

陸上競技研究紀要

Vol.14, 2018

ISSN1349-7596

Bulletin of Studies in Athletics of JAAF



contents

特集企画

ジュニア競技者育成における
身体リテラシーの意義

資料報告

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



写真提供: 森田直樹/アフロスポーツ

JAAF

Japan Association of
Athletics Federations

「陸上競技研究紀要」

(Bulletin of Studies in Athletics of JAAF)

投稿規定

陸上競技研究紀要編集委員会

1. 投稿資格について

特に制限は設けない。

2. 投稿内容および種類について

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

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

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

3. 採否等について

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

4. 原稿の書き方について

原稿は原則として、ワードプロセッサで作成する。本文は、横42文字×縦38字で1頁とする。（1頁は約1600字、刷り上がり10頁以内、図表もその頁数に含む、すべて白黒にて作成）英文は、A4サイズタイプ用紙を使用し、15枚以内を原則とする。

計量単位は、原則として国際単位系（m, kg, sec など）とする。

また、英文字および数字は半角とする。

5. 文献の書き方について

本文中の文献は、著者（発行年）という形式で表記する。

例）田中（1996）は -----

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

ジの順とする。

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

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

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

例）田中ら（1996 b）は，-----

6. 原稿の提出先

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

〒163-0717

東京都新宿西新宿 2-7-1

小田急第一生命ビル 17 階

日本陸上競技連盟

「陸上競技研究紀要」編集委員会宛

(Tel 03-5321-6580 Fax 03-5321-6591)

E-mail: kiyou@jaaf.or.jp

7. 原稿の締め切り

原稿の締め切りは特に設けず，随時受理し，査読を行う。ただし，2018年度版は，2019年1月末日とする。

8. その他

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

(2018年11月 改訂)









あ い さ つ

公益財団法人日本陸上競技連盟
専務理事 尾縣 貢

来シーズンは、いよいよ東京オリンピック・パラリンピックの年です。2019年シーズンは、これまでに取り組んできた種々の活動の仕上げの年となることでしょう。強化活動もさることながら、医事、科学面からのサポート活動、そしてそのエビデンスをつくっていく研究活動も佳境に入っていきます。

研究・サポート活動の中心テーマは、やはり酷暑にどう立ち向かうか。昨年のジャカルタのアジア競技大会では、酷暑の環境下での戦い方やコンディショニングは、東京オリンピックにも共通するものであるという認識から、科学委員会を中心に現地でのサポート活動を展開していただきました。男子 50km 競歩では、1 ラップ毎に選手のキャップを氷で冷やしたものに取り替えたり、レース中の体表面温度の推移に関するデータ収集など、東京オリンピックを見据えた暑熱対策を展開していただきました。こういった医・科学の力は、日本の強みであると言えます。科学的データの積み重ね、そしてそこから得られた知見の伝承も東京オリンピックのレガシーとなるでしょう。

東京オリンピックに向けた強化活動とともに、現在、推進しているのが、「一人でも多くの人が陸上競技を楽しみ、そして関わり続けるために」をスローガンとする日本陸連競技者育成指針（昨年 11 月公表）の実現に向けた施策の展開です。この指針には、人生を 6 つのステージに分けて、それぞれのステージでのスポーツおよび陸上競技への関わり方が明確に示されています。この育成指針の中で、頻出するワードが“身体リテラシー”です。簡単に言うと、“身体リテラシー”は、“体の賢さ”を指します。今回は、「ジュニア競技者育成における身体リテラシーの意義」を特集として取り上げていますので、今後の競技者育成活動の参考にしていただければ幸いです。

皆様の陸上競技に関する様々な取り組みに、この「陸上競技紀要」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.14 2018

目 次

【特集企画】

ジュニア競技者育成における身体リテラシーの意義
..... 1

【資料報告】

得点分析にもとづく女子七種競技者のアセスメントのための基準値の作成
.....村山凌一ほか・・36

データベースを利用した新しい競技力指標と心理テストの関係性の検討
.....橋本泰裕・・48

陸上競技選手におけるスポーツ歴の特徴－学生選手に対するU19までの軌跡調査－
.....三上なつきほか・・56

女子走幅跳高校記録保持者の高校3年間にわたる踏切および踏切準備における
キネマティクス的特徴の縦断的变化
.....柴田篤志ほか・・67

軽量円盤および重量円盤の投てきがリリースパラメータに与える影響
－選手の投能力に着目して－
.....黒田剛志ほか・・76

【日本陸連科学委員会研究報告 第17巻(2018)陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2018】
.....83

【エキサイティング メディカル レポート】
.....251

特集企画
ジュニア競技者育成における身体リテラシーの意義

特集「ジュニア競技者育成における身体リテラシーの意義」によせて

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、「2028年までに世界のトップ8、2040年までに世界のトップ3（アジアのNo.1）を目指した競技者の育成・強化を推進する」、「アスレティックファミリー（競技会参加者、審判、指導者）を2028年までに150万人、2040年までには300万人に拡大させる」などの具体的な数値目標を設定した。また、2018年9月には、上記の目標達成に向けて、陸上競技の普及と競技者の育成・強化の両面を見据え、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具体的に示した「日本陸上競技連盟・競技者育成指針（以下「指針」という。）」を策定した。

この指針では、若年期競技者を取りまく現状と課題を踏まえて、「陸上競技に接する幅広い機会の提供」、「基礎的な運動能力を適切に発達させるための活動支援」、「多様なスポーツおよび複数種目の実施を奨励」など、今後の競技者育成の方向性が提示されている。また、それらの方向性を踏まえ、競技者の育成過程において身体的および精神的（知的）な成長の最適化を図るために、年齢（学年）や発育発達段階を考慮した6つのステージ別の具体的な留意点なども示されている。ここでは、特に幼少年期において基礎的な身体活動や運動・スポーツ活動を多様に経験することの重要性が強調されており、その中核となるキーワードとして「身体リテラシー（physical literacy）の育成」が挙げられている。

身体リテラシーは、指針の中では「さまざまな身体活動・運動・スポーツについて自信をもって行うことができる基礎的なスキル」と定義づけられているが、「運動を楽しく、有能感をもって、意欲的に行えるといった心理的な側面、あるいは仲間と協調・協働できる社会的側面」も含まれることや、このリテラシーが身につくことによって「生涯を通して健康的で活発なライフスタイルを送ることが期待できる」と補足されるなど、生涯にわたるスポーツ実践を通して涵養されるべきリテラシー（能力）であると考えられている。

本紀要では、これまでジュニア競技者の育成に焦点化し、「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）」などのテーマの特集が組まれてきており、これらの内容は指針の作成過程においても大いに参考にされ活用もされてきた。そして、身体リテラシーは、これら過去の特集においても、発育段階で最も重視すべき育成目標として随所に登場してきた中核的な概念といえるが、我が国ではまだまだ馴染みが薄く、否、国際的にも、その概念規定に関してはまだ議論の途上にある。

そこで本号では、特集のテーマを「ジュニア競技者育成における身体リテラシーの意義」に設定し、その概念をめぐる論考や身体リテラシー育成の実践事例などに関する議論を展開していただくこととした。この身体リテラシーの概念を明確にするとともに、とりわけ小・中学校期の指導現場における理解と共有を促すことは、陸上競技の普及・啓発はもとより、今後、指針をベースとした競技者育成プログラムの作成や強化育成システムの構築などを展望するうえでも必須であると考えられる。本特集が、そのきっかけとなれば幸いである。

<特集企画> ジュニア競技者育成における身体リテラシーの意義

目 次

陸上競技青少年育成モデルを再考する・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	4
― 身体リテラシー育成との関連から日本小学校陸上を展望 ―	
伊藤静夫	
競技スポーツと生涯スポーツを融合させた若い競技者育成モデルの普及に向けた課題：・・・	12
北米における身体リテラシーの普及状況に着目して	
早乙女 誉	
IAAF キッズアスレティックスと身体リテラシー・・・・・・・・・・・・・・・・	19
―IAAF キッズアスレティックスの理念と我が国での展開―	
小林敬和	
キッズアスレティックスの実践と身体リテラシー・・・・・・・・・・・・・・・・	25
―キッズアスレティックスにおいて身体リテラシーはどのように捉えられているか―	
森 健一	

陸上競技青少年育成モデルを再考する — 身体リテラシー育成との関連から日本小学校陸上を展望 —

伊藤静夫

一般財団法人東京マラソン財団

はじめに

本特集では、身体リテラシーがテーマに取り上げられた。身体リテラシーは人の身体活動の基盤となる身体能力であり、当然、発育段階の青少年競技者を育成する上でも重要な育成目標になる。近年、青少年競技者の育成をめぐる理論的、実践的立場から多くの議論があり、身体リテラシーも注目されている。2018年に発行された日本陸連の「競技者育成指針；JADM」においても、身体リテラシーは競技者育成の重要な育成目標の一つとして取り上げられた。

一方、青少年競技者の育成に関して、負の側面も指摘される。早い時期から一種目に絞ったいわゆる早期専門化の弊害が叫ばれて久しい。また、早期専門化は身体リテラシー育成のさまたげにもなっている。若年期から専門的なトレーニングが優先されれば、基礎的な身体リテラシーの育成がないがしろにされてしまう (Roetertら 2018)。

青少年競技者の育成をめぐる「遺伝か環境か」あるいは「素質か練習か」といった二項対立の議論があるなかで、上記の実状に鑑みれば、「基礎か専門化か」という別の対立議論が今日的な課題として浮上する。本来、両者は調和して基礎から専門へと進められるべきものであるが、その調和が大きく揺らいでいるからである。近年各国で競技者育成モデルが考案され、推奨されているのも、根底にはその対策が意識されていることであろう。そこで本稿では、現在提案されている青少年競技者育成モデルについて、基礎育成の要となる身体リテラシーに視点を当てつつ、これらのモデルを再度整理し論じてみたい。

そして最後にこうした動向から、しばしば早期専門化の弊害が指摘される日本の小学校陸上について今後の展望を改めて考えてみたい。

青少年競技者育成モデルの位置づけ

競技者育成に関する注目すべき総説論文が2015、2016年に相次いで出された (Bergeronら 2015, Reesら 2016)。前者はIOC医科学委員会が、後者はUKスポーツがいずれも国際的な研究プロジェクトを編成し、現時点での競技者育成に関する科学的エビデンスを検証し総括している。内容の詳細は、原著はもとより、本誌においても詳細に紹介されているので参照されたい (伊藤ら 2016, 伊藤ら 2017)。

両論文に代表されるように、世界各国で競技者育成モデルが盛んに議論されるようになったが、青少年期の育成には二つの方向性がみてとれる。一つは、その種目にいつから本格的に取り組むのがよいのかという専門化の問題、今ひとつは、一つのスポーツ種目に限定するか、いろいろな遊び、身体活動、スポーツ活動を経験するか、という複数スポーツ実施の問題である。

この二つの方向性を軸に競技者育成モデルを整理してみると図1のように4タイプにまとめられる。

1. 早期専門化型

A 単一種目型＝タレント発掘・育成システムおよび deliberate practice モデル

発育期の早い段階で子どものスポーツ適性を見出し、一つの種目に絞り専門的に育成する単一種目早期専門化モデルがある。1970～80年代、旧東ドイツをはじめ東欧社会主義国において行われたタレント発掘・育成システムがこれに当たる。

その後、この育成モデルに科学的根拠を与えたのがEricssonら(1993)であった。スポーツに限らず、科学、芸術、ビジネスなど幅広い分野にわたって世界一流に到達した人たちの経歴を調べ、早期から専

1. 早期専門化型

A. 単一種目型 = タレント発掘・育成システム



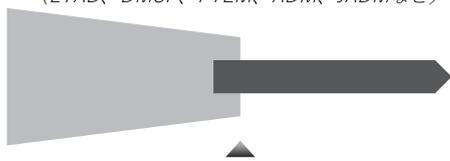
B. 複数種目型 = 北米シーズン制



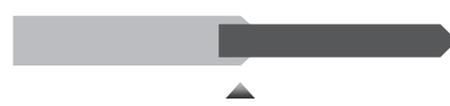
2. 後期専門化型

C. 複数種目型 = 長期競技者育成モデル

(LTAD, DMSP, FTEM, ADM, JADMなど)



D. 単一種目型 = 日本陸上モデル (JADM)



小学校期 中学校期 シニア期

- 専門種目のトレーニング
- 他スポーツのトレーニング
- ▲ 専門化する時期

図1 青少年期における競技者育成モデルの比較

門的練習「deliberate practice (集中練習)」を長期間継続することの重要性を説いた。

1990年代以降、東欧社会主義諸国の崩壊とともに上記のような育成システムは消滅するが、タレント発掘・育成というアイデアは形を変え自由主義諸国に継承されていった。なかでもオーストラリアは、全国レベルでタレント発掘・育成システムを導入し、1976年モントリオール・オリンピックでわずか5つのメダル獲得であったものを2000年のシドニーオリンピックでは60個のメダル獲得へと押し上げた。日本では、2004年からの福岡県を筆頭にいくつかの都道府県でタレント発掘事業が実施されており、また2017年からスポーツ庁や日本スポーツ協会などの中央組織が主導するタレント発掘事業が実施されている。

さて、こうしたタレント発掘・育成システムは、旧東ドイツやオーストラリアに代表されるように、一般に成功事例として受け取られてきた。しかし、その科学的検証が行われたのはごく最近のことである (Vaeyens 2009)。それによると、発掘された競技者の多くは途中で脱落し、シニアで国際級レベル

に到達できたものは一部に過ぎない。国家やスポーツ団体にとっても、システムへの投資効果は低いと言わざるを得ない。

また、旧東ドイツのエリート競技者の調査結果から、興味深い所見が浮き彫りにされた。国際水準の成績を上げた選手と国内水準にとどまった選手とを比較したところ、青少年期の専門種目のトレーニング量は両者に差が認められなかったが、専門外のスポーツ種目の実施時間では意外にも国際級エリート競技者の方が多かった (Güllich ら 2006)。青少年期に一種目に集中した専門的トレーニングは必ずしもシニア期での競技力向上につながらず、むしろ複数スポーツを経験することの効果性を再認識する結果であった。

タレント発掘・育成システムの評価はいまだ定まらず今後の検証を待たなければならないが、旧東ドイツのシステムには案外柔軟なところがあり、単一種目早期専門化型という枠におさまらないものだったようだ。早期専門化の効果以上に、個々の競技者の個別の工夫や努力が競技力向上に貢献したのかもしれない。

さて、早期専門化システムにはそのリスクも指摘されてきた。社会的孤立、過度の依存、バーンアウト (燃え尽き症候群)、心理的・社会的リスク、オーバユース傷害、発育障害などの健康障害があげられ、その弊害は21世紀になってより顕在化してきた。早期専門化のリスク対策が競技者育成の重要な課題になり、一種目に専念するよりいろいろな身体活動やスポーツを経験することの方が効果的であるという考え方にシフトしてきた (Cote ら 2009、Wojtys ら 2013)。

B 複数種目型＝アメリカ・シーズン制モデル

複数スポーツの経験を重視し、いち早く取り組んできたのがアメリカのスポーツシステムであった。アメリカでは、子どもから大学まで年間を通じて一つのスポーツだけでなくシーズン制をとることによって複数種目を経験するように制度設計されている (伊藤 1993)。同時にシーズン制は、競技者のスポーツ活動を規制する。したがって、リトルリーグ・ベースボールに代表されるように、幼少年期から大人の管理下で行われる組織的スポーツを行うことになり、その意味から図1では早期専門化型に位置づけた。

一世紀以上の長い歴史を有すアメリカの子どもスポーツにおいて、すでにその草創期にあつて過熱化、早期専門化が顕著になり、勝利至上主義、商業主義

など種々の弊害を生んだ。これに対処するため、アメリカ社会は発育期に適合するように競技規則や競技会制度の改善を図ってきた。こうしたいわば教育的配慮の象徴的存在としてシーズン制が導入され今日に至っている。

ところがこの30年間、そのスタンダードモデルにも変調をきたし、再び過熱化、早期専門化が顕在化しているという。特に子どもの健康を守らなければならないという医学的な立場から問題提起がされている(Coteら2009、Malinaら2010、LaPradeら2016)。

恐らくこうした背景もあって、最近、アメリカオリンピック委員会は競技団体と協力して米国アスリートの再建に向けた競技者育成モデル(American Development Model: ADM)を作成した。本モデルでは、長期的展望に立ち発育発達に応じた適切なスポーツ活動を推奨している。詳細は、本誌2016年号に掲載されているので参照頂きたい(森丘2016)

実は、アメリカと類似したスポーツシステムをとる隣国カナダでは、すでに15年前、次項で述べる長期競技者育成計画(Long-Term Athlete Development: LTAD)を作成している。LTADは、ADMの手本ともなっているが、現在多くの国の育成モデルとして普及している。

2. 後期専門化型

C 複数種目型 = 長期展望に立った育成モデル (LTAD、DMSP、FTEM、ADM、JADMなど)

子どものスポーツの早期専門化現象は世界的な傾向でもあるが、そのリスクが指摘されているのもすでに述べたとおりである。

これに対処すべく、世界各国で青少年競技者の育成に対する基本的な見直しが始まっている。まずイギリスは、2002年にスポーツ政策「ゲームプラン」を打ち出し、その中の施策としてLTADを提示した。LTADは直ちにカナダにも引き継がれ、2005年カナダ・スポーツ省は「カナダ・スポーツ政策」実施基本計画を策定し、その中にLTADを導入した。それは、まさに図1-Aタイプの早期専門化を基調とするタレント発掘・育成システムとは正反対の方向を向く。すなわち幼少年期には、多様な遊び、身体活動、スポーツを幅広く経験し専門化を遅くする方向である。

LTADの詳細は本誌別掲に譲るが(伊藤ら2015、伊藤2016)、LTADで特に注目したいのは、身体リテラシー育成を青少年期における競技者育成の中核

に位置づけたことである。これによって、発育発達段階に応じた適切な育成が可能となり、早期専門化の弊害が回避できると考えられたのである。

またオーストラリアは、それまでのタレント発掘・育成事業の経験をいかし、独自の長期育成計画FTEMを提示した。ここでも、思春期前の育成段階において基礎的運動スキル(身体リテラシー)の育成を主眼に置いている。

このほかカナダのCoteら(2007)は、Ericssonら(1993)の提示したdeliberate practiceに対比させdeliberate playという概念を提示し、思春期前には非組織的のスポーツ活動を多様に経験することを勧めた長期育成モデル「スポーツ参加の育成モデル」(Developmental model of participation; DMSP)を提唱している。具体的な言及はないが、やはりここでも身体リテラシー育成を奨励する論旨になっている。すでに述べたアメリカのADM、日本陸連のJADMも、この長期展望育成モデルに位置づけられる。

以上、21世紀になって提示された競技育成モデルは、いずれも後期専門化を基調とし、子どもの時期には複数スポーツを推奨する図1-Cタイプのものになっている。

D 単一種目型 = 陸上競技

ただし、日本の陸上競技の成功事例を調べてみると、図1-Cの育成モデルには当てはまらず、図1-Dの単一種目後期専門型に近いイメージになる。そこでこの日本型の陸上競技成功モデルについてさらに詳しく検討してみたい。

1) 陸上競技は後期専門化型

まず、陸上競技は専門化が遅いスポーツであることを振り返っておきたい。渡邊ら(2013、2014a)が日本のオリンピック・世界選手権代表選手104名を対象にアンケート調査した結果では、陸上競技を専門的に始めたのはおもに中学校期からであった(男子70%、女子65%)。IOCがアテネオリンピックの代表選手を世界規模で調査した結果でも、陸上競技選手は中学校期(13-14歳)に専門化する例が最も多い(Vaeyensら2009)。

はたして、陸上競技の成功モデルは後期専門型なのか、各国でその検証が行われるようになった。

むろん、思春期前から陸上競技を専門的に始める子どもたちも数多く、図1-Aの「タレント発掘」の発想からすれば、早期に陸上競技を専門的に始めるのは将来の競技力向上に有利なはずである。はたし

て、青少年期の競技成績はシニア期の成績につながっているのか？ 近年そうした観点から、陸上競技においてもその具体的検証が盛んに行われている。

イタリアの例では、走幅跳び、走高跳び男女約5,000人を対象に12歳からシニアにおいてベスト記録を達成するまでの競技歴を追跡調査したが、16歳以前の成績はシニア期の成績にほとんど影響していなかった (Boccia Gら 2017)。同じくイタリアの短距離、ハードル、円盤投げ、砲丸投げ約6,000人についての同様の競技歴調査においても、やはり青少年期の成績はシニア期の成績につながらず早期専門化の効果に否定的な調査結果であった。

イギリス陸上競技データベース (www.powerof10.info) から短距離、投てき、跳躍、中距離の記録134,000例(12～35歳)について分析した結果では、シニアの競技成績上位20傑の選手が13歳未満(U13)で上位20傑にランクされた割合は極めて少なく、ここでもやはり青少年期の競技成績はシニア期につながっていないことがあきらかにされた (Kearneyら 2018)。

さらに、世界ジュニア陸上競技選手権大会 (以下、WJC) 出場者 (20歳未満) のその後の競技成績も調べられている。投擲種目 (Piacentiniら 2014)、中・長距離種目 (Pizzutoら 2017) を調査した結果では、WJCの時点での成績ですら、次のシニア期のオリンピック・世界選手権の成績には必ずしもつながっていないという。例えば中・長距離の例では、WJCファイナリス368人のうち、その後のオリンピック、世界選手権でメダルを獲得したものは23人に過ぎず、157人 (43%) はトップレベルを維持できずドロップアウトしていた。

以上の結果からみると、改めて陸上競技は典型的な後期専門化型のスポーツと理解できる。そうであるなら、陸上競技に専門化する前の発育段階ではどのような身体活動、スポーツ活動が望ましいのか。図1-Cモデルのように複数のスポーツを経験することの効用が説かれるが、具体的な経験のしかたはそれこそ多様であり種々の議論がある。

2) 日本の陸上競技は単一種目型

そこで日本の陸上代表選手について再び渡邊ら (2013、2014a、2014b、2015) の調査結果をみると、小学校段階で陸上競技だけを行っていた者は10%に過ぎず、また陸上競技と他のスポーツを並行して行っていた者も12%と少ない。代表選手の多くは (58%)、別のスポーツだけを行っていた (男子

は野球やサッカー、女子は水泳やバスケットボール)。つまり日本型の成功モデルでは、小学校では別のスポーツを一種目経験し、中学校への移行時に陸上競技へトランスファーしているのである (森丘2014)。

一方、オーストラリアのオリンピック・世界選手権代表選手73名の競技経歴に関するアンケート調査結果をみると、陸上競技に専門的に取り組むのはやはり思春期以後であるが、それまでの小学校段階ではLittle Athleticsという地域スポーツクラブや学校でいろいろなスポーツを経験していたという (Huxleyら 2017)。したがって、この例は紛れもなく図1-Cタイプに該当する。

また、陸上競技を含む記録競技全般についてデンマークのエリート選手148人と準エリート選手95人を比較した調査結果がある (Moeschら 2011)。ここでもやはりシニア期で成功する条件として専門化の遅いことをあげているが、思春期前のスポーツ活動実施状況については、エリート選手、準エリート選手ともに陸上競技以外のスポーツを1.5種目行っていた。やはり、図1-Cの育成モデルにあてはまる。

さらにドイツの陸上競技選手についての追跡調査においても同様の結果が得られている (Güllichら 2018)。対象は、13歳からシニア期までのナショナルクラスの選手264人である。シニア期で記録向上の顕著であった群と停滞した群に分けて比較すると、記録向上群は陸上競技への専門化が遅く (16歳対11歳)、また陸上以外のスポーツをより長く経験していた (9年対2年)。ここでの成功事例もやはり複数スポーツの経験を推奨する図1-Cの育成モデルにあてはまるが、ただし、別のスポーツの体験のしかたについて新たな特徴を見出しており興味深い。これについて、次節に述べる。

3) 複数スポーツの経験はシニア期の競技力向上に貢献するか？

幼少年期より一つのスポーツに専念し努力を続けて行くことが将来の大きな成功につながる、というのが20世紀の代表的な考え方であった。むろん、現在もその主張が否定されるわけではない。しかしながら、数々の成功事例を検証してみると、従来の考え方とは逆にスポーツに専門化するのは案外遅く、そこに至るまでの発育段階ではいろいろな身体活動、非組織的スポーツ活動を豊富に行っていることがあきらかにされてきた。競技者育成に関する考え方は大きなパラダイム変換を迎えている。

ただし、発育段階における多様なスポーツ活動 (Diversification) のあり方については多くの議論があり、今後の研究課題でもある。

すでに述べた DMSP モデルの提唱者である Cote は、発育段階での多様な身体活動は非組織的スポーツ活動である deliberate play で構成されるのがよいと主張していたが、近年その論旨をやや修正している。「いろいろなスポーツを経験するとき、年間に複数のスポーツを経験する方法もあるが、同じスポーツの中でも、やり方を変えることによって多様性 Diversification を反映できる」と言うのである (Cote ら 2015)。

昨年、この論旨に添うかのような興味深い追跡調査結果が報告された (Sieghartsleitner ら 2018)。ヨーロッパのサッカー強豪国スイスにおいて、ジュニア・ナショナルチームをおよそ 15 年間追跡調査した結果、6～12 歳の発育段階における活動のしかたにおいて、シニアでの成功につながる要因を次のように見出している。このジュニア・ナショナルチームは、小学校低学年から専門的訓練を受ける図 1-A タイプのタレント発掘・育成モデルに相当するが、活動内容はかなり柔軟なものである。そして、サッカークラブでの専門的練習の量および他のスポーツ活動の多寡はシニアでの成功に関連しなかったという。注目すべきは、サッカーに特化したフリープレー (指導者が介在せず、友だちと行うビーチサッカーや公園でのサッカー、あるいは一人で行うサッカー練習) の多かった者がシニア期で大成していたのである。本報告の著者は、こうした活動のしかたを「専門種目内でのフリープレー体験 (specialised sampling)」と定義している。早期専門化もやり方次第ということになる。

また、Güllich らの研究グループは旧東ドイツのタレント発掘システム成功の原因が青少年期の多様なスポーツ経験であったことをあきらかにし、また最近のドイツ・ナショナルチームを対象にした追跡調査でも同様の結果を得ていたが (Gullich ら 2014、渡邊 2016)、上述の陸上競技選手を対象とした最近の追跡研究 (Güllich ら 2018) では、趣の異なる興味深い所見を述べている。確かに、青少年期における他のスポーツ経験がシニア期の競技力向上に貢献している結果を示しながらも、そのスポーツ経験は、Cote の説明する大人の関与のない非組織的スポーツ活動、deliberate play とは異なるという。指導者の管理下で長期にわたり (平均 9 年) トレーニングおよび競技会参加に本格的に取り組んできたものだったというのである。した

がって、練習のしかたもより専門的 (deliberate practice) になり、育成モデルでいえば図 1-C モデルよりも図 1-B のシーズン制モデルに近いことになる。Güllich は、これを「専門外種目のより本格的な体験 (authenticity of variable learning experiences)」と定義した。専門外の他のスポーツ種目をより本格的に取り組んだ体験が、専門種目に移行したときにより効果的な転移を生むのではないかと考え、複数スポーツの体験のしかたは種目数の問題ではなく体験のしかた次第であると主張する。上記のスイスサッカーにみる「専門種目内でのフリープレー体験」と通底する考え方と言えよう。

まとめにかえて - 日本型小学生陸上への展望 -

青少年競技者の育成について、「早期専門化」と「複数スポーツの経験」の 2 つの課題を軸に、現在実践され、あるいは提唱されている育成モデルを整理し、検討した。

各国にみられる成功事例の追跡調査から、陸上競技では思春期前には「多様な身体活動」を体験し、思春期以降比較的「遅くなって専門化」する、というのが共通した成功パターンであることがわかった。ただし、思春期前の「多様な身体活動」の内容は各国で異なる。日本の例では、複数のスポーツを経験するより別の単一スポーツを経験した後、中学校になって陸上競技を選択し専門化している例が多い。つまり、競技トランスファーによってスポーツ経験の多様性効果を引き出しているように解釈できる。

反面日本では、小学生の陸上競技も盛んに行われている。しかしここでは、常に早期専門化、過熟化の弊害が指摘されることでもある。その対策として、上述したスイスサッカーの「専門種目内でのフリープレー体験」やドイツ陸上の「専門外種目のより本格的な体験」などの育成のしかたは大いに参考になるだろう。日本の小学生陸上にみられる早期専門化もやり方次第であり、懸念されるリスクを回避し、子どもの将来に向けてのより有効なスポーツ体験になり得る可能性が両国の成功事例から示唆される。

こうした議論がある中で、日本陸上競技連盟は 2019 年より全国小学生陸上競技交流大会の実施種目を表 1 のように改訂する。主な変更は、個人種目から混成種目への変更である。走・跳・投という多様な運動特質で構成されている陸上競技ならではの特徴を活かし、発育期の子どもに多様な競技体験の可能性を拡大するねらいがうかがわれる。異なる多

表1 全国小学生陸上競技交流大会 実施種目の変更 (2019年)

	2018年	2019年
100m	○	○
80mH	○	
走高跳	○	
走幅跳	○	
ジャベリックボール投	○	
コンバインドA (80mH+走高跳)		○
コンバインドB (走幅跳+ジャベボール投)		○
4×100m	○	
4×100m 男女混合リレー		○

種目の混成競技タイプでは、一つの種目の専門的訓練は他の種目に対する一般的訓練として位置づけられる(村木 1994)。こうした陸上競技の利点が小学生陸上にかされ、同時に早期専門化のリスクが回避されることを期待したい。

その核心となるのが、身体リテラシーの育成である。

ひるがえって、青少年期で多様な運動経験が推奨されるのは、それによって発育期で身につけておきたい基礎的運動能力、運動スキルを培うためである。つまり、身体リテラシーを養うことである。別掲のキッズアスレティックスは、その具体的なプログラムである。小学校段階で、パフォーマンス・成績向上に偏重せず、育成目標を身体リテラシーに向けることができれば、早期専門化のリスクを回避できるだけでなく、将来の競技力向上にも、さらには生涯スポーツとしてのウェルネス陸上にもいかすことができるだろう。

身体リテラシーを育てるという考え方は、決して今に始まったことではない。否、青少年期の陸上競技の指導において、古くから重視されてきたテーマであった。今はこれに「身体リテラシー」という新たな言葉を当てて、その重要性を再認識しているのである。

この点に関して、最後に陸上競技の指導で著明なドイツのベルノー・ウィッシュマン(1965)の言葉を引用してまとめたい。

年少者の指導では、特定種目の記録向上が目的ではなく、生活場面にも重要な運動能力の向上ということが指導の主眼点になる。したがって、年少者の体育指導における方法論の持つ意義は小さくないのである。すぐれた成績、高度の記録を出すために

は、長い年月が必要であるから、早くから技術的な練習を始めることは、経験からいっても、たしかによいことである。しかしながら、われわれが年少者指導の方法論の意義を特に強調したいのは、この年齢層の興味を生かした各種の運動によって尽きない喜びを与え、さらに若い身体を多面的に鍛え上げて少年少女時代から陸上競技者としての広い基盤をつくり、これによって陸上競技を万人のものとすることに役立てたいからである。

文献

- Bergeron MF, Mountjoy M, Armstrong N, Chia M, C t J, Emery CA, Faigenbaum A, Hall G Jr, Kriemler S, L glise M, Malina RM, Pensgaard AM, Sanchez A, Soligard T, Sundgot-Borgen J, van Mechelen W, Weissensteiner JR, Engebretsen L (2015) International Olympic Committee consensus statement on youth athletic development. Br J Sports Med, 49:843-51.
- Boccia G, Brustio PR, Mois P, Franceschi A, La Torre A, Schena F, Rainoldi A, Cardinale M (2019) Elite national athletes reach their peak performance later than non-elite in sprints and throwing events. J Sci Med Sport, 22:342-347.
- Cote J, Bfaker J, Abernethy B (2007) Practice and Play in the Development of Sport Expertise. in Eklund & Tenenbaum(ed) "Handbook of Sport Psychology", 184-202.
- Cote J, Lidor R, Hackfort D (2009) ISSP Position Stand: to sample or to specialise? Seven

- postulates about youth sport activities that lead to continued participation and elite performance. *Int J Sport Exerc Psychol*, 7:7-17.
- Cote J(2015) Diversification and Deliberate Play during the Sampling Years. in *Routledge Handbook of Sport Expertise: Deliberate Practice in Sport*, eds J. Baker and D. Farrow (Florence: Routledge), 305-316.
- Ericsson KA(1993) The Role of Deliberate Practice in the Acquisition of Expert Performance. *Psychological Review*, 100:363-406.
- Gullich A(2006) Evaluation of the support of young athletes in the elite sports system. *European Journal for Sport and Society*, 3:85-108.
- Gullich A(2013) Investment Patterns in the Careers of Elite Athletes in East and West Germany. *European Journal for Sport and Society*,
- Gullich A and Emrich E(2014) Considering long-term sustainability in the development of world class success. *Eur J Sport Sci*, 14 Suppl 1:S383-97.
- Gullich A(2018) Sport-specific and non-specific practice of strong and weak responders in junior and senior elite athletics - A matched-pairs analysis. *J Sports Sci*, 36:2256-2264.
- Huxley DJ(2017) The pathway to the top: Key factors and influences in the development of Australian Olympic and World Championship Track and Field athletes. *Int J Sports Sci Coach*, 0:1-12.
- 伊藤静夫 (1993) アメリカの子どものスポーツ. *体育の科学*, 43:762-765.
- 伊藤静夫, 榎本靖士 (2015) 競技者育成と生涯スポーツの融合モデルを求めて- カナダLTAD及びオーストラリアFTED -. *陸上競技研究紀要*, 10:37-46.
- 伊藤静夫 (2016) カナダ陸連の長期競技者育成計画 (LTAD) (特集企画 若い競技者の育成モデルをめぐる世界の動向). *陸上競技研究紀要*, 12:49-60.
- 伊藤静夫 (2016) 若い競技者の育成方法を再考する: 2015年IOC合意声明から (特集企画 若い競技者の育成モデルをめぐる世界の動向). *陸上競技研究紀要*, 12:32-42.
- 伊藤静夫 (2017) イギリス・メダリスト育成プロジェクト 世界一流タレント育成に関する今日の科学的知見を検証する. *陸上競技研究紀要*, 13:43-65.
- 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*, 36:2502-2509.
- LaPrade RF, Agel J2, Baker J3, Brenner JS4, Cordasco FA5, C t J6, Engebretsen L7, Feeley BT8, Gould D9, Hainline B10, Hewett T11, Jayanthi N12, Kocher MS13, Myer GD14, Nissen CW15, Philippon MJ16, Provencher MT17 (2016) AOSSM Early Sport Specialization Consensus Statement. *Orthop J Sports Med*, 4:2325967116644241.
- Moesch K1, Elbe AM, Hauge ML, Wikman JM (2011) Late specialization: the key to success in centimeters, grams, or seconds (cgs) sports. *Scand J Med Sci Sports*, 21:e282-90.
- 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 (特集企画 陸上競技のタレントトランスファー: ジュニア競技者育成の新たな方向性を求めて). *陸上競技研究紀要*, 10:51-55.
- 森丘保典 (2016) 米国スポーツの再建に向けたアスリート育成モデル (特集企画 若い競技者の育成モデルをめぐる世界の動向). *陸上競技研究紀要*, 12:61-67.
- 村木征人 (1994) スポーツ・トレーニング理論. *ブックハウス・エイチデイ*,
- Piacentini MF, Comotto S, Guerriero A, Bonato M, Vernillo G, La Torre A. (2014) Does the junior IAAF athletic world championship represent a springboard for the success in the throwing events? A retrospective study. *J Sports Med Phys Fitness*, 54:410-6.
- Pizzuto F(2017) Are the World Junior Championship Finalists for Middle- and Long-Distance Events Currently Competing at International Level. *Int J Sports Physiol Perform*, 12:316-321.
- Rees T, Hardy L2, G llich A3, Abernethy B4, C t J5, Woodman T2, Montgomery H6, Laing S7, Warr C7 (2016) The Great British Medalists Project: A Review of Current Knowledge on

- the Development of the World's Best Sporting Talent. Sports Med,
- Roetert EP, Ellenbecker TS, Kriellaars D (2018) Physical literacy: why should we embrace this construct. Br J Sports Med, 52:1291-1292.
- Sieghartsleitner R, Zuber C, Zibung M, Conzelmann A (2018) "The Early Specialised Bird Catches the Worm!" - A Specialised Sampling Model in the Development of Football Talents. Front Psychol, 9:188:188.
- Vaeyens R, Gullich A, Warr CR, Philippaerts R (2009) Talent identification and promotion programmes of Olympic athletes. J Sports Sci, 27:1367-80.
- 渡邊將司 (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.
- 渡邊將司 (2014) 日本代表選手におけるスポーツ・種目転向(トランスファー)の特徴 : 日本代表選手に対する軌跡調査. 陸上競技研究紀要, 10:13-21.
- 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より(特集企画 陸上競技のタレントトランスファー : ジュニア競技者育成の新たな方向性を求めて). 陸上競技研究紀要, 10:47-50.
- 渡邊將司 (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 (2016) 世界レベルで成功したドイツ選手の長期的な取り組み(特集企画 若い競技者の育成モデルをめぐる世界の動向). 陸上競技研究紀要, 12:43-48.
- ウィッシュマン B(1965) 陸上競技の方法. ベースボール・マガジン社, 44-45.

競技スポーツと生涯スポーツを融合させた若い競技者育成モデルの普及に向けた課題： 北米における身体リテラシーの普及状況に着目して

早乙女 誉
阪南大学 流通学部

1. 緒言

本紀要で2014年から取り上げてきた通り、近年、世界のスポーツ先進国の中では若い競技者の育成に関する研究分野において確かなパラダイムシフトが起きている。特に、英国やカナダ、オーストラリア、米国は、その動きに敏感に反応し、2010年頃から競技スポーツと生涯スポーツを融合させた若い競技者育成モデルの開発と普及啓発に力を入れてきた。その世界的な潮流の中で、わが国では2018年に日本陸上競技連盟が、他のスポーツ統括組織に先駆けて革新的な競技者育成指針(日本陸上競技連盟, 2018)を作成した。

この指針の中では、他国のモデルと同様に競技者の身体的および精神的(知的)な成長を促すために年齢や発育発達段階に合わせて6つのステージが用意されている。最終的には、これらのステージを通して、より高いレベルの競技会を目指す競技者も、そうでない競技者も生涯にわたって陸上競技を楽しむアクティブアスレティックライフを形成することが共通のゴールとして設定されている。しかしながら、この最終ゴールを目指すうえで最も重要な概念の1つとなっている「身体リテラシー(Physical Literacy)」は、わが国においては一般的にも認知度が低く、その定義についてさえ学術的に十分に議論されていないのが現状である。

身体リテラシーは、1993年に提唱されて以来、世界中の研究者によって多くの定義がなされてきたが、現在はInternational Physical Literacy Association(以下、IPLA)が採用しているWhiteheadによる定義「人生において身体活動の価値を尊重し、責任をもって関与するための動機づけと自信、運動有能感、理解(IPLA, 2017)」が論文などで使用される頻度が高い。もっと多くの人々に認知してもらうために、あえて平易な表現を用いる

ならば「生涯を通じて運動・スポーツを楽しむための身体的・心理的な素養」と言い換えることができる。先に触れた他国の若い競技者育成モデルでも、12歳頃までにこの身体リテラシーを高めることが、その後の人生において競技力を高めたり、生涯スポーツを楽しんだりするうえで極めて重要であると認識されている。

そこで本稿では、まず、身体リテラシーに関する研究および実践的な活動が盛んに行われているカナダの事例を紹介する。続いて、そのカナダを参考にして2014年にAmerican Development Model(以下、ADM)を構築して以降、ここ数年で全国規模のユーススポーツ注)振興策を展開している米国の事例を取り上げる。最後に、以上の事例を基に身体リテラシーに焦点を当てて、わが国の競技スポーツと生涯スポーツを融合させた若い競技者育成モデルの普及に向けた課題を検討することを本稿の目的とする。

2. カナダにおける身体リテラシーの普及状況

2-1. 長期競技者育成計画(LTAD)と身体リテラシーの測定方法

若い競技者育成モデルの普及が進んでいる国の1つであるカナダでは、2005年に「Canadian Sport for Life: Long-Term Athlete Development Resource Paper」が刊行され、その後も内容の見直しが続き2016年にはLTAD 2.1(Sport for Life Society, 2016)が発表されている。このLTADでは、身体リテラシーを若い競技者の育成において最も重要な概念の1つとして位置づけ、個人の年齢よりも発育発達段階に合わせて7つのステージ(図1)を設定している。加えて、各ステージでスポーツ参加の促進とパフォーマンスの最大化を目指して適切なプログラムが提示されており、その中でも特に、はじめの3ステージでは身体リテラシーを高めること

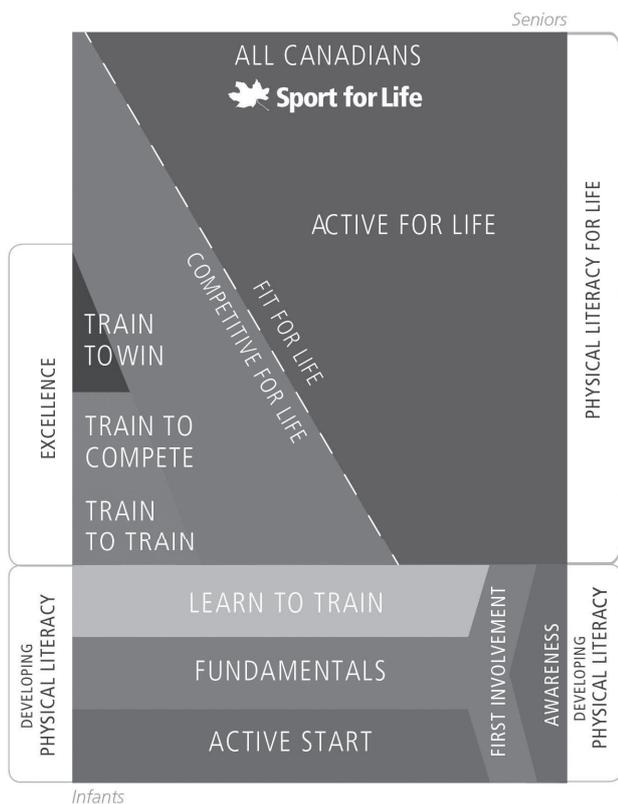


図1. Long - Term Athlete Development model
 データ提供： Sport for Life Society
 Courtesy of the Sport for Life Society
 (<http://sportforlife.ca>).

に重点が置かれている。

ここで強調しておきたいのは、身体リテラシーの向上は若い競技者の競技力を高めることだけを目的にしているのではなく、全てのカナダ国民が生涯を通じて健康で活動的な生活を送るために欠かせない素養だと想定している点である。つまり、競技スポーツと生涯スポーツを包含した若い競技者育成モデルの根本が、身体リテラシーによって支えられているのである。

しかしながら、2010年に Tremblay & Lloyd (2010) が LTAD の有効性を測定する具体的な方法が欠如していることに触れて、「Canadian Assessment of Physical Literacy (以下、CAPL)」によって身体リテラシーを評価することを提案した。その後、この CAPL は 19 名の専門家による約 4 か月間 (2012 年 12 月～2013 年 3 月) の Delphi process (Francis et al., 2016 ; Hsu and Sandford, 2007) と確認的因子分析 (Longmuir et al., 2015) を経て、2016 年に Francis et al. (2016) によって身体リテラシーを構成する 4 つのドメイン (Physical Competence と Daily Behaviour, Motivation and Confidence, Knowledge and Understanding) と、その測定方法

が発表された (早乙女 & Culos-Reed, 2018 a)。

それと並行して 2014 年から 2017 年の間に、カナダ国内の 11 の地域で 8 歳から 12 歳の子ども (男子：5004 名，女子：5030 名，平均年齢：10.1 ± 1.2 歳) の身体リテラシーを測定する大規模な研究が実施された (Tremblay et al., 2018)。その結果，男子の身体リテラシースコアが 100 点中 63.1 ± 13.0，女子では 62.2 ± 11.3 となり，合計スコアと各ドメインの個別スコア共に性別で有意な差はなかった。しかしながら，身体リテラシーの発達度合いを 4 段階 (① *excelling*, ② *achieving*, ③ *progressing*, ④ *beginning*) で評価すると，男女ともに，合計スコアと Physical Competence, Daily Behaviour, Motivation and Confidence の 3 つのドメインの 個別スコアが下から 2 番目の「*progressing*」に分類された (Knowledge and Understanding ドメインのみ上から 2 番目の「*achieving*」であった)。なお，この研究では，エリートスポーツチームに所属している子どもは平均以上の身体リテラシーを有していると予想して，調査の対象外としている。

以上の通り，既にカナダでは全国規模の調査によって身体リテラシーに関するデータの蓄積が始まったが，測定項目が多岐にわたるため欠損値が増えてしまうといった課題も見つかっている。そのため，今後は測定項目を減らして，身体リテラシーを従来通りの 4 つのドメインに分けて測定する CAPL-2 を導入し，より効率的にデータを収集できるよう改善が図られている (Longmuir et al., 2018)。

2-2. 学校体育における身体リテラシー

CAPL は，もともと体育の授業やカリキュラムを評価する手段として開発がはじまり (Tremblay & Lloyd, 2010), Lloyd et al. (2010) によって，北米で 50 年以上も続く体育の授業でのフィットネステストに代わって，身体リテラシーによって体育の成績やカリキュラムの成果を評価することが提案された。その根拠としては，同論文の中では日頃の身体活動量や運動スキル，知識すべてが子どもの健康に肯定的な影響を与えるため，フィットネステストの結果 (すなわち「体力」) だけではなく，もっと多面的な指標で成績や成果を評価すべきであると主張している。

これまで，体育の授業は子どもの健康を維持するための身体活動量を確保する理想的な場の 1 つとして認識され (Sallis et al., 2012)，実際の授業へ

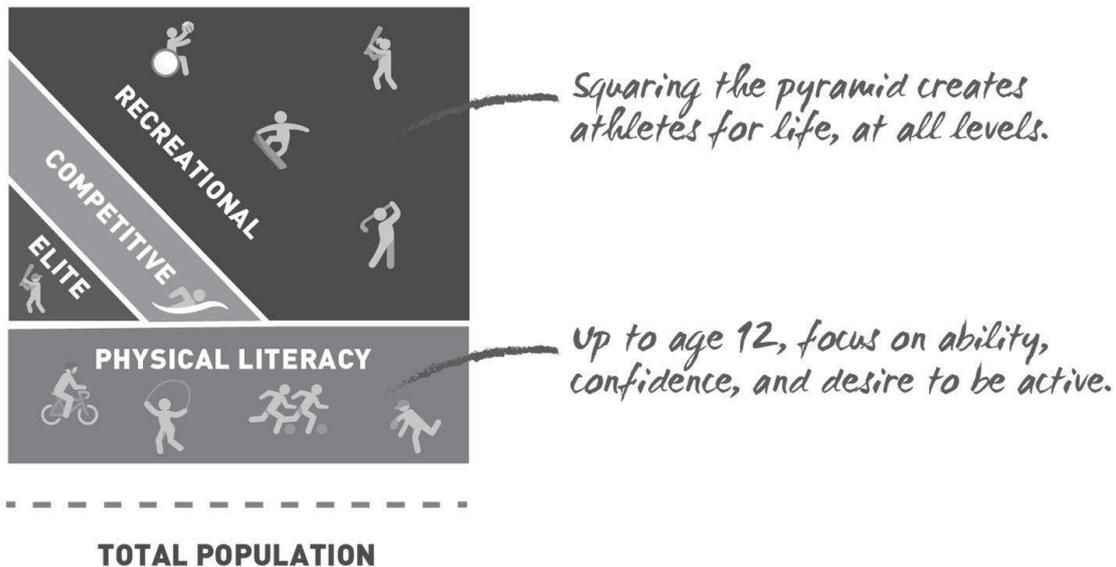


図2. Sport for All, Play for Life Model

データ提供：Aspen Institute Project Play

Courtesy of the Aspen Institute Project Play (<https://www.aspenprojectplay.org>).

の介入研究が盛んに行われてきた。体育の授業が子どもの身体活動に与える影響を「直接（授業内の身体活動に与える影響）」と「間接（授業外の身体活動に与える影響）」に分け、それぞれに関連する研究のレビューを行った論文 (Sallis et al., 2012) では、介入プログラムによって授業内における身体活動の増加が確認されている。しかし、その一方で授業時間外の身体活動や、健康的なライフスタイルに影響を与えるプログラムの開発が急務であると結論づけた。

また、学校での活動全般を対象とした介入で、子どもの身体活動の増加を試みた研究の総説 (Pardo et al., 2013) においても同様の結論に至っている。さらに、この論文の中では、最も効果的な介入プログラムとは、体育の授業を通じて子どもたちの知識や健康的な生活に関する興味・関心を高め、授業中と授業時間外で子どもの身体活動を増加させる仕掛けであると述べている。

このように、体育の授業は、授業中はもちろん授業外での身体活動を増加させ、さらには生涯を通じて健康的な生活を送るための素養、すなわち身体リテラシーを育むことが期待されている。今後、カナダ国内でより簡便な身体リテラシーの測定方法が普及すれば、子どもの身体活動のみならず運動・スポーツ実施率を上昇させるカリキュラムや政策の考案へと発展し、LTADが目指す「全国民のActive for Life」がより現実的になると期待されている。

3. 米国におけるユーススポーツ振興

3-1. Project Play とその背景にある社会問題

世界有数のスポーツ大国である米国でも2014年にオリンピック委員会が各中央競技団体との協力のもと、カナダのLTADを参考にしてADMを構築した。これに先立って2013年に活動を開始したAspen Institute Sports & Society Programは、ADMが発表された後の2015年1月にProject Play (ユーススポーツ振興プロジェクト) を立ち上げ、ADMを基に開発したSport for All, Play for Life Model (図2) の普及に力を入れている。

このモデルでは、カナダのLTADと同様に、12歳頃までに身体リテラシーを醸成することを重要課題の1つとして捉えている。さらに、Project Playでは、イングランドやオーストラリアなど10カ国のユーススポーツ振興における身体リテラシーの普及状況を調査し、Physical Literacy: A Global Environmental Scan (Aspen Institute, 2015 a) を刊行している。他にも、米国で初めてユーススポーツ振興の全国規模の詳細な報告書 (Aspen Institute, 2015 b) をまとめるなど、2015年以降、米国内でエリートアスリートの育成と生涯スポーツの普及において重要な役割を担ってきた。

そもそもProject Playがスタートした背景にある社会問題の1つは、子どもの肥満増加である。2011年から2012年までの1年間に米国で実施された研究 (Ogden et al., 2014) では、2歳から19

表 1. Project Play における 8 つの戦略

	原 語	日本語
1	Ask Kids What They Want	子どもの興味・関心の把握
2	Reintroduce Free Play	自由遊びの再導入
3	Encourage Sport Sampling	複数種目の奨励
4	Revitalize In-Town Leagues	地域リーグの再活性化
5	Think Small	施設・場所の有効活用
6	Design for Development (Sport for All, Play for Life Model)	育成計画
7	Train All Coaches	コーチの教育
8	Emphasize Prevention	怪我の予防

※早乙女 & Culos-Reed (2018 b) の表を一部修正

歳の約 3 割が過体重もしくは肥満だったと報告している。その他の問題としては、6 歳から 11 歳までの半分以上が、国が推奨している 1 週間の身体活動量(ほぼ毎日、中程度の身体活動を少なくとも 60 分)を満たしていなかったことや (Troiano et al., 2008), チームスポーツに参加している子どもの割合が、2008 年から 2013 年の間に 44.5%から 40%に低下した点が注目されている (Aspen Institute, 2015 b)。

このような問題意識のもとに、Project Play では報告書の作成やサミットの開催を通じて、エリートアスリートの育成と生涯スポーツの普及を包括した Sport for All, Play for Life Model を含む 8 つの戦略 (表 1) を策定した。これらの戦略については他稿 (Aspen Institute, 2015 b; 早乙女 & Culos-Reed, 2018 b) に詳しいため本稿では割愛する。

3-2. Project Play の特徴 (強み)

Project Play の特徴の 1 つは「情報収集 → 戦略立案 → 評価」のサイクルを循環させている点である。まず、このプロジェクトでは、米国内における地域レベルから全国レベルの調査の実施、ならびに他国の事例研究を通して幅広いデータを集めてきた。次に、その結果に基づいて主要課題を 8 つに絞って具体的な戦略を立案し、それを報告書やサミットなどの媒体を活用してステークホルダーと共有している。その後、それらの戦略の枠組みに合わせて、国内のユーススポーツに関連する成功例や問題となっている事例を抽出し、定期的に戦略ごとの進捗状況の評価・報告している。紙幅の関係で具体的な活動の詳細には触れないが、このサイクルを循環させる枠組みを設計し、継続的に運営している点が、米国のユーススポーツ振興における Project

Play の重要な役割の 1 つであると言える。

加えて、もう 1 つ特筆すべき点は、多様性に富んだステークホルダーと構築している広大なネットワークである。例えば、現在進行中の Project Play 2020 のメンバーには、MLB や NBA といったプロスポーツリーグから、NBC Sports Group や NIKE などの大手スポーツ関連企業が名を連ねている (Aspen Institute, 2018)。加えて、これまでに全米大学体育協会、公園やレクリエーションを管轄する部署 (parks and recreation departments), YMCA of USA など、このプロジェクトに関わってきた。近年、将来有望な子どもを早期に単一種目で囲い込む傾向がある中で、プロスポーツリーグなどのトップスポーツを統括する組織が、ユーススポーツに関わる他のステークホルダーと協力して、子どもがスポーツに参加し易い環境の整備を進める意義は極めて大きい。したがって、Project Play を中心として広がっているこのネットワークは、ユーススポーツだけではなく将来的には米国のスポーツシステム全体を支える基盤になっていくものと予想される。

以上、Project Play の特徴を簡単に整理すると「情報収集 → 戦略立案 → 評価」のサイクルの循環」と「多様性に富んだステークホルダーとのネットワークの構築」の 2 つにまとめることができる。最後に、これらを軸とした取り組みの重要な柱の 1 つが Sport for All, Play for Life Model であり、今回の特集の主題である身体リテラシーは、その柱の土台となっていることを今一度、強調しておきたい。

4. わが国の若い競技者育成モデルの普及に向けた課題

4-1. 身体リテラシーの定義づけと測定方法の開発

ここまで本稿では、身体リテラシーに焦点を当てて、わが国で競技スポーツと生涯スポーツを融合した若い競技者育成モデルの普及に向けた課題を検討することを目的として、カナダと米国の事例を紹介した。

まず、カナダのLTADと学校体育における身体リテラシーの位置づけと、それを測定する尺度の開発および普及の状況に触れ、今後ますます両領域でこの概念が重要な役割を果たす可能性について言及した。2009年には、カナダ国内でスポーツ（LTADを含む）と体育は密接に関係しているにもかかわらず、必ずしも同じ目標を共有できているわけではない(Mandigo et al., 2009), という指摘もあったが、それから約10年が経過した現在では「身体リテラシーの醸成」がLTADと体育の共通目標として認識されている。

本稿の冒頭で触れた通り、わが国では2018年に日本陸上競技連盟が競技力の向上と生涯スポーツの普及を目指す競技者育成指針を作成し、その中核に身体リテラシーを据えた。一方、2017年に告示された小学校学習指導要領（文部科学省, 2017）には、体育と保健体育科では「生涯にわたって健康を保持増進し、豊かなスポーツライフを実現する資質・能力を育成することを重視する観点から、（中略）『知識・技能』、『思考力・判断力・表現力等』、『学びに向かう力・人間性等』を育成することを目標として示す。」と明記されている。この「豊かなスポーツライフを実現する資質・能力」こそが身体リテラシーであり、この概念によって中央競技団体と学校体育が目指すべき共通の目標を説明することが可能となる。

しかしながら、まだ日本国内には身体リテラシーの意味を簡潔かつ正確に伝えられるわかり易い定義が存在しない。今後は、日本陸上競技連盟が作成した競技者育成指針で詳細に説明されている身体リテラシーの定義および意義と、文部科学省が想定している「資質・能力」をすり合わせながら、一般的に広く普及しやすい定義や表現について検討する必要がある。

次に、その定義に準じた身体リテラシーを測定する尺度の開発も議論すべき課題の1つである。これまで述べてきた通り、既にカナダでは1万人以上の子どもの身体リテラシーを測定し、その反省を踏ま

えて測定方法の改善を進めている。わが国でも子どもの身体リテラシーを測定するのであれば、このような他国の先進的な事例をそのまま日本に持ち込んで妥当性と信頼性を検証した後に微調整を加え、大規模な本調査を実施するのが最も適当な手段なのかもしれない。そうすれば、将来的に子どもの身体リテラシーの国際比較をする上でも有用な測定方法となるであろう。

その一方で、現在の文部科学省が1964年から蓄積してきた「体力・運動能力調査」および「新体力テスト」の結果も、身体リテラシーの一部を捉えた貴重なデータである。これに加えて、カナダで開発されたCAPLを構成するDaily BehaviourやMotivation and Confidenceなどのドメインに相当するデータを新たに補うことができれば、日本の教育現場で活用し易い測定方法となるだろう。体育の成績やカリキュラムの成果を測定する際にも役に立つと考えられる。ただし、筆者が知る限り身体リテラシーの測定方法を開発している国はカナダだけであるため、もう少し他国の動向を見ながらわが国の方針について考えを深めていかなければならない。

4-2. 多様なステークホルダーとの理念の共有とネットワークの構築

以上のように、身体リテラシーの定義づけと測定方法の開発が、わが国で競技スポーツと生涯スポーツを融合した若い競技者育成モデルの普及に向けた喫緊の課題となると考えられる。加えて、次の段階の課題としては、この新しい育成モデルの理念を共有し、連携を密にして普及活動を展開できる「ネットワークの構築」が挙げられる（もちろん、これは身体リテラシーの定義づけと測定方法の開発と同時並行で進められる）。

先に紹介した通り、既に米国ではProject Playの名のもと、ユーススポーツに関わる多種多様なステークホルダーが集まり、理念を具現化するために動き出している。例えば、2017年にワシントンD.C.で開催されたサミットでは、MLBのRob Manfredコミッショナーが「NBAとNFL、NHLのコミッショナーと共に、子どもが複数種目を経験する有用性に賛同している」と発言している（Aspen Institute, 2017）。さらに、全米体育協会でも、早期専門化を抑制する狙いのもと、大学の運動部のコーチらが高校生に接触する時期を制限する動きもある（Aspen Institute, 2017）。これはまさに、種目の壁を越え、生涯を通じて身体リテラシーを育もうとする姿勢のあらわれであり、この理念を軸に草

の根レベルからトップレベルのスポーツ組織をつなぐネットワークの拡大が始まっている。

しかしながら、わが国では2018年に競技者育成指針が完成し、その中でようやく身体リテラシーが適切に紹介されたばかりである。今後は、次のステップとして、この指針の理念を他の中央競技団体や日本オリンピックおよびパラリンピック委員会、プロスポーツリーグなどのトップスポーツに関わる組織と共有することが求められる。大規模な組織間の連携が進めば、おのずとスポーツ関連企業などからの支援も得やすくなるであろう。その一方で、幼児教育や学校体育、運動部活動といった身体リテラシーを育てるうえで最も重要となる場との連携も必要不可欠である。具体的な望ましい連携内容については、理念の共有や実験的な取り組みが進む中で明らかになっていくと予想されるため、本稿では論議せず今後の研究課題とする。

最後に、これまでの考察をまとめると、わが国で競技スポーツと生涯スポーツを融合した若い競技者育成モデルを普及に向けた課題は、身体リテラシーの「定義づけ」と「測定方法の開発」、「ネットワークの構築」の3点に集約できる。近年、小学校の体育および中学校の保健の学習指導要領の改訂や運動部活動に関するガイドラインの策定に注目が集まっている。これを契機に、わが国の子ども・青少年スポーツに関わる全てのステークホルダーが共有すべき理念について考え、それを実現するための課題および解決策を、種目や競技レベルの垣根を越えて議論する機運が高まることに期待したい。その中で鎗矢となるであろう本特集と競技者育成指針を作成した意義は極めて大きいと言える。

注 記

本稿内の「ユーススポーツ」は、主にADMのSTAGE 1(0歳～12歳)からSTAGE 3(13歳～19歳)におけるスポーツ活動を意味している。

参考文献

Aspen Institute (2015 a) Physical Literacy: Global Environmental Scan, HYPERLINK "<http://youthreport.projectplay.us/>" 2019年2月27日取得, https://assets.aspeninstitute.org/content/uploads/files/content/images/sports/GlobalScan_FINAL.pdf

Aspen Institute (2015 b) HYPERLINK "[\[youthreport.projectplay.us/\]\(http://youthreport.projectplay.us/\)" Sport for All, Play for Life: A Playbook to Get Every Kid in the Game, 2018年5月8日取得, <https://assets.aspeninstitute.org/content/uploads/2015/01/Aspen-Institute-Project-Play-Report.pdf>](http://</p></div><div data-bbox=)

Aspen Institute (2017) State of Play 2017, HYPERLINK "<http://youthreport.projectplay.us/>" 2019年2月27日取得, <https://assets.aspeninstitute.org/content/uploads/2017/12/FINAL-SOP2017-report.pdf>

Aspen Institute (2018) Project Play 2020, HYPERLINK "<http://youthreport.projectplay.us/>" 2019年2月27日閲覧, <https://www.aspenprojectplay.org/project-play-2020>

Aspen Institute (2019) Project Play; What we do, 2019年2月27日閲覧, <https://www.aspenprojectplay.org/whatwedo/>

Francis, C.E., et al. (2016) The Canadian Assessment of Physical Literacy: development of a model of children's capacity for a healthy, active lifestyle through a delphi process, *Journal of Physical Activity and Health*, Vol.13, pp.214-222.

Hsu, C.C. and Sandford, B.A (2007) The delphi technique: making sense of consensus, *Practical Assessment, Research and Evaluation*, Vol.12, No.10, pp.1-8.

International Physical Literacy Association; 2019年2月27日閲覧, <https://www.physical-literacy.org.uk/>

Lloyd, M., et al. (2010) Advancing the debate on fitness testing' for children: perhaps we're riding the wrong animal, *Pediatric Exercise Science*, Vol.22, pp.176-182.

Longmuir, P.E., et al. (2015) The Canadian Assessment of Physical Literacy: methods for children in grades 4 to 6 (8 to 12 years), *BMC Public Health*, 15: 767.

Longmuir, P.E., et al. (2018) Canadian Assessment of Physical Literacy Second Edition: a streamlined assessment of the capacity for physical activity among children 8 to 12 years of age, *BMC Public Health*, 18 (Suppl 2): 1047.

Mandigo, J., et al. (2009) Position paper: physical literacy for educators, Canada:

- Physical and Health Education Canada.
- 文部科学省 (2017) 小学校学習指導要領 (平成29年告示) 解説: 体育編, 2019年2月27日取得, http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/___icsFiles/afieldfile/2018/05/07/1387017_10_2.pdf
- 日本陸上競技連盟 (2018) 競技者育成指針. 2019年2月27日取得, <https://www.jaaf.or.jp/pdf/development/model/350dpi.pdf>
- Ogden, C.L., et al. (2014) Prevalence of childhood and adult obesity in the United States, 2011-2012, *Journal of the American Medical Association*, Vol. 311, No. 8, pp.806-814.
- Pardo, B.M., et al. (2013) Promising school-based strategies and intervention guidelines to increase physical activity of adolescents, *Health Education Research*, Vol.28, No.3, pp.523-538.
- Sallis, J.F., et al. (2012) Physical education's role in public health, *Research Quarterly for Exercise and Sport*, Vol.83, No.2, pp.125-135.
- 早乙女 誉, Culos-Reed, N (2018 a) アスリート育成と学校体育におけるフィジカル・リテラシーの役割と重要性: カナダの事例と日本での応用可能性, *スポーツ産業学研究*, Vol. 28, No.2, pp.141-148.
- 早乙女 誉, Culos-Reed, N (2018 b) 米国におけるユーススポーツ (子ども・青少年スポーツ) 振興策: The Aspen Institute Project Playの事例, *スポーツ産業学研究*, Vol. 28, No.4, pp.287-294.
- Sport for Life Society; Sport for Life: Long-Term Athlete Development Resource Paper 2.1, 2019年2月27日取得 http://sportforlife.ca/wp-content/uploads/2017/04/LTAD-2.1-EN_web.pdf?x96000
- Tremblay, M.S. and Lloyd, M (2010) Physical literacy measurement: The missing piece, *Physical and Health Education Journal*, Vol.76, No.1, pp.26-30.
- Tremblay, M.S., et al. (2018) Physical literacy levels of Canadian children aged 8-12 years: descriptive and normative results from the RBC Learn to Play-CAPL project, *BMC Public Health*, 18 (Suppl 2): 1036.
- Troiano, R.P., et al. (2008) Physical activity in the United States measured by accelerometer, *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Vol. 40, No. 1, pp.181-188.

IAAF キッズアスレティックスと身体リテラシー —IAAF キッズアスレティックスの理念と我が国での展開—

小林敬和
中央学院大学

1. キッズアスレティックスとは

キッズアスレティックスは、国際陸上競技連盟コーチ教育認証制度 (IAAF CECS : 図1) のレベル I 「ユースコーチ」コースの中に設けられた子ども向けの陸上遊びのプログラムである。

国際陸連は、これを Kids' Athletics として、2007 年から本格的に世界規模で展開しており、世界各地にある直轄センター (RDC : Regional Development Center) を中心としてこのプログラム

を運用する指導者の養成を行い、指導者は各国・地域に帰ってこれを普及させるというミッションが課されたシステムである。国際陸連加盟国 (Member Countries) は 214 (2018 年末現在) であり、その中およそ 134 か国でキッズアスレティックスが取り組まれている世界最大のプログラムといっても過言ではない。つまり、世界標準の指導法の教育を修得し認証された指導者が普及に努めるといった仕組みであり、子ども達はプログラムを介して世界中の子どもたちと繋がっていると言える。これは、まさに

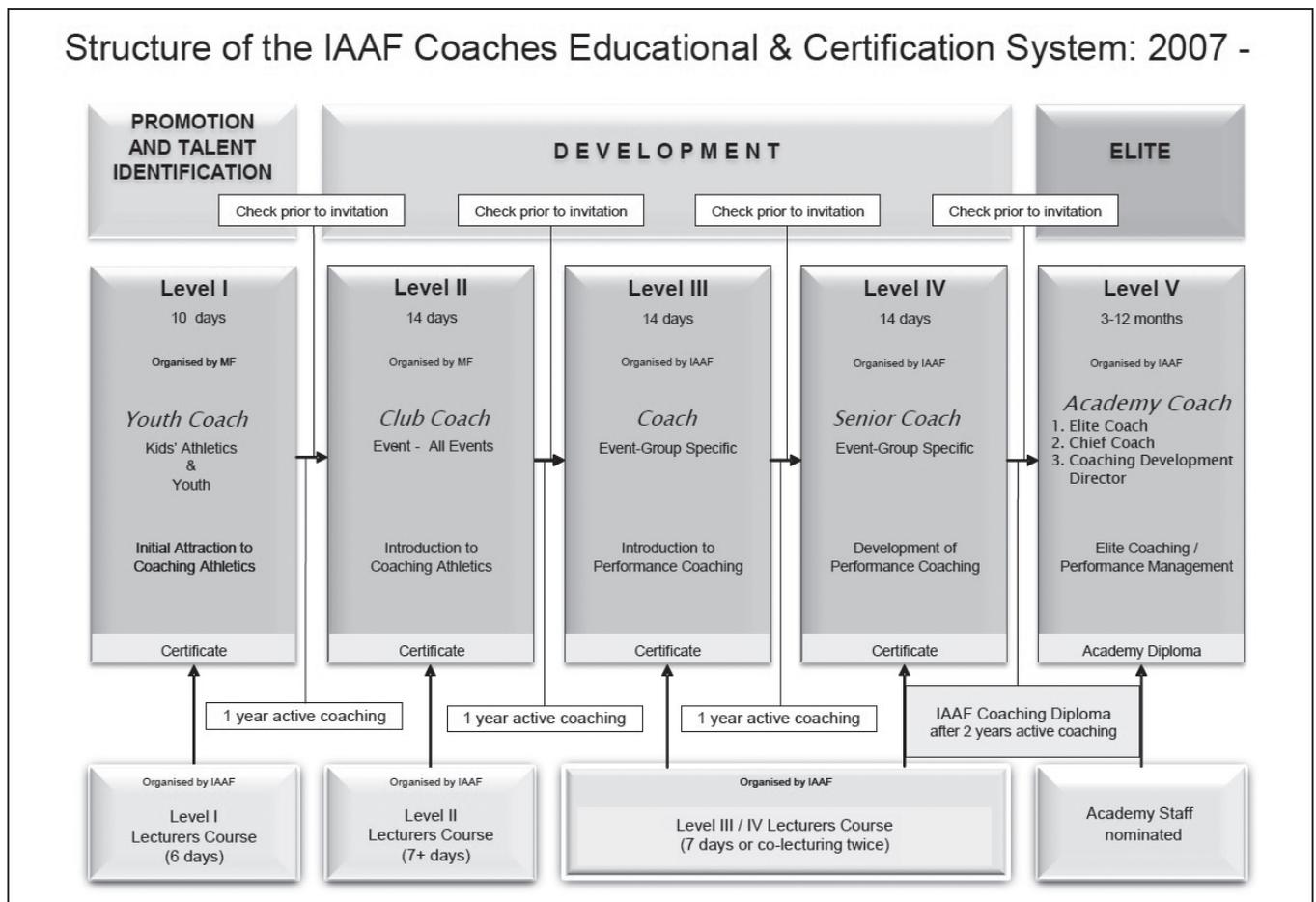


図1 国際陸連コーチ教育システム構成図 (2007 ~)

スポーツを通じた“グローバル化”である。
 以下は、国際陸連ウェブサイトによるキッズアスレティックスの紹介（原文）である。

IAAF Kids' Athletics is one of the biggest grassroots development programmes in the world of sports. Created in 2005, IAAF Kids' Athletics has been implemented in 134 Member Federations and has reached an estimated cumulative audience of more than 13 million children.

The IAAF objectives of the programme are to make Athletics the number one participation sport in schools, to educate kids into sport in general and athletics in particular and thus promote a balanced and healthy lifestyle, and to attract and sustain the potential sporting stars of tomorrow.

The IAAF Kids' Athletics aims to ensure a steady and sustainable policy of development

of the sport of Athletics. The aim of which is to introduce children to Athletics at a basic level.

The programme is not intended only for clubs and Member Federations but also for schools and all institutions who are interested in the well-being of children.

The IAAF aims to popularise athletics in the six areas through a programme of several competitions called “A Team Event for Children”, which comprises of three event groups: Sprinting/Running Event Group, Jumping Event Group and a Throwing Event Group. There are three age categories targeted by the programme: 7-8 yrs, 9-10 yrs and 11-12 yrs.

The IAAF has also initiated a programme to educate the lecturers and coaches who run individual IAAF Kids' Athletics competitions.

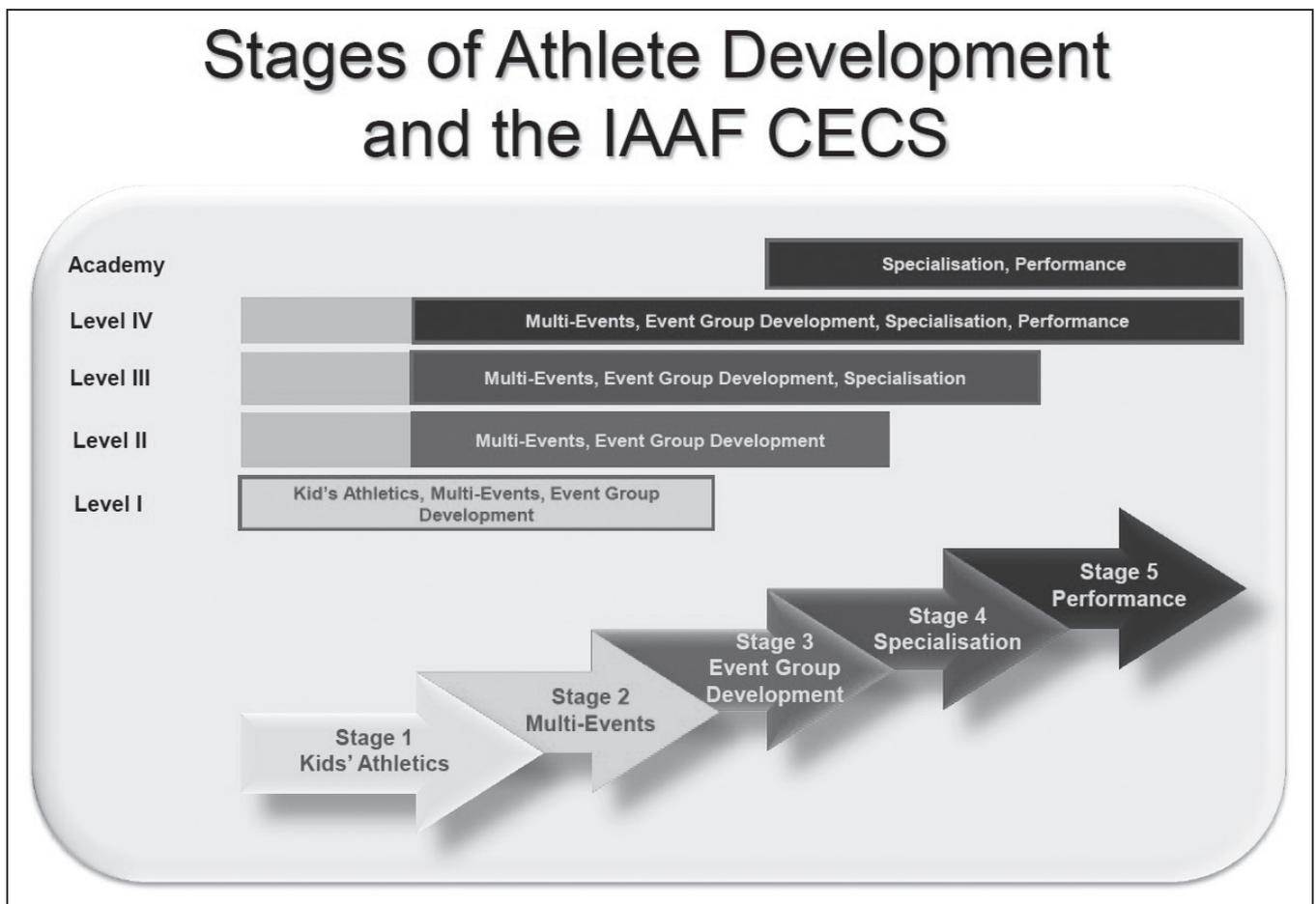


図2 国際陸連コーチ教育システム資格系統図（2007～）

Level I – Youth Coach



- 10 day course
- Kids' Athletics
- Youth – 13 to 15

Objective:

- Initial Attraction to Coaching Athletics.

図3 レベル I 「ユースコーチ」 コースの概要 (2007 ～)

2. わが国でのキッズアスレティックスの導入経緯

全世界で先駆けてキッズアスレティックスが公式に紹介され、その指導者（各国で指導者を育てる講師）の研修及び認証を行ったのは、2007年秋にRDC北京で開催されたIAAF CECS Level I Lecturer Course（国際陸連CECS認定レベルI講師コース）である。ここには当時IAAFのMSD主管のAbdel Malek El-Hebil氏とキッズアスレティックスの発案者の一人であるCharles Gozzoli氏（FRA）が担当講師で、わが国からは繁田普及育成委員長および筆者小林普及育成副委員長）の二名がこの研修に参加しIAAF CECS Level I Lecturerの認定を受けた。ここでの教えは、国際陸連のコーチ教育システム（CECS）を各国に持ち帰りレベルIコースを各国で開催することと同時に、キッズアスレティックスの世界的な規模での普及に貢献せよというミッションでもあった。これを受けて翌2008年には、日本で初の国際陸連レベルIコーチコースが開催されるに至った。

その後わが国では、これらの国際陸連認定講師が中心となり、レベルI「ユースコーチ」コースを運営し、国際陸連公認コーチを養成することになっ

た。これまで、レベルI「ユースコーチ」コースは、2008～2010年と計3回が日本陸連主管で開催され、50名余の国際陸連公認レベルI「ユースコーチ」を養成する実績をあげた。

しかし2011年には講習会の開催が見送られ、国際陸連コース開催規定の緩和もあって2012～2015年は東京陸上競技協会の主管でコースを開催する運びとなった。その後再び日本陸連が運営主体となり2016～2018年まで3回、通算で計10回（資格認定者計200名余）の開催実績を重ねている。

キッズアスレティックスのイベントは、わが国では2009年の体育の日に、文部科学省、（公財）日本体育協会、（公財）日本オリンピック委員会などが主催する「体育の日」中央記念行事スポーツ祭り2009にて、JOC味の素ナショナルトレーニングセンターで、日本陸上競技連盟が主管する陸上競技教室の一環として開催されたのが始まりであった。これは、当時の同センター陸上競技専任コーチングディレクターであった小林が普及育成委員会に諮り、上記のレベルI有資格の委員に運営・指導が託された。以後、この形式で体育の日では恒例の行事となり2013年まで毎年開催されるに至った。それ以降、数名の委員会委員が世界各地に遠征に行った際、競



図4 2016年キッズデカスロンチャレンジ（川崎）



図5 第2回ユースオリンピック（南京2014）でのキッズアスレティックス

技会のサブイベントや場外イベントとしてキッズアスレティックスが開催されていたとの報告を受け、委員会内で陸上競技の普及プロモーションの必要性が討論され、2016年から各種の日本陸上競技連盟主催競技会のサブイベントで「IAAF キッズアスレティックス準拠キッズデカスロンチャレンジ」(図4)を展開する経緯となった。

日本陸連のこの活動は、本来のIAAFキッズアスレティックス概念や目的とは多少異なるため、準拠しながらも別名称で実施する運びとなった。因みに、南京のユースオリンピックや北京の世界陸上競技選手権では、実際に小学校やクラブ単位の参加でチーム対抗戦を行っており、本競技場さながらの盛り上がりを見せていた。そこにIAAF会長・副会長はじめ理事会メンバーや往年のスーパースター達が訪れ、子ども達の注目を集めていた。(図5)

3. IAAFのコーチ教育にある身体リテラシーの位置づけ

IAAFのコーチ教育に関する教材の中で「身体リテラシー(Physical Literacy)」として表現されている部分は少ないが、講師用スライドの中で最も注目すべきは図6及び図7である。この資料は小林が訳して実際に日本におけるレベルI「ユースコーチ」コースで使用しているものである。

いわゆる基礎的な体力要素と運動能力(A)をベースに、陸上競技であれば「走る・跳ぶ・投げる」などそのスポーツ種目に見合った基礎的な能力(B)、さらに、走から跳へ(つまり助走から踏み切り着地までの一連動作を応用的な能力(C)とする。同様にターンして投げる、スライドやステップ(技術用語的にはグライドやクロス)して投げる、といった各種の投擲動作にも当てはまる。また、そのスポーツとは直接関係ない他の能力(D)とは、例えば陸上競技に関係のない「泳ぐ」や「登る」「蹴る」「捕る」などの要素である。総じてここではAからDまでの能力要素をすべて合わせ持つ(言い換えれば兼ね備える)ことが「身体リテラシー」であると理解できる。すなわち、IAAFはこの年齢期の運動でキッズアスレティックスを推奨し、陸上運動ばかりでなく様々なスポーツに触れることによって身体の健全な発達を促すことが重要であることを示唆している。

また、次の段階にも身体リテラシーの重要性が述べられている。この段階には、「身体能力」「運動学習」「機会」といった3つのキーワードがある。「身体能力」はこの年代の発育発達の観点から極めて重



Stage 1: スポーツ遊びで興味をもつ

A 基礎的な体力や運動能力

B スポーツ種目に見合った基礎的な能力

C スポーツ種目に見合った応用的な能力

D そのスポーツとは直接関係ない他の能力

適切な年齢
7 - 11



フィジカルリテラシー=A+B+C+D

図6 講師用スライドにあるフィジカルリテラシーの説明(1)



Stage 2: いろいろな種目を経験する

- ・ キーワードは、
身体能力、運動学習、機会
- ・ 基礎的な体力・運動能力がこのステージの間に習得されなければ、その選手は遺伝的潜在能力、あるいは最適なパフォーマンスレベルに達しないかもしれない
- ・ フィジカルリテラシーを洗練させる

適切な年齢
11 - 13



図7 講師用スライドにあるフィジカルリテラシーの説明(2)

要な要素である。「運動学習」は動作や運動がどのように成り立っているのか理解しながら、安全で正確そして効率的な練習(学習)を段階的に実施することである。そして「機会」は身体能力や運動学習を試す機会すなわち測定や試合・競技会に参加することである。そもそも「リテラシー」とは、読み書き能力や基礎的なものを活用・応用する能力といった意味であるため、例えば漢字でいうと、画数の少ない基本的な文字から学習すると徐々に画数の多い難解な字を読み書きすることができてくる。英語や算数も同様である。「身体リテラシー」も同じように考えると、図7に記されている通り、この時期までに基礎的な体力や運動能力(スキル)が備えられないと高い水準を目指すことが困難であろうという示唆がある。したがって、「身体リテラシー」を洗練させるとある通り、この時期は基礎的な能力を活用し応用する段階であることが窺える。よってこの

2枚のスライドにある「身体リテラシー」の解釈は広範囲で意義深いと思われる。

この他にも身体リテラシーに関連する「競技者としての成長」「動機づけ」「社会的な発達」「身体的な発達」「心理的な発達」「コミュニケーションスキル」等の科目が多数あり、またキッズアスレティックスの内容や運営に関する科目や資料も多い。これらを総覧すると、身体リテラシーは単に身体運動に関係するものばかりでなく、子どもがスポーツを通して社会性を学び、心理的・情緒的成長を遂げることにも関係していることが窺える。これをスポーツとして捉えると、スポーツ観（意義や価値、方向づけ、統制など）やスポーツ規範（エチケットやマナー、ルール遵守、審判への敬意や相手の存在の尊重など）を基盤にした、まさにスポーツマンシップ、フェアプレー、チームワーク、リーダーシップの涵養である。こうしたキーワードはIAAFキッズアスレティックスの関連資料の中に散見されるので、国際陸連の意図としてキッズアスレティックスを通して身体リテラシーの向上に寄与する適切なプログラムであることが分かった。これらは何れも国際陸連レベルI「ユースコーチ」を受講しなければ共有することの出来ない内容である。したがって、IAAFキッズアスレティックスは単にその内容や運営手法を参考に安易に実施することは出来ず、言い換えればこれらを学んだ指導者が積極的に普及する義務があると言っても過言ではない。

4、まとめ

わが国の陸上競技界に関しては、やはり現状の早期競技専門化・低年齢化の傾向や流れの中では、小学校期において身体リテラシー重視を唱えても暖簾に腕押しの感が否めない。実際に陸上競技を教える多くは任意クラブの指導者であり、「機会」（競技会）で良い成績をあげるという児童本人と保護者そして指導者の意志が一致するところが大多数を占めている現状である。

むしろ小学校・中学校の先生方に期待したいところであるが、校務過多や部活指導時間の制限などの制約がある。このような状況において身体リテラシーの理念をいかに啓蒙してゆくかは今後の日本陸上競技連盟における普及育成方針に期待したい。

IAAFは、世界の各地域に直轄センターを開設している。東アジア（中国・日本・モンゴル・北朝鮮・韓国・台湾・中国香港・中国マカオ・ベトナム・ラオス）の10か国地域を管轄するIAAF Regional

Development Center BEIJINGは、中国の北京体育大学にオフィスを構え、国際陸連の関連教育内容やその出版物はすべて中国語に訳されわが国にも供与されている。そこで「フィジカルリテラシー（身体リテラシー）」は中国語で「身体素養」と翻訳されている。日本語で「素養」は「普段の練習や学習によって身につけた技能や知識」と意味付けられているので、我々日本人には理解しやすく馴染み深い言葉でもある。最近はこの「素養」という言葉すら使う機会が少ないが、「身体リテラシー」を「身体素養」と解釈して論じられることが望ましいと思われる。

参考文献

- IAAF. The Official IAAF Guide to Coaching Athletics, INTRODUCTION TO COACHING
国際田联地区发展中心北京. 教练理论入门（双语翻译）
- IAAF. The Official IAAF Guide to Coaching Athletics, RUN! JUMP! THROW!
国際田联地区发展中心北京. 跑! 跳! 投!（双语翻译）
- 小林敬和他. フューチャーアスレティックス特集号キッズアスレティックス教本
公益財団法人日本体育協会. 公認スポーツ指導者養成テキスト（共通科目I）
- IAAF CECS Level I Lectures materials
<https://www.iaaf.org/development/school-youth>

キッズアスレティックスの実践と身体リテラシー —キッズアスレティックスにおいて身体リテラシーはどのように捉えられているか—

森 健一

武蔵大学基礎教育センター

1. はじめに

まず、国際陸上競技連盟 (International Association of Athletics Federations: IAAF) におけるキッズアスレティックス (Kids' athletics) の位置づけについて概要をまとめたい。IAAF は、将来有望な競技者を育成するために、成人の競技者モデルとは一線を画した子ども向けの運動プログラムを作成するために2001年にワーキンググループを発足した。この背景には、子どもの発育発達に合わせた運動プログラムが必要であること、LTAD (Long Term Athletes Development) モデルに示されているように早期専門化を防ぎ、将来の可能性を広げておくことなどがあげられる。さらに、運動プログラムを作成するにあたり次の内容を考慮することも重要な課題であった。

- ・子どもたちに魅力的な陸上競技を提供する
- ・子どもたちができる陸上競技を提供する
- ・子どもたちに教育的な陸上競技を提供する

これらの内容を踏まえ、作成された子ども向けの運動プログラムがキッズアスレティックスである。キッズアスレティックスは、陸上競技の「走・跳・投」運動を根幹としながら、身体リテラシーの向上を図ることを目的としたプログラムでもある。現在までに134の加盟団体で展開されており、1300万人にそのプログラムが紹介され、実施されている (IAAF KIDS' ATHLETICS)。また、2005年には国際陸上競技連盟指導者教育認証システム (IAAF-Coaches Education and Certification System: CECS) のカリキュラムにキッズアスレティックスが導入され、全世界の国や地域で実施されている国際コーチ講習会でも教授されており、指導者に対する普及も行われている。

今回の特集テーマのキーワードである「身体リテラシー」について、本稿では、キッズアスレティッ

クスの実践と身体リテラシーの関係性について、日本におけるキッズアスレティックスの実践から得られる示唆、そして、世界におけるキッズアスレティックスを用いた研究を紹介しながら、キッズアスレティックスにおいてどのように身体リテラシーが扱われているのかについて述べていきたい。なお、キッズアスレティックスの詳細なプログラム内容については、実践ガイド (Gozzoli et al., 2006a; Gozzoli et al., 2006b) が作成されており、詳述されているので、そちらをご覧ください。

2. キッズアスレティックスのコンセプト

IAAFは2005年に7～15歳の子どもたちに向けた指針を策定している。その指針では2つの課題があげられている。1) 陸上競技を世界中の学校において最も実施されるイベントにする、2) 世界中の子どもたちが最も効果的に陸上競技に対して将来に備えることができるようにする、である。そして、それらの課題を解決する手段のひとつとしてキッズ



写真1. IAAF Kids' Athleticsにおいて推奨されている用具一式



写真2. 枯れ草を利用したハードル走 (アフリカンバリアー)

(Thompson P. J. L., 2009 から抜粋)

アスレティックスがあげられている。では、キッズアスレティックスの特徴はどのようなところにあるのであろうか。IAAFは以下のコンセプトをもって、キッズアスレティックスを推奨している。

- ・多くの子どもたちが同時に活動できる
- ・多様で基本的な運動が経験できる
- ・強い子どもや速い子どもだけでなく、結果に貢献できる
- ・年齢によって多様なスキルが要求され、コーディネーション能力も求められる
- ・子ども達に適した陸上競技であり、アドベンチャーの要素が含まれている
- ・種目の採点が簡単であり、チームの順位を基本とする

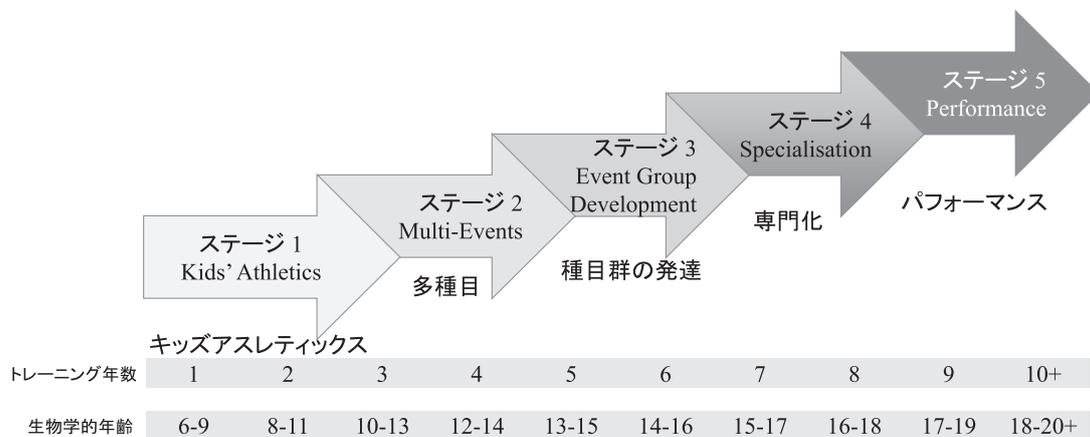
- ・アシスタントやジャッジがほとんどいない
- ・キッズアスレティックスは、男女混合でチームイベントとして行う

これらに加えて、様々な場所（競技場、体育館、公園など）で実施できること、健康、教育、自己実現などの育成に有益であることが強調されている。すなわち、キッズアスレティックスは、運動スキルの獲得だけでなく、心理的および社会的側面にも影響を及ぼし、身体リテラシーも高まると考えられている。また、キッズアスレティックスは、写真1の用具を推奨しているものの、実際に使用する用具は安全であれば、用具を限定的にする必要はない。例えば、写真2は枯れ草を利用したハードル走である。

3. キッズアスレティックスにおける身体リテラシー

身体リテラシーの定義においては、International Physical Literacy Associationが採用している「人生において身体活動の価値を尊重し、責任をもって関与するための動機づけと自信、運動有能感および知識と理解」が一般的である。さらに、付け加えると、身体活動を意欲的に行えるといった心理的側面、あるいは仲間と協調したりコミュニケーションしたりできる社会的側面の能力の獲得も意味している。そして、伊藤ほか(2010)は、身体リテラシーがLTADの基盤を築いており、幼少年期に身体活動の基礎が形成されてこそ、競技者育成につながることも示している。

IAAFが定める競技者の発達段階ステージ(Thompson, 2009: 図1)が示されている箇所を読んでもみると、ステージ1(Kids' Athletics)および2



上記の5ステージに加えて、ステージ0(運動の目覚め:0~5・6・7歳)およびステージ6(生活のための運動)も存在する

図1. 競技者の発達過程のステージ (Thompson P. J. L., 2009 を著者改変)

身体リテラシー＝基本的スキルのABC's + 競技者のABC's + KGB's + CKS

- 基本的スキルのABC's:敏捷性、バランス、コーディネーション、スピード
(Agility, Balance, Coordination and Speed)
- 競技者のABC's:歩く、走る、跳ぶ、投げる
(walking, running, jumping and throwing)
- KGB's:運動感覚、滑る、浮く、打つ
(Kinesthesia, Gliding, Bouyance and Striking w/object)
- CKS:捕る、パスする、蹴る、当たる
(Catching, Passing, Kicking and Striking w/body)

図2. Introduction to Coaching: The Official IAAF Guide to Coaching Athletics.
(Thompson P. J. L., 2009) で示されている身体リテラシーの概念

(Multi-Events) において身体リテラシーの記述がある。ステージ1では、様々な運動による身体の気づきや目覚めが重要視されている。図2に示した通り、Thompson (2009) は、身体リテラシーを次の式で表している。

「身体リテラシー＝基本的スキルのABC's + 競技者のABC's + KGB's + CKS」

ここでは、基本的な運動動作および陸上競技の基本動作に加えて、KGB'sとCKSが示しているように、陸上競技に直接的に関与しない運動動作である蹴るや滑る、浮くなども身体リテラシーを形成する要素であることが示されている。そして、これらの動作の獲得において重要なこととして、遊びの中で、あるいは、競争の中でそれらの能力を獲得できると考えられていることである。そのため、特に6～9歳までの年齢においては、身体的、社会的、心理的、そして、技術的に未発達の場合は、次のステージへの準備が整うまで、ステージ1、すなわち、キッズアスレティックスを継続すべきであるとしている。次に、ステージ2では、様々な種目を通して、トレーニングの方法や陸上競技におけるスキルを学ぶことが目的とされている。このステージでは、陸上競技のすべての種目を経験することを意図している。さらに、競技力を下支える5Cs（意思疎通、責任、統制、自信、集中；Communication, Commitment, Control, Confidence and Concentration）を学び、心理的および社会的側面における発達についての重要性も示されている。なお、直接的に身体リテラシーに触れられてはいないが、ステージ3（Event Group Development）では、素晴らしい身体リテラシーを身に付けているからこそ、混成種目において高いパフォーマンスを発揮できるとしている。そして、このステージ3に

においても、まだ専門化は早く、自身が専門としている種目を答えるときには「800m走者」ではなく「ランナー」、「やり投競技者」ではなく「投てき競技者」、「三段跳競技者」ではなく「跳躍競技者」とすべきであるとし、様々な競技種目を経験することを推奨している。

これらのステージの選択に関して、Thompson (2009) は、競技者育成のためのステージ決定モデルのチェックシートを作成している（図3）。いずれの年齢においても、基本的スキルが習得されていない場合や競技年数が2年未満である場合は、キッズアスレティックス（ステージ1）から行うとするステージ選択のフローチャートが示すように、身体リテラシーの重要性を改めて認識できよう。すなわち、キッズアスレティックスを通して獲得できる身体リテラシーによって競技力向上に繋がるとともに、生涯スポーツを楽しむというライフスタイルへの影響も合わせもっていることが改めて理解できる。

4. キッズアスレティックスを用いた身体リテラシーの育成

キッズアスレティックスにおいて身体リテラシーの育成はどのようになされているのであろうか。世界のキッズアスレティックスに関する論文はいくつか散見されるが、多くはない（Bensikaddour et al., 2015a; Bensikaddour et al., 2015b; Calik et al., 2018; Haslofca, 2018; Petros et al., 2016; Willweber, 2016）。Bensikaddour et al. (2015a)、Bensikaddour et al. (2015b)とWillweber T. (2016) はキッズアスレティックスによる学校授業への介入が運動パフォーマンスに及

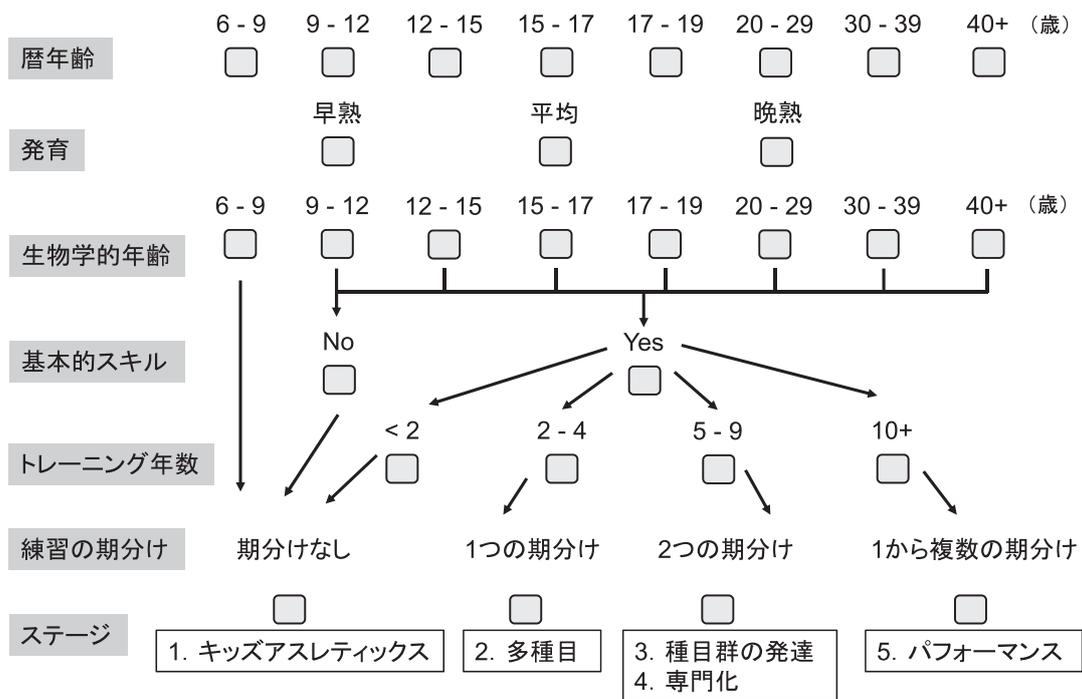


図3. 競技者育成のためのステージ決定モデルのチェックシート (Thompson P. J. L., 2009 を著者改変)

ばす影響について検証している。Bensikaddour et al. (2015a) と Bensikaddour et al. (2015b) は、45 分の授業を週 2 日 12 週間、Willweber T. (2016) は、60 分の授業を週 2 日 9 か月間実践し、いずれの研究においても、キッズアスレティックスを実践する群と一般的な授業形態で行う群とに分けて実践している。結果として、50m 走、走幅跳、砲丸投 (1kg)、持久走 (1000m) の運動パフォーマンスの向上と、立幅跳、握力、シャトルラン (4 × 10m 走) などの体力テストの結果が有意に向上したことを報告している。しかしながら、これらの先行研究は運動パフォーマンスへの影響についてのみ検証を行っており、身体リテラシーへの影響、すなわち、基本的運動スキル、心理的および社会的側面に関する能力の検証までには至っていない。一方、Calik et al. (2018) と Petros et al. (2016) は週 2 ~ 3 日、45 ~ 60 分の授業を 12 ~ 14 週間実施し、運動パフォーマンスだけでなく、自己実現、自尊感情および自己決定などの心理的要因について、さらには、学業成績についても検証を行っている。結果として Calik et al. (2018) は、キッズアスレティックスを実践した介入群において運動パフォーマンスの向上だけでなく、基本的自尊感情および総合的な自尊感情が高まり、体育・スポーツ、音楽、母国語、外国語の学業成績も向上したことを報告している。また、Petros et al. (2016) は、同じく、運動パフォーマンスが向上したと報告し、この向上には、内発的動機づけ、努力観、自己決定などの心理的要因の向

上による影響が大きいと報告している。これらのことを勘案すると、キッズアスレティックスは身体リテラシーにおける基本的運動スキルの習得および内発的動機づけなどのモチベーションの向上に非常に有益であることが考えられる。しかしながら、身体リテラシーの評価については、十分であるとはいえない。身体リテラシーの評価については、Healthy Active Living and Obesity Research Group(2013) が提唱している評価方法がある。これは、運動有能感 (7 項目)、日々の行動 (3 項目)、知識と理解 (10 項目)、そして、動機づけと自信 (5 項目) の 4 区分の 25 項目によって詳細に評価され、合計得点が身体リテラシーの得点となるものである。しかし、この評価方法は項目が多く、実測データも必要としていることから実用性に乏しいことも考えられる。今後はこの評価表を用いた実証研究が蓄積されることで、キッズアスレティックスが身体リテラシーに及ぼす影響についての検証も可能となるであろう。

なお、キッズアスレティックスは何ら特別な専門的指導を行っているというわけではない。プログラム内容は実践ガイド (Gozzoli et al., 2006a ; Gozzoli et al., 2006b) に詳述されているが、あくまで走・跳・投を用いた基本的な運動遊びにほかならない。上述した Petros et al. (2016) の研究における基礎的および専門的トレーニングの割合は、キッズアスレティックス群が基礎的トレーニングを 50%、専門的トレーニングを 10%、ゲーム的競争を 40% 実施し、一方で、コントロール群では、

表 1. キッズアスレティックスと一般的な指導方法の特徴

IAAF キッズアスレティックス	一般的な指導方法
遊びの活動を通してスキルを学ぶ	特別な運動を用いてスキルを学ぶ
チームでの競争によるゲームによって実施する	競技会として実施する
自由に活動を変更し、 それぞれが種目のスキルの有用性に気づく	指導によって理解し、スキルを学ぶ
混合チームで実践される	個々で実践する
コーチの関与はほとんどない	コーチの関与が必要
自分自身のために実施する	ある目標のために実施する
チームイベントによる競争	個人による競争

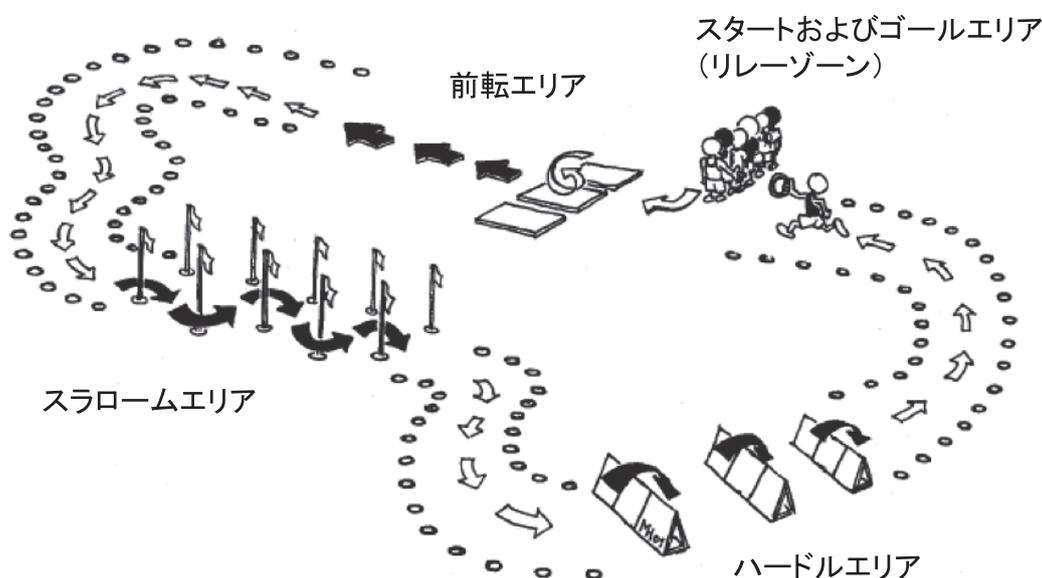


図 4. IAAF Kids' Athletics における Formula one の概要図 (Gozzoli et al. 2006a を著者改変)

それらの割合が 10%、80%、10% であった。そして、Willweber T. (2016) はトレーニング量について、一般的トレーニングと専門的トレーニングの割合は、70-80% 対 30-20% 程度で十分であり、専門的トレーニングは早期に開始する必要はないとの見解を示している。ここで、Petros et al. (2016) が示す、キッズアスレティックスと一般的な授業形態の違いをまとめると、表 1 のようになる。これは、上述したキッズアスレティックスのコンセプトを反映したものであるが、これがまさにキッズアスレティックスの特徴である。すなわち、自主性、主体性が尊重され自己決定によって進展していくこと、チームイベントであるために社会性が求められること、そして、競争による挑戦的な要素が中心となって盛り込まれていることである。キッズアスレティックス

のチームイベントの代表的なプログラムとして、Formula 1 があげられる (図 4)。簡単に言えば、障害物競走リレーであるが、子ども達が自らコースや運動課題(障害)を考えることにキッズアスレティックスの意味がある。図は、一例であるが、距離や運動課題は対象者のレベルに合わせて無数に変化させることができ、汎用性は非常に高い競争イベントである。

日本においては、直接的にキッズアスレティックスにおける身体リテラシーに焦点を当てて研究したものは存在しない。しかし、森ほか (印刷中) は小学 3 ~ 5 年生を対象にキッズアスレティックスを通して感じた自身の運動に関する意識について、また、子どもたちのキッズアスレティックスに対する評価について調査し、今後の指導に対する方策を検討し

ている。キッズアスレティックスで経験した走・跳・投のそれぞれの種目における自身に対する肯定感から、特に、男子の高学年の児童や女子児童のモチベーションを上げる必要があることを報告している。また、キッズアスレティックスを通して経験した種目において、男子では最も楽しかった種目に偏りが生じていたこと（「投げる」が56～59%）や、最も難しいと感じた種目に男女差があったこと（男子では「跳ぶ」、女子では「投げる」）などから、対象によって難易度を変えることや、子ども達の運動欲求を引き出す必要性があることを述べている。

これまで述べてきたように、キッズアスレティックスの実践による身体リテラシーの育成は子ども達の主体性が重要であるといえる。そのため、キッズアスレティックスの実践において重要となるのが、指導者と子ども達との関わり方があげられる。子ども達の主体的な運動は、想像以上に子ども達の身体的、社会的、心理的発達に好影響を与えることが考えられる。しかし、そこには子ども達だけでは気づけない安全面の配慮や過度な運動量の抑制など、指導者の支えがあるに他ならない。指導者のサポートは必要不可欠であり、関与や干渉を必要としないわけではない。IAAFのCECSのカリキュラムにもキッズアスレティックスが導入されている通り、その必要性は明白であり、子ども達の身体リテラシーを育成していく上で、指導者の育成も急務である。

5. 今後の展望

日本においてキッズアスレティックスが紹介されたのは2007年である。その後、2012年にはこの活動に特化した法人が設立され現在に至っているものの、未だ普及途中であるといえる。一方で世界では、特にオーストラリアが先進的役割を担っているようである。オーストラリア陸連はキッズアスレティックスをもとにした教師およびコーチ向けのマニュアル（Athletics Australia, 2016）を作成している。このマニュアルは、初級・中級・上級とトレーニング年数によって分けられており、そして、レッスン1～7までを例示し、各レッスンに5～6種目の運動プログラムを示している。そして、1つのレッスンの時間を45分間に設定し、ウォーミングアップからクーリングダウンまで記載した指導案も例示されている。さらには、各レッスンの評価方法についても記述しており、授業やスポーツクラブなど様々な場面で活用できるようにし、全国的に展開している。日本においても、キッズアスレティックスその

ものの普及はもちろんのこと、指導者の育成が求められよう。そして、子ども期における身体リテラシーの育成が、成人期での競技力やその後のライフスタイルでのスポーツ活動にトラッキングすることを理解し、推進していく必要がある。

日本陸上競技連盟は、2018年に日本版LTADモデルによる競技者育成指針を策定した。この指針で身体リテラシーが取り上げられたことは、競技者育成における発達段階で最も重視すべき能力であることから必然であったといえる。そして、その競技者育成指針の中軸となる概念を支えるプログラムとしてキッズアスレティックスは存在していると考えられるのではないだろうか。身体リテラシーを育成するために、幼少年期における基礎的かつ多様な運動経験を豊富に経験するためのツールとして、キッズアスレティックスが展開されていくことを期待したい。

引用・参考文献

- Athletics Australia (2016) IAAF Kids' Athletics Teacher and Coach Manual.
<http://athletics.com.au/Portals/56/Coaching/Documents/IAAF%20Kids%20Athletics%20Manual%20F-2%20V4%20February%202017.pdf>（参照日：2019年1月22日）
- Bensikaddour H., Mokrani D., Benklaouz T. A., Benzidane H. and Sebbane M. (2015a) The importance of the practice of competitive games Kids' Athletics in physical education for college students (11-12 years) using the cooperative learning strategy. *European Scientific Journal* November 2015 edition., 11(32): 1857-7881(print), 1857-7431(online).
- Bensikaddour H., Sebbane M. and Benklaouz T. A. (2015b) The effect of Kids' Athletics using the cooperative strategy to improve physical and motor skills among students in primary education. *European Journal of Physical Education and Sport.*, 9(3): 137-145.
- Calik S. U., Pekel H. A. and Aydos L. (2018) A study of effect of Kids' Athletics exercises on academic achievement and self-esteem. *Universal Journal of Educational Research.*, 6(8): 1667-1674.
- Gozzoli C., Locatelli E., Massin D., and

- Wahgenmann B. (2006a) IAAF Kids' Athletics- A practical Guide. Second edition. IAAF: Monaco.
- Gozzoli C., Simonhamed J., and Elhebil A. M. (2006b) IAAF Kids' Athletics- Educational Cards. IAAF: Monaco.
- Healthy Active Living and Obesity Research Group (2013) Canadian Assessment of Physical Literacy: Manual for Test Administration. <https://www.capl-ecsfp.ca/wp-content/uploads/capl-manual-english.pdf> (閱 覧 日 : 2019 年 2 月 1 日)
- Haslofca F. (2018) Practice problems of the Kids' Athletics program on turkey. European Journal of Education Studies., 5(3): 170-179.
- IAAF KIDS' ATHLETICS. <https://www.iaaf.org/development/school-youth> (閱 覧 日 : 2019 年 1 月 22 日)
- International Physical Literacy Association. <https://www.physical-literacy.org.uk/defining-physical-literacy/> (閱 覧 日 : 2019 年 1 月 31 日)
- 伊藤静夫・森丘保典・池田延行 (2010) ジュニア育成の新たな視点—身体リテラシーを育む—. 陸上競技学会誌, 8: 41-48.
- 森健一・小林敬和・沼澤秀雄・井筒紫乃 (印刷中) 特別授業におけるキッズアスレティックスの満足度および基本的運動に対する意識調査. フューチャーアスレティックス, 7.
- Petros B., Ploutarhos S., Vasilios B., Vasiliki M., Konstantinos T., Stamatia P., and Christos H. (2016) The effect of IAAF Kids Athletics on the physical fitnee and motivation of elementary school students in track and field. Journal of Physical Education and Sport., 16(3): 883-896.
- Thompson Peter J L. (2009) Introduction to Coaching: The Official IAAF Guide to Coaching Athletics. Warners Midlands plc.
- Willweber T. (2016) Effectiveness of the "IAAF Kids' Athletics Project" in levelling changes of general physical performance among boys of early school age. Journal of Physical Education and Health., 5(8): 21-28.

資料報告

資料報告 目次

- 得点分析にもとづく女子七種競技者のアセスメントのための基準値の作成・・・・・・・・・・ 36
村山凌一，伊藤明子，山元康平，大山卞圭悟，木越清信，尾縣貢
- データベースを利用した新しい競技力指標と心理テストの関係性の検討・・・・・・・・・・ 48
橋本泰裕，中田大貴
- 陸上競技選手におけるスポーツ歴の特徴－学生選手に対する U19 までの軌跡調査－・・・・・・・・ 56
三上なつき，繁田進，横山巧機
- 女子走幅跳高校記録保持者の高校 3 年間にわたる踏切および踏切準備における・・・・・・・・ 67
キネマティクス的特徴の縦断的变化
柴田篤志，清水悠，小山宏之
- 軽量円盤および重量円盤の投てきがリリースパラメータに与える影響・・・・・・・・・・ 76
－ 選手の投能力に着目して －
黒田剛志，榎本翔太，加賀勝

得点分析にもとづく女子七種競技者のアセスメントのための基準値の作成

村山 凌一¹⁾ 伊藤 明子¹⁾ 山元 康平²⁾ 大山 卞 圭悟²⁾ 木越 清信²⁾ 尾縣 貢²⁾

1) 筑波大学大学院人間総合科学研究科 2) 筑波大学体育系

Development of performance indicator for heptathletes in the structural analysis.

Ryoichi Murayama¹⁾ Akiko Ito¹⁾ Kohei Yamamoto²⁾ Keigo Byun Ohyama²⁾ Kiyonobu Kigoshi²⁾
Mitsugi Ogata²⁾

1) University of Tsukuba, Graduate School of Comprehensive Human Sciences

2) University of Tsukuba, Faculty of Health and Sports Sciences

1. 緒言

女子七種競技は、日本陸上競技連盟の強化方針では、国際競技会への出場を目指すワールドチャレンジ種目にカテゴリーされている。2018年現在の女子七種競技の日本記録は、2004年に中田有紀選手が記録した5962点であり、15年近く更新されていないとともに、この記録は、近年の五輪および世界選手権の参加標準記録(2019年ドーハ世界選手権:6300点)を下回っている。そのため、同じ混成競技の男子十種競技が、世界選手権・五輪への複数出場やアジア大会における金メダルを達成しているにも関わらず、女子七種競技は、世界選手権や五輪への参加から遠ざかって久しい。一方で近年、ヘンブヒル恵選手(5907点, 2017年, 日本歴代2位)、山崎有紀選手(5873点, 2018年, 日本歴代3位)、宇都宮絵莉選手(5821点, 2018年, 日本歴代4位)らが、日本歴代上位の記録を達成しており、国内の競技レベルは向上傾向にあるといえ、今後は国際レベルでの活躍が期待される。

我が国の男子十種競技に関する研究では、世界トップレベル競技者の得点分析により、十種競技者のアセスメントおよび目標設定を行うための基準が提示され、強化に利用されている(持田ほか, 2010)。一方、女子七種競技に関する研究は、種目毎の技術分析に関する研究(繁田・有吉, 2010; 松林ほか, 2012)、競技者の体力特性に関する研究(高島ほか, 2011; 高本・尾縣, 2005; 上野ほか, 2002)、数理モデルや統計手法を用いた得点分

析研究(Careau and Wilson, 2017; Gassmann et al, 2016; 繁田ほか, 2012)、トレーニングに関する研究(浅見, 2002; 上野ほか, 2003; 渡邊ほか, 2000)などが行われているが、幅広い競技レベルの競技者のデータから、アセスメントや目標設定のための基準の作成を行った研究は、我々の知る限りないようである。スポーツパフォーマンスを向上させるためには、競技者の現状のアセスメントにより、適切なトレーニング課題を設定することが重要になる(凶子, 2014)。複数の種目のトレーニングが必要な混成競技において、個々の競技者の得意種目や不得意種目を適切にアセスメントするとともに、目標とする七種競技記録を達成するために必要な各種目の記録レベルを把握することは、トレーニング計画を立案する上で重要であると考えられる。これに関連し尾縣(1991)は、混成競技の長期的な強化モデルとして、得意種目や不得意種目を把握した上での計画的な強化が重要であることを指摘している。また、持田ほか(2010)は、十種競技において、得点分析をもとに作成した評価基準および競技レベル別の下限値を手掛かりに、日本人競技者が達成すべき各種目記録の具体的な数値目標を提示している。このような競技者の得意種目や不得意種目を把握するためのアセスメントや、具体的なトレーニング目標の設定のためには、実際の競技者の記録から、アセスメントおよび目標設定に利用可能な基準値を作成することが必要不可欠である。

これらのことから、本研究では、世界トップレベルから日本一般レベルの七種競技者を対象に、七種

競技総合得点と各種目の記録との関係について検討し、七種競技者のアセスメントおよび目標設定に利用可能な基準値の作成を試みた。

2. 方法

(1) データの収集

世界トップレベルから日本一般レベルの女子七種競技者を対象に、七種競技記録（以下、総合得点とする）および各種目（100 mハードル [100 mH]、走高跳 [High jump : HJ]、砲丸投 [Shot put : SP]、200 m走、走幅跳 [Long jump : LJ]、やり投 [Javelin throw : JT]、800 m走）の記録について調査を行った。調査対象は、やり投の規格変更が行われた1999年以降における総合得点4500点以上の競技者とした。対象者は、総合得点500点毎に50名以上のデータが収集できるよう無作為に抽出した（ただし、6500点以上の競技者は世界歴代でも50名に満たなかったため、可能な限りのデータの収集を行った）。データの収集は国際陸連（IAAF, online）および国内のランキングwebサイト（陸上競技マガジン記録編集部, online）において行った。可能な限り、近年の日本人競技者を中心にデータの収集を行った。収集したデータは、女子七種競技者281名（七種競技記録：5566 ± 695点, 7032 - 4511点）分であった。同一の競技者のデータが重複することがないようにした。対象者は、総合得点500点毎に群分けし、6500点以上をA群（n = 41, 6671 ± 143点）、6500点未満6000点以上をB群（n = 50, 6164 ± 124点）、6000点未満5500点以上をC群（n = 54, 5753 ± 140点）、5500点未満5000点以上をD群（n = 62, 5191 ± 140点）、5000点未満4500点以上をE群（n = 74, 4728 ± 126点）とした。D群およびE群は、全て日本人競技者であった。

(2) データ処理

① 総合得点に対する各種目の記録の標準値

総合得点を独立変数、各種目の記録を従属変数とする単回帰分析を行い、総合得点に対する各種目の記録の標準値を推定する回帰式の作成を行った。回帰式の決定係数（ R^2 ）および推定の標準誤差（SEE）を求めた。得られた回帰式をもとに、総合得点100点毎の各種目の記録の標準値を求め、早見表を作成した。

② 総合得点に対する各種目の記録の下限値

男子十種競技の得点分析を行なった持田ほか（2010）の方法を参考に、総合得点100点毎（7000点台、6900点台、6800点台…4500点台）に、当該記録範囲内での各種目の最も低い記録（下限記録とする）を求めた。そして、①と同様に、総合得点を独立変数、各種目の下限記録を従属変数とする単回帰分析を行い、総合得点に対する各種目の記録の下限値を推定する回帰式の作成を行った。 R^2 およびSEEを求めた。得られた回帰式をもとに、総合得点100点毎の各種目の記録の下限値を求め、早見表を作成した。

③ 七種競技の競技レベル別評価基準

持田ほか（2010）の方法を参考に、対象者全体および群毎に、各種目の5段階評価基準の作成を行なった。各種目の平均値および標準偏差（SD）をもとに、対象者全体および群毎に各種目の平均値 + 1.5SD, + 0.5SD, - 0.5SD, - 1.5SDに相当する記録を求め、それぞれ平均値 + 1.5SD以上を+2（優れる）、平均値 + 1.5SD ~ + 0.5SDを+1（やや優れる）、平均値 ± 0.5SDを0（標準）、平均値 - 0.5SD ~ - 1.5SDを-1（やや劣る）、平均値 - 1.5SD以下を-2（劣る）評価とした。表1は、評価基準の概要を示したものである。

(3) 統計処理

各項目の平均値および標準偏差（SD）を算出した。項目間の関係を検討するために、Pearsonの積率相関係数を算出した。群間の有意差検定には、一元配置の分散分析を行い、F値が有意であった項目についてはTukey法により多重比較を行った。

統計処理はいずれも、統計処理ソフト（IBM社製、SPSS Statistics 25.0 for MacOS X）を用いて行い、有意性は危険率5%未満で判定した。

表1 5段階評価による評価基準表

評価	記録の範囲	
+2	優れる	平均値+1.5SD以上
+1	やや優れる	平均値+0.5SD~+1.5SD
0	標準	平均値±0.5SD
-1	やや劣る	平均値-0.5SD~-1.5SD
-2	劣る	平均値-1.5SD未満

SD: 標準偏差

表 2 各群の七種競技の各種目の記録

群	n	総合得点 (点)	100 mH (秒)	HJ (m)	SP (m)	200 m走 (秒)	LJ (m)	JT (m)	800 m走 (秒) 注
ALL	281	5566 ± 695	14.23 ± 0.76	1.67 ± 0.13	11.77 ± 1.89	25.33 ± 1.11	5.81 ± 0.49	40.61 ± 6.34	21.13 ± 7.72
		12.5	5.3	7.6	16.1	4.4	8.5	15.6	5.5
		7032 - 4511	12.54 - 17.08	1.98 - 1.37	17.31 - 7.55	22.35 - 28.15	6.88 - 4.66	59.32 - 24.79	2.06 - 45.81
A	41	6671 ± 143	13.31 ± 0.35	1.83 ± 0.06	14.32 ± 0.90	23.87 ± 0.59	6.51 ± 0.22	47.51 ± 5.19	12.02 ± 4.29
		2.1	2.6	3.5	6.3	2.5	3.4	10.9	3.2
		7032 - 6500	12.54 - 14.21	1.98 - 1.69	17.31 - 12.61	22.35 - 25.43	6.88 - 5.98	59.32 - 37.21	2.06 - 20.87
B	50	6164 ± 124	13.72 ± 0.37	1.78 ± 0.06	13.25 ± 0.92	24.54 ± 0.64	6.16 ± 0.19	43.46 ± 5.83	16.17 ± 4.26
		2.0	2.7	3.6	7.0	2.6	3.1	13.4	3.1
		6466 - 6000	12.96 - 14.61	1.83 - 1.64	14.35 - 11.32	23.60 - 25.75	6.59 - 5.52	49.53 - 32.03	8.74 - 26.31
C	54	5753 ± 140	13.93 ± 0.39	1.71 ± 0.06	12.27 ± 1.06	25.01 ± 0.68	5.99 ± 0.23	39.26 ± 4.99	19.83 ± 6.06
		2.4	2.8	3.2	8.7	2.7	3.9	12.7	4.3
		5995 - 5504	12.96 - 15.19	1.83 - 1.59	14.35 - 9.73	23.60 - 27.00	6.59 - 5.50	49.53 - 25.36	8.74 - 34.91
D	62	5191 ± 140	14.47 ± 0.36	1.61 ± 0.07	10.75 ± 1.02	25.89 ± 0.54	5.56 ± 0.20	39.89 ± 4.72	25.02 ± 5.82
		2.7	2.5	4.1	9.5	2.1	3.5	11.8	4.0
		5491 - 5011	13.94 - 15.35	1.75 - 1.46	13.61 - 8.35	24.35 - 27.07	6.06 - 5.08	52.85 - 27.65	15.48 - 45.81
E	74	4728 ± 126	15.12 ± 0.50	1.54 ± 0.07	9.83 ± 0.98	26.45 ± 0.67	5.25 ± 0.20	36.45 ± 5.17	27.24 ± 5.89
		2.7	3.3	4.8	9.9	2.5	3.8	14.2	4.0
		4966 - 4511	14.23 - 17.08	1.73 - 1.37	12.36 - 7.55	24.76 - 28.15	5.61 - 4.66	51.39 - 24.79	13.37 - 44.16
分散分析		*	*	*	*	*	*	*	
多重比較		A > B > C > D > E	A < B, C < D < E	A > B > C > D > E	A > B > C > D > E	A < B < C < D < E	A > B > C > D > E	A > B > C, D > E	A < B < C < D, E

A群: > 6500 B群: 6499 - 6000 C群: 5999 - 5500 D群: 5499 - 5000 E群: 4999 - 4500

注: 「2」を省略した秒以下の値 変動係数は2分=120秒を加算した値をもとに算出

上行: 平均値±SD 中行: 変動係数 (SD/平均値・100, %) 下行: 最大値-最小値

*, >, <, p<0.05

表 3 七種競技記録と各種目記録との回帰式

種目	回帰式	R ²	SEE
100 mH (秒)	Y = -0.000923 x + 19.37	0.715	0.41
HJ (m)	Y = 0.000159 x + 0.79	0.755	0.06
SP (m)	Y = 0.002333 x - 1.22	0.732	0.98
200 m走 (秒)	Y = -0.001336 x + 32.77	0.695	0.62
LJ (m)	Y = 0.000652 x + 2.18	0.849	0.19
JT (m)	Y = 0.005247 x + 11.41	0.329	5.20
800 m走 (秒) 注	Y = -0.007991 x + 65.61	0.516	5.38

Y: 各種目の記録 x: 七種競技記録 (点) R²: 決定係数 SEE: 推定の標準誤差

注: 「2」を省略した秒以下の値

3. 結果

表 2 は, 各群の総合得点および各種目の記録を示したものである. 800 m 走の記録は, 対象者全員が 2 分台の記録であったため, 「2 分」を省略した秒以下の値を示しており, 以下全ての図表で同様である. 表には, 各群について, 上行に平均値±SD, 中行に変動係数 (SD/平均値・100, %), 下行に最大値および最小値を示している. 総合得点および全ての種目において, 群間に有意な差が認められ (p < 0.05), いずれの項目も上位の群が高い記録を示した. 総合得点, HJ, SP, 200 m および LJ では, 全ての群間に有意な差が認められた. 100 mH では, B 群と C 群との間に, 有意な差は認められなかった. JT では, C 群と D 群との間に, 有意な差は認められ

なかった. 800 m 走では, D 群と E 群との間に, 有意な差は認められなかった. 変動係数は, SP および JT において高い傾向が見られた.

図 1 は, 総合得点と各種目の記録との関係を示したものである. また表 3 は, 総合得点と各種目の記録との回帰式, R² および SEE を示したものである. 全ての種目において, 総合得点との間に有意な相関関係が認められ, (r = ± 0.5 - 0.9), 有意な回帰式が得られた. 回帰式の当てはまりの高さを示す R² は, JT 以外では 0.5 以上の値を示した. JT の R² は 0.329 であった. 表 4 は, 表 3 の回帰式を用いて, 総合得点 100 点毎の各種目の記録の標準値を示したものである.

表 5 は, 種目間の相関係数を示したものである. 全ての種目間に有意な相関関係が認められたが, 相

表 4 七種競技記録毎の各種目の記録の標準値

総合得点 (点)	100mH (秒)	HJ (m)	SP (m)	200m (秒)	LJ (m)	JT (m)	800m (秒) 注
7000	12.91	1.90	15.11	23.42	6.74	48.14	9.67
6900	13.00	1.89	14.88	23.55	6.68	47.61	10.47
6800	13.09	1.87	14.64	23.69	6.61	47.09	11.27
6700	13.19	1.86	14.41	23.82	6.55	46.56	12.07
6600	13.28	1.84	14.18	23.95	6.48	46.04	12.87
6500	13.37	1.82	13.94	24.09	6.42	45.52	13.67
6400	13.46	1.81	13.71	24.22	6.35	44.99	14.47
6300	13.56	1.79	13.48	24.35	6.29	44.47	15.27
6200	13.65	1.78	13.24	24.49	6.22	43.94	16.07
6100	13.74	1.76	13.01	24.62	6.16	43.42	16.86
6000	13.83	1.74	12.78	24.75	6.09	42.89	17.66
5900	13.92	1.73	12.54	24.89	6.03	42.37	18.46
5800	14.02	1.71	12.31	25.02	5.96	41.84	19.26
5700	14.11	1.70	12.08	25.15	5.90	41.32	20.06
5600	14.20	1.68	11.84	25.29	5.83	40.79	20.86
5500	14.29	1.66	11.61	25.42	5.77	40.27	21.66
5400	14.39	1.65	11.38	25.56	5.70	39.74	22.46
5300	14.48	1.63	11.14	25.69	5.64	39.22	23.26
5200	14.57	1.62	10.91	25.82	5.57	38.69	24.06
5100	14.66	1.60	10.68	25.96	5.51	38.17	24.86
5000	14.76	1.59	10.45	26.09	5.44	37.65	25.66
4900	14.85	1.57	10.21	26.22	5.37	37.12	26.45
4800	14.94	1.55	9.98	26.36	5.31	36.60	27.25
4700	15.03	1.54	9.75	26.49	5.24	36.07	28.05
4600	15.12	1.52	9.51	26.62	5.18	35.55	28.85
4500	15.22	1.51	9.28	26.76	5.11	35.02	29.65
SSE	0.41	0.06	0.98	0.62	0.19	5.20	5.38

注：「2」を省略した秒以下の値 SSE：推定の標準誤差

関係数の大きさは種目間によって大きく異なった ($r = \pm 0.18 - 0.81$)。

図 2 は、総合得点 100 点毎に求めた各種目の下限記録と総合得点との関係を示したものである。また、表 6 は、総合得点と下限記録との回帰式、 R^2 および SEE を示したものである。全ての種目の下限記録と、総合得点との間に有意な相関関係が認められ ($r = \pm 0.7 - 0.9$)、有意な回帰式が得られた。回帰式の当てはまりの高さを示す R^2 は、全ての種目で 0.5 以上の値を示した。表 7 は、表 6 の回帰式を用いて、総合得点 100 点毎の各種目の下限記録を示したものである。

表 8 は、対象者全体および競技レベル別の各種目の評価基準を示したものである。また表 9 は、日本歴代上位競技者 (W, X, Y, Z 選手) および世界選手権出場レベルに相当する 6300 点相当の競技者 (o, p, q 選手) の総合得点および各種目の記録を、表 8 の評価基準 (5999 - 5500 点および 6499 - 6000 点基準) および表 7 の総合得点別下限記録を用いて評

価したものである。世界レベル競技者は、世界歴代ランキングから、当該記録に該当する競技者を無作為に抽出した。W, X, Y, Z 選手は、5999-5500 点基準で見ると、- 2 評価は見られず、- 1 評価も競技者によって 1 - 2 種目見られる程度であったが、6499 - 6000 点基準では、- 2 および - 1 評価が多数見られたとともに、+ 1 評価もそれぞれ 1 種目であった。一方、o, p, q 選手は、6499 - 6000 点基準でも、- 2 評価の種目はなく、- 1 評価も競技者によって 1 - 2 種目程度であり、+ 1 評価も 2 種目以上見られた。

4. 考察

本研究では、世界トップレベルから日本一般レベルの七種競技者を対象に、総合得点と各種目の記録との関係について検討し、七種競技者のアセスメントおよび目標設定に利用可能な基準値の作成を試みた。七種競技者 281 名 (総合得点：5566 ± 695 点、

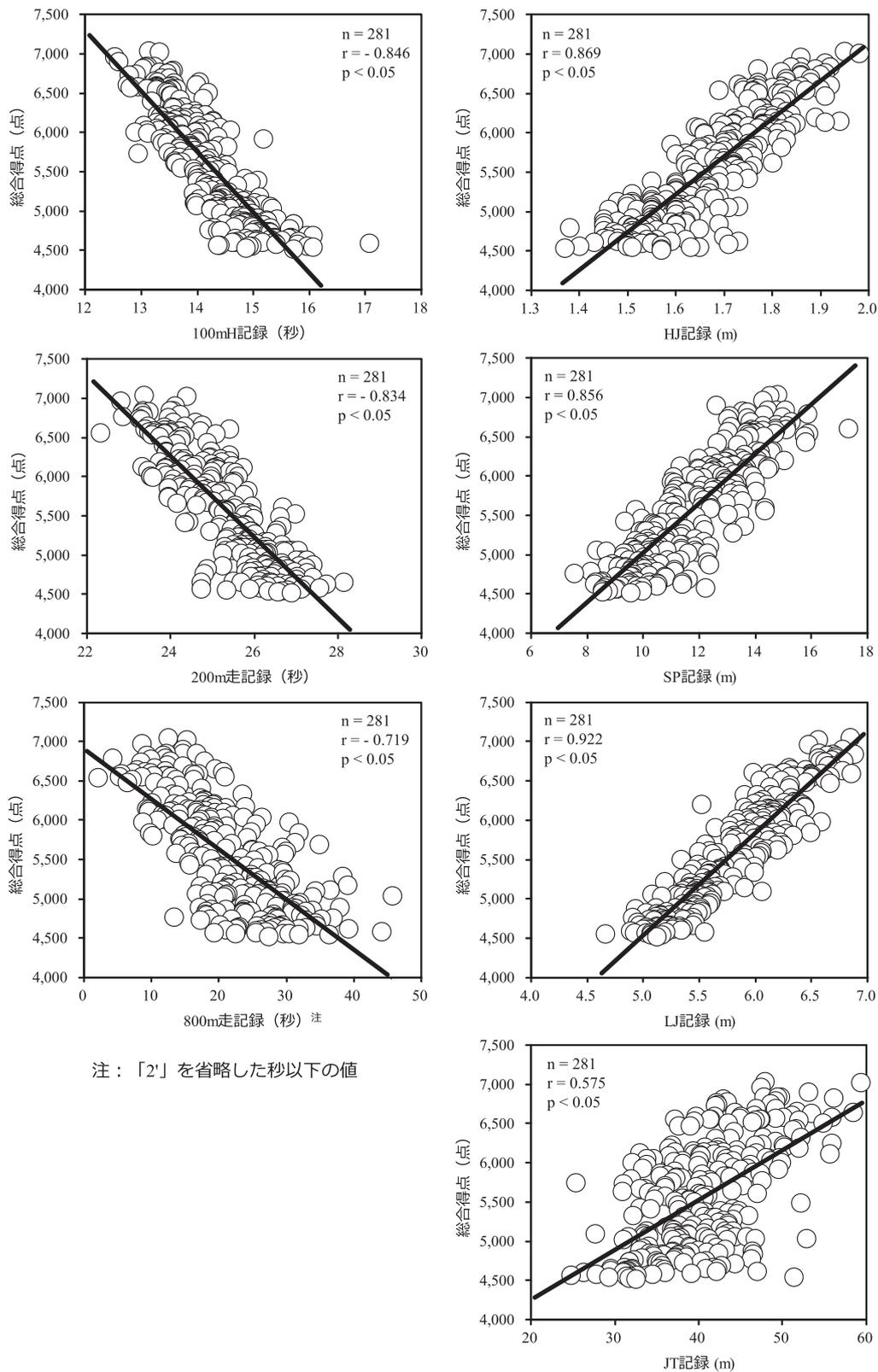


図1 七種競技総合得点と各種目の記録との関係

7032 - 4511 点) の総合得点および各種目の記録を調査し、総合得点と各種目の記録との関係から、総合得点に対する各種目の記録の標準値および下限記録を推定する回帰式の作成を行うとともに、競技レベル別にみた各種目の記録の評価基準の作成を行った。以下では、(1) 総合得点と各種目の記録と

の関係および種目間の関係、(2) 本研究で作成した女子七種競技におけるアセスメントおよび目標設定のための基準値の特徴、(3) 評価基準および下限記録を用いた七種競技者のアセスメント、について考察を行う。

表5 七種競技における種目間の相関係数

	100mH	HJ	SP	200m	LJ	JT
HJ	-0.664					
SP	-0.638	0.712				
200m	0.813	-0.618	-0.631			
LJ	-0.800	0.806	0.736	-0.779		
JT	-0.321	0.419	0.591	-0.258	0.404	
800m	0.609	-0.578	-0.464	0.698	-0.630	-0.182
n=281	$p < 0.05$	$r > 0.5, r < -0.5$				

表6 七種競技総合得点と各種目下限記録との回帰式

種目	単位	回帰式	R ²	SEE
100 mH	(秒)	Y = -0.001151 x + 21.26	0.812	0.42
HJ	(m)	Y = 0.000192 x + 0.49	0.929	0.04
SP	(m)	Y = 0.002499 x - 3.58	0.934	0.51
200 m走	(秒)	Y = -0.001592 x + 35.30	0.904	0.40
LJ	(m)	Y = 0.000698 x + 1.58	0.926	0.15
JT	(m)	Y = 0.006414 x - 1.73	0.615	3.81
800 m走	(秒) ^注	Y = -0.011890 x + 97.25	0.826	4.12

Y: 各種目の下限記録 x: 七種競技記録 (点) R²: 決定係数 SEE: 推定の標準誤差

注: 「2」を省略した秒以下の値

(1) 総合得点と各種目の記録との関係および種目間の関係

七種競技の競技レベルの異なる群間の各種目の記録を比較すると(表2)、全ての種目で群間に有意な差が認められ、いずれの種目も、上位の群が高い記録を示した。また、総合得点と各種目の記録の間にも、全ての種目において強い相関関係が認められた(図1)。これらのことは、本研究で対象とした日本一般レベルから世界トップレベルまでという範囲では、高い七種競技記録を達成するためには、全ての種目において高い記録が必要になることを示すものである。また、相関係数の大きさに着目すると、総合得点とLJとの相関係数が最も大きかった($r = 0.922$ 、図1)。さらに、LJは、100 mHや200 m走、HJという他のスプリントおよび跳躍種目との関係が比較的強い傾向が見られた(表5)。これらの種目は、パフォーマンス構造として、スプリント能力、水平および鉛直方向への跳躍能力という基礎的な因子が共通しており、これらの基礎的な能力に優れる競技者は、LJのみならず3種目全てにおいて高い記録を達成でき、必然的に高得点を獲得できる傾向にあるため、総合得点との関係が強い傾向が認められたと考えられる。一方、SPおよびJTは、

対象者全体および各群での変動係数が大きく(表2)、個人差が大きい種目であると考えられる。さらに、これら2種目は、他種目との相関関係が比較的弱く(表5)、要求される技術および体力の特異性が高い種目であると考えられる。そのため、競技レベルが近い場合でも、記録レベルの個人差が大きく、総合得点との関係が比較的弱かったと考えられる。これらの傾向は、指導現場での経験的な認識や先行研究の結果と概ね一致していた(Gassmann et al, 2016; 尾縣, 1991; 繁田ほか, 2012)。

これらのことから、七種競技において高いパフォーマンスを達成するためには、全ての種目において高い記録を達成することが重要であることを前提とした上で、中でも、LJを中心に、スプリントおよび跳躍系種目のパフォーマンスを向上させることが重要であると考えられる。

(2) 本研究で作成した女子七種競技におけるアセスメントおよび目標設定のための基準値の特徴

競技者の現状を適切にアセスメントし、トレーニング課題と目標を設定することは、スポーツ・トレーニングの根幹である(図子, 2014)。そして、適切なアセスメントおよび目標設定のためには、具

表7 七種競技記録毎の各種目の記録の下限值

総合得点 (点)	100mH (秒)	HJ (m)	SP (m)	200m (秒)	LJ (m)	JT (m)	800m (秒) ^注
7000	13.20	1.83	13.91	24.16	6.47	43.17	14.02
6900	13.32	1.81	13.66	24.32	6.40	42.53	15.21
6800	13.43	1.80	13.41	24.47	6.33	41.89	16.40
6700	13.55	1.78	13.16	24.63	6.26	41.24	17.59
6600	13.66	1.76	12.91	24.79	6.19	40.60	18.78
6500	13.78	1.74	12.66	24.95	6.12	39.96	19.97
6400	13.89	1.72	12.41	25.11	6.05	39.32	21.15
6300	14.01	1.70	12.16	25.27	5.98	38.68	22.34
6200	14.12	1.68	11.91	25.43	5.91	38.04	23.53
6100	14.24	1.66	11.66	25.59	5.84	37.40	24.72
6000	14.35	1.64	11.41	25.75	5.77	36.75	25.91
5900	14.47	1.62	11.16	25.91	5.70	36.11	27.10
5800	14.58	1.60	10.91	26.07	5.63	35.47	28.29
5700	14.70	1.58	10.66	26.23	5.56	34.83	29.48
5600	14.81	1.57	10.41	26.38	5.49	34.19	30.67
5500	14.93	1.55	10.16	26.54	5.42	33.55	31.86
5400	15.04	1.53	9.91	26.70	5.35	32.91	33.04
5300	15.16	1.51	9.66	26.86	5.28	32.26	34.23
5200	15.27	1.49	9.41	27.02	5.21	31.62	35.42
5100	15.39	1.47	9.16	27.18	5.14	30.98	36.61
5000	15.51	1.45	8.92	27.34	5.07	30.34	37.80
4900	15.62	1.43	8.67	27.50	5.00	29.70	38.99
4800	15.74	1.41	8.42	27.66	4.93	29.06	40.18
4700	15.85	1.39	8.17	27.82	4.86	28.42	41.37
4600	15.97	1.37	7.92	27.98	4.79	27.77	42.56
4500	16.08	1.35	7.67	28.14	4.72	27.13	43.75
SSE	0.42	0.04	0.51	0.40	0.15	3.81	4.12

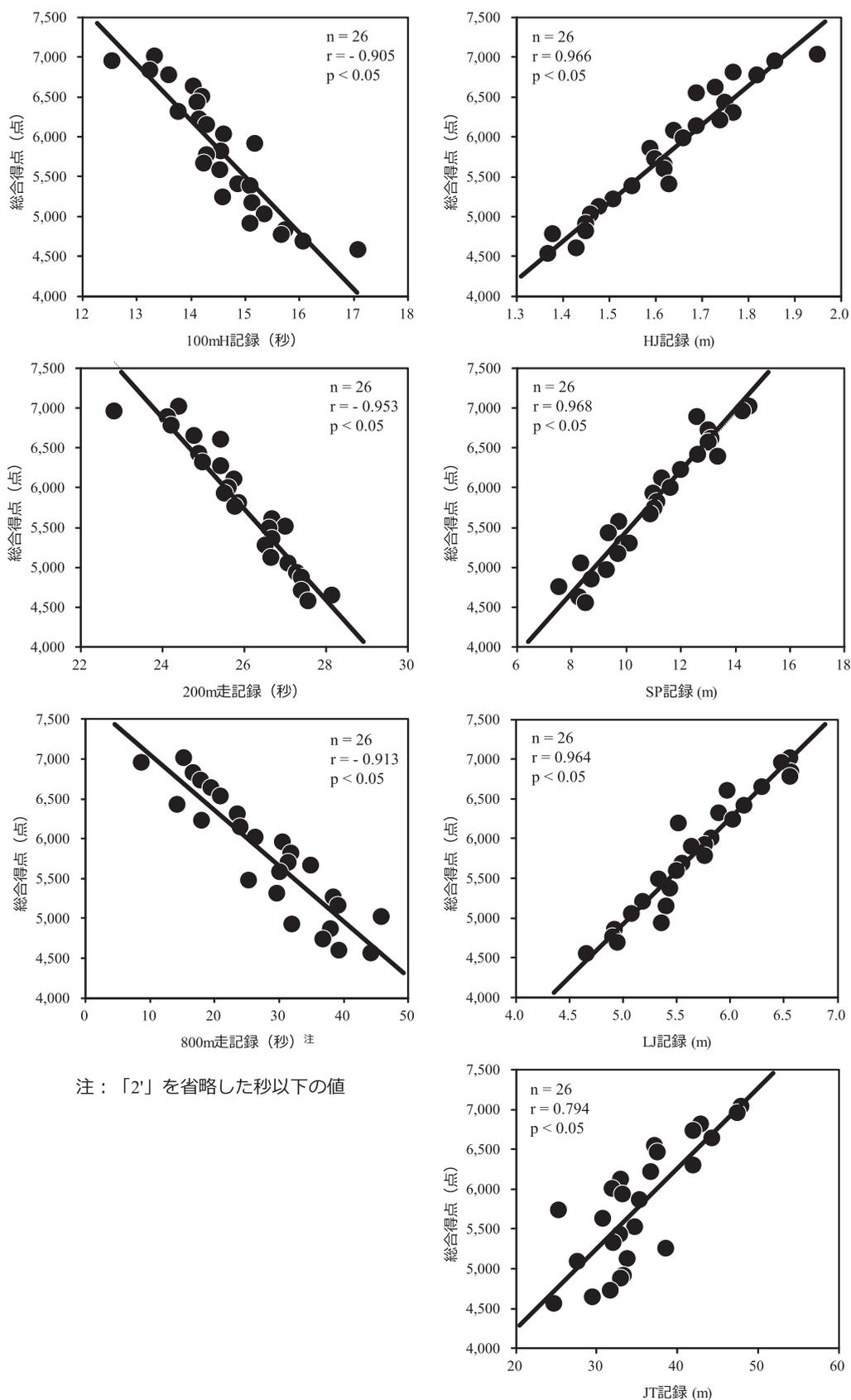
注：「2」を省略した秒以下の値 SSE：推定の標準誤差

体的な基準が必要になる。本研究では、男子十種競技において得点分析をもとに競技レベル別の記録下限値や評価基準を作成した持田ほか（2010）の報告を参考に、総合得点と各種目の記録との関係から、目標とする総合得点を達成するための各種目の標準値および下限記録、評価基準を作成した。

総合得点を独立変数、各種目の記録または競技レベル別の下限記録を従属変数とした回帰式の決定係数は概ね高い値を示し（表3および表7. $R^2 > 0.5$ ）、これらの回帰式を用いることで、目標とする総合得点を達成するための各種目の記録の標準値および下限値を求めることができる。表3および表6には、回帰式の推定の標準誤差（SEE）も併せて示しているが、SEEは、推定式の精度の高さの指標であると同時に、総合得点に対する各種目の記録の個人差の程度を示すものと捉えることができる。例えば、標準値の回帰式において、決定係数が最も大きかったLJのSEEは0.19（m）であり、決定係数が最も小さかったJTのSEEは5.20（m）である。これらの値は、

競技レベルの異なる各群のSDとほぼ同等の値であり（表2）、このことから、同じ総合得点に対して、LJでは±0.2m程度、JTでは±5m程度の個人差が存在するものであると解釈することができる。回帰式を用いて記録の標準値および下限値を求める場合は、このような個人差の程度も考慮して利用することが必要である。

七種競技は、各種目の記録を得点化しその合計得点を競う競技であるため、当然、競技者によって得意な種目、不得意な種目があり、得点パターンは競技者によって様々である。その中で、回帰式によって求められる記録の標準値は、ある総合得点を達成するための最も標準的な値を示すものである。実際には、競技者によって得点パターンは異なるため、例え不得意な種目があっても、得意な種目で高得点を獲得することによって、総合得点を高めることも可能である。一方で、本研究で求めた下限記録は（表6, 7, 図2）、そのように無数の得点パターンがある中で、ある競技レベルに対して、当該種目におい



注：「2」を省略した秒以下の値

図2 七種競技記録 100点毎の総合得点と各種目の下限記録との関係

てその記録以下を記録する競技者が極めて稀である記録を示しており、ある競技レベルに到達するために最低限クリアすべき記録レベルであるといえる。これらのことから、表7に示したこれら各種目の記

録の下限値は、目標となる総合得点を達成するために最低限クリアすべき記録目標を設定する上で目安になると考えられる。さらに、下限記録にもSEEが存在するため、SEEの範囲も考慮した下限レベルを

表 8 競技レベル別の七種競技種目別評価基準

(全体) > 4500								C群 : 5999 - 5500							
100 mH (秒)	HJ (m)	SP (m)	200 m走 (秒)	LJ (m)	JT (m)	800 m走 (秒)注	評価	100 mH (秒)	HJ (m)	SP (m)	200 m走 (秒)	LJ (m)	JT (m)	800 m走 (秒)注	評価
13.10	1.86	14.60	23.67	6.54	50.11	9.56	+2 優れる	13.34	1.79	13.86	23.99	6.34	46.74	10.73	+2 優れる
13.86	1.74	12.71	24.78	6.05	43.78	17.28	+1 やや優れる	13.73	1.74	12.80	24.67	6.10	41.75	16.80	+1 やや優れる
14.61	1.61	10.82	25.89	5.56	37.44	24.99	±0 標準	14.12	1.68	11.74	25.35	5.87	36.76	22.86	±0 標準
15.37	1.48	8.93	27.00	5.07	31.11	32.71	-1 やや劣る	14.51	1.63	10.67	26.02	5.64	31.77	28.92	-1 やや劣る
							-2 劣る								-2 劣る
A群 : > 6500								D群 : 5499 - 5000							
100 mH (秒)	HJ (m)	SP (m)	200 m走 (秒)	LJ (m)	JT (m)	800 m走 (秒)注	評価	100 mH (秒)	HJ (m)	SP (m)	200 m走 (秒)	LJ (m)	JT (m)	800 m走 (秒)注	評価
12.79	1.93	15.68	22.98	6.85	55.30	5.59	+2 優れる	13.94	1.71	12.28	25.08	5.85	46.97	16.29	+2 優れる
13.14	1.87	14.77	23.57	6.63	50.10	9.87	+1 やや優れる	14.29	1.64	11.26	25.62	5.66	42.25	22.11	+1 やや優れる
13.49	1.80	13.87	24.16	6.40	44.91	14.16	±0 標準	14.65	1.58	10.24	26.16	5.46	37.53	27.93	±0 標準
13.83	1.74	12.97	24.76	6.18	39.71	18.45	-1 やや劣る	15.01	1.51	9.22	26.70	5.26	32.82	33.75	-1 やや劣る
							-2 劣る								-2 劣る
B群 : 6499 - 6000								E群 : 4999 - 4500							
100 mH (秒)	HJ (m)	SP (m)	200 m走 (秒)	LJ (m)	JT (m)	800 m走 (秒)注	評価	100 mH (秒)	HJ (m)	SP (m)	200 m走 (秒)	LJ (m)	JT (m)	800 m走 (秒)注	評価
13.17	1.88	14.64	23.59	6.45	52.21	9.78	+2 優れる	14.37	1.65	11.30	25.44	5.55	44.20	18.41	+2 優れる
13.54	1.82	13.71	24.23	6.26	46.38	14.04	+1 やや優れる	14.87	1.57	10.32	26.11	5.35	39.03	24.30	+1 やや優れる
13.90	1.75	12.79	24.86	6.06	40.55	18.30	±0 標準	15.37	1.50	9.34	26.79	5.15	33.86	30.18	±0 標準
14.27	1.69	11.87	25.50	5.87	34.71	22.56	-1 やや劣る	15.87	1.43	8.36	27.46	4.95	28.69	36.07	-1 やや劣る
							-2 劣る								-2 劣る

注：「注」を省略した秒以下の値

設定することも有効であろう。

また、これら総合得点に対する各種目の記録の標準値および下限値に加えて、各群の各種目の記録の平均値およびSDをもとに、5段階評価の評価基準を作成した(表8)。男子十種競技を対象とした研究では(持田ほか, 2010)、8000点以上の世界トップレベル競技者のデータをもとに評価基準が作成されている。これに関連して谷川・内藤(2014)は、競技者のアセスメントを行う際、高いレベルのデータと比較すると短所ばかりが目立ち、なにが長所なのかを捉えにくいいため、同じパフォーマンスレベルのデータと比較することで、現在の長所や短所などの競技者が持つ個性を把握しやすくなると述べてい

る。本研究では、世界トップレベルから日本一般レベルまで、競技レベル別に評価基準を作成しているため、個々の競技者の競技レベルに応じた評価基準を用いてアセスメントを行うことで、個々の競技者の得意種目や不得意種目を適切に評価することができると考えられる。

(3) 各種目の記録の下限値および評価基準を用いた七種競技者のアセスメント

ここでは、上述したアセスメントおよび目標設定の各種基準値を手掛かりに、世界レベルおよび日本歴代上位競技者の評価を行った結果を例に(表9)、本研究で作成した指標の利用モデルについて示す。

表9 下限記録および評価基準表を用いた世界レベルおよび日本歴代上位競技者の評価

	競技者	総合得点 (点)	100 mH (秒)	HJ (m)	SP (m)	200 m走 (秒)	LJ (m)	JT (m)	800 m走 (秒)注	6000点下限記録 以下の種目数		6300点下限記録 以下の種目数		
各種目記録	W	5962	13.97	1.75	11.74	25.02	6.41	43.16	19.67	0	1			
	X	5907	13.35	1.71	11.13	24.87	6.06	45.02	19.32	1	1			
	Y	5873	14.02	1.70	12.13	24.75	5.89	46.48	17.75	0	4			
	Z	5821	13.92	1.66	11.15	24.79	5.90	43.12	9.80	1	3			
	o	6319	13.92	1.73	13.83	24.69	6.38	47.47	10.31	0	0			
	p	6302	13.57	1.86	12.42	25.06	6.21	46.14	11.81	0	0			
	q	6300	13.58	1.77	14.18	24.25	6.18	42.02	11.31	0	0			
	競技者		各種目の評価							各評価に該当する種目数				
			100 mH	HJ	SP	200 m走	LJ	JT	800 m走	-2	-1	0	+1	+2
5999-5500点 基準	W		0	+1	0	0	+2	+1	0	0	0	4	2	1
	X		+1	0	-1	0	0	+1	0	0	1	4	2	0
	Y		0	0	0	0	0	+1	0	0	0	6	1	0
	Z		0	-1	-1	0	0	+1	+2	0	2	3	1	1
6499-6000点 基準	W		-1	0	-2	-1	+1	0	-1	1	3	2	1	0
	X		+1	-1	-2	-1	0	0	-1	1	3	2	1	0
	Y		-1	-1	-1	0	-1	+1	0	0	4	2	1	0
	Z		-1	-2	-2	0	-1	0	+1	2	2	2	1	0
	o		-1	-1	+1	0	+1	+1	+1	0	2	1	4	0
	p		0	+1	-1	-1	0	0	+1	0	2	3	2	0
	q		0	0	+1	0	0	0	+1	0	0	5	2	0

注：「2」を省略した秒以下の値

まず、各競技者の各種目について、日本記録の目安である6000点の下限記録(表7)と比較すると、X選手のSP、Z選手のHJは下限記録を下回っていた。また、同様に、世界選手権参加標準記録6300点の下限記録と比較すると、X選手はSP、Y選手は100 mH、HJ(タイ)、SPおよびLJ、Z選手はHJ、SPおよびLJが、それぞれ下回っていた。上述したように、下限記録は、ある競技レベルに到達するために最低限クリアすべき記録レベルである。実際に、6300点以上の記録を達成しているo、p、q選手の各種目の記録は、6300点の下限記録を全て上回っている。これらのことから、X、Y、Z選手が6000点および6300点以上の記録を達成するためには、これらの種目において、下限記録を上回るレベルで記録を安定させることが前提になると考えられる。そして、SPは、3選手に共通した下限記録を下回る種目であり、この種目は、日本人トップレベル競技者に共通して課題となる種目であると考えられる。このように、目標とする七種競技記録に対する下限記録を求めることで、競技者毎に克服すべき種目の把握とクリアすべき記録レベルを知ることができる。

次に、競技レベル別の評価基準(表8)をもとに、各競技者の各種目について評価すると、日本人競技者の記録レベルに相当する5999 - 5500点基準では、X、Y、Z選手の各種目は、0評価が多く、競技者によって-1評価から+2評価まで様々であった。一方、五輪および世界選手権出場から入賞レベルに

相当する6499 - 6000点基準では、いずれの競技者も、-2および-1評価に該当する種目が多く、+1評価に該当する種目はそれぞれ1種目のみであった。具体的には、-1以下の評価の種目がそれぞれ4種目あり、X選手のSP、Z選手のHJおよびSPは、-2評価であった。さらに、実際に6300点以上の記録を達成している3選手の評価をみると、6499 - 6000点基準では、-2評価に該当する種目はなく、-1評価に該当する種目も最大で2種目であった。そして、+1以上の評価の種目も2種目以上みられた。これらのことから、日本人競技者が6300点以上の記録を達成するためには、-1以下の評価になる種目が2種目以内になるよう不得意種目の克服を図るとともに、+1以上の評価となる種目が2種目以上になるよう得意種目のパフォーマンスレベルを向上させることが、記録達成のモデルになると考えられる。このように、競技レベル別の評価基準を用いることで、競技者個々人の得意種目、不得意種目を客観的にアセスメントできるとともに、各評価に相当する記録を手掛かりに、達成すべき目標記録レベルを具体的に把握することができる。

このように、本研究で作成した各種目の記録の標準値、下限記録および評価基準を用いることで、個々の競技者を客観的にアセスメントするとともに、具体的な目標設定を行うことができると考えられる。一方で、上述したように、多くの七種競技者には得意種目と不得意種目が存在し、パフォーマンス向上

のためには、得意種目のパフォーマンスをより向上させることと、不得意種目を克服することがいずれも重要であることは言を俟たない。それらのどちらをどの程度優先するかは、コーチおよび競技者の戦略によって異なると考えられる。この点について尾縣（1991）は、混成競技者が最高業績を収めるまでに最低で10年の年月が必要であるとし、このトレーニング期間を①全種目をオールラウンドに強化していく段階（初期の3 - 5年間）、②得意種目や大きく伸びる可能性のある種目を2 - 3種目集中的に強化する段階（2 - 3年間）、③得意種目のレベルを維持しつつ、残りの種目を強化する段階、に分けられると述べている。また、持田ほか（2010）は、男子十種競技者を対象とした強化の課題として、不得意種目において下限記録を上回るレベルで記録を安定させることの重要性を指摘している。このように、得意種目の強化と不得意種目の克服の優先順位は、競技者の競技的な発達段階によっても異なると考えられる。この点については今後、高いパフォーマンスに到達した競技者の各種目の記録の発達過程について縦断的に検討することで、長期的な競技的発達モデルを示すとともに、各段階において到達すべき記録レベルについても明らかにしていく必要があると考えられる。

5. 要約

本研究では、世界トップレベルから日本一般レベルの七種競技者を対象に、七種競技総合得点と各種目の記録との関係について検討し、七種競技者のアセスメントおよび目標設定に利用可能な基準値の作成を試みた。七種競技者281名（総合得点：5566 ± 695点、7032 - 4511点）の総合得点および各種目の記録について、国際陸連および国内のランキングサイトを利用し調査した。総合得点500点毎に対象者を群分けし（A - E群）、群間の比較を行なった。また、総合得点と各種目の記録との関係から、総合得点に対する各種目の記録の標準値および下限値を推定する回帰式の作成を行った。さらに、対象者全体および群毎に、各種目の記録レベルの評価基準の作成を行なった。

主な結果は、以下の通りである。

- (1) いずれの種目の記録も、競技レベルの異なる群間に有意な差が認められ、上位の群が高い値を示した。
- (2) 総合得点と各種目の記録との間に有意な相関関係が認められ、目標とする総合得点を達成

するための各種目の記録の標準値および下限値を推定できる回帰式を作成した。

- (3) 対象者全体および各群の平均値および標準偏差から、競技レベル毎に七種競技者の各種目の記録レベルを評価できる基準値を作成した。
- (4) 作成した標準値や下限値、評価基準を用いることで、個々の競技者の得意種目や不得意種目、クリアすべき記録レベルを客観的に把握することができる可能性が示された。

これらのことから、本研究で作成した推定式や評価基準を用いることで、様々な競技レベルの七種競技者をアセスメントし、目標設定を行うことができ、七種競技者のトレーニングおよびコーチングに利用できることが期待される。

文献

1. 浅見美弥子（2002）東京女子体育大学陸上競技部跳躍ブロック選手の育成過程について：七種競技の指導事例を中心として。東京女子体育大学紀要，37：85-98.
2. Careau, V. and Wilson, R. S. (2017) Performance trade-offs and ageing in the 'world's greatest athletes'. Proc. R. Soc. B 284：20171048. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2017.1048> 20171048
3. Gassmann, F., Fröhlich, M. and Emrich, E. (2016) Structural Analysis of Women's Heptathlon. Sports (Basel, Switzerland), 4(1), 12. doi:10.3390/sports4010012
4. IAAF (online) RECORD & LISTS HEPTATHLON WOMEN. <https://www.iaaf.org/records/all-time-toplists/combined-events/heptathlon/outdoor/women/senior?regionType=world&windReading=regular&page=1&bestResultsOnly=true&firstDay=1999-01-01&lastDay=2019-01-1> (accessed 2019-1-1).
5. 松林武生・持田 尚・本田 陽・松田克彦（2012）七種競技選手の走幅跳パフォーマンス分析。陸上競技研究紀要，8：73-78.
6. 持田 尚・松林武生・松尾彰文・松田克彦・本田 陽・阿江通良（2010）混成強化部への科学的サポートー得点分析からみた日本十種競技界の現状と課題ー。陸上競技研究紀要，6：122-125.
7. 持田 尚（2007）混成競技の特性。陸上競技学会誌，6：112-117.

8. 尾縣 貢 (1991) 混成競技の指導を考える. 陸上競技紀要, 4 : 24-29
9. 陸上競技マガジン記録編集部 (online) 陸上競技ランキング. <https://rikumaga.com/> (参照日 2019年1月1日)
10. 繁田 進・有吉正博 (2010) 世界一流七種競技者の800m走におけるレースペース分析. 陸上競技学会誌, 8 : 6-11.
11. 繁田 進・有吉正博・小林敬和 (2012) 灰色関連速度分析法による世界と日本の七種競技記録比較. 東京学芸大学紀要 芸術・スポーツ科学系, 64 : 155-161.
12. 高畠瑠衣・本道慎吾・持田 尚・有吉正博・繁田進 (2011) 七種競技における競技成績と体力的要因との関係. 陸上競技研究, 86 : 26-33.
13. 高本恵美・尾縣 貢 (2005) 国内一流女子七種競技者の形態的・体力的特徴に関する事例的研究. 大阪体育大学紀要, 36 : 95-101.
14. 谷川 聡・内藤 景 (2014) スプリント・ハードルトレーニングのためのバイオメカニクス知見の活かし方. バイオメカニクス研究, 18 (3) : 157-169.
15. 上野祐紀子・繁田 進・有吉正博 (2002) コントロールテスト及び脚筋力と七種競技記録との関係. 東京学芸大学紀要 芸術・健康・スポーツ科学, 54 : 103-110.
16. 上野祐紀子・繁田 進・有吉正博・生田目暢子・小林敬和 (2003) 高校七種競技者のトレーニング及び意識に関する調査研究—都道府県大会レベルの場合. 陸上競技紀要, 16 : 85-90.
17. 渡邊信晃・高本恵美・真鍋芳明・久野譜也・尾縣 貢 (2000) 国内一流女子七種競技者におけるトレーニング期前後の下肢筋力と筋横断面積の変化. 陸上競技研究, 41(2) : 4-12.
18. 関子浩二 (2014) コーチングモデルと体育系大学で行うべき一般コーチング学の内容. コーチング学研究, 27 (2) : 149-161.

データベースを利用した新しい競技力指標と心理テストの関係性の検討

橋本泰裕^{1) 2)} 中田大貴³⁾

1) 関西福祉大学 非常勤講師 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

Relationship between new competitiveness index and psychological test using database

Yasuhiro Hashimoto¹⁾ Hiroki Nakata²⁾

1) Kansai University of Social Welfare, Part-time Instructor

2) Chukyo University, Graduate School of Health & Sport Science

3) Nara Women's University, Department of Health Sciences, Faculty of Human Life and Environment

Abstracts

In the present study, we investigated the athletic competitiveness of 77 university track and field athletes by comparing the best record of each athlete and the records of all athletes who participated in the same event. We also performed a psychological test specialized for athletic athletes (TAIKYO Sport Motivation Inventory: TSMI), and examined the psychological factors associated with athletic competitiveness. We calculated Z-scores for each athlete based on the data for all athletes. The mean value of Z-scores observed in the present study was 0.72(±0.87). In the psychological test, "competitive values" and "anxiety of tension" were extracted as significant variables related to the athletic competitiveness. These results show that combining Z score and a psychological test facilitates the objective evaluation of athletic competitiveness in track and field.

I. 緒言

スポーツにおけるコーチングを行う上で競技力の向上は最も重要な課題の一つである。スポーツ庁が制定した「スポーツ基本計画」の中でも、競技力向上は重要な指針として掲げられ、中川(2011)は「エリートアスリートのコーチングとは、アスリートやチームの競技力を高め、それをめあての試合で効果的に発揮させて、勝利を達成しようとするコーチの営みの総体」と述べている。競技力とは競技能力の略称であり、「選手の競技に関する総合的な能力」を指すと考えられる。また、スポーツ科学の研究ではパフォーマンスの根源を特定するため、競技力を質問紙などで評価し、「全国レベル」、「地区大会レベル」(徳永ら, 2000; 佐藤ら, 2014)や「レギュラー」、「準レギュラー」、「非レギュラー」(荒井, 2011a; 松竹ら, 2018)などの区分けを用いて分類されることが多い。これらの二分法・三分法による分類方法では選手の競技力を

明確にしやすいという利点もあるが、競技種目や競技人口などの要因によって競技力の評価は異なると考えられ、個人の競技力の正確な評価をするためには他の分類方法も検討する余地がある。例えば、選手個人に自身の競技力について質問を行った場合、競技人口、及び地区大会の出場者数の少ない競技では、競技人口が多い競技と比べ、相対的に高い競技力を持つと回答することが多いと予想される。以上のことから、これまでの研究で用いられてきた「競技力」の尺度は、選手個人よりも競技人口に影響を受けやすく、曖昧さを有している可能性が考えられる。

近年、選手の競技力を客観的に把握しようとする試みが行われるようになってきている。日本プロ野球の北海道日本ハムファイターズでは、ベースボール・オペレーション・システムを導入し、プロ野球選手やドラフトの対象となる選手の野球に関する能力を細分化し、数値化している。投手の場合、評価項目は、球速、球のキレ、制球力、

利き腕，腕の角度から，性格に至るまで多岐にわたり，同一軸上で選手の能力を評価することで，優秀な選手の獲得や，選手のトレーニング効果の明確化が行われている（藤井，2012）．このように競技力を数値化することによって明確にすることは，コーチングやトレーニングの成果を明確化することに直結すると考えられる．競技力をいかにして数値化し，客観的な評価に繋げるのかという問題は，野球やサッカーなどのオープンスキル系の競技だけではなく，陸上や水泳などの記録追求型競技においても同様のことが言える．記録（タイム・距離）という既に数値された競技成績が存在しているにも関わらず，これまでの先行研究では競技力という観点では検討されていない．例えば，100m 走の記録が 11 秒 00 であった場合，この記録を競技力とするためには幾つかの変数を考慮しなければならない．記録保持者が女性であった場合，この記録は日本記録（11 秒 21）よりも高い数値であると考えられる．一方，男性であった場合，日本記録（9 秒 98）とは 1 秒以上の差があり，突出して高い記録だとは考えられない^{注1)}．このように，記録を競技力に変換する場合，属性の影響を考慮する必要があり，性別と同様に，競技人口や年代などの属性が競技力に影響を与えるものと考えられる．つまり，属性の影響を明らかにするためには，出来る限り多くのデータを集め属性と記録との相関関係を検討する必要がある（ショーンベルガー・クキエ，2013）．

このような分析手法はビッグデータ分析と呼ばれ，近年，コンピューターの性能向上や記憶媒体の価格低下に伴い実行が可能となった背景がある（城田，2012）．この手法の研究分野は，医療（松田，2016），携帯電話の位置情報を活用した交通量の推定（佐々木ら，2015），選挙結果の予測（五藤，2015）など多岐に渡り，内閣官房情報通信技術（IT）総合戦略室（2018）が国，地方公共団体及び事業者が保有する官民データをインターネットを介して無料で公開するなど，データのオープンアクセス化が世界的な潮流となっている．スポーツ分野においては，Major League Baseball が試合中に各球場に取り付けられたビデオカメラから取得した投球の球速などの情報をオープンアクセス可能なデータとして提供している．そのデータを利用した研究として，Major League Baseball のレギュラーシーズンとポストシーズンの関係性を検討した場合，両シーズンの相関係数が打者よりも投手の成績で高いことから，ポストシーズンで勝利するためには，

野手よりも投手を中心としたチーム編成をするべきであると提言されている（Otten and Barrett, 2013）．その他，ビッグデータを用いた野球の研究では，打者の OPS（出塁率と長打率を合計した指標）がチームの勝利に強い影響を与えることが明らかとなり，選手の競技力を反映している 1 つの指標として報告されている（ルイス，2006）．

以上のようなスポーツにおけるビッグデータ解析は，競技力を評価する上で有用な手法として考えられる．さらに，記録追求型競技では既に競技記録が数値であるため，競技力の客観化が行い易いと考えられる．しかし，陸上の競技力に関する先行研究では，競技力を選手個人の記録の変遷のみから検討しており，競技者全体から見た各記録の価値が検討されていない（勝山，2017；中村，2017）．そこで，本研究では，記録追求型競技である陸上短距離・跳躍種目を対象とし，各選手の年間最高記録と日本人の陸上に関する記録が集積されている“りょうま記録集（陸上記録の図書館，2005）”のデータから，その年試合に出場した全ての選手の年間最高記録を比較することで，競技力を数値化することを試みる．この結果，ビッグデータを元に陸上の競技力を客観的に推定することが可能となると考えられる．また，競技力の客観的な評価は，スポーツ選手のトレーニング方法にも大きく関わる重要な事項である．つまり，競技力の定義が一定になることによって，トレーニングが競技力をどの程度増化させたのか，各能力を高めることがどの程度競技力に貢献しているのかが明らかとなり，トレーニングの PDCA サイクルの進め方も機能的に実施できると考えられる．

本研究では，ビッグデータを用いた競技力の評価に加え，「心理的競技能力」についても明らかにする．ビッグデータ解析では競技者全体から見た各記録の位置づけについて明らかにできるが，競技力の高い選手がどのような能力を持つかは明らかにすることが出来ない．このため，競技力の向上には身体的トレーニングに加え，心理的（メンタル）トレーニングも重要である（荒木，2011）という観点から，心理テストを用いることにより，競技力と心理的競技能力の関係性について検討する．本研究では心理テストとして，「体協スポーツ意欲テスト（TAIKYO Sport Motivation Inventory: TSMI）」を用いる．TSMI とは，競技意欲を測定する目的として作成され，日本体育協会が中心となり幅広い競技レベルを有する 5524 人を対象とし標準化を行った心理テストである（猪俣，1997）．本

研究で扱う心理テストとして TSMI を用いた理由としては、スポーツ選手の心理的競技能力を包括的な測定を試みたテストであること、再テスト法や内的整合性の検討で高い信頼性を確認していること、競技レベル（外国で行われた国際大会出場一地区大会出場）が高くなる程、因子の合計得点も高くなるという妥当性も確認されている（松田ら、1982）ためである。

II. 方法

1. 対象者と競技力の算出方法

2012年10月と2014年4月にA大学陸上競技部短距離ブロックに所属する選手108名（男性78名、女性30名）に対し、TSMIへの回答を求めた。有効回答率は98.15%（106/108名）であり、両日の調査に参加しどちらも有効回答であった24名は1回目のデータを使用し、該当年度に怪我などで記録のない5名は分析対象外とした。この結果、77名（男性60名、女性17名）が分析の対象者となった。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、承認を得てから実施した。

TSMIは「目標への挑戦」「技術向上意欲」「困難の克服」「練習意欲」「情緒安定性」「精神的強靭さ」「闘志」「競技価値観」「計画性」「努力への因果帰属」「知的興味」「勝利志向性」「コーチ受容」「IAC（対コーチ不適応）」「失敗不安」「緊張性の不安」「不節制」「反応の正確さ（Lie scale）」の17因子から構成され、4件法を用いて回答を行う。

各選手の年間最高記録をTSMI実施時に選手から回答を得た後、部活動内に蓄積されたデータから確認した。また、全国の大学陸上競技者の年間最高記録をりょうま記録集のデータベースから、2012年度と2013年度の100m、200m、400m、800m、110/100mH^{注2)}、400mH、800m、走幅跳の大学生年代のデータを取得し、各種目、男女別での平均値、標準偏差算出した。調査対象となった陸上競技部短距離ブロックでは、100m、200m、400m、110/100mH、400mHに出場する選手が所属している。走幅跳や800mは、100mや400mと兼任している選手が居たためデータの取得対象とした。競技力はデータベースの記録と選手個々の記録を以下の式で対応させ母集団の正規性の有無に関わらず使用可能なロバストZスコア（以下Zスコアと略す）^{注3)}を算出した。データの対応は、シーズン終了後にデータを取得したという点で統制を行うため、2012年に質問紙に回答した場合、2012年度の年

間最高記録と2012年度のデータベースの記録を、2014年に質問紙に回答した場合、質問紙回答日が2014年度開始直後であるため、2013年度の年間最高記録と2013年度のデータベースの記録を対応させた。このZスコアはその年試合に出場した日本人大学生各選手の最高記録に対して分析対象選手の最高記録がどの程度の位置に値するかを計算した数値であり、客観的な選手の競技力を示すと考えられる。全国データの中央値と同じ記録であった選手は0となり、正の値は記録の高さ、負の値は記録の低さを示す。

$$\text{式1: ロバストZスコア} = \frac{\text{選手個々の記録} - \text{全国データの中央値}}{\text{全国データの正規四分位範囲}}$$

Zスコアには、100m、200mなどの記録が時間で表される種目は時間が短ければ短いほど好成績となるため-1を掛け、記録が距離で表される走幅跳は距離が長ければ長いほど好成績となるため1を掛けた。分析対象者は種目別でのZスコアを算出し、最も高い値をその選手のZスコアとした。

2. 統計解析

統計にはSPSS Ver. 25 for Windows(IBM社)を用いた。Zスコアを従属変数、TSMIの結果(17因子)を独立変数とし、ステップワイズ法での重回帰分析を行った。値は平均値±標準偏差で表し、有意水準は $p < 0.05$ とした。

III. 結果

1. Zスコア計算結果

表1に種目・男女別での日本全国の記録の平均値、標準偏差、競技参加者人数を示す。分析対象者のZスコアは全体平均0.72(±0.87)であり、2012年度男性が平均0.95(±0.77, $n = 34$, $\max = 2.23$), 2013年度男性が平均0.51(±0.92, $n = 26$, $\max = 1.92$), 2012年度女性が平均0.54(±0.71, $n = 13$, $\max = 1.96$), 2013年度女性が平均0.80(±1.17, $n = 4$, $\max = 1.98$)であった。この結果から、分析対象者の競技力は平均よりも高かった。

全ての種目を合計した試合出場者数を検討すると、2012・2013年度の男性の試合出場者数が13837人、女性が5527人^{注4)}であり、男性の試合出場者数は女性の2.50倍であった。男性と女性の比率で最も差があった種目は100mで、女性:1に対し、男性:3.24、最も比率の差が低い種目は110/110mHで、女性:1に対し、男性:1.56であっ

表 1. 2012・2013 年度，大学生年代陸上競技試合出場者の記録

		100m	200m	400m	800m	110/ 100mH	400mH	走幅跳	合計
男子	2012 平均	11.52秒	22.88秒	51.40秒	123.67秒	15.67秒	55.23秒	6.43m	
	(標準偏差)	(0.50)	(0.82)	(1.98)	(11.4)	(0.96)	(2.53)	(0.66)	
	出場人数	1865人	1138人	1200人	821人	478人	405人	595人	6502人
2013	平均	11.59秒	23.16秒	51.99秒	124.14秒	15.85秒	56.52秒	6.42m	
	(標準偏差)	(0.65)	(1.23)	(2.93)	(12.2)	(1.28)	(3.62)	(0.61)	
	出場人数	2161人	1231人	1357人	915人	503人	455人	713人	7335人
女子	2012 平均	13.07秒	26.83秒	60.13秒	145.83秒	15.54秒	64.31秒	5.07m	
	(標準偏差)	(0.64)	(1.23)	(2.56)	(8.54)	(1.11)	(2.91)	(0.53)	
	出場人数	565人	530人	391人	446人	306人	195人	334人	2767人
2013	平均	13.22秒	26.93秒	61.21秒	139.37秒	15.80秒	65.40秒	5.05m	
	(標準偏差)	(0.80)	(1.49)	(3.98)	(5.47)	(1.70)	(4.14)	(0.49)	
	出場人数	677人	560人	430人	200人	324人	195人	374人	2760人
男子	合計出場人数	4026人	2369人	2557人	1736人	981人	860人	1308人	13837人
女子	合計出場人数	1242人	1090人	821人	646人	630人	390人	708人	5527人
	男女比	3.24倍	2.17倍	3.11倍	2.69倍	1.56倍	2.21倍	1.85倍	2.50倍

表 2. 競技力と競技意欲との関係性（男性・女性）

	平均 ±標準偏差	単回帰係数 (<i>r</i>)	標準偏回帰係数 (<i>β</i>)
目標への挑戦	23.78 (±3.85)	0.327 **	
技術向上意欲	24.66 (±3.18)	0.108	
困難の克服	24.12 (±3.58)	0.222 *	
練習意欲	20.12 (±4.13)	0.255 *	
情緒安定性	19.60 (±2.98)	0.324 **	
精神的強靱さ	21.36 (±3.38)	0.280 **	
闘志	25.34 (±3.67)	0.313 **	
競技価値観	24.43 (±3.83)	0.378 **	0.344 **
計画性	22.04 (±3.48)	0.193 *	
努力への因果帰属	25.22 (±3.41)	0.056	
知的興味	25.86 (±3.94)	0.170	
勝利志向性	20.97 (±4.97)	0.234 *	
コーチ受容	21.31 (±4.19)	-0.053	
IAC	16.14 (±3.66)	-0.143	
失敗不安	19.70 (±5.12)	-0.188	
緊張性の不安	18.38 (±4.00)	-0.325 **	-0.295 **
不節制	16.99 (±3.29)	-0.377 **	

$R^2=0.202$

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

た。種目別では，100m の出場者数が最も多く，400mH の出場者数は最も少なかった。

2. 競技力と心理テストの関係性の検討

表 2 に男女合算での競技力と TSMI の重回帰分析結果を示す。この結果，「競技的価値観」($\beta = 0.344$)，「緊張性の不安」($\beta = -0.295$) が有意な変数として抽出された。決定係数は $R^2 = 0.202$ であった。表 3 に男性のみを対象とした競技力と TSMI の重回帰分析の結果を示す。「不節制」($\beta = -0.307$)，「勝利志向性」($\beta = 0.270$)，が有意

な変数として抽出された。決定係数は $R^2 = 0.163$ であった。表 4 に女性のみを対象とした競技力と TSMI の重回帰分析の結果を示す。抽出された有意な変数は「競技的価値観」($\beta = 0.775$)，「緊張性の不安」($\beta = -0.412$) であった。決定係数は $R^2 = 0.717$ であった。

IV. 考察

本研究では，陸上競技選手を対象として選手個人の年間最高記録と，競技者全体の年間最高記録

表 3. 競技力と競技意欲との関係性 (男性のみ)

	平均 ±標準偏差	単回帰係数 (<i>r</i>)	標準偏回帰係数 (β)
目標への挑戦	23.82 (±3.95)	0.311 **	
技術向上意欲	24.83 (±3.30)	0.112	
困難の克服	24.23 (±3.69)	0.261 *	
練習意欲	20.52 (±4.28)	0.231 *	
情緒安定性	19.87 (±2.91)	0.262 *	
精神的強靭さ	21.78 (±3.20)	0.267 *	
闘志	25.92 (±3.63)	0.277 *	
競技価値観	24.67 (±3.69)	0.251 *	
計画性	22.53 (±3.42)	0.164	
努力への因果帰属	24.77 (±3.46)	0.142	
知的興味	26.43 (±3.64)	0.047	
勝利志向性	20.72 (±5.26)	0.316 **	0.270 *
コーチ受容	20.75 (±4.06)	-0.064	
IAC	16.33 (±3.76)	-0.126	
失敗不安	19.35 (±5.03)	-0.128	
緊張性の不安	18.42 (±3.78)	-0.308 **	
不節制	16.95 (±3.31)	-0.347 **	-0.307 *
			$R^2=0.163$
			* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

表 4. 競技力と競技意欲との関係性 (女性のみ)

	平均 ±標準偏差	単回帰係数 (<i>r</i>)	標準偏回帰係数 (β)
目標への挑戦	23.65 (±3.62)	0.388	
技術向上意欲	24.06 (±2.70)	0.053	
困難の克服	23.71 (±3.20)	0.041	
練習意欲	18.71 (±3.27)	0.325	
情緒安定性	18.65 (±3.14)	0.503 *	
精神的強靭さ	19.88 (±3.67)	0.284	
闘志	23.29 (±3.08)	0.430 *	
競技価値観	23.59 (±4.29)	0.763 **	0.775 **
計画性	20.29 (±3.20)	0.240	
努力への因果帰属	26.82 (±2.79)	-0.215	
知的興味	23.82 (±4.38)	0.491 *	
勝利志向性	21.88 (±3.79)	-0.116	
コーチ受容	23.29 (±4.15)	0.070	
IAC	15.47 (±3.28)	-0.259	
失敗不安	20.94 (±5.40)	-0.359	
緊張性の不安	18.24 (±4.83)	-0.390	-0.412 **
不節制	17.12 (±3.31)	-0.488 *	
			$R^2=0.717$
			* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

を比較するという Z スコアを用いた分析を行い、競技力についての客観的評価法について試みた。また、各個人の心理的競技力を明らかにするため、心理テストとして TSMI を用いて、競技力との関係性を明らかにした。ロバスト Z スコアは正規分布

を仮定しない標準化方法であるが、正規分布を用いて順位を算出した場合、全体平均の Z スコアの 0.72 は、上位 23.58% 程度に相当する。この部活は大学別で検討した場合、分析対象年度に男女ともに全国約 120 校中 15 校以上の成績を収めている。

陸上競技の対校戦は、部活動の中から選ばれた上位の選手のみで戦うため、単純に比較を行うことは難しいが、Zスコアの妥当性を示す一つの裏付けになると考えられる。また、全ての競技出場者と個人の記録を比較するという本研究の手法は、競技間の汎用性が高いと考えられる。例えば、競泳や陸上のフィールド種目などの記録追求型競技は、本研究の手法をそのまま用いることができる。

陸上短距離種目では100mの出場者数が男女とも最も多かった。この結果は、単に100m種目の人気が高いというだけでなく、他種目と比べ上位に入ることは困難であることを意味する。例えば、2012年男子100mの全出場者の50番目の記録は10秒66である。この記録のZスコアは1.61である。このスコアを最も競技人口が少ない男子400mHの記録に換算すると50.56秒となり、この記録は10番目の記録となる。このように順位のみで選手の競技力を測ろうとした場合、競技人口が少ない種目は競技力を割り増して、競技人口が多い競技は競技力を割り引いて判断されることとなる。そのため、100m経験者が競技人口の少ない競技に転向する競技間トランスファーの例としては、スケルトンやボブスレーなどが挙げられている（荒井，2011b，2013）。陸上は記録追求型競技であり、選手が競技会に出場する目的の一つは記録更新であると考えられるが、競技間トランスファーは順位を上げることに主眼を置いた場合、積極的に検討を行うべきであると考えられる。例えば、オリンピックでは、全ての種目に参加標準記録を満たす選手が居ない場合、男女1名ずつ1つの種目のみでの出場が認められている。金田（2016）はこの場合、該当国は100mに選手を出場させる場合が多いことを報告している。このように、他種目と比べ100mの競技人口が多い傾向は世界的であると捉える場合、オリンピックなどでのメダル獲得数を上げるためには、100m選手を400mに転向させるなど種目間トランスファーが選手の順位を高める可能性がある。実際に陸上競技内では、100m・200mから400m，10000mからマラソン，100mH・110mHから400mH，走幅跳から三段跳，砲丸投からハンマー投などは代表的なトランスファーであると考えられている（渡邊，2017）。日本陸上競技連盟でも「タレントトランスファーガイド」を作成し、選手に最適な種目を選択していくこと（タレントトランスファー）を推進している^{注5}。

陸上短距離種目への出場者数の男女比は、女性：1に対し、男性：2.50であった。その詳細

として、女性：1に対し、100mでは男性：3.24，110/100mHでは男性：1.56，400mでは男性：3.11，400mHでは男性：2.21であった。同一の距離でもハードル種目での比率が低いことから、女性は男性に比べてハードルを選択する割合が高いことが明らかとなった（表1）。また合計出場人数に関し、ハードル種目の参加人数は、男子110/100mHは981人，男子400mHは860人，女子110/100mHは630人，女子400mHは390人であった。合計出場人数の結果を踏まえると、女性が種目間トランスファーを行う際には、100mHから400mHへの転向が順位を上げるために有益となる可能性が示唆された。

Zスコアから算出された競技力と心理テストによる心理的競技力の関係では、男女を合わせた場合、「競技的価値観」、「緊張性の不安」が抽出された（表2）。男女別での検討を行うと、男性のみで検討を行った際には有意な変数として「不節制」、「勝利志向性」が抽出されたが決定係数は低かった。一方、女性のみで検討を行った際には全体と同様「競技的価値観」、「緊張性の不安」が抽出された。また、決定係数は全体では $R^2 = 0.202$ であったが女性のみでは $R^2 = 0.717$ と値が約0.5増加した。これらの結果から、男性の競技力は心理テストから推定することは難しいが、女性の競技力は約72%が推定可能であること、また、男女を合わせて心理テストから競技力を予測した場合、女性の強い傾向が残る形で反映される可能性が示唆された。これらの結果から、指導者は特に女子短距離選手に対して「競技的価値観」と「緊張性の不安」を増加させるような関わりが必要となると考えられる。「競技的価値観」は”自分が行っている競技を競技者自身が価値あるものと考えているかを示す”因子と説明されている（猪俣，1997）。これは言い換えれば、何故陸上（短距離）をしているのか選手自身が理解している必要があるということである。女子陸上競技選手は、女性ホルモン低下による月経異常、鉄分の不足による貧血など、男性選手以上に体調に気をつけたトレーニングを行う必要がある。調査対象となった部活動では、自宅から学校に通う選手が多く、寮などを用いて選手の生活を管理していない。そのため、特にこのようなチームにおいては、指導者やチームメイトの目が離れた時間も競技力を高める上では重要となる。競技的価値観が低い、いわば陸上競技を「やらされている状態」の選手では、自己管理が上手くできないことが想定される。陸上競技を行うにあたり、まず選手の競技的価値観を高めることが競技

力向上に結び付くと考えられる。一方、「緊張性の不安」は，“ストレスの強い場面などで、情動的な緊張が高まる傾向を示す”因子（猪俣，1997）と説明されている。スポーツ場面における不安に対する対処としては，自律訓練法（加藤ら，2010），呼吸法（坂入，2016），メンタルリハーサル（鶴原，2016）などが有効であると報告されている。

今後の課題として，本研究での心理テスト（質問紙調査）は1つの陸上部のみに実施したため，調査範囲を広げる必要があることが挙げられる。また，選手の記録を縦断的に取得し，競技力の算出年数を複数年とすることで，大学入学後に競技力が高くなる選手の傾向を検討することで，競技力向上に影響を与える心理的因子を検討することが出来ると考える。

V. まとめ

本研究では，陸上競技大学生選手を対象とし，個々の記録と試合出場者全体の記録について，Zスコアを用いて競技力の数値化を行った。また競技力と心理的競技力の対応関係をTSMIによる重回帰分析から求め，競技力は「競技的価値観」，「緊張性の不安」と有意に関係していることが示された。以上の結果から，Zスコアと心理テストによる心理的競技力評価を組み合わせることにより，陸上競技における競技力について総合的に評価できる可能性が示された。

注記

- 注1) 記録は，日本陸上競技連盟公式サイトを参照した (<https://www.jaaf.or.jp/record/japan/?segment=1>)
- 注2) Hはハードルを示す。男子は110mH，女子は100mHである。
- 注3) Zスコアを10倍して50を足したものが偏差値である。
- 注4) 同一選手が複数種目に出場した際は別人として計算している。
- 注5) <http://www.jaaf.or.jp/development/ttmguide/>

文献

荒井弘和（2011a）競技者における心理的パフォーマンスに対するコレクティブ・エフィカシーとその関連要因。体育学研究，56(1)：229-238。

荒井宏和（2011b）インテリジェンスに基づくカナダのメダル獲得戦略計画の成果と評価。流通経済大学スポーツ健康科学部紀要，4：3-12。

荒井宏和（2013）ロンドンオリンピックにおけるイギリスのメダル獲得に関する評価。流通経済大学スポーツ健康科学部紀要，6：35-42。

荒木雅信（2011）これから学ぶスポーツ心理学。大修館書店。

藤井純一（2012）監督・選手が変わってもなぜ強い？北海道日本ハムファイターズのチーム戦略。光文社新書。

五藤寿樹（2015）ソーシャルメディアによるネット選挙の研究：スマート・モバイル時代のビッグデータ活用。日本情報経営学会誌，35(4)：34-42。

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，2-16。

金田英子（2016）途上国のオリンピック参加とその特徴：ロンドンオリンピックを事例として。東洋法学，59(3)：372-360。

加藤広大，橋本泰裕，武田直之（2010）自律訓練法による陸上短距離選手の心理的コンディショニングに関する事例的フィールド研究。中京大学体育研究所紀要，24，9-18。

勝山眸美（2017）ハンマー投競技者「勝山眸美」の競技力の変遷：大学1年次から大学4年次を通して。陸上競技研究，2017(3)：35-38。

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（1982）スポーツ選手の心理的適性に関する研究-第三報-。昭和56年度日本体育協会スポーツ科学研究報告。日本体育協会。

松田晋哉（2016）医療ビッグデータの医療政策への活用。医療と社会，26(1)：25-35。

松竹貴大，夏原隆之，小井土正亮，鈴木健介，田部井祐介，中山雅雄，浅井武（2018）競技力が高いサッカー選手の状況判断時における脳内情報処理過程-事象関連電位と筋電図反応時間を指標として-。体力科学，67(1)：107-123。

内閣官房情報通信技術（2018）政府CIOポータル。<https://cio.go.jp/policy-opendata>，（参照日2018年8月1日）。

中川昭（2011）私の考えるコーチング論：エリートアスリートのコーチング。コーチング学研究，24(2)：89-93。

中村真悠子（2017）800m・1500m・3000mSCにおける競技力の変遷を振り返って。陸上競技研究，

- 2017(1): 37-40.
- Otten, M. P., and Barrett, M. E. (2013) Pitching and clutch hitting in Major League Baseball: What 109 years of statistics reveal. *Psychology of Sport and Exercise*, 14(4): 531-537.
- 陸上記録の図書館 (2005) りょうま記録集. http://www.rikuzyou.com/kiroku_lib/, (参照日 2013年4月12日).
- マイケル・ルイス: 中山宥訳 (2006) マネー・ボール. 武田ランダムハウスジャパン.
- 坂入洋右 (2016). リラクゼーション技法. スポーツメンタルトレーニング教本三訂版 (日本スポーツ心理学会 編). 大修館書店. 87-91.
- 佐々木卓, 錦戸綾子, 足立龍太郎, 高山敏典 (2015) 携帯電話の位置情報を活用した首都高の利用動態把握手法の研究. *交通工学論文集*, 1(2): B1-B9.
- 佐藤伸一郎, 渡辺直勇, 増地克之, 仲田直樹, 竹澤稔裕, 佐藤武尊, 三宅恵介, 林弘典 (2014) 柔道の競技レベルが投技評価における異見発生に及ぼす影響について. *武道学研究*, 47(1): 47-60.
- ショーンベルガー・クキエ: 斎藤英一郎訳 (2013) ビッグデータの正体-情報の産業革命が世界のすべてを変える-. 講談社.
- 城田真琴 (2012) ビッグデータの衝撃: 巨大なデータが戦略を決める. 東洋経済新報社.
- 徳永幹雄, 吉田英治, 重枝武司, 東健二, 稲富勉, 斉藤孝 (2000) スポーツ選手の心理的競技能力にみられる性差, 競技レベル差, 種目差. *健康科学*, 22: 109-120.
- 鶴原清志 (2016). メンタルリハーサル. スポーツメンタルトレーニング教本三訂版 (日本スポーツ心理学会 編). 大修館書店. 254.
- 渡邊將司 (2017) 若年競技者育成と相対年齢効果. *陸上競技研究紀要*, 13: 25-36.

謝辞

りょうま記録集のデータを提供いただいた陸上の記録図書館, 鴨崎健一氏に深謝する。

陸上競技選手におけるスポーツ歴の特徴—学生選手に対する U19 までの軌跡調査—

三上なつき¹⁾ 繁田進²⁾ 横山巧機²⁾

1) 東京学芸大学大学院 2) 東京学芸大学教育学部

The characteristics of the sports experience -The career survey of collegiate athlete-

Natsuki Mikami¹⁾ Susumu Shigeta²⁾ Kohki Yokoyama²⁾

1) Faculty of Education, Tokyo Gakugei University

2) Graduate School of Education, Tokyo Gakugei University

Abstract

The purpose of this study is to clarify the characteristics of the changes in performance and athletic event “transfer” of the collegiate Track and Field athletes for each performance level and event. We administered questionnaire survey to 833 collegiate athletes who belong to the inter-university athletic union of Kanto. There were 545 valid respondents and we divide them into two groups based on their record. The upper group consist of the athletes who meet the qualifying standards for the competition of Kanto inter-college, and other in lower group. In terms of the competition experience, there wasn't a relationship between the time when started Track and Field competition and the athletic performance at the university. However, significantly more subjects who started competition earlier (by the U-13 or U-16) has a experience participating in the national competition by the U-19 than others who don't. Moreover, similar results were obtained from one's beginning of Peak Height Velocity and menarche. Thus, we have concluded that the difference of competition experience and degree of growth only effect the performance until U-19. In terms of the athletic event “transfer”, many subjects transfer their athletic event by U-13 or U-16, and decided their athletic event between U-16 to U-19. However, “Hurdler”, “Jumper” and “Thrower” were different from other athletic event, 90% of them decided their athletic event by U-16. In terms of changes of the performance, upper group of “Hurdler” and “Jumper” maintained high performance from U-13 in the same athletic event. From the above, it is clarify that the characteristic of the change in performance and athletic event “transfer” were difference for athletic event. Moreover, it is different in time when should be specialized an athletic event.

I. はじめに

2020 東京オリンピック開催に向け、競技施設や交通機関等のハード面の設備や計画が進んでいる^{1) 2)}。同時に、各競技団体でも強化システムの構築などのソフト面からもレガシーを残そうと奮闘している。日本陸上競技連盟(2016)では、競技者育成に関する方針についてのリーフレットとして、日本代表選手のスポーツ歴や軌跡の調査^{3) 4) 5)}をもとに、『トップアスリートへの道～タレントトランスファーガイド』を作成している⁸⁾。

本研究では、先行研究よりも多く幅広いデータを

得るため、学生選手を対象にアンケート調査を行った。得られたデータから、学生選手の種目転向や発育、トレーニング量の変移、競技成績の変移などの軌跡が競技レベルにどのような影響を及ぼしているか明らかにすることを目的とした。

II. 方法

関東学生陸上競技連盟加盟校、陸上競技部所属の大学生・大学院生を対象に質問紙調査を行った。回収率は、67.1%(559部)であり、有効回答率は65.4%(545部)であった。「現在の競技レベル」と

表1 専門種目分布ごとの人数

専門種目 分布	女子				男子				合計	
	上位群		下位群		上位群		下位群		人数	%
	人数	%	人数	%	人数	%	人数	%		
短距離	21	30.0%	49	70.0%	26	38.8%	41	61.2%	137	25.2%
中距離	8	57.1%	6	42.9%	5	20.8%	19	79.2%	38	7.0%
長距離	10	33.3%	20	66.7%	3	12.0%	22	88.0%	55	10.1%
競歩	2	100.0%	0	0.0%	3	100.0%	0	0.0%	5	0.9%
ハードル	16	50.0%	16	50.0%	19	61.3%	12	38.7%	63	11.6%
跳躍	21	50.0%	21	50.0%	44	66.7%	22	33.3%	108	19.9%
投擲	42	68.9%	19	31.1%	20	64.5%	11	35.5%	92	16.9%
混成	9	47.4%	10	52.6%	18	66.7%	9	33.3%	46	8.5%
合計	129	47.8%	141	52.2%	138	50.4%	136	49.6%	544	100.0%

して、関東学生陸上競技対校選手権大会の参加標準記録突破している者を「上位群」、突破していない者を「下位群」とした。表1に、専門種目分布ごとの人数を、男女別、及び、現在の競技レベル別を示した。質問項目は、フェイスシート、現在の競技レベル、全国大会出場経験、スポーツ歴、軌跡、初潮、PHVであった。質問用紙については巻末に原本を添付した。

分析には統計処理ソフト IBM SPSS Statistics を使用し、クロス集計表を作成した後、カイ2乗検定、対応のあるt検定、一元配置分散分析を行った。また、カイ2乗検定の下位検定として残差分析の多重比較を行い、分散分析の下位検定としてTurkeyの方法で多重比較を行った。有意水準は5%とし、1%未満、0.1%未満の水準を示したものはそれぞれ図表に示した。

Ⅲ. 結果と考察

1. スポーツ歴

(1) 陸上競技を始めた時期

陸上競技を始めた時期について、「現在の競技レベル別」及び「U19までの全国大会出場経験別」に

分けて図1に示した。U13及びU16で陸上競技を始めた選手は、U19までの全国大会出場経験人数が有意に多かった ($p < 0.001$) が、現在の競技レベル別では、上位群と下位群の間に陸上競技を始め

た時期による人数の差は認められなかった。つまり、19歳以降の競技成績について、16歳以降に始めた選手であっても、それより前に始めた選手と同じレベルの競技成績を出していると考えられる。

図2には、専門種目分布別の陸上競技を始めた時期について、現在の競技レベル別で示した。「中距離」、「長距離」の上位群は、それぞれ下位群に比べてU13で陸上競技を始める者が有意に多かった(中距離上位群23%、中距離下位群4%、 $p < 0.05$) (長距離上位群33%、長距離下位群12%、 $p < 0.05$)。「ハードル」、「跳躍」は、上位群、下位群ともに他の種目よりもU16までに多くの選手が陸上競技を始めていた(ハードル上位群91%、ハードル下位群93%、跳躍上位群93%、跳躍下位群91%。いずれも $p < 0.05$)。「混成」の下位群においては、混成の上位群や他の種目と比べU13から陸上競技を行っていた者が多かった(混成下位群47%、 $p < 0.01$)。中距離や長距離はU13に陸上競技を始めた者の方が大学で上位群に入っている割合が高いが、混成種目

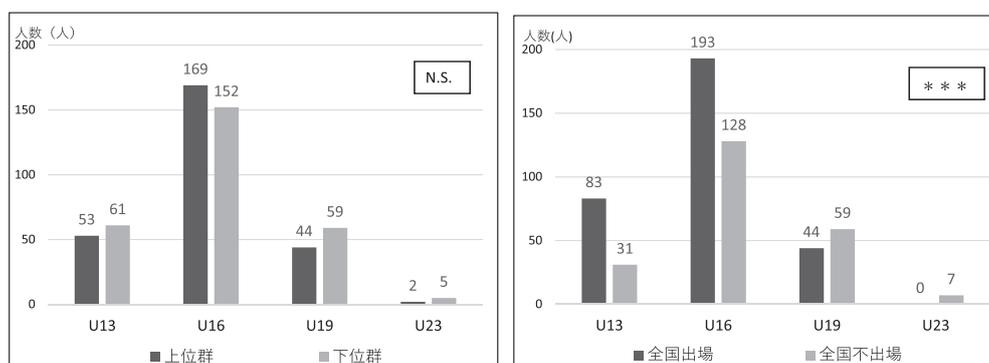


図1 現在の競技レベル別及び全国大会出場経験別陸上競技を始めた時期の人数 (N.S. : not significant, *** : $p < 0.001$)

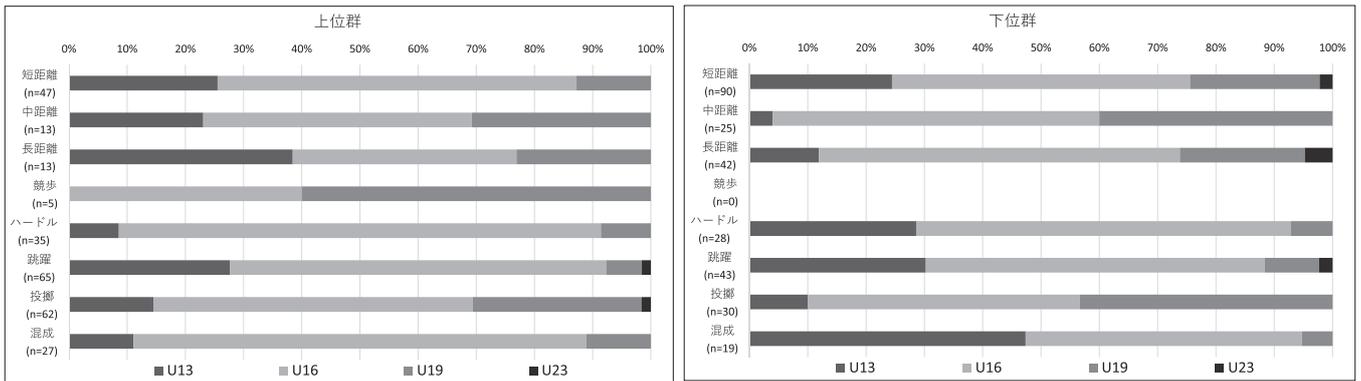


図2 専門種目分布別陸上競技を始めた時期の人数

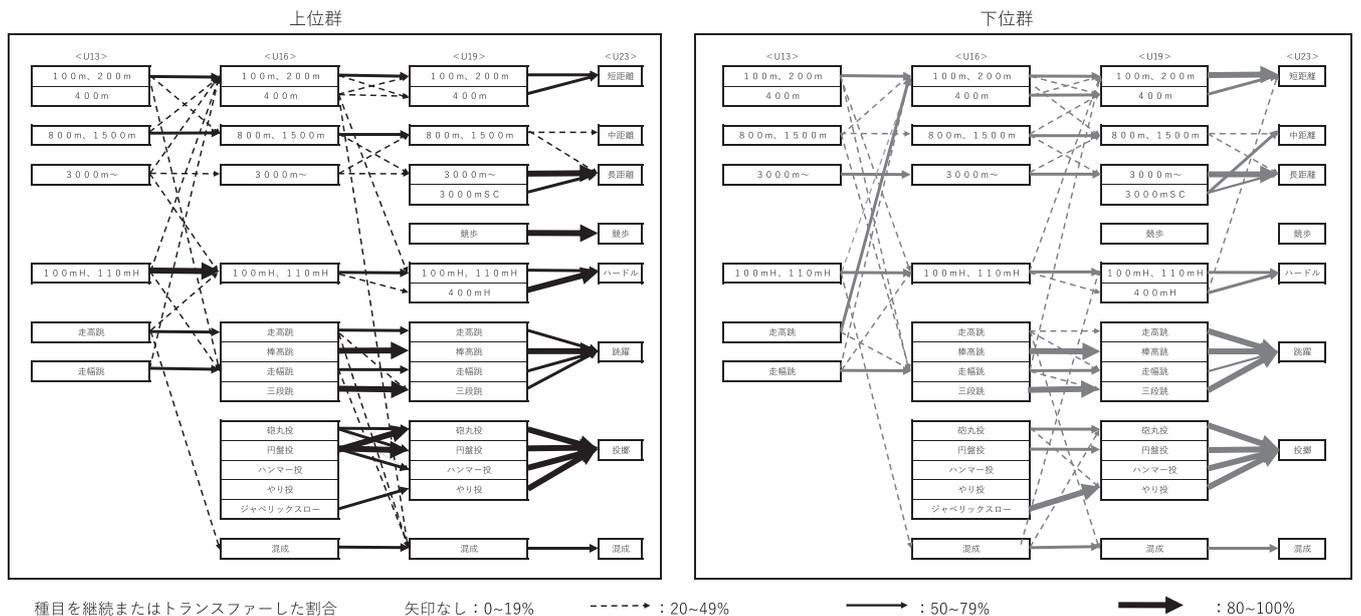


図3 現在の競技レベル別種目トランスファー

においては下位群の割合の方が高かった。

これらのことから、陸上競技を始めた時期が大学以降の競技成績に及ぼす影響は、陸上競技全体ではあまり見られなかったものの、種目毎に見ると、中距離や長距離のように早い時期に陸上競技を始めた方が高い競技成績を出している種目もあるということが示された。

(2) (種目) トランスファー

図3に、現在の競技レベル別の種目トランスファーを示した。前の種目から同じ種目を「継続」、または、異なる種目に「トランスファー」した割合が、80%以上だった場合は太い矢印、50%~79%だった場合は矢印、20%~49%だった場合は点線の矢印、19%以下だった場合は矢印なしとなっている。なお、1名のみ該当する場合は、矢印から除外(矢印なし)とした。

上位群の特徴として、「競歩」はU19以降に開始し、

「ハードル」、「走高跳」はU13から継続していた。「投擲」は「砲丸投」、「円盤投」を継続、またはU19で「ハンマー投」へトランスファーしていた。「混成」はU19で他種目からトランスファーしていた。下位群の特徴として、「短距離」はU13に「走高跳」、U16に「ハードル」、「走幅跳」からトランスファーしており、「長距離」はU13から「3000m～」を継続していた。「投擲」は「砲丸投」、「円盤投」を継続、またはU19で「やり投」へトランスファーしていた。「混成」はU19で他種目へトランスファーしていた。

上位群、下位群ともに、U13からU16にかけて、複雑な種目トランスファーが行われていた。U16からU19にかけては、「混成」を除いて、継続、または、ほぼ同系統の種目でトランスファーが行われていた。U19からU23では同系統種目外でのトランスファーはほとんど見られなかった。

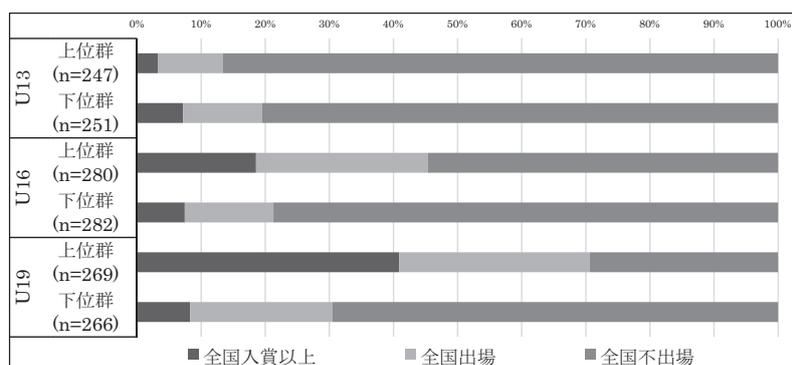


図4 現在の競技レベル別それぞれの時期の競技成績

表2 専門種目分布別それぞれの時期の競技成績

U13	短距離		中距離		長距離		ハードル		競歩		跳躍		投擲		混成	
	人数	%	人数	%	人数	%	人数	%	人数	%	人数	%	人数	%	人数	%
全国入賞以上	5	3.8%	0	0.0%	5	10.2%	2	3.6%	0	0.0%	9	8.7%	3	3.6%	2	4.2%
全国出場	14	10.8%	0	0.0%	3	6.1%	13	23.6%	0	0.0%	20	19.2%	4	4.8%	2	4.2%
全国不出場	111	85.4%	24	100.0%	41	83.7%	40	72.7%	5	100.0%	75	72.1%	76	91.6%	44	91.7%
U16	短距離		中距離		長距離		ハードル		競歩		跳躍		投擲		混成	
	人数	%	人数	%	人数	%	人数	%	人数	%	人数	%	人数	%	人数	%
全国入賞以上	13	9.6%	1	2.9%	4	6.7%	14	21.2%	0	0.0%	23	20.4%	11	11.2%	6	12.2%
全国出場	25	18.5%	3	8.6%	4	6.7%	24	36.4%	0	0.0%	35	31.0%	14	14.3%	9	18.4%
全国不出場	97	71.9%	31	88.6%	52	86.7%	28	42.4%	5	100.0%	55	48.7%	73	74.5%	34	69.4%
U19	短距離		中距離		長距離		ハードル		競歩		跳躍		投擲		混成	
	人数	%	人数	%	人数	%	人数	%	人数	%	人数	%	人数	%	人数	%
全国入賞以上	25	18.5%	3	8.6%	4	7.8%	20	31.3%	2	40.0%	32	30.8%	29	31.2%	16	34.0%
全国出場	38	28.1%	8	22.9%	9	17.6%	16	25.0%	0	0.0%	34	32.7%	25	26.9%	9	19.1%
全国不出場	72	53.3%	24	68.6%	38	74.5%	28	43.8%	3	60.0%	38	36.5%	39	41.9%	22	46.8%

2. 軌跡

(1) 競技成績

図4に、現在の競技レベル別のそれぞれの時期の競技成績について示した。U13では、上位群よりも下位群の方が全国大会の入賞者や出場者の割合が多く、競技成績が良い傾向にあった。U16では、U13に比べて全体的に「全国入賞以上」、「全国出場」の割合が増加していたが、下位群では上位群ほどその割合が増加していなかった。U19では、上位群において「全国入賞以上」が110人(40.9%)、「全国出場」が80人(29.7%)、「全国不出場」が79人(29.3%)であり、7割以上が全国大会に出場し、そのうちの半数以上(57.9%)が入賞以上であった。一方、下位群では、「全国不出場」が185人(69.5%)であり、約7割は全国大会に出場していなかった。U19において全国大会への出場や入賞などの良い競技成績を出していることは、U23での高い競技レベルにつながると考えられる。

渡邊(2013)らによると、日本代表選手はU13で「全国大会入賞以上」が1.9%、「全国大会出場」が3.8%であり、本研究の対象である学生の方が高い

割合を示した。しかしながら、U16では日本代表選手は「全国大会入賞以上」が20.2%、「全国大会出場」が40.4%、U19では「全国大会入賞以上」では61.5%、「全国大会出場」では79.8%と、本研究の学生よりも高い割合を示した3)。このことから、U13の競技成績は、U23以降の成績には強く関係しないと考えられる。U13では、競技成績よりも、陸上競技の楽しさを味わったり、U16以降に競技を行うにあたり、基礎となるような動きを身につけたりすることを重要視した方が良いのではないかと考えられる。

表2には、専門種目分布別それぞれの時期の競技成績を示した。U13では、「ハードル」、「跳躍」に、全国大会出場・入賞している者の割合が多かった。

「長距離」は、全国大会で入賞以上の割合が多かった。一方で、「中距離」、「競歩」では、全国大会に出場している者はいなかった。なお、「競歩」は、U13で「陸上競技」を実施している者はいなかった。U16ではU13と同様に「ハードル」、「跳躍」では、他の種目に比べて、全国大会で入賞、全国大会に出場している者が多く、その割合は50%を超えてい

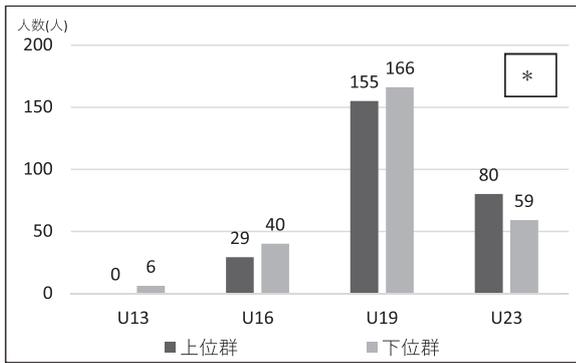


図5 現在の競技レベル別トレーニングの多かった時期 (* : p < 0.05)

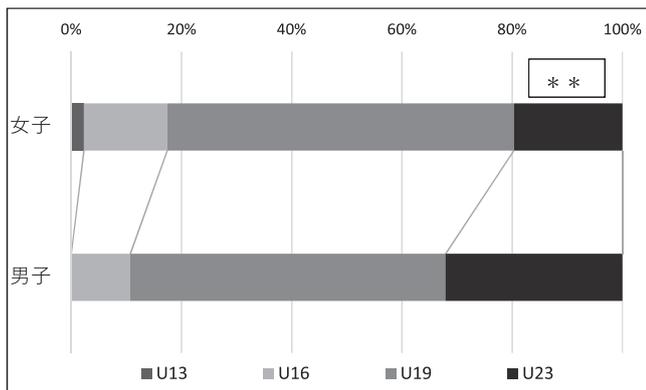


図6 男女別トレーニングの多かった時期 (** : p < 0.01)

た(「ハードル」57.6%、「跳躍」51.3%)。一方で、「中距離」、「長距離」、「競歩」は、他の種目に比べて、全国大会に出場している者の割合が20%以下と少なく、「競歩」は、他種目を実施していたものの、全国大会に出場している者はいなかった。U19では、どの種目においても、U13とU16に比べて全国大会入賞、出場している人の割合が多くなっていった。「跳躍」、「ハードル」、「投擲」、「混成」は、全国大会に出場している者の割合が50%を超えていた。

「競歩」は、U16までに全国大会に出場している者はいなかったが、U19では全国大会に出場していた選手はすべて入賞していた。「競歩」では全員が競技トランスファーや種目トランスファーを経てU19で「競歩」を始めてからであると考えられるが、本研究では競歩選手の回答を5人分しか得ることが出来なかったため、十分な検討には至らないと考えられる。

以上のことから、「ハードル」、「跳躍」はU13から全国大会に出場するような高い競技レベルをU23まで維持しているといえる。ハードルと跳躍は、「陸上競技を始めた時期」の項で述べた通り、90%以上の者がU13やU16で陸上競技を始めており、その時

表3 現在の競技レベル別、全国大会出場経験別PHVと初潮の年齢

(N.S. : not significant, * : p < 0.05)

	PHV (男)	有意差	PHV (女)	有意差	初潮	有意差
上位群	12.91歳	*	12.25歳	N.S.	12.93歳	N.S.
下位群	13.32歳		12.62歳		13.07歳	
全国大会出場	12.87歳	*	12.26歳	*	12.84歳	*
全国大会不出場	13.37歳		12.79歳		13.29歳	

表4 専門種目分布別PHVと初潮の年齢

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

	PHV (男)	PHV (女)	初潮
短距離(n=70)	13.24歳	12.84歳	13.29歳
中距離(n=14)	13.79歳	12.64歳	13.36歳
長距離(n=29)	13.46歳	13.21歳	13.62歳
ハードル(n=30)	12.17歳	12.53歳	13.00歳
跳躍(n=42)	13.13歳	12.21歳	12.93歳
投擲(n=60)	13.10歳	11.76歳	12.20歳
混成(n=19)	12.92歳	12.11歳	13.32歳
	**	*	**

期から全国大会に出場するような高い競技レベルをU23まで維持していると考えられる。一方、「長距離」は、U13では「全国大会入賞以上」の割合が全種目の中で一番高かったにも関わらず、U19では全種目の中で最も低い値を示した。「陸上競技を始めた時期」の項や「種目トランスファー」の項の結果から見ても、長距離選手は競技間トランスファーや種目間トランスファーが起こりやすい種目とは考えられない。したがって、長距離種目はU13で高いレベルの競技成績を出したとしても、U19やU23にかけて継続することが難しいのではないかと考えられる。

(2) トレーニング量

図5に、現在の競技レベル別に最もトレーニングを行っていた時期について示した。U13(上位群29名、下位群40名、p<0.05)とU16(上位群155名、下位群166名、p<0.05)では下位群の方がトレーニング量が多かったと回答していたが、U23(上位群80名、下位群59名p<0.05)では上位群の方がトレーニング量が多かったと回答していた。下位群はU13からU19までに最もトレーニングを行っていたと回答する者が多く、早い時期にトレーニング量を多くすることは、必ずしもU23での競技力を向上させるとは言えないのではないかと考えられる。

また、男女別でみるとトレーニング量が多かった時期が早いほど、女子の割合が多く、「U13」と回答した人は、全員が女子だった(図6)。図表は省いたがU19までに全国大会出場経験がある者の割合

も、男子に比べて女子の方が多かった。

陸上競技を実施（登録）している人数は、U16で、221、272人（女子95、062人⁹⁾、男子126、111人¹⁰⁾であり、U19では、109、635人（女子39、183人、男子70、452人¹¹⁾である。U16からU19にかけて、陸上競技を継続している者は、半数以下になっている。特に女子では、U16からU19にかけて、陸上競技を継続する割合が約4割に減少している。このことから、特に女子において、早い時期に激しいトレーニングをすることが、高校から大学にかけて陸上競技を辞めてしまう要因の一つとなっている可能性が考えられる。

日本陸上競技連盟から出版された指導教本の中で、岡野（2010）は、小学生の練習頻度について週1～2日の軽度な練習を推奨しているほか、「わが国の子どものトレーニングは、欧米諸国に比べてオーバートレーニング状態にあることが指摘されています。」と述べている⁶⁾。また別の指導教本の中で尾縣（2013）は、特にU16の中学校期において、過度なトレーニングが障害やバーンアウト（燃え尽き）に繋がる危険性について述べており⁷⁾、特に小・中学生に対するトレーニング量についてはこれまで以上の配慮が必要なのではないかと考えられる。

(3) PHV と初潮

表3に、現在の競技レベル別及び全国大会出場経験別のPHVと初潮の年齢を示した。女子では、PHV、初潮ともに、現在の競技レベル別では有意差が認められなかったが、U19までの全国大会出場経験別では有意差が認められ、全国大会出場経験者の方が早かった。男子では両方の競技レベルにおいて有意差が認められた。

表4には、専門種目分布別にPHVと初潮の年齢を示した。なお、競歩は人数が少なく、分析が行えなかったため除外してある。専門種目分布別では、女子のPHV及び初潮において「短距離」及び「長距離」と、「投擲」との間に有意差が認められ（ $p < 0.01$ ）、男子のPHVにおいては「ハードル」と他の種目との間に有意差が認められた（ $p < 0.05$ ）。

初潮の年齢では、最もその年齢が早かった「投擲」のみ、全国平均の12.30歳¹²⁾よりも早い12.20歳であり、「短距離」や「長距離」と比べ有意に早かった。米山（1988）は、初潮は、一定の体重の到達に関係することを支持しており¹³⁾、初潮がきた時にはある程度の体格になっているといえる。「種目トランスファー」の項で述べた通り、投擲種目は中学から高校、高校から大学にかけて種目間トランスファー

が少なかったことから、女子において投擲種目の種目決定は中学期の体格や発育によって決定されている可能性があると考えられる。

また男子においては、「ハードル」において他の種目よりも有意に早かった。女子の投擲種目と同様に、ハードル種目も種目トランスファーの少ない種目であることや、「競技成績」の項で述べた通り、「ハードル」はU13やU16から全国大会に出場、入賞している選手の割合が高いということから、中学期での身長が種目決定の要因の一つとなっているのではないかと考えられる。

IV. まとめ

本研究は、学生陸上競技選手の種目転向や発育、トレーニング量の変移、競技成績の変移などの軌跡が競技レベルにどのような影響を及ぼしているか明らかにすることを目的として、関東学生陸上競技連盟加盟校の陸上競技部所属の大学生・大学院生選手に質問紙調査を行った。その結果、以下のような見解を得ることができた。

1. 陸上競技全体では、競技を始めた時期がU23の競技成績へ与える影響は少ないと考えられる。このことは、女子選手におけるPHVや初潮時期の比較においても同様の結果が認められた。
2. 種目トランスファーについては、U13からU16にかけて多く変更が見られたが、U16で専門種目を決定する者が多く、U19からU23にかけて同系統の種目以外の種目トランスファーはあまり見られなかった。
3. U23で「ハードル」や「跳躍」を専門に行っている選手は、U16までに陸上競技を始めた者が90%以上であり、また競技成績もU13から全国大会レベルを維持しているという可能性が示唆された。また男子の「ハードル」では他の種目よりPHVが早く、身長の伸びが種目決定に影響を及ぼしている可能性が示唆された。
4. トレーニング量について、下位群の方がU13からU19までに最もトレーニングを行ったと上位群より多く回答していた。早い時期にトレーニング量を多くすることは、必ずしもU23での競技力を向上させるとは言えないのではないかと考えられる。

以上のことから、小・中学生期での競技成績や発育は、U23での競技成績に必ずしも強い影響を及ぼ

しているわけではないと考えられる。しかし種目によっては、種目トランスファーと競技成績に関係があるのではないかと考えられ、種目の決定について更なる研究を進める必要があるのではないかと考えられる。小・中・高校生に対する指導について、発育や種目決定、トレーニング方法を追及することが今後の課題である。

V. 引用文献

- 1) 国土交通省 (2016) 2020 年東京オリンピック・パラリンピック競技大会に向けた国土交通省の取組. <http://www.mlit.go.jp/common/001113047.pdf> (2016/11/5 アクセス).
- 2) 東京都オリンピック・パラリンピック準備局 東京都が整備する競技会場等. (2016)https://www.2020games.metro.tokyo.jp/taikaijyunbi/torikumi/facility/kyogi/pdf/kyogi_kaijo.pdf (2016/11/5 アクセス).
- 3) 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.
- 4) 渡邊将司, 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, 繁田進, 尾縣貢 (2014a) 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.
- 5) 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及びトレーニング環境ー日本代表選手に対する軌跡調査ー. 陸上競技研究紀要, 11 : 4-15.
- 6) 公益財団法人日本陸上競技連盟 (2010) 陸上競技指導教本アンダー 12 楽しいキッズの陸上競技
- 7) 公益財団法人日本陸上競技連盟 (2013) 陸上競技指導教本アンダー 16・19 基礎から身につく陸上競技
- 8) 公益財団法人日本陸上競技連盟 (2016b) トップアスリートへの道～タレントトランスファーガイド～.
- 9) 公益財団法人日本中学校体育連盟 (2016b) 加盟校生徒数 (女子). http://www.njpa.sakura.ne.jp/pdf/kamei/h28kameiseito_f.pdf (2016/11/15 アクセス).
- 10) 公益財団法人日本中学校体育連盟 (2016a) 加盟校生徒数 (男子). http://www.njpa.sakura.ne.jp/pdf/kamei/h28kameiseito_m.pdf (2016/11/15 アクセス).
- 11) 公益財団法人全国高等学校体育連盟 (2016a) 平成 28 年度公益財団法人全国高等学校体育連盟加盟・登録状況. <http://www.zen-koutairen.com/pdf/reg-28nen.pdf> (2016/11/15 アクセス).
- 12) 広井正彦 (1997) 生殖・内分泌委員報告 思春期少女の肥満と性機能に関する小委員会 (平成 7 年度～平成 8 年度) 検討結果報告 我が国思春期少女の体格, 月経周期, 体重変動, 希望体重との相互関連についてーアンケートによるー. 日本産科婦人科学会雑誌 46(6) : 369.
- 13) 米山京子, 永田久紀, 宮田英子, 坂本洋子 (1988) 思春期の身体発育パターンによる初潮年齢の予測. 日衛誌, 43(4) : 892.

**学生陸上競技選手におけるジュニア期のスポーツ競技種目の特徴
～大学生・大学院生選手に対する軌跡調査～**

＜ご協力をお願い＞

この質問紙は、修士論文の調査です。全部で4ページあります。

この質問紙は、陸上競技を現役で行っている大学生・大学院生が、ジュニア期にどのようなスポーツや種目を選択してきたか、

また、どのようなきっかけで陸上競技を始めたのか、トランスファーの理由を明らかにすることを目的としています。

質問結果は、個人情報としての守秘義務はもちろん、前述の目的以外には使用いたしません。ご協力のほど、よろしくお願い致します。

東京学芸大学大学院 繁田研究室 三上 なつき

記入年月日：平成 年 月 日

あてはまる数字を1つずつお選びください。

性別	1. 女	2. 男				
学年	1. 大学1年生	2. 大学2年生	3. 大学3年生	4. 大学4年生		
	5. 修士 (年生)	6. 博士 (年生)				
現在の専門種目 (最も力を入れているもの1つ)	1. 短距離 (100～400m)	2. 中長距離 (800～1500m)	3. 長距離 (3000m～)	4. 3000mSC	5. 障害 (100mH,110mH,400mH)	6. 競歩
	7. 走高跳	8. 棒高跳	9. 走幅跳	10. 三段跳		
	11. 砲丸投	12. 円盤投	13. ハンマー投	14. やり投	15. 混成	

大学入学以降に出した記録が、関東学生陸上競技対校選手権(関東インカレ)の参加標準記録(男子は2部B標準)を突破しているか、突破していないか

1. 突破している 2. 突破していない

小・中・高校生の頃、陸上競技で全国大会に出場経験について

1. 出場した 2. 出場していない

あなたの出身・在学中の学校について、【語群】よりあてはまる数字を1つお選びください。

小学校	中学校	高校	大学	大学院

【語群】 1. 私立 2. 国立 3. その他()

Q1. あなたは、子ども(小学校期)の頃、よく運動遊びをしましたか？あてはまる数字1つに○印をつけてください。

また、「1. よく遊んでいた」と回答した方は、よく遊んでいた遊びを3つまで()に記入してください。

※運動遊び＝大人が関与していない子供だけの自由遊び

1. よく遊んでいた 2. 普通 3. あまり遊んでいなかった



() () ()

Q2. あなたの子ども(小学校期)の頃の運動能力は、他の子どもたちと比べてどうでしたか？

あてはまる数字を【語群】の中から1つずつお選びください。

短距離走	持久走	跳躍力	投能力

【語群】

1. 高かった (速かった)と思う 2. どちらかといえば高かった(速かった)と思う 3. 普通だと思う 4. どちらかといえば低かった(遅かった)と思う 5. 低かった (遅かった)と思う

Q3. あなたが、専門的に陸上競技活動を始めたのは、いつ頃ですか？

_____ 校 _____ 年生

記入例： 中学校 _____ 年生

Q4. あなたの身長が最も伸びた時期は、何歳のときですか？ ()歳ごろ

Q5. (女性のみ)あなたが、初潮を迎えたのは何歳のときですか？ ()歳ごろ

Q6. あなたの競技活動の中で、最もトレーニング量の多かった時期は何歳くらいの時ですか？

1. 幼児期 (～6歳頃) 2. 小学生期 (6～12歳頃) 3. 中学生期 (12～15歳頃) 4. 高校生期 (15～18歳頃) 5. 青年期 (18歳頃～)

Q7. あなたのスポーツ(競技)活動歴についてお聞きします。
各年齢期で中心的(熱心)に行った競技及び種目について【記入例】にそってお書きください
(いくつでも回答可。スポーツ活動を行っていない時期には×印を記入)。
また、各年齢期も最高の競技成績及び所属について【語群】の中から適切なものを1つ選んで数字をご記入ください。

年齢	幼児期 (～6歳頃)	小学生期 (6～12歳頃)	中学生期 (12～15歳頃)	高校生期 (15～18歳頃)	青年期 (18歳頃～)	【記入例】
競技名						陸上競技、 柔道、 サッカー、 軟式野球 など
種目・ポジション等						100m走、 ○キロ級、 ゴールキーパー、 ピッチャー など
競技成績						【語群】から選択
所属						【語群】から選択

※特に区別のない競技種目の場合は、空欄で結構です。

※わかる範囲で結構です。

【語群】

*競技成績

1. 国際大会 2. 全国大会優勝 3. 全国大会入賞水準 4. 全国大会出場
5. 都道府県入賞水準 6. 都道府県大会出場水準 7. その他()

*所属

1. 学校運動部 2. 地域のクラブ 3. 民間のクラブ
4. プロチーム(ジュニア・ユース含む) 5. その他()

Q8.あなたが、**陸上競技を始めたきっかけ(理由)**は何ですか？あてはまる番号に○印をつけてください(複数回答可)。

- | | |
|----------------------|-------------------------|
| 1. 仲間に誘われた | 10. それまでの指導者とうまういかなかった |
| 2. 陸上競技の指導者に勧められた | 11. それまでの競技では上達が望めなくなった |
| 3. それまでの競技の指導者に勧められた | 12. 駅伝大会で良い成績を出した |
| 4. 親に勧められた | 13. 学校のマラソン大会で良い成績を出した |
| 5. 教師に勧められた | 14. 運動会や体育祭で良い成績を出した |
| 6. オリンピックや世界選手権をみて | 15. 陸上競技の大会で良い成績を出した |
| 7. 箱根駅伝をみて | 16. 陸上競技に魅力を感じた |
| 8. 転校、移住など家庭の事情で | 17. その他の理由 |
| 9. それまでの仲間とうまういかなかった | () |

Q9. 陸上競技に取り組む**以前に、他の競技をやっていた方**におききます。
あなたが、陸上競技に取り組む以前の競技をやめた理由はなんですか？
あてはまる番号に○印をつけてください(複数回答可)。

- | | |
|-----------------------|------------------|
| 1. お金がかかる | 5. 指導者(監督)と合わない |
| 2. 陸上競技に可能性を感じた | 6. 移住等で続けられなくなった |
| 3. 向いていない、上達が望めないと思った | 7. その他 |
| 4. 集団競技が向いていない | () |

Q10.陸上競技の数ある種目の中で、**途中で種目を変えた方**へおききます。
あなたが、種目を変えたきっかけ(理由)はなんですか？
あてはまる番号に○印をつけてください(複数回答可)。

- | | |
|-------------------------------|--------------------|
| 1. それまでの種目がうまういかなかった(伸びなくなった) | 6. 他に出場する人がいなかった |
| 2. 新しい種目に挑戦した | 7. 競技人口が少ない |
| 3. 仲間に誘われた | 8. オリンピックや世界選手権をみて |
| 4. 指導者に勧められた | 9. 故障をした |
| 5. 親に勧められた | 10. その他() |

Q11.あなたは、各年齢期にどのようなレベルの選手になりたいという目標を持っていましたか？
 それぞれの時期について、【語群】よりあてはまる数字を1つ記入してください。
 競技を行っていない時期には、×印をつけてください。

幼児期 (～6歳頃)	小学生期 (6～12歳頃)	中学生期 (12～15歳頃)	高校生期 (15～18歳頃)	青年期 (18歳頃～)

【語群】

1. 世界で活躍できる選手 2. 日本を代表する選手 3. 全国大会で活躍できる選手
 4. 全国大会に出られる選手 5. 県レベルで活躍できる選手 6. 所属の学校やチームを代表する選手 7. 特になかった

Q12.あなたの各年齢期における「スポーツが原因の2週間以上の治療を要した傷害(怪我・障害や病気)」の経験について、
 あてはまる【回答】の数字を1つ記入してください。競技を行っていない時期には、×印をつけてください。

幼児期 (～6歳頃)	小学生期 (6～12歳頃)	中学生期 (12～15歳頃)	高校生期 (15～18歳頃)	青年期 (18歳頃～)

【回答】

1. 経験した 2. 経験しない

Q13.あなたは、ジュニア(中学校・高校)期の競技活動を振り返った時、以下の観点では、どちらのタイプに属するとお考えですか？
 あてはまる数字1つずつに、印をつけてください。(中学時代：○印、高校時代：△印)

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

Q14.あなたの各年齢期のスポーツ(競技)活動を精神的に最もサポートしてくれたのは誰ですか？
 あてはまる【項目】の数字を1つ記入してください。競技活動を行っていなかった時期には×印をつけてください。

幼児期 (～6歳頃)	小学生期 (6～12歳頃)	中学生期 (12～15歳頃)	高校生期 (15～18歳頃)	青年期 (18歳頃～)

【項目】

1. 父親 2. 母親 3. 兄姉(弟妹) 4. 親戚 5. 友人 6. 地域の人 7. 先輩・後輩
 9. 彼氏彼女 10. 競技の指導者 11. 指導者以外の学校の先生 12. 自分自身 13. 特になし
 14. その他()

質問は以上です。ご協力ありがとうございました。

女子走幅跳高校記録保持者の高校3年間にわたる踏切および踏切準備における キネマティックの特徴の縦断的变化

柴田篤志¹⁾ 清水 悠²⁾ 小山宏之³⁾

1) 筑波大学大学院人間総合科学研究科 2) 島根大学人間科学部 3) 京都教育大学教育学部

Change in characteristics of kinematics parameters in takeoff and preparation phases of long jump during 3 years for a high school woman long jumper who achieved a national high school record

Atsushi, Shibata¹⁾ Yutaka Shimizu²⁾ Hiroyuki, Koyama³⁾

1) Graduate School of Comprehensive Human Sciences, University of Tsukuba.

2) Faculty of human Sciences, Shimane University.

3) Faculty of Education, Kyoto University of Education.

Abstract

The purpose of this study was to investigate the change of takeoff and preparation motions of the long jump for a high school woman long jumper. The subject was a woman long jumper who achieved the Japan high school record of the long jump (6.44m) in the 3rd grade of a high school. We collected her run up speed and takeoff motions from her high school 1st grade to 3rd grade by a laser distance measurement device (LAVEG) and two high-speed cameras. The results were summarized as follows;

- 1) Performance in 2018 was improved by the high run-up speed and horizontal velocity at touch down.
- 2) Characteristics of her jump changed in each year and decrees of horizontal velocity during the takeoff phase in 2018 was smaller than other, therefore she was takeoff more in the horizontal direction.
- 3) In the best performance jump, her takeoff motion during the takeoff phase was changed in which moved CG displacement more forward at toe off and her knee joint of takeoff leg was extension faster in the 2nd half of takeoff phase.

I はじめに

2018年度、女子走幅跳では第18回アジアジュニア陸上競技選手権大会で日本高校タイ記録ならびにU20日本タイ記録となる6.44mが記録された。また、同じ高校生競技者が日本陸上競技選手権大会を2連覇し、U20世界陸上競技選手権大会で2位入賞、および高校総体3連覇を達成するなど、現在、高校生ながらも日本トップレベルかつ、U20世代の中では国際大会で戦うことのできる競技力を持った競技者がいる。さらに、2018年度の高校ランキングをみても、8位までが6.00mを超えており、高校生の段階で日本選手権において入賞することが可能なレベルの競技者も複数いるといえる。一方で、女子走幅跳で世界陸上競技選手権大会やオリンピックといった世界レベルの競技会に出場するための標準記録

は、6.72m(2019年ドーハ大会)、6.70m(2016年リオ・オリンピック)と6.86mの日本記録に近い記録が求められており、世界大会への出場を目標とした際には、前述したような高校生競技者たちにも、今後の継続したパフォーマンスの向上が求められるといえる。

このように、日本における高校生競技者の競技レベルは向上している可能性が指摘できるが、大学生競技者や社会人競技者に目を向けると、2018年度における大学生競技者のランキング1位の記録は6.24m、社会人競技者のランキング1位の記録は6.43mであり、日本の女子走幅跳競技者におけるパフォーマンスの現状としては、大学への進学以降にそのパフォーマンスが停滞していると考えられる。しかしながら、このような現状に対して、女子走幅跳競技者を対象とした横断的研究や縦断的研究

Table1 Event data of analysis.

Event	Stadium	Date
69 th Japan National High School Championships*	Okayama	2016.08.02
8 th Japan National U18 Championships	Nagoya	2016.10.23
65 th Hyogo Relay Carnival	Kobe	2017.04.23
101 st Japan National Championships	Osaka	2017.06.25
70 th Japan National High School Championships*	Yamagata	2017.07.31
72 nd National Games	Matsuyama	2017.10.10
9 th Japan National U18 Championships	Nagoya	2017.10.22
66 th Hyogo Relay Carnival*	Kobe	2018.04.22
102 nd Japan National Championships*	Yamaguchi	2018.06.22
17 th IAAF World U20 Championships	Tampere	2018.07.15
71 st Japan National High School Championships*	Ise	2018.08.06
73 rd National Games	Fukui	2018.10.07
34 th Japan National U20 Championships*	Nagoya	2018.10.21

*Motion analysis event

は少なく、日本国内の競技者を対象としたものは助走スピードを対象としたもの（小山ほか，2007；2011；2012），体力特性およびキネマティクスの変化についての報告がわずかにあるのみで（大宮ほか，2012；2014），高校生競技者を対象とした報告となるとその数はさらに少ない．そのため，パフォーマンスの変化が著しく，その時点で日本トップレベルに近い競技力を持つU20世代の競技者を対象として，助走スピードやキネマティクスの特徴についてデータを縦断的に収集し，検討することができれば，非常に貴重な資料になると考えられる．さらには，U20世代の段階において競技者の課題を明確にすることができれば，大学進学以降に記録が停滞している日本の女子走幅跳の現状を改善するためのアプローチの一助になる可能性もある．

そこで，本研究では2018年度に日本高校タイ記録を達成した女子走幅跳競技者を対象として，高校3年間のパフォーマンスの向上とキネマティクスの特徴の縦断的变化について，事例的に検討することを目的とした．

II 方法

1. 対象者および分析試技

本研究の対象者は，高校生女子走幅跳競技者1名（PB：6.44m）であり，対象者が2016年から2018年にかけて出場した競技会のうち，日本陸上競技連盟科学委員会が活動を実施した競技会における試技を分析試技とした．なお，研究対象期間の各年度における対象者の自己記録は2016年（高校1年

時）が6.18m，2017年（高校2年時）が6.26m，そして2018年（高校3年時）が6.44mと対象期間において合計3度，自己記録を更新していた．また，Table1は本研究の分析対象とした競技会を示している．対象競技会において，対象者の全ての試技で助走スピードを収集するとともに，2016年全国高校総合体育大会（以下，16IH），2017年全国高校総合体育大会（以下，17IH），2018年兵庫リレーカーニバル（以下，18HRC），2018年日本陸上競技選手権大会（以下，18NCH），2018年全国高校総合体育大会（以下，18IH），および2018年U20日本選手権（以下，18JU20）における試技のうち，実測距離（公式記録に踏切での損失を加えたもの）が最も大きい試技を動作分析の対象試技とした．

2. データ収集

全ての分析試技で助走路前方スタンドに設置したレーザー式速度測定装置（JENOPTIK製，LAVEGLDM301）を用いて対象者の助走開始からの着地までの位置情報を100Hzで収集した．さらに，一部の競技会では，動作分析のために対象者の全試技をスタンドの最上段に固定した2台のハイスピードカメラ（Panasonic社製，Lumix DMC FZ-300）を用いて，踏切2歩前から踏切までを240fpsで助走路前方および後方から固定撮影した．また，試技撮影前にキャリブレーションポール（高さ2.4m）を撮影範囲内の計測点に順に立て撮影した．なお，これらのデータ収集は全て日本陸上競技連盟科学委員会の活動として行われたものであり，全ての競技会において事前に競技会主催者に撮影許可を得た上でデータ収集を行った．

3. データ処理

レーザー式速度測定装置によって得られた各分析試技における対象者の位置情報はButterworth low-pass digital filterを用いて0.5Hzで平滑化し，平滑化後の位置情報を時間微分することによって助走スピードを算出した．

動作分析の対象試技は，踏切2歩前離地の10コマ前から踏切離地の10コマ後までの身体分析点23点をビデオ動作分析システム（DKH社製，Frame-DIAS V）によりデジタル化した．そして，2台のカメラの身体分析点とコントロールポイントの座標から，3次元DLT法を用いて身体分析点23点の3次元座標を得た．なお，3次元座標は進行方向右向きをx軸，進行方向をy軸，鉛直方向をz軸とした．これらの身体分析点の3次元座標は，Wells and

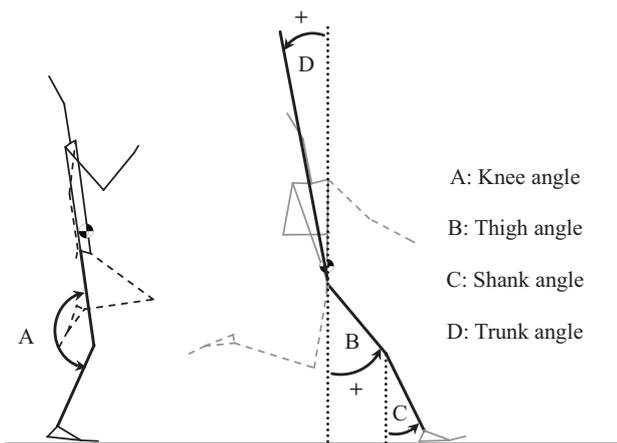


Fig.1 Definitions of joint and segment angles.

Winter (1980) の方法を用いて分析点毎に最適遮断周波数を決定し, Butterworth low-pass digital filter を用いて 4.8Hz から 9.6Hz で平滑化した。

4. 算出項目

以上のデータから, 下記の項目を算出した。

(1) 助走の最高スピードと出現地点

助走の最高スピードは助走開始から踏切の離地までの間における最高スピードとし, 助走の最高スピードが出現した地点の踏切板先端からの距離を助走の最高スピード出現地点とした。

(2) 実測距離

公式記録に踏切足のつま先から踏切板先端までの距離 (踏切損失) を加えたものを実測距離とした。

(3) 身体重心位置および身体重心速度

身体重心位置は阿江 (1996) の身体部分係数を用いて身体分析点の座標データから算出し, それを数値微分することによって身体重心速度を算出した。

(4) 各歩のステップ長

踏切 2 歩前離地から踏切接地にかけての各歩における支持脚つま先間の y 軸方向の距離を各歩のステップ長とした。

(5) 踏切時間

踏切時間は踏切足の接地から離地までの時間とし, 映像から踏切足接地および離地瞬時のフレームを読み取ることで算出した。

(6) 下肢関節角度およびセグメント角度

膝関節角度は大腿と下腿のなす角度とした。大腿角度は膝中点と大転子を結ぶベクトルが大転子から下ろした鉛直線となす角, 下腿角度は足関節外踝と膝中点を結ぶベクトルが膝中点から下ろした鉛直線となす角, 体幹角度は左右肩の midpoint と左右大転子の midpoint を結ぶベクトルが鉛直線となす角とし, 前傾を負, 後傾を正とした。なお, Fig. 1 に角度定義を示

した。

5. 局面定義

踏切 2 歩前離地 (Ls2T0), 踏切 1 歩前接地 (Ls1TD), 踏切 1 歩前離地 (Ls1T0), 踏切接地 (TD), 踏切離地 (T0) および踏切における踏切脚膝関節最大屈曲時を踏切中間 (Mid) として各イベントを設定した。Ls2T0 から Ls1T0 までを踏切準備局面とし, TD から T0 を踏切局面とした。また, 踏切局面におけるキネマティックデータは TD から T0 が 100% となるように規格化した。

III 結果および考察

1. 助走の最高スピード

Fig. 2 は対象者の分析試技の公式記録と助走の最高スピードおよび, 助走の最高スピード出現地点の関係を示している。また, Appendix 1 に全ての分析試技における公式記録と助走の最高スピードおよび出現地点を示した。助走スピードの分析対象試技における公式記録は 3 年間で向上しており (2016 年: $5.74 \pm 0.11\text{m}$, 2017 年: $6.05 \pm 0.17\text{m}$, 2018 年: $6.11 \pm 0.15\text{m}$), 助走の最高スピードも 2016 年からの 3 年間で向上している傾向がみられ (2016 年: $8.72 \pm 0.04\text{m/s}$, 2017 年: $8.91 \pm 0.15\text{m/s}$, 2018 年: $9.02 \pm 0.10\text{m/s}$), 特に 2018 年には安定して 9.00m/s 程度の助走のスピードを助走で獲得することができていた。さらに, 6.20m を超える跳躍の多くで $9.10 \sim 9.20\text{m/s}$ の最高スピードを獲得しており, 2018 年の跳躍では 2016 年および 2017 年と比較して大きな助走の最高スピードを安定して獲得していたことが, パフォーマンスの向上や安定に影響していたと考えられる。一方で, 助走の最高スピード出現地点には大きな変化はみられず, 大半の試技において踏切板から約 $5.0 \sim 6.0\text{m}$ の地点で助走の最高スピードが出現していた。つまり, 助走の最高スピードを向上させながらも, 助走の最高スピードが出現する地点は安定しており, このこともパフォーマンスが安定して向上していたことの一因であるといえるであろう。

一方で, 小山ほか (2007) は現在の日本記録である池田久美子選手の 6.86m の跳躍における助走の最高スピードが 9.65m/s であったことを報告しており, さらに, 助走の最高スピードが跳躍距離を決定する大きな要因の一つであることから (Hay, 1993), 本研究の対象者がさらなるパフォーマンス向上を目指すためには, 助走の最高スピードは重要

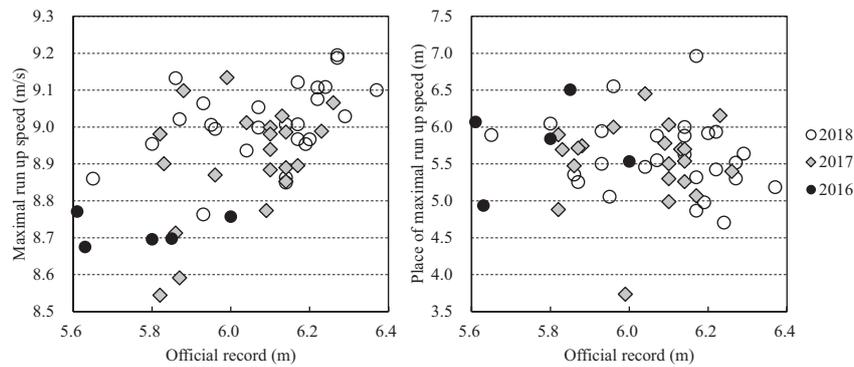


Fig.2 Relationship between official record and maximal run up speed (left), and place of maximal run up speed (right).

Table2 Characteristics of motion analysis trials, contact time and CG displacement parameters.

Event	Official record & wind (m)	Loss of takeoff (m)	Real distance (m)	Contact time (sec)				CG height (m)				Change rate of CG height Ls2TO-Ls1TD (%)	Step length (m)		Toe-CG distance (m)	
				TD-TO	1st half	2nd half	Ls2TO	Ls1TD	Ls1TO	TD	TO		Ls2TO-Ls1TD	Ls1TO-TD	TD	TO
16IH	6.00 -0.5	-0.08	6.08	0.104	0.050	0.054	0.89	0.84	0.83	0.81	1.02	-5.5	2.11	1.88	0.51	0.24
17IH	6.17 +2.8	-0.02	6.19	0.100	0.046	0.054	0.89	0.84	0.85	0.84	1.02	-6.1	1.91	1.75	0.49	0.28
18HRC	6.27 +3.3	-0.03	6.30	0.100	0.054	0.046	0.88	0.84	0.84	0.81	0.99	-4.5	1.99	1.81	0.50	0.28
18NCH	6.22 +0.5	-0.14	6.36	0.104	0.058	0.046	0.86	0.82	0.82	0.79	0.99	-4.6	1.86	1.70	0.52	0.27
18IH	6.14 -0.5	-0.05	6.19	0.108	0.058	0.050	0.87	0.83	0.83	0.81	1.02	-4.6	1.75	1.65	0.54	0.26
18JU20	6.27 +1.5	-0.17	6.44	0.113	0.046	0.067	0.89	0.84	0.84	0.81	1.03	-5.4	1.98	1.79	0.51	0.37

な課題となると考えられる。

2. 身体重心に関するキネマティクスの特徴の変化

Table2 は動作分析の対象試技の公式記録，踏切損失と実測距離，および踏切時間と身体重心位置に関するパラメータを示している．実測距離は18JU20 の跳躍では6.44mと高校記録に相当する距離であり，本研究における分析試技の中では最もパフォーマンスの高い跳躍であったといえる．踏切全体の時間は18JU20 の跳躍が他の分析試技と比較してやや長いものの，分析試技の中では大きな差はみられなかった．踏切前半および後半の時間に着目すると，18JU20 の跳躍では他の分析試技と比較して踏切後半の時間が長い傾向がみられた．Ls2TOからの各局面における身体重心高には大きな差はみられず，Ls2TOからLs1TDにかけての身体重心の降下率も同程度であった．Ls2TOからTDにかけての各歩のステップ長は16IHでLs2TOからLs1TDにかけてのステップ長が最も大きく，Ls1TOからTDにかけてのステップ長は16IHの跳躍で他の分析試技と比較してやや大きかったが，分析試技の中で大きな差はみられなかった．また，TDおよびTOにおける踏切足つま先と身体重心の水平距離は，TDでは大きな差はないが，TOで18JU20の跳躍が他の跳躍と比較して0.10m程度大きかった．さらに，踏切離地時

の身体重心高に大きな差がないことも加味すると，18JU20の跳躍で踏切離地時の姿勢が大きく変化しており，踏切局面において身体重心を上方に引き上げながらも，より前方へ移動させることができていたと考えられる。

Table3は動作分析の対象試技における助走の最高スピード，踏切局面における身体重心速度に関するパラメータ，および跳躍角度を示している．助走の最高スピードはFig.2でも示したように，2018年の試技において大きい傾向を示しており，18HRCおよび18JU20で特に大きかった．また，踏切局面における身体重心の水平速度をみると，TDおよびTOともに18JU20で最も大きく，踏切局面における水平速度の減速量は16IHにおける跳躍が他の分析試技と比較しても特に大きかった．身体重心の鉛直速度をみると，TOでは16IHの跳躍が最も大きく，18JU20における跳躍で最も小さく，踏切前半局面における鉛直速度の獲得率は，18JU20を除く2018年の跳躍で他の分析試技と比較して大きかった．さらに，跳躍角度も16IHの跳躍で最も大きく，18JU20における跳躍が最も小さかった．

つまり，本研究において動作分析の対象とした試技からみると，2016年の跳躍は踏切での水平速度の減速が大きく，跳躍角度の大きい鉛直型の跳躍であったのに対して，それが2017年，2018年におけ

Table3 Maximal run up speed and CG velocities during the takeoff phase.

Event	Maximal run up speed (m/s)	Horizontal CG velocity (m/s)			Vertical CG velocity				Rate of 1st half (%)	Takeoff angle (deg)
		TD	TO	TD-TO	TD	TO	TD-TO	TD-Mid		
16IH	8.76	8.50	7.18	-1.31	-0.27	3.49	3.76	2.45	65.2	25.9
17IH	8.90	8.72	7.83	-0.89	-0.09	2.89	2.99	1.97	65.8	20.3
18HRC	9.19	8.68	7.68	-1.00	-0.17	2.86	3.03	2.41	79.7	20.4
18NCH	9.11	8.86	7.83	-1.02	-0.37	3.04	3.41	2.88	84.2	21.2
18IH	8.85	8.38	7.44	-0.94	-0.29	3.12	3.41	2.70	79.4	22.7
18JU20	9.19	8.97	8.02	-0.95	-0.17	2.83	3.00	2.01	67.1	19.4

Table4 Joint and segment angles during the takeoff phase.

Event	Knee angle of takeoff leg (deg)					Shank angle of takeoff leg (deg)			Thigh angle of takeoff leg (deg)			Thigh angle of free leg (deg)		Trunk angle (deg)	
	TD	Min (Mid)	TO	Flexion	Extension	TD	Mid	TO	TD	Mid	TO	TD	TO	TD	TO
16IH	162.6	152.3	164.2	10.4	12.0	18.3	-14.7	-29.7	35.7	12.0	-13.9	1.5	76.2	7.8	6.5
17IH	165.7	149.9	164.0	15.8	14.2	18.6	-14.5	-30.2	32.0	14.9	-17.1	-3.6	65.6	4.7	2.0
18HRC	164.6	146.1	163.0	18.4	16.8	17.9	-20.0	-30.0	33.1	13.2	-13.0	4.5	76.1	11.8	6.5
18NCH	170.9	144.1	167.7	26.8	23.7	23.7	-22.8	-29.9	32.2	10.6	-18.4	4.4	73.4	8.9	10.3
18IH	161.0	152.0	168.3	8.9	16.3	18.4	-13.2	-28.2	36.2	10.2	-16.5	3.8	68.8	3.6	9.6
18JU20	162.4	148.7	171.6	13.7	22.9	20.3	-14.6	-34.7	36.1	15.2	-26.4	-1.1	80.6	9.1	10.8

る跳躍では、助走の最高スピードの向上に伴って水平速度の減少を抑えた水平型の跳躍に変化していた。対象者の跳躍の3年間の変化に関して、対象者の指導者から「1年生の時は、助走で一生懸命走っていて、ジャンプではフワッと浮くという感じ。昨年（高校2年時）はスピードがついたぶん、助走の勢いがジャンプにも出て、低いけど距離が出るような跳躍です。」とコメントがなされており（新井, 2018）、本研究におけるデータに基づいても2016年から2017年にかけて跳躍の特徴が変化していた可能性が示唆された。なお、対象者の16IHにおける跳躍角度（25.9deg）は、Tucker et al. (2018)の報告による2017年ロンドン世界陸上競技選手権大会における決勝進出者の平均値（ 21.3 ± 2.2 deg）および最大値（25.7deg）と比較しても非常に跳躍角度の高い跳躍であった。このような跳躍の特徴について、Shimizu et al. (2018)が跳躍角度を用いたクラスター分析から類型化を行っており、跳躍角度が競技者の跳躍タイプの特徴を示していることが示唆されている。このことから、対象者の跳躍タイプが高く跳び出す鉛直型の跳躍から、標準的かやや低く跳び出す水平型の跳躍へと変化しており、高校3年間の中で跳躍タイプを変化させながらパフォーマンスの向上がなされていたと考えられる。

3. 踏切局面におけるキネマティクスの特徴の変化

Table4は踏切局面における踏切脚の膝関節お

よび下肢のセグメント角度を示している。また、Fig. 3は踏切局面における踏切脚膝関節の角度および角速度の変化を示しており、Fig. 4は踏切局面における踏切脚の下腿、大腿の角速度および遊脚の大腿角速度を示している。なお、Fig. 5は動作分析の対象とした分析試技のLs2T0からT0にかけての動作のスティックピクチャを示している。

踏切脚の膝関節の角度をみると、18NCHの跳躍は他の跳躍と比較すると伸展位で接地しており、踏切における膝関節の屈曲量が最も大きかった。その他の跳躍では膝関節の屈曲量は同程度であったものの、18JU20における跳躍では踏切後半における伸展量が大きかった。また、踏切中の踏切脚の膝関節角速度をみても、18NCHでは屈曲角速度のピーク値が大きく、18JU20における跳躍では屈曲から伸展へと切り替わるタイミングが早く、伸展角速度のピーク値も比較的大きかった。同様に踏切脚の下腿および大腿セグメントの角度および角速度をみると、18NCHの跳躍を除くとTDの姿勢は類似しており、TOでは18JU20の跳躍において大腿および下腿がより前傾した姿勢であった。遊脚の大腿セグメントの角度および角速度では、18JU20における跳躍でTOにおける大腿セグメント角度が他の跳躍と比較して大きく、遊脚の大腿を速い速度で前方へと回転させており、より大腿を振り上げた姿勢で離地していた。つまり、18NCHにおける跳躍では踏切接地時の姿勢が異なったことにより、他の跳躍と異なる特徴

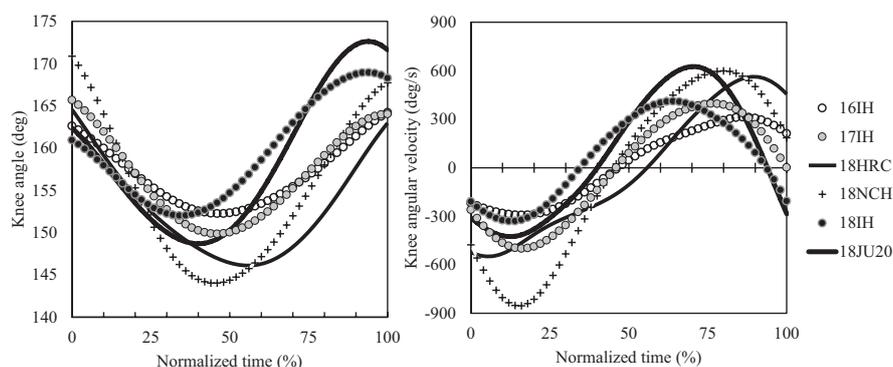


Fig.3 Changes in knee joint angle (left) and knee angular velocity (right) of takeoff leg during the takeoff phase.

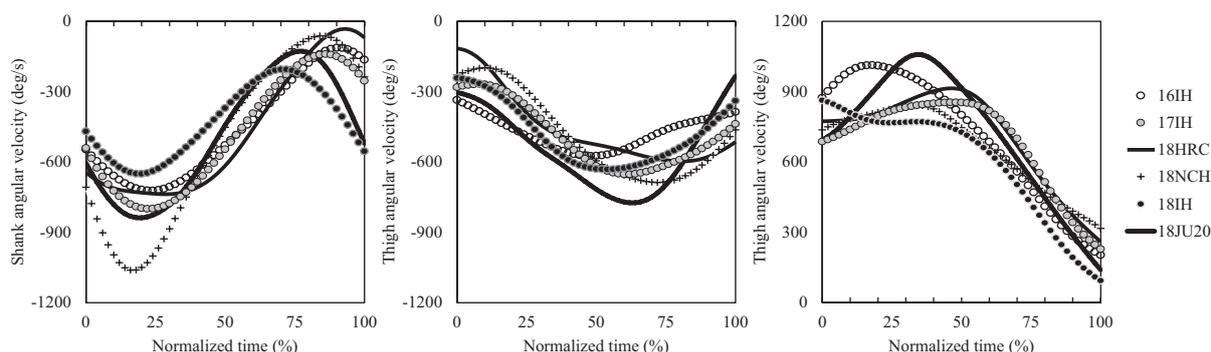


Fig.4 Changes in shank (left), thigh (middle) segment angular velocities of takeoff leg and thigh angular velocity of free leg (right) during the takeoff phase.

がみられたが、この跳躍を除いた対象試技では踏切接地時の姿勢は類似しており、18JU20の跳躍では踏切後半の動作に特に大きな変化があったと考えられる。

これらの踏切局面における踏切脚および遊脚のキネマティクスの特徴から、実測距離の大きかった18JU20における試技では踏切離地時の姿勢が特に変化しており、踏切後半の時間が増加し、踏切後半の踏切脚膝関節の伸展が大きかったことが離地時の姿勢の違いに影響していた可能性がある。Muraki et al. (2008)は膝関節の伸展動作が踏切後半での重心速度の増加に影響することを報告しており、小山ほか(2010)は踏切離地時における下腿の姿勢に関して、下腿を踏切後半で前傾させる動作が水平速度の減少を抑えることを事例的に報告していることから、対象者の踏切後半における脚の伸展動作は、水平速度の減少を抑えながらより前方へと跳び出すことができるものであったと考えられる。

4. 踏切準備局面におけるキネマティクスの特徴の変化

Table5は踏切準備局面における支持脚および遊脚の関節角度およびセグメント角度を示している。

Ls2T0における姿勢をみると (Fig.5 ①), 16IHおよび17IHにおける試技では大腿の前傾が大きく、さらに16IHでは体幹の前傾も特に大きかった。つまり、2016年および2017年における試技では踏切2歩前の離地時に支持脚をより後方まで蹴りきるような姿勢であったといえる。Ls1TDおよびLs1T0の踏切1歩前支持期における姿勢をみると (Fig.5 ③~⑤), 支持脚の動作に大きな差はないが、遊脚ではLs1TDにおける大腿の姿勢に差がみられ、2018年における試技では踏切1歩前接地時において遊脚の大腿がより前方へと位置している傾向がみられた。また、体幹の動作は16IHの試技において踏切1歩前の支持期における体幹の前傾から後傾への変化が大きく、急激に体幹を後傾させていた。村木ほか(2005)は踏切2歩前離地時の支持脚の後方への蹴り出しを抑えることで踏切1歩前での速度低下が抑制できることを事例的に報告しており、このような動作の違いが踏切1歩前接地時における遊脚大腿の位置にも影響していたと考えられる。つまり、3年間で助走において獲得できるスピードが高まっただけでなく、特に2018年においては踏切脚となる踏切1歩前の遊脚を早いタイミングで前方へ引き出す動作へと変化しており、このような踏切準備

Table5 Joint and segment angles during the preparation phase.

Event	Knee angle of support leg (deg)			Shank angle of support leg (deg)			Thigh angle of support leg (deg)			Shank angle of free leg (deg)			Thigh angle of free leg (deg)			Trunk angle (deg)		
	Ls2TO	Ls1TD	Ls1TO	Ls2TO	Ls1TD	Ls1TO	Ls2TO	Ls1TD	Ls1TO	Ls2TO	Ls1TD	Ls1TO	Ls2TO	Ls1TD	Ls1TO	Ls2TO	Ls1TD	Ls1TO
16IH	155.6	150.7	147.5	-54.1	2.3	-59.9	-29.8	30.8	-27.3	-50.6	-126.1	-24.5	55.2	2.0	53.9	-6.6	-4.8	6.2
17IH	150.7	154.6	141.5	-53.2	2.5	-63.3	-25.2	27.5	-25.0	-53.2	-125.0	-16.0	51.7	-1.4	51.9	-1.0	-2.9	3.3
18HRC	139.5	150.3	148.7	-54.5	2.1	-56.2	-14.1	31.3	-24.8	-39.7	-91.9	-2.5	57.4	15.6	52.3	-1.8	0.0	8.9
18NCH	149.2	146.6	132.5	-53.2	-0.4	-61.8	-22.4	32.2	-14.1	-44.7	-104.0	-8.2	58.5	10.4	53.0	-0.3	2.0	5.8
18IH	131.2	146.1	152.3	-57.8	1.4	-53.5	-9.3	34.9	-25.7	-30.6	-91.7	4.0	62.2	17.2	50.0	-2.0	-0.5	1.6
18JU20	142.7	148.7	147.2	-54.4	3.5	-57.6	-17.3	34.5	-27.5	-51.6	-107.9	-10.6	63.9	4.4	58.4	-3.6	-1.7	5.7

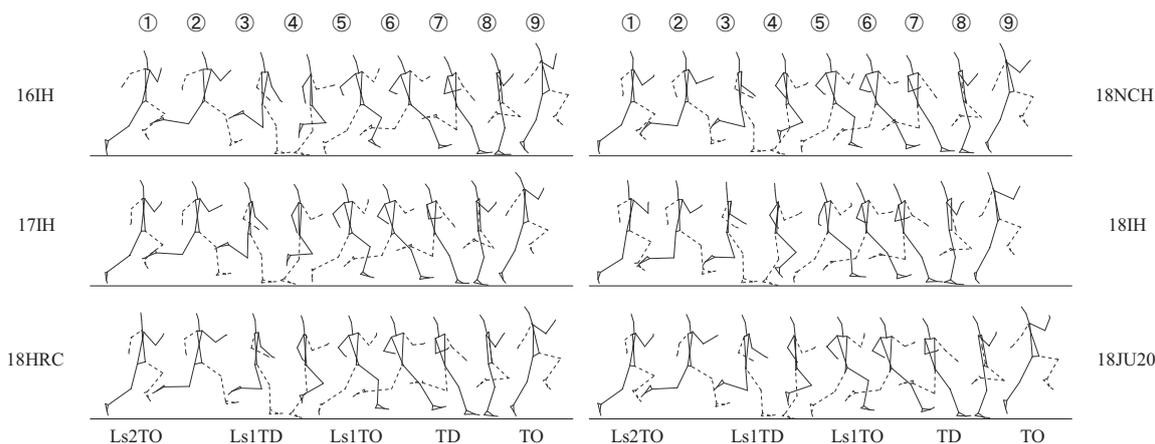


Fig.5 Stick pictures of motion analysis trials.

備局面におけるキネマティクスの変化も伴うことでパフォーマンスの向上につながっていたと考えられる。

IV まとめ

本研究では、2018年度に日本高校タイ記録を達成した女子走幅競技者を対象として、高校3年間のパフォーマンスの向上とキネマティクスの特徴の縦断的变化について、事例的に検討することを目的とした。

本研究によって得られた結果から、対象者のパフォーマンスは助走の最高スピードの向上に伴って向上しており、跳躍のタイプも2016年から2017年にかけて、踏切での減速が大きな跳躍角度の大きい鉛直型の跳躍から、減速の少ない水平型の跳躍に変化していたことが明らかとなった。さらに、最も実測距離の大きかった18JU20における跳躍では踏切動作にも特に大きな変化がみられ、踏切後半の局面において前方へと飛び出すような動作を行っていたことが明らかになった。

また、今後は本研究の対象とした競技者について縦断的なデータの収集を継続するとともに、日本の女子走幅跳競技者の特徴と課題についても対象者を

広げて検討を続けていくことが、今後の日本における女子走幅跳の競技力の向上のためには必要になると考えられる。

参考文献

- 阿江通良 (1996) 日本人幼少年およびアスリートの身体部分係数. Japanese Journal of Sports Science, 15 (3): 155-162.
- 新井宏昌 (2018) 日本選手権チャンピオンのテクニック. 月刊陸上競技, 52 (9), 講談社. pp. 98-99.
- Hay, J.G. (1993) Citius, altius, longius (faster, higher, longer): The biomechanics of jumping for distance. Journal of Biomechanics. 26: 7-21.
- 小山宏之, 村木有也, 武田 理, 阿江通良, 伊藤信之 (2007) 競技会における一流男女棒高跳, 走幅跳および三段跳選手の助走速度分析 (日本陸連科学委員会研究報告 第6巻 (2007) 陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2006). 陸上競技研究紀要, 3: 104-122.
- 小山宏之, 村木有也, 吉原 礼, 永原 隆, 柴山一仁, 大島雄治, 高本恵美, 阿江通良 (2010) 走幅

Appendix1 Run up speed of all trials.

Year	Event	Attempt	Official record (m)	Wind (m/s)	Maximal run up speed (m/s)	Place of maximal run up speed (m)	Year	Event	Attempt	Official record (m)	Wind (m/s)	Maximal run up speed (m/s)	Place of maximal run up speed (m)
2018	JU20	1st	6.03	2.3	-	-	2017	JU18	1st	6.13	1.3	9.03	5.70
2018	JU20	2nd	6.14	1.1	9.01	6.00	2017	JU18	2nd	F	-	8.91	6.40
2018	JU20	3rd	6.20	1.8	8.97	5.92	2017	JU18	3rd	6.14	0.3	8.89	5.70
2018	JU20	4th	6.22	1.7	9.08	5.93	2017	JU18	4th	F	-	8.85	5.90
2018	JU20	5th	6.29	0.9	9.03	5.64	2017	JU18	5th	F	-	8.77	7.10
2018	JU20	6th	6.27	1.5	9.19	5.52	2017	JU18	6th	5.96	0.3	8.87	6.00
2018	NG	1st	F	-	9.08	5.70	2017	NG	1st	6.10	0.5	9.00	5.30
2018	NG	2nd	F	-	8.95	6.01	2017	NG	2nd	6.04	0.4	9.01	6.45
2018	NG	3rd	5.65	1.5	8.86	5.89	2017	NG	3rd	F	-	8.88	5.66
2018	IH	1st	5.88	-1.2	-	-	2017	NG	4th	6.23	0.9	8.99	6.16
2018	IH	2nd	6.14	-0.5	8.85	5.63	2017	NG	5th	6.14	0.2	8.99	5.26
2018	IH	3rd	5.93	-0.9	8.76	5.94	2017	NG	6th	6.26	1.0	9.07	5.40
2018	IH	4th	6.04	-0.4	8.94	5.46	2017	IH	1st	6.10	1.9	8.98	6.03
2018	IH	5th	F	-	8.95	4.98	2017	IH	2nd	5.82	1.3	8.98	5.90
2018	IH	6th	5.95	0.5	9.01	5.05	2017	IH	3rd	6.10	2.5	8.94	4.99
2018	WU20	1st	F	1.6	9.19	5.14	2017	IH	4th	6.10	2.4	8.88	5.50
2018	WU20	2nd	6.37	1.2	9.10	5.18	2017	IH	5th	6.17	2.8	8.90	5.07
2018	WU20	3rd	5.87	1.9	9.02	5.25	2017	IH	6th	5.88	3.6	9.10	5.74
2018	WU20	4th	6.19	0.4	8.95	4.98	2017	NCH	2nd	6.14	1.1	8.85	5.54
2018	WU20	5th	6.24	0.3	9.11	4.70	2017	NCH	3rd	5.99	0.4	9.13	3.73
2018	WU20	6th	6.17	0.3	9.12	4.87	2017	NCH	4th	F	-	8.87	5.58
2018	NCH	1st	6.22	0.5	9.11	5.42	2017	NCH	5th	5.83	-1.3	8.90	5.69
2018	NCH	2nd	5.80	0.4	8.95	6.05	2017	NCH	6th	6.09	0.1	8.77	5.78
2018	NCH	3rd	6.14	-0.1	8.86	5.88	2017	HRC	1st	5.87	1.6	8.59	5.72
2018	NCH	4th	6.17	0.4	9.01	6.96	2017	HRC	2nd	5.82	0.4	8.54	4.88
2018	NCH	5th	5.96	0.2	8.99	6.55	2017	HRC	4th	F	-	8.69	4.71
2018	NCH	6th	F	-	9.11	5.58	2017	HRC	5th	5.86	3.3	8.71	5.48
2018	HRC	1st	6.07	0.1	9.05	5.88	2017	HRC	6th	F	-	8.55	5.08
2018	HRC	2nd	5.86	2.5	9.13	5.36	2016	JU18	1st	F	-	8.51	4.84
2018	HRC	3rd	6.07	0.3	9.00	5.55	2016	JU18	2nd	F	-	8.48	5.17
2018	HRC	4th	5.93	2.2	9.06	5.50	2016	IH	1st	5.61	0.3	8.77	6.07
2018	HRC	5th	6.17	0.8	8.97	5.32	2016	IH	2nd	5.80	0.4	8.70	5.84
2018	HRC	6th	6.27	3.3	9.19	5.30	2016	IH	3rd	6.00	-0.5	8.76	5.53
							2016	IH	4th	5.85	-0.5	8.70	6.50
							2016	IH	5th	F	-	8.57	4.49
							2016	IH	6th	5.63	-1.7	8.68	4.94

跳のバイオメカニクスの分析. 世界一流陸上競技者のパフォーマンスと技術. 財団法人日本陸上競技連盟 . pp. 154-164.

小山宏之, 村木有也, 柴山一仁, 清水 悠, 築野 愛, 荻山 靖, 阿江通良 (2011) 競技会における一流男女走幅跳および三段跳選手の助走スピード分析 (日本陸連科学委員会研究報告 第10巻 (2011) 陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2010). 陸上競技研究紀要 . 7: 37-49.

小山宏之, 村木有也, 柴山一仁, 清水 悠, 荻山 靖 (2012) 競技会における一流男女走幅跳および三段跳選手の助走スピード分析 (日本陸連科学委員会研究報告 第11巻 (2012) 陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2011). 陸上競技研究紀要 . 8: 46-64.

村木有也, 阿江通良, 小山宏之, 伊藤信之, 山下訓史 (2004) 男子走幅跳の踏切準備および踏切局面における動作変化パターン (陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2003). 日本陸連科学委員会研究報告 . 3 (1) : 81-86.

Muraki, Y., Ae, M., Koyama, H., and Yokozawa,

T. (2008) Joint torque and power of the takeoff leg in the long jump. International Journal of Sport and Health Science, 6: 21-32.

大宮真一, 堤 毅, 北風沙織, 奥塚みなみ (2012) 日本学生一流女子走幅跳選手における競技記録および各種垂直跳パフォーマンスの変化 - 大学1年生から2年生まで - . 北翔大学北方圏生涯スポーツ研究センター年報 . 3: 7-16.

大宮真一, 中村宏之, 北風沙織, 重成敏史, 伊丸岡亮太, 吉田 真, 吉田昌弘 (2014) 日本学生一流女子走幅跳選手における競技記録および各種垂直跳パフォーマンスの変化 - 大学3年生から4年生まで - . 北翔大学北方圏生涯スポーツ研究センター年報 . 5: 15-26.

Shimizu, Y., Ae, M., Fujii, N. and Koyama, H. (2018) Technique types of preparatory and take-off motions for elite male long jumpers. International Journal of Sport and Health Science, 16: 200-210.

Tucker, C., Nicholson, G., Cooke, M., Bissas,

A., and Merlino, S. (2018) Women' s long jump - 2017 IAAF World Championships Biomechanical report: 1-30.

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

軽量円盤および重量円盤の投てきがリリースパラメータに与える影響 － 選手の投能力に着目して －

黒田剛志¹⁾ 榎本翔太²⁾ 加賀勝¹⁾

1) 岡山大学大学院教育学研究科 2) 兵庫教育大学大学院連合学校教育学研究科

Influence of throw with lighter weight discus and heavier weight discus on release parameters
- Focusing on competition level and muscle strength -

Tsuyoshi Kuroda¹⁾ Shota Enomoto²⁾ Masaru Kaga¹⁾

1) Graduate School of Education, Okayama University

2) Joint Graduate School in Science of School Education, Hyogo University of Teacher Education Graduate

Abstracts

The purpose of this research was to compare the change of release parameters at throwing of lighter discus (1.0 kg and 1.5 kg) and heavier discus (2.5kg and 3.0kg) when compared with the regular weight discus for competition (2.0 kg). Sixteen men's discus thrower threw five kinds of the discus with maximum effort. The calculated items were the initial velocity of the discus, the release height and the release angle, which were compared by grouping the upper and lower 8 throwing distance. The main results are as follows.

- 1) The initial velocity of the lighter discus was significantly higher than that of the 2.0kg discus and the release height was high with the discus of 1.0kg. Further, there was no difference in the change pattern of initial velocity, release height, and release angle of the discus in the upper group and the lower group of throwing distance.
- 2) For the heavier discus, the initial velocity and release height of the discus showed significantly lower than the 2.0kg discus, and the release angle was significantly lower than 3.0kg discus. In addition, in the lower group of throwing distance, the release height and the release angle were significantly lower values.

Considering these results, the changes in release parameters at throwing of a lighter discus are less related to competitive skill and muscle strength. On the other hand, it was shown that the change of the release parameter at throwing of the heavier discus could be influenced by the competitive skill and muscle strength.

I. 緒言

円盤の投てき記録には円盤の初速度、投射高、投射角に加えて、円盤が受ける空気力学的要因が影響している (Bartlett, 1992 ; Hay and Yu, 1995). 円盤の初速度、投射高、投射角はリリースパラメータと呼ばれ、これまでの研究でもリリースパラメータについて多くの報告がなされている (Badura, 2010 ; Bartlett, 1992 ; 前田, 1995).

円盤投げにおいて、投能力 (技術や筋力などの

総合的な能力を示す) を向上させるために、負荷を軽減して行うアシスティッドトレーニングや負荷を増大して行うレジスティッドトレーニングが行われている。正規重量円盤 (2.0kg) と異なる重量の円盤が投てき動作へ与える影響を調査した高松・桜井 (2013) は、円盤重量が大きくなるほど円盤の初速度が低下し、投射角も低下傾向にあることを報告している。さらに、彼らは 1.75kg の円盤では正規重量より軽いにも関わらず、リリース時に発揮される関節トルクが大きくなっていったことから、

表 1 対象者の特性

対象者	年齢(yrs)	競技歴(yrs)	身長(cm)	体重(kg)	ベスト記録(m)	2.0kgの投てき記録(m)
A	23	11	171	75.8	47.21	43
B	21	8	176	92.5	44.19	42
C	19	4	177	112.8	42.93	41
D	22	9	172	86.0	42.68	38
E	20	5	181	85.4	42.07	36
F	22	9	176	77.0	41.97	36
G	21	6	174	98.5	38.17	37
H	19	6	176	88.0	37.25	36
I	20	5	169	87.0	36.14	33
J	24	9	167	64.7	35.73	31
K	20	5	181	85.7	35.13	33
L	21	5	169	70.6	34.81	32
M	19	6	171	70.4	34.68	32
N	19	4	169	66.0	34.67	27
O	20	5	180	77.0	32.80	29
P	19	4	175	75.0	29.39	29
平均	20.6	6.3	174.1	82.0	38.11	34.7
標準偏差	1.5	2.2	4.6	12.6	4.85	4.8

投てき技術の習得とともに筋力向上が期待できると述べた。また、軽量円盤による投てきが投てき記録および動作時間に及ぼす影響を検討した小岩ほか(2017)は、2.0kgと比べて軽量円盤(1.5kg, 1.75kg)の投てきが大きな円盤の初速度の獲得と動作時間の短縮になると報告した。さらに、Tancred B and Tancred G (1977)は、ジュニア初心者には様々な重量の円盤でトレーニングを行わせ、通常よりやや重い円盤でのトレーニングは投てき記録を向上させるが、重すぎる円盤でのトレーニングでは投てき記録が低下したことを報告している。つまり、一定の重量を超える円盤を用いたトレーニングは有効でない可能性がある。加えて、トレーニングとして有効な円盤重量には個人差があると考えられ、特に投能力の影響を受けやすいと考えられる。そのため、投能力の高い選手と低い選手では、円盤重量の変化に伴うリリースパラメータの変化が同様ではないと考えられる。

そこで本研究では、一般男子円盤投げ選手を対象に、1.0kgから3.0kgの重さの円盤がトレーニングに相当であるかを判断するために、円盤重量を変えた場合のリリースパラメータの変化と投能力との関係について明らかにすることを目的とした。

II. 方法

1. 対象者

対象者は、円盤投げを専門とする一般男子円盤投げ選手16名とした。対象者の年齢、競技歴、

身長、体重、ベスト記録、実験当日の2.0kgの円盤の投てき記録は表1に示した。投能力の違いにより選手の持つ特性が異なることが考えられたため、対象者は、実験当日の投てき記録により8名ずつの上位群(対象者A~H)と下位群(対象者I~P)に分けた。実験に先立ち、対象者に本研究の主旨、内容、手順について口頭および文書によって説明し、実験参加の同意を書面で得た。なお、本研究は岡山大学教育学研究科倫理委員会の承認を得て実施した。

2. 実験試技とデータ分析

実験試技には、一般男子用の正規重量円盤である2.0kgを基準に1.0kg(正規重量の-50%)、1.5kg(-25%)、2.5kg(+25%)、3.0kg(+50%)の5種類の重量を用いた。なお、1.0kgは女子用円盤、1.5kgはユース男子用円盤、2.0kgは一般男子用円盤とし、2.5kgおよび3.0kgは2.0kg円盤の内部に均等に重りを入れて制作した。

各円盤重量の練習試技を含むウォーミングアップの後、3投を試合形式で行い、最も記録の良いものを分析対象とした。また、各重量の円盤を投てきする順番は対象者ごとにランダムとした。同重量の円盤の試技間は3分以上、各重量の円盤の試技間は10分以上の休息を確保した。

投てき方向に対して右側方および後方に2台の高速ビデオカメラ(Nikon J5)を設置し、毎秒120コマ、シャッタースピード1/2000秒で撮影した。動作解析ソフトウェア(Frame-DIAS V、ディケイ

エイチ社製)を用いて3次元DLT法により円盤の3次元座標値を求めた。座標系は投てき方向をY軸(投てき方向を正)、鉛直方向をZ軸とし(上方を正)、投てき方向に対して左右方向をX軸とした(右側を正)。読み取った円盤の座標は、最適遮断周波数(3.72-15.12Hz)をWinter(1990)の方法に基づいて決定して平滑化した。

3. 測定項目

測定項目は、形態的特性に関する2項目と筋力に関する3項目、実験試技における投てき記録とした。形態的特性は各対象者の身長および体重とした。筋力に関する3項目は、原(1994)やT. D. Fahey(2002)の測定項目を参考に、ベンチプレス、フルスクワット、ハングクリーンの最大挙上重量とした。なお、ベンチプレスとフルスクワットについてはパワーリフティング協会が定めるルールに基づき行った(公益社団法人日本パワーリフティング協会, 2018)。ハングクリーンは、膝と股関節の間でバーを保持した状態から胸の前まで挙上する動作とした。実験試技における投てき記録は、地面に5m間隔でラインを引き目視により1m単位で測定した。

4. 分析項目

1) 算出項目

① 円盤の初速度

円盤の初速度を、円盤の3次元座標成分ごとに時間微分し、合成することにより算出した。本研究の円盤の初速度は、円盤が手から離れる直前のコマの速度とした。

② 投射高

投射高を、鉛直方向の座標から求め、円盤中心の高さとして算出した。本研究の投射高は、円盤が手から離れる直前のコマの円盤の高さとした。

③ 投射角

投射角を、円盤の初速度ベクトルと鉛直成分の速度ベクトルの値を用いて求め、円盤の初速度ベクトルと水平面のなす角度として算出した。本研

表2 投てき記録上位群, 下位群の筋力的特性

	上位群	下位群	有意差
2.0kgの投てき記録	38.3±3.5	31.1±2.8	**
ベンチプレス	116.88±19.07	85.63±14.74	**
フルスクワット	153.75±24.46	125.63±25.83	**
ハングクリーン	108.13±9.61	90.63±14.5	*
上位下位を比較した時の有意確率	**: p<0.01		*: p<0.05

究の投射角は、円盤が手から離れる直前のコマの角度とした。

5. 統計処理

本研究における各測定データの平均値±標準偏差を求めた。2.0kgを基準とした重量間のリリースパラメータの比較には、一元配置分散分析を用いた。投てき記録による上位群と下位群の重量間の比較には対応のないt検定を用いて検討した。なお、危険率5%未満をもって統計的に有意とした。

III. 結果

1. 対象者の特性

表2に、投てき記録上位群, 下位群の筋力的特性を示した。ベンチプレス(p<0.01), フルスクワット(p<0.01), ハングクリーン(p<0.05)について、投てき記録の上位群は、下位群と比較して有意に高値を示した。

2. 円盤の初速度

表3に、投てき記録とリリースパラメータを示した。投てき記録と円盤の初速度については2.0kgの投てきと比較して1.0kgと1.5kgは有意に高値であった(p<0.01)。一方で、2.5kgと3.0kgの投てきでは有意に低値であった(p<0.01)。投てき記録の上位群, 下位群のリリースパラメータを表4に示した。正規重量である2.0kgに比べて、上位群と下位群ともに軽量円盤で円盤の初速度は高値となり、重量円盤で円盤の初速度が低値となった(p<0.01)。

表3 投てき記録とリリースパラメータ

	1.0kg	1.5kg	2.0kg	2.5kg	3.0kg
投てき記録(m)	46.9±6.9**	41.1±4.8**	34.7±4.8	26.9±4.1**	22.6±3.5**
円盤の初速度(m/s)	21.06±1.15**	19.61±1.11**	18.19±1.04	16.48±0.96**	15.24±0.98**
投射高(m)	1.55±0.09*	1.49±0.13	1.47±0.11	1.36±0.12*	1.36±0.14*
投射角(deg.)	36.8±3.7	35.7±3.3	35.8±4.2	34.8±4.1	33.5±4.4*

2.0kgと比較した時の有意確率 **: p<0.01 *: p<0.05

表4 投てき記録の上位群と下位群のリリースパラメータ

		1.0kg	1.5kg	2.0kg	2.5kg	3.0kg
円盤の初速度(m/s)	上位群	21.76±1.04 **	20.41±0.77 **	18.88±0.81	17.23±0.67 **	16.04±0.55 **
	下位群	20.37±0.81 **	18.81±0.77 **	17.50±0.76	15.74±0.50 **	14.47±0.56 **
投射高(m)	上位群	1.61±0.06	1.57±0.09	1.52±0.09	1.43±0.12	1.45±0.14
	下位群	1.50±0.08	1.41±0.01	1.42±0.10	1.29±0.09 *	1.26±0.07 *
投射角(deg.)	上位群	36.9±4.4	36.5±3.0	36.2±3.6	36.6±4.3	35.5±5.2
	下位群	36.6±3.2	34.9±3.6	35.4±4.9	33.0±3.3	31.5±2.3 *

2.0kgと比較した時の有意確率 **：p<0.01 *：p<0.05

3. 投射高

投射高は，2.0kgの投てきと比較して2.5kgおよび3.0kgで有意に低値であり（p<0.05），1.0kgでは有意に高値であった（p<0.05）（表3）．投てき記録の上位群と下位群における投射高は，2.0kgと比べて2.5kgおよび3.0kgにおいて投てき記録の下位群のみが有意に低値であった（p<0.05）（表4）．

4. 投射角

投射角は，2.0kgと比較して3.0kgで有意に低値を示した（p<0.05）（表3）．投てき記録の上位群と下位群における投射角は，2.0kgと比べて3.0kgにおいて投てき記録の下位群のみで有意に低値であった（p<0.05）（表4）．

IV. 考察

1. 円盤の初速度

本研究における円盤の初速度は，2.0kgで18.19±1.04m/sであり，先行研究の範囲内（16～23m/s）であった（前田，1995；高松・桜井，2013；松尾・湯浅，2005）．また，これまでの研究（小岩ほか，2017；高松・桜井，2013）と同様に重量の低下に伴い円盤の初速度が増加する傾向が認められた．重量の増減に伴う円盤の初速度の変化は，投能力に差がある投てき記録の上位群，下位群ともに同様の変化を示した．このことから，重量変化による円盤の初速度の変化パターンは投能力の高低と関連が少なく，初速度については両群において円盤重量の影響に差はないと考えられた．

一般的には，重量物より軽量物の方が投てき物の初速度が大きいと考えられる．一方で，野球の投球に関する研究（森本ほか，2001）では，正規の重さのボールに比べて±0から-7.5%までの重量については，軽くなるにつれてボール初速度が増加するが，-10%から-17.5%の範囲では-7.5%の初速度より低下することが報告されている．このことは

重量軽減による初速度の増加には限界がある場合があることを示していると考えられる．しかし，本研究では-25%や-50%の軽量円盤でも，円盤の初速度は増加していた．前述の森本ほか（2001）によれば，内省調査で「腕を振るのが怖い」，「フォームが乱れそう」などの感想がみられたとしており，野球ボール（145g）のような陸上競技の投てき物に比べて軽く，初速度が速い投てきでは，投球動作が変化することへの抵抗感や不安感などの心理的な抑制が働くと考えられる．円盤と野球ボールでは重量の違いから初速度の差が大きいため（円盤：本研究の2.0kgの平均：約18m/s；野球ボール：先行研究（森本ほか，2001）：約31m/s），円盤投げにおいて-50%という比較的大きな重量変化でも野球ボールと比べて初速度が遅く，心理的な影響を受けるほどではなかったため1.0kgでも初速度が増加したと考えられる．

これまでの円盤を用いた研究では1.5kgまでの円盤で初速度の増加が確認されており，本研究の結果から1.0kgについても初速度の増加が確認できた．これらから，通常の重量では達成が困難となるスピードでの運動遂行をすることにより，速いスピードを身につけようとするアシスティッドトレーニングの目的（村木，1994）は，今回の対象者の範囲で投能力の高低に関わらず，1.0kgまでの円盤において達成されていたと考えられる．

2. 投射高

投射高は，2.0kgと比較して重量円盤（2.5kgおよび3.0kg）において，投てき記録の下位群のみで低値を示した．さらに，本研究の身長に対する投射高を算出すると，全体では1.0kgで身長の高さの89.2%と最も高く，2.0kgでは身長の高さの84.5%であった（表5）．そして，投てき記録の上位群，下位群の身長に対する投射高については，2.0kgと比較して下位群の重量円盤において低値を示していた．投てき記録の下位群の筋力は，上位群に比べて有意に

表 4. 競技力と競技意欲との関係性（女性のみ）

	平均身長(cm)	1.0kg	1.5kg	2.0kg	2.5kg	3.0kg
全体	174.1	89.2% *	85.3%	84.5%	78.4% **	77.9% **
上位群	175.4	91.8%	89.5%	86.7%	81.5%	82.7%
下位群	172.6	86.9%	81.7%	82.3%	74.7% *	73.0% *

2.0kgと比較した時の有意確率 **: p<0.01 *: p<0.05

低値であったことから、重量円盤での投てきにおける投射高の変化には筋力が関連する可能性が考えられた。そして、投てき記録の下位群がレジスティッドトレーニングとして重量円盤を用いる際は、投射高が低下することを意識し、トレーニングする必要があると考えられる。

3. 投射角

投射角は、全体では2.0kgと比較して3.0kgで有意に低値を示しており、群別では投てき記録の上位群に有意な差は認められなかったが、投てき記録の下位群では3.0kgにおいて有意に低値であった。投射角に関するこれまでの研究では、個人によって最適な角度範囲があり (Steve Leigh et al., 2010), 至適投射角は35～40度とされている (ダイソン, 1972 ; 前田, 1995)。本研究では、投てき記録の上位群において各重量の投射角は至適範囲内であったが、投てき記録下位群においては2.0kgで35.4 ± 4.9度と至適範囲内であるのに対し、3.0kgでは31.5 ± 2.3度と至適投射角よりも低くなっていた。投能力の低い投てき記録の下位群では、複雑なターン動作の中で重い円盤を意図するように運べず、投射角が至適角度よりも低下してしまったと考えられる。つまり、投能力の低い選手にとっては、投射角が小さくならないような動作を心がける必要があり、それが不可能であれば3.0kg円盤を練習で用いることは不適切である可能性が示唆された。

4. 指導現場への示唆

軽量円盤において、2.0kgと比較して円盤の初速度が有意に高値を示していた。さらに、各々のリリースパラメータの変化について投能力による影響は認められなかった。このことから投能力の高低に関わらず、1.0kgまでの重さについて、通常の重量では達成が困難となるスピードでの運動遂行をすることにより、速いスピードを身につけることを目的とするアシスティッドトレーニングとして用いることが可能であると考えられる。

重量円盤において、選手全体では2.0kgと比較

して円盤の初速度、投射高および3.0kgの投射角が有意に低値を示した。群別では、投てき記録の上位群の投射高や投射角に有意な差は認められなかったが、投能力が低い特性を有する投てき記録の下位群では投射高や投射角が有意に低値であった。広瀬ほか (2015) は、高重量ハンマーのトレーニングについて、競技者のレベルに応じて加重の度合いを調節することにより、投てき技術に及ぼす影響を最小限に留めたトレーニングが可能であると指摘している。本研究の重量円盤を用いた投てきで、投てき記録や筋力が低い対象者の投射高や投射角が減少していたことと広瀬ほか (2015) の主張を考慮すると、円盤投げにおいても高重量の円盤を用いたレジスティッドトレーニングでは、投能力に応じた重量の設定が必要であると考えられる。

V. まとめ

本研究の目的は、ベスト記録が29 mから47 m程度の一般男子円盤投げ選手16名を対象として、円盤重量の変化によるリリースパラメータの変化を投能力との関係を考慮しながら検討し、トレーニングに有効な円盤重量を明らかにすることであった。

本研究で得られた結果から、軽量円盤については、個人の投てき記録に関わらず1.0kgまでの円盤について、アシスティッドトレーニングとして有効であると考えられた。しかし、重量円盤では投てき記録の低い対象者で、投射高、投射角が低くなっていたことから、2.5kgや3.0kgの円盤を用いたレジスティッドトレーニングでは、個人の投てき記録に応じた重量範囲を設定する必要があると考えられた。

VI. 文献

Bartlett, R. M. (1992) The biomechanics of the discus throw: A review. *Journal of Sports Sciences*, Volume 10, 1992: 467-510.

- ダイソン, G (1972) 陸上競技の力学. (金原勇, 渋川侃二, 古藤高良訳) 大修館書店, 209-249.
- 原信一, 有吉正博, 繁田進 (1994) 円盤投競技者の体力に関する調査研究. 陸上競技研究, 46 (2): 36-39.
- Hay, J.G. and Yu, B. (1995) Critical characteristics of technique in throwing the discus. *Journal of Sports Sciences*, 13; 125-140.
- 広瀬健一, 大山卞圭悟, 藤井宏明, 青木和浩, 尾縣 貢 (2015) ハンマー投におけるレジスティッドトレーニングの負荷特性—高重量ハンマーによる投てきに注目して—. *コーチング学研究*, 29: 31-40.
- 公益社団法人 日本パワーリフティング協会 (2018) ルールブック H30 版改正, <http://www.jpapowerlifting.or.jp/powerlifting/> ルールブック /
- 小岩晴樹, 広瀬健一, 前田奎, 青木和浩, 佐久間和彦 (2017) 円盤投げにおける軽量円盤の使用が投てき記録および動作時間に及ぼす影響. *陸上競技研究*, 109: 19-25.
- 前田正登 (1995) 円盤投げにおけるリリースパラメータ. *スポーツ方法学研究*, 8: 29-38.
- 松尾宣隆, 湯浅景元 (2005) 円盤投げ動作における身体重心速度が円盤速度と円盤+投てき者角運動量に及ぼす効果. *中京大学体育学論叢*, 46(2): 33-43.
- 森本吉謙, 村木征人 (2001) ボール重量が野球の投球におけるスピードと正確性に及ぼす影響. *スポーツ方法学研究*, 14 (1): 85-93.
- 村木征人 (1994) *スポーツトレーニング理論*. ブックハウス HD, 53-55.
- Steve Leigh, Hui Liu, Mont Hubbard, Bing Yu. (2010) Individualized optimal release angles in discus throwing. *Journal of Biomechanics*, 43: 540-545.
- 高松 潤二, 桜井 徹 (2013) 円盤投げのトレーニング手段に関するバイオメカニクスの研究. *流通経済大学スポーツ健康科学部紀要*, 6: 43-53.
- Tancred, B. and Tancred, G. (1977) The effects of using a “heavy” discus in training by novice U/15 years old schoolboys. *Athletics Coach*, 11: 9-11.
- T. D. Fahey. (2002) Predictors of performance in elite discus throwers. *Biology of Sport*, 19: 103-108.
- Winter, D.A. (1990) *Biomechanics and motor control of human movement*. 2nd ed, John Wiley and Sons: New York, 41-43.

日本陸連科学委員会研究報告 第17巻 (2018)

陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2018

序 文

2018年度における科学委員会の主な活動は、1. U20/U18選手含むパフォーマンス分析サポート（競技会や合宿などでのパフォーマンス・コンディション分析、データフィードバックなど）、2. アジア競技大会、U20世界選手権での科学的支援活動、3. 東京2020、ポスト2020に向けた活動およびジュニア選手に関する活動（タレントトランスファー、インターハイ、U18, 20選手権でのパフォーマンス分析、アンケート調査など）、4. マラソン・競歩の暑さ対策に関する調査研究・支援活動（マラソン夏季研修合宿、競技会や合宿帯同支援など）、5. 科学的データ普及支援（研修会やセミナー開催）などであった。

本委員会では、これまでブロック毎に主担当を配置し、強化委員会と連携しながら支援活動を実施してきたが、2017年4月以降は新強化体制のターゲット種目設定に伴い、その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にシフトチェンジした。その成果として、強化現場との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等の収集活動も加えた充実した活動を行ってきた。

本書では主として2018年度に実施した上記の活動内容を報告というかたちで主担当が中心となってまとめたものであり、本年度は30編（昨年度16編）を掲載することができた。その分野ごとの内訳は、短距離5本、リレー3本、ハードル4本、跳躍3本、投擲3本、混成2本、マラソン1本、競歩4本、調査（インターハイ）5本となっており、1年後に迫った東京オリンピックに向けた広範囲かつ多岐にわたる科学支援・調査活動が展開されていることをうかがい知ることができる。

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的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強化現場のニーズを先取りしたかたちの調査研究活動も展開していく予定である。

本活動報告書が選手の育成・強化に関わる全ての方々に資する貴重な情報となることを願ってやまない。今後も強化委員会、普及育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2019年9月にドーハで開催される世界選手権、来年の東京オリンピックに向けた選手強化支援活動をより一層、充実させていく予定である。

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

科学委員会委員長
杉田正明

2018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
榎本 靖士	筑波大学
岡崎 和伸	大阪市立大学
奥野 真由	久留米大学
貴嶋 孝太	大阪体育大学
久保田 潤	独立行政法人日本スポーツ振興センター
後藤 一成	立命館大学
小林 海	独立行政法人日本スポーツ振興センター
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
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	熊本高等専門学校
塚田 卓巳	愛知淑徳大学
禰屋 光男	びわこ成蹊スポーツ大学
広川龍太郎	東海大学
松尾 彰文	国立大学法人鹿屋体育大学
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
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

※所属は2019年3月現在

日本陸連科学委員会研究報告 第17巻 (2018)
陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2018 目次

2018年シーズンにおける男子100mのレース分析結果	89
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年トップアスリートにおける200m走パフォーマンス分析	94
高橋恭平, 広川龍太郎, 小林海, 渡辺圭祐, 山中亮, 大沼勇人, 吉本隆哉, 松林武生, 松尾彰文	
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	105
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年度競技会における男女400mのレース分析	110
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年度U20世界選手権大会とU20日本選手権大会における決勝進出者のデータの比較	123
山中亮, 高橋恭平, 松林武生, 渡辺圭祐, 小山宏之, 小林海, 広川龍太郎	
2020年に向けた男女マラソンにおける暑熱対策の取り組み	128
杉田正明, 橋本峻, 岡崎和伸, 谷口耕輔, 須永美歌子, 松生香里, 山澤文裕, 山下佐知子, 坂口泰, 河野匡	
2018年シーズンにおける男子110mハードル走のレース分析	132
柴山一仁, 貴嶋孝太, 杉本和那美, 森丘保典, 岩崎領, 櫻井健一, 荻部俊二, 金子公宏	
国内外一流女子100mハードルのレース分析	142
— 2018シーズンの主要競技会について—	
貴嶋孝太, 柴山一仁, 杉本和那美, 森丘保典, 岩崎領, 前村公彦, 金子公宏	
日本一流400mハードル選手のレースパターン分析	153
— 2017年の国内主要大会について—	
森丘保典, 貴嶋孝太, 千葉佳裕, 磯繁雄, 杉田正明	
日本一流400mハードル選手のレースパターン分析	157
— 2018年の国内主要大会について—	
森丘保典, 貴嶋孝太, 千葉佳裕, 磯繁雄, 杉田正明	

2018年U20世界陸上競技選手権大会および全国齋校総体陸上競技における 競歩種目の前額面内下胴キネマティクス 三浦康二, 渡辺圭佑, 山中亮, 榎本靖士, 中村康宏	161
ジャカルタアジア競技大会 男子50km競歩トップ選手のゼネラル使用状況 岡崎和伸, 佐保光祐, 橋本峻, 関町理紗子, 今村文男, 杉田正明	164
2020年に向けた競歩における暑熱対策の取り組み 橋本峻, 杉田正明, 岡崎和伸, 三浦康二, 松生香里, 今村文男	168
第18回アジア競技大会(競歩)における気象情報の活用 浅田佳津雄, 堀内恒治, 杉田正明	171
日本代表男子4×100mリレーのバイオメカニクスサポート ～2018ジャカルタアジア大会の分析結果と過去のレースとの比較～ 小林海, 高橋恭平, 山中亮, 渡辺圭祐, 大沼勇人, 吉本隆哉, 丹治史弥, 山本真帆, 松林武生, 広川龍太郎, 土江寛裕	175
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～ 小林海, 高橋恭平, 山中亮, 渡辺圭祐, 松林武生, 広川龍太郎	180
男女混合4×400mリレーのレース分析 ～2018アジア大会と日本選手権リレーの分析結果について～ 小林海, 高橋恭平, 山中亮, 渡辺圭祐, 松林武生, 広川龍太郎	185
日本トップレベルの女子走高跳競技者における踏切動作のキネマティクスの特徴 杉浦澄美, 柴田篤志, 小山宏之, 長澤涼介	191
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～ 小山宏之, 柴田篤志, 山中亮, 高橋恭平, 松林武生, 渡辺圭佑	197
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 小山宏之, 柴田篤志, 清水悠, 荻山靖, 長澤涼介, 広川龍太郎	201
山下航生選手における日本高校新記録の投てき動作の特徴 -58.38mと56.24mの比較- 前田奎, 瀧川寛子, 塚田卓巳, 村上雅俊, 田内健二	206

男子やり投げ競技における世界トップレベル選手と日本トップレベル選手との比較・・・	211
塚田卓巳，村上雅俊，豊嶋陵司，瀧川寛子，田内健二	
世界トップレベル女子やり投げ選手における成功投てきと失敗投てきの比較・・・	215
塚田卓巳，瀧川寛子，中西啄真，山本大輔，村上雅俊，田内健二	
十種競技選手の走幅跳助走速度—100m レース最高走速度との比較—	218
松林武生，吉本隆哉，大沼勇人，山本真帆，丹治史弥，岩崎領，内山成実	
十種競技選手の110m ハードルレースの特徴—ハードル専門選手との比較—	221
松林武生，貴嶋孝太，吉本隆哉，大沼勇人，山本真帆，丹治史弥，岩崎領，内山成実	
2018年全国高等学校総合体育大会入賞選手を対象としたアンケート調査	224
—女性アスリートにおける月経状況と身体的特性および疲労骨折発症の関連性について—	
須永美歌子，貴嶋孝太，森丘保典，真鍋知宏，山本宏明，酒井健介，杉田正明	
2018年全国高等学校総合体育大会入賞選手を対象としたアンケート調査	228
—スポーツ障害の実態について—	
真鍋知宏，須永美歌子，森丘保典，山本宏明，酒井健介，杉田正明	
2018年全国高等学校総合体育大会入賞選手のアンケート調査	233
—相対年齢効果や運動・スポーツ歴に注目して—	
森丘保典，須永美歌子，貴嶋孝太，真鍋知宏，山本宏明，酒井健介，杉田正明	
SOC 尺度を用いたインターハイ陸上競技入賞者のストレス対処力の検討	236
山本宏明，酒井健介，須永美歌子，森丘保典，真鍋知宏，杉田正明	
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	243
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年シーズンにおける男子100mのレース分析結果

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

1) 東京経済大学 2) 熊本高等専門学校 3) 新潟食料農業大学 4) 日本スポーツ振興センター
5) 国立スポーツ科学センター 6) 東海大学 7) 鹿屋体育大学

1. はじめに

2年後の東京オリンピックを控え、国内の短距離走への関心が高まる中、山縣亮太選手（セイコー）が2018年8月にジャカルタで行われた第18回アジア競技大会（アジア大会）男子100m決勝の大舞台で自己ベストタイ（日本歴代2位タイ）となる10.00秒で銅メダルを獲得した。一方、アジア大会で優勝した中国の蘇炳添選手（Su選手）は決勝で9.92秒の記録を樹立しており、世界のファイナリストを目指す日本人にとって、強力なライバルであることを再確認させられたレースでもあった。また、国内の大会においては、5月に大阪で行われたセイコーゴールデングラプリ陸上2018大阪（大阪GGP）決勝において、Gatlin選手（USA）が向い風0.7 m/sの条件下で10.06秒を記録しており、世界トップレベルの実力を示す結果となった。同レースでは山縣選手が日本人トップの10.13秒を記録しており、6月に行われた日本選手権決勝では、ケンブリッジ飛鳥選手（ナイキ、ケンブリッジ選手）が10.14秒（風：0.6 m/s）を記録している。

（公財）日本陸上競技連盟科学委員会では、これまで国内外の主要大会において100m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測定を行っており、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てきた。本研究では、2018年に科学委員会が測定を実施した国内外の対象競技会における100mのレース分析結果について検討した。

2. 方法

2-1. 分析対象レース

2018年シーズンに科学委員会が測定、分析を实

施した国内6大会およびアジア大会であった。分析対象レースは以下の通りである。

- ・第52回織田幹雄記念国際陸上競技大会（織田記念）予選, A決勝, B決勝
- ・大阪GGP
- ・布勢スプリント2018（布勢スプリント）予選, A決勝, B決勝
- ・第102回日本陸上競技選手権大会（日本選手権）予選, 準決勝, 決勝
- ・アジア大会 予選, 準決勝, 決勝
- ・第66回全日本実業団対抗陸上競技選手権大会（全日本実業団）予選, 準決勝, 決勝
- ・第73回国民体育大会（福井国体）予選, 準決勝, 決勝

2-2. 測定方法

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 DMC-FZ300, Panasonic, JAPAN）を用い、スタンドから各校正点（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配慮した（図1）。すべてのカメラは撮影のサンプリングレートを239.76 fps（≒240 fps）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、近し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

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

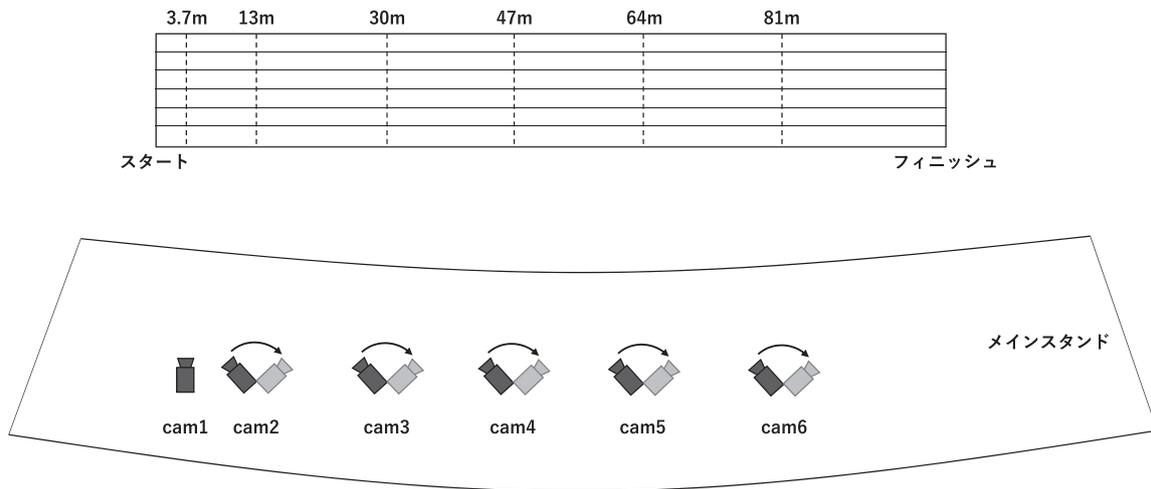


図1 100 m 走の測定レイアウト

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走速度を求めた。その後、先行研究（小林ら 2017, 松尾ら 2011）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、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。

本研究では、記録と最高走速度および走速度の低下率との相関関係についてそれぞれ検討した。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

近年、国内の男子 100 m の記録水準は向上しており、10.10 秒よりも良い記録を持つ現役選手は 6 名（桐生祥秀選手 [日本生命]、山縣選手、サニブラウンハキーム選手 [フロリダ大]、多田修平選手 [関西学院大]、飯塚翔太選手 [ミズノ]、ケンブリッジ選手) いる。2018 年シーズンの成績をみると、山縣選手がアジア大会決勝を含む 3 レースで 10.0 秒台を記録しており（表 1）、1 年を通して安定した好記録を維持できたことがアジア大会の銅メダルにつながったといえる。

2018 年シーズンにおける男子 100 m の記録と最

高走速度の関係を見ると、これまでの報告（松尾ら 2017 など）と同様に、両者の間には有意な負の相関関係が認められた（図 2）。最高走速度とその発現区間は走加速度の大きさとその継続時間に依存するため、好記録を樹立するためには、スタートから高い走加速度を獲得し続ける必要がある。2018 年シーズンの記録と最高走速度との関係を参考にすると、2019 年の世界選手権の標準記録（10.12 秒）を上回るためには、11.45 m/秒以上の最高走速度が求められることになり、そのために必要な走加速度を最高走速度に到達する 50-60 m 付近までいかに獲得し続けられるかが重要となる。

これまでの研究結果によると、国際大会（オリンピックや世界選手権）の決勝では 60 m 以降に最高走速度が発現する選手も多いことが報告されており（Hommel 2012, 松尾ら 2016, Watts et al. 2011 など）、彼らは 100 m のレース中盤においても走加速度を獲得していることがわかる。したがって、日本人選手の 9 秒台を見据えた更なる記録向上を目指

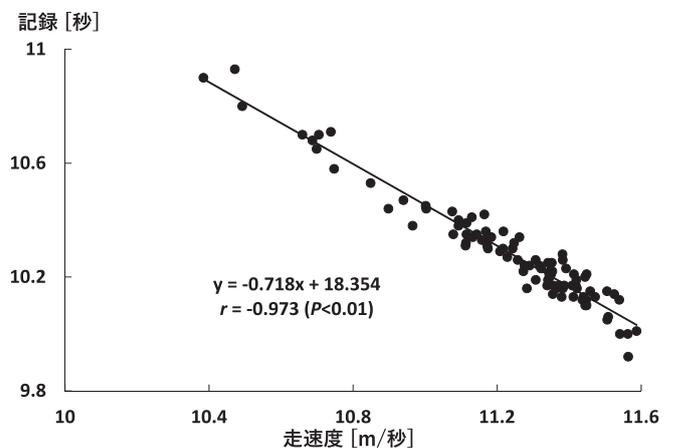


図2 2018 年シーズンにおける男子 100 m の記録と最高走速度の相関関係

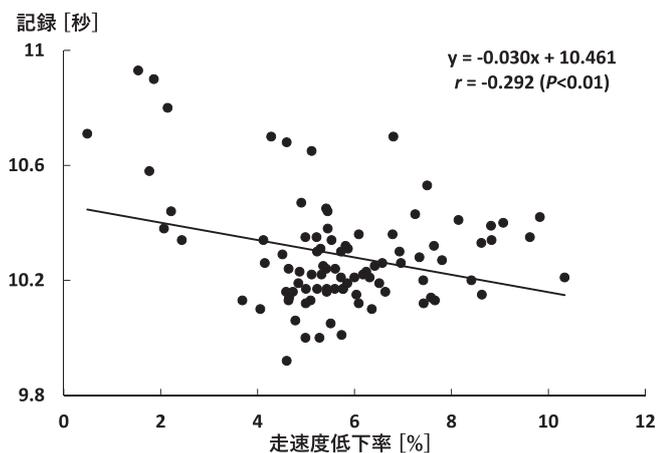


図3 2018年シーズンにおける男子100mの記録と走速度低下率の相関関係

す上では、100mのレース展開を様々な観点から熟思する必要があるが、レース中盤まで走加速度を獲得し続けることもその一助となるであろう。

一方、100mの記録と走速度の低下率との間にも有意な負の相関関係が認められたが(図3)、この結果はこれまでの報告と異なるものであった。その要因の1つとして、10月に行われた福井国体の記録が影響したと考えられる。福井国体では強い向い風の条件下でのレースを強いられたため(表1)、各選手の最高走速度が他のレースと比較して低かった分、走速度の低下率も小さかったと推察される。福井国体の結果を除外すると、両者の相関は負から正となり、有意な相関関係は認められなかった($r = 0.128$ [n.s.])。また、織田記念のA決勝(FI-A)では、ケンブリッジ選手や宮本大輔選手(東洋大)の最高走速度が90-100m区間で発現しており、これらの結果も記録と走速度の低下率との関係が先行研究と異なる要因の1つになったと考えられる。これらのことから、走速度の低下率はレース中の風向きの影響を受けることもあるが、100mの記録を短縮させる上では走速度の低下率を最小限に抑える必要があることも考慮に入れておかななくてはならない。

図4は2018年シーズンに科学委員会が測定したデータの中で最も良い記録をマークしたSu選手と、アジア大会男子100mで日本代表に選出された山縣選手およびケンブリッジ選手のレースパターンを比較したものである。100mの記録ではSu選手が山縣・ケンブリッジ両選手を上回っていたにも関わらず、3選手の最高走速度には大きな差異はみられなかった。先述の通り、100mの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、10秒前後で走る選手間では一概に最高走速度の高低だけが記録を左右するものではないことがわかる。Su選

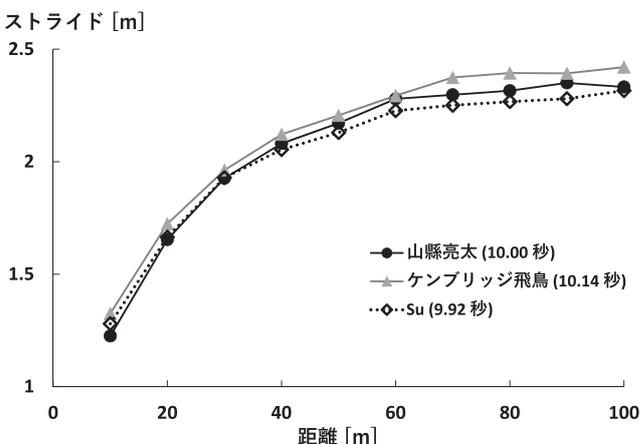
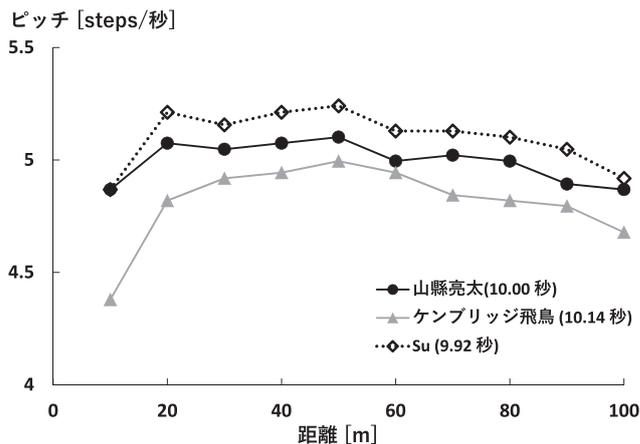
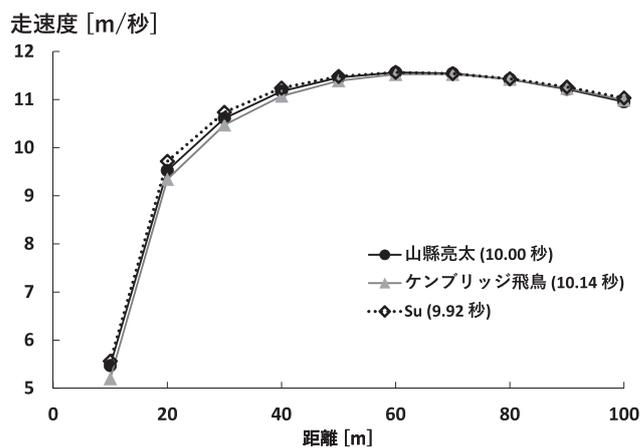


図4 2018年シーズンの男子100mにおける山縣選手、ケンブリッジ選手およびSu選手の走速度(上図)、ピッチ(中図)、およびストライド(下図)の比較

手はスタート後の10-20mから最高走速度が発現した50-60mまでの走速度が山縣・ケンブリッジ両選手よりも高く、このことがアジア大会における9.92秒という記録の樹立と金メダル獲得につながったと考えられる。

走速度を決める2要因となるピッチとストライドのレース中の変化パターンについて、3選手のピッチとストライドの変化パターンも同一ではなく、50-60mの最高走速度発現区間では、ピッチはSu

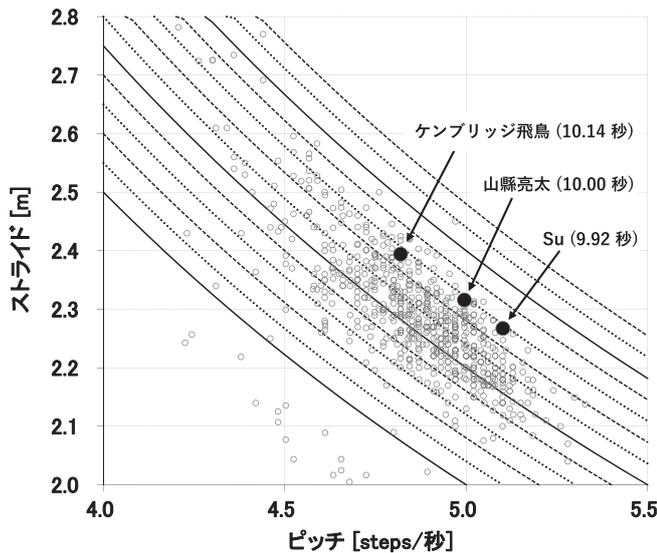


図5 2018年シーズンの男子100mにおける山縣選手、ケンブリッジ選手およびSu選手のピッチとストライドの関係（これまでに科学委員会が測定した分析結果を含む）

選手が、ストライドはケンブリッジ選手が最も大きかった（図4と図5）。これらの結果は、高い走速度を得るためのピッチとストライドの大きさは、各選手の身体特性や筋力を最大限生かした走り方に依存することを意味するものであり、トップレベルの選手では画一的な走り方が記録の向上に直結するものではないことを示すものである。特に、筋の収縮速度や脚の筋力を考えると、Su選手の高いピッチ走法は容易に真似ができるものではないが、レース前半における高い走速度の獲得にはピッチの増加が重要であり、身体特性の近い日本人にとっては参考にすべき点も多い走り方といえるかもしれない。しかしながら、レース後半の走速度の低下は主にピッチの減少による（遠藤ら 2008）ことを考慮すると、レース前半で過度にピッチを高めすぎることはレース後半の走速度の低下率を増加させる可能性を含むため、レース全体を見据えたレースプランの中で、ピッチを高める必要があることも留意しなくてはならない。

4. まとめ

2018シーズンに（公財）日本陸上競技連盟科学委員会が測定を実施した国内外の主要大会における男子100mのレース分析結果から、以下のことが明らかになった。

- 山縣亮太選手が10.00秒でアジア大会の銅メダルを獲得できた要因の1つとして、1年を通して安

定した好記録を維持できたことが挙げられる。

- 男子100mの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、スタートから高い走加速度を獲得し続けることが重要であることが改めて示された。今後、日本人選手の9秒台を見据えた更なる記録向上を目指す上では、レース中盤まで大きな走加速度を獲得し続けることも重要になるであろう。
- 一方、100mの記録と走速度の低下率の間にも有意な負の相関関係が認められたが、福井国体では強い向い風の条件下であったことを考慮すると、走速度の低下率はレース中の風向きの影響を受けることもあるが、100mの記録を短縮させる上では走速度の低下率を最小限に抑える必要があることも考慮すべきである。
- Su、山縣、ケンブリッジの3選手のレースパターンを比較した結果、100mの記録ではSu選手が山縣・ケンブリッジ両選手を上回っていたにも関わらず、3選手の最高走速度には大きな差異はみられなかった。また、3選手のピッチとストライドの変化パターンも同一ではなかったことから、高い走速度を得るためのピッチとストライドの大きさは、各選手の身体特性や筋力を最大限生かした走り方に依存し、トップレベルの選手では画一的な走り方が記録の向上に直結するものではないことが明らかになった。

参考文献

遠藤俊典，宮下憲，尾縣貢（2008）100m走後半の速度低下に対する下肢関節のキネティクスの要因の影響．*体育学研究*，53：477-490.

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100mレースパターンの変遷．*陸上競技研究紀要*，13：109-114.

Hommel H. (Ed.) (2012) Scientific research project biomechanical analyses at the Berlin 2009. Available at: www.iaaf.org; accessed on 10.02, 3-6.

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（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, 持田尚, 杉田正明, 松林武生, 貴嶋孝太, 川崎知美, 菊部俊二, 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.

Watts A.S., Coleman I., Nevill A.M. (2011) The changing shape characteristics associated with success in world-class sprinters. J Sports Sci, 30 (11) : 1085-1095.

表 1 2018 年シーズンにおける男子 100 m のレース分析結果 (記録上位 30 位) 一覧

選手 No.	氏名 (所属・国名)	ラウンド	風 (m/sec)	記録 (秒)	最高速度 (m/sec)										レース全体		最高速度時		最大値					
					10m	20m	30m	40m	50m	60m	70m	80m	90m	100m	ピッチ (steps/sec)	ストライド (m)	ピッチ (steps/sec)	ストライド (m)	出現区間 (m)	出現区間 (m)				
1	Su (CHN)	アジア大会	0.8	9.92	8.38	8.75	8.13	9.01	9.32	11.48	11.56	11.54	11.54	11.43	11.26	11.03	4.87	2.07	5.10	2.27	5.74	30-40	233	80-90
2	Obayashi (JPN)	アジア大会	0.8	9.95	8.45	8.76	8.16	9.02	9.32	11.48	11.56	11.54	11.54	11.43	11.26	11.03	4.87	2.07	5.10	2.27	5.74	30-40	233	80-90
3	Obayashi (JPN)	アジア大会	0.8	10.00	8.45	8.73	8.20	9.09	10.00	11.42	11.50	11.48	11.53	11.42	11.23	10.97	4.45	2.24	4.72	2.44	5.74	20-30	248	70-80
4	山藤京太 (佐イコ)	全日本実業団	0.0	10.01	8.60	8.99	8.20	9.09	10.00	11.42	11.50	11.48	11.53	11.42	11.23	10.92	4.82	2.07	5.02	2.31	5.16	20-30	238	70-80
5	山藤京太 (佐イコ)	全日本実業団	0.0	10.05	8.51	8.89	8.20	9.13	10.05	11.42	11.51	11.47	11.54	11.43	11.23	10.87	4.82	2.07	5.02	2.29	5.16	30-40	233	80-90
6	山藤京太 (佐イコ)	全日本実業団	-0.7	10.06	8.51	8.89	8.20	9.13	10.06	11.42	11.51	11.47	11.54	11.43	11.23	10.86	4.47	2.24	4.57	2.29	5.16	20-30	233	70-80
7	山藤京太 (佐イコ)	全日本実業団	-0.7	10.07	8.51	8.89	8.20	9.13	10.07	11.42	11.51	11.47	11.54	11.43	11.23	10.86	4.47	2.24	4.57	2.29	5.16	20-30	233	70-80
8	山藤京太 (佐イコ)	全日本実業団	-0.7	10.12	8.51	8.89	8.20	9.13	10.12	11.42	11.51	11.47	11.54	11.43	11.23	10.86	4.47	2.24	4.57	2.29	5.16	20-30	233	70-80
9	山藤京太 (佐イコ)	全日本実業団	-0.7	10.13	8.51	8.89	8.20	9.13	10.13	11.42	11.51	11.47	11.54	11.43	11.23	10.86	4.47	2.24	4.57	2.29	5.16	20-30	233	70-80
10	Young (USA)	GP	-0.7	10.13	8.51	8.89	8.20	9.13	10.13	11.42	11.51	11.47	11.54	11.43	11.23	10.86	4.47	2.24	4.57	2.29	5.16	20-30	233	70-80
11	山藤京太 (佐イコ)	全日本実業団	-0.7	10.14	8.51	8.89	8.20	9.13	10.14	11.42	11.51	11.47	11.54	11.43	11.23	10.86	4.47	2.24	4.57	2.29	5.16	20-30	233	70-80
12	山藤京太 (佐イコ)	全日本実業団	-0.7	10.15	8.51	8.89	8.20	9.13	10.15	11.42	11.51	11.47	11.54	11.43	11.23	10.86	4.47	2.24	4.57	2.29	5.16	20-30	233	70-80
13	山藤京太 (佐イコ)	全日本実業団	-0.7	10.17	8.51	8.89	8.20	9.13	10.17	11.42	11.51	11.47	11.54	11.43	11.23	10.86	4.47	2.24	4.57	2.29	5.16	20-30	233	70-80
14	山藤京太 (佐イコ)	全日本実業団	-0.7	10.17	8.51	8.89	8.20	9.13	10.17	11.42	11.51	11.47	11.54	11.43	11.23	10.86	4.47	2.24	4.57	2.29	5.16	20-30	233	70-80
15	山藤京太 (佐イコ)	全日本実業団	-0.7	10.17	8.51	8.89	8.20	9.13	10.17	11.42	11.51	11.47	11.54	11.43	11.23	10.86	4.47	2.24	4.57	2.29	5.16	20-30	233	70-80
16	山藤京太 (佐イコ)	全日本実業団	-0.7	10.17	8.51	8.89	8.20	9.13	10.17	11.42	11.51	11.47	11.54	11.43	11.23	10.86	4.47	2.24	4.57	2.29	5.16	20-30	233	70-80
17	山藤京太 (佐イコ)	全日本実業団	-0.7	10.17	8.51	8.89	8.20	9.13	10.17	11.42	11.51	11.47	11.54	11.43	11.23	10.86	4.47	2.24	4.57	2.29	5.16	20-30	233	70-80
18	山藤京太 (佐イコ)	全日本実業団	-0.7	10.19	8.51	8.89	8.20	9.13	10.19	11.42	11.51	11.47	11.54	11.43	11.23	10.86	4.47	2.24	4.57	2.29	5.16	20-30	233	70-80
19	山藤京太 (佐イコ)	全日本実業団	-0.7	10.20	8.51	8.89	8.20	9.13	10.20	11.42	11.51	11.47	11.54	11.43	11.23	10.86	4.47	2.24	4.57	2.29	5.16	20-30	233	70-80
20	山藤京太 (佐イコ)	全日本実業団	-0.7	10.21	8.51	8.89	8.20	9.13	10.21	11.42	11.51	11.47	11.54	11.43	11.23	10.86	4.47	2.24	4.57	2.29	5.16	20-30	233	70-80
21	山藤京太 (佐イコ)	全日本実業団	-0.7	10.21	8.51	8.89	8.20	9.13	10.21	11.42	11.51	11.47	11.54	11.43	11.23	10.86	4.47	2.24	4.57	2.29	5.16	20-30	233	70-80
22	山藤京太 (佐イコ)	全日本実業団	-0.7	10.22	8.51	8.89	8.20	9.13	10.22	11.42	11.51	11.47	11.54	11.43	11.23	10.86	4.47	2.24	4.57	2.29	5.16	20-30	233	70-80
23	山藤京太 (佐イコ)	全日本実業団	-0.7	10.22	8.51	8.89	8.20	9.13	10.22	11.42	11.51	11.47	11.54	11.43	11.23	10.86	4.47	2.24	4.57	2.29	5.16	20-30	233	70-80
24	山藤京太 (佐イコ)	全日本実業団	-0.7	10.24	8.51	8.89	8.20	9.13	10.24	11.42	11.51	11.47	11.54	11.43	11.23	10.86	4.47	2.24	4.57	2.29	5.16	20-30	233	70-80
25	山藤京太 (佐イコ)	全日本実業団	-0.7	10.26	8.51	8.89	8.20	9.13	10.26	11.42	11.51	11.47	11.54	11.43	11.23	10.86	4.47	2.24	4.57	2.29	5.16	20-30	233	70-80
26	山藤京太 (佐イコ)	全日本実業団	-0.7	10.29	8.51	8.89	8.20	9.13	10.29	11.42	11.51	11.47	11.54	11.43	11.23	10.86	4.47	2.24	4.57	2.29	5.16	20-30	233	70-80
27	山藤京太 (佐イコ)	全日本実業団	-0.7	10.30	8.51	8.89	8.20	9.13	10.30	11.42	11.51	11.47	11.54	11.43	11.23	10.86	4.47	2.24	4.57	2.29	5.16	20-30	233	70-80
28	山藤京太 (佐イコ)	全日本実業団	-0.7	10.33	8.51	8.89	8.20	9.13	10.33	11.42	11.51	11.47	11.54	11.43	11.23	10.86	4.47	2.24	4.57	2.29	5.16	20-30	233	70-80
29	山藤京太 (佐イコ)	全日本実業団	-0.7	10.34	8.51	8.89	8.20	9.13	10.34	11.42	11.51	11.47	11.54	11.43	11.23	10.86	4.47	2.24	4.57	2.29	5.16	20-30	233	70-80
30	山藤京太 (佐イコ)	全日本実業団	-0.7	10.35	8.51	8.89	8.20	9.13	10.35	11.42	11.51	11.47	11.54	11.43	11.23	10.86	4.47	2.24	4.57	2.29	5.16	20-30	233	70-80

2018年トップアスリートにおける200m走パフォーマンス分析

高橋恭平¹⁾ 広川龍太郎²⁾ 小林海³⁾ 渡辺圭佑⁴⁾ 山中亮⁵⁾ 大沼勇人⁶⁾
吉本隆哉⁶⁾ 松林武生⁶⁾ 松尾彰文⁷⁾

1) 熊本高等専門学校 2) 東海大学 3) 東京経済大学 4) 日本スポーツ振興センター
5) 新潟食料農業大学 6) 国立スポーツ科学センター 7) 鹿屋体育大学

1. はじめに

本研究では、2018年日本陸上競技連盟科学委員会の活動として行われた国内外対象の主要競技会における200mレース分析結果から、走速度、ピッチ、ストライドを中心に言及する。

2. 方法

2-1. 対象競技会

対象競技会は下記5競技会とし、レース測定および分析を行った。

- ・第34回静岡国際陸上競技大会(2018年5月3日)(以下、静岡国際)
- ・セイコーゴールドングランプリ陸上2018大阪(2018年5月20日)(以下、GGP)
- ・第102回日本陸上競技選手権大会(2018年6月22日~24日)(以下、日本選手権)
- ・第18回アジア競技大会インドネシア・ジャカルタ大会(2018年8月25日~30日)(以下、アジア大会)
- ・第66回全日本実業団対抗陸上競技選手権大会(2018年9月21日~23日)(以下、実業団)

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。

- ・静岡国際：原翔太選手，山下潤選手，桐生祥秀選手，福島千里選手，前山美優選手，市川華菜選手
- ・GGP：Isaac MAKWALA選手，謝震業選手，Dedric DUKES選手，藤光謙司選手，原翔太選手，山下潤選手，飯塚翔太選手
- ・日本選手権：男女200m決勝7位までの選手
- ・アジア大会：男子200mに出場した日本代表選手

2名およびメダリスト，女子200mファイナリスト8名

- ・全日本実業団：飯塚翔太選手，猶木雅文選手，橋元晃志選手，木村和史選手，女子200mファイナリスト8名

2-3. 測定方法

200mレースの測定は、液晶デジタルビデオカメラ Lumix (DMC-FZ200, Panasonic, JAPAN) もしくはスポーツコーチングカメラシステム (GC-LJ25B システム, JVC, JAPAN) を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 (≒240fps) とし、各撮影ポイント(表1)においてそのレースに出場している全選手(全レーン)が入る画角を設定した。

測定者は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。また、100m地点と

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

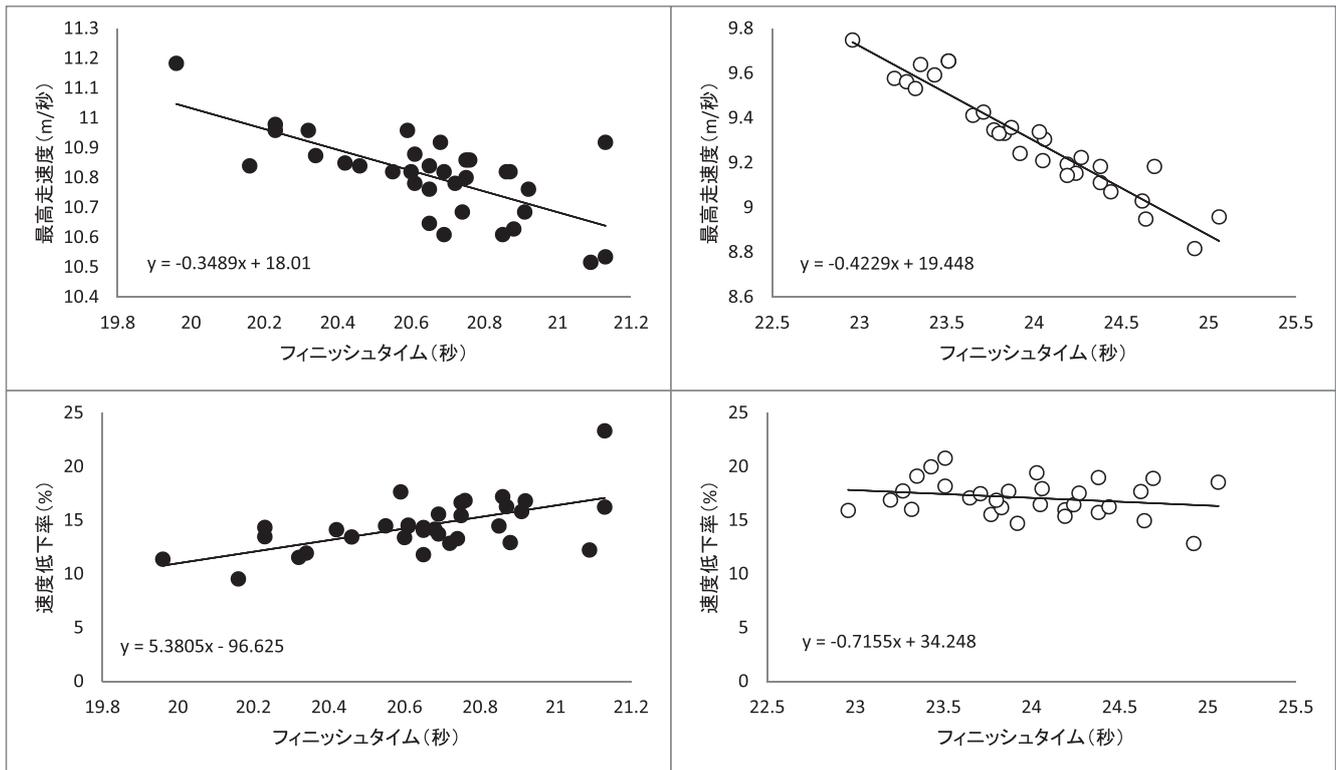


図1. 2018年シーズン200mレースにおける最高走速度（上段）および速度低下率（下段）とフィニッシュタイムの関係（●：男子 ○：女子）

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. 速度低下率

速度低下率は、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6～14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。

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

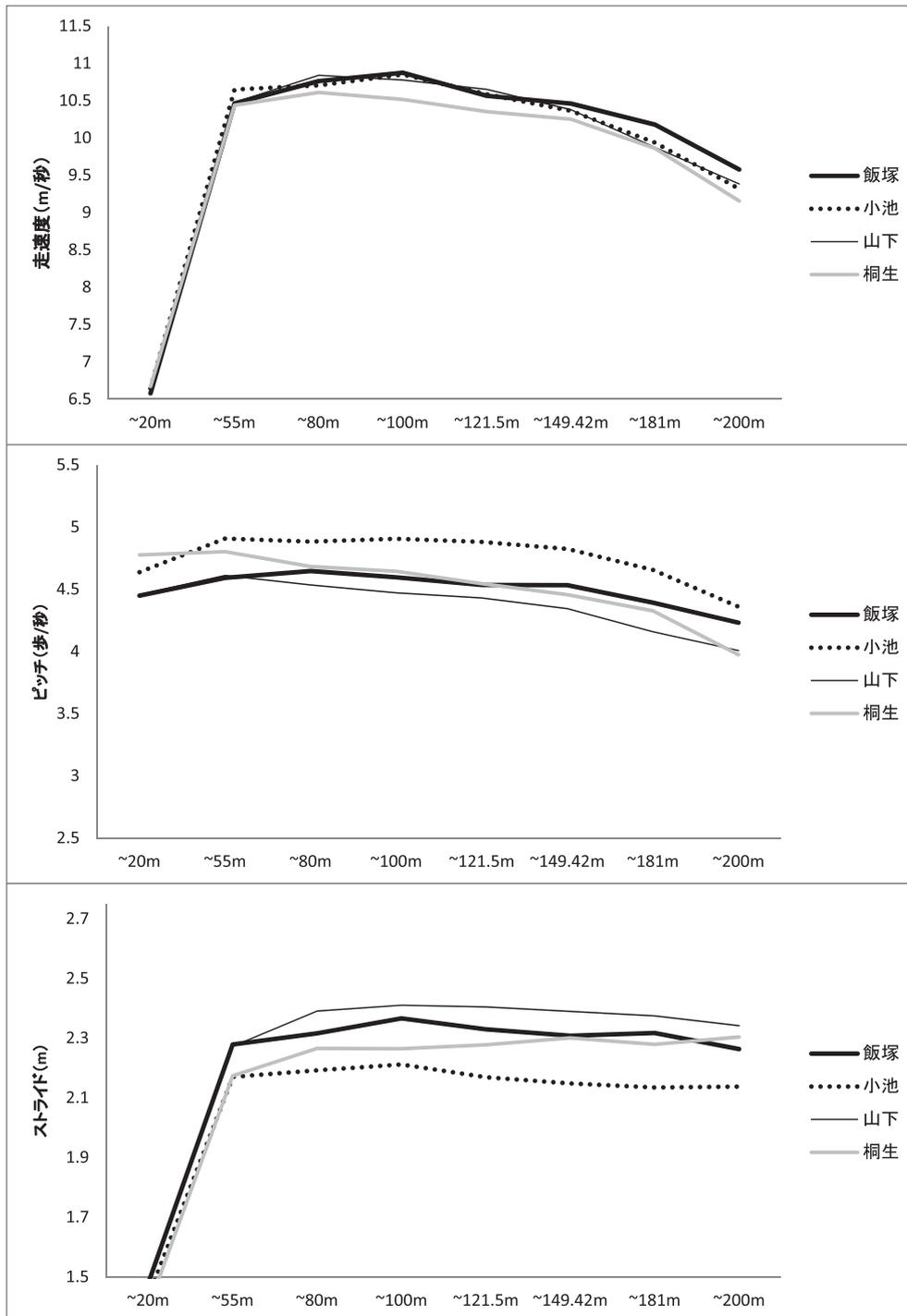


図2. 2018年日本選手権男子200m決勝上位4名における走速度(上段)およびピッチ(中段), ストライド(下段)

3. 結果および考察

図1は本研究の分析対象全レースにおけるフィニッシュタイムと最高走速度および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相関関係が認められた ($p < 0.01$)。速度低下率は、男子においてフィニッシュタイムと有意な相関関係が認められたが ($p < 0.05$)、女子においては認められなかった。男子

においては、最高走速度および速度低下率共にパフォーマンスと密接な関係があることが明らかになった。

また、2018年シーズンは2年後に東京オリンピックを控えている中で4年に1度のアジア大会が開催され、更に、昨年後半シーズンには男子100mで9秒台の日本新記録や日本歴代2位の記録がマークされる等、短距離種目は注目度の高い1年であった。本研究では、その中でも日本選手権山口大会および

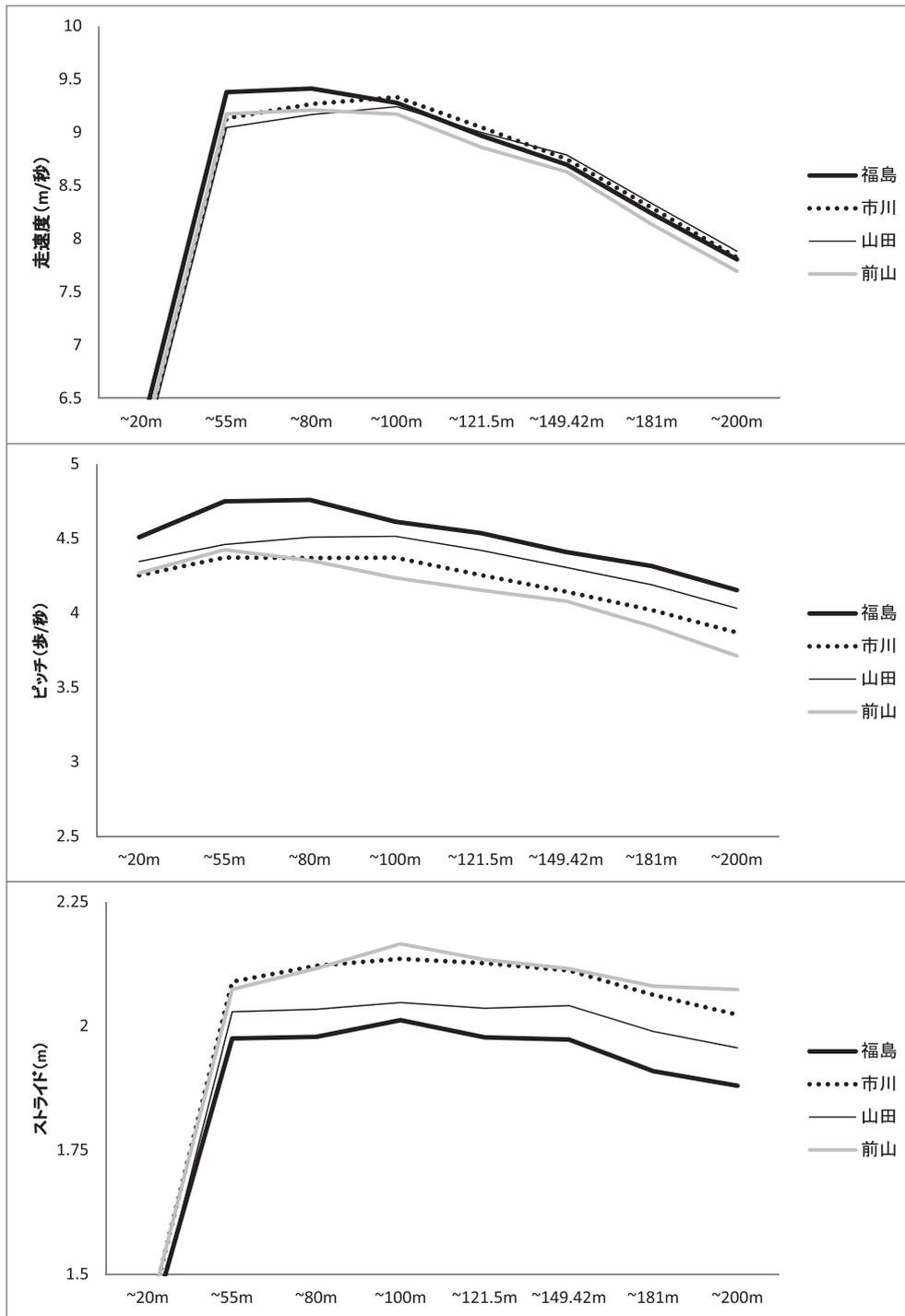


図3. 2018年日本選手権女子200m決勝上位4名における走速度(上段)およびピッチ(中段), ストライド(下段)

アジア大会ジャカルタ大会を中心に検証を行った。(上記2競技会以外の他3対象競技会の分析結果詳細は参考資料を参照。)

図2は日本選手権男子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。20秒34の記録で日本選手権者となった飯塚選手は, 本レース中最も高い走速度(10.87m/秒)および最も低い速度低下率(-11.93%)であった。2位の小池選手(20秒42)は, コーナー

トップ~直線区間におけるピッチの高さが顕著で, 最高走速度が飯塚選手に次ぐ10.85m/秒であった。一方, 3位の山下選手(20秒46)は, スタート~20m区間のピッチの高さと直線でのストライドの高さが目立ち, 最高走速度は飯塚選手, 小池選手に次ぐ10.84m/秒であった。男子ファイナリスト8名中, 藤光選手を除く7名のうち, 4名の最高走速度出現区間は55-80m区間, 優勝した飯塚選手と2位小池選手含め残りの3名は80-100m区間で出現していた。

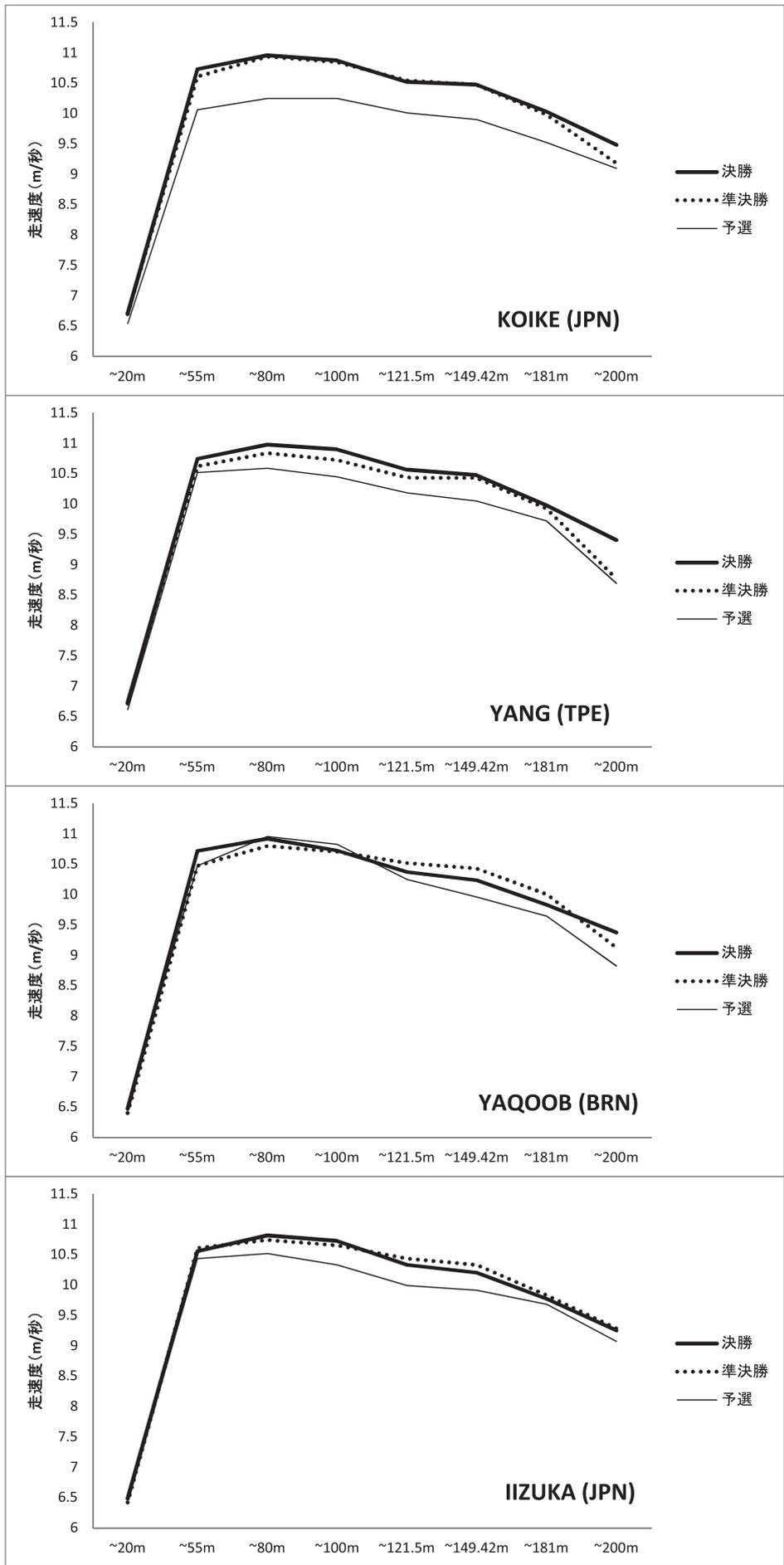


図 4. 2018 年アジア大会男 200m メダリストおよび日本代表選手における各ラウンドの走速度

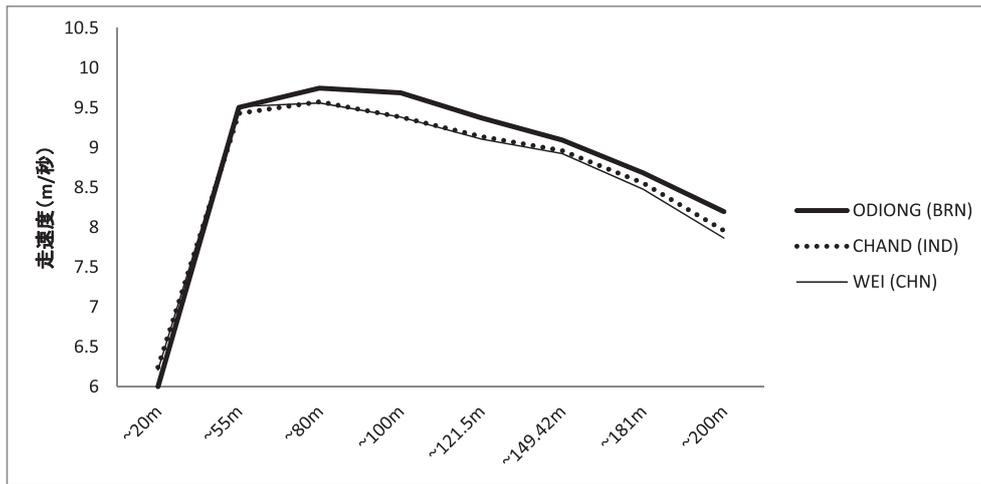


図 5. 2018 年アジア大会女子 200m 決勝レースにおけるメダリストの走速度

図 3 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。終始高いピッチで選手権者となった福島選手（23 秒 65）の最高走速度は 9.41m/秒で，ファイナリスト中最も高かった。2 位は昨年 23 秒 63 で制した市川選手で，最高走速度が今年の 9.42m/秒から -0.09 の 9.33m/秒で 23 秒 83 だった。3 位に入った山田選手の最高走速度はファイナリスト 7 名中 4 番目の 9.24m/秒であったが，終始高いストライドと最も低い速度低下率（ -14.70% ）で 23 秒 92 だった。最高走速度到達区間は，決勝レース上位 4 名が 55-80m 区間もしくは 80-100m 区間で，下位 4 名が 20-55 区間で出現していた。

図 4 はアジア大会男子 200m メダリストと男子日本代表（飯塚）選手の全レースにおける走速度の分析結果を示している。男子 200m 決勝を接戦の上 20 秒 23 で制した小池選手の走速度は，準決勝においても最後の約 20m を除いてはほとんど類似した推移を示した。決勝と準決勝の最高走速度は，それぞれ 10.96m/秒と 10.94m/秒でほぼ同水準であったが，予選においては 10.25m/秒で，決勝と準決勝とは全く違う走速度推移を示していた。小池選手と同タイム 2 位であった YANG 選手は，決勝においてファイナリスト中最も高い最高走速度の 10.98m/秒で 20 秒 23，準決勝において 10.84m/秒で 20 秒 53，予選において 10.59m/秒で 20 秒 95 と，ラウンドアップに伴い，最高走速度とフィニッシュタイムを上げていた。20 秒 68 で 6 位入賞した飯塚選手の決勝および準決勝レースの走速度は，共に類似した推移を示したが，予選のみ最高走速度含め走速度推移が他ラウンドとは異なっていた。また，4 名とも 55-80m 区間で最高走速度に達していた。以上のことから，ファイナリストらは，ラウンドによって，最高走速

度やレース内容を調整していることが考えられる。

図 5 は同じくアジア大会女子 200m メダリスト 3 名の決勝レースにおける走速度の分析結果を示している。メダリスト 3 名の最高走速度出現区間は全員 55-80m 区間で，男子と同様であった。金メダルを獲得した ODIONG 選手の最高走速度は 9.75m/秒で抜けていたが，銀・銅メダルの CHAND 選手（9.58m/秒）と WEI 選手（9.56m/秒）は，類似した速度推移を示していた。

4. まとめ

2018 年シーズンにおける国内外 200m トップスプリンターのレースを分析した結果，次のことが明らかとなった。

- ・最高走速度は，先行研究同様，フィニッシュタイムと有意な相関関係があった。一方，速度低下率は，男子においてのみフィニッシュタイムと有意な相関関係が認められた。
- ・最高走速度出現区間は，今季分析対象レースの 78% が 55-80m 区間で出現しており，先行研究と同様の傾向を示した。一方，それに次いで，20-55m 区間での出現が 13%，80-100m 区間 9% であった。
- ・アジア大会の男子ファイナリストらは，ラウンドアップに伴い最高走速度を含むレース内容を調整していることが示唆された。

参考資料

第34回静岡県陸上競技大会 @ 静岡県小笠山総合運動公園エコパスタジアム
男子 200m A決勝
2018/5/3 16:30 (風速 +0.3 m/s)

順位 レーン	選手名 (所属)	記録(秒)	最高速度(m/秒) 到達地点	速度遅減率(%)	通過タイム(秒)									
					0m ~ 20m	20m ~ 55m	55m ~ 80m	80m ~ 100m	100m ~ 121.5m	121.5m ~ 149.42m	149.42m ~ 181m	181m ~ 200m		
1位 8レーン	Sean McLEAN (USA)	20.76	-	-	通過タイム(秒) 区間速度(m/秒) 区間ピッチ(歩/秒) 区間ストライド(m)									
2位 5レーン	原 翔太 (スズキ浜松AC)	20.75	10.86 55-80m	-15.42	3.06 6.53 4.64 1.41	6.39 10.50 4.82 2.18	8.70 10.86 4.74 2.29	10.58 10.61 4.69 2.26	12.66 10.33 4.68 2.21	15.43 10.10 4.65 2.17	18.68 9.71 4.51 2.15	20.75 9.18 4.25 2.16		
3位 9レーン	山下 潤 (筑波大)	20.88	10.63 55-80m	-12.91	3.11 6.44 4.47 1.44	6.46 10.44 4.49 2.33	8.81 10.63 4.25 2.50	10.74 10.40 4.28 2.43	12.82 10.31 4.29 2.40	15.57 10.14 4.21 2.41	18.83 9.71 4.08 2.38	20.88 9.26 3.91 2.37		
4位 4レーン	染谷 佳大 (中央大)	20.99	-	-	通過タイム(秒) 区間速度(m/秒) 区間ピッチ(歩/秒) 区間ストライド(m)									
5位 7レーン	桐生 祥秀 (日本生命)	21.13	10.92 55-80m	-23.32	3.04 6.57 4.79 1.37	6.34 10.61 4.80 2.21	8.63 10.92 4.72 2.31	10.54 10.52 4.61 2.28	12.65 10.17 4.53 2.24	15.48 9.86 4.45 2.22	18.86 9.35 4.19 2.23	21.13 8.37 3.67 2.28		
6位 3レーン	北川 翔 (順天堂大)	21.18	-	-	通過タイム(秒) 区間速度(m/秒) 区間ピッチ(歩/秒) 区間ストライド(m)									
7位 2レーン	土手 啓史 (住友電工)	21.21	-	-	通過タイム(秒) 区間速度(m/秒) 区間ピッチ(歩/秒) 区間ストライド(m)									
8位 6レーン	長田 拓也 (富士通)	36.69	-	-	通過タイム(秒) 区間速度(m/秒) 区間ピッチ(歩/秒) 区間ストライド(m)									

女子 200m A決勝
2017/5/3 16:15 (風速 +1.1 m/s)

順位 レーン	選手名 (所属)	記録(秒) (風速)	最高速度(m/秒) 到達地点	速度遅減率(%)	通過タイム(秒)									
					0m ~ 20m	20m ~ 55m	55m ~ 80m	80m ~ 100m	100m ~ 121.5m	121.5m ~ 149.42m	149.42m ~ 181m	181m ~ 200m		
1位 4レーン	福島 千里 (セイコー)	23.35	9.64 55-80m	-19.10	3.26 6.14 4.53 1.38	6.89 9.64 4.87 1.92	9.48 9.64 4.81 2.01	11.61 9.40 4.74 2.02	13.97 9.13 4.68 2.00	17.12 8.84 4.50 1.99	20.91 8.34 4.39 1.97	23.35 7.80 4.25 1.93		
2位 7レーン	前山 美優 (新潟アルビレックス)	23.80	9.33 55-80m	-16.85	3.31 6.04 4.18 1.48	7.08 9.29 4.43 2.13	9.76 9.33 4.30 2.25	11.94 9.14 4.22 2.25	14.35 8.92 4.13 2.25	17.55 8.73 4.06 2.18	21.35 8.31 3.90 2.16	23.80 7.76 3.73 2.07		
3位 9レーン	Toea WISIL (PNG)	24.02	-	-	通過タイム(秒) 区間速度(m/秒) 区間ピッチ(歩/秒) 区間ストライド(m)									
4位 6レーン	市川 華菜 (ミズノ)	24.03	9.34 55-80m	-19.40	3.35 5.97 4.31 1.45	7.16 9.20 4.49 2.15	9.83 9.34 4.39 2.22	12.00 9.22 4.36 2.17	14.39 9.00 4.25 2.17	17.62 8.64 4.10 2.12	21.51 8.13 3.93 2.09	24.03 7.53 3.80 1.99		
5位 8レーン	渡邊 ひかる (駿河台大)	24.09	-	-	通過タイム(秒) 区間速度(m/秒) 区間ピッチ(歩/秒) 区間ストライド(m)									
6位 3レーン	山田 美来 (日本体育大)	24.22	-	-	通過タイム(秒) 区間速度(m/秒) 区間ピッチ(歩/秒) 区間ストライド(m)									
7位 2レーン	西尾 香穂 (甲南大)	24.26	-	-	通過タイム(秒) 区間速度(m/秒) 区間ピッチ(歩/秒) 区間ストライド(m)									
8位 5レーン	和田 麻希 (ミズノ)	41.67	-	-	通過タイム(秒) 区間速度(m/秒) 区間ピッチ(歩/秒) 区間ストライド(m)									

セイコーゴールデンランプリ陸上2018大阪 @ ヤンマースタジアム長居
 男子 200m 決勝
 2018/5/20 15:06 (風速 +0.9 m/s)

順位 レーン	選手名 (所属)	記録(秒)	最高速度(m/秒) 到達地点	速度遅減率(%)	通過タイム(秒)																
					0m ~ 20m	20m ~ 55m	55m ~ 80m	80m ~ 100m	100m ~ 121.5m	121.5m ~ 148.42m	148.42m ~ 181m	181m ~ 200m									
1位	Isaac MAKWALA (BOT)	19.96	11.18	-11.37	通過タイム(秒)	3.10	6.32	8.55	10.37	12.36	15.01	18.04	19.96								
7レーン					区間速度(m/秒)	6.45	10.88	11.18	11.02	10.78	10.54	10.41	9.91								
					区間ピッチ(歩/秒)	4.58	4.78	4.79	4.72	4.63	4.59	4.50	4.26								
			55-80m		区間ストライド(m)	1.41	2.28	2.34	2.33	2.33	2.30	2.31	2.33								
2位	謝 震業 (CHN)	20.16	10.84	-9.53	通過タイム(秒)	3.08	6.37	8.68	10.53	12.53	15.17	18.22	20.16								
9レーン					区間速度(m/秒)	6.50	10.62	10.84	10.82	10.76	10.58	10.33	9.81								
					区間ピッチ(歩/秒)	4.41	4.61	4.58	4.50	4.58	4.52	4.40	4.11								
			55-80m		区間ストライド(m)	1.47	2.30	2.36	2.40	2.35	2.34	2.35	2.39								
3位	Dedric DUKES (USA)	20.32	10.96	-11.53	通過タイム(秒)	3.08	6.38	8.66	10.51	12.55	15.24	18.36	20.32								
4レーン					区間速度(m/秒)	6.49	10.61	10.96	10.80	10.56	10.38	10.12	9.69								
					区間ピッチ(歩/秒)	4.40	4.69	4.66	4.60	4.57	4.48	4.31	4.13								
			55-80m		区間ストライド(m)	1.47	2.26	2.35	2.35	2.31	2.32	2.35	2.35								
4位	藤光 謙司 (ゼンリン)	20.61	10.88	-14.44	通過タイム(秒)	3.04	6.34	8.64	10.50	12.57	15.34	18.57	20.61								
5レーン					区間速度(m/秒)	6.58	10.61	10.88	10.73	10.39	10.08	9.78	9.31								
					区間ピッチ(歩/秒)	4.66	4.67	4.69	4.63	4.51	4.46	4.27	4.01								
			55-80m		区間ストライド(m)	1.41	2.27	2.32	2.32	2.30	2.26	2.29	2.32								
5位	Brandon CARNES (USA)	20.65	-	-	通過タイム(秒)	-	-	-	-	-	-	-	-								
3レーン					区間速度(m/秒)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
					区間ピッチ(歩/秒)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
					区間ストライド(m)	-	-	-	-	-	-	-	-								
6位	原 翔太 (スズキ浜松AC)	20.65	10.76	-14.32	通過タイム(秒)	3.01	6.34	8.66	10.56	12.64	15.38	18.59	20.65								
1レーン					区間速度(m/秒)	6.64	10.52	10.76	10.52	10.35	10.20	9.83	9.22								
					区間ピッチ(歩/秒)	4.55	4.70	4.74	4.68	4.64	4.65	4.52	4.19								
			55-80m		区間ストライド(m)	1.46	2.24	2.27	2.25	2.23	2.20	2.18	2.20								
7位	山下 潤 (筑波大)	20.72	10.78	-12.84	通過タイム(秒)	3.05	6.36	8.68	10.59	12.70	15.47	18.70	20.72								
2レーン					区間速度(m/秒)	6.56	10.56	10.78	10.49	10.21	10.07	9.78	9.40								
					区間ピッチ(歩/秒)	4.42	4.52	4.43	4.31	4.26	4.18	4.07	3.89								
			55-80m		区間ストライド(m)	1.48	2.33	2.43	2.43	2.39	2.41	2.40	2.42								
8位	飯塚 翔太 (ミスノ)	20.75	10.80	-16.64	通過タイム(秒)	3.01	6.29	8.61	10.49	12.58	15.36	18.64	20.75								
6レーン					区間速度(m/秒)	6.64	10.66	10.80	10.61	10.33	10.04	9.62	9.00								
					区間ピッチ(歩/秒)	4.69	4.89	4.80	4.68	4.61	4.51	4.34	3.99								
			55-80m		区間ストライド(m)	1.42	2.18	2.25	2.27	2.24	2.23	2.22	2.26								
9位	Jarrion LAWSON (USA)	21.02	-	-	通過タイム(秒)	-	-	-	-	-	-	-	-								
8レーン					区間速度(m/秒)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
					区間ピッチ(歩/秒)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
					区間ストライド(m)	-	-	-	-	-	-	-	-								

第18回アジア競技大会インドネシア・ジャカルタ大会 @ ゲロラ・パン・カルノ・スタジアム
 男子 200m 決勝
 2018/8/29 19:05 (風速 +0.7 m/s)

順位 レーン	選手名 (所属)	記録(秒)	最高速度(m/秒) 到達地点	速度遅減率(%)	通過タイム(秒)															
					0m 20m	20m 55m	55m 80m	80m 100m	100m 121.5m	121.5m 149.42m	149.42m 181m	181m 200m								
1位	Yuki KOIKE (JPN)	20.23	10.96	-13.45	2.99	6.25	8.53	10.37	12.41	15.08	18.23	20.23	6.70	10.73	10.96	10.87	10.52	10.48	10.03	9.48
3レーン			55-80m		4.63	4.93	4.92	4.87	4.83	4.81	4.68	4.47	1.45	2.18	2.23	2.23	2.18	2.18	2.14	2.12
2位	Chunhan YANG (TPE)	20.23	10.98	-14.33	2.97	6.23	8.51	10.34	12.38	15.04	18.21	20.23	6.73	10.74	10.98	10.90	10.56	10.48	9.98	9.41
4レーン			55-80m		4.82	4.89	4.81	4.80	4.80	4.66	4.52	4.36	1.39	2.20	2.28	2.27	2.20	2.25	2.21	2.16
3位	Yaqoob YAQOOB (BRN)	20.55	10.92	-14.16	3.09	6.36	8.65	10.51	12.58	15.31	18.52	20.55	6.47	10.72	10.92	10.73	10.37	10.24	9.83	9.37
5レーン			55-80m		4.56	4.80	4.69	4.59	4.49	4.42	4.29	4.11	1.42	2.23	2.33	2.34	2.31	2.31	2.29	2.14
4位	Kukeyoung KIM (KOR)	20.59	10.96	-17.62	3.02	6.34	8.62	10.47	12.51	15.22	18.49	20.59	6.63	10.53	10.96	10.80	10.54	10.31	9.67	9.03
8レーン			55-80m		4.56	4.84	4.80	4.77	4.77	4.66	4.52	4.36	1.46	2.18	2.28	2.26	2.21	2.22	2.14	2.07
5位	Taegeon PARK (KOR)	20.61	10.78	-14.54	3.03	6.41	8.73	10.61	12.64	15.33	18.55	20.61	6.60	10.36	10.78	10.63	10.58	10.38	9.82	9.21
7レーン			55-80m		4.47	4.77	4.78	4.84	4.77	4.58	4.41	4.18	1.47	2.17	2.26	2.20	2.22	2.27	2.23	2.20
6位	Shota IIZUKA (JPN)	20.68	10.82	-14.46	3.09	6.40	8.71	10.58	12.66	15.39	18.63	20.68	6.48	10.56	10.82	10.73	10.33	10.20	9.77	9.25
6レーン			55-80m		4.66	4.86	4.75	4.70	4.63	4.53	4.38	4.05	1.39	2.17	2.28	2.28	2.23	2.25	2.23	2.14
7位	Mohamed Obaid Hindi AL-SADI (OMA)	20.81	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2レーン			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8位	Ge BIE (CHN)	21.07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1レーン			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

女子 200m 決勝
 2018/8/29 18:45 (風速 -0.7 m/s)

順位 レーン	選手名 (所属)	記録(秒)	最高速度(m/秒) 到達地点	速度遅減率(%)	通過タイム(秒)															
					0m 20m	20m 55m	55m 80m	80m 100m	100m 121.5m	121.5m 149.42m	149.42m 181m	181m 200m								
1位	Edidiong ODIONG (BRN)	22.96	9.75	-15.91	3.33	7.01	9.58	11.64	13.94	17.01	20.64	22.96	6.00	9.51	9.75	9.69	9.37	9.10	8.68	8.20
6レーン			55-80m		4.38	4.57	4.48	4.47	4.41	4.33	4.19	4.01	1.37	2.08	2.17	2.17	2.13	2.10	2.07	2.05
2位	Dutee CHAND (IND)	23.2	9.58	-16.88	3.20	6.91	9.52	11.66	14.01	17.12	20.81	23.20	6.24	9.43	9.58	9.39	9.14	8.96	8.56	7.96
3レーン			55-80m		4.88	4.95	4.90	4.81	4.70	4.68	4.52	4.32	1.28	1.90	1.95	1.95	1.94	1.91	1.89	1.84
3位	Yonngii WEI (CHN)	23.27	9.56	-17.72	3.22	6.90	9.51	11.64	14.00	17.13	20.85	23.27	6.21	9.52	9.56	9.39	9.11	8.93	8.48	7.87
4レーン			55-80m		4.41	4.46	4.41	4.35	4.30	4.24	4.10	3.81	1.41	2.13	2.17	2.16	2.12	2.11	2.07	2.06
4位	Nigina SHARIPOVA (UZB)	23.32	9.53	-16.01	3.39	7.10	9.72	11.85	14.18	17.26	20.95	23.32	5.90	9.44	9.53	9.40	9.21	9.06	8.58	8.01
7レーン			55-80m		4.44	4.59	4.47	4.37	4.26	4.18	3.96	3.81	1.33	2.06	2.13	2.15	2.16	2.16	2.16	2.10
5位	Olga SAFRONOVA (KAZ)	23.43	9.59	-19.97	3.27	7.02	9.65	11.74	14.03	17.15	20.95	23.43	6.11	9.35	9.49	9.59	9.37	8.95	8.30	7.68
5レーン			80-100m		4.34	4.31	4.24	4.22	4.31	4.27	4.08	3.70	1.41	2.17	2.23	2.17	2.10	2.10	2.04	2.08
6位	Kristina Marie KNOTT (PHI)	23.51	9.65	-18.16	3.29	7.04	9.62	11.75	14.11	17.30	21.11	23.51	6.08	9.35	9.65	9.42	9.09	8.76	8.29	7.90
2レーン			55-80m		4.24	4.49	4.50	4.45	4.32	4.21	4.02	3.84	1.43	2.08	2.15	2.12	2.10	2.08	2.06	2.06
7位	Lingwei KONG (CHN)	23.51	9.65	-20.77	3.30	7.01	9.60	11.72	14.06	17.21	21.03	23.51	6.06	9.44	9.65	9.44	9.19	8.86	8.28	7.65
8レーン			55-80m		4.60	4.70	4.61	4.51	4.50	4.42	4.21	3.83	1.32	2.01	2.09	2.09	2.04	2.00	1.97	2.00
8位	Thi Lan QUACH (VIE)	23.77	9.35	-15.52	3.31	7.05	9.73	11.91	14.33	17.55	21.36	23.77	6.05	9.35	9.34	9.15	8.90	8.66	8.29	7.90
1レーン			20-55m		4.18	4.14	4.04	3.95	3.88	3.84	3.68	3.50	1.45	2.26	2.31	2.32	2.29	2.26	2.25	2.26

第102回日本陸上競技選手権大会 @ 維新百年記念公園陸上競技場
男子 200m 決勝
2018/6/24 17:50 (風速 +0.8 m/s)

順位 レーン	選手名 (所属)	記録(秒)	最高速度(m/秒) 到達地点	速度遅減率(%)	0m ~	20m ~	20m ~	55m ~	55m ~	80m ~	80m ~	100m ~	100m ~	121.5m ~	121.5m ~	148.42m ~	148.42m ~	181m ~	181m ~			
1位	飯塚 翔太 (ミスノ)	20.34	10.87	-11.93	通過タイム(秒)	3.04	6.39	8.71	10.55	12.58	15.25	18.36	20.34	区間速度(m/秒)	6.58	10.46	10.76	10.87	10.56	10.46	10.18	9.58
5レーン			80-100m		区間ピッチ(歩/秒)	4.45	4.59	4.65	4.60	4.53	4.53	4.39	4.23	区間ストライド(m)	1.48	2.28	2.32	2.37	2.33	2.31	2.32	2.26
2位	小池 祐貴 (ANA)	20.42	10.85	-14.11	通過タイム(秒)	3.01	6.30	8.63	10.48	12.51	15.20	18.38	20.42	区間速度(m/秒)	6.64	10.65	10.70	10.85	10.58	10.36	9.94	9.32
7レーン			80-100m		区間ピッチ(歩/秒)	4.64	4.91	4.88	4.91	4.88	4.82	4.66	4.36	区間ストライド(m)	1.43	2.17	2.19	2.21	2.17	2.15	2.13	2.14
3位	山下 潤 (筑波大)	20.46	10.84	-13.43	通過タイム(秒)	3.02	6.36	8.67	10.53	12.55	15.24	18.44	20.46	区間速度(m/秒)	6.61	10.48	10.84	10.78	10.65	10.38	9.87	9.38
9レーン			55-80m		区間ピッチ(歩/秒)	4.46	4.61	4.53	4.47	4.43	4.34	4.16	4.01	区間ストライド(m)	1.48	2.27	2.39	2.41	2.40	2.39	2.37	2.34
4位	桐生 祥秀 (日本生命)	20.69	10.61	-13.71	通過タイム(秒)	3.00	6.35	8.71	10.61	12.69	15.41	18.61	20.69	区間速度(m/秒)	6.67	10.44	10.61	10.52	10.35	10.25	9.86	9.15
6レーン			55-80m		区間ピッチ(歩/秒)	4.78	4.80	4.68	4.64	4.55	4.46	4.33	3.97	区間ストライド(m)	1.40	2.17	2.27	2.26	2.28	2.30	2.28	2.30
5位	犬塚 渉 (順天堂大)	20.74	10.68	-13.27	通過タイム(秒)	3.12	6.43	8.77	10.65	12.73	15.48	18.69	20.74	区間速度(m/秒)	6.42	10.57	10.68	10.63	10.33	10.14	9.85	9.27
8レーン			55-80m		区間ピッチ(歩/秒)	4.31	4.53	4.44	4.39	4.32	4.21	4.06	3.82	区間ストライド(m)	1.49	2.33	2.41	2.42	2.39	2.41	2.43	2.43
6位	染谷 佳大 (中央大)	20.85	10.61	-14.46	通過タイム(秒)	2.96	6.33	8.69	10.57	12.68	15.48	18.76	20.85	区間速度(m/秒)	6.76	10.39	10.59	10.61	10.21	9.98	9.63	9.07
4レーン			80-100m		区間ピッチ(歩/秒)	4.47	4.61	4.55	4.48	4.43	4.37	4.24	3.95	区間ストライド(m)	1.51	2.25	2.33	2.37	2.30	2.28	2.27	2.29
7位	猶木 雅文 (大阪ガス)	20.91	10.68	-15.80	通過タイム(秒)	3.05	6.39	8.73	10.62	12.72	15.49	18.80	20.91	区間速度(m/秒)	6.55	10.49	10.68	10.56	10.27	10.05	9.56	9.00
3レーン			55-80m		区間ピッチ(歩/秒)	4.58	4.67	4.53	4.47	4.37	4.34	4.14	4.00	区間ストライド(m)	1.43	2.24	2.36	2.36	2.35	2.32	2.31	2.25
8位	藤光 謙司 (ゼンリン)	23.65	-	-	通過タイム(秒)	-	-	-	-	-	-	-	-	区間速度(m/秒)	-	-	-	-	-	-	-	-
2レーン			-		区間ピッチ(歩/秒)	-	-	-	-	-	-	-	-	区間ストライド(m)	-	-	-	-	-	-	-	-

女子 200m 決勝
2018/6/24 17:40 (風速 +1.1 m/s)

順位 レーン	選手名 (所属)	記録(秒)	最高速度(m/秒) 到達地点	速度遅減率(%)	0m ~	20m ~	20m ~	55m ~	55m ~	80m ~	80m ~	100m ~	100m ~	121.5m ~	121.5m ~	148.42m ~	148.42m ~	181m ~	181m ~			
1位	福島 千里 (セイコー)	23.65	9.41	-17.07	通過タイム(秒)	3.23	6.96	9.62	11.77	14.17	17.38	21.22	23.65	区間速度(m/秒)	6.20	9.38	9.41	9.28	8.97	8.70	8.24	7.80
6レーン			55-80m		区間ピッチ(歩/秒)	4.51	4.75	4.76	4.61	4.54	4.41	4.31	4.15	区間ストライド(m)	1.37	1.97	1.98	2.01	1.98	1.97	1.91	1.88
2位	市川 華菜 (ミスノ)	23.83	9.33	-16.16	通過タイム(秒)	3.35	7.18	9.88	12.02	14.40	17.59	21.40	23.83	区間速度(m/秒)	5.97	9.13	9.27	9.33	9.05	8.75	8.29	7.82
7レーン			80-100m		区間ピッチ(歩/秒)	4.25	4.37	4.37	4.37	4.25	4.14	4.02	3.87	区間ストライド(m)	1.40	2.09	2.12	2.14	2.13	2.11	2.06	2.02
3位	山田 美来 (日本体育大)	23.92	9.24	-14.70	通過タイム(秒)	3.39	7.26	9.99	12.15	14.54	17.72	21.51	23.92	区間速度(m/秒)	5.90	9.04	9.17	9.24	9.00	8.79	8.33	7.88
3レーン			80-100m		区間ピッチ(歩/秒)	4.34	4.46	4.51	4.51	4.42	4.31	4.19	4.03	区間ストライド(m)	1.36	2.03	2.03	2.05	2.04	2.04	1.99	1.96
4位	前山 美優 (新潟アルビレックスRC)	24.05	9.21	-16.45	通過タイム(秒)	3.32	7.14	9.85	12.04	14.46	17.70	21.58	24.05	区間速度(m/秒)	6.02	9.17	9.21	9.17	8.86	8.63	8.13	7.69
5レーン			55-80m		区間ピッチ(歩/秒)	4.27	4.42	4.35	4.23	4.15	4.08	3.91	3.71	区間ストライド(m)	1.41	2.07	2.12	2.17	2.13	2.12	2.08	2.07
5位	渡邊 ひかる (駿河台大)	24.06	9.30	-17.92	通過タイム(秒)	3.32	7.08	9.79	11.98	14.40	17.64	21.57	24.06	区間速度(m/秒)	6.03	9.30	9.20	9.14	8.90	8.59	8.04	7.64
4レーン			20-55m		区間ピッチ(歩/秒)	4.38	4.51	4.38	4.35	4.30	4.16	4.00	3.75	区間ストライド(m)	1.38	2.06	2.10	2.10	2.07	2.07	2.01	2.03
6位	齊藤 莉奈 (山梨学院大)	24.19	9.19	-15.96	通過タイム(秒)	3.37	7.18	9.94	12.17	14.62	17.87	21.73	24.19	区間速度(m/秒)	5.93	9.19	9.06	8.98	8.77	8.59	8.18	7.73
2レーン			20-55m		区間ピッチ(歩/秒)	4.53	4.66	4.58	4.41	4.37	4.29	4.15	3.93	区間ストライド(m)	1.31	1.97	1.98	2.04	2.01	2.00	1.97	1.97
7位	和田 麻希 (ミスノ)	24.69	9.18	-18.88	通過タイム(秒)	3.28	7.09	9.86	12.13	14.67	18.08	22.14	24.69	区間速度(m/秒)	6.09	9.18	9.04	8.82	8.44	8.19	7.78	7.45
9レーン			20-55m		区間ピッチ(歩/秒)	4.49	4.53	4.36	4.22	4.16	4.11	4.02	4.00	区間ストライド(m)	1.36	2.03	2.07	2.09	2.03	2.00	1.94	1.86
-	西尾 香穂 (甲南大)	-	-	-	通過タイム(秒)	-	-	-	-	-	-	-	-	区間速度(m/秒)	-	-	-	-	-	-	-	-
8レーン			-		区間ピッチ(歩/秒)	-	-	-	-	-	-	-	-	区間ストライド(m)	-	-	-	-	-	-	-	-

第66回全日本実業団対抗陸上競技選手権大会 @ ヤンマースタジアム長居
男子 200m 決勝
2018/9/22 15:45 (風速 +0.1 m/s)

順位 レーン	選手名 (所属)	記録(秒)	最高速度(m/秒) 到達地点	速度遅減率(%)	通過タイム(秒)															
					0m ~20m	20m ~55m	55m ~80m	80m ~100m	100m ~121.5m	121.5m ~149.42m	149.42m ~181m	181m ~200m								
1位	飯塚 翔太 (ミスノ)	20.60	10.82	-13.38	3.09	6.44	8.75	10.61	12.68	15.39	18.57	20.60	6.47	10.44	10.82	10.78	10.41	10.30	9.91	9.37
8レーン			55-80m		4.53	4.77	4.72	4.68	4.57	4.53	4.41	4.29	1.43	2.19	2.29	2.30	2.28	2.27	2.25	2.18
2位	猶木 雅文 (大阪ガス)	20.86	10.82	-17.18	3.01	6.33	8.64	10.52	12.61	15.40	18.74	20.86	6.65	10.54	10.82	10.61	10.31	9.99	9.46	8.96
6レーン			55-80m		4.59	4.70	4.64	4.56	4.47	4.41	4.21	4.04	1.45	2.24	2.33	2.33	2.31	2.27	2.25	2.22
3位	橋元 晃志 (富士通)	20.87	10.82	-16.26	3.05	6.39	8.70	10.60	12.70	15.47	18.77	20.87	6.55	10.48	10.82	10.54	10.25	10.07	9.57	9.06
5レーン			55-80m		4.59	4.73	4.66	4.57	4.46	4.37	4.18	4.04	1.43	2.22	2.32	2.31	2.30	2.30	2.29	2.24
4位	小林 雄一 (NTN)	21.08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3レーン			-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5位	木村 和史 (四電工)	21.09	10.52	-12.23	3.16	6.61	8.99	10.92	13.02	15.79	19.03	21.09	6.33	10.13	10.52	10.38	10.21	10.10	9.73	9.23
4レーン			55-80m		4.42	4.71	4.69	4.67	4.57	4.52	4.36	4.11	1.43	2.15	2.24	2.22	2.24	2.24	2.23	2.25
6位	土手 啓史 (住友電工)	21.34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2レーン			-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7位	高瀬 慧 (富士通)	21.88	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9レーン			-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8位	田村 朋也 (住友電工)	63.74	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7レーン			-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

女子 200m 決勝
2018/9/22 15:30 (風速 +0.2 m/s)

順位 レーン	選手名 (所属)	記録(秒)	最高速度(m/秒) 到達地点	速度遅減率(%)	通過タイム(秒)															
					0m ~20m	20m ~55m	55m ~80m	80m ~100m	100m ~121.5m	121.5m ~149.42m	149.42m ~181m	181m ~200m								
1位	和田 麻希 (ミスノ)	23.87	9.36	-17.68	3.22	6.96	9.66	11.86	14.30	17.54	21.40	23.87	6.21	9.36	9.25	9.10	8.81	8.61	8.18	7.70
7レーン			20-55m		4.55	4.59	4.44	4.35	4.27	4.27	4.19	4.14	1.37	2.04	2.08	2.09	2.06	2.01	1.95	1.86
2位	三宅 奈緒香 (住友電工)	24.19	9.14	-15.36	3.33	7.16	9.92	12.17	14.64	17.90	21.73	24.19	6.00	9.14	9.07	8.88	8.69	8.57	8.23	7.74
2レーン			20-55m		4.26	4.43	4.34	4.29	4.26	4.17	4.06	3.87	1.41	2.06	2.09	2.07	2.04	2.06	2.03	2.00
3位	藤沢 沙也加 (セレスポ)	24.27	9.22	-17.52	3.42	7.24	9.95	12.14	14.60	17.86	21.77	24.27	5.85	9.16	9.22	9.14	8.75	8.54	8.08	7.61
9レーン			55-80m		4.42	4.52	4.47	4.37	4.24	4.21	4.04	3.84	1.32	2.03	2.07	2.09	2.06	2.03	2.00	1.98
4位	永野 真莉子 (デンソー)	24.38	9.18	-18.97	3.29	7.10	9.84	12.07	14.55	17.87	21.83	24.38	6.08	9.18	9.12	8.96	8.67	8.42	7.98	7.44
6レーン			20-55m		4.57	4.42	4.27	4.20	4.12	4.06	3.95	3.76	1.33	2.08	2.13	2.14	2.10	2.08	2.02	1.98
5位	名倉 千晃 (NTN)	24.38	9.11	-15.72	3.32	7.19	9.93	12.17	14.67	17.97	21.91	24.38	6.03	9.04	9.11	8.93	8.62	8.44	8.03	7.68
8レーン			55-80m		4.43	4.51	4.49	4.34	4.22	4.18	3.99	3.96	1.36	2.01	2.03	2.06	2.04	2.02	2.01	1.94
6位	櫻山 楓 (NTN)	24.44	9.07	-16.23	3.36	7.25	10.01	12.26	14.73	18.03	21.94	24.44	5.95	9.00	9.07	8.90	8.68	8.46	8.08	7.60
3レーン			55-80m		4.27	4.44	4.48	4.39	4.34	4.24	4.13	3.86	1.39	2.03	2.02	2.03	2.00	1.99	1.96	1.97
7位	島田 雪菜 (北海道ハイテク)	24.64	8.95	-14.95	3.29	7.21	10.03	12.35	14.89	18.22	22.14	24.64	6.07	8.95	8.84	8.64	8.47	8.38	8.05	7.61
4レーン			20-55m		4.13	4.10	4.06	3.99	3.95	3.90	3.81	3.67	1.47	2.18	2.18	2.17	2.14	2.15	2.11	2.07
8位	紫村 仁美 (東邦銀行)	25.06	8.96	-18.54	3.40	7.31	10.12	12.44	14.98	18.39	22.46	25.06	5.88	8.96	8.88	8.64	8.45	8.19	7.76	7.30
5レーン			20-55m		4.31	4.38	4.24	4.16	4.09	3.95	3.77	3.57	1.36	2.05	2.09	2.08	2.07	2.07	2.06	2.04

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

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

1) 熊本高等専門学校 2) 東海大学 3) 東京経済大学 4) 日本スポーツ振興センター
5) 新潟食料農業大学 6) 国立スポーツ科学センター

1. はじめに

本研究では、2018 年日本陸上競技連盟科学委員会の活動として行われた第 17 回 U20 世界陸上競技選手権大会および第 34 回 U20 日本陸上競技選手権大会における 200m ファイナリストのレース分析結果から、走速度、ピッチ、ストライドに焦点を当て検証する。また、U20 日本陸上競技選手権大会と共に開催された第 12 回 U18 日本陸上競技選手権大会についても参考値として検証を行う。

2. 方法

2-1. 対象競技会

対象競技会は下記 3 競技会とし、レース測定および分析を行った。

- ・第 17 回 U20 世界陸上競技選手権大会 (2018 年 7 月 10 日～15 日) (以下, U20 世界)
- ・第 34 回 U20 日本陸上競技選手権大会 (2018 年 10 月 19 日～21 日) (以下, U20 日本)
- ・第 12 回 U18 日本陸上競技選手権大会 (2018 年 10 月 19 日～21 日) (以下, U18 日本)

2-2. 対象選手

対象選手は上記対象競技会のファイナリストとし、U20 世界および U20 日本, U18 日本における男女 200m 決勝レースの比較を行った (U20 日本と U18 日本は A 決勝のみを対象とした)。

2-3. 測定方法

200m レースの測定は、液晶デジタルビデオカメラ Lumix (DMC-FZ200, Panasonic, JAPAN) およびスポーツコーチングカメラシステム (GC-LJ25B システム, JVC, JAPAN) を 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 (≒ 240fps) とし、各撮影ポイント (表 1) においてそのレースに出場している全選手 (全レーン) が入る画角を設定した。

測定者は 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。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

表 1. 撮影 (測定) 地点

撮影地点	グラウンドマーカ
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

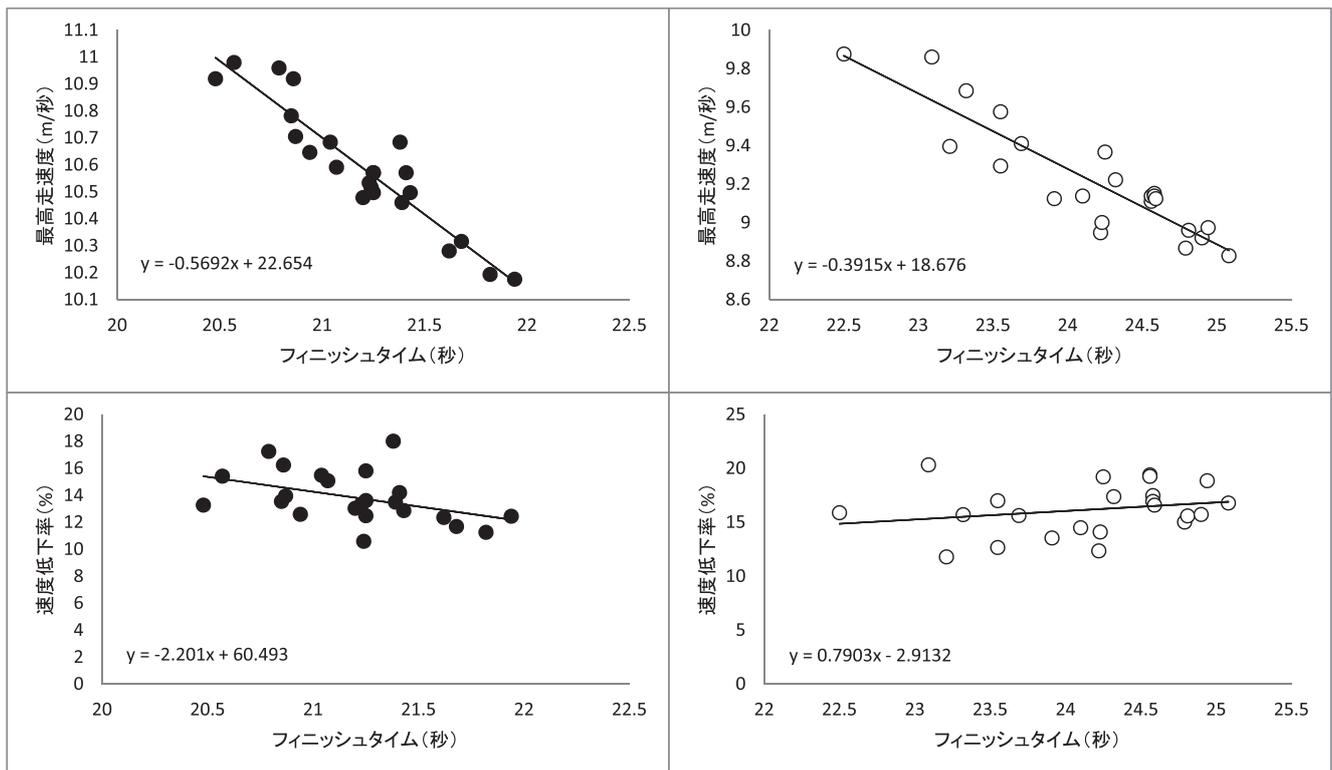


図1. U20 世界選手権およびU20/U18 日本選手権 200m 決勝における最高走速度 (上段) および速度低下率 (下段) とフィニッシュタイムの関係 (● : 男子 ○ : 女子)

分析を用いた。区間平均走速度および区間平均ピッチ，区間平均ストライドの統計処理には二元配置分散分析を用い，各区間におけるU20 世界とU20 日本の平均値を比較検証した。なお，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. 速度低下率

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。

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

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6～14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 で求めた区間平均走速度をピッチで除すこ

とにより求めた。

3. 結果および考察

図1は本研究の分析対象全レースにおけるフィニッシュタイムと最高走速度および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相関関係が認められた ($p < 0.01$)。一方，速度低下率はフィニッシュタイムと有意な相関関係が認められなかった。これらの結果は，シニア選手を対象とした先行研究と同様であった (高橋ら，2017)。

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

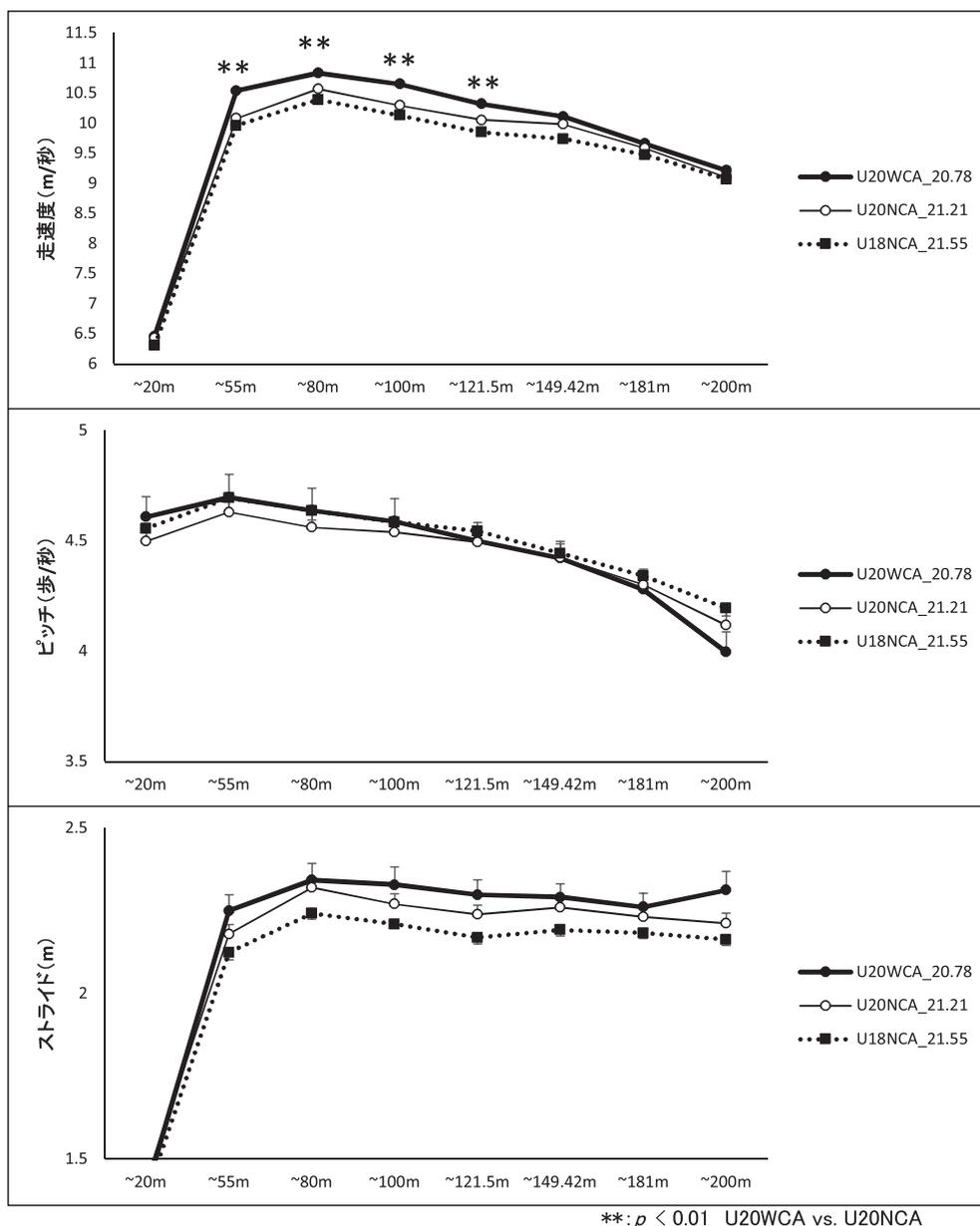
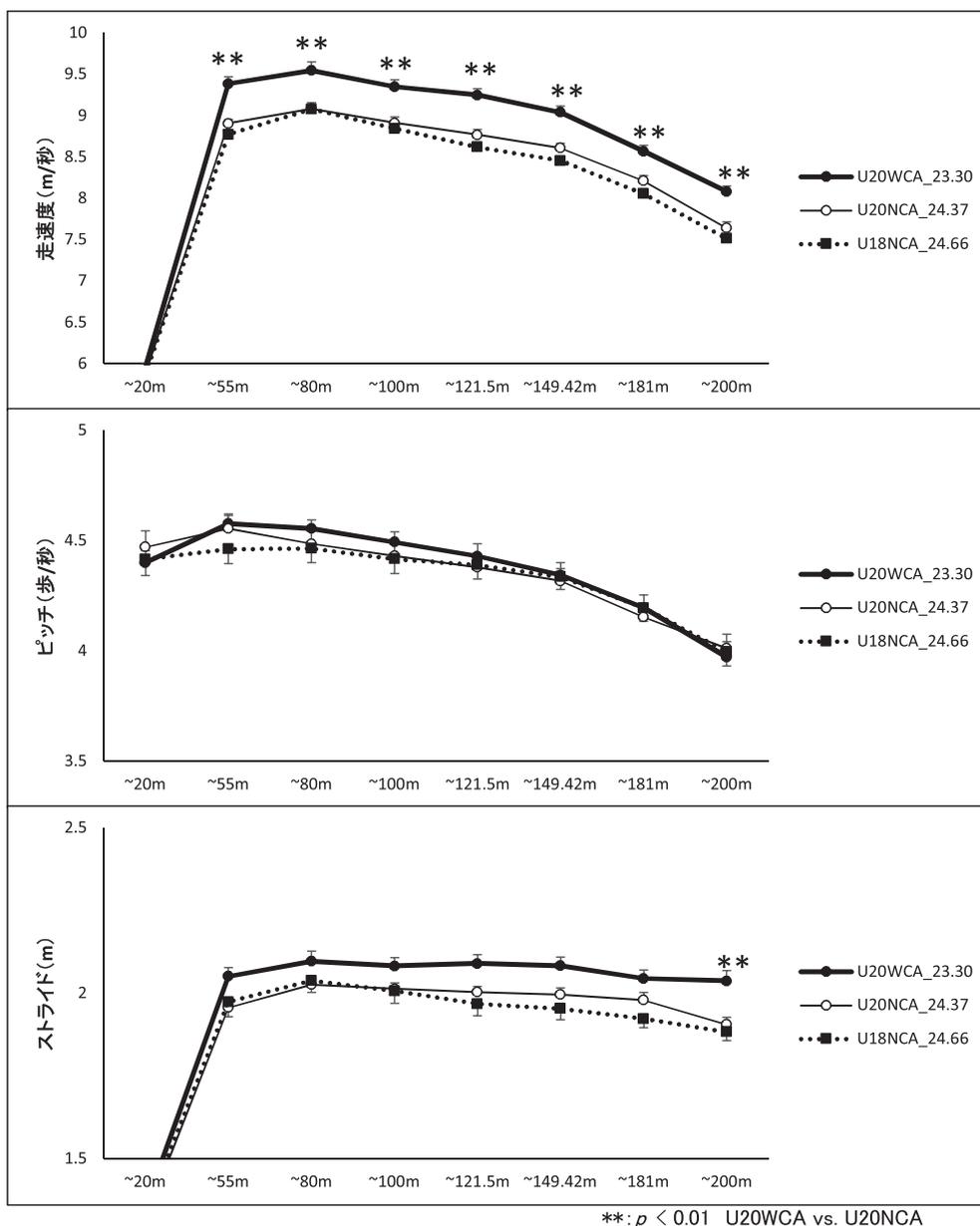


図2. U20 世界選手権およびU20/U18 日本選手権男子 200m 決勝における走速度(上段)およびピッチ(中段), ストライド(下段)の平均値比較

図2は、U20 世界およびU20 日本に加え、U18 日本の男子 200m 決勝におけるファイナリストの走速度、ピッチ、ストライドの平均値±標準誤差を示している。それぞれの決勝レースフィニッシュタイムの平均値は、U20 世界が 20 秒 78、U20 日本が 21 秒 21、U18 日本が 21 秒 55 であった。走速度は、U20 世界が全ての区間でU20 日本より高く、特に、20-55m 区間、55-80m 区間、80-100m 区間、100-121.5m 区間で統計的有意に高かった ($p < 0.01$)。最高走速度は 3 競技会全てにおいて 55-80m 区間で出現していた。速度低下率は、U20 世界が -15.0%、U20 日本が -13.9%、U18 日本が -12.7% で、U18 日本が最も低く、U20 世界が最も高かった。ピッチは、U20 世界がスタートから 121.5m 区間までU20 日本より

高かったが、それ以降はU20 日本の方が高くなる傾向を示した。しかしながら、統計的有意差は認められなかった。最高ピッチ出現区間は、3 競技会全てにおいて 20-55m 区間であった。ストライドは、U20 日本がスタート -20m 区間においてU20 世界より高く、それ以降はU20 世界が高値を示したが、統計的に有意な差では無かった。最大ストライド出現区間は、3 競技会全てにおいて最高速度出現区間と同じ 55-80m 区間であった。

図3はU20 世界およびU20/18 日本女子 200m 決勝におけるファイナリストの走速度、ピッチ、ストライドの平均値±標準誤差を示している。それぞれの競技会決勝におけるフィニッシュタイムの平均値は、U20 世界が 23 秒 30、U20 日本が 24 秒 37、U18



** : $p < 0.01$ U20WCA vs. U20NCA

図3. U20世界選手権およびU20/U18日本選手権女子200m決勝における走速度(上段)およびピッチ(中段), ストライド(下段)の平均値比較

日本が24秒66であった。走速度は、U20世界が全ての区間においてU20日本よりも高く、特に、20-55m区間以降181-200m区間まで統計的有意に高値を示した。その差は男子よりも大きい傾向であった。最高走速度の出現区間は、全ての競技会において55-80m区間であった。これは、男子と同様の結果であった。速度低下率は、U20世界が-15.3%、U20日本が-15.9%、U18日本が-17.2%で、U20世界が最も低く男子とは逆の傾向を示した。ピッチは、U20日本がスタート-20m区間と181-フィニッシュ区間においてU20世界よりも高かったが、その他の区間はU20世界が高値を示した。しかしながら、ピッチにおいて有意差は認められなかった。最高ピッチ出現区間は、U20世界、U20日本共に20-55m区間で、

男子と同様であった(U18日本のみ55-80m区間で出現)。ストライドは、U20世界がスタートからフィニッシュまでの全ての区間においてU20日本よりも高値を示し、181-200m区間においてのみ統計的有意差を認めた。最大ストライドの出現区間は、3競技会全てにおいて55-80m区間で、男子と同様、最高走速度出現区間で出現していた。

4. まとめ

2018年に行われたU20世界選手権およびU20/18日本選手権における200mファイナリストの決勝レースを検証した結果、次のことが明らかとなった。

- ・最高走速度は、先行研究(シニア選手)同様、男

女ともフィニッシュタイムと有意な相関関係があった。一方、速度低下率においては男女とも認められなかった。

- ・走速度は、男女とも全ての区間においてU20世界がU20日本よりも高く、その差は特に女子の方で顕著だった。走速度の最高値は、男女とも3競技会全てにおいて55-80m区間で出現していた。
- ・速度低下率は、男子においてはU18日本<U20日本<U20世界の順に低かったが、女子においては逆でU20世界<U20日本<U18日本の順に低かった。したがって、U20世界の女子においては、U20日本より最高走速度が高く、且つそこからの低下率も低いことが明らかとなった。

参考文献

高橋恭平, 広川龍太郎, 小林海, 大沼勇人, 松林武生, 松尾彰文, 山中亮, 渡辺圭佑 (2017) 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

2018年度競技会における男女400mのレース分析

山中 亮¹⁾ 高橋恭平²⁾ 小林 海³⁾ 渡辺圭佑⁴⁾ 広川龍太郎⁵⁾ 松林武生⁶⁾ 松尾彰文⁷⁾

1) 新潟食料農業大学 2) 熊本高等専門学校 3) 東京経済大学 4) 日本スポーツ振興センター
5) 東海大学 6) 国立スポーツ科学センター 7) 鹿屋体育大学

1. はじめに

本稿では、2018年度に日本陸上競技連盟科学委員会による男子および女子短距離選手のバイオメカニクスサポートの活動として行われた対象競技会の400m走における走速度、ピッチおよびストライドの変化を報告する。

2. 方法

2-1. 対象競技会

対象競技会は、下記6競技会とした。

- ・第34回静岡国際陸上競技大会(5月3日, 静岡)(以下, 「静岡国際」)
- ・セイコーゴールデングラプリ陸上2018(5月20日, 大阪)(以下, 「GGP」)
- ・第102回日本陸上競技選手権大会(6月22-24日, 山口)(以下, 「日本選手権」)
- ・第18回アジア競技大会(8月25-30日, インドネシア・ジャカルタ)(以下, 「アジア大会」)
- ・第66回全日本実業団対抗陸上競技選手権大会(9月21-23日, 大阪)(以下, 「全日本実業団」)
- ・第73回国民体育大会(10月5-9日, 福井)(以下, 「国体」)

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国内トップレベル選手(男子37名, 女子36名), およびアジア大会に出場した男女アジアトップレベル選手(男子18名, 女子8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, 山元ら2016, 山中ら2017)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(MS-Excel 2010)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, 山元ら2016, 山中ら2017)。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, 山元ら 2016, 山中ら 2017)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。

平均ピッチ(steps/s)は、各分析区間で要した歩数とその時間から、1秒間当たりの歩数として算出した。歩数は、左右差の影響を排除するために偶数歩とした。平均ストライド(m)は、各分析区間の平均走速度を平均ピッチで除することによって算出した。

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

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1-6(表1:静岡国際男子,表2:GGP男子,表3:日本選手権男子,表4:アジア大会男子,表5:全日本実業団男子,表6:国体男子)に示した。また、女子400m走における同様の各項目を表7-12(表7:静岡国際女子,表8:GGP女子,表9:日本選手権女子,表10:アジア大会女子,表11:全日本実業団女子,表12:国体女子)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200mの通過タイム、最高走速度、前後半差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($p < 0.01$)な相関関係が認められた。一方、400m走の記録と、前後半差および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。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、前後半差および走速度低下率との関係を示した。女子400m走の記録と、200mの通過タイム、最高走速度、前後半差および走速度低下率との間には、それぞれ有意($p < 0.01$)な相関関係が認められた。

図3の左側には、アジア大会の男子400m走における上位2名の選手(Hassan Abdalelah選手:

Qatar, Yahiya Muhammed Anas選手: India)と、本稿で対象とした全競技会の男子400m走の記録における日本人選手の上位3名(ウォルシュジュリアン選手:GGP, 井本佳伸選手:静岡国際, 北谷直輝選手:静岡国際)との400m走のレース時における走速度、ピッチおよびストライドの比較を示した。図3および表(表1, 2および4)に示されているように、最高走速度は、アジアトップレベル選手とジュリアン選手とでは同等であったが、他の日本人選手2名、特に北谷選手においては、アジアトップレベル選手と比較して低値を示した。一方、走速度の低下率は、アジア大会で優勝したHassan選手と比較して、ジュリアン選手および井本選手においては高値を示したが、北谷選手においては低値を示した。ピッチおよびストライドは、アジアトップレベル選手と3名の日本人選手との間には、明確な関係性が認められなかった。

図3の右側には、アジア大会の女子400m走における上位2名の選手(Salwa Naser選手:Bahrain, Hima Das選手:India)と、本稿で対象とした全競技会の女子400m走の記録における日本人選手の上位3名(川田朱夏選手:静岡国際, 武石この実選手:GGP, 広沢真愛選手:日本選手権)との400m走のレース時における走速度、ピッチおよびストライドの比較を示した。図3および表(表7, 8, 9および10)に示されているように、最高走速度は、アジアトップレベル選手の方が3名の日本人選手よりも高値を示した。走速度の低下率は、アジアトップレベル選手と比較して、川田選手においては低値を示したが、武石選手および広沢選手においては高値を示した。ピッチおよびストライドは、アジアトップレベル選手と3名の日本人選手との間には、明確な関係性が認められなかった。

まとめ

本稿では、2018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男女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、それぞれ有意な相関関係が認められた。
- ②男女400m走において、最高走速度は、パフォーマンスが高いアジアトップレベル選手に比べて、日本人選手では低値を示す傾向にあった。一方、走速度の低下率は、パフォーマンスが高いアジアトップレベル選手に比べて、日本人選

手では高値を示す傾向にあった。

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
- 山元康平・高橋恭平・広川龍太郎・松林武生・小林
海・松尾彰文・柳谷登志雄 (2016) 2016 主要競
技会における男女 400m 走のレース分析． 陸上競
技研究紀要, 12: 98-103
- 山中 亮・高橋恭平・小林海・広川龍太郎・松尾彰
文・柳谷登志雄・渡辺圭佑・吉本隆哉・大沼勇人・
岩沼海渡・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

表 1. 静岡国際男子 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 (45-80m)	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)	(100-200m)	100m毎 (200-300m)	(300-400m)	200m毎 (200-400m)	前後半差
井本佳伸	45.82	-	6.03	11.09	16.23	-	21.53	27.09	-	32.97	39.17	45.82	20.97	10.43	11.44	12.85	24.29	2.77
	-	6.03	5.07	5.14	-	5.29	5.57	-	5.88	6.20	6.65							
	8.15	9.94	9.76	9.71	9.54	9.24	8.81	8.53	8.29	7.86	7.44							
北谷直輝	45.98	-	6.23	11.43	16.70	-	22.15	27.84	-	33.71	39.71	45.98	14.17	10.72	11.55	12.27	23.83	1.67
	-	6.23	5.21	5.27	-	5.45	5.69	-	5.87	6.01	6.27							
	7.89	9.62	9.58	9.45	9.30	8.87	8.74	8.53	8.39	8.26	7.91							
若林康太	46.18	-	6.20	11.27	16.37	-	21.68	27.31	-	33.17	39.33	46.18	20.38	10.41	11.49	13.01	24.50	2.82
	-	6.20	5.07	5.10	-	5.31	5.62	-	5.86	6.16	6.85							
	7.91	9.80	9.94	9.76	9.54	9.12	8.74	8.56	8.33	7.92	7.16							
金丸祐三	46.38	-	6.20	11.24	16.54	-	22.06	27.78	-	33.71	39.88	46.38	20.84	10.82	11.64	12.67	24.32	2.25
	-	6.20	5.04	5.30	-	5.52	5.72	-	5.92	6.17	6.50							
	7.89	10.13	9.60	9.37	9.14	8.85	8.67	8.49	8.18	8.02	7.61							
カオルジュリアン	46.43	-	6.16	11.26	16.48	-	21.89	27.48	-	33.36	39.63	46.43	21.77	10.63	11.48	13.07	24.54	2.66
	-	6.16	5.10	5.22	-	5.40	5.59	-	5.88	6.27	6.80							
	7.96	9.90	9.67	9.54	9.34	9.04	8.87	8.53	8.23	7.74	7.27							
木村和史	46.68	-	6.35	11.62	16.87	-	22.29	27.81	-	33.53	39.73	46.68	18.82	10.67	11.24	13.15	24.39	2.10
	-	6.35	5.27	5.24	-	5.42	5.52	-	5.72	6.20	6.95							
	7.73	9.45	9.54	9.54	9.28	9.08	9.04	8.80	8.41	7.74	7.07							
堀井浩介	47.38	-	6.29	11.50	16.77	-	22.23	27.98	-	34.02	40.42	47.38	21.30	10.74	11.79	13.36	25.15	2.91
	-	6.29	5.21	5.27	-	5.47	5.74	-	6.04	6.40	6.96							
	7.80	9.62	9.58	9.45	9.24	8.93	8.56	8.29	8.07	7.57	7.09							
田村朋也	48.46	-	6.51	11.73	17.11	-	22.69	28.48	-	34.62	41.12	48.46	21.66	10.96	11.93	13.84	25.77	3.08
	-	6.51	5.22	5.38	-	5.58	5.79	-	6.14	6.51	7.34							
	7.51	9.67	9.43	9.24	9.02	8.81	8.53	8.19	7.80	7.57	6.65							

表 2. GGP 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 (45-80m)	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)	(100-200m)	100m毎 (200-300m)	(300-400m)	200m毎 (200-400m)	前後半差
カオルジュリアン	45.63	-	6.10	11.04	16.10	-	21.38	26.99	-	32.90	39.11	45.63	21.89	10.34	11.52	12.73	24.25	2.87
	-	6.10	4.94	5.06	-	5.28	5.61	-	5.91	6.21	6.52							
	8.03	10.13	10.09	9.80	9.62	9.12	8.78	8.49	8.19	7.92	7.61							
木村淳	46.20	-	6.17	11.16	16.27	-	21.66	27.34	-	33.30	39.53	46.20	21.13	10.50	11.64	12.90	24.54	2.88
	-	6.17	4.99	5.11	-	5.39	5.68	-	5.96	6.23	6.67							
	7.93	10.04	9.99	9.71	9.41	8.97	8.70	8.43	8.13	7.92	7.39							
木村和史	46.26	-	6.24	11.30	16.48	-	21.86	27.37	-	33.23	39.50	46.26	21.64	10.56	11.37	13.03	24.40	2.54
	-	6.24	5.06	5.19	-	5.37	5.52	-	5.86	6.27	6.76							
	7.84	9.99	9.74	9.60	9.37	9.16	9.00	8.60	8.13	7.83	7.29							
金丸祐三	46.29	-	6.03	11.13	16.27	-	21.63	27.35	-	33.45	39.80	46.29	20.15	10.49	11.82	12.84	24.66	3.04
	-	6.03	5.10	5.13	-	5.36	5.72	-	6.10	6.35	6.49							
	8.15	9.80	9.80	9.71	9.49	8.97	8.60	8.23	7.92	7.83	7.67							
堀井浩介	46.49	-	6.27	11.37	16.58	-	22.15	27.99	-	33.97	40.11	46.49	17.76	10.78	11.82	12.52	24.34	2.19
	-	6.27	5.11	5.21	-	5.57	5.84	-	5.98	6.14	6.38							
	7.82	9.76	9.85	9.49	9.12	8.67	8.49	8.39	8.19	8.10	7.77							
小林直己	47.25	-	6.32	11.49	16.72	-	22.12	27.73	-	33.76	40.23	47.25	21.74	10.63	11.64	13.49	25.13	3.01
	-	6.32	5.16	5.23	-	5.40	5.62	-	6.02	6.47	7.02							
	7.75	9.67	9.71	9.49	9.32	9.10	8.78	8.37	7.86	7.60	7.01							

表3. 日本選手権男子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
(決勝: 上段, 予選: 下段)

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)		(100-200m)	100m毎 (200-300m)	300-400m)	200m毎 (200-400m)	前後半差
カメルン ユリアン	45.97	-	6.04	11.05	16.17	-	21.54	27.20	-	33.17	39.39	45.97	21.13	10.49	11.64	12.80	24.43	2.90
		-	6.04	5.01	5.12	-	5.37	5.67	-	5.97	6.22	6.58						
		8.12	10.04	9.90	9.71	9.45	9.00	8.70	8.39	8.16	7.92	7.53						
木村 淳	46.39	-	6.13	11.22	16.45	-	21.98	27.73	-	33.65	39.77	46.39	18.93	10.76	11.67	12.74	24.41	2.43
		-	6.13	5.09	5.23	-	5.53	5.75	-	5.92	6.12	6.62						
		8.00	9.90	9.71	9.49	9.16	8.78	8.63	8.46	8.33	8.02	7.44						
伊東利来也	46.57	-	6.31	11.52	16.83	-	22.41	28.17	-	34.14	40.22	46.57	15.18	10.89	11.73	12.43	24.16	1.74
		-	6.31	5.21	5.31	-	5.58	5.75	-	5.97	6.08	6.35						
		7.77	9.62	9.54	9.37	9.04	8.78	8.63	8.36	8.29	8.16	7.80						
田村 朋也	46.58	-	6.18	11.33	16.58	-	22.07	27.75	-	33.62	39.82	46.58	19.48	10.75	11.55	12.96	24.51	2.43
		-	6.18	5.14	5.26	-	5.49	5.67	-	5.87	6.20	6.76						
		7.93	9.76	9.67	9.45	9.20	8.89	8.76	8.55	8.29	7.86	7.29						
木村 和史	46.67	-	6.32	11.46	16.75	-	22.20	27.77	-	33.57	39.83	46.67	21.32	10.74	11.37	13.10	24.47	2.27
		-	6.32	5.15	5.29	-	5.45	5.57	-	5.80	6.26	6.84						
		7.75	9.80	9.58	9.41	9.22	9.06	8.93	8.67	8.29	7.71	7.21						
金丸 祐三	48.23	-	6.20	11.31	16.57	-	22.12	28.01	-	34.37	41.07	48.23	25.26	10.82	12.25	13.86	26.11	3.99
		-	6.20	5.11	5.26	-	5.56	5.89	-	6.36	6.70	7.16						
		7.91	9.85	9.69	9.43	9.08	8.81	8.29	7.89	7.57	7.36	6.89						
カメルン ユリアン	46.10	-	6.13	11.14	16.38	-	21.89	27.62	-	33.55	39.67	46.10	19.46	10.75	11.66	12.55	24.21	2.32
		-	6.13	5.01	5.24	-	5.51	5.72	-	5.94	6.11	6.43						
		7.98	10.13	9.76	9.45	9.16	8.89	8.63	8.46	8.19	8.16	7.68						
木村 和史	46.65	-	6.32	11.56	17.02	-	22.66	28.36	-	34.12	40.07	46.65	14.23	11.10	11.46	12.53	23.99	1.32
		-	6.32	5.24	5.46	-	5.65	5.70	-	5.76	5.95	6.58						
		7.75	9.67	9.37	9.08	8.89	8.78	8.78	8.70	8.53	8.29	7.44						
伊東利来也	46.80	-	6.25	11.45	16.82	-	22.46	28.32	-	34.28	40.39	46.80	16.60	11.01	11.82	12.52	24.34	1.88
		-	6.25	5.20	5.37	-	5.64	5.86	-	5.96	6.11	6.41						
		7.84	9.71	9.49	9.24	8.97	8.63	8.46	8.43	8.26	8.10	7.73						
木村 淳	46.91	-	6.28	11.46	16.82	-	22.45	28.32	-	34.30	40.36	46.91	16.70	10.99	11.85	12.61	24.46	2.01
		-	6.28	5.18	5.36	-	5.63	5.87	-	5.98	6.07	6.55						
		7.81	9.78	9.45	9.28	9.00	8.60	8.46	8.36	8.34	8.15	7.52						
田村 朋也	46.94	-	6.26	11.35	16.63	-	22.11	27.91	-	33.94	40.18	46.94	20.08	10.76	11.82	13.00	24.83	2.71
		-	6.26	5.10	5.28	-	5.48	5.79	-	6.03	6.24	6.76						
		7.82	9.94	9.62	9.41	9.24	8.85	8.49	8.33	8.07	7.95	7.27						
金丸 祐三	47.02	-	6.14	11.22	16.50	-	22.07	27.95	-	34.04	40.35	47.02	22.22	10.85	11.97	12.98	24.95	2.89
		-	6.14	5.08	5.28	-	5.57	5.88	-	6.09	6.32	6.67						
		7.98	9.99	9.62	9.41	9.12	8.67	8.39	8.23	8.07	7.77	7.44						
堀井 浩介	47.28	-	6.61	11.82	17.35	-	23.10	29.00	-	34.94	40.95	47.28	16.31	11.27	11.85	12.34	24.18	1.09
		-	6.61	5.21	5.53	-	5.75	5.91	-	5.94	6.01	6.33						
		7.37	9.85	9.24	8.97	8.78	8.53	8.43	8.43	8.39	8.24	7.82						

表 4. アジア大会男子 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
(決勝: 上段, 準決勝: 中段, 予選: 下段)

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	300-400m	200m毎 (200-400m)	前後半差
Hassan Abdalelah (Qatar)	44.89	-	6.20	11.17	16.30	-	21.61	27.17	-	32.86	38.77	44.89	18.25	10.44	11.25	12.03	23.28	1.66
	-	6.20	4.98	5.13	-	5.31	5.56	-	5.69	5.91	6.12							
	7.89	10.18	9.85	9.71	9.54	9.12	8.91	8.83	8.60	8.33	8.14							
Yahiya Muhammed Anas (India)	45.69	-	6.06	11.07	16.27	-	21.67	27.21	-	32.97	39.12	45.69	21.14	10.60	11.31	12.72	24.02	2.36
	-	6.06	5.01	5.21	-	5.39	5.54	-	5.76	6.15	6.57							
	8.09	10.13	9.76	9.54	9.32	9.16	8.93	8.76	8.28	7.99	7.52							
Khamis Ali (Bahrain)	45.70	-	6.17	11.18	16.40	-	21.91	27.53	-	33.31	39.38	45.70	19.07	10.72	11.40	12.39	23.79	1.89
	-	6.17	5.01	5.22	-	5.51	5.62	-	5.78	6.07	6.32							
	7.93	10.09	9.80	9.49	9.12	8.98	8.83	8.72	8.31	8.16	7.85							
Arokiarajiv (India)	45.84	-	6.24	11.39	16.63	-	22.08	27.55	-	33.15	39.18	45.84	16.96	10.69	11.08	12.69	23.76	1.68
	-	6.24	5.15	5.24	-	5.45	5.47	-	5.61	6.02	6.66							
	7.85	9.74	9.69	9.47	9.18	9.18	9.12	9.00	8.53	8.08	7.37							
カホシユ ヲリアン (Japan)	45.89	-	6.08	11.07	16.17	-	21.53	27.13	-	33.04	39.27	45.89	21.21	10.46	11.51	12.85	24.36	2.82
	-	6.08	4.99	5.10	-	5.37	5.60	-	5.91	6.23	6.62							
	8.05	10.09	9.94	9.76	9.43	9.06	8.85	8.51	8.12	7.95	7.45							
Abbas Abbas (Bahrain)	46.41	-	6.37	11.39	16.50	-	21.84	27.37	-	33.15	39.38	46.41	20.72	10.45	11.31	13.26	24.57	2.73
	-	6.37	5.03	5.11	-	5.34	5.52	-	5.79	6.22	7.03							
	7.67	9.97	9.92	9.74	9.39	9.30	8.89	8.74	8.18	7.90	6.93							
Hassan Abdalelah (Qatar)	45.83	-	6.13	11.11	16.29	-	21.75	27.43	-	33.21	39.23	45.83	19.49	10.64	11.46	12.62	24.08	2.33
	-	6.13	4.98	5.18	-	5.46	5.68	-	5.78	6.01	6.60							
	7.98	10.16	9.85	9.58	9.26	8.93	8.72	8.69	8.46	8.18	7.43							
Yahiya Muhammed Anas (India)	45.30	-	6.15	11.16	16.32	-	21.76	27.29	-	32.97	38.93	45.30	17.88	10.59	11.21	12.33	23.54	1.79
	-	6.15	5.01	5.16	-	5.43	5.54	-	5.67	5.96	6.37							
	7.96	10.04	9.90	9.60	9.22	9.16	8.95	8.87	8.55	8.24	7.75							
Khamis Ali (Bahrain)	46.07	-	6.26	11.26	16.38	-	21.79	27.51	-	33.49	39.62	46.07	19.34	10.53	11.69	12.58	24.28	2.49
	-	6.26	5.00	5.12	-	5.41	5.72	-	5.97	6.13	6.45							
	7.81	10.06	9.90	9.71	9.39	8.93	8.62	8.39	8.19	8.12	7.66							
Arokiarajiv (India)	46.08	-	6.34	11.53	16.83	-	22.39	28.01	-	33.79	39.68	46.08	13.10	10.86	11.40	12.29	23.69	1.30
	-	6.34	5.18	5.31	-	5.56	5.62	-	5.78	5.88	6.40							
	7.72	9.74	9.51	9.39	9.00	8.98	8.83	8.65	8.55	8.46	7.66							
カホシユ ヲリアン (Japan)	46.01	-	6.13	11.15	16.34	-	21.81	27.45	-	33.34	39.49	46.01	20.04	10.66	11.53	12.67	24.20	2.38
	-	6.13	5.03	5.19	-	5.47	5.64	-	5.89	6.14	6.52							
	7.99	10.11	9.71	9.60	9.20	8.98	8.80	8.53	8.19	8.08	7.57							
Abbas Abbas (Bahrain)	45.59	-	6.36	11.41	16.57	-	22.03	27.63	-	33.33	39.22	45.59	16.37	10.61	11.30	12.26	23.56	1.54
	-	6.36	5.05	5.15	-	5.46	5.61	-	5.70	5.89	6.37							
	7.67	10.01	9.74	9.69	9.24	8.97	8.89	8.81	8.60	8.37	7.73							
Hassan Abdalelah (Qatar)	46.28	-	6.34	11.53	16.82	-	22.29	27.95	-	33.85	39.91	46.28	15.46	10.76	11.56	12.43	23.99	1.70
	-	6.34	5.19	5.29	-	5.47	5.66	-	5.90	6.06	6.37							
	7.73	9.71	9.51	9.43	9.24	8.91	8.78	8.49	8.29	8.21	7.76							
Yahiya Muhammed Anas (India)	45.63	-	6.13	11.04	16.16	-	21.56	27.21	-	33.06	39.25	45.63	23.06	10.52	11.50	12.57	24.07	2.51
	-	6.13	4.91	5.12	-	5.40	5.65	-	5.85	6.20	6.38							
	7.97	10.31	10.01	9.67	9.39	8.97	8.78	8.62	8.21	7.93	7.82							
Khamis Ali (Bahrain)	47.41	-	6.15	11.26	16.55	-	22.20	28.19	-	34.30	40.56	47.41	19.54	10.94	12.10	13.11	25.21	3.01
	-	6.15	5.11	5.29	-	5.65	5.99	-	6.12	6.26	6.85							
	7.97	9.90	9.65	9.37	9.00	8.51	8.24	8.21	8.02	7.96	7.15							
Arokiarajiv (India)	46.82	-	6.31	11.40	16.73	-	22.27	27.99	-	33.97	40.17	46.82	19.66	10.87	11.70	12.85	24.55	2.28
	-	6.31	5.09	5.32	-	5.54	5.72	-	5.98	6.20	6.65							
	7.75	9.97	9.60	9.30	9.08	8.87	8.65	8.39	8.13	8.01	7.40							
カホシユ ヲリアン (Japan)	46.20	-	6.05	11.11	16.31	-	21.75	27.44	-	33.37	39.53	46.20	19.42	10.63	11.62	12.83	24.45	2.70
	-	6.05	5.06	5.19	-	5.44	5.69	-	5.93	6.15	6.67							
	8.10	10.01	9.69	9.60	9.34	8.85	8.74	8.46	8.18	8.07	7.36							
Abbas Abbas (Bahrain)	46.07	-	6.29	11.51	16.69	-	22.06	27.67	-	33.43	39.43	46.07	15.05	10.55	11.37	12.64	24.01	1.94
	-	6.29	5.23	5.18	-	5.37	5.61	-	5.76	6.00	6.64							
	7.82	9.43	9.78	9.60	9.43	9.04	8.83	8.76	8.36	8.31	7.36							

表 5. 全日本実業団男子 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 (45-80m)	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)	(100-200m)	100m毎 (200-300m)	(300-400m)	200m毎 (200-400m)	前後半差
板鼻航平	46.24	-	6.38	11.76	17.20	-	22.79	28.42	-	34.07	39.94	46.24	10.36	11.03	11.28	12.17	23.45	0.66
	-	6.38	5.38	5.44	-	5.60	5.62	-	5.65	5.87	6.30							
	7.71	9.32	9.24	9.17	8.96	8.89	8.89	8.89	8.67	8.36	7.84							
木村和史	46.43	-	6.42	11.78	17.20	-	22.71	28.27	-	33.91	39.85	46.43	11.64	10.93	11.20	12.52	23.72	1.00
	-	6.42	5.36	5.42	-	5.51	5.56	-	5.64	5.93	6.58							
	7.64	9.37	9.28	9.20	9.08	9.04	8.97	8.93	8.58	8.28	7.45							
東魁輝	46.83	-	6.39	11.74	17.22	-	22.79	28.38	-	34.06	39.99	46.83	12.55	11.05	11.26	12.77	24.04	1.24
	-	6.39	5.35	5.48	-	5.58	5.59	-	5.68	5.93	6.84							
	7.68	9.41	9.24	9.08	8.97	8.97	8.94	8.84	8.63	8.23	7.11							
木村淳	46.97	-	6.28	11.55	16.92	-	22.48	28.25	-	34.10	40.16	46.97	15.06	10.93	11.62	12.87	24.49	2.01
	-	6.28	5.27	5.36	-	5.56	5.77	-	5.86	6.05	6.81							
	7.82	9.54	9.41	9.28	9.08	8.78	8.60	8.56	8.43	8.10	7.17							
堀井浩介	47.96	-	6.46	11.84	17.30	-	23.09	29.07	-	35.14	41.33	47.96	13.79	11.25	12.05	12.82	24.87	1.78
	-	6.46	5.38	5.46	-	5.79	5.98	-	6.07	6.20	6.63							
	7.60	9.32	9.24	9.12	8.72	8.44	8.31	8.28	8.10	8.04	7.43							

表 6. 国体男子 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 (45-80m)	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)	(100-200m)	100m毎 (200-300m)	(300-400m)	200m毎 (200-400m)	前後半差
井本佳伸	46.61	-	6.13	11.15	16.47	-	22.04	27.79	-	33.82	40.04	46.61	21.63	10.88	11.79	12.79	24.57	2.54
	-	6.13	5.02	5.31	-	5.57	5.75	-	6.03	6.21	6.57							
	7.98	10.16	9.67	9.30	9.04	8.83	8.60	8.29	8.13	7.96	7.52							
若林康太	46.54	-	6.31	11.41	16.74	-	22.27	28.01	-	33.88	39.93	46.54	17.99	10.86	11.61	12.66	24.27	1.99
	-	6.31	5.10	5.33	-	5.53	5.73	-	5.88	6.04	6.61							
	7.75	9.90	9.67	9.26	9.10	8.89	8.62	8.51	8.44	8.12	7.43							
伊東 利来也	46.49	-	6.36	11.57	16.93	-	22.47	28.21	-	34.10	40.09	46.49	14.60	10.91	11.63	12.39	24.02	1.54
	-	6.36	5.20	5.36	-	5.55	5.74	-	5.89	5.99	6.40							
	7.70	9.69	9.49	9.26	9.06	8.89	8.60	8.49	8.43	8.28	7.71							
東魁輝	46.96	-	6.23	11.33	16.73	-	22.29	27.96	-	33.78	40.02	46.96	23.15	10.96	11.48	13.18	24.67	2.37
	-	6.23	5.10	5.39	-	5.57	5.67	-	5.82	6.24	6.94							
	7.84	10.11	9.39	9.22	9.04	8.83	8.81	8.67	8.26	7.77	7.08							
河内光起	46.43	-	6.28	11.58	17.12	-	22.75	28.49	-	34.34	40.25	46.43	12.05	11.17	11.59	12.09	23.68	0.94
	-	6.28	5.30	5.54	-	5.63	5.75	-	5.84	5.91	6.18							
	7.82	9.58	9.22	8.95	8.93	8.78	8.65	8.56	8.49	8.43	8.00							
木村和史	46.96	-	6.25	11.47	16.98	-	22.62	28.38	-	34.20	40.25	46.96	16.86	11.16	11.58	12.76	24.34	1.71
	-	6.25	5.22	5.52	-	5.64	5.76	-	5.82	6.04	6.71							
	7.84	9.78	9.30	8.97	8.93	8.72	8.65	8.63	8.43	8.13	7.29							
木村淳	47.19	-	6.28	11.46	16.85	-	22.55	28.45	-	34.47	40.60	47.19	18.55	11.09	11.91	12.72	24.64	2.08
	-	6.28	5.18	5.39	-	5.70	5.90	-	6.01	6.14	6.59							
	7.80	9.85	9.37	9.24	8.89	8.49	8.46	8.31	8.28	8.02	7.49							

表 7. 静岡国際女子 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]					
		50m (45-80m)		100m (80-115m)		150m (115-150m)		200m (185-220m)		250m (220-255m)			300m (290-325m)		350m (325-360m)		400m (360-400m)	
		(0-45m)																
川田 朱夏	53.58	-	7.06	13.12	19.37	-	25.84	32.55	-	39.40	46.36	53.58	13.70	12.72	13.56	14.18	27.74	1.90
	-	7.06	6.06	6.25	-	6.47	6.71	-	6.85	6.95	7.22							
	6.97	8.33	8.13	7.95	7.81	7.53	7.40	7.31	7.20	7.18	6.86							
武石この実	54.15	-	6.97	13.01	19.22	-	25.65	32.34	-	39.31	46.51	54.15	17.97	12.64	13.65	14.84	28.50	2.84
	-	6.97	6.04	6.21	-	6.44	6.69	-	6.97	7.20	7.64							
	7.06	8.36	8.16	8.01	7.86	7.57	7.41	7.18	7.04	6.86	6.47							
岩田優奈	54.16	-	6.96	13.04	19.29	-	25.74	32.44	-	39.35	46.56	54.16	18.31	12.70	13.61	14.81	28.42	2.68
	-	6.96	6.08	6.25	-	6.45	6.70	-	6.91	7.22	7.60							
	7.08	8.33	8.07	7.98	7.80	7.63	7.36	7.27	7.06	6.80	6.53							
青山聖佳	55.86	-	7.15	13.20	19.49	-	25.89	32.58	-	39.59	47.19	55.86	24.09	12.69	13.70	16.27	29.97	4.07
	-	7.15	6.05	6.29	-	6.41	6.69	-	7.01	7.59	8.67							
	6.86	8.43	8.04	7.92	7.86	7.68	7.34	7.21	6.79	6.40	5.62							

表 8. GGP 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]					
		50m (45-80m)		100m (80-115m)		150m (115-150m)		200m (185-220m)		250m (220-255m)			300m (290-325m)		350m (325-360m)		400m (360-400m)	
		(0-45m)																
Justyna Święty-Ersetic (POL)	51.05	-	7.01	12.72	18.55	-	24.67	30.92	-	37.44	44.12	51.05	14.95	11.94	12.77	13.61	26.38	1.72
	-	7.01	5.72	5.83	-	6.11	6.25	-	6.52	6.69	6.93							
	6.99	8.78	8.70	8.53	8.23	8.07	7.95	7.68	7.49	7.47	7.16							
Daina Harper (USA)	51.29	-	6.73	12.36	18.18	-	24.25	30.49	-	37.03	43.85	51.29	19.66	11.89	12.78	14.26	27.04	2.79
	-	6.73	5.63	5.83	-	6.07	6.23	-	6.54	6.82	7.44							
	7.29	9.00	8.70	8.53	8.29	8.13	7.95	7.66	7.44	7.23	6.60							
Gunta Latiševa-Čudare (AUS)	51.82	-	6.76	12.62	18.75	-	25.02	31.49	-	38.11	44.81	51.82	15.14	12.39	13.10	13.71	26.80	1.79
	-	6.76	5.86	6.13	-	6.26	6.48	-	6.62	6.70	7.01							
	7.27	8.70	8.29	8.10	8.04	7.86	7.63	7.55	7.55	7.39	7.07							
Anneliese Rubie (LAT)	51.83	-	6.75	12.55	18.45	-	24.60	30.96	-	37.65	44.49	51.83	15.97	12.05	13.05	14.18	27.23	2.62
	-	6.75	5.80	5.90	-	6.15	6.35	-	6.69	6.84	7.34							
	7.29	8.67	8.55	8.44	8.19	7.98	7.80	7.47	7.34	7.28	6.70							
Patrycja Wyciszekiewicz (POL)	52.06	-	6.96	12.74	18.67	-	24.81	31.14	-	37.80	44.73	52.06	17.75	12.08	12.98	14.26	27.25	2.43
	-	6.96	5.77	5.93	-	6.14	6.33	-	6.65	6.94	7.33							
	7.04	8.70	8.60	8.36	8.19	8.01	7.83	7.55	7.26	7.16	6.74							
武石この実	53.89	-	6.76	12.63	18.72	-	25.23	32.09	-	39.23	46.45	53.89	19.14	12.60	14.00	14.66	28.66	3.43
	-	6.76	5.88	6.08	-	6.51	6.85	-	7.15	7.22	7.44							
	7.29	8.56	8.43	8.13	7.77	7.47	7.18	6.99	6.92	6.92	6.68							
樫山楓	54.92	-	7.09	13.12	19.44	-	26.03	32.82	-	39.94	47.21	54.92	18.30	12.91	13.90	14.98	28.89	2.85
	-	7.09	6.03	6.32	-	6.60	6.78	-	7.12	7.27	7.71							
	6.93	8.39	8.13	7.83	7.63	7.47	7.31	7.02	6.90	6.86	6.40							
青山聖佳	56.95	-	7.12	13.06	19.34	-	25.94	32.91	-	40.39	48.31	56.95	27.94	12.88	14.45	16.56	31.01	5.06
	-	7.12	5.93	6.28	-	6.61	6.97	-	7.48	7.92	8.64							
	6.88	8.56	8.23	7.86	7.68	7.31	7.09	6.70	6.46	6.17	5.70							

表9. 日本選手権女子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
(決勝: 上段, 予選: 下段)

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]									
		50m		100m		150m		200m		250m			300m		350m		400m		100m毎		200m毎	
		(0-45m)	(45-80m)	(80-115m)	(115-150m)	(150-185m)	(185-220m)	(220-255m)	(255-290m)	(290-325m)	(325-360m)		(360-400m)	(100-200m)	(200-300m)	(300-400m)	(200-400m)	前後半差				
川田朱夏	53.75	-	6.91	12.91	19.12	-	25.67	32.39	-	39.32	46.35	53.75	16.78	12.76	13.65	14.43	28.08	2.41				
	-	6.91	5.99	6.21	-	6.55	6.72	-	6.93	7.04	7.40											
	7.12	8.46	8.18	7.99	7.68	7.52	7.39	7.21	7.17	7.04	6.69											
広沢真愛	53.95	-	6.80	12.83	19.09	-	25.56	32.32	-	39.27	46.37	53.95	17.22	12.73	13.71	14.68	28.39	2.83				
	-	6.80	6.03	6.26	-	6.48	6.75	-	6.96	7.10	7.58											
	7.25	8.39	8.16	7.92	7.80	7.55	7.31	7.18	7.14	6.95	6.52											
岩田優奈	54.08	-	7.06	13.12	19.52	-	26.12	32.92	-	39.85	46.87	54.08	16.39	13.00	13.73	14.23	27.96	1.83				
	-	7.06	6.06	6.40	-	6.60	6.79	-	6.94	7.02	7.21											
	6.95	8.48	7.95	7.76	7.63	7.44	7.31	7.21	7.16	7.09	6.90											
武石この実	54.32	-	6.88	12.88	19.17	-	25.72	32.52	-	39.49	46.65	54.32	18.59	12.84	13.76	14.83	28.60	2.87				
	-	6.88	6.00	6.29	-	6.55	6.79	-	6.97	7.16	7.67											
	7.15	8.48	8.13	7.87	7.71	7.44	7.31	7.18	7.06	6.90	6.43											
高島咲季	54.58	-	7.11	13.37	19.86	-	26.49	33.20	-	39.98	47.01	54.58	13.95	13.12	13.49	14.60	28.09	1.59				
	-	7.11	6.26	6.49	-	6.63	6.71	-	6.78	7.02	7.57											
	6.93	8.10	7.81	7.66	7.56	7.49	7.43	7.40	7.27	6.97	6.51											
小林菜由	54.62	-	7.15	13.24	19.57	-	26.16	32.92	-	39.86	46.96	54.62	17.05	12.92	13.70	14.76	28.46	2.31				
	-	7.15	6.08	6.33	-	6.59	6.76	-	6.94	7.10	7.66											
	6.86	8.37	7.99	7.86	7.66	7.44	7.36	7.21	7.14	6.95	6.43											
新宅麻未	55.25	-	7.12	13.34	19.84	-	26.49	33.25	-	40.17	47.38	55.25	16.67	13.15	13.68	15.08	28.76	2.27				
	-	7.12	6.22	6.49	-	6.65	6.76	-	6.91	7.22	7.87											
	6.92	8.15	7.87	7.63	7.55	7.44	7.36	7.26	7.08	6.79	6.26											
松本聖華	55.67	-	7.15	13.19	19.68	-	26.37	33.18	-	40.20	47.52	55.67	21.09	13.18	13.83	15.47	29.30	2.93				
	-	7.15	6.04	6.49	-	6.69	6.81	-	7.02	7.31	8.15											
	6.86	8.49	7.96	7.60	7.48	7.45	7.27	7.14	6.98	6.70	6.00											
武石この実	54.04	-	6.87	12.73	18.84	-	25.27	32.00	-	39.07	46.33	54.04	21.43	12.54	13.79	14.97	28.77	3.49				
	-	6.87	5.87	6.11	-	6.43	6.73	-	7.07	7.26	7.71											
	7.15	8.67	8.31	8.13	7.84	7.63	7.31	7.08	6.96	6.81	6.41											
川田朱夏	54.05	-	6.90	12.78	18.90	-	25.35	32.09	-	39.09	46.35	54.05	20.62	12.57	13.74	14.96	28.70	3.35				
	-	6.90	5.88	6.13	-	6.45	6.74	-	7.00	7.26	7.70											
	7.13	8.58	8.39	8.07	7.86	7.52	7.35	7.17	6.97	6.81	6.41											
岩田優奈	54.71	-	6.94	12.87	19.07	-	25.72	32.53	-	39.56	46.89	54.71	22.15	12.85	13.84	15.15	28.99	3.27				
	-	6.94	5.92	6.20	-	6.65	6.81	-	7.02	7.33	7.82											
	7.08	8.53	8.31	7.96	7.57	7.39	7.31	7.12	7.00	6.64	6.34											
青山聖佳	55.92	-	7.26	13.37	19.70	-	26.39	33.30	-	40.63	48.11	55.92	19.05	13.02	14.25	15.29	29.53	3.15				
	-	7.26	6.11	6.33	-	6.68	6.91	-	7.33	7.48	7.81											
	6.76	8.23	8.13	7.80	7.51	7.43	7.11	6.81	6.70	6.66	6.35											

表 10. アジア大会女子 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]									
		50m		100m		150m		200m		250m			300m		350m		400m		100m毎		200m毎	
		(0-45m)	(45-80m)	(80-115m)	(115-150m)	(150-185m)	(185-220m)	(220-255m)	(255-290m)	(290-325m)	(325-360m)		(360-400m)	(100-200m)	(200-300m)	(300-400m)	(200-400m)	前後半差				
Salwa Naser (Bahrain)	50.09	-	6.69	12.30	18.10	-	24.14	30.40	-	36.77	43.29	50.09	15.79	11.84	12.63	13.32	25.95	1.80				
	-	6.69	5.61	5.80	-	6.04	6.26	-	6.37	6.52	6.80											
	7.33	9.04	8.72	8.58	8.36	8.08	7.93	7.87	7.73	7.61	7.29											
Hima Das (India)	50.79	-	6.82	12.58	18.49	-	24.52	30.84	-	37.39	43.99	50.79	14.39	11.95	12.86	13.40	26.27	1.75				
	-	6.82	5.75	5.92	-	6.03	6.32	-	6.55	6.60	6.80											
	7.19	8.81	8.51	8.43	8.36	8.15	7.77	7.63	7.60	7.55	7.30											
Elina Mikhina (Kazakhstan)	52.63	-	7.07	12.94	19.09	-	25.48	32.03	-	38.70	45.51	52.63	15.38	12.54	13.23	13.93	27.15	1.67				
	-	7.07	5.87	6.15	-	6.38	6.55	-	6.67	6.80	7.12											
	6.93	8.67	8.29	8.05	7.87	7.74	7.56	7.52	7.36	7.34	6.95											
Nirmla (India)	52.96	-	7.06	12.93	18.95	-	25.15	31.60	-	38.33	45.37	52.96	19.07	12.22	13.19	14.63	27.81	2.67				
	-	7.06	5.86	6.03	-	6.19	6.45	-	6.73	7.04	7.59											
	6.94	8.60	8.43	8.24	8.16	7.87	7.67	7.44	7.26	6.96	6.50											
Guifen Huang (China)	53.89	-	6.77	12.75	18.86	-	25.36	32.03	-	38.98	46.26	53.89	18.86	12.61	13.62	14.91	28.53	3.17				
	-	6.77	5.98	6.11	-	6.50	6.67	-	6.95	7.28	7.63											
	7.29	8.41	8.28	8.15	7.73	7.61	7.43	7.25	6.91	6.82	6.49											
Zenghuan Tong (China)	53.95	-	7.26	13.37	19.61	-	26.04	32.66	-	39.44	46.44	53.95	13.68	12.68	13.39	14.51	27.91	1.86				
	-	7.26	6.11	6.25	-	6.43	6.61	-	6.78	7.00	7.51											
	6.77	8.21	8.15	7.95	7.80	7.71	7.47	7.41	7.20	7.09	6.56											
Iman Essa (Bahrain)	54.19	-	6.77	12.73	18.85	-	25.35	32.00	-	38.89	46.22	54.19	21.18	12.62	13.54	15.30	28.84	3.49				
	-	6.77	5.96	6.13	-	6.50	6.65	-	6.89	7.33	7.97											
	7.28	8.48	8.28	8.12	7.73	7.63	7.44	7.32	6.97	6.68	6.18											
Thi Hang Nguyen (Vietnam)	54.30	-	6.89	12.77	18.94	-	25.33	32.06	-	39.09	46.47	54.30	22.61	12.56	13.76	15.21	28.97	3.64				
	-	6.89	5.89	6.17	-	6.39	6.73	-	7.03	7.38	7.83											
	7.14	8.63	8.29	8.02	7.90	7.66	7.28	7.16	6.88	6.68	6.31											

表 11. 全日本実業案女子 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]									
		50m		100m		150m		200m		250m			300m		350m		400m		100m毎		200m毎	
		(0-45m)	(45-80m)	(80-115m)	(115-150m)	(150-185m)	(185-220m)	(220-255m)	(255-290m)	(290-325m)	(325-360m)		(360-400m)	(100-200m)	(200-300m)	(300-400m)	(200-400m)	前後半差				
武石この実	54.24	-	7.00	12.99	19.10	-	25.63	32.52	-	39.58	46.80	54.24	17.76	12.64	13.95	14.66	28.61	2.98				
	-	7.00	5.99	6.11	-	6.53	6.89	-	7.07	7.22	7.44											
	7.02	8.39	8.28	8.15	7.77	7.41	7.16	7.10	6.96	6.90	6.68											
青木沙弥佳	55.06	-	7.03	13.13	19.45	-	26.18	33.16	-	40.36	47.67	55.06	17.59	13.05	14.18	14.70	28.88	2.70				
	-	7.03	6.11	6.32	-	6.73	6.98	-	7.19	7.31	7.39											
	7.01	8.29	8.04	7.86	7.52	7.23	7.11	6.96	6.84	6.83	6.75											
新宅麻未	55.15	-	7.24	13.36	19.55	-	26.15	32.94	-	39.93	47.30	55.15	18.18	12.79	13.79	15.22	29.00	2.85				
	-	7.24	6.12	6.20	-	6.59	6.79	-	7.00	7.37	7.85											
	6.79	8.16	8.18	8.02	7.66	7.41	7.34	7.20	6.88	6.69	6.30											
櫻山楓	55.19	-	7.08	13.05	19.15	-	25.66	32.45	-	39.56	47.01	55.19	21.20	12.61	13.90	15.63	29.53	3.87				
	-	7.08	5.96	6.11	-	6.51	6.79	-	7.11	7.45	8.18											
	6.93	8.43	8.33	8.13	7.77	7.49	7.27	7.08	6.79	6.64	5.99											
藤沼朱音	55.63	-	7.23	13.32	19.59	-	26.29	33.24	-	40.41	47.78	55.63	18.33	12.97	14.11	15.22	29.34	3.04				
	-	7.23	6.09	6.27	-	6.71	6.94	-	7.17	7.38	7.85											
	6.79	8.26	8.13	7.92	7.55	7.25	7.17	6.99	6.81	6.75	6.29											

表 12. 国体女子 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]									
		50m		100m		150m		200m		250m			300m		350m		400m		100m毎		200m毎	
		(0-45m)	(45-80m)	(80-115m)	(115-150m)	(150-185m)	(185-220m)	(220-255m)	(255-290m)	(290-325m)	(325-360m)		(360-400m)	(100-200m)	(200-300m)	(300-400m)	(200-400m)	前後半差				
川田朱夏	53.97	-	6.87	12.91	19.27	-	25.92	32.76	-	39.66	46.65	53.97	14.97	13.01	13.74	14.31	28.05	2.13				
	-	6.87	6.04	6.36	-	6.65	6.84	-	6.90	7.00	7.32											
	7.17	8.39	8.10	7.77	7.60	7.34	7.30	7.26	7.16	7.14	6.76											
岩田優奈	54.00	-	6.91	12.96	19.32	-	25.96	32.84	-	39.78	46.75	54.00	15.33	13.00	13.81	14.22	28.04	2.07				
	-	6.91	6.06	6.36	-	6.64	6.88	-	6.94	6.97	7.25											
	7.13	8.44	7.99	7.81	7.61	7.32	7.23	7.21	7.20	7.15	6.84											
武石この美	54.28	-	6.82	12.76	19.04	-	25.80	32.74	-	39.76	46.85	54.28	18.76	13.04	13.96	14.52	28.48	2.69				
	-	6.82	5.94	6.28	-	6.75	6.94	-	7.02	7.09	7.43											
	7.21	8.65	8.08	7.90	7.49	7.21	7.20	7.12	7.08	7.03	6.66											
松本奈菜子	54.70	-	7.10	13.06	19.29	-	25.87	32.66	-	39.66	46.91	54.70	20.19	12.81	13.79	15.04	28.83	2.96				
	-	7.10	5.96	6.23	-	6.59	6.79	-	7.00	7.26	7.79											
	6.92	8.49	8.23	7.95	7.64	7.48	7.30	7.16	7.00	6.78	6.34											
新宅麻未	55.28	-	7.27	13.55	20.20	-	27.07	33.98	-	40.91	47.94	55.28	12.98	13.53	13.83	14.37	28.21	1.13				
	-	7.27	6.28	6.65	-	6.87	6.90	-	6.93	7.04	7.34											
	6.76	8.13	7.73	7.43	7.28	7.26	7.23	7.23	7.14	7.08	6.75											
青木りん	55.46	-	6.97	13.01	19.44	-	26.36	33.50	-	40.76	48.05	55.46	18.92	13.35	14.40	14.70	29.10	2.75				
	-	6.97	6.05	6.42	-	6.92	7.15	-	7.25	7.29	7.41											
	7.06	8.44	8.02	7.68	7.28	7.09	6.94	6.89	6.88	6.84	6.72											
松本聖華	55.63	-	7.14	13.54	20.29	-	27.21	34.19	-	41.22	48.30	55.63	11.56	13.67	14.01	14.41	28.42	1.21				
	-	7.14	6.41	6.74	-	6.92	6.98	-	7.02	7.08	7.33											
	6.92	7.95	7.60	7.34	7.23	7.20	7.14	7.12	7.09	7.03	6.77											

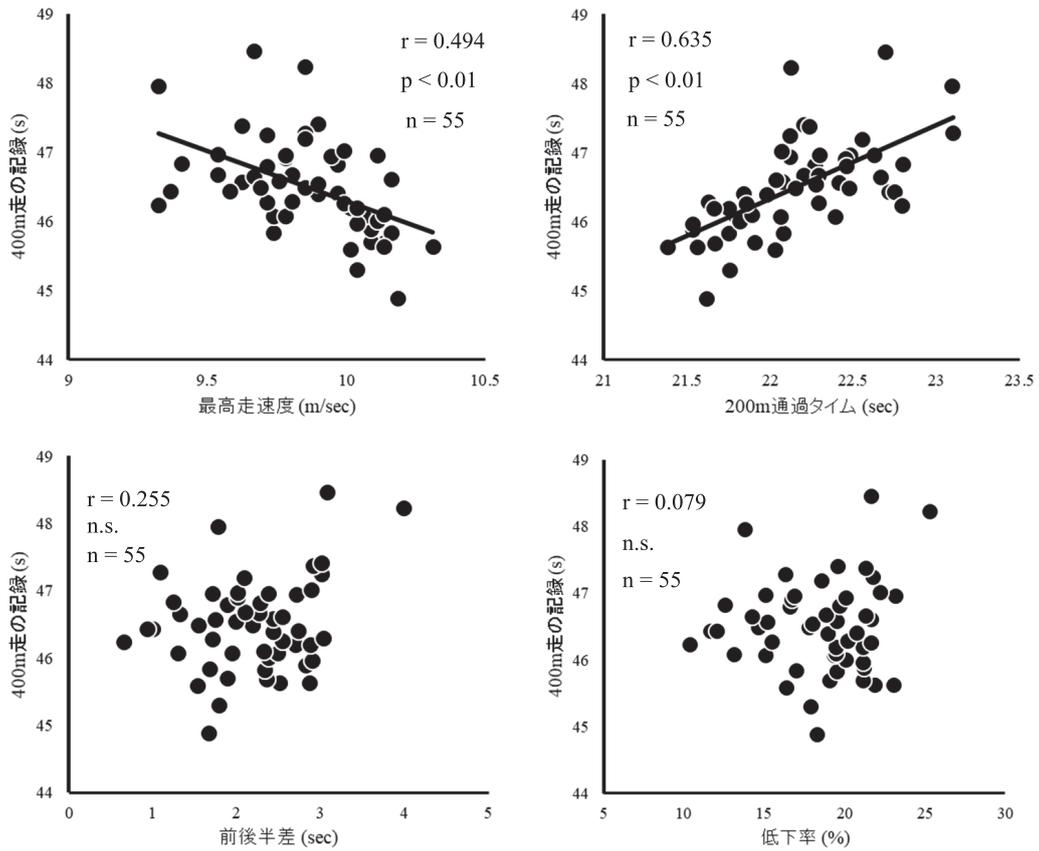


図1. 400m 走の記録と最高走速度, 200m 通過タイム, 前後半差, および走速度低下率との関係 (男子 400m 選手を対象)

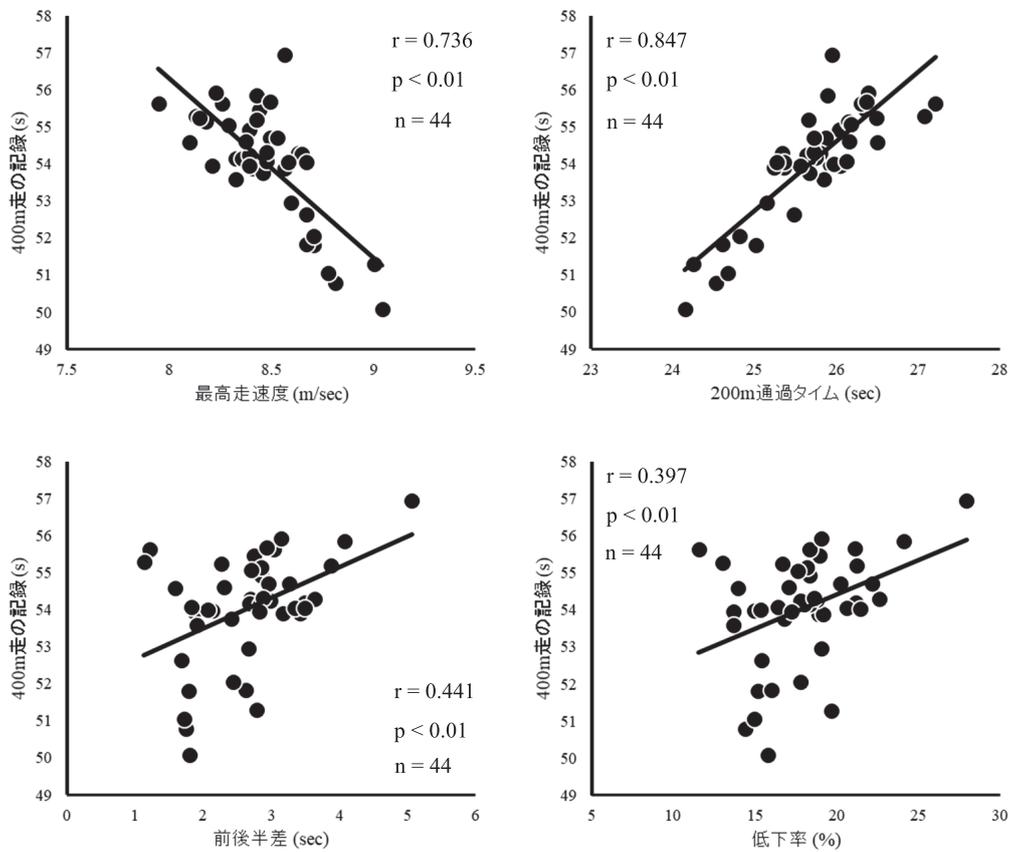


図2. 400m 走の記録と最高走速度, 200m 通過タイム, 前後半差, および走速度低下率との関係 (女子 400m 選手を対象)

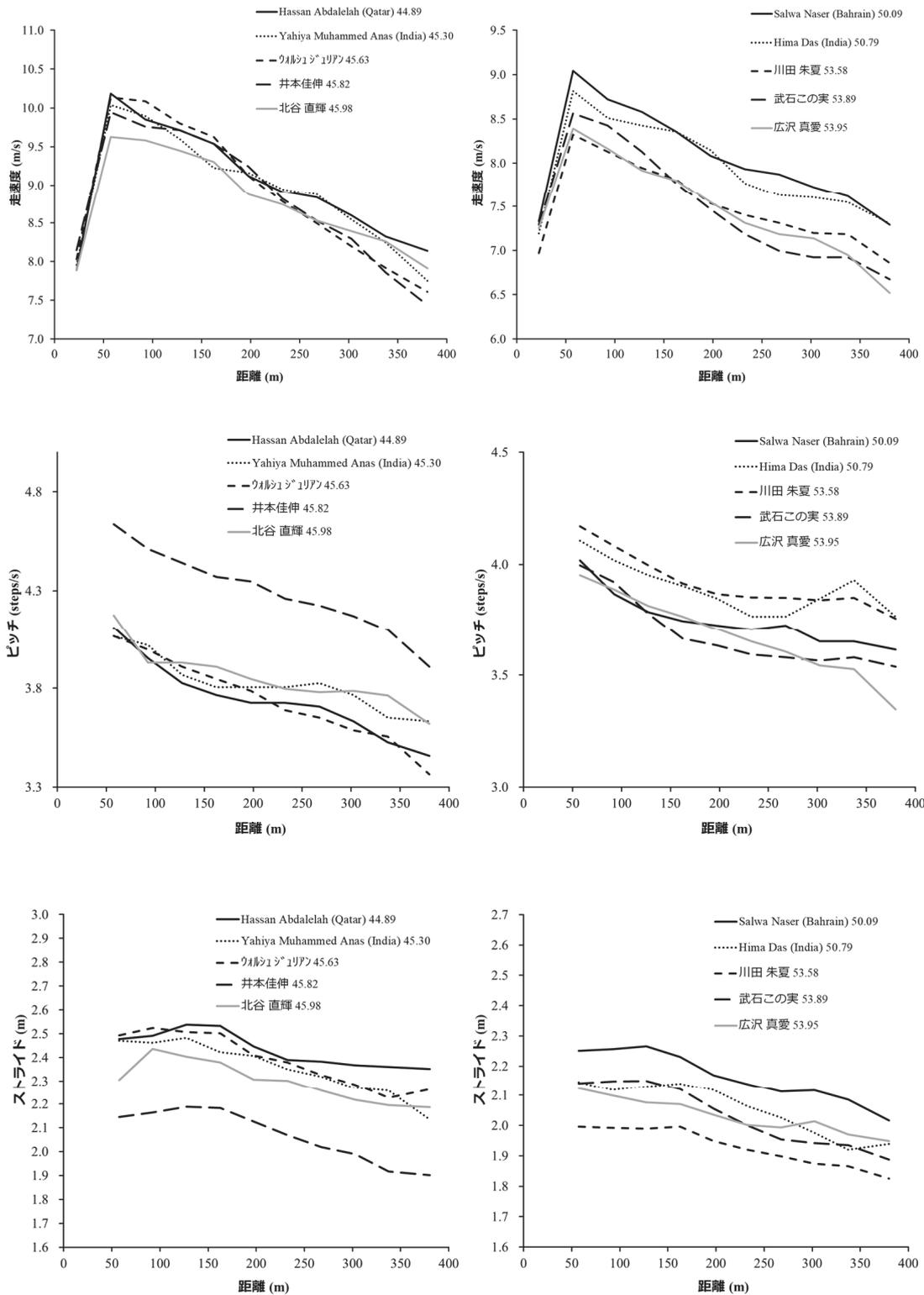


図3. 男女400m走レース時におけるアジアトップレベル選手と日本人トップレベル選手との走速度、ピッチおよびストライドの変化の比較（男子：左側，女子：右側）

2018年度U20世界選手権大会とU20日本選手権大会における決勝進出者のデータの比較

山中 亮¹⁾ 高橋恭平²⁾ 松林武生³⁾ 渡辺圭佑⁴⁾ 小山宏之⁵⁾ 小林 海⁶⁾ 広川龍太郎⁷⁾

1) 新潟食料農業大学 2) 熊本高等専門学校 3) 国立スポーツ科学センター

4) 日本スポーツ振興センター 5) 京都教育大学 6) 東京経済大学 7) 東海大学

1. はじめに

本稿では、2018年度に日本陸上競技連盟科学委員会によるバイオメカニクスサポートの活動として実施された20歳以下(U20)の選手を対象とした競技会の男子および女子400m走における分析結果を示す。U20の400m走の種目においては、男子および女子のそれぞれにおいて、日本人トップレベル選手と世界トップレベル選手とのパフォーマンスの差異が大きいため、そのパフォーマンスの差異はどのような要因によるものなのかを検討することを目的とした。この目的を明らかにするために、本稿では、U20世界選手権大会の決勝に出場した選手と、U20日本選手権大会の400m走の決勝に出場した選手における競技会で得られたデータを比較する。また、18歳以下(U18)の選手を対象とした競技会(U18日本選手権大会)の400m走の決勝に出場した選手のデータを参考値として結果を示す。

2. 方法

2-1. 対象競技会

対象競技会は、下記3競技会とした。

- ・第17回U20世界選手権大会(7月10-15日, フィンランド・タンペレ)(以下, 「U20世界選手権」)
- ・第34回U20日本陸上競技選手権大会(10月19-21日, 愛知)(以下, 「U20日本選手権」)
- ・第12回U18日本陸上競技選手権大会(10月19-21日, 愛知)(以下, 「U18日本選手権」)

2-2. 対象選手

対象選手は、上記3つの競技会における決勝に進出した選手(男子24名, 女子24名)であった。男子400m走における競技会別の記録の平均値は、U20世界選手権, U20日本選手権およびU18日本選手権

において、それぞれ、 46.4 ± 1.0 s, 47.8 ± 0.2 s および 48.2 ± 0.5 s (平均値±標準偏差)であった。また、女子400m走における競技会別の記録の平均値は、U20世界選手権, U20日本選手権およびU18日本選手権において、それぞれ、 52.7 ± 0.7 s, 55.7 ± 0.8 s および 56.0 ± 0.6 s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, 山元ら2016, 山中ら2017)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(MS-Excel 2010)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

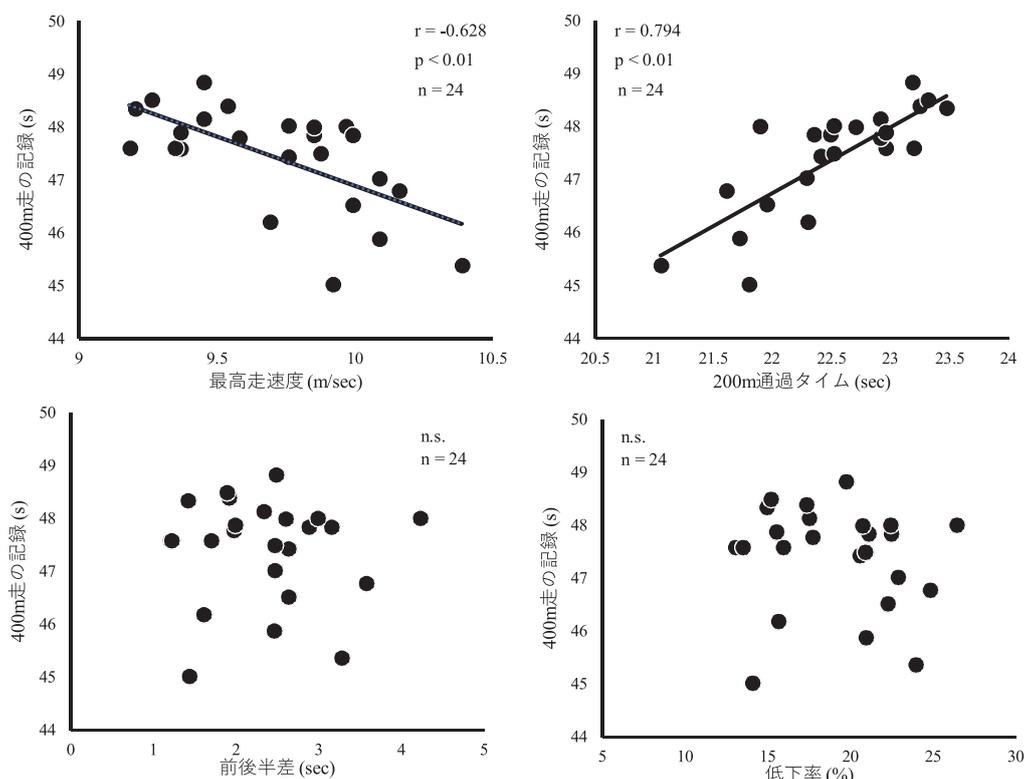


図1. 400m 走の記録と最高走速度, 200m 通過タイム, 前後半差, および走速度低下率との関係(男子 400m 選手を対象)

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, 山元ら 2016, 山中ら 2017)。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, 山元ら 2016, 山中ら 2017)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。

平均ピッチ(steps/s)は、各分析区間で要した歩数とその時間から、1 秒間当たりの歩数として算出した。歩数は、左右差の影響を排除するために偶数歩とした。平均ストライド(m)は、各分析区間の

平均走速度を平均ピッチで除することによって算出した。

測定値は、平均値±標準偏差で示した。U20 世界選手権と U20 日本選手権の決勝進出者のデータを比較するために、student's-t テストを用いた。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た。有意水準は、5% 未満とした。

3. 結果

図1には、本稿で対象とした男子 400m 走の全選手における 400m 走の記録と最高走速度、200m の通過タイム、前後半差および走速度低下率との関係をそれぞれ示した。その結果、男子 400m 走の記録と最高走速度との間に有意 ($p < 0.01$) な負の相関関係が、そして、男子 400m 走の記録と 200m 通過タイムとの間に有意 ($p < 0.01$) な正の相関関係が、それぞれ認められた。一方、男子 400m 走の記録と、前後半差および走速度低下率との間には、有意な相関関係がそれぞれ認められなかった。図2には、本稿で対象とした女子 400m 走の全選手における 400m 走の記録と最高走速度、200m の通過タイム、前後半差および走速度低下率との関係を示した。その結果、男子 400m 走と同様に、女子 400m 走の記録と最高走速度との間に有意 ($p < 0.01$) な負の相関関係が、そして、女子 400m 走の記録と 200m 通過タイム

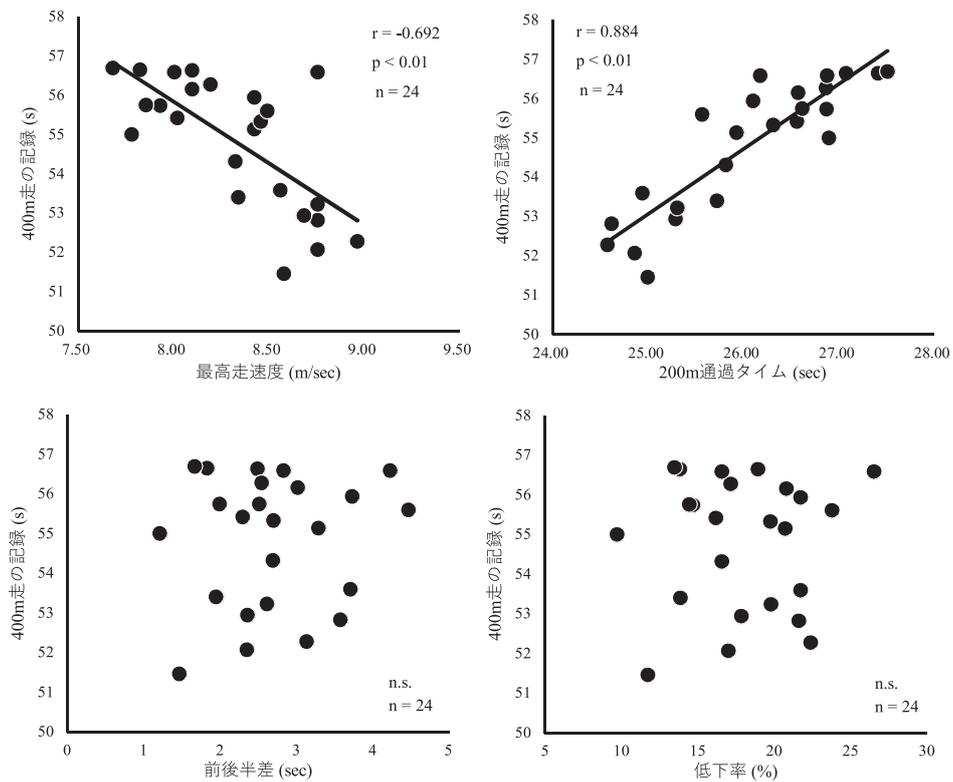


図2. 400m 走の記録と最高走速度, 200m 通過タイム, 前後半差, および走速度低下率との関係(女子 400m 選手を対象)

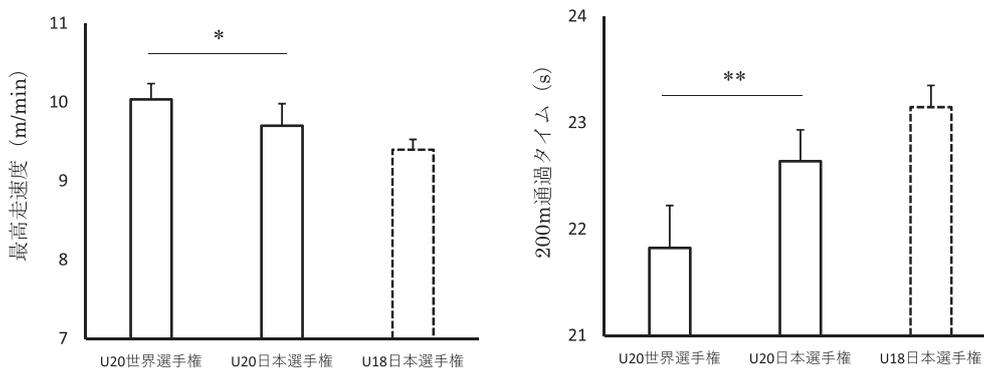


図3. 男子 400m 走における最高走速度と 200m 通過タイムの比較

*: $p < 0.05$ (U20 世界選手権 vs U20 日本選手権)

** : $p < 0.001$ (U20 世界選手権 vs U20 日本選手権)

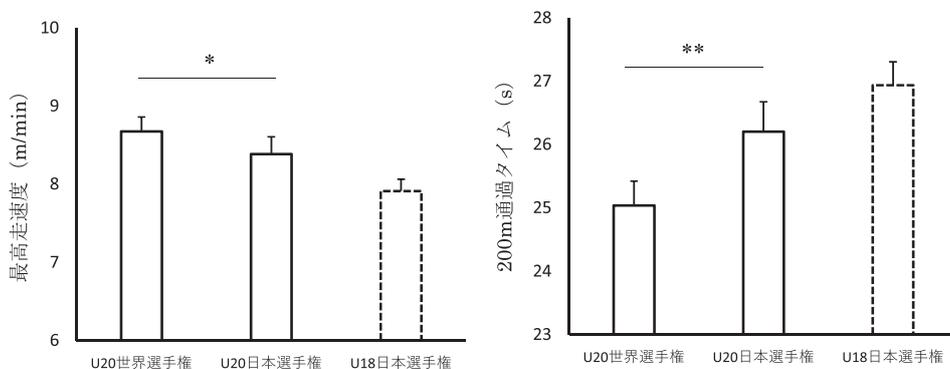


図4. 女子 400m 走における最高走速度と 200m 通過タイムの比較

*: $p < 0.01$ (U20 世界選手権 vs U20 日本選手権)

** : $p < 0.001$ (U20 世界選手権 vs U20 日本選手権)

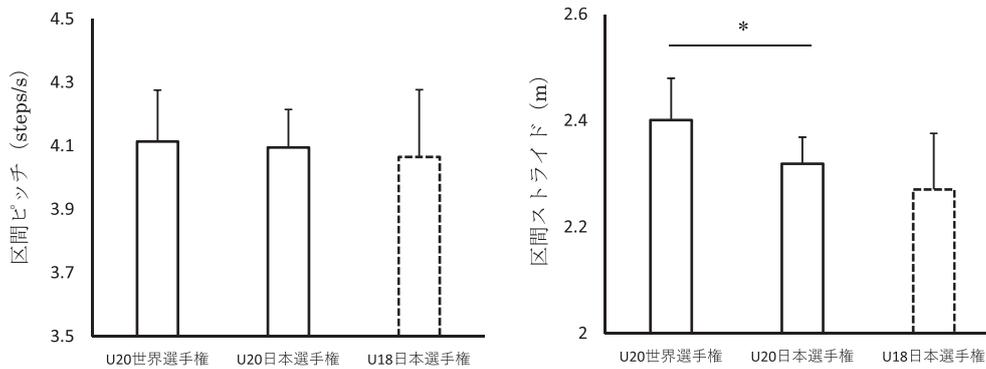


図5. 男子 400m 走における最高走速度が出現した区間のピッチおよびストライドの比較
*: $p < 0.05$ (U20 世界選手権 vs U20 日本選手権)

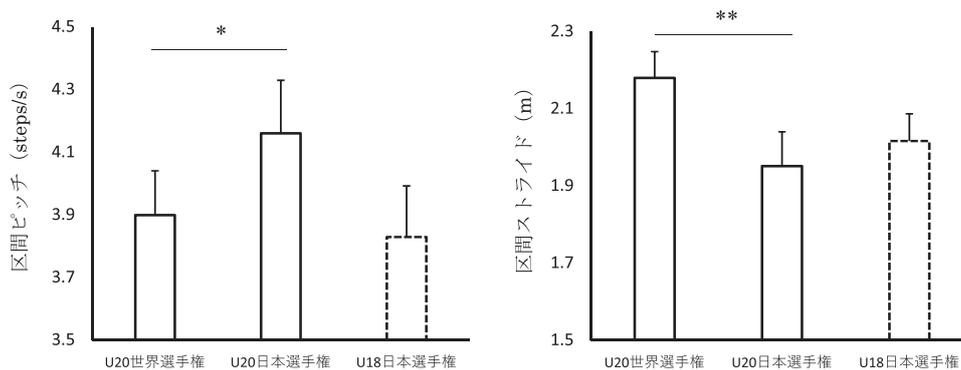


図6. 女子 400m 走における最高走速度が出現した区間のピッチおよびストライドの比較
*: $p < 0.01$ (U20 世界選手権 vs U20 日本選手権)
**: $p < 0.001$ (U20 世界選手権 vs U20 日本選手権)

との間に有意 ($p < 0.01$) な正の相関関係が、それぞれ認められた。一方、女子 400m 走の記録と、前後半差および走速度低下率との間には、有意な相関関係がそれぞれ認められなかった。

男子および女子 400m 走において、400m 走の記録と最高走速度、そして、400m 走の記録と 200m 通過タイムとの間に、それぞれ有意な相関関係が認められた。そこで、男子および女子 400m 走における最高走速度と 200m 通過タイムの値を、U20 世界選手権と U20 日本選手権との間で、それぞれ比較した(男子：図 3，女子：図 4)。その結果、400m 走における最高走速度は、U20 世界選手権の方が U20 日本選手権よりも、男子および女子ともに、有意 (男子： $p < 0.05$, 女子： $p < 0.01$) に高い値を示した。一方、400m 走における 200m 通過タイムは、U20 世界選手権の方が U20 日本選手権よりも、男子および女子ともに、有意 (男子： $p < 0.001$, 女子： $p < 0.001$) に低い値を示した。

さらに、U20 世界選手権と U20 日本選手権との間にある最高走速度の差を生み出す要因を検討するために、最高走速度が出現した区間におけるピッチおよびストライドを、それぞれ比較した (男子：図 5，

女子：図 6)。その結果、400m 走において最高走速度が出現した区間のピッチは、男子では U20 世界選手権と U20 日本選手権との間に差異が認められなかったが、女子では U20 日本選手権の方が U20 世界選手権に比べて有意 ($p < 0.01$) に高い値を示した。一方、400m 走において最高走速度が出現した区間のストライドは、U20 世界選手権の方が U20 日本選手権よりも、男子および女子ともに、有意 (男子： $p < 0.05$, 女子： $p < 0.001$) に高い値を示した。

まとめ

本稿では、2018 年度に開催された U20 世界選手権および U20 日本選手権の 400m 走決勝に出場した選手の競技会におけるデータを比較した。その結果、以下のことが明らかとなった。

- 男子および女子 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、それぞれ有意な相関関係が認められた。
- 男子および女子 400m 走において、最高走速度は、U20 世界選手権の方が U20 日本選手権よりも、有意に高い値を示した。

- ・男子および女子 400m 走において，200m 通過タイムは，U20 世界選手権の方が U20 日本選手権よりも，有意に低い値を示した．
- ・女子 400m 走において，最高走速度が出現した区間のピッチは，U20 日本選手権の方が U20 世界選手権よりも，有意に高い値を示した．
- ・男子および女子 400m 走において，最高走速度が出現した区間のストライドは，U20 世界選手権の方が U20 日本選手権よりも，有意に高い値を示した．

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
- 山元康平・高橋恭平・広川龍太郎・松林武生・小林海・松尾彰文・柳谷登志雄 (2016) 2016 主要競技会における男女 400m 走のレース分析．陸上競技研究紀要，12: 98-103
- 山中 亮・高橋恭平・小林海・広川龍太郎・松尾彰文・柳谷登志雄・渡辺圭佑・吉本隆哉・大沼勇人・岩沼海渡・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

2020年に向けた男女マラソンにおける暑熱対策の取り組み

杉田正明¹⁾ 橋本峻¹⁾ 岡崎和伸²⁾ 谷口耕輔³⁾ 須永美歌子¹⁾ 松生香里⁴⁾ 山澤文裕⁵⁾
山下佐知子⁶⁾ 坂口泰⁷⁾ 河野匡⁸⁾
1) 日本体育大学 2) 大阪市立大学 3) 岐阜県体育協会 4) 川崎医療福祉大学 5) 丸紅
6) 第一生命 7) 中国電力 8) 大塚製菓

目的

2020年東京オリンピックのロード種目では当初の計画よりも早い時間でのスタート時刻となりそうであるが、高温多湿の過酷な環境下での競技となることには変わりはない。2016年から2020年東京オリンピックとほぼ同時期の8月に酷暑の東京都内で距離走を行い、その際の生理的反応及び負担度を明らかにし、2020に向けた対策法を検討するための基礎的資料を得ることを目的とした取り組みを継続して行ってきた。本年度も強化、医学、科学の密接な連携のもとに男女マラソンの主としてMGC出場権を獲得している選手達を対象として8月初旬に30km走を行うことを計画した。その暑熱対策の取り組みについての活動についてを報告する。

内容

昨年度まで実施してきた内容をもとに本年度の実施内容の検討を行った。2018年6月22日、日本選手権の際に関係者が集まり、具体的な実施内容について検討を行った。

女子マラソンは、8月5～9日（於・JISS、NTC）の期間とし、対象は選手8名（伊藤舞、阿部有香里、野上恵子、安藤友香、上原美幸、関根花観、前田穂南、一山麻緒）であった。暑熱対策と暑熱順化についての講義を事前の合宿時(7/28)に千歳で行った。この取り組みが3年目となる女子選手には、各選手が自分の考えるベストな暑熱対策を施したかたちでシミュレーション走(30km走)を行ってもらったためである。

図1のような暑熱対策研修合宿日程の中で女子は30km走を朝7時スタートで1回行った。コースは、昨年度と同様の荒川の河川敷のコースを用い2.5kmの往復とし、2.5kmから5km毎にスポンジ、5kmから5km毎に水かスペシャルドリンクを摂取するかたちで距離走を実施した。走るペースは、最初は1キロ3分50秒程度で10kmまで走り、そこからは各選手のペースで走るかたちであった。

事前の測定

8/6は、JISSにて人工気象室の中で気温20度以下、湿度50%程度の涼しい環境の中で最大下4速度でのトレッドミルランニング時の生理学的測定を行った。

期日: 2017年8月6日～10日
場所: JISS及び荒川河川敷

測定スケジュール



図1 マラソンにおける暑熱対策研修合宿の流れ

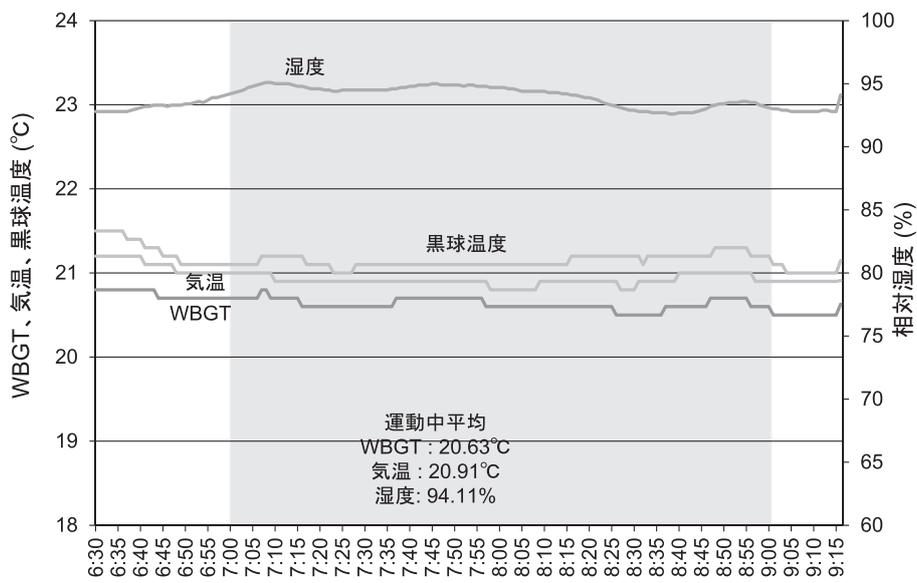


図2 30km 走時の気象データの推移

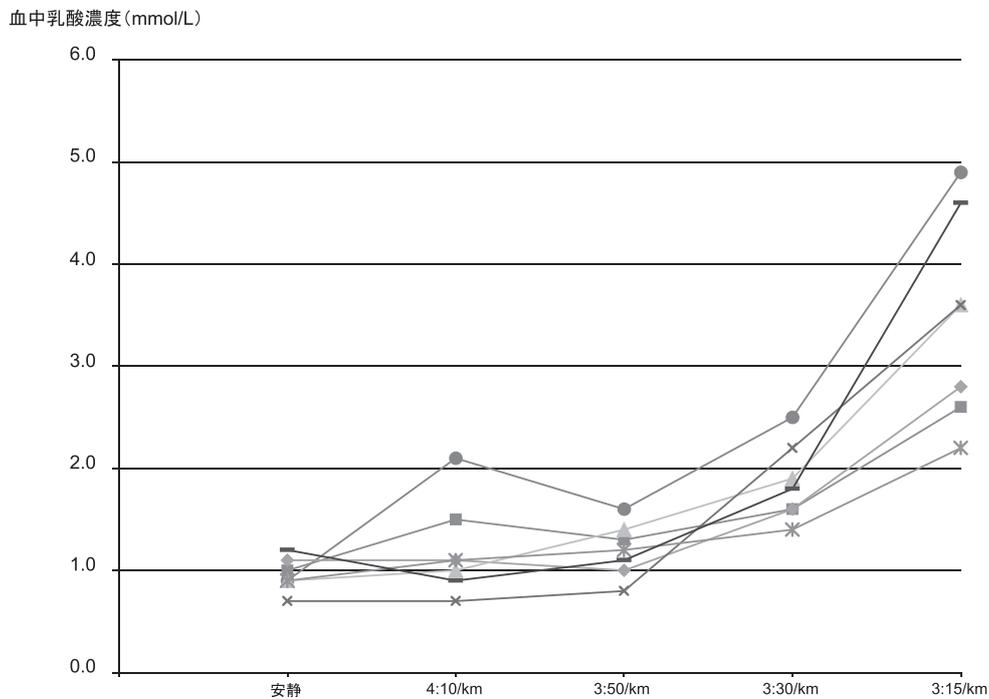


図3 コントロールデータとしての乳酸カーブテスト時の血中乳酸濃度

た。

4速度:キロ4'10", 3'50", 3'30", 3'15"で、各3分間走行した際の血中乳酸濃度、心拍数、酸素摂取量などを測定し、その後、最大酸素摂取量の測定を行った。血中乳酸濃度の結果を図2に示す。これらの際に、汗成分、酸化ストレス、抗酸化力も測定を行った。これらのデータをコントロールデータとし、暑熱環境での30km走時のデータと比較を行うためであった。

各距離走時の測定項目は以下の通りであった。

- 走行前後: 血中乳酸濃度、血糖値、酸化ストレス、抗酸化力、鼓膜温、体重、血液検査

- 走行中 (連続): 深部体温、心拍数、汗、GPS (時計)、湿球黒球温度 (WBGT)

- 走行中 (随時): 給水量、主観的運動強度、暑さの主観的指標

期間中は、起床時体調チェック、尿検査などを実施した。

結果と考察

全ての測定結果については、各関係者にメールで報告し、全結果のフィードバックを行った。結果については守秘義務の関係もあるため、個人が匿名さ



写真 1

れるような詳細なデータと解説は遠慮させていただくこととする。

当日の気象条件は図 3 に示したとおりであり、30km 走中の平均 WBGT は 20.6℃、平均気温は 20.9℃、平均湿度は 94.1% であった。当日は朝から小雨が舞う涼しい環境であり想定していた暑熱環境とは異なった天候状況であった（写真 1）。しかし、このような環境であっても主観的な暑さのスケール（1～8）を用いて 5km ごとに調査した値が 7 や 8 を示した選手も見受けられることから個人差はかなり大きいことがうかがえた。

男子マラソン

男子マラソンは、8月8～10日（於・JISS、NTC）の期間とし、対象選手は12名（設楽悠太、井上大仁、木滑 良、宮脇千博、服部勇馬、山本憲二、村澤明伸、上門大祐、園田 隼、竹ノ内佳樹、川内優輝、鈴木健吾）であった。

方法

女子と同様の暑熱対策と暑熱順化についての講義を測定前日（8/8）に行った。女子マラソンと同様に朝7時スタートで30km走を行う予定であったが、台風接近のためやむなく JISS 内の人工気候室でのトレッドミル30分間走（1km3分30秒のペースでの）に切り替えることとした。時間の関係等もあり5名の選手が参加した。環境条件はWBGT30度、気温33度、湿度70%とした。走行前後、走行中の測定内容は上述した女子とほぼ同じ項目であった。

結果及び考察

5名の男子選手のトレッドミル30分間走中の環境データの推移は図4に示したとおりである。屋内での30分間のトレッドミルランニングとなったが、心拍数の推移（図5）から見てもオールアウトに近い水準で走行していることがうかがえる。室内でのトレッドミル走行という様式ではあったが、ひじょ

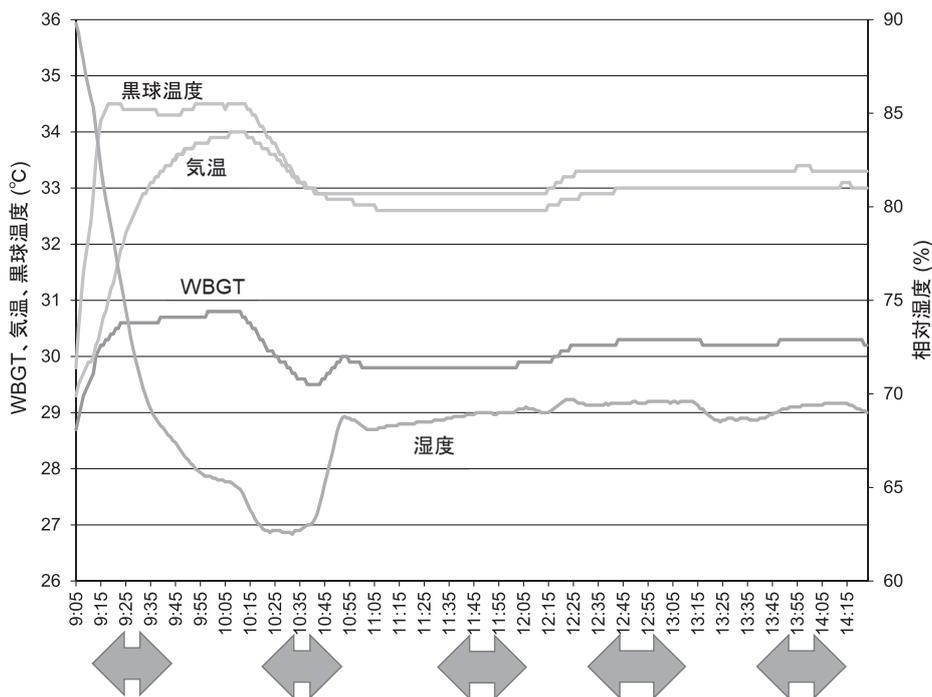


図 4 トレッドミル 30 分間走時の環境データの推移

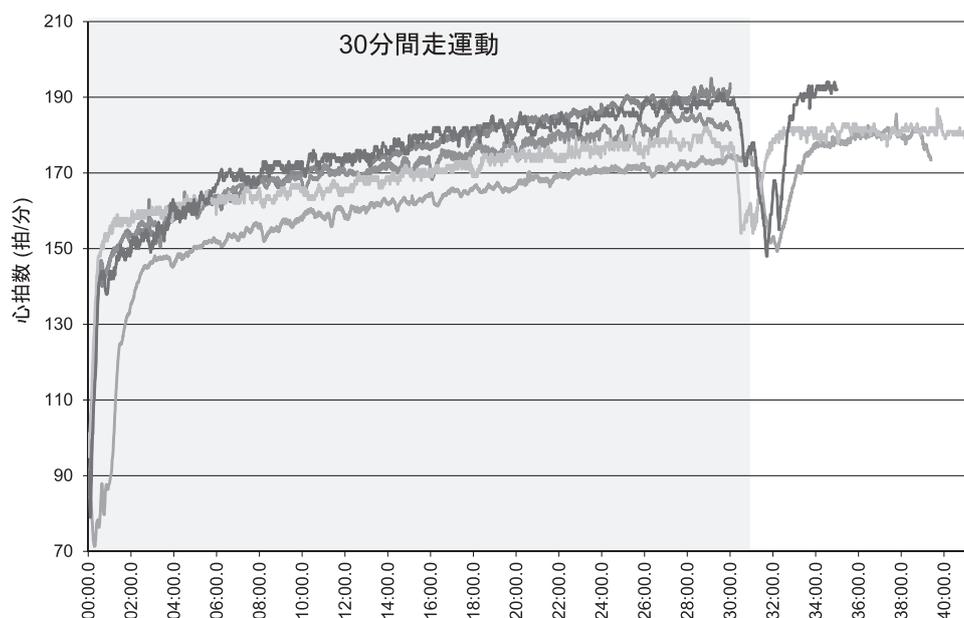


図5 トレッドミル 30 分間走時の各選手の心拍数の推移

うに参考になる貴重なデータだとある指導者からもコメントをいただき、運動時間と心拍数や深部体温の関係性等の結果から、暑熱環境における選手ごとの特徴を可視化するには有意義な測定であったといえる。全ての測定結果はメールにて関係者へ送付しフィードバックを行った。

事前に行った講義の中では、特にレース当日の暑熱対策のほか、レースまでの暑熱順化をどのように図るべきかが重要となること、汗成分や体温の上昇度合いから暑熱順化の程度がわかることなどを強調して説明した。こうした酷暑でのレースペースでのランニングがどのくらいの負担度になるかを究明することができれば、具体的な暑熱順化方策、暑熱環境下でのトレーニングや調整法、暑熱対策（クーリング、給水（内容、方法等）、日よけ等）等の望ましいあり方を選手個々に確立することにつながるものと思われる。また、本番のレース時の予想タイムなども検討することができ、本番を見据えたレースプランの立案についても役立つ情報となることが期待される。今後も継続的にこうしたデータ収集を行いながら、個別の暑熱対策と日本チームとしての暑熱対策プランに寄与したいと考えている。

今回もたくさんの方々にご協力を得た。全ての関係者の方々に感謝申し上げます。

2018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⁾ 岩崎領⁵⁾ 櫻井健一⁶⁾
苅部俊二⁷⁾ 金子公宏⁸⁾

1) 仙台大学 2) 大阪体育大学 3) 弘前大学 4) 日本大学 5) 東京学芸大学大学院
6) 国際武道大学 7) 法政大学 8) 明治大学

1. 緒言

2018年シーズンは、男子110mハードル走で2つの日本記録が誕生した。一つは、第102回日本陸上競技選手権大会における金井大旺選手（福井県スポーツ協会）が記録した13秒36（+0.7）であり、もう一つは第34回U20日本陸上競技選手権大会（高さ99.1cm）における泉谷駿介選手（順天堂大）が記録したU20日本記録の13秒19（-0.6）である。また、7月に行われた第17回U20世界陸上競技選手権大会では、泉谷選手が銅メダルを獲得し、8月にインドネシアのジャカルタで行われたアジア競技大会では、高山峻野選手（ゼンリン）が同じく銅メダルを獲得するなど、国際大会でも結果を残すことのできたシーズンであったといえる。

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（森田ほか，1994；柴山ほか，2010，貴嶋ほか，2016）。本稿では、2018年シーズンに国内外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52名を分析対象者とした。

- ①第52回織田幹雄記念国際陸上競技大会（4月29日，広島広域・広島）
- ②第5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）
- ③セイコーゴールデングランプリ陸上2018大阪（5月20日，ヤンマースタジアム長居・大阪）
- ④布勢スプリント2018（6月3日，布勢総合・鳥取）

- ⑤第102回日本陸上競技選手権大会（6月22日～24日，維新百年記念・山口）
- ⑥第18回アジア競技大会（8月25日～30日，インドネシア・ジャカルタ）
- ⑦第73回国民体育大会（10月5日～9日，福井県営・福井）

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でパンニング撮影した。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。また尾縣（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。競技パフォーマンスとの関係について検討するために、レース記録と算出項目に関してピアソンの積率相関係数を算出した。有意水準は5%未満とした。

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。図1から図7には、各レースにおける区間スピードの変化をそれぞれ示した。図8は、レース記録とレース中の最高区間速度の関係について示したものである。分析した全レースのレース記録と最高区間速度の間に、強い負の相関関係がみられた($r=-0.901$, $p<0.01$)。また、分析対象とした競技会のうち、5レース以上出場していた2名の選手(金井選手, 高山選手)に関して、出場したレースにおけるレース記録と最高区間速度の関係について検討した。その結果、金井選手は強い負の相関関係がみられ($r=-0.879$, $p<0.05$)、高山選手は有意ではないものの、中程度の負の相関関係がみられた($r=-0.692$)。以上のことから、レース記録が高い選手ほど最高区間速度が高く、個人内でも同様の傾向がみられることが明らかになった。

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.
- 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。佐々木秀幸ほか監修 日本陸上競技連盟強化本部バイオメカニクス研究班編 世界一流陸上競技者の技術。ベースボールマガジン社: 東京, 66-87.
- 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.

表1 レース分析結果 (180429 織田記念 A決勝)

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	福井県スポ	13.52	+2.6	タッチダウンタイム(秒)	2.60	3.66	4.71	5.75	6.78	7.83	8.90	9.96	11.05	12.13	13.52
					区間タイム(秒)	2.60	1.06	1.05	1.04	1.03	1.05	1.07	1.06	1.09	1.08	1.39
					インターバルランタイム(秒)		0.55	0.53	0.54	0.53	0.56	0.57	0.54	0.60	0.56	
					ハードリングタイム(秒)		0.51	0.51	0.50	0.50	0.49	0.50	0.52	0.50	0.52	0.50
					区間スピード(m/秒)	5.89	8.62	8.70	8.79	8.87	8.70	8.54	8.62	8.39	8.46	8.94
2	古谷 拓夢	早大	13.57	+2.6	タッチダウンタイム(秒)	2.67	3.74	4.77	5.81	6.87	7.91	8.96	10.02	11.10	12.18	13.57
					区間タイム(秒)	2.67	1.07	1.03	1.04	1.06	1.04	1.05	1.06	1.08	1.08	1.39
					インターバルランタイム(秒)		0.57	0.55	0.58	0.59	0.55	0.56	0.58	0.60	0.59	
					ハードリングタイム(秒)		0.50	0.48	0.46	0.47	0.49	0.48	0.48	0.48	0.49	0.50
					区間スピード(m/秒)	5.74	8.54	8.87	8.79	8.62	8.79	8.70	8.62	8.46	8.46	8.94
3	大室 秀樹	大塚製薬	13.57	+2.6	タッチダウンタイム(秒)	2.61	3.69	4.74	5.78	6.83	7.89	8.94	10.00	11.07	12.17	13.57
					区間タイム(秒)	2.61	1.08	1.05	1.04	1.05	1.06	1.05	1.06	1.07	1.10	1.40
					インターバルランタイム(秒)		0.58	0.55	0.54	0.55	0.55	0.54	0.56	0.58	0.60	
					ハードリングタイム(秒)		0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.51	0.50	0.49	0.50	0.49
					区間スピード(m/秒)	5.87	8.46	8.70	8.79	8.70	8.62	8.70	8.62	8.54	8.31	8.87
4	栗木アンソニー	国武大	13.64	+2.6	タッチダウンタイム(秒)	2.66	3.73	4.77	5.82	6.86	7.92	8.98	10.04	11.12	12.22	13.64
					区間タイム(秒)	2.66	1.07	1.04	1.05	1.04	1.06	1.06	1.06	1.08	1.10	1.42
					インターバルランタイム(秒)		0.58	0.57	0.59	0.58	0.60	0.60	0.58	0.61	0.63	
					ハードリングタイム(秒)		0.49	0.48	0.46	0.46	0.46	0.46	0.47	0.47	0.47	0.48
					区間スピード(m/秒)	5.76	8.54	8.79	8.70	8.79	8.62	8.62	8.62	8.46	8.31	8.75
5	高山 峻野	ゼンリン	13.76	+2.6	タッチダウンタイム(秒)	2.64	3.71	4.78	5.83	6.89	7.95	9.01	10.09	11.20	12.32	13.76
					区間タイム(秒)	2.64	1.07	1.07	1.05	1.06	1.06	1.06	1.08	1.11	1.12	1.44
					インターバルランタイム(秒)		0.56	0.57	0.55	0.57	0.56	0.57	0.60	0.61	0.61	
					ハードリングタイム(秒)		0.51	0.50	0.50	0.49	0.49	0.49	0.48	0.50	0.51	0.52
					区間スピード(m/秒)	5.80	8.54	8.54	8.70	8.62	8.62	8.62	8.46	8.23	8.16	8.63
6	佐藤 大志	日立化成	13.82	+2.6	タッチダウンタイム(秒)	2.64	3.72	4.79	5.84	6.90	7.97	9.05	10.15	11.27	12.39	13.82
					区間タイム(秒)	2.64	1.08	1.07	1.05	1.06	1.07	1.08	1.10	1.12	1.12	1.43
					インターバルランタイム(秒)		0.58	0.60	0.58	0.60	0.60	0.60	0.61	0.64	0.61	
					ハードリングタイム(秒)		0.49	0.48	0.47	0.46	0.47	0.48	0.49	0.48	0.50	0.49
					区間スピード(m/秒)	5.80	8.46	8.54	8.70	8.62	8.54	8.46	8.31	8.16	8.16	8.69
7	石川 周平	筑波大	13.85	+2.6	タッチダウンタイム(秒)	2.69	3.77	4.81	5.87	6.93	8.00	9.08	10.18	11.29	12.41	13.85
					区間タイム(秒)	2.69	1.08	1.04	1.06	1.06	1.07	1.08	1.10	1.11	1.12	1.44
					インターバルランタイム(秒)		0.59	0.55	0.60	0.59	0.61	0.62	0.63	0.64	0.65	
					ハードリングタイム(秒)		0.49	0.48	0.46	0.47	0.46	0.46	0.46	0.46	0.47	0.48
					区間スピード(m/秒)	5.70	8.46	8.79	8.62	8.62	8.54	8.46	8.31	8.23	8.16	8.63
8	増野 元太	ヤマダ電機	13.88	+2.6	タッチダウンタイム(秒)	2.57	3.78	4.91	5.97	7.03	8.09	9.15	10.22	11.32	12.40	13.88
					区間タイム(秒)	2.57	1.21	1.13	1.06	1.06	1.06	1.06	1.07	1.10	1.08	1.48
					インターバルランタイム(秒)		0.77	0.58	0.56	0.58	0.58	0.57	0.60	0.61	0.59	
					ハードリングタイム(秒)		0.44	0.55	0.50	0.48	0.48	0.48	0.47	0.49	0.50	0.47
					区間スピード(m/秒)	5.96	7.55	8.09	8.62	8.62	8.62	8.62	8.54	8.31	8.46	8.39

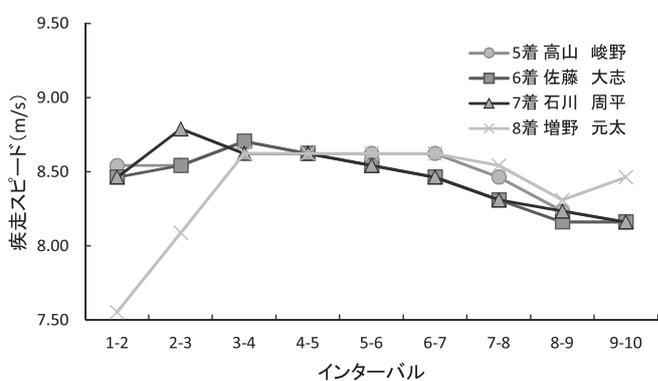
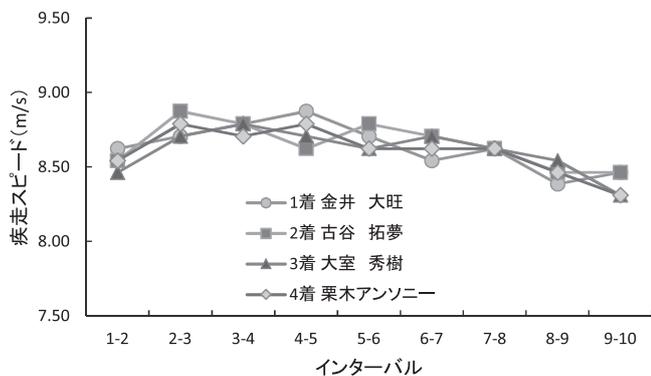


図1 レース中における疾走速度の変化 (180429 織田記念 A決勝)

表2 レース分析結果 (180506 木南杯 決勝)

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	ヤマダ電機	13.64	+1.6	タッチダウンタイム(秒)	2.61	3.66	4.73	5.77	6.83	7.87	8.91	10.00	11.10	12.20	13.64	
					区間タイム(秒)	2.61	1.05	1.07	1.04	1.06	1.04	1.04	1.09	1.10	1.11	1.11	1.44
					インターバルランタイム(秒)		0.57	0.58	0.56	0.56	0.55	0.55	0.60	0.60	0.59		
					ハードリングタイム(秒)		0.52	0.48	0.49	0.48	0.50	0.49	0.48	0.49	0.50	0.52	
					区間スピード(m/秒)	5.86	8.74	8.57	8.77	8.60	8.77	8.81	8.40	8.31	8.25	8.65	
2	佐藤 大志	日立化成	13.72	+1.6	タッチダウンタイム(秒)	2.58	3.67	4.76	5.82	6.87	7.93	9.00	10.08	11.18	12.28	13.72	
					区間タイム(秒)	2.58	1.08	1.09	1.06	1.05	1.06	1.06	1.08	1.10	1.10	1.44	
					インターバルランタイム(秒)		0.61	0.60	0.58	0.58	0.58	0.58	0.60	0.60	0.61		
					ハードリングタイム(秒)		0.50	0.47	0.49	0.48	0.48	0.48	0.49	0.48	0.50	0.50	
					区間スピード(m/秒)	5.93	8.44	8.37	8.64	8.67	8.60	8.60	8.47	8.28	8.28	8.65	
3	札幌 大輝	ヤマダ電機	13.83	+1.6	タッチダウンタイム(秒)	2.65	3.72	4.79	5.85	6.90	7.95	9.03	10.12	11.22	12.34	13.83	
					区間タイム(秒)	2.65	1.08	1.07	1.07	1.05	1.05	1.08	1.09	1.10	1.12	1.49	
					インターバルランタイム(秒)		0.59	0.58	0.58	0.58	0.58	0.60	0.60	0.63	0.63		
					ハードリングタイム(秒)		0.49	0.49	0.49	0.49	0.47	0.48	0.47	0.49	0.48	0.49	
					区間スピード(m/秒)	5.79	8.50	8.57	8.57	8.74	8.67	8.50	8.37	8.31	8.15	8.34	
4	鍵本 真啓	立命館大	13.91	+1.6	タッチダウンタイム(秒)	2.65	3.72	4.80	5.86	6.94	8.00	9.10	10.20	11.33	12.47	13.91	
					区間タイム(秒)	2.65	1.07	1.08	1.06	1.08	1.06	1.09	1.11	1.13	1.13	1.44	
					インターバルランタイム(秒)		0.56	0.57	0.56	0.56	0.55	0.57	0.58	0.59	0.60		
					ハードリングタイム(秒)		0.53	0.50	0.51	0.50	0.52	0.51	0.52	0.53	0.54	0.54	
					区間スピード(m/秒)	5.77	8.57	8.47	8.60	8.47	8.60	8.37	8.25	8.09	8.06	8.61	
5	田中 新也	K-plus	13.96	+1.6	タッチダウンタイム(秒)	2.63	3.78	4.87	5.95	7.03	8.10	9.16	10.28	11.38	12.50	13.96	
					区間タイム(秒)	2.63	1.15	1.08	1.09	1.08	1.06	1.07	1.12	1.10	1.13	1.46	
					インターバルランタイム(秒)		0.63	0.57	0.58	0.58	0.57	0.58	0.61	0.59	0.61		
					ハードリングタイム(秒)		0.52	0.53	0.52	0.50	0.50	0.49	0.48	0.51	0.51	0.51	
					区間スピード(m/秒)	5.82	7.95	8.44	8.40	8.47	8.60	8.57	8.19	8.31	8.12	8.53	
6	畑中 悠志	大体大	14.11	+1.6	タッチダウンタイム(秒)	2.65	3.76	4.88	5.98	7.07	8.16	9.28	10.40	11.53	12.65	14.11	
					区間タイム(秒)	2.65	1.12	1.11	1.10	1.09	1.10	1.12	1.12	1.13	1.12	1.46	
					インターバルランタイム(秒)		0.58	0.58	0.56	0.56	0.58	0.58	0.58	0.58	0.59		
					ハードリングタイム(秒)		0.52	0.53	0.53	0.54	0.53	0.52	0.53	0.54	0.55	0.53	
					区間スピード(m/秒)	5.79	8.19	8.22	8.31	8.37	8.34	8.19	8.15	8.09	8.15	8.51	
7	前田 紘毅	立命館大	14.11	+1.6	タッチダウンタイム(秒)	2.65	3.75	4.82	5.91	6.99	8.09	9.18	10.31	11.45	12.59	14.11	
					区間タイム(秒)	2.65	1.10	1.08	1.09	1.08	1.10	1.09	1.13	1.14	1.14	1.52	
					インターバルランタイム(秒)		0.55	0.55	0.56	0.57	0.58	0.57	0.60	0.62	0.60		
					ハードリングタイム(秒)		0.55	0.54	0.53	0.53	0.51	0.52	0.52	0.54	0.53	0.54	
					区間スピード(m/秒)	5.78	8.34	8.50	8.37	8.47	8.34	8.40	8.06	8.01	8.04	8.16	
8	川村 直也	筑波大	14.14	+1.6	タッチダウンタイム(秒)	2.73	3.84	4.94	6.05	7.13	8.23	9.32	10.43	11.53	12.67	14.14	
					区間タイム(秒)	2.73	1.11	1.10	1.11	1.08	1.10	1.09	1.11	1.11	1.13	1.47	
					インターバルランタイム(秒)		0.59	0.60	0.61	0.59	0.60	0.58	0.60	0.59	0.62		
					ハードリングタイム(秒)		0.53	0.52	0.50	0.50	0.49	0.50	0.50	0.51	0.52	0.52	
					区間スピード(m/秒)	5.62	8.22	8.31	8.22	8.44	8.34	8.40	8.25	8.25	8.06	8.43	

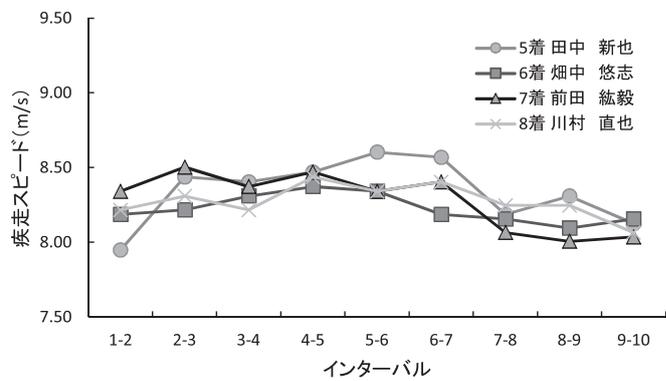
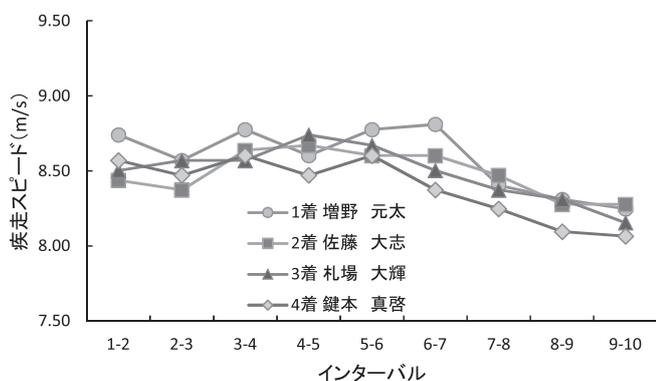


図2 レース中における疾走速度の変化 (180506 木南杯 決勝)

表3 レース分析結果 (180520GGP 大阪 決勝)

順位	選手名	所属	記録	風	ハードル 区間	インターバル										
						app	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	run-in
1	CHEN Kuei-ru	TPE	13.49	-0.4	タッチダウンタイム(秒)	2.60	3.66	4.71	5.75	6.78	7.83	8.90	9.96	11.05	12.13	13.49
					区間タイム(秒)	2.60	1.06	1.05	1.04	1.03	1.05	1.07	1.06	1.09	1.08	1.36
					インターバルランタイム(秒)		0.55	0.53	0.54	0.53	0.56	0.57	0.54	0.60	0.56	
					ハードリングタイム(秒)		0.51	0.51	0.50	0.50	0.49	0.50	0.52	0.50	0.52	0.50
					区間スピード(m/秒)	5.89	8.62	8.70	8.79	8.87	8.70	8.54	8.62	8.39	8.46	9.13
2	金井 大旺	福井県スポ協	13.53	-0.4	タッチダウンタイム(秒)	2.67	3.74	4.77	5.81	6.87	7.91	8.96	10.02	11.10	12.18	13.53
					区間タイム(秒)	2.67	1.07	1.03	1.04	1.06	1.04	1.05	1.06	1.08	1.08	1.35
					インターバルランタイム(秒)		0.57	0.55	0.58	0.59	0.55	0.56	0.58	0.60	0.59	
					ハードリングタイム(秒)		0.50	0.48	0.46	0.47	0.49	0.48	0.48	0.48	0.49	0.50
					区間スピード(m/秒)	5.74	8.54	8.87	8.79	8.62	8.79	8.70	8.62	8.46	8.46	9.20
3	高山 峻野	ゼンリン	13.55	-0.4	タッチダウンタイム(秒)	2.61	3.69	4.74	5.78	6.83	7.89	8.94	10.00	11.07	12.17	13.55
					区間タイム(秒)	2.61	1.08	1.05	1.04	1.05	1.06	1.05	1.06	1.07	1.10	1.38
					インターバルランタイム(秒)		0.58	0.55	0.54	0.55	0.55	0.54	0.56	0.58	0.60	
					ハードリングタイム(秒)		0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.51	0.50	0.49	0.50	0.49
					区間スピード(m/秒)	5.87	8.46	8.70	8.79	8.70	8.62	8.70	8.62	8.54	8.31	9.00
4	古谷 拓夢	早大	13.61	-0.4	タッチダウンタイム(秒)	2.66	3.73	4.77	5.82	6.86	7.92	8.98	10.04	11.12	12.22	13.61
					区間タイム(秒)	2.66	1.07	1.04	1.05	1.04	1.06	1.06	1.06	1.08	1.10	1.39
					インターバルランタイム(秒)		0.58	0.57	0.59	0.58	0.60	0.60	0.58	0.61	0.63	
					ハードリングタイム(秒)		0.49	0.48	0.46	0.46	0.46	0.46	0.47	0.47	0.47	0.48
					区間スピード(m/秒)	5.76	8.54	8.79	8.70	8.79	8.62	8.62	8.62	8.46	8.31	8.94
5	栗木アンソニー	国武大	13.64	-0.4	タッチダウンタイム(秒)	2.64	3.71	4.78	5.83	6.89	7.95	9.01	10.09	11.17	12.25	13.64
					区間タイム(秒)	2.64	1.07	1.07	1.05	1.06	1.06	1.06	1.08	1.08	1.08	1.39
					インターバルランタイム(秒)		0.56	0.57	0.55	0.57	0.56	0.57	0.60	0.60	0.61	
					ハードリングタイム(秒)		0.51	0.50	0.50	0.49	0.49	0.49	0.48	0.47	0.48	0.48
					区間スピード(m/秒)	5.80	8.54	8.54	8.70	8.62	8.62	8.62	8.46	8.47	8.44	8.94
6	KIM Byoungjur	KOR	13.85	-0.4	タッチダウンタイム(秒)	2.64	3.73	4.80	5.85	6.91	7.97	9.04	10.15	11.23	12.34	13.85
					区間タイム(秒)	2.64	1.09	1.07	1.05	1.06	1.06	1.07	1.11	1.08	1.11	1.51
					インターバルランタイム(秒)		0.61	0.58	0.56	0.58	0.60	0.60	0.65	0.59	0.63	
					ハードリングタイム(秒)		0.48	0.49	0.49	0.48	0.46	0.47	0.47	0.49	0.48	0.47
					区間スピード(m/秒)	5.80	8.39	8.54	8.70	8.62	8.62	8.54	8.23	8.46	8.23	8.23

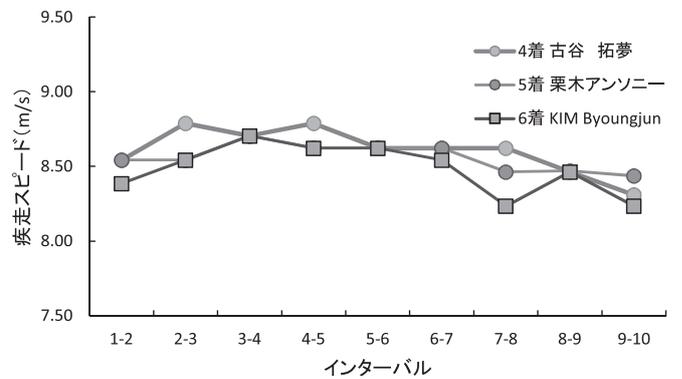
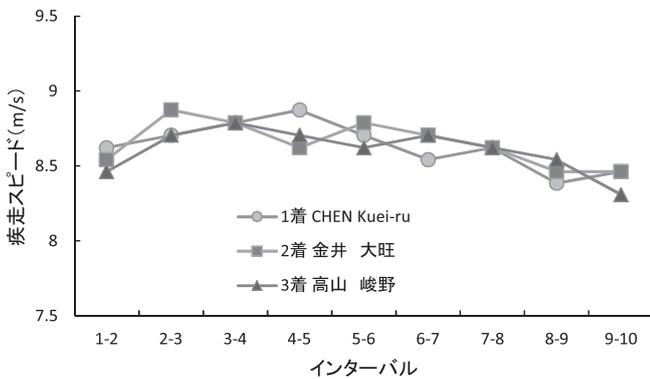


図3 レース中における疾走速度の変化 (180520GGP 大阪 決勝)

表4 レース分析結果 (180603 布勢スプリント A決勝)

順位	選手名	所属	記録	風	ハードル 区間	インターバル										
						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	福井県体協	13.52	+0.5	タッチダウンタイム(秒)	2.58	3.63	4.67	5.73	6.75	7.80	8.85	9.92	10.99	12.10	13.52
					区間タイム(秒)	2.58	1.05	1.04	1.06	1.02	1.06	1.05	1.07	1.07	1.10	1.42
					インターバルランタイム(秒)		0.55	0.55	0.55	0.54	0.55	0.57	0.57	0.58	0.59	
					ハードリングタイム(秒)		0.51	0.51	0.48	0.51	0.48	0.50	0.48	0.50	0.49	0.51
					区間スピード(m/秒)	5.95	8.67	8.81	8.64	8.95	8.64	8.70	8.57	8.54	8.28	8.72
2	高山 峻野	ゼンリン	13.67	+0.5	タッチダウンタイム(秒)	2.63	3.69	4.74	5.79	6.83	7.88	8.96	10.03	11.11	12.20	13.67
					区間タイム(秒)	2.63	1.06	1.05	1.05	1.03	1.06	1.08	1.08	1.08	1.09	1.47
					インターバルランタイム(秒)		0.57	0.58	0.57	0.56	0.58	0.59	0.59	0.58	0.60	
					ハードリングタイム(秒)		0.51	0.49	0.48	0.48	0.47	0.48	0.49	0.49	0.49	0.50
					区間スピード(m/秒)	5.84	8.60	8.67	8.70	8.85	8.64	8.50	8.50	8.50	8.37	8.45
3	尾形 晃広	ゴールドジム	13.71	+0.5	タッチダウンタイム(秒)	2.58	3.64	4.69	5.73	6.77	7.82	8.89	9.98	11.07	12.18	13.71
					区間タイム(秒)	2.58	1.07	1.05	1.04	1.04	1.05	1.07	1.08	1.10	1.11	1.53
					インターバルランタイム(秒)		0.58	0.57	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.60	0.62	
					ハードリングタイム(秒)		0.52	0.48	0.48	0.47	0.47	0.47	0.49	0.50	0.49	0.50
					区間スピード(m/秒)	5.95	8.57	8.74	8.77	8.77	8.70	8.54	8.44	8.34	8.22	8.14
4	石川 周平	筑波大	13.86	+0.5	タッチダウンタイム(秒)	2.61	3.68	4.77	5.83	6.90	7.96	9.05	10.14	11.24	12.35	13.86
					区間タイム(秒)	2.61	1.07	1.09	1.06	1.07	1.05	1.09	1.09	1.10	1.12	1.51
					インターバルランタイム(秒)		0.61	0.62	0.60	0.60	0.60	0.62	0.62	0.62	0.62	
					ハードリングタイム(秒)		0.50	0.46	0.47	0.46	0.48	0.45	0.48	0.47	0.48	0.50
					区間スピード(m/秒)	5.86	8.54	8.40	8.60	8.54	8.67	8.37	8.40	8.31	8.19	8.25
5	和戸 達哉	麗澤瑞浪	13.88	+0.5	タッチダウンタイム(秒)	2.60	3.70	4.77	5.83	6.88	7.95	9.04	10.14	11.24	12.37	13.88
					区間タイム(秒)	2.60	1.11	1.06	1.06	1.06	1.06	1.09	1.10	1.10	1.13	1.51
					インターバルランタイム(秒)		0.63	0.60	0.59	0.59	0.60	0.61	0.62	0.62	0.63	
					ハードリングタイム(秒)		0.47	0.48	0.47	0.47	0.47	0.47	0.48	0.49	0.48	0.50
					区間スピード(m/秒)	5.90	8.25	8.60	8.64	8.64	8.60	8.37	8.28	8.31	8.12	8.21
6	鍵本 真啓	立命館大	13.93	+0.5	タッチダウンタイム(秒)	2.65	3.74	4.80	5.86	6.93	8.02	9.11	10.23	11.33	12.46	13.93
					区間タイム(秒)	2.65	1.08	1.06	1.06	1.07	1.09	1.10	1.11	1.10	1.13	1.47
					インターバルランタイム(秒)		0.55	0.55	0.56	0.56	0.57	0.57	0.59	0.59	0.60	
					ハードリングタイム(秒)		0.54	0.53	0.52	0.50	0.51	0.52	0.53	0.53	0.51	0.53
					区間スピード(m/秒)	5.77	8.44	8.60	8.60	8.57	8.40	8.34	8.22	8.31	8.06	8.44
7	田中 新也	kplus	14.25	+0.5	タッチダウンタイム(秒)	2.65	3.75	4.83	5.92	7.00	8.11	9.25	10.38	11.53	12.70	14.25
					区間タイム(秒)	2.65	1.10	1.08	1.09	1.08	1.11	1.14	1.13	1.14	1.18	1.55
					インターバルランタイム(秒)		0.58	0.60	0.60	0.59	0.61	0.62	0.62	0.63	0.65	
					ハードリングタイム(秒)		0.53	0.52	0.48	0.49	0.49	0.50	0.52	0.51	0.51	0.53
					区間スピード(m/秒)	5.77	8.31	8.47	8.40	8.47	8.22	8.01	8.09	8.01	7.78	8.01

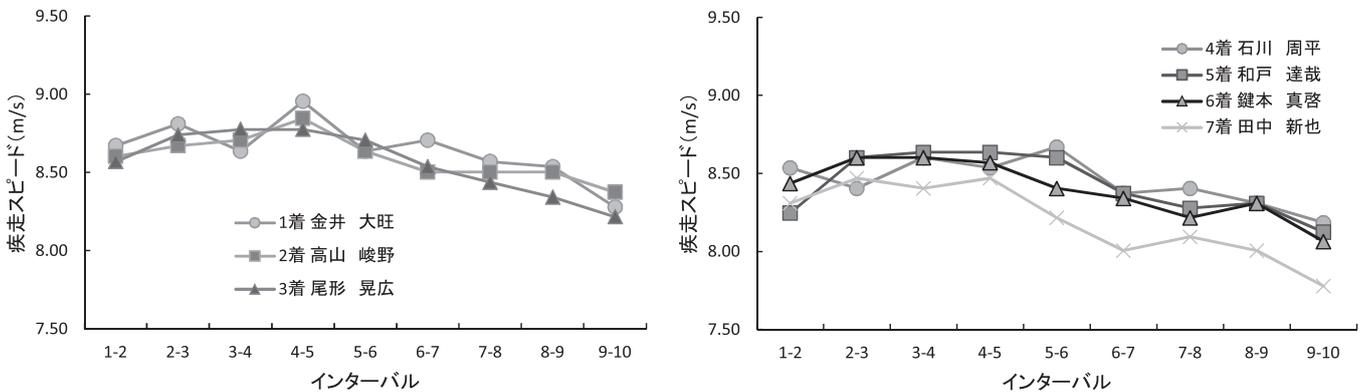


図4 レース中における疾走速度の変化 (180603 布勢スプリント A決勝)

表5 レース分析結果 (180624 日本選手権 決勝)

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	福井県スポ協	13.36	NR	+0.7	タッチダウンタイム(秒)	2.56	3.60	4.62	5.66	6.68	7.71	8.77	9.83	10.89	11.96	13.36
						区間タイム(秒)	2.56	1.04	1.02	1.04	1.03	1.03	1.05	1.06	1.06	1.08	1.40
						インターバルランタイム(秒)		0.55	0.53	0.54	0.55	0.54	0.56	0.56	0.57	0.57	
						ハードリングタイム(秒)		0.51	0.50	0.49	0.50	0.48	0.49	0.49	0.50	0.50	0.50
						区間スピード(m/秒)	5.99	8.77	8.95	8.81	8.92	8.88	8.67	8.64	8.60	8.50	8.50
2	高山 峻野	ゼンリン	13.45	+0.7	+0.7	タッチダウンタイム(秒)	2.56	3.60	4.63	5.66	6.69	7.72	8.77	9.84	10.90	12.01	13.45
						区間タイム(秒)	2.56	1.04	1.03	1.03	1.03	1.03	1.05	1.07	1.07	1.10	1.44
						インターバルランタイム(秒)		0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.58	0.58	0.59	0.60	
						ハードリングタイム(秒)		0.50	0.48	0.46	0.47	0.47	0.47	0.48	0.49	0.48	0.50
						区間スピード(m/秒)	5.98	8.81	8.92	8.85	8.88	8.88	8.67	8.57	8.57	8.28	8.62
3	田中 新也	K-plus	13.64	+0.7	+0.7	タッチダウンタイム(秒)	2.60	3.66	4.70	5.73	6.83	7.90	8.98	10.06	11.15	12.23	13.64
						区間タイム(秒)	2.60	1.06	1.05	1.03	1.09	1.07	1.09	1.08	1.09	1.08	1.41
						インターバルランタイム(秒)		0.56	0.56	0.54	0.59	0.57	0.58	0.58	0.58	0.58	
						ハードリングタイム(秒)		0.54	0.50	0.49	0.49	0.50	0.50	0.51	0.50	0.50	0.51
						区間スピード(m/秒)	5.89	8.64	8.74	8.88	8.37	8.54	8.40	8.47	8.40	8.44	8.83
4	札幌 大輝	ヤマダ電機	13.76	+0.7	+0.7	タッチダウンタイム(秒)	2.68	3.75	4.82	5.85	6.92	7.97	9.04	10.11	11.20	12.32	13.76
						区間タイム(秒)	2.68	1.07	1.07	1.04	1.07	1.05	1.07	1.07	1.09	1.12	1.44
						インターバルランタイム(秒)		0.59	0.58	0.56	0.58	0.58	0.60	0.60	0.61	0.62	
						ハードリングタイム(秒)		0.50	0.48	0.49	0.48	0.49	0.48	0.47	0.47	0.48	0.50
						区間スピード(m/秒)	5.72	8.57	8.54	8.81	8.57	8.70	8.54	8.57	8.37	8.19	8.61
5	尾形 晃広	ゴールド ジム	13.80	+0.7	+0.7	タッチダウンタイム(秒)	2.62	3.69	4.75	5.78	6.86	7.95	9.03	10.11	11.20	12.32	13.80
						区間タイム(秒)	2.62	1.07	1.06	1.03	1.08	1.09	1.08	1.08	1.08	1.12	1.48
						インターバルランタイム(秒)		0.58	0.57	0.55	0.59	0.58	0.58	0.60	0.59	0.63	
						ハードリングタイム(秒)		0.52	0.49	0.49	0.48	0.48	0.51	0.50	0.49	0.49	0.49
						区間スピード(m/秒)	5.85	8.54	8.64	8.85	8.50	8.37	8.47	8.44	8.44	8.15	8.37
6	石川 周平	筑波大	13.81	+0.7	+0.7	タッチダウンタイム(秒)	2.60	3.69	4.76	5.81	6.89	7.97	9.04	10.12	11.22	12.34	13.81
						区間タイム(秒)	2.60	1.09	1.07	1.05	1.08	1.08	1.07	1.08	1.10	1.12	1.47
						インターバルランタイム(秒)		0.61	0.61	0.58	0.60	0.61	0.60	0.61	0.62	0.63	
						ハードリングタイム(秒)		0.48	0.48	0.46	0.47	0.48	0.47	0.46	0.48	0.48	0.49
						区間スピード(m/秒)	5.90	8.37	8.54	8.67	8.47	8.47	8.57	8.44	8.31	8.19	8.43
7	増野 元太	ヤマダ電機	13.82	+0.7	+0.7	タッチダウンタイム(秒)	2.61	3.68	4.72	5.76	6.81	7.87	8.95	10.08	11.20	12.30	13.82
						区間タイム(秒)	2.61	1.06	1.05	1.04	1.05	1.06	1.08	1.13	1.12	1.11	1.52
						インターバルランタイム(秒)		0.57	0.55	0.56	0.57	0.57	0.59	0.62	0.61	0.60	
						ハードリングタイム(秒)		0.49	0.49	0.49	0.48	0.48	0.49	0.49	0.51	0.51	0.50
						区間スピード(m/秒)	5.86	8.60	8.74	8.81	8.70	8.60	8.47	8.12	8.15	8.25	8.19
8	和戸 達哉	麗澤瑞浪AC	13.91	+0.7	+0.7	タッチダウンタイム(秒)	2.55	3.64	4.70	5.74	6.83	7.92	9.01	10.13	11.26	12.40	13.91
						区間タイム(秒)	2.55	1.09	1.06	1.05	1.09	1.09	1.09	1.13	1.13	1.14	1.51
						インターバルランタイム(秒)		0.62	0.59	0.59	0.60	0.60	0.60	0.63	0.64	0.65	
						ハードリングタイム(秒)		0.48	0.47	0.47	0.46	0.49	0.49	0.49	0.50	0.49	0.50
						区間スピード(m/秒)	6.01	8.40	8.64	8.74	8.37	8.40	8.40	8.12	8.12	8.01	8.23

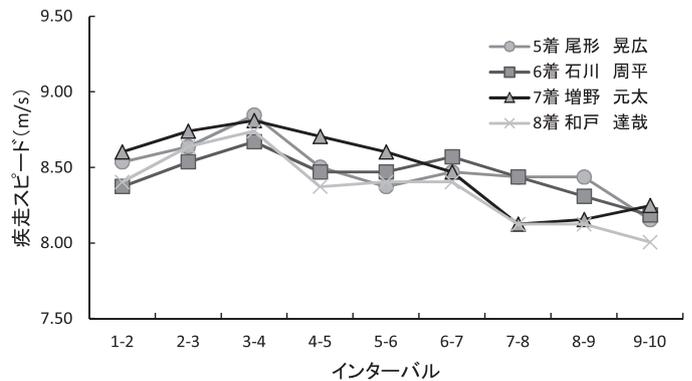
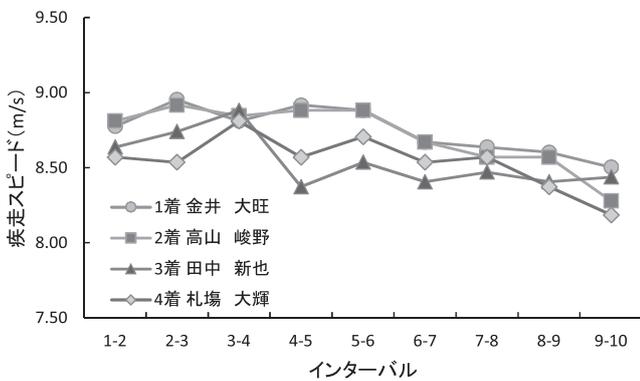


図5 レース中における疾走速度の変化 (180624 日本選手権 決勝)

表6 レース分析結果 (180828 アジア大会 決勝)

順位	選手名	所属	記録	風	区間	app	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	run-in	
						タッチダウンタイム(秒)	区間タイム(秒)	区間スピード(m/秒)									
1	XIE Wenjun	CHN	13.34	0	タッチダウンタイム(秒)	2.58	3.63	4.66	5.69	6.71	7.73	8.76	9.81	10.85	11.93	13.34	
					区間タイム(秒)	2.58	1.05	1.03	1.03	1.02	1.02	1.03	1.05	1.05	1.08	1.41	
					区間スピード(m/秒)	5.95	8.67	8.85	8.92	8.95	8.95	8.85	8.74	8.74	8.47	8.83	
2	CHEN Kueiru	TPE	13.39	0	タッチダウンタイム(秒)	2.53	3.60	4.62	5.64	6.67	7.69	8.71	9.78	10.83	11.94	13.39	
					区間タイム(秒)	2.53	1.07	1.03	1.02	1.03	1.02	1.06	1.06	1.10	1.45		
					区間スピード(m/秒)	6.07	8.54	8.92	8.95	8.92	8.92	8.95	8.60	8.64	8.28	8.55	
3	TAKAYAMA Shunya	JPN	13.48	0	タッチダウンタイム(秒)	2.56	3.60	4.63	5.66	6.70	7.74	8.78	9.85	10.93	12.03	13.48	
					区間タイム(秒)	2.56	1.04	1.03	1.03	1.03	1.04	1.04	1.07	1.08	1.09	1.46	
					区間スピード(m/秒)	5.99	8.77	8.85	8.88	8.85	8.77	8.77	8.54	8.44	8.37	8.54	
4	ALMUWALLAD Ahmed Khade	KSA	13.5	0	タッチダウンタイム(秒)	2.53	3.58	4.62	5.63	6.66	7.70	8.73	9.82	10.92	12.03	13.50	
					区間タイム(秒)	2.53	1.05	1.04	1.02	1.03	1.04	1.09	1.10	1.11	1.48		
					区間スピード(m/秒)	6.07	8.67	8.81	8.99	8.88	8.85	8.81	8.40	8.34	8.25	8.42	
5	KIM Byoungjun	KOR	13.57	0	タッチダウンタイム(秒)	2.62	3.69	4.72	5.75	6.79	7.82	8.86	9.93	11.00	12.09	13.57	
					区間タイム(秒)	2.62	1.07	1.03	1.03	1.04	1.03	1.04	1.06	1.08	1.09	1.48	
					区間スピード(m/秒)	5.85	8.57	8.85	8.92	8.77	8.85	8.77	8.60	8.50	8.40	8.38	
6	ZENG Jianhang	CHN	13.65	0	タッチダウンタイム(秒)	2.63	3.66	4.70	5.76	6.79	7.85	8.90	9.98	11.06	12.19	13.65	
					区間タイム(秒)	2.63	1.03	1.04	1.06	1.03	1.06	1.04	1.08	1.13	1.46		
					区間スピード(m/秒)	5.83	8.88	8.77	8.64	8.85	8.60	8.77	8.47	8.44	8.09	8.49	
7	KANAI Taioh	JPN	13.74	0	タッチダウンタイム(秒)	2.58	3.65	4.70	5.76	6.82	7.88	8.96	10.06	11.16	12.28	13.74	
					区間タイム(秒)	2.58	1.07	1.05	1.05	1.06	1.06	1.08	1.10	1.10	1.12	1.46	
					区間スピード(m/秒)	5.93	8.57	8.67	8.67	8.60	8.64	8.44	8.31	8.34	8.15	8.50	
8	YANG Weiting	TPE	13.75	0	タッチダウンタイム(秒)	2.62	3.68	4.72	5.76	6.82	7.87	8.95	10.05	11.13	12.29	13.75	
					区間タイム(秒)	2.62	1.06	1.04	1.04	1.06	1.05	1.09	1.09	1.08	1.16	1.46	
					区間スピード(m/秒)	5.85	8.60	8.81	8.81	8.64	8.70	8.40	8.37	8.44	7.89	8.49	

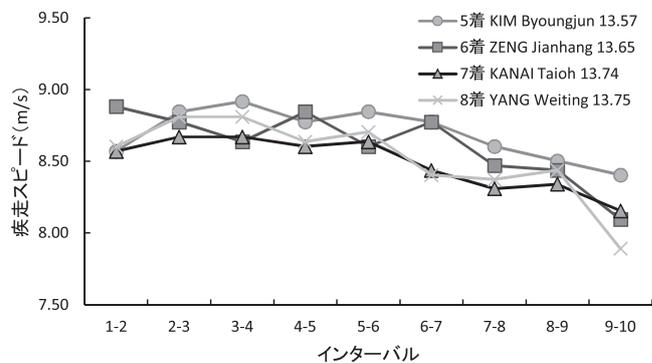
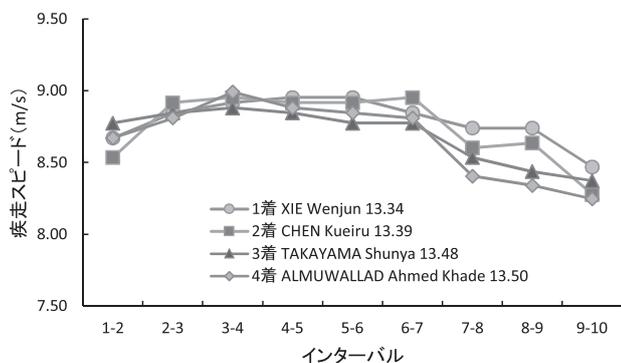


図6 レース中における疾走速度の変化 (180828 アジア大会 決勝)

表7 レース分析結果 (181008 国民体育大会 決勝)

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	福井県スポーツ協会	13.46	+1.2	タッチダウンタイム(秒)	2.56	3.63	4.66	5.70	6.73	7.78	8.83	9.88	10.95	12.03	13.46	
					区間タイム(秒)	2.56	1.07	1.03	1.04	1.03	1.04	1.05	1.06	1.07	1.08	1.08	1.43
					インターバルランタイム(秒)		0.56	0.54	0.54	0.54	0.55	0.55	0.55	0.57	0.58		
					ハードリングタイム(秒)		0.50	0.51	0.49	0.50	0.49	0.49	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
					区間スピード(m/秒)	5.99	8.54	8.88	8.77	8.85	8.77	8.70	8.64	8.54	8.50	8.50	8.68
2	増野 元太	ヤマダ電機	13.50	+1.2	タッチダウンタイム(秒)	2.60	3.65	4.67	5.70	6.74	7.78	8.84	9.91	10.98	12.07	13.50	
					区間タイム(秒)	2.60	1.05	1.02	1.03	1.04	1.04	1.07	1.07	1.07	1.10	1.10	1.43
					インターバルランタイム(秒)		0.55	0.53	0.55	0.56	0.56	0.58	0.58	0.59	0.60		
					ハードリングタイム(秒)		0.50	0.50	0.49	0.48	0.48	0.48	0.49	0.49	0.48	0.50	
					区間スピード(m/秒)	5.88	8.74	8.95	8.92	8.77	8.81	8.57	8.57	8.57	8.34	8.69	
3	尾形 晃広	GOLD'S GYM	13.65	+1.2	タッチダウンタイム(秒)	2.60	3.66	4.72	5.75	6.80	7.87	8.93	10.00	11.08	12.18	13.65	
					区間タイム(秒)	2.60	1.06	1.06	1.03	1.05	1.06	1.06	1.07	1.08	1.11	1.47	
					インターバルランタイム(秒)		0.57	0.57	0.55	0.56	0.56	0.57	0.58	0.59	0.62		
					ハードリングタイム(秒)		0.54	0.50	0.49	0.48	0.49	0.50	0.49	0.49	0.48	0.49	
					区間スピード(m/秒)	5.89	8.60	8.64	8.88	8.67	8.60	8.60	8.54	8.50	8.25	8.47	
4	石川 周平	筑波大	13.74	+1.2	タッチダウンタイム(秒)	2.59	3.67	4.74	5.80	6.87	7.93	8.99	10.07	11.15	12.27	13.74	
					区間タイム(秒)	2.59	1.08	1.07	1.06	1.07	1.06	1.06	1.08	1.08	1.11	1.47	
					インターバルランタイム(秒)		0.60	0.59	0.59	0.60	0.60	0.60	0.62	0.62	0.63		
					ハードリングタイム(秒)		0.48	0.48	0.48	0.47	0.48	0.46	0.46	0.46	0.47	0.48	
					区間スピード(m/秒)	5.92	8.44	8.57	8.64	8.54	8.60	8.60	8.47	8.44	8.22	8.43	
5	栗城アンソニー	国際武道大	13.77	+1.2	タッチダウンタイム(秒)	2.64	3.70	4.78	5.87	6.92	8.00	9.06	10.15	11.23	12.30	13.77	
					区間タイム(秒)	2.64	1.06	1.08	1.09	1.05	1.08	1.07	1.09	1.08	1.08	1.08	1.47
					インターバルランタイム(秒)		0.60	0.61	0.59	0.59	0.61	0.60	0.61	0.60	0.61		
					ハードリングタイム(秒)		0.49	0.46	0.47	0.50	0.47	0.47	0.46	0.48	0.47	0.47	
					区間スピード(m/秒)	5.80	8.60	8.50	8.40	8.67	8.50	8.57	8.40	8.50	8.47	8.47	
6	藤井 亮汰	順天堂大	13.81	+1.2	タッチダウンタイム(秒)	2.61	3.70	4.75	5.82	6.89	7.98	9.05	10.14	11.24	12.33	13.81	
					区間タイム(秒)	2.61	1.10	1.05	1.07	1.07	1.08	1.08	1.08	1.10	1.10	1.48	
					インターバルランタイム(秒)		0.56	0.55	0.57	0.56	0.56	0.55	0.56	0.57	0.59		
					ハードリングタイム(秒)		0.54	0.54	0.50	0.50	0.51	0.53	0.53	0.52	0.53	0.50	
					区間スピード(m/秒)	5.87	8.34	8.74	8.54	8.54	8.44	8.47	8.44	8.31	8.34	8.41	
7	古川 裕太郎	山形TFC	13.86	+1.2	タッチダウンタイム(秒)	2.63	3.70	4.76	5.84	6.90	7.97	9.05	10.15	11.24	12.36	13.86	
					区間タイム(秒)	2.63	1.08	1.05	1.08	1.05	1.07	1.08	1.10	1.09	1.12	1.50	
					インターバルランタイム(秒)		0.57	0.56	0.57	0.56	0.58	0.59	0.59	0.59	0.61		
					ハードリングタイム(秒)		0.52	0.51	0.49	0.52	0.50	0.49	0.50	0.51	0.50	0.51	
					区間スピード(m/秒)	5.84	8.47	8.67	8.44	8.67	8.54	8.44	8.31	8.37	8.15	8.29	
8	鍵本 真啓	立命館大	14.09	+1.2	タッチダウンタイム(秒)	2.66	3.79	4.92	5.99	7.09	8.20	9.29	10.39	11.50	12.62	14.09	
					区間タイム(秒)	2.66	1.13	1.13	1.07	1.10	1.10	1.09	1.10	1.11	1.12	1.47	
					インターバルランタイム(秒)		0.58	0.60	0.58	0.59	0.58	0.58	0.58	0.58	0.60		
					ハードリングタイム(秒)		0.53	0.55	0.53	0.49	0.52	0.53	0.52	0.53	0.53	0.53	
					区間スピード(m/秒)	5.75	8.09	8.09	8.57	8.28	8.28	8.37	8.31	8.25	8.15	8.43	

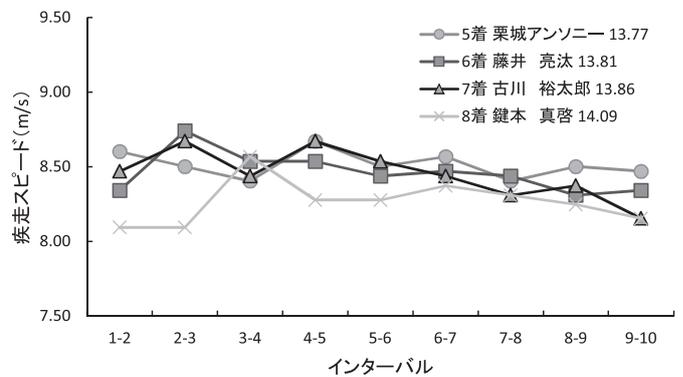
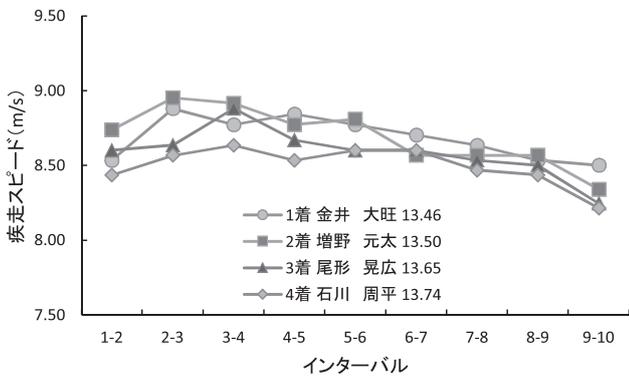


図7 レース中における疾走速度の変化 (181008 国民体育大会 決勝)

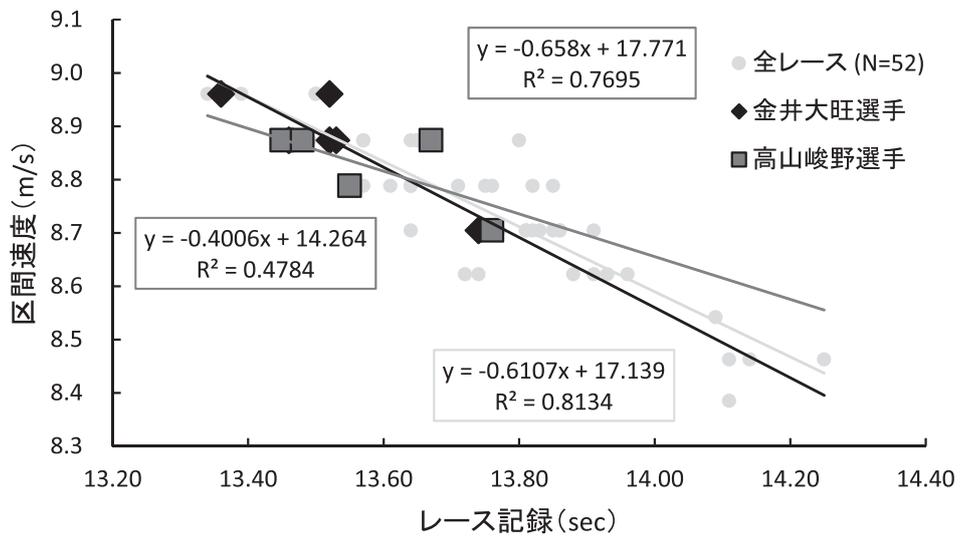


図8 レース記録と最高区間速度の関係

国内外一流女子 100m ハードルのレース分析 — 2018 シーズンの主要競技会について —

貴嶋孝太¹⁾ 柴山一仁²⁾ 杉本和那美³⁾ 森丘保典⁴⁾ 岩崎領⁵⁾ 前村公彦⁶⁾ 金子公宏⁷⁾
1) 大阪体育大学 2) 仙台大学 3) 弘前大学 4) 日本大学 5) 東京学芸大学大学院
6) 筑波大学 7) 明治大学

1. はじめに

女子 100m ハードル (以下, 「100mH」とする) において, 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). 日本陸連科学委員会では, 公認競技会における女子 100mH 選手のレース分析を行っているが, 本稿では 2018 年シーズンに国内外で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, 国内外の女子 100mH 選手のべ 58 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 第 52 回織田幹雄記念国際陸上競技大会 (4 月 29 日, 広島広域・広島)
- ② 第 5 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)
- ③ セイコーゴールデングランプリ陸上 2018 大阪 (5 月 20 日, ヤンマースタジアム長居・大阪)
- ④ 布勢スプリント 2018 (6 月 3 日, 布勢総合・鳥取)
- ⑤ 第 102 回日本陸上競技選手権大会 (6 月 22 日 ~ 24 日, 維新百年記念・山口)
- ⑥ 第 17 回 U20 世界陸上競技選手権大会 (7 月 10 日 ~ 15 日, タンペレ, フィンランド)
- ⑦ 第 73 回国民体育大会 (10 月 7 日・8 日, 福井県営・

福井)

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.

相関分析はピアソンの積率相関分析を用い, 有意水準は 5% 未満とした.

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 8 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

の疾走速度の変化を図1から図8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。

各レース（国体の少年女子Bを除く）のレース記録と最高疾走速度との間に、有意な負の相関関係（ $r=-0.917$, $p<0.01$ ）を示した（図9）。女子100mHのレース分析結果に関するこれまでの報告と同様に、レース記録には自身がレース中に発揮できる最高走速度が強く影響していることを示すものである。

本結果や貴嶋ほか（2016）が報告した回帰式、また川上ほか（2004）が示したモデルタッチダウンタイムは、選手自身がターゲットとするレース記録に対して、必要な最高疾走速度や目標となるタッチダウンタイムを示してくれる可能性があり、トレーニングにも応用できるのではないかと考える。

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—, 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. 2018.04.29_織田記念_女子 100mH A 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.
JADE BARBER	(USA)	12.98	+3.6	タッチダウンタイム (sec)	2.67	2.67	3.67	4.72	5.73	6.74	7.73	8.75	9.76	10.79	11.83
				区間タイム (sec)		1.01	1.04	1.02	1.00	1.00	1.01	1.02	1.03	1.04	1.15
				インターバルランタイム (sec)		0.55	0.63	0.59	0.57	0.57	0.59	0.59	0.59	0.61	0.71
				ハードリングタイム (sec)		0.46	0.41	0.43	0.43	0.43	0.42	0.43	0.44	0.43	0.43
				走速度(m/s)		8.42	8.15	8.35	8.49	8.53	8.39	8.35	8.28	8.15	9.15
清山ちさと	(いちご)	13.14	+3.6	タッチダウンタイム (sec)	2.67	2.67	3.74	4.77	5.80	6.82	7.82	8.85	9.89	10.92	11.98
				区間タイム (sec)		1.07	1.03	1.03	1.01	1.01	1.03	1.04	1.03	1.06	1.16
				インターバルランタイム (sec)		0.65	0.62	0.62	0.60	0.60	0.61	0.62	0.60	0.63	0.72
				ハードリングタイム (sec)		0.43	0.41	0.41	0.41	0.41	0.42	0.42	0.43	0.43	0.43
				走速度(m/s)		7.93	8.25	8.25	8.39	8.42	8.28	8.18	8.22	8.02	9.07
紫村仁美	(東邦銀行)	13.16	+3.6	タッチダウンタイム (sec)	2.65	2.65	3.73	4.77	5.79	6.84	7.85	8.88	9.91	10.96	12.02
				区間タイム (sec)		1.08	1.04	1.02	1.04	1.02	1.02	1.03	1.05	1.06	1.14
				インターバルランタイム (sec)		0.64	0.60	0.60	0.63	0.59	0.60	0.60	0.62	0.63	0.71
				ハードリングタイム (sec)		0.43	0.44	0.43	0.42	0.43	0.42	0.43	0.43	0.43	0.43
				走速度(m/s)		7.90	8.15	8.32	8.15	8.35	8.32	8.22	8.12	8.02	9.18
福部真子	(日本建設工業)	13.16	+3.6	タッチダウンタイム (sec)	2.64	2.64	3.68	4.72	5.73	6.76	7.80	8.83	9.85	10.91	11.99
				区間タイム (sec)		1.04	1.04	1.01	1.03	1.04	1.03	1.03	1.06	1.08	1.17
				インターバルランタイム (sec)		0.58	0.60	0.59	0.61	0.61	0.60	0.60	0.63	0.64	0.74
				ハードリングタイム (sec)		0.46	0.43	0.43	0.42	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43
				走速度(m/s)		8.15	8.18	8.39	8.28	8.18	8.28	8.28	8.02	7.90	8.95
KAILA BARBER	(USA)	13.21	+3.6	タッチダウンタイム (sec)	2.59	2.59	3.68	4.72	5.76	6.78	7.80	8.85	9.88	10.92	12.00
				区間タイム (sec)		1.08	1.04	1.04	1.03	1.02	1.06	1.03	1.04	1.08	1.21
				インターバルランタイム (sec)		0.65	0.58	0.61	0.60	0.60	0.65	0.59	0.61	0.65	0.77
				ハードリングタイム (sec)		0.44	0.45	0.43	0.43	0.42	0.40	0.44	0.43	0.43	0.44
				走速度(m/s)		7.84	8.18	8.18	8.28	8.35	8.06	8.25	8.18	7.90	8.67
JUNG HYE-LIM	(KOR)	13.33	+3.6	タッチダウンタイム (sec)	2.61	2.61	3.66	4.69	5.71	6.74	7.76	8.84	9.88	10.97	12.09
				区間タイム (sec)		1.06	1.03	1.02	1.03	1.02	1.08	1.03	1.10	1.12	1.24
				インターバルランタイム (sec)		0.62	0.58	0.51	0.61	0.59	0.66	0.56	0.66	0.65	0.75
				ハードリングタイム (sec)		0.43	0.45	0.51	0.42	0.43	0.43	0.48	0.44	0.46	0.49
				走速度(m/s)		8.06	8.28	8.35	8.25	8.32	7.84	8.22	7.75	7.60	8.48
青木益未	(七十七銀行)	13.44	+3.6	タッチダウンタイム (sec)	2.67	2.67	3.74	4.81	5.86	6.91	7.93	9.00	10.06	11.13	12.22
				区間タイム (sec)		1.07	1.07	1.05	1.05	1.02	1.07	1.06	1.07	1.09	1.22
				インターバルランタイム (sec)		0.63	0.64	0.60	0.61	0.59	0.65	0.60	0.62	0.65	0.76
				ハードリングタイム (sec)		0.44	0.43	0.45	0.44	0.43	0.42	0.45	0.45	0.44	0.45
				走速度(m/s)		7.93	7.93	8.12	8.09	8.32	7.93	8.06	7.96	7.78	8.61

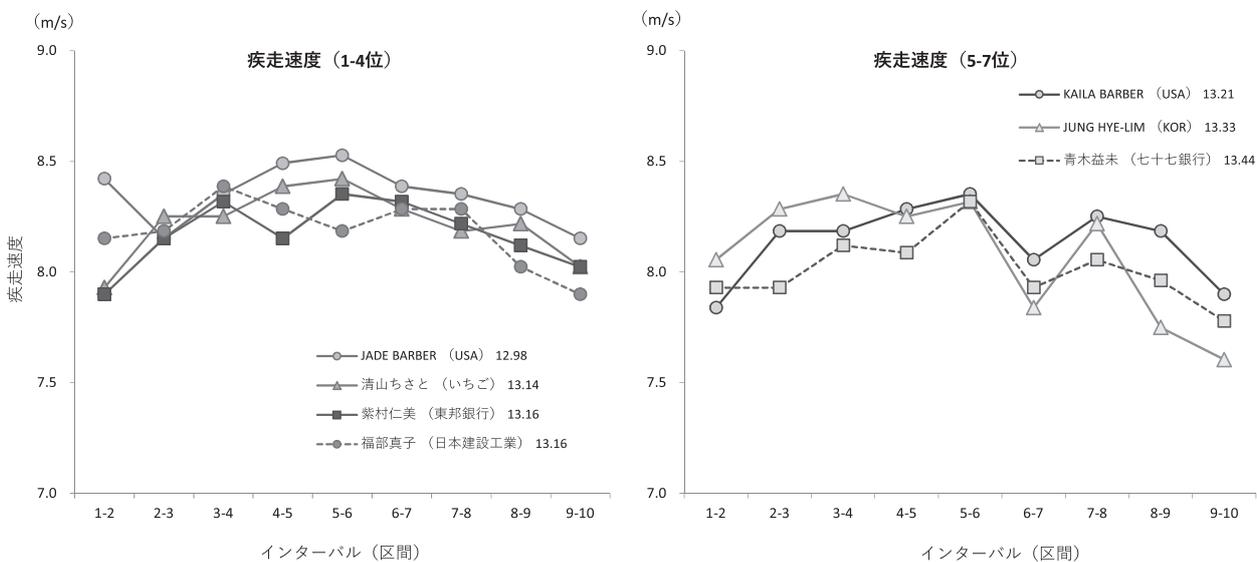


図 1. 疾走速度の変化 (180429_織田記念 A 決勝)

表 2. 2018.05.06_木南杯_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.
JUNG Hye-Lim	(KOR)	13.23	-0.5	タッチダウンタイム (sec)	2.67	2.67	3.71	4.75	5.77	6.81	7.84	8.88	9.93	11.00	12.09
				区間タイム (sec)		1.04	1.04	1.02	1.04	1.03	1.05	1.05	1.06	1.09	1.14
				インターバルランタイム (sec)		0.60	0.61	0.58	0.61	0.58	0.61	0.61	0.62	0.65	0.68
				ハードリングタイム (sec)		0.44	0.43	0.44	0.43	0.45	0.43	0.44	0.45	0.44	0.46
				走速度(m/s)		8.15	8.18	8.35	8.15	8.28	8.12	8.09	7.99	7.78	
紫村仁美	(東邦銀行)	13.34	-0.5	タッチダウンタイム (sec)	2.72	2.72	3.80	4.85	5.88	6.93	7.96	9.01	10.08	11.16	12.25
				区間タイム (sec)		1.08	1.05	1.03	1.05	1.03	1.06	1.06	1.08	1.09	1.09
				インターバルランタイム (sec)		0.65	0.62	0.61	0.63	0.60	0.63	0.63	0.65	0.65	0.65
				ハードリングタイム (sec)		0.43	0.43	0.43	0.42	0.43	0.42	0.44	0.43	0.44	0.44
				走速度(m/s)		7.87	8.09	8.22	8.12	8.25	8.06	7.99	7.87	7.81	
清山ちさと	(いちご)	13.35	-0.5	タッチダウンタイム (sec)	2.74	2.74	3.81	4.86	5.88	6.92	7.96	9.00	10.06	11.12	12.22
				区間タイム (sec)		1.07	1.05	1.02	1.05	1.03	1.04	1.06	1.07	1.10	1.13
				インターバルランタイム (sec)		0.64	0.62	0.59	0.64	0.63	0.62	0.63	0.63	0.68	0.68
				ハードリングタイム (sec)		0.43	0.43	0.43	0.41	0.41	0.42	0.42	0.43	0.42	0.45
				走速度(m/s)		7.93	8.09	8.35	8.12	8.22	8.15	8.06	7.96	7.72	
田中佑美	(立命館大)	13.47	-0.5	タッチダウンタイム (sec)	2.70	2.70	3.77	4.82	5.87	6.93	7.98	9.03	10.11	11.18	12.28
				区間タイム (sec)		1.07	1.05	1.05	1.06	1.05	1.05	1.08	1.08	1.10	1.19
				インターバルランタイム (sec)		0.66	0.65	0.65	0.65	0.64	0.65	0.68	0.67	0.69	0.76
				ハードリングタイム (sec)		0.41	0.40	0.40	0.40	0.41	0.40	0.39	0.41	0.41	0.43
				走速度(m/s)		7.96	8.09	8.09	8.06	8.09	8.09	7.90	7.90	7.72	
中村有希	(エディオン)	13.66	-0.5	タッチダウンタイム (sec)	2.75	2.75	3.83	4.91	5.98	7.05	8.12	9.21	10.30	11.41	12.53
				区間タイム (sec)		1.08	1.08	1.07	1.07	1.07	1.09	1.09	1.11	1.13	1.13
				インターバルランタイム (sec)		0.64	0.65	0.64	0.63	0.63	0.65	0.64	0.66	0.68	0.67
				ハードリングタイム (sec)		0.44	0.43	0.43	0.44	0.45	0.44	0.45	0.44	0.45	0.46
				走速度(m/s)		7.90	7.87	7.93	7.93	7.93	7.81	7.81	7.69	7.55	
佐々木天	(筑波大)	13.75	-0.5	タッチダウンタイム (sec)	2.74	2.74	3.82	4.91	5.97	7.05	8.13	9.21	10.31	11.42	12.54
				区間タイム (sec)		1.08	1.09	1.06	1.08	1.08	1.07	1.11	1.11	1.13	1.21
				インターバルランタイム (sec)		0.63	0.65	0.63	0.66	0.65	0.65	0.68	0.66	0.68	0.76
				ハードリングタイム (sec)		0.45	0.44	0.43	0.42	0.43	0.43	0.43	0.44	0.45	0.45
				走速度(m/s)		7.90	7.78	8.02	7.87	7.87	7.93	7.69	7.69	7.55	
青木益未	(七十七銀行)	13.76	-0.5	タッチダウンタイム (sec)	2.73	2.73	3.82	4.90	5.95	7.01	8.07	9.16	10.26	11.37	12.51
				区間タイム (sec)		1.09	1.08	1.04	1.06	1.06	1.08	1.10	1.11	1.15	1.25
				インターバルランタイム (sec)		0.63	0.63	0.58	0.63	0.61	0.64	0.63	0.64	0.68	0.76
				ハードリングタイム (sec)		0.46	0.45	0.46	0.44	0.45	0.44	0.47	0.47	0.46	0.48
				走速度(m/s)		7.78	7.84	8.15	7.99	7.99	7.84	7.72	7.69	7.41	
片岡咲葵	(大体大)	14.05	-0.5	タッチダウンタイム (sec)	2.79	2.79	3.94	5.06	6.14	7.22	8.30	9.41	10.54	11.68	12.83
				区間タイム (sec)		1.15	1.11	1.09	1.08	1.08	1.10	1.13	1.14	1.16	1.22
				インターバルランタイム (sec)		0.68	0.67	0.65	0.64	0.65	0.67	0.70	0.70	0.70	0.77
				ハードリングタイム (sec)		0.47	0.45	0.44	0.44	0.43	0.43	0.43	0.45	0.45	0.45
				走速度(m/s)		7.41	7.63	7.81	7.90	7.84	7.72	7.52	7.44	7.36	

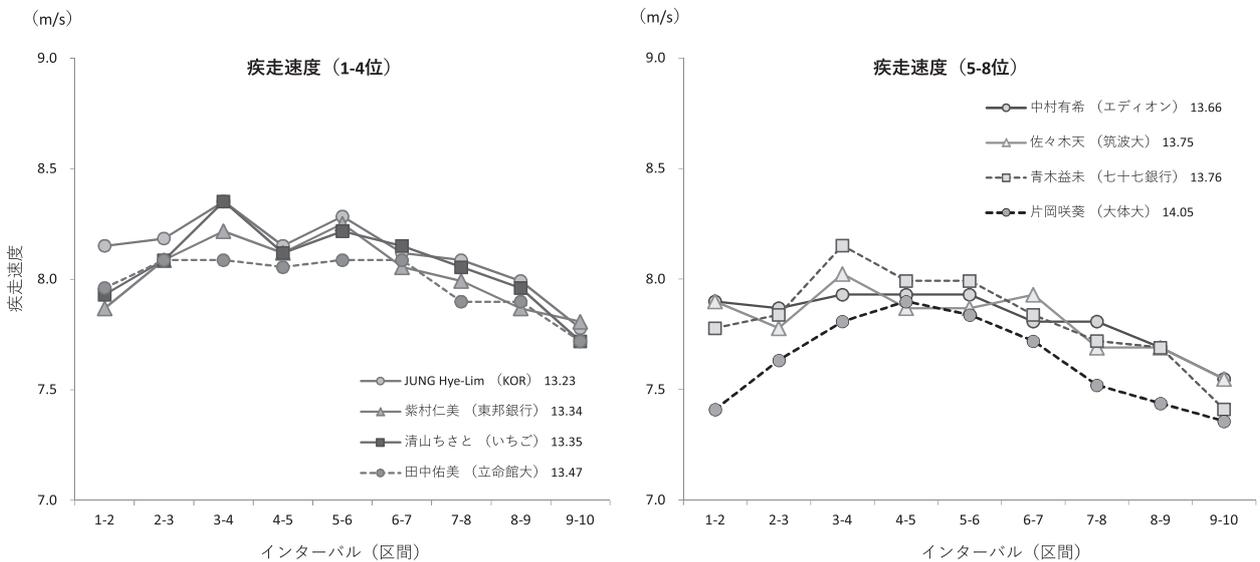


図 2. 疾走速度の変化 (180506_木南杯 決勝)

表 3. 2018.05.20_GGP 大阪_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.
HARRISON Queen	(USA)	13.01	-0.6	タッチダウンタイム (sec)	2.72	2.72	3.78	4.79	5.80	6.79	7.78	8.78	9.80	10.81	11.85
				区間タイム (sec)		1.06	1.01	1.01	1.00	0.99	0.99	1.02	1.01	1.04	1.16
				インターバルタイム (sec)		0.64	0.59	0.61	0.60	0.59	0.60	0.63	0.61	0.64	0.75
				ハードリングタイム (sec)		0.41	0.42	0.39	0.40	0.40	0.39	0.40	0.40	0.40	0.41
				走速度(m/s)		8.06	8.39	8.46	8.53	8.60	8.56	8.32	8.39	8.18	
JUNG Hye-Lim	(KOR)	13.13	-0.6	タッチダウンタイム (sec)	2.62	2.62	3.65	4.68	5.68	6.70	7.72	8.76	9.79	10.86	11.92
				区間タイム (sec)		1.04	1.03	1.01	1.02	1.02	1.04	1.03	1.07	1.06	1.21
				インターバルタイム (sec)		0.60	0.60	0.58	0.60	0.60	0.62	0.60	0.65	0.62	0.77
				ハードリングタイム (sec)		0.43	0.43	0.42	0.42	0.42	0.42	0.43	0.43	0.44	0.43
				走速度(m/s)		8.18	8.28	8.46	8.35	8.35	8.18	8.25	7.93	7.99	
MORGAN Monique	(JAM)	13.20	-0.6	タッチダウンタイム (sec)	2.69	2.69	3.75	4.80	5.82	6.86	7.87	8.91	9.95	10.98	12.06
				区間タイム (sec)		1.07	1.04	1.03	1.03	1.01	1.04	1.04	1.03	1.08	1.14
				インターバルタイム (sec)		0.63	0.62	0.61	0.62	0.60	0.63	0.62	0.60	0.65	0.70
				ハードリングタイム (sec)		0.44	0.43	0.41	0.41	0.41	0.41	0.42	0.43	0.42	0.44
				走速度(m/s)		7.96	8.15	8.28	8.22	8.39	8.15	8.18	8.25	7.90	
木村文子	(エディオン)	13.28	-0.6	タッチダウンタイム (sec)	2.64	2.64	3.70	4.73	5.76	6.79	7.82	8.87	9.92	10.99	12.07
				区間タイム (sec)		1.06	1.03	1.03	1.03	1.03	1.05	1.06	1.07	1.08	1.21
				インターバルタイム (sec)		0.63	0.60	0.61	0.61	0.60	0.64	0.64	0.65	0.66	0.80
				ハードリングタイム (sec)		0.43	0.43	0.42	0.42	0.43	0.41	0.42	0.42	0.42	0.41
				走速度(m/s)		8.02	8.22	8.25	8.25	8.25	8.12	8.06	7.96	7.87	
紫村仁美	(東邦銀行)	13.45	-0.6	タッチダウンタイム (sec)	2.69	2.69	3.79	4.84	5.88	6.92	7.97	9.03	10.11	11.18	12.28
				区間タイム (sec)		1.11	1.05	1.04	1.04	1.05	1.06	1.08	1.07	1.10	1.17
				インターバルタイム (sec)		0.68	0.61	0.61	0.61	0.63	0.64	0.64	0.63	0.68	0.73
				ハードリングタイム (sec)		0.43	0.44	0.43	0.43	0.42	0.42	0.43	0.43	0.42	0.44
				走速度(m/s)		7.69	8.09	8.18	8.18	8.09	7.99	7.90	7.96	7.72	
青木益未	(七十七銀行)	13.51	-0.6	タッチダウンタイム (sec)	2.63	2.63	3.69	4.76	5.81	6.86	7.90	8.95	10.03	11.15	12.27
				区間タイム (sec)		1.06	1.07	1.05	1.04	1.04	1.06	1.08	1.12	1.11	1.24
				インターバルタイム (sec)		0.60	0.63	0.61	0.60	0.60	0.62	0.64	0.67	0.65	0.78
				ハードリングタイム (sec)		0.46	0.45	0.44	0.44	0.44	0.43	0.43	0.45	0.46	0.47
				走速度(m/s)		7.99	7.93	8.09	8.15	8.15	8.06	7.90	7.58	7.63	
WALLACE Sasha	(USA)	13.57	-0.6	タッチダウンタイム (sec)	2.63	2.63	3.68	4.74	5.80	6.84	7.91	9.00	10.09	11.21	12.34
				区間タイム (sec)		1.06	1.06	1.06	1.05	1.06	1.09	1.09	1.11	1.13	1.23
				インターバルタイム (sec)		0.63	0.64	0.65	0.65	0.67	0.69	0.69	0.70	0.72	0.81
				ハードリングタイム (sec)		0.42	0.41	0.41	0.40	0.40	0.40	0.40	0.41	0.41	0.43
				走速度(m/s)		8.06	8.06	8.02	8.12	7.99	7.78	7.78	7.63	7.52	
相馬絵里子	(レイクス21)	13.76	-0.6	タッチダウンタイム (sec)	2.67	2.67	3.76	4.83	5.92	7.00	8.08	9.18	10.29	11.40	12.52
				区間タイム (sec)		1.09	1.07	1.09	1.08	1.08	1.10	1.11	1.11	1.12	1.24
				インターバルタイム (sec)		0.63	0.63	0.65	0.62	0.64	0.66	0.67	0.66	0.66	0.78
				ハードリングタイム (sec)		0.45	0.44	0.44	0.46	0.44	0.43	0.44	0.45	0.45	0.45
				走速度(m/s)		7.81	7.93	7.81	7.87	7.87	7.75	7.63	7.66	7.60	

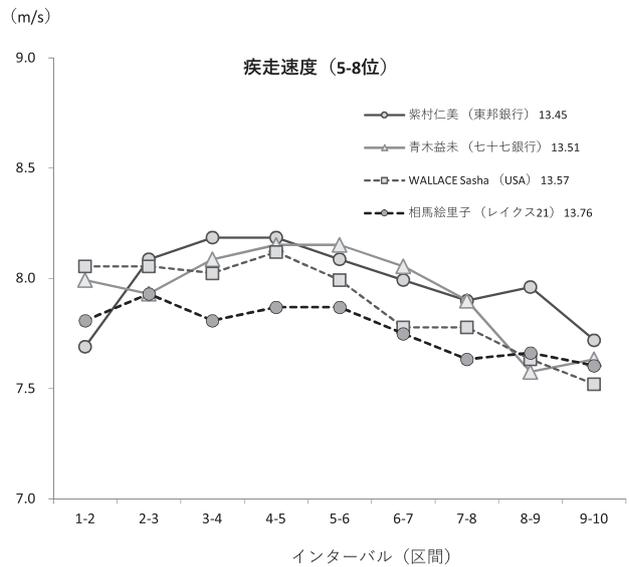
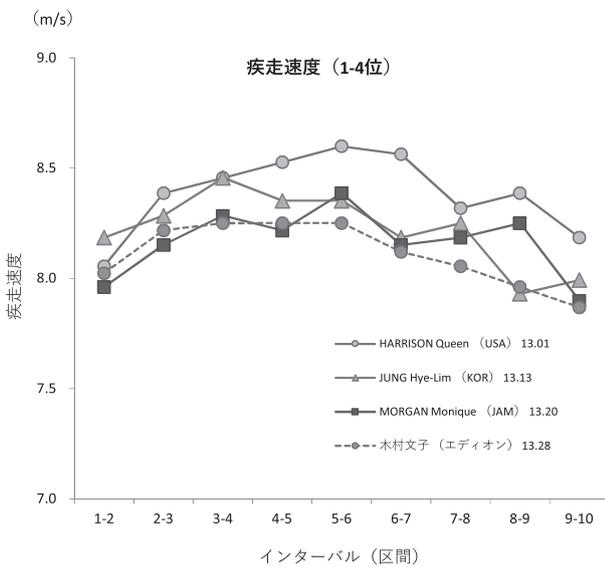


図 3. 疾走速度の変化 (180520_GGP 大阪 決勝)

表 4. 2018.06.03_布勢スプリント_女子 100mH A 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.	
JUNG Hye-Lim	(KOR)	13.11	+0.6	タッチダウンタイム (sec)	2.58	2.58	3.64	4.65	5.68	6.69	7.72	8.75	9.78	10.83	11.89	
				区間タイム (sec)		1.06	1.01	1.03	1.00	1.03	1.03	1.05	1.05	1.06	1.22	
				インターバルランタイム (sec)		0.61	0.58	0.59	0.58	0.59	0.60	0.60	0.62	0.63		
				ハードリングタイム (sec)		0.43	0.45	0.43	0.44	0.43	0.44	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43
				走速度(m/s)		8.00	8.40	8.26	8.46	8.23	8.29	8.23	8.10	8.00		
紫村仁美	(東邦銀行)	13.18	+0.6	タッチダウンタイム (sec)	2.63	2.63	3.69	4.72	5.74	6.76	7.80	8.84	9.88	10.93	11.99	
				区間タイム (sec)		1.06	1.03	1.02	1.02	1.04	1.05	1.03	1.05	1.07	1.19	
				インターバルランタイム (sec)		0.64	0.62	0.61	0.61	0.62	0.63	0.61	0.62	0.64		
				ハードリングタイム (sec)		0.42	0.42	0.41	0.41	0.41	0.42	0.42	0.43	0.43	0.43	
				走速度(m/s)		8.00	8.26	8.33	8.36	8.19	8.13	8.23	8.10	7.97		
福部真子	(日本建設工業)	13.34	+0.6	タッチダウンタイム (sec)	2.66	2.66	3.73	4.78	5.83	6.87	7.90	8.95	10.00	11.07	12.13	
				区間タイム (sec)		1.07	1.04	1.05	1.05	1.03	1.05	1.05	1.06	1.07	1.21	
				インターバルランタイム (sec)		0.63	0.62	0.62	0.62	0.60	0.63	0.64	0.64	0.64	0.71	
				ハードリングタイム (sec)		0.46	0.44	0.42	0.43	0.43	0.43	0.42	0.42	0.42	0.43	
				走速度(m/s)		7.94	8.16	8.10	8.13	8.23	8.13	8.06	8.00	7.97		
木村文子	(エディオン)	13.41	+0.6	タッチダウンタイム (sec)	2.65	2.65	3.73	4.79	5.83	6.84	7.87	8.91	9.97	11.05	12.13	
				区間タイム (sec)		1.08	1.05	1.04	1.01	1.03	1.04	1.05	1.08	1.09	1.28	
				インターバルランタイム (sec)		0.67	0.65	0.63	0.61	0.63	0.63	0.64	0.66	0.68		
				ハードリングタイム (sec)		0.43	0.42	0.40	0.40	0.40	0.41	0.42	0.41	0.42	0.41	
				走速度(m/s)		7.85	8.06	8.19	8.40	8.23	8.16	8.06	7.88	7.82		
清山ちさと	(いちご)	13.44	+0.6	タッチダウンタイム (sec)	2.67	2.67	3.73	4.80	5.84	6.88	7.91	8.95	9.99	11.08	12.21	
				区間タイム (sec)		1.07	1.07	1.04	1.03	1.03	1.04	1.04	1.10	1.13	1.23	
				インターバルランタイム (sec)		0.65	0.65	0.62	0.62	0.62	0.63	0.61	0.67	0.69		
				ハードリングタイム (sec)		0.43	0.41	0.42	0.42	0.41	0.42	0.42	0.43	0.43	0.44	
				走速度(m/s)		7.97	7.97	8.16	8.23	8.23	8.16	8.19	7.76	7.53		
藤森菜那	(明治大)	13.66	+0.6	タッチダウンタイム (sec)	2.68	2.68	3.77	4.84	5.90	6.95	8.03	9.10	10.20	11.31	12.44	
				区間タイム (sec)		1.09	1.07	1.06	1.06	1.07	1.08	1.09	1.11	1.13	1.22	
				インターバルランタイム (sec)		0.63	0.62	0.61	0.62	0.63	0.62	0.64	0.64	0.65		
				ハードリングタイム (sec)		0.47	0.45	0.45	0.45	0.44	0.45	0.46	0.45	0.47	0.48	
				走速度(m/s)		7.82	7.97	8.03	8.03	7.94	7.88	7.79	7.64	7.53		
中村有希	(エディオン)	13.73	+0.6	タッチダウンタイム (sec)	2.70	2.70	3.80	4.86	5.92	6.98	8.03	9.12	10.22	11.36	12.50	
				区間タイム (sec)		1.10	1.06	1.06	1.06	1.05	1.09	1.10	1.14	1.14	1.23	
				インターバルランタイム (sec)		0.66	0.64	0.64	0.63	0.64	0.66	0.67	0.68	0.68		
				ハードリングタイム (sec)		0.43	0.44	0.42	0.42	0.43	0.42	0.43	0.43	0.46	0.45	
				走速度(m/s)		7.76	8.00	8.00	8.03	8.06	7.82	7.76	7.45	7.47		

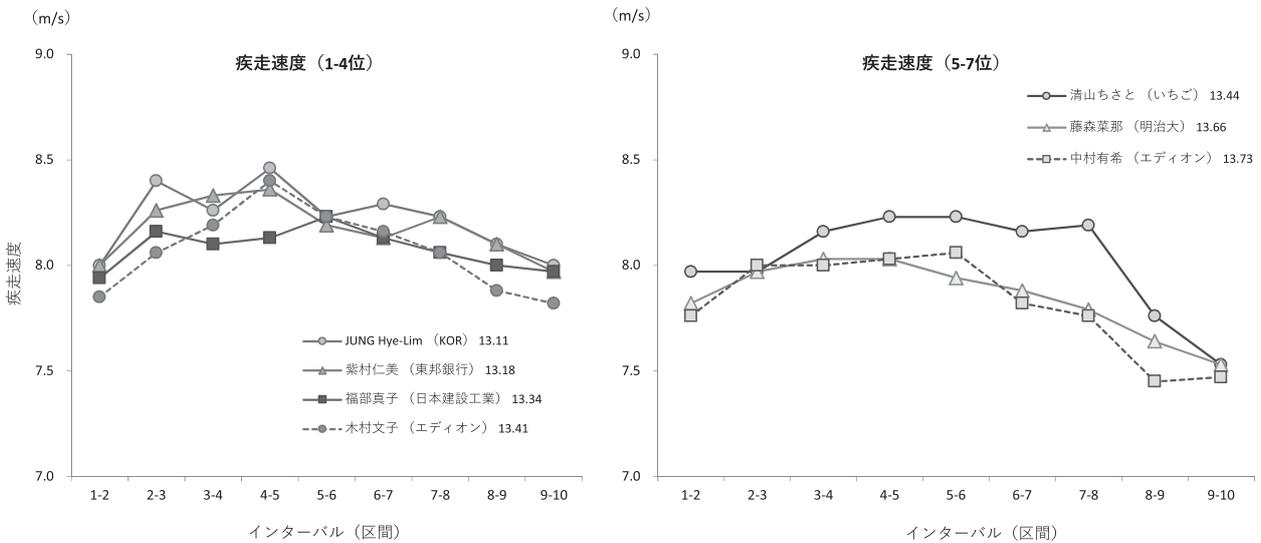


図 4. 疾走速度の変化 (180603_布勢スプリント A 決勝)

表 5. 2018.06.24_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)	13.17	+1.1	タッチダウンタイム (sec)	2.65	2.65	3.70	4.73	5.77	6.79	7.81	8.83	9.86	10.90	11.96
				区間タイム (sec)		1.05	1.03	1.04	1.02	1.02	1.02	1.03	1.04	1.06	1.21
				インターバルランタイム (sec)		0.59	0.60	0.61	0.58	0.59	0.59	0.61	0.60	0.62	0.77
				ハードリングタイム (sec)		0.46	0.43	0.43	0.44	0.43	0.43	0.42	0.43	0.44	0.44
				走速度(m/s)		8.09	8.25	8.15	8.35	8.32	8.35	8.22	8.18	8.06	
紫村仁美	(東邦銀行)	13.21	+1.1	タッチダウンタイム (sec)	2.65	2.65	3.70	4.75	5.77	6.80	7.82	8.86	9.91	10.98	12.05
				区間タイム (sec)		1.05	1.05	1.02	1.03	1.02	1.05	1.05	1.07	1.07	1.16
				インターバルランタイム (sec)		0.62	0.62	0.59	0.60	0.59	0.63	0.62	0.64	0.64	0.73
				ハードリングタイム (sec)		0.43	0.43	0.43	0.42	0.43	0.41	0.43	0.43	0.43	0.43
				走速度(m/s)		8.09	8.12	8.32	8.28	8.35	8.12	8.12	7.96	7.96	
木村文子	(エディオン)	13.21	+1.1	タッチダウンタイム (sec)	2.61	2.61	3.62	4.65	5.66	6.67	7.68	8.73	9.78	10.86	11.96
				区間タイム (sec)		1.02	1.03	1.01	1.01	1.01	1.05	1.05	1.08	1.11	1.25
				インターバルランタイム (sec)		0.60	0.63	0.61	0.62	0.61	0.66	0.65	0.68	0.69	0.84
				ハードリングタイム (sec)		0.42	0.40	0.40	0.39	0.39	0.39	0.40	0.40	0.42	0.41
				走速度(m/s)		8.35	8.28	8.42	8.39	8.46	8.12	8.09	7.87	7.69	
清山ちさと	(いちご)	13.31	+1.1	タッチダウンタイム (sec)	2.69	2.69	3.78	4.84	5.86	6.89	7.92	8.94	10.00	11.05	12.13
				区間タイム (sec)		1.09	1.06	1.02	1.03	1.03	1.02	1.06	1.06	1.08	1.18
				インターバルランタイム (sec)		0.65	0.63	0.60	0.63	0.63	0.62	0.58	0.63	0.66	0.76
				ハードリングタイム (sec)		0.44	0.43	0.42	0.40	0.40	0.40	0.48	0.42	0.42	0.42
				走速度(m/s)		7.81	8.02	8.32	8.28	8.25	8.32	8.02	8.06	7.87	
野村有香	(福井銀行)	13.51	+1.1	タッチダウンタイム (sec)	2.63	2.63	3.70	4.76	5.83	6.90	7.95	9.03	10.11	11.19	12.31
				区間タイム (sec)		1.07	1.07	1.06	1.08	1.05	1.08	1.08	1.08	1.12	1.20
				インターバルランタイム (sec)		0.64	0.64	0.63	0.64	0.62	0.66	0.65	0.65	0.69	0.75
				ハードリングタイム (sec)		0.43	0.43	0.44	0.44	0.43	0.42	0.43	0.43	0.43	0.45
				走速度(m/s)		7.96	7.96	7.99	7.90	8.09	7.90	7.87	7.84	7.60	
田中陽夏莉	(山梨学院大)	13.52	+1.1	タッチダウンタイム (sec)	2.68	2.68	3.79	4.87	5.92	6.97	8.03	9.08	10.14	11.22	12.31
				区間タイム (sec)		1.11	1.08	1.06	1.05	1.06	1.05	1.06	1.08	1.09	1.21
				インターバルランタイム (sec)		0.66	0.65	0.64	0.64	0.65	0.64	0.65	0.67	0.67	0.79
				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	0.42	0.42
				走速度(m/s)		7.69	7.87	8.06	8.09	8.06	8.09	8.02	7.87	7.81	8.66
福部真子	(日本電設工業)	13.56	+1.1	タッチダウンタイム (sec)	2.70	2.70	3.78	4.87	5.94	6.98	8.03	9.08	10.15	11.25	12.36
				区間タイム (sec)		1.08	1.08	1.07	1.04	1.06	1.05	1.07	1.10	1.11	1.20
				インターバルランタイム (sec)		0.63	0.64	0.63	0.60	0.64	0.62	0.64	0.66	0.67	0.75
				ハードリングタイム (sec)		0.45	0.44	0.44	0.43	0.42	0.43	0.43	0.43	0.44	0.45
				走速度(m/s)		7.84	7.84	7.93	8.18	8.06	8.09	7.96	7.75	7.66	
大久保有梨	(中央大)	13.59	+1.1	タッチダウンタイム (sec)	2.73	2.73	3.82	4.90	5.97	7.01	8.06	9.13	10.18	11.25	12.36
				区間タイム (sec)		1.09	1.08	1.08	1.03	1.06	1.07	1.05	1.07	1.11	1.23
				インターバルランタイム (sec)		0.65	0.63	0.64	0.59	0.63	0.64	0.61	0.65	0.68	0.79
				ハードリングタイム (sec)		0.44	0.44	0.43	0.44	0.43	0.43	0.44	0.43	0.43	0.45
				走速度(m/s)		7.81	7.90	7.90	8.22	8.06	7.96	8.12	7.93	7.66	

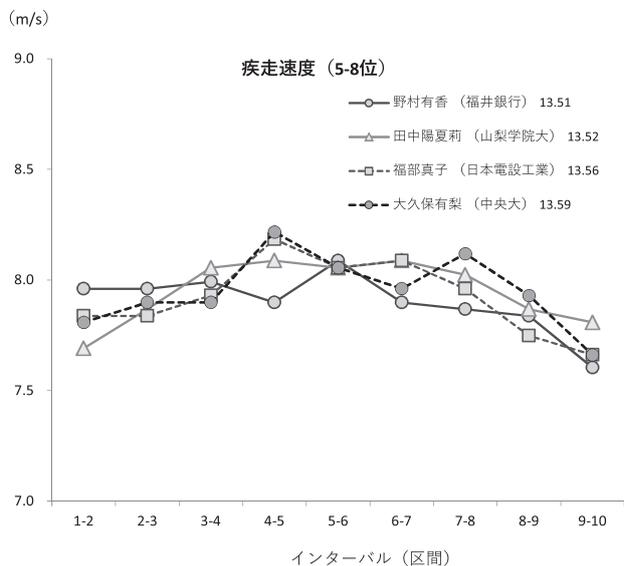
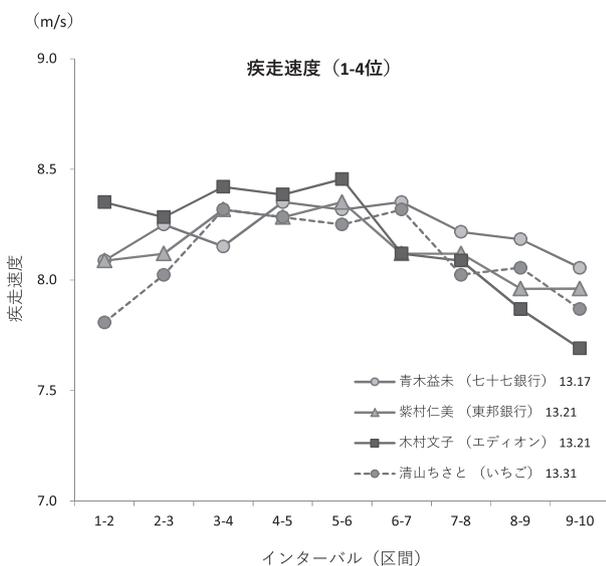


図 5. 疾走速度の変化 (180624_日本選手権 決勝)

表 6. 2018. 07. 13-15_U20 世界選手権_女子 100mH レース分析結果

選手名(所属)	ラウンド	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.
Tia JONES (USA)	決勝	13.01	-1.0	タッチダウンタイム(sec)	2.59	2.59	3.64	4.67	5.67	6.66	7.67	8.69	9.71	10.76	11.83
				区間タイム(sec)		1.05	1.03	1.01	0.99	1.01	1.02	1.02	1.05	1.07	1.18
				インターバルランタイム(sec)		0.63	0.64	0.61	0.60	0.63	0.63	0.63	0.64	0.67	0.76
				ハードリングタイム(sec)		0.42	0.39	0.40	0.39	0.38	0.39	0.39	0.40	0.40	0.42
				走速度(m/s)		8.12	8.28	8.46	8.60	8.42	8.35	8.32	8.12	7.93	
Britany ANDERSON (JAM)	決勝	13.01	-1.0	タッチダウンタイム(sec)	2.66	2.66	3.67	4.70	5.69	6.70	7.70	8.72	9.73	10.78	11.84
				区間タイム(sec)		1.02	1.02	1.00	1.01	1.00	1.02	1.01	1.06	1.06	1.17
				インターバルランタイム(sec)		0.61	0.63	0.62	0.63	0.62	0.65	0.63	0.68	0.67	0.79
				ハードリングタイム(sec)		0.41	0.40	0.38	0.37	0.38	0.37	0.38	0.38	0.39	0.38
				走速度(m/s)		8.35	8.32	8.53	8.46	8.49	8.35	8.42	8.06	8.02	
Cortney JONES (USA)	決勝	13.19	-1.0	タッチダウンタイム(sec)	2.63	2.63	3.70	4.71	5.71	6.69	7.68	8.68	9.73	10.80	11.91
				区間タイム(sec)		1.06	1.01	1.00	0.98	0.99	1.00	1.05	1.07	1.11	1.28
				インターバルランタイム(sec)		0.63	0.60	0.61	0.59	0.60	0.62	0.66	0.65	0.68	0.84
				ハードリングタイム(sec)		0.43	0.42	0.39	0.39	0.38	0.38	0.38	0.43	0.43	0.44
				走速度(m/s)		7.99	8.39	8.49	8.64	8.60	8.49	8.12	7.93	7.66	
吉田唯莉 (JPN)	準決勝	13.55	+0.9	タッチダウンタイム(sec)	2.73	2.73	3.80	4.85	5.91	6.94	7.97	9.03	10.11	11.20	12.32
				区間タイム(sec)		1.07	1.06	1.05	1.03	1.04	1.05	1.09	1.09	1.11	1.23
				インターバルランタイム(sec)		0.61	0.62	0.63	0.60	0.60	0.63	0.67	0.65	0.67	0.79
				ハードリングタイム(sec)		0.46	0.44	0.43	0.43	0.43	0.42	0.42	0.44	0.44	0.44
				走速度(m/s)		7.96	8.02	8.09	8.25	8.18	8.09	7.81	7.81	7.63	

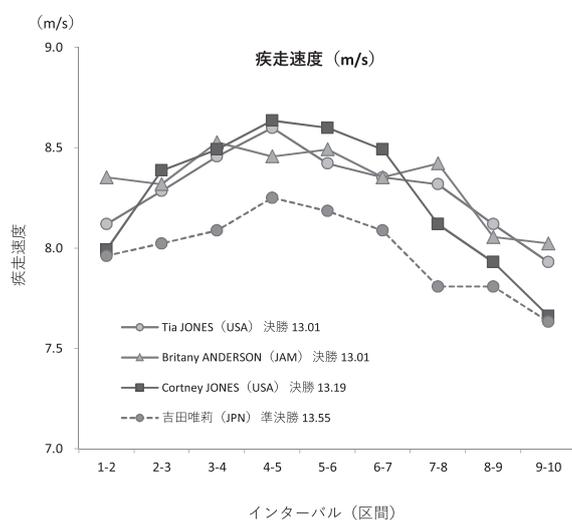


図 6. 疾走速度の変化 (180713-15_U20 世界選手権 決勝, 準決勝)

表 7. 2018.10.07_国体_少年女子 B100mH 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.
岩佐茉結子	成田高	13.71	+2.0	タッチダウンタイム (sec)	2.72	2.72	3.83	4.90	5.98	7.04	8.11	9.20	10.26	11.35	12.46
				区間タイム (sec)		1.11	1.08	1.07	1.06	1.08	1.09	1.06	1.09	1.11	1.25
				インターバルランタイム (sec)		0.68	0.64	0.64	0.63	0.64	0.65	0.64	0.65	0.68	
				ハードリングタイム (sec)		0.45	0.44	0.44	0.43	0.43	0.44	0.44	0.43	0.44	0.43
				走速度(m/s)		7.64	7.91	7.94	8.00	8.04	7.91	7.82	8.00	7.79	7.67
高橋夢華	九里学園高	13.75	+2.0	タッチダウンタイム (sec)	2.71	2.71	3.81	4.90	5.94	7.02	8.08	9.17	10.27	11.37	12.50
				区間タイム (sec)		1.10	1.09	1.04	1.08	1.06	1.09	1.10	1.10	1.13	1.25
				インターバルランタイム (sec)		0.66	0.65	0.63	0.66	0.65	0.66	0.67	0.68	0.68	
				ハードリングタイム (sec)		0.45	0.44	0.43	0.41	0.42	0.42	0.43	0.43	0.43	0.44
				走速度(m/s)		7.70	7.82	8.16	7.88	8.00	7.82	7.76	7.70	7.56	7.53
浅木都紀葉	口田中	13.77	+2.0	タッチダウンタイム (sec)	2.70	2.70	3.77	4.84	5.90	6.97	8.06	9.15	10.26	11.38	12.52
				区間タイム (sec)		1.07	1.07	1.06	1.07	1.10	1.09	1.10	1.12	1.14	1.25
				インターバルランタイム (sec)		0.63	0.63	0.63	0.64	0.66	0.65	0.67	0.68	0.68	
				ハードリングタイム (sec)		0.44	0.45	0.45	0.44	0.43	0.44	0.44	0.44	0.45	0.45
				走速度(m/s)		7.94	7.94	8.00	7.97	7.76	7.79	7.70	7.58	7.47	7.54
松本佳音彩	上社中	13.80	+2.0	タッチダウンタイム (sec)	2.67	2.67	3.76	4.85	5.92	6.99	8.07	9.18	10.28	11.40	12.53
				区間タイム (sec)		1.09	1.09	1.07	1.08	1.08	1.11	1.10	1.12	1.13	1.27
				インターバルランタイム (sec)		0.66	0.65	0.64	0.65	0.66	0.67	0.66	0.68	0.69	
				ハードリングタイム (sec)		0.43	0.43	0.44	0.43	0.43	0.42	0.44	0.44	0.44	0.44
				走速度(m/s)		7.82	7.79	7.97	7.91	7.88	7.67	7.70	7.61	7.53	7.44
土屋ほのか	軽井沢中	13.83	+2.0	タッチダウンタイム (sec)	2.72	2.72	3.80	4.89	5.95	7.06	8.14	9.23	10.35	11.48	12.60
				区間タイム (sec)		1.09	1.09	1.06	1.10	1.08	1.10	1.11	1.13	1.12	1.23
				インターバルランタイム (sec)		0.63	0.62	0.61	0.63	0.61	0.63	0.63	0.63	0.64	
				ハードリングタイム (sec)		0.48	0.46	0.47	0.45	0.47	0.47	0.47	0.48	0.50	0.48
				走速度(m/s)		7.82	7.82	8.00	7.70	7.88	7.76	7.64	7.50	7.58	7.68
千葉桃子	立命館慶祥高	13.84	+2.0	タッチダウンタイム (sec)	2.78	2.78	3.88	4.97	6.02	7.10	8.20	9.28	10.36	11.47	12.59
				区間タイム (sec)		1.10	1.09	1.05	1.08	1.10	1.09	1.08	1.11	1.12	1.25
				インターバルランタイム (sec)		0.65	0.65	0.62	0.63	0.64	0.64	0.64	0.66	0.67	
				ハードリングタイム (sec)		0.46	0.45	0.45	0.43	0.45	0.46	0.45	0.44	0.45	0.45
				走速度(m/s)		7.73	7.79	8.13	7.85	7.76	7.82	7.91	7.64	7.61	7.54
伊藤彩香	青豊高	13.85	+2.0	タッチダウンタイム (sec)	2.62	2.62	3.71	4.80	5.87	6.95	8.03	9.12	10.23	11.34	12.52
				区間タイム (sec)		1.09	1.09	1.07	1.09	1.08	1.09	1.11	1.12	1.18	1.33
				インターバルランタイム (sec)		0.65	0.65	0.64	0.64	0.65	0.63	0.67	0.64	0.70	
				ハードリングタイム (sec)		0.44	0.44	0.43	0.43	0.45	0.43	0.45	0.44	0.48	0.48
				走速度(m/s)		7.79	7.82	7.97	7.82	7.91	7.82	7.67	7.61	7.21	7.11
又多紅樹	星稜中	14.07	+2.0	タッチダウンタイム (sec)	2.67	2.67	3.79	4.90	6.00	7.10	8.20	9.32	10.43	11.57	12.73
				区間タイム (sec)		1.12	1.11	1.10	1.11	1.10	1.11	1.12	1.13	1.16	1.35
				インターバルランタイム (sec)		0.70	0.69	0.70	0.70	0.69	0.70	0.71	0.71	0.73	
				ハードリングタイム (sec)		0.43	0.41	0.43	0.40	0.41	0.41	0.41	0.41	0.42	0.43
				走速度(m/s)		7.61	7.64	7.76	7.67	7.73	7.64	7.61	7.50	7.34	7.03

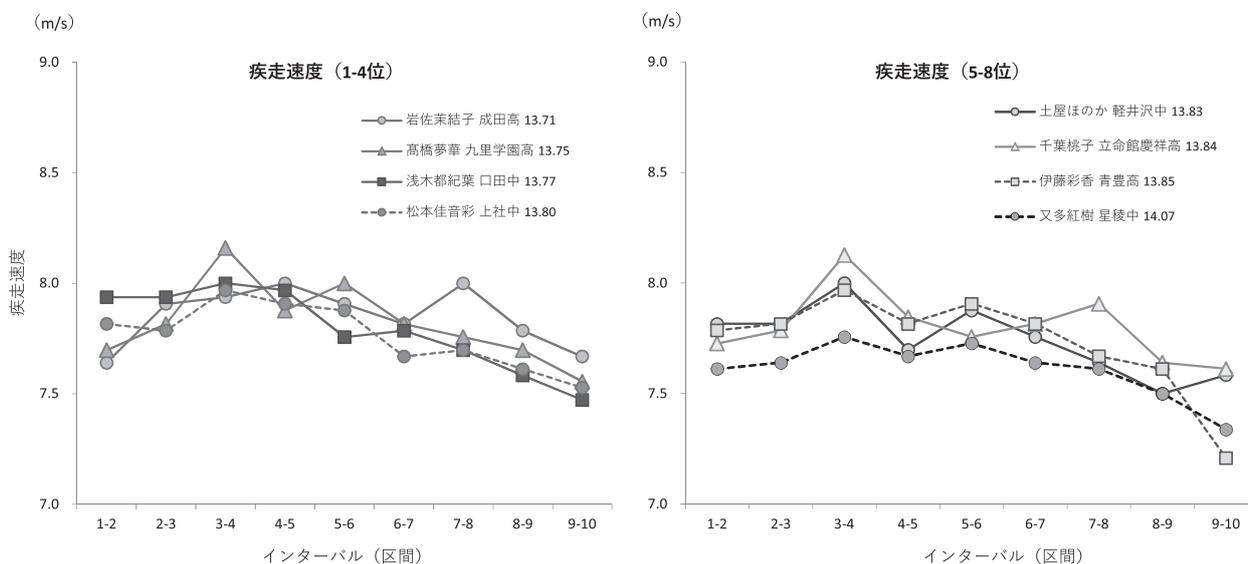


図 7. 疾走速度の変化 (181007_国体少年女子 B 決勝)

表 8. 2018.10.08_国体_少年女子 A100mH 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.
小林歩未	市船橋高	13.13	+2.5	タッチダウンタイム (sec)	2.70	2.70	3.75	4.80	5.83	6.83	7.86	8.88	9.89	10.93	11.96
				区間タイム (sec)		1.06	1.04	1.03	1.00	1.03	1.02	1.01	1.03	1.04	1.17
				インターバルランタイム (sec)		0.63	0.61	0.60	0.59	0.60	0.59	0.59	0.61	0.62	
				ハードリングタイム (sec)		0.44	0.43	0.43	0.43	0.41	0.43	0.43	0.42	0.42	0.42
				走速度(m/s)		8.03	8.16	8.23	8.46	8.26	8.34	8.43	8.23	8.19	8.09
芝田愛花	恵庭南高	13.31	+2.5	タッチダウンタイム (sec)	2.66	2.66	3.71	4.75	5.79	6.81	7.82	8.85	9.90	10.99	12.10
				区間タイム (sec)		1.05	1.04	1.04	1.02	1.01	1.03	1.05	1.09	1.11	1.21
				インターバルランタイム (sec)		0.62	0.61	0.62	0.60	0.60	0.63	0.63	0.66	0.66	
				ハードリングタイム (sec)		0.44	0.43	0.43	0.43	0.42	0.41	0.41	0.42	0.43	0.45
				走速度(m/s)		8.13	8.19	8.16	8.33	8.40	8.23	8.13	7.82	7.67	7.78
長崎さゆり	大社高	13.56	+2.5	タッチダウンタイム (sec)	2.68	2.68	3.77	4.83	5.89	6.94	8.00	9.05	10.12	11.23	12.34
				区間タイム (sec)		1.08	1.06	1.06	1.05	1.06	1.05	1.07	1.11	1.11	1.22
				インターバルランタイム (sec)		0.63	0.62	0.62	0.61	0.63	0.62	0.63	0.67	0.66	
				ハードリングタイム (sec)		0.46	0.45	0.44	0.44	0.44	0.44	0.43	0.43	0.44	0.45
				走速度(m/s)		7.85	8.00	8.03	8.10	8.00	8.06	7.97	7.67	7.67	7.73
中尾あゆみ	西城陽高	13.63	+2.5	タッチダウンタイム (sec)	2.70	2.70	3.82	4.90	5.98	7.05	8.12	9.19	10.25	11.33	12.44
				区間タイム (sec)		1.11	1.08	1.08	1.08	1.07	1.07	1.07	1.08	1.10	1.19
				インターバルランタイム (sec)		0.67	0.63	0.63	0.62	0.63	0.61	0.61	0.63	0.65	
				ハードリングタイム (sec)		0.44	0.44	0.46	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.46
				走速度(m/s)		7.64	7.85	7.91	7.91	7.94	7.97	7.97	7.88	7.70	7.92
安達楓恋	中京大中京高	13.64	+2.5	タッチダウンタイム (sec)	2.75	2.75	3.82	4.89	5.96	7.02	8.07	9.14	10.24	11.33	12.45
				区間タイム (sec)		1.07	1.07	1.08	1.05	1.05	1.08	1.10	1.09	1.12	1.19
				インターバルランタイム (sec)		0.60	0.62	0.63	0.62	0.61	0.63	0.65	0.64	0.65	
				ハードリングタイム (sec)		0.47	0.47	0.45	0.44	0.43	0.44	0.45	0.45	0.45	0.47
				走速度(m/s)		7.94	7.94	7.91	8.06	8.10	7.91	7.76	7.82	7.58	7.91
穴戸梨瑚	敦賀高	13.65	+2.5	タッチダウンタイム (sec)	2.66	2.66	3.74	4.83	5.92	6.97	8.02	9.10	10.19	11.26	12.38
				区間タイム (sec)		1.08	1.08	1.09	1.05	1.05	1.08	1.08	1.07	1.12	1.27
				インターバルランタイム (sec)		0.64	0.65	0.67	0.64	0.65	0.67	0.66	0.66	0.70	
				ハードリングタイム (sec)		0.44	0.44	0.43	0.43	0.41	0.40	0.41	0.43	0.41	0.43
				走速度(m/s)		7.88	7.85	7.79	8.10	8.06	7.85	7.85	7.94	7.58	7.44
玉井奈那	松山北高	13.94	+2.5	タッチダウンタイム (sec)	2.69	2.69	3.79	4.88	5.95	7.03	8.09	9.22	10.38	11.51	12.66
				区間タイム (sec)		1.10	1.09	1.07	1.08	1.07	1.13	1.15	1.14	1.15	1.28
				インターバルランタイム (sec)		0.65	0.65	0.63	0.64	0.64	0.67	0.68	0.68	0.68	
				ハードリングタイム (sec)		0.45	0.45	0.44	0.44	0.44	0.43	0.46	0.47	0.46	0.46
				走速度(m/s)		7.76	7.79	7.94	7.91	7.97	7.53	7.36	7.47	7.42	7.37
上之園結子	宮崎工高	13.94	+2.5	タッチダウンタイム (sec)	2.67	2.67	3.76	4.85	5.92	6.99	8.13	9.26	10.40	11.55	12.69
				区間タイム (sec)		1.09	1.09	1.07	1.07	1.15	1.13	1.15	1.15	1.14	1.25
				インターバルランタイム (sec)		0.68	0.66	0.63	0.64	0.71	0.67	0.68	0.68	0.69	
				ハードリングタイム (sec)		0.43	0.42	0.43	0.44	0.43	0.44	0.46	0.46	0.46	0.45
				走速度(m/s)		7.79	7.79	7.97	7.97	7.42	7.56	7.42	7.42	7.45	7.57

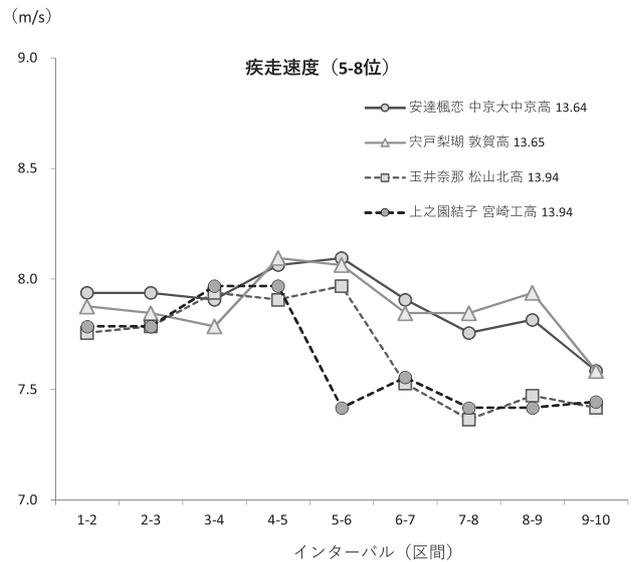
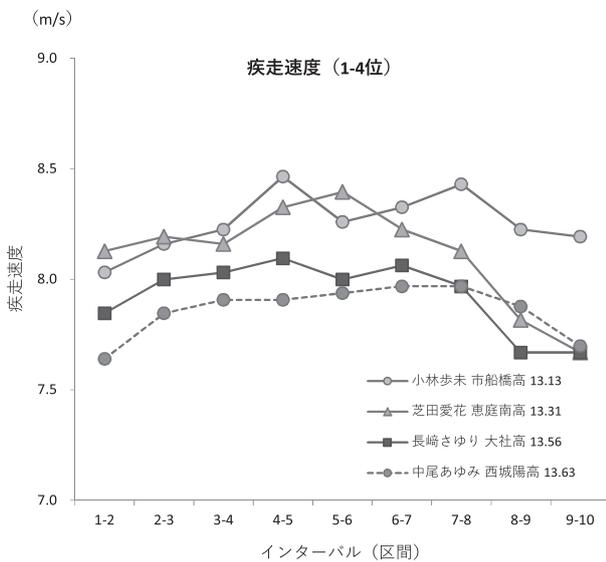


図 8. 疾走速度の変化 (181008_国体少年女子 A 決勝)

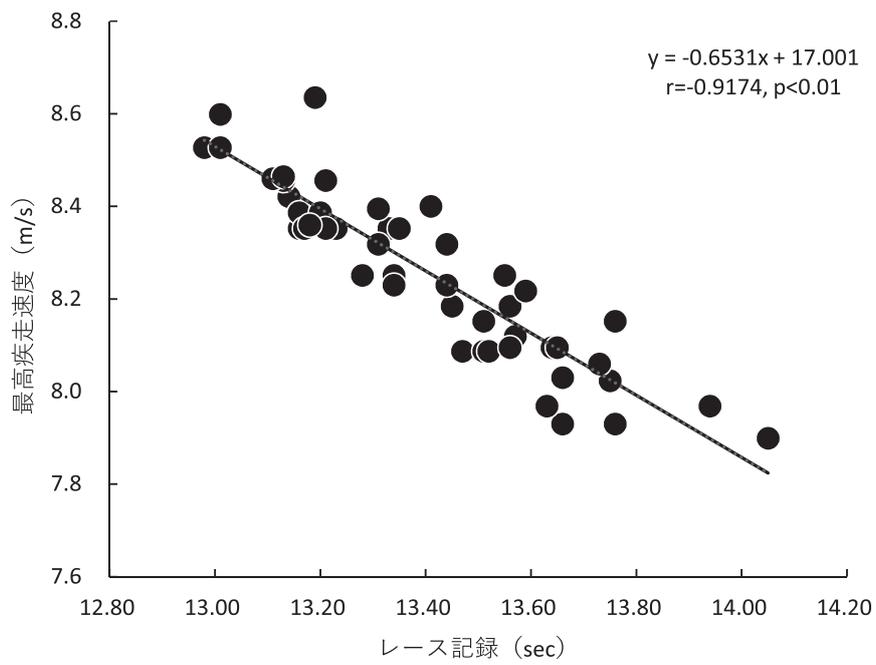


図 9. レース記録と最高疾走速度との関係

日本一流 400m ハードル選手のレースパターン分析 — 2017 年の国内主要大会について —

森丘保典¹⁾ 貴嶋孝太²⁾ 千葉佳裕³⁾ 磯繁雄⁴⁾ 杉田正明⁵⁾

1) 日本大学 2) 大阪体育大学 3) 城西大学 4) 早稲田大学 5) 日本体育大学

1. はじめに

本稿では、2017 年シーズンに開催された国内外主要大会における日本一流 400m ハードル選手のタッチダウンタイムやハードル区間の時間、速度および歩数について報告する。

2. 方法

複数台のデジタルビデオカメラを用いて、スタートピストルの閃光を写した後、インターバルの歩数と 10 台のハードルクリアランス直後の着地が確認

できるように選手を追従撮影した。撮影後、ピストルの閃光を基準に各ハードルクリアランス直後のタッチダウンタイムを読みとり、各ハードル区間に要した時間（区間時間）を求めた。ハードル区間歩数は、ハードルクリアランス直後の先行（リード）脚の着地から逆脚の接地までを 1 歩目とし、次のハードルクリアランス直前の接地までの歩数とした。測定区間の平均疾走速度は、ハードル区間距離を区間時間で除すことにより求めた。

表 1 静岡国際陸上（男子）

氏名	順位	項目	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
岸本 鷹幸	1位	区間時間 (sec)	5.93	3.72	3.85	3.94	4.07	4.25	4.40	4.57	4.69	4.84	5.67
		通過時間 (sec)	5.93	9.65	13.50	17.44	21.51	25.76	30.16	34.73	39.42	44.26	49.93
		区間速度 (m/s)	7.59	9.41	9.09	8.88	8.60	8.24	7.95	7.66	7.46	7.23	7.05
		歩数		13	13	13	13	14	14	15	15	15	
安部 孝駿	2位	区間時間 (sec)	6.04	3.74	3.80	3.87	3.97	4.14	4.45	4.80	4.85	4.90	5.59
		通過時間 (sec)	6.04	9.78	13.58	17.45	21.42	25.56	30.01	34.81	39.66	44.56	50.15
		区間速度 (m/s)	7.45	9.36	9.21	9.04	8.82	8.45	7.87	7.29	7.22	7.14	7.16
		歩数		13	13	13	13	13	14	16	15	15	

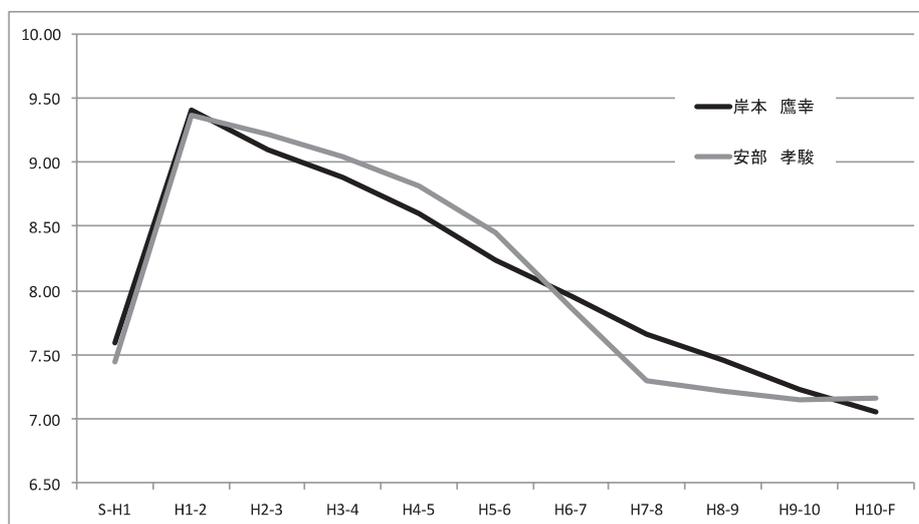


図 1 静岡国際陸上（男子）

表2 ゴールデングランプリ陸上 (男子)

氏名	順位	項目	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
安部 孝駿	1位	区間時間 (sec)	5.97	3.70	3.82	3.85	3.97	4.07	4.37	4.47	4.67	4.77	5.54
		通過時間 (sec)	5.97	9.67	13.49	17.34	21.31	25.38	29.75	34.22	38.89	43.66	49.20
		区間速度 (m/s)	7.54	9.46	9.16	9.09	8.82	8.60	8.01	7.83	7.49	7.34	7.22
		歩数		13	13	13	13	13	14	14	15	15	

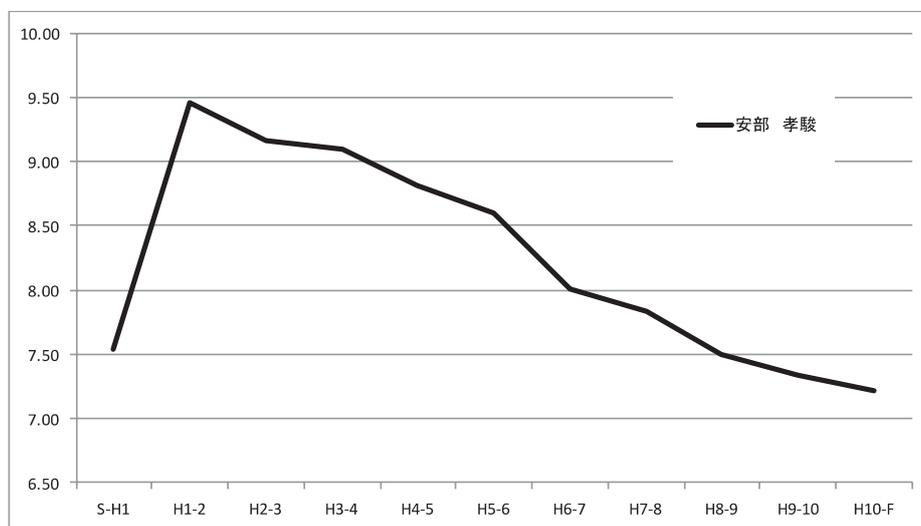


図2 ゴールデングランプリ陸上 (男子)

表3 日本選手権 (男子)

氏名	順位	項目	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
安部 孝駿	1位	区間時間 (sec)	6.01	3.70	3.82	3.84	4.02	4.15	4.44	4.52	4.67	4.74	5.41
		通過時間 (sec)	6.01	9.71	13.53	17.37	21.39	25.54	29.98	34.50	39.17	43.91	49.32
		区間速度 (m/s)	7.49	9.46	9.16	9.11	8.71	8.43	7.88	7.74	7.49	7.38	7.39
		歩数		13	13	13	13	13	14	14	15	15	
石田 裕介	2位	区間時間 (sec)	6.16	3.80	3.90	3.91	3.99	4.30	4.32	4.52	4.69	4.75	5.45
		通過時間 (sec)	6.16	9.96	13.86	17.77	21.76	26.06	30.38	34.90	39.59	44.34	49.79
		区間速度 (m/s)	7.31	9.21	8.97	8.95	8.77	8.14	8.10	7.74	7.46	7.37	7.34
		歩数		13	13	13	13	14	14	15	15	15	
松下 祐樹	3位	区間時間 (sec)	6.14	3.82	3.92	3.92	3.99	4.30	4.34	4.49	4.62	4.79	5.59
		通過時間 (sec)	6.14	9.96	13.88	17.80	21.79	26.09	30.43	34.92	39.54	44.33	49.92
		区間速度 (m/s)	7.33	9.16	8.93	8.93	8.77	8.14	8.06	7.80	7.58	7.31	7.16
		歩数		13	13	13	13	14	14	15	15	15	

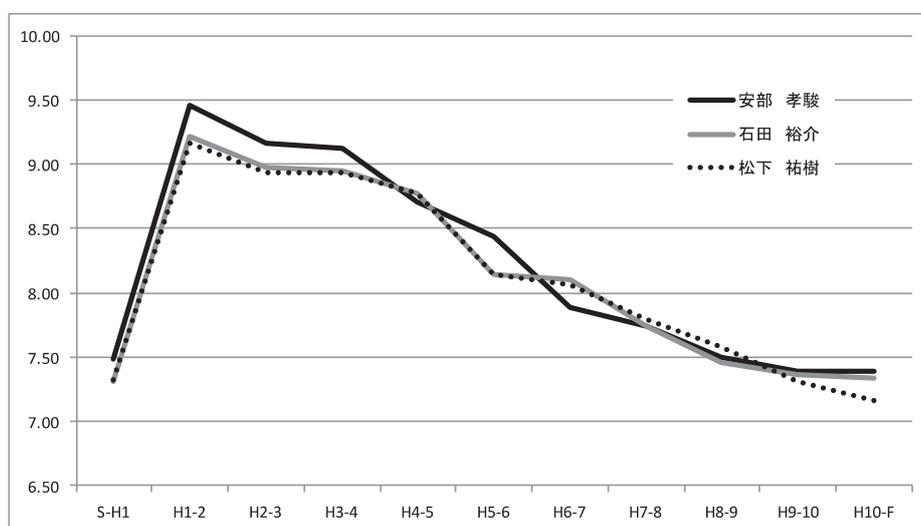


図3 日本選手権 (男子)

表4 日本選手権 (女子)

氏名	順位	項目	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
青木 沙弥佳	1位	区間時間 (sec)	6.52	4.39	4.40	4.54	4.67	4.87	4.97	5.01	5.19	5.39	6.40
		通過時間 (sec)	6.52	10.91	15.31	19.85	24.52	29.39	34.36	39.37	44.56	49.95	56.35
		区間速度 (m/s)	6.90	7.97	7.95	7.71	7.49	7.19	7.04	6.99	6.74	6.49	6.25
		歩数		16	16	16	16	17	17	17	17	17	17

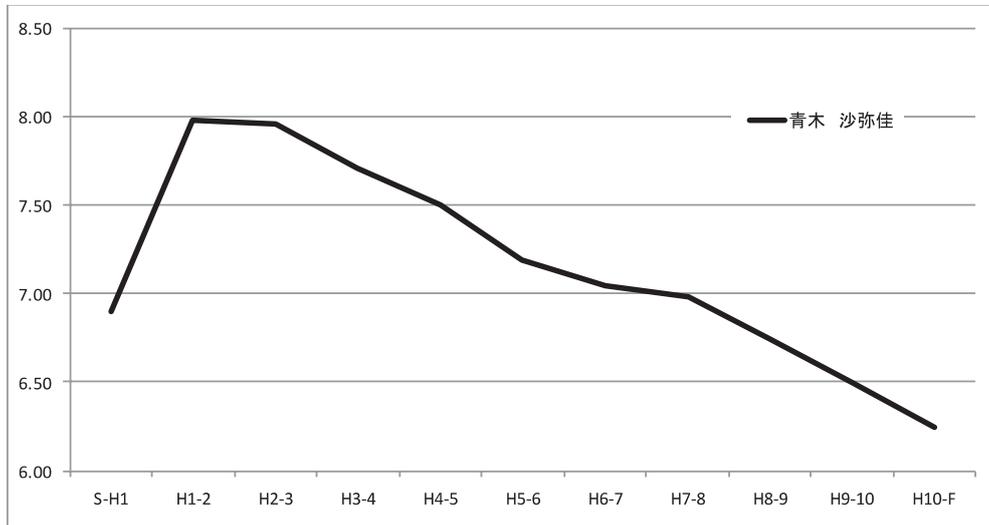


図4 日本選手権 (女子)

表5 世界選手権 (男子)

氏名	順位	項目	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
安部 孝駿	予2位	区間時間 (sec)	6.22	3.67	3.77	3.80	3.90	4.10	4.40	4.54	4.60	4.90	5.75
		通過時間 (sec)	6.22	9.89	13.66	17.46	21.36	25.46	29.86	34.40	39.00	43.90	49.65
		区間速度 (m/s)	7.23	9.54	9.28	9.21	8.97	8.54	7.95	7.71	7.61	7.14	6.96
		歩数		13	13	13	13	13	14	14	15	15	
安部 孝駿	準5位	区間時間 (sec)	5.98	3.67	3.74	3.77	3.90	4.04	4.40	4.70	4.90	4.97	5.86
		通過時間 (sec)	5.98	9.65	13.39	17.16	21.06	25.10	29.50	34.20	39.10	44.07	49.93
		区間速度 (m/s)	7.53	9.54	9.36	9.28	8.97	8.66	7.95	7.45	7.14	7.04	6.83
		歩数		13	13	13	13	13	14	14	15	15	

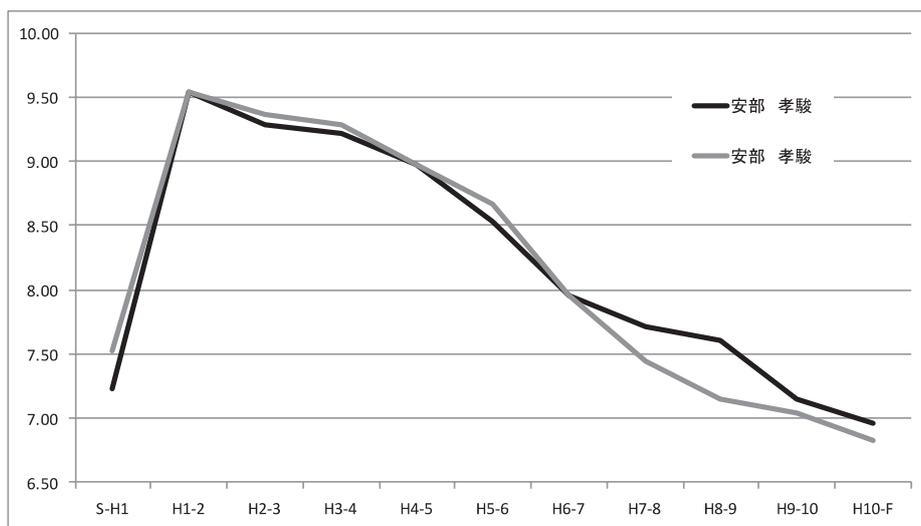


図5 世界選手権 (男子)

表 6 国民体育大会（男子）

氏名	順位	項目	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
岸本 鷹幸	1位	区間時間 (sec)	5.84	3.70	3.87	4.00	4.10	4.27	4.30	4.52	4.67	4.74	5.38
		通過時間 (sec)	5.84	9.54	13.41	17.41	21.51	25.78	30.08	34.60	39.27	44.01	49.39
		区間速度 (m/s)	7.71	9.46	9.04	8.75	8.54	8.20	8.14	7.74	7.49	7.38	7.43
		歩数		13	13	13	13	14	14	15	15	15	

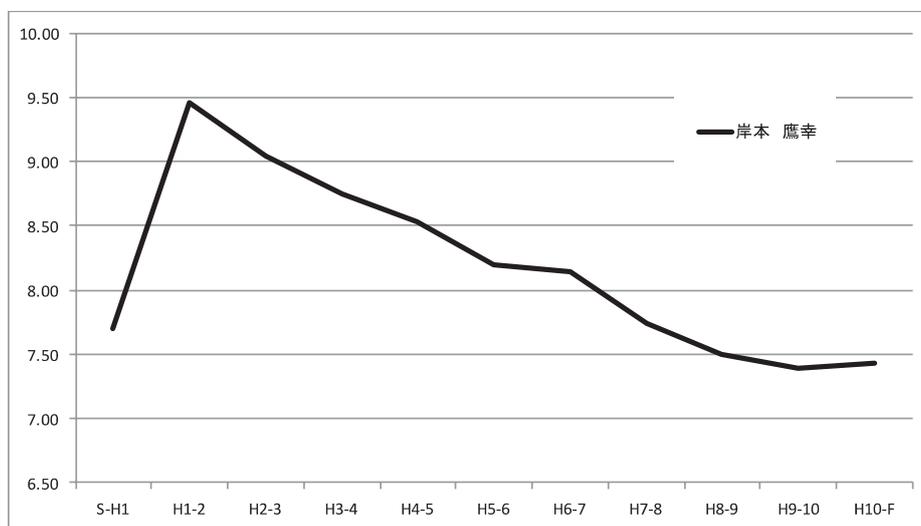


図 6 国民体育大会（男子）

日本一流 400m ハードル選手のレースパターン分析 — 2018 年の国内主要大会について —

森丘保典¹⁾ 貴嶋孝太²⁾ 千葉佳裕³⁾ 磯繁雄⁴⁾ 杉田正明⁵⁾

1) 日本大学 2) 大阪体育大学 3) 城西大学 4) 早稲田大学 5) 日本体育大学

1. はじめに

本稿では、2018 年シーズンに開催された国内主要大会における日本一流 400m ハードル選手のタッチダウンタイムやハードル区間の時間、速度および歩数について報告する。

2. 方法

複数台のデジタルビデオカメラを用いて、スタートピストルの閃光を写した後、インターバルの歩数

と 10 台のハードルクリアランス直後の着地が確認できるように選手を追従撮影した。撮影後、ピストルの閃光を基準に各ハードルクリアランス直後のタッチダウンタイムを読みとり、各ハードル区間に要した時間（区間時間）を求めた。ハードル区間歩数は、ハードルクリアランス直後の先行（リード）脚の着地から逆脚の接地までを 1 歩目とし、次のハードルクリアランス直前の接地までの歩数とした。測定区間の平均疾走速度は、ハードル区間距離を区間時間で除すことにより求めた。

表 1 静岡国際陸上（男子）

氏名	順位	項目	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
安部 孝駿	1位	区間時間 (sec)	5.97	3.67	3.74	3.77	3.84	3.97	4.24	4.47	4.60	4.79	5.62
		通過時間 (sec)	5.97	9.64	13.38	17.15	20.99	24.96	29.20	33.67	38.27	43.06	48.68
		区間速度 (m/s)	7.54	9.54	9.36	9.28	9.11	8.82	8.25	7.83	7.61	7.31	7.12
		歩数		13	13	13	13	13	14	14	15	15	
岸本 鷹幸	2位	区間時間 (sec)	5.89	3.79	3.85	3.97	4.05	4.19	4.42	4.54	4.59	4.69	5.35
		通過時間 (sec)	5.89	9.68	13.53	17.50	21.55	25.74	30.16	34.70	39.29	43.98	49.33
		区間速度 (m/s)	7.64	9.23	9.09	8.82	8.64	8.35	7.92	7.71	7.63	7.46	7.48
		歩数		13	13	13	13	14	14	15	15	15	
井上 駆	3位	区間時間 (sec)	6.14	3.85	3.87	3.90	3.99	4.19	4.32	4.52	4.67	4.74	5.35
		通過時間 (sec)	6.14	9.99	13.86	17.76	21.75	25.94	30.26	34.78	39.45	44.19	49.54
		区間速度 (m/s)	7.33	9.09	9.04	8.97	8.77	8.35	8.10	7.74	7.49	7.38	7.48
		歩数		14	14	14	14	14	15	15	15	15	
大林 督享	4位	区間時間 (sec)	6.01	3.74	4.18	4.14	4.19	4.22	4.29	4.44	4.55	4.72	5.45
		通過時間 (sec)	6.01	9.75	13.93	18.07	22.26	26.48	30.77	35.21	39.76	44.48	49.93
		区間速度 (m/s)	7.49	9.36	8.37	8.45	8.35	8.29	8.16	7.88	7.69	7.42	7.34
		歩数		15	15	15	15	15	15	15	15	15	
山本 竜大	5位	区間時間 (sec)	6.14	3.90	3.99	4.07	4.17	4.32	4.44	4.57	4.58	4.58	5.18
		通過時間 (sec)	6.14	10.04	14.03	18.10	22.27	26.59	31.03	35.60	40.18	44.76	49.94
		区間速度 (m/s)	7.33	8.97	8.77	8.60	8.39	8.10	7.88	7.66	7.64	7.64	7.72
		歩数		14	14	14	14	15	15	15	15	15	

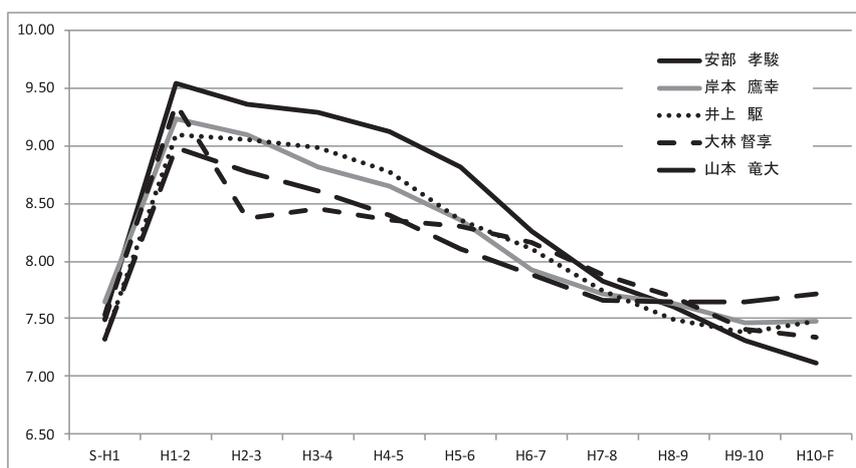


図1 静岡国際陸上 (男子)

表2 ゴールデングランプリ陸上 (男子)

氏名	順位	項目	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
安部 孝駿	1位	区間時間 (sec)	5.91	3.60	3.65	3.74	3.84	4.00	4.29	4.57	4.87	4.94	5.56
		通過時間 (sec)	5.91	9.51	13.16	16.90	20.74	24.74	29.03	33.60	38.47	43.41	48.97
		区間速度 (m/s)	7.61	9.72	9.59	9.36	9.11	8.75	8.16	7.66	7.19	7.09	7.19
		歩数		13	13	13	13	13	13	13	14	16	15
岸本 鷹幸	2位	区間時間 (sec)	5.85	3.69	3.79	3.89	4.02	4.20	4.47	4.60	4.62	4.75	5.48
		通過時間 (sec)	5.85	9.54	13.33	17.22	21.24	25.44	29.91	34.51	39.13	43.88	49.36
		区間速度 (m/s)	7.69	9.49	9.23	9.00	8.71	8.33	7.83	7.61	7.58	7.37	7.30
		歩数		13	13	13	13	14	14	15	15	15	15

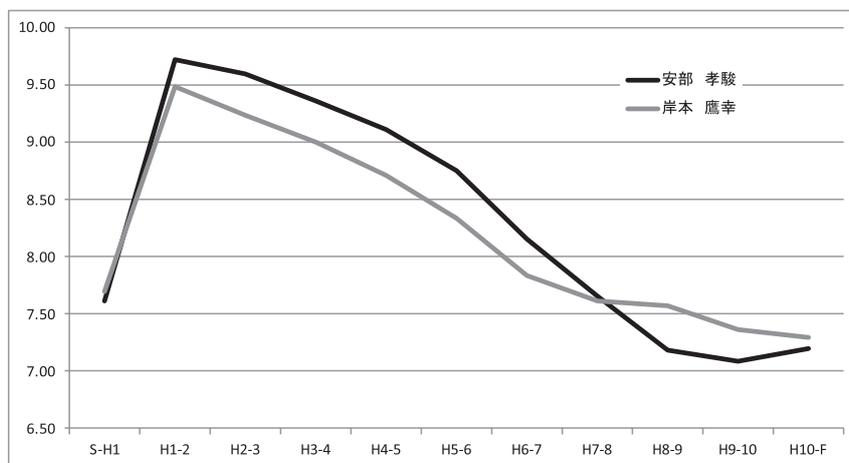


図2 ゴールデングランプリ陸上 (男子)

表3 日本選手権 (男子)

氏名	順位	項目	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
岸本 鷹幸	1位	区間時間 (sec)	5.82	3.70	3.84	3.94	4.14	4.27	4.34	4.52	4.57	4.72	5.44
		通過時間 (sec)	5.82	9.52	13.36	17.30	21.44	25.71	30.05	34.57	39.14	43.86	49.30
		区間速度 (m/s)	7.73	9.46	9.11	8.88	8.45	8.20	8.06	7.74	7.66	7.42	7.35
		歩数		13	13	13	13	14	14	15	15	15	15
安部 孝駿	2位	区間時間 (sec)	5.98	3.67	3.74	3.85	3.97	4.12	4.47	4.60	4.70	4.77	5.57
		通過時間 (sec)	5.98	9.65	13.39	17.24	21.21	25.33	29.80	34.40	39.10	43.87	49.44
		区間速度 (m/s)	7.53	9.54	9.36	9.09	8.82	8.50	7.83	7.61	7.45	7.34	7.18
		歩数		13	13	13	13	13	14	14	15	15	15
前野 景	3位	区間時間 (sec)	6.02	3.80	3.92	4.02	4.22	4.24	4.40	4.55	4.59	4.69	5.41
		通過時間 (sec)	6.02	9.82	13.74	17.76	21.98	26.22	30.62	35.17	39.76	44.45	49.86
		区間速度 (m/s)	7.48	9.21	8.93	8.71	8.29	8.25	7.95	7.69	7.63	7.46	7.39
		歩数		13	13	13	14	14	15	15	15	15	15

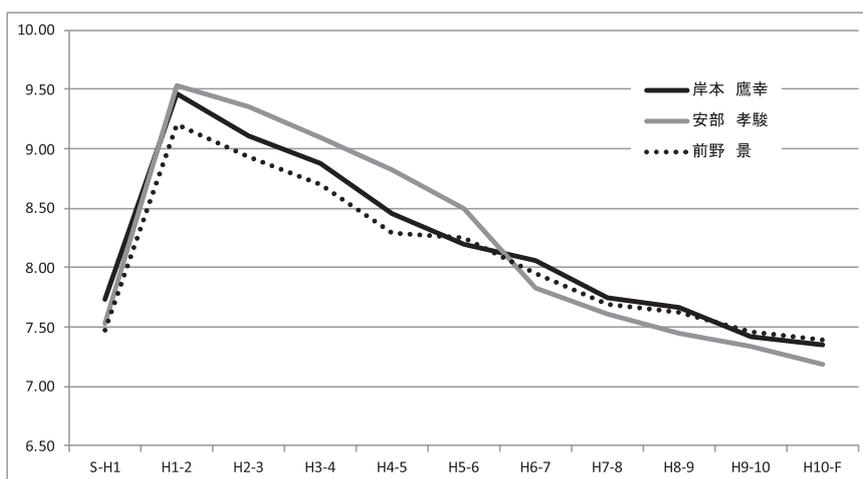


図3 日本選手権 (男子)

表4 日本選手権 (女子)

氏名	順位	項目	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
宇都宮 絵莉	1位	区間時間 (sec)	6.50	4.35	4.52	4.72	5.01	5.11	5.17	5.24	5.32	5.34	6.09
		通過時間 (sec)	6.50	10.85	15.37	20.09	25.10	30.21	35.38	40.62	45.94	51.28	57.37
		区間速度 (m/s)	6.92	8.05	7.74	7.42	6.99	6.85	6.77	6.68	6.58	6.55	6.57
		歩数		15	15	15	16	16	17	17	17	17	17
青木 沙弥佳	2位	区間時間 (sec)	6.54	4.45	4.62	4.65	4.85	4.97	5.04	5.14	5.29	5.54	6.55
		通過時間 (sec)	6.54	10.99	15.61	20.26	25.11	30.08	35.12	40.26	45.55	51.09	57.64
		区間速度 (m/s)	6.88	7.87	7.58	7.53	7.22	7.04	6.94	6.81	6.62	6.32	6.11
		歩数		16	16	16	16	17	17	17	17	17	17
小山 佳奈	3位	区間時間 (sec)	6.62	4.35	4.55	4.89	4.94	5.02	5.12	5.26	5.39	5.49	6.31
		通過時間 (sec)	6.62	10.97	15.52	20.41	25.35	30.37	35.49	40.75	46.14	51.63	57.94
		区間速度 (m/s)	6.80	8.05	7.69	7.16	7.09	6.97	6.84	6.65	6.49	6.38	6.34
		歩数		15	15	16	16	17	17	17	17	17	17

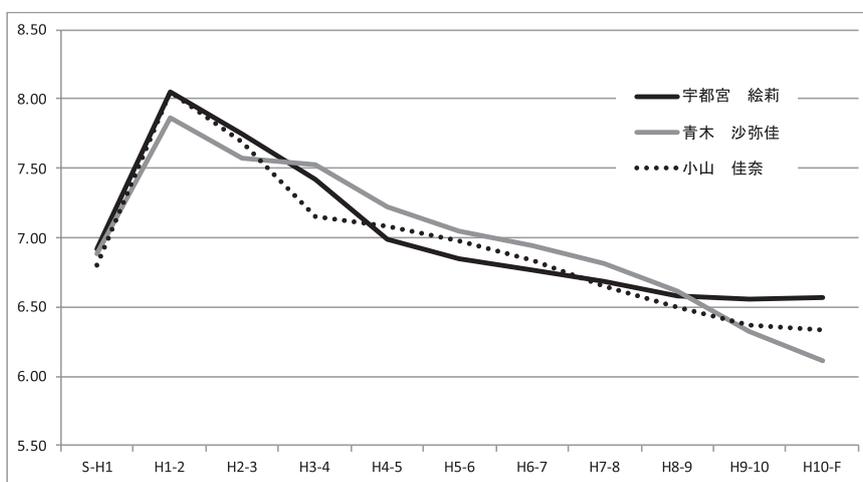


図4 日本選手権 (女子)

表5 国民体育大会 (男子)

氏名	順位	項目	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
鍛冶木 峻	1位	区間時間 (sec)	6.04	3.82	3.90	3.97	4.10	4.32	4.49	4.50	4.64	4.72	5.11
		通過時間 (sec)	6.04	9.86	13.76	17.73	21.83	26.15	30.64	35.14	39.78	44.50	49.61
		区間速度 (m/s)	7.45	9.16	8.97	8.82	8.54	8.10	7.80	7.78	7.54	7.42	7.83
		歩数		13	13	13	13	13	14	14	15	15	15

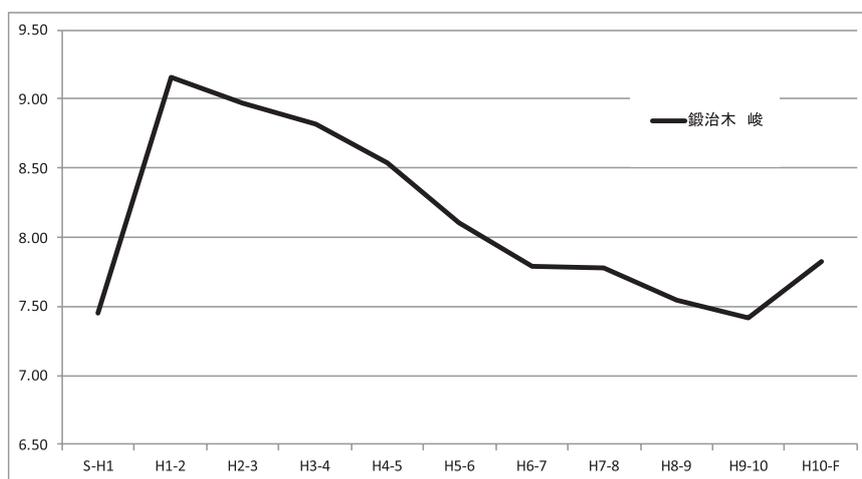


図5 国民体育大会 (男子)

表6 国民体育大会 (女子)

氏名	順位	項目	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
宇都宮 絵莉	1位	区間時間 (sec)	6.50	4.34	4.44	4.60	4.95	4.97	5.07	5.19	5.37	5.67	6.44
		通過時間 (sec)	6.50	10.84	15.28	19.88	24.83	29.80	34.87	40.06	45.43	51.10	57.54
		区間速度 (m/s)	6.92	8.06	7.88	7.61	7.07	7.04	6.90	6.74	6.52	6.17	6.21
		歩数		15	15	15	16	16	17	17	17	17	

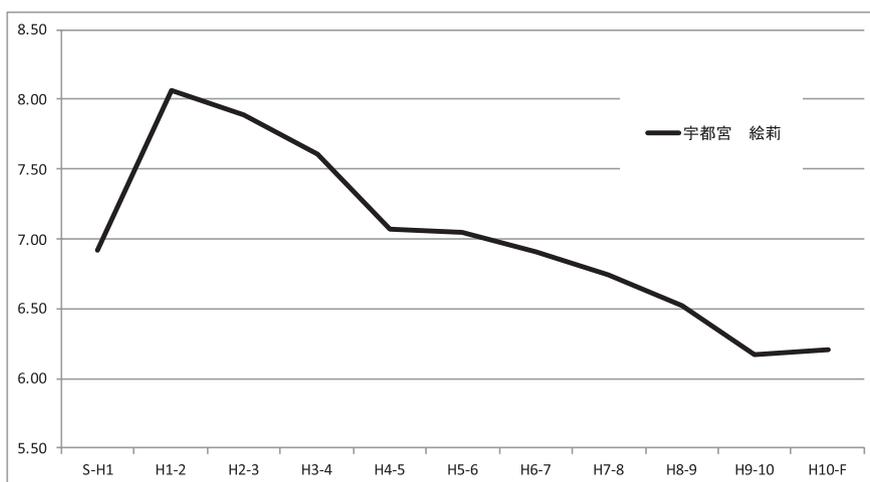


図6 国民体育大会 (女子)

2018年U20世界陸上競技選手権大会および全国高校総体陸上競技における 競歩種目の前額面内下胴キネマティクス

三浦 康二¹⁾ 渡辺 圭佑¹⁾ 山中 亮²⁾ 榎本 靖士³⁾ 中村 康宏⁴⁾

1) 日本スポーツ振興センター 2) 新潟食料農業大学 3) 筑波大学 4) 筑波大学大学院

1. 目的

陸上競技・競歩では、肩甲骨と骨盤の前額面内の回転 (Murray ほか, 1983; Payne と Payne, 1981) が特徴的な動作の一つとされている。これらについて3次元分析が行われているが、男性競技者では支持期中盤における回復脚側股関節を持ち上げるような下胴の前額面内における角加速度が大きな歩行速度に関係していたことが報告されている (三浦ほか, 2014; Hoga-Miura et al., 2016)。しかし、世界一流の女性競技者では関係していないことが最近になって報告されている (Hoga-Miura et al., In Press)。過去の本報告書においては下胴の全額面内キネマティクスについて報告が行われてきているが (三浦ほか, 2015, 2016, 2017, 2018)、データの蓄積によって国内競技者の実態を明らかにすることが必要である。

本報告では、2017年10月に開催された国民体育大会陸上競技 (以下、国体) の競歩種目に出場し、上位に入った少年競技者のレース終盤における前額面内の下胴キネマティクスの分析結果を示すことを目的とした。

2. 方法

分析レースは、U20世界陸上競技選手権が男子10000mW決勝、女子10000mW決勝 (ともに7月14日) で、全国高校総体陸上競技が男子5000mW決勝 (8月5日)、女子5000mW決勝 (同4日) であった。

これらのレースにおいて、バックストレート1レーンの延長線上の競技場外、グランドレベルの高さにビデオカメラを固定し、ハイスピードカメラで撮影した (カメラスピード: U20世界選手権・240fps; 全国高校総体・120fps)。

撮影した競技者のうち、全レースの上位3名を本

報告における分析対象者とした。U20世界陸上競技選手権の上位3名には男女ともに日本人競技者は含まれていない。これらの競技者のユニフォームパンツの腰部上端ラインの左右の端2点を下胴の前額面内の動作を示す分析点として1歩行周期 (2歩) 分の動作をビデオ動作分析システム (Frame-DIAS IV, DKH社製) により60fpsでデジタル化した。また、実長換算は不可能であったが、1レーンの200mスタートライン両端をそれぞれデジタル化することで水平較正マーカーとした。

得られた分析点の分析画像面内の座標はバタワース型デジタルフィルターによって平滑化した。また、水平較正用の2点を結んだ線分を基準としてパンツの腰部上端ラインの前額面内の角度を下胴角度として算出し、時間微分することで下胴の角速度 (1階微分)、角加速度 (2階微分) を算出した。

算出したデータは、右足接地から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てデータの比較を行った。

3. 結果と考察

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

本報告の結果では、角速度についてはU20世界選手権、全国高校総体のデータでピークに違いはみられなかったが、角加速度については、男子のピーク値でU20世界選手権のデータよりも全国高校総体の

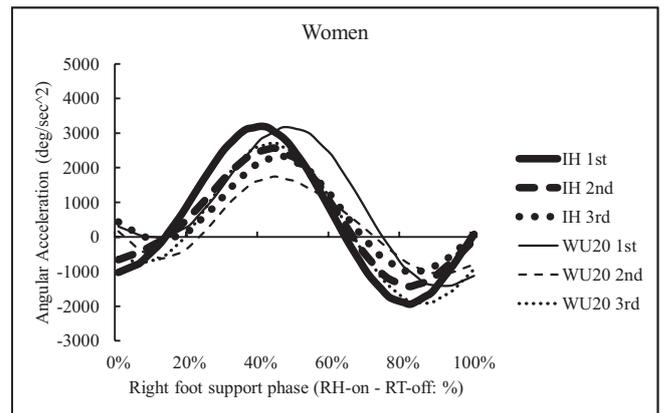
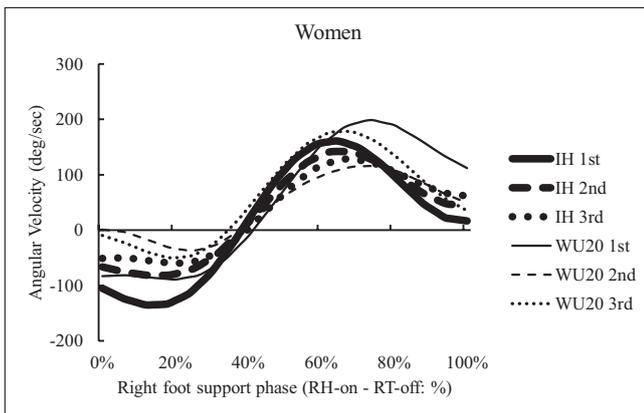
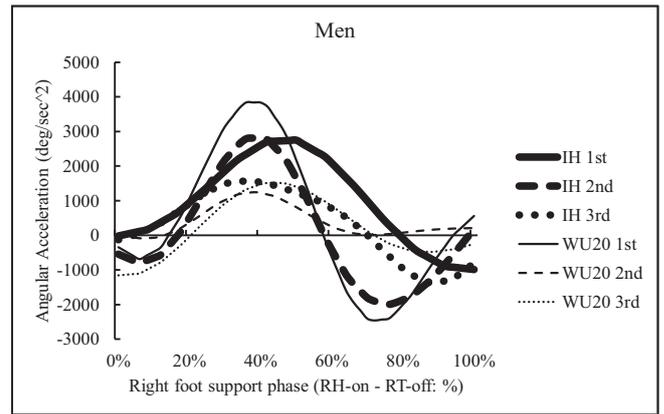
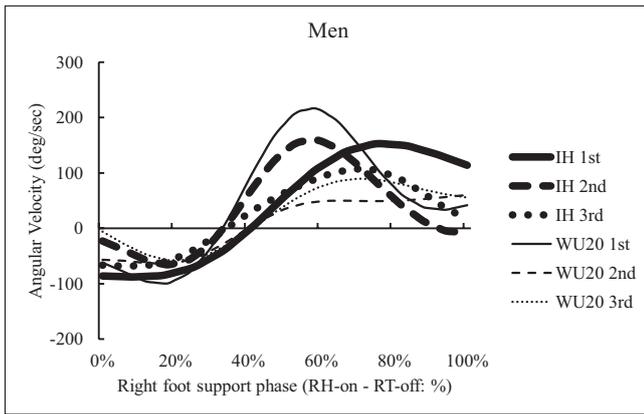


図1 前額面内の下脚角速度

図2 前額面内の下脚角加速度

方が高く、U20 世界選手権（世界ジュニア選手権）における日本人以外の競技者（優勝者）を含んだ2014年度および2016年度の報告と同様の結果が見られた（三浦ほか，2015，2017）。

三浦 康二ほか（2014）3次元倒立振り子モデルによる男子20kmW公認レースにおける歩行速度の分析。日本陸上競技学会第13回大会プログラム，日本陸上競技学会，26。

三浦 康二ほか（2015）2014年第15回世界ジュニア陸上選手権男女10000mにおける上位者の前額面内下脚キネマティクス変化。日本陸連科学委員会研究報告 陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2014，13，131-136。

三浦 康二ほか（2016）2015年和歌山国体競歩種目における男女U19競技者の前額面内下脚キネマティクス。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 REPORT2015，14，83-86。

三浦 康二ほか（2017）2016年世界U20選手権及び全日本実業団における競技者の前額面内下脚キネ

マティクス。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 REPORT2016，15，136-137。

三浦 康二ほか（2018）2017年国民体育大会における競技者の前額面内下脚キネマティクス。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 REPORT2017，16，212-213。

Hoga-Miura, K., et al. (2016) 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. (In Press) 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*.

Murray, M.P. et al. (1983) Kinematic and electromyographic patterns of olympic racewalkers. *The American Journal of Sports Medicine*, 11(2), 68-74.

Payne, H. and Payne, R. (1981) *The science*

of track and field athletics. Pelman Books,
London.

ジャカルタアジア競技大会 男子 50km 競歩トップ選手のゼネラル使用状況

岡崎和伸¹⁾ 佐保光祐¹⁾ 橋本 峻²⁾ 関町理紗子²⁾ 今村文男³⁾ 杉田正明²⁾

1) 大阪市立大学 2) 日本体育大学 3) 富士通

【目的】

競歩やマラソンなどの長距離種目において、オリンピックや世界選手権などの夏期に実施されるレースで好成績を納めるためには、高温・多湿となる暑熱環境への対策が不可欠である。特に、レース中の暑熱対策は、深部体温の上昇を如何に抑えるか、脱水を如何に抑えるか、の2点に集約される(1)。我々は、2013年度から競歩および長距離・マラソンのレース時や合宿時などにおいて、暑熱対策を視野に入れた生理学的調査を、強化、医学、科学の密接な連携のもと継続して行っている(2、3、4)。本報告では、第18回アジア競技大会男子50km競歩に出場した日本人選手を含むトップ選手を対象として実施したゼネラルテーブルの使用状況の調査結果を報告する。

【内容】

第18回アジア競技大会(インドネシア、ジャカルタ市)における、男子50km競歩(2019年8月30日 午前6時スタート)において、ゼネラルテーブルの使用状況を調査した。対象選手は、日本代表2名(勝木隼人、丸尾知司)および中国代表2名(Qin Wang、Rui Wang)の合計4名であった。ゼネラルテーブルは、2km周回コースの1km付近に写真1のように設置され、水に浸したスポンジ、および、500mLペットボトルの水が提供された。スポンジの水はテーブル横のタンクから、また、ペットボトルの水はテーブル横の段ボールケースから補充され、冷却や氷の使用はなかった。

周回毎の使用状況を2名の験者によって目視によって確認し、さらに、同時に撮影した映像を用いて確認した。ペットボトルの水による給水量について、通常の一一口を30mL、大きく一口を50mLとして集計したが、多量の給水を確認した時には、ペット

ボトルの残量から大凡の量を把握した。また、スポンジの使用、およびペットボトルの水を用いた掛水について、使用部位および回数を把握した。使用部位は、頭(顔を含む)、首、肩、胸、背、腕、手、大腿に分類した。さらに、レース中を通して、気温、湿度、黒球温度、および、WBGTを測定(WBGT-101、京都電子工業)した。

【結果及び考察】

対象選手のレース結果は、勝木選手1位(4時間3分30秒)、丸尾選手4位(4時間14分13秒)、Qin Wang選手2位(4時間6分48秒)、Rui Wang選手32kmで棄権であった。レース中の気温、湿度、黒球温度、および、WBGTを図1に示した。レース時の平均値は、気温30.0℃、湿度58.9%、WBGT26.9℃であったが、レース中は、気温、黒球温度、および、WBGTとも徐々に上昇し、レース中の最高値は、気温33℃、黒球温度40℃、WBGT28℃(厳重警戒)を超える過酷な暑熱環境であった。

表1にゼネラルでの給水の状況を示し、また、周回毎の給水量を図2に、累積給水量を図3に示した。概ね15周目までは各選手とも周回毎30~50mLの給水であったが、16周目以降は周回毎100~200mLの給水を認めた。累積給水量は、丸尾選手は約1000mL、勝木選手は約1400mL、Qin Wang選手は約2000mLとなった。

表2にゼネラルでのペットボトルの水を用いた掛水の使用状況を、また、表3にスポンジの使用状況を示した。掛水については、各選手とも2周目からレース終盤まで頭、首、肩、胸、背に対して頻繁に使用していた。レース中は晴れであり直射日光が強く黒球温度が40℃に達したように、日射および輻射によってこれらの部位の温度が高くなっていたためと推察される。一方、大腿に対しては、丸尾選手は頻繁に使用していたが、中国選手は15周までは

使用を確認しなかった。中国チームでは、頭から上半身を中心とした掛水の使用を戦略的に実施していたことも推察される。スポンジについては、1～4周目および8周目において一部の選手で使用を確認したのみで、その後は使用がなかった。スポンジの使用によって選手が感じる冷却感が、掛水に比べて低かったことが原因と考えられる。スポンジの水温が高くなっていたこと、あるいは、スポンジでは十分な水が使用できないためと推察される。

今回は、男子 50km 競歩の日本代表選手 2 名および中国代表選手 2 名のトップ選手に限定して実施した。今後、同様の調査の対象種目および選手を広げ、様々な条件下におけるレース中のデータを蓄積できれば、レース中の気温、湿度、WBGT 等の環境条件、および、競技結果との関連などの検討が可能となると考えられる。これらの取り組みを通して、今後の世界選手権およびオリンピックなどの暑熱環境下でのレースで有効となる冷却方法の提示に繋げていきたい。

【謝辞】

本調査の実施にご協力、ご尽力を頂きました選手、スタッフ、全ての関係者の皆様に感謝申し上げます。

【文献】

- 1) 岡崎和伸：運動と発汗および皮膚血流調節（総説）．発汗学 18：11-18，2011.
- 2) 杉田正明，瀧澤一騎，岡崎和伸，松生香里，山口太一，広川龍太郎，須永美歌子，武富豊，宗猛，酒井勝充．北海道マラソンにおける調査について．陸上競技研究紀要 10：150-158，2015.
- 3) 岡崎和伸，松生香里，瀧澤一騎，三浦康二，杉田正明，今村文男，宗猛，酒井勝充：長距離および競歩選手における汗中の電解質濃度の分析．陸上競技研究紀要 10：146-149，2015.
- 4) 岡崎和伸，松生香里，橋本 峻，山田里美，今村文男，杉田正明：ロンドン世界陸上および 2020 年東京オリンピックに向けた競歩における科学活動．陸上競技研究紀要 13：205-211，2017.



写真 1. ゼネラルテーブルの状況

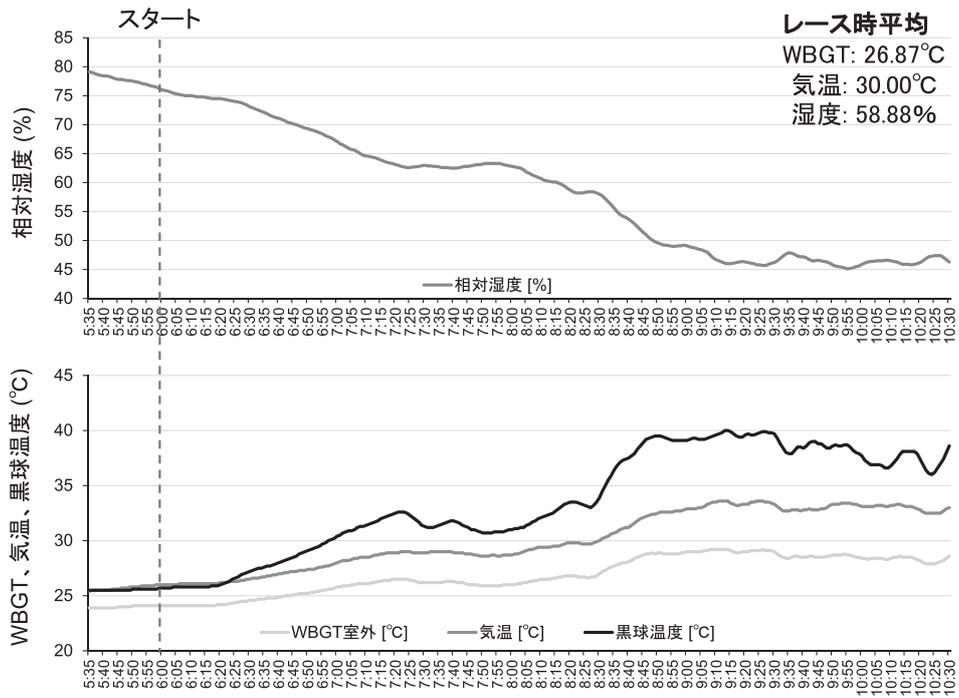


図 1. 50km レース時の気温、湿度、黒球温度、WBGT

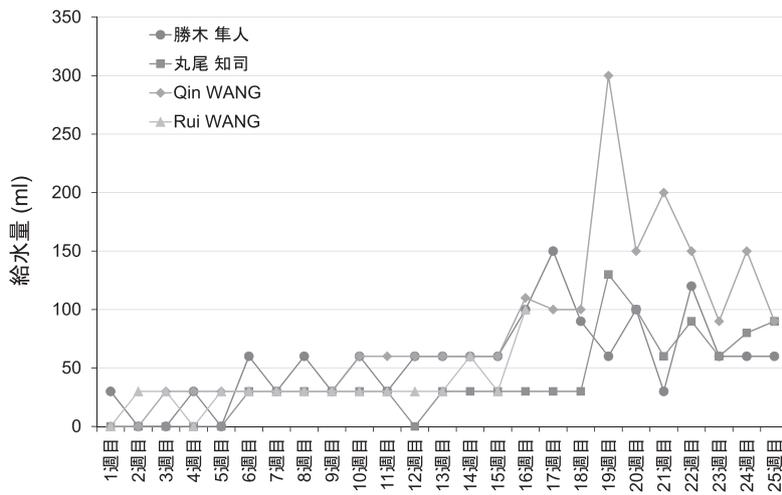


図 2. ゼネラルでの周回毎の給水量

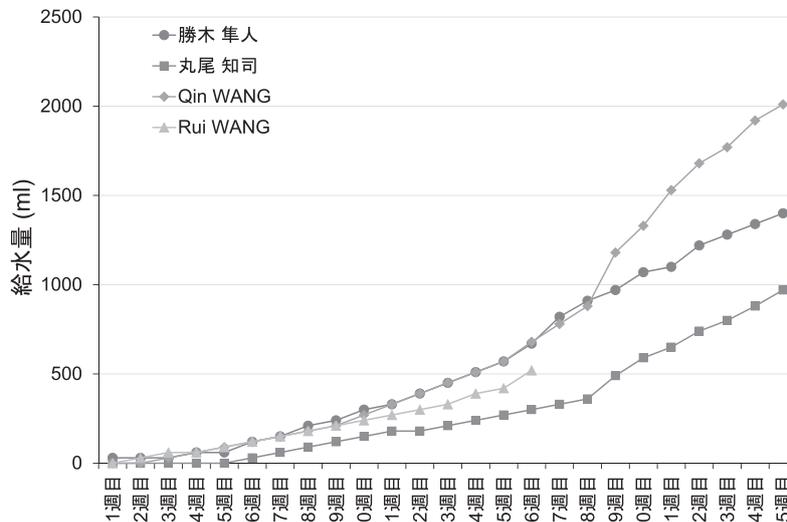


図 3. ゼネラルでの累積給水量

表 1. ゼネラルでの給水の状況

周回	勝木隼人	丸尾知司	Qin Wang	Rui Wang
1週目	1			
2週目				1
3週目			1	1
4週目	1		1	
5週目			1	1
6週目	2	1	1	1
7週目	1	1	1	1
8週目	2	1	1	1
9週目	1	1	1	1
10週目	2	1	2	1
11週目	1	1	2	1
12週目	2		2	1
13週目	2	1	2	1
14週目	2	1	2	2
15週目	2	1	2	1
16週目	2大	1	1大, 2	2大
17週目	3大	1	2大	-
18週目	3	1	2大	-
19週目	2	2大, 1	2大≒300mL	-
20週目	2大	2大	1大≒150mL	-
21週目	1	2	3大≒200mL	-
22週目	4	3	3大	-
23週目	2	2	3	-
24週目	2	1大, 1	3大	-
25週目	2	3	3	-

数値は通常の一口の回数を、大は大きく一口の回数を示す。
空欄は使用なしを示す。

表 3. ゼネラルでのスポンジの使用状況

周回	勝木隼人	丸尾知司	Qin Wang	Rui Wang
1週目	背	胸, 腕	首	
2週目			頭, 首	肩, 胸, 手
3週目				腕
4週目			頭, 首, 肩, 胸	頭, 首, 腕, 胸
5週目				
6週目				
7週目				
8週目			頭, 首, 腕, 胸	
9週目				
10週目				
11週目				
12週目				
13週目				
14週目				
15週目				
16週目				
17週目				-
18週目				-
19週目				-
20週目				-
21週目				-
22週目				-
23週目				-
24週目				-
25週目				-

空欄は使用なしを示す。

表 2. ゼネラルでの掛水の使用状況

周回	勝木隼人	丸尾知司	Qin Wang	Rui Wang
1週目				
2週目		首, 胸, 背, 大腿	胸	
3週目	頭, 首, 腕	腕, 大腿2	頭, 胸	
4週目	頭, 腕, 胸	頭, 肩, 腕, 胸		
5週目	首, 大腿	頭, 腕, 胸, 大腿	頭, 肩, 腕, 胸	頭, 肩, 胸
6週目	首, 背, 腕, 大腿	頭, 首, 肩, 腕	頭, 腕	頭, 肩, 腕, 胸
7週目	背, 腕, 手	頭, 肩, 胸, 大腿	頭, 腕	頭, 肩, 手
8週目	首, 肩, 胸	頭, 首, 胸		頭
9週目	肩, 胸, 腕	頭, 首, 肩, 背, 腕, 大腿	頭	頭, 腕, 手
10週目	首, 背, 腕, 手, 大腿	頭, 肩, 背, 大腿	頭, 肩, 胸	首, 腕
11週目	首, 肩, 手	頭, 首, 肩, 背, 腕, 大腿	頭, 肩, 胸, 手	頭, 肩
12週目	首, 腕	頭, 首, 肩, 胸, 背, 大腿	頭2, 胸	頭, 胸
13週目	首, 肩	頭, 首, 肩, 胸, 背	頭, 肩, 胸, 背, 手	胸, 腕
14週目	首, 肩, 腕, 大腿	首, 背	頭, 肩, 胸, 手	頭, 肩, 胸, 手
15週目	肩, 胸, 背	頭, 首, 肩, 背	頭2, 肩, 胸	頭, 肩, 手
16週目	肩, 腕	頭, 肩2, 背, 大腿	頭, 肩, 胸, 手, 大腿	頭, 胸
17週目	肩, 背, 腕, 大腿	頭, 胸, 背2, 腕, 大腿	頭, 胸2	-
18週目	肩, 背, 腕	頭2, 肩, 胸, 背, 大腿	頭, 肩, 胸2, 腕	-
19週目	背	頭2, 首, 胸, 背, 腕, 手, 大腿	頭, 肩	-
20週目	胸, 背, 腕	頭2, 首, 肩, 胸, 背, 大腿	頭2, 胸2, 腕, 大腿	-
21週目	首, 腕	頭2, 首, 肩2, 背2	頭2, 首, 肩	-
22週目	肩, 腕	頭2, 首, 肩2, 大腿2	頭2, 肩, 胸, 腕, 大腿	-
23週目	背, 腕, 手	頭2, 首2, 肩, 大腿	頭2, 肩, 手	-
24週目	腕, 大腿	頭2, 首, 肩2, 大腿	頭, 肩	-
25週目	肩	首, 肩2, 大腿	頭, 肩, 腕	-

空欄は使用なしを示す。

2020年に向けた競歩における暑熱対策の取り組み

橋本峻¹⁾ 杉田正明¹⁾ 岡崎和伸²⁾ 三浦康二³⁾ 松生香里⁴⁾ 今村文男⁵⁾

1) 日本体育大学 2) 大阪市立大学 3) 日本スポーツ振興センター 4) 川崎医療福祉大学
5) 富士通

目的

2020年東京オリンピックにおいては、高温多湿の過酷な環境下での競技となることが予想されており、暑さ対策が不可欠である。競歩においては2015年より夏場の強化合宿を始めとした様々な場面において2020年に向けた対策法を検討するための基礎的資料を得ることを目的とした取り組みを継続して行ってきた。本年度においては強化、医学、科学の密接な連携のもとに競歩の主として強化対象競技者に指定されている選手らを対象として、8月に酷暑の東京都内において2000m×5本インターバルと12kmもしくは30kmを行うことを計画した。その暑熱対策の取り組みについて報告する。

内容

昨年度まで実施してきた内容をもとに本年度の実施内容の検討を行った。2018年6月日本選手権の期間中に関係者が集まり、具体的な実施内容について検討を行った。

期間は8月3～5日とし、対象は選手9名（松永大介、荒井広宙、野田明宏、谷井孝行、及川文隆、藤澤勇、小林快、川野将虎、池田向希）であった。

暑熱環境における影響を検討するため、涼しい環

境となる北海道千歳市での事前合宿（7/23～27）において同様の測定を行った。2通りの環境において同様の測定を実施することで、環境の違い（特に暑熱環境）が身体に及ぼす影響を明確に把握するためである。

図1のような暑熱対策研修合宿日程の中で測定1日目に2000m×5本インターバルを、測定2日目に12kmもしくは30km（基本的に専門種目の6割の距離）を朝7時スタートにて行った。インターバルはJISS陸上競技場を用いて2000m毎の休息時に給水を摂取しながら実施した。インターバル時のペースは1本ごとに2000mを9'30"、9'10"、8'50"、8'30"の設定とし、最後の1本はフリーペースであった。距離歩行は荒川の河川敷のコースを用い2kmの往復とし、2km毎に水かスペシャルドリンクおよび掛け水を摂取するかたちで実施した。歩くペースは、12kmは1キロ4分45秒程度で10kmまで歩きそこから各選手のペース、30kmでは1キロ4分55秒程度で25kmまで歩きそこから1キロを4分25秒程度まで上げるかたちであった。

各距離歩行時の測定項目は以下の通りであった。

- ・歩行前後：血中乳酸濃度、血糖値、酸化ストレス、抗酸化力、鼓膜温、体重
- ・歩行中（連続）：深部体温、心拍数、汗、GPS（時

期日：2018年7月25日～8月5日

場所：7月：北海道千歳市、8月：JISSおよび荒川河川敷

測定スケジュール

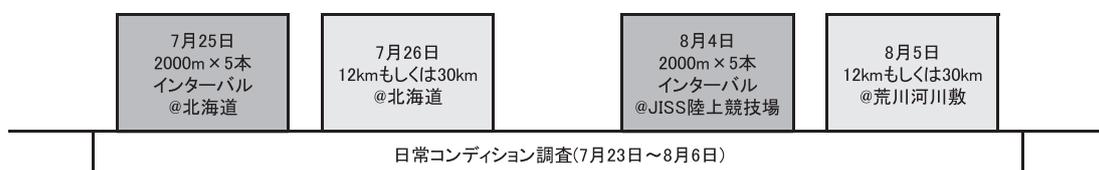


図1. 競歩における暑熱対策合宿の流れ



写真．30kmの様子（8月測定時）

計)、湿球黒球温度 (WBGT)

- ・歩行中 (随時) : 給水量、給水温度、主観的運動強度 (Borg Scale)、暑さの主観的指標
- 期間中は、起床時体調チェック、尿検査などを実施した。

結果と考察

全ての測定結果については、各関係者にメールで報告し、11月7日には味の素ナショナルトレーニングセンターにて講習会を実施しアジア大会における測定結果を踏まえた全結果のフィードバックを行った。結果については守秘義務の関係もあるため、個人が特定されるような詳細なデータと解説は遠慮させていただくこととする。

当日の気象条件は図2および3に示したとおりであり、7月測定時の平均WBGTは18.7°C, 19.4°C (インターバル, 30km歩行; 以下同順)、平均気温は18.7°C, 19.6°C、平均湿度は90.3%, 93.7%であったのに対して、8月測定時では平均WBGTは27.5°C, 28.4°C、平均気温は30.8°C, 30.6°C、平均湿度は54.1%, 67.7%であり、環境には大きな違いがあった。8月測定当日は朝からからよく晴れ、想定していた通りの暑熱環境であった (写真)。インターバルおよび30km時のペースを図4, 5に示す。インターバルにおいては2回の測定においてほぼ同じペースで歩行できており、30kmにおいても2回とも設定以内のタイムで歩行できていた。同じペースで歩行できていたのにも関わらず、インターバル中の心拍数

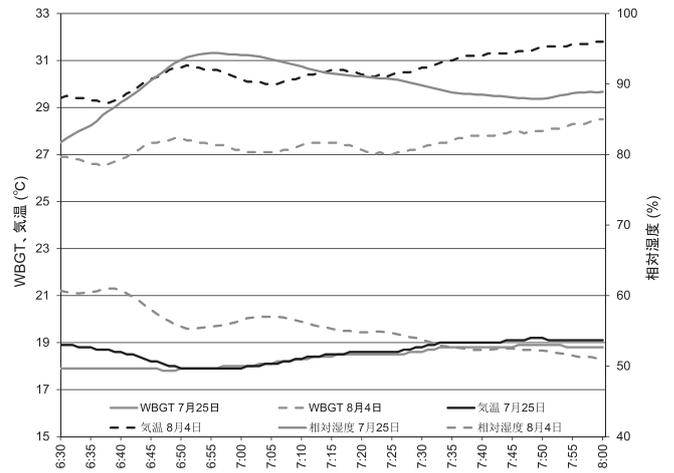


図2. 2000m × 5本インターバル時の気象データの推移

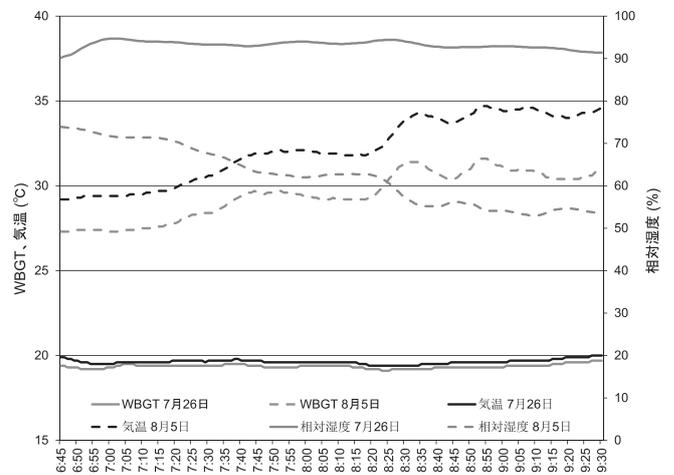


図3. 12kmもしくは30km時の気象データの推移

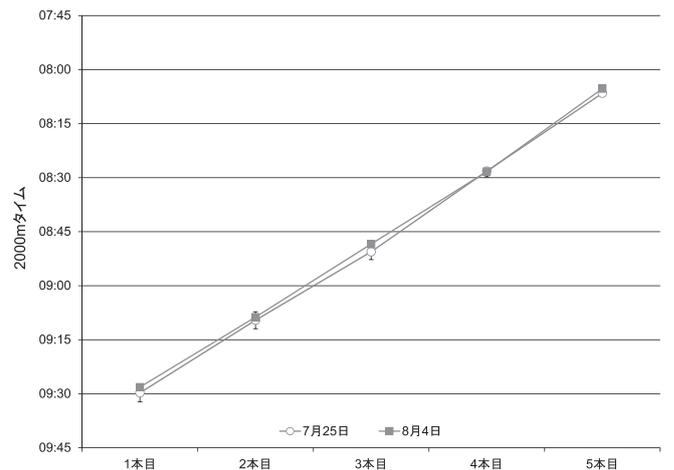


図4. 2000m × 5本インターバル時のタイム

は7月25日より8月4日において高い値となっており、歩行時においては1本目から順に7、6、10、12、6拍/分、レスト時においても1回目からそれぞれ20、20、26、25拍/分高い値であった (図6)。

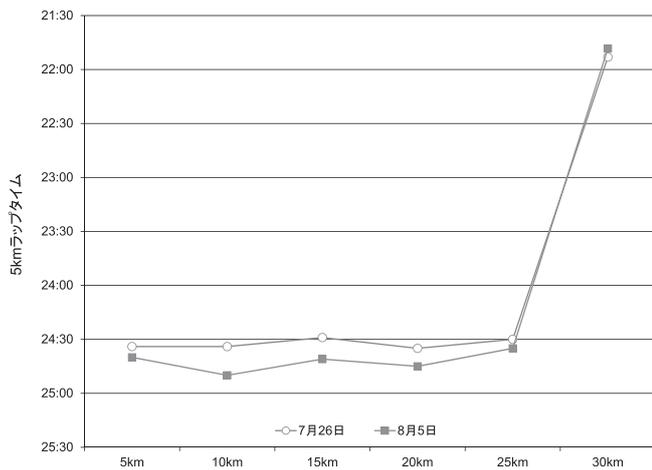


図5. 30km時の5kmラップタイム

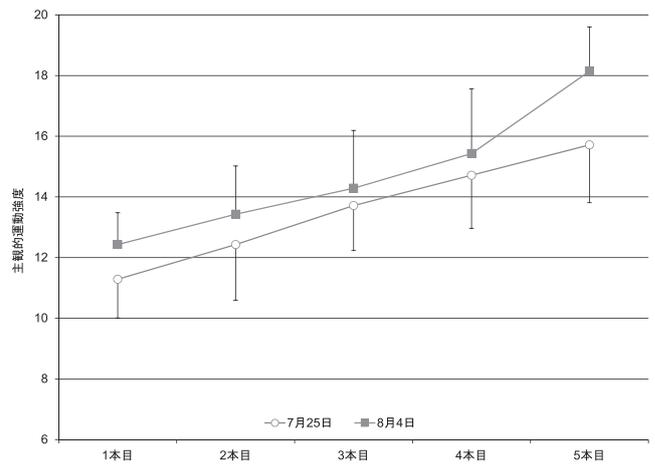


図7. 2000m × 5本インターバル時の主観的運動強度の推移

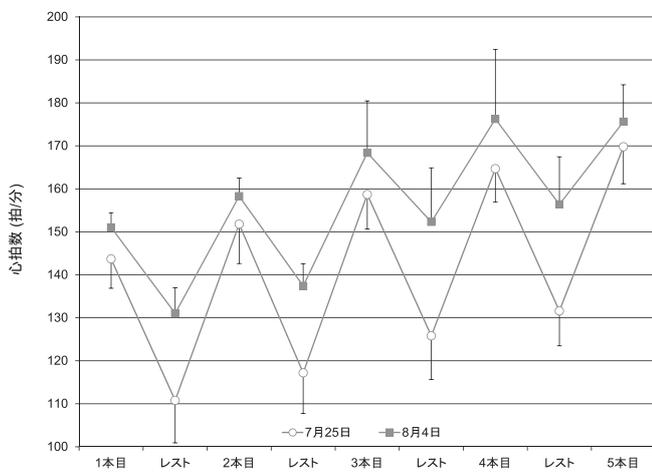


図6. 2000m × 5本インターバル時の心拍数の推移

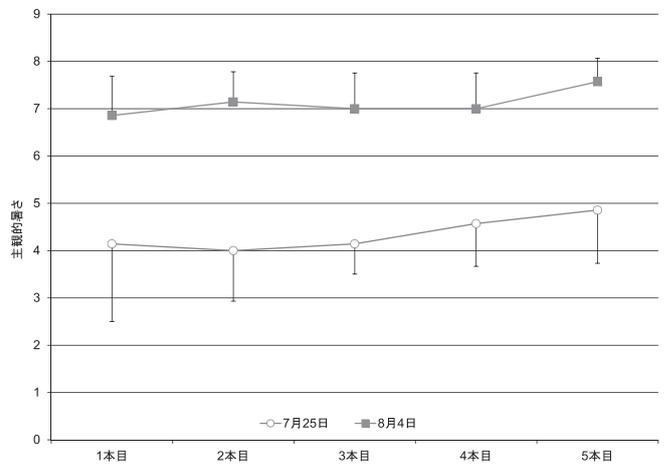


図8. 2000m × 5本インターバル時の主観的暑さの推移

心拍数と同様に主観的運動強度および主観的な暑さスケール(0~8)についても7月25日より8月4日において高い値を示し、主観的運動強度は5本目における2.4、主観的な暑さスケールは3本目における3.1が最も大きな差となっていた(図7, 8)。上記の結果より環境の違いが身体に大きなストレスを与えていたことが確認された。一方で、心拍数の2日間における差を各選手において検討すると、最大で6拍/分しか差の無い選手もいれば、46拍/分も高くなる選手もおり、選手ごとに影響の受け方が異なることも見てとれた。今回の測定において涼しい環境と酷暑環境における基礎的データを比較することで、暑熱環境が選手の身体へ及ぼす負担度の違いや選手個々における暑熱環境への強さなどについて検討することができた。環境が及ぼす負担や暑さへの強さといったことをより明確に把握することができれば、レース時の暑熱対策のみならず、暑熱環境下でのトレーニングや調整法、暑熱順化方策などの望ましいあり方を選手個々に確立することにつ

ながるものと思われる。

全体フィードバック後には個人合宿等に出向き個別にヒアリングを実施しており、今後の継続したデータ収集と併せて、選手個別の暑熱対策暑プランに寄与したいと考えている。

本調査の実施にご協力、ご尽力頂きました選手、スタッフ、関係者の皆様に感謝申し上げます。

第18回アジア競技大会（競歩）における気象情報の活用

浅田佳津雄¹⁾ 堀内恒治²⁾ 杉田正明³⁾

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

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) 2018 アジア競技大会における取り組み

2020年の東京オリンピック・パラリンピックを見据え、東京と似た気象コンディションの中で大会が行われる、「第18回アジア競技大会（2018/ジャカルタ/パレンバン）」において、選手を気象面からサポートを行った。

対象競技は、陸上競技の中でも、特に暑熱対策が重要となる「競歩」競技を対象とした。

2-1) 取り組み内容

2018年8月にジャカルタにて、以下の取り組み

を実施。

レース本番1週間前から現地入りし、レース本番前日まで事前準備としてa)～c)を実施。

●レース前

- a) レース本番数日前から気象観測
- b) レースコースの動画撮影（本番数日前）
- c) コースにおける日陰・日向マップ

●レース本番

- d) レース本番の気象予測
- e) レース本番中の気象観測

●レース後

- f) レポート作成、観測データ検証

2-2) 各取り組みの概要（詳細）

実施した各取り組みについて、概要を記載致します。

●レース前

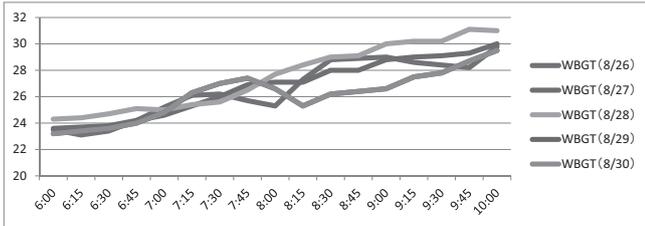
- a) レース本番数日前から気象観測

レース本番4日前から、レース開始時刻の6時より「温度」「湿度」「WBGT」「路面温度」「風向/風速」を、15分おきに2地点で観測。

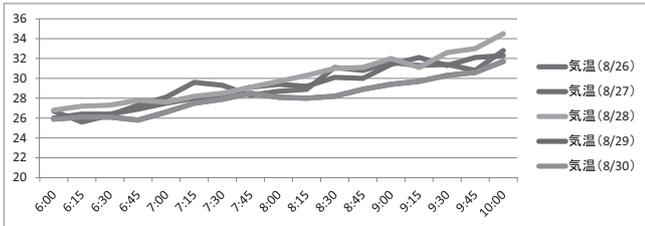
時間	WBGT	スタート地点					備考	
		気温	湿度	風向	風速	路面温度		
6:00	23.2	25.9	76.3	西南西	0.8	28.2	日陰	日の出前、風向きがいつもと違う
6:15	23.4	26.1	75.9	西南西	0.7	28.6	日陰	日の出前、微風もあり心地良い
6:30	23.6	26.1	76.9	西南西	0.3	29.1	日陰	8:20日の出。曇りがかかっている
6:45	24	25.8	81.1	西南西	0.2	29.3	日向	日が出て来たが薄曇りがかかっている
7:00	24.8	26.6	77.8	南西	0.5	29.8	日向	6:50から曇りが取れ始め、暑さを感じ始める
7:15	26.3	27.5	74.8	南西	0.6	31.9	日向	次第が出てきて、一気に暑さを感じる
7:30	27	27.9	72.4	南南西	0.7	32.6	日向	ジリジリと暑さが増した
7:45	27.4	28.5	68.6	南西	0.9	33	日向	日差しが暑さを感じる
8:00	26.6	28.1	69.9	南南西	0.6	33.7	日陰	曇りがかり暑さが増した
8:15	25.3	28	69.7	西南西	1	34.1	日陰	場所移動。暑いため暑くない
8:30	26.2	28.2	67.5	南西	0.7	35.8	日陰	暑まっているため暑くない
8:45	26.4	28.9	64.9	西	1.2	36.3	日陰	暑まっているため暑くない
9:00	26.6	29.4	62.3	西	0.8	37.6	日陰	暑まっているため暑くない
9:15	27.5	29.7	61.6	西	0.7	38.1	日陰	暑まっているため暑くない
9:30	27.8	30.3	61	西	0.6	38.3	日陰	暑まっているため暑くない
9:45	28.7	30.6	58.9	西	0.3	39.3	日陰	暑まっているため暑くないが、少し曇りが増えるとジリっとする
10:00	29.5	31.7	56	西	0.8	40.7	日向	曇りが取れると一瞬で暑くなる

※ 2018.08.27の1地点分の観測データ

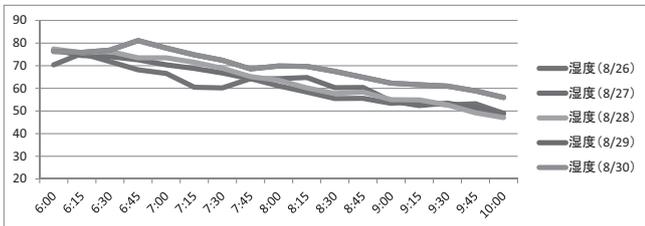
・WBGTの時間変化の比較（5日分）



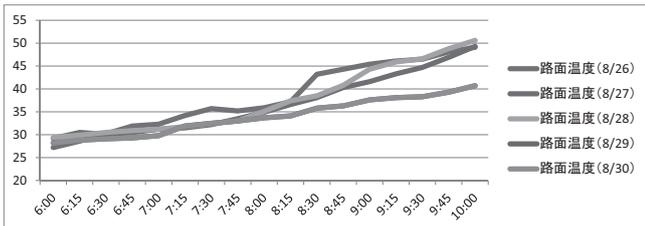
・気温の時間変化の比較（5日分）



・湿度の時間変化の比較（5日分）



・路面温度の時間変化の比較（5日分）



b) レースコースの動画撮影（本番数日前）

レース本番まで選手がコースを試走等が出来ないことを考慮し、レース中の日向・日陰の変化等を動画で撮影し共有することで、選手のイメージトレーニングに役立てる目的で撮影。

1週間前に、車でコースを走りビデオ撮影し、動画共有サイトにアップロードし、選手やスタッフに

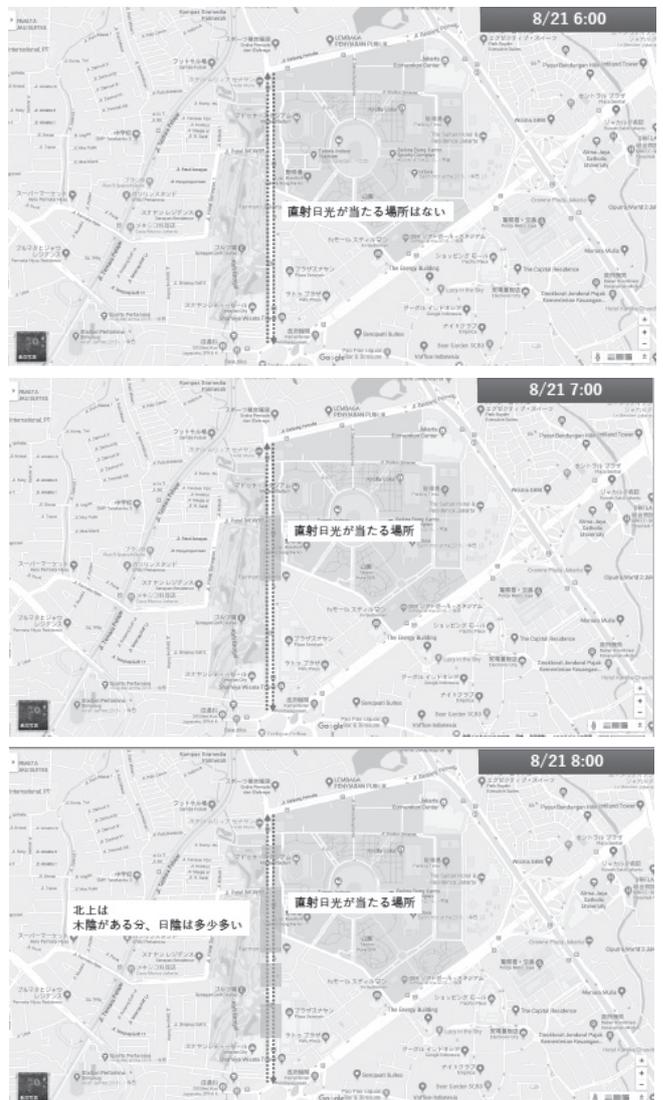
※動画を画面キャプチャーしたサンプル画像



共有。

c) コースにおける日陰・日向マップ

動画で撮影した情報や、現地での観測を元に、時間帯毎の「日陰エリア・日向エリア」を可視化し、選手やスタッフへ共有。





レース本番中も、前述の (a) と同様の気象観測を実施。



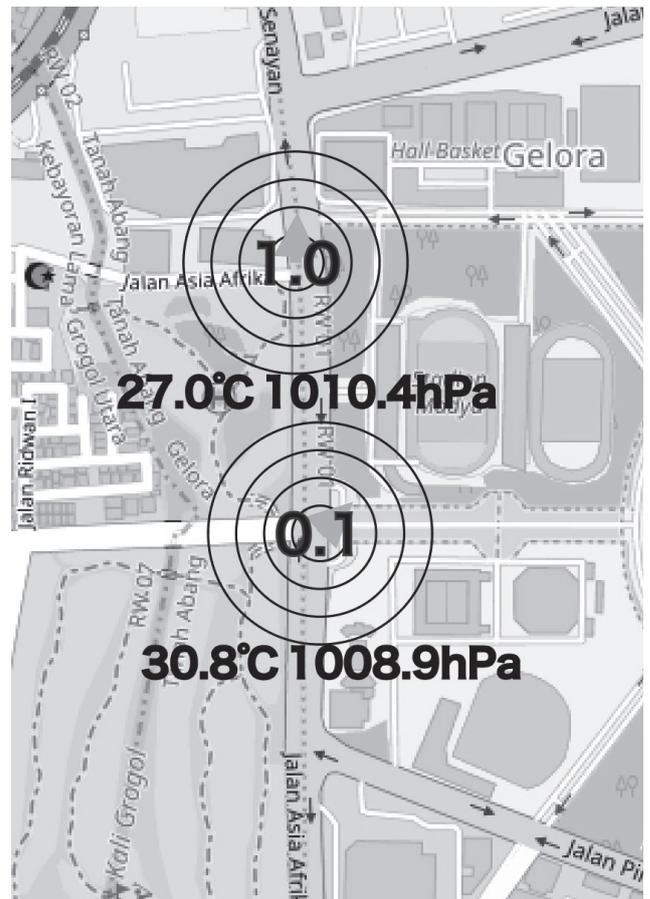
● レース本番

d) レース本番の気象予測

ウェザーニューズ社のオリジナル気象情報サイト (MiCATA) にて、ジャカルタ現地の詳細な気象予測情報を選手やスタッフに提供。

常に最新の情報を、スマホ等でリアルタイムに手軽に確認出来ることも重要である。

No	地点名称	試合開始	1時間後	2時間後
1	北折り返し地点			
2	コース中央			
3	南折り返し地点			



● レース後

f) レポート作成、観測データ検証

観測終了後、当日中にレポートを作成し、その日1日の気象コンディションの変化の情報を選手やスタッフへ共有。

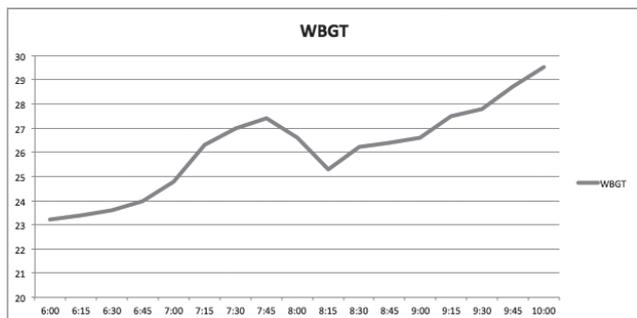
e) レース本番中の気象観測

以下がレポートの抜粋。

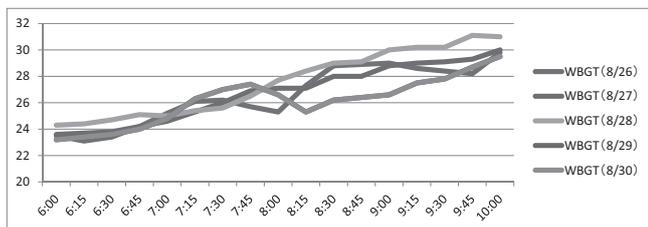
①地点毎の観測データ

時間	スタート地点						備考	
	WBGT	気温	湿度	風向	風速	路面温度		
6:00	23.2	25.9	76.3	西南西	0.8	29.2	日陰	日の出前、風向きがいつもと違う
6:15	23.4	26.1	75.9	西南西	0.7	28.8	日陰	日の出前、微風もあり心地良い
6:30	23.6	26.1	76.9	南西	0.3	29.1	日陰	6:20日の出、雲がかかっている
6:45	24	25.8	81.1	西南西	0.2	29.3	日陰	日が出て来たが薄曇りがかかっている
7:00	24.8	26.6	77.8	南西	0.5	29.8	日陰	6:50から雲が取れ始め、暑さを感じ始める
7:15	26.3	27.5	74.8	南西	0.6	31.9	日陰	太陽が出てきて、一気に暑さを感じる
7:30	27	27.9	72.4	南南西	0.7	32.5	日陰	シリアリと暑くなった
7:45	27.4	28.5	68.6	南西	0.9	33	日陰	日照しの暑さを感じる
8:00	26.6	28.1	69.9	南南西	0.6	33.7	日陰	雲がかり暑さが緩和される
8:15	25.3	28	69.7	南南西	1	34.1	日陰	場所移動、暑さのため暑くない
8:30	26.2	28.2	67.5	南西	0.7	35.8	日陰	暑まっているため暑くない
8:45	26.4	28.9	64.9	西	1.2	36.3	日陰	暑まっているため暑くない
9:00	26.6	29.4	62.3	西	0.8	37.6	日陰	暑まっているため暑くない
9:15	27.5	29.7	61.6	西	0.7	38.1	日陰	暑まっているため暑くない
9:30	27.8	30.3	61	西	0.6	38.3	日陰	暑まっているため暑くない
9:45	28.7	30.6	58.9	西	0.3	39.3	日陰	暑まっているため暑くないが、少し暑が薄くなるとシリアリとする
10:00	29.5	31.7	56	西	0.8	40.7	日陰	暑が取れると一瞬で暑くなる

②当日の変化をグラフにて



③連日の比較



④太陽の位置 / 起動 (写真画像)



グや準備に活用が出来た、と、選手やスタッフからの評価も受けている。

今回のアジア競技大会においては、一定の準備が出来たため、結果にも繋がった。

3) 2020 東京五輪に向けて

2020 年は、これまでの五輪大会で類を見ないほど過酷な気象コンディションの中、大会が開催されることが予想される。一方、自国開催ということでのアドバンテージを活かした良い準備を行うことで、少しでも日本代表チームが有利になるような大会になるとも言える。

2020 年に向けて既に、2018 年より気象観測、分析を開始している。マラソン、競歩のレースが行われる日程に合わせてレースコースにて気象観測を実施。

マラソンにおいては、スタート地点より 1km3 分 30 秒ペースで移動し、5km 毎に WBGT、気温、湿度、風向風速、路面温度等の気象観測を実施。また、コースの日陰や日向の様子や、勾配等のコースの状況を把握出来るよう動画にて撮影。これらの観測データを用いて分析レポートを作成し、共有を行っている。

競歩においては、コース内に 2 地点（大手門交差点、二重橋前交差点）にて、レーススタート開始時刻から 15 分おきに、WBGT、気温、湿度、風向風速、路面温度を観測。加えて、1 時間に一度、レースコースを自転車で走りながら動画で撮影。時間帯毎の太陽の当たり方（日陰・日向の様子）をデータとして蓄積すると同時に、これらの観測データを用いて分析レポートを作成し、共有を行っている。

こういった事前情報を可能な限り取得し、分析を行い、選手やスタッフに共有することで、より良い準備を行い、本番を迎えることこそが、競技力向上に繋がり良い結果に繋がると考え、今後も継続して準備を行っていく。

2-3) 気象情報の具体的な活用

前述の各種情報を適宜、選手やチーム関係者へ共有し、これらの情報を基にレース展開プランの検討、暑熱対策、給水プラン、給水内容、等のプランニング

日本代表男子4×100 mリレーのバイオメカニクスサポート ～2018 ジャカルタアジア大会の分析結果と過去のレースとの比較～

小林海¹⁾ 高橋恭平²⁾ 山中亮³⁾ 渡辺圭祐⁴⁾ 大沼勇人⁵⁾ 吉本隆哉⁵⁾ 丹治史弥⁵⁾
山本真帆⁵⁾ 松林武生⁵⁾ 広川龍太郎⁶⁾ 土江寛裕⁷⁾

1) 東京経済大学 2) 熊本高等専門学校 3) 新潟食料農業大学 4) 日本スポーツ振興センター
5) 国立スポーツ科学センター 6) 東海大学 7) 東洋大学

1. はじめに

2018年8月にインドネシアのジャカルタで行われた第18回アジア競技大会(アジア大会)において、日本代表チームは男子4×100 mリレーで20年ぶりに金メダルを獲得した。さらに、今大会は銀メダルを獲得した2016年のリオデジャネイロオリンピックや、銅メダルを獲得した2017年のロンドン世界選手権とも異なる選手および走順であったことを考慮すると、金メダル獲得は日本の男子短距離界の選手層の厚さを裏付けるものであった。アジア大会が実施された2018年8月時点で、4×100mリレーに出場した日本代表選手の100 mシーズンベストは平均10.11秒(山縣亮太選手 [山縣選手]:10.00秒, 多田修平選手:10.22秒, 桐生祥秀選手 [桐生選手]:10.10秒, ケンブリッジ飛鳥選手:10.12秒)であり、加えて、これまでに練習を重ねてきた、テークオーバーゾーンでの円滑なバトンパスが金メダルの獲得に貢献したといえる。

2018年度は4×100 mリレーのテークオーバーゾーンのルールが改正され、次走者の加速区間の10 mがテークオーバーゾーンの一部となり、同ゾーンが20 mから30 mへと延伸された。一方で、テークオーバーゾーン内で次走者が十分に加速してバトンを貰うことの重要性(小林ら 2018など)に違いはなく、日本代表男子短距離ブロックでは、これまで通りテークオーバーゾーン内のバトンパスタイムを短縮させるためのバトンパス時の利得距離の延伸や、テークオーバーゾーン内におけるバトンパスの位置に主眼をあてた練習を行ってきた。これらの取り組みについて、日本陸連科学委員会は同強化委員会や国立スポーツ科学センターの協力のもと、従来通り、世界大会における4×100mリレーのレース

分析のみならず、合宿時におけるバトンパス練習の測定を実施し(広川ら 2016, 広川ら 2015, 小林ら 2018, 小林ら 2017, 松林ら 2012など)、強化コーチや強化対象選手へのデータフィードバックすることで、より精度の高いバトンパスの体現に貢献してきた。

本研究では、2018年に行われたジャカルタアジア大会における日本と過去の世界大会で好成績を収めてきた中国の結果、また、過去数年の日本代表結果との比較から、金メダル獲得の要因と今後の課題について検討した。

2. 方法

2-1. 分析対象レースとチーム

2018年のアジア大会において、金メダルを獲得した日本と銅メダルを獲得した中国チームについて分析を行なった。併せて、同一方法で分析を行った2017年ロンドン世界選手権決勝、2016年リオデジャネイロオリンピック決勝と今アジア大会における日本チームとの分析結果を比較した。

2-2. 測定方法

アジア大会における4×100mリレーのレース測定には6台のハイスピードデジタルビデオカメラを用い(LUMIX DMC-FZ300, 239.76 fps),小林ら(2017)と同一の方法で各カメラをスタンド最上部にそれぞれ配置し、パンニング方式でレース映像を取得した。すべてのカメラはスターターの閃光を撮影することで、時間を同期した。また、競技場内でのキャリブレーション測定ができなかったため、予め各撮影地点から各レーンのテークオーバーゾーンの開始線(旧加速線)、終了線、および旧テークオーバーゾー

ンの中心線（開始線から 20 m 地点）の静止画と動画を撮影し、分析の際の校正点として用いた（図 1）。また、2-3 走のテークオーバーゾーン後 +10 m 地点については 400 m ハードルの 6 台目を校正点としたが、1-2 走と 3-4 走のテークオーバーゾーン後 +10 m 地点については、校正点となるグラウンドマークがないため、テークオーバーゾーンのセンターラインと出口との距離から位置情報を計算し、各レーンのテークオーバーゾーン後 +10 m に関する位置情報を推定した。

2-3. 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、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を求めた。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時間を求めた。分析はこれまでに 4 × 100m リレーの分析に携わった経験のある者が少なくとも 2 度の分析を行い、2 分析間の誤差が 1 フレーム (0.004 秒) 以内になるまで分析を繰り返した。分析項目は広川ら (2016) および小林ら (2017) を参考に、バトンを持つ選手を基準に算出したバトン 100 m タイムと各走者個人の 100 m タイム、バトンパスの要素を排除した各走者のタイム、各テークオーバーゾーンの 20 m バトンタイムと 40 m バトンタイム、および次走者のテークオーバーゾーン後 +10 m (30-40 m 区間) 走速度、テークオーバーゾーン内のバトンパス開始地点と完了地点、バトンパスに要した距離であった。加えて、2018 年のアジア大会で分析を行っ

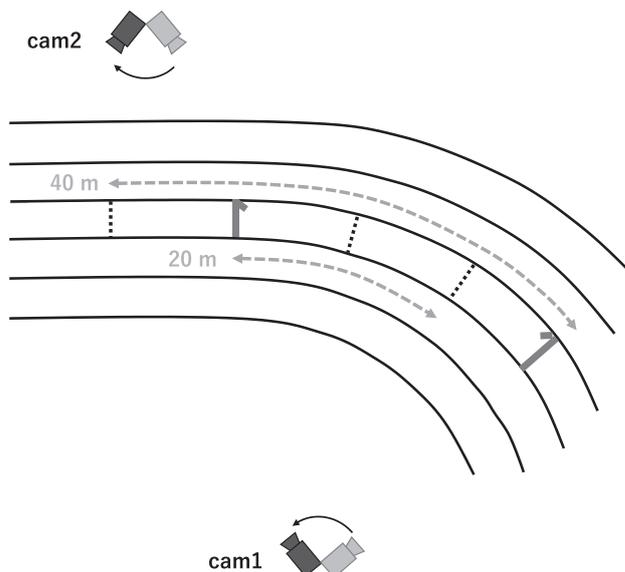


図 1 1-2 走の撮影地点におけるテークオーバーゾーン +10 m の測定レイアウトの例
レース中の走者をスタンド上部に設置したカメラからパニング撮影し、テークオーバーゾーンの開始線（旧加速線）、旧ゾーンの中心線（開始線から 20 m 地点）、終了線、テークオーバーゾーン後 +10 m の位置情報から 20 m, 40 m バトンタイムをそれぞれ算出した

た対象区間の 4 × 100 m リレータイムと 40 m バトンタイムとの相関関係を算出した。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。

表 1 2018 年アジア大会, 2017 年ロンドン世界選手権決勝, 2016 年リオデジャネイロオリンピック決勝における各走者の個人タイム

大会 ラウンド 国名 組, レーン 記録 [秒]	2018 アジア大会				2017ロンドン	2016リオ	
	予選		決勝		決勝	決勝	
	日本 1組4レーン	中国 1組8レーン	日本 5レーン	中国 4レーン	日本 9レーン	日本 5レーン	
	38.20	38.88	38.16	38.89	38.04	37.60	
バトン 100mタイム [秒]	1走	10.22	9.43	10.23	10.76	10.33	10.14
	2走	9.37	9.43	9.29	9.34	9.27	9.18
	3走	9.40	9.26	9.38	9.31	9.20	9.24
	4走	9.21	9.45	9.26	9.49	9.24	9.04
個人 100mタイム [秒]	1走	10.22	10.74	10.23	10.76	10.33	10.14
	2走	9.49	9.54	9.41	9.44	9.38	9.30
	3走	9.54	9.40	9.52	9.44	9.30	9.36
	4走	9.21	9.45	9.26	9.49	9.24	9.04
1走80mタイム [秒] (スタート→ブルーライン)	8.43	8.78	8.32	8.79	8.48	8.37	
①1走90mタイム [秒] (スタート→2走イン)	9.12	9.78	9.24	9.79	9.43	9.31	
②2走100mタイム [秒] (2走イン→3走イン)	9.83	9.68	9.51	9.51	9.45	9.44	
③3走100mタイム [秒] (3走イン→4走イン)	9.65	9.51	9.55	9.75	9.39	9.43	
④4走110mタイム [秒] (4走イン→フィニッシュ)	10.32	10.56	10.42	10.37	10.37	10.16	
4走90mタイム [秒] (3走アウト→フィニッシュ)	8.22	8.43	8.24	8.46	8.25	8.03	
合計タイム [秒] (①+②+③+④)	38.93	39.52	38.72	39.42	38.64	38.33	

表2 2018年アジア大会, 2017年ロンドン世界選手権決勝, 2016年リオデジャネイロオリンピック決勝における20mおよび40mバトン区間タイム, 次走者の30-40m区間走速度

大会 ラウンド 国名		2018 アジア大会				2017 ロンドン	2018 リオ
		予選		決勝		決勝	決勝
		日本	中国	日本	中国	日本	日本
バトン区間 20mタイム [秒]	1-2走	2.10	1.95	1.98	1.97	1.90	1.86
	2-3走	2.00	1.91	1.93	1.97	1.91	1.85
	3-4走	1.92	1.91	1.96	1.69	1.91	1.93
	平均	2.01	1.92	1.96	1.88	1.91	1.88
バトン区間 40mタイム [秒]	1-2走	3.74	3.83	3.84	3.90	3.77	3.73
	2-3走	3.92	3.89	3.89	3.86	3.82	3.72
	3-4走	3.84	3.83	3.86	3.83	3.78	3.82
	平均	3.83	3.85	3.86	3.87	3.79	3.76
バトン区間 30-40m走速度 [m/秒]	2走	10.66	11.36	10.70	10.70	10.95	10.66
	3走	10.56	10.29	10.42	10.56	10.56	10.75
	4走	10.70	10.38	10.52	10.38	10.90	10.52
	平均	10.64	10.68	10.55	10.55	10.80	10.64

3. 結果および考察

2018年アジア大会決勝におけるバトン100mタイムおよび個人100mタイムは、3走を除くすべての区間で日本が中国を上回っていた(表1)。中国の3走は同大会の100mを9.92秒の記録で優勝した蘇炳添選手(Su選手)であり、日本代表選手と比較して高い走力を有していたことが個人タイムにおいて日本の3走を走った桐生選手を上回った要因だと考えられる。しかしながら、Su選手と桐生選手のバトンパス区間を除外した各走者のタイム(表1③)を比較すると、桐生選手(9.55秒)がSu選手(9.75秒)を上回っており、走力でも互角以上のレースを展開できていたといえる。また、1走の山縣選手は中国を0.53秒上回っており、レース全体を有利に展開できたことも20年ぶりの金メダル獲得につながったと推察される。

同大会において日本は予選から決勝にかけて、バトンパスのポイントに挙げているバトン区間40mタイムを短縮することができず、3区間平均で約0.03秒下回っていた(表2)。また、4人が100mを9秒台で走る走力を有するジャマイカやアメリカとのレースを想定すると、1区間あたり40mタイムを3.75秒以内に抑えることが重要となるが(小林ら2017)、決勝ではいずれの区間においてもそれを達成することができなかった。同大会では、金メダル獲得が男子短距離チームの最重要課題であったため、安全で確実なバトンパスを優先したことがこのような結果につながったと考えられる。

日本と中国のバトン区間タイムを比較すると、3区間平均のバトン区間40mタイムは僅かに(0.01秒)日本が中国を上回ったものの、20mタイムの

合計では0.08秒中国を下回っていた。また、アジア大会と2017年ロンドン世界選手権決勝および2016年リオデジャネイロオリンピック決勝のバトン区間40mタイムを比較すると、アジア大会はロンドン世界選手権やリオデジャネイロオリンピックを3区間平均約0.1秒下回っていた(表2)。2020年の東京オリンピックを見据えると、安定して3.7秒台中盤の40mタイムを記録することが重要であり、利得距離(バトンパス時の2選手間の距離)の延伸などの40mタイム短縮に必要な練習を重ねる必要がある。

アジア大会の4×100mリレータイムと40mバトンタイムとの間には有意な正の相関関係が認められた($P<0.01$)ことから(図2)、先行研究(小林ら2017)と同様に、4×100mリレー全体のタイ

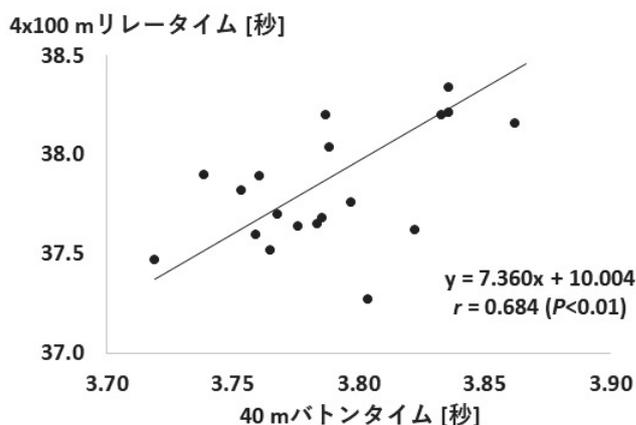


図2 2018年アジア大会における4×100mリレーのタイムと40mバトン区間タイムとの相関関係
両者の間には有意な正の相関関係が認められた

ムの短縮には40 mバトンタイムの短縮が重要であるといえる。さらに、40 mバトンタイムとテークオーバーゾーン後10 m (30-40 m) 走速度との間にも有意な負の相関関係が認められた ($P < 0.05$) (図3)。この結果は次走者が十分に加速した状態でバトンを貰うことで40mバトンタイムを短縮できることを示すものであり、その後の個人タイム短縮のためにも次走者がバトンを貰ってから加速するのではなく、スタートから加速する延長でバトンを貰うことが求められる (小林ら 2017, 山本ら 2018 など)。

バトンパスの成否を評価する指標の1つとして、バトンパスがテークオーバーゾーン内のどこで行われたかや前走者と次走者がバトンに触れていた距離 (時間) が挙げられる。表3で示したアジア大会の予選と決勝で日本がバトンパスに要した距離はそれぞれ平均2.1 mと2.2 mであり、ロンドン世界選手権決勝およびリオデジャネイロオリンピック決勝でバトンパスに要した距離 (それぞれ平均4.0 mと3.3 m) よりも短かった。これらの結果はアジア大会ではスムーズなバトンパスができていたことを意味するものであり、異なる選手間であっても高い精度でバトンパスが遂行できていたことを示すものである。

一方、テークオーバーゾーン内のバトンパス完了地点はアジア大会予選が平均17.3 m、決勝が平均16.9 mだった。ロンドン世界選手権決勝とリオデジャネイロオリンピック決勝のバトンパス完了地点がそれぞれ平均20.3 mと21.3 mであったことを考慮すると、アジア大会はこれまでの世界大会と比較して次走者がテークオーバーゾーン内の手前でバトンを貰っていたことになる。バトン区間40 mタイムの短縮には次走者が十分に加速してバトンを貰

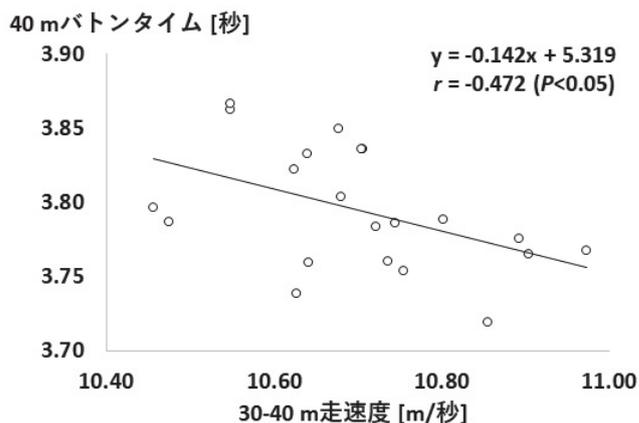


図3 2018年アジア大会における40 mバトン区間タイムと30-40 mの走速度との相関関係
両者の間には有意な負の相関関係が認められた

う必要があるが (小林ら 2017)、アジア大会では次走者が十分に加速してからバトンを貰うことができず、このことがアジア大会のバトン区間40 mタイムが過去の世界大会を3区間平均約0.1秒下回っていた要因の1つになったと考えられる。テークオーバーゾーン終盤でのバトンパスは次走者の減速やバトンパス失敗のリスクを高めるが、次走者が加速した状態でバトンを貰うためにはテークオーバーゾーンの20 m付近か20 m以降でのバトンパスが必要となろう。

本研究の結果から、今後、合宿時の練習や試合を通じた実戦練習において、バトン区間40 mタイムが安定して3.75秒以内になることを目標に練習するにあたり、バトンパスがテークオーバーゾーン内のどこで行われたかを確認することが重要となり、その際のデータ収集とフィードバックといった科学

表3 2018年アジア大会, 2017年ロンドン世界選手権決勝, 2016年リオデジャネイロオリンピック決勝におけるテークオーバーゾーン内で次走者がバトンに触れた地点と前走者がバトンを離れた地点 (上段), 2人がバトンに触れていた距離 (下段)

大会 ラウンド 国名	2018 アジア大会								2017 ロンドン 決勝 日本		2016 リオ 決勝 日本	
	予選 日本		中国		決勝 日本		中国		日本		日本	
バトンパス	on [m] 距離 [m]	off [m] 距離 [m]	on [m] 距離 [m]	off [m] 距離 [m]	on [m] 距離 [m]	off [m] 距離 [m]						
1-2走	16.6	18.8	17.7	19.3	14.7	16.3	13.8	16.2	17.0	23.0	20.0	25.5
	2.2		1.7		1.6		2.3		6.0		5.5	
2-3走	14.6	17.0	16.9	19.0	14.5	16.9	14.8	18.1	15.0	18.0	18.5	20.5
	2.4		2.1		2.5		3.3		3.0		2.0	
3-4走	14.4	16.1	14.5	17.1	14.8	17.3	16.3	17.3	17.0	20.0	15.5	18.0
	1.7		2.6		2.6		1.1		3.0		2.5	
平均	15.2	17.3	16.3	18.5	14.6	16.9	15.0	17.2	16.3	20.3	18.0	21.3
	2.1		2.1		2.2		2.2		4.0		3.3	

的なサポートが必要となる。

4. まとめ

2018年に行われたジャカルタアジア大会において日本代表が金メダルを獲得できた要因と今後の課題について検討した。その結果、以下のことが明らかになった。

- 2018年アジア大会決勝におけるバトン100mタイムおよび個人100mタイムは、3走を除くすべての区間で日本が中国を上回っており、日本の3走を走った桐生選手もバトンパス区間を除外した3走の区間タイムでアジア大会100mで優勝したSu選手を上回っていた。この走力差が日本と中国のタイム差につながったと考えられる。
- 日本と中国のバトン区間タイムを比較すると、3区間平均のバトン区間40mタイムは日本が中国を上回ったが、アジア大会はロンドン世界選手権やリオデジャネイロオリンピックを3区間平均約0.1秒下回っていた。安定して3.7秒台中盤の40mタイムを記録するためには、利得距離の延伸などの40mタイム短縮に必要な練習を重ねる必要がある。
- 4×100mリレー全体のタイムの短縮には40mバトンタイムの短縮が重要であることが再確認された。また、個人タイム短縮のためにも次走者がバトンを貰ってから加速するのではなく、スタートから加速する延長でバトンを貰うことが重要であることが明らかになった。
- アジア大会の予選と決勝で日本がバトンパスに要した距離は過去の世界大会よりも短かったことから、アジア大会ではスムーズなバトンパスができており、異なる選手間であっても高い精度でバトンパスが遂行できていたといえる。
- 一方、テークオーバーゾーン内のバトンパス完了地点の結果から、アジア大会では次走者が十分に加速してからバトンを貰うことができていなかった。今後、バトンパスがテークオーバーゾーン内のどこで行われたかを確認することを重視すべきことが明らかになった。

参考文献

広川龍太郎, 松林武生, 小林海, 高橋恭平, 松尾彰文, 柳谷登志雄, 土江寛裕, 荻部俊二, 杉田正明 (2016) 男子ナショナルチーム・4×100mリレーのバイオメカニクスサポート研究報告 (第6報)

— 2016 リオオリンピック決勝上位チームの傾向など—。陸上競技研究紀要, 12: 104-110.

広川龍太郎, 松尾彰文, 松林武生, 小林海, 高橋恭平, 柳谷登志雄, 小山宏之, 土江寛裕, 荻部俊二, 杉田正明 (2015) 男子ナショナルチーム・4×100mリレーのバイオメカニクスサポート研究報告 (第5報)。陸上競技研究紀要, 11: 150-154.

小林海 (2017) リオデジャネイロオリンピック4×100mR銀メダル獲得への軌跡～科学的データからみた銀メダル獲得への軌跡～。スプリント研究, 26: 7-10

小林海, 大沼勇人, 吉本隆哉, 岩山海渡, 高橋恭平, 松林武生, 広川龍太郎, 松尾彰文, 土江寛裕, 荻部俊二 (2017) 日本代表男子4×100mリレーのバイオメカニクスサポート～2017ロンドン世界選手権における日本代表と上位チームとの比較～。陸上競技研究紀要, 13: 183-189.

松林武生, 松尾彰文, 貴嶋孝太, 山本真帆, 広川龍太郎 (2012) 陸上競技男子4×100mリレーにおけるバトンパス技術の評価。第9回JISSスポーツ科学会議。

山本大輔, 三宅庸平 (2018) 4×100mRにおける疾走能力およびバトンパスに関する要因がレースタイムに及ぼす影響。天理大学学報 248: 1-7.

2018年シーズンにおける男子4×400 m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～

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

1) 東京経済大学 2) 熊本高等専門学校 3) 新潟食料農業大学 4) 日本スポーツ振興センター
5) 国立スポーツ科学センター 6) 東海大学

1. はじめに

近年の世界大会における男子400 mの記録は短縮しており、2016年には約17年ぶりに世界記録も更新された(43.03秒, Wayde Van Niekerk [RSA]). 世界的な400 mの記録の短縮に伴い、国際大会における男子4×400 mリレーの記録の短縮もみられ、決勝進出には2:59秒台の記録が求められるようになりつつある。一方、日本代表の男子4×400 mリレーの日本記録は1996年に樹立された3:00.76秒であり、20年以上その記録を更新することができていない。

男子4×400 mリレーは4×100 mリレーと比較して、バトンパスのタイミングや次走者の動き出しといったバトンパスの技術よりも、個々の走力が記録や順位に大きく影響するため、走力の高い4選手を揃えることが重要となる。特に、2走の100 m以降はオープンレーンとなるため、先頭あるいは先頭集団でレースを展開することも求められ、そのためにも高い走力を有する選手を揃える必要があるといえる。これまでに、4×100 mリレーに関する研究や報告は多くなされてきたが(広川ら 2016, 小林ら 2017, 松林ら 2012など)、4×400 mリレーのラップタイムといった客観的なデータは乏しく(杉田ら 2007)、男子4×400 mリレーに求められる要素については不明な点が多い。

本研究では、2018年に行われた第18回アジア競技大会(アジア大会)の男子4×400 mリレーにおける、日本を含む上位チームのラップタイムおよび順位変動に関する分析と、第102回日本陸上競技選手権リレー競技大会(日本選手権リレー)の同種目の分析結果から、男子4×400 mリレーに資する要因について検討した。

2. 方法

2-1. 分析対象レース

2018年に行われたアジア大会の男子4×400 mリレー決勝の日本を含む上位3か国とBahrainの4チームと、日本選手権リレーの男子4×400 mリレー決勝に進出した8チームを分析対象とした。

2-2. 測定方法

ラップタイム分析には、2台のデジタルビデオカメラを用いて、サンプリングレートを59.94 fps(≒60 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レース映像を撮影した(小林ら 2017)。2台のカメラはスタートおよびゴールの撮影を行える位置と、200 mの通過位置にそれぞれ配置した。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、200 mのラップタイムと400 m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過してから、最後の選手が校正点を通過するまで撮影位置を校正点で固定した。撮影に際し、1走の200 m通過地点および1-2走のバトン受け渡し地点(1走400 m通過地点)を撮影するために、1走の撮影では、はじめに1台のカメラを1-2コーナーから、もう1台のカメラを3-4コーナーから撮影を行った(図1, cam1とcam2)。その後、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フィニッシュラインと200 m通過地点の延長線上にそれぞれ撮影位置を移動して撮影を続けた。また、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走の撮影位置から予め静止画および動画にて校正点を撮影した。アジア大会では1走の200 m通過地点を予め計測できなかったため、400 mの通過のみを測定対象とし

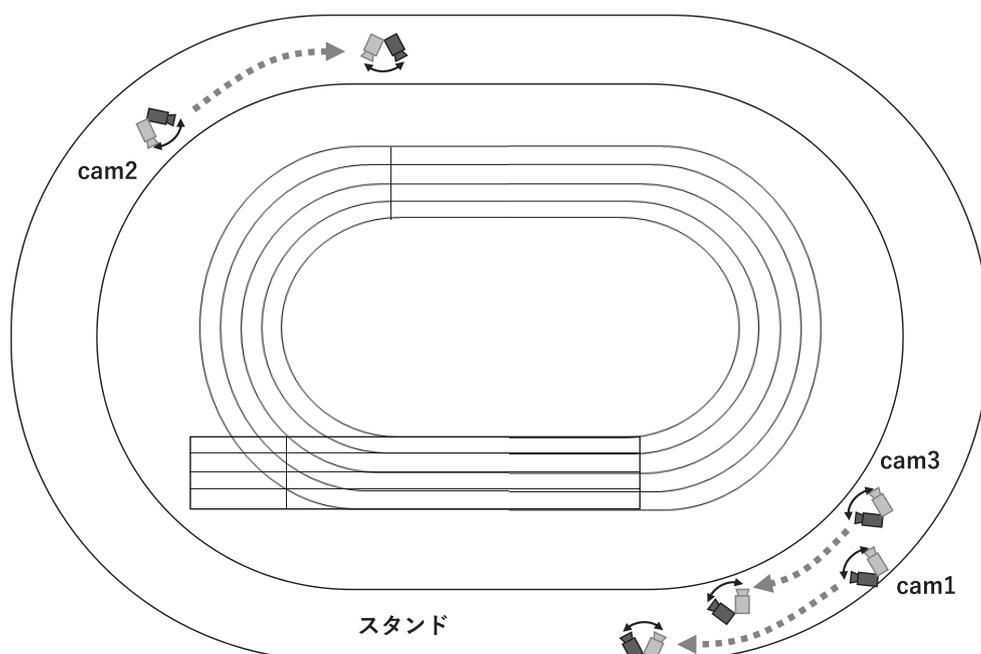


図1 4×400 m リレーの撮影レイアウト

た.

日本選手権リレーでは、ラップタイム分析用カメラとは別に、バトンパス分析用に1台のカメラ(59.94 fps)をスタンドに設置した(図1, cam3). 撮影に際し、1-2走のバトンパスは6レーンのバトンゾーン(テークオーバーゾーン)出口の延長線上にカメラを配置して撮影を行い、その後、2-3走と3-4走のバトンパスに合わせて撮影位置をバトンゾーンの出口付近の延長線上に移動して撮影を続けた。

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を求めた。日本選手権リレーでは1走の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。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。日本選手権リレーでは、上述の項目に加えて、バトンパスが行われた位置と20 mのバトンゾーンに要した時間との相関関係を算出した。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

アジア大会の男子4×400 mリレー決勝において、日本(ウォルシュ・ジュリアン選手[東洋大] - 小池祐貴選手[ANA] - 安部孝駿選手[デサント] - 飯塚翔太選手[ミズノ])はQatar, Indiaに次ぐ3位で銅メダルを獲得した。一方、日本の記録は3:01.94秒で、Qatar(3:00.56秒)とは1.5秒近い差があり、日本記録とも1秒以上の差があった。先述の通り、世界大会での決勝進出の目安となる2:59秒台の記録が求められるとすると、今後、2秒近く(1人平均0.5秒)の記録短縮が必要となる。

表1はアジア大会決勝における日本を含む上位3か国とBahrainの各選手のラップタイムを示したものである。Qatarは1走に2017年のロンドン世界選手権の男子400 mハードルで7位に入賞したAbderrahman Samba選手を、4走に同世界選手権の男子400 mで銅メダルを獲得したAbdalelah Haroun選手を起用してレースを終始リードしており、日本は1走のタイム差をレース終盤まで縮めることができなかった(表2)。また、2位のIndiaはQatarのような世界大会で決勝に進出できるだけの走力を選手はいないものの、3走と4走がそれぞれ44秒台のラップタイムを記録しており、このことが日本を上回った要因の1つと考えられる。

アジア大会決勝の順位変動をみても、Qatarが終始先頭を維持し、その後ろをIndiaと日本が追従する展開であったことがわかる(図2)。この結果からも、4×400 mリレーのレース全体を有利に展開

表1 アジア大会決勝の上位3か国と Bahrain における各走者の400 m ラップタイムと前後半200 m のラップタイム

国名	記録	1走		2走		3走		4走	
		0-200m	200-400m	0-200m	200-400m	0-200m	200-400m	0-200m	200-400m
Qatar	3:00.56	-	44.56	21.20	23.95	21.88	24.55	21.06	23.35
India	3:01.85	-	46.30	21.46	24.52	20.79	24.12	21.01	23.64
Japan	3:01.94	-	45.75	21.60	24.60	21.13	24.22	21.11	23.52
Bahrain	3:03.97	-	46.81	21.20	24.12	21.38	25.10	21.41	23.92

表2 アジア大会決勝における Qatar に対する India, 日本, Bahrain それぞれの200 m ごとのラップタイム差

1走は前半200 m のラップタイムを計測することができなかったため、400 m のラップタイムのみを算出した

国名	記録	1走		2走		3走		4走	
		0-400m	0-200m	200-400m	0-200m	200-400m	0-200m	200-400m	
Qatar	3:00.56	-	-	-	-	-	-	-	-
India	3:01.85	1.74	2.00	2.58	1.48	1.05	1.00	1.29	
Japan	3:01.94	1.18	1.59	2.24	1.49	1.16	1.21	1.38	
Bahrain	3:03.97	2.24	2.25	2.42	1.92	2.48	2.83	3.40	

するためには、常に先頭か先頭集団でレースを行わなくてはならないことがわかる。また、世界大会では各国の選手の競技力が高いため、1走者間で1秒以上のタイム差を縮めて順位を上げることは非常に難しいため、先行を許しても、その差を1秒以内(7-8 m以内)に抑えることも重要になる。そのため、1走の重要性が非常に高く、今大会の結果と過去の世界大会の結果(Rowbottom 2017)を勘案すると、2分台を目指すためには、1走が44秒台中盤で2走にバトンを渡せることが求められるといえよう。

日本選手権リレー決勝の1走のラップタイムをみると、優勝した住友電工、2位の中京大、4位の順天堂大の3チームが47秒台、3位の東洋大と5位の福岡大が48秒台で通過しており(表3)、決勝上位チームの方が下位チームよりもラップタイムは短かった。これらの結果は、アジア大会と同様に、4×400 mリレーでは1走の重要性が非常に高いことを示すものである。2走以降のラップタイムをみると、住友電工、中京大、東洋大の3チームの2走と4走がそれぞれ47秒前後のラップタイムを記録しており、前半200 mを21秒台から22秒台前半で、後半200 mを24秒台から25秒台前半で通過していた。2走の100 m以降はオープンレーンになるため、前後の選手との位置関係を考慮しながらレースを展開しなくてはならない。したがって、4

1走-400M 2走-200M 2走-400M 3走-200M 3走-400M 4走-200M 4走-400M

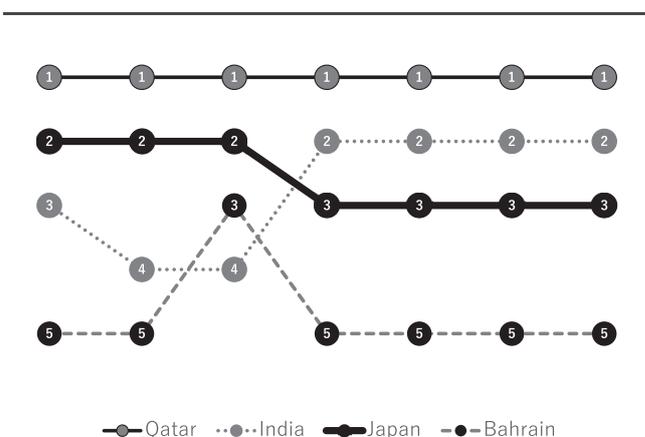


図2 アジア大会決勝における Qatar, India, 日本, Bahrain の順位変動

×400 mリレーでは400 mを速く走るだけでなく、他チームの選手の走速度に柔軟に対応できる走力が必要となる。

日本選手権リレーでは、住友電工が優勝したにも関わらず、1走の400 m地点と2走から4走の200 m地点はいずれも中京大が先行していた点は非常に興味深い(表4)。特に、住友電工は3走と4走で一度先行されても、400 m地点で再度先行できていたことになる。換言すれば、住友電工はレースを先行することで、各選手が400 m全体のペース配分を調節できていたと考えられる。この結果からも、先

表3 日本選手権リレー決勝における各走者の400 m ラップタイムと前後半200 m のラップタイム

チーム名	記録	1走		2走		3走		4走					
		400m		400m		400m		400m					
		0-200m	200-400m	0-200m	200-400m	0-200m	200-400m	0-200m	200-400m				
住友電工	3:09.35	47.77	46.62	47.88	47.07	22.55	25.23	22.04	24.58	23.37	24.52	22.22	24.85
中京大	3:09.64	47.65	46.99	48.00	47.01	23.17	24.47	22.00	24.99	22.99	25.00	21.70	25.32
東洋大	3:09.70	48.35	46.65	47.80	46.91	23.52	24.83	21.80	24.85	23.00	24.80	22.31	24.60
順天堂大	3:10.10	47.64	47.56	47.19	47.72	22.56	25.08	22.34	25.22	22.70	24.49	22.41	25.31
福岡大	3:12.01	48.16	47.25	48.26	48.34	23.06	25.11	22.47	24.77	22.06	26.20	22.46	25.88
近畿大	3:13.57	49.60	46.81	48.06	49.09	23.09	26.51	21.92	24.89	23.00	25.07	22.35	26.74
国士舘大	3:13.98	49.36	48.21	47.91	48.52	23.33	26.03	22.13	26.08	22.66	25.25	22.52	25.99
中央大	3:15.06	49.32	48.12	48.20	49.42	23.52	25.79	22.50	25.63	22.91	25.29	22.85	26.58

表4 日本選手権リレー決勝における住友電工に対する他の決勝進出チームの200 m ごとのラップタイム差

チーム名	記録	1走		2走		3走		4走	
		0-200m	200-400m	0-200m	200-400m	0-200m	200-400m	0-200m	200-400m
住友電工	3:09.35	-	-	-	-	-	-	-	-
中京大	3:09.64	0.63	-0.13	-0.17	0.24	-0.13	0.36	-0.17	0.30
東洋大	3:09.70	0.97	0.58	0.33	0.60	0.23	0.52	0.60	0.35
順天堂大	3:10.10	0.01	-0.13	0.17	0.80	0.13	0.11	0.30	0.76
福岡大	3:12.01	0.51	0.39	0.83	1.02	-0.28	1.40	1.64	2.67
近畿大	3:13.57	0.54	1.83	1.71	2.02	1.65	2.20	2.33	4.22
国士舘大	3:13.98	0.78	1.58	1.67	3.17	2.46	3.19	3.50	4.64
中央大	3:15.06	0.98	1.54	2.00	3.04	2.59	3.36	3.99	5.71

頭でレースを展開する利点が示され、先頭か先頭集団でレースを行うことが4×400 m リレーのレース結果に影響を及ぼすといえる。

4×400 m リレーのバトンゾーン(20 m)は4×100 m リレーのそれ(30 m)よりも短いため、次走者が高い走速度でバトンを貰うことは難しい。また、前走者の走速度も4×100 m リレーと比較して低いため、バトンゾーンの後半でバトンパスを行うことはバトンパス失敗の可能性を増大させると推測される。一方、日本選手権リレー決勝のバトンパスが行われた位置と20 m のバトンゾーンに要した時間との関係を見ると(図3)、両者の間には有意な負の相関関係が認められた(P<0.05)。このことは、次走者が加速しながらバトンを貰うことで、バトンゾーンのタイムを短縮できる可能性があることを意味するものである。例えば、1回のバトンパスで0.1秒短縮できれば、4×400 m リレーのタイムを0.3秒短縮できる計算になり、1位の住友電工と2位の中京大とのタイム差(0.3秒)に相当することになる。今後、4×400 m リレーのバトンゾーンに関する詳細な分析が必要だが、図3の結果を考慮すると、

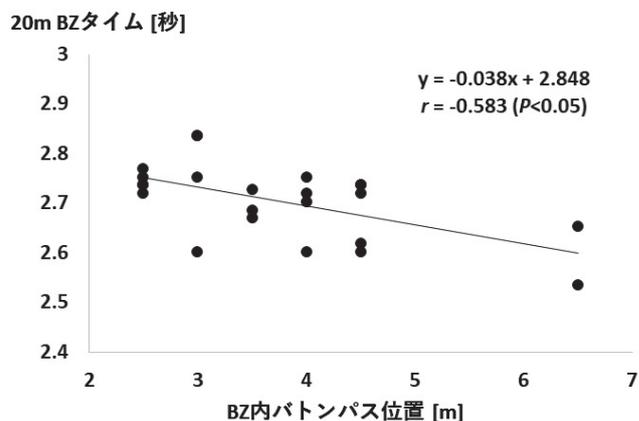


図3 日本選手権リレー決勝のバトンゾーン(BZ)内のバトンパスが行われた位置と20 m のバトンゾーンに要した時間との相関関係。両者の間には有意な負の相関関係が認められた(P<0.05)

バトンゾーンのタイム短縮を意図した練習が重要になるかもしれない。但し、2-3走、3-4走のバトンパスはオープンレーンで行われるため、高い走速度でのバトンパスは他チームとの衝突の危険性を増大

させることも承知しておかなくてはならない。

4. まとめ

男子4×400 mリレーについて、2018年に行われたアジア大会決勝と日本選手権リレー決勝のラップタイムおよび順位変動について検討した結果、以下のことが明らかになった。

- ・アジア大会において、QatarとIndiaは44秒台のラップタイムを記録する選手が複数名いたことから、日本が日本記録の更新と世界大会での入賞を目指すためには、複数名の選手が44秒台で走ることができ、1走が44秒台中盤で2走にバトンを渡すことが求められるといえよう
- ・アジア大会の順位変動をみても、Qatarが終始先頭を維持し、その後をIndiaと日本が追従する展開であったことから、4×400 mリレーのレース全体を有利に展開するためには、常に先頭か先頭集団でレースを行わなくてはならないと考えられる
- ・アジア大会と同様に、日本選手権リレーにおいても1走の重要性が高く、2走以降の選手についても、400 mを速く走るだけでなく、他チームの選手の走速度に柔軟に対応できる走力が重要であるといえる
- ・日本選手権リレーでは、住友電工が優勝したが、住友電工はレースを先行することで、各選手が400 m全体のペース配分を調節できていたと考えられ、先頭でレースを展開するためには、先頭か先頭集団でレースを行うことが重要であることが改めて示された
- ・日本選手権リレーのバトンパスが行われた位置と20 mのバトンゾーンに要した時間と間には有意な負の相関関係が認められたことから、4×400mリレーにおいても次走者が加速しながらバトンを貰うことで、バトンゾーンのタイムを短縮できる可能性があると考えられる

文献

広川龍太郎, 松林武生, 小林海, 高橋恭平, 松尾彰文, 柳谷登志雄, 土江寛裕, 荻部俊二, 杉田正明 (2016) 男子ナショナルチーム・4×100mリレーのバイオメカニクスサポート研究報告(第6報) - 2016リオオリンピック決勝上位チームの傾向など-. 陸上競技研究紀要, 12: 104-110.

小林海, 大沼勇人, 吉本隆哉, 岩山海渡, 高橋恭平,

松林武生, 広川龍太郎, 松尾彰文, 土江寛裕, 荻部俊二 (2017) 日本代表男子4×100 mリレーのバイオメカニクスサポート~2017 ロンドン世界選手権における日本代表と上位チームとの比較~. 陸上競技研究紀要, 13: 183-189.

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4×400 m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.

杉田正明, 広川龍太郎, 松尾彰文, 川本和久, 高野進, 阿江通良 (2007) 4×100m, 4×400mリレーについて. 陸上競技学会誌, 6: 21-26.

Rowbottom M. (2017) Men's 4x400m Final - IAAF World Championships London 2017. Available at: www.iaaf.org.

男女混合4×400 mリレーのレース分析 ～2018 アジア大会と日本選手権リレーの分析結果について～

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

1) 東京経済大学 2) 熊本高等専門学校 3) 新潟食料農業大学 4) 日本スポーツ振興センター
5) 国立スポーツ科学センター 6) 東海大学

1. はじめに

2020年の東京オリンピックで新たに男女混合4×400 mリレーが採用され、2018年にインドネシアで行われた第18回アジア競技大会(アジア大会)でも同種目が実施された。また、北九州で行われた第102回日本陸上競技選手権リレー競技大会(日本選手権リレー)においても、U18の都道府県対抗男女混合4×400 mリレーが実施され、走順といった戦略的な要素について検討することが可能になりつつある。

男女の走順を個々のチームが任意に決めることができる男女混合4×400 mリレーでは、個々の400 m走のタイムのみならず、男女の走順が順位を決める一因となり、国内の試合では特に女子の走力が重要であることも明らかになっている(小林ら 2017)。一方、4×400 mリレーと比較して(Rowbottom 2017, 杉田ら 2007)、男女混合4×400 mリレーにおけるレース展開がレース結果にどのような影響を及ぼすかについては不明な点が多い。

本研究では、2018年のアジア大会と日本選手権リレーにおけるラップタイム分析から、男女混合4×400 mリレーの走順や男女の走力がレース結果にどのような影響を及ぼすかについて検討した。

2. 方法

2-1. 分析対象レース

2018年に行われたアジア大会の男女混合4×400 mリレーに出場した8チームと、日本選手権リレーの男女混合4×400 mリレーA決勝とB決勝に進出した16チームを分析対象とした。

2-2. 測定方法

撮影には2台のデジタルビデオカメラを用いて、サンプリングレートを59.94 fps(≒60 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レース映像を撮影した(小林ら 2017)。2台のカメラはスタートおよびゴールの撮影を行える位置と、200 mの通過位置にそれぞれ配置した。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、200 mのラップタイムと400 m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るまで撮影位置を校正点で固定した。撮影に際し、1走の200 m通過地点および1-2走のバトン受け渡し地点(1走400 m通過地点)を撮影するために、1走の撮影では、はじめに1台のカメラを1-2コーナーから、もう1台のカメラを3-4コーナーから撮影を行った。その後、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フィニッシュラインと200 m通過地点の延長線上にそれぞれ撮影位置を移動して撮影を続けた。また、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走の撮影位置から予め静止画および動画にて校正点を撮影した。アジア大会では1走の200 m通過地点を予め測定できなかったため、400 mの通過のみを測定対象とした。

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を求めた。1走の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

表1 アジア大会男女混合4×400 mリレーにおける各選手の400 m(上段)および前後半200 m(下段)のラップタイム [秒]

太字は男子選手を, 細字は女子選手をそれぞれ表している

国名	記録	1走		2走		3走		4走	
		400m		400m		400m		400m	
		0-200m	200-400m	0-200m	200-400m	0-200m	200-400m	0-200m	200-400m
Bahrain	3:11.89	46.20	-	50.19	-	50.20	-	45.29	-
		-	-	22.86	27.33	23.39	26.81	21.40	23.88
India	3:15.71	45.25	-	51.75	-	52.75	-	45.95	-
		-	-	24.17	27.59	24.71	28.04	21.86	24.09
Kazakhstan	3:19.52	53.55	-	46.65	-	53.26	-	46.04	-
		-	-	23.17	23.49	24.90	28.36	21.88	24.16
China	3:19.91	54.14	-	47.11	-	52.31	-	46.33	-
		-	-	21.56	25.55	24.39	27.92	22.07	24.26
Japan	3:21.90	47.41	-	53.14	-	53.84	-	47.51	-
		-	-	24.37	28.77	25.41	28.43	20.66	26.86
Vietnam	3:23.59	53.80	-	47.97	-	55.59	-	46.21	-
		-	-	21.21	26.76	25.70	29.90	22.03	24.18
Thailand	3:25.80	54.67	-	46.81	-	56.33	-	47.97	-
		-	-	21.60	25.22	26.31	30.02	22.38	25.59
Indonesia	3:29.96	48.40	-	55.72	-	49.06	-	56.77	-
		-	-	26.65	29.07	21.96	27.09	26.99	29.78

田ら 2007) を行った. 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, 各組の男女別の 200 m, 400 m ラップタイムの平均値, 200m ごとのトップチームとのタイム差を算出した. 加えて, 男女それぞれの 4 × 400 m リレーのタイムと各選手の 400 m ラップタイムとの関係について検討した.

3. 結果および考察

アジア大会の男女混合 4 × 400 m リレーでは, 日本は木村淳 (大阪ガス) - 川田朱夏 (東大阪大) - 宇都宮絵莉 (長谷川体育施設) - 山下潤 (筑波大) のメンバーで臨み, 3:21.90 秒で 5 位に入賞した.

しかしながら, 3 位の Kazakhstan (3:19.52 秒) とは約 2.5 秒の差が, 優勝した Bahrain (3:11.89 秒) とは約 10 秒の差があり, 同種目で日本が世界と対等に勝負ができることを証明できる大会とはならなかった.

個々のラップタイムをみると, 優勝した Bahrain は男子が 45-46 秒台, 女子が 50 秒台前半で走っていたのに対して, 日本は男子が 47 秒台, 女子が 53 秒台であった (表 1). Bahrain のラップタイムが世界的な標準タイムと考えると, 男子は 1 秒以上, 女子は 3 秒程度タイムを短縮させなくてはならない計算になり, 世界大会で決勝に進出するためには, 女子のみならず男子のタイム短縮が必須条件となる. 一方, 世界大会では男子と女子それぞれの 4 ×

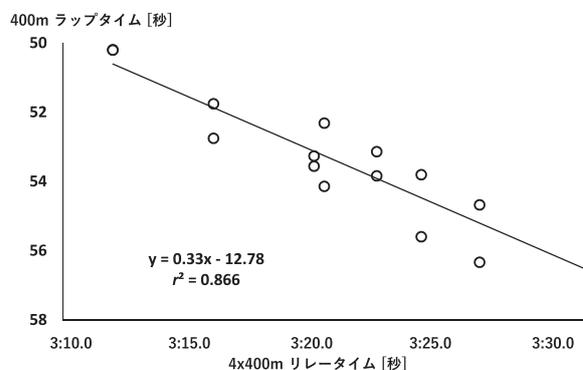
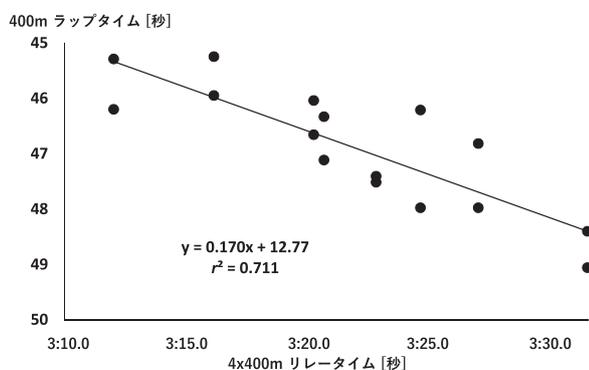


図1 アジア大会における男女混合 4 × 400 m リレーの記録と 400 m ラップタイムとの相関関係 (左図: 男子選手, 右図: 女子選手)

両者の関係において, 男子選手は決定係数 (r²) が 0.711 であったのに対して, 女子選手は 0.866 であった

表2 アジア大会男女混合4×400 mリレーにおける200 mごとのトップチームとのタイム差
マイナスはトップチームよりも速くその地点を通過したことを表している

国名	記録	1走		2走		3走		4走	
		0-400m	0-200m	200-400m	0-200m	200-400m	0-200m	200-400m	
Bahrain	3:11.89	-	-	-	-	-	-	-	-
India	3:15.71	-0.95	0.35	0.61	1.93	3.16	3.62	3.82	
Kazakhstan	3:19.52	7.36	7.67	3.82	5.33	6.88	7.35	7.63	
China	3:19.91	7.94	6.64	4.86	5.86	6.97	7.64	8.02	
Japan	3:21.90	1.21	2.72	4.15	6.17	7.79	7.04	10.02	
Vietnam	3:23.59	7.61	5.96	5.39	7.70	10.78	11.41	11.70	
Thailand	3:25.80	8.48	7.21	5.10	8.02	11.23	12.20	13.91	
Indonesia	3:29.96	2.20	5.99	7.73	6.31	6.59	12.17	18.07	

表3 日本選手権リレー男女混合4×400 mリレーA決勝における各選手の400 m (上段) および前後半200 m (下段) のラップタイム [秒]
太字は男子選手を, 細字は女子選手をそれぞれ表している

チーム名	記録	1走		2走		3走		4走	
		0-200m	200-400m	0-200m	200-400m	0-200m	200-400m	0-200m	200-400m
大阪	3:29.62	49.52		56.45		54.47		49.21	
		24.34	25.18	26.09	30.36	25.81	28.66	22.60	26.61
福岡	3:30.12	48.18		58.68		55.66		47.63	
		23.39	24.79	26.79	31.88	25.78	29.87	22.38	25.25
佐賀	3:30.54	49.62		56.44		56.07		48.43	
		23.73	25.88	26.58	29.86	25.93	30.15	22.91	25.52
東京	3:30.74	49.36		55.50		56.33		49.57	
		24.27	25.09	26.50	29.00	25.90	30.43	23.14	26.43
兵庫	3:31.09	57.59		48.12		55.72		49.67	
		27.62	29.97	22.04	26.08	25.57	30.16	22.64	27.02
静岡	3:32.88	50.03		56.40		56.34		50.14	
		23.47	26.55	26.20	30.20	26.65	29.69	23.55	26.59
埼玉	3:33.63	49.38		56.33		59.49		48.44	
		23.62	25.76	26.78	29.55	28.21	31.28	24.11	24.33
千葉	3:34.45	50.61		55.96		58.73		49.17	
		25.28	25.33	26.80	29.16	27.74	30.99	24.16	25.00

400 m リレーも行われるため, 男女混合4×400 m リレーのメンバー選考は難しく, 選手層の厚い国が有利にはたらくかもしれない。

アジア大会における男女それぞれの4×400 m リレーのタイムと各選手の400 m ラップタイムとの関係を見ると, 男子は両者の決定係数 (r²) が 0.711, 女子は 0.866 であった (図 1)。これらの結果は, 女子選手の走力が記録や順位により影響を及ぼすことを示すものであり, 過去の知見とも一致する結果であった (小林ら 2017)。また, 各国の走順をみても, Indonesia を除くすべての国が 1 走と 4 走, あるいは 2 走と 4 走に男子選手を配置していた。小林ら (2017) は男子選手を 1 走に配置することで, 2 走以降の選手がレースペースを調整できる利点を挙げており, レースを有利に展開するためにも 1 走か

2 走に男子選手を配置することが重要だといえる。また, 4 走で男子選手が先頭あるいは先頭集団に追いつける距離に位置することで, 順位の再逆転は十分可能である (小林ら 2017) ことを考慮すると, 4 走に男子選手を配置することが戦略的に有利になると考えられる。

優勝した Bahrain は 1 走の 400 m 地点で India に先行を許したものの, 2 走以降は終始先頭を堅持してレースを展開できていた (表 2)。男女混合に限らず, 4×400 m リレーは 2 走の 100 m 以降はオープンレーンになるため, 選手自身の走力のみならず, 他の選手のレースペースが順位を左右する。したがって, 1-2 走で先頭か先頭集団に位置し, レースを展開することが重要となろう。

日本選手権リレーにおける男女混合4×400 m リ

表 4 日本選手権リレー男女混合 4 × 400 m リレー B 決勝における各選手の 400 m (上段) および前後半 200 m (下段) のラップタイム [秒]

太字は男子選手を, 細字は女子選手をそれぞれ表している

チーム名	記録	1走		2走		3走		4走	
		400m		400m		400m		400m	
		0-200m	200-400m	0-200m	200-400m	0-200m	200-400m	0-200m	200-400m
鹿児島	3:33.29	49.00		58.28		58.09		47.92	
		24.07	24.92	26.23	32.05	26.96	31.13	22.53	25.39
愛媛	3:33.92	50.30		55.99		57.56		50.07	
		24.01	26.29	26.76	29.23	27.63	29.93	23.70	26.37
愛知	3:34.03	49.93		56.95		57.56		49.59	
		23.99	25.94	26.79	30.16	27.52	30.04	23.57	26.02
熊本	3:35.13	60.72		48.43		57.75		48.24	
		27.51	33.21	22.52	25.91	27.01	30.73	22.57	25.66
宮城	3:35.22	51.08		57.50		57.76		48.87	
		24.42	26.66	27.41	30.09	27.01	30.75	23.37	25.51
山形	3:35.29	50.65		57.19		58.00		49.45	
		24.89	25.76	27.04	30.16	26.77	31.23	23.87	25.58
新潟	3:35.51	50.63		57.13		58.15		49.61	
		24.44	26.18	27.45	29.68	27.93	30.22	23.69	25.92
長崎	3:35.87	57.99		49.46		58.83		49.58	
		27.09	30.90	23.33	26.13	27.42	31.41	23.09	26.49

レーの男女の配置をみると, A 決勝では兵庫を除くすべてのチームが, B 決勝では熊本と長崎を除くすべてのチームが 1 走と 4 走に男子選手を, 上述の 3 チームは 2 走と 4 走に男子選手を配置していた (表 3- 4). A 決勝と B 決勝の上位チームがいずれも 1 走と 4 走に男子選手を配置していたことを考慮すると, アジア大会と同様に, 序盤からレースを先行し, 終盤に走力の高い男子選手を配置して上位を狙うことが男女混合 4 × 400 m リレーでは標準になりつつある. 4 走に女子選手を配置する場合, 3-4 走バトンパス時点で後続との距離を十分に広げられている必要があるため (小林ら 2017), 4 選手全員の走力が他チームを上回っている場合を除いて, 4 走には男子選手を配置することが堅実な男女の配置になる

といえるかもしれない.

図 2 は日本選手権リレーにおける男女それぞれの 4 × 400 m リレーのタイムと各選手の 400 m ラップタイムとの関係を示したものである. 男子選手は両者の決定係数 (r^2) が 0.133 であったのに対して, 女子選手のそれは 0.305 であった. これらの結果から, アジア大会と同様に, 女子選手の 400 m ラップタイムが男子選手の走力よりも男女混合 4 × 400 m リレーのタイムに影響すると考えられる.

A 決勝において, 大阪は 1 走の時点では 2 位の福岡に先行を許したものの, 2 走終了地点では先頭に立ち, そのリードを最後まで堅持することができていた (表 5). 特に, 3 走終了地点で 2.08 秒に差を広げたことで, 4 走が有利にレースを展開できてい

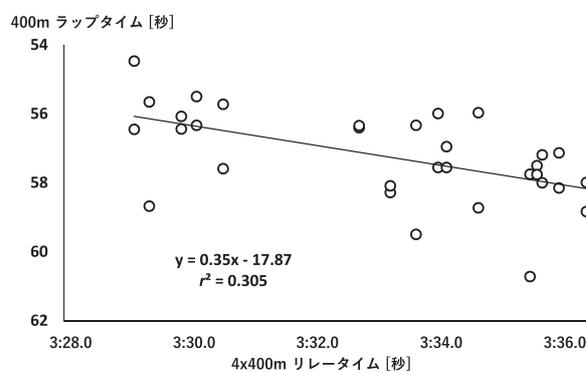
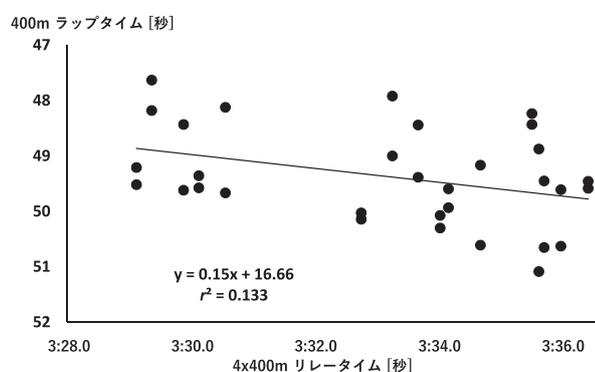


図 2 日本選手権リレー A 決勝および B 決勝における男女混合 4 × 400 m リレーの記録と 400 m ラップタイムとの相関関係 (左図: 男子選手, 右図: 女子選手)

両者の関係において, 男子選手は決定係数 (r^2) が 0.133 であったのに対して, 女子選手は 0.305 であった

表5 日本選手権リレー男女混合4×400mリレーA決勝における200mごとのトップチームとのタイム差
マイナスはトップチームよりも速くその地点を通過したことを表している

チーム名	記録	1走		2走		3走		4走	
		0-200m	200-400m	0-200m	200-400m	0-200m	200-400m	0-200m	200-400m
大阪	3:29.62	-	-	-	-	-	-	-	-
福岡	3:30.12	-0.95	-1.33	-0.63	0.89	0.87	2.08	1.86	0.50
佐賀	3:30.54	-0.61	0.10	0.59	0.09	0.21	1.69	2.01	0.92
東京	3:30.74	-0.08	-0.16	0.25	-1.11	-1.02	0.75	1.29	1.12
兵庫	3:31.09	3.28	8.07	4.02	-0.25	-0.49	1.00	1.05	1.46
静岡	3:32.88	-0.87	0.51	0.62	0.46	1.30	2.33	3.28	3.26
埼玉	3:33.63	-0.72	-0.13	0.55	-0.25	2.15	4.77	6.28	4.00
千葉	3:34.45	0.93	1.09	1.81	0.61	2.54	4.86	6.43	4.82

表6 日本選手権リレー男女混合4×400mリレーB決勝における200mごとのトップチームとのタイム差
マイナスはトップチームよりも速くその地点を通過したことを表している

チーム名	記録	1走		2走		3走		4走	
		0-200m	200-400m	0-200m	200-400m	0-200m	200-400m	0-200m	200-400m
鹿児島	3:33.29	-	-	-	-	-	-	-	-
愛媛	3:33.92	-0.07	1.30	1.83	-0.99	-0.33	-1.52	-0.35	0.63
愛知	3:34.03	-0.08	0.93	1.48	-0.40	0.16	-0.93	0.12	0.74
熊本	3:35.13	3.44	11.72	8.01	1.87	1.92	1.53	1.58	1.85
宮城	3:35.22	0.35	2.09	3.26	1.31	1.36	0.98	1.82	1.94
山形	3:35.29	0.82	1.65	2.45	0.56	0.37	0.47	1.82	2.00
新潟	3:35.51	0.37	1.63	2.84	0.48	1.44	0.54	1.70	2.23
長崎	3:35.87	3.02	8.99	6.09	0.17	0.63	0.91	1.48	2.58

たと推察される。B決勝では、1位の鹿児島は3走の時点で2位の愛媛に1.52秒先行されていたが、4走の200m通過地点でその差を0.35秒に短縮し、後半の200mで順位の逆転させていた(表6)。しかしながら、4走は鹿児島、愛媛ともに男子選手であったことから、男女の走順のみならず、個々の走力が重要であることが改めて確認された。

アジア大会と日本選手権リレーとの結果の共通点として、男女混合4×400mリレーでは女子の走力が男子の走力よりも記録に影響すること、走順として1走か2走と4走に男子選手を配置するチームが多いことが明らかになった。日本選手権リレーはジュニア選手で選手を構成していたにもかかわらず、アジア大会と同様の傾向がみられたことは、熟視すべき点といえよう。今後、アジアだけでなく世界各国の代表チーム、大学生や社会人を含む様々な国内のチームの男女混合リレーを測定することで、より詳細な男女混合4×400mリレーの戦略的な走順などが明らかになると考える。

4. まとめ

2018年のアジア大会と日本選手権リレーにおけ

る男女混合4×400mリレーのラップタイム分析から、走順や男女の走力がレース結果にどのような影響を及ぼすかについて分析を行った結果、以下のことが明らかになった。

- アジア大会において、日本と優勝した Bahrain とのラップタイム差を考慮すると、世界大会で決勝に進出するためには、男子は1秒以上、女子は3秒程度タイムを短縮させる必要がある。また、世界大会では男子と女子それぞれの4×400mリレーも行われるため、選手層の厚い国が有利にはたらくかもしれない
- アジア大会の男女それぞれの4×400mリレータイムと各選手の400mラップタイムとの関係は、男子の決定係数(r^2)が0.711、女子が0.866であったことから、女子選手の走力が記録や順位により影響を及ぼすことが示唆された
- アジア大会、日本選手権リレーに共通して、多くのチームが1走と4走、あるいは2走と4走に男子選手を配置していたことから、序盤からレースを先行し、終盤に走力の高い男子選手を配置して上位を狙うことが男女混合4×400mリレーでは有用な戦略の1つといえよう
- アジア大会と同様に日本選手権リレーにおいても

男女それぞれの4×400 m リレーのタイムと各選手の400 m ラップタイムとの関係では、女子選手の方が決定係数は高かったことから（男子選手： $r^2 = 0.133$ ，女子選手： $r^2 = 0.305$ ），女子選手の400 m ラップタイムが男子選手の走力よりも男女混合4×400 m リレーのタイムに影響すると考えられる

- ・日本選手権リレーのA決勝において、優勝した大阪は2走終了地点で先頭に立ち、そのリードを最後まで堅持することができていた。一方、B決勝では、1位の鹿児島は4走の200 m 通過地点まで愛媛に先行されていたが、後半の200mで順位の逆転させていた。これらのことから、男女の走順のみならず、個々の走力が重要であることが改めて確認された

文献

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4×400 m 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.

Rowbottom M. (2017) Men' s 4x400m Final - IAAF World Championships London 2017. Available at: www.iaaf.org.

杉田正明，広川龍太郎，松尾彰文，川本和久，高野進，阿江通良（2007）4×100m，4×400mリレーについて．陸上競技学会誌，6：21-26.

日本トップレベルの女子走高跳競技者における踏切動作のキネマティクスの特徴

杉浦澄美¹⁾ 柴田篤志¹⁾ 小山宏之²⁾ 長澤涼介³⁾

1) 筑波大学大学院 2) 京都教育大学 3) 京都教育大学大学院

1. はじめに

国内の女子走高跳は、2001年に今井美樹選手が1m96cmの日本記録を樹立して以来、1m90cmを超える選手は減少し、過去10年間の日本選手権優勝記録の平均は1m81cmである。さらに、世界大会の標準記録は日本記録と同程度の1m94cm前後であり、現時点において日本競技者の出場は厳しい状況にある。また、現在の走高跳に関する資料のほとんどが男子競技者を対象としたものであり、トラック種目や他のフィールド種目と比較しても走高跳に関する情報は少なく、日本の女子競技者を対象とした報告はほぼみられない。

そこで本報告では、2018年国民体育大会で入賞した女子競技者のキネマティクスの特徴について、2017年ロンドン世界陸上決勝進出者の特徴との比較から検討を行うことを目的とした。

2. 方法

2-1 分析対象者および分析対象試技

分析対象者は2018年国民体育大会で成年女子走高跳に出場し、8位までに入賞した女子走高跳競技者11名とし、各競技者の最も記録の高い試技を対象試技とした。対象試技のうち、踏切局面を撮影することができなかった競技者1名の1試技を除外した計10試技を分析対象試技とした。

なお、比較する2017年ロンドン世界陸上女子走高跳決勝のデータは、Nicholson et al. (2018)のデータを用いた。

2-2 データ収集およびデータ処理

競技会における全ての跳躍をマットの右後方および左後方に固定した2台のハイスピードカメラ(LUMIX FZ-300, Panasonic社製)を用いて240fpsで踏切2歩前からバークリアまでを固定撮影した。

撮影範囲はバーの中心を原点に左右(4m)、助走路方向に6mとし、試技の撮影前に撮影範囲内の計測点にキャリブレーションポールを立てて撮影した。なお、この撮影は日本陸上競技連盟科学委員会の活動として行われたものである。

撮影したVTR画像から、踏切2歩前離地の5コマ前からバークリアまでの身体分析点25点をビデオ動作分析システム(Frame DIAS IV, DHK社製)を用いてデジタイズを行った。そして、2台のカメラの身体分析点とコントロールポイントの座標から、3次元DLT法を用いて身体分析点の3次元座標を算出した。なお、3次元座標はバーの中点を原点とし、地面と平行かつバーと水平の軸をX軸、地面と水平かつバーと垂直に交わる軸をY軸、鉛直軸をZ軸とする右手座標系を静止座標系と定義した。これらの身体分析点の座標はWells and Winter (1980)の方法を用いて分析点ごとに最適遮断数周波数を決定し、Butterworth low-pass digital filterを用いて4.0Hzから8.0Hzで平滑化した。

2-3 算出項目

身体分析点の3次元座標から、阿江(1996)の身体部分慣性係数を用いて部分および全身の重心座標算出した。それらをもとに以下の項目を算出した。

①身体重心の変位

H0: 踏切接地時の身体重心高

H1: 踏切離地時の身体重心高

H2: 空中における身体重心の上昇高(最大重心高-H1)

最大重心高: 踏切離地時の鉛直速度から $v^2/2g$ の式より算出($g=9.81\text{m/s}^2$)

H3: 最大重心高とバーの高さとの差

②踏切位置: 踏切接地時の踏切足つま先とバーとのY軸方向の距離

③身体重心の速度

身体重心の変位を時間微分することで、身体重心

の水平および鉛直速度を算出した。

- ④水平速度の変化量：踏切接地時の水平速度と踏切離地時の水平速度との差
- ⑤接地時間
- ⑥踏切脚関節角度（伸展および底屈を正，屈曲および背屈を負とする）
- ⑦踏切脚関節平均伸展角速度：踏切後半における脚関節伸展量を踏切後半の時間で除した値
- ⑧踏み込み角度および跳躍角度：身体重心速度ベクトルが水平面となす角度
- ⑨全身および部分の内・後傾角度

踏切局面における身体重心速度ベクトルの水平成分（静止座標系の X および Y 成分の合成ベクトル）を Y' 軸，地面に水平かつ Y' 軸に直行する軸を X' 軸，鉛直軸を Z 軸とする右手系の移動座標系を定義した。身体重心と踏切脚足関節を結んだ線分，踏切脚股関節と踏切脚足関節を結んだ線分，両肩中点と両股関節中点を結んだ線分を Y' - Z 平面に投影し，鉛直軸となす角度をそれぞれ全身，踏切脚，体幹の後傾角とし，正を後傾，負を前傾とした。また，これらの線分を X' - Z 平面に投影し，鉛直軸となす角度をそれぞれ全身，踏切脚，体幹の内傾角とし，正を内傾，負を外傾とした。（Fig. 1）

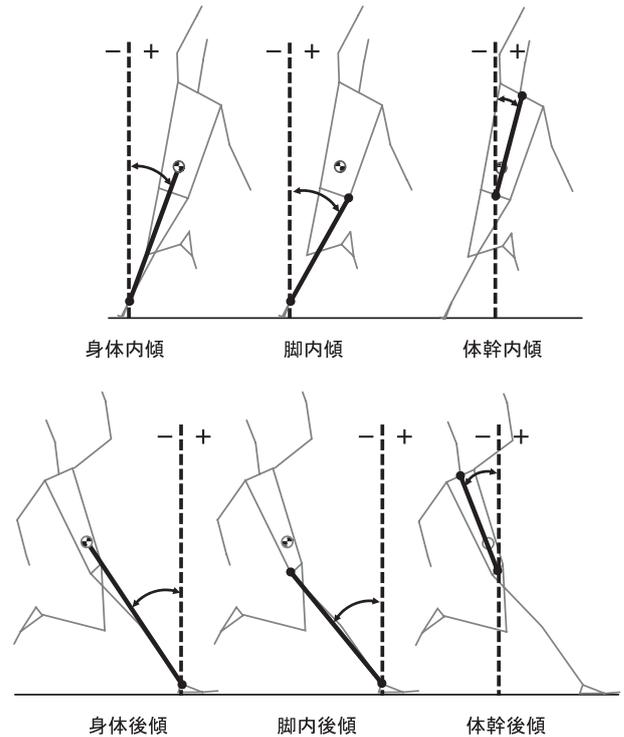


Fig.1 角度定義

2-4 局面定義

踏切脚膝関節の最大屈曲時点を踏切の中間とし，それ以前を踏切前半，以降を踏切後半とした。

2-5 統計処理

日本選手（以下，JP）と世界選手（以下，WL）の比較には対応のない T 検定を行った。統計的有意性は危険率 5% 未満で判定した。

3. 結果および考察

3-1 走高跳のパフォーマンスに関するパラメータ

Table1 は，対象者の分析試技の公式記録およびパフォーマンスに関するパラメータを示したものである。走高跳の記録は踏切離地時の身体重心高 (H1)，離地後の身体重心の上昇高 (H2)，およびクリアランス高 (H3) によって決定されるため (Hay, 1973)，パフォーマンスを高めるためにはこれらの 3 つの要因を向上させることが必要である。

身長は平均値は JP が 1.71m，WL が 1.82m と JP が有意に小さかった。JP と WL の H1，H2 および H3 の

Table1 身体重心位置に関するパラメータ

対象者	記録 (m)	身長 (m)	アームアクション [¶]	身体重心高 (m)					H1/身長 (%)	記録に対する割合 (%)			踏切位置 (m)
				最大	踏切接地	H1	H2	H3		%H1	%H2	%H3	
津田	1.83	1.79	s	1.98	0.82	1.23	0.74	-0.15	69.0	67.4	40.6	-8.0	0.61
高橋	1.78	1.72	s	1.94	0.86	1.21	0.73	-0.16	70.3	68.0	40.9	-8.9	0.83
青山	1.78	1.72	s	1.90	0.86	1.20	0.70	-0.12	69.7	67.2	39.6	-6.8	0.91
石岡	1.75	1.73	s	1.89	0.87	1.22	0.67	-0.14	70.9	69.8	38.4	-8.2	0.67
中西	1.72	1.74	s	1.83	0.82	1.19	0.64	-0.11	68.6	69.4	37.2	-6.6	0.75
小野	1.72	1.66	d	1.90	0.77	1.13	0.77	-0.18	68.3	65.9	44.6	-10.5	0.93
京谷	1.72	1.66	s	1.97	0.84	1.17	0.80	-0.25	70.9	68.0	46.4	-14.4	0.83
武田	1.72	1.72	s	1.82	0.85	1.19	0.63	-0.10	69.0	69.0	36.6	-5.6	0.77
武山	1.72	1.70	d	1.84	0.80	1.17	0.66	-0.12	69.1	68.3	38.4	-6.7	0.92
神田	1.72	-	s	1.90	0.83	1.20	0.70	-0.18	-	69.5	40.9	-10.4	1.01
JP_Mean±SD	1.75±0.04	1.71±0.04	s:8 d:2	1.90±0.05	0.83±0.03	1.19±0.03	0.70±0.05	-0.15±0.04	69.5±0.9	68.2±1.2	40.4±3.0	-8.6±2.5	0.82±0.12
WL_Mean±SD	1.95±0.04	1.82±0.07	s:4 d:8	2.06±0.06	0.88±0.05	1.25±0.06	0.81±0.06	-0.11±0.06	68.9±1.9	64.3±3.3	41.4±2.8	-5.7±3.2	0.90±0.19
significant difference	**	**	-	**	**	**	**	n.s	n.s	**	n.s	**	n.s

**：p<0.01，*：p<0.05，n.s：non significant

¶s：single arm action，d：double arm action

Table2 身体重心速度に関するパラメータ

対象者	水平速度 (m/s)			鉛直速度 (m/s)				前半	踏込角度 (deg)	踏切角度 (deg)
	接地	離地	変化量	接地	中間	離地	変化量			
津田	6.48	3.14	3.34	-0.30	2.17	3.82	4.11	2.47	-2.6	50.5
高橋	5.60	3.62	1.98	-0.38	2.29	3.78	4.17	2.67	-3.9	46.3
青山	5.85	4.02	1.83	-0.13	2.12	3.72	3.84	2.25	-1.3	42.7
石岡	6.25	4.09	2.16	-0.14	2.00	3.63	3.77	2.14	-1.3	41.6
中西	6.32	3.78	2.54	-0.19	1.94	3.54	3.73	2.12	-1.7	43.2
小野	6.31	3.52	2.79	-0.19	2.30	3.88	4.07	2.49	-1.7	47.8
京谷	5.72	3.43	2.30	-0.20	2.24	3.96	4.16	2.44	-2.0	49.1
武田	5.65	3.26	2.39	-0.11	2.32	3.51	3.63	2.43	-1.1	47.2
武山	6.36	3.39	2.97	-0.52	2.50	3.60	4.12	3.02	-4.7	46.7
神田	6.40	3.84	2.55	-0.15	2.15	3.71	3.87	2.30	-1.4	44.0
JP_Mean±SD	6.21±0.38	3.61±0.30	2.49±0.43	-0.23±0.12	2.20±0.16	3.72±0.14	3.95±0.19	2.43±0.25	-2.2±1.2	45.9±2.8
WL_Mean±SD	6.71±0.17	4.07±0.35	2.63±0.33	-0.46±0.19	—	3.98±0.15	4.44±0.27	—	-3.9±1.6	44.4±2.6
significant difference	**	**	n.s	**	—	**	**	—	*	n.s

**; p<0.01, *; p<0.05, n.s; non significant

平均値を比較すると、JPはWLよりもH1が約6cm、H2が約10cm有意に小さく、身長に対するH1の大きさに有意な差はなかった。また、H1、H2およびH3の記録に対する割合をみると、%H1と%H3に有意な差が認められ、JPはWLと比較すると記録に対するH1の占める割合が大きかった。H1は身長や下肢長などの身体特性や離地姿勢によって大きく影響されることが報告されている(村木, 1982)。JPはWLと比較して身長が約10cm小さいことから、JPがWLと比較してH1が低かったことは身長や下肢長などの身体特性による影響が大きかったと考えられる。一方で、踏切におけるアームアクションに着目すると、WLは12人中8名がダブルアーム、4名がシングルアームであったのに対し、JPは10人中2名がダブルアーム、8名がシングルアームであった。本報告では身長に対するH1の大きさはJPとWLで同程度であったが、一般的に、ダブルアームの方が離地時に両腕を高く挙げることでH1が大きくなることから、H1の差には身体特性だけでなく、このようなアームアクションの違いも影響していた可能性がある。

H2は踏切離地時における身体重心の鉛直速度による影響が大きく(Dapena, 1990)、身体特性や姿勢の影響は少ない。JPのH2はWLと比較すると約10cm小さいことから、H1と同様にH2も高めることが必要であると考えられる。さらに、1m83cmを跳躍している津田選手に着目すると、H1ではWLと大きな差はないものの、H2でWLとの差が大きいことがわかる。つまり、JP全体としては記録の向上のためにはH2、H1ともに向上させていくことが重要であるが、H1は競技者の身体特性を反映している部分も大きく、JPの中でも個人差があることか

ら、H2を高めることが最も重要な課題であると考えられる。そして、それに加えてアームアクション変更などによるH1の向上についても検討していく必要があるであろう。

3-2 身体重心速度

Table2は、対象者の身体重心速度に関するパラメータを示したものである。踏切離地時における身体重心の鉛直速度の平均値はWLで3.98m/s、JPは3.72m/sであり、WLはJPよりも有意に大きい値であった。また、踏切接地時の水平速度の平均値はWLで6.71m/s、JPで6.21m/sであり、こちらもWLがJPよりも有意に大きい値であった。これらのことから、WLはJPと比較して助走で大きな速度を獲得し、踏切においてより大きな鉛直速度を獲得していたといえる。男子競技者を対象とした研究において、踏切接地時の水平速度と踏切離地時の鉛直速度との間に正の相関関係があることが報告されており(Dapena et al, 1990)、女子競技者においても同様に、鉛直速度の獲得には大きな助走速度の獲得が重要であると考えられる。

ここで各選手に着目し、津田選手と世界選手権優勝者のLasitskene選手を比較すると、Lasitskene選手はH1が1.29m、H2が0.87m、H3が-0.13mであり、H1、H3については大きな差が見られないのに対して、H2ではLasitskene選手が13cmも大きかった。津田選手の身長は1m79cmであり、Lasitskene選手の身長もほぼ同じ1m80cmであることから、20cmの記録の差は踏切離地時の鉛直速度によって決定されるH2にあると考えられる。Fig.2はWLとJPの踏切接地時の水平速度と離地時の鉛直速度の関係を示したものである。Lasitskene選手の踏

切接地時の水平速度と踏切離地時の鉛直速度はそれぞれ 6.71m/s と 4.13m/s であり、どちらも津田選手 (6.52m/s, 3.82m/s) を上回っていた。また、Mcperson 選手は身長が 1m63cm と日本人競技者と比較しても大きくないものの、WL でもトップクラスの踏切接地時の水平速度 (6.98m/s) であり、踏切離地時の鉛直速度も大きく (4.16m/s), H2 も 0.88m と大きかった。Mcperson 選手は H1 が 1.12m と JP と比較して小さいにも関わらず、1m92cm をクリアしていることから、比較的身長の高い日本人競技者においても、大きな H2 を獲得できれば世界レベルに近づくことができる可能性があり、踏切における鉛直速度の獲得を目指すために、助走の速度を向上させることは日本人競技者に共通した課題であることが推察される。

さらに、踏切接地時の鉛直速度と踏込角度についてみると、どちらも WL は JP よりも有意に小さい値、すなわち鉛直下向きの速度および角度が有意に大きかった。これまで、踏切接地時に鉛直速度下向きの速度および角度が大きいことは踏切脚への負荷が大きくなり、膝関節が必要以上に屈曲してしまう「つぶれ」につながると考えられてきたことから、踏切準備から踏切局面にかけての身体重心低下量を小さくし、踏切接地時の下向き鉛直速度を小さくする必要性が指摘されてきた (村木, 1982)。しかし、本報告において、踏切離地時の鉛直速度が大きい WL の方が踏切接地時の下向き鉛直速度および踏込角度が大きかったことから、WL は JP と比較して踏切において鉛直下向きに大きな力を加えるために大きな踏み込み角度で接地し、さらに大きな負荷に対応した踏切動作を行っていた可能性がある。

3-3 接地時間

Table3 は、対象者の踏切接地時間および膝関節角度に関するパラメータを示したものである。踏切全体の接地時間の平均値は JP が 0.157sec, WL が 0.162sec と有意な差は認められなかった。しかし、踏切前半の時間は JP が WL よりも短く、踏切後半は逆に JP が WL よりも長かった。前述したように、踏切接地時における鉛直下向きの速度が大きい WL は、踏切接地時の大きな衝撃を受け止める必要があるため、踏切前半の時間が長くなっていたことが推察される。

3-4 踏切脚関節角度と身体の傾き

Table4 は踏切脚の足関節角度、膝関節角度および踏切後半の平均角速度のパラメータを、Table5

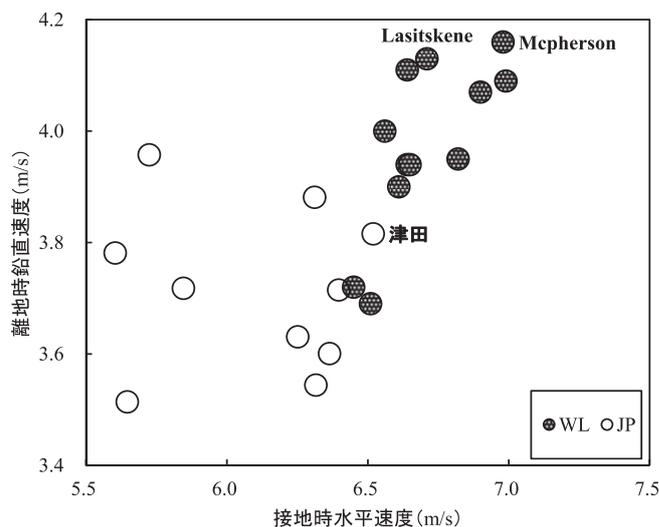


Fig. 2 踏切接地時の水平速度と踏切離地時の鉛直速度の関係

Table3 接地時間に関するパラメータ速度の関係

対象者	接地時間(sec)		
	全体	前半	後半
津田	0.175	0.070	0.105
高橋	0.160	0.075	0.085
青山	0.145	0.060	0.085
石岡	0.140	0.052	0.088
中西	0.168	0.072	0.096
小野	0.144	0.060	0.084
京谷	0.140	0.060	0.080
武田	0.164	0.084	0.080
武山	0.176	0.092	0.084
神田	0.156	0.068	0.088
JP_Mean±SD	0.157±0.013	0.069±0.012	0.088±0.007
WL_Mean±SD	0.162±0.013	0.096±0.019	0.068±0.015
significant difference	n.s	**	**

**; p<0.01, *; p<0.05, n.s; non significant

は身体の内後傾のパラメータを示したものである。足関節角度には踏切の各時点で有意な差がみられたが、WL のデータにおける足関節角度の定義が不明確なため、データの解釈には注意が必要であろう。一方で、背屈および底屈量に有意な差はみられなかった。膝関節角度は踏切接地時および踏切離地時の角度、屈曲量および伸展量については JP と WL で差は認められず、踏切局面における最小角度にのみ有意な差が認められた。また、踏切接地時の身体、体幹の後傾角度には WL と JP で有意な差は認められず、踏切接地における姿勢には大きな差がなかった。踏切接地および離地時の膝関節の角度に大きな差はなく、踏切接地および離地時の姿勢は類似していた。しかし、WL は踏切後半での膝関節の伸展量が JP よりも約 5 度大きく、さらに踏切後半の膝関節平均伸

Table4 関節角度に関するパラメータ

対象者	足関節角度 (deg)					膝関節角度(deg)					膝関節平均 伸展角速度 (deg/s)
	接地	最小	離地	背屈量	底屈量	接地	中間	離地	屈曲量	伸展量	
津田	140.9	115.1	157.7	25.8	42.6	176.8	147.0	177.8	29.8	30.8	293.1
高橋	144.7	118.1	155.1	26.6	37.1	156.6	138.6	168.5	18.0	29.9	351.8
青山	139.4	121.0	149.4	18.4	28.4	176.1	162.7	178.4	13.3	15.7	184.1
石岡	138.8	112.7	156.5	26.1	43.8	171.1	145.5	171.1	25.6	25.6	290.9
中西	139.8	115.4	157.9	24.4	42.5	169.4	143.5	172.7	25.8	29.2	304.2
小野	143.1	121.4	156.4	21.6	34.9	173.2	148.5	177.3	24.7	28.8	342.4
京谷	140.3	112.9	155.9	27.4	43.0	163.0	138.8	171.4	24.2	32.7	408.4
武田	132.3	130.5	151.1	1.9	20.6	162.2	146.2	169.8	16.0	23.7	295.9
武山	122.8	116.5	154.3	6.2	37.7	166.3	144.5	175.9	21.9	31.4	374.1
神田	134.7	126.2	148.8	8.5	22.6	170.8	148.0	160.5	22.8	12.4	141.2
JP_Mean±SD	137.7±6.0	119.0±5.5	154.3±3.2	18.7±9.1	35.3±8.2	168.5±6.1	146.3±6.4	172.3±5.2	22.2±4.8	26.0±6.5	298.6±77.8
WL_Mean±SD	126.8±7.5	107.3±6.2	138.3±3.8	19.4±8.5	30.9±7.0	163.3±6.5	138.6±7.0	169.6±3.9	24.8±6.2	31.0±8.1	464.6±111.7
significant difference	**	**	**	n.s	n.s	n.s	**	n.s	n.s	n.s	**

**: p<0.01, *: p<0.05, n.s; non significant

Table5 内後傾角度に関するパラメータ

対象者	後傾角度 (deg)			内傾角度 (deg)		
	身体	脚	体幹	身体	脚	体幹
津田	44.3	49.7	22.5	2.1	11.6	6.5
高橋	34.4	41.4	11.3	-4.6	3.0	1.1
青山	31.5	39.2	13.4	-5.9	-0.1	3.9
石岡	32.1	40.0	14.4	-4.9	1.2	6.9
中西	36.8	43.2	13.9	-6.0	3.7	0.4
小野	35.6	43.8	14.1	-4.4	6.3	-5.1
京谷	30.4	37.8	16.3	-0.6	7.3	6.0
武田	35.6	44.2	8.8	-3.5	7.6	-5.2
武山	37.9	43.1	6.0	-8.1	4.2	-14.7
神田	35.0	42.3	12.5	-6.1	4.0	-2.0
JP_Mean±SD	35.4±3.7	42.4±3.1	13.3±4.2	-4.2±2.8	4.9±3.2	0.2±6.4
WL_Mean±SD	36.4±2.6	-	15.1±3.9	-	-	-
significant difference	n.s	-	n.s	-	-	-

**: p<0.01, *: p<0.05, n.s; non significant

展角速度も有意に大きかったことから、踏切後半において膝関節を素早く伸展させていたといえる。踏切接地時の水平速度、鉛直下向きの速度および踏込角度が大きいWLは踏切の前半で踏切脚に大きな負荷がかかるため膝関節の屈曲が大きくなるが、踏切後半において踏切脚を短時間で大きく伸展させることで大きな鉛直速度を獲得しており、踏切接地における大きな負荷に対して踏切後半で踏切脚を伸展することができるようなパワー発揮の特性や踏切技術を有している可能性がある。

4. まとめ

本報告では、日本トップレベルの女子走高跳競技者を対象に、2017年ロンドン世界陸上決勝進出者との比較からキネマティクスの特徴について検討を行うことを目的とした。

本報告によって得られた結果から、JPはH1とH2がWLより小さく、特にH2の獲得が最も重要な課題であり、さらに、アームアクションの変更などによ

るH1の向上についても検討する必要があることが示唆された。

また、JPはWLと比較して踏切接地時の水平速度と離地時の鉛直速度が小さく、踏切接地時の下向き鉛直速度および踏込角度も小さかった。さらに、WLは踏切接地時の大きな負荷に対して踏切後半において短時間で素早く膝関節を伸展させることで、助走で獲得した大きな水平速度を踏切局面で鉛直速度へと変換していたと考えられる。

以上のことから、今後は日本の女子競技者は助走で大きな水平速度を獲得することと、それに伴う踏切における負荷の増大に対応した踏切技術を獲得することが課題となるだろう。

参考文献:

- 阿江通良 (1996) 日本人幼少年およびアスリートの身体部分係数. Japanese Journal of Sports Science, 15 (3): 155-162.
Dapena, J., McDnald, C. and Cappaert, J.

- (1990) A regression analysis of high jumping technique. *International Journal of Sport Biomechanics*, 6: 246-261.
- 村木 柁人 (1982) 現代スポーツコーチ実践講座 2 陸上競技 (フィールド). ぎょうせい: 東京, pp. 280-296.
- Nicholson, G., Bissas, A. and Merlino, S. (2018) Women's high jump - 2017 IAAF World Championships Biomechanical report. 1-36.
- Wells, R. P. and Winter, D. A. (1980) Assessment of signal and noise in the kinematics normal, pathological and sporting gaits. In: *Human Locomotion 1 (Proceedings of the first biannual conference of the Canadian Society of Biomechanics)*. pp. 92-93.

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～

小山宏之¹⁾ 柴田篤志²⁾ 山中亮³⁾ 高橋恭平⁴⁾ 松林武生⁵⁾ 渡辺圭佑⁶⁾
1) 京都教育大学 2) 筑波大学大学院 3) 新潟食料農業大学 4) 熊本高等専門学校
5) 国立スポーツ科学センター 6) 日本スポーツ振興センター

1. はじめに

日本陸上競技連盟科学委員会の跳躍班は、2018年にタンペレ（フィンランド）で開催された U20 世界選手権において男子棒高跳に出場した選手の助走スピードを測定することができた。この大会では、スウェーデンの Duplantis 選手が 5.82m の大会新記録を樹立するなど（同選手は大会後に 6.05m の U20 世界記録を樹立）、世界のシニア世代においてもトップレベルに位置する選手のデータを収集することができた。これまでの先行研究において、U20 世代の世界選手の助走スピードに関する情報は少なく、2014U20 世界選手権（ユージーン）後に日本陸連科学委員会が行ったもの（小山ら、2014）があるのみである。そこで本報告では、2018U20 世界選手権に出場した男子棒高跳選手の助走スピードを 2014U20 世界選手権のデータも含めて分析し、U20 日本選手の助走スピードと比較を行い、U20 世界選手および U20 日本選手の現状を提示することとする。

2. 方法

2018U20 世界選手権（以下、18U20WC）では、棒高跳ピット助走路後方のスタンドにレーザー式速度測定装置 Laveg を設置し、助走スタートからクリアランスまでの選手の移動を 100Hz で測定した。測定は決勝ラウンドのみ行った。なお、ピット上でのキャリブレーションは実施できなかったため、ボックス位置のキャリブレーションは撮影者がボックスに照準を合わせて測定し、複数回の測定による平均値を基準として採用した。これらの測定および分析は、機器を設置したスタンドの高さに相違があるものの、2014U20 世界選手権（以下、14U20WC）と同様であった。

表 1 は 18U20WC の分析対象者を示している。決勝当日は好天であり、大会記録、自己ベストを跳躍した選手も見られた。18U20WC の入賞記録は 5.30m であったが、16U20WC（ビドゴシチ）においても 5.30m、14U20WC では 5.35m が入賞記録であったことから、5.30m 程度を大会当日に記録できることが入賞ラインのようである。日本選手は 2 名出場し、江島選手が 3 位、尾崎選手が 10 位であった。なお、身長お

表 1 2018U20 世界選手権における分析対象者

	選手		年齢*	PB (m)	記録 (m)	身長 (m)	体重 (kg)	その他
1	DUPLANTIS	(SWE)	18	6.05	5.82 CR	1.81	68.0	100m: 10.57(+2.1)
2	BRADFORD	(USA)	18	5.55	5.55	1.83	-	
3	EJIMA	(JPN)	19	5.65	5.55	1.90	-	
4	BAEHRE	(GER)	19	5.61	5.50	1.93	89.0	
5	COLLET	(FRA)	19	5.45	5.40	-	-	
6	GUTTORMSEN	(NOR)	19	5.75	5.40	1.83	71.0	
7	RIDDLE	(USA)	19	5.51	5.30	-	-	
8	CORMONT	(FRA)	17	5.42	5.30	-	-	
8	WYK	(RSA)	18	5.40	5.30	-	-	
10	OZAKI	(JPN)	18	5.20	5.20	-	-	

*年齢は大会当日（2018.7.14）時点のものである

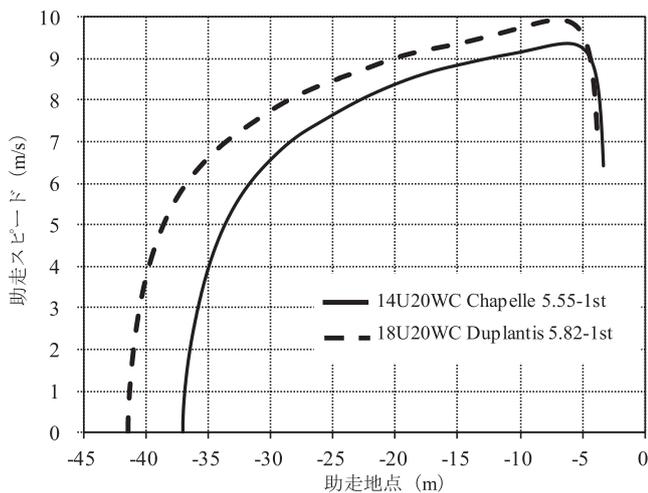


図1 2014および2018U20世界選手権男子棒高跳優勝者の助走スピードの変化の例

よび体重はインターネット上で公開されているものから引用した。

また、比較対象としてのU20日本選手のデータは、2007年から2014年のデータ(小山ら, 2014)に加え、2015年以降で科学委員会の活動で測定した以下に示す8試合を合わせたものである。

- 2015 和歌山インターハイ
- 2015 U20 日本選手権
- 2016 岡山インターハイ
- 2016 U20 日本選手権
- 2017 山形インターハイ
- 2017 U20 日本選手権
- 2018 三重インターハイ
- 2018 U20 日本選手権

これらの大会における測定設定はU20WCと同様であるが、国内大会ではボックス地点までの距離について試合前もしくは試合後にキャリブレーションを行っている。

3. 結果および考察

3.1 U20WCにおける助走スピードと記録の関係

図1は助走スピードの変化の例として、14U20WC優勝者(Chapelle選手, 5.55m)および18U20WC優勝者(Duplantis選手, 5.82m)の助走スピードを示している。なお、0m地点はボックス位置を示している。

助走スピードは踏切前に最高スピードを迎えるが、記録のより高かったDuplantis選手の方がスピードは大きかったことがわかる。Duplantis選手は18U20WCで5.82mの大会記録を樹立したが、その他の成功試技(5.50mおよび5.60m)を見て

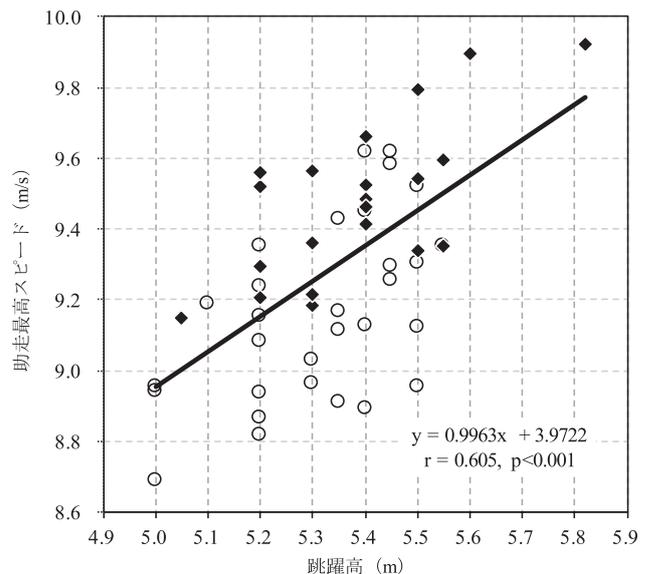


図2 2014および2018U20世界選手権における助走最高スピードと跳躍高の関係

も、14U20WCおよび18U20WCの入賞選手(小山ら, 2014)や2004年から2018までのU20日本トップ選手(小山ら, 2014および表3)と比較して最も助走スピードが高い選手であった。

図2は14U20WCおよび18U20WC入賞選手の助走最高スピードと跳躍高の関係を、表2は18U20WCの各

表2 2018U20世界選手権棒高跳の各選手の最高スピード、最高スピード出現地点、助走距離および歩数

選手	記録 (m)	最高スピード (m/s)	出現地点 (m)	助走距離・歩数 (m) / (歩)	
DUPLANTIS (SWE)	5.82	9.92	-7.0	41.4	18
	5.60	9.89	-7.7	41.4	18
	5.50	9.79	-6.9	41.3	18
BRADFORD (USA)	5.55	9.35	-7.2	36.5	16
	5.40	9.52	-6.7	36.4	16
	5.30	9.57	-6.6	36.6	16
EJIMA (JPN)	5.55	9.59	-6.5	43.7	18
	5.50	9.34	-7.7	43.7	18
	5.40	9.42	-8.3	43.7	18
BAEHRE (GER)	5.50	9.54	-7.5	-	-
	5.40	9.49	-7.5	-	-
	5.30	9.36	-7.5	35.1	-
COLLET (FRA)	5.40	9.46	-8.1	-	18
	5.20	9.52	-7.3	41.0	18
GUTTORMSEN (NOR)	5.40	9.66	-7.6	41.2	18
	5.20	9.56	-7.6	40.9	18
RIDDLE (USA)	5.30	9.18	-7.3	36.4	-
	5.20	9.20	-7.5	35.7	-
CORMONT (FRA)	5.05	9.15	-7.1	35.4	-
WYK (RSA)	5.30	9.22	-6.9	-	-
	5.20	9.29	-6.5	38.1	-
	5.05	9.15	-7.5	-	-
OZAKI (JPN)	5.05	9.57	-6.6	34.7	-
平均±S.D.*	5.43±0.21	9.45±0.25	-7.2±0.5	39.1±3.4	-

*平均値およびS.D.は入賞選手(OZAKI選手を除く)の分析試技の中で最も跳躍高の高かった試技(9試技分)のものを示している

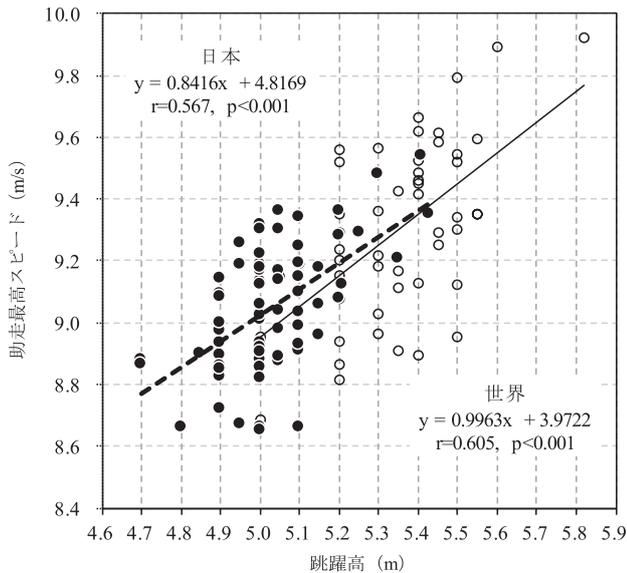


図3 U20世界選手およびU20日本選手における助走最高スピードと跳躍高の関係

選手の助走最高スピードとその出現位置、助走距離および助走歩数（確認できた選手のみ）を示している。なお、分析対象試技は成功試技のみとし、同一選手の複数試技が含まれている。また、助走距離はスピードの増加が始まった時点の距離とし、ボックスと胴体間の距離を示している。

図2からわかるように、14U20WCおよび18U20WCの各試合で見た場合、そして14U20WCと18U20WCの全選手をあわせて見た場合でも助走最高スピードと跳躍高の間には有意な正の相関関係が見られ（14U20WC, $r=0.552$; 18U20WC, $r=0.729$; 全選手, $r=0.605$, いずれも $p<0.001$), 跳躍高が高いほど助走最高スピードが高い傾向にあった。なお、14U20WCと18U20WCを同程度の記録水準で比較した場合、18U20WCの入賞選手の方が助走スピードは高い傾向にあった。一方、助走最高スピードの出現地点は跳躍高との間に関係は見られず（14U20WC, $r=0.261$; 18U20WC, $r=0.014$; 全選手, $r=0.052$, いずれも N.S.), 18U20WCの助走最高スピード出現地点の平均はボックス前 $7.2 \pm 0.5\text{m}$, 助走距離の平均値は $39.1 \pm 3.4\text{m}$, 助走歩数は16または18歩であった。

3.2 U20世界選手とU20日本選手の比較

図3はU20世界選手（2014および2018年）とU20日本選手（2007～2018年）の助走最高スピードと跳躍高の関係を示したもので、表3は2015年以降のU20日本選手の助走最高スピードとその出現地点、助走距離を示したものである。

図3に示したように、U20日本選手においても助

表3 2015年以降の国内主要大会における日本U20男子棒高跳選手の最高スピード、出現地点、助走距離

試合	選手	分析記録 (m)	最高スピード (m/s)	出現地点 (m)	助走距離 (m)
2018 IH	大崎	5.00	9.31	-6.9	45.8
	榊原	4.90	8.97	-7.2	35.4
	田中	4.85	8.90	-6.3	33.1
2018 U20	石橋	5.20	9.36	-8.4	41.9
	森田	5.10	9.10	-7.5	35.5
	奥	5.00	8.90	-6.0	35.8
	大崎	5.00	9.01	-7.8	46.0
2017 IH	石川	5.00	9.02	-6.6	34.1
	菅	4.95	9.19	-6.3	36.3
	麻生	4.90	8.83	-8.0	33.2
2017 U20	尾崎	5.10	9.15	-6.3	36.5
	石橋	5.00	9.13	-7.8	-
	窪田	5.00	8.93	-7.5	-
	林	5.00	8.66	-6.5	-
2016 IH	宮川	4.90	8.89	-7.4	-
	江島	5.43	9.35	-7.2	43.5
	内山	5.05	9.36	-5.9	36.2
	重藤	4.95	9.26	-6.3	40.8
	宮川	4.90	8.93	-8.3	37.0
2016 U20	尾崎	4.90	9.09	-6.9	35.1
	井上	4.90	8.97	-6.9	37.7
	江島	5.35	9.21	-6.6	43.6
	竹川	5.30	9.48	-6.1	33.5
	石橋	5.10	9.04	-7.5	40.4
	新井	5.10	8.91	-8.4	41.5
	佐藤	5.10	8.93	-8.0	39.2
2015 IH	林	5.00	9.06	-7.0	37.9
	吉田	5.00	9.19	-6.4	-
	新井	5.20	9.28	-5.6	41.3
	植松	5.05	8.87	-5.2	35.1
	上原	5.00	9.30	-7.7	44.4
	中村	5.00	9.22	-6.2	39.9
2015 U20	小木曾	4.90	8.83	-7.2	38.1
	大久保	4.90	9.14	-6.8	38.1
	新井	5.10	9.25	-9.7	41.8
	上原	5.10	9.19	-8.2	40.1
平均±S.D. Max - Min.		5.04±0.13 5.43 - 4.85	9.09±0.19 9.48 - 8.66	-7.1±0.9 -5.2 - -9.7	38.5±3.7 46.0 - 33.1
	14 報告* 平均±S.D. Max - Min.	5.03±0.14 5.41 - 4.70	9.00±0.20 9.65 - 8.65	-8.1±1.6 -5.4 - -10.9	36.6±2.6 41.6 - 31.8

*小山ら（2014）より引用

走最高スピードと跳躍高の間には有意な正の相関関係が見られ（ $r=0.567$, $p<0.001$), 跳躍高が高いほど助走最高スピードは高い傾向が見られた。U20WCの入賞ラインは5.30m程度と述べたが、2007年から2018年でその入賞ラインに達していたのは、07IHの笹瀬選手（5.41m, 9.54m/s）、16U20日本選手権の竹川選手（5.30m, 9.48m/s）、U20WCで入賞しているが16IHおよび16U20日本選手権の江島選手（IH, 5.43m, 9.35m/s ; U20, 5.35m, 9.21m/s）の3選手であるが、いずれの選手の助走スピードもU20WCの入賞選手と比較しても同程度のものであつ

表4 助走スピード別のU20世界トップ選手とU20日本トップ選手の跳躍高の比較

	グループ (m/s)	U20世界トップ		U20日本トップ		有意差
		n	跳躍高 (m)	n	跳躍高 (m)	
I	8.6～8.8	1	5.00	6	4.96 ± 0.10	-
II	8.8～9.0	9	5.24 ± 0.17	25	4.96 ± 0.11	**
III	9.0～9.2	11	5.25 ± 0.15	30	5.04 ± 0.09	**
IV	9.2～9.4	12	5.37 ± 0.15	13	5.13 ± 0.15	**
V	9.4～9.6	13	5.39 ± 0.11	2	5.36 ± 0.08	-
VI	9.6～	6	5.53 ± 0.16	2	-	-

** p < 0.01

たと言える。

表4は助走最高スピードを0.20m/sの幅で6グループに分類し、各グループの跳躍高をU20世界選手とU20日本選手で比較したものである。なお、分析跳躍数の多いグループII, IIIおよびIVについては、跳躍高の差を検定するために対応のないt検定を行った。グループII・III・IVを見ると、各グループで助走最高スピードの平均値には世界と日本で差がないが（II:世界, 8.91 ± 0.05m/s, 日本, 8.90 ± 0.05m/s; III:世界, 9.13 ± 0.05m/s, 日本, 9.11 ± 0.06m/s; IV:世界, 9.30 ± 0.06m/s, 日本, 9.30 ± 0.05m/s）、U20世界選手の方がグループIIで約28cm, IIIで約21cm, IVで約24cm高い跳躍高を獲得していた。以上のことから、U20世界選手はU20日本選手に比べて獲得している跳躍高は非常に高いが、助走スピードは、最高スピードが非常に高い一部の選手を除いてはU20日本選手と大きな差がないことが示され、助走スピードに対して獲得する跳躍高に非常に大きな差があることが明らかとなった。

4. まとめ

本報告では、18U20WC男子棒高跳の入賞選手の助走スピードを示し、14U20WCのデータ（小山ら, 2014）も含めてU20日本選手と比較し、U20日本選手の現状を明らかにすることを目的とした。

結果として、①U20世界選手、U20日本選手ともに跳躍高と助走最高スピードには有意な正の相関関係が見られること、②U20日本選手の中でもより記録の高い選手は、U20WCの入賞選手と同程度の助走スピードであること、③U20日本選手は助走最高スピードに対して獲得していた跳躍高がU20世界選手に比べて小さい傾向にあることが明らかとなった。

今回の活動では14U20WCに引き続いて助走スピードの測定のみで、跳躍動作に関する測定および分析を行うことができなかった。前回の報告（小山ら, 2014）においても指摘したが、助走最高スピードに

対する跳躍高の獲得の差が大きいことを考えると、U20世界選手とU20日本選手には動作の面で差があることが予想される。今後は、映像分析できる撮影を活動中に行うとともに、さらに体格を含めた体力要因の情報も集め、総合的に分析を進めることを通じて、U20日本選手の強化育成に必要な知見を提供していく必要があるだろう。

5. 参考文献

- 1) 小山宏之, 広川龍太郎, 清水悠, 榎本靖士 (2014) 助走スピードから見た世界ジュニア男子棒高跳選手と日本ジュニア選手の比較. 陸上競技研究紀要, 10: 109-112.

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

小山宏之¹⁾ 柴田篤志²⁾ 清水悠³⁾ 荊山靖⁴⁾ 長澤涼介⁵⁾ 広川龍太郎⁶⁾
1) 京都教育大学 2) 筑波大学大学院 3) 島根大学 4) 山梨学院大学
5) 京都教育大学大学院 6) 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ている(小山ら, 2017)。さらに、2017年より踏切4歩前から踏切までの接地位置の評価を行い(柴田と小山, 2017)、2018年においても継続的に測定を行った。加えて、近年の国際大会では中国選手の活躍が目覚ましく、2018年アジア大会においても中国選手が1位、2位と表彰台の上位を占めているが、ここ数年の国内および国際大会における活動によって、中国選手の助走に関する測定も多くない数ではあるが収集できている。そこで本報告では、2018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、および踏切前の接地位置について、記録との関係の現状を報告するとともに、中国選手の助走スピードに関するデータも提示したい。

2. 方法

本報告では2018年男子走幅跳強化選手4名について報告する(表1)。表1は2018年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)。なお、一部日本陸上競技連盟科学委員会以外での活動結果も含み、それらは日本学生陸上競技連合および関東学生陸上競技連盟の許可のもと活動したものである。また、表2は比較対象として示す中国選手の対象者および測定試合を示している。

表1および2に示した各競技会において、助走路前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、国内試合および2018アジア大会においては対象者の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120コマで

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)	2018								
						織田	GGP	KIC	NCH	南部 三カ国	U20 WC	アジア	NIC	北九州
橋岡 優輝	8.09	8.09	SP	31	7.83±0.19 (8.30w - 7.50)	○	○	○	○		○	○	○	
			ST	23	7.83±0.16 (8.09 - 7.50)	○	○		○			○	○	
城山 正太郎	8.01	7.98	SP/ST	20	7.67±0.19 (7.98 - 7.33)	○			○	○		○		○
小田 大樹	8.04	7.95	SP/ST	19	7.54±0.19 (7.95 - 7.25)	○	○		○	○				○
山川 夏輝	8.06	7.92	SP/ST	23	7.61±0.15 (7.92 - 7.23)	○	○		○	○				○

SP: 助走スピード分析, ST: 踏切前のストライド分析

織田: 織田記念陸上, GGP: ゴールデングランプリ, KIC: 関東インカレ, NCH: 日本選手権, NIC: 日本インカレ

南部/三カ国: 南部記念陸上・三カ国陸上, U20WC: U20世界選手権, アジア: アジア大会, 北九州: 北九州カーニバル

固定撮影した。なお、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、2017年までの測定結果（小山ら，2017）に2018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、最低および最高スピードを抽出したものである。

全ての選手において助走最高スピードと記録の間には強い相関関係が観察されており、2018年のみで見た場合にも同様の関係が見られ、いずれの選手においても高いスピードで助走できていることが跳躍距離の獲得に関係していた。例えば、橋岡選手は2018年の測定試技で8.00m以上の6試技の内の4試技（KIC：8.30m，8.10m；NCH：8.09m；U20WC：8.03m）は2018年の助走スピードの上位5試技の内の4試技であった。なお、NCHにおいて橋岡選手は自己ベスト、山川選手および小田選手はシーズンベ

スト、城山選手はシーズンセカンドベストを記録したが、各選手ともにNCHの助走スピードはその他の競技会に比べ大きい傾向にあった。

小山ら（2017）は2017年の報告において、助走スピードの縦断的測定結果と跳躍記録の関係から、今回対象とした4選手の8.10～8.30mを跳躍するために必要になるであろう助走最高スピード（以下、推定最高スピード）を予測している。今回報告した中で、橋岡選手は2018年に自己ベスト（NCH：8.09m，実測8.13m）および追い風参考であったが8.30m（KIC）を記録し、それぞれの試技の助走最高スピードは8.09m，8.30mの試技ともに10.51m/sであった。2017年に報告していた橋岡選手の各距離に対する推定最高スピードは、8.10mで10.34m/s，8.20mで10.40m/s，8.30mで10.47m/sであった。この値と2018年の結果を照らし合わせると、2018年に記録した8.30mでの最高スピードは推定最高スピードとほぼ一致する値であった。2018年の記録は追参であったが、この程度のスピードを風速+2.0m/sの範囲内で安定して出せることが、より高い水準での記録の安定につながると考えられる。また、過去の測定結果から予測（外挿）した推定最高スピードはある程度妥当であることが推測されることから、2018年の結果を加えた上で、新たに推定最高スピードの範囲を8.50mまで拡大し表を作成した（表3）。なお、小田選手のみ、2018年の結果が2017年までの助走最高スピードと跳躍距離の関係から外れる傾向にあ

表2 中国選手の分析対象者と測定試合

選手	PB (m)	分析試技数*	分析記録 max - min (m)	14アジア	15WC	17GGP	18アジア
王嘉男	8.47	4	8.24 - 8.14		○	○	○
李金哲	8.47	3	8.10 - 8.01	○	○		
高興龍	8.34	2	8.14 - 8.02		○		
黄常洲	8.28	1	8.06			○	

GGP: ゴールデングランプリ, WC: 世界選手権, アジア: アジア大会

*: 8.00m以上の試技を図2に示しており、その試技数を示している

表3 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
橋岡 優輝	8.09	8.30w	10.37	10.44	10.50	10.57	10.64
城山 正太郎	8.01	7.98	10.70	10.77	10.83	10.90	10.96
小田 大樹*	8.04	7.95	10.65	10.70	10.74	10.79	10.84
			10.57	10.62	10.67	10.72	10.77
山川 夏輝	8.06	7.92	10.53	10.59	10.65	10.71	10.76

*小田選手の上段は2017年度までのデータによる推定、下段は2018年度のみでの推定

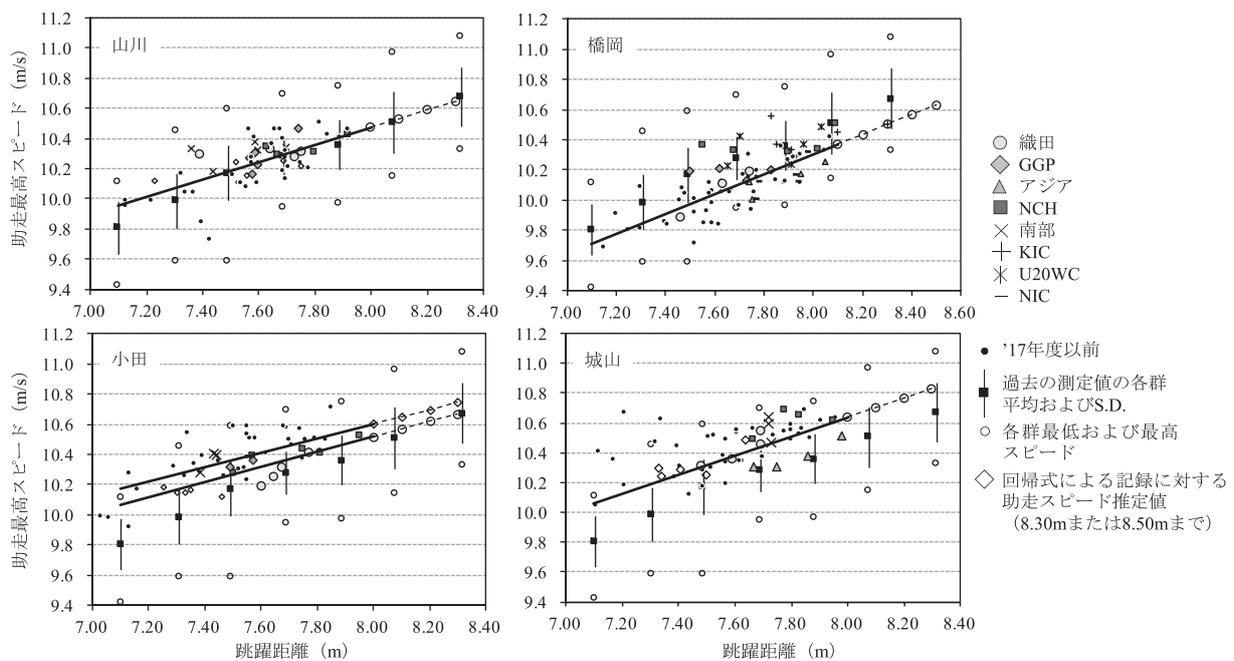


図1 各選手の助走最高スピードと跳躍距離の関係

り (図1), 2017年よりも低い助走スピードで距離を獲得している傾向にあった。そこで、推定最高スピードについて、2017年までのデータで予測した場合と、2018年までのデータで予測した場合の2パターンを提示している。

3.2 中国選手の助走最高スピードと跳躍距離の関係

図2は近年の中国男子走幅跳選手の助走最高スピードと跳躍距離の関係を示している。図には8.00m以上の試技を測定できた選手について示しており、その中には2018アジア大会優勝、2015北京世界選手権3位の王嘉男 (PB: 8.47m), 2015世界選手権第4位の高興龍 (PB: 8.34m), 2015世界選手権第4位の李金哲 (PB: 8.47m) が含まれている。各選手の分析試技の中で最長試技の最高スピードを見ると、王選手は8.24mで10.63m/s, 高選手は8.14mで10.63m/s, 李選手は8.10mで10.73m/sであった。いずれの選手の跳躍記録も今回報告している国内4選手よりも大きかったが、助走スピードは国内4選手の助走最高スピードと跳躍記録の関係から予測される範囲のスピードであった。特に、山川選手や小田選手の推定最高スピード (表3) の値にほぼ一致するものであった。つまり、中国の選手は国際大会の決勝ラウンドにおいて、今の国内トップ選手と比較してやや大きい助走スピードで助走ができており、そのスピードの中で、踏切から着地までをまとめることができていると言える。また、中国各選手の試技の風速は高選手の試技こそ+1.2m/sであるが、その他の選手の試技はいずれも風速1.0m/s未

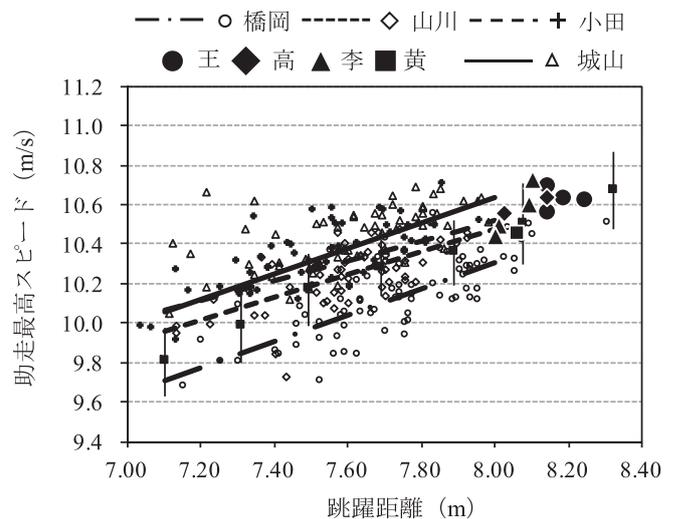


図2 中国選手の助走最高スピードと跳躍距離の関係

満であった。つまり、追い風の少ない状況であっても助走スピードを高めることのできるスプリント能力を有しているといえるであろう。図3は参考資料として、橋岡選手の風速と助走最高スピードの関係を示している。公認範囲内の風速において、助走最高スピードにはかなりのばらつきがあるものの、全体としては追い風が強いほど助走最高スピードは大きい傾向にあることが見てとれる。国際大会では国内大会の様に追い風を考慮したピットセッティングは行われぬ傾向にあることから、日本選手もどのような条件であっても助走スピードを高めることのできるスプリント能力が必要となるであろう。

3.3 踏切4歩前および1歩前の接地位置と記録の関係

図4は各選手の踏切4歩前および1歩前と跳躍距離の関係について、2017年の報告(柴田ら, 2017)に2018年の結果を加えたものである。

2017年と2018年を比較して最も異なる傾向が見られた選手は橋岡選手であった。橋岡選手は2018年では2017年に比べて4歩前の接地位置のばらつきが大きくなり、40cm程度のばらつきに収まっていた2017年に比べて、2018年では8.52mから9.61mまでの約1mの範囲で接地位置のばらつきが見られた。また、2017年は記録の低かった3試技で見られなかった9.30m以上の接地位置の試技も2018年度は数多く見られ(全体の35%), 8.09mの自己ベストの試技(4歩前, 9.61m)やその他の8.00m以上の試技(記録: 8.02m, 4歩前, 9.43m)でも2017年に比べて遠い接地位置で記録していた。一方で、それらの試技に比べて約50cm接地位置が近

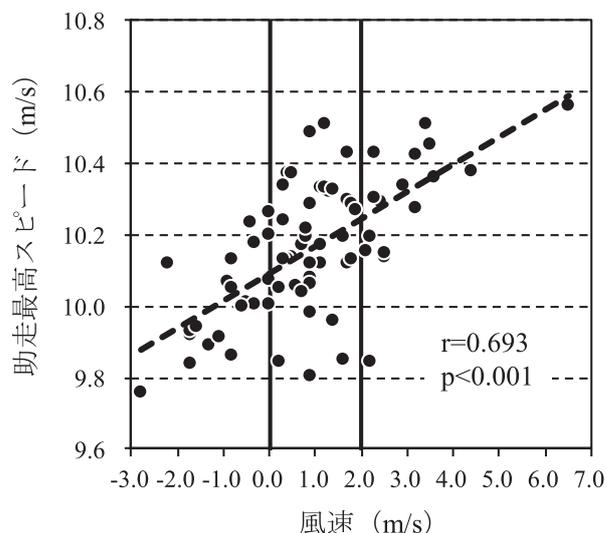


図3 橋岡選手の風速と助走最高スピードの関係

い試技(4歩前, 8.96m)でも8.05mを跳躍していた。1歩前の接地位置についても2017年とは異なる傾向が見られ、2017年は記録と1歩前の接地位置に

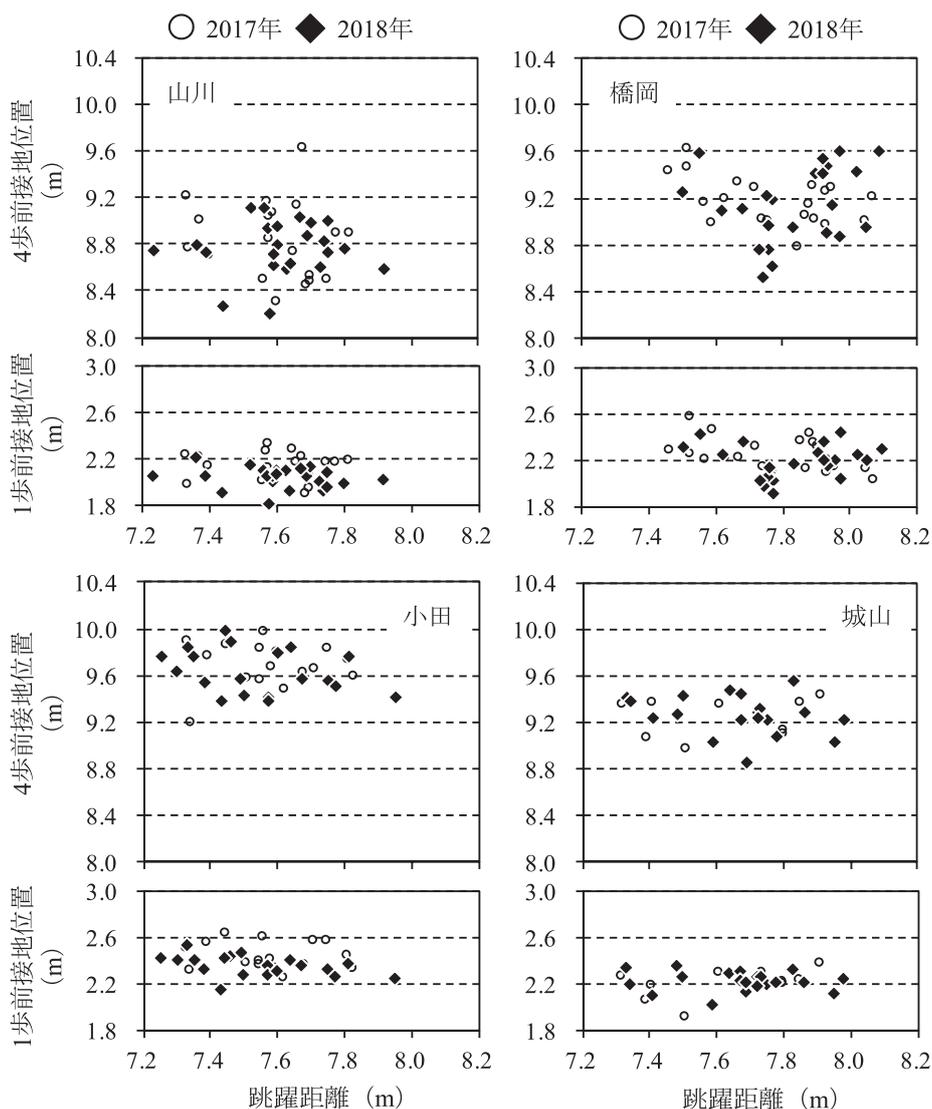


図4 各選手の踏切4歩前および1歩前接地位置と跳躍距離の関係

有意な負の相関があったが（柴田ら，2017），2018年ではそのような関係は見られなかった．2017年と2018年の大きい違いとして，2017年に8.00m以上を記録していた試技では，1歩前の接地位置が2.12m（記録：8.05m），2.02m（記録：8.07m）と2.10m前後であったが，2018年に8.00m以上を記録した3試技の1歩前接地位置は，2.19m（記録：8.05m），2.25m（記録：8.02m），2.29m（記録：8.09m）と1歩前の接地位置が遠くなり，大きいストライドで踏切に入っていく傾向があった．

城山選手は2017年と2018年で全体の傾向としては大きな差は見られなかった．2018年は7.90m台後半の2試技（7.98mおよび7.95m）を分析できたが（2017年の最長試技は7.91m），4歩前と1歩前の接地位置はそれぞれ，9.21mと2.25m（記録：7.98m），9.03mと2.11m（記録：7.95m）であり，2017年の試技に比べると接地位置がやや踏切に近い傾向にあった（2017年，記録7.91m，4歩前：9.43m，1歩前：2.37m）．

山川選手は4選手の中では4歩前の接地位置，1歩前の接地位置ともに踏切に近い選手であり，4歩前が8.80m前後，1歩前が2.10m前後であった．2018年の分析試技で最も記録の良かった試技（7.92m）の4歩前の接地位置は8.58m，1歩前の接地位置は2.02mであり，全体の中でも踏切位置に近い位置に接地していた試技であった．

一方で，小田選手は4選手の中で4歩前接地位置，1歩前接地位置ともに最も踏切から遠い傾向にある選手であるが，2018年では，2017年に比べて全体としてやや踏切位置に近くなっている傾向が見られた（4歩前，2017：9.70 ± 0.19m，2018：9.64 ± 0.19m；1歩前，2017：2.43 ± 0.12m，2018：2.36 ± 0.09m）．これらは統計的に有意差があるわけではないが，例えば4歩前で言えば9.60mより踏切に近かった試技が2017年の全体の25%から2018年の53%と増え，1歩前でも同様に踏切に近い試技の割合が増加している傾向にあった．図1において，2018年の助走最高スピードは2017年までに比べて小さい傾向にあったことを示したが，助走の変化と関連しながら踏切前の接地位置を変化させていたことが考えられる．

4. まとめ

本報告では，2017年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．特に助走スピードの評価につ

いては，各選手の記録と助走スピードの関係を理解した上で，海外選手の状況に対する日本選手の現状を示すことができている．今後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実施していきたい．

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．

山下航生選手における日本高校新記録の投てき動作の特徴 - 58.38m と 56.24m の比較 -

前田 奎¹⁾ 瀧川寛子²⁾ 塚田卓巳³⁾ 村上雅俊⁴⁾ 田内健二⁵⁾

1) 筑波大学大学院 2) 中京大学大学院 3) 愛知淑徳大学 4) 大阪産業大学 5) 中京大学

1. はじめに

2018年10月に開催されたU20日本陸上競技選手権大会において、山下航生選手が58.38mを投てきし、日本高校記録を更新した。近年、日本における男子円盤投の競技レベルは徐々に向上しているが、国際的な水準と比較すると劣っているのが現状である。今後、日本全体の競技レベルを向上させるための一助として、山下選手の投てき動作の特徴を明らかにすることは有益であると考えられる。

そこで本研究では、山下選手の58.38mの投てき動作の特徴を、他の試技との比較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、U20日本陸上競技選手権大会において山下選手が記録した58.38mの試技とした。また、56.24mの試技を比較対象とした。

2.2 撮影方法

投てき動作は、サークルの側方および後方に設置した2台のデジタルビデオカメラ(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。本研究では、投てき方向をY軸、Y軸に対して右方向をX軸、鉛直方向をZ軸とする右手系の静止座標系を設定した。また、サークルの中心を原点として、前後方向1.5m、左右方向2.0m(1箇所1.25m)の9箇所に、高さ2.8m、マーク間隔0.4mのキャリブレーションポールを立てた。

2.3 分析方法

ビデオカメラによって撮影された映像を、動作解析ソフト(Frame-DIAS IV, DKH)を用いて、身体分

析点25点および円盤中心を毎秒60コマでデジタル化した。デジタル化した分析点の座標値を、三次元DLT法により実長換算し、身体分析点および円盤の三次元座標値を求めた。算出した三次元座標値は、残差分析法(Winter, 1990)によって決定された最適遮断周波数(3.6-6Hz)で、バターワースデジタルフィルタにより平滑化した。2台のビデオカメラによって撮影された映像の同期は、円盤のリリース時点のコマ数を合わせることで行った。

2.4 分析項目

本研究では、各データを算出するにあたり、ターンへの導入開始時点(Start)、右足離地(R-off)、左足離地(L-off)、右足接地(R-on)、左足接地(L-on)およびリリース(Re1)の各イベントを設定し、StartからR-offまでを両脚支持局面(DSP)、R-offからL-offまでを第一片脚支持局面(SSP1)、L-offからR-onまでを支持なし局面(NSP)、R-onからL-onまでを第二片脚支持局面(SSP2)、L-onからRe1までを投げ局面(DVP)とした。これらのイベントおよび局面定義を山下選手のスティックピクチャをもとに図1に示した。基礎的パラメータとして、リリース速度、リリース角度、リリース高、局面時間、円盤移動距離および身体重心速度の合成速度(以下、「重心速度」と略す)を算出した。また、投てき腕挙上角度、体幹前後傾角度、体幹捻転角度および投てき腕-肩角度についても分析項目とした。投てき腕挙上角度は、投てき腕の内外転角度を示しており、投てき腕が肩よりも下がった状態を負、肩よりも上がった状態を正とした。体幹前後傾角度は、静止座標系のZ軸に対する体幹(左右股関節の midpoint から左右肩関節の midpoint に向かうベクトル)の角度を示しており、投てき方向と反対側に傾いた状態を負、投てき方向側に傾いた状態を正とした。体幹捻転角度は、腰に対する肩の角度を示しており、体幹が捻

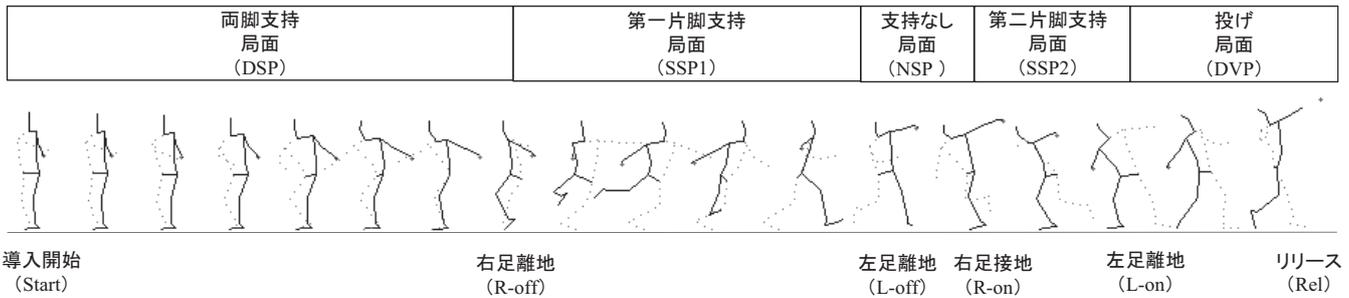


図1 山下選手のスティックピクチャ (58.38m)

転した状態を負，肩が腰を追い越した状態を正とした。投てき腕-肩角度は，投てき腕の水平内外転角度を示しており，投てき腕が肩よりも後方に位置した状態を負，投てき腕が肩よりも前方に位置した状態を正とした。

3. 結果および考察

3. 1. 基礎的パラメータについて

まず，表1に示した円盤のリリースパラメータをみると，58.38mの試技が56.24mの試技と比較して，合成のリリース速度が高値を示した。リリース速度の各成分では，58.38mの試技は56.24mの試技と比較して，前方成分および上方成分の速度ともに高値を示したことから，合成速度も高くなっていたことがうかがえる。リリース高およびリリース角も，58.38mの試技が56.24mの試技と比較して高値を示した。前方成分よりも上方成分が高値であったことも考慮すると，58.38mの試技は56.24mの試技と比較して，円盤をより上方へ高く投射した投てき動作であったと考えられる。また，リリース速度の左右成分は，56.24mの試技が58.38mの試技よりも高値であったことは，56.24mの試技は58.38mの試技よりも，円盤が投てき方向に対して右方向へ投射されていたことを示している。

次に，表2に示した動作時間，円盤移動距離および重心速度をみると，動作時間については，いずれの局面においても，両試技ともにほぼ同様の値を示した。円盤移動距離は，58.38mの試技が56.24mの試技と比較して，DSPでは0.04m，SSP2では0.03m，DVPでは0.30m大きく，SSP1では0.07m，NSPでは0.15m小さかった。このことは，58.38mの試技は56.24mの試技と比較して，DVPで円盤が大きく移動した投てき動作であったことを示している。円盤移動距離が大きくなることは，長い時間円盤に力を作用させていることを表すとされているが (Hay, 1985)，DVPにおける動作時間がほぼ同じであった

ことも考慮すると，58.38mの試技は56.24mの試技よりも円盤により大きな力を加えていたことが推察される。その結果，円盤がより加速し，高いリリース速度を獲得できていたと考えられる。重心速度は，58.38mの試技が56.24mの試技と比較して，R-off時，L-off時およびR-on時は高値を示し，Start時およびL-on時はほぼ同様の値を示した。Rel時のみ，58.38mの試技が56.24mの試技と比較して，低値を示した。円盤投の投てき距離を高める上で，身体重心の並進速度を高めておくことも重要な要因の一つであることが報告されている (松尾・湯浅, 2005; 前田ら, 2017; Yu et al., 2002)。本研究において，58.38mの試技が56.24mの試技と比較して，R-offからR-onにかけて重心速度が高かったことは，これらの先行研究の結果を支持するものであり，58.38mの試技では大きな運動エネルギーを獲得できていることを示唆するものであった。一方で，Rel時の重心速度のみ，58.38mの試技が56.24mの試技と比較して，低値であったことは，獲得したエネルギーの円盤への伝達が関係していることが推察される。このことについては，後に考察することとする。

表1 投てき記録とリリースパラメータ

投てき記録	(m)	58.38	56.24
リリース速度			
左右	(m/s)	1.58	2.88
前方	(m/s)	17.43	17.38
上方	(m/s)	13.61	13.08
合成	(m/s)	22.17	21.95
リリース高	(m)	1.90	1.79
リリース角	(°)	37.87	36.59

表 2 動作時間, 円盤移動距離および重心速度

	局面		DSP	SSP1	NSP	SSP2	DVP
	イベント	Start	R-off	L-off	R-on	L-on	Rel
動作時間(s)	58.38m		0.55	0.37	0.05	0.22	0.18
	56.24m		0.52	0.37	0.07	0.22	0.17
円盤移動距離(m)	58.38m		1.58	2.83	0.61	1.98	3.22
	56.24m		1.54	2.90	0.76	1.95	2.92
重心速度(m/s)	58.38m	0.14	0.57	2.15	2.05	1.99	1.63
	56.24m	0.16	0.49	2.07	1.93	1.98	1.70

3. 2. 投てき腕挙上角度, 体幹前後傾角度, 体幹捻転角度および投てき腕-肩角度について

先述の結果を踏まえて, 円盤を上方に投射する投てき動作に関連する投てき腕挙上角度および体幹前後傾角度 (Leigh and Yu, 2007), DVP での円盤移動距離およびエネルギーの円盤への伝達に関連すると考えられる体幹捻転角度および投てき腕-肩角度を算出し, 両試技間の比較を行うこととした. なお, いずれも L-on 時, Rel 時および DVP の値について算出した.

図 2a は, L-on から Rel に至るまでの投てき腕挙上角度を示している. 投てき腕挙上角度は, 両試技ともに同様の波形を示した. L-on 時, Rel 時および DVP の変化量についても, 同程度の値であった. 図 2b は, L-on から Rel に至るまでの体幹前後傾角度を示している. DVP では「身体の起こし動作」が行われる (前田ら, 2017) ため, L-on から Rel までの体幹前後傾角度の変位は「身体の起こし動作」を反映していると考えられる. 体幹前後傾角度は, L-on 時には両試技ともにほぼ同様の値を示したが, Rel 時には 58.38m の試技が 56.24m の試技と比較して低値であった. このことは, 58.38m の試技よりも 56.24m の試技において, わずかではあるが「身体の起こし動作」が強調されていたことを示唆している. 投てき腕挙上角度および体幹前後傾角度は, リリース速度の上方成分に影響を与えるとされているが (Leigh and Yu, 2007), 本研究で分析対象とした両試技間のリリース速度の上方成分の差は, 投てき腕の挙上および身体の起こし以外の動作による影響を受けていると考えられる. そこで, DVP における円盤の最下点から Rel までの上方への円盤移動距離をみると, 58.38m の試技で 1.15m, 56.24m の試技で 1.04m であり, 58.38m の試技が 56.24m の試技の方が, 円盤を上方に大きく移動させていた. つ

まり, 両試技間のリリース速度の上方成分の差は, 円盤の上方への移動が大きくなったことによるものであると考えられる.

図 2c および図 2d は, L-on から Rel に至るまでの体幹捻転角度および投てき腕-肩角度を示している. 体幹捻転角度および投てき腕-肩角度は, L-on 時には両試技ともにほぼ同様の値を示したが, Rel 時および DVP の変化量においては, 58.38m の試技が 56.24m の試技と比較して高値であった. これらの結果は, 58.38m の試技が 56.24m の試技と比較して, DVP における体幹の捻り戻しおよび投てき腕のスイングが積極的に行われており, 円盤を肩よりも前でリリースしていたことを示唆している. 宮崎ら (2016) は, 円盤のリリース速度と Rel 時の体幹捻転角度との間に有意な正の相関関係が認められたことを報告している. また, 田内・遠藤 (2009) は, 体幹の捻転動作について, 大きなエネルギー発揮のための前提となる役割を果たしていると述べている. これらのことから, 58.38m の試技では, 体幹の捻転動作によって大きなエネルギーを発揮できていたことに加えて, 体幹の捻り戻しに続く投てき腕のスイングによって獲得したエネルギーを円盤へと伝達できており, 円盤を大きく動かして肩よりも前でリリースできたと考えられる. 56.24m の試技では, 体幹の捻り戻しおよび投てき腕のスイングが十分に行われず, 円盤へのエネルギー伝達が不十分な状態でリリースに至ったため, 右方向へと円盤が投射されていた可能性が高く, 身体にエネルギーが残っていたことにより Rel 時の重心速度も高かったことが推察される.

山下選手は今後, シニア規格の円盤 (2.0kg) を用いたカテゴリーへと移行するだろう. その場合, 1.75kg の円盤よりも大きな力を加えなければ, 円盤のリリース速度が低下する (Hirose et al.,

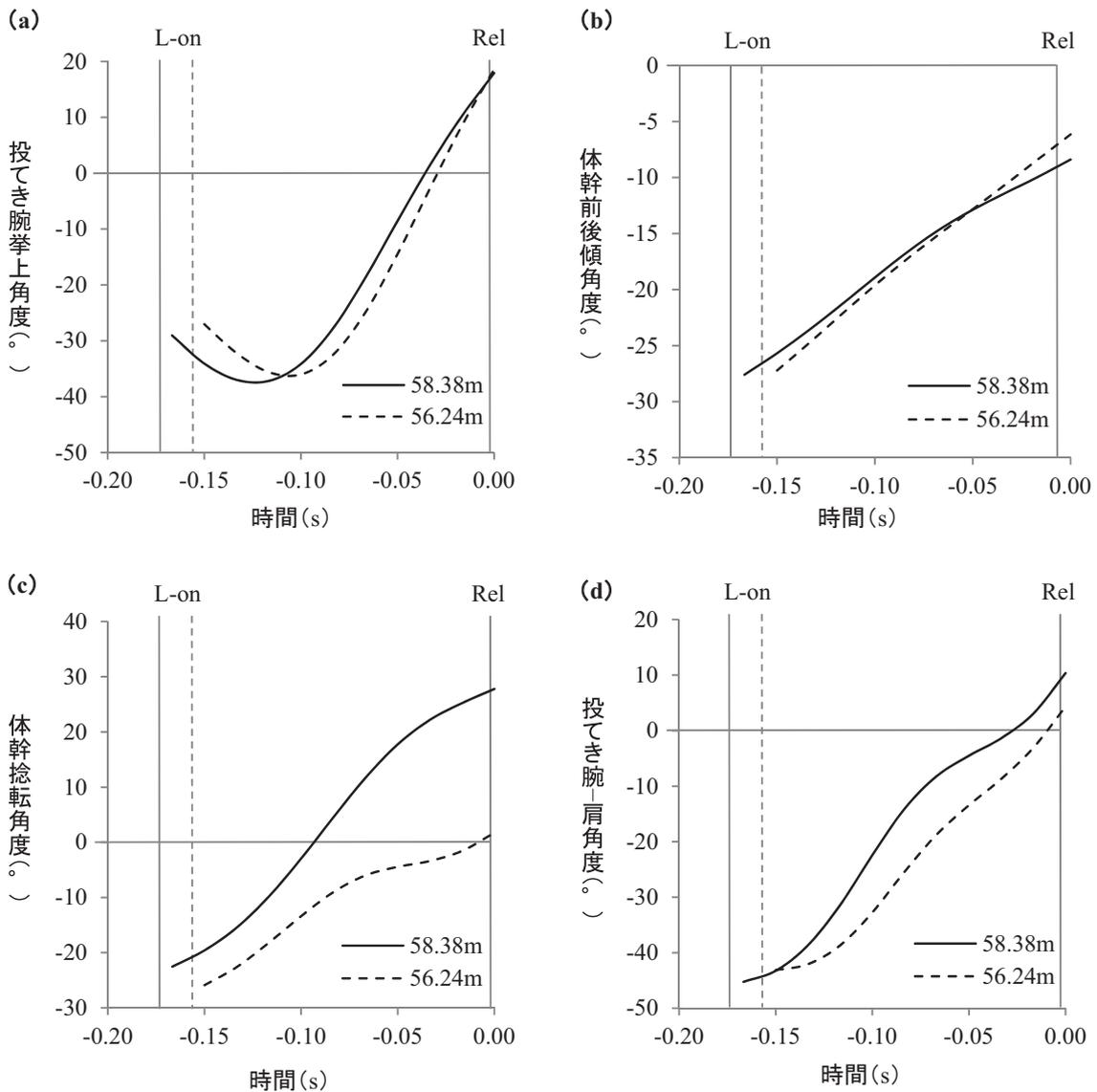


図2 投てき腕挙上角度，体幹前後傾角度，体幹捻転角度および投てき腕-肩角度

2017；高松・桜井，2013)．つまり，山下選手は，まずは質量の大きくなった円盤のリリース速度を高めるための投てき動作の習得や体力の獲得が求められるだろう．また，高松・桜井（2013）は，1.75kgの円盤において，円盤の速度変化パターンが2.0kgの円盤と大きな差がなかったにも関わらず，リリース付近の肩関節に作用するトルクが2.0kgの円盤よりも大きかったことから，1.75kgの円盤での投てきトレーニングが運動技術の習得もかねて，スピードが高い中での大きな筋力発揮を促す効果が期待できると述べている．これらのことから，山下選手は最大筋力や爆発的筋力といった一般的体力を高めることに加えて，1.75kgの円盤による投てきトレーニングも継続して実施し，円盤投に要求される専門的体力も養成することが重要であろう．

4. まとめ

本研究では，山下選手の58.38mの投てき動作の特徴を，他の試技との比較によって明らかにした．58.38mの試技は56.24mの試技と比較して，大きな運動エネルギーを獲得していることに加えて，DVPにおける積極的な体幹の捻り戻し動作および投てき腕のスイング動作によって円盤へとエネルギーを十分に伝達できており，円盤が大きく移動するような投てき動作となっていたことが示唆された．山下選手および指導者の方が，今後さらなるパフォーマンス向上を目指したトレーニングを実施する際の一助となれば幸いである．

文献

Hay, J. G. (1985) Track and Field: Throwing.

- In : Chrzanowski, C. (eds.) The Biomechanics of Sports Techniques (3rd Edition). Prentice-Hall, pp. 475-519.
- Hirose, K., Maeda, K., Noguchi, Y. and Ohyama-Byun, K. (2017) The biomechanical analysis of load characteristics during discus throws with various weight implements. Proceedings of the 35th Conference on the International Society of Biomechanics in Sports : 229-232.
- Leigh, S. and Yu, B. (2007) The associations of selected technical parameters with discus throwing performance : A cross-sectional study. Sports Biomechanics, 6 (3) : 269-284.
- 前田 奎・大山卞圭悟・広瀬健一・尾縣 貢 (2017) 円盤投における並進運動に関するパラメータと円盤の初速度との関係. 陸上競技学会誌, 15 : 35-46.
- 松尾宣隆・湯浅景元 (2005) 円盤投げ動作における身体重心速度が円盤速度と円盤+投擲者角運動量に及ぼす効果. 中京大学体育学論叢, 46 (2) : 33-43.
- 宮崎利勝・高橋和将・平山大作・内藤 景・阿江通良・大山卞圭悟 (2016) 円盤投げにおける体幹の捻転動作が円盤の初速度に与える影響. 陸上競技学会誌, 14 : 19-26.
- 高松潤二・桜井 徹 (2013) 円盤投げのトレーニング手段に関するバイオメカニクス的研究-円盤重量の変化が投てき動作に与える影響-. 流通経済大学スポーツ健康科学部紀要, 6 : 43-53.
- 田内健二・遠藤俊典 (2009) 陸上競技の投てき種目における体幹の捻転動作の役割. バイオメカニクス研究, 13 (3) : 170-178.
- Winter, D. A. (1990) Kinematics. In: Winter, D. A. (eds.) Biomechanics and motor control of human movement. John Wiley and Sons, pp. 11-50.
- Yu, B., Broker, J., and Silvester, L. J. (2002) A Kinetic Analysis of Discus-Throwing Techniques. Sports Biomechanics, 1 (1) : 25-46.

男子やり投げ競技における世界トップレベル選手と日本トップレベル選手との比較

塚田卓巳¹⁾ 村上雅俊²⁾ 豊嶋陵司³⁾ 瀧川寛子⁴⁾ 田内健二⁵⁾

1) 愛知淑徳大学 2) 大阪産業大学 3) 岐阜県スポーツ科学センター 4) 中京大学大学院
5) 中京大学

1. はじめに

日本の男子やり投げ競技は2009年にベルリンで行われた世界陸上競技選手権において村上幸史選手が銅メダルを獲得して以降、ロンドンオリンピックにおいてディーン元気選手が、リオデジャネイロオリンピックでは新井涼平選手が決勝に進出するなど世界と互角に戦っている。さらに近年は、日本ランキングトップテンの男子選手の平均記録が上昇するなど、日本のやり投げ競技全体の競技レベルが向上している。しかしながら、今季世界では複数人の選手が90mを超える投てきを行っており、世界と戦うためにはさらなる競技レベルの向上が求められている。日本人選手の競技レベル向上のためには、世界トップレベル選手との相違点を明らかにし、現状を把握することが不可欠である。幸いにも我々は、ゴールドングランプリ陸上2017川崎において、リオデジャネイロオリンピックにおける男子やり投げ競技の金メダリストであるThomas Rohler選手を含む3名の海外トップレベル選手の投てき試技を撮影することができた。よって本報告では、ゴールドングランプリ陸上2017川崎において上位3名となった海外トップレベル選手の投てき動作と2017年日本陸上競技選手権大会における上位3名の日本人選手との投てき動作を比較することで、日本人選手の競技力向上のための知見を得ることを目的とした。

2. 方法

2.1 分析試技

分析試技は、ゴールドングランプリ陸上2017川崎における上位3名となった海外トップレベル選手(Thomas Rohler選手, Shih-Feng Huang選手, Jaroslav Jilek選手)および2017年日本陸上

競技選手権大会における上位3名の選手(新井涼平選手, 寒川建之介選手, 小椋健司選手)の公式記録となった投てき試技とした。

2.2 撮影方法

それぞれの投てき試技を、助走路の側方および後方に設置した2台のデジタルビデオカメラ(PJ-670, Sony)を用いて、毎秒60コマ、シャッタースピード1/1000sで撮影した。撮影範囲は助走路にあるファウルラインを基準にして、奥行6m、横幅4m、高さ2.8mとした。撮影範囲中の9地点にマーク間隔0.4mのキャリブレーションポールを立てた。本研究では、ファウルライン左端から奥行6mの地点を原点とし、投てき方向をy軸、y軸に対して右方向をx軸、鉛直方向をz軸とする右手系の静止座標系を設定した。

2.3 分析方法

ビデオカメラによって撮影された映像をビデオ解析ソフト(Frame-DIAS V, ディケイエイチ)を用いて、身体分析点23点およびやり(グリップ, 先端)を毎秒60コマでデジタル化した。デジタル化した分析点の座標値を三次元DLT法により実長換算し、身体分析点およびやりの三次元座標値を求めた。算出した三次元座標値は8Hzのバター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数を合わせるにより行った。

2.4 分析項目

本研究では、各デ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、右足接地から左足接地を準備局面、左足接地からリリースまでを投局面とした(図1)。

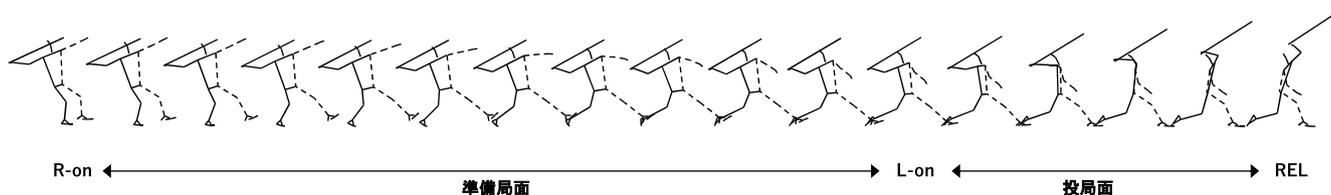


図1 やり投げにおける各局面の定義

やりのリリースおよび基礎パラメータとして、リリース時のやり速度、リリース高、やりのリリース角および迎え角、身体重心速度、局面時間、歩幅および投行程を算出した。また、選手個人の投てき動作を客観的に評価するため、田内ら(2012)が作成した投てき動作評価基準を基に、それぞれの選手の投てき動作を得点化した。よって、投てき動作評価に必要な動作項目(左右の膝角度、腕角度、体幹角度、R-on からL-on 間における腰の角変位、身体重心とグリップとの水平距離)を算出した。

3. 結果および考察

3.1 投てき記録、リリースおよび基礎パラメータ (表1, 2)

ゴールデングランプリ陸上における上位3名の選手および日本選手権における上位3名の選手の投てき記録はRohler選手が86.55m, Huang選手が82.57m, Jilek選手が82.46m および新井選手が82.13m, 寒川選手が76.63m, 小椋選手が76.16mであった。やりの合成リリース速度はそれぞれ29.1m/s, 28.0 m/s, 28.8 m/s および28.1 m/s, 27.1 m/s, 27.0 m/s であり, 80m を超える投てきを行った選手の合成リリース速度は28 m/s 以上であった。先行研究(田内ら, 2010)では, 80m を投げる

ためのリリース速度は27.9m/s, 85 mでは29.1m/sと推定しており, 本研究の結果はその推定と一致する結果となった。R-on 時の身体重心速度は7.0 m/s, 7.0 m/s, 7.1 m/s および7.5 m/s, 6.2 m/s, 6.5 m/s, であり, L-on 時の身体重心速度は5.9 m/s, 6.3 m/s, 6.3 m/s および7.0 m/s, 5.6 m/s, 5.9 m/s であった。田内ら(2012)は, やりの投てき記録に最も影響を及ぼす動作要因が助走速度であったことを報告している。日本選手権における新井選手および海外トップレベル選手は寒川選手, 小椋選手に比べR-on 時の身体重心速度が速かった。身体重心速度が速いことは, 身体の持つエネルギーが大きいことと同義であることから, R-on 時の身体重心速度の差がやりの合成速度の差につながった可能性がある。

3.2 投てき動作評価基準を基にした投てき動作の比較 (表3, 4)

投てき動作評価基準を基に算出した得点は、Rohler選手が52点, Huang選手が52点, Jilek選手が50点および新井選手が52点, 寒川選手が46点, 小椋選手が53点であった。田内ら(2012)によると, 80m 台の投てきを行う選手の投てき動作の平均値を投てき動作評価基準で得点化した53点が, 80m 台の投てきを目指す際の目標値となると

表1 海外トップレベル選手における投てき記録, リリースおよび基礎的パラメータ

	Rohler	Huang	Jilek
投てき記録 (m)	86.55	82.57	82.46
リリース速度 (m/s)	29.1	28.0	28.8
左右 (m/s)	2.3	2.7	2.6
前方 (m/s)	24.1	22.8	23.9
上方 (m/s)	16.1	16.1	15.8
リリース高 (m)	2.08	1.94	1.93
リリース角 (deg)	34.1	36.7	33.6
迎え角 (deg)	-0.8	6.1	7.0
動作時間			
準備局面 (s)	0.233	0.150	0.200
投局面 (s)	0.100	0.100	0.100
重心速度			
R-on (m/s)	7.0	7.0	7.1
L-on (m/s)	5.9	6.3	6.3
REL (m/s)	3.8	3.9	3.8
歩幅(縦)	1.88	1.72	1.98
投行程 (m)	3.13	2.56	3.08
準備局面 (m)	1.86	1.15	1.60
投局面 (m)	1.44	1.41	1.48

表2 日本トップレベル選手における投てき記録, リリースおよび基礎的パラメータ

	新井	寒川	小椋
投てき記録 (m)	82.13	76.63	76.16
リリース速度 (m/s)	28.1	27.1	27.0
左右 (m/s)	1.3	1.3	3.6
前方 (m/s)	23.9	22.6	23.1
上方 (m/s)	14.7	14.8	13.6
リリース高 (m)	1.63	1.68	1.76
リリース角 (deg)	31.5	35.6	32.3
迎え角 (deg)	2.9	-3.4	9.2
動作時間			
準備局面 (s)	0.183	0.183	0.217
投局面 (s)	0.083	0.083	0.100
重心速度			
R-on (m/s)	7.5	6.2	6.5
L-on (m/s)	7.0	5.6	5.9
REL (m/s)	4.4	4.5	3.8
歩幅(縦)	1.99	1.69	1.85
投行程 (m)	2.81	2.47	2.94
準備局面 (m)	1.53	1.38	1.48
投局面 (m)	1.28	1.09	1.61

表3 投てき動作基準に基づく海外トップレベル選手の投てき動作

Rohler		R-on	L-on	準備局面の変化量	得点
助走速度	(m/s)		5.91		16
右膝角度	(deg)	139.6			3
左膝角度	(deg)		171.8		5
体幹角度	(deg)		103.1		6
腰角度	(deg)	-65.0	-22.1	46.2	9
上肢の角度	(deg)	-101.0			7
重心_グリップ水平距離	(m)		0.78		6
得点合計					52
助走速度の得点を除いた得点合計					36

Huang		R-on	L-on	準備局面の変化量	得点
助走速度	(m/s)		6.29		16
右膝角度	(deg)	101.3			5
左膝角度	(deg)		167.4		4
体幹角度	(deg)		103.5		5
腰角度	(deg)	-92.7	-35.3	57.4	10
上肢の角度	(deg)	-104.0			7
重心_グリップ水平距離	(m)		0.73		5
得点合計					52
助走速度の得点を除いた得点合計					36

Jilek		R-on	L-on	準備局面の変化量	得点
助走速度	(m/s)		6.32		16
右膝角度	(deg)	108.3			5
左膝角度	(deg)		159.4		2
体幹角度	(deg)		100.5		7
腰角度	(deg)	-46.6	-21.5	25.1	6
上肢の角度	(deg)	-96.0			8
重心_グリップ水平距離	(m)		0.76		6
得点合計					50
助走速度の得点を除いた得点合計					34

表4 投てき動作基準に基づく日本トップレベル選手の投てき動作

新井		R-on	L-on	準備局面の変化量	得点
助走速度	(m/s)		7.05		20
右膝角度	(deg)	119.9			5
左膝角度	(deg)		174.1		5
体幹角度	(deg)		99.0		7
腰角度	(deg)	-45.3	-34.0	11.3	4
上肢の角度	(deg)	-99.0			6
重心_グリップ水平距離	(m)		0.75		5
得点合計					52
助走速度の得点を除いた得点合計					32

寒川		R-on	L-on	準備局面の変化量	得点
助走速度	(m/s)		5.59		12
右膝角度	(deg)	119.5			5
左膝角度	(deg)		149.2		2
体幹角度	(deg)		103.5		6
腰角度	(deg)	-63.7	-17.5	46.2	9
上肢の角度	(deg)	-98.1			6
重心_グリップ水平距離	(m)		0.75		6
得点合計					46
助走速度の得点を除いた得点合計					34

小椋		R-on	L-on	準備局面の変化量	得点
助走速度	(m/s)		5.93		16
右膝角度	(deg)	114.8			5
左膝角度	(deg)		165.8		3
体幹角度	(deg)		94.3		9
腰角度	(deg)	-79.5	-39.3	40.2	8
上肢の角度	(deg)	-103.8			7
重心_グリップ水平距離	(m)		0.72		5
得点合計					53
助走速度の得点を除いた得点合計					37

表5 投てき動作基準に基づく2014年織田記念における新井選手の投てき動作(投てき記録85.46m)

		R-on	L-on	準備局面の変化量	得点
助走速度	(m/s)		6.56		18
右膝角度	(deg)	118.2			5
左膝角度	(deg)		172.6		5
体幹角度	(deg)		101.9		7
腰角度	(deg)	-54.8	-44.4	10.44	4
上肢の角度	(deg)	-107.6			8
重心_グリップ水平距離	(m)		0.80		7
得点合計					54
助走速度の得点を除いた得点合計					36

報告している。本報告で調査した選手に関しては、寒川選手を除く5選手の得点が50点を超えており、目標値に近い得点であった。さらに、身体重心速度の得点を除いて各選手の投てき動作を得点化すると、Rohler選手が36点、Huang選手が36点、Jilek選手が34点および新井選手が32点、寒川選手が34点、小椋選手が37点であり、新井選手の得点が最も低く算出された。得点化に用いられている身体重心速度以外の動作項目は、助走により得たエネルギーを効率よくやりに伝達するために重要となる動作項目である。よって、得点が低い選手は、エネルギーを身体からやりに伝達する際のエネルギーロスが多いと考えられる。新井選手の身体重心速度はR-on時およびL-on時の両方のタイミングで海外トップレベル選手より速かった。よって、新井選手が有する身体エネルギーは海外トップレベル選手に比べ大きいと考えられる。しかしながら、そのエネルギーをやりに伝達するタイミングでのロスが大きいため、海外トップレベル選手に比べ投てき記録が低値になったと考えられる。2014年の織田記念において新井選手が85.48mを記録した投てき動作を得点化すると(表5)総合得点が54点であり、身体重心速度の得点を除いた得点は、36点であった。新井選手は助走で得たエネルギーを効率よくやりに伝達することができれば、85mを超える投てきを行うことが可能であると考えられる。一方、寒川選手の身体重心速度を除いた得点は海外トップレベル選手と大きな差がみられなかった。寒川選手の助走で得たエネルギーをやりに伝達する技術は、海外トップレベル選手と差がほとんどないと考えられる。しかしながら、身体重心速度が遅く、元々有している身体エネルギーが海外トップレベル選手に比べ小さいため投てき距離に差が生まれたと考えられる。小椋選手に関しては、総合得点においても、身体重心速度を除いた得点においても、世界トップレベル選手と同程度であった。また、80m

台の投てきを目指す際の目標値となる 53 点を獲得していることから, 80m オーバーの投てきを行うことができる可能性を有していると考えられる。しかしながら, 実際の投てき記録は 76.16m であった。本研究で評価した投てき動作は準備局面の動作である。小椋選手は, やりを実際に加速する局面である, 投局面においてエネルギーロスをした可能性がある。

4. まとめ

本研究の目的は, 田内ら (2012) が作成した投てき動作評価基準を用いて, 男子やり投げ競技における世界トップレベル選手と日本トップレベル選手との比較を行い, 日本トップレベル選手の競技力向上のための知見を得ることであった。日本トップレベル選手の投てき記録が世界トップレベル選手に比べ低値であった要因は, 新井選手はやりへのエネルギー伝達が効果的に行われていないため, 寒川選手は身体重心速度が遅く身体が有しているエネルギーが小さいため, 小椋選手は, L-on から REL にかけての投局面においてエネルギーロスしたためであると示唆された。

参考文献

- 田内健二, 村上雅俊, 遠藤俊典, 竹迫寿, 五味宏生, 藤井範久 (2010) 世界一流男子やり投げの投てき技術. 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 世界一流陸上競技者のパフォーマンスと技術: 176-187
- 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

世界トップレベル女子やり投げ選手における成功投てきと失敗投てきの比較

塚田卓巳¹⁾ 瀧川寛子²⁾ 中西啄真³⁾ 山本大輔⁴⁾ 村上雅俊⁵⁾ 田内健二⁶⁾

1) 愛知淑徳大学 2) 中京大学大学院 3) 大阪体育大学大学院 4) 天理大学 5) 大阪産業大学
6) 中京大学

1. はじめに

やり投げ競技は1投ごとの投てき記録の差が大きい競技である。2018年5月に開催されたゴールデングランプリ陸上2018大阪においてShiying Liu選手が1投目で今季世界ランキング5位となる67.12mの投てきを行い優勝した。しかしながら、1投目と6投目以外の残り4投は60mラインにも届かず、公式記録となった1投目と比べて10m近く低調な記録の投てきであった。世界トップレベルの選手においても、1投ごとの投てき記録に大きな差が生まれている。この投てき記録の差がどのような動作要因から生まれているのかを明らかにすることは、今後の日本女子やり投げ選手の競技力向上にとって有益な知見となると考えられる。したがって、本稿では、ゴールデングランプリ陸上2018大阪においてShiying Liu選手の67.12mを記録した1投目の投てきと著者が映像により低調な記録であったことを確認した2投目の投てき動作とを比較し、世界トップレベルの女子やり投げ選手における失敗投てきの動作要因を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、ゴールデングランプリ陸上2018大阪におけるShiying Liu選手の公式記録(67.12m)となった1投目の投てき試技および低調な記録により選手本人が意図的にフェール(記録なし)とした2投目の投てき試技とした。

2.2 撮影方法

それぞれの投てき試技を、助走路の側方および後方に設置した2台のデジタルビデオカメラ(PJ-670, Sony)を用いて、毎秒60コマ、シャッタースピー

ド1/1000sで撮影した。撮影範囲は助走路にあるファウルラインを基準にして、奥行6m、横幅4m、高さ2.8mとした。撮影範囲中の9地点にマーク間隔0.4mのキャリブレーションポールを立てた。本研究では、ファウルライン左端から奥行6mの地点を原点とし、投てき方向をy軸y軸に対して右方向をx軸、鉛直方向をz軸とする右手系の静止座標系を設定した。

2.3 分析方法

ビデオカメラによって撮影された映像をビデオ解析ソフト(Frame-DIAS V, ディケイエイチ)を用いて、身体分析点23点およびやり(グリップ、先端)を毎秒60コマでデジタル化した。デジタル化した分析点の座標値を三次元DLT法により実長換算し、身体分析点およびやりの三次元座標値を求めた。算出した三次元座標値は8Hzのバター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数を合わせるにより行った。

2.4 分析項目

本研究では、各デ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、右足接地から左足接地を準備局面、左足接地からリリースまでを投局面とした(図1)。

やりのリリースおよび基礎パラメータとして、リリース時のやり速度、リリース高、やりのリリース角および迎え角、身体重心速度、局面時間、歩幅および投行程を算出した。また、田内ら(2012)が作成した投てき動作評価基準を基に、やり投げの投てき記録に影響を及ぼす動作項目(左右の膝角度、腕角度、体幹角度、R-onからL-on間における腰の角変位、身体重心とグリップとの水平距離)を算出し

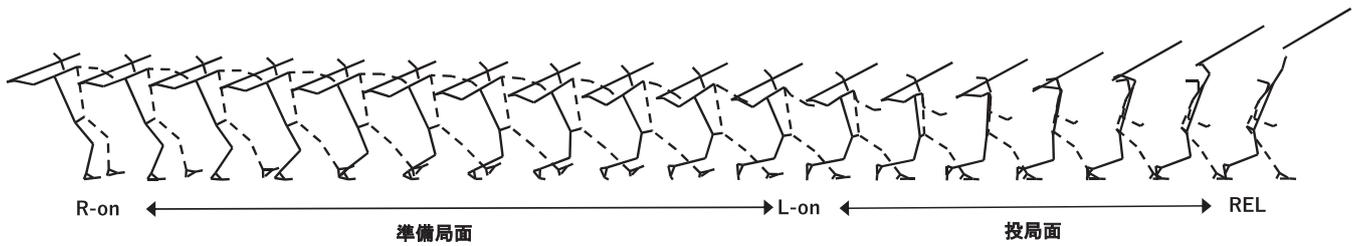


図1 やり投げにおける各局面の定義

た。

3. 結果および考察

3.1 投てき記録, リリースおよび基礎パラメータ (表1)

本稿で分析結果を示すゴールデングランプリ陸上における Shiyng Liu 選手の投てき記録は 1 投目 67.12m (以下, 公式記録) および 2 投目記録なし (以下, 記録なし) であった。記録なしの投てきは, 映像で確認したところ 60m ラインの数 m 手前に着地しており, 公式記録と比べ明らかに低調な記録であった。そのため, Shiyng Liu 選手は, 着地地点を確認後, 自らの意志でファールラインを踏み越え記録を消去していた。

やりの合成リリース速度はそれぞれ 24.9m/s および 24.0m/s であった。さらに, やりのリリース速度を成分別に分解すると, 左右方向は 1.4m/s および 3.5m/s, 前方方向が 21.1m/s および 19.7m/s, 上下方向が 13.0m/s および 13.2m/s であった。公式記録と記録なしの投てきでは, やりの合成速度および

表1 投てき記録, リリースおよび基礎的パラメータ

		1投目	2投目
投てき記録	(m)	67.12	記録なし
リリース速度	(m/s)	24.9	24.0
左右	(m/s)	1.4	3.5
前方	(m/s)	21.1	19.7
上方	(m/s)	13.0	13.2
リリース高	(m)	1.72	1.71
リリース角	(deg)	35.6	35.5
迎え角	(deg)	-4.4	2.1
動作時間			
準備局面	(s)	0.167	0.167
投局面	(s)	0.117	0.117
重心速度			
R-on	(m/s)	5.8	5.7
L-on	(m/s)	5.3	5.1
REL	(m/s)	2.8	2.8
歩幅 (縦)		1.43	1.44
投行程	(m)	2.48	2.45
準備局面	(m)	1.13	1.12
投局面	(m)	1.35	1.33

前後方向速度に差がみられた。この合成速度および前方方向速度の差が投てき記録の差につながったと考えられる。

田内ら (2012) は, やりの投てき記録に最も影響を及ぼす動作要因が助走速度であったことを報告している。Shiyng Liu 選手の公式記録と記録なしの投てきにおける身体重心速度には大きな差は見られなかった。身体重心速度に差が見られないため, 公式記録と記録なしの投てきでは, 身体に有していたエネルギーが同等であったと考えられる。身体に有していたエネルギーが同等であったにもかかわらず, やりの合成リリース速度に差がみられたことから記録なしの投てきは公式記録の投てきと比べ, エネルギーを身体からやりに伝達する際のエネルギーロスが多かったと考えられる。

3.2 男子やり投げ選手における投てき動作評価基準に基づく動作パラメータの比較

田内ら (2012) は, 男子やり投げ選手における投てき記録を L-on 時の助走速度, R-on 時の右膝角度, L-on 時の左膝角度, L-on 時の体幹角度, 準備局面の腰角度の変化量, R-on 時の上肢の角度, L-on 時の CG とグリップとの水平距離の 7 つの動作要因で 76% を説明できると報告している。投てき記録を決定する要因は, 男子選手と女子選手では異なる可能性も考えられるが, 現時点では女子選手の投てき記録を決定する要因は明らかにされていないため, 本稿では男子選手の投てき記録を決定する要因を基に Shiyng Liu 選手の投てき記録の差を生み出した要因を考察する。Shiyng Liu 選手の公式記録および

表2 男子やり投げ選手における投てき動作基準に基づく動作パラメータの比較

		公式記録 (67.12m)	記録なし
L-on時の助走速度	(m/s)	5.3	5.1
R-on時の右膝角度	(deg)	121.7	119.2
L-on時の左膝角度	(deg)	167.3	156.1
L-on時の体幹角度	(deg)	103.8	101.0
準備局面における腰角度の変化量	(deg)	5.8	10.35
R-on時の上肢の角度	(deg)	101.1	97.1
L-on時の重心_グリップ水平距離	(m)	0.66	0.65

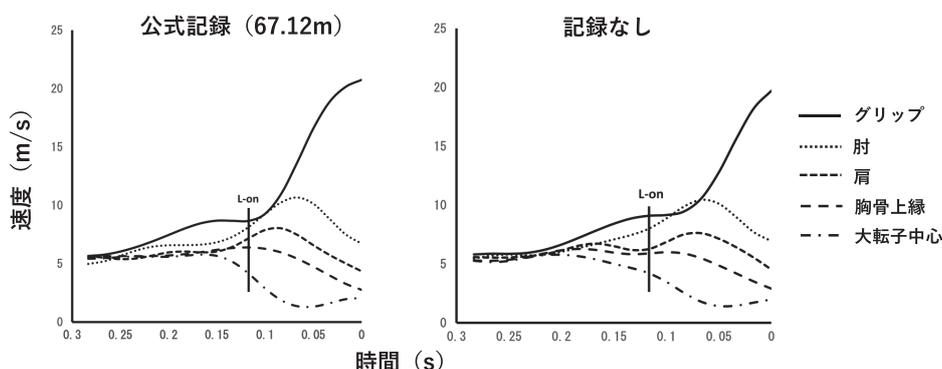


図2 R-on から REL における身体各部位の水平速度の変化

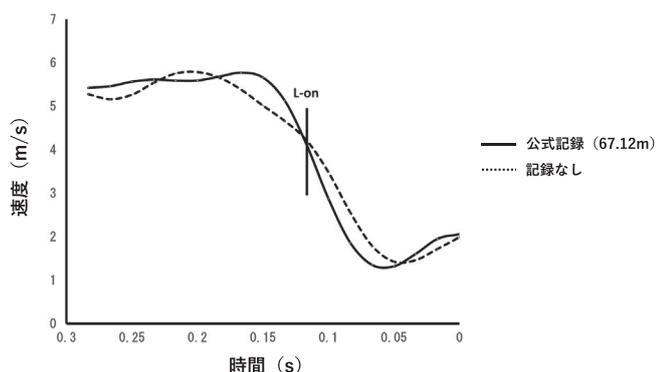


図3 R-on から REL における大転子中心の水平速度の変化

記録なしの投てき動作における7つの動作パラメータを表2に示した。ほとんどのパラメータにおいて公式記録と記録なしの投てき動作に大きな差はみられなかったが、大きな違いがみられたパラメータがL-on時の左膝角度（公式記録： 167.3° ，記録なし： 156.1° ）であった。田内ら（2012）はL-on時の左膝角度はより伸転位であるほど投てき記録が良いと報告している。Shiying Liu選手の投てきにおいても、記録なしに比べ公式記録の投てきのL-on時の左膝角度はより伸転位であった。L-on時は指導の現場においてブロック動作と呼ばれる。ブロック動作は、助走で得られた身体エネルギーを体幹から上肢へ伝達する役割があることが明らかとなっている。記録なしの投てきでは、ブロック動作時に左膝がより屈曲位であることで、身体エネルギーを膝関節で吸収してしまいエネルギーロスをした可能性がある。そこで、公式記録と記録なしにおける身体各部位（大転子中心、胸骨上縁、右肩、右肘、グリップ）の水平速度の変化を図2に示した。身体各部位の水平速度は、公式記録および記録なしの投てきで中枢部から末端部にかけて順次速度が増加しており、両投てき共に運動連鎖が起こっていることが明らかとなった。ブロック動作によるエネルギーロスの可能

性を明らかにするため、大転子中心の水平速度の変化を図3に示した。L-on時における大転子中心の水平速度は公式記録と記録なしの投てきでほとんど差が見られなかった。しかしながら、記録なしの投てきでは公式記録の投てきと比べ、L-on後の大転子中心の水平速度の減速が緩やかであった。ブロック動作では、水平方向に移動する下肢を止めることで、助走により得られたエネルギーを体幹から上肢へ流入している。記録なしの投てきでは公式記録の投てきと比べ、L-on時の左膝がより屈曲位であったために、下肢を上手く止めることができず、助走で得られたエネルギーをロスしてしまったと推察される。

4. まとめ

本研究の目的は、女子やり投げ世界トップレベルであるShiying Liu選手の成功投てきと失敗投てきの比較を行うことで、失敗投てきの動作要因を明らかにし、日本トップレベル選手の競技力向上のための知見を得ることであった。Shiying Liu選手の失敗投てきの原因は、L-on時の左膝が屈曲位であったため、下肢を止めることができず、助走で得られたエネルギーを体幹や上肢に流入する際にロスしてしまったためであることが示唆された。

参考文献

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

十種競技選手の走幅跳助走速度 — 100m レース最高走速度との比較 —

松林武生¹⁾ 吉本隆哉¹⁾ 大沼勇人¹⁾ 山本真帆¹⁾ 丹治史弥¹⁾ 岩崎領²⁾ 内山成実²⁾

1) 国立スポーツ科学センター 2) 東京学芸大学大学院

1. はじめに

走幅跳の跳躍距離には、助走速度の貢献が大きいことが報告されている (Hey と Miller, 1985 ; Hey ら, 1986 ; 小山ら, 2007 ; 松林ら, 2010, 2014)。高い助走速度を実現するためには、絶対的な疾走能力 (最大疾走速度) が高いことは必要不可欠であるが、これとともに、助走においてその疾走能力を最大近くまで活用する努力も必要と考えられる。走幅跳では踏切およびその準備のために、助走において真に最大努力の疾走を行うことは難しい可能性があるが、そのうえで可能な限り最大努力に近い走速度で走り、これと適切な踏切準備とを助走において両立させることが、跳躍距離を高めるためには必要であると考えられる。本研究では、日本トップレベル十種競技選手を対象として、100m レースにおける最高疾走速度と走幅跳助走における最高走速度とを比較し、助走における疾走能力の活用度を選手間で比較することで、走幅跳における選手毎の課題を抽出することに試みた。

2. 方法

2-1. 分析対象

TOKYO Combined Events Meet 2017 (2017 年 4 月 22-23 日)、第 101 回日本陸上競技選手権大会混成競技 (2017 年 6 月 10-11 日)、TOKYO Combined Events Meet 2018 (2018 年 4 月 21-22 日)、第 102 回日本陸上競技選手権大会混成競技 (2018 年 6 月 16-17 日) の十種競技に出場した選手のうち 10 名を対象とした。十種競技 1 種目目として行われる 100m レースとの風速の差異が 1.0 m/s 以内である走幅跳試技のなかで、選手毎に最も跳躍距離が大きい試技を抽出して、分析を行った。ただし、日本陸上競技連盟の十種競技強化指定選手 (右代啓祐選手、中村明彦選手、丸山優真選手、森本公人選手) に関

しては、全ての走幅跳試技を分析した。

2-2. 走幅跳助走速度の測定方法

選手後方の観客スタンドにレーザードップラー式距離・走速度測定装置 (100Hz, Laveg, JENOPTIK) を設置し、選手の腰背部へ不可視レーザーを照射することで、助走速度を測定した (小山ら, 2007 ; 松林ら, 2010, 2014)。測定によって得られた位置データを遮断周波数 0.5Hz のローパスフィルタで処理し、これを微分して走速度に変換し、そのピーク値を助走中の最高走速度として得た。

2-3. 100m レース疾走速度の測定方法

観客スタンドに設置した 6 台のデジタルビデオカメラ (239.76 fps, Lumix DMC-FZ30 もしくはスポーツコーティングカム GC-LJ20B) を用いてレースを撮影した。カメラは、100m ハードルおよび 110m ハードルのハードル設置位置を示す走路上のマークにあわせて 3.72m、13m、30m、47m、64m、81m 地点の側方に設置し、スタートピストルの閃光を映した後に、フィニッシュまで各選手を追従撮影した。得られた映像を基に、スタートピストル閃光を基準 ($t=0.00s$) とした各マーク地点の通過タイムを算出し、これをスプライン補間することで、レース全体の時間-距離情報を得た (小林ら, 2017)。この情報を基に、10m 毎の通過時間とその区間速度を算出し、最も高い 10m 区間速度を 100m レースでの最高疾走速度とした。

3. 結果および考察

図 1 に、100m レースにおける最高疾走速度と走幅跳助走における最高走速度との関係を示す。100m レース最高疾走速度に対する走幅跳助走最高速度の比率は、平均で 94.9% (範囲 90.8-96.8%) であった。この結果に基づくと、最高疾走速度の 95% 以上の走

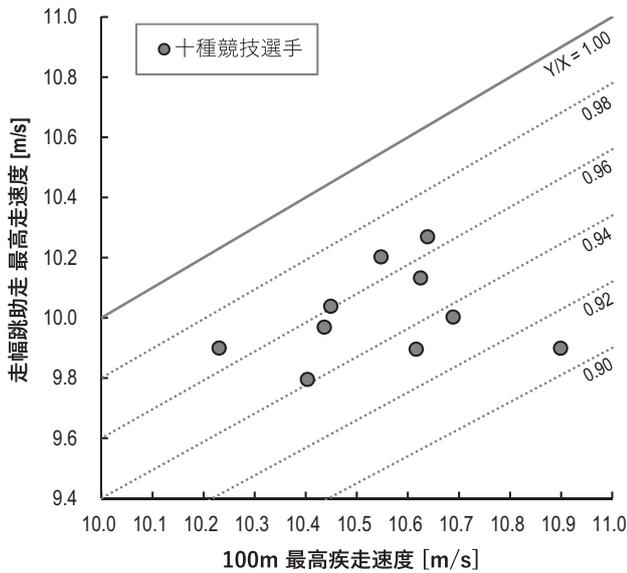


図1 100m 最高疾走速度と走幅跳助走最高走速度との関係
 実線および破線は、両走速度の比率が100%から90%となる際のプロット位置を表す。

速度で助走を行ってれば、疾走能力の活用度が比較的高いほうだと考えてよさそうである。また、その比率は高くても97%程度であったが、これを超えるほどに助走速度を高めてしまうと、踏切準備が難しくなってくることが推察される。

図2は、強化指定選手4名それぞれの分析結果を、図1に重ねて示したものである。風の影響等もあり、ばらつきが認められるが、100m レースとの風速の差異が1.0 m/s 以内である走幅跳試技に限ると、右代選手は95-97%の範囲に、中村選手は92-96%に、森本選手は96-97%にプロットされた。丸山選手に関しては、風速差異が1.0 m/s 以内である例数が少ないが、93%付近にプロットされた。ただし、風速の差異が大きい（追い風）条件下では、95%程度の例もあった。

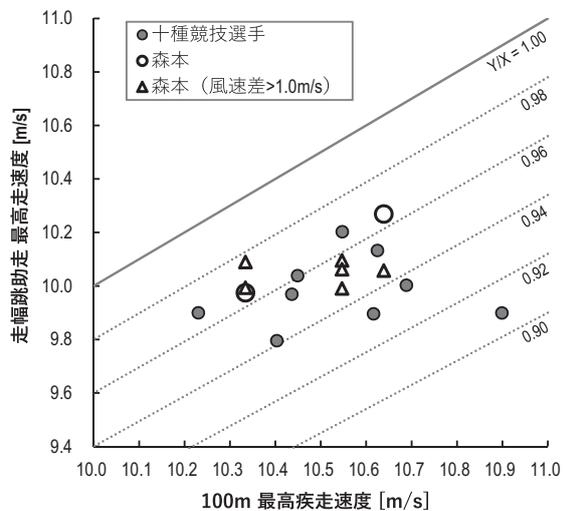
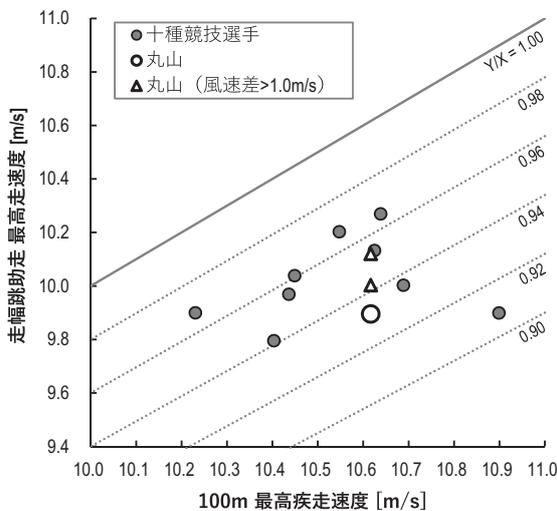
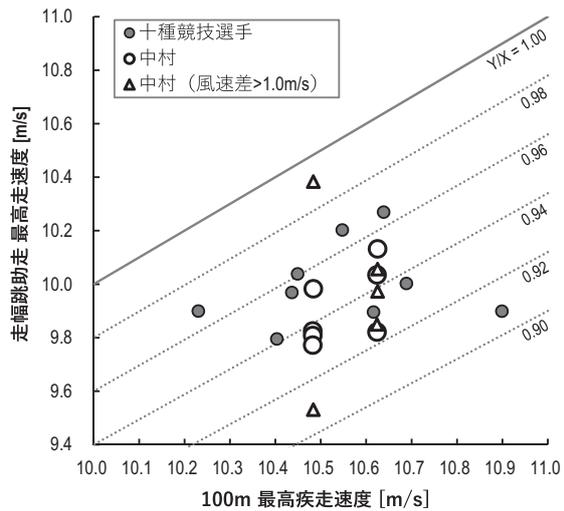
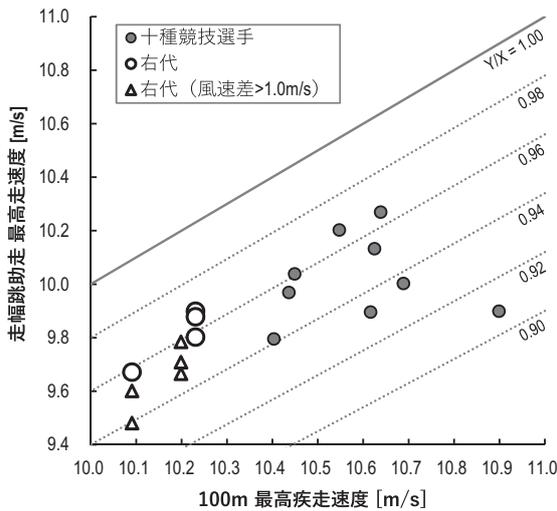


図2 100m 最高疾走速度と走幅跳助走最高走速度との関係（選手別）
 実線および破線は、両走速度の比率が100%から90%となる際のプロット位置を表す。△のプロットは、100m レースと走幅跳試技との風速の差異が±1.0m/s 以内に含まれなかった試技を表す。

4. まとめ

十種競技選手を対象として、走幅跳助走での最高走速度を100mレースでの最高疾走速度と比較したところ、その比率は選手によって91%から97%まで様々であった。走幅跳では踏切およびその準備を行う必要があり、これに関連した技術や戦略の個人差によって、このような助走速度の差異が生じると推察される。ただし、走幅跳の跳躍距離には助走速度の貢献が大きいという背景もあることから、比率が比較的低い選手（95%未満の選手など）では、助走速度を高める（最大疾走速度に近づける）ことで跳躍距離を向上させられる可能性もあると考えられる。

5. 参考文献

- 1) Hay, J.G. and J.A. Miller Jr. (1985) Techniques used in the transition from approach to takeoff in the long jump. International Journal of Sport Biomechanics 1: 174-184.
- 2) Hay, J.G., J.A. Miller, and R.W. Canterna (1986) The techniques of elite male long jumpers. Journal of Biomechanics, 19: 855-866.
- 3) 小山宏之, 村木有也, 武田理, 大島雄治, 阿江通良 (2007) 競技会における一流男女棒高跳、走幅跳、および三段跳選手の助走速度分析. 日本陸連科学委員会研究報告 6: 104-122.
- 4) 松林武生, 持田尚, 松尾彰文, 松田克彦, 本田陽, 阿江通良 (2010) 十種競技選手の走幅跳、棒高跳での跳躍パフォーマンス分析. 陸上競技研究紀要 3: 104-112.
- 5) 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.
- 6) 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100mレースパターンの変遷. 陸上競技研究紀要 13: 109-114.

十種競技選手の110mハードルレースの特徴 — ハードル専門選手との比較 —

松林武生¹⁾ 貴嶋孝太²⁾ 吉本隆哉¹⁾ 大沼勇人¹⁾ 山本真帆¹⁾ 丹治史弥¹⁾
岩崎領³⁾ 内山成実³⁾

1) 国立スポーツ科学センター 2) 大阪体育大学 3) 東京学芸大学大学院

1. はじめに

十種競技選手には、110mハードルレースにおいてレース序盤で最高走速度が出現する場合が散見される(松林ら、2014)。110mハードルを専門とする選手では、レース中盤に最高走速度が出現する(貴嶋ら、2013)、これとは異なる特徴である。本研究では、日本トップレベル十種競技選手を対象として110mハードルのレース分析(5台目ハードル後のタッチダウンまで)を行い、同種目での十種競技選手の課題を明確にすることに試みた。

2. 方法

2-1. 分析対象

TOKYO Combined Events Meet 2018 (2018年4月21-22日)、第102回日本陸上競技選手権大会混成競技(2018年6月16-17日)、ジャカルタ2018アジア競技大会(2018年8月25-30日)の十種競技に出場した選手21名を分析対象とした。また比較対象として、第52回織田幹雄記念国際陸上競技大会(2018年4月28-29日)、セイコーゴールデングランプリ陸上2018大阪(2018年5月20日)、布勢スプリント2018(2018年6月3日)、第102回日本陸上競技選手権大会(2018年6月22-24日)、ジャカルタ2018アジア競技大会(2018年8月25-30日)の110mハードルに出場した選手26名を同様に分析した。なお、複数競技会に出場した選手については、記録が最もよかったレースを分析の対象とした。ただし、日本陸上競技連盟の十種競技強化指定選手(右代啓祐選手、中村明彦選手、丸山優真選手、森本公人選手)に関しては、全てのレースを分析した。

2-2. 測定方法

観客スタンドに設置した3台のデジタルビデオカ

メラ(239.76 fps、Lumix DMC-FZ300 PanasonicもしくはスポーツコーチングカムGC-LJ20B株式会社スポーツセンシング)を用いてレースを撮影した。カメラは1台目、5台目、9台目ハードルの側方に設置し、スタートピストルの閃光を映した後に、フィニッシュまで各選手を追従撮影した。得られた映像を基に、スタートピストル閃光を基準($t=0.00s$)とした1台目、3台目、5台目ハードルのタッチダウンの時間を読み取った。

レース序盤および中盤での走速度推移の特徴を明確にするために、次のように分析を行った。まず、スタートピストル閃光から1台目ハードルタッチダウンまでの所要時間と、その後フィニッシュまでの所要時間との関係を確認した。十種競技選手と110mハードル専門選手とのレース展開が類似しているならば、両指標の関係性は種目にかかわらず類似することが予測される。反対に、種目によって異なるレース展開が行われている場合には、その差が両指標間関係性に現れると考えられる。同様の視点に基づき、1-3台目タッチダウン間と3台目以降、3-5台目タッチダウン間と5台目以降、と分析を続けた。

3. 結果および考察

図1-3に、分析結果を示す。110mハードルを専門とする選手では、各分析区間とその後フィニッシュまでの所要時間はよく相関していた。110mハードル専門選手のプロットのみを回帰した直線を実線で、また回帰の90%信頼区間を破線で示した。110mハードル専門選手と比較すると、十種競技選手のプロットには大きなばらつきが認められた。特に、1台目タッチダウンまでとその後のフィニッシュまでの所要時間との関係(図1)をみると、回帰直線よりも下側にプロットされる選手が多かった。これは、

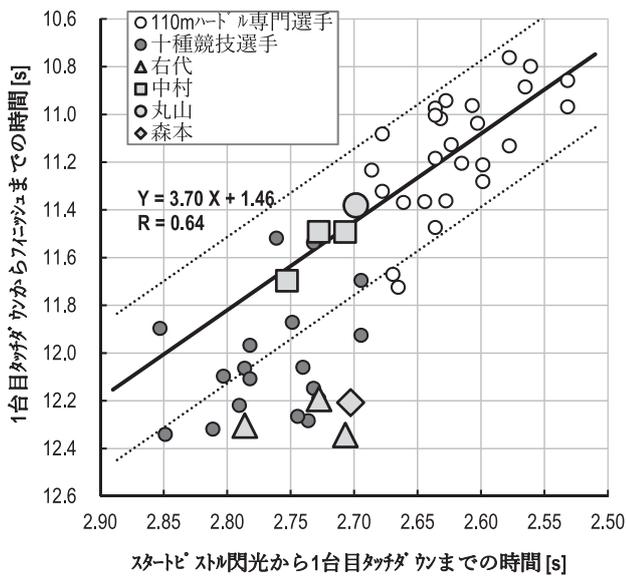


図1 1台目タッチダウンまでとそれ以降の所要時間の関係
 実直線は110mハードル専門選手の回帰、破直線はその回帰の90%信頼区間を表す。

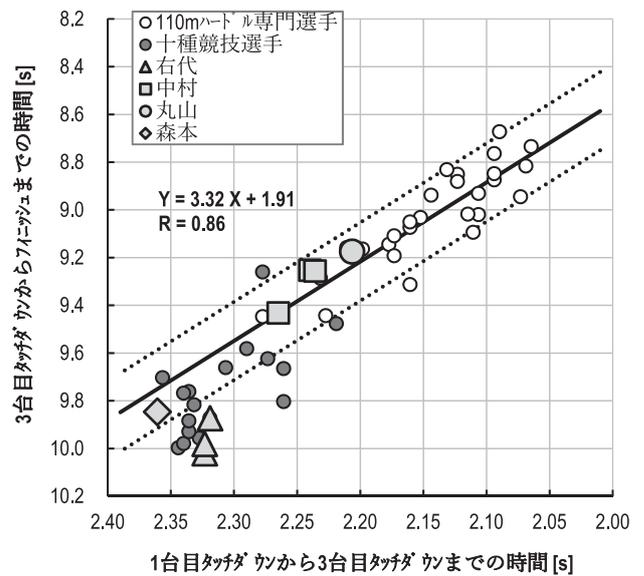


図2 1台目タッチダウンから3台目タッチダウンまでとそれ以降の所要時間の関係
 実直線は110mハードル専門選手の回帰、破直線はその回帰の90%信頼区間を表す。

1台目タッチダウンまでから期待されるよりも多くの所要時間が、その後の局面にて必要となったことを意味する。

110mハードルに必要なとされる能力を、ハードルを効率的に越えるという技術面での能力(以下、ハードリング能力)と、純粋に速く走るという体力面での能力(以下、スプリント能力)とに分けて考えた場合、1台目タッチダウンまでの所要時間には、スプリント能力が比較的大きく反映されることが推察される。多くの十種競技選手に認められたように、1台目タッチダウンまでから期待されるよりもそれ以降の所要時間が長い事例は、スプリント能力に対してハードリング能力が不足していると考えられることができる。図1において十種競技選手プロットと90%信頼区間下限との差分を算出すると、0.4秒以上となる選手も存在した。ハードリング能力が向上すれば、これだけのタイムを短縮できる可能性もあることが示唆される。

1-3台目タッチダウン間とその後のフィニッシュまでの所要時間との関係(図2)においても同様に、回帰直線よりも下側にプロットされる十種競技選手は存在したが、その選手数は図1よりも少なく、90%信頼区間下限との差分も小さかった(最大で0.2秒程度)。3-5台目タッチダウン間とその後のフィニッシュまでの所要時間との関係(図3)においては、十種競技選手と110mハードル専門選手との差異がほとんど認められなくなった。これらのことより、ハードリング能力不足の影響は1-3台目

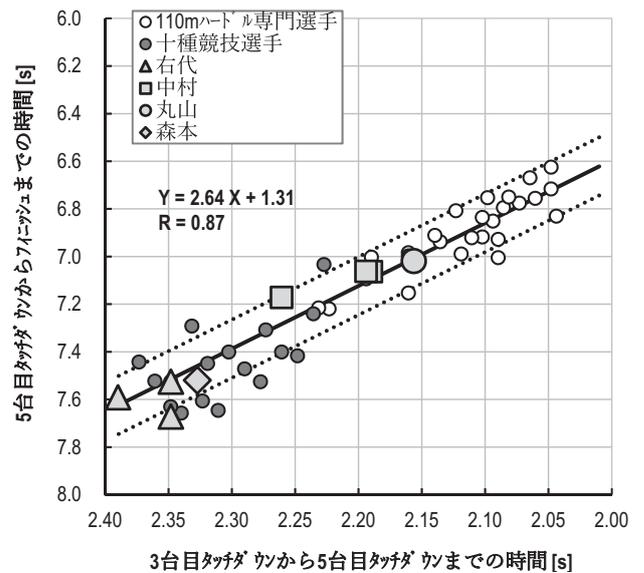


図3 3台目タッチダウンから5台目タッチダウンまでとそれ以降の所要時間の関係
 実直線は110mハードル専門選手の回帰、破直線はその回帰の90%信頼区間を表す。

ハードル付近のレース展開に大きく反映されると推察される。多くの十種競技選手にとって、この局面でのパフォーマンスを改善していくことが、110mハードルの成績を向上させることにつながると考えられる。

日本陸上競技連盟の十種競技強化指定選手を個別に検討すると、110mハードルを得意とする中村選手、丸山選手は、図1のプロットから110mハードル専門選手の回帰上に位置していた。レース展開の

視点からは、両選手は専門選手との差異は認められず、更なる記録向上のためには、スプリント能力自体の向上と、それに伴って必要となるハードリング能力の向上が必要であると考えられる。森本選手は、図1では回帰よりも大きく下にプロットが位置したが、図2においてはほぼ回帰上であった。このことから同選手は、1台目ハードル付近に課題があると考えられる。ただし分析レースにおいて同選手は1台目ハードルに接触しており、これが影響した可能性もある。右代選手は、図1、図2ともに回帰よりも下にプロットが位置していた。よって1-3台目ハードル付近に課題があると考えられる。

4. まとめ

110mハードル専門選手と比較して十種競技選手には、1台目タッチダウンまでの所要時間から期待されるよりも、その後のレース局面に所要時間が多くかかる選手が多く存在した。スプリント能力（体方面）は十分にあるものの、ハードリング能力（技術面）が不足しているために、このような事象が現れると推察される。選手毎に課題およびこの影響が現れるレース局面は異なるため、これに応じて同種目での更なる記録向上を図っていくことが望まれる。

5. 参考文献

- 1) 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.
- 2) 貴嶋孝太，谷川聡，櫻井健一，安井年文，浅見公博，苅部俊二，青戸慎司，綿谷貴志，柴山一，森丘保典仁（2013）日本一流男子110mハードル選手のレース分析－2011年から2013年までのレース分析結果について－．陸上競技研究紀要 9: 71-86.

2018年全国高等学校総合体育大会入賞選手を対象としたアンケート調査 —女性アスリートにおける月経状況と身体的特性および疲労骨折発症の関連性について—

須永 美歌子¹⁾ 貴嶋 孝太²⁾ 森丘 保典³⁾ 真鍋 知宏⁴⁾ 山本 宏明⁵⁾ 酒井 健介⁶⁾
杉田 正明⁷⁾

- 1) 日本体育大学児童スポーツ教育学部 2) 大阪体育大学体育学部 3) 日本大学スポーツ科学部
4) 慶應義塾大学スポーツ医学研究センター 5) 北里大学メディカルセンター
6) 城西国際大学薬学部 7) 日本体育大学体育学部

1. はじめに

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[1]。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[2]。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（図1）。しかしながら、スポーツ現場において、エネルギー摂取量や骨密度を測定することは困難であるため、女性アスリートの三主徴のスクリーニングとして、BMI（Body Mass Index）を指標とすることが推奨されている[3]。

本調査では、高校生トップアスリートを対象に月経状況と身体的特性および疲労骨折発症とその関連性について検討することを目的とした。

2. 方法

2018年度全国高等学校総合体育大会（三重）の陸上競技入賞選手424名を対象に質問紙を用いて調査を実施した。本アンケートの回収率は、39.9%であった。有効な回答が得られた199名（男子102名、女子97名）のうち、本研究では女子97名のデータを分析対象とした。さらに、「月経が25-38日に1回ある」と回答した者を正常月経群（n=75, 77.3%）、それ以外を月経異常群（n=22, 22.7%）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-

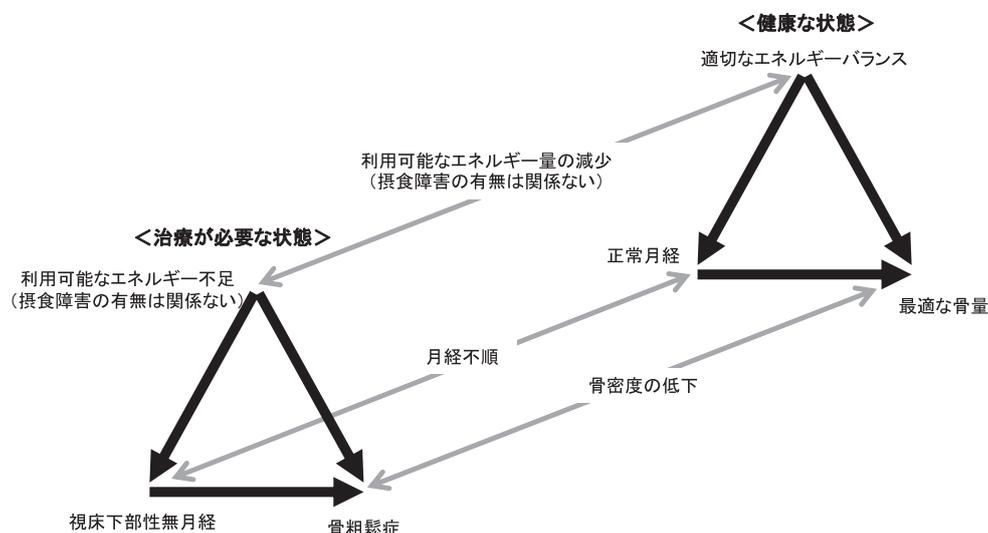


図1 女性アスリートの三主徴の相互関係（文献²⁾より引用改変）

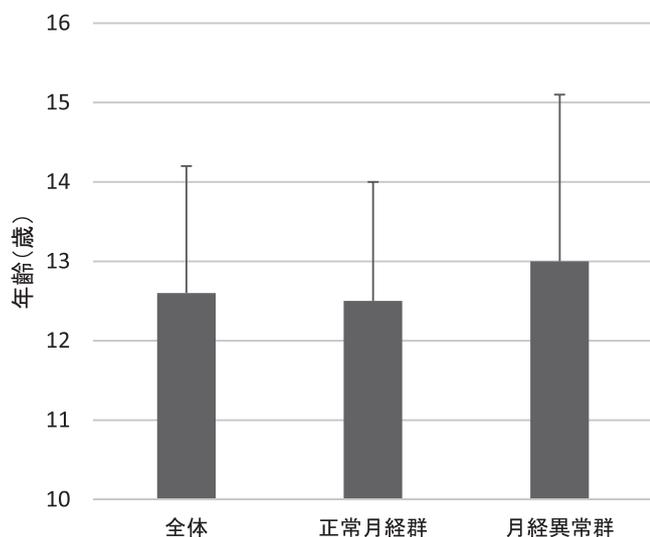


図2 月経状況別の初経年齢の比較
 平均値±標準偏差

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. 初経発来年齢

初経発来年齢は、全体 12.6 ± 1.6 歳，正常月経群 12.5 ± 1.5 歳，月経異常群 13.0 ± 2.1 歳であった (図2)。正常月経群と月経異常群に有意な差は認められなかったが，月経異常群は一般女性の平均である 12.2 歳 [4] に比べて高い値を示した。また，月経異常群のうち 4 名が初経発来年齢を未記入としており，現在も初経が発来していない可能性も考えられた。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は，婦人科の受診を勧めている [5]。

また，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 (23%) 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

表1 対象者の身体的特性

	全体	正常月経群	月経異常群
身長 (cm)	162.6 ± 5.1	162.9 ± 5.3	161.8 ± 4.2
体重 (kg)	54.9 ± 9.2	55.9 ± 9.6	51.6 ± 7.0*
BMI (kg/m ²)	20.7 ± 2.9	21.0 ± 3.0	19.7 ± 2.5*

平均値±標準偏差，* p<0.05 vs. 正常月経群

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 [6]。本調査においても同様の結果が得られたが，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。

3-2. 月経状況と身体的特性

月経状況別の身体的特性を表1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<0.05)。さらに，正常月経群と月経異常群のBMI 18.5未満 (やせ) の割合を比較したところ，正常月経群 14%、月経異常群 33%とやせの割合が約2倍であった (図3)。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おり [7]，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ことが報告されている [6, 12]

3-3. 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 28% (21名)，月経異常群 38% (8名) であった (図4)。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

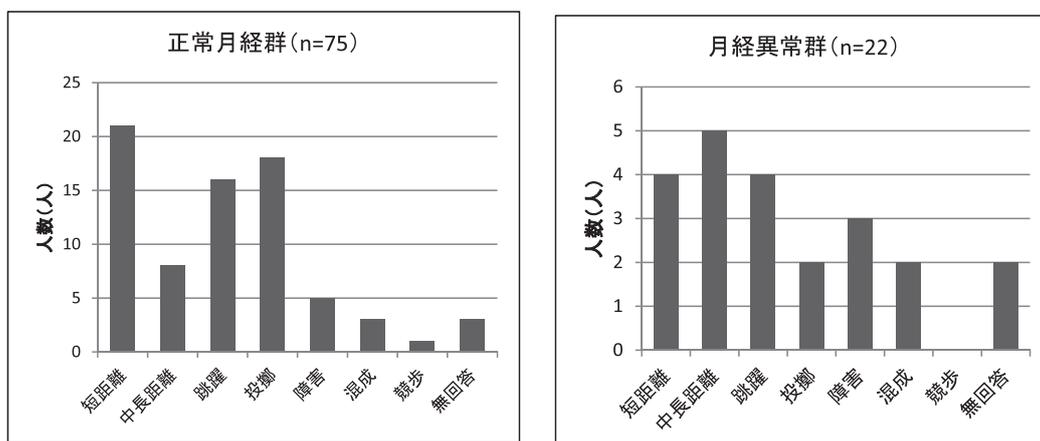


図3 競技種目別にみた月経状況

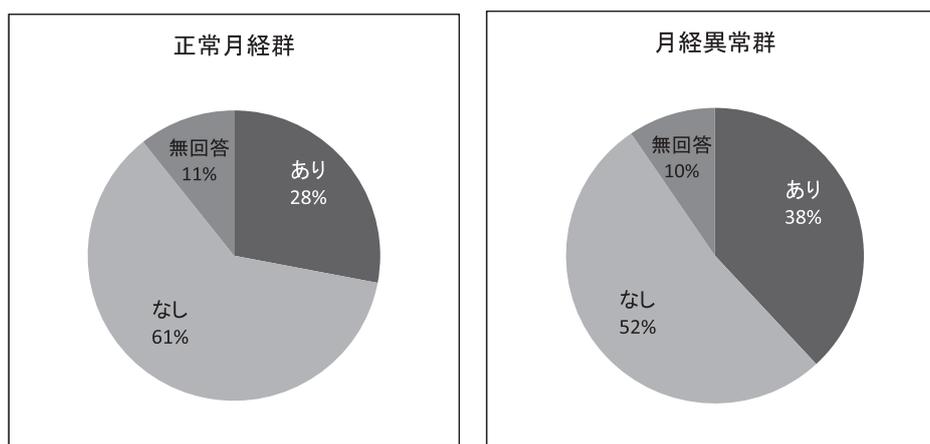


図4 月経状況と疲労骨折経験

ことが明らかとなっている [8, 9]. 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骨量、低いBMIが疲労骨折の因子として抽出された [10].

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10%高い値を示している。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歳という報告されており [4], 小学生、中学生のうちから予防に努めなければならない。

3-4. 月経状況と1日あたりの練習時間

1日あたりの練習時間は、正常月経群 3.6 ± 1.3 時間、月経異常群 3.6 ± 1.0 時間であり、両群間に

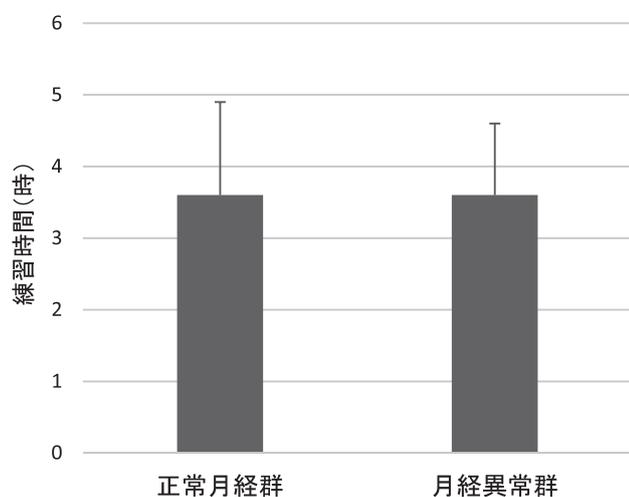


図5 月経状況と練習時間
 平均値±標準偏差

有意な差は認められなかった (図5). しかしながら、中には最長で8時間という回答もあった。利用可能エネルギー不足を引き起こす要因は、エネルギー摂取量の不足だけではなく、エネルギー消費量の過多、いわゆるオーバートレーニングというケースもある。相対的なエネルギー不足は、月経異常だけでなく、発育発達や代謝、精神、心血管、骨、免疫など全身へ悪影響を与え、結果的にパフォーマンスの低下をもたらすことが懸念されており、エネルギーバランスをとることの重要性が指摘されている [11].

トレーニング効果を得るためには、それに見合った運動刺激が必要であり、トレーニングボリュームとその効果に関連性があることは周知のとおりである。しかしながら、「過度なトレーニング」となる強度や時間は、個人によって異なることを考慮しなければならない。女性アスリートの場合には、健康な状態であれば月経があり、図6のような経過をたどって無月経に至る [12]. 月経不順の時点でいかに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。

4. まとめ

高校生トップアスリートを対象に月経状況と身体的特性および疲労骨折発症とその関連性について検討した。本調査における対象者の月経状況は、正常月経 77.3%, 月経異常 22.7%であった。BMIは、正常月経群に比べて月経異常群において有意に低い値を示した。さらに疲労骨折経験は、正常月経群に比べて月経異常群において10%高い割合を示した。

以上のことから、インターハイ入賞者において月経状況とBMIおよび疲労骨折発症との関連性が認められ、先行研究と同様の結果が得られた。今後は、BMIや月経状況を観察しながら、食事量や練習量の

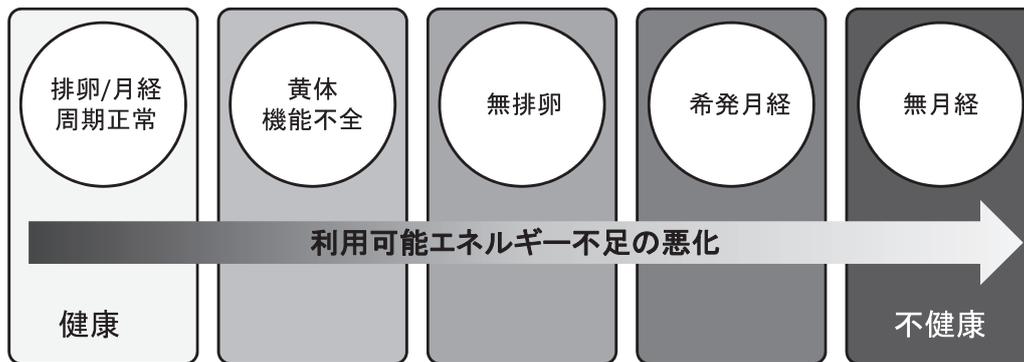


図6 アスリートの月経周期異常

調整を行い、女性アスリートの三主徴の予防に努めていくことの重要性が示唆された。

参考文献

- 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.* 1997;29(5):i-ix.
- Nattiv A, Loucks AB, Manore MM, Sanborn CF, Sundgot-Borgen J, Warren MP et al. American College of Sports Medicine position stand. The female athlete triad. *Med Sci Sports Exerc.* 2007;39(10):1867-82. doi:10.1249/mss.0b013e318149f111.
- De Souza MJ, Nattiv A, Joy E, Misra M, Williams NI, Mallinson RJ et al. 2014 Female Athlete Triad Coalition Consensus Statement on Treatment and Return to Play of the Female Athlete Triad: 1st International Conference held in San Francisco, California, May 2012 and 2nd International Conference held in Indianapolis, Indiana, May 2013. *Br J Sports Med.* 2014;48(4):289. doi:10.1136/bjsports-2013-093218.
- 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
- 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. 2017; 15-17
- 東京大学医学部附属病院, Health Management for Female Athletes ver. 3, 2018
- Joy E, De Souza MJ, Nattiv A, Misra M, Williams NI, Mallinson RJ et al. 2014 female athlete triad coalition consensus statement on treatment and return to play of the female athlete triad. *Curr Sports Med Rep.* 2014;13(4):219-32. doi:10.1249/JSR.0000000000000077.
- 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.* 2017;45(2):302-10. doi:10.1177/0363546516676262.
- Goolsby MA, Boniquit N. Bone Health in Athletes. *Sports Health.* 2017;9(2):108-17. doi:10.1177/1941738116677732.
- Nose-Ogura S, Yoshino O, Dohi M, Kigawa M, Harada M, Kawahara T et al. Low Bone Mineral Density in Elite Female Athletes With a History of Secondary Amenorrhea in Their Teens. *Clin J Sport Med.* 2018. doi:10.1097/JSM.0000000000000571.
- Mountjoy M, Sundgot-Borgen J, Burke L, Carter S, Constantini N, Lebrun C et al. The IOC consensus statement: beyond the Female Athlete Triad--Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S). *Br J Sports Med.* 2014;48(7):491-7. doi:10.1136/bjsports-2014-093502.
- 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.* 2014;6:451-67. doi:10.2147/IJWH.S38603.

2018年全国高等学校総合体育大会入賞選手を対象としたアンケート調査 —スポーツ障害の実態について—

真鍋 知宏¹⁾ 須永 美歌子²⁾ 森丘 保典³⁾ 山本 宏明⁴⁾ 酒井 健介⁵⁾ 杉田 正明⁶⁾
1) 慶應義塾大学スポーツ医学研究センター 2) 日本体育大学児童スポーツ教育学部
3) 日本大学スポーツ科学部 4) 北里大学メディカルセンター 5) 城西国際大学薬学部
6) 日本体育大学体育学部

1. はじめに

陸上競技に取り組む高校生にとって、全国高等学校総合体育大会（インターハイ）出場は最大の目標であろう。しかしながら、競技会において練習成果を十分に発揮することができなかつたり、出場してもケガのためにベストパフォーマンスをできなかつたりすることがあるだろう。このような高校生アスリートのスポーツ傷害、慢性障害の実態を把握することは、これらへの対策を検討することにより、競技力向上に寄与することが期待される。

一般的に整形外科的なケガの中では肉離れ（筋損傷）が最も多く認められる。肉離れは筋疲労に伴う筋肉の柔軟性低下が大きく影響しており、練習後に疲労を蓄積させないようにストレッチを励行するとともに、関節可動域の制限を残さないようにすることが重要である。疲労骨折は、通常の骨折とは異なり、軽微な外力が繰り返し加わり、自己修復能力を超えて微細な損傷が蓄積された結果として生じるものである。成長期にある中高生に多く認められるので、実態把握が重要である。また、女性においては相対的栄養不足に起因する月経異常と疲労骨折の関連も示唆されている。

内科的疾患において比較的多く認められるのは貧血である。貧血は体内の鉄不足に伴う鉄欠乏性貧血が多く、食事摂取、練習量などの要因に左右される。需要に見合った鉄を食事から摂取出来ない際には、鉄剤の内服やサプリメントによる補充がなされるが、その実態を把握することも重要である。また、日本陸連は2016年4月に「アスリートの貧血対処7か条」を公表しており、安易な鉄剤注射は体調悪化につながる可能性があることを注意喚起している。この注意喚起にもかかわらず、高校駅伝に出

場する選手に対して、採血検査による十分な診断がなされずに鉄剤注射が実施されている現状が報道された。アンケート調査では正確な貧血という診断が医師によりなされていたかは不明で、自己申告による貧血であるため、限界はあるものの、実際にどれくらいの割合で、鉄剤注射が実施されているかの概況を把握できる。

女性競技者にとって、月経との関わりは大きな課題となっている。国立スポーツ科学センターを中心とした取り組みによって、月経周期を移動させることに関する知識は広まって実行に移している競技者も増えている¹⁾。しかしながら、無月経などの月経異常は指導者の知識不足などから、適切な対処がなされていないのが現状である。また、上述のように月経異常は疲労骨折との関連もある。

本稿では、高校生トップアスリートを対象にスポーツ障害の既往や発生状況について実態調査を行い、その結果および関連性について検討した結果について報告する。

2. 方法

2018年度全国高等学校総合体育大会（インターハイ）の陸上競技入賞選手424名を対象に質問紙を用いて調査を実施し、回答が得られた199名（男子101名、女子98名）を対象とした。回収率は、46.9%であった。

3. 結果および考察

3-1. スポーツによる外傷・障害について

筋肉や骨格系といった整形外科的な問題を抱えているのは74.9%（149名）であった。この値は2013

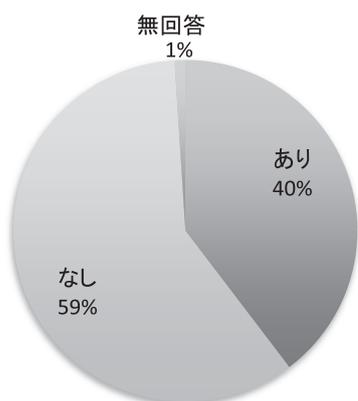


図 1a. 筋損傷 (肉離れ)

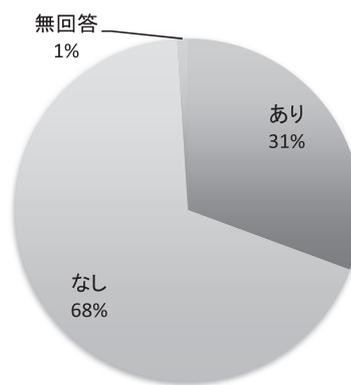


図 3a. 疲労骨折

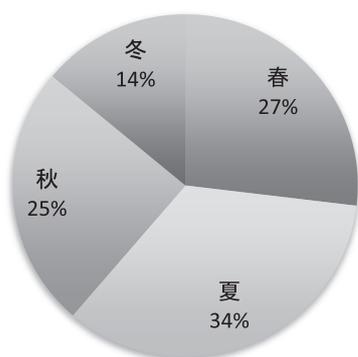


図 1b. 筋損傷があった季節

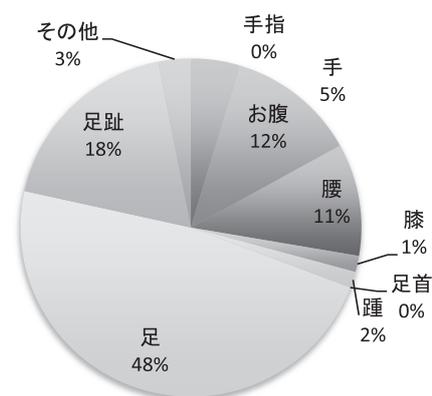


図 3b. 疲労骨折の部位

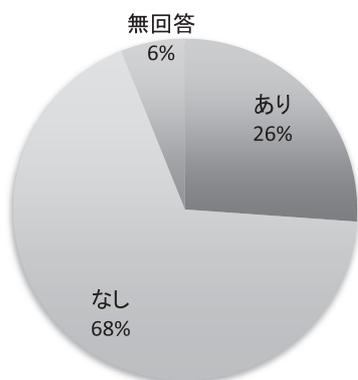


図 2. 腱の損傷・炎症

年度に日本陸連医事委員会が実施した調査における75.5%と類似していた^{2, 3)}。また、地区大会出場者よりも全国大会出場者の方がケガを経験する割合が高いため、本調査の対象者は後者のデータと類似していたと考えられる。

筋損傷 (肉離れ) を経験したことがあるのは、40%であった (図 1a)。筋損傷の受傷部位は下肢が9割以上を占めていた。筋損傷が生じた季節は夏に最も多く認められ (34%)、夏季長期休暇で練習量が増加する時期に多く発生するものと考えられる (図 1b)。筋損傷受傷後に90%以上が適切な治療を受けていたが、その後に時々再発するケースも10%程度

あった。

腱の損傷・炎症を経験したことがあるのは、26%であった (図 2)。腱の損傷・炎症に対して治療を受けたのは91%で、筋損傷の治療割合と同程度であった。同部位の障害に関して、治療中、および時々再発する割合は合わせて30%と比較的高かった。

疲労骨折を経験したことがあるのは、31%であった (図 3a)。疲労骨折の受傷部位は足、足趾、足首をあわせると3分の2を占めていた (図 3b)。疲労骨折に対して治療を受けたのは95%で、疲労骨折の再発は、20%に認められた。

3-2. スポーツに関連した内科的・婦人科的疾患などについて

貧血、オーバートレーニング症候群、無月経に関して調査を行った。

貧血の既往は20%に認められ、男子よりも女性の方に多かった (図 4a, 4b)。貧血になった学年は、小学3～4年から各学年に分布していた (図 4c)。貧血に対して、62%が内服薬による治療を、5%が点滴薬による治療を、33%は治療を受けていなかった (図 4d)。現在も治療を受けているのが17%、時々再

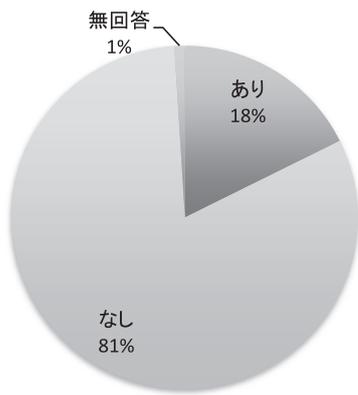


図 4a. 貧血 (男性 102 名)

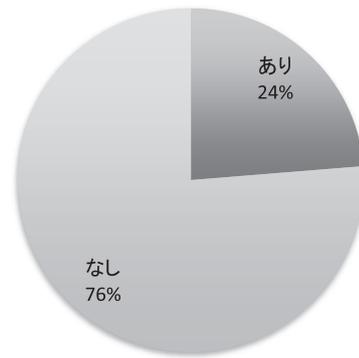


図 4b. 貧血 (女性 97 名)

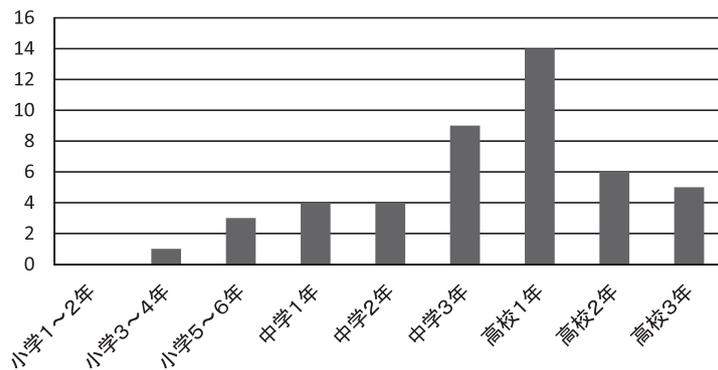


図 4c. 貧血になった時期は (41 名、複数回答)

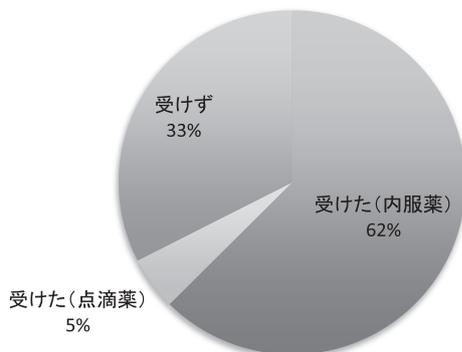


図 4d. 貧血の治療 (41 名)

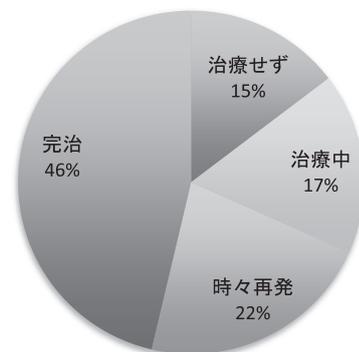


図 4e. 現在の状態 (貧血) 41 名

発しているが 22%であった (図 4e)。

オーバートレーニング症候群になったことがあるのは 18%で、男女間に差は認められなかった (図 5a)。オーバートレーニング症候群になった学年は、高校 1 年にピークがあった (図 5b)。オーバートレーニング症候群の治療を受けたのは 46%で、半数以上は治療を受けていなかった。

女子高校生に対しては、無月経に関する調査を実施した。3 か月以上月経が来ない無月経が 20%に認められた (図 6a)。無月経を経験した学年は小学 5 ~ 6 年から高校 3 年まで分布していたが、高校 1 年に多く認められた (図 6b)。無月経の治療を受けていたのは 32%で、昨年の 19%からは上昇していた (図

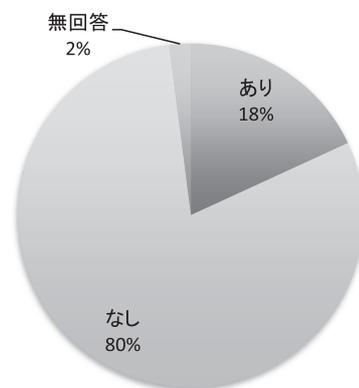


図 5a. オーバートレーニング

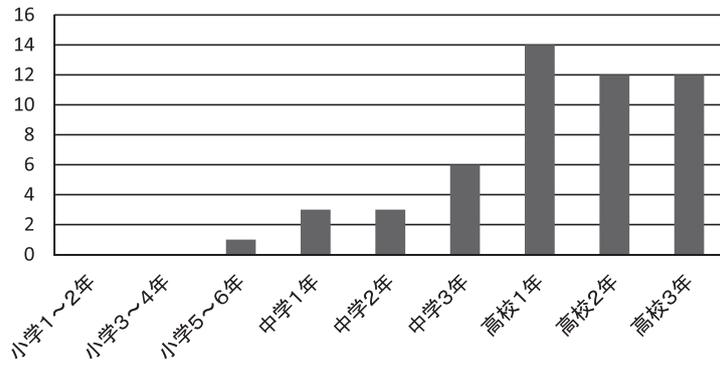


図 5b. オーバートレーニングになった時期

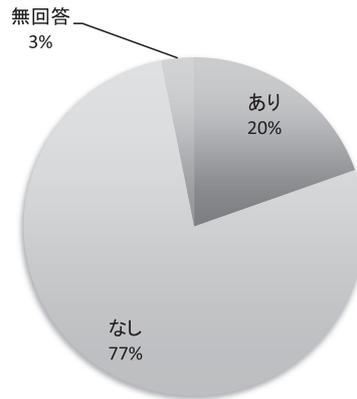


図 6a. 無月経

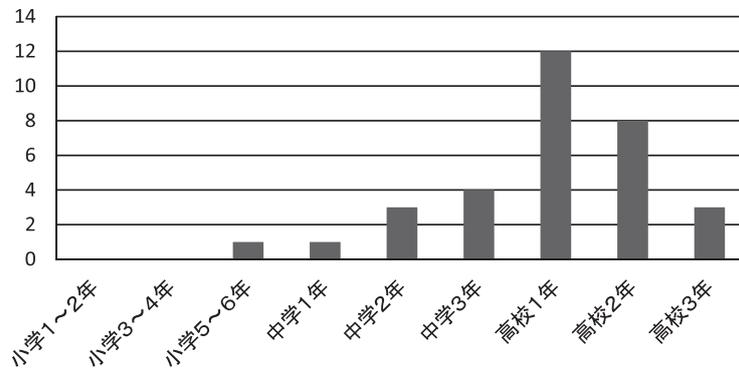


図 6b. 無月経になった時期

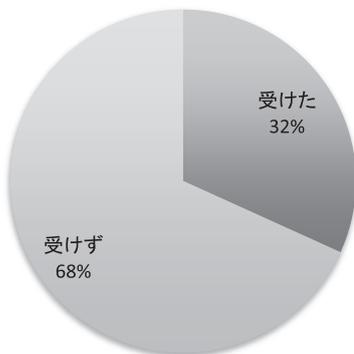


図 6c. 無月経の治療

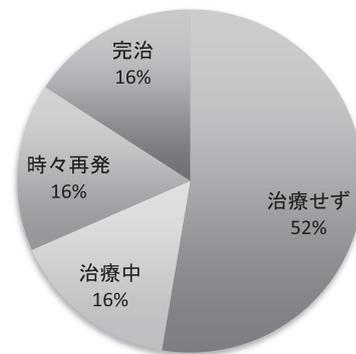


図 6d. 現在の状態（無月経）

6c, 6d)。しかし、無月経について誰に相談しているのかわからないとの声が聞かれるため、継続的な教育啓発活動が必要であろう。

3. まとめ

本研究では、インターハイ入賞者を対象にスポーツ障害に関するアンケート調査を実施し、それらの内容について検討した。

1. インターハイ入賞者において、整形外科的なスポーツ障害の既往があると回答したのは74.9%であった。
2. 筋損傷については適切な治療を受けている割合が高いが、腱の損傷・炎症、疲労骨折については、適切な治療を受けている割合が少し低くなった。これらスポーツ障害の多くは、下肢に認められた。
3. 貧血の既往がある割合は全体で20%であり、女性では24%であった。適切な治療を受けても、再発する割合が比較的多かった。また、点滴薬による貧血の治療を受けた割合が5%と少ないものの、適正な鉄剤投与が実施されているかを注視していく必要がある。
4. オーバートレーニング症候群は高校生で発症している割合が半数以上であるが、小学生、中学生でも認められた。
5. 無月経の既往は20%に認められた。疲労骨折との関連は本調査では明確にはならなかったが、治療を受けていないと回答したのが3人に2人以上いた。

参考文献

- 1) Health Management for Female Athletes Ver.3
-女性アスリートのための月経対策ハンドブック-、東京大学医学部附属病院女性診療科・産科、2018
- 2) 陸上競技ジュニア選手のスポーツ外傷・障害調査 インターハイ出場選手調査報告 ～第1報(2014年度版)～日本陸上競技連盟医事委員会
ジュニアアスリート障害調査委員会
- 3) 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)～日本陸上競技連盟医事委員会
ジュニアアスリート障害調査委員会

2018年全国高等学校総合体育大会入賞選手のアンケート調査 —相対年齢効果や運動・スポーツ歴に注目して—

森丘保典¹⁾ 須永美歌子²⁾ 貴嶋孝太³⁾ 真鍋知宏⁴⁾ 山本宏明⁵⁾ 酒井健介⁶⁾ 杉田正明²⁾

- 1) 日本大学スポーツ科学部 2) 日本体育大学体育学部 3) 大阪体育大学体育学部
4) 慶應義塾大学スポーツ医学研究センター 5) 北里大学メディカルセンター
6) 城西国際大学薬学部

はじめに

日本陸連科学委員会では、全国高等学校総合体育大会の入賞選手を対象にアンケート調査を実施してきた。この調査の意義は、高校トップ選手たちの運動・スポーツ歴、生活・食習慣（サプリメント摂取）、心身のコンディショニング、傷病既往などを知ることができる点にある。

本稿では、2018年度に開催されたインターハイ入賞選手における幼少年期からの運動・スポーツ歴などについて報告する。

対象と方法

2018年度全国高等学校総合体育大会の陸上競技入賞選手（以下、IH入賞者）に対して本調査の目的を文書により説明、了解を得た上で無記名式アンケートを実施し、分析可能な回答が得られた199名（男子は1年生1名、2年生21名、3年生79名の計101名、女子は1年生9名、2年生24名、3年生65名の計98名）を対象とした（表1）。回収率は、46.9%であった。

結果と論議

全国大会出場者の生まれ月分布は、小・中学校期においては偏りが大きく、高校期以降にまでその影響が残存する傾向にあることが指摘されており、特に早生まれ（1～3月生まれ）の選手達の自己効力感（自身の向上可能性への期待感や信頼感、有能感）が育ちにくい状況にあることや、将来性のある才能の早期のドロップアウトなどが懸念されている（森丘、2015）。IH入賞者の生まれ月分布を3ヶ月毎の割合で比較したところ、男子は年度の上半期生まれの割合が約7割と高かったものの、女子には明確な偏りの傾向は認められなかった（表2）。

表3は、多様な運動・スポーツ経験に対する肯定感を示したものである。男子の6割以上、女子の7割以上が肯定的な回答（「大変役に立った」および「役に立った」）をしているが、米国のオリンピック

表2 分析対象者の生まれ月分布

	男子 (%)	女子 (%)
4～6月生まれ	31.7	28.9
7～9月生まれ	36.6	25.8
10～12月生まれ	14.9	22.7
1～3月生まれ	16.8	22.7

表1 分析対象者の特徴

	学年 (年)	身長 (cm)	体重 (kg)	競技開始年齢 (歳)	
男子 (n=101)	平均値±標準偏差	2.8 ± 0.5	175.6 ± 5.1	67.1 ± 13.2	12.9 ± 2.1
	最大値	3	187	108	16
	最小値	1	165	46	8
女子 (n=98)	平均値±標準偏差	2.6 ± 0.7	162.6 ± 5.1	54.9 ± 9.2	12.1 ± 1.9
	最大値	3	177	94	16
	最小値	1	151	40.2	6

代表選手における肯定的な回答（「自身の競技発達に（とても）貢献した」）の割合が約9割であったこと（Riewald et al., 2014）に比べるとやや低い傾向にあるといえるだろう。この点については、競技発達の途上にあるジュニア選手とシニア選手との相違や、いわゆるシーズン制を基盤した複数種目実施を奨励・ルール化している米国との競技環境の相違による影響なども考慮しながら比較検討する必要があるだろう。

表4は、子どもたちの運動遊び頻度を示したものである。男女ともに約8割が「よく遊んでいた」と回答し、「あまり遊んでいなかった」と回答した者は2%未満であった。渡邊ほか（2015）は、陸上競技の日本代表選手（以下、日本代表）の小学校期の運動遊び頻度において、男子の86%、女子の88%が「よく遊んでいた」と回答し、「あまり遊んでいなかった」と回答した者は2%程度であったことを報告しており、17IH入賞者も同様に傾向にあったといえる。

表5は、小学校期の運動有能感の傾向を示したものである。男女ともに「速かった（高かった）と思う」と回答する割合は、短距離走、跳能力、持久走、投能力の順に高く、全体的に女子の方が男子に比べて運動有能感を感じている割合が高い傾向にあった。渡邊ほか（2015）は、日本代表の小学校期の運動有能感を種目別に分析しており、短距離、ハードル、跳躍の選手は70%以上の者が短距離走能力と跳躍能力が「高かった」と回答したが、投能力に関しては「普通だった」という回答が最も多かったことを報告している。本調査においても、男女ともに半数以上が「普通だと思う」または「低かったと思う」と回答していることから、投能力に関しては日本代表と同様の傾向にあったといえるだろう。

表6は、陸上競技を始める動機（内的要因）の傾向を示したものである。男女ともに「自分にあった競技だと思ったから」の比率が最も高く、「楽しそう面白そうだったから」、「ただなんとなく」、「かっこよくみえたから」、「うまくなれそうだったから」の順に高かった。また、表7は、陸上競技を始める動機（外的要因）の傾向を示したものであるが、男女ともに「指導者やコーチにすすめられて」の比率が最も高かった。また、第2位は、男子が「先輩や友人にすすめられて」であるのに対して、女子は「学校の先生にすすめられて」であった。渡邊ほか（2015）は、日本代表が陸上競技を始めたきっかけとして、中学校期では「仲間に誘われたから」、「陸上競技に魅力を感じたから」、「親・教師など周りの人に勧め

表3 多様なスポーツ経験に対する肯定感

	男子 (%)	女子 (%)
大変役に立った	31.7	43.2
役に立った	33.7	31.6
どちらともいえない	15.8	12.6
役に立たなかった	2.0	1.1
全く役に立たなかった	0.0	0.0

表4 子どもたちの運動遊び頻度

	男子 (%)	女子 (%)
よく遊んでいた	78.2	81.6
普通	14.9	11.2
あまり遊んでいなかった	1.0	2.0

表5 小学校期の運動有能感

		男子 (%)	女子 (%)
短距離走	速かったと思う	68.3	86.3
	普通だと思う	25.7	10.5
	遅かったと思う	4.0	1.1
持久走	速かったと思う	49.5	60.0
	普通だと思う	32.7	29.5
	遅かったと思う	15.8	8.4
跳能力	高かったと思う	50.5	61.1
	普通だと思う	37.6	32.6
	低かったと思う	9.9	4.2
投能力	高かったと思う	32.7	42.1
	普通だと思う	43.6	33.7
	低かったと思う	21.8	23.2

表6 競技開始の動機（内的要因）

	男子 (%)	女子 (%)
自分にあった競技だと思ったから	45.5	56.8
楽しそう面白そうだったから	41.6	55.8
ただなんとなく	19.8	20.0
かっこよくみえたから	18.8	15.8
うまくなれそうだったから	13.9	13.7
一流選手になれると思ったから	8.9	4.2
自分を鍛えるのに良い競技だと思ったから	7.9	5.3
その他	10.9	15.0

※複数回答可

られたから」などの回答が多く、高校期では「新しい指導者に誘われたから」や「陸上競技に魅力を感じたから」などが上位であったことを報告している。これらの結果は、外発的動機づけに関連する「指導者や家族・友人からの勧誘・推奨」と、内発的動機づけに関連する「陸上競技自体の魅力（楽しさ）」を感じさせることが、陸上競技の開始や継続に寄与することを示唆しているといえる。

表7 競技開始の動機（外的要因）

	男子 (%)	女子 (%)
指導者やコーチにすすめられて	33.7	35.8
先輩や友人にすすめられて	21.8	24.2
学校の先生にすすめられて	20.8	29.5
母親にすすめられて	16.8	18.9
父親にすすめられて	15.8	18.9
特にきっかけはない	15.8	12.6
直接、試合をみて	10.9	10.5
テレビ、新聞、雑誌などの情報によって	9.9	3.2
兄弟にすすめられて	7.9	16.8
親戚にすすめられて	4.0	3.2
タレント発掘事業に参加して	0.0	2.1
その他	2.0	7.4

※複数回答可

おわりに

日本代表の多くは、中学校期の全国レベル大会の出場率は4割程度に留まるものの、高校期には約8割が全国レベル大会に出場し、約6割が入賞していることから、陸上競技の適性や最適種目を見極めるのは高校期以降が望ましいと考えられている。その意味で、今回の調査対象であるIH入賞者は、今後、日本の陸上競技界を担う大切なタレントであり、彼等の競技環境や指導・トレーニング方法の最適化だけでなく、日本陸連としての競技者育成・強化システムの最適化すべく、継続的な実態調査を行うことによるエビデンスの蓄積を図っていくことが求められるといえるだろう。

参考文献

- 森丘保典（2015）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。
- Riewald, S. (Ed). (2014) The Path to Excellence: A View on the Athletic Development of U.S. Olympians Who Competed from 2000-2012. Colorado Springs: USOC.
- 渡邊將司，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。

SOC 尺度を用いたインターハイ陸上競技入賞者のストレス対処力の検討

山本 宏明¹⁾ 酒井 健介²⁾ 須永 美歌子³⁾ 森丘 保典⁴⁾ 真鍋 知宏⁵⁾ 杉田 正明⁶⁾

1) 北里大学メディカルセンター 2) 城西国際大学薬学部 3) 日本体育大学児童スポーツ教育学部
4) 日本大学スポーツ科学部 5) 慶應義塾大学スポーツ医学研究センター 6) 日本体育大学体育学部

【要旨】

背景 インターハイ (IH) 入賞者は平均的な高校生よりも高いストレス対処力を持っているのだろうか、それとも差はないのであろうか。ストレス対処力の観点から競技者の育成と健康管理につながる知見を得るべく調査を行った。

目的 高校生エリートアスリートが一般の高校生よりも高いストレス対処力を持っているのかどうか検証することを目的に、インターハイ陸上競技入賞者を対象として SOC 尺度を用いた調査を行った。

方法 2017 年全国高校総合体育大会陸上競技の入賞選手 424 名を対象に質問紙を用いた横断的、観察研究を実施。有効回答を得た 166 名を分析対象とした。SOC 尺度 13 項目 5 件法版によるストレス対処力評価を行い、先行研究における一般高校生および成人年代別サンプルと比較した。

結果 インターハイ入賞者群は、一般高校生 ($P < 0.01$) および全国サンプルの 20 代 ($P < 0.01$)、30 代成人 ($P = 0.01$) よりも有意に高く、40 代成人と差異のない SOC スコアを示した。

結論 本調査においてインターハイ入賞者は一般の高校生や若年成人よりも高いストレス対処力を持っているとの結果が得られた。ストレス対処力は競技者の育成や健康維持を考える上で有用な視点となる可能性がある。

※附記 本研究は途中経過を日本陸連科学委員会研究報告第 16 巻 (2017) にて報告し、分析結果をスポーツ精神医学第 15 巻“SOC 尺度を用いたインターハイ陸上競技入賞者のストレス対処力の検討”²⁶⁾ にて報告している。本稿は前記報告を一部要約し、2018 年度科学委員会活動報告として再掲するもの

である。

1. 諸言

1.1 高校生エリートアスリートはストレス対処力に優れているのか？

トップアスリートは長期間の厳しい鍛錬を経て身体的、技術的に抜きんできた能力を獲得し、心理的ストレスがかかる状況でパフォーマンスを発揮することに成功している。これらの事実から、彼らが高いストレス対処力の持ち主であると想像することは難くない。しかし、アスリートの精神的な耐久力についてストレス対処力概念である Sense of Coherence (SOC) の見地から検討した研究はほとんど存在せず、彼らが実際に高いストレス対処力を持っているのかどうかは明らかになっていない。同時に、競技者の発達成長過程において、どの年代でこれらの能力が身につき、育まれていくのかについても分かっていない。

そこで、高校生エリートアスリートのストレス対処力は一般生徒よりも高いという仮説を設定し、全国高等学校総合体育大会 (インターハイ) 陸上競技において 8 位以内に入賞した選手を対象にストレス対処力 SOC についての調査を実施し、先行研究との比較を行った。

今回対象となったインターハイ入賞選手は、高校生の時点において国内最高の競技水準に達している競技者ということができ、慢性的かつ高強度の運動負荷に加え、結果への重圧や周囲からの期待など、一般の生徒が曝露しないような心理的・身体的ストレスに対処しながら競技を行い、好成績を挙げることに成功しているものと推測される。本研究で用いた SOC は、このような種々の負荷に曝されながらも心

身の健康を維持し、成長を続けていく能力を評価する際に特に有用な概念と考えられている。また SOC は心理的・身体的ストレス反応の発生に対して緩衝的に作用すると言われているため、アスリートにおけるオーバートレーニングの防御因子として作用する可能性について、合わせて検証を行った。

1.2 ストレス対処能力概念 SOC (Sense of Coherence) について

SOC は“首尾一貫感覚”と直訳され、ストレスのある状況下において健康を維持する能力を指す。社会ストレス研究者であり健康社会学者である Aaron Antonovsky (1923 ~ 95、ユダヤ系米国人) が体系化した健康生成論の中核となっている概念である^{1) 2)}。健康生成論は、現在も主流となっている疾病生成論の対極に位置する理論と捉えると理解しやすい。すなわち、疾病生成論では「疾病はいかにして生じるのか」「危険要因 (risk factor) は何か」と考えを進めていくのに対し、「健康はいかにして回復、保持、増進されるのか」「健康要因 (salutary factor) は何か」との観点に立って研究し、人間の健康の支援と強化を図ろうとする理論である^{21) 22) 23)}。

健康生成論の理解を助ける象徴的な出来事として、以下のエピソードが知られている^{21) 23)}。Antonovsky は 1970 年代初頭、イスラエルの更年期女性を対象に、強制収容所への収監経験が心身の健康に及ぼす悪影響について検討するプロジェクトに参加した。ユダヤ人虐殺という過酷な経験を経て強制収容所から生還した群は、一定の年月が経過した時点でも健康状態が不良である割合が高かったが、一方で同じ経験をしていても健康状態を良好に保ち、むしろその経験を成熟の糧として明るく前向きな生活を送っている群がいることに注目した。健康生成論の観点から、極めて強いストレスやトラウマに耐えて、心身の健康保持に成功している人々に共通して存在する健康要因を研究し、見出されたのがストレス対処能力概念 (Sense of Coherence) である。

SOC は、“自身の生きている世界は筋道が通っている (coherent)” という感覚であり、次の三つの感覚から構成される。第一は“把握可能感” (sense of comprehensibility)、第二は“処理可能感” (sense of manageability)、第三は“有意味感” (meaningfulness) である。把握可能感は自分の置かれている状況が理解できるという感覚、処理可能感は「何とかなる」という感覚、有意味感

は「何とかなる」という感覚、有意味感はその行為が人生に意義をもたらすという感覚を指す^{21) 22)}。Antonovsky が 1987 年の著書で SOC 尺度 (29 項目尺度と 13 項目短縮版) を提案²⁾ し、日本語版を山崎らが作成し妥当性が確認されている²¹⁾。

SOC に関する研究はすでに国内外で数多く行われており、ストレス負荷が予想される種々の職務環境やライフイベントにおいて、SOC が心理的健康の保持に有利に機能することが報告されている。国内の研究では、20 代の社会人においてメンタルヘルス疾患を有する群は SOC 得点が低い¹³⁾、自衛隊に入職した青年期男性において SOC が入職後の抑うつ症状の緩衝要因となる⁸⁾、一年目研修医のバーンアウトと SOC 下位尺度得点に有意な相関がある⁴⁾、医学生の主観的健康感の維持と SOC に有意な相関がある¹²⁾、SOC は看護師のバーンアウト^{5) 9) 20)}、抑うつ状態^{6) 7) 14)}、身体的・心理的ストレス反応²⁵⁾、離職願望²⁴⁾ に対して緩衝作用を及ぼすことなどが報告されている。

一方、アスリートの SOC について調べた研究はまだ少ない。国外ではドイツのエリートアスリート 698 人を対象にした研究を Mayer らが行い、アスリートの SOC が一般人口よりも低い水準であったこと、特にオーバーユース障害の歴のある 19 ~ 25 歳の女性において低いスコアであったこと、SOC の高さがアスリートの総合的な健康度と相関があったことを報告している¹⁰⁾。国内においては、大学生武道部員 84 名を対象とした浅沼らによる調査で武道部員の SOC が一般大学生より高いことが示唆されている³⁾。ほか、大学生 640 名を対象とした辻らの調査でスポーツ系活動への継続的な参加が高い SOC と関連した¹⁹⁾ との報告があるが、高校生競技者を対象にした研究はほとんど見当たらない。

国内における年代別 SOC 基準値を求めた戸ヶ里らの研究¹⁸⁾ において、SOC スケール得点に性差が見られないこと、年齢を重ねるにつれて概ね高い得点を示す傾向があることが報告されている。SOC は各人が生得的に固定して持つ能力ではなく、良い人生経験によって形づくられ、育まれる能力であり、生涯を通じて発達しうるものと考えられている²¹⁾。Antonovsky によれば思春期は乳幼児期とならんで SOC が最も形成され発達する時期であり、個人が SOC を獲得する上で大きな影響を受ける時期であると位置づけられている。高校時代の SOC の変化に関連する要素を探索した戸ヶ里らの研究¹⁷⁾ においては、SOC が高値で維持される要因のひとつとしてスポーツが得意なこと、SOC 上昇に関連する要因とし

て積極的な部活動が挙げられている。ハイレベルな高校生競技者のSOCを調べることは、競技に打ち込む日々の体験が思春期のSOC形成にどのように作用するのかを知る手掛かりとなると考えられる。

1.3 調査の目的

本研究は、高校生エリートアスリートのストレス対処力は一般生徒よりも高いという仮説の検証、ならびに他の年代と比較してどの水準にあるか把握することを目的として以下の調査を行った。補助的な検討としてオーバートレーニングの既往とSOCの関連について調べた。

2. 方法

2.1 研究方法

質問紙を用いた無記名アンケート調査を横断的に実施した。2017年7月29日から8月2日の日程で山形県にて開催された2017年度全国高等学校総合体育大会(インターハイ)陸上競技(※男子21種目、女子20種目)において、8位以内に入賞した全選手424名に質問紙を競技場にて直接配布し、郵送にて回収した。(調査期間:同8月2日配布、8月10日回収締め切り)。なお、全国の高校生陸上競技者数の目安として、2017年度日本陸上競技連盟高校生登録会員数は114,409人であった。

本研究は日本陸上競技連盟科学委員会が実施する包括的調査の一部として実施され、以下に関する質問で構成された。[質問項目:性別、学年、競技年数、身長、体重、競技歴、競技開始動機、初経発来年齢、食習慣、体調、睡眠時間、練習時間、スポーツ関連障害(筋、腱の損傷、疲労骨折、骨折、貧血、オーバートレーニング)、無月経、サプリメントの使用、日本語版13項目5件法版SOCスケール¹⁵⁾]。このうち、本研究では[性別、学年、競技年数、疲労骨折、オーバートレーニング、日本語版13項目5件法版SOCスケール]を変数として用いた。

調査対象であるインターハイ陸上競技入賞者と比較するデータとして、先行研究として存在する高校生平均および全国サンプルの年代別SOC(13項目5件法版)平均スコアとの比較を行った。高校生平均のスコアは戸ヶ里ら(2009)が都内の某難関私立高校の全校生徒を対象に同検査を実施した報告¹⁷⁾を用い、本調査と同じ2学期にあたる2007年11月の結果(n=1365)を使用した。年代別全国サンプルのスコアは戸ヶ里ら(2005)の報告¹⁵⁾による数値(表2)を用いた。

(※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)

2.2 対象

質問紙を配布した8位入賞選手424名中、回収数は169名であった。そのうちSOC項目に欠損回答があった3名を除いた166名(男子80名、女子86名)を分析対象とした。有効回答率は39.2%であった。

2.3 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。データは個人の特典できない形で処理、管理した。本研究の実施と発表について北里大学メディカルセンター倫理委員会の承認を得た。

2.4 統計

2群間の比較には、対応のないt検定(等分散性非成立にてWelch's t test、両側検定)を行い、0.05を有意水準とした。

3 結果

3.1 対象者について

SOC項目に関して完全な回答を得られたのは166名(男子80名、女子86名)であった。性別と学年の内訳を(表1)に示した。学年別の構成は1年生が12人(7.2%)、2年生が47人(28.3%)、3年生が107人(66.5%)であった。

3.2 対象者のSOCスコア

今回調査を行ったインターハイ陸上競技入賞者のSOCスコア(13項目5件法版)平均値および標準偏差(SD)を示す(表1)。全体(n=166)のSOCスコア平均値(SD)は43.51(7.34)であり、男子全体(n=80)のSOCスコア平均値は42.58(7.37)、女子全体(n=86)では44.37(7.27)であった。性別間スコアについて比較を行ったところ、学年毎の比較、

表1 インターハイ陸上競技入賞者のSOC-13（5件法版）スコア平均値（SD）

	男子			女子		
	n	SOC	(SD)	n	SOC	(SD)
1年生	3	40.00	(6.99)	9	43.67	(8.19)
2年生	17	44.18	(7.35)	30	44.13	(7.18)
3年生	60	42.25	(7.37)	47	44.66	(7.33)
全学年	80	42.58	(7.37)	86	44.37	(7.27)
全学年男女	166	43.51	(7.34)			

※性別間の有意差は学年毎の比較、全学年の比較いずれにおいても無し。学年による有意差も無し。

全体の比較のいずれにおいても有意差を認めなかった。また、各学年間のスコア比較においても有意差を認めなかった。

※性別間の有意差は学年毎の比較、全学年の比較いずれにおいても無し。学年による有意差も無し。

3.3 インターハイ入賞選手と高校生平均および全国サンプルのSOCスコア比較

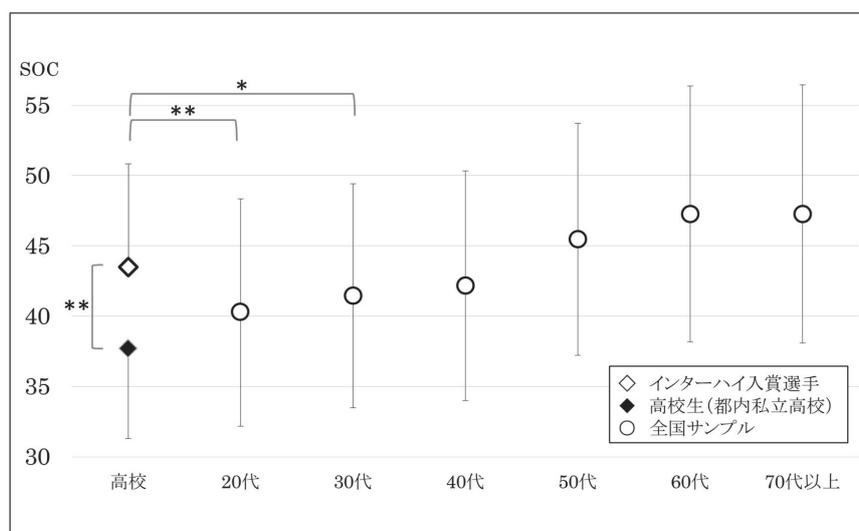
インターハイ陸上競技入賞者と高校生平均および全国サンプルの年代別SOCスコア（13項目5件法版）の比較を（図1）に示す。併せて比較に用いた戸ヶ里ら¹⁵⁾による全国サンプルの年代別SOCスコア（13項目5件法版）を（表2）に示す。インターハイ入賞者全体のSOCスコア〔n=166、平均値43.51(7.34)〕は戸ヶ崎ら（2009）¹⁷⁾の高校生平均〔n=1365、平均値37.7(6.4)〕と比較して有意に高かった（ $P = 0.01 \times 10^{-16}$ ）。全国サンプル年代別平

均との比較においては、インターハイ入賞者の方が20代（ $P = 0.04 \times 10^{-2}$ ）および30代（ $P=0.01$ ）成人の全国サンプル値よりも有意に高いSOCスコアを示した。インターハイ入賞者と40代成人のスコアとの間に有意差はなかった（ $P=0.11$ ）。

3.4 オーバートレーニングの既往とSOCスコアに関する検討

インターハイ入賞者のうち、オーバートレーニングは23.4%（有効回答154）の選手が経験していると答えた。平均競技経験は5.94年であった（回答数164）。

オーバートレーニングの既往の有無ごとのSOCスコア平均値（SD）を（表3）に示す。オーバートレーニングの既往があると答えた群と、ないと答えた群のSOCスコア平均値（SD）を比較した結果、既往あり群（n=36）では42.14（7.36）、既往なし群（n=118）では44.22（7.34）であった。数値上はオーバート



高校生（都内私立高校）および全国サンプルの値は戸ヶ里らの文献¹⁵⁾¹⁷⁾のデータを基に作成。

error bar は標準偏差(SD)を示す。有意差あり: ** ($P<0.01$), * ($P<0.05$)

図1 インターハイ入賞選手と高校生平均および全国サンプルのSOC-13（5件法版）平均得点

表2 年代別全国サンプルのSOC-13項目（5件法版）スコア
〔戸ヶ里らの報告¹⁵⁾ Appendix4を基に作成〕

	n	SOCスコア	(SD)
20代	133	40.26	8.07
30代	183	41.45	7.98
40代	178	42.16	8.18
50代	252	45.47	8.26
60代	207	47.27	9.09
70代以上	142	47.27	9.18
全体	1095	44.06	8.83

表3 オーバートレーニングの既往有無とSOCスコア平均値（SD）

	n	SOC	(SD)	p
オーバートレーニングあり	36	42.14	(7.36)	0.14 †
オーバートレーニングなし	118	44.22	(7.34)	

†; Welch's t test 有意差なし

レーニングの既往のない群の方が高い平均値を示したが、検定の結果、有意差は認めなかった（P=0.14）。

4 考察

4.1 高校生エリートアスリートのストレス対処力

SOCは年齢とともに成長しスコアが上昇していく傾向があることがわかっているが¹⁵⁾¹⁸⁾、インターハイ入賞者のSOCスコアは一般の同世代よりも高く、さらに20代30代の一般成人よりも高水準であるとの結果が得られた。本研究で設定した“高校生エリートアスリートのストレス対処力は一般生徒よりも高い”との仮説を支持する結果について、以下のように理由を考察する。

インターハイ入賞者のSOCが高水準であった第一の理由として、競技活動を通じてSOCが培われているということが考えられる。SOCを提唱したAntonovskyによればSOCは良好な人生経験、すなわち“一貫性のある、程良い負荷の、結果形成に参加する経験”によって育まれるとされている^{1) 2)}。競技スポーツはまさに結果を形成していく経験であり、インターハイをはじめとする明確な目標に向けて努力を重ね、成績と向き合う経験を積んでいくことによってSOCが高められていると考えることは、Antonovskyの理論にも矛盾しない。高校生のSOCの変化を追跡した戸ヶ里らの報告¹⁷⁾においても、

スポーツが得意なことはSOCの高値維持要因の一つである、積極的な部活動はSOC上昇要因であるとの結果が得られており、この解釈を支持すると考える。第二の理由としてSOCが高い選手ほど高い競技水準に達する傾向があるという可能性が考えられる。SOCが競技力の強化要因として作用するかどうかに関する先行研究はまだないが、SOCの高い選手ほど強いストレスのかかるトレーニングを積むことができ、結果として秀でた競技力を獲得する傾向があるのかもしれない。得られた結果に対する解釈として二つの理由を示したが、いずれか一方の理由によって今回の傾向が示されたかと捉えるよりも、両者が相乗的に作用しているものと考え。すなわち、競技生活から得る豊かな経験によってSOCが育まれ、獲得したSOCに支えられて鍛錬を積むことにより競技力が高められる、そして得られた結果や体験によって一層高いSOCを得ていくという好循環におかれたアスリートが好成績を挙げているのではないだろうか。

また、高校生にして40代の成人並みのストレス対処力を持った競技者のSOCが、その後どう推移していくかは、本研究により新たに浮かんだ疑問点である。今後、前後の年代を対象とした調査やSOCと関係する要因の調査を行うことにより、競技者のSOCがどのように成長していくのか、解明を進めていく必要がある。

4.2 オーバートレーニングの既往とストレス対処力

陸上競技インターハイ入賞者におけるオーバートレーニングの経験割合は23.4%であった。日本陸連医事委員会による2013年インターハイ陸上競技全選手調査では各13.9%、9.5%との報告¹¹⁾があるが、心身共に成長過程にある高校生年代の選手がオーバートレーニングに陥ることのデメリットは非常に大きいと考えられ、実態の把握と予防に関する取り組みを引き続き行っていく必要がある。

今回の調査では、オーバートレーニングに対してSOCが防御因子として機能しているとの結果は得られなかったが、サンプル数の少なさのために有意な結果が得られなかった可能性がある。今後もSOCがオーバートレーニングの発生緩衝因子であるかどうか、検証を行っていく価値はあると思われる。

4.3 研究の限界

本研究は横断研究であるため、インターハイ入賞とSOCスコア高値との因果関係について明らかにすることはできない。また、回収率が39.8%、有効回答率が39.2%と低率であったために自己選択バイアスの存在を否定できない点も本研究の限界のひとつである。比較対照とした一般高校生の値は都内の私立大学付属難関高校における先行研究の結果を用いており、全国の高校生の平均値を正確に反映していない可能性がある。今後はより高い回収率を得る方法を検討し、他集団における調査を重ねて本研究成果の再現性の検討を行っていく必要がある。

4.4 結語

本研究においては、インターハイ入賞者が一般の同年代よりも高いストレス対処力を持つことが示された。2018年度も同様の調査を実施しており、今後数年分の調査からより信頼性の高い情報を得ていくと同時に、関連する要因を検証していく必要があると考える。強く健康なアスリートの育成を目指す上で、SOCを育むという視点が新たなアプローチとなるかもしれない。

5 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る、2017年全国高等学校総合体育大会入賞選手を対象としたアンケート調査の一部として実施した。本研究に関して申告すべき利益相反はない。

6 謝辞

調査にご協力をいただいた選手および関係者の皆様に深謝いたします。また、貴重なデータの引用のご承諾をいただきました放送大学教授、戸ヶ里泰典先生に感謝申し上げます。

7 文献

- 1) Antonovsky A. Health, Stress, and Coping: New Perspective on Mental and Physical Well-Being. Jossey-Bass, 1979.
- 2) Antonovsky A. Unraveling the Mystery of Health: How People Manage Stress and Stay Well. San Francisco: Jossey-Bass. 1987. (山崎喜比古, 吉井清子, 監訳. 健康の謎を解く—ストレス対処と健康保持のメカニズム. 東京: 有信堂高文社. 2001)
- 3) 浅沼徹, 武田文, 朴峠周子ら. 大学生武道部員におけるストレス対処力(SOC)とその関連要因. 健康支援. 15(2) 7-14. 2013
- 4) 井奈波良一, 井上真人, 日置敦巳, 一年目研修医のバーンアウトと社会的スキルおよび首尾一貫感覚との関係. 日職災医誌, 65:1-7, 2017
- 5) 尹敏愛, 赤澤千春, 原田美穂子ら. ターミナルケアにかかわる看護師のバーンアウトとSOCとの関係について. 京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻紀要: 健康科学: health science(2010). 6:9-14
- 6) Kikuchi Y, et al. Relationship between depressive state, job stress, and sense of coherence among female nurses. Indian journal of occupational & Environmental Medicine. 18(1).32-35, 2014
- 7) Kikuchi Y, et al. Sense of Coherence and personality traits to depressive. Hindawi Publishing Corporation Psychiatry Journal. Vol 2014. Article ID 738923. 1-6
- 8) 小林道, 青年期男性のSOC(sense of coherence)が自衛隊入職後の抑うつ症状に及ぼす影響. 日本公衆衛生雑誌;64(3):150-155, 2017
- 9) 松尾まき, 鈴木英子. 看護師のSense of coherence(首尾一貫感覚;SOC)に関する研究の動向. 日本保健福祉学会誌. 23(1) 37-51, 2016
- 10) Meyer J, Thiel A. Health in Elite Sports from a Salutogenetic Perspective: Athlete's Sence of Coherence. PLoS

- One. 2014;9(7):e102030. 2014 Jul 11
- 11) 日本陸上競技連盟, 陸上競技ジュニア選手のスポーツ外傷・障害調査、インターハイ出場選手調査報告～第一報(2014年度版)～, 2014
 - 12) Nishiyama M, Suzuki E, Hashimoto M, et al. Association of low sense of coherence with poor subjective well-being: a three-month cohort study of new medical students in Japan. *Jpn J Health & Human Ecology*. 2016;82(1): 20-29
 - 13) 園田友樹, 仁田光彦, 渡辺かおりら. 一般企業人における、性格特徴ならびに首尾一貫感覚(SOC)メンタルヘルス不調との関連. 経営行動科学学会第17回年次大会発表論文集. 107-112
 - 14) Takeuchi T, Yamazaki Y. Relationship between work-family conflict and a sense of coherence among Japanese registered nurse. *Japan Journal of Nursing Science*. 7.158-168, 2010
 - 15) 戸ヶ里泰典, 山崎喜比古, 13項目5件法版 Sense of Coherence Scaleの信頼性と因子的妥当性の検討. *民族衛生*, 71, 168-182, 2005
 - 16) 戸ヶ里泰典, 高校生におけるSOCの変動とその要因. *思春期学*, 33, 21-28. 2015
 - 17) 戸ヶ里泰典, 小手森麗華, 山崎喜比古ら, 高校生におけるSense of Coherence (SOC)の関連要因の検討—小・中・高の学校生活各側面の回顧的評価とSOCの10か月間の変化パターンとの関連性— . *日健教誌*; 17(2) :71-86, 2009
 - 18) 戸ヶ里泰典, 山崎喜比古, 中山和弘ら, 13項目7件法 sense of coherence スケール日本語版の基準値の算出. *日本公衛誌* 62(5)232-236, 2015
 - 19) 辻大士, 笹川修, 中村信次ら. 大学生におけるスポーツ系の部・サークル活動参加とストレス対処力, うつ・不安感の縦断研究: 2年間(3時点)の追跡調査に基づく分析. *運動疫学研究*. 19(1):24-35, 2017
 - 20) 渡辺孝子, 他. 看護師のストレスと業務の専門性との関連. *看護管理*. 2009. 42(7). 871 - 876, 2009
 - 21) 山崎喜比古, 戸ヶ里泰典, 坂野純子, 編 ストレス対処能力SOC. 有信堂高文社, 2008
 - 22) 山崎喜比古, 戸ヶ里泰典, 編 思春期のストレス対処力SOC—親子・追跡調査と提言. 有信堂高文社, 2011
 - 23) 山崎喜比古, 健康への新しい見方を理論化した健康生成論と健康保持能力概念SOC. *Qual Nurs* 1999;5 :825-832.
 - 24) 山住康恵, 安酸史子. 新卒看護師のSOCと影響要因に関する研究. *日本看護研究学会誌*. 21(2). 13 - 23, 2012
 - 25) 吉田えり, 他. 看護師のSense of coherenceとストレス反応との関連. *日本看護研究会雑誌*. 36(5)25-33, 2013
 - 26) 山本宏明, 杉田正明. SOC尺度を用いたインターハイ陸上競技入賞者のストレス対処力の検討. *スポーツ精神医学*. 15:11-17, 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

酒井健介¹⁾ 須永美歌子²⁾ 貴嶋孝太³⁾ 森丘保典⁴⁾ 真鍋知宏⁵⁾ 山本宏明⁶⁾ 杉田正明⁷⁾
1) 城西国際大学 薬学部 2) 日本体育大学 児童スポーツ教育学部 3) 大阪体育大学 体育学部
4) 日本大学 スポーツ科学部 5) 年慶應義塾大学 スポーツ医学研究センター
6) 北里大学 メディカルセンター 7) 日本体育大学 体育学部

1. はじめに

スポーツ選手にとってサプリメントの摂取は日常的なものとなってきている。陸上選手においては、Tscholl et al. は2003年から2008年までに国際大会出場した6523名の選手を対象にサプリメント摂取状況について調査を行い(3887名が回答)、約66%の選手がサプリメントを摂取していることを報告した(Tscholl et al., 2010)。この報告では1人あたり約1.7種類のサプリメントを摂取しており、ジュニアやユースの選手においてもサプリメントの摂取が確認されている。わが国においては、日本陸上連盟科学委員会が毎年、全国高等学校総合体育大会(インターハイ)陸上競技における入賞者を対象にサプリメントの摂取状況を調査しており、半数以上の入賞選手がサプリメントを摂取していることを報告している(宮崎ら, 2013; 酒井ら, 2017)。

一般的に、栄養価の高い適切な食事がとれていればサプリメントの摂取は必ずしも必要ないと論じられることが多く、国際陸上競技連盟は2007年の声明で「ある種のサプリメントはパフォーマンスに貢献するものの、食事こそが重要でありスポーツサプリメントが食事の代わりをするものではなく、また若年選手は使用すべきではない」ことを発表した(IAAF, 2007)。しかしながら、サプリメントを用いることはその形態的特徴による利便性などにより、スポーツ選手に栄養面や競技パフォーマンスに有益性をもたらす場合もあると考えられる。IOCは、サプリメントも適切に使用することで食事から十分な摂取が望めない微量栄養素の補完や高強度のトレーニング時の健康の維持、さらには含まれる特定成分の生理的作用により直接的に競技パフォーマンスの向上に貢献することを示唆している(Maughan et

al., 2018)。

一方で、サプリメント摂取にはその有害性も危惧される。サプリメントに含まれる特定成分の過剰摂取による副作用や禁止薬物が混入されたサプリメントを使用することでアンチ・ドーピングの規則違反となる場合もある。公益社団法人日本アンチ・ドーピング機構が公開している規則違反決定一覧では、すべての事例において禁止物質の混入経路を明らかとしているわけではないものの、いくつかの違反事例においてはサプリメントを介した違反が存在することが示されている(JADA, 2018)。

IOCは、サプリメントの摂取についてその有益性と有害性の両面からその摂取を判断すべきと提唱し、①年齢や経験、トレーニング状況を加味した使用目的の妥当性を考慮すること、②サプリメントに含まれる成分の科学的根拠に関して考慮すること、③サプリメント摂取による安全性を考慮すること、④含まれる成分が禁止薬物でないことを確認した上で、⑤一時的な使用を試み、⑥継続的に使用することを推奨している(Maughan et al., 2018)。これらの①～⑥の手続きを踏襲するためには、サプリメントや栄養、食事に関して十分な知識が要求される。

スポーツ選手のサプリメント摂取に関しては、含まれる特定成分の生理的・身体的影響について議論される場合が多いが、サプリメントの摂取行動を制御する決定要因に関する報告は限られている。酒井らの報告では、高校生エリート陸上選手がサプリメントを摂取する目的は主に筋肉増量や疲労回復、貧血予防・改善などといった生理的・身体的効果の獲得を期待していることを示唆している(酒井ら, 2017)。サプリメントに含まれる一部の特定成分(ビタミンDや鉄、カルシウムといった微量栄養素やカフェイン、クレアチンといったエルゴジェニック作用を有する成分など)には、スポーツ選手に対して

生理的身体的な有益性をもたらすことの科学的根拠が報告されているが (Thomas et al., 2016), このような効果の獲得を期待する結果期待 (outcome expectancy) や態度 (attitude) が, サプリメントの摂取行動を制御する決定要因となりうるかについての検討はなされていない. スポーツ選手がサプリメントを使用する動機やレディネスに関する報告は限られている. Pawlak et al. はスポーツ選手ではないものの, 女子大学生を対象にマルチビタミンサプリメント摂取の決定要因に関して, 計画的行動理論 (TPB: Theory of planned behavior) を用いて検証している (Pawlak et al., 2008). この研究では, マルチビタミンサプリメントを摂取することが望ましいと感じる態度 (attitude) と, 行動のコントロール感 (perceived behavioral control) が摂取行動に有意な影響を及ぼすことを報告している. また, サプリメントの適正使用にはサプリメントや栄養, 食事に関する正しい知識の習得や, 知識を得るための情報の入手や活用スキルを獲得することが望まれる. 健康全般に関するこのようなスキルはヘルスリテラシーと呼ばれているが, Zoellner J et al. は, 栄養に関するリテラシーが高い者は, 栄養に関する情報探索行動が多いことを報告している (Zoellner J et al., 2009). スポーツ選手が, サプリメントを適正に使用するためには上述の①~⑥の手続きを行うことが重要であるが, 同時に各段階での判断を行うに十分な知識や情報を入手・獲得することが求められる. そこで本研究では, 高校生エリート陸上選手を対象に, サプリメントの摂取状況とサプリメントや栄養, 食事に関する情報探索行動について検討することを目的とした.

2. 方法

対象者および調査票

2018年度全国高等学校総合体育大会 (インターハイ) の陸上競技入賞者 424 名を対象に, 石井らの作成した調査票 (石井, 2005) を一部改編したものを配布した. 大会期間中 (8月2~6日) に配布し, 8月16日を返信期限として郵送法により回収した. 回収した調査票は 199 名 (男子 101 名, 女子 98 名) で, 回収率は 46.9% であった. このうち解析データに欠損のない 163 名 (男子 83 名, 女子 80 名) を解析対象とした (38.0%).

調査票は選手の特性に関する項目 (5 項目), 過去の運動歴に関する項目 (3 項目), 体調・食生活に関する項目 (11 項目), 心身のコンディショニン

グに関する項目 (1 項目), スポーツ障害に関する項目 (17 項目), サプリメントに関する項目 (8 項目) から構成されている.

解析

回収した調査票のうち, 複数種目での競技実施が確認された選手に関しては, それぞれの種目で入賞したもものとして扱った. 離散変数についてはクロス集計の後, カイ二乗検定を行い, 連続変数については一元配置分散分析を施し, 群間の比較は Tukey's test により検定した. サプリメントの摂取状況については, 現在摂取している者を摂取群とし, 過去に摂取していたが現在は摂取していない者を摂取中止群, 摂取したことがない者を非摂取群とした. サプリメント摂取に関する行動意図に関しては, 「積極的に摂取すべきである, 食事で不足する栄養素のみ摂取すべきである, パフォーマンス向上に役立つもののみ摂取すべきである, できるだけ摂取すべきではない, 絶対に摂取すべきではない, 自分の考えにあてはまるものはない」の 6 項目から, またサプリメントや栄養・食事に関する情報量については「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」の 4 項目からそれぞれ最も適するもの 1 つを選ぶよう指示した. 情報の入手経路としては「指導者, 友人, 保護者, 兄弟, 販売店, メーカー, 雑誌, 本, 広告, テレビ, Web, その他」の 12 の経路を示しそれぞれ 2 件法 (はい, いいえ) による選択を指示し, またサプリメントや栄養・食事に関する相談相手に関しては自由記述として回答を求めたが, 解析に伴い「指導者, 医師, 栄養士, 友人, 家族, その他」の 6 つに分類した. 統計解析には SPSS Windows Ver. 25.0 を用い, 危険率 5% 未満を有意水準とした.

3. 結果および考察

本研究では, サプリメント摂取者 (摂取群) は全体の半数以上である 50.3% を占め, 現在は摂取していないが過去に摂取経験のある者 (摂取中止群) が 18.4%, 摂取経験のない者 (非摂取群) が 31.3% であった (表 1). 性別では, 男子の摂取群の割合が 60.2% と女子の 40.0% よりも高く, 学年別では高学年次生ほど摂取群の割合が高かった. 種目別では中長距離および競歩でいずれも摂取群の割合が 70% 以上と高い値を示し, 跳躍と投擲を除く全ての種目で摂取群が最も高い割合を示した. 2004 年から 2012 年までの大会における男子選手のサプリメント摂取

率は62.3%，女子選手では62.1%であり（宮崎ら，2013），2017年の大会においては男子で75.0%，女子で57.5%の選手がサプリメントを摂取していることが確認され（酒井ら，2017），2018年大会の結果は，男女ともに過去の調査に比べて最も低いサプリメント摂取率となった．サプリメント摂取率の低下というこの結果が一過的なものであるのか，今後の傾向となり得るのかについての判断はできないが，Sobal et al. は，スポーツ選手におけるサプリメント摂取状況は，競技レベルの高い選手ほど摂取割合が高いことを示している（Sobal, 1994）．高校生世代の陸上選手のサプリメント摂取状況を検討するためには，一般的な高校生陸上選手を対象とした調査も実施することが望まれる．

表2には，サプリメント摂取に関する行動意図の結果を示した．摂取群および非摂取群では「パフォーマンス向上に役立つもののみ摂取すべき」が56.1%、35.3%で最も高く，摂取中止群では「食事で不足する栄養素のみ摂取すべき」と「できるだけ

摂取すべきではない」がそれぞれ33.3%を示し最も高かった（ $p=0.002$ ）．摂取中止群において，「できるだけ摂取すべきではない」と回答した者は，過去にサプリメントを摂取した際に身体的異常の経験し，サプリメント摂取を中止した経緯にある者が含まれるため，サプリメント摂取に否定的考えを有していることが推測される．「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」とサプリメント摂取に肯定的な者は，摂取群で90.2%，摂取中止群で60.0%，非摂取群で70.6%といずれも否定的な者の割合を上回り，サプリメント摂取への肯定的な行動意図を有していた．一方で2017年の大会入賞者を対象とした酒井らの報告では，「積極的に摂取すべき」と回答した者が男子サプリメント摂取者で26.4%（男子全体では15.5%），女子においてはサプリメント摂取者で19.6%（女子全体では11.0%）と本研究の結果よりも高値を示しており（酒井ら，2017），サプリメント摂取者の割合低下は，サプリ

表1 対象者の属性

		摂取		摂取中止		非摂取		p-value
		n	(%)	n	(%)	n	(%)	
全数		82	(50.3)	30	(18.4)	51	(31.3)	
性別	男子	50	(60.2)	13	(15.7)	20	(24.1)	0.033
	女子	32	(40.0)	17	(21.3)	31	(38.8)	
学年	1年生	2	(25.0)	0	(0.0)	6	(75.0)	0.016
	2年生	12	(36.4)	7	(21.2)	14	(42.4)	
	3年生	68	(55.7)	23	(18.9)	31	(25.4)	
競技種目	短距離	20	(57.1)	4	(11.4)	11	(31.4)	0.018
	中長距離	19	(70.4)	3	(11.1)	5	(18.5)	
	跳躍	11	(29.7)	10	(27.0)	16	(43.2)	
	投擲	10	(38.5)	4	(15.4)	12	(46.2)	
	障害	11	(57.9)	7	(36.8)	1	(5.3)	
	混成	5	(50.0)	1	(10.0)	4	(40.0)	
	競歩	5	(71.4)	1	(14.3)	1	(14.3)	
		Mean ± SD		Mean ± SD		Mean ± SD		
平均身長		170.1 ± 8.6		168.2 ± 7.7		168.0 ± 8.3 ^{ns}		0.299
平均体重		60.9 ± 12.7		58.0 ± 11.9		61.1 ± 13.3 ^{ns}		0.508
平均競技年数		6.3 ± 2.4		6.0 ± 2.3		5.7 ± 2.2 ^{ns}		0.427

表2 サプリメント摂取に関する行動意図

	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		自分の考えに当てはまるものはない	
	n	(%)	n	(%)	n	(%)	n	(%)	n	(%)	n	(%)
全数 (n=163)	7	(4.3)	49	(30.1)	72	(44.2)	26	(16.0)	0	(0.0)	9	(5.5)
摂取 (n=82)	6	(7.3)	22	(26.8)	46	(56.1)	4	(4.9)	0	(0.0)	4	(4.9)
摂取中止 (n=30)	0	(0.0)	10	(33.3)	8	(26.7)	10	(33.3)	0	(0.0)	2	(6.7)
非摂取 (n=51)	1	(2.0)	17	(33.3)	18	(35.3)	12	(23.5)	0	(0.0)	3	(5.9)

$\chi^2=23.85, p=0.002$

メント摂取に関する肯定的な行動意図の低下によるものが影響している可能性が示唆された。

サプリメントや栄養・食事に関する情報入手量については、摂取群および摂取中止群で「十分得られている」と回答する者の割合が最も高く（74.4%, 60.0%）、非摂取群では「あまり得られていない」と回答する者が最も高かった（ $p < 0.001$ ）（表3）。2017年大会の結果に比べ、「十分得られている」者の割合が増加しているが（酒井ら，2017）。Masad et al. の報告している、栄養に関する知識が豊富なスポーツ選手ほど、サプリメントの摂取割合が低下することに一致している（Masad, 1995）。サプリメントや栄養・食事に関する知識の習得は、製品の販売促進を目的とした広告に影響されることなく入手可能な情報を取捨選択し、不必要なサプリメントの使用を抑制することにつながることを考えられる。本研究では、対象選手の栄養やサプリメントの適正使用に関する知識の客観的評価は行っていないものの、主観的に十分な情報が得られていると認識していることが、結果として栄養関連知識の向上につながり、サプリメントの摂取割合の低下に影響を及ぼしているのかもしれない。

表4にはサプリメントや栄養・食事に関する情報の入手経路について示したが、すべての群におい

て、指導者からの情報入手割合が最も高い値を示した（摂取群；62.2%，摂取中止群；50.0%，非摂取群；58.8%）。摂取群では、次いで保護者（34.1%）、メーカー（29.3%）、web（25.6%）であったのに対し、摂取中止群では友人と保護者が36.7%で、webが33.3%という順であった。一方、非摂取群ではwebの21.6%が指導者に次ぐ情報入手経路であり、入手情報量が少ないことが示された。スポーツ選手のサプリメント使用に関する情報入手経路については様々な報告がある。Slater et al. のシンガポールのエリートスポーツ選手を対象としたサプリメント摂取に関する研究では、栄養に関する情報入手経路として友人が最も高い割合を占め、次いで指導者、テレビ・雑誌・新聞、家族であったと報告している（Slater, 2003）。雑誌や本、テレビといったメディアやweb（インターネット）は、比較的入手可能な情報源であるものの、これらメディアを介した情報入手は10%に満たない状況であり、またwebに関しては25.8%と2017年の調査結果よりも低い値を示した（男子42.5%，女子36.5%）。一方、Sirico et al. のイタリアの学生を対象にした報告では、情報入手経路として医師が最も高く、次いで指導者、友人と報告している（Sirico, 2018）。またNieperは、サプリメント摂取に関する情報を指導者や家族から得ている

表3 サプリメントや栄養・食事に関する情報入手量

	十分得られている		あまり得られていない		全く得られていない		どちらとも言えない	
	n	(%)	n	(%)	n	(%)	n	(%)
全数	96	(58.9)	49	(30.1)	3	(1.8)	15	(9.2)
摂取 (n=82)	61	(74.4)	12	(14.6)	1	(1.2)	8	(9.8)
摂取中止 (n=30)	18	(60.0)	10	(33.3)	0	(0.0)	2	(6.7)
非摂取 (n=51)	17	(33.3)	27	(52.9)	2	(3.9)	5	(9.8)

$\chi^2=26.67, p<0.001$

表4 サプリメントや栄養・食事に関する情報入手経路

	全数 (n=163)		摂取 (n=82)		摂取中止 (n=30)		非摂取 (n=51)		p-value
	n	(%)	n	(%)	n	(%)	n	(%)	
指導者	96	(58.9)	51	(62.2)	15	(50.0)	30	(58.8)	0.509
友人	32	(19.6)	15	(18.3)	11	(36.7)	6	(11.8)	0.022
保護者	46	(28.2)	28	(34.1)	11	(36.7)	7	(13.7)	0.021
兄弟	5	(3.1)	2	(2.4)	2	(6.7)	1	(2.0)	0.444
販売店	24	(14.7)	13	(15.9)	4	(13.3)	7	(13.7)	0.918
メーカー	34	(20.9)	24	(29.3)	5	(16.7)	5	(9.8)	0.022
雑誌	16	(9.8)	5	(6.1)	4	(13.3)	7	(13.7)	0.275
本	11	(6.7)	7	(8.5)	2	(6.7)	2	(3.9)	0.587
広告	10	(6.1)	3	(3.7)	4	(13.3)	3	(5.9)	0.167
テレビ	13	(8.0)	5	(6.1)	1	(3.3)	7	(13.3)	0.168
web	42	(25.8)	21	(25.6)	10	(33.3)	11	(21.6)	0.504
その他	9	(5.5)	4	(4.9)	2	(6.7)	3	(5.9)	0.926

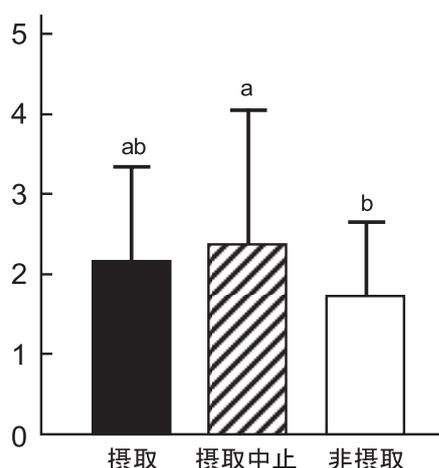


図1 サプリメント摂取状況別の情報入手経路の総数

と報告しているものの、指導者は必ずしも十分なサプリメントに関する知識を有していないことを示唆している。同時に多くの選手（58%）はサプリメントの摂取前にメディカルチームにその摂取に関して確認するとともに、不定期ではあるが75%以上の選手がスポーツ栄養士に接触していることを報告している (Nieper, 2005)。Slater et al. は情報入手経路として、医師、薬剤師、看護師、そして栄養士が「信頼できる」情報入手経路として挙げており、多くのスポーツ選手が「信頼できない」情報源から情報を入手していることを問題視している (Slater, 2003)。本研究では、情報入手経路の選択肢に医療従事者が含まれておらず、医師や栄養士から情報を入手していると考えている者はその他を選択していることが推測される。その他と回答した者は摂取群で4.9%、摂取中止群で6.7%、非摂取群で5.9%と低値を示しており、本研究の対象者の情報入手先経路として「信頼できる」情報源からの情報入手が限られていることが示唆された。しかしながら Ashar et al. は、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を報告している (Ashar, 2007)。スポーツ選手がサプリメントの適正使用を行う上では、正しい知識を情報として入

手することが欠かせない。栄養的側面からは日本スポーツ栄養学会が管理栄養士を対象に公認スポーツ栄養士の資格制度を設け、またアンチ・ドーピングの側面からは日本アンチ・ドーピング機構が薬剤師を対象に公認スポーツファーマシストの制度を設けている。サプリメントに関する正しい知識を入手するためには、単に医療従事者からの情報提供を求めるとはならず、スポーツに特化した専門家からの情報入手がサプリメントの適正使用につながるものと考えられる。

図1には、12の情報入手経路のうち、延べ数で1人あたりの情報入手経路の総数を示した。摂取群では2.17、摂取中止群では2.37、非摂取群で1.75であり、摂取中止群が非摂取群より有意に高値を示した。Zoellner J et al. は、栄養に関するリテラシーが高い者は、栄養に関する情報探索行動が多いことを報告している (Zoellner J et al., 2009)。リテラシーが高いことは、サプリメントや栄養・食事に関する情報を正しく理解できるようになるだけでなく、情報に接する機会を増やし、情報を効果的に活用することにつながる。摂取中止群は、高い情報入手経路数が説明するリテラシーレベルが「サプリメントを摂取しない」という情報活用に活かされ、また摂取群の示すやや高い情報入手経路数が説明するリテラシーレベルは「サプリメントを摂取する」という情報活用に反映されていることを示唆している。

表5には、サプリメントや栄養・食事に関する相談相手に関する結果を示した。相談相手がいると回答した者の割合は摂取群で72.0%、摂取中止群で90.0%、非摂取群で58.8%であった ($p=0.011$)。いずれの群においても指導者と家族が主な相談相手であった。上述の通り、指導者は必ずしもサプリメントに関する正しい知識を持っているとか限らず (Nieper, 2005)、また家族においては親がサプリメントを使用していると子どももサプリメントを使用する傾向にあるとの報告もあり (Dwyer, 2013)、サ

表5 サプリメントや栄養・食事に関する相談先

	全数 ($n=163$)		摂取 ($n=82$)		摂取中止 ($n=30$)		非摂取 ($n=51$)		p-value
	n	(%)	n	(%)	n	(%)	n	(%)	
指導者	60	(36.8)	30	(36.6)	15	(50.0)	15	(29.4)	0.179
医師	3	(1.8)	3	(3.7)	0	(0.0)	0	(0.0)	0.221
栄養士	8	(4.9)	5	(6.1)	2	(6.7)	1	(2.0)	0.497
友人	18	(11.0)	9	(11.0)	7	(23.3)	2	(3.9)	0.027
家族	55	(33.7)	21	(25.6)	15	(50.0)	19	(37.3)	0.044
その他	8	(4.9)	7	(8.5)	0	(0.0)	1	(2.0)	0.090

サプリメント使用について客観的判断に基づいたアドバイスがなされているのかは不明である。摂取中止群に関しては、23.3%の者が友人を相談相手としていた。表4に示した情報入手経路と比べると、摂取中止群における指導者および家族（表4における保護者と兄弟の総和）のみで同程度の値を示し、それ以外は情報入手経路の方が高値を示している。これらの結果は、サプリメントや栄養・食事に関する情報を単方向で入手し、双方向での入手情報の精査を求めることなく、結果として自己判断でサプリメント使用の是非を決定している者が存在することが示唆される。また医師（1.8%）、栄養士（4.9%）といった信頼できる情報源との相談実施の程度も低く、対象選手が得られた情報が本当に正しいものであるのか否かについては、サプリメントや栄養・食事に関する知識を客観的に検証するなどさらなる検討が必要である。また本研究では、相談相手に関して自由記述による回答を求め、情報入手経路を調査する際に用いた2件法での回答方法ではなかったため、情報入手経路と直接比較するには限界があるかもしれない。今後は同一の回答方法により調査を継続することが望ましいと考えられる。

まとめ

- ・サプリメント摂取者の割合は女子に比べ男子で高く、また高学年のほど摂取率が高かった
- ・種目別では、中長距離および競歩といった持久的種目に属する選手のサプリメント摂取率が高かった
- ・サプリメント摂取に関しては78.6%の選手が肯定的にとらえていたが、「積極的に摂取すべき」と考える選手は4.3%であり、また摂取中止群においては「できるだけ摂取すべきでない」と回答した選手が33.3%存在した
- ・サプリメントや栄養・食事に関する入手情報量が「十分得られている」と感じる選手は全体の58.9%であったが、非摂取群では33.3%に留まった
- ・サプリメントや栄養・食事に関する情報入手経路としては指導者（58.9%）、保護者（28.2%）、web（25.8%）と続いた
- ・サプリメントや栄養・食事に関する情報入手経路の総数は、摂取中止群（ 2.4 ± 1.7 ）で最も高く非摂取群（ 1.75 ± 0.9 ）よりも有意な高値を示し、摂取群（ 2.2 ± 1.2 ）は摂取中止群に次いだ
- ・サプリメントや栄養・食事に関する相談相手は指導者（36.8%）が最も高く、次いで家族（33.7%）、

友人（11.0%）であり、医師（1.8%）や栄養士（4.9%）といった信頼できる情報提供者への相談の実施割合は低かった

参考文献

- Ashar BH, Rice TN, Sisson SD. (2007) Physicians' understanding of the regulation of dietary supplements. *Arch Intern Med*, 167(9): 966-969.
- Dwyer J, Nahin RL, Rogers GT, Barnes PM, Jacques PM, Sempos CT, Bailey R. (2013) Prevalence and predictors of children's dietary supplement use: the 2007 National Health Interview Survey. *Am J Clin Nutr*. 97(6):1331-1337.
- 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.
- 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.
- Nieper A. (2005) Nutritional supplement practices in UK junior national track and field athletes. *Br J Sports Med*, 39(9):645-9.
- Nutrition for athletics: The 2007 IAAF Consensus Statement (2007) <https://www.iaaf.org/about-iaaf/documents/health-science>
- Pawlak R, Brown D, Meyer MK, Connell C, Yadrick K, Johnson JT, Blackwell A. (2008) Theory of planned behavior and multivitamin supplement use in Caucasian college females. *J Prim Prev*. 29(1):57-71.
- Sirico F, Miressi S, Castaldo C, Spera R, Montagnani S, Di Meglio F, Nurzynska D. (2018) Habits and beliefs related to food supplements: Results of a survey among Italian students of different education fields and levels. *PLoS One*, 13(1):e0191424.

- Slater G, Tan B, Teh KC. (2003) Dietary supplementation practices of Singaporean athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 13(3):320-32.
- Sobal, J. and LF. (1994) Marquart. Vitamin/mineral supplement use among athletes: a review of the literature. *Int J Sport Nutr*, 4(4):320-334
- 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.
- Zoellner J, Connell C, Bounds W, Crook L, Yadrick K. (2009) Nutrition literacy status and preferred nutrition communication channels among adults in the Lower Mississippi Delta. *Prev Chronic Dis*. 6(4):A128.
- 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 日本アンチ・ドーピング機構 (2018) <https://www.playtruejapan.org/code/violation/dcision.html> (平成30年12月24日にアクセス)
- 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.
- 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.

エキサイティング メディカル レポート

エキサイティング メディカル レポート 目次

第 18 回アジア競技大会 帯同報告	254
鎌田浩史, 真鍋知宏, 山澤文裕	
第 18 回アジアジュニア選手権大会帯同報告	257
田畑尚吾, 田原圭太郎	
第 14 回アジアクロスカントリー選手権大会帯同報告	260
田原圭太郎	
大学陸上競技選手のスポーツ外傷・障害調査における疲労骨折に関する検討	262
—日本学生陸上競技対校選手権大会・全日本大学駅伝対校選手権大会・ 全日本大学女子駅伝対校選手権大会の調査—	
田原圭太郎, 鎌田浩史, 蒲原一之, 山澤文裕	

第18回アジア競技大会 帯同報告

鎌田浩史^{1) 2) 3)} 真鍋知宏^{1) 4)} 山澤文裕^{1) 5)}

- 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
3) 筑波大学附属病院 つくばスポーツ医学健康科学センター
4) 慶應義塾大学 スポーツ医学研究センター 5) 丸紅健康開発センター

【はじめに】

第18回アジア競技大会が2018年8月18日から9月2日まで16日間、インドネシア/ジャカルタ・パレンバンで開催された。実施競技・種目は41競技465種目にわたり、日本から選手762名（男子408名、女子354名）が参加した。陸上競技は8月25日から30日の6日間であった。今回、帯同してメディカルサポートを行ったので報告する。

選手団は男子選手35名、女子選手23名、スタッフ22名、合わせて80名で構成された。メディカルサポートとしては、1名の医師（整形外科医）および男女1名ずつ2名のアスレティックトレーナー＋1名の村外トレーナーが帯同した。さらにJOCから本部付きの医師として帯同している内科医が、陸上の大会期間中には陸上競技を中心に内科的サポートをするという体制であった。

【渡航まで】

JOCから様々な事前情報を入手することができた。アジア大会医務会議も行われ、現地の気候、環境状態、宿舎、食事などの衛生状況も報告された。選手村の食事などの衛生面では大きな問題はなさそうであり、通常通り水、食事への配慮を個々に行うことを確認した。また、マラリア、デング熱、ジカウイルス感染症など、蚊が媒介する感染症が多数あるため、防蚊対策は屋内外を問わず厳重に行うことが必要であると思われた。これらの情報は、選手役員を集めた事前ミーティングにてお知らせし、注意喚起を行った。

春から大会までの間、選手のコンディショニングに関しては医事委員会総出で情報を確認しつつ、選手へのアプローチを行った。医事委員会、トレー

ナー、監督、強化、事務局との連携が非常に良く、ブロック強化合宿、メディカルチェック、国内競技会（日本選手権など）でのメディカルサポート等を通して、選手の状態を十分に把握することができた。

大会出場選手が決定した後は通常通りのメディカルアンケートを実施した。これは、派遣前の選手の状態を把握するだけでなく、使用している薬品、サプリメント、アレルギー、既往歴なども確認することができ、非常に重要である。事前のアンケートにより大きな問題が含まれている可能性のある選手に関しては、直接選手やコーチと相談し事前に調整を行った。中には、MRIなどの画像検査を実施したり、局所への注射加療を行った選手もいた。いずれにしても、大会までに如何に選手をベストのコンディションに持って行くかの努力が最大限必要である。

【環境・選手村・会場】

ジャカルタは熱帯モンスーン気候に属し、高温多湿であるものの、7月から10月にかけての4ヶ月は乾季であり、大会期間中は比較的恵まれた気候であった。また、この夏の日本は記録的な暑さであったため、対応は比較的容易であった。しかし、日中の暑さや直射日光は強く、特に、長距離、競歩種目は十分な注意が必要であった。

日本選手団が使用した選手村は食事、衛生面、室内など行き届いている印象であった。食事はビュッフェ形式であり、アジア系の食事を中心にバランスを取りやすい食事が提供されていたが、込み合う時間には長蛇の列ができたり、夜遅くに帰ってきた選手にとっては適度な食事がなかったり、十分でない点もいくつかあった。いつものことながら、生野菜、果物には注意するように指示を出していたが、食事等にて腹部症状のでた選手は幸いにいなかった。



選手村内ビュッフェ：アジア系を中心とした食事

ひとつ恐ろしい事件が発生した。エレベータが壊れて途中のフロアで止まってしまい、荷物搬送中の役員、コーチがエレベータ内に閉じ込められてしまった。隙間より水分補給を行い、数十分のうちに救出できたが、暑く空調のないエレベータ内であったため長時間救出できなかったとしたら大惨事になりかねない事故であった。

会場・練習会場まではシャトルバスで30分程度。ジャカルタの交通事情は深刻で大渋滞が発生しているなかでの移動であったが、パトカーや白バイが先導し、おおよそ決まった時間で運用しており、ストレスはなかった。

練習のサブトラックは以前に大きな大会（10年前のアジアジュニア大会など）が開催された場所でもあり、十分に整備されたグラウンドであった。奥にはアイスバスも用意されており、熱中症対策も検討されていた。



【大会期間中医務活動】

大会期間中の医務活動の体制としては、選手の動きに合わせて練習場と会場に張り付く医師として私が帯同した。トレーナーは村外派遣のトレーナーが日中は選手村内でのケアを担当し、帯同トレーナーが午前・午後のセッションをうまく切り盛りしながら、競技場と選手村を往復した。JOC本部ドクターは大会期間中に一緒に帯同し、競技場内とサブトラックとの活動に分けて選手のサポートにあたった。SNSがうまく活用でき、コーチ、トレーナー、ドクターの間でラインを通じてコミュニケーションも図ることができ、連絡ツールとして重宝した。

国内の調整の段階で問題を抱えていた選手を中心に、特に注意深く確認しながら医務活動を行った。トレーナーのストレッチ、ケア、テーピングなどを施したうえで、コーチと相談しながら試合に出場することができた。ベストパフォーマンスが発揮できなかった選手もおり、帰国後のアプローチや今後の調整についてもうまく引き継げるように情報の共有を行うよう努めていくこととした。

今回、個々の障害についてはここでは詳細に述べないが、いくつか対応した症例を列挙する。

選手村近くの側溝で転倒し下腿に挫傷を負った選手。JOC本部と連携のもと、縫合処置と破傷風トキソイドを実施し、幸いレースには出場することができた。

跳躍時の踏み込みの際に脛骨粗面周囲の強い痛みが出現し跳躍不可となった跳躍選手。競技中に相談し、試技回数を調整し、何とか入賞することができた。大きな骨症はなさそうであったため、帰国後に精密検査を実施する様手配した。

足部の疲労骨折にて経過をみていた選手。レース後に痛みを訴え、以前よりくすぶっている部分の腫脹疼痛を確認した。画像検査をJOC本部と相談して実施したところ、再発の可能性があるかと判断し、シーネ固定をし、帰国までの手配を行った。

今回の大会ではジャカルタという高温多湿の地域でのレースであったため、特に長距離、競歩には十分注意していた。脱水や熱中症に至るまでの選手は幸いにいなかったものの、夏に行われるレース、今後で言えば2020TOKYOでのレースは非常に気がかりなものである。水分補給、気温の変化などに対する対応など、科学的にもアシストが必要である。また、朝6:00開始のレースであったが、スタッフは3:00位から準備を始めなければならなく、そのコンディション作りも課題と思われた。

【ドーピングコントロール】

競技会外検査は実施されなかった。競技会においては入賞者を中心に12名が対象となった。いずれの選手も国内の検査経験済みで慣れているところもあると思われたが、安全のためできる限り帯同したドクターと一緒に検査を受けることとした。検査の上でのトラブルはなく、スムーズに実施されていた。検査を担当するDCOには日本からのDCOも加わっており、部分的には日本語の対応もしていただいた。

【大会成績】

金メダル6、銀メダル2、銅メダル10を獲得した。特に男子リレーの金メダルは今回の大会を象徴できる、選手、スタッフすべての力の集結した結果といえる。また、アジア大会全体の主将を務めた山縣選手もメダル獲得ができ（本人もっと上を狙っていたと思うが）ホッとしたところかと思う。サポートをしていて、様々なプレッシャーと戦っている緊張感、チームジャパンとしての大事な役割を果たした功績はさすが日本を代表するアスリートであると実感した。



獲得した金メダル

【まとめ】

本大会は真夏のさなかに亜熱帯の地域で行われるという過酷な大会であった。4年に1回の大きな大会であるとともに、次のオリンピックに向けた新しい世代たちの活躍の場としても重要な大会であった。大会期間中のメディカルサポートはJOC本部、および、監督、コーチ、スタッフの皆様の協力もあり、大きな問題なく比較的スムーズに実施できたものと思われる。

このようなメディカルサポートが十分に機能するには、大会期間中だけではなく、継続したサポートが重要である。今回の大会においては、春先の合宿から選手の状況をフォローできるシステムが少しずつ確立し、医事委員会内で役割分担も検討することができ、選手情報をトレーナーともども把握しながらアプローチができるという、理想的な流れで進んだ。今後もこのサポート体制を維持しつつ、2020TOKYOに活かしていくことができれば幸いである。



サブトラック内でのサポート



競技場内練習時のサポート



マラソンレース直前のサポート

第18回アジアジュニア選手権大会帯同報告

田畑尚吾¹⁾ 田原圭太郎²⁾

1) 慶應義塾大学医学部スポーツ医学総合センター 2) 多摩総合医療センター 整形外科

1. はじめに

第18回アジアジュニア選手権大会は2018年6月7日～6月10日の日程で岐阜県長良川スタジアムにおいて行われた。6月5日夕方に現地集合、6月6日に結団式を行い、その翌日より試合開始であったため、選手の状態の把握が難しかった。男子短距離の選手がハムストリングの肉ばなれのため、大会参加を断念した。選手団はスタッフ23名、選手70名(男子36名・女子34名)の総勢93名で結成され、その内メディカルサポートとしては医師2名トレーナー3名が帯同した。

2. 派遣前準備

事前に選手へメディカルアンケートを送付し、選手のコンディショニングの状況や怪我の有無、内服薬やサプリメントなどのチェックを行った。選手およびスタッフへドーピングに関する注意事項として、薬・サプリメントのことで飲食(ペットボトルの管理や外食など)について説明文を派遣文書とともに事務局より送付して頂いた。

サプリメントについては、参加選手の60%が使用しており、女子選手で使用率が高い傾向があった(男子52%、女子68%)。成分の内訳としては、ビタミン、アミノ酸が圧倒的に多く、シニア選手と同様の傾向であった。男子選手1名が、生薬成分の入ったサプリメントを使用していたため、本人へ連絡し、使用を中止するよう伝えた。ジュニア選手であるため、アンチ・ドーピングに関する注意事項についての文書を事前に配布し、JADA global DRO、陸連医事委員会ドーピングコントロール便利帳、JADAサプリメント分析認証プログラム(JADA認証マーク)などに関しての情報提供を行い、またパラ・ドーピング予防のため、飲食物の管理についても注意喚起した。しかしながら、現地で合流後に、高校生男子選

手がメディカルアンケートに一部記載していない海外製のサプリメントを5種類(クレアチン、L-カルニチン、グルタミン、BCAA、プロテイン)使用していることが明らかとなった。選手は知り合いから勧められ、「iHerb」という通販サイトでサプリメントを購入し、半年前から6月5日(試合の4日前)まで使用していたことが発覚し、選手の出場の可否に関して、監督、医事委員会、陸連事務局とで協議がなされた。製品のラベルに禁止物質の表示はなく、またUSADAのsupplement411のHigh Risk Listで、5種類のサプリメントがリストにないことを確認した上で、予定通り出場する方針となった(結果的にドーピング検査の対象とはならなかった)。5種類のうち、メディカルアンケートに正確に記載していたのはBCAA1種類のみで、2種類は主成分のみ記載(製品名なし)、2種類は未記入であった。現状のメディカルアンケートでは、サプリメントの製品名、成分名を記載する形式であるが、例えば、プロテイン、クレアチンといったように、製品の詳細が把握できない表現で記載している選手も多く、再発予防のためにメディカルアンケートにおけるサプリメント使用状況に関する記入欄を、製造会社や製品の写真も含めて記載するように急遽変更することとなった。

アンケートからは整形外科的には大きな問題を抱えた選手はいなかったが、アンケートに記載していないまたはアンケート回収後にケガを負傷している選手が数名いた。女子短距離の選手は2カ月前にハムストリング肉ばなれを受傷し、2週間前に再受傷していた。集合時に状態を確認し、監督・コーチの先生方と相談の上、試合には予選のみ出場した。男子短距離選手が数日前に足関節捻挫を受傷し、荷重で痛みがあり腫脹もあった。何とか出場できるよう治療を行ったが、ジョグでも痛みがあり棄権となった。女子長距離選手が中足骨の痛みがあり、疲労骨折が疑われたが痛みは少なく、パフォーマンス的に

も出場可能であったため本人と相談の上、スパイクを履かずに試合に出場した。別の女子長距離選手は脛骨の痛みがあり、疲労骨折が強く疑われた。歩行でも痛みがあり、試合は棄権した。いずれの選手も大会後通院していた医療機関での加療や紹介状を作成し医療機関の受診を行うよう指示した。

事前に数名のパーソナルトレーナーから選手の情報を知ることができた。

未成年の選手へはドーピング検査における親権者の同意書に関する案内を郵送し、同意書の提出をお願いした。

3. 渡航および現地の状況

岐阜県で行われたため、気候・食事・ホテルや競技場の環境的に問題はなかった。先にも述べたが試合直前の集合であり、選手数も多かったため選手の状態の把握が難しかった。

4. 医療活動

<整形外科>

選手数が多かったが、医師2名・トレーナー3名で協力し選手へのサポートを行うことができた。選手全員に声をかけ、障害がある選手へトレーナーとともにサポートを行った。

整形外科的なサポートとしては、大会中に起こった大きなケガはなかったが、足関節捻挫後が6名、腰痛6名、ハムストリングの違和感・ハリ5名、シンスプリント2名、膝関節の障害2名、足部の障害（舟状骨疲労骨折後の痛み、アキレス腱炎、種子骨障害など）5名、肩の障害3名が障害を抱えながら試合に出場していた。女子投擲選手は事前のアンケートに腰痛の記載がなかったが、集合後に腰痛の申告があり診察した。診察においてはそこまで強い症状ではなかったが、試合は腰痛のため実力を発揮できなかった。本人はコーチには腰痛があることを伝えていなかったため、試合後にコーチよりメディカルスタッフへ問い合わせがあった。大会前の期間が短かったが、そういうときこそコーチの先生方へこまめに報告を行う必要があると感じた。

大会終了時には7名の選手に診療情報提供を作成し医療機関への受診を指示した。また、その他の4名の選手は治療を受けているあるいはかかりつけの医師やトレーナーへ連絡を行い、その後のフォローのための引き継ぎを行った。

<内科>

国内開催であったため、時差や衛生面、食事の問題はなく、他国での開催時と比較し、体調管理はしやすい状況であった。しかし、期間中の気温の変化が比較的大きく、またホテルの空調調整が難しく、体調不良を訴える選手が複数名みられた。咽頭痛、咳嗽、微熱などの感冒症状をきたした選手が7名おり、持参薬による対症療法でいずれも軽快した。短距離の女子選手1名は、運動後の咳嗽悪化があり、過去にも同様のエピソードがあることから、咳喘息を疑い、サルタノール頓用で対応した。同室者への感染予防のため、隔離部屋を1室用意し、咳嗽や熱発などがある選手は、症状が改善するまで隔離した。他、スタッフ1名が頻回の下痢症状を認め、急性胃腸炎疑いで整腸剤内服と飲水励行で軽快した。競技場では気温が30℃を超える日もあり、レース後に脱水症状や軽度の熱中症症状をきたす選手が数名おり、アイシングと水分摂取で対応した。

5. ドーピングコントロール

基本的には優勝者のみがドーピング検査の対象であったが、最終日には2位の選手がセレクトされる種目もあった。日本選手では男子2名、女子6名の計8名が対象となった。いずれも尿検査のみであった。ドーピング検査を受けるのが初めてで、書類の記入や検査手順に不慣れな選手も多かったが、自国開催のためDCOも日本人であり、問題なく終了した。

6. 成績

本大会で日本選手は大活躍し、金メダル14個、銀メダル15個、銅メダル13個を獲得、過去最高の結果であった。国別のmedal tableにおいても中国を抑え1位であった。

7. まとめ

選手数が多く大会前の期間も短く、国内での国際大会で難しい面もあったが、スタッフの先生方とトレーナーの皆様と協力し大きな事故なく終了することができた。

ジュニア選手の帯同では事前のアンケートでは把握できない問題が多く存在するため、その問題への対応が短期間の帯同であるとさらに難しい。スタッフの先生方やトレーナーとこまめにコミュニケーションをとり、選手の対応にあたることが重要であ

ると感じた。また、地方に在住している選手に関しては各都道府県の陸上競技協会の医務部門との連携が必要であり、これらの整備を地道に着実にやっていくことが引き続きの課題である。



集合写真



メディカルスタッフ

第14回アジアクロスカントリー選手権大会帯同報告

田原圭太郎

多摩総合医療センター 整形外科

1. はじめに

第14回アジアクロスカントリー選手権大会は2018年3月15日に中国の貴陽で行われた。3月11日に羽田空港に集合し、同日日本を出発、3月16日に帰国した。

ジュニア女子選手1名が直前に発熱し、気管支炎の診断で大会参加ができなかった。選手団はスタッフ6名、選手19名（男子10名・女子9名）の総勢25名で結成され、そのうちメディカルサポートとしては医師1名トレーナー1名が帯同した。

2. 派遣前準備

事前に選手へメディカルアンケートを送付し、選手のコンディショニングの状況や怪我の有無、内服薬やサプリメントなどのチェックを行った。

ジュニア選手の中にはエフェドリンが入った鼻炎カプセルの使用や、成分の明確でないサプリメントを内服している選手がいたため、中止するよう事前に連絡した。特にジュニア選手ではアンチ・ドーピングに対する意識がまだまだ低く、引き続き啓蒙を行っていく必要性を感じた。サプリメントは多くの選手が使用しており、練習や試合時のペットボトルの管理も含めドーピングに関する注意事項を作成しトレーナールームに貼って選手全員に読むように伝えた。

冬の駅伝や合宿などで痛みがでていた選手が数名いたが、集合時に確認し特に大きな問題はなかった。

3. 渡航および現地の状況

日本との時差は1時間であった。飛行時間は6(4+2)時間程度であった。

中国貴陽は緯度が北緯約26度であるが、標高1100mであるため気温は朝が9℃、日中は15℃と

朝は少し寒く、日中もそこまで暑くはなかった。

ホテルの環境は各部屋にトイレ・シャワー・冷蔵庫もあり、特に問題はなかった。食事はビュッフェスタイルで、麺類やお米、パン、肉、野菜と種類も豊富であり、中国なので油分が多い以外は特に問題なかった(写真①)。中国に慣れているシニアの選手はクッキングペーパーを持参して、料理の油分を取り除いて食べていた。

現地での練習はホテル周辺で行い、試合前日はコースの試走を行った。ホテルから試合会場まではシャトルバスが出ており、移動時間は約40分ほどであった。

4. 医療活動

ジョギング中に転倒し右膝に挫創を負った選手がいたが、試合のコース上には動物の糞があり、土壌による汚染を防ぐため試合当日はキズパワーパッドで保護をして試合に出場した。

食事には油分が多かったためか胃痛を訴えた選手がいたが症状は軽く、ムコスタ・タケプロンを処方し特に問題はなかった。ホテルの食事環境は特に問題なかったため、競技に影響が出るような下痢症状などが出た選手はいなかった。

シンスプリントをかかえた選手が多く、トレーナーからケアを受けて症状が改善した状態で試合に出場することができた。

試合終了後に発熱したジュニア男子選手がいたが、解熱剤(カロナール)を内服し何とか帰国できた。帰国後病院で検査を受け、インフルエンザの診断であった。選手へ詳細を確認したところ、出国後に学校の友人がインフルエンザになっていたということであった。同室の選手を含め、選手団でインフルエンザを発症したものはなかった。

5. ドーピングコントロール

各カテゴリー上位者が対象となっていたため、日本選手は計8人が尿検査を行った。検査は特に問題なく行われていた。ドーピング検査終了後はホテルまでのバスが用意されていた。

6. 成績

全カテゴリー（シニア・ジュニア，男・女）で団体優勝した。特にジュニア女子は4名出場し1位から4位まで上位を独占した。

7. まとめ

帯同期間中に特に大きな問題はなく、大会も無事終了することができ、好成績をおさめることができた。

ジュニア選手はアンチ・ドーピングに対する意識がまだまだ低く、引き続き啓蒙を行っていく必要性を感じた。サプリメントは多くの選手が使用しており、練習や試合時のペットボトルの管理も含め、自分が摂取するものに関しては選手個人の自己責任となることへの意識を高く持つように指導していく必要があると考える。



①食事



②集合写真

大学陸上競技選手のスポーツ外傷・障害調査における疲労骨折に関する検討
— 日本学生陸上競技対校選手権大会・全日本大学駅伝対校選手権大会・全日本大学女子
駅伝対校選手権大会の調査 —

田原 圭太郎¹⁾²⁾ 鎌田 浩史¹⁾³⁾⁴⁾ 蒲原 一之³⁾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) 公益社団法人日本学生陸上競技連合医事委員会 4) 筑波大学医学医療系 整形外科
5) 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
6) 丸紅健康開発センター

背景

日本陸上競技連盟医事委員会では2013年よりジュニア世代への外傷・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¹⁾²⁾³⁾」として冊子を作成し配布した。外傷・障害の中でも疲労骨折の治療期間は短くなく、練習の制限を余儀なくされることから、その予防は重要である。内山(2003)はスポーツにおける疲労骨折の調査を行い、種目では陸上競技が最多であったと報告している⁴⁾。これまでに我々は中学生(全日本中学校陸上競技選手権大会(全中)と全国中学校駅伝大会(中学駅伝))および高校生(全国高等学校総合体育大会(インターハイ)と全国高等学校駅伝競走大会(高校駅伝))に対して疲労骨折の調査を行い、その結果を陸上競技研究紀要で報告⁵⁾⁶⁾したが、今回大学生において同様の調査を行ったのでその結果を報告する。

対象と方法

2017年度日本学生陸上競技対校選手権大会(インカレ)と2017年度全日本大学駅伝対校選手権大会および2017年度全日本大学女子駅伝対校選手権大会(以下、両者まとめて大学駅伝とする)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909名を対象とした。インカレ出場選手は587名、大学駅伝出場選手は322名であった。性別はインカレでは男性227名、女性320名、記載なし40名、大学駅伝では男性179名、女性128名、記

載なし15名であった。インカレ出場選手の学年の内訳は、男性では1年32名2年32名3年49名4年49名5年以上13名で、女性では1年67名2年60名3年78名4年63名5年以上5名であった。大学駅伝においては、男性では1年29名2年48名3年41名4年25名5年以上3名で、女性では1年28名2年32名3年26名4年14名5年以上1名であった。インカレの種目別の内訳は、短距離340名(男性131名、女性197名、記載なし40名)、中長距離79名(男性41名、女性33名、記載なし5名)、走り幅跳び・三段跳び・走り高跳び・棒高跳び(跳躍)75名(男性30名、女性42名、記載なし3名)、砲丸投げ・やり投げ・ハンマー投げ・円盤投げ(投擲)62名(男性18名、女性37名、記載なし7名)、混成17名(男性6名、女性11名)であった。

調査項目は身長と体重よりbody mass index(BMI)を算出し、大学生のときに発症した疲労骨折の有無、疲労骨折した部位(部位は複数記入可能)、疲労骨折の発症時期(学年)、陸上競技の開始時期、オーバートレーニング症候群(OTS)の自覚症状の有無、練習の休日の日数、週間走行距離、ウエイトコントロールの有無を調査し、女性では初経発来の有無、無月経の有無も調査した。無月経の定義は3カ月以上月経がない状態とし、アンケートに明記した。OTSの自覚症状とは、疲労が十分に回復しないまま運動を続け、慢性疲労状態におちいり、疲れやすい、だるい感じ、睡眠障害、食欲がなくなる、体重減少、集中力がなくなるという症状のうちいずれかひとつでもみられた場合に自覚症状ありとし、アンケートに定義を記載した。

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。

結果

インカレと大学駅伝の結果を分けて報告する。
 <インカレ>

大学生のときに疲労骨折を発症した選手は 14.8% にみられ、性別の内訳は男性 11.0% 女性 17.2% であり、女性は男性より疲労骨折が有意に多かった ($p=0.04$) (表 1)。種目別では、短距離 15.9%、中長距離 19.0%、跳躍 13.3%、投擲 8.1%、混成 17.6% であり、特に中長距離女子選手では 27.3% と疲労骨折の割合が高かった (表 2)。各種目における主な疲労骨折部位は、短距離では足の甲・足のゆび 51.2%、すね 25.0%、足首 8.9%、中長距離ではすね 33.3%、足の甲・足のゆび 33.3%、跳躍では足の甲・足のゆび 50.0%、背骨 20.0%、足首 20.0%、投擲では背骨 28.6%、すね 28.6% であった。混成は全体の人数が混成 17 名と少なく、疲労骨折は 3 名のみで背骨・足の甲・足のゆび・すねの各 1 名ずつであった。(表 3)。疲労骨折の有無における各項目の検討では、疲労骨折を発症したことがある選手は疲労骨折がなかった選手と比較して BMI が有意に低く ($p=0.03$) (表 4)、大学で OTS の自覚症状があった選手は自覚症状がなかった選手と比較して疲労骨折が有意に多かった ($p=0.01$) (表 5)。その他の項目では有意な差はなかった。

<大学駅伝>

疲労骨折は 24.8% にみられ、性別の内訳は男性 22.9%、女性 26.6% であり、性別での有意差はなかった (表 1)。疲労骨折の部位はすねが 33.6%、足の甲・足のゆびが 23.2% であり、男性の中ではすねが 42.6% と多くみられた。疲労骨折の発症時期は、大学 1 年が 46.4%、大学 2 年が 37.5%、大学 3 年が 10.7%、大学 4 年が 5.4% であった。週間走行距離は男性で平均 131.1km、女性では平均 108.8km と高校生 (男性平均 109.7km、女性平均 85.0km) より男女とも 20km ほど長かった。

陸上競技の開始時期と疲労骨折との関連は、小学生の頃から陸上を始めた選手の 31.9% が大学時代に疲労骨折を発症しており、中学生では 26.7%、高校生では 14.1%、大学生では 0% であった。小学生および中学生から陸上を開始した選手は高校および大学から陸上を開始した選手と比べて大学での疲労骨折の発症が有意に多かった (表 6)。疲労骨折の有

表 1. 疲労骨折の発症頻度 (インカレ・大学駅伝)

	インカレ	大学駅伝
男女	14.8 %	24.8 %
男	11.0 %	22.9 %
女	17.2 %	26.6 %

表 2. 種目別の疲労骨折発症頻度 (インカレ)

種目	疲労骨折発症頻度	
短距離	男	11.5 %
	女	17.3 %
中・長距離	男	12.2 %
	女	27.3 %
跳躍	13.3 %	
投擲	8.1 %	
混成	17.6 %	

表 3. 種目別の疲労骨折好発部位 (インカレ)

種目	主な疲労骨折発症部位		
短距離(n=340)	足の甲・足のゆび(51.8%)	すね(25.0%)	足首(8.9%)
中長距離(n=79)	すね(33.3%)	足の甲・足のゆび(33.3%)	
跳躍(n=75)	足の甲・足のゆび(50.0%)	背骨(20.0%)	足首(20.0%)
投擲(n=62)	背骨(28.6%)	すね(28.6%)	
混成(n=9)	疲労骨折3名 (背骨, 足の甲・足のゆび, すね)		

表 4. 疲労骨折と BMI (インカレ, 男女)

	疲労骨折あり	疲労骨折なし	P値
BMI (男女)	20.5±2.7	21.3±3.3	0.03

平均±S.D., BMI単位: kg/m²

表 5. 疲労骨折と大学での OTS の自覚症状 (インカレ, 男女)

	疲労骨折の発症頻度		P値
大学でのOTSの自覚症状 (男女)	OTSあり20.1%	OTSなし12.1%	0.01

表 6. 疲労骨折と陸上競技開始時期 (大学駅伝, 男女)

競技開始時期	小学生	中学生	高校生	大学生	P値
疲労骨折の発症頻度	31.9%	26.7%	14.1%	0%	—
	28.2%		13.7%		0.01

無における各項目の検討 (表 7, 表 8) では、インカレと同様に大学で OTS の自覚症状があった選手は自覚症状がなかった選手と比較して疲労骨折が有意に多かった ($p=0.02$) また、練習の休日がない選手は練習の休日が 1 週間に少なくとも 1 日以上

ある選手と比較して疲労骨折が多い傾向であった (p=0.11)。男子選手において疲労骨折を発症した選手の週間走行距離は 151.1km, 疲労骨折を発症しない選手では 126.0km であり, 疲労骨折を発症した選手は週間走行距離が長い傾向であった (p=0.06) が, 女子選手では有意な差はなかった。また, ウェイトコントロールをしている男子選手はしていない男子選手と比較して疲労骨折が多い傾向であった (p=0.08)。女子選手において初経発来遅延や無月経と疲労骨折の有無に有意な関連はなかったが, 中学で無月経の経験がある選手の 46.2% が大学生で疲労骨折を発症していた。中学で無月経の経験がない選手の疲労骨折の発症は 25.2% であり, 中学で無月経の経験がある選手は無月経の経験がない選手より疲労骨折の発症が多かった (表 9)。

考察

これまでに中学生・高校生の疲労骨折に関する調査を行い, 今回大学生の調査を行ったが, 陸上競技選手の各年代で疲労骨折が 10% 以上～20% 程度に発症していた。疲労骨折の発症部位は各年代とも大きな違いはなく, 短距離では足の甲やすね, 中長距離ではすねや足の甲, 跳躍では足の甲や背骨, 投擲では背骨やすねや足の甲が多くみられたことから, これらの部位の痛みが続く場合は医療機関への受診が推奨される。駅伝の調査では, 高校駅伝で約 30% に疲労骨折がみられたがこれは高校までの疲労骨折の既往を調べており, 同調査の発症時期の約 1/3 が中学時代のものであったため, 高校時代の疲労骨折は 20% 程度と予想される。したがって, 各年代とも 20% 程度に疲労骨折が発症していると思われる。

インカレ・大学駅伝ともに大学で OTS の自覚症状があった選手は疲労骨折の発症が多く, 高校生 (インターハイ・高校駅伝) への調査でも同様の結果であった。また, 大学駅伝の調査において練習の休日がない選手は疲労骨折の発症が多い傾向で, 高校駅伝でも同様の結果であった。過度な運動が続き疲労が回復しないままトレーニングを継続すると局所への負荷が蓄積し, 疲労骨折が起こりやすい状態に至ると推察される。OTS のような自覚症状がでないよう, 練習の休日を適度に設け心身ともに過度な疲労が蓄積しないように配慮する必要があると考える。

高校駅伝の調査において男子選手に食事制限が疲労骨折のリスクとなる可能性が示されており, 中学駅伝の調査においては BMI18.5 未満の痩せている選手では BMI18.5 以上の選手と比較して疲労骨折の割

表 7. 疲労骨折と各項目の検討 (大学駅伝)

	疲労骨折の発症頻度		P値
	OTSあり	OTSなし	
大学でのOTSの自覚症状 (男女)	33.0%	20.9%	0.02
練習の休日 (男女)	40.0%	24.0%	0.11
ウェイトコントロール (男)	32.6%	19.8%	0.08

表 8. 疲労骨折と週間走行距離 (大学駅伝, 男)

	疲労骨折あり群	疲労骨折なし群	P値
週間走行距離 (男)	151.1±78.1	126.0±71.1	0.06

平均±S.D., 単位: km

表 9. 疲労骨折と無月経の時期 (大学駅伝)

無月経の時期		疲労骨折の発症頻度	
中学で経験あり		46.2% (6/13)	
高校生以降で経験あり	中学で経験なし	23.2% (13/56)	25.2% (28/111)
大学生以降で経験あり		29.6% (8/27)	
経験なし		25.0% (7/28)	

合が高かった。今回の調査でもウェイトコントロールをしている男子選手はしていない男子選手と比較して疲労骨折が多い傾向であった。女性アスリートにおいて「相対的摂取エネルギー不足」「無月経」「骨粗鬆症」の 3 徴候が着目されており, その主因は「相対的摂取エネルギー不足」によると考えられている⁷⁾。近年, 痩せている騎手は生物学的活性を有するテストステロン値と骨密度が低かったという報告⁸⁾があり, 男性においても摂取エネルギー不足によるやせ体型は疲労骨折の要因のひとつと考えられる。女性と同様に男性においても「エネルギー不足」「ホルモン異常」「骨粗鬆症」が関与している可能性があり, 今後さらなる研究を行っていく必要がある。

前述のように, 女性アスリートにおける「相対的摂取エネルギー不足」「無月経」「骨粗鬆症」の 3 徴候はその認知が徐々に広がりつつあるが, 「相対的摂取エネルギー不足」「無月経」の状態がいつ起きると「骨粗鬆症」になりやすいかというような時間的な問題への着目はまだ少ないと思われる。我々の高校駅伝の調査では中学時代の無月経が疲労骨折のリスクとなっており, 今回の調査でも中学で無月経の経験がある選手は無月経の経験がない選手より大学時代の疲労骨折の発症が多かった。一般的に日本人女性の初経発来の平均は 12～13 歳であり, その後骨密度は 12～15 歳で著しく増加する。無月経は骨密度の増加を妨げる⁹⁾ことから, 中学時代の無月経は骨密度が最も増加する時期にその増加を妨げる可能性がある。したがって, 練習量の増える高校・

大学で疲労骨折の発症が増えることは予想される結果であると言える。中学では月経が安定しないこともあるが、骨密度増加が著しい時期であることから、中学生の月経異常への介入は重要な課題であり、選手だけではなく指導者や保護者への周知も必要であると考えられる。

なお本研究の limitation として、これらの調査は選手によるアンケートのため、記載された内容に関してはより医学的な調査、検討および評価が必要である。例えば、週間走行距離や BMI などは疲労骨折をおこした際のものではないことが本研究の限界である。

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、好発部位による疲労骨折の早期発見、適正な練習量や練習内容、適切な食事摂取、女性における月経異常など、疲労骨折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日本学生陸上競技連合の御協力のもと、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. 大学生を対象とした大規模な外傷・障害調査を基に疲労骨折につき検討を行った。
2. 種目別での疲労骨折好発部位は大学生・高校生・中学生で大きな相違はなかった。
3. 疲労骨折の予防には、疲労の軽減や練習の休日、適切な食事摂取、適切な練習量が肝要であり、女性では月経異常にも注意する必要がある。

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) 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
- 2) 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
- 3) 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
- 4) 内山 英司(2003) 疲労骨折の疫学. 臨床スポー

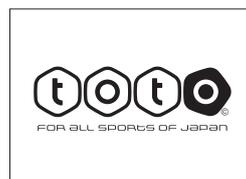
ツ医学 20 (増刊) : 92 - 98.

- 5) 田原 圭太郎, 鎌田 浩史, 山澤 文裕 (2017) 陸上競技ジュニア・ユース選手のスポーツ外傷・障害調査における疲労骨折に関する検討. 全日本中学校陸上競技選手権大会・全国中学校駅伝大会の調査 - 陸上競技研究紀要第13巻, 289 - 292.
- 6) 田原 圭太郎, 鎌田 浩史, 山澤 文裕 (2016) 陸上競技ジュニア選手のスポーツ外傷・障害調査における疲労骨折に関する検討. 陸上競技研究紀要第12巻, 179 - 181.
- 7) 難波 聡 (2016) 女性アスリートと骨障害. 日本臨床スポーツ医学会誌, 24 (3) : 377-381.
- 8) Dolan E, McGoldrick A, Davenport C (2012) An altered hormonal profile and elevated rate of bone loss are associated with low bone mass in professional horse racing jockeys. J Bone Miner Metab, 30(5) : 534 - 542
- 9) 目崎 登 (2006) 女性アスリートのスポーツ障害. 関節外科, 25 : 204-208.

誰もが世界一になれるわけでもない
誰もが日本代表になれるわけでもない
それでも人はスポーツをする
昨日の自分に追い越されないために
明日の自分を追い越すために
スポーツに鍛えられた人生は
勝っても負けても きっと負けない

スポーツは、自分を超越するためにある。

スポーツくじ



スポーツくじ (toto・BIG) の収益は、日本のスポーツを
育てるために使われています。

編集後記

3月3日に行われた東京マラソン2019では、冷たい雨の中、38,000人のランナーが都内マラソンコースを駆け抜けた。悪コンディションの中、エリートランナーも市民ランナーも老若男女が懸命に走る姿は感動的でした。東京マラソンは相変わらずの人気のまま、今回の抽選倍率も12.1倍になった。日本国民、否、世界中の人々が好んでマラソンを走る。”Born to Run”と言われるように、人類は長距離を走るように進化してきたという学説がある。もともと人間は走るが好きなのである。現代人といえどもその例外ではない。

ところが、現代の子どもたちはどうやらそうでもないらしい。小学生、中学生、高校生合計2,400人を対象に持久走・長距離走への態度を調査した研究結果によると（小磯透ら，ランニング学研究，2017）、小学校1年生の9割は走ることが好きであったのが、学年が進むにつれて嫌いがどんどん増え、高校生になると好き嫌いが全く逆転し9割が嫌いになってしまう。そして、学校を卒業してから、あるいは定年を過ぎてから、また走り始める。やはり、人間は走るのが好きなのである。すると、どう考えても現代の体育は子どもたちをランニング嫌いへ追いやっているとした解釈せざるを得ない。むしろ、その分析は慎重でなければならないが、体育の授業やクラブ活動での評価がパフォーマンスあるいは記録に偏りすぎていることも一因であろう。長距離を全力で走ることが前提であり、その記録で子どもたちは評価される。いつしか、持久走、長距離走は「苦しい」ものというイメージが固まり、本来の”Born to Run”が変形してしまったのである。

本号の特集では、「身体リテラシー」を取り上げた。子どものころの身体活動、スポーツ活動では、まず基礎をしっかり育てることが大切であり、その基礎を「身体リテラシー」と総称する。本特集では、子どものころはこの身体リテラシーの育成を主眼に置くべきことが種々の観点から論じられている。将来、パフォーマンス向上をめざすエリートランナーにもランニングを楽しむ市民ランナーにも、その基礎づくりがあつてのことと腑に落ちる。そしてそれは、何も特別なことではない。我が国においても昭和以前の時代なら、子どもたちだけでかけっこをしたり鬼ごっこをしたりして、遊びながら自然に身体リテラシーを育む環境が豊富に存在していた。都市化が進み、大人の関与が強くなるにつれて、いつの間にかそうした環境が乏しくなってきた。それが、子どものランニング嫌いにつながっていると思えてならない。平成の時代が終わり新しい御代を迎え、子どものランニング嫌いのこと、身体リテラシー育成のことをもう一度考え直してみるべき、と強く思うのである。

2019年3月

文責 伊藤静夫

【陸上競技研究紀要第14巻 編集委員会】

伊藤静夫（編集委員長）、榎本靖士（編集副委員長）、
高松潤二、森丘保典、青山清英、高橋義雄、桜井智野風、安井年文、眞鍋芳明

【日本陸上競技連盟・事務局】

磯貝美奈子・八幡賢司・大野果歩







 ATHLETICS AWARD 2018

 ATHLETICS AWARD 201





「陸上競技研究紀要」第14巻

2019年3月1日発行

発行人 尾縣 貢

発行所 公益財団法人日本陸上競技連盟

〒163-0717 東京都新宿区西新宿2-7-1 小田急第一生命ビル17階

TEL : 03-5321-6580

Bulletin of Studies in Athletics of JAAF

JAAF Japan Association of
Athletics Federations

