データを用いて、就寝時間、起床時間、1日の睡眠時間、1日の練習時間について男女毎のデータを示し、違いを検討した。（表3）

表2 性別毎の比較 (2004-2019)

	男子		女子		* <i>p</i> -value
	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	
全体	714	51.6%	671	48.4%	
睡眠不足の認識あり	156	21.8%	167	24.9%	0.20
オーバートレーニング既往	122	17.1%	91	13.6%	0.08

*Fisher's exact test

表3 性別毎の睡眠・練習時間 (2004-2019)

	男子		女子		* <i>p</i> -value
	Mean	± SD	Mean	± SD	
就寝時間	23.0	± 1.1	22.9	± 0.7	0.043
起床時間	6.06	± 1.0	5.73	± 0.7	0.01×10 ⁻¹⁰
睡眠時間 (h)	6.91	± 0.9	6.76	± 0.8	0.001
練習時間 (h)	3.36	± 1.3	3.51	± 1.3	0.032

*Welch's t-test

表4 オーバートレーニング既往と睡眠時間、練習時間、睡眠不足の関係

	オーバートレーニング既往あり <i>n</i> =213 (15.9%)		オーバートレーニング既往なし <i>n</i> =1130 (84.1%)		* <i>p</i> -value
	Mean	± SD	Mean	± SD	
睡眠時間 (h)	6.73	± 0.9	6.86	± 0.9	0.053
練習時間 (h)	3.52	± 1.3	3.43	± 1.3	0.35
睡眠不足の認識あり	71	(33.3%)	243	(21.5%)	0.026×10 ⁻²

*Welch's t-test, Fisher's exact test

就寝時間の平均値は男子 23.0 時 (23 時 0 分) に対して女子 22.9 時 (22 時 54 分) ($p=0.043$)、起床時間の平均値は男子 6.06 時 (6 時 4 分) に対して女子 5.73 時 (5 時 44 分) ($p=0.01 \times 10^{-10}$) といずれも有意差を持って女子の方が早かった。

1 日の睡眠時間の平均値は、男子 6.91 時間、女子 6.76 時間であり、女子の方が有意に短かった ($p=0.001$)。

1 日の練習時間の平均値は、男子 3.36 時間、女子 3.51 時間であり、女子の方が有意に長かった。 ($p=0.043$)

性別における傾向として、本調査においては女子の方が早寝早起きの生活で睡眠時間は短く、練習時間が長いという結果が得られた。

4.4 オーバートレーニング既往と睡眠時間、練習時間、睡眠不足の関係

総計データをオーバートレーニング既往の有無に

より 2 群に分け、睡眠時間、練習時間、睡眠不足の認識について比較し検討した。(表 4)

オーバートレーニング既往あり ($n = 213$, 15.9%) の群の睡眠時間 (6.73 ± 0.9) と練習時間 (3.52 ± 1.3) は、オーバートレーニング既往のない群 ($n=1130$, 84.1%) の睡眠時間 (6.86 ± 0.9) 及び練習時間 (3.43 ± 1.3) と有意差はなかった。

睡眠不足である、という認識はオーバートレーニングの既往のある群 (33.3%) で既往のない群 (21.5%) よりも有意に高かった。 ($p=0.026 \times 10^{-2}$)

5. 考察

5.1 年次経過に伴う睡眠習慣の変化

2004 年から 2019 年の 15 年間の月日が経過する中で、家族構成の変化やインターネット、スマートフォン、SNS の普及など、高校生の生活にも様々な変化が生じているものと思われる。その一方で、イ

インターハイ入賞選手の睡眠時間や練習時間が変化していないということは、ひとつの意味のある情報と考える。

1日の練習時間が3時間20分程度という結果について、高校生が毎日費やす時間としては長すぎるという見方もあるであろう。限られた時間の中で、学校行事や塾、習い事、宿題、読書、友人との付き合い、家庭でのコミュニケーション、趣味や興味の探求など、本来様々な物事を経験して人間的成長を図るべき時期でもある。あるいは競技者として同世代最高水準と言えるインターハイ入賞を果たしている点に注目すれば、短い時間で成果をあげているという見方になるかもしれない。練習時間の長さは、長距離、短距離、投擲、跳躍、混成など種目の特性によって大きな差異があるものと思われ、この点については種目毎の検討が必要である。すべての競技の入賞者を対象とした包括的な検討において、15年の経過で練習時間が変化していないという意味では、練習時間の長さは高校生世代にとっては動かすことが難しい枠組みであり、限られた時間の中でいかに効果の高いトレーニングを行うかによって成績が左右されると言っても良いかもしれない。

睡眠時間についても、平均6時間50分程で変化していないことが明らかになった。これが至適な長さであるかどうかについては本調査からは判断できないが、高負荷のトレーニングに伴う最大の回復を図るためには、可能であればより長い睡眠時間を確保することが望ましいかもしれない。

就寝時間と起床時間が少しずつ早い時間帯にずれてきており、全体的に早寝早起きの傾向が見られていることが今年を追って調べたことで明らかになった。背景要因は明らかではないが、通学時間にかかる高校に通う競技者の増加や朝練習の増加、あるいは他の生活習慣が関係しているのかなど、今後の調査課題としたい。

5.2 睡眠不足とオーバートレーニング既往には性差なし

陸上競技インターハイ入賞者において過去にオーバートレーニングを経験している割合は男子17.1%、女子13.6%で性別による有意差は認めなかった。オーバートレーニングの経験割合は競技や競技水準、年齢層、競技者自身の理解や調査方法によっても変化するが、本調査においてハイレベルな高校生競技者のおよそ1～2割が経験していると答えていることは無視できない。オーバートレーニングはトレーニングに対する回復が追い付かず、慢性

的な疲労状態に陥った状態であるが、これが若年層においても決して稀な現象ではないことは日々のトレーニングやコンディショニングを考える上で認識しておく必要があるものと思われる。

睡眠不足であるとの認識（男子21.8%、女子24.9%）についても性別毎の有意差はなかった。平成26年の文部科学省委託調査では一般高校生の31.5%が睡眠時間について「十分ではない」と答えており¹⁾、割合としては同年代の高校生よりやや低い水準と言えるかもしれないが、健康維持と競技力向上のいずれの視点においても十分な睡眠確保が望まれる。

5.3 睡眠習慣と練習時間は性別による違いが存在する

就寝時間、起床時間も女子競技者の方が有意に早く、早寝早起きの傾向があり、睡眠時間も短いことが確認された。同様の傾向は国内の一般高校生を対象にした調査²⁾でも報告されており、競技者に限らず存在する傾向と思われる。起床後、朝食や身支度、整容に時間を要するなど生活習慣の違いが影響しているのかもしれない。

一方で、女子競技者は睡眠時間が短いにもかかわらず、男子競技者よりも練習時間は有意に長かった。睡眠不足に起因するオーバートレーニングを招かないためにも、女子選手の睡眠時間の確保にはより注意を払う必要があるかもしれない。

5.4 オーバートレーニング既往と睡眠不足の関係

オーバートレーニングの既往がある選手とない選手の比較において、睡眠時間及び練習時間には有意な差を認めなかった。結果として全国大会入賞を果たしている選手が調査対象となっているため、仮に短い睡眠時間や長い練習時間によるオーバートレーニングを過去に経験していても、調査時点では修正して大会に臨んでいたのかもしれない。

一方で、オーバートレーニングを経験している競技者の方が睡眠不足であると感じている割合が有意に高かった。睡眠は量や質など多くの要因が関係するため評価が容易ではないが、睡眠不足であるという主観的感覚はひとつの良い指標なのかもしれない。

5.5 研究の限界

匿名調査であり年度ごとの横断研究であること、また全体の有効回答率が23.3%と低率であったことは未回答者バイアスの存在を否定できず、本研究

の限界のひとつである。今後は調査票の簡略化や調査方法の工夫などより高い回収率を得る方法を検討するとともに、今回明らかになった疑問や課題について調査を行いたい。

6. 結語

今後も社会環境の変化に伴い、高校生競技者のタイムスケジュールは変化していくかもしれない。その中でも十分な睡眠時間が確保されるよう、引き続き注意を払う必要がある。これからもオーバートレーニングをはじめとする健康上の問題から選手を守りながら競技力向上を図っていくことが求められる。

7. 附記

本研究は公益財団法人日本陸上競技連盟科学委員会によって2004年から2019年にかけて実施された全国高等学校総合体育大会入賞選手対象のアンケート調査について、新たな視点から解析と検討を試みたものである。本調査の単年毎の結果の一部は、2004年以降に発行された陸上競技研究紀要、及び日本陸連科学委員会研究報告等にて公表されている。本研究に関して申告すべき利益相反はない。

8. 文献

- 1) 平成 26 年度「家庭教育の総合的推進に関する調査研究」－睡眠を中心とした生活習慣と子供の自立等との関係性に関する調査－平成 26 年度文部科学省委託調査、(株) リベルタス・コンサルティング
- 2) 服部伸一，高校生の蓄積的疲労感とライフスタイル要因との関連について．学校保健研究，53；2011；164-172

原著論文

<原著論文>

目 次

中学エリート選手の競技継続とハイパフォーマンスの維持に関する研究・・・・・・・・・・ 38
渡邊將司， 神山結衣

やり投げにおける意識的な助走速度増大がパフォーマンスと動作に及ぼす影響・・・・・・・・ 45
中西啄真， 淵本隆文

短距離走者を対象とした心理テストの時間的変動性の検討・・・・・・・・・・ 54
橋本泰裕， 中田大貴

中学エリート選手の競技継続とハイパフォーマンスの維持に関する研究

渡邊 将司¹⁾ 神山 結衣^{1,2)}

1) 茨城大学教育学部 2) 栃木県高根沢町立北小学校

A study of retention of competition and maintenance of high performance of junior high school elite athletes

Masashi Watanabe¹⁾ Yui Kamiyama^{1,2)}

1) College of Education, Ibaraki University

2) Takanezawa Town Kita Elementary School

Abstracts

This study was conducted using a follow-up survey of national ranking and its event in elite junior high school athletes. The subjects were 2,278 (M, 1,274; F, 1,004), all of whom were athletes of 3rd grade in junior high school and ranked among the top 10 of a national ranking and placed among the top 8 in a junior high school national championship and junior Olympic game, excluding 1st and 2nd grade students. Their national rankings and events were collected for the decade during which they were 16–25 years old. This research revealed the following five points. 1) Around 40% of respondents ranked among the top 20 during the high school period. 2) Around 15% of respondents ranked among the top 20 during the college period. 3) Around 8% of respondents ranked among the top 20 during the senior period. In conclusion, this study suggested that it is difficult to predict future excellence from performance during junior high school period.

I. 緒言

若年期のスポーツタレント発掘・育成は、世界的に古くから注目されている話題である。現在の日本においても国際大会での活躍を目指し、タレント選手の発掘・育成を目的とする様々な取り組みが行われている。

日本オリンピック委員会（以下、JOC）は、国際競技力向上及びその安定的な維持の施策の一環として、JOCエリートアカデミーを2008年4月から実施している。2017年度には、7競技で中学1年生から高校3年生までの選抜された34名が、各競技団体の一貫指導システムに基づいた指導を受け、ユースオリンピックへの出場や日本選手権優勝などの実績をあげている（日本オリンピック委員会、online）。また、日本スポーツ協会は、日本スポーツ振興センターからの委託事業として、2017年からJAPAN RISING STAR PROJECT（J-STARプロジェクト）

を開始した（日本スポーツ協会、online1）。本プロジェクトは、オリンピック・パラリンピック競技大会に向けて有望なアスリートを発掘し、競技団体の強化育成コースに導くことがねらいである。日本スポーツ協会は関係団体と連携をして全国各地で発掘プログラムを展開し、競技ごとに拠点となる都道府県にて、世界レベルの指導者とともに合宿形式でのトレーニング等を行っている（日本スポーツ協会、online2）。

日本陸上競技連盟は、国際大会での活躍が大いに期待できる次世代の競技者を強化育成するダイヤモンドアスリート制度を2015年から開始した。対象となるのはU19世代の選手で、目覚ましい活躍をした者が毎年選出されている。彼らには、医科学的な測定、国際的なリーダーシップを発揮できるアスリートに成長したりすることをねらいとした測定・研修プログラム、海外の人とのコミュニケーションを図ることができるよう語学研修プログラム、ダイ

表1 各種目の対象者数(男子)

種目	年度							合計
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	
100m	16	18	19	16	17	17	17	120
200m	16	14	16	14	13	14	15	102
400m	14	12	12	15	12	13	12	90
110mH	12	14	14	14	14	13	11	92
800m	12	14	16	12	13	15	13	95
1500m	11	12	14	12	12	10	14	85
3000m	14	13	13	15	13	10	12	90
走幅跳	11	13	13	14	14	13	13	91
走高跳	15	14	16	16	11	16	11	99
棒高跳	10	9	13	10	11	14	13	80
砲丸投	14	13	12	16	12	11	14	92
円盤投	8	8	8	8	6	12	11	61
ジャベリックスロー	8	8	8	8	8	8	8	56
混成競技	22	21	22	25	10	10	11	121

混成競技は、2003年度までは三種競技A・B、2004年度から四種競技に変更された

表2 各種目の対象者数(女子)

種目	年度							合計
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	
100m	15	14	14	18	15	14	19	109
200m	14	13	16	14	13	12	13	95
100mH	13	14	17	12	13	12	13	94
800m	12	14	10	9	11	10	10	76
1500m	10	11	10	6	11	11	10	69
3000m	8	8	8	8	8	10	10	60
走幅跳	11	12	13	9	11	13	14	83
走高跳	14	14	17	11	14	17	15	102
砲丸投	10	10	10	11	12	11	11	75
円盤投	8	8	8	8	8	13	12	65
ジャベリックスロー	8	8	8	6	8	7	7	52
混成競技	24	22	24	23	10	10	11	124

混成競技は、2003年度までは三種競技A・B、2004年度から四種競技に変更された

ヤモンドアスリートの担当コーチが研修をする担当コーチ研修、海外での遠征・合宿・マネジメントに対して行われる海外サポートプログラム、栄養サポートやフィジカルサポート等が受けられる国内サポートプログラム、海外コーチからの指導を受けることのできる海外コーチ招聘プログラム、国内競技会への派遣など7つのプログラム内容が行われている(日本陸上競技連盟, online1)。修了生には、女子やり投の北口榛花選手、男子走幅跳の橋岡優輝選手、男子短距離走のサニブラウン・アブデル・ハキーム選手など、日本代表として活躍する選手が多く存在する。選出の背景には、オリンピックや世界選手権における日本代表選手の多くが、高校期には全国レベルで活躍する傾向にあったことが挙げられる(渡邊ら, 2013)。

一方で、日本代表選手の中には中学校期から全国レベルで活躍していた選手もいる。例えば、男子400mHの日本記録保持者である為末大氏は、全国中学校陸上競技選手権大会(全中)において100mと200mで優勝するとともに、その年には200mで中学

記録を樹立した。女子走幅跳の日本記録保持者である井村久美子氏(旧姓・池田)は、走幅跳で全中を3連覇した。このように中学校期からシニア期にかけて非常に高いパフォーマンスを発揮し続ける選手もいるが、中学校期以降、伸び悩む選手や競技を辞めてしまう選手も存在する。

そこで本研究は、中学校期に全国上位であった選手(中学エリート選手)の全国ランキングを10年間追跡し、中学校期以降で競技継続および全国上位を維持している選手の割合を明らかにする。これらを明らかにすることは、中学生年代でのタレント選手発掘の可能性を見極めるだけでなく、選手の育成方法や種目の在り方などを検討する一助となるかもしれない。

II. 方法

1. 調査対象

本研究は、2000～2006年度に中学3年生であり、各種目で中学1～2年生を除いた全国ランキン

表3 各期における陸上競技を継続した選手の割合

	男子				女子			
	高校期	大学期	シニア期	p値	高校期	大学期	シニア期	p値
全体	77%	47%	22%	<0.01	86%	54%	23%	<0.01
100m	79%	40%	22%	<0.01	91%	58%	25%	<0.01
200m	78%	47%	21%	<0.01	87%	57%	17%	<0.01
400m	67%	40%	16%	<0.01	-	-	-	<0.01
110mH/100mH*	89%	60%	26%	<0.01	86%	54%	17%	<0.01
800m	79%	49%	16%	<0.01	91%	62%	29%	<0.01
1500m	75%	42%	24%	<0.01	94%	57%	41%	<0.01
3000m	88%	58%	40%	<0.01	97%	58%	40%	<0.01
走幅跳	80%	56%	25%	<0.01	87%	55%	25%	<0.01
走高跳	79%	44%	20%	<0.01	91%	54%	18%	<0.01
棒高跳	95%	46%	16%	<0.01	-	-	-	<0.01
砲丸投	77%	63%	24%	<0.01	89%	60%	17%	<0.01
円盤投	75%	46%	23%	<0.01	74%	42%	14%	<0.01
ジャベリックスロー	43%	23%	9%	<0.01	67%	40%	13%	<0.01
混成競技	60%	45%	14%	<0.01	80%	51%	19%	<0.01

*男子は110mH, 女子は100mH

グ10位以内および全日本中学校陸上競技選手権大会、ジュニアオリンピックで入賞した選手を対象とした。同一人物が複数種目に登場する場合にはすべての種目で集計し、延べ2,278人（男子1,274人、女子1,004人）が対象となった。対象者数の詳細は表1, 2に示した。

2. データ収集方法

陸上競技マガジン記録集および記録部が運営するランキングサイト (<https://rikumaga.com/>) を用いて、各年度（各学年）末における最も高いランキングを示した種目および順位を16歳から25歳までの10年間を追跡して収集した。中学3年生時を中学校期、高校時代を高校期、大学時代または19～22歳時を大学期、大学卒業後の社会人1年目から3年目までまたは23～25歳時をシニア期とした。中学校期は中学ランキング、高校期は高校ランキング、大学期とシニア期は日本ランキングを用いて成績を集計した。種目および記録が不明であるものは競技を継続していないと見なして集計した。

3. 統計処理

年度末における最も高い順位およびその種目を男女別に単純集計した。得られたデータをもとに、陸上競技の継続率（記録が存在していた者の総数/中学エリート選手の総数）と全国上位者の割合を年度ごとに算出した。ここでの全国上位者は、Kearney and Hayes(2018)に倣って全国ランキング20位以内とし、全国ランキング20位以内の者の総数を中学エリート選手の総数で除して年度ごとに割合を算出した。各期の割合の差の検定にはカイ二乗検定を用いた。

高校期は3年間、大学期は4年間、シニア期は3年間あるが、各期の最も高い順位を抽出して分析に用いた。同一種目の継続率や全国上位者の割合を表しているのではない。本研究では、中学校期の種目に同一人物が複数登場する場合にはすべて集計している。例えば、中学校期に100mが6位、200mが5位で集計された選手がおり、高校期の最高順位が400mの13位となった場合には、100mと200mの両種目で400mの13位という結果が集計されることになる。そのような集計方法をとることで、高いパフォーマンスを収めた選手の特徴をより多く反映させることができると考えた。集計および統計分析には、Microsoft office Excel 2016および統計ソフト JMP8.0 (SAS Institute, Tokyo, Japan) を使用した。有意水準は5%とした。

III. 結果

1. 陸上競技の継続率の推移

表3には、陸上競技を継続した選手の割合を高校期、大学期、シニア期別に示した。全体およびすべての種目において有意差が認められた ($p < 0.01$)。高校期では、男子で77%、女子で86%が継続していた。種目別にみると、男子では棒高跳 (95%)、110mH (89%)、3000m (88%)、女子では3000m (97%)、1500m (94%)、100m・800m・走高跳 (91%) の順に高い継続率を示した。大学期では、男子で47%、女子で54%と低下した。種目別にみると、男子では砲丸投 (63%)、110mH (60%)、3000m (58%)、女子では800m (62%)、砲丸投 (60%)、100m・3000m (58%) の順に高い継続率を示した。シニア期では継続率がさらに低下し、男子で22%、女子

表4 各期における全国ランキング20位以内に入った選手の割合

	男子				女子			
	高校期	大学期	シニア期	p値	高校期	大学期	シニア期	p値
全体	38%	13%	6%	<0.01	44%	18%	10%	<0.01
100m	32%	9%	5%	<0.01	47%	21%	15%	<0.01
200m	34%	15%	7%	<0.01	51%	18%	11%	<0.01
400m	25%	9%	5%	<0.01	-	-	-	<0.01
110mH/100mH*	54%	16%	6%	<0.01	45%	15%	12%	<0.01
800m	32%	6%	6%	<0.01	45%	16%	12%	<0.01
1500m	33%	9%	9%	<0.01	41%	10%	13%	<0.01
3000m	45%	12%	9%	<0.01	37%	10%	10%	<0.01
走幅跳	42%	16%	2%	<0.01	44%	19%	12%	<0.01
走高跳	32%	15%	9%	<0.01	53%	24%	12%	<0.01
棒高跳	66%	24%	11%	<0.01	-	-	-	<0.01
砲丸投	47%	19%	6%	<0.01	53%	24%	4%	<0.01
円盤投	41%	17%	11%	<0.01	37%	20%	8%	<0.01
ジャベリックスロー	18%	4%	0%	<0.01	31%	10%	4%	<0.01
混成競技	29%	12%	3%	<0.01	49%	25%	12%	<0.01

*男子は110mH, 女子は100mH. 高校期は高校ランキングで大学期とシニア期は日本ランキング。

で23%であった。種目別にみると、男子では3000m (40%), 110mH (26%), 走幅跳 (25%), 女子では1500m (41%), 3000m (40%), 800m (29%) の順に高い継続率を示した。一貫してジャベリックスローの選手の継続率は最も低かった。

2. 全国上位の成績を収める割合の推移

表4には、全国ランキング20位以内の成績を収めた選手の割合を高校期、大学期、シニア期別に示した。全体およびすべての種目において有意差が認められた ($p < 0.01$)。

高校期では、男子で38%、女子で44%が20位以内にランクインしていた。種目別にみると、男子では棒高跳 (66%), 110mH (54%), 砲丸投 (47%), 女子では走高跳・砲丸投 (53%), 200m (51%), 混成競技 (49%) の順に高い割合を示した。大学期では、男子で13%、女子で18%と低下した。種目別にみると、男子では棒高跳 (24%), 砲丸投 (19%), 円盤投 (17%), 女子では混成競技 (25%), 走高跳・砲丸投 (24%), 100m (21%) の順に高い割合を示した。シニア期では継続率がさらに低下し、男子で6%、女子で10%であった。種目別にみると、男子では棒高跳・円盤投 (11%), 1500m・3000m・走高跳 (9%), 200m (7%), 女子では100m (15%), 1500m (13%), 100mH・800m・走幅跳・走高跳・混成競技 (12%) の順に高い割合を示した。一貫してジャベリックスローは最も低い割合を示した。

IV. 考察

本研究では、中学エリート選手の全国ランキングを10年間追跡し、競技継続やハイパフォーマンス

を維持する者の割合を明らかにした。中学生年代に優れた成績を収めた選手のシニア期でのパフォーマンスについて、イギリス (Kearney and Hayes, 2018) とイタリア (Boccia et al., 2017) から報告があるが、両者ともハイパフォーマンスを示したジュニア選手のうち、シニア期においても高いパフォーマンスを示した選手が少ないことから、その年代での将来的なパフォーマンスを予測することは難しいと述べている。本研究は両国に次いで追跡調査で、得られた結果はおおむね同じであった。

まず高校期での陸上競技の継続率は、男子で77%、女子で86%と高い割合を示した。中学校期に高い競技成績を収めたことがモチベーションとなり、高校での高い継続率につながっていると言えよう。一方で、高校ランキング20位以内に入った選手の割合は、男子で38%、女子で44%であったことから、中学校期に引き続いて高校期においても高い競技成績を収める選手は半数以下になっていることがわかる。この割合は、イギリスの選手を対象にした Kearney and Hayes (2018) の報告とほぼ同じであった。つまり、中学校期のパフォーマンスから高校期のパフォーマンスを予測することはやや難しいと言えるだろう。

高校期のパフォーマンスを予測する精度が低くなる要因の一つに、身体成熟や誕生月の影響がある。中学校期は身体的な発育が著しい時期 (思春期) であるため、身体的な成熟が進んでいる者は体格や体力に優れ、高いスポーツパフォーマンスを発揮する傾向にある。実際に、全国大会に出場する選手には学年の前半生まれの者が多い (日本陸上競技連盟, online2)。しかし高校期になると身体の成熟差はほとんどなくなる。結果として、体格・体力的優位が

なくなつてパフォーマンスの伸びが緩やか（あるいは停滞や低下）になるとともに、高校からパフォーマンスが向上した選手に上位を譲る結果になっていると思われる。オリンピックや世界選手権の日本代表選手では、中学校期に全国大会に出場した経験がある者は約40%であったが、高校期においては約80%であった（渡邊，2013）。このように中学校期には目立っていなくても高校期に急成長する選手は存在する。その中でも、男子の棒高跳と110mH，女子の走高跳，そして男女砲丸投といった，比較的技術要素の高い種目は高校期でも全国上位で活躍する選手の割合が高かった。こういった種目については中学校期から高校期のパフォーマンスをやや高く予測できるのかもしれない。パフォーマンスには運動技術の発達やコーチングも影響するので，それらの要因が身体成熟の差を埋め合わせている可能性もあることは無視できない（Boccia et al. 2017）。また，半数以上の選手がハイパフォーマンスを維持できなくなっている背景には，過度なトレーニング，心身のストレス（精神的な燃え尽きや怪我），早期専門化，学業との両立，興味の変化等も挙げられる（Enoksen, 2011）。しかし，本研究ではそれらの要因については調査していないので十分に言及できない。

大学期になると陸上競技の継続率や日本ランキング20位以内に入る者の割合は著しく減少した。それは高校期において半数以上の選手がランキングの上位に位置しなくなることが関係しているかもしれない。また高校卒業後の進路選択も関係しているだろう。例えば2019年度の陸上競技の登録者数をみると，高校では111,691人であるのに対して大学では20,296人と，大学になると急激に登録者数が減少することから（日本陸上競技連盟，online3），高校卒業は大きな転換期であると言える。高校期に高い競技成績を収めた選手すべてが，競技を継続するために大学進学または実業団に所属するわけではない。陸上競技とは異なる目標に向かって方向転換して，競技を辞める者もいれば，楽しく続けている者もある。このような心理社会的要因もまた低い継続率に関係していると思われる。低い継続率ではあるがその中でも，男女ともフィールド種目の者は全国ランキングで上位に位置する傾向がある。フィールド種目はトラック種目（走種目）に比べて技術的要素が高いことから，技術的な改善の余地（もちろん体力的要素も）を感じて練習に取り組み，高いパフォーマンスを獲得する者が多いのかもしれない。一方，トラック種目で高いパフォーマンスを維持し

ている者はより少ない傾向にある。原因ははっきりとしないが，精神的な燃え尽き，環境の変化，指導者の不在，怪我等（Enoksen, 2011）の影響がフィールド種目以上に関係しているかもしれない。

シニア期になるとその割合はより低下し，日本ランキング20位以内に入る者は男子で6%，女子で10%になった。Haugen et al. (2018) は，2002年から2016年の間に世界ランキング100位以内に入った陸上競技選手を対象にしてピークパフォーマンスが現れた年齢を調査した。その結果，多くの種目でピークは25～27歳くらいに現れるが，マラソンや投擲種目は28～29歳まで延長していたことを明らかにした。日本の場合，歴代20傑に入った選手のピーク年齢は，男子100m選手で23.4±3.2歳，男子400mH選手で24.1±2.7歳と，世界歴代30傑に入った選手よりも2～3歳ほど若かった（森丘，2014）。これらのことから，パフォーマンスがピークとなる20歳代中盤以降（つまりシニア期）のパフォーマンスを中学校期から予測することはかなり難しいと言える。また非常に低い割合であるがゆえに，種目特性は確認できなかった。大学卒業後に高いレベルで競技を継続できる場合は，大学院か実業団であろう。実業団に関しては，国内では駅伝に人気があるため長距離走選手の受け皿は比較的大きい。それ以外の種目でも様々な企業で少数を受け入れているケースが増えてきていることもあってか，種目差や性差はなくなってきていると思われる。しかし，依然として大学卒業後に競技を継続できる受け皿が小さいのは課題であろう。

現在の日本では，中学校期で全国大会や各地域で強化練習会が開催されている。中学校期のハイパフォーマンスをシニア期まで維持できる選手が非常に少ないことを踏まえると，中学生を強化することはどのような意味を持つのだろうか。オリンピックや世界選手権の日本代表選手の中には中学校期から全国トップレベルで活躍した選手も少なからず存在するため，全国大会を開催することや選手強化することは無意味ではないのかもしれない。しかしながら，費用対効果は大きいとは言えないだろう。

ドイツにおいて世界大会やヨーロッパ選手権でメダルを獲得した選手（World Class: WC）と国内上位選手（National Class: NC）を対象にした研究は興味深い結果を示している（Gullich and Emrich, 2014）。WCはNCに比べてメインスポーツの専門化が遅く，低年齢期から青年期までメインスポーツ以外のスポーツにも多くの時間を費やしていた。その背景には，気分のリフレッシュだけでなく，様々な

身体感覚の獲得がメインスポーツのパフォーマンスにも好影響をもたらしている可能性があるとしている。

日本陸上競技連盟はトランスファーガイドを策定し、より長く競技を継続することを促している（日本陸上競技連盟 online2）。その背景には種目を転向（トランスファー）して成功した選手が多く存在していることが挙げられる（渡邊ら, 2014）。高校期からは種目が増えるため、より適性のある種目に出会える可能性がある。隠れた可能性を発掘するためにも、中学校期には一つの種目に絞って専門化するのではなく、様々な種目を経験させることが重要であろう。それはきっと、気分のリフレッシュや怪我の予防だけでなく、様々な体力や身体能力（身体リテラシー）を獲得して、中心的に取り組んでいる種目のパフォーマンス向上にもつながるかもしれない。

V. 研究の限界

今回行った調査では、2000～2006年度に中学3年時であった選手を対象とした。そのため、最近の中学エリート選手にも当てはまるかはわからない。また、本研究は全国ランキングでパフォーマンスを評価しているため、ベスト記録が更新されていてもランキングは下がっている者が存在する可能性もある。さらに、本研究は25歳を上限としているが、それ以降でさらに高いパフォーマンスを発揮した者も存在する。したがって今後も継続して調査をすることが必要である。

VI. まとめ

本研究では、陸上競技における中学エリート選手の全国ランキングと種目を10年間追跡調査した。2000年～2006年度に中学3年生であり、各種目で中学1～2年生を除いた全国ランキング10位以内および全日本中学校陸上競技選手権大会、ジュニアオリンピックで入賞した選手、延べ2,278人（男子1,274人、女子1,004人）を対象とし、全国ランキングと種目を16歳から25歳まで収集した。各期でランキング20位以内に入った者の割合をみると、高校期では40%前後、大学期では15%前後、シニア期では8%前後であった。これらの結果から、中学校期のハイパフォーマンスが将来のハイパフォーマンスに必ずしも結びつかないことが明らかとなった。

VII. 引用文献

- Boccia G, Moisé P, Franceschi A, Trova F, Panero D, La Torre A, Rainoldi A, Schena F, Cardinale M (2017) Career performance trajectories in track and field jumping events from youth to senior success: the importance of learning and development. *PLoS One*, 12(1):e0170744.
- Enoksen E (2011) Drop-out rate and drop out reasons among promising Norwegian track and field athletes. *Scand Sports Stud Forum*. 2:19-43.
- Güllich A and Emrich E (2014) Considering long-term sustainability in the development of world class success. *Eur J Sport Sci*. 14: S383-97.
- Haugen TA, Solberg PA, Foster C, Morán-Navarro R, Breitschädel F and Hopkins WG (2018) Peak age and performance progression in world-class track-and-field athletes. *Int J Sports Physiol Perform*. 13(9):1122-1129.
- Kearney PE and Hayes PR (2018) Excelling at youth level in competitive track and field athletics is not a prerequisite for later success. *J Sports Sci*. 36(21):2502-2509.
- 森丘保典 (2014) タレントトランスファーマップという発想-最適種目選択のためのロードマップ-. 陸上競技研究紀要, 10:51-55.
- 日本オリンピック委員会 (online) JOC エリートアカデミー事業.
<https://www.joc.or.jp/training/ntc/eliteacademy.html>. 2018年12月1日閲覧
- 日本陸上競技連盟(online1) ダイヤモンドアスリート.
<http://www.jaaf.or.jp/diamond/>. 2018年12月1日閲覧.
- 日本陸上競技連盟 (online2) タレントトランスファーガイド.
https://www.jaaf.or.jp/pdf/development/transferguide_2019.pdf. 2020年1月20日閲覧.
- 日本陸上競技連盟 (online3) 登録について.
<https://www.jaaf.or.jp/about/entry/>. 2020年11月10日
- 日本スポーツ協会 (online1) ジャパンライジングスタープロジェクト事業概要.
<https://www.j-star.info/summary/>. 2018年12

月 10 日.

日本スポーツ協会 (online2) J-STAR プロジェクト
平成 29 (2017) 年度報告書.

http://www.star.info/app/download/11852742657/J-STAR_report_all.pdf?t=1529989394. 2018 年 12 月 14 日閲覧.

渡邊將司, 森丘保典, 伊藤静夫, 三宅聡, 森泰夫, 繁田進, 尾縣貢 (2013) オリンピック・世界選手権日本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 (2014) 日本代表選手はいかに育ってきたか—日本陸連による代表選手の軌跡調査—. 陸上競技研究紀要, 10: 47-50.

やり投げにおける意識的な助走速度増大がパフォーマンスと動作に及ぼす影響

中西 啄真¹⁾ 淵本 隆文¹⁾

1) 大阪体育大学

Effects of conscious increase in the approach velocity on the performance of javelin throwers and their movements

NAKANISHI Takuma¹⁾ FUCHIMOTO Takafumi¹⁾

1)Osaka University of Health and Sport Sciences

Abstracts

This study was performed to elucidate the effects of consciously maximized approach velocity on the performance and dynamics of javelin throwing, with 12 right-handed male javelin throwers as test subjects instructed to throw the javelin at their usual competitive approach velocity (UA) and at a consciously maximized approach velocity (MA). Three-dimensional dynamics analysis of the results showed that:

- 1) Throw distance was significantly lower with MA than with UA.
- 2) No significant difference was evident between MA and UA in either initial or horizontal velocity to javelin, but vertical velocity to javelin was significantly lower with MA than with UA.
- 3) Angular displacement of the left knee from final left leg contact to javelin release was significantly higher with MA than with UA.

These findings indicate that the greater acute left knee bending from the final left leg contact to javelin release that occurs in javelin throwing at MA impedes effective force transmission from the lower limbs to the javelin, thus lowering the vertical velocity imparted to the javelin and leading to a shorter javelin throw distance than at UA.

I. 緒言

やり投げに関する研究では、やり初速度（リリース直後のやり重心の合成速度）が投てき距離を決定する主な要因であることを明らかにしている(Mero, A et al, 1994; 村上・伊藤, 2003; 伊藤ほか, 2006). やり投げは水平方向への飛距離を競うことから初速度の3次元成分のうち、水平速度が注目されるが、世界一流選手の中では、やりに対してほぼ同じ水平速度を与えながらも、高い鉛直速度を与えられた選手がより良い成績を収めていたことから、やりを鉛直方向に加速させる技術の重要性も示唆されている(Tauchi, K et al, 2009).

また、やり投げは他の投てき種目とは異なり、規定された助走路内（長さ30m以上、幅4m）で助走を伴って投げることが許されている。このことから

リリース直前の身体重心速度（以降、重心速度とする）についても着目され、最後の左足接地以前の重心速度と投てき距離との間に有意な正の相関関係が認められたという多くの報告がある(有賀・古谷, 1987; 伊藤ほか, 2006; 田内ほか, 2012; 田内ほか, 2014). すなわち、投てき距離の大きい選手ほど、リリース直前の重心速度が高かったことを明らかにしている。しかし、ほとんどのやり投げ選手が助走路局面（リリース2歩前の右足接地以前）において、試合時に自身の最大速度で助走を行っていない。なぜなら、最大速度で助走をすると理想的な投動作ができず、やりの加速が不十分となり、投てき距離の減少に繋がることを予想しているからである。実際に有賀・古谷(1987)は、最大助走速度（やりを保持した状態の正面向き全力疾走速度）を計測し、その後、最大助走速度に対するそれぞれ40%、60%、

90%を目安にした重心速度の投てきと、試合用の重心速度の投てきをさせた。その結果、熟練者と半熟練者では試合用の重心速度（最大助走速度に対して約60～82%の範囲であった）の投てきまで速度の増加に伴い投てき距離も増加したが、試合用よりも重心速度が高かった最大助走速度の90%を目安にした重心速度（最大助走速度に対して約73～86%の範囲であった）の投てきでは投てき距離が減少したことを報告している。しかし、最大速度の助走をして投げた試技と試合用速度の助走をして投げた試技のパフォーマンスや動作の比較をした研究は見られない。

国内一流男子やり投げ選手の成功試技と失敗試技の動作を比較した研究（村上ほか，2008）では、失敗試技の方が成功試技より重心速度が高かったことや、動作のタイミングの変化によって下肢から上肢へのエネルギー伝達が不十分となり、やりの加速に問題が起きた可能性などを報告している。これらのことから、最大速度で助走をして投げた場合も、動作のタイミングの変化によって下肢から上肢へのエネルギー伝達が不十分となり、やり初速度が減少し、その結果、投てき距離の減少を引き起こすのではないかと考えられる。

本研究では、やり投げにおいて意識的に最大速度の助走をして投げるように指示した場合の、パフォーマンスや動作に与える影響を明らかにすることを目的とした。

II. 方法

1. 被験者

被験者は日本学生陸上競技対校選手権1位の選手および、日本ジュニア陸上競技選手権1位の選手を含む男子やり投げ選手12名で、全員右投げであった。被験者の基本特性は年齢； 22 ± 2 歳、身長； 1.79 ± 0.06 m、体重； 86 ± 7 kg、競技歴； 6 ± 2 年、自己記録； 70.32 ± 5.86 mであった。本実験を開始するにあたり、大阪体育大学研究倫理審査委員会の承認（承認番号17-8）を得た。また、被験者にはインフォームド・コンセントを実施し、事前に本研究の目的と方法を十分に説明、承諾を得た上で人権に配慮して実験を行った。

2. 試技条件

試技は通常助走と最大助走の2条件とし、両助走条件ともに全力投てきさせた。通常助走は試合時と同じ通常速度の助走をして投げるように指示した試

技、最大助走は意識的に最大速度の助走をして投げるように指示した試技とした。

本実験は大阪体育大学陸上競技場（第3種公認）にて実験的に試技を行った。すなわち、通常助走で有効2試技を計測した後に最大助走で有効2試技を計測し（ファールは投げ直しとした）、両助走条件共に記録の良い試技を分析した。2017年度日本陸上競技連盟競技規則に則り有効試技の判定、投てき距離の計測、使用するやりの検定を行った。ただし、実験結果に疲労の影響が出ないように試技間には十分な休憩を挟んだ。実験では硬さの異なる2種類のやり（NISHI製スーパー、NISHI製ロング）を使用し、両助走条件でそれぞれ1投ずつ投てきさせた。被験者の体調や試合日程を考慮し、3回の実験日から都合の良い1日を選択させた。

3. 撮影方法

やり投げ助走路に撮影エリア（1日目：長さ9m、幅4m、高さ2.658m、2、3日目：長さ12m、幅4m、高さ2.9m）を設置し、被験者の投てき動作を右前方と左前方、後方から高速度ビデオカメラ（Panasonic社製LUMIX DMC-FZ300、240fps）で撮影した（図1）。コントロール・ポイント（1日目：12箇所（84点）、2、3日目：15箇所（105点））を助走路内に設置し、3次元座標を算出するために用いる校正点の実空間座標（投てき方向に対して水平右方向をX軸、投てき水平方向をY軸、鉛直上方向をZ軸）の撮影を行った。

4. 分析範囲と動作定義

動作分析に用いた主な局面は、リリース（RL）；やりが手から離れた瞬間、最後の左足接地（L2）、L2の前の右足接地（R）、Rの1歩前の左足接地（L1）であった（図2）。各局面の接地は、足裏全体が地

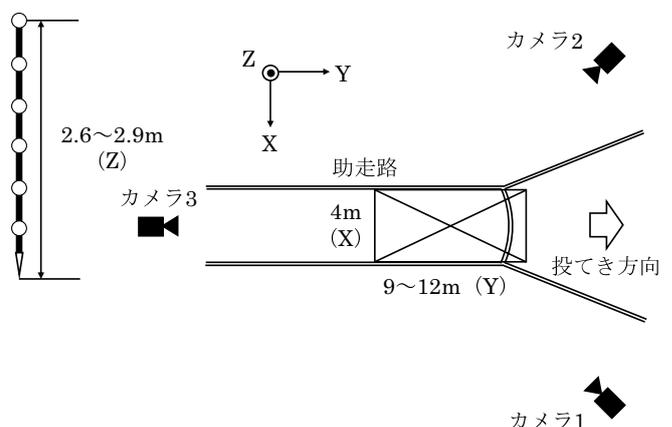


図1 撮影範囲

面に着いた瞬間とした。分析範囲は、L1の0.125s前から、RLの0.125s後とした。

5. データ処理

撮影によって得られた映像をもとに、動作分析ソフト(DKH社製Frame Dias for Windows)を用いて、身体22点(頭頂, 両耳珠点中点および左右の肩峰, 肘関節中心, 手関節中心, 第3中手指節関節, 大転子点, 膝関節中心, 足関節中心, 踵骨隆起, 拇指球, つま先)(阿江, 1996)とやり先端, やり重心(グリップ前方), やり後端の合計25点について、ビデオ画面上の座標値を1/120s毎のデジタイズによって求めた。得られた座標値をもとにDLT法(Direct Linear Transformation Method)を用いて3次元座標を算出した。算出した較正点の3次元座標と実座標との平均誤差は、3回の実験において、X方向:4~5mm, Y方向:7~9mm, Z方向:4~6mmの範囲であった。また、計測点の3次元座標値については、4次のButterworth型デジタルフィルターを用いて遮断周波数10Hzで平滑した。

6. 分析項目

1) 投てき距離と投射条件

投てき距離は2017年度日本陸上競技連盟競技規則に則り、金属製メジャーで計測を行った。やり速度、やり角度(投射角度, 姿勢角度, 迎え角度), 投射高はRL時の値とした。やりの初速度(合成ベクトル), 水平速度, 鉛直速度はやり重心の座標を時間微分することで求めた。上下方向におけるやりの投射角度(①)は3次元空間上のやり重心のRL時の速度ベクトルとXY平面とのなす角度, ②姿勢角度は3次元空間上のやり先端とやり後端を結ぶ線とXY平面とのなす角度, ③迎え角度は姿勢角度から投射角度を引いた角度とした(図3)。投射高(④)は鉛直上方(Z)におけるやりグリップの座標から求めた(図3)。左右方向におけるやりの投射角度と姿勢角度はXY平面で計測し, ⑤投射角度はやり重心のRL時の速度ベクトルとY軸とのなす角度, ⑥姿勢角度はやり先端とやり後端を結ぶ線とY軸と

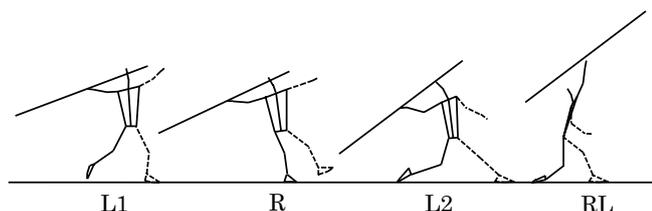


図2 分析局面

のなす角度, ⑦迎え角度は姿勢角度から投射角度を引いて求めた(図3)。

2) 重心速度

重心速度はやりを含む身体合成重心の水平前方向(Y)の座標を時間で微分して求め、RL直前のL1-R間とR-L2間の重心速度を算出した。身体重心は阿江(1996)の身体部分係数を用いて算出した。L1-R間の重心速度は左足離地直後から右足着地直前までの身体重心の平均水平速度, R-L2間の重心速度は右足のつま先が動いた直後から左足着地直前までの身体重心の平均水平速度とした。

3) 投てき動作

角度と距離および時間は次のように算出した。すなわち, ⑧体幹前後屈角度はYZ平面における両大転子中点と両肩峰中点を結ぶ線とZ軸とのなす角度, 膝角度は3次元空間上の大腿と下腿とのなす角度(⑨左⑩右), ⑪右肘角度は3次元空間上の上腕と前腕とのなす角度, ⑫肩回旋角度はXY平面における両肩を結ぶ線とX軸とのなす角度, ⑬腰回旋角度はXY平面における両大転子を結ぶ線とX軸とのなす角度, 体幹捻転角度(⑫-⑬)は肩回旋角度から腰回旋角度を引いた角度とした(図3)。ストライドは離地直前から接地直後までのつま先の水平距離, 動作時間は離地直前から接地直後までに要した時間とした。角度変位は、局面間の角度の差(L1-R; RからL1を引いた値, R-L2; L2からRを引いた値, L2-RL; RLからL2を引いた値)から求めた。

4) 右腕スイング速度, 右腕スイングの始動タイミング

右腕スイング速度はYZ平面における右肩に対するやりのグリップの相対速度で表した。また、2条件の助走における右腕スイングの始動タイミングを比較するために、L2時点を0%, RL時点を100%とした時の、RL時点に最も近い右腕スイング速度が2m/sを越えた時点(%)を計測した。

7. 統計処理

本研究における全ての測定項目の値は、平均値±標準偏差で示した。2変数値の比較ではWilcoxonの順位和検定を用いた。また、2変数間の関係を把握するために、ピアソンの積率相関係数を用いた。それぞれ、危険率5%未満をもって有意と判定した。

III. 結果

重心速度はL1-R間とR-L2間の両方で最大助走の方が通常助走より有意(L1-R間; $p < 0.001$, R-L2間;

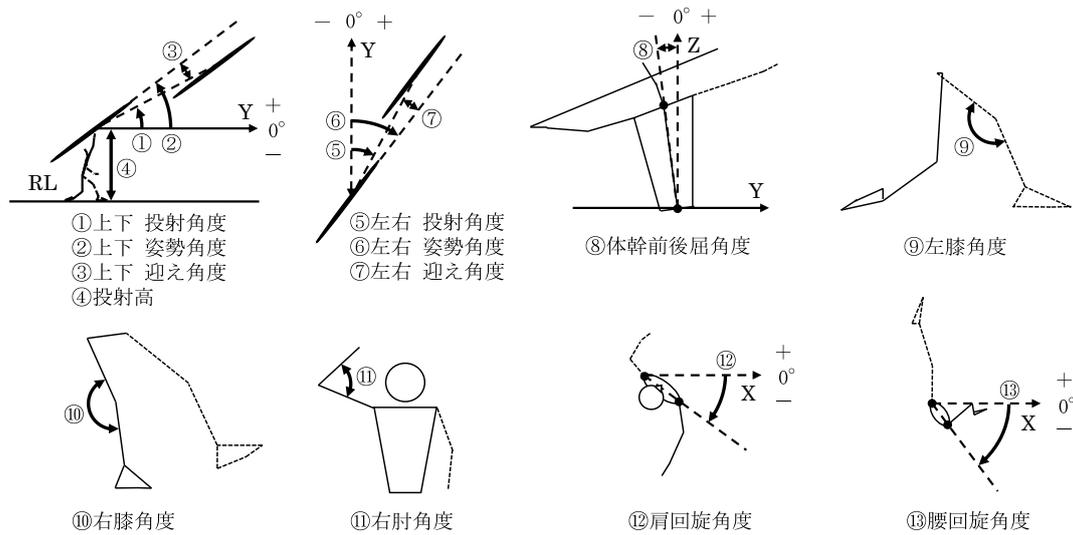


図3 分析項目

$p < 0.05$) に大きい値を示した (図4).

本実験で計測した投てき距離の平均値と標準偏差は、通常助走; $59.12 \pm 6.10\text{m}$, 最大助走; $56.65 \pm 5.27\text{m}$ であり、最大助走の方が通常助走より有意 ($p < 0.05$) に小さい値を示した (図5). やり初速度 (合成ベクトル) は、両条件に有意差は認められなかったが、平均値では最大助走が若干小さい値を示した (図5). やり水平速度は両条件に有意差は認められなかったが、平均値では最大助走が若干小さい値を示した (図5). やり鉛直速度は最大助走の方が通常助走より有意 ($p < 0.05$) に小さい値を示した (図5). やりの上下や左右の角度、投射高には有意差は認められなかった (表2).

表3に各局面の投てき姿勢における通常助走と最大助走との比較を示した. R時において、右肘角度が最大助走の方が通常助走より有意 ($p < 0.01$) に小さい値を示した. また、RL時において、体幹捻転角度 ($p < 0.05$) と左膝角度 ($p < 0.05$) が最大助走の方が通常助走より有意に小さい値を示した. それ以外の測定項目では、両助走条件間で有意差は認めら

れなかった.

表4に各区間の投てき動作における通常助走と最大助走との比較を示した. L1 - R間において、ストライド ($p < 0.01$) が最大助走の方が通常助走より有意に大きい値を示した. また、L2 - RL間において、

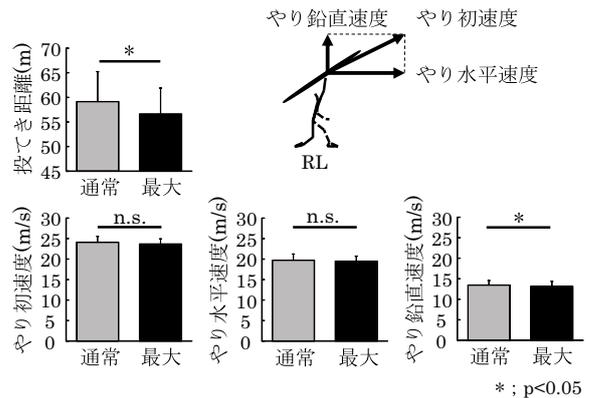


図5 投てき距離とやり速度における通常助走との比較

表1 被験者の自己最高記録、通常助走記録、最大助走記録

被験者	通常助走記録 (m)	最大助走記録 (m)	自己最高記録 (m)
A	66.46	64.38	77.64
B	65.10	64.36	76.64
C	63.61	60.68	74.92
D	63.42	55.26	70.03
E	62.89	61.74	74.13
F	62.62	52.95	71.56
G	59.55	58.70	68.44
H	58.63	52.13	75.74
I	56.18	54.00	67.68
J	53.25	54.21	63.46
K	49.32	53.33	64.56
L	48.37	47.69	59.07
平均	59.12	56.62	70.32
SD	6.10	5.27	5.86

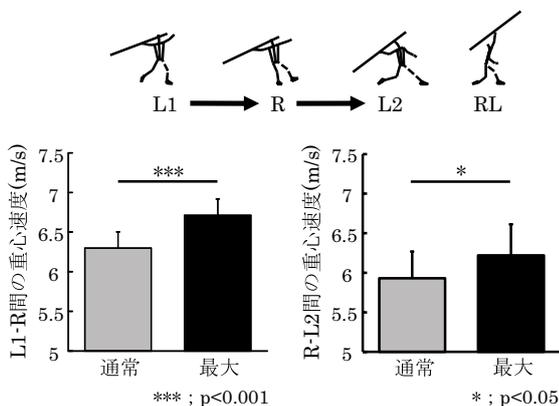


図4 重心速度における通常助走と最大助走の比較

表2 各測定項目における通常助走と最大助走の比較

項目	通常助走	最大助走	有意差
	平均 ± SD	平均 ± SD	
投射角 上下 (deg)	34.01 ± 2.91	33.73 ± 2.78	n.s.
姿勢角 上下 (deg)	36.58 ± 4.03	36.52 ± 4.71	n.s.
迎え角 上下 (deg)	2.57 ± 4.69	2.79 ± 4.63	n.s.
投射角 左右 (deg)	8.25 ± 2.99	6.84 ± 3.37	n.s.
姿勢角 左右 (deg)	17.88 ± 6.74	16.26 ± 5.14	n.s.
迎え角 左右 (deg)	9.64 ± 6.00	9.42 ± 4.35	n.s.
投射高 (m)	1.95 ± 0.08	1.90 ± 0.08	n.s.

肩回旋角変位が最大助走の方が通常助走より有意 (p<0.05) に小さい値を示し、左膝角変位が最大助走の方が通常助走より有意 (p<0.05) に大きい値を示した。それ以外の測定項目では、両助走条件間で有意差は認められなかった。

表5に両助走条件における各局面の測定項目の差(最大-通常)とやり初速度の差との関係を示した。L1時では、体幹捻転角度の差とやり初速度の差との間に有意 (r=0.67, p<0.05) な正の相関関係が認められた。R時では、左膝角度の差とやり初速度の

差との間に有意 (r=0.60, p<0.05) な正の相関関係が認められた。L2時では、腰回旋角度の差とやり初速度の差との間に有意 (r=0.59, p<0.05) な正の相関関係が認められた。RL時では、肩回旋角度の差とやり初速度の差との間に有意 (r=0.60, p<0.05)、体幹捻転角度の差とやり初速度の差との間に有意 (r=0.72, p<0.01)、左膝角度の差とやり初速度の差との間に有意 (r=0.66, p<0.05)、右腕スイング速度の差とやり初速度の差との間に有意 (r=0.95, p<0.001) に有意な正の相関関係が認められた。それ以外の測定項目の差とやり初速度の差との間に有意な相関関係は認められなかった。

表6に両助走条件における各区間の測定項目の差とやり初速度の差との関係を示した。R-L2間の腰回旋角変位の差とやり初速度の差との間に有意 (r=0.61, p<0.05) な正の相関関係が認められた。また、L2-RL間では、腰回旋角変位の差とやり初速度の差との間に有意 (r=0.59, p<0.05) な負の相関関係が、左膝角変位の差とやり初速度の差との間に有意 (r=-0.60, p<0.05) な正の相関関係が認めら

表3 各局面の投てき姿勢における通常助走と最大助走の比較

項目	L1			R		
	通常助走	最大助走	有意差	通常助走	最大助走	有意差
	平均 ± SD	平均 ± SD		平均 ± SD	平均 ± SD	
肩回旋角 (deg)	-103.53 ± 12.14	-103.44 ± 13.63	n.s.	-111.73 ± 10.96	-109.52 ± 9.77	n.s.
腰回旋角 (deg)	-77.59 ± 14.78	-76.64 ± 9.37	n.s.	-62.26 ± 22.72	-55.01 ± 27.32	n.s.
体幹捻転角 (deg)	-25.94 ± 10.30	-26.81 ± 12.55	n.s.	-49.47 ± 17.74	-54.51 ± 22.44	n.s.
体幹前後屈角 (deg)	-6.80 ± 4.68	-6.17 ± 4.85	n.s.	-21.12 ± 5.06	-20.09 ± 6.39	n.s.
右膝角 (deg)	119.48 ± 9.54	115.25 ± 8.70	n.s.	124.19 ± 9.98	126.78 ± 9.65	n.s.
左膝角 (deg)	134.65 ± 7.43	136.78 ± 6.76	n.s.	138.12 ± 24.93	132.41 ± 20.15	n.s.
右肘角 (deg)	147.38 ± 11.11	147.11 ± 12.57	n.s.	148.58 ± 9.51	142.77 ± 11.22	**

項目	L2			RL		
	通常助走	最大助走	有意差	通常助走	最大助走	有意差
	平均 ± SD	平均 ± SD		平均 ± SD	平均 ± SD	
肩回旋角 (deg)	-50.16 ± 12.65	-47.04 ± 11.25	n.s.	28.20 ± 6.75	25.81 ± 10.49	n.s.
腰回旋角 (deg)	-23.90 ± 10.66	-18.93 ± 13.66	n.s.	4.68 ± 11.05	7.89 ± 10.67	n.s.
体幹捻転角 (deg)	-26.25 ± 9.92	-28.11 ± 13.52	n.s.	23.52 ± 10.95	17.92 ± 8.51	*
体幹前後屈角 (deg)	-10.59 ± 4.21	-11.42 ± 3.99	n.s.	21.85 ± 8.61	19.57 ± 6.76	n.s.
右膝角 (deg)	163.14 ± 5.80	162.63 ± 4.37	n.s.	115.69 ± 14.38	110.53 ± 12.04	n.s.
左膝角 (deg)	163.14 ± 5.80	162.63 ± 4.37	n.s.	142.29 ± 15.59	131.90 ± 11.65	*
右肘角 (deg)	114.89 ± 8.28	111.67 ± 12.76	n.s.	154.81 ± 9.30	152.48 ± 8.93	n.s.

** ; p<0.01, * ; p<0.05

表4 各区間の投てき動作における通常助走と最大助走の比較

項目	L1-R			R-L2			L2-RL		
	通常助走	最大助走	有意差	通常助走	最大助走	有意差	通常助走	最大助走	有意差
	平均 ± SD	平均 ± SD		平均 ± SD	平均 ± SD		平均 ± SD	平均 ± SD	
肩回旋角変位 (deg)	-8.20 ± 8.88	-6.08 ± 8.34	n.s.	61.57 ± 12.65	62.48 ± 13.54	n.s.	78.35 ± 14.21	72.85 ± 16.47	*
腰回旋角変位 (deg)	15.32 ± 14.77	21.63 ± 23.44	n.s.	38.36 ± 22.19	36.08 ± 29.75	n.s.	28.58 ± 11.64	26.83 ± 13.50	n.s.
体幹捻転角変位 (deg)	-23.53 ± 13.17	-27.71 ± 23.88	n.s.	23.22 ± 20.10	26.41 ± 27.00	n.s.	49.77 ± 11.63	46.02 ± 15.22	n.s.
体幹前後屈角変位 (deg)	-14.32 ± 5.71	-13.92 ± 5.52	n.s.	10.54 ± 5.03	8.67 ± 6.22	n.s.	32.44 ± 7.60	30.99 ± 7.16	n.s.
右膝角変位 (deg)	4.72 ± 9.76	11.54 ± 13.64	*	13.00 ± 11.82	11.43 ± 11.89	n.s.	-21.50 ± 15.12	-27.69 ± 15.37	n.s.
左膝角変位 (deg)	3.46 ± 23.46	-4.37 ± 21.96	n.s.	25.02 ± 23.67	30.22 ± 17.35	n.s.	-20.86 ± 15.05	-30.73 ± 10.17	*
右肘角変位 (deg)	1.21 ± 8.38	-4.34 ± 8.68	**	-33.70 ± 10.37	-31.10 ± 8.94	n.s.	39.92 ± 10.28	40.81 ± 10.27	n.s.
ストライド (m)	2.06 ± 0.15	2.20 ± 0.19	**	1.92 ± 0.12	1.92 ± 0.13	n.s.	-20.86 ± 15.05	-30.73 ± 10.17	n.s.
動作時間 (s)	0.370 ± 0.030	0.368 ± 0.027	n.s.	0.242 ± 0.015	0.234 ± 0.016	n.s.	0.106 ± 0.014	0.106 ± 0.014	n.s.

** ; p<0.01, * ; p<0.05

表5 両助走条件における各局面の測定項目の差とやり初速度の差との関係

項目	L1		R		L2		RL	
	r	有意性	r	有意性	r	有意性	r	有意性
肩回旋角度 (deg)	0.47	n.s.	0.09	n.s.	0.18	n.s.	0.60	*
腰回旋角度 (deg)	-0.39	n.s.	-0.48	n.s.	0.59	*	-0.30	n.s.
体幹捻転角度 (deg)	0.67	*	0.54	n.s.	-0.50	n.s.	0.72	**
体幹前後屈角度 (deg)	-0.54	n.s.	-0.46	n.s.	-0.07	n.s.	0.37	n.s.
右膝角度 (deg)	0.06	n.s.	-0.35	n.s.	0.30	n.s.	0.00	n.s.
左膝角度 (deg)	0.20	n.s.	0.60	*	0.14	n.s.	0.66	*
右肘角度 (deg)	-0.35	n.s.	0.13	n.s.	0.16	n.s.	0.28	n.s.
右腕スイング速度 (m/s)							0.95	***

*** ; p<0.001, ** ; p<0.01, * ; p<0.05

表6 両助走条件における各区間の測定項目の差とやり初速度の差との関係

項目	L1-R		R-L2		L2-RL	
	r	有意性	r	有意性	r	有意性
肩回旋角変位 (deg)	-0.54	n.s.	0.15	n.s.	0.20	n.s.
腰回旋角変位 (deg)	-0.19	n.s.	0.61	*	-0.59	*
体幹前後屈角度 (deg)	0.02	n.s.	0.36	n.s.	0.27	n.s.
右膝角変位 (deg)	0.32	n.s.	0.44	n.s.	0.15	n.s.
左膝角変位 (deg)	0.55	n.s.	0.55	n.s.	0.60	*
右肘角変位 (deg)	0.57	n.s.	0.10	n.s.	0.10	n.s.
動作時間 (s)	-0.11	n.s.	0.31	n.s.	0.03	n.s.
助走速度 (m/s)	0.04	n.s.	0.04	n.s.		
ストライド (m)	-0.43	n.s.	-0.21	n.s.		

* ; p<0.05

れた。それ以外の測定項目の差とやり初速度の差との間に有意な相関関係は認められなかった。

図6に投てき距離とやり初速度のそれぞれにおける通常助走と最大助走との関係を示した。被験者BとIはやり初速度が通常助走より最大助走で1.2m/s以上増加し、投てき距離が最大助走で低下した。被験者D, F, Hは投てき距離が最大助走で6m以上減少した。被験者A, C, D, E, F, H, J, Lはやり初速度が減少した。

図7に右腕スイング速度と右腕スイングの始動タイミングのそれぞれにおける通常助走と最大助走との関係を示した。被験者A, C, D, E, F, H, J, Lの右腕スイング速度は最大助走の方が通常助走より低かったが、この内、A, C, F, Lの4名は右腕スイングの始動タイミングが最大助走において通常助走より遅くなり、D, E, Jの3名は右腕スイングの始動タイミングが最大助走において通常助走より早くなった。

IV. 考察

1. パフォーマンスと動作への影響

重心速度は、L1-R間、R-L2間とも最大助走の方が通常助走よりも有意に高かった(図4)。このことから、被験者は最大助走において指示通りに通常助走より高い速度で助走をしていたことが示され

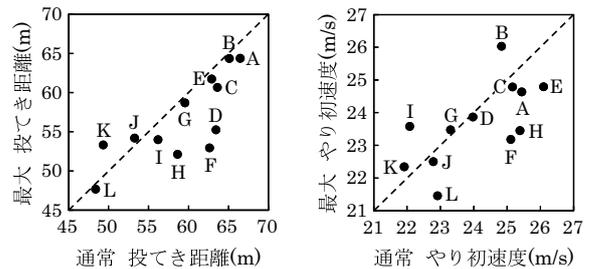


図6 投てき距離、やり初速度における通常助走と最大助走との関係

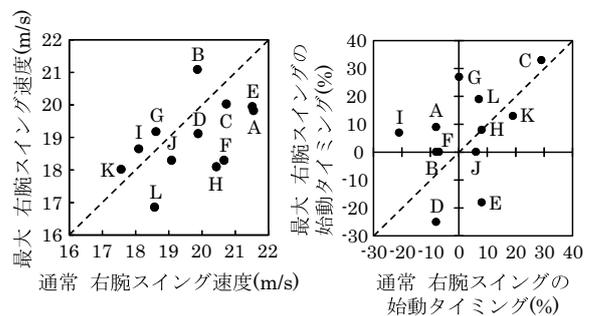


図7 右腕スイング速度、右腕スイングの始動タイミングにおける通常助走と最大助走との関係

た。通常助走に比べて最大助走の重心速度がL1-R間とR-L2間ともに6%増であった。その理由として、有賀・古谷(1987)のように助走のみであれば通常助走の10%以上の高い重心速度を獲得できるかもしれないが、本研究は全力投てきすることを前提と

したため、全力で投げられる範囲の最大重心速度が通常助走の6%増であったのではないかと考えられる。投てき距離は最大助走の方が通常助走より有意に小さかった(図5)。このことから、意識的に最大助走の助走をして投げると投てき距離の減少することが示された。村上・伊藤(2003)は投てき距離が大きい選手はやり初速度(合成ベクトル)が高いと報告しているため、やり初速度を両助走条件で比較したが、本研究では有意差は認められなかった(図5)。さらに、やり初速度を成分に分けて比較したところ、やり水平速度に有意差は見られなかったが、やり鉛直速度に有意差が認められた(図5)。上下方向と左右方向のやり角度、投射高についても両助走条件の比較を行ったが、有意差は認められなかった(表2)。このことから、最大助走で投てき距離の減少した一因が、やり鉛直速度の減少にある可能性が示された。

動作については、最大助走の方が通常助走よりRL時の左膝角度が有意に小さく(表3)、最大助走の方が通常助走よりL2-RL間の左脚角変位は有意に大きかった(表4)。村上・伊藤(2003)は初速度が高い選手ほどRL時の左膝角度が大きかったことを明らかにしている。これらのことから、本研究の最大助走では通常助走よりL2-RL間において左脚のブロック(ブレーキ)が普段通りにできなかったことで、下肢からやりへの力の伝達が上手くできず、

やり鉛直速度が減少し、その結果、投てき距離の減少に繋がった可能性が示唆された。

本研究では両条件の初速度に有意差が認められなかったが、投てき距離が減少した被験者の多くはやり初速度が減少したため(図6)、最大助走の方が通常助走よりやり初速度の減少が大きかった被験者に見られた動作の特徴を調べた(表5,6)。最大助走の方が通常助走よりやり初速度の減少が大きかった被験者ほど、最大助走の方が通常助走よりR-L2間の腰回旋角変位がより減少したことでL2時の腰回旋角度がより減少し、L2-RL間の腰回旋角変位がより増加したのではないかと考えられる(表5,6,図8)。さらに、最大助走の方が通常助走よりやり初速度の減少が大きかった被験者ほど、最大助走の方が通常助走よりL2-RL間の左膝角変位がより増加したことでRL時の左膝角度がより減少したのではないかと考えられる(表5,6,図8)。これらのことから、最大助走の方が通常助走よりやり初速度の減少が大きかった被験者ほどL2-RL間の腰の回旋と前進がより大きくなり、腰が止まらなかったことで体幹からやりへの力の伝達が上手くできず、右腕スイング速度とやり初速度がより減少したのではないかと考えられる(表5,図8)。

また、両助走条件におけるパフォーマンスや動作の変化には個人差があると考えられたので、被験者ごとにも調べた。

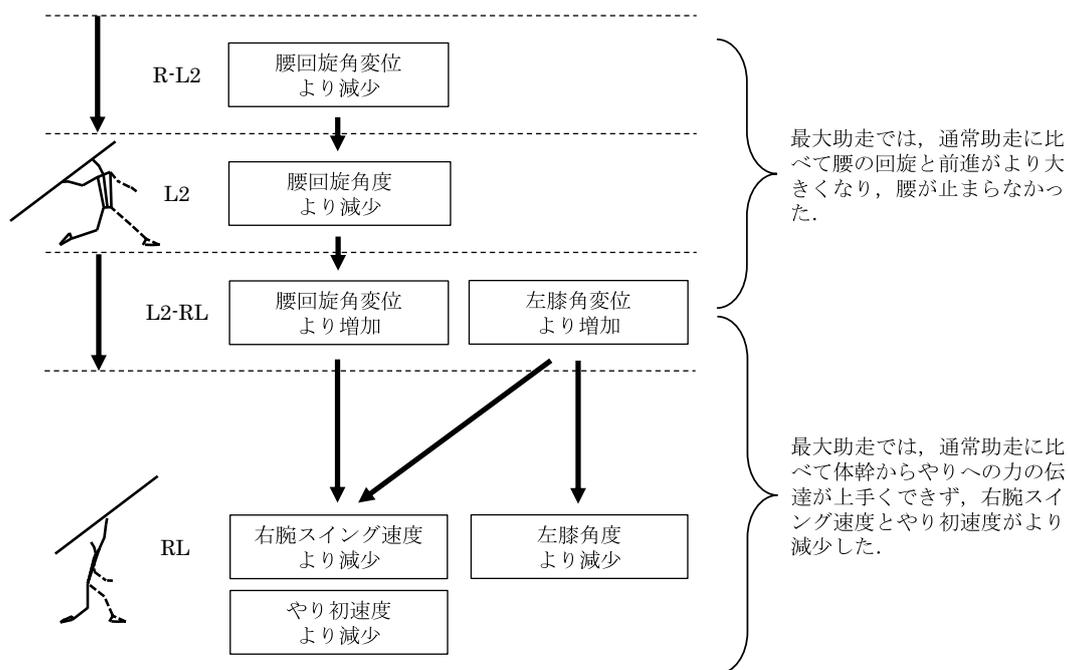


図8 最大助走の方が通常助走よりやり初速度の減少がより大きかった被験者にみられた動作の特徴。表5,6からまとめたものである。各測定項目の「より増加」と「より減少」は通常助走と比較した最大助走での変化を示す。

2. やり初速度が減少した被験者

被験者 A, C, D, E, F, H, J, L の 8 名は最大助走で通常助走よりやり初速度が減少した (図 6). 村上・伊藤 (2003) はやり初速度と右腕スイング速度との有意な相関関係を報告しており, 本研究でも最大助走でやり初速度が減少した 8 名全員が右腕スイング速度も最大助走で減少した (図 6, 7). この結果から, 右腕スイング速度の減少がやり初速度減少の重要な要因と考えられる.

3. 右腕スイングの始動タイミング

有賀・古谷 (1987) や村上ほか (2008) は, 動作タイミングの違いによって下肢から体幹, 上肢への力の伝達が上手くいかなかった可能性を示唆している. すなわち, 本研究の右腕スイング速度減少の要因は, 右腕のスイング動作を開始したタイミングの変化にあるのではないかと考えられる. そこで, 両助走条件において L2-RL 間の実時間の差がほとんどなかったため時間の規格化を行い, 右腕スイング速度の変化を比較した (図 9, 10). その結果, 最大助走で通常助走より右腕スイング速度が減少した 8 名の内, A, C, F, L の 4 名は最大助走において通常助走より右腕スイングの始動タイミングが遅くなった (図 7, 9). このことから, 最大助走では右腕スイング速度が十分に高まらないままリリースし

たと考えられる. 一方, D, E, J の 3 名は右腕スイングの始動タイミングが最大助走において通常助走より早くなった (図 7, 10). このことから, 最大助走では体幹から上肢への力の伝達が上手くできず, 右腕スイング速度が十分に高まらなかったのではないかと考えられる.

V. まとめ

本研究の目的は, やり投げにおいて意識的に最大速度の助走をして投てきした場合の, パフォーマンスや動作に与える影響を明らかにすることである. 12 名の男子やり投げ選手を対象に, 試合時と同じ通常速度の助走をして投げるように指示した通常助走と, 意識的に最大速度の助走をして投げるように指示した最大助走の 2 条件で投てきさせ, 動作を 3 次元的に分析し, 次の結果を得た.

- 1) 意識的に助走速度を高めると投てき距離が減少した.
- 2) やり初速度とやり水平速度は助走条件間で有意差は認められなかったが, やり鉛直速度は最大助走で通常助走より有意に減少した.
- 3) L2-RL 間 (最後の左足接地からリリースまで) の左膝角変位が最大助走の方が通常助走より有意に大きかった.

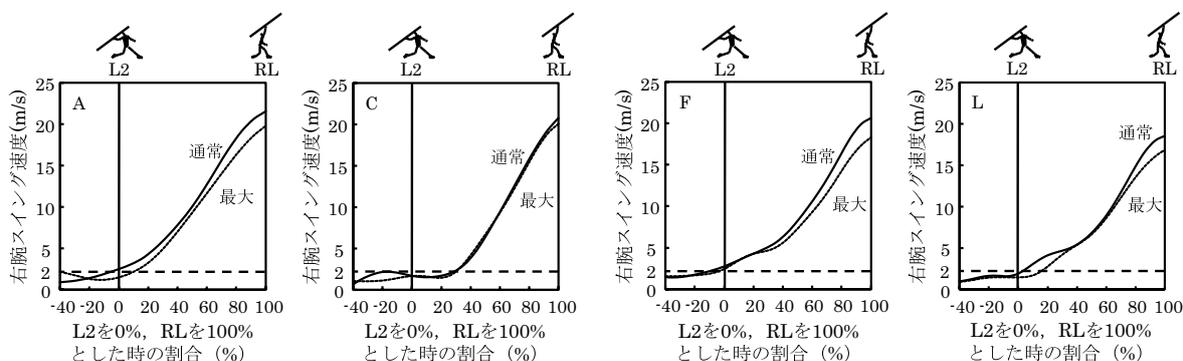


図 9 右腕スイングの始動タイミングが遅くなった被験者の右腕スイング速度変化

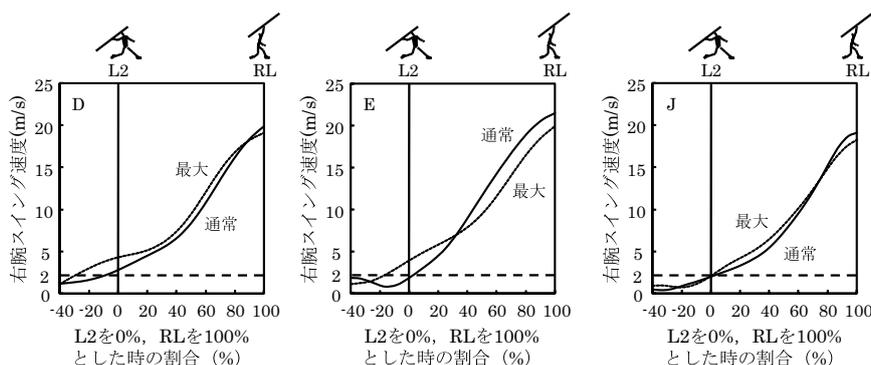


図 10 右腕スイングの始動タイミングが早くなった被験者の右腕スイング速度変化

以上の結果から、最大速度で助走をして投げるとL2-RL間において左脚のブロック（ブレーキ）が普段通りにできなかつたことで下肢からやりへの力の伝達が上手くできず、やり鉛直速度が減少し、その結果、投てき距離の減少に繋がった可能性が示唆された。

また、最大助走の方が通常助走よりもやり初速度が減少した被験者は、全員が右腕スイング速度も減少した。右腕スイング速度が減少した要因として、最大助走において通常助走より右腕スイングの始動タイミングが変化したことで、体幹から上肢への力の伝達が上手くできず、右腕スイング速度が十分に高まらなかつたのではないかと考えられる。

VI. 謝辞

本研究の遂行に当たり有益な助言をいただいた大阪体育大学の植木章三教授と栗山佳也教授、大学院生の坂本達哉氏に深く感謝いたします。また、本実験に関して被験者としてご協力頂きました大学生、社会人のやり投げ選手の方々に心より感謝申し上げます。

VII. 参考文献

1. 阿江通良 (1996) 日本人幼少年およびアスリートの身体部分慣性係数. *Japanese Journal of SPORTS SCIENCES*, 15(3) : 155-162.
2. 有賀誠司, 古谷嘉邦 (1987) 槍投げの助走速度に関する実験的研究. *東海大学紀要*, 体育学部, 16 : 79-92.
3. Best, R., Bartlett, R. and Morriss, C. (1993) A three-dimensional analysis of javelin throwing technique. *Journal of Sports Sciences*, 11 : 315-328.
4. 伊藤 章, 村上雅俊, 田辺 智 (2006) やり投げの投射条件, 助走速度と記録との関係—第11回世界陸上競技選手権大会決勝進出者と日本選手の測定結果—. *陸上競技研究紀要*, 2 : 159-161.
5. Mero, A., Komi, P.V., Korjus, T., Navarro, E. and Gregor, R.J. (1994) Body segment contributions to javelin throwing during final thrust phases. *Journal of Applied Biomech*, 10 : 166-177.
6. 村上雅俊, 伊藤 章 (2003) やり投げのパフォーマンスと動作の関係. *バイオメカニクス研究*, 7 : 92-100.
7. 村上幸史, 田内健二, 本道慎吾, 村上雅俊, 小山裕三 (2008) 国内一流男子やり投競技者における成功試技と失敗試技との投てき動作の比較. *陸上競技研究*, 4 : 21-28.
8. 田内健二, 藤田善也, 遠藤俊典 (2012) 男子やり投げにおける投てき動作の評価基準. *バイオメカニクス研究*, 16 (1) : 2-11.
9. Tauchi, K., Murakami, M., Endo, T., Takesako, H. and Gomi, K. (2009) Biomechanical analysis of elite javelin throwing technique at the 2007 IAAF World Championships in Athletics. *Bulletin of Studies in Athletics of JAAF*, 5 : 143-149.
10. 田内健二, 湯浅景元 (2014) 個人内におけるやり投げの助走速度と投てき距離との対応関係. *中京大学体育研究所紀要*, 28 : 61-64.

短距離走者を対象とした心理テストの時間的変動性の検討

橋本泰裕¹⁾²⁾ 中田大貴³⁾

- 1) 神戸医療福祉大学 健康スポーツコミュニケーション学科 2) 中京大学大学院 体育学研究科
3) 奈良女子大学 研究院生活環境科学系

Time-dependent changes in results of psychological test for track athletes

Yasuhiro Hashimoto¹⁾²⁾ Hiroki Nakata³⁾

- 1) Department of Health, Sport and Communication, Kobe University of Welfare, Fukusaki Town, Japan
2) Chukyo University, Graduate School of Health & Sport Science
3) Department of Health Sciences, Faculty of Human Life and Environment, Nara Women's University

要約

本研究では大学陸上短距離選手を対象とし、可能な限り長期の期間を空け心理テスト (Taikyo Sport Motivation Inventory: TSMI) を2度実施し、テストの時間的変動性について検討した。再テストの間隔は17カ月となり、TSMIにおける17因子の級内係数は $Mean = 0.579$, $SD = 0.146$ であった。各因子に関して F 検定を行った結果、「困難の克服」の因子のみ有意差は認められなかった。また、1回目と2回目の得点に関して T 検定を行った結果、「勝利志向性」と「情緒安定性」の因子において、2回目の方が有意に低下した。さらに、5ヶ月間の期間を空けて再テストを行った先行研究と比較したところ、「目標への挑戦」「困難の克服」「計画性」の3因子における相関係数は有意に低下した。これらの結果から、TSMIにおける17因子は、17カ月の期間を空けた場合、全因子が同様の変化を示すのではなく、変化しにくい因子と変化しやすい因子が存在することが示された。

キーワード: TSMI, 再テスト, 再開発, 性格

ランニングタイトル: 心理テストの時間的変動性

Abstract

The present study investigated time-dependent changes on university track and field athletes using the Taikyo Sport Motivation Inventory (TSMI), with as long an inter-test interval as possible. The inter-test interval was 17 months, and the reliability coefficient was the mean of the 17 factors of TSMI ($Mean = 0.579$, $SD = 0.146$). F-tests for the reliability coefficient showed no significant difference in the scores of the first and second tests regarding the factor “overcoming difficulties”. T-tests showed that the scores of two factors (“victory orientation” and “emotional stability”) were significantly lower in the second test. Compared with a previous study, retesting with an inter-test interval of five months showed a significant decrease in the reliability coefficient of three factors (“challenging target,” “overcoming difficulties,” and “designing”). These results suggest that the 17 factors of TSMI do not show similar changes after 17 months, but some factors tend to change easily with time.

Keywords: TSMI, Inter-test, Redevelopment, Personality

Running title: Changes in results of psychological test

1. 緒言

スポーツ選手の心理的特性を明らかにするために様々な心理テストが用いられてきた。これらのテストは大きく2つに分類することが出来る。1つは選手の性格や気質との関係を検討するものである。この分野では、競技成績とY-G性格検査(矢田部, 1954; 辻岡・藤村, 1957)やMaudsley Personality Inventory(MPI; アイゼンク, 1964)を用いたパーソナリティを測る心理テストとの関係性が検討されてきた(Hayslip, & Petrie, 2014; Judge et al., 2016; Borkoles et al., 2018; Castro-Sánchez et al., 2018)。この発展として、Martens(1977)はスポーツに特化した心理テストSport Competition Anxiety Test(SCAT)を作成した。SCATは日本語でも標準化が行われた(遠藤, 1982; 1986)が、松田ほか(1981)はSCATを更に発展させTaikyo Sport Motivation Inventory(TSMI)を作成した。この心理テストは市町村大会出場選手から国際大会出場選手まで1次調査で1660名、2次調査で3864名のデータを分析対象として、17因子を抽出するというものであった。

もう1つはProfile of Mood State(POMS; McNair, 1992)に代表されるような、気分やその時点での心理状態と競技成績の関係を検討したものである。このテストでは因子得点は時間の経過とともに変化すると考えられている。そして、これら特性と状態、2つの側面から不安の測定を試みた心理テストがState-Trait Anxiety Inventory(STAI; Spielberger, 1966)である。STAIでは、一過性の状況反応を状態不安、比較的安定した反応傾向を特性不安と定義している。清水・今栄(1981)はSTAIを用い、80日の期間を空けた再テストを実施した。その結果、特性不安は相関係数「 $r = 0.80$ 」を示したのに対し、状態不安は「 $r = 0.33$ 」と低下したことを報告している。このように、同じ不安を測定した心理テストであっても、特性と状態では時間経過により変化のし易さに違いがみられると考えられる。

心理テストの結果に関する時間的な変化は、スポーツ選手を対象とした研究やサポートを行う上では重要である。スポーツ選手にメンタルトレーニングを指導する際、選手の心理テストの結果を基にサポート内容を構築する(東山, 2005)が、心理テストの実施時期に関しては明確な基準がなく、吉川(2005)は「複数回、定期的に行われることが望ましい」と記載するに留まっている。このため、

心理テストとサポートを行う時期にずれがある場合、テスト結果の変化を考慮する必要がある。また、競技力と心理テストの結果の関係性を検討した研究では、競技力を示すための指標として、過去最高の競技成績を尋ねることが多い(徳永ほか, 2000; 上野ほか, 2018)。しかし、実際には過去最高の競技成績を挙げた時期と心理テストを行った日には多くの場合、年単位での時間差が生じていることが予想される。

これらの研究は、心理テストの時間的な変化を考慮せずに検討を行っているが、状態と考えられている因子同様、特性と考えられている因子も時間的な変化を受ける可能性があると考えられる。例えば、中里・水口(1982)は専門学校の女子学生を対象とし、1時間後($n = 53$ 名)、3カ月後($n = 103$ 名)と2つの期間を設け、STAIを実施している。その結果、項目リメインダ相関係数は1時間で「 $r = 0.89$ 」、3カ月で「 $r = 0.71$ 」であった。Martens(1977)は小中学生204名を対象とし、SCATによる再テストを行い、1時間で「 $r = 0.88$ 」、1日で「 $r = 0.73$ 」、1週間で「 $r = 0.75$ 」、1ヶ月で「 $r = 0.72$ 」の値を示した。小塩(2016)の心理テストの再検査信頼性を検討したメタ分析では、再テストの期間を4週間まで($n = 5849$ 名)、5-11週間($n = 2589$ 名)、12週間以上($n = 1197$ 名)に分類しての母相関係数の検討を行っている。その結果、母相関係数の95%信頼区間は4週間まで($CI = 0.69 - 0.86$)、5-11週間($CI = 0.66 - 0.84$)、12週間以上($CI = 0.62 - 0.78$)であり、再検査間隔と再検査信頼性係数はスピアマンの順位相関係数において、「 $r = -0.23$ 」と低い負の関連が認められたことを報告している。

小塩(2016)のメタ分析において、再テストにおける最も長い区分けを12週間以上としているように、再検査の信頼性に関する先行研究では、1ヶ月から4ヶ月程度の期間を空けての再テストを行い、信頼性係数の高い因子を特性と捉えることが一般的である。この最大4ヶ月程度という期間は、先行研究の多くが大学生を対象に検討していることから、大学の授業期間との関係性が推察される。半期ごとで講義が完結する大学では、講義内で心理テストを実施した場合、学期を越えて再検査を行うことが難しいと考えられる。そのため、5ヶ月以上の長期間で再テストを行うためには、講義以外で調査対象者を追跡するための枠組みが必要となる。これらの研究を基に、図1に時間経過に伴う信頼性係数の低下モデルを作成した。このモ

デルでは、心理テスト全体の信頼性は時間経過と共に低下するが、因子項目別に見た場合、低下しやすい因子と低下しにくい因子があることを示している。しかしながら、前述したように、再テスト法における信頼性係数の検討は、5カ月以内が多いため、心理テストがどの程度の期間信頼性を保つことが出来るのかという観点での検討は不十分である。本研究はこの課題を同一のスポーツチームに対する長期にわたる心理サポートという形で解消を試みる。心理サポートは学期を越えて選手と関わる必然性があり、かつ心理テストを実施することも選手、およびスタッフからの同意が得られやすいという利点がある。また、本研究では使用する心理テストとして、TSMIに着目した。日本語で標準化された心理テストでは、近年、項目数が少なく実施しやすいDiagnostic Inventory of Psychological Competitive Ability for Athletes 3(DIPCA. 3; Tokunaga, 2001)が広く使用されている。しかし、TSMIは、①競技者、コーチ心理専門家による調査、一般的な性格検査やSCATからの質問項目の抽出417項目から質問項目の選定を開始していること、②Edwards Personal Preference Schedule(EPPS; Murray, 1938)性格検査との基準関連妥当性も示されており、高い構成概念妥当性を有すると考えられること、③5カ月の期間を空けた再テストも実施されており(松田ほか, 1981)、全ての因子が相関係数「 $r = 0.50$ 」以上、平均「 $r = 0.688$ 」と特性とされる理テストとして一定の基準を満たしていること、以上の3点から本研究の測定指標として適切であると考えた。スポーツの心理テストを実施した理由としては、対象がスポーツチームであり、調査対象者への利益

を配慮したためである。

本研究では、心理テストであるTSMIを可能な限り長い期間空けて同一回答者に対して2回実施し、さらに5カ月の期間を空けた先行研究との比較も行い、テスト結果の変動に着目することによって、TSMIの因子に関する時間的変動性を明らかにすることを目的とした。

2. 方法

2. 1. 調査対象者

A大学陸上競技部短距離ブロックに対し、強制速度法による2度のTSMIを実施した。参加者は両日とも54人であった。このうち両日回答を行った25名(初回時平均年齢 19.25 ± 0.65 歳)を本研究の対象者とした。TSMIは1度目の実施の後、短距離ブロックコーチや対象者と相談の上、可能な限り長期の間隔を空けて2度目を実施した。TSMIを繰り返し実施しなかった理由としては、TSMIは質問項目が多く、対象者に過度な負担がかかることを配慮したためである。このため、テストは201x年11月と201x+2年の4月に17ヶ月の間隔を空けて行われた。調査対象となったチームは毎年9月頃行われる日本学生陸上競技対校選手権大会に向けて練習を行っている。11月はチームにとってオフシーズンであり、対象となった年の4月は練習期から試合期に移行する時期であった。このチームは、調査期間中毎年の日本学生陸上競技対校選手権大会において総合得点で上位16位以上の成績であり、大学生陸上部短距離種目の中でも高い競技力を有した集団であると考えられる。この研究デザインを可能とした理由として、調査者が対象の集団に対して心理サポートとして長期的に関わる機会が得られたためである。調査対象者には調査前に主旨と方法を説明し、調査参加の同意を得た。本研究は調査者の所属する大学において倫理審査を受けている(承認番号2013-21)。

2. 2. TSMI内の因子項目

TSMIは、146の質問項目に対し4件法で回答する。質問項目は、17の因子に対し各8項目と、10項目からなるLie scaleである「応答の正確性」を持つ(表1)。因子の例として、「困難の克服」の場合、「困難な事に出くわした時、それを乗り越えるために努力する」などが挙げられる。因子項目得点は、回答に準じて1 - 4点を加算していき、合計が因子得点となる。17因子の最少得点は8点、

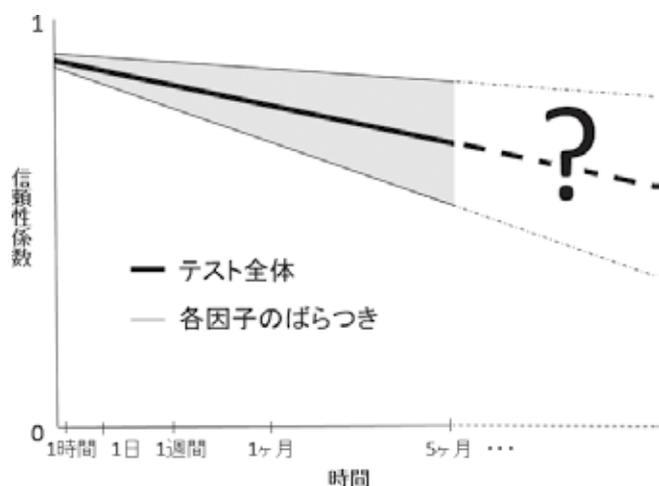


図1. 研究目的の概念図(時間経過に伴う信頼性係数の変化)

表 1. TSMI の因子項目 .

1	目標への挑戦
2	技術向上意欲
3	困難の克服
4	練習意欲
5	情緒安定性
6	精神的強靱さ
7	闘志
8	競技価値観
9	計画性
10	努力への因果帰属
11	知的興味
12	勝利志向性
13	コーチ受容
14	対コーチ不適応
15	失敗不安
16	緊張性の不安
17	不節制
18	応答の正確性

最大得点は 32 点である。このうち、「目標への挑戦」から「コーチ受容」までの 13 因子は競技力が高いほど項目得点も高値を示し、「対コーチ不適応」から「不節制」までの 4 因子は競技力が高いほど項目得点は低値となる。尚、「応答の正確性」は 29 点以下を応答が不正確として回答を無効とするよう報告されている（猪俣, 1997）が、本研究での調査において該当者は 0 名であった。「応答の正確性」は、質問紙の応答の正確性を確認するために使用し、結果以降の分析では分析対象となる因子から除外した。また、調査対象者の中に期間中、個別での心理サポートを受けた選手は居なかった。

2. 3. 分析方法

1 回目のテスト、2 回目のテストは因子別に級内相関係数、及び相関係数を算出した。同一対象者によるテスト間の関係性の検討は、級内相関係数を用いる方が正確ではある。相関係数を求めた理由としては、5 カ月の期間を空けて行われた再テスト結果（松田ほか, 1981）との比較を行うためである。

級内相関係数の値は、 F 検定を行った後、Landise, & Koch (1977) の基準に従い、「0.00 - 0.20」を低い (slight), 「0.21 - 0.40」を不十分 (fair), 「0.41 - 0.60」を中程度 (moderate), 「0.61 - 0.80」をかなり良好 (substantial), 「0.81 - 1.00」を良好 (almost perfect) と解釈した。相

関係数は、無相関検定の後、岩淵ほか (1997) の基準に従い、「 $r = 0.70 - 1.00$ 」を高い相関、「 $r = 0.40 - 0.70$ 」を中程度の相関、「 $r = 0.00 - 0.20$ 」を低い相関と解釈した。1 回目と 2 回目のテストの差の比較には対応のある T 検定を用いた。有意水準は $p < 0.05$ とした。本研究の分析結果の表記に関し、級内相関係数と相関係数の結果は小数点以下 3 桁、TSMI 得点は小数点以下 1 桁、これ以外は小数点以下 2 桁まで示す。統計には SPSS Ver. 26 for Windows (IBM 社) を用いた。また、Excel 2010 (Microsoft 社) を用い、松田ほか (1981) の先行研究でのデータと相関係数の差の検定を行った。

3. 結果

各因子の級内相関係数、及び相関係数を表 2 に示す。TSMI 全体での級内相関係数は応答の正確性を除く 17 因子で $M = 0.579$, $SD = 0.146$ であった。Landise, & Koch (1977) の基準により、因子別の級内相関係数は「技術向上意欲」「練習意欲」「情緒安定性」「精神的強靱さ」「闘志」「競技価値観」「知的興味」「勝利志向性」「失敗不安」「緊張性の不安」の 10 因子が「0.61 - 0.80」とかなり良好であった。「目標への挑戦」「計画性」「努力への因果帰属」「コーチ受容」「対コーチ不適応」「不節制」の 6 因子は「0.41 - 0.60」と中程度であった。全 17 因子について F 検定を行った結果「困難の克服」の因子においてのみ、有意差が認められなかった。

1 回目、2 回目の各因子の平均値、及び 1 回目から 2 回目を引いた差を表 3 に示す。対応のある T 検定を行った結果、「勝利志向性」と「情緒安定性」に関し、1 回目よりも 2 回目の方が有意に低下した ($t(24) = 2.89$, $p < 0.01$; $t(24) = 2.10$, $p < 0.05$)。因子間に有意差が認められたのは、17 因子中 2 因子であり、平均得点は 1 回目と比べ、2 回目で有意な低下が認められた ($t(16) = 2.31$, $p < 0.05$)。

5 カ月の期間を空けた再テスト調査の結果（松田ほか, 1981）と本研究の 17 因子の相関係数に対し、相関係数の差の検定を行った。その結果、先行研究の 5 カ月 ($M = 0.688$, $SD = 0.087$) よりも本研究における 17 カ月 ($M = 0.600$, $SD = 0.150$) の方が、相関係数は有意に低下した ($t(16) = 2.24$, $p < 0.05$)。因子別の相関係数の差の検定では、「目標への挑戦」($t(117) = -2.17$, $p < 0.05$)、「困難の克服」($t(117) = -2.68$, $p < 0.01$)、「計画性」($t(117) = -2.67$, $p < 0.01$) において、先行研

表 2. 17 カ月での再テストを行った TSMI の級内相関係数と相関係数.

項目	級内相関係数	相関係数	差
1 目標への挑戦	0.487 **	0.486 *	0.001
2 技術向上意欲	0.573 **	0.611 **	-0.038
3 困難の克服	0.210 n. s.	0.225 n. s.	-0.015
4 練習意欲	0.619 **	0.613 **	0.006
5 情緒安定性	0.720 **	0.769 **	-0.049
6 精神的強靭さ	0.581 **	0.599 **	-0.018
7 闘志	0.740 **	0.736 **	0.004
8 競技価値観	0.660 **	0.657 **	0.003
9 計画性	0.354 *	0.347 n. s.	0.007
10 努力への因果帰属	0.594 **	0.617 **	-0.023
11 知的興味	0.625 **	0.666 **	-0.041
12 勝利志向性	0.637 **	0.703 **	-0.066
13 コーチ受容	0.567 **	0.593 **	-0.026
14 対コーチ不適応	0.547 **	0.612 **	-0.065
15 失敗不安	0.733 **	0.758 **	-0.025
16 緊張性の不安	0.769 **	0.764 **	0.005
17 不節制	0.430 *	0.445 *	-0.015
18 応答の正確性	0.572 **	0.587 **	-0.015
平均	0.579	0.600	-0.021

級内相関係数と相関係数の級内相関係数: $r = 0.821$ **

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

危険率は、級内相関係数は F 検定、相関係数は無相関検定の結果を示す。差は、級内相関係数から相関係数を減じた値である。

究の 5 カ月よりも本研究における 17 カ月の方が有意に低下した。

4. 考察

本研究では大学陸上短距離選手を対象とし、可能な限りの長期期間である 17 カ月を空けて心理テスト (TSMI) を実施し、さらに 5 カ月の期間を空けた先行研究との比較も行い、TSMI の因子における時間的変動性を明らかにすることを目的とした。

本研究における TSMI 全体での級内相関係数は応答の正確性を除く 17 因子で平均「 $r = 0.579$ ($SD = 0.146$)」であった (表 1)。Landis, & Koch (1977) の基準を考慮すると、10 因子はかなり良好、6 因子は中程度であった。これらの結果から、TSMI における 17 因子は、17 カ月の期間を空けた場合、全因子が同様の变化を示すのではなく、変化しにくい因子と変化しやすい因子が存在することが示された。

「困難の克服」に関する F 検定においては、有意差が認められなかった。Hogan & Cannon (2007) は時間経過によって特性自体が変化する可能性を報告している。本研究において有意差が認められなかつ

た「困難の克服」や、級内相関係数の値が中程度であった「目標への挑戦」「計画性」「努力への因果帰属」「コーチ受容」「対コーチ不適応」「不節制」は、17 カ月の間に変化しやすい因子であると考えられる。このうち、「困難の克服」「目標への挑戦」「計画性」「努力への因果帰属」「不節制」の 5 因子については心理的な介入を行った場合、効果が表れやすいと考えられる。5 つの因子を高めるための具体的な介入方法として、目標設定及び具体的な練習計画の設定が挙げられる。例えば、先行研究では自らが練習計画を立案する必要性を感じる頻度が高い運動部員は、立案する必要性を殆どない運動部員と比べて目標設定スキル (計画性) が高くなることや、目標設定スキルは目標指向性を高めることを報告している (上野ほか, 2012)。また、目標設定には外発的な動機付けを内発的な動機付けに変えるという目的があり (吉澤, 2005)、内発的な動機付けが高まることは競技の継続意欲を高め、困難の克服や努力への因果帰属を高めると考えられる。以上のような知見から、競技意欲を安定させるためには練習計画の立案を含めた目標設定を定期的に行う必要があると考えられる。さらに本研究の結果を踏まえると、介入期間として 6 カ月以上、17

表 3. 因子得点

	1 回目		2 回目		1-2 回目	
	得点	標準偏差	得点	標準偏差	差	
目標への挑戦	24.0	3.3	23.6	3.9	0.4	n. s.
技術向上意欲	24.6	2.4	24.2	3.5	0.5	n. s.
困難の克服	24.1	3.5	22.4	3.7	1.6	n. s.
練習意欲	19.8	3.1	20.0	3.4	-0.2	n. s.
情緒安定性	19.9	3.0	18.8	3.9	1.0	*
精神的強靱さ	20.6	2.8	20.8	3.8	-0.1	n. s.
闘志	25.0	3.7	24.9	4.0	0.2	n. s.
競技価値観	24.9	4.2	24.3	4.4	0.6	n. s.
計画性	21.3	3.2	21.0	3.2	0.4	n. s.
努力への因果帰属	25.7	3.1	24.7	3.4	1.0	n. s.
知的興味	26.0	3.1	25.3	4.5	0.7	n. s.
勝利志向性	22.6	4.3	20.4	5.0	2.1	**
コーチ受容	21.8	4.4	20.4	5.3	1.4	n. s.
対コーチ不適応	16.0	3.4	16.8	5.6	-0.8	n. s.
失敗不安	20.1	5.1	20.2	6.8	-0.1	n. s.
緊張性の不安	18.2	4.4	18.3	4.7	-0.1	n. s.
不節制	16.4	2.5	17.2	2.5	-0.8	n. s.
応答の正確性	37.3	3.1	37.3	2.3	0.0	n. s.
平均	21.8	3.5	21.4	4.2	0.5	*

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

カ月以内に繰り返し行うことが有効であると考えられる。同様に7因子に関しては、現在の選手の心理状態を把握するために、5カ月以内に取得されたデータが有効であると考えられる。

本研究は201x年11月に実施された1回目と201x+2年4月に実施された2回目の間でTSMIの平均得点に有意な低下が認められた。また因子別では、「情緒安定性」「勝利志向性」が低下していた(表3)。調査時期は共に試合期ではないが、毎年9月頃に行われる全国大会とは、1回目の方が時間的に近いという状況であった。前述したように、STAIでは不安の特性と状態を再テストでの信頼性係数の高低で分類が行われている。定義としては、状態がいま現在感じている不安、特性が普段感じている不安(西田, 2008)というように分類される。同様に性格特性を検討した研究では、再テストの実施時の信頼性係数の高さが、テストの信頼性を測るうえで検討されている(藤島ほか, 2005; 藤井ほか, 2015)。TSMIは特性を「比較的恒常性があると推察される尺度」、状態を「時間経過に伴い種々の状況要因(例えば試合など)の影響を受けて変動する」と表現している。5カ月の期間で再テストを行ったTSMI標準化時(松田ほか, 1981)に

は、「勝利志向性($r = 0.647$)」「対コーチ不適応($r = 0.624$)」「練習意欲($r = 0.623$)」「努力への因果帰属($r = 0.513$)」「不節制($r = 0.549$)」の5因子が状態である考えられているが、級内相関係数で検討を行った本研究では2因子はかなり良好のレベルとなった。このことには信頼性係数として用いた指標(級内相関係数と相関係数)の違いや値の判定基準の違いが強く影響を与えていると考えられる。「努力への因果帰属」「不節制」「対コーチ不適応」を除く2因子は、級内相関係数は「 $r = 0.60$ 」を上回り恒常性が高いと推察される尺度となると予想される。これらの結果を総合すると、TSMIでは「技術向上意欲」「練習意欲」「情緒安定性」「精神的強靱さ」「闘志」「競技価値観」「知的興味」「勝利志向性」「失敗不安」「緊張性の不安」の10因子は恒常性の高い特性と考えられる。一方、6カ月以上前のTSMIの結果を活用する際には「目標への挑戦」「困難の克服」「計画性」「コーチ受容」の4因子は状態としての性質をもち、時間経過に伴い種々の状況要因の影響を受けて変動する可能性がある。また、「努力への因果帰属」「対コーチ不適応」「不節制」の3因子は特性を検討する場合には除外する必要のある因子であると考えられる。

本研究では，17カ月という長期の期間を空け心理テストであるTSMIを実施した．その結果，17カ月を経ても級内相関係数が高く恒常性の高い特性であると考えられる因子と，5カ月から17カ月以内に変動しやすい因子が抽出された．これらの結果から，これまで「特性」と考えられている因子の中でも，長期の期間を空けた場合には，「状態」を含みやすい因子が存在することが示された．また，実践への示唆として，競技スポーツを行う選手にとっては，目標の再設定と長期的な練習計画の見直しは高い競技意欲を保つために重要であるが，陸上短距離選手を対象とした場合，具体的には6カ月以上，17カ月以内に目標の再設定と練習計画の見直しを繰り返すことが効果的であると考えられる．

参考文献

- ハンス・アイゼンク：MPI 研究会編(1964) モーゼレイ性格検査手引：日本語版誠信書房．
- Borkoles, E., Kaiseler, M., Evans, A., Ski, C. F., Thompson, D. R., and Polman, R. C. J. (2018) Type D personality, stress, coping and performance on a novel sport task. *PLoS One* 13: e0196692.
- Castro-Sánchez, M., Zurita-Ortega, F., Chacón-Cuberos, R., López-Gutiérrez, C. J., and Zafra-Santos, E. (2018) Emotional Intelligence, Motivational Climate and Levels of Anxiety in Athletes from Different Categories of Sports: Analysis through Structural Equations. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 15: 894.
- 遠藤俊郎 (1982) 日本語版 SCAT-C (The Child form of Sport Competition Anxiety Test) 標準化の試み．山梨大学教育学部研究報告 第二分冊，自然科学系．33: 207-214.
- 遠藤俊郎 (1986) 日本語版 SCAT-A (Sport Competition Anxiety Test for Adult) 標準化の試み (II)．山梨大学教育学部研究報告 第二分冊，自然科学系．37: 122-128.
- 藤井勉，澤海崇文，相川充 (2015) シャイネス IAT の再検査信頼性-潜在的シャイネスの変容可能性も含めて．*心理学研究*．86: 361-367.
- 藤島寛，山田尚子，辻平治郎．(2005) 5 因子性格検査短縮版 (FFPQ-50) の作成．*パーソナリティ研究*．13: 231-241.
- Hayslip, B., and Petrie, T. A. (2014) Age, psychological skills, and golf performance: A prospective investigation. *Journals of Gerontology. Series B, Psychological Sciences and Social Sciences* 69: 245-249.
- 東山明子 (2005) 心理検査 日本スポーツ心理学会 (編)，スポーツメンタルトレーニング教本 改訂増補版．大修館書店：東京，55-59.
- Hogan, T. P., and Cannon, B. (2007) *Psychological testing: A practical introduction* (2nd ed.). John Wiley & Sons Published: New Jersey.
- 猪俣公宏 (1997) 選手とコーチのためのメンタルマネジメント・マニュアル．大修館書房：東京，2-16.
- Judge, L. W., Urbina, L. J., Hoover, D. L., Craig, B. W., Judge, L. M., Leitzelar, B. M., Pearson, D. R., Holtzclaw, K. A., and Bellar, D. M. (2016) The Impact of Competitive Trait Anxiety on Collegiate Powerlifting Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research* 30: 2399-2405.
- 吉川政夫 (2005) 心理検査 (心理検査実施上の留意点) 日本スポーツ心理学会 (編)，スポーツメンタルトレーニング教本 改訂増補版．大修館書店：東京，64-65.
- Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics* 33: 159-174.
- Martens, R. (1977) *Sport competition anxiety test*. Illinois: Human Kinetics.
- 松田岩男，猪俣公宏，落合優，加賀秀夫，下山剛，杉原隆，藤田厚，伊藤静夫 (1981) 昭和56年度日本体育協会スポーツ科学研究報告，スポーツ選手の心理的適性に関する研究-第3報-日本体育協会．
- McNair, D. M. (1992) *Profile of mood states*. Educational and Industrial Testing Service.
- Murray, H. A. (1938) *Explorations in personality*. Oxford University Press: New York.
- 中里克治，水口公信 (1982) 新しい不安尺度 STAI 日本版の作成：女性を対象とした成績．*心身医学*，22: 107-112.
- 西田保 (2008)．*スポーツ臨床*，日本スポーツ心理

表3 十種競技における各種目のPBおよびSBに対する達成率

%PB	1-8位	9-16位	Difference	%SB	1-8位	9-16位	Difference
Decathlon	99.4±1.4	96.7±2.5	*	Decathlon	100.9±2.7	97.9±1.2	*
100m	99.1±1.0	98.6±1.2	n.s.	100m	99.8±1.2	99.5±0.4	n.s.
LJ	97.6±1.6	93.1±1.6	**	LJ	99.3±1.6	95.2±2.0	**
SP	98.3±3.2	96.5±4.3	n.s.	SP	98.9±3.7	97.1±4.3	n.s.
HJ	98.0±1.6	94.9±1.8	**	HJ	100.3±2.1	96.7±2.1	**
400m	99.0±1.5	97.9±1.4	n.s.	400m	100.6±1.1	99.4±0.9	*
110mH	98.2±1.8	97.8±1.5	n.s.	110mH	99.4±2.6	99.8±1.0	n.s.
DT	96.4±6.4	97.1±2.7	n.s.	DT	98.5±7.2	99.1±5.1	n.s.
PV	97.6±2.4	94.5±4.1	n.s.	PV	98.4±2.0	95.6±3.5	n.s.
JT	95.4±6.4	92.2±7.1	n.s.	JT	97.6±7.4	97.8±5.2	n.s.
1500m	97.4±2.7	96.6±2.5	n.s.	1500m	100.3±2.7	97.7±1.3	*

*:p<0.05, **:p<0.01

表4 七種競技における各種目のPBおよびSBに対する達成率

%PB	1-8位	9-16位	Difference	%SB	1-8位	9-16位	Difference
Heptathlon	98.6±2.4	96.8±1.6	n.s.	Heptathlon	99.5±2.0	98.1±1.3	n.s.
100mH	100.0±1.5	99.4±1.4	n.s.	100mH	100.1±1.4	100.0±1.0	n.s.
HJ	97.3±2.3	96.2±2.1	n.s.	HJ	99.2±2.4	97.9±2.5	n.s.
SP	97.6±4.2	97.1±2.9	n.s.	SP	98.8±3.6	98.5±3.8	n.s.
200m	98.7±1.2	98.9±1.3	n.s.	200m	99.4±1.0	99.4±0.9	n.s.
LJ	96.7±3.0	94.4±2.1	n.s.	LJ	97.6±3.0	94.9±1.7	n.s.
JT	95.1±6.7	92.4±6.4	n.s.	JT	99.5±3.2	94.5±6.2	n.s.
800m	98.1±1.6	97.0±1.5	n.s.	800m	99.5±1.2	98.4±2.4	n.s.

*:p<0.05, **:p<0.01

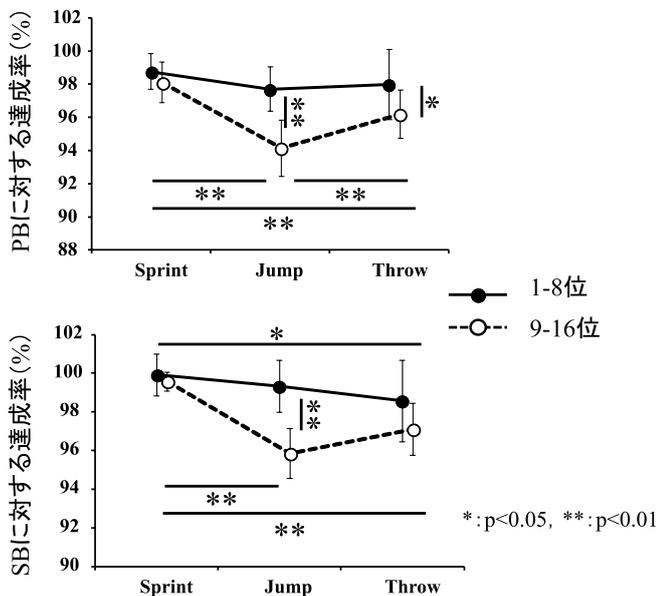


図1 十種競技における種目群ごとの達成率

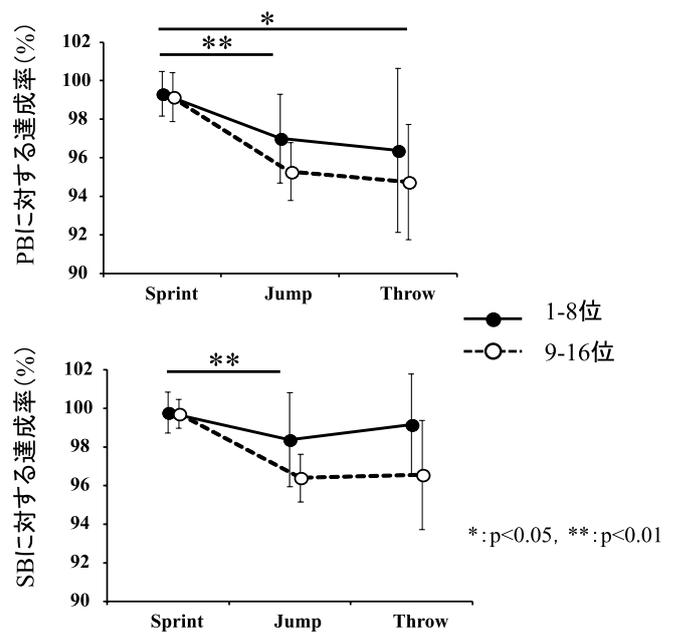


図2 七種競技における種目群ごとの達成率

研究資料

研究資料 目次

中学エリート選手の種目トランスファーの特徴・・・・・・・・・・・・・・・・・・	66
渡邊將司, 神山結衣	

中学エリート選手の種目トランスファーの特徴

渡邊 将司¹⁾ 神山 結衣^{1, 2)}

1) 茨城大学 教育学部 2) 栃木県高根沢町立北小学校

Characteristics of event transfer of elite junior high school athletes

Masashi Watanabe¹⁾ Yui Kamiyama^{1,2)}

1)College of Education, Ibaraki University

2)Takanezawa Town Kita Elementary School

Abstracts

This study was conducted using a follow-up survey to clarify the characteristics of event transfer of elite junior high school athletes. The subjects were 2,278 (M, 1,274; F, 1,004), all of whom were athletes of 3rd grade in junior high school and ranked among the top 10 of a national ranking and placed among the top 8 in a junior high school national championship and junior Olympic game, excluding 1st and 2nd grade students. Their highest national rankings and events were collected for the decade during which they were 16–25 years old. The analysis period was defined as high school (16-18yrs), university (19-22yrs), and senior (23-25yrs), best ranking and its events were collected in each period. As results, about half elite junior high school athletes transferred to different events in the top 20 in each period. However, these percentages showed wide range in each event and gender. In conclusion, about half elite junior high school athletes who transferred different events showed excellent performance in later period. It might be good strategy to be experience various training, events, and sports from junior high school period to develop their possibility.

I. 緒言

メディアでは、低年齢で非常に高い身体能力を示す子どもが紹介されることがある。例えば卓球日本代表であった福原愛氏は3歳から卓球を始めて非常に優れた才能を発揮し、小学4年生ではプロ宣言した。また競泳日本代表であった岩崎恭子氏は、14歳でオリンピックの金メダリストになった。このような現象は他のスポーツで起こるのだろうか。Vaeyens et al. (2009) は、アテネオリンピックに出場した選手を対象にしてメインスポーツのトレーニングを専門的に開始した年齢を調査したところ、スポーツによって異なっていることを明らかにした。具体的には、水泳や野球といったスポーツは10歳以前から専門化した者が多く、レスリングやボートといったスポーツは13歳以降から専門化した者が多かった。陸上競技はどちらかというと後者

で、13歳以降に専門化した者が約65%であった。

このように、ある程度高い年齢になって専門的にトレーニングを開始しても国の代表選手となって戦えるスポーツがある。そういったスポーツに有能な選手をリクルートするにあたって様々な取り組みがある。代表的な取り組みとして、ロンドンオリンピックに向けてイギリスが実施した「Sporting Giants」が挙げられる。ボート、ハンドボール、バレーボールの3競技団体による国内連携システムで、身長が男子で190cm、女子で180cm以上ある16～25歳の者が対象となった。このプロジェクトにおいて、陸上クロスカントリーの選手であったHelen Glover選手はボートに転向し、競技歴4.5年でオリンピック金メダリストとなった(UK Sports, online)。

日本では、日本スポーツ協会(以下、JSP0)が日本スポーツ振興センター(以下、JSC)からの委託事業として、2017年からJAPAN RISING STAR

表1 各種目の対象者数(男子)

種目	年度							合計
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	
100m	16	18	19	16	17	17	17	120
200m	16	14	16	14	13	14	15	102
400m	14	12	12	15	12	13	12	90
110mH	12	14	14	14	14	13	11	92
800m	12	14	16	12	13	15	13	95
1500m	11	12	14	12	12	10	14	85
3000m	14	13	13	15	13	10	12	90
走幅跳	11	13	13	14	14	13	13	91
走高跳	15	14	16	16	11	16	11	99
棒高跳	10	9	13	10	11	14	13	80
砲丸投	14	13	12	16	12	11	14	92
円盤投	8	8	8	8	6	12	11	61
ジャベリックスロー	8	8	8	8	8	8	8	56
混成競技	22	21	22	25	10	10	11	121

表2 各種目の対象者数(女子)

種目	年度							合計
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	
100m	15	14	14	18	15	14	19	109
200m	14	13	16	14	13	12	13	95
100mH	13	14	17	12	13	12	13	94
800m	12	14	10	9	11	10	10	76
1500m	10	11	10	6	11	11	10	69
3000m	8	8	8	8	8	10	10	60
走幅跳	11	12	13	9	11	13	14	83
走高跳	14	14	17	11	14	17	15	102
砲丸投	10	10	10	11	12	11	11	75
円盤投	8	8	8	8	8	13	12	65
ジャベリックスロー	8	8	8	6	8	7	7	52
混成競技	24	22	24	23	10	10	11	124

PROJECT (J-STAR プロジェクト) を開始した (日本スポーツ協会, online1). 本プロジェクトは, オリンピック・パラリンピック競技大会に向けて有望なアスリートを発掘し, 競技団体の強化育成コースに導くことがねらいである. JSP0 は関係団体と連携をして全国各地で発掘プログラムを展開し, 競技ごとに拠点となる都道府県にて, 世界レベルの指導者とともに合宿形式でのトレーニング等を行っている (日本スポーツ協会, online2). さらに JSC は, 世界へ挑戦するアスリートを応援するために, アスリート育成パスウェイを整備している. そのパスウェイには, 個人の適正に応じた競技種目を模索する「種目適性型」, ある競技種目に限定して才能を見極め育成する「種目特化型」, ある競技種目のアスリート自身の特性をより活かすことのできるスポーツへ転向する「種目最適 (転向) 型」の3種類がある (日本スポーツ振興センター, online).

陸上競技においても種目を転向(トランスファー)することによって成功する例がある. 例えば男子400mH 日本記録保持者の為末大氏は, 中学校期には100m と 200m で全国中学校陸上競技選手権大会(全中)を制しているが, 高校期から400mHを始め, の

ちに世界選手権で銅メダルを2回獲得した. こういった例は珍しくなく, オリンピックや世界選手権の日本代表選手のうち約半数は中学校期の種目からトランスファーしていた (渡邊ほか, 2014).

日本において, 中学3年時に全国トップレベルだった選手(中学エリート選手)が大学期からシニア期(19歳~25歳)でも国内トップレベルにいた割合はおおよそ20%以下であった (渡邊・神山, 2020). しかし, それらの選手がどのくらいの割合で同じ種目を実施して成功していたのか, または種目をトランスファーして成功していたのかは明らかになっていない. そこで本研究は, 中学エリート選手の全国ランキングおよび種目を10年間追跡調査し, トランスファーの特徴を明らかにする.

II. 方法

1. 調査対象

本研究は, 2000~2006年度に中学3年生であり, 各種目で中学1~2年生を除いた全国ランキング10位以内および全日本中学校陸上競技選手権大会, ジュニアオリンピックで入賞した選手を対象と

した．同一人物が複数種目に登場する場合にはすべての種目で集計し，延べ2,278人（男子1,274人，女子1,004人）が対象となった．対象者の詳細は表1, 2に示した．

2. データ収集方法

陸上競技マガジン記録集および記録部が運営するランキングサイト (<https://rikumaga.com/>) を用いて，各年度（各学年）末における最も高いランキングを示した種目および順位を16歳から25歳までの10年間を追跡して収集した．中学3年生時を中学校期，高校時代を高校期，大学時代または19～22歳時を大学期，大学卒業後の社会人1年目から3年目までまたは23～25歳時をシニア期とした．中学校期は中学ランキング，高校期は高校ランキング，大学期とシニア期は日本ランキングを用いて成績を集計した．種目および記録が不明であるものは競技を継続していないと見なして集計した．

3. 統計処理

年度末における最も高い順位および種目を男女別に単純集計した．得られたデータをもとに，陸上競技を継続していた者の割合（実施割合：記録が存在していた者の総数／中学エリート選手の総数）と全国上位者の割合を年度ごとに算出した．ここでの全国上位者は，Kearney and Hayes(2018)に倣って全国ランキング20位以内とした．近年の日本選手権のエントリー者数をみると，100mのエントリー者数は40～50人であるが，他の種目はおおよそ20名前後であった．つまり全国ランキング20位以内というのは，国内トップクラスという扱いになると考える．全国ランキング20位以内の者の割合は，その総数を中学エリート選手の総数で除して算出した．

高校期は3年間，大学期は4年間，シニア期は3年間あるが，各期の最も高い順位を抽出して分析に用いた．本研究では，中学校期の種目に同一人物が複数登場する場合にはすべて集計している．例えば，中学校期に100mが6位，200mが5位で集計された選手がおり，高校期の最高順位が400mの13位となった場合には，100mと200mの両種目で400mの13位という結果が集計されることになる．そのような集計方法をとることで，高いパフォーマンスを収めた選手の特徴をより多く反映させることができると考えた．

各期において全国20位以内にライクインした選手を集計し，中学校期の種目と同じ種目であった者

と違う種目であった者の割合を算出した．割合の差の検定にはカイ二乗検定を用いた．なお集計および統計分析には，Microsoft office Excel 2016および統計ソフト JMP8.0 (SAS Institute, Tokyo, Japan) を使用した．

Ⅲ. 結果と考察

本研究は，中学エリート選手の高校期，大学期，シニア期における種目トランスファーの特徴を明らかにした．種目トランスファーに関する特徴は，指導者の経験から感覚的に理解・共有されていたと思われるが，著者の知る限り，国内外においてその特徴を明示した学術研究は見当たらない．本研究の結果は，ジュニア選手の育成や強化方針を策定するにあたっての有益な情報を提供できたと考える．

1. 男子の特徴

表3, 4, 5には，男子における全国ランキング20位内の種目の割合と内訳を種目別に示した．

短距離種目をみると，200mでは違う種目にトランスファーして成功した者の方が多かった（22%）．100mにトランスファーする者（11%）と，400mにトランスファーする者の割合（8%）に近いことから，中学校期に200mで高いパフォーマンスを示していた者は，高校期以降でより適切な距離が開発できる余地があるのかもしれない．日本代表経験のある飯塚翔太選手や小池祐貴選手のように，100mから400mまでハイパフォーマンスを示す者もいるため，早い段階でターゲットとする距離を絞ってしまうのは選手の可能性を狭めてしまうかもしれない．大学期では200mの選手が違う種目で高いパフォーマンスを発揮する割合が高かったが（19%），シニア期では5%に低下した．その割合は100mと400mの3%と大差はない．トランスファーしたからといってシニア期で活躍しやすいという保証はないようである．

ハードルでは，高校期において110mHで高いパフォーマンスを示す割合の方が高いが（33%），トランスファーして成功する割合（22%）が比較的高く，そのほとんどは400mHであった（17%）．トランスファーの背景の一つに，ハードルの高さの変更が挙げられる．中学110mHの高さは914mmであるが，高校からはハードルの高さが一般と同じ1m067，つまり約15cmの高さの変化が生じる．高校期は身長が発育が停止に近づいている時期であるため，多くの選手にとってはこれまでよりも身長に対して高い

表3 高校期における全国ランキング20位以内の割合と内訳 (男子)

中学期の種目	ランキング20位以内の割合		高校期の種目の内訳 (実施割合/ランキング20位以内の割合)	
	同じ種目 (%)	違う種目 (%)		
100m	21	100m (56%/21%)	200m (17%/7%)	400m (3%/2%)
200m	13	100m (28%/11%)	200m (27%/13%)	400m (19%/8%)
400m	13	400m (40%/13%)	400mH (8%/6%)	800m (7%/2%)
110mH	33	110mH (57%/33%)	400mH (24%/17%)	八種競技 (4%/4%)
800m	24	800m (52%/24%)	1500m (15%/6%)	3000m (5%/1%)
1500m	10	1500m (27%/10%)	3000m (18%/3%)	5000m (8%/4%)
3000m	28	3000m (41%/28%)	5000m (21%/6%)	1500m (18%/6%)
走幅跳	31	走幅跳 (58%/31%)	三段跳 (13%/7%)	三段跳 (2%/2%)
走高跳	24	走高跳 (69%/24%)	三段跳 (5%/4%)	走幅跳 (2%/1%)
棒高跳	66	棒高跳 (95%/66%)	走幅跳 (2%/2%)	走幅跳 (2%/2%)
砲丸投	35	砲丸投 (55%/35%)	円盤投 (13%/7%)	ハンマー投 (5%/3%)
円盤投	25	円盤投 (46%/25%)	ハンマー投 (11%/5%)	砲丸投 (8%/4%)
ジャベリックスロー	15	やり投 (34%/15%)	砲丸投 (4%/0%)	砲丸投 (7%/4%)
混成競技	9	八種競技 (15%/9%)	走幅跳 (9%/4%)	走幅跳 (9%/3%)

実施割合が高い順に左から並べた。「他」には競技を継続していない者の割合も含まれる。高校期の100mには10mHを含める。

表4 大学期における全国ランキング20位以内の割合と内訳 (男子)

中学期の種目	ランキング20位以内の割合		大学期の種目の内訳 (実施割合/ランキング20位以内の割合)	
	同じ種目 (%)	違う種目 (%)		
100m	5	100m (22%/5%)	200m (13%/3%)	400m (3%/0%)
200m	3	100m (17%/5%)	200m (15%/3%)	400m (13%/13%)
400m	5	400m (21%/5%)	400mH (9%/2%)	800m (4%/1%)
110mH	9	110mH (35%/9%)	400mH (17%/4%)	十種競技 (5%/1%)
800m	5	800m (25%/5%)	1500m (11%/1%)	400m (3%/0%)
1500m	0	1500m (13%/0%)	ハンマー投 (7%/0%)	3000m (5%/1%)
3000m	10	3000m (14%/10%)	ハンマー投 (5%/0%)	3000mSC (5%/1%)
走幅跳	14	走幅跳 (37%/14%)	三段跳 (10%/2%)	5000m (6%/1%)
走高跳	9	走高跳 (35%/9%)	三段跳 (4%/3%)	200m (1%/0%)
棒高跳	22	棒高跳 (44%/22%)	十種競技 (3%/2%)	十種競技 (2%/1%)
砲丸投	15	砲丸投 (43%/15%)	円盤投 (11%/2%)	ハンマー投 (3%/1%)
円盤投	11	円盤投 (28%/11%)	砲丸投 (5%/2%)	ハンマー投 (5%/0%)
ジャベリックスロー	0	やり投 (14%/0%)	円盤投 (4%/4%)	やり投 (5%/2%)
混成競技	4	十種競技 (19%/4%)	走幅跳 (4%/1%)	走り高跳 (2%/0%)

実施割合が高い順に左から並べた。「他」には競技を継続していない者の割合も含まれる。Hマラソン・ハンマーマラソン

表5 シニア期における全国ランキング20位以内の割合と内訳 (男子)

中学期の種目	ランキング20位以内の割合		シニア期の種目の内訳 (実施割合/ランキング20位以内の割合)	
	同じ種目 (%)	違う種目 (%)		
100m	3	100m (16%/3%)	200m (5%/2%)	走幅跳 (2%/1%)
200m	2	100m (10%/2%)	200m (6%/2%)	400m (3%/2%)
400m	2	400m (4%/2%)	400m (3%/1%)	800m (1%/1%)
110mH	5	110mH (16%/5%)	400mH (4%/1%)	800m (2%/1%)
800m	3	1500m (6%/2%)	800m (5%/3%)	200m (1%/0%)
1500m	1	1500m (7%/1%)	Hマラソン (4%/1%)	その他 (85%/0%)
3000m	5	3000m (10%/0%)	3000m (5%/5%)	その他 (80%/1%)
走幅跳	1	走幅跳 (13%/1%)	5000m (7%/1%)	その他 (71%/2%)
走高跳	6	走高跳 (15%/6%)	3000m (6%/5%)	その他 (77%/0%)
棒高跳	10	棒高跳 (15%/10%)	100m (4%/0%)	その他 (80%/0%)
砲丸投	4	砲丸投 (17%/4%)	三段跳 (4%/3%)	その他 (84%/0%)
円盤投	8	円盤投 (16%/8%)	十種競技 (1%/1%)	その他 (77%/0%)
ジャベリックスロー	0	やり投 (7%/0%)	円盤投 (4%/1%)	その他 (78%/1%)
混成競技	2	十種競技 (4%/2%)	砲丸投 (2%/0%)	その他 (91%/0%)

実施割合が高い順に左から並べた。「他」には競技を継続していない者の割合も含まれる。Hマラソン・ハンマーマラソン

ハードルを飛ぶことになるだろう。その結果、相対的に高くなったハードルでは高いパフォーマンスを発揮することが困難になった者が中学時のハードルと同じ高さで設定される400mHにトランスファーしやすいのかもしれない。もちろん自身の特性を活かして積極的にトランスファーした者も存在するだろうが、今回の調査では言及できない。なお、大学期以降でも110mHを継続する者の方が多かった。

中長距離走では、高校期において800mを継続して高いパフォーマンスを示す者が多かったが(24%)、1500mにトランスファーして成功する者もいた(6%)。一方で1500mからは他の種目にトランスファーして成功する者の方が多かったが(24%)、各期の内訳をみると3000mで高い割合を示していたことがわかる。3000mは全国規模での大会で開催されることはないため効果的なトランスファーであるとは言えない。3000m走を除いて考察してみると、高校期では同じ1500mを継続する者が多いが、大学期やシニア期ではハーフマラソンや3000mSCにトランスファーする者が増えていた。800mや3000mからはそれらの種目に加えて5000m以上の距離にトランスファーする者もいた。しかしランキング20位以内のパフォーマンスを発揮している者の割合は0~1%であった。中長距離走に関しては、大学期以降で3000m走を除いた種目でランキング上位に入る者が非常に少なかったため、中学エリート中長距離選手のトランスファーの特徴について明確な結論を出すことはできなかった。

跳躍種目は、中学校期から同じ種目で高いパフォーマンスを発揮している選手の方が多かった。特に棒高跳びはトランスファーする割合が非常に小さかった(0~2%)。それは種目の特殊性が影響していると思われる。棒高跳びは跳躍種目の中で唯一用具を用いる競技で高い技術が要求される。そのためにトランスファーが起こりにくいかもしれない。三段跳は高校から始まるケースが多い。高校期に三段跳で高いパフォーマンスを発揮する選手は、走幅跳と走高跳からのトランスファーが多いが、大学期以降では、走高跳からトランスファーした選手の方が高いパフォーマンスを発揮する割合がやや高かった。もしかしたら、三段跳の選手は走高跳の選手からトランスファーさせる方が効果的なものかもしれない。

投擲種目では、砲丸投と円盤投は高校期でも継続して高いパフォーマンスを示す者の方が多かったが(それぞれ35%と25%)、次いで砲丸投から円盤投(7%)、円盤投からハンマー投・砲丸投(5%)にト

ランスファーして成功している者も多かった。ハンマー投にトランスファーして大学期以降で高いパフォーマンスを示した者は今回の調査からは現れなかった。ハンマー投は砲丸投や円盤投とは技術的に異なっているため、技術の転移が生じにくいかもしれない。しかし重い投擲物を扱うこと観点では、砲丸投や円盤投の選手にみられる大きな体格は必須であろう。例えば日本代表としても活躍した土井宏昭氏は、中学校期に砲丸投で高いパフォーマンスを発揮していた。ジャベリックスローは投擲種目の中で唯一、助走をして投げる競技である。ジャベリックスローはやり投げの導入として実施されているが、高校期にやり投で高いパフォーマンスを発揮した者は15%と少なく大学以降では0%であった。トランスファーして成功する割合も少ないことから、どのように育成するかが今後の課題と言えよう。

混成競技は高校以降で違う種目にトランスファーする割合の方が高かった(22%)。高校期から大学期で高いパフォーマンスを発揮する種目数が多いことから、混成競技を通じて自身の適性を見極めて種目を絞っていった様子が窺える。例えば400mHで日本代表経験のある館野哲也氏や豊田将樹氏、走幅跳の橋岡優輝氏は中学校期に四種競技で高いパフォーマンスを発揮していた。

2. 女子の特徴

表6, 7, 8は、女子における全国ランキング20位内の種目の割合と内訳を種目別に示した。

短距離走は、100mと200mともに違う種目で高いパフォーマンスを示す者の方が多かった。100mでは、高校期には200m(14%)や400m(5%)と距離を伸ばす者が多いが、ハードル走や三段跳にトランスファーして成功する者も存在し、その傾向は大学期以降も残っていた。男子と異なる傾向になったことは興味深い。ハードル走や水平跳躍種目には疾走速度(助走速度)が強く影響するため高いスプリント能力は不可欠であると言えるが、女子の方がより影響を受けるのかもしれない。200mからは、高校期に100mにトランスファーして成功した者が16%で400mは8%であった。大学以降においても同様で、100mで成功する者の割合は男子よりも高かった。いずれにしてもこの結果は、中学校期に高いパフォーマンスを示した距離だけでなくハードル競技でも将来的に活躍する可能性があることを示している。

ハードル走では、高校期では同じ100mHを継続して高いパフォーマンスを示した者の方が多かつ

たが、大学期、シニア期になるにつれてトランスファーして高いパフォーマンスを示した者の割合とほとんど差がなくなった。トランスファーする種目は400mHや七種競技に加えて跳躍種目が多く挙げているのは、ハードル競技の特性が関係していると思われる。ハードル走はインターバルを素早く駆け抜けるスプリント能力とハードルを飛び越える跳躍能力だけでなく、効率よく飛び越える技術も要求される。それは400mHだけでなく跳躍種目や混成競技にまで幅広く発展させることができるものと思われる。

中長距離種目では、高校期ですでに違う種目にトランスファーして高いパフォーマンスを示す者が多く、大学期、シニア期と進むにあたってその傾向はより強くなっていった。全体的にみて、中学校期よりも距離を伸ばして成功している者が多かった。近年は長距離選手でも筋力トレーニングやプライオメトリックトレーニングで爆発的筋力発揮能力を高めることでランニングパフォーマンスが高まること明らかになっている (Blagrove et al. 2018)。このような背景を考慮すると、スピード能力（つまり瞬発力）は、長距離走に好影響をもたらすと予想できるため、スピードのある選手は徐々に距離を伸ばして成功しやすいのかもしれない。しかもそのパターンは男子よりも女子の方が顕著であった。

跳躍種目では、走幅跳と走高跳で異なる傾向が示された。走幅跳は、高校期では違う種目で活躍する選手の方が多かった (22%)。その傾向はその後も続き、大学期では11%、シニア期では7%を示した。トランスファーした種目は、三段跳、七種競技、ハードル、短距離走など幅広く、特に三段跳はシニア期において走幅跳よりも高い割合を示していた（それぞれ6%と5%）。走高跳は、全体を通して同じ種目を継続して高いパフォーマンスを示す者が多かった。トランスファーした種目には七種競技、400mH、三段跳などがあるが、それらの実施割合は10%以下であった。つまり、走高跳はトランスファーしにくい種目であると言える。その背景には種目特性が関係していると思われる。走高跳は10歩前後のリズミカルな曲線助走を描き、バーを飛び越える背面跳は走高跳のみで見受けられる技術である。このように走高跳は独特な技術で構成されていることからトランスファーが起きにくいものと思われる。

投擲種目も種目によって異なる傾向が示された。砲丸投と円盤投は高校期では同じ種目を継続して高いパフォーマンスを示す者が多かったが、違う種目にも多くトランスファーしていた。トランス

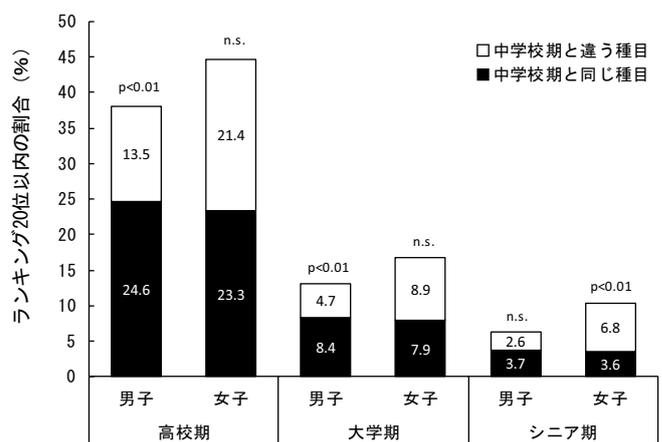


図1 各期における全国ランキング20位以内の選手の割合と内訳

ファーする種目は、円盤投、砲丸投に加え、基本的に高校から開始されるハンマー投ややり投といった投擲種目であった。大学期以降は砲丸投よりもむしろ円盤投の方が他の種目にトランスファーして成功する割合が高くその筆頭はハンマー投であった。円盤投とハンマー投はサークル内で回転することから共通点はある。女子においては回転投法で砲丸を投げる選手は非常に少ないことからトランスファーして成功する割合が高くないのかもしれない。ジャベリックスローは、高校期に違う種目にトランスファーして高いパフォーマンスを示す者は非常に少なく (6%)、大学期以降で日本ランキング20位以内に入った者はいなかった。やり投は投擲種目の中で唯一助走をする種目で、投擲物は最も軽い。求められる体力や技術が他の投擲種目とは異なるためにトランスファーが生じにくいと考えられる。

混成競技は高校期以降で同じ種目を継続する者と違う種目にトランスファー割合の方がほぼ同じであった。男子と同様に高校期から大学期で高いパフォーマンスを発揮する種目数が多いことから、混成競技を通じて自身の適性を見極めて種目を絞っていった様子が窺えた。

3. 全体的な特徴

図1は、全国ランキング20位以内の選手の割合とその内訳（中学校期と同じ種目と違う種目）を示した。男子では、高校期において中学校期と同じ種目でランキング20位以内の者は24.6%だったが、違う種目だった者は13.5%であった。大学期においてはそれぞれ8.4%と4.7%、シニア期においてはそれぞれ3.7%と2.6%であった。割合の差の検定をしたところ、高校期と大学期において有意差が認められた ($p < 0.01$)。女子では、高校期において

中学校期と同じ種目でランキング 20 位以内の者は 23.3%だったが、違う種目だった者は 21.4%であった。大学期においてはそれぞれ 7.9%と 8.9%、シニア期においてはそれぞれ 3.6%と 6.8%であった。割合の差の検定をしたところ、シニア期で有意差が認められた ($p < 0.01$)。

これらの結果から、高校期以降に全国ランキング 20 位以内にランクインした中学エリート選手の約半数は、種目をトランスファーして高校期以降でも高いパフォーマンスを示していたことが明らかとなった。しかし、その傾向は性別や種目によって異なっていた(表 3～8)。ここでのトランスファーは、短距離走から 400mH のように異なるジャンルの種目に転向することだけでなく、3000m から 10000m のように同じジャンルでも距離を変更することも含んでいる。これまでトランスファーには、中心的に取り組んでいた種目では通用しなくなったので他の種目に転向するというネガティブなイメージがあるかもしれない。しかし、中学エリート選手であってもトランスファーして高いパフォーマンスを発揮している選手がいることから、中学校期に高いパフォーマンスを発揮している選手であっても、その後により適性のある種目が見つかる余地は十分にあると言える。特に高校期以降は種目数が増加するため、より適性のある種目に出会える機会がある。その時に、選手が新しい種目に興味や可能性を持つきっかけを作るのは、中学・高校期における日常のトレーニングではないだろうか。これらのことから、選手の可能性を開拓するために指導者は、中学校期に好成績を収めているからといってその種目に執着するのではなく、様々なトレーニング・種目・スポーツを中学校期から経験させる機会を与えることが望ましいと言えよう。それを支持するように、世界ジュニア選手権に出場しシニアでも国際レベルに至ったオーストラリアの陸上選手に実施した質問紙調査では、15 歳以下での様々なスポーツや種目経験がそれ以降での専門種目決定に役立ったと回答する者もいた (Huxley et al. 2017, 2018)。またドイツにおいて世界大会やヨーロッパ選手権でメダルを獲得した選手 (World Class : WC) と国内上位選手 (National Class : NC) を対象にした研究では、WC は NC に比べてメインスポーツの専門化が遅く、低年齢期から青年期までメインスポーツ以外のスポーツにも多くの時間を費やしていたことを明らかにした。その背景には、気分のリフレッシュだけでなく、様々な身体感覚の獲得がメインスポーツのパフォーマンスにも好影響をもたらしている可能性があるとしている

(Gullich and Emrich, 2014)。

世界陸連の指導書では、おおよそ中学生世代は「Multi-Events Stage」と位置付けており、様々な種目を経験することを推奨している (Thompson 2009)。言い換えれば、中学生年代では複数の種目を経験し、おおよそ高校生年代から自分に適した種目に絞っていく(専門化する)というのが望ましいとしている。日本だけでなくイングランドでも中学生年代 (U15) の全国大会大会が開催されているが、参加標準記録は日本に比べてはるかに低い (例えば 100m では、男子は 11 秒 80、女子は 12 秒 99) (England Athletics 2019)。日本では全国大会のレベルが高いという背景も影響しているのか、専門化が早いように感じる。選手自身だけでなく指導者や親も、中学生期に高いパフォーマンス発揮した種目が完全に適していると思いついてしまったり、その種目にこだわり過ぎることがある。それは選手自身の可能性を狭めることになっているかもしれない。

一方で、高校期以降に活躍し始めた選手のトランスファーの傾向は本研究からは明らかにできない。ここで日本代表選手のトランスファーの特徴を明らかにした研究をみると、約 50%は中学校期の種目とは違う種目で日本代表に至っていたことを明らかにしている (渡邊ほか 2014)。また日本代表選手のうち約 70%は中学校期に陸上競技部に所属しており、全国大会で入賞した者の割合は全体の約 20%であった (渡邊ほか, 2013)。これらを踏まえると、高校期以降に活躍し始めた選手の 30～50%ほどは、異なるスポーツや種目からトランスファーしているかもしれない。これを補うように、イギリスの全国ランキング 100 位以内に入った陸上選手の経験種目数と競技継続の有無をみた研究では、男女とも U15 での経験種目数が多いほど U20 での競技継続率が高い傾向を示した (カイ二乗検定の結果では有意でなかったが、効果量 (Cramer's V) では中程度の効果を示した)。いずれにしても小さな影響ではなさそうなので、多様なトレーニング・スポーツ・種目経験は適切な種目選択や競技継続に有効であると言えるだろう。

V. 研究の限界

今回行った調査では、2000～2006 年度に中学 3 年時であった選手を対象とした。そのため、最近の中学エリート選手にも当てはまるかはわからない。また、大学期以降は陸上競技を継続する者自体が非常に少なくなり、必然的に全国ランキング 20 位以

内に入る者も少数であった。そのため本研究で明らかとなったトランスファーの特徴は偶然かもしれない。さらに、本研究は25歳を上限としているが、それ以降でさらに高いパフォーマンスを発揮した者も存在する。したがって今後も継続して調査をすることが必要である。

VI. まとめ

本研究では、陸上競技における中学エリート選手の全国ランキングと種目を10年間追跡調査し、ランキングの推移と種目間トランスファー明らかにすることを目的とした。2000年～2006年度に中学3年生であり、各種目で中学1～2年生を除いた全国ランキング10位以内および全日本中学校陸上競技選手権大会、ジュニアオリンピックで入賞した選手、延べ2,278人（男子1,274人、女子1,004人）を対象とし、全国ランキング、種目を16歳から25歳まで収集した。分析期間は、高校期（16－18歳）、大学期（19－22歳）、シニア期（23－25歳）とし、それぞれの期間における最高順位とその種目を集計した。その結果、高校期以降に全国ランキング20位以内にランクインした中学エリート選手の約半数は、種目をトランスファーしていたことが明らかとなった。しかし、その傾向は性別や種目によって異なっていた。これらの結果から、選手の可能性を開発するにあたって指導者は、中学校期に好成績を収めているからといってその種目に執着するのではなく、様々なトレーニング・種目・スポーツを中学校期から経験させることが望ましい。

VII. 引用文献

Blagrove RC, Howatson G, Hayes PR (2018) Effects of strength training on the physiological determinants of middle- and long-distance running performance: a systematic review. *Sports Med*, 48(5):1117-1149.

England Athletics (2019) U17 & U15 Outdoor Championships 2019. <https://events.englishathletics.org/competition/u17--u15-outdoor-championships-2019/profile>. 2020年11月29日閲覧.

Güllich A and Emrich E (2014) Considering long-term sustainability in the development

of world class success. *European Journal of Sport Science*. 14: S383-S397.

Huxley DJ, O'Connor D and Larkin P (2017) The pathway to the top: Key factors and influences in the development of Australian Olympic and World Championship track and field athletes. *International Journal of Sports Science & Coaching*. 12(2):264-275.

Huxley DJ, O'Connor D and Bennie A (2018) Olympic and World Championship track and field athletes' experiences during the specializing and investment stages of development: a qualitative study with Australian male and female representatives. *Qualitative Research in Sport, Exercise and Health*. 10(2) 256-272.

Kearney PE and Hayes PR (2018) Excelling at youth level in competitive track and field athletics is not a prerequisite for later success. *Journal of Sports Sciences*. 36(21):2502-2509.

日本スポーツ協会 (online1) ジャパンライジングスタープロジェクト事業概要. <https://www.j-star.info/summary/>. 2018年12月10日閲覧.

日本スポーツ協会 (online2) J-STARプロジェクト平成29(2017)年度報告書. http://www.star.info/app/download/11852742657/J-STAR_report_all.pdf?t=1529989394. 2018年12月14日閲覧.

日本スポーツ振興センター (online) タレント発掘・育成プログラムとは?. <https://pathway.jpnsport.go.jp/talent/index.html>. 2018年12月4日閲覧.

Thompson P (2009) Introduction to coaching. The official IAAF guide to teaching athletics. The International Association of Athletics Federations. (IAAFは2019年11月からWorld Athletics (WA)に名称変更した)

UK Sports (online) Sporting Giants celebrate fifth anniversary. <https://www.uksport.gov.uk/news/2012/02/27/sporting-giants-celebrate-fifth-anniversary>. 2020年4月20日閲覧.

Vaeyens R, Güllich A, Warr CR and Philippaerts R (2009) Talent identification and promotion programmes of Olympic athletes. *J Sports Sci*. 27(13):1367-1380.

渡邊將司, 森丘保典, 伊藤静夫, 三宅聡, 森泰夫,

繁田進, 尾縣貢 (2013) 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ー日本代表選手に対する軌跡調査ー. 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) の特徴ー日本代表選手に対する軌跡調査ー. 陸上競技研究紀要, 10 : 13-21.

渡邊將司, 神山結衣 (2020) 中学エリート選手の競技継続とハイパフォーマンスの維持に関する研究. 陸上競技研究紀要, 16:38-44

日本陸連科学委員会研究報告 第19巻 (2020)
陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2020

序 文

2020年度における科学委員会の主な活動は、①パフォーマンス分析サポート(含・U20/U18選手)、②種目別(ターゲットアスリート)サポート、③暑さ対策(マラソンおよび競歩、一般種目)に関する調査研究活動、④国際総合競技会へ向けた支援・準備、⑤タレントトランスファーおよびタレント発掘・育成、⑥U20/U18選手アンケート調査(障害や栄養および心理面および育成環境など)、⑦科学的データ普及支援(伝達講習会開催など)、⑦その他(戦略的な考えに基づく諸活動)などであった。

本委員会では、ターゲット種目毎に担当者を配置し、強化現場のニーズをきめ細かく汲み取る体制のもと、スピード感のある双方向のやり取りによってパフォーマンスや暑熱対策及びコンディショニングにおけるバイオメカニクス、運動生理学などの諸科学データやエビデンスに基づく支援や外的要因である気象情報、海外情報等の収集活動も加えた諸活動を展開してきている。

本年度はコロナ禍の中で思うような活動ができなかった状況もあったが、8月以降に実施できた活動の成果を主担当が中心となってまとめたものである。コロナ禍の中、大会関係の皆様方にお世話になりながら、精力的な活動を展開してくれた本委員会活動スタッフの尽力のおかげで、本年度は22編(昨年度24編)の活動報告を掲載することができた。その分野ごとの内訳は、短距離4本(含ジュニア1本)、リレー1本、ハードル4本、中距離3本、跳躍2本、投擲2本、混成1本、長距離障害3本、競歩1本、気象情報1本となっており、広範囲かつ多岐にわたる科学的支援・調査活動が展開できたことがうかがい知れる。

これらはこれまでと同様にいずれも今後役に立つデータとして集積され活用されていくであろう。引き続き、強化現場のニーズに密着しながら個別的、実践的なデータ収集と即時フィードバックに重点を置いた活動とともにトップからジュニア選手までを対象とした調査研究活動を展開していく予定である。12月と2月には科学委員会バイオメカニクス研究活動報告会(オンライン)として、最新の情報発信の場を設ける新たな取り組みも開始した。本活動報告書と併せて選手の育成・強化に関わる全ての方々への新たな気づきや想像力の想起に役立つ科学情報となることを願ってやまない。今後も強化委員会、指導者養成委員会並びに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、東京オリンピックとその後に向けた選手強化・育成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

2020年度 科学委員会メンバー

杉田 正明	日本体育大学
高松 潤二	流通経済大学
持田 尚	帝京科学大学
森丘 保典	日本大学
松林 武生	国立スポーツ科学センター
三浦 康二	独立行政法人日本スポーツ振興センター
浅田佳津雄	株式会社ウェザーニューズ
石橋 彩	東京大学
上地 勝	茨城大学
榎本 靖士	筑波大学
大沼 勇人	関西福祉大学
岡崎 和伸	大阪市立大学
奥野 真由	久留米大学
苅山 靖	山梨学院大学
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
小林 海	東京経済大学
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
柴山 一仁	仙台大学
清水 悠	島根大学
杉本和那美	弘前大学
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	鹿児島大学
丹治 史弥	東海大学
塚田 卓巳	和歌山県立医科大学
禰屋 光男	びわこ成蹊スポーツ大学
橋本 峻	日本体育大学
広川龍太郎	東海大学
松生 香里	川崎医療福祉大学
真鍋 知宏	慶應義塾大学スポーツ医学研究センター
村上 雅俊	大阪産業大学
森 健一	武蔵大学
柳谷登志雄	順天堂大学
山口 太一	酪農学園大学
山中 亮	新潟食料農業大学
山本 宏明	北里大学メディカルセンター
渡辺 圭佑	独立行政法人日本スポーツ振興センター
渡邊 將司	茨城大学
綿谷 貴志	八戸学院大学

※所属は2021年3月現在

日本陸連科学委員会研究報告 第19巻 (2020)
陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2020 目次

2020年度主要競技会における男子100mのレース分析	82
大沼勇人, 小林海, 松林武生, 高橋恭平, 山中亮, 綿谷貴志, 広川龍太郎	
国内トップスプリンターにおける2020年シーズンの200mレース分析	88
高橋恭平, 広川龍太郎, 小林海, 山中亮, 大沼勇人, 松林武生, 綿谷貴志	
全国高等学校陸上競技大会2020兼U20全国陸上競技大会における 男女短距離種目のレース分析	97
小林海, 大沼勇人, 高橋恭平, 山中亮, 綿谷貴志, 松林武生, 広川龍太郎	
2019年シーズンにおける女子4×400mリレーのレース分析	109
山中亮, 小林海, 大沼勇人, 高橋恭平, 渡辺圭祐, 松林武生, 広川龍太郎	
2020年度競技会における男女400mのレース分析	114
山中亮, 小林海, 高橋恭平, 松林武生, 綿谷貴志, 大沼勇人, 山本真帆, 笠井信一, 広川龍太郎	
2020年主要競技会における男女800mのレース分析	122
丹治史弥, 榎本靖士, 楊永昌, 栗原俊	
2020年主要競技会における男子1500mのレース分析	128
丹治史弥, 榎本靖士, 楊永昌, 栗原俊	
女子1500mレースにおける記録とペースの関係	133
榎本靖士, 楊永昌, 丹治史弥, 栗原俊	
2020年度日本選手権大会長距離種目における男女5000mおよび10000mのレース分析	136
上野弘聖, 黒崎渥矢, 丹治史弥, 栗原俊, 杉田正明	
2020年度日本選手権大会(長距離種目)における男女5000mおよび10000mの走動作分析	141
黒崎渥矢, 上野弘聖, 丹治史弥, 栗原俊, 杉田正明, 阿江通良	
2020年シーズンにおける男子110mハードル走のレース分析	149
柴山一仁, 貴嶋孝太, 杉本和那美, 森丘保典, 櫻井健一, 苅部俊二, 金子公宏, 谷川聡	

2020年シーズンにおける国内一流女子100mハードルのレース分析結果	157
貴嶋孝太, 大橋廉, 柴山一仁, 杉本和那美, 森丘保典, 前村公彦, 金子公宏	
日本一流男女400mハードル選手のレースパターン分析	165
－2019年の主要競技会について－	
杉本和那美, 貴嶋孝太, 柴山一仁, 森丘保典	
日本一流男女400mハードル選手のレースパターン分析	177
－2020年の主要競技会について－	
杉本和那美, 貴嶋孝太, 柴山一仁, 森丘保典	
女子3000m障害における水濠障害と通常障害の通過スピード分析	195
丹治史弥, 榎本靖士, 小林海	
2020年主要競技会における国内男子走幅跳選手の	199
助走最高スピード, 踏切前の接地位置と記録の関係	
小山宏之, 柴田篤志, 清水悠, 荻山靖, 広川龍太郎	
男女棒高跳における助走最高スピードの推定に向けた取り組み	203
清水悠, 小山宏之, 荻山靖, 柴田篤志	
2020年日本選手権大会における女子円盤投げ上位3名のキネマティクス	207
山本大輔, 瀧川寛子, 野中愛里, 村上雅俊	
ディーン元気選手における2020年の84.05mと2012年の84.28mの投てき動作の比較	213
瀧川寛子, 野中愛里, 山本大輔, 村上雅俊, 田内健二	
日本トップレベル十種競技選手の400mレースパターン	217
松林武生, 山中亮, 山本真帆, 笠井信一, 高橋直己, 速水舞	
2018－2019年度国内主要競歩レースにおける国内一流競技者の	221
下肢および体幹関節トルクの分析	
三浦康二, 佐藤高嶺, 川向哲弥, 大久保玲美	
2020年夏における気象観測に関して	232
浅田佳津雄, 堀内恒治, 橋本峻, 杉田正明	

2020年度主要競技会における男子100mのレース分析

大沼 勇人¹⁾ 小林 海²⁾ 松林武生³⁾ 高橋恭平⁴⁾ 山中 亮⁵⁾ 綿谷貴志⁶⁾ 広川龍太郎⁷⁾
1) 関西福祉大学 2) 東京経済大学 3) 国立スポーツ科学センター 4) 鹿児島大学
5) 新潟食料農業大学 6) 八戸学院大学 7) 東海大学

1. はじめに

2020年度シーズンは、COVID-19の影響により競技会の開催も制限された1年であった。選手にとってもコンディション調整が難しかったと推測される中、ケンブリッジ飛鳥選手(Nike)がアスリートナイトゲームズ福井で、3年ぶりの自己記録更新となる10.03秒を記録した。10月開催となった第104回日本陸上競技選手権大会では、桐生祥秀選手(日本生命)がケンブリッジ飛鳥選手にわずか0.01秒差をつけ、10.27秒で優勝を飾った。また、セイコーゴールデングランプリ陸上では、柳田大輝選手(東京農大二高)が高校2年歴代2位となる10.27秒の好記録を残すとともに、日本選手権で決勝に進出するなどの活躍もあった。

(公財)日本陸上競技連盟科学委員会はこれまでに国内外で行われた主要大会における100mレースについて、走速度やピッチ、ストライドに関するデータ測定を行ってきた。これらの結果は同強化委員会を通じてコーチや選手にもフィードバックされ、競技力向上の一助となる役割を果たしてきた。本報告では、2020年度シーズンに科学委員会が測定を実施した対象競技会における100m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

- ・セイコーゴールデングランプリ陸上2020(8月23日, 東京)(以下, 「GGP」)
- ・アスリートナイトゲームズ福井2020(8月29日, 福井)(以下, 「福井2020」)
- ・富士北麓ワールドトライアル2020(9月6日, 山梨)(以下, 「富士北麓競技会」)
- ・第68回全日本実業団対抗陸上競技選手権大会(9

月18-20日, 埼玉)(以下, 「全日本実業団」)

- ・第104回日本陸上競技選手権大会(10月1-3日, 新潟)(以下, 「日本選手権」)

2-2. 対象選手

対象選手は、上記競技会に出場した国内選手23名(計77レース)であった。

2-3. 撮影方法

100m走の撮影には6台のハイスピードデジタルビデオカメラ(Lumix GH5S, Panasonic, JAPAN; LumixDMC-FZ300, Panasonic, JAPAN)を用い、スタンドから各校正地点(110mハードル1台目, 100mハードル1, 3, 5, 7, 9台目のグラウンドマーク)の延長線上に測定者を配置し、各校正点が画角に収まるように撮影を行った。撮影のサンプリングレートは、239.76fps(≒240fps)に設定し、測定はスタート時のスターターの閃光を撮影した後、全選手がフィニッシュラインを通過するまで、カメラをパンニングし、レース映像を撮影した。閃光が明確でない映像は、近しい地点の映像における同一選手の接地瞬間で同期し、同期に際しては少なくとも3箇所のカメラを用いた。

2-4. 分析方法

映像分析には動画再生および編集ソフト(QuickTimePro7, Apple, USA)を用い、いずれのレースにおいてもスターターの閃光をゼロとして、各校正点をトルソーが通過したフレーム数とカメラのサンプリングレートの逆数との積から通過時間を求めた。その後、先行研究(大沼ら2019, 小林ら2018, 小林ら2017)をもとに、各地点の通過時間をスプライン補間によって内挿することで、レース全体の時間-距離情報を取得し、10m区間ごとの走速度、最高走速度とその発現時間、および走速度

表1 2020年度度分析対象者におけるレース分析結果

氏名	大会	風[m]	記録[s]	最高走速度 [m/s]	最高走速度 到達時間[s]	走速度 低下率[%]	ピッチ [step/s]	ストライド長 [m/step]
ケンブリッジ飛鳥 (Nike)	福井2020	1.0	10.03	11.63	6.78	4.04	4.84	2.40
桐生祥秀 (日本生命)	福井2020	1.0	10.06	11.48	6.64	3.58	4.93	2.33
多田修平 (住友電工)	福井2020	1.5	10.18	11.32	6.18	5.65	5.06	2.24
小池祐貴 (住友電工)	福井2020	1.0	10.19	11.44	6.74	3.63	5.11	2.24
東田旺洋 (茨城陸協)	福井2020	0.9	10.21	11.32	6.08	6.46	4.94	2.29
竹田一平 (スズキ)	GGP	0.7	10.25	11.22	6.57	3.62	5.05	2.22
飯塚翔太 (ミズノ)	富士北麓競技会	-0.9	10.25	11.29	6.63	4.62	4.94	2.29
水久保漱至 (城西大)	福井2020	1.5	10.26	11.23	6.73	3.89	4.76	2.36
柳田大輝 (東京農大二高)	GGP	0.7	10.27	11.28	6.40	4.59	4.57	2.47
草野蒼也 (ATC)	全日本実業団	1.2	10.3	11.19	6.12	6.34	4.89	2.29
白石黄良々 (セレスポ)	福井2020	1.5	10.31	11.15	6.59	4.03	4.81	2.32
山下潤 (ANA)	全日本実業団	1.2	10.37	11.14	6.23	5.25	4.58	2.43
宮本大輔 (東洋大)	日本選手権	-0.3	10.40	11.06	6.03	5.75	5.05	2.19
鈴木涼太 (城西大)	日本選手権	-0.2	10.41	11.01	6.26	4.96	5.01	2.20
井澤真 (立命館慶祥高)	GGP	-0.3	10.42	10.94	6.03	4.72	5.05	2.17
山縣亮太 (セイコー)	GGP	-0.3	10.42	11.03	5.87	7.64	4.80	2.30
デーデーブルーノ (東海大)	日本選手権	0.2	10.43	11.06	5.94	6.86	4.75	2.33
三輪颯太 (西武文理高)	日本選手権	0.1	10.45	11.02	6.57	3.81	4.75	2.32
河田航典 (中京大中京高)	GGP	0.7	10.49	10.89	6.29	4.72	5.07	2.15
井上瑞葵 (鳥取中央育英高)	GGP	0.7	10.55	10.81	6.12	5.16	4.92	2.20
藤原寛人 (東海大浦安高)	GGP	0.7	10.58	10.93	6.28	7.16	4.84	2.26
鷹祥永 (立命館慶祥高)	富士北麓競技会	0.6	10.61	10.78	6.53	5.00	5.26	2.05
後藤達樹 (崇徳高)	GGP	0.7	10.87	10.50	6.14	5.59	4.68	2.25

*ピッチ・ストライドは最高走速度時点における数値

低下率を算出した。また、通過フレーム数を求めた映像から、4ステップごとの接地時のフレーム数を求め、4ステップに要した時間の逆数により、4ステップごとのピッチを算出した。上記で算出した走速度をピッチで除すことで、ストライド長を算出した。

本報告では、2017年から2020年度度シーズンにおける100m決勝レースを対象に、ピアソンの積率相関係数を用い、記録と最高走速度、最高走速度発現時間および走速度逡減率との関係について明らかにし、日本選手権決勝レースにおける各選手のレースパターンについて報告する。

3. 結果と考察

対象となった全23名の本年度の最高記録における最高走速度、最高走速度到達時間、走速度逡減率、最高走速度時におけるピッチおよびストライド長を表1に、10mごとの通過ラップタイムを表2に、10m区間ごとの走速度を表3に示した。

図1は、2017年から2020年度度シーズンにおける100m決勝レースを対象に記録と最高走速度、最高走速度到達時間および走速度低下率の関係を示したものである。記録と最高走速度との間には有意な負の相関係数が見られたものの、最高走速度到達時間および走速度逡減率との間には有意な相関係数は

見られなかった。本年度における最高走速度は、ケンブリッジ飛鳥選手の11.63m/s、桐生祥秀選手の11.48m/s、多田選手の11.44m/sの順に高かった。(表1) 昨年度の報告(大沼ほか2019)において、100m参加標準記録である10.05秒を突破するための基準として11.55 m/sを示した。COVID-19の影響により有効記録にはならなかったものの、10.03秒を記録したケンブリッジ選手のみ同基準を突破することができ、他選手は基準突破には至らなかった。2019年度シーズンで、サニブラウンハキーム選手、小池祐貴選手、桐生祥秀選手の3名が突破している状況であり、来年度はその他選手においても最高走速度のさらなる向上および五輪参加標準記録突破を期待したい。

一方、記録と最高走速度到達時間および走速度低下率との間には有意な相関係数は見られなかった。最高走速度到達時間および走速度低下率について、本年度における最高走速度時間は、山縣選手が最も短く、ケンブリッジ選手が最も長かった。また走速度低下率は、桐生選手が最も小さく、山縣選手が最も大きかった。(表1) 最高走速度到達時間は、走速度をどれだけ短時間で最大化できるか、すなわち加速能力、走速度低下率は最大化した走速度をどれだけ維持することができるか、すなわちスピード持続能力を示すものであると考えられる。図1より、記録と最高走速度到達時間および走速度低下率との間

表2 2020年度度分析対象者における10mごとのスプリットタイム

氏名	大会	10m	20m	30m	40m	50m	60m	70m	80m	90m	100m
ケンブリッジ飛鳥(Nike)	福井2020	1.87	2.94	3.89	4.79	5.67	6.53	7.39	8.26	9.13	10.03
桐生祥秀(日本生命)	福井2020	1.84	2.91	3.86	4.77	5.65	6.52	7.39	8.27	9.16	10.06
多田修平(住友電工)	福井2020	1.84	2.91	3.86	4.77	5.66	6.54	7.43	8.33	9.24	10.18
小池祐貴(住友電工)	福井2020	1.93	3.01	3.97	4.88	5.76	6.64	7.51	8.39	9.28	10.19
東田旺洋(茨城陸協)	福井2020	1.87	2.93	3.88	4.79	5.68	6.56	7.45	8.35	9.27	10.21
竹田一平(スズキ)	GGP	1.87	2.95	3.91	4.83	5.73	6.63	7.52	8.42	9.33	10.25
飯塚翔太(ミズノ)	富士北麓競技会	1.88	2.96	3.93	4.85	5.75	6.63	7.52	8.41	9.32	10.25
水久保漱至(城西大)	福井2020	1.86	2.94	3.92	4.85	5.75	6.64	7.53	8.42	9.33	10.26
柳田大輝(東京農大二高)	GGP	1.92	2.99	3.95	4.86	5.76	6.64	7.53	8.43	9.34	10.27
草野 誓也(ATC)	全日本実業団	1.87	2.93	3.90	4.81	5.71	6.61	7.51	8.42	9.35	10.30
白石黄良々(セレスポ)	福井2020	1.87	2.95	3.93	4.86	5.76	6.66	7.55	8.46	9.38	10.31
山下 潤(ANA)	全日本実業団	1.92	2.99	3.96	4.88	5.78	6.68	7.58	8.49	9.42	10.37
宮本大輔(東洋大)	日本選手権	1.90	2.97	3.94	4.86	5.77	6.67	7.58	8.50	9.44	10.40
鈴木涼太(城西大)	日本選手権	1.87	2.95	3.93	4.86	5.77	6.68	7.59	8.52	9.45	10.41
井澤真(立命館慶祥高)	GGP	1.87	2.94	3.91	4.84	5.76	6.67	7.59	8.52	9.46	10.42
山縣亮太(セイコー)	GGP	1.86	2.93	3.90	4.82	5.73	6.64	7.55	8.48	9.44	10.42
デーデーブルーノ(東海大)	日本選手権	1.91	2.98	3.94	4.87	5.77	6.68	7.59	8.51	9.46	10.43
三輪颯太(西武文理高)	日本選手権	1.93	3.02	4.00	4.93	5.85	6.75	7.66	8.58	9.51	10.45
河田航典(中京大中京高)	GGP	1.87	2.96	3.94	4.89	5.81	6.73	7.65	8.58	9.53	10.49
井上瑞葵(鳥取中央育英高)	GGP	1.88	2.96	3.95	4.89	5.82	6.74	7.67	8.62	9.57	10.55
藤原寛人(東海大浦安高)	GGP	1.92	3.02	4.01	4.95	5.87	6.78	7.70	8.64	9.59	10.58
鷹祥永(立命館慶祥高)	富士北麓競技会	1.88	2.99	3.99	4.95	5.88	6.81	7.74	8.68	9.63	10.61
後藤達樹(崇徳高)	GGP	1.95	3.06	4.07	5.04	5.99	6.94	7.90	8.87	9.86	10.87

[単位:s]

表3 2020年度度分析対象者における10mごとの走速度

氏名	大会	10m	20m	30m	40m	50m	60m	70m	80m	90m	100m
ケンブリッジ飛鳥(Nike)	福井2020	5.36	9.34	10.47	11.08	11.43	11.60	11.63	11.56	11.40	11.16
桐生祥秀(日本生命)	福井2020	5.42	9.41	10.48	11.04	11.33	11.47	11.48	11.41	11.27	11.07
多田修平(住友電工)	福井2020	5.42	9.43	10.47	10.99	11.24	11.32	11.28	11.14	10.93	10.68
小池祐貴(住友電工)	福井2020	5.17	9.31	10.41	10.99	11.29	11.43	11.44	11.36	11.22	11.03
東田旺洋(茨城陸協)	福井2020	5.35	9.45	10.50	11.02	11.26	11.32	11.26	11.11	10.88	10.59
竹田一平(スズキ)	GGP	5.34	9.33	10.34	10.85	11.11	11.22	11.21	11.13	10.99	10.81
飯塚翔太(ミズノ)	富士北麓競技会	5.32	9.23	10.30	10.86	11.16	11.29	11.29	11.20	11.02	10.77
水久保漱至(城西大)	福井2020	5.39	9.21	10.25	10.80	11.09	11.22	11.23	11.16	11.00	10.80
柳田大輝(東京農大二高)	GGP	5.20	9.37	10.42	10.94	11.19	11.28	11.25	11.15	10.97	10.76
草野 誓也(ATC)	全日本実業団	5.36	9.37	10.39	10.89	11.12	11.19	11.13	10.98	10.76	10.48
白石黄良々(セレスポ)	福井2020	5.35	9.24	10.25	10.78	11.05	11.15	11.15	11.06	10.90	10.71
山下 潤(ANA)	全日本実業団	5.21	9.32	10.35	10.85	11.07	11.14	11.09	10.96	10.77	10.55
宮本大輔(東洋大)	日本選手権	5.25	9.37	10.36	10.82	11.02	11.06	10.99	10.85	10.65	10.43
鈴木涼太(城西大)	日本選手権	5.33	9.28	10.25	10.72	10.94	11.01	10.96	10.85	10.67	10.46
井澤真(立命館慶祥高)	GGP	5.35	9.36	10.30	10.73	10.91	10.94	10.89	10.77	10.61	10.43
山縣亮太(セイコー)	GGP	5.37	9.36	10.34	10.81	11.00	11.03	10.93	10.75	10.49	10.18
デーデーブルーノ(東海大)	日本選手権	5.24	9.36	10.37	10.84	11.03	11.06	10.97	10.80	10.57	10.30
三輪颯太(西武文理高)	日本選手権	5.18	9.20	10.20	10.70	10.94	11.02	11.01	10.92	10.78	10.60
河田航典(中京大中京高)	GGP	5.33	9.22	10.17	10.62	10.83	10.89	10.85	10.74	10.57	10.38
井上瑞葵(鳥取中央育英高)	GGP	5.33	9.24	10.15	10.58	10.77	10.81	10.75	10.62	10.44	10.25
藤原寛人(東海大浦安高)	GGP	5.20	9.12	10.13	10.63	10.87	10.93	10.87	10.71	10.46	10.15
鷹祥永(立命館慶祥高)	富士北麓競技会	5.32	9.02	9.98	10.46	10.70	10.78	10.75	10.64	10.46	10.24
後藤達樹(崇徳高)	GGP	5.13	9.02	9.91	10.32	10.48	10.50	10.43	10.29	10.11	9.91

[単位:m/s]

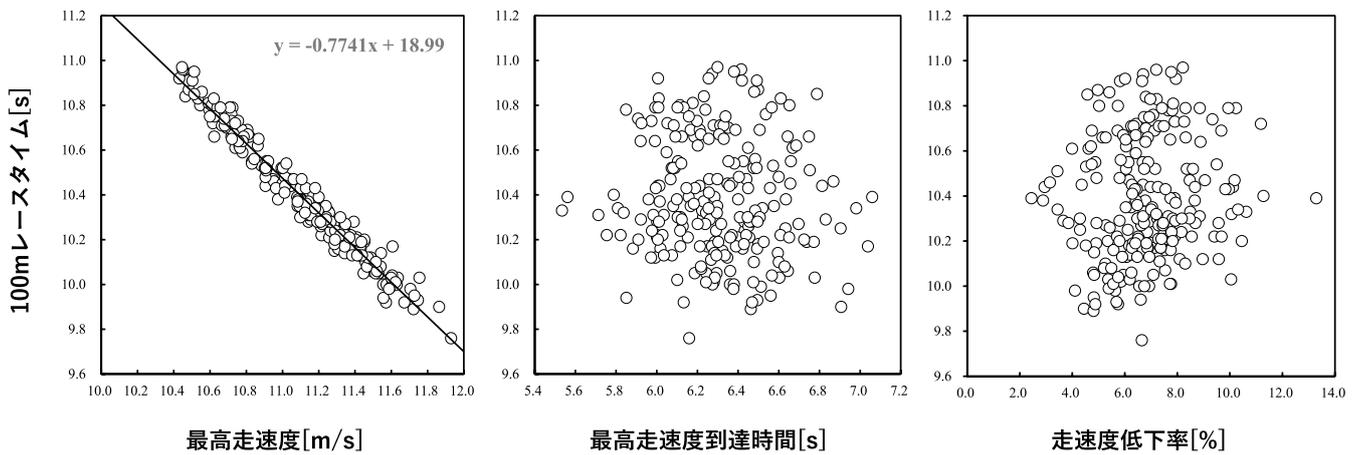


図1 2017年度から2020年度度決勝レース分析対象者における100m記録と最高走速度，最高走速度到達時間および走速度低下率との関係

に有意な相関関係が見られなかった要因として，選手個々の特性またはレースパターンが影響した可能性がある。そこで，最高走速度到達時間と走速度低下率の関係について検討したところ，両者には有意な負の相関関係すなわちトレードオフの関係があった(図2)。この結果は，最高走速度到達時間が短い走者ほど走速度低下率が大きく，いわゆる前半型のレースパターンとなり，最高走速度到達時間が長い走者ほど走速度低下率が小さく，いわゆる後半型のレースパターンとなることを示すものであり，これらの指標は選手個々の特性や課題にあわせた100m走におけるレースパターンを検討する指標になりえる可能性がある。

日本選手権決勝は1位から3位まで0.03秒差，1位から6位まで0.14秒差と近年では接戦となったレースであった。決勝レースにおいても，多田選手が60mまで6.58秒で先行し，桐生選手が70mを7.49秒で走り抜け，この時点で多田選手に追いつき，ケンブリッジ選手・小池選手・飯塚選手が桐生選手よりも高い走速度で維持するものの，桐生選手が逃げ切ったといったレース展開であった。(表4・5) 図3は，最高走速度到達時間と走速度低下率の関係(図2)に，日本選手権決勝進出者8名を位置したものである。多田選手・柳田選手は前半型，桐生選手・竹田選手が中間型，ケンブリッジ選手・小池選手・飯塚選手・鈴木選手が後半型であることが概観される。いずれのレースパターンが優れているといったわけではなく，個々において長所を最大化するとともに，短所を最小化するようなレース戦略が求められると考えられる。今年度得られた結果をもとに，レースパターンの分類について検討していく余地があるものと考えられる。

図4は，3年ぶりの自己記録を更新したケンブ

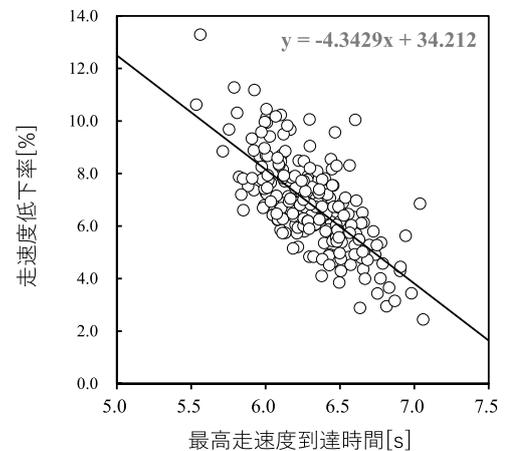


図2 2017年度から2020年度度決勝レース分析対象者における最高走速度到達時間と走速度低下率との関係

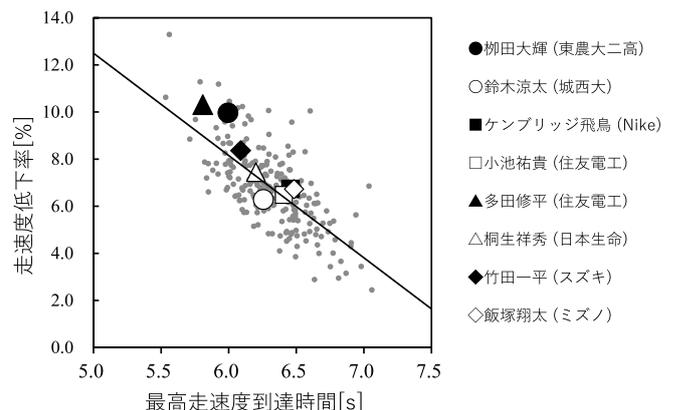


図3 日本選手権決勝進出者の最高走速度到達時間と走速度低下率との関係

リッジ選手の福井2020で記録した10.03秒のレース，2020年度日本選手権決勝の10.28秒のレース，従来の自己記録であった2017年日本選手権予選の10.09秒のレースの走速度，ピッチ，ストライド長

表4 日本選手権決勝における10mごとのスプリットタイム

氏名	10m	20m	30m	40m	50m	60m	70m	80m	90m	100m
桐生祥秀 (日本生命)	1.86	2.92	3.89	4.81	5.70	6.60	7.49	8.40	9.32	10.27
ケンブリッジ飛鳥 (Nike)	1.89	2.97	3.93	4.85	5.75	6.64	7.53	8.43	9.34	10.28
小池祐貴 (住友電工)	1.90	2.98	3.94	4.86	5.76	6.65	7.54	8.44	9.36	10.30
飯塚翔太 (ミズノ)	1.89	2.97	3.94	4.87	5.77	6.67	7.56	8.47	9.39	10.33
多田修平 (住友電工)	1.85	2.91	3.87	4.78	5.68	6.58	7.49	8.41	9.36	10.34
鈴木涼太 (城西大)	1.87	2.95	3.93	4.86	5.77	6.68	7.59	8.52	9.45	10.41
柳田大輝 (東農大二高)	1.90	2.97	3.94	4.86	5.76	6.67	7.58	8.50	9.45	10.43
竹田一平 (スズキ)	1.88	2.96	3.94	4.88	5.80	6.72	7.64	8.58	9.54	10.52

[単位:s]

表5 日本選手権決勝における10mごとの走速度

氏名	10m	20m	30m	40m	50m	60m	70m	80m	90m	100m
桐生祥秀 (日本生命)	5.39	9.36	10.38	10.89	11.14	11.21	11.17	11.03	10.82	10.55
ケンブリッジ飛鳥 (Nike)	5.29	9.29	10.34	10.88	11.15	11.26	11.24	11.12	10.92	10.67
小池祐貴 (住友電工)	5.25	9.31	10.35	10.88	11.14	11.23	11.21	11.09	10.90	10.65
飯塚翔太 (ミズノ)	5.30	9.23	10.27	10.81	11.08	11.19	11.17	11.05	10.86	10.60
多田修平 (住友電工)	5.41	9.44	10.44	10.91	11.11	11.13	11.03	10.83	10.55	10.21
鈴木涼太 (城西大)	5.33	9.28	10.25	10.72	10.94	11.01	10.96	10.85	10.67	10.46
柳田大輝 (東農大二高)	5.27	9.32	10.34	10.83	11.05	11.09	11.00	10.81	10.54	10.19
竹田一平 (スズキ)	5.33	9.23	10.19	10.65	10.86	10.90	10.83	10.67	10.44	10.16

[単位:m/s]

を示したものである。福井2020で記録した10.03秒のレースと2017年日本選手権予選の10.09秒のレースを比較すると、60m以降における走速度の違いが顕著であることがわかる。走速度の決定要因となるピッチ・ストライド長についてみると、10.03秒のレースが10.09秒のレースよりも、決定的な違いではないものの、レース後半においてストライドが長い傾向が伺える。レース後半におけるピッチには影響させずに、長いストライドを獲得できたことが後半の走速度の維持に影響したものと考えられる。また、福井2020で記録した10.03秒のレースと2020年度日本選手権決勝の10.28秒のレースを比較すると、レース序盤からの走速度の違いが顕著であることがわかる。また、ピッチ・ストライド長についてみると、10.28秒のレースが10.03秒のレースよりも、レース全体にわたってピッチが低く、レース後半ではストライド長が短いことがわかる。日本選手権決勝レースでは、本来のピッチを高めることができなかったこと、そして自己記録に至った後半

でストライド高めることができなかったことが影響していた。これらの結果は、自己記録更新に至った要因とシーズン内での記録変動に影響した要因は異なることを示すものである。それらの要因は選手個々によって異なり、レースにおける課題を明確にしていくことが必要であると考えられる。

まとめ

- 100m記録と最高疾走速度との間には有意な負の相関関係が認められた。本年度における最高走速度は、今年度国内ランキングトップである10.03秒を記録したケンブリッジ飛鳥選手が11.63m/sと最も高く、次いで桐生祥秀選手の11.48m/s、多田選手の11.44m/sの順に高かった。
- 記録と最高走速度到達時間および走速度逡減率との間には有意な相関関係は認められなかった。最高走速度到達時間は、山縣選手が5.87秒と最も短く、ケンブリッジ選手が6.78秒と最も長かつ

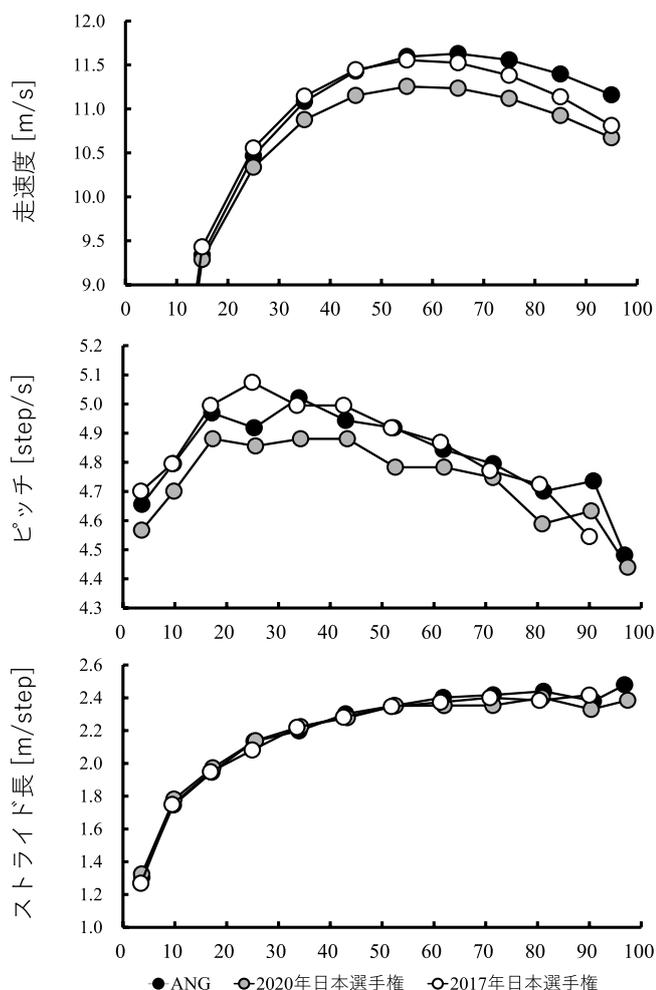


図4 ケンブリッジ飛鳥の2020年度自己記録レースと日本選手権決勝レースおよび2017年シーズン記録レースにおける走速度、ピッチ、ストライド長

- た。一方、走速度低下率は、桐生選手が-3.58%と最も小さく、山縣選手が7.64%と最も大きかった。
- 最高走速度到達時間と走速度低下率との間には有意な正の相関関係が認められた。この関係性をもとに、日本選手権決勝における個々の特性を振り返るとともに、この関係性が各選手のレースパターンの特徴を反映する可能性があると考えられた。
 - ケンブリッジ飛鳥選手 (Nike) は、従来の自己記録であった10.09秒のレースよりも、60m以降に高いスピードを維持することで、3年ぶりの自己記録更新となる10.03秒を記録した。その要因として、レース後半においてピッチには影響させずに、長いストライドを獲得できたことが影響したと考えられた。

文献

- 大沼勇人, 小林海, 松林武生, 高橋恭平, 山中亮, 渡辺圭祐, 綿谷貴志, 広川龍太郎 (2019) 2019年度主要競技会における男子100mのレース分析. 陸上競技研究紀要, 15 : 131-137.
- 小林海, 高橋恭平, 山中亮, 渡辺圭祐, 大沼勇人, 松林武生, 広川龍太郎, 松尾彰文 (2018) 2018年シーズンにおける男子100mのレース分析結果. 陸上競技研究紀要, 14 : 89-93.
- 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 (2017) 2017シーズンにおける男女100mのレース分析および瞬間速度と瞬間加速度. 陸上競技研究紀要, 13 : 154-164.
- 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 (2016) 2016シーズンおよび全シーズンでみた男女100mの速度分析とピッチ・ストライド分析について. 陸上競技研究紀要, 12 : 74-83.
- 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 (2015) 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. 陸上競技研究紀要, 11 : 141-149.

国内トップスプリンターにおける2020年シーズンの200mレース分析

高橋恭平¹⁾ 広川龍太郎²⁾ 小林海³⁾ 山中亮⁴⁾ 大沼勇人⁵⁾ 松林武生⁶⁾ 綿谷貴志⁷⁾

1) 鹿児島大学 2) 東海大学 3) 東京経済大学 4) 新潟食料農業大学 5) 関西福祉大学
6) 国立スポーツ科学センター 7) 八戸学院大学

1. はじめに

本来であれば東京オリンピックが開催されるはずであった2020年、新型コロナウイルス感染症拡大の影響を受け、オリンピックの延期をはじめ、国内外の競技会が延期、もしくは中止となった。そのうち、8月以降に開催された国内5競技会について、本研究では、2020年日本陸上競技連盟科学委員会の活動として行われた男女200mレース分析を実施した。10月に延期された第104回日本陸上競技選手権大会において、男子では飯塚翔太選手（ミズノ）が20.75秒で2年ぶりに制した他、女子では鶴田玲美選手（南九州ファミリーマート）が日本歴代3位となる23.17秒で制す等の活躍が目立った。本稿では、これらの分析結果から、走速度および走速度低下率、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、次の5競技会とし、レース測定および分析を行った。

- ・セイコーゴールデングランプリ陸上2020 東京（2020年8月23日）（以下、GGP）
- ・Athlete Night Games in FUKUI 2020（2020年8月29日）（以下、ANG）
- ・富士北麓ワールドトライアル2020（2020年9月6日）（以下、北麓）
- ・第68回全日本実業団対抗陸上競技選手権大会（2020年9月18日～20日）（以下、実業団）
- ・第104回日本陸上競技選手権大会（2020年10月1日～3日）（以下、日本選手権）

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。

- ・GGP：上位6選手
- ・ANG：上位3選手
- ・北麓：【男子】上位2選手，【女子】上位6選手
- ・実業団：【男子】上位3選手，【女子】上位6選手
- ・日本選手権：【男子】上位6選手，【女子】上位4選手

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-FZ300, Panasonic, JAPAN) もしくは Lumix (DC-GH5S, Panasonic, JAPAN) を6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。

測定者は20m, 55m, 80m, 100m, 121.5m, 149.42m, 181m地点の撮影を行うために観覧スタンドへそれぞれ配置された。そのうち、20m, 55m, 80m, 100m, 149.42m地点の測定者は各地点の真上でなく、対角線上スタンドに配置した。フィールド内に設営されたテント等で撮影地点が重なる場合は、撮影地点真

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
100m	-
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	
	男子	女子
スタート (0m) -20m	10 歩	10 歩
20m-55m	12 歩	14 歩
55m-80m	8 歩	10 歩
80m-100m	8 歩	8 歩
100m-121.5m	8 歩	8 歩
121.5m-149.42m	10 歩	10 歩
149.42m-181m	12 歩	12 歩
181m-フィニッシュ (200m)	6 歩	8 歩

上からの撮影を行った。また、100m 地点と 149.42m 地点は 1 名の測定者が兼任し、149.42m 地点対角線上から両地点を撮影した。全てのレースの撮影は、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ンニング撮影を行った。

2-4. 分析方法

映像分析には映像再生・編集ソフト (QuickTimePro7, Apple, USA) による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。

最高走速度および走速度低下率とフィニッシュタイムについて実施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% または 1% とした。

2-4-1. 通過タイムおよび区間平均走速度

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、区間平均走速度 (以下、走速度) の算出を行った。

2-4-2. 走速度低下率

走速度低下率は、最高走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。

$$([181m-200m \text{ 区間走速度}] / [\text{最高走速度}] \times 100) - 100$$

2-4-3. 区間平均ピッチおよび区間平均ストライド

1 秒毎の区間平均ピッチ (以下、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 歩から 14 歩 (表 2) に要した時間のフレーム数から算出した。

区間平均ストライド (以下、ストライド) は、2-4-1 で求めた走速度をピッチで除すことにより求めた。

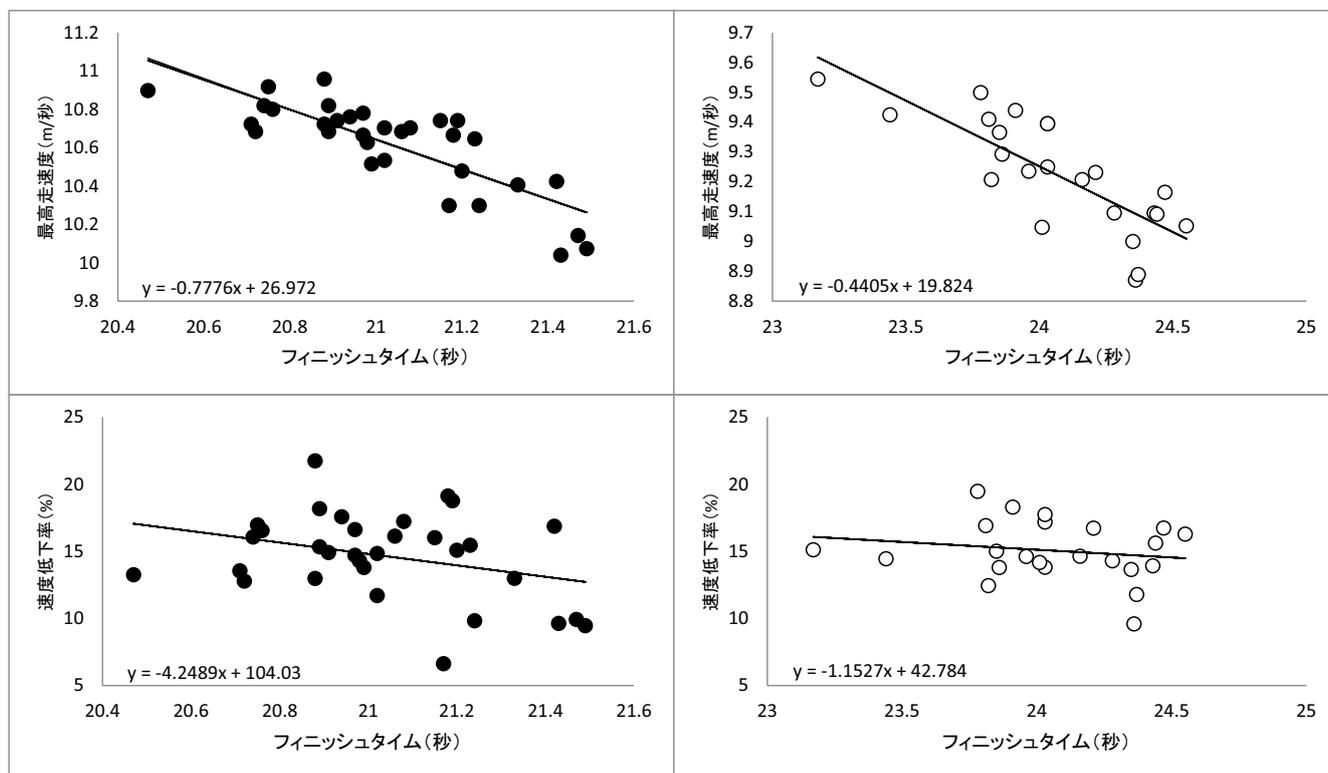


図1. 2020年シーズン200mレースにおける最高走速度 (上段) および走速度低下率 (下段) とフィニッシュタイムの関係 (●: 男子 ○: 女子)

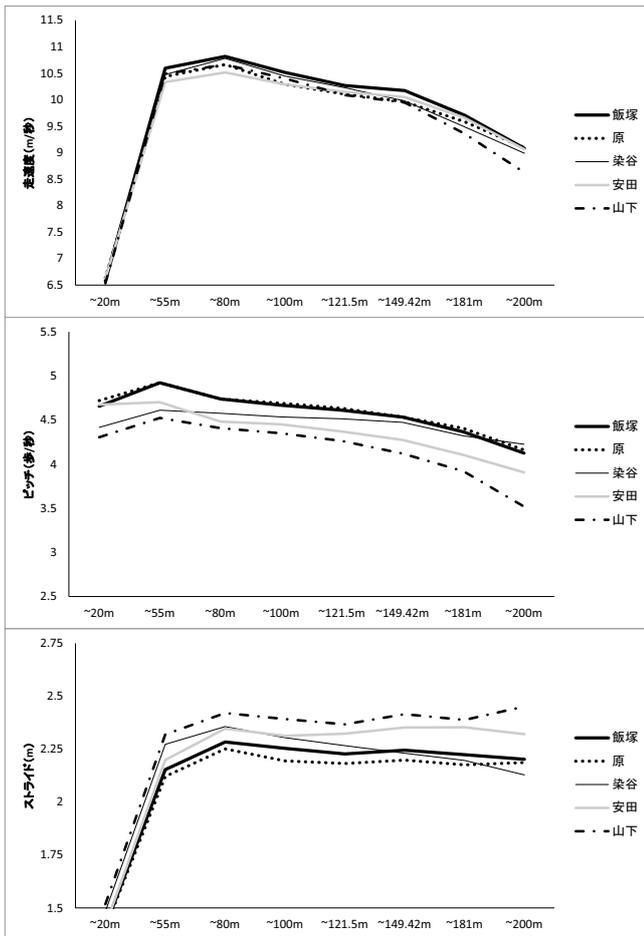


図2. 2020年GGP男子200m決勝上位5名における走速度（上段）およびピッチ（中段）、ストライド（下段）

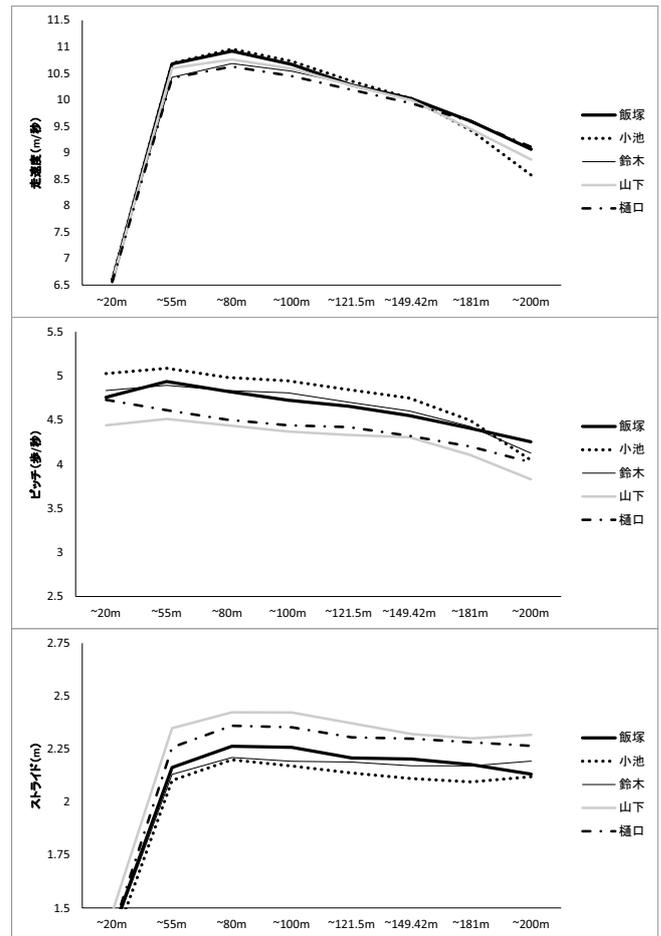


図3. 2020年日本選手権男子200m決勝上位5名における走速度（上段）およびピッチ（中段）、ストライド（下段）

3. 結果および考察

2020年シーズンは、コロナ禍において競技会はさることながら日常生活さえも脅かされ、東京オリンピックをはじめ、予定されていた競技会は延期、もしくは中止となった。その影響で、今シーズンの測定は、国内競技会・日本人選手のみであった。本研究では、その中で、東京オリンピック会場となる国立競技場で改修後初の競技会として実施されたGGPにおける男子200mと、日本選手権新潟大会男女200mを中心に検証を行った。（他3対象競技会の分析結果詳細は参考資料を参照。）

図1は本研究における対象競技会全レースのフィニッシュタイムと最高走速度および走速度低下率の関係を示している。最高走速度は、男女共にフィニッシュタイムと有意な負の相関関係が認められ($p < 0.01$)、従来の報告通り（高橋ら2016, 高橋ら2017, 高橋ら2018, 高橋ら2019）、男女共にパフォーマンスと密接な関係を示した。一方、走速度低下率は、男女とも有意な相関関係は認められなかった(男

子： $p = 0.07$, 女子： $p = 0.30$)。昨シーズンは外国人選手も含めたシニア男子選手において有意な正の相関関係が認められたが、日本人選手のみでの分析となった今シーズンでは関係性が確認されなかったため、日本人選手と外国人選手を分ける等、より詳細な分析が必要かもしれない。

図2はGGP男子200mの決勝レース上位5名における走速度およびピッチ、ストライドの分析結果を示している。最高走速度の出現区間は、5名全員において55-80m区間であった。20.74秒(+0.6m/秒)の記録で優勝した飯塚選手は、最も高い最高走速度(10.82m/秒)とレース中一貫したピッチの高さが顕著であった。飯塚選手含む全5選手の最高ピッチは20-55m区間で出現していた。そして、最高ストライドは、安田選手を除く全選手が55-80m区間で出現していた。この結果は、シニア日本人選手において、ピッチの最高値が20-55m区間で出現後、最高走速度およびストライドの最高値が55-80m区間で出現する傾向にあることを示唆している。去年カタールのドーハで開催された世界選手権男子

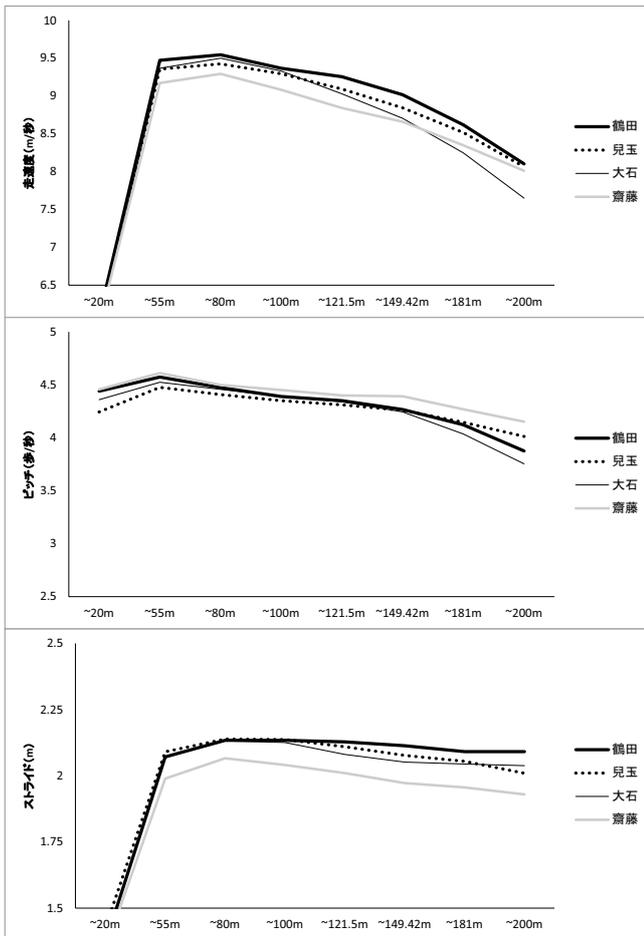


図4. 2020年日本選手権女子200m決勝上位4名における走速度（上段）およびピッチ（中段）、ストライド（下段）

200m決勝における上位7名と比較すると（高橋ら2019），最高走速度と最高ピッチの出現区間は同様の傾向を示したが，最高ストライドは80-100m区間で出現する傾向を示していた点で異なっていた。

図3は日本選手権男子200mの決勝レース上位5名における走速度およびピッチ，ストライドの分析結果を示している。20.75秒（-0.5m/秒）で2年ぶりにこの種目を制した飯塚選手の最高走速度は10.92m/秒で，ピッチとストライドのレース中における推移はGGPのレースとほぼ同様であった。一方，ファイナリスト中，最高走速度の最も高かった小池選手は，10.96m/秒であった。小池選手は，スタートから149.42-181m区間まで高いピッチを維持したが，走速度低下率の高さがファイナリスト中最大であった（21.74%）。

図4は日本選手権女子200mの決勝レース上位4名における走速度およびピッチ，ストライドの分析結果を示している。最高走速度および最高ピッチの出現区間は，全ての分析対象者において，それぞれ，55-80m，20-55m区間で，男子と同様の傾向を示し

た。日本歴代3位となる好記録23.17秒（-0.1m/秒）で初の選手権者となった鶴田選手の最高走速度は，分析対象の中で最も高い9.54m/秒であった。また，最高ストライド出現区間は80-100m区間で，その後の直走路のストライドの高さが顕著であった。一方，他の全対象選手は，55-80m区間でストライドの最高値を示していた。昨年の日本選手権者として臨んだ兒玉選手は2位だったが，去年（23.80秒）より記録を伸ばした。去年の同競技会と比較して（高橋ら2019），ピッチは，スタート-20m区間において今年やや低い傾向にあったが，レース全体を通じてほぼ同様の推移を示した。一方，今年ストライドは全区間において昨年より高くなっており，最大で5.2cm（スタート-20m区間）高くなっていた。したがって，鶴田選手と兒玉選手の高パフォーマンスにはストライドの高さが関係していることが考えられるため，女子においてはストライドを高めることが，記録短縮のために1つの戦略的なポイントになることを示唆している。

4. まとめ

2020年シーズンにおける国内トップスプリンターの200mレースを分析した結果，次のことが明らかとなった。

- ・最高走速度は，従来の報告と同様に有意な相関関係があったが，走速度低下率との関係性は認められなかった。
- ・男女共に，最高ピッチが20-55m区間で出現した後，55-80m区間で最高ストライドおよび最高走速度が出現する傾向にあった。
- ・日本選手権女子200mを制した鶴田選手と，2位の兒玉選手は，ストライドの高さが顕著であった。

参考文献

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（2016）2015年における日本および世界一流200m選手のレース分析。陸上競技研究紀要，11：115-127。

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，山中亮，大家利之，吉本隆哉，大沼勇人，輪島裕美（2017）2016年国内外トップスプリンターの200mにおける走パフォーマンス分析。陸上競技研究紀要，12：84-91。

高橋恭平，広川龍太郎，小林海，渡辺圭佑，山中亮，

大沼勇人, 吉本隆哉, 松林武生, 松尾彰文 (2018)
2017年シーズンにおける200m走パフォーマンス
分析. 陸上競技研究紀要, 13: 165-173.

高橋恭平, 広川龍太郎, 小林海, 山中亮, 大沼勇人,
松林武生, 渡辺圭佑 (2019) 一流200m選手のレー

ス分析 - 2019年シーズンの国内外主要競技会に
着目して - 陸上競技研究紀要, 14: 148-157.

参考資料

セイコーゴールデンランプリ陸上2020東京 @ 国立競技場
男子 200m 決勝
2020/8/23 15:50 (風速 +0.6 m/s)

順位 レーン	選手名 (所属)	記録(秒)	最高走速度(m/秒) 到達地点	走速度低下率(%)	0m ~	20m ~	55m ~	80m ~	100m ~	121.5m ~	148.42m ~	181m ~	200m
1位	飯塚 翔太 (ミズノ)	20.74	10.82	16.06	通過タイム(秒)	3.04	6.34	8.65	10.56	12.65	15.39	18.65	20.74
6レーン			55-80m		区間速度(m/秒)	6.58	10.60	10.82	10.52	10.27	10.17	9.71	9.08
					区間ピッチ(歩/秒)	4.66	4.92	4.74	4.67	4.61	4.53	4.37	4.12
					区間ストライド(m)	1.41	2.15	2.28	2.25	2.23	2.24	2.22	2.20
2位	原 翔太 (スズキ)	20.97	10.67	14.71	通過タイム(秒)	3.02	6.37	8.71	10.66	12.78	15.59	18.88	20.97
9レーン			55-80m		区間速度(m/秒)	6.63	10.44	10.67	10.29	10.11	9.96	9.58	9.10
					区間ピッチ(歩/秒)	4.72	4.92	4.74	4.69	4.63	4.53	4.41	4.16
					区間ストライド(m)	1.41	2.12	2.25	2.19	2.18	2.20	2.18	2.19
3位	染谷 佳大 (中央大)	20.97	10.78	16.62	通過タイム(秒)	3.05	6.39	8.71	10.63	12.73	15.53	18.86	20.97
8レーン			55-80m		区間速度(m/秒)	6.55	10.48	10.78	10.45	10.23	9.98	9.49	8.99
					区間ピッチ(歩/秒)	4.42	4.61	4.58	4.53	4.51	4.47	4.32	4.22
					区間ストライド(m)	1.48	2.27	2.36	2.30	2.27	2.23	2.20	2.13
4位	安田 圭吾 (大東文化大)	20.99	10.52	13.80	通過タイム(秒)	3.02	6.41	8.78	10.73	12.85	15.62	18.89	20.99
3レーン			55-80m		区間速度(m/秒)	6.62	10.33	10.52	10.29	10.15	10.05	9.66	9.06
					区間ピッチ(歩/秒)	4.67	4.70	4.48	4.45	4.37	4.27	4.10	3.91
					区間ストライド(m)	1.42	2.20	2.35	2.31	2.32	2.35	2.35	2.32
5位	山下 潤 (ANA)	21.18	10.67	19.12	通過タイム(秒)	3.06	6.40	8.74	10.66	12.80	15.60	18.98	21.18
4レーン			55-80m		区間速度(m/秒)	6.53	10.49	10.67	10.40	10.09	9.95	9.36	8.63
					区間ピッチ(歩/秒)	4.30	4.52	4.41	4.35	4.26	4.12	3.92	3.52
					区間ストライド(m)	1.52	2.32	2.42	2.39	2.37	2.41	2.39	2.45
6位	島田 開伸 (浜松湖東高)	21.42	10.42	16.87	通過タイム(秒)	3.03	6.40	8.80	10.78	12.95	15.80	19.23	21.42
1レーン			55-80m		区間速度(m/秒)	6.60	10.39	10.42	10.07	9.91	9.79	9.22	8.67
					区間ピッチ(歩/秒)	5.07	5.10	4.97	4.87	4.84	4.75	4.53	4.24
					区間ストライド(m)	1.30	2.04	2.10	2.07	2.05	2.06	2.04	2.04

Athlete Night Games in FUKUI 2020 @ 9.98スタジアム
男子 200m 決勝
2020/8/29 18:32 (風速 +0.8 m/s)

順位 レーン	選手名 (所属)	記録(秒)	最高走速度(m/秒) 到達地点	走速度低下率(%)	0m ~	20m ~	55m ~	80m ~	100m ~	121.5m ~	148.42m ~	181m ~	200m
1位	安田 圭吾 (大東文化大)	20.71	10.72	13.55	通過タイム(秒)	3.07	6.41	8.74	10.64	12.71	15.43	18.66	20.71
4レーン			55-80m		区間速度(m/秒)	6.52	10.49	10.72	10.54	10.37	10.27	9.77	9.27
					区間ピッチ(歩/秒)	4.50	4.69	4.58	4.48	4.39	4.36	4.17	3.99
					区間ストライド(m)	1.45	2.23	2.34	2.35	2.36	2.36	2.34	2.32
2位	上山 結輝 (近畿大)	20.72	10.68	12.78	通過タイム(秒)	3.05	6.39	8.73	10.63	12.69	15.41	18.68	20.72
5レーン			55-80m		区間速度(m/秒)	6.56	10.46	10.68	10.54	10.46	10.25	9.66	9.32
					区間ピッチ(歩/秒)	4.36	4.60	4.54	4.48	4.46	4.34	4.18	4.02
					区間ストライド(m)	1.50	2.28	2.35	2.35	2.34	2.36	2.31	2.32
3位	山下 潤 (ANA)	20.89	10.82	18.18	通過タイム(秒)	3.06	6.38	8.69	10.56	12.63	15.41	18.74	20.89
7レーン			55-80m		区間速度(m/秒)	6.53	10.54	10.82	10.70	10.37	10.07	9.46	8.85
					区間ピッチ(歩/秒)	4.34	4.57	4.51	4.43	4.32	4.16	3.98	3.67
					区間ストライド(m)	1.51	2.31	2.40	2.42	2.40	2.42	2.38	2.41

富士北麓ワールドトライアル2020 @ 富士北麓公園陸上競技場
男子 200m 決勝
2020/9/6 14:45 (風速 -0.6 m/s)

順位 レーン	選手名 (所属)	記録(秒)	最高走速度(m/秒) 到達地点	走速度低下率(%)	距離												
					0m ~ 20m	20m ~ 55m	55m ~ 80m	80m ~ 100m	100m ~ 121.5m	121.5m ~ 148.42m	148.42m ~ 181m	181m ~ 200m					
1位 5レーン	小池 祐貴 (住友電工)	20.76	10.80	16.54	通過タイム(秒)	3.07	6.35	8.67	10.54	12.61	15.36	18.65	20.76				
					区間速度(m/秒)	6.52	10.66	10.80	10.66	10.39	10.17	9.59	9.01				
					区間ピッチ(歩/秒)	4.38	4.91	4.83	4.80	4.78	4.70	4.47	4.25				
					区間ストライド(m)	1.49	2.17	2.23	2.22	2.17	2.16	2.15	2.12				
2位 6レーン	原 翔太 (スズキ)	20.91	10.74	14.91	通過タイム(秒)	3.01	6.32	8.65	10.57	12.70	15.53	18.83	20.91				
					区間速度(m/秒)	6.65	10.57	10.74	10.38	10.09	9.89	9.56	9.14				
					区間ピッチ(歩/秒)	4.31	4.85	4.74	4.69	4.60	4.57	4.42	4.18				
					区間ストライド(m)	1.54	2.18	2.27	2.21	2.19	2.17	2.16	2.19				

女子 200m 決勝
2020/9/6 14:30 (風速 -0.7 m/s)

順位 レーン	選手名 (所属)	記録(秒)	最高走速度(m/秒) 到達地点	走速度低下率(%)	距離												
					0m ~ 20m	20m ~ 55m	55m ~ 80m	80m ~ 100m	100m ~ 121.5m	121.5m ~ 148.42m	148.42m ~ 181m	181m ~ 200m					
1位 5レーン	鶴田 玲美 (南九州ファミリーマート)	23.81	9.41	16.92	通過タイム(秒)	3.36	7.12	9.78	11.95	14.37	17.58	21.38	23.81				
					区間速度(m/秒)	5.96	9.30	9.41	9.19	8.90	8.68	8.32	7.82				
					区間ピッチ(歩/秒)	4.44	4.43	4.39	4.28	4.24	4.15	3.98	3.75				
					区間ストライド(m)	1.34	2.10	2.14	2.15	2.10	2.09	2.09	2.08				
2位 4レーン	大石 沙也加 (セレスポ)	23.91	9.44	18.30	通過タイム(秒)	3.36	7.09	9.74	11.92	14.34	17.60	21.45	23.91				
					区間速度(m/秒)	5.95	9.38	9.44	9.19	8.88	8.58	8.20	7.71				
					区間ピッチ(歩/秒)	4.36	4.52	4.44	4.40	4.27	4.22	4.10	3.78				
					区間ストライド(m)	1.36	2.08	2.13	2.09	2.08	2.03	2.00	2.04				
3位 6レーン	吉田 紗弓 (AC一宮)	24.03	9.39	17.18	通過タイム(秒)	3.40	7.19	9.85	12.04	14.46	17.73	21.59	24.03				
					区間速度(m/秒)	5.88	9.24	9.39	9.13	8.87	8.54	8.19	7.78				
					区間ピッチ(歩/秒)	4.42	4.74	4.70	4.62	4.53	4.46	4.29	4.11				
					区間ストライド(m)	1.33	1.95	2.00	1.98	1.96	1.92	1.91	1.89				
4位 2レーン	石川 優 (相洋高)	24.03	9.39	17.74	通過タイム(秒)	3.38	7.13	9.79	11.98	14.42	17.69	21.57	24.03				
					区間速度(m/秒)	5.91	9.34	9.39	9.13	8.79	8.55	8.13	7.73				
					区間ピッチ(歩/秒)	4.34	4.43	4.37	4.27	4.19	4.18	4.02	3.85				
					区間ストライド(m)	1.36	2.11	2.15	2.14	2.10	2.04	2.02	2.01				
5位 7レーン	青山 聖佳 (大阪成蹊AC)	24.16	9.21	14.64	通過タイム(秒)	3.42	7.28	9.99	12.22	14.68	17.94	21.74	24.16				
					区間速度(m/秒)	5.85	9.06	9.21	8.98	8.74	8.57	8.30	7.86				
					区間ピッチ(歩/秒)	4.22	4.49	4.51	4.48	4.47	4.42	4.29	4.01				
					区間ストライド(m)	1.39	2.02	2.04	2.00	1.95	1.94	1.93	1.96				
6位 3レーン	湯浅 佳那子 (三重県スポーツ協会)	24.21	9.23	16.73	通過タイム(秒)	3.31	7.10	9.83	12.07	14.55	17.86	21.74	24.21				
					区間速度(m/秒)	6.04	9.23	9.17	8.91	8.68	8.45	8.13	7.69				
					区間ピッチ(歩/秒)	4.58	4.68	4.55	4.45	4.43	4.33	4.20	3.99				
					区間ストライド(m)	1.32	1.97	2.01	2.00	1.96	1.95	1.94	1.93				

第68回全日本実業団対抗陸上競技選手権大会 @ 熊谷スポーツ文化公園陸上競技場
男子 200m 決勝
2020/9/20 13:35 (風速 +1.2 m/s)

順位 レーン	選手名 (所属)	記録(秒)	最高走速度(m/秒) 到達地点	走速度低下率(%)	距離												
					0m ~ 20m	20m ~ 55m	55m ~ 80m	80m ~ 100m	100m ~ 121.5m	121.5m ~ 148.42m	148.42m ~ 181m	181m ~ 200m					
1位 6レーン	飯塚 翔太 (ミズノ)	20.47	10.90	13.26	通過タイム(秒)	3.08	3.35	2.29	1.87	2.06	2.68	3.13	2.01				
					区間速度(m/秒)	6.49	10.45	10.90	10.70	10.46	10.43	10.08	9.45				
					区間ピッチ(歩/秒)	4.52	4.66	4.63	4.61	4.58	4.57	4.44	4.16				
					区間ストライド(m)	1.44	2.24	2.35	2.32	2.28	2.28	2.27	2.27				
2位 7レーン	北川 翔 (渡辺パイプ)	21.08	10.70	17.22	通過タイム(秒)	3.05	3.38	2.34	1.93	2.11	2.81	3.32	2.14				
					区間速度(m/秒)	6.56	10.36	10.70	10.38	10.17	9.95	9.50	8.86				
					区間ピッチ(歩/秒)	4.43	4.59	4.58	4.50	4.43	4.32	4.20	3.92				
					区間ストライド(m)	1.48	2.26	2.33	2.31	2.30	2.30	2.26	2.26				
3位 9レーン	白石 黄良々 (セレスポ)	21.19	10.74	18.76	通過タイム(秒)	3.09	3.37	2.33	1.91	2.11	2.82	3.39	2.18				
					区間速度(m/秒)	6.46	10.39	10.74	10.47	10.21	9.92	9.32	8.73				
					区間ピッチ(歩/秒)	4.54	4.74	4.71	4.67	4.58	4.49	4.30	4.00				
					区間ストライド(m)	1.42	2.19	2.28	2.24	2.23	2.21	2.17	2.18				

女子 200m 決勝
2020/9/20 14:05 (風速 +0.6 m/s)

順位 レーン	選手名 (所属)	記録(秒)	最高走速度(m/秒) 到達地点	走速度低下率(%)	距離												
					0m ~ 20m	20m ~ 55m	55m ~ 80m	80m ~ 100m	100m ~ 121.5m	121.5m ~ 148.42m	148.42m ~ 181m	181m ~ 200m					
1位 4レーン	大石 沙也加 (セレスポ)	23.85	9.37	15.01	通過タイム(秒)	3.39	7.23	9.90	12.11	14.54	17.72	21.46	23.85				
					区間速度(m/秒)	5.90	9.11	9.37	9.06	8.86	8.77	8.43	7.96				
					区間ピッチ(歩/秒)	4.33	4.36	4.31	4.29	4.21	4.18	4.12	3.96				
					区間ストライド(m)	1.36	2.09	2.17	2.11	2.11	2.10	2.05	2.01				
2位 7レーン	青山 聖佳 (大阪成蹊AC)	24.03	9.25	13.82	通過タイム(秒)	3.41	7.29	9.99	12.23	14.68	17.90	21.65	24.03				
					区間速度(m/秒)	5.86	9.02	9.25	8.95	8.78	8.67	8.42	7.97				
					区間ピッチ(歩/秒)	4.18	4.52	4.55	4.51	4.48	4.45	4.33	4.12				
					区間ストライド(m)	1.40	2.00	2.03	1.98	1.96	1.95	1.94	1.93				
3位 9レーン	武石 この実 (東邦銀行)	24.43	9.10	12.92	通過タイム(秒)	3.42	7.34	10.09	12.35	14.86	18.16	22.00	24.43				
					区間速度(m/秒)	5.85	8.94	9.10	8.81	8.56	8.47	8.22	7.83				
					区間ピッチ(歩/秒)	4.17	4.17	4.12	4.04	3.97	3.92	3.87	3.76				
					区間ストライド(m)	1.40	2.14	2.21	2.18	2.16	2.16	2.12	2.08				
4位 8レーン	久保山 晴菜 (今村病院)	24.44	9.09	15.61	通過タイム(秒)	3.40	7.24	10.00	12.27	14.76	18.06	21.96	24.44				
					区間速度(m/秒)	5.89	9.09	9.08	8.81	8.62	8.45	8.10	7.67				
					区間ピッチ(歩/秒)	4.13	4.46	4.42	4.34	4.33	4.30	4.22	4.12				
					区間ストライド(m)	1.43	2.04	2.05	2.03	1.99	1.96	1.92	1.86				
5位 5レーン	細谷 優美 (阿見アスリートクラブ)	24.47	9.17	16.73	通過タイム(秒)	3.41	7.24	9.97	12.23	14.75	18.06	21.98	24.47				
					区間速度(m/秒)	5.86	9.13	9.17	8.85	8.53	8.44	8.05	7.63				
					区間ピッチ(歩/秒)	4.42	4.62	4.51	4.42	4.34	4.30	4.13	3.91				
					区間ストライド(m)	1.33	1.98	2.03	2.00	1.97	1.96	1.95	1.95				
6位 2レーン	広沢 真愛 (東邦銀行)	24.55	9.05	16.28	通過タイム(秒)	3.37	7.23	10.02	12.28	14.79	18.11	22.04	24.55				
					区間速度(m/秒)	5.94	9.05	8.96	8.85	8.59	8.39	8.04	7.58				
					区間ピッチ(歩/秒)	4.11	4.34	4.24	4.19	4.06	4.00	3.84	3.61				
					区間ストライド(m)	1.45	2.09	2.11	2.11	2.11	2.10	2.09	2.10				

第104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
2020/10/3 17:50 (風速 -0.5 m/s)

順位 レーン	選手名 (所属)	記録(秒)	最高走速度(m/秒) 到達地点	走速度低下率(%)	走速度低下率(%)																
					0m ~	20m ~	20m ~	55m ~	55m ~	80m ~	80m ~	100m ~	100m ~	121.5m ~	121.5m ~	148.42m ~	148.42m ~	181m ~	181m ~		
1位 6レーン	飯塚 翔太 (ミズノ)	20.75	10.92	16.97	通過タイム(秒)	3.04	6.32	8.61	10.48	12.58	15.36	18.65	20.75								
					区間速度(m/秒)	6.58	10.68	10.92	10.67	10.28	10.02	9.59	9.07								
					区間ピッチ(歩/秒)	4.76	4.94	4.82	4.72	4.66	4.55	4.41	4.25								
					区間ストライド(m)	1.38	2.16	2.26	2.26	2.21	2.20	2.18	2.13								
2位 5レーン	小池 祐貴 (住友電工)	20.88	10.96	21.74	通過タイム(秒)	3.03	6.30	8.58	10.45	12.53	15.31	18.66	20.88								
					区間速度(m/秒)	6.60	10.69	10.96	10.73	10.35	10.02	9.42	8.58								
					区間ピッチ(歩/秒)	5.03	5.09	4.98	4.94	4.84	4.75	4.50	4.05								
					区間ストライド(m)	1.31	2.10	2.20	2.17	2.14	2.11	2.09	2.12								
3位 3レーン	鈴木 涼太 (城西大)	20.89	10.68	15.34	通過タイム(秒)	3.02	6.38	8.72	10.62	12.71	15.50	18.79	20.89								
					区間速度(m/秒)	6.61	10.42	10.68	10.54	10.29	9.99	9.61	9.05								
					区間ピッチ(歩/秒)	4.83	4.89	4.83	4.81	4.70	4.60	4.43	4.12								
					区間ストライド(m)	1.37	2.13	2.21	2.19	2.19	2.17	2.17	2.19								
4位 2レーン	山下 潤 (筑波大)	20.94	10.76	17.57	通過タイム(秒)	3.05	6.35	8.68	10.56	12.66	15.45	18.80	20.94								
					区間速度(m/秒)	6.56	10.60	10.76	10.59	10.27	9.99	9.44	8.87								
					区間ピッチ(歩/秒)	4.44	4.51	4.44	4.37	4.33	4.30	4.10	3.83								
					区間ストライド(m)	1.48	2.35	2.42	2.42	2.37	2.32	2.30	2.32								
5位 7レーン	樋口 一馬 (法政大)	20.98	10.63	14.30	通過タイム(秒)	3.05	6.41	8.76	10.68	12.79	15.60	18.89	20.98								
					区間速度(m/秒)	6.56	10.41	10.63	10.45	10.19	9.93	9.58	9.11								
					区間ピッチ(歩/秒)	4.73	4.61	4.50	4.44	4.42	4.32	4.20	4.02								
					区間ストライド(m)	1.39	2.26	2.36	2.35	2.31	2.30	2.28	2.27								
6位 4レーン	安田 圭吾 (大東文化大)	21.06	10.68	16.13	通過タイム(秒)	3.07	6.41	8.75	10.67	12.80	15.62	18.94	21.06								
					区間速度(m/秒)	6.52	10.49	10.68	10.40	10.07	9.90	9.52	8.96								
					区間ピッチ(歩/秒)	4.60	4.69	4.58	4.51	4.38	4.33	4.15	4.00								
					区間ストライド(m)	1.42	2.24	2.34	2.30	2.30	2.29	2.29	2.24								

女子 200m 決勝
2020/10/3 17:35 (風速 -0.1 m/s)

順位 レーン	選手名 (所属)	記録(秒)	最高走速度(m/秒) 到達地点	走速度低下率(%)	走速度低下率(%)																
					0m ~	20m ~	20m ~	55m ~	55m ~	80m ~	80m ~	100m ~	100m ~	121.5m ~	121.5m ~	148.42m ~	148.42m ~	181m ~	181m ~		
1位 7レーン	鶴田 玲美 (南九州ファミリーマート)	23.17	9.54	15.11	通過タイム(秒)	3.29	6.99	9.61	11.74	14.06	17.16	20.82	23.17								
					区間速度(m/秒)	6.08	9.47	9.54	9.37	9.25	9.02	8.62	8.10								
					区間ピッチ(歩/秒)	4.44	4.57	4.47	4.39	4.35	4.27	4.12	3.87								
					区間ストライド(m)	1.37	2.07	2.13	2.13	2.13	2.11	2.09	2.09								
2位 4レーン	兒玉 芽生 (福岡大)	23.44	9.42	14.45	通過タイム(秒)	3.31	7.05	9.70	11.85	14.22	17.38	21.08	23.44								
					区間速度(m/秒)	6.05	9.36	9.42	9.29	9.09	8.84	8.52	8.06								
					区間ピッチ(歩/秒)	4.24	4.48	4.41	4.35	4.31	4.26	4.15	4.01								
					区間ストライド(m)	1.42	2.09	2.14	2.14	2.11	2.08	2.05	2.01								
3位 6レーン	大石 沙也加 (セレスポ)	23.78	9.50	19.47	通過タイム(秒)	3.37	7.10	9.73	11.88	14.26	17.47	21.30	23.78								
					区間速度(m/秒)	5.94	9.37	9.50	9.33	9.03	8.70	8.25	7.65								
					区間ピッチ(歩/秒)	4.36	4.52	4.46	4.39	4.34	4.24	4.04	3.75								
					区間ストライド(m)	1.36	2.07	2.13	2.13	2.08	2.05	2.04	2.04								
4位 5レーン	齋藤 愛美 (大阪成蹊大)	23.86	9.29	13.80	通過タイム(秒)	3.34	7.16	9.85	12.05	14.48	17.71	21.49	23.86								
					区間速度(m/秒)	5.99	9.17	9.29	9.08	8.84	8.66	8.35	8.01								
					区間ピッチ(歩/秒)	4.46	4.61	4.50	4.45	4.40	4.39	4.27	4.15								
					区間ストライド(m)	1.34	1.99	2.07	2.04	2.01	1.97	1.96	1.93								

全国高等学校陸上競技大会2020 兼 U20全国陸上競技大会 @ 広島広域公園陸上競技場
 高校 男子 200m A決勝
 2020/10/25 14:30 (風速 +1.0 m/s)

順位 レーン	選手名 (所属)	記録(秒)	最高走速度(m/秒) 到達地点	走速度低下率(%)	距離														
					0m ~ 20m	20m ~ 55m	55m ~ 80m	80m ~ 100m	100m ~ 121.5m	121.5m ~ 148.42m	148.42m ~ 181m	181m ~ 200m							
1位	三輪 颯太 (西武文理高)	20.88	10.72	12.98	通過タイム(秒)	3.08	6.43	8.76	10.69	12.80	15.58	18.84	20.88						
			55-80m		区間速度(m/秒)	6.50	10.45	10.72	10.38	10.15	10.05	9.68	9.33						
					区間ピッチ(歩/秒)	4.58	4.59	4.54	4.47	4.40	4.36	4.20	3.88						
					区間ストライド(m)	1.42	2.28	2.36	2.32	2.31	2.31	2.31	2.40						
2位	島田 開伸 (浜松湖東高)	21.02	10.70	14.84	通過タイム(秒)	3.07	6.42	8.76	10.70	12.83	15.64	18.94	21.02						
			55-80m		区間速度(m/秒)	6.52	10.42	10.70	10.31	10.09	9.93	9.58	9.12						
					区間ピッチ(歩/秒)	5.05	5.15	5.03	4.94	4.88	4.84	4.70	4.44						
					区間ストライド(m)	1.29	2.02	2.13	2.09	2.07	2.05	2.04	2.05						
3位	重谷 大樹 (九産大付九産高)	21.02	10.53	11.70	通過タイム(秒)	3.02	6.43	8.80	10.75	12.88	15.67	18.98	21.02						
			55-80m		区間速度(m/秒)	6.61	10.27	10.53	10.27	10.09	10.02	9.55	9.30						
					区間ピッチ(歩/秒)	4.61	4.67	4.64	4.59	4.52	4.47	4.29	4.13						
					区間ストライド(m)	1.43	2.20	2.27	2.24	2.23	2.24	2.23	2.25						
4位	前田 夏輝 (松戸六実高)	21.15	10.74	16.01	通過タイム(秒)	3.11	6.49	8.82	10.78	12.93	15.74	19.04	21.15						
			55-80m		区間速度(m/秒)	6.44	10.35	10.74	10.20	9.98	9.92	9.57	9.02						
					区間ピッチ(歩/秒)	4.32	4.58	4.45	4.41	4.34	4.32	4.16	3.88						
					区間ストライド(m)	1.49	2.26	2.41	2.31	2.30	2.30	2.30	2.32						
5位	渡辺 隼斗 (板橋高)	21.17	10.30	6.63	通過タイム(秒)	3.16	6.74	9.17	11.17	13.31	16.02	19.19	21.17						
			55-80m		区間速度(m/秒)	6.33	9.77	10.30	9.99	10.05	10.30	9.95	9.62						
					区間ピッチ(歩/秒)	4.43	4.41	4.36	4.33	4.45	4.52	4.35	4.04						
					区間ストライド(m)	1.43	2.21	2.36	2.31	2.26	2.28	2.29	2.38						
6位	池下 航和 (宮崎工高)	21.23	10.65	15.46	通過タイム(秒)	3.12	6.51	8.86	10.84	13.00	15.81	19.12	21.23						
			55-80m		区間速度(m/秒)	6.42	10.30	10.65	10.14	9.95	9.93	9.54	9.00						
					区間ピッチ(歩/秒)	4.93	5.24	5.22	5.14	5.09	5.06	4.86	4.39						
					区間ストライド(m)	1.30	1.97	2.04	1.97	1.96	1.96	1.96	2.05						

高校 女子 200m A決勝
 2020/10/25 14:05 (風速 -0.5 m/s)

順位 レーン	選手名 (所属)	記録(秒)	最高走速度(m/秒) 到達地点	走速度低下率(%)	距離														
					0m ~ 20m	20m ~ 55m	55m ~ 80m	80m ~ 100m	100m ~ 121.5m	121.5m ~ 148.42m	148.42m ~ 181m	181m ~ 200m							
1位	石川 優 (相洋高)	23.82	9.21	12.44	通過タイム(秒)	3.36	7.27	9.98	12.21	14.62	17.78	21.46	23.82						
			55-80m		区間速度(m/秒)	5.95	8.97	9.21	8.98	8.90	8.83	8.58	8.06						
					区間ピッチ(歩/秒)	4.24	4.36	4.24	4.23	4.21	4.17	4.07	3.88						
					区間ストライド(m)	1.40	2.06	2.17	2.12	2.12	2.12	2.11	2.08						
2位	安達 茉鈴 (京都橘高)	23.96	9.24	14.61	通過タイム(秒)	3.31	7.23	9.94	12.15	14.57	17.77	21.55	23.96						
			55-80m		区間速度(m/秒)	6.05	8.92	9.24	9.03	8.91	8.72	8.35	7.89						
					区間ピッチ(歩/秒)	4.47	4.65	4.55	4.53	4.48	4.38	4.22	4.05						
					区間ストライド(m)	1.35	1.92	2.03	1.99	1.99	1.99	1.98	1.95						
3位	青山 華依 (大阪高)	24.01	9.05	14.17	通過タイム(秒)	3.35	7.27	10.05	12.26	14.66	17.82	21.56	24.01						
			80-100m		区間速度(m/秒)	5.96	8.94	8.99	9.05	8.97	8.83	8.44	7.77						
					区間ピッチ(歩/秒)	4.12	4.24	4.23	4.23	4.23	4.16	3.97	3.73						
					区間ストライド(m)	1.45	2.11	2.13	2.14	2.12	2.12	2.12	2.08						
4位	治武 杏折 (近江高)	24.36	8.87	9.60	通過タイム(秒)	3.52	7.47	10.31	12.60	15.07	18.27	21.99	24.36						
			20-55m		区間速度(m/秒)	5.68	8.87	8.78	8.73	8.73	8.72	8.48	8.02						
					区間ピッチ(歩/秒)	4.17	4.29	4.24	4.22	4.12	4.11	4.00	3.77						
					区間ストライド(m)	1.36	2.07	2.07	2.07	2.12	2.12	2.12	2.13						
5位	遠山 侑里 (新潟商高)	24.37	8.89	11.79	通過タイム(秒)	3.36	7.30	10.14	12.43	14.91	18.15	21.95	24.37						
			20-55m		区間速度(m/秒)	5.95	8.89	8.79	8.75	8.68	8.62	8.31	7.84						
					区間ピッチ(歩/秒)	4.42	4.47	4.31	4.28	4.26	4.22	4.10	3.92						
					区間ストライド(m)	1.34	1.99	2.04	2.04	2.04	2.04	2.03	2.00						
6位	藏重 みう (中京大中京高)	24.40	8.88	11.57	通過タイム(秒)	3.37	7.31	10.15	12.42	14.89	18.14	21.98	24.40						
			20-55m		区間速度(m/秒)	5.93	8.88	8.81	8.81	8.69	8.59	8.22	7.85						
					区間ピッチ(歩/秒)	4.21	4.26	4.24	4.23	4.17	4.13	3.98	3.78						
					区間ストライド(m)	1.41	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.07	2.08						

U20 男子 200m 決勝
2020/10/25 14:45 (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	速度低下率(%)	0m		20m		55m		80m		100m		121.5m		148.42m		181m	
					20m	55m	80m	100m	121.5m	148.42m	181m	200m								
1位	木村 颯太 (明治大)	21.20	10.48	-15.08	通過タイム(秒)		3.09	6.46	8.85	10.79	12.89	15.70	19.06	21.20						
区間速度(m/秒)					6.46	10.40	10.48	10.31	10.21	9.93	9.39	8.90								
区間ピッチ(歩/秒)					4.80	4.91	4.80	4.72	4.68	4.56	4.31	4.06								
区間ストライド(m)					1.35	2.12	2.19	2.18	2.18	2.18	2.18	2.19								
2位	木村 稜 (明治大)	21.24	10.30	-9.82	通過タイム(秒)		3.12	6.59	9.01	10.99	13.14	15.94	19.19	21.24						
区間速度(m/秒)					6.40	10.11	10.30	10.12	10.01	9.96	9.71	9.29								
区間ピッチ(歩/秒)					4.45	4.66	4.62	4.57	4.50	4.42	4.28	4.07								
区間ストライド(m)					1.44	2.17	2.23	2.22	2.22	2.25	2.27	2.28								
3位	高橋 哲也 (日本大)	21.33	10.41	-12.98	通過タイム(秒)		3.14	6.58	8.98	10.95	13.10	15.93	19.23	21.33						
区間速度(m/秒)					6.38	10.17	10.41	10.14	10.01	9.87	9.56	9.06								
区間ピッチ(歩/秒)					4.49	4.72	4.61	4.58	4.45	4.38	4.23	4.00								
区間ストライド(m)					1.42	2.15	2.26	2.21	2.25	2.26	2.26	2.26								
4位	稲毛 碧 (早稲田大)	21.43	10.04	-9.63	通過タイム(秒)		3.09	6.58	9.07	11.08	13.24	16.06	19.34	21.43						
区間速度(m/秒)					6.48	10.01	10.04	9.97	9.93	9.92	9.63	9.07								
区間ピッチ(歩/秒)					4.52	4.53	4.37	4.37	4.37	4.36	4.18	3.87								
区間ストライド(m)					1.43	2.21	2.30	2.28	2.27	2.27	2.30	2.34								
5位	林 哉太 (法政大)	21.47	10.14	-9.92	通過タイム(秒)		3.09	6.63	9.10	11.11	13.29	16.12	19.39	21.47						
区間速度(m/秒)					6.46	9.90	10.14	9.93	9.87	9.85	9.67	9.14								
区間ピッチ(歩/秒)					4.50	4.62	4.58	4.57	4.53	4.48	4.38	4.03								
区間ストライド(m)					1.44	2.14	2.21	2.17	2.18	2.20	2.21	2.27								
6位	山口 凜也 (東海大)	21.49	10.07	-9.46	通過タイム(秒)		3.17	6.68	9.16	11.15	13.32	16.13	19.41	21.49						
区間速度(m/秒)					6.31	9.97	10.07	10.05	9.93	9.92	9.65	9.12								
区間ピッチ(歩/秒)					4.80	4.77	4.67	4.62	4.56	4.49	4.33	4.08								
区間ストライド(m)					1.31	2.09	2.16	2.18	2.18	2.21	2.23	2.23								

U20 女子 200m 決勝
2020/10/25 14:20 (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	速度低下率(%)	0m		20m		55m		80m		100m		121.5m		148.42m		181m	
					20m	55m	80m	100m	121.5m	148.42m	181m	200m								
1位	井戸アビゲイル 風果 (甲南大)	24.15	9.08	-13.84	通過タイム(秒)		3.37	7.22	9.98	12.21	14.65	17.89	21.72	24.15						
区間速度(m/秒)					5.93	9.08	9.07	8.98	8.80	8.62	8.25	7.82								
区間ピッチ(歩/秒)					4.24	4.36	4.27	4.22	4.19	4.10	4.00	3.83								
区間ストライド(m)					1.40	2.08	2.12	2.13	2.10	2.10	2.06	2.04								
2位	宮武 アビーダラー (日本体育大)	24.29	9.07	-8.95	通過タイム(秒)		3.45	7.47	10.22	12.49	14.98	18.25	21.99	24.29						
区間速度(m/秒)					5.79	8.72	9.07	8.81	8.63	8.55	8.44	8.26								
区間ピッチ(歩/秒)					4.21	4.18	4.16	4.09	4.04	4.00	3.94	3.78								
区間ストライド(m)					1.38	2.09	2.18	2.16	2.14	2.14	2.14	2.18								
3位	景山 咲穂 (筑波大)	24.40	8.96	-16.01	通過タイム(秒)		3.30	7.27	10.08	12.31	14.76	18.00	21.88	24.40						
区間速度(m/秒)					6.06	8.81	8.91	8.96	8.78	8.60	8.15	7.53								
区間ピッチ(歩/秒)					4.48	4.55	4.67	4.70	4.64	4.64	4.42	4.15								
区間ストライド(m)					1.35	1.94	1.91	1.91	1.89	1.86	1.84	1.81								
4位	川崎 夏実 (青山学院大)	24.71	8.85	-11.36	通過タイム(秒)		3.47	7.46	10.29	12.58	15.11	18.44	22.29	24.71						
区間速度(m/秒)					5.76	8.78	8.85	8.70	8.51	8.40	8.19	7.85								
区間ピッチ(歩/秒)					4.42	4.38	4.31	4.28	4.19	4.15	4.07	3.91								
区間ストライド(m)					1.30	2.01	2.05	2.03	2.03	2.02	2.01	2.01								
5位	三浦 由奈 (筑波大)	24.89	8.89	-16.79	通過タイム(秒)		3.38	7.36	10.17	12.47	15.01	18.36	22.32	24.89						
区間速度(m/秒)					5.92	8.79	8.89	8.72	8.46	8.33	7.97	7.40								
区間ピッチ(歩/秒)					4.38	4.34	4.33	4.27	4.23	4.16	4.00	3.77								
区間ストライド(m)					1.35	2.02	2.05	2.04	2.00	2.00	1.99	1.96								
6位	加藤 汐織 (福岡大)	25.20	8.81	-14.29	通過タイム(秒)		3.45	7.42	10.30	12.66	15.27	18.70	22.69	25.20						
区間速度(m/秒)					5.80	8.81	8.69	8.46	8.25	8.14	7.92	7.56								
区間ピッチ(歩/秒)					4.27	4.30	4.26	4.17	4.10	4.06	3.97	3.77								
区間ストライド(m)					1.36	2.05	2.04	2.03	2.01	2.01	2.00	2.00								

全国高等学校陸上競技大会 2020 兼 U20 全国陸上競技大会における 男女短距離種目のレース分析

小林海¹⁾ 大沼勇人²⁾ 高橋恭平³⁾ 山中亮⁴⁾ 綿谷貴志⁵⁾ 松林武生⁶⁾ 広川龍太郎⁷⁾
1) 東京経済大学 2) 関西福祉大学 3) 鹿児島大学 4) 新潟食料農業大学
5) 八戸学院大学 6) 国立スポーツ科学センター 7) 東海大学

1. はじめに

2020年シーズンは東京オリンピック延期などシニア選手の大会が大幅に縮小され、同時に高校総体や国民体育大会も中止となったため、ジュニア期にある選手も練習の成果を披露する機会が極端に少ないシーズンとなった。その中で、(公財)日本陸上競技連盟や広島陸上競技協会の関係者のご尽力により、10月17日から19日に広島広域公園陸上競技場において全国高等学校陸上競技大会2020兼U20全国陸上競技大会(以下、全国高校陸上、U20全国陸上)が開催され、高校生や大学生が高いレベルで競うことのできる大会が開催された。

(公財)日本陸上競技連盟科学委員会における短距離に関する活動として、これまで主に国内の強化指定選手を対象に国内外の主要大会における短距離種目の測定を実施しており、100 m, 200 m, および400 mのレースにおける走速度やピッチ、ストライドに関するデータ収集を目的とした測定を行ってきた。また、高校総体や国民体育大会におけるジュニア選手のレース時のデータについても検討がなされ、科学委員会の研究活動報告書としてバイオメカニクスデータ集において報告されている(日本陸上競技連盟HP参照)。今年度についてはジュニア選手の主要大会について測定を実施することができなかったが、全国高校陸上およびU20全国陸上における男女短距離種目(100 m, 200 m, 400 m)についてはレース分析を実施することができたので、その結果について検討した。

2. 方法

2-1. 分析対象レース

2020年に行われた全国高校陸上およびU20全国

陸上について、男子は100 m, 200 m, 400 mの決勝上位6名と同選手の予選時のレースを、女子は同種目における決勝上位6名のレースをそれぞれ分析対象とした。

2-2. 測定方法

100 mのレース測定には、6台のデジタルビデオカメラ(Lumix GH5S, Panasonic [1台], LUMIX DMC-FZ300, Panasonic [5台])を用いて、サンプリングレートをそれぞれ239.76 fpsに設定し、全選手がフィニッシュラインを通過するまで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。6台のカメラはすべてスタートからゴールが撮影できるようにメインスタンド上方の3.72 m, 13 m, 30 m, 47 m, 64 m, 81 mの同一線上にそれぞれ配置した(小林ら2018, 大沼ら2019)。測定はスタート時のスターターの閃光を撮影した後、全選手がフィニッシュラインを通過するまでパニング方式でレース映像を撮影した。閃光が明確でない映像は、近い地点の映像における選手の接地の瞬間で時間を同期し、同期に際しては少なくとも3箇所の接地地点の分析を行った。

200 mレース測定には、5台のデジタルビデオカメラ(Lumix GH5S, Panasonic [1台], LUMIX DMC-FZ300, Panasonic [4台])を用いて、サンプリングレートをそれぞれ239.76 fpsに設定し、全選手がフィニッシュラインを通過するまで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。5台のカメラはすべてスタートからゴールが撮影でき、加えて通過タイム分析地点(20 m, 55 m, 80 m, 100 m, 121.5 m, 149.42 m, 181 m)が撮影できる位置に配置した(高橋ら2019a, 高橋ら2018)。各撮影地点のうち、20 m, 55 m, 80 m, 100 m, 149.42 m, 181 m地点の測定者は各地点のスタ

ンドの対角線上に、121.5 mについてはスタンドの同一線上に配置した。また、80 m地点と181 m地点、100 m地点と149.42 m地点はそれぞれ1名の測定者が兼任し、181 m地点と149.42 m地点の対角線上から2地点を撮影した。測定はスタート時のスターターの閃光を撮影した後、全選手がフィニッシュラインを通過するまでパニング方式でレース映像を撮影した。閃光が明確でない映像は、近い地点の映像における選手の接地の瞬間で時間を同期し、同期に際しては少なくとも3箇所の接地地点の分析を行った。

400 mレース測定には、4台のデジタルビデオカメラ(LUMIX DMC-FZ300, Panasonic)を用いて、サンプリングレートをそれぞれ59.94 fpsに設定し、全選手がフィニッシュラインを通過するまで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。4台のカメラはすべてスタートからゴールが撮影でき、加えて通過タイムを分析するための400 mハードル走のハードルの設置位置(45 m, 80 m, 115 m, 150 m, 185 m, 220 m, 255 m, 290 m, 325 mおよび360 m地点)およびフィニッシュライン(400 m)を対角線上に撮影できるように、それぞれ第1曲走路の中央付近、バックストレート中央付近、第4曲走路付近、およびホームストレートのフィニッシュライン付近の各スタンド上部に配置し(山中ら2017, 山中ら2018)、予め各カメラの設置位置からすべてのハードルの映像および静止画像を撮影した。測定はスタート時のスターターの閃光を撮影した後、全選手がフィニッシュラインを通過するまでパニング方式でレース映像を撮影した。閃光が明確でない映像は、近い地点の映像における選手の接地の瞬間で時間を同期し、同期に際しては少なくとも3箇所の接地地点の分析を行った。

2-3. 分析方法と分析項目

100 m, 200 m, 400 mすべての映像分析には動画再生および編集ソフト(QuickTimePro7, Apple, USA)を用いて分析を行った。100 mの分析では、スターターの閃光をゼロとして、各カメラの分析地点をトルソーが通過したトルソーが通過したフレーム数とカメラのサンプリングレートの逆数との積から通過時間を求めた。その後、先行研究(小林ら2017, 松尾ら2011)をもとに、各分析地点の通過時間をスプライン補間によって内挿することで、レース全体の時間-距離情報を取得し、求めた通過時間と通過地点との比から10 m区間ごとの走速度、最高走速度とその発現区間、および走速度低下率(最

高走速度と90-100 m区間の走速度との比率)を算出した。また、通過フレーム数を求めた映像から、4ステップごとの接地時のフレーム数を求め、4ステップに要した時間の逆数により、4ステップごとのピッチを算出した。上記で算出した走速度をピッチで除すことで、ストライドを算出した。

200 mにおいても、各分析地点の通過時間からレース全体の時間-距離情報を取得し、求めた通過時間と通過地点との比から各区間の走速度、最高走速度とその発現区間、および走速度低下率(最高走速度と181-200 m区間の走速度との比率)を算出した。各区間の平均ピッチは各区間の分析地点通過後最初の1歩を基準として、計6~14歩に要した時間のフレーム数から算出した(高橋ら2019a)。各区間の平均ストライドは、上述の走速度をピッチで除すことにより求めた。

400 mの分析は先行研究(山中ら2018)と同様に、400 mハードル走のハードルの設置位置およびフィニッシュラインの分析地点を選手のトルソーが通過した時点のフレーム数から算出した。また、50 m毎の通過タイムを、各地点を挟む前後2つの分析ポイントにおける通過タイムを用いて、時間と距離の直線回帰式にその地点の距離を内挿することによって推定値として算出した。150 m地点の通過タイムは、400 mハードル走の4台目のハードルの地点の通過タイムを、400 m地点の通過タイムは公式記録をそれぞれ用いた。各地点の通過時間からレース全体の時間-距離情報を取得し、求めた通過時間と通過地点との比から各区間の走速度、最高走速度とその発現区間、および走速度低下率(最高走速度と325-360 m区間の走速度との比率)を算出した。尚、U20全国陸上女子400 mについては、記録が低調だったことを考慮し、分析対象を上位3名とした。男女100 m, 200 m, および400 mの決勝における最高走速度および走速度低下率と記録とのそれぞれの相関分析に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。

3. 結果および考察

男子100 mでは総じて全国高校陸上の方がU20全国陸上よりも記録が短かった(表3)。特に、全国高校陸上で優勝した三輪楓太選手(西武文理)は決勝で唯一最高走速度が11 m/秒を超えており、このことが勝因の1つと考えられる。一方、U20全国陸上は予選、決勝ともにすべてのレースが向い風の条件下であり、条件間の違いが記録に少なからず影響

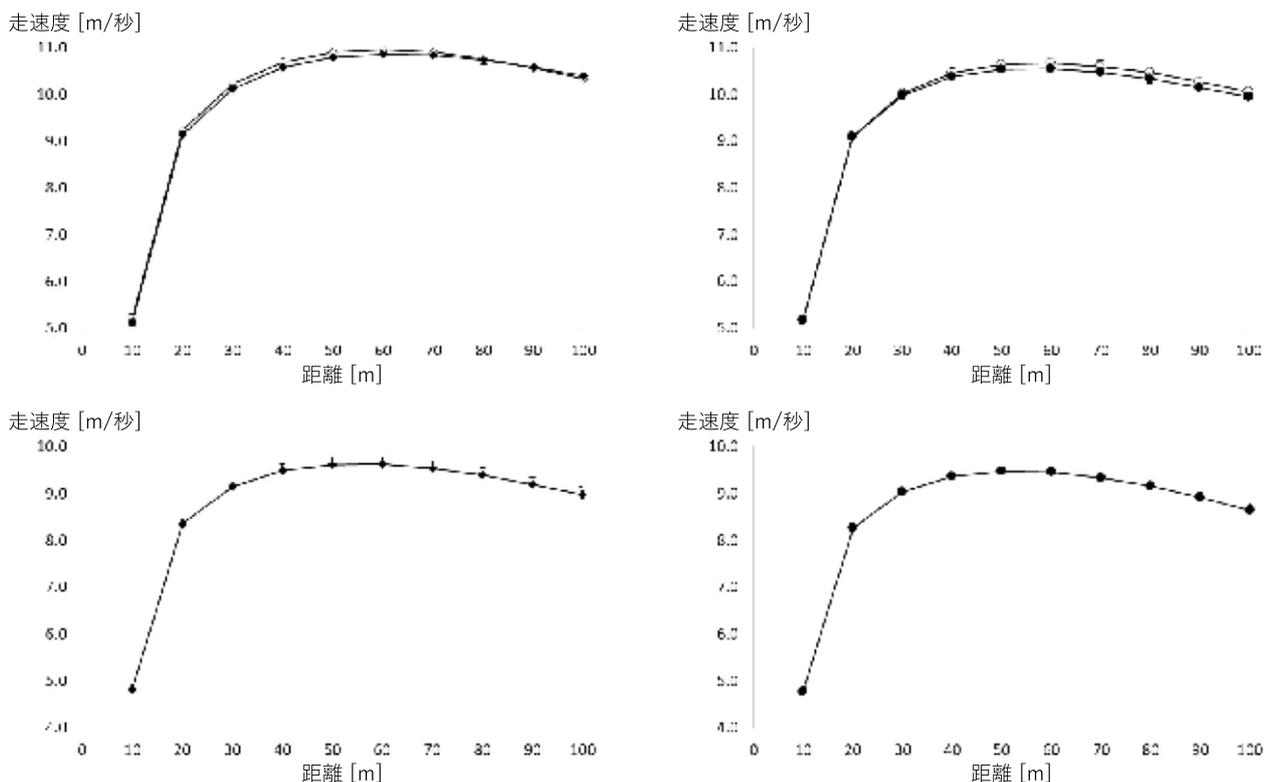


図1 全国高校陸上（左上：男子 [◇：予選，◆：決勝]，左下：女子），U20 全国陸上（右上：男子 [○：予選，●：決勝]，右下：女子）における男女 100 m の走速度の変化

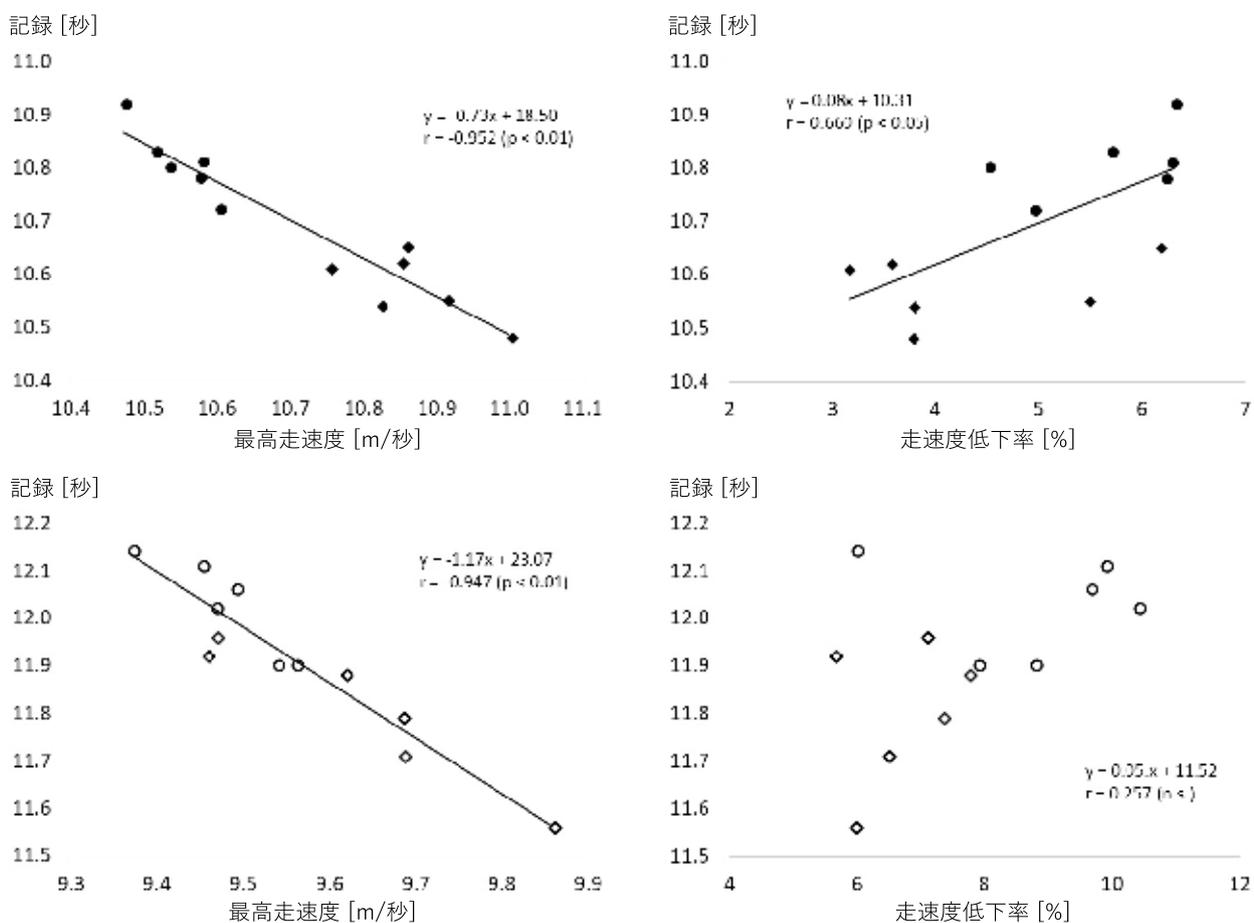


図2 全国高校陸上，U20 全国陸上 100 m 決勝における男子（上段）および女子（下段）の記録と最高走速度（左列）および速度低下率（右列）との関係（●と○：U20 全国陸上，◆と◇：全国高校陸上）

を及ぼしたといえる。その中でも、U20 全国陸上で優勝した林哉太選手（法政大）は決勝上位 6 名中、最高走速度が最も高く（10.61 m/秒）、走速度の低下率も 2 番目に小さかった（5.0 %）ことから、レース全体を通して高い走速度を維持できたことが優勝につながったといえる。記録と最高走速度および走速度の低下率との相関関係をみると、両者ともにそれぞれ有意な相関関係が認められ（図 2）、この結果は過去のシニア選手の結果と同様の傾向を示すものであった（小林ら 2018）。しかしながら、個々の最高走速度と走速度の低下率の結果をみると、必ずしも両者が順位と一致するわけではない（表 3）。つまり、最高走速度や走速度の低下率だけが記録や順位を決定する要素になるわけではなく、レース序盤からの走速度の高さや最高走速度の到達地点といった 100 m 全体の走速度の高さが結果を左右する要素といえる。

男子 100 m 予選と決勝の結果を比較すると、全国高校陸上、U20 全国陸上ともに決勝の方が予選よりも記録が下回るものであったが（表 1）、両大会ともに決勝の方がレース時の風の条件が悪かったことが少なからず影響したと推察できる。一方で、全国高校陸上では、決勝の最高走速度が予選よりも低く、走速度の低下率も小さかったことから、決勝に進出した選手は予選において最大下での努力度でレースに臨むことができていたと推察される。両大会ともに決勝ではレース全体のピッチが維持あるいは増加していたことから、向い風の条件下では、ストライドが走速度の増加に受ける影響は大きく、ピッチの増加により走速度を増加あるいは維持することが重要になるといえよう。

女子 100 m のレース結果をみると、全国高校陸上、U20 全国陸上で優勝した石川優選手（相洋）と三浦由奈選手（筑波大）はいずれも最高走速度が上位 6 選手の中で最も高く、最高走速度の発現地点も 55 m 地点であった（表 3）。また、記録と最高走速度との間には有意な負の相関関係が認められた（図 2）。これらの結果は、女子選手においても最高走速度の高さが記録や順位を決定する重要な要素となるが、最高走速度の高さだけではなく、加速する距離（最高走速度の発現地点）も重要であることを示すものである。一方で、男子の結果とは異なり、女子では記録と走速度の低下率との間には有意な相関関係はなかった。世界選手権といった国外のレースでは、日本人選手よりも最高走速度が高く、記録の良い選手ほど走速度の低下率も高いという先行研究の結果も踏まえると（高橋ら 2019b）、女子選手において

はレース後半の走速度の低下よりもレース前半から中盤にかけての加速力が記録により影響する可能性が考えられる。よって、記録の短縮には、スタートから最高走速度に至るまでの加速力を高めることが必要になろう。

全国高校陸上の男子 200 m で唯一 20 秒台（20.88 秒）で優勝した三輪楓太選手は、最高走速度が高く、前半 100 m をトップで通過していた（表 4）。加えて、走速度の低下率も 13 % に抑えられていたことから、前半の高い走速度に加えて、走速度の低下率を抑えられていたことが勝因の一要素といえる。大学生の男子 200 m のレース分析において、U20 全国陸上で優勝した木村楓太選手（明治大）と 2 着の木村稜選手（明治大）とでは、記録は 0.04 秒差であったが（それぞれ 21.20 秒と 21.24 秒）、木村楓太選手は最高走速度が分析対象の 6 選手の中で最も高く、木村稜選手は走速度の低下率が木村楓太選手よりも小さく、6 選手中でも 2 番目に小さかった（表 4）。これらの結果から、200 m では 100 m よりもレース中の走速度の高低が記録や順位を左右するため、個々の走りの長所を生かしたレースを展開することが望ましいといえる。その一方で、記録と最高走速度との間には有意な負の相関関係が認められたが、走速度の低下率との間には有意な相関関係はなかった（図 4）。これらの結果を踏まえると、前半の走速度が高い選手や後半の走速度の低下率が小さいなど選手によりレースパターンは異なるが、100 m と同様に記録の向上には最高走速度を高めることが重要であると考えられる。

男子 200 m の予選と決勝を比較すると、全国高校陸上の決勝は予選よりも記録が短縮されており（それぞれ 21.08 秒と 21.23 秒）、決勝では予選と比較して最高走速度の増加と走速度の低下率の減少がみられた（表 2）。特に、決勝時の最大ピッチの発現区間が予選よりも 10 m 以上後半であった。これらの結果から、全国高校陸上ではラウンドが上がるにつれて、主観的な努力度の向上に伴うピッチの増加による走速度の増加と、後半での走速度の維持が記録の短縮につながったと推察される。一方、U20 全国陸上の記録は予選よりもわずかに短縮されたが（それぞれ 21.36 秒と 21.39 秒）、分析結果から予選と決勝の大きな差異はなかった。2020 年シーズンは大会数の減少のみならず、練習環境や練習時間の確保が難しかったが影響した可能性もある。今後も、同年代の選手を縦断的に調査、分析することで、大学生のパフォーマンスの変化についての傾向を探る必要があろう。

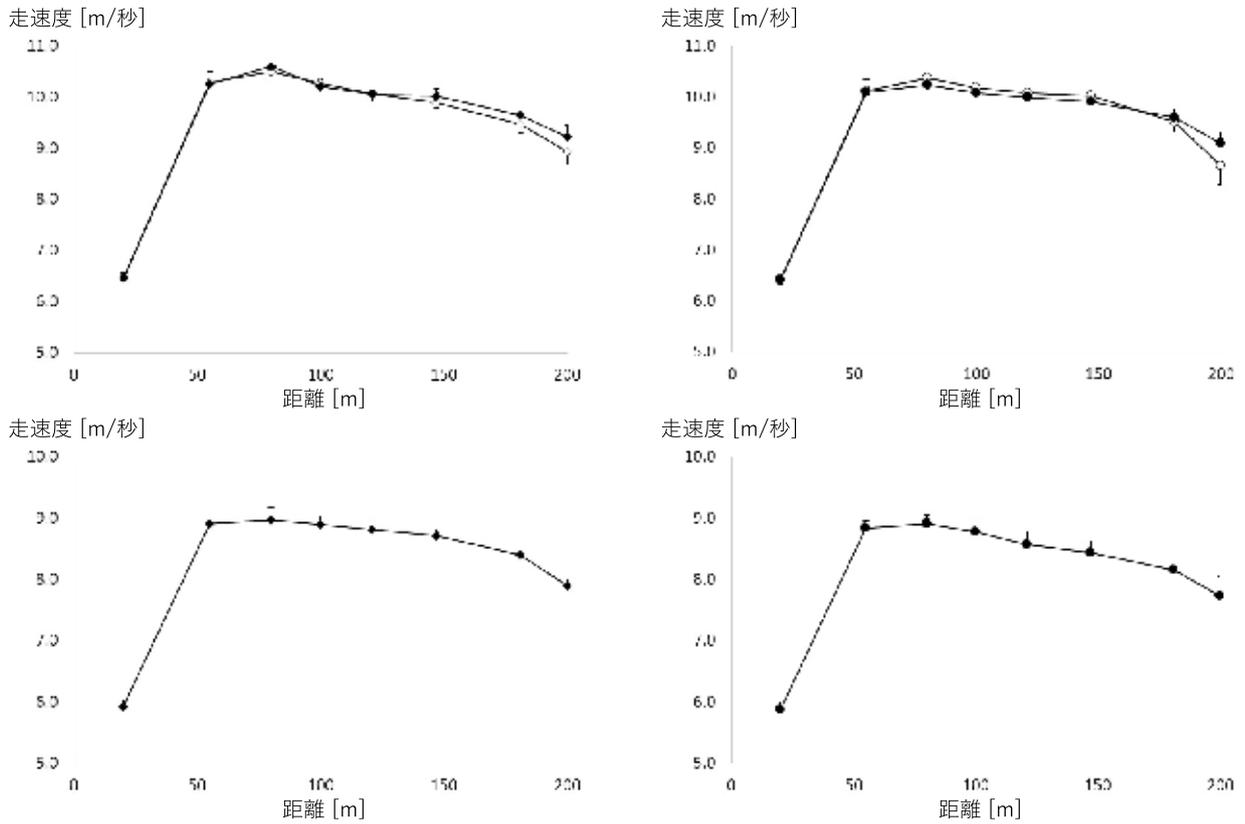


図3 全国高校陸上（左上：男子 [◇：予選，◆：決勝]，左下：女子），U20 全国陸上（右上：男子 [○：予選，●：決勝]，右下：女子）における男女 200 m の走速度の変化

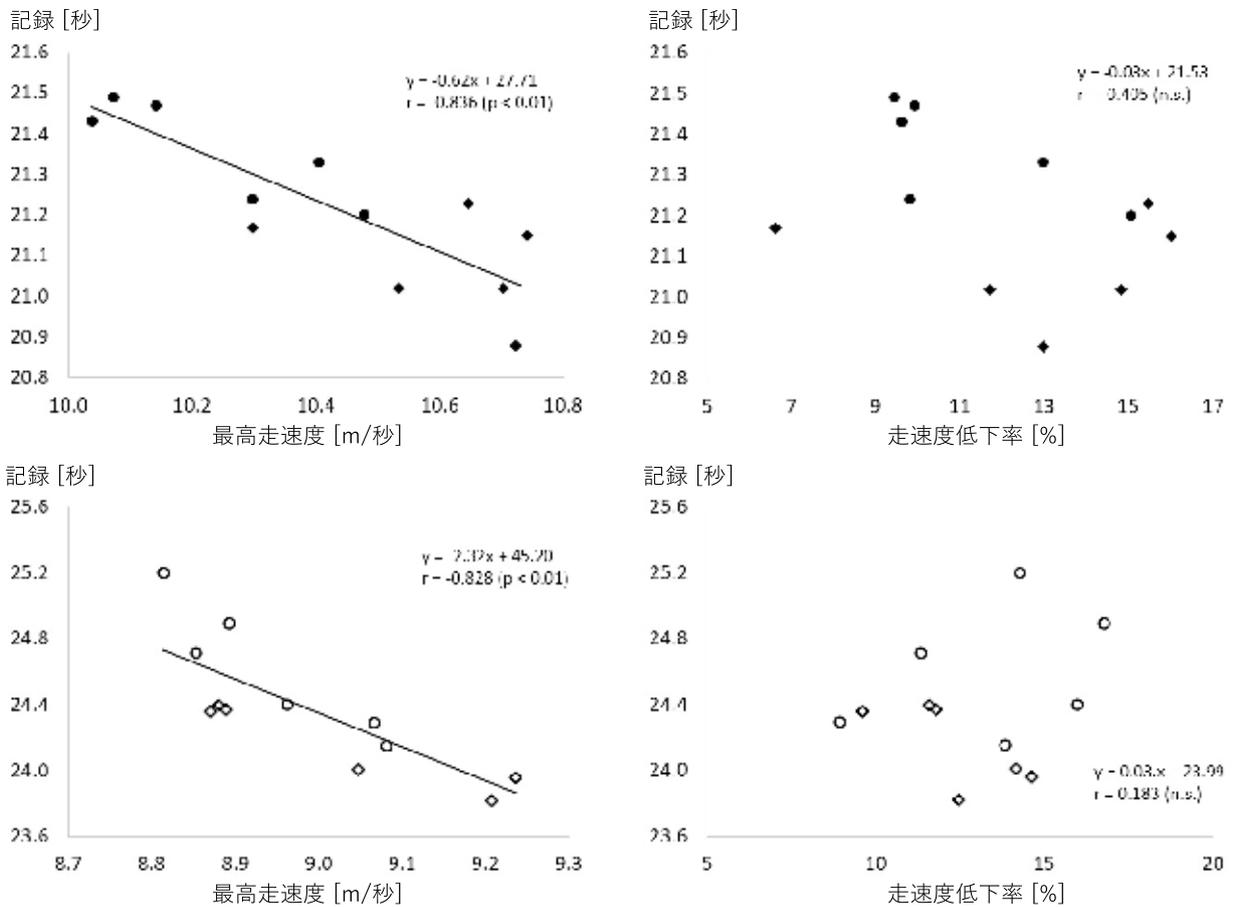


図4 全国高校陸上，U20 全国陸上 200 m 決勝における男子（上段）および女子（下段）の記録と最高走速度（左列）および速度低下率（右列）との関係（●と○：U20 全国陸上，◆と◇：全国高校陸上）

女子 200 m の走速度をみると、全国高校陸上、U20 全国陸上ともに記録と最高走速度との間には有意な負の相関関係が認められ（図 4）、前半 100 m をみると、全国高校陸上で優勝した石川優選手は 2 番目に、U20 全国陸上で優勝した井戸アビゲイル風果選手（甲南大）はトップで通過していた（表 4）。その一方で、女子選手であっても、世界選手権といった世界大会ではほぼ 55-80 m 区間に発現するが（高橋ら 2019a）、全国高校陸上と U20 全国陸上における最高走速度の発現地点は一定でない点は興味深い。ジュニアからシニアへの移行期にある女子選手が 200 m で更なる好記録を望むためには、50-100m 付近における安定した高い走速度が求められるといえる。言い換えれば、200 m の前半 100 m における走速度の高さと、その走速度を維持して直線を迎える必要がある。また、男子と同様に、女子 200 m においても、記録と走速度の低下率との間には有意な相関関係が認められなかったことから（図 4）、記録の向上には特に前半 100 m の走速度の高さが重要であることが明らかになった。

全国高校陸上男子 400 m において、唯一 46 秒台（46.51 秒）を記録して優勝した友田真隆選手（川越東）は最高走速度が決勝に進出した上位 6 名の中で最も高く、前半の 200 m を最も早く通過していた（表 5）。また、友田選手は予選の最高走速度が 10 m/秒を超えており、最高走速度が 10 m/秒を超えたのは全国高校陸上、U20 全国陸上の予選と決勝の上位 6 名の中で友田真隆選手のみであった。シニア選手においても記録と最高走速度や前半 200 m の通過タイムとの間には有意な負の相関関係が認められることが報告されており（山中ら 2018）、本大会においても、記録と最高走速度との間には有意な負の相関関係が認められたことから、記録の短縮には前半における最高走速度の高さが重要であると考えられる。一方で、U20 全国陸上で優勝した藤好駿太選手（早稲田大）の最高走速度は決勝上位 6 人中 3 番目であったが、走速度の低下率が最も小さかったことから（表 5）、藤好駿太選手は後半まで走速度を維持できたことが勝因の 1 つといえる。これまでのシニア選手のレース結果（山中ら 2018、山中ら 2017 など）も勘案すると、今後藤好駿太選手が最高走速度を高めることができれば、更なる記録の短縮につながるといえる。全体としては、記録と走速度の低下率との間には有意な相関関係は認められなかった（図 6）ことを考慮すると、400 m 走では前半の前半からの積極的なレースが必要であり、特に今大会で全選手の走速度の発現地点が一致した

45-80 m 付近での走速度の高さが重要になると考えられる。

女子 400 m について、全国高校陸上の決勝上位 3 選手は最高走速度が 8 m/秒を超えており、優勝した大野瑞奈選手（埼玉栄）は 25 秒台で前半の 200 m を通過していた（表 5）。一方、U20 全国陸上では、残念ながら低調な記録となっしまい、最高走速度が 8 m/秒を超えたのは 2 位の吉中日向子選手（青山学院大）のみであった。また、記録と最高走速度との間には有意な負の相関関係が認められたが（図 6）、男子選手と同様に記録と走速度の低下率との間には有意な相関関係はなかった。これらの結果を考慮すると、女子選手であっても、男子選手と同様に前半の走速度を高める積極的なレースが記録の短縮につながるといえる。

4. まとめ

2020 年 10 月に行われた全国高等学校陸上競技大会 2020 兼 U20 全国陸上競技大会におけるレースパターンの傾向や予選と決勝との差異について検討した結果、以下のことが明らかになった。

- 男子 100 m では最高走速度や走速度の低下率の 1 要素だけが記録や順位を決定する要素になるわけではなく、レース全体の複合的な要素が影響すると考えられる
- 女子 100 m の結果から、女子選手においても最高走速度の高さが記録や順位を決定する重要な要素となるが、最高走速度の高さだけではなく、加速する距離（最高走速度の発現地点）も重要であり、レース後半の走速度の低下よりもレース前半から中盤にかけての走速度の増加が記録により影響すると考えられる
- 男子 200 m の最高走速度や走速度の低下率の結果を考慮すると、200 m では 100 m よりもレース前後半の走速度が記録や順位を左右し、個々の走りの長所を生かしたレースを展開することが望ましいが、100 m と同様に最高走速度を高めることが、記録の向上には不可欠であるといえる
- 女子 200 m では、男子選手と同様に最高走速度の高さが重要であるが、ジュニアからシニアへの移行期にある女子選手が 200 m で更なる好記録を望むためには、50-100m 付近における安定した高い走速度が求められるかもしれない
- 男子 400m においても、200 m と同様に前半における最高走速度の高さ記録に影響し、走速度

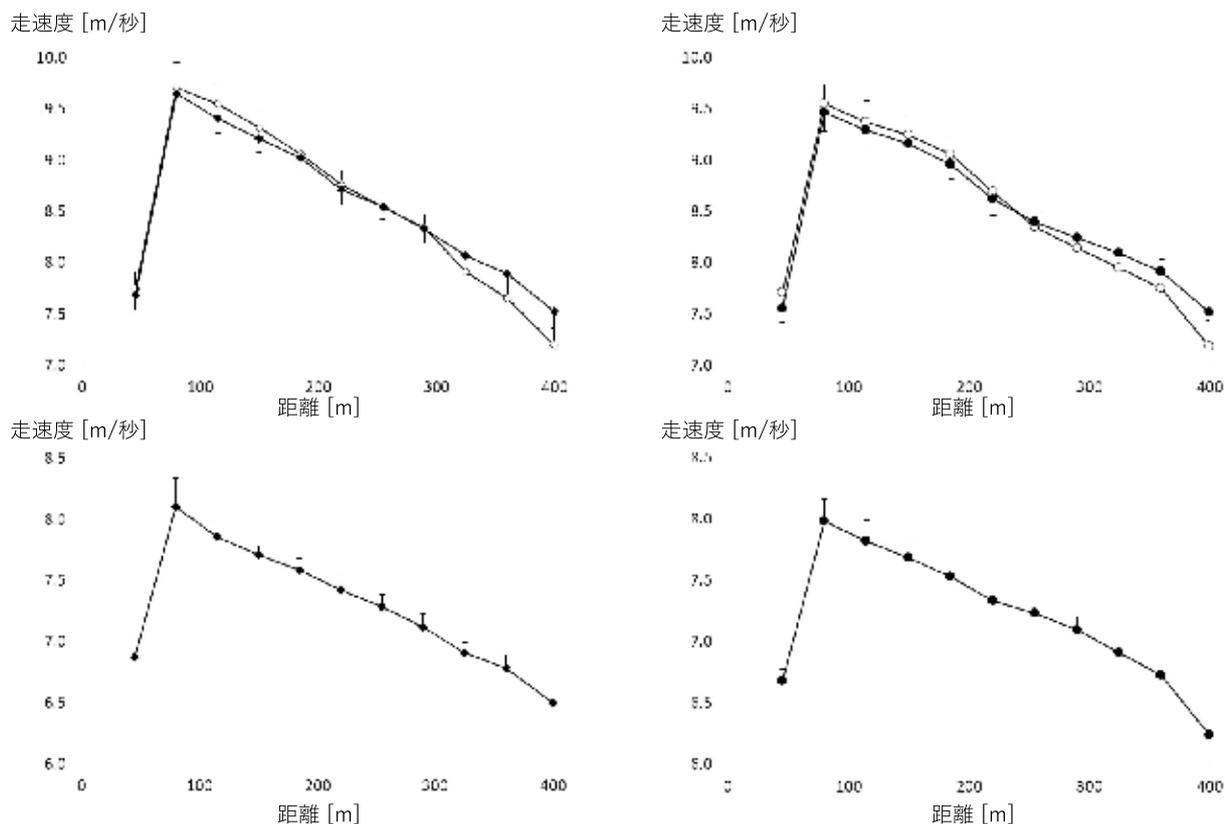


図5 全国高校陸上（左上：男子 [◇：予選，◆：決勝]，左下：女子），U20 全国陸上（右上：男子 [○：予選，●：決勝]，右下：女子）における男女400 mの走速度の変化

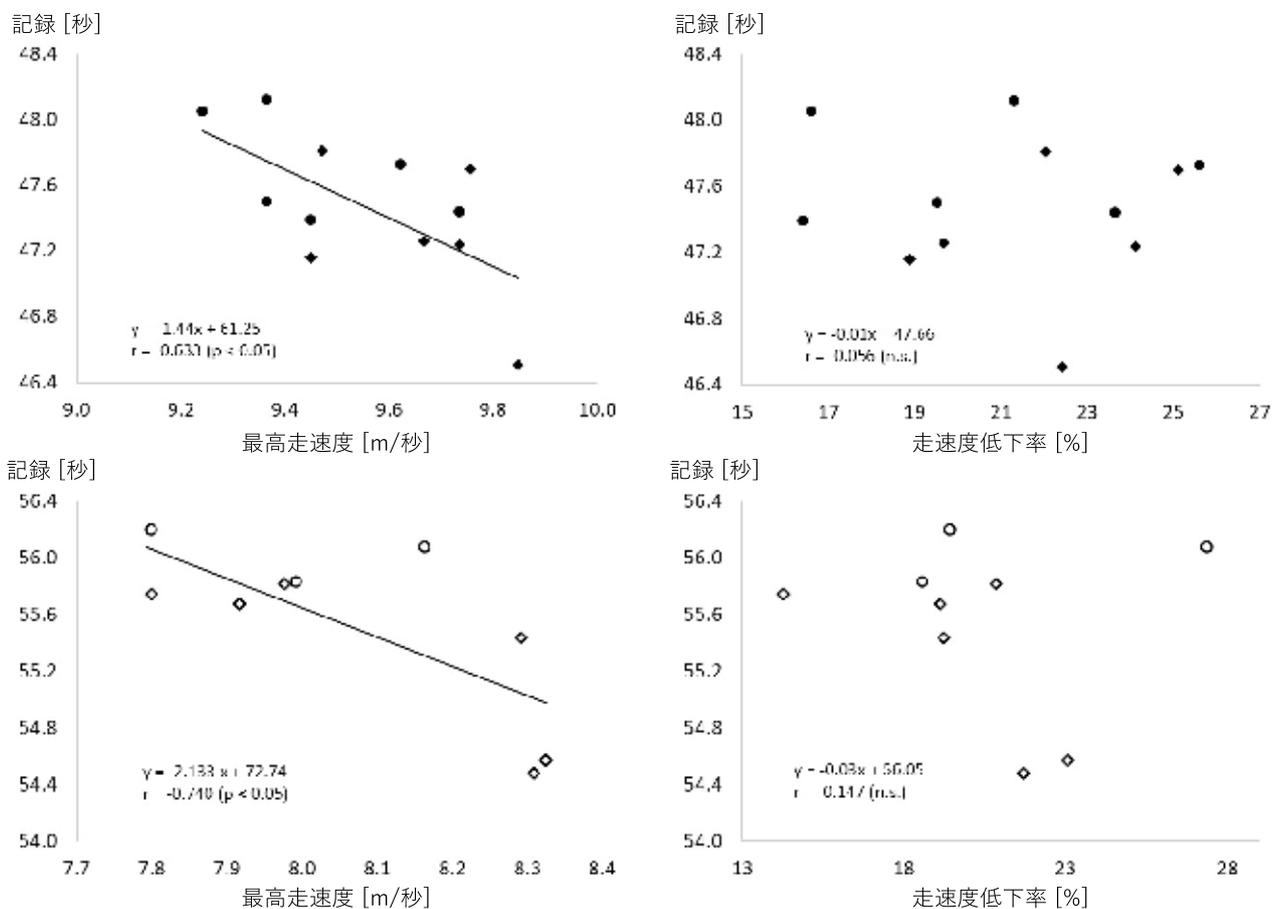


図6 全国高校陸上，U20 全国陸上400 m 決勝における男子（上段）および女子（下段）の記録と最高走速度（左列）および速度低下率（右列）との関係（●と○：U20 全国陸上，◆と◇：全国高校陸上）

の低下率を抑えることよりも、レース前半の走速度の高さが重要になると考えられる

- ・女子 400 m においても、男子と同様に前半の走速度を高める積極的なレースが重要であるといえる

松林武生, 松尾彰文 (2018) 2018 年度競技会における男女 400m のレース分析. 陸上競技研究紀要, 14 : 110-122.

文献

小林海, 大沼勇人, 高橋恭平, 松林武生, 広川龍太郎, 松尾彰文, 杉田正明, 土江寛裕 (2017) 桐生祥秀選手が 10 秒の壁を突破するまでの 100 m レースパターンの変遷. 陸上競技研究紀要, 13 : 109-114.

小林海, 高橋恭平, 山中亮, 渡辺圭祐, 大沼勇人, 松林武生, 広川龍太郎, 松尾彰文 (2018) 2018 年シーズンにおける男子 100 m のレース分析結果. 陸上競技研究紀要, 14 : 89-93.

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 (2011) 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.

大沼勇人, 小林海, 松林武生, 高橋恭平, 山中亮, 渡辺圭祐, 綿谷貴志, 広川龍太郎 (2019) 2019 年度主要競技会における男子 100m のレース分析. 陸上競技研究紀要, 15 : 131-137.

高橋恭平, 広川龍太郎, 小林海, 山中亮, 大沼勇人, 松林武生, 渡辺圭祐 (2019a) 一流 200m 選手のレース分析 - 2019 年シーズンの国内外主要競技会に着目して -. 陸上競技研究紀要, 15 : 148-157.

高橋恭平, 広川龍太郎, 小林海, 渡辺圭祐, 山中亮, 大沼勇人, 松林武生 (2018) U20 世界選手権および U20 日本選手権 200m ファイナリストにおける走パフォーマンス. 陸上競技研究紀要, 14 : 105-109.

高橋恭平, 広川龍太郎, 渡辺圭祐, 小林海, 大沼勇人, 松林武生, 山中亮 (2019b) 世界・アジア・日本における女子 100m 一流スプリンターの走パフォーマンス分析. 陸上競技研究紀要, 15 : 138-147.

山中亮, 高橋恭平, 小林海, 広川龍太郎, 松尾彰文, 柳谷登志雄, 渡辺圭祐, 吉本隆哉, 大沼勇人, 岩山海渡, 丹治史弥, 山本真帆, 松林武生 (2017) 2017 年度競技会における男女 400m のレース分析. 陸上競技研究紀要, 13 : 174-182.

山中亮, 高橋恭平, 小林海, 渡辺圭祐, 広川龍太郎,

表 1 全国高校陸上, U20 全国陸上における男子 100 m の予選と決勝のレース分析結果の比較

大会名	ラウンド	風 [m/秒]	記録 [秒]	最高走速度 [m/秒]	最高走速度		走速度		レース全体		最高走速度時		最大値	
					発現区間 [m]	低下率 [%]	歩数 [steps]	平均ピッチ [steps/秒]	平均ストライド [m]	ピッチ [steps/秒]	ストライド [m]	ピッチ [steps/秒]	発現区間 [m]	ストライド [m]
全国高校陸上	決勝	0.6	10.58 ± 0.06	10.87 ± 0.08	55	4.3 ± 1.2	49.9 ± 2.4	4.72 ± 0.22	2.01 ± 0.09	4.94 ± 0.22	2.20 ± 0.10	5.06 ± 0.27	28	2.26 ± 0.08
	予選	1.1	10.50 ± 0.07	10.97 ± 0.13	55	5.8 ± 1.3	49.6 ± 2.6	4.72 ± 0.23	2.02 ± 0.10	4.93 ± 0.20	2.23 ± 0.11	5.05 ± 0.27	23	2.27 ± 0.12
U20全国陸上	決勝	-2.4	10.81 ± 0.07	10.55 ± 0.05	53	5.7 ± 0.8	50.6 ± 2.0	4.68 ± 0.18	1.98 ± 0.08	4.90 ± 0.18	2.16 ± 0.09	5.04 ± 0.18	28	2.19 ± 0.08
	予選	-0.9	10.72 ± 0.07	10.67 ± 0.07	55	5.7 ± 1.0	50.0 ± 1.8	4.66 ± 0.15	2.00 ± 0.07	4.88 ± 0.13	2.19 ± 0.07	5.00 ± 0.17	22	2.22 ± 0.08

表 2 全国高校陸上, U20 全国陸上における男子 200 m の予選と決勝のレース分析結果の比較

大会名	ラウンド	風 [m/秒]	記録 [秒]	最高走速度 [m/秒]	最高走速度		走速度		最高走速度時		最大値	
					発現区間 [m]	低下率 [%]	ピッチ [steps/秒]	ストライド [m]	ピッチ [steps/秒]	ストライド [m]	ピッチ [steps/秒]	発現区間 [m]
全国高校陸上	決勝	1.0	21.08 ± 0.13	10.61 ± 0.17	67.5	12.9 ± 3.5	4.71 ± 0.34	2.26 ± 0.15	4.79 ± 0.32	54	2.26 ± 0.15	68
	予選	0.9	21.23 ± 0.13	10.51 ± 0.14	67.5	15.0 ± 3.3	4.70 ± 0.29	2.24 ± 0.13	4.77 ± 0.26	38	2.25 ± 0.13	71
U20全国陸上	決勝	1.5	21.36 ± 0.12	10.24 ± 0.18	67.5	11.1 ± 2.3	4.61 ± 0.14	2.22 ± 0.05	4.71 ± 0.14	33	2.24 ± 0.04	100
	予選	1.4	21.39 ± 0.08	10.37 ± 0.14	71.3	16.5 ± 4.6	4.61 ± 0.16	2.25 ± 0.06	4.73 ± 0.16	33	2.27 ± 0.04	99

表3 全国高校陸上、U20全国陸上それぞれの男女100mのレース分析結果一覧

データNo.	氏名	学校名	大会名	ラウンド	風	記録	最高走速度 [m/秒]	最高走速度 [m/秒]	競歩区間 [m]	競歩区間 発進遅延	低下率 [%]	スプリットタイム [秒]										レース全体		競歩区間											
												10m	20m	30m	40m	50m	60m	70m	80m	90m	100m	10m	20m	30m	40m	50m	60m	70m	80m	90m	100m	歩数 [steps]	平均ピッチ [steps/秒]	レース全体 平均ピッチ [steps/秒]	競歩区間 平均ピッチ [steps/秒]
1	三輪 颯太	徳武文理				10:48	11:00	55	3.8	1.90	3.04	4.02	4.95	5.87	6.78	7.69	8.61	9.54	10.48	5.13	9.20	10.19	10.88	10.92	11.00	10.99	10.90	10.76	10.59	47.5	4.53	4.53	4.72	2.33	
2	重谷 大樹	九座大中九産				10:54	10:53	55	3.8	1.90	2.99	3.98	4.92	5.85	6.77	7.70	8.63	9.58	10.54	5.25	9.22	10.14	10.57	10.77	10.83	10.80	10.71	10.57	10.42	48.6	4.61	4.61	4.80	2.26	
3	島田 瞬伸	浜松湖東	男子			10:55	10:52	55	5.5	1.93	3.02	4.00	4.94	5.87	6.78	7.70	8.63	9.58	10.55	5.19	9.16	10.14	10.63	10.85	10.92	10.87	10.74	10.55	10.32	53.2	4.95	4.95	5.21	2.09	
4	鷹 祥永	立命館慶祥	決勝		0.6	10:51	10:76	55	3.2	1.92	3.02	4.02	4.97	5.91	6.84	7.77	8.70	9.65	10.61	5.21	9.11	10.03	10.47	10.68	10.76	10.75	10.68	10.56	10.42	56.6	5.05	5.05	5.17	2.06	
5	加藤 暁之介	成明工				10:62	10:86	55	3.6	1.98	3.08	4.07	5.02	5.95	6.87	7.79	8.72	9.66	10.62	5.05	9.09	10.06	10.50	10.77	10.86	10.84	10.76	10.62	10.47	49.5	4.66	4.66	4.89	2.22	
6	藤原 寛人	東海大海安				10:65	10:86	55	6.2	1.98	3.07	4.06	5.02	5.92	6.85	7.77	8.71	9.67	10.65	5.06	9.14	10.13	10.56	10.81	10.86	10.80	10.65	10.44	10.19	48.2	4.53	4.53	4.80	2.26	
7	三輪 颯太	徳武文理			0.3	10:39	11:00	55	6.3	1.93	3.01	3.98	4.90	5.80	6.70	7.60	8.51	9.44	10.44	5.18	9.26	10.31	10.84	11.10	11.13	11.13	10.99	10.76	10.48	46.5	4.48	4.48	4.74	2.36	
8	重谷 大樹	九座大中九産				2.0	10:44	11:00	55	6.2	1.90	2.97	3.94	4.87	5.79	6.70	7.61	8.54	9.49	10.44	5.27	9.31	10.28	10.74	10.95	11.00	10.94	10.81	10.62	10.38	48.5	4.65	4.65	4.80	2.28
9	島田 瞬伸	浜松湖東	男子			0.2	10:51	10:95	55	7.4	1.89	2.97	3.95	4.88	5.80	6.71	7.63	8.57	9.52	10.51	5.30	9.24	10.23	10.70	10.91	10.95	10.87	10.69	10.44	52.2	4.97	4.97	5.18	2.11	
10	鷹 祥永	立命館慶祥	予選			0.8	10:58	10:77	55	5.0	1.88	2.97	3.96	4.91	5.84	6.77	7.70	8.65	9.60	10.58	5.31	9.20	10.11	10.54	10.73	10.77	10.72	10.60	10.44	55.2	5.03	5.03	5.18	2.08	
11	加藤 暁之介	成明工			1.7	10:54	10:94	55	3.8	1.96	3.05	4.04	4.98	5.90	6.82	7.73	8.65	9.59	10.54	5.10	9.16	10.14	10.63	10.86	10.94	10.89	10.83	10.69	10.52	49.2	4.67	4.67	4.89	2.24	
12	藤原 寛人	東海大海安			1.7	10:53	10:97	55	6.7	1.94	3.02	3.99	4.93	5.84	6.75	7.67	8.60	9.55	10.53	5.15	9.27	10.27	10.74	10.94	10.97	10.89	10.73	10.56	10.24	47.8	4.54	4.54	4.77	2.30	
13	林 颯太	法政大				10:72	10:61	55	5.0	1.91	3.00	4.00	4.95	5.90	6.84	7.79	8.75	9.73	10.72	5.25	9.15	10.03	10.43	10.59	10.61	10.54	10.41	10.24	10.08	50.2	4.68	4.68	4.92	2.16	
14	平野 翔大	大塚文化大				10:78	10:68	45	6.2	1.93	3.02	4.01	4.97	5.92	6.86	7.82	8.78	9.77	10.78	5.18	9.18	10.06	10.44	10.58	10.57	10.48	10.32	10.12	9.92	49.3	4.57	4.57	4.80	2.21	
15	諷 深	東洋大				10:80	10:54	55	4.5	1.94	3.04	4.04	5.01	5.96	6.91	7.86	8.83	9.81	10.80	5.14	9.12	9.99	10.37	10.52	10.54	10.48	10.36	10.21	10.06	47.5	4.39	4.39	4.59	2.30	
16	宮内 和哉	関西大	U20全国陸上		-2.4	10:81	10:58	55	6.3	1.93	3.04	4.04	5.01	5.96	6.90	7.85	8.82	9.80	10.81	5.18	9.30	9.94	10.37	10.55	10.58	10.51	10.36	10.16	9.92	52.3	4.84	4.84	5.05	2.10	
17	中村 彰太	東洋大	決勝			10:83	10:52	55	5.7	1.93	3.03	4.04	5.00	5.95	6.90	7.86	8.83	9.82	10.83	5.17	9.09	9.97	10.36	10.51	10.52	10.44	10.30	10.11	9.92	52.7	4.87	4.87	5.07	2.07	
18	深川 真平	大塚文化大				10:92	10:48	55	6.3	1.97	3.08	4.09	5.05	6.01	6.96	7.93	8.90	9.90	10.92	5.07	9.24	9.93	10.33	10.47	10.48	10.39	10.23	10.03	9.81	51.8	4.74	4.74	4.93	2.10	
19	林 颯太	法政大			-0.2	10:62	10:76	55	6.3	1.90	2.98	3.97	4.91	5.84	6.77	7.71	8.66	9.63	10.62	5.26	9.25	10.17	10.59	10.75	10.76	10.67	10.52	10.31	10.09	49.3	4.64	4.64	4.87	2.21	
20	平野 翔大	大塚文化大				-1.1	10:77	10:64	55	7.0	1.94	3.04	4.03	4.99	5.93	6.87	7.81	8.78	9.76	10.77	5.15	9.13	10.06	10.47	10.64	10.64	10.55	10.38	10.16	9.90	49.0	4.55	4.55	4.80	2.22
21	諷 深	東洋大	男子			10:66	10:71	55	4.1	1.92	3.04	4.02	4.97	5.91	6.85	7.78	8.73	9.69	10.66	5.21	9.09	10.02	10.45	10.65	10.71	10.68	10.58	10.44	10.27	47.5	4.45	4.45	4.67	2.29	
22	宮内 和哉	関西大	予選			-1.5	10:81	10:56	55	5.3	1.93	3.04	4.05	5.02	5.97	6.92	7.87	8.83	9.81	10.81	5.19	8.99	9.89	10.32	10.52	10.56	10.51	10.39	10.21	10.00	52.2	4.83	4.83	5.02	2.10
23	中村 彰太	東洋大				11:92	9:46	55	6.4	1.98	3.08	4.08	5.03	5.96	6.90	7.84	8.79	9.76	10.76	5.04	9.10	10.06	10.51	10.69	10.72	10.64	10.49	10.28	10.04	50.2	4.66	4.66	4.92	2.18	
24	深川 真平	大塚文化大			-1.5	10:72	10:64	55	5.4	1.90	3.01	4.01	4.97	5.91	6.85	7.80	8.75	9.73	10.72	5.26	9.06	9.97	10.40	10.59	10.64	10.58	10.46	10.28	10.07	51.9	4.84	4.84	5.00	2.13	
25	石川 優	和洋				11:56	9:86	55	6.0	2.06	3.24	4.31	5.34	6.35	7.37	8.39	9.43	10.48	11.56	4.85	8.51	9.33	9.70	9.85	9.86	9.79	9.65	9.47	9.27	51.0	4.41	4.41	4.63	2.13	
26	青山 亜依	大阪				11:71	9:69	45	6.5	2.05	3.23	4.32	5.36	6.39	7.42	8.47	9.53	10.61	11.71	4.87	8.47	9.25	9.57	9.69	9.69	9.45	9.26	9.06	8.87	49.6	4.24	4.24	4.46	2.17	
27	石堂 隆崇	立命館慶祥	女子			11:79	9:69	55	7.4	2.07	3.28	4.38	5.43	6.46	7.49	8.53	9.59	10.68	11.79	4.82	8.30	9.13	9.51	9.67	9.69	9.61	9.45	9.23	8.97	52.9	4.49	4.49	4.75	2.04	
28	角 良子	倉吉東	決勝		2.0	11:88	9:62	45	7.8	2.11	3.31	4.40	5.46	6.49	7.54	8.59	9.66	10.75	11.88	4.75	8.32	9.14	9.49	9.62	9.61	9.51	9.35	9.12	8.87	56.5	4.75	4.75	5.00	1.93	
29	精養 亜里紗	和洋				11:92	9:46	55	5.7	2.05	3.26	4.37	5.44	6.50	7.56	8.62	9.70	10.80	11.92	4.87	8.28	9.02	9.34	9.46	9.46	9.39	9.27	9.11	8.92	59.6	4.41	4.41	4.69	2.06	
30	兼高 心夢	倉敷中央				11:96	9:47	45	7.1	2.07	3.28	4.38	5.45	6.51	7.56	8.63	9.72	10.82	11.96	4.84	8.28	9.03	9.36	9.47	9.46	9.37	9.22	9.03	8.80	53.8	4.50	4.50	4.72	2.01	
31	三浦 由奈	筑波大				11:90	9:56	55	7.9	2.07	3.28	4.38	5.44	6.49	7.53	8.59	9.66	10.76	11.90	4.84	8.26	9.07	9.43	9.56	9.56	9.47	9.30	9.08	8.81	52.1	4.37	4.37	4.55	2.11	
32	黒山 咲海	筑波大				11:90	9:54	45	8.8	2.05	3.23	4.32	5.37	6.42	7.48	8.54	9.63	10.75	11.90	4.88	8.46	9.19	9.47	9.54	9.49	9.38	9.18	8.95	8.70	56.3	4.73	4.73	5.02	1.90	
33	田中 きよの	聖河台大	女子		-0.5	12:02	9:47	45	10.5	2.04	3.24	4.34	5.41	6.46	7.53	8.60	9.71	10.84	12.02	4.90	8.33	9.08	9.38	9.47	9.42	9.28	9.07	8.80	8.48	51.2	4.26	4.26	4.58	2.11	
34	田路 連香	中央大	決勝			12:06	9:49	45	9.7	2.12	3.32	4.42	5.49	6.54	7.60	8.67	9.77	10.89	12.06	4.72	8.29	9.07	9.40	9.49	9.46	9.33	9.13	8.88	8.57	53.0	4.40	4.40	4.63	2.05	
35	加藤 汐織	福岡大				12:11	9:46	45	9.9	2.11	3.33	4.44	5.52	6.57	7.63	8.71	9.80	10.94	12.11	4.74	8.18	8.98	9.33	9.46	9.43	9.31	9.11	8.84	8.52	51.8	4.27	4.27	4.59	2.12	
36	井戸アビゲイル	甲南大				12:14	9:37	55	6.0	2.16	3.39	4.51	5.60	6.66	7.73	8.81	9.89	11.00	12.14	4.62	8.14	8.91	9.24	9.37	9.30	9.18	9.01	8.81	8.54	50.4	4.15	4.15	4.46	2.15	

表4 全国高校陸上, U20 全国陸上それぞれの男女200 m のレース分析結果一覧

データNo.	氏名	学校名	大会名	ラウンド	風 [m/秒]	記録 [秒]	最高走速度		スプリットタイム[秒]										最高走速時								
							発現区間 [m]	低下率 [%]	20m	55m	80m	100m	121m	149m	181m	200m	0-20m	20-55m	55-80m	80-100m	100-121m	121-149m	149-181m	181-200m	ピッチ [steps/秒]	ストライド [m]	
1	三輪 颯太	西武文理				20.88	10.72	55-80	13.0	3.08	6.43	8.76	10.69	12.80	15.58	18.84	20.88	6.50	10.45	10.72	10.38	10.15	10.05	9.68	9.33	4.54	2.36
2	島田 朋伸	浜松湖東				21.02	10.70	55-80	14.8	3.07	6.42	8.76	10.70	12.83	15.64	18.94	21.02	6.52	10.42	10.70	10.31	10.09	9.93	9.58	9.12	5.03	2.13
3	重谷 大樹	九産大付九産	全国高校陸上	男子	1.0	21.02	10.53	55-80	11.7	3.02	6.43	8.80	10.75	12.88	15.67	18.98	21.02	6.61	10.27	10.53	10.27	10.09	10.02	9.55	9.30	4.64	2.27
4	前田 夏輝	松戸六美		決勝		21.15	10.74	55-80	16.0	3.11	6.49	8.82	10.78	12.93	15.74	19.04	21.15	6.44	10.35	10.74	10.20	9.98	9.92	9.57	9.02	4.45	2.41
5	渡辺 幸斗	岩橋				21.17	10.30	55-80	6.6	3.16	6.74	9.17	11.17	13.31	16.02	19.19	21.17	6.33	9.77	10.30	9.99	10.05	10.30	9.95	9.62	4.36	2.36
6	池下 祐和	岩橋工				21.23	10.65	55-80	15.5	3.12	6.51	8.86	10.84	13.00	15.81	19.12	21.23	6.42	10.30	10.65	10.14	9.95	9.93	9.54	9.00	5.22	2.04
7	三輪 颯太	西武文理				22.23	10.61	55-80	15.4	3.10	6.46	8.81	10.77	12.92	15.76	19.05	21.17	6.45	10.42	10.61	10.21	10.00	9.83	9.60	8.97	4.59	2.31
8	島田 朋伸	浜松湖東				23.23	10.52	55-80	14.9	3.07	6.44	8.81	10.73	12.83	15.61	18.91	21.03	6.52	10.40	10.52	10.45	10.25	10.04	9.57	8.95	5.00	2.11
9	重谷 大樹	九産大付九産	全国高校陸上	男子	-0.2	24.23	10.44	55-80	13.7	3.04	6.49	8.88	10.84	12.97	15.80	19.13	21.24	6.57	10.16	10.44	10.22	10.11	9.86	9.48	9.01	4.60	2.27
10	前田 夏輝	松戸六美		予選	0.5	25.23	10.67	55-80	18.8	3.07	6.44	8.78	10.74	12.92	15.78	19.22	21.41	6.52	10.37	10.67	10.22	9.88	9.76	9.19	8.66	4.46	2.39
11	渡辺 幸斗	岩橋			-0.3	26.23	10.28	55-80	9.3	3.17	6.68	9.11	11.10	13.25	16.05	19.30	21.34	6.31	9.98	10.28	10.05	9.99	9.99	9.69	9.33	4.43	2.32
12	池下 祐和	岩橋工			2.0	27.23	10.55	55-80	17.6	3.07	6.44	8.81	10.71	13.25	15.64	19.01	21.20	6.52	10.37	10.55	10.49	10.23	9.90	8.35	8.70	5.12	2.06
13	木村 颯太	明治大				21.20	10.48	55-80	15.1	3.09	6.46	8.85	10.79	12.89	15.70	19.06	21.20	6.46	10.40	10.48	10.31	10.21	9.93	9.39	8.90	4.80	2.19
14	木村 颯	明治大				21.24	10.30	55-80	9.8	3.12	6.59	9.01	10.99	13.14	15.94	19.19	21.24	6.40	10.11	10.30	10.12	10.01	9.96	9.71	9.29	4.62	2.23
15	高橋 哲也	日本大	U20全国陸上	男子	1.5	21.33	10.41	55-80	13.0	3.14	6.58	8.98	10.95	13.10	15.93	19.23	21.33	6.38	10.17	10.41	10.14	10.01	9.87	9.56	9.06	4.61	2.26
16	稲毛 碧	早稲田大		決勝		21.43	10.04	55-80	9.6	3.09	6.58	9.07	11.08	13.24	16.06	19.34	21.43	6.48	10.01	10.04	9.97	9.93	9.92	9.63	9.07	4.37	2.30
17	林 颯太	法政大				21.47	10.14	55-80	9.9	3.09	6.63	9.10	11.11	13.29	16.12	19.39	21.47	6.46	9.90	10.14	9.93	9.87	9.85	9.67	9.14	4.58	2.21
18	山口 凛也	東海大				21.49	10.07	55-80	9.5	3.17	6.68	9.16	11.15	13.32	16.13	19.41	21.49	6.31	9.97	10.07	10.05	9.93	9.92	9.65	9.12	4.67	2.16
19	木村 颯太	明治大				21.50	10.61	55-80	24.9	3.09	6.41	8.77	10.71	12.83	15.66	19.11	21.50	6.47	10.53	10.61	10.33	10.13	9.87	9.14	7.97	4.79	2.22
20	木村 颯	明治大				21.32	10.44	55-80	17.5	3.12	6.54	8.93	10.89	13.01	15.80	19.11	21.32	6.42	10.22	10.44	10.25	10.11	10.01	9.54	8.62	4.62	2.26
21	高橋 哲也	日本大	U20全国陸上	男子	1.9	21.45	10.33	80-100	16.2	3.19	6.70	9.13	11.06	13.22	15.99	19.26	21.45	6.27	9.97	10.32	10.33	9.98	10.06	9.66	4.55	2.27	
22	稲毛 碧	早稲田大		予選	1.4	21.28	10.23	55-80	11.7	3.07	6.55	9.00	10.99	13.12	15.89	19.18	21.28	6.52	10.05	10.23	10.03	10.09	10.10	9.60	9.04	4.37	2.34
23	林 颯太	法政大				21.42	10.25	55-80	14.1	3.07	6.58	9.02	11.01	13.15	15.95	19.26	21.42	6.51	9.98	10.25	10.05	10.03	10.01	9.52	8.80	4.56	2.25
24	山口 凛也	東海大				21.35	10.37	55-80	14.7	3.14	6.64	9.05	11.03	13.15	15.91	19.20	21.35	6.37	9.99	10.37	10.15	10.14	10.11	9.58	8.85	4.78	2.17
25	石川 優	相洋				23.82	9.21	55-80	12.4	3.36	7.27	9.98	12.21	14.62	17.78	21.46	23.82	5.95	8.97	9.21	8.98	8.90	8.83	8.58	8.06	4.24	2.17
26	安達 菜鈴	京都橘				23.96	9.24	55-80	14.6	3.31	7.23	9.94	12.15	14.57	17.77	21.55	23.96	6.05	8.92	9.24	9.03	8.91	8.72	8.35	7.89	4.55	2.03
27	青山 亜衣	大阪				24.01	9.05	80-100	14.2	3.35	7.27	10.05	12.26	14.66	17.82	21.56	24.01	5.96	8.94	8.99	9.05	8.97	8.83	8.44	7.77	4.23	2.14
28	法武 杏折	近江	全国高校陸上	女子	4.3	24.36	8.87	20-55	9.6	3.52	7.47	10.31	12.60	15.07	18.27	21.99	24.36	5.68	8.87	8.78	8.73	8.73	8.72	8.48	8.02	4.29	2.07
29	遠山 侑里	新潟高		決勝		24.37	8.89	20-55	11.8	3.36	7.30	10.14	12.43	14.91	18.15	21.95	24.37	5.95	8.89	8.79	8.75	8.68	8.62	8.31	7.84	4.47	1.99
30	蔵重 みう	中京大中京				24.40	8.88	20-55	11.6	3.37	7.31	10.15	12.42	14.89	18.14	21.98	24.40	5.93	8.88	8.81	8.81	8.69	8.59	8.22	7.85	4.26	2.08
31	戸野 七ヶ月風来	甲府大				24.15	9.08	20-55	13.8	3.37	7.22	9.98	12.21	14.65	17.89	21.72	24.15	5.93	9.08	9.07	8.98	8.80	8.62	8.25	7.82	4.36	2.08
32	宮武 七ヶ月	日本体育大				24.29	9.07	55-80	9.0	3.45	7.47	10.22	12.49	14.98	18.25	21.99	24.29	5.79	8.72	9.07	8.81	8.63	8.55	8.44	8.26	4.16	2.18
33	熊山 咲穂	筑波大				24.40	8.96	80-100	16.0	3.30	7.27	10.08	12.31	14.76	18.00	21.88	24.40	6.06	8.81	8.91	8.96	8.78	8.60	8.15	7.53	4.70	1.91
34	川崎 夏実	青山学院大	U20全国陸上	決勝	1.7	24.71	8.85	55-80	11.4	3.47	7.46	10.29	12.58	15.11	18.44	22.29	24.71	5.76	8.78	8.85	8.70	8.51	8.40	8.19	7.85	4.31	2.05
35	三浦 田奈	筑波大				24.89	8.89	55-80	16.8	3.38	7.36	10.17	12.47	15.01	18.36	22.32	24.89	5.92	8.79	8.89	8.72	8.46	8.33	7.97	7.40	4.33	2.05
36	加藤 汐織	福岡大				25.20	8.81	20-55	14.3	3.45	7.42	10.30	12.66	15.27	18.70	22.69	25.20	5.80	8.81	8.69	8.46	8.25	8.14	7.92	7.56	4.30	2.05

表5 全国高校陸上, U20 全国陸上それぞれの男女400 m のレース分析結果一覧

データNo.	氏名	学校名	大会名	ラウンド	記録 [秒]	競走方法		競走距離		スプリットタイム(秒)												進距離(m/秒)												レース全体		最高進距離	
						距離 [m]	発走区間 [m]	進率 [%]	50m	100m	150m	200m	250m	300m	350m	400m	0-45m	45-80m	80-115m	115-150m	150-185m	185-220m	220-255m	255-290m	290-325m	325-360m	360-400m	平均ピッチ [steps/秒]	平均ストライド [m]	ピッチ [steps/秒]	ストライド [m]						
1	友田 真隆	川越東	全国高校 陸上	男子	46.51	9.85	45-80m	22.4	6.23	11.36	16.65	22.12	27.79	33.75	40.01	46.51	7.86	9.85	9.58	9.41	9.24	8.93	8.74	8.44	8.04	7.93	7.64	3.71	2.36	3.95	2.49						
2	福川 真亮	中京大中央	全国高校 陸上	男子	47.16	9.45	45-80m	18.9	6.45	11.78	17.27	22.94	28.70	34.60	40.70	47.16	7.66	9.45	9.28	9.04	8.85	8.74	8.63	8.49	8.33	8.07	7.67	3.94	2.20	4.11	2.30						
3	木下 祐一	洛南	全国高校 陸上	男子	47.24	9.74	45-80m	19.1	6.33	11.54	16.92	22.46	28.24	34.27	40.55	47.24	7.74	9.74	9.41	9.24	9.12	8.98	8.78	8.53	8.33	7.99	7.86	3.98	2.17	4.26	2.29						
4	鈴木 大翼	新潟明訓	陸上	決勝	47.26	9.67	45-80m	24.7	6.24	11.44	16.80	22.48	28.40	34.55	40.85	47.26	7.86	9.67	9.54	9.24	8.93	8.73	8.53	8.33	7.98	7.77	3.96	2.17	4.31	2.24							
5	吉本 翼	東葛飾	陸上	決勝	47.7	9.76	45-80m	25.1	6.44	11.63	17.00	22.56	28.38	34.49	40.92	47.7	7.60	9.76	9.43	9.26	9.12	8.70	8.53	8.23	7.86	7.68	7.31	4.34	1.97	4.70	2.08						
6	栗名田 光太	成田	陸上	決勝	47.81	9.47	45-80m	22.0	6.53	11.87	17.35	23.03	28.91	34.91	41.13	47.81	7.49	9.47	9.22	9.08	8.89	8.60	8.46	8.36	8.16	7.92	7.38	4.13	2.07	4.33	2.19						
7	友田 真隆	川越東	U20全国 陸上	男子	47.39	10.04	45-80m	27.3	6.24	11.29	16.58	22.20	28.05	34.11	40.59	47.39	7.64	10.04	9.71	9.32	9.02	8.62	8.51	8.34	7.83	7.60	7.30	3.65	2.35	3.97	2.53						
8	福川 真亮	中京大中央	全国高校 陸上	男子	47.49	9.39	45-80m	21.3	6.32	11.66	17.16	22.84	28.65	34.52	40.62	47.49	7.77	9.39	9.34	8.98	8.67	8.63	8.60	8.56	8.34	8.05	7.39	3.92	2.19	4.08	2.30						
9	木下 祐一	洛南	全国高校 陸上	男子	47.51	9.97	45-80m	25.3	6.31	11.52	16.62	22.35	28.03	34.05	40.62	47.51	7.98	9.67	9.49	9.41	9.10	8.87	8.41	8.41	7.73	7.51	7.22	3.98	2.16	4.28	2.26						
10	鈴木 大翼	新潟明訓	陸上	予選	47.51	9.97	45-80m	30.0	6.14	11.19	16.42	21.95	27.78	33.91	40.44	47.51	7.98	9.97	9.83	9.43	9.16	8.80	8.43	8.23	7.84	7.48	6.97	4.05	2.12	4.50	2.22						
11	吉本 翼	東葛飾	陸上	決勝	47.54	9.62	45-80m	26.9	6.48	11.72	17.07	22.58	28.28	34.34	40.91	47.94	7.56	9.62	9.41	9.32	9.12	8.97	8.65	8.33	7.78	7.45	7.03	4.37	1.96	4.69	2.05						
12	佐藤 恵斗	東葛飾	陸上	決勝	47.59	9.56	45-80m	23.8	6.47	11.71	16.98	22.56	28.47	34.59	40.92	47.59	7.57	9.56	9.54	9.45	9.08	8.70	8.31	8.21	7.98	7.81	7.20	4.17	2.06	4.35	2.20						
13	藤好 颯太	早稲田大	U20全国 陸上	男子	47.59	9.45	45-80m	16.4	6.69	12.00	17.42	23.06	28.94	34.98	41.10	47.59	7.31	9.45	9.32	9.20	8.97	8.63	8.43	8.26	8.23	8.13	7.90	3.81	2.27	4.02	2.35						
14	川上 聡太	東洋大	U20全国 陸上	男子	47.44	9.74	45-80m	23.6	6.40	11.59	16.92	22.49	28.37	34.45	40.78	47.44	7.64	9.74	9.51	9.32	9.12	8.63	8.24	8.02	7.80	7.43	7.43	3.73	2.31	4.11	2.37						
15	野瀬 大輝	立命館大	U20全国 陸上	男子	47.5	9.37	45-80m	19.5	6.42	11.80	17.28	22.92	28.79	34.78	40.94	47.50	7.64	9.37	9.18	9.10	9.00	8.60	8.46	8.36	8.23	8.01	7.54	3.89	2.20	4.02	2.33						
16	今泉 堅貴	筑波大	陸上	決勝	47.73	9.62	45-80m	25.6	6.39	11.62	16.93	22.47	28.26	34.38	40.83	47.73	7.66	9.62	9.49	9.37	9.08	8.89	8.49	8.39	8.19	7.89	7.63	3.83	2.23	4.06	2.37						
17	佐藤 恵斗	東大平洋大	陸上	決勝	48.05	9.24	45-80m	16.6	6.56	11.99	17.32	23.27	29.29	35.41	41.61	48.05	7.47	9.24	9.16	9.00	8.81	8.43	8.23	8.16	8.13	8.01	7.71	3.89	2.18	4.16	2.22						
18	中島 裕哉	東洋大	陸上	決勝	48.12	9.37	45-80m	21.3	6.46	11.88	17.40	23.15	29.08	35.17	41.43	48.12	7.60	9.37	9.12	8.97	8.78	8.53	8.36	8.23	8.07	7.92	7.37	3.61	2.35	3.87	2.42						
19	藤好 颯太	早稲田大	陸上	決勝	48.16	9.67	45-80m	26.8	6.57	11.76	17.02	22.53	28.48	34.74	41.20	48.16	7.43	9.67	9.58	9.49	9.20	8.76	8.18	8.01	7.86	7.63	7.08	3.80	2.24	4.13	2.34						
20	川上 聡太	東洋大	U20全国 陸上	男子	47.62	9.65	45-80m	25.9	6.24	11.46	16.78	22.36	28.28	34.43	40.75	47.62	7.86	9.65	9.47	9.37	9.12	8.63	8.33	8.13	8.01	7.83	7.15	3.75	2.28	4.04	2.39						
21	野瀬 大輝	立命館大	U20全国 陸上	男子	47.86	9.76	45-80m	28.2	6.28	11.47	16.82	22.40	28.34	34.46	40.85	47.86	7.80	9.76	9.49	9.28	9.12	8.60	8.29	8.23	7.95	7.70	7.01	3.94	2.16	4.18	2.33						
22	今泉 堅貴	筑波大	陸上	予選	48.38	9.54	45-80m	27.9	6.34	11.61	16.98	22.52	28.32	34.53	41.19	48.38	7.74	9.54	9.43	9.24	9.12	8.83	8.48	8.10	7.71	7.31	6.87	3.80	2.22	4.02	2.37						
23	佐藤 恵斗	東大平洋大	陸上	決勝	47.9	9.24	45-80m	17.9	6.50	11.96	17.57	23.34	29.25	35.30	41.40	47.90	7.56	9.24	9.00	8.89	8.70	8.56	8.39	8.26	8.16	7.58	3.90	2.18	3.97	2.33							
24	中島 裕哉	東洋大	陸上	決勝	47.54	9.45	45-80m	21.8	6.23	11.56	16.98	22.55	28.39	34.54	40.86	47.54	7.89	9.45	9.28	9.20	9.08	8.78	8.43	8.33	7.95	7.89	7.39	3.60	2.37	3.89	2.43						
25	大野 瑞希	埼玉栄	陸上	決勝	54.48	8.31	45-80m	21.7	6.92	13.04	19.40	25.96	32.75	39.73	46.89	54.48	7.12	8.31	7.99	7.80	7.68	7.52	7.28	7.18	7.02	6.95	6.51	3.61	2.06	3.85	2.16						
26	安達 雅弥	筑波大	陸上	決勝	54.57	8.33	45-80m	23.1	6.94	13.05	19.44	26.04	32.71	39.62	46.86	54.57	7.10	8.33	7.98	7.77	7.60	7.52	7.47	7.28	6.99	6.82	6.40	3.85	1.83	4.09	2.04						
27	室川 重野花	東洋大海洋	陸上	女子	55.44	8.29	45-80m	19.3	7.04	13.20	19.69	26.46	33.43	40.62	47.99	55.44	6.99	8.29	7.89	7.63	7.44	7.23	7.14	6.97	6.81	6.77	6.70	3.79	1.82	4.09	2.03						
28	松岡 明良	東洋大海洋	陸上	決勝	55.68	7.92	45-80m	19.1	7.30	13.66	20.12	26.72	33.53	40.58	47.95	55.68	6.74	7.92	7.80	7.71	7.63	7.44	7.28	7.14	6.86	6.72	6.40	3.80	1.92	3.97	1.99						
29	藤田 隼子	東京	陸上	決勝	55.75	7.80	45-80m	14.3	7.46	13.90	20.45	27.15	34.00	41.05	48.30	55.75	6.59	7.80	7.71	7.60	7.52	7.36	7.26	7.11	6.95	6.83	6.68	3.78	1.92	4.00	1.95						
30	新田 菜乃	法政二	陸上	決勝	55.82	7.98	45-80m	20.9	7.32	13.64	20.09	26.65	33.43	40.55	47.98	55.82	6.73	7.98	7.80	7.74	7.66	7.52	7.28	7.04	6.83	6.64	6.31	3.66	1.98	3.90	2.04						
31	中野 菜乃	武蔵川女子大	U20全国 陸上	女子	55.83	7.99	45-80m	17.4	7.34	13.66	20.14	26.81	33.72	40.90	48.21	55.83	6.70	7.99	7.80	7.68	7.57	7.31	7.18	6.97	6.86	6.81	6.51	3.82	1.90	3.89	2.06						
32	吉中 日向子	青山学院大	陸上	決勝	56.08	8.16	45-80m	28.4	7.27	13.44	19.79	26.45	33.31	40.36	47.81	56.08	6.76	8.16	8.01	7.83	7.57	7.36	7.23	7.14	6.86	6.58	5.93	4.04	1.80	4.15	1.96						
36	金子 ひとみ	青山学院大	陸上	決勝	56.2	8.60	45-80m	19.4	7.48	13.94	20.54	27.29	34.13	41.11	48.36	56.20	6.58	7.80	7.66	7.55	7.44	7.34	7.28	7.18	7.02	6.79	6.28	3.77	1.92	3.92	1.99						

2019年シーズンにおける女子4×400mリレーのレース分析

山中亮¹⁾ 小林海²⁾ 大沼勇人³⁾ 高橋恭平⁴⁾ 渡辺圭祐⁵⁾ 松林武生⁶⁾ 広川龍太郎⁷⁾

1) 新潟食料農業大学 2) 東京経済大学 3) 関西福祉大学 4) 鹿児島大学
5) 日本スポーツ振興センター 6) 国立スポーツ科学センター 7) 東海大学

1. はじめに

女子マイルリレーは、近年、2008年北京オリンピック、2015年北京世界陸上競技選手権大会を最後に、オリンピック及び世界陸上競技選手権大会への出場が遠のいている状況にある。この状況を打破すべく、2019年9-10月に実施されるドーハ世界選手権並びに2020年東京オリンピックへの出場を目指す目的とした女子リレープロジェクトが2018年11月に発足され、2019年1月にトライアルが行われた結果、9名の選手が第一期メンバーとして選出された。このメンバーを中心として、5月に行われた横浜世界リレーに、青山聖佳選手（大阪成蹊大学AC）、松本奈菜子選手（東邦銀行）、武石この実選手（東邦銀行）、岩田優奈選手（中央大学）の走順で挑み、日本歴代8位となる3:31.72秒を記録したが予選敗退となった。その後、2019年の9月に行われた富士北麓ワールドトライアルにて、高島咲季選手（相洋高校）、青山聖佳選手（大阪成蹊大学AC）、松本奈菜子選手（東邦銀行）、岩田優奈選手（中央大学）の走順で挑み、日本歴代7位である3:31.66秒を記録したが、ドーハ世界選手権の出場資格である世界ランク16位圏内に約2秒届かず、ドーハ世界選手権への出場を逃した。

本研究では、2019年に女子マイルチームが出場した横浜世界リレー及び富士北麓ワールドトライアルの分析結果を報告するとともに、ドーハ世界選手権において日本代表を目指す3分27-29秒台を記録したチームと日本チームの分析結果の比較を行い、日本代表と他国の差異の要素を明らかにし、今後日本代表が世界大会に出場するために必要な要因について検討することを目的とした。また、ドーハ世界選手権における上位チームのラップタイムに関する分析も行い、女子4×400mリレーのレースパターンの傾向を明らかにするも目的とした。

2. 方法

2-1. 分析対象レース

2019年に女子4×400mリレー日本代表が出場した横浜世界リレー、富士北麓ワールドチャレンジのレース分析を行った。また、ドーハ世界選手権における外国チームの分析を行った。ドーハ世界選手権では、予選において3:27-29秒台を記録したチーム及び予選の各組上位3か国を、決勝において上位5か国をそれぞれ分析対象とした。

2-2. 測定方法

通過タイム分析には、3-5台のデジタルビデオカメラ（Lumix H-FSA45200, Panasonic [2台]、LUMIX DMC-FZ300, Panasonic [3台]）を用いて、サンプリングレートをそれぞれ59.94 fpsに設定し、全選手がフィニッシュラインを通過するまで当該レースを撮影した。先行研究（小林ら2017、小林ら2018）に倣い、5台のカメラのうち、2-4台はスタートおよびゴールの撮影を行えるメインスタンドから1コーナーのスタンド上方に、残りの1台は200mの通過を撮影できるバックスタンド上方に配置した。レース映像はスタート時のスターターの閃光を撮影した後、パンニング方式で先頭の選手を撮影し続け、200mのラップタイムと400mのラップタイムを測定するために、先頭の選手が校正点を通り過ぎてから、最後の選手が校正点を通り過ぎてまで撮影位置を校正点で固定した。撮影に際し、1走の200m通過地点および1-2走のバトン受け渡し地点（1走400m通過地点）を撮影するために、1走の撮影では1-2台のカメラを1コーナーに配置した。2走以降の400m通過とドーハ世界選手権では20mのテークオーバーゾーン内の区間タイム（20mバトンタイム）や次走者のテークオーバーゾーン後半10mの走速度（次走者走速度）を分析するために、

表1 横浜世界リレー予選及び富士北麓ワールドトライアルにおける日本チームのラップタイム及びバトンゾーン区間の分析

競技会名	記録	走者	ラップタイム			バトンゾーン区間分析		
			400m [s]	0-200m [s]	200-400m [s]	20mタイム [s]	受渡位置 [m]	受手速度 [m/s]
横浜世界リレー予選	3:31.72	青山	53.02	25.18	27.84	-	-	-
		松本	52.54	24.11	28.43	2.82	5.0	7.40
		武石	52.92	24.65	28.27	2.97	7.5	6.66
		岩田	53.24	24.89	28.35	2.85	5.5	7.05
		平均	52.93	24.71	28.22	2.88	6.00	7.04
富士北麓ワールドトライアル	3:31.66	高島	53.47	26.34	27.13	-	-	-
		青山	51.95	24.08	27.87	2.74	5.0	7.59
		松本	53.60	24.72	28.89	2.82	4.0	7.49
		岩田	52.64	24.83	27.80	2.80	6.0	7.59
		平均	52.92	24.99	27.92	2.79	5.00	7.56

テークオーバーゾーンの入り口の延長線上とゴールラインの延長線上に残りの1-2台のカメラを配置した。残りの1台は各走者の200 m通過地点と400 m通過地点を撮影するために、バックスタンドの200 m通過地点の延長線上に配置した。1走の200 m通過地点は既存の校正点が存在しないため、予めグラウンドに校正点を計測し、1コーナーに配置した2-4台のカメラで静止画および動画にて校正点を撮影した。

2-3. 分析方法と分析項目

映像分析には動画再生および編集ソフト(QuickTimePro7, Apple, USA)を用い、スターターの閃光をゼロフレームとして、各校正点をトルソーが通過したフレーム数を求めた。分析対象レースにおける第1走者の200 m通過地点の分析に際し、グラウンド上のラインや観客席の位置関係を手掛かりに、Overlay方式での分析(持田ら 2007)を行った。Overlayによる分析には、表計算ソフトウェア(Microsoft Excel)のVisual Basic for Applicationを用いて開発した映像分析プログラムを用いた。その後、通過フレームと撮影時のfpsの逆数との積から通過タイムを求めた。得られた通過タイムから200 mと400 mそれぞれのラップタイム、200mごとのトップチームとのタイム差を算出した。ドーハ世界選手権では、上述の項目に加えて20 mのテークオーバーゾーンタイム(20 mバトンタイム)とテークオーバーゾーン後半10 m区間の次走者の走速度を求め、次走者走速度と20 mのバトンゾーンに要した時間との相関関係についても検討した。相関関係の有意差にはピアソンの積率相関係数を用い、有意水準を5%未満とした。

3. 結果および考察

表1に、2019年度に日本代表チームが参加した横浜世界リレー予選及び富士北麓ワールドトライアルレースの分析結果を示した。両レースにおける400mのラップタイムの平均値は、52.9秒台であった。前半200mのラップタイムは、世界リレー予選時の方が富士北麓ワールドトライアルの記録よりも、平均で0.2秒以上早く、後半の200mのラップタイムは、富士北麓ワールドトライアル時の方が世界リレー予選時よりも速かった。

表2には、ドーハ世界選手権の予選に出場し、3:27-29秒台を記録した6チームのデータを示した。日本チームの値(表1)と対象の6チームの値(表2)を比較した結果、400mのラップタイムは、日本代表チーム(富士北麓ワールドトライアル)が52.92秒であり、ドーハ世界選手権の予選に出場した対象の6チームの51.85-52.46秒と比べて0.46-1.07秒遅かった。富士北麓ワールドトライアルのレースで第2走者を務めた青山聖佳選手(大阪成蹊大学AC)は、51.95秒のラップタイムを記録していることから、対象の6チームの選手たちにも劣ることのない走力を持ち合わせていることが示された。また、前半200mのラップタイムにおいて、対象の6チームの24.30-24.61秒と比較して、日本チームは24.99秒であり、0.38-0.69秒遅いことが明らかとなった。一方、後半の200mタイムにおいては、対象の6チームの27.51-28.06秒と比較して、日本チームは27.92秒であり、対象の6チームとは大きな差異がないことが明らかとなった。これらのことから、日本チームは後半の200mには他国と大きな差がないが、前半の200mにおいて他国に先行されてしまう

表2 ドーハ世界選手権予選において3分27-29秒台を記録した国のラップタイム及びバトンゾーン区間の分析

国名	タイム	走者	ラップタイム			バトンゾーン区間分析		
			400m [s]	0-200m [s]	200-400m [s]	20mタイム [s]	受渡位置 [m]	受手速度 [m/s]
オランダ	3:27.40	Lieke KLAVER	52.14	24.22	27.92	-	-	-
		Lisanne DE WITTE	50.58	23.93	26.64	2.83	5.5	7.40
		Bianca BAAK	52.55	24.61	27.94	2.82	4.0	7.18
		Femke BOL	52.13	24.59	27.54	2.90	4.5	7.14
		平均	51.85	24.34	27.51	2.85	4.67	7.24
イタリア	3:27.57	Maria Benedicta CHIGBOLU	52.07	25.12	26.95	-	-	-
		Ayomide FOLORUNSO	51.74	23.67	28.06	2.79	5.0	7.64
		Giancarla TREVISAN	52.53	24.38	28.14	3.40	11.5	5.35
		Raphaela Boaheng LUKUDO	51.24	24.03	27.21	2.85	6.5	6.85
		平均	51.89	24.30	27.59	3.01	7.67	6.61
オーストラリア	3:28.64	Bendere OBOYA	51.59	23.96	27.64	-	-	-
		Lauren BODEN	53.18	24.17	29.01	2.76	7.0	7.49
		Ellie BEER	52.03	24.55	27.48	3.01	7.0	6.66
		Rebecca BENNETT	51.84	24.62	27.23	2.85	8.0	6.62
		平均	52.16	24.32	27.84	2.88	7.33	6.93
インド	3:29.42	Jisna MATHEW	52.55	24.66	27.89	-	-	-
		Machettira POOVAMMA RAJU	52.58	24.45	28.13	2.90	3.0	7.64
		Velluva Koroth VISMAYA	51.54	24.17	27.37	3.06	5.0	7.64
		Venkatesan SUBHA	52.75	25.18	27.57	2.85	4.5	7.05
		平均	52.36	24.61	27.74	2.94	4.17	7.44
フランス	3:29.66	Amandine BROSSIER	52.51	25.21	27.30	-	-	-
		Déborah SANANES	51.06	23.22	27.84	2.70	6.5	7.68
		Elise TRYNKLER	53.45	24.86	28.59	3.04	6.5	6.28
		Agnès RAHAROLAHY	52.64	24.13	28.51	2.80	5.0	7.27
		平均	52.42	24.36	28.06	2.85	6.00	7.08
キューバ	3:29.84	Zurian HECHAVARRÍA	52.09	24.36	27.73	-	-	-
		Rose Mary ALMANZA	51.30	23.53	27.77	2.78	4.0	7.99
		Adriana RODRÍGUEZ	54.79	25.16	29.63	2.94	4.0	7.99
		Roxana GÓMEZ	51.67	24.87	26.80	3.10	4.0	6.45
		平均	52.46	24.48	27.98	2.94	4.00	7.48

表3 ドーハ世界選手権決勝における上位5チーム及び予選各組上位3チームのラップタイム

ラウンド	国名	記録	順位	1走 400m		2走 400m		3走 400m		4走 400m		平均 400m						
				0-200m	200-400m													
決勝	アメリカ	3:18.92	1	50.54	48.74	49.43	50.20	49.73	24.35	26.70	23.64	26.38	23.62	26.94	24.47	25.80	24.02	26.45
	ポーランド	3:21.89	2	51.05	50.02	50.56	50.26	50.47	24.47	27.15	23.74	27.19	23.02	26.63	23.67	26.50	23.72	26.87
	ジャマイカ	3:22.37	3	51.62	50.93	49.65	50.17	50.59	24.12	27.74	23.01	26.61	23.53	27.19	24.11	26.71	23.69	27.06
	イギリス	3:23.02	4	51.87	49.62	50.72	50.82	50.76	24.83	27.24	24.30	27.40	23.87	28.05	24.62	26.83	24.41	27.38
	ベルギー	3:27.15	5	52.07	51.70	51.93	51.45	51.79	23.69	28.29	23.30	27.39	24.22	26.63	23.54	26.58	23.69	27.22
予選 1組	ジャマイカ	3:23.64	1	51.99	50.68	50.85	50.12	50.91	24.67	27.17	24.10	26.74	24.38	26.47	24.93	27.33	24.52	26.92
	ポーランド	3:25.78	2	51.84	50.83	50.85	52.26	51.45	24.62	27.26	23.47	27.83	24.08	27.25	24.30	27.05	24.12	27.35
	カナダ	3:25.86	3	51.89	51.29	51.33	51.35	51.47	24.22	27.92	23.93	26.64	24.61	27.94	24.59	27.54	24.34	27.51
予選 2組	アメリカ	3:22.96	1	52.10	49.85	51.13	49.88	50.74	24.45	27.47	23.57	27.44	23.98	27.62	23.71	26.75	23.93	27.32
	イギリス	3:24.99	2	51.92	51.02	51.60	50.45	51.25	24.77	27.99	24.02	26.94	24.68	27.66	23.37	27.14	24.21	27.43
	ウクライナ	3:26.57	3	52.76	50.96	52.34	50.51	51.64	24.87	27.46	23.51	27.79	24.49	27.71	24.07	26.67	24.24	27.41

ことによって400mのラップタイムが他国よりも遅れてしまう要因となることが明らかとなった。先行研究(小林ら2018)で報告されているように、マ

イルの特性上、前半200mで先頭集団にいないとレースを優位に展開することが難しいと考えられるため、日本チームは前半の200mを他国と同等のタ

先頭とのタイム差 [秒]

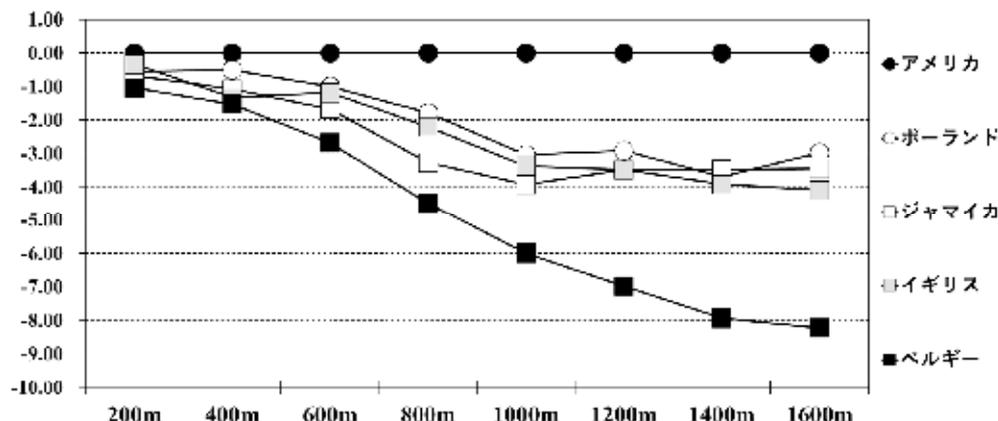


図1 ドーハ世界選手権決勝における先頭とのスプリットタイム差

タイムで通過することが望まれる。それを成し遂げるためには、前半の200mにおいて他国と同等のタイムで通過できるように、最大疾走速度を向上させることによって余裕度を持って走れるようになることと、前半の200mを速いタイムで通過した際でも後半の200mのタイムが低下しすぎないようにするための持続的な能力の向上が必要であると考えられる。

先行研究(小林ら 2018)において、4×100mリレーと同様に4×400mリレーにおいても、バトンパス区間のタイムを縮めることが4×400mリレー全体のタイム短縮に繋がる重要な要素となることが報告されている。そこで本研究においても、20mのバトンパスタイム及びバトンゾーン区間後半の10mの走速度の分析を行い、日本代表チームとドーハ世界選手権の予選に出場し、3:27-29秒台を記録した6つのチームのデータを比較した。その結果、日本代表チーム(富士北麓ワールドトライアル)の20mタイムは2.79秒であり、対象の国外6チームの2.85-3.01秒よりも短かった。また、20mのバトンタイムと相関関係を示すことが報告されているバトンパス区間後半の10mの走速度は、日本代表チームが7.56m/sを示し、対象の外国6チームの6.61-7.48m/sよりも速かった。これらの結果から、日本チームのバトンパスワークは、国外の6チームよりも優れており、スムーズにバトンの受け渡し及び受手の加速が行われていることが明らかとなった。

表3には、世界選手権時の決勝及び予選における400m、200m毎のラップタイムのデータを示した。決勝においては、優勝したアメリカの400mのラップタイムは全出場チームで唯一50秒を切る49.7秒台であった。また、前半200mの通過タイムにおいて、全出場チーム内で最速のタイム(23.2秒台)

を記録した。そして、後半200mタイムに関しても、優勝したアメリカは26.49秒台でカバーし、決勝において後半200mタイムの最速値を出したポーランドのタイム(26.45秒)とほぼ同じ値であったことが明らかとなった。予選においては、2組目1着であるアメリカの400mのラップタイムは50.74秒で、次点として、1組目1着のジャマイカが50.91秒であった。前半200mのラップタイムは、1組目1着のジャマイカと2組目1着のアメリカが23.69秒で同様であった。一方、後半200mのラップタイムの最速値を出したのは、1組目2着のポーランドであり、そのタイムは26.92秒であった。ポーランドは前半の200mを24.52秒と予選上位の他国と比較して遅く入り、後半の200mでその差を縮めていたことが明らかとなった。それぞれの予選の組で1位であったジャマイカとアメリカの後半200mのラップタイムは、それぞれ、27.22秒及び27.05秒であった。世界選手権時の予選及び決勝における順位変動を図1-3に示した。決勝においては、アメリカが第一走者から首位をキープし、そのままフィニッシュまで首位を他国に譲らなかった。予選一組目においては、第3走者までジャマイカ、ポーランド及びカナダの3カ国が首位争いを繰り広げていたが、ジャマイカが終始首位の座を明け渡すことなくフィニッシュした。予選二組目においては、アメリカが第一走者ではイギリスにリードを許したものの、第2走者以降でイギリスを含めた後続を引き離しフィニッシュした。これらのことから、女子4×400mリレーにおいても、男子4×400mリレーを対象にした先行研究(小林ら 2018)で報告されているように、1-2走から先頭あるいは先頭集団にいたことがレースで勝つための重要な要因となると考えられる。

先頭とのタイム差 [秒]

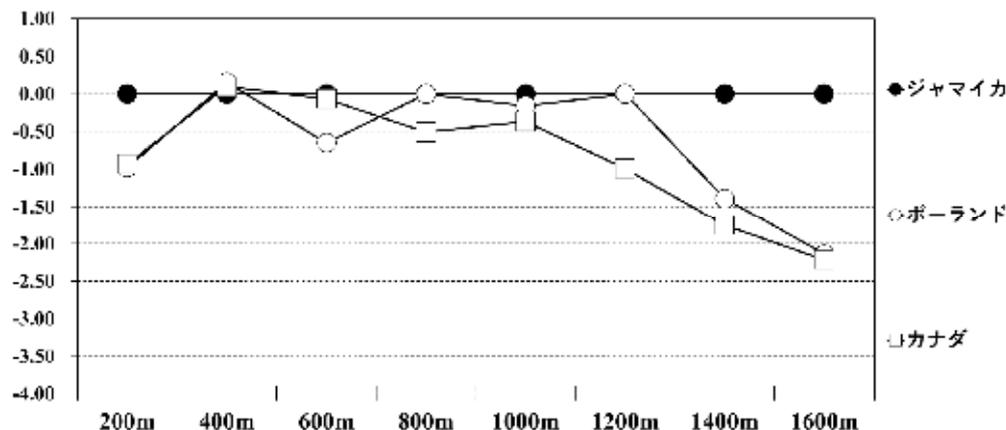


図2 ドーハ世界選手権予選1組目における先頭とのスプリットタイム差

先頭とのタイム差 [秒]

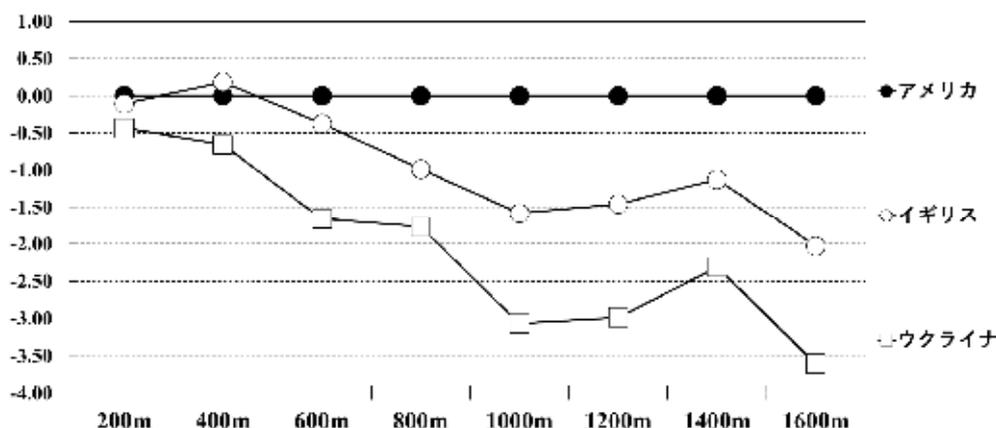


図3 ドーハ世界選手権予選2組目における先頭とのスプリットタイム差

4. まとめ

2019年に行われた富士北麓ワールドトライアル時の日本チームとドーハ世界選手権の女子4×400mリレー予選に出場し3:27-29秒台を記録した6チームとの比較を行い、日本チームと他国チームとの差を検討した結果、以下のことが明らかとなった。

- 日本チームと対象の6チームの400mのラップタイムは、それぞれ、52.92秒及び51.8-52.46秒であり、日本チームが0.46-1.07秒遅かった。
- 後半の200mには日本チームと他国との間には大きな差がないけれども、前半の200mにおいて他国に先行されてしまうことによって400mのラップタイムが他国よりも遅れてしまうことが明らかとなった。
- 日本チームのバトンパスゾーンにおける20mの区間タイムが他国のチームよりも短く、そして、日本チームのバトンパスゾーン後半10mの走速度が他国よりも高かったことから、日本チームが

他国よりもスムーズにバトンの受け渡し及び受手の加速が行われていることが明らかとなった。

文献

- 小林海, 高橋恭平, 山中亮, 渡辺圭祐, 松林武生, 広川龍太郎 (2018) 2018年シーズンにおける男子4×400mリレーのレース分析～ジャカルタアジア大会と日本選手権リレーの分析結果について～. 陸上競技研究紀要, 14: 180-184.
- 小林海, 山中亮, 高橋恭平, 松林武生, 広川龍太郎, 松尾彰文, 杉田正明 (2017) 日本選手権リレーにおけるU18男女混合4×400mリレーのレース分析. 陸上競技研究紀要, 13: 190-196.
- 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.

2020年度競技会における男女400mのレース分析

山中亮¹⁾ 小林海²⁾ 高橋恭平³⁾ 松林武生⁴⁾ 綿谷貴志⁵⁾ 大沼勇人⁶⁾

山本真帆⁴⁾ 笠井信一⁴⁾ 広川龍太郎⁷⁾

1) 新潟食料農業大学 2) 東京経済大学 3) 鹿児島大学 4) 国立スポーツ科学センター
5) 八戸学院大学 6) 関西福祉大学 7) 東海大学

1. はじめに

2020年度は、新型コロナウイルス感染症が世界的に流行した影響で、東京オリンピックが延期、そして、競技会および記録会が延期・中止になるなど、例年とは大幅に異なるシーズンとなった。このような状況の中、男子400m走においては、小淵瑞樹選手（登利平AC）が自己記録となる45.78秒を、女子400m走においては、青山聖佳選手（大阪成蹊大AC）が日本歴代2位の52.38秒、松本奈菜子選手（東邦銀行）が53.31秒で自己記録を更新するといった、来年度に開催される東京オリンピックに繋がるような明るい話題もあった。

本稿では、今年度測定対象とした競技会における男女400m走のパフォーマンス分析結果を提示するとともに、今年度の分析結果とこれまでに測定してきた結果とを比較し、今年度の競技会におけるパフォーマンスの傾向を明らかにすることを目的とした。

2. 方法

2-1. 対象競技会

対象競技会は、下記4競技会とした。

- ・ゴールデングランプリ陸上2020東京（8月23日、東京）（以下、「GGP」）
- ・2019富士北麓ワールドトライアル（9月6日、山梨）（以下、「富士北麓競技会」）
- ・第68回全日本実業団対抗陸上競技選手権大会（9月18-20日、埼玉）（以下、「全日本実業団」）
- ・第104回日本陸上競技選手権大会（10月1-3日、新潟）（以下、「日本選手権」）

2-2. 対象選手

対象選手は、上記国内競技会に出場した男女トップレベル選手（男子30名、女子22名）、であった。

2-3. 撮影方法

400m走のレース時に、3-4台のデジタルビデオカメラ（DMC-FZ300, Panasonic, Japan, 59.94fps）を用いて、スタートピストルの閃光または発煙を撮影した後に、全選手をカメラの画角内に収めながら追従撮影を実施した。4台のカメラの設置場所は、第1曲走路の中央付近、バックストレート、第4曲走路付近、およびホームストレートのフィニッシュライン付近の各スタンドであった。3台のカメラで対応する場合、上記4カ所から、第4局走路付近のスタンドからの撮影カ所を除いた3カ所で実施した。また、後述する分析に用いるために、400mハードル（400mH）走の全10台のハードル設置位置の映像および静止画像を、同様の3-4カ所の設置場所から撮影した。

2-4. 分析方法

400m走の分析は、先行研究（持田ら 2007, 山中ら 2018, 山中ら 2019）に倣い、Overlay方式を用いて実施した。Overlayによる分析には、表計算ソフトウェア（Microsoft Excel）のVisual Basic for Applicationを用いて開発した映像分析プログラムを用いた。全ての分析には、400mH走のハードルの設置位置（45m, 80m, 115m, 150m, 185m, 220m, 255m, 290m, 325m および 360m 地点）およびフィニッシュライン（400m）の計11地点を分析ポイントとして用いた。

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算出した。また、50m毎の通過タイムを、各地点を挟む前後2つの分

析ポイントにおける通過タイムを用いて、時間と距離の直線回帰式にその地点の距離を内挿することによって推定値として算出した（持田ら 2007, 山中ら 2018, 山中ら 2019）。150m 地点の通過タイムは、400m ハードル（以下、「400mH」）走の4台目のハードルの地点の通過タイムを、400m 地点の通過タイムは公式記録を、それぞれ用いた。さらに、100m および 200m 毎の区間タイムも算出した。また、走速度低下の評価指標として、レース前半と後半の200m 区間タイムの差（以下、「前後半差」）を算出した。

各分析ポイント間（分析区間）の平均走速度（m/s）は、各分析ポイントの通過タイムから各分析区間に要した時間を算出し、分析区間の距離をその区間に要した時間で除することで求めた。また、先行研究（持田ら 2007, 山中ら 2018, 山中ら 2019）に倣い、全分析区間における平均走速度の最高値（最高走速度）から 325-360m 区間の平均走速度を引いた値を最高走速度で除し、100 を乗ずることで、走速度低下率を算出した。

データを集団で検討する場合、データは平均値±標準偏差で示した。群間の差異を検討する際には、student's t-test を用いた。また、二変量間の関係性を検討するために、ピアソンの相関係数を用いて分析した。有意水準は、5% 未満とした。

3. 結果と考察

各対象競技会の男子 400m 走における分析ポイントの通過タイム、区間タイム、区間平均走速度、および走速度低下率を表 1-4（表 1：GGP 男子、表 2：富士北麓競技会男子、表 3：全日本実業団男子、表 4：日本選手権男子）に示した。また、女子 400m 走における同様の項目を表 5-8（表 5：GGP 女子、表 6：富士北麓競技会女子、表 7：全日本実業団女子、表 8：日本選手権女子）に示した。

図 1 には、今年度分析した男子 400m 走の全選手を対象とした 400m 走の記録と最高走速度、200m の通過タイムおよび走速度低下率との関係をそれぞれ示した。400m 走の記録と最高走速度、および 200m 通過タイムとの間には、それぞれ有意な相関関係が認められなかった。一方、400m 走の記録と走速度低下率との間には、有意（ $p < 0.01$ ）な正の相関関係が認められた。以前の報告（山中ら 2018）では、400m 走の記録と最高走速度との間に有意な負の相関関係が、400m 走の記録と 200m 通過タイムとの間に有意な正の相関関係が認められたため、本研究の

結果は以前の報告とは異なるものとなった。その要因として、2020 年度においては、前半から積極的に走る選手が多かったことが考えられる。実際に、2018 年度と 2020 年度の競技会におけるデータを比較したところ、400m 走の記録には有意な差異が認められないが、2020 年度において 2018 年度よりも最高走速度が有意（ $p < 0.01$ ）に高く、前半 200m の通過タイムも有意（ $p < 0.05$ ）に短くなっていることが明らかとなった（表 9）。一方、前半から積極的に走った結果、2020 年度において 2018 年度よりも前後半差および走速度低下率が有意（ $p < 0.01$ ）に高い値を示した（表 9）。本研究で分析対象となった選手は、ほぼ全ての選手が東京オリンピック 4 × 400m リレーの日本代表候補選手である。400m 走ではないが 4 × 400m リレーのパフォーマンスを分析した報告（小林ら 2019）で明らかにされているように、4 × 400m リレーの 2-4 走者において、400m の前半の 200m を積極的に走り先頭集団でレースを展開できなければ、他国に先行されてしまい、その後のレースを優位に進めることができないことから、4 × 400m リレーで高い競技パフォーマンスを発揮するためにも、400m 走における前半の 200m を積極的に走ることは望ましいことであると考えられる。しかしながら、今年度の 400m 走の分析では、前半 200m を積極的に走りオーバーペースになってしまった結果、前後半差が大きくなり、走速度低下率も大きくなってしまったと考えられる。400m 走において前半の 200m を速いタイムで通過したとしても余力を持つことができ、後半の走速度の低下を抑えられるようになるためには、以前にも報告されているように（小林ら 2019）、個々の 200m 走や 100m 走における最高走速度を高めることが必要であると考えられる。

図 2 には、今年度分析を行った女子 400m 走の全選手を対象とした 400m 走の記録と 200m の通過タイム、最高走速度および走速度低下率との関係を示した。400m 走の記録は、最高走速度との間に有意（ $p < 0.05$ ）な負の相関関係が、200m の通過タイムとの間に有意（ $p < 0.01$ ）な正の相関関係が認められた。一方、400m 走の記録と走速度低下率との間には、有意な相関関係が認められなかった。女子選手も男子選手と同様に、2020 年度と 2018 年度におけるデータを比較した。その結果、2018 年度と 2020 年度における 400m 走の記録には有意な差異が認められないが、2020 年度において 2018 年度よりも最高走速度が有意（ $p < 0.05$ ）に高く、前半 200m の通過タイムも有意（ $p < 0.01$ ）に短くなったことが

明らかとなった(表10)。そして、男子選手と同様に、2020年度において2018年度よりも前後半差が有意($p < 0.01$)に大きくなり、そして、走速度の低下率が有意($p < 0.01$)に高い値を示した。本研究で対象となった選手は、ほぼ全ての選手が女子4×400mリレーの日本代表候補選手である。今年度掲載される別の報告書(2019年シーズンにおける女子4×400mリレーのレース分析)で述べられているように、女子4×400mリレーの2-4走者における前半の200mを速いタイムで通過することがレースを有利に進めることができ、結果として高い競技パフォーマンスに結び付くと考えられることから、400m走においても前半の200mを速いタイムで通過する積極的な走りを実施していたことは望ましいことである。しかしながら、男子選手と同様に女子選手においても、400m走における前半200mを速いタイムで通過した結果、走速度低下率が大きくなっているため、この点を改善するためには、個々の200m走や100m走における最高走速度を高めることが必要となってくると考えられる。

まとめ

本稿では、2020年度における国内外の男女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男子400m走において、400m走の記録と、最高走速度および200m通過タイムとの間にはそれぞれ有意な相関関係が認められなかったが、前後半差および走速度低下率との間にはそれぞれ有意な相関関係が認められた。
- ②女子400m走において、400m走の記録と、最高走速度および200m通過タイムとの間にはそれぞれ有意な相関関係が認められたが、前後半差および走速度低下率との間にはそれぞれ有意な相関関係が認められなかった。
- ③男女400m走において、2020年度と2018年度の記録会におけるデータを比較した結果、400m走の記録には有意な差異が認められなかったが、最高走速度、前後半差、および走速度低下率が2018年度よりも2020年度において有意に高くなり、前半200m通過タイムが2018年度よりも2020年度において有意に低くなった。

参考文献

小林 海・山中 亮・大沼勇人・高橋恭平・渡辺圭祐・

山本真帆・松林武夫・広川龍太郎・山村貴彦(2019) 2019年シーズンにおける男子4×400mリレーのレース分析 ～横浜世界リレーとドーハ世界選手権の分析結果について～, 15: 181-190
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
山中 亮・高橋恭平・小林海・渡辺圭祐・広川龍太郎・松林武生・松尾彰文(2018) 2018年度競技会における男女400mのレース分析. 陸上競技研究紀要, 14: 110-122
山中 亮・高橋恭平・小林海・松林武生・渡辺圭祐・山本真帆・渡辺圭祐・大沼勇人・綿谷貴志・広川龍太郎(2019) 2019年度競技会における男女400mのレース分析. 陸上競技研究紀要, 15: 158-167

表1. ゴールデングランプリ陸上男子400m走における通過タイム, 区間タイム, 区間平均走速度, および走速度低下率

選手名	記録	上段: 50m毎通過タイム [s]			中段: 50m毎区間タイム [s]			下段: 35m毎区間平均速度 [m/s]					走速度低下率 [%]	区間タイム [s]				
		(0-45m)	50m (45-90m)	100m (80-115m)	150m (115-150m)	(150-185m)	200m (185-220m)	250m (220-255m)	(255-290m)	300m (290-325m)	350m (325-360m)	400m (360-400m)		100m毎 (100-200m)	100m毎 (200-300m)	100m毎 (300-400m)	200m毎 (200-400m)	前後半差
伊東利来也	45.83	-	6.04	10.95	16.00	-	21.27	26.83	-	32.77	39.04	45.83	23.65	10.32	11.50	13.06	24.56	3.30
	-	6.04	4.90	5.05	-	5.27	5.56	-	5.94	6.27	6.79							
	8.10	10.23	10.13	9.80	9.62	9.20	8.85	8.44	8.13	7.81	7.26							
小淵瑞樹	46.25	-	6.17	11.22	16.37	-	21.70	27.37	-	33.24	39.44	46.25	20.75	10.48	11.53	13.01	24.55	2.84
	-	6.17	5.05	5.15	-	5.34	5.67	-	5.87	6.21	6.81							
	7.93	9.99	9.78	9.69	9.54	9.00	8.70	8.60	8.19	7.92	7.22							
井本佳伸	46.67	-	6.06	10.99	16.17	-	21.72	27.44	-	33.44	39.80	46.67	24.58	10.73	11.72	13.23	24.95	3.23
	-	6.06	4.93	5.18	-	5.56	5.72	-	6.00	6.36	6.87							
	8.08	10.28	9.94	9.54	9.08	8.81	8.70	8.39	7.96	7.76	7.17							
佐藤拳太郎	46.95	-	6.05	11.02	16.13	-	21.56	27.24	-	33.41	39.94	46.95	25.23	10.53	11.85	13.54	25.39	3.84
	-	6.05	4.97	5.11	-	5.42	5.68	-	6.17	6.54	7.01							
	8.10	10.11	9.97	9.71	9.32	8.98	8.69	8.13	7.74	7.56	7.04							
木村和史	47.28	-	6.19	11.24	16.37	-	21.76	27.42	-	33.46	39.93	47.28	24.33	10.51	11.70	13.82	25.52	3.77
	-	6.19	5.05	5.12	-	5.39	5.67	-	6.04	6.48	7.35							
	7.91	9.92	9.87	9.71	9.41	8.98	8.72	8.33	7.95	7.51	6.65							
河内光起	47.29	-	6.34	11.59	16.97	-	22.51	28.32	-	34.35	40.63	47.29	17.74	10.93	11.84	12.94	24.78	2.27
	-	6.34	5.24	5.38	-	5.54	5.81	-	6.03	6.28	6.66							
	7.73	9.62	9.41	9.24	9.16	8.70	8.55	8.34	8.01	7.92	7.41							
若林康太	47.72	-	6.24	11.34	16.53	-	22.02	27.82	-	33.98	40.48	47.72	23.19	10.69	11.96	13.74	25.70	3.68
	-	6.24	5.09	5.20	-	5.49	5.80	-	6.16	6.49	7.24							
	7.84	9.90	9.71	9.58	9.24	8.81	8.49	8.16	7.80	7.60	6.75							

表2. 富士北麓ワールドトライアル男子400m走における通過タイム, 区間タイム, 区間平均走速度, および走速度低下率

選手名	記録	上段: 50m毎通過タイム [s]			中段: 50m毎区間タイム [s]			下段: 35m毎区間平均速度 [m/s]					走速度低下率 [%]	区間タイム [s]				
		(0-45m)	50m (45-90m)	100m (80-115m)	150m (115-150m)	(150-185m)	200m (185-220m)	250m (220-255m)	(255-290m)	300m (290-325m)	350m (325-360m)	400m (360-400m)		100m毎 (100-200m)	100m毎 (200-300m)	100m毎 (300-400m)	200m毎 (200-400m)	前後半差
佐藤風雅	46.15	-	6.39	11.58	16.83	-	22.19	27.70	-	33.38	39.44	46.15	17.02	10.61	11.19	12.77	23.96	1.77
	-	6.39	5.19	5.25	-	5.36	5.51	-	5.68	6.05	6.71							
	7.66	9.67	9.58	9.49	9.41	9.16	9.06	8.85	8.51	8.02	7.32							
若林康太	47.40	-	6.30	11.47	16.73	-	22.29	28.14	-	34.17	40.47	47.40	20.30	10.82	11.88	13.23	25.11	2.81
	-	6.30	5.17	5.26	-	5.56	5.84	-	6.04	6.29	6.93							
	7.77	9.71	9.62	9.45	9.12	8.70	8.46	8.29	8.16	7.74	7.09							

表3. 全日本実業団対抗陸上競技選手権大会男子400m走における通過タイム, 区間タイム, 区間平均走速度, および走速度低下率

選手名	記録	上段: 50m毎通過タイム [s]			中段: 50m毎区間タイム [s]			下段: 35m毎区間平均速度 [m/s]					走速度低下率 [%]	区間タイム [s]				
		(0-45m)	50m (45-90m)	100m (80-115m)	150m (115-150m)	(150-185m)	200m (185-220m)	250m (220-255m)	(255-290m)	300m (290-325m)	350m (325-360m)	400m (360-400m)		100m毎 (100-200m)	100m毎 (200-300m)	100m毎 (300-400m)	200m毎 (200-400m)	前後半差
佐藤風雅	46.39	-	6.62	11.92	17.27	-	22.71	28.29	-	34.01	39.97	46.39	12.25	10.79	11.30	12.38	23.68	0.96
	-	6.62	5.30	5.35	-	5.45	5.57	-	5.72	5.96	6.42							
	7.39	9.45	9.41	9.32	9.24	9.04	8.93	8.78	8.49	8.29	7.67							
小淵瑞樹	46.84	-	6.32	11.38	16.73	-	22.32	28.02	-	33.90	40.06	46.84	20.23	10.94	11.58	12.94	24.52	2.20
	-	6.32	5.06	5.36	-	5.59	5.70	-	5.87	6.16	6.78							
	7.73	10.04	9.67	9.20	9.00	8.81	8.74	8.56	8.23	8.01	7.23							
若林康太	48.18	-	6.36	11.45	16.75	-	22.47	28.40	-	34.51	40.96	48.18	23.47	11.01	12.04	13.67	25.71	3.25
	-	6.36	5.09	5.30	-	5.72	5.93	-	6.11	6.45	7.22							
	7.68	9.90	9.71	9.32	8.81	8.60	8.33	8.23	7.95	7.57	6.77							
佐藤拳太郎	48.65	-	6.24	11.33	16.55	-	21.99	27.86	-	34.36	41.24	48.65	27.86	10.66	12.37	14.29	26.66	4.67
	-	6.24	5.09	5.22	-	5.44	5.87	-	6.50	6.88	7.41							
	7.84	9.94	9.67	9.54	9.37	8.81	8.33	7.71	7.36	7.17	6.65							

表 4. 日本陸上競技選手権大会男子 400m 走における通過タイム, 区間タイム, 区間平均走速度, および走速度低下率 (上段: 決勝, 下段: 予選)

選手名	記録	上段: 50m毎通過タイム [s]			中段: 50m毎区間タイム [s]			下段: 35m毎区間平均速度 [m/s]					走速度低下率 [%]	区間タイム [s]				
		(0-45m)	50m (45-80m)	100m (80-115m)	150m (115-150m)	(150-185m)	200m (185-220m)	250m (220-255m)	(255-290m)	300m (290-325m)	350m (325-360m)	400m (360-400m)		100m毎 (100-200m)	200-300m (200-300m)	300-400m (300-400m)	200m毎 (200-400m)	前後半差
伊東 利来也	45.94	-	6.16	11.19	16.33	-	21.82	27.44	-	33.31	39.37	45.94	18.29	10.63	11.49	12.63	24.12	2.30
	-	6.16	5.03	5.14	-	5.49	5.62	-	5.87	6.05	6.57							
	7.96	9.99	9.85	9.67	9.18	8.97	8.85	8.51	8.36	8.16	7.48							
井上 大地	46.48	-	6.30	11.27	16.47	-	22.04	27.75	-	33.71	39.82	46.48	20.19	10.76	11.67	12.77	24.44	2.40
	-	6.30	4.97	5.19	-	5.57	5.72	-	5.95	6.11	6.66							
	7.75	10.11	9.97	9.49	9.04	8.81	8.70	8.39	8.29	8.07	7.38							
佐藤 風雅	46.50	-	6.43	11.53	16.82	-	22.38	28.07	-	33.89	39.93	46.50	18.22	10.85	11.50	12.61	24.12	1.74
	-	6.43	5.11	5.29	-	5.57	5.69	-	5.81	6.04	6.57							
	7.60	9.94	9.58	9.41	9.04	8.85	8.74	8.63	8.43	8.13	7.49							
吉津 拓歩	46.57	-	6.33	11.51	16.83	-	22.36	28.00	-	33.81	39.86	46.57	16.67	10.86	11.44	12.76	24.21	1.84
	-	6.33	5.17	5.33	-	5.53	5.63	-	5.81	6.05	6.71							
	7.73	9.76	9.54	9.32	9.10	8.91	8.85	8.63	8.39	8.13	7.30							
小淵 瑞樹	46.58	-	6.31	11.40	16.80	-	22.52	28.36	-	34.30	40.21	46.58	14.52	11.12	11.78	12.28	24.06	1.54
	-	6.31	5.09	5.40	-	5.72	5.84	-	5.95	5.90	6.37							
	7.75	9.90	9.71	9.08	8.78	8.65	8.51	8.37	8.48	8.46	7.71							
佐藤 拳太郎	46.81	-	6.10	11.06	16.15	-	21.61	27.30	-	33.40	39.75	46.81	23.99	10.55	11.80	13.41	25.20	3.60
	-	6.10	4.95	5.09	-	5.46	5.70	-	6.10	6.35	7.06							
	8.02	10.18	9.97	9.76	9.28	8.89	8.70	8.18	8.02	7.74	6.93							
北谷 直輝	47.26	-	6.19	11.23	16.50	-	22.00	27.78	-	33.83	40.17	47.26	22.78	10.78	11.83	13.43	25.26	3.25
	-	6.19	5.03	5.27	-	5.50	5.78	-	6.05	6.34	7.09							
	7.90	10.06	9.76	9.37	9.24	8.74	8.60	8.29	8.01	7.77	6.89							
佐藤 拳太郎	46.77	-	6.13	11.13	16.20	-	21.53	27.12	-	33.35	39.84	46.77	24.23	10.39	11.83	13.42	25.24	3.72
	-	6.13	5.00	5.07	-	5.33	5.60	-	6.23	6.49	6.93							
	7.98	10.09	9.90	9.85	9.47	9.20	8.76	8.01	7.77	7.64	7.12							
北谷 直輝	47.07	-	6.24	11.34	16.55	-	21.97	27.68	-	33.72	40.06	47.07	21.19	10.63	11.75	13.35	25.10	3.12
	-	6.24	5.10	5.21	-	5.42	5.71	-	6.03	6.34	7.01							
	7.84	9.90	9.67	9.58	9.37	8.89	8.67	8.33	7.98	7.80	6.98							
木村 和史	47.76	-	6.40	11.54	16.82	-	22.39	28.15	-	34.20	40.61	47.76	21.98	10.86	11.81	13.56	25.37	2.98
	-	6.40	5.14	5.28	-	5.57	5.76	-	6.05	6.41	7.15							
	7.64	9.85	9.56	9.43	9.06	8.76	8.63	8.31	7.93	7.68	6.84							
伊東 利来也	46.20	-	6.21	11.22	16.30	-	21.72	27.47	-	33.52	39.66	46.20	18.60	10.50	11.80	12.68	24.48	2.76
	-	6.21	5.01	5.08	-	5.42	5.74	-	6.06	6.14	6.54							
	7.89	9.99	9.94	9.80	9.41	8.81	8.63	8.23	8.16	8.13	7.53							
小淵 瑞樹	46.70	-	6.23	11.23	16.42	-	21.96	27.70	-	33.72	40.00	46.70	21.95	10.74	11.76	12.98	24.74	2.78
	-	6.23	4.99	5.19	-	5.55	5.74	-	6.02	6.27	6.70							
	7.84	10.09	9.92	9.51	9.12	8.78	8.67	8.33	8.07	7.87	7.36							
若林康太	48.70	-	6.22	11.21	16.40	-	22.01	27.94	-	34.22	40.88	48.70	28.28	10.80	12.20	14.48	26.69	4.67
	-	6.22	5.00	5.19	-	5.61	5.93	-	6.27	6.66	7.82							
	7.86	10.09	9.90	9.54	9.00	8.69	8.28	7.98	7.80	7.23	6.21							
佐藤 風雅	46.86	-	6.48	11.75	17.08	-	22.63	28.29	-	34.15	40.27	46.86	15.06	10.89	11.51	12.71	24.23	1.59
	-	6.48	5.27	5.34	-	5.55	5.66	-	5.86	6.13	6.59							
	7.56	9.54	9.43	9.34	9.04	8.93	8.78	8.60	8.23	8.10	7.47							
井上 大地	46.91	-	6.38	11.51	16.97	-	22.67	28.48	-	34.37	40.37	46.91	17.58	11.16	11.69	12.54	24.24	1.56
	-	6.38	5.13	5.46	-	5.71	5.80	-	5.89	6.01	6.54							
	7.66	9.94	9.45	9.04	8.78	8.72	8.55	8.49	8.46	8.19	7.52							
井本 佳伸	46.99	-	6.17	11.26	16.57	-	22.20	27.96	-	33.98	40.25	46.99	21.72	10.94	11.78	13.01	24.79	2.59
	-	6.17	5.09	5.31	-	5.63	5.77	-	6.02	6.27	6.74							
	7.93	10.04	9.54	9.37	8.93	8.76	8.62	8.33	8.10	7.86	7.32							
河内 光起	47.84	-	6.41	11.69	17.07	-	22.67	28.46	-	34.54	40.90	47.84	18.06	10.98	11.88	13.30	25.17	2.51
	-	6.41	5.27	5.38	-	5.60	5.79	-	6.09	6.35	6.94							
	7.64	9.54	9.41	9.24	8.97	8.85	8.49	8.26	7.93	7.81	7.06							

表 5. ゴールデングランプリ陸上 2020 東京女子 400m 走における通過タイム, 区間タイム, 区間平均走速度, および走速度低下率

選手名	記録	上段: 50m毎通過タイム [s]			中段: 50m毎区間タイム [s]			下段: 35m毎区間平均速度[m/s]				走速度 低下率 [%]	区間タイム [s]					
		0-45m	50m (45-80m)	100m (80-115m)	150m (115-150m)	150-185m	200m (185-220m)	250m (220-255m)	(255-290m)	300m (290-325m)	350m (325-360m)		400m (360-400m)	100m毎 (100-200m)	100m毎 (200-300m)	100m毎 (300-400m)	200m毎 (200-400m)	前後半差
青山聖佳	53.35	-	6.96	12.72	18.60	-	24.77	31.27	-	38.21	45.45	53.35	22.40	12.05	13.44	15.14	28.58	3.82
	-	6.96	5.76	5.88	-	6.16	6.51	-	6.93	7.24	7.90							
	7.04	8.78	8.55	8.48	8.23	7.86	7.57	7.22	7.00	6.81	6.21							
松本奈菜子	53.80	-	6.97	12.83	18.85	-	25.19	31.98	-	39.06	46.25	53.80	20.07	12.37	13.87	14.74	28.61	3.41
	-	6.97	5.86	6.03	-	6.34	6.78	-	7.09	7.19	7.55							
	7.04	8.63	8.39	8.26	8.04	7.55	7.26	7.04	7.02	6.90	6.55							
大島愛梨	53.97	-	7.16	13.12	19.20	-	25.54	32.11	-	38.93	46.09	53.97	19.02	12.43	13.39	15.04	28.43	2.89
	-	7.16	5.95	6.09	-	6.34	6.56	-	6.83	7.16	7.88							
	6.85	8.49	8.26	8.19	7.98	7.68	7.57	7.36	7.09	6.88	6.23							
広沢真愛	54.61	-	7.02	13.03	19.25	-	25.85	32.77	-	39.86	47.06	54.61	18.36	12.82	14.01	14.75	28.76	2.91
	-	7.02	6.01	6.23	-	6.60	6.92	-	7.10	7.20	7.55							
	7.01	8.43	8.16	7.98	7.68	7.34	7.16	7.04	7.02	6.88	6.56							
武石この実	54.63	-	7.05	13.03	19.19	-	25.80	32.64	-	39.78	47.04	54.63	18.46	12.78	13.98	14.85	28.83	3.02
	-	7.05	5.98	6.16	-	6.62	6.84	-	7.14	7.26	7.59							
	6.97	8.41	8.31	8.04	7.63	7.39	7.26	6.99	6.92	6.86	6.52							

表 6. 2019 富士北麓ワールドトライアル女子 400m 走における通過タイム, 区間タイム, 区間平均走速度, および走速度低下率

選手名	記録	上段: 50m毎通過タイム [s]			中段: 50m毎区間タイム [s]			下段: 35m毎区間平均速度[m/s]				走速度 低下率 [%]	区間タイム [s]					
		0-45m	50m (45-80m)	100m (80-115m)	150m (115-150m)	150-185m	200m (185-220m)	250m (220-255m)	(255-290m)	300m (290-325m)	350m (325-360m)		400m (360-400m)	100m毎 (100-200m)	100m毎 (200-300m)	100m毎 (300-400m)	200m毎 (200-400m)	前後半差
青山聖佳	53.41	-	6.93	12.83	18.92	-	25.13	31.55	-	38.37	45.66	53.41	21.06	12.30	13.24	15.04	28.28	3.14
	-	6.93	5.90	6.09	-	6.21	6.42	-	6.82	7.29	7.75							
	7.09	8.55	8.37	8.15	8.07	7.99	7.66	7.40	6.98	6.75	6.38							

表 7. 全日本実業団対抗陸上競技選手権大会女子 400m 走における通過タイム, 区間タイム, 区間平均走速度, および走速度低下率

選手名	記録	上段: 50m毎通過タイム [s]			中段: 50m毎区間タイム [s]			下段: 35m毎区間平均速度[m/s]				走速度 低下率 [%]	区間タイム [s]					
		0-45m	50m (45-80m)	100m (80-115m)	150m (115-150m)	150-185m	200m (185-220m)	250m (220-255m)	(255-290m)	300m (290-325m)	350m (325-360m)		400m (360-400m)	100m毎 (100-200m)	100m毎 (200-300m)	100m毎 (300-400m)	200m毎 (200-400m)	前後半差
青山聖佳	53.55	-	7.05	12.96	19.05	-	25.37	31.92	-	38.76	45.96	53.55	19.51	12.41	13.39	14.79	28.18	2.81
	-	7.05	5.91	6.09	-	6.32	6.55	-	6.84	7.20	7.59							
	6.96	8.55	8.33	8.16	7.98	7.77	7.55	7.36	7.02	6.88	6.52							
松本奈菜子	54.39	-	7.01	12.96	19.09	-	25.48	32.18	-	39.32	46.71	54.39	20.83	12.53	13.84	15.07	28.91	3.42
	-	7.01	5.94	6.13	-	6.40	6.70	-	7.14	7.39	7.68							
	7.01	8.49	8.29	8.10	7.89	7.66	7.34	7.02	6.81	6.72	6.46							
武石この実	54.43	-	6.96	12.95	19.15	-	25.67	32.48	-	39.59	46.90	54.43	20.00	12.72	13.92	14.84	28.76	3.09
	-	6.96	5.99	6.20	-	6.52	6.81	-	7.11	7.32	7.53							
	7.06	8.46	8.19	8.01	7.74	7.52	7.23	7.04	6.90	6.77	6.61							

表 8. 日本陸上競技選手権大会女子 400m 走における通過タイム, 区間タイム, 区間平均走速度, および走速度低下率 (上段: 決勝, 下段: 予選)

選手名	記録	上段: 50m毎通過タイム [s] 中段: 50m毎区間タイム [s] 下段: 35m毎区間平均速度 [m/s]										走速度低下率 [%]	区間タイム [s]					
		0-45m	50m (45-80m)	100m (80-115m)	150m (115-150m)	150-185m	200m (185-220m)	250m (220-255m)	(255-290m)	300m (290-325m)	350m (325-360m)		400m (360-400m)	100m毎 (100-200m)	100m毎 (200-300m)	100m毎 (300-400m)	200m毎 (200-400m) 前後半差	
青山聖佳	53.55	-	6.97	12.80	18.82	-	25.06	31.62	-	38.50	45.72	53.55	21.84	12.26	13.44	15.05	28.49	3.43
		-	6.97	5.83	6.02	-	6.24	6.56	-	6.88	7.23	7.83						
		7.04	8.69	8.41	8.26	8.13	7.74	7.55	7.30	7.05	6.79	6.30						
松本奈葉子	53.77	-	6.89	12.81	18.89	-	25.21	31.82	-	38.76	46.00	53.77	20.42	12.40	13.55	15.01	28.56	3.35
		-	6.89	5.92	6.08	-	6.33	6.60	-	6.95	7.24	7.77						
		7.14	8.55	8.31	8.19	8.01	7.67	7.51	7.21	7.02	6.80	6.35						
高島咲季	53.81	-	7.21	13.37	19.64	-	26.04	32.62	-	39.39	46.36	53.81	13.15	12.67	13.35	14.42	27.77	1.73
		-	7.21	6.16	6.26	-	6.40	6.58	-	6.78	6.97	7.45						
		6.82	8.15	8.07	7.95	7.84	7.73	7.52	7.39	7.28	7.08	6.63						
大島愛梨	54.16	-	7.07	13.13	19.52	-	26.15	32.89	-	39.77	46.77	54.16	15.68	13.01	13.63	14.39	28.01	1.87
		-	7.07	6.06	6.39	-	6.63	6.74	-	6.88	7.00	7.39						
		6.95	8.39	8.04	7.74	7.57	7.48	7.37	7.26	7.22	7.08	6.69						
武石この実	55.14	-	7.01	12.98	19.29	-	25.98	32.99	-	40.17	47.44	55.14	20.33	13.00	14.19	14.97	29.16	3.18
		-	7.01	5.97	6.31	-	6.69	7.01	-	7.17	7.28	7.70						
		7.01	8.56	8.10	7.86	7.57	7.23	7.06	6.97	6.92	6.82	6.42						
青山聖佳	53.29	-	6.86	12.59	18.49	-	24.66	31.11	-	38.00	45.28	53.29	23.52	12.06	13.34	15.29	28.63	3.97
		-	6.86	5.73	5.89	-	6.17	6.45	-	6.88	7.29	8.01						
		7.15	8.78	8.63	8.43	8.19	7.89	7.66	7.28	7.02	6.71	6.14						
大島愛梨	53.96	-	7.04	12.93	19.04	-	25.49	32.21	-	39.18	46.37	53.96	19.87	12.55	13.70	14.78	28.47	2.99
		-	7.04	5.89	6.10	-	6.45	6.73	-	6.97	7.19	7.59						
		6.97	8.53	8.43	8.10	7.86	7.52	7.37	7.17	7.09	6.83	6.53						
武石この実	54.19	-	6.89	12.74	18.84	-	25.23	31.89	-	38.95	46.31	54.19	22.86	12.49	13.72	15.24	28.96	3.73
		-	6.89	5.86	6.09	-	6.39	6.66	-	7.05	7.36	7.88						
		7.14	8.63	8.39	8.13	7.92	7.60	7.44	7.09	6.92	6.66	6.27						
高島咲季	54.49	-	7.25	13.60	20.02	-	26.53	33.21	-	40.10	47.13	54.49	10.77	12.93	13.57	14.39	27.96	1.43
		-	7.25	6.34	6.42	-	6.51	6.68	-	6.89	7.03	7.36						
		6.79	7.92	7.83	7.77	7.71	7.60	7.41	7.26	7.16	7.06	6.73						
岩田優奈	56.34	-	7.00	13.15	19.44	-	25.99	33.00	-	40.38	48.06	56.34	22.34	12.85	14.39	15.96	30.35	4.35
		-	7.00	6.15	6.29	-	6.56	7.01	-	7.37	7.69	8.28						
		7.04	8.21	8.02	7.92	7.77	7.31	7.02	6.79	6.64	6.38	5.96						
松本奈葉子	54.24	-	6.91	12.78	18.89	-	25.38	32.15	-	39.20	46.49	54.24	21.47	12.59	13.83	15.04	28.86	3.49
		-	6.91	5.88	6.10	-	6.49	6.77	-	7.05	7.29	7.75						
		7.12	8.56	8.43	8.10	7.80	7.49	7.31	7.09	6.99	6.72	6.39						
広沢真愛	55.40	-	6.82	12.74	19.05	-	25.74	32.71	-	39.92	47.38	55.40	23.27	12.99	14.19	15.48	29.66	3.93
		-	6.82	5.92	6.31	-	6.68	6.97	-	7.21	7.46	8.02						
		7.21	8.60	8.23	7.80	7.55	7.34	7.06	6.95	6.81	6.60	6.15						

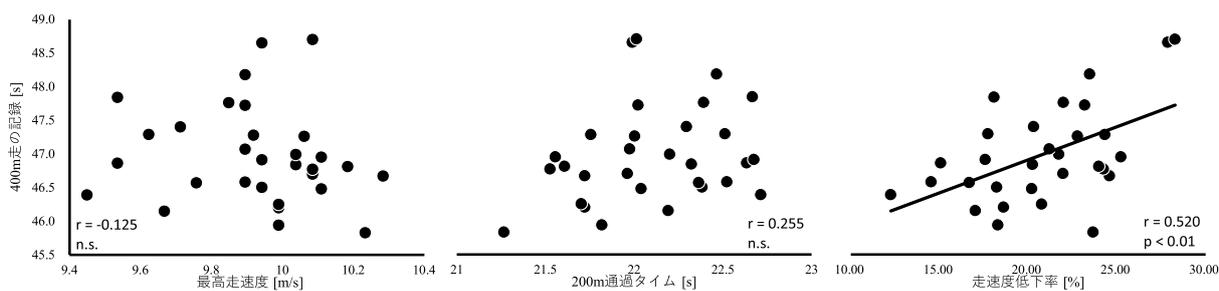


図 1. 男子 400m 走の記録と最高走速度, 前半 200m の通過タイム, および走速度低下率との関係

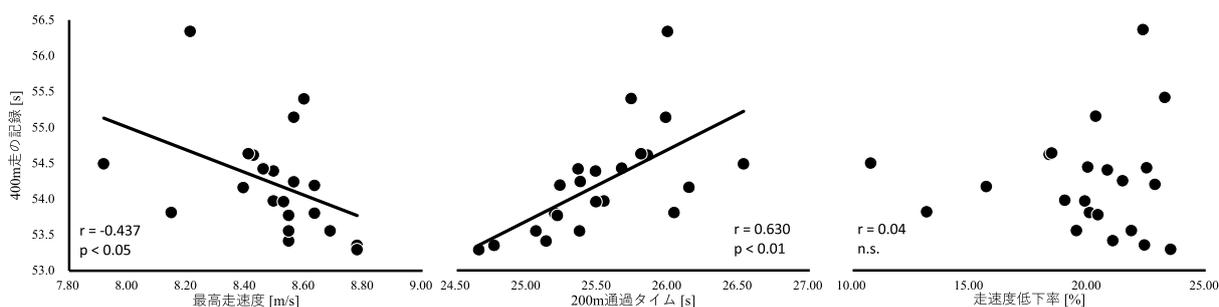


図 2. 女子 400m 走の記録と最高走速度, 前半 200m の通過タイム, および走速度低下率との関係

表 9. 男子 400m 走における記録, 最高走速度, 前後半差, および走速度低下率の比較 (2020 年度と 2018 年度)

	2018年度 (n=42)		2020年度 (n = 30)		p値
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	
400m走の記録 [s]	46.81	0.63	46.98	0.71	n.s.
最高走速度 [m/s]	9.78	0.26	9.93	0.21	< 0.01
前半200m通過タイム [s]	22.30	0.46	22.10	0.38	< 0.05
前後半差 [s]	2.22	0.76	2.78	0.90	< 0.01
走速度低下率 [%]	18.21	3.87	20.80	3.77	< 0.01

表 10. 女子 400m 走における記録, 最高走速度, 前後半差, および走速度低下率の比較 (2020 年度と 2018 年度)

	2018年度 (n=26)		2020年度 (n = 22)		p値
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	
400m走の記録 [s]	54.35	0.41	54.22	0.71	n.s.
最高走速度 [m/s]	8.38	0.20	8.49	0.19	< 0.05
前半200m通過タイム [s]	25.93	0.44	25.53	0.45	< 0.01
前後半差 [s]	2.49	0.72	3.17	0.71	< 0.01
走速度低下率 [%]	17.08	3.42	19.90	3.11	< 0.01

2020年主要競技会における男女800mのレース分析

丹治史弥¹⁾ 榎本靖士²⁾ 楊永昌³⁾ 栗原俊⁴⁾

1) 東海大学 2) 筑波大学 3) 筑波大学大学院 4) 東海大学大学院

1. 目的

2020年度は新型コロナウイルスの感染拡大によって、東京2020オリンピック競技大会が延期となり、また多くのグランプリ大会も中止となった。その中で2020年8月のセイコーゴールドングランプリ陸上2020東京（以下、GGP）、10月の第104回日本陸上競技選手権大会（以下、日本選手権）において男女800m競技が実施され、日本の800mトップアスリートはこれらの大会に照準を絞りトレーニングを実施したと考えられる。本報告では、2020年に実施された主要競技会である、GGPおよび

日本選手権における男女800m決勝の上位入賞者のレース分析結果を報告する。

2. 方法

2-1. 対象競技会

対象競技会は下記2大会であった。

- ・セイコーゴールドングランプリ陸上2020東京（8月23日；国立競技場，東京）
- ・第104回日本陸上競技選手権大会（10月1日-3日；デンカビックスワンスタジアム，新潟）

表1. GGP男子800mにおけるレース分析結果

順位	競技者名	115	200	300	400	500	600	700	800
	通過タイム	14.95	26.18	40.06	53.95	1:07.60	1:20.59	1:33.86	1:47.30
	区間タイム100m	14.95	11.23	13.88	13.90	13.65	13.00	13.26	13.44
1	金子 魅玖人	400m	53.95				53.35		
	中央大・千葉	スピード m/s	7.69	7.57	7.20	7.20	7.33	7.69	7.54
		ステップ長 m		2.16	2.15	2.15	2.14	2.15	2.08
		ピッチ steps/s		3.50	3.36	3.34	3.43	3.57	3.63
	通過タイム	14.93	25.73	39.57	53.52	1:07.21	1:20.03	1:33.59	1:47.48
	区間タイム100m	14.93	10.79	13.85	13.95	13.70	12.81	13.56	13.89
2	松本 純弥	400m	53.52				53.96		
	法政大・神奈川	スピード m/s	7.70	7.87	7.22	7.17	7.30	7.80	7.37
		ステップ長 m		2.33	2.17	2.16	2.14	2.13	2.02
		ピッチ steps/s		3.38	3.32	3.31	3.42	3.66	3.64
	通過タイム	15.28	25.93	39.81	53.75	1:07.45	1:21.03	1:34.72	1:48.54
	区間タイム100m	15.28	10.64	13.88	13.95	13.70	13.58	13.70	13.81
3	瀬戸口 大地	400m	53.75				54.79		
	山梨学院大・熊本	スピード m/s	7.53	7.99	7.20	7.17	7.30	7.36	7.30
		ステップ長 m		2.23	2.11	2.11	2.11	2.09	2.03
		ピッチ steps/s		3.58	3.42	3.40	3.47	3.53	3.60

表 2. 日本選手権男子 800m 決勝におけるレース分析結果

順位	競技者名	120	200	300	400	500	600	700	800	
	通過タイム	15.60	25.91	39.77	53.75	1:07.95	1:21.36	1:34.38	1:47.70	
	区間タイム100m	15.60	10.31	13.86	13.97	14.21	13.41	13.02	13.31	
1	瀬戸口 大地	400m	53.75				53.95			
	山梨学院大	スピード m/s	7.69	7.76	7.21	7.16	7.04	7.46	7.68	7.51
		ステップ長 m	2.12	2.26	2.14	2.12	2.05	2.11	2.06	2.00
		ピッチ steps/s	3.63	3.43	3.37	3.38	3.44	3.53	3.73	3.76
	通過タイム	15.73	26.08	40.07	53.95	1:08.23	1:21.84	1:34.87	1:47.95	
	区間タイム100m	15.73	10.35	13.98	13.89	14.28	13.61	13.04	13.07	
2	金子 魅玖人	400m	53.95				54.00			
	中央大	スピード m/s	7.63	7.73	7.15	7.20	7.00	7.35	7.67	7.65
		ステップ長 m	2.03	2.21	2.16	2.16	2.13	2.13	2.09	2.09
		ピッチ steps/s	3.76	3.50	3.31	3.33	3.28	3.46	3.67	3.66
	通過タイム	16.78	26.93	40.29	54.16	1:08.40	1:21.89	1:35.19	1:48.04	
	区間タイム100m	16.78	10.14	13.36	13.87	14.24	13.50	13.30	12.84	
3	松本 純弥	400m	54.16				53.88			
	法政大	スピード m/s	7.15	7.89	7.48	7.21	7.02	7.41	7.52	7.79
		ステップ長 m	2.10	2.28	2.17	2.15	2.10	2.09	2.00	2.02
		ピッチ steps/s	3.41	3.45	3.45	3.35	3.35	3.54	3.76	3.86
	通過タイム	15.91	26.43	40.36	54.35	1:08.58	1:22.12	1:35.37	1:48.08	
	区間タイム100m	15.91	10.52	13.93	14.00	14.23	13.54	13.25	12.70	
4	梅谷 健太	400m	54.35				53.73			
	サンベルクス	スピード m/s	7.54	7.61	7.18	7.14	7.03	7.39	7.54	7.87
		ステップ長 m	2.09	2.27	2.19	2.22	2.16	2.22	2.13	2.19
		ピッチ steps/s	3.62	3.36	3.28	3.22	3.25	3.33	3.54	3.59

2-2. 分析対象選手

分析の対象としたのは、GGP では男女ともに上位 3 名、日本選手権では男女ともに上位 4 名であった。

2-3. 撮影方法

800m レースの撮影には撮影速度を 59.94 fps に設定したデジタルビデオカメラ (DMC-FZ300, Panasonic, Japan) を GGP では 1 台、日本選手権では 3 台用いた。スタートの閃光または発煙を撮影後、全選手をカメラ画角内に収めながら追従撮影をした。撮影はすべて競技場スタンドから実施し、カメラが 1 台の場合はフィニッシュライン延長線上、3 台の場合はフィニッシュライン延長線上に加えて 500m 通過ライン延長線上と 200m および 600m 通過ライン延長線上を撮影位置とした。

2-4. 分析方法

スタートの閃光または発煙後の 100m ごとの地点 (最初の区間はブレイクポイントまで) を通過する際のコマ数を映像から読み取った。なお、国立競技場のブレイクポイントは 115m 地点、デンカビッグスワンスタジアムのブレイクポイントは 120m 地点であった。コマ数から通過タイムを算出し、その後各区間における所要時間および走スピードを算出した。

各区間の最初および最終の接地が行われたコマ数およびその区間の歩数を読み取り、ピッチおよびステップ長を算出した。つまり、ピッチは区間の歩数を最初および最終の接地が行われたコマ数から算出される時間で除すことで算出し、ステップ長は走スピードをピッチで除すことによって算出した。なお、GGP では最初の区間 (0-115m) のステッ

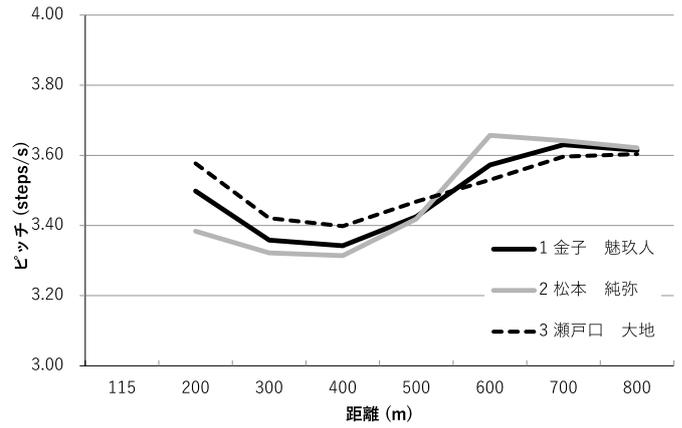
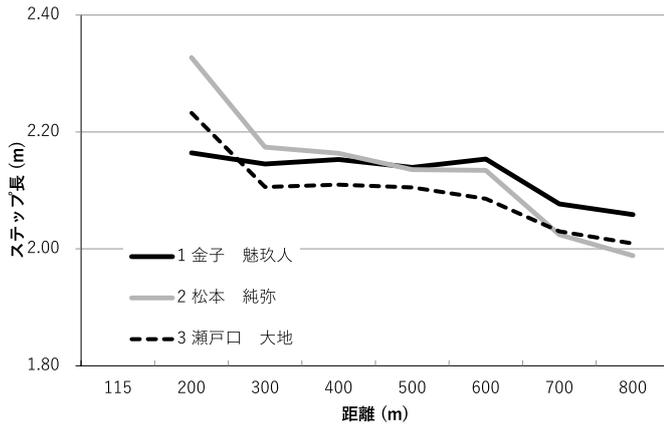
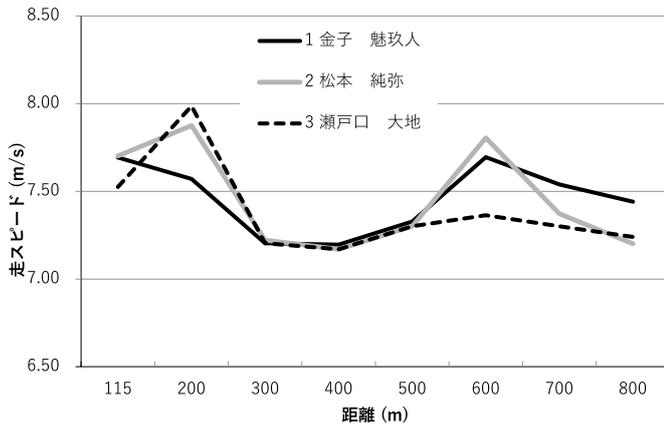


図 1. GGP における男子 800m 上位 3 名の走スピード（左上），ステップ長（左下）およびピッチの変化

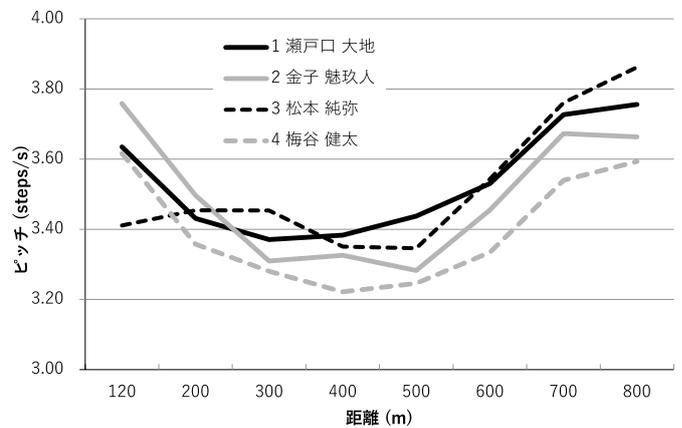
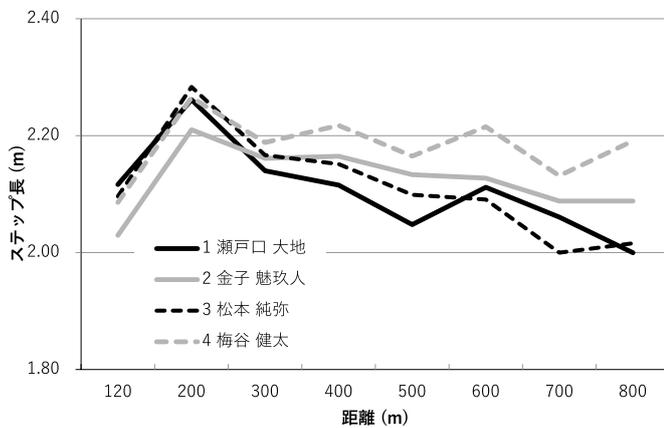
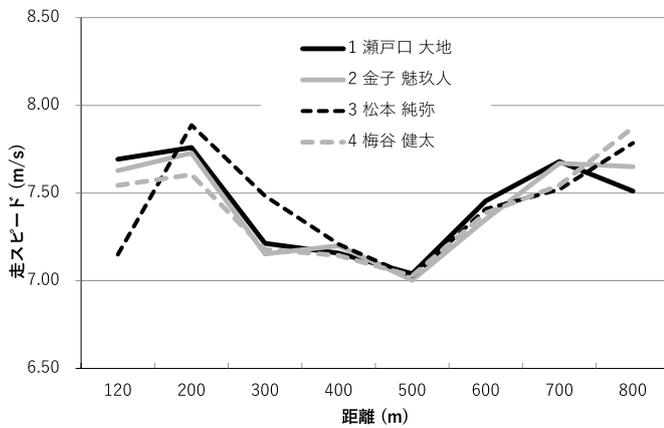


図 2. 日本選手権における男子 800m 上位 4 名の走スピード（左上），ステップ長（左下）およびピッチの変化

表 3. GGP 女子 800m におけるレース分析結果

順位	競技者名	115	200	300	400	500	600	700	800	
	通過タイム	16.37	28.78	44.63	60.93	1:17.24	1:33.42	1:49.79	2:05.60	
	区間タイム100m	16.37	12.41	15.85	16.30	16.32	16.18	16.37	15.81	
1	川田 朱夏	400m		60.93			64.67			
	東大阪大・大阪	スピード m/s	7.03	6.85	6.31	6.14	6.13	6.18	6.11	6.33
		ステップ長 m		1.95	1.85	1.83	1.83	1.83	1.80	1.81
		ピッチ steps/s		3.52	3.41	3.34	3.34	3.37	3.40	3.50
	通過タイム	16.58	28.93	44.89	61.03	1:17.37	1:33.52	1:49.97	2:06.24	
	区間タイム100m	16.58	12.35	15.97	16.13	16.35	16.15	16.45	16.26	
2	塩見 綾乃	400m		61.03			65.21			
	立命館大・京都	スピード m/s	6.93	6.89	6.26	6.20	6.12	6.19	6.08	6.15
		ステップ長 m		1.89	1.77	1.79	1.76	1.79	1.74	1.77
		ピッチ steps/s		3.64	3.54	3.46	3.48	3.47	3.49	3.48
	通過タイム	16.85	29.66	45.76	62.06	1:18.49	1:34.66	1:50.74	2:06.86	
	区間タイム100m	16.85	12.81	16.10	16.30	16.43	16.17	16.08	16.12	
3	広田 有紀	400m		62.06			64.80			
	新潟アルビレックス・新潟	スピード m/s	6.82	6.63	6.21	6.14	6.09	6.19	6.22	6.21
		ステップ長 m		1.93	1.84	1.85	1.82	1.86	1.83	1.87
		ピッチ steps/s		3.44	3.38	3.31	3.34	3.33	3.39	3.32

プ長およびピッチを算出することが出来なかったため、それ以降のデータのみを算出した。

3. 結果および考察

表 1 および表 2 には GGP および日本選手権における男子 800m のレース分析結果がそれぞれ示されている。また、それらをもとに図 1 および図 2 には GGP および日本選手権における男子 800m の走スピード、ステップ長およびピッチを示した。GGP の男子 800m における走スピードは”M 字”の形を示した一方、日本選手権の男子 800m では”V 字”の形を示した。しかし、いずれのレースにおいても男子 800m では 500m 過ぎから走スピードが増大していた。

男子 800m ではいずれのレースにおいてもステップ長は”への字”の形を示し、ピッチは”U 字”を示した。したがって、ステップ長は 200m 通過後フィニッシュまで漸減する傾向があり、ピッチはレース中盤からフィニッシュにかけて漸増することがわかる。したがって、レース序盤の大きな走スピードの獲得にはステップ長が、レース中盤以降の走スピードの獲得にはピッチがそれぞれ大きく影

響していると考えられる。つまり、男子 800m におけるレースでの成否には、大きなステップ長での走行と高いピッチでの走行の両方を引き出せる技術的なトレーニングも必要となるだろう。

男子選手を個別にみると法政大・松本選手は非常に特徴的で、レース序盤は大きなステップ長によって、レース後半には爆発的にピッチを高めることによって、それぞれ高い走スピードを獲得している。山梨学院大・瀬戸口選手もレース序盤は大きなステップ長によって走スピードを獲得し、レース中盤以降は高いピッチを維持することによって走スピードを獲得しているようである。一方、中央大・金子選手は他の選手と比べてレースを通してのステップ長の変化が小さく、後半にピッチを漸増できるためレース後半に走スピードを漸増できていると考えられる。サンベルクス・梅谷選手はレース全体を通してステップ長が大きく、ピッチが低いことが特徴であるが、日本選手権のラスト 100m ではストライドもピッチも増加させることによって、4 名の中で最も高いラストスパートのスピードを獲得していた。

表 3 および表 4 には GGP および日本選手権における女子 800m のレース分析結果がそれぞれ示され

表 4. 日本選手権女子 800m 決勝におけるレース分析結果

順位	競技者名		120	200	300	400	500	600	700	800
1	川田 朱香 東大阪大	通過タイム	17.13	28.91	44.29	60.28	1:16.73	1:32.55	1:48.32	2:03.55
		区間タイム100m	17.13	11.78	15.38	15.98	16.46	15.82	15.77	15.22
		400m		60.28		63.26				
		スピード m/s	7.00	6.79	6.50	6.26	6.08	6.32	6.34	6.57
		ステップ長 m	1.84	1.90	1.86	1.85	1.80	1.86	1.82	1.82
		ピッチ steps/s	3.81	3.58	3.49	3.39	3.38	3.40	3.48	3.61
2	塩見 綾乃 立命館大	通過タイム	17.32	29.00	44.39	60.26	1:16.41	1:32.54	1:48.45	2:04.24
		区間タイム100m	17.32	11.68	15.40	15.87	16.16	16.12	15.92	15.78
		400m		60.26		63.98				
		スピード m/s	6.93	6.85	6.49	6.30	6.19	6.20	6.28	6.34
		ステップ長 m	1.75	1.86	1.80	1.80	1.77	1.78	1.78	1.78
		ピッチ steps/s	3.96	3.68	3.61	3.51	3.49	3.49	3.53	3.56
3	卜部 蘭 積水化学	通過タイム	17.42	29.20	44.54	60.47	1:16.60	1:32.37	1:48.25	2:04.56
		区間タイム100m	17.42	11.78	15.35	15.92	16.13	15.77	15.88	16.30
		400m		60.47		64.09				
		スピード m/s	6.89	6.79	6.52	6.28	6.20	6.34	6.30	6.13
		ステップ長 m	1.87	1.96	1.89	1.90	1.82	1.87	1.80	1.79
		ピッチ steps/s	3.69	3.46	3.45	3.31	3.41	3.40	3.49	3.42
4	田中 希実 豊田織機TC	通過タイム	18.64	30.40	45.38	60.58	1:16.47	1:32.17	1:48.12	2:04.77
		区間タイム100m	18.64	11.75	14.98	15.20	15.90	15.70	15.95	16.64
		400m		60.58		64.18				
		スピード m/s	6.44	6.81	6.67	6.58	6.29	6.37	6.27	6.01
		ステップ長 m	1.71	1.81	1.80	1.78	1.71	1.73	1.70	1.66
		ピッチ steps/s	3.77	3.75	3.72	3.69	3.67	3.69	3.68	3.62

ている。また、それらをもとに図3および図4にはGGPおよび日本選手権における女子800mの走スピード、ステップ長およびピッチを示した。男子のレースと異なり、女子800mでは走スピードがスタート後最初の区間(0-115mまたは120m)においてもっとも高く、その後フィニッシュにかけて漸減傾向であることが示された。ただし、700m-800mの区間で走スピードを高められた選手が順位も高かったことも認められた。その要因は男子と同様に、ピッチを高められるかによって決定していた。

ステップ長は115mまたは120mから200m区間において最も大きく、男子よりも低下率が小さいものの200m通過後フィニッシュにかけて漸減する傾向が認められた。ピッチは緩やかな”Uの字”の

形を示した。しかしレース終盤のピッチはスタート直後ほど高くないため、どちらかという”し”の字”の形の方が適切かもしれない。女子選手を個別にみると、東大阪大・川田選手や新潟アルビレックス・広田選手、積水化学・卜部選手はステップ長型、立命館大・塩見選手や豊田織機TC・田中選手はピッチ型であることが認められた。しかし、いずれの型においてもレース終盤にピッチを高められるかがレースの成否を分けると考えられる。また、スタート直後の高いピッチによる大きな走スピードの獲得や疲労を伴ってもステップ長を変化させず走行し続けられる体力的および技術的なトレーニングも必要となるかもしれない。

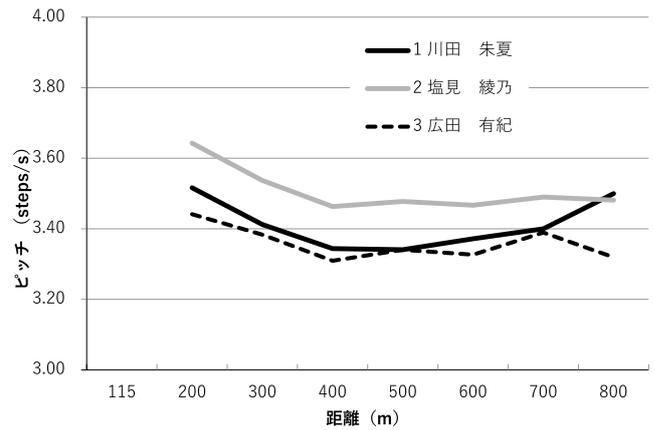
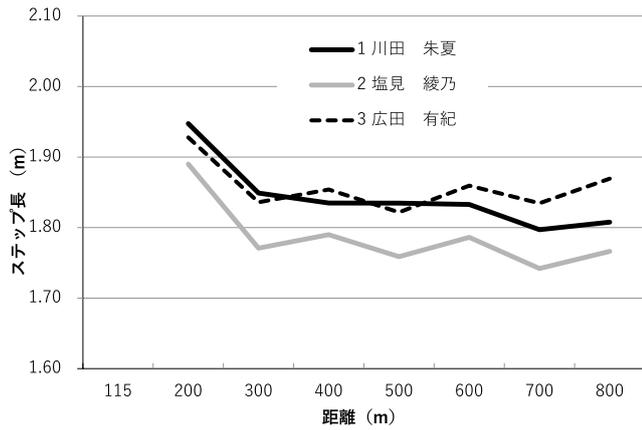
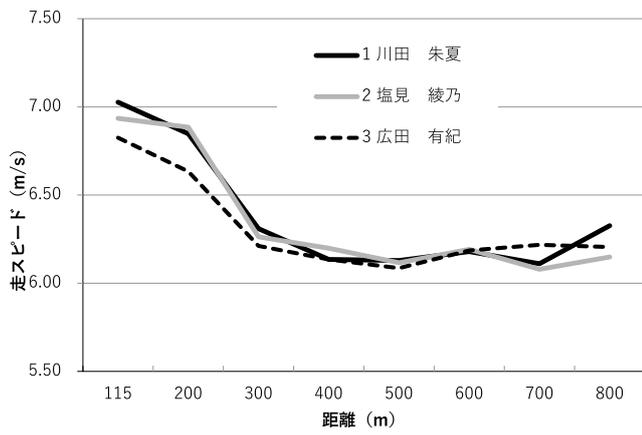


図 3. GGP における女子 800m 上位 3 名の走スピード (左上), ステップ長 (左下) およびピッチの変化

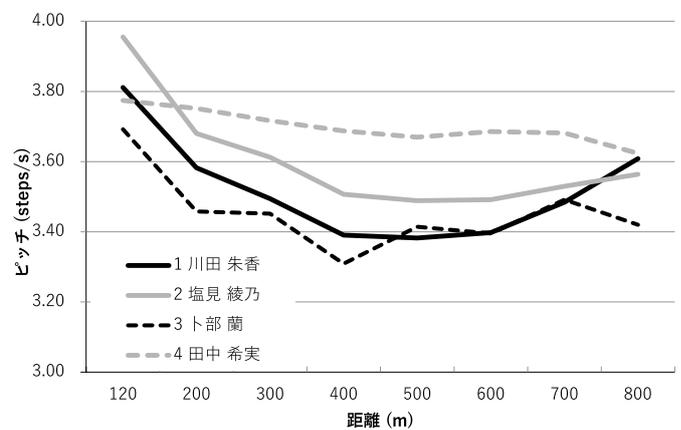
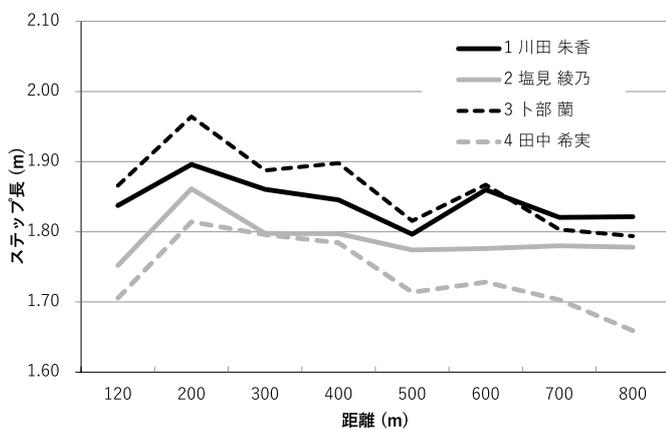
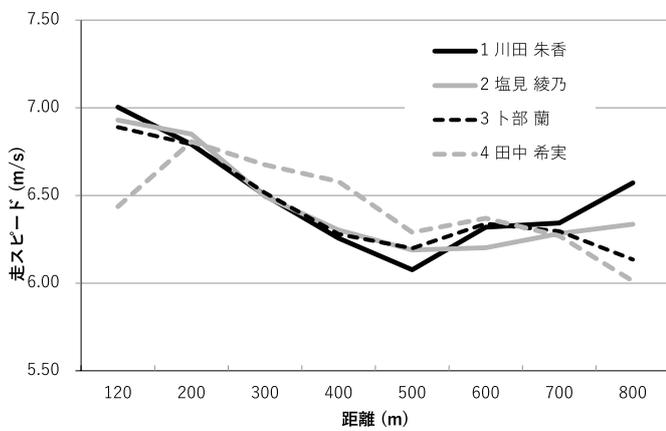


図 4. 日本選手権における女子 800m 上位 4 名の走スピード (左上), ステップ長 (左下) およびピッチの変化

2020年主要競技会における男子1500mのレース分析

丹治史弥¹⁾ 榎本靖士²⁾ 楊永昌³⁾ 栗原俊⁴⁾

1) 東海大学 2) 筑波大学 3) 筑波大学大学院 4) 東海大学大学院

1. 目的

本報告では2020年度に実施された主要競技会であるセイコーゴールデングランプリ陸上2020東京および第104回日本陸上競技選手権大会に加えて、第68回全日本実業団対抗陸上競技選手権大会における男子1500mにおける決勝の上位入賞者のレース分析結果を報告する。

2. 方法

2-1. 対象競技会

対象競技会は下記3大会であった。

- ・セイコーゴールデングランプリ陸上2020東京(8月23日;国立競技場,東京)(以下,GGP)
- ・第68回全日本実業団対抗陸上競技選手権大会(9月18日-20日;熊谷スポーツ文化公園陸上競技場,埼玉)(以下,全日本実業団)
- ・第104回日本陸上競技選手権大会(10月1日-3日;デンカビックスワンスタジアム,新潟)(以下,日本選手権)

2-2. 分析対象選手

すべての大会において上位3名を分析の対象とした。

2-3. 撮影方法

1500mレースの撮影には撮影速度を59.94 fpsに設定したデジタルビデオカメラ(DMC-FZ300, Panasonic, Japan)をGGPおよび全日本実業団では1台,日本選手権では3台用いた。スタートの閃光または発煙を撮影後,全選手をカメラ画角内に収めながら追従撮影をした。撮影はすべて競技場スタンドから実施し,カメラが1台の場合はフィニッシュライン延長線上,3台の場合はフィニッシュライン延長線上に加えて100m通過ライン延長

線上と400m通過ライン延長線上を撮影位置とした。

2-4. 分析方法

スタートの閃光または発煙後の100mごとの地点を通過する際のコマ数を映像から読み取った。コマ数から通過タイムを算出し,その後各区间における所要時間および走スピードを算出した。

各区間の最初および最終の接地が行われたコマ数およびその区間の歩数を読み取り,ピッチおよびステップ長を算出した。つまり,ピッチは区間の歩数を最初および最終の接地が行われたコマ数から算出される時間で除すことで算出し,ステップ長は走スピードをピッチで除すことによって算出した。

3. 結果および考察

表1,表2および表3にそれぞれGGP,全日本実業団および日本選手権におけるレース分析結果を示した。その結果に基づき,図1,図2および図3にそれぞれGGP,全日本実業団および日本選手権における100mごとの走スピード,ステップ長およびピッチの変化を示した。

すべてのレースで横浜DeNA・館澤選手が優勝し,フィニッシュタイムも非常に近い結果であった(3'40"73-3'41"32)。GGPでは1000mまでペースメーカーが先頭を引っ張ったが,その後は館澤選手がレースを引っ張った。また,その他のレースでも館澤選手はスタート直後から先頭を走行し,一度も先頭を譲ることなくフィニッシュしていた。それぞれのレースで終盤の走スピードが変化する位置は異なり,GGPではラスト400m,全日本実業団ではラスト500m,日本選手権ではラスト600mから走スピードが漸増していた。

全体的に,ステップ長はレースを通して大きな変化はなく,ピッチは走スピードの変化と一致す

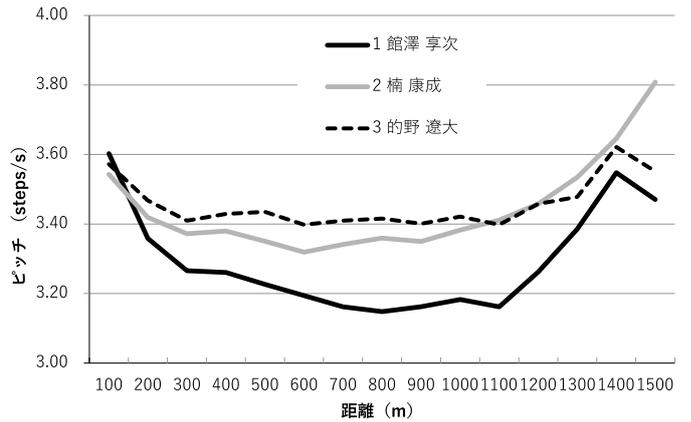
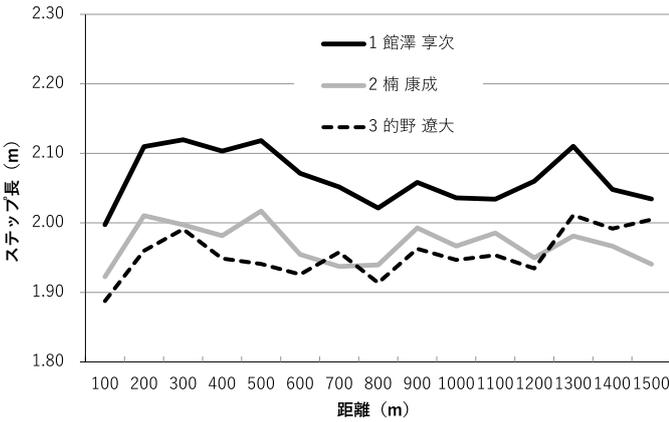
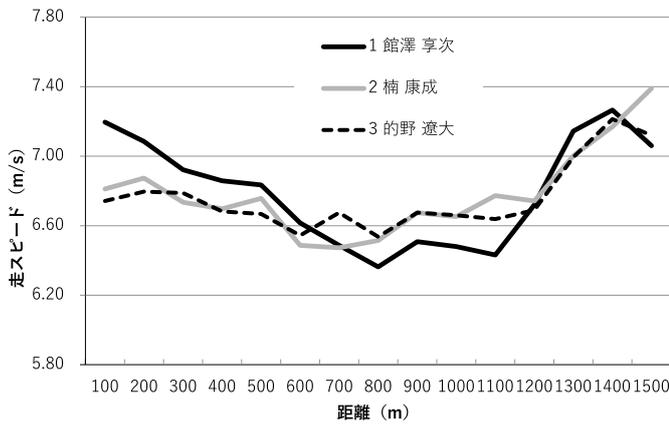


図 1. GGP における男子 1500m 上位 3 名の走スピード (左上), ステップ長 (左下) およびピッチの変化

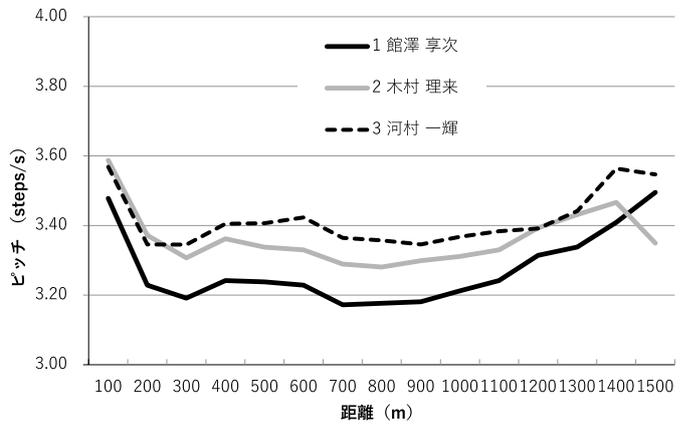
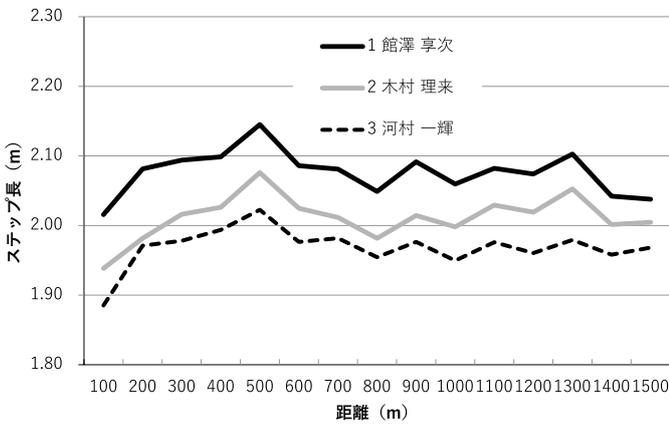
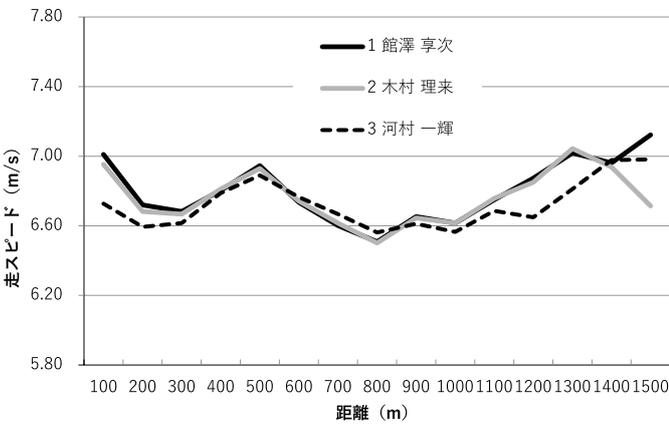


図 2. 全日本実業団における男子 1500m 上位 3 名の走スピード (左上), ステップ長 (左下) およびピッチの変化

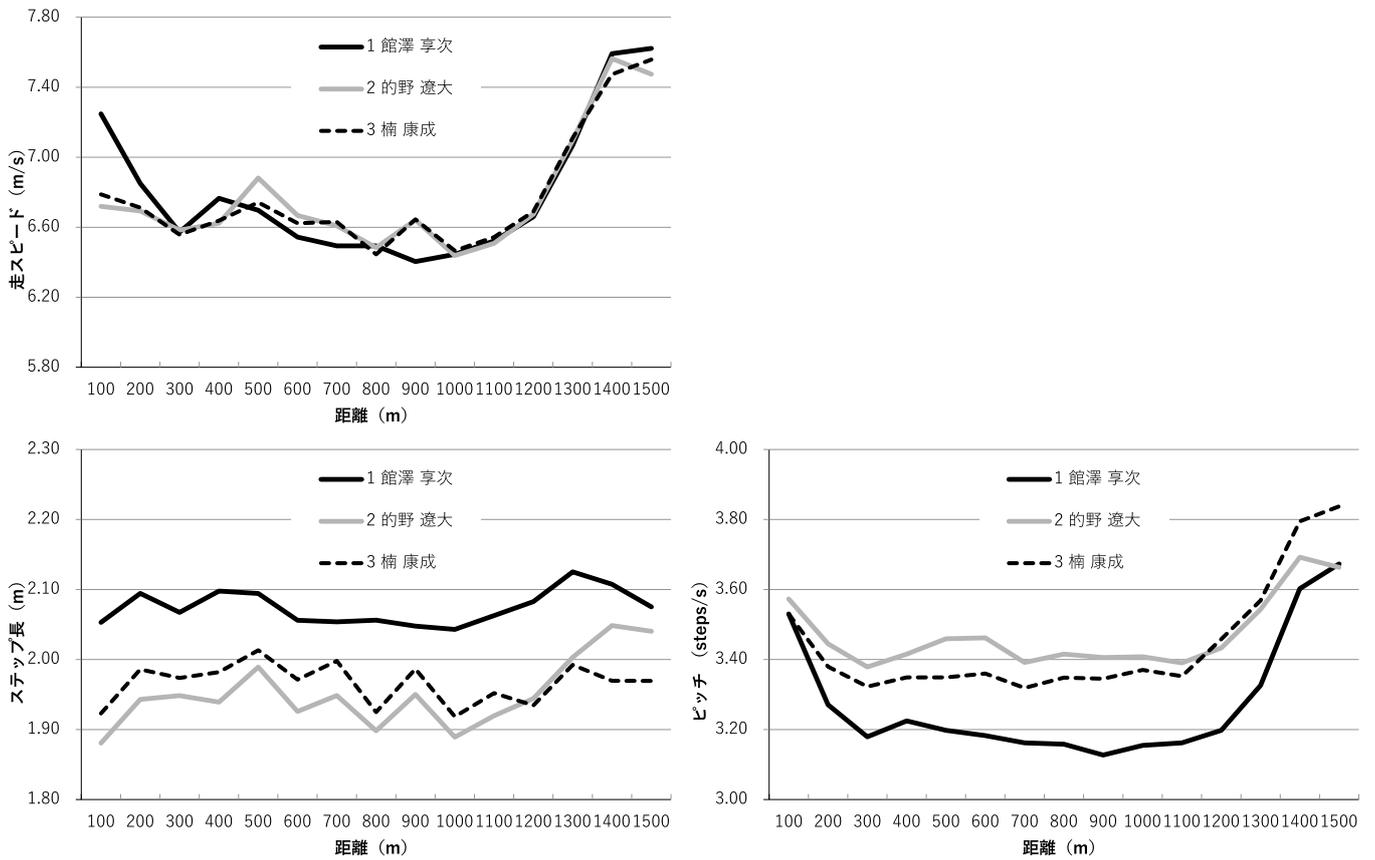


図 3. 日本選手権における男子 1500m 上位 3 名の走スピード（左上），ステップ長（左下）およびピッチの変化

表 1. GGP 男子 1500m におけるレース分析結果

順位	競技者名	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500
1	通過タイム	13.90	28.01	42.46	0:57.04	1:11.67	1:26.78	1:42.20	1:57.92	2:13.29	2:28.72	2:44.27	2:59.15	3:13.15	3:26.91	3:41.07
	区間タイム100m	13.90	14.11	14.45	14.58	14.63	15.12	15.42	15.72	15.37	15.43	15.55	14.88	14.00	13.76	14.16
	400m		57.04				60.88				61.23			41.92		
	スピード m/s	7.20	7.09	6.92	6.86	6.83	6.62	6.49	6.36	6.51	6.48	6.43	6.72	7.14	7.27	7.06
	ステップ長 m	2.00	2.11	2.12	2.10	2.12	2.07	2.05	2.02	2.06	2.04	2.03	2.06	2.11	2.05	2.03
	ピッチ steps/s	3.60	3.36	3.27	3.26	3.23	3.19	3.16	3.15	3.16	3.18	3.16	3.26	3.39	3.55	3.47
2	通過タイム	14.68	29.23	44.08	0:59.00	1:13.80	1:29.22	1:44.67	2:00.03	2:15.01	2:30.04	2:44.80	2:59.63	3:13.92	3:27.86	3:41.39
	区間タイム100m	14.68	14.55	14.85	14.93	14.80	15.42	15.45	15.35	14.98	15.03	14.76	14.83	14.28	13.95	13.53
	400m		59.01				61.01				59.61			41.76		
	スピード m/s	6.81	6.87	6.73	6.70	6.76	6.49	6.47	6.52	6.67	6.65	6.77	6.74	7.00	7.17	7.39
	ステップ長 m	1.92	2.01	2.00	1.98	2.02	1.95	1.94	1.94	1.99	1.97	1.99	1.95	1.98	1.97	1.94
	ピッチ steps/s	3.54	3.42	3.37	3.38	3.35	3.32	3.34	3.36	3.35	3.38	3.41	3.46	3.53	3.65	3.81
3	通過タイム	14.83	29.55	44.28	0:59.24	1:14.24	1:29.52	1:44.50	1:59.81	2:14.79	2:29.80	2:44.87	2:59.82	3:14.12	3:27.98	3:42.02
	区間タイム100m	14.83	14.71	14.73	14.96	15.00	15.28	14.98	15.30	14.98	15.02	15.07	14.95	14.30	13.86	14.05
	400m		59.24				60.56				60.01			42.21		
	スピード m/s	6.74	6.80	6.79	6.68	6.67	6.54	6.67	6.54	6.67	6.66	6.64	6.69	6.99	7.21	7.12
	ステップ長 m	1.89	1.96	1.99	1.95	1.94	1.93	1.96	1.91	1.96	1.95	1.95	1.93	2.01	1.99	2.00
	ピッチ steps/s	3.57	3.47	3.41	3.43	3.44	3.40	3.41	3.42	3.40	3.42	3.40	3.46	3.48	3.62	3.55

表 2. 全日本実業団男子 1500m におけるレース分析結果

順位	競技者名	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	
1	通過タイム	14.26	29.15	44.11	0:58.80	1:13.20	1:28.05	1:43.20	1:58.57	2:13.61	2:28.72	2:43.54	2:58.08	3:12.33	3:26.70	3:40.73	
	区間タイム100m	14.26	14.88	14.96	14.70	14.40	14.85	15.15	15.37	15.03	15.12	14.81	14.55	14.25	14.36	14.04	
	400m		58.81				59.76				59.51				42.65		
	横浜DeNA	スピード m/s	7.01	6.72	6.68	6.80	6.95	6.73	6.60	6.51	6.65	6.62	6.75	6.87	7.02	6.96	7.12
	ステップ長 m	2.02	2.08	2.09	2.10	2.14	2.09	2.08	2.05	2.09	2.06	2.08	2.07	2.10	2.04	2.04	
	ピッチ steps/s	3.48	3.23	3.19	3.24	3.24	3.23	3.17	3.18	3.18	3.21	3.24	3.31	3.34	3.41	3.50	
2	通過タイム	14.38	29.35	44.34	0:59.02	1:13.45	1:28.28	1:43.40	1:58.79	2:13.84	2:28.95	2:43.75	2:58.35	3:12.55	3:26.96	3:41.85	
	区間タイム100m	14.38	14.96	15.00	14.68	14.43	14.83	15.12	15.38	15.05	15.12	14.80	14.60	14.20	14.41	14.89	
	400m		59.03				59.76				59.56				43.50		
	愛三工業	スピード m/s	6.95	6.68	6.67	6.81	6.93	6.74	6.62	6.50	6.65	6.62	6.76	6.85	7.04	6.94	6.71
	ステップ長 m	1.94	1.98	2.02	2.03	2.08	2.02	2.01	1.98	2.01	2.00	2.03	2.02	2.05	2.00	2.00	
	ピッチ steps/s	3.59	3.37	3.31	3.36	3.34	3.33	3.29	3.28	3.30	3.31	3.33	3.39	3.43	3.47	3.35	
3	通過タイム	14.86	30.03	45.15	0:59.87	1:14.39	1:29.17	1:44.17	1:59.42	2:14.54	2:29.77	2:44.73	2:59.77	3:14.45	3:28.78	3:43.10	
	区間タイム100m	14.86	15.17	15.12	14.73	14.51	14.78	15.00	15.24	15.12	15.23	14.96	15.04	14.68	14.33	14.32	
	400m		59.88				59.53				60.35				43.34		
	トーエネック	スピード m/s	6.73	6.59	6.62	6.79	6.89	6.77	6.67	6.56	6.61	6.57	6.69	6.65	6.81	6.98	6.98
	ステップ長 m	1.89	1.97	1.98	1.99	2.02	1.98	1.98	1.95	1.98	1.95	1.98	1.96	1.98	1.96	1.97	
	ピッチ steps/s	3.57	3.35	3.34	3.40	3.41	3.42	3.36	3.36	3.35	3.37	3.38	3.39	3.44	3.56	3.55	

表 3. 日本選手権男子 1500m 決勝におけるレース分析結果

順位	競技者名	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	
1	通過タイム	13.80	28.40	43.61	0:58.39	1:13.32	1:28.60	1:44.00	1:59.41	2:15.02	2:30.54	2:45.87	3:00.89	3:15.03	3:28.20	3:41.32	
	区間タイム100m	13.80	14.60	15.22	14.78	14.93	15.28	15.40	15.40	15.62	15.52	15.33	15.02	14.15	13.17	13.12	
	400m		58.39				61.01				61.48				40.44		
	横浜DeNA	スピード m/s	7.25	6.85	6.57	6.77	6.70	6.54	6.49	6.49	6.40	6.45	6.52	6.66	7.07	7.59	7.62
	ステップ長 m	2.05	2.09	2.07	2.10	2.09	2.06	2.05	2.06	2.05	2.04	2.06	2.08	2.13	2.11	2.08	
	ピッチ steps/s	3.53	3.27	3.18	3.22	3.20	3.18	3.16	3.16	3.13	3.15	3.16	3.20	3.33	3.60	3.67	
2	通過タイム	14.88	29.82	45.01	1:00.11	1:14.64	1:29.63	1:44.77	2:00.20	2:15.26	2:30.79	2:46.15	3:01.14	3:15.23	3:28.45	3:41.82	
	区間タイム100m	14.88	14.94	15.19	15.10	14.53	15.00	15.13	15.42	15.06	15.53	15.37	14.98	14.09	13.22	13.38	
	400m		60.11				60.09				60.94				40.69		
	三菱重工	スピード m/s	6.72	6.69	6.58	6.62	6.88	6.67	6.61	6.48	6.64	6.44	6.51	6.67	7.10	7.56	7.47
	ステップ長 m	1.88	1.94	1.95	1.94	1.99	1.93	1.95	1.90	1.95	1.89	1.92	1.94	2.00	2.05	2.04	
	ピッチ steps/s	3.57	3.44	3.38	3.42	3.46	3.46	3.39	3.42	3.41	3.41	3.39	3.43	3.54	3.69	3.66	
3	通過タイム	14.73	29.63	44.88	0:59.94	1:14.77	1:29.87	1:44.95	2:00.48	2:15.52	2:30.99	2:46.27	3:01.22	3:15.28	3:28.66	3:41.89	
	区間タイム100m	14.73	14.90	15.25	15.07	14.83	15.10	15.08	15.52	15.05	15.47	15.28	14.95	14.06	13.38	13.23	
	400m		59.94				60.53				60.74				40.68		
	阿見AC	スピード m/s	6.79	6.71	6.56	6.64	6.74	6.62	6.63	6.45	6.65	6.47	6.54	6.69	7.11	7.47	7.56
	ステップ長 m	1.92	1.99	1.97	1.98	2.01	1.97	2.00	1.92	1.99	1.92	1.95	1.93	1.99	1.97	1.97	
	ピッチ steps/s	3.53	3.38	3.32	3.35	3.35	3.36	3.32	3.35	3.35	3.37	3.35	3.46	3.57	3.79	3.84	

る変化を示した。したがって、1500m 走中の走スピードはピッチによって調整されていると推察される。特に終盤以降のスパートでは著しくピッチを増大させていることが示された。

個別にみると館澤選手は最も特徴的であり、他の選手と比べてレースを通してピッチは低いものの、大きいステップ長を維持し走行している。一

方、阿見アスリートクラブ・楠選手、三菱重工・的野選手、トーエネック・河村選手は館澤選手と比べてレースを通してピッチが高く、ステップ長が短い走行である。ただし、終盤以降のスパート時に楠選手および河村選手はピッチを高めるのに対して、的野選手はステップ長も高めるのが特徴である。愛三工業・木村選手は館澤選手と楠選手、

的野選手，河村選手などの中間にあたるステップ長とピッチであった。

レース分析の限界として，中距離・長距離種目はオープンで走行するため，集団の外側（2レーンや3レーン）を走行すると，本報告での計算方法ではコーナー区間のステップ長がわずかに大きくなる。今後は映像から目視で走行していたレーンを確認し，ステップ長の分析の際に走行距離を補正する方法を試しながら，より正確なデータを選手やコーチにフィードバックできるようにしていきたい。

女子 1500 m レースにおける記録とペースの関係

榎本靖士¹⁾ 楊永昌²⁾

1) 筑波大学 2) 筑波大学大学院

丹治史弥³⁾ 栗原俊⁴⁾

3) 東海大学 4) 東海大学大学院

1. はじめに

2020年に女子1500mにおいて田中希実選手（豊田自動織機TC）が4分5秒27と従来の日本記録（4分7秒86）を14年ぶりに2秒59更新した。女子の中距離種目はオリンピックおよび世界選手権に代表選手を輩出することが困難な種目の1つであったが、2021年に延期となった東京オリンピックの参加標準記録4分4秒20とあと1秒ほどに迫っている。田中選手以外にもト部蘭選手（積水化学）と萩谷楓選手（エディオン）も4分11秒75と13秒14と自己記録を更新して記録水準が高まっている。ここでは、日本選手権などの国内レベルで上位と下位をわける4分20秒を境にグループ化して、ペース配分とスピードの変化について報告する。

2. 方法

2019年から2020年における国内の主要大会における女子1500mレースをビデオ撮影した。撮影したレースは、2019年兵庫リレーカーニバル（4月21日）、関東インカレ（5月24日）、ホクレンディスタンス深川および土別大会（7月9日、13日）、日本インカレ（9月13日）、国体（10月6日）、2020年ゴールデングランプリ東京（2020年8月23日）、日本インカレ（9月11日）、日本選手権（10月2日）であった。デジタルビデオカメラを用いて対象の1500mレースのスタートからゴールまでを先頭集団

を中心にパンニング撮影した。撮影した映像から、ピストルの閃光からスタートの瞬間を読み取り、以降100m通過ごとのタイムをコマ数から読み取った。100mごとの通過タイムから各100m区間タイムおよび平均スピードを算出した。100m区間における10歩に要した時間をコマ数から読み取り、1歩の平均時間の逆数を100m区間における平均ピッチとし、平均スピードを平均ピッチで除すことで平均ストライドを算出した。

分析対象選手はレースにおいて自己記録に対して95%以上であったもののみとした。選ばれた対象選手は19名で、レース記録によって4分20秒を境に上位群（グループ1）と下位群（グループ2）に分けられた。表1は、分析対象者の年齢、レース記録、自己記録、レース記録の自己記録に対する達成率を示したものである。上位群は8名、下位群は11名であった。レース記録の平均は、上位群は4分15秒16±4秒49、下位群は4分23秒70±0秒88であった。

3. 結果と考察

表2は、上位群と下位群における400mごと（ラストは300m）の区間タイムを示したものである。上位群は、最初の400mから68秒07±1秒52、68秒77±2秒27、68秒71±1秒73、49秒60±2秒00であった。下位群は70秒72±1秒74、72秒71±1秒59、71秒12±1秒59、49秒15±3秒

表1 女子1500mレース分析対象者の特性

Group	年齢	レース記録	ベスト記録	達成率(%)
Group1 (n=8)	22.50 ±4.56	4:15.16±4.49s	4:15.02±3.69s	100.0±2.00
Group2 (n=11)	22.09 ±3.15	4:23.70±0.88s	4:20.00±4.29s	98.6±1.35

表2 女子 1500m におけるグループ別のラップタイム

Section		Group1		Group2	
		Mean	S. D.	Mean	S. D.
0-400m	(sec)	68.07	1.52	70.72	1.74
	(%)	26.68	0.49	26.82	0.70
400-800m	(sec)	68.77	2.27	72.71	1.59
	(%)	26.95	0.49	27.57	0.65
800-1200m	(sec)	68.71	1.73	71.12	1.59
	(%)	26.93	0.31	26.97	0.56
1200-1500m	(sec)	49.60	2.00	49.15	3.08
	(%)	19.44	0.83	18.64	1.14

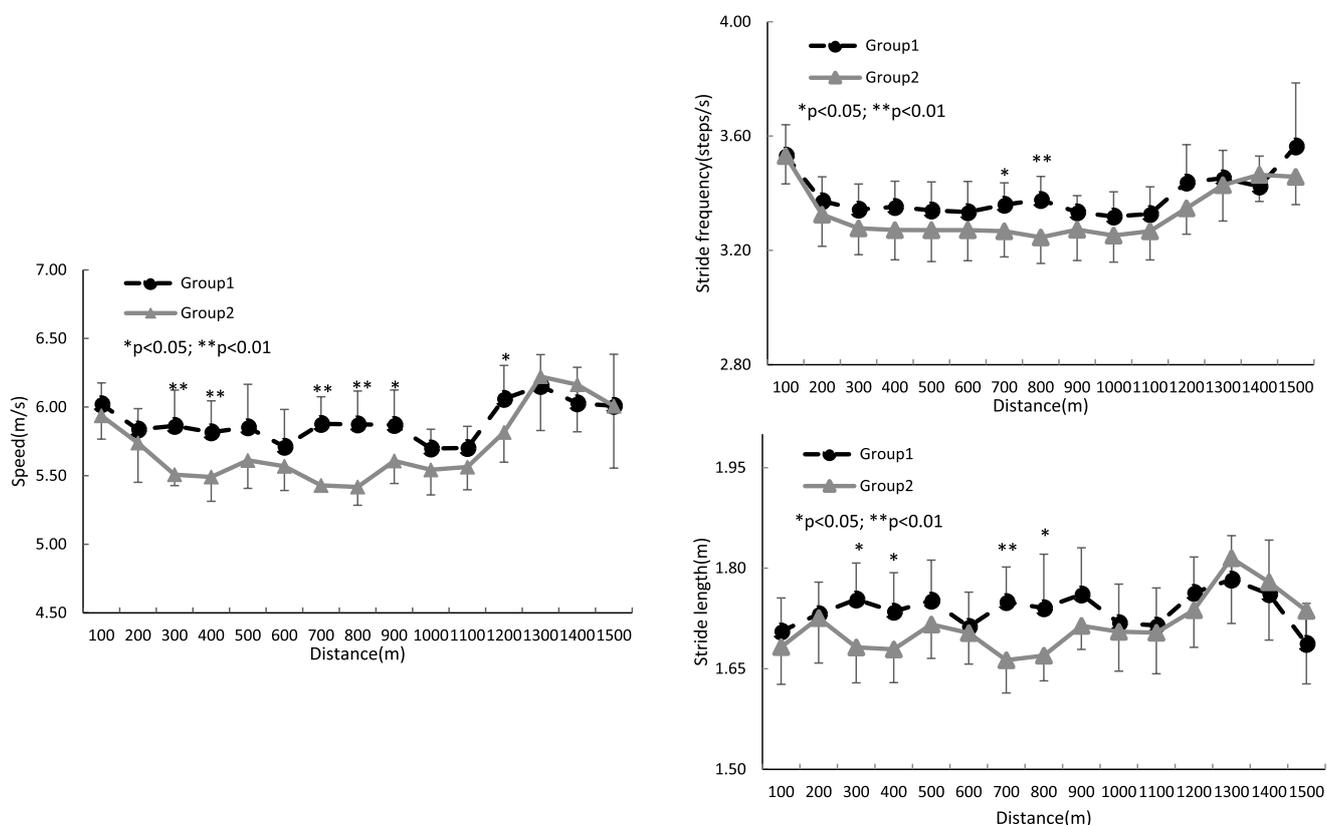


図1 女子 1500m におけるグループ別のスピード、ピッチおよびストライド

08であった。上位群は、スタートから早いペースであったばかりでなく、2周目および3周目においても68秒ペースを維持していた。一方、下位群は2周目が最も遅く平均で72秒71であった。ラスト300mは上位群と下位群ともに49秒台とその差は最も小さかった。

図1は、女子1500mレースにおける上位群と下位群の100mごとの平均スピード、ピッチおよびストライドを示したものである。スピードは上位群ではスタートから6m/秒近くのスピードを維持していたが、下位群ではスタート直後は6m/秒近くのスピードであったが、300mから1100m付近まで5.5m

/秒付近で推移していた。上位群と下位群のスピードの差は、600-700m、700-800mで見られ、2周目のラップタイムの差になっていた。しかし、1200m以降はスピードの差はみられなかった。以上のことから、女子1500mにおいて国内レベルではスタートから6m/秒(400mを66秒)程度のスピードでスタートすること、ラスト300mでは6m/秒以上(300mを50秒以下)のスピードでスパートすることは共通したレースパターンとみなすことができる。さらに、4分20秒以内のレベルでは、レース中盤において6m/秒近く(400mを68秒)のスピードを維持することが重要であると言える。

ピッチは、上位群が下位群よりやや大きい傾向がみられるものの、大きな差はなかった。レースを通じたピッチの平均値は、上位群で3.39歩/秒、下位群で3.33歩/秒であった。

上位群のストライドは、レースを通してラスト100m以外では1.7m以上であった。上位群と下位群の間に300-400m、400-500m、600-700m、700-800m区間において差がみられた。中盤のスピード持続の差は、ピッチではなくストライドの維持によるものであったことを示していると考えられる。女子1500mにおいて4分20秒を切るタイムで走るためのスピードは、1.7m以上のストライドと3.4歩/秒のピッチを持続することによって平均的に維持されていることが示された。

4. まとめ

女子1500mにおけるレースパターンについて、4分20秒を境に分けた上位群と下位群の差からそれらの特徴をまとめた。上位群ではレース全体を通して68秒のイーブンペースを、3.4歩/秒程度のピッチと1.7m以上のストライドによって維持されていることがわかった。一方で、Noakesら(2008)は男子1500mおよび1マイルレースの世界記録の変遷において2周目と3周目はスピードが低下するレースパターンが記録向上にかかわらず、認められていることを報告している。すなわち、日本の女子1500mにおいてもさらなる記録向上のためには中盤のスピード維持よりも1周目とラストスパートのスピードを上げることが必要であることも予想される。

2020 年度日本選手権大会長距離種目における男女 5000m および 10000m のレース分析

上野弘聖¹⁾ 黒崎渥矢¹⁾ 丹治史弥²⁾ 栗原俊³⁾ 杉田正明⁴⁾

1) 日本体育大学大学院 2) 東海大学 3) 東海大学大学院 4) 日本体育大学

1. はじめに

2020 年 12 月 4 日に大阪・ヤンマースタジアム長居で開催された第 104 回日本陸上競技選手権大会・長距離種目では、男女 10000m で日本新記録が樹立され、男子 5000m では U20 日本新記録が樹立される極めてレベルの高い競技会となった。本稿では、本競技会の男女 5000m および 10000m における走速度ならびステップ変数（ピッチ、ストライド長、接地時間、離地時間）の推移について中心に報告する。

2. 方法

2-1. 対象者

男子 5000, 10000m ならび女子 5000, 10000m に出場した選手のうち、各競技の上位 3 選手を分析対象とした。対象選手の競技結果を表 1 にまとめた。

2-2. 撮影方法

2 台のハイスピードカメラ (DMC-FZ300, Panasonic, Japan, 120fps) をバックスタンドに固定し、それぞれ 145-155m 区間ならび 345-355m 区間を撮影範囲として各週の撮影を実施した。

2-3. 分析方法

5000m では、750, 1950, 3150, 4350, 4950m 地点を分析対象とした。10000m では、750, 1950, 3150, 4350, 5550, 6750, 7950, 9150, 9950m 地点を分析対象とした。各週の連続した 4 歩 (2 サイクル) において、接地時間、離地時間、ピッチ、ストライド長、区間走速度を解析した。接地時間ならび離地時間は、1 フレームを 0.0083 秒とし、フレーム数から算出した。なお、接地時間ならび離地時間は、各週の 4 歩における平均値として算出した。ピッチは、接地時間と離地時間の和の逆数として算出した。ストライド長は、2 次元 DLT 法を用いて、最初

の接地時の踵から次の接地時の踵までの距離として解析を行った。ストライド長についても、各週の 4 歩における平均値として算出した。2 次元 DLT 法に際して、撮影区間において、横 6 点 (2m 間隔) × 縦 6 点 (0.5m 間隔) のマーカーを基準にキャリブレーションを実施した。区間走速度は、ピッチとストライド長の積として算出した。全ての解析は、動作解析ソフト (Frame-DIAS V, DKH, Japan) を用いて実施した。

3. 結果

男子 5000m の区間走速度、ピッチ、ストライド長を図 1 に、接地時間および離地時間を図 2 に示した。女子 5000m の区間走速度、ピッチ、ストライド長を図 3 に、接地時間および離地時間を図 4 に示した。男子 10000m の区間走速度、ピッチ、ストライド長を図 5 に、接地時間および離地時間を図 6 に示した。女子 10000m の区間走速度、ピッチ、ストライド長を図 7 に、接地時間および離地時間を図 8 に示した。

表 1. 対象選手の競技結果

競技結果	
男子 5000m	
坂東 悠汰	13:18.49
松枝 博輝	13:24.78
吉居 大和	13:25.87 (NJR)
女子 5000m	
田中 希実	15:05.65
廣中 璃梨佳	15:07.11
萩谷 楓	15:19.41
男子 10000m	
相澤 晃	27:18.75 (NR)
伊藤 達彦	27:25.73 (NR)
田村 和希	27:28.92 (NR)
女子 10000m	
新谷 仁美	30:20.44 (NR)
一山 麻緒	31:11.56
佐藤 早也伽	31:30.19

NR: 日本記録, NJR: U20 日本記録.

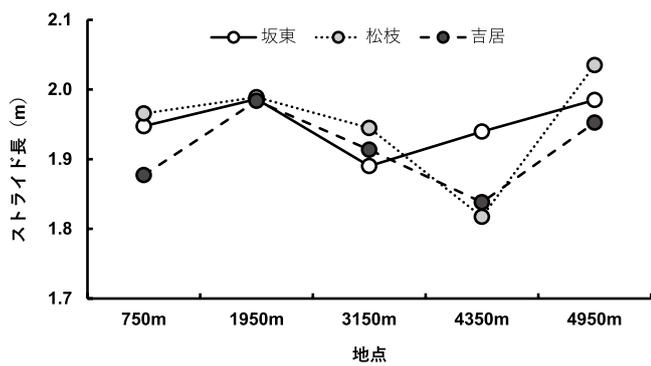
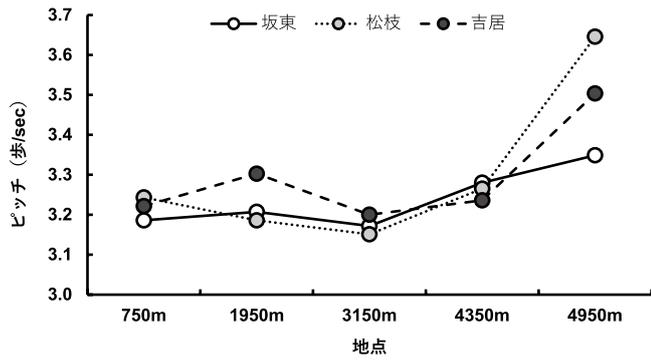
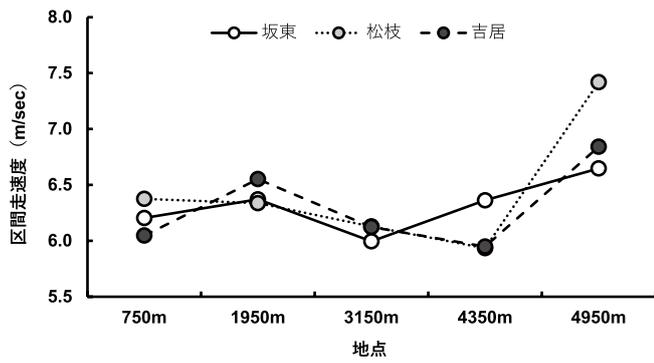


図1. 男子5000mにおける区間走速度（上段）、ピッチ（中段）およびストライド長（下段）の推移

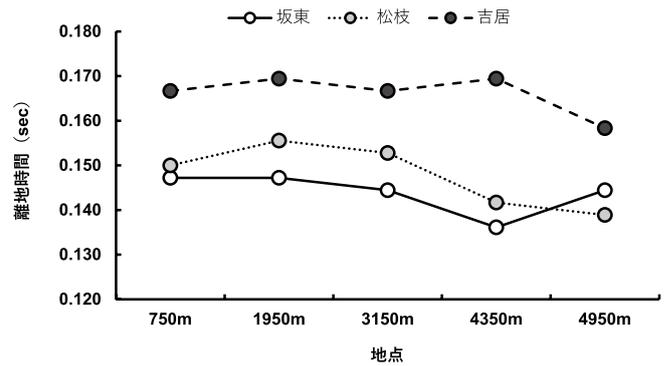
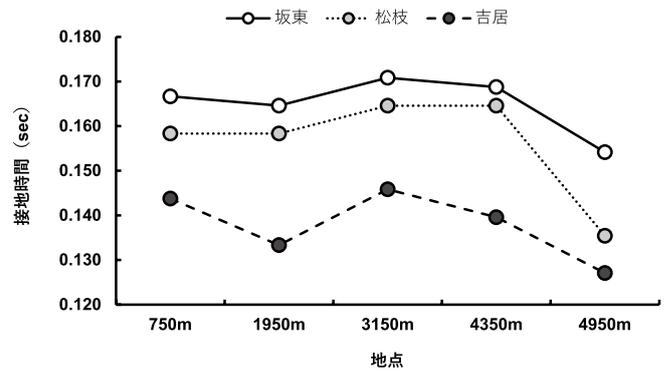


図2. 男子5000mにおける接地時間（上段）および離地時間（下段）の推移

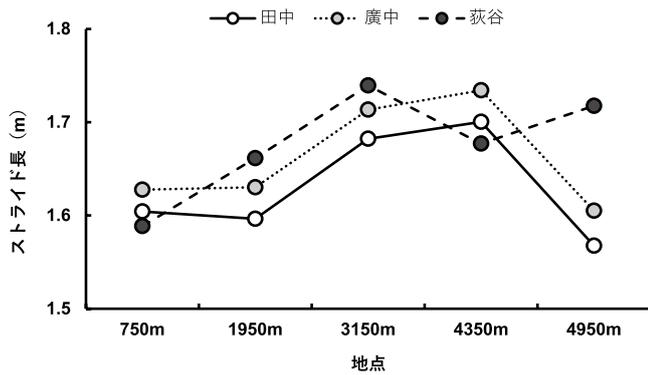
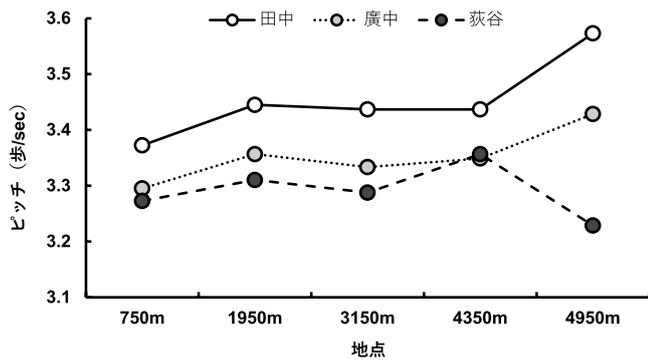
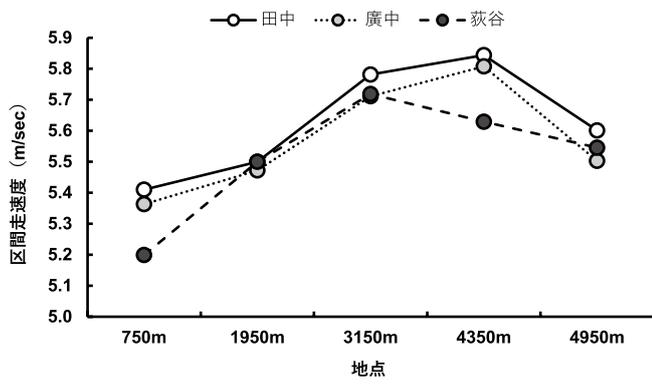


図3. 女子5000mにおける区間走速度（上段）、ピッチ（中段）およびストライド長（下段）の推移

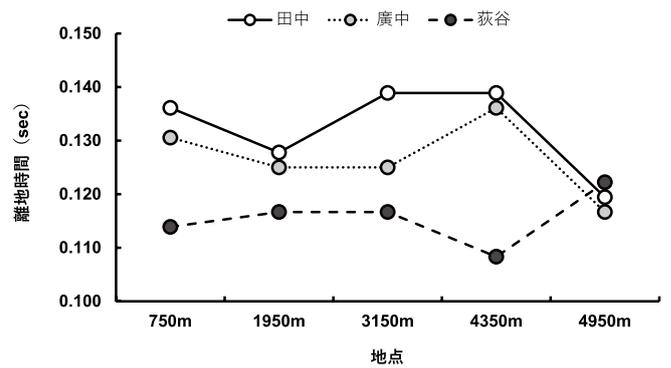
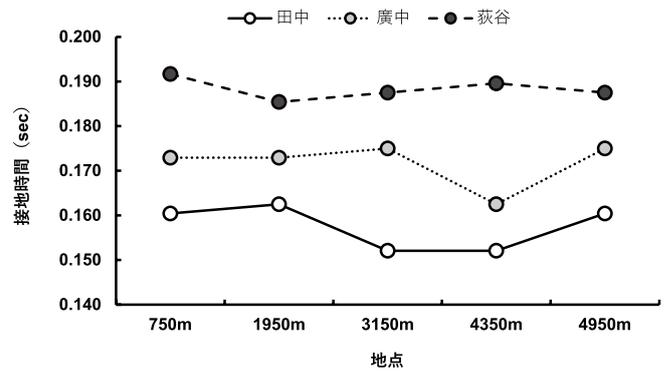


図4. 女子5000mにおける接地時間（上段）および離地時間（下段）の推移

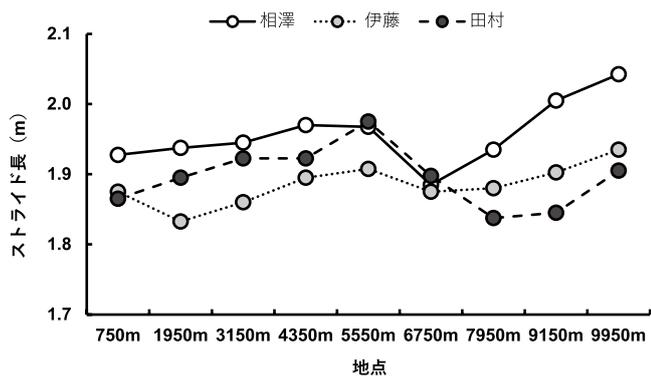
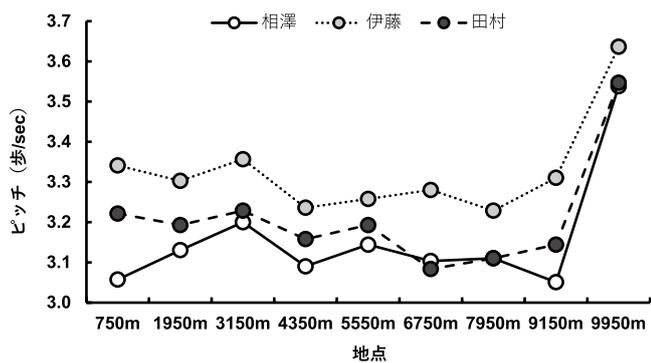
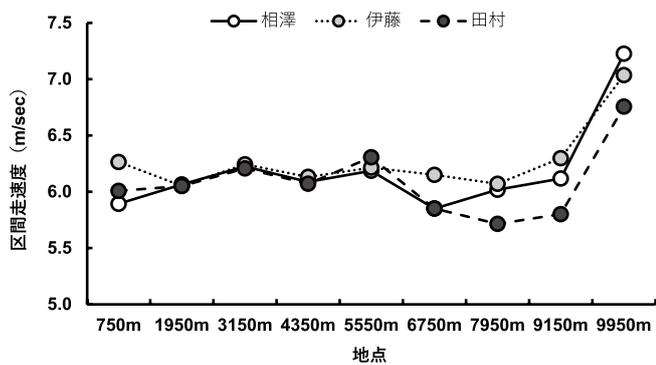


図5. 男子10000mにおける区間走速度（上段）、ピッチ（中段）およびストライド長（下段）の推移

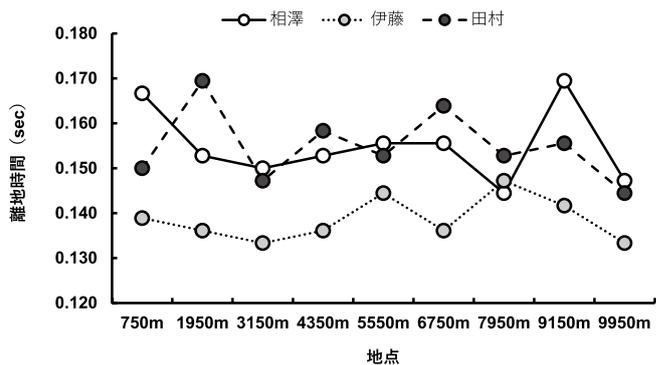
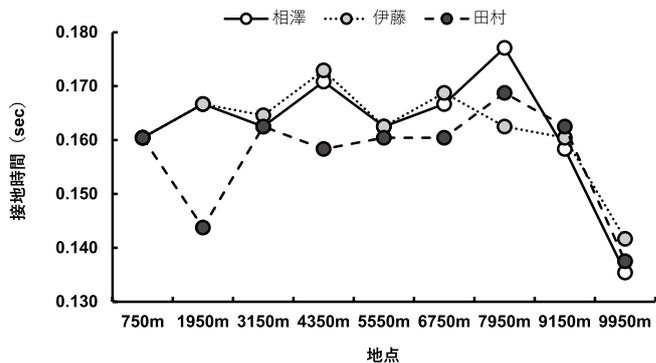


図6. 男子10000mにおける接地時間（上段）および離地時間（下段）の推移

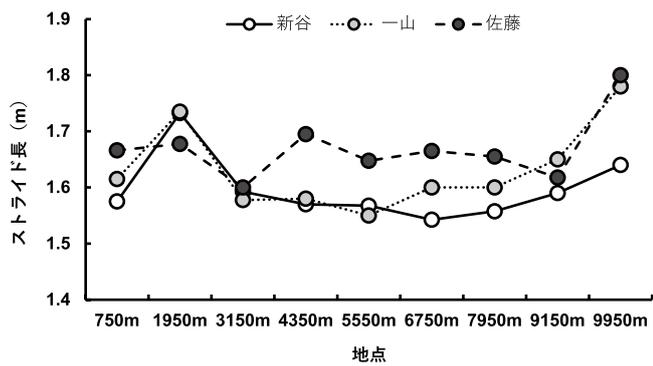
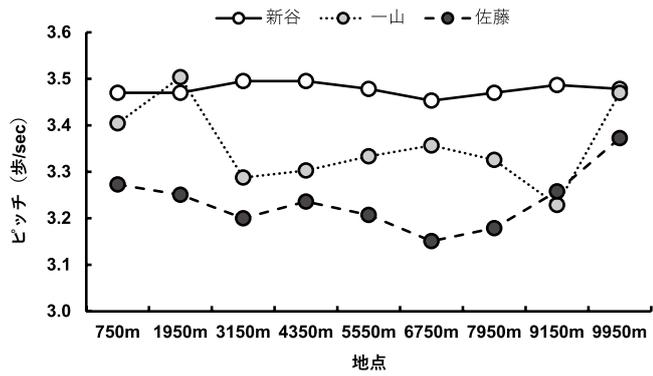
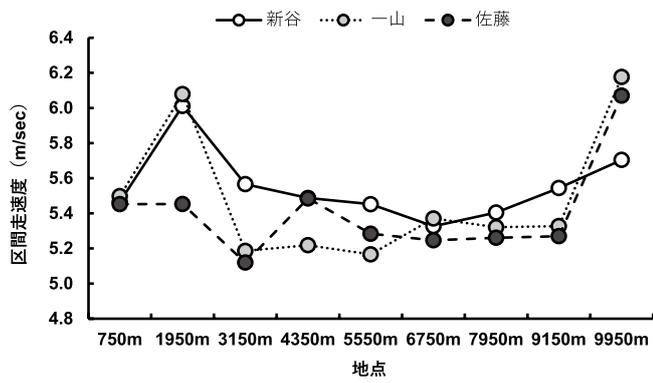


図7. 女子10000mにおける区間走速度（上段）、ピッチ（中段）およびストライド長（下段）の推移

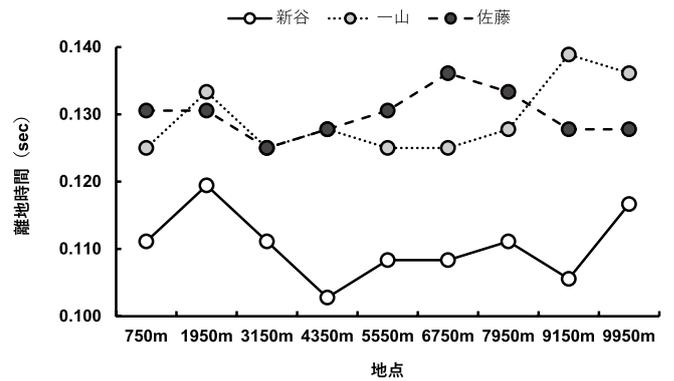
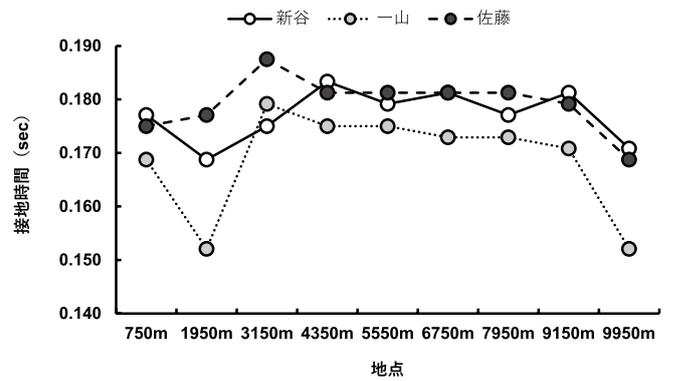


図8. 女子10000mにおける接地時間（上段）および離地時間（下段）の推移

2020 年度日本選手権大会（長距離種目）における男女 5000m および 10000m の走動作分析

黒崎渥矢¹⁾ 上野弘聖¹⁾ 丹治史弥²⁾ 栗原俊³⁾ 杉田正明⁴⁾ 阿江通良⁴⁾

1) 日本体育大学大学院 2) 東海大学 3) 東海大学大学院 4) 日本体育大学

1. はじめに

本稿では、2020 年 12 月 4 日にヤンマースタジアム長居（大阪）で開催された第 104 回日本陸上競技選手権大会（長距離種目）において日本陸上競技連盟科学委員会が実施した活動から、長距離疾走動作のバイオメカニクス分析結果をレース前・後半の疾走フォーム（stick picture）、パフォーマンスパラメータ（走スピード、ストライド、ピッチ、支持時間、非支持時間）、および重心の上下動について報告する。

2. 方法

2-1. 対象者

5000m および 10000m に出場した男子選手ならびに女子選手のうち、各種目の上位 3 選手ずつを分析対象とした。表 1～4 に各種目の競技結果を示した。

2-2. 撮影方法

撮影には 1 台のデジタルビデオカメラ（AX-700, SONY 社製、撮影速度：毎秒 120 コマ、シャッター速度 1/1000 秒）をバックストレート外側に固定し、選手の走動作を側方から撮影した。撮影範囲は 145m-155m の 10m 区間とした。

2-3. 分析方法

撮影した映像データは、ビデオ動作解析システム（Flame-DIAS VI, DKH 社製）を用いて、身体分析点 23 点をデジタル化し 2 次元 DLT 法を用いて座標値を算出した。分析地点は、男女ともに、5000m では 1950m と 3950m, 10000m では 4150m と 8150m 地点の各種目 2 地点ずつとした。なお、男子 10000m 出場の伊藤選手、田村選手は 4550m と 8150m の 2 地点を、女子 5000m 出場の萩谷選手は 2750m と 3950m の 2 地点を分析地点とした。また、分析区間は右足接

地から次の右足接地までの 1 サイクルとした。

身体重心位置は算出した身体各部の座標値から、阿江（1996）の身体部分慣性係数を用いて算出した。ストライドは、1 サイクル中の水平方向の身体重心

表 1 男子 5000m 競技結果
男子5000m

氏名	順位	記録
坂東 悠汰	1	13分18秒49
松枝 博輝	2	13分24秒78
吉居 大和	3	13分25秒87

表 2 男子 10000m 競技結果
男子10000m

氏名	順位	記録
相澤 晃	1	27分18秒75
伊藤 達彦	2	27分25秒73
田村 和希	3	27分28秒92

表 3 女子 5000m 競技結果
女子5000m

氏名	順位	記録
田中 希実	1	15分05秒65
廣中 璃梨佳	2	15分07秒11
萩谷 楓	3	15分19秒41

表 4 女子 10000m 競技結果
女子10000m

氏名	順位	記録
新谷 仁美	1	30分20秒44
一山 麻緒	2	31分11秒56
佐藤 早也伽	3	31分30秒19

変位を2で割ることで算出した。ピッチは、1サイクル中の映像データから、1歩に要した時間の平均値の逆数として算出した。そして、走スピードは、ストライドとピッチの積によって算出した。本稿では、榎本ほか（2010）に倣い、1サイクル中の支持時間は、左右各足の接地から離地までに要した時間、2歩分の平均値として算出し、非支持時間は左右各足の離地から接地までに要した時間、2歩分の平均値として算出した。また、身体重心の上下動は、右足離地後の非支持期中の身体重心最高点から右足接地後の支持期中の身体重心最下点を引くことで算出した。

3. 結果

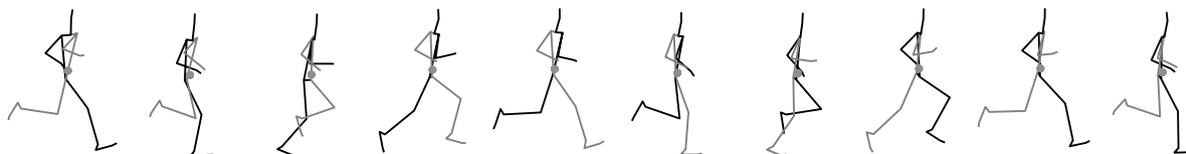
図1～3は、男子5000mの3選手の疾走フォーム(stick picture)、パフォーマンスパラメータおよび身体重心の上下動をそれぞれ示している。また、図4～6には、男子10000mの3選手、図7～9には、女子5000mの3選手、そして、図10～12には女子10000mの3選手に分けて同様のデータをそれぞれ示している。

4. 引用・参考文献

阿江通良（1996）日本人幼少年およびアスリーートの身体部分慣性係数。 Japanese Journal of Sports Sciences 15（3）：155-162.

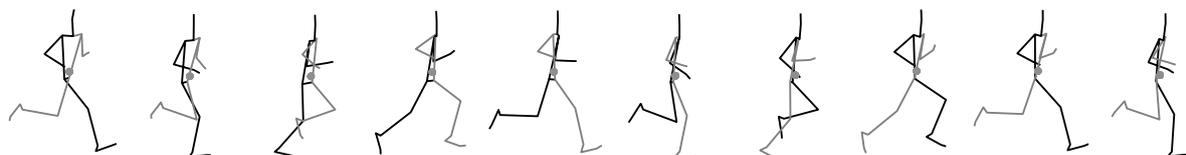
榎本靖士・門野洋介・法元康二・鈴木雄太・小山桂史・千葉哲（2010）長距離レースにおける世界一流選手の走動作の特徴。日本陸上競技連盟バイオメカニクス研究班編 世界一流陸上競技者のパフォーマンスと技術。日本陸上競技連盟：東京，pp. 135-153.

男子5000m (1950m)
坂東 悠汰



走スピード(m/s)	ストライド(m)	身長比ストライド	ピッチ(歩/s)	支持時間(s)	非支持時間(s)	重心の上下動(m)
5.89	1.82	0.96	3.24	0.18	0.13	0.08

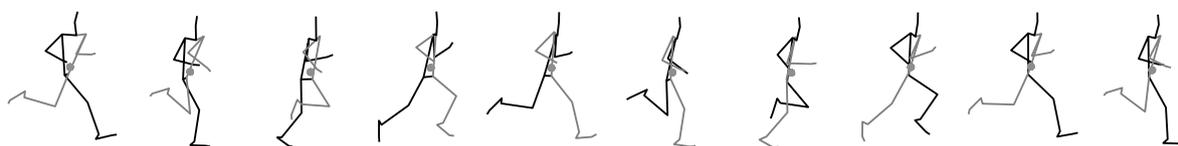
男子5000m (3950m)
坂東 悠汰



走スピード(m/s)	ストライド(m)	身長比ストライド	ピッチ(歩/s)	支持時間(s)	非支持時間(s)	重心の上下動(m)
5.99	1.85	0.97	3.24	0.18	0.13	0.07

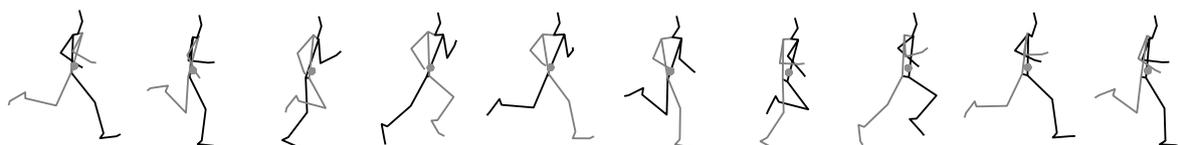
図1 男子 5000m 坂東選手の stick picture ならびに各パフォーマンスパラメータ

男子5000m (1950m)
松枝 博輝



走スピード(m/s)	ストライド(m)	身長比ストライド	ピッチ(歩/s)	支持時間(s)	非支持時間(s)	重心の上下動(m)
5.93	1.80	1.03	3.29	0.18	0.13	0.08

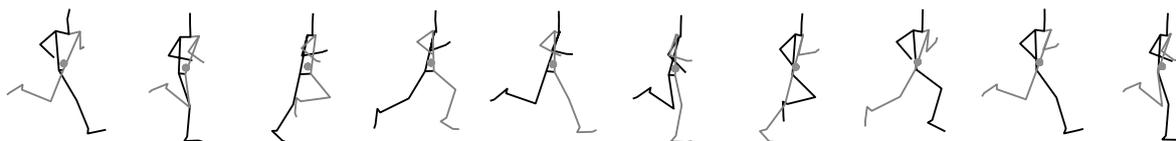
男子5000m (3950m)
松枝 博輝



走スピード(m/s)	ストライド(m)	身長比ストライド	ピッチ(歩/s)	支持時間(s)	非支持時間(s)	重心の上下動(m)
5.83	1.80	1.03	3.24	0.18	0.13	0.07

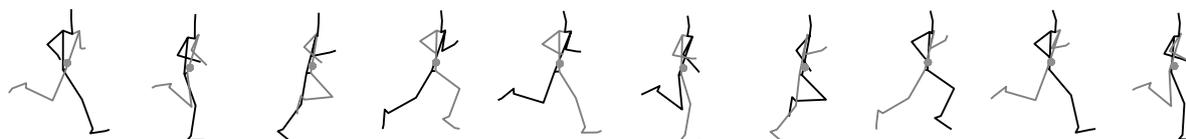
図2 男子 5000m 松枝選手の stick picture ならびに各パフォーマンスパラメータ

男子5000m (1950m)
吉居 大和



走スピード(m/s)	ストライド(m)	身長比ストライド	ピッチ(歩/s)	支持時間(s)	非支持時間(s)	重心の上下動(m)
6.15	1.87	1.11	3.29	0.15	0.15	0.08

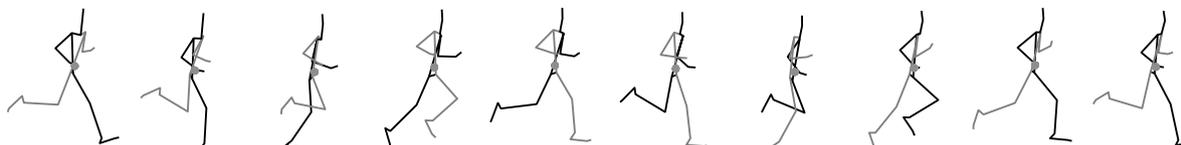
男子5000m (3950m)
吉居 大和



走スピード(m/s)	ストライド(m)	身長比ストライド	ピッチ(歩/s)	支持時間(s)	非支持時間(s)	重心の上下動(m)
5.73	1.74	1.04	3.29	0.15	0.15	0.08

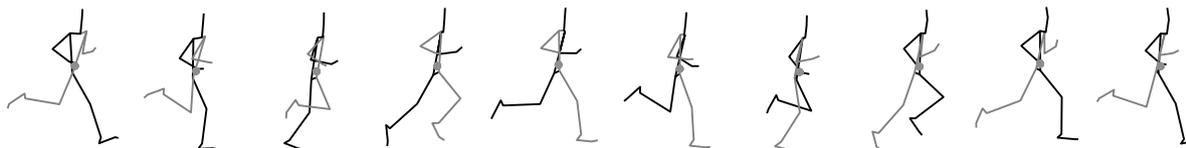
図3 男子 5000m 吉居選手の stick picture ならびに各パフォーマンスパラメータ

男子10000m (4150m)
相澤 晃



走スピード(m/s)	ストライド(m)	身長比ストライド	ピッチ(歩/s)	支持時間(s)	非支持時間(s)	重心の上下動(m)
5.60	1.80	1.01	3.12	0.20	0.13	0.08

男子10000m (8150m)
相澤 晃



走スピード(m/s)	ストライド(m)	身長比ストライド	ピッチ(歩/s)	支持時間(s)	非支持時間(s)	重心の上下動(m)
5.65	1.81	1.02	3.12	0.18	0.15	0.10

図4 男子 10000m 相澤選手の stick picture ならびに各パフォーマンスパラメータ

男子10000m (4550m)
伊藤 達彦



走スピード(m/s)	ストライド(m)	身長比ストライド	ピッチ(歩/s)	支持時間(s)	非支持時間(s)	重心の上下動(m)
5.69	1.73	1.02	3.29	0.18	0.12	0.07

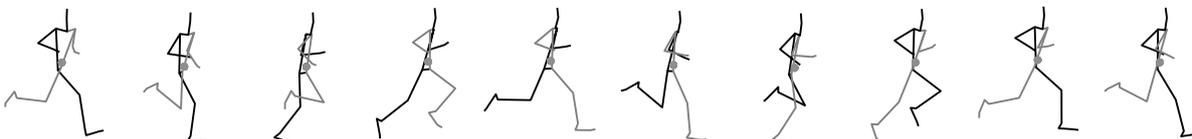
男子10000m (8150m)
伊藤 達彦



走スピード(m/s)	ストライド(m)	身長比ストライド	ピッチ(歩/s)	支持時間(s)	非支持時間(s)	重心の上下動(m)
5.67	1.75	1.03	3.24	0.20	0.12	0.07

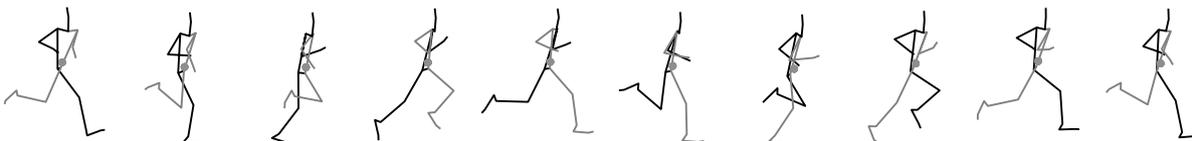
図5 男子 10000m 伊藤選手の stick picture ならびに各パフォーマンスパラメータ

男子10000m (4550m)
田村 和希



走スピード(m/s)	ストライド(m)	身長比ストライド	ピッチ(歩/s)	支持時間(s)	非支持時間(s)	重心の上下動(m)
5.62	1.83	1.09	3.08	0.19	0.14	0.09

男子10000m (8150m)
田村 和希



走スピード(m/s)	ストライド(m)	身長比ストライド	ピッチ(歩/s)	支持時間(s)	非支持時間(s)	重心の上下動(m)
5.43	1.74	1.04	3.12	0.18	0.14	0.09

図6 男子 10000m 田村選手の stick picture ならびに各パフォーマンスパラメータ

女子5000m (1950m)
田中 希実



走スピード(m/s)	ストライド(m)	身長比ストライド	ピッチ(歩/s)	支持時間(s)	非支持時間(s)	重心の上下動(m)
5.20	1.45	0.95	3.58	0.16	0.12	0.07

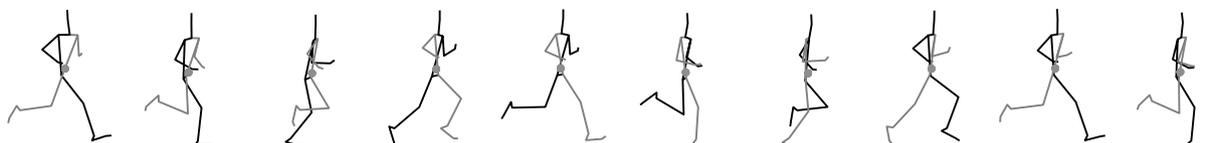
女子5000m (3950m)
田中 希実



走スピード(m/s)	ストライド(m)	身長比ストライド	ピッチ(歩/s)	支持時間(s)	非支持時間(s)	重心の上下動(m)
5.43	1.61	1.05	3.38	0.17	0.13	0.07

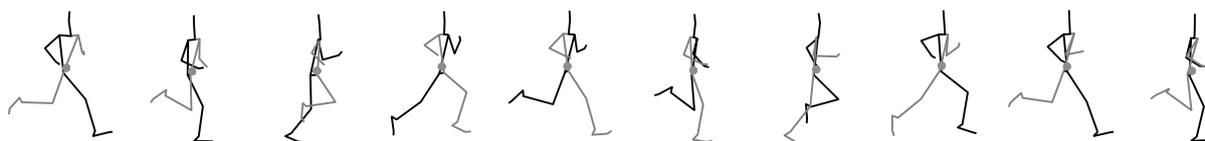
図7 女子 5000m 田中選手の stick picture ならびに各パフォーマンスパラメータ

女子5000m (1950m)
廣中 璃梨佳



走スピード(m/s)	ストライド(m)	身長比ストライド	ピッチ(歩/s)	支持時間(s)	非支持時間(s)	重心の上下動(m)
5.04	1.53	0.94	3.29	0.19	0.12	0.07

女子5000m (3950m)
廣中 璃梨佳



走スピード(m/s)	ストライド(m)	身長比ストライド	ピッチ(歩/s)	支持時間(s)	非支持時間(s)	重心の上下動(m)
5.35	1.61	0.99	3.33	0.18	0.13	0.07

図8 女子 5000m 廣中選手の stick picture ならびに各パフォーマンスパラメータ

女子5000m (2750m)
萩谷 楓



走スピード(m/s)	ストライド(m)	身長比ストライド	ピッチ(歩/s)	支持時間(s)	非支持時間(s)	重心の上下動(m)
5.24	1.57	0.98	3.33	0.20	0.10	0.06

女子5000m (3950m)
萩谷 楓



走スピード(m/s)	ストライド(m)	身長比ストライド	ピッチ(歩/s)	支持時間(s)	非支持時間(s)	重心の上下動(m)
5.24	1.57	0.98	3.33	0.20	0.10	0.06

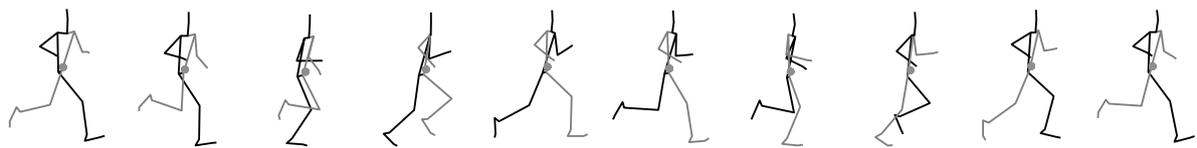
図9 女子5000m 萩谷選手の stick picture ならびに各パフォーマンスパラメータ

女子10000m (4150m)
新谷 仁美



走スピード(m/s)	ストライド(m)	身長比ストライド	ピッチ(歩/s)	支持時間(s)	非支持時間(s)	重心の上下動(m)
5.19	1.50	0.90	3.48	0.20	0.10	0.06

女子10000m (8150m)
新谷 仁美



走スピード(m/s)	ストライド(m)	身長比ストライド	ピッチ(歩/s)	支持時間(s)	非支持時間(s)	重心の上下動(m)
5.08	1.46	0.88	3.48	0.20	0.09	0.06

図10 女子10000m 新谷選手の stick picture ならびに各パフォーマンスパラメータ

女子10000m (4150m)
一山 麻緒



走スピード(m/s)	ストライド(m)	身長比ストライド	ピッチ(歩/s)	支持時間(s)	非支持時間(s)	重心の上下動(m)
4.92	1.46	0.92	3.38	0.20	0.10	0.06

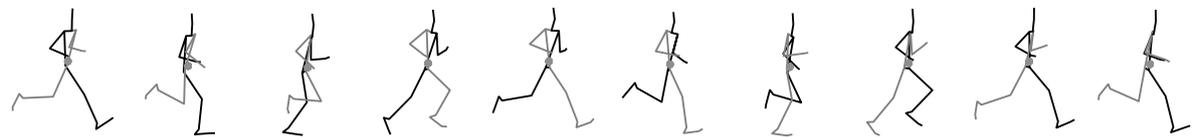
女子10000m (8150m)
一山 麻緒



走スピード(m/s)	ストライド(m)	身長比ストライド	ピッチ(歩/s)	支持時間(s)	非支持時間(s)	重心の上下動(m)
4.88	1.44	0.91	3.38	0.18	0.11	0.07

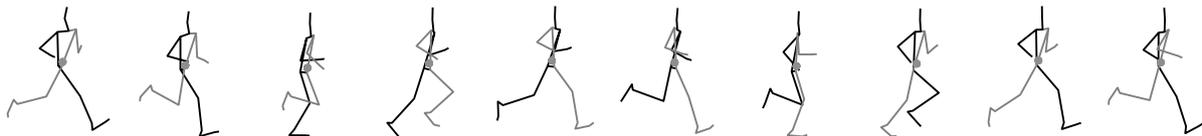
図 11 女子 10000m 一山選手の stick picture ならびに各パフォーマンスパラメータ

女子10000m (4150m)
佐藤 早也伽



走スピード(m/s)	ストライド(m)	身長比ストライド	ピッチ(歩/s)	支持時間(s)	非支持時間(s)	重心の上下動(m)
4.96	1.57	1.01	3.16	0.20	0.12	0.07

女子10000m (8150m)
佐藤 早也伽



走スピード(m/s)	ストライド(m)	身長比ストライド	ピッチ(歩/s)	支持時間(s)	非支持時間(s)	重心の上下動(m)
4.86	1.56	1.00	3.12	0.21	0.11	0.07

図 12 女子 10000m 佐藤選手の stick picture ならびに各パフォーマンスパラメータ

2020年シーズンにおける男子110mハードル走のレース分析

柴山一仁¹⁾ 貴嶋孝太²⁾ 杉本和那美³⁾ 森丘保典⁴⁾ 櫻井健一⁵⁾ 苅部俊二⁶⁾ 金子公宏⁷⁾
谷川聡⁸⁾

1) 仙台大学 2) 大阪体育大学 3) 弘前大学 4) 日本大学 5) 国際武道大学 6) 法政大学
7) 明治大学 8) 筑波大学

1. 緒言

2020年は、新型コロナウイルス感染症が世界的に流行し、競技会が軒並み延期または中止となり、競技者のトレーニングや試合計画に大きな影響を及ぼしたシーズンであった。その中でも7月以降は徐々に競技会が再開されはじめ、男子110mHでは8月に実施されたAthlete Night Games in FUKUIにおいて、金井大旺選手（ミズノ）が日本歴代2位となる13秒27を記録するなど、高いレベルでのレースが展開されており、2021年に延期されたオリンピックでの活躍が期待される。

これまでハードル走では、ハードル間に要した時間を計測し、それらのタイムをレース評価の指標として用いるレース分析が行われてきた（柴山ほか、2010；貴嶋ほか、2016；柴山ほか、2019；柴山ほか、2020）。本稿では、2020年シーズンに国内で開催された主要競技会におけるレース分析結果について、2019年に開催されたドーハ世界陸上競技選手権大会の分析結果を含めて報告する。

2. 方法

2.1 対象競技会および分析対象者

分析対象とした競技会は以下の7大会とし、参加した男子選手のべ54名を分析対象者とした。

- ①セイコーゴールデングランプリ陸上2020 東京（8月23日、国立競技場・東京）
- ②Athlete Night Games in Fukui 2020（8月29日、9.98スタジアム・福井）
- ③富士北麓ワールドトライアル2020（9月6日、富士北麓公園・山梨）
- ④第68回全日本実業団対抗陸上競技選手権大会（9月20日、熊谷スポーツ文化公園・埼玉）

⑤第104回日本陸上競技選手権大会（10月1日～3日、デンカビッグスワンスタジアム・新潟）

⑥第7回木南道孝記念陸上競技大会（5月6日、ヤンマースタジアム長居・大阪）

⑦第17回世界陸上競技選手権大会（9月30日～10月2日、カタール・ドーハ）

2.2 分析方法

上記競技会におけるレースを、複数台の高速ビデオカメラを用いて239.7fpsでパニング撮影した。スタートピストルの光が映像に写り込んだ瞬間を基準として、各カメラの映像を同期して分析を行った。撮影した映像から、各選手が10台のハードルを越える前の踏切脚接地と、越えた後のリード脚接地のコマを読み取り、所要時間を算出した。このとき、各ハードルの踏切脚接地からリード脚接地までの時間をハードリングタイム、リード脚接地から次のハードルの踏切脚接地までの時間をインターバルランタイムとし、二つの和を区間タイムと定義した。また、スタートシグナルから1台目ハードル後のリード脚接地までをアプローチ区間、10台目ハードル後のリード脚接地からフィニッシュライン通過までをランイン区間とし、同様にタイムを算出した。

ハードル間の距離である9.14mを各区間タイムで除することによって、各区間の平均速度を算出した。このとき、尾縣（1999）を参考に、アプローチ区間では着地側の距離として1.6mを加えた15.32mを区間距離とし、ランイン区間では1.6mを減じた12.42mを区間距離として平均速度を算出した。また、レース記録と算出項目の関係について検討するために、ピアソンの積率相関係数を算出した。

3. 結果および考察

表1から表7は、分析対象とした各レースにおけるタッチダウンタイム、区間タイム、インターバルランタイム、ハードリングタイムおよび区間スピードについて示したものである。表8は上記の内容と一部重複するが、2020年度110mH日本ランキング10位以内の選手がシーズンベスト記録を出したレースと、2019年に行われたドーハ世界陸上における決勝進出者の予選、準決勝を含む同大会中のベスト記録を出したレースの分析結果について示したものである(N=20, レース記録: 13.37 ± 0.19秒)。表8の分析結果に関して、図1に各区間における区間スピードの分析対象者の平均値とレース記録との関係を示した。区間スピードはアプローチ区間から増加し、3-4台目区間で最も高い値を示すと、その後は9-10台目区間まで漸減した。また、アプローチ区間から第8-9台目区間にかけて、レース記録と平均区間スピードに有意な高い負の相関関係が認められた。以降の区間では相関係数が漸減し、9-10台目区間では有意な負の相関関係が認められたが、ランイン区間では有意な相関関係は認められなかった。加えて、各分析対象者の最速区間における区間スピードとレース記録の間には、これまでの報告(柴山ほか, 2010; 貴嶋ほか, 2016; 柴山ほか, 2019)と同様に有意な高い負の相関関係が認められ、レース記録の良い選手ほど最速区間における区間スピードが高い傾向を示した。

これらの要因について検討するために、図2および図3に区間タイムの構成要素であるインターバルランタイム(図2)、ハードリングタイム(図3)とレース記録の関係性を示した。その結果、インターバルランタイムとレース記録には5-6台目区間のみ有意な正の相関関係がみられ、最速区間におけるインターバルランタイムとレース記録に有意な関係は認められなかった(表8)。一方ハードリングタイムとレース記録には、5, 9台目を除く全てのハードルにおいて有意な正の相関関係が認められ、最速区間におけるハードリングタイムとレース記録にも有意な正の相関関係が認められた(表8)。したがって、本研究におけるレース記録の良い選手は、ハードリングタイムが短いことによって高い区間スピードを獲得していたといえる。

柴山ほか(2010)は、2007年大阪世界陸上出場者のレース分析を行い、レース記録とインターバルランタイムの間に有意な正の相関関係が認められた一方で、ハードリングタイムとは有意な関係性が認

められなかったことを報告しており、本稿とは逆の結果を示している。この要因として、分析対象者のレース記録の範囲が異なることや、分析に使用したカメラの周波数の差、分析方法の違いなどが考えられるが、今後さらに分析対象者を追加し、詳細な分析を行う必要がある。

参考文献

- 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(2016) 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—。陸上競技研究紀要, 11: 106-114.
- 尾縣貢(1999) T&Fサイエンス講座 ハードルレース中のスピード変化。陸上競技マガジン, 49(13): 196-197.
- 柴山一仁, 川上小百合, 谷川聡(2010) 2007年世界陸上競技選手権大阪大会における男子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。日本陸上競技連盟バイオメカニクス研究班編 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阪大会, 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, 76-95.
- 柴山一仁, 貴嶋孝太, 杉本和那美, 森丘保典, 岩崎領, 櫻井健一, 苅部俊二, 金子公宏(2019) 2018年シーズンにおける男子110mハードル走のレース分析。陸上競技研究紀要, 14: 132-141.
- 柴山一仁, 貴嶋孝太, 杉本和那美, 森丘保典, 岩崎領, 櫻井健一, 苅部俊二, 金子公宏, 谷川聡(2020) 2019年シーズンにおける男子110mハードル走のレース分析。陸上競技研究紀要, 15: 215-226.

表1 レース分析結果 (セイコー GGP 男子 110mH 決勝 2020年8月23日)

順位	選手名	所属	記録	風	ハードル 区間	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	8th	9th	10th		
						app	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	run-in	
1	金井 大旺	ミズノ	13.45	-0.4	タッチダウンタイム(秒)	2.55	3.60	4.65	5.68	6.73	7.77	8.81	9.88	10.93	12.03	13.45	
					区間タイム(秒)	2.55	1.05	1.05	1.03	1.04	1.04	1.04	1.07	1.06	1.10	1.10	1.42
					インターバルランタイム(秒)	0.55	0.55	0.53	0.54	0.55	0.55	0.55	0.55	0.56	0.58		
					ハードリングタイム(秒)	0.51	0.49	0.51	0.50	0.50	0.50	0.50	0.51	0.51	0.50	0.53	
					区間スピード(m/秒)	6.01	8.74	8.67	8.85	8.77	8.77	8.77	8.57	8.64	8.31	8.77	
2	村竹 ラシッド	順天堂大	13.65	-0.4	タッチダウンタイム(秒)	2.58	3.67	4.72	5.79	6.84	7.90	8.96	10.04	11.13	12.22	13.65	
					区間タイム(秒)	2.58	1.08	1.05	1.07	1.05	1.07	1.06	1.08	1.09	1.09	1.43	
					インターバルランタイム(秒)	0.58	0.56	0.56	0.55	0.57	0.55	0.58	0.58	0.59	0.60		
					ハードリングタイム(秒)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50		
					区間スピード(m/秒)	5.93	8.44	8.67	8.57	8.70	8.57	8.64	8.50	8.40	8.37	8.67	
3	高山 峻野	ゼンリン	13.74	-0.4	タッチダウンタイム(秒)	2.58	3.65	4.70	5.75	6.81	7.87	8.95	10.06	11.16	12.27	13.74	
					区間タイム(秒)	2.58	1.07	1.05	1.05	1.06	1.08	1.10	1.10	1.11	1.11	1.47	
					インターバルランタイム(秒)	0.58	0.57	0.58	0.57	0.58	0.58	0.59	0.60	0.60			
					ハードリングタイム(秒)	0.50	0.50	0.48	0.48	0.48	0.49	0.50	0.51	0.50	0.50		
					区間スピード(m/秒)	5.93	8.54	8.70	8.70	8.67	8.60	8.44	8.28	8.31	8.25	8.43	
4	栗城 アンソニー	新潟アルビレックスRC	13.79	-0.4	タッチダウンタイム(秒)	2.63	3.72	4.79	5.85	6.91	7.97	9.05	10.13	11.21	12.31	13.79	
					区間タイム(秒)	2.63	1.08	1.08	1.06	1.06	1.06	1.08	1.08	1.08	1.10	1.48	
					インターバルランタイム(秒)	0.60	0.59	0.58	0.57	0.59	0.60	0.60	0.61	0.62			
					ハードリングタイム(秒)	0.51	0.48	0.49	0.48	0.49	0.47	0.48	0.48	0.47	0.48		
					区間スピード(m/秒)	5.82	8.44	8.50	8.64	8.64	8.60	8.44	8.50	8.44	8.31	8.41	
5	藤井 亮汰	三重県スポーツ協会	13.79	-0.4	タッチダウンタイム(秒)	2.60	3.67	4.73	5.77	6.82	7.88	8.97	10.08	11.19	12.31	13.79	
					区間タイム(秒)	2.60	1.07	1.06	1.04	1.05	1.06	1.10	1.10	1.11	1.13	1.48	
					インターバルランタイム(秒)	0.56	0.54	0.54	0.55	0.55	0.56	0.58	0.58	0.60			
					ハードリングタイム(秒)	0.52	0.51	0.53	0.50	0.50	0.51	0.54	0.53	0.53	0.53		
					区間スピード(m/秒)	5.90	8.54	8.60	8.81	8.70	8.64	8.34	8.28	8.22	8.12	8.41	
6	石田トーマス	東 勝浦ゴルフ倶楽部	14.09	-0.4	タッチダウンタイム(秒)	2.70	3.79	4.86	5.93	7.01	8.11	9.23	10.34	11.46	12.61	14.09	
					区間タイム(秒)	2.70	1.09	1.07	1.07	1.08	1.10	1.11	1.11	1.13	1.15	1.48	
					インターバルランタイム(秒)	0.59	0.58	0.59	0.59	0.61	0.61	0.61	0.62	0.63			
					ハードリングタイム(秒)	0.54	0.50	0.49	0.48	0.49	0.49	0.50	0.50	0.51	0.53		
					区間スピード(m/秒)	5.67	8.37	8.54	8.57	8.47	8.28	8.22	8.22	8.12	7.95	8.41	
7	豊田 兼	桐朋高	14.15	-0.4	タッチダウンタイム(秒)	2.60	3.68	4.76	5.85	6.98	8.08	9.19	10.33	11.48	12.62	14.15	
					区間タイム(秒)	2.60	1.08	1.09	1.09	1.12	1.10	1.12	1.14	1.15	1.15	1.53	
					インターバルランタイム(秒)	0.62	0.62	0.60	0.64	0.63	0.63	0.63	0.67	0.67			
					ハードリングタイム(秒)	0.48	0.46	0.47	0.49	0.48	0.48	0.49	0.51	0.48	0.48		
					区間スピード(m/秒)	5.90	8.47	8.40	8.37	8.15	8.31	8.19	8.04	7.98	7.98	8.12	
8	矢澤 航	デサントTC	14.29	-0.4	タッチダウンタイム(秒)	2.67	3.80	4.90	6.00	7.10	8.19	9.29	10.42	11.56	12.72	14.29	
					区間タイム(秒)	2.67	1.13	1.11	1.10	1.09	1.10	1.10	1.13	1.14	1.16	1.57	
					インターバルランタイム(秒)	0.61	0.60	0.61	0.60	0.60	0.60	0.61	0.63	0.64			
					ハードリングタイム(秒)	0.53	0.52	0.51	0.49	0.50	0.50	0.50	0.52	0.50	0.53		
					区間スピード(m/秒)	5.75	8.09	8.25	8.31	8.37	8.34	8.34	8.06	8.04	7.86	7.92	

表2 レース分析結果 (Athlete Night Games in FUKUI 男子 110mH 決勝 2020年8月29日)

順位	選手名	所属	記録	風	ハードル 区間	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	8th	9th	10th	
						app	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	run-in
1	金井 大旺	ミズノ	13.27	+1.4	タッチダウンタイム(秒)	2.55	3.60	4.63	5.65	6.66	7.70	8.73	9.78	10.83	11.90	13.27
					区間タイム(秒)	2.55	1.05	1.03	1.03	1.01	1.04	1.03	1.05	1.04	1.08	1.37
					インターバルランタイム(秒)	0.55	0.52	0.53	0.53	0.54	0.53	0.55	0.55	0.55	0.57	
					ハードリングタイム(秒)	0.50	0.50	0.51	0.49	0.48	0.50	0.51	0.50	0.50	0.51	
					区間スピード(m/秒)	6.01	8.74	8.88	8.92	9.06	8.77	8.85	8.70	8.77	8.50	9.07
2	高山 峻野	ゼンリン	13.34	+1.4	タッチダウンタイム(秒)	2.57	3.60	4.62	5.63	6.64	7.68	8.72	9.75	10.82	11.90	13.34
					区間タイム(秒)	2.57	1.03	1.02	1.01	1.02	1.04	1.03	1.03	1.07	1.08	1.44
					インターバルランタイム(秒)	0.55	0.56	0.55	0.56	0.58	0.56	0.57	0.59	0.60		
					ハードリングタイム(秒)	0.49	0.48	0.46	0.45	0.45	0.47	0.47	0.46	0.48	0.48	
					区間スピード(m/秒)	5.97	8.88	8.95	9.06	8.99	8.77	8.85	8.85	8.57	8.44	8.63
3	石川 周平	富士通	13.39	+1.4	タッチダウンタイム(秒)	2.56	3.62	4.65	5.67	6.70	7.73	8.75	9.80	10.85	11.92	13.39
					区間タイム(秒)	2.56	1.05	1.03	1.02	1.03	1.03	1.05	1.05	1.07	1.47	
					インターバルランタイム(秒)	0.60	0.58	0.59	0.58	0.58	0.58	0.58	0.60	0.60		
					ハードリングタイム(秒)	0.47	0.45	0.45	0.43	0.45	0.45	0.45	0.46	0.45	0.47	
					区間スピード(m/秒)	5.98	8.67	8.85	8.95	8.88	8.88	8.92	8.74	8.74	8.54	8.43
4	野本 周成	愛媛陸協	13.45	+1.4	タッチダウンタイム(秒)	2.55	3.62	4.68	5.71	6.75	7.80	8.84	9.91	10.99	12.06	13.45
					区間タイム(秒)	2.55	1.07	1.05	1.04	1.03	1.06	1.04	1.07	1.08	1.07	1.39
					インターバルランタイム(秒)	0.58	0.55	0.54	0.54	0.54	0.54	0.57	0.56	0.56		
					ハードリングタイム(秒)	0.51	0.49	0.50	0.50	0.50	0.52	0.50	0.50	0.52	0.50	
					区間スピード(m/秒)	6.01	8.54	8.67	8.81	8.85	8.64	8.81	8.54	8.47	8.57	8.92
5	藤井 亮汰	三重県スポーツ協会	13.58	+1.4	タッチダウンタイム(秒)	2.59	3.65	4.68	5.70	6.76	7.82	8.87	9.94	11.02	12.14	13.58
					区間タイム(秒)	2.59	1.05	1.03	1.03	1.06	1.06	1.05	1.07	1.08	1.12	1.44
					インターバルランタイム(秒)	0.55	0.54	0.53	0.55	0.54	0.54	0.55	0.58	0.59		
					ハードリングタイム(秒)	0.50	0.50	0.49	0.50	0.51	0.52	0.51	0.52	0.50	0.53	
					区間スピード(m/秒)	5.91	8.67	8.85	8.92	8.64	8.64	8.70	8.54	8.47	8.19	8.61
6	高橋 佑輔	DAC	13.60	+1.4	タッチダウンタイム(秒)	2.62	3.72	4.76	5.81	6.87	7.93	9.01	10.07	11.15	12.23	13.60
					区間タイム(秒)	2.62	1.10	1.04	1.05	1.06	1.05	1.09	1.06	1.08	1.08	1.37
					インターバルランタイム(秒)	0.60	0.56	0.58	0.58	0.57	0.58	0.57	0.59	0.59		
					ハードリングタイム(秒)	0.50	0.50	0.48	0.47	0.48	0.48	0.51	0.49	0.49	0.50	
					区間スピード(m/秒)	5.85	8.34	8.77	8.70	8.60	8.67	8.40	8.64	8.50	8.44	9.06
7	増野 元太	メイスンワーク	13.62	+1.4	タッチダウンタイム(秒)	2.61	3.67	4.72	5.75	6.81	7.88	8.94	10.00	11.09	12.19	13.62
					区間タイム(秒)	2.61	1.06	1.05	1.03	1.05	1.07	1.06	1.07	1.08	1.10	1.43
					インターバルランタイム(秒)	0.57	0.56	0.55	0.56	0.58	0.57	0.58	0.58	0.59	0.60	
					ハードリングタイム(秒)	0.49	0.50	0.49	0.49	0.49	0.49	0.50	0.49	0.50	0.50	
					区間スピード(m/秒)	5.87	8.60	8.70	8.85	8.67	8.57	8.60	8.57	8.44	8.28	8.70
8	栗城 アンソニー	新潟アルビレックスRC	13.64	+1.4	タッチダウンタイム(秒)	2.65	3.72	4.77	5.83	6.85	7.90	8.95	10.04	11.10	12.19	13.64
					区間タイム(秒)	2.65	1.07	1.05	1.06	1.03	1.05	1.05	1.08	1.07	1.09	1.45
					インターバルランタイム(秒)	0.60	0.58	0.60	0.58	0.60	0.58	0.61	0.60	0.61		
					ハードリングタイム(秒)	0.49	0.48	0.47	0.46	0.45	0.46	0.47	0.48	0.47	0.48	
					区間スピード(m/秒)	5.79	8.54	8.70	8.64	8.92	8.67	8.70	8.44	8.57	8.40	8.58

表3 レース分析結果 (富士北麓ワールドトライアル 男子110mH決勝 2020年9月6日)

順位	選手名	所属	記録	風	ハードル 区間	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	8th	9th	10th	
						app	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	run-in
1	増野 元太	メイスンワーク	13.69	+1.3	タッチダウンタイム(秒)	2.60	3.67	4.73	5.76	6.81	7.88	8.95	10.03	11.12	12.23	13.69
					区間タイム(秒)	2.60	1.07	1.06	1.03	1.05	1.06	1.08	1.08	1.09	1.11	1.46
					インターバルランタイム(秒)		0.56	0.57	0.55	0.56	0.57	0.58	0.57	0.59	0.60	
					ハードリングタイム(秒)		0.49	0.51	0.49	0.49	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.51
					区間スピード(m/秒)	5.89	8.57	8.64	8.85	8.67	8.60	8.50	8.50	8.37	8.22	8.50
2	藤井 亮汰	三重県スポーツ協会	13.78	+1.3	タッチダウンタイム(秒)	2.60	3.67	4.73	5.78	6.83	7.89	8.95	10.03	11.15	12.26	13.78
					区間タイム(秒)	2.60	1.07	1.06	1.05	1.05	1.06	1.07	1.08	1.13	1.11	1.52
					インターバルランタイム(秒)		0.56	0.55	0.55	0.54	0.55	0.55	0.55	0.58	0.58	
					ハードリングタイム(秒)		0.52	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.52	0.52	0.54	0.53
					区間スピード(m/秒)	5.89	8.57	8.64	8.67	8.70	8.64	8.57	8.50	8.12	8.25	8.18
3	田中 秀明	博多松美屋	14.13	+1.3	タッチダウンタイム(秒)	2.71	3.83	4.92	6.00	7.10	8.19	9.28	10.40	11.51	12.65	14.13
					区間タイム(秒)	2.71	1.12	1.09	1.09	1.10	1.09	1.12	1.11	1.15	1.48	
					インターバルランタイム(秒)		0.60	0.57	0.56	0.55	0.57	0.57	0.58	0.59	0.60	
					ハードリングタイム(秒)		0.52	0.52	0.53	0.53	0.54	0.53	0.52	0.53	0.53	0.54
					区間スピード(m/秒)	5.66	8.19	8.37	8.40	8.37	8.34	8.40	8.19	8.22	7.98	8.42
4	古谷 新太	国際武道大学	14.16	+1.3	タッチダウンタイム(秒)	2.65	3.76	4.83	5.92	7.00	8.10	9.22	10.36	11.49	12.64	14.16
					区間タイム(秒)	2.65	1.11	1.07	1.09	1.08	1.09	1.13	1.14	1.13	1.15	1.52
					インターバルランタイム(秒)		0.61	0.60	0.61	0.60	0.60	0.62	0.62	0.63	0.63	
					ハードリングタイム(秒)		0.49	0.50	0.47	0.48	0.48	0.49	0.50	0.52	0.51	0.52
					区間スピード(m/秒)	5.79	8.22	8.54	8.37	8.44	8.37	8.12	8.04	8.06	7.95	8.18
5	富山 弘貴	慶應義塾大学	14.30	+1.3	タッチダウンタイム(秒)	2.68	3.81	4.93	6.04	7.13	8.24	9.35	10.49	11.62	12.78	14.30
					区間タイム(秒)	2.68	1.13	1.11	1.12	1.09	1.11	1.11	1.13	1.13	1.17	1.52
					インターバルランタイム(秒)		0.60	0.58	0.59	0.57	0.60	0.60	0.61	0.61	0.64	
					ハードリングタイム(秒)		0.55	0.53	0.53	0.53	0.52	0.51	0.52	0.52	0.52	0.53
					区間スピード(m/秒)	5.71	8.09	8.22	8.19	8.37	8.25	8.22	8.06	8.09	7.83	8.19
6	石原 秀星	巨摩高	15.21	+1.3	タッチダウンタイム(秒)	2.83	4.00	5.18	6.38	7.56	8.74	9.93	11.12	12.36	13.61	15.21
					区間タイム(秒)	2.83	1.17	1.18	1.20	1.18	1.18	1.19	1.19	1.24	1.25	1.60
					インターバルランタイム(秒)		0.62	0.63	0.63	0.62	0.63	0.64	0.65	0.67	0.66	
					ハードリングタイム(秒)		0.59	0.55	0.55	0.57	0.55	0.56	0.55	0.54	0.57	0.59
					区間スピード(m/秒)	5.41	7.83	7.72	7.62	7.78	7.72	7.67	7.70	7.39	7.31	7.75

表4 レース分析結果 (全日本実業団 男子110mH決勝 2020年9月20日)

順位	選手名	所属	記録	風	ハードル 区間	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	8th	9th	10th	
						app	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	run-in
1	高山 峻野	ゼンリン	13.51	+0.1	タッチダウンタイム(秒)	2.58	3.64	4.67	5.69	6.73	7.78	8.83	9.88	10.95	12.05	13.51
					区間タイム(秒)	2.58	1.05	1.03	1.03	1.04	1.05	1.05	1.05	1.08	1.10	1.46
					インターバルランタイム(秒)		0.57	0.56	0.55	0.57	0.57	0.57	0.58	0.59	0.60	
					ハードリングタイム(秒)		0.49	0.48	0.47	0.47	0.47	0.48	0.48	0.47	0.49	0.49
					区間スピード(m/秒)	5.93	8.67	8.88	8.92	8.81	8.74	8.67	8.70	8.50	8.34	8.51
2	石川 周平	富士通	13.69	+0.1	タッチダウンタイム(秒)	2.58	3.63	4.68	5.73	6.78	7.83	8.88	9.97	11.06	12.19	13.69
					区間タイム(秒)	2.58	1.05	1.05	1.04	1.05	1.05	1.09	1.09	1.13	1.50	
					インターバルランタイム(秒)		0.60	0.60	0.59	0.60	0.59	0.60	0.60	0.63	0.65	
					ハードリングタイム(秒)		0.47	0.46	0.45	0.45	0.45	0.46	0.45	0.49	0.46	0.48
					区間スピード(m/秒)	5.94	8.67	8.70	8.77	8.70	8.67	8.67	8.40	8.40	8.06	8.29
3	藤井 亮汰	三重県スポーツ協会	13.78	+0.1	タッチダウンタイム(秒)	2.60	3.68	4.73	5.79	6.83	7.90	8.98	10.06	11.16	12.28	13.78
					区間タイム(秒)	2.60	1.08	1.05	1.06	1.05	1.07	1.08	1.08	1.10	1.12	1.50
					インターバルランタイム(秒)		0.55	0.54	0.53	0.55	0.56	0.57	0.56	0.60	0.59	
					ハードリングタイム(秒)		0.52	0.52	0.51	0.53	0.50	0.50	0.52	0.52	0.50	0.53
					区間スピード(m/秒)	5.88	8.50	8.70	8.64	8.74	8.57	8.44	8.47	8.31	8.15	8.30
4	大室 秀樹	大塚製薬	13.92	+0.1	タッチダウンタイム(秒)	2.60	3.68	4.74	5.82	6.89	7.98	9.07	10.18	11.30	12.44	13.92
					区間タイム(秒)	2.60	1.08	1.06	1.08	1.07	1.09	1.09	1.11	1.11	1.14	1.48
					インターバルランタイム(秒)		0.55	0.55	0.57	0.56	0.58	0.57	0.59	0.59	0.62	
					ハードリングタイム(秒)		0.51	0.53	0.52	0.51	0.51	0.51	0.52	0.53	0.52	0.53
					区間スピード(m/秒)	5.90	8.44	8.60	8.50	8.54	8.37	8.37	8.22	8.22	8.01	8.38
5	栗城 アンソニー	新潟アルビレックスRC	13.92	+0.1	タッチダウンタイム(秒)	2.68	3.77	4.85	5.92	6.97	8.05	9.11	10.20	11.30	12.43	13.92
					区間タイム(秒)	2.68	1.10	1.08	1.08	1.05	1.08	1.07	1.08	1.10	1.13	1.50
					インターバルランタイム(秒)		0.62	0.60	0.60	0.59	0.60	0.61	0.62	0.63	0.64	
					ハードリングタイム(秒)		0.49	0.48	0.48	0.48	0.46	0.48	0.46	0.46	0.47	0.48
					区間スピード(m/秒)	5.73	8.34	8.50	8.50	8.74	8.47	8.57	8.44	8.28	8.12	8.31
6	和戸 達哉	麗澤瑞浪中高教	14.09	+0.1	タッチダウンタイム(秒)	2.62	3.72	4.81	5.89	6.97	8.05	9.15	10.28	11.40	12.54	14.09
					区間タイム(秒)	2.62	1.10	1.09	1.08	1.08	1.10	1.10	1.13	1.12	1.14	1.55
					インターバルランタイム(秒)		0.63	0.62	0.60	0.60	0.61	0.61	0.63	0.62	0.64	
					ハードリングタイム(秒)		0.49	0.48	0.47	0.48	0.48	0.48	0.49	0.50	0.50	0.50
					区間スピード(m/秒)	5.85	8.28	8.40	8.44	8.50	8.44	8.28	8.09	8.19	8.04	8.00
7	田中 秀明(予選)	博多松美屋	14.09	+1.7	タッチダウンタイム(秒)	2.68	3.78	4.86	5.95	7.04	8.13	9.22	10.33	11.47	12.61	14.09
					区間タイム(秒)	2.68	1.10	1.08	1.08	1.09	1.09	1.10	1.11	1.13	1.15	1.48
					インターバルランタイム(秒)		0.58	0.57	0.55	0.57	0.57	0.58	0.59	0.61	0.62	
					ハードリングタイム(秒)		0.54	0.53	0.51	0.53	0.52	0.52	0.52	0.52	0.53	0.53
					区間スピード(m/秒)	5.73	8.28	8.44	8.44	8.37	8.40	8.34	8.22	8.06	7.98	8.41
8	金井 大旺(予選)	ミズノ	13.38	+1.7	タッチダウンタイム(秒)	2.55	3.60	4.65	5.66	6.69	7.72	8.75	9.82	10.88	11.95	13.38
					区間タイム(秒)	2.55	1.05	1.04	1.02	1.03	1.03	1.03	1.07	1.07	1.07	1.43
					インターバルランタイム(秒)		0.55	0.55	0.52	0.54	0.53	0.54	0.56	0.57	0.57	
					ハードリングタイム(秒)		0.53	0.50	0.50	0.50	0.49	0.50	0.49	0.51	0.50	0.50
					区間スピード(m/秒)	6.00	8.70	8.77	8.99	8.88	8.88	8.88	8.57	8.57	8.54	8.71

表5 レース分析結果 (日本選手権 男子 110mH 決勝 2020年10月3日)

順位	選手名	所属	記録	風	ハードル 区間	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	8th	9th	10th		
						app	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	run-in	
1	金井 大旺	ミズノ	13.36	-0.1	タッチダウンタイム(秒)	2.56	3.60	4.63	5.66	6.68	7.73	8.77	9.84	10.89	11.95	13.36	
					区間タイム(秒)	2.56	1.04	1.03	1.03	1.03	1.05	1.03	1.05	1.07	1.07	1.07	1.41
					インターバルランタイム(秒)		0.54	0.53	0.54	0.53	0.55	0.53	0.55	0.55	0.55	0.57	
					ハードリングタイム(秒)		0.51	0.50	0.50	0.50	0.49	0.50	0.50	0.50	0.50	0.52	0.50
					区間スピード(m/秒)	5.99	8.81	8.88	8.85	8.92	8.70	8.85	8.70	8.54	8.57	8.83	
2	高山 峻野	ゼンリン	13.47	-0.1	タッチダウンタイム(秒)	2.57	3.60	4.63	5.66	6.70	7.73	8.78	9.84	10.92	12.02	13.47	
					区間タイム(秒)	2.57	1.03	1.04	1.03	1.04	1.03	1.05	1.05	1.08	1.10	1.45	
					インターバルランタイム(秒)		0.57	0.57	0.56	0.56	0.56	0.58	0.58	0.59	0.60		
					ハードリングタイム(秒)		0.48	0.46	0.47	0.46	0.48	0.47	0.48	0.48	0.49	0.50	
					区間スピード(m/秒)	5.97	8.88	8.81	8.92	8.81	8.85	8.67	8.67	8.47	8.28	8.57	
3	泉谷 駿介	順天堂大	13.48	-0.1	タッチダウンタイム(秒)	2.59	3.65	4.69	5.71	6.74	7.81	8.85	9.92	10.97	12.07	13.48	
					区間タイム(秒)	2.59	1.06	1.04	1.02	1.03	1.07	1.05	1.06	1.05	1.10	1.41	
					インターバルランタイム(秒)		0.56	0.55	0.54	0.55	0.56	0.54	0.55	0.56	0.58		
					ハードリングタイム(秒)		0.51	0.50	0.49	0.48	0.48	0.50	0.51	0.51	0.50	0.52	
					区間スピード(m/秒)	5.92	8.64	8.77	8.95	8.85	8.57	8.74	8.60	8.67	8.34	8.79	
4	野本 周成	愛媛陸協	13.55	-0.1	タッチダウンタイム(秒)	2.54	3.63	4.68	5.73	6.78	7.83	8.90	9.97	11.05	12.13	13.55	
					区間タイム(秒)	2.54	1.09	1.05	1.04	1.05	1.05	1.07	1.07	1.08	1.08	1.43	
					インターバルランタイム(秒)		0.59	0.54	0.54	0.55	0.55	0.56	0.57	0.57	0.57		
					ハードリングタイム(秒)		0.50	0.50	0.51	0.50	0.50	0.50	0.51	0.50	0.50	0.51	
					区間スピード(m/秒)	6.04	8.37	8.67	8.77	8.70	8.67	8.54	8.54	8.50	8.47	8.72	
5	増野 元太	メイスンワーク	13.61	-0.1	タッチダウンタイム(秒)	2.59	3.65	4.71	5.76	6.81	7.87	8.94	10.00	11.09	12.18	13.61	
					区間タイム(秒)	2.59	1.06	1.05	1.05	1.05	1.06	1.07	1.06	1.08	1.10	1.43	
					インターバルランタイム(秒)		0.57	0.55	0.56	0.57	0.57	0.56	0.58	0.60	0.58		
					ハードリングタイム(秒)		0.50	0.49	0.50	0.49	0.48	0.49	0.51	0.48	0.49	0.52	
					区間スピード(m/秒)	5.91	8.60	8.67	8.70	8.67	8.64	8.54	8.60	8.44	8.34	8.71	
6	石田トーマス 東	勝浦ゴルフ倶楽部	13.67	-0.1	タッチダウンタイム(秒)	2.64	3.71	4.75	5.79	6.83	7.88	8.94	10.00	11.08	12.21	13.67	
					区間タイム(秒)	2.64	1.08	1.04	1.03	1.05	1.05	1.06	1.06	1.08	1.13	1.46	
					インターバルランタイム(秒)		0.59	0.58	0.57	0.58	0.59	0.59	0.60	0.61	0.64		
					ハードリングタイム(秒)		0.49	0.48	0.47	0.47	0.47	0.46	0.47	0.47	0.47	0.49	
					区間スピード(m/秒)	5.81	8.50	8.77	8.85	8.74	8.74	8.60	8.60	8.47	8.09	8.52	
7	石川 周平	富士通	13.71	-0.1	タッチダウンタイム(秒)	2.61	3.68	4.75	5.81	6.87	7.94	9.00	10.07	11.15	12.25	13.71	
					区間タイム(秒)	2.61	1.08	1.07	1.06	1.06	1.07	1.06	1.08	1.08	1.10	1.46	
					インターバルランタイム(秒)		0.63	0.61	0.60	0.60	0.61	0.61	0.61	0.62	0.63		
					ハードリングタイム(秒)		0.46	0.45	0.46	0.46	0.45	0.46	0.45	0.47	0.45	0.48	
					区間スピード(m/秒)	5.87	8.50	8.57	8.60	8.64	8.57	8.64	8.50	8.50	8.28	8.51	
8	横地 大雅	法政大	13.72	-0.1	タッチダウンタイム(秒)	2.67	3.75	4.80	5.83	6.88	7.93	8.97	10.05	11.12	12.23	13.72	
					区間タイム(秒)	2.67	1.08	1.05	1.03	1.05	1.04	1.05	1.08	1.07	1.11	1.49	
					インターバルランタイム(秒)		0.59	0.58	0.55	0.56	0.56	0.57	0.59	0.57	0.60		
					ハードリングタイム(秒)		0.50	0.49	0.48	0.48	0.49	0.48	0.48	0.50	0.50	0.51	
					区間スピード(m/秒)	5.74	8.50	8.67	8.88	8.67	8.77	8.74	8.44	8.57	8.22	8.35	

表6 レース分析結果 (木南記念 男子 110mH 決勝 2020年10月24日)

順位	選手名	所属	記録	風	ハードル 区間	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	8th	9th	10th	
						app	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	run-in
1	高山 峻野	ゼンリン	13.49	+0.6	タッチダウンタイム(秒)	2.53	3.58	4.61	5.65	6.68	7.73	8.79	9.84	10.93	12.01	13.49
					区間タイム(秒)	2.53	1.04	1.03	1.05	1.03	1.05	1.05	1.05	1.09	1.08	1.48
					インターバルランタイム(秒)		0.57	0.56	0.57	0.55	0.57	0.57	0.58	0.59	0.60	
					ハードリングタイム(秒)		0.50	0.48	0.48	0.48	0.47	0.48	0.48	0.48	0.50	0.49
					区間スピード(m/秒)	6.05	8.77	8.85	8.74	8.92	8.67	8.67	8.67	8.40	8.44	8.41
2	野本 周成	愛媛陸協	13.55	+0.6	タッチダウンタイム(秒)	2.53	3.59	4.65	5.69	6.75	7.81	8.88	9.95	11.03	12.12	13.55
					区間タイム(秒)	2.53	1.06	1.05	1.05	1.06	1.06	1.08	1.07	1.07	1.09	1.43
					インターバルランタイム(秒)		0.57	0.55	0.55	0.56	0.57	0.58	0.56	0.57	0.58	
					ハードリングタイム(秒)		0.51	0.50	0.50	0.49	0.50	0.49	0.50	0.51	0.50	0.52
					区間スピード(m/秒)	6.06	8.60	8.67	8.74	8.64	8.64	8.50	8.54	8.54	8.37	8.67
3	横地 大雅	法政大	13.67	+0.6	タッチダウンタイム(秒)	2.67	3.77	4.80	5.87	6.91	7.95	9.04	10.07	11.15	12.24	13.67
					区間タイム(秒)	2.67	1.10	1.03	1.07	1.04	1.05	1.08	1.03	1.08	1.09	1.43
					インターバルランタイム(秒)		0.62	0.55	0.56	0.55	0.55	0.58	0.55	0.59	0.59	
					ハードリングタイム(秒)		0.50	0.48	0.48	0.50	0.48	0.49	0.50	0.48	0.49	0.50
					区間スピード(m/秒)	5.74	8.31	8.85	8.57	8.81	8.74	8.44	8.88	8.47	8.37	8.67
4	石川 周平	富士通	13.69	+0.6	タッチダウンタイム(秒)	2.60	3.66	4.71	5.75	6.82	7.87	8.94	10.00	11.10	12.20	13.69
					区間タイム(秒)	2.60	1.06	1.05	1.05	1.07	1.05	1.07	1.06	1.10	1.11	1.49
					インターバルランタイム(秒)		0.61	0.59	0.59	0.60	0.59	0.61	0.61	0.61	0.62	
					ハードリングタイム(秒)		0.48	0.45	0.45	0.46	0.46	0.46	0.46	0.45	0.48	0.49
					区間スピード(m/秒)	5.89	8.60	8.74	8.74	8.57	8.74	8.54	8.60	8.34	8.25	8.36
5	増野 元太	メイスンワーク	13.77	+0.6	タッチダウンタイム(秒)	2.61	3.68	4.75	5.80	6.87	7.92	8.98	10.06	11.18	12.27	13.77
					区間タイム(秒)	2.61	1.07	1.07	1.05	1.07	1.05	1.06	1.08	1.11	1.10	1.50
					インターバルランタイム(秒)		0.58	0.58	0.57	0.57	0.56	0.58	0.60	0.60	0.59	
					ハードリングタイム(秒)		0.50	0.49	0.50	0.48	0.50	0.49	0.49	0.48	0.51	0.50
					区間スピード(m/秒)	5.86	8.57	8.54	8.70	8.57	8.67	8.60	8.47	8.22	8.34	8.28
6	徳岡 凌	立命館大	13.89	+0.6	タッチダウンタイム(秒)	2.65	3.73	4.80	5.85	6.93	7.99	9.08	10.17	11.26	12.39	13.89
					区間タイム(秒)	2.65	1.07	1.08	1.05	1.08	1.06	1.08	1.09	1.09	1.13	1.50
					インターバルランタイム(秒)		0.59	0.59	0.57	0.60	0.59	0.61	0.61	0.60	0.63	
					ハードリングタイム(秒)		0.50	0.48	0.49	0.48	0.48	0.47	0.47	0.48	0.49	0.50
					区間スピード(m/秒)	5.77	8.54	8.47	8.74	8.47	8.60	8.44	8.37	8.37	8.09	8.27
7	石田トーマス 東	勝浦ゴルフ倶楽部	13.90	+0.6	タッチダウンタイム(秒)	2.62	3.71	4.76	5.83	6.89	7.95	9.01	10.14	11.24	12.38	13.90
					区間タイム(秒)	2.62	1.10	1.05	1.07	1.06	1.06	1.06	1.13	1.10	1.15	1.52
					インターバルランタイム(秒)		0.60	0.57	0.58	0.58	0.58	0.59	0.65	0.63	0.66	
					ハードリングタイム(秒)		0.48	0.49	0.48	0.49	0.49	0.48	0.47	0.48	0.48	0.49
					区間スピード(m/秒)	5.85	8.34	8.74	8.54	8.60	8.60	8.64	8.12	8.31	7.98	8.19
8	大室 秀樹	大塚製薬	13.94	+0.6	タッチダウンタイム(秒)	2.61	3.69	4.78	5.88	6.97	8.04	9.14	10.24	11.33	12.44	13.94
					区間タイム(秒)	2.61	1.08	1.09	1.10	1.09	1.07	1.10	1.10	1.09	1.11	1.50
					インターバルランタイム(秒)		0.57	0.58	0.58	0.57	0.57	0.58	0.59	0.58	0.60	
					ハードリングタイム(秒)		0.52	0.51	0.51	0.52	0.52	0.50	0.52	0.51	0.52	0.51
					区間スピード(m/秒)	5.87	8.44	8.37	8.34	8.40	8.54	8.31	8.31	8.37	8.25	8.27

表7 レース分析結果（ドーハ世界陸上 男子 110mH 決勝 2019年9月30日-10月2日）

順位	選手名	所属	記録	風	ハードル 区間	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	8th	9th	10th	
						app	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	run-in
1	Grant HOLLOWAY	USA	13.10	+0.6	タッチダウンタイム(秒)	2.45	3.46	4.44	5.41	6.42	7.39	8.41	9.44	10.50	11.60	13.10
					区間タイム(秒)	2.45	1.01	0.98	0.98	1.01	0.98	1.02	1.03	1.06	1.10	1.50
					インターバルランタイム(秒)		0.55	0.55	0.56	0.58	0.53	0.59	0.59	0.61	0.65	
					ハードリングタイム(秒)		0.46	0.43	0.42	0.43	0.45	0.43	0.44	0.45	0.45	0.47
					区間スピード(m/秒)	6.25	9.06	9.36	9.36	9.09	9.36	8.98	8.87	8.63	8.30	8.30
2	Sergey SHUBENKOV	ANA	13.15	+0.6	タッチダウンタイム(秒)	2.62	3.65	4.65	5.66	6.66	7.66	8.67	9.68	10.74	11.79	13.15
					区間タイム(秒)	2.62	1.04	1.00	1.01	1.00	1.01	1.01	1.01	1.06	1.05	1.36
					インターバルランタイム(秒)		0.56	0.52	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.60	0.57	
					ハードリングタイム(秒)		0.48	0.48	0.45	0.45	0.45	0.46	0.46	0.45	0.48	0.49
					区間スピード(m/秒)	5.86	8.80	9.13	9.09	9.17	9.09	9.06	9.02	8.66	8.73	9.11
3	Pascal MARTINOT-LAGARDE	FRA	13.18	+0.6	タッチダウンタイム(秒)	2.54	3.58	4.60	5.61	6.61	7.63	8.64	9.65	10.69	11.75	13.18
					区間タイム(秒)	2.54	1.04	1.03	1.01	0.99	1.03	1.01	1.01	1.05	1.06	1.43
					インターバルランタイム(秒)		0.59	0.59	0.58	0.55	0.60	0.56	0.57	0.60	0.61	
					ハードリングタイム(秒)		0.45	0.44	0.43	0.44	0.43	0.45	0.44	0.44	0.45	0.45
					区間スピード(m/秒)	6.04	8.77	8.91	9.06	9.21	8.91	9.09	9.06	8.73	8.66	8.68
3	Orlando ORTEGA	ESP	13.30	+0.6	タッチダウンタイム(秒)	2.57	3.60	4.64	5.62	6.66	7.65	8.64	9.66	10.69	11.80	13.30
					区間タイム(秒)	2.57	1.03	1.04	0.98	1.03	0.99	0.99	1.01	1.03	1.11	1.50
					インターバルランタイム(秒)		0.54	0.57	0.50	0.57	0.50	0.53	0.56	0.58	0.63	
					ハードリングタイム(秒)		0.49	0.47	0.48	0.46	0.49	0.46	0.45	0.46	0.48	0.54
					区間スピード(m/秒)	5.97	8.84	8.77	9.33	8.84	9.21	9.21	9.02	8.84	8.27	8.25
5	Wenjun XIE	CHN	13.29	+0.6	タッチダウンタイム(秒)	2.58	3.64	4.66	5.67	6.69	7.70	8.73	9.75	10.79	11.87	13.29
					区間タイム(秒)	2.58	1.06	1.02	1.01	1.02	1.01	1.03	1.01	1.05	1.07	1.42
					インターバルランタイム(秒)		0.59	0.56	0.56	0.56	0.55	0.57	0.54	0.59	0.60	
					ハードリングタイム(秒)		0.47	0.46	0.45	0.45	0.46	0.46	0.47	0.46	0.47	0.49
					区間スピード(m/秒)	5.94	8.63	8.94	9.02	8.98	9.02	8.87	9.02	8.73	8.53	8.72
6	Shane BRATHWAITE	BAR	13.61	+0.6	タッチダウンタイム(秒)	2.62	3.68	4.78	5.86	6.91	7.96	8.99	10.04	11.09	12.15	13.61
					区間タイム(秒)	2.62	1.06	1.11	1.08	1.05	1.05	1.03	1.05	1.05	1.06	1.46
					インターバルランタイム(秒)		0.59	0.65	0.60	0.59	0.60	0.55	0.60	0.59	0.60	
					ハードリングタイム(秒)		0.47	0.45	0.48	0.46	0.45	0.48	0.45	0.46	0.47	0.47
					区間スピード(m/秒)	5.85	8.63	8.27	8.49	8.70	8.70	8.87	8.73	8.70	8.59	8.53
7	Devon ALLEN	USA	13.70	+0.6	タッチダウンタイム(秒)	2.57	3.67	4.72	5.77	6.80	7.82	8.88	9.94	11.05	12.19	13.70
					区間タイム(秒)	2.57	1.10	1.06	1.05	1.03	1.02	1.06	1.06	1.11	1.14	1.51
					インターバルランタイム(秒)		0.63	0.55	0.58	0.57	0.55	0.60	0.58	0.63	0.63	
					ハードリングタイム(秒)		0.47	0.50	0.46	0.46	0.47	0.45	0.49	0.48	0.50	0.54
					区間スピード(m/秒)	5.96	8.33	8.66	8.73	8.84	8.98	8.63	8.59	8.27	8.03	8.21
8	Milan TRAJKOVIC	CYP	13.87	+0.6	タッチダウンタイム(秒)	2.56	3.61	4.61	5.63	6.63	7.65	8.81	10.06	11.24	12.40	13.87
					区間タイム(秒)	2.56	1.05	1.00	1.03	1.00	1.01	1.16	1.26	1.18	1.16	1.47
					インターバルランタイム(秒)		0.58	0.53	0.58	0.53	0.57	0.71	0.74	0.66	0.66	
					ハードリングタイム(秒)		0.47	0.47	0.44	0.46	0.44	0.45	0.51	0.52	0.50	0.50
					区間スピード(m/秒)	5.99	8.70	9.13	8.91	9.17	9.02	7.85	7.28	7.74	7.91	8.45

表8 2020年度日本ランキング10位以内および世界陸上決勝進出者のレース分析結果

選手名	所属	記録	風	競技会名・ラウンド・着順	ハードル 区間	1st 2nd 3rd 4th 5th 6th 7th 8th 9th 10th Finish										最速区間	
						App	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10		Run-in
金井 大旺	ミズノ	13.27	+1.4	Athlete Night Games in FUKUI 決勝 1着	通過タイム(秒)	2.55	3.60	4.63	5.65	6.66	7.70	8.73	9.78	10.83	11.90	13.27	
					区間タイム(秒)	2.55	1.05	1.03	1.03	1.01	1.04	1.03	1.05	1.04	1.08	1.37	1.01
					インターバルランタイム(秒)	0.55	0.52	0.53	0.53	0.54	0.54	0.53	0.55	0.55	0.57		0.53
					ハードリングタイム(秒)	0.50	0.50	0.51	0.49	0.48	0.50	0.51	0.50	0.50	0.50	0.51	0.48
					区間スピード(m/秒)	6.01	8.74	8.88	8.92	9.06	8.77	8.85	8.70	8.77	8.50	9.07	9.06
高山 峻野	ゼンリン	13.34	+1.4	Athlete Night Games in FUKUI 決勝 2着	通過タイム(秒)	2.57	3.60	4.62	5.63	6.64	7.68	8.72	9.75	10.82	11.90	13.34	
					区間タイム(秒)	2.57	1.03	1.02	1.01	1.02	1.04	1.03	1.03	1.07	1.08	1.44	1.01
					インターバルランタイム(秒)	0.55	0.56	0.55	0.56	0.58	0.56	0.57	0.59	0.60		0.55	
					ハードリングタイム(秒)	0.49	0.48	0.46	0.45	0.45	0.47	0.47	0.46	0.48	0.48	0.44	0.45
					区間スピード(m/秒)	5.97	8.88	8.95	9.06	8.99	8.77	8.85	8.85	8.57	8.44	8.63	9.06
石川 周平	富士通	13.39	+1.4	Athlete Night Games in FUKUI 決勝 3着	通過タイム(秒)	2.56	3.62	4.65	5.67	6.70	7.73	8.75	9.80	10.85	11.92	13.39	
					区間タイム(秒)	2.56	1.05	1.03	1.02	1.03	1.03	1.03	1.05	1.05	1.07	1.47	1.02
					インターバルランタイム(秒)	0.60	0.58	0.59	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.60	0.60		0.58
					ハードリングタイム(秒)	0.47	0.45	0.45	0.43	0.45	0.45	0.45	0.46	0.45	0.47	0.43	0.43
					区間スピード(m/秒)	5.98	8.67	8.85	8.95	8.88	8.88	8.88	8.92	8.74	8.74	8.54	8.43
野本 周成	愛媛陸協	13.45	+1.4	Athlete Night Games in FUKUI 決勝 4着	通過タイム(秒)	2.55	3.62	4.68	5.71	6.75	7.80	8.84	9.91	10.99	12.06	13.45	
					区間タイム(秒)	2.55	1.07	1.05	1.04	1.03	1.06	1.04	1.07	1.08	1.07	1.39	1.03
					インターバルランタイム(秒)	0.58	0.55	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.57	0.56	0.56		0.54
					ハードリングタイム(秒)	0.51	0.49	0.50	0.50	0.50	0.52	0.50	0.50	0.52	0.50	0.50	0.50
					区間スピード(m/秒)	6.01	8.54	8.67	8.81	8.85	8.64	8.81	8.54	8.47	8.57	8.92	8.85
泉谷 駿介	順天堂大	13.45	+0.8	日本選手権 準決勝1組 2着	通過タイム(秒)	2.58	3.62	4.67	5.70	6.73	7.79	8.81	9.87	10.92	11.99	13.45	
					区間タイム(秒)	2.58	1.05	1.05	1.03	1.03	1.06	1.03	1.05	1.05	1.07	1.46	1.03
					インターバルランタイム(秒)	0.54	0.54	0.53	0.55	0.56	0.53	0.55	0.55	0.59		0.53	
					ハードリングタイム(秒)	0.52	0.50	0.51	0.50	0.48	0.50	0.49	0.50	0.50	0.48	0.49	0.49
					区間スピード(m/秒)	5.95	8.74	8.74	8.88	8.88	8.60	8.92	8.67	8.70	8.54	8.49	8.92
藤井 亮汰	三重県スポ協	13.57	+1.5	Athlete Night Games in FUKUI 予選2組 1着	通過タイム(秒)	2.57	3.61	4.64	5.68	6.72	7.78	8.87	9.93	11.03	12.10	13.57	
					区間タイム(秒)	2.57	1.04	1.03	1.03	1.05	1.06	1.09	1.07	1.09	1.08	1.47	1.03
					インターバルランタイム(秒)	0.54	0.54	0.53	0.53	0.55	0.55	0.56	0.58	0.58	0.56		0.54
					ハードリングタイム(秒)	0.50	0.50	0.49	0.50	0.52	0.51	0.54	0.50	0.52	0.52	0.49	0.49
					区間スピード(m/秒)	5.97	8.77	8.85	8.85	8.74	8.64	8.40	8.57	8.37	8.50	8.45	8.85
増野 元太	メイスンワーク	13.59	+0.4	日本選手権 準決勝2組 2着	通過タイム(秒)	2.63	3.69	4.75	5.79	6.83	7.88	8.93	10.00	11.08	12.16	13.59	
					区間タイム(秒)	2.63	1.06	1.06	1.04	1.04	1.05	1.05	1.07	1.09	1.08	1.43	1.04
					インターバルランタイム(秒)	0.56	0.54	0.55	0.56	0.56	0.56	0.56	0.58	0.59	0.58		0.55
					ハードリングタイム(秒)	0.53	0.50	0.52	0.50	0.48	0.49	0.49	0.49	0.50	0.50	0.50	0.50
					区間スピード(m/秒)	5.83	8.60	8.64	8.77	8.77	8.74	8.70	8.57	8.40	8.50	8.68	8.77
高橋 佑輔	DAC	13.60	+1.4	Athlete Night Games in FUKUI 決勝 6着	通過タイム(秒)	2.62	3.72	4.76	5.81	6.87	7.93	9.01	10.07	11.15	12.23	13.60	
					区間タイム(秒)	2.62	1.10	1.04	1.05	1.06	1.05	1.09	1.06	1.08	1.08	1.37	1.04
					インターバルランタイム(秒)	0.60	0.56	0.58	0.58	0.58	0.57	0.58	0.57	0.59	0.59		0.56
					ハードリングタイム(秒)	0.50	0.50	0.48	0.47	0.48	0.48	0.51	0.49	0.49	0.50	0.48	0.48
					区間スピード(m/秒)	5.85	8.34	8.77	8.70	8.60	8.67	8.40	8.64	8.50	8.44	8.06	8.77
横地 大雅	法政大	13.60	+0.8	日本選手権 準決勝1組 5着	通過タイム(秒)	2.69	3.76	4.80	5.83	6.85	7.90	8.93	10.00	11.06	12.15	13.60	
					区間タイム(秒)	2.69	1.07	1.04	1.03	1.02	1.05	1.03	1.07	1.06	1.10	1.45	1.02
					インターバルランタイム(秒)	0.59	0.58	0.58	0.56	0.56	0.57	0.56	0.58	0.58	0.60		0.56
					ハードリングタイム(秒)	0.53	0.48	0.46	0.47	0.46	0.48	0.48	0.49	0.48	0.50	0.46	0.46
					区間スピード(m/秒)	5.70	8.54	8.81	8.88	8.95	8.70	8.85	8.57	8.40	8.34	8.59	8.95
石田トーマス東	勝浦ゴルフ倶楽部	13.61	+0.4	日本選手権 準決勝2組 3着	通過タイム(秒)	2.62	3.68	4.72	5.75	6.81	7.86	8.92	10.00	11.06	12.17	13.61	
					区間タイム(秒)	2.62	1.05	1.04	1.04	1.05	1.05	1.06	1.08	1.07	1.11	1.44	1.04
					インターバルランタイム(秒)	0.59	0.58	0.57	0.59	0.58	0.59	0.60	0.60	0.61		0.57	
					ハードリングタイム(秒)	0.50	0.47	0.46	0.47	0.47	0.48	0.47	0.48	0.47	0.50	0.47	0.47
					区間スピード(m/秒)	5.85	8.67	8.77	8.81	8.67	8.70	8.60	8.50	8.57	8.25	8.63	8.81
村竹 ラシッド	順天堂大	13.61	+0.4	日本選手権 準決勝2組 4着	通過タイム(秒)	2.63	3.69	4.74	5.80	6.85	7.90	8.98	10.05	11.12	12.20	13.61	
					区間タイム(秒)	2.63	1.06	1.05	1.06	1.04	1.06	1.07	1.08	1.07	1.08	1.41	1.04
					インターバルランタイム(秒)	0.57	0.56	0.56	0.55	0.56	0.58	0.58	0.57	0.58		0.55	
					ハードリングタイム(秒)	0.51	0.50	0.49	0.50	0.49	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.49	0.49
					区間スピード(m/秒)	5.84	8.60	8.67	8.60	8.77	8.64	8.54	8.50	8.57	8.44	8.81	8.77
Grant HOLLOWAY	USA	13.10	+0.6	ドーハ世界選手権 決勝 1着	通過タイム(秒)	2.45	3.46	4.44	5.41	6.42	7.39	8.41	9.44	10.50	11.60	13.10	
					区間タイム(秒)	2.45	1.01	0.98	0.98	1.01	0.98	1.02	1.03	1.06	1.10	1.50	0.98
					インターバルランタイム(秒)	0.55	0.55	0.56	0.58	0.53	0.53	0.59	0.59	0.61	0.65		0.55
					ハードリングタイム(秒)	0.46	0.43	0.42	0.43	0.45	0.43	0.44	0.44	0.45	0.45	0.47	0.42
					区間スピード(m/秒)	6.25	9.06	9.36	9.36	9.09	9.36	8.98	8.87	8.63	8.30	8.30	9.36
Sergey SHUBENKOV	ANA	13.15	+0.6	ドーハ世界選手権 決勝 2着	通過タイム(秒)	2.62	3.65	4.65	5.66	6.66	7.66	8.67	9.68	10.74	11.79	13.15	
					区間タイム(秒)	2.62	1.04	1.00	1.01	1.00	1.01	1.01	1.01	1.06	1.05	1.36	1.00
					インターバルランタイム(秒)	0.56	0.52	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.60	0.57		0.55	
					ハードリングタイム(秒)	0.48	0.48	0.45	0.45	0.45	0.46	0.46	0.45	0.48	0.49	0.45	0.45
					区間スピード(m/秒)	5.86	8.80	9.13	9.09	9.17	9.09	9.06	9.02	8.66	8.73	9.11	9.17
Pascal MARTINOT-LAGARDE	FRA	13.12	+0.9	ドーハ世界選手権 準決勝2組 2着	通過タイム(秒)	2.55	3.60	4.60	5.60	6.61	7.61	8.62	9.64	10.67	11.72	13.12	
					区間タイム(秒)	2.55	1.05	1.01	1.00	1.01	1.00	1.00	1.03	1.03	1.05	1.40	1.00
					インターバルランタイム(秒)	0.61	0.58	0.57	0.58	0.57	0.58	0.59	0.58	0.60		0.57	
					ハードリングタイム(秒)	0.46	0.44	0.43	0.43	0.43	0.44	0.43	0.44	0.44	0.44	0.45	0.43
					区間スピード(m/秒)	6.02	8.70	9.06	9.18	9.06	9.10	9.10	8.92	8.82	8.70	8.85	9.18
Orlando ORTEGA	ESP	13.15	-0.5	ドーハ世界選手権 予選5組 1着	通過タイム(秒)	2.58	3.63	4.63	5.63	6.63	7.64	8.63	9.66	10.68	11.74	13.15	
					区間タイム(秒)	2.58	1.04	1.00	1.00	1.00	1.01	1.00	1.03	1.02	1.05	1.41	1.00
					インターバルランタイム(秒)	0.56	0.54	0.54	0.53	0.53	0.53	0.55	0.55	0.57		0.54	
					ハードリングタイム(秒)	0.49	0.48	0.47	0.46	0.48	0.48	0.47	0.48	0.47	0.49	0.49	0.46
					区間スピード(m/秒)	5.93	8.77	9.10	9.18	9.10	9.06	9.18	8.88	8.95	8.67	8.79	9.18
Wenjun XIE	CHN	13.22	+0.9	ドーハ世界選手権 準決勝2組 3着	通過タイム(秒)	2.56	3.60	4.62	5.63	6.65	7.65	8.67	9.68	10.72	11.78	13.22	
					区間タイム(秒)	2.56	1.04	1.03	1.01	1.02	1.01	1.01	1.01	1.04	1.06	1.45	1.01
					インターバルランタイム(秒)	0.58	0.58	0.56	0.57	0.56	0.55	0.56	0.58	0.58	0.59		0.56
					ハードリングタイム(秒)	0.48	0.46	0.45	0.45	0.45	0.45	0.46	0.45	0.46	0.47	0.45	0.45
					区間スピード(m/秒)	5.99	8.81	8.92	9.06	8.99	9.06						

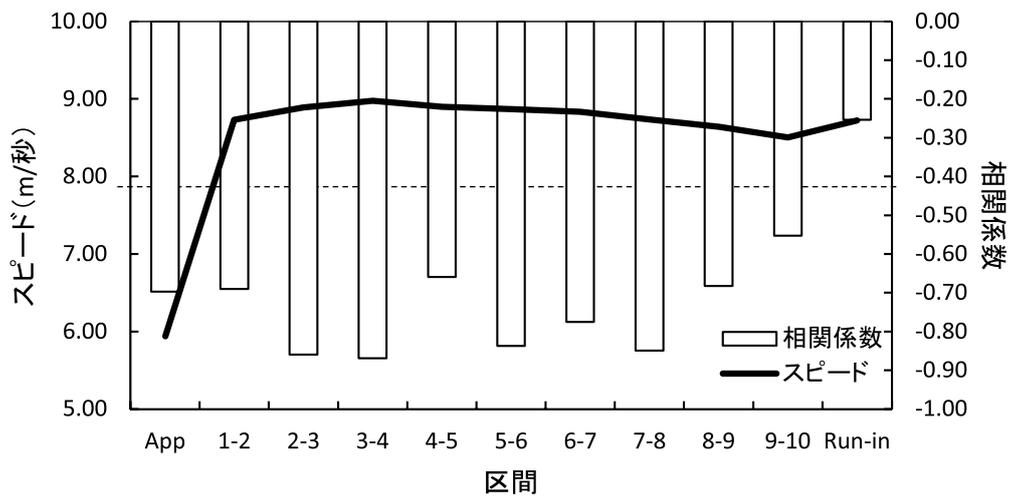


図1 分析対象者の各区間における平均スピードとレース記録の関係

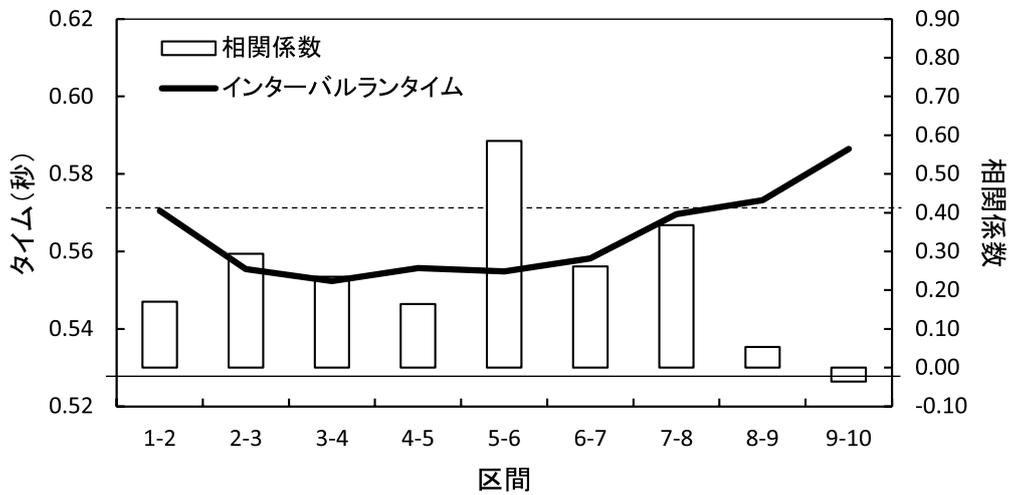


図2 分析対象者の各区間におけるインターバルランタイムとレース記録の関係

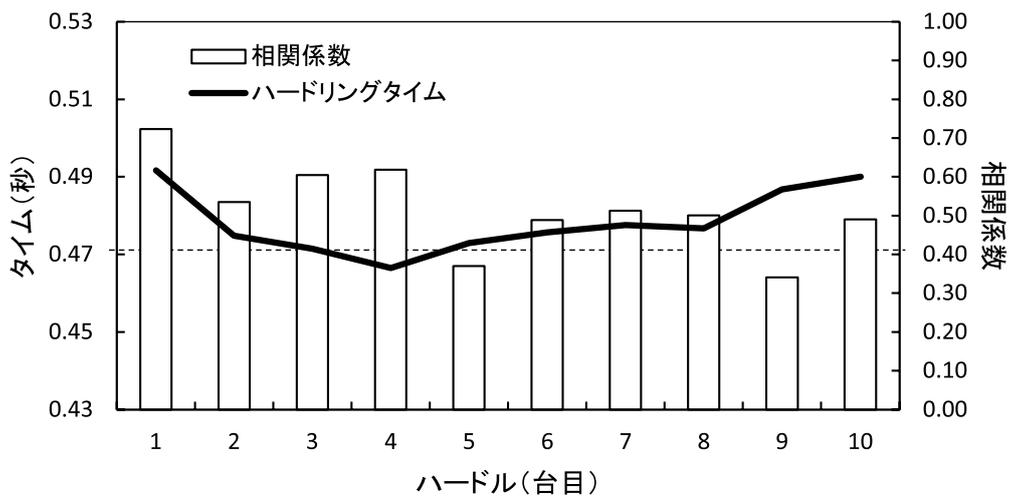


図3 分析対象者の各ハードルにおけるハードリングタイムとレース記録の関係

2020年シーズンにおける国内一流女子100mハードルのレース分析結果

貴嶋孝太¹⁾ 大橋廉¹⁾ 柴山一仁²⁾ 杉本和那美³⁾ 森丘保典⁴⁾ 前村公彦⁵⁾ 金子公宏⁶⁾

1) 大阪体育大学 2) 仙台大学 3) 弘前大学 4) 日本大学 5) 筑波大学 6) 明治大学

1. はじめに

2020年は、新型コロナウイルス(COVID-19)感染症拡大の影響により、シーズン前半の競技会が中止、または延期を余儀なくされた。今シーズン最初の女子100mハードル(本連盟主催競技会)は、8月23日(日)のセイコーゴールデングランプリ2020東京において実施されたが、これを皮切りにして、延期された競技会を含むいくつかの競技会が開催された。そのような状況下において、今シーズン国内主要競技会に出場した女子100mハードル選手のレース分析結果は、各選手それぞれの取り組みを振り返ったり、今後のトレーニングに利用したりする際の資料となる可能性がある。

本稿では、2020年シーズンに開催された主要競技会における女子100mハードルのレース分析結果を提示し、競技パフォーマンスを評価するための資料を提供しようとした。

2. 方法

2-1. 分析対象選手、および対象競技会

分析の対象は、国内の女子100m選手のうち47名であった。対象選手たちが出場した以下の7大会を分析対象競技会とした。

- ①セイコーゴールデングランプリ陸上2020東京(8月23日, 国立競技場・東京)
- ②Athlete Night Games in FUKUI(8月29日, 9.98スタジアム・福井)
- ③富士北麓ワールドトライアル2020(9月6日, 富士北麓公園・山梨)
- ④第68回全日本実業団対抗陸上競技選手権大会(9月20日, 熊谷スポーツ文化公園・埼玉)
- ⑤第104回日本陸上競技選手権大会(10月3日, デンカビッグスワン・新潟)
- ⑥第7回木南道孝記念陸上競技大会(10月24日,

ヤンマースタジアム長居・大阪)

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、観客席スタンドに設置した複数台のデジタルビデオカメラを用いて行った(239.7fps)。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、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ハードリング踏切脚が接地する瞬間までの時間とした。

3. 結果と考察

各レースにおけるタッチダウンタイム、区間タイム、インターバルランタイム、ハードリングタイム、および走速度の分析結果を表1から表6に示した。また、各レースのアプローチとランインを除く区間の疾走速度の変化、インターバルランニングタイムの変化、およびハードリングタイムの変化を図1から図6にそれぞれ示した。

概ねどの選手もスタート後に走速度が高まり、レース序盤から中盤にかけて最高走速度が出現した。最高走速度が出現した後、その速度が低下しながらフィニッシュするように変化した。

記録のいい選手ほどレース序盤から中盤にかけて走速度が増加し、終盤にやや低下するパターンを示す。また、記録のいい選手はレース中の最高走速度が高いこと、さらにその走速度をできるだけ維持していることも報告されている（森田ほか，1994；川上ほか，2004；杉浦ほか，2006，柴山ほか，2010；杉本ほか，2012；貴嶋ほか，2016）。今報告における分析対象者においても、レース中の走速度の変化のしかたはこれまでの報告と同様であった。

4. 引用, 参考文献

川上小百合，宮下憲，志賀充，谷川聡（2004）女子100m ハードル走のモデルタッチダウンタイムに関する研究. 陸上競技紀要，17：3-11.

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（2016）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-. 陸上競技研究紀要，12：111-117.

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，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一，日本陸上競技連盟，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.

杉浦絵里・宮下憲・安井年文，一川大輔（2006）女子100m ハードル走における13秒台競技者のレースパターンに関する一考察. 陸上競技研究，64：12-21.

表 1. 2020.08.23_GGP 東京_女子 100mH 決勝 レース分析結果

選手名	所属	記録	風	ハードル 区間→	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	8th	9th	10th	
					app.	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	run in.
寺田明日香 (ハナダグループ)	13.03	+0.3	タッチダウンタイム(sec)	2.61	2.61	3.69	4.69	5.69	6.71	7.71	8.74	9.77	10.81	11.88	
			区間タイム(sec)		1.08	1.00	1.01	1.02	1.00	1.03	1.03	1.04	1.06	1.15	
			インターバルタイム(sec)		0.65	0.55	0.60	0.61	0.58	0.64	0.62	0.63	0.63	0.73	
			ハードリングタイム(sec)		0.43	0.45	0.40	0.40	0.41	0.39	0.41	0.41	0.41	0.43	0.43
			走速度(m/s)		7.90	8.49	8.46	8.35	8.53	8.25	8.22	8.15	7.99	9.12	
青木益未 (七十七銀行)	13.09	+0.3	タッチダウンタイム(sec)	2.65	2.65	3.70	4.72	5.74	6.77	7.79	8.83	9.86	10.90	11.96	
			区間タイム(sec)		1.05	1.02	1.03	1.03	1.02	1.03	1.03	1.04	1.06	1.13	
			インターバルタイム(sec)		0.58	0.58	0.59	0.58	0.58	0.58	0.60	0.60	0.63	0.68	
			ハードリングタイム(sec)		0.47	0.45	0.44	0.45	0.45	0.45	0.44	0.44	0.44	0.45	
			走速度(m/s)		8.12	8.32	8.28	8.28	8.32	8.22	8.22	8.18	7.99	9.31	
清山ちさと (いちご)	13.19	+0.3	タッチダウンタイム(sec)	2.67	2.67	3.75	4.77	5.77	6.80	7.82	8.85	9.88	10.94	12.02	
			区間タイム(sec)		1.08	1.02	1.00	1.03	1.02	1.03	1.03	1.06	1.08	1.17	
			インターバルタイム(sec)		0.65	0.58	0.59	0.64	0.60	0.61	0.61	0.64	0.64	0.73	
			ハードリングタイム(sec)		0.43	0.44	0.41	0.39	0.42	0.41	0.43	0.42	0.44	0.44	
			走速度(m/s)		7.90	8.32	8.49	8.25	8.35	8.28	8.22	7.99	7.87	9.01	
田中佑美 (立命館大)	13.27	+0.3	タッチダウンタイム(sec)	2.62	2.62	3.67	4.72	5.73	6.77	7.82	8.88	9.92	10.98	12.06	
			区間タイム(sec)		1.05	1.05	1.02	1.04	1.04	1.06	1.04	1.06	1.08	1.21	
			インターバルタイム(sec)		0.65	0.66	0.63	0.64	0.65	0.65	0.63	0.64	0.68	0.79	
			ハードリングタイム(sec)		0.40	0.39	0.39	0.40	0.39	0.40	0.41	0.42	0.40	0.42	
			走速度(m/s)		8.12	8.12	8.35	8.18	8.15	8.02	8.15	8.02	7.84	8.69	
鈴木美帆 (長谷川体育施設)	13.30	+0.3	タッチダウンタイム(sec)	2.72	2.72	3.78	4.83	5.86	6.89	7.92	8.96	10.03	11.08	12.17	
			区間タイム(sec)		1.06	1.05	1.03	1.03	1.04	1.04	1.06	1.06	1.09	1.13	
			インターバルタイム(sec)		0.59	0.61	0.60	0.61	0.62	0.62	0.64	0.62	0.67	0.69	
			ハードリングタイム(sec)		0.47	0.43	0.43	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.43	0.42	
			走速度(m/s)		8.02	8.12	8.25	8.25	8.18	8.18	7.99	8.06	7.81	9.30	
福部真子 (日本建設工業AC)	13.33	+0.3	タッチダウンタイム(sec)	2.67	2.67	3.73	4.78	5.81	6.83	7.89	8.94	10.00	11.07	12.16	
			区間タイム(sec)		1.06	1.05	1.03	1.02	1.06	1.05	1.06	1.07	1.09	1.17	
			インターバルタイム(sec)		0.58	0.61	0.60	0.58	0.63	0.61	0.63	0.63	0.65	0.72	
			ハードリングタイム(sec)		0.48	0.44	0.43	0.43	0.43	0.44	0.43	0.44	0.44	0.45	
			走速度(m/s)		8.06	8.09	8.22	8.35	8.02	8.12	7.99	7.96	7.78	8.99	
柴村仁美 (東邦銀行)	13.36	+0.3	タッチダウンタイム(sec)	2.62	2.62	3.69	4.75	5.78	6.82	7.85	8.90	9.97	11.05	12.14	
			区間タイム(sec)		1.07	1.06	1.03	1.04	1.04	1.05	1.07	1.08	1.08	1.22	
			インターバルタイム(sec)		0.66	0.64	0.60	0.62	0.61	0.63	0.65	0.66	0.66	0.80	
			ハードリングタイム(sec)		0.41	0.42	0.43	0.42	0.43	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	
			走速度(m/s)		7.93	8.02	8.25	8.18	8.18	8.09	7.96	7.87	7.84	8.59	
伊藤彩香 (青豊高)	13.90	+0.3	タッチダウンタイム(sec)	2.66	2.66	3.80	4.92	6.02	7.12	8.22	9.33	10.42	11.56	12.70	
			区間タイム(sec)		1.14	1.11	1.10	1.10	1.10	1.11	1.10	1.14	1.13	1.20	
			インターバルタイム(sec)		0.69	0.65	0.64	0.64	0.65	0.64	0.65	0.70	0.67	0.72	
			ハードリングタイム(sec)		0.45	0.47	0.46	0.46	0.45	0.47	0.45	0.44	0.47	0.48	
			走速度(m/s)		7.44	7.63	7.72	7.72	7.72	7.69	7.75	7.47	7.49	8.72	
藤森菜那 (ゼンリン)	14.03	+0.3	タッチダウンタイム(sec)	2.72	2.72	3.79	4.83	5.87	6.92	8.01					
			区間タイム(sec)		1.07	1.05	1.04	1.05	1.09	1.10					
			インターバルタイム(sec)		0.60	0.59	0.59	0.61	0.65	0.64					
			ハードリングタイム(sec)		0.48	0.46	0.45	0.44	0.44	0.46					
			走速度(m/s)		7.93	8.12	8.18	8.12	7.81	7.72					

8台目のハードルに強く接触したため、データ未解析

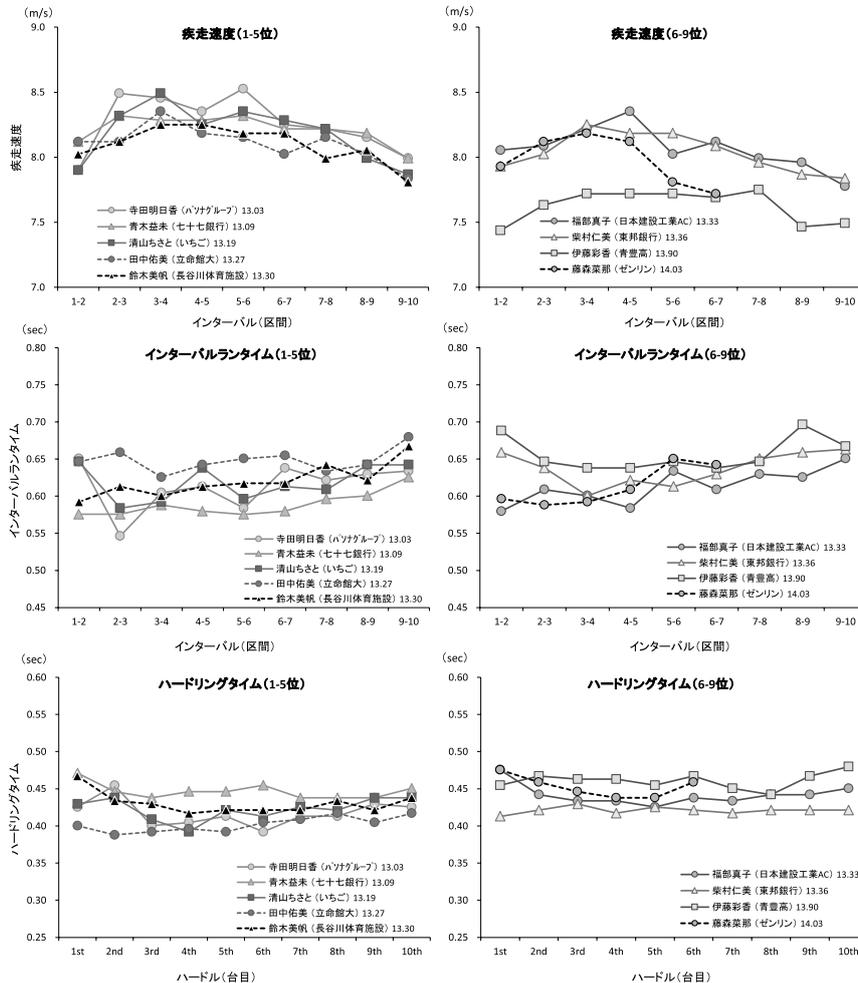


図 1. 疾走速度 (上), インターバルランニングタイム (中), ハードリングタイム (下)

表 2. 2020.08.29_アスリートナイトゲームズ福井2020_女子100mH 決勝レース分析結果

選手名	所属	記録	風	ハードル 区間	1st 2nd 3rd 4th 5th 6th 7th 8th 9th 10th									
					app	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10
青木益未 (七十七銀行)	12.87	+2.1	タッチダウンタイム(sec)	2.62	2.62	3.64	4.68	5.68	6.69	7.68	8.69	9.71	10.73	11.78
			区間タイム(sec)	1.02	1.03	1.01	1.01	0.99	1.01	1.02	1.03	1.05	1.03	
			インターバルタイム(sec)	0.57	0.60	0.57	0.58	0.57	0.58	0.59	0.60	0.60	0.59	
			ハードリングタイム(sec)	0.45	0.43	0.44	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.45	
			走速度(m/s)	8.32	8.22	8.46	8.46	8.56	8.42	8.35	8.28	8.12	10.18	
寺田明日香 (バナナグループ)	12.93	+2.1	タッチダウンタイム(sec)	2.61	2.61	3.63	4.64	5.65	6.64	7.66	8.67	9.69	10.73	11.78
			区間タイム(sec)	1.02	1.01	1.01	1.00	1.02	1.01	1.03	1.03	1.05	1.15	
			インターバルタイム(sec)	0.60	0.61	0.60	0.58	0.62	0.59	0.62	0.62	0.63	0.73	
			ハードリングタイム(sec)	0.43	0.40	0.41	0.41	0.40	0.41	0.41	0.42	0.42	0.43	
			走速度(m/s)	8.32	8.42	8.42	8.53	8.35	8.46	8.28	8.22	8.09	9.12	
清山ちさと (いちご)	13.10	+2.1	タッチダウンタイム(sec)	2.66	2.66	3.73	4.75	5.76	6.78	7.79	8.83	9.85	10.89	11.98
			区間タイム(sec)	1.07	1.03	1.01	1.01	1.01	1.05	1.01	1.05	1.08	1.12	
			インターバルタイム(sec)	0.64	0.59	0.59	0.60	0.59	0.63	0.58	0.63	0.66	0.68	
			ハードリングタイム(sec)	0.43	0.43	0.42	0.41	0.42	0.41	0.43	0.42	0.43	0.44	
			走速度(m/s)	7.96	8.28	8.42	8.39	8.42	8.12	8.39	8.12	7.84	9.36	
鈴木美帆 (長谷川体育施設)	13.12	+2.1	タッチダウンタイム(sec)	2.69	2.69	3.74	4.74	5.76	6.77	7.77	8.79	9.83	10.89	11.99
			区間タイム(sec)	1.04	1.01	1.02	1.00	1.01	1.02	1.05	1.05	1.10	1.13	
			インターバルタイム(sec)	0.61	0.58	0.61	0.59	0.60	0.60	0.64	0.64	0.68	0.70	
			ハードリングタイム(sec)	0.43	0.43	0.41	0.41	0.41	0.41	0.40	0.41	0.42	0.44	
			走速度(m/s)	8.15	8.46	8.32	8.49	8.46	8.35	8.12	8.09	7.72	9.27	
紫村仁美 (東邦銀行)	13.14	+2.1	タッチダウンタイム(sec)	2.67	2.67	3.72	4.75	5.77	6.78	7.80	8.82	9.86	10.91	11.97
			区間タイム(sec)	1.04	1.03	1.02	1.01	1.02	1.03	1.04	1.05	1.07	1.17	
			インターバルタイム(sec)	0.61	0.61	0.60	0.60	0.60	0.61	0.62	0.62	0.65	0.74	
			ハードリングタイム(sec)	0.43	0.42	0.42	0.41	0.42	0.41	0.42	0.43	0.42	0.43	
			走速度(m/s)	8.15	8.22	8.35	8.42	8.35	8.28	8.18	8.12	7.96	9.01	
福部真子 (日本電設工業)	13.36	+2.1	タッチダウンタイム(sec)	2.67	2.67	3.75	4.82	5.86	6.87	7.92	8.96	10.03	11.10	12.19
			区間タイム(sec)	1.09	1.06	1.04	1.01	1.05	1.04	1.07	1.07	1.09	1.17	
			インターバルタイム(sec)	0.62	0.60	0.60	0.55	0.63	0.60	0.63	0.63	0.64	0.72	
			ハードリングタイム(sec)	0.47	0.47	0.45	0.45	0.43	0.44	0.43	0.44	0.45	0.45	
			走速度(m/s)	7.81	7.99	8.15	8.42	8.09	8.15	7.96	7.96	7.81	8.95	
へんぷル恵 (アトレ)	13.58	+2.1	タッチダウンタイム(sec)	2.68	2.68	3.78	4.84	5.89	6.93	7.98	9.04	10.11	11.19	12.32
			区間タイム(sec)	1.11	1.06	1.04	1.04	1.05	1.06	1.06	1.08	1.13	1.26	
			インターバルタイム(sec)	0.68	0.64	0.62	0.61	0.63	0.65	0.63	0.65	0.68	0.80	
			ハードリングタイム(sec)	0.43	0.42	0.42	0.43	0.42	0.42	0.43	0.43	0.44	0.47	
			走速度(m/s)	7.69	8.02	8.15	8.15	8.09	7.99	7.99	7.84	7.55	8.31	
小林歩未 (筑波大)	13.58	+2.1	タッチダウンタイム(sec)	2.69	2.69	3.79	4.86	5.91	6.94	8.00	9.06	10.14	11.22	12.33
			区間タイム(sec)	1.09	1.08	1.05	1.03	1.05	1.07	1.08	1.08	1.11	1.25	
			インターバルタイム(sec)	0.66	0.67	0.63	0.63	0.64	0.65	0.65	0.65	0.68	0.81	
			ハードリングタイム(sec)	0.43	0.40	0.42	0.40	0.41	0.42	0.42	0.43	0.43	0.44	
			走速度(m/s)	7.78	7.90	8.12	8.22	8.09	7.96	7.90	7.84	7.69	8.39	

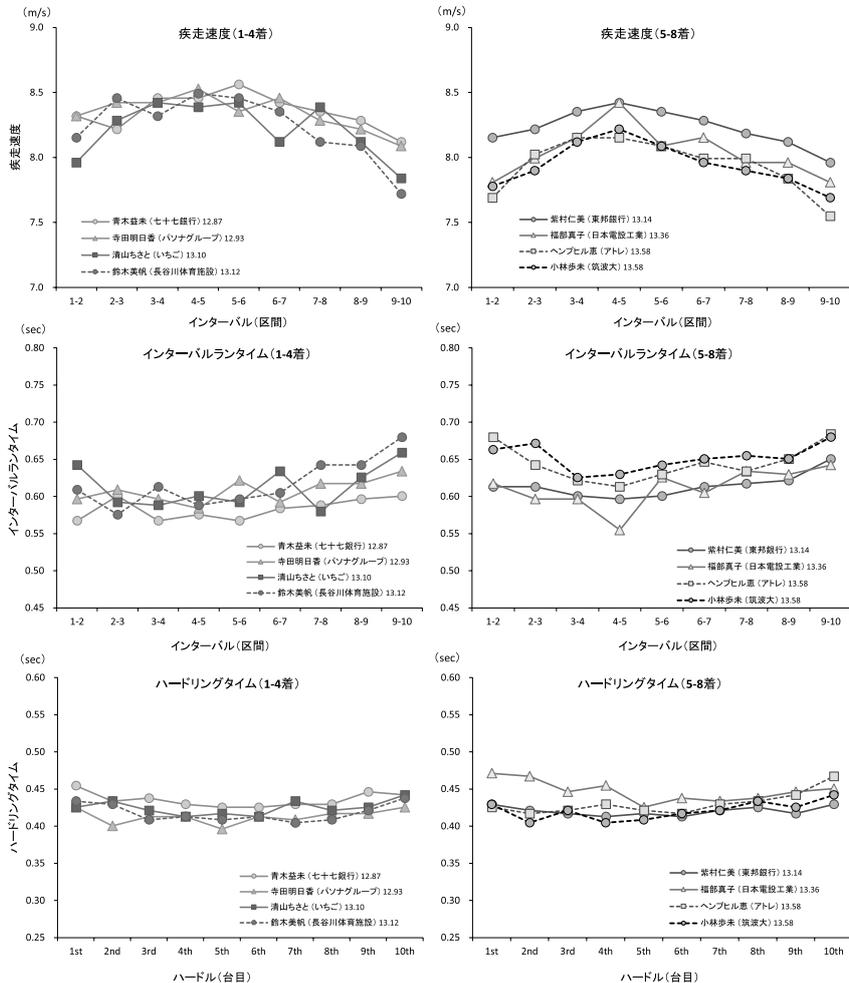


図 2. 疾走速度 (上), インターバルランニングタイム (中), ハードリングタイム (下)

表 3. 2020.09.06_富士北麓 WT_女子 100mH 決勝レース分析結果

選手名	所属	記録	風	ハードル 区間→	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	8th	9th	10th		
					app.	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	run in.	
藤原未来	(住友電工)	13.36	+1.3	タッチダウンタイム(sec)	2.65	2.65	3.73	4.77	5.82	6.84	7.89	8.94	9.98	11.07	12.16	
				区間タイム(sec)		1.08	1.04	1.05	1.02	1.05	1.05	1.04	1.08	1.10	1.10	1.20
				インターバルランタイム(sec)		0.61	0.59	0.63	0.59	0.61	0.62	0.60	0.65	0.66	0.75	
				ハードリングタイム(sec)		0.47	0.45	0.43	0.43	0.43	0.43	0.44	0.43	0.44	0.44	0.45
				走速度(m/s)		7.90	8.15	8.09	8.32	8.12	8.09	8.15	8.09	8.15	7.87	7.75
ヘンピル恵	(アトレ)	13.37	+1.3	タッチダウンタイム(sec)	2.69	2.69	3.77	4.82	5.84	6.87	7.89	8.93	9.98	11.05	12.15	
				区間タイム(sec)		1.08	1.05	1.03	1.02	1.02	1.04	1.05	1.07	1.11	1.11	1.22
				インターバルランタイム(sec)		0.57	0.63	0.60	0.61	0.61	0.63	0.63	0.65	0.68	0.77	
				ハードリングタイム(sec)		0.50	0.43	0.43	0.41	0.41	0.41	0.42	0.42	0.43	0.43	0.45
				走速度(m/s)		7.90	8.09	8.28	8.32	8.32	8.15	8.09	7.96	7.96	7.69	8.63
佐々木天	(いちご)	13.69	+1.3	タッチダウンタイム(sec)	2.66	2.66	3.74	4.80	5.86	6.92	7.97	9.07	10.16	11.27	12.42	
				区間タイム(sec)		1.08	1.06	1.06	1.06	1.05	1.10	1.10	1.11	1.15	1.15	1.27
				インターバルランタイム(sec)		0.66	0.64	0.65	0.65	0.64	0.70	0.66	0.69	0.72	0.82	
				ハードリングタイム(sec)		0.42	0.42	0.41	0.41	0.40	0.40	0.43	0.42	0.43	0.45	
				走速度(m/s)		7.87	8.02	7.99	8.06	8.12	7.72	7.75	7.69	7.41	8.25	
相馬絵里子	(関彰商事)	13.70	+1.3	タッチダウンタイム(sec)	2.74	2.74	3.84	4.91	5.96	7.00	8.05	9.13	10.23	11.34	12.47	
				区間タイム(sec)		1.10	1.08	1.05	1.04	1.05	1.08	1.11	1.11	1.13	1.23	
				インターバルランタイム(sec)		0.63	0.63	0.61	0.60	0.62	0.64	0.66	0.64	0.67	0.75	
				ハードリングタイム(sec)		0.46	0.45	0.44	0.43	0.43	0.43	0.45	0.47	0.46	0.47	
				走速度(m/s)		7.75	7.90	8.09	8.18	8.12	7.90	7.69	7.66	7.49	8.57	
大村美香	(南国殖産)	13.71	+1.3	タッチダウンタイム(sec)	2.71	2.71	3.81	4.87	5.93	6.99	8.04	9.11	10.21	11.33	12.47	
				区間タイム(sec)		1.10	1.06	1.06	1.06	1.05	1.07	1.10	1.12	1.14	1.24	
				インターバルランタイム(sec)		0.65	0.62	0.63	0.62	0.62	0.64	0.66	0.68	0.68	0.78	
				ハードリングタイム(sec)		0.45	0.44	0.43	0.44	0.43	0.43	0.44	0.44	0.46	0.47	
				走速度(m/s)		7.75	7.99	8.02	8.06	8.09	7.93	7.72	7.60	7.47	8.44	
鎌田咲季	(前川整形外科)	13.80	+1.3	タッチダウンタイム(sec)	2.70	2.70	3.80	4.90	5.98	7.03	8.11	9.20	10.29	11.41	12.54	
				区間タイム(sec)		1.11	1.10	1.08	1.05	1.08	1.09	1.09	1.12	1.13	1.41	
				インターバルランタイム(sec)		0.68	0.67	0.65	0.62	0.66	0.67	0.66	0.69	0.69	0.96	
				ハードリングタイム(sec)		0.43	0.43	0.43	0.43	0.42	0.43	0.43	0.43	0.44	0.45	
				走速度(m/s)		7.69	7.75	7.87	8.09	7.90	7.78	7.78	7.60	7.52	7.46	

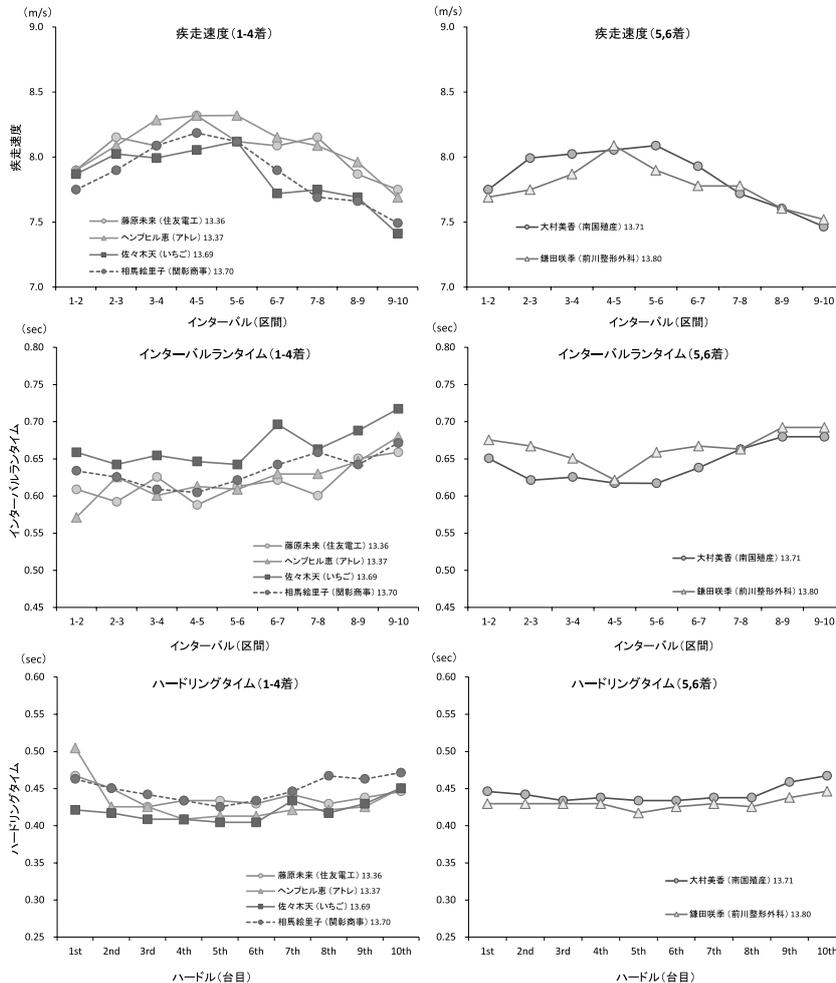


図 3. 疾走速度 (上), インターバルランニングタイム (中), ハードリングタイム (下)

表 4. 2020.09.20_全日本実業団_女子100mH 決勝レース分析結果

選手名	所属	記録	風	ハードル 区間	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	8th	9th	10th
					app	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10
青木益未 (七十七銀行)	13.13	0.0	タッチダウンタイム(sec)	2.62	2.62	3.67	4.70	5.72	6.73	7.75	8.77	9.80	10.86	11.93
			区間タイム(sec)	1.06	1.03	1.01	1.01	1.01	1.02	1.03	1.06	1.08	1.20	
			インターバルランタイム(sec)	0.60	0.60	0.58	0.58	0.59	0.60	0.60	0.62	0.63	0.73	
			ハードリングタイム(sec)	0.45	0.43	0.44	0.43	0.43	0.43	0.43	0.44	0.45	0.47	
			走速度(m/s)	8.06	8.22	8.39	8.39	8.39	8.32	8.25	8.02	7.90	8.77	
鈴木美帆 (長谷川体育施設)	13.30	0.0	タッチダウンタイム(sec)	2.72	2.72	3.76	4.80	5.82	6.84	7.86	8.90	9.94	11.02	12.10
			区間タイム(sec)	1.04	1.04	1.01	1.02	1.02	1.04	1.05	1.07	1.08	1.80	
			インターバルランタイム(sec)	0.59	0.61	0.58	0.60	0.61	0.63	0.64	0.66	0.65	1.39	
			ハードリングタイム(sec)	0.45	0.43	0.43	0.41	0.41	0.41	0.40	0.41	0.40	0.41	
			走速度(m/s)	8.15	8.15	8.39	8.35	8.32	8.18	8.12	7.93	7.87	5.82	
柴村仁美 (東邦銀行)	13.32	0.0	タッチダウンタイム(sec)	2.66	2.66	3.72	4.78	5.80	6.84	7.87	8.92	9.97	11.04	12.13
			区間タイム(sec)	1.06	1.06	1.03	1.04	1.03	1.04	1.05	1.07	1.09	1.19	
			インターバルランタイム(sec)	0.63	0.63	0.60	0.63	0.61	0.62	0.63	0.65	0.67	0.75	
			ハードリングタイム(sec)	0.43	0.43	0.43	0.41	0.42	0.42	0.42	0.42	0.43	0.44	
			走速度(m/s)	8.02	8.02	8.28	8.18	8.22	8.15	8.09	7.93	7.78	8.85	
藤森菜那 (ゼンリン)	13.43	0.0	タッチダウンタイム(sec)	2.69	2.69	3.76	4.81	5.84	6.89	7.95	9.00	10.08	11.17	12.29
			区間タイム(sec)	1.07	1.05	1.02	1.06	1.06	1.06	1.07	1.09	1.13	1.14	
			インターバルランタイム(sec)	0.59	0.59	0.57	0.63	0.60	0.61	0.62	0.64	0.66	0.65	
			ハードリングタイム(sec)	0.48	0.46	0.45	0.43	0.45	0.45	0.45	0.45	0.46	0.49	
			走速度(m/s)	7.93	8.09	8.32	8.06	8.06	8.02	7.93	7.81	7.55	9.22	
藤原未来 (住友電工)	13.46	0.0	タッチダウンタイム(sec)	2.71	2.71	3.81	4.87	5.93	6.99	8.04	9.11	10.21	11.33	12.47
			区間タイム(sec)	1.10	1.06	1.06	1.06	1.05	1.07	1.10	1.12	1.14	1.24	
			インターバルランタイム(sec)	0.65	0.62	0.63	0.62	0.62	0.64	0.66	0.68	0.68	0.78	
			ハードリングタイム(sec)	0.45	0.44	0.43	0.44	0.43	0.43	0.44	0.44	0.46	0.47	
			走速度(m/s)	7.75	7.99	8.02	8.06	8.09	7.93	7.72	7.60	7.47	8.44	
金井まるみ (ドールコーヒー)	13.58	0.0	タッチダウンタイム(sec)	2.70	2.70	3.80	4.90	5.98	7.03	8.11	9.20	10.29	11.41	12.54
			区間タイム(sec)	1.11	1.10	1.08	1.05	1.08	1.09	1.09	1.12	1.13	1.41	
			インターバルランタイム(sec)	0.68	0.67	0.65	0.62	0.66	0.67	0.66	0.69	0.69	0.96	
			ハードリングタイム(sec)	0.43	0.43	0.43	0.43	0.42	0.43	0.43	0.43	0.44	0.45	
			走速度(m/s)	7.69	7.75	7.87	8.09	7.90	7.78	7.78	7.60	7.52	7.46	
中島ひとみ (長谷川体育施設)	13.68	0.0	タッチダウンタイム(sec)	2.69	2.69	3.77	4.84	5.91	6.96	8.03	9.11	10.21	11.32	12.45
			区間タイム(sec)	1.08	1.07	1.06	1.06	1.07	1.08	1.10	1.11	1.13	1.23	
			インターバルランタイム(sec)	0.63	0.63	0.63	0.62	0.64	0.64	0.66	0.66	0.67	0.76	
			ハードリングタイム(sec)	0.45	0.44	0.44	0.44	0.43	0.44	0.44	0.45	0.46	0.46	
			走速度(m/s)	7.84	7.96	7.99	8.06	7.93	7.87	7.72	7.66	7.52	8.57	
大村美香 (南国殖産)	13.79	0.0	タッチダウンタイム(sec)	2.70	2.70	3.79	4.85	5.94	7.01	8.09	9.18	10.28	11.39	12.54
			区間タイム(sec)	1.09	1.06	1.08	1.08	1.08	1.08	1.11	1.11	1.15	1.25	
			インターバルランタイム(sec)	0.65	0.61	0.65	0.63	0.63	0.64	0.65	0.66	0.70	0.78	
			ハードリングタイム(sec)	0.44	0.45	0.43	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.47	
			走速度(m/s)	7.81	8.02	7.84	7.90	7.87	7.84	7.69	7.63	7.41	8.41	

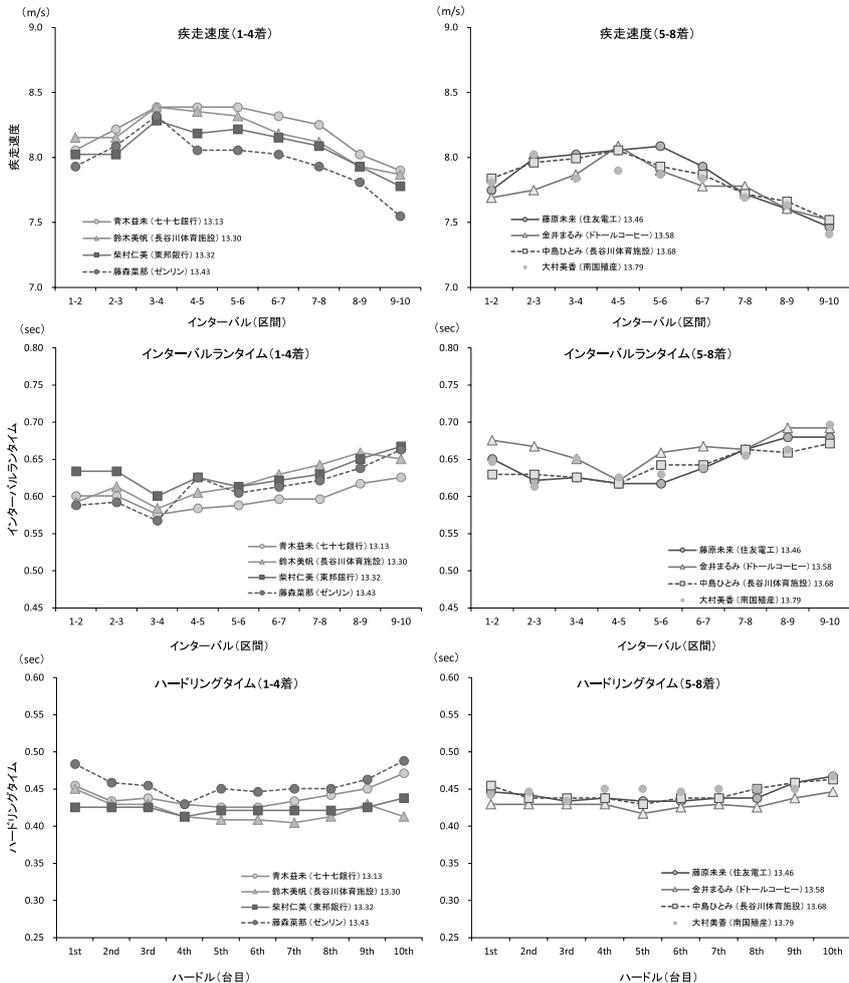


図 4. 疾走速度 (上), インターバルランニングタイム (中), ハードリングタイム (下)

表 5. 2020.10.03_日本選手権_女子100mH 決勝レース分析結果

選手名	所属	記録	風	ハードル 区間→	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	8th	9th	10th	
					app.	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	run in.
青木益未 (七十七銀行)	13.02	-0.1	タッチダウンタイム(sec)	2.58	2.58	3.63	4.65	5.66	6.69	7.71	8.74	9.78	10.82	11.89	
			区間タイム(sec)		1.05	1.02	1.01	1.02	1.02	1.03	1.04	1.04	1.06	1.13	
			インターバルランタイム(sec)		0.60	0.58	0.59	0.60	0.58	0.60	0.61	0.60	0.63	0.68	
			ハードリングタイム(sec)		0.45	0.44	0.43	0.43	0.44	0.43	0.43	0.44	0.44	0.45	
			走速度(m/s)		8.09	8.32	8.39	8.32	8.32	8.25	8.15	8.15	7.99	9.27	
寺田明日香 (パソナグループ)	13.14	-0.1	タッチダウンタイム(sec)	2.62	2.62	3.68	4.71	5.72	6.74	7.77	8.79	9.83	10.88	11.96	
			区間タイム(sec)		1.06	1.03	1.01	1.02	1.03	1.02	1.04	1.05	1.08	1.18	
			インターバルランタイム(sec)		0.63	0.60	0.60	0.60	0.62	0.61	0.63	0.63	0.67	0.74	
			ハードリングタイム(sec)		0.44	0.43	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.42	0.43
			走速度(m/s)		7.99	8.28	8.42	8.35	8.25	8.32	8.15	8.12	7.84	8.91	
藤森菜那 (ゼンリン)	13.33	-0.1	タッチダウンタイム(sec)	2.68	2.68	3.75	4.77	5.82	6.84	7.90	8.94	10.02	11.10	12.22	
			区間タイム(sec)		1.07	1.03	1.05	1.03	1.05	1.05	1.08	1.08	1.12	1.11	
			インターバルランタイム(sec)		0.60	0.56	0.61	0.58	0.61	0.60	0.63	0.63	0.64	0.62	
			ハードリングタイム(sec)		0.47	0.47	0.44	0.45	0.44	0.45	0.45	0.46	0.48	0.49	
			走速度(m/s)		7.96	8.28	8.12	8.28	8.09	8.12	7.90	7.84	7.60	9.46	
田中佑美 (立命館大)	13.37	-0.1	タッチダウンタイム(sec)	2.64	2.64	3.69	4.74	5.77	6.82	7.85	8.90	9.95	11.02	12.13	
			区間タイム(sec)		1.05	1.05	1.03	1.04	1.03	1.05	1.05	1.07	1.11	1.24	
			インターバルランタイム(sec)		0.65	0.67	0.65	0.66	0.63	0.67	0.65	0.67	0.71	0.82	
			ハードリングタイム(sec)		0.40	0.38	0.39	0.38	0.40	0.38	0.40	0.40	0.40	0.42	
			走速度(m/s)		8.09	8.09	8.22	8.15	8.25	8.09	8.09	7.96	7.63	8.46	
鈴木美帆 (長谷川体育施設)	13.49	-0.1	タッチダウンタイム(sec)	2.69	2.69	3.78	4.83	5.89	6.92	7.96	9.04	10.11	11.17	12.28	
			区間タイム(sec)		1.09	1.05	1.06	1.03	1.04	1.08	1.07	1.06	1.11	1.21	
			インターバルランタイム(sec)		0.64	0.61	0.64	0.61	0.63	0.67	0.65	0.64	0.70	0.76	
			ハードリングタイム(sec)		0.45	0.43	0.42	0.42	0.41	0.41	0.42	0.43	0.42	0.44	
			走速度(m/s)		7.81	8.12	8.06	8.22	8.18	7.87	7.96	7.99	7.63	8.70	
紫村仁美 (東邦銀行)	13.52	-0.1	タッチダウンタイム(sec)	2.67	2.67	3.75	4.80	5.83	6.88	7.94	9.00	10.08	11.19	12.29	
			区間タイム(sec)		1.08	1.05	1.03	1.06	1.06	1.07	1.08	1.11	1.10	1.23	
			インターバルランタイム(sec)		0.65	0.62	0.61	0.64	0.63	0.64	0.64	0.68	0.65	0.79	
			ハードリングタイム(sec)		0.43	0.43	0.42	0.41	0.43	0.43	0.43	0.43	0.45	0.44	
			走速度(m/s)		7.87	8.12	8.25	8.06	8.06	7.96	7.90	7.66	7.72	8.55	
竹内真耶 (日女体大)	13.52	-0.1	タッチダウンタイム(sec)	2.62	2.62	3.71	4.78	5.82	6.89	7.94	9.00	10.08	11.18	12.30	
			区間タイム(sec)		1.08	1.07	1.04	1.07	1.06	1.06	1.08	1.10	1.12	1.22	
			インターバルランタイム(sec)		0.64	0.62	0.60	0.64	0.62	0.63	0.65	0.66	0.65	0.76	
			ハードリングタイム(sec)		0.44	0.45	0.44	0.43	0.43	0.43	0.43	0.44	0.46	0.46	
			走速度(m/s)		7.84	7.96	8.15	7.96	8.06	8.02	7.87	7.72	7.60	8.61	
藤原未来 (住友電工)	13.66	-0.1	タッチダウンタイム(sec)	2.67	2.67	3.74	4.81	5.88	6.94	8.01	9.09	10.19	11.30	12.42	
			区間タイム(sec)		1.07	1.07	1.06	1.06	1.07	1.08	1.09	1.12	1.12	1.24	
			インターバルランタイム(sec)		0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.64	0.68	0.67	0.78	
			ハードリングタイム(sec)		0.44	0.44	0.43	0.43	0.44	0.45	0.45	0.44	0.45	0.45	
			走速度(m/s)		7.93	7.93	7.99	7.99	7.96	7.84	7.78	7.60	7.58	8.50	

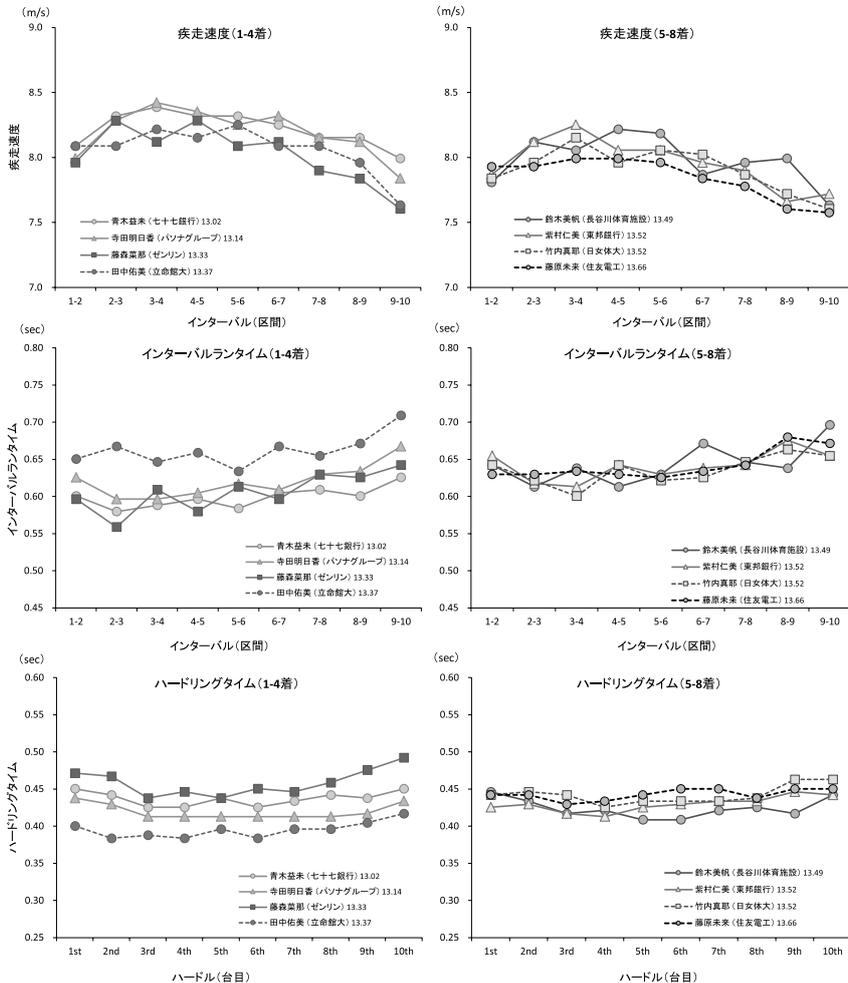


図 5. 疾走速度 (上), インターバルランニングタイム (中), ハードリングタイム (下)

表 6. 2020.10.24_木南記念_女子100mH 決勝レース分析結果

選手名	所属	記録	風	ハードル→ 区間→	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	8th	9th	10th
					app.	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10
紫村仁美 (東邦銀行)	13.29	-1.4	タッチダウンタイム(sec)	2.66	2.66	3.73	4.77	5.83	6.88	7.94	9.01	10.08	11.19	12.29
			区間タイム(sec)	1.07	1.04	1.06	1.06	1.06	1.08	1.06	1.11	1.10	1.13	
			インターバルランタイム(sec)	0.60	0.58	0.63	0.61	0.61	0.63	0.61	0.67	0.61	0.66	
			ハードリングタイム(sec)	0.48	0.46	0.43	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.48	0.47
			走速度(m/s)	7.93	8.18	8.06	8.06	8.06	7.90	7.99	7.63	7.75	9.27	
藤森菜那 (ゼンリン)	13.42	-1.4	タッチダウンタイム(sec)	2.71	2.71	3.81	4.89	5.94	7.03	8.10	9.21	10.31	11.43	12.54
			区間タイム(sec)	1.10	1.08	1.06	1.09	1.07	1.10	1.11	1.12	1.11	1.20	
			インターバルランタイム(sec)	0.65	0.63	0.60	0.65	0.62	0.65	0.66	0.66	0.65	0.74	
			ハードリングタイム(sec)	0.45	0.45	0.45	0.44	0.45	0.45	0.45	0.46	0.46	0.45	
			走速度(m/s)	7.72	7.87	8.06	7.81	7.93	7.72	7.69	7.60	7.63	8.76	
青木益未 (七十七銀行)	13.48	-1.4	タッチダウンタイム(sec)	2.72	2.72	3.80	4.86	5.91	6.97	8.04	9.10	10.20	11.32	12.44
			区間タイム(sec)	1.08	1.06	1.05	1.06	1.07	1.06	1.09	1.12	1.12	1.22	
			インターバルランタイム(sec)	0.63	0.63	0.63	0.65	0.65	0.64	0.68	0.70	0.66	0.76	
			ハードリングタイム(sec)	0.45	0.43	0.42	0.41	0.42	0.42	0.42	0.42	0.46	0.46	
			走速度(m/s)	7.90	8.02	8.12	7.99	7.93	7.99	7.78	7.60	7.58	8.59	
金井まるみ (ドトールAC)	13.63	-1.4	タッチダウンタイム(sec)	2.64	2.64	3.74	4.81	5.88	6.97	8.07	9.17	10.27	11.37	12.47
			区間タイム(sec)	1.10	1.07	1.07	1.09	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.16	
			インターバルランタイム(sec)	0.64	0.60	0.61	0.63	0.64	0.62	0.61	0.63	0.63	0.70	
			ハードリングタイム(sec)	0.46	0.47	0.46	0.46	0.46	0.48	0.49	0.47	0.47	0.46	
			走速度(m/s)	7.72	7.93	7.93	7.81	7.72	7.72	7.72	7.75	7.72	9.06	
藤原未来 (住友電工)	13.65	-1.4	タッチダウンタイム(sec)	2.63	2.63	3.70	4.75	5.79	6.82	7.87	8.92	9.99	11.04	12.11
			区間タイム(sec)	1.06	1.06	1.04	1.03	1.05	1.05	1.07	1.05	1.08	1.18	
			インターバルランタイム(sec)	0.63	0.62	0.61	0.61	0.63	0.62	0.64	0.61	0.65	0.74	
			ハードリングタイム(sec)	0.43	0.43	0.43	0.43	0.42	0.43	0.43	0.44	0.43	0.43	
			走速度(m/s)	7.99	8.06	8.18	8.22	8.09	8.12	7.96	8.12	7.90	8.91	
鈴木美帆 (長谷川体育施設)	13.66	-1.4	タッチダウンタイム(sec)	2.60	2.60	3.68	4.75	5.80	6.85	7.90	8.95	10.03	11.13	12.25
			区間タイム(sec)	1.08	1.07	1.05	1.06	1.05	1.04	1.08	1.10	1.12	1.23	
			インターバルランタイム(sec)	0.62	0.60	0.58	0.61	0.60	0.60	0.65	0.64	0.63	0.75	
			ハードリングタイム(sec)	0.46	0.47	0.46	0.45	0.45	0.45	0.43	0.46	0.49	0.48	
			走速度(m/s)	7.87	7.93	8.12	8.06	8.09	8.15	7.84	7.75	7.60	8.51	
中島ひとみ (長谷川体育施設)	13.70	-1.4	タッチダウンタイム(sec)	2.65	2.65	3.74	4.83	5.90	6.95	8.03	9.12	10.22	11.31	12.43
			区間タイム(sec)	1.09	1.08	1.07	1.06	1.08	1.09	1.10	1.09	1.12	1.22	
			インターバルランタイム(sec)	0.64	0.64	0.63	0.60	0.63	0.64	0.64	0.63	0.67	0.77	
			ハードリングタイム(sec)	0.45	0.44	0.45	0.45	0.44	0.45	0.45	0.46	0.46	0.45	
			走速度(m/s)	7.81	7.84	7.93	8.06	7.90	7.78	7.75	7.78	7.60	8.60	
相馬絵里子 (関彰商事)	13.74	-1.4	タッチダウンタイム(sec)	2.71	2.71	3.80	4.86	5.95	7.02	8.09	9.18	10.27	11.37	12.50
			区間タイム(sec)	1.09	1.07	1.08	1.07	1.07	1.09	1.10	1.10	1.13	1.20	
			インターバルランタイム(sec)	0.63	0.63	0.65	0.63	0.64	0.66	0.66	0.65	0.68	0.74	
			ハードリングタイム(sec)	0.46	0.43	0.43	0.44	0.43	0.43	0.44	0.45	0.45	0.45	
			走速度(m/s)	7.81	7.96	7.84	7.96	7.93	7.81	7.75	7.72	7.52	8.78	

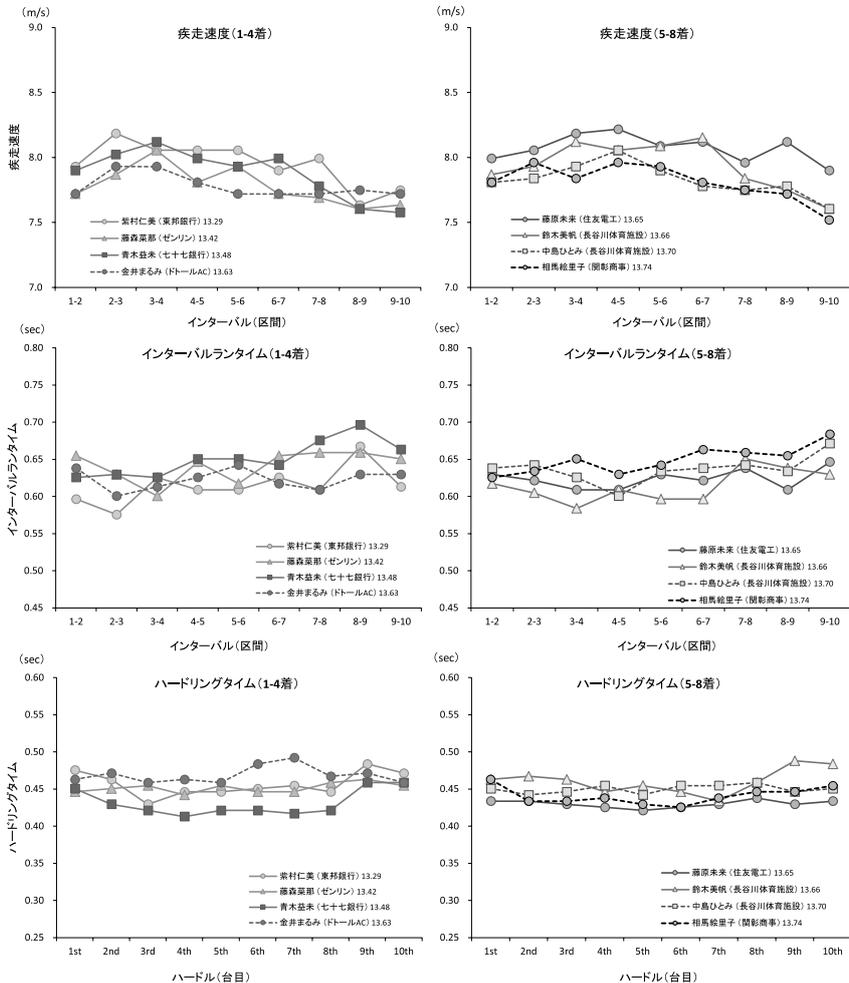


図 6. 疾走速度 (上), インターバルランニングタイム (中), ハードリングタイム (下)

日本一流男女 400m ハードル選手のレースパターン分析 — 2019 年の主要競技会について —

杉本和那美¹⁾ 貴嶋孝太²⁾ 柴山一仁³⁾ 森丘保典⁴⁾

1) 弘前大学 2) 大阪体育大学 3) 仙台大学 4) 日本大学

1. はじめに

2019 年シーズンは、日本選手権において男子 400m ハードルで安部孝駿選手（ヤマダ電機）が 48.80 秒の自己ベスト記録（48.68 秒）に迫る記録で、女子は伊藤明子選手（筑波大）が 57.09 秒の自己ベスト記録で優勝した。日本陸上競技連盟科学委員会では、公認競技会における男女 400mH 選手のレース分析を行い、区間タイムや区間速度、歩数などを用いてレースの評価を行っている。本稿では、2019 年シーズンに開催された主要競技会における分析結果を提示し、競技パフォーマンスの評価およびトレーニングに応用できる資料を提供しようとした。

2. 方法

2-1. 分析対象選手、および対象競技会

分析の対象は、国内外の男女 400mH 選手のべ 65 名（男子：33 名，女子：32 名）であった。対象選手たちが出場した以下の 5 大会を分析対象競技会とした。

- ①第 23 回アジア陸上競技選手権大会（4 月 22 日，ドーハ・カタール）
- ②第 35 回静岡国際陸上競技選手権大会（5 月 3 日，エコパスタジアム・静岡）
- ③第 6 回木南道孝記念陸上競技大会（5 月 6 日，ヤンマースタジアム長居・大阪）
- ④セイコーゴールデングランプリ陸上 2019 大阪（5 月 19 日，ヤンマースタジアム長居・大阪）
- ⑤第 103 回日本陸上競技選手権大会（6 月 29 日，博多の森・福岡）

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、観客席スタンドに設置した複数台のデジタルビデオカメラを用い

て行った（60fps）。スタートピストルの閃光を映した後、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（以下、「タッチダウン」とする）が確認できるよう、追従撮影した。撮影後、スタートピストルの閃光を基準に各ハードルのタッチダウンタイム（以下、「通過タイム」とする）を読み取り、各測定区間に要した時間を求めた。

400mH レースにおける測定区間定義は、Start から第 1 ハードル（H1）までの区間を S-H1 とし、以下ハードル間を H1-2, H2-3, H3-4, H4-5, H5-6, H6-7, H7-8, H8-9, H9-10, 最終ハードル（H10）から Finish を H10-F とした。各測定区間の平均区間速度は、区間距離を区間タイムで除すことにより求めた。レース記録と各算出項目の関係について検討するために、ピアソンの積率相関係数を算出した。

3. 結果および考察

各競技会の男子 400mH における通過タイム、区間タイム、区間速度および各区間の歩数の分析結果を表 1 から表 5 に示した。また、女子 400mH における同様の各項目を表 6 から表 9 に示した。加えて、各競技会の区間速度の変化を図 1～5 に男子を、図 6～9 に女子を示した。概ねどの選手も区間速度が S-H1, H1-2 と大きくなり、H1-2 において最高区間速度が出現した。最高区間速度が出現した後、速度は低下しながらフィニッシュするように変化した。レース記録と最高区間速度との関係を図 10 に示した。男女ともにレース記録と最高区間速度との間に有意な負の相関関係がみられた（男子： $r=-0.569$, $p<.001$, 女子： $r=-0.882$, $p<.001$ ）。これらの結果は、先行研究（森田ら, 1994；森丘ら, 2000）と同様の結果を示した。ハードル間の歩数は、男子が 13～16 歩、女子が 15～19 歩であった。

図 11 と図 12 は、日本選手権において優勝した安

部孝俊選手と伊藤明子選手の分析対象競技会における区間速度の変化をそれぞれ示したものである。安部選手は、アジア選手権（49.74秒）よりも日本選手権（48.80秒）で好記録であった。区間速度の変化をみると、S-H1とH1-2区間での速度に差はみられず、H5-6からH10-Fにおいて日本選手権がアジア選手権より速度が大きかった。このことから、レース前半で得られた速度を5台目以降のレース中盤で維持し、記録につながっていたと考えられる。一方で、伊藤選手はS-H1からH5-6において日本選手権が他のレースより速度が大きく、レース前半での速度の大きさが記録につながっていたと考えられる。レース記録は個々の選手の体力特性に応じてレースパターンが異なること（荻部ら，1999；森丘ら，2005；森丘ら，2007）から、個々の選手の特性と関連付けてレースパターンやトレーニング課題を検討することが必要である。

4. 引用, 参考文献

- 荻部俊二，尾縣貢，安井年文，山崎一彦，関岡康雄（1999）国内トップ400mハードラーのレースパターンと体力特性との関係。陸上競技研究，37：2-7.
- 森丘保典，杉田正明，松尾彰文，岡田英孝，阿江通良，小林寛道（2000）陸上競技男子400mハードル走における速度変化特性と記録との関係：内外一流選手のレースパターンの分析から。体育学研究，45：414-421.
- 森丘保典，榎本靖士，杉田正明，松尾彰文，阿江通良，小林寛道（2005）陸上競技400mハードル走における一流男子選手のレースパターン分析。日本バイオメカニクス研究，9（4）：19-204.
- 森丘保典，大森重宜，榎本靖士，杉田正明，阿江通良（2005）日本一流400mハードル選手のレースパターン分析。陸上競技研究紀要，1：111-115.
- 森丘保典，榎本靖士，山崎一彦，杉田正明，阿江通良（2007）一流男子400mハードル選手のレースパターンの類型化について－世界陸上大阪大会の決勝レース展望－。陸上競技学会誌，6：55-59.

表 1. 2019. 04. 22 第 23 回アジア選手権 男子 400mH レース分析結果

選手名	所属	記録	区間→	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
				SAMBA Abderrahman	(QAT)	47.51 (1位)	通過タイム (sec)	5.92	9.51	13.13	16.90	20.79	24.94	29.20
			区間タイム (sec)	5.92	3.59	3.62	3.77	3.89	4.15	4.25	4.39	4.49	4.43	5.01
			区間速度 (m/s)	7.60	9.76	9.67	9.28	9.00	8.43	8.23	7.98	7.80	7.90	7.98
			歩数		13	13	13	13	13	13	14	14	14	
ABE Takatoshi	(JPN)	49.74 (5位)	通過タイム (sec)	5.97	9.64	13.33	17.10	21.04	25.19	29.66	34.27	39.06	43.93	49.74
			区間タイム (sec)	5.97	3.67	3.69	3.77	3.94	4.15	4.47	4.60	4.79	4.87	5.81
			区間速度 (m/s)	7.53	9.54	9.49	9.28	8.89	8.43	7.83	7.60	7.31	7.18	6.89
			歩数		13	13	13	13	13	14	14	15	15	

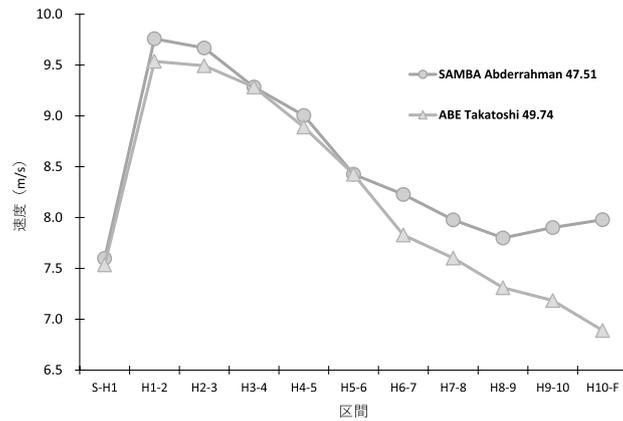


図 1 区間速度の変化 (アジア選手権 男子 400mH 決勝)

表 2. 2019. 05. 03 第 35 回静岡国際陸上 男子 400mH 決勝 レース分析結果

選手名	所属	記録	区間→	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
				野沢 啓佑 (ミズノ)	49.84	通過タイム (sec)	6.12	9.88	13.81	17.78	21.86	25.94	30.15	34.48
		区間タイム (sec)	6.12	3.75	3.94	3.97	4.07	4.09	4.20	4.34	4.72	4.92	5.71	
		区間速度 (m/s)	7.35	9.32	8.89	8.81	8.60	8.56	8.33	8.07	7.41	7.11	7.01	
		歩数		14	14	14	14	14	14	14	15	15		
豊田 将樹 (法政大)	49.94	通過タイム (sec)	5.94	9.69	13.45	17.42	21.42	25.58	29.90	34.42	39.32	44.34	49.94	
		区間タイム (sec)	5.94	3.75	3.75	3.97	4.00	4.15	4.32	4.52	4.90	5.02	5.60	
		区間速度 (m/s)	7.58	9.32	9.32	8.81	8.74	8.43	8.10	7.74	7.14	6.97	7.15	
		歩数		14	14	14	14	15	15	15	16	16		
Chieh CHEN (TPE)	50.05	通過タイム (sec)	5.96	9.58	13.28	17.13	21.10	25.26	29.76	34.35	39.24	44.33	50.05	
		区間タイム (sec)	5.96	3.62	3.70	3.85	3.97	4.15	4.50	4.59	4.89	5.09	5.72	
		区間速度 (m/s)	7.56	9.67	9.45	9.08	8.81	8.43	7.77	7.63	7.16	6.88	6.99	
		歩数		13	13	13	13	13	14	14	15	15		
杉町 マハウ (日本ウェルネス大学職員)	50.19	通過タイム (sec)	6.09	9.86	13.68	17.58	21.60	25.83	30.20	34.72	39.57	44.63	50.19	
		区間タイム (sec)	6.09	3.77	3.82	3.90	4.02	4.22	4.37	4.52	4.85	5.06	5.56	
		区間速度 (m/s)	7.39	9.28	9.16	8.97	8.70	8.29	8.01	7.74	7.21	6.92	7.19	
		歩数		13	13	13	13	13	13	13	15	15		
井上 駆 (順天堂大)	50.34	通過タイム (sec)	6.14	9.94	13.88	17.90	21.99	26.26	30.68	35.22	39.97	44.84	50.34	
		区間タイム (sec)	6.14	3.80	3.94	4.02	4.09	4.27	4.42	4.54	4.75	4.87	5.50	
		区間速度 (m/s)	7.33	9.20	8.89	8.70	8.56	8.19	7.92	7.71	7.36	7.18	7.28	
		歩数		13	13	13	13	14	14	15	15	15		
大林 智享 (石丸製麺)	50.48	通過タイム (sec)	6.07	10.08	14.11	18.34	22.57	26.88	31.35	35.85	40.47	45.18	50.48	
		区間タイム (sec)	6.07	4.00	4.04	4.22	4.24	4.30	4.47	4.50	4.62	4.70	5.30	
		区間速度 (m/s)	7.41	8.74	8.67	8.29	8.26	8.13	7.83	7.77	7.57	7.44	7.55	
		歩数		14	14	14	14	15	15	15	15	15		
須貝 充 (新潟アルビレックスRC)	50.56	通過タイム (sec)	6.09	9.83	13.73	17.77	21.89	26.28	30.75	35.44	40.19	45.08	50.56	
		区間タイム (sec)	6.09	3.74	3.90	4.04	4.12	4.39	4.47	4.69	4.75	4.89	5.48	
		区間速度 (m/s)	7.39	9.37	8.97	8.67	8.49	7.98	7.83	7.47	7.36	7.16	7.30	
		歩数		13	13	13	13	14	14	15	15	15		
真野悠太郎 (名古屋大)	50.57	通過タイム (sec)	6.12	10.01	13.90	17.97	22.12	26.36	30.78	35.30	40.01	44.95	50.57	
		区間タイム (sec)	6.12	3.89	3.89	4.07	4.15	4.24	4.42	4.52	4.70	4.95	5.61	
		区間速度 (m/s)	7.35	9.00	9.00	8.60	8.43	8.26	7.92	7.74	7.44	7.08	7.13	
		歩数		14	14	14	14	14	14	15	15	15		

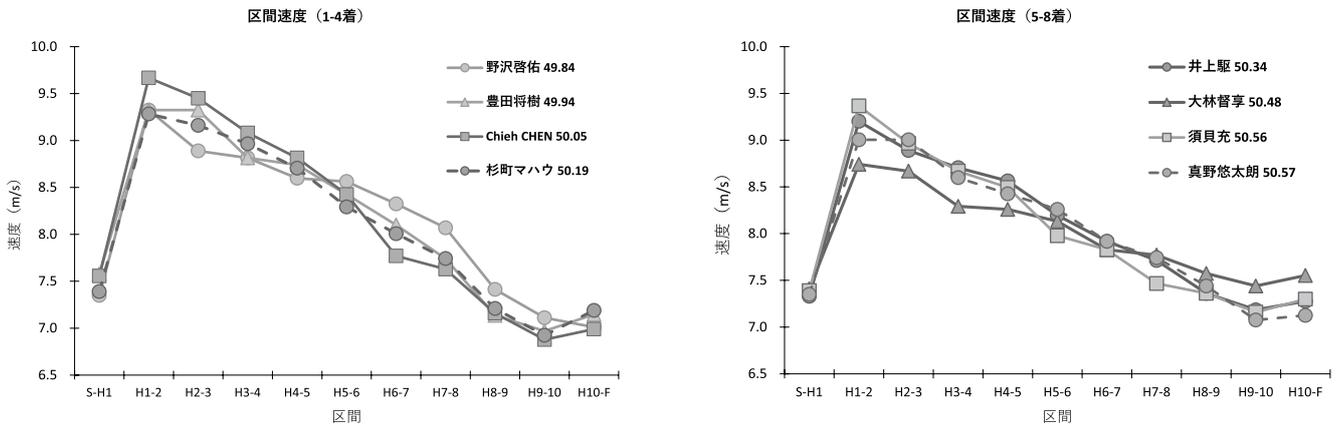


図 2 区間速度の変化 (静岡国際 男子 400mH 決勝)

表 3. 2019.05.06 第 6 回木南道孝記念陸上 男子 400mH 決勝 レース分析結果

選手名	所属	記録	区間→	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
野沢 啓佑	(ミズノ)	49.52	通過タイム (sec)	6.04	9.79	13.61	17.45	21.47	25.53	29.76	34.18	38.84	43.76	49.52
			区間タイム (sec)	6.04	3.75	3.81	3.85	4.02	4.05	4.24	4.42	4.65	4.92	5.76
			区間速度 (m/s)	7.45	9.32	9.18	9.10	8.70	8.63	8.26	7.92	7.52	7.11	6.95
			歩数		14	14	14	14	14	14	15	15	15	
松下 祐樹	(チームミズノアスレティック)	49.57	通過タイム (sec)	6.11	9.93	13.83	17.74	21.72	25.94	30.23	34.70	39.31	44.01	49.57
			区間タイム (sec)	6.11	3.83	3.90	3.91	3.98	4.22	4.29	4.47	4.61	4.70	5.56
			区間速度 (m/s)	7.37	9.14	8.98	8.95	8.80	8.29	8.16	7.83	7.59	7.45	7.20
			歩数		13	13	13	13	14	14	15	15	15	
Chieh CHEN	(チェイニースタイペイ)	49.86	通過タイム (sec)	5.99	9.76	13.60	17.52	21.62	25.86	30.35	34.92	39.61	44.44	49.86
			区間タイム (sec)	5.99	3.77	3.84	3.92	4.10	4.24	4.49	4.57	4.69	4.84	5.42
			区間速度 (m/s)	7.51	9.28	9.12	8.93	8.53	8.26	7.80	7.66	7.47	7.23	7.38
			歩数		13	13	13	13	13	14	14	15	15	
大林 晋亨	(石丸製麺)	50.11	通過タイム (sec)	6.06	10.08	14.08	18.17	22.39	26.63	30.91	35.30	39.89	44.64	50.11
			区間タイム (sec)	6.06	4.02	4.00	4.09	4.22	4.24	4.28	4.40	4.59	4.75	5.47
			区間速度 (m/s)	7.43	8.70	8.74	8.56	8.29	8.26	8.18	7.96	7.63	7.36	7.31
			歩数		14	14	14	14	15	15	15	15	15	
須貝 充	(新潟アルビレックスRC)	50.16	通過タイム (sec)	6.09	9.91	13.90	17.85	21.94	26.23	30.50	35.07	39.72	44.54	50.16
			区間タイム (sec)	6.09	3.82	3.99	3.95	4.09	4.29	4.27	4.57	4.65	4.81	5.62
			区間速度 (m/s)	7.39	9.16	8.78	8.85	8.56	8.16	8.19	7.66	7.52	7.27	7.11
			歩数		13	13	13	13	14	14	15	15	15	
前野 景	(アンダーアーマー)	50.37	通過タイム (sec)	6.04	9.83	13.68	17.53	21.67	25.91	30.34	34.87	39.56	44.49	50.37
			区間タイム (sec)	6.04	3.79	3.85	3.85	4.14	4.24	4.43	4.53	4.69	4.94	5.88
			区間速度 (m/s)	7.45	9.24	9.08	9.08	8.46	8.26	7.90	7.73	7.47	7.09	6.80
			歩数		13	13	13	14	14	15	15	15	17	
高田 一就	(法政大)	50.50	通過タイム (sec)	5.89	9.79	13.66	17.48	21.60	25.88	30.21	34.80	39.56	44.63	50.50
			区間タイム (sec)	5.89	3.90	3.87	3.82	4.12	4.27	4.34	4.59	4.75	5.07	5.87
			区間速度 (m/s)	7.64	8.97	9.04	9.16	8.49	8.19	8.07	7.63	7.36	6.90	6.81
			歩数		14	14	14	14	15	15	15	15	15	
真野 悠太郎	(名古屋大)	50.51	通過タイム (sec)	6.16	10.14	14.11	18.12	22.32	26.63	31.03	35.57	40.27	45.03	50.51
			区間タイム (sec)	6.16	3.99	3.97	4.00	4.20	4.30	4.40	4.54	4.70	4.75	5.48
			区間速度 (m/s)	7.31	8.78	8.81	8.74	8.33	8.13	7.95	7.71	7.44	7.36	7.30
			歩数		14	14	14	14	14	15	15	15	15	

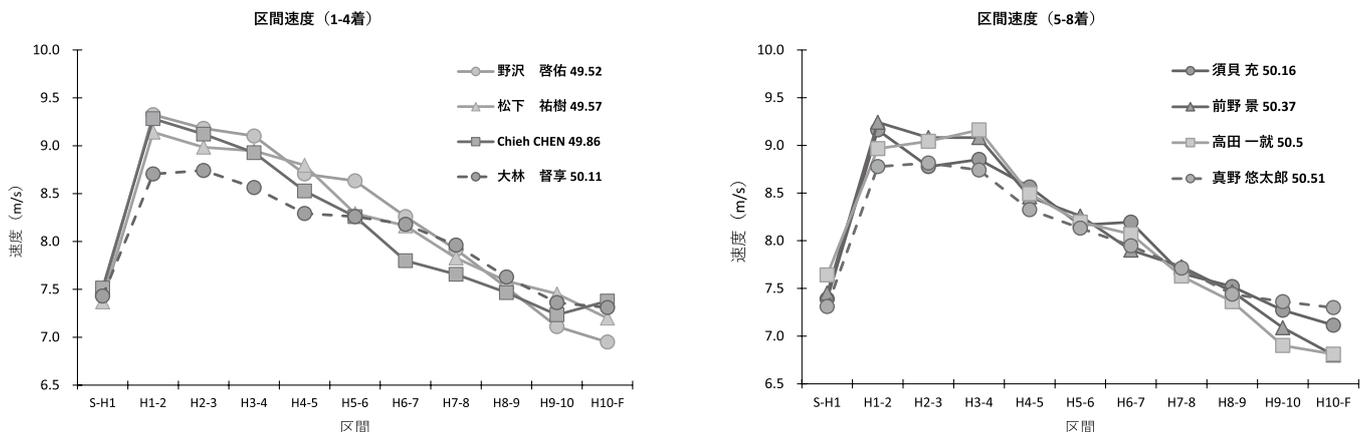


図 3 区間速度の変化 (木南記念 男子 400mH 決勝)

表 4. 2019.05.19 セイコーゴールデンングランプリ陸上 2019 大阪 男子 400mH 決勝 レース分析結果

選手名	所属	記録	区間→	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
豊田 将樹	(法政大)	50.38	通過タイム (sec)	6.14	9.94	13.81	17.85	22.02	26.39	30.86	35.50	40.22	44.98	50.38
			区間タイム (sec)	6.14	3.80	3.87	4.04	4.17	4.37	4.47	4.64	4.72	4.75	5.40
			区間速度 (m/s)	7.33	9.20	9.04	8.67	8.39	8.01	7.83	7.55	7.41	7.36	7.41
			歩数		14	14	14	14	14	14	15	15	15	
野沢 啓佑	(ミズノ)	50.65	通過タイム (sec)	6.14	9.91	13.88	17.87	21.99	26.14	30.46	35.02	39.98	44.94	50.65
			区間タイム (sec)	6.14	3.77	3.97	3.99	4.12	4.15	4.32	4.55	4.96	4.96	5.71
			区間速度 (m/s)	7.33	9.28	8.81	8.78	8.49	8.43	8.10	7.68	7.05	7.05	7.01
			歩数		14	14	14	14	14	14	14	16	15	
杉町 マハウ	(ブラジル)	50.87	通過タイム (sec)	6.06	9.84	13.73	17.76	21.92	26.28	30.78	35.60	40.44	45.33	50.87
			区間タイム (sec)	6.06	3.79	3.89	4.03	4.16	4.36	4.50	4.82	4.84	4.89	5.54
			区間速度 (m/s)	7.43	9.24	9.00	8.69	8.41	8.02	7.78	7.26	7.23	7.16	7.22
			歩数		13	13	13	13	13	13	14	14	14	
井上 駆	(順天堂大)	50.97	通過タイム (sec)	6.09	9.94	13.86	17.87	22.06	26.34	30.86	35.57	40.44	45.35	50.97
			区間タイム (sec)	6.09	3.85	3.92	4.00	4.19	4.29	4.52	4.70	4.87	4.90	5.62
			区間速度 (m/s)	7.39	9.08	8.93	8.74	8.36	8.16	7.74	7.44	7.18	7.14	7.11
			歩数		13	13	13	13	14	14	15	15	15	
陳 傑	(チャイニーズタイペイ)	51.05	通過タイム (sec)	5.92	9.58	13.37	17.18	21.20	25.41	30.03	35.00	40.09	45.20	51.05
			区間タイム (sec)	5.92	3.65	3.80	3.81	4.02	4.20	4.62	4.97	5.09	5.11	5.85
			区間速度 (m/s)	7.60	9.58	9.22	9.18	8.70	8.33	7.57	7.04	6.88	6.86	6.84
			歩数		13	13	13	13	13	14	15	16	15	
大林 督享	(石丸製麺)	51.45	通過タイム (sec)	6.04	9.96	13.91	18.04	22.21	26.48	30.83	35.40	40.22	45.35	51.45
			区間タイム (sec)	6.04	3.92	3.95	4.13	4.16	4.27	4.35	4.57	4.81	5.13	6.10
			区間速度 (m/s)	7.45	8.93	8.85	8.48	8.41	8.19	8.04	7.66	7.27	6.82	6.56
			歩数		14	14	14	14	15	15	15	15	17	
アロン コエチ	(ケニア)	52.48	通過タイム (sec)	6.46	10.44	14.51	18.65	22.89	27.34	31.92	36.72	41.65	46.63	52.48
			区間タイム (sec)	6.46	3.99	4.07	4.14	4.24	4.45	4.58	4.80	4.93	4.98	5.85
			区間速度 (m/s)	6.97	8.78	8.60	8.46	8.26	7.86	7.64	7.30	7.10	7.03	6.84
			歩数		13	15	13	13	15	15	15	15	15	

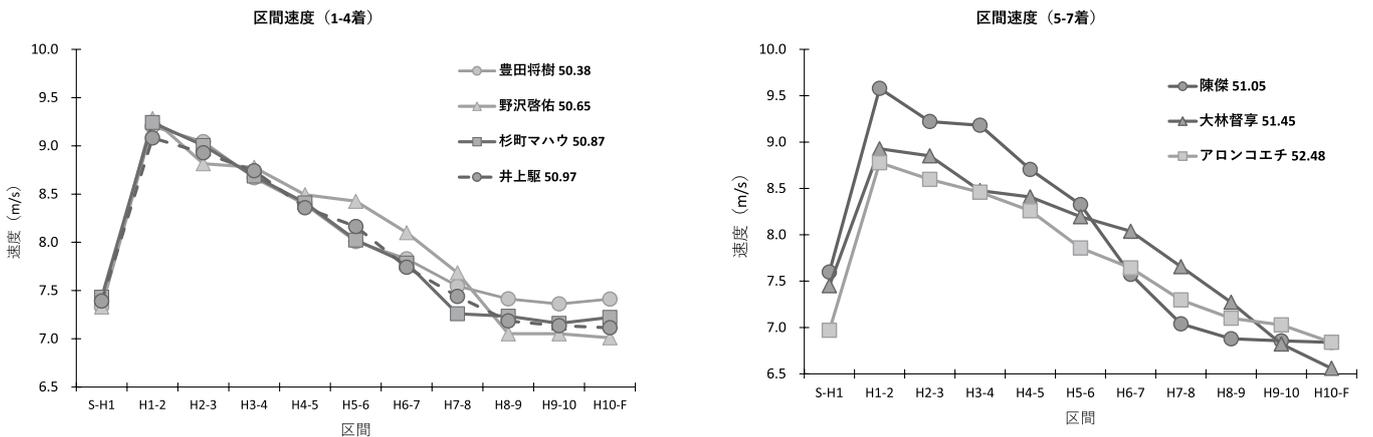


図 4 区間速度の変化 (ゴールデンングランプリ男子 400mH 決勝)

表 5. 2019.06.29 第 103 回日本選手権 男子 400mH 決勝 レース分析結果

選手名	所属	記録	区間→	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
安部 孝駿	(ヤマダ電機)	48.80	通過タイム (sec)	5.96	9.63	13.45	17.26	21.15	25.19	29.53	33.95	38.51	43.23	48.80
			区間タイム (sec)	5.96	3.67	3.82	3.81	3.90	4.04	4.34	4.42	4.55	4.72	5.57
			区間速度 (m/s)	7.56	9.54	9.16	9.18	8.98	8.67	8.07	7.92	7.68	7.41	7.18
			歩数		13	13	13	13	13	14	14	15	15	
豊田 将樹	(法政大)	49.05	通過タイム (sec)	5.92	9.74	13.61	17.65	21.69	25.88	30.16	34.53	38.99	43.68	49.05
			区間タイム (sec)	5.92	3.82	3.87	4.04	4.04	4.19	4.29	4.37	4.45	4.69	5.37
			区間速度 (m/s)	7.60	9.16	9.04	8.67	8.67	8.36	8.16	8.01	7.86	7.47	7.45
			歩数		14	14	14	14	14	14	15	15	15	
松下 祐樹	(ミズノ)	49.47	通過タイム (sec)	6.09	9.84	13.74	17.70	21.71	25.93	30.25	34.75	39.31	43.99	49.47
			区間タイム (sec)	6.09	3.75	3.90	3.96	4.00	4.22	4.32	4.50	4.55	4.69	5.45
			区間速度 (m/s)	7.39	9.32	8.98	8.83	8.74	8.29	8.10	7.77	7.47	7.47	7.34
			歩数		13	13	13	13	14	14	15	15	15	
野澤 啓佑	(ミズノ)	49.51	通過タイム (sec)	5.99	9.68	13.53	17.52	21.60	25.76	30.10	34.53	39.21	43.98	49.51
			区間タイム (sec)	5.99	3.69	3.85	3.99	4.09	4.15	4.34	4.44	4.67	4.77	5.53
			区間速度 (m/s)	7.51	9.49	9.08	8.78	8.56	8.43	8.07	7.89	7.49	7.34	7.23
			歩数		13	13	14	14	14	14	14	15	15	
小田 将矢	(名古屋大)	49.6	通過タイム (sec)	5.91	9.66	13.58	17.53	21.59	25.84	30.25	34.72	39.34	44.13	49.60
			区間タイム (sec)	5.91	3.75	3.92	3.95	4.05	4.25	4.40	4.47	4.62	4.79	5.47
			区間速度 (m/s)	7.62	9.32	8.93	8.85	8.63	8.23	7.95	7.83	7.57	7.31	7.31
			歩数		14	14	14	14	15	15	15	15	15	
真野 悠太郎	(名古屋大)	50.07	通過タイム (sec)	6.02	9.93	13.90	17.97	22.01	26.28	30.66	35.20	39.86	44.59	50.07
			区間タイム (sec)	6.02	3.90	3.97	4.07	4.04	4.27	4.39	4.54	4.65	4.74	5.48
			区間速度 (m/s)	7.47	8.97	8.81	8.60	8.67	8.19	7.98	7.71	7.52	7.39	7.30
			歩数		14	14	14	14	15	15	15	15	15	
須貝 充	(新潟アルビレックスRC)	50.27	通過タイム (sec)	6.06	9.76	13.66	17.58	21.60	25.86	30.23	34.80	39.46	44.43	50.27
			区間タイム (sec)	6.06	3.70	3.90	3.92	4.02	4.25	4.37	4.57	4.65	4.97	5.84
			区間速度 (m/s)	7.43	9.45	8.97	8.93	8.70	8.23	8.01	7.66	7.52	7.04	6.85
			歩数		13	13	13	13	14	14	15	15	15	
都 康炳	(同志社大)	51.37	通過タイム (sec)	6.17	10.08	14.20	18.32	22.56	26.96	31.53	36.10	40.82	45.88	51.37
			区間タイム (sec)	6.17	3.90	4.12	4.12	4.24	4.40	4.57	4.72	5.06	5.49	
			区間速度 (m/s)	7.29	8.97	8.49	8.49	8.26	7.95	7.66	7.66	7.41	6.92	7.29
			歩数		15	15	15	15	15	15	15	15	15	

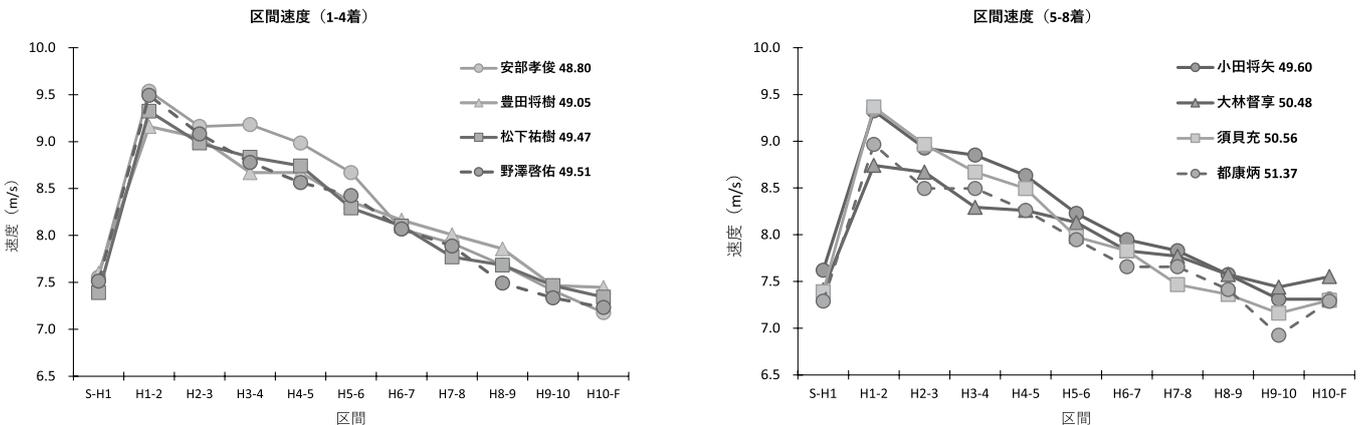


図 5 区間速度の変化 (日本選手権男子 400mH 決勝)

表 6. 2019.05.03 第 35 回静岡国際陸上 女子 400mH 決勝 レース分析結果

選手名	所属	記録	区間→	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
小山 佳奈	(早稲田大)	57.80	通過タイム (sec)	6.77	11.13	15.55	20.14	25.03	29.86	34.95	40.24	45.78	51.45	57.80
			区間タイム (sec)	6.77	4.35	4.42	4.59	4.89	4.84	5.09	5.29	5.54	5.67	6.35
			区間速度 (m/s)	6.64	8.04	7.92	7.63	7.16	7.23	6.88	6.62	6.32	6.17	6.30
			歩数		15	15	15	16	16	17	17	17	17	
伊藤 明子	(筑波大)	58.08	通過タイム (sec)	6.62	11.01	15.53	20.22	25.13	30.15	35.10	40.39	45.90	51.55	58.08
			区間タイム (sec)	6.62	4.39	4.52	4.69	4.90	5.02	4.95	5.29	5.51	5.66	6.53
			区間速度 (m/s)	6.79	7.98	7.74	7.47	7.14	6.97	7.06	6.62	6.36	6.19	6.12
			歩数		15	15	16	16	16	16	17	17	17	
宇都宮 絵莉	(長谷川体育施設)	58.68	通過タイム (sec)	6.52	10.81	15.28	19.85	24.69	29.71	34.87	40.26	45.81	51.72	58.68
			区間タイム (sec)	6.52	4.29	4.47	4.57	4.84	5.02	5.16	5.39	5.56	5.91	6.96
			区間速度 (m/s)	6.90	8.16	7.83	7.66	7.23	6.97	6.79	6.50	6.30	5.93	5.75
			歩数		15	15	15	15	16	16	17	17	18	
青木 穂花	(筑紫女学園高)	59.25	通過タイム (sec)	7.01	11.49	16.10	20.80	25.66	30.78	36.14	41.71	47.38	53.07	59.25
			区間タイム (sec)	7.01	4.49	4.60	4.70	4.85	5.12	5.36	5.57	5.67	5.69	6.17
			区間速度 (m/s)	6.42	7.80	7.60	7.44	7.21	6.83	6.54	6.28	6.17	6.15	6.48
			歩数		17	17	17	17	17	18	18	18	18	
王子田 萌	(NDソフトウェア)	59.54	通過タイム (sec)	6.87	11.41	16.15	20.97	25.94	31.11	36.37	41.73	47.31	53.17	59.54
			区間タイム (sec)	6.87	4.54	4.74	4.82	4.97	5.17	5.26	5.36	5.59	5.86	6.37
			区間速度 (m/s)	6.55	7.71	7.39	7.26	7.04	6.77	6.66	6.54	6.26	5.98	6.28
			歩数		16	16	16	16	17	17	17	17	17	
関本 萌香	(早稲田大)	59.55	通過タイム (sec)	6.89	11.31	15.82	20.42	25.13	30.00	35.22	40.64	46.41	52.64	59.55
			区間タイム (sec)	6.89	4.42	4.50	4.60	4.70	4.87	5.22	5.42	5.77	6.22	6.91
			区間速度 (m/s)	6.53	7.92	7.77	7.60	7.44	7.18	6.70	6.46	6.06	5.62	5.79
			歩数		15	15	15	15	15	16	16	17	18	
川端 涼夏	(松本土建)	59.87	通過タイム (sec)	6.76	11.21	15.87	20.64	25.58	30.66	36.05	41.68	47.36	53.32	59.87
			区間タイム (sec)	6.76	4.45	4.65	4.77	4.94	5.09	5.39	5.62	5.69	5.96	6.55
			区間速度 (m/s)	6.66	7.86	7.52	7.34	7.09	6.88	6.50	6.23	6.15	5.88	6.11
			歩数		15	16	16	16	16	17	18	18	19	
吉田 佳純	(駿河台大)	59.90	通過タイム (sec)	6.77	11.28	15.82	20.54	25.44	30.50	35.74	41.21	47.03	53.07	59.90
			区間タイム (sec)	6.77	4.50	4.54	4.72	4.90	5.06	5.24	5.47	5.82	6.04	6.83
			区間速度 (m/s)	6.64	7.77	7.71	7.41	7.14	6.92	6.68	6.40	6.01	5.80	5.85
			歩数		16	16	16	16	17	17	17	19	19	

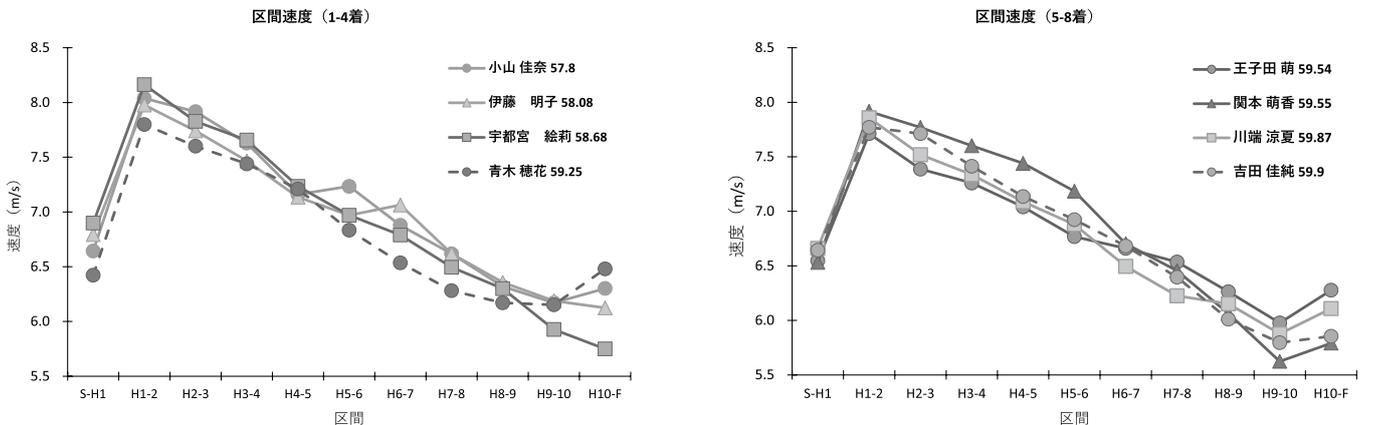


図 6 区間速度の変化 (静岡国際 女子 400mH 決勝)

表 7. 2019.05.06 第 6 回木南道孝記念陸上 女子 400mH 決勝 レース分析結果

選手名	所属	記録	区間→	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
				宇都宮 絵莉 (長谷川体育施設) 57.05	通過タイム (sec)	6.52	10.83	15.30	19.90	24.69	29.75	34.82	40.05	45.40
	区間タイム (sec)	6.52	4.30	4.47	4.60	4.79	5.06	5.07	5.23	5.36	5.39	6.26		
	区間速度 (m/s)	6.90	8.13	7.83	7.60	7.31	6.92	6.90	6.69	6.54	6.50	6.39		
	歩数		15	15	15	15	16	16	17	17	17			
小山 佳奈 (早稲田大) 57.77	通過タイム (sec)	6.76	11.11	15.57	20.24	25.14	30.11	35.09	40.22	45.62	51.20	57.77		
	区間タイム (sec)	6.76	4.35	4.45	4.67	4.90	4.97	4.97	5.14	5.40	5.58	6.57		
	区間速度 (m/s)	6.66	8.04	7.86	7.49	7.14	7.04	7.04	6.81	6.49	6.27	6.09		
	歩数		15	15	15	16	16	17	17	17	17			
イブラヒム 愛紗 (札幌国際大) 58.09	通過タイム (sec)	6.71	11.13	15.72	20.35	25.19	30.18	35.35	40.57	46.08	51.69	58.09		
	区間タイム (sec)	6.71	4.42	4.59	4.64	4.84	4.99	5.17	5.22	5.51	5.61	6.40		
	区間速度 (m/s)	6.71	7.92	7.63	7.55	7.23	7.02	6.77	6.70	6.36	6.24	6.25		
	歩数		15	15	15	15	15	15	15	15	16	16		
芝田 陽香 (チームミズノアスレティック) 58.24	通過タイム (sec)	6.67	11.09	15.56	20.27	25.21	30.18	35.32	40.54	46.10	51.85	58.24		
	区間タイム (sec)	6.67	4.42	4.46	4.71	4.94	4.97	5.14	5.22	5.56	5.76	6.39		
	区間速度 (m/s)	6.74	7.92	7.84	7.43	7.09	7.04	6.81	6.70	6.30	6.08	6.26		
	歩数		16	16	17	17	17	17	17	17	18	18		
関本 明香 (早稲田大) 58.40	通過タイム (sec)	6.72	11.21	15.72	20.32	25.11	30.04	35.04	40.26	45.75	51.53	58.40		
	区間タイム (sec)	6.72	4.49	4.50	4.60	4.79	4.93	5.00	5.22	5.49	5.79	6.87		
	区間速度 (m/s)	6.69	7.80	7.77	7.60	7.31	7.10	7.00	6.70	6.38	6.05	5.83		
	歩数		15	15	15	15	16	16	17	17	17	17		
王子田 萌 (NDソフトウェア) 58.88	通過タイム (sec)	6.87	11.44	16.20	20.95	25.96	31.08	36.32	41.57	46.96	52.45	58.88		
	区間タイム (sec)	6.87	4.57	4.75	4.75	5.01	5.12	5.24	5.26	5.39	5.49	6.43		
	区間速度 (m/s)	6.55	7.66	7.36	7.36	6.99	6.83	6.68	6.66	6.50	6.38	6.22		
	歩数		16	16	16	16	17	17	17	17	17	17		
カラザース 圭菜 (東京陸協) 58.90	通過タイム (sec)	6.81	11.34	16.00	20.77	25.59	30.63	35.77	41.14	46.61	52.32	58.90		
	区間タイム (sec)	6.81	4.54	4.65	4.77	4.82	5.04	5.14	5.37	5.47	5.71	6.58		
	区間速度 (m/s)	6.61	7.71	7.52	7.34	7.26	6.95	6.81	6.52	6.40	6.13	6.08		
	歩数		16	16	16	16	17	17	17	17	17	17		
比嘉 和希 (山梨学院大) 59.03	通過タイム (sec)	6.97	11.53	16.22	20.99	25.88	30.91	36.04	41.32	46.78	52.43	59.03		
	区間タイム (sec)	6.97	4.55	4.69	4.77	4.89	5.04	5.12	5.28	5.46	5.65	6.60		
	区間速度 (m/s)	6.45	7.68	7.47	7.34	7.16	6.95	6.83	6.63	6.41	6.20	6.06		
	歩数		16	16	16	16	17	17	17	17	17	17		

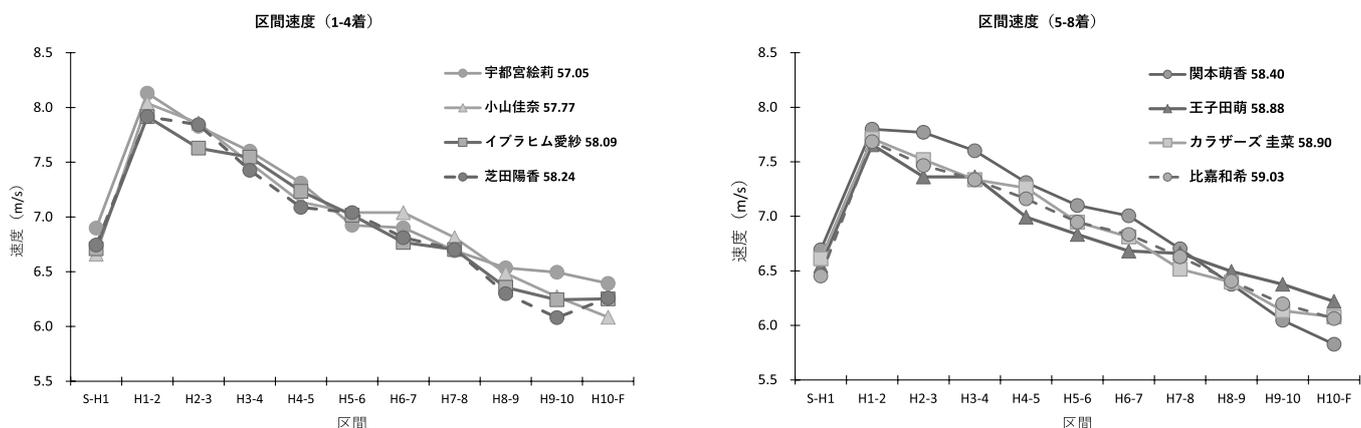


図 7 区間速度の変化 (木南記念 女子 400mH 決勝)

表 8. 2019.05.19 セイコーゴールデンングランプリ陸上 2019 大阪 女子 400mH 決勝 レース分析結果

選手名	所属	記録	区間→	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
ダリラムハンマド	(アメリカ)	53.88	通過タイム (sec)	6.21	10.23	14.51	18.94	23.47	28.16	32.75	37.49	42.46	47.80	53.88
			区間タイム (sec)	6.21	4.02	4.29	4.42	4.54	4.69	4.59	4.74	4.97	5.34	6.08
			区間速度 (m/s)	7.25	8.70	8.16	7.92	7.71	7.47	7.63	7.39	7.04	6.56	6.58
			歩数		15	15	15	15	15	15	15	15	16	16
ティアアダナベル	(アメリカ)	55.42	通過タイム (sec)	6.51	10.64	14.85	19.24	23.77	28.56	33.60	38.66	43.88	49.23	55.42
			区間タイム (sec)	6.51	4.14	4.20	4.39	4.54	4.79	5.04	5.06	5.22	5.36	6.19
			区間速度 (m/s)	6.92	8.46	8.33	7.98	7.71	7.31	6.95	6.92	6.70	6.54	6.46
			歩数		15	15	15	15	15	16	16	16	16	16
カサンドラテート	(アメリカ)	55.45	通過タイム (sec)	6.34	10.38	14.58	19.17	23.89	28.65	33.52	38.44	43.66	49.18	55.45
			区間タイム (sec)	6.34	4.04	4.20	4.59	4.72	4.75	4.87	4.92	5.22	5.52	6.26
			区間速度 (m/s)	7.10	8.67	8.33	7.63	7.41	7.36	7.18	7.11	6.70	6.34	6.39
			歩数		15	15	15	15	15	15	15	16	16	16
ヨアンナリンケウィチ	(ポーランド)	56.35	通過タイム (sec)	6.56	10.84	15.30	19.81	24.57	29.51	34.52	39.57	44.76	50.07	56.35
			区間タイム (sec)	6.56	4.29	4.45	4.51	4.76	4.94	5.01	5.06	5.19	5.31	6.28
			区間速度 (m/s)	6.86	8.16	7.86	7.76	7.35	7.09	6.99	6.92	6.75	6.60	6.37
			歩数		16	16	16	16	17	17	17	17	17	17
宇都宮 絵莉	(長谷川体育施設)	57.31	通過タイム (sec)	6.52	10.82	15.33	19.87	24.56	29.60	34.70	39.96	45.33	50.83	57.31
			区間タイム (sec)	6.52	4.30	4.51	4.54	4.69	5.04	5.11	5.26	5.37	5.51	6.48
			区間速度 (m/s)	6.90	8.15	7.76	7.71	7.47	6.95	6.86	6.66	6.52	6.36	6.17
			歩数		15	15	15	15	16	16	17	17	17	17
小山 佳奈	(早稲田大)	57.45	通過タイム (sec)	6.67	10.99	15.53	20.29	25.21	30.18	35.25	40.42	45.85	51.32	57.45
			区間タイム (sec)	6.67	4.32	4.54	4.75	4.92	4.97	5.07	5.17	5.42	5.47	6.13
			区間速度 (m/s)	6.74	8.10	7.71	7.36	7.11	7.04	6.90	6.77	6.46	6.40	6.52
			歩数		15	15	15	16	16	17	17	17	17	17
伊藤 明子	(筑波大)	57.61	通過タイム (sec)	6.49	10.79	15.25	19.95	24.82	29.86	34.87	40.14	45.63	51.16	57.61
			区間タイム (sec)	6.49	4.30	4.45	4.70	4.87	5.04	5.01	5.27	5.49	5.53	6.45
			区間速度 (m/s)	6.93	8.13	7.86	7.44	7.18	6.95	6.99	6.64	6.38	6.33	6.20
			歩数		15	15	16	16	16	16	16	17	17	17
カトリーナ シーモア	(バハマ)	58.04	通過タイム (sec)	6.72	11.23	15.80	20.59	25.51	30.56	35.52	40.56	45.85	51.42	58.04
			区間タイム (sec)	6.72	4.51	4.57	4.79	4.92	5.06	4.95	5.04	5.29	5.57	6.62
			区間速度 (m/s)	6.70	7.76	7.66	7.31	7.11	6.92	7.06	6.95	6.62	6.28	6.04
			歩数		15	15	15	15	16	16	16	16	16	17
青木 穂花	(筑紫学園高)	58.45	通過タイム (sec)	6.74	11.09	15.65	20.35	25.28	30.43	35.62	40.97	46.55	52.17	58.45
			区間タイム (sec)	6.74	4.35	4.55	4.70	4.92	5.16	5.19	5.36	5.57	5.62	6.28
			区間速度 (m/s)	6.68	8.04	7.68	7.44	7.11	6.79	6.75	6.54	6.28	6.23	6.37
			歩数		16	17	17	17	17	17	17	18	18	19

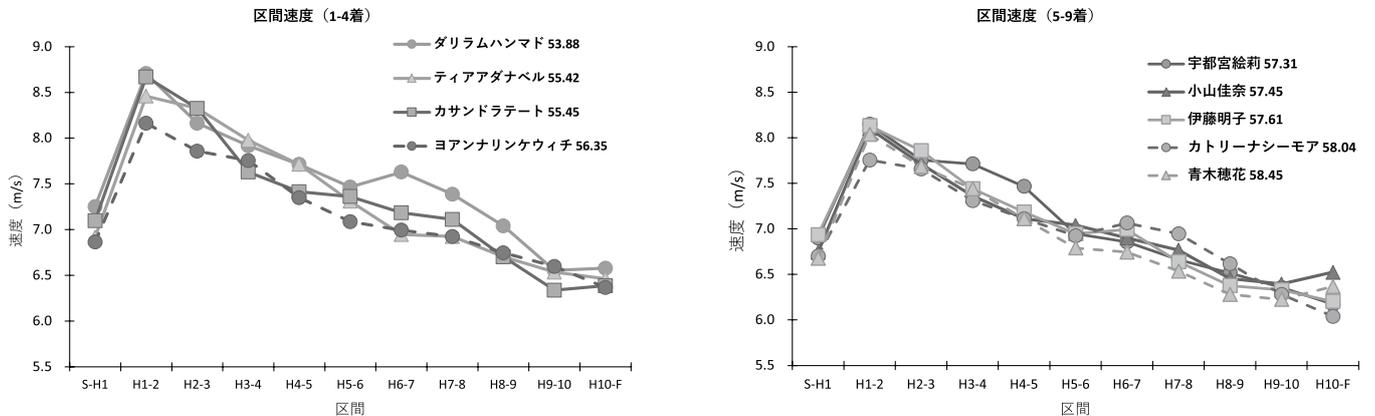


表9. 2019.06.30 第103回日本選手権 女子400mH 決勝 レース分析結果

選手名	所属	記録	区間→	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
伊藤 明子	(筑波大)	57.09	通過タイム (sec)	6.47	10.73	15.17	19.74	24.44	29.28	34.28	39.51	44.91	50.52	57.09
			区間タイム (sec)	6.47	4.25	4.44	4.57	4.70	4.84	5.01	5.22	5.41	5.61	6.57
			区間速度 (m/s)	6.95	8.23	7.89	7.66	7.44	7.23	6.99	6.70	6.48	6.24	6.09
			歩数		15	15	15	16	16	16	17	17	17	
小山 佳奈	(早稲田大)	57.61	通過タイム (sec)	6.77	11.16	15.65	20.32	25.18	30.03	35.14	40.44	45.85	51.40	57.61
			区間タイム (sec)	6.77	4.39	4.49	4.67	4.85	4.85	5.11	5.31	5.41	5.56	6.21
			区間速度 (m/s)	6.64	7.98	7.80	7.49	7.21	7.21	6.86	6.60	6.48	6.30	6.45
			歩数		15	15	15	16	16	17	17	17	17	
関本 萌香	(早稲田大)	57.73	通過タイム (sec)	6.75	11.11	15.55	20.15	24.84	29.70	34.65	39.81	45.18	50.88	57.73
			区間タイム (sec)	6.75	4.36	4.44	4.60	4.69	4.85	4.95	5.16	5.37	5.71	6.85
			区間速度 (m/s)	6.67	8.02	7.89	7.60	7.47	7.21	7.06	6.79	6.52	6.13	5.84
			歩数		15	15	15	15	16	16	17	17	17	
芝田 陽香	(チームミズノアスレティック)	58.18	通過タイム (sec)	6.72	11.19	15.83	20.57	25.43	30.45	35.60	40.86	46.28	51.82	58.18
			区間タイム (sec)	6.72	4.47	4.64	4.74	4.85	5.02	5.16	5.26	5.42	5.54	6.36
			区間速度 (m/s)	6.69	7.83	7.55	7.39	7.21	6.97	6.79	6.66	6.46	6.32	6.29
			歩数		16	16	16	16	16	17	17	17	17	
王子田 萌	(NDソフトウェア)	58.60	通過タイム (sec)	6.77	11.24	15.90	20.67	25.53	30.53	35.64	40.91	46.40	52.07	58.60
			区間タイム (sec)	6.77	4.47	4.65	4.77	4.85	5.01	5.11	5.27	5.49	5.67	6.53
			区間速度 (m/s)	6.64	7.83	7.52	7.34	7.21	6.99	6.86	6.64	6.38	6.17	6.12
			歩数		16	16	16	16	17	17	17	17	17	
武石 この実	(東邦銀行)	58.76	通過タイム (sec)	6.66	11.14	15.88	20.82	25.81	30.90	36.30	41.86	47.28	52.69	58.76
			区間タイム (sec)	6.66	4.49	4.74	4.94	4.99	5.09	5.41	5.56	5.42	5.41	6.07
			区間速度 (m/s)	6.76	7.80	7.39	7.09	7.02	6.88	6.48	6.30	6.46	6.48	6.59
			歩数		15	15	16	16	16	17	18	17	17	
イブラヒム 愛紗	(札幌国際大)	59.43	通過タイム (sec)	6.76	11.19	15.80	20.49	25.31	30.35	35.57	41.09	46.98	52.90	59.43
			区間タイム (sec)	6.76	4.44	4.60	4.69	4.82	5.04	5.22	5.52	5.89	5.92	7.03
			区間速度 (m/s)	6.66	7.89	7.60	7.47	7.26	6.95	6.70	6.34	5.94	5.91	5.69
			歩数		15	15	15	15	15	15	16	17	16	

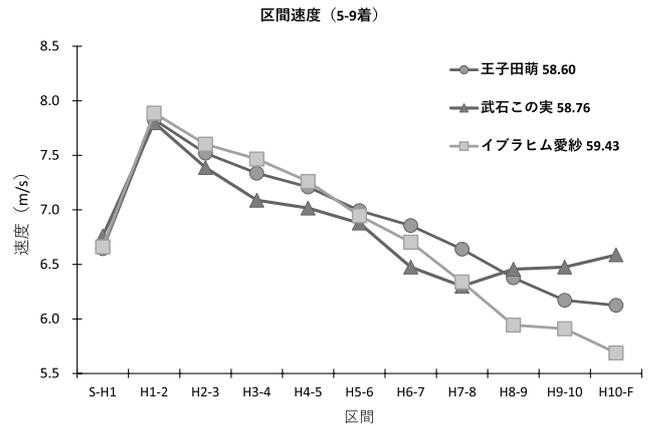
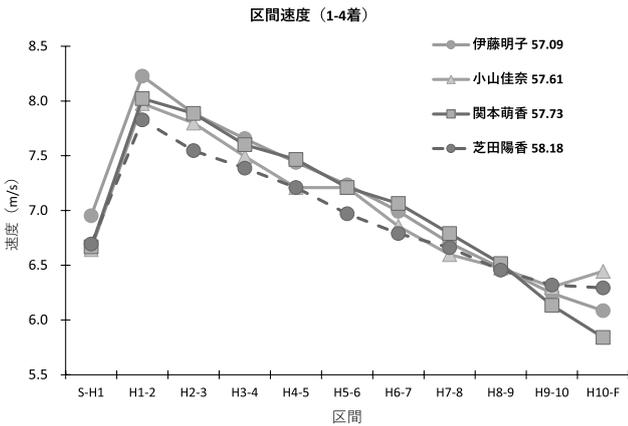


図9 区間速度の変化 (日本選手権 女子400mH 決勝)

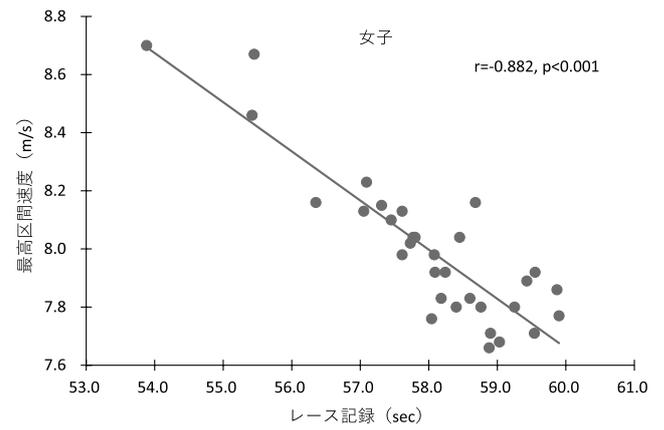
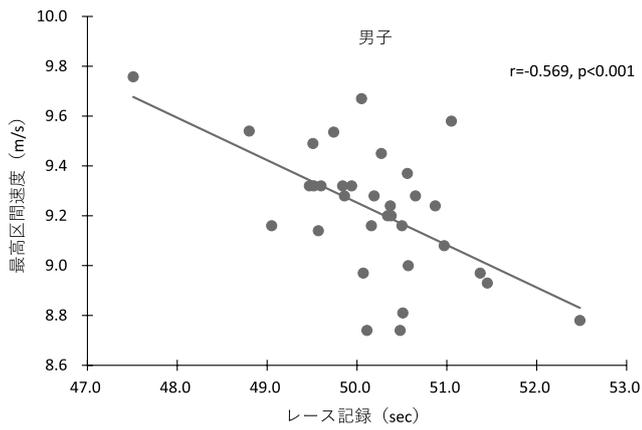


図 10 レース記録と最高区間速度との関係 (左：男子、右：女子)

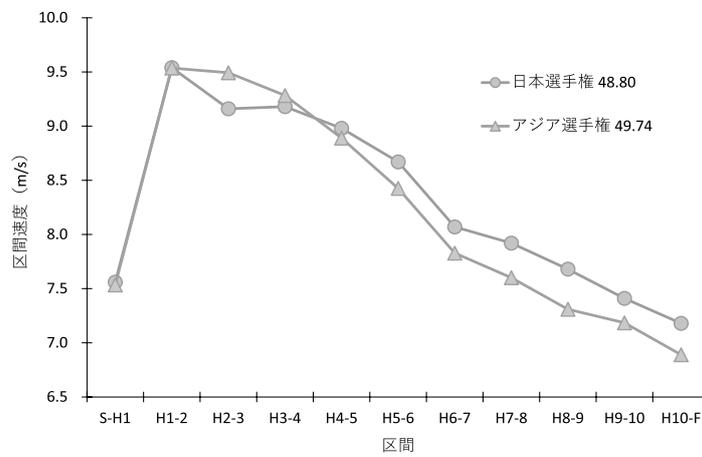


図 11 安部孝駿選手の区間速度の変化

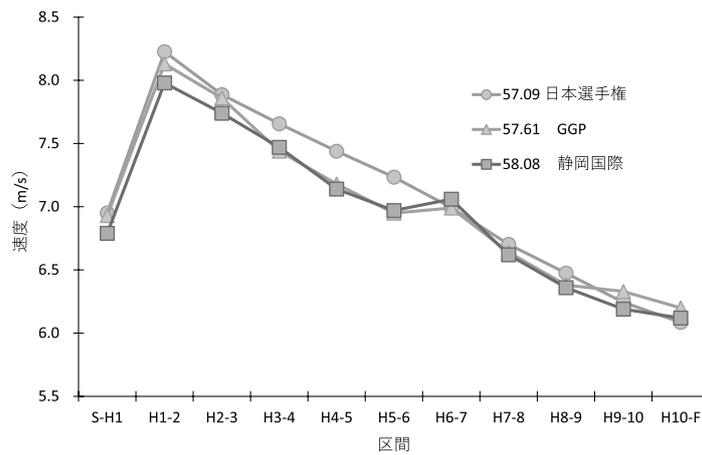


図 12 伊藤明子選手の区間速度の変化

日本一流男女 400m ハードル選手のレースパターン分析 — 2020 年の主要競技会について —

杉本和那美¹⁾ 貴嶋孝太²⁾ 柴山一仁³⁾ 森丘保典⁴⁾

1) 弘前大学 2) 大阪体育大学 3) 仙台大学 4) 日本大学

1. はじめに

2020 年は、新型コロナウイルス感染症が世界的に流行し、競技会が軒並み延期または中止となり、競技者のトレーニングや試合計画に大きな影響を及ぼしたシーズンであった。その中でも7月以降は徐々に競技会が再開されはじめ、女子 400mH では10月に開催された第104回日本陸上競技選手権大会において、イブラヒム愛紗選手（札幌国際大）が日本歴代6位となる56秒50を記録し、高いレベルでのレースが展開されていた。日本陸上競技連盟科学委員会では、公認競技会における男女 400mH 選手のレース分析を行い、区間タイムや区間速度、歩数などを用いてレースの評価を行っている。本稿では、2020年シーズンに開催された主要競技会における分析結果を提示し、競技パフォーマンスの評価およびトレーニングに応用できる資料を提供しようとした。

2. 方法

2-1. 分析対象選手、および対象競技会

分析の対象は、国内外の男女 400mH 選手のべ105名（男子：57名、女子：48名）であった。対象選手たちが出場した以下の7大会を分析対象競技会とした。

- ① セイコーゴールデングランプリ陸上 2020 東京（8月23日、国立競技場・東京）
- ② 富士北麓ワールドトライアル 2020（9月6日、富士北麓公園・山梨）：男子 400mH のみ
- ③ 第68回全日本実業団対抗陸上競技選手権大会（9月18日～20日、熊谷スポーツ文化公園・埼玉）
- ④ 第104回日本陸上競技選手権大会（10月1日～3日、デンカビッグスワンスタジアム・新潟）

⑤ 第7回木南道孝記念陸上競技大会（10月24日、ヤンマースタジアム長居・大阪）

⑥ U20 全国陸上競技大会（10月23日～25日、広域公園・広島）

⑦ 全国高等学校陸上競技大会 2020（10月23日～25日、広域公園・広島）

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、観客席スタンドに設置した複数台のデジタルビデオカメラを用いて行った（60fps）。スタートピストルの閃光を映した後、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（以下、「タッチダウン」とする）が確認できるよう、追従撮影した。撮影後、スタートピストルの閃光を基準に各ハードルのタッチダウンタイム（以下、「通過タイム」とする）を読み取り、各測定区間に要した時間を求めた。

400mH レースにおける測定区間定義は、Start から第1ハードル（H1）までの区間をS-H1とし、以下ハードル間をH1-2, H2-3, H3-4, H4-5, H5-6, H6-7, H7-8, H8-9, H9-10, 最終ハードル（H10）からFinishをH10-Fとした。また、トレーニングや試合の際にチェックポイントとして頻繁に用いられ、ペース配分の評価に役立てることができる（宮下, 1991）とされている第5ハードル（185m地点）、第8ハードル（290m地点）を基準として、Start から第5ハードルまでの185m区間をレース前半区間（以下、前半）、第5ハードルから第8ハードルまでの105m区間をレース中盤区間（以下、中盤）、第8ハードルからFinishまでをレース後半区間（以下、後半）とした（森丘ら, 2000）。各測定区間の平均疾走速度は、区間距離を区間タイムで除すことにより求めた。前半から中盤、中盤から後半にかけての各疾走速度低下率は、それぞれの区間平均速度を求め、次式にて算出した。

表1 対象競技会における男子 400m ハードル決勝の平均記録

No.	日付	大会名	記録 (sec)	
			平均	(最小値 - 最大値)
1	8月23日	セイコーゴールデングランプリ陸上2020東京	50.74	(49.31 - 52.19)
2	9月6日	富士北麓ワールドトライアル2020	50.63	(49.63 - 51.44)
3	9月20日	第68回全日本実業団対抗陸上競技選手権大会	51.01	(49.38 - 53.05)
4	10月2日	第104回日本陸上競技選手権大会	50.54	(49.73 - 52.46)
5	10月24日	第7回木南通孝記念陸上競技大会	50.36	(49.79 - 50.86)
6	10月25日	全国高等学校陸上競技大会2020	52.86	(51.78 - 53.99)
7	10月25日	U20全国陸上競技大会	53.56	(52.17 - 56.84)

疾走速度の低下率 (%) = [1 - (中盤 (後半) 速度) / 前半 (中盤) 速度] × 100

また、前半、中盤、後半それぞれの区間タイムが、400mH レース記録 (以下、記録) に占める割合 (以下、それぞれ % 前半, % 中盤, % 後半) 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。

3. 結果および考察

①男子 400mH

各競技会の決勝における記録の平均、最小値および最大値を表1に示した。最も平均記録が良かった (小さかった) 競技会は、第7回木南道孝記念陸上競技大会 (50.36秒) で、最も良い記録 (最小値) は、セイコーゴールデングランプリ陸上2020東京で安部孝駿選手がマークした49.31秒であった。

表2から表8に各競技会における通過タイム、区間タイム、区間速度および各区間の歩数を示した。加えて、各競技会における区間速度の変化を図1～7に示した。概ねどの選手も区間速度がS-H1、H1-2と大きくなり、H1-2において最高区間速度が出現した。最高区間速度が出現した後、速度は低下しながらフィニッシュするように変化した。ハードル間の歩数は、13～17歩であった。

表9は、分析対象競技会における記録上位4名 (49.31～49.79秒) のペース配分の指標となる算出項目 (前半、中盤および後半速度、疾走速度低下率、前半、中盤および後半の区間タイムが記録に占める割合) を示したものである。この表には、安部選手の昨シーズンのベスト記録 (48.80秒) と為末大氏の日本記録 (47.89秒) の分析結果も示した (日本陸上競技連盟, 2020; 森丘ら, 2007)。表9に示した競技者の分析結果からH8までのペース配分によるレースパターンの類型化 (森丘ら, 2007) を作

図した (図8)。この図は、①第5ハードルまでのペース配分、②第5ハードルまでに獲得した速度が次のカーブ (H5-8) でどのくらい維持されているか、の2点を基準に類型化したものである。図の縦軸は、レース記録に占めるS-H5タイムの割合 (%S-H5) であり、上に行くほど (値が大きいほど) H5までの想定のペースが遅くなる。一方、横軸はS-H5 (前半) からH5-8 (中盤) への速度低下率であり、右に行くほど (値が大きいほど) H5-8での速度低下が大きいことを意味する。その結果、4名ともハイペース低下型であり、為末氏と同じ型に分類された。安部選手は、その中でもレース前半に占める割合が低く、前半から中盤にかけての速度低下率が大きかった。昨シーズンのベスト記録 (48.80秒) のペース配分と比較すると、今シーズンの安部選手は前半の区間速度が同程度であるが、前半から中盤の速度低下率が大きかった (表9)。400mHのレースパターンは、競技者の体力特性やハードリング技術、歩数配分 (切り替えのタイミングや回数) の違いに起因することから (荻部ら, 1999; 森丘ら, 2007)、より多くのレースを分析し、競技者個人の特徴や疾走速度の変化に関する要因について詳細に検討していく必要がある。

②女子 400mH

各競技会の決勝における記録の平均、最小値および最大値を表10に示した。最も平均記録が良かった (小さかった) 競技会は、第104回日本陸上競技選手権大会 (57.54秒) で、最も良い記録 (最小値) は、同大会でイブラヒム愛紗選手がマークした56.50秒であった。

表11から表17に通過タイム、区間タイム、区間速度および各区間の歩数の分析結果を示した。各競技会における区間速度の変化を図9～15に示した。ハードル間の歩数は、15～20歩であった。女子は最も平均記録が良かった日本選手権を対象にペース配分の指標 (前半、中盤および後半速度、疾走速度

低下率，前半，中盤および後半の区間タイムが記録に占める割合)を示した(表18)．この表には，久保倉里美氏の日本記録(55.34秒)の分析結果も示した．この結果からイブラヒム選手は，他の選手に比べ前半の区間速度が大きく，記録に占める割合が低かった．加えて，前半～中盤の速度低下率が大きかった．表18に示した競技者の分析結果から，H8までのペース配分によるレースパターンの類型化(森丘ら，2007)を作図した(図16)．男子同様に%前半を44.5%で，前半～中盤速度低下率を4%で区切り分類すると，1選手を除いて全ての選手がハイペース低下型に分類された．その中でもイブラヒム選手は，レース前半に占める割合が低く，前半から中盤にかけての速度低下率が大きかった．イブラヒム選手の日本記録の更新を展望し，表19に各区間タイム(速度)およびペース配分の指標を示した．この表では，イブラヒム選手の前半区間タイム(速度)が日本選手権と同じであると仮定し作成した．そのため，日本記録との差(1.16秒)を中盤から後半で埋める必要がある．そこで，前半から中盤の速度低下率を6.0%と日本選手権(8.3%)より小さくした．日本選手権での区間タイムは中盤で15.00秒，後半で17.26秒であったことから，中盤で0.36秒，後半で0.84秒を縮めることになる．あくまでもこの指標は，今回得られたデータから日本記録更新を男子と同じ指標で展望したものである．レースパターンは，競技者の体力特性に影響を受けることが報告されていることから(荻部ら，1999)，女子競技者の体力特性を考慮したレースパターンの類型方法を検討すること，さらに競技者本人のレース中の努力度等を考慮して検討することが求められる．

4. 引用，参考文献

日本陸上競技連盟(2020)アスリートのパフォーマンス及び技術に関する調査研究 データブック 2019. 第103回日本陸上競技選手権大会；113.
荻部俊二，尾縣貢，安井年文，山崎一彦，関岡康雄(1999)国内トップ400mハードラーのレースパターンと体力特性との関係．陸上競技研究，37：2-7.
宮下憲(1991)最新陸上競技入門シリーズ4 ハードル，ベースボールマガジン社：東京.
森丘保典，杉田正明，松尾彰文，岡田英孝，阿江通良，小林寛道(2000)陸上競技男子400mハードル走における速度変化特性と記録との関係：内外一流選手のレースパターンの分析から．体育学研

究，45：414-421.
森丘保典，榎本靖士，山崎一彦，杉田正明，阿江通良(2007)一流男子400mハードル選手のレースパターンの類型化について－世界陸上大阪大会の決勝レース展望－．陸上競技学会誌，6：55-59.

表2 2020.08.23 セイコーゴールデンングランプリ陸上2020 東京 男子 400mH 決勝 レース分析結果

選手名	所属	記録	区間→	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
安部 孝駿	(ヤマダ電機)	49.31	通過タイム (sec)	5.96	9.64	13.36	17.20	21.12	25.23	29.58	34.08	38.79	43.66	49.31
			区間タイム (sec)	5.96	3.69	3.72	3.84	3.92	4.10	4.35	4.50	4.70	4.87	5.65
			区間速度 (m/s)	7.56	9.49	9.41	9.12	8.93	8.53	8.04	7.77	7.44	7.18	7.08
			歩数		13	13	13	13	13	14	14	15	15	
豊田 将樹	(富士通)	49.82	通過タイム (sec)	6.01	9.91	13.85	17.90	21.97	26.21	30.46	34.83	39.52	44.29	49.82
			区間タイム (sec)	6.01	3.90	3.94	4.05	4.07	4.24	4.25	4.37	4.69	4.77	5.53
			区間速度 (m/s)	7.49	8.97	8.89	8.63	8.60	8.26	8.23	8.01	7.47	7.34	7.23
			歩数		14	14	14	14	14	14	15	15	15	
山本 竜大	(日本大)	50.34	通過タイム (sec)	6.01	9.86	13.80	17.77	21.87	26.16	30.61	35.17	39.92	44.79	50.34
			区間タイム (sec)	6.01	3.85	3.94	3.97	4.10	4.29	4.45	4.55	4.75	4.87	5.55
			区間速度 (m/s)	7.49	9.08	8.89	8.81	8.53	8.16	7.86	7.68	7.36	7.18	7.21
			歩数		14	14	14	14	15	15	15	15	15	
高田 一就	(ユメオミライ)	50.53	通過タイム (sec)	6.04	9.84	13.71	17.67	21.86	26.13	30.53	35.07	39.87	44.84	50.53
			区間タイム (sec)	6.04	3.80	3.87	3.95	4.19	4.27	4.40	4.54	4.80	4.97	5.68
			区間速度 (m/s)	7.45	9.20	9.04	8.85	8.36	8.19	7.95	7.71	7.28	7.04	7.04
			歩数		13	13	14	14	14	14	15	15	15	
松下 祐樹	(ミズノ)	50.6	通過タイム (sec)	6.14	9.91	13.78	17.82	22.01	26.36	30.83	35.42	40.09	44.89	50.60
			区間タイム (sec)	6.14	3.77	3.87	4.04	4.19	4.35	4.47	4.59	4.67	4.80	5.71
			区間速度 (m/s)	7.33	9.28	9.04	8.67	8.36	8.04	7.83	7.63	7.49	7.28	7.01
			歩数		13	13	13	13	14	14	15	15	15	
小田 将矢	(豊田自動織機)	50.73	通過タイム (sec)	6.01	9.76	13.56	17.57	21.77	26.08	30.51	35.14	39.92	45.05	50.73
			区間タイム (sec)	6.01	3.75	3.80	4.00	4.20	4.30	4.44	4.62	4.79	5.12	5.69
			区間速度 (m/s)	7.49	9.32	9.20	8.74	8.33	8.13	7.89	7.57	7.31	6.83	7.03
			歩数		14	14	14	14	14	14	15	15	16	
杉町 マハウ	(フェリス大職員)	50.99	通過タイム (sec)	6.16	9.96	13.86	17.83	21.91	26.16	30.51	35.15	40.04	45.08	50.99
			区間タイム (sec)	6.16	3.80	3.90	3.97	4.07	4.25	4.35	4.64	4.89	5.04	5.92
			区間速度 (m/s)	7.31	9.20	8.97	8.81	8.60	8.23	8.04	7.55	7.16	6.95	6.75
			歩数		12	12	13	13	13	13	13	14	14	
川越 広弥	(JAWS)	52.17	通過タイム (sec)	5.92	9.76	13.65	17.63	21.74	26.01	30.38	34.87	39.56	44.93	52.17
			区間タイム (sec)	5.92	3.84	3.89	3.99	4.10	4.27	4.37	4.49	4.69	5.37	7.24
			区間速度 (m/s)	7.60	9.12	9.00	8.78	8.53	8.19	8.01	7.80	7.47	6.52	5.52
			歩数		14	14	14	14	15	15	15	15	17	
鈴木 大河	(中京大中京高)	52.19	通過タイム (sec)	6.01	9.86	13.78	17.85	22.02	26.44	31.05	35.79	40.74	45.90	52.19
			区間タイム (sec)	6.01	3.85	3.92	4.07	4.17	4.42	4.60	4.74	4.95	5.16	6.29
			区間速度 (m/s)	7.49	9.08	8.93	8.60	8.39	7.92	7.60	7.39	7.06	6.79	6.36
			歩数		14	14	14	14	15	15	15	15	15	

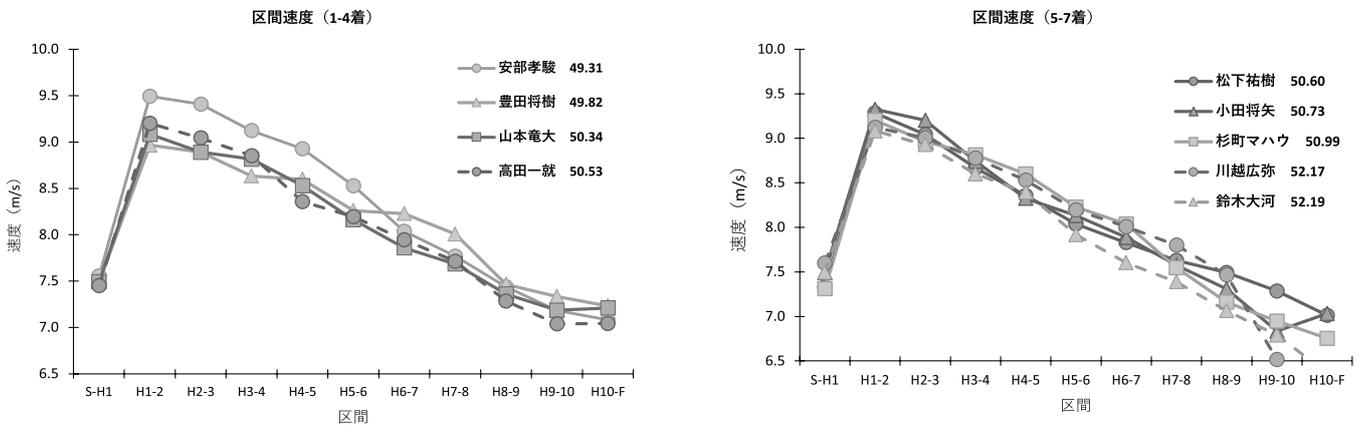


図1 区間速度の変化 (ゴールデンングランプリ 男子 400mH 決勝)

表3 2020.09.06 富士北麓ワールドトライアル2020 男子400mH 決勝 レース分析結果

選手名	所属	記録	区間→	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
				豊田 将樹 (富士通)	49.63	通過タイム (sec)	6.09	9.96	13.91	18.07	22.17	26.38	30.56	34.93
		区間タイム (sec)	6.09	3.87	3.95	4.15	4.10	4.20	4.19	4.37	4.59	4.70	5.40	
		区間速度 (m/s)	7.39	9.04	8.85	8.43	8.53	8.33	8.36	8.01	7.63	7.44	7.41	
		歩数		14	14	14	14	14	14	15	15	15		
大林 晋亨 (石丸製麺)	50.22	通過タイム (sec)	5.96	9.86	13.85	18.00	22.12	26.36	30.63	35.02	39.62	44.53	50.22	
		区間タイム (sec)	5.96	3.90	3.99	4.15	4.12	4.24	4.27	4.39	4.60	4.90	5.69	
		区間速度 (m/s)	7.56	8.97	8.78	8.43	8.49	8.26	8.19	7.98	7.60	7.14	7.03	
		歩数		14	14	14	15	15	15	15	15	15		
吉田 京平 (東京学芸大学)	50.32	通過タイム (sec)	6.01	9.84	13.75	17.80	21.94	26.21	30.58	35.22	39.97	44.79	50.32	
		区間タイム (sec)	6.01	3.84	3.90	4.05	4.14	4.27	4.37	4.64	4.75	4.82	5.52	
		区間速度 (m/s)	7.49	9.12	8.97	8.63	8.46	8.19	8.01	7.55	7.36	7.26	7.24	
		歩数		14	14	14	14	14	14	15	15	15		
岩本 武 (g-zone)	50.56	通過タイム (sec)	6.14	9.98	13.93	17.92	22.09	26.36	30.83	35.41	40.32	45.28	50.56	
		区間タイム (sec)	6.14	3.84	3.95	3.99	4.17	4.27	4.47	4.58	4.91	4.95	5.28	
		区間速度 (m/s)	7.33	9.12	8.85	8.78	8.39	8.19	7.83	7.64	7.12	7.06	7.58	
		歩数		13	13	13	13	13	13	13	14	14		
伊奈 颯太 (城西大学)	50.67	通過タイム (sec)	6.24	10.26	14.18	18.28	22.51	26.78	31.18	35.84	40.59	45.33	50.67	
		区間タイム (sec)	6.24	4.02	3.92	4.10	4.22	4.27	4.40	4.65	4.75	4.74	5.34	
		区間速度 (m/s)	7.21	8.70	8.93	8.53	8.29	8.19	7.95	7.52	7.36	7.39	7.49	
		歩数		13	13	14	14	14	14	15	15	15		
井上 駆 (東京海上日動CS)	51.11	通過タイム (sec)	6.12	10.01	13.96	18.03	22.17	26.43	30.86	35.49	40.31	45.31	51.11	
		区間タイム (sec)	6.12	3.89	3.95	4.07	4.14	4.25	4.44	4.62	4.82	5.01	5.80	
		区間速度 (m/s)	7.35	9.00	8.85	8.60	8.46	8.23	7.89	7.57	7.26	6.99	6.90	
		歩数		13	13	13	13	14	14	15	15	15		
高田 一就 (ユメオミライ)	51.11	通過タイム (sec)	6.04	9.81	13.71	17.77	21.92	26.16	30.56	35.14	39.94	45.10	51.11	
		区間タイム (sec)	6.04	3.77	3.90	4.05	4.15	4.24	4.40	4.57	4.80	5.16	6.01	
		区間速度 (m/s)	7.45	9.28	8.97	8.63	8.43	8.26	7.95	7.66	7.28	6.79	6.66	
		歩数		13	13	14	14	14	14	15	15	16		
山本 武 (愛知教育大)	51.44	通過タイム (sec)	6.09	9.96	13.91	17.95	22.09	26.38	30.75	35.30	40.16	45.40	51.44	
		区間タイム (sec)	6.09	3.87	3.95	4.04	4.14	4.29	4.37	4.55	4.85	5.24	6.05	
		区間速度 (m/s)	7.39	9.04	8.85	8.67	8.46	8.16	8.01	7.68	7.21	6.68	6.61	
		歩数		14	14	14	14	15	15	15	15	17		

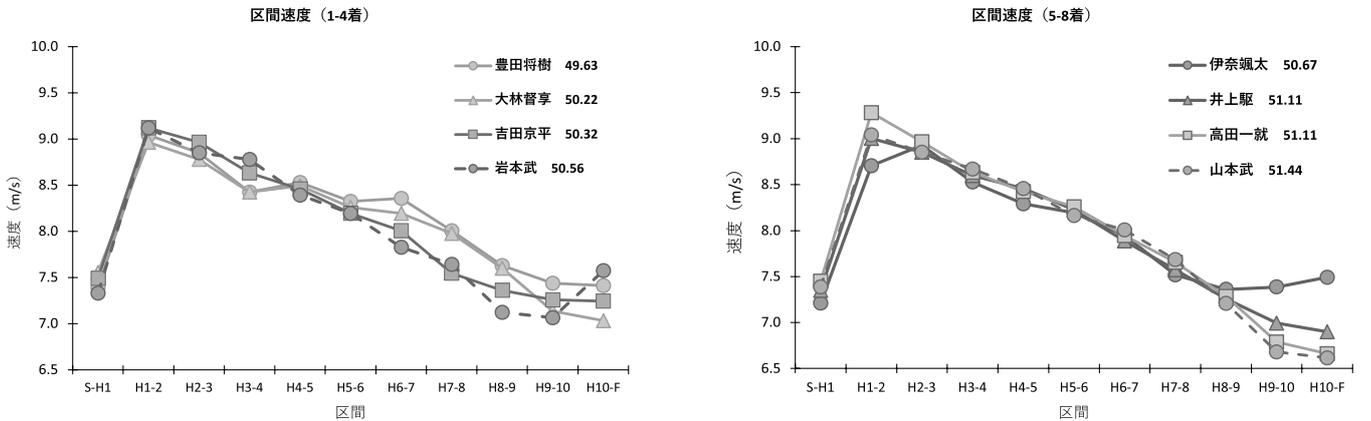


図2 区間速度の変化 (富士北麓 男子400mH 決勝)

表 4 2020.09.20 第 68 回全日本実業団対抗陸上競技選手権大会 男子 400mH

選手名	所属	記録	区間→	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
				通過タイム (sec)	6.04	9.71	13.48	17.32	21.25	25.34	29.73	34.23	38.92	43.69
区間タイム (sec)	6.04	3.67	3.77	3.84	3.94	4.09	4.39	4.50	4.69	4.77	4.77	4.77	5.69	
区間速度 (m/s)	7.45	9.54	9.28	9.12	8.89	8.56	7.98	7.77	7.47	7.34	7.03			
歩数		13	13	13	13	13	14	14	15	15				
小田 将矢	(豊田自動織機)	50.18	通過タイム (sec)	6.12	9.94	13.78	17.81	21.94	26.31	30.71	35.24	39.86	44.63	50.18
区間タイム (sec)	6.12	3.82	3.84	4.03	4.13	4.37	4.40	4.52	4.62	4.77	5.55			
区間速度 (m/s)	7.35	9.16	9.12	8.69	8.48	8.01	7.95	7.74	7.57	7.34	7.21			
歩数		14	14	14	14	15	15	15	15	15				
豊田 将樹	(富士通)	50.63	通過タイム (sec)	6.22	10.16	14.18	18.42	22.66	26.91	31.10	35.64	40.34	45.05	50.63
区間タイム (sec)	6.22	3.94	4.02	4.24	4.24	4.25	4.19	4.54	4.70	4.70	5.58			
区間速度 (m/s)	7.23	8.89	8.70	8.26	8.26	8.23	8.36	7.71	7.44	7.44	7.17			
歩数		14	14	14	14	14	14	14	15	15				
山田 淳史	(山口 F G)	50.94	通過タイム (sec)	6.10	10.04	14.07	18.23	22.52	26.89	31.38	36.00	40.71	45.55	50.94
区間タイム (sec)	6.10	3.95	4.03	4.16	4.29	4.37	4.49	4.62	4.70	4.84	5.39			
区間速度 (m/s)	7.38	8.87	8.69	8.41	8.16	8.01	7.80	7.57	7.44	7.23	7.42			
歩数		14	14	14	14	14	14	14	15	15				
松下 祐樹	(ミズノ)	50.97	通過タイム (sec)	6.22	10.03	13.95	17.93	22.11	26.48	31.05	35.79	40.57	45.40	50.97
区間タイム (sec)	6.22	3.80	3.92	3.99	4.17	4.37	4.57	4.74	4.79	4.82	5.57			
区間速度 (m/s)	7.23	9.20	8.93	8.78	8.39	8.01	7.66	7.39	7.31	7.26	7.18			
歩数		13	13	13	13	14	14	14	15	15				
野澤 啓佑	(ミズノ)	51.03	通過タイム (sec)	6.21	10.11	14.18	18.30	22.59	26.91	31.41	36.00	40.66	45.48	51.03
区間タイム (sec)	6.21	3.90	4.07	4.12	4.29	4.32	4.50	4.59	4.65	4.82	5.55			
区間速度 (m/s)	7.25	8.97	8.60	8.49	8.16	8.10	7.77	7.63	7.52	7.26	7.21			
歩数		14	14	14	14	14	14	14	15	15				
鍛冶木 峻	(住友電工)	51.89	通過タイム (sec)	6.14	9.99	13.95	18.02	22.24	26.66	31.13	35.89	40.86	46.01	51.89
区間タイム (sec)	6.14	3.85	3.95	4.07	4.22	4.42	4.47	4.75	4.97	5.16	5.88			
区間速度 (m/s)	7.33	9.08	8.85	8.60	8.29	7.92	7.83	7.36	7.04	6.79	6.80			
歩数		13	13	13	13	13	13	14	14	15	15			
井上 駆	(東京海上日動CS)	53.05	通過タイム (sec)	6.17	10.06	14.00	18.07	22.41	26.88	31.61	36.54	41.66	46.93	53.05
区間タイム (sec)	6.17	3.89	3.94	4.07	4.34	4.47	4.74	4.92	5.12	5.27	6.12			
区間速度 (m/s)	7.29	9.00	8.89	8.60	8.07	7.83	7.39	7.11	6.83	6.64	6.53			
歩数		13	13	13	14	14	15	15	15	15				

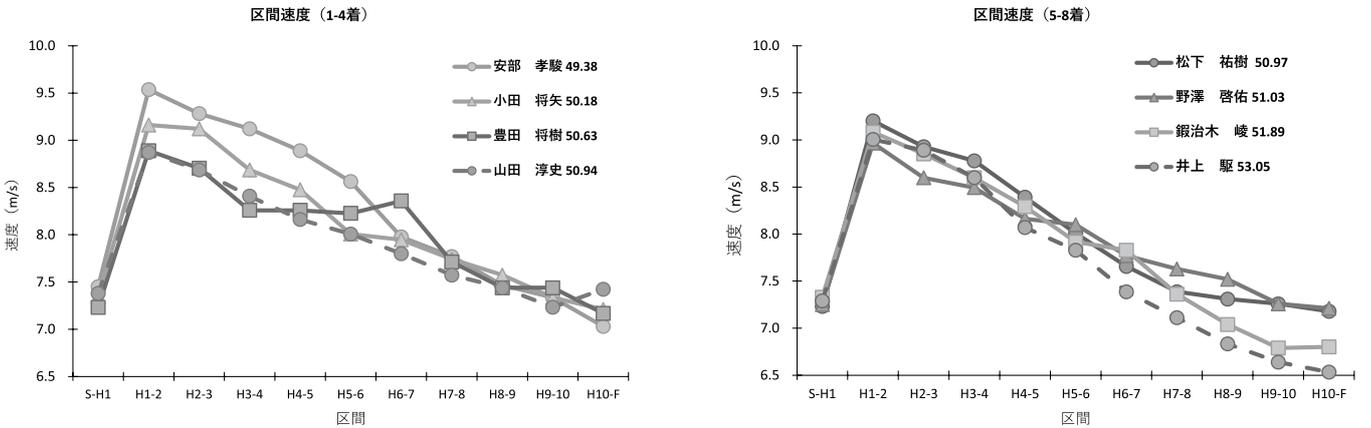


図 3 区間速度の変化 (全日本実業団 男子 400mH 決勝)

表 5 2020.10.2 第104回日本陸上競技選手権大会 男子 400mH 決勝 レース分析結果

選手名	所属	記録	区間→	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
				安部 孝駿 (ヤマダ)	49.73	通過タイム (sec)	6.01	9.59	13.35	17.17	21.10	25.28	29.68	34.23
		区間タイム (sec)	6.01	3.59	3.75	3.82	3.94	4.17	4.40	4.55	4.77	4.94	5.79	
		区間速度 (m/s)	7.49	9.76	9.32	9.16	8.89	8.39	7.95	7.68	7.34	7.09	6.91	
		歩数		13	13	13	13	13	14	14	15	15		
山本 竜大 (日本大)	49.79	通過タイム (sec)	6.06	9.91	13.86	17.87	22.01	26.28	30.66	35.12	39.69	44.38	49.79	
		区間タイム (sec)	6.06	3.85	3.95	4.00	4.14	4.27	4.39	4.45	4.57	4.69	5.41	
		区間速度 (m/s)	7.43	9.08	8.85	8.74	8.46	8.19	7.98	7.86	7.66	7.47	7.40	
		歩数		14	14	14	14	15	15	15	15	15		
豊田 将樹 (富士通)	49.96	通過タイム (sec)	6.09	9.94	13.85	17.92	22.06	26.36	30.63	35.09	39.72	44.48	49.96	
		区間タイム (sec)	6.09	3.85	3.90	4.07	4.14	4.30	4.27	4.45	4.64	4.75	5.48	
		区間速度 (m/s)	7.39	9.08	8.97	8.60	8.46	8.13	8.19	7.86	7.55	7.36	7.30	
		歩数		14	14	14	14	14	14	15	15	15		
小田 将矢 (豊田自動織機)	50.44	通過タイム (sec)	6.04	9.81	13.66	17.60	21.72	26.09	30.58	35.12	39.84	44.71	50.44	
		区間タイム (sec)	6.04	3.77	3.85	3.94	4.12	4.37	4.49	4.54	4.72	4.87	5.73	
		区間速度 (m/s)	7.45	9.28	9.08	8.89	8.49	8.01	7.80	7.71	7.41	7.18	6.98	
		歩数		14	14	14	14	15	15	15	15	15		
山内 大夢 (早稲田大)	50.50	通過タイム (sec)	6.16	10.08	14.16	18.27	22.49	26.78	31.15	35.64	40.26	45.01	50.50	
		区間タイム (sec)	6.16	3.92	4.09	4.10	4.22	4.29	4.37	4.49	4.62	4.75	5.49	
		区間速度 (m/s)	7.31	8.93	8.56	8.53	8.29	8.16	8.01	7.80	7.57	7.36	7.29	
		歩数		14	14	14	14	14	14	15	15	15		
川越 広弥 (JAWS)	50.61	通過タイム (sec)	6.07	9.96	13.98	18.02	22.19	26.59	31.05	35.57	40.24	45.05	50.61	
		区間タイム (sec)	6.07	3.89	4.02	4.04	4.17	4.40	4.45	4.52	4.67	4.80	5.56	
		区間速度 (m/s)	7.41	9.00	8.70	8.67	8.39	7.95	7.86	7.74	7.49	7.28	7.19	
		歩数		14	14	14	14	15	15	15	15	15		
畑浦 佑亮 (同志社大)	50.80	通過タイム (sec)	6.16	9.99	13.93	17.95	22.14	26.48	30.85	35.34	39.99	44.91	50.80	
		区間タイム (sec)	6.16	3.84	3.94	4.02	4.19	4.34	4.37	4.49	4.65	4.92	5.89	
		区間速度 (m/s)	7.31	9.12	8.89	8.70	8.36	8.07	8.01	7.80	7.52	7.11	6.79	
		歩数		14	14	14	14	15	15	15	15	15		
黒川 和樹 (法政大)	52.46	通過タイム (sec)	6.09	9.94	13.93	18.00	22.26	26.71	31.26	36.02	41.04	46.15	52.46	
		区間タイム (sec)	6.09	3.85	3.99	4.07	4.25	4.45	4.55	4.75	5.02	5.11	6.31	
		区間速度 (m/s)	7.39	9.08	8.78	8.60	8.23	7.86	7.68	7.36	6.97	6.86	6.33	
		歩数		13	13	13	13	14	14	15	15	15		

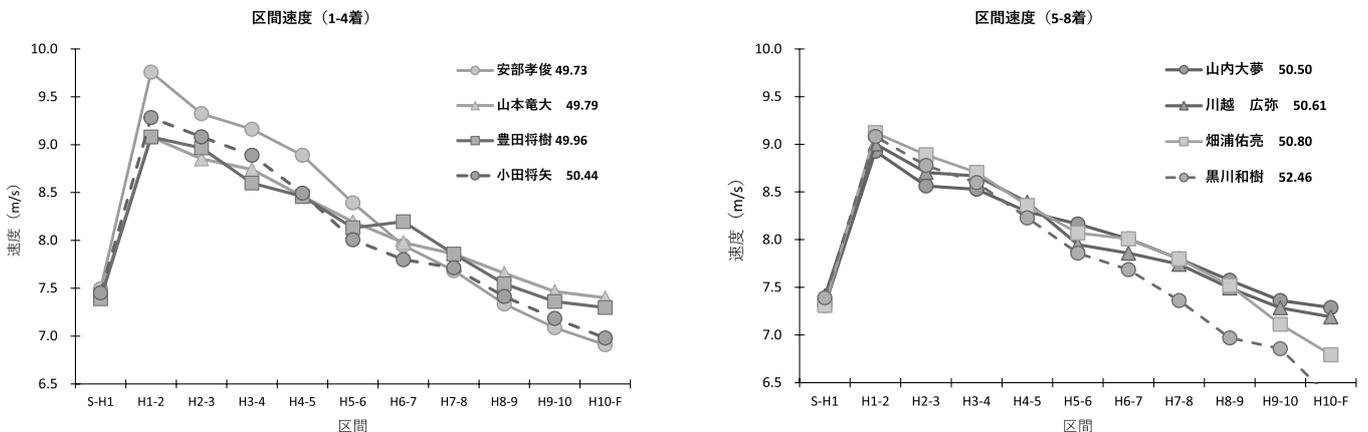


図 4 区間速度の変化 (日本選手権男子 400mH 決勝)

表 6 2020.10.24 第7回木南通考記念陸上競技大会 男子 400mH 決勝 レース分析結果

選手名	所属	記録	区間→	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
小田 将矢	(豊田自動織機)	49.79	通過タイム (sec)	5.99	9.82	13.75	17.68	21.72	25.98	30.35	34.88	39.56	44.33	49.79
			区間タイム (sec)	5.99	3.83	3.93	3.94	4.04	4.25	4.37	4.54	4.67	4.77	5.46
			区間速度 (m/s)	7.51	9.14	8.91	8.89	8.67	8.23	8.01	7.71	7.49	7.34	7.33
			歩数		14	14	14	14	15	15	15	15	15	
山本 竜大	(日本大)	49.93	通過タイム (sec)	6.06	9.99	13.96	17.92	21.96	26.08	30.36	34.87	39.62	44.48	49.93
			区間タイム (sec)	6.06	3.94	3.97	3.95	4.04	4.12	4.29	4.50	4.75	4.85	5.45
			区間速度 (m/s)	7.43	8.89	8.81	8.85	8.67	8.49	8.16	7.77	7.36	7.21	7.34
			歩数		14	14	14	14	15	15	15	15	15	
野澤 啓佑	(ミズノ)	50.26	通過タイム (sec)	5.99	9.69	13.43	17.22	21.19	25.28	29.46	33.93	38.74	43.89	50.26
			区間タイム (sec)	5.99	3.70	3.74	3.79	3.97	4.09	4.19	4.47	4.80	5.16	6.37
			区間速度 (m/s)	7.51	9.45	9.37	9.24	8.81	8.56	8.36	7.83	7.28	6.79	6.28
			歩数		13	13	13	14	14	14	14	15	16	
松下 祐樹	(ミズノ)	50.34	通過タイム (sec)	6.07	9.93	13.80	17.63	21.60	25.78	30.11	34.68	39.47	44.44	50.34
			区間タイム (sec)	6.07	3.85	3.87	3.84	3.97	4.17	4.34	4.57	4.79	4.97	5.90
			区間速度 (m/s)	7.41	9.08	9.04	9.12	8.81	8.39	8.07	7.66	7.31	7.04	6.78
			歩数		13	13	13	13	14	14	15	15	15	
山田 淳史	(山口FG)	50.49	通過タイム (sec)	5.96	9.84	13.82	17.85	21.91	26.08	30.36	34.97	39.74	44.73	50.49
			区間タイム (sec)	5.96	3.89	3.98	4.03	4.05	4.17	4.29	4.60	4.77	4.99	5.76
			区間速度 (m/s)	7.56	9.00	8.80	8.69	8.63	8.39	8.16	7.60	7.34	7.02	6.95
			歩数		14	14	14	14	14	14	15	15	15	
井上 駆	(東京海上日動CS)	50.60	通過タイム (sec)	6.18	10.09	14.13	18.18	22.34	26.68	31.13	35.72	40.44	45.20	50.60
			区間タイム (sec)	6.18	3.91	4.04	4.05	4.15	4.34	4.45	4.59	4.72	4.75	5.41
			区間速度 (m/s)	7.28	8.95	8.67	8.63	8.43	8.07	7.86	7.63	7.41	7.36	7.40
			歩数		13	13	13	13	14	14	15	15	15	
尾崎 雄祐	(広島大)	50.63	通過タイム (sec)	6.26	10.11	14.01	18.00	22.16	26.38	30.83	35.37	40.14	44.98	50.63
			区間タイム (sec)	6.26	3.85	3.90	3.99	4.15	4.22	4.45	4.54	4.77	4.84	5.65
			区間速度 (m/s)	7.19	9.08	8.97	8.78	8.43	8.29	7.86	7.71	7.34	7.23	7.08
			歩数		15	15	15	15	15	15	15	17	17	
須貝 充	(新潟アルビレックスRC)	50.86	通過タイム (sec)	6.07	9.94	13.86	17.83	21.99	26.36	30.81	35.39	40.12	44.99	50.86
			区間タイム (sec)	6.07	3.87	3.92	3.97	4.15	4.37	4.45	4.57	4.74	4.87	5.87
			区間速度 (m/s)	7.41	9.04	8.93	8.81	8.43	8.01	7.86	7.66	7.39	7.18	6.81
			歩数		13	13	13	13	14	14	15	15	15	

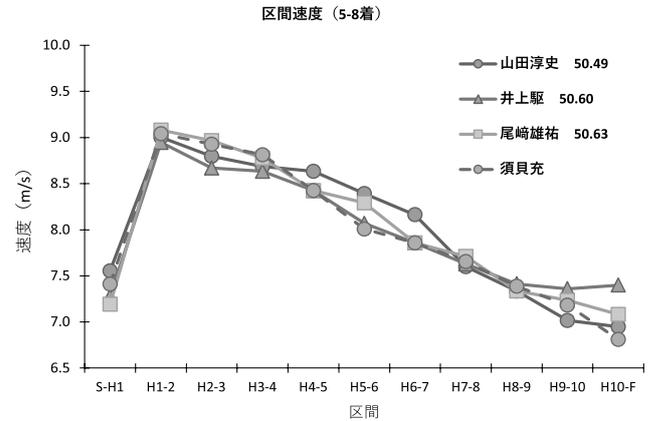
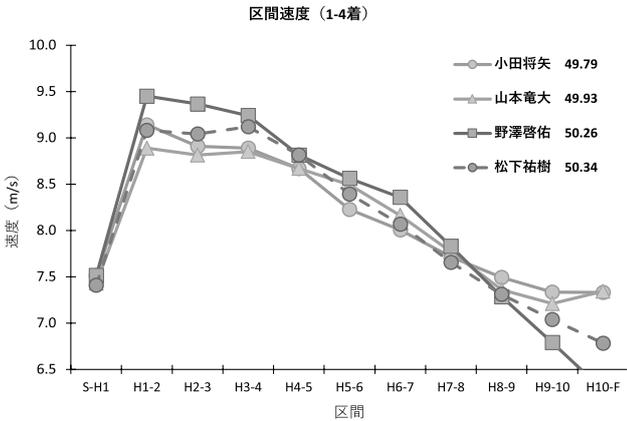


図 5 区間速度の変化 (木南記念 男子 400mH 決勝)

表7 2020.10.25 U20 全国陸上競技大会 男子 400mH 決勝 レース分析結果

選手名	所属	記録	区間→	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
				通過タイム (sec)	6.41	10.49	14.70	19.00	23.51	28.06	32.60	37.22	41.89	46.68
区間タイム (sec)	6.41	4.09	4.20	4.30	4.50	4.55	4.54	4.62	4.67	4.79	5.49			
区間速度 (m/s)	7.02	8.56	8.33	8.13	7.77	7.68	7.71	7.57	7.49	7.31	7.29			
歩数		13	13	13	14	14	15	15	15	15	15			
山口 竜太郎 (山梨学院大・2年)	52.52	通過タイム (sec)	6.36	10.54	14.80	19.15	23.59	28.03	32.63	37.34	42.13	47.05	52.52	
区間タイム (sec)	6.36	4.19	4.25	4.35	4.44	4.44	4.60	4.70	4.79	4.92	5.47			
区間速度 (m/s)	7.08	8.36	8.23	8.04	7.89	7.89	7.60	7.44	7.31	7.11	7.31			
歩数		15	15	15	15	15	15	15	15	16	16			
米田 太陽 (日本体育大・1年)	52.56	通過タイム (sec)	6.22	10.28	14.46	18.72	23.09	27.61	32.32	37.14	42.03	47.00	52.56	
区間タイム (sec)	6.22	4.05	4.19	4.25	4.37	4.52	4.70	4.82	4.89	4.97	5.56			
区間速度 (m/s)	7.23	8.63	8.36	8.23	8.01	7.74	7.44	7.26	7.16	7.04	7.20			
歩数		14	14	14	14	15	15	15	15	15	15			
細野 颯人 (立命館大・1年)	52.97	通過タイム (sec)	6.42	10.69	15.08	19.54	24.09	28.78	33.52	38.36	43.11	47.80	52.97	
区間タイム (sec)	6.42	4.27	4.39	4.45	4.55	4.69	4.74	4.84	4.75	4.69	5.17			
区間速度 (m/s)	7.01	8.19	7.98	7.86	7.68	7.47	7.39	7.23	7.36	7.47	7.73			
歩数		15	15	15	15	15	15	15	15	15	15			
田中 天智龍 (早稲田大・1年)	53.43	通過タイム (sec)	6.47	10.66	14.83	19.19	23.61	28.06	32.68	37.50	42.51	47.60	53.43	
区間タイム (sec)	6.47	4.19	4.17	4.35	4.42	4.45	4.62	4.82	5.01	5.09	5.83			
区間速度 (m/s)	6.95	8.36	8.39	8.04	7.92	7.86	7.57	7.26	6.99	6.88	6.86			
歩数		14	14	14	14	14	15	15	15	15	15			
内藤 源一郎 (大阪教育大・1年)	53.45	通過タイム (sec)	6.44	10.59	14.83	19.20	23.62	28.21	32.90	37.65	42.53	47.73	53.45	
区間タイム (sec)	6.44	4.15	4.24	4.37	4.42	4.59	4.69	4.75	4.87	5.21	5.72			
区間速度 (m/s)	6.99	8.43	8.26	8.01	7.92	7.63	7.47	7.36	7.18	6.72	6.99			
歩数		14	14	14	14	14	15	15	15	15	16			
一條 美電夢 (東北福祉大・1年)	54.55	通過タイム (sec)	6.36	10.48	14.78	19.02	23.52	28.09	32.93	37.90	42.99	48.38	54.55	
区間タイム (sec)	6.36	4.12	4.30	4.24	4.50	4.57	4.84	4.97	5.09	5.39	6.17			
区間速度 (m/s)	7.08	8.49	8.13	8.26	7.77	7.66	7.23	7.04	6.88	6.50	6.48			
歩数		14	14	14	14	14	15	15	15	15	16			
水口 海 (法政大・1年)	56.84	通過タイム (sec)	6.41	10.64	14.96	19.34	23.89	28.81	34.03	39.37	44.94	50.53	56.84	
区間タイム (sec)	6.41	4.24	4.32	4.37	4.55	4.92	5.22	5.34	5.57	5.59	6.31			
区間速度 (m/s)	7.02	8.26	8.10	8.01	7.68	7.11	6.70	6.56	6.28	6.26	6.34			
歩数		14	14	14	14	15	15	15	15	17	16			

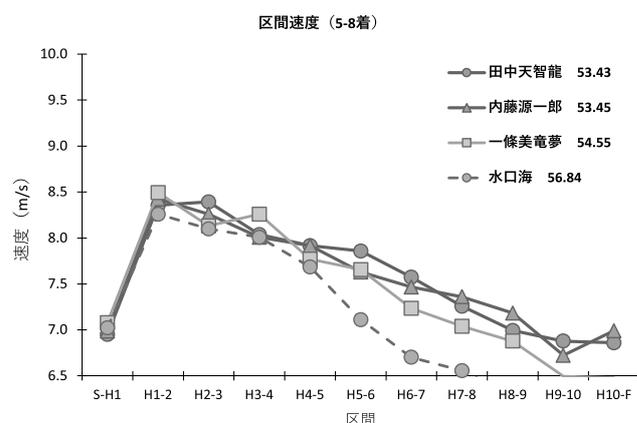
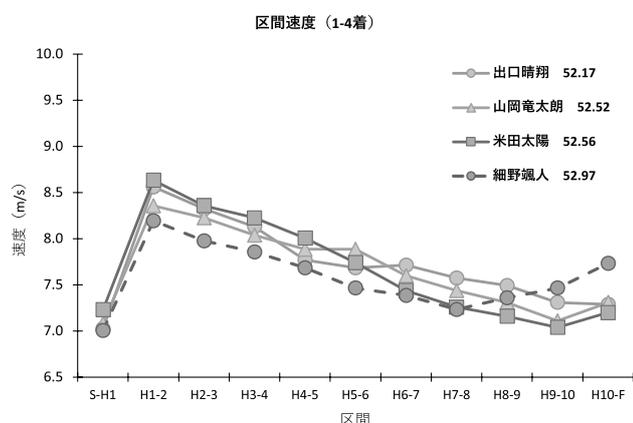


図6 区間速度の変化 (U20 全国陸上 男子 400mH 決勝)

表 8 2020.10.25 全国高等学校陸上競技大会 2020 男子 400mH 決勝 レース分析結果

選手名	所属	記録	区間→	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
菅野 航平	(仙台一・3年)	51.78	通過タイム (sec)	6.26	10.31	14.48	18.65	22.84	27.11	31.55	36.07	40.86	46.08	51.78
			区間タイム (sec)	6.26	4.05	4.17	4.17	4.19	4.27	4.44	4.52	4.79	5.22	5.71
			区間速度 (m/s)	7.19	8.63	8.39	8.39	8.36	8.19	7.89	7.74	7.31	6.70	7.01
			歩数		15	15	15	15	15	15	15	17	19	
鈴木 大河	(中京大中京・3年)	52.2	通過タイム (sec)	6.11	10.04	14.18	18.30	22.47	26.83	31.36	36.14	41.24	46.45	52.20
			区間タイム (sec)	6.11	3.94	4.14	4.12	4.17	4.35	4.54	4.77	5.11	5.21	5.77
			区間速度 (m/s)	7.37	8.89	8.46	8.49	8.39	8.04	7.71	7.34	6.86	6.72	6.93
			歩数		14	14	14	14	15	15	15	17	17	
森高 颯治朗	(報徳・3年)	52.41	通過タイム (sec)	6.07	10.11	14.21	18.40	22.67	27.14	31.85	36.60	41.64	46.71	52.41
			区間タイム (sec)	6.07	4.04	4.10	4.19	4.27	4.47	4.70	4.75	5.04	5.07	5.66
			区間速度 (m/s)	7.41	8.67	8.53	8.36	8.19	7.83	7.44	7.36	6.95	6.90	7.07
			歩数		14	14	14	14	15	15	15	16	16	
中山 敬太	(鳥取城北・3年)	52.95	通過タイム (sec)	6.42	10.59	14.81	19.09	23.51	28.18	33.07	38.02	42.96	47.90	52.95
			区間タイム (sec)	6.42	4.17	4.22	4.27	4.42	4.67	4.89	4.95	4.94	4.94	5.05
			区間速度 (m/s)	7.01	8.39	8.29	8.19	7.92	7.49	7.16	7.06	7.09	7.09	7.93
			歩数		15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
豊田 兼	(桐朋・3年)	52.96	通過タイム (sec)	6.12	10.06	14.13	18.23	22.46	26.94	31.68	36.64	41.71	46.91	52.96
			区間タイム (sec)	6.12	3.94	4.07	4.10	4.22	4.49	4.74	4.95	5.07	5.21	6.04
			区間速度 (m/s)	7.35	8.89	8.60	8.53	8.29	7.80	7.39	7.06	6.90	6.72	6.62
			歩数		13	13	13	13	14	14	15	15	15	15
中島 陽基	(東福岡・2年)	53.29	通過タイム (sec)	6.26	10.48	14.83	19.24	23.71	28.28	32.98	37.85	42.93	47.91	53.29
			区間タイム (sec)	6.26	4.22	4.35	4.40	4.47	4.57	4.70	4.87	5.07	4.99	5.36
			区間速度 (m/s)	7.19	8.29	8.04	7.95	7.83	7.66	7.44	7.18	6.90	7.02	7.47
			歩数		15	15	15	15	15	15	15	15	17	17
新垣 颯斗	(桜丘・3年)	53.30	通過タイム (sec)	6.36	10.48	14.75	19.15	23.64	28.23	33.05	38.07	43.26	48.18	53.30
			区間タイム (sec)	6.36	4.12	4.27	4.40	4.49	4.59	4.82	5.02	5.19	4.92	5.12
			区間速度 (m/s)	7.08	8.49	8.19	7.95	7.80	7.63	7.26	6.97	6.75	7.11	7.81
			歩数		15	15	15	15	15	15	15	15	17	17
殿山 凌平	(旭川大学・2年)	53.99	通過タイム (sec)	6.17	10.31	14.46	18.70	23.01	27.54	32.45	37.72	42.93	48.15	53.99
			区間タイム (sec)	6.17	4.14	4.15	4.24	4.30	4.54	4.90	5.27	5.21	5.22	5.84
			区間速度 (m/s)	7.29	8.46	8.43	8.26	8.13	7.71	7.14	6.64	6.72	6.70	6.85
			歩数		15	15	15	15	15	17	17	17	17	17

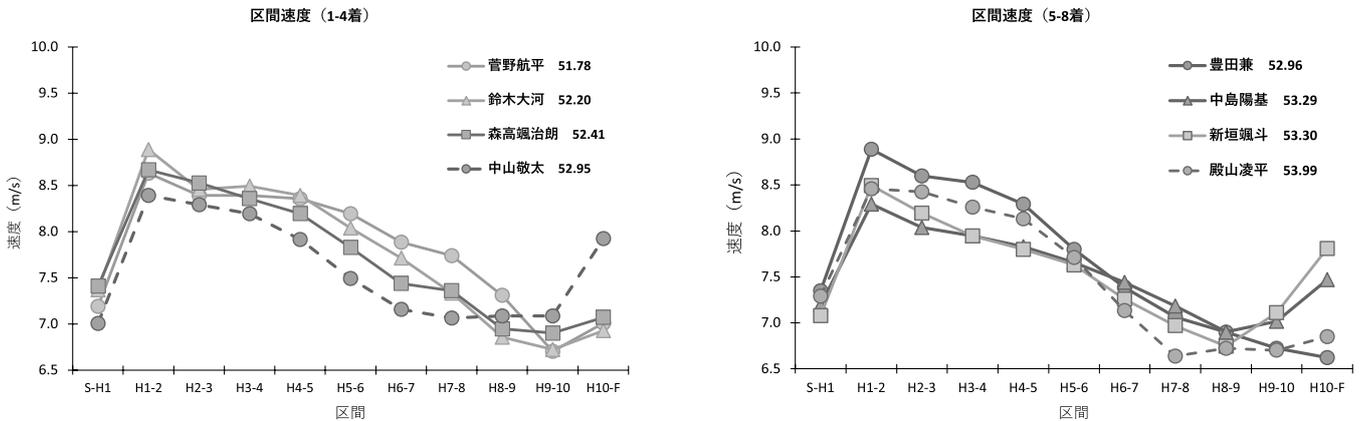


図 7 区間速度の変化 (全国高校陸上男子 400mH 決勝)

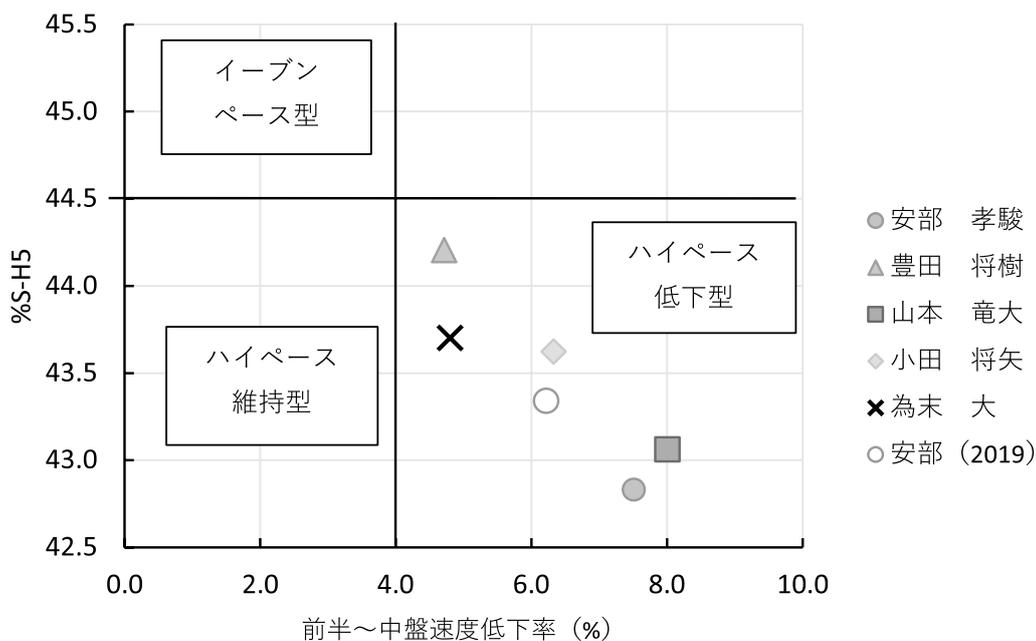


図8 男子400mHにおけるH8までのペース配分による類型化

表9 対象競技会における男子400mH上位4選手のペース配分指標

選手名	レース記録 (sec)	大会名	区間速度 (m/s)			速度低下率 (%)		レース記録に占める割合 (%)		
			前半	中盤	後半	前半～中盤	中盤～後半	前半	中盤	後半
安部 孝駿	49.31	GGP東京	8.76	8.10	7.22	7.5	10.9	42.8	26.3	30.9
豊田 将樹	49.63	富士北麓	8.41	8.01	7.50	4.7	6.4	44.2	26.3	29.5
山本 竜大	49.79	日本選手権	8.52	7.84	7.18	8.0	8.4	43.1	26.6	30.4
小田 将矢	49.79	木南杯	8.52	7.98	7.38	6.3	7.5	43.6	26.4	29.9
安部 孝駿	48.80	日本選手権 (2019)	8.75	8.20	7.41	6.2	9.7	43.3	26.2	30.4
為末 大	47.89	世界陸上 (2001)	8.83	8.41	7.60	4.8	9.6	43.7	26.1	30.2

表10 対象競技会における女子400mハードル決勝の平均記録

No.	日付	大会名	記録 (sec)	
			平均	(最小値 - 最大値)
1	8月23日	セイコーゴールドングランプリ陸上2020東京	59.69	(57.51 - 63.18)
2	9月20日	第68回全日本実業団対抗陸上競技選手権大会	59.96	(58.12 - 62.14)
3	10月2日	第104回日本陸上競技選手権大会	57.54	(56.50 - 58.38)
4	10月24日	第7回木南通孝記念陸上競技大会	59.96	(58.12 - 62.14)
5	10月25日	全国高等学校陸上競技大会2020	59.34	(57.51 - 60.84)
6	10月25日	U20全国陸上競技大会	60.49	(58.94 - 61.65)

表 11 2020.08.23 セイコーゴールデングランプリ陸上2020 東京 女子 400mH 決勝 レース分析結果

選手名	所属	記録	区間→	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
関本 萌香	(早稲田大)	57.51	通過タイム (sec)	6.62	11.01	15.50	20.14	24.89	29.68	34.65	39.81	45.20	50.80	57.51
			区間タイム (sec)	6.62	4.39	4.49	4.64	4.75	4.79	4.97	5.16	5.39	5.61	6.72
			区間速度 (m/s)	6.79	7.98	7.80	7.55	7.36	7.31	7.04	6.79	6.50	6.24	5.96
			歩数		15	15	15	15	15	16	16	17	17	
イブラヒム愛紗	(札幌国際大)	58.11	通過タイム (sec)	6.66	10.94	15.30	19.87	24.67	29.65	34.75	40.14	45.68	51.47	58.11
			区間タイム (sec)	6.66	4.29	4.35	4.57	4.80	4.97	5.11	5.39	5.54	5.79	6.64
			区間速度 (m/s)	6.76	8.16	8.04	7.66	7.28	7.04	6.86	6.50	6.32	6.05	6.02
			歩数		15	15	15	15	15	15	16	16	17	17
小山 佳奈	(早稲田大)	58.14	通過タイム (sec)	6.74	11.24	15.85	20.60	25.49	30.60	35.75	41.07	46.48	52.00	58.14
			区間タイム (sec)	6.74	4.50	4.60	4.75	4.89	5.11	5.16	5.32	5.41	5.52	6.13
			区間速度 (m/s)	6.68	7.77	7.60	7.36	7.16	6.86	6.79	6.58	6.48	6.34	6.52
			歩数		15	15	15	15	16	16	17	17	17	
伊藤 明子	(セレスポ)	58.56	通過タイム (sec)	6.57	10.88	15.42	20.12	25.03	30.01	35.00	40.34	45.95	51.74	58.56
			区間タイム (sec)	6.57	4.30	4.54	4.70	4.90	4.98	5.00	5.34	5.61	5.79	6.82
			区間速度 (m/s)	6.85	8.13	7.71	7.44	7.14	7.03	7.00	6.56	6.24	6.05	5.86
			歩数		15	15	16	16	16	16	17	17	17	
宇都宮 絵莉	(長谷川体育施設)	59.86	通過タイム (sec)	6.62	11.03	15.60	20.30	25.29	30.31	35.45	40.97	47.01	53.12	59.86
			区間タイム (sec)	6.62	4.40	4.57	4.70	4.99	5.02	5.14	5.52	6.04	6.11	6.74
			区間速度 (m/s)	6.79	7.95	7.66	7.44	7.02	6.97	6.81	6.34	5.80	5.73	5.93
			歩数		15	15	15	16	16	16	17	20	19	
芝田 陽香	(チームミズノ)	1:00.15	通過タイム (sec)	6.91	11.54	16.30	21.37	26.59	31.82	37.04	42.43	47.96	53.72	1:00.15
			区間タイム (sec)	6.91	4.64	4.75	5.07	5.22	5.22	5.39	5.54	5.76	6.43	
			区間速度 (m/s)	6.52	7.55	7.36	6.90	6.70	6.70	6.70	6.50	6.32	6.08	6.22
			歩数		16	16	17	17	17	17	17	17	19	
水口 萌	(東大阪大敬愛高)	1:00.50	通過タイム (sec)	6.86	11.53	16.37	21.10	25.99	31.15	36.45	42.09	47.98	53.90	1:00.50
			区間タイム (sec)	6.86	4.67	4.84	4.74	4.89	5.16	5.31	5.64	5.89	5.92	6.60
			区間速度 (m/s)	6.56	7.49	7.23	7.39	7.16	6.79	6.60	6.21	5.94	5.91	6.06
			歩数		16	17	16	17	17	17	18	18	18	
別府 理保	(熊本商高)	1:01.24	通過タイム (sec)	6.86	11.51	16.33	21.27	26.31	31.50	37.02	42.59	48.40	54.47	1:01.24
			区間タイム (sec)	6.86	4.65	4.82	4.94	5.04	5.19	5.52	5.57	5.81	6.07	6.77
			区間速度 (m/s)	6.56	7.52	7.26	7.09	6.95	6.75	6.34	6.28	6.03	5.76	5.91
			歩数		16	16	17	17	17	18	18	19	19	
王子田 萌	(NDソフトウェア)	1:03.18	通過タイム (sec)	6.92	11.68	16.60	21.52	26.61	31.87	37.30	42.89	48.92	55.59	1:03.18
			区間タイム (sec)	6.92	4.75	4.92	4.92	5.09	5.26	5.44	5.59	6.02	6.67	7.59
			区間速度 (m/s)	6.50	7.36	7.11	7.11	6.88	6.66	6.44	6.26	5.81	5.24	5.27
			歩数		16	16	16	16	17	17	17	18	20	

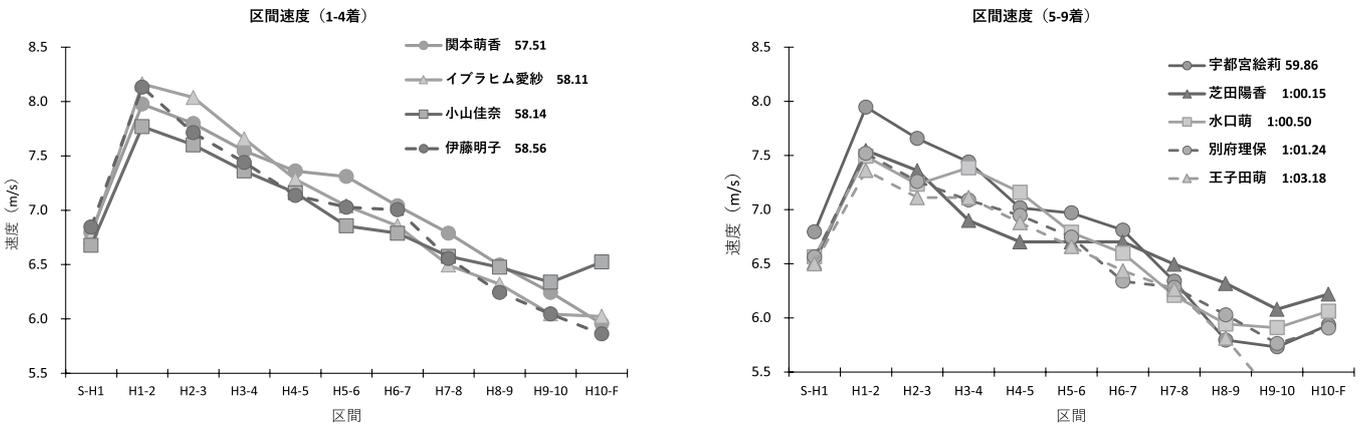


図 9 区間速度の変化 (ゴールデングランプリ 女子 400mH 決勝)

表 12 2020.09.20 第 68 回全日本実業団対抗陸上競技選手権大会 女子 400mH 決勝 レース分析結果

選手名	所属	記録	区間→	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
宇都宮 絵莉 (長谷川体育施設)	58.12	通過タイム (sec)		6.76	11.14	15.67	20.35	25.31	30.41	35.67	41.04	46.40	51.85	58.12
		区間タイム (sec)		6.76	4.39	4.52	4.69	4.95	5.11	5.26	5.37	5.36	5.46	6.27
		区間速度 (m/s)		6.66	7.98	7.74	7.47	7.06	6.86	6.66	6.52	6.54	6.42	6.38
		歩数		15	15	15	16	16	17	17	17	17	17	
伊藤 明子 (セレスポ)	59.04	通過タイム (sec)		6.74	11.13	15.75	20.59	25.53	30.61	35.74	41.17	46.65	52.29	59.04
		区間タイム (sec)		6.74	4.39	4.62	4.84	4.94	5.09	5.12	5.44	5.47	5.64	6.75
		区間速度 (m/s)		6.68	7.98	7.57	7.23	7.09	6.88	6.83	6.44	6.40	6.21	5.93
		歩数		15	15	16	16	16	16	16	17	17	17	
青木 沙弥佳 (東邦銀行)	59.81	通過タイム (sec)		6.97	11.70	16.52	21.49	26.53	31.68	36.92	42.29	47.75	53.40	59.81
		区間タイム (sec)		6.97	4.72	4.82	4.97	5.04	5.16	5.24	5.37	5.46	5.66	6.41
		区間速度 (m/s)		6.45	7.41	7.26	7.04	6.95	6.79	6.68	6.52	6.42	6.19	6.24
		歩数		16	16	17	17	17	17	17	17	17	17	
九鬼 友梨恵 (加藤建設)	59.94	通過タイム (sec)		6.97	11.54	16.30	21.17	26.29	31.43	36.79	42.28	47.80	53.40	59.94
		区間タイム (sec)		6.97	4.57	4.75	4.87	5.12	5.14	5.36	5.49	5.52	5.61	6.54
		区間速度 (m/s)		6.45	7.66	7.36	7.18	6.83	6.81	6.54	6.38	6.34	6.24	6.12
		歩数		15	15	15	16	16	17	17	17	17	17	
川端 涼夏 (松本土建)	59.98	通過タイム (sec)		6.76	11.18	15.90	20.72	25.73	30.88	36.19	41.84	47.58	53.50	59.98
		区間タイム (sec)		6.76	4.42	4.72	4.82	5.01	5.16	5.31	5.66	5.74	5.92	6.48
		区間速度 (m/s)		6.66	7.92	7.41	7.26	6.99	6.79	6.60	6.19	6.10	5.91	6.17
		歩数		15	16	16	17	17	17	17	18	18	19	
南澤 明音 (松本土建)	1:00.69	通過タイム (sec)		7.16	12.00	16.87	21.82	26.83	32.03	37.52	43.03	48.58	54.29	1:00.69
		区間タイム (sec)		7.16	4.84	4.87	4.95	5.01	5.21	5.49	5.51	5.56	5.71	6.40
		区間速度 (m/s)		6.29	7.23	7.18	7.06	6.99	6.72	6.38	6.36	6.30	6.13	6.25
		歩数		16	16	16	16	16	16	17	17	17	18	
齋藤 真佑 (七十七銀行)	1:02.14	通過タイム (sec)		6.59	10.94	15.45	20.22	25.26	30.53	36.14	42.04	48.30	54.70	1:02.14
		区間タイム (sec)		6.59	4.35	4.50	4.77	5.04	5.27	5.61	5.91	6.26	6.41	7.44
		区間速度 (m/s)		6.83	8.04	7.77	7.34	6.95	6.64	6.24	5.93	5.59	5.46	5.38
		歩数		16	16	17	17	17	18	18	19	19		
梅原 紗月 (住友電工)	DNS	通過タイム (sec)												
		区間タイム (sec)												
		区間速度 (m/s)												
		歩数												

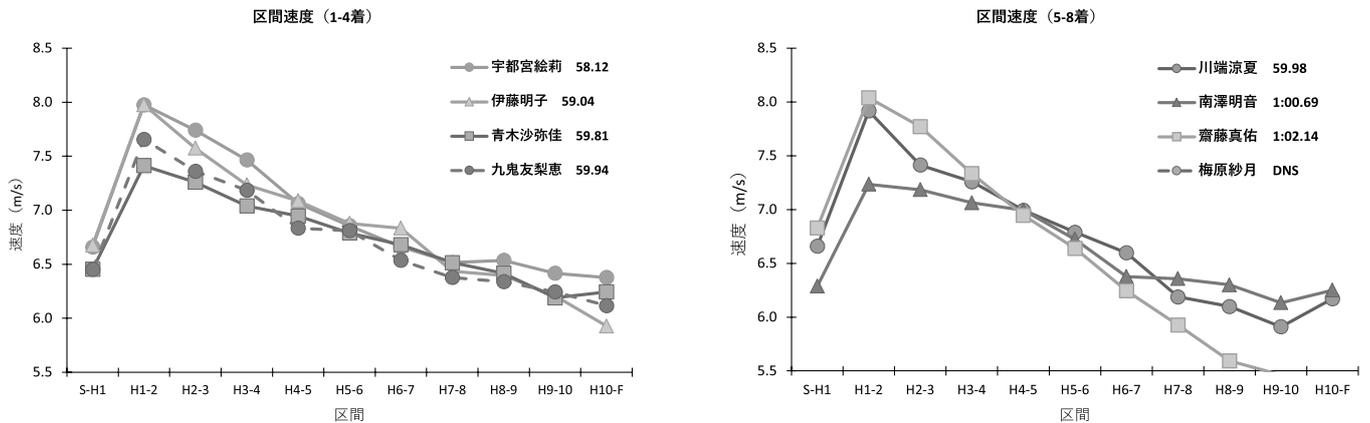


図 10 区間速度の変化 (全日本実業団 女子 400mH 決勝)

表 13 2020.10.3 第 104 回日本陸上競技選手権大会 女子 400mH 決勝 レース分析結果

選手名	所属	記録	区間→	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
イブラヒム 愛紗	(札幌国際大)	56.50	通過タイム (sec)	6.59	10.79	15.12	19.60	24.24	29.11	34.05	39.24	44.66	50.13	56.50
			区間タイム (sec)	6.59	4.20	4.32	4.49	4.64	4.87	4.94	5.19	5.42	5.47	6.37
			区間速度 (m/s)	6.83	8.33	8.10	7.80	7.55	7.18	7.09	6.75	6.46	6.40	6.28
			歩数		15	15	15	15	15	15	15	16	16	
宇都宮 絵莉	(長谷川体育施設)	57.09	通過タイム (sec)	6.61	10.98	15.52	20.15	24.91	29.90	34.93	40.17	45.53	50.90	57.09
			区間タイム (sec)	6.61	4.37	4.54	4.64	4.75	4.99	5.04	5.24	5.36	5.37	6.19
			区間速度 (m/s)	6.81	8.01	7.71	7.55	7.36	7.02	6.95	6.68	6.54	6.52	6.46
			歩数		15	15	15	15	16	16	16	17	17	17
伊藤 明子	(セレスポ)	57.34	通過タイム (sec)	6.52	10.86	15.37	20.00	24.77	29.75	34.72	40.02	45.46	50.92	57.34
			区間タイム (sec)	6.52	4.34	4.50	4.64	4.77	4.97	4.97	5.31	5.44	5.46	6.42
			区間速度 (m/s)	6.90	8.07	7.77	7.55	7.34	7.04	7.04	6.60	6.44	6.42	6.23
			歩数		15	15	16	16	16	16	16	17	17	17
山本 亜美	(京都橘高)	57.43	通過タイム (sec)	6.57	11.01	15.53	20.14	24.91	29.90	34.97	40.21	45.63	51.12	57.43
			区間タイム (sec)	6.57	4.44	4.52	4.60	4.77	4.99	5.07	5.24	5.42	5.49	6.31
			区間速度 (m/s)	6.85	7.89	7.74	7.60	7.34	7.02	6.90	6.68	6.46	6.38	6.34
			歩数		16	16	16	16	17	17	17	17	18	18
小山 佳奈	(早稲田大)	57.44	通過タイム (sec)	6.74	11.16	15.72	20.42	25.28	30.18	35.32	40.56	45.91	51.32	57.44
			区間タイム (sec)	6.74	4.42	4.55	4.70	4.85	4.90	5.14	5.24	5.36	5.41	6.12
			区間速度 (m/s)	6.68	7.92	7.68	7.44	7.21	7.14	6.81	6.68	6.54	6.48	6.53
			歩数		15	15	15	16	16	16	17	17	17	17
関本 萌香	(早稲田大)	57.89	通過タイム (sec)	6.76	11.24	15.83	20.55	25.41	30.45	35.49	40.69	45.95	51.38	57.89
			区間タイム (sec)	6.76	4.49	4.59	4.72	4.85	5.04	5.04	5.21	5.26	5.44	6.50
			区間速度 (m/s)	6.66	7.80	7.63	7.41	7.21	6.95	6.95	6.72	6.66	6.44	6.16
			歩数		15	15	15	15	16	16	16	17	17	17
津川 瑠衣	(早稲田大)	58.21	通過タイム (sec)	6.94	11.59	16.35	21.19	26.18	31.20	36.25	41.37	46.66	52.00	58.21
			区間タイム (sec)	6.94	4.65	4.75	4.84	4.99	5.02	5.06	5.12	5.29	5.34	6.21
			区間速度 (m/s)	6.48	7.52	7.36	7.23	7.02	6.97	6.92	6.83	6.62	6.56	6.44
			歩数		17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
川村 優佳	(早稲田大)	58.38	通過タイム (sec)	6.96	11.51	16.18	20.99	25.84	30.85	36.00	41.29	46.68	52.17	58.38
			区間タイム (sec)	6.96	4.55	4.67	4.80	4.85	5.01	5.16	5.29	5.39	5.49	6.21
			区間速度 (m/s)	6.47	7.68	7.49	7.28	7.21	6.99	6.79	6.62	6.50	6.38	6.45
			歩数		16	16	16	16	17	17	17	17	17	17

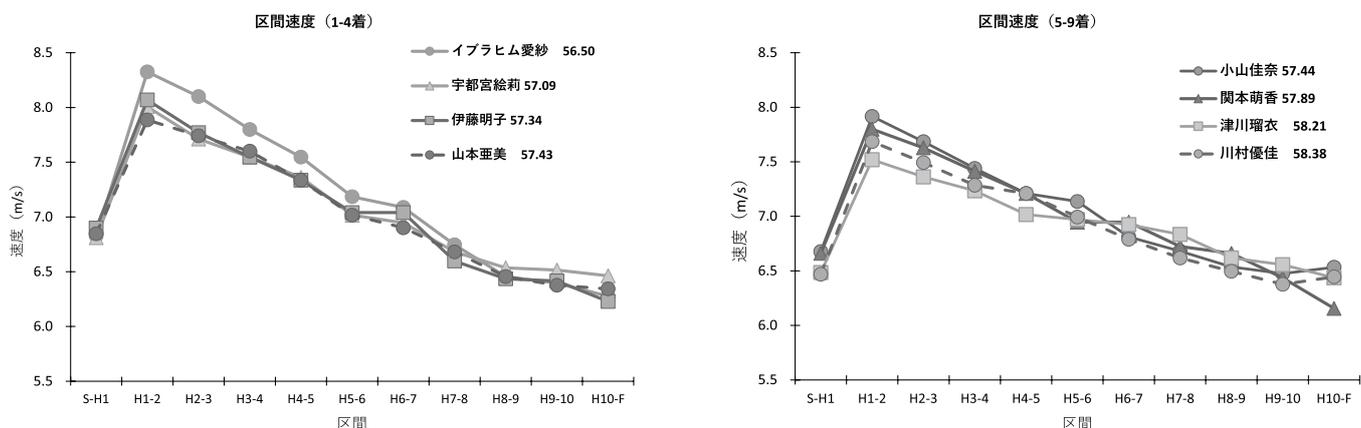


図 11 区間速度の変化 (日本選手権 女子 400mH 決勝)

表 14 2020.10.24 第7回木南通孝記念陸上競技大会 女子 400mH 決勝 レース分析結果

選手名	所属	記録	区間→	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
関本 萌香	(早稲田大)	58.09	通過タイム (sec)	6.64	11.03	15.48	19.99	24.62	29.60	34.73	39.92	45.38	51.08	58.09
			区間タイム (sec)	6.64	4.39	4.45	4.50	4.64	4.97	5.14	5.19	5.46	5.71	7.01
			区間速度 (m/s)	6.78	7.98	7.86	7.77	7.55	7.04	6.81	6.75	6.42	6.13	5.71
			歩数		15	15	15	15	16	16	17	17	17	
小山 佳奈	(早稲田大)	58.65	通過タイム (sec)	6.81	11.16	15.63	20.25	25.09	30.30	35.59	40.89	46.48	52.17	58.65
			区間タイム (sec)	6.81	4.35	4.47	4.62	4.84	5.21	5.29	5.31	5.59	5.69	6.48
			区間速度 (m/s)	6.61	8.04	7.83	7.57	7.23	6.72	6.62	6.60	6.26	6.15	6.17
			歩数		15	15	15	16	16	17	17	17	17	
宇都宮 絵莉	(長谷川体育施設)	59.32	通過タイム (sec)	6.61	11.01	15.48	20.09	24.92	30.15	35.52	41.01	46.66	52.39	59.32
			区間タイム (sec)	6.61	4.40	4.47	4.60	4.84	5.22	5.37	5.49	5.66	5.72	6.93
			区間速度 (m/s)	6.81	7.95	7.83	7.60	7.23	6.70	6.52	6.38	6.19	6.12	5.77
			歩数		15	15	15	15	16	16	17	17	17	
川端 涼夏	(松本土建)	59.45	通過タイム (sec)	6.64	10.99	15.58	20.30	25.26	30.53	35.82	41.11	46.93	52.97	59.45
			区間タイム (sec)	6.64	4.35	4.59	4.72	4.95	5.27	5.29	5.29	5.82	6.04	6.48
			区間速度 (m/s)	6.78	8.04	7.63	7.41	7.06	6.64	6.62	6.62	6.01	5.80	6.17
			歩数		15	16	16	17	17	17	17	19	19	
津波 愛樹	(福岡大)	59.94	通過タイム (sec)	6.72	11.28	15.97	21.14	26.38	31.51	36.67	42.03	47.73	53.40	59.94
			区間タイム (sec)	6.72	4.55	4.69	5.17	5.24	5.16	5.36	5.71	5.67	6.54	
			区間速度 (m/s)	6.69	7.68	7.47	6.77	6.68	6.81	6.79	6.54	6.13	6.17	6.12
			歩数		17	17	17	17	17	17	17	19	19	
齋藤 真佑	(七十七銀行)	59.97	通過タイム (sec)	6.62	11.03	15.57	20.39	25.41	30.81	36.47	41.86	47.61	53.45	59.97
			区間タイム (sec)	6.62	4.40	4.54	4.82	5.02	5.41	5.66	5.39	5.76	5.84	6.52
			区間速度 (m/s)	6.79	7.95	7.71	7.26	6.97	6.48	6.19	6.50	6.08	5.99	6.13
			歩数		16	16	17	17	17	18	18	19	19	
横田 華恋	(園田学園女子大)	1:00.50	通過タイム (sec)	6.79	11.36	16.05	20.94	25.96	31.20	36.49	41.89	47.65	53.69	1:00.50
			区間タイム (sec)	6.79	4.57	4.69	4.89	5.02	5.24	5.29	5.41	5.76	6.04	6.81
			区間速度 (m/s)	6.63	7.66	7.47	7.16	6.97	6.68	6.62	6.48	6.08	5.80	5.88
			歩数		16	16	17	17	17	17	17	17	19	
九鬼 友梨恵	(加藤建設)	1:00.75	通過タイム (sec)	6.82	11.33	15.90	20.87	26.29	31.65	36.99	42.38	48.03	53.80	1:00.75
			区間タイム (sec)	6.82	4.50	4.57	4.97	5.42	5.36	5.34	5.39	5.66	5.77	6.95
			区間速度 (m/s)	6.59	7.77	7.66	7.04	6.46	6.54	6.56	6.50	6.19	6.06	5.76
			歩数		15	15	16	17	18	17	17	17	17	

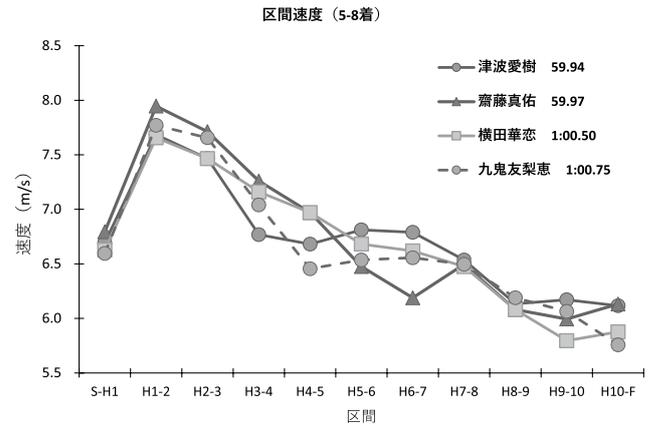
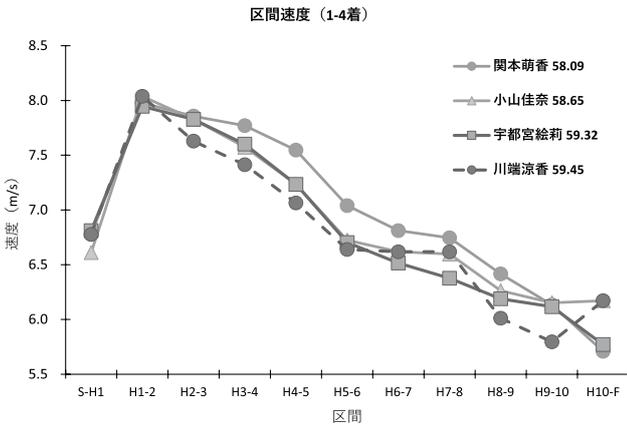


図 12 区間速度の変化 (木南記念 女子 400mH 決勝)

表 15 2020.10.25 U20 全国陸上競技大会 女子 400mH 決勝 レース分析結果

選手名	所属	記録	区間→	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
中野 菜乃 (武庫川女子大・1年)	58.94	通過タイム (sec)		6.96	11.61	16.38	21.19	26.14	31.35	36.65	42.11	47.46	52.84	58.94
		区間タイム (sec)		6.96	4.65	4.77	4.80	4.95	5.21	5.31	5.46	5.36	5.37	6.10
		区間速度 (m/s)		6.47	7.52	7.34	7.28	7.06	6.72	6.60	6.42	6.54	6.52	6.56
		歩数			17	17	17	17	17	17	19	19	19	19
青木 穂花 (青山学院大・1年)	59.02	通過タイム (sec)		6.94	11.53	16.20	21.02	26.06	31.16	36.42	41.89	47.45	52.92	59.02
		区間タイム (sec)		6.94	4.59	4.67	4.82	5.04	5.11	5.26	5.47	5.56	5.47	6.10
		区間速度 (m/s)		6.48	7.63	7.49	7.26	6.95	6.86	6.66	6.40	6.30	6.40	6.56
		歩数			16	16	17	17	17	17	17	18	18	18
香川 夢花 (福島大・1年)	1:00.11	通過タイム (sec)		7.02	11.70	16.55	21.45	26.51	31.78	37.17	42.74	48.31	53.89	1:00.11
		区間タイム (sec)		7.02	4.67	4.85	4.90	5.06	5.27	5.39	5.57	5.57	5.57	6.22
		区間速度 (m/s)		6.41	7.49	7.21	7.14	6.92	6.64	6.50	6.28	6.28	6.28	6.43
		歩数			16	16	16	16	16	17	17	17	17	17
奥林 凛 (至学館大・1年)	1:00.52	通過タイム (sec)		6.87	11.59	16.47	21.49	26.61	31.90	37.32	42.83	48.33	53.94	1:00.52
		区間タイム (sec)		6.87	4.72	4.87	5.02	5.12	5.29	5.42	5.51	5.51	5.61	6.58
		区間速度 (m/s)		6.55	7.41	7.18	6.97	6.83	6.62	6.46	6.36	6.36	6.24	6.08
		歩数			16	16	16	16	16	17	17	17	17	17
有賀 知春 (青山学院大・1年)	1:00.72	通過タイム (sec)		6.99	11.64	16.42	21.34	26.54	32.00	37.64	43.46	49.12	54.60	1:00.72
		区間タイム (sec)		6.99	4.65	4.77	4.92	5.21	5.46	5.64	5.82	5.66	5.49	6.12
		区間速度 (m/s)		6.44	7.52	7.34	7.11	6.72	6.42	6.21	6.01	6.19	6.38	6.53
		歩数			17	17	17	17	17	18	19	20	19	19
真鍋 綾菜 (愛知教育大・1年)	1:01.35	通過タイム (sec)		7.27	12.20	17.22	22.37	27.58	32.90	38.39	43.99	49.53	55.12	1:01.35
		区間タイム (sec)		7.27	4.92	5.02	5.16	5.21	5.32	5.49	5.61	5.54	5.59	6.23
		区間速度 (m/s)		6.19	7.11	6.97	6.79	6.72	6.58	6.38	6.24	6.32	6.26	6.42
		歩数			16	16	16	16	16	16	17	17	17	17
大川 なずな (青山学院大・2年)	1:01.63	通過タイム (sec)		7.31	12.18	17.07	22.01	27.08	32.23	37.47	42.86	48.40	54.42	1:01.63
		区間タイム (sec)		7.31	4.87	4.89	4.94	5.07	5.16	5.24	5.39	5.54	6.02	7.21
		区間速度 (m/s)		6.16	7.18	7.16	7.09	6.90	6.79	6.68	6.50	6.32	5.81	5.55
		歩数			17	17	17	17	17	17	17	17	17	19
阪 希望 (山形大・1年)	1:01.65	通過タイム (sec)		6.87	11.53	16.35	21.32	26.49	31.72	37.14	42.66	48.55	54.70	1:01.65
		区間タイム (sec)		6.87	4.65	4.82	4.97	5.17	5.22	5.42	5.52	5.89	6.16	6.95
		区間速度 (m/s)		6.55	7.52	7.26	7.04	6.77	6.70	6.46	6.34	5.94	5.69	5.76
		歩数			16	16	17	17	17	17	17	17	19	19

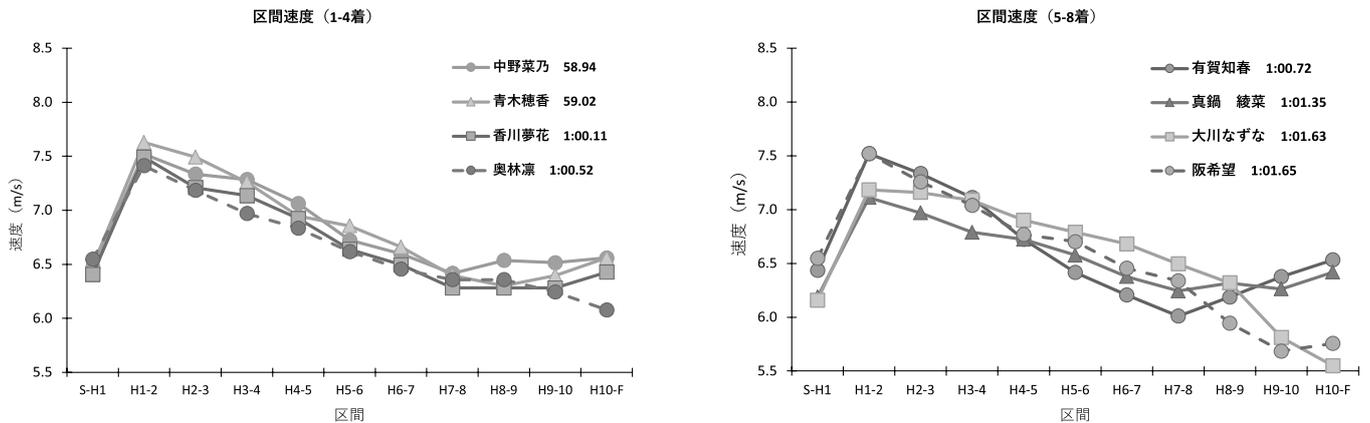


図 13 区間速度の変化 (静岡国際 女子 400mH 決勝)

表 16 2020.10.25 全国高等学校陸上競技大会 2020 女子 400mH 決勝 レース分析結果

選手名	所属	記録	区間→	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
				通過タイム (sec)	6.69	11.11	15.72	20.34	25.06	30.05	35.25	40.44	45.83	51.32
区間タイム (sec)	6.69	4.42	4.60	4.62	4.72	4.99	5.21	5.19	5.39	5.49	6.19			
区間速度 (m/s)	6.73	7.92	7.60	7.57	7.41	7.02	6.72	6.75	6.50	6.38	6.46			
歩数		16	16	16	16	17	17	17	18	18				
大野 瑞奈	(埼玉栄高・3年)	57.81	通過タイム (sec)	6.64	11.08	15.58	20.15	24.92	29.96	35.19	40.47	46.00	51.55	57.81
区間タイム (sec)	6.64	4.44	4.50	4.57	4.77	5.04	5.22	5.29	5.52	5.56	6.22			
区間速度 (m/s)	6.78	7.89	7.77	7.66	7.34	6.95	6.70	6.62	6.34	6.30	6.43			
歩数		16	16	16	16	16	17	17	17	17				
塚本 萌乃	(成田高・2年)	58.84	通過タイム (sec)	6.72	11.24	15.83	20.54	25.43	30.58	35.89	41.24	46.90	52.49	58.84
区間タイム (sec)	6.72	4.52	4.59	4.70	4.89	5.16	5.31	5.36	5.66	5.59	6.35			
区間速度 (m/s)	6.69	7.74	7.63	7.44	7.16	6.79	6.60	6.54	6.19	6.26	6.30			
歩数		17	17	17	17	18	18	19	19	19				
水口 萌	(東大阪大敬愛高・3年)	59.16	通過タイム (sec)	6.62	10.94	15.45	20.05	24.74	29.78	35.02	40.32	45.98	52.14	59.16
区間タイム (sec)	6.62	4.32	4.50	4.60	4.69	5.04	5.24	5.31	5.66	6.16	7.02			
区間速度 (m/s)	6.79	8.10	7.77	7.60	7.47	6.95	6.68	6.60	6.19	5.69	5.70			
歩数		16	16	17	17	17	17	17	17	18	19			
大川 寿美香	(三田国際学園高・2年)	59.22	通過タイム (sec)	6.84	11.46	16.12	20.89	25.84	31.00	36.29	41.61	47.20	52.90	59.22
区間タイム (sec)	6.84	4.62	4.65	4.77	4.95	5.16	5.29	5.32	5.59	5.71	6.32			
区間速度 (m/s)	6.58	7.57	7.52	7.34	7.06	6.79	6.62	6.58	6.26	6.13	6.33			
歩数		17	17	17	17	17	17	17	17	19	19			
日下 あやな	(常盤学園高・2年)	1:00.60	通過タイム (sec)	6.86	11.39	16.03	20.80	25.68	30.90	36.64	42.38	48.31	54.27	1:00.60
区間タイム (sec)	6.86	4.54	4.64	4.77	4.87	5.22	5.74	5.74	5.94	5.94	6.33			
区間速度 (m/s)	6.56	7.71	7.55	7.34	7.18	6.70	6.10	6.10	5.89	5.88	6.32			
歩数		17	17	17	17	17	17	17	19	19	19			
工藤 芽衣	(咲くやこの花高・3年)	1:00.75	通過タイム (sec)	6.92	11.58	16.45	21.40	26.51	31.77	37.24	42.93	48.87	54.79	1:00.75
区間タイム (sec)	6.92	4.65	4.87	4.95	5.11	5.26	5.47	5.69	5.94	5.92	5.96			
区間速度 (m/s)	6.50	7.52	7.18	7.06	6.86	6.66	6.40	6.15	5.89	5.91	6.72			
歩数		17	18	17	17	17	17	17	17	19	19			
樋口 綾音	(大塚高・2年)	1:00.84	通過タイム (sec)	6.92	11.58	16.27	21.15	26.31	31.58	37.32	43.06	48.73	54.37	1:00.84
区間タイム (sec)	6.92	4.65	4.69	4.89	5.16	5.27	5.74	5.74	5.67	5.64	6.47			
区間速度 (m/s)	6.50	7.52	7.47	7.16	6.79	6.64	6.10	6.10	6.17	6.21	6.18			
歩数		16	16	17	17	17	17	17	19	19	19			

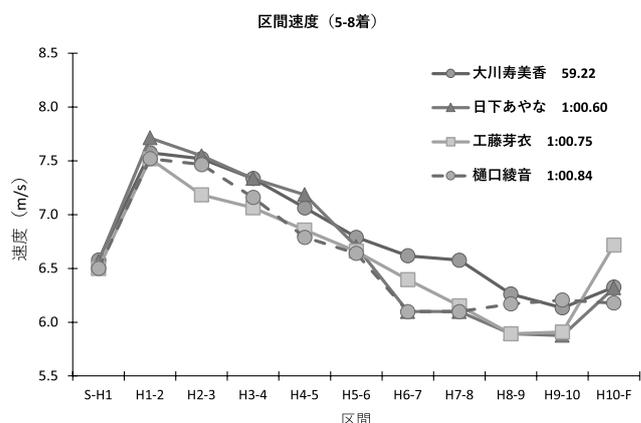
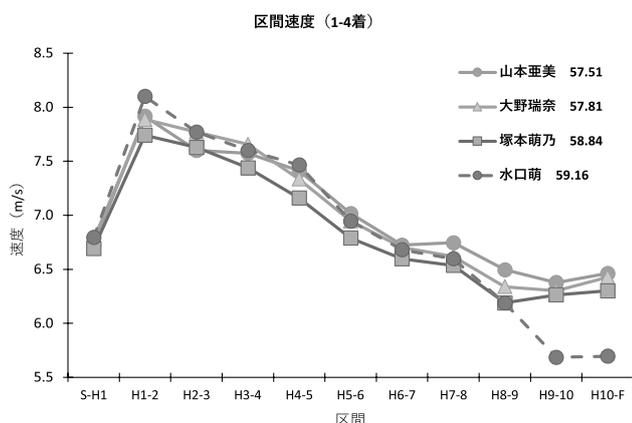


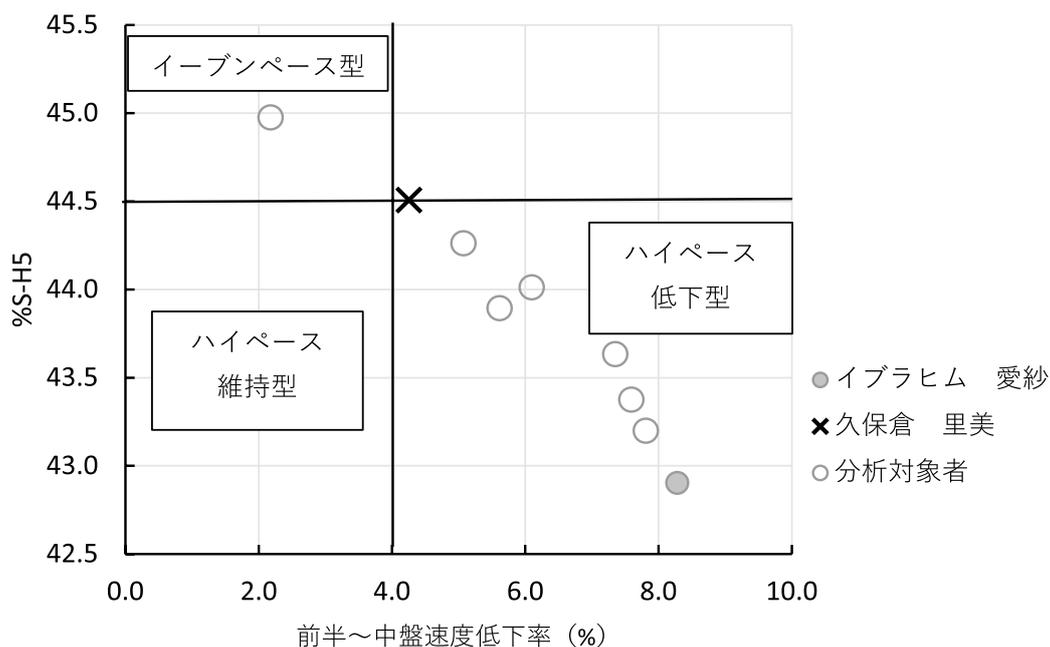
図 14 区間速度の変化 (静岡国際 女子 400mH 決勝)

表 17 第 14 回日本陸上競技選手権大会女子 400mH におけるペース配分の資料

選手名	レース記録 (sec)	区間速度 (m/s)			速度低下率 (%)		レース記録に占める割合 (%)		
		前半	中盤	後半	前半～中盤	中盤～後半	前半	中盤	後半
イブラヒム 愛紗	56.50	7.63	7.00	6.37	8.3	9.0	42.9	26.5	30.5
宇都宮 絵莉	57.09	7.43	6.88	6.50	7.4	5.5	43.6	26.7	29.6
伊藤 明子	57.34	7.47	6.89	6.35	7.8	7.8	43.2	26.6	30.2
山本 亜美	57.43	7.43	6.86	6.39	7.6	6.9	43.4	26.6	30.0
小山 佳奈	57.44	7.32	6.87	6.52	6.1	5.2	44.0	26.6	29.4
関本 萌香	57.89	7.28	6.87	6.40	5.6	6.9	43.9	26.4	29.7
津川 瑠衣	58.21	7.07	6.91	6.53	2.2	5.5	45.0	26.1	28.9
川村 優佳	58.38	7.16	6.80	6.44	5.1	5.3	44.3	26.5	29.3
久保倉 里美	55.34	7.51	7.19	6.83	4.3	5.1	44.5	26.4	29.1

表 18 イブラヒム選手における日本記録更新の各区間タイム (速度) およびペース配分指標

記録 (sec)	前半 (S-H5)		中盤 (H5-8)		後半 (H8-F)		%S-H5	H5-8低下率
(sec)	(sec)	(m/s)	(sec)	(m/s)	(sec)	(m/s)	(%)	(%)
55.30	24.24	7.63	14.64	7.17	16.42	6.70	43.8	6.0



女子 3000 m 障害における水濠障害と通常障害の通過スピード分析

丹治史弥¹⁾ 榎本靖士²⁾ 小林海³⁾

1) 東海大学 2) 筑波大学 3) 東京経済大学

1. 目的

3000 m 障害（以下 3000mSC）は通常の走行技術に加えて障害物を超える技術も求められる競技種目である。日本陸上競技連盟科学委員会ではこれまで国内主要競技会における 3000mSC のレース中の通常障害通過スピードの変化について分析してきた。この分析には障害の前後が直線区間である必要があり、これまで第 3 障害（バックストレート後半付近）を対象としてきた。しかし、2020 年度は国立競技場の改修が終わり、国内では珍しいトラックの内側に水濠が設置されている競技場での主要レースが開催された（セイコーゴールデングランプリ陸上 2020 東京、以下 GGP）。水濠がトラックの内側に設置されたことによって、水濠障害の前後も直線となり、障害通過スピードの変化の分析が可能となった。そこで本報告では、GGP 女子 3000mSC の上位 2 名に対して、通常障害に加えて水濠障害における通過スピードを分析した結果を報告する。

2. 方法

2-1. 対象競技会

対象競技会は、セイコーゴールデングランプリ陸上 2020 東京（8 月 23 日；国立競技場、東京）であった。

2-2. 分析対象選手

上位 2 名を分析の対象とした。

2-3. 撮影方法

3000mSC のレースはトラック 1 周（内側に水濠が設置されている場合 390 m）につき通常障害を 4 台、水濠障害を 1 台超える。本報告ではフィニッシュラインから 3 台目の通常障害（第 3 障害）と水濠障害の通過スピードを分析した。それぞれの

障害が真横となるスタンド上の位置に撮影速度を 119.88 fps に設定したハイスピードカメラ（水濠障害、DMC-FZ300, Panasonic, Japan；第 3 障害、FDR-AX60, Sony, Japan）を三脚に固定して設置した。第 3 障害のハイスピードカメラ画角内には障害の前後 10 m が収まるように調整し、水濠障害のハイスピードカメラ画角内には水濠障害手前 5.8 m と水濠障害通過後 11.3 m が収まるように調整した（図 1）。選手がハイスピードカメラの画角内に入る前に撮影を開始し、すべての選手が画角外に出た後撮影を終了した。

また、レース中の周回ごとの走スピードを分析するために、撮影速度を 59.94 fps に設定したデジタルビデオカメラ（DMC-FZ300, Panasonic, Japan）を 1 台、フィニッシュラインの延長線上のスタンドから撮影した。このカメラはスタートの閃光または発煙を撮影後、全選手をカメラ画角内に収めながら追従撮影をした。

2-4. 分析方法

トラック内側の縁石 1 つが 2.0 m で、第 3 障害の設置位置が縁石の切れ目と重なっていた。そのため、第 3 障害の通過スピードの分析のために 2 m ほどの縁石の切れ目を通過したコマ数を映像から読み取った。また水濠障害の通過スピードの分析のために水濠障害手前 5.8 m と 1.8 m、水濠障害上、水濠障害通過後 3.6 m および水濠障害通過後 11.3 m を通過したコマ数を映像から読み取った。レース中の周回ごとの走スピードの分析のためにフィニッシュラインを通過する際のコマ数を映像から読み取った。読み取ったすべてのコマ数から通過タイムを算出し、その後各区間における所要時間および走スピードを算出した。

3. 結果および考察

表 1 にレース中の周回ごとの走スピードの分析結

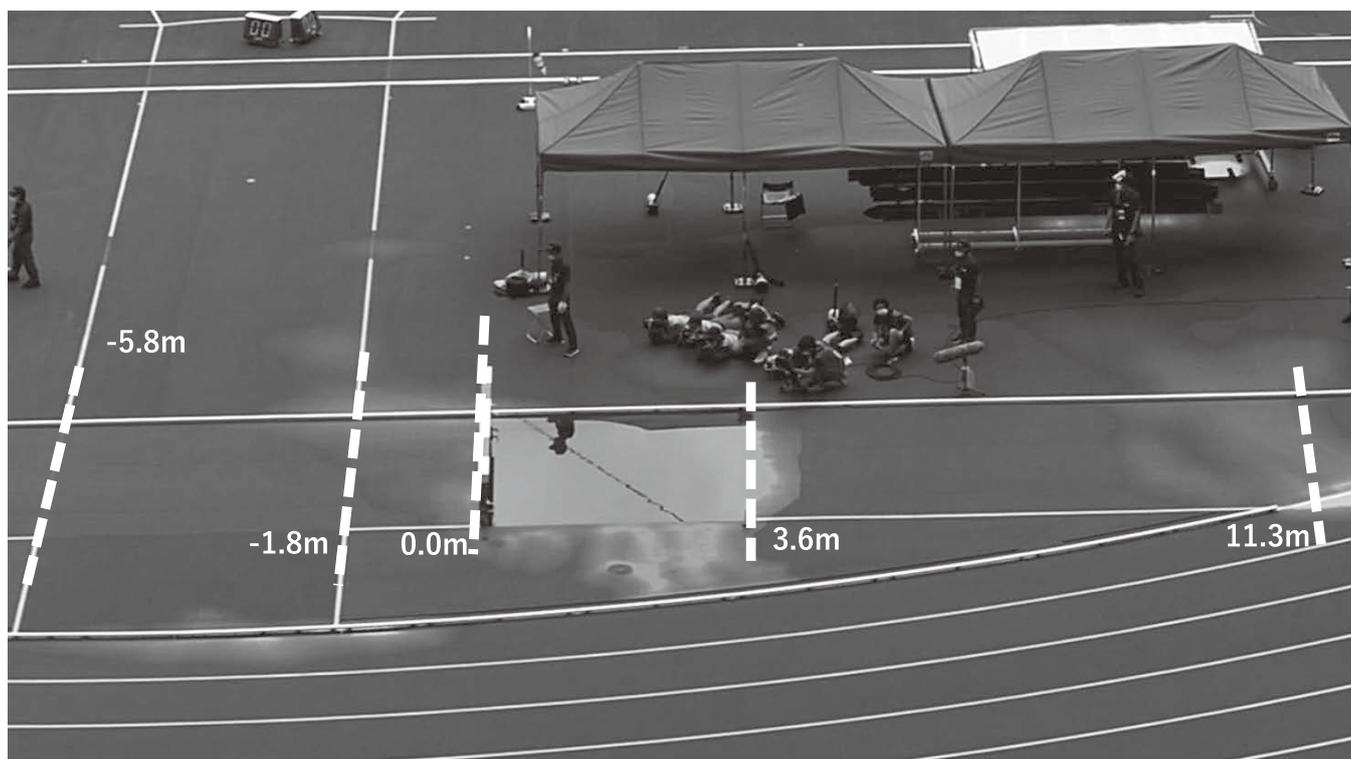


図 1. 水濠障害ハイスピードカメラの画角および通過基準ラインと水濠障害までの距離

表 1. GGP 女子 3000mSC における上位 2 名のレース分析結果

順位	競技者名	1st (270m)	2nd (660m)	3rd (1050m)	4th (1440m)	5th (1830m)	6th (2220m)	7th (2610m)	8th (3000m)	
	通過タイム	0:38.37	1:53.89	3:11.02	4:30.11	5:51.00	7:13.40	8:37.31	9:54.50	
1	吉村 玲美	区間タイム390m	38.4	75.5	77.1	79.1	80.9	82.4	83.9	77.2
	大東文化大	1000m	3:07.40		3:22.76		3:24.32			
	スピード m/s	7.04	5.16	5.06	4.93	4.82	4.73	4.65	5.05	
	通過タイム	0:38.38	1:53.58	3:10.87	4:29.95	5:50.50	7:12.99	8:37.70	9:55.98	
2	石澤 ゆかり	区間タイム390m	38.4	75.2	77.3	79.1	80.5	82.5	84.7	78.3
	エディオン	1000m	3:07.40		3:21.98		3:26.59			
	スピード m/s	7.03	5.19	5.05	4.93	4.84	4.73	4.60	4.98	

果を示した。最初の 1 周 (270 m) は障害物がない区間のため走スピードが高かったものの、2 周目以降は 5 m/s 前後の走スピードでレースが展開されていた。

図 2 および図 3 にそれぞれ第 3 障害 (通常障害) および水濠障害の通過スピードの変化を示した。2 名ともに通常障害 0 m から通過後 2 m の区間で最も走スピードが低下していることがわかる。その中でもエディオン・石澤選手は通常障害通過時の走スピードの低下が小さいことが認められた。一方、水濠障害の通過スピードの変化をしてみると、大

東文化大・吉村選手は水濠障害の通過によって減速した走スピードをすぐに戻している一方で、石澤選手は 11.3 m 通過時にも低下した走スピードを戻しきれていないことが示された。また、吉村選手は水濠障害の手前 1.8 m から水濠障害までの区間で最も走スピードが低下しているのに対して、石澤選手は水濠障害から通過後 3.6 m または水濠障害通過後 3.6 m から 11.3 m の区間で最も走スピードが低下していることが示された。しかし、6 周目の水濠障害の通過スピードの変化では石澤選手はほとんど走スピードが低下認められない通過であったこ

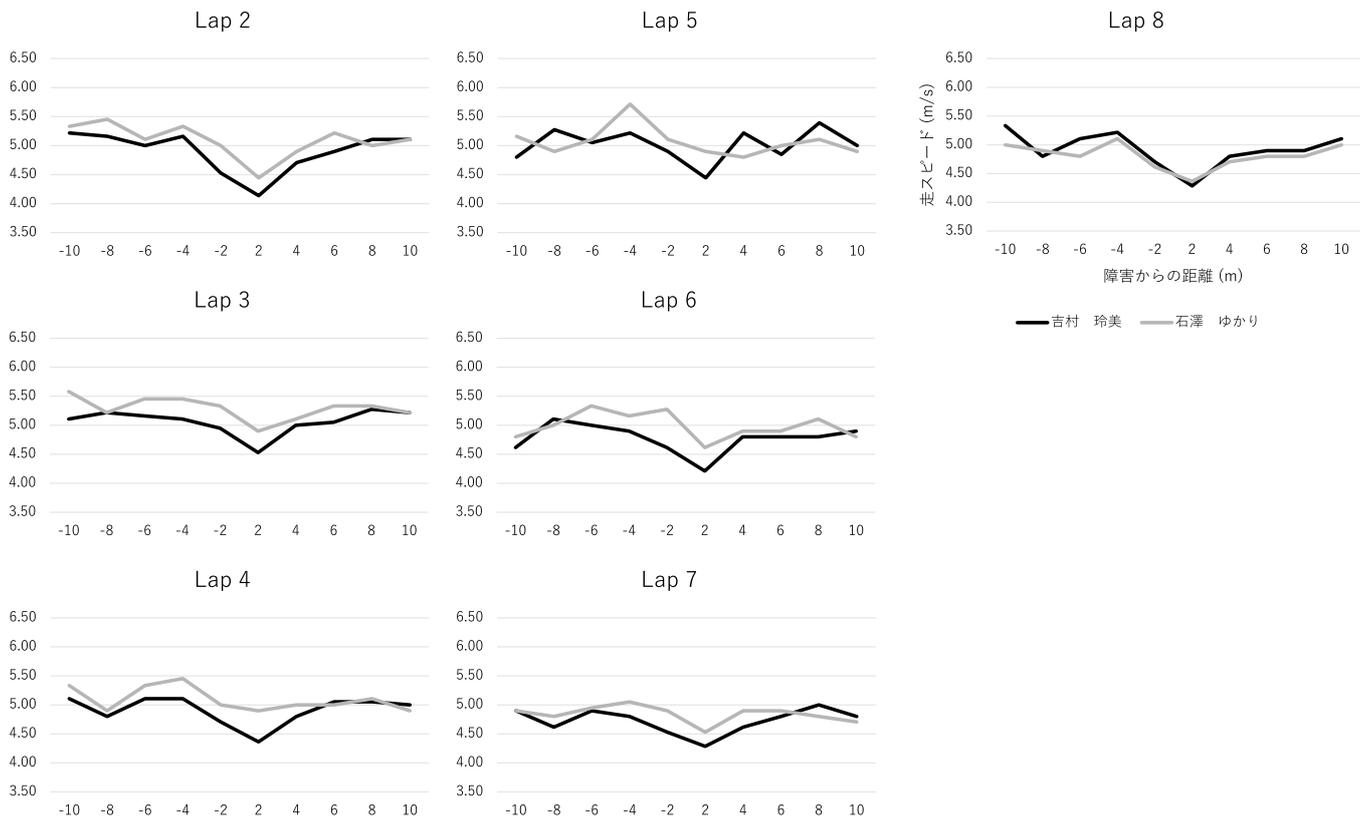


図 2. 通常障害（第 3 障害）通過スピードの変化

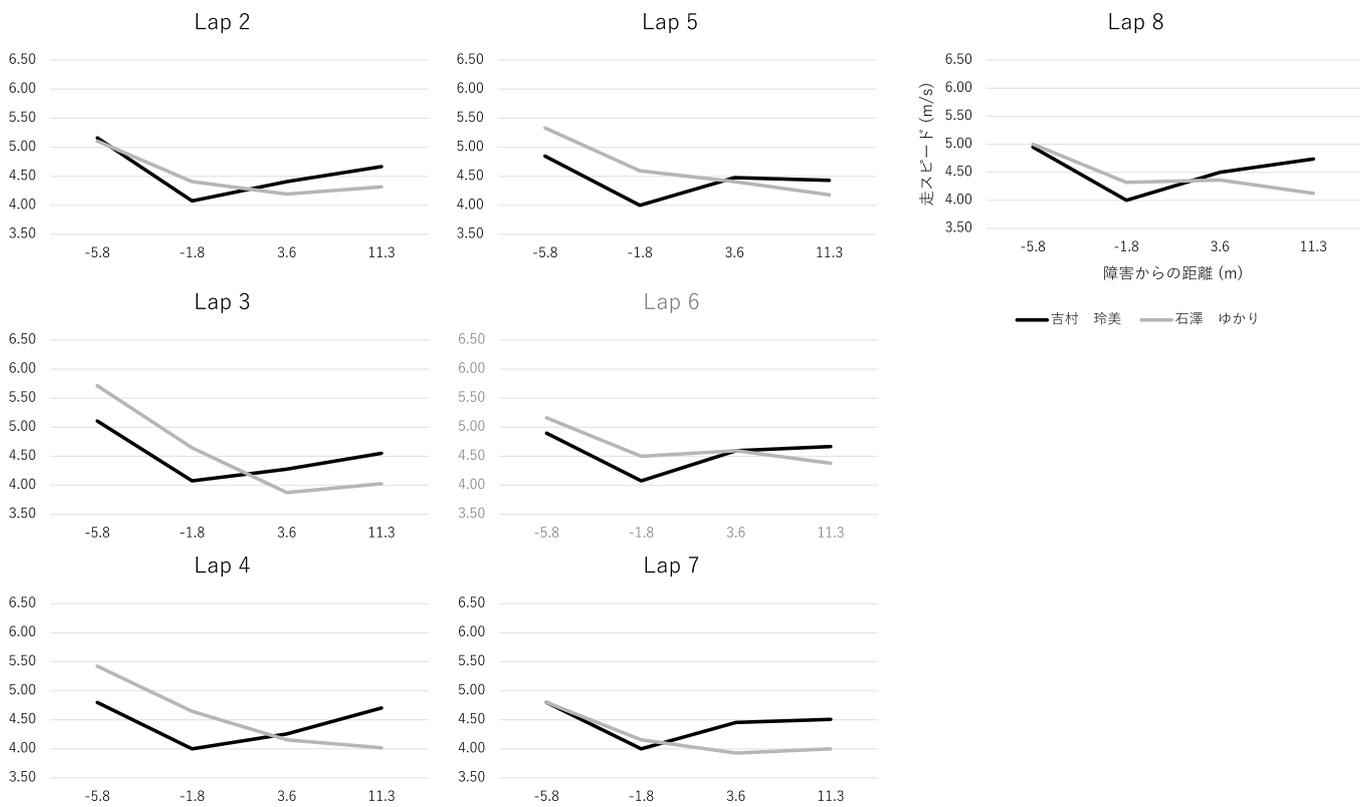


図 3. 水濠障害通過スピードの変化

ともわかる。したがって、水濠障害通過後の水濠内での体の使い方などの再現性が高まれば、さらに記録の向上が見込める可能性がある。また、吉村選手は通常障害も含めて、障害物の直前で走スピードを低下させている傾向が見受けられる。高い走スピードを維持したまま障害物を超える技術を習得できれば、こちらもさらなる記録の向上が見込めると考えられる。これらの分析結果が、選手たちの障害物を超える技術を向上させる支援となることを期待している。

2020年主要競技会における国内男子走幅跳選手の 助走最高スピード、踏切前の接地位置と記録の関係

小山宏之¹⁾ 柴田篤志²⁾ 清水悠³⁾ 荊山靖⁴⁾ 広川龍太郎⁵⁾

1) 京都教育大学 2) 筑波大学スポーツ R&D コア 3) 島根大学 4) 山梨学院大学 5) 東海大学

1. はじめに

日本陸上競技連盟科学委員会の跳躍担当では、走幅跳の跳躍距離を決定する大きな要因の一つである助走スピードに関する各種のパラメータについて、強化選手を中心としてコーチや選手に継続的にフィードバックを重ねてきた(小山ら, 2017, 2018, 2019)。加えて、踏切4歩前から踏切までの接地位置の評価について2017年度から継続的に行っている。そこで本報告では、2020年に行ったフィードバックデータを基に、日本の強化選手の助走スピードデータ、踏切前の接地位置について報告する。

2. 方法

本報告では2020年度男子走幅跳強化選手5名について報告する(表1)。表1は2020年度の測定試合を示しており、分析対象者の分析試技数、分析

記録の平均およびその範囲を示している。分析はフェールの試技も含めて全て行っているが、結果で提示したものは有効試技の結果のみである(追参を含む)。

表1に示した各競技会において、助走路の前方または後方のスタンドに設置したレーザー式速度測定装置(JENOPTIK製, LDM301C)を用いて対象者の助走中の1/100秒毎の位置情報を得た後、助走スピードを算出した。さらに、踏切前のストライドの分析は、全ての試技をスタンドに設置した1台のビデオカメラ(Panasonic社, LUMIX FZ-300, またはPanasonic社, HX-VX980M)を用いて、踏切板先端から助走路側11.0m地点(三段跳の13m踏切板先端)までを撮影範囲とし、毎秒240コマまたは120コマで固定撮影し、分析した。なお、日本学生陸上競技選手権大会ではレーザー式速度測定装置を用いた測定を行っていなかったため、助走路測定から撮影したストライド分析用の映像(Panasonic社, HX-VX980M, 120Hz)から最高スピードを推定した。

表1 助走スピード分析および踏切前ストライドに関する測定試合と試技情報

選手	PB (m)	SB (m)	分析 試技数		分析記録 平均 / max - min (m)	2020				
						GGP	福井	NIC	NCH	田島
城山 正太郎	8.40	7.77	SP	11	7.60±0.12 (7.75 - 7.33)	○	○		○	○
			ST	12	7.60±0.12 (7.75 - 7.33)	○	○		○	○
橋岡 優輝	8.32	8.29	SP	3	8.02±0.25 (8.29 - 7.80)	○		※		
			ST	5	7.97±0.20 (8.32 - 7.64)	○		○		
津波 響樹	8.23	7.99	SP	5	7.73±0.17 (7.99 - 7.55)	○			○	
			ST	5	7.73±0.17 (7.99 - 7.55)	○			○	
山川 夏輝	8.06	7.67	SP	2	7.50±0.17 (7.62 - 7.38)	○				
			ST	2	7.50±0.17 (7.62 - 7.38)	○				
小田 大樹	8.04	8.04w	SP	16	7.63±0.16 (8.04 - 7.40)	○	○		○	○
		7.96	ST	15	7.65±0.16 (8.04 - 7.44)	○	○		○	○

SP:助走スピード分析, ST:踏切前のストライド分析

GGP:ゴールデングランプリ, 福井: Athlete Night Games in Fukui, NIC:日本学生陸上競技選手権大会

NCH:日本選手権, 田島:田島記念陸上

※:他の大会と同様の分析ではなく、ストライド分析用映像から算出した参考値

表2 各選手の助走最高スピードと跳躍距離の関係から推定した8.10mから8.50mの記録に対する推定助走最高スピード

選手	PB (m)	過去の分析記録の最長 (m)	推定助走最高スピード (m/s)				
			8.10m	8.20m	8.30m	8.40m	8.50m
城山 正太郎	8.40	8.40	10.68	10.74	10.79	10.85	10.91
橋岡 優輝	8.32	8.32	10.43	10.50	10.58	10.65	10.72
津波 響樹	8.23	8.23	10.76	10.84	10.92	11.00	11.08
小田 大樹	8.04	8.03	10.58	10.63	10.69	10.75	10.80
山川 夏輝	8.06	8.04	10.58	10.64	10.70	10.76	10.82

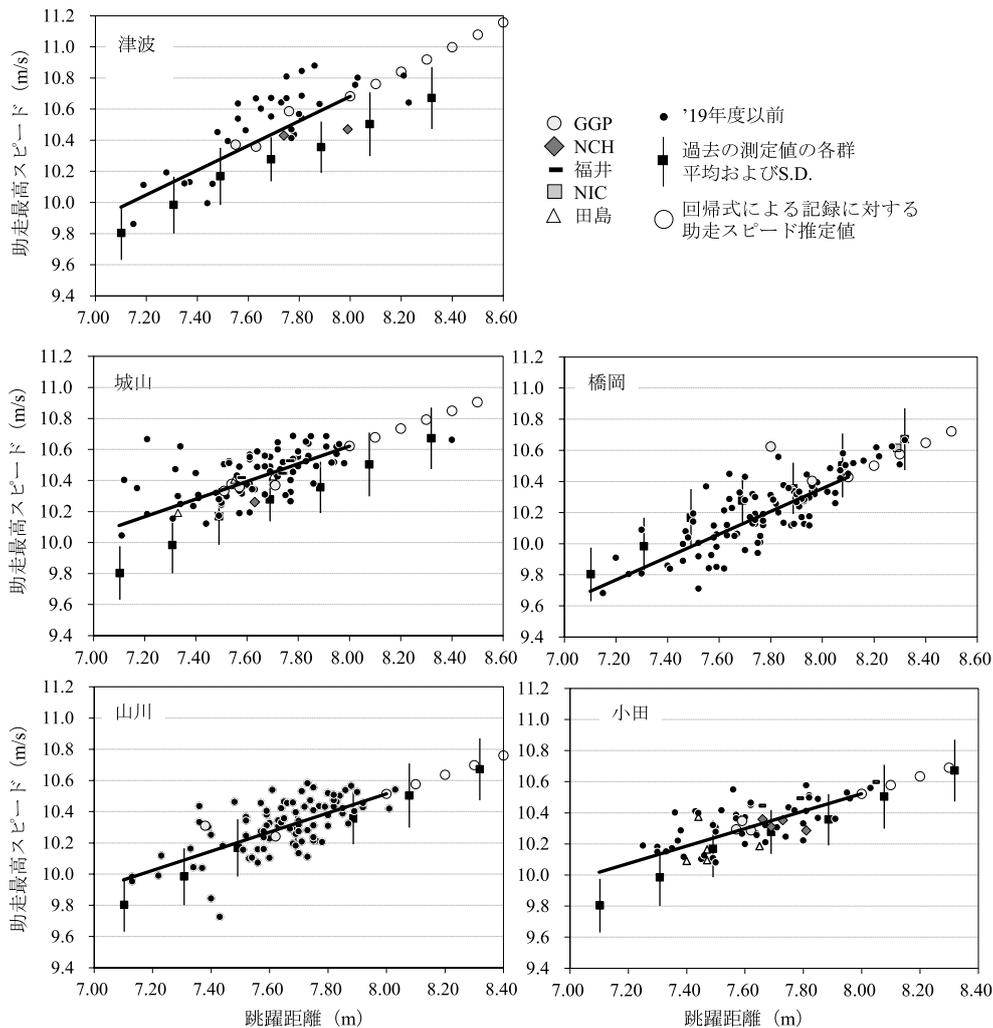


図1 各選手の助走最高スピードと跳躍距離の関係

本報告では助走スピードに関するパラメータの中で、助走における最高スピードについて、踏切4歩前からの接地位置の中で、踏切4歩前および1歩前のデータを提示する。

3. 結果および考察

3.1 助走最高スピードと跳躍記録の関係

図1は各選手の助走スピードと記録の関係につ

いて、2019年までの測定結果（小山ら，2019）に2020年の結果をあわせたものを示している。なお、各図において過去の測定値として示した比較データは、2001年から2015年に科学委員会として測定した780跳躍（7.01～8.57m）の分析結果であり、7.00mから0.20mごとに記録別群分けを行い、各群における平均および標準偏差を抽出したものである。

過去の測定値と2020年の測定データを含めて総合的に見ると、全選手において助走最高スピードと

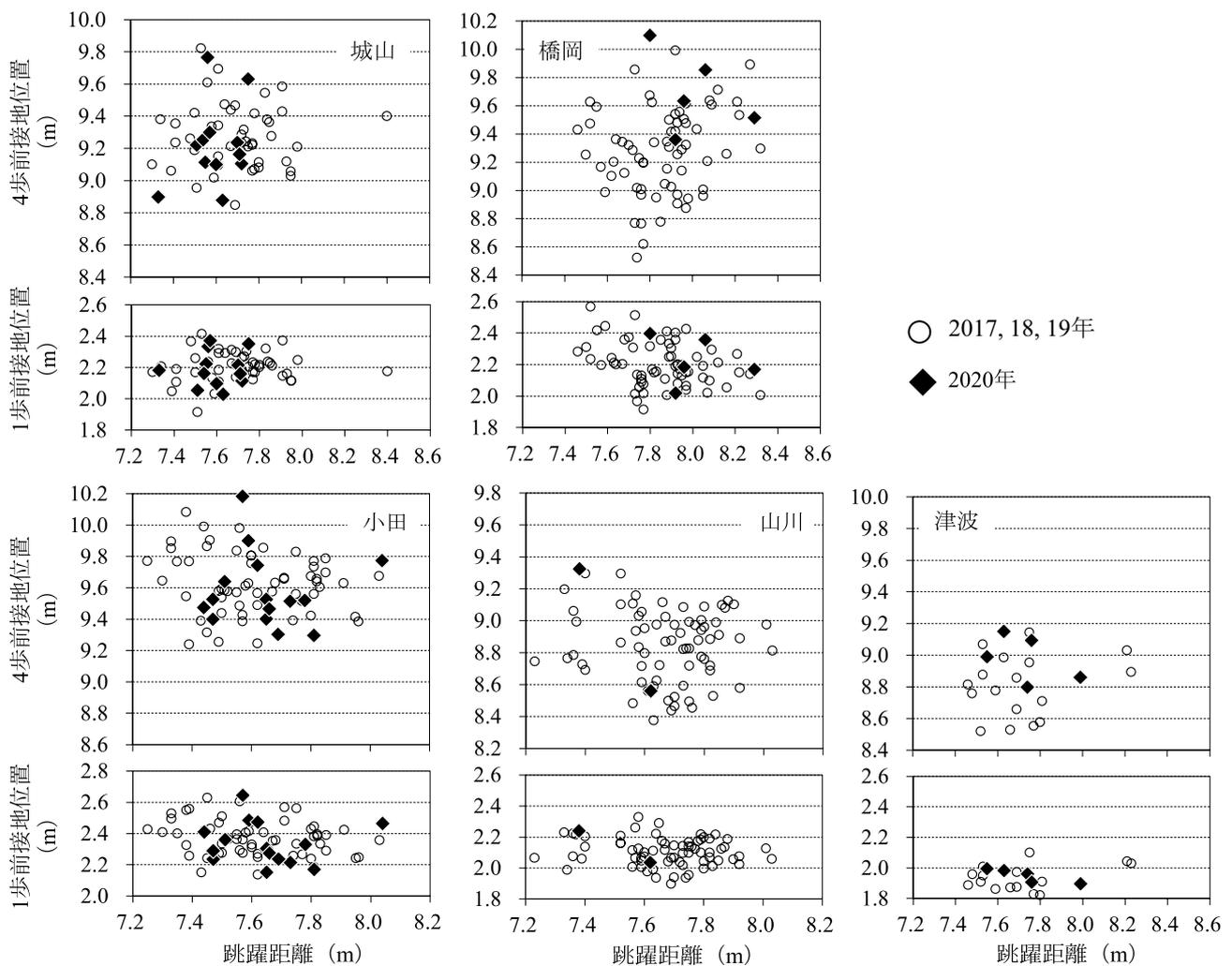


図2 各選手の踏切4歩前および1歩前接地位置と跳躍距離の関係

記録の間には正の相関関係があり（城山， $r=0.627$ ， $n=92$ ；橋岡， $r=0.826$ ， $n=105$ ；津波， $r=0.809$ ， $n=37$ ；山川， $r=0.639$ ， $n=90$ ；小田， $r=0.630$ ， $n=65$ ，いずれも $p<0.01$ ），記録の向上に対して助走スピードの向上が影響していると考えられる。特に，橋岡選手と津波選手は相関係数が大きい値を示していた。

2020年では橋岡選手が2019年に記録した自己ベスト記録（8.32m，日本歴代2位）に近い記録を跳躍し，その際の助走最高スピードは参考値であるが10.62m/s（風速：-0.6m/s）であった。2019年に8.32mを記録した際の助走最高スピード（10.67m/s）とほぼ同程度であったが，その際の風速は+1.6m/sであったことを考慮すると，2020年の日本インカレでは条件の悪い状況下においても高い助走最高スピードが獲得できていた。

小山らはこれまでの報告（2018，2019）で，助走スピードの縦断的測定結果と跳躍記録の関係から，8.10m～8.50mを跳躍するために必要になると予想される助走最高スピード（以下，推定最高スピー

ド）を予測している。表2は2020年の結果も加えて各選手の推定最高スピードを更新したものである。2020年は試合数が少なかったため，2019年の報告からの大きい変化はないが，各選手ともに記録の更新にはより高い助走最高スピードが必要となることが示されているとともに，選手によって必要となるスピードが異なり，個人差があることが示されている。

3.2 踏切4歩前および1歩前の接地位置と記録の関係

図2は各選手の踏切4歩前および1歩前の接地位置と跳躍距離の関係について，2019年度までの報告（柴田ら，2017；小山ら，2018，2019）の報告に2020年度の結果を加えたものである。

橋岡選手は2019年度の報告（小山ら，2019）で，4歩前の接地位置が踏切から遠くなっている傾向にあり，9.30m以上の接地位置の試技の割合が増えていたことが報告されていたが，2020年ではその傾向が強まり，ファールの無効試技も含めた分析試技

(10試技)の平均は $9.53 \pm 0.29\text{m}$ (範囲:9.00-10.10m)であり, 9.30m未滿の試技は1試技(フェール)のみであった.

城山選手の2020年度の分析試技は平均で $7.60 \pm 0.12\text{m}$ であり, 2019年度の分析試技($7.73 \pm 0.24\text{m}$)に比べてやや記録が低かったが, 各試合で踏切4歩前のばらつきが大きい傾向が見られた. 例えば, 各試合の踏切4歩前の接地位置の範囲を見ると, 日本選手権では8.88~9.39mの範囲, Athlete Night Games in Fukuiでは9.11~9.97mの範囲, 田島記念では8.56~9.80mの範囲であり, 今回の分析対象の5選手の中で最もばらつきが大きい傾向にあった.

全選手を見た場合に, 2019年度の報告(小山ら, 2019)でも指摘したが, 踏切4歩前と1歩前の接地位置は記録との間には有意な相関関係が見られるのは橋岡選手のみで, いずれも弱い相関関係であるが, 踏切4歩前の接地位置と跳躍距離に正の相関関係($r=0.224$, $p<0.05$)が, 踏切1歩前の接地位置と跳躍距離に負の相関関係($r=-0.290$, $p<0.05$)が見られた. そして, 助走最高スピード(図1)とあわせて特徴を捉えると, 橋岡選手のより高いパフォーマンスである8.10m程度以上のパフォーマンスでは, より高いスピードの中で9.2~9.8m程度の位置で踏切4歩前をむかえ, 2.2m程度以下の踏切1歩前のストライドで踏切に入っていく時に記録が出ていると考えられる. なお, 他の選手も含め, 踏切前の接地位置は図1に示した助走スピードと関連しながら記録へ影響している傾向にあると考えられることから, 今後も継続的に測定を続け, 選手のパフォーマンスの変化と踏切前の接地位置から見た踏切への入りについて検討を続けていきたい.

4. まとめ

本報告では, これまでの測定につづいて助走スピードと記録の関係, 踏切前の接地位置と記録の関係の縦断的な変化を提示した. 2021年度も継続的に情報を収集し, 個々の選手に応じた目標値の提案や跳躍の評価をしていきたい.

5. 参考文献

1) 小山宏之, 柴田篤志, 久保理英(2017) 男子走幅跳選手の助走最高スピードと記録の関係 - 日本ランキング上位選手の縦断的測定結果の報告 -. 陸上競技研究紀要, 13: 220-223.

2) 柴田篤志, 小山宏之(2017) 男子走幅跳選手の助走における踏切4歩前からの接地位置および助走スピードの分析 - 日本ランキング上位選手の事例 -. 陸上競技研究紀要, 13: 214-219.

3) 小山宏之, 柴田篤志, 清水悠, 荻山靖, 長澤涼介, 広川龍太郎(2018) 2018年主要競技会における国内男子走幅跳選手の助走最高スピード, 踏切前のストライドと記録の関係. 陸上競技研究紀要, 14: 201-205.

4) 小山宏之, 柴田篤志, 清水悠, 荻山靖, 広川龍太郎(2019) 2019年主要競技会における国内男子走幅跳選手の助走最高スピード, 踏切前の接地位置と記録の関係. 陸上競技研究紀要, 15: 238-242.

男女棒高跳における助走最高スピードの推定に向けた取り組み

清水悠¹⁾ 小山宏之²⁾ 荻山靖³⁾ 柴田篤志⁴⁾

1) 島根大学 2) 京都教育大学 3) 山梨学院大学 4) 筑波大学スポーツ R&D コア

1. はじめに

日本陸上競技連盟科学委員会の跳躍班では、主要競技会において助走路延長線上のスタンドに設置したレーザー式スピード計測装置（以下、Laveg）を用いて、跳躍選手の助走スピードを計測し、助走最高スピードやその出現地点をフィードバックしている（小山ら，2007）。Lavegを利用して測定した助走最高スピードは、棒高跳の跳躍高の獲得に対して、非常に重要なパラメータであることが報告されており（小山ら，2018）、トレーニング現場の選手やコーチにとって有益なフィードバック指標であると考えられる。しかし、Lavegを利用した助走スピード計測は、高速で走る対象者に赤外線レーザーを腰部に照射し続けるという熟練した計測技術が必要で、天候や設置場所などの影響により正確なデータが収集できない場合がある。また、Lavegは高価な測定機器であるため、トレーニング現場で誰もが簡単に助走最高スピードを計測できるわけではない。そこで、跳躍班では、計測したデータをトレーニング現場へ単にフィードバックするだけでなく、トレーニング現場でも測定・活用できる指標を提示することも重要であると考えており、棒高跳の助走最高スピードを簡便に推定できる方法の開発に取り組んでいる。

棒高跳では、Box（0m）前の2.5mから5.0mまで0.5mずつ、5.0mから18.0mまで1.0mずつ助走路にディスタンスマーカー（白テープ）の貼付が推奨されている。そのため、助走路に白テープが貼られている主要競技会の試技映像からはBox前の位置情報を読み取ることが可能である。2020年度は新型コロナウイルスの影響により多くの主要競技会が中止となったため、本取り組みは進行中であるが、本報告ではVTR映像の助走区間タイムから棒高跳の助走最高スピードを推定するための取り組みの途中経過について報告する。

2. 方法

分析のためのデータ収集は、2020年10月23日～25日に広島県で開催された全国高等学校陸上競技大会2020兼U20全国陸上競技大会で行い、同大会の男女棒高跳に出場した82名（男子39名、女子43名）を分析した。分析対象試技は、男子：4.60m～5.20m、女子：3.30m～4.16mの計167試技であった。

棒高跳の助走路延長線上のスタンドにレーザー式スピード計測装置（Laveg，JENOPTIK社製）を設置し、分析対象者の助走中の移動距離をサンプリング

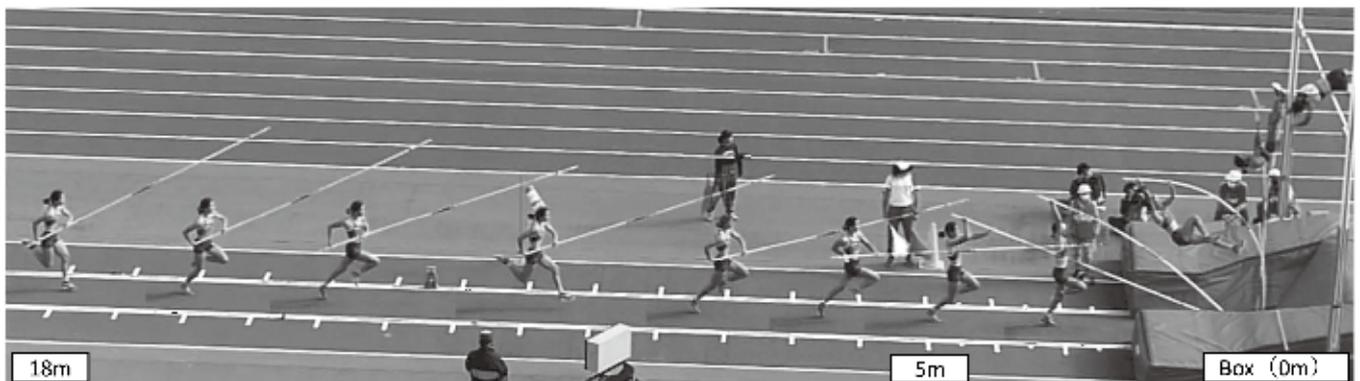


図1 撮影設定

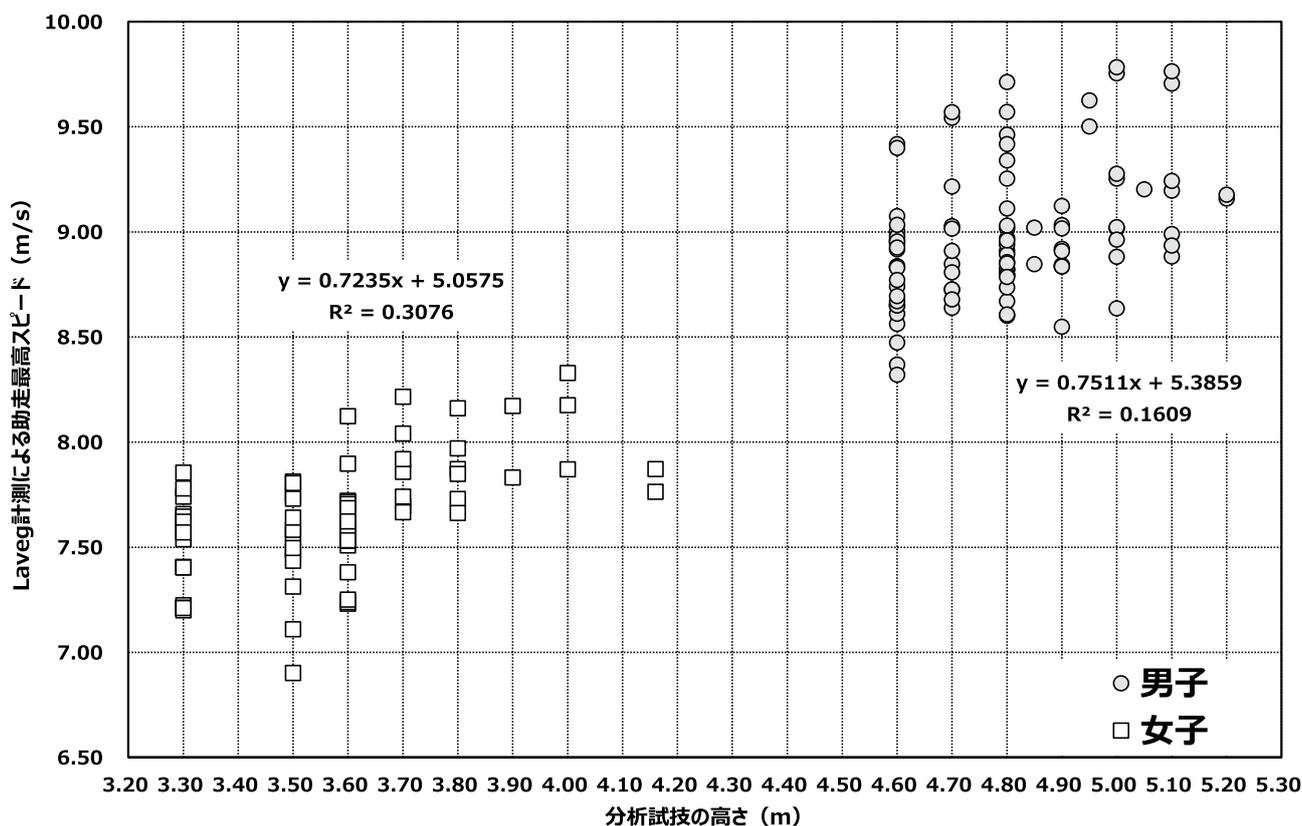


図2 分析試技の高さと助走最高スピードの関係

周波数 100Hz で計測した。得られた距離データを時間微分することで助走スピードを算出し、その後 Butterworth low-pass digital filter を用いて 0.5Hz で平滑化した。計測した距離データから Box 前 5m と 18 m に最も近づいた時点を抽出し、その差分から 13m 区間タイムを算出した。

助走路側方のスタンドにハイスピードカメラ (Lumix Fz-300, Panasonic 社製) を設置して、Box 前 18m からクリアランス動作までを 120fps で固定撮影した (図 1)。得られた映像を PC に取り込み、動画再生ソフト (QuickTime player, Apple 社製) を用いて、Box 前 5m と 18 m 地点を通過したコマを読み取り、その差分から 13m 区間タイムを算出した。

3. 結果および考察

3. 1 分析試技の高さと助走最高スピードとの関係

図 2 は、分析試技の高さと Laveg で計測した助走最高スピードとの関係を示したものである。その結果、男女ともに試技の高さと助走最高スピードとの間に高い決定係数はみられなかった。その要因として、本報告では助走区間タイムの算出法の違いによる誤差を検証するために試技数を確保する必要があり、失敗試技 (ただし、走り抜け試技は除く) についても分析対象試技として取り扱ったことが影響し

たと考えられる。

3. 2 Laveg 計測による助走最高スピードと出現地点の関係

図 3 は、Laveg で計測した助走最高スピードとその出現地点との関係を示したものである。その結果、男女ともに Box 前 5.0m から 11.0 m の間に助走最高スピードが出現した。同様に、男子棒高跳選手の 68 試技 (公認記録: 4.80 ~ 5.82m) を分析した小山ら (2018) も、Laveg 計測による助走最高スピードは Box 前 5.7m から 10.9m に出現したことを報告している。これらの結果を踏まえて、跳躍班では VTR 映像で位置情報 (白テープ) が読み取りやすく、助走最高スピードが出現する範囲内である Box 前 18m から 5m 地点までの 13m 区間に着目した。

3. 3 Laveg 計測と VTR 映像による 13m 区間タイムの関係

図 4 は、Laveg で計測した 13m 区間タイムと VTR 映像から収集した 13m 区間タイムとの関係を示したものである。異なる 2 つの算出法による 13m 区間タイムを比較した結果、男子の rms 誤差 0.02s (最大 0.07s)、女子の rms 誤差 0.06s (最大 0.13s) であった。また、図から読み取れるように、男子の決定係数 0.92、女子の決定係数 0.93 という非常に高い相

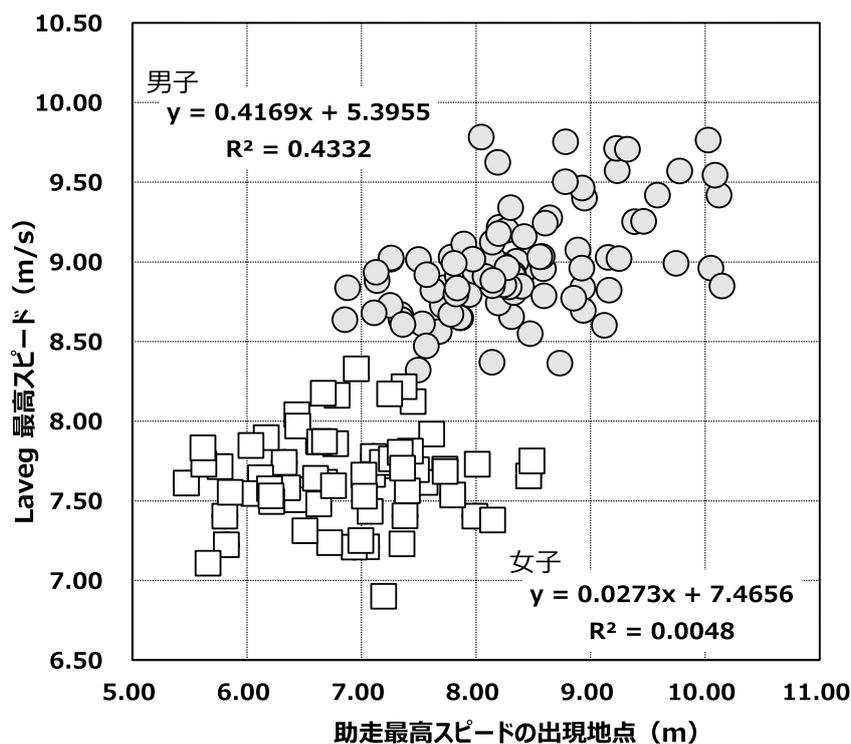


図3 Laveg 計測による助走最高スピードと出現地点の関係

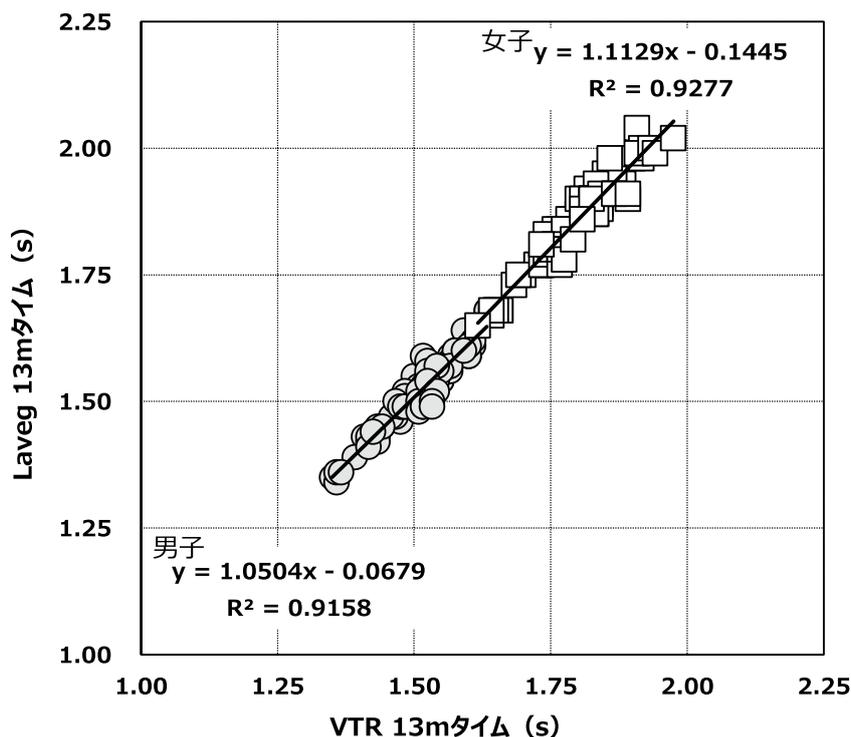


図4 Laveg 計測と VTR 映像による 13m 区間タイムの関係

関係が得られた。

3. 4 VTR 映像による 13m 区間タイムと Laveg 計測による助走最高スピードの関係

図5は、VTR 映像から収集した 13m 区間タイムと Laveg で計測した助走最高スピードとの関係を示したものである。その結果、男子の決定係数 0.95、

女子の決定係数 0.92 という非常に高い相関関係が得られた。この結果から得られた 2 次回帰式を利用すれば、13m 区間タイムから Laveg で計測した助走最高スピードと同様に評価できる助走最高スピードを推定することが可能であると考えられた。

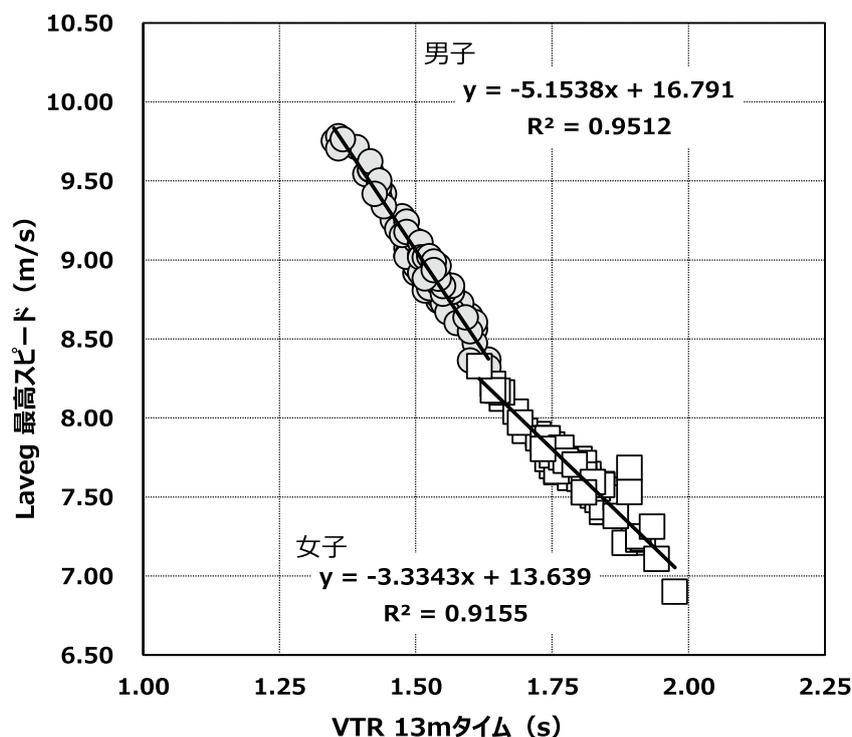


図5 VTR映像による13m区間タイムとLaveg計測による助走最高スピードの関係

4. まとめ

本報告では、Box前18mから5m地点までの13m区間タイムに着目し、Lavegで測定した棒高跳の助走最高スピードをVTR映像から推定する取り組みの一部について報告した。本年度の取り組みにより、VTR映像から収集したBox前の区間タイム（本年度は13m区間タイム）を利用して、Lavegで計測した助走最高スピードと同様に評価できる助走最高スピードを推定することが十分に可能であることを検証することができた。

しかし、本年度は新型コロナウイルスの影響によって主要競技会が中止に追い込まれ、多くの競技会でのデータを収集することができなかつたため、失敗試技を利用した分析や記録の幅が限られた中での検討となってしまった。したがって、次年度では、より多くの主要競技会でデータを収集して分析を行い、トレーニング現場で活用できるBox前の区間タイムの値とそのタイムから助走最高スピードを推定できる換算表を提示したい。併せて、跳躍高に対する助走最高スピードの目安値や個々の選手に応じた目標値の提案なども実施していきたいと考えている。

5. 参考文献

1) 小山宏之, 村木有也, 武田理, 大島雄治, 阿江

通良 (2007) 競技会における一流男女棒高跳, 走幅跳および三段跳選手の助走速度分析. 陸上競技研究紀要, 3 : 104-122.

2) 小山宏之, 柴田篤志, 山中亮, 高橋恭平, 松林武生, 渡辺圭祐 (2018) 男子棒高跳におけるU20世代の助走スピードと記録の関係～U20世界選手権と国内大会出場者の比較～. 陸上競技研究紀要, 14 : 197-200.

2020年日本選手権大会における女子円盤投げ上位3名のキネマティクス

山本大輔¹⁾ 瀧川寛子²⁾ 野中愛里³⁾ 村上雅俊⁴⁾

1) 天理大学 2) 中京大学大学院 3) 筑波大学大学院 4) 大阪産業大学

1. 緒言

2020年日本陸上競技選手権の女子円盤投げにおいて、齋藤選手が55.41mの日本ジュニア記録を樹立して優勝した。2019年には郡選手が日本記録を樹立するなど男子選手と同様に競技レベルの高まりの兆しがみられている。円盤投げでは男子で2kg、女子では1kgの円盤の投てき距離であらそわれるが、男子選手と女子選手では投てき物の重量に加えて身体的および体力的特性の違いから円盤加速動作に特徴の違いがみられることが報告されている(山本ほか, 2015), このため、女子選手についても動作の特徴や力学的パラメータなど科学的データを蓄積していくことが円盤投げ種目についての理解を深めることだけでなく、女子選手の競技力向上の一助になるのではないかと考えた。そこで、本稿では日本陸上競技選手権大会の上位3名の動作から、日本一流女子円盤投げ選手の動作の特徴を明らかにすることを目的とした。

2. 方法

2.1. 対象者

本研究では、2020年10月3日に新潟県デンカビッグスワンスタジアムにて開催された第104回日本陸上競技選手権大会の女子円盤投げ決勝における上位3名(J群, 記録: 52.50 ± 2.59m)を分析対象とした。また、本研究では2007年世界陸上競技選手権大会(大阪大会)における女子円盤投げ種目の上位3名(W群, 記録: 65.43m ± 1.39 m)をJ群の比較対象とし検討を行った。なお、本研究におけるデータ収集は日本陸上競技連盟科学委員会の活動の一環として行われた。

2.2. データ収集と分析方法

動作およびキャリブレーションは、サークルの右

側方と後方に設置した2台のデジタルビデオカメラ(FDR-AX55, Sony)を用いて120fps(シャッタースピード: 1/1000秒)で撮影した。キャリブレーションは投てき方向6.29m×左右方向4.28m×高さ3mの範囲に9箇所のポールを立て試技前に撮影しておいた。その後すべての試技を撮影し、各対象者の最も記録の良かった試技映像から身体各部位の4点(両肩峰と両股関節)および円盤中心の計5点をFrame-DIAS 5(DKH社製)を用いて毎秒60フレームでデジタル化し3次元DLT法を用いて3次元座標値を算出した。分析項目は得られた座標値を4次のButterworth low-pass digital filterにより最適遮断周波数(3.60 - 6.84Hz)で平滑し算出した。なお、座標系はサークル中心を原点とし投てき方向をY軸、Y軸に直行する左右方向をX軸、鉛直方向をZ軸とする右手系の静止座標系とした。較正点の実測値と計算値との標準誤差はそれぞれX軸方向9mm, Y軸方向14mm, Z軸方向5mmであった。

2.3. 動作時点と局面定義

分析を行うにあたり、円盤投げ動作を図1に示す通り6つの時点と局面を定義し、各時点間を5つの局面に分けて分析を行った。最大バックスイングをターン動作開始(T-st)とし、右足離地をR-off, 左足離地をL-off, 右足接地をR-on, 左足接地をL-on, 円盤のリリースをRelとした。また、各時点間の局面を時系列順に両脚支持局面(DS), 第一片脚支持局面(SS1), 非支持局面(NS), 第二片脚支持局面(SS2), 送り出し局面(DV)とした。

2.4. 分析項目

本研究では、対象者の動作の特徴を明らかにするために以下の項目について算出し比較した。

- 1) 初期条件: Rel時の各軸方向の円盤速度(m/s)と合成速度(初速度;m/s)および投射角(deg)と投射高(m)とした。



図1 局面と時点の定義

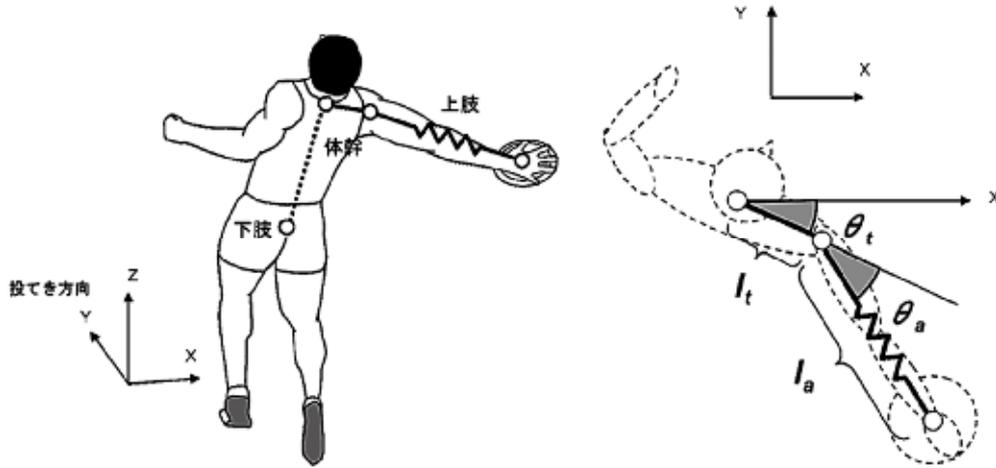


図2 円盤投げにおける下肢－体幹－上肢モデルの定義（田内ほか，2007b）

- 2) 円盤速度 (m/s) : 投てき動作中の円盤の変位を時間微分して算出した。
- 3) 動作時間 (s) : 各局面に要したフレーム数から算出した。
- 4) 円盤移動距離 (m) : 円盤の変位を累積して算出した。
- 5) 円盤速度に対する身体各部位の貢献度 (m/s) : 投てき方向の円盤速度 (Y成分) のうち、下肢・体幹の起こし・体幹の伸縮・体幹の回転・上肢の伸縮・上肢の回転の各動作によって生み出された円盤速度 (貢献度) をそれぞれ算出した。算出に当たり両肩峰と両大転子の3次元座標値から肩中点と腰中点を算出した後に、田内ほか(2007b)の方法を用いて下肢－体幹－上肢モデルを定義し以下の式1および式2によって算出した(図2)。

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

ここで、 v_h は腰中点速度とし下肢の動作による円盤速度(下肢)とした。 $v_{t/h}$ は腰中点速度に対する肩中点速度で体幹の前後傾による円盤速度(体幹の起こし)を示すことになる。 $v_{d/t}$ は上肢の動作による円盤速度を示しているが、式2で示すように肩中点から右肩峰を結ぶ線分(l_t)とX軸とのなす角(θ_t)、右肩峰から円盤までの線分(l_a)と l_t とのなす角(θ_a)から求めた。

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

ここで、 l_t と θ_t と l_a および θ_a の微分項は順に体幹の伸縮、体幹の回転動作、上肢の伸縮動作および上肢の回転動作による円盤速度を示している。

3. 結果と考察

3.1. 初期条件

表1に投てき記録および初期条件を示した。円盤は空力学的な影響を受けやすい形状であることから、円盤投げ種目においては初速度や投射角および投射高だけでなく円盤の回転や迎え角といった投射条件に加えて、風速や風向などの外的要因も記録に影響することが報告されている(Hay, 1985; 山本ほか, 2010; Rouboa, et al., 2013)。

本研究の分析対象者であるJ群とW群との投てき記録の平均値の差は12.93mであった。円盤速度を比較すると、J群の円盤速度X成分はW群と比較して高かったが、Y成分とZ成分および初速度についてはW群に比べて低い値を示しており、初速度の差は2.68m/sであった。投射角は各選手の技術的および

表1 投てき記録と初期条件

	記録 (m)	円盤速度 (m/s)				初速度	投射角 (deg)	投射高 (m)
		X成分	Y成分	Z成分				
J群	1位	55.41	3.16	17.25	12.93	21.79	36.8	1.49
	2位	51.62	2.50	18.25	10.87	21.39	30.8	1.37
	3位	50.46	6.04	15.21	11.87	20.21	38.0	1.23
	平均	52.50	3.90	16.90	11.89	21.13	35.2	1.36
	標準偏差	2.59	1.88	1.55	1.03	0.82	3.9	0.13
W群	平均	65.43	2.48	19.21	13.70	23.81	35.5	1.71
	標準偏差	1.39	2.28	0.45	0.97	0.38	2.4	0.04

表2 各時点の円盤速度

		円盤速度 (m/s)					
		T-st	R-off	L-off	R-on	L-on	Rel
J群	1位	0.31	3.34	7.53	6.79	7.88	21.79
	2位	1.20	4.06	7.07	6.25	8.49	21.39
	3位	0.16	3.70	6.95	6.50	5.90	20.21
	平均	0.56	3.70	7.18	6.51	7.42	21.1
	標準偏差	0.56	0.36	0.31	0.27	1.35	0.82
W群	平均	1.07	5.91	6.78	5.87	7.38	23.81
	標準偏差	0.18	1.47	0.86	1.19	1.67	0.38

び体力的特徴に応じて高い初速度を発揮するために適した角度が異なることや、風向や風速の影響も受けることから様々な状況に応じた最適な角度の範囲内で投げ出すことが重要であると報告されている (Leigh, et al., 2010; Rouboa, et al., 2013). 本研究における J 群と W 群の投射角は類似した値を示しており、女子円盤投げ選手を対象とした先行研究に示された約 30 – 43 度の範囲にあった (Gregor, et al., 1985; Hay and Yu, 1995; Leigh and Yu, 2007, 山本, 2015). 投射高についてみると J 群は W 群に比べて 0.35m 低い値であった. 山本ほか(2010) は投てき記録と投射高の身長比との間に有意な相関関係が認められなかったことから、投射高は身長の影響を受ける要因であり投てき記録の良い選手ほどより高い位置で投げ出す技術が高いということではないと推察される. このことから、本研究における W 群と J 群の投射高の差も身長による影響が大きいのではないかと考えられる.

J 群内で選手別にみると、1 位の選手は円盤速度の Z 成分と合成成分、および投射高が最も高く、2 位の選手は円盤速度の Y 成分が最も高いが投射角は 30.8 度と最も低い値であった. 3 位の選手は円盤速度の X 成分と投射角は最も高かったが投射高は 3 選

手の中で最も低い値であった.

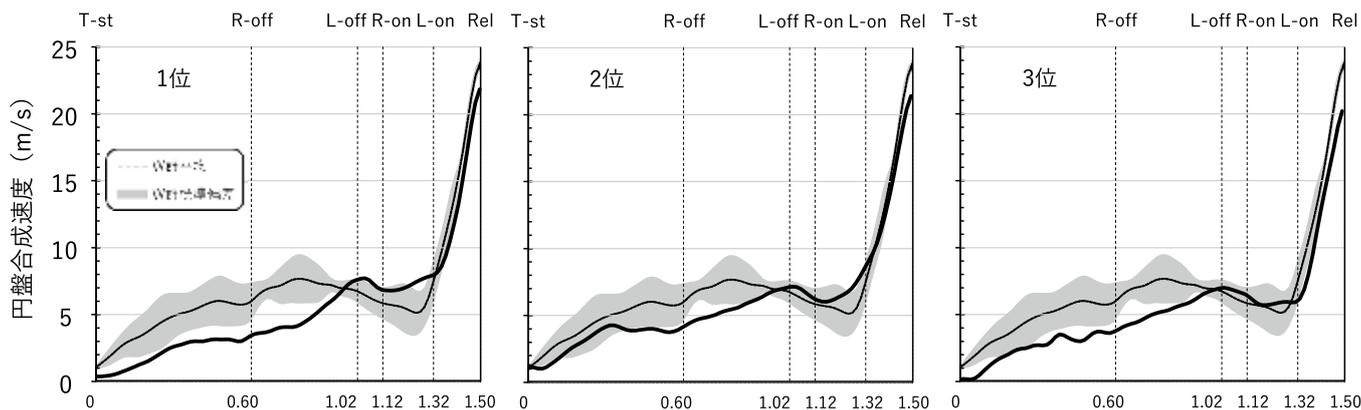
3.2. 投てき動作中の円盤速度変化

表 2 には各時点の円盤速度を示した. また、図 1 には J 群における各選手の円盤速度変化に加えて W 群の平均円盤速度および標準偏差の範囲を示した.

円盤速度は J 群と W 群ともに動作開始後から L-off 付近にかけて増加した後一旦減少し、SS2 局面から Rel にかけて急激に増加する変化パターンを示した. L-off での平均円盤速度は J 群と W 群で近い値であることから、J 群は投てき動作開始から L-off にかけて DS 局面と SS1 局面を通じて徐々に円盤速度を高めているのに対し、W 群は主に DS 局面で円盤速度を高めているといった違いがみられた. また、L-on における両群の円盤速度が類似していたことから、初速度の差は主に DV 局面における円盤速度の増加量の差による影響が大きいと考えられ、その増加量は W 群で 16.43m/s であるのに対して J 群は 13.71m/s であった.

3.3. 各局面における動作時間と移動距離

表 3 に各局面における動作時間と円盤移動距離を示した. 田内ほか (2007a) は、競技レベルにより投



W群とJ群の平均動作時間 (s)

図3 W群平均およびJ群上位入賞者の円盤速度変化

表3 各局面の動作時間と円盤移動距離

	動作時間(s)						円盤移動距離(m)					
	DS	SS1	NS	SS2	DV	Total	DS	SS1	NS	SS2	DV	Total
1位	0.75	0.42	0.13	0.13	0.18	1.62	1.56	2.04	0.98	0.96	2.49	8.03
2位	0.67	0.45	0.12	0.22	0.17	1.62	2.10	2.55	0.81	1.46	2.46	9.38
J群	0.75	0.38	0.10	0.18	0.18	1.60	1.79	2.05	0.68	1.08	2.25	7.86
平均	0.72	0.42	0.12	0.18	0.18	1.61	1.82	2.21	0.82	1.17	2.40	8.42
標準偏差	0.05	0.03	0.02	0.04	0.01	0.01	0.27	0.29	0.15	0.26	0.13	0.83
W群	0.49	0.41	0.07	0.22	0.18	1.36	2.15	2.86	0.45	1.26	2.73	9.45
標準偏差	0.03	0.06	0.01	0.03	0.01	0.05	0.76	0.11	0.03	0.52	0.26	1.00

てき記録と動作時間に関係の認められる局面は異なるが、幅広い競技力を有する選手を対象とした場合、投てき記録の高い選手ほどDS局面とSS2局面とDV局面およびTotalの動作時間が短かったと報告している。本研究における両群の動作時間の平均値を比較すると、J群はDS局面とNS局面の動作時間はやや長いですがSS2局面はW群に比べて短かった。その他の局面は類似した値であったが、Totalの動作時間はW群に比べて0.25s長かった。また、各局面における円盤移動距離についてみると、J群はW群に比べてNS局面を除くすべての局面で低い値であった。Relに向けて円盤速度が急激に増加するDV局面に着目すると、動作時間は同程度であったが円盤移動距離の平均値は0.33mの差がみられた。このことから、DV局面における円盤速度の増加量の違いは主に円盤移動距離によるものと考えられる。今後、ターン全体を通してDV局面で円盤をより加速させるために必要となる動作要因についてはさらなる検討が必要であると考えられる。

3.4. 円盤速度に対する身体各部位の貢献

図3にR-onからRelまでの円盤速度(Y成分)に対する身体各部位の貢献度を示した。各選手に共通して体幹の回転の貢献度が最も高く、DV局面後半では上肢の回転による貢献が高まった後に上肢の伸縮による貢献が高くなりRelを迎えていた。このことは、円盤が急激に加速されるDV局面において円盤速度は主に身体全体の回転や体幹の捻転などの肩の回旋動作によって生み出され、さらにRel前には肩関節の水平内転動作に続いて肩関節の外転やスナップ動作によって円盤が離れていく動きによって得られていたと考えられる。

各選手別にみると、2位の選手は他の選手に比べてDV局面後半における上肢の回転やRelでの下肢の動作と上肢の伸縮の貢献が大きく、3位の選手は体幹の回転による貢献度がJ群の中でも特に高い値を示していた。1位の選手はRelでの体幹の起こしによる貢献度が他の選手と比較して高く、体幹の回転や上肢の伸縮の貢献は2位と3位の選手の間値であった。このように円盤を加速させる際にどの動作による貢献を大きくして投げ出すかは選手に

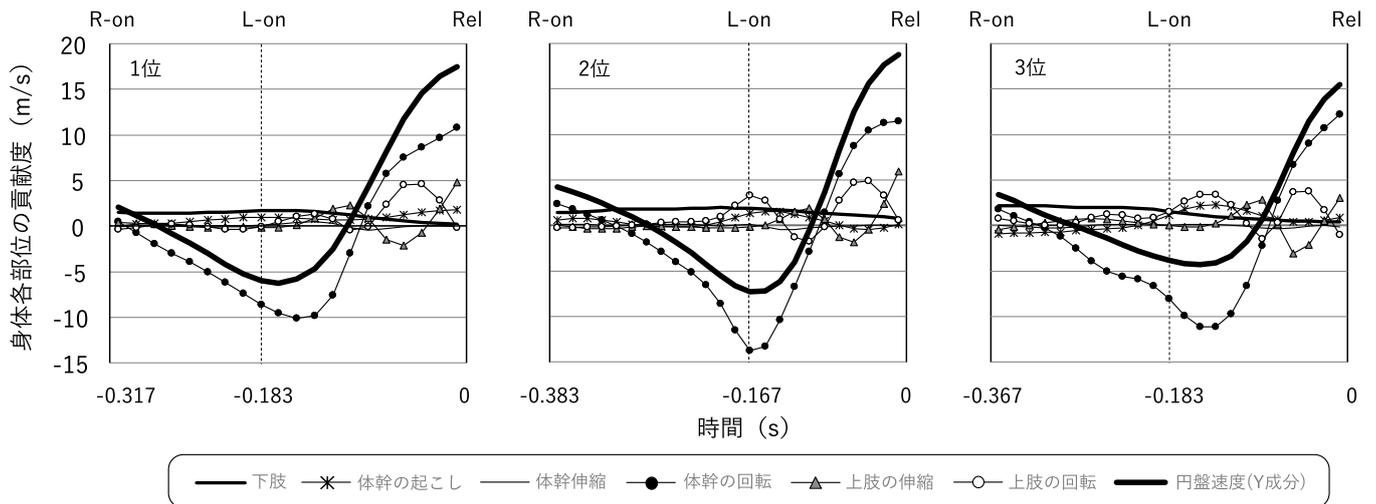


図4 各対象者の円盤速度に対する身体各部位の貢献の変化

よって様々であった。田内ほか (2007b) は相対的に上肢を大きく貢献させるタイプや体幹を大きく貢献させるタイプが存在し、身体各部位の貢献の仕方は必ずしも一様ではないことを報告しているが、本研究におけるJ群も同様の結果となった。

4. まとめ

本研究では日本一流女子円盤投げ選手の動作の特徴を明らかにすることを目的に、W群との比較を通してJ群の特徴について検討した。投射条件ではJ群に比べてW群の初速度および投射高は高値を示していた。本研究の対象者で比較した場合、この初速度の差は主にDV局面における円盤速度の増加量の違いによるものであり、この円盤速度の増加量は動作時間ではなく円盤移動距離に起因していると考えられた。DV局面で円盤をより加速させるために重要となる要因については今後さらなる検討が必要であると考えられる。

J群内で選手別にみると、DV局面での身体各部位の貢献の仕方は一様ではなく、相対的に上肢の伸縮や回転と下肢を貢献させている選手や体幹の回転による貢献を大きくしている選手、体幹の起こしによる貢献を大きくしている選手など様々であった。

引用文献

1) Gregor, R. J., Whiting, W. C., McCoy, R. W. (1985) Kinematic analysis of olympic discus throws. *International Journal of Sports Biomechanics* 1: 131-138.
 2) Hay, J. G. (1985) *Track and Field*:

Throwing. In: Chrznowski, C. (eds) *The Biomechanics of Sports Techniques* (3rd Edition). Prentice-Hall, 475-519.

3) Hay, J. G., Yu, B. (1995) Critical characteristics of technique in throwing the discus. *Journal of Sports Sciences* 13: 125-140.
 4) Leigh, S., Yu, B. (2007) The associations of selected technical parameters with discus throwing performance: A cross-sectional study. *Sports Biomechanics*, 6(3): 269-284
 5) Leigh, S., Liu, H., Hubbard, M., Yu, B. (2010) Individualized optimal release angles in discus throwing. *Journal of Biomechanics* 43: 540-545.
 6) 前田奎 (2019) 円盤投のパフォーマンスに影響を与える力学的要因. *陸上競技研究*, 117: 2-13.
 7) Rouboa, A. I., Reis, V. M., Mantha, V. R., Marinho, D. A., Silva, A. J. (2013) Analysis of wind velocity and release angle effects on discus throw using computational fluid dynamics. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*, 16(1): 73-80.
 8) 田内健二, 磯繁雄, 持田尚, 杉田正明, 阿江通良 (2007a) 円盤投げの動作時間と投てき記録との関係. *陸上競技研究紀要*, 3: 25-31.
 9) 田内健二, 持田尚, 村上雅俊, 阿江通良 (2007b) 男子一流円盤投げ選手の技術分析—円盤速度に対する身体各部位の貢献度について—. *陸上競技研究紀要*, 3: 127-131.
 10) 山本大輔 (2015) 円盤投げにおける男女間

の円盤加速動作の違い．天理大学学報，66(3)：9-16.

- 1 1) 山本大輔, 伊藤章, 田内健二, 村上雅俊, 淵本隆文, 田邊智, 遠藤俊典, 竹迫寿, 五味宏生(2010) 円盤投げのキネマティクスの分析．世界一流選手のパフォーマンスと技術：189-200.

ディーン元気選手における 2020 年の 84.05m と 2012 年の 84.28 m の投てき動作の比較

瀧川寛子¹⁾ 野中愛里²⁾ 山本大輔³⁾ 村上雅俊⁴⁾ 田内健二⁵⁾

1) 中京大学大学院 2) 筑波大学大学院 3) 天理大学 4) 大阪産業大学 5) 中京大学

1. はじめに

セイコーゴールデングランプリ陸上 2020 東京において、ディーン選手が 84.05m の投てきをみせた。ディーン選手は、2012 年織田幹雄記念国際陸上大会において、日本歴代 2 位（当時）である 84.28m を投げ、ロンドン五輪にも出場したが、それ以降 2020 年に至るまで、世界レベルの投てきをみせることがなかった。そのため、「8 年振りに復活した」と報道されることが多かったが、投てき動作が元に戻ったのか、あるいは変化したのかは興味を引くところであろう。

そこで本稿では、ディーン選手における 2020 年の 84.04m（以下、2020 年）の投てき動作の特徴を、2012 年の 84.28m（以下、2012 年）の投てき動作と比較することによって明らかにすることを目的とした。

2. 方法

2.1. 分析試技

分析試技は、ディーン選手が 2020 年 8 月に開催されたセイコーゴールデングランプリ陸上 2020 東京において 84.04m を投てきした 6 投目、および 2012 年 4 月に開催された第 46 回織田幹雄記念国際陸上競技大会において 84.28m を投てきした 1 投目の試技とした。

2.2. 撮影方法

それぞれの投てき試技を、助走路の後方および側方に設置した 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 1/1000 秒で撮影した。撮影範囲は、ファールラインを基準に、奥行 6m、横幅 4m、高さ 2.8m とした。撮影範囲の 9 地点にマーク間隔 0.4m のキャリブレーション

ポールの立てた。本研究では、ファールライン中央部から奥行 6m の地点を原点とし、投てき方向を Y 軸、Y 軸に対して左右方向を X 軸、鉛直方向を Z 軸とする右手系の静止座標系を定義した。

2.3. 分析方法

ビデオカメラによって撮影した映像を PC に取り込み、ビデオ解析ソフト（Frame - DIAS VI, DKH）を用いて、身体分析点 23 点およびやり 2 点（先端、グリップ）を毎秒 60 コマでデジタル化した。デジタル化された分析点の座標値は 3 次元 DLT 法を用いて実長換算し、3 次元座標値を算出した。算出した 3 次元座標値は、8Hz のバター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、やりのリリース時点のコマを合わせるによって行った。

2.4. 分析項目

本稿では、以下のパラメータを算出するにあたり、最終的な右足接地（R-on）、左足接地（L-on）、およびやりのリリース（REL）の各イベントを設定し、R-on から L-on までを準備局面、L-on から REL までを投局面と定義した（図 1）。

- 1) リリース速度：リリース時におけるグリップの速度
- 2) リリース高：リリース時におけるグリップの高さ
- 3) 投射角：矢状面内におけるグリップの速度ベクトルと Y 軸とがなす角
- 4) 姿勢角：矢状面内におけるグリップと先端とを結んだ線分と Y 軸とがなす角
- 5) 迎え角：姿勢角から投射角を減じた矢状面内の角度
- 6) 局面時間：準備局面および投局面の経過時間
- 7) 加速距離：投局面におけるグリップの移動距離

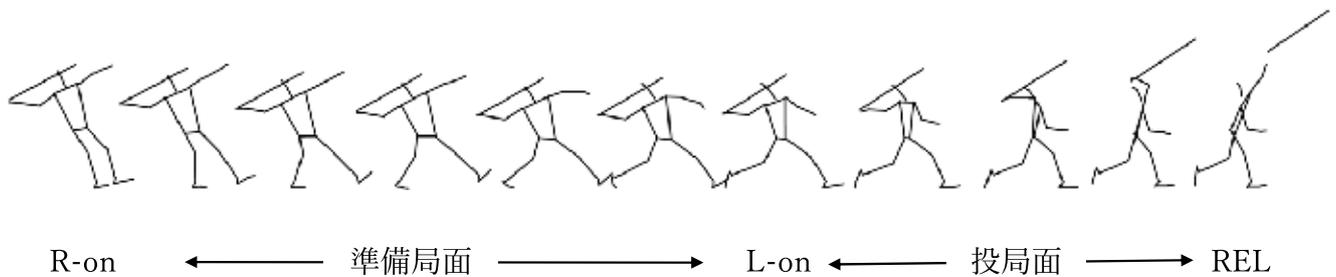


図1 イベントおよび局面の定義

- 8) 助走速度：身体重心速度
- 9) 身体各部位の速度：腰（左右大転子の中点）、右肩およびグリップの速度
- 10) 身体各部位の相対速度：腰（左右大転子の中点）に対する右肩の速度（右肩 / 腰），および右肩に対するグリップの速度（グリップ / 右肩）。
- 11) 肩角度：左右の肩峰を結ぶ線分と X 軸とのなす角
- 12) 体幹角度：左右大転子の中点と胸骨上縁とを結んだ線分と Y 軸とがなす角
- 13) 左膝角度：左の大腿と下腿とがなす角

なお、各算出パラメータは、R-on が 0%，L-on が 60%，REL が 100% となるように時間を規格化した。

3. 結果および考察

3.1. リリースパラメータおよび基礎的パラメータについて

表 1 に、リリースパラメータおよび基礎的パラメータを示した。まず、リリースパラメータをみると、2020 年は 2012 年と比較して、リリース速度が高値を示した。やりのリリース速度は、投てき記録との間に高い正の相関関係が認められているが（村上・伊藤，2003），両試技間の投てき記録に大きな差が生じなかったのは、投射角と迎え角の差が影響したと考えられる。つまり、2012 年は投射角および迎え角が、前田ら（1997）の報告した最適値（投射角：34° 前後，迎え角：0° 付近）に近かったが、それと比較して 2020 年は投射角が低く迎え角が大きかったために、リリース速度に応じた飛距離を獲得できなかったということである。次に、局面時間をみると 2020 年は 2012 年と比較して、準備局面では長く、投局面では短かった。また、加速距離をみると 2020 年が 2012 年と比較して短かった。このことは、2020 年は投局面においてより短時間および短い加速距離の中で、高いリリース速度を獲得していたことを示唆するものである。最後に助走速度を

みると、R-on, L-on および REL のいずれにおいても両試技は、ほぼ同程度であった。田内ら（2012）は、助走速度が投てき記録に最も影響をおよぼす動作要因であることを報告しており、2020 年と 2012 年の投てき記録は同程度であったことを考慮すると矛盾しない結果であったといえよう。

3.2. 投てき動作について

図 2 に示した側方からのスティックピクチャをみると、2020 年は 2012 年と比較して L-on 以降にグリップがより早いタイミングで前方に引き出されていた。また、後方からのスティックピクチャをみると、2020 年は 2012 年と比較して準備局面において投てき方向に対してより直線的にやりを構えてい

表 1 投てき記録，リリースパラメータおよび基礎的パラメータ

		2012	2020
投てき記録	[m]	84.28	84.05
リリース速度	[m/s]	27.3	29.1
前方	[m/s]	22.8	25.3
左右	[m/s]	1.9	2.7
上方	[m/s]	14.9	14.1
リリース高	[m]	1.73	1.61
投射角	[deg]	33.3	28.9
姿勢角	[deg]	34.2	35.7
迎え角	[deg]	0.9	6.8
局面時間			
準備局面	[s]	0.200	0.233
投局面	[s]	0.117	0.100
加速距離	[m]	1.68	1.62
助走速度			
R-on	[m/s]	7.0	7.0
L-on	[m/s]	5.8	5.9
REL	[m/s]	3.7	3.8

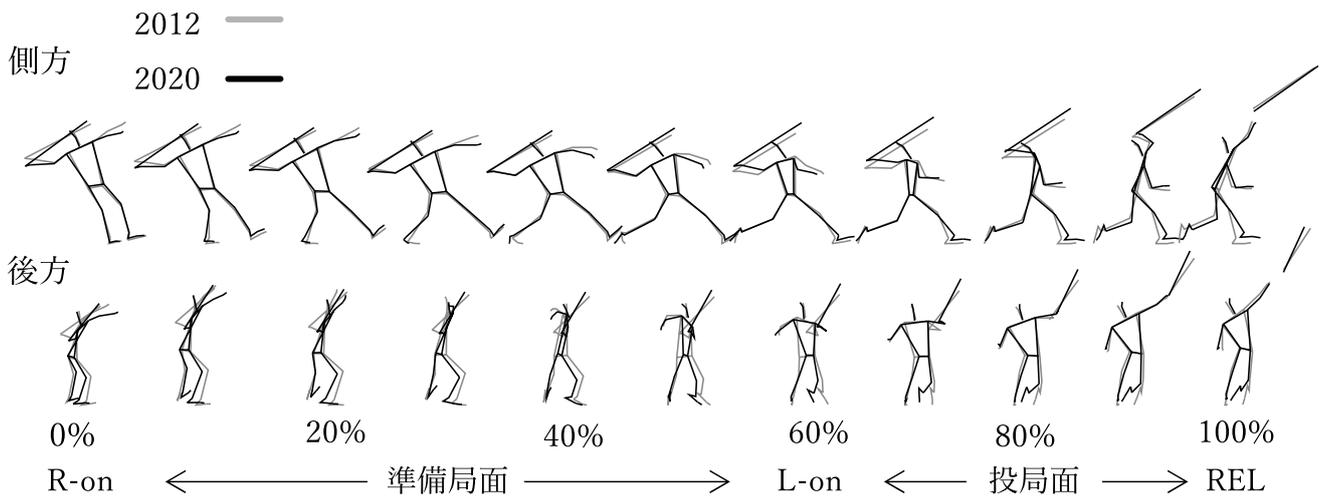


図2 各年におけるスティックピクチャ

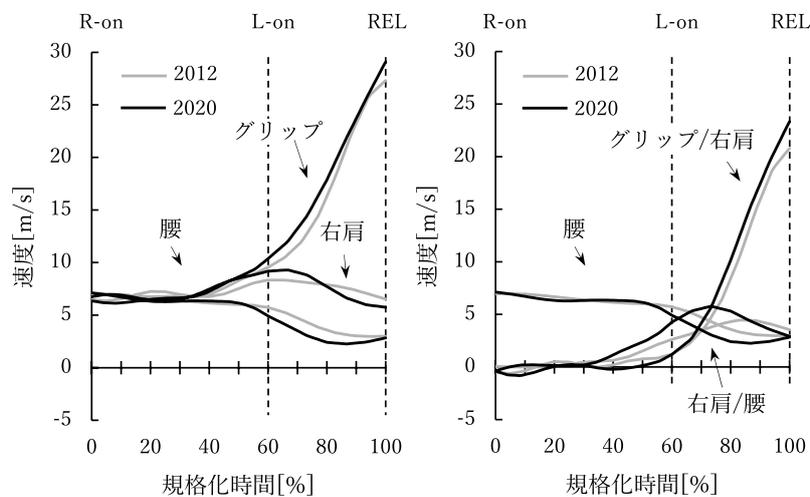


図3 身体各部位の速度（左図）および身体各部位の相対速度（右図）

た。この構えの姿勢が影響して、2020年はL-on時のグリップがより早いタイミングで引き出され、その結果投局面中におけるやりの加速距離が短くなった（表1）と考えられる。

スティックピクチャの比較において、両試技間では準備局面におけるグリップの位置およびグリップを前方へ引き出すタイミングが異なることを指摘した。この相違がやりのリリース速度にどのように影響したのかを検討するために、身体各部位の速度および中心部分に対する末端部分の相対速度について両試技間で比較した。その結果、身体各部位の速度をみると、2020年は2012年と比較して腰の減速に伴って右肩が急激に加速し、右肩の減速に伴ってグリップが急激に加速するというより効果的な運動連鎖のパターンを示した（図3左）。そのため、身体各部位の相対速度は2020年が2012年と比較して、腰に対する右肩の速度が高く、右肩に対するグリップの速度も高くなったものと考えられる（図3右）。

次に、2020年が2012年と比較して右肩の速度がより高まった要因について検討するために、体幹部の動作について両試技間で比較した。その結果、2020年は2012年と比較してL-on前に両肩のラインを投てき方向に向かって急激に左回旋させ（図4左）、L-on前からRELにかけて体幹を急激に前傾させていた（図4）。このことから、2020年における右肩の速度の増加は、L-on前では体幹の水平面内における回旋および起こし回転動作、L-on後では体幹の起こし回転動作によるものであると考えられる。また、2020年は2012年と比較して、これらの体幹の水平面内における回旋および起こし回転の動作によって右肩の速度が増加したため、肩周りの筋群における伸張—短縮サイクルが発揮され、短時間および短い加速距離の中での高いリリース速度の獲得を可能にしたと考えられる。

最後に、REL時の体幹の前傾角速度と左膝角度との間には正の相関関係が認められている（村上・伊

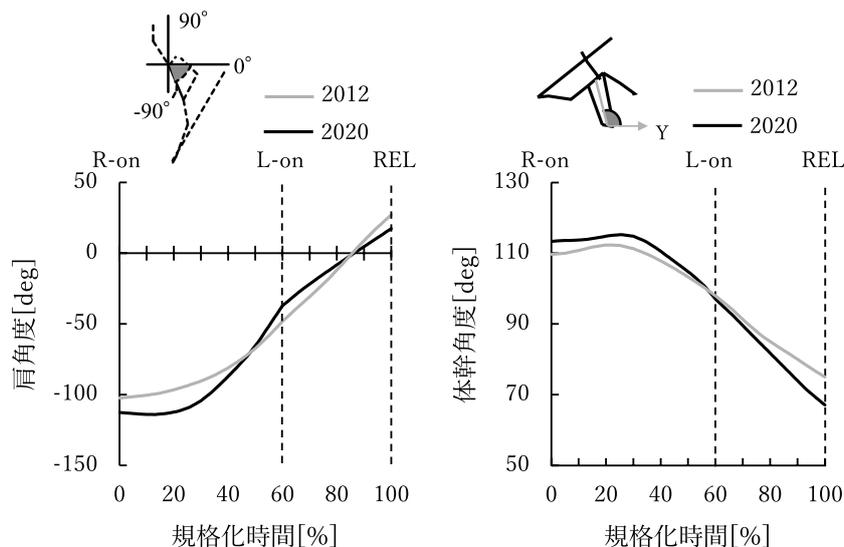


図4 肩および体幹の角度

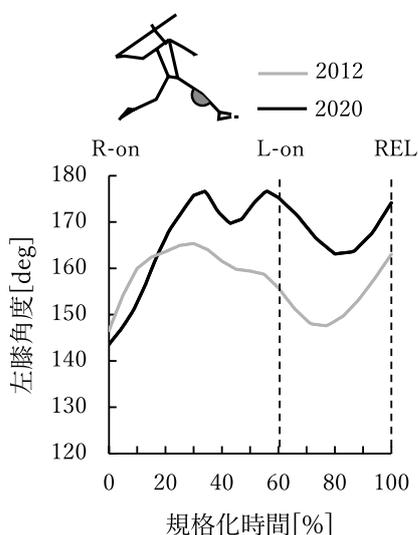


図5 左膝の角度

藤, 2003) ことから, 本稿では左膝の動作について両試技間で比較した. その結果, 2020年は2012年と比較してL-on前からRELにかけて左膝がより伸展位であったため(図5), 上述した体幹の起こし回転動作を強く促したと考えられる.

4. まとめ

本稿では, ディーン選手における2020年の84.04mの投てき動作の特徴を, 2012年の84.28mの投てき動作と比較することによって明らかにすることを目的とした. その結果, 2020年の投てき動作は, 2012年と比較して, L-on前から体幹が急激に左回旋および前傾し, L-on時に左膝がより伸展位であったことから, さらに体幹の前傾が促されたことによって, 右肩の速度が高まり, より高いリリース速

度を獲得できたこと, しかしながら, 投射角が低く, 迎え角が大きかったために, リリース速度に応じた飛距離を獲得できず, 同程度の記録になったことが示唆された.

参考文献

- 前田正登, 平川和文, 宮口和義, 宮口尚義 (1997) 人間の動きを考慮に入れたヤリの最適条件. デザントスポーツ科学 17: 270-277.
- 村上雅俊, 伊藤章 (2003) やり投げのパフォーマンスと動作の関係. バイオメカニクス研究 7: 92-100.
- 田内健二, 藤田善也, 遠藤俊典 (2012) 男子やり投げにおける投てき動作の評価基準. バイオメカニクス研究 16(1): 2-11.
- 田内健二, 東中陽太郎, 馬淵志桜里, 仰梨絵 (2013) 第96回日本選手権男子やり投におけるディーン元気選手(84.03m)と村上幸史選手(83.95m)との投てき動作の比較. 陸上競技研究紀要 9: 104-107.

日本トップレベル十種競技選手の400mレースパターン

松林武生¹⁾ 山中亮²⁾ 山本真帆¹⁾ 笠井信一¹⁾ 高橋直己³⁾ 速水舞³⁾

1) 国立スポーツ科学センター 2) 新潟食料農業大学 3) 東京学芸大学大学院

1. はじめに

400m 走では、高い最高走速度を出すためのスプリント能力とともに、レース中盤から後半にかけての走速度低下を小さく抑えるための持久力や、適切にペース配分を行うことなども重要となる。本研究では、十種競技の強化指定選手を対象として400m 走レースにおける走速度の推移を確認し、400m 走を専門とする選手と比較することで、同種目における課題を検討した。

2. 方法

2-1. 対象選手および対象競技会

十種競技選手5名（中村明彦選手、右代啓祐選手、田上駿選手、川上ヒゲル選手、丸山優真選手）を対象とした。2020年シーズンは新型コロナウイルス感染症の流行のために、東京オリンピックをはじめとする諸競技会が延期や中止となったため、対象選手の400m 走を分析することができたのは2020年9月26-27日に開催された日本選手権混成のみであった。よって、同競技会における各選手の400m 走レースを分析対象としたが、丸山選手は同競技会に出場しなかったため、2019年の日本選手権混成におけるレースを分析した。また、中村選手と右代選手に関しては、過去に分析された競技会において最も記録が良かったレースも分析対象に加えた。

2-2. 比較対照データ

400m 走を専門とする選手を対象として同様の分析を行い、比較対象とした。2018-2020年シーズンに日本陸連科学委員会の測定対象となった選手のレースのうち、記録が47.00秒未満であった選手を分析対象とした。期間内に複数レースで分析が行われた選手では、記録が最もよかったレースを分析した。分析対象となった選手数は20名となり、400m

走の記録は 46.31 ± 0.36 秒(平均±標準偏差)であった。

2-3. 測定方法

4台のデジタルビデオカメラ(DMC-FZ300、Panasonic、59.94fps)を用いて、レースの撮影を行った。スタート信号の閃光を撮影した後、分析対象選手がフィニッシュするまで追従して撮影した。カメラの設置位置は、第1曲走路の中央付近、バックストレート中央付近、第4曲走路付近、およびホームストレートのフィニッシュライン付近の観客席とした。

また、後述する分析作業のために、400mハードル走用のハードルを既定の位置に設置して、レースを撮影した位置から撮影した。

2-4. 分析方法

先行研究(持田ら2007、山本ら2013、松林ら2014、山中ら2018)にならい、Overlay方式による分析を実施した。表計算ソフトウェア(Microsoft Excel)のVisual Basic for Applicationを用いて開発した映像分析プログラムを用いて、スタート信号の閃光、および選手のトルソーが400mハードル走用ハードルの設置位置(45m, 80m, 115m, 150m, 185m, 220m, 255m, 290m, 325mおよび360m地点)を通過する映像フレームを確認した。また、これらの間の経過フレーム数から通過時間および各区間の平均走速度(区間走速度)を算出した。さらには、選手ごとに区間走速度の最高値(最高区間走速度)を確認し、最高区間走速度によって各区間走速度を除いた値(相対的区間走速度)も算出した。比較対象データは、平均±標準偏差で示した。

3. 結果および考察

図1に、各選手の400m走レースでの走速度の推

移を示す。すべての図において、比較対象である400m 専門選手のデータを重ねて示している。全ての十種競技選手において、最高区間走速度は45-80m 区間にて観察された。400m 専門選手においても、20 名中 19 名では同じ区間で最高区間走速度が観察された。残る 1 名では 80-115m 区間にて最高区間走速度が現れたものの、45-80m 区間における走速度も最高区間走速度の 99% 以上に達していた。十種競技選手の最高区間走速度は 8.9-9.7m/s 程度であり、400m 専門選手(9.82 ± 0.31m/s)と比較すると低かった。その後の区間では、どの選手も基本的には走速度が漸減していった。図 1 右列の各グラフにおいて比較対象データの標準偏差バーが示す通り、400m 専門選手においても走速度の相対的推移には個人差があり、300m 地点にて最高区間走速度の 90% 程度を維持している選手もいれば、80% 程度までに低下している選手もいた。

十種競技選手のなかで、400m 走を比較的得意としている中村選手や田上選手は、走速度の相対的推移が 400m 専門選手の平均値とよく類似していた。400m 専門選手のペース配分は、400m 走で好記録を出すことに對して生理学的に理想的なものに近くなっている可能性が高いと考えられる。これに類似した推移を示した中村選手、田上選手は、好ましいペース配分でレースを展開していたということが示唆される。更なる記録向上を図るためには、ペース配分に着目するよりも、最高区間走速度およびレース全体の走速度を高めることに注力していく必要があると考えられる。

右代選手や丸山選手は、レース中盤から後半での相対的区間走速度の低下が大きかった。両選手の走速度低下の大きさは、400m 専門選手のなかでも相対的区間走速度の低下が大きい者(平均よりも標準偏差の分だけ低下幅が大きい者)と同程度であった。右代選手に関しては、過去の好記録レースでは相対的区間走速度の低下が比較的小さかったこともあり、好記録を出すためには相対的区間走速度が低下しないようにすることが重要になると推察される。丸山選手に関しても同様に、レース中盤から後半での走速度の低下を小さくすることが 400m 走の記録を向上させる鍵のひとつとなる可能性がある。持久的能力を改善させるトレーニングを行うか、もしくはペース配分を工夫することも必要なのかもしれない。

川上選手は、走速度が一定の割合では低下していかず、レース中盤に再加速する局面もみられた。このように不安定なペース配分は、タイムの損失につ

ながっている可能性があるように思われる。走速度が漸減していく安定したレース展開を行っていくことで、記録向上を図ることが可能なのではないかと考えられる。

十種競技選手のなかには、400m 専門選手と比較してレース中盤から後半にかけての走速度低下が小さい、という選手はみられなかった。十種競技選手は 400m 走以外の種目に対するトレーニングも行う必要がある、全身の筋肉発達のバランスや持久的能力の発達について、400m 専門選手と同じレベルを目指すことは現実的ではないように思われる。このことが、走速度低下が小さいレース展開をする選手がいない理由となっている可能性はあるだろう。ただし一方で、レース展開について洗練させられていない可能性があるとも考えられ、適切なペース配分を行うことによって 400m 走の記録を向上させられる余地があるのかもしれない。レース序盤で走速度を高め過ぎているのであれば、目標としている記録を出すために必要十分な序盤の加速(最高区間走速度)をまず意識し、その後は走速度の低下を適切な範囲内に抑えていく、という取り組みなども、試行してみる価値はあるだろう。

4. まとめ

十種競技選手の 400m 走レースでの走速度の推移を 400m 専門選手と比較した。レース序盤にて最高走速度が現れる区間に関しては、十種競技選手と 400m 専門選手との間に差はみられなかったが、最高区間走速度には明確な差が認められた。レース中盤から後半にかけての走速度の低下は、十種競技選手は 400m 専門選手の平均程度、もしくはそれよりも大きかった。最高区間走速度を高くすることができるスプリント能力を獲得していくこととともに、レース展開(ペース配分)を見直していくことでも 400m 走の記録が向上する可能性があるということが示唆された。

参考文献

- 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.
- 山本真帆、松尾彰文、広川龍太郎、柳谷登志雄、松林武生、貴嶋孝太、渡辺圭佑(2013) 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、9: 66-70.

松林武生、持田尚、松田克彦、本田陽、杉田正明
(2014) 十種競技選手のスプリント能力と個別種目パフォーマンスとの関係、陸上競技研究紀要、
10: 122-130.

山中亮、高橋恭平、小林海、渡辺圭佑、広川龍太郎、
松林武生、松尾彰文 (2018) 2018 年度競技会に
おける男女 400m のレース分析、陸上競技研究紀
要、14: 110-122.

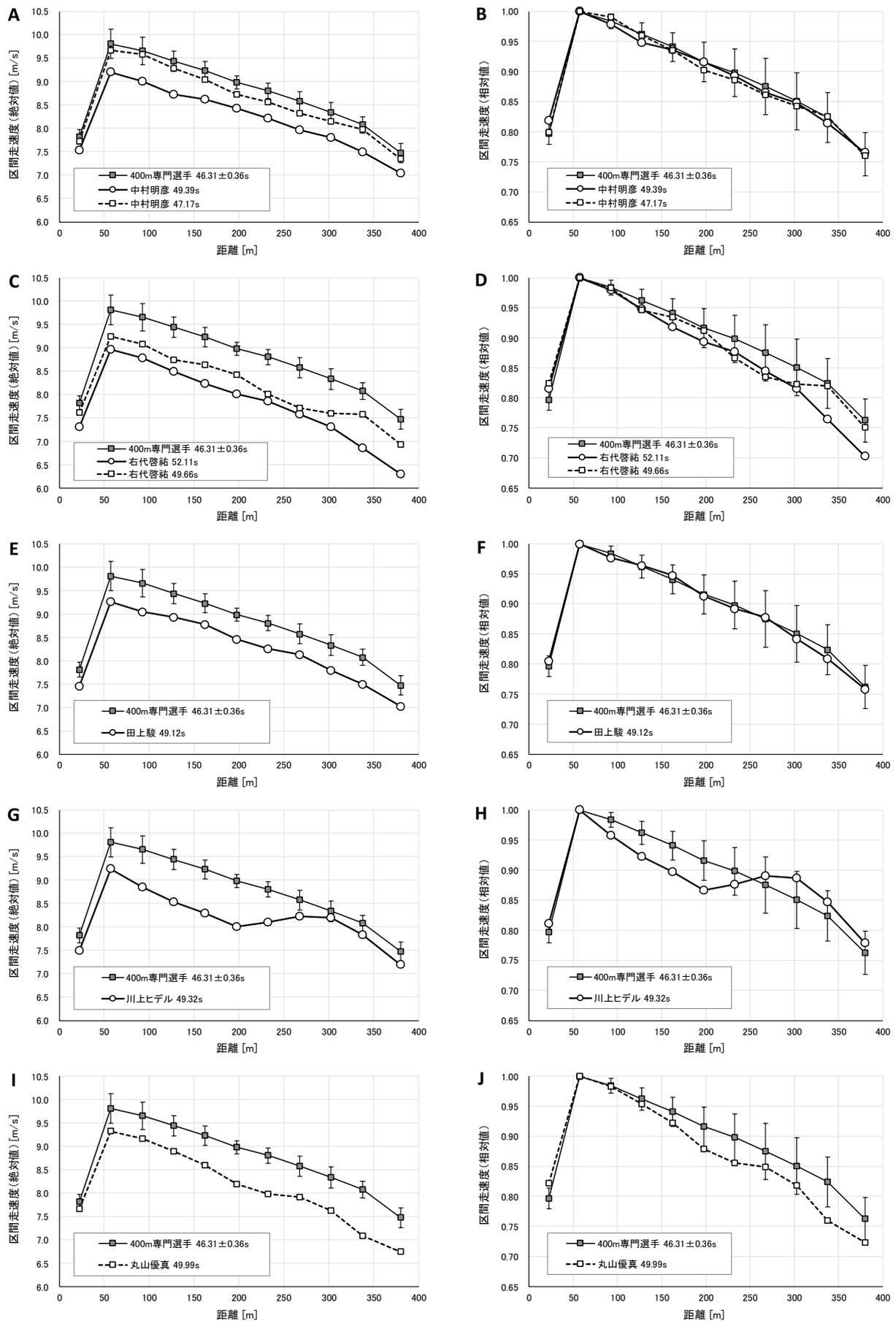


図1 十種競技選手と400m 専門選手との400m 走レースにおける走速度の推移の比較
 左段：絶対値での比較、右段：相対値での比較
 400m 専門選手のグラフは、平均値のプロットと標準偏差範囲を示すバーによって表している。

2018 - 2019 年度国内主要競歩レースにおける国内一流競技者の 下肢および体幹関節トルクの分析

三浦 康二¹⁾ 佐藤 高嶺²⁾ 川向 哲弥³⁾ 大久保 玲美²⁾

1) 日本スポーツ振興センター 2) 筑波大学大学院人間科学研究科 3) 北陸体力科学研究所

1. 目的

競歩の競技中の3次元動作分析は、本連盟科学委員会活動としてこれまで2001年度から2002年度に国内で開催された男子20kmWを対象に報告が行われたほか(Hoga et al., 2003; Hoga-Miura et al., 2016a, 2016b), 2004年度から2007年度にかけても国際競技会の男子20kmWと女子20kmWを対象として行われている(法元・阿江, 2006; 法元ほか, 2007; Hoga-Miura et al., 2017, 2020, In Press).

その後、2020年東京オリンピックを前にして我が国の競歩種目の競技水準が向上したことから、2018年度より本連盟科学委員会活動としての3次元動作分析を再開し、2019年度に報告を行っている(佐藤ほか, 2020; 三浦ほか, 2020).

本報告では、2018年度から2019年度にかけて日本国内で開催された競歩種目の主要競技会における男子20kmW・50kmW, 女子20kmWに出場した世界一流の日本人競技者を含む国内競技者の下肢および体幹関節トルクの分析結果から、パフォーマンスによる違いと、種目による違いを示すことを目的とした。

2. 方法

2.1 データ収集

分析競技会・レースは表1に示した通りである。

撮影した競技者のうち失格とならずにフィニッシュした競技者を強化競技者・強化対象競技者を中心として競技会ごとに表1の人数だけ分析対象とした。また、これらの競技会は表1に示す距離の周回コースで行われたが、各競技会においてコース内の1箇所幅3.0m長さ4.5m高さ2.0mの分析空間を設置し、ハイスピードカメラ2台(カメラスピード: 240fps)にて3次元DLT法による分析撮影を全ての

周回について行なった。

また、分析データと歩型判定の関係について検証するために、本来は競技運営上の内部情報として非公開とされる各競技会の競歩審判集計表を主催者との協力のもとで許可を得て入手し、各分析対象者が受けた赤カードの合計枚数を算出した。

2.2 データ処理

レース後に1kmごとのスプリットタイムを入手し、各分析対象者の画像が2台のカメラに同時に映っていた周回のうち、最も速かった区間を表1に示した分析地点とした。2台のカメラのそれぞれの画像における各分析対象者の身体標点25点を分析点として1歩周期(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60fpsでデジタル化し、右足接地フレームを同期フレームとして3次元DLT法による3次元座標の再構築を行なった。

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、法元・阿江(2006), Hoga-Miura et al. (2017)の方法により身体重心加速度および重心まわり角運動量を用いて推定した歩行中の地面反力に基づいて、支持期を含む下肢3関節まわりのトルクおよび肋骨下端中点に仮定した体幹関節まわりのトルクを算出した。

算出したデータは、支持期については右足接地から離地までを右足支持期として、右接地時点を0%, 右足つま先の離地時点を100%として局面を規格化した。回復期についても、右足離地から右足接地までを右足回復期として、右足つま先の離地時点を0%, 右足接地時点を100%として局面を規格化した。左足についても同様の規格化を行なったが、Hoga-Miura et al. (2016b)が示すように、男子20kmWの一流競技者の支持期の時々刻々のキネマティクスにおいては有意な左右差がみられないことから、各

表 1 分析対象競技会・レース

競技会名	開催地	期日	周回コース 距離	分析対象	
				分析種目	人数 (外国 OP)
第 57 回全日本競歩 高畠大会	山形県高畠町	2018 年 10 月 28 日	2km	男子 20kmW	5
				男子 50kmW	6
				女子 20kmW	4
第 102 回日本陸上 競技選手権大会	神戸市	2019 年 2 月 17 日	2km	男子 20kmW	14
				女子 20kmW	7(1)
第 103 回日本陸上 競技選手権大会	石川県輪島市	2019 年 4 月 14 日	2km	男子 50kmW	10(3)
第 58 回全日本競歩 高畠大会	山形県高畠町	2019 年 10 月 27 日	2km	男子 20kmW	7
				男子 50kmW	7
				女子 20kmW	0
第 103 回日本陸上 競技選手権大会	神戸市	2020 年 2 月 16 日	1km	男子 20kmW	20
				女子 20kmW	6
第 44 回全日本競歩 能美大会	石川県能美市	2020 年 3 月 15 日	1km	男子 20kmW	10
				女子 20kmW	6

分析対象者の規格化した左右の各支持期および回復期のデータの平均値を算出した。

2.3 比較と統計処理

本報告でのデータ比較は、表 1 の対象者のうち各種目で複数回のパフォーマンスを示した競技者を選び、パフォーマンス（記録）に基づいて以下の 4 種類のデータ比較分析を行った。

- 1) 男子 20kmW での同一競技者のパフォーマンス最大と最小の比較 (N = 18)
- 2) 男子 50kmW での同一競技者のパフォーマンス最大と最小の比較 (N = 5)
- 3) 女子 20kmW での同一競技者のパフォーマンス最大と最小の比較 (N = 8)
- 4) 同一競技者の男子 20kmW と男子 50kmW のそれぞれのパフォーマンス最大の比較 (N = 10)

群間のデータ比較では比較各群とも同一対象者のデータであったことから、危険率を 5% として対応のある t 検定を行った。

3. 結果と考察

3.1 競技パフォーマンス

方法で示した比較各群における対象者のパフォーマンスを表 2 に示した。

本報で分析したすべての種目でパフォーマンス最大と最小で有意な差がみられた（男子 20kmW : N = 18, $t = 5.00$, $p < 0.05$; 男子 50kmW : N = 5, $t = 2.85$, $p < 0.05$; 女子 20kmW : N = 8, $t = 3.60$, $p < 0.05$). また, 男子 20kmW と 50kmW の両方でパフォーマンスを残した対象者のそれぞれの種目の最大パフォーマンスの平均スピードは有意な差がみられた (N = 10, $t = 10.71$, $p < 0.05$).

3.2 ステップ変数

表 3-6 に比較各群のレーススピード, 歩行スピードおよびステップ変数を分析対象者の平均値と標準偏差で示し, あわせて t 値を示した。

男子 20kmW のパフォーマンス最大と最小のステップ変数の比較では, 全ての項目で有意な差はみられなかった (表 3). 一方, 男子 50kmW ではステップ

表2 比較対象ごとのパフォーマンス（競技記録）

比較の種類	人数 (N)	パフォーマンス最大		パフォーマンス最小		t値
		平均	標準偏差	平均	標準偏差	
男子 20kmW	18	1:20'39"	2'12"	1:22'38"	2'45"	5.00*
男子 50kmW	5	3:42'04"	6'21"	3:47'57"	6'47"	2.85*
女子 20kmW	8	1:32'36"	2'54"	1:35'32"	2'39"	3.60*

* $p < 0.05$

	人数 (N)	20kmW パフォーマンス最大		50kmW パフォーマンス最大		t値
		平均	標準偏差	平均	標準偏差	
男子 20kmW・50kmW	10	1:21'34"	2'47"	3:47'09"	8'21"	10.71*

* $p < 0.05$ (男子 20kmW と 50kmW は平均スピードの比較)

表3 男子 20kmW ステップ分析 (N = 18)

	パフォーマンス最小		パフォーマンス最大		t値
	平均	標準偏差	平均	標準偏差	
分析地点スピード (m/秒)	4.24	0.16	4.21	0.18	0.86
ピッチ (ステップ/秒)	3.50	0.16	3.46	0.13	1.80
ステップ時間 (秒)	0.29	0.01	0.29	0.01	1.81
支持時間 (秒)	0.23	0.02	0.23	0.02	0.24
非支持時間 (秒)	0.06	0.01	0.06	0.01	0.97
ステップ長 (m)	1.21	0.04	1.22	0.05	0.52
支持距離 (m)	0.97	0.05	0.96	0.06	0.40
非支持距離 (m)	0.25	0.05	0.26	0.06	0.81

* $p < 0.05$

表4 男子 50kmW ステップ分析 (N = 5)

	パフォーマンス最小		パフォーマンス最大		t値
	平均	標準偏差	平均	標準偏差	
分析地点スピード (m/秒)	3.96	0.07	3.69	0.15	2.61*
ピッチ (ステップ/秒)	3.39	0.08	3.30	0.05	2.53*
ステップ時間 (秒)	0.295	0.007	0.303	0.004	2.50*
支持時間 (秒)	0.24	0.01	0.26	0.01	3.30*
非支持時間 (秒)	0.06	0.02	0.04	0.01	2.69*
ステップ長 (m)	1.17	0.04	1.12	0.05	2.11
支持距離 (m)	0.95	0.03	0.96	0.05	1.13
非支持距離 (m)	0.22	0.02	0.16	0.03	2.78*

* $p < 0.05$

表5 女子 20kmW ステップ分析 (N = 8)

	パフォーマンス最小		パフォーマンス最大		t 値
	平均	標準偏差	平均	標準偏差	
分析地点スピード (m/秒)	3.72	0.10	3.56	0.10	2.79*
ピッチ (ステップ/秒)	3.44	0.11	3.46	0.09	0.20
ステップ時間 (秒)	0.29	0.01	0.29	0.01	0.22
支持時間 (秒)	0.24	0.01	0.26	0.01	2.11*
非支持時間 (秒)	0.05	0.01	0.03	0.01	3.00*
ステップ長 (m)	1.08	0.04	1.03	0.01	3.03*
支持距離 (m)	0.90	0.04	0.93	0.04	1.23
非支持距離 (m)	0.17	0.05	0.10	0.04	3.09*

* $p < 0.05$

表6 男子 20kmW・男子 50kmW ステップ分析 (N = 10)

	20kmW パフォーマンス最大		50kmW パフォーマンス最大		t 値
	平均	標準偏差	平均	標準偏差	
分析地点スピード (m/秒)	4.22	0.19	3.86	0.18	5.55*
ピッチ (ステップ/秒)	3.43	0.15	3.36	0.12	2.19
ステップ時間 (秒)	0.29	0.01	0.28	0.01	2.33*
支持時間 (秒)	0.23	0.01	0.25	0.01	4.29*
非支持時間 (秒)	0.06	0.01	0.05	0.01	3.35*
ステップ長 (m)	1.23	0.04	1.15	0.04	6.04*
支持距離 (m)	0.98	0.05	0.95	0.04	2.18
非支持距離 (m)	0.25	0.04	0.20	0.03	5.13*

* $p < 0.05$

長、支持距離以外の全ての項目において有意差がみられ、パフォーマンス最大でステップ時間、支持時間は有意に小さく、スピード、ピッチ、非支持時間、非支持距離が大きくなっていた (表4)。女子 20kmW では、ピッチ、ステップ時間、支持距離以外の項目で有意差がみられ、パフォーマンス最大でスピード、非支持時間、ステップ長、非支持距離が有意に大きく、支持時間は有意に小さくなっていた。

本報告ではすべてのレース、対象者で、それぞれのレースの1周当たりのスプリットタイムが最も速かった周回を分析対象としているが、これらの結果は、男子 20kmW ではレースの記録に関係なくそれぞれのレースで最速だった周回のスピードには違いがなく、レースパフォーマンスの違いはそれ以外の周回のスピードによって発生していることが示唆され

た。このことは、法元ほか (2011) が行った2次元動作分析によるレース前後半の動作の違いに関する研究でも報告されており、男子 20kmW レースの特徴であるといえる。

それに対し、男子 50kmW と女子 20kmW では、パフォーマンスが高かったレースの場合には最速の周回のスピードも高かったといえる。また、個々のステップ変数の違いについてみると、ステップ時間においてパフォーマンスによる違いが発生していた点が両種目に共通していた。同一対象者群による男子 20kmW と男子 50kmW のパフォーマンス最大の比較では、支持期における重心の移動距離には違いはなかったものの支持時間は男子 20kmW で短く、また、非支持期が 20kmW の方が長くなっていた。

また、本報告における分析対象レースの全てで国

表 7 比較対象ごとの競歩審判員赤カード数

比較の種類	人数 (N)	パフォーマンス最大		パフォーマンス最小		t値
		平均 (枚)	標準偏差	平均 (枚)	標準偏差	
男子 20kmW	18	0.72	0.75	0.94	1.11	0.75
男子 50kmW	5	0.60	0.89	0.20	0.45	1.46
女子 20kmW	8	0.25	0.46	0.25	0.46	1.00

	人数 (N)	20kmW パフォーマンス最大		50kmW パフォーマンス最大		t値
		平均 (枚)	標準偏差	平均 (枚)	標準偏差	
男子 20kmW・50kmW	10	0.40	0.70	0.90	0.88	1.17

際競歩審判員が判定にあたり、分析対象者に対して出された赤カードの各群の平均値と標準偏差を表7に示したが、1名あたりの平均値が1枚未満だったように、本報告の分析対象者には判定上の課題はなかったといえる。加えて、表3-6に示した非支持時間では男子50kmW、女子20kmWの群間および男子20kmWと50kmWの間で有意差がみられたのに対し、実際の判定では有意差がなかったことから、非支持時間の有意な違いは判定に影響を与えるほどではなかったといえる。

3.2 支持期におけるトルク

3.2.1 男子20kmW パフォーマンス最大群・最小群の比較

図1は男子20kmW パフォーマンス最大群と最小群の下肢3関節および体幹のトルクについて、足関節は背屈・底屈のみ(図1a)、膝関節は伸展・屈曲(図1b)と内反・外反(図1c)、股関節は屈曲・伸展(図1d)と内転・外転(図1e)、体幹は長軸周りの回旋(図1f)のみを示したものである。それぞれ回復期の離地から接地までを0%から50%、支持期の接地から離地直前までを51%から100%として規格化し、左右両脚の平均値で示したものである。比較群間で有意な差のみられた局面を危険率5%水準で示した。

図1aの足関節についてみると、回復期では非常に小さなトルクしか発揮されていなかったが、支持期である51-65%で背屈トルクが発生し、65%から離地までは底屈トルクが発生していたが、80-85%付近でピークとなっていた。大きなトルクが発生する支持期では2群間の有意な差は見られなかった。

図1bの膝関節伸展・屈曲トルクでは、回復期前半である0-25%で伸展トルクが発生し、25%で屈

曲トルクに変化した後40%付近でいったんピーク値を生じて接地し、支持期となる51%から90%まで発生していた屈曲トルクは75-80%でピークとなっていた。図1cの膝関節内・外反トルクでは、回復期では非常に小さかったが、支持期では外反トルクが発生し、65-70%でピーク値となっていた。大きなトルクが発生する伸展・屈曲トルクおよび支持期の内・外反トルクでは足関節トルクと同じように2群間の有意な差は見られなかった。

図1dの股関節屈曲・伸展トルクでは、回復期前半である0-25%で屈曲トルクが発生し、25%で伸展トルクに変化した後40%付近でいったんピーク値を生じて接地し、支持期となる65%でふたたび伸展トルクに変化して、そのまま離地まで伸展トルクが増加していた。図1dの内・外転トルクでは、回復期である10-35%で内転トルクが発生した後、支持期である51%から離地までは外転トルクが発生し、70-75%でピークとなっていた。2群間の比較では、支持期で伸展から屈曲にトルクの方向が変化した直後の70%-85%でパフォーマンス最大群の伸展トルクが有意に小さくなっていた。

図1fの体幹長軸回旋トルクについて片側の脚を中心としてみると、0-25%の局面は回復脚側の骨盤を前方に振り出すトルクが発生していたのが、25%からは回復脚を後方に振り出す方向のトルクに変化し、その後、支持期に変化して60-65%からは支持脚側の骨盤を前方に振り出すトルクが発生し、90-100%でピークとなっていた。2群間の比較ではピークとなるトルクには有意な差はみられなかったが、20-25%のトルクの方向が変わる局面でパフォーマンス最大群の回復脚を後方に振り出すトルクの立ち上がり有意に大きくなっていた。

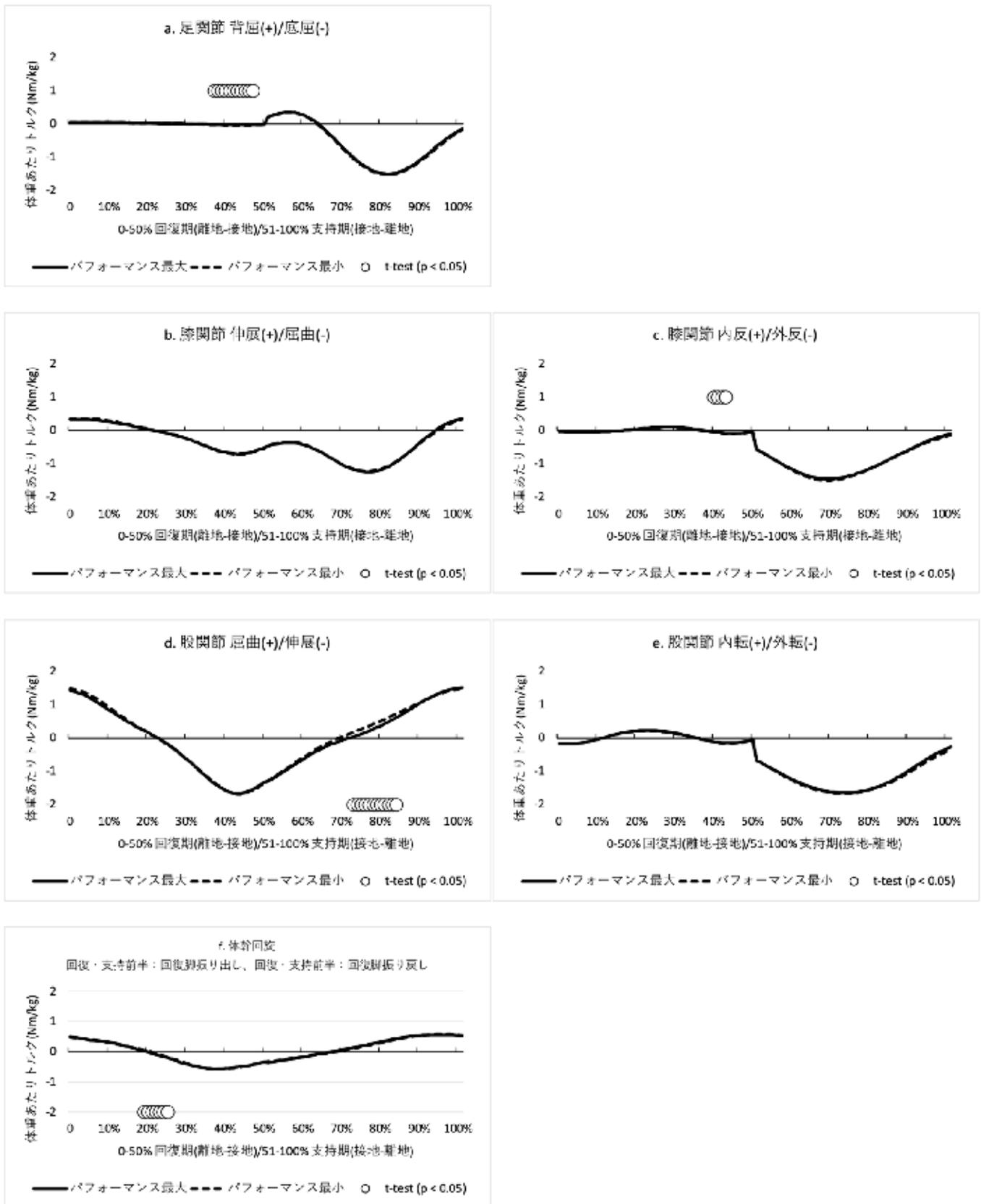


図1 男子 20kmW パフォーマンス最大・最小群の下肢関節および体幹まわりトルク (N = 18)

3.2.2 男子 20kmW パフォーマンス最大群・最小群の比較

図2は男子 50kmW パフォーマンス最大群と最小群の下肢3関節および体幹のトルクについて、図1と

同じように示したものである。

図2a-fのそれぞれのトルクの変化パターン、トルクの大きさは図1に示した男子 20kmW のものと大きな違いはなかったが、比較した2つの群間での

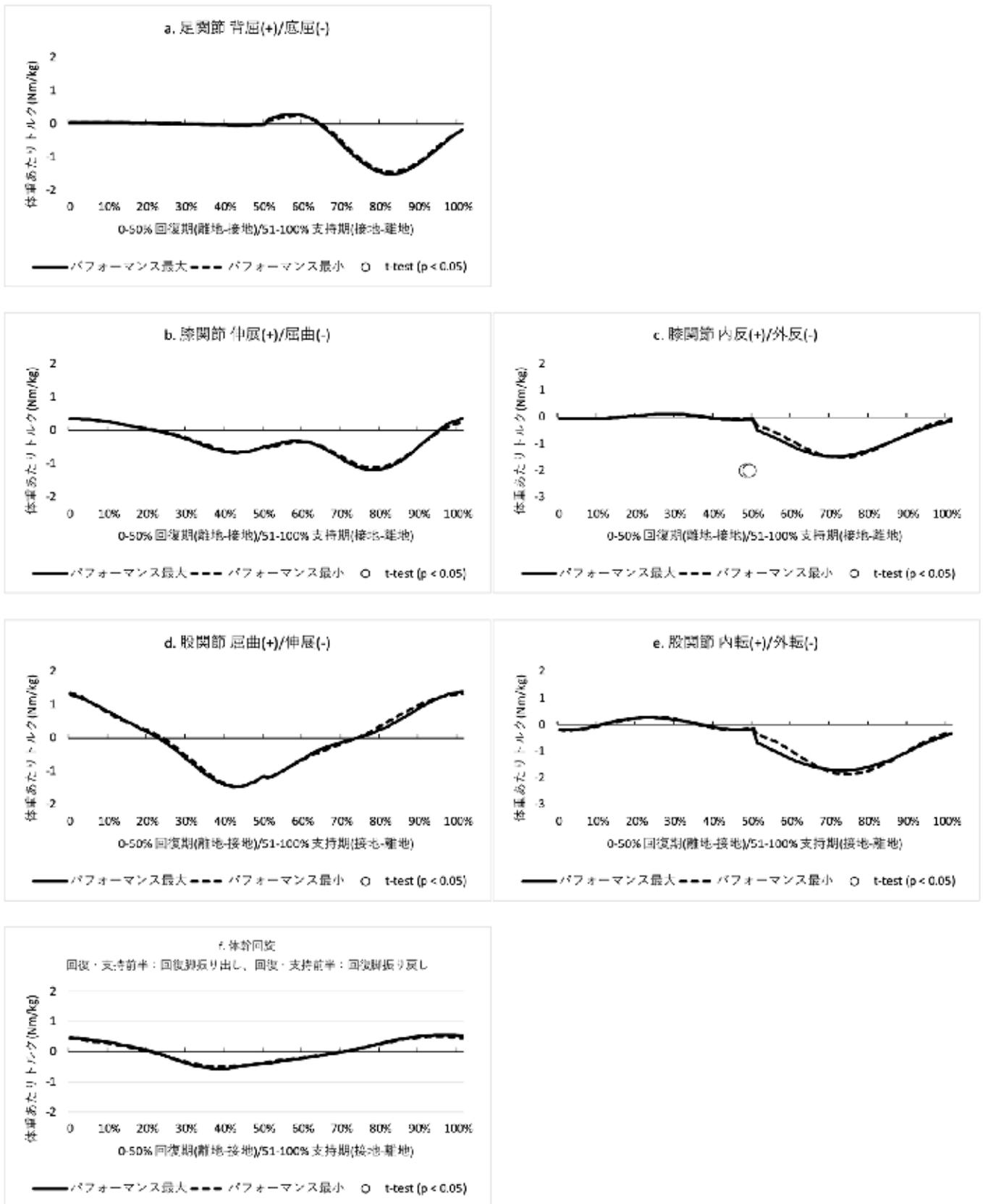


図2 男子 50kmW パフォーマンス最大・最小群の下肢関節および体幹まわりトルク (N = 5)

有意な差は、大きなトルクが発揮される局面ではみられなかった。

3.2.3 女子 20kmW パフォーマンス最大群・最小群の比較

図3は女子 20kmW パフォーマンス最大群と最小群の下肢3関節および体幹のトルクについて、図1と同じように示したものである。

図3a - fのそれぞれのトルクの変化パターンの

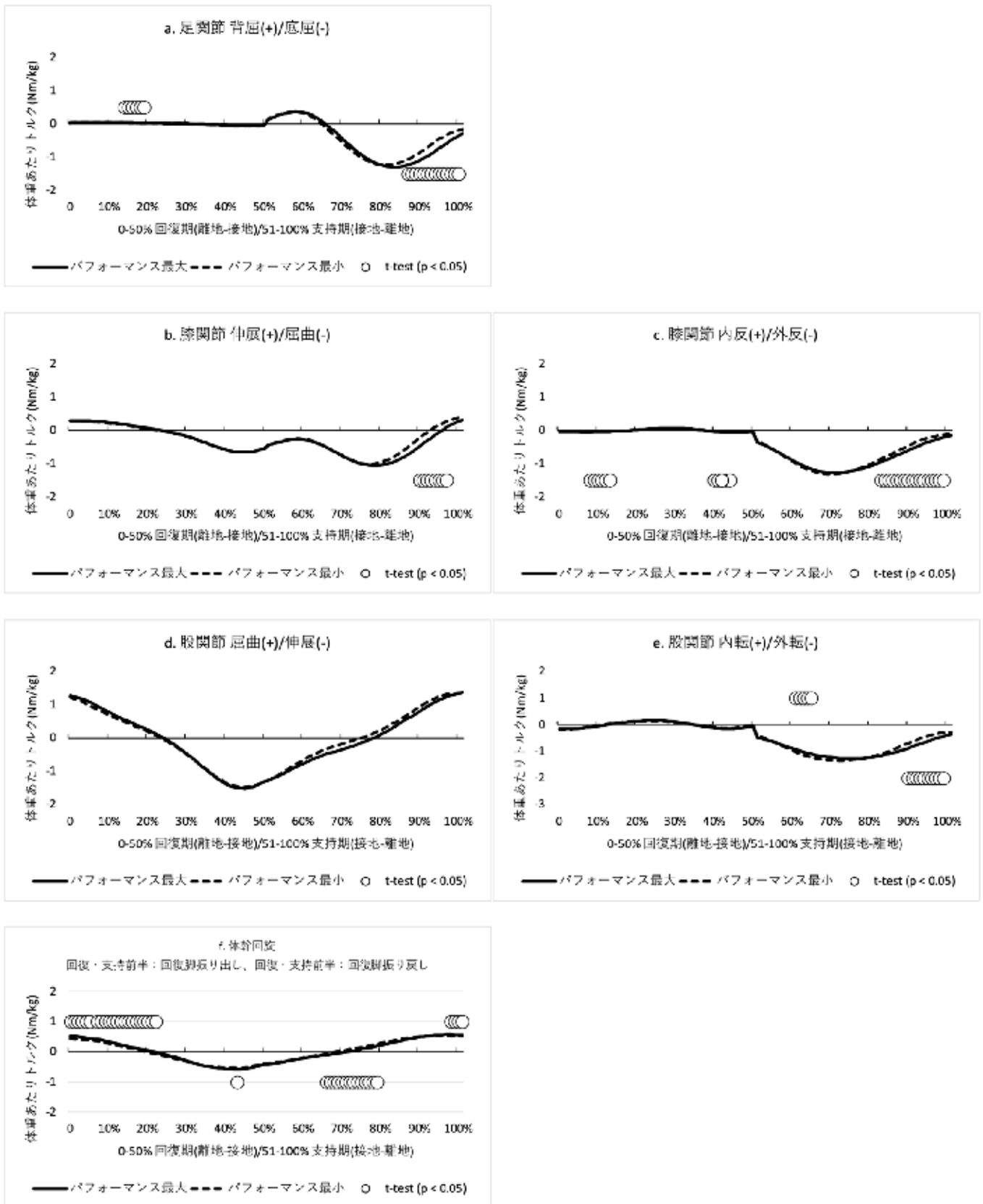


図3 女子 20kmW パフォーマンス最大・最小群の下肢関節および体幹まわりトルク (N = 8)

大きさは図1, 2に示した男子 20kmW のものと大きな違いはなかったが、ピークの値についてはいずれも女子 20kmW の方が小さかった。

図 3a の足関節についてみると、支持期である 80

— 85% 付近での底屈トルクのピークでは、男子のピーク値が 1.52Nm/kg だったのに対し、女子では 1.30Nm/kg であった。

図 3b, 3c の膝関節についてみると、支持期であ

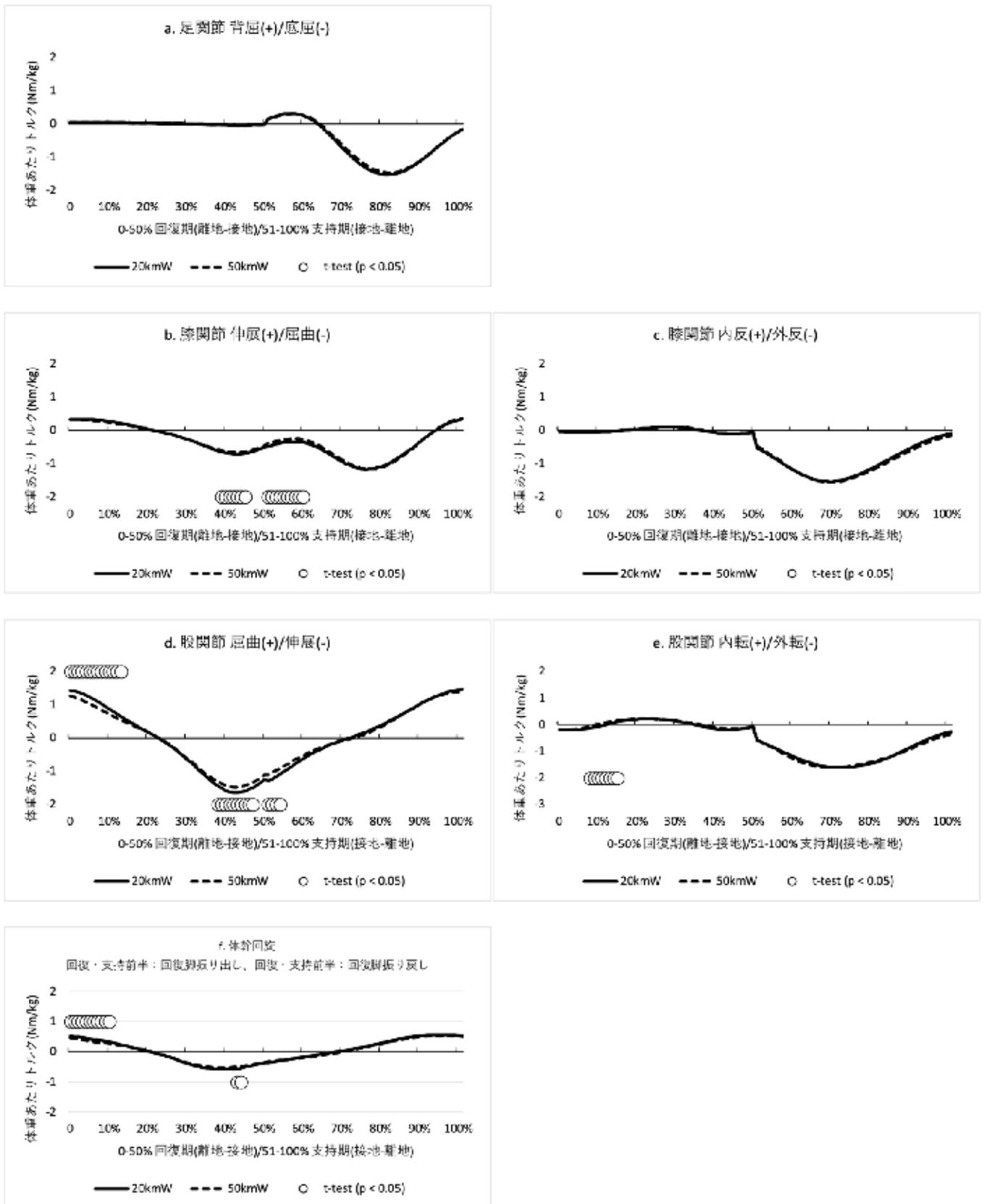


図4 男子20kmWと50kmWパフォーマンス最大群の下肢関節および体幹まわりトルク (N = 10)

る75 - 80%付近での屈曲トルクのピークでは、男子のピーク値が1.25Nm/kgだったのに対し、女子では1.05Nm/kgであり、65 - 70%付近での外反トルクのピークでは、男子のピーク値が1.51Nm/kgだっ

たのに対し、女子では1.31Nm/kgであった。

図3d, 3eの股関節についてみると、回復期である40%付近での屈曲トルクのピークでは、男子のピーク値が1.67Nm/kgだったのに対し、女子では

1.52Nm/kg であり、支持期の離地直前での屈曲トルクは、男子が 1.52Nm/kg だったのに対し、女子では 1.37Nm/kg であった。また、70 - 75% 付近での外転トルクのピークでは、男子のピーク値が 1.66Nm/kg だったのに対し、女子では 1.34Nm/kg であった。

図 3f 体幹トルクでは男子との大きな違いはみられなかった。

また、比較した 2 つの群間での有意な差は、男子 20kmW, 50kmW と異なり、女子 20kmW では大きなトルクが発揮される局面でもいくつかみられた。

支持期の足関節底屈トルク (図 3a) ではピークとなる 85% から離地の局面でパフォーマンス最大群が有意に大きかった。また、膝関節 (図 3b, c) では同じ支持期の終盤となる局面で有意な差がみられ、80 - 95% の屈曲トルクがパフォーマンス最大群で有意に大きく、外反トルクでも 85% - 離地の局面でパフォーマンス最大群が有意に大きかった。股関節では外転トルクで有意な差がみられ (図 3e), 90% - 離地の局面でパフォーマンス最大群が有意に大きかった。体幹トルク (図 3f) では、遊脚側の骨盤を前方に振り出すトルクでパフォーマンス最大群が有意に大きかった。

3.2.4 男子 20kmW と男子 50kmW のパフォーマンス最大群の比較

図 4 は男子 20kmW と男子 50kmW のパフォーマンス最大群の下肢 3 関節および体幹のトルクについて、図 1 と同じように示したものである。

図 4a - f のそれぞれのトルクの変化パターンの大きさは図 1, 2 に示した男子 20kmW, 男子 50kmW のものと大きな違いはなかったが、比較した 2 つの群間での有意な差は、男子 20kmW, 50kmW それぞれでのパフォーマンス最大と最小の比較と異なり、大きなトルクが発揮される局面でもいくつかみられた。

支持期の足関節底屈トルク (図 4a) では有意な差はみられなかったが、膝関節屈曲トルク (図 4b) では、接地前後となる 40 - 60% の局面で有意な差がみられ、20kmW で有意に大きかった。股関節屈曲・伸展トルク (図 4c) では、回復期となる離地 - 15% の屈曲トルクで 20kmW が有意に大きく、接地前後となる 35 - 55% の伸展トルクで 20kmW が有意に大きかった。体幹トルク (図 4f) では、遊脚側の骨盤を前方に振り出すトルクと、振り戻すトルクのピークが発生する局面 (離地 - 10%, 40 - 45%) で 20kmW が有意に大きかった。

5. 文献

- Hoga, K. et al. (2003) Mechanical energy flow in the recovery leg of elite race walkers. *Sports Biomechanics*, 2(1), 1 - 13.
- 法元 康二・阿江 通良 (2006) 力学的エネルギー利用の有効性からみたアテネオリンピック男子 20km 競歩におけるメダリストと日本人選手の比較. *陸上競技研究紀要*, 2, 38 - 46.
- 法元康二ほか (2007) 世界陸上競技選手権ヘルシンキ大会男女 20km 競歩におけるロス・オブ・コンタクト判定. *日本陸上競技学会誌*, 6(Supplement), 11 - 16.
- 法元康二ほか (2011) 男子 20km 競歩のレース経過にともなう歩行速度と力学的エネルギーの流れの変化. *コーチング学研究*, 24(2), 139-152.
- Hoga-Miura, K., et al. (2016a) Kinetic analysis of the function of the upper body for elite race walkers during official men 20 km walking race. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 56(10), 1147 - 55.
- Hoga-Miura, K., et al. (2016b) 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*, 175(7 - 8), 297 - 307.
- Hoga-Miura, K., et al. (2017) Reconstruction of walking motion without flight phase by using computer simulation on the world elite 20km race walkers during official races. *Slovak Journal Sport Science*, 2(1), 59 - 75.
- Hoga-Miura, K., et al. (2020) A three-dimensional kinematic analysis of walking speed on world elite women's 20-km walking races using an inverted pendulum model. *Gazzetta Medica Italiana- Archivio per le Scienze Mediche*, 179(1 - 2), 29 - 38.
- Hoga-Miura, K., et al. (In Press) Reconstruction of walking motion without flight phase by using computer simulation on the world elite 20km female race walkers during official race. *Gazzetta Medica Italiana- Archivio per le Scienze Mediche*.
- 三浦ほか (2020) 2018 年度および 2019 年度初頭国内主要競歩レースにおける世界・国内一流競技

者の下肢および体幹関節トルクの分析. 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 REPORT2019, 18, 231 - 237.

佐藤ほか (2020) 男子 50km 競歩日本記録更新時の
ペース変化とキネマティクスおよびキネティクス
的変数の変化. 陸上競技研究紀要, 15(1), 106
- 115.

2020年夏における気象観測に関して

浅田佳津雄¹⁾ 堀内恒治²⁾ 橋本峻³⁾ 杉田正明⁴⁾

1) 株式会社ウェザーニューズ 2) 株式会社ウェザーニューズ 3) 日本体育大学 4) 日本体育大学

1) はじめに

特に屋外スポーツにおいて、選手のパフォーマンスと、気象コンディションは大きく影響する。

天気は変えることが出来ず、どんな気象コンディションであっても、選手はそれを受け入れ、対応、準備し、本番で良いパフォーマンスを発揮することが求められる。

また、台風や大雨、大雪、さらには昨今、ゲリラ雷雨や、暑さ(酷暑)といった極端気象が多く発生し、益々気象コンディションへの対応が求められる状況となっており、これは今後も更に加速することが予想される。

このような今、より気象コンディションを把握し、予測し、本番に向けてより良い準備や、気象コンディションを想定したシミュレーション、イメージトレーニング等を行うことで、選手は「良い準備が出来ている」という安心感を持ち、本番で良いパフォーマンスが発揮出来るようになる。

スポーツ選手が、気象情報も有効活用し、準備力向上させることこそが、競技力向上にも繋がると考えて出来たのが「スポーツ気象」である。

2) 東京五輪に向けた取り組み

これまで、コース発表後の2018年夏、2019年夏に東京のマラソンコース、競歩コースの気象観測を行ってきた。

しかし、東京オリンピック・パラリンピックの延期、さらには「マラソン」コース、「競歩」会場が、東京から札幌へ変更となった。延期=猶予が出来たため、現地調査が行えていなかった札幌のマラソンコース、競歩コースの気象観測を2020年夏に実施。今回は2020年夏の札幌における取り組みを報告す

る。

また、2020年夏の気象観測のみならず、過去30年間の札幌の気象データを分析し、過去の気象傾向+2020年夏の観測データを組み合わせ、最終レポートとして完成させた。

3) マラソンにおける取り組み内容

① 2020.08.06(木) 7:30~9:30

② 2020.08.09(日) 7:30~9:30

の2日にわたり札幌にて気象観測を実施。

観測内容は以下の通り。

観測地点は「15km/25km/35km 地点」「20km/30km/40km 地点」にて定点観測を行い、その他の5km 地点、10km 地点は移動しながら観測。

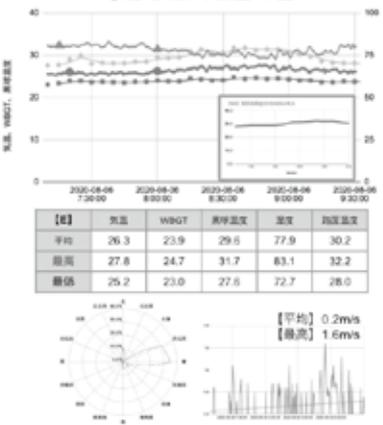
観測要素は、「気温」「湿度」「WBGT」「風向風速」「路面温度」。さらには、各地点の日向・日陰等を画像にて記録。

3-1) 観測の結果

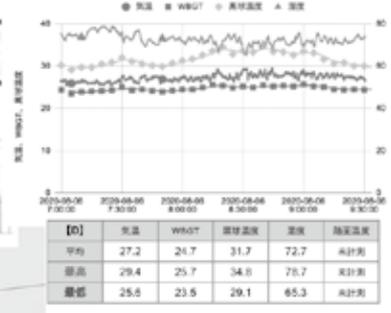
3-1-1) 気象観測データ

・8月6日(木)

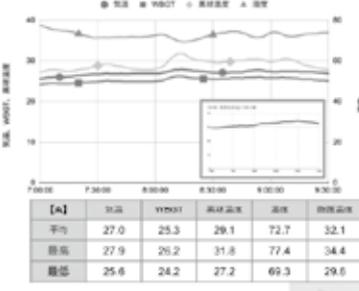
[8/6] マラソン@20/30/40km地点



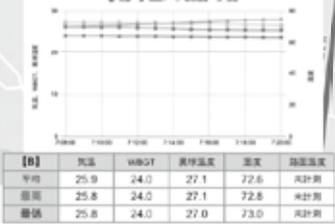
[8/6] マラソン@15/25/35km地点



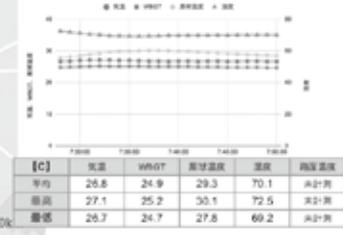
[8/6] マラソン@大通公園



[8/6] マラソン@5km地点 (07:08-07:20)

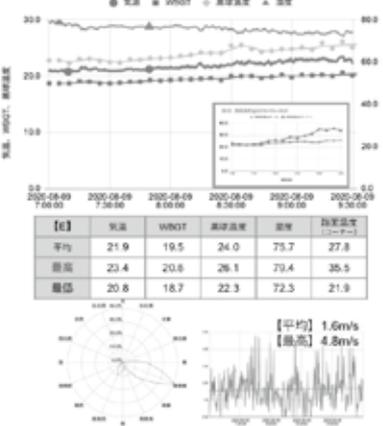


[8/6] マラソン@10km地点 (07:28-07:50)

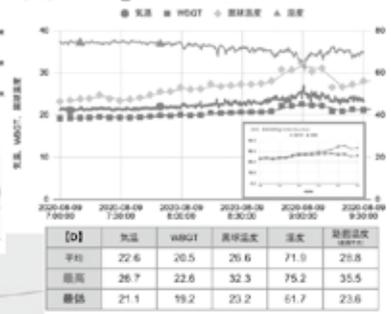


・8月9日(日)

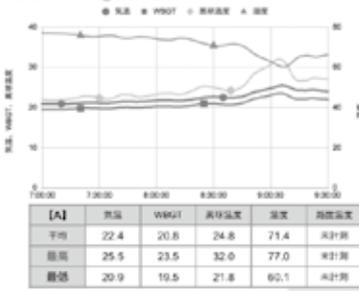
[8/9] マラソン@20/30/40km地点



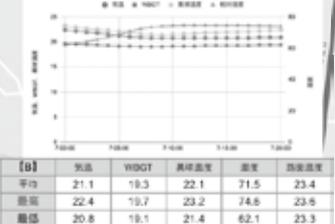
[8/9] マラソン@15/25/35km地点



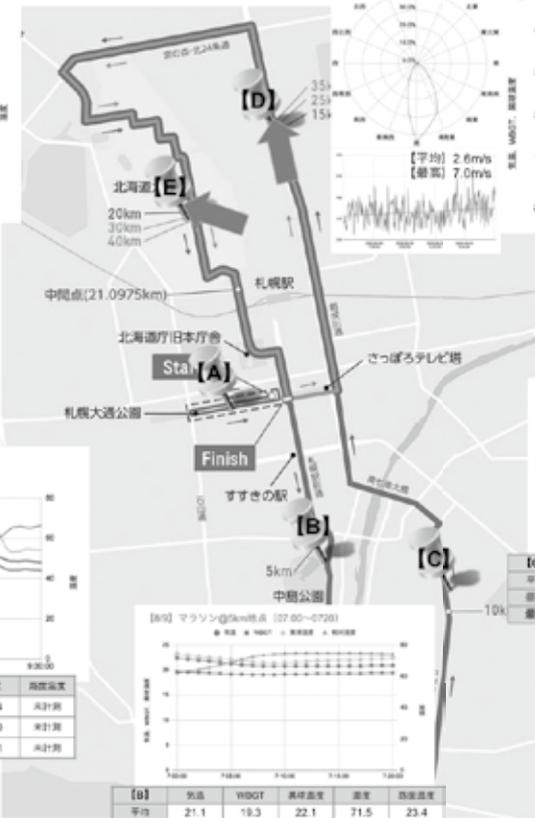
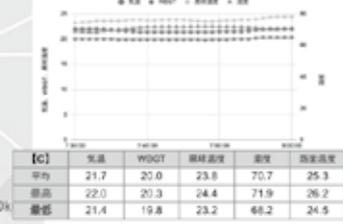
[8/9] マラソン@大通公園



[8/9] マラソン@5km地点 (07:00-07:20)

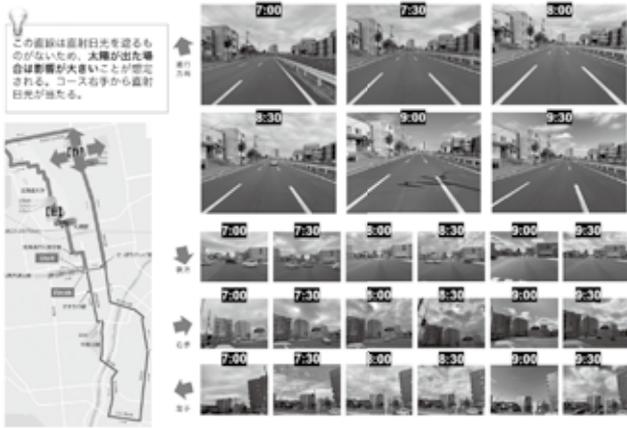


[8/9] マラソン@10km地点 (07:30-08:00)

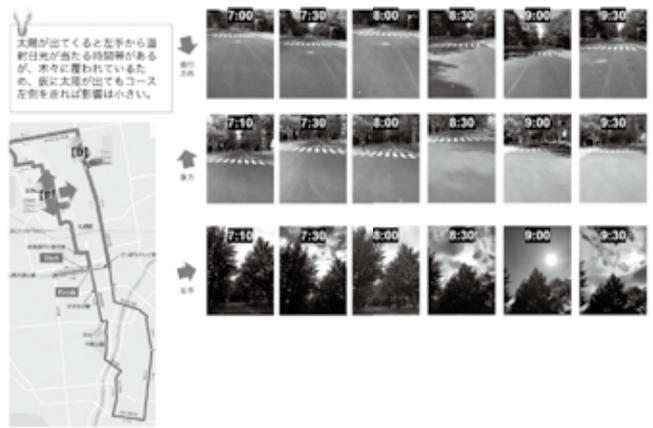


3-1-2) 各地点の様子

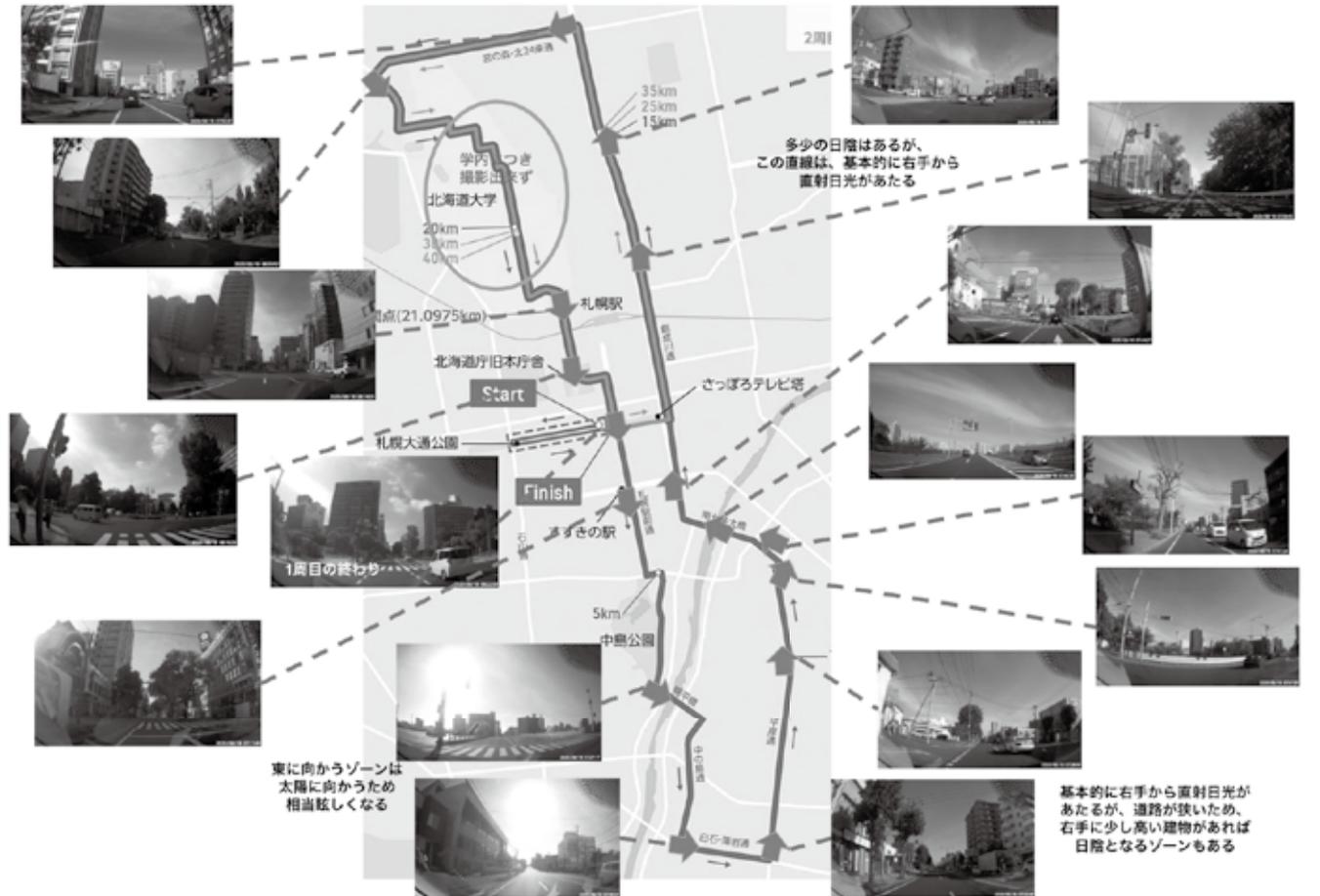
◆ 15/25/35km 付近の様子



◆ 20/30/40km 付近の様子



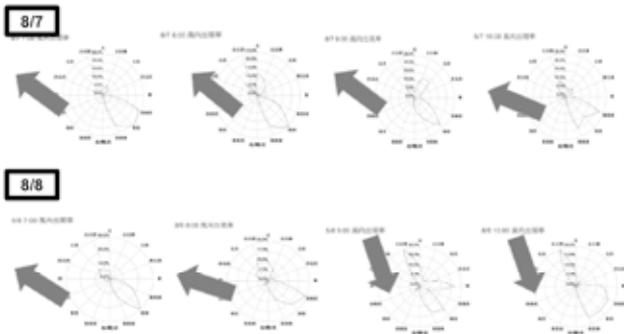
◆ コース全体の様子



3-2) 過去の気象傾向と今回の観測結果の比較

3-2-1) 過去30年のコース周辺の気象傾向

8/7					8/8				
気温 (°C)	7:00	8:00	9:00	10:00	気温 (°C)	7:00	8:00	9:00	10:00
Ave.	22.9	23.1	24.2	25.2	Ave.	21.7	22.7	23.7	24.5
Max	27.7	28.7	31.7	33.6	Max	26.9	29.0	31.9	32.6
Min	16.7	17.8	18.5	19.1	Min	16.9	18.7	19.3	20.0
湿度 (%)	7:00	8:00	9:00	10:00	湿度 (%)	7:00	8:00	9:00	10:00
Ave.	79	75	79	86	Ave.	78	75	71	69
Max	96	94	86	83	Max	98	93	92	92
Min	62	57	58	48	Min	67	67	46	41
WBGT (°C)	7:00	8:00	9:00	10:00	WBGT (°C)	7:00	8:00	9:00	10:00
Ave.	21.5	23.2	23.5	24.1	Ave.	21.2	22.2	22.7	23.5
Max	27.1	28.5	28.2	28.9	Max	25.1	25.7	26.4	28.2
Min	14.9	17.2	18.2	19.8	Min	15.7	18.1	17.5	17.4
風速 (m/s)	7:00	8:00	9:00	10:00	風速 (m/s)	7:00	8:00	9:00	10:00
Ave.	2.5	3.0	3.2	3.1	Ave.	2.5	2.7	3.1	3.4
Max	14.4	15.8	12.0	7.8	Max	8.2	7.1	7.9	8.8
Min	0.0	0.5	0.7	0.6	Min	0.2	0.6	0.9	0.2



3-2-2) 2020年夏の観測結果

◆ 8月6日

[A]	気温	WBGT	黒球温度	湿度	路面温度
平均	27.0	25.3	29.1	72.7	32.1
最高	27.9	26.2	31.8	77.4	34.4
最低	25.6	24.2	27.2	69.3	29.6
[B]	気温	WBGT	黒球温度	湿度	路面温度
平均	25.9	24.0	27.1	72.6	未計測
最高	25.8	24.0	27.1	72.8	未計測
最低	25.8	24.0	27.0	73.0	未計測
[C]	気温	WBGT	黒球温度	湿度	路面温度
平均	26.8	24.9	29.3	70.1	未計測
最高	27.1	25.2	30.1	72.5	未計測
最低	26.7	24.7	27.8	69.2	未計測
[D]	気温	WBGT	黒球温度	湿度	路面温度
平均	27.2	24.7	31.7	72.7	未計測
最高	29.4	25.7	34.8	78.7	未計測
最低	25.6	23.5	29.1	65.3	未計測
[E]	気温	WBGT	黒球温度	湿度	路面温度
平均	26.3	23.9	29.6	77.9	30.2
最高	27.8	24.7	31.7	83.1	32.2
最低	25.2	23.0	27.6	72.7	28.0

8月6日の観測結果と、過去30年の気象傾向(3-2-1)を比較すると、

- ・ 気温に関しては、観測データ Ave. の方が統計 Ave. より高め。
 - ・ WBGT に関しては、観測データ Ave. は統計 Ave. と同じか高め。
 - ・ 風速に関しては、観測データ Ave. の方が統計 Ave. より低め(弱め)。
 - ・ 風向に関しては、D地点の観測データは北寄りが卓越していた。
- という結果であった。

◆ 8月9日

[A]	気温	WBGT	黒球温度	湿度	路面温度
平均	22.4	20.8	24.8	71.4	未計測
最高	25.5	23.5	32.0	77.0	未計測
最低	20.9	19.5	21.8	60.1	未計測

[B]	気温	WBGT	黒球温度	湿度	路面温度
平均	21.1	19.3	22.1	71.5	23.4
最高	22.4	19.7	23.2	74.6	23.6
最低	20.8	19.1	21.4	62.1	23.3

[C]	気温	WBGT	黒球温度	湿度	路面温度
平均	21.7	20.0	23.8	70.7	25.3
最高	22.0	20.3	24.4	71.9	26.2
最低	21.4	19.8	23.2	68.2	24.5

[D]	気温	WBGT	黒球温度	湿度	路面温度 (道路中央)
平均	22.6	20.5	26.6	71.9	28.8
最高	26.7	22.6	32.3	75.2	35.5
最低	21.1	19.2	23.2	61.7	23.6

[E]	気温	WBGT	黒球温度	湿度	路面温度 (コーナー)
平均	21.9	19.5	24.0	75.7	27.8
最高	23.4	20.6	26.1	79.4	35.5
最低	20.8	18.7	22.3	72.3	21.9

8月9日の観測結果と、過去30年の気象傾向(3-2-1)を比較すると、

- ・ 気温に関しては、観測データ Ave. は統計 Ave. 同じくらいか低め。
 - ・ WBGT に関しては、観測データ Ave. は統計 Ave. より低かった。
 - ・ 風速に関しては、観測データ Ave. の方が統計 Ave. より低め。(時々強まった時間もあり)
 - ・ 風向に関しては、D地点の観測データは南寄りが卓越していた。
- という結果であった。

4) 20km 競歩における取り組み内容

① 2020.08.05 (水) 16:00 ~ 18:15

- ② 2020.08.07 (金) 16:00 ~ 18:15
- ③ 2020.08.08 (土) 16:30 ~ 18:15
- ④ 2020.08.11 (火) 16:30 ~ 18:15
- ⑤ 2020.08.12 (水) 16:15 ~ 18:15

の5日にわたり札幌にて気象観測を実施。
観測内容は以下の通り。

観測地点は、コース上の北側折り返し地点、中央（大通公園）、南側折り返し地点にて観測。

観測要素は、「気温」「湿度」「WBGT」「風向」「風速」「路面温度」。さらには、日向・日陰等を画像にて記録。

観測頻度は、WBGT/路面温度は10分毎、その他の要素は30秒毎。

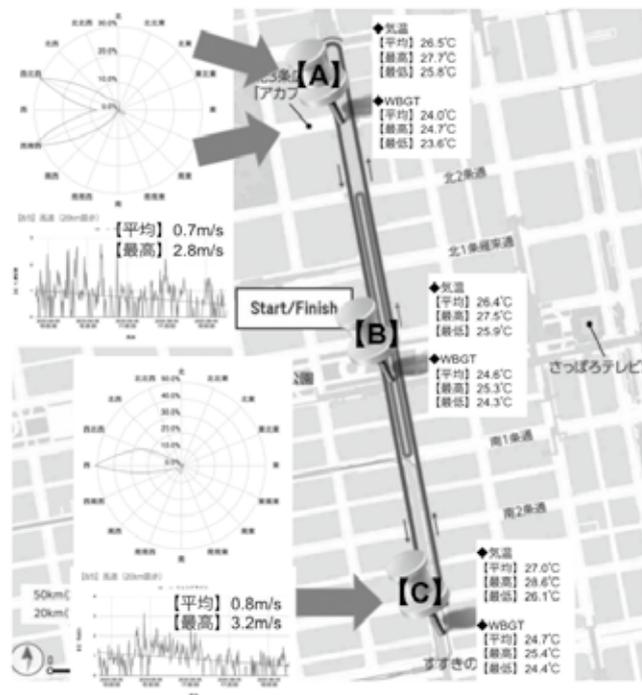
4-1) 観測の結果

4-1-1) 気象観測データ

※本書での掲載は一部のみ。

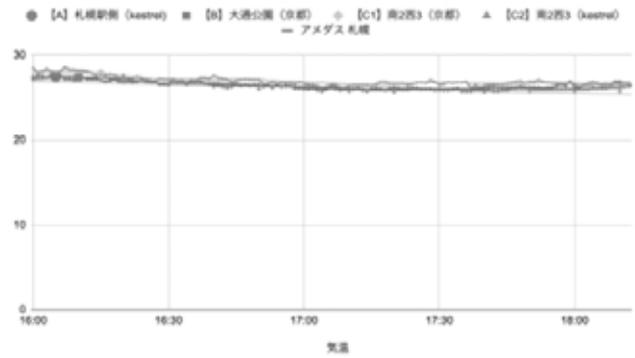
・8月5日(水)

◆観測データの Summary



◆気温

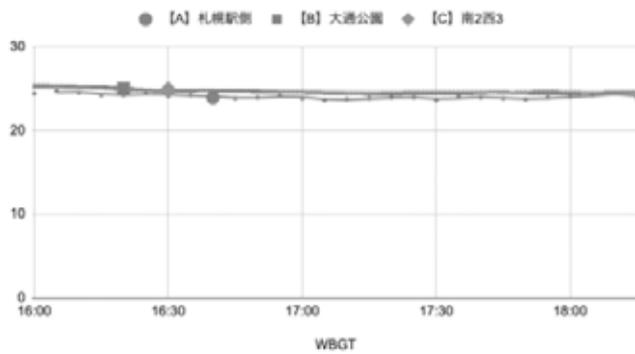
【8/5】気温 (20km競歩)



気温	[A]	[B]	[C1]	[C2]	アメダス
平均	26.5	26.4	27.0	27.0	26.2
最高	27.7	27.5	28.1	28.6	27.3
最低	25.8	25.9	26.5	26.1	25.7

◆WBGT

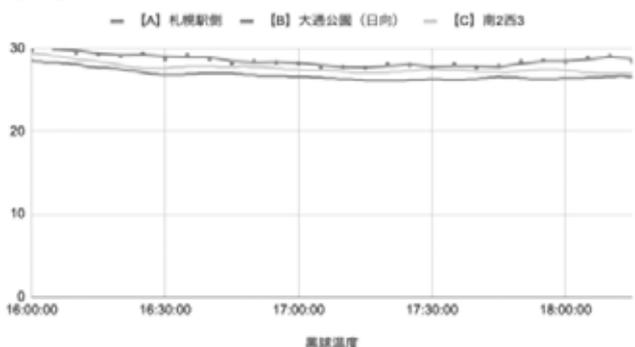
【8/5】WBGT (20km競歩)



WBGT	[A]	[B]	[C]
平均	24.0	24.6	24.7
最高	24.7	25.3	25.4
最低	23.6	24.3	24.4

◆黒球温度

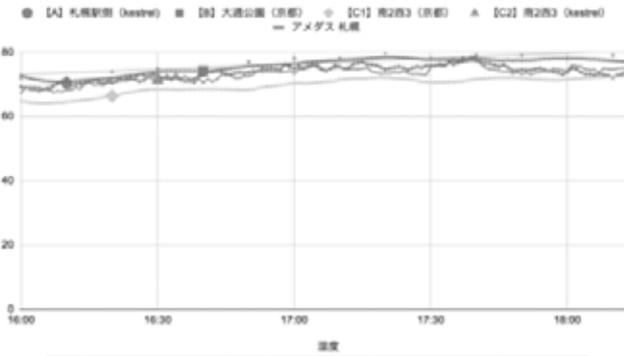
【8/5】黒球温度 (20km競歩)



黒球温度	[A]	[B]	[C]
平均	28.5	26.8	27.6
最高	30.0	28.5	29.4
最低	27.7	26.1	27.0

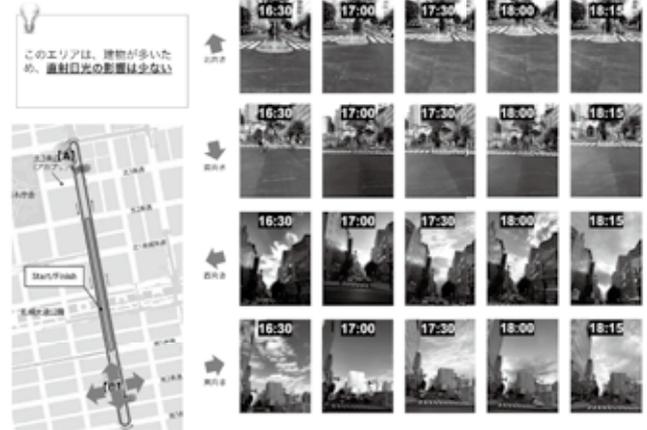
◆湿度

【8/5】湿度 (20km競歩)



湿度	[A]	[B]	[C1]	[C2]	アメダス
平均	73.7	75.8	69.7	73.2	76.7
最高	77.6	78.5	72.8	78.7	80.0
最低	68.5	70.8	64.2	67.4	72.0

◆南側折り返し地点

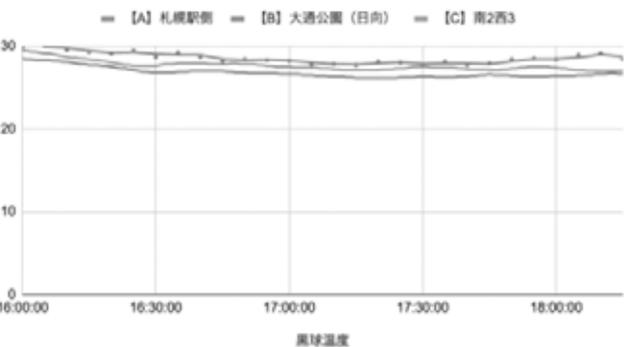


4-2) 過去の気象傾向と今回の観測結果の比較

4-2-1) 過去 30 年のコース周辺の気象傾向

◆路面温度

【8/5】黒球温度 (20km競歩)

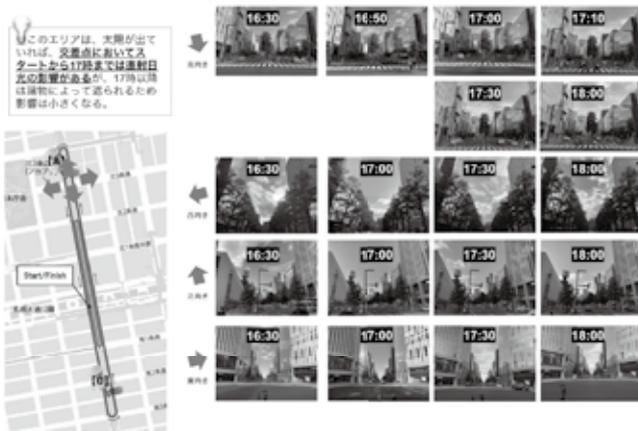


路面温度	[A]	[B]	[C]
平均	30.5	31.2	32.7
最高	33.1	33.4	35.3
最低	28.8	30.4	31.2

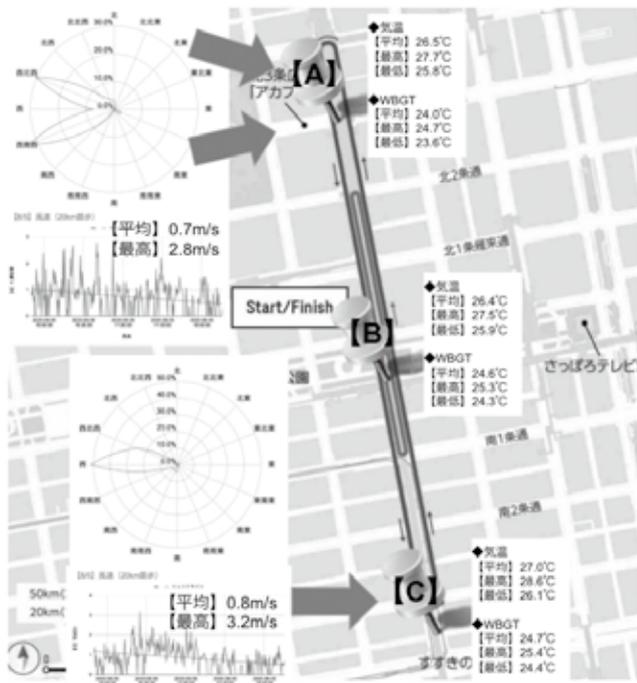
8/5				8/6			
気温 (°C)	16:00	17:00	18:00	気温 (°C)	16:00	17:00	18:00
Ave.	25.5	24.7	23.9	Ave.	25.4	24.7	23.9
Max	31.5	31.0	30.2	Max	31.8	31.2	31.2
Min	19.6	20.1	19.5	Min	19.6	18.4	17.5
湿度 (%)	16:00	17:00	18:00	湿度 (%)	16:00	17:00	18:00
Ave.	67	69	72	Ave.	69	72	75
Max	87	91	94	Max	93	91	97
Min	37	43	46	Min	51	57	58
WBGT (°C)	16:00	17:00	18:00	WBGT (°C)	16:00	17:00	18:00
Ave.	24.4	23.8	22.8	Ave.	24.0	23.8	22.4
Max	29.2	27.9	26.3	Max	27.9	27.8	27.0
Min	21.7	21.4	19.7	Min	20.2	19.5	19.2
風速 (m/s)	16:00	17:00	18:00	風速 (m/s)	16:00	17:00	18:00
Ave.	3.8	3.2	3.2	Ave.	3.8	3.5	3.2
Max	8.5	6.0	6.8	Max	9.1	7.6	6.6
Min	0.4	0.5	0.7	Min	0.6	0.4	0.7

4-1-2) 各地点の様子

◆北側折り返し地点



4-2-2) 2020年夏の観測結果 (8/5の summary)



8月5日の観測結果と、過去30年の気象傾向(4-2-1)を比較すると、

- ・ 気温に関しては、観測データ Ave. の方が統計 Ave. より高めだった。
- ・ WBGTに関しては、観測データ Ave. は統計 Ave. と同じか高めだった
- ・ 風速に関しては、観測データ Ave. の方が統計 Ave. より低め (弱め)。
- ・ 風向に関しては、観測データは西寄りが卓越していた。

という結果であった。

5) 50km 競歩における取り組み内容

- ① 2020.08.06 (木) 05:30 ~ 09:30
- ② 2020.08.08 (土) 05:30 ~ 09:30
- ③ 2020.08.12 (水) 05:30 ~ 09:30
- ④ 2020.08.13 (木) 05:30 ~ 09:30

4日にわたり札幌にて気象観測を実施。

観測内容は以下の通り。

観測地点は、コース上の北側折り返し地点、中央 (大通公園)、南側折り返し地点にて観測。

観測要素は、「気温」「湿度」「WBGT」

「風向風速」「路面温度」。さらには、日向・日陰等を画像にて記録。

観測頻度は、WBGT/路面温度は10分毎、

その他の要素は30秒毎。

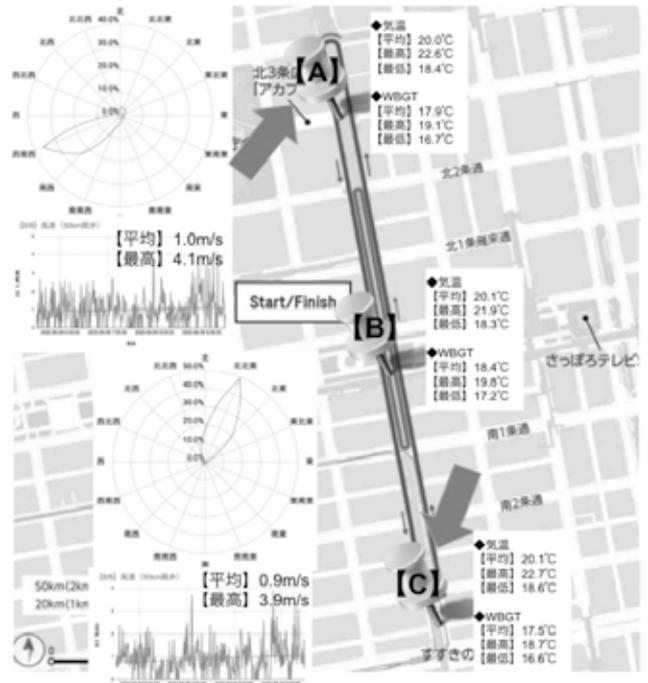
5-1) 観測の結果

5-1-1) 気象観測データ

※本書での掲載は一部のみ。

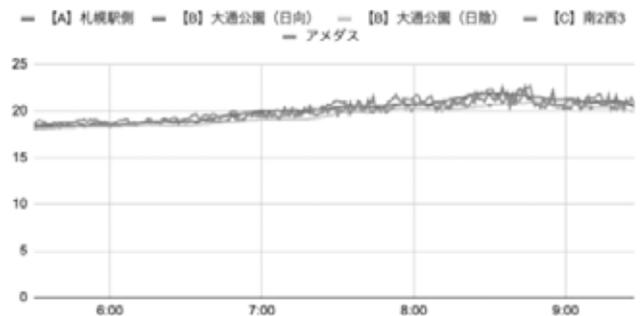
・ 8月8日 (土)

◆観測データの Summary



◆気温

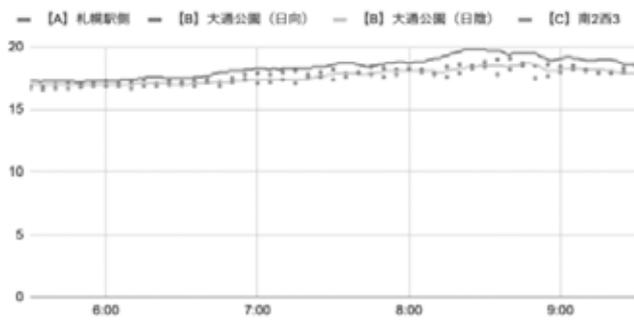
[8/8] 気温 (50km競歩)



気温	[A]	[B1] (日向)	[B2] (日陰)	[C]	アメダス
平均	20.0	20.1	19.5	20.1	19.7
最高	22.6	21.9	20.9	22.7	21.0
最低	18.4	18.3	18.0	18.6	18.2

◆ WBGT

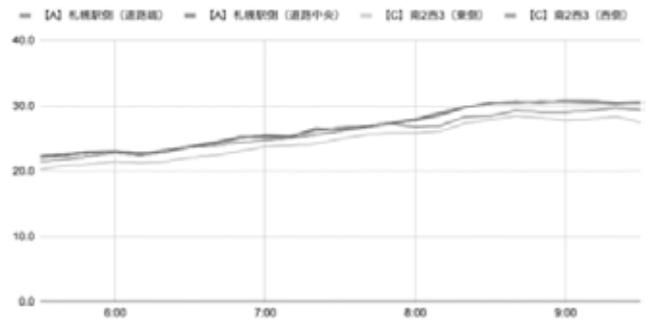
[8/8] WBGT (50km競歩)



WBGT	[A]	[B1] (日向)	[B2] (日陰)	[C]
平均	17.9	18.4	17.7	17.5
最高	19.1	19.8	18.7	18.7
最低	16.7	17.2	16.9	16.6

◆ 路面温度

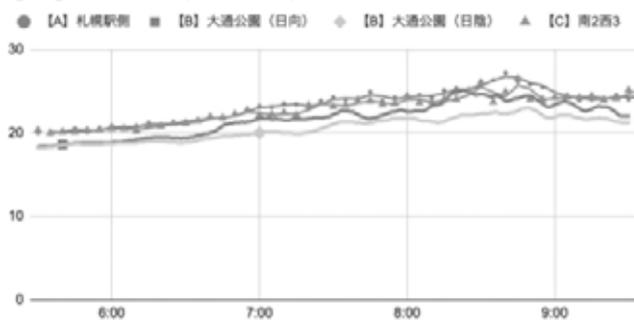
[8/8] 路面温度 (50km競歩)



路面温度	[A1] (道路端)	[A2] (道路中央)	[C1] (東側)	[C2] (西側)
平均	26.7	26.7	24.7	25.9
最高	30.8	30.7	28.5	29.7
最低	22.1	22.3	20.3	21.5

◆ 黒球温度

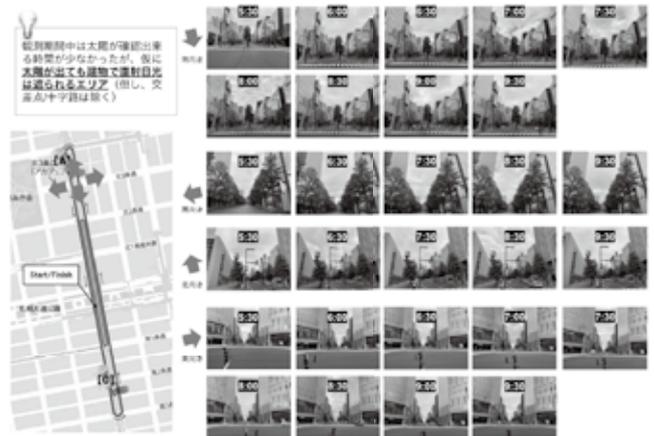
[8/8] 黒球温度 (50km競歩)



黒球温度	[A]	[B1] (日向)	[B2] (日陰)	[C]
平均	23.2	21.6	20.5	22.8
最高	27.2	25.1	23.0	26.5
最低	19.9	18.3	18.2	20.0

5-1-2) 各地点の様子

◆ 北側折り返し地点

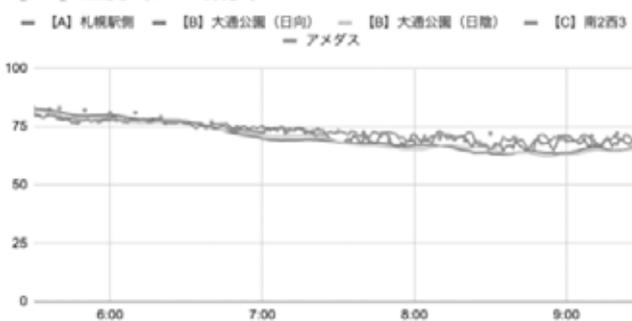


◆ 南側折り返し地点



◆ 湿度

[8/8] 湿度 (50km競歩)

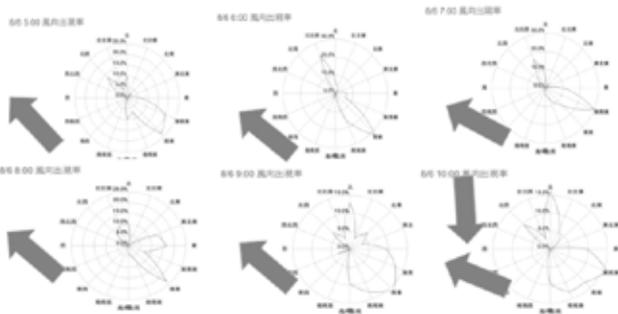


湿度	[A]	[B1] (日向)	[B2] (日陰)	[C]	アメダス
平均	72.3	70.6	70.3	73.0	74.1
最高	82.8	82.6	81.9	81.1	83.0
最低	64.4	63.1	62.2	64.4	68.0

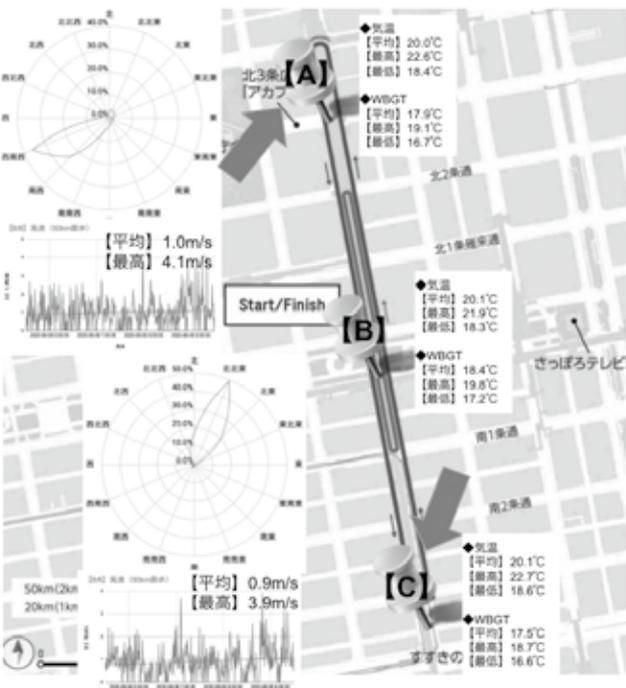
5-2) 過去の気象傾向と今回の観測結果の比較

5-2-1) 過去 30 年のコース周辺の気象傾向

8/6						
気温 (°C)	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00
Ave.	20.6	21.1	22.2	23.4	24.7	25.5
Max	24.8	26.7	26.8	29.0	32.0	31.9
Min	15.5	16.4	17.7	17.8	18.0	19.1
湿度 (%)	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00
Ave.	84	82	78	74	70	66
Max	95	96	95	92	93	87
Min	65	62	57	48	51	38
WBGT (°C)	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00
Ave.	20.5	21.4	22.2	23.6	24.5	25.0
Max	23.7	24.1	26.1	28.1	29.2	29.0
Min	15.1	16.6	17.8	20.8	21.1	21.6
風速 (m/s)	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00
Ave.	2.2	2.0	2.3	2.5	2.4	2.8
Max	6.4	8.3	9.1	7.3	7.3	6.1
Min	0.2	0.3	0.0	0.2	0.6	0.7



5-2-2) 2020 年夏の観測結果 (8/8 の summary)



8月8日の観測結果と、過去30年の気象傾向(5-2-1)を比較すると、

- ・ 気温に関しては、観測データ Ave. の方が統計

Ave. より低めだった。

- ・ WBGT に関しては、観測データ Ave. は統計 Ave. より低めだった
- ・ 風速に関しては、観測データ Ave. の方が統計 Ave. より低め (弱め) だった。
- ・ 風向に関しては、北側のエリアでは、西寄りが卓越していた。

という結果であった。

6) さいごに

2019 年秋に 2 競技が札幌での開催へと変更になり、事前の観測調査等が行えず、気象データ面での準備に不安があった中、開催が延期=時間的猶予が出来たため、無事に気象観測調査が行えた。

- ・ 暑さ対策以外にも、寒さへの対策も必要なケースもある、ということを想定しておいた方が良い。
- ・ 直射日光が当たるエリアが (東京の場合よりも) 多い

結果的に、現地の気象コンディションを調査することで、認識出来たことが多く、大変有意義な調査が行えたため、選手の本番に向けた準備に活かしていきたい。

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

陸上競技における学童期スポーツ傷害・・・・・・・・・・・・・・・・	244
—小学生陸上競技全国大会におけるスポーツ外傷・障害調査—	
鎌田浩史, 鳥居俊, 金子晴香, 田原圭太郎, 塚原由佳, 田中健太, 山澤文裕	
陸上競技における学童期スポーツ傷害・・・・・・・・・・・・・・・・	251
—外傷・障害の既往と練習量の関連—	
田原圭太郎, 鎌田浩史, 金子晴香, 田中健太, 鳥居俊, 山澤文裕	
短距離選手のジュニア期からシニア期への身体変化の性差・・・・・・・・	255
鳥居俊	
陸上長距離（マラソン）強化指定選手における国立スポーツ科学センターの・・・・・・・・	258
メディカルチェックでみられたスポーツ外傷・障害について	
奥平修三, 安羅有紀, 鎌田浩史, 中嶋耕平, 喜多村祐里, 奥脇透, 山澤文裕, 鳥居俊, 半谷美夏, 福田直子, 西田雄亮, 橋本立子, 松田秀一, 中田研, 祖父江友孝	

陸上競技における学童期スポーツ傷害 —小学生陸上競技全国大会におけるスポーツ外傷・障害調査—

鎌田 浩史¹⁾²⁾ 鳥居 俊¹⁾ 金子 晴香¹⁾ 田原 圭太郎¹⁾ 塚原 由佳¹⁾ 田中 健太¹⁾
山澤 文裕¹⁾

1) 公益財団法人日本陸上競技連盟医事委員会 2) 筑波大学医学医療系 整形外科

【背景】

アスリートの強化および健康確保には、疾病障害の予防やそのための知識が大切である。国際オリンピック委員会 (IOC) などは、「疾病障害予防プロジェクト」²を広く展開し、各種世界大会における疾病障害に関する調査を行い、トップアスリートに関してその成績を公表している^{13,14}。そのような中、発達途上にあるジュニアアスリートのスポーツ傷害への対策に関して、ジュニア期の成長発育をフェーズに分けし、それぞれの活動指針や傷害対策に結びつくように研究している報告³等はわずかにあるものの、いまだ十分とは言えない。

公益財団法人日本陸上競技連盟医事委員会では、陸上競技に取り組むジュニアアスリートを疾病や障害から守るため、2014年より陸上競技ジュニア選手のスポーツ外傷・障害調査を行っている⁷⁻¹⁰。ジュニア期には様々な年代的背景があり、小学生、中学生、高校生、大学生などいくつかの κατηγοリーにより活動が大きく異なっている。これらの特徴を踏まえて、今回われわれはジュニア早期である小学生陸上選手に対して行ったスポーツ外傷・障害調査の結果を報告する。

【対象と方法】

第34回全国小学生陸上競技交流大会(全国大会)、第21回全国小学生クロスカントリーリレー研修大会(クロカン)に出場登録した全選手を対象とした。全国大会は100m、80mハードル(80mH)、走高跳、走幅跳、ジャベリックボール投、混合4×100mリレーの長距離以外を中心とした種目で、2018年8月に開催された。クロカンは1区間1.5km(1区、3区、5区:女子、2区、4区、6区は男子)のリレー方式

の競技であり、2018年12月に開催された。小学生としては長距離種目に相当する。これらの大会直前にアンケート用紙を配布(図1)し、大会後に回収した。このアンケートには、傷害調査の内容が含まれており、選択肢および自由記載が可能である。記載は自己判断で、無記名にて個人を特定することはできないものとした。回収したアンケートを集計し、傷害について全国大会とクロカンのカテゴリー別、性別、学年別、専門種目別に比較した。それぞれの項目に関して、記述記載がないものや不十分であったものに関しては除外した。また、種目に関しては、単一の専門種目として比較とするため、2つ以上の記載があったものに関しては除外し、1種目のみ記載のもののみ採用した。

【結果】

出場選手数と回収率を図2に、選手の内訳を図3に示す。回収できた選手は全国大会1006名(男性490名、女子501名、他記載なし)、クロカン396名(男性191名、女子195名、他記載なし)、合計1402名であった。回収率は回収数/登録数とし、それぞれ97.8%、99.2%であった。学年は5年生247人(17.6%)、6年生1083人(77.2%)、主に活動している種目の内訳は短距離716人、長距離245人、跳躍189人、投擲91人であった。身長、体重、BMIを図4に示す。

図5は傷害の既往の有無を示したものである。全国大会選手では40.8%、クロカン選手では44.6%であり、多くの小学生が傷害を経験していることが示された。なお、他の年代(2016年中学生⁹、2013年/14年高校生調査^{7,8})においては、中学生で全国大会選手60.5%/全国駅伝選手49.7%、高校生で全国大会選手75.5%/全国駅伝選手81.2%であった。図6において性別、学年、種目別比較を示す。

	登録数	回収数	回収率(%)
全国大会	1029人	1006人	97.8
クロカン	399人	396人	99.2

図 2：参加者数と回収率

全国大会;出場種目 (回答に不備があったものは除外)

	男性	女性	合計
100m	92	94	186
80mハードル	44	45	89
リレー	189	194	383
走幅跳	42	44	86
走高跳	41	45	86
ジャベリックボール投	40	43	83

クロカン;得意種目

	男性	女性	合計
短距離	23	24	47
長距離	117	124	241
跳ぶ種目	4	11	15
投げる種目	3	2	5

図 3：回収したアンケートにおける選手の内訳

	男子			女子		
	身長 (cm)	体重 (kg)	BMI (kg/m ²)	身長 (cm)	体重 (kg)	BMI (kg/m ²)
短距離	152.9	41.0	17.4	151.9	39.5	17.1
長距離	151.4	39.9	17.2	150.8	38.6	16.9
跳躍	155.8	42.7	17.4	154.7	40.6	16.9
投擲	155.9	45.0	18.4	151.1	41.9	18.3

図 4：対象選手の身長、体重、BMI

性別では男子 41.3%、女子 42.3%、学年別では 5 年生 36.1%、6 年生 43.1%とわずかに 6 年生に多い傾向にあった (P<0.05)。種目別では短距離 42.8%、長距離 42.4%、跳躍 38.5%、投擲 29.2%であった。種目別にわずかに差がみられた。

図 7 は傷害の部位を示したものである。男女とも傷害の多い部位として、男女とも下肢が 8 割以上を占め、膝、足関節、大腿部、踵部等の発生が多かった。

図 8 に傷害の内訳を示す。小学生という年代でもあり「骨端症」に関連する傷害の申告が多かった。その他肉ばなれ、捻挫、骨折などが多かったが、この年代においても疲労骨折が認められ、全国大会選手では傷害全体の 7.7%、クロカン選手では 7.2%を占めた。

図 9 に陸上競技に特徴的な疲労骨折と肉ばなれの発生率を示す。中学生、高校生に比較すると全体の割合は少ないものではあるが、疲労骨折は全国大会選手で 1.9%、クロカン選手では 2.0%に、肉ばなれは全国大会選手で 3.4%、クロカン選手では 1.5%に発症していた。

図 10 は疲労骨折の発症部位である。発症部位は長距離で脛骨が多くなる傾向にあり、クロカン選手では 46.7%であった。全国大会選手では足趾での発症が最も多く 42.5%を占めていた。中学生、高校生になると腰椎などいくつかの部位が増加してくるものの、基本的には脛骨、足趾の疲労骨折が半数以上をしめ、特に長距離では脛骨への発症が多い傾向にあった。

図 11 は肉ばなれの発症部位である。中学生、高校生と比較して小学生の全国大会出場者では大腿前面の肉ばなれが、クロカン選手においてはふくらはぎの発症が多い傾向にあった。また、年代の上昇とともに、大腿前面より大腿後面の肉ばなれの発症が増加する傾向にあった。

【考察】

ジュニアアスリートに対して詳細に評価した論文は少なく、特に小学生のスポーツ活動における傷害発生については明らかにされていない。しかしながら、成長発育期に過度なスポーツ活動を行うことが傷害に結びつく可能性は高く、適切な運動量、トレーニング内容に対する配慮が必要である。今回われわれは、全国小学生陸上競技交流大会（全国大会）、全国小学生クロスカントリーリレー研修大会（クロカン）出場選手の傷害発生状況について、いくつかのデータを示した。世界的にも小学生を対象とした大きな陸上大会は少なく、その大会に出場するような小学生の実態をつかむための非常に貴重な調査になったものと思われる。

今回の調査では大会に出場した小学生の 4 割程度に傷害発生既往があった。11 歳から 15 歳の選手の 1 年間の傷害状況をまとめている Williams らの報告¹⁵においても 42.1%の受傷が確認されており、小学生からも傷害発生についての十分な配慮が必要である。

部位をみると、下肢の傷害が多いことは今までに報告⁶されている通りであるが、今回の調査でも膝、足関節、踵、大腿前面、股関節、大腿後面、など下肢が 80%以上におよんだ。種目別では、投擲を主に実施している小学生には肩、肘の傷害が多い傾向が示されており、小学生のこのような時期にも種目による弊害が出ている点は気を付けられない事実である。シニアのアスリートに関しては専門性により傷害発生箇所や疾患が異なることは様々報告されている⁴が、幼少期早期においても専門性による偏ったトレーニングや活動が、傷害発生の高いリスクにな

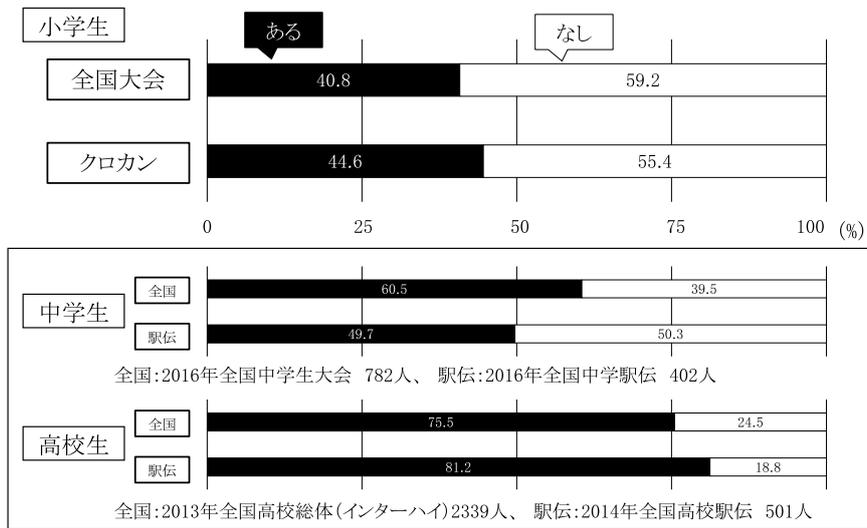


図5：傷害既往の有無（中学生、高校生との比較）

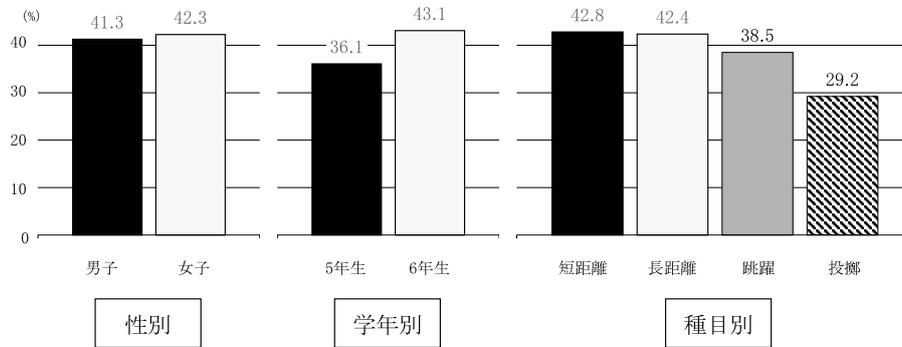


図6：傷害既往の有無（性別、学年、種目別比較）

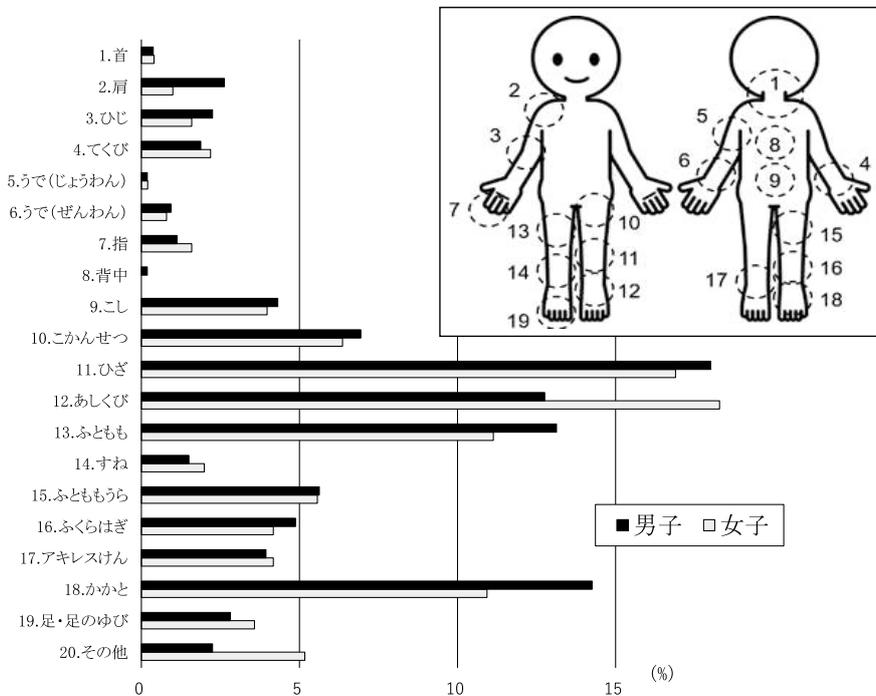


図7：傷害の部位

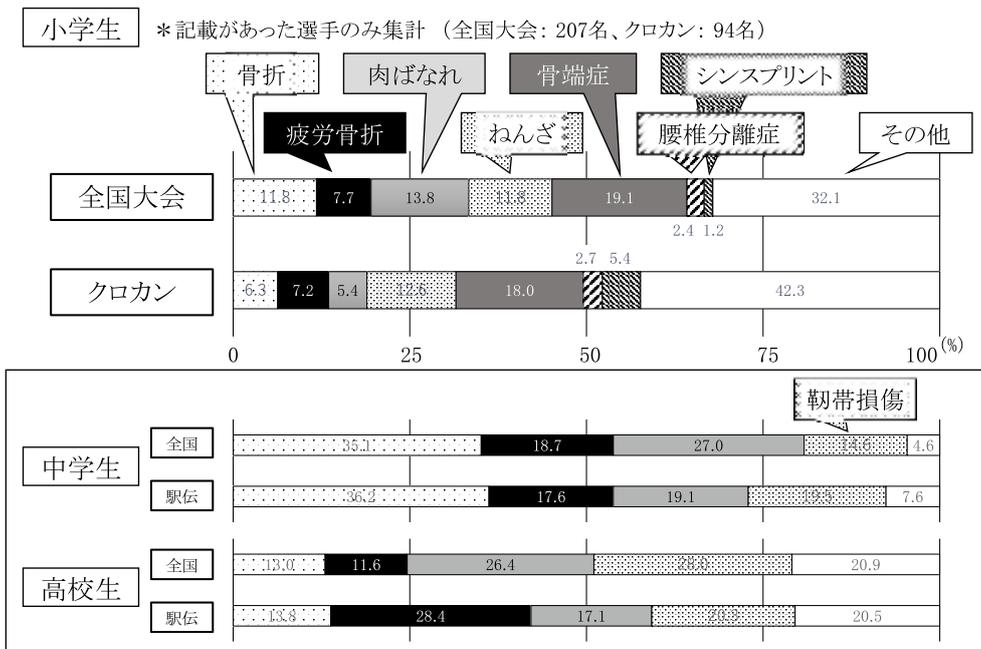


図8：傷害の内訳（中学生、高校生との比較）

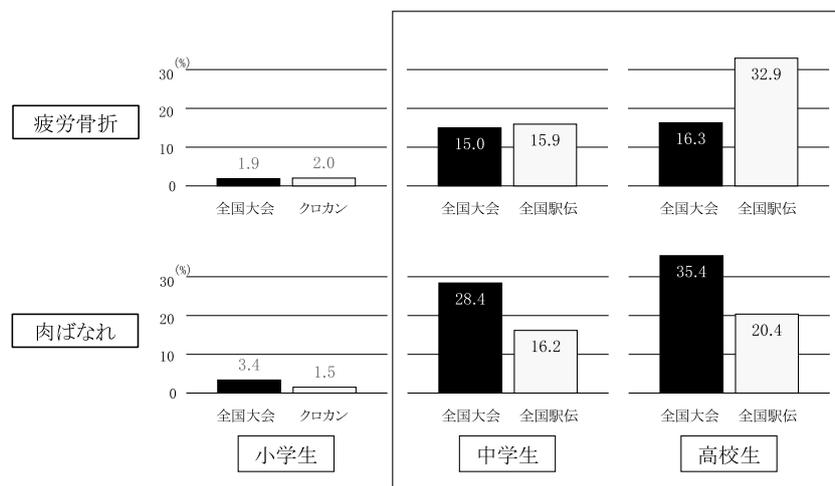


図9：各疾患の発症率（中学生、高校生との比較）

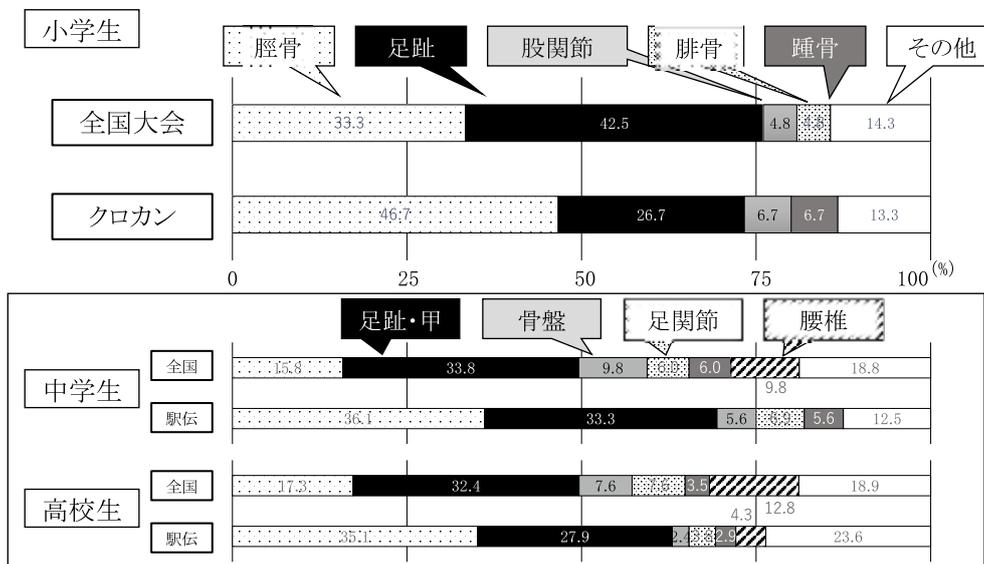


図10：疲労骨折部位（中学生、高校生との比較）

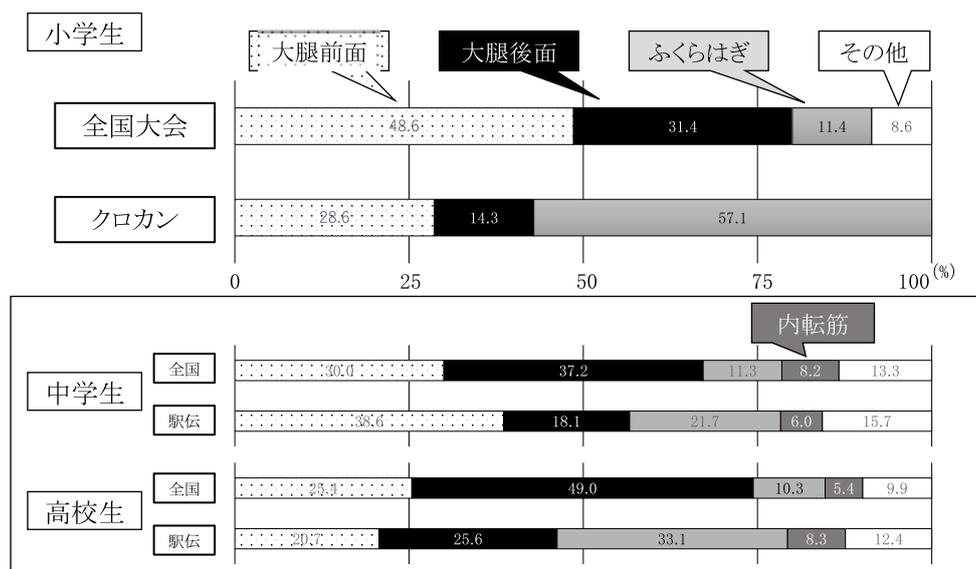


図 11：肉ばなれ部位 (中学生、高校生との比較)

る可能性を示唆されており、早期からの専門的な種目トレーニングには注意が必要である。

傷害内容は、肉ばなれ、捻挫、骨折などが主流を占め、ジュニア、シニアを問わずどの年代でも特徴的な疾患⁶としてあげられる。しかしながら小学生レベルではその他の時期と異なり、本報告のように、成長過程において発症する骨端の軟骨や骨に過大な負荷がかかり、裂離骨折や無腐性壊死に結びつく「骨端症」(代表的疾患としてオスグッド病、シーバー病など)が、慢性的に悪化する可能性がある¹ことを認識する必要がある。

陸上競技は単一の繰り返す動作が多いことから、ジュニアアスリートを中心に疲労骨折の発症が少なくない。Huxley らの報告⁵では、13歳から17歳の陸上競技ジュニア選手の中で、傷害発生としては肉ばなれ(38.8%)に次ぐ33.0%であったと報告している。Australian high performance athleteにおける調査では¹²中央値が15.8歳、New York データベースにおける外来診療レベルの報告¹¹では平均値が14.4歳であり、成長発育期の時期を中心に発症することが知られている。本調査では、選手全体の1.9%、傷害の内訳としては全症例の7.7%に疲労骨折が認められた。今回の調査対象はそれよりも低年齢である10～12歳であったため、他のジュニアアスリートの調査より全体数は少なくなっていたが、先述したいずれの報告においても、最低年齢はそれぞれ10歳、6歳であり、低年齢においても疲労骨折が発症することが示されたとともに、Patelの報告¹¹においては、14歳未満の疲労骨折は増加傾向にあることが示されている。

疲労骨折は負荷量と関連していることは言うまで

もなく、Huxley ら⁵は17歳未満のジュニアアスリートに対して1週間の練習量と疲労骨折の関連を調査し、明らかな疲労骨折の発症には練習時間との相関関係があること、その関係は年代により差があることを報告している。低年齢の疲労骨折に関しては拡大傾向にあることを認識しつつ、それぞれの年代に合わせた十分な配慮が必要である。

ひとくくりにジュニアアスリートと言っても、その中には様々な年代があることを念頭に置く必要がある。今回われわれが調査した小学生は、ジュニアアスリートの中でもスポーツ活動を積極的に始める初期の段階である。このような時期において多くの傷害が発生していることが示された。今後、Balyi ら³が推奨しているようなそれぞれの年代に合わせたトレーニングなど段階的なアプローチを検討する必要があるものと思われる。

今回の調査は、マークシート形式のアンケート用紙にて実施しているため、本人からの申告形式である。医学的診断に関しては十分ではない部分、小学生に対する調査のため、親、家族、場合によってはコーチなどが記載した可能性があり、正確な答えであるかはあいまいな点が多い。今後アンケートの内容なども改良しながらジュニア世代の傷害調査を継続実施し、対策、指針を検討していきたいと考えている。

【まとめ】

全国レベルの陸上競技大会に出場した小学生に対して外傷・障害調査を実施し、その特徴を示した。大会に出場した小学生の4割程度に傷害発生既往が

あった。この時期にはまだ専門性が確立されていないと思われるが、得意種目による傾向もわずかに認められることから、早期からの専門性は注意が必要である。ジュニア世代でも特に低年齢のスポーツ傷害については実態が十分に把握されていないため、今後さらなる調査をつづけ、年代に合わせた対応を検討する必要があるものと思われる。

【謝辞】

この調査は、スポーツ振興くじ助成金を受け、筑波大学医学医療系医の倫理の承認（認定番号 936-2）のもと実施した。陸連医事委員会ジュニア障害WGや日本陸連事務局をはじめ、ご協力いただきました多くの皆様に深謝いたします。

【参考文献】

- 1) Adirim TA, Cheng TL (2003) Overview of injuries in the young athlete. *Sports Med* 33(1): 75-81
- 2) Bahr R, Clarsen B, Derman W et al. (2020) International Olympic Committee consensus statement: methods for recording and reporting of epidemiological data on injury and illness in sport 2020 (including STROBE Extension for Sport Injury and Illness Surveillance (STROBE-SIIS)). *Br J Sports Med* 54(7): 372-89
- 3) Balyi I (2017) Sport system building and long-term athlete development in British Columbia. Burnaby: SportsMed BC, Retrieved from <http://iceskatingresources.org/sportssystemdevelopment.pdf>
- 4) Edouard P, Navarro L, Branco P et al. (2020) Injury frequency and characteristics (location, type, cause and severity) differed significantly among athletics ('track and field') disciplines during 14 international championships (2007-2018): implications for medical service planning. *Br J Sports Med* 54(3): 159-67
- 5) Huxley DJ, O'Connor D, Healey PA et al. (2014) An examination of the training profiles and injuries in elite youth track and field athletes. *Eur J Sport Sci* 14(2): 185-92
- 6) Mintz JJ, Jones CMC, Seplaki CL et al. (2020) Track and field injuries resulting in emergency department visits from 2004 to 2015: an analysis of the national electronic injury surveillance system. *Phys Sportsmed* 1-7
- 7) 日本陸連医事委員会 (2015) 陸上競技ジュニア選手のスポーツ外傷・障害調査 ～第1報 (2014年度版)～ 日本陸上競技連盟
- 8) 日本陸連医事委員会 (2017) 陸上競技ジュニア選手のスポーツ外傷・障害調査 ～第2報 (2016年度版)～ 日本陸上競技連盟
- 9) 日本陸連医事委員会 (2018) 陸上競技ジュニア選手のスポーツ外傷・障害調査 ～第3報 (2017年度版)～ 日本陸上競技連盟
- 10) 日本陸連医事委員会 (2019) 陸上競技ジュニア選手のスポーツ外傷・障害調査 ～第4報 (2018年度版)～ 日本陸上競技連盟
- 11) Patel NM, Mai DH, Ramme AJ et al. (2020) Is the incidence of paediatric stress fractures on the rise? Trends in New York State from 2000 to 2015. *J Pediatr Orthop B* 29(5): 499-504
- 12) Ruddick GK, Lovell GA, Drew MK (2019) Epidemiology of bone stress injuries in Australian high performance athletes: A retrospective cohort study. *J Sci Med Sport* 22(10): 1114-8
- 13) Soligard T, Palmer D, Steffen K et al. (2019) Sports injury and illness incidence in the PyeongChang 2018 Olympic Winter Games: a prospective study of 2914 athletes from 92 countries. *Br J Sports Med* 53(17): 1085-92
- 14) Soligard T, Steffen K, Palmer D et al. (2017) Sports injury and illness incidence in the Rio de Janeiro 2016 Olympic Summer Games: A prospective study of 11274 athletes from 207 countries. *Br J Sports Med* 51(17): 1265-71
- 15) Williams JM, Wright P, Currie CE et al. (1998) Sports related injuries in Scottish adolescents aged 11-15. *Br J Sports Med* 32(4): 291-6

陸上競技における学童期スポーツ傷害 —外傷・障害の既往と練習量の関連—

田原 圭太郎¹⁾²⁾ 鎌田 浩史¹⁾³⁾ 金子 晴香¹⁾⁴⁾ 田中 健太¹⁾³⁾ 鳥居 俊¹⁾⁵⁾ 山澤 文裕¹⁾⁶⁾
1) 公益財団法人日本陸上競技連盟医事委員会 2) 多摩総合医療センター 整形外科
3) 筑波大学医学医療系 整形外科 4) 順天堂大学医学部附属順天堂医院 整形外科・スポーツ診療科
5) 早稲田大学スポーツ科学学術院 6) 丸紅健康開発センター

背景

学童期よりひとつの競技に特化し同じスポーツばかり行っているとケガのリスクが増える¹⁾とされており、学童期のスポーツにおいて日本はこの典型と言える。ジュニア・ユース期のスポーツ外傷・障害はその後の競技人生において多大な影響を与えることがあり、その予防はとても重要である。これまで陸上競技におけるスポーツ外傷・障害に関する大規模な調査は少なく、特に日本での陸上競技における小学生への大規模な調査はない。

公益財団法人日本陸上競技連盟医事委員会では陸上競技における外傷・障害予防の指針作成を目的に2013年より中学生・高校生・大学生の全国大会出場選手に対するスポーツ外傷・障害調査を行い、調査内容を「陸上競技ジュニア選手のスポーツ外傷・障害調査 第1報・第2報・第3報・第4報²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾」として報告した。

今回、小学生を対象として陸上競技におけるスポーツ外傷・障害に関する調査を行ったので、その解析した結果を報告する。

対象と方法

2018年度全国小学生陸上競技交流大会（全国大会）と2018年度全国小学生クロスカントリーリレー研修大会（クロカン）に出場した全選手にアンケート形式で質問を行い回答が得られた全国大会1006名・クロカン396名を対象とした。回収率は全国大会97.8%、クロカン99.2%であった。全国大会は短距離・跳躍・投てき種目などのトラック・フィールド種目が行われ、クロカンは長距離（1.5km）の駅伝競技である。性別は全国大会では男性490名、女

性501名、記載なし15名、クロカンでは男性191名、女性195名、記載なし10名であった。全国大会の学年の内訳は、男性では5年生67名、6年生398名、記載なし25名であり、女性では5年生78名、6年生409名、記載なし14名であった。クロカンの学年の内訳は、男性では5年生54名、6年生131名、記載なし6名であり、女性では5年生48名、6年生140名、記載なし7名であった。全国大会の出場種目別の内訳は、100m男性92名女性94名、80mハードル男性44名女性45名、リレー男性189名女性194名、走り幅跳び男性42名女性44名、走り高跳び男性41名女性45名、ジャベリックボール投げ男性40名女性43名であった。クロカンにおける得意種目は、短距離男性23名女性24名、長距離男性117名女性124名、跳ぶ種目男性4名女性11名、投げる種目男性3名女性2名であった。

調査項目は、陸上競技による外傷・障害の既往の有無、1週間の練習日数と1日の練習時間、陸上競技以外のスポーツ活動の有無を調査し、外傷・障害の既往とこれらとの関連に主眼をおいて検討を行った。

統計解析はt検定またはカイ二乗検定を用い、有意水準を5%とした。

尚、上記調査は筑波大学医学医療系医の倫理委員会で承認された認定番号936-2「陸上競技ジュニア選手のスポーツ障害調査」に基づき行われ、対象の小学生ならびに保護者・監督の了解に関しては、「このアンケートは自由意思により参加していただくもので、仮に参加されない場合でも不利益を生じることはありません。アンケートの提出を持って、上記を同意いただいたものといたします。」とアンケートの表紙に記載した。

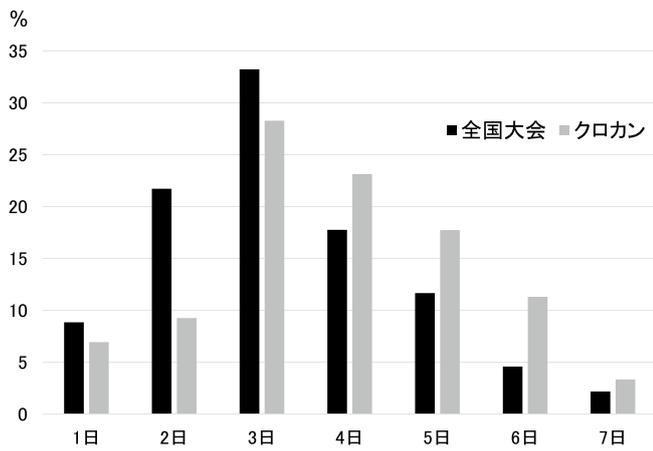


図1. 1週間の練習日数

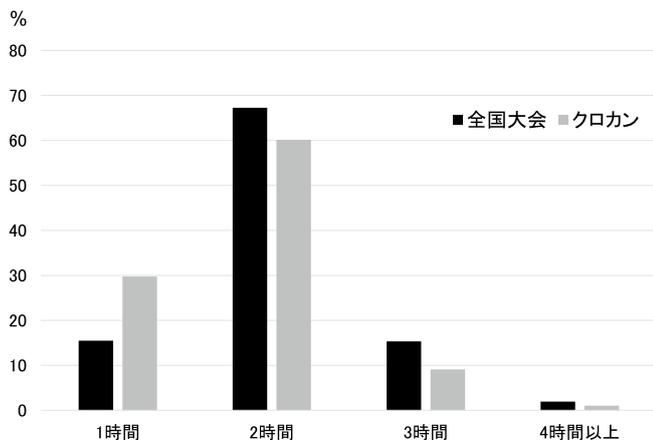


図2. 1日の練習時間

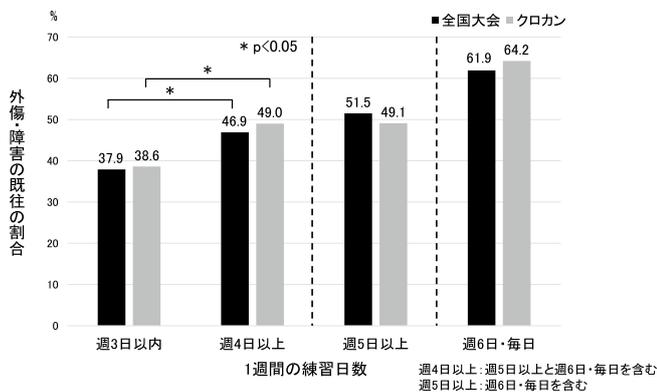


図3. 1週間の練習の日数と外傷・障害の既往の割合

結果

1週間の練習日数は全国大会では平均3.2日、クロカンでは平均3.8日であった(図1)。1日の練習時間は全国大会では平均2.0時間、クロカンでは平均1.8時間であった(図2)。

全国大会において、練習が週4日以上(週5日以上と週6日・毎日を含む)の選手では46.9%に外傷・障害の既往があり、週3日以内の37.9%と比較して

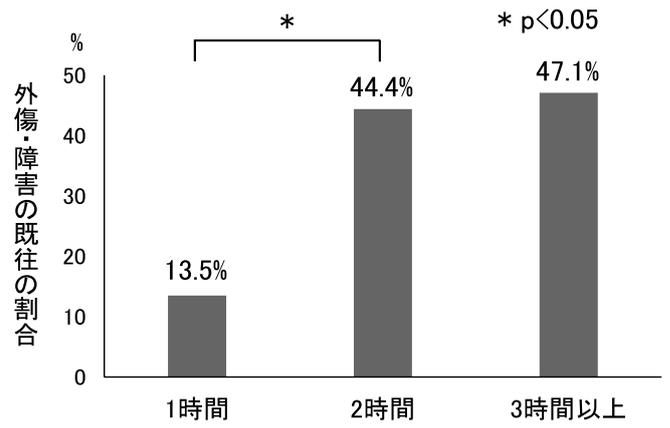


図4. 1日の練習時間と外傷・障害の既往の割合(クロカン)

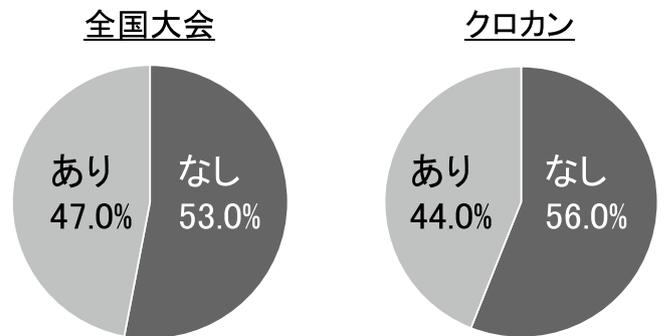


図5. 陸上競技以外のスポーツ活動の有無

有意に外傷・障害の発症が多かった($p<0.05$)。クロカンにおいても同様の結果となり、練習が週4日以上(週5日以上と週6日・毎日を含む)の選手では49.0%に外傷・障害の既往があり、週3日以内の38.6%と比較して有意に外傷・障害の発症が多かった($p<0.05$)。また、両大会とも週4日以上(週5日以上と週6日・毎日を含む)の練習において外傷・障害の既往は練習日数が増えるほど増えていき、週6日以上練習を行っている選手では全国大会61.9%・クロカン64.2%と外傷・障害の既往は6割を超えていた(図3)。

さらに、クロカンでは週3日以内の練習において、1日の練習時間が1時間であれば外傷・障害の既往が13.5%であり、1日の練習時間が2時間であった選手の44.4%と比較して外傷・障害の既往が有意に少なかった($p<0.05$) (図4)。

陸上競技以外のスポーツ活動について、全国大会では47.0%の選手が陸上競技以外のスポーツを行っており、53.0%の選手は陸上競技のみであった(図5)。クロカンでは、44.0%の選手が陸上競技以外のスポーツを行っており、56.0%の選手は陸上競技のみであった。また、陸上競技以外のスポーツ活動の

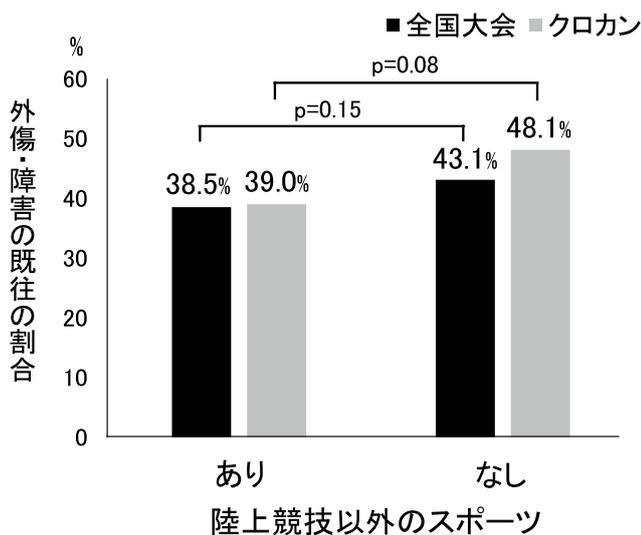


図6. 陸上競技以外のスポーツ活動の有無と外傷・障害の既往の割合

有無と外傷・障害の既往の割合を各々調査すると、陸上競技以外のスポーツも行っている選手の外傷・障害の既往の割合は全国大会では38.5%・クロカンでは39.0%であったのに対し、陸上競技のみ行っている選手では全国大会43.1%・クロカン48.1%と両大会とも陸上競技のみ行っている選手は外傷・障害の既往が多い傾向であった（全国大会 $p=0.15$ 、クロカン $p=0.08$ ）（図6）。

考察

本研究では、小学生の陸上競技における外傷・障害に関する調査を行い、練習が週4日以上選手では週3日以内の選手と比べて外傷・障害の既往が有意に多いこと、小学生クロカンにおいて週3回以内の練習で1日の練習量が1時間であれば外傷・障害の既往が少ないこと、陸上競技のみ行っている選手は外傷・障害の既往が多い傾向であることが明らかとなった。

カナダの陸上競技における世代毎の活動の枠組みを示した「Long Term Athlete Development」⁶⁾にはトップアスリートを育てるためだけでなく、すべての子供の健全な発達のためのスポーツ活動の指針が提供されており、世代毎に適切なトレーニングや競技会、休息などについて記載されている。その中で、小学生後半 (Male 9-12, Female 8-11) は Learning to train stage (Fundamentals 2) とされ、スポーツ活動は1週間にトータルで11時間、陸上競技の活動は全般的な陸上競技の運動を1週間に2～3sessionsで、他のスポーツへの参加を継続することが望ましいとされている。また、前述のように

学童期・思春期において、単一スポーツの高度な特化はオーバーユースによる障害を引き起こすことが報告されている¹⁾。

以上より、本研究の結果を踏まえると、小学生における陸上競技のスポーツ活動は週4日以上練習は行わず、長距離種目は1日1時間までとし、ひとつの競技に特化しないでスポーツ活動を行うことが望ましいと考える。

なお本研究の limitation として、これらの調査は選手や保護者によるアンケートのため、記載された内容に関しては正確でない可能性があり、より医学的な調査・検討および評価が必要であること、練習の内容や強度は不明であること、横断研究であること、練習時間や日数と外傷・障害発症の時期の詳細は不明であることなどがある。

今後調査を続行し、より正確なデータを収集するとともに、小学生の陸上競技における安全・安心な練習量や練習内容・練習強度などを明らかにし、スポーツ外傷・障害予防に努めることが日本陸上競技の競技力向上にもつながると考える。

最後に、今回のアンケート調査報告はスポーツ振興くじ助成金を受けて実施されました。御協力頂きました多くの皆様にこの場を借りて深謝致します。

まとめ

1. 小学生を対象とした陸上競技における大規模なスポーツ外傷・障害調査を行った。
2. 小学生における陸上競技のスポーツ活動は、週4日以上練習は行わず、長距離種目は1日1時間までとし、ひとつの競技に特化しないでスポーツ活動を行うことが望ましい。

本論文に対して、報告者全員に報告すべきCOIはありません。

参考文献

- 1) Bell DR, Post EG, Biese K, Bay C, Valovich McLeod T. (2018) Sport Specialization and Risk of Overuse Injuries: A Systematic Review With Meta-analysis. *Pediatrics*. Sep;142(3):e20180657. doi: 10.1542/peds.2018-0657.
- 2) 日本陸連医事委員会 (2015) 陸上競技ジュニア選手のスポーツ外傷・障害調査 ～第1報 (2014年度版)～ 日本陸上競技連盟

- 3) 日本陸連医事委員会（2017） 陸上競技ジュニア
選手のスポーツ外傷・障害調査 ～第2報（2016
年度版）～ 日本陸上競技連盟
- 4) 日本陸連医事委員会（2018） 陸上競技ジュニア
選手のスポーツ外傷・障害調査 ～第3報（2017
年度版）～ 日本陸上競技連盟
- 5) 日本陸連医事委員会（2019） 陸上競技ジュニア
選手のスポーツ外傷・障害調査 ～第4報（2018
年度版）～ 日本陸上競技連盟
- 6) Long Term Athlete Development. Athletics
Canada. [https://athletics.ca/wp-content/
uploads/2015/01/LTAD_EN.pdf](https://athletics.ca/wp-content/uploads/2015/01/LTAD_EN.pdf)

短距離選手のジュニア期からシニア期への身体変化の性差

鳥居 俊

日本陸上競技連盟医事委員会
早稲田大学スポーツ科学学術院

はじめに

2019年度末から2020年度はコロナ禍にあり、多くの合宿や測定合宿が中止になり、ジュニア選手の身体組成計測もできない状態にあった。また、シニア選手の身体組成計測も近年は実施されていないため、最新のデータを検討することができない。一方、これまでに蓄積されたデータを見直すことで発見できる事実もあり、本報告では2015～2017年に国立スポーツ科学センターで計測したDXAデータをもとに、男女のジュニア期とシニア期の短距離選手の比較を行うことで、選手の身体変化の性差を検討した結果を記す。

対象と方法

2015年度～2017年度にメディカルチェックや測定合宿などで国立スポーツ科学センターにおいて全身モードでDXA測定を行った延べ66名の100Mから400Mを専門とする選手のDXAデータを検討対象とした。高校生までのジュニア期選手が38名、高校卒業後のシニア期選手が28名であり、それぞれの性別内訳はジュニア期で男子22名、女子16名、シニア期で男子18名、女子10名である。

当日計測された身長、体重、DXAデータの下肢除

表1 対象の身長、体重、BMI

		ジュニア期	シニア期
男子	身長	176.6±6.2cm	179.0±2.9cm
	体重	65.9±6.4kg	72.9±4.2kg *
	BMI	21.1±1.4	22.8±1.2 *
女子	身長	165.1±4.5cm	164.6±4.7cm
	体重	54.3±4.0kg	54.9±5.5kg
	BMI	19.9±1.3	20.3±1.8

脂肪量、をジュニア期とシニア期、男女間で比較した。

結果

対象の身長と体重、BMIを表1に示す。男子ではシニア期で有意に体重が多く、有意差があり、BMIも同様であった。

次にDXAデータによる全身の骨量、除脂肪量、脂肪量の比較を示す。全身骨量と骨密度は男女ともジュニア期よりシニア期で有意に高値であり、また

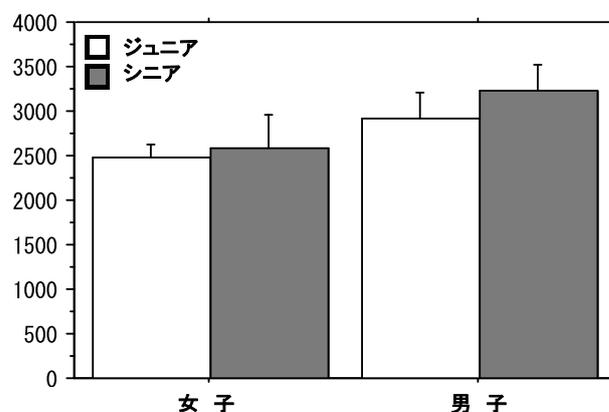


図1 全身骨量の比較

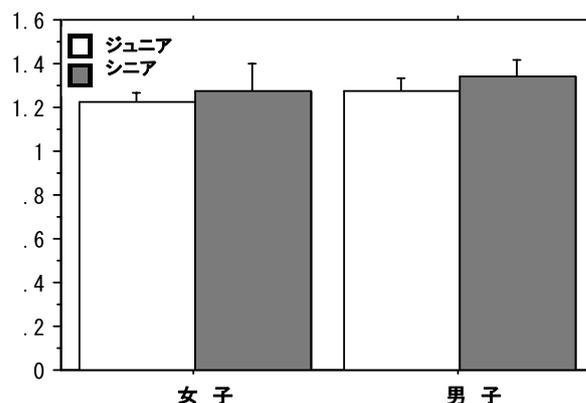


図2 全身骨密度の比較

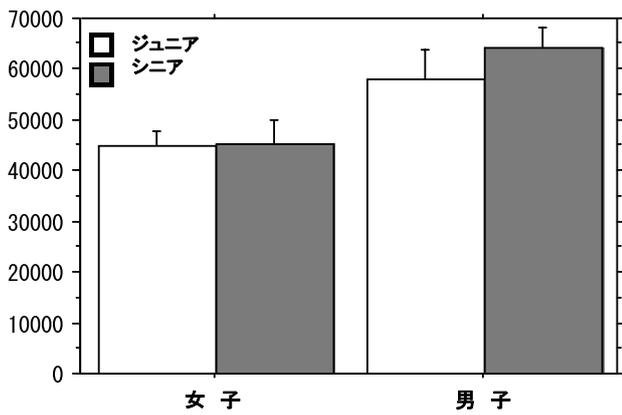


図3 全身除脂肪量の比較

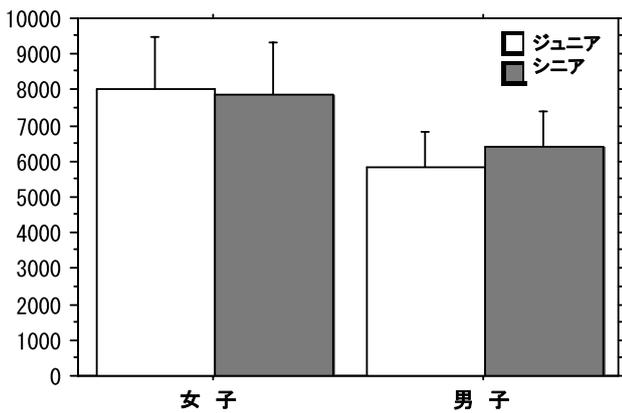


図4 全身脂肪量の比較

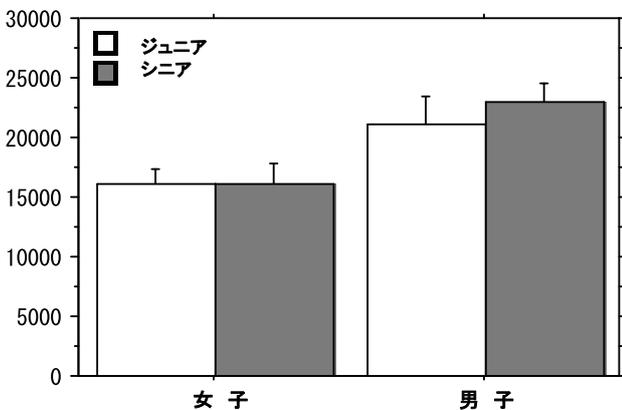


図5 両下肢除脂肪量(筋量)の比較

男子で女子より有意に高かった(図1, 2)。

全身除脂肪量は男子ではシニア期で有意に高く、女子では差がなかった(図3)。脂肪量は有意に女子で多かったが、ジュニア期とシニア期との間に差はなかった(図4)。

両脚の除脂肪量(筋量)は全身除脂肪量と同様に男子ではシニア期で有意に高かったが、女子では差がなかった(図5)。

体重と両脚の除脂肪量(筋量)との関係をプロットすると、図6のように男子ではジュニア期からシニア期へと右上方に移動していくが、女子ではシニ

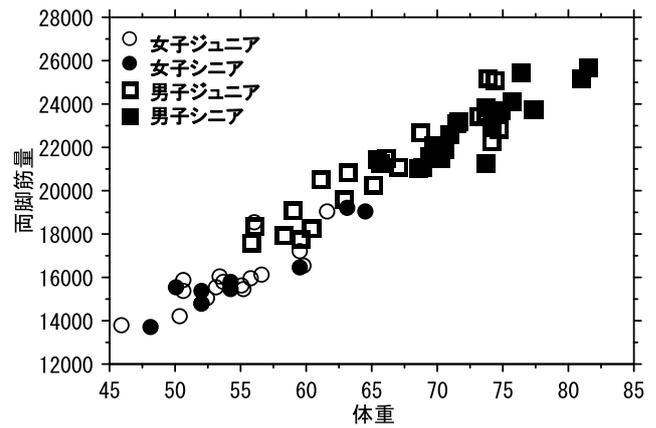


図6 体重と両脚筋量との関係

ア期の多くがジュニア期と同様の位置にあった。

考察

一般成人において、体格や身体組成には性差が存在することは明らかであり、アスリートにおいても同様に差が見られる¹⁾。女性の身体発育は男性より早く、最大身長増加年齢には2年程度の差が存在する。

ジュニア期からシニア期への年齢変化に伴って陸上競技の日本記録も世界記録も向上するが、両時期の身体組成を詳細に検討した報告はない。本報告は最新のデータではないものの、現在も選手として競技活動を行っている選手が多く含まれており、今後のトレーニングが身体作りへの示唆となると期待して分析した結果を示した。

分析によって得られた結果は、男子ではジュニア期に比べてシニア期で体重が高値であり。その内容として骨量、除脂肪量、特に両脚筋量の有意な高値が見られた。これに対して女子ではシニア期で骨量は高値であったものの、除脂肪量、特に両脚筋量に差がなかった。体重と両脚筋量との関係を見ると、男子では右上方にプロットが移動したが、女子ではほぼ同様の位置にあったことから、シニア期の身体がジュニア期とほぼ変わらないことが示唆された。女子においても脂肪量の増加はなかったが、力源となる筋量の増加が課題と思われた。

ジュニア期とシニア期の筋量の差に性差が見られた原因として、金久は思春期以降に女子では筋量の増加が見られにくいことを記している²⁾。金久らは18歳までの男女の筋断面積と筋力を測定し、女子の筋断面積は13歳以降増加が少なく、筋力はその後も増加するものの男子との差が広がることを報告している³⁾。さらに。トレーニング効果の性差も考

えられるが、最近に出された総説⁴⁾において性差は見られないとされている。

一方で、男女のパフォーマンスの違い、特に筋力や筋量は血中のテストステロン値との相関が高いという総説⁵⁾に述べられるように、筋量の性差を埋めることは困難とも考えられる。

本報告はジュニア期の選手をシニア期まで追跡した縦断研究ではないため、対象になったジュニア期選手の筋量が真に増加していないか否かは不明である。単位筋断面積あたりの筋力には性差がないことを金久らは報告している³⁾ことから、筋力を高めるためには筋断面積、すなわち筋量を増加させることが必要である。

今後、このような測定の機会があれば、ジュニア期からシニア期への縦断研究を行うことで、記録の向上と筋量増加との関連性を検討することができるかと期待している。

参考文献

- 1) 鳥居俊：年齢・性別による特徴；公認アスレチックトレーナー専門科目テキスト3，スポーツ外傷・障害の基礎知識．P200，2007.
- 2) 金久博昭：筋量・筋力における性差．体力科学 65:43，2016.
- 3) 金久博昭ら：発育期青少年の単位筋断面積当りの筋力．体力科学 34, Suppl. 71-78，1985.
- 4) Roberts BM, et al.: Sex Differences in Resistance Training: A Systematic Review and Meta-Analysis. J Str Cond Res. 34:1448-1460, 2020.
- 5) Handelsman DJ, et al.: Circulating testosterone as the hormonal basics of sex differences in athletic performance. Endocrine Reviews 39:803-829, 2018.

陸上長距離（マラソン）強化指定選手における国立スポーツ科学センターの メディカルチェックでみられたスポーツ外傷・障害について

奥平修三¹⁾⁸⁾ 安羅有紀²⁾ 鎌田浩史³⁾⁴⁾ 中嶋耕平²⁾ 喜多村祐里⁷⁾ 奥脇 透²⁾ 山澤文裕³⁾⁵⁾
鳥居 俊³⁾⁶⁾ 半谷美夏²⁾ 福田直子²⁾ 西田雄亮²⁾ 橋本立子²⁾ 松田秀一¹⁾ 中田 研⁸⁾
祖父江友孝⁷⁾

- 1) 京都大学医学部附属病院 整形外科 2) 国立スポーツ科学センター スポーツメディカルセンター
3) 公益財団法人日本陸上競技連盟医事委員会 4) 筑波大学医学医療系 整形外科
5) 丸紅健康開発センター 6) 早稲田大学 スポーツ科学学術院
7) 大阪大学大学院医学系研究科 社会医学講座環境医学
8) 大阪大学大学院医学系研究科 健康スポーツ科学講座スポーツ医学

キーワード： マラソン スポーツ外傷・障害 エリートアスリート

Epidemiology of Acute and Overuse Injuries Among Long-Distance (Marathon) Designated Athletes on the Medical Check of the Japan Institute of Sports Sciences Center

Shuzo OKUDAIRA¹⁾⁸⁾ Yuki ARA²⁾ Hiroshi KAMADA³⁾⁴⁾ Kohei NAKAJIMA²⁾
Yuri KITAMURA⁷⁾ Toru OKUWAKI²⁾ Fumihiko YAMASAWA³⁾⁵⁾ Suguru TORII³⁾⁶⁾
Mika HANGAI²⁾ Naoko FUKUDA²⁾ Yusuke NISHIDA²⁾ Ritsuko HASHIMOTO²⁾
Shuichi MATSUDA¹⁾ Ken NAKATA⁸⁾ Tomotaka SOBUE⁷⁾

- 1) Department of Orthopaedic Surgery, Kyoto University Hospital
2) Sports Medical Center, The Japan Institute of Sports Sciences Center
3) Medical Committee, Japan Association of Athletics Federations
4) Department of Orthopaedic Surgery, University of Tsukuba
5) Marubeni Health Promotion Center
6) Faculty of Sport Sciences, Waseda University
7) Division of Environmental Medicine and Population Sciences, Department of Social and Environmental Medicine, Graduate School of Medicine, Osaka University
8) Medicine for Sports and Performing Arts, Department of Health and Sport Sciences, Graduate School of Medicine, Osaka University

Keywords: marathon, sports injuries, elite athletes

要約

エリートレベルアスリートのスポーツ外傷・障害報告は少ない。今回、陸上長距離（マラソン）強化指定選手82人（男46人、女36人）のスポーツ外傷・障害の種類・部位とその頻度について、国立スポーツ科学センターが強化指定選手を対象に実施している年1回のメディカルチェック17年分（2002年1月～2018年12月）を用いて調査を行った。その結果、下肢が全体の83.1%を占めていた。プロブлемは、足/足趾55件（16.9%）、アキレス腱53件（16.3%）、膝45件（13.8%）、大腿42件（12.9%）、足関節35件（10.8%）の順に多かった。男性はアキレス腱、女性は後脛骨筋のプロブлемが最も多かった。また、疲労骨折に関して、男性は大腿部、女性は骨盤/仙骨/臀部と足/足趾の割合が高かった。

Abstract

There are a few reports on sports injuries in elite level athletes. The Japan Institute of Sports Sciences Center conducts annual medical checks for designated athletes. We investigated sports injuries types, sites, and their frequency in 82 long-distance (marathon) designated athletes (46 men and 36 women) using the medical check for 17 years (January 2002-December 2018). As a result, the lower extremities accounted for 83.1% in total problems. The feet / toes were 55 cases (16.9%), Achilles tendon 53 cases (16.3%), knees 45 cases (13.8%), thighs 42 cases (12.9%), and ankle joint 35 cases (10.8%). The most in male was Achilles tendon and that of the tibialis posterior tendon in female. On stress fractures, the proportions of the thighs were high in male and that of the pelvis / sacrum / buttocks and feet / toes in female.

1. はじめに

国立スポーツ科学センターでは 2002 年 1 月より各競技の強化指定選手を対象に毎年 1 回のメディカルチェックを実施している。昨年本紀要で、2002 年 1 月から 2018 年 12 月の期間における陸上短距離 (100m・200m) 選手のスポーツ外傷・障害発生部位とその頻度について報告を行った¹⁾。今回、陸上長距離 (マラソン) 強化指定選手のスポーツ外傷・障害発生部位とその頻度について報告をする。

2. 対象と方法

対象は 2002 年 1 月から 2018 年 12 月までの 17 年間に国立スポーツ科学センター (以下 JISS) において JISS でメディカルチェックを受けた陸上長距離強化指定選手で、オリンピック、マラソングランドチャンピオンシップ (MGC)、世界陸上、アジア大会および東アジア大会にマラソン代表候補として選出された陸上長距離強化指定選手 (以下、マラソン強化指定選手) 82 人 (男 46 人、女 36 人) である。メディカルチェックは JISS の常勤医師および日本陸上競技連盟の医師により 内科、整形外科および歯科について年毎または日本オリンピック委員会 (JOC) 派遣大会前に実施されている。メディカルチェックで認められた各選手のスポーツ外傷・障害 (以下、外傷・障害) は、国際オリンピック委員会 (IOC) の外傷・障害および疾患サーベイランス分類に準じて身体を 24 部位に分け²⁾、「プロブレム」として登録を行った。プロブレムは基本的には診断名であるが、診断がつかない場合に問題点を入力すると JISS で取りきめられている項目である。さらにプロブレムは Active (治療や検査が必要)、Follow (経過観察が必要)、Inactive (問題なしや解決済み) の 3 段階で評価を行い、今回 Active と Follow を調査対象とした。プロブレムの集計方法は先行研究にならい、複数回のメディカ

ルチェックを行った場合、実施間隔が 3 か月以内の同一プロブレムは 1 回とカウントした。また、同じプロブレムが複数年にわたる場合、1 年毎に 1 回とカウントした³⁾⁻⁵⁾。

3. 結果

マラソン強化指定選手の初回受診時の平均の年齢、身長、体重および BMI とその範囲は年齢：男性 26 才 (17-34 才)、女性 25 才 (18-37 才)、身長：男性 171.4cm (161.0-189.3cm)、女性 158.4cm (150.4-168.2cm)、体重：男性 57.0kg (46.0-73.2kg)、女性 44.8kg (36.0-54.4kg)、BMI：男性 19.4 (17.5-22.1)、女性 17.9 (15.6-21.1) であった (表 1)。また、外傷・障害件数であるプロブレム数 (Active と Follow を合わせた数) は総数 325 件 (男 180 件、女 145 件) であった (表 1)。

部位別プロブレム (男女別) は図 1 のとおりで、頭部・体幹 13.9%、上肢 1.5%、下肢 83.1% で下肢が大部分を占めていた。頻度の高い 5 部位は、男性は 1. アキレス腱 21.1% (38 件)、2. 膝 15.6% (28 件)、3. 足 / 足趾 15.0% (27 件)、4. 大腿 12.2% (22 件)、5. 下腿 9.4% (17 件)、女性は 1. 足 /

表 1 マラソン強化指定選手の初診時のプロフィールとプロブレム数 (2002 年 1 月 -2018 年 12 月)

	男	女
人数	46	36
年齢 (才)	26 (17-34)	25 (18-37)
身長 (cm)	171.4 (161.0-189.3)	158.4 (150.4-168.2)
体重 (kg)	57.0 (46.0-73.2)	44.8 (36.0-54.4)
BMI	19.4 (17.5-22.1)	17.9 (15.6-21.1)
プロブレム数	180	145

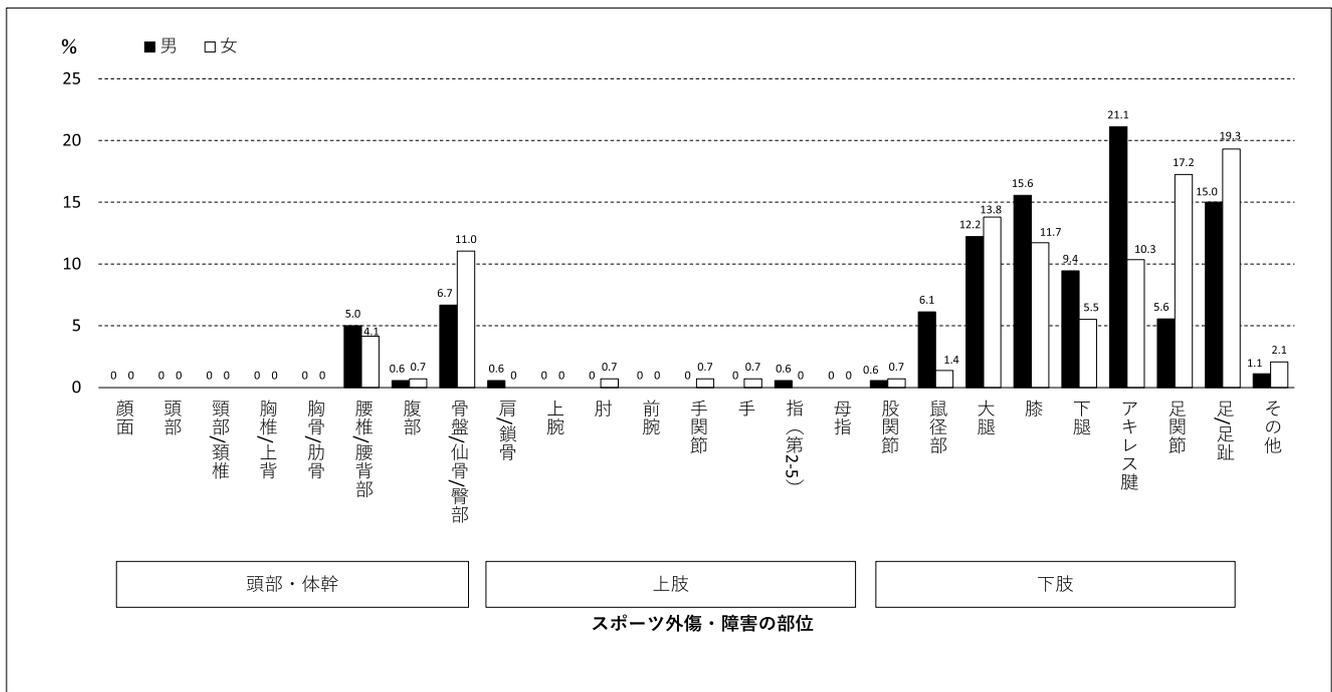


図1 マラソン強化指定選手のスポーツ外傷・障害とその割合 (%)

足趾 19.3% (28 件)、2. 足関節 17.2% (25 件)、3. 大腿 13.8% (20 件)、4. 膝 11.7% (17 件)、5. 骨盤/仙骨/臀部 11.0% (16 件)であった。

また、部位別プロブレム総数は、足/足趾 55 件 (16.9%)、アキレス腱 53 件 (16.3%)、膝 45 件 (13.8%)、大腿 42 件 (12.9%)、足関節 35 件 (10.8%) の順に多くアキレス腱・足関節・足/足趾で全体の 44.0% (下肢の 53.0%) を占めていた。これらの部位のプロブレム上位 3 つは、足/足趾は 1. 足底腱膜炎、2. 疲労骨折、3. 外反母趾、アキレス腱は 1. アキレス腱炎・周囲炎、2. アキレス腱部痛、3. アキレス腱症、膝は 1. 腸脛靭帯炎、2. (膝)滑膜ひだ障害、3. 大腿四頭筋腱炎、大腿は 1. ハムストリングス肉ばなれ/付着部炎、2. (大腿)疲労骨折、3. 大腿部痛、足関節は 1. 後脛骨筋腱障害、2. 足関節捻挫・靭帯損傷、3. 足関節部痛で、プロブレムとして多かったのは順にアキレス腱炎・周囲炎 36 件、後脛骨筋障害 20 件、ハムストリングス肉ばなれ/付着部炎および腸脛靭帯炎 18 件、足底腱膜炎 16 件であった (表 2)。

4. 考察

マラソン強化指定選手のメディカルチェックにおけるプロブレムは、下肢が全体の 83.1% を占め、足/足趾 55 件 (16.9%)、アキレス腱 53 件 (16.3%)、膝 45 件 (13.8%)、大腿 42 件 (12.9%)、足関節 35 件 (10.8%) の順に多かった。van Gent ら (2007) およ

表 2 マラソン強化指定選手の受傷部位における上位 3 プロブレム (2002 年 1 月 -2018 年 12 月)

足/足趾	男	女	計
足底腱膜炎	7	9	16
疲労骨折	7	4	11
外反母趾	0	7	7

アキレス腱	男	女	計
アキレス腱炎・周囲炎	26	10	36
アキレス腱部痛	7	4	11
アキレス腱症	5	0	5

膝	男	女	計
腸脛靭帯炎	12	6	18
(膝)滑膜ひだ障害	5	2	7
大腿四頭筋腱炎	3	1	4

大腿	男	女	計
ハムストリング肉ばなれ/付着部炎	4	14	18
(大腿骨)疲労骨折	8	0	8
大腿部痛	6	2	8

足関節	男	女	計
後脛骨筋腱障害	3	17	20
足関節捻挫・靭帯損傷	4	2	6
足関節部痛	2	2	4

び Kluitenberg ら (2015) は、下肢のランニング傷害の発生率は 19.4% から 79.3% の範囲と述べており^{6,7)}、今回の結果は彼らの報告より多かった。

また、一般ランナーを対象とする報告では、横江

(1988)⁸⁾は、357人(男306人、女51人)に393例の障害を認め、膝49.1%、足17.3%、下腿9.9%、腰9.4%と述べている。樽本(1999)⁹⁾はハーフマラソン出場男子340人への調査で、障害の既往は35.0%、障害部位は膝35.9%、足24.1%、腰部13.2%、下腿12.1%、大腿11.5%の順で、年齢による発症部位の違いに有意差はなかったと報告している。プロブレムと障害の違いはあるが、エリートアスリートは一般ランナーと異なり、足/足趾やアキレス腱にプロブレムが多かった。

性差に関して、Francis(2018)¹⁰⁾は解析で性差は認めなかったと述べているが、JISSにおけるメディカルチェックのプロブレム割合は足/足趾、アキレス腱、膝、大腿、骨盤/仙骨/臀部は男女同程度であった。しかし、腓骨部とアキレス腱は男性に多く、反対に足関節は女性に多かった。このことより、マラソン強化指定選手では性差を認める部位がある可能性が考えられた。

疲労骨折は、骨盤/仙骨/臀部9件(男4件、女5件)、大腿8件(男8件)、下腿(男4件、女1件)、足/足趾11件(男7件、女4件)で、全体の10.2%であった。日本陸連医事委員会の調査^{11,12)}では、疲労骨折は2017年度全国大学駅伝の322人(男179人、女128人)の24.8%、2014年度全国高校駅伝498人(男293人、女205人)の32.9%と報告されている。そして、大学(男/女)・高校の“ふともも”の各疲労骨折6.4%、11.6%および6.2%に比べ、本編の大腿部の疲労骨折は24.2%(33件中の8件)と大きく、割合が高い要因として競技種目や競技レベルの違い、データ数の問題などとの関連が考えられた。

5. まとめ

2002年1月から2018年12月にかけてJISSでメディカルチェックを受診したマラソン強化指定選手82人(男46人、女36人)のスポーツ外傷・障害発生部位とその頻度について報告を行った。エリートレベルのマラソン選手は、下肢のプロブレムが83.1%で、男性はアキレス腱、女性は後脛骨筋のプロブレムが最も多かった。また、疲労骨折に関して、男性は大腿部、女性は骨盤/仙骨/臀部と足/足趾の割合が高かった。今後、JISS スポーツクリニック外来の診療録情報なども用い、プロブレムに登録された外傷・障害部位間の関連や並存する外傷・障害との関連、および外傷・障害の治療期間に対する競技特異性などについて検討予定である。

本編は、平成27年度～令和2年度スポーツ庁受託事業「スポーツ研究イノベーション拠点形成プロジェクト(SRIP)」における成果である。

5. 参考文献

- 1) 安羅有紀、鎌田浩史、中嶋耕平、喜多村祐里、奥平修三、奥脇透、半谷美夏、福田直子、西田雄亮、中田研、祖父江友孝(2019)陸上短距離(100・200m)強化指定選手における国立スポーツ科学センターのメディカルチェックでみられたスポーツ外傷・障害について. 陸上競技研究紀要 15:317-320.
- 2) Junge A, Engebretsen L, Alonso J M, Renström P, Mountjoy M L, Aubry M and Dvorak J. (2008) Injury surveillance in multi-sport events - the IOC approach. Br J Sports Med, 42 (6): 413-21. https://stillmed.olympic.org/Documents/Reports/EN/en_report_1336.pdf
- 3) 半谷美夏、金岡恒治、奥脇透(2010)一流水泳競技選手のスポーツ外傷・障害の実態 - 国立スポーツ科学センタースポーツクリニック受診者の解析 - 整形スポ会誌 30(3), 161-166.
- 4) 山澤文裕、鳥居俊(2016)陸上競技におけるメディカルチェック. 臨床スポーツ医学, 33:202-206.
- 5) 佐道准也, 奥平修三, 喜多村祐里, 中嶋耕平, 奥脇透, 半谷美夏, 福田直子, 藤木崇史, 水谷有里, 松田秀一, 中田研, 祖父江友孝(2017)スポーツ外傷・障害予測の試み(会議録). 日本臨床スポーツ医学会誌, 25: S314.
- 6) van Gent RN, Siem D, van Middelkoop M, et al. (2007) Incidence and determinants of lower extremity running injuries in long distance runners: a systematic review. Br J Sports Med 41:469-480
- 7) Kluitenberg B, van Middelkoop M, Diercks R et al. (2015) What are the Differences in Injury Proportions Between Different Populations of Runners? A Systematic Review and Meta-Analysis. Sports Med. Aug;45(8):1143-61
- 8) 横江清司(1988)ランニング障害の臨床的研究. 体力科学, 37(6):736
- 9) 樽本つぐみ・梶原洋子・木村一彦ほか(1999)一般市民男子ランナーにおける障害の実態～第10回加古川ハーフマラソン大会の実態調査から

～（会議録）. 日本体育学会第50回記念大会誌：
398.

- 10) Francis P, Whatman C, Sheerin K, et al.
(2018) The Proportion of Lower Limb Running
Injuries by Gender, Anatomical Location and
Specific Pathology: A Systematic Review.
Journal of Sports Science and Medicine. 18:
21-31
- 11) 日本陸上競技連盟 (2016) 陸上競技ジュニア
選手のスポーツ外傷・障害調査 - 第2報 - (2016
年度版). [https://www.jaaf.or.jp/pdf/about/
resist/medical/20170418-2.pdf](https://www.jaaf.or.jp/pdf/about/resist/medical/20170418-2.pdf)
- 12) 日本陸上競技連盟 (2018) 陸上競技ジュニア
選手のスポーツ外傷・障害調査 - 第4報
-(2018年度版). [https://www.jaaf.or.jp/files/
upload/202005/16_125001.pdf](https://www.jaaf.or.jp/files/upload/202005/16_125001.pdf)

陸上競技研究紀要 第16巻

編集後記

本号では、原著論文3編、研究資料1編、そして特集「エリートジュニア競技者の運動・スポーツ歴、栄養摂取および心理的特性に関する調査の総括と展望」に4編、メディカルレポートに4編、科学委員会の報告に22編を掲載することができました。著者の方々に加え、査読および編集の労を担っていただいた方々に敬意を表します。特集では、長年にわたって実施されたインターハイ入賞者を対象としたアンケート調査の結果をもとめた内容になっています。これまで調査にご協力いただきました選手、保護者、指導者および大会関係者に心より感謝申し上げます。ジュニア選手の長期育成に資する知見は日本陸上競技発展の核と言えます。2018年に公表された競技者育成指針、2020年に公表された指導者育成指針に沿う具体的な知見となっています。指導者の方々にご自身の指導してきた競技者について、指導内容について振り返っていただく機会になりましたら、本号がその役割を果たすこととなります。批判的なご意見も含めて指導者の方々に考えるきっかけとなり、議論が深まることを期待しております。

コロナ禍において、これまで当たり前におこなっていた陸上競技が、日常の活動形態および競技会の開催のためのガイダンスを遵守し、体調のモニタリング、マスクやアルコール消毒およびソーシャルディスタンスなどの感染防止、多くの対策を余儀なくされています。これらは、ウィルスや感染症について科学研究が進んでいたにもかかわらず、現実にパンデミックが起るとエビデンスの不確かさや現実世界における実装および予測の困難さを露呈しました。科学の時代といえども、科学を現実社会に活かすことが如何に難しいことを示していると考えられます。これを陸上競技の科学に当てはめると、選手のパフォーマンス向上やコーチの指導力育成など、役立てたいことを想定した研究が行われているものの、実際に役立てることは簡単でないことは当然かもしれません。エビデンスと言われる科学的知見を役立てるためには、実践する選手やコーチのリテラシーが必要不可欠です。コロナにおけるエビデンスが活用しきれていない背景には、政治家、メディア、および一般大衆におけるリテラシーの低さも影響していると思われます。陸上競技においても科学的エビデンスを実践に役立てるのは実践している競技者やコーチです。本号が指導者および研究者のお手元にお届けでき、エビデンスに基づく実践の一助となることを願っております。

2021年3月
文責 榎本靖士

【陸上競技研究紀要第16巻 編集委員会】

「陸上競技研究紀要」第16巻

2021年3月31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

〒160-0013 東京都新宿区霞ヶ丘町4-2

JAPAN SPORT OLYMPIC SQUARE 9階

TEL : 050-1746-8410

Bulletin of Studies in Athletics of JAAF



よりアスレティックでいよう
ライブのアスレティックを体験しよう