

陸上競技研究紀要

Vol.17, 2021

Bulletin of Studies in Athletics of JAAF



contents

特集企画

陸上競技における実践研究の活性化

原著論文

研究資料

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



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、研究資料、実践報告（指導法および指導記録の報告）、文献紹介に分類される。スタイルは和文、英文のどちらでもよい。

投稿論文には上記の投稿種別を明記し、日本語に続けて英語のタイトル、著者、所属をつけ、総説および原著には英文要約（150語以内）もつけなければならない。

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

3. 採否等について

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

4. 原稿の書き方について

本文は、A4判縦置き横書きとし、1頁に横42文字×縦38字で約1600字、刷り上がり10頁以内、図表もその頁数に含む、すべて白黒にて作成すること。

計量単位は、原則として国際単位系（m, kg, sec など）とする。

また、英文字および数字は半角とする。

5. 文献の書き方について

本文中の文献は、著者（発行年またはonline）という形式で表記する。

例1) 田中（1996）は -----

例2) 文部科学省（online）は -----

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

例) 吉原 礼, 武田 理, 小山宏之, 阿江通良 (2006) 女子棒高跳選手の跳躍動作 のバイオ

メカニクスの分析. 陸上競技研究紀要, 2 : 58-64.

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

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

例) 田中ら (1996b) は、-----

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

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

詳細は、「体育学研究」投稿の手引を参考にする。

6. 原稿の提出先

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

日本陸上競技連盟

「陸上競技研究紀要」編集委員会宛

E-mail : kiyou@jaaf.or.jp

7. 原稿の締め切り

原稿の締め切りは特に設けず、随時受理し、査読を行う。ただし、2021年度版は、2022年1月16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。

（2021年10月19日 改訂）

陸上競技研究紀要

Bulletin of Studies in Athletics of JAAF

Vol.17 2021

目 次

【特集企画】

陸上競技における実践研究の活性化 3

【原著論文】

日本トップレベルの陸上競技選手におけるパフォーマンスピーク年齢と期間
. 藤澤真由ほか . . . 54

学生中長距離選手を対象とした内的トレーニング負荷を用いたトレーニング評価
. 中村真悠子ほか . . . 66

【研究資料】

自己最高記録とその達成率およびワールドランキングからみる東京オリンピック陸上競技
個人種目入賞者の特徴
. 村山凌一ほか . . . 78

【報告】

女子跳躍・混成競技者を対象としたパフォーマンス測定プロジェクトに関する報告
. 犬井亮介ほか . . . 98

【日本陸連科学委員会研究報告 第20巻（2021）陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2021】
. 105

【エキサイティング メディカル レポート】
. 237

特集企画
陸上競技における実践研究の活性化

<特集企画>

陸上競技における実践研究の活性化

目次

- 特集のねらい 陸上競技における実践研究の活性化・・・・・・・・・・ 6
榎本靖士，森丘保典
- パラ陸上競技男子立位選手の100mにおける疾走速度分析とそのデータ活用の検討・・・・ 8
福田厚治，山本真帆，浦田達也，川端浩一
- 学生女子800m選手のパフォーマンスおよびレースパターンと体力の縦断的变化・・・・ 19
榎本靖士，門野洋介，丹治史弥，真下まなみ，中村真悠子
- コーチング実践を通じた女子走幅跳のパフォーマンス構造モデルの検証・・・・・・・・ 30
木越清信，山元康平，柴田篤志，犬井亮介
- やり投におけるバイオメカニクス研究に基づいた技術指導の実践・・・・・・・・ 35
田内健二，牧野瑞輝
- 陸上競技コーチング学の体系化に向けた実践研究のあり方について・・・・・・・・ 43
―根拠に基づく実践の最適化を目指して―
森丘保典，福田厚治，田内健二，木越清信，榎本靖士

特集のねらい 陸上競技における実践研究の活性化

榎本靖士¹⁾ 森丘保典²⁾

1) 筑波大学体育系 2) 日本大学

スポーツ科学において実践研究の価値が指摘され(福永, 2018), その方法論も検討されているものの(山本, 2018), 実践研究はそれほど広がりや深まりをみせていない. 山本(2018)は, 実践研究とは「現場での暗黙知を, 他者にも見えるような可視化されたデータ(形式知)で表し, それに考察を加えて磨き, 同業者にとって役立つ知見(実践知)にすること」と提案している.

科学哲学では, 科学は本来の真理を追求するモード1と, 社会の要請に応え役立つことを目的とするモード2に分けられ(表1), モード2科学の価値とともに知識生産の難しさと危うさが論じられている(ギボンズ, 1999; 伊勢田, 2011). スポーツにおける実践知を生産し, 役立てるためには, 暗黙知を実践における経験や作法のもとで理解され, 習得されなければならないと考えられる一方で, 暗黙知を形式知化することの重要性も指摘されている(野中と紺野, 1999; 結城, 2016).

教育学の世界では教育学と教育実践学の違いを認識しつつ, 教育実践研究における知識の質(論文)を評価する難しさがあることも指摘されている(市川, 1999). スポーツ科学は科学としてその

地位を築くため科学としての(論文による)知識生産を追求するようになったのは必然と言える. なぜなら科学は本来, 真理の追求であり, 社会や人の生活に役立つとか, 一般に広く普及させるものではなく, 知的生産活動を行なう科学者の共同体において, お互いにその確からしさを確認および批判し合う(コミュニケーションする)ものであり, 共同体の中において完結するものであるとも言える(村上, 1999). しかし, 科学技術の時代となり, 科学の研究成果を生かして実践を良くする開発がおこなわれるようになり, 社会に, すなわち実践に役立つ研究が期待されるようになった. スポーツ科学には伊勢田(2010)の言うモード2的科学研究や知識コミュニケーションが期待されているにもかかわらず, モード1的性質から抜け出せずにいる(むしろモード1的性格を強めている)と考えられる. 2000年あたりには現場に役立つ研究として学際的(インター・ディシプリナリー)研究が提案されたが, 伊勢田(2010)は超領域的(トランス・ディシプリナ

表1 科学のモード

モード1科学	モード2科学
世界の説明が主な目的	問題解決が主な目的
物理学・生物学など	環境学・情報学など
大学が研究の中心	大学・政府・自治体・企業などの協同が不可欠
CUDOSと呼ばれる科学のエートスを重視	CUDOSより問題解決への有効性が優先

Communalism 共有主義
Universalism 普遍主義
Disinterestedness 利害の超越
Organized Skepticism 組織的懐疑主義

伊勢田(2011)
科学の拡大と科学哲学の使い道
「もうダメされないための「科学」講義」

モード1科学
(基礎科学)
学術研究
ディシプリナリ

モード2科学
(応用科学)
学融研究
トランスディシプリナリ

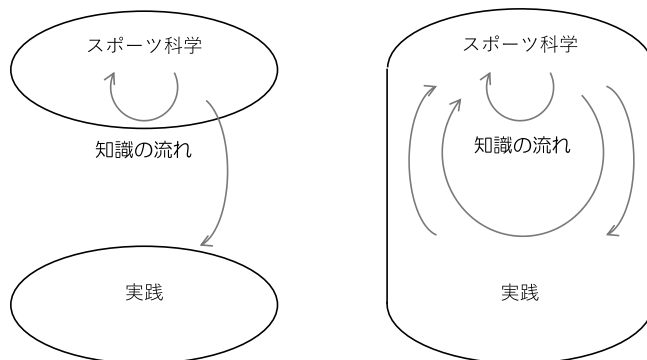


図1 学術領域研究(ディシプリン)と学融的研究(トランスディシプリン)

リー) 研究として従来の手法にとらわれず課題解決のための手法を用いることが不可欠であると述べている(図1)。

実践研究が活性化しない背景の1つには、モード2科学の質の保証の困難さが指摘されていることが関係していると考えられる。すなわち、実践研究は実践に役立つ知識(実践知)の生産および普及を企図しているが、そのためには、実践にかかわる人たちに理解される知識が必要となり、このためにはモード1的科学的手法や作法では実践に役立つことがしばしば困難となる。そのため実践にかかわる人たちの科学リテラシーの向上が望まれつつ、知識生産や普及の問題が指摘されることになる。そして、実践研究の質保証のために、伊勢田(2010)はモード1的科学で身につけた研究手法が役立つとは限らないこと、さらにギボンズ(1999)を引用し、これまでの査読や再現性といった質保証の基準に加えて市場性や社会的受容可能性を上げている。一方で、科学的手法にのっとらない疑似科学と区別するために、生データの共有や相互批判のフォーラムの強化などの異なるシステムの有効性を上げ、最大信頼性メタ基準を提案し、目的とする課題解決につながっているか、対象の性質や現場において最大限信頼できる手法を用いていることなどメタ基準として評価する、あるいはイメージすることで活性化すると述べている。質的心理学の方法論においても、やまだ(2010)は科学として再現可能性、省察性、不変性、そして予測可能性などがそなわっていることをあげている。

根拠に基づく実践(Evidence Based Practice: EBP)が国際的に望まれており、そのためにも実践研究は必要不可欠であろう。根拠(エビデンス:理論やモデル)に基づいた実践、そして研究の好循環により実践研究を推進することが、実践に役立つ知識を浮き彫りにし、実践を良くするために寄与するばかりでなく、実践研究を良くすることにつながるはずである。陸上競技における実践研究の質保証のための方法論や基準を議論することが、陸上競技学の発展と普及に不可欠であろう。本特集では、陸上競技における実践研究を、短距離、中距離、跳躍、投てき種目を例に執筆いただき、それらを相互に査読し、そこで生じる方法や内容に関する問題を議論することで陸上競技における実践研究の活性化を狙いとするものである。

引用文献

- 福永哲夫(2018) 体育・スポーツの実践研究はなぜ必要なのか. 福永哲夫・山本正嘉(編) 体育・スポーツ分野における実践研究の考え方と論文の書き方. pp. 1-7. 市村出版.
- ギボンズ, マイケル(1999) 現代社会と知の創造. 丸善ライブラリー.
- 市川伸一(1999) 「実践研究」とはどのような研究をさすのか-論文例に対する教心研編集委員の評価の分析-. 教育心理学年報, 38. 180-187.
- 伊勢田哲治(2010) 認識論的問題としてのモード2科学と科学コミュニケーション. 科学哲学 43(2) 1-17.
- 伊勢田哲治(2011) 科学の拡大と科学哲学の使い道. もうダメされないための「科学」講義. 菊地誠ほか(編) 光文社新書. pp. 65-100.
- 今井康雄(2015) 教育にとってエビデンスとは何か-エビデンス批判をこえて-. 教育学研究 82 (2) 188-201.
- 村上陽一郎(1999) 科学・技術と社会. 学術の動向 4 (11), 20-24.
- やまだようこ(2010) 新しい質的心理学の方法論を求めて. 心理学ワールド 51, 33-36.
- 山本正嘉(2018) 体育・スポーツの実践研究はどうあるべきか. 福永哲夫・山本正嘉(編) 体育・スポーツ分野における実践研究の考え方と論文の書き方. pp. 8-30. 市村出版.
- 結城匡啓(2016) 私の考えるコーチング論: 科学的コーチング実践をめざして. コーチング学研究 30, 97-104.

パラ陸上競技男子立位選手の 100m における疾走速度分析とそのデータ活用の検討

福田厚治¹⁾ 山本真帆²⁾ 浦田達也³⁾ 川端浩一⁴⁾

1) 兵庫県立大学 2) 国立スポーツ科学センター 3) 神戸医療福祉大学 4) 宝塚医療大学

はじめに

競技スポーツにおいては、国内外問わず各競技および種目についての分析や研究、科学的データを用いた選手の強化サポートなども盛んに行われており、競技と科学の関係性はますます強まっている。近年では「パラ陸上競技（以下、パラ陸上）」においても、オリンピック選手らと同じように代表レベルなど一部の選手については医科学サポートやデータの活用を行うようになってきたが、それ以外の選手や指導者も広く参考にできるような科学的な資料となると健常者のものに比べてかなり少ない。パラ陸上は、かつて「身体障がい者陸上」と呼ばれ、身体機能上のさまざまな障がいを有する選手たちが参加するスポーツで、健常の陸上競技のように各種目が性別で分けられているだけでなく、障がいの種類やその度合いによって細かく区分されたクラスに分かれて競われるものである。選手たちの障がいの部位や種類はさまざまで、例えば義足選手の場合、切断による残存部位の大きさが選手によって異なるなど1つのクラスの中であってもそれらが少し異なるようなケースは多い。このように部位の大きさが異なる場合は、筋のサイズや部分質量も個々で異なるが、それが生理学的または力学的なところや動作などに影響する可能性も考えられる。各選手の日頃のトレーニングやその指導においては健常選手のものを参考に行っていることが多いと思われるが、加えてこのような障がい特性や装具の使用などがあるため、健常選手より考えるべきことは多いかもしれない。パラ陸上に関する研究報告は全くないわけではないが、研究となるとその多くは例えば義足自体やそのクラスに関するものなどのように、ある一つの障がいカテゴリーだけを対象にしたようなものや、対象とされやすい障がいの種類に偏りがあるようである。そのため、一つの研究もしくはひとまとまりの研究として、パラ陸上に含まれる障がいの種類の

多くをカバーしているような研究資料はほとんどない。また、科学的資料が少ないのは競技人口の少なさなどもあるであろう。その上、前述したようにパラ陸上ではクラスも細分化されているので、競技者数がごく少数となるクラスもある。そのため、事例報告等以外では研究として扱いにくいということもあるのだろう。

著者は、日本パラ陸上競技連盟（以下、日本パラ陸連）の強化委員会において、立位にて競技を行う短距離・跳躍パートのコーチを担当し、視覚障がい、脳性まひ、上肢もしくは下肢の切断および機能障がい（義足等装具使用含む）など、さまざまな障がいの種類にわたる男女強化指定選手の競技力向上を図る立場としてパラ陸上と関わってきた。その活動の中で、トレーニングメニューを検討していたときに気になったことがあり、科学的データを参考にしたいと考えたが、パラ陸上に関する全体的な基礎データや競技特性、もしくはそれぞれの障がいごとのデータなどを資料として目にできるようなものがあまり見当たらず困ったことがある。こういった立場でパラ選手を指導する場合、障がいのある選手の指導だから難しいということだけではなく、異なる種類の障がいを有する選手たちを対象として競技力向上を考える必要があるというところにも難しさがある。例えば、一般的に陸上界ではスプリント系のトレーニングとして、加速走やスタートダッシュ（以下、SD）を行う場合、30mや60mなど、ほかいくつかの共通的な距離を用いて行うことが多いが、パラ陸上においても男女やクラスに関わらず、100mのためのトレーニングとしてこれらと同じような設定で行うことやそれをベースとして距離や本数を少し調整するなどして行うことが多いと思われる。しかし、さまざまな障がいや記録が含まれるパラ選手のトレーニングにおいて、そのような距離設定は広く多くの選手に対して適切といえるのだろうか。このような一般的に行われている距離設定には、100m

の最高速度は50-60m区間に多く見られるというような、阿江ら(1994)や松尾ら(2006),もしくはさらに以前から多数報告されている健常選手の疾走速度に関するものが参考にされていると思われる。しかし,これらの報告は競技力が比較的高い選手を対象としているものが多く,健常選手だけでみてもそれらトレーニングの一般的な設定のすべてが幅広い競技レベルの選手に対して適切に適用されているとは言えないようにも思える。そのため,パラ選手に対してとなるとさらにそのままでは適切ではない可能性がある。それは,健常選手との違いとして,障がいがあることだけでなく,競技記録が一般的にイメージされる記録の範囲とは大きく異なる選手がいるからでもある。

また,本研究の対象ではないが,パラ陸上の100mでは車イス(レーサー)のクラスもある。多くの健常選手やパラ立位選手と同じようにスタート時から全力運動を行うが,トップレベルの男子選手においては,そのレース中の最高走速度はフィニッシュライン付近の場合がある。なお,そのクラスの日本記録は14.07秒である。しかし,そこでレースを終えているので,仮にそのあとも直走路が続くような場合は速度をまだ上げていくことが可能かどうかは不明であるため,100mレース中の最高速度はその選手の「最大速度」ではないかもしれないことは非常に興味深い。このように,100mという種目であっても,健常選手とは全く異なる場合もある。しかし,パラ陸上ではそれらの科学的な分析や検証が広く行われていないため,トレーニングにおいては,目的に対して疾走距離などが適切な設定ではないまま行っている可能性もある。競技パフォーマンスの向上において,個々のトレーニング実践の報告なども重要ではあるが,パラ陸上においては,個別の選手の実践的な報告の前に,その実践を深める上でパラ陸上としてのトレーニングの考え方の基となるものの科学的な検証や確認が必要なものがまだ多数あるような段階であるとも考える。

本研究では,立位で競技を行う複数種類の障がいクラスのパラ選手における100mレース時の疾走速度について分析し,報告されている健常選手のものとの比較やパラ選手の中での速度データの検証および検討をすることで,上位レベルの選手だけでなくさまざまな競技レベルのパラ選手のプリントトレーニングにおいてできるだけ適切な設定を行う上での参考となる情報や知見を得ることを目的とした。

方法

2018年および2019年に国内で行われたパラ陸上の競技会において,100m出場者の疾走速度をレーザー式速度測定器(LDM301S, JENOPTIK社製)により,サンプリング周波数100Hzにて計測した。本研究で示す測定対象は,パラ陸上におけるクラス分けのうち立位で競技を行うクラスに属する男子短距離選手で,日本パラ陸連強化指定選手の一部とほかランダムに選出した選手,9クラス計27名(測定時の記録:11秒前半~17秒中盤)である。なお,クラスおよび記録等の記載については個人が特定されないよう配慮するため,詳細までは表示しないこととする。また,パラ陸上では競技会出場者であっても,義足選手などには疾走技術が十分に身につけておらず,疾走速度の様子が不安定な場合もあるため,主観的に疾走技術が不十分とみられた選手については,対象から除外している。

レーザー式速度測定器で計測した疾走速度は,遮断周波数0.5から0.7Hzの範囲で平滑処理を行い,本研究ではそれ以外の平均化等を行わずそのまま示すこととした。そのため,本研究ではそれぞれの瞬間的な最高速度到達が何m地点であったかは取って詳細にしないが,加藤ら(2002),広川ら(2005,2007),浦田ら(2019)の報告を参考に,最高疾走速度を100%とした相対走速度を求め,おおよそ最高速度状態に近いところとして相対走速度が98%に到達した地点および時間(以下,98%速度到達地点もしくは時間),98%を下回り出した地点および時間(以下,98%速度低下地点もしくは時間)を調べ,その区間の距離および時間をそれぞれ最高速度維持距離もしくは最高速度維持時間として示した。速度減率については,最高走速度がみられた地点を含む10m間の平均走速度と90mからフィニッシュラインまでの最終の10m間の平均走速度から,その低下率を算出した。

統計処理については,各項目間の関係をみるにあたってPearsonの相関係数を求めた。なお,有意水準は5%未満とする。

計測データの一部には,東京2020パラリンピックにおいて日本チームが銅メダルを獲得したユニバーサルリレーの強化にあたって,参考として計測したものも含まれている。ユニバーサルリレーはルール上,異なる障がいおよび性別間での継走となるため,100mの記録や疾走速度の差が大きい選手間でつなぐ場合があるので,各選手の加速特性や100m終盤の減速の様子などリレーゾーンで活用で

表 1. 代表的な立位クラスの 100m 日本記録および健常選手の日本記録からみた記録到達率

障がい種別	クラス	男子	到達率	女子	到達率
視覚	T11	11.62	85.6%	13.45	83.3%
	T12	11.27	88.3%	12.39	90.5%
	T13	11.25	88.4%	12.95	86.6%
脳性まひ	T36	12.48	79.7%	15.37	72.9%
	T37	12.64	78.7%	15.07	74.4%
	T38	11.39	87.4%	13.71	81.8%
上肢	T46	11.05	90.0%	14.49	77.4%
	T47	11.16	89.2%	12.85	87.2%
下肢 (片側義足)	T63	12.61	78.9%	15.75	71.2%
	T64	11.37	87.5%	13.43	83.5%
平均		11.68	85.4%	13.95	80.9%
標準偏差		0.64	4.5%	1.16	6.6%
健常選手		9.95	100%	11.21	100%

(記録は2022年2月14日現在)

※クラスの数字の下一桁は障がいの程度を意味する。数字が小さいほうが重度。

きる予備情報を得ておく上で活かされた。

結果および考察

前述のように、パラスポーツの競技パフォーマンスに関する研究において課題の一つとして挙げられるのは、競技人口の少なさである。障がいクラスごととなるとさらに少数となるため、トップ選手のデータをみることはできても、その障がいやクラスとしてのパフォーマンス特性を検討するまでは難しい場合も多い。また、科学論文等においては、骨格や筋力、身体組成などにみられる身体的な違い等の理由により、男女をまとめてみることは適切ではないとされることが多いが、そのように考えるとパラ選手の場合は身体的な障がいの種類がさまざまあり、それをひとくりに扱うことが不適當となるとパラ選手に関する総合的な科学的検討は非常に困難になるところもある。もちろん、本来は障がいの違いを考慮し、個々に検討するほうがより適切であることのほうが多いとは思いますが、場合によっては広くみるものもあってよいのではと考える。本報告は男子選手のものだけであるが、今後のパラ陸上の発展に貢献する一つの礎になればと考え、それぞれの障がい特性にはあまり細かく触れず、広くデータの見方・捉え方を確認するものとして示すため、各図表においては基本的にはクラスが区分されていないも

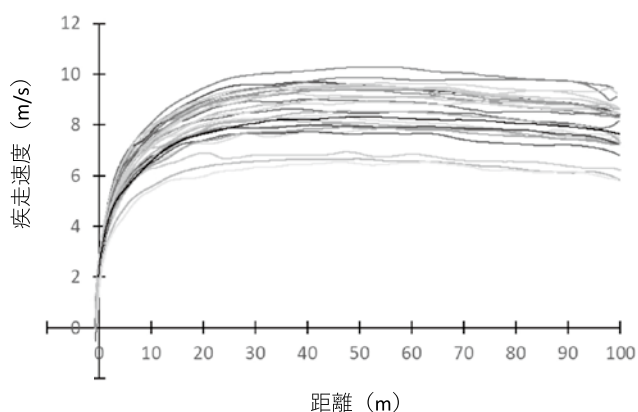


図 1. 100m レース時の距離 - 速度曲線 (n=27)

のとした。

パラ陸上の 100m の記録が健常選手のもの比べてどのようなものを表 1 に示した。本研究の対象クラスを中心とした代表的な立位クラスの日本記録と、それが健常選手の日本記録に対してどの程度の到達率であるかを一覧にした。このように日本記録だけを取り出して健常選手と比べると、男子は比較的ばらつきが小さく平均 11.68 秒で健常選手の日本記録とは 1.73 秒差であり、その差は比較的小さい。しかし、日本記録では遅いクラスでも 12.6 秒程度であるが、いわゆる一般のパラ選手となるとそれと同じクラスで疾走技術もある程度身につけているといえるような選手の中には 17 秒台の選手もいるなどの特性であるといえる。

1) 距離に対する疾走速度の変化

基礎的なデータとして、図 1 に男子パラ選手 27 名分の「距離 - 速度曲線」を、表 2 に各分析項目の平均値および標準偏差、最大値、最小値と 100m 記録との相関係数を示した。100m 記録と最高疾走速度はこれまでも多数報告されている健常選手のものと同様に(阿江ら, 1994 など)、パラ選手においても高い相関関係が示された(表 2, 図 2: $r=-0.985$, $p<0.001$)。距離 - 速度曲線を見ると、競技記録による疾走速度の違いや一部の選手の曲線にやや揺らぎがみられるものはあるが、ほとんどのものは広川ら(2007)などで示されているような健常選手のデータでよく目にする速度変化パターンと大きな違いはなかった。98%速度到達地点が最もスタートラインから近い選手は 18m 地点、最もスタートラインから遠い選手で 51m 地点であったが、多くの選手は 20m 台や 30m 台であり、平均 $31.48 \pm 7.40m$ であった。98%速度到達地点が比較的スタートに近い 20m 台の選手には、脳性まひの選手が多く含まれ、反対に、

表 2. 全対象選手の各項目の平均値, 標準偏差, 最大値, 最小値, および 100m 記録との相関係数

パラ陸上 男子 n=27	100m記録 (秒)	最高速度 (m/s)	地点 (98%速度) (m)			時間 (98%速度) (秒)			速度減率 (%)
			到達	低下	維持距離	到達	低下	維持時間	
平均	13.30	8.70	31.48	67.66	36.18	4.93	9.19	4.27	6.98
標準偏差	1.63	0.99	7.40	8.93	7.69	1.08	1.48	1.12	2.09
最大値	17.57	10.27	51.45	92.50	53.43	8.12	12.60	6.72	10.34
最小値	11.18	6.56	17.92	50.21	23.35	3.69	6.57	2.80	2.25
相関係数 r (記録)	1.000	-0.985***	-0.216	-0.115	0.074	0.356	0.680***	0.556**	0.207

** ; P<0.01, *** ; P<0.001

到達地点が遠い 40m 台の選手には比較的記録のいい義足選手 (特に下腿義足) が多かった。その後, 98%速度低下地点は, 70m 台から 90m 付近にかけて義足選手と視覚障がい選手 (特に全盲 (ガイドランナーあり)) を中心に数名いる程度で, ほかは 50 から 60m 台に多く, 平均は 67.66 ± 8.93 m であった。これにより, 最高速度維持距離としては, 最も短かった選手でおよそ 23m, 長かった選手でおよそ 53m, 平均では 36.18 ± 7.69 m であった。なお, 100m 記録と 98% 速度到達地点および低下地点, 最高速度維持距離のいずれの間にも有意な相関関係はみられなかった (表 2)。

2) 時間に対する疾走速度の変化

本研究においては速度維持能力を時間の点からもみるために, 「時間 - 速度曲線」 (図 3) を示した。短距離走の時間による検討は, 学校体育での児童の短距離走として適切な距離や内容の検討をした研究 (伊藤, 2007 ; 浦田ら, 2019 など) において用いられてはいるものの, 一般の健常選手, 特にトップレベルの選手を含むものでは多少みられる程度で (松尾ら, 2010 ; 大沼ら, 2020), あまり多く示されていない。パラ選手において, 98% 速度到達時間は最も早い選手でスタート後およそ 3.7 秒, 最も遅い選手はおよそ 8.1 秒であったが, 平均は 4.93 ± 1.08 秒であった。また, その到達時間と 100m 記録の間に有意な相関関係はみられなかった (表 2)。ここでは, 98% 速度到達時間としてみたものであるが, これは, 大沼ら (2020) が最高走速度の到達時間と 100m 記録に有意な相関関係はなかったと健常選手について報告しているものと似たような結果であると考えられる。98% 速度低下時間を見ると, 最も早かった選手はスタート後およそ 6.6 秒, 最も遅

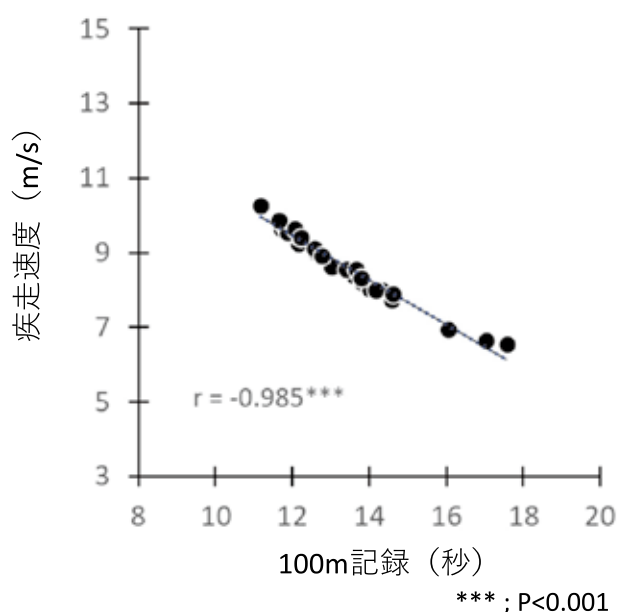


図 2. 100m 記録と最高疾走速度の関係

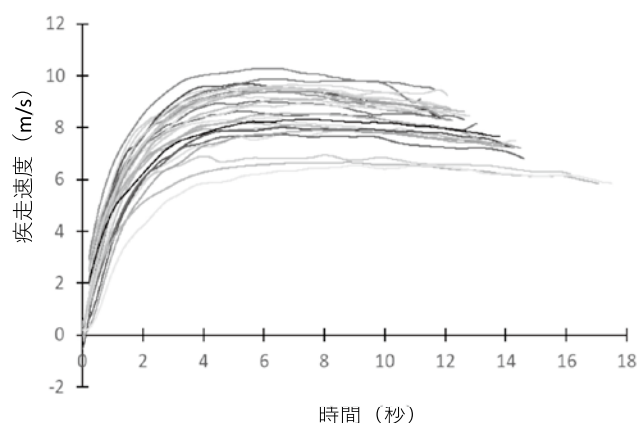


図 3. 100m レース時の時間 - 速度曲線 (n=27)

かった選手は 12.6 秒であり, 平均ではスタートから 9.19 ± 1.48 秒経過後に 98% 速度を下回り出していた。また, 100m 記録の高い選手ほどこの低下

時間を迎える早さは有意に早い傾向がみられた (表 2, $r=0.680$, $p<0.001$). 98%速度に到達してからそれを下回り出すまでの最高速度維持時間は, 男子平均は 4.27 ± 1.12 秒であり, 100m 記録との関係では有意な正の相関関係がみられた (表 2, $r=0.556$, $p<0.01$). つまり, 98% 速度到達時間はあまり記録と関係しないようであったが, 記録の低い選手 (時間として遅い選手) のほうが 98% 速度以下に低下し始めるのは遅く, 維持時間としては記録の低い選手のほうが長くなっていたということである. なお, 98%速度を 5 秒間以上維持していた選手は 27 名中 9 名おり, その内訳は大腿義足が 4 名, 脳性まひが 3 名, 下腿義足および視覚障がいが 1 名ずつであった.

これらの結果から, 100m レースにおける「スピード持久能力」について検討する. 本研究で示した, 最高速度維持区間やその後フィニッシュまで速度低下状態で走る区間の様子をもってスピード持久能力を示す場合がある. これに関連してトップレベルの健常選手について報告した広川ら (2005, 2007) は, 高い速度がより長く持続されていけばタイムは短縮されると考え, 最高速度の 98% 以上で走る区間の長さについて検討し, その長さによって維持能力の高さを示しているが, その長さとは距離であって時間については特に言及していない. この「持久」という言葉には「長時間持ちこたえること」という意味があり, どちらかというとき間的要素が濃いものである. 本研究のこの維持時間の長さについては, 障がいの種類や特性によるものかもしれないが, 記録 (運動時間) によるものもあるかもしれないと考えた. 結果を単純に考えると, 記録の高い選手は高い走速度を長時間持ちこたえることができているようにみえてしまうが, むしろ, 記録の低い選手のほうが「長時間持ちこたえている」もしくは「持ちこたえられるようにしている」と考えるほうがよいのかもしれない. このあたりは, 小学生の短距離走について主観的運動強度の観点からも調べた伊藤 (2007) の報告を参考にすると, 対象選手の中の 16 秒や 17 秒などの記録の選手の場合, そのタイムは男子の健常選手でいえば 100m より 200m の記録に近く, 自身のフィニッシュまでにかかるであろう時間に持ちこたえるために, 本来もう少し出せるはずの最高速度自体を少し抑えてレース後半に備えているなど, 戦略的な工夫もしくは心理的なブレーキが働いたことによるものであることが推測される. また, レース中の最高速度がその選手の本来の「最大速度」かどうかについて確かめられることはないため, そ

うではないケースもあり得るかもしれない. この場合, その抑えた最高速度をこのレース中の 100% として, さらにその 98% 速度をみていることになるので, わずかかもしれないが体力的に余裕を持って走ることができ, 時間的に長く持ちこたえられたということも考えられる. もしそうであった場合, 全力疾走によってより高い走速度を維持しようとしているのか, 本来の最大速度だと長く持たないのでやや抑えた速度で長く維持できるようにしようとしているのかではレース中に行おうとしていることが異なるため, この区間の距離や時間で一律に「スピード持久能力」を評価するのは不適切といえよう. このような場合, 「能力」ではなく「戦略」として認識するほうが適切かもしれない. 本研究のように記録が極端に異なる選手を含めてみると, 維持距離や維持時間の「スピード持久能力」としての扱いに少し慎重になるべきであることに気づく. 強化指定選手など上位レベルの選手のみを対象とした場合や, ある障がいクラスだけに絞って調べた場合はみえなかったものとも考えられるが, このように広くみて検討すべきということはパラ選手に限ったことではないかもしれない. この維持時間の長さが, スピード持久能力と呼べるものかほかの影響によるものかは, 今後, 障がいごとのデータ数を可能な限り増やし, それぞれ分けて検討するなどの必要があると考える.

ここで, 対象選手から 100m 記録が 16 秒以上であった選手 3 名を除いてみると, 全対象者の際は 0.1% 水準で有意であった 98% 速度低下時間と記録との相関関係はその有意確率が 5% 未満に低下し, 1% 水準で有意であった 98% 速度維持時間と記録との相関関係については有意ではなくなった. さらに 14 秒以上であった選手 4 名も除くといずれの項目も有意ではなくなった (図 4, 表 3). つまり, 記録の高い選手や 14 秒以内くらいまでのある水準までの記録の選手は, スタート後およそ 4.7 秒で 98% 速度に到達し, その後 8.6 秒程度で 98% 速度を下回るため, その維持時間としては平均的に 3.9 秒あたりにそれぞればらつくということである. これに関連して, 健常者を対象に「出来る限り速く, 走り得るところまで走る」という指示のもと行われた小木曾ら (1997) の研究において, 疾走スピードの時間に対する変化特性や最大平均スピードに関する時間的特性は, 年齢, 性別, 疾走能力およびトレーニングの有無にかかわらず, ほぼ一定であったと報告されており, パラ選手を対象とした本研究の結果と非常に似通ったところがあるため, パラ選手についての

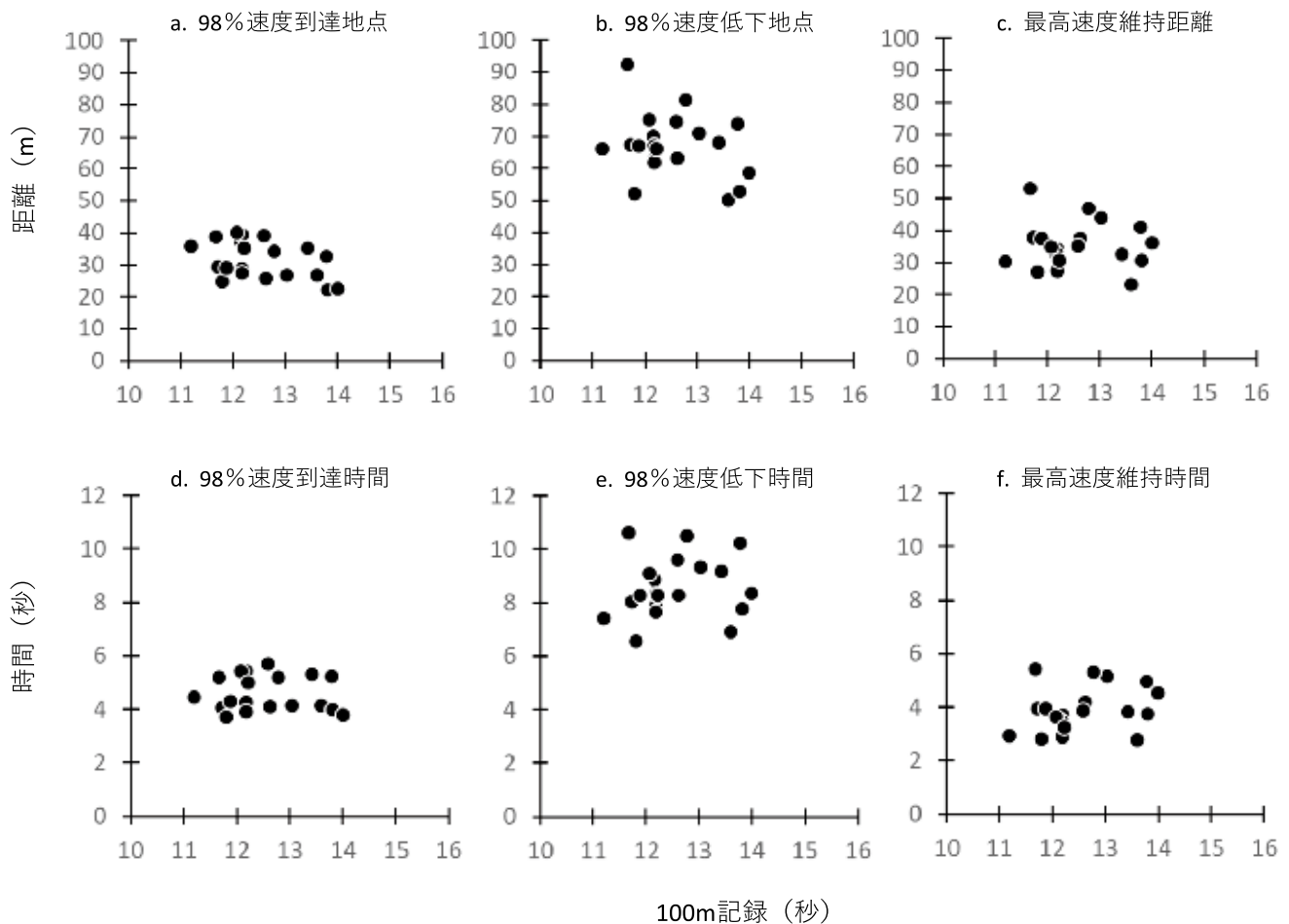


図4. 14秒以内の選手の100m記録と98%速度到達および低下, 最高速度維持の距離および時間の関係 (n=20)

表3. 14秒以内の対象選手の各項目の平均値, 標準偏差, および100m記録との相関係数

パラ陸上 男子 n=20	100m記録 (秒)	最高速度 (m/s)	地点 (98%速度) (m)			時間 (98%速度) (秒)			速度逡減率 (%)
			到達	低下	維持距離	到達	低下	維持時間	
平均	12.53	9.15	31.73	67.25	35.52	4.66	8.59	3.92	6.91
標準偏差	0.81	0.61	5.89	9.96	7.08	0.66	1.12	0.82	2.31
相関係数 r (記録)	1.000	-0.989***	-0.431	-0.289	-0.048	-0.085	0.154	0.279	0.171

***; P<0.001

走速度に関する時間的特性を検討する上でも参考になると考える。これらのことから、パラ立位選手の100mにおいてはこのあたりの記録を境に運動時間が長くなると「長時間持ちこたえられるようにしている」可能性があると考えられるが、ここで対象から除いた16秒や14秒という数値はあくまでも試行的に見てみたものであって特に根拠はないため、具体的にどのあたりの記録がその境界となりそうかなどは詳細な検討が必要であろう。

3) 相対走速度と速度低下

パラ選手の速度逡減率を調べると、100m記録と

有意な相関関係はみられなかった(表2, 表3)。図1の距離-速度曲線でも、また、松尾ら(2008)による健常選手の国内上位者の報告などでも、最高速度や平均速度など高さに違いはあってもそれぞれが描く曲線の様子は似ているものが多いことがわかるが、この曲線では時間に伴う速度の変化を感じることができない。少し見方を変えて、「時間-相対走速度曲線」(図5)として示すと、それぞれの曲線の右端は縦方向にあまり大きな違いがなく、加賀谷ら(1985)が示した児童のものとも同様の様子が示された。これは、それぞれの最高速度(100%)からフィニッシュまでの時間経過の中における相対走速

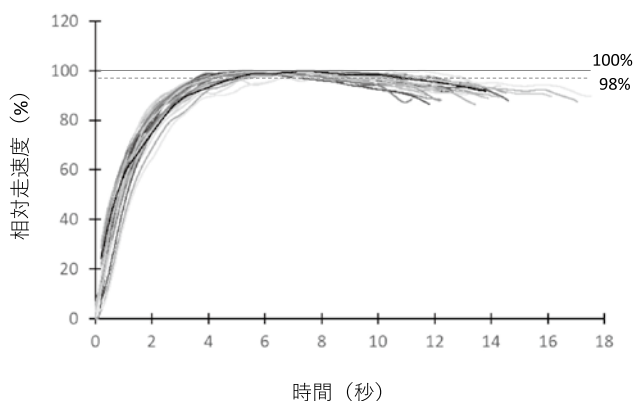


図 5. 100m レース時の時間 - 相対走速度曲線(n=27)

度としての低下を意味しているが、例えば相対走速度として同じ低下率であったとしても、記録の高い選手は比較的短時間で、記録の低い選手は長い時間をかけて、その大きさの相対速度の低下を起こしていたことを意味することになる。このように考えると、最高速度とフィニッシュ手前の速度の 2 つだけを使って求める速度通減率は、その値で示しているのは最高速度からの低下率だけであって、その低下に要した時間はわからないため、低下が緩やかだったのか激しかったのかのようなものまでは十分に表せていないことがわかる。速度曲線は選手の特徴をみる資料であるが、距離についてだけでなく、できるだけこのように距離と時間の両方の様子を同時に確認することでより適切に選手の特徴を確認できたり、走運動の特性を知ることができるものである。

実践への提言

本研究において、このように速度変化の様子や最高速度付近のことを調べたのは、パラ陸上の 100m における練習やトレーニングの設定の一つの資料とするためであった。しかし、走速度の時間的特性については健常選手とも共通点が多いようであることから、ここからは健常選手の 100m の考え方にも触れながらの提言としたい。また、本研究では個々のパラ選手の日常的なトレーニングについて調べたものではないため、トレーニング等を実践してどういった効果がみられたかなどには言及できないが、日常のトレーニングの中により科学的なことに基づいた取り組みを取り入れる上での考え方として示すものである。

・速度データのまとめ

これまで、パラ陸上においては 100m の競技記録の幅の広さと、それによる考え方の検討が求められ

ることを述べてきた。またこれらには、記録を区分して考えるべきと感じられるところもあった。記録の低い選手について今回は具体的な検討はできないが、14 秒以内の選手だけでみた場合の値に基づく以下のようなことがわかった(図 4, 表 3)。男子パラ選手がスタート後 98% 速度に達するのは、時間では記録に関係なく 4.7 秒付近の一定の時間のようにであった。距離については平均およそ 32m 地点であり、そのばらつきは 5% 水準にわずかに届いていなかったが記録の低い選手はやや短い距離で、高い選手はやや長い距離で 98% 速度に達している様子がみられた。その後、98% 速度を下回るのは距離では平均 67m 地点、時間では 8.6 秒程度経過時であった。そのため、最高速度維持時間としてはおよそ 3.9 秒あたりに、距離は平均的に 35m 程度を中心にはばらついていて、最高疾走速度の到達時間について、小木曾ら(1997)は男女ともほぼ 6 秒から 7 秒の間にみられるということや、非トレーニング群に比べてトレーニング群のほうがその時間のばらつきが小さく安定していたことを報告しており、健常選手の瞬間最高速度について調べた松尾ら(2017)も、その到達距離においては男女間で有意におよそ 9m の差があるものの、到達時間については男女とも 6.3 秒あたりで有意な差はなかったと報告している。本研究でも、記録が 14 秒以内の男子パラ選手の平均はおよそ 6.3 秒と同様の様子がみられた。したがって、疾走速度の時間的特性については、男子選手の立位での全力運動の場合は、基本的には障がいの有無や競技レベルにかかわらず同じようなものとして扱ってよさそうであると考えられた。100m の場合、選手はより早くフィニッシュラインを駆け抜けたいと考えてスタートしたあと、ほぼ全力運動により加速していき、やがてそれぞれの最大速度に達する。100m のこの過程はほぼ全力であるがゆえ、ほかの短距離およびトラック種目に比べると、選手間やコンディションなどでの違いは非常に小さいものであろう。また、時間的にみて同じような運動や過程を辿る中で何が競技パフォーマンスに効いてくるのかとなると、その時間でより大きく移動することを可能にする疾走速度、特に最高疾走速度の高さということがより明確になる。以前から示されていたこれらのわかりやすい情報が、ある程度の範囲のパラ選手にも適用できるということがわかったことは、本研究の大きい収穫であろう。

・科学的データに基づいたトレーニング実践

これらに基づき、日本パラ陸連の合宿等でのスピード能力向上を目的としたトレーニングでは、加

速走などに代えて「8 秒間走」を行う機会を増やした。前述のように、このような合宿では記録が大きく異なる立位の各クラスの男女選手と一緒に練習することが多い。そのため、加速走の場合は限られた距離での設定だと全選手に対して適切な設定にならないと考え、また、複数の選手で同時に行うこともできるものとして時間走を採り入れた。この短い時間での時間走は、スタート位置を合わせると周りの選手を感じながら加速の確認を、フィニッシュ位置を合わせると特に高速度で競り合うような場面を経験させることができる。この場合、初回だけは各選手のスタート位置の調整のため、すでに得られているであろう SD の 60m などのタイムを参考に、8 秒時点でどのあたりを走っているかを推定しておく必要がある。各試技について、フィニッシュ位置を固定する場合は 8 秒時点でのフィニッシュラインからのおよその誤差が確認できるよう、ハイスピード動画機能のあるスマートフォンやタブレットで動画撮影を工夫することで、次のスタート位置の調整がしやすい。この時間走という方法は、200m や 400m のためのトレーニングなどでは少し長い時間設定で用いられることもあると思うが、100m のスピード能力向上を目的としたものなかでは、それほど多用されていないと思われる。しかし、このごく短時間で行われる 8 秒間走は、以前から小学生の短距離走の取り組みとして適切な距離の検討（加賀谷ら、1985；加藤ら、2002；伊藤、2007）などとともに提案および実践されてきているものである（山本ら、1988；上岡、2009）。小学生の身体への負担などを考慮して検討されたものではあるが、最高速度で走ることができ、身体的に過度の負担を強いることなく、心理的にもちょうどよい（伊藤、2007）状況で行える点から、競技者に対しても短距離走の本質的なトレーニングとして適していると考えられる。陸上競技としての短距離走などトラック種目は、距離で設定されているため、その距離をどのように走るかという発想で考えてしまいがちである。それぞれ、その距離をいかに短時間で走れるかを競うものであるが、考え方を変わると短時間でより進めるかを競うようなものでもある。時間をベースに全力運動を考えると、以前から最大筋活動は 7.5 秒程度しか持続できないということや（Margaria, 1976）、そのあたりの時間を過ぎれば ATP-CP 系のエネルギーの低下により速度は低下していく（Hirvonen, 1987）と報告されている。したがって、全力運動の場合はこのような生理学的な制限要素によって共通的な時間的特性があると考えられるため、その時間で

よりフィニッシュラインに近づいておくべきであり、走速度はその時間経過付近から低下はしていくが、下がってもなお高い速度であるほうがよいので、低下前の最高速度がより高くある必要があるということになる。なお、ウサイン・ボルト選手が 9.58 秒の世界記録を出したレースでは 80m 地点の通過が 7.92 秒と報告されており（松尾ら、2010；Graubner and Nixdorf, 2011）、8 秒経過時で考えると最高速度からは低下しているものの、やはりおよそ 98% 速度レベルの 12m/s 少しの状態を迎え、残り 19m 程度であるのであと 6 歩強、時間では 1.6 秒程度でフィニッシュラインに到達するところまで来ていたということになる。このように具体的に残りの距離や歩数、時間をみると、いかに 8 秒程度の時間でより進んでおくべきかということを感じられるのではないだろうか。ボルト選手は相対的に後半抜け出すように見えるため、高い速度を保つ能力が他選手より優れているように思われがちだが、速度変化を相対走速度として時間的にみるとパラ選手と同じようなものでもあり、時間的な持久能力は特に優れているとはいえないと考える。しかし、このような速度変化はすべての人が全く同じ時間でそうなるというわけではないであろうし、個人内でも毎回同じタイミングというわけではないと思われるので、レースにおいてはその微妙な違いが展開を左右し、それが競争としては面白さをもたらしていると考えられる。とはいえ、選手間で大きく異なるものでもないであろうし、トレーニングによっても競技パフォーマンスに強く貢献するような変化はほとんど起こらず、全力疾走時に簡単かつ効果的にそのタイミングを操作できるようなものでもないと考えられる。これについては、広川ら（2005）が報告したトップクラスの選手の様子をみても感じられよう。

・「8 秒間」の中で重視したこと

ただし、著者らは最初から「8 秒間走」をパラ選手に用いようと考えたわけではなく、時間設定を検討する上でパラ選手の 98% 速度低下時間を参考のベースとした。14 秒以内の選手のその平均はおよそ 8.5 秒であったため、その少し手前くらいまでとしようと考えて設定したものである。パラ選手に対して 8 秒間走を初めて行った際、加速走より回復が早いと話す選手もいた。そのような場合、加速走の設定が運動時間として 8 秒間より長くなるような距離設定となっていた可能性がある。7 秒や 8 秒あたりにおける 1 秒や 2 秒、もしくは距離としての 10m や 20m のような違いから受ける主観的な疲労などの感じ方には個人差があると思われるが、それは感じ

方の違いだけでなく、個々の加速特性などパフォーマンスの実際において少しの違いがあるがための個人差が含まれていると考えられる。また、8秒間という時間については、スタートから5秒程度で最高速度もしくはそれに近い状態に達した上で、その付近の高速度状態で3秒程度疾走するようなイメージでの設定であり、トレーニングとしてやや負荷を掛ける目的を持って行った設定であるが、選手の個人差を考慮し負荷を掛け過ぎないようにしたものでもある。本研究で示した98%速度維持時間などでは、数値上速度が保たれているということで「維持」という言葉を用いたが、100mを走る選手としては最高速度をこのくらいで十分と思って自分で決めたり、そのあたりの速度を維持しようとしているわけではなく、あわよくば無理のない範囲で少しでも上げることができればと思って走っているが、そのときの能力や状態ではもう上がらないという場面であるはずである。つまり、この維持期間の3秒間程度は、自身の出せる速度に対してポジティブにチャレンジしている場面、もしくは自身の最大スピードに身体をより適用させようとしている場面とも考えられ、スプリントトレーニングの中では非常に重要な場面であると考えられる。ここで言う最大スピードへの身体の適用とは、筋の特性である「力-速度関係」に対するものや、地面への力の作用にも関連するような合理的な疾走動作（伊藤ら、1998）に関するものなどが考えられよう。一般的に、短距離走においては短い接地時間の中でできるだけ大きい力発揮が必要というところはある程度広く認識されている。このあたりについて、福田と伊藤（2004）や小林ら（2009）が短距離走を地面反力の観点から報告したものなども参考にされていると思われる。福田と伊藤（2004）は、疾走中は身体が地面上を高速で移動している状態にあることを相対的にみて「後方へ速く動く地面に対していかに短時間に大きな加速力を発揮できるかが最大疾走速度を決定する」と解説しているが、その報告において特に重視すべきところは、「短時間」というところだけでなく「後方へ速く動く地面に対して」ということも含めたものであると考える。この報告に基づいて、力学的に走速度決定のメカニズムを概括的に解釈すると、疾走時は、走者が接地した瞬間、地面は後方へ遠ざかろうとするが、その地面の動く方向と速さに対して、下肢の筋活動や動作などによって余裕をもって力発揮ができる間は、加速成分の力積が減速成分の力積を上回り走速度は加速するが、走速度が上がれば高速度で後方へ遠ざかる地面への力発揮が

筋の力-速度関係により困難になっていくので、加速成分の力積は減少していく。その後、ある速度のとき、加速成分の力積が減速成分の力積を上回れなくなれば、それ以上加速ができなくなるため、その速度が最高（最大）速度ということになる。このことから、力発揮が困難な高速度状態で十分な加速成分の力積を獲得できるようにしていくことが必要であると考えられる。ただし、このような力学的な説明や、本文中で用いた全力運動という表現などは、現場において誤解されやすいところがあると考えためここで整理しておくが、これらで示した「全力」や「大きい力発揮」というのは、精一杯頑張っって大きい力を出すというようなことを意味しているものではない。また、中間疾走においては加速成分（後方）の力積を得るために、より後方に向けて力を込めて地面を蹴るべきというようなことでもない。そのようにして行う力発揮では高速度に対応できないと思われるので気をつけてほしい。より高い速度で動く地面に対して少しでも大きい力発揮をできるようにしていくには、リラックスした自然な走りの中で、現状の最大速度やそれに近い速度を出して、その速度に「身体を慣らす」イメージで取り組むのがよいであろうと考える。そのとき、身体は大きい力発揮が困難な状況にはなっているが、無意識にそのとき可能な限りの大きい力を出そうとしている状況にあると考えられるからである。100mに取り組む上では、最大速度を更新すべくトレーニングに励む必要があることは、これまでも数多く報告されているように記録と最高速度の関係性から明らかである。トレーニングとしては非常に単純かつ地味な取り組みということになるが、その状況を可能にするのは実際に高速度で走っている場面しかない。そのため、パラ選手に対しての取り組みとして、その場面を3秒程度含む8秒程度の全力疾走が適当であろうと考えたということであった。98%速度維持区間をより高い速度で走れるようになれば、その時間の中で進むことができる距離としてはより長くなり、スピード持久能力が上がったようにみえるかもしれないが、本研究の結果や先行研究から考えると最高速度を発揮している100mにおいては、その維持時間についてはおそらくほとんど変化しないものと思われる。したがって、このようにして長くなったであろう維持距離の長さが意味する能力としては、高い速度を長く持ちこたえる能力というより、最大速度能力（最高速度もしくはその付近の平均速度）が上がったことによるものと考えられる方が適当と考えられるため、この場面でのこの状況について「維持」

や「スピード持久能力」という表現は100mにおいてはあまり適切ではないように思われる。

・おわりに

距離による設定はトレーニングの場を効率的にマネジメントする上では用いやすいが、トレーニング効果の質を高める取り組みになりやすいのはどちらかといえば時間による設定であろうということが本研究から示唆される。しかし、競技パフォーマンスの向上に重要な最高速度については「到達時間はだいたい一定である」ということより、「50mから60mあたりで出現する」や「速い選手ほどその到達地点はよりスタートから遠い」というような距離に関することのほうが定着している傾向がある。距離で示すのはわかりやすいように感じる一方で、距離や地点で示すと「そのあたり」でどういう速度状態であるべきかなどを意識させるだけで、ある時間を高い速度で走らせてこそそのあたりになるという理由までは認識されにくいという弊害があると思われる。距離で示す場合は選手にとって適切な距離を設定するとともに、時間や速度との関係についての説明も必要と考えるが、そういった説明は省略されていることが多いと思われる。時間で示す場合はこれまでの報告でも示されているようにある程度選手に共通して一定なので、説明自体は距離の場合より簡単であるが、どこまでなどを視覚的には示しにくい。ここでは、加速走に代わる方法として時間走を取り上げたが、SDの練習においても、50m以上など5秒を上回るような距離の場合は、そのときの目的に最高速度に対するものも含むならば、できれば各選手の記録に応じた距離選択ができるようにすべきであろう。本研究は距離での設定自体を否定するものではない。本研究のような考え方をしたときに、一般的な距離設定がちょうどいいというレベルの選手も健常選手には多くいるだろう。その場合は、特に距離を検討し直すなどの必要はないが、考え方の再確認はしてもらえればと考える。本研究において、極端に記録が低い選手を除いた男子パラ選手の場合も、時間関連のデータは健常選手のものとおおよそ同じようであることが示されたことから、本研究の結果や考察および提案などは、ある程度健常選手にも適用できるものと考えられる。距離か時間かどちらでスプリントトレーニングを設定すべきか、それぞれ一長一短はあるが、より目的に対応したトレーニングにするには本来は時間をベースにした設定としたほうがよいであろう。もしくは、時間ではトレーニングがしにくいのであれば、この時間に基づいた考え方に応じた自身の距離設定を10m刻みでも

よいので検討し実施するなどでもよいであろう。また、時間走の場合、その設定は8秒間以外であってもよいと考える。例えば、トレーニングとしてしっかり本数を重ねたい場合は回復がある程度スムーズであったほうがよいであろうし、筋への負担を少し減らしたいときなどもあるだろう。その場合は、高速度状態を2秒程度に抑え、浦田ら(2019)が小学校の体育授業の短距離走として提案しているような7秒間走とするのもよいであろう。また、加速を重視し、最高速度が出たかどうかくらいで終わっておく場合は速度の立ち上がりの特性に応じて6秒間や5秒間とするのもよいであろう。

ただし、パラ陸上の指導においては、すべてを時間で設定するようにしたわけではない。一般的な距離でのタイムや以前の自身のタイム、もしくは他者との比較も選手のモチベーションにつながると考え、一般的な距離設定でSDや加速走を行う場合も残し、目的によって使い分けて実施するなどしたということを付け加えておきたい。

参考・引用文献

- 阿江通良ほか(1994) 世界一流スプリンターの100m レースパターンの分析, 世界一流競技者の技術. ベースボール・マガジン社. pp14-28.
- 福田厚治・伊藤章(2004) 最高疾走速度と接地期の身体重心の水平速度の減速・加速: 接地による減速を減らすことで最高疾走速度は高められるか. 体育学研究, 49: 29-39.
- Graubner R, Nixdorf E (2011) Biomechanical analysis of the sprint and hurdles events at the 2009 IAAF World Championships in Athletics. *New Studies in Athletics*, 26:1/2. 19-53.
- 広川龍太郎ほか(2005) “末續慎吾”の100m 走中の疾走速度分析. 陸上競技研究紀要, 1: 108-110.
- 広川龍太郎ほか(2007) 男子100m 走における, 国内GPにて収集した外国人選手と末續慎吾選手の疾走速度分析. 陸上競技研究紀要, 3: 39-41.
- Hirvonen J et al. (1987) Breakdown of high-energy phosphate compounds and lactate accumulation during short supramaximal exercise. *Eur J Appl Physiol*, 56: 253-259.
- 伊藤章ほか(1998) 100m 中間疾走局面における疾走動作と速度との関係. 体育学研究, 43: 260-273.
- 伊藤宏(2007) 小学高学年の望ましい短距離疾走距

- 離についての研究. スプリント研究, 17 : pp32-40.
- 加賀谷熙彦ほか (1985) 児童の短距離走の距離及び時間の至適条件. 体育科学, 13 : 70-77.
- 上岡勝 (2009) 実践・私は授業をこう変えてきた - 「8 秒間走」の魅力を活かす教材配列. 体育科教育, 57-6 : 40-43.
- 加藤謙一ほか (2002) 小学生スプリンターにおける短距離走の適正距離の検討. 体育学研究, 47-3 : 231-241.
- Margarita R. (1976) Biomechanics and Energetics of Muscular Exercise. Oxford University Press.
- 松尾彰文ほか (2007) レーザー方式による 100m およびハードルのスピード分析. 陸上競技研究紀要, 3 : 59-64.
- 松尾彰文ほか (2008) 2007 年男女 100m. 100m ハードルおよび 110m ハードルのスピード分析報告. 陸上競技研究紀要, 4 : 48-55.
- 松尾彰文ほか (2010) 世界トップスプリンターのストライド頻度とストライド長の変化. 陸上競技研究紀要, 6 : 56-62.
- 松尾彰文ほか (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.
- 小木曾一之ほか (1996) 全力疾走時にみられる疾走スピードの変化特性. 体育学研究, 41-6 : 449-462.
- 大沼勇人ほか (2020) 2020 年度主要競技会における男子 100m のレース分析. 陸上競技研究紀要, 16 : 82-87.
- 浦田達也ほか (2019) 小学校中学年および高学年の児童における時間経過に対する相対疾走速度変化. 体育の科学, 69-7 : pp543-548.
- 山本貞美ほか (1988) 走る意欲を引き出す 8 秒間走の指導. 黎明書房.

学生女子 800m 選手のパフォーマンスおよびレースパターンと体力の縦断的变化

榎本靖士¹⁾ 門野洋介²⁾ 丹治史弥³⁾ 真下まなみ⁴⁾ 中村真悠子⁴⁾

1) 筑波大学 2) 仙台大学 3) 東海大学 4) 株式会社セレスポ

1. 緒言

中距離走, とくに 800m 選手のパフォーマンスに影響する体力要因の研究は古くからおこなわれているものの, 長距離走ほど体力要因とパフォーマンスの関係は明らかになっていない. Lacour ら (1990) は, 複数の有酸素性能力の評価指標と 800m から 5000m の平均スピードの関係を分析した結果, 1500m から 5000m は OBLA や最大有酸素スピードと関係がみられたが, 800m の平均スピードとはいずれの指標とも関係がみられなかったことを報告している. 一方で, Di Prampero ら (1993) は, 最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_{2max}$) と無酸素性エネルギー供給能力を用いて理論上で維持できるスピードを推定し, 800m から 5000m までのパフォーマンスを精度よく推定できることを示している. すなわち, 800m においても有酸素性および無酸素性能力によってパフォーマンスを推定でき, かつそれらを高めることがトレーニング課題になり得るが, 800m ではそれらのパフォーマンスへの貢献は選手によって異なると考えられる. ここまで有酸素性能力および無酸素性能力と表現しているが, 800m は $\dot{V}O_{2max}$ を明らかに超える強度のスピードを 2 分程度維持するため, 最大有酸素性スピード ($v\dot{V}O_{2max}$) と運動時間に出力できる無酸素性エネルギー量 (\equiv MAOD) の配分となる. いずれのエネルギー供給においてもランニングエコノミー (RE) によってスピードが生み出されると考えられるため RE が強く影響するであろう. Ingham ら (2008) は, 統計的に推定した $\dot{V}O_{2max}$ スピードが, 800m および 1500m パフォーマンスのスピードと強い関係を示したことから, $\dot{V}O_{2max}$ と RE の有酸素性能力でパフォーマンスを説明できる可能性に言及している. 一方で, 実際にはそれらは相反する関係にあり両方を独立して変化させることの困難さ, そして実際のレースにおいてスタート直後の酸素摂取動態や $\dot{V}O_{2max}$ の維持の影響についても論

じている.

Sandford ら (2019) は, 800m 選手には持久系とスピード系の選手がいること, そしてスピード系はおもに無酸素性能力と神経筋機能により影響されていることをモデルで説明し, とくに一流 800m 選手のパフォーマンスに影響を及ぼす要因を, 最大スプリントスピード (MSS), 最大有酸素性スピード (MAS), その差である無酸素性スピード余力 (Anaerobic Speed Reserve: ASR) から検討している. その結果, 一流 800m 選手の記録には MSS が最も強く影響しているものの, MSS が同じ程度であれば MAS もしくは ASR が影響することを論じている. また Bacher-Mena ら (2017) は, 一流 800m 選手の記録は 20m, 200m, 垂直跳などのスプリントおよびジャンプ能力によって, そのばらつきを説明できることを示している. すなわち, これまでの研究は 800m パフォーマンスにはエネルギー供給能力ばかりでなく神経筋機能による最大パワー, 特に最大スプリント能力と関係が強いことが示唆されている.

800m のレース分析は国際大会決勝などレベルの高いレースを対象におこなわれてきた (松尾ら, 1994; 松尾ら, 1997; 榎本ら, 2005; 門野ら, 2008). レース分析とは, 800m レースをビデオ撮影し, 100m ごとの通過タイムを読み取ることで, ペースおよびスピードの変化を分析することである. さらに, 100m 区間のストライドとピッチを算出することで, スピード, ストライドおよびピッチの変化を検討することができる. 800m ではレースパターンは人種によって異なること (Gyimes, 2013) や戦略的であることが示唆されている (Jones と Whipp, 2002; Thiel ら, 2012). Jones ら (2008) は, ペース配分を前半型, イーブン型, 後半型に分類し, 理論的に前半型のパフォーマンスが高くなることを主張している. しかし, エネルギー供給系モデルから実際のパフォーマンス向上に役立つよう検討しているものの, 実証はされていない. 中距離選手を対象

表1 分析対象レース

試合日		試合名	記録		
2010年	5月23日	関東インカレ	10KIC	2分04秒95	RP1
2011年	5月22日	関東インカレ	11KIC	2分06秒37	
2012年	5月20日	関東インカレ	12KIC	2分04秒57	RP2
	10月21日	かわさきフェスティバル	12KAW	2分03秒52	
2013年	5月26日	関東インカレ	13KIC	2分04秒61	

表2 体力テストの実施日

測定年	トレッドミルテスト	コントロールテスト
2010年	6月16日	-
	10月26日	
2011年	6月22日	2月4日
		6月15日
2012年	3月6日	7月10日
	6月27日	11月10日
	11月16日	
2013年	-	3月9日
		11月5日

にエネルギー供給系やレースモデルを提示し、科学的データをもとにパフォーマンス、レースパターンおよび体力との関係を実証した研究は極めて少ない。

門野（2012）は、学生男子800m選手1名を対象にレースパターン、走動作および体力の縦断的变化について検討している。その選手のパフォーマンスの向上と体力の変化が関連していないことから、体力が必要条件ではなく十分条件であること、一般的なパフォーマンスと体力との関係が選手個別のパフォーマンスとは必ずしも関係しないことを論じている。Sandfordら（2019）も800m一流選手における有酸素性および無酸素性能力の最低水準について言及しているものの、具体的な値は示していない。森丘ら（2011）は、学生女子中距離選手の縦断的なパフォーマンスと生理学的指標の変化をトレーニングとの関係について検討し、中距離選手における高強度トレーニングや質の高いトレーニングについて論じている。すなわち、レースパターンや走技術と体力は分けて評価されるものの、実践においては相補的に影響していることが主張されている。しかし、どのようなトレーニングや介入がパフォーマンスに影響し、あるパフォーマンス水準においてモデルを構成するどの要素の重要性が高いのかを論じていない。すなわち、これらの実践的研究は、中距離走のパフォーマンス向上と科学的データをもとにしたレースや体力の評価を関連させて論じているが、

中距離走におけるパフォーマンスモデルの検証やパフォーマンスに強く影響する要因の提示には至っていない。

そこで本研究は、学生女子中距離選手1名を対象に記録向上にともなうレースパターンおよび体力の変化をもとに対象選手のパフォーマンス要因を検討し、モデルの実証と効果的なトレーニング方法に関する示唆および今後の研究課題を得ることを目的とした。

2. 方法

1) 研究対象者

本研究の研究対象者は学生女子中距離選手1名（M選手）であった。身長は1.61 m、体重は47.6～50.6 kgの間で変化していた。M選手は3年生時（2012年10月）に800m学生歴代4位（当時）となる2分3秒52を記録した。表1は本研究で分析対象としたレースである。シーズンベスト（SB）と自己ベスト（PB）記録を出したレースを分析対象とした。著者は2011年よりM選手のコーチであった。

2) 体力測定

表2は体力測定実施日を示したものである。体力測定はトレッドミルテストとコントロールテストであった。

トレッドミルテストは、乳酸性閾値（LT）、ラン

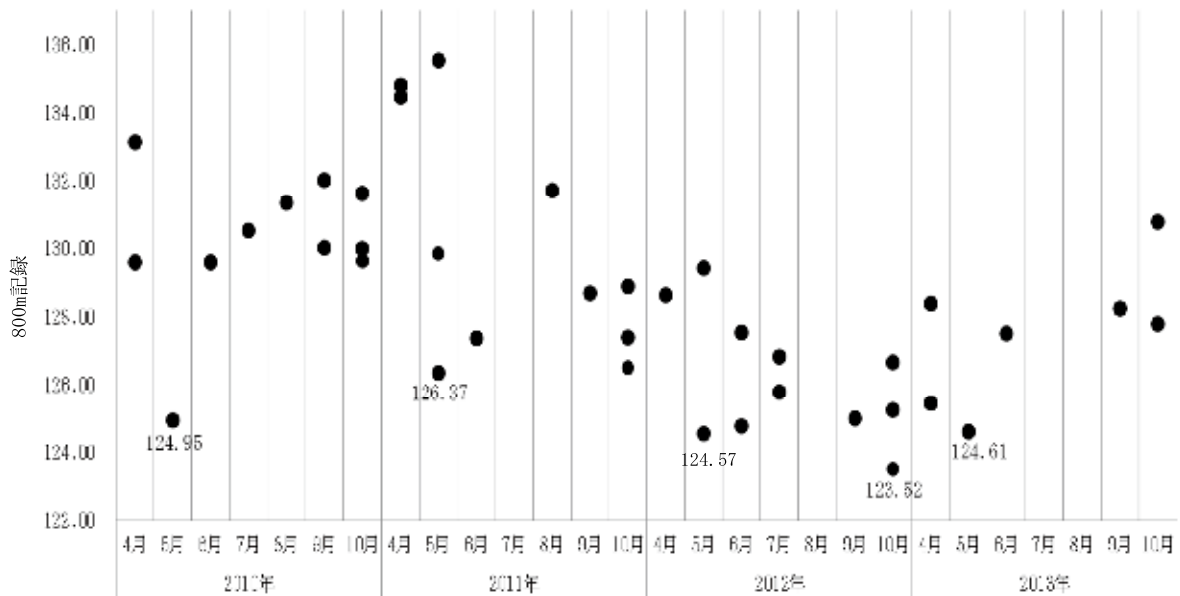


図1 対象期間における800m記録の推移

ニングエコノミー (RE), および最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_2\max$), 最大有酸素性スピード ($v\dot{V}O_2\max$) を得るためにおこなった. 最大下スピードの3分間走を2分間の休息をはさんで, 5~6セット実施した. 第1セットを190 m/分とし, セットごとに20 m/分増大した. セット間に指先より毛細管に採取した血液を乳酸分析器 (YSI 1500 SPORT, YSI 社) により血中乳酸濃度 (La) を分析した. 4mmol/L を最大下セット走終了の目安とした. その後, 5分間の休息の後, 最大下走の最終セットのスピード (270 m/分) からスタートし, 1分ごとに10 m/分漸増し, オールアウトまで走らせた. 酸素摂取量 ($\dot{V}O_2$) は呼気ガス分析機 (エアロモニタ, ミナト社) を用いてサンプリングチューブで採取した呼気の酸素濃度を計測し, 換気量を乗じて30秒ごとに算出した. 最大下セット走ではラスト30秒の値をその速度での $\dot{V}O_2$ とした. $\dot{V}O_2\max$ はオールアウトセットにおける最大値とした. 心拍数 (HR) はハートレイトモニター (Polar 社) によって測定し, セット走では終了15秒前, オールアウト走では最大値を測定値とした.

最大下セット走における La が 2mmol/L に相当するスピードを LT とし, RE は LT における $\dot{V}O_2$ をその走速度で除すことで O_2 コスト (ml/kg/km) として評価した. $v\dot{V}O_2\max$ (m/分) は $\dot{V}O_2\max$ を O_2 コストで除して1000を乗じて求めた.

コントロールテストは, 60m 走, ベンチプレス最大挙上重量 (1RM), メディシンボール前および後方投げ, 立ち幅跳び, 立ち五段跳び, 垂直跳, リバウンドジャンプ, 200m バウンディング, 40秒ウイ

ングートテストであった. 60m 走は陸上競技場トラック直走路にコースを設定し, 光電管をスタートから60m地点まで10m間隔で7台設置し, 自身のタイミングでスタートさせ, その間を全力で走り抜けたタイムを計測した. ベンチプレス 1RM はおおよその1RMから2.5kg刻みで上下させて計測した. メディシンボール投は, 2kgのメディシンボールを使用し, 前方および後方投げを行わせ, 投距離をメジャーで計測した. 立ち幅跳び, および立ち五段跳びは, オールウェザーから砂場に向かって跳躍し, 跳躍位置から砂場の着地位置までの垂直距離をメジャーで計測した. 垂直跳および5回連続リバウンドジャンプは, 両手を腰に当てて腕の振り込みは使わずに行なわせ, マットスイッチを用いて踏切時間および滞空時間を計測し, 滞空時間から跳躍高を求めた. リバウンドジャンプ指数 (RJindex) は跳躍高を踏切時間で除すことで求め, 5回のうち最も良い値とした. 200m バウンディングは, 陸上競技場の400mトラック半周を, スタンディングスタートからできるだけ速く, 少ない歩数でバウンディングさせ, そのときの100mおよび200mのタイムおよび歩数を計測した. 40秒ウイングートテストは, 自転車エルゴメーター (POWERMAX-VII, コンビウエルネス社) を用いて40秒間の全力ペダリング運動を, 負荷を体重の7.5%で行わせた. 選手は40秒間のペース配分をせずに最初からできる限り全力でペダリングするよう指示された.

3) レース分析

分析対象レースはデジタルビデオカメラ

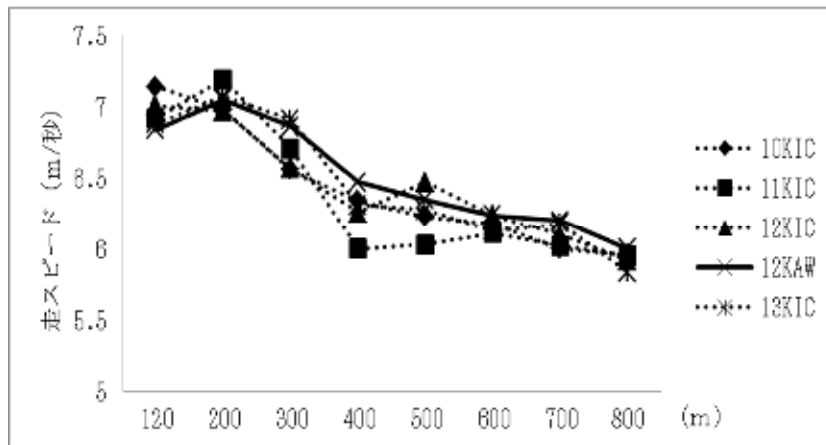


図2 10～13年のシーズンベスト記録および自己ベスト記録レースにおける走スピードの変化

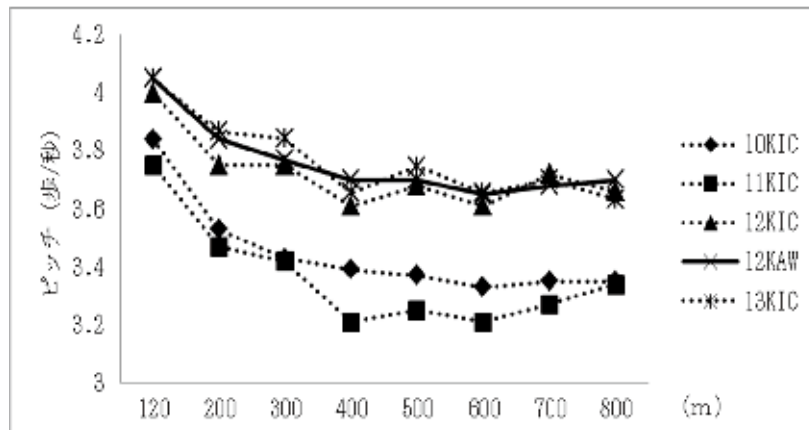
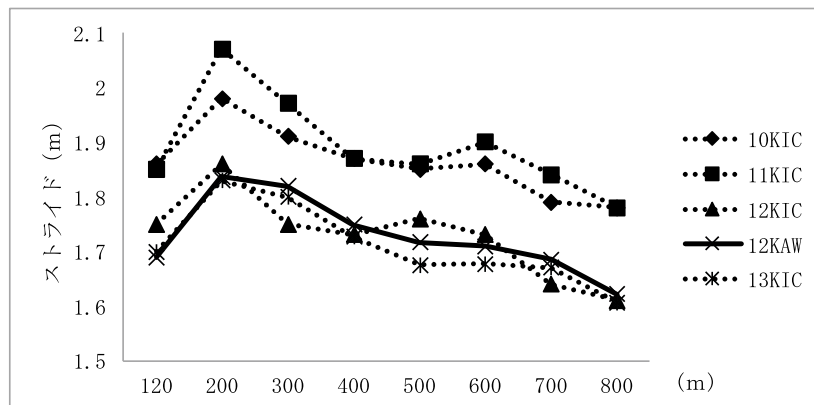


図3 10～13年のシーズンベスト記録および自己ベスト記録におけるストライドとピッチの変化

(Panasonic 社) によってパニング撮影された。撮影の一部は日本陸上競技連盟科学委員会の活動としておこなわれたものであった。撮影位置はトラック全体が見渡せるスタンドの十分に高い位置で、ブレイクラインおよび100mごとの通過地点が見えるところとした。電子シャッターは、スタート時にはスタートシグナルが映るように1/60秒、スタート後は1/500～1/1000秒に設定された。撮影した映像をコマ送りできるPCソフトを用いて100mごとの通過タイム(最初は120m,次が80m)を読み取った。1コマを1/59.94秒としてコマ数に乗じて通過時間

を算出した。各100m区間における区間タイムおよび区間スピードを算出するとともに、10歩に要した時間を同様にビデオ映像から読み取り、1歩の平均時間の逆数をピッチとし、スピードをピッチで除すことでストライドを算出した。

3. 結果

1) レース記録とレースパターンの変化

図1は、M選手の研究対象期間における全レース結果を示したものである。2010年と11年において

シーズンインの4月に低い記録がみられるが5月の関東インカレでは2分4秒95 (10KIC) と2分6秒37 (11KIC) とそれぞれシーズンベストを記録した。2012年では4月から高い記録で推移し、関東インカレで2分4秒57 (12KIC) と自己記録を更新し、10月に2分3秒52 (12KAW) とさらに更新した。2013年は足の故障によって低調に終わったが、やはり関東インカレでは2分4秒61 (13KIC) と良い記録で優勝した。

分析対象レースにおける前半と後半の400mのタイムは、10KICで59.28, 65.68秒, 11KICで60.04, 66.37秒, 12KICで59.79, 64.77秒, 12KAWで58.95, 64.57秒, 13KICで59.06, 65.57秒であった。M選手は前半型のペース配分であったため、いずれのレースにおいてもスタートから先頭を独走する展開であった。12KAWではペースメーカーがいたため、400mまで2番手であったが、それ以降は独走であった。

図2は、2010年から13年におけるM選手のシーズンベストおよび自己ベストレースのスピードの変化を示したものである。いずれのレースにおいても120mから200mにおいて最大スピードが出現し、その後スピードが低減するパターンであった。12KICでは120m-200m区間で最も速い7.19 m/秒に達していたが、300mから大きく減速し、300m-400m区間で6.00 m/秒まで低下していた。その後やや増大するも、他のレースと同様に600m以降はスピードが低下していた。12KAWでは200m以降でスピードが低下するものの、大きく低下する区間はなかった。

図3は、図2と同様のレースにおけるストライドとピッチの変化を示したものである。ストライドは、いずれのレースにおいても120mから200mにおいてレースにおける最大値を示し、それ以降減少していた。ピッチはスタートから120mで最も大きく、400mまで減少し、それ以降はほぼ維持していた。10KIC, 11KIC (以降RP1) と12KIC, 12KAW, 13KIC (以降RP2) ではストライドとピッチの大きさに大きな差がみられる。すなわち、RP1ではストライドが最大で2.07 m, 最小で1.78 mであったが、RP2では1.86 m, 1.58 mと20 cmほど小さかった。ピッチの最大と最小はRP1では3.84, 3.21歩/秒であったが、RP2では4.05, 3.57歩/秒であった。

図4は、M選手の対象レースにおけるレース中のストライドとピッチの関係を示したものである。斜めの双曲線はそれぞれ5.0, 6.0, 7.0 m/秒のラインを示している。レース中のストライドとピッチが6.0m/秒から7.0m/秒あたりに分布しているが、

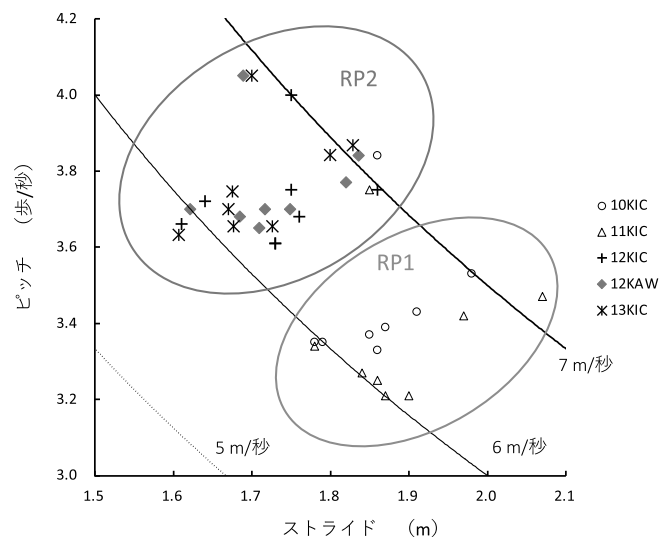


図4 M選手の対象レースにおけるストライドとピッチの関係

RP1とRP2では分布が異なっていることがわかる。10KIC, 11KIC, 12KIC, 12KAW, および13KICにおけるレースの平均スピードは、6.42, 6.37, 6.44, 6.50, 6.45 m/秒, 平均ストライドは、1.86, 1.89, 1.73, 1.70, 1.71 m, 平均ピッチは、3.45, 3.37, 3.72, 3.69, 3.77歩/秒であった。RP1ではストライドが大きくピッチが小さいストライド型, RP2ではストライドが小さくピッチが大きいピッチ型であった。

2) 体力の変化

図5は、研究期間におけるM選手のトレッドミルテストの結果、最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_{2max}$), ランニングエコノミー (RE), および最大有酸素性スピード ($v\dot{V}O_{2max}$) の値を示したものである。

$\dot{V}O_{2max}$ は、2011年6月の68.3 ml/kg/分が最も高く、2012年3月の66.7 ml/kg/分が次いで高く、2012年6月と11月では56.9, 55.6 ml/kg/分と低下していた。REは2012年11月の184.3 ml/kg/kmが最も良く、2012年3月の220.4 ml/kg/kmが最も悪かった。 $v\dot{V}O_{2max}$ は2011年6月の324.1 m/分が最も高く、2012年3, 6, 11月では302.6, 292.8, 301.7 m/分と変化していた。

表3は、研究期間におけるM選手のコントロールテストの結果を示したものである。2011年は60m走の計測できていなかった。60mタイムは2012年7月に7.85秒と最も良かったが、最大疾走スピードは2012年11月に1.14秒 (8.87 m/秒, 526.3 m/分) と最も高く、2012年6月と2013年3月は1.19秒 (8.40 m/秒, 504.2 m/分) と1.17秒 (8.55 m/秒, 512.8 m/分) とやや遅かった。他のコントロー

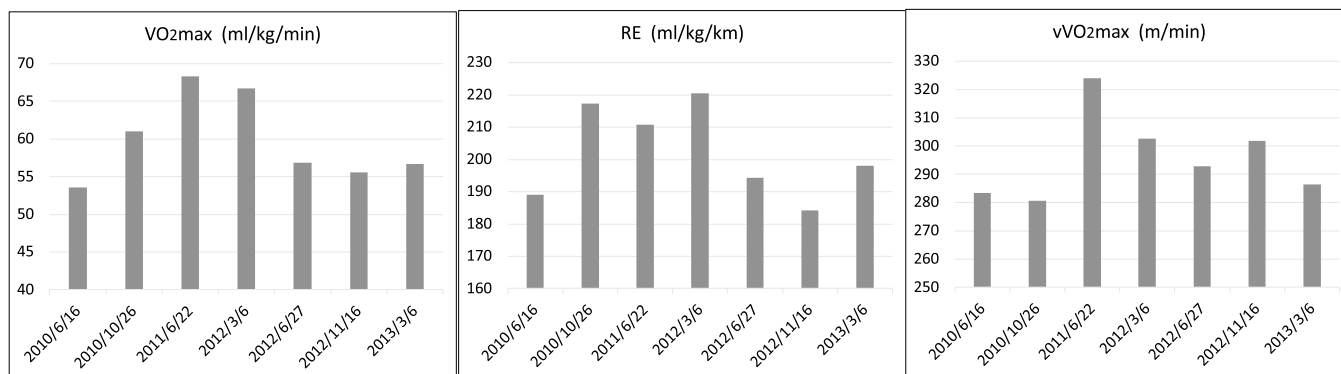


図5 研究期間におけるM選手の最大酸素摂取量 (VO₂max), ランニングエコノミー (RE), および最大有酸素性スピード (vVO₂max)

表3 研究期間におけるコントロールテストの結果

測定日	2011年		2012年		2013年			
	2月4日	6月15日	7月10日	11月10日	3月9日	11月5日		
ハイパワー	6.0 m走	秒	-	-	7.85	7.99	8.18	7.97
	最高疾走速度	秒	-	-	1.19	1.14	1.17	1.20
	(区間 10m)	m	-	-	30~40	40~50	30~40	
	ベンチプレス (1RM)	kg	37.5	37.5	35.0	35.0	40.0	37.5
	メディシンボール投	2kg						
	前	m	11.0	11.6	12.0	12.5	12.2	11.6
	後	m	11.0	11.7	11.3	12.3	12.2	11.4
	立ち幅跳び	m	2.20	2.10	2.30	2.20	2.15	2.10
	立ち五段跳び	m	10.75	10.80	11.10	11.70	11.12	10.80
	垂直跳	cm	33.1	36.0	35.1	38.6	38.1	32.6
	リバウンドジャンプ							
	跳躍高	cm	31.6	33.6	35.7	38.3	37.7	34.4
	接地時間	ms	161	160	153	160	168	161
	Rjindex		1.964	2.102	2.335	2.392	2.246	2.137
ミドルパワー+技術	200mバウンディング							
	合計タイム	秒	39.2	-	37.0	40.4	-	39.7
	前半タイム	秒	19.8	-	-	20.2	-	19.66
	後半タイム	秒	19.4	-	-	20.3	21.6	20.04
	合計歩数	歩	91	-	88	86	91	88
	前半歩数	歩	46	-	44	46	45	43
	後半歩数	歩	45	-	44	40	46	45
ミドルパワー	40秒ウィングートテスト							
	負荷	kp	-	3.7	3.6	3.6	3.6	3.7
	ピーク回転数	r/m	-	147	139	137	125	121
	ピークパワー	W	-	547	500	493	463	437
	平均パワー	W	-	399	397	387	375	358

ルテストの結果では、2012年11月のメディシンボール前方および後方投げ、立ち五段跳び、垂直跳、リバウンドジャンプが研究期間において最も良い記録であった。さらに、200mバウンディングも合計歩数は最も少なかった(86歩)。

4. 考察

1) ストライドとピッチの組み合わせの変化

M選手は大学3年時の2012年10月に800mで2分03秒52の自己ベスト、当時学生歴代4位の記録を出した。大学入学時(高校時代)より先行逃げ切りのレースパターンを得意としていた。本研究で示

したシーズンベストのレースにおいてもすべて先頭を独走していた。一方で、2010年および11年シーズンのレースではスタートから高いスピードを獲得する反面、中盤に大きくスピードが低下する傾向がみられていた(図2)。大学2年時までの自己ベストである2分4秒95における1周目と2周目のラップタイムは59.28秒と65.68秒であり、2周目に6.40秒も大きく低下していた。この頃に、記録ばかりでなく選手権で勝つためにも、2周目に大きくスピードを落とさないことが必要と考え、そしてスピード低下は、スタート後に大きなストライドでスピードを増大し、その後にピッチとストライドがともに大きく低下することによって引き起こされていることを確認し、高いスピードをストライドよりもピッチを増大して獲得する走りへと修正することを試みた。その結果、2012年シーズン(大学3年時)にはスタートから高いピッチを持続できるようになり、レース中盤におけるスピードの低下も改善された(図2および図3)。

2010年と11年をRP1、2012年と13年をRP2としてみると、ストライドとピッチのパターンが大きく異なっていることがわかる(図4)。走スピードはストライドとピッチの積であるが、同じスピードであっても異なる組み合わせがあり得る。そして、RP1とRP2では明らかに分布が異なっていることがわかる。M選手にみられたスピードの低下はストライドかピッチのどちらかが大きく低下するというよりも、ストライドとピッチの両方の低下によってスピードが低下していたことを示しているが、RP2ではRP1と同じスピードであってもより大きいピッチ、小さいストライドにより走っていたことが示された。すなわち、一流中距離選手においてレースにおけるストライドとピッチの組み合わせがトレーニングによって変化したことを示しており、走技術の改善がなされたと言えるであろう。

2) 最大酸素摂取量とランニングエコノミーの変化

M選手は定期的にトレッドミルテストをおこなっており、 $\dot{V}O_{2max}$ 、ランニングエコノミー(RE)、 $v\dot{V}O_{2max}$ のデータが蓄積されていた。レースと必ずしも同じタイミングで測定できたわけではないので、レースパフォーマンスにこれらの体力要因が直接的にどのように影響していたかは推測の域は出ない。しかし、2010年からの変化をみると、2011年から2012年にかけて $\dot{V}O_{2max}$ が高く、その後、 $\dot{V}O_{2max}$ は低下しつつ、REが向上していたことが示されている(図5)。これまでも一流中距離

選手を対象に中・長期にわたる専門的トレーニングによって $\dot{V}O_{2max}$ とREが相反しながら変化するものの、REが向上する傾向が示されている(Svedenhag and Sjödín, 1985; Jones, 2006)。さらに、学生男子1500mおよび800mパフォーマンスに高強度走行におけるREが強く影響していることも報告されている(Tanjiら, 2017a; Tanjiら, 2017b)。本研究の結果は学生女子レベルの800mにおいてもREがパフォーマンスに及ぼす影響が大きいことを示唆していると考えられる。

中長距離パフォーマンスには $v\dot{V}O_{2max}$ が最も強く影響することが報告されている(Di Prampero, 1993; Inghamら, 2008)。800mにおいては有酸素性能力ばかりでなく、無酸素性能力も影響するため横断的な研究では有酸素性能力とパフォーマンスに関係がみられない場合も報告されている(Lacourら, 1990)。Di Prampero(1993)やJonesとWhipp(2002)などが示す800mパフォーマンスにおいて有酸素性と無酸素性エネルギー供給によってスピードが生み出されるモデルによると、両方のエネルギー供給がパフォーマンスに影響することは理論的に明らかである。しかし、それらの向上がパフォーマンスの向上とどのような関係にあるのか、さらにはどのように両者を高めるのかは議論が不足している。有酸素性および無酸素性能力が相互に関係することもトレッドミルテストにおいて示されており(佐伯ら, 1999)、とくに高強度におけるエネルギー供給系能力の向上と限界についてさらなる議論が必要であろう。

M選手のパフォーマンスの改善にはとくにREが影響していることが推測されるものの、シーズン中に $\dot{V}O_{2max}$ が低下したことによって $v\dot{V}O_{2max}$ はそれほど高くはなかった。冬期トレーニング中は主に持久系のトレーニングがおこなわれ、その後シーズン中はスピード系のトレーニングが多かった。REの向上は多くの要因が関与する可能性があるものの、筋力・パワーや神経系、さらにはランニングフォームによる改善が多く報告されている(Johnstonら, 1997; Saundersら, 2004; Storenら, 2008)。M選手がシーズン中のトレーニングによってREを改善した一方、シーズン前半の5月のレースにおいてシーズンベストを記録したことを踏まえると、 $\dot{V}O_{2max}$ が高く $v\dot{V}O_{2max}$ が高いときにパフォーマンスに貢献していた可能性が考えられ、REを向上しつつ $\dot{V}O_{2max}$ を維持することができればさらなる記録向上が期待できていたかもしれない。すなわち、学生女子800mにおいても $v\dot{V}O_{2max}$ が有酸素性

能力の重要な指標であるが、 $\dot{V}O_{2max}$ と RE のどちらを向上して $v\dot{V}O_{2max}$ を高めるかのトレーニング戦略は極めて重要であろう。

3) 下肢のパワーおよびスプリント能力

コントロールテストで評価される体力は、力型やパワー型、垂直および水平方向動作、さらにはランニング型動作など、異なる要素を含むテストであった。しかし、M選手は2012年11月に60m走、メディシンボール投、立ち五段跳び、垂直跳、リバウンドジャンプで研究期間において最も良い記録であった。神経筋機能や無酸素性パワー発揮およびスプリント能力が中距離走パフォーマンスに及ぼす影響はこれまで報告されている (Bachero-Mena ら, 2017)。M選手においても自己ベスト記録を出したタイミングと最も近くに測定した2012年11月のコントロールテストにおける60m走の最大スプリント区間のタイムは1.14秒で、スピードは8.87 m/秒 (526.3 m/分) と最も高かった。

M選手において800mパフォーマンスが良かった時期に最大スプリントスピードが高かったことが示された。さらに、垂直跳やリバウンドジャンプが高かったことは下肢の神経筋機能およびパワーが高いことを示していると考えられる。基礎的な運動能力が専門的なパフォーマンスを構成していると考えられるならば、M選手は下肢のパワーが最大スプリントを高め、800mパフォーマンスに良い影響を及ぼしていたと考えられる。しかし、パワートレーニングはシーズン中には多く行われる傾向にあるものの、トレーニング内容はジャンプなどの基礎的な運動ではなく100mから150mくらいの距離のスプリントであった。むしろ特別なトレーニングとしては、レースパターンを変えるためのピッチを高めたレーススペースでの走トレーニングであった。すなわち、実際のレースの動きやパワーに近いトレーニング内容が結果的に体力に影響していたとも考えることができる。基礎的運動から実践的なパフォーマンスを構成するという構造は選手やコーチにとって演繹的思考には役立つものの、それらの複雑な相互関係には注意が必要であり、基礎的運動から専門的運動という一方通行の考え方は否定しておいた方がよいと考えられる。さらに、M選手が2013年よりアキレス腱炎を患い、選手キャリアにおいてさらに高いレベルには到達できなかった。障害にもさまざまな要因が関係するためピッチを高めるトレーニングやピッチの高い走りがアキレス腱炎の直接的な原因であったかどうかは不明である。また、そうであったとして適切なケア

や障害を予防するための動きの最適化を加味することでより高いパフォーマンスに到達できなかったのかを検討する必要もあるであろう。しかし、本研究で検証している実践が多くの学生女子中距離選手に当てはまるか、反省的思考と選手個々の効果的な方法の探索によって良いトレーニング計画や戦略を考える必要がある。

4) 800m選手のトレーニングパラドックス

本研究で示した結果は、M選手のレーススペースにおけるピッチを高めたことは、REを高め、 $v\dot{V}O_{2max}$ を高めた可能性、さらにはスプリント能力の向上とも関係していた可能性を示していると考えられる。一般のランナーばかりでなく、中距離選手にとってもピッチが高いこと、あるいはピッチを高めることがランニングエコノミーと関連することが多数報告されている (Cavanagh と Williams, 1982; Connick と Li, 2014; Moore, 2016; 丹治と鍋倉, 2018a; Quinn ら, 2021)。800m走とREはスピードが大きく異なるため、スプリントエコノミー (Paavolainen ら, 1999a) を用いてレーススピードにおけるストライドとピッチの組み合わせを検討することがさらに役立つ知見を得ることができると考えられる。しかし、中距離選手にとって重要なトレーニングおよび研究課題であるにもかかわらず、ストライドパターンの変更による選手個々の短期的および中長期的トレーニング効果に関する研究は不足している。

800mにおけるスプリント能力の重要性は近年着目されており (Sandford ら, 2019)、本研究でもスプリント能力と800mパフォーマンスとの関係は強いと考えられる結果であった。しかし、あくまでも持久力とスピードの関係が重要であることは言うまでもないであろう。一定の持久力を保ったままスピードを向上できるか、もしくはその逆にスピードを低下させずに持久力を向上させることが課題となる。M選手はREの向上により持久力を落とすことなく、スピード向上につながったと考えられた。800m選手がシーズン中に下肢のパワーや神経筋機能を向上することはREとスプリントの両方を同時に高める可能性があり、持久力とスピードの相反する要素を同時に向上するために役立つことを示唆していると考えられる。

$\dot{V}O_{2max}$ や RE がシーズンの時期および中長期的トレーニングによって変化することはいくつかの報告が示している (Svedenhag and Sjödín, 1985; 森丘ら, 2011; 丹治と鍋倉, 2018b)。またマラソンの元世界記録保持者は $\dot{V}O_{2max}$ を高い水準で維持した

まま RE を改善したことでマラソンの高いパフォーマンスにつながったことが報告されている (Jones, 2006). しかし, これらの研究において $\dot{V}O_{2max}$ と RE が相反した変化を示すこと, すなわち $\dot{V}O_{2max}$ が向上すると RE が低下し, RE が向上すると $\dot{V}O_{2max}$ が低下する傾向にあることが指摘されている. これはすでにトレーニングパラドックスとして指摘されている問題であり (村木, 2007), 多くの事例によって検証されるべき重要な課題であろう. 持久力を最もよく評価する指標である $v\dot{V}O_{2max}$ は $\dot{V}O_{2max}$ と RE の組み合わせであるので, 持久力とスピードと同様に, $\dot{V}O_{2max}$ と RE を同時に, あるいは計画的に目標とする時期や試合にその組み合わせが最適になるトレーニング計画が重要であろう.

本研究ではレースパターンの変化とパフォーマンスの関係を明確に検討することができた. これは M 選手が先行逃げ切り型を得意とし, ほとんどのレースにおいて独走していたため容易であった. 実際には他の選手との駆け引きやペースの意図的な変化, さらにはラストパートの影響があるため検証は複雑になる. そのため, モデルや理論を検証するためにはいくつかの要因を制限して検討することが有効かもしれない. Kadono ら (2013) は実験的に中距離選手の疲労による走動作の変化をバイオメカニクスの手法を用いて研究している. さらに門野(2015) は, レースパターンのモデル化と評価を提案して実践的なレース戦略やトレーニングに言及している. 今後はレースパターンばかりでなく体力や技術をモデル化し, 評価すること, さらには類型化することが体力, レースパターン, そしてパフォーマンスの改善に役立つ知見を得られるであろう.

5. まとめ

本研究は, 学生女子中距離選手 1 名を対象に記録向上にともなうレースパターンおよび体力の変化をもとに対象選手のパフォーマンス要因を検討し, モデルの実証と効果的なトレーニング方法に関する示唆および今後の研究課題を得ることを目的とした.

その結果, 記録が向上したときの特徴として以下のことが示された.

- ・レースパターンがピッチ型へと変化し, レース中盤でスピードが維持されていた.
- ・ランニングエコノミーが向上し, 最大有酸素性スピードが向上していた.
- ・最大スプリントスピード, 垂直跳, リバウンドジャンプなど体力要素が向上していた.

すなわち, レーススピードにおけるピッチの向上は, 下肢のパワーおよびスプリント能力と強く関係しており, さらにランニングエコノミーを高め, 有酸素性持久力にも良い影響を及ぼし, パフォーマンス向上につながったと考えられた. 中距離走におけるレースパターンおよび体力モデルについてこれまでの知見を実証しつつ, 新たな研究およびトレーニング課題について論じられた. 得られた知見の適用範囲や検証方法に注意が必要であるが, 科学的データに基づくトレーニングとその成果の検証がなされたことは意義あるものであろう.

引用文献

- Bachero-Mena, B. Pareja-Blanco F. Rodriguez-Rosell D, Yanez-Garcia JM, Mora-Custodio R, Gonzalez-Badillo JJ. (2017) Relationship between Sprint, Jumping and Strength Abilities, and 800m Performance in Male Athletes of National and International Levels. *J. Hum. Kinet.*, 58, 187-195.
- Cavanagh, P. R., Williams, K. R. (1982) The effect of stride length variation on oxygen uptake during distance running. *Medicine and science in sports and exercise*, 14 (1), 30-35.
- Connick, M. J., Li, F. X. (2014) Changes in timing of muscle contractions and running economy with altered stride pattern during running. *Gait & posture*, 39 (1), 634-637.
- Di Prampero, P. E., Capelli, C., Pagliaro, P., Antonutto, G., Girardis, M., Zamparo, P., Soule, R. G. (1993) Energetics of best performances in middle-distance running. *Journal of Applied Physiology*, 74 (5), 2318-2324.
- 榎本靖士, 阿江通良, 森丘保典, 杉田正明, 松尾彰文 (2005) 世界と日本の一流男子 800m 選手のレースパターンの比較. *陸上競技研究紀要* 1, 16-22.
- Gyimes, Z. (2013) Race Tactic Differences Between Elite East African and Caucasian Male 800m Runners. *New Studies in Athletics*, 28, 105-113.
- Ingham, S., Whyte, G., Pedlar, C., Bailey, D., Dunman, N., Nevill, A. (2008) Determinants of 800-m and 1500-m running performance using allometric models. *Medicine and*

- Science in Sports and Exercise, 40 (2), 345-350.
- Johnston, R. E., Quinn, T. J., Kertzer, R., Vroman, N. B. (1997) Strength training in female distance runners: impact on running economy. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 11(4), 224-229.
- Jones, A. M., Whipp, B. J. (2002) Bioenergetic constraints on tactical decision making in middle distance running. *British journal of sports medicine*, 36 (2), 102-104.
- Jones, A. M. (2006) The physiology of the world record holder for the women's marathon. *International Journal of Sports Science and Coaching*, 1 (2), 101-116.
- Jones, A. M., Wilkerson, D. P., Vanhatalo, A., Burnley, M. (2008) Influence of pacing strategy on O₂ uptake and exercise tolerance. *Scandinavian journal of medicine and science in sports*, 18 (5), 615-626.
- 門野洋介, 阿江通良, 榎本靖士, 杉田正明, 森丘保典 (2008) 記録水準の異なる 800 m 走者のレースパターン. *体育学研究*, 53 (2), 247-263.
- 門野洋介 (2012) 800m 走パフォーマンス向上に伴うレースパターン, 走動作および体力の変化. *Journal of training science for exercise and sport*, 24 (1), 17-25.
- Kadono, H., Ae, M., Suzuki, Y., Shibayama, K. (2013) Effects of Fatigue on Leg Kinetics during All-out 600m Running. *International Journal of Sport and Health Science*, 11, 54-61.
- 門野洋介 (2015) 800m 走のレースパターンの分析・モデル化・評価と改善. *バイオメカニズム学会誌*, 39 (1), 11-16.
- Lacour, J. R., Padilla-Magunacelaya, S., Barthelemy, J. C., Dormois, D. (1990) The energetics of middle-distance running. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 60 (1), 38-43.
- 松尾彰文, 杉田正明, 阿江通良, 小林寛道, 岡田英孝 (1994) 中長距離決勝におけるスピード, ピッチおよびストライドについて. 佐々木秀幸, 小林寛道, 阿江通良(監修) *世界一流陸上競技者の技術*, ベースボールマガジン社, 東京, pp. 92-111.
- 松尾彰文, 杉田正明, 小林寛道, 阿江通良 (1997) アジア大会における中距離走者のスピード, ピッチおよびストライドの変化. 佐々木秀幸・小林寛道・阿江通良 監修 *アジア一流陸上競技者の技術—第 12 回広島アジア大会陸上競技バイオメカニクス研究班報告—*. (財) 日本陸上競技連盟, pp. 83-97.
- Moore, I. S. (2016) Is there an economical running technique? A review of modifiable biomechanical factors affecting running economy. *Sports Medicine*, 46 (6), 793-807.
- 森丘保典, 品田貴恵子, 門野洋介, 青野博, 安住文子, 鍋倉賢治, 伊藤静夫 (2011) 陸上競技・中距離選手のトレーニング負荷の変化がパフォーマンスおよび生理学的指標に及ぼす影響について. *コーチング学研究*, 24 (2), 153-162.
- 村木征人 (2007) 相補性統合スポーツトレーニング論序説: スポーツ方法学における本質問題の探究に向けて. *コーチング学研究*, 21 (1), 1-15.
- Paavolainen, L., Häkkinen, K., Härmäläinen, I., Nummela, A., Rusko, H. (1999a) Explosive-strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power. *Journal of applied physiology*, 86 (5), 1527-1533.
- Paavolainen, L. M., Nummela, A. T., Rusko, H. K. (1999b) Neuromuscular characteristics and muscle power as determinants of 5-km running performance. *Medicine and science in sports and exercise*, 31 (1), 124-130.
- Quinn, T. J., Dempsey, S. L., LaRoche, D. P., Mackenzie, A. M., Cook, S. B. (2021) Step frequency training improves running economy in well-trained female runners. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 35 (9), 2511-2517.
- 佐伯徹郎, 鍋倉賢治, 高松薫 (1999) 漸増負荷走行テストにおける最高走速度と有気的能力および無気的能力との関係. *体力科学*, 48 (1), 171-177.
- Sandford, G. N., Allen, S. V., Kilding, A. E., Ross, A., Laursen, P. B. (2019) Anaerobic speed reserve: a key component of elite male 800-m running. *International journal of sports physiology and performance*, 14 (4), 501-508.
- Saunders, P. U., Pyne, D. B., Telford, R. D., Hawley, J. A. (2004) Factors affecting

- running economy in trained distance runners. *Sports medicine*, 34 (7), 465-485.
- Storen, O., Helgerud, J. A. N., Stoa, E. M., Hoff, J. A. N. (2008) Maximal strength training improves running economy in distance runners. *Medicine and science in sports and exercise*, 40 (6), 1089-1094.
- Svedenhag, J., Sjödín, B. (1985) Physiological characteristics of elite male runners in and off-season. *Canadian journal of applied sport sciences*, 10(3), 127-133.
- Tanji, F., Shirai, Y., Tsuji, T., Shimazu, W., Nabekura, Y. (2017a) Relation between 1,500-m running performance and running economy during high-intensity running in well-trained distance runners. *The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine*, 6 (1), 41-48.
- Tanji, F., Tsuji, T., Shimazu, W., Enomoto, Y., Nabekura, Y. (2017b) Relationship between 800-m running performance and running economy during high-intensity running in well-trained middle-distance runners. *The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine*, 6 (5), 355-358.
- 丹治史弥, 鍋倉賢治 (2018a) 中長距離ランナーにおけるステップ変数と走の経済性の縦断的变化の関係. *体育学研究*, 63 (2), 583-594.
- 丹治史弥, 鍋倉賢治 (2018b) 800m ランナーの生理学的変数と走パフォーマンスの縦断的变化の関係. *コーチング学研究*, 32 (1), 79-88.
- Thiel, C., Foster, C., Banzer, W., De Koning, J. (2012) Pacing in Olympic track races: competitive tactics versus best performance strategy. *Journal of sports sciences*, 30 (11), 1107-1115.

コーチング実践を通じた女子走幅跳のパフォーマンス構造モデルの検証

木越清信¹⁾ 山元康平²⁾

1) 筑波大学 体育系 2) 福井工業大学

柴田篤志³⁾ 犬井亮介⁴⁾

3) 新潟医療福祉大学 4) 青山学院大学

1. 緒言

女子跳躍種目は、日本陸上競技連盟の強化方針において、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おり、強化の優先度は相対的に低く、近年は国際的な成果を達成しているとは言い難い。一方、跳躍種目の中でも女子走幅跳は、日本歴代1-3位の記録(6.86m, 6.84m, 6.82m)が、近年の世界選手権およびオリンピックにおける入賞記録に近く、実際に2001年世界選手権において、池田久美子氏が決勝進出を果たしており、適切なタレントの発掘とコーチングによって、日本人競技者の国際的な活躍が十分に期待できる種目であるといえる。

走幅跳において跳躍距離を構成する要因は、踏切足離地時の身体重心の初速、身体重心高、踏切つま先と身体重心位置との水平距離に加えて、着地時の利得距離である。このうち、踏切足離地時の身体重心の初速は水平速度と鉛直速度に分解され、跳び出し角度が決まる。これらの要因のうち、離地時の身体重心の初速は助走最高スピードに反映されることから、助走最高スピードと跳躍距離との間に有意な正の相関関係が認められる。このことから、助走最高スピードを高めることは、いずれの競技レベルにおいても、トレーニングの最優先課題に据えられるべきであろう。踏切における跳び出し角度を同じ角度にするとすれば、水平速度が向上することに伴って、鉛直速度を高めることも必要であろう。走幅跳の踏切における鉛直地面反力の第1ピークにみられる大きな棘波形は、踏切足接地時に身体重心の有する負の鉛直速度を受け止めたことにより出現したものと理解できる。そして、その後、つまり踏切後半において観察される第2ピークを大きくすることが離地時の鉛直速度を獲得することにつながっているものと考えられる。そのため、助走最高スピードの向上に伴って、踏切、特に踏切後半において大きな

鉛直力積を獲得し、適切な鉛直速度を獲得することがトレーニングの課題となる。しかし、離地時水平速度の向上と、鉛直速度の向上を同時に可能にすることは困難であろう。そのために、跳び出し角度、助走最高スピードおよび踏切動作などを考慮しながら、強化の優先順位を決定する必要がある。ただ、小山(2016)の指摘にもあるように、日本の女子跳躍競技者のシニア期におけるパフォーマンスの頭打ちは、基礎的なスプリント能力の停滞が関係している可能性があることから、鉛直速度の獲得に先立って、水平速度の獲得が目指されよう。

これらのことから本研究では、実践現場のコーチがこれまでの取り組みおよび先行研究から受けたインスピレーション、つまり女子走幅跳に関するパフォーマンス構造モデルを示し、それを基にした実際の実践事例を紹介したうえで、パフォーマンス構造モデルの検証と今後の課題を示すことを目的とする。

2. 方法

(1) 対象者およびコーチング実践期間

日本トップレベル女子走幅跳競技者1名(K氏、身長1.57m、体重48.2kg、走幅跳自己記録6.44m)を対象にコーチング実践を行った。コーチング実践期間は2019年4月から、2022年1月までの2年10か月であり、年齢は18歳0か月から20歳10か月までの期間であった。

(2) データの収集

1) 技術的特性

全助走から着地までを行う競技会と同様の跳躍を実験試技とした。地面反力データ(Kistler製, 9287 B; 1000Hz)、動作分析のためのハイスピード映像(Sony製, α 6300; 120fps)を収集し、助走スピードの測定はレーザー式速度測定装置

(JENOPTIK 製, LDM301) で行った. また, 競技会においても同様に助走スピードの測定を行った.

2) 体力的特性

短い接地時間で最大跳躍高を獲得する能力を評価する方法として, マットスイッチの外側から両脚でマットスイッチに跳び乗って, マットスイッチ上で鉛直に跳び上がる垂直跳(跳び乗り CMJ. 中野ほか, 2020) を用いた. 腕の振込みは制限せず, できるだけ高く跳ぶように指示して行った.

また, 基礎的な疾走能力の評価指標として, 公式競技会における 100m 走記録を用いた(犬井ほか, 2019).

3. 結果および考察

本研究の対象者 K 氏の自己記録は研究対象となる前年のシーズンに樹立した 6.44m であり, この記録は女子走幅跳の世界歴代競技者の 18 歳時点での平均値(山元ほか, 2019)と同じ値である. このように, K 氏は, 将来的に 7m を超えるような走幅跳競技者への成長が期待される競技者であり, 21 歳での日本記録(6.86m)更新,さらには 20 歳代後半でのピークパフォーマンスの発揮を念頭にコーチング実践をスタートさせた.

まず, 先に上げた横断的な研究の成果を基に, コーチング実践を開始した時点における K 氏の技術・体力, および日本記録更新に向けた目指される技術・体力についてまとめる.

K 氏の跳躍に関するキネティクスの分析は, コーチング実践が始まる前の 3 シーズンにわたり柴田ほか(2018)によって行われている. これをみると, 踏切における跳び出し角度は 20deg を超えることが多く, 中には 25deg を超えた跳躍もみられた. これ

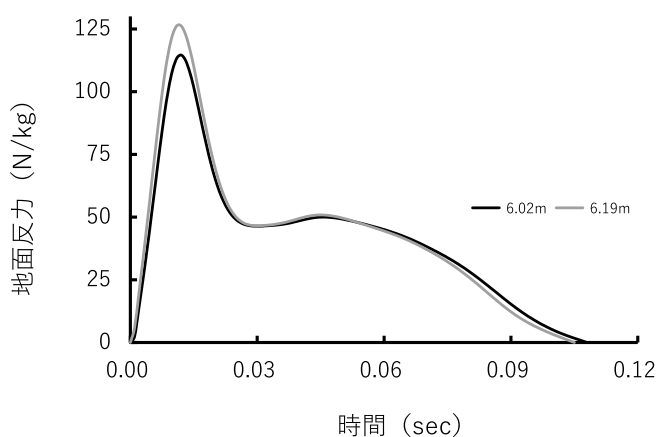


図1 K氏における踏切中の鉛直地面反力の変化

は, 世界選手権における決勝進出者の平均跳び出し角度である $21.3 \pm 2.2\text{deg}$ を上回っている. 一方で, 柴田ほか(2018)の報告によれば, K氏が最も高い跳躍距離を示した試技での跳び出し角度は 19.4deg であり, これ以前の跳躍と比較して跳び出し角度も低く, 助走最高スピードも 9.19m/s と高い値であった. そして, この跳躍がコーチング実践以前の最後の跳躍分析であった. このことから, 助走スピードを生かした低い跳び出し角度での跳躍を継続する必要があると判断した. また, 本事例では, 跳び出し角度に影響を及ぼす技術的な要因として, 踏切中の体幹角度および離地時の視線に着目した. 柴田ほか(2018)によれば, K氏の踏切中の体幹角度は, 接地時で $7.65 \pm 2.77\text{deg}$ の後傾であり, 離地時で $7.61 \pm 3.03\text{deg}$ の後傾であった. 一方, 小山ほか(2010)によれば, 世界選手権決勝に進出した男子競技者の体幹角度は, 接地時で $-3.1 \pm 3.3\text{deg}$ の前傾であり, 離地時で $7.3 \pm 3.4\text{deg}$ の後傾であった. このことから, K氏の特徴として, 接地時に体幹が後傾していることによって, 助走水平速度の減速が大きく, 跳び出し角度の大きい跳躍であると言える. さらに,



コーチング実践開始4か月後



コーチング実践開始2年4か月後

図2 コーチング実践を通じた踏切動作の変化

データでは出すことができないが、踏切離地時の目線が高い(図2の左側)ことも感じていた。これらのことから、K氏の踏切における体幹の後傾および上向きの目線から、跳び出し角度を高くしたいという意思を感じた。一方で、コーチング実践開始から4か月が経過した時点において測定した踏切時の地面反力のデータから、鉛直地面反力の第2ピークの値が50N/kgと比較的低いことを確認することができた(図1)。このことは、適切な鉛直速度を獲得するために十分な鉛直速度を獲得することができていないことを連想させる。なお、分析対象となった試技の記録は6.19mであったことから、この試技はK氏の特徴を適切に反映した跳躍であったと言える。また、この試技の踏切時間は0.103秒であり、小山ほか(2010)によって報告された世界選手権決勝に進出した男子競技者の踏切時間(0.131±0.01秒)と比較して著しく短い。このような特徴から、踏切離地時における水平速度に対して十分な鉛直速度を獲得するために、K氏の場合は踏切時間を長くすることで鉛直力積を獲得することを目指すことは得策ではないと考えられた。そのために、十分な鉛直力積を獲得するために、鉛直力積の第2ピークを高めることを目指すこととした。これらのことから、踏切中に体幹が後傾していることおよび目線が高いことから、跳び出し角度を高くしたい意思を感じるものの、実際には接地時間が過度に短く鉛直速度の第2ピークも低いことから、本人が想定(無意識的に)しているほど鉛直力積を獲得することはできておらず、抜けるような跳躍になる場合もあると推察された。これらのことをまとめて、21歳のときに日本記録を更新するための目指すモデルを以下のように設定し、コーチング実践を開始させた。まず、助走最高スピードおよび100m走記録の向上である。具体的には、助走最高スピードは9.4m/s、100m走記録は11.7秒を目指すこととした。また、助走最高スピードが高まれば、それに伴って踏切時間も短くなることも推察される。これにともなって、一旦は跳び出し角度が低くなっても、高い助走スピードを生かした跳躍を目指すこととした。そのことと付随して、踏切時の体幹角度および目線の方向についても、接地時および踏切時の体幹を直立させて、目線を前方に定めて踏み切ることも目指すこととした。これらのことによって、跳び出し角度が低くなり、踏切時間はさらに短くなることが推察される。もしくは0.103秒という極めて短い踏切時間において十分に鉛直力積を獲得する能力は、コーチング実践スタート時には備わっていなかったと判断すべき

かもしれない。そのため、踏切における鉛直地面反力の第2ピークを60N/kgとすることを目指すこととした。また、このことは両脚での鉛直ジャンプ運動におきかえると、短い接地時間で最大跳躍高を獲得することができていないと言い換えることが可能である。そのため、このような能力を評価する方法として、本実践では、マットスイッチの外側から両脚でマットスイッチに跳び乗って、マットスイッチ上で鉛直に跳び上がる垂直跳(跳び乗りCMJ)を実施した。そして、コーチング開始から1年目での跳び乗りCMJの跳躍高は0.57mであり、そのときの接地時間は0.296秒であった。跳び乗りCMJの跳躍高や接地時間に関して、走幅跳の記録との関係を論じた横断的な研究は見当たらず、目標値を定めることが困難であったが、ひとまず21歳で日本記録更新を達成するために、その時点までに跳躍高を70cmにすること、そしてその時の接地時間を0.2秒にすることを目標とした。

次に、コーチング実践を通じた技術的・体力的な変化について報告する。なお、本報告執筆時点は、コーチング実践開始後2年10か月経過時点であり、21歳で向かえるシーズンを控えている。そのため、21歳で日本記録を達成することを目標として実施してきたコーチング実践の最終的な報告は後日改めることとし、ここまでの経過を報告する。

まず、走幅跳の記録である。コーチング実践開始前のシーズンに自己記録である6.44mを跳び、そのシーズンにおける公認記録の平均値と標準偏差は6.06m±0.23mであった。そして、コーチング実践1年目では6.17m±0.08m、2年目では6.16m±0.09m、3年目では6.26m±0.07mであった。自己記録は更新できていないものの、3年目のシーズンでは他のシーズンと比較して、平均値が高く標準偏差も小さくなっていた。なお、6.44mを跳んだ試技における助走最高スピードが9.19m/sであり、これがK氏の自己最高の助走最高スピードであるが、この助走最高スピードを更新することはできていない。一方で、コーチング実践3年目のシーズンでは、1試合のすべての試技で9.0m/sを超える助走最高スピードを達成できている競技会も見受けられ、助走最高スピードのアベレージは高くなっている。その裏付けとして、100m走タイムは、コーチング実践2年目に12.26秒、コーチング実践3年目には11.99秒と順調に向上している。一方で、このことは、100m走タイムが高まったにも関わらず、その能力が助走最高スピードに反映されていないことを示している。その理由として、助走においては踏切動作を適

切に遂行するために、特に助走の後半において一定のリズム（テンポ）を維持していることが考えられる。そのため、今後、ストライドとピッチのバランスとスピードとの関係を検討することで、助走最高スピードの向上に取り組む。

また、跳び乗り CMJ の跳躍高と接地時間は、コーチング実践 2 年目にそれぞれ 0.59m と 0.262 秒、コーチング実践 2 年 10 か月目には、0.65m と 0.226 秒まで向上した。さらに、踏切離地時の体幹および目線については、コーチング実践開始 4 か月後と 2 年 4 か月後を比較すると、4 か月後では接地時の体幹角度が 8.86deg、離地時の体幹角度が 6.85deg であったのに対して、2 年 4 か月後では接地時の体幹角度が 2.17deg、離地時の体幹角度は 5.54deg と、踏切接地時および踏切時の体幹を直立させて踏み切るといふ目指す動作に近づいているといえる（図 2）。このような一見するとポジティブと見受けられる変化が認められるにもかかわらず、コーチング実践 4 か月後の跳躍では跳び出し角度が 20.3deg であり、2 年 4 か月後の跳躍では 22.9deg であった。この時点では、踏切接地時および踏切時の体幹を直立させて踏み切ることによって、跳び出し角度が低くなっても、高い助走スピードを生かした跳躍を目指していたが、体幹が直立に近い姿勢で踏切を行うことができるようになったにもかかわらず、跳び出し角度は高いままであった。体幹が直立に近い角度で踏切を行うことができるようになることが、必ずしも高い助走スピードを生かした跳び出し角度が低い跳躍に繋がらない可能性を感じつつも、現在に至るまで体幹が直立に近い姿勢で踏切を行うことを引き続き指導している。

本研究の趣旨は、本実践において用いた手段の効果を立て証しようとする立場ではないことを断ったうえで、100m 走タイムを高めること、および踏切接地時および踏切時の体幹を直立させて、目線を前方に定めて踏み切ること、さらに踏切時の鉛直地面反力の第 2 ピークを高めることを達成するために取り組んだ手段について紹介したい。まず、100m 走タイムを高めるために、スプリントトレーニングを週に二日（2 セッション）、それぞれ 1 時間ずつに増やした。そして、一方のセッションを 30m や 60m のスターダッシュ、30m + 30m から 20m+100m の加速走、スプリントアシステッドトレーニングを取り入れた。また、別のセッションでは、フラット走路で 30m 程度を用いて加速し、十分に加速したと目される時点、つまり 30m を超えたあたりで坂路走路に入り、坂路でも極力スピードが低下しないように加

速しようとする坂ダッシュを取り入れた。また、この坂ダッシュでは、前後に二人並び、互いの距離を 10m 程度開けてスタートし、追いかけてこをすることで、主観的な努力度を高めることを目論んだ。

また、踏切接地時および踏切時の体幹を直立させて、目線を前方に定めて踏み切ることを達成するために、数回ではあるものの、分習法として棒高跳のピットで着地用のマットに向かって前方回転跳びを行わせた。これにより、直立もしくは前傾して踏み切る運動感覚の獲得を目指した。

さらに、踏切時の鉛直地面反力の第 2 ピークを高めるために、跳び乗り CMJ において接地時間 0.2 秒、跳躍高 70cm を目指すこととし、これの達成によって間接的に踏切時の鉛直地面反力が向上することを目論んだ。そして、跳び乗り CMJ において接地時間 0.2 秒、跳躍高 70cm を目指すために、20kg のシャフトを担いでスクワットジャンプを行わせるなど、比較的軽量の負荷でのジャンプ運動を行わせた。これらの手段は、一般的に用いられる手段であり、目新しいものではないが、本コーチング実践では、これらのジャンプトレーニングを行う際に、パワーポジションまでしっかりと沈み込むこと、沈み込んでから離地までの時間は可能な限り短くすることを注意し、これらに関して積極的な声掛けを行った。今後、踏切時の地面反力を測定する機会を設けて、鉛直地面反力の第 2 ピークのモニターを続けたい。

まとめ

以上のように、コーチング実践開始から 2 年 10 か月時点では、少なくとも体力的な面については、設定したモデルに基づいて順調に向上していると言え、現時点で現有のモデルを修正する必要性は感じない。一方で、踏切時の地面反力第 2 ピークの大きさ、それを高めるための技術的な要因については、今後さらに検討の余地があろう。

文献

- 犬井亮介・柴田篤志・山元康平・木越清信（2019）女子走幅跳および三段跳競技者における関連種目記録の目標値作成の試み。陸上競技研究，2019(4)：30-39。
- 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）走幅跳のバイオメカニクスの分析。日本陸上競技連盟バイオメカニクス研究班編 第 11 回世界陸上競技選

- 手権大会 日本陸上競技連盟バイオメカニクス研究班報告書 世界一流陸上競技者のパフォーマンスと技術. 財団法人日本陸上競技連盟：東京, pp. 154-164.
- 小山宏之 (2016) キーノートレクチャー ジャンプス・カンファレンス：走幅跳. 陸上競技学会誌, 14 : 99-103.
- 中野美沙・村山凌一・木越清信 (2020) 下肢の筋力・筋パワーの評価法のための接地時間および跳躍高に着目したジャンプの運動特性. 筑波大学体育系紀要, 43 : 23-29.
- 柴田篤志・清水悠・小山宏之 (2018) 女子走幅跳高校記録保持者の高校～年間にお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. 陸上競技研究紀要, 14 : 67-75.
- 山元康平・柴田篤志・犬井亮介・広瀬健一・前田奎・木越清信・尾縣貢 (2019) 世界および日本トップレベル女子水平跳躍競技者の記録発達の特徴. 陸上競技研究, 2019 (3) : 22-31.

やり投におけるバイオメカニクス研究に基づいた技術指導の実践

田内健二¹⁾

牧野瑞輝²⁾

1) 中京大

2) 中京大大学院

I. 緒言

やり投げの競技パフォーマンスに影響を及ぼす動作要因については、これまで多くの研究によって明らかにされてきた。主な内容には、やりの飛距離にはリリース時のやりの速度（初速度）が最も重要であること、やり投げの飛距離に優れる選手は助走速度が速いこと、最終的な前脚接地（ブロック動作）時には膝がより伸展位であること、などが挙げられる（田内, 2009）。これらの内容は、いずれもやりの飛距離と各動作パラメータとの相関関係、あるいは競技レベルの高い選手群と低い選手群との差の検定、などの横断研究によって明らかにされたものである。我々の研究グループは、これらの内容をさらに発展させる形で、やり投げの飛距離に対する各動作パラメータの優先順位を統計学的に決定したり（田内ら, 2012a）、男女間での相違点を検討したりしてきた（瀧川と田内, 2020）。このように、やりの飛距離と動作要因との関係を検討する横断的研究による知見は、かなり蓄積されてきたといえる。

一方、競技現場においてより重要なことは、研究によって明らかにされた内容が、実際に指導する選手のパフォーマンスを高めることに役立つかということであろう。この課題を解決する一つの方法として、パフォーマンスが変化した個々の選手の動作の変化を検討する事例的研究が挙げられる。我々の研究グループでは、同一選手を対象にして、成功試技と失敗試技との比較（村上ら, 2008；田内ら, 2012b）、複数年にわたる動作の縦断的变化（田内ら, 2011；村上ら, 2014）などを検討してきた。この中では、パフォーマンスの変化に対する動作の変化を、上述した横断研究の内容と照らし合わせて解釈するだけでなく、当該選手の自省などを取り上げて解釈することもあり、より競技現場に即した課題を解決する方向で研究を進めてきた。これらの研究を通して、個々の選手のパフォーマンスの変化に対する動

作の変化は、例えば、記録が増加した試技では助走速度が増加していたり、低下した試技ではブロック動作で膝が屈曲していたりするなど、基本的には横断研究の内容に矛盾しないことが明らかになっている。

しかしながら、上述した研究はいずれも生じた結果を分析するという研究であり、なぜそのようなパフォーマンスに至ったのかという、因果関係を明らかにすることはできない。競技現場においては、当該選手のパフォーマンスを向上させるために、あらゆる観点から分析し、弱点を補強したり、強みを伸ばしたりを適宜判断し、試行錯誤している。その試行錯誤の過程を明らかにした上で、生じた結果を解釈することが、実践においてより有用な知見になることが考えられる。

そこで本研究は、やり投げに関するバイオメカニクス研究の知見を基にして、当該選手のパフォーマンスを評価し、そこから得られる課題を解決するアプローチ、およびその成果を客観的に明らかにすることを目的とした。

II. 方法

1. 対象者

本研究の対象者は、大学に在籍する女子やり投げ選手1名（以下、A選手：年齢19歳、身長163cm、体重60kg、競技歴4年）である。A選手のプロフィールを表1に示した。A選手は、2019年に49.93mを投げてインターハイ3位に入賞、2021年に53.38mを投げてU20日本選手権において2位に入賞し、この年に自己最高記録を54.12mまで伸ばしている。本研究では、2021年におけるアプローチを研究の対象期間とした。

2. 動作評価の観点

本研究では、やり投げの動作を分析するにあたり、

表1 シーズンベスト記録の変遷

西暦(年)	記録(m)	主な成績
2018	42.86	
2019	49.94	沖縄IH 3位
2020	50.60	
2021	54.12	U20 2位

最終的な後足接地時を R-on, 前脚接地(ブロック動作)時を L-on, リリース時を REL とし, R-on から L-on を準備局面, L-on から REL を投局面として定義した。

著者は, 田内ら(2012) および瀧川と田内(2020)の研究成果, および指導経験(田内, 2011)を基にして, やり投げ動作を評価する主な観点を以下のように設定している。

- ・助走速度の程度(局面を通して速ければ速いほど良い)
- ・ブロック動作の膝の屈曲角度の程度(L-on時に伸展位であれば良い)
- ・後方からみた腕のしなり具合(L-on時にグリップが背中側に残っていれば良い)
- ・側方からみた地面に対する体幹角度(局面を通して地面と垂直であれば良い)
- ・クロスステップ時の骨盤の向き(局面を通して骨盤が進行方向を向いていれば良い)
- ・クロスステップのリズム(R-onからL-onが間延びしなければ良い)

参考として2007年世界選手権女子やり投上位8名(世界トップ8)の平均動作モデルを示した(図1, 田内ら, 2009)。世界トップ8の動作は, これら

の観点からすればおおよそ優れていると評価されるものである。

3. 指導者によるA選手の主観的評価および課題

A選手の2019年の投てき動作を図2に示した。著者からみたA選手における動作の主観的評価は, 助走速度が遅く, ブロック動作を利用した投げというよりは, 腕を大きくしならせた腕振りの強い投げという印象であった。特に, 骨盤が進行方向(以下, 前方)に対して真横を向いてクロスステップを行う, いわゆる「横走り」の状態から投げるという印象が強かった。また, 上述したやり投げ動作の評価の観点に対しては, 表2に示したようにマイナスの評価が多く, 腕のしなり具合以外は, 改善の余地が大きい投げであったといえる。反対に, このような動作の評価であるにもかかわらず, インターハイで3位に入賞するという事は, 優れた素質の持ち主であったと捉えることもできる。

以上の評価から, 改善しなければならない課題は特に下肢の動作とした。その中でも, R-on時に骨盤がほぼ真横を向き, 右膝が後方からみて横方向に屈曲するように接地しながらL-onを迎えている動作(図2)を改善することを最優先とした。具体的には, より骨盤を前方に向けた状態でクロスステップを行い, R-onからL-onにかけて右膝が前方へ屈曲しながら投局面を迎えられるようになることを指示した。この理由には, 骨盤を前方に向けてクロスステップすることによって, 助走で獲得した速度をよりスムーズにクロスステップへとつなげることができれば, 助走速度を向上させることができるだけでなく, R-onからL-onへの間延びを防ぎ, ブロック動作における膝の屈曲も抑えられると考えたから

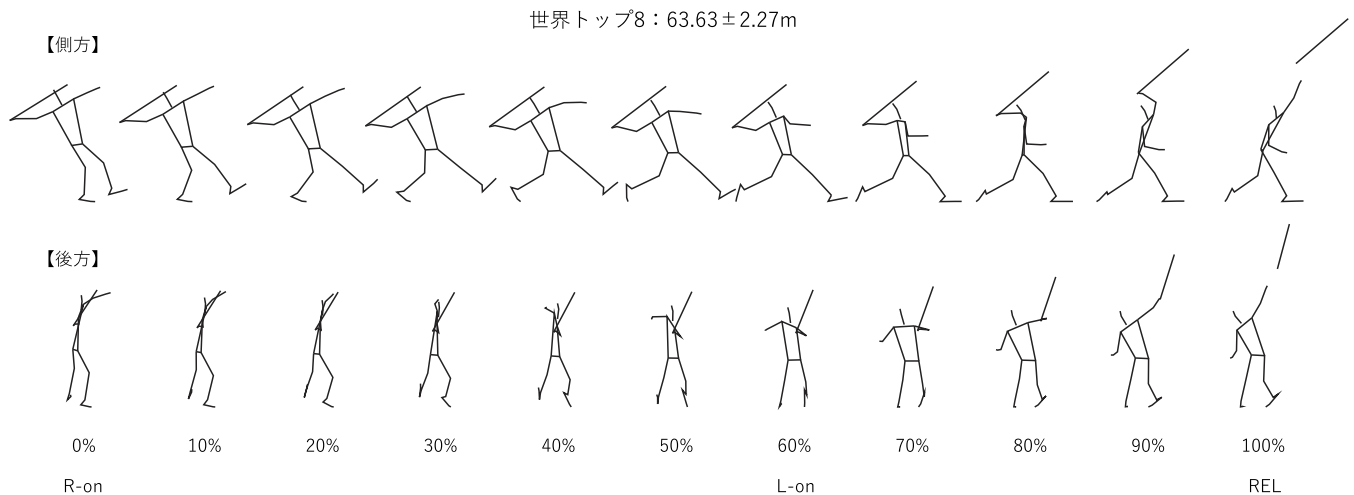


図1 世界トップ8における平均動作モデル(田内ら, 2009より引用)
0-100%は規格化時間を示す。

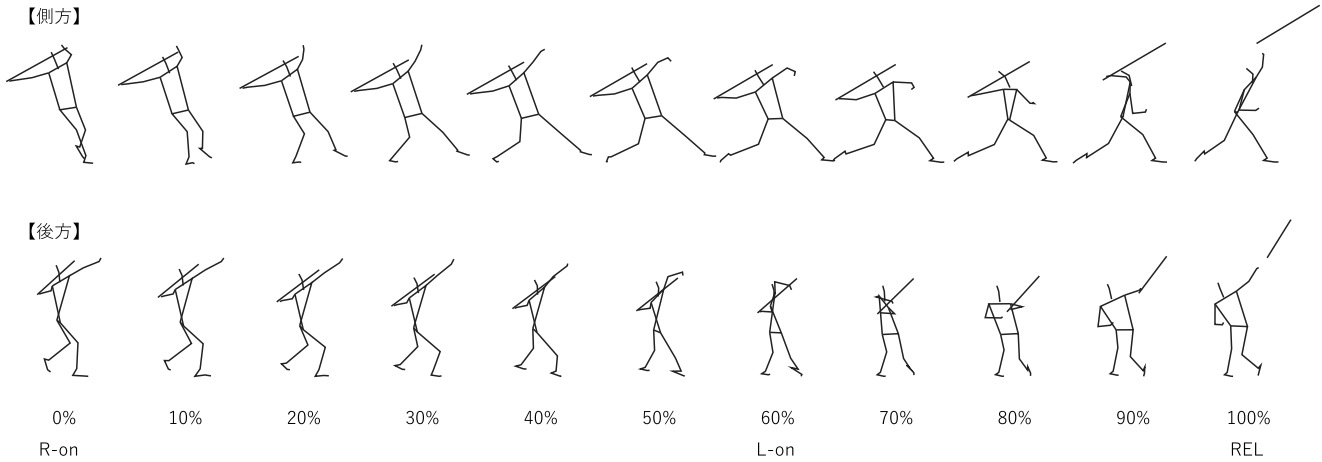


図2 A選手における2019年の投げのスティックピクチャ
0-100%は規格化時間を示す。

表2 A選手における2019年の投げに対する指導者（著者）の主観的評価

評価の観点	評価
助走速度の程度	遅い
ブロック動作の膝の屈曲角度の程度	曲がっている
腕のしなり具合	かなりしなっている
側方からみた地面に対する体幹角度	やや後傾している
クロスステップの骨盤の向き	真横を向いている
クロスステップのリズム	間延びしている

である。

4. 実践内容

A選手には2021年4月から指導を開始し、上述した課題および指導方針を提示した上で以下に示すようなトレーニングに取り組んだ。本研究の内容は約3か月間の成果となる。

- ・投げ練習：2回/週

骨盤を前方に向けてから走りだし、その骨盤の向きをできるだけキープしたまま、クロスステップして投げるトレーニング。その際には、右骨盤を前方へ出す意識ではなく、左脚で後方にキックする反作用によって右骨盤を前方へ引き出す意識を持たせることを強く指示した（田内，2011）。

- ・トラックドリル：2回/週

投げにおけるクロスステップの動作を補強することを目的とした下半身の動作を反復するドリル。骨盤を前方に向け、やりを後方に構える姿勢を取り、その姿勢をキープしたまま歩行、クロスステップを行わせた。意識する点は、投げにおける下半身の動作と同様であった。

- ・体幹の補強：4回/週

体幹部の筋力向上を目的とした数種類の体幹の補強ドリル。骨盤を前方に向けたままやりを後方に構える姿勢は、体幹の捻転が強調されるため、この姿勢を維持することを容易にするために、ほぼ毎回のトレーニングにおいて取り入れた。特に、シャフトを担いだ姿勢による体幹の捻転動作、背筋群を補強するウエイトトレーニングを重点的に行うように指示した。

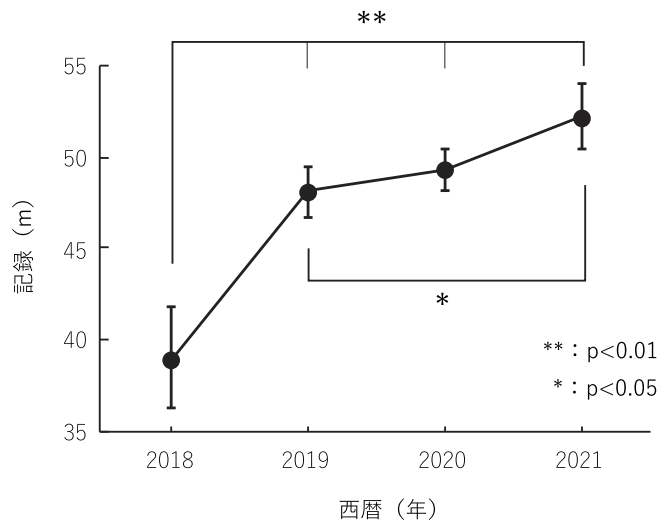


図3 A選手における各シーズン上位5試合の平均値の推移

統計処理には、一元配置分散分析を行い、Scheffe法により多重比較を行った。

5. 分析方法

本研究では、上述した実践内容の成果を検証するために、2019年沖縄インターハイでの49.94mの試技、2021年のU20日本選手権での53.38mの試技を

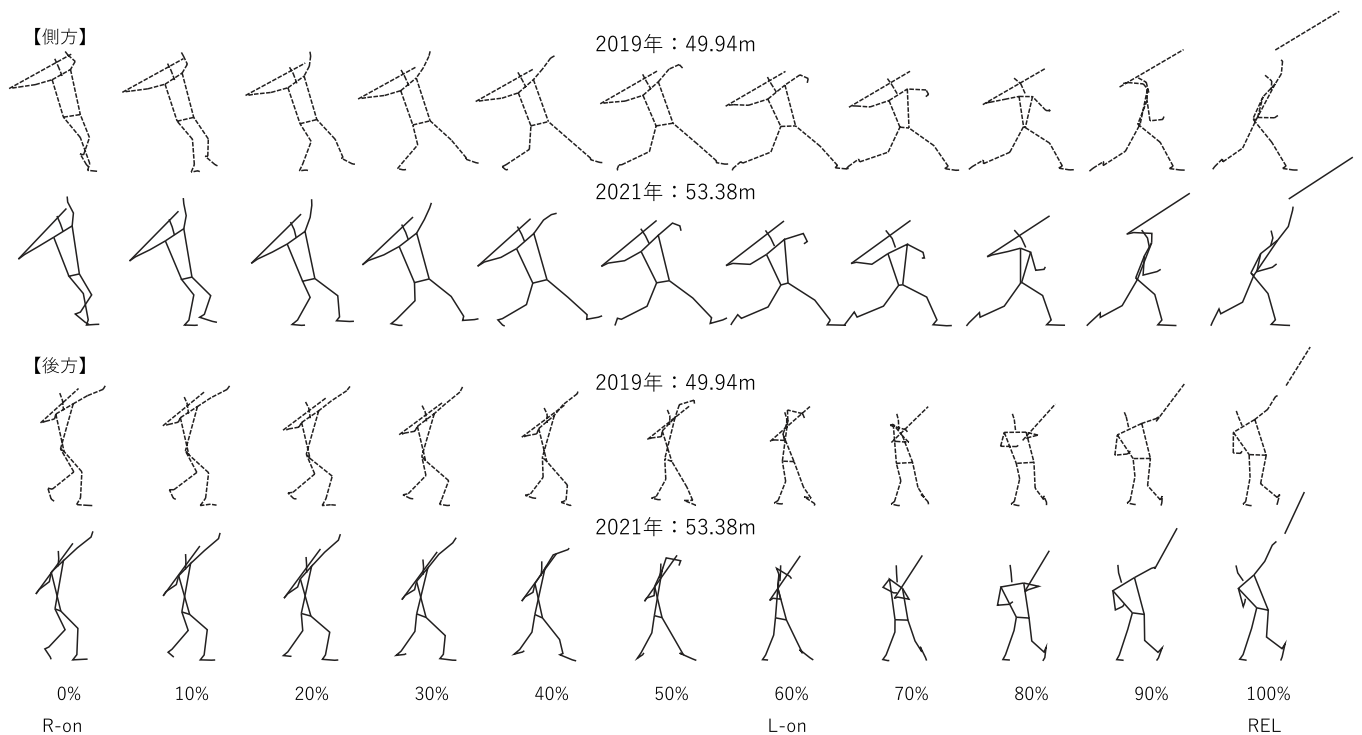


図4 A選手の2019年(破線)および2021年(実線)における投げのスティックピクチャ
0-100%は規格化時間を示す。

動作分析した。なお、本研究における映像データは、日本陸上競技連盟科学委員会のバイオメカニクス研究活動によって収集されたものである。分析方法は、紙面の制約上省略することとした。詳細については、我々の研究グループによる先行研究を参照されたい。算出項目についても、先行研究で提示されたパラメータを中心に算出し、時系列データについては、R-onを0%、L-onを60%、RELを100%に規格化して示した。

Ⅲ. 結果

図3に、A選手の2018年から2021年までのシーズン上位5試合の平均値の推移を示した。2019年から2021年は2018年と比較して有意に高値を示し、2021年は2019年と比較して有意に高値を示した。

図4に、2021年の53mのスティックピクチャを示した。2019年と比較して2021年において特徴的に観察された動作の変化は、準備局面においてグリップが下方に位置し、やりの姿勢角がより傾斜していたこと、また骨盤がより前方に向いており、肩のラインの捻りの度合いも少なくなっていたことであった。

表3に、2019年および2021年の投てき動作における基礎的パラメータを示した。また、参考値として、世界トップ8の値(田内ほか, 2009)も示した。

表3 A選手の2019年および2021年の投げにおける基礎的パラメータ

	2019年	2021年	世界トップ8
記録 (m)	49.92	53.38	63.63±2.26
動作時間 (s)			
準備局面	0.283	0.250	0.21±0.02
投局面	0.167	0.150	0.14±0.01
リリース速度 (m/s)			
左右	1.8	-0.9	-1.0±1.5
前方	17.4	19.7	19.2±1.0
上方	12.8	11.6	13.9±1.2
合成	21.7	22.9	23.8±0.3
重心速度 (m/s)			
R-on	5.0	5.2	5.8±0.5
L-on	4.3	4.4	5.0±0.4
REL	1.9	2.1	2.8±0.4
投行程 (m)			
準備局面	1.25	1.12	1.25±0.19
投局面	1.69	1.85	1.82±0.15
歩幅 (m)			
前後	1.69	1.63	1.66±0.17
左右	0.55	0.72	

2019年と比較して2021年では、局面時間が減少し、リリース速度は増加していたが、前方成分が大きく増加していた反面、上方成分は低下していた。重心速度は、いずれの時点においても増加し、投行程は準備局面において低下し、投局面において増加していた。歩幅は、前後方向が減少し、左右方向が増加していた。

図5に、右母指球でそろえた右脚のスティックピ

IV. 考察

A選手は、2018年からやり投げを始め、2年目である2019年にはインターハイ3位になるなど、非凡な才能をもった選手であった。2020年はコロナ禍の影響もあり、記録的にもやや停滞したが、2021年は2019年と比較して上位5試合の平均記録が有意に向上していた(図3)。このことは、本研究で取り上げた試技(2019年: 49.94m, 2021年: 53.38m)を比較することが、当該選手のパフォーマンスの変化を捉えるのに妥当であったことを示唆するものである。

A選手の技術的課題は、いわゆる「横走り」からの投げから、骨盤をより前方へ向けてクロスステップを行い、スムーズに投局面につながる投げへと変化させることであった。著者の指導経験の中でこのような課題に取り組んだ代表的な選手に、2012年ロンドンオリンピック代表のディーン元気選手が挙げられる。ディーン選手は、2009年(高校3年次)に69.42mを投げてインターハイ優勝した後、2010年から著者の指導を受けるようになり、その年に78.57mのU20日本記録を更新したという実績がある。この2010年におけるディーン選手に対する指導方針がまさにA選手と同様であり、著者の指導経験が本研究の事例に多分に影響したものと考えられる。

A選手においては、技術の改善に取り組み始めた当初は、骨盤をより前方へ向けたままやりを後方に引くという姿勢をとることでさえ、つらいと発言するような状態であり、その姿勢で歩行したり、ステップを踏んだりすることはさらに困難であった。このことには、A選手が過去に骨盤を前方へ向けるという指導を受けた経験がなく、それまでの動きでは使ってこなかった体幹筋群を使わなければならないこと、および根本的に体幹筋力が不足していることが影響していると考え、体幹の特に回旋系のトレーニングを重点的に行わせた。また、クロスステップにおいて骨盤を前方へ向けるという動作は、右の骨盤を前に出すのではなく、左脚で地面を後方に蹴る反作用で勝手に出てくるという意識(田内, 2011)を持たせて、ステップを反復させた。トレーニングを継続して、2か月あたりから、徐々に骨盤を前方へ向けた姿勢で投げができるようになり、A選手からも違和感がなくなって投げられるようになったという内省がでてくるようになった。

このような経緯をたどった結果、2021年6月25日に開催されたU20日本選手権において53.38mの

自己記録を更新して2位となった。この際の動作を分析した結果、課題としていた骨盤の向きについては、R-on時により前方を向けた姿勢をとり、そのままL-onを迎える動作が観察され(図4)、腰の角度変化においても確認された(図6)。特に、右脚の動作を2019年と比較した結果、準備局面において下腿がより早いタイミングで前方へ倒れ、右骨盤がより前方へ推移していく動作が観察された(図5)。このような動作の結果、準備局面における前後幅および動作時間が短縮し、投行程の距離が短縮したものと考えられる(表3)。そして続く、投局面における投行程が長くなったにもかかわらず、動作時間が短縮した結果、リリース速度が向上し、記録の更新につながった(表3)と考えられる。また、田内ら(2012)によると、やり投げのパフォーマンスに対して優先度が最も高い動作要因は助走速度であると報告されており、その助走速度(重心速度)についても2021年が高値を示していた(表3)。なお、A選手の内省としては、助走を意図的に速くしたというよりは、骨盤を前方へ向けたクロスステップができるようになり、より楽に前方へ進むようになったため、自然に速くなったとのことであった。このようなA選手における2019年から2021年の変化は、世界トップ8の値に近づくような変化でもあった。さらに右脚の動作の変化、およびパフォーマンスの向上は、上述したディーン元気選手の2009年から2010年への変化においてもほぼ同様に認められている(図7: 田内ら, 2011)。したがって、いわゆる「横走り」から投げるような特徴を持つ選手においては、本研究のようなアプローチが、パフォーマンスの向上に役立つ指導方針である可能性が考えられる。

ここに上げたディーン選手の2009年から2010年への変化においては、肩のラインはより捻られ、骨盤はより前方を向くようになったことから、体幹部の捻転が強調され、その捻り戻しの増強がパフォーマンスの向上に影響したことが報告されている(田内ら, 2011)。しかしながら、A選手の2021年の投げにおいては、骨盤を前方へ向けられるようになった結果、肩のラインもより前方へ向いており、体幹の捻転角度自体に大きな変化は認められなかった(図6)。つまり、体幹部の捻りを2019年の投げと同程度に維持したまま、体幹部全体がより前方を向いた姿勢に変化したということである。図1および図2を比較すると、2019年の投げは、世界トップ8と比較してより大きく肩のラインを捻っていることがわかるが、体幹部全体が前方を向くよう

----- 2009年：69.42m ● 右大転子（2009年）
 ———— 2010年：76.15m ○ 右大転子（2010年）

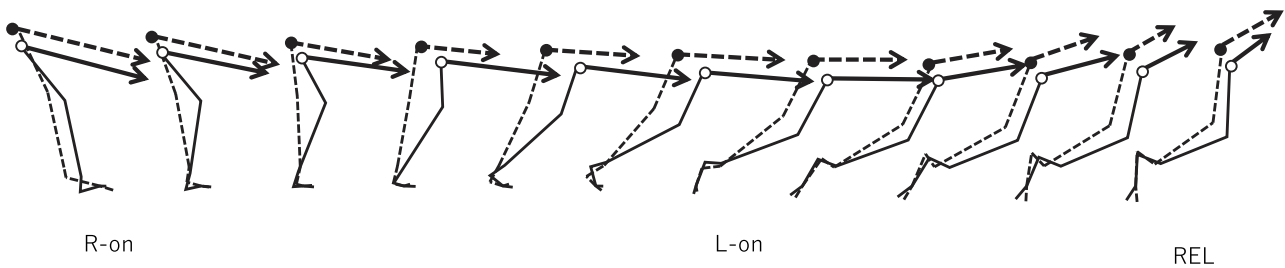


図7 ディーン選手における右脚の動作および右大転子の速度ベクトル（田内ら，2011より引用）
 スティックピクチャは右母指球の座標値にそろえて示している

になった2021年の投げでも、世界トップ8と比較すれば、依然として肩のラインの捻りは大きいと評価できる（図4）。したがって、2019年の投げでは、肩のラインの捻りが大きすぎて、十分に捻り戻すことができない状態で投げを行っていたのに対して、2021年ではより前方に向けたことから、肩のラインの捻り戻しが活かされる投げに変化したことが推察される。2021年の投げが2019年と比較して、リリース時に肩のラインがより前方へ回旋していたこと（図6）、リリース位置がより前方にあること（図4）、投局面の投行程が長くなったこと、およびリリース速度の左右成分が、右方向（正の値）から左方向（負の値）へと変化したこと（表3）は、A選手にとって肩のラインがより適切な位置に捻られた状態になったことを示唆するものと考えられる。

以上のことから、A選手においては、いわゆる「横走り」からの投げに対して、骨盤を前方へ向けてクロスステップを行うという課題を提示し、トレーニングを行った結果、確かにより骨盤を前方へ向けてクロスステップが行えるようになり、やり投げ動作の各パラメータが世界トップレベルの選手に近づく方向で改善され、パフォーマンスが向上したことが明らかとなった。また、このような動作の変化は、同様の特徴を有していたディーン元気選手の2009年から2010年への変化とも類似するものであった。なお、本研究の分析期間である3か月間においては、体幹のトレーニング、あるいは通常のウエイトトレーニングによって、挙上重量などの筋力指標は大きく変化することはなかった。したがって、本研究における動作の改善は、筋力の向上というよりは、むしろ神経系（下半身の動かし方）の改善の影響がより大きかったと考えられる。

本研究においては、「横走り」であったり、捻りが強調されていたりと、特徴的な動作を行う選手へのアプローチを取り上げたが、例えば、指導者の主

観的な評価において世界トップ8の平均動作モデルに近い動作であっても、パフォーマンスが低い選手は存在している。そのような選手に対しては、本研究とは全く異なる指導方針によってアプローチする必要がある。いずれにしても、合理的な判断に基づく動作の評価および課題の抽出、課題を解決するアプローチ、およびその成果を記述し、蓄積していくことが、より実践に役立つ知見が得られるものと考えられる。

謝辞

本研究を執筆するにあたり、高松潤二氏（流通経済大学）には、貴重なデータの提供をいただきました。この場をお借りして、感謝申し上げます。

参考文献

- 村上幸史，田内健二，本道慎吾，村上雅俊，小山裕三（2008）国内一流男子やり投競技者における成功試技と失敗試技との投てき動作の比較．陸上競技研究 75（4）：21-28.
- 田内健二（2009）バイオメカニクスの知見を背景にした男子やり投げの投てき技術：レビュー．陸上競技学会誌 7：33-39.
- 田内健二，遠藤俊典，小林海，藤田善也（2009）女子やり投の投てき動作における日本トップ選手と世界トップ選手との比較．陸上競技研究紀要 5：89-92.
- 田内健二（2011）トレーニング講座 高校編 やり投．月刊陸上競技 45（3）：p. 213.
- 田内健二，遠藤俊典，藤田善也，矢野恵大，藤井宏明，大宅和幸（2011）ディーン元気選手におけるやり投動作の縦断的变化－2009年と2010年の比較から－．陸上競技研究紀要 7：50-54.

- 田内健二, 藤田善也, 遠藤俊典 (2012a) 男子やり投げにおける投てき動作の評価基準. バイオメカニクス研究 16(1) : 2-11.
- 田内健二, 村上雅俊, 大宅和幸 (2012b) 宮下梨紗選手における 60m オーバーの投てき動作の特徴－60.08mと53.80mとの比較－. 陸上競技研究紀要8: 65-68.
- 村上幸史, 塚田卓巳, 遠藤俊典, 田内健二 (2014) やり投げ世界トップレベル選手における投てき動作の縦断的变化－2007年から2013年までの7年間の追跡調査－. 陸上競技研究 98: 36-43.
- 瀧川寛子, 田内 健二 (2020) やり投げの投てき記録に影響を及ぼす動作要因における男女差の検討. 体育学研究 65 : 595-606.

陸上競技コーチング学の体系化に向けた実践研究のあり方について —根拠に基づく実践の最適化を目指して—

森丘保典¹⁾ 福田厚治²⁾ 田内健二³⁾ 木越清信⁴⁾ 榎本靖士⁴⁾

1) 日本大学 2) 兵庫県立大学 3) 中京大学 4) 筑波大学

はじめに

教育学者パウロ・フレイレ (Paulo Freire) の「すぐれた実践は、理論に基づいており、内省を媒介として、新たな理論を生み出す」という一節を引くまでもなく、実践と理論の関係性や統合の重要性については、いわゆる「科学」や「技術」の発展史のなかで繰り返し確認されてきたことといえる。一方で、中村 (1992) は、チャーホフの『手帖』にある『ある控えめな男のためにお祝いの会が開かれた。集まった人々は、ちょうどいい機会とばかり、てんでに自慢するやら、褒め合いをするやらで時間の経つのを忘れた。食事も終わろうという頃になって人々が気づいてみると一当の主人公を招くのを忘れていた』という一文を引きながら、「近年いよいよ明らかになってきている既成のさまざまな理論や学問と現実とのずれを見ていると、この話を思い出してしまう。集まった人々にあたるのは、常連のさまざまな華々しい理論や学問であり、主人公にあたるのは〈現実〉である」と指摘する。

「アスリートセンタード」を持ち出すまでもなく、スポーツの「主人公」は、個々のアスリートやプレーヤーとその「実践 (の場)」であることは言を俟たない。しかしながら、図1 (Knudson and Morrison, 1997) にあるような、ゴルファーのスイングを改善しようとしている3人の支援者が、自分の専門以外の分野にまたがる多くの要因に頓着することなく、主人公そっちのけで自説を誇示する光景は、それほど珍しいものでもない。したがって、「実践を研究するとは？」という問いを立てながら、「よく言われるような理論と実践の関係系が科学から実践への一方的な上意下達を意味してはならないし、実践的という意味が単に実用的に役に立つと同義に理解されてはならない」(金子, 2000) という指摘の意味について再考する必要がある。

体育・スポーツ科学に関連する学術雑誌において、実践に関する研究 (論文) はどのような定義づけがなされているのだろうか。日本体育・スポーツ・健康学会 (機関誌名: 体育学研究) では、「実践研究」という論文の種類があり、「現場からの貴重な情報を基にした研究で、指導法に関する実用的研究や、総合的に分析した研究が含まれる」という内容が示されている (日本体育・スポーツ・健康学会, online)。また、日本コーチング学会 (機関誌名: コーチング学研究) では、原著論文のなかに「実践論文: スポーツ実践や関連事象について、実験や各種調査などによる仮説検証を通して、新規性と普遍性の高い原理や原則を明らかにし、コーチング学の発展に直接的に寄与する論文」と「事例研究: コーチング学における種々の問題に対して、事例をもとにして、新規性と普遍性の高い原理や原則を明らかにし、コーチング学の発展に直接的に寄与する論文」という種類と内容が設けられている (日本コーチング学会, online)。さらに、日本陸上競技学会 (機関誌名: 陸上競技学会誌) では、「実践」と銘打つ種類は設けられていないが、「原著論文: 陸上競技およびこれに関連する分野の学術上および指導・



図1 科学的コーチング!!

実践上価値のある新しい研究成果を記述した原著論文、「事例報告(ケース・レポート):陸上競技の実践において、現場で実際に行った事実(コーチングやトレーニングの活動)を事例として正確に記述し報告したレポートであり、指導者や選手の活動実践に直接役立つもの」など、実践(事例)という文言が含まれる内容が示されている(日本陸上競技学会, online). 主なキーワード(センテンス)を抽出すると、「新規性と普遍性の高い原理や原則(の明確化)」から、「実験や各種調査などによる仮説検証」や「選手を総合的に分析した研究」、さらには「指導・実践上価値のある新しい研究(成果)」「指導法に関する実用的研究」「指導者や選手の活動実践に直接役立つもの」などに至るまで、その定義づけや射程は極めて多様かつ曖昧であるといえる。

本特集は、陸上競技の走・跳・投種目の専門家が実践研究(論文)を執筆し、著者間で相互に査読し合うことを通して、陸上競技コーチング学の体系化に向けた実践研究のあり方について検討することを目的として企画されたものである。

エビデンスとナラティブ

Guyatt (1991) が提唱した「根拠に基づく医療(Evidence-based Medicine: EBM)」は、「臨床家の経験やカンではなく科学的根拠(エビデンス)を重視して行う医療」と説明される場合があるが、本来は「研究によって得られた最良の根拠と臨床家の経験、そして患者の価値観を統合し、よりよい患者ケアに向けた意志決定を行うもの(傍点筆者)」とされている。また、このEBMにおいて、実際にエビデンスを患者や一般市民に「伝える」局面では、専門的な知見をいかに伝えるか、またその理解および反応をどのように研究者にフィードバックさせていくかが大きな課題となっており、さらにそれを「使う」局面では、エビデンスが医療現場で「使われなさ過ぎる(無関心)」問題と、エビデンス信奉ともいふべき「使われすぎる(無批判)」問題が併存するという「エビデンス・診療ギャップ」の存在も指摘されている(中山, 2010)。このような問題を踏まえて、患者自身が語る「ナラティブ(物語)」から病の背景を理解し、抱えている問題に対して全人的なアプローチを試みようとする臨床手法(Narrative-based Medicine: NBM)の重要性も指摘されている(斎藤, 2014)。医療には、いわゆる科学的なエビデンスが不可欠であるが、実際の患者に相對すると、それだけでは対応しきれない場面が多々あることは

容易に想像できる。先のエビデンス・診療ギャップは、そのことに起因すると考えられるが、そこで登場するのが「NBMでEBMを補う」という考え方である。ともすれば対立的な概念とみられがちであるEBMとNBMであるが、医療の現場では、「疾患(disease)」の理解にはEBM、悩みや苦しみをともなう「病氣(illness)」の理解にはNBMという位置づけがなされている。病氣や症状を単なる生物学的な問題としてだけでなく、心理的・社会的な問題として統合的に捉えるという視点をもつNBMは、データ中心のEBMから患者中心のEBMに移行するために欠かせないアプローチになる(菊池, 2002)。

このように、エビデンスを「伝える」「使う」ために患者の個別性に目を向ける必要性が高まるなかで、EBMを補完する機能としてのNBMが認められてきたことは言うまでもないが、そのような補完機能のみならず、語ること自体の治療的意義も示されており(岡島, 2008)、いまやEBMとNBMは“車の両輪”であるべきと主張されている(谷田, 2007)。上記のEBM(NBM)における「臨床家」を「コーチ」「患者」を「アスリート、プレイヤー」「医療、治療、ケア」を「コーチング、トレーニング」に置き換えれば、スポーツ現場の実践(研究)に関わる指摘として読み替えが可能である。このことは、人間が生物としての普遍性をもつと同時に個別性という要素を持ち合わせており、どちらの研究に偏っても健全な発展が望めないことから、従来型の普遍性を追究する科学研究とそれだけでは解明できない個別性の問題を追究する実践研究の棲み分けを図り、車の両輪のように、互いの長所を提供し合うとともに、限界を補完し合って前進すべきであるという山本(2018)の指摘とも重なり合うものである。

量的研究と質的研究 — 個別性と普遍性(一般性) —

奥野(2011)は、エビデンスとナラティブには明確な相違点があると前置きしたうえで、二つの概念は両極のものではなく連続的なものであるという捉え方を提示する。なぜなら、各研究法におけるエビデンス(普遍性)の強度は下から上にいくほど強まるが、反対にナラティブ(個別性)の強度は下に行くほど強まると考えられることから、この二つの概念には、その強弱によって連続性があるという視点に立つことができるからである(図2:津谷(1998)を著者改変)。臨床における実践を扱う一般的な研究デザインは、エビデンスレベルが一番下から三番目までの範疇、すなわち「事例(症例)研究・報告」



図2 エビデンスとナラティブの強さの連続性

「事例 (症例) シリーズ」「事例 (症例) 対照研究」の 3 つの研究法であることが多い (津谷, 1998). これらの研究法をあえて「質的研究」と「量的研究」に分類するならば, 「症例報告 / 事例研究」は質的研究であり, 「事例 (症例) 対照研究」から上が量的研究に相当するが, その間に位置する「事例 (症例) シリーズ」には両方の要素が混在しているといえる (奥野, 2011). 量的研究では科学的な方法論を取り入れ, データに基づく統計的・客観的視点による「普遍性」の追究が重視されるが, 質的研究は科学的データのみならず, 患者やクライアントとの対話を心理社会的背景も併せて記述し, 治療に至るプロセス, 援助者とクライアントとの関係性をふくめた「個別性」を明らかにする (岸本と齋藤, 2005).

スポーツのコーチングのプロセスを「時間軸」として捉えれば, 量的情報は, あくまでも「初期条件」に過ぎない. 改めて言うまでもないが, 人間 (のパフォーマンス) は, 初期条件によってすべて規定されるわけではなく, 環境や相手との「相互作用」により変化するものであり, そのことが実践の分析・評価をより複雑かつ困難なものにしているといえる. 例えば, “薬効” という初期条件が確定している薬であっても, 服用する人間によって正負の効果の現れ方が異なるだけでなく, 初期条件がゼロであるはずの偽薬にもプラセボ効果が発現することなどは, いわゆるナラティブのみでの支援可能性を示唆している. このように考えていくと, エビデンスとはひとつの「情報」であり, ナラティブの中で活用されてこそ機能が発現することになる (奥野, 2011).

そもそも研究の「方法」が「何かを行うための手段」である以上, その正しさは「目的」に応じて決まるものであり, だとすればすべての条件を取り払った

うえで「絶対的に正しい方法」はあり得ない. 「測る」ことによって数値化できる量的な情報に比べて, 選手やコーチの意図や意識, 得られた感覚や感触 (コツやカン) といった質的な情報および情報化のプロセスは「情報化」されにくいという側面があるが, 実践知の本質は量と質の「階層差」にこそ存在するものである (森丘, 2008). したがって, 質的研究と量的研究の階層差を意識しながら, それぞれの研究プロセスにおいて獲得された情報 (量的・質的データ) を統合する視点に立つことによる「個別性と普遍性の両眼視」 (吉田ほか, 2005) が求められる.

事例研究の重要性

専門家に必要とされる学問研究の知識を活用した「省察 (reflection)」と「判断 (judgment)」は, 専門的知識と現実との結合, 科学的知識と具体的経験の結合, すなわち理論と実践の結合によって教育され学ばれるという (佐藤, 2015). そして, この「理論と実践の統合」は, 医師教育における臨床研究 (カンファレンス) や法曹教育における判例研究などの事例研究 (ケース・メソッド) によって遂行されてきたことから, 専門職性を開発する教育においても, 事例研究がその中核に位置づけられなければならないと指摘する.

事例研究では, 個別事例を具体的に研究することを通して, 研究者の視点を活かした現象の記述はもとより, モデルや理論の生成など, 個別性を超えた一般性を提示することが重要であるとされている (下山, 2000). また, 「ひとつの症状について何例かをまとめ, それについて普遍的な法則を見出すような論文よりも, ひとつの事例の赤裸々な報告の方が, はるかに実際に役立つ」という河合 (1986) の

表1 帰納と演繹の特性

	演繹 (abduction)	広い意味での帰納 (induction)		
		枚学的帰納法	アブダクション	アナロジー
例	AならばB、A、ゆえにB (モードゥス・ポネンス) AならばB、Bでない、ゆえにAでない (モードゥス・トレンス)	a1はPである a2はPである ... (きっと) 全てのAはPである	Aである Hと仮定するとなぜAなのかうまく説明できる (きっと) Hである	aはPである aとbは似ている (きっと) bもPである
得意技	前提に暗に含まれていた情報を取り出す	個々の事例から一般化する	いちばん良さそうな説明へと推論する	類比的に知識を拡張する
		仮説を立てる		
真理保存性	○ (前提が真ならば必ず結論も真)	× (前提が真であることは結論が真であることを論理的には保障しない)		
情報量	増えない	増やす (結論には前提に含まれていなかった情報が付け加わる)		

指摘は、「個」の明確化が一般性を持つという逆説が存在する可能性を示唆している。

狭義の「科学(的)研究」の枠組みにおいては、「一般性」の低い(と考えられている)知見を提供する代表的な手法である「事例研究」の説明範囲の狭さを問題視するが、一般性の高い知見(理論)が、必ずしも多くの場合に有効とは限らないことにも留意すべきである。比喩的にいえば、「90%の人に当てはまるが、10%しか説明できない(一般性の高い)理論よりも、「10%の人にしか当てはまらないけれど90%説明できる(一般性の低い)理論のほうが、むしろ現場では役に立つことも少なくない(森丘, 2014; 2017)。

山本(2001)は、臨床における事例研究が、「臨床現場という文脈で生起する具体的事象を、何らかの範疇との関連において、構造化された視点から記述し、全体的に、あるいは焦点化して検討を行い、何らかの新しいアイデアを抽出するアプローチ」であり、事例研究を一般化する妥当性の理由として、①典型例の抽出と分析であること、②事例から理論モデルを組み立てること、③個別事例の中にくり返されるパターンを抽出した上で、他事例における適合性を確認しつつ、理論モデルを形成してゆくこと、④単一事例で抽出された仮説を他の事例における実践の中で、累積的に検証してゆくこと、の四点を挙げている。したがって、事例研究では、「単なる事例の提示に終わらず、そこから一步発展し事例を通して個人を越えた普遍的な新知見を探求・創造」(図子, 2013)する必要があるといえるだろう。

実践と理論の統合にむけて

佐藤(2015)は、専門家教育における理論と実践は三つの関係をもっているという。第一は、「理論

の実践化(theory into practice)」である。この立場においては、実践は理論の適用範囲であり、「最も有効な(正しい)方法」が一つあると仮定され、それを実証する科学研究によって実践の改善が行われることとなる。第二は、優れた実践の一般化または典型化によって、優れた実践を生み出す一般的な原理や技術を抽出することを追究する「実践の理論化(theory through practice)」の立場である。このような多様な典型事例を専門家間で共有することは、実践の改善と専門家としての成長にとって極めて有効であるが、同時に、優れた実践の典型化によって一般的な原理や技術を抽出することの困難さや、そもそも何が優れた実践かを特定することの難しさなどの問題が潜在しているという。そして第三は、あらゆる実践は意識的、無意識的な理論を内包し、その理論によって遂行されているという考え方に基づく「実践の中の理論(theory in practice)」を研究する立場である。この「実践の中の理論」を研究するプロセスにおいては、実践に内在している理論を省察し、その理論を内省し変容することによって実践を改善することが求められる。

実践を伴う理論的考察においては、個々の特殊な事例から一般原理や法則を導き出したり(帰納)、逆に一般的な原理から個々の事実や命題の推論(演繹)を行うが、枠にはまらずありとあらゆる知識と経験を活用し、実践にとって有用な仮説を生成しようとする仮説的推論を重視する必要がある(村木, 2010)。戸田山(2005)によれば、科学には「<正しい>には強いが<新しい>には弱い演繹」と「<新しい>には強いが<正しい>には弱い帰納」という二種類の推論が含まれており(表1)、これらを組み合わせることによって「新しくてかつ正しいことを言う」ことが可能になるという。この新しくて正しいことを言うための科学的推論の方法

は、演繹法と帰納法を組み合わせた「仮説演繹法 (hypothetico-deductive method)」と呼ばれ、自然科学だけでなく多くの社会科学も基本的にこの方法に基づいて営まれている。

<仮説演繹法>

- ① これまでの経験や手持ちのデータを用いて問題を発見する。
- ② 帰納的推論（一般化やアナロジーなど）を用いて仮説を立てる。
- ③ 仮説から演繹的推論により予言（予測）を導く。
- ④ 予言の確度を実践（観察や実験）によって検証または反証する。
- ⑤ 予言の当否（実践の結果）に基づき仮説を受け入れる、または修正する。

仮説演繹法とは、帰納的な営みとしての「実践の理論化」と、演繹的な営みとしての「理論の実践化」を往還しながら、「実践の中の理論」の研究によって「理論と実践を統合」していくことにほかならない。この一連のプロセスは、体育・スポーツを扱う実践研究においては、対照（コントロール）群がなくてもよい、研究対象は一人でもよい、確からしさは95%以上でなくてもよいが、Christensen (1997) が提示する科学の方法論の4つの段階、すなわち第1段階でその現象を記述し、第2段階でその現象を説明し、第3段階でその説明をもとに次の段階を予測し、第4段階で対象に働きかけて予測の正しさを確認し、同業者にとって役立つ知見を提供することが求められる（山本, 2018）という指摘にも通底するといえる。

実践研究に求められるもの

冒頭でも述べたように、本特集においては、著者間の相互査読を行った。一人の著者から「それぞれの論文が、①実践するための研究（実践するために活用できるデータをまとめたものであり、既存の横断研究もこれに該当する）、②実践した研究（客観的に確立された（されつつある）理論に基づいて、当該選手の評価、介入、成果を記述するもの）、③実践の記述（文字通り実践した内容を記述するというものであり、指導現場の実態を文章として残すもの）の3つに分類できる」というコメントがあった。この指摘は、先の理論と実践の3つの関係に対応する実践研究のカテゴリーと見ることができるだろう。

以下に、主なコメントを列記する。

- ・個別性と共通性の両方を説明することにより、実践研究としてのオリジナリティが出てくる。
- ・測定結果を踏まえて、新たな評価基準やトレーニングに対する新しい考え方の提案などが示されれば、統計処理がなくても実践研究としての価値が高まる。
- ・現場の指導では、あらゆる情報を基にして選手のパフォーマンスをより適切な方向へ導こうと努力するが、要素をできるだけそぎ落とし、最もアピールしたい部分にクローズアップして記述すべき。
- ・実践の前提となる理論的背景（課題）、選手の評価、および成果だけでなく、ターゲット（ねらい）を明確にした具体的な実践（介入）方法を詳述すべき。

市川 (1999) は、日本教育心理学会の機関誌に「実践研究」というカテゴリーを設けるにあたり、当該学会の編集委員が様々な学術誌における公刊済みの関連論文を改めて査読し、その内容を分析したところ、評定の水準や観点の個人差は極めて大きかったという。そして、評価に関わる要因とその問題点（改善点）として、「実践研究としての評価も、従来の学術研究的な緻密な分析・記述に引きずられてしまう評定者が多いので、別の基準に沿うことが望ましい」ことや、「実践に関わる「研究」と「報告」の差別化は難しいが、少なくとも実践や開発のプロセスを漫然と記述するだけでなく、依拠したモデル（理論）、データに基づく自己内省的な評価、さらには実践への示唆などを含める必要がある」ことを示唆している。

実践研究者の視点から構築された領域固有の理論は、様々な他者に公開されることによって、精緻化され、新たな実践研究へと向かっていくことが重要であるが（広瀬ほか, 2010）、スポーツ科学において他者に該当するのは、研究者相互はもとより、コーチやアスリート（プレーヤー）なども含まれるといえるだろう。以上を踏まえれば、実践研究においては、実践に対する問題意識と他者理解を得るための理論構築、そして自身を含む実践の内実を理論として他者に提示すること、さらにはその方法そのものを探究するプロセスのいずれも不可欠であることを示唆しているといえる。なお、市川 (1999) は「最後に一言申し上げたい」と前置きした上で、「論文の評価と言うものが、いかに個人差が大きく、しかも自分の評価の特性はなかなか本人にはわかりに

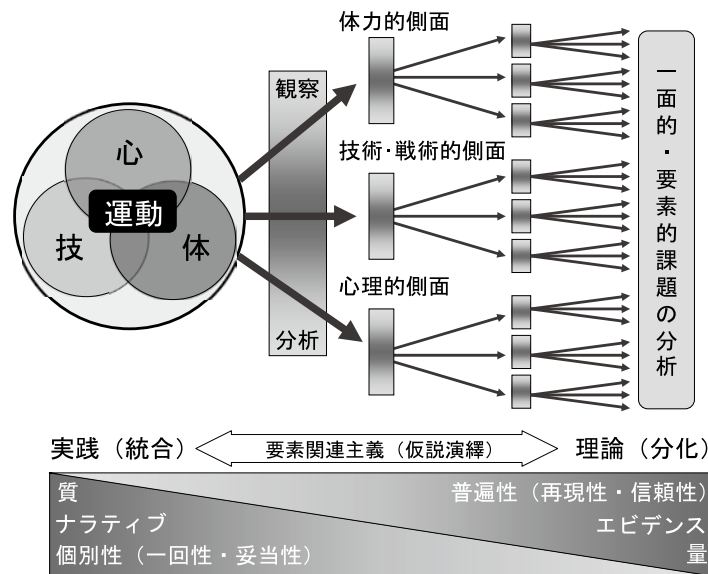


図3 実践と理論の往復（循環）による知の創出

くいと言うことを、これから審査員となる委員には知っていただきたい」と述べるとともに、「それぞれの審査者が自分の基準に固執するならば、どの審査者も満足できるような極めて稀な論文しか認められないことになってしまう」という懸念を示していたことを、実践研究を推進するための重要な指摘として付記する。

根拠に基づく実践に向けて

—「還元」主義から「関連」主義へ—

「科学というものには、本来限界があって、広い意味での再現可能の現象を、自然界から抜き出して、それを統計的に究明していく、そういう性質の学問である」（中谷，1958）。既存の諸科学の研究成果を寄せ集めることによって現場の問題を解決するという考えから出発している学際応用理論は、研究領域が細分化すればするほど統合することが難しくなるというアポリアを孕んでいるだけでなく、自然科学的研究パラダイム（還元主義的研究方法論）に制約されていることから、個別種目の指導理論から帰納的に一般理論を構築することを目指した実践知の集積には繋がっていない（朝岡，2010）。

私たちは、本来、不可分の全体（分けられないもの）として成立している「運動（競技パフォーマンス）」を便宜的に「心理」、「技術（戦術）」および「体力的側面」に分けて観察や分析（研究）を行うが、研究的に扱われる事象は、実際の運動ではなく、観察者の意図と観測方法に依拠する運動の断片的一面に過ぎない（図3：村木（2005）を著者改変）。そもそも観察・分析とは、ある部分に焦点化するために他

の部分を見捨てる行為でもあるため、細分化（図3の右方向）するほど捨象される要素が多くなることは必然であり、「そこでの観測結果が代表する一部を、認識した世界（運動）の実在性へとく安易に>移行させることは論理的飛躍であり科学的必然性はない」（村木，2007；<安易に>は筆者加筆）といえる。したがって、実践を通して得られた多様な情報（データ）を新たな実践に向けた不断の改善に役立てるためには、捨象された要素間の相互作用（関連性・相補性）について可能な限り考慮しながら、心・技・体の総体としての運動（競技パフォーマンス）全体を統合的に理解しようとする「科学的態度」が求められる。

「実験によって、そのものの具体的な性質、あるいは現象間のつながりが知られたとしても、それだけでは学問とはいえない。いわゆる学問の定義の中に入るには、そういう知識に、ある体系が組み立てられなければならない。体系ができてはじめてそれが役に立つことになる」（中谷，1958）。上記の科学的態度の要諦は、実践研究が動的な構造をもった「科学（エビデンス）を利用する科学的な営み＝実践科学」（斎藤，2018）であるという認識のもとに、要素「還元」主義から「関連」主義へのパラダイムシフトによる“不可逆性”への挑戦、すなわち「エビデンスとナラティブ」、「個別性（一回性・妥当性）と普遍性（再現性・信頼性）」、「量（的研究）と質（的研究）」などの二項対立の超克を企図した研究の蓄積と体系化を目指すことにある。学体系の確立にとって特に重要な課題は、種目横断的な共通問題を扱う一般理論の体系化と、膨大な個別スポーツ種目の大部分を網羅的に包含しうる類型的グループ化

(村木, 2010) にある. その前提としてコーチや体育教師が現場の中で意欲的に取り組むことのできる研究方法論の確立や, 専門的な実践研究(論文)を蓄積(査読)するための独自のシステム構築が必要不可欠(図子, 2010)であることは言うまでもない.

本特集が, 実践研究として独自の方法論を見だし, 陸上競技におけるコーチングやトレーニングの研究(知の創出)を発展させる端緒となれば幸いである.

文献

朝岡正雄(2010) 学際応用理論という名のアポリア. スポーツ方法学研究, 23: 105-110.

Christensen, L. B. (1997) *Experimental Methodology* (7th Ed.). Allyn Bacon, Boston, pp. 26-29.

Guyatt, G. (1991) Evidence-based medicine. *ACP Journal Club*, 114, A-16.

広瀬和佳子, 尾関史, 鄭京姫, 市嶋典子(2010) 実践研究をどう記述するか—私たちの見たいものと方法の関係—. 早稲田日本語教育学第7号; 43-68.

市川伸一(1999) 「実践研究」とはどのような研究をさすのか: 論文例に対する教心研編集委員の評価の分析. 教育心理学年報, 38: 180-187.

金子明友(2000) スポーツ科学における理論と実践のあいだ. 日本女子体育大学附属基礎体力研究所紀要, 10: 41-49.

河合隼雄(1986) 事例研究の意義と問題点—臨床心理学の立場から—. 河合隼雄 心理療法論考. 新曜社: 東京, pp. 288-296.

菊地臣一(2002) 腰痛概念の革命—生物学的アプローチから心理・社会的アプローチへの転換—. 心身医学, 42(2); 105-110.

岸本寛史・斎藤清二(2005) 新しい人間科学研究法としての事例研究—ナラティブ・ベイスト・メディシンの視点から—. 心身医学, 46(9): 789-797.

Knudson, D. V. and Morrison, C. S. (1997) *Qualitative analysis of human movement*, 2nd edition. Human Kinetics: Champaign.

森丘保典・山崎一彦(2008) 陸上競技男子400mハードル走における最適レースパターンの創発: 一流ハードラーの実践知に関する量的および質的アプローチ. トレーニング科学, 20: 175-181.

森丘保典(2014) コーチング学における事例研究の

役割とは?: 量的研究と質的研究の関係性. コーチング学研究, 27: 169-177.

森丘保典(2017) コーチング学の体系化に向けたスポーツ科学の役割とは: スポーツ科学研究の射程. スポーツ科学研究, 1: 23-31.

村木征人(2005) トレーニング理論とその方法. 公認スポーツ指導者養成テキスト(共通科目Ⅲ), 102-111, 日本体育協会, 東京.

村木征人(2007) 相補性統合スポーツトレーニング論序説. スポーツ方法学研究, 21(1): pp. 1-15.

村木征人(2010) コーチング学研究の小史と展望. コーチング学研究, 24: 1-13.

中村雄二郎(1992) 臨床の知とは何か. 岩波書店, 東京.

中山健夫(2009) エビデンス: つくる・伝える・使う. 体力科学, 59: 82-83.

中谷宇吉郎(1958) 科学の方法. 岩波新書, 東京.
日本コーチング学会(online) 投稿の手引き. <https://jcoachings.jp/jstage/jstage-guidance/> (2022年2月28日閲覧)

日本陸上競技学会(online) 投稿規程. <http://jsa-web.com/wp/wp-content/uploads/kitei4.pdf> (2022年2月28日閲覧)

日本体育・スポーツ・健康学会(online) 投稿の手引き. https://taiiku-gakkai.or.jp/kinanshi/pdf/kenkyu_toukoutebiki.pdf (2022年2月28日閲覧)

岡島美朗(2008) 身体表現性障害と語り—NBMにおける語りの治療的意義の検討—. 心身医学, 48(11): 965-970.

奥野雅子(2011) ナラティブとエビデンスの関係性をめぐる—考察—. 安田女子大学紀要, 39: 69-78.

斎藤清二(2014) ナラティブ・ベイスト・メディシン再論. 学園の臨床研究, 13: 1-9.

斎藤清二(2018) エビデンス・ベイストとは何か—ナラティブ・アプローチの観点から—. 日本認知・行動療法学会第44回大会抄録集, 71-71.

佐藤学(2015) 専門家としての教師を育てる. 岩波書店; 東京.

下山晴彦(2000) 事例研究. 下山晴彦編著 臨床心理学研究の技法. 福村出版: 東京, pp. 86-92.

谷田憲俊(2007) EBMとNBM. 山口医学, 56(6); 189-191.

津谷喜一郎(1998) 集団に効くことと個人に効くこと—「効き目」のコミュニケーション— 日本東洋医学雑誌, 48(5); 569-598.

戸田山和久(2005) 科学哲学の冒険: サイエンスの

- 目的を探る. NHK ブックス, 東京.
- 山本正嘉 (2018) 体育・スポーツの実践研究はどうあるべきか. 福永哲夫・山本正嘉 (編) 体育・スポーツ分野における実践研究の考え方と論文の書き方. 市村出版: 8-30.
- 山本力 (2001) 心理臨床実践と事例研究. 研究方法としての事例研究. 山本力・鶴田和美編 心理臨床家のための「事例研究」の進め方. 北大路書房: 京都, pp. 2-29.
- 吉田美穂子, 奥野雅子, 石井佳世, 花田里欧子, 長谷川啓三 (2005) 臨床に役立つ基礎研究開発に向けて—相互作用の視点から—. 日本家族心理学会第22回大会発表論文集: 19-20.
- 図子浩二 (2010) スポーツ選手や指導者に役立つ実践の学としてのコーチング学の一つの方向性. スポーツ方法学研究, 23: 99-104.
- 図子浩二 (2013) コーチング学研究投稿規定および投稿の手引きの改定に関するお知らせ. コーチング学研究, 27: 0.

原著論文

<原著論文>

目 次

日本トップレベルの陸上競技選手におけるパフォーマンスピーク年齢と期間・・・・・・・・・・54
藤澤真由，渡邊將司

学生中長距離選手を対象とした内的トレーニング負荷を用いたトレーニング評価・・・・・・・・66
中村真悠子，榎本靖士

日本トップレベルの陸上競技選手におけるパフォーマンスピーク年齢と期間

藤澤 真由¹⁾ 渡邊 将司¹⁾

1) 茨城大学教育学部

Performance peak age and duration in top-level Japanese athletes

Mayu Fujisawa¹⁾ Masashi Watanabe¹⁾

1) College of Education, Ibaraki University

Abstracts

This study compared the peak age and peak duration of Japan's top-level athletes with world-class athletes. The subjects were 30 Japanese athletes in history, excluding non-retired athletes. The peak age and peak duration were calculated based on a method of estimating by applying a quadratic polynomial approximation curve to the past performance history (Hollings et al., 2014). The comparison targets were the top athletes in the Olympics or world championships and the athletes in the top 100 in the world ranking. Japan's top athletes tended to have a lower peak age than world-class athletes for both sexes. This was especially noticeable in girls. The peak age range tended to be longer than that of world-class athletes. In other words, delaying the peak age may allow Japanese athletes to reach higher performance. To that end, it is important not to demand too much high performance in junior high and high school, and to enhance support for female athletes and adult athletes.

I. 緒言

スポーツには、早期専門化と晩期専門化のスポーツがある。早期専門化とは、比較的低い年齢から特定の種目に絞って専門的なトレーニングを行うことであり、水泳や卓球、体操、フィギュアスケートなどの高い技術や表現力が要求されるスポーツがその特徴を持つ。晩期専門化は、特定の種目に絞って専門的なトレーニングを早くからは行わないことである。走る、跳ぶ、投げるといった日常生活の中で身近な動きから成る陸上競技は、幼少期からそれらの動きを経験していたり、また多くのスポーツにおいてそれらの動きは「手段」である。そのため、基本的な技術が備わりやすく、早くから特定の種目に絞って専門的なトレーニングをしなくてもよい、晩期専門化型スポーツであることが示されている（日本陸上競技連盟, 2019）。

晩期専門化型スポーツである陸上競技選手のパフォーマンスは、何歳頃にピークを迎えるのだろうか。ピーク年齢に関する海外の知見をみると、

Hollings et al. (2014) は、2000年から2009年までのオリンピックもしくは世界レベルの大会において、トラック種目で16位以内、フィールド種目で12位以内になった競技者、男子1026人、女子991人を対象に分析している。種目群ごとにみると、男子は、中長距離が24.9歳と最も早くにピーク年齢を迎え、続いて短距離・ハードルが25.2歳、跳躍が25.8歳、混成が26.0歳、そして投擲が28.0歳であった。女子は、跳躍が25.6歳と最も早く、続いて短距離・ハードルが25.7歳、混成が26.5歳、中長距離と投擲が26.7歳であった。これらの違いについてはっきりとした要因はわからないが、フィールド種目は技術的要素が大きく、技術習得には多くの時間がかかる一方で、短距離とハードルは技術的要素よりもパワーの要素が大きいため、他の種目よりも短いのではないかと考察されていた。また、この研究ではピークパフォーマンス期間も分析しており、男子の平均は4.8年、女子の平均は4.6年であった。種目群ごとにみると、男子で最もピークパフォーマンス期間が長いのは投

擲で5.6年, 続いて中長距離の5.5年, 跳躍の5.4年, 短距離の4.2年, そしてハードルの3.6年であった。女子は, 中長距離が5.4年と最も長く, 続いて投擲の5.1年, 跳躍の4.9年, ハードルの4.0年, そして短距離の3.8年であった。男女ともに, 中長距離, 投擲でピークパフォーマンス期間が長く, 短距離, ハードルで短かった。

Haugen et al. (2018) は, IAAF のウェブサイトに掲載している 2002 年から 2016 年までの 15 年間の各年 100 位以内の競技者 14,937 人を対象に分析した。種目群ごとに見ると, 長距離と投擲は少し高く 27~29 歳であったが, 短距離, 中距離, ハードル, 跳躍は 25~26 歳であった。短距離種目は, 距離が伸びるにつれてピーク年齢は低くなった。中長距離種目では, マラソンが男子 28.4 歳, 女子 29.0 歳とともに高いが, 800m から 10000m では大きな違いはみられなかった。マラソン選手のピーク年齢が高いのは, 経験とともにランニングエコノミーが向上するからではないかと考察されていた。一方, 女子の短距離のピーク年齢は 26.0 歳, 中長距離は 26.6 歳, ハードルは 26.5 歳, 跳躍は 26.3 歳, 投擲は 26.6 歳であり, 男子の短距離のピーク年齢は 25.6 歳, 中長距離は 25.0 歳, ハードルは 25.9 歳, 跳躍は 26.1 歳, 投擲は 27.9 歳で, 短距離, 中長距離, ハードル, 跳躍は男子よりも女子の方がピーク年齢が高かった。投擲で男子の方が女子よりもピーク年齢が高いのは, 投擲種目は瞬発力を必要としているので, 体重や筋肉量が多いこと, 男子と女子では筋肉の大きさは異なること, また同じトレーニングをしても, 女子よりも男子の方が筋肥大しやすいことが関係しているのではないかと考察されていた。

他にも, Foss et al. (2019) は, 2000 年におけるオリンピック及び世界ジュニア選手権の 8 位入賞者を対象に分析した。短距離 (100m, 200m), 中長距離 (1500m, 5000m), 跳躍 (走高跳, 走幅跳), 投擲 (砲丸投, 円盤投) において, ピークパフォーマンスを達成した平均年齢は, 世界ジュニア選手権の入賞者は 21.1 歳, オリンピックの入賞者は 26.0 歳で, オリンピックの入賞者の方が世界ジュニア選手権の入賞者よりも高かった。つまり, 早くに優れた結果を出した選手は, 早くにピークを迎えるということであり, ジュニア期の良い成績は必ずしもシニア期の良い成績に結びついているわけではなかった。これは, モチベーションの低下や怪我の増加, 人生における優先順位や興味の変化, さらに早期専門化によるバーンアウトが要因と考察されている。

さらに, Boccia et al. (2017, 2019) は, イタ

リアの選手を対象に 1994 年から 2014 年の各年上位 200 人を抽出し, パフォーマンスが上位 3% の選手について分析した。ピーク年齢は, 100m で男子 23.4 歳, 女子 23.6 歳, 110mH/100mH で男子 24.0 歳, 女子 25.3 歳, 円盤投で男子 24.7 歳, 女子 24.7 歳, 砲丸投で男子 23.5 歳, 女子 24.5 歳, 走高跳で男子 21.6 歳, 女子 21.1 歳, 走幅跳で男子 23.4 歳, 女子 21.5 歳であった。高いパフォーマンスには何時間ものトレーニングと多数の大会への出場が必要であるため, キャリアが長くなるほど, 高いパフォーマンスレベルに至る可能性が高くなると考察されていた。また, 短距離, ハードル, 投擲において, 高いパフォーマンスレベルに至る選手は, 競技開始年齢が高いという。しかし, 跳躍においては, 早期専門化が高いパフォーマンスに至るかどうかが関連は認められなかった。

日本人選手のピーク年齢は, 森丘 (2014) が男子 100m, 400mH 選手の日本歴代 20 傑競技者を対象に分析している。それによると, 高校期からシニア期前半にかけて急激にパフォーマンスを高め, 以降は徐々に低下する“山型”傾向であった。これに対し, 世界歴代 30 傑競技者は緩やかにパフォーマンスを高めながら, 30 歳代に至るまで高い達成率を維持する“丘型”傾向であり, 日本人のトップレベルの競技者は, 世界のトップレベルの競技者と比べて自己最高記録を出す年齢が低く, 高い競技レベルの継続期間が短かったことを明らかにした。しかし, これ以外の日本人選手のピーク年齢やピークを保った期間に関する知見は見当たらない。

そこで本研究は, 日本トップレベルの陸上競技選手のパフォーマンスピーク年齢およびピーク期間を明らかにするとともに, 世界トップレベルの選手と比較することを目的とする。

II. 方法

1. 対象

陸上競技マガジン編集部が発行した記録集計号 2019 (陸上競技マガジン編集部, 2020) にもとづき 2019 年 12 月 31 日時点での日本歴代 30 傑にランクインしていた者を対象にした。歴代で上位であるほど高いパフォーマンスをマークしていることになるが, データが少なすぎるとある程度の一般性を担保できない。また歴代上位の記録を持つ現役選手もいるため, 彼らは除外する必要があった。一方で対象の範囲を広くするとパフォーマンスも低下する懸念があった。そこでおおよそ 20 名前後の対象者が残

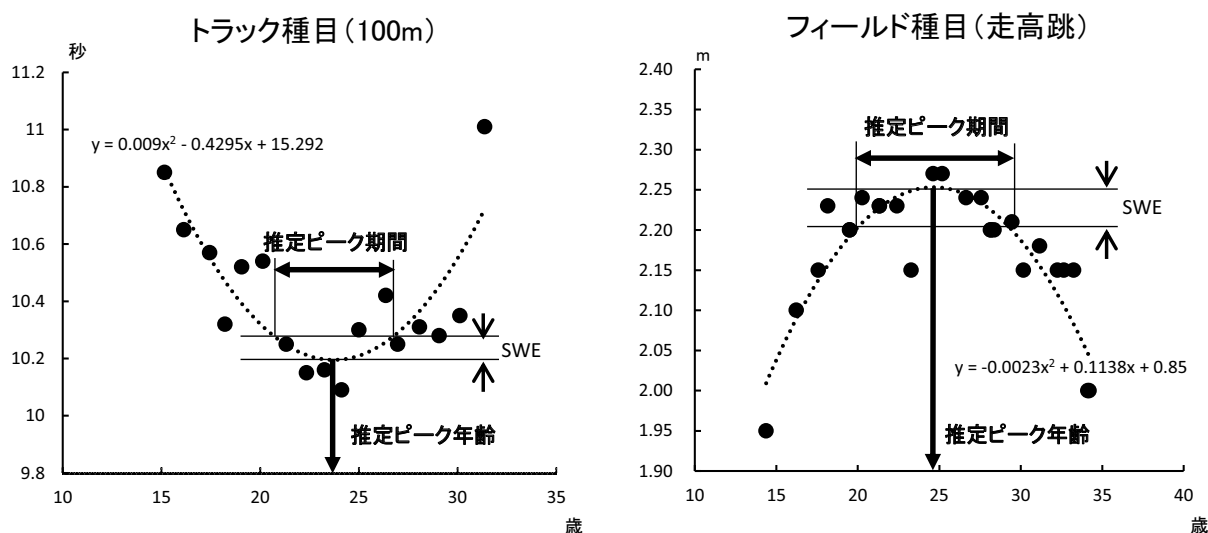


図1 推定ピーク年齢と推定ピーク期間の算出例

ることを想定して歴代30傑をボーダーラインと定めた。

対象とする種目は、オリンピックで開催されている100m, 200m, 400m, 800m, 1500m, 5000m, 10000m, マラソン, 20kmW, 50kmW, 110mH/100mH, 400mH, 3000mSC, 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, 十種競技/七種競技とした。

日本歴代30傑には現役選手も含まれているため、Haugen et al. (2018) が示した基準を参考に、以下の両方の条件を満たす者を分析対象として抽出した。

- 2年連続で日本ランキング50傑から外れている。ただし、一度日本ランキング50傑から外れても、再びランクインした場合は除外しない。
- 3つ以上の記録が残っている

2. ピーク年齢とピーク期間の算出

陸上競技マガジン記録部が管理する陸上競技ランキングサイト(<https://rikumaga.com/>)を利用して、抽出された対象者の生年月日、過去のパフォーマンス履歴とその年月日を収集した。同じ種目でも成人とは異なる規格の年代は除外した。具体的には、男子の110mH, やり投, 女子の100mH, 砲丸投, 円盤投, ハンマー投, やり投, 七種競技は高校期から、男子の砲丸投, 円盤投, ハンマー投, 十種競技は大学期から収集した。これらのデータから自己最高記録をマークした時点の年齢を算出した。本研究ではそれを「観測ピーク年齢」と定義した。

Hollings et al. (2014) は、過去のパフォーマンス履歴に2次多項式近似曲線をあてはめてピークパフォーマンス年齢 (Age at peak performance)

とピークパフォーマンスの機会のある期間 (Duration of the window of peak performance) を推定する方法を提案した。本研究ではこれらを「推定ピーク年齢」および「推定ピーク期間」と定義した。図1には、推定ピーク年齢および推定ピーク期間の算出モデルを表した。

推定ピーク期間を算出するにあたって、Hopkins (2005) は、ピークパフォーマンスの許容範囲 (smallest worthwhile effect: SWE) を提案した。すなわち、短距離とハードルは0.8%、中長距離種目は1.1%、走高跳と三段跳は1.9%、走幅跳と棒高跳は2.1%、投擲種目は3.3%とした。別な言い方をすると、ピークパフォーマンスへの達成率が、短距離とハードルでは99.2%、中長距離種目では98.9%、走高跳と三段跳では98.1%、走幅跳と棒高跳では97.9%、投擲種目では96.7%以上であれば、ピークパフォーマンスの範囲であると解釈する。各種目のSWEを2次多項式にあてはめることで、ピーク期間を算出することができる。ここで注意したいのは、SWEは観測された自己最高記録に対する達成率ではないということである。観測された自己最高記録がセカンド記録よりも突出して優れている場合、おそらくピーク期間は非常に短くなる。陸上競技は屋外で実施されるため天候の影響を受けやすい。条件が整って突出した記録が誕生することもあれば、シーズンを通して良い条件に恵まれなかった年もあるかもしれない。図1からも確認できるように、2次多項式はプロットされたデータを滑らかに繋げて全体傾向を導き出す役目がある。本研究はHollings et al. (2014) と同じ方法を用いて比較している。なお、マラソン、競歩、混成競技のSWEは提案されていないため、ピーク期間を算出するこ

表1 対象者のパフォーマンスレベル

種目	男子					女子				
	N	Mean	SD	Max	Min	N	Mean	SD	Max	Min
100m (秒)	20	10.17	0.07	10.22	10.00	15	11.50	0.10	11.62	11.36
200m (秒)	16	20.40	0.18	20.57	20.03	13	23.59	0.21	23.80	23.15
400m (秒)	19	45.50	0.30	45.84	44.78	14	53.13	0.51	53.74	51.75
800m (分秒)	18	1:47.26	0.67	1:48.00	1:46.16	18	2:03.88	1.29	2:05.00	2:00.45
1500m (分秒)	18	3:38.24	0.22	3:38.42	3:37.42	18	4:12.98	2.29	4:15.72	4:07.86
3000mSC (分秒)	19	8:30.26	5.43	8:35.42	8:18.93	6	9:59.90	6.57	10:05.94	9:49.85
5000m (分秒)	27	13:23.67	5.23	13:27.81	13:08.40	24	15:12.87	6.14	15:18.92	14:53.22
10000m (分秒)	22	27:44.64	4.28	27:50.59	27:45.09	18	31:22.47	10.99	31:34.20	30:48.89
マラソン (時分秒)	16	2:07:45	0:00:35	2:08:27	2:06:16	15	2:22:39	0:01:49	2:24:28	2:19:12
20kmW (時分秒)	11	1:20:46	0:00:47	1:21:58	1:19:29	10	1:32:14	0:02:20	1:35:42	1:28:49
50kmW (時分秒)	9	3:52:33	0:05:19	4:01:02	3:43:14	—	—	—	—	—
110mH/100mH (秒)	11	13.59	0.11	13.71	13.39	13	13.24	0.14	13.41	13.00
400mH (秒)	17	48.83	0.50	49.45	47.89	16	57.06	0.81	57.90	55.34
走高跳 (m)	22	2.27	0.03	2.33	2.23	19	1.86	0.05	1.96	1.81
棒高跳 (m)	14	5.54	0.08	5.71	5.45	14	4.16	0.16	4.40	3.92
走幅跳 (m)	19	8.07	0.09	8.25	7.95	19	6.47	0.16	6.86	6.28
三段跳 (m)	22	16.60	0.21	17.15	16.36	19	13.26	0.23	14.04	13.01
砲丸投 (m)	15	17.70	0.43	18.53	17.27	16	15.99	0.86	18.22	15.24
円盤投 (m)	16	55.20	2.42	60.22	53.28	19	52.94	2.25	58.62	50.62
ハンマー投 (m)	18	70.29	4.50	84.86	66.98	12	60.68	3.48	67.77	57.33
やり投 (m)	11	79.02	3.14	87.60	76.64	8	58.13	2.84	63.80	55.76
十種競技/七種競技(点)	17	7652	155	7995	7453	12	5427	130	5713	5302

N:人数, Mean:平均値, SD:標準偏差, Max:最大値, Min:最小値. 女子の50kmW はオリンピックで開催されていない.

とができなかった. 最後に, 2次多項式をあてはめるにあたり, 以下の条件を設定して分析した.

- 2019年12月31日までのデータを用いる.
- 自己最高記録に対する達成率が90%以上の記録を採用する. ただし, ピーク年齢以前においては, 達成率90%未満のデータも採用する.
- 達成率90%未満でも日本ランキング50傑にラインインしている記録は採用する. また, 一度90%未満, もしくは日本ランキング50傑から外れたとしても, 再び90%以上, もしくは日本ランキング50傑にランクインした場合は採用する.
- 推定ピーク年齢が, データを採用した期間(現役の期間)を超えている対象者は除外する.

3. 統計分析

日本歴代30傑選手(以下, 日本トップ選手)の推定ピーク年齢は, Hollings et al. (2014) が示したオリンピックや世界選手権上位者(以下, 世界大会上位選手)と Haugen et al. (2018) が示した世界ランキング100位以内の選手(以下, 世界ランク100位以内選手)とで比較した. 推定ピーク期間は, 世界大会上位選手と比較した.

差の比較にあたっては, 効果量(effect size: ES)を用いた. 効果量とは, 2つの値の効果(差)の大きさを示す値である. 本研究では, 比較対象の

平均値の差を表すCohen's dを用いた. Cohen's dは, 0.20以上で効果が小さい, 0.50以上で効果が中程度, 0.80以上で効果が大きいと解釈する(水本・竹内, 2008). 本研究では, $d \geq 0.5$ 以上の項目には一定の差があるとして取り上げることとする. 統計処理には, Microsoft Excelを用いた.

III. 結果

表1は, 対象者のパフォーマンスレベルである. 除外した選手(歴代30傑内に入っていた現役選手)は, 短距離(100m, 200m, 400m)で男子12~16人, 女子14~18人, 中長距離(800m, 1500m, 3000mSC, 5000m, 10000m)で男子3~11人, 女子6~23人, マラソンで男子10人, 女子12人, ハードル(110mH/100mH, 400mH)で男子12~18人, 女子13~17人, 競歩(20kmW, 50kmW)で男子19人ずつ, 女子15人, 跳躍(走高跳, 棒高跳, 走幅跳, 三段跳)で男子8~16人, 女子11~18人, 投擲(砲丸投, 円盤投, ハンマー投, やり投)で男子12~16人, 女子10~20人, 混成(十種競技/七種競技)で男子10人, 女子14人であった. 合計すると, 44.8%を除外することになった.

1. 日本トップレベルの選手の観測ピーク年齢

日本トップレベルの選手の観測ピーク年齢を表2

表2 日本トップ選手の観測ピーク年齢

種目	男子					女子				
	N	Mean	SD	Max	Min	N	Mean	SD	Max	Min
短距離	55	23.3	2.9	30.8	17.9	42	24.0	4.1	30.5	16.9
中長距離	104	24.5	2.6	30.6	18.0	84	23.6	2.9	32.6	17.8
ハードル	28	25.6	2.7	32.1	20.7	29	23.6	3.0	29.7	17.4
跳躍	77	24.1	2.5	29.8	19.2	71	23.7	3.5	33.3	17.4
投擲	60	25.4	3.4	38.8	19.4	55	24.2	3.7	34.1	17.1
100m	20	23.3	2.7	30.0	19.8	15	25.7	4.0	30.5	17.5
200m	16	22.5	2.7	28.7	17.9	13	23.9	4.4	30.5	17.5
400m	19	24.2	3.3	30.8	19.7	14	22.5	3.7	27.5	16.9
800m	18	22.7	2.1	26.3	19.1	18	22.0	2.5	27.1	18.3
1500m	18	24.4	2.7	28.8	18.0	18	23.2	3.1	29.4	17.8
3000mSC	19	24.8	2.4	29.9	19.5	6	24.3	2.1	27.3	21.2
5000m	27	25.3	2.6	30.0	20.5	24	24.3	3.7	32.6	18.9
10000m	22	25.5	3.2	30.6	20.2	18	24.4	3.1	29.8	19.9
マラソン	16	27.7	3.2	32.1	22.0	15	27.4	2.7	31.5	22.2
20kmW	11	23.7	3.0	29.0	19.0	10	24.7	3.3	30.7	20.5
50kmW	9	29.6	3.2	36.2	26.6	—	—	—	—	—
110mH/100mH	11	26.7	3.2	32.1	22.1	13	24.6	2.2	28.1	21.0
400mH	17	24.5	2.7	29.2	20.7	16	22.6	3.7	29.7	17.4
走高跳	22	23.5	2.6	29.8	20.2	19	22.6	2.8	27.5	17.4
棒高跳	14	24.7	2.5	28.6	20.4	14	24.5	4.1	31.9	18.3
走幅跳	19	24.1	3.0	29.6	19.2	19	23.6	3.9	33.3	17.6
三段跳	22	23.9	2.1	28.5	20.4	19	24.2	2.9	30.0	18.6
砲丸投	15	24.2	2.8	31.6	20.9	16	24.5	2.9	33.4	21.3
円盤投	16	25.7	3.0	31.3	21.2	19	24.4	4.0	34.1	20.1
ハンマー投	18	27.4	4.2	38.8	20.3	12	24.9	3.7	32.0	19.7
やり投	11	24.4	3.6	30.4	19.4	8	23.1	4.2	29.5	17.1
十種競技/七種競技	17	24.4	1.8	28.1	20.7	12	22.0	2.2	25.0	18.6

N: 人数, Mean: 平均値, SD: 標準偏差, Max: 最大値, Min: 最小値. 女子の50kmW はオリンピックで開催されていない.

短距離(100m, 200m, 400m), 中長距離(800m, 1500m, 3000mSC, 5000m, 10000m), ハードル(110mH/100mH, 400mH), 跳躍(走高跳, 棒高跳, 走幅跳, 三段跳), 投擲(砲丸投, 円盤投, ハンマー投, やり投)

に示した. 平均年齢は, 男子 24.4 歳, 女子 23.2 歳であった. 男女ともに, 短距離よりも中長距離の方が観測ピーク年齢は高い傾向があった. また, 中長距離の中でも, 距離が伸びるにつれて, 自己最高記録年齢も高くなる傾向があった. 投擲は全体と比べて観測ピーク年齢がやや高い傾向があった(男子 25.4 歳, 女子 24.2 歳).

2. 世界レベルの選手との比較

1) 推定ピーク年齢

男子における, 日本トップ選手と世界レベルの選手の推定ピーク年齢の比較を表 3 に示した. 表 2 から各種目における観測ピーク年齢との差をみると, 女子ハンマー投の 1.3 歳が最大で効果量は 0.42 であった. 全体的にみて観測値と推定値の差は小さかった.

世界大会上位選手と比較し, 効果量が 0.50 を超えた種目群に着目すると, 跳躍で 1.4 歳, 投擲で 2.3 歳ほど日本トップ選手の方が低かった. 種目別にみると, 100m で 1.1 歳, 200m で 1.5 歳, 800m で 1.6 歳, 1500m で 1.2 歳, 400mH で 1.7 歳, 走高跳で 2.5 歳, 棒高跳 1.8 歳, 三段跳 0.9 歳, 砲丸投 2.7 歳, 円盤

投 2.3 歳, やり投 3.6 歳, 十種競技で 2.0 歳ほど日本トップ選手の方が低かった. 一方で, 10000m は 1.3 歳ほど日本トップ選手の方が高かった.

世界ランク 100 位以内選手と比較し, 効果量が 0.50 を超えた種目群に着目すると, 短距離で 1.9 歳, 跳躍で 1.7 歳, 投擲で 2.1 歳ほど日本トップ選手の方が低かった. 種目別にみると, 100m で 2.5 歳, 200m で 2.4 歳, 走高跳で 2.4 歳, 走幅跳で 1.3 歳, 砲丸投で 2.9 歳, 円盤投で 2.2 歳, やり投で 2.9 歳ほど日本トップ選手の方が低かった.

女子における, 日本トップ選手と世界レベルの選手との推定ピーク年齢の比較を表 4 に示した. 世界大会上位選手と比較し, 効果量が 0.50 を超えた種目群に着目すると, 短距離で 1.4 歳, 中長距離で 2.8 歳, ハードルで 3.4 歳, 跳躍で 1.9 歳, 投擲で 1.8 歳ほど日本トップ選手の方が低かった. 種目別にみると, 400m で 2.1 歳, 800m で 4.9 歳, 1500m で 3.6 歳, 5000m で 2.2 歳, 10000m で 2.8 歳, 100mH で 3.1 歳, 400mH で 3.7 歳, 走高跳で 2.8 歳, 走幅跳で 2.8 歳, 砲丸投で 2.8 歳, 円盤投で 3.4 歳, やり投で 2.4 歳, 七種競技で 4.7 歳ほど日本トップ選手の方が低かった.

表3 男子選手の推定ピーク年齢の比較

種目	日本トップ選手					世界大会上位選手 [#]				世界ランク100位以内選手 ^{\$}			
	N	Mean	SD	Max	Min	N	Mean	SD	d	N	Mean	SD	d
短距離	54	23.7	2.1	29.8	20.3	145	24.7	2.1	0.44	633	25.6	2.5	0.76
中長距離	100	24.7	2.2	31.7	17.9	204	24.9	2.4	0.04	1061	25.0	3.2	0.07
ハードル	28	25.5	2.1	32.1	22.0	88	26.1	2.6	0.25	420	25.9	2.3	0.35
跳躍	74	24.4	1.9	29.7	16.5	147	25.8	2.1	0.70	826	26.1	3.4	0.51
投擲	52	25.7	2.8	34.7	21.1	107	28.0	2.5	0.90	814	27.9	3.5	0.62
100m	19	23.5	1.4	25.5	20.4	41	24.5	2.4	0.50	221	26.0	3.0	0.88
200m	16	23.5	2.3	29.4	20.3	45	25.0	2.0	0.72	206	25.9	2.7	0.89
400m	19	24.2	2.5	29.8	20.6	59	24.5	2.0	0.13	206	25.0	1.9	0.39
800m	17	23.3	2.5	28.4	19.4	43	24.9	2.0	0.72	207	24.5	2.8	0.10
1500m	18	24.1	2.1	27.8	17.9	48	25.3	2.3	0.55	203	25.3	2.8	0.44
3000mSC	19	25.3	1.5	29.6	22.7	38	25.5	2.2	0.10	214	25.1	2.3	0.09
5000m	27	25.4	2.1	28.9	19.3	41	24.7	3.0	0.25	222	25.2	4.1	0.04
10000m	19	25.2	2.9	31.7	20.9	34	23.9	2.4	0.53	215	24.8	4.1	0.11
マラソン	15	28.0	2.9	33.3	23.8	—	—	—	—	—	—	—	—
20kmW	11	23.7	2.3	28.4	20.1	—	—	—	—	—	—	—	—
50kmW	8	28.7	2.0	31.9	26.9	—	—	—	—	—	—	—	—
110mH	11	26.8	2.6	32.1	23.7	44	26.3	2.5	0.19	206	26.7	2.3	0.03
400mH	17	24.2	1.7	28.3	22.0	44	25.9	2.7	0.70	214	25.1	2.3	0.39
走高跳	19	23.6	1.9	26.2	16.5	36	26.1	2.5	1.12	211	26.0	2.9	0.87
棒高跳	14	24.8	2.1	29.7	21.2	37	26.6	1.9	0.92	206	26.0	2.4	0.49
走幅跳	19	24.4	1.9	27.7	19.9	42	24.9	2.0	0.25	215	25.7	2.4	0.55
三段跳	22	24.8	1.8	28.5	21.6	32	25.7	2.0	0.50	194	26.5	5.8	0.32
砲丸投	15	24.9	2.7	30.8	21.1	28	27.6	1.8	1.31	214	27.8	3.4	0.88
円盤投	12	26.2	3.3	31.6	21.6	29	28.5	2.2	0.91	201	28.4	3.5	0.63
ハンマー投	17	27.6	3.0	34.7	22.2	23	28.2	2.9	0.20	188	28.2	3.9	0.15
やり投	8	24.2	2.3	29.1	21.5	27	27.8	2.9	1.34	211	27.1	3.3	0.89
十種競技	16	24.0	1.3	26.6	22.5	44	26.0	2.0	1.12	—	—	—	—

N:人数, Mean:平均値, SD:標準偏差, Max:最大値, Min:最小値, #:Hollings et al., \$:Haugen et al.

短距離(100m, 200m, 400m), 中長距離(800m, 1500m, 3000mSC, 5000m, 10000m), ハードル(110mH/100mH, 400mH), 跳躍(走高跳, 棒高跳, 走幅跳, 三段跳), 投擲(砲丸投, 円盤投, ハンマー投, やり投)

世界ランク100位以内選手と比較し、効果量が0.50を超えた種目群に着目すると、短距離で2.4歳、中長距離で2.7歳、ハードルで3.2歳、跳躍で2.6歳ほど日本トップ選手の方が低かった。種目別にみると、100mで2.2歳、200mで2.6歳、400mで2.2歳、800mで4.4歳、1500mで3.2歳、3000mSCで2.1歳、10000mで2.1歳、100mHで2.9歳、400mHで3.4歳、走高跳で2.7歳、棒高跳で2.2歳、走幅跳で3.5歳、円盤投で2.9歳、やり投で2.0歳ほど日本トップ選手の方が低かった。

2) 推定ピーク期間

推定ピーク期間の日本トップ選手と世界大会上位選手との比較を表5に示した。男子において、世界大会上位選手と比較し効果量が0.50を超えた種目群に着目すると、短距離で2.1年、ハードルで2.6年、跳躍で2.5年、投擲で1.7年ほど日本トップ選手の方が長かった。種目別にみると、100mで1.8年、200mで1.8年、400mで2.5年、5000mで1.0年、110mHで3.4年、400mHで1.7年、走高跳で2.4

年、棒高跳で2.0年、走幅跳で2.7年、三段跳で2.9年、砲丸投で1.6年、円盤投で1.5年、ハンマー投で2.5年、やり投で1.2年ほど日本トップ選手の方が長かった。一方で、1500mは0.6年ほど短かった。

女子において、世界大会上位選手と比較し効果量が0.50を超えた種目群に着目すると、短距離で2.3年、ハードルで1.0年、跳躍で1.9年、投擲で2.1年ほど日本トップ選手の方が長かった。種目別にみると、100mで3.4年、200mで2.0年、400mで1.4年、100mHで1.6年、走高跳で3.7年、走幅跳で2.9年、三段跳で1.7年、砲丸投で2.4年、円盤投で1.1年、ハンマー投で1.3年ほど日本トップ選手の方が長かった。一方で、3000mSCは1.1年、5000mは0.2年ほど短かった。

最後に、図2および図3には、各種目群に集約した推定ピーク年齢と推定ピーク期間を日本トップ選手と世界大会上位選手別に表した。

表4 女子選手の推定ピーク年齢の比較

種目	日本トップ選手					世界大会上位選手 [#]				世界ランク100位以内選手 [§]			
	N	Mean	SD	Max	Min	N	Mean	SD	d	N	Mean	SD	d
短距離	36	23.6	3.7	29.8	17.3	145	25.0	2.5	0.51	550	26.0	2.8	0.82
中長距離	74	23.9	3.1	32.0	17.1	154	26.7	3.0	0.92	1063	26.6	3.4	0.82
ハードル	24	23.3	2.3	28.9	18.3	84	26.7	2.2	1.58	442	26.5	3.0	1.07
跳躍	62	23.7	3.1	30.6	16.8	128	25.6	2.7	0.67	877	26.3	4.0	0.66
投擲	44	24.9	3.1	32.5	20.4	109	26.7	3.3	0.55	831	26.6	3.6	0.48
100m	11	24.6	3.1	28.2	17.7	47	25.4	2.9	0.29	214	26.8	3.3	0.68
200m	11	23.6	4.3	29.0	17.3	52	24.9	2.4	0.49	135	26.2	2.4	1.03
400m	14	22.7	3.9	29.8	17.4	46	24.8	2.2	0.80	201	24.9	2.8	0.77
800m	15	22.1	2.6	26.6	17.1	37	27.0	2.6	1.94	220	26.5	2.9	1.54
1500m	15	23.8	3.5	30.7	18.8	42	27.4	3.1	1.14	226	27.0	3.3	0.97
3000mSC	6	24.9	2.9	27.7	20.7	12	25.2	2.5	0.14	208	27.0	3.8	0.57
5000m	20	24.3	3.4	30.0	19.1	33	26.5	3.4	0.66	213	26.1	3.9	0.47
10000m	18	24.4	3.2	32.0	20.5	30	27.2	3.4	0.87	196	26.5	3.0	0.71
マラソン	12	28.2	2.9	34.0	23.7	—	—	—	—	—	—	—	—
20kmW	9	24.1	3.0	29.4	20.6	—	—	—	—	—	—	—	—
100mH	10	24.1	1.5	25.7	21.0	42	27.2	2.1	1.59	223	27.0	2.9	1.03
400mH	14	22.5	3.2	28.9	18.3	42	26.2	2.2	1.03	219	25.9	3.1	0.60
走高跳	15	22.8	2.4	26.8	18.6	28	25.6	2.5	1.16	226	25.5	3.6	0.76
棒高跳	13	24.1	3.8	30.2	17.6	33	24.7	2.5	0.21	228	26.3	3.4	0.64
走幅跳	18	23.7	3.0	30.6	20.3	37	26.5	2.8	0.99	214	27.2	3.1	1.13
三段跳	16	24.1	3.3	30.0	16.8	30	25.5	2.8	0.48	209	26.1	5.7	0.36
砲丸投	13	24.2	2.3	29.8	20.5	28	27.0	3.2	0.96	216	25.6	3.5	0.40
円盤投	18	24.7	3.3	32.5	20.8	27	28.1	3.9	0.94	203	27.6	4.1	0.71
ハンマー投	8	26.3	3.1	30.4	21.8	35	24.8	2.4	0.42	203	26.8	2.8	0.25
やり投	5	24.3	3.5	29.0	20.4	19	26.7	3.8	0.68	209	26.3	4.0	0.51
七種競技	10	21.8	2.3	26.1	18.5	38	26.5	2.5	1.94	—	—	—	—

N:人数, Mean:平均値, SD:標準偏差, Max:最大値, Min:最小値, #:Hollings et al., §:Haugen et al.

短距離(100m, 200m, 400m), 中長距離(800m, 1500m, 3000mSC, 5000m, 10000m), ハードル(110mH/100mH, 400mH), 跳躍(走高跳, 棒高跳, 走幅跳, 三段跳), 投擲(砲丸投, 円盤投, ハンマー投, やり投)

IV. 考察

本研究は、陸上競技における日本トップレベルの選手と世界レベルの選手のピーク年齢およびピーク期間を比較し、日本人選手の特徴を明らかにすることを目的とした。

まず日本トップレベルの選手は、世界のトップレベルの選手と比較してピーク年齢が低いことが明らかとなった。ボンパ(2006)によると、神経系や生理的な機能といった身体的要素については、男子では25～30歳、女子ではそれよりも3年から5年ほど早くピークに到達するという。生理学的な局面からみると、20歳台前半から中盤は体力的に充実している時期であるため、日本人選手のピーク年齢が低いのは加齢による体力低下が理由ではないと推察する。むしろ、早期専門化や競技会の高度化・低学年化が考えられる。早期専門化した選手は早くにピーク年齢を迎え、そして早くに競技を辞めてしまう可能性が高いという(Haugen et al. 2018)。現在、日本のジュニア世代の活躍は目覚ましく、ジュニア世代最高峰の国際大会であるU20世界選手権では、

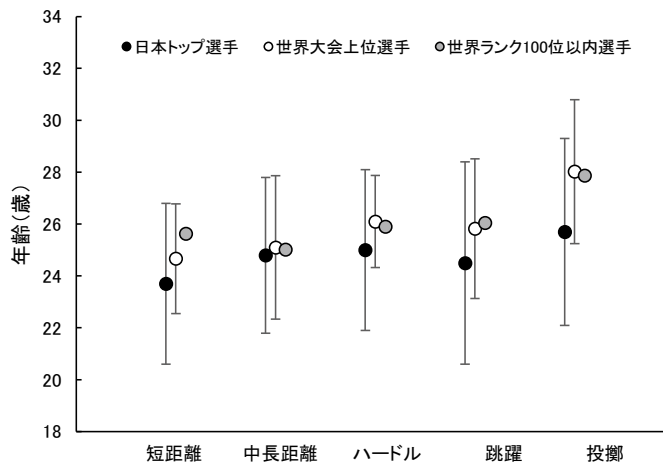
2018年にメダルテーブル第8位、プレーシングテーブル第7位となり、2000年から2018年にかけて行われたU20世界選手権におけるプレーシングポイントは世界で10位であった。しかし、1999年から2017年にかけての世界選手権におけるプレーシングポイントは世界で17位であり、シニアにおいては、ジュニアほどの順位を獲得できていない(日本陸上競技連盟, 2019)。また、山元ほか(2019)は、女子走幅跳選手の日本歴代上位者と世界歴代競技者の記録の変遷について分析し、日本歴代上位者は世界歴代上位者と比べて伸び悩み傾向にあることを報告している。

日本陸上競技連盟(2019)は、早期専門化や競技会の高度化・低学年化により、学校の部活動において、勝利主義が優先され、指導者主体の活動になりがちであることを指摘している。指導者や保護者のスポーツへの取り組みの過熱、早期専門化や過度なトレーニングは、ジュニア競技者への身体的・精神的負担が増大し怪我やバーンアウト、自信喪失、オーバートレーニング症候群や、女子においては「相対的なエネルギー不足」、「無月経」、「骨粗鬆症」の女

表5 日本トップ選手と世界大会上位選手のピーク期間

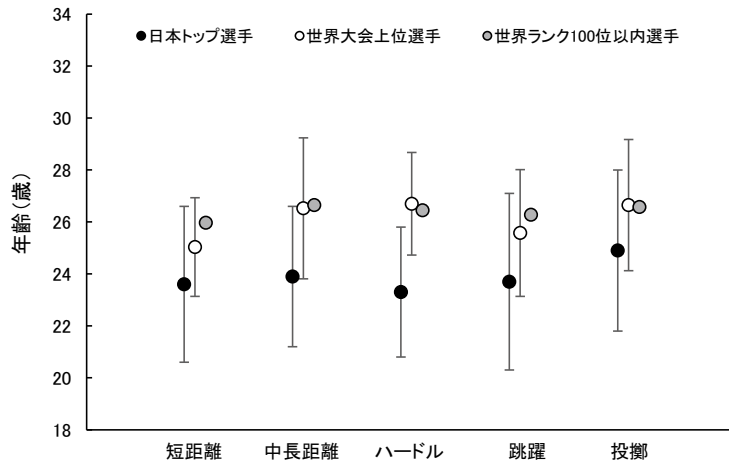
種目	男子										女子									
	日本トップ選手					世界大会上位選手 [#]					日本トップ選手					世界大会上位選手 [#]				
	N	Mean	SD	Max	Min	N	Mean	SD	d	N	Mean	SD	Max	Min	N	Mean	SD	d		
短距離	54	6.3	2.0	13.1	3.8	145	4.2	1.3	1.4	36	6.1	2.7	12.7	0.4	145	3.8	1.3	1.4		
中長距離	102	5.7	1.6	10.7	1.9	170	5.5	1.2	0.3	74	5.4	2.6	15.5	1.1	124	5.4	1.9	1.0		
ハードル	28	6.1	2.3	15.2	2.8	88	3.6	1.1	1.8	24	4.9	1.9	8.1	0.9	84	4.0	1.1	0.8		
跳躍	74	7.8	2.2	15.2	3.8	147	5.4	1.9	1.2	62	6.8	2.5	15.0	1.1	128	4.9	1.4	1.1		
投擲	52	7.3	2.7	14.5	2.7	107	5.6	1.8	0.8	44	6.3	2.1	13.9	2.4	109	5.1	1.8	0.6		
100m	19	6.2	1.6	9.7	4.1	41	4.4	1.2	1.4	11	7.6	2.5	10.2	2.1	47	4.2	1.6	1.92		
200m	16	6.4	2.7	13.1	3.8	45	4.6	1.4	1.0	11	6.1	3.5	12.7	1.7	52	4.1	1.3	1.12		
400m	19	6.2	1.6	11.0	3.9	59	3.7	1.4	1.8	14	4.5	2.2	7.9	0.4	46	3.1	1.0	1.03		
800m	17	5.3	1.9	9.5	2.9	43	5.2	1.4	0.1	15	4.8	2.2	10.2	2.3	37	4.8	1.2	0.03		
1500m	18	5.4	1.4	7.5	1.9	48	6.0	1.3	0.5	15	7.2	3.8	15.5	3.1	42	6.1	2.3	0.41		
3000mSC	19	5.3	1.1	7.0	2.8	38	4.9	0.7	0.4	6	3.5	1.7	5.3	1.4	12	4.6	1.8	0.66		
5000m	27	7.0	1.9	10.7	2.7	41	6.0	1.3	0.6	20	6.0	2.8	12.4	1.1	33	6.2	2.3	1.10		
10000m	21	7.2	3.5	18.0	2.2	—	—	—	—	18	5.3	3.0	13.7	1.7	—	—	—	—		
マラソン	15	—	—	—	—	—	—	—	—	12	—	—	—	—	—	—	—	—		
20kmW	11	—	—	—	—	—	—	—	—	9	—	—	—	—	—	—	—	—		
50kmW	8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
110mH/100mH	11	6.9	3.1	15.2	4.0	44	3.5	1.1	2.1	10	5.4	1.7	8.1	2.2	42	3.8	1.1	1.30		
400mH	17	5.3	1.5	8.5	2.8	44	3.6	1.0	1.5	14	4.5	2.1	7.5	0.9	42	4.1	1.0	0.27		
走高跳	19	8.5	2.3	15.2	5.0	36	6.1	1.8	1.1	15	7.7	2.2	11.5	3.7	28	4.0	1.5	2.13		
棒高跳	14	7.2	1.9	11.9	4.2	37	5.2	1.6	1.2	13	4.9	2.1	9.2	2.2	33	5.5	1.5	0.38		
走幅跳	19	7.7	2.5	14.7	3.8	42	5.0	2.3	1.2	18	7.8	3.0	15.0	4.0	37	4.9	1.1	1.54		
三段跳	22	8.1	2.1	14.0	4.6	32	5.2	1.8	1.5	16	6.8	2.6	9.8	1.1	30	5.1	1.3	0.91		
砲丸投	15	6.9	2.8	13.7	2.7	28	5.3	1.8	0.7	13	7.3	1.4	9.7	4.5	28	4.9	2.0	1.32		
円盤投	12	7.3	3.2	14.5	3.6	29	5.8	1.4	0.8	18	6.7	2.5	13.9	4.0	27	5.6	1.7	0.56		
ハンマー投	17	8.5	2.6	14.5	4.0	23	6.0	2.3	1.0	8	5.2	2.0	7.7	3.0	35	3.9	1.1	1.01		
やり投	8	6.3	2.3	10.4	2.9	27	5.1	1.5	0.7	5	5.9	2.7	8.9	2.4	19	5.8	2.5	0.04		
十種競技/七種競技	16	—	—	—	—	—	—	—	—	10	—	—	—	—	—	—	—	—		

N:人数、Mean:平均値、SD:標準偏差、Max:最大値、Min:最小値、#:Hollings et al.
 短距離(100m, 200m, 400m)、中長距離(800m, 1500m, 3000mSC, 5000m)、ハードル(110mH/100mH, 400mH)、跳躍(走高跳、棒高跳、走幅跳、三段跳)、投擲(砲丸投、円盤投、ハンマー投、やり投)



ドットは推定ピーク年齢、ヒゲは推定ピーク期間
 ただし、中長距離の推定ピーク期間に10000mは含まない。

図2 男子における推定ピーク年齢と推定ピーク期間の比較



ドットは推定ピーク年齢、ヒゲは推定ピーク期間
 ただし、中長距離の推定ピーク期間に10000mは含まない。

図3 女子における推定ピーク年齢と推定ピーク期間の比較

性競技者の三主徴などを引き起こすことも指摘している。さらに、ジュニア期の高い競技成績は、必ずしもシニア期の競技成績に結びついているわけではないことが明らかになっている。日本において、中学3年時に全国中学ランキング10位以内および全国大会入賞者の全国ランキングを追跡したところ、22歳時に日本ランキング20位以内に入っていた者は10～20%であった(渡邊・神山, 2020)。これは、ジュニア期にトップレベルに至った選手は必ずしもシニア期にトップレベルに至っていない、もしくは競技を続けていないことを意味する。

ピーク年齢が低いもう一つの要因として、大学卒業後の競技の継続機会が挙げられる。マイナビ(2021)の調査によると、卒業後も競技者として競技を続けたいと回答した大学生は全体の20.1%であった。世界大会や全国大会以上のレベルの大学生でさえ競技を続けたいと回答したのは27.7%であった。競技レベルが高くても大学までで競技人生に区切りをつける者の方が多く、ピーク年齢を引き下げる原因になっていると推察する。その背景には、収入を得ながら競技を継続できる受け入れ先の不足も挙げられるかもしれない。しかし2010年から、「アスナビ」と呼ばれる、企業と現役トップアスリートをマッチングするJOCの就職支援制度が始まったことで、選手の受け入れ先が拡大してきている(日本オリンピック委員会, 2020)。さらに国体にむけて、例えば栃木県の「とちぎアスリート・キャリアサポートセンター」や、鹿児島県の「アスリートバンクかごしま」といった職業紹介所が運営され、県内外で活躍するトップアスリートや指導者を将来的に地元根付かせ、スポーツ活動を実践できる環境を整備するために、Iターン・Uターンを希望するアスリートの県内就職を支援するなど、都道府県などで選手獲得の活動が展開されている。本研究では、44.8%が現役選手であったため分析から除外した。大学卒業後も競技を続けられるチャンスが増えてきているため、今後はピーク年齢が高まっていく可能性がある。

性差に着目すると、男子よりも女子の方がピーク年齢は低かった。同様の傾向は他のスポーツでも確認されており、その原因と女子の思春期発来のが早さが挙げられている(Allen and Hopkins, 2015)。それと関連してか、女子の体力は男子よりも早く20歳台前半から中盤にピークを迎えるため(ボンパ, 2006)、体力的側面からこの辺りの年齢にピークが訪れるのはある意味で納得できる。しかし、スポーツパフォーマンスには身体的要素だけでなく、技

術・戦術や心理的要素も影響するため、陸上競技のような体力要素の貢献が大きいスポーツのパフォーマンスは、体力のピークよりも遅れて現れる傾向にあるという(ボンパ, 2006)。実際に30歳を超えても、自己最高記録を更新する選手(例えば、寺田明日香選手や新谷仁美選手など)がいるのは、体力は緩やかに低下しながらも、技術や精神がより充実し、結果として高いパフォーマンスを発揮できるようになるのではないかと考えられる。ピーク年齢を遅らせてより高いパフォーマンスを獲得することは女性でも可能といえよう。むしろ、男子に比べて女子のピーク年齢が低いには、体力よりも心理的な要因が関係している可能性がある。オリンピック選手においても引退年齢は女子の方が低いが、引退した理由として男性よりも大きく上回ったのは、「自己の成績に満足したため」や「競技を楽しめなくなったため」といったいわゆる競技に対する完全燃焼感、あるいは成績の不振であった(笹川スポーツ財団, 2015)。加えて、女性のライフプランニング(結婚、出産、育児など)も関係しているかもしれない。身体的な理由等から妊娠・出産期に第一線で競技を続けることが難しいこと、育児と競技生活との両立には課題が多いことから、妊娠等を機に現役を引退するケースが多い。内閣府(2018)によると、日本では、女性アスリートが妊娠中もトレーニングを続け、出産後に競技復帰をした事例が少ないため、妊娠・出産に伴うアスリートの身体の変化や、早期復帰のための適切な運動内容等の知見がないことが課題となっている。平成27年度にスポーツ庁の委託で国立スポーツ科学センターが行った調査では、運動・スポーツの頻度が減った又はこれ以上増やせない理由を尋ねたところ、20～40代女性は、「仕事や家事が忙しいから」、「子どもに手がかかるから」、「お金の余裕がないから」などの回答が多く、女性は、ライフステージの節目においてスポーツ習慣が途切れやすい傾向にあると考えられる。一方で、女性アスリート282人のうち3割超が出産後の現役続行を望むと回答するなど、近年育児をしながら競技生活を続けたいと考える女性アスリートが増えている(国立スポーツ科学センター, 2016)。実際に、女子100mHの寺田明日香選手は、2008年、日本陸上競技選手権女子100mハードルで優勝し、以降3連覇、さらに2009年に世界陸上競技選手権ベルリン大会に出場し、同年、アジア陸上競技選手権で銀メダルを獲得、世界ジュニアランク1位にも輝くなど、高い競技成績を収めた後、2013年に引退した。その後、結婚・出産するも、2016年に7人制ラグビー

に競技転向し、ラグビー日本代表候補として、東京五輪を目指した。そして2019年に陸上競技に復帰し、9月には日本新記録を樹立するなど、現在も高いパフォーマンスで競技を続けている。自分の子どもにも活躍する姿を見せたいという思いが原動力であるようだ^{注1)}。このように、出産後も競技を続け、結果を出す、いわゆるママアスリートは存在する。女子アスリートのさらなるパフォーマンス向上のため、妊娠中、出産後のトレーニングの仕方の開発や、託児所の設置や遠征時の子どもの宿泊費の支援などの育児サポートの充実などが求められる。本研究では、女子のピーク年齢が男子に比べて低い明確な理由を導き出せなかった。これは今後の課題としたい。

次に、ピーク期間は、日本トップレベルの選手の方が長いことが明らかとなった。その違いには、日本歴代30傑の選手と世界大会上位選手という対象者の特徴の違いが関係しているだろう。Hollings et al. (2014) は論文中で、世界大会上位者のピーク期間が4年前後に集中しているのはオリンピックサイクルに合わせているからかもしれないと考察している。日本トップレベルの選手のピークが長い背景には、高校期からのハイパフォーマンスが挙げられる。オリンピック・世界選手権の日本代表選手の約80%は、高校期に全国大会に出場し、そのほとんどは入賞経験があった(渡邊ほか, 2013)。U20におけるプレーシングテーブルで上位に位置することからも、比較的早い段階で高いレベルに至っている。また日本は社会人選手の受け皿が世界と比べて充実している背景もあって^{注2), 注3)}、ピーク期間が長いと推察される。森丘(2014)によると、日本歴代20傑の選手は世界歴代30傑の選手と比較して、ピーク年齢が低く、ピーク期間は短い傾向があると報告している。世界歴代30傑選手の記録は、世界大会の上位入賞に相当するため、Hollings et al. (2014) の対象者よりも全体的なパフォーマンスは高い。世界レベルの選手であっても、さらに高いパフォーマンスに至るためにはピーク期間を長く保つことが重要なかもしれない。

V. 研究の限界

日本歴代30傑の中には、多くの種目で現役選手が多数入っており、本研究では、日本歴代30傑中44.8%の選手を現役とみなし除外した。最近の選手では異なる結果になるかもしれないので、継続して調査することが必要であろう。また、一度現役を退いても、競技を再開する選手もいる。女子長距離

の新谷仁美選手は、2012年にロンドン五輪出場、2013年のモスクワ世界陸上競技選手権大会10000mで5位などの成績を残し、2014年に25歳で引退する。その後、4年間OLとして働いたが2018年に競技復帰し、2020年にハーフマラソンで日本記録を更新、5000mで日本歴代2位を記録、プリンセス駅伝では区間記録を更新するなど、一度引退しても再び復活し、優れた成績を残している^{注4)}。寺田明日香選手については先述したとおりである。このような選手が存在してことを踏まえると、今後は結果が変わるかもしれない。

また、本研究では、陸上競技マガジン陸上競技ランキングよりデータを収集したが、古い記録は載っていないなど、データの数が少ないことや、ピーク付近で競技を辞めてしまっていることなどで、2次多項式が必ずしも全員に当てはまらず、126件を除外した。

VI. 要約

本研究は、日本トップレベルの選手のピーク年齢及びピーク期間を世界レベルの選手と比較した。対象者は、現役選手を除外した日本人競技者歴代30傑であった。ピーク年齢及びピーク期間は、過去のパフォーマンス履歴に2次多項式近似曲線をあてはめて推定する方法に基づいて算出した(Hollings et al., 2014)。比較対象は、オリンピックもしくは世界選手権の上位選手と、世界ランキング100位以内の選手であった。

日本トップ選手は、男女ともに世界レベルの競技者よりもピーク年齢が低い傾向にあった。特に女子において顕著であった。ピーク年齢範囲は、世界レベルの競技者と比べて長い傾向にあった。つまり、ピーク年齢を遅らせることにより、日本選手がより高いパフォーマンスに至ることができるようになる可能性がある。そのためには、中・高校期におけるハイパフォーマンスを求めすぎないこと、女性アスリートおよび社会人アスリートへの支援を充実させることが重要である。

注

注1) 寺田明日香オフィシャルウェブサイト。
<https://asuka-terada.jp/profile> (参照日2022年1月6日)

注2) ケンブリッジ飛鳥、プロ化の背景は、五輪メダリストが揃う超大手と契約。<https://number>.

bunshun.jp/articles/-/827085 (参照日 2022 年 1 月 6 日)

注 3) 廃部続出！企業スポーツとは何か 企業が支援したくなる魅力的な競技に. <https://imidas.jp/jijikaitai/1-40-080-09-04-g315> (参照日 2022 年 1 月 6 日)

注 4) 「お金のため」復帰した新谷仁美 一度引退した“駅伝の怪物”の覚悟と進化の理由とは? <https://real-sports.jp/page/articles/458173149343646657> (参照日 2022 年 1 月 6 日)

引用文献

- Allen, S.V., and Hopkins, W.G. (2015) Age of peak competitive performance in elite athletes: a systematic review. *Sports Medicine*, 45(10):1431-1441.
- Boccia, G., Brustio, P.R., Moisé, P., Franceschi, A., La Torre, A., Schena, F., Rainoldi, A., and Cardinale, M. (2019) Elite national athletes reach their peak performance later than non-elite in sprints and throwing events. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 22:342-347.
- Boccia, G., Moisé, P., Franceschi, A., Trova, F., Panero, D., La Torre, A., Rainoldi, A., Schena, F., and Cardinale, M. (2017) Career performance trajectories in track and field jumping events from youth to senior success: the importance of learning and development. *PLOS ONE*, 12(1):1-15.
- ボンパ: 尾縣貢ほか訳 (2006) 競技力向上のトレーニング戦略. 大修館書店: 東京, pp20-37, 197-223.
- Foss, J.L., Sinex, J.A., and Chapman, R.F. (2019) Career performance progression of junior and senior elite track and field athletes. *Journal of Science in Sports and Exercise*, 1: 168-175.
- Haugen, T.A., Solberg, P.A., Foster, C., Morán-Navarro, R., Breitschädel, F., and Hopkins, W.G. (2018) Peak age and performance progression in world-class track-and-field athletes. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13:1122-1129.
- Hollings, S.C., W.G. Hopkins, and Hume, P.A. (2014) Age at peak performance of successful track & field athletes. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 9(4):651-661.
- Hopkins, W.G. (2005) Competitive performance of elite track-and-field athletes: Variability and smallest worthwhile enhancements. *Sportscience*, 9:17-20.
- 国立スポーツ科学センター (2016) 「実態に即した女性アスリート支援のための調査研究」報告書. <https://www.jpnsport.go.jp/hpsc/Portals/0/resources/jiss/images/contents/woman/research/fact20181018.pdf> (2022 年 1 月 6 日)
- マイナビ (2021) 運動部学生の就職に関する意識調査. https://www.mynavi.jp/news/2021/03/post_29976.html (2022 年 1 月 6 日)
- 水本篤・竹内理 (2008) 研究論文における効果量の報告のために—基礎的概念と注意点—. *英語教育研究*, 31: 57-66.
- 森丘保典 (2014) タレントトランスファーマップという発想: 最適種目選択のためのロードマップ. *陸上競技研究紀要*, 10: 51-55.
- 内閣府 (2019) 男女共同参画白書 平成 30 年度版: 特集 スポーツにおける女性の活躍と男女の健康支援. https://www.gender.go.jp/about_danjo/whitepaper/h30/zentai/pdf/h30_tokusyuu.pdf (参照日 2022 年 1 月 6 日)
- 日本オリンピック委員会 (2020) アスナビについて. <https://www.joc.or.jp/about/athnavi/> (参照日 2022 年 1 月 6 日)
- 日本陸上競技連盟 (2019) 競技者育成プログラム. https://www.jaaf.or.jp/pdf/development/program/A3_2019.pdf (参照日 2022 年 1 月 6 日)
- 陸上競技マガジン編集部 (2020) 記録集計号 2019. ベースボールマガジン社: 東京.
- 笹川スポーツ財団 (2015) オリンピアンへのキャリアに関する実態調査. https://www.ssf.or.jp/Portals/0/resources/research/report/pdf/2014_report_27.pdf (参照日 2022 年 1 月 6 日)
- 山元康平・柴田篤志・犬井亮介・広瀬健一・前田奎・木越清信・尾縣貢 (2019) 世界および日本トップレベル女子水平跳躍競技者の記録発達の特徴. *陸上競技研究*, 118: 22-31.
- 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.

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

学生中長距離選手を対象とした内的トレーニング負荷を用いたトレーニング評価

中村真悠子¹⁾ 榎本靖士²⁾

1) 株式会社セレスポ 2) 筑波大学体育系

Training assessment using internal training load in middle and long distance runners.

要約

本研究では大学陸上中長距離選手を対象とし、内的トレーニング負荷を用いたトレーニング評価の有用性を検討した。研究対象者は、大学中長距離選手で研究期間内にデータ収集に協力した中距離10名、長距離7名であった。対象者にはトレーニング強度をセッションRPEの10段階、時間による10段階で記録させ、これらの積を内的トレーニング負荷とした。トレーニングの種類は、専門、持久力、体力の3つにまとめて集計した。長距離選手は $\dot{V}O_{2max}$ 含め有酸素性能力が高く、中距離選手はスプリントや筋力、パワーなどのコントロールテスト結果が有意に高かった。そして、中距離では体力トレーニングの内的負荷が高く、長距離では持久力トレーニングの内的負荷が高かった。これらの結果から、内的負荷によるトレーニング負荷は、走トレーニングだけでなく、筋力やパワートレーニングも含め評価できる可能性が示唆され、中長距離選手のパフォーマンスに関わる全面的要因のトレーニング評価に有用であるといえよう。

キーワード：内的トレーニング負荷，セッションRPE，中長距離

ランニングタイトル：中長距離選手の内的トレーニング負荷

Abstracts

The purpose of this study examined the training assessment using internal training load in college track and field middle and long distance athletes. Ten middle and seven long distance athletes in the collegiate track and field team (shortly 'MD' and 'LD' respectively) were participated in this study as subjects. They asked to submit the training load by training intensity and volume (duration) reported of 1 to 10 in relation to RPE and time respectively for every type of training include strength and power training. Every training for them were categorized to the three of specialized, aerobic, and fitness training. The aerobic fitness for LD was higher than MD, while strength, speed and power for MD were higher than LD. And MD showed high internal training load for fitness, but LD showed a high internal training load for aerobic. These results suggest that training load using internal training could be used to evaluate not only running training but also strength and power training, and that it might be useful for training evaluation of all aspect related to the performance of middle- and long-distance athletes.

Keywords: internal training load, qualitative evaluation, middle and long distance

Running title: Qualitative assessment of training load

1. 緒言

中長距離走パフォーマンスは多面的であり、生理学的、バイオメカニクス的、心理学的、環境的、および戦術的な要因の複雑な相互作用の結果として生じている（コーとマーティン，2001）。これまで、中長距離選手の特長や能力、さらにトレーニング方法は、生理学的およびバイオメカニクスの観点から多くの議論がなされてきた（佐伯ほか，1999；村木，1999；森丘ほか，2011）。中長距離走においては特に生理学的側面から多くの研究がおこなわれ、最大酸素摂取量（以下、 $\dot{V}O_{2max}$ ）や乳酸性作業閾値（以下、LT）などの有気的持久力の指標が長距離パフォーマンスと有意な相関関係を示すことが報告され（Billat et al., 2002）、有気的持久力を高めるために低強度で長時間走るトレーニングが重要視されてきた（大後，1999）。しかし、伊藤（2013）は日本の長距離トレーニングにおいて走行距離を重視する傾向にあることを、また村木（2007）は低強度・長時間の走トレーニングがもたらすダイナミックステレオタイプ化によるスピードや技術の頭打ちを指摘している。すなわち、中長距離走における有気的持久力の重要性を認めつつも、多面的、総合的にトレーニングがおこなわれることが望ましいと考えられる。

有気的持久力にはランニングエコノミー（RE）が競技レベルによっては強く影響していることが示されている。そして、REの向上にはSIT（Sprint Interval Training）やプライオメトリックスが有効であることが報告されている（伊藤ほか，2013；図子，2006）。一方、コーとマーティン（2001）は、ランニングの他にもサーキット、筋力トレーニング、およびストレッチングなどによって総合的に体力を高めることがパフォーマンスに影響する要因を全面的に改善するとともに、選手の長期的トレーニングを可能にしたり、選手の寿命を長くすることにも役立つと述べている。近年は、持久性トレーニングとレジスタンストレーニングを同日に行うことの弊害も報告されており（シューマンとロンネスタッド，2021）、中長距離選手にとって持久力のみならず、筋力、筋パワーの発達を包括的に長期的な視点で計画し、かつモニタリングすることが重要であるといえよう。

トレーニング現場において、計画通りにトレーニングプログラムを遂行すべきか、変更すべきか、それとも完全に中止すべきか、このような判断はとて難しく、疲労を生産的に管理することに関して長

年の経験を持つ指導者、コーチに委ねられることが多い。トレーニングに対する反応には、おそらくかなりの個人差があり、すべてのアスリートにとって最適なトレーニング強度は存在しない（Gaskill et al., 1999）ことから、日々のトレーニング負荷のモニタリングは、障害の発生やオーバートレーニングを回避しつつ、トレーニングの適応を最大化し、競技パフォーマンスの向上につなげるために重要であろう。トレーニング現場における簡易的なトレーニング負荷の評価指標の一つとして、心拍数（以下、HR）を用いることの研究もなされているが（Banister, 1991）、 $\dot{V}O_{2max}$ の出現する強度を超える超最大強度の評価には適していないこと（中垣・尾野藤，2014）や走トレーニング以外の筋力やパワートレーニングの評価には限界があると言えよう。

Foster（1998）は、日々のトレーニングをモニタリングするため、セッションRPE（以下、sRPE）とトレーニング量（分）の積を内的トレーニング負荷とし、ウエイトトレーニングやプライオメトリックスを含むトレーニングの定量とHRとの間に有意な相関関係が認められたと報告している。これまで、中長距離走のトレーニング評価に関する研究の多くは、生理学的指標に基づいた量的評価に依存しており、走トレーニング以外の筋力やパワートレーニングを含む総合的なトレーニング評価についてはあまり検討されていない。また、トレーニングの現場においても、週間または月間走行距離がトレーニング評価の主軸となり、トレーニングの実態も走行距離に依存してきた可能性が考えられる。日々のトレーニングをsRPEを用いて内的トレーニング負荷として定量化することで、走トレーニングと走以外のトレーニングを相対的に評価することが可能になると考えられる。

そこで本研究では、学生中長距離選手のトレーニングを、sRPEを用いて内的トレーニング負荷として定量化し、走トレーニングを専門トレーニングと持久力トレーニングに、筋力やパワーなどを体力トレーニングに分類し、中距離と長距離選手のトレーニング負荷の比較から内的トレーニング負荷を用いたトレーニング評価の有用性を検討することを目的とした。

2. 方法

2.1. 研究対象者

大学陸上競技部に所属する男子中距離および長距離選手29名（中距離15名、長距離14名）を対象

にし、欠損データの無い中距離 10 名、長距離 7 名のトレーニング記録を分析に用いた。また、800m, 1500m, 3000mSC を専門とする選手を中距離、5000m 以上を専門とする選手を長距離とした。対象者の自己ベストの平均は、中距離選手で 1500m において 4 分 02 秒 89 ± 12 秒 19 (829.5pt)、長距離選手で 5000m において 15 分 11 秒 10 ± 44 秒 94 (781.6pt) であった (カッコ内は WA スコアリングテーブルのスコアを示したものである)。

2.2 トレーニング負荷分析方法

トレーニング記録は、2014 年 4 月～9 月 (26 週間) に行った。実施したトレーニングを研究対象者に記録用紙 (表 1) に記入させ、月ごとに収集した。走行距離の記録は、強度ごとに記録させ、強度は生理学的指標 (コーとマーティン, 2001) をもとに 1～5 段階に設定した。強度 1 は LT (2mmol/L 速度) 以下, 2 と 3 は LT から血中乳酸蓄積開始点 (以下, OBLA) の間を 3mmol/L 速度で分け, 4 は OBLA から $\dot{V}O_{2max}$, 5 は $\dot{V}O_{2max}$ 以上とした。

トレーニング内容は、コーとマーティン (2001) のトレーニング構成をもとに、専門トレーニング (レース, ベース), 持久力トレーニング (持久力), 体力トレーニング (スピード, 筋力, パワー, 筋持久力, 可動性, アクティブレスト) に分類した (表 1)。

専門トレーニングは、パフォーマンス向上を直接的なねらいとしたトレーニングで、技術的要素が含まれている。レースペースより速いペースをレーストレーニングと遅いペースをベーストレーニングとし、レーストレーニングの内容は、レペティションやインターバル, ペース変化走など、ベーストレーニングは、ペース走やビルドアップ, テンポ走などであった。体力の中には、専門的体力と基礎的体力があり、持久力トレーニングは、専門的体力とし、ジョグ, LSD, 距離走など低強度の走トレーニングとした。それ以外を基礎的体力として区分し、体力トレーニングとした。

トレーニング強度は、Borg の 1982 年に提示された修正版 sRPE を使用し 1～10 段階に設定した (表 2)。強度 1 が主観的に最も低い強度を示し、強度 10 が最大値を示している。トレーニング量は時間を 10 段階に分割し、1 は 10 分以内のトレーニング量を、2 は 11～20 分のトレーニング量を示し、1 ずつ増えるごとに 10 分ずつ時間は増えていくように設定し、91 分以上を最大値 10 とした (表 3)。内的トレーニング負荷は、トレーニングの強度と量を掛け合わせることで算出した。単位は任意単

位とした。

2.3. 体力測定

専門的体力を評価するため、トレッドミル漸増負荷テストを行い、基礎的体力の評価として、筋力、パワー、およびスピードなどを総合的に評価するためコントロールテストを行った。これらのテストは、2014 年 11 月に測定を行った。

トレッドミル漸増負荷テストは、傾斜 1 度での 3 分間のセット走を、2 分の休憩をはさんで 5～6 セット実施し、セット走後に 5 分間の休憩を取らせ、 $\dot{V}O_{2max}$ を導出するための漸増負荷オールアウト走を行なわせた。研究対象者は各自のウォーミングアップ後に、体調の確認とテストの概要について説明を受け、データの研究利用について同意したのち、トレッドミル上で呼吸採取用のマスクと転倒安全装置 (ハーネス) を装着しておこなわせた。走速度は、セット走の 3 もしくは 4 セット終了時で血中乳酸値 (bLa) が 2.0 mmol/L を超えるよう対象者の走力に応じて設定し、セットごとに 30 m/min 増大させた。4.0mmol/L を超えたところでセット走を終了した。オールアウト走は、セット走の最終セットを基準にオールアウトまでの時間が 5 分程度となるよう開始の速度を決め、1 分ごとに 10 m/min 増大させオールアウトまで走行させた。呼吸ガスの測定は自動呼吸ガス分析器 (ミナト医科学社, エアロモニタ, AE310-S) による呼吸ガス採取法を用いて、酸素摂取量 (以下, $\dot{V}O_2$) を測定した。各走行における最後の 1 分間の平均をその速度における $\dot{V}O_2$ とした。bLa は、運動前、セット走を走行終了した直後、オールアウト直後、3 分後および 5 分後において指先から微量の血液を採取し、血中乳酸濃度分析器 (YSI 社, 1500SPORT lactate analyzer) を用いて分析された。HR は HR モニター (Polar Electro 社, S610i) によって記録され、セット走およびオールアウト直後に主観的運動強度 (RPE) を問診し記録された。

コントロールテストの測定項目は、ハイパワー (60m 走, ベンチプレス, メディシンボール投げ, 立ち幅跳び, 立ち五段跳び, 垂直跳び, リバウンドジャンプ), ミドルパワー (200m バウンディング, 40 秒ウィングートテスト) であった。60m 走は、光電管を 10m 間隔で左右に 6 台ずつ設定し、自身のタイミングでスタートさせ、その間を全力で走り抜けたタイムを計測した。立ち幅跳びは、踏切ラインから砂場に残った最後方の痕跡までの垂直距離を、計測者が砂場にメジャーをあわせて読み取った。立ち

表1 トレーニング記録シート

月日	練習内容	専門				持久力		体力										走行距離 (運動強度)						
		レース		ベース		持久力		スピード		筋力		パワー		筋持久力		可動性		AR		1	2	3	4	5
		強度	量	強度	量	強度	量	強度	量	強度	量	強度	量	強度	量	強度	量	強度	量					
1																								
2																								
3																								
4																								
5																								

表2 主観的運動強度の指標

10	最大限
9	
8	
7	かなり強い
6	
5	強い
4	やや強い
3	中程度に弱い
2	弱い
1	かなり弱い

表3 トレーニング量

10	91分以上
9	81~90分
8	71~80分
7	61~70分
6	51~60分
5	41~50分
4	31~40分
3	21~30分
2	11~20分
1	10分以内

五段跳びは選手自身に5歩目で砂場に入るスタート位置を1m単位で決めさせ、そこから砂場に入った距離をメジャーで読み取り、スタート位置に加えることで跳躍距離を算出した。垂直跳びはマットスイッチで読み取った滞空時間(Ta)から跳躍高を以下の式を用いて推定した。

$$\text{跳躍高} = (g \cdot \text{Ta}^2) \cdot 8^{-1}$$

gは重力加速度(9.81m/s²)を示す。

リバウンドジャンプは、5回の連続ジャンプをマット上で行わせ、各ジャンプの接地時間と滞空時間をマットスイッチで計測し、跳躍高は垂直跳と同様の方法で算出し、跳躍高を接地時間で除すことでRJindexを算出した。ベンチプレスでは、ベンチに横たわった状態で、挙上できる重量を徐々に増大させ、最大挙上重量を推定した。メディシンボール投げは、男子3kg、女子2kgのメディシンボールを使用し、前方投げ、後方投げを2回ずつ行い、良い方の記録を採用した。バウンディングは、陸上競技場トラックの200mを使用し行った。前半と後半の100mのタイムと歩数、そして総タイムと総歩数を計測した。40秒ウィングートテストは、自転車エ

ルゴメーターを用いて、40秒間の全力自転車運動を行い、ピーク回転数とピークパワーおよび平均パワーを記録した。

2.4. 統計処理

統計分析は、IBM SPSS statics ver.28.0を用いた。中距離と長距離の2群間の比較には対応のないt検定を、トレーニング負荷に関する週ごとのデータを中距離と長距離で比較するため群と週を2要因とする分散分析をおこなった。事後検定は、交互作用が有意であった場合にBonferroni法により単純主効果の検定をおこなったが、主効果のみが有意であった場合は週ごとの単純主効果の分析はおこなわなかった。有意水準はいずれも5%未満とした。

3. 結果

図1は、平均月間走行距離を強度別に示したものである。中距離は、強度1が114.0km、強度2が42.2km、強度3が22.9km、強度4が14.5km、強度5が7.2kmであった。長距離は、強度1が403.5km、

強度 2 が 44.9km, 強度 3 が 26.7km, 強度 4 が 12.8km, 強度 5 が 5.9km であった。強度 1 および合計の走行距離は長距離で有意に長かった (どちらも $p < 0.05$)。

週間平均トレーニング頻度は, 専門トレーニングが中距離 1.1 回/週, 長距離 1.5 回/週であった。持久力トレーニングの頻度は, 中距離 4.0 回/週, 長距離 5.5 回/週, 体力トレーニングの頻度は, 中距離 1.0 回/週, 長距離 0.9 回/週であった。

体力測定値は, 中距離の $\dot{V}O_{2\max}$ が 66.7 ± 3.6 ml/kg/min, LT が 16.3 ± 0.8 km/h, 長距離の $\dot{V}O_{2\max}$ が 69.8 ± 3.9 ml/kg/min, LT が 16.6 ± 1.0 km/h で, 長距離でやや高い傾向がみられたが有意差はなかった。コントロールテストでは, すべての項目で長距離より中距離で良い結果が示された (表 4)。

図 2 は, 中距離と長距離の持久力, 体力, 専門およびそれらの合計の総内的トレーニング負荷を週ごとに示したものである。平均週間総内的トレーニング負荷は, 中距離が 150.8 ± 49.9 , 長距離が 225.4 ± 45.2 であった。中距離は, 17 週目に 308.2 ± 161.1 の最高値を示し, 3 週目に 95.9 ± 31.7 の最低値を示した。長距離は, 21 週目に 352.6 ± 170.3 の最高値を示し, 1 週目に 160.4 ± 54.8 の最低値を示した。中距離と長距離の間には有意な交互作用はみられず ($F=0.469$), 中距離と長距離および週に有意な主効果がみられた (中 vs 長: $F=10.495$, $p < 0.05$; 週: $F=9.336$, $p < 0.05$)。

持久力トレーニングの平均週間内的トレーニング負荷は, 中距離が 47.2 ± 28.0 , 長距離は 107.7 ± 18.1 で長距離が高値を示した。中距離と長距離の間には有意な交互作用がみられ ($F=3.11$, $p < 0.05$), 7, 8, 17, 18, 21, 26 週を除いて長距離で有意に大きかった ($p < 0.05$)。体力トレーニングは, 中距離が 65.6 ± 16.9 , 長距離は 56.2 ± 16.6 で中距離がやや高値を示したが, 中距離と長距離の間に有意な交互作用はみられず ($F=0.572$), 中距離と長距離の間にも有意な主効果はみられなかった ($F=0.369$)。専門トレーニングは, 中距離が 37.9 ± 18.1 , 長距離は 61.5 ± 29.3 で長距離が高値を示した。中距離と長距離の間には有意な交互作用はみられず ($F=1.358$), 中距離と長距離および週に有意な主効果がみられた (中 vs 長: $F=9.201$, $p < 0.05$; 週: $F=6.325$, $p < 0.05$)。

図 3 は, 中距離と長距離の内的トレーニング負荷の推移を割合で示したものである。いずれの相対内的トレーニング負荷においても有意な交互作用

は認められなかった。中距離は, 体力トレーニングが長距離と比較して有意に高かった ($F=6.873$, $p < 0.05$)。一方, 長距離は, 持久力トレーニングが中距離と比較して有意に高かった ($F=5.698$, $p < 0.05$)。専門トレーニングは中距離と長距離の間に有意差はみられなかった ($F=0.033$)。

図 4 は, 中距離と長距離を含めて持久力トレーニングの週間平均内的負荷と $\dot{V}O_{2\max}$ および LT との関係を示したものである。両分布ともに有意な正の相関がみられた (それぞれ $r=0.697$, $p < 0.05$; $r=0.616$, $p < 0.05$)。

4. 考察

1. 総合的なトレーニング評価

本研究の研究対象者において, LT 及び $\dot{V}O_{2\max}$ ともに中距離と長距離に有意差はみられなかった。中距離と長距離の記録水準はそれぞれ 1500m と 5000m のスコアで比べると有意差はなかったものの, 中距離には 800m を専門とするものが含まれており, 800m のスコアを確認すると平均で 889.5 と競技水準は中距離でやや高かった。専門的に競技を継続している研究対象者において, ある特定の時期の体力測定値とその前後のトレーニング負荷について因果関係を論じることには限界はあるが, 中長距離の週間平均内的負荷と $\dot{V}O_{2\max}$ および LT との関係は, 少なくとも持久力トレーニングの内的負荷が大きい選手は持久力が高い, あるいは持久力が高い選手は持久力トレーニング負荷が大きい関係があることを示していると考えられる。

一方, コントロールテストの中距離選手の測定値が良い結果であった (表 4)。これは, 中距離選手において総合的に基礎的体力が高かったことを示している。先行研究では, LT は中距離選手よりも長距離選手でパフォーマンスとの相関関係が高く, 血中乳酸値を上昇せずにエネルギーを生み出せる酸素摂取能力やその走速度が高いことが長距離走パフォーマンスには重要な要因であることが指摘されてきた (大後, 1999)。コーとマーティン (2001) は, 中距離選手は長距離選手より高いレベルの筋力やパワー, 柔軟性が要求されると述べている。また, トレーニング頻度は, 中距離で高強度のトレーニング頻度が高く, 長距離で低強度のトレーニング頻度が高い傾向にあった。月間平均走行距離においても, 強度 4~5 の高強度の走行距離は中距離で長い傾向がみられたが, 強度 1 の低強度および合計の走行距離は長距離で有意に長かった。また, 内的トレーニ

表4 中距離と長距離の体力測定値

	中距離 (n=10)	長距離 (n=7)	
VO ₂ max (ml/kg/min)	67.7	69.0	
LT (km/h)	16.3	16.6	
60 m走	タイム (s)	7.5	8.3
	最高疾走速度 (s)	1.1	1.2
ベンチプレス (kg)	65.5	55.8	
メディシンボール投げ	前(m)	13.0	10.6
	後(m)	13.3	10.2
立幅跳(cm)	250.0	217.5	
立五段(cm)	1290.0	1075.0	
垂直跳	垂直跳(cm)	40.0	33.6
	Rjindex	2.4	1.9
200m バウンディング	総合タイム (s)	33.9	39.1
	総合歩数(歩)	77.8	90.3
40秒ウイングートテスト	平均パワー(w)	543.6	425.8

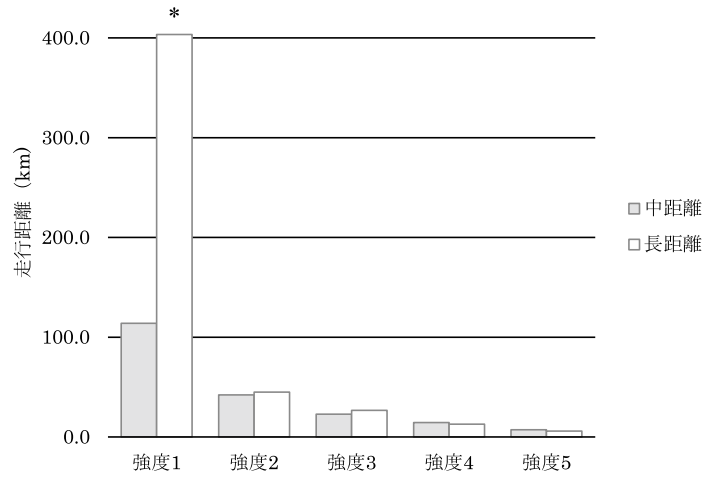


図1 月間平均走行距離

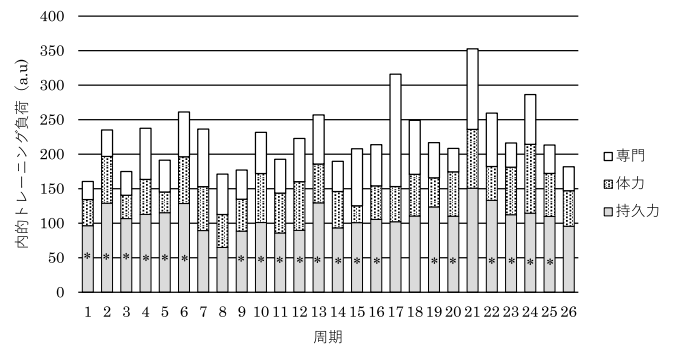
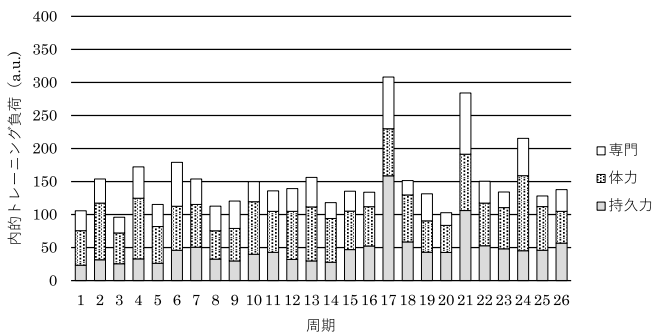


図2 中距離 (左) と長距離 (右) の内的トレーニング負荷

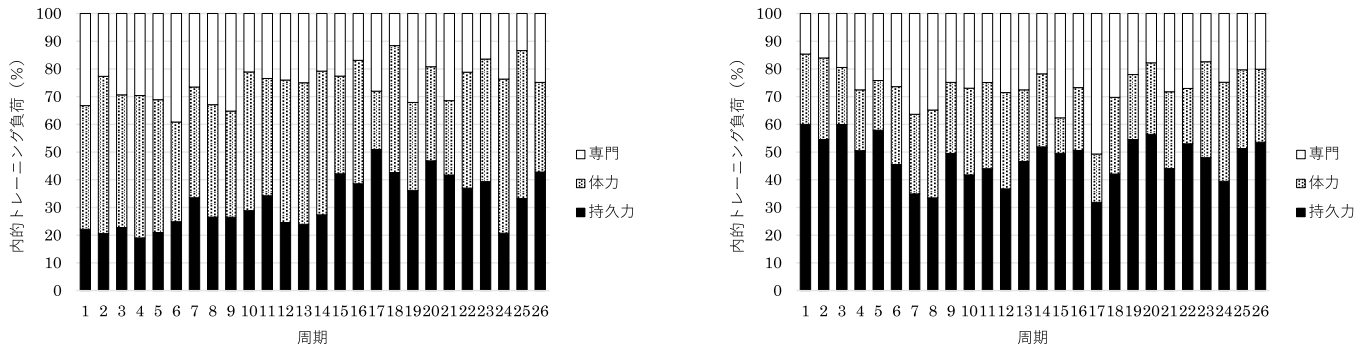


図3 中距離（左）と長距離（右）の内的トレーニング負荷の割合

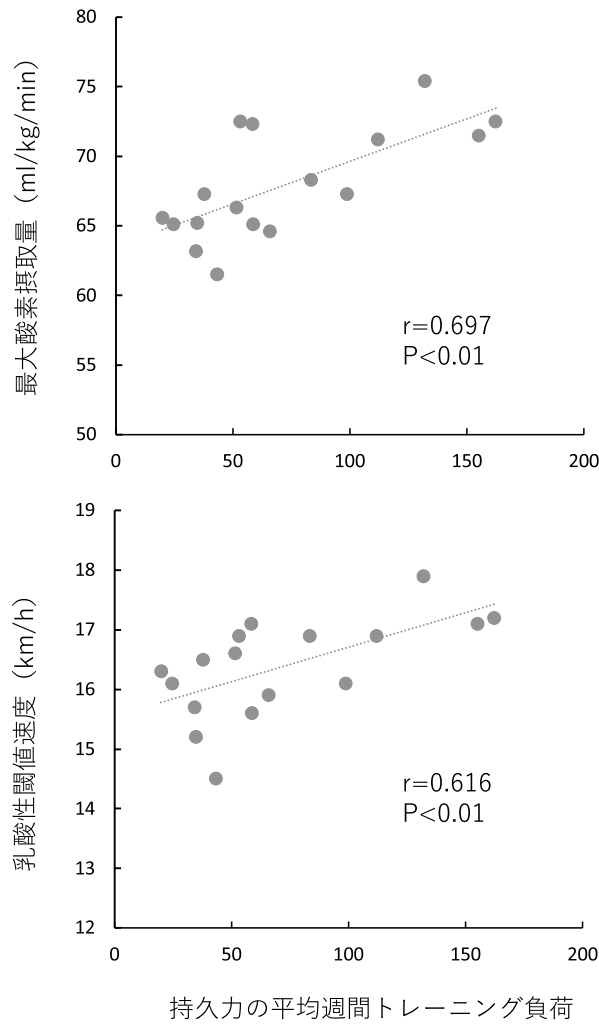


図4 持久力の内的トレーニング負荷と VO_{2max} および LT との関係

ング負荷の割合をみると、中距離は体力トレーニングの割合が高い値で推移し、長距離は持久力トレーニングの割合が高い値で推移していた。村木(1988)は、トレーニング負荷の大きさはその強度と量との関数関係にあり、それらが同時に増大することはある程度まで可能でも、それ以上では一方の増加は他方を低下させる関係にあり、量的増大は強度の低下をもたらすその逆もあると述べている。すなわち、本研究の研究対象者では、これまでの研究や専門家の指摘どおり中距離選手は高強度トレーニングと走トレーニング以外の体力トレーニングを多くおこない、長距離選手は低強度の走トレーニング、すなわち持久力トレーニングを多く実施しており、それらのトレーニングの成果が体力特性にもあらわれていることが示されていると考えられる。これらのことは、本研究で用いた内的トレーニング負荷が中距離と長距離のトレーニングを定性的には評価できていることを示唆していると言えよう。

2. 持久力、体力、専門トレーニングの内的トレーニング負荷

分散分析の結果、持久力トレーニングにのみ交互作用がみられ、体力および専門トレーニングは主効果のみが有意であった。持久力トレーニング負荷においてみられた交互作用は、中距離で高い週はないが、有意差がみられない週があり、とくに17週目と21週目においては平均値においてもほとんど差がなかった。中距離と長距離ともに、これは合宿期間中であり、トレーニング時間が多かったためであった。中距離では、両週ともに持久力と専門トレーニングの内的トレーニング負荷が高く、体力トレーニングも他週と比べて大きな差はみられなかった。これらのことは、内的トレーニング負荷の定量化は強度よりもトレーニング時間に大きく影響されている可能性があると考えられる。

相対的なトレーニング負荷の割合をみてみると、長距離では全期間を通して、持久力の内的トレーニング負荷の割合が50%前後で推移し、一方中距離は体力トレーニング負荷の割合が40-45%で推移していた。これらは両群間に交互作用は認められず、有意な主効果が認められた。これらは、トレーニング負荷を相対的にみることで、よりトレーニング負荷の特徴を表していることを示していると言えよう。

トレーニング負荷は、いわゆる体力論的には、運動の強度、時間、頻度および休息时间によって決まるとされているが、そのトレーニング（運動）にど

のくらい心理的・技術的な要素が考慮されているかによってその効果は大きく異なり（森丘，2011）、sRPEを用いた内的トレーニング負荷の定量化は、選手一人ひとりの特性や心理面を包括的に反映し評価できる可能性があると考えられる。従来の走行距離のみの評価指標では、距離にのみトレーニングの評価、そしてマネジメントが偏る傾向にある。しかし、本研究で用いた内的トレーニング負荷を評価指標として加えることで、走行距離に過度に依存することなく実際に選手にかかる内的負荷を個人の体力特性やトレーニング環境を考慮し、トレーニングを評価することが可能になるであろう。

3. 本研究の限界とトレーニングへの示唆

内的トレーニング負荷を用いたトレーニング評価は、各選手のトレーニング強度を相対的に評価しており、基礎的および専門的体力やパフォーマンスに影響されずにトレーニングを評価していると考えられる。中長距離走のトレーニングでは、走行距離やペースなど客観的な指標が重視され、自分よりパフォーマンスの高い選手のトレーニングを参考にする反面、トレーニングが目的化し、選手個人のパフォーマンスやトレーニング履歴と関連しないでトレーニング処方される問題が時おり顕在化している。内的トレーニング負荷は、相対的にトレーニングを評価するため、例えば、ある選手がパフォーマンスを向上しても内的トレーニング負荷は変わらない可能性がある。これまで、sRPEを用いた運動処方が役立つことは多くの研究で主張されており（Foster, 1998；中垣・尾野藤，2014）、本研究で用いた評価指標もトレーニング評価のみではなく、トレーニング処方にも役立つであろう。すなわち、内的トレーニング負荷の評価特性をよく知ることで、その評価の結果を解釈でき、トレーニング処方にも役立てられるであろう。

本研究で算出した内的トレーニング負荷はトレーニング時間に大きく影響されている可能性が示唆された。今後は、内的トレーニング負荷がトレーニング中の強度に依存しているのか、または量に依存しているかを明確にしつつ、パフォーマンスや基礎的、専門的体力の発達とともに長期的なトレーニングのモニタリングを実施することが必要であろう。シューマンとロンネスタッド（2021）は、持久性トレーニングとレジスタンストレーニングを同日に行うことの弊害を指摘している。トレーニング量と強度のバランスは時期や目的によって大きく変わるものであり、日々の内的トレーニング負荷をモニタリ

ングする中で、トレーニング時間のみに依存することなく調整する必要があるだろう。すなわち、量と強度の主観的評価においてトレーニング要素ごとに10段階を異なる言葉を当てはめることや重み付けを加えること、さらに頻度やタイミングなどを変数化することを調整した、トレーニングの評価と処方の実践と研究が望まれる。

5. まとめ

本研究では、中距離と長距離のトレーニングを内的トレーニング負荷を用いて定量化し、トレーニング評価の有用性を検討した。その結果、中距離では体力トレーニングが、長距離では持久力トレーニングが内的負荷の大きいトレーニングと評価された。内的トレーニング負荷を評価指標として加えることで、走行距離やペースなどの外的負荷に依存し過ぎることなく、競技特性や個人の特性を考慮しトレーニング評価することが可能であると示唆された。また、年間の時期によってトレーニングの強度と量の配分を評価することやトレーニング計画の調整をする上で役立つであろう。

引用文献

- Billat, V., Mille-Hamard, L., Demarle, A., Koralsztein, J. (2002) Effect of training in humans on off-and on-transient oxygen uptake kinetics after severe exhausting intensity runs. *European journal of applied physiology*, 87(6) : 496-505.
- コーとマーティン (2001) 中長距離ランナーの科学的トレーニング. 征矢英昭, 尾縣貢 (監訳) 大修館書店: 東京.
- 大後栄治, 植田三夫, 石井哲次 (1999) LT を基にしたトレーニング計画の研究 -- 神奈川大学箱根駅伝参加選手の特性. *ランニング学研究*, 10(1) : 35-42.
- Fitz-Clarke, J. R., Morton, R. H., & Banister, E. W. (1991) Optimizing athletic performance by influence curves. *Journal of Applied Physiology*, 71(3):1151-1158.
- Foster, C. A. R. L. (1998) Monitoring training in athletes with reference to overtraining syndrome. *Medicine and science in sports and exercise*, 30(7):1164-1168.
- Gaskill, S. E., Serfass, R. C., Bacharach, D. W., & Kelly, J. M. (1999) Responses to training in cross-country skiers. *Medicine and science in sports and exercise*, 31:1211-1217.
- 伊藤静夫, 森丘保典 (2013) トレーニング基本モデルに照らした実践的テーパリング-はたしてテーパリングは有効か?-. *Bulletin of Studies*, 9: 32-40.
- 森丘保典, 品田貴恵子, 門野洋介, 青野博, 安住文子, 鍋倉賢治, 伊藤静夫 (2011) 陸上競技・中距離選手のトレーニング負荷の変化がパフォーマンスおよび生理学的指標に及ぼす影響について. *コーチング学研究*, 24(2) : 153-162.
- 村木征人 (1999) トレーニング期分け論の形成・発展と今日的課題. *体育学研究*, 44 (3) : 227-240.
- 村木征人 (2007) 相補性統合スポーツトレーニング論序説-スポーツ方法学における本質問題の探究に向けて. *スポーツ方法学研究*, 21(1):1-15.
- 中垣浩平, 尾野藤直樹 (2014) 簡易的なトレーニング定量法の有用性: カヌースプリントナショナルチームのロンドンオリンピックに向けたトレーニングを対象として. *体育学研究*, 13034.
- 佐伯徹郎, 鍋倉賢治, 高松薫 (1999) 漸増負荷走テストにおける生理的応答からみた中距離走者と長距離走者の相違. *体力科学*, 48 (3) : 385-392.
- シューマンとロンネスダット (2021) コンカレントトレーニング. 稲見崇孝 (監訳) 東洋館出版社: 東京.
- 図子浩二 (2006) ランニングパフォーマンスの向上に対するプライオメトリックスの可能性 (特集 中長距離走ランニング・フォーム -- 評価と指導にデータを活用する). *ランニング学研究*, 18(2):15-24.

研究資料

研究資料 目次

自己最高記録とその達成率およびワールドランキングからみる・・・・・・・・・・・・・・・・	78
東京オリンピック陸上競技個人種目入賞者の特徴	
村山凌一，川向哲弥，木越清信	

自己最高記録とその達成率およびワールドランキングからみる東京オリンピック陸上競技個人種目入賞者の特徴

村山凌一^{1) 2)} 川向哲弥³⁾ 木越清信⁴⁾

- 1) 太成学院大学人間学部 2) 筑波大学大学院人間総合科学研究科
3) 公益財団法人北陸体力科学研究所 4) 筑波大学体育系

Ryoichi MURAYAMA^{1) 2)} Tetsuya KAWAMUKAI³⁾ Kiyonobu KIGOSHI⁴⁾

- 1) Taisei gakuin University, Faculty of Human
2) University of Tsukuba, Graduate School of Comprehensive Human Sciences
3) Hokuriku Institute of Wellness and Sports Science
4) Facility of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba

Abstracts

The purpose of this study was to present the characteristics of the athlete within 8th place winners of the individual track and field events at the Tokyo Olympics Game by focusing on the World Ranking at the time of entry, the Personal Best, and its achievement rate. The results showed that most of the athlete within 8th place had PB achievement rates close to 100%, had broken the Entry standard record, and had high WR scores. The fact that we were able to report information on the athlete within 8th place, including the WR introduced in this Olympic Game, will be a resource for coaches and competitors who are involved in coaching in the field to discuss.

1. 緒言

2021年、1年間延期された東京オリンピックは、金メダル27個を含む58個のメダルを獲得し、史上最多メダル獲得数を記録して幕を閉じた。自国でのオリンピック開催に伴い、スポーツ庁はスポーツ基本計画に国際競技力の向上を掲げ、持続可能な国際競技力向上プランを打ち出した（スポーツ庁、Online）。こうした背景から、オリンピックにおいてメダルを獲得することは、競技者個人の目標であることはもちろん、各競技団体、それを超えて国が掲げる目標であったと言えるだろう。

陸上競技に目を移しても、メダル数2、入賞数7とメダル数こそ過去最多を更新できなかったものの、メダル数を含めた入賞以上の数は戦後オリンピックでは最多の9であった。このような結果は、今大会に出場した選手やコーチはもちろん、その選考過程でのしごを削った選手やコーチたちの努力の

賜物であることは言うまでもない。加えて、日頃より様々な科学サポートを行ってきた日本陸上競技連盟の科学委員会が、主要な国内トップレベルの大会のデータを取得し、フィードバックを行ってきたことや、これまでの国際大会の結果から、国際的な動向を探ってきた結果と考えられ、実際の成果への取り組みは多岐にわたる。

その中で、各国際大会における入賞者の特徴を探る研究や、自己最高記録（以下；PB）やシーズンベスト（以下；SB）に対する大会結果の達成率（PB達成率 or SB達成率）などを示す試みがなされ（岡野と佐々木、2005；岡野、2008；渡部ほか、2017；高野と小林、2019；柴山ほか、2019；杉本ほか、2019；榎本、2019；岡崎、2019；木越、2019；青木、2019；田内、2019；森ほか、2019）、大会までに自己記録を高めておくことの重要性やPB達成率の重要性などが提言されてきた。そうした報告から、近年のオリンピックや世界選手権における入賞者の

表1 男子短距離・中距離・ハードル種目の詳細

	100m	200m	400m	800m	1500m	110mH	400mH
PB (秒)	9.90 ± 0.05	19.82 ± 0.14	44.06 ± 0.52	103.20 ± 1.04	211.86 ± 2.62	13.07 ± 0.16	47.50 ± 0.63
Heats (秒)	10.00 ± 0.06	20.37 ± 0.18	45.02 ± 0.17	105.16 ± 0.83	216.88 ± 1.45	13.26 ± 0.13	48.71 ± 0.24
Semi (秒)	9.92 ± 0.07	19.97 ± 0.12	44.38 ± 0.34	111.24 ± 17.87	215.43 ± 7.26	13.23 ± 0.05	47.74 ± 0.40
Final (秒)	9.90 ± 0.06	19.97 ± 0.26	44.43 ± 0.42	105.75 ± 0.44	210.40 ± 1.39	13.18 ± 0.11	47.22 ± 0.91
Heats%PB	99.20 ± 0.97	97.21 ± 0.81	97.80 ± 1.34	98.09 ± 1.23	97.61 ± 1.35	98.57 ± 1.18	97.43 ± 1.07
Semi%PB	100.06 ± 0.76	99.22 ± 0.86	99.27 ± 1.03	92.11 ± 18.13	98.32 ± 3.04	98.76 ± 1.00	99.49 ± 0.84
Final%PB	99.86 ± 0.87	99.24 ± 1.04	99.16 ± 1.03	97.52 ± 1.06	100.68 ± 0.99	99.17 ± 0.89	100.60 ± 0.81
WR (位)	17 ± 16	11 ± 11	19 ± 22	23 ± 21	24 ± 22	11 ± 8	7 ± 6
Performance (点)	1312 ± 63	1335 ± 90	1314 ± 86	1296 ± 75	1293 ± 97	1339 ± 56	1385 ± 77
Result (点)	1208 ± 21	1214 ± 29	1194 ± 30	1153 ± 79	1208 ± 85	1204 ± 26	1222 ± 35
Placing (点)	105 ± 59	121 ± 70	120 ± 59	113 ± 56	108 ± 65	136 ± 33	163 ± 42
ES人数 (人)	8	8	7	8	7	8	7

PB達成率は非常に高く、多くの種目で99%か100%近い達成率で競技を行っていることが明らかとされてきた。こうした取り組みの結果は、実際に代表に内定した選手の大会当日に成すべき事を明確に示すものであり、代表内定の後に、どのような戦略をもって大会当日を迎え、大会当日にどのような戦術を駆使して戦うのか、計画を立案する際に用いることができるものと推察される。

他方で、本大会から新たにワールドランキング制度（日本陸連、Online）が導入された。ワールドランキング制度とは、実際の記録を得点化（Resultスコア）し、それに加えて各大会カテゴリーに合わせた順位ごとの得点（Placingスコア）を加算したPerformanceスコアを用いて、複数試合の平均値（2、3あるいは5種目で種目によって異なる）が競技力としてランキングされていく。この制度によって、設定された標準記録を突破していなくとも大会に出場できるという新しいシステムの中、東京オリンピックのエントリーが行われた。こうした情報は、複数試合で安定してパフォーマンスを発揮している選手なのか、期限内に1度標準記録を突破したのみの選手なのか等様々な情報として活用することができる。

このことから、PB達成率等と同様に、オリンピックで入賞する選手たちのワールドランキングを知ることができれば、大会に臨むにあたり、ワールドランキングの存在をどのように活用するべきかについての議論が可能になり、その後の戦略・戦術を思考する際の手掛かりとなる可能性も挙げられる。

したがって、本研究は東京オリンピックにおける陸上競技個人種目の入賞者のエントリー時点のワールドランキングや、PBとその達成率等に着目し、東京オリンピック入賞者の特徴を提示することを目的とした。

2. 方法

(1) 対象者

対象者は東京2020オリンピック大会陸上競技種目における個人種目（43種目）の入賞者のべ344名であった。

(2) 収集データ

対象者の東京オリンピックにおける全結果、大会エントリー時点（2021年6月29日付）のPB、ワールドランキング（以下；WR）、WRの各種点数（Performanceスコア、Resultスコア、Placingスコア）、対象者の東京オリンピック出場方法が標準記録突破して出場（Entry standard: 以下；ES）したのか、WRで出場したのかをWorld Athleticsのホームページ（World Athletics, Online）から調査した。

(3) データ処理

収集したPBと各ラウンドにおける結果がPBに対して何%であったかを以下の式により算出した。

$$\text{式1} \quad \text{トラック種目のPB達成率} = 200 - (\text{大会結果} \div \text{PB} \times 100)$$

$$\text{式2} \quad \text{フィールド種目のPB達成率} = \text{大会結果} \div \text{PB} \times 100$$

収集したデータおよび算出したPB達成率（表には%PBで表記）については種目ごとに平均値および標準偏差を算出した。また、種目ごとにESで大会に参加した人数を算出した。

3. 結果

(1) 男子短距離・中距離・ハードル種目

表1に男子短距離・中距離・ハードル種目の各デー

表2 男子長距離種目の詳細

	3000mSC	5000m	10000m
PB (分.秒)	8.08.16 ± 6.30	12.49.94 ± 6.40	26.47.51 ± 16.96
Heats (分.秒)	8.13.68 ± 3.50	13.33.59 ± 4.26	-
Final (分.秒)	8.13.96 ± 3.01	13.01.45 ± 2.94	27.46.64 ± 2.97
Heats%PB	98.85 ± 1.48	94.32 ± 0.94	-
Final%PB	98.81 ± 0.75	98.50 ± 0.80	96.31 ± 1.03
WR (位)	12 ± 9	8 ± 2	11 ± 11
Performance (点)	1324 ± 91	1332 ± 26	1306 ± 69
Result (点)	1197 ± 35	1206 ± 11	1212 ± 21
Placing (点)	128 ± 58	127 ± 22	76 ± 52
ES人数 (人)	8	8	8

タを示した。

東京オリンピック入賞記録の平均値は 100 m; 9.90 ± 0.06 秒, 200 m; 19.97 ± 0.12 秒, 400 m; 44.43 ± 0.42 秒, 800 m; 105.75 ± 0.44 秒 (1 分 45 秒 75), 1500 m; 210.40 ± 1.39 秒 (3 分 30 秒 40), 110 mH; 13.18 ± 0.11 秒, 400 mH; 47.22 ± 0.91 秒であった。

種目ごとに対象者の PB を見ると, 100 m; 9.90 ± 0.05 秒, 200 m; 19.82 ± 0.14 秒, 400 m; 44.06 ± 0.52 秒, 800 m; 103.20 ± 1.04 秒 (1 分 43 秒 75), 1500 m; 211.86 ± 2.62 秒 (3 分 31 秒 86), 110 mH; 13.07 ± 0.16 秒, 400 mH; 47.50 ± 0.63 秒であった。

PB 達成率を見ると, 準決勝で 99% を超えた種目は, 100 m, 200 m, 400 m, 400 mH であり, 決勝で 99% を超えた種目は, 100 m, 200 m, 400 m, 110 mH, 100% を超えた種目は 1500 m, 400 mH であった。

WR の平均値を見ると 400 mH の 7 位が最も高く, 1500 m の 24 位が最も低かった。Performance スコアの平均値をみると, およそ 1300 点前後であり, 1500 m の 1293 点が最低値, 400 mH の 1385 点が最高値であった。Result スコアの平均値をみると, およそ 1200 点前後であり, 800 m の 1153 点が最低値, 400 mH の 1222 点が最高値であった。Placing スコアの平均値をみると, 100 m の 105 点が最低値, 400 mH の 163 点が最高値であった。

各種目の ES の人数を見ると, 400 m, 1500 m, 400 mH が 7 名で, その他の種目では 8 名であった。

(2) 男子長距離種目

表 2 に男子長距離種目の各データを示した。

東京オリンピック入賞記録の平均値は 3000 mSC; 8 分 13 秒 93 ± 3 秒 01, 5000 m; 13 分 01 秒 45 ± 2 秒 94, 10000 m; 27 分 46 秒 64 ± 2 秒 97 であった。

種目ごとに対象者の PB を見ると, 3000 mSC; 8 分 08 秒 16 ± 6 秒 30, 5000 m; 12 分 49 秒 94 ± 6 秒 40, 10000 m; 26 分 47 秒 51 ± 16 秒 96 であった。

PB 達成率を見ると, すべての種目で予選, 決勝ともに 99% 以下であり, 決勝において 10000 m の 96.31% が最低値で, 3000 m SC の 98.81% が最高値であった。

WR の平均値をみると, 5000 m の 8 位が最も高く, 3000 mSC の 12 位が最も低かった。Performance スコアの平均値を見ると, 3 種目とも 1300 点を超えており, 10000 m の 1306 点が最低値, 5000 m の 1332 点が最高値であった。Result スコアの平均値を見ると, 1200 点前後であり, 3000 mSC の 1197 点が最低値, 10000 m の 1212 点が最高値であった, Placing スコアの平均値を見ると, 10000 m の 76 点が最低値, 3000 mSC の 128 点が最高値であった。

各種目の ES の人数を見ると, すべての種目で 8 名であった。

(3) 男子競歩・マラソン種目

表 3 に男子競歩・マラソン種目の各データを示した。

東京オリンピック入賞記録の平均値は 20 kmW; 1 時間 21 分 42 秒 ± 23 秒, 50 kmW; 3 時間 51 分 18 秒 ± 38 秒, マラソン; 2 時間 10 分 21 秒 ± 55 秒であった。

種目ごとに対象者の PB を見ると, 20 kmW; 1 時間 17 分 58 秒 ± 49 秒, 50 kmW; 3 時間 45 分 04 秒 ± 4 分 40 秒, マラソン 2 時間 05 分 18 秒 ± 2 分 00 秒であった。

PB 達成率を見ると, 20 kmW の 95.10% が最も低く, 50 kmW の 97.16% が最も高かった。

WR の平均値を見ると, マラソンの 75 位が最低値, 20 kmW の 10 位が最高値であった。Performance ス

表3 男子競歩・マラソン種目の詳細

	20kmW	50kmW	マラソン
PB (時.分.秒)	1.17.58 ± 0.49	3.45.04 ± 4.40	2.05.18 ± 2.00
Final (時.分.秒)	1.21.42 ± 0.23	3.51.18 ± 0.38	2.10.21 ± 0.55
Final%PB	95.10 ± 1.30	97.16 ± 2.16	95.96 ± 1.19
WR (位)	10 ± 10	22 ± 14	75 ± 73
Performance (点)	1266 ± 38	1213 ± 30	1292 ± 68
Result (点)	1194 ± 24	1165 ± 34	1229 ± 33
Placing (点)	73 ± 44	49 ± 43	63 ± 43
ES人数 (人)	8	8	8

表4 男子フィールド種目の詳細

	HJ	PV	LJ	TJ	SP	DT	HT	JT
PB (m)	2.36 ± 0.03	6.00 ± 0.12	8.41 ± 0.16	17.62 ± 0.37	22.04 ± 0.79	69.16 ± 1.67	80.85 ± 1.76	87.31 ± 1.45
Heats (m)	2.28 ± 0.00	5.74 ± 0.03	8.15 ± 0.15	17.07 ± 0.26	21.27 ± 0.35	64.98 ± 0.78	77.96 ± 1.30	84.26 ± 1.29
Final (m)	2.35 ± 0.02	5.85 ± 0.10	8.19 ± 0.14	17.42 ± 0.27	21.79 ± 0.88	66.10 ± 1.74	79.67 ± 2.05	84.99 ± 1.47
Heats%PB	96.53 ± 1.39	95.68 ± 1.81	96.86 ± 1.40	96.91 ± 2.18	96.61 ± 2.52	94.00 ± 2.15	96.47 ± 2.64	96.53 ± 1.88
Final%PB	99.32 ± 1.14	97.47 ± 2.34	97.38 ± 0.65	98.85 ± 1.59	98.89 ± 2.40	95.62 ± 2.82	98.58 ± 3.07	97.34 ± 1.01
WR (位)	12 ± 10	11 ± 9	11 ± 7	12 ± 10	12 ± 11	10 ± 8	8 ± 8	16 ± 6
Performance (点)	1315 ± 55	1347 ± 74	1294 ± 61	1314 ± 78	1355 ± 97	1285 ± 71	1294 ± 62	1236 ± 39
Result (点)	1186 ± 18	1218 ± 34	1176 ± 34	1184 ± 30	1217 ± 45	1174 ± 26	1171 ± 27	1152 ± 22
Placing (点)	124 ± 55	130 ± 45	118 ± 49	129 ± 47	139 ± 55	112 ± 57	123 ± 44	85 ± 37
ES人数 (人)	7	7	7	8	8	8	8	7

コアの平均値を見ると、1200点台であり、50 kmWの1213点が最低値、マラソンの1292点が最高値であった。Resultスコアの平均値を見ると、50 kmWの1165点が最低値、マラソンの1229点が最高値であった。Placingスコアの平均値を見ると、50 kmWの49点が最低値、20 kmWの73点が最高値であった。

各種目のESの人数を見ると、すべての種目で8名であった。

(4) 男子フィールド種目

表4に男子フィールド種目の各データを示した。

東京オリンピック入賞記録の平均値はHJ; 2.35 ± 0.02 m, PV; 5.85 ± 0.10 m, LJ; 8.19 ± 0.14 m, TJ; 17.42 ± 0.27 m, SP; 21.79 ± 0.88 m, DT; 66.10 ± 1.74 m, HT; 79.67 ± 2.05 m, JT; 84.99 ± 1.47 mであった。

種目ごとに対象者のPBを見ると、HJ; 2.36 ± 0.03 m, PV; 6.00 ± 0.12 m, LJ; 8.41 ± 0.16 m, TJ; 17.62 ± 0.37 m, SP; 22.04 ± 0.79 m, DT; 69.16 ± 1.67 m, HT; 80.85 ± 1.76 m, JT; 87.31 ± 1.45 mであった。

PB達成率を見ると予選ではおよそ95%や96%であり、決勝ではHJが99%, TJ, SP, HTでは98%台、その他の種目においては98%以下であった。

WRの平均値を見ると、HTの8位が最も高い順位であり、JTの16位が最も低い順位であった。

Performanceスコアの平均値を見ると、およそ1300点前後であり、JTの1236点が最低値、SPの1355点が最高値であった。Resultスコアの平均値をみると1200点を超えている種目はPVとSPであり、その他の種目は1200点以下であった。Placingスコアの平均値をみると、JT以外で100点を超えており、JTの85点が最低値で、SPの139点が最高値であった。

各種目のESの人数を見ると、HJ, PV, LJ, JTにおいて7名でありその他の種目は8名であった。

(5) 女子短距離・中距離・ハードル種目

表5に女子短距離・中距離・ハードル種目の各データを示した。

東京オリンピック入賞記録の平均値は100 m; 10.89 ± 0.16 秒, 200 m; 22.25 ± 0.71 秒, 400 m; 49.62 ± 0.71 秒, 800 m; 116.91 ± 0.92 秒 (1分56秒91), 1500 m; 237.35 ± 2.41 秒 (3分57秒35), 100 mH; 12.72 ± 0.26 秒, 400 mH; 53.04 ± 1.43 秒であった。

種目ごとに対象者のPBを見ると、100 m; 10.88 ± 0.15 秒, 200 m; 22.06 ± 0.40 秒, 400 m; 49.82 ± 0.76 秒, 800 m; 117.35 ± 1.03 秒 (1分57秒35), 1500 m; 236.75 ± 4.00 秒 (3分56秒75), 100 mH; 12.49 ± 0.15 秒, 400 mH; 53.16 ± 0.92 秒であった。

表5 女子短距離・中距離・ハードル種目の詳細

	100m	200m	400m	800m	1500m	100mH	400mH
PB (秒)	10.88 ± 0.15	22.06 ± 0.40	49.82 ± 0.76	117.35 ± 1.03	236.75 ± 4.00	12.49 ± 0.15	53.16 ± 0.92
Heats (秒)	10.91 ± 0.11	22.35 ± 0.26	50.78 ± 0.32	120.77 ± 0.66	243.14 ± 1.18	12.68 ± 0.14	54.76 ± 0.46
Semi (秒)	10.88 ± 0.11	22.09 ± 0.20	49.65 ± 0.22	119.02 ± 0.53	239.47 ± 1.69	12.55 ± 0.14	53.90 ± 0.44
Final (秒)	10.89 ± 0.16	22.25 ± 0.71	49.62 ± 0.71	116.91 ± 0.92	237.35 ± 2.41	12.72 ± 0.26	53.04 ± 1.43
Heats%PB	99.69 ± 1.24	98.65 ± 2.23	98.06 ± 1.55	97.08 ± 1.06	97.27 ± 1.95	98.48 ± 1.41	96.97 ± 1.20
Semi%PB	99.96 ± 0.52	99.85 ± 1.57	100.32 ± 1.49	98.56 ± 0.92	98.83 ± 1.57	99.57 ± 1.12	98.58 ± 1.17
Final%PB	99.86 ± 0.66	99.09 ± 3.90	100.12 ± 1.29	100.36 ± 1.10	99.74 ± 0.99	98.19 ± 1.80	100.10 ± 1.09
WR (位)	13 ± 11	10 ± 9	21 ± 14	14 ± 11	12 ± 13	12 ± 9	13 ± 9
Performance (点)	1324 ± 76	1315 ± 55	1267 ± 67	1284 ± 51	1337 ± 75	1321 ± 55	1309 ± 78
Result (点)	1195 ± 26	1195 ± 22	1181 ± 25	1168 ± 21	1193 ± 31	1196 ± 18	1188 ± 32
Placing (点)	130 ± 58	120 ± 40	86 ± 50	116 ± 43	145 ± 48	126 ± 45	124 ± 46
ES人数 (人)	8	8	8	8	7	8	8

表6 女子長距離種目の詳細

	3000mSC	5000m	10000m
PB (分.秒)	9.04.09 ± 9.77	14.23.92 ± 15.00	30.20.98 ± 50.55
Heats (分.秒)	9.20.28 ± 3.35	14.51.37 ± 3.53	-
Final (分.秒)	9.09.92 ± 5.67	14.41.60 ± 3.59	30.28.26 ± 26.12
Heats%PB	96.99 ± 1.96	96.79 ± 1.63	-
Final%PB	98.90 ± 2.09	97.93 ± 1.47	99.56 ± 1.63
WR (位)	16 ± 23	20 ± 22	17 ± 16
Performance (点)	1330 ± 85	1296 ± 99	1298 ± 94
Result (点)	1203 ± 31	1194 ± 44	1220 ± 32
Placing (点)	123 ± 60	102 ± 63	75 ± 64
ES人数 (人)	8	8	8

PB達成率を見ると準決勝で99%を超えた種目は100 m, 200 m, 100 mHで, 100%を超えた種目は400 mであった。決勝で99%を超えた種目は100 m, 200 m, 1500 mで, 100%を超えた種目は400 m, 800 m, 400 mHであった。

WRの平均値を見ると, 200 mの10位が最も高い順位であり, 400 mの21位が最も低い順位であった。

Performanceスコアの平均値をみると, およそ1300点前後であり, 400 mの1267点が最低値, 1500 mの1337点が最高値であった。Resultスコアの平均値をみると, すべての種目で1200点以下であり, 800 mの1168点が最低値, 100 mHの1196点が最高値であった。Placingスコアの平均値をみると, 400 mの86点が最低値, 100 mの130点が最高値であった。

各種目のESの人数を見ると, 1500 mが7名で, その他の種目では8名であった。

(6) 女子長距離種目

表6に女子長距離競歩種目の各データを示した。東京オリンピック入賞記録の平均値は3000 mSC; 9分09秒92 ± 5秒67, 5000 m; 14分41秒60 ± 3

秒59, 10000 m; 30分28秒26 ± 26秒12であった。

種目ごとに対象者のPBを見ると, 3000 mSC; 9分04秒09 ± 9秒77, 5000 m; 14分23秒92 ± 15秒00, 10000 m; 30分20秒98 ± 50秒55であった。

PB達成率を見ると予選決勝を通して99%を超えた種目は10000 mのみであった。

WRの平均値を見ると3000 mSCの16位が最も高く, 5000 mの20位が最も低かった。Performanceスコアの平均値を見ると, およそ1300点前後であり, 5000 mの1296点が最低値, 3000 mSCの1330点が最高値であった。Resultスコアの平均値を見ると, 1200点前後であり, 5000 mの1194点が最低値, 10000 mの1220点が最高値であった。Placingスコアの平均値をみると, 3000 mSCと5000 mで100点を超え, 10000 mにおいては75点であった。

各種目のESの人数を見ると, すべての種目で8名であった。

(7) 女子競歩・マラソン種目

表7に女子競歩・マラソン種目の各データを示した。

東京オリンピック入賞記録の平均値は20 kmW; 1

表7 女子競歩・マラソン種目の詳細

	20kmW	マラソン
PB (時.分.秒)	1.27.17 ± 1.56	2.20.49 ± 3.40
Final (時.分.秒)	1.30.18 ± 0.42	2.28.41 ± 0.58
Final%PB	96.44 ± 2.24	94.34 ± 2.50
WR (位)	14 ± 15	60 ± 66
Performance (点)	1230 ± 52	1298 ± 76
Result (点)	1137 ± 20	1207 ± 37
Placing (点)	93 ± 42	92 ± 48
ES人数 (人)	8	8

表8 女子フィールド種目の詳細

	HJ	PV	LJ	TJ	SP	DT	HT	JT
PB (m)	2.01 ± 0.03	4.82 ± 0.10	7.13 ± 0.15	14.89 ± 0.23	19.81 ± 0.85	67.67 ± 2.27	78.09 ± 3.37	66.99 ± 2.85
Heats (m)	1.95 ± 0.00	4.55 ± 0.00	6.80 ± 0.14	14.47 ± 0.16	18.97 ± 0.29	63.68 ± 1.16	73.55 ± 1.53	62.53 ± 1.05
Final (m)	1.99 ± 0.03	4.62 ± 0.17	6.90 ± 0.07	14.85 ± 0.35	19.43 ± 0.54	64.79 ± 2.22	75.11 ± 1.69	63.10 ± 2.14
Heats%PB	96.86 ± 1.56	94.45 ± 1.88	95.36 ± 1.20	97.21 ± 1.31	95.91 ± 3.44	94.19 ± 2.83	94.32 ± 3.41	93.49 ± 3.60
Final%PB	98.58 ± 1.31	95.78 ± 2.19	96.82 ± 1.41	99.72 ± 1.56	98.21 ± 3.30	95.79 ± 2.89	96.31 ± 3.52	94.27 ± 2.92
WR (位)	9 ± 9	11 ± 7	7 ± 6	7 ± 6	14 ± 7	12 ± 10	9 ± 10	16 ± 11
Performance (点)	1324 ± 86	1311 ± 76	1318 ± 68	1339 ± 67	1239 ± 75	1269 ± 102	1287 ± 71	1241 ± 94
Result (点)	1195 ± 31	1172 ± 34	1192 ± 36	1180 ± 28	1137 ± 31	1150 ± 40	1157 ± 26	1132 ± 46
Placing (点)	129 ± 56	139 ± 43	128 ± 51	160 ± 40	102 ± 50	120 ± 66	131 ± 50	110 ± 55
ES人数 (人)	8	7	8	8	7	8	7	5

時間 30 分 18 秒 ± 42 秒, マラソン; 2 時間 28 分 41 秒 ± 58 秒であった。

種目ごとに対象者の PB を見ると, 20 kmW; 1 時間 27 分 17 秒 ± 1 分 56 秒, マラソン; 2 時間 20 分 49 秒 ± 3 分 40 秒であった。

PB 達成率を見ると 20 kmW で 96.44%, マラソンで 94.34%であった。

WR の平均値を見ると 20 kmW で 14 位, マラソンで 60 位であった。Performance スコアの平均値を見るとおよそ 1200 点台であり, Result スコアの平均値をみると 20 kmW で 1137 点, マラソンで 1207 点, Placing スコアにおいては 90 点台であった。

各種目の ES の人数を見ると, すべての種目で 8 名であった。

(8) 女子フィールド種目

表 8 に女子フィールド種目の各データを示した。

東京オリンピック入賞記録の平均値は HJ; 1.99 ± 0.03m, PV; 4.62 ± 0.17 m, LJ; 6.90 ± 0.07 m, TJ; 14.85 ± 0.35 m, SP; 19.43 ± 0.54 m, DT; 64.79 ± 2.22 m, HT; 75.11 ± 1.69 m, JT; 63.10 ± 2.14 m であった。

種目ごとに対象者の PB を見ると, HJ; 2.01 ± 0.03 m, PV; 4.82 ± 0.10 m, LJ; 7.13 ± 0.15 m, TJ; 14.89 ± 0.23 m, SP; 19.81 ± 0.85 m, DT; 67.67 ± 2.27 m, HT; 78.09 ± 3.37 m, JT; 66.99 ± 2.85

m であった。

PB 達成率を見ると, 予選ではおよそ 94%や 95% であり, 決勝では TJ が 99%, HJ, SP では 98%を超え, その他の種目においては 98%以下であった。

WR の平均値を見ると TJ の 7 位が最も高い順位であり, JT の 16 が最も低い順位であった。Performance スコアの平均値を見ると, およそ 1300 点前後であり, SP の 1239 点が最低値, TJ の 1339 点が最高値であった。Result スコアの平均値を見ると, すべての種目で 1200 点以下であり, SP の 1137 点が最低値, HJ の 1195 点が最高値であった。Placing スコアをみるとすべての種目で 100 点以上であり, SP の 102 点が最低値であり, TJ の 160 点が最高値であった。

各種目の ES の人数を見ると, PV, SP, HT が 7 名, JT が 5 名であり, その他の種目は 8 名であった。

(9) 男女混成競技種目

表 9 に男女混成競技種目の各データを示した。

東京オリンピック入賞記録の平均値は十種競技; 8609 ± 190 点, 七種競技; 6549 ± 131 点であった。

種目ごとに対象者の PB を見ると, 十種競技; 8676 ± 231 点, 七種競技; 6609 ± 241 点であった。

PB 達成率を見るとどちらも 99%台であった。

WR の平均値を見ると十種競技で 8 位, 七種競技で 10 位であった。Performance スコアの平均値を

表9 男女混成競技種目の詳細

	Dec.	Hep.
PB (点)	8676 ± 231	6609 ± 241
Final (点)	8609 ± 190	6549 ± 131
Final%PB	99.26 ± 1.81	99.22 ± 3.97
WR (位)	8 ± 5	10 ± 4
Performance (点)	1299 ± 54	1264 ± 55
Result (点)	1197 ± 24	1168 ± 27
Placing (点)	103 ± 39	96 ± 33
ES人数 (人)	8	6

見ると、どちらも1200点台で、Resultスコアの平均値は1100点台、Placingスコアの平均値は100点前後であった。

各種目のESの人数を見ると、十種競技で8名、七種競技で6名であった。

4. 考察

本研究は、東京オリンピックにおける陸上競技個人種目の入賞者を対象に、対象者のエントリー時点のWRや、PBとその達成率等に着目し、東京オリンピック入賞者の特徴を提示することを目的とした。調査の結果、明らかとなった東京オリンピック入賞者の特徴について考察をしていく。

まず、PB達成率について、トラック種目については、これまで示されてきたPB達成率の算出の方法が、「PB÷結果×100」であり（岡野・佐々木，2005）、ベースとなる記録がPBではなかったことから、本研究では「200 - (大会結果÷PB×100)」の計算式を用いた。これにより、PBに対してどの程度の達成率であったかを示すことができた。このことから、本研究で示したPB達成率は先行研究と異なるため単純な比較を行うことはできないが、決勝において入賞者の平均が100%を超えている種目は、男子で1500m、400mH、女子で400m、800m、400mHであった。これらの種目においては、決勝ラウンドに向けて、予選、準決勝とPB達成率が順に高くなっており、高い自己記録を有していた競技者が余裕をもって各ラウンドを通過していた可能性が考えられる。つまりラウンドごとに巧みな戦術を駆使して決勝で最高パフォーマンスを発揮する準備をしやすい種目ととらえることもでき、これらの種目においては、PBを高めることはもちろん、ラウンドごとに戦術を立てて大会に挑む必要がある種目といえるだろう。また、PB達成率が99%台の種目は、男子で6種目、女子で6種目であり、98%台の種目

は男子で5種目、女子で4種目であった。このことから、自己ベスト更新まで行かずとも、多くの種目で当日に比較的高いパフォーマンスを発揮している選手が多かったといえる。特に男子の800mを除く男女の短距離・中距離・ハードル種目においては、PB達成率が98%以上であった。このことは、これらの種目は他の種目と比較して高いパフォーマンスを安定して発揮する力が求められる種目といえる。

フィールド種目においては、男女ともに100%を超えた種目はなく、多くの種目が97%から99%あたりであった。このことから、フィールド種目においては、オリンピックという大きな舞台で高いパフォーマンスを発揮することが困難であることが考えられる。単純にトラック種目とフィールド種目の比較をすることは難しいが、フィールド種目においては予選通過記録が設定されており、他者との争いではなく、自身の記録と向き合いながら予選ラウンドを戦うことから、トラック種目とは決勝ラウンドにいたるまでの過程や、決勝進出の人数が異なる。したがって、本研究結果のみでは言及することはできないが、フィールド種目特有の戦術を立てることの重要性を強調するものであると言え、今後は種目ごとにより詳細な戦略を立てるための知見を収集する必要はあるだろう。

その中でもパフォーマンスを発揮できた競技者が入賞する種目といえるかもしれない。

さらに、男女の長距離・競歩・マラソン種目はPB達成率が低い特徴が挙げられ、女子マラソンの94.34%が最も低く、男子20kmWで95.10%、男子マラソン95.96%、男子10000m96.31%、女子20kmWで96.44%と多くが97%を下回っていた。このことは、当日のグラウンドコンディションや、レースパターンによって自己最高記録を狙うことが難しく、当日その場で柔軟にレース対応する必要性を示唆するものであると考えられる。

男女の混成競技種目については、PB達成率がど

ちらも99%台であったことから、比較的高いパフォーマンスを発揮していることがわかる。しかしながら、混成競技種目の特性上、各種目の得点の合算で行われていることを考えると、各種目のPB達成率に着目する必要がある。どの種目からパフォーマンスを安定させるべきかについての議論を行う必要がある。本研究においては総合得点における検討しか行っていないことから、今後は、これまで森ほか(2019)が報告したような各種目のPB達成率に着目した報告を蓄積する必要がある。

次に、本大会から導入されたWRについてみると、種目によりばらつきはあるものの男女のマラソンを除いて、多くの種目で平均20位以内であることが示された。特に、男子の400 mH, 5000 m, DT, HT, Decathlon, 女子のHJ, LJ, TJ, HTにおいては平均値が10位以下であり、これらの種目の入賞者は高いWRを保持して大会に臨んでいたことが窺える。このことから、これらの種目はPBを高めることはもちろん、カテゴリーランクの高い大会において安定して結果を出せる競技者たちが存在する事の裏付けであり、シーズンを通して高いパフォーマンスを発揮するための戦略の重要性が示唆される。WRの各スコアを見ると、多くの種目でPerformanceスコアが1300点前後であることが示され、Resultスコアが1200点前後、Placingスコアが100点前後であることが示された。Placingスコアの100点を実際の大会での順位に換算すると、日本選手権(Bカテゴリー)にて優勝、アジア選手権(GLカテゴリー)で6位に相当する。競歩および混成競技種目はPlacingスコアの配点が異なり、日本選手権(Bカテゴリー)にて優勝で60点であることから、100点を獲得するためには、GLカテゴリー大会以上に出場する必要がある(GLカテゴリー優勝で110点)。こうした情報を駆使して、WRを大会出場のための情報としてのみではなく、オリンピック入賞者の有しているパフォーマンスの一つとして捉え、試合計画立案を議論する資料となることを期待する。

最後に、各種目の出場者が標準記録を突破していたかを算出したところ、いくつかの種目においては、標準記録を突破できずにWRにて出場権を得た選手がいる種目があったが、多くの種目で8名全員が標準記録を突破していた。このことは多くの種目において、標準記録を突破していない選手が入賞することが困難であることを示しており、可能な限りPBを高め、標準記録を突破して出場権を得ることが第一に求められる。一方で、WRにて出場権を得た選手たちが入賞した例もいくつか散見され、そうした

選手たちの当日のレースパターンや戦術については今後議論の余地があると考えられる。また、女子JTにおいては3名がWRでの出場、つまり標準記録を突破していなかったことから、当日の実力発揮の如何によって、入賞のチャンスがある種目とそうでない種目がある可能性も示唆できる。これについては、本研究の趣旨ではないが、今後の検討すべき課題であるといえる。また、日本においては、WRで出場権を得た田中希実選手が見事に女子1500 mで8位入賞を果たした。これは貴重な例であり、WRを高めつつも当日に自己記録を更新するための戦術をより省察していく必要があるだろう。

5. まとめ

本研究は東京オリンピックにおける陸上競技個人種目の入賞者のエントリー時点WRや、PBとその達成率等に着目し、東京オリンピック入賞者の特徴を提示することを目的に調査を行った。その結果、目的としたデータを収集することができた。その結果以下のことをまとめとして挙げる。

- (1) 多くの種目でこれまで報告されてきた通りPB達成率が98%以上であった。
- (2) 長距離・競歩・マラソン種目のPB達成率は他の種目と比較して低いことから、当日のレースパターン等の戦術を駆使して戦う種目であることが示唆される。
- (3) 今大会から導入されたWRについて、入賞者の多くは高いランキングを保持していたことから、エントリーまでの試合において高いパフォーマンスを維持する戦略の重要性が示唆された。
- (4) 多くの入賞者が標準記録を突破して参加していた一方で、標準記録を突破していなくともワールドランキングで大会出場を決め、その後入賞している選手がいたことから、今後はその選手たちの戦略・戦術について個別に検討していくことでより有益な知見が得られると考えられた。

これらの結果はあくまで1大会のさらには8名の特徴のみであることから、ここから普遍的な知見を提示することは困難である。しかしながら、本大会から導入されたWRを用いて本研究で提示した情報を報告できたことは、今後現場でコーチングにあたる指導者、競技者にとって、議論を可能にする資料になるものと思われる。また、本研究によって得られた結果から、詳細なラウンド戦略やレース戦術に

ついて深く言及することは不可能である。このことから、今後は、本研究のデータを基に具体的な戦略・戦術に関する議論が交わされることを期待する。さらに今後は、より多くの国際大会の結果をもとに、いかにして国際大会に出場し、決勝に進出するのか、そして決勝でどのように戦うのか等を検討するために、継続的にデータを収集して蓄積していくことが求められるであろう。

引用文献

青木和浩 (2019) 走幅跳・三段跳の国際競技力の動向。陸上競技研究紀要, 15 : 48-55.

榎本靖士 (2019) 中長距離種目における記録水準と強豪国。陸上競技研究紀要, 15 : 21-30.

木越清信 (2019) 走高跳・棒高跳における入賞ラインの検討。陸上競技研究紀要, 15 : 43-47.

森健一・松林武生・村山凌一 (2019) 競技達成率と得点分析からみる混成競技競技の動向。陸上競技研究紀要, 15 : 59-65.

日本陸上競技連盟 (Online) ワールドランキング制度。 https://www.jaaf.or.jp/files/upload/202103/29_154932.pdf. (参照日 2022年1月10日参照)

スポーツ庁 (Online) https://www.mext.go.jp/sports/b_menu/sports/mcatetop01/list/1372413.htm (参照日 2022年1月10日)

https://www.mext.go.jp/sports/b_menu/sports/mcatetop07/list/detail/1377938.htm

参考資料

岡野進・佐々木秀幸 (2005) アテネ・オリンピック大会における陸上競技日本選手・団の記録「達成率」並びに実力発揮度について。陸上競技研究紀要, 1 : 52-60.

岡野進 (2008) 「第11回 IAAF 世界陸上競技選手権大阪大会」における日本代表選手・群 (団) 並びに優勝者・群における「記録達成率 (実力発揮度)」についての考察。陸上競技研究紀要, 4 : 10-25.

岡崎和伸 (2019) 男女マラソン・競歩種目における国際パフォーマンスの現状とレース分析。陸上競技研究紀要, 15 : 31-42.

柴山一仁・杉本和那美・貴嶋孝太・森丘保典 (2019) 男子ハードル種目における予選から決勝にかけての記録の変化に着目して。陸上競技研究紀要, 15 : 11-15.

杉本和那美・柴山一仁・貴嶋孝太・森丘保典 (2019) 女子ハードル種目における予選から決勝にかけ

ての記録の変化に着目して。陸上競技研究紀要, 15 : 16-20.

高野恭平・小林海 (2019) 短距離およびリレー種目における国際競技力の動向。陸上競技研究紀要, 15 : 4-10.

田内健二 (2019) シーズンベストに対する達成率からみた投てき種目の特徴。陸上競技研究紀要, 15 : 56-58.

渡部誠, 谷地笑奈, 井筒柴乃 (2017) 全国高等学校陸上競技対校選手権大会出場者の記録と記録達成率についての分析。陸上競技研究紀要, 13 : 137-148.

World Athletics (Online) Road to Olympic Games 2020. <https://www.worldathletics.org/stats-zone/road-to/7132391> (参照日 2021年10月30日)

参考資料

参考資料として、東京オリンピック陸上競技個人種目入賞者全員のデータを掲載する。

参考資料1 男子短距離・中距離・ハーフ・マイル種目

順位	Name	Nat	SB (秒)	PB (秒)	Heats (秒)	Semi (秒)	Final (秒)	Heats %SB	Heats %PB	Semi %SB	Semi %PB	Final %SB	Final %PB	出場 WR	Performance Score (点)	Result Score (点)	Placing Score (点)	各Result Score(点)	各Placing Score (点)									
100m	1位	Lamont Marcel JACOBS	ITA	9.95	9.95	9.94	9.84	100.10	100.10	101.11	101.11	101.51	101.51	ES	1116	1196	1116	1187	1209	1186	1172	140	140	100	100			
	2位	Fred KERLEY	USA	9.86	9.86	9.97	9.84	98.88	98.88	98.99	98.99	100.20	100.20	ES	1280	1236	45	1220	1255	1238	1234	1231	140	70	15	0		
	3位	André DE GRASSE	CAN	9.92	9.90	9.91	9.98	100.10	99.90	99.40	99.19	100.30	100.30	ES	1366	1202	164	1241	1217	1210	1182	1162	280	140	130	140	130	
	4位	Akani SIMBINE	USA	9.84	9.84	10.08	9.93	97.56	97.56	99.39	99.39	99.09	99.09	ES	1393	1207	186	1231	1231	1179	1203	1193	250	200	200	140	140	
	5位	Ronnie BAKER	USA	9.85	9.85	10.03	9.83	98.17	98.17	100.20	100.20	98.98	98.98	ES	1325	1241	84	1244	1244	1259	1210	1248	140	140	80	60	0	
	6位	Bingtian SU	CHN	9.91	9.91	10.05	9.83	98.59	98.59	100.81	100.81	99.29	99.29	ES	1229	1201	29	1213	1218	1215	1189	1168	100	15	15	0		
	7位	Enoch ADEGOKE	NGR	10.00	10.00	9.98	10.00	100.20	100.20	100.00	100.00			ES	1213	1170	43	1206	1122	1186	1173	1155	100	80	0	10	25	
	8位	Zhanel HUGHES	GBR	10.06	9.91	10.04	9.98	98.69	100.20	99.29	100.80			ES	1379	1210	169	1196	1224	1224	1217	1189	215	170	170	150	140	
200m	1位	André DE GRASSE	CAN	19.89	19.80	20.56	19.73	96.63	96.16	100.80	100.35	101.36	100.91	ES	1420	1229	191	1228	1241	1237	1233	1207	310	185	170	150	140	
	2位	Kenneth BEDNAREK	USA	19.78	19.78	20.01	19.83	98.84	98.84	99.75	99.75	100.51	100.51	ES	1380	1228	152	1239	1187	1234	1252	1229	200	200	140	100	140	
	3位	Noah LYLES	USA	19.74	19.50	20.18	19.99	97.77	96.31	98.73	97.49	100.00	98.77	ES	1491	1265	226	1247	1261	1300	1276	1242	350	240	200	200	140	
	4位	Ertiyon KNIGHTON	USA	19.84	19.84	20.55	20.02	99.33	96.42	99.69	99.09	99.55	99.55	ES	1259	1215	44	1245	1173	1203	1239	1215	70	90	60	0	0	
	5位	Joseph FAHNBULLBH	LBR	19.91	19.91	20.46	19.99	97.24	99.60	99.60	99.60	99.65	99.65	ES	1246	1224	23	1236	1239	1229	1212	1204	60	10	18	10	15	
	6位	Aaron BROWN	CAN	20.14	19.95	20.38	19.99	98.81	97.84	100.74	99.80	99.70	98.75	ES	1372	1208	164	1204	1220	1228	1200	1189	215	170	140	150	145	
	7位	Rasheed DWYER	JAM	20.17	19.80	20.31	20.13	99.31	97.42	100.20	98.33	99.80	97.93	ES	1210	1162	48	1193	1149	1137	1173	1158	100	60	70	0	10	
	8位	Jereme RICHARDS	TTO	20.13	19.97	20.52	20.10	20.39	98.06	97.25	100.15	99.35	98.71	97.90	ES	1301	1183	118	1186	1189	1198	1177	1167	140	110	100	120	120
400m	1位	Steven GARDNER	BAH	44.47	43.48	45.05	44.14	43.85	98.70	96.39	100.74	98.48	101.39	99.15	ES	1412	1235	178	1288	1214	1241	1218	1213	350	200	140	100	100
	2位	Anthony José ZAMBRANO	COL	44.51	44.15	44.87	43.93	44.08	99.19	98.37	101.30	100.50	100.97	100.16	ES	1401	1210	192	1240	1196	1210	1211	1192	310	200	170	140	140
	3位	Kirani JAMES	GRN	44.61	43.74	45.09	43.88	44.19	98.92	96.91	101.64	99.68	100.94	98.97	ES	1355	1214	142	1212	1234	1207	1198	1217	230	140	140	140	60
	4位	Michael CHERRY	USA	44.35	44.35	44.82	44.44	44.21	98.94	98.94	99.80	99.80	100.32	100.32	ES	1294	1201	93	1190	1225	1142	1226	1224	120	80	145	60	
	5位	Michael NORMAN	USA	44.07	43.45	45.35	44.52	44.31	97.10	95.63	98.98	97.54	99.46	98.02	ES	1406	1222	184	1232	1231	1206	1222	1219	240	200	200	140	140
	6位	Christopher TAYLOR	JAM	45.13	44.88	45.20	44.92	44.79	99.84	99.29	100.47	99.91	100.75	100.20	WR	1221	1154	68	1144	1171	1192	1134	1128	120	80	50	50	40
	7位	Isaac MAKWALA	BOT	44.47	43.72	44.86	44.59	44.94	99.12	97.39	99.73	98.01	98.94	97.21	ES	1178	1156	22	1217	1204	1129	1125	1105	100	0	0	10	
	8位	Immarvin BONEVACIA	NED	44.80	44.72	44.95	44.62	45.07	99.67	99.49	100.40	100.22	99.40	99.22	WR	1247	1163	84	1180	1154	1179	1127	1105	100	110	60	110	40
800m	1位	Emmanuel Kipkurui KORIR	KEN	103.04	102.05	105.33	104.74	105.06	97.78	96.79	98.35	97.36	98.04	97.05	ES	17	1300	110	1214	1204	1168	1181	1185	170	150	120	100	10
	2位	Ferguson Cheruiyot KEN	KEN	103.57	102.54	106.75	104.04	105.23	99.83	98.82	99.55	98.54	98.40	97.38	ES	2	1415	198	1210	1231	1250	1206	1190	280	200	170	170	
	3位	Patryk DOBEC	POL	103.73	103.73	106.59	105.39	105.39	97.24	98.40	98.40	98.40	98.40	98.40	ES	2	1266	97	1176	1212	1181	1147	1148	100	60	40	40	
	4位	Peter BOL	AUS	104.62	104.56	104.13	104.10	105.92	98.92	98.92	99.88	99.88	98.29	98.29	ES	14	1306	135	1156	1174	1170	1174	1182	215	140	130	100	90
	5位	Adrian BEN	ESP	104.18	104.18	105.30	104.30	105.98	98.92	98.92	99.82	99.82	98.29	98.29	ES	13	1377	1205	1151	1126	1176	1164	1125	90	100	40	50	
	6位	Ametl TUKA	BIH	104.76	102.51	105.48	104.53	105.98	99.31	97.10	100.22	98.03	98.84	96.61	ES	3	1377	1205	1191	1166	1154	1132	1131	10	35	30	30	
	7位	Gabriel TUAL	FRA	104.28	104.28	105.63	104.28	106.43	97.71	98.71	100.00	100.00	98.32	98.32	ES	69	1181	1155	1221	1222	1274	2142	1226	250	210	140	170	
	8位	Niel AMOS	BOT	102.91	101.73	105.04	104.49	106.41	97.93	96.75	45.99	44.21	96.60	95.40	ES	2	1419	182	1221	1222	1274	2142	1226	250	210	140	170	
1500m	1位	Jakob INGBERGTSSEN	NOR	209.25	208.68	216.49	212.13	208.83	96.54	96.26	98.62	98.35	100.20	99.93	ES	2	1476	238	1255	1242	1262	1238	1194	350	240	200	200	
	2位	Timothy CHERUIYOT	KEN	208.28	208.28	216.01	213.95	209.01	96.29	96.29	97.28	97.28	99.65	99.65	ES	1	1476	238	1209	1153	1223	1151	1097	215	100	15	60	
	3位	Iosh KERR	GBR	211.55	211.55	216.29	212.54	209.05	97.76	97.76	99.53	99.53	101.18	101.18	ES	17	1264	98	1166	1207	1189	1152	1183	120	60	60		
	4位	Abel KIPSANG	KEN	212.68	212.68	220.68	211.65	209.56	96.24	96.24	100.48	100.48	101.47	101.47	ES	25	1240	61	1166	1207	1189	1152	1183	120	60	60		
	5位	Adel MECHAAL	ESP	226.53	213.91	216.74	212.19	210.77	104.32	98.68	106.33	100.80	106.96	101.47	ES	72	1181	54	1190	1164	1133	1134	1021	100	40	27	0	
	6位	Cole HOCKER	USA	215.28	215.28	216.16	213.87	211.40	99.59	99.59	100.65	100.65	101.80	101.80	WR	30	1232	40	1171	1255	1212	1170	1154	100	10	25	60	
	7位	Stewart MCSWEYN	AUS	209.51	209.51	216.39	212.54	211.91	96.72	96.72	98.55	98.55	98.85	98.85	ES	10	1315	120	1222	1219	1143	1172	1219	170	100	150	120	
	8位	Michal ROZMYS	POL	214.96	214.96	216.28	234.53	212.67	99.39	99.39	90.90	90.90	101.07	101.07	ES	34	1220	72	1151	1126	1176	1164	1125	90	100	40	50	
110mH	1位	Hansie PARHOMENT	JAM	13.16	12.94	13.23	13.23	13.04	99.47	97.76	99.47	97.76	100.91	99.23	ES													
	2位	Grant HOLLOWAY	USA	12.81	12.81	13.02	13.13	13.09	98.36	98.36	97.50	97.50	97.81	97.81	ES	1	1429	174	1235	1277	1266	1235	1262	350	140	140	140	
	3位	Ronald LEVY	JAM	13.15	13.15	13.17	13.23	13.10	99.85	99.85	99.39	99.39	100.38	100.38	ES	7	1356	148	1194	1206	1212	1196	1235	210	150	140	140	
	4位	Devon ALLEN	USA	13.10	13.03	13.21	13.18	13.14	99.16	98.62	99.39	98.85	99.6															

参考資料 2 男子長距離・競歩種目

順位	Name	Nat	SB (分:秒)	PB (分:秒)	Heats (分:秒)	Final (分:秒)	Final %SB	Final %PB	出場	WR	Performance Score (点)	Result Score (点)	Placing Score (点)	各Result Score(点)	各Placing Score (点)				
5000m	1位	Joshua CHEPTEGEI	UGA	12:54.69	12:35.36	13:30.61	12:58.15	95.36	92.69	ES	1360	1224	137	1219	1223	210	100	100	
	2位	Mohammed AHMED	CAN	12:50.12	12:47.20	13:38.96	12:58.61	93.66	93.25	ES	1356	1209	147	1206	1246	1176	230	140	70
	3位	Paul CHELIMO	USA	13:09.90	12:57.55	13:30.15	12:59.05	97.44	95.81	ES	1320	1202	118	1193	1223	1189	165	90	100
	4位	Nicholas Kipkorir KIMELI	UGA	13:02.87	12:51.78	13:38.87	12:59.17	95.40	93.90	ES	1350	1192	158	1213	1190	1173	160	155	160
	5位	Jacob KIPLIMO	UGA	12:55.60	12:48.68	13:30.40	13:02.40	95.51	94.57	ES	1350	1192	158	1213	1190	1173	160	155	160
	6位	Brihanu BALEW	BRN	12:57.71	12:56.26	13:39.42	13:03.20	94.64	94.34	ES	1296	1203	93	1236	1218	1156	80	90	110
	7位	Justyn KNIGHT	CAN	12:51.93	12:51.93	13:30.22	13:04.38	95.04	95.04	ES	1194	1194	103	1239	1230	1114	110	100	100
	8位	Mohammed KATIR	ESP	12:50.79	12:50.79	13:30.10	13:06.60	94.90	94.90	ES	1348	1218	130	1244	1179	1231	120	180	90
10000m	1位	Selemon BAREGA	ETH	26:49.51	26:49.46	27:43.22	27:43.22		96.66	ES	1274	1227	47.5	1211	1243	85	10		
	2位	Joshua CHEPTEGEI	UGA	26:11.00	26:11.00	27:43.63	27:43.63		94.10	ES	1407	1245				270			
	3位	Jacob KIPLIMO	UGA	26:33.93	26:33.93	27:43.88	27:43.88		95.61	ES	1314	1268				80			
	4位	Berihu AREGAWI	ETH	26:50.37	26:50.37	27:46.16	27:46.16		96.54	ES	1203	1172	31.5	1242	1101	3	60		
	5位	Grant FISHER	USA	27:11.29	27:11.29	27:46.39	27:46.39		97.89	ES	1207	1204	3	1208	1200	6	0		
	6位	Mohammed AHMED	CAN	26:59.35	26:59.35	27:47.76	27:47.76		97.01	ES	1339	1237	102.5	1227	1246	160	45		
	7位	Rodgers KWEMOI	KEN	27:05.51	26:55.36	27:50.06	27:50.06		97.26	ES	1328	1209	120	1234	1183	195	45		
	8位	Yomif KEJELCHA	ETH	26:49.73	26:49.34	27:52.03	27:52.03		96.13	ES	1375	1226	150	1243	1208	240	60		
3000m SC	1位	Soufiane EL BAKKALI	MAR	8:08.54	7:58.15	8:19.00	8:08.90	97.86	95.64	ES	1432	1234	198	1241	1236	225	230	180	185
	2位	Lamecha GURMA	ETH	8:07.75	8:01.36	8:09.83	8:10.38	99.57	98.24	ES	1417	1231	187	1252	1223	1218	260	160	140
	3位	Benjamin KIGEN	KEN	8:15.09	8:05.12	8:10.80	8:11.45	100.87	98.83	ES	1393	1228	165	1226	1234	1225	175	160	160
	4位	Getnet WALE	ETH	8:09.47	8:05.21	8:12.55	8:14.97	99.37	98.49	ES	1417	1231	187	1234	1226	1232	210	210	140
	5位	Yemane HAIL-ESLASSIE	ERI	8:16.75	8:11.22	8:14.63	8:15.34	100.43	99.31	ES	1220	1173	47	1181	1180	1158	80	50	12
	6位	Matthew HUGHES	CAN	8:38.11	8:11.64	8:13.56	8:16.03	104.74	99.61	ES	1248	1165	83	1198	1151	1145	80	100	70
	7位	Ryui MIURA	JPN	8:15.99	8:15.99	8:09.92	8:16.90	101.22	101.22	ES	1238	1169	70	1178	1185	1143	100	70	40
	8位	Toppi RAITANEN	FIN	8:19.57	8:16.57	8:19.17	8:17.44	100.08	99.48	ES	1230	1147	83	1168	1142	1132	100	90	60
20kmW	1位	Massimo STANO	ITA	1:20:30	1:17:45	1:17:45	1:21:05	99.07	95.35	ES	1259	1198	62	1240	1173	1180	90	65	30
	2位	Koki IKEDA	JPN	1:18:45	1:17:25	1:17:25	1:21:14	96.57	94.96	ES	1264	1230	34	1234	1210	1247	50	50	3
	3位	Toshiyuki YAMANISHI	JPN	1:17:20	1:17:15	1:17:15	1:21:28	94.72	94.65	ES	1345	1182	163	1251	1242	1053	110	110	270
	4位	Alvaro MARTIN	ESP	1:19:14	1:19:14	1:19:14	1:21:46	97.07	97.07	ES	1276	1192	85	1176	1208	1191	110	70	75
	5位	Christopher LINKE	GER	1:20:51	1:18:42	1:21:50	1:21:50	98.77	96.07	ES	1242	1145	97	1219	1038	1179	50	195	45
	6位	Diego GARCIA	ESP	1:19:19	1:18:58	1:21:57	1:21:57	96.99	96.19	ES	1279	1193	87	1199	1206	1174	110	60	90
	7位	Kathua WANG	CHN	1:16:54	1:16:54	1:22:03	1:22:03	92.83	92.83	ES	1265	1222	43	1195	1259	1212	110	10	10
	8位	Jun ZHANG	CHN	1:17:29	1:17:29	1:22:16	1:22:16	93.70	93.70	ES	1199	1189	11	1243	1185	1139	3	0	30
50kmW	1位	David TOMALA	POL	3:49:23	3:49:23	3:50:08	3:50:08	99.63	99.63	ES	1184	1162	22.5	1166	1158	45	0		
	2位	Jonathan HILBERT	GER	3:43:44	3:43:44	3:50:44	3:50:44	96.87	96.87	ES	1179	1157	22.5	1200	1113	45	0		
	3位	Evan DUNFEE	CAN	3:41:38	3:41:38	3:50:59	3:50:59	95.84	95.84	ES	1219	1122	97.5	1075	1169	195	0		
	4位	Marc TUR	ESP	3:47:40	3:47:40	3:51:08	3:51:08	98.38	98.38	ES	1212	1155	57.5	1176	1134	70	45		
	5位	João VIEIRA	POR	3:45:17	3:45:17	3:51:28	3:51:28	97.29	97.29	ES	1264	1129	135	1075	1183	220	50		
	6位	Masatora KAWANO	JPN	3:36:45	3:36:45	3:51:56	3:51:56	93.02	93.02	ES	1255	1238	17.5	1227	1248	35	0		
	7位	Tongda BIAN	CHN	3:43:06	3:43:06	3:52:01	3:52:01	98.04	95.99	ES	1190	1190	0.5	1204	1175	0	1		
	8位	Rhydan COWLEY	AUS	3:52:58	3:52:58	3:52:01	3:52:01	100.25	100.25	WR	1199	1165	35	1145	1184	70	0		
マラソン	1位	Eliud KIPCHOGE	KEN	2:04:30	2:01:39	2:08:38	2:08:38	96.72	94.24	ES	1354	1280	75	1297	1262	140	10		
	2位	Abdi NAGEEYE	NER	2:06:17	2:06:17	2:09:58	2:09:58		97.30	ES	1276	1217	60	1229	1204	75	45		
	3位	Bashir ABDI	BEL	2:04:49	2:04:49	2:10:00	2:10:00	95.57	95.57	ES	1338	1243	95	1256	1230	130	60		
	4位	Lawrence CHERONO	KEN	2:03:04	2:03:04	2:10:02	2:10:02	94.33	94.33	ES	1399	1264	135	1289	1239	130	140		
	5位	Ayad LAMSDASSEM	ESP	2:06:35	2:06:35	2:10:16	2:10:16	96.98	96.98	ES	1194	1185	10	1223	1146	20	0		
	6位	Suguru OSAKO	JPN	2:05:29	2:05:29	2:10:41	2:10:41	95.91	95.91	ES	1253	1188	65	1244	1132	100	30		
	7位	Alphonse Felix SIMBU	TAN	2:08:27	2:08:27	2:11:35	2:11:35	97.60	97.60	ES	1231	1230	3	1254	1205	1	5		
	8位	Galen RUPP	USA	2:06:07	2:06:07	2:11:41	2:11:41	95.76	95.76	ES	1231	1230	3	1254	1205	1	5		

参考資料3 男子フリースタイル種目

順位	Name	Nat	SB (m)	PB (m)	Heats (m)	Final (m)	Heats %SB	Heats %PB	Final %SB	Final %PB	出場	WR	Performance Score (点)	Result Score (点)	Placing Score (点)	各Result Score(点)	各Placing Score (点)										
HJ	1位	Mutaz Essa BARSHIMI	QAT	2.30	2.43	2.28	2.37	99.13	93.83	103.04	97.53	ES	2	1378	1186	1179	1152	1179	1179	350	170	140	130				
	2位	Giammarco TAMBURI	ITA	2.35	2.39	2.28	2.37	97.02	95.40	100.85	99.16	ES	8	1329	1186	1188	1152	1179	1152	1179	1179	350	170	140	120		
	3位	Maksim NEDASEKAU	BLR	2.37	2.37	2.28	2.37	96.20	96.20	100.00	100.00	ES	3	1373	1219	1206	1224	1215	1206	1224	1152	1206	140	145	100	145	
	4位	Sanghyeok WOO	KOR	2.31	2.31	2.28	2.35	98.70	98.70	101.73	101.73	WR	29	1261	1165	1143	1188	1179	1100	1143	1188	1179	100	70	60	15	15
	5位	Brandon STARC	AUS	2.33	2.36	2.28	2.35	97.85	96.61	100.86	99.58	ES	4	1366	1179	1179	1206	1152	1215	1210	1200	170	140	100	140		
	6位	Mikhail AKIMENKO	ANA	2.33	2.35	2.28	2.33	97.85	97.02	100.00	99.15	ES	6	1333	1179	1206	1170	1170	1170	1170	1179	1179	100	60	15	25	15
	7位	JuVaughn HARRISON	USA	2.36	2.36	2.28	2.33	96.61	96.61	98.73	98.73	ES	21	1243	1201	1201	1233	1179	1179	1179	1179	1179	100	60	15	25	15
	8位	Diangelo LOVETI	CAN	2.33	2.33	2.28	2.30	97.85	97.85	98.71	98.71	ES	22	1240	1161	1170	1126	1143	1100	1143	1100	130	80	80	5		
PV	1位	Armand DUPANTIS	SWE	6.10	6.18	5.75	6.02	94.26	93.04	98.69	97.41	ES	1	1475	1284	1247	1314	1281	1247	1310	140	140	170	200			
	2位	Christopher NILSEN	USA	5.93	5.95	5.75	5.97	96.96	96.64	100.67	100.34	ES	5	1351	1220	1198	1220	1239	140	120	1239	140	155	140	100		
	3位	Thiago BRAZ	BRA	5.82	6.03	5.75	5.87	98.80	95.36	100.86	97.35	ES	6	1331	1184	1228	1198	1211	1212	1230	150	100	125	60			
	4位	Emmanuel KARALIS	GRE	5.75	5.80	5.75	5.80	100.00	99.14	100.87	100.00	WR	23	1266	1168	1184	1143	1157	110	100	100	80	100	80			
	5位	KC LIGHTFOOT	USA	6.00	6.00	5.75	5.80	95.83	95.83	96.67	96.67	ES	20	1277	1247	1201	1220	1239	280	200	200	185	120				
	6位	Piotr LISIEK	POL	5.82	6.02	5.75	5.80	98.80	95.51	99.66	96.35	ES	3	1443	1246	1246	1270	1220	239	280	200	200	185	120			
	7位	Henry COPPELL	GBR	5.70	5.85	5.65	5.70	99.12	96.38	101.75	99.15	ES	22	1269	1187	1184	1216	1212	1212	100	100	150	350	35			
	8位	Renaud LAVAILLENIE	FRA	6.06	6.16	5.75	5.70	94.88	93.34	94.06	92.53	ES	4	1366	1226	1253	1214	1217	1192	140	130	150	130	155			
I,J	1位	Miltiadis TENTOGLOU	GRE	8.60	8.60	8.22	8.41	95.58	95.58	97.79	97.79	ES	5	1345	1198	1243	1161	1170	140	170	140	100	155				
	2位	Juan Miguel ECHEVARRIA	CUB	8.38	8.68	8.50	8.41	101.43	97.93	100.36	96.89	ES	1	1425	1225	1212	1208	1227	1197	240	280	200	140	140			
	3位	Maykel MASSO	CUB	8.39	8.39	8.07	8.21	96.19	96.19	97.85	97.85	ES	26	1219	1174	1155	1223	1194	1142	1155	120	15	21	60	10		
	4位	Eusebio CACHES	ESP	8.04	8.37	7.98	8.18	99.25	95.34	101.74	97.73	WR	9	1285	1146	1146	1136	1147	175	200	170	140	100	70			
	5位	JuVaughn HARRISON	USA	8.47	8.47	8.13	8.15	95.99	95.99	96.22	96.22	ES	12	1266	1224	1236	1197	1234	1210	100	25	60	15	15			
	6位	Yuki HASHIOKA	JPN	8.36	8.36	8.17	8.10	97.73	97.73	96.89	96.89	ES	6	1307	1169	1186	1132	1216	1153	1157	170	185	100	140	100		
	7位	Thomas MONTLER	SWE	8.31	8.31	8.01	8.08	96.39	96.39	97.23	97.23	ES	11	1252	1136	1146	1140	1153	1126	1115	200	100	80	100	100		
	8位	Pedro PICHARDO	POR	17.92	18.08	17.71	17.98	98.83	97.95	100.33	99.45	ES	4	1382	1218	1156	1149	1127	1134	1181	100	100	120	70	5		
TJ	1位	Yaming ZHU	CHN	17.39	17.40	17.11	17.57	98.39	98.33	101.04	100.98	ES	10	1279	1174	1206	1141	1163	1207	1155	100	145	120	60	100		
	2位	Hughes Fabrice ZANGO	BLR	18.07	18.07	16.83	17.47	93.14	93.14	96.68	96.68	ES	3	1400	1255	1252	1219	1176	1200	280	140	140	170	140			
	3位	Will CLAYE	USA	17.21	18.14	16.91	17.44	98.26	93.22	101.34	96.14	ES	2	1433	1227	1244	1278	1246	1188	1181	310	200	170	210	140		
	4位	Yasser Mohamed TRIKI	ALG	17.33	17.33	17.05	17.43	98.38	98.38	100.58	100.58	ES	22	1235	1162	1141	1134	1173	1198	130	120	60	45	15			
	5位	Necati ER	TUR	16.62	17.37	17.13	17.25	103.07	98.62	103.79	99.31	ES	26	1226	1145	1204	1151	1103	1094	1175	60	100	110	110	25		
	6位	Donald SCOTT	USA	17.18	17.43	17.01	17.18	99.01	97.59	100.00	98.57	ES	5	1331	1183	1179	1228	1153	1170	215	170	100	140	120			
	7位	Yaoyang FANG	CHN	17.15	17.17	16.84	17.01	98.19	98.08	99.18	99.07	ES	25	1238	1156	1149	1127	1134	1181	100	100	120	70	5			
	8位	Ryan KROUSER	USA	23.37	23.37	22.05	23.30	94.35	94.35	99.70	99.70	ES	1	1455	1283	1294	1245	1323	1251	1301	310	185	100	170	100		
SP	1位	Joe KOVACS	USA	21.92	21.92	20.93	22.65	95.48	95.48	103.33	103.33	ES	4	1415	1253	1259	1261	1259	1204	350	170	80	80	130			
	2位	Tommas WALSH	NZL	22.22	22.90	21.49	22.47	96.71	93.84	101.13	98.12	ES	2	1473	1249	1294	1258	1267	1218	1209	280	240	200	200			
	3位	Darian KOMANI	BRA	21.56	22.61	21.31	21.88	98.84	94.25	101.48	96.77	ES	3	1441	1251	1272	1277	1249	1245	1214	250	200	210	140	150		
	4位	Zane WEIR	ITA	21.11	21.11	21.25	21.41	100.66	100.66	101.42	101.42	ES	29	1229	1156	1136	1147	1124	1187	1184	300	100	110	15	15		
	5位	Kyle BLIGNAUT	RSA	21.21	21.21	20.97	21.09	98.87	98.87	99.01	99.01	ES	30	1223	1167	1193	1160	1153	100	80	15	45	45				
	6位	Armin SINANGEVIC	SRB	21.88	21.88	20.96	20.89	95.80	95.80	95.48	95.48	ES	10	1331	1207	1217	1233	1211	1211	1165	170	150	100	100	100		
	7位	Mostafa Anr HASSAN	EGY	21.15	21.31	21.23	20.73	100.38	99.62	98.01	97.28	ES	15	1276	1170	1188	1190	1165	1153	1154	140	100	110	100	80		
	8位	Daniel STAHL	SWE	21.40	21.86	21.12	21.40	92.61	92.01	96.50	95.88	ES	1	1427	1212	1200	1220	1218	1212	1210	350	240	200	145	140		
DT	1位	Simon PETERSSON	SWE	69.48	69.48	64.18	67.39	92.37	92.37	96.99	96.99	ES	11	1249	1167	1144	1129	1235	1196	1132	120	130	15	45	100		
	2位	Lukas WEISSHAIDINGER	AUT	69.04	69.04	64.77	67.07	93.82	93.82	97.15	97.15	ES	3	1344	1178	1186	1171	1185	1193	1155	280	210	110	100	100		
	3位	Matthew DENNY	AUS	66.15	66.15	65.13	67.02	98.46	98.46	101.32	101.32	ES	8	1267	1145	1160	1157	1154	1132	120	215	100	100	100			
	4位	Kristjan CEH	SLO	70.35	70.35	65.45	66.37	93.03	93.03	94.34	94.34	ES	10	1236	1208	1251	1236	1211	1210	1130	50	25	25	25			
	5位	Mauricio ORTEGA	COL	65.21	70.29	64.49	64.08	98.90	91.75	98.27	91.17	ES	26	1192	1163	1190	1139	1178	1127	1155	15	60	15	60			
	6位	Andrus GUDZIUS	LTU	68.62	68.62	65.94	64.11	96.09	96.09	93.43	93.43	ES	4	1326	1184	1216	1156	1160	1187	1203	170	170	150	120	100		
	7位	Sam MATLIS	USA	63.77	67.45	63.74	63.88	101.55	94.50	101.77	94.71	ES	16	1225	1136	1133	1133	1123	1111	1128	100	100	100	80	60		
	8位	Wojciech NOWICKI	POL	81.36	81.85	79.78	82.52	98.06	97.47	101.43	100.82	ES	2	1359	1185	1158	1206	1196	1156	1207	280	200	170	145	80		
HT	1位	Erind HENRIKSEN	NOR	77.70	78.25	78.79	81.58	101.40	100.69	104.99	104.26	ES	7	1273	1141	1134	1146	1146	1146	1146	1122	215	110	120	100		
	2位	Pawel FAJDEK	POL	82.98	83.93	76.46																					

参考資料 4 女子短距離・中距離・ハードル種目

順位	Name	Nat	SB (秒)	PB (秒)	Heats (秒)	Semi (秒)	Final (秒)	Final %SB	Heats %SB	Semi %SB	Semi %PB	Final %PB	Final %WB	出場	WR	Performance Score (点)	Result Score (点)	Placing Score (点)	各Result Score(点)	各Placing Score (点)
100m	1位	Elaine THOMPSON-HERAH	JAM	10.71	10.70	10.82	10.74	100.93	98.88	99.53	99.44	100.93	100.84	ES	4	1368	1217	152	1215 1205 1200 1228 1235	250 200 140 100 70
	2位	Shelly-Ann PRASER-PRYCE	JAM	10.63	10.63	10.73	10.74	99.06	98.97	98.97	98.97	98.97	98.97	ES	1	1475	1243	232	1264 1257 1248 1235 1212 350	200 200 200 210
	3位	Sherecka JACKSON	JAM	10.77	10.77	11.07	10.79	99.81	99.81	99.81	99.81	99.81	99.81	ES	39	1223	1202	21	1239 1251 1220 1195 1106 80	0 0 15 10
	4位	Marie-Josée TA LOU	CIV	10.86	10.85	10.78	10.79	100.47	100.65	100.54	100.55	99.54	99.45	ES	3	1391	1210	181	1222 1228 1181 1215 1204 280 140	185 150 150
	5位	Alya DEL PONTE	SUI	11.07	11.07	10.91	11.01	100.45	101.45	100.54	100.54	100.90	99.45	ES	16	1274	1166	108	1209 1168 1185 1146 1123 140 120	80 90 110
	6位	Mujinga KAMBUNDJI	SUI	11.05	10.95	10.95	10.96	100.90	100.00	100.81	99.91	100.54	99.63	ES	13	1291	1180	112	1189 1178 1200 1189 1142 120	130 100 100 110
	7位	Teshna DANIELS	USA	11.02	10.99	11.04	10.98	99.82	99.55	100.36	100.09	100.00	99.73	ES	11	1306	1175	132	1159 1178 1166 1172 1199 200 140	140 110 70
	8位	Darryl NEITA	GBR	11.04	11.04	10.96	11.00	100.72	100.36	100.63	100.00	99.28	99.28	ES	98	1267	1169	98	1191 1161 1161 1191 1141 110	110 140 100 100
200m	1位	Elaine THOMPSON-HERAH	JAM	22.02	21.66	22.86	21.66	101.63	96.19	101.63	100.00	102.73	100.60	ES	3	1359	1212	147	1216 1194 1224 1192 1236 170	185 140 170 70
	2位	Christine MBOMA	NAM	22.67	22.67	22.11	21.97	102.47	102.47	103.09	103.09	103.79	ES	98	1208	1208	98	1279 1213 1166 1136 1244 100	140 140 110 0	
	3位	Gabrielle THOMAS	USA	21.61	21.61	22.00	22.01	98.20	98.15	98.85	98.80	98.80	ES	9	1305	1287	86	1260 1186 1193 1170 1196 100	150 140 40 0	
	4位	Shelly-Ann PRASER-PRYCE	JAM	21.79	21.79	22.22	22.13	98.03	98.44	98.44	99.31	99.31	ES	13	1287	1201	120	1177 1200 1169 1135 1159 170	120 140 110 80	
	5位	Marie-Josée TA LOU	CIV	22.25	22.08	22.30	22.11	99.78	99.00	100.63	99.86	99.91	99.14	ES	12	1288	1168	120	1182 1168 1153 1164 1153 100	45 10 15
	6位	Beatrice MASILINGI	NAM	22.65	22.65	22.63	22.40	100.09	100.09	101.10	101.10	101.63	101.63	ES	29	1218	1164	54	1184 1179 1187 1175 1191 280 155	140 150 120
	7位	Mujinga KAMBUNDJI	SUI	22.60	22.26	22.26	22.26	98.32	96.96	99.50	98.16	91.06	89.60	ES	4	1352	1183	169	1267 1228 1212 1219 1219 240 200	200 100 100
	8位	Shaunae MILLER-UIBO	BAH	22.03	21.74	22.40	22.14	95.60	98.94	97.46	101.47	100.02	ES	2	1403	1237	166	1272 1243 1230 1219 1222 310	140 140 140 100	
400m	1位	Shaunae MILLER-UIBO	BAH	49.08	48.37	50.50	49.60	48.36	97.11	95.60	98.94	97.46	101.58	ES	2	1240	1192	49	1206 1195 1179 1201 1177 60	60 25 40
	2位	Marieledy PAULINO	DOM	49.99	49.99	50.06	49.38	49.20	99.86	99.76	101.22	101.58	101.58	ES	21	1248	1169	80	1205 1139 1179 1151 1170 80	120 60 80 60
	3位	Allyson FELIX	USA	50.02	49.26	50.84	49.89	49.46	98.36	99.79	100.26	98.72	101.12	ES	17	1248	1179	172	1227 1178 1201 1176 1113 280 200	140 140 100
	4位	Stephanie Ann MCPHERSON	JAM	49.61	49.61	50.89	49.34	49.61	97.42	100.54	100.54	100.00	ES	3	1351	1179	28	1209 1144 1161 1157 1164 80	35 15 10 0	
	5位	Candice MCLEOD	JAM	49.91	49.91	51.09	49.51	49.97	97.64	100.80	100.80	100.08	ES	48	1195	1167	76	1171 1165 1157 1165 1133 110	100 60 50 60	
	6位	Jodie WILLIAMS	GBR	50.94	50.94	50.99	49.97	49.97	99.90	99.90	101.90	101.90	101.90	ES	23	1234	1158	49	1214 1209 1169 1203 1157 100	60 0 0 21
	7位	Quanera HAYES	USA	49.78	49.72	51.07	49.81	50.88	97.41	97.28	99.94	99.82	97.79	ES	54	1244	1190	63	1175 1144 1140 1161 1154 80	100 100 15 21
	8位	Roxana GOMEZ	CUB	50.76	50.76	50.76	49.71	DNF	100.00	100.00	102.07	102.07	ES	31	1218	1155	40	1234 1212 1203 1141 1168 100	15 15 55 15	
800m	1位	Athing MU	USA	119.07	116.07	121.10	118.07	98.30	95.67	100.84	98.28	103.24	100.74	ES	24	1231	1192	40	1182 1151 1169 1123 1158 140	130 100 140 120
	2位	Keely HODGKINS	GBR	117.51	117.51	121.59	119.12	115.88	96.53	98.63	98.63	101.39	101.39	ES	13	1278	1157	122	1195 1180 1159 1186 1170 171	310 150 140 120
	3位	Raevyn ROGERS	USA	116.66	116.66	121.42	119.28	116.81	96.80	98.62	98.62	100.72	100.72	ES	2	1360	1174	186	1193 1180 1151 1148 1169 140	140 140 140 100
	4位	Jemima REEKIE	GBR	116.96	116.96	119.97	119.77	116.90	97.43	97.60	97.60	100.05	ES	6	1305	1173	132	1110 1173 1139 1063 1140 170	100 70 110 10	
	5位	Chunyu WANG	CHN	119.18	119.18	120.05	119.14	117.00	99.27	100.03	100.03	101.83	ES	35	1217	1125	92	1216 1203 1176 1162 1195 140	140 130 140 10	
	6位	Habitam ALEMU	ETH	117.71	116.71	121.20	118.40	117.56	97.04	99.15	99.41	98.55	100.13	ES	7	1302	1190	112	1165 1120 1189 1140 1136 110	130 40 80 55
	7位	Alexandra BELL	GBR	118.52	118.52	120.96	118.83	117.94	97.94	99.74	99.74	100.73	ES	23	1233	1183	83	1181 1203 1167 1148 1173 170	100 100 110 60	
	8位	Natoya GOULE	JAM	116.44	116.15	119.83	119.87	118.26	97.09	96.83	97.31	97.06	98.44	ES	3	1347	1183	164	1252 1255 1213 1189 1180 310	170 140 15 15
1500m	1位	Faith KIPIYEGON	KEN	231.07	231.07	241.40	236.80	233.11	95.53	97.52	97.52	99.12	99.12	ES	5	1347	1218	130	1240 1220 1241 1176 1187 230 200	150 200 170
	2位	Laura MUIR	GBR	235.59	235.29	243.89	240.73	234.50	96.48	96.34	97.82	97.69	100.46	ES	3	1402	1213	190	1271 1229 1257 1250 1090	350 240 200 200 100
	3位	Sifan HASSAN	NED	233.60	231.95	245.17	240.23	235.86	95.05	94.30	97.16	96.43	99.03	ES	1	1437	1219	218	1239 1227 1223 1244 1218 200 140	140 15 0
	4位	Frewyni GEBREZIBHER	ETH	236.28	236.28	244.12	237.54	237.60	96.68	96.68	99.47	99.47	99.44	ES	99	1231	1231	174	1237 1209 1208 1203 1174 215	185 150 150 170
	5位	Fabrizia DEBUES-STAPFOR	CAN	240.46	236.12	243.70	238.28	238.93	98.65	96.79	100.91	99.09	100.64	ES	4	1380	1206	174	1158 1172 1189 1145 1155 140	80 60 100 75
	6位	Linden HALL	AUS	239.67	239.67	242.27	241.37	239.01	98.92	99.29	99.29	100.28	ES	21	1254	1164	91	1202 1181 1199 1203 1200 140	155 130 110 110	
	7位	Winnie NANYONDO	UGA	240.84	239.56	242.24	241.64	239.80	99.42	98.88	99.67	99.13	100.43	ES	7	1326	1197	129	1202 1181 1199 1203 1200 140	155 130 110 110
	8位	Norzomi TANAKA	JPN	244.08	244.08	242.33	239.19	239.95	100.72	102.00	102.00	102.00	101.69	WR	40	1211	1131	80	1133 1139 1134 1126 1125 140	100 60 60 40
110mH	1位	Jasmine CAMACHO-QUINN	PUR	12.32	12.41	12.26	12.37	99.27	99.27	100.49	100.49	99.59	99.59	ES	8	1329	1231	99	1239 1227 1223 1244 1218 200 140	140 15 0
	2位	Kendra HARRISON	JAM	12.47	12.30	12.74	12.51	97.83	95.57	99.68	97.46	99.60	97.38	ES	2	1421	1209	212	1224 1228 1187 1211 1197 310	200 210 170 170
	3位	Megan TAPPER	JAM	12.68	12.61	12.53	12.62	12.55	101.18	100.63	100.47	99.92	101.03	ES	12	1306	1180	126	1203 1196 1162 1193 1148 140	140 140 100 110
	4位	Tobi AMUSAN	NGR	12.48	12.48	12.72	12.62	12.60	98.08	98.08	98.88	98.88	99.04	ES	4	1373	1209	164	1220 1221 1217 1190 1197 250	140 140 150 140
	5位	Nadine VISSER	NED	12.78	12.62	12.72	12.63	12.73	100.47	99.21	101.17	99.92	100.39	ES	5	1349	1201	149	1196 1214 1204 1202 1188 215	140 140 140 110
	6位	Devynne CHARLTON	BAH	12.61	12.61	12.84	12.66	12.74	98.18	99.60	99.60	98.97	98.97	ES	16	1282	1174	108	1181 1203 1167 1148 1173 170	100 100 110 60
	7位	Gabriele GUNNINGHAM	USA	12.53	12.53	12.83	12.67	13.01	97.61	98.88	98.88	96.17	96.17	ES	30	1246	1182	64	1186 1214 1166 1165 1179 110	60 55 55 40
	8位	Briany ANDERSON	JAM	12.58	12.58	12.67	12.40	13.24	99.28	101.43	101.43	94.75	94.75	ES	22	1265	1183	82	1175 1206 1163 1184 1189 120	60 100 70 60
400mH	1位	Sydney MCILAGHLIN	USA	51.90	51.90	54.65	53.03	51.46	94.70	97.82	97.82	100.85	ES	1	1440	1242	198	1261 1241 1226 1272 1210 310	240 200 100 140	
	2位	Dalilah MUHAMMAD	USA	52.42	52.16	53.97	53.30	51.58	96.53	98.32	97.81	101.60	ES	2	1408	1237	171	126		

参考資料 5 女子長距離・競歩種目

順位	Name	Nat	SB (分:秒)	PB (分:秒)	Heats (分:秒)	Final (分:秒)	Heats %SB	Heats %PB	Final %SB	Final %PB	出場	WR	Performance Score (点)	Result Score (点)	Placing Score (点)	各Result Score(点)	各Placing Score (点)						
5000m	1位	Sifan HASSAN	14:14.09	14:14.09	14:47.89	14:36.79	96.04	96.04	97.34	97.34	ES	2	1415	1239	177	1229	1249	1238	210	180	140		
	2位	Hellen OBIRI	14:26.38	14:18.37	14:55.77	14:38.36	96.61	95.64	98.62	97.67	ES	1	1432	1228	205	1228	1241	1214	1234	210	180	145	
	3位	Gudaf TSEGAY	14:13.32	14:13.32	14:55.74	14:38.87	95.03	95.03	97.01	97.01	ES	11	1293	1232	61	1259	1255	1183	100	12	70	70	
	4位	Agnese Jebet TIROP	14:53.91	14:20.68	14:48.01	14:39.62	100.66	96.82	101.60	97.80	ES	5	1345	1222	1241	1207	1217	1217	160	120	90	90	
	5位	Ejgayehu TAYE	14:14.09	14:14.09	14:48.52	14:41.24	95.97	95.97	96.82	96.82	ES	28	1211	1172	1254	1176	1087	7	50	60	60	60	
	6位	Senbere TEPERU	ETH	14:15.24	14:15.24	14:48.31	14:45.11	96.13	96.13	96.51	96.51	ES											
	7位	Nadia BATTOCLETTI	ITA	14:58.73	14:58.73	14:55.83	14:46.29	100.32	100.32	101.38	101.38	ES	67	1156	1123	33	1165	1131	1074	0	30	70	70
	8位	Yasemin CAN	TUR	14:46.13	14:36.82	14:50.92	14:46.49	99.46	98.39	99.96	98.90	ES	23	1218	1141	77	1168	1175	1081	120	100	12	12
10000m	1位	Sifan HASSAN	29:06.82	29:06.82	29:55.32	29:55.32			97.22	97.22	ES	1	1439	1264	175	1231	1297		270	80	80	80	
	2位	Kalki dan GEZAHEGNE	BRN	29:50.77	29:50.77	30:01.72	30:01.72		96.51	96.51	ES	24	1222	1217	6	1256	1177		6	6	6	6	
	3位	Leresenbet GHEDY	ETH	29:01.03	29:01.03	30:24.27	30:24.27		101.58	100.63	ES	4	1356	1217	135	1215	1218		175	95	95	95	
	4位	Hellen OBIRI	KEN	30:53.60	30:35.82	30:41.93	30:41.93		101.42	101.42	ES												
	5位	Francine NIYONSABA	BDI	31:08.51	31:08.51	30:44.00	30:44.00		100.40	100.40	ES	45	1196	1194	3	1200	1187		0	6	6	6	
	6位	Irene Chebet CHEPTAI	KEN	30:51.39	30:51.39	31:00.71	31:00.71		100.59	100.59	ES	31	1214	1174	40	1182	1166		60	20	20	20	
	7位	Ririka HIRONAKA	JPN	31:11.75	31:11.75	31:01.97	31:01.97		99.99	99.99	ES	13	1250	1208	42.5	1223	1191		75	10	10	10	
	8位	Instantze KLOSTERHALFH	GER	31:01.71	31:01.71	9:12.72	9:01.45	101.67	99.13	103.67	101.18	ES	10	1314	1198	117	1216	1189	1188	190	80	80	
3000m SC	1位	Peruth CHEMUTAI	UGA	9:22.09	9:07.94	9:19.62	9:04.78	98.58	96.53	101.27	99.27	ES	7	1332	1211	122	1216	1219	1197	175	110	80	
	2位	Courtney FRERICHS	USA	9:11.79	9:00.85	9:23.17	9:05.39	96.44	95.71	99.71	99.00	ES	5	1384	1224	160	1234	1229	1210	185	140	155	
	3位	Hyon KYENG	KEN	9:03.82	9:00.01	9:23.95	9:06.16	96.05	96.05	99.33	99.33	ES	11	1307	1158	117	1138	1179	1156	160	90	100	
	4位	Mekides ABEBE	ETH	9:02.52	9:02.52	9:19.62	9:14.00	98.09	97.00	99.11	98.03	ES	4	1390	1237	153	1236	1225	1250	230	130	100	
	5位	Cesa Felicitas KRAUSE	GER	9:09.13	9:03.30	9:23.36	9:14.84	98.83	98.83	100.36	100.36	ES	15	1270	1183	87	1202	1179	1169	100	80	80	
	6位	Harusa MISMAS-ZRIMSE	SLO	9:16.82	9:16.82	9:19.82	9:16.33	97.27	93.23	97.91	93.89	ES	1	1475	1249	227	1250	1240	1256	290	210	180	
	7位	Bestrice CHEPKOECH	KEN	9:04.94	8:44.32	9:20.01	9:16.41	99.45	99.45	100.10	100.10	ES	77	1167	1167	3	1201	1160	1141	4	4	0	
	8位	Zerfe WONDEMAGEGN	ETH	9:16.95	9:16.95	9:20.01	9:16.41	99.45	99.45	100.10	100.10	ES	77	1167	1167	3	1201	1160	1141	4	4	0	
20km W	1位	Antonella PALMISANO	ITA	1:27:42	1:26:36	1:26:36	1:29:12	98.06	96.80	96.80	ES	20	1194	1122	72	1178	1181	1008	80	75	60	60	
	2位	Sandra Lorena ARENAS	COL	1:28:24	1:28:03	1:28:03	1:29:37	98.72	98.48	98.48	ES	6	1255	1134	122	1165	1172	1064	110	80	175	175	
	3位	Hong LIU	CHN	1:24:27	1:24:27	1:24:27	1:29:57	93.71	93.71	93.71	ES	1	1297	1145	152	1087	1210	1139	270	75	110	110	
	4位	Maria PEREZ	ESP	1:28:03	1:26:36	1:26:36	1:30:05	97.71	95.73	97.71	ES	5	1258	1178	80	1197	1172	1165	110	70	60	60	
	5位	Alegna GONZALEZ	MEX	1:28:40	1:28:40	1:28:40	1:30:33	97.82	97.82	97.82	ES	13	1204	1142	62	1161	1131	1135	90	50	45	45	
	6位	Jemima MONTAG	AUS	1:28:50	1:28:50	1:30:39	1:30:39	97.86	97.86	97.86	ES	12	1211	1136	75	1158	1122	1128	110	70	45	45	
	7位	Shirte OJAYANG	CHN	1:24:45	1:24:45	1:31:04	1:31:04	92.20	92.20	92.20	ES	3	1289	1136	153	1082	1172	1155	240	110	110	110	
	8位	Antigoni DRISBIOU	GRE	1:33:20	1:30:25	1:31:24	1:31:24	102.10	98.90	98.90	ES	49	1132	1103	29	1130	1080	1098	38	50	0	0	
マラソン	1位	Peres JEPCHIRCHIR	KEN	2:17:16	2:17:16	2:27:20	2:27:20		92.68	92.68	ES	12	1348	1228	120	1262	1194		170	70	70	70	
	2位	Brigid KOSGEI	KEN	2:14:04	2:14:04	2:27:36	2:27:36		90.06	90.06	ES	1	1412	1273	140	1295	1250		140	140	140	140	
	3位	Molly SEIDEL	USA	2:25:13	2:27:46	2:27:46	2:28:38		98.39	98.39	ES	199	1177	1160	18	1157	1163	35	0	0	0	0	
	4位	Rozza DEREJE	ETH	2:18:30	2:28:30	2:28:30	2:29:06		92.70	92.70	ES	9	1352	1237	115	1249	1225	140	90	90	90	90	
	5位	Volha MAZURONAK	BLR	2:23:54	2:23:54	2:29:16	2:29:16		96.15	96.15	ES	31	1309	1170	140	1170	1169		140	140	140	140	
	6位	Melat Yisak KEJETA	GER	2:23:57	2:23:57	2:29:36	2:29:36		96.11	96.11	ES	103	1224	1200	25	1193	1206		50	0	0	0	
	7位	Eunice Chebetchi CHUMBA	BRN	2:23:10	2:23:10	2:29:36	2:29:36		95.63	95.63	ES	110	1221	1167	55	1132	1201		105	5	5	5	
	8位	Mao ICHIHAMA	JPN	2:21:11	2:22:29	2:30:13	2:30:13		92.99	92.99	ES	13	1344	1225	120	1228	1221		170	70	70	70	

参考資料6 女子フイール種目

順位	Name	Nat	SB	PB	Heats	Final	Heats	%SB	Heats	%PB	Final	%SB	Final	%PB	出場	WR	Performance Score (点)	Result Score (点)	Placing Score (点)	各Result Score(点)	各Placing Score (点)					
1位	Mariya LASTISKIENE	ANA	2:00	2:06	1:95	2:04	97.50	94.66	102.00	99.03	ES	1	1475	1237	238	1259	1209	1239	1219	1239	350	200	240	200	200	
2位	Nicola MCDERMOTT	AUS	2:01	2:01	1:95	2:02	97.01	97.01	100.50	100.50	ES	1	1271	1164.2	107	1219	1160	1111	1131	1200	1100	350	150	135	110	40
3位	Yaroslava MAHUCHENKO	UKR	2:06	2:06	1:95	2:00	94.66	94.66	97.09	97.09	ES	2	1399	1178	168	1259	1239	1219	1219	1219	1150	140	150	140	100	100
4位	Iryna GERASHECHENKO	UKR	1:98	1:99	1:95	1:98	98.48	97.99	100.00	99.50	ES	8	1276	1178	88	1259	1160	1200	1180	1150	1200	120	120	120	80	90
5位	Eleanor PATTERSON	AUS	1:96	1:99	1:95	1:96	99.49	97.99	100.00	98.49	ES	11	1251	1179.8	76	1150	1180	1209	1180	1180	1180	140	100	40	60	100
6位	Vashti CUNNINGHAM	USA	2:02	2:02	1:95	1:96	96.53	96.53	97.03	97.03	ES	4	1355	1213.2	142	1219	1219	1219	1239	1180	1280	170	100	60	100	100
7位	Sarina SADULLAYEVA	UZB	1:96	1:96	1:95	1:96	99.49	99.49	100.00	100.00	ES	32	1192	1144.4	48	1180	1121	1160	1140	1121	1000	100	100	10	15	15
8位	Yuliya LEVCHENKO	UKR	1:96	2:02	1:95	1:96	99.49	96.53	100.00	97.03	ES	3	1371	1215.2	156	1219	1190	1229	1209	1219	250	210	100	120	100	140
1位	Kate NAVCHENKO	UKR	4:95	4:95	4:55	4:90	91.92	91.92	98.99	98.99	ES	5	1373	1211.6	162	1220	1177	1192	1255	1214	200	200	170	100	140	140
2位	Anzhelika SIDOROVA	ANA	4:91	4:95	4:55	4:85	92.67	91.92	98.78	97.98	ES	1	1447	1227.2	220	1255	1242	1217	1192	1230	350	200	210	200	140	140
3位	Holly BRADSHAW	GBR	4:90	4:90	4:55	4:85	92.86	92.86	98.98	98.98	ES	6	1358	1199.8	159	1205	1189	1239	1177	1186	250	150	150	155	140	140
4位	Kaerina STEFANIDI	GBR	4:70	4:91	4:55	4:80	92.67	92.67	100.00	97.76	ES	2	1421	1209.8	212	1274	1217	1192	1192	280	240	170	200	170	200	170
5位	Maryna KYLYPKO	UKR	4:70	4:70	4:55	4:50	96.81	96.81	95.74	95.74	ES	20	1128	1114	88	1177	1114	1133	1117	1099	100	100	80	80	80	80
5位	Wilma MURTO	FIN	4:62	4:71	4:55	4:50	98.48	96.60	97.40	95.54	WR	25	1199	1123	76	1152	1130	1148	1145	1040	100	80	60	40	100	100
5位	Iina SUITEI	SLO	4:74	4:75	4:55	4:50	95.99	95.79	94.74	94.74	ES	12	1274	1156	118	1209	1177	1136	1145	1133	140	120	120	100	100	110
8位	Nikoleta KYRIAKOPOULOU	GRE	4:70	4:83	4:55	4:50	96.81	94.20	95.74	93.17	ES	13	1268	1157.8	111	1189	1161	1145	1145	1133	140	120	120	100	100	110
8位	Robelisy PEINADO	VEN	4:66	4:78	4:55	4:50	97.64	95.19	96.57	94.14	ES	8	1322	1175.6	147	1177	1177	1202	1161	1161	1186	140	145	150	140	110
8位	Yarisley SILVA	CUB	4:60	4:91	4:55	4:50	98.91	92.67	97.83	91.65	ES	9	1312	1175.4	137	1192	1177	1161	1161	1186	140	145	150	140	110	110
8位	Huijin XU	CHN	4:65	4:70	4:55	4:50	97.85	96.81	96.77	95.74	ES	19	1224	1126.6	95	1148	1145	1071	1124	1145	100	100	145	80	50	50
8位	Iryna ZHUK	BLR	4:74	4:74	4:55	4:50	95.99	95.99	94.94	94.94	ES	7	1324	1178	146	1177	1180	1189	1167	1177	200	170	120	140	100	100
1位	Malika MUHAMBO	GER	6:92	7:30	6:38	7:00	100.87	95.62	101.16	95.89	ES	1	1449	1243.8	206	1288	1229	1225	1224	1253	350	240	200	140	100	100
2位	Brittney REISE	USA	7:13	7:31	6:86	6:97	96.21	95.84	97.26	95.35	ES	4	1337	1211.6	126	1185	1181	1247	1218	1227	210	170	100	100	50	50
3位	Esc BRUME	NGR	7:17	7:17	6:76	6:97	94.28	94.28	97.21	97.21	ES	3	1347	1221.2	146	1198	1180	1255	1278	1195	280	170	60	120	100	100
4位	Iryna SPANOVIC	SRB	6:88	7:24	7:00	6:91	101.74	96.69	100.44	95.44	ES	5	1293	1163.6	120	1600	1185	1167	1174	1132	200	170	100	80	100	80
5位	Maryna BEKH-ROMANCHUK	UKR	6:92	6:92	6:71	6:88	96.97	96.97	99.42	99.42	ES	2	1370	1188.6	182	1200	1209	1200	1138	1176	310	140	140	170	150	150
6位	Tara DAVIS	USA	7:14	7:14	6:85	6:84	95.94	95.94	95.80	95.80	ES	14	1250	1220	30	1227	1249	1202	1211	1211	80	15	25	15	15	15
7位	Brooke STRAYTON	AUS	6:84	7:05	6:60	6:83	96.49	93.62	99.85	94.88	ES	10	1259	1135.6	124	1183	1139	1106	1114	1136	100	140	145	135	100	100
8位	Jazmin SAWYERS	GBR	6:90	6:90	6:62	6:80	95.94	95.94	98.55	98.55	ES	17	1235	1132.6	83	1147	1163	1154	1101	1196	120	100	70	110	15	15
1位	Yulimar ROJAS	VEN	15:43	15:43	14:77	15:67	95.72	95.72	101.56	101.56	ES	1	1459	1241.8	218	1261	1236	1229	1218	1265	350	200	200	200	140	140
2位	Patricia MAMONA	POR	14:66	14:66	14:54	15:01	99.18	99.18	102.39	102.39	ES	9	1305	1157	148	1158	1172	1144	1174	185	140	170	145	100	100	
3位	Ana PELETEIRO	ESP	14:61	14:73	14:42	14:87	100.07	99.25	101.78	100.95	ES	7	1311	1172.2	139	1166	1178	1162	1171	1184	215	130	120	120	100	100
4位	Shamika RICKETTS	JAM	14:98	14:98	14:43	14:84	96.33	96.33	99.07	99.07	ES	2	1407	1197.4	210	1212	1213	1218	1138	1186	310	240	150	200	150	150
5位	Lindagim POMEA	CUB	14:93	14:93	14:50	14:70	97.12	97.12	98.46	98.46	ES	3	1347	1184.6	163	1194	1190	1170	1196	1173	170	170	185	150	140	100
6位	Hanna MUNENKO	ISR	14:36	14:78	14:36	14:60	100.00	97.16	100.67	98.78	ES	20	1221	1141.2	80	1155	1121	1112	1164	1154	110	100	40	50	50	
7位	Ketrinah ORJI	USA	14:92	14:92	14:26	14:59	95.58	95.58	97.79	97.79	ES	6	1319	1165.6	194	1165	1191	1161	1155	1156	200	150	170	130	120	120
8位	Kimberly WILLIAMS	JAM	14:69	14:69	14:30	14:51	97.35	97.35	98.77	98.77	ES	4	1345	1179.6	166	1183	1188	1181	1175	1171	250	170	140	140	130	130
1位	Lijiao GONG	CHN	20:39	20:43	19:46	20:58	95.44	95.25	100.93	100.73	ES	1	1408	1196.6	212	1179	1227	1194	1227	1156	350	240	200	140	100	100
2位	Raven SAUNDERS	USA	19:96	19:96	19:22	19:79	96.29	99.15	99.15	99.15	ES	14	1207	1148.8	59	1205	1181	1124	1155	1079	80	60	110	0	45	
3位	Valerie ADAMS	NZL	19:75	21:24	18:83	19:62	95.34	88.65	99.34	92.37	ES	15	1206	1136.8	70	1186	1128	1109	1128	1133	60	100	100	50	40	40
4位	Aurion DONGMO	POR	19:75	19:75	18:80	19:57	95.19	99.09	99.09	99.09	ES	7	1290	1162.4	128	1150	1186	1166	1192	1118	200	140	140	60	100	100
5位	Hanyun SONG	CHN	20:39	20:43	19:23	19:14	94.31	94.13	93.87	93.69	ES	21	1177	1128.4	49	1142	1064	1165	1139	1132	80	130	15	10	10	10
6位	Maddison-Lee WESCHJE	NZL	18:47	18:47	18:65	18:98	100.97	100.97	102.76	102.76	WR	25	1163	1087.6	76	1085	1112	1107	1090	1044	170	40	50	80	80	
7位	Fanny ROOS	SWE	19:34	19:34	19:01	18:91	98.29	98.29	97.78	97.78	ES	9	1256	1125	131	1163	1129	1108	1122	1103	120	135	150	120	130	
8位	Sara GAMBETTA	GER	18:86	18:86	18:57	18:88	98.46	98.46	100.11	100.11	ES	17	1202	1112.4	90	1129	1102	1091	1136	1104	100	100	110	60	80	
1位	Valarie ALLMAN	USA	70:01	70:15	66:42	68:98	94.87	94.87	98.53	98.33	ES	4	1317	1177.4	140	1255	1174	1214	1105	1139	100	170	100	200	130	130
2位	Kristin PUDENZ	GER	66:31	66:31	63:73	66:86	96.11	96.11	100.83	100.83	ES	6	1290													

參考資料 7 男女混成競技種目

順位	Name	Nat	SB (点)	PB (点)	Final (点)	Final %SB	Final %PB	出場	WR	Performance Score (点)	Result Score (点)	Placing Score (点)	各Result Score(点)	各Placing Score (点)			
Dec.	1位	Damian WARNER	CAN	8995	8995	9018	100.26	100.26	ES	1407	1245	163	1208	1281	215	110	
	2位	Kevin MAYER	FRA		9126	8726		95.62	ES	1309	1214	95	1212	1216	110	80	
	3位	Ashley MOLONEY	AUS	8284	8492	8649	104.41	101.85	ES	1241	1156	85	1142	1170	110	60	
	4位	Garrett SCANTLING	USA	8647	8647	8611	99.58	99.58	ES	1247	1203	45	1227	1178	60	30	
	5位	Pierce LEPAGE	CAN	8534	8534	8604	100.82	100.82	ES	4	1338	1196	143	1195	1197	175	110
	6位	Zachery ZIEMEK	USA	8471	8471	8435	99.58	99.58	ES	11	1257	1190	68	1180	1199	90	45
	7位	Lindon VICTOR	GRN		8539	8414		98.54	ES	10	1261	1182	80	1200	1163	90	70
	8位	Ilya SHKURENYOV	ANA	8300	8601	8413	101.36	97.81	ES	5	1332	1190	143	1203	1176	195	90
Hep.	1位	Nafissatou THIAM	BEL		7013	6791		96.83	ES	2	1397	1222	175	1208	1236	240	110
	2位	Anouk VETTER	NED	6536	6536	6689	102.34	102.34	ES	11	1240	72	1180	1156	90	55	
	3位	Emma OOSTERWEGEL	NED	6308	6308	6590	104.47	104.47	WR	14	1227	1129.5	97	1124	1135	150	45
	4位	Noor VIDTS	BEL	6240	6240	6571	105.30	105.30	WR	15	1227	1147.5	80	1182	1113	70	90
	5位	Kendell WILLIAMS	USA	6683	6683	6508	97.38	97.38	ES	6	1296	1183.5	112	1157	1210	175	50
	6位	Annie KUNZ	USA	6703	6703	6420	95.78	95.78	ES	16	1226	1141	85	1213	1069	60	110
	7位	Carolin SCHÄFER	GER		6836	6419		93.90	ES	10	1246	1176	70	1193	1159	75	65
	8位	Ivona DADIC	AUT		6552	6403		97.73	ES	9	1252	1175	77.5	1166	1184	90	65

報告

報告 目次

女子跳躍・混成競技者を対象としたパフォーマンス測定プロジェクトに関する報告・・・	98
犬井亮介，植松倫理，柴田篤志，関子あまね，山元康平，熊野陽人，伊藤信之， 木越清信	

女子跳躍・混成競技者を対象としたパフォーマンス測定プロジェクトに関する報告

犬井亮介¹⁾ 植松倫理²⁾ 柴田篤志³⁾ 関子あまね⁴⁾ 山元康平⁵⁾ 熊野陽人⁶⁾
伊藤信之⁷⁾ 木越清信⁸⁾

1) 青山学院大学 2) 筑波大学大学院 3) 新潟医療福祉大学 4) 国立スポーツ科学センター
5) 福井工業大学 6) 関西福祉大学 7) 横浜国立大学 8) 筑波大学

1. はじめに

我が国の女子跳躍種目は、近年は国際競技会の活躍から遠ざかって久しく、日本陸上競技連盟（以下、日本陸連）の強化方針においても、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おり、強化の優先度は相対的に低い（日本陸上競技連盟, 2019）。一方、走幅跳や走高跳の日本記録は、近年のオリンピックおよび世界選手権においても入賞が十分に期待できる記録であり、適切なタレントの発掘と競技者育成によって、優れたパフォーマンスが達成されることが期待できる。女子跳躍種目において高いパフォーマンスを達成するためのモデルとして、競技会における助走スピードの分析が行われており、走幅跳における目標記録を

達成するための助走スピードの目標値の作成が行われている（小山ほか, 2011）。この他に、男子においては、走幅跳のトップレベル競技者の標準動作モデルや（清水ほか, 2011）、その類型化（Shimizu et al., 2018）、フィールドテストを用いた体力の目標値（稲岡ほか, 1993；熊野ほか, 2018）等に関する研究が行われている。一方、女子においては、助走スピード以外のパフォーマンスに関連する要因である技術および体力的要因については、具体的な目標モデルが構築されているとは言い難く、国際レベルへの到達を目指すコーチング実践のための知見は不足しているといえる。

これらの経緯を踏まえ、女子跳躍種目において高いパフォーマンスを達成するための目標モデルの作成とそれをもとにした競技者育成モデルの構築を目

表 1 形態測定および体カテストのパラメーター

専門種目	測定年度 までのPB [m]/[点]	身長 [m]	体重 [kg]	CMJ			両脚リバウンドジャンプ			片脚リバウンドジャンプ		
				跳躍高 [m]	跳躍高 [m]	接地時間 [sec]	跳躍高 [m]	接地時間 [sec]	RJ-index [m/s]	跳躍高 [m]	接地時間 [sec]	RJ-index [m/s]
走高跳	1.83	1.66	53.3	0.45	0.48	0.324	0.38	0.160	2.403	0.27	0.248	1.083
	1.82	1.74	61.6	0.44	0.48	0.428	0.40	0.156	2.532			
	1.81	1.67	54.5	0.41	0.41	0.656	0.43	0.164	2.622	0.26	0.236	1.081
	1.80	1.72	57.5	0.42	0.42	0.540	0.41	0.148	2.784	0.26	0.252	1.028
	1.78	1.72	57.7	0.40	0.42	0.312	0.38	0.152	2.526	0.30	0.224	1.348
	1.76	1.70	63.2	0.42	0.42	0.472	0.39	0.168	2.321	0.22	0.216	1.000
	1.67			0.36	0.43	0.348	0.36	0.176	2.063	0.22	0.240	0.900
1.63	1.72	52.3	0.38	0.36	0.240	0.35	0.152	2.316	0.24	0.208	1.139	
走幅跳	6.65	1.68	50.1	0.50	0.52	0.164	0.51	0.132	3.856	0.36	0.212	1.712
	6.45	1.59	49.9	0.46	0.46	0.420	0.44	0.148	2.980	0.27	0.236	1.157
	6.44	1.57	48.2	0.53	0.57	0.296	0.53	0.152	3.513	0.27	0.236	1.157
	6.44	1.65	54.7	0.52	0.55	0.324	0.50	0.140	3.543	0.30	0.240	1.238
	6.28	1.68	59.1	0.42	0.41	0.396	0.42	0.140	3.029	0.23	0.208	1.101
	6.25	1.58	50.4	0.45	0.44	0.376	0.45	0.148	3.020	0.23	0.220	1.059
	6.23	1.67	55.0	0.42	0.48	0.380	0.46	0.152	3.020	0.32	0.224	1.433
6.14	1.56	46.7	0.41	0.41	0.296	0.38	0.140	2.707	0.26	0.216	1.199	
三段跳	13.65	1.65	53.1	0.50	0.57	0.368	0.47	0.160	2.944	0.30	0.248	1.198
	13.42	1.67	50.5	0.49	0.51	0.376	0.50	0.164	3.024	0.30	0.228	1.303
	13.14	1.69	52.9	0.43	0.45	0.316	0.42	0.172	2.430	0.25	0.224	1.121
	12.91	1.70	59.7	0.43	0.47	0.272	0.43	0.164	2.622	0.26	0.208	1.269
	12.79	1.64	51.5	0.47	0.51	0.292	0.52	0.140	3.679	0.30	0.228	1.325
七種競技	12.70	1.58	49.1	0.48	0.48	0.324	0.47	0.136	3.419	0.29	0.204	1.431
	5907	1.68	61.6	0.37	0.39	0.380	0.39	0.140	2.786	0.21	0.216	0.981
	5633	1.70	58.0	0.42	0.45	0.420	0.37	0.160	2.331	0.22	0.240	0.900
	5471	1.59	55.8	0.39	0.44	0.272	0.38	0.144	2.632	0.26	0.192	1.349
	5364	1.70	61.8	0.51	0.56	0.320	0.51	0.172	2.959	0.31	0.280	1.096
	5327	1.64	60.3	0.41	0.41	0.468	0.36	0.168	2.161	0.21	0.236	0.881
	5289	1.73	56.8	0.44	0.48	0.452	0.45	0.164	2.726	0.26	0.244	1.082
5288	1.71	68.6	0.47	0.48	0.452	0.46	0.152	2.349	0.23	0.268	0.869	
5142	1.64	54.8	0.39	0.42	0.440	0.38	0.180	2.136	0.26	0.268	0.985	

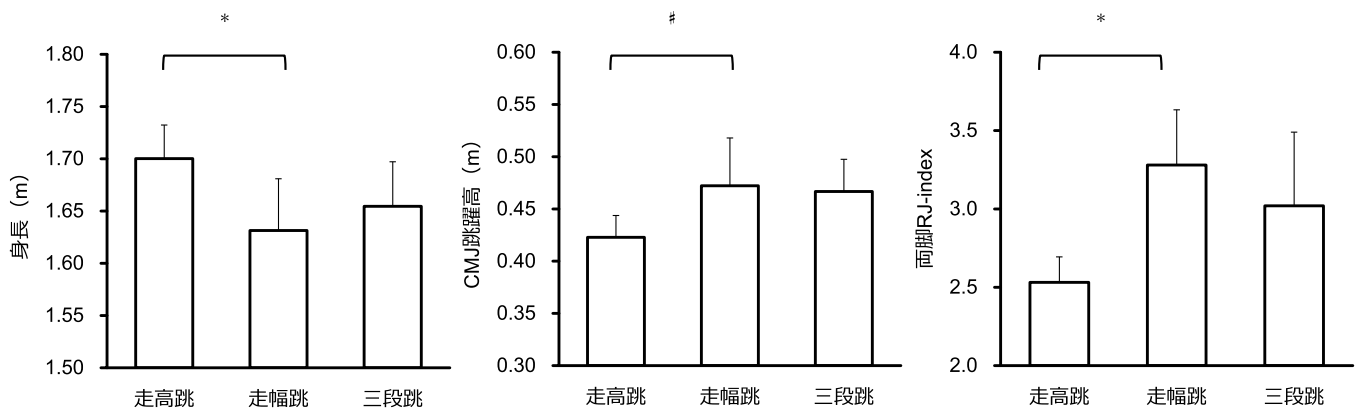


図1 測定項目の群間の比較 *: $p < 0.05$ #: $p < 0.10$

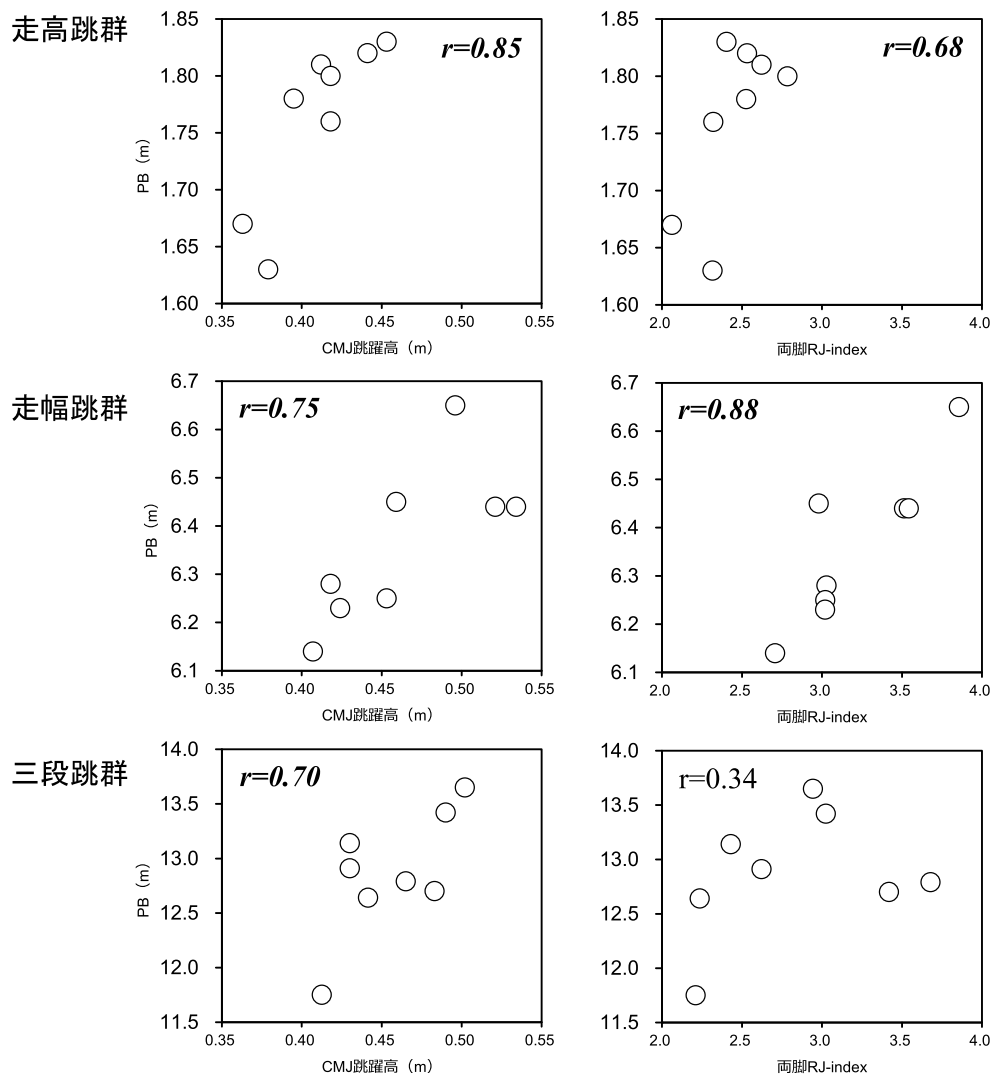


図2 群毎のPBと測定項目との関係

指し、近年、日本陸連女子跳躍ブロックを中心に「女子跳躍測定プロジェクト」(以下、本プロジェクト)が行われている。本稿では、本プロジェクトの概要と今後の展望について報告する。

2. プロジェクトの概要とデータの例

本プロジェクトにおける測定は、これまでに2019年7月19-20日(走高跳),9月29日(走幅跳),11月9日(走幅跳,三段跳,七種競技),2020年11月14日(走幅跳,三段跳,七種競技),2021年3月26日(走幅跳,三段跳)の計5回実施され、

延べ69名（指導者16名、競技者53名）が参加した。全種目共通の形態測定、体力テストおよび、種目毎に専門的技術に関わる跳躍動作の測定を行い、データの蓄積と競技者や指導者へのフィードバック、ディスカッションを行っている。以下では、測定データの例を紹介する。

(1) 形態測定および体力テスト

表1は、形態測定および体力テストのデータ例を示したものである。今後は、測定項目やデータ数を増やし、種目毎に目標記録を達成するための体力レベルの基準値の作成およびそれをもとにした個々人の評価が行えるシステムの構築を試みる。現状では、測定結果から、個々人の体力レベルの評価診断を行うとともに、種目特性の検討（図1）やパフォーマンスに関連する体力要因の究明（図2）、技術特性と体力的要因の関係、体力特性をもとにした技術選択の可能性の検討、データをもとにした競技者や指導者とのディスカッション等を随時行っている。

(2) 専門的技術に関わる跳躍動作の測定

① 走高跳

種目毎の測定の例として、走高跳では、クリアランスを伴わない助走付き片脚鉛直ジャンプ（1, 3, 5歩助走, RVJテスト）、クリアランスを伴う短助走跳躍（4-6歩）および全助走跳躍における踏切での地面反力の計測および動作分析を行い、助走距離の増加に伴う跳躍高の変化や踏切脚の力発揮能力の特徴について検討した（走高跳または混成競技を専門とする女子競技者10名、日本選手権優勝経験者を含み、自己記録が1.80 m以上の競技者が4名）。図3は、1, 3, 5歩のRVJ、短助走および全助走跳躍における鉛直地面反力を示したものである。また図4は、当該シーズン記録上位者4名について、1, 3, 5歩のRVJ、短助走および全助走跳躍における跳躍高の変化を示したものである。地面反力の全体の傾向は、従来の報告と同様に（深代, 1990；戸邊ほか, 2019）、踏切脚接地直後に大きな第1ピークが生じ、その後一度低下した後に再び地面反力が増加する第2ピークが確認でき、助走距離の増加に伴い、第1ピークが増大するのに対して、第2ピークは5歩助走あたりで頭打ちを示す傾向がみられた。また、助走距離の増加に伴う跳躍高の変化の程度には個人差があり、助走距離が増加しても跳躍高がほとんど増加しない競技者がみられた（競技者HJ-aおよびHJ-c）。これらの競技者は、助走歩数すなわち助走速度の増加に対応した踏切技能が求められると考え

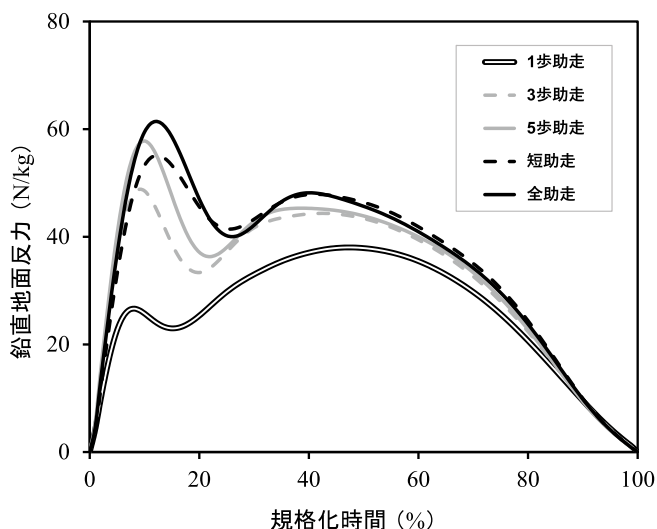


図3 助走距離の増加に伴う鉛直地面反力の変化（対象者の平均値）

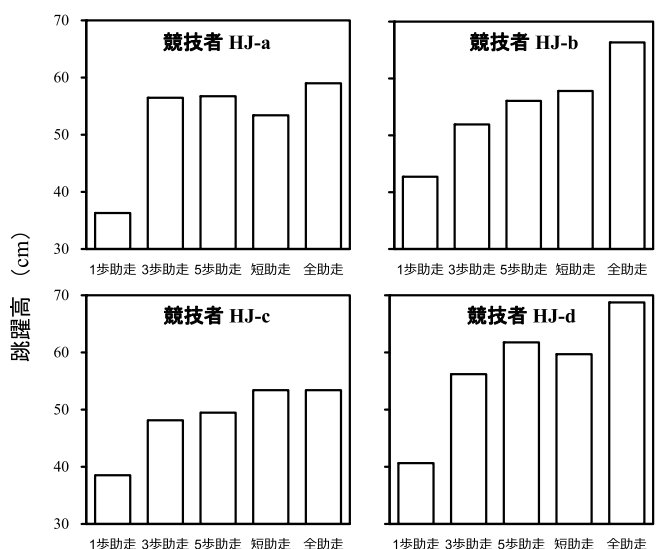


図4 助走距離の増加に伴う跳躍高の変化

られ、こうした多段階式の跳躍テストにおいて、個々人の課題を示す一助になると考えられる。また図5は、自己記録上位者3名について、全助走跳躍における踏切時の鉛直地面反力を示したものである。比較対象として、自己記録が2.00m程度の男子競技者のデータも示している。地面反力のパターンには個人差があり、第1ピークが大きいタイプ（HJ-a）、踏切後半の地面反力が大きいタイプ（HJ-b）、さらに第1ピーク後の低下が小さいタイプ（HJ-d）等がみられた。比較対象とした2名の男子競技者についても同様に、第1ピークが顕著に大きい競技者（HJ-g）と踏切後半の地面反力が大きい競技者（HJ-h）がみられた。また、踏切脚の膝関節角度の変化および踏切時間は（図6）、このような地面反力のパターンと同様に、踏切時間が短く膝関節の屈曲が小さい

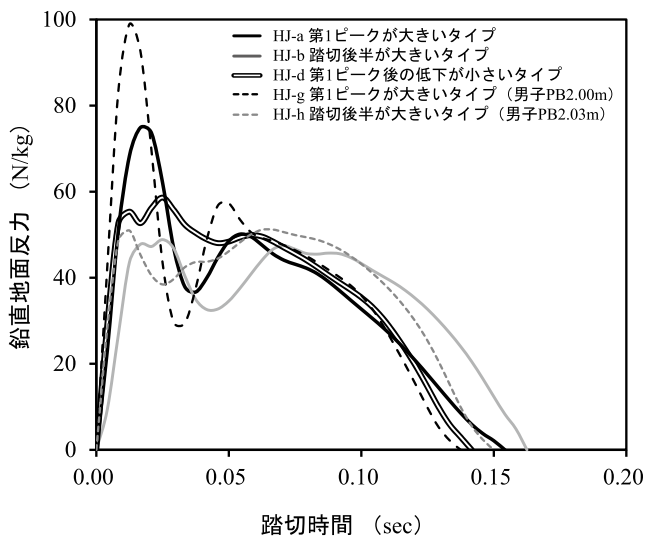


図5 全助走跳躍における踏切時の鉛直地面反力

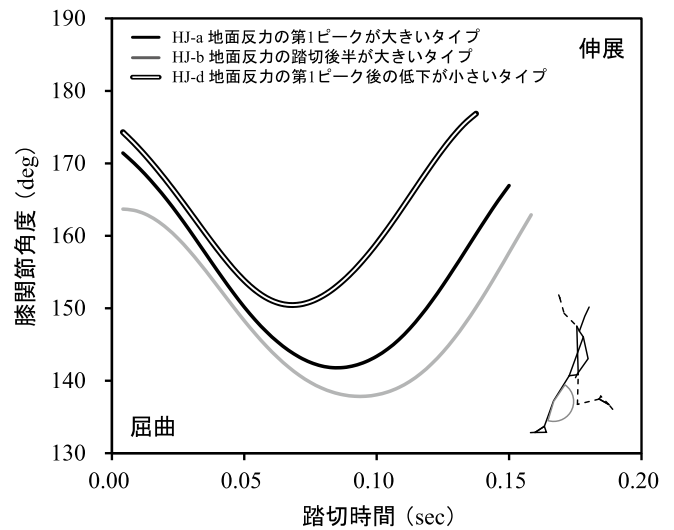


図6 全助走跳躍における踏切脚の膝関節角度の変化

表2 助走の最高スピードおよび重心速度データに関するパラメータ

競技者	測定年度 までのPB [m]	測定年度の SB [m]	実測距離 [m]	SBIに対する 達成率 [%]	助走最高スピード [m/s]	踏切時間 [sec]	重心水平速度			重心鉛直速度			跳び出し 角度 [deg]
							踏切接地 [m/s]	踏切離地 [m/s]	変化量 [m/s]	踏切接地 [m/s]	踏切離地 [m/s]	変化量 [m/s]	
LJ-a	6.65	6.65	6.28	94.4	8.81	0.108	8.27	6.92	-1.35	-0.33	3.00	3.33	23.4
LJ-b	6.44	6.35	6.19	97.5	8.90	0.100	8.53	7.43	-1.10	-0.10	2.83	2.93	20.8
LJ-c	6.44	6.21	5.99	96.5	8.92	0.117	8.71	7.46	-1.25	-0.50	2.96	3.46	21.6
LJ-d	6.15	6.13	5.91	96.4	8.54	0.113	8.23	7.07	-1.17	-0.39	3.13	3.52	23.9
LJ-e	6.23	5.74	5.56	96.9	8.13	0.129	7.84	6.46	-1.38	-0.38	2.90	3.28	24.2
LJ-f	6.14	5.88	5.28	89.8	8.06	0.117	7.43	6.52	-0.91	-0.27	2.62	2.89	21.9
LJ-g	6.11	6.10	5.62	92.1	8.34	0.125	7.98	6.43	-1.55	-0.25	2.76	3.00	23.2
LJ-h	6.01	6.01	5.82	96.8	8.39	0.121	8.32	7.15	-1.17	-0.47	2.99	3.45	22.7
LJ-i	5.95	5.95	5.50	92.4	8.33	0.138	8.28	6.59	-1.70	-0.55	3.02	3.57	24.6
LJ-j	5.72	5.72	5.37	93.9	8.22	0.104	8.04	7.22	-0.82	-0.38	2.41	2.79	18.5
LJ-k	5.73	5.73	5.61	97.9	8.09	0.133	7.82	6.39	-1.43	-0.32	3.19	3.52	26.6
LJ-l	5.66	5.44	5.56	102.2	8.34	0.125	8.42	7.24	-1.17	-0.34	2.86	3.20	21.6
LJ-m	5.45	5.04	5.01	99.4	7.93	0.129	7.47	5.99	-1.48	-0.21	2.86	3.07	25.5
平均値	6.05	5.92	5.67	95.9	8.38	0.120	8.10	6.84	-1.27	-0.35	2.89	3.23	23.0
標準偏差	0.33	0.39	0.35	3.2	0.31	0.011	0.37	0.45	0.24	0.12	0.20	0.26	2.0

タイプや (HJ-d), 踏切時間が長く膝の屈伸が大きいタイプ (HJ-b) 等がみられた。これらの競技者の自己記録はほぼ同等であることを考えると、これらの技術特性はパフォーマンスに関する技術レベルの高低というよりも、技術の個人差 (タイプ) ととらえることができるかもしれない。今後、パフォーマンスと技術特性との関係について検討する際には、こうした個人差を考慮するとともに、個々人の体力や形態的特性に応じた技術選択の提案を行うことを目指す。

② 走幅跳

走幅跳では、短助走、中助走および全助走試技による跳躍における踏切時の動作および地面反力の測定を行った (走幅跳または混成競技を専門とする女子競技者 13 名、日本選手権優勝経験者 2 名を含み自己記録が 6.00 m 以上の競技者が 8 名)。測定データの例として、表 2 は、各競技者の助走の最高スピードおよび踏切における重心速度に関するパラ

メータ、図 7 は各競技者の実測距離と地面反力に関するデータとの関係、図 8 は対象者の踏切における鉛直地面反力の変化と第 2 ピーク (◇) の典型例を示したものである。実測距離の上位 3 名の助走最高スピードは約 8.8-8.9 m/s と他の競技者と比較して大きく、多くの先行研究で指摘されているように跳躍距離を決定する最大の要因であったといえる (表 2)。また、実測距離が大きかった競技者は踏切中の鉛直地面反力の第 2 ピークが大きい傾向がみられ (図 7B)、図 8 から実測距離の上位 2 名の競技者 LJ-a, b の第 2 ピーク (図 8 中◇) が競技者 LJ-g と比較して大きいことがわかる。このことから、踏切接地直後の衝突による第 1 ピーク (図 7A) 後に大きな力を踏切脚で発揮する能力とパフォーマンスが関係している可能性があり、0.10 - 0.13 秒程度と非常に短い踏切時間の中のさらに限られた時間 (約 0.04 - 0.06 秒) で大きな力を発揮する能力の重要性が示唆される。

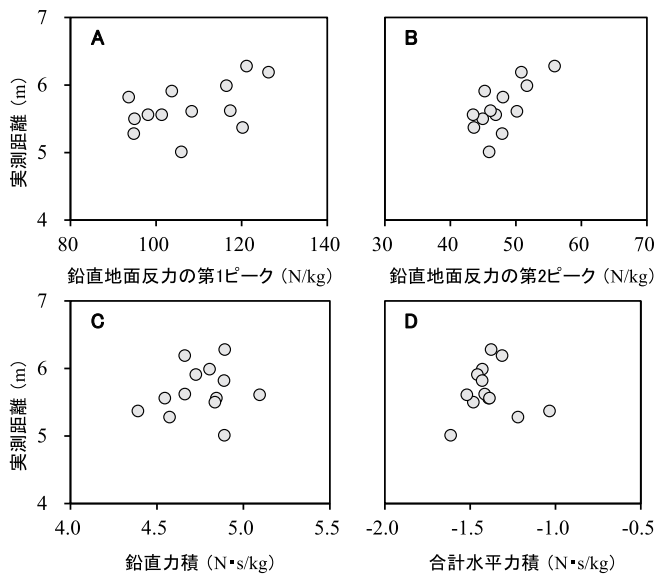


図7 実測距離と地面反力に関するパラメータとの関係

③ 三段跳

三段跳では、連続する踏切の遂行能力について評価を試みた。藤林ほか (2013) を参考に、高さ 0.1m の台上から助走を用いて踏み切り地面へと落下する Falling jump (以下, FJ) と、落下直後にもう一方の脚によって踏み切り着地する Propulsive jump (以下, PJ) の連続跳躍試技を行わせ、PJ 踏切時の動作および地面反力の測定を行った (三段跳を専門とする女子競技者 9 名。日本歴代 2 位の競技者を含み自己記録が 13.00m 以上の競技者が 3 名)。なお、本測定では、FJ 距離を 2.5m, 3.0m, 3.5m, 4.0m に設定し、各試技における PJ の踏切を評価した。表 3 は、各競技者の跳躍距離および踏切時間を示した

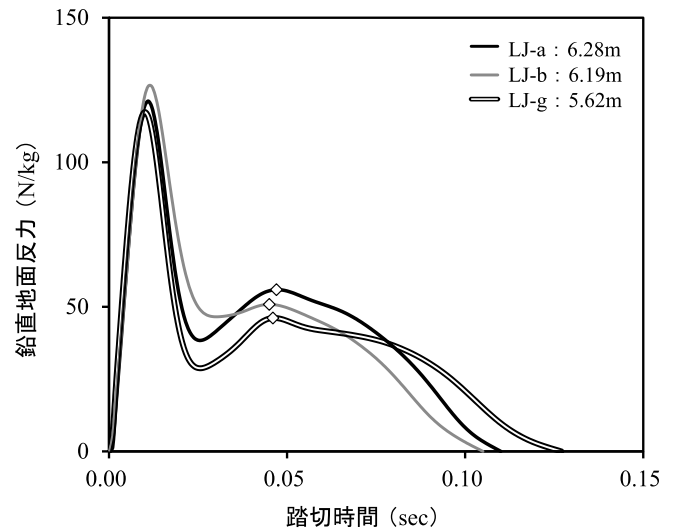


図8 踏切中の鉛直地面反力の変化

ものである。FJ 距離の増大に伴う PJ の跳躍距離の変化には個人差があり、FJ 距離 4.0m では、PJ の踏切を遂行できない競技者が存在した。図 9 は、三段跳の SB に 1m 以上の差がある競技者 TJ-a, h の跳躍距離および踏切時間の変化について全体の平均値とともに示したものである。2 名の競技者は、競技能力に大きな差があるものの、FJ 距離 2.5m では跳躍距離および踏切時間に顕著な差がみられず、FJ 距離の増大に伴い跳躍距離の差が拡大する傾向がみられた。図 10 は、競技者 TJ-a および TJ-h の踏切接地および離地時の身体重心速度の変化を平均値とともに示したものである。競技者 TJ-a は、FJ 距離の増大に対応して接地時の合成速度を高め、離地時においても高い合成速度を獲得していた。また図 11 は、競技者 TJ-a および TJ-h の各試技における踏切中の地面反力の変化を示したものである。FJ 距離

表 3 各 FJ 距離における跳躍距離および踏切時間の一覧

競技者	測定年度 までのPB [m]	測定年度の SB [m]	2.5 m		3.0 m		3.5 m		4.0 m	
			跳躍距離 [m]	踏切時間 [sec]	跳躍距離 [m]	踏切時間 [sec]	跳躍距離 [m]	踏切時間 [sec]	跳躍距離 [m]	踏切時間 [sec]
TJ-a	13.65	13.65	3.82	0.176	4.02	0.180	4.41	0.172	4.22	0.156
TJ-b	13.42	13.03	3.81	0.172	3.93	0.168	3.87	0.172	4.10	0.176
TJ-c	12.91	12.91	3.72	0.176	3.58	0.184	3.91	0.184		
TJ-d	13.14	12.83	3.75	0.168	3.68	0.184	4.14	0.156		
TJ-e	12.98	12.73	3.83	0.144	3.56	0.160	3.54	0.168	3.81	0.148
TJ-f	12.90	12.73	3.39	0.172	3.45	0.180	3.28	0.180	3.68	0.188
TJ-g	12.70	12.70	3.46	0.164	3.67	0.152	3.02	0.180		
TJ-h	12.79	12.57	3.87	0.172	3.68	0.180	3.68	0.180	3.50	0.192
TJ-i	12.64	12.31	2.45	0.208	3.21	0.192	3.27	0.184		
平均値	13.01	12.83	3.57	0.172	3.64	0.176	3.68	0.175	3.86	0.172
標準偏差	0.32	0.35	0.43	0.016	0.23	0.012	0.42	0.009	0.27	0.017

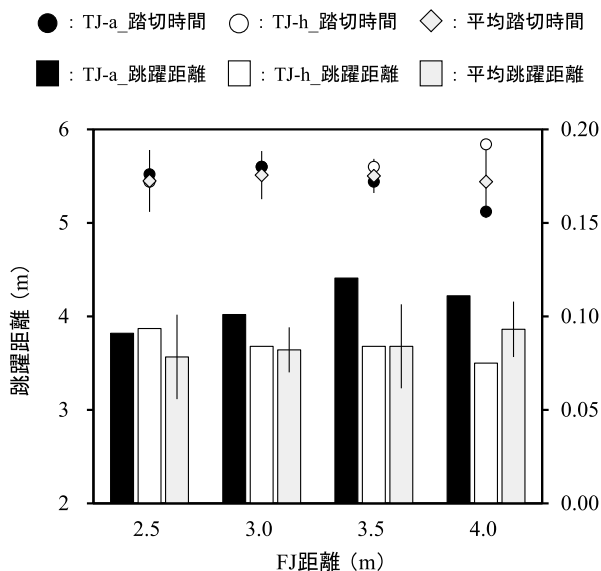


図9 各試技における跳躍距離および踏切時間の変化

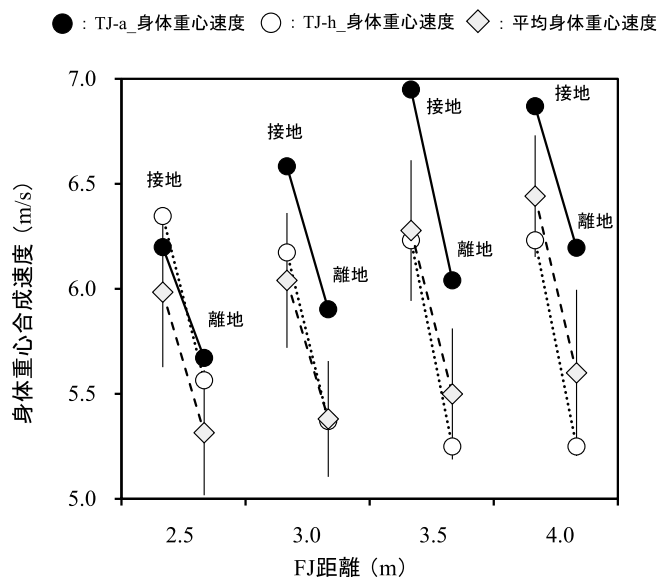


図10 競技者 TJ-a および TJ-h の踏切接地および離地時の身体重心速度の変化

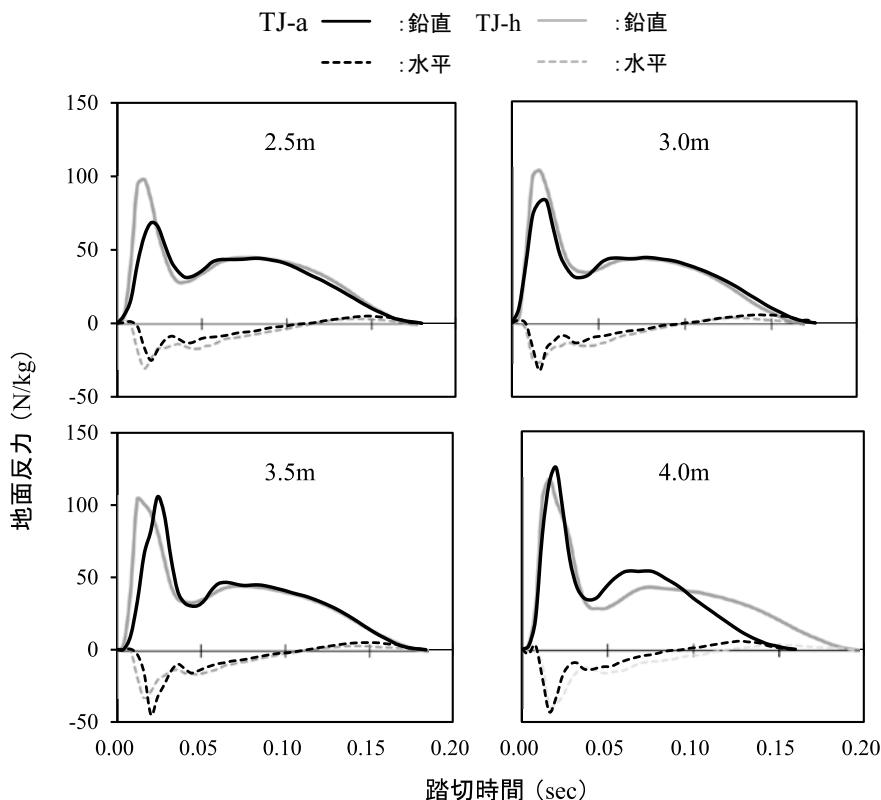


図11 競技者 TJ-a および TJ-h の各試技における踏切中の地面反力の変化

4.0m では、TJ-a は TJ-h に比して第1ピーク後に短時間でより大きな鉛直地面反力を獲得していると同時に、水平地面反力のブレーキ成分が小さく、踏切による減速を抑えている傾向がみられた。このように優れた競技者は、FJ 距離が増大し、接地時の身体重心水平速度が高くなっても、その負荷に応じて短い時間で大きな力を発揮することで跳躍距離を獲得するための踏切を遂行できていたと考えられる。

一方で、対象者の競技力によっては踏切で十分な力を発揮できない FJ 距離が生じるといえる。以上のことから、三段跳競技者に必要な連続した踏切の遂行能力は、FJ 距離を段階的に変化させ、接地時のスピードや負荷が多段階式となる連続跳躍を用いることでより詳細な評価をできる可能性がある。また実践現場では、連続する2回の跳躍距離（今回の FJ と PJ）の両方を評価項目とし、相互的および段

階的に高めることが、三段跳の競技パフォーマンスを向上させるための一助になると考えられる。

3. おわりに

以上のように、本プロジェクトでは、日本トップレベル競技者を中心に女子跳躍種目の各種測定を行い、高いパフォーマンスを達成するための技術および体力モデルの構築を試みている。日本トップレベルを含む高い競技レベルのデータ収集、技術の個人差（タイプ）の考慮、世界トップレベルを想定した男子競技者との比較等を通して、トレーニングおよびコーチング実践で利用できる具体的なモデル（目標値、基準値）の構築を目指していく。さらに、プロジェクト内の測定以外にも、世界トップレベル競技者と比較した日本人競技者の年齢に伴う記録発達の特徴の検証（犬井ほか，2020；山元ほか，2019）、走能力や跳躍能力等の目標値や日本人競技者の技術的特徴の検討（犬井ほか，2019；柴田ほか，2019；杉浦ほか，2021）等も進めている。本プロジェクトは緒に就いたばかりであり、COVID-19の感染拡大による測定の停滞や、競技者や指導者へのフィードバックやディスカッションの充実等には課題は残るものの、今後も継続したデータの収集と蓄積、トレーニング実践やパフォーマンスの変化とこれら測定項目の変化との関係等の総合的な考察を行うことにより、女子跳躍競技者の育成モデルの構築を試みる。また、目標値や評価基準のモデル作成とともに、測定結果や蓄積したデータを、指導者や競技者が利用できる形で随時報告・公開することにより、実践現場にインスピレーションをもたらす取り組みとしていきたい。さらに、従来のような日本陸連の強化指定選手のみを対象とするのではなく、広く参加者を募ることでデータ数や事例を増やし、女子跳躍種目における根拠に基づくコーチング実践が発展していく礎となれば幸甚である。

文献

深代千之（1990）助走を伴う跳躍の地面反力。宮下 充正監修 跳ぶ科学。大修館書店：東京，pp. 85-89。
藤林献明・荻山靖・木野村嘉則・凶子浩二（2013）水平片脚跳躍を用いたバリスティックな伸張-短縮サイクル運動の遂行能力と各種跳躍パフォーマンスとの関係。体育学研究，58(1)：61-76。
稲岡純史・村木征人・国土将平（1993）コントロー

ルテストからみた跳躍競技の種目特性および競技パフォーマンスとの関係。スポーツ方法学研究，6(1)：41-48。

犬井亮介・柴田篤志・山元康平・木越清信（2019）女子走幅跳および三段跳競技者における関連種目記録の目標値作成の試み。陸上競技研究，2019(4)：30-39。
犬井亮介・柴田篤志・山元康平・村山凌一・杉浦澄美・福地修也・木越清信（2020）世界および日本トップレベル男女走高跳競技者の記録発達の特徴。陸上競技研究，2020(4)：22-31。
小山宏之・阿江通良・藤井範久・宮下 憲（2011）競技レベル別に見た走幅跳の助走スピードの定量化-トレーニングで簡便に利用できる指標の提案-。筑波大学体育科学系紀要，34：169-173。
熊野陽人・大沼勇人・相馬 聡・松原 奨・植田恭史（2018）男子学生走幅跳・三段跳競技者における助走五段跳の跳躍距離の目標値。陸上競技研究，115：32-36。
日本陸上競技連盟（2019）シニア競技者の強化。競技者育成プログラム。公益財団法人日本陸上競技連盟：31-36。
柴田篤志・清水悠・小山宏之（2019）女子三段跳における助走スピードと各歩の跳躍距離および跳躍比とパフォーマンスとの関係。体育学研究，64(2)：573-585。
清水悠・阿江通良・小山宏之・村木有也（2011）標準動作モデルからみた一流走幅跳選手の踏切準備および踏切動作の特徴。陸上競技研究，2011(2)：23-30。
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。
杉浦澄美・柴田篤志・小山宏之・尾縣貢・木越清信（2021）女子走高跳における鉛直速度の獲得に影響をおよぼす踏切局面の技術的要因。体育学研究，66：827-839。
山元康平・柴田篤志・犬井亮介・広瀬健一・前田奎・木越清信・尾縣貢（2019）世界および日本トップレベル女子水平跳躍競技者の記録発達の特徴。陸上競技研究，2019(3)：22-31。
戸邊直人・荻山靖・林陵平・木越清信・尾縣貢（2019）走高跳の踏切局面における下肢3関節の力・パワー発揮特性。体育学研究，64(2)：625-635。

日本陸連科学委員会研究報告 第20巻 (2021)

陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2021

序 文

2021年度における科学委員会の主な活動は、①パフォーマンス分析サポート（含・U20/U18選手）、②暑さ対策（マラソンおよび競歩、一般種目）に関する科学サポート研究活動、③国際総合競技会へ向けた支援・準備、④タレントトランスファーおよびタレント発掘・育成、⑤U20/U18選手アンケート調査（障害や栄養および心理面および育成環境など）、⑥科学的データ普及支援（伝達講習会開催など）、⑦成果公表物の刊行（陸上競技研究紀要）、⑧その他（戦略的な考えに基づく諸活動）などであった。

本年度は各種目、専門分野ごとに担当者を各1名ずつ配置し、総勢20名のスリム化した委員会構成メンバーのもと、強化現場のニーズをきめ細かく汲み取りながら支援を図る新体制のもと、上記に示した諸活動を展開することができた。

本年度は、再びコロナ禍に見舞われた中で東京オリンピックでの活動も叶わず、思うような活動ができなかったところもあったが、活動成果を主担当が中心となってまとめたものである。コロナ禍の中、大会関係の皆様方にお世話になりながら、精力的な活動を展開してくれた本委員会活動スタッフ及び協力班員の尽力のおかげで、本年度は18編（昨年度22編）の活動報告を掲載することができた。その分野ごとの内訳は、短距離3本、ハードル3本、中距離1本、跳躍1本、投擲2本、混成2本、長距離障害1本、競歩2本、環境2本、調査1となり、広範囲かつ多岐にわたる科学的支援・調査活動が展開できたことがうかがい知れる。

これらはこれまでと同様にいずれも今後役に立つデータとして集積され活用されていくであろう。引き続き、強化現場のニーズに密着しながら個別的、実践的なデータ収集と即時フィードバックに重点を置いた活動とともにトップからジュニア選手までを対象とした調査研究活動を展開していく予定である。本年度も科学委員会の研究活動報告会（オンライン）を3回実施し、最新の情報提供の場を設けることができた。本活動報告書と併せて選手の育成・強化に関わる全ての方々への新たな気づきや想像力の想起に役立つ科学情報となることを願ってやまない。今後も強化委員会、指導者養成委員会並びに医事委員会等関連の委員会の先生方と緊密な連携を図りながら、選手強化・育成のための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

2021 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
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
丹治 史弥	東海大学
山本 宏明	北里大学メディカルセンター
岡崎 和伸	大阪市立大学
奥野 真由	久留米大学
酒井 健介	城西国際大学
渡邊 將司	茨城大学
苅山 靖	山梨学院大学
浅田佳津雄	株式会社ウェザーニューズ
久保田 潤	独立行政法人日本スポーツ振興センター
須永美歌子	日本体育大学
高橋 恭平	鹿児島大学
山中 亮	新潟食料農業大学
貴嶋 孝太	大阪体育大学
小山 宏之	京都教育大学
村上 雅俊	大阪産業大学

※所属は 2022 年 3 月現在

日本陸連科学委員会研究報告 第20巻(2021)
陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2021 目次

- 2020年国内主要競技会における女子100m選手のレース分析・・・110
～児玉芽生選手に焦点を当てて～
綿谷貴志, 小林海, 高橋恭平, 山中亮, 松林武生, 大沼勇人, 広川龍太郎
- 東京オリンピックシーズンにおける国内200mおよびU16陸上150mのレース分析・・・118
高橋恭平, 小林海, 山中亮, 大沼勇人, 綿谷貴志, 松林武生, 山本真帆, 笠井信一,
図子あまね
- 2021年度競技会における男女400m走および300m走のレース分析・・・131
山中亮, 高橋恭平, 小林海, 松林武生, 綿谷貴志, 大沼勇人, 丹治史弥, 広川龍太郎
- 田中希実選手の2021年日本選手権大会および東京オリンピックにおける1500mレース分析・・・142
丹治史弥, 小林海, 大沼勇人, 関慶太郎, 高信清人
- 2021年シーズンにおける男子110mハードル走のレース分析・・・146
柴山一仁, 貴嶋孝太, 杉本和那美, 森丘保典, 櫻井健一, 苅部俊二, 金子公宏, 谷川聡
- 2021年シーズンにおける国内一流女子100mハードルのレース分析結果・・・155
大西克広, 貴嶋孝太, 柴山一仁, 杉本和那美, 森丘保典, 前村公彦, 金子公宏,
高野大樹
- 2021年シーズンにおける男女400mハードル走のレース分析・・・167
杉本和那美, 森丘保典, 貴嶋孝太, 柴山一仁
- 男子3000m障害における水濠障害と通常障害の通過スピード分析・・・185
丹治史弥, 関慶太郎, 高信清人
- 2021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,・・・190
踏切前の接地位置と記録の関係
小山宏之, 柴田篤志, 清水悠, 苅山靖, 広川龍太郎
- 世代別に見た国内男子砲丸投競技者における回転投法の特徴・・・195
—シニアおよびU18の比較事例—
加藤忠彦, 瀧川寛子, 山本大輔, 岩波健輔, 牧野瑞輝, 塚田卓巳, 村上雅俊

やり投げおよびジャベリックスローにおける投てき動作の比較 － U18 および U16 を対象として－ 瀧川寛子, 山本大輔, 加藤忠彦, 牧野瑞輝, 村上雅俊	199
2021 年シーズンにおける十種競技選手の 110m ハードル走レース分析 松林武生, 山中亮, 松田克彦	203
2021 年シーズンにおける七種競技選手の 100m ハードル走レース分析 松林武生, 山中亮, 持田尚, 伊藤信之	206
第 104 回日本陸上競技選手権大会 (2021 年) 女子 20km 競歩における動作分析 － レース前後半での動作変容について－ 佐藤高嶺, 大沼勇人, 高橋直己, 三浦康二	209
2021 年度国内競歩レースにおけるロス・オブ・コンタクト判定 高橋直己, 川向哲弥, 佐藤高嶺, 三浦康二	214
東京 2020 オリンピックマラソンコースにおける環境調査 橋本峻, 岡崎和伸, 河村亜希, 杉田正明	221
東京 2020 オリンピック競歩コースにおける環境調査 橋本峻, 岡崎和伸, 河村亜希, 三浦康二, 杉田正明	224
高校陸上競技選手を対象にした質問紙調査の実施計画 渡邊將司, 森丘保典, 須永美歌子, 酒井健介, 山本宏明, 杉田正明	229

2020年国内主要競技会における女子100m選手のレース分析 ～兒玉芽生選手に焦点を当てて～

綿谷貴志¹⁾ 小林海²⁾ 高橋恭平³⁾ 山中亮⁴⁾ 松林武生⁵⁾ 大沼勇人⁶⁾ 広川龍太郎⁷⁾
1) 北海道情報大学 2) 東洋大学 3) 鹿児島大学 4) 新潟食料農業大学
5) 国立スポーツ科学センター 6) 関西福祉大学 7) 東海大学

1. はじめに

2020年9月に開催された日本学生対校陸上競技選手権大会の女子100mにおいて、兒玉芽生選手(福岡大学)が日本歴代3位となる11.35秒を記録した。勢いそのままに、10月に開催された日本選手権でも11.36秒の好タイムで見事に優勝を果たした。これまでも兒玉選手は高校3年生時のインターハイで優勝するなど、日本女子短距離界のトップクラスで活躍してきた選手ではあるが、2020年はそれまでの自己記録を一気に0.30秒更新するという急激な成長をみせた。現在の日本の女子短距離の競技水準は世界から大きく引き離されているが、兒玉選手の特徴を明らかにすることは当該選手の競技力向上のみならず、日本の女子短距離選手の競技力向上にも有益なものと考えられる。

本稿では、2020年の日本陸上競技連盟科学委員会の活動で収集した女子100m選手のレース分析結果を報告する。さらに、2020年シーズンで飛躍的な記録の向上をみせた兒玉選手に焦点を当ててデータを提示するとともに、世界、アジア、日本の各レベルのデータとの比較も行う。

2. 方法

2-1. 対象競技会

2020年の日本陸上競技連盟科学委員会におけるデータ収集活動の対象となった競技会は下記の5競技会であり、レース分析の対象ラウンドは決勝のみとした。なお、前述している兒玉選手が11.35秒を記録した日本学生対校陸上競技選手権大会は、日本陸上競技連盟科学委員会の活動対象でなかったため対象競技会からは除外している。

・ゴールデングランプリ陸上2020東京(2020年8

月23日、東京)(以下、「2020GGP」)における女子100m決勝

- ・Athlete Night Games in FUKUI 2020 - FUKUI 9.98CUP - (2020年8月29日、福井)(以下、「2020ANG福井」)における女子100m決勝
- ・富士北麓ワールドトライアル2020(2020年9月6日、山梨)(以下、「2020富士北麓WT」)における女子100m決勝
- ・第68回全日本実業団対抗陸上競技選手権大会(2020年9月18～20日、埼玉)(以下、「2020全日本実業団」)における女子100mA決勝およびB決勝
- ・第104回日本陸上競技選手権大会(2020年10月1～3日、新潟)(以下、「2020日本選手権」)における女子100m決勝

上記に加え、過去に兒玉選手が出走したレースの分析も行った。対象となった競技会は下記の2競技会である。

- ・第33回U20日本陸上競技選手権大会(2017年10月20～22日、愛知)(以下、「2017U20日本選手権」)における女子100m決勝
- ・第103回日本陸上競技選手権大会(2019年6月27～30日、福岡)(以下、「2019日本選手権」)における女子100m決勝

2-2. 対象選手

レース分析の対象選手は競技会別に以下のとおりである。

- ・2020GGP: 兒玉芽生選手, 鶴田玲美選手, 石堂陽奈選手, 湯浅佳那子選手, 青山華依選手, 景山咲穂選手, 御家瀬緑選手, 鷲麻耶子選手
- ・2020ANG福井: 鶴田玲美選手, 壹岐あいこ選手, 湯浅佳那子選手, 三浦由奈選手, 壹岐いちこ選手
- ・2020富士北麓WT: 石堂陽奈選手, 高橋明日香選

- 手, 名倉千晃選手, 足立茉鈴選手, 和田麻希選手
- ・2020 全日本実業団：鶴田玲美選手, 湯淺佳那子選手, 寺田明日香選手, 金井まるみ選手, 久保山晴菜選手, 壹岐いちこ選手
- ・2020 日本選手権：兒玉芽生選手, 鶴田玲美選手, 石川優選手, 青山華依選手, 壹岐あいこ選手, 安達茉鈴選手, 石堂陽奈選手, 湯淺佳那子選手
- ・2017U20 選手権：兒玉芽生選手
- ・2019 日本選手権：兒玉芽生選手

2-3. 測定方法

100m レースの撮影には6台のハイスピードカメラ (Lumix GH5S, Panasonic [1台], Lumix DMC-FZ300, Panasonic [5台], すべて239.76fps) を使用し, 競技場のスタンドからハードル位置を目印とした各撮影地点 (3.72m, 13m, 30m, 47m, 64m, 81m) で出走する全選手が入るように画角を設定した。測定はスタート時のスターターの閃光を撮影した後, 全選手がフィニッシュラインを通過し終わるまでレース映像の撮影を行った。閃光が撮影されていない場合は, 近い測定地点の映像における選手の接地の瞬間で各映像の時間を同期した。同期確認は, 少なくとも3か所の接地地点の分析を行った。

2-4. 分析方法

映像分析には映像再生・編集ソフト (Quick Time Pro7, Apple, USA) を使用し, スターターの閃光をゼロとして各校正点を選手のトルソーが通過したフレーム数をカウントし, そのフレーム数とカメラのサンプリングレート (239.76) の逆数との積により走速度を求めた。その後, 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求めた通過時間と通過地点の比から10m毎の走速度, 最高走速度と出現区間, 走速度低下率 (最高走速度と90-100m区間の走速度との比率) を算出した。また, 映像から4歩ごとの接地時のフレーム数を求め, 4歩に要した時間の逆数から4歩ごとのピッチを算出した。走速度をピッチで除すことによってストライドを算出した (小林ら2018, 高橋ら2019)。

3. 結果および考察

表1から表5は, 競技会別に対象者のレース分析結果を示したものである。分析項目は最高走速度, 最高走速度の出現区間, 最高走速度出現時のピッチとストライド, 走速度低下率, 10m毎の通過タイム, 10m毎の区間速度であった。もっとも良い記録だっ

たのは, 2020 日本選手権決勝における兒玉選手の11.36秒であった。

表6は, これまで収集してきた兒玉選手のレース分析結果を比較したものである。比較対象は2017U20 選手権, 2019 日本選手権, 2020GGP, 2020 日本選手権の4競技会における女子100m決勝であった。11.36秒を記録した2020 日本選手権での最高走速度は10.06m/秒であり, 分析対象となった過去のレースの中では最高値であった。この最高走速度時のピッチとストライドをみると, それぞれ4.70歩/秒と2.14mであり, とともに過去のレースの中では最高値であった。特に, ストライドの向上が顕著であった。兒玉選手の最高走速度の出現区間は全レースで50-60m区間であり, 走速度低下率は全レースで5%台であった。

図1は, 兒玉選手の分析対象となったレース中の走速度, ピッチ, ストライドを比較したものである。上述しているように, 2020 日本選手権決勝の最高走速度時のストライドが過去のレースよりも大きくなってはいたが, レース中の変化をみても過去のものより大きな傾向で推移していることがわかる。よって, レース中のストライドの向上が兒玉選手の2020年シーズンの記録更新の一要因であったと考えられる。

図2は, 女子100mにおけるレース中の最高走速度と記録との関係性を示したものである。グラフの作成に使用したデータは, 日本陸上競技連盟科学委員会がこれまで蓄積してきた国内外の女子100m選手のレース分析結果946例を用いている (同一選手の複数データ含む)。兒玉選手の2020 日本選手権決勝の最高走速度10.06m/秒をこのグラフの回帰式に当てはめると推定記録は11.37秒となり, 正式記録とほぼ一致する。福島千里選手が保持する日本記録11.21秒 (2021年12月現在) の更新に必要なレース中の最高走速度を求めると10.23m/秒, 2021年に開催予定の東京オリンピック参加標準記録である11.15秒の突破には10.29m/秒が目安となるだろう。

図3は, 高橋ら (2019) の報告を参考にし, 第18回アジア競技大会 (2018年8月25-30日, インドネシア・ジャカルタ, 以下「2018アジア大会」), 第17回世界陸上競技選手権大会 (2019年9月27日-10月6日, カタール・ドーハ, 以下「2019世界陸上」), 2019 日本選手権における上位4名のレース中の走速度, ピッチ, ストライドを平均し, 兒玉選手の2020 日本選手権決勝のデータと比較したものである。上位4名の記録の平均値は, 2018アジア大会が11.33 ± 0.03秒, 2019世界選手権が

10.84 ± 0.10 秒, 2019 日本選手権が 11.72 ± 0.03 秒であった。比較した結果, レース中の走速度, ピッチ, ストライドは上位 4 名の平均記録の順であり, 2019 世界陸上が最も走速度が大きく, ピッチとストライドも大きかった。兒玉選手の走速度は 2018 アジア大会の値と同程度であり, ピッチは 2020 日本選手権の値と同程度であった。ストライドは 17 - 20 歩目まで 2019 世界選手権と同程度であったがそれ以降は下回り, 33 歩目以降は 2018 アジア大会と同程度で推移していた。

4. まとめ

本稿では 2020 年の国内主要競技会での女子 100m 選手のレース分析結果を報告するとともに, 日本選手権女子 100m 優勝者の兒玉選手のレース分析を行い, 日本陸上競技連盟科学委員会が収集してきた過去のデータおよび世界, アジア, 日本レベルのデータとの比較を行った。兒玉選手のレース分析の結果は以下のとおりである。

- ① 兒玉選手の 2020 日本選手権決勝での最高走速度は 10.06m/ 秒であり, 過去の兒玉選手のデータの中では最高値であった。
- ② 2020 日本選手権決勝でのレース中のピッチとストライドを過去のデータと比較すると, ストライドの向上が顕著であった。
- ③ 最高走速度の出現区間は, 分析対象としたすべてのレースで 50 - 60m 区間であった
- ④ 走速度低下率は, 分析対象としたすべてのレースで 5% 台であった。
- ⑤ 兒玉選手の 2020 日本選手権決勝と 2019 世界陸上とを比較すると, 兒玉選手の方が走速度とピッチが小さく, ストライドは 20 歩目以降が小さかった。

参考文献

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

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

表1 2020GGPにおける女子100m決勝のレース分析結果

選手名 (所属)	記録(秒)	最高走速度(m/秒)		最高走速度出現時		走速度低下率(%)	10m 20m 30m 40m 50m 60m 70m 80m 90m 100m																		
		出現区間	ピッチ(歩/秒)	ストライド(m)	ストライド(m)		通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)							
児玉 芽生 (福岡大)	11.62	9.78	4.63	2.11	5.83	2.03	3.22	4.31	5.35	6.37	7.40	8.43	9.47	10.53	11.62	4.92	8.41	9.23	9.60	9.76	9.78	9.71	9.58	9.41	9.21
		50-60m				通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)
鶴田 玲美 (南九州ファミリート)	11.72	9.61	4.58	2.10	3.52	2.05	3.24	4.34	5.39	6.44	7.48	8.52	9.58	10.64	11.72	4.87	8.40	9.15	9.47	9.59	9.61	9.57	9.49	9.38	9.27
		50-60m				通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)
石堂 陽奈 (立命館慶祥高)	11.86	9.55	4.67	2.05	7.90	2.02	3.22	4.32	5.38	6.43	7.48	8.54	9.62	10.72	11.86	4.95	8.34	9.11	9.44	9.55	9.53	9.42	9.26	9.04	8.79
		40-50m				通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)
湯浅 佳那子 (三重県スツ協会)	11.95	9.47	4.84	1.96	7.27	2.05	3.26	4.36	5.43	6.49	7.54	8.61	9.70	10.81	11.95	4.87	8.30	9.05	9.37	9.47	9.45	9.35	9.20	9.00	8.78
		40-50m				通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)
青山 華依 (大阪高)	11.97	9.46	4.44	2.13	7.97	2.06	3.25	4.34	5.41	6.46	7.53	8.60	9.70	10.82	11.97	4.85	8.41	9.13	9.40	9.46	9.41	9.29	9.12	8.92	8.71
		40-50m				通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)
景山 咲穂 (筑波大)	11.99	9.35	4.92	1.90	5.58	2.05	3.24	4.34	5.42	6.49	7.56	8.64	9.74	10.86	11.99	4.87	8.42	9.08	9.31	9.35	9.31	9.22	9.10	8.97	8.83
		40-50m				通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)
御家瀬 緑 (住友電工)	12.01	9.46	4.68	2.02	8.59	2.06	3.27	4.37	5.43	6.49	7.55	8.63	9.73	10.85	12.01	4.84	8.33	9.08	9.38	9.46	9.41	9.29	9.11	8.88	8.65
		40-50m				通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)
鷲 麻耶子 (八王子真高)	12.07	9.38	4.38	2.14	6.03	2.12	3.33	4.44	5.52	6.59	7.65	8.73	9.82	10.94	12.07	4.72	8.24	8.98	9.28	9.38	9.37	9.29	9.15	8.99	8.82
		40-50m				通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)

風速: -0.9m/秒

表2 2020ANG 福井における女子100m決勝のレース分析結果

選手名 (所属)	記録(秒)	最高走速度(m/秒)		最高走速度出現時		走速度低下率(%)	10m 20m 30m 40m 50m 60m 70m 80m 90m 100m																		
		出現区間	ピッチ(歩/秒)	ストライド(m)	ストライド(m)		通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)							
鶴田 玲美 (南九州ファミリート)	11.48	9.90	4.61	2.15	4.50	2.04	3.22	4.29	5.32	6.34	7.35	8.36	9.38	10.42	11.48	4.90	8.50	9.32	9.70	9.86	9.90	9.86	9.77	9.63	9.46
		50-60m				通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)
壹岐 あいこ (立命館大)	11.62	9.81	4.63	2.12	3.98	2.07	3.28	4.37	5.42	6.45	7.47	8.49	9.52	10.56	11.62	4.83	8.29	9.13	9.54	9.74	9.81	9.80	9.72	9.59	9.42
		50-60m				通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)
湯浅 佳那子 (三重県スツ協)	11.65	9.74	4.89	1.99	5.98	2.03	3.22	4.31	5.35	6.38	7.41	8.44	9.49	10.56	11.65	4.93	8.40	9.20	9.57	9.72	9.74	9.67	9.54	9.37	9.15
		50-60m				通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)
三浦 由奈 (筑波大)	11.67	9.75	4.55	2.15	6.37	2.06	3.25	4.33	5.38	6.40	7.43	8.46	9.51	10.57	11.67	4.86	8.40	9.22	9.59	9.74	9.75	9.68	9.55	9.37	9.13
		50-60m				通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)
香坂 いちこ (ユティック)	11.77	9.62	4.60	2.09	6.58	2.04	3.23	4.33	5.38	6.42	7.46	8.51	9.57	10.66	11.77	4.91	8.36	9.14	9.48	9.61	9.62	9.54	9.40	9.22	8.99
		50-60m				通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)

風速: +1.1m/秒

表3 2020 富士北麓 WT における女子100m決勝のレース分析結果

選手名 (所属)	記録(秒)	最高走速度(m/秒)		最高走速度出現時		走速度低下率(%)	10m 20m 30m 40m 50m 60m 70m 80m 90m 100m																		
		出現区間	ピッチ(歩/秒)	ストライド(m)	ストライド(m)		通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)							
石堂 陽奈 (立命館慶祥高)	11.65	9.74	4.69	2.08	6.33	2.01	3.21	4.30	5.35	6.38	7.41	8.44	9.49	10.55	11.65	4.98	8.32	9.14	9.53	9.70	9.74	9.69	9.56	9.37	9.13
		50-60m				通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)
高橋 明日香 (アスレチックスジャパン)	11.78	9.59	4.80	2.00	5.99	2.05	3.23	4.32	5.38	6.42	7.46	8.52	9.58	10.67	11.78	4.89	8.43	9.18	9.49	9.59	9.58	9.50	9.37	9.20	9.01
		40-50m				通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)
名倉 千晃 (NTN)	11.83	9.58	4.82	1.99	8.22	2.01	3.22	4.32	5.38	6.42	7.47	8.52	9.59	10.69	11.83	4.97	8.29	9.08	9.44	9.58	9.58	9.49	9.32	9.09	8.80
		50-60m				通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)
足立 菜鈴 (京都橋高)	11.84	9.57	4.75	2.02	6.97	2.06	3.26	4.35	5.40	6.45	7.49	8.55	9.62	10.72	11.84	4.85	8.38	9.15	9.47	9.57	9.56	9.47	9.33	9.14	8.91
		40-50m				通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)
和田 麻希 (ミスノ)	11.89	9.57	4.62	2.07	7.67	2.07	3.28	4.38	5.44	6.48	7.53	8.58	9.66	10.76	11.89	4.83	8.30	9.09	9.44	9.57	9.56	9.47	9.31	9.10	8.83
		40-50m				通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)	通過タイム(秒)	区間速度(m/秒)

風速: +1.4m/秒

表 4 2020 全日本実業団における女子 100mA 決勝および B 決勝のレース分析結果

【A決勝】

選手名 (所属)	記録 (秒)	最高走速度 (m/秒)	最高走速度出現時 ピッチ (歩/秒)	最高走速度出現時 ストライド (m)	走速度低下率 (%)	10m	20m	30m	40m	50m	60m	70m	80m	90m	100m	
鶴田 玲美 (南九州ファミリアーマート)	11.79	9.58 50-60m	4.57	2.10	4.30	4.82	8.35	9.11	4.37	5.43	6.47	7.52	8.57	9.63	10.70	11.79
							通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)
湯浅 佳那子 (三重県スポーツ協会)	11.85	9.54 40-50m	4.77	2.00	6.01	4.86	8.36	9.11	4.35	5.41	6.46	7.51	8.57	9.64	10.73	11.85
							通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)
寺田 明日香 (ハンナグループ)	11.93	9.53 40-50m	4.70	2.03	9.11	4.87	8.42	9.17	4.33	5.39	6.44	7.49	8.56	9.65	10.78	11.93
							通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)
金井 まるみ (ドトールコーヒー)	11.95	9.49 40-50m	4.55	2.09	9.31	4.92	8.40	9.14	4.32	5.38	6.43	7.49	8.57	9.66	10.79	11.95
							通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)

風速: -0.8m/秒

【B決勝】

選手名 (所属)	記録 (秒)	最高走速度 (m/秒)	最高走速度出現時 ピッチ (歩/秒)	最高走速度出現時 ストライド (m)	走速度低下率 (%)	10m	20m	30m	40m	50m	60m	70m	80m	90m	100m	
久保山 晴菜 (今村病院)	11.95	9.46 40-50m	4.59	2.06	7.00	4.83	8.42	9.13	4.40	5.46	6.42	7.44	8.41	9.31	10.17	11.95
							通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)
壹岐 いちこ (ユティック)	11.98	9.38 50-60m	4.55	2.06	4.42	4.82	8.27	9.08	4.40	5.47	6.54	7.61	8.68	9.76	10.86	11.98
							通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)

風速: -0.7m/秒

表 5 2020 日本選手権における女子 100m 決勝のレース分析結果

選手名 (所属)	記録 (秒)	最高走速度 (m/秒)	最高走速度出現時 ピッチ (歩/秒)	最高走速度出現時 ストライド (m)	走速度低下率 (%)	10m	20m	30m	40m	50m	60m	70m	80m	90m	100m
兒玉 芽生 (福岡大)	11.36	10.06 50-60m	4.70	2.14	5.83	4.92	8.60	9.47	9.86	10.03	10.06	9.99	9.86	9.68	9.46
							通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)
鶴田 玲美 (南九州ファミリアーマート)	11.53	9.84 50-60m	4.59	2.14	5.04	4.89	8.56	9.35	9.69	9.82	9.84	9.77	9.66	9.51	9.34
							通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)
石川 優 (相洋高)	11.66	9.74 50-60m	4.55	2.15	5.48	4.81	8.48	9.28	9.62	9.74	9.74	9.67	9.55	9.39	9.21
							通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)
青山 華依 (大阪高)	11.72	9.68 40-50m	4.46	2.17	8.92	5.00	8.52	9.29	9.59	9.68	9.64	9.52	9.33	9.09	8.82
							通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)
壹岐 あいこ (立命館大)	11.77	9.66 50-60m	4.63	2.09	5.03	4.79	8.31	9.11	9.47	9.63	9.66	9.61	9.51	9.36	9.18
							通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)
安達 茉鈴 (京都橘高)	11.80	9.57 40-50m	4.75	2.02	7.42	4.98	8.47	9.20	9.49	9.57	9.53	9.42	9.26	9.06	8.86
							通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)
石堂 陽奈 (立命館慶祥高)	11.81	9.63 50-60m	4.66	2.07	7.11	4.88	8.28	9.09	9.46	9.61	9.63	9.55	9.41	9.20	8.95
							通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)
湯浅 佳那子 (三重県スポーツ協会)	11.90	9.55 40-50m	4.80	1.99	7.60	4.82	8.33	9.11	9.44	9.55	9.54	9.44	9.28	9.07	8.83
							通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)	通過タイム (秒)

風速: +0.5m/秒

表 6 兒玉選手のレース分析結果の比較

大会名	記録 (秒)	最高走速度 (m/秒)	最高走速度出現時 ピッチ (歩/秒)	最高走速度出現時 ストライド (m)	走速度低下率 (%)
2020日本選手権 決勝	11.36	10.06	4.70	2.14	5.83
	+0.5	50-60m			
2020GGP 決勝	11.62	9.78	4.63	2.11	5.83
	-0.9	50-60m			
2019日本選手権 決勝	11.74	9.67	4.59	2.11	5.94
	+0.6	50-60m			
2017U20日本選手権 決勝	11.77	9.66	4.63	2.09	5.42
	+0.3	50-60m			

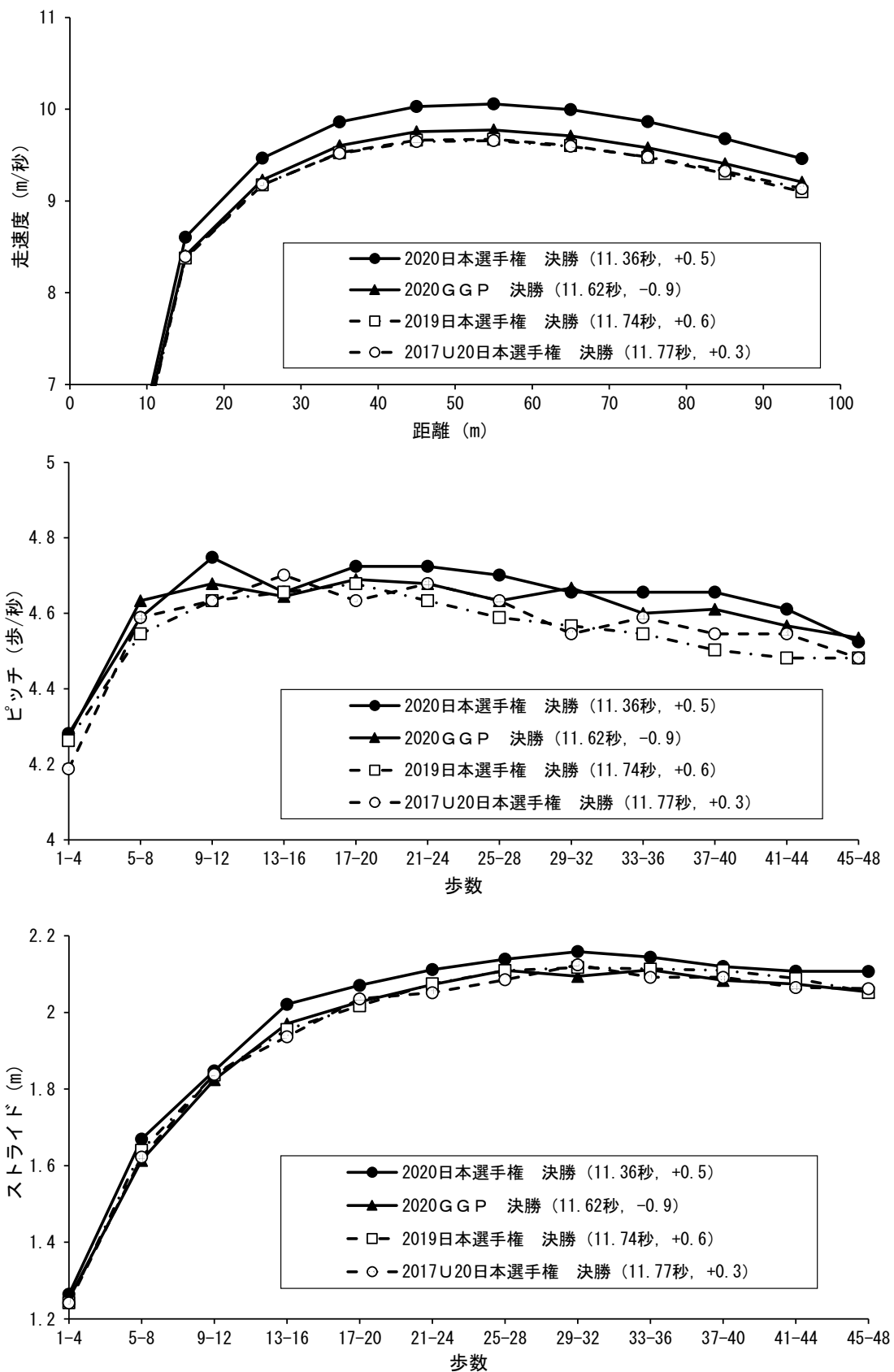


図1 兒玉選手の比較対象4レースにおける走速度，ピッチ，ストライド

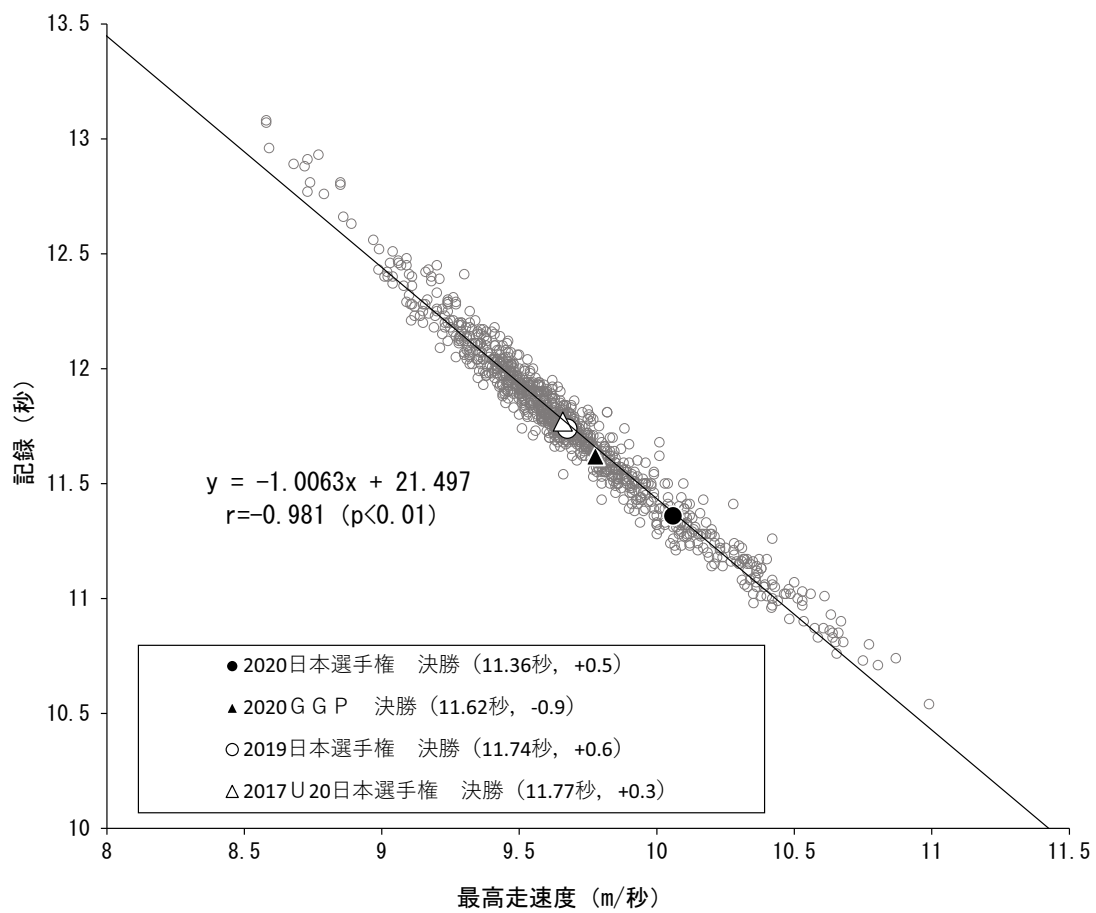


図2 女子100mにおける最高走速度と記録との関係

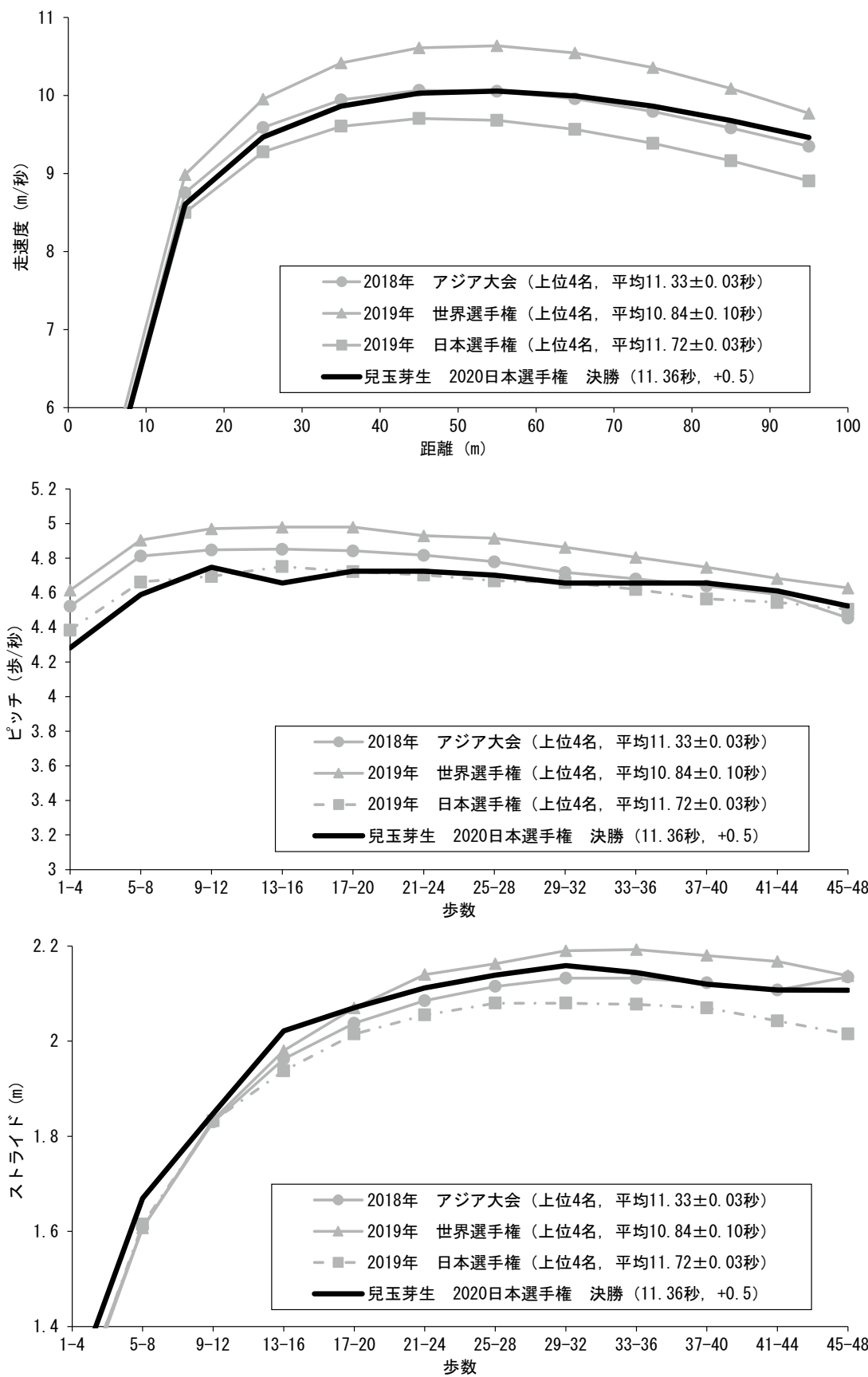


図3 2018アジア大会, 2019世界選手権, 2019日本選手権の女子100m決勝レース上位4名の走速度, ピッチ, ストラライドと兒玉選手との比較

東京オリンピックシーズンにおける国内 200m および U16 陸上 150m のレース分析

高橋恭平¹⁾ 小林海²⁾ 山中亮³⁾ 大沼勇人⁴⁾ 綿谷貴志⁵⁾ 松林武生⁶⁾ 山本真帆⁶⁾
笠井信一⁶⁾ 関子あまね⁶⁾

1) 鹿児島大学 2) 東洋大学 3) 新潟食料農業大学 4) 関西福祉大学 5) 北海道情報大学
6) 国立スポーツ科学センター

1. はじめに

昨シーズンは新型コロナウイルス感染症拡大の影響を受け、本来であれば、開催されるはずであった東京オリンピックが延期となり、その他国内外の多くの競技会が延期、もしくは中止となった。そして、2021年シーズンは、延期開催された東京オリンピックをはじめ、国内主要競技会においても、感染症対策が施されながら実施された。そのうち、本研究では、2021年度日本陸上競技連盟科学委員会として活動することの出来た、READY STEADY TOKYO - 陸上競技および第105回日本陸上競技選手権大会、第37回U20日本陸上競技選手権大会の200mレース、第52回U16陸上競技大会の150mレースについて分析した。

READY STEADY TOKYO - 陸上競技は、東京オリンピックのテスト大会として国立競技場で開催され、WORLD ATHLETICS CONTINENTAL TOUR GOLD種目であった男子200mは、飯塚翔太選手（ミズノ）が20.48秒で制した。東京オリンピック日本代表選手選考会も兼ねた第105回日本陸上競技選手権大会では、男子において小池祐貴選手（住友電工）が20.46秒で初優勝し東京オリンピック代表に内定した他、女子において兒玉芽生選手（福岡大）が23.46秒で制し、100mと合わせて2冠を達成した。また、日本陸上競技選手権大会と同時開催されたU20日本陸上競技選手権大会の200m、U16陸上競技大会において、U18へのスムーズな移行を目的に“接続種目”として設定された150mの分析も実施することで、縦断的なデータ蓄積も目的とした。本稿では、これらの分析結果から、走速度および走速度低下率、ピッチ、ストライドを中心に言及する。

2. 方法

2-1. 対象競技会

対象競技会は、次の4競技会とし、レース測定および分析を行った。

- READY STEADY TOKYO - 陸上競技（2021年5月9日）（以下、五輪テスト大会）
- 第105回日本陸上競技選手権大会（2021年6月24～27日）（以下、日本選手権）
- 第37回U20日本陸上競技選手権大会（2021年6月24～27日）（以下、U20日本選手権）
- 第52回U16陸上競技大会（2021年10月22～24日）（以下、U16陸上）

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。

- 五輪テスト大会：飯塚翔太選手、東田旺洋選手、山下潤選手、鈴木涼太選手、樋口一馬選手、鈴木碧斗選手、女子の上位3選手
- 日本選手権：小池祐貴選手、デーデーブルーノ選手、鈴木涼太選手、山下潤選手、飯塚翔太選手、女子の上位4選手
- U20日本選手権：男子の上位5選手、女子の上位4選手
- U16陸上：男女共に上位5選手

2-3. 測定方法

200mおよび150mレースの測定は、液晶デジタルビデオカメラ Lumix (DMC-FZ300, Panasonic, JAPAN) もしくは Lumix (DC-GH5S, Panasonic, JAPAN) を、200mでは6台、150mでは5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）とした。200mレースの撮

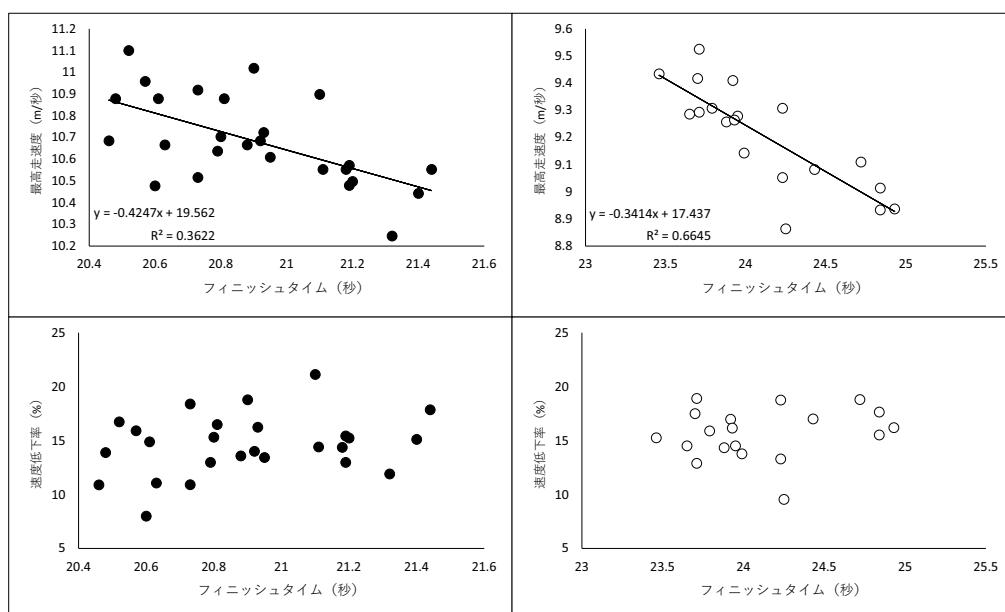


図1. 2021年シーズン200mレースにおける最高走速度（上段）および走速度低下率（下段）とフィニッシュタイムの関係（●：男子 ○：女子）

影地点は20m, 55m, 80m, 100m, 121.5m, 149.42m, 181mの7地点とし、150mレースは5m, 30m, 50m, 71.5m, 99.42m, 131mの6地点とし、そのレースに出場している全選手（全レーン）が入るカメラ画角を設定した。

測定者は各撮影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、200mレースにおける20m, 55m, 80m, 100m, 149.42m地点と、150mレースにおける50mと99.42m地点の測定者は各地点の真上でなく、対角線上スタンドに配置した。フィールド内に設営されたテント等で撮影地点が重なる場合は、撮影地点真上からの撮影を行った。また、200mレースにおける100m地点と149.42m地点、150mレースにおける50m地点と99.42m地点は1名の測定者が兼任し、110mハードルの6台目(200mレース：149.42m地点、150mレース：99.42m地点)延長線上から両地点を撮影した。全てのレースの撮影は、スターターのピストル閃光を撮影した後、全選手がゴールするまでパンニング撮影を行った。

2-4. 分析方法

映像分析には映像再生・編集ソフト(QuickTimePro7, Apple, USA)によるフレーム表示機能を用い、まず、全測定ポイントから撮影した映像において、スターターのピストル閃光をゼロフレームに編集した。

最高走速度および走速度低下率とフィニッシュタイムについて実施した相関分析はピアソンの積率相関分析を用い、有意水準は5%または1%とした。

2-4-1. 通過タイムおよび区間平均走速度

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

2-4-2. 走速度低下率

走速度低下率は、最高走速度から低下した速度の割合を示す指標として、最高走速度から181-200m区間の走速度を引いた値を最高走速度で除すことによって求めた。

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、200mレースでは計6歩から14歩、150mレースでは計2歩から12歩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。

3. 結果および考察

東京オリンピックシーズンは、コロナ禍、五輪テスト大会や東京オリンピックなど、緊急事態宣言下で開催された競技会もあった。競技会に関わる全ての関係者が感染症対策を万全に施した上で開催され、我々が測定・分析することの出来た五輪テスト

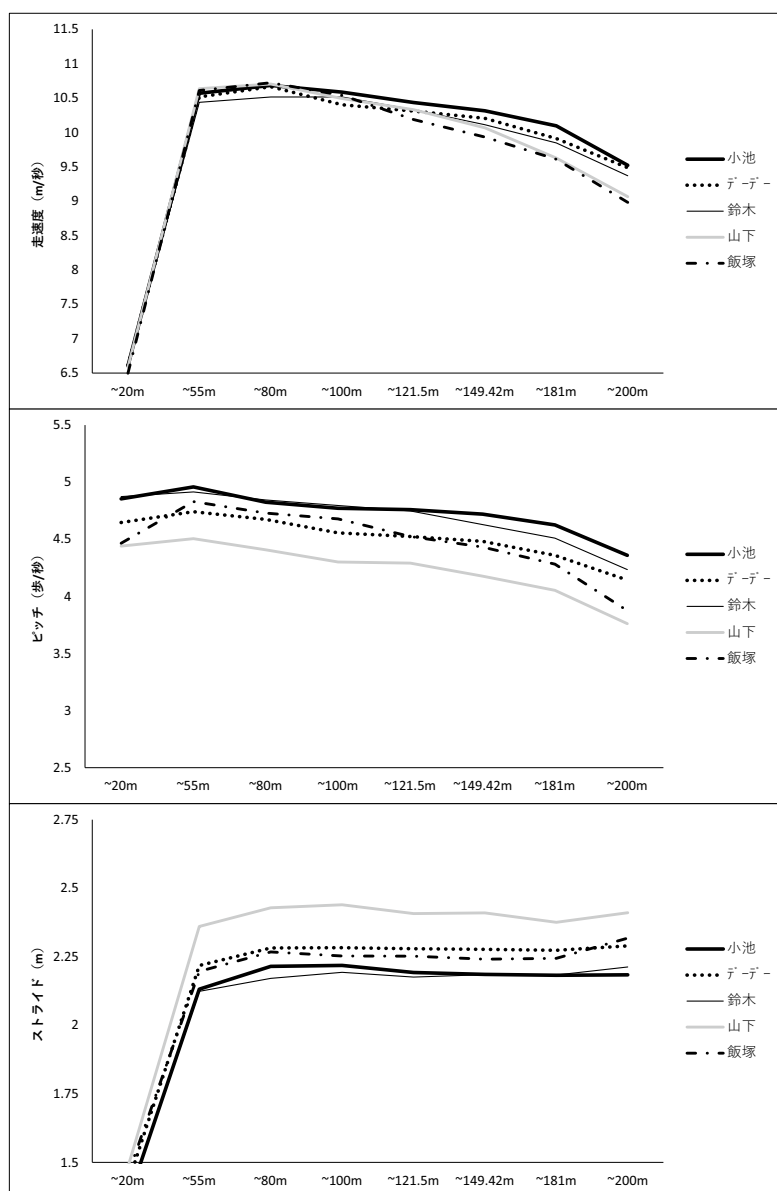


図2. 2021年日本選手権男子200m決勝上位5選手における走速度（上段）およびピッチ（中段）、ストライド（下段）

大会および日本選手権, U20日本選手権の200mレース, U16陸上の150mレースについて検証した。

図1は2020年度日本陸上競技連盟科学委員会が測定・分析した200m決勝全レース分のフィニッシュタイムと最高走速度および走速度低下率の関係を示している。最高走速度は、男女共にフィニッシュタイムと有意な負の相関関係が認められ ($p < 0.01$)、従来の報告通り (高橋ら2016, 高橋ら2017, 高橋ら2018, 高橋ら2019, 高橋ら, 2020), 男女共にパフォーマンスと密接な関係を示した。したがって、200mレースにおいて最高走速度を高めることは、パフォーマンス向上のために重要であることが示唆される。一方、走速度低下率は、男女とも有意な相関関係は認められず (男子: $p = 0.07$, 女子: $p = 0.30$)、昨シーズンの報告と類似した (高橋ら,

2020)。2021年シーズンも昨シーズン同様、日本人選手のみでの分析結果で走速度低下率との関係性が認められなかったが、2019年シーズンは外国人選手も含めたシニア男子選手において有意な正の相関関係が認められたため、日本人選手と外国人選手を分ける等、より詳細な分析が必要と考えられる。

図2は日本選手権男子200mの決勝レースにおける対象選手の走速度およびピッチ, ストライドの分析結果を示している。最高走速度の出現区間は、5選手全員において55-80m区間で、昨シーズンと同様の傾向を示した (高橋ら, 2020)。20.46秒 (+1.0m/秒) の記録で優勝した小池選手の最高走速度は、5選手中3番目に高い最高走速度 (10.68m/秒) であったが、走速度低下率が最も低かった (10.89%)。特に、最高走速度到達以降、149.42-181m区間までの

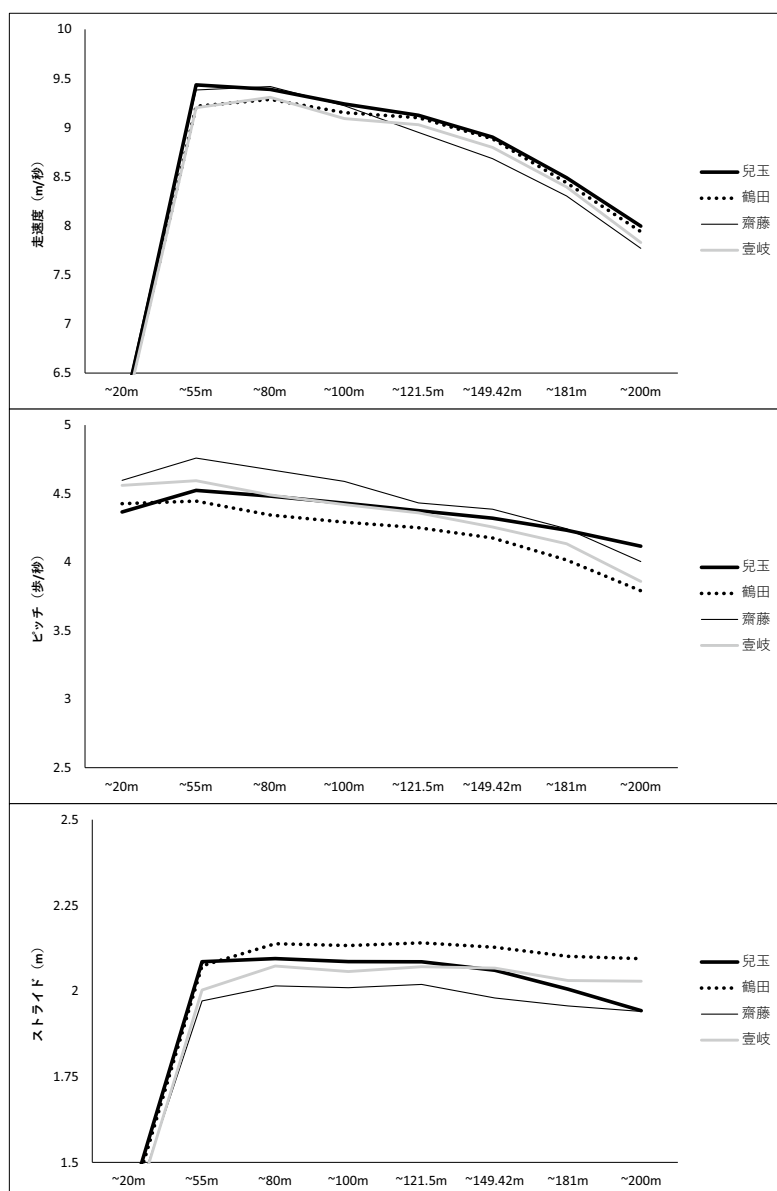


図3. 2021年日本選手権女子200m決勝上位4選手における走速度（上段）およびピッチ（中段）、ストライド（下段）

走速度が10.00 m/秒を割っていない選手は小池選手のみであった。また、小池選手は、レース中一貫したピッチの高さも顕著であった。その小池選手を含む全5選手の最高ピッチは20-55m区間で出現しており、この傾向は2020年シーズンと同様で（高橋ら, 2020）,小池選手が最も高かった(4.96歩/秒)。2020年シーズンは、ほとんどのシニア日本人男子選手において、最高ピッチが20-55m区間で出現後、最高走速度および最高ストライドが55-80m区間で出現する傾向にあったが、2021年シーズンの最高ストライドは、小池選手と山下選手が80-100m区間で、その他3選手が181-200m区間で出現しており、傾向が異なっていた。しかしながら、2019年カタールのドーハで開催された世界選手権男子200m決勝における上位7選手の最高ストライドは80-100m区

間で出現する傾向を示しており（高橋ら, 2019）,小池選手と山下選手はそれに類似するレースパターンを示した。一方、その他3選手が181-200m区間で出現していたことについて、55-80m区間以降フィニッシュまで2.8m前後のストライドを維持したデーデー選手を除いては、レース展開における戦略としてというよりも、ラスト同区間でピッチが低下し、苦しい走りであったことを反映している可能性がある。実際、飯塚選手と鈴木選手は、181-200m区間のピッチが、その全区間である149.42-181m区間と比較して、それぞれ、9.5%と6.1%低下していた。

図3は日本選手権女子200mの決勝レース上位4選手における走速度およびピッチ、ストライドの分析結果を示している。最高走速度の出現区間は、優勝した兒玉選手を除く3選手において55-80m区

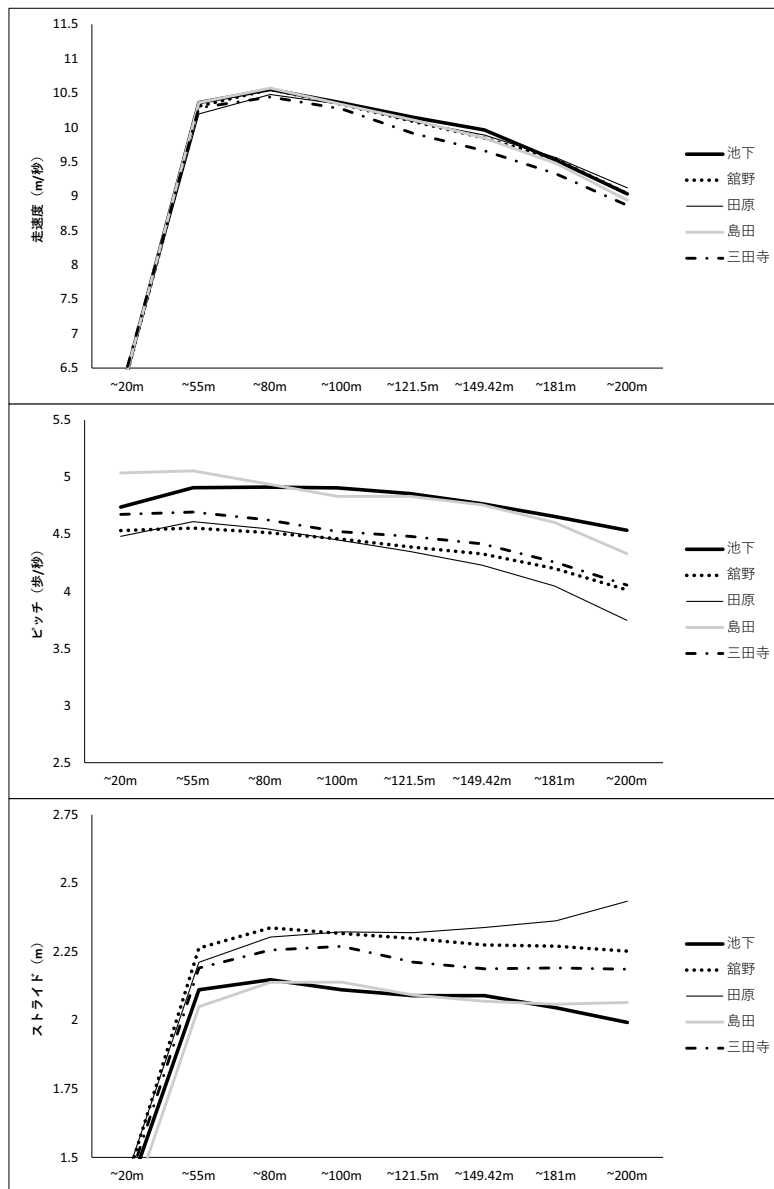


図4. 2021年U20日本選手権男子200m決勝上位5選手における走速度（上段）およびピッチ（中段）、ストライド（下段）

間で、男子および2020年シーズンと同様の傾向であった（高橋ら，2020）。最高ピッチの出現区間は、男子および2020年シーズンと同様、全選手が20-55m区間であったが、最高ストライドは、兒玉選手と壺岐選手が55-80m区間で、鶴田選手と齋藤選手が100-121.5m区間で出現していた。兒玉選手は、2020年の日本選手権の記録（23.44秒）に近い23.46秒で制した。兒玉選手は、スタート-55m区間の高いストライドと、最終分析区間である181-200m区間まで4.0歩/秒を超える高いピッチが特徴的で、この特徴は2020年と2021年シーズンの日本選手権決勝両レースで認められた。しかし、その両レースにおける最高走速度（2020年：9.42m/秒，2021年：9.43m/秒）の出現区間に違いが認められ、55-80m区間で出現した2020年は、2021年と比較し

て全ての分析区間においてストライドが高かった。一方、20-55m区間で出現した2021年は、2020年と比較して全ての区間においてピッチが高かった。これより、ピッチおよびストライドの高さに依存して最高走速度の出現区間が異なることが考えられる。2020年の日本選手権において、日本歴代3位となる23.17（-0.1m/秒）でこの種目を制した鶴田選手は、2021年シーズンは23.65秒で2位だった。2020年と2021年共に、最高走速度は55-80m区間で出現していたが、2020年シーズン（9.54m/秒）と比較して、2021年シーズンは低かった（9.29m/秒）。ピッチおよびストライドに着目すると、2020年と2021年の日本選手権決勝レースにおけるストライドは、いずれの区間も1%以内の差異であったが、ピッチは2021年の日本選手権において最大2.9%

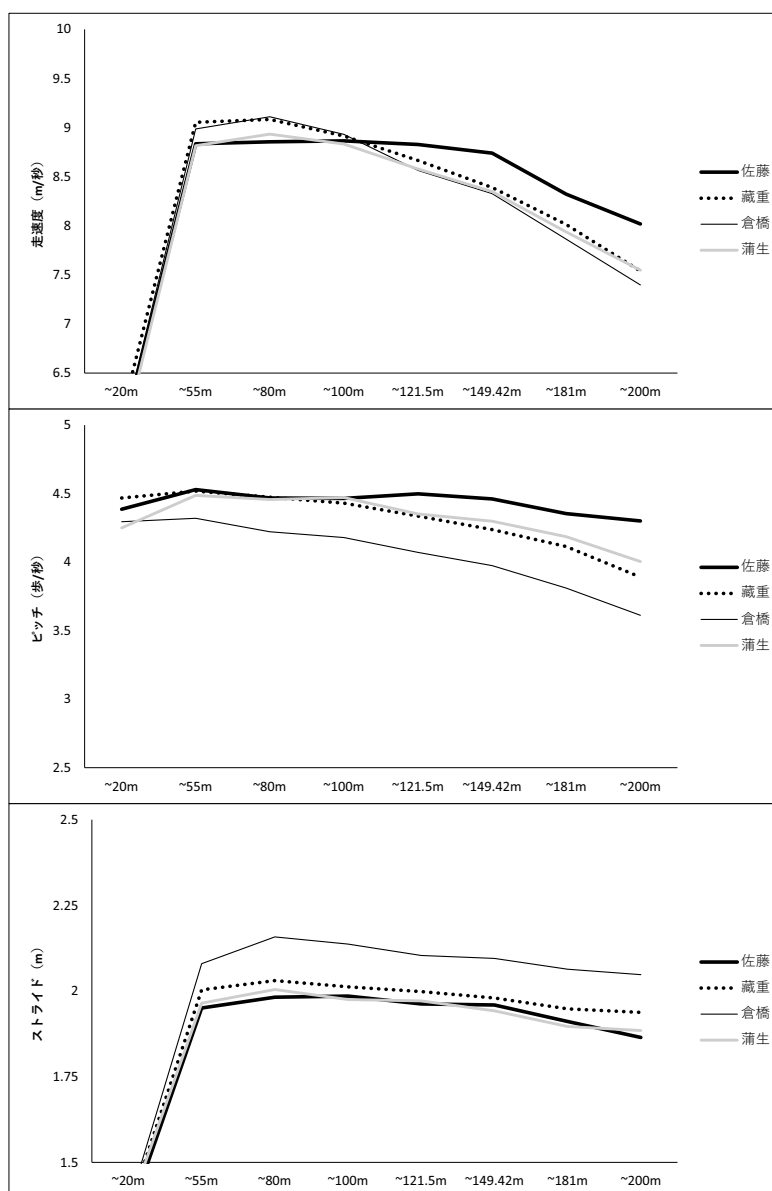


図5. 2021年U20日本選手権女子200m決勝上位4選手における走速度（上段）およびピッチ（中段）、ストライド（下段）

(55-80m 区間) 低くなっていた。したがって、鶴田選手は、ピッチを高めることがパフォーマンス向上に繋がるのが考えられる。

図4はU20日本選手権男子200mの決勝レース上位5選手における走速度およびピッチ、ストライドの分析結果を示している。最高走速度は、4位であった島田選手が最も高い10.57m/秒で、その出現区間は全5選手において55-80m区間で、シニア選手と同様であった。21.11秒(-0.3m/秒)で制した池下選手は、全ての分析区間において4.5歩/秒を超える終始高いピッチが特徴的であった。

図5はU20日本選手権女子200mの決勝レース上位4選手における走速度およびピッチ、ストライドの分析結果を示している。最高走速度は、3位であった倉橋選手が最も高い9.11m/秒で、その出現区間

は倉橋選手含む3選手において55-80m区間であったが、優勝した佐藤選手のみ80-100m区間であった。佐藤選手は、全4選手中、最高走速度が最も低かったが(8.86m/秒)、終始高いピッチが特徴で、走速度低下率が最も低い9.54%であった。最高走速度とパフォーマンスの関係性は明確であるため(図1)、佐藤選手は、最高走速度を高めることで、更なるパフォーマンス向上が期待できると考えられる。

図6はU16陸上男子150mの決勝レース上位5選手における走速度およびピッチ、ストライドの分析結果を示している。最高走速度は、5位の井上選手を除く全ての選手において、コーナーを抜けて直線に入る50-71.5m区間で出現していた。100mレースにおいて、大沼ら(2019)は、シニア男子国内外27選手を分析した結果、19選手が50-60m区間で、

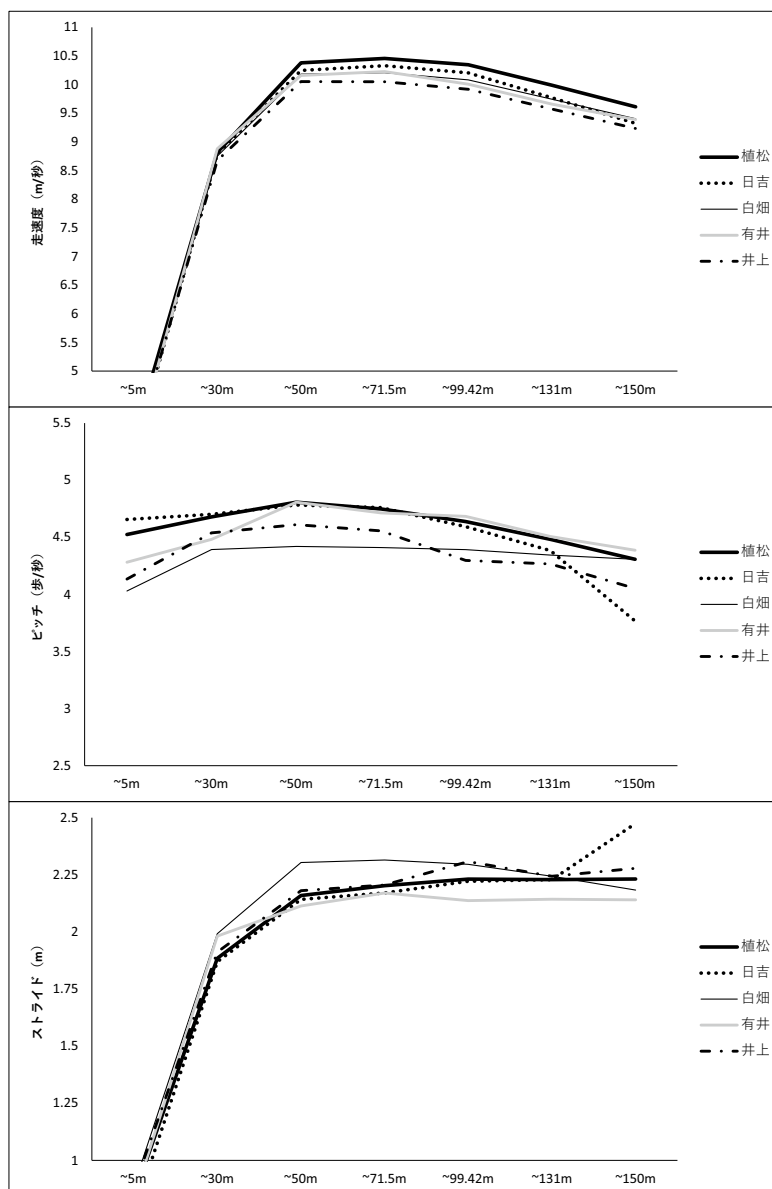


図6. 2021年U16陸上権男子150m決勝上位5選手における走速度(上段)およびピッチ(中段), ストライド(下段)

8選手が60-70m区間で、すなわち、全ての選手がレース中盤を過ぎた辺りで最高走速度に到達していたことを報告している。一方、200mレースにおいては、先述した通り、55-80m区間で、すなわち、レース前半で最高走速度の出現する選手が多い。この150mという種目は、競技者育成指針（日本陸上競技連盟，2018）に基づき、U18へのスムーズな移行を目的に“接続種目”として設定され初開催された。今回初めての検証により、最高走速度は150mレース前半に出現する傾向にあることが明らかとなり、200mレースの最高走速度出現区間と類似することが示唆された。これは、200m同様曲走路を含むレースのためなのか、単に100mよりも距離が長くなったためなのか、もしくは、他にも要因があるのか今後更なる検証を要す。また、15.97秒（-0.9m/秒）

で優勝した植松選手は、5選手中最も高い最高走速度で（10.46m/秒）、前半からピッチの高さが特徴的であった。最高ピッチは、全選手において30-50m区間で出現していたが、最高ストライドの出現区間に傾向は認められなかった。

図7はU16陸上女子150mの決勝レース上位4選手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。17.96秒（+1.1m/秒）で優勝した島田選手は、4選手中最も高い最高走速度で（9.29m/秒）、終始高いピッチが特徴的であった。島田選手の最高ピッチと最高ストライドの出現区間は共に50-71.5m区間であったが、その他の選手は、30-50m区間で最高ピッチが、71.5-99.42m区間で最高ストライドが出現していた。150mレースについては、今後も継続的にデータ取得に努め、横断的且

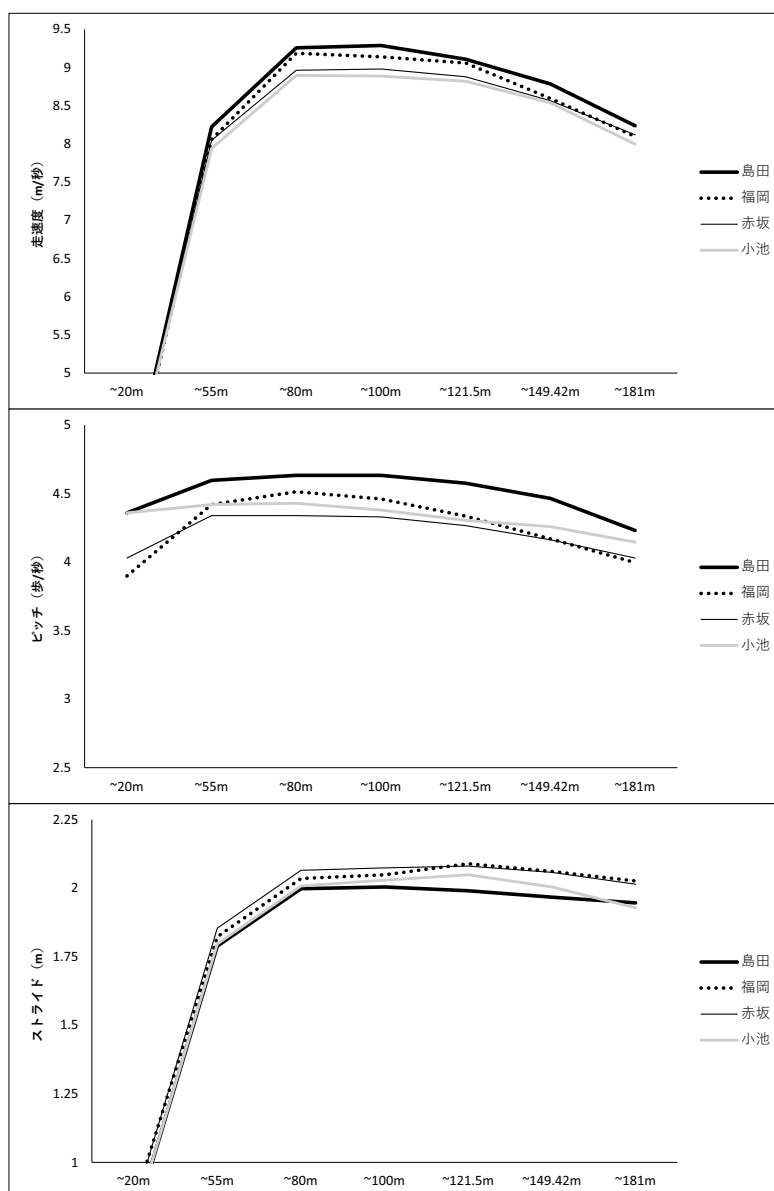


図7. 2021年U16陸上権女子150m決勝上位4選手における走速度(上段)およびピッチ(中段),ストライド(下段)

つ縦断的検証に活かしたい。

参考文献

高橋恭平, 広川龍太郎, 松林武生, 小林海, 松尾彰文, 柳谷登志雄, 山元康平 (2016) 2015年における日本および世界一流200m選手のレース分析. 陸上競技研究紀要, 12 : 115-127.

高橋恭平, 広川龍太郎, 松林武生, 小林海, 松尾彰文, 柳谷登志雄, 山元康平, 山中亮, 大家利之, 吉本隆哉, 大沼勇人, 輪島裕美 (2017) 2016年国内外トップスプリンターの200mにおける走パフォーマンス分析. 陸上競技研究紀要, 13 : 84-91.

高橋恭平, 広川龍太郎, 小林海, 渡辺圭佑, 山中亮,

大沼勇人, 吉本隆哉, 松林武生, 松尾彰文 (2018) 2017年シーズンにおける200m走パフォーマンス分析. 陸上競技研究紀要, 14 : 165-173.

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

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

高橋恭平, 広川龍太郎, 小林海, 山中亮, 大沼勇人, 松林武生, 綿谷貴志 (2020) 国内トップスプリンターにおける2020年シーズンの200mレース分析. 陸上競技研究紀要, 16 : 88-96.

日本陸上競技連盟 (2018) 競技者育成指針.
<https://www.jaaf.or.jp/development/model/>,
(参照日 2021 年 12 月 16 日).

READY STEADY TOKYOー陸上競技(東京2020テストイベント) @ 国立競技場
男子200m 決勝
2021/5/9 18:40 (風速 +1.4 m/s)

順位 レーン	選手名 (所属)	記録(秒)	最高走速度(m/秒) 到達地点	走速度低下率(%)	0m ~ 20m	20m ~ 55m	55m ~ 80m	80m ~ 100m	100m ~ 121.5m	121.5m ~ 149.42m	149.42m ~ 181m	181m ~ 200m
1位	飯塚 翔太 (ミズノ)	20.48	10.88	13.89	3.04	6.39	8.69	10.55	12.59	15.29	18.45	20.48
5レーン			55-80m		3.04	10.43	10.88	10.78	10.52	10.36	9.98	9.37
					4.61	4.80	4.70	4.66	4.58	4.50	4.39	4.12
					1.43	2.18	2.31	2.31	2.30	2.31	2.27	2.27
3位	東田 旺洋 (栃木スホ協)	20.60	10.48	7.99	3.04	6.46	8.85	10.77	12.83	15.50	18.63	20.60
1レーン			100-121.5m		6.59	10.22	10.46	10.40	10.48	10.43	10.10	9.64
					4.65	4.68	4.53	4.60	4.61	4.60	4.45	4.19
					1.42	2.18	2.31	2.26	2.27	2.27	2.27	2.30
4位	山下 潤 (ANA)	20.61	10.88	14.88	3.07	6.39	8.69	10.56	12.60	15.33	18.56	20.61
6レーン			55-80m		6.51	10.54	10.88	10.72	10.51	10.23	9.80	9.26
					4.44	4.58	4.45	4.35	4.33	4.24	4.12	3.96
					1.47	2.30	2.45	2.46	2.43	2.41	2.38	2.34
5位	鈴木 涼太 (城西大)	20.79	10.64	12.97	3.04	6.45	8.80	10.69	12.75	15.51	18.74	20.79
4レーン			55-80m		6.59	10.25	10.64	10.62	10.39	10.13	9.79	9.26
					4.72	4.86	4.83	4.76	4.72	4.62	4.45	4.21
					1.40	2.11	2.20	2.23	2.20	2.19	2.20	2.20
7位	樋口 一馬 (MINT TOKYO)	20.88	10.67	13.57	3.06	6.43	8.78	10.67	12.76	15.55	18.82	20.88
7レーン			55-80m		6.54	10.38	10.67	10.56	10.30	9.98	9.67	9.22
					4.74	4.69	4.64	4.59	4.52	4.35	4.27	4.09
					1.38	2.21	2.30	2.30	2.28	2.29	2.27	2.25
8位	鈴木 碧斗 (東洋大)	20.95	10.61	13.42	3.04	6.44	8.80	10.71	12.82	15.60	18.88	20.95
2レーン			55-80m		6.58	10.28	10.61	10.49	10.17	10.05	9.62	9.18
					4.58	4.60	4.55	4.49	4.42	4.37	4.22	3.95
					1.43	2.23	2.33	2.34	2.30	2.30	2.28	2.32

女子200m 決勝
2021/5/9 17:35 (風速 +0.3 m/s)

順位 レーン	選手名 (所属)	記録(秒)	最高走速度(m/秒) 到達地点	走速度低下率(%)	0m ~ 20m	20m ~ 55m	55m ~ 80m	80m ~ 100m	100m ~ 121.5m	121.5m ~ 149.42m	149.42m ~ 181m	181m ~ 200m
1位	細谷 優美 (阿見AC)	23.88	9.26	14.34	3.33	7.12	9.84	12.05	14.48	17.68	21.48	23.88
7レーン			55-80m		6.00	9.26	9.19	9.06	8.83	8.73	8.30	7.93
					4.70	4.68	4.58	4.50	4.44	4.35	4.23	3.96
					1.28	1.98	2.01	2.01	1.99	2.01	1.96	2.00
2位	滝田 静海 (日本体育大)	23.99	9.14	13.77	3.34	7.26	10.00	12.19	14.60	17.79	21.58	23.99
5レーン			80-100m		5.99	8.93	9.11	9.14	8.90	8.76	8.33	7.88
					4.24	4.49	4.52	4.55	4.54	4.47	4.36	4.20
					1.41	1.99	2.02	2.01	1.96	1.96	1.91	1.88
3位	宮武 アビータリ- (日本体育大)	24.23	9.05	13.29	3.40	7.26	10.02	12.26	14.73	17.97	21.81	24.23
8レーン			55-80m		5.89	9.05	9.05	8.94	8.71	8.63	8.22	7.85
					4.31	4.22	4.13	4.08	4.00	3.93	3.83	3.65
					1.37	2.15	2.19	2.19	2.17	2.20	2.15	2.15

第105回日本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
2021/6/27 17:50 (風速 +1.0 m/s)

順位 レーン	選手名 (所属)	記録(秒)	最高走速度(m/秒) 到達地点	走速度低下率(%)	0m ~ 20m	20m ~ 55m	55m ~ 80m	80m ~ 100m	100m ~ 121.5m	121.5m ~ 149.42m	149.42m ~ 181m	181m ~ 200m
1位	小池 祐貴 (住友電工)	20.46	10.68 55-80m	10.89	3.03	6.34 10.57	8.68 10.68	10.57 10.59	12.63 10.43	15.34 10.31	18.46 10.10	20.46 9.52
5レーン					4.85 1.36	4.96 2.13	4.82 2.21	4.77 2.22	4.76 2.19	4.72 2.19	4.63 2.18	4.36 2.18
2位	デーデー プルーノ (東海大)	20.63	10.67 55-80m	11.06	3.02	6.35 10.52	8.70 10.67	10.62 10.40	12.70 10.31	15.44 10.20	18.63 9.91	20.63 9.49
4レーン					4.65 1.42	4.74 2.22	4.67 2.28	4.56 2.28	4.52 2.28	4.48 2.28	4.36 2.27	4.14 2.29
3位	鈴木 涼太 (城西大)	20.73	10.52 55-80m	10.91	3.02	6.37 10.44	8.75 10.52	10.65 10.52	12.73 10.33	15.49 10.11	18.70 9.85	20.73 9.37
9レーン					4.87 1.36	4.91 2.12	4.84 2.17	4.80 2.19	4.75 2.18	4.63 2.18	4.51 2.18	4.23 2.21
4位	山下 潤 (筑波大)	20.80	10.70 55-80m	15.30	3.04	6.33 10.64	8.66 10.70	10.57 10.49	12.65 10.33	15.42 10.07	18.70 9.63	20.80 9.07
7レーン					4.44 1.48	4.51 2.36	4.41 2.43	4.30 2.44	4.29 2.41	4.18 2.41	4.05 2.38	3.76 2.41
6位	飯塚 翔太 (ミズノ)	20.93	10.72 55-80m	16.23	3.08	6.38 10.61	8.71 10.72	10.61 10.54	12.72 10.19	15.53 9.93	18.81 9.61	20.93 8.98
6レーン					4.46 1.46	4.83 2.20	4.73 2.27	4.68 2.25	4.52 2.25	4.43 2.24	4.28 2.24	3.87 2.32

女子 200m 決勝
2021/6/27 17:38 (風速 -1.0 m/s)

順位 レーン	選手名 (所属)	記録	最高走速度(m/秒) 到達地点	走速度低下率(%)	0m ~ 20m	20m ~ 55m	55m ~ 80m	80m ~ 100m	100m ~ 121.5m	121.5m ~ 149.42m	149.42m ~ 181m	181m ~ 200m
1位	兒玉 芽生 (福岡大)	23.46	9.43 20-55m	15.25	3.33	7.04 9.43	9.71 9.39	11.87 9.24	14.23 9.12	17.36 8.90	21.08 8.49	23.46 8.00
6レーン					4.37 1.37	4.52 2.09	4.48 2.09	4.43 2.09	4.38 2.09	4.32 2.06	4.23 2.01	4.12 1.94
2位	鶴田 玲美 (南九州ファミリーマート)	23.65	9.29 55-80m	14.51	3.33	7.13 9.22	9.82 9.29	12.01 9.15	14.37 9.10	17.51 8.88	21.26 8.44	23.65 7.94
7レーン					6.00 4.43	4.45 2.07	4.34 2.14	4.29 2.13	4.25 2.14	4.18 2.13	4.02 2.10	3.79 2.09
3位	齋藤 愛美 (大阪成蹊大)	23.70	9.42 55-80m	17.49	3.28	7.01 9.38	9.66 9.42	11.83 9.22	14.24 8.95	17.45 8.68	21.25 8.30	23.70 7.77
5レーン					4.60 1.33	4.76 1.97	4.67 2.01	4.59 2.01	4.43 2.02	4.39 1.98	4.24 1.96	4.00 1.94
4位	壹岐 あいこ (立命館大)	23.79	9.31 55-80m	15.89	3.36	7.16 9.20	9.85 9.31	12.05 9.09	14.43 9.03	17.60 8.80	21.36 8.39	23.79 7.83
8レーン					4.56 1.31	4.59 2.00	4.49 2.07	4.42 2.06	4.36 2.07	4.26 2.07	4.13 2.03	3.86 2.03

第37回U20日本陸上競技選手権大会 @ ヤンマースタジアム長居
 U20 男子 200m 決勝
 2021/6/27 14:55 (風速 -0.3 m/s)

順位 レーン	選手名 (所属)	記録(秒)	最高走速度(m/秒) 到達地点	走速度低下率(%)	0m ~ 20m	20m ~ 55m	55m ~ 80m	80m ~ 100m	100m ~ 121.5m	121.5m ~ 149.42m	149.42m ~ 181m	181m ~ 200m
1位	池下 航和 (環太平洋大)	21.11	10.55	14.41	3.09	6.47	8.84	10.77	12.89	15.69	19.01	21.11
4レーン			55-80m		6.47	10.36	10.55	10.36	10.15	9.96	9.52	9.03
					4.74	4.91	4.91	4.91	4.86	4.77	4.66	4.53
					1.37	2.11	2.15	2.11	2.09	2.09	2.05	1.99
2位	箱野 峻輝 (中京大京高)	21.18	10.55	14.37	3.10	6.49	8.86	10.80	12.93	15.77	19.08	21.18
6レーン			55-80m		6.45	10.31	10.55	10.33	10.09	9.84	9.54	9.04
					4.53	4.55	4.52	4.46	4.39	4.33	4.20	4.01
					1.42	2.26	2.34	2.32	2.30	2.27	2.27	2.25
3位	田原 蓮 (法政大)	21.19	10.48	12.97	3.09	6.53	8.91	10.85	12.98	15.80	19.11	21.19
5レーン			55-80m		6.46	10.20	10.48	10.33	10.09	9.89	9.56	9.12
					4.48	4.61	4.55	4.45	4.35	4.23	4.05	3.75
					1.44	2.21	2.30	2.32	2.32	2.34	2.36	2.43
4位	島田 開伸 (早稲田大)	21.19	10.57	15.43	3.09	6.47	8.83	10.77	12.90	15.73	19.06	21.19
8レーン			55-80m		6.47	10.36	10.57	10.33	10.11	9.84	9.48	8.94
					5.04	5.06	4.94	4.83	4.83	4.76	4.60	4.33
					1.28	2.05	2.14	2.14	2.09	2.07	2.06	2.06
5位	三田寺 虎琉 (日本大)	21.40	10.44	15.11	3.07	6.47	8.86	10.81	12.98	15.87	19.26	21.40
3レーン			55-80m		6.52	10.28	10.44	10.27	9.91	9.66	9.32	8.87
					4.67	4.69	4.63	4.52	4.48	4.42	4.26	4.06
					1.40	2.19	2.26	2.27	2.21	2.19	2.19	2.19

U20 女子 200m 決勝
 2021/6/27 14:45 (風速 -0.4 m/s)

順位 レーン	選手名 (所属)	記録(秒)	最高走速度(m/秒) 到達地点	走速度低下率(%)	0m ~ 20m	20m ~ 55m	55m ~ 80m	80m ~ 100m	100m ~ 121.5m	121.5m ~ 149.42m	149.42m ~ 181m	181m ~ 200m
1位	佐藤 美里 (常盤木学園高)	24.25	8.86	9.54	3.41	7.37	10.20	12.45	14.89	18.08	21.88	24.25
4レーン			80-100m		5.86	8.83	8.85	8.86	8.83	8.74	8.32	8.02
					4.39	4.53	4.47	4.46	4.50	4.46	4.35	4.30
					1.34	1.95	1.98	1.99	1.96	1.96	1.91	1.86
2位	藏重 みう (中京大京高)	24.43	9.08	17.00	3.29	7.16	9.91	12.16	14.64	17.97	21.91	24.43
6レーン			55-80m		6.07	9.05	9.08	8.91	8.66	8.39	8.01	7.54
					4.47	4.52	4.47	4.43	4.34	4.24	4.11	3.89
					1.36	2.00	2.03	2.01	2.00	1.98	1.95	1.94
3位	倉橋 美穂 (中京大京高)	24.72	9.11	18.80	3.39	7.29	10.03	12.27	14.78	18.13	22.15	24.72
5レーン			55-80m		5.90	8.98	9.11	8.93	8.56	8.33	7.86	7.40
					4.29	4.32	4.22	4.18	4.07	3.97	3.81	3.61
					1.37	2.08	2.16	2.14	2.10	2.10	2.06	2.05
4位	蒲生 美鈴 (浜松市立高)	24.84	8.93	15.52	3.46	7.43	10.23	12.49	15.00	18.34	22.32	24.84
9レーン			55-80m		5.78	8.81	8.93	8.83	8.58	8.35	7.94	7.55
					4.25	4.49	4.46	4.47	4.35	4.30	4.19	4.00
					1.36	1.96	2.00	1.98	1.97	1.94	1.90	1.88

第52回U16 陸上競技大会 @ 愛媛県総合運動公園

U16 男子 150m 決勝

2021/10/23 15:20 (風速 -0.9 m/s)

順位 レーン	選手名 (所属)	記録(秒)	最高走速度(m/秒) 到達地点	走速度低下率(%)	0m ~ 5m	5m ~ 30m	30m ~ 50m	50m ~ 71.5m	71.5m ~ 99.42m	99.42m ~ 131m	131m ~ 150m
1位	植松 康太 (長崎南)	15.97	10.46	8.08	1.31	4.15	6.08	8.13	10.83	13.99	15.97
7レーン			50-71.5m		3.81	8.81	10.38	10.46	10.35	9.99	9.61
					4.52	4.68	4.81	4.75	4.64	4.48	4.31
					0.84	1.88	2.16	2.20	2.23	2.23	2.23
2位	日吉 志慶汰 (延岡南)	16.29	10.33	9.76	1.41	4.25	6.20	8.28	11.02	14.25	16.29
6レーン			50-71.5m		3.56	8.79	10.25	10.33	10.20	9.77	9.32
					4.66	4.70	4.78	4.76	4.59	4.38	3.77
					0.76	1.87	2.14	2.17	2.22	2.23	2.48
3位	白畑 健太郎 (米沢中央)	16.36	10.21	7.88	1.40	4.26	6.22	8.33	11.10	14.34	16.36
4レーン			50-71.5m		3.57	8.75	10.18	10.21	10.08	9.74	9.40
					4.03	4.39	4.42	4.41	4.39	4.34	4.31
					0.89	1.99	2.30	2.31	2.30	2.24	2.18
4位	有井 謙成 (荳崎東中)	16.38	10.23	8.22	1.41	4.23	6.19	8.30	11.09	14.36	16.38
3レーン			50-71.5m		3.55	8.88	10.16	10.23	10.01	9.66	9.39
					4.28	4.48	4.81	4.71	4.68	4.51	4.39
					0.83	1.98	2.11	2.17	2.14	2.14	2.14
5位	井上 詩倭 (島取中央青英)	16.56	10.05	8.16	1.38	4.26	6.25	8.39	11.20	14.50	16.56
9レーン			30-50m		3.63	8.67	10.05	10.05	9.92	9.57	9.23
					4.13	4.54	4.61	4.56	4.30	4.27	4.05
					0.88	1.91	2.18	2.21	2.31	2.24	2.28

U16 女子 150m 決勝

2021/10/23 15:00 (風速 +1.1 m/s)

順位 レーン	選手名 (所属)	記録(秒)	最高走速度(m/秒) 到達地点	走速度低下率(%)	0m ~ 5m	5m ~ 30m	30m ~ 50m	50m ~ 71.5m	71.5m ~ 99.42m	99.42m ~ 131m	131m ~ 150m
1位	烏田 幸羽 (咲くやこの花)	17.96	9.29	11.32	1.48	4.52	6.68	8.99	12.06	15.65	17.96
5レーン			50-71.5m		3.39	8.22	9.26	9.29	9.11	8.78	8.24
					4.36	4.60	4.63	4.63	4.58	4.46	4.23
					0.78	1.79	2.00	2.00	1.99	1.97	1.95
2位	福岡 祥音 (柏原)	18.25	9.19	11.86	1.51	4.62	6.79	9.15	12.23	15.90	18.25
2レーン			30-50m		3.30	8.06	9.19	9.14	9.06	8.59	8.10
					3.90	4.42	4.51	4.46	4.34	4.17	4.00
					0.85	1.82	2.04	2.05	2.09	2.06	2.03
3位	赤坂 美結 (山形中央)	18.39	8.98	9.61	1.48	4.59	6.82	9.22	12.36	16.05	18.39
6レーン			50-71.5m		3.37	8.05	8.96	8.98	8.88	8.57	8.12
					4.03	4.34	4.34	4.33	4.27	4.16	4.03
					0.84	1.85	2.07	2.07	2.08	2.06	2.01
4位	小池 雛 (浜松精志)	18.53	8.90	10.13	1.47	4.62	6.87	9.29	12.45	16.15	18.53
3レーン			30-50m		3.40	7.94	8.90	8.89	8.82	8.54	8.00
					4.36	4.42	4.43	4.38	4.30	4.26	4.15
					0.78	1.80	2.01	2.03	2.05	2.00	1.93
5位	瀬田 陽菜 (東海大相模)	18.73	8.77	6.99	1.50	4.70	7.01	9.46	12.68	16.40	18.73
7レーン			50-71.5m		3.34	7.80	8.67	8.77	8.68	8.48	8.15
					3.66	4.21	4.22	4.22	4.21	4.12	4.01
					0.91	1.86	2.06	2.08	2.06	2.06	2.03

2021年度競技会における男女400m走および300m走のレース分析

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

1) 新潟食料農業大学 2) 鹿児島大学 3) 東洋大学 4) 国立スポーツ科学センター
5) 北海道情報大学 6) 関西福祉大学 7) 東海大学

1. はじめに

2021年度は2020年度に引き続き、新型コロナウイルス感染症が国外のみならず国内でも流行した影響により、国民体育大会等の一部の競技会および記録会が中止となったが、徹底した感染拡大防止対策の中で国内における競技会および記録会、そして、東京2020オリンピックも無事に開催された。

東京2020オリンピックには、本稿で対象とする男子400m走を専門とする選手が男子400m走に1名、男子4×400mリレーにチームとして出場した。男子4×400mリレーでは、予選において3分00秒76の日本タイ記録のパフォーマンスを發揮したが、惜しくも決勝進出を逃した。一方、本稿で対象とする女子400m走を専門とする選手達で構成されている女子4×400mリレーチームにおいて、オリンピック参加記録突破を目的としたトライアルを実施し、3分30秒45の日本歴代3位の記録となるパフォーマンスを發揮したが、惜しくも東京五輪出場が叶わなかった。

本稿では、今年度測定対象とした競技会における男女400m走のパフォーマンス分析結果を提示するとともに、今年度の分析結果とこれまでに測定してきた結果とを比較し、今年度の競技会におけるパフォーマンスの傾向を明らかにすることを目的とした。なお、東京2020オリンピック大会は、無観客開催競技会であったため、本委員会の活動を実施できなかった。また、今年度からU18陸上競技大会において300m走が実施されたため、上位に入った男女選手の300m走の分析結果を提示する。

2. 方法

2-1. 対象競技会

対象競技会は、下記6競技会(400m走:5競技会, 300m走:1競技会)とした。

400m走

- ・第36回静岡国際陸上競技大会(5月3日, 静岡)(以下, 「静岡国際」)
- ・Ready Steady Tokyo 東京2020テストイベント(5月9日, 東京)(以下, 「テスト大会」)
- ・Denka Athletics Challenge Cup 2021(6月6日, 新潟)(以下, 「デンカ」)
- ・第105回日本陸上競技選手権大会(6月24-27日, 大阪)(以下, 「日本選手権」)
- ・第37回U20日本陸上競技選手権大会(6月24-27日, 大阪)(以下, 「U20日本選手権」)

300m走

- ・第15回U18陸上競技大会(10月22-24日, 愛媛)(以下, 「U18陸上大会」)

2-2. 対象選手

対象選手は、400m走においては、前述した5つの国内競技会に出場した男女トップレベル選手(男子28名, 女子21名)およびU20陸上大会で入賞したU20男女トップレベル選手(男子5名, 女子5名)とした。300m走においては、前述したU18陸上大会で入賞したU18男女トップレベル選手(男子6名, 女子6名)とした。

2-3. 撮影方法

400m走および300m走のレース時には、3-4台のデジタルビデオカメラ(Lumix 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、バックストレート中央付近、第4曲走路付近、およびホームストレートのフィニッシュライン付近の各スタンドであった。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走に関しては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、300m走に関しては300mハードル(300mH)走の全8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

映像分析には、映像再生・編集ソフト(Quick timePro7, Apple, USA)を用い、全ての地点から撮影した映像を基にスターターの閃光もしくは発煙をゼロフレームとなるように編集した動画を用いた。400m走の分析には、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。300m走の分析には、300mH走のハードルの設置位置(45m, 80m, 115m, 150m, 185m, 220m, 255m および 290m 地点) およびフィニッシュライン(300m)の計9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を、編集した映像および400mH走(400m走分析用)もしくは300mH走(300m走分析用)の静止画像から読み取り、撮影のサンプリングレート数で除することによって算出した。また、50m毎の通過タイムを、各地点を挟む前後2つの分析ポイントにおける通過タイムを用いて、時間と距離の直線回帰式にその地点の距離を内挿することによって推定値として算出した(持田ら 2007, 山中ら 2018, 山中ら 2019, 山中ら 2020a)。150m地点の通過タイムのみ、400m走においては400mH走の4台目のハードルの地点の通過タイムを、300m走においては300mH走の4台目のハードル地点の通過タイムをそれぞれ用いた。また、400m走における400m地点の通過タイムおよび300m走における300m地点の通過タイムは公式記録を、それぞれ用いた。さらに、400m走においては、100mおよび200m毎の区間タイムを、300m走においては、100mおよび150m毎の区間タイムをそれぞれ算出した。また、走速度低下の評価指標として、400m走では

レース前半と後半の200m区間タイムの差(以下、「前後半差」)を、300m走ではレース前半と後半の150m区間タイムの差を、それぞれ算出した。

各分析ポイント間(分析区間)の平均走速度(m/秒)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、400m走においては、先行研究(持田ら 2007, 山中ら 2018, 山中ら 2019, 山中ら 2020a)に倣い、全分析区間における平均走速度の最高値(最高走速度)から325-360m区間の平均走速度を引いた値を最高走速度で除し、100を乗ずることで、走速度低下率を算出した。

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

3. 結果と考察

各対象競技会の男子400m走における分析ポイントの通過タイム、区間タイム、区間平均走速度、および走速度低下率を表1-4(表1:静岡国際男子,表2:テスト大会男子,表3:デンカ男子,表4:日本選手権男子,表5:U20日本選手権男子)に示した。また、女子400m走における同様の項目を表6-10(表6:静岡国際女子,表7:テスト大会女子,表8:デンカ女子,表9:日本選手権女子,表10:U20日本選手権女子)に示した。

図1に、今年度分析した男子400m走の全選手を対象とした400m走の記録と最高走速度、200mの通過タイムおよび走速度低下率との関係をそれぞれ示した。400m走の記録と最高走速度および走速度低下率との間には、それぞれ有意な相関関係が認められなかった。一方、400m走の記録と前半200m通過タイムとの間には、有意($p < 0.05$)な正の相関関係が認められた。2018年度の報告(山中ら 2018)では、400m走の記録と最高走速度との間に有意な負の相関関係が、400m走の記録と200m通過タイムとの間に有意な正の相関関係が認められたため、今年度の結果は以前の報告とは異なるものとなった。また、2020年度の報告(山中ら 2020a)では、400m走の記録と最高走速度および前半200m通過タイムとの間に有意な相関関係が認められず、400m走の記録と走速度低下率との間に有意な正の相関関係が認められていた。これまでの報告と異なる要因

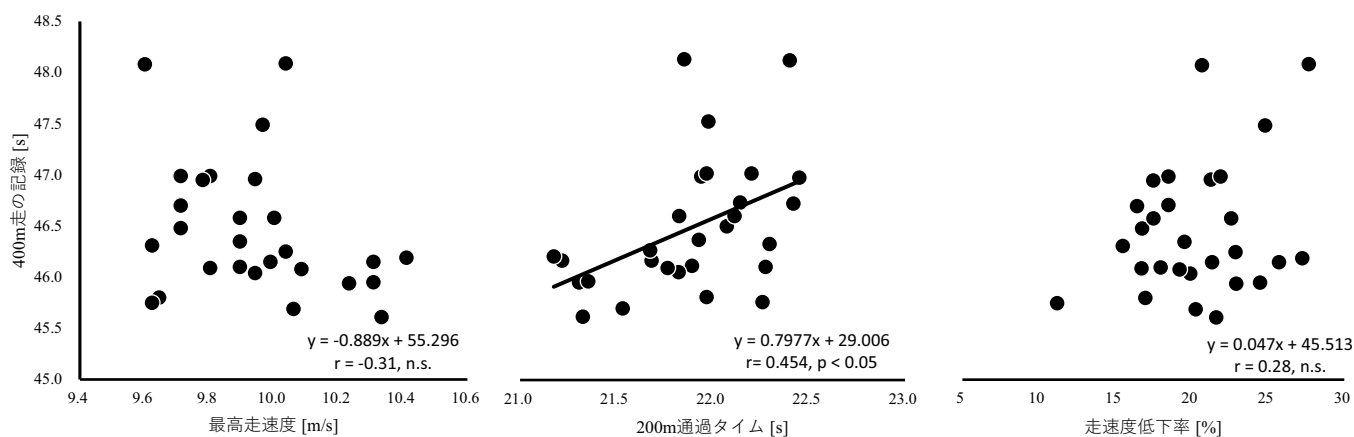


図 1. 男子 400m 走の記録と最高走速度，前半 200m の通過タイム，および走速度低下率との関係

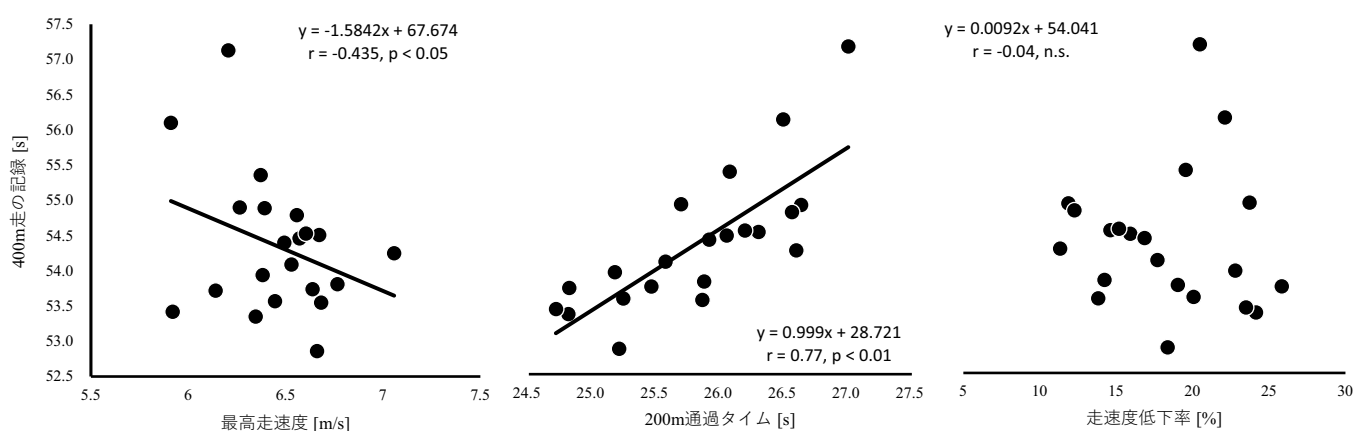


図 2. 女子 400m 走の記録と最高走速度，前半 200m の通過タイム，および走速度低下率との関係

として、2021 年度においては、前半から積極的に走るが、最高走速度ではなく 200m 通過タイムを意識して速く走っていた選手が多かったことが考えられる。実際に、2020 年度（記録の差異をなくすためにデータの一部のみを抜粋）と 2021 年度の競技会におけるデータを比較したところ、400m 走の記録、最高走速度、前後半差および走速度の低下率には差が認められないが、2021 年度の方が 2020 年度よりも前半 200m の通過タイムが短い傾向を示した（表 13）。本研究で分析対象となった選手は、ほぼ全ての選手が東京オリンピック 4 × 400m リレーの日本代表候補選手である。400m 走ではないが 4 × 400m リレーのパフォーマンスを分析した報告（小林ら 2019）で明らかにされているように、4 × 400m リレーで高い競技パフォーマンスを発揮するためにも、400m 走における前半の 200m を積極的に走るが、後半の走速度の低下をできるだけ最小限にすることが望ましいことであると考えられる。

図 2 には、今年度分析を行った女子 400m 走の全選手を対象とした 400m 走の記録と 200m の通過タイム、最高走速度および走速度低下率との関係を示し

た。400m 走の記録は、最高走速度との間に有意 ($p < 0.05$) な負の相関関係が、200m の通過タイムとの間に有意 ($p < 0.01$) な正の相関関係が認められた。一方、400m 走の記録と走速度低下率との間には、有意な相関関係が認められなかった。400m 走の記録と各分析項目との関係は、2020 年度の報告（山中ら 2020a）と同様の傾向を示した。女子選手も男子選手と同様に、2021 年度と 2020 年度におけるデータを比較した。その結果、2021 年度と 2020 年度における 400m 走の記録、最高走速度および走速度の低下率には有意な差異が認められないが、2021 年度では 2020 年度よりも、前半 200m の通過タイムが有意 ($p < 0.05$) に大きく、そして、前後半差が有意 ($p < 0.05$) に小さく、そして、走速度低下率が小さくなる傾向 ($p = 0.08$) となったことが明らかとなった（表 14）。本研究で対象となった選手は、ほぼ全ての選手が女子 4 × 400m リレーの日本代表候補選手である。昨年度の女子マイルリレーに関する報告書（山中ら 2020b）で述べられているように、女子 4 × 400m リレーの 2-4 走者における前半の 200m を短いタイムで通過することがレースを

表1. 静岡国際陸上競技大会男子400m走における通過タイム, 区間タイム, 区間平均走速度, および走速度低下率(上段:一組目, 下段:二組目)

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
河内光起 (大阪ガス)	46.10	-	6.34	11.43	16.58	-	21.89	27.49	-	33.45	39.56	46.10	17.99	10.46	11.55	12.65	24.21	2.31
	-	6.34	5.09	5.15	-	5.31	5.60	-	5.96	6.11	6.54							
	7.71	9.90	9.74	9.69	9.49	9.24	8.74	8.39	8.24	8.12	7.53							
野瀬大輝 (立命館大)	46.35	-	6.16	11.28	16.53	-	21.93	27.57	-	33.49	39.64	46.35	19.54	10.65	11.56	12.86	24.42	2.49
	-	6.16	5.12	5.25	-	5.40	5.64	-	5.92	6.15	6.71							
	7.96	9.90	9.58	9.49	9.37	9.04	8.76	8.44	8.29	7.96	7.34							
北谷直輝 (東京陸協)	46.96	-	6.31	11.37	16.50	-	21.94	27.67	-	33.62	39.88	46.96	21.27	10.57	11.68	13.34	25.02	3.08
	-	6.31	5.06	5.13	-	5.44	5.72	-	5.96	6.26	7.08							
	7.75	9.94	9.80	9.71	9.32	8.89	8.63	8.43	8.16	7.83	6.89							
小林直己 (HULFT Pte.)	46.99	-	6.32	11.49	16.77	-	22.20	27.86	-	33.85	40.09	46.99	18.49	10.72	11.65	13.14	24.79	2.58
	-	6.32	5.17	5.28	-	5.44	5.65	-	5.99	6.24	6.90							
	7.75	9.71	9.62	9.41	9.28	9.00	8.74	8.36	8.10	7.92	7.10							
佐藤風雅 (那須環境)	46.99	-	6.20	11.32	16.53	-	21.97	27.64	-	33.55	39.90	46.99	21.90	10.65	11.58	13.44	25.02	3.05
	-	6.20	5.12	5.21	-	5.44	5.67	-	5.91	6.35	7.09							
	7.91	9.80	9.71	9.54	9.28	9.00	8.70	8.53	8.10	7.66	6.92							
小淵瑞樹 (登利平AC)	48.08	-	6.24	11.49	16.85	-	22.40	28.14	-	34.18	40.54	48.08	20.69	10.91	11.78	13.90	25.68	3.28
	-	6.24	5.25	5.36	-	5.55	5.74	-	6.04	6.36	7.54							
	7.86	9.60	9.43	9.28	9.04	8.93	8.58	8.28	8.13	7.61	6.42							
井本佳伸 (東海大)	48.09	-	6.00	11.01	16.23	-	21.85	27.68	-	33.79	40.41	48.09	27.68	10.84	11.94	14.30	26.24	4.38
	-	6.00	5.01	5.22	-	5.62	5.83	-	6.11	6.63	7.68							
	8.17	10.04	9.90	9.45	8.97	8.74	8.48	8.24	7.86	7.26	6.35							

表2. Ready Steady Tokyo 東京2020テストイベント男子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
佐藤拳太郎 (富士通)	45.61	-	6.04	10.93	15.97	-	21.33	27.03	-	32.97	39.11	45.61	21.62	10.39	11.64	12.64	24.28	2.96
	-	6.04	4.90	5.03	-	5.36	5.71	-	5.94	6.14	6.50							
	8.10	10.33	10.04	9.90	9.49	8.97	8.63	8.46	8.19	8.10	7.59							
伊東利来也 (三菱マテリアル)	46.15	-	6.02	10.92	15.93	-	21.22	26.88	-	32.86	39.23	46.15	25.73	10.30	11.64	13.29	24.93	3.71
	-	6.02	4.90	5.01	-	5.29	5.66	-	5.98	6.38	6.92							
	8.12	10.31	10.06	9.94	9.67	9.00	8.72	8.41	8.04	7.66	7.13							
川端魁人 (三重県教員)	46.25	-	6.17	11.19	16.35	-	21.68	27.14	-	32.97	39.25	46.25	22.88	10.49	11.29	13.28	24.57	2.90
	-	6.17	5.02	5.16	-	5.33	5.47	-	5.82	6.28	7.00							
	7.93	10.04	9.85	9.62	9.45	9.24	9.08	8.63	8.19	7.74	7.01							
池田弘佑 (あすなろ会)	46.58	-	6.25	11.27	16.40	-	21.83	27.49	-	33.42	39.77	46.58	22.60	10.55	11.59	13.16	24.75	2.93
	-	6.25	5.03	5.12	-	5.43	5.66	-	5.93	6.35	6.81							
	7.83	10.00	9.86	9.71	9.32	8.97	8.74	8.51	8.02	7.74	7.24							
河内光起 (大阪ガス)	46.71	-	6.29	11.46	16.73	-	22.14	27.89	-	33.87	40.08	46.71	18.49	10.68	11.73	12.84	24.57	2.42
	-	6.29	5.18	5.27	-	5.41	5.75	-	5.98	6.21	6.63							
	7.80	9.71	9.58	9.45	9.37	8.97	8.53	8.39	8.19	7.92	7.45							
坂鼻航平 (Accel)	47.49	-	6.17	11.23	16.42	-	21.98	27.75	-	33.82	40.37	47.49	24.82	10.75	11.84	13.67	25.51	3.53
	-	6.17	5.06	5.19	-	5.56	5.77	-	6.07	6.55	7.12							
	7.93	9.97	9.78	9.58	9.08	8.78	8.60	8.33	7.77	7.49	6.92							

表 3. Denka Athletics Challenge Cup 2021 男子 400m 走における通過タイム, 区間タイム, 区間平均走速度, および走速度低下率 (上段: 一組目, 中段: 二組目, 下段: 三組目)

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)	200m毎 (300-400m)	200m毎 (200-400m)	前後半差
中島佑気シヨセフ (東洋大)	46.09	-	6.43	11.58	16.83	-	22.28	27.82	-	33.63	39.68	46.09	16.73	10.70	11.35	12.46	23.81	1.54
	-	6.43	5.15	5.25	-	5.44	5.55	-	5.81	6.05	6.41							
	7.60	9.80	9.58	9.49	9.24	9.06	8.98	8.63	8.36	8.16	7.72							
山本伝説 (RUDOLF)	45.69	-	6.20	11.19	16.25	-	21.53	27.03	-	32.84	38.94	45.69	20.27	10.34	11.31	12.85	24.16	2.62
	-	6.20	4.99	5.06	-	5.28	5.50	-	5.81	6.10	6.75							
	7.89	10.06	9.97	9.85	9.58	9.20	9.02	8.62	8.37	8.02	7.27							
鈴木碧斗 (東洋大)	45.94	-	6.08	10.98	15.98	-	21.31	26.83	-	32.70	38.93	45.94	22.93	10.32	11.40	13.24	24.63	3.33
	-	6.08	4.90	5.00	-	5.32	5.52	-	5.87	6.23	7.01							
	8.05	10.23	10.13	9.94	9.49	9.16	8.98	8.55	8.18	7.89	6.97							
ウォルシュジュリアン (富士通)	45.80	-	6.39	11.57	16.77	-	21.97	27.29	-	32.98	39.13	45.80	16.98	10.39	11.01	12.82	23.83	1.86
	-	6.39	5.18	5.19	-	5.20	5.32	-	5.69	6.15	6.67							
	7.66	9.65	9.65	9.62	9.62	9.58	9.28	8.87	8.26	8.01	7.38							
佐藤拳太郎 (富士通)	45.95	-	6.17	11.07	16.13	-	21.35	26.89	-	32.90	39.25	45.95	24.49	10.28	11.55	13.05	24.60	3.24
	-	6.17	4.90	5.06	-	5.22	5.54	-	6.01	6.35	6.70							
	7.91	10.31	10.06	9.80	9.67	9.37	8.81	8.36	7.98	7.78	7.38							
佐藤風雅 (那須環境)	46.04	-	6.22	11.27	16.43	-	21.82	27.37	-	33.26	39.43	46.04	19.92	10.55	11.44	12.78	24.22	2.39
	-	6.22	5.05	5.16	-	5.39	5.54	-	5.89	6.17	6.61							
	7.88	9.94	9.83	9.62	9.32	9.16	8.93	8.49	8.24	7.96	7.48							
伊東利来也 (三菱マテリアル)	46.15	-	6.24	11.26	16.35	-	21.68	27.25	-	33.19	39.46	46.15	21.35	10.42	11.50	12.96	24.47	2.78
	-	6.24	5.02	5.09	-	5.33	5.56	-	5.94	6.27	6.69							
	7.84	9.99	9.90	9.80	9.45	9.20	8.85	8.46	8.08	7.86	7.38							
川端魁人 (三重県教員)	46.19	-	6.16	10.99	15.93	-	21.18	26.69	-	32.67	39.12	46.19	27.26	10.19	11.50	13.52	25.01	3.84
	-	6.16	4.83	4.95	-	5.24	5.51	-	5.99	6.45	7.07							
	7.92	10.41	10.28	10.04	9.67	9.24	8.97	8.39	7.95	7.57	6.96							
河内光起 (大阪ガス)	46.31	-	6.34	11.55	16.85	-	22.30	27.88	-	33.77	39.87	46.31	15.50	10.74	11.48	12.54	24.01	1.72
	-	6.34	5.21	5.30	-	5.45	5.59	-	5.89	6.10	6.44							
	7.73	9.62	9.56	9.39	9.24	9.04	8.89	8.49	8.28	8.13	7.68							

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

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)	200m毎 (300-400m)	200m毎 (200-400m)	前後半差
川端魁人 (三重県教員)	45.75	-	6.34	11.55	16.80	-	22.26	27.92	-	33.66	39.50	45.75	11.20	10.71	11.40	12.09	23.49	1.23
	-	6.34	5.21	5.25	-	5.46	5.66	-	5.75	5.84	6.25							
	7.73	9.62	9.58	9.49	9.24	8.97	8.76	8.72	8.58	8.55	7.88							
佐藤拳太郎 (富士通)	46.08	-	6.18	11.18	16.33	-	21.77	27.46	-	33.45	39.57	46.08	19.22	10.59	11.69	12.63	24.31	2.55
	-	6.18	5.00	5.15	-	5.43	5.69	-	5.99	6.12	6.51							
	7.91	10.09	9.90	9.62	9.32	8.93	8.69	8.34	8.19	8.15	7.57							
鈴木碧斗 (東洋大)	46.48	-	6.15	11.32	16.57	-	22.07	27.78	-	33.78	39.93	46.48	16.76	10.75	11.71	12.70	24.41	2.33
	-	6.15	5.17	5.25	-	5.51	5.71	-	6.00	6.15	6.55							
	7.98	9.71	9.62	9.49	9.16	8.89	8.67	8.34	8.18	8.08	7.53							
伊東利来也 (三菱マテリアル)	46.58	-	6.28	11.36	16.60	-	22.11	27.91	-	33.90	40.00	46.58	17.51	10.76	11.78	12.68	24.47	2.35
	-	6.28	5.08	5.24	-	5.52	5.80	-	5.99	6.10	6.58							
	7.80	9.90	9.76	9.45	9.22	8.72	8.56	8.36	8.23	8.16	7.47							
佐藤風雅 (那須環境)	46.70	-	6.29	11.47	16.82	-	22.42	28.18	-	34.09	40.17	46.70	16.44	10.95	11.67	12.61	24.28	1.86
	-	6.29	5.19	5.34	-	5.60	5.76	-	5.91	6.08	6.53							
	7.80	9.71	9.54	9.28	9.00	8.74	8.65	8.46	8.34	8.12	7.55							
池田弘佑 (あすなる会)	46.95	-	6.38	11.53	16.85	-	22.45	28.26	-	34.22	40.35	46.95	17.50	10.92	11.77	12.73	24.50	2.05
	-	6.38	5.15	5.32	-	5.60	5.81	-	5.96	6.13	6.60							
	7.66	9.78	9.60	9.32	9.04	8.67	8.56	8.41	8.24	8.07	7.46							

表 5. U20 日本陸上競技選手権大会男子 400m 走における通過タイム, 区間タイム, 区間平均走速度, および走速度低下率

選手名	記録	通過タイム [s]										走速度低下率 [%]	区間タイム [s]				
		50m (45-80m)	100m (80-115m)	150m (115-150m)	150-185m	200m (185-220m)	250m (220-255m)	(255-290m)	300m (290-325m)	350m (325-360m)	400m (360-400m)		100m毎 (100-200m)	100m毎 (200-300m)	100m毎 (300-400m)	200m毎 (200-400m)	前後半差
吉木翼 (東葛飾高)	46.58	6.22	11.27	16.45	-	21.86	27.36	-	33.18	39.58	46.58	23.69	10.59	11.32	13.40	24.72	2.86
		6.22	5.05	5.18	-	5.41	5.50	-	5.82	6.41	7.00						
		9.94	9.83	9.58	9.28	9.16	9.04	8.70	8.04	7.59	7.04						
木下祐一 (法政大)	46.74	6.22	11.48	16.86	-	22.46	28.22	-	34.13	40.29	46.74	15.90	10.98	11.67	12.61	24.28	1.81
		6.22	5.26	5.38	-	5.60	5.75	-	5.92	6.15	6.45						
		9.56	9.43	9.24	8.98	8.78	8.63	8.49	8.21	8.04	7.68						
森本錬 (比叡山高)	47.76	6.19	11.36	16.71	-	22.36	28.25	-	34.44	40.85	47.76	20.52	11.00	12.08	13.32	25.40	3.04
		6.19	5.17	5.35	-	5.65	5.89	-	6.19	6.41	6.91						
		9.76	9.56	9.26	8.95	8.62	8.41	8.10	7.84	7.76	7.12						
喜代田悠輝 (龍谷大)	47.86	6.69	12.19	17.83	-	23.61	29.42	-	35.32	41.42	47.86	11.03	11.42	11.71	12.54	24.25	0.64
		6.69	5.50	5.65	-	5.77	5.81	-	5.90	6.10	6.44						
		9.12	9.04	8.78	8.67	8.63	8.60	8.51	8.28	8.12	7.68						
葛西蔵輝 (順天堂大)	48.23	6.48	11.88	17.42	-	23.19	29.07	-	35.14	41.44	48.23	15.36	11.31	11.95	13.09	25.04	1.85
		6.48	5.41	5.53	-	5.77	5.88	-	6.07	6.30	6.79						
		9.28	9.20	8.97	8.70	8.56	8.46	8.28	8.02	7.86	7.25						

表 6. 静岡国際陸上競技大会女子 400m 走における通過タイム, 区間タイム, 区間平均走速度, および走速度低下率 (上段: 一組目, 下段: 二組目)

選手名	記録	通過タイム [s]										走速度低下率 [%]	区間タイム [s]					
		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]					300m (290-325m)	350m (325-360m)	400m (360-400m)	100m毎 (100-200m)	100m毎 (200-300m)	100m毎 (300-400m)
岩田優奈 (スズキ)	54.51	-	7.04	13.26	19.69	-	26.30	33.03	-	39.94	47.08	54.51	14.62	13.04	13.64	14.57	28.21	1.91
		-	7.04	6.22	6.43	-	6.61	6.73	-	6.92	7.14	7.43						
		7.01	8.16	7.86	7.74	7.60	7.47	7.41	7.26	7.04	6.97	6.67						
久保山晴菜 (今村病院)	54.90	-	6.87	12.73	18.99	-	25.69	32.58	-	39.67	47.02	54.90	23.73	12.96	13.97	15.23	29.21	3.52
		-	6.87	5.87	6.25	-	6.71	6.88	-	7.09	7.35	7.88						
		7.15	8.76	8.19	7.92	7.52	7.31	7.23	7.06	6.92	6.68	6.26						
大島愛梨 (中央大)	56.10	-	7.27	13.33	19.75	-	26.49	33.36	-	40.39	47.80	56.10	22.12	13.16	13.90	15.71	29.61	3.11
		-	7.27	6.06	6.42	-	6.74	6.87	-	7.03	7.41	8.30						
		6.74	8.39	8.04	7.68	7.47	7.31	7.26	7.14	6.97	6.54	5.91						
武石この実 (東邦銀行)	57.13	-	7.12	13.35	20.00	-	27.00	34.18	-	41.58	49.16	57.13	20.47	13.65	14.58	15.55	30.13	3.12
		-	7.12	6.23	6.65	-	7.00	7.18	-	7.40	7.58	7.97						
		6.91	8.24	7.71	7.44	7.21	6.99	6.95	6.77	6.64	6.56	6.21						

表 7. Ready Steady Tokyo 東京 2020 テストイベント女子 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	通過タイム [s]										走速度低下率 [%]	区間タイム [s]					
		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]					300m (290-325m)	350m (325-360m)	400m (360-400m)	100m毎 (100-200m)	100m毎 (200-300m)	100m毎 (300-400m)
小林菜由 (J. VIC)	53.55	-	7.14	13.25	19.45	-	25.86	32.42	-	39.17	46.15	53.55	13.83	12.61	13.31	14.38	27.69	1.83
		-	7.14	6.11	6.20	-	6.41	6.56	-	6.74	6.98	7.40						
		6.89	8.21	8.13	8.04	7.86	7.68	7.57	7.44	7.25	7.08	6.68						
松本奈菜子 (東邦銀行)	53.74	-	6.96	12.88	19.05	-	25.46	32.17	-	39.14	46.27	53.74	19.04	12.58	13.68	14.60	28.28	2.82
		-	6.96	5.92	6.17	-	6.41	6.71	-	6.97	7.13	7.47						
		7.06	8.58	8.24	8.04	7.89	7.61	7.35	7.17	7.08	6.95	6.64						
大島愛梨 (中央大)	54.25	-	7.20	13.43	19.87	-	26.60	33.42	-	40.28	47.19	54.25	11.34	13.17	13.69	13.97	27.65	1.06
		-	7.20	6.23	6.44	-	6.73	6.82	-	6.87	6.91	7.06						
		6.83	8.13	7.89	7.71	7.47	7.36	7.31	7.28	7.26	7.21	7.06						
川田朱夏 (東大阪大)	54.46	-	7.05	13.18	19.49	-	26.05	32.80	-	39.74	46.92	54.46	15.93	12.87	13.69	14.72	28.41	2.36
		-	7.05	6.13	6.31	-	6.56	6.75	-	6.94	7.18	7.54						
		6.99	8.19	8.10	7.86	7.68	7.47	7.36	7.23	7.04	6.89	6.57						
新宅麻未 (アットホーム)	54.89	-	7.15	13.49	20.00	-	26.63	33.37	-	40.18	47.21	54.89	11.87	13.15	13.54	14.71	28.26	1.62
		-	7.15	6.34	6.51	-	6.63	6.73	-	6.81	7.03	7.68						
		6.90	7.96	FALSE	7.63	7.57	7.47	7.40	7.37	7.21	7.02	6.39						
武石この実 (東邦銀行)	55.36	-	7.01	13.12	19.47	-	26.07	32.97	-	40.15	47.58	55.36	19.55	12.96	14.07	15.21	29.29	3.21
		-	7.01	6.11	6.35	-	6.60	6.90	-	7.18	7.44	7.78						
		7.02	8.29	8.04	7.80	7.67	7.35	7.18	6.99	6.78	6.67	6.37						

表 8. Denka Athletics Challenge Cup 2021 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 (0-45m)	100m (45-80m)	150m (80-115m)	200m (115-150m)	250m (150-185m)	300m (185-220m)	350m (220-255m)	400m (255-290m)	300m (290-325m)	350m (325-360m)	400m (360-400m)		100m毎 (100-200m)	100m毎 (200-300m)	100m毎 (300-400m)	200m毎 (200-400m)	前後半差
青山聖佳 (大阪成蹊大AC)	53.57	-	7.01	12.87	18.94	-	25.24	31.83	-	38.73	45.91	53.57	20.07	12.37	13.49	14.84	28.33	3.09
	-	7.01	5.86	6.07	-	6.30	6.59	-	6.90	7.19	7.66							
	7.00	8.63	8.37	8.18	8.02	7.76	7.48	7.28	7.02	6.90	6.45							
小林菜由 (J.VIC)	53.81	-	7.14	13.23	19.44	-	25.87	32.58	-	39.48	46.49	53.81	14.24	12.64	13.61	14.33	27.94	2.06
	-	7.14	6.09	6.21	-	6.44	6.71	-	6.90	7.01	7.32							
	6.88	8.29	8.10	8.04	7.83	7.63	7.34	7.26	7.16	7.11	6.77							
久保山晴菜 (今村病院)	53.94	-	6.82	12.64	18.77	-	25.18	31.86	-	38.85	46.19	53.94	22.79	12.53	13.67	15.09	28.76	3.59
	-	6.82	5.82	6.13	-	6.41	6.69	-	6.99	7.34	7.75							
	7.20	8.72	8.39	8.07	7.86	7.68	7.35	7.21	6.89	6.73	6.38							
松本奈菜子 (東邦銀行)	54.40	-	7.10	13.13	19.34	-	25.91	32.69	-	39.65	46.80	54.40	16.86	12.79	13.74	14.75	28.49	2.57
	-	7.10	6.03	6.21	-	6.58	6.78	-	6.96	7.14	7.60							
	6.93	8.34	8.23	7.98	7.66	7.48	7.31	7.20	7.06	6.94	6.49							
岩田優奈 (スズキ)	54.53	-	7.11	13.26	19.55	-	26.19	32.99	-	39.91	47.03	54.53	15.18	12.93	13.72	14.62	28.34	2.14
	-	7.11	6.15	6.29	-	6.64	6.79	-	6.93	7.11	7.50							
	6.93	8.16	8.08	7.89	7.59	7.40	7.34	7.22	7.14	6.92	6.60							
新宅麻未 (アットホーム)	54.79	-	7.15	13.39	19.82	-	26.56	33.37	-	40.26	47.27	54.79	12.27	13.17	13.70	14.53	28.23	1.67
	-	7.15	6.25	6.43	-	6.74	6.81	-	6.89	7.01	7.52							
	6.90	8.04	7.95	7.71	7.44	7.36	7.34	7.26	7.21	7.05	6.56							

表 9. 日本陸上競技選手権大会女子 400m 走における通過タイム, 区間タイム, 区間平均走速度, および走速度低下率

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 (0-45m)	100m (45-80m)	150m (80-115m)	200m (115-150m)	250m (150-185m)	300m (185-220m)	350m (220-255m)	400m (255-290m)	300m (290-325m)	350m (325-360m)	400m (360-400m)		100m毎 (100-200m)	100m毎 (200-300m)	100m毎 (300-400m)	200m毎 (200-400m)	前後半差
小林菜由 (J.VIC)	52.86	-	7.17	13.04	19.02	-	25.21	31.65	-	38.37	45.43	52.86	18.36	12.17	13.16	14.49	27.65	2.44
	-	7.17	5.87	5.98	-	6.19	6.44	-	6.72	7.06	7.43							
	6.83	8.58	8.44	8.33	8.16	7.89	7.68	7.49	7.16	7.00	6.66							
松本奈菜子 (東邦銀行)	53.35	-	6.90	12.60	18.54	-	24.81	31.40	-	38.30	45.57	53.35	24.15	12.21	13.49	15.05	28.54	3.73
	-	6.90	5.70	5.94	-	6.28	6.59	-	6.90	7.27	7.78							
	7.10	8.91	8.58	8.36	8.07	7.74	7.49	7.28	7.00	6.76	6.35							
青山聖佳 (大阪成蹊大AC)	53.42	-	6.96	12.76	18.64	-	24.71	31.08	-	37.86	45.16	53.42	23.49	11.96	13.14	15.56	28.71	3.99
	-	6.96	5.79	5.88	-	6.08	6.37	-	6.78	7.30	8.26							
	7.04	8.70	8.53	8.49	8.33	8.01	7.76	7.43	7.04	6.66	5.92							
久保山晴菜 (今村病院)	53.72	-	6.91	12.60	18.55	-	24.82	31.42	-	38.33	45.70	53.72	25.83	12.22	13.51	15.39	28.90	4.08
	-	6.91	5.68	5.96	-	6.27	6.60	-	6.91	7.37	8.02							
	7.08	8.97	8.56	8.33	8.10	7.71	7.48	7.30	6.92	6.65	6.14							
岩田優奈 (スズキ)	54.09	-	6.95	12.99	19.14	-	25.57	32.27	-	39.28	46.51	54.09	17.70	12.58	13.71	14.81	28.52	2.95
	-	6.95	6.03	6.15	-	6.44	6.70	-	7.00	7.23	7.58							
	7.08	8.36	8.18	8.12	7.86	7.57	7.39	7.16	6.95	6.88	6.53							

表 10. U20 日本陸上競技選手権大会女子 400m 走における通過タイム, 区間タイム, 区間平均走速度, および走速度低下率

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 (150-185m)	250m (185-220m)	300m (220-255m)	350m (255-290m)	400m (290-325m)	300m (325-360m)	400m (360-400m)	100m毎 (100-200m)		100m毎 (200-300m)	100m毎 (300-400m)	200m毎 (200-400m)	前後半差	
須藤美桜 (日体大)	54.92	7.18	13.40	19.69	-	26.31	33.13	-	40.10	47.30	54.92	14.45	12.92	13.79	14.82	28.61	2.29	
	7.18	6.22	6.30	-	6.62	6.82	-	6.97	7.20	7.62								
	8.05	8.02	7.90	7.61	7.41	7.28	7.21	7.00	6.89	6.48								
タネル舞璃乃 (埼玉栄高)	55.08	7.19	13.50	19.90	-	26.60	33.45	-	40.38	47.50	55.08	12.44	13.10	13.78	14.70	28.48	1.87	
	7.19	6.31	6.40	-	6.70	6.84	-	6.94	7.12	7.58								
	7.95	7.90	7.77	7.52	7.34	7.28	7.23	7.09	6.96	6.52								
河内瀬桜 (東大阪大敬愛高)	55.13	7.06	13.22	19.50	-	26.17	33.01	-	40.02	47.33	55.13	17.36	12.95	13.86	15.11	28.96	2.80	
	7.06	6.16	6.28	-	6.66	6.84	-	7.01	7.31	7.80								
	8.16	8.05	7.92	7.56	7.37	7.26	7.17	6.94	6.75	6.33								
飯田景子 (中央大)	55.14	7.44	13.77	20.17	-	26.82	33.53	-	40.36	47.48	55.14	12.69	13.05	13.55	14.78	28.32	1.51	
	7.44	6.33	6.40	-	6.65	6.71	-	6.83	7.11	7.66								
	7.92	7.87	7.78	7.55	7.47	7.44	7.35	7.15	6.91	6.43								
工藤芽衣 (立命館大)	55.35	7.19	13.35	19.64	-	26.24	33.15	-	40.34	47.75	55.35	18.02	12.89	14.10	15.01	29.11	2.87	
	7.19	6.16	6.30	-	6.59	6.91	-	7.19	7.41	7.60								
	8.16	8.04	7.90	7.67	7.39	7.14	6.97	6.81	6.69	6.55								

有利に進めることができ、結果として高い競技パフォーマンスに結び付くと考えられる。2020年度と比較して2021年度では、前後半差が短く、そして、走速度低下率も小さくなった傾向を示したことから、前半から積極的に走る前半型の選手が分析対象となった選手の中に少ないことも考えられる。しかしながら、400m走において、前半の200mを速いタイムで通過していくことによって400mの良い記録に繋がっていくと考えられるため、男子同様に後半の走速度の低下をできるだけ最小限にしつつ、前半の200mをより積極的に走ることが望ましいことであると考えられる。

U20の400m選手のデータは、数が少ないため、男女とも上位入賞者2名に着目して述べていく。表5で示しているように、優勝した吉木選手（東葛飾高）は、最高走速度が9.94m/秒を出しており、決勝における上位5名の中で最も高い最高走速度を出していた。また、前半200m通過タイムも唯一の21秒台である21.86秒であり、前半から積極的に走った結果、走速度の低下率が決勝の上位5名中5番手（23.69%）ではあったものの、優勝に繋がったのではないかと考えられる。二位に入賞した木下選手（法政大）は、最高走速度（9.56m/秒）、前半200m通過タイム（22.46秒）、および走速度の低下率（15.90%）が決勝における上位5名の中でそれぞれ3番手の値を示したことから、前半やや積極的に走り後半まで走速度を維持できたことが二位入賞に繋がったのではないかと考えられる。これまでの報告書（小林ら2020、山中ら2020a）で示されているように、U20の選手においても、最高走速度を高め前半200m通過タイムを短縮することができれば、更なる記録の短縮に繋がっていくと考えられる。女子においては、表10に示したように、優勝した須藤選手（日体大）は、最高走速度（8.05m/秒）、前半200m通過タイム（26.31秒）、および走速度の低下率（14.45%）が決勝における上位5名の中でそれぞれ3番手の値を示したことから、前半やや積極的に走り後半まで走速度を維持できたことが優勝に繋がったのではないかと考えられる。二位に入賞したタネル選手（埼玉栄高）は、最高走速度（7.95m/秒）および前半200m通過タイム（26.60秒）が決勝における上位5名中4番手ではあったものの、走速度の低下率が上位5名の中で最も小さかったことから、後半においても走速度を維持できたことが二位入賞に繋がったのではないかと考えられる。女子選手においても、これまで報告（小林ら2020、山中ら2020a）されているように、U20女子選手におい

ても、男子選手と同様に前半における最高走速度を高め前半の200m通過タイムを短縮することが、更なる記録の短縮に繋がると考えられる。

U18陸上大会における男子300m走における分析ポイントの通過タイム、区間タイム、区間平均走速度を表11に、女子300m走における同分析項目を表12に示した。今回分析を行った全ての選手において、男女ともに、走速度は45-80m地点で最高値が出現し、フィニッシュに向けて低下していく傾向を示した。300m走の記録と最高走速度の関係を分析したところ（図3）、今回は分析者数が少ないために、相関係数が大きい（男子： $r = -0.41$ 、女子： $r = -0.62$ ）が統計的に有意な相関関係を示さなかった。200m走（高橋ら2020）と400m走（山中ら2018、小林ら2020）において、記録と最高走速度との間にそれぞれで有意な負の相関関係が認められることが報告されていることから、その中間の距離となる300m走においても、最高走速度が記録を決定する強い要因となる可能性が考えられる。また、300m走の記録と100m、150mおよび200mの通過タイムとの間には、統計的に有意ではないが、相関係数が大きい傾向（100m；男子： $r = 0.61$ 、女子： $r = 0.69$ 、150m；男子： $r = 0.64$ 、女子： $r = 0.73$ 、200m；男子： $r = 0.75$ 、女子： $r = 0.70$ ）を示した（図4）。300m走の200m地点においては、フィニッシュまで残り100m地点のため、300m走の記録との相関係数が高くなることが推測できる。さらに、300m走の記録と中間地点である150m地点だけではなく100m地点の通過タイムとの間の相関係数がそれぞれ大きいことから、300m走においては、400m走以上に初めの100mの通過タイムや中間地点である150mの通過タイムが記録を決定する強い要因となる可能性が考えられる。300m走に関して、今年度から取り入れられた種目のため、次年度以降からもデータを蓄積し、レースの傾向と、記録と各分析項目との関係を明らかにしていく必要があると考えられる。

まとめ

本稿では、2021年度における国内外の男女400m走および300m走のレースを分析した。主な結果は以下のとおりである。

- ①男子400m走では、400m走の記録と最高走速度および走速度低下率の間には、それぞれ有意な相関関係が認められなかったが、400m走の記録と前半200m通過タイムの間には、有意（ $p < 0.05$ ）な正の相関関係が認められた。

- ②女子 400m 走では、400m 走の記録と最高走速度との間に有意な負の相関関係が、400m 走の記録と 200m の通過タイムとの間に有意な正の相関関係が認められた。一方、400m 走の記録と走速度低下率との間には、有意な相関関係が認められなかった。
- ③ U18 における男女 300m 走において、記録と最高走速度および 100m、150m の通過タイム（中間地点）との間の相関係数は、統計学的に有意ではないが大きい傾向をそれぞれ示した。

における女子 4 × 400m リレーのレース分析． 陸上競技研究紀要, 16: 109-113

参考文献

- 小林 海・山中 亮・大沼勇人・高橋恭平・渡辺圭祐・山本真帆・松林武夫・広川龍太郎・山村貴彦 (2019) 2019 年シーズンにおける男子 4 × 400m リレーのレース分析 ～横浜世界リレーとドーハ世界選手権の分析結果について～． 陸上競技研究紀要, 15: 181-190
- 小林 海・大沼勇人・高橋恭平・山中 亮・綿谷貴志・松林武生・広川龍太郎 (2020) 全国高等学校陸上競技大会 2020 兼 U20 全国陸上競技大会における男女短距離種目のレース分析． 陸上競技研究紀要, 16: 97-108
- 高橋恭平・広川龍太郎・小林 海・山中 亮・大沼勇人・松林武生・綿谷貴志 (2020) 国内トップスプリンターにおける 2020 年シーズンの 200m レース分析． 陸上競技研究紀要, 16: 99-96
- 持田 尚・松尾彰文・柳谷登志雄・矢野隆照・杉田正明・阿江通良 (2007) Overlay 表示技術を用いた陸上競技 400m 走レースの時間分析． 陸上競技研究紀要, 3: 9-15
- 山中 亮・高橋恭平・小林海・渡辺圭祐・広川龍太郎・松林武生・松尾彰文 (2018) 2018 年度競技会における男女 400m のレース分析． 陸上競技研究紀要, 14: 110-122
- 山中 亮・高橋恭平・小林海・松林武生・渡辺圭祐・山本真帆・渡辺圭祐・大沼勇人・綿谷貴志・広川龍太郎 (2019) 2019 年度競技会における男女 400m のレース分析． 陸上競技研究紀要, 15: 158-167
- 山中 亮・小林海・高橋恭平・松林武生・綿谷貴志・大沼勇人・山本真帆・笠井信一・広川龍太郎 (2020a) 2020 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, 16: 114-121
- 山中 亮・小林海・大沼勇人・高橋恭平・渡辺圭祐・松林武生・広川龍太郎 (2020b) 2019 年シーズン

表 11. U18 陸上競技大会男子 300m 走における通過タイム, 区間タイム, 区間平均走速度

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]								区間タイム[s]				
		50m	100m	150m	200m	250m	300m	100m毎		150m毎				
		(0-45m)	(45-80m)	(80-115m)	(115-150m)	(150-185m)	(185-220m)	(220-255m)	(255-290m)	(290-325m)	(100-200m)	(200-300m)	(150-300m)	後半-前半
平川慧 (コザ高)	33.56	-	6.23	11.23	16.42	-	21.80	27.47	-	33.56	10.57	11.76	17.14	0.73
	-	6.23	5.00	5.18	-	5.38	5.67	-	6.09					
	7.84	10.11	9.85	9.56	9.39	9.06	8.67	8.29	7.73					
高須楓翔 (成田)	33.64	-	6.06	11.03	16.31	-	21.83	27.56	-	33.64	10.80	11.81	17.33	1.02
	-	6.06	4.97	5.28	-	5.52	5.73	-	6.08					
	8.08	10.26	9.78	9.34	9.12	8.90	8.61	8.29	7.85					
山本嶺心 (洛南高)	33.68	-	6.23	11.30	16.53	-	21.90	27.56	-	33.68	10.61	11.78	17.15	0.61
	-	6.23	5.06	5.24	-	5.37	5.66	-	6.12					
	7.85	9.97	9.74	9.47	9.37	9.18	8.62	8.26	7.71					
清水壮 (東京高)	33.87	-	6.27	11.31	16.67	-	22.21	27.86	-	33.87	10.90	11.66	17.20	0.54
	-	6.27	5.04	5.36	-	5.54	5.65	-	6.01					
	7.80	10.09	9.69	9.18	9.04	8.97	8.78	8.36	7.97					
渋谷寛也 (木造高)	34.02	-	6.13	11.09	16.32	-	21.81	27.61	-	34.02	10.71	12.21	17.70	1.39
	-	6.13	4.96	5.22	-	5.49	5.81	-	6.41					
	7.98	10.21	9.87	9.45	9.24	8.81	8.48	8.01	6.90					
森川葉月 (玉野光南高)	34.28	-	6.36	11.48	16.87	-	22.52	28.28	-	34.28	11.04	11.76	17.41	0.55
	-	6.36	5.12	5.39	-	5.66	5.76	-	6.00					
	7.68	9.92	9.54	9.18	8.87	8.76	8.63	8.39	8.02					

表 12. U18 陸上競技大会女子 300m 走における通過タイム, 区間タイム, 区間平均走速度

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]								区間タイム[s]				
		50m	100m	150m	200m	250m	300m	100m毎		150m毎				
		(0-45m)	(45-80m)	(80-115m)	(115-150m)	(150-185m)	(185-220m)	(220-255m)	(255-290m)	(290-325m)	(100-200m)	(200-300m)	(150-300m)	後半-前半
瀧野未来 (京都橘高)	38.63	-	7.00	12.87	18.91	-	25.23	31.81	-	38.63	12.37	13.40	19.72	0.81
	-	7.00	5.87	6.05	-	6.32	6.58	-	6.82					
	7.02	8.55	8.49	8.18	7.99	7.71	7.53	7.39	7.05					
佐藤志保里 (遠愛女子高)	38.69	-	6.88	12.58	18.54	-	24.91	31.56	-	38.69	12.33	13.78	20.15	1.60
	-	6.88	5.70	5.96	-	6.37	6.65	-	7.13					
	7.13	8.87	8.62	8.29	7.93	7.67	7.43	7.08	6.62					
中尾袖希 (園田高)	39.15	-	7.03	12.90	18.93	-	25.30	32.00	-	39.15	12.39	13.85	20.22	1.30
	-	7.03	5.87	6.03	-	6.37	6.71	-	7.15					
	6.98	8.58	8.43	8.24	7.98	7.57	7.37	7.10	6.50					
山内そよ (大宮東高)	39.35	-	7.16	13.05	19.17	-	25.60	32.28	-	39.35	12.55	13.75	20.18	1.01
	-	7.16	5.89	6.12	-	6.43	6.68	-	7.07					
	6.85	8.55	8.41	8.07	7.86	7.60	7.41	7.14	6.69					
赤坂美玲 (山形中央高)	39.40	-	7.08	12.85	18.79	-	25.13	31.89	-	39.40	12.28	14.27	20.61	1.83
	-	7.08	5.77	5.93	-	6.34	6.76	-	7.51					
	6.92	8.70	8.60	8.36	8.01	7.60	7.26	6.78	6.05					
児島柚月 (西京高)	39.70	-	7.12	13.18	19.39	-	25.87	32.55	-	39.70	12.69	13.83	20.31	0.93
	-	7.12	6.07	6.20	-	6.49	6.68	-	7.15					
	6.91	8.28	8.19	8.01	7.77	7.57	7.43	7.09	6.49					

表 13. 男子 400m 走における記録, 最高走速度, 前後半差, および走速度低下率の比較(2021 年度と 2020 年度)

	2020年度 (n=19)		2021年度 (n=27)		p値
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	
400m走の記録 [s]	46.56	0.34	46.46	0.73	n.s
最高走速度 [m/s]	9.96	0.22	9.94	0.28	n.s
前半200m通過タイム [s]	22.01	0.40	21.88	0.51	0.06
前後半差 [s]	2.53	0.80	2.70	0.77	n.s
走速度低下率 [%]	19.91	3.60	20.34	3.95	n.s

表 14. 女子 400m 走における記録, 最高走速度, 前後半差, および走速度低下率の比較(2021 年度と 2020 年度)

	2020年度 (n=22)		2021年度 (n=21)		p値
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	
400m走の記録 [s]	54.22	0.71	54.35	0.96	n.s
最高走速度 [m/s]	8.49	0.71	8.41	0.96	n.s
前半200m通過タイム [s]	25.53	0.71	25.82	0.96	< 0.05
前後半差 [s]	3.17	0.71	2.71	0.96	< 0.05
走速度低下率 [%]	19.90	0.71	18.26	0.96	0.08

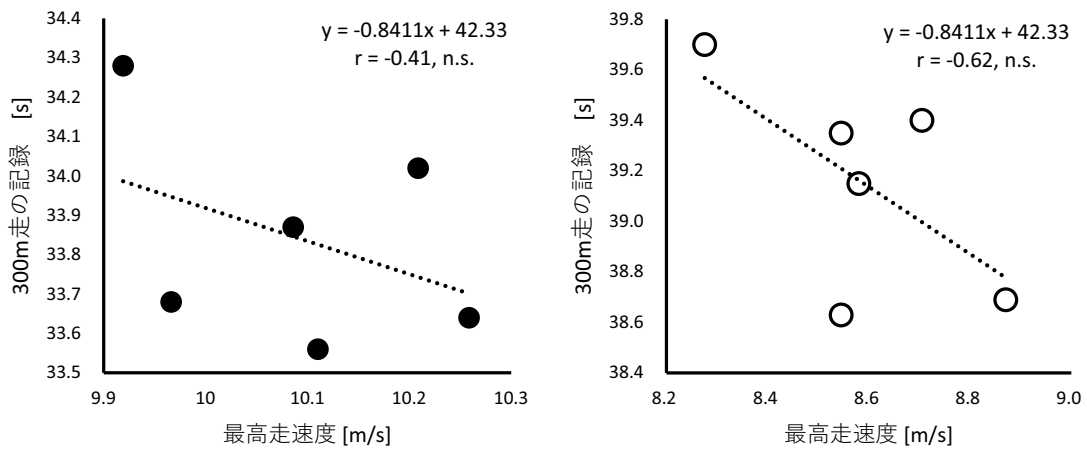


図 3. U18 男女 300m 走の記録と最高走速度との関係 (左: 男子●, 右: 女子○)

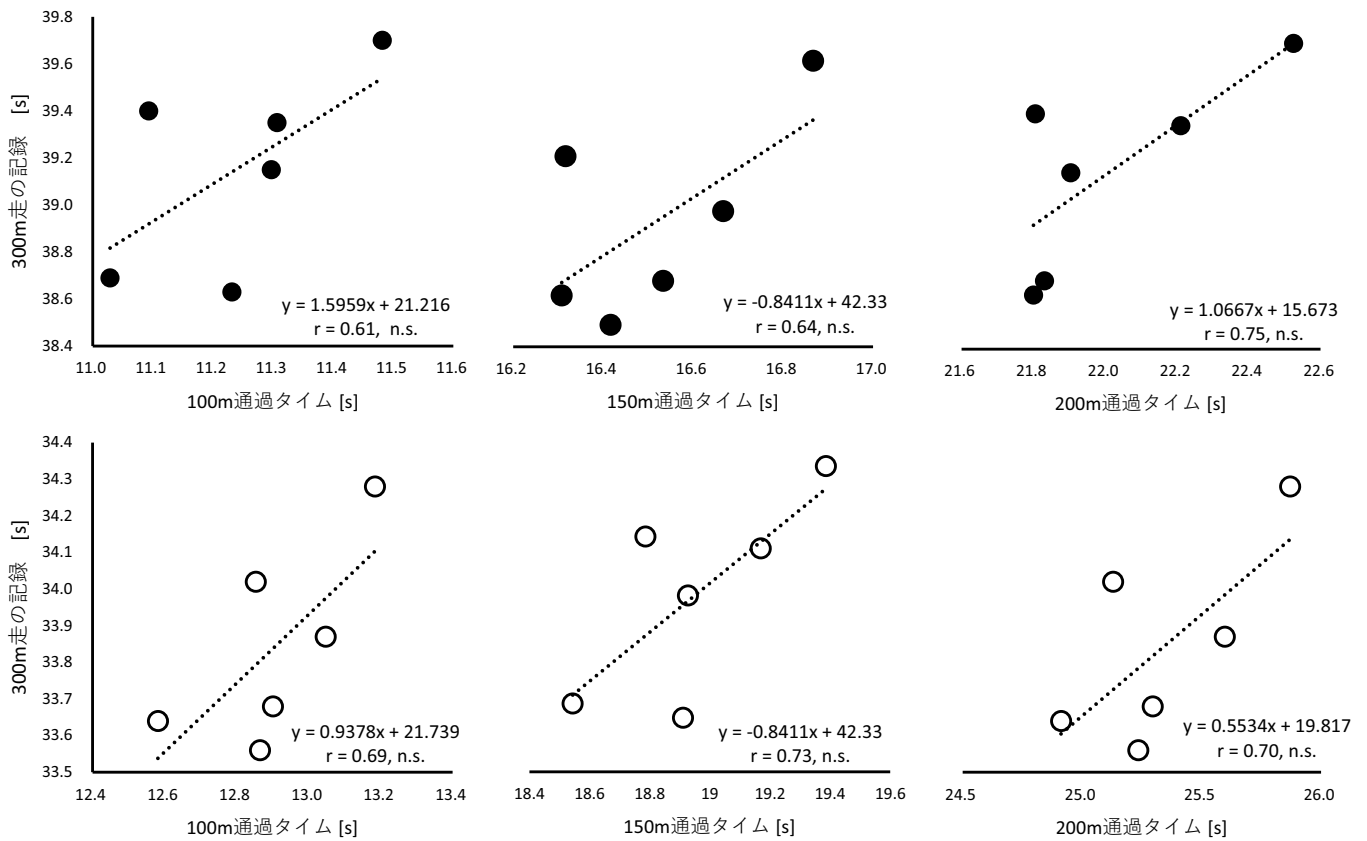


図 4. U18 女子 300m 走の記録と 100m, 150m および 200m の通過タイムとの関係 (上段: 男子●, 下段: 女子○)

田中希実選手の2021年日本選手権大会および東京オリンピックにおける 1500 m レース分析

丹治史弥¹⁾ 小林海²⁾ 大沼勇人³⁾ 関慶太郎⁴⁾ 高信清人⁵⁾

1) 東海大学 2) 東洋大学 3) 関西福祉大学 4) 日本大学 5) 日本大学大学院

1. 目的

2021年に開催された東京2020オリンピック競技大会(OLY)では、我が国のオリンピック史上初めて女子1500 mに選手を輩出し、田中希実選手(豊田自動織機TC)とト部蘭選手(積水化学)の2名が出場した。田中希実選手は準決勝において自身の持つ日本記録を更新(3分59秒19)して決勝に進出すると、決勝でも3分台をマーク(3分59秒95)して8位入賞を果たした。ト部蘭選手も予選敗退ながら、自己記録を更新(4分7秒90)する日本歴代3位の快走を見せた。

本報告では田中希実選手の日本陸上競技選手権大会の決勝およびOLYの予選、準決勝および決勝のレース分析結果を示し、田中希実選手のOLYにおける高いパフォーマンス発揮の一要因を検討することを目的とした。

2. 方法

2-1. 対象競技会

対象競技会は下記2大会であった。

- ・第105回日本陸上競技選手権大会(6月25日[決勝]; ヤンマースタジアム長居, 大阪)(以下, NCA)
- ・第32回オリンピック競技大会(OLY; 8月2日[予選3組目], 4日[準決勝1組目], 6日[決勝]; 国立競技場, 東京)(以下それぞれ, OLY_R1, OLY_SF および OLY_FI)

2-2. データ収集

NCAのレース映像の収集には撮影速度を59.94 fpsに設定したデジタルビデオカメラ(DMC-FZ300, Panasonic, Japan; HC-VX985M, Panasonic, Japan; HC-VX992M-W, Panasonic, Japan)を3台用いた。

スタートの閃光または発煙を撮影後、全選手をカメラ画角内に収めながら追従撮影をした。撮影はすべて競技場スタンドから実施し、撮影位置はフィニッシュライン延長線上、100 m通過ライン延長線上および400 m通過ライン延長線上とした。

OLYのデータのうち、100 mごとのラップタイムおよび公式結果はOMEGA社がオリンピック公式サイトにて公開したレース分析を用いた。また、オリンピックビデオプレーヤーにて公開された映像をキャプション(29.97 fps)することでレース映像を収集した。

2-3. 分析方法

NCAのレース分析では、スタートの閃光後100 mごとの地点を通過する際のコマ数を映像から読み取った。コマ数から通過タイムを算出し、その後各区分における所要時間および走スピードを算出した。OLYではOMEGA社のレース分析によって報告された100 mごとの通過タイムを用いた。

各区分の最初および最後の接地が行われたコマ数およびその区間の歩数を読み取り、ピッチおよびステップ長を算出した。つまり、ピッチは区間の歩数を最初および最後の接地が行われたコマ数から算出される時間で除すことで算出し、ステップ長は走スピードをピッチで除すことによって算出した。なお、OLYのピッチおよびステップ長は各区分において最も連続する接地回数を確認できるコマ数およびその間の歩数から算出した。

3. 結果および考察

表1に田中希実選手のNCA, OLY_R1, OLY_SF および OLY_FIにおけるレース分析結果を示した。その結果に基づき、図1, 図2および図3にそれぞれそれぞれのレースにおける100 mごとの走スピード、

ステップ長およびピッチの変化を示した。

分析対象としたレースにおける田中希実選手の走スピードの共通の傾向として、スタート直後非常に高く、その後一度低下する傾向が認められた。加えて、800 m通過以降1200 mまでの間（3周目）に急激に走スピードが上昇（スパート）する傾向が認められた。また、スパートはフィニッシュまで維持されることなく、1300 m通過前後（4周目以降）から走スピードが漸減していることも認められた。

NCAでは1周目から2周目、3周目と徐々に走スピードが低下（ラップタイムが増加）した。3周目でスパートしたものの2周目に比べて3周目でラップタイムが増加した要因は、走スピードが増大する直前の走スピードが顕著に低下していたことだと考えられる。OLY_R1では1周目から2周目にかけてほとんど走スピード（ラップタイム）の変化が認められず、3周目にスパートが認められた。日本記録をマークしたOLY_SFでは、1周目に比べて2周目で走スピードが低下（ラップタイムが増加）し、3周目でスパートが認められた（ラップタイム減少）。OLY_FIではその変化は小さいもののOLY_SFと同様に、1周目に比べて2周目で走スピードが低下し、3周目でスパートが示された。

2019年から2020年の国内主要大会における女子1500 m中の走スピードは1周目に比べて2周目と3周目で低下すると報告されている（榎本ほか、2020）。男子1マイル走の歴代世界記録の走スピードも1周目に比べて2周目と3周目において低下し、2周目と3周目で大きな差はないことが報告されている（Noakes et al., 2008; Tucker et al., 2006）。2020年の国内主要大会における男子1500 m上位競技者においても同様に、1周目に比べて2周目と3周目において走スピードが低下し、2周目と3周目でラップタイムに大きな差はないものの、3周目からスパートが認められている（丹治ほか、2020）。この2020年の国内主要大会における男子1500 m上位競技者における2周目と3周目でラップタイムに大きな差はない要因は、田中希実選手のNCAと同様に、スパートする直前の走スピードが顕著に低下していたと考えられる。したがって、NCAのようなラウンド制の1500 mのレースは1周目に比べて2周目と3周目において走スピードが低下しているものの、3周目（800 mから1200 mの区間）からスパートする傾向にあるようである。一方、OLYでは3周目にスパートする直前の走スピードが顕著に低下していなかったことで、3周目

のラップタイムが2周目よりも減少していたと考えられる。

2020年の国内主要大会における男子1500 m上位競技者は、3周目にスパートをし、その後フィニッシュまで走スピードを低下させることなく、またはラスト100 mのみわずかに低下して、フィニッシュしていることが示されている（丹治ほか、2020）。一方で、田中希実選手はNCAにおいて1000 mから1200 m、OLY_R1において900 mから1300 m、OLY_SFにおいて800 mから1100 m、OLY_FIにおいて700 mから1200 mにかけて走スピードを漸増させているものの、4周目以降フィニッシュにかけて漸減が認められた。なお、OLY_FI上位入賞者は4周目（1300 m）にさらにスパートを加速させ、1400 m以降フィニッシュにかけて走スピードの漸減が認められた。丹治ほか（2020）の報告と田中希実選手のスパートにおける走スピードの変化の相違は、性差または競技会のレベルによるものなのか今後さらに検証していく必要がある。ただし、少なくとも田中希実選手は3周目以降にスパートを行い、その後4周目以降に走スピードが漸減しつつもフィニッシュまで走行するラストスパートの展開をNCAでも実施していた。このOLYと同様のラストスパートの展開をNCAで実施していた経験によって、OLYでも世界の強豪選手たちと勝負できた可能性がある。

NCAとOLYで田中希実選手のレース中のピッチの変化の範囲に大きな差は示されなかった。一方でステップ長はNCAに比べてOLYでレースを通して、特に2周目からフィニッシュにかけて高値が示された。榎本ほか（2020）の報告と比較すると、田中希実選手は日本人選手の中でもピッチが高い傾向である。しかし、OLYではNCAよりもステップ長を増大させ、高い走スピードを獲得していた。普段から高いピッチで走行している田中希実選手がOLYではステップ長を増大させたことによって、OLYにおいて高いパフォーマンスを発揮できた可能性がある。

4. まとめ

本報告では、田中希実選手の日本陸上競技選手権大会の決勝およびOLYの予選、準決勝および決勝のレース分析結果を示し、田中希実選手のOLYにおける高いパフォーマンス発揮の一要因を検討した。その結果、主に以下の要因によってOLYにおける高いパフォーマンス発揮を達成したことが示唆

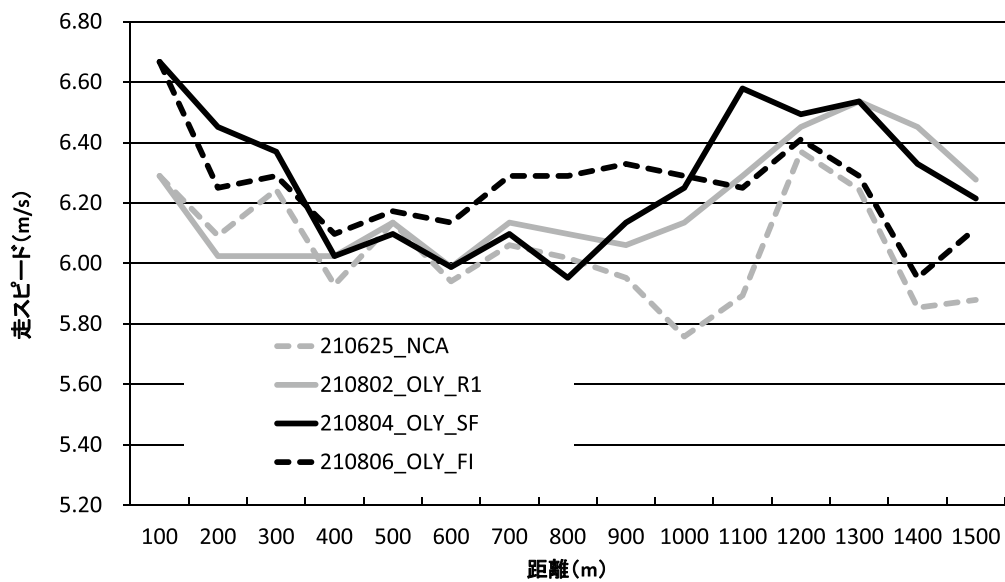


図 1. 分析対象レース中の走スピード (m/s) の変化

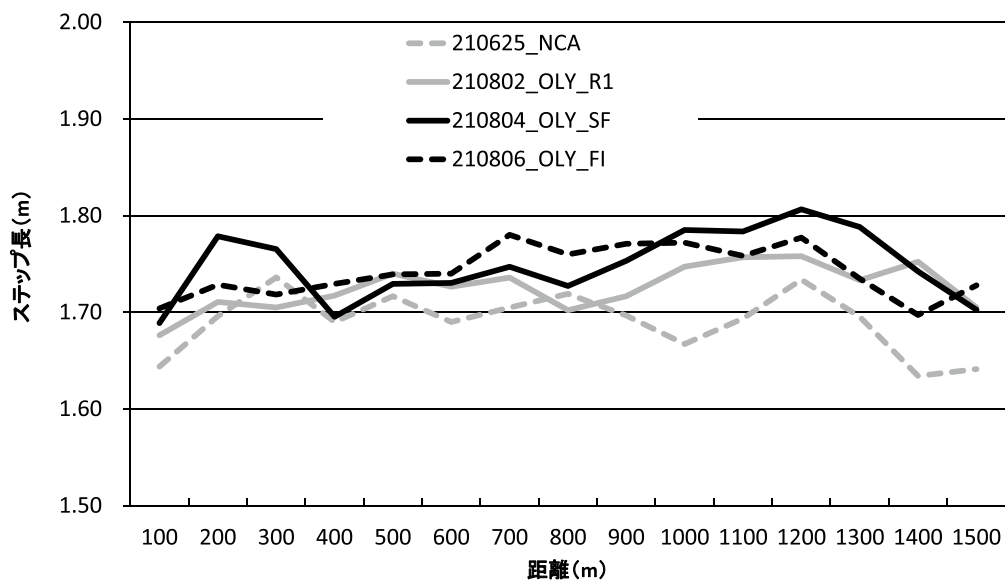


図 2. 分析対象レース中のステップ長 (m) の変化

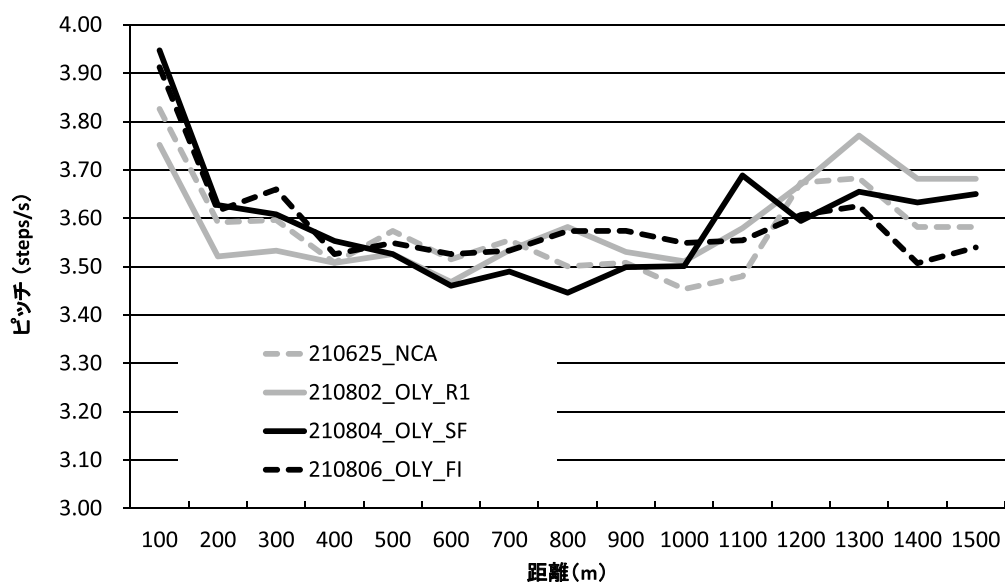


図 3. 分析対象レース中のピッチ (steps/s) の変化

表 1. 分析対象レース中の 100 m ごとの通過タイム, 走スピード, ステップ長およびピッチ

順位	競技者名	m	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	
		通過タイム	15.9	32.3	48.3	1:05.2	1:21.5	1:38.3	1:54.8	2:11.4	2:28.2	2:45.6	3:02.6	3:18.3	3:34.3	3:51.4	4:08.38	
	日本選手権決勝	区間タイム100m	15.9	16.4	16.0	16.9	16.3	16.8	16.5	16.6	16.8	17.4	17.0	15.7	16.0	17.1	17.0	
1	田中 希実	400m	65.2				66.2				66.8				50.1			
	豊田織機TC	スピード m/s	6.29	6.09	6.24	5.93	6.14	5.94	6.06	6.02	5.95	5.76	5.89	6.37	6.24	5.85	5.88	
		ステップ長 m	1.64	1.70	1.74	1.69	1.72	1.69	1.70	1.72	1.70	1.67	1.69	1.73	1.70	1.63	1.64	
		ピッチ steps/s	3.83	3.59	3.60	3.51	3.57	3.52	3.55	3.50	3.51	3.45	3.48	3.67	3.68	3.58	3.58	
		通過タイム	15.9	32.5	49.1	1:05.7	1:22.0	1:38.7	1:55.0	2:11.4	2:27.9	2:44.2	3:00.1	3:15.6	3:30.9	3:46.4	4:02.33	
	オリンピック予選3組	区間タイム100m	15.9	16.6	16.6	16.6	16.3	16.7	16.3	16.4	16.5	16.3	15.9	15.5	15.3	15.5	15.9	
4	田中 希実	400m	65.7				65.7				64.2				46.7			
	JAPAN	スピード m/s	6.29	6.02	6.02	6.02	6.13	5.99	6.13	6.10	6.06	6.13	6.29	6.45	6.54	6.45	6.28	
		ステップ長 m	1.68	1.71	1.71	1.72	1.74	1.73	1.74	1.70	1.72	1.75	1.76	1.76	1.73	1.75	1.71	
		ピッチ steps/s	3.75	3.52	3.53	3.51	3.53	3.47	3.53	3.58	3.53	3.51	3.58	3.67	3.77	3.68	3.68	
		通過タイム	15.0	30.5	46.2	1:02.8	1:19.2	1:35.9	1:52.3	2:09.1	2:25.4	2:41.4	2:56.6	3:12.0	3:27.3	3:43.1	3:59.18	
	オリンピック準決勝1組	区間タイム100m	15.0	15.5	15.7	16.6	16.4	16.7	16.4	16.8	16.3	16.0	15.2	15.4	15.3	15.8	16.1	
5	田中 希実	400m	62.8				66.3				62.9				47.2			
	JAPAN	スピード m/s	6.67	6.45	6.37	6.02	6.10	5.99	6.10	5.95	6.13	6.25	6.58	6.49	6.54	6.33	6.22	
		ステップ長 m	1.69	1.78	1.77	1.70	1.73	1.73	1.75	1.73	1.75	1.79	1.78	1.81	1.79	1.74	1.70	
		ピッチ steps/s	3.95	3.63	3.61	3.55	3.53	3.46	3.49	3.45	3.50	3.50	3.69	3.59	3.65	3.63	3.65	
		通過タイム	15.0	31.0	46.9	1:03.3	1:19.5	1:35.8	1:51.7	2:07.6	2:23.4	2:39.3	2:55.3	3:10.9	3:26.8	3:43.6	3:59.95	
	オリンピック決勝	区間タイム100m	15.0	16.0	15.9	16.4	16.2	16.3	15.9	15.9	15.8	15.9	16.0	15.6	15.9	16.8	16.4	
8	田中 希実	400m	63.3				64.3				63.3				49.1			
	JAPAN	スピード m/s	6.67	6.25	6.29	6.10	6.17	6.13	6.29	6.29	6.33	6.29	6.25	6.41	6.29	5.95	6.12	
		ステップ長 m	1.70	1.73	1.72	1.73	1.74	1.74	1.78	1.76	1.77	1.77	1.76	1.78	1.73	1.70	1.73	
		ピッチ steps/s	3.91	3.62	3.66	3.53	3.55	3.53	3.53	3.57	3.55	3.55	3.55	3.61	3.63	3.51	3.54	

された.

- 1) OLY のレースでは, 1 周目と比較して 2 周目においてラップタイムの増大が認められた. 一方, 3 周目にはスパートが認められ, かつスパート直前も走スピードの低下がなかったため, 2 周目と比較して 3 周目のラップタイムは減少が認められた.
- 2) 3 周目にスパートをし, 4 周目以降に走スピードが漸減しつつもフィニッシュするという OLY でも認められたラストスパートの展開を NCA においても経験していた.
- 3) NCA と比較して OLY において, レースを通したピッチの変化の範囲に大きな差は認められなかったが, ステップ長はとりわけ 2 周目からフィニッシュにかけて高値を示した.

参考文献

- 榎本靖士, 楊永昌, 丹治史弥, 栗原俊. (2020) 女子 1500m レースにおける記録とペースの関係. 陸上競技研究紀要, 16: 133-135.
- Noakes TD, Lambert MI, Hauman R. (2008) Which lap is the slowest? An analysis of 32 world

mile record performances. Br J Sports Med, 43: 760-764.

- 丹治史弥, 榎本靖士, 楊永昌, 栗原俊. (2020) 2020 年主要競技会における男子 1500m のレース分析. 陸上競技研究紀要, 16: 128-132.
- Tucker R, Lambert MI, Noakes TD. (2006) An analysis of pacing strategies during men's world-record performances in track athletics. Int J Sports Physiol perform, 1: 233-245.

2021年シーズンにおける男子110mハードル走のレース分析

柴山一仁¹⁾ 貴嶋孝太²⁾ 杉本和那美³⁾ 森丘保典⁴⁾ 櫻井健一⁵⁾ 苅部俊二⁶⁾ 金子公宏⁷⁾
谷川聡⁸⁾
1) 仙台大学 2) 大阪体育大学 3) 弘前大学 4) 日本大学 5) 国際武道大学
6) 法政大学 7) 明治大学 8) 筑波大学

1. 緒言

2021年シーズンは、4月の織田記念陸上において金井大旺選手（ミズノ）が日本記録を13秒16に更新すると、6月の日本選手権では泉谷駿介選手（順天堂大）がさらに13秒06に更新し、2度も日本記録が更新されたシーズンであった。泉谷選手は2021年の世界ランキングで5位、金井選手は13位であり、まさに世界のトップ選手と肩を並べたといえる。残念ながら東京オリンピックでの決勝進出は逃したものの、日本人選手のレベルが格段に向上していることに疑いはなく、今後の世界大会でのファイナリスト入りが期待される。また、インターハイにおいて西徹朗選手（名古屋高）が13秒69の高校新記録を樹立するなど、ジュニア世代における競技レベルの向上が結果に示されたシーズンでもあった。

これまでハードル走では、ハードル間に要した時間を計測し、それらのタイムをレース評価の指標として用いるレース分析が行われてきた（柴山ほか、2010；貴嶋ほか、2016；柴山ほか、2020；柴山ほか、2021）。本稿では、2021年シーズンに国内で開催された主要競技会におけるレース分析結果について報告する。

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61名を分析対象者とした。

- ① 第55回織田幹雄記念国際陸上競技大会（4月29日、エディオンスタジアム広島・広島）
- ② READY STEADY TOKYO（5月9日、国立競技場・東京）

- ③ 第8回木南道孝記念陸上競技大会（6月1日、ヤンマースタジアム長居・大阪）
- ④ 布勢スプリント2021（6月6日、ヤマタスポーツパーク陸上競技場・鳥取）
- ⑤ 第105回日本陸上競技選手権大会（6月26日～27日、ヤンマースタジアム長居・大阪）
- ⑥ 第74回全国高等学校陸上競技対校選手権大会（8月1日、9.98スタジアム・福井）
- ⑦ 第15回U18 / 第52回U16 陸上競技大会（10月22日～24日、愛媛県総合運動公園陸上競技場・愛媛）

2.2 分析方法

上記競技会におけるレースを、複数台の高速度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タイムとし、2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、各区間の平均スピードを算出した。このとき、尾縣（1999）を参考に、アプローチ区間では着地側の距離として1.6mを加えた15.32mを区間距離とし、ランイン区間では1.6mを

減じた 12.42m を区間距離として平均区間スピードを算出した。また、区間スピード、ハードリングタイムおよびインターバルランタイムは、前半（1 台目から 4 台目ハードルまで）、中盤（4 台目から 7 台目ハードルまで）、後半（7 台目から 10 台目ハードルまで）の各局面における平均値を算出した。

3. 結果および考察

表 1 から表 8 は、分析対象とした各レースにおけるタッチダウンタイム、区間タイム、インターバルランタイム、ハードリングタイムおよび区間スピードについて示したものである。表 9 は、2021 年に日本記録を 13 秒 06 に更新した泉谷駿介選手（順天堂大）に関して、2018 年から 2021 年までの 4 年間のシーズンベストを記録したレースにおける分析結果を示したものである。2018 年については、ジュニア規格（ハードルの高さ 0.991m）における U20 日本記録を更新したレース（13 秒 19）の分析結果も併せて示した。図 1 は、表 9 の区間スピードに関して、前半、中盤および後半の各局面における平均値を示したものである。ハイハードル規格におけるレースの区間スピードは、全ての局面において 2021 年（13 秒 06）が最も大きく、2018 年（13 秒 75）が最も小さかった。レース全体では、2021 年では前半から中盤局面においてスピードの増加がみられ、後半にかけて減少した。一方、2018 年から 2020 年までは、前半から中盤局面にかけて維持または若干減少し、中盤から後半局面にかけて減少する傾向を示した。このように前半から中盤局面にかけて速度が増加する傾向は、13 秒台前半の選手にみられるレースパターンである（宮下，2012）。したがって、泉谷選手はレース記録の向上とともに前半から中盤局面にかけて速度が増加するレースパターンに変化したといえる。

これらのレースパターンの変化に影響した要因について明らかにするために、図 2 に各局面における 4 年間のハードリングタイムの変化を示した。同様に、図 3 に各局面における 4 年間のインターバルランタイムの変化を示した。ハードリングタイムは、レースパターンと同様の傾向を示していなかったのに対して、インターバルランタイムは、2021 年では前半から中盤局面におけるタイムの短縮がみられ、2020 年以前においても概ねレースパターンと同様の変化を示した。したがって、泉谷選手は特に中盤局面におけるインターバルランタイムを短縮することにより、前半から中盤局面にかけて速度が増

加するレースパターンに変化し、レース記録を向上させてきたことが明らかとなった。

また、泉谷選手は 2018 年にジュニア規格において U20 日本記録を 13 秒 19 に更新しており、そのレースにおける区間スピードは、特に中盤局面で 2021 年と同程度の高い値を示した（図 1）。このとき、ハイハードル規格における全てのレースよりもハードリングタイムが短かったが（図 2）、インターバルランタイムは比較的長い傾向を示した（図 3）。大橋ほか（2017）は、ハードル高が低いハードル走では、正規の高さと比較して着地距離が減少する一方で、2 歩目のストライドが増加することを報告している。したがって、ジュニア規格ではハードル高が低いためにハードリング距離が減少してハードリングタイムが短縮した一方で、インターバル距離が増加したことによりインターバルランタイムが増加したものと考えられる。しかし、ジュニア規格におけるインターバルランタイムは、2021 年と同様に前半から中盤局面にかけて短縮する傾向を示し（図 3）、区間スピードの変化も 2021 年と同様に前半から中盤局面にかけてスピード増加がみられるレースパターンを示した（図 1）。このことは、ジュニア規格におけるレースでは、区間スピードの増加によってハイハードル走における記録が高いレースパターンを疑似的に経験できる可能性を示すものと考えられる。

参考文献

- 貴嶋孝太，山元康平，柴山一仁，杉本和那美，櫻井健一，千葉佳裕，森丘保典（2016）日本一流男子 110m ハードル選手および女子 100m ハードル選手のレース分析 —2015 年度主要競技会の分析結果について—。陸上競技研究紀要，11：106-114。
- 宮下憲（2012）110m ハードル走におけるモデルタッチダウンタイムについて。宮下憲編著 スプリント&ハードル。陸上競技社：東京，119-121，2012。
- 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。
- 大橋祐二，門野洋介，藤井範久（2017）110m ハードル走におけるハードル間距離およびハードル高の変化が走動作に及ぼす影響。トレーニング科学，28(4)：215-225。
- 柴山一仁，川上小百合，谷川聡（2010）2007 年世界陸上競技選手権大阪大会における男子 110m

ハードル走および女子 100m ハードル走レースの
時間分析. 日本陸上競技連盟バイオメカニクス研
究班編 世界一流陸上競技者のパフォーマンスと
技術, 第 11 回世界陸上競技選手権大阪大会, 日
本陸上競技連盟バイオメカニクス研究班報告書.
日本陸上競技連盟: 東京, 76-95.

柴山一仁, 貴嶋孝太, 杉本和那美, 森丘保典, 岩崎
領, 櫻井健一, 苅部俊二, 金子公宏, 谷川聡 (2020)
2019 年シーズンにおける男子 110m ハードル走の
レース分析. 陸上競技研究紀要, 15: 215-226.

柴山一仁, 貴嶋孝太, 杉本和那美, 森丘保典, 岩崎
領, 櫻井健一, 苅部俊二, 金子公宏, 谷川聡 (2021)
2020 年シーズンにおける男子 110m ハードル走の
レース分析. 陸上競技研究紀要, 16: 149-156.

表1 レース分析結果(織田記念 男子 110mH 決勝 2021年4月29日)

順位	選手名	所属	記録	風	ハードル 区間	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	8th	9th	10th	
						app	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	run-in
1	金井 大旺	ミスノ	13.16	+1.7	タッチダウンタイム(秒)	2.51	3.54	4.55	5.56	6.58	7.60	8.62	9.67	10.70	11.75	13.16
					区間タイム(秒)	2.51	1.03	1.01	1.00	1.02	1.02	1.02	1.05	1.03	1.05	1.41
					インターバルランタイム(秒)		0.54	0.53	0.53	0.53	0.54	0.53	0.56	0.55	0.56	
					ハードリングタイム(秒)		0.50	0.49	0.48	0.48	0.49	0.48	0.48	0.49	0.48	0.48
					区間スピード(m/秒)	6.10	8.88	9.03	9.10	8.95	8.95	8.99	8.70	8.85	8.74	8.78
2	泉谷 駿介	順天堂大	13.33	+1.7	タッチダウンタイム(秒)	2.57	3.65	4.66	5.69	6.70	7.74	8.79	9.83	10.88	11.93	13.33
					区間タイム(秒)	2.57	1.08	1.01	1.03	1.01	1.04	1.05	1.04	1.05	1.06	1.40
					インターバルランタイム(秒)		0.58	0.54	0.53	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.56	
					ハードリングタイム(秒)		0.50	0.50	0.48	0.50	0.47	0.48	0.49	0.49	0.49	0.50
					区間スピード(m/秒)	5.97	8.44	9.03	8.88	9.03	8.81	8.77	8.77	8.74	8.74	8.64
3	石川 周平	富士通	13.44	+1.7	タッチダウンタイム(秒)	2.58	3.65	4.66	5.69	6.73	7.77	8.80	9.86	10.91	11.98	13.44
					区間タイム(秒)	2.58	1.07	1.01	1.03	1.04	1.04	1.03	1.06	1.05	1.07	1.46
					インターバルランタイム(秒)		0.58	0.56	0.58	0.59	0.58	0.59	0.61	0.60	0.60	
					ハードリングタイム(秒)		0.48	0.49	0.45	0.45	0.45	0.46	0.44	0.45	0.45	0.47
					区間スピード(m/秒)	5.95	8.54	9.03	8.88	8.81	8.77	8.85	8.64	8.67	8.54	8.57
4	村竹 ラシッド	順天堂大	13.53	+1.7	タッチダウンタイム(秒)	2.63	3.68	4.72	5.75	6.79	7.84	8.91	9.98	11.04	12.11	13.53
					区間タイム(秒)	2.63	1.06	1.03	1.04	1.03	1.05	1.07	1.07	1.06	1.07	1.42
					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	0.58	0.58	
					ハードリングタイム(秒)		0.52	0.49	0.48	0.47	0.48	0.47	0.48	0.48	0.48	0.49
					区間スピード(m/秒)	5.84	8.64	8.85	8.81	8.85	8.67	8.57	8.54	8.60	8.57	8.74
5	徳岡 凌	立命館大	13.67	+1.7	タッチダウンタイム(秒)	2.64	3.70	4.75	5.80	6.85	7.88	8.95	10.00	11.09	12.20	13.67
					区間タイム(秒)	2.64	1.05	1.05	1.05	1.06	1.02	1.08	1.05	1.09	1.11	1.47
					インターバルランタイム(秒)		0.58	0.57	0.57	0.57	0.55	0.59	0.58	0.60	0.61	
					ハードリングタイム(秒)		0.49	0.48	0.49	0.48	0.49	0.47	0.48	0.48	0.49	0.50
					区間スピード(m/秒)	5.80	8.67	8.67	8.74	8.64	8.95	8.50	8.67	8.40	8.22	8.47
6	横地 大雅	法政大	13.68	+1.7	タッチダウンタイム(秒)	2.65	3.75	4.81	5.85	6.89	7.93	8.99	10.06	11.14	12.24	13.68
					区間タイム(秒)	2.65	1.10	1.06	1.04	1.04	1.04	1.06	1.07	1.08	1.10	1.44
					インターバルランタイム(秒)		0.60	0.57	0.56	0.55	0.56	0.57	0.58	0.58	0.59	
					ハードリングタイム(秒)		0.50	0.49	0.49	0.48	0.49	0.48	0.49	0.50	0.50	0.52
					区間スピード(m/秒)	5.77	8.34	8.64	8.77	8.77	8.77	8.64	8.54	8.50	8.50	8.28
7	大室 秀樹	大塚製薬	13.75	+1.7	タッチダウンタイム(秒)	2.60	3.66	4.72	5.76	6.82	7.88	8.96	10.03	11.14	12.25	13.75
					区間タイム(秒)	2.60	1.06	1.06	1.05	1.05	1.07	1.08	1.08	1.10	1.12	1.50
					インターバルランタイム(秒)		0.56	0.55	0.54	0.55	0.56	0.55	0.57	0.58	0.62	
					ハードリングタイム(秒)		0.50	0.50	0.51	0.50	0.50	0.50	0.52	0.51	0.52	0.50
					区間スピード(m/秒)	5.90	8.60	8.64	8.74	8.67	8.57	8.50	8.50	8.28	8.19	8.30
8	藤井 亮汰	三重県スポ協	13.84	+1.7	タッチダウンタイム(秒)	2.64	3.73	4.78	5.85	6.91	7.98	9.05	10.13	11.22	12.34	13.84
					区間タイム(秒)	2.64	1.09	1.05	1.07	1.06	1.07	1.07	1.09	1.09	1.12	1.50
					インターバルランタイム(秒)		0.57	0.55	0.55	0.53	0.55	0.55	0.57	0.57	0.59	
					ハードリングタイム(秒)		0.54	0.53	0.50	0.53	0.53	0.53	0.52	0.52	0.52	0.53
					区間スピード(m/秒)	5.81	8.37	8.74	8.54	8.60	8.54	8.57	8.40	8.40	8.15	8.29

表2 レース分析結果(Ready Steady Tokyo 男子 110mH 決勝 2021年5月9日)

順位	選手名	所属	記録	風	ハードル 区間	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	8th	9th	10th	
						app	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	run-in
1	金井 大旺	ミスノ	13.38	-0.8	タッチダウンタイム(秒)	2.53	3.57	4.59	5.65	6.68	7.73	8.78	9.84	10.91	11.98	13.38
					区間タイム(秒)	2.53	1.04	1.03	1.05	1.03	1.05	1.05	1.06	1.07	1.07	1.41
					インターバルランタイム(秒)		0.54	0.53	0.55	0.53	0.56	0.56	0.57	0.57	0.56	
					ハードリングタイム(秒)		0.50	0.50	0.49	0.50	0.50	0.50	0.49	0.49	0.50	0.51
					区間スピード(m/秒)	6.07	8.77	8.92	8.67	8.88	8.67	8.70	8.64	8.54	8.57	8.84
2	泉谷 駿介	順天堂大	13.43	-0.8	タッチダウンタイム(秒)	2.51	3.60	4.63	5.71	6.76	7.83	8.90	9.94	11.01	12.06	13.43
					区間タイム(秒)	2.51	1.09	1.03	1.08	1.05	1.07	1.07	1.04	1.07	1.05	1.37
					インターバルランタイム(秒)		0.58	0.53	0.53	0.55	0.57	0.56	0.55	0.56	0.54	
					ハードリングタイム(秒)		0.50	0.51	0.50	0.55	0.50	0.50	0.51	0.49	0.51	0.51
					区間スピード(m/秒)	6.10	8.37	8.88	8.47	8.70	8.57	8.54	8.77	8.54	8.70	9.08
3	高山 峻野	ゼンリン	13.45	-0.8	タッチダウンタイム(秒)	2.58	3.64	4.65	5.67	6.70	7.74	8.77	9.84	10.92	12.01	13.45
					区間タイム(秒)	2.58	1.07	1.01	1.02	1.03	1.03	1.03	1.07	1.08	1.09	1.44
					インターバルランタイム(秒)		0.56	0.53	0.55	0.56	0.55	0.55	0.58	0.59	0.59	
					ハードリングタイム(秒)		0.49	0.50	0.48	0.47	0.47	0.48	0.48	0.49	0.49	0.50
					区間スピード(m/秒)	5.95	8.57	9.03	8.99	8.85	8.85	8.85	8.54	8.50	8.37	8.62
4	村竹 ラシッド	順天堂大	13.51	-0.8	タッチダウンタイム(秒)	2.56	3.63	4.66	5.72	6.77	7.81	8.85	9.93	11.01	12.11	13.51
					区間タイム(秒)	2.56	1.08	1.03	1.05	1.05	1.04	1.03	1.08	1.08	1.10	1.40
					インターバルランタイム(秒)		0.57	0.53	0.55	0.55	0.54	0.54	0.57	0.57	0.58	
					ハードリングタイム(秒)		0.53	0.51	0.50	0.50	0.50	0.50	0.49	0.52	0.52	0.52
					区間スピード(m/秒)	5.99	8.50	8.88	8.67	8.67	8.77	8.85	8.44	8.44	8.34	8.86
5	奎儒 陳	チャイニーズタイペイ	13.62	-0.8	タッチダウンタイム(秒)	2.58	3.61	4.65	5.69	6.73	7.77	8.84	9.92	11.02	12.13	13.62
					区間タイム(秒)	2.58	1.03	1.04	1.04	1.04	1.04	1.07	1.08	1.10	1.12	1.49
					インターバルランタイム(秒)		0.60	0.59	0.59	0.59	0.59	0.62	0.62	0.63	0.65	
					ハードリングタイム(秒)		0.47	0.43	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.47	0.47
					区間スピード(m/秒)	5.93	8.88	8.81	8.81	8.77	8.77	8.54	8.50	8.31	8.19	8.35
6	横地 大雅	法政大	13.67	-0.8	タッチダウンタイム(秒)	2.65	3.74	4.77	5.80	6.86	7.93	8.99	10.07	11.15	12.25	13.67
					区間タイム(秒)	2.65	1.09	1.03	1.03	1.05	1.07	1.06	1.08	1.08	1.10	1.42
					インターバルランタイム(秒)		0.58	0.54	0.53	0.56	0.56	0.56	0.58	0.58	0.58	
					ハードリングタイム(秒)		0.53	0.51	0.49	0.50	0.50	0.51	0.50	0.51	0.50	0.51
					区間スピード(m/秒)	5.77	8.40	8.88	8.85	8.67	8.57	8.60	8.44	8.44	8.34	8.75
7	石川 周平	富士通	13.67	-0.8	タッチダウンタイム(秒)	2.58	3.64	4.69	5.73	6.78	7.83	8.88	9.98	11.09	12.20	13.67
					区間タイム(秒)	2.58	1.06	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.10	1.11	1.11	1.47
					インターバルランタイム(秒)		0.59	0.58	0.58	0.58	0.58	0.60	0.61	0.61	0.61	
					ハードリングタイム(秒)		0.49	0.47	0.46	0.47	0.47	0.48	0.45	0.49	0.50	0.50
					区間スピード(m/秒)	5.94	8.60	8.74	8.74	8.74	8.67	8.74	8.31	8.22	8.22	8.47
8	徳岡 凌	立命館大	13.77	-0.8	タッチダウンタイム(秒)	2.63	3.69	4.74	5.82	6.87	7.92	9.05	10.15	11.25	12.35	13.77
					区間タイム(秒)	2.63	1.06	1.05	1.08	1.05	1.05	1.13	1.11	1.09	1.10	1.42
					インターバルランタイム(秒)		0.56	0.55	0.58	0.55	0.55	0.59	0.59	0.58	0.59	
					ハードリングタイム(秒)		0.51	0.50	0.50	0.50	0.50	0.51	0.53	0.52	0.51	0.51
					区間スピード(m/秒)	5.83	8.64	8.70	8.47	8.70	8.67	8.12	8.25	8.37	8.31	8.72
9	大室 秀樹	大塚製薬	14.46	-0.8	タッチダウンタイム(秒)	2.59	3.66	4.74	5.81	6.90	7.99	9.09	10.21	11.33	12.73	14.46
					区間タイム(秒)	2.59	1.07	1.08	1.07	1.08	1.09	1.10	1.12	1.11	1.40	1.73
					インターバルランタイム(秒)		0.55	0.57	0.55	0.55	0.57	0.58	0.59	0.59	0.59	0.82
					ハードリングタイム(秒)		0.51	0.51	0.52	0.52	0					

表3 レース分析結果 (木南記念 男子 110mH 決勝 2021年6月1日)

順位	選手名	所属	記録	風	ハードル 区間	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	8th	9th	10th	
						app	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	run-in
1	村竹 ラシッド	順天堂大	13.35 NGR	+0.3	タッチダウンタイム(秒)	2.60	3.65	4.68	5.70	6.72	7.76	8.81	9.86	10.91	11.99	13.35
					区間タイム(秒)	2.60	1.05	1.03	1.03	1.02	1.04	1.05	1.05	1.05	1.08	1.36
					インターバルランタイム(秒)		0.56	0.54	0.53	0.53	0.56	0.55	0.55	0.55	0.56	
					ハードリングタイム(秒)		0.54	0.49	0.49	0.50	0.49	0.48	0.50	0.50	0.50	0.52
					区間スピード(m/秒)	5.89	8.70	8.92	8.92	8.95	8.77	8.70	8.74	8.70	8.47	9.12
2	石川 周平	富士通	13.42	+0.3	タッチダウンタイム(秒)	2.58	3.62	4.65	5.68	6.70	7.75	8.79	9.85	10.90	11.98	13.42
					区間タイム(秒)	2.58	1.04	1.03	1.03	1.02	1.05	1.04	1.06	1.06	1.08	1.44
					インターバルランタイム(秒)		0.60	0.59	0.59	0.58	0.60	0.60	0.61	0.60	0.60	
					ハードリングタイム(秒)		0.46	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.45	0.46	0.48
					区間スピード(m/秒)	5.94	8.77	8.85	8.88	8.95	8.74	8.81	8.64	8.64	8.50	8.62
3	徳岡 凌	立命館大	13.69	+0.3	タッチダウンタイム(秒)	2.68	3.76	4.80	5.84	6.89	7.95	9.03	10.08	11.16	12.25	13.69
					区間タイム(秒)	2.68	1.08	1.05	1.04	1.05	1.06	1.08	1.05	1.08	1.10	1.44
					インターバルランタイム(秒)		0.58	0.57	0.57	0.58	0.59	0.58	0.57	0.58	0.59	
					ハードリングタイム(秒)		0.50	0.50	0.48	0.47	0.47	0.47	0.50	0.48	0.49	0.51
					区間スピード(m/秒)	5.71	8.50	8.74	8.81	8.70	8.64	8.47	8.67	8.50	8.34	8.65
4	清水 功一郎	関西学院大	13.85	+0.3	タッチダウンタイム(秒)	2.69	3.75	4.85	5.91	6.96	8.03	9.10	10.18	11.28	12.39	13.85
					区間タイム(秒)	2.69	1.06	1.10	1.06	1.05	1.07	1.08	1.07	1.11	1.10	1.46
					インターバルランタイム(秒)		0.56	0.59	0.56	0.58	0.58	0.58	0.59	0.60	0.60	
					ハードリングタイム(秒)		0.52	0.50	0.51	0.50	0.48	0.49	0.50	0.48	0.51	0.50
					区間スピード(m/秒)	5.69	8.64	8.31	8.64	8.70	8.57	8.47	8.54	8.25	8.28	8.49
5	石田トーマス	東 勝浦ゴルフ倶楽部	13.87	+0.3	タッチダウンタイム(秒)	2.70	3.78	4.85	5.92	6.98	8.05	9.13	10.22	11.32	12.43	13.87
					区間タイム(秒)	2.70	1.08	1.06	1.08	1.06	1.07	1.08	1.08	1.10	1.10	1.45
					インターバルランタイム(秒)		0.60	0.57	0.58	0.58	0.60	0.60	0.60	0.61	0.62	
					ハードリングタイム(秒)		0.50	0.48	0.49	0.50	0.48	0.48	0.48	0.48	0.49	0.49
					区間スピード(m/秒)	5.67	8.44	8.60	8.50	8.60	8.54	8.47	8.44	8.28	8.28	8.60
6	池田 海	早稲田大	13.97	+0.3	タッチダウンタイム(秒)	2.76	3.88	4.95	6.03	7.10	8.16	9.24	10.32	11.39	12.50	13.97
					区間タイム(秒)	2.76	1.12	1.07	1.08	1.08	1.06	1.08	1.08	1.07	1.12	1.47
					インターバルランタイム(秒)		0.59	0.57	0.58	0.59	0.57	0.58	0.58	0.58	0.61	
					ハードリングタイム(秒)		0.54	0.53	0.50	0.50	0.49	0.49	0.50	0.50	0.50	0.51
					区間スピード(m/秒)	5.55	8.19	8.57	8.44	8.50	8.64	8.50	8.47	8.54	8.19	8.47
7	矢澤 航	デサントTC	14.09	+0.3	タッチダウンタイム(秒)	2.68	3.80	4.89	5.96	7.03	8.11	9.19	10.29	11.40	12.55	14.09
					区間タイム(秒)	2.68	1.11	1.09	1.07	1.08	1.08	1.10	1.11	1.15	1.54	
					インターバルランタイム(秒)		0.61	0.61	0.59	0.58	0.59	0.59	0.60	0.61	0.64	
					ハードリングタイム(秒)		0.50	0.50	0.48	0.48	0.49	0.49	0.49	0.50	0.50	0.51
					区間スピード(m/秒)	5.71	8.22	8.37	8.54	8.50	8.50	8.44	8.31	8.22	7.98	8.06
8	大室 秀樹	大塚製薬	14.65	+0.3	タッチダウンタイム(秒)	2.65	3.78	4.88	6.00	7.13	8.25	9.42	10.56	11.75	12.95	14.65
					区間タイム(秒)	2.65	1.13	1.10	1.13	1.13	1.13	1.17	1.14	1.18	1.20	1.70
					インターバルランタイム(秒)		0.60	0.59	0.61	0.61	0.62	0.64	0.62	0.66	0.67	
					ハードリングタイム(秒)		0.51	0.52	0.51	0.52	0.51	0.51	0.53	0.53	0.53	0.53
					区間スピード(m/秒)	5.77	8.12	8.34	8.12	8.12	8.09	7.83	8.01	7.72	7.59	7.31

表4 レース分析結果 (布勢スプリント 男子 110mH 決勝 2組 2021年6月6日)

順位	選手名	所属	記録	風	ハードル 区間	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	8th	9th	10th	
						app	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	run-in
1	金井 大旺	ミズノ	13.40	+1.8	タッチダウンタイム(秒)	2.55	3.58	4.62	5.65	6.68	7.71	8.76	9.81	10.88	11.96	13.40
					区間タイム(秒)	2.55	1.03	1.03	1.04	1.03	1.03	1.05	1.05	1.06	1.08	1.44
					インターバルランタイム(秒)		0.54	0.55	0.54	0.55	0.54	0.56	0.55	0.56	0.57	
					ハードリングタイム(秒)		0.51	0.49	0.48	0.50	0.48	0.49	0.50	0.50	0.50	0.52
					区間スピード(m/秒)	6.00	8.88	8.85	8.81	8.92	8.88	8.67	8.70	8.60	8.44	8.62
2	石川 周平	富士通	13.48	+1.8	タッチダウンタイム(秒)	2.60	3.64	4.68	5.71	6.73	7.75	8.82	9.86	10.93	12.03	13.48
					区間タイム(秒)	2.60	1.05	1.03	1.03	1.02	1.02	1.07	1.04	1.07	1.10	1.45
					インターバルランタイム(秒)		0.58	0.59	0.58	0.58	0.58	0.58	0.59	0.60	0.63	
					ハードリングタイム(秒)		0.48	0.47	0.44	0.45	0.44	0.44	0.48	0.45	0.47	0.48
					区間スピード(m/秒)	5.90	8.74	8.85	8.85	8.95	8.95	8.57	8.77	8.57	8.28	8.56
3	高山 峻野	ゼンリン	13.48	+1.8	タッチダウンタイム(秒)	2.56	3.61	4.64	5.68	6.71	7.75	8.79	9.85	10.91	12.02	13.48
					区間タイム(秒)	2.56	1.05	1.03	1.03	1.03	1.04	1.05	1.06	1.06	1.10	1.46
					インターバルランタイム(秒)		0.57	0.57	0.55	0.55	0.57	0.57	0.57	0.58	0.60	
					ハードリングタイム(秒)		0.49	0.48	0.46	0.48	0.48	0.47	0.48	0.49	0.48	0.50
					区間スピード(m/秒)	5.98	8.74	8.85	8.85	8.85	8.81	8.74	8.64	8.60	8.28	8.49
4	野本 周成	愛媛陸協	13.66	+1.8	タッチダウンタイム(秒)	2.57	3.62	4.68	5.75	6.80	7.85	8.93	10.00	11.11	12.22	13.66
					区間タイム(秒)	2.57	1.05	1.06	1.07	1.05	1.05	1.08	1.07	1.11	1.11	1.44
					インターバルランタイム(秒)		0.55	0.56	0.56	0.54	0.56	0.57	0.57	0.58	0.59	
					ハードリングタイム(秒)		0.52	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.51	0.50	0.53	0.52
					区間スピード(m/秒)	5.97	8.67	8.60	8.57	8.74	8.67	8.50	8.54	8.22	8.25	8.61
5	河嶋 亮太	旭油業	13.77	+1.8	タッチダウンタイム(秒)	2.59	3.68	4.75	5.79	6.85	7.92	8.98	10.06	11.14	12.27	13.77
					区間タイム(秒)	2.59	1.08	1.07	1.05	1.06	1.07	1.06	1.08	1.08	1.13	1.50
					インターバルランタイム(秒)		0.63	0.60	0.59	0.61	0.62	0.61	0.62	0.62	0.64	
					ハードリングタイム(秒)		0.48	0.45	0.47	0.45	0.45	0.45	0.45	0.47	0.47	0.48
					区間スピード(m/秒)	5.91	8.44	8.54	8.74	8.64	8.57	8.64	8.44	8.44	8.12	8.26
6	藤井 亮汰	三重県スポ協	13.79	+1.8	タッチダウンタイム(秒)	2.62	3.71	4.76	5.81	6.90	7.96	9.02	10.13	11.21	12.31	13.79
					区間タイム(秒)	2.62	1.09	1.05	1.05	1.09	1.06	1.06	1.11	1.08	1.10	1.48
					インターバルランタイム(秒)		0.55	0.52	0.53	0.55	0.55	0.54	0.56	0.55	0.56	
					ハードリングタイム(秒)		0.54	0.54	0.53	0.53	0.53	0.52	0.52	0.55	0.53	0.54
					区間スピード(m/秒)	5.85	8.37	8.74	8.70	8.40	8.60	8.60	8.25	8.44	8.31	8.41
7	大室 秀樹	大塚製薬	13.80	+1.8	タッチダウンタイム(秒)	2.60	3.68	4.74	5.81	6.87	7.95	9.02	10.10	11.19	12.30	13.80
					区間タイム(秒)	2.60	1.08	1.06	1.08	1.05	1.09	1.06	1.08	1.09	1.11	1.50
					インターバルランタイム(秒)		0.56	0.56	0.57	0.55	0.59	0.56	0.58	0.58	0.60	
					ハードリングタイム(秒)		0.51	0.52	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.51	0.51
					区間スピード(m/秒)	5.89	8.47	8.64	8.50	8.67	8.40	8.60	8.44	8.37	8.22	8.30

表5 レース分析結果 (日本選手権 男子 110mH 決勝 2021年6月27日)

順位	選手名	所属	記録	風	ハードル 区間	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	8th	9th	10th	
						app	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	run-in
1	泉谷 駿介	順天堂大	13.06 NR CR PB	+1.2	タッチダウンタイム(秒)	2.55	3.57	4.61	5.63	6.64	7.65	8.67	9.68	10.69	11.75	13.06
					区間タイム(秒)	2.55	1.03	1.04	1.02	1.01	1.01	1.02	1.01	1.01	1.06	1.31
					インターバルランタイム(秒)		0.55	0.55	0.52	0.51	0.51	0.53	0.53	0.53	0.55	
					ハードリングタイム(秒)		0.52	0.47	0.49	0.50	0.50	0.50	0.49	0.48	0.48	0.51
					区間スピード(m/秒)	6.02	8.92	8.81	8.95	9.03	9.06	8.99	9.03	9.06	8.60	9.48
2	金井 大旺	ミスノ	13.22 CR	+1.2	タッチダウンタイム(秒)	2.52	3.55	4.56	5.59	6.61	7.63	8.66	9.72	10.76	11.82	13.22
					区間タイム(秒)	2.52	1.03	1.01	1.03	1.03	1.02	1.03	1.06	1.04	1.06	1.40
					インターバルランタイム(秒)		0.55	0.53	0.53	0.55	0.54	0.54	0.55	0.56	0.57	
					ハードリングタイム(秒)		0.50	0.48	0.48	0.49	0.48	0.48	0.48	0.51	0.48	0.49
					区間スピード(m/秒)	6.08	8.88	9.03	8.92	8.92	8.95	8.92	8.83	8.81	8.60	8.88
3	高山 峻野	ゼンリン	13.37	+1.2	タッチダウンタイム(秒)	2.57	3.60	4.64	5.68	6.71	7.74	8.78	9.80	10.88	11.95	13.37
					区間タイム(秒)	2.57	1.03	1.04	1.04	1.03	1.03	1.04	1.05	1.05	1.07	1.42
					インターバルランタイム(秒)		0.57	0.57	0.58	0.56	0.56	0.58	0.57	0.57	0.59	
					ハードリングタイム(秒)		0.50	0.46	0.47	0.46	0.47	0.47	0.46	0.48	0.48	0.48
					区間スピード(m/秒)	5.96	8.88	8.81	8.81	8.85	8.88	8.77	8.70	8.67	8.54	8.77
4	野本 周成	愛媛陸協	13.38 PB	+1.2	タッチダウンタイム(秒)	2.54	3.60	4.65	5.68	6.71	7.75	8.79	9.85	10.90	11.97	13.38
					区間タイム(秒)	2.54	1.06	1.05	1.03	1.03	1.05	1.04	1.06	1.05	1.06	1.41
					インターバルランタイム(秒)		0.57	0.55	0.53	0.53	0.54	0.55	0.56	0.56	0.58	
					ハードリングタイム(秒)		0.52	0.50	0.50	0.50	0.49	0.50	0.49	0.50	0.50	0.49
					区間スピード(m/秒)	6.03	8.60	8.70	8.88	8.92	8.74	8.81	8.64	8.67	8.60	8.79
5	横地 大雅	法政大	13.47 PB	+1.2	タッチダウンタイム(秒)	2.62	3.70	4.72	5.75	6.76	7.77	8.84	9.89	10.96	12.03	13.47
					区間タイム(秒)	2.62	1.08	1.02	1.03	1.02	1.00	1.07	1.05	1.07	1.07	1.44
					インターバルランタイム(秒)		0.58	0.55	0.55	0.53	0.54	0.56	0.57	0.58	0.59	
					ハードリングタイム(秒)		0.52	0.50	0.48	0.48	0.49	0.46	0.51	0.48	0.49	0.48
					区間スピード(m/秒)	5.85	8.50	8.95	8.88	8.99	9.10	8.54	8.67	8.57	8.54	8.62
6	藤井 亮汰	三重県スポ協	13.54 PB	+1.2	タッチダウンタイム(秒)	2.59	3.65	4.69	5.73	6.77	7.80	8.86	9.92	11.00	12.08	13.54
					区間タイム(秒)	2.59	1.06	1.04	1.05	1.03	1.04	1.05	1.06	1.08	1.08	1.47
					インターバルランタイム(秒)		0.55	0.53	0.54	0.53	0.53	0.55	0.55	0.55	0.57	
					ハードリングタイム(秒)		0.51	0.51	0.50	0.51	0.50	0.51	0.51	0.52	0.52	0.51
					区間スピード(m/秒)	5.91	8.64	8.81	8.74	8.85	8.81	8.67	8.60	8.50	8.47	8.48

表6 レース分析結果 (インターハイ 男子 110mH 決勝 2021年8月1日)

順位	選手名	所属	記録	風	ハードル 区間	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	8th	9th	10th	
						app	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	run-in
1	西 徹朗	名古屋・愛知	13.69 NHR NGR	+1.4	タッチダウンタイム(秒)	2.65	3.74	4.79	5.85	6.89	7.95	9.00	10.07	11.14	12.23	13.69
					区間タイム(秒)	2.65	1.09	1.05	1.05	1.04	1.06	1.05	1.06	1.08	1.09	1.46
					インターバルランタイム(秒)		0.58	0.57	0.56	0.58	0.58	0.57	0.58	0.59	0.60	
					ハードリングタイム(秒)		0.50	0.51	0.48	0.49	0.47	0.48	0.48	0.48	0.49	0.48
					区間スピード(m/秒)	5.78	8.40	8.67	8.67	8.77	8.60	8.67	8.60	8.50	8.40	8.50
2	小池 綾	大塚・大阪	13.93	+1.4	タッチダウンタイム(秒)	2.65	3.78	4.88	5.93	7.00	8.08	9.15	10.24	11.35	12.45	13.93
					区間タイム(秒)	2.65	1.13	1.10	1.05	1.07	1.09	1.06	1.10	1.10	1.11	1.48
					インターバルランタイム(秒)		0.63	0.59	0.58	0.59	0.60	0.58	0.60	0.62	0.61	
					ハードリングタイム(秒)		0.53	0.50	0.51	0.48	0.48	0.49	0.48	0.49	0.49	0.50
					区間スピード(m/秒)	5.77	8.12	8.34	8.67	8.57	8.40	8.60	8.34	8.28	8.25	8.42
3	樋口 隼人	松山・埼玉	13.95	+1.4	タッチダウンタイム(秒)	2.62	3.70	4.80	5.88	6.97	8.06	9.18	10.30	11.40	12.53	13.95
					区間タイム(秒)	2.62	1.09	1.09	1.09	1.09	1.12	1.12	1.10	1.10	1.13	1.43
					インターバルランタイム(秒)		0.58	0.58	0.59	0.58	0.58	0.60	0.60	0.60	0.61	
					ハードリングタイム(秒)		0.52	0.50	0.52	0.50	0.50	0.51	0.52	0.51	0.50	0.52
					区間スピード(m/秒)	5.85	8.40	8.37	8.40	8.40	8.40	8.15	8.19	8.28	8.12	8.72
4	松本 望	洛南・京都	14.05	+1.4	タッチダウンタイム(秒)	2.63	3.74	4.81	5.91	6.98	8.07	9.18	10.28	11.41	12.54	14.05
					区間タイム(秒)	2.63	1.11	1.08	1.10	1.07	1.09	1.10	1.10	1.13	1.13	1.51
					インターバルランタイム(秒)		0.61	0.59	0.60	0.58	0.60	0.61	0.62	0.63	0.63	
					ハードリングタイム(秒)		0.49	0.50	0.49	0.50	0.49	0.48	0.49	0.48	0.51	0.50
					区間スピード(m/秒)	5.83	8.25	8.50	8.31	8.54	8.40	8.28	8.28	8.06	8.09	8.23
5	廣富 葵士	広尾・北海道	14.17	+1.4	タッチダウンタイム(秒)	2.73	3.80	4.92	5.99	7.10	8.22	9.33	10.45	11.58	12.70	14.17
					区間タイム(秒)	2.73	1.08	1.11	1.08	1.11	1.12	1.11	1.11	1.14	1.12	1.47
					インターバルランタイム(秒)		0.58	0.60	0.60	0.60	0.60	0.58	0.59	0.60	0.59	
					ハードリングタイム(秒)		0.57	0.50	0.51	0.48	0.51	0.53	0.54	0.53	0.53	0.53
					区間スピード(m/秒)	5.62	8.47	8.22	8.50	8.25	8.15	8.22	8.22	8.04	8.15	8.47
6	今西 亮太	葵・福島	14.22	+1.4	タッチダウンタイム(秒)	2.74	3.87	4.97	6.07	7.16	8.28	9.39	10.50	11.63	12.76	14.22
					区間タイム(秒)	2.74	1.13	1.10	1.10	1.10	1.12	1.11	1.11	1.12	1.14	1.46
					インターバルランタイム(秒)		0.61	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.61	0.62	
					ハードリングタイム(秒)		0.52	0.53	0.50	0.50	0.50	0.52	0.50	0.52	0.51	0.52
					区間スピード(m/秒)	5.60	8.06	8.34	8.31	8.34	8.15	8.25	8.22	8.15	8.04	8.52
7	河野 隼	大分西・大分	14.36	+1.4	タッチダウンタイム(秒)	2.64	3.75	4.85	5.97	7.07	8.18	9.33	10.50	11.62	12.79	14.36
					区間タイム(秒)	2.64	1.12	1.10	1.12	1.10	1.11	1.15	1.18	1.11	1.18	1.57
					インターバルランタイム(秒)		0.60	0.58	0.59	0.58	0.59	0.61	0.61	0.60	0.65	
					ハードリングタイム(秒)		0.52	0.52	0.53	0.53	0.52	0.52	0.53	0.57	0.52	0.53
					区間スピード(m/秒)	5.81	8.19	8.31	8.19	8.31	8.25	7.98	7.75	8.22	7.78	7.92
8	内野 凜生	鹿児島商・鹿児島	14.37	+1.4	タッチダウンタイム(秒)	2.73	3.85	4.95	6.06	7.17	8.28	9.40	10.51	11.66	12.84	14.37
					区間タイム(秒)	2.73	1.13	1.10	1.11	1.11	1.11	1.12	1.11	1.15	1.18	1.53
					インターバルランタイム(秒)		0.59	0.59	0.60	0.60	0.60	0.61	0.61	0.64	0.65	
					ハードリングタイム(秒)		0.54	0.54	0.50	0.51	0.50	0.50	0.51	0.50	0.51	0.54
					区間スピード(m/秒)	5.62	8.09	8.34	8.22	8.25	8.25	8.15	8.25	7.95	7.72	8.13

表7 レース分析結果 (U18 陸上 男子 110mH (0.991m) 決勝 2021年10月22日)

順位	選手名	所属	記録	風	ハードル 区間	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	8th	9th	10th	
						app	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	run-in
1	西 徹朗	名古屋・愛知	13.48 GR	-0.6	タッチダウンタイム(秒)	2.61	3.68	4.72	5.75	6.77	7.80	8.83	9.87	10.92	11.98	13.48
					区間タイム(秒)	2.61	1.07	1.04	1.03	1.02	1.03	1.04	1.05	1.07	1.50	
					インターバルランタイム(秒)		0.63	0.60	0.60	0.59	0.60	0.60	0.61	0.61	0.63	
					ハードリングタイム(秒)		0.48	0.44	0.44	0.44	0.43	0.43	0.44	0.43	0.44	0.44
					区間スピード(m/秒)	5.87	8.54	8.81	8.85	8.95	8.92	8.85	8.81	8.70	8.57	8.30
2	田原 歩睦	奈良育英・奈良	13.94	-0.6	タッチダウンタイム(秒)	2.63	3.74	4.82	5.88	6.95	8.03	9.11	10.20	11.31	12.43	13.94
					区間タイム(秒)	2.63	1.11	1.08	1.06	1.07	1.08	1.08	1.09	1.11	1.12	1.51
					インターバルランタイム(秒)		0.65	0.63	0.61	0.63	0.62	0.62	0.64	0.64	0.65	
					ハードリングタイム(秒)		0.47	0.45	0.45	0.45	0.45	0.46	0.46	0.45	0.47	0.47
					区間スピード(m/秒)	5.82	8.25	8.47	8.64	8.54	8.47	8.47	8.37	8.22	8.19	8.22
3	廣富 葵士	広尾・北海道	14.06	-0.6	タッチダウンタイム(秒)	2.73	3.83	4.91	5.99	7.07	8.14	9.25	10.33	11.45	12.56	14.06
					区間タイム(秒)	2.73	1.10	1.08	1.08	1.08	1.07	1.10	1.08	1.12	1.12	1.50
					インターバルランタイム(秒)		0.60	0.59	0.60	0.60	0.60	0.61	0.60	0.61	0.62	
					ハードリングタイム(秒)		0.52	0.50	0.49	0.48	0.48	0.47	0.49	0.48	0.51	0.50
					区間スピード(m/秒)	5.62	8.28	8.44	8.50	8.44	8.54	8.28	8.47	8.15	8.17	8.31
4	打田 快生	皇學館・三重	14.12	-0.6	タッチダウンタイム(秒)	2.64	3.76	4.86	5.96	7.07	8.16	9.27	10.39	11.53	12.65	14.12
					区間タイム(秒)	2.64	1.12	1.10	1.10	1.11	1.09	1.11	1.12	1.13	1.13	1.47
					インターバルランタイム(秒)		0.62	0.60	0.60	0.61	0.59	0.61	0.62	0.63	0.62	
					ハードリングタイム(秒)		0.51	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.51
					区間スピード(m/秒)	5.80	8.15	8.31	8.31	8.25	8.40	8.22	8.15	8.06	8.09	8.47
5	高橋 良	東海大相模・神奈川	14.15	-0.6	タッチダウンタイム(秒)	2.71	3.83	4.93	6.02	7.10	8.19	9.31	10.40	11.52	12.64	14.15
					区間タイム(秒)	2.71	1.12	1.10	1.09	1.08	1.09	1.12	1.09	1.12	1.12	1.51
					インターバルランタイム(秒)		0.65	0.62	0.62	0.61	0.63	0.64	0.63	0.66	0.65	
					ハードリングタイム(秒)		0.48	0.47	0.48	0.47	0.47	0.47	0.48	0.46	0.46	0.47
					区間スピード(m/秒)	5.66	8.15	8.34	8.37	8.47	8.37	8.15	8.37	8.15	8.15	8.23
6	富田 幹斗	小笠・静岡	14.20	-0.6	タッチダウンタイム(秒)	2.71	3.82	4.91	6.00	7.10	8.19	9.30	10.41	11.54	12.68	14.20
					区間タイム(秒)	2.71	1.11	1.09	1.09	1.10	1.09	1.11	1.11	1.13	1.14	1.52
					インターバルランタイム(秒)		0.57	0.57	0.58	0.59	0.57	0.59	0.60	0.62	0.61	
					ハードリングタイム(秒)		0.53	0.54	0.53	0.51	0.51	0.52	0.52	0.51	0.51	0.53
					区間スピード(m/秒)	5.65	8.25	8.37	8.40	8.31	8.40	8.22	8.22	8.09	8.01	8.19
7	中井 翔太	姫路南・兵庫	14.28	-0.6	タッチダウンタイム(秒)	2.74	3.90	5.01	6.10	7.21	8.30	9.39	10.48	11.62	12.75	14.28
					区間タイム(秒)	2.74	1.16	1.11	1.09	1.11	1.09	1.09	1.10	1.13	1.13	1.53
					インターバルランタイム(秒)		0.65	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.64	0.66	0.65	
					ハードリングタイム(秒)		0.47	0.51	0.48	0.46	0.48	0.47	0.46	0.45	0.48	0.48
					区間スピード(m/秒)	5.60	7.89	8.22	8.40	8.22	8.37	8.40	8.34	8.06	8.09	8.10

表8 レース分析結果 (U16 陸上 男子 110mH 決勝 (0.991m) 2021年10月24日)

順位	選手名	所属	記録	風	ハードル 区間	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	8th	9th	10th	
						app	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	run-in
1	橋本 悠	熊谷三尻中・埼玉	14.19	+1.0	タッチダウンタイム(秒)	2.67	3.77	4.88	6.00	7.12	8.23	9.36	10.47	11.55	12.68	14.19
					区間タイム(秒)	2.67	1.10	1.11	1.12	1.12	1.12	1.13	1.10	1.08	1.13	1.51
					インターバルランタイム(秒)		0.60	0.61	0.60	0.63	0.63	0.63	0.62	0.61	0.62	
					ハードリングタイム(秒)		0.51	0.50	0.50	0.52	0.49	0.49	0.50	0.49	0.48	0.51
					区間スピード(m/秒)	5.75	8.28	8.25	8.15	8.19	8.19	8.09	8.28	8.44	8.09	8.22
2	河原 怜音	岡山商大附・岡山	14.68	+1.0	タッチダウンタイム(秒)	2.74	3.89	5.05	6.21	7.39	8.54	9.69	10.81	11.94	13.11	14.68
					区間タイム(秒)	2.74	1.15	1.16	1.16	1.18	1.15	1.15	1.13	1.13	1.18	1.57
					インターバルランタイム(秒)		0.68	0.68	0.68	0.69	0.67	0.67	0.66	0.65	0.69	
					ハードリングタイム(秒)		0.48	0.48	0.48	0.48	0.49	0.48	0.48	0.47	0.48	0.48
					区間スピード(m/秒)	5.60	7.92	7.89	7.89	7.75	7.92	7.98	8.12	8.12	7.78	7.92
3	浅井 惺流	静岡観山・静岡	14.77	+1.0	タッチダウンタイム(秒)	2.83	3.96	5.10	6.27	7.44	8.60	9.75	10.87	12.02	13.18	14.77
					区間タイム(秒)	2.83	1.14	1.14	1.17	1.17	1.16	1.15	1.12	1.15	1.16	1.59
					インターバルランタイム(秒)		0.64	0.64	0.65	0.64	0.63	0.65	0.63	0.65	0.64	
					ハードリングタイム(秒)		0.52	0.50	0.50	0.52	0.53	0.53	0.50	0.49	0.50	0.53
					区間スピード(m/秒)	5.42	8.04	8.01	7.83	7.81	7.89	7.95	8.15	7.95	7.86	7.83
4	中村 駿汰	Mt.Rex TC・長野	14.81	+1.0	タッチダウンタイム(秒)	2.70	3.84	5.00	6.16	7.32	8.51	9.68	10.84	12.01	13.23	14.81
					区間タイム(秒)	2.70	1.14	1.16	1.16	1.16	1.19	1.17	1.16	1.18	1.21	1.59
					インターバルランタイム(秒)		0.63	0.64	0.65	0.65	0.67	0.65	0.65	0.65	0.68	
					ハードリングタイム(秒)		0.54	0.51	0.52	0.52	0.51	0.52	0.52	0.51	0.52	0.53
					区間スピード(m/秒)	5.67	8.04	7.89	7.86	7.86	7.70	7.81	7.92	7.89	7.78	7.54
5	山内 政成	大体大浪商・大阪	14.83	+1.0	タッチダウンタイム(秒)	2.74	3.90	5.06	6.21	7.37	8.50	9.69	10.85	12.03	13.22	14.83
					区間タイム(秒)	2.74	1.16	1.16	1.15	1.16	1.14	1.19	1.15	1.18	1.19	1.61
					インターバルランタイム(秒)		0.67	0.67	0.65	0.65	0.66	0.68	0.66	0.67	0.68	
					ハードリングタイム(秒)		0.50	0.49	0.50	0.49	0.51	0.48	0.51	0.50	0.51	0.51
					区間スピード(m/秒)	5.59	7.89	7.86	7.98	7.89	8.04	7.70	7.92	7.75	7.67	7.70
6	須佐見 容平	海南・和歌山	14.89	+1.0	タッチダウンタイム(秒)	2.73	3.90	5.05	6.23	7.37	8.56	9.72	10.92	12.08	13.30	14.89
					区間タイム(秒)	2.73	1.17	1.15	1.17	1.14	1.20	1.16	1.20	1.17	1.22	1.59
					インターバルランタイム(秒)		0.66	0.65	0.66	0.65	0.68	0.65	0.68	0.66	0.68	
					ハードリングタイム(秒)		0.47	0.51	0.50	0.51	0.49	0.52	0.51	0.52	0.51	0.53
					区間スピード(m/秒)	5.61	7.81	7.92	7.81	8.01	7.64	7.89	7.64	7.83	7.51	7.81
6	足立 英士	神河・兵庫	14.89	+1.0	タッチダウンタイム(秒)	2.73	3.92	5.07	6.25	7.42	8.61	9.79	10.97	12.13	13.32	14.89
					区間タイム(秒)	2.73	1.18	1.15	1.18	1.18	1.19	1.18	1.18	1.16	1.20	1.57
					インターバルランタイム(秒)		0.63	0.62	0.64	0.64	0.65	0.64	0.63	0.63	0.65	
					ハードリングタイム(秒)		0.52	0.55	0.53	0.54	0.53	0.53	0.54	0.55	0.53	0.54
					区間スピード(m/秒)	5.60	7.72	7.95	7.75	7.78	7.70	7.72	7.78	7.89	7.64	7.92
8	高橋 駿士	会津若松第一・福島	15.22	+1.0	タッチダウンタイム(秒)	2.78	3.96	5.13	6.32	7.52	8.73	9.93	11.13	12.32	13.57	15.22
					区間タイム(秒)	2.78	1.18	1.17	1.19	1.20	1.20	1.20	1.20	1.19	1.25	1.65
					インターバルランタイム(秒)		0.65	0.64	0.66	0.66	0.65	0.67	0.66	0.66	0.69	
					ハードリングタイム(秒)		0.54	0.53	0.53	0.53	0.54	0.55	0.53	0.54	0.53	0.57
					区間スピード(m/秒)	5.51	7.72	7.83	7.67	7.62	7.59	7.62	7.62	7.67	7.29	7.53

表9 泉谷選手の過去4年間におけるレース分析結果

年	試合名・月日	ラウンド・着順	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
2021	日本選手権 6月27日	決勝 1着	13.06	+1.2	タッチダウンタイム(秒)	2.55	3.57	4.61	5.63	6.64	7.65	8.67	9.68	10.69	11.75	13.06
					区間タイム(秒)	2.55	1.03	1.04	1.02	1.01	1.01	1.02	1.01	1.01	1.06	1.31
					インターバルランタイム(秒)		0.55	0.55	0.52	0.51	0.51	0.53	0.53	0.53	0.55	
					ハードリングタイム(秒)		0.52	0.47	0.49	0.50	0.50	0.50	0.49	0.48	0.48	0.51
					区間スピード(m/秒)	6.02	8.92	8.81	8.95	9.03	9.06	8.99	9.03	9.06	8.60	9.48
2020	日本選手権 10月2日	準決勝1組 2着	13.45	+0.8	タッチダウンタイム(秒)	2.58	3.62	4.67	5.70	6.73	7.79	8.81	9.87	10.92	11.99	13.45
					区間タイム(秒)	2.58	1.05	1.05	1.03	1.03	1.06	1.03	1.05	1.05	1.07	1.46
					インターバルランタイム(秒)		0.54	0.54	0.53	0.55	0.56	0.53	0.55	0.55	0.59	
					ハードリングタイム(秒)		0.52	0.50	0.51	0.50	0.48	0.50	0.49	0.50	0.50	0.48
					区間スピード(m/秒)	5.95	8.74	8.74	8.88	8.88	8.60	8.92	8.67	8.70	8.54	8.49
2019	日本選手権 6月30日	決勝 2着	13.36	-0.6	タッチダウンタイム(秒)	2.55	3.59	4.62	5.64	6.67	7.71	8.74	9.79	10.87	11.95	13.36
					区間タイム(秒)	2.55	1.04	1.03	1.02	1.03	1.04	1.03	1.05	1.08	1.08	1.41
					インターバルランタイム(秒)		0.54	0.53	0.53	0.55	0.54	0.53	0.57	0.59	0.56	
					ハードリングタイム(秒)		0.50	0.51	0.49	0.48	0.50	0.50	0.48	0.49	0.52	0.51
					区間スピード(m/秒)	6.01	8.79	8.87	8.96	8.87	8.79	8.87	8.70	8.46	8.46	8.81
2018	日本学生陸上競技 対校選手権大会 9月9日	決勝 1着	13.75	-1.1	タッチダウンタイム(秒)	2.60	3.65	4.69	5.77	6.80	7.88	8.94	10.04	11.15	12.28	13.75
					区間タイム(秒)	2.60	1.05	1.05	1.08	1.04	1.07	1.06	1.10	1.12	1.13	1.47
					インターバルランタイム(秒)		0.55	0.56	0.56	0.55	0.55	0.55	0.56	0.59	0.60	
					ハードリングタイム(秒)		0.51	0.49	0.49	0.52	0.49	0.52	0.51	0.54	0.53	0.52
					区間スピード(m/秒)	5.89	8.74	8.74	8.50	8.81	8.54	8.60	8.31	8.19	8.12	8.44
2018	U20日本選手権 10月19日 (0.991m)	決勝 1着	13.19	-0.6	タッチダウンタイム(秒)	2.53	3.57	4.61	5.64	6.63	7.66	8.68	9.71	10.75	11.81	13.19
					区間タイム(秒)	2.53	1.04	1.04	1.03	1.00	1.03	1.02	1.03	1.04	1.05	1.38
					インターバルランタイム(秒)		0.58	0.59	0.56	0.55	0.56	0.56	0.58	0.58	0.58	
					ハードリングタイム(秒)		0.48	0.46	0.45	0.47	0.45	0.47	0.45	0.46	0.46	0.48
					区間スピード(m/秒)	6.06	8.77	8.77	8.92	9.18	8.88	8.99	8.85	8.77	8.67	8.99

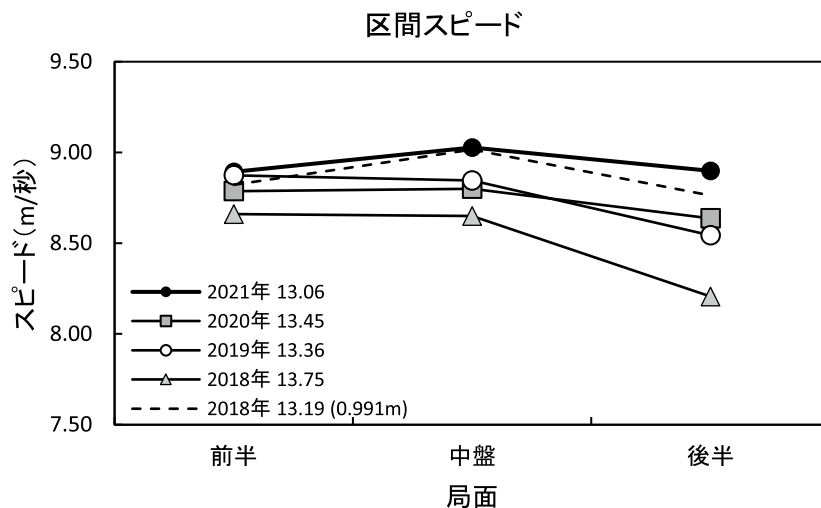


図1 泉谷選手の過去4年間のレースにおける区間スピードの変化

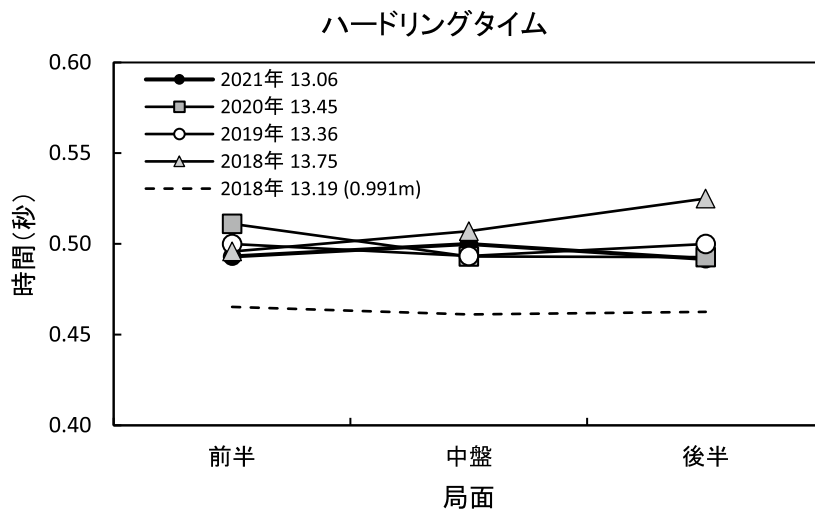


図2 泉谷選手の過去4年間のレースにおけるハードリングタイムの変化

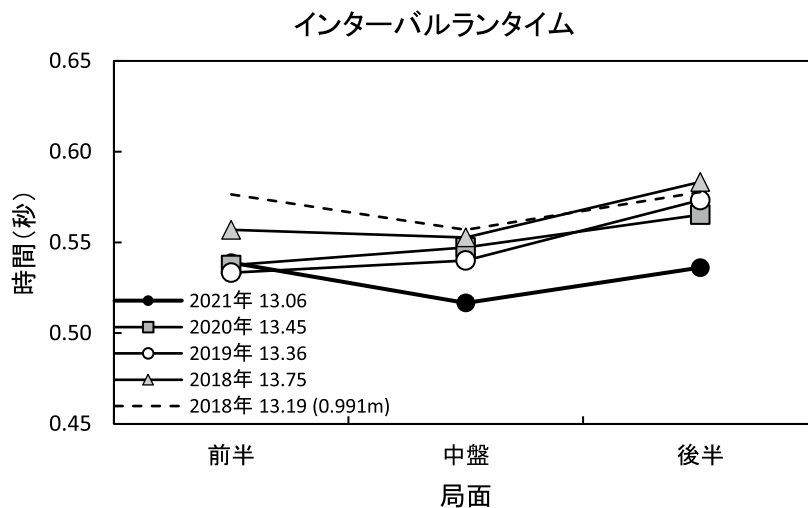


図3 泉谷選手の過去4年間のレースにおけるインターバルランタイムの変化

2021年シーズンにおける国内一流女子100mハードルのレース分析結果

大西克広¹⁾ 貴嶋孝太¹⁾ 柴山一仁²⁾ 杉本和那美³⁾ 森丘保典⁴⁾ 前村公彦⁵⁾ 金子公宏⁶⁾
高野大樹⁷⁾

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

1. はじめに

2021年は100mハードル(以下、「100mH」とする)選手たちの活躍が目覚ましいシーズンであった。まず、木南道孝記念(6月1日,長居)の女子100mH予選において、寺田明日香選手(ジャパンクリエイト)が12秒87の日本新記録を樹立した。寺田選手は2019年に樹立した12秒97の日本記録(当時)から2年ぶりの日本記録更新であった。その5日後に開始された布勢スプリント(6月6日,鳥取)では、青木益未選手(七十七銀行)が12秒87の日本タイ記録で優勝した。青木選手はこの日の予選で13秒01の自己記録を更新した直後のレースでの日本タイ記録樹立であった。

次に、今夏開催された東京オリンピックには寺田選手、青木選手と木村文子選手(エディオン)の3選手が出場した。オリンピックの女子100mHに3名がエントリーするのは史上初(世界選手権も含めて)であった。青木、木村両選手は予選で敗退したが、寺田選手はこの種目21年ぶりの準決勝進出を果たし奮起した。

これら国際レベルで果敢にチャレンジできるようになった国内女子100mH選手のパフォーマンスを分析した結果は、選手自身の現状を知ることや今後のトレーニングの方向性を示す一助となる可能性がある。さらに、トップ選手を目指す選手たちの目標値を示すことができるのではないかと考えられる。

日本陸上競技連盟科学委員会では、国内の女子100mHの選手を対象に競技会におけるレース分析を行っているが、本稿では2021年シーズンに国内で開催された主要競技大会における、女子100mHのレース分析結果について報告する。

さらに、2021年シーズンに日本記録を樹立した2名の選手の2019年から2021年までの3年間のレー

ス分析結果を基に、好記録の要因(レース中の走速度や各種タイム)を検討しようとした。

2. 方法

2-1. 分析対象選手, および対象競技会

分析の対象は、国内の女子100mH選手のべ57名であった。対象選手が出場した以下の6大会を分析対象競技会とした。

- ・第55回織田幹雄記念国際陸上競技大会(2021年4月29日,エディオンスタジアム広島・広島)
- ・Ready Steady Tokyo(2021年5月9日,国立競技場・東京)
- ・第8回木南道孝記念陸上競技大会(2021年6月1日,ヤンマースタジアム長居・大阪)
- ・布施スプリント2021(2021年6月6日,布施総合・鳥取)
- ・第37回U20日本陸上競技選手権大会(2021年6月26日,ヤンマースタジアム長居・大阪)
- ・第105回日本陸上競技選手権大会(2021年6月26日,ヤンマースタジアム長居・大阪)

また、以下の4競技会の結果を比較対象とした。

- ・第103回日本陸上競技選手権大会(2019年6月29日,博多の森陸上競技場・福岡)
- ・富士北麓ワールドトライアル2019(2019年9月1日,富士北麓公園陸上競技場・山梨)
- ・セイコーゴールデングランプリ陸上(2020年8月23日,国立競技場・東京)
- ・第104回日本陸上競技選手権大会(2020年10月3日,デンカビッグスワンスタジアム・新潟)

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

3-1. 2021年シーズンにおける女子100mHのレース分析

各レースにおけるタッチダウンタイム、区間タイム、インターバルランタイム、ハードリングタイム、および走速度の分析結果を表1から表6に示した。また、各レースのアプローチとランインを除く区間の疾走速度の変化を図1から図6にそれぞれ示した。概ねどの選手もスタート後に走速度が高まり、レース序盤から中盤にかけて最高走速度が出現し、最高走速度が出現した後に速度が低下しながらフィニッシュするように変化した。

図7に各レースの記録とレース中の最高走速度との関係を示した。レース記録と最高走速度との間に、有意な負の相関関係 ($r=-0.936$, $p<0.001$) がみられた。レース中の最高走速度はレース記録に強く影響することが報告されている (森田ほか, 1994; 川上ほか, 2004; 杉浦ほか, 2006, 柴山ほか, 2010; 杉本ほか, 2012; 貴嶋ほか, 2016)。今回の分析対象者においても、レース中の最高走速度とレース記録との関係はこれまでの報告と同様であった。

3-2. 女子100mH日本記録保持者2名の3年間のレース分析結果

3-2-1. 青木益未選手

対象としたレース記録は2019年の13秒15 (6月29日, 日本選手権), 2020年が13秒02 (10月3日, 日本選手権), 2021年が12秒87 (6月6日, 布施スプリント) であった。

図8にはレースを3区間 (序盤・中盤・後半) に分けた各区間の平均走速度を示した。2019年のレースではレース序盤の平均走速度が最も高く、その後は中盤、終盤にかけて低下する変化を示した。2020年のレースではレース序盤から中盤にかけてわずかに平均走速度を高め、中盤から終盤にかけて低下する変化を示した。日本記録を樹立した2021年のレースでは、レース序盤から中盤にかけて平均走速度を高め、その後終盤にかけて低下する変化を示した。2021年のレースの平均走速度は全ての区間においてこれまでで最も高い値を示した。

ハードリングタイムは、3年間いずれのレースでも同じような変化のしかたを示した。すなわちレース序盤から中盤にかけてわずかに減少し、その後は増加する変化パターンであった (図9)。2021年のレースは他のレースと比較をすると、全ての区間においてハードリングが長かった。

インターバルランタイムは、3年間のレースのいずれもレース序盤から終盤にかけて増加する変化を示した (図10)。また、2021年のレースのインターバルランタイムは他のレースと比較をすると、全ての区間において最も短かった。

以上のことから、青木選手のレース記録の変化は、インターバルランタイムの短縮による平均疾走速度の向上が寄与したことを示唆した。

3-2-2. 寺田明日香選手

対象としたレース記録は2019年が12秒97 (9月1日, 富士北麗ワールドトライアル), 2020年が13秒03 (8月23日, GGP東京), 2021年が12秒87 (6月1日, 木南記念) であった。

図11には3区間 (序盤・中盤・後半) に分けた各区間の平均走速度の変化を示した。2019年のレースではレース序盤から中盤にかけてわずかに平均走速度を高め、その後は低下する変化を示した。2020年のレースでの走速度は2019年と似たような変化を示したが、序盤の平均走速度が2019年と比較して低いことを示した。日本記録を樹立した2021年のレースでは、レース序盤から中盤にかけて平均走

速度を高め、その後低下する変化を示した。2021年のレースの平均走速度は全ての区間において3年間で最も高い値を示した。

ハードリングタイムは、2019年と2020年のレースでは、レース序盤から中盤にかけてわずかに減少し、その後は増加する変化を示した(図12)。2021年のレースではレース序盤から中盤にわずかに減少し、中盤から終盤にかけては変化を示さなかった。また、2021年のハードリングタイムを他のレースと比較をすると、レース序盤は同様であったが、中盤は長く、終盤は短かった。

インターバルランタイムは、3レースで異なる変化を示した。2019年と2020年のレースではレース序盤から中盤、終盤にかけて増加する変化を示した(図13)。しかし、2021年のレースではレース序盤から中盤にかけてわずかに減少し、その後増加する変化を示した。2021年のレースでのインターバルランタイムは全ての区間において最も低い値を示した。

以上のことから、寺田選手は2019年から2021年にかけて、レース中の平均走速度が全ての区間で高まったが、それは①ハードリングタイムの変化が少なくなったことと、②序盤から短いインターバルランタイムでの疾走と中盤ではそれをさらに短縮させることができたためであったことを示唆した。

4. まとめ

2021年に国内で開催された女子100mHのレース分析結果を報告した。さらに、2021年に日本記録を樹立した2名の選手の2019年から2021年の3年間におけるレース分析結果の変化について分析検討をした。それらの結果を以下にまとめる。

- ・100mHレース中の最高走速度は、レース記録に大きく影響する。
- ・インターバルランタイムはハードリングタイムより記録への影響が大きいと考えられる。
- ・青木選手のレース記録の変化は、インターバルランタイムの短縮による平均走速度の向上が寄与したことを示唆した。
- ・寺田選手のレース記録の変化は、ハードリングタイムの変化が少なくなったことと、序盤から短いインターバルランタイムでの疾走と中盤ではそれをさらに短縮したことによる平均走速度の向上が寄与したことを示唆した。

参考文献

- 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.
- 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.
- 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.
- 柴山一仁, 川上小百合, 谷川 聡(2010) 2007年世界陸上競技選手権大会における男子110mハードル走および女子100mハードル走レースの時間分析. 世界一流陸上競技者のパフォーマンスと技術—. 第11回世界陸上競技選手権大会日本陸上競技連盟バイオメカニクス研究班報告書一, 日本陸上競技連盟, 76-85.
- 杉本和那美, 榎本靖士, 森丘保典, 貴嶋孝太, 松尾彰文(2012) 100mハードルにおけるハードルサイクルおよびステップごとにみた疾走速度の変化, 陸上競技研究紀要, 8: 1-8.
- 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.

表 1. 2021.04.29_ 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.	
寺田明日香 (ジヤンツリイト)	NR	12.96	+1.6	タッチダウンタイム (sec)	2.59	2.59	3.65	4.65	5.64	6.64	7.62	8.68	9.72	10.76	11.81	
				区間タイム (sec)		1.05	1.01	0.99	1.00	0.98	1.06	1.03	1.04	1.06	1.15	
				インターバルランタイム (sec)		0.60	0.57	0.58	0.60	0.57	0.66	0.58	0.61	0.63	0.71	
				ハードリングタイム (sec)		0.45	0.43	0.41	0.40	0.42	0.40	0.45	0.43	0.42	0.42	0.43
				走速度 (m/s)		8.09	8.46	8.60	8.49	8.64	8.02	8.22	8.18	8.06	9.14	
鈴木美帆 (長谷川体育施設)	13.22	+1.6	タッチダウンタイム (sec)	2.72	2.72	3.78	4.82	5.86	6.89	7.90	8.93	9.96	11.00	12.06		
			区間タイム (sec)		1.06	1.04	1.04	1.03	1.01	1.03	1.03	1.04	1.06	1.16		
			インターバルランタイム (sec)		0.61	0.60	0.62	0.60	0.58	0.62	0.61	0.63	0.65	0.72		
			ハードリングタイム (sec)		0.45	0.44	0.42	0.43	0.43	0.41	0.42	0.40	0.41	0.44		
			走速度 (m/s)		7.99	8.15	8.18	8.22	8.42	8.25	8.28	8.18	7.99	9.07		
大久保有梨 (ユティック)	13.31	+1.6	タッチダウンタイム (sec)	2.66	2.66	3.71	4.74	5.78	6.80	7.83	8.87	9.93	10.99	12.06		
			区間タイム (sec)		1.06	1.03	1.03	1.03	1.03	1.04	1.06	1.06	1.07	1.25		
			インターバルランタイム (sec)		0.60	0.58	0.60	0.60	0.60	0.61	0.63	0.62	0.63	0.82		
			ハードリングタイム (sec)		0.45	0.45	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.44	0.44	0.43		
			走速度 (m/s)		8.06	8.25	8.22	8.28	8.25	8.18	8.02	7.99	7.96	8.41		
青木益未 (七十七銀行)	13.34	+1.6	タッチダウンタイム (sec)	2.63	2.63	3.68	4.75	5.81	6.85	7.91	8.96	10.02	11.10	12.19		
			区間タイム (sec)		1.05	1.07	1.05	1.04	1.06	1.05	1.06	1.08	1.09	1.15		
			インターバルランタイム (sec)		0.56	0.63	0.58	0.58	0.60	0.56	0.59	0.62	0.62	0.67		
			ハードリングタイム (sec)		0.49	0.45	0.47	0.46	0.46	0.48	0.47	0.46	0.47	0.48		
			走速度 (m/s)		8.09	7.93	8.09	8.15	7.99	8.12	7.99	7.87	7.81	9.14		
柴村仁美 (東邦銀行)	13.37	+1.6	タッチダウンタイム (sec)	2.67	2.67	3.74	4.81	5.86	6.89	7.92	8.97	10.03	11.12	12.21		
			区間タイム (sec)		1.08	1.07	1.04	1.03	1.03	1.05	1.06	1.08	1.09	1.16		
			インターバルランタイム (sec)		0.65	0.64	0.62	0.61	0.61	0.63	0.64	0.66	0.65	0.72		
			ハードリングタイム (sec)		0.43	0.43	0.43	0.42	0.43	0.42	0.42	0.43	0.44	0.44		
			走速度 (m/s)		7.90	7.93	8.15	8.22	8.22	8.12	8.02	7.84	7.78	9.04		
島野真生 (日本体育大)	13.40	+1.6	タッチダウンタイム (sec)	2.63	2.63	3.71	4.75	5.80	6.82	7.86	8.91	10.00	11.08	12.19		
			区間タイム (sec)		1.08	1.05	1.04	1.02	1.04	1.05	1.08	1.08	1.11	1.21		
			インターバルランタイム (sec)		0.65	0.63	0.63	0.60	0.64	0.63	0.66	0.64	0.68	0.76		
			ハードリングタイム (sec)		0.43	0.41	0.41	0.42	0.40	0.42	0.43	0.44	0.43	0.45		
			走速度 (m/s)		7.90	8.12	8.15	8.32	8.15	8.09	7.84	7.84	7.66	8.69		
竹内真弥 (チームスノーフレイク)	13.52	+1.6	タッチダウンタイム (sec)	2.63	2.63	3.72	4.76	5.81	6.86	7.91	8.98	10.06	11.17	12.30		
			区間タイム (sec)		1.09	1.04	1.05	1.05	1.07	1.08	1.11	1.13	1.22			
			インターバルランタイム (sec)		0.66	0.60	0.63	0.63	0.61	0.64	0.66	0.67	0.69	0.77		
			ハードリングタイム (sec)		0.43	0.45	0.42	0.42	0.43	0.43	0.43	0.44	0.44	0.46		
			走速度 (m/s)		7.81	8.15	8.12	8.09	8.12	7.96	7.84	7.69	7.52	8.58		
田中陽夏莉 (メイスイ)	13.55	+1.6	タッチダウンタイム (sec)	2.67	2.67	3.72	4.80	5.86	6.92	7.98	9.05	10.14	11.23	12.33		
			区間タイム (sec)		1.06	1.08	1.06	1.06	1.06	1.07	1.08	1.09	1.10	1.22		
			インターバルランタイム (sec)		0.61	0.66	0.63	0.64	0.65	0.65	0.65	0.66	0.68	0.79		
			ハードリングタイム (sec)		0.45	0.41	0.43	0.42	0.42	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43		
			走速度 (m/s)		8.02	7.90	8.02	8.02	7.99	7.93	7.87	7.78	7.72	8.60		

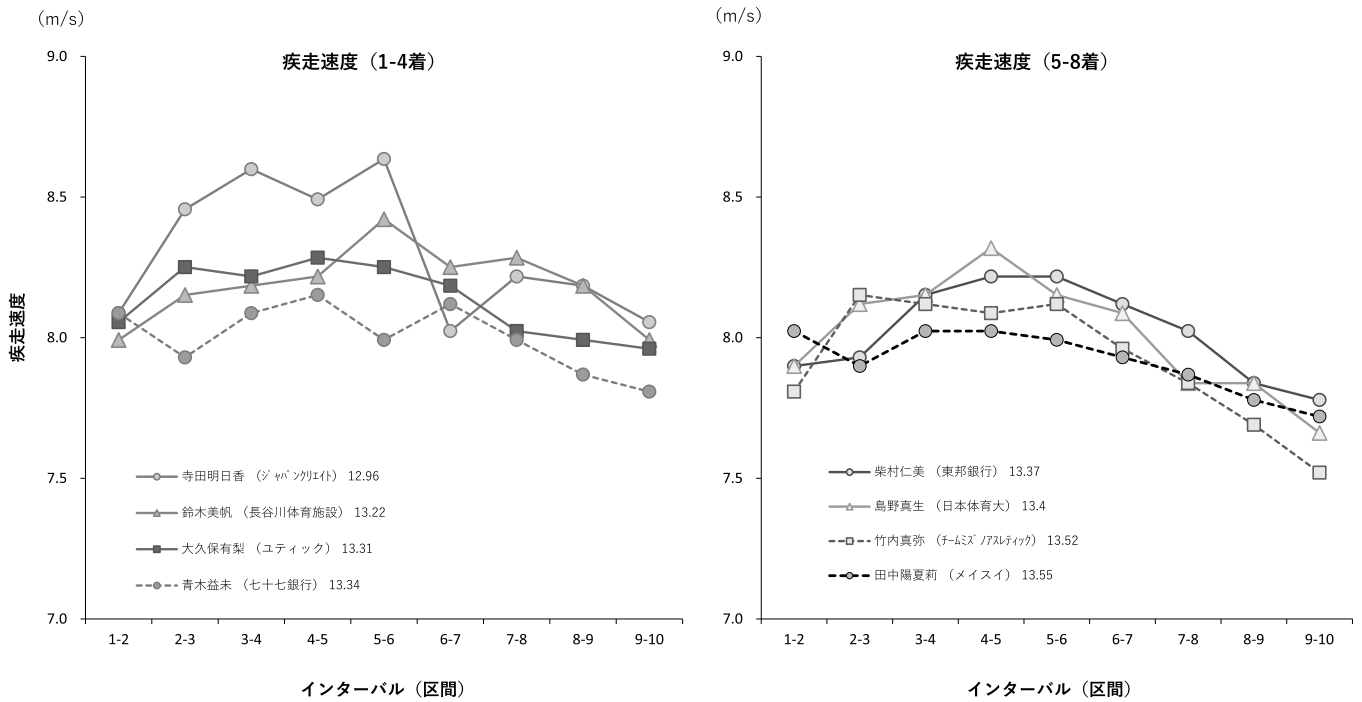


図 1. 疾走速度の変化 (2021.04.29_ 織田記念 A 決勝)

表 2. 2021.05.09_ Ready Steady Tokyo _ 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
寺田明日香 (ジャパンライト)	12.99	-0.8	タッチダウンタイム (sec)	2.58	2.58	3.63	4.65	5.66	6.66	7.67	8.70	9.73	10.79	11.86
			区間タイム (sec)	1.05	1.02	1.01	1.01	1.01	1.03	1.03	1.06	1.07	1.13	
			インターバルタイム (sec)	0.62	0.60	0.59	0.60	0.59	0.60	0.61	0.63	0.64	0.68	
			ハードリングタイム (sec)	0.43	0.42	0.42	0.41	0.42	0.42	0.43	0.43	0.43	0.45	
			走速度(m/s)	8.12	8.35	8.42	8.42	8.42	8.28	8.22	8.06	7.93	9.31	
青木益未 (七十七銀行)	13.06	-0.8	タッチダウンタイム (sec)	2.59	2.59	3.64	4.68	5.71	6.72	7.74	8.76	9.82	10.87	11.94
			区間タイム (sec)	1.06	1.04	1.03	1.01	1.02	1.02	1.06	1.06	1.07	1.12	
			インターバルタイム (sec)	0.60	0.58	0.57	0.57	0.58	0.56	0.61	0.58	0.61	0.66	
			ハードリングタイム (sec)	0.46	0.45	0.45	0.45	0.44	0.45	0.45	0.45	0.47	0.46	
			走速度(m/s)	8.06	8.18	8.28	8.39	8.32	8.35	8.02	8.06	7.96	9.38	
木村文子 (エディオン)	13.22	-0.8	タッチダウンタイム (sec)	2.61	2.61	3.65	4.68	5.68	6.72	7.75	8.79	9.84	10.92	12.00
			区間タイム (sec)	1.04	1.03	1.01	1.04	1.03	1.04	1.05	1.08	1.08	1.22	
			インターバルタイム (sec)	0.62	0.63	0.61	0.65	0.62	0.63	0.63	0.67	0.67	0.81	
			ハードリングタイム (sec)	0.42	0.40	0.40	0.39	0.41	0.41	0.42	0.40	0.41	0.41	
			走速度(m/s)	8.18	8.25	8.46	8.18	8.25	8.15	8.09	7.90	7.87	8.60	
鈴木美帆 (長谷川体育施設)	13.52	-0.8	タッチダウンタイム (sec)	2.71	2.71	3.76	4.80	5.84	6.85	7.89	8.93	9.97	11.04	12.23
			区間タイム (sec)	1.06	1.04	1.03	1.02	1.03	1.04	1.05	1.06	1.20	1.29	
			インターバルタイム (sec)	0.61	0.61	0.60	0.60	0.63	0.63	0.63	0.65	0.78	0.81	
			ハードリングタイム (sec)	0.45	0.43	0.43	0.42	0.40	0.41	0.42	0.41	0.42	0.48	
			走速度(m/s)	8.06	8.15	8.25	8.35	8.22	8.18	8.12	7.99	7.10	8.16	
島野真生 (日本体育大)	13.57	-0.8	タッチダウンタイム (sec)	2.69	2.69	3.77	4.82	5.87	6.92	7.97	9.06	10.14	11.23	12.37
			区間タイム (sec)	1.08	1.05	1.05	1.05	1.05	1.09	1.08	1.09	1.13	1.24	
			インターバルタイム (sec)	0.62	0.59	0.62	0.61	0.61	0.65	0.63	0.64	0.68	0.79	
			ハードリングタイム (sec)	0.46	0.46	0.43	0.44	0.44	0.44	0.45	0.45	0.45	0.45	
			走速度(m/s)	7.87	8.09	8.09	8.09	8.09	7.81	7.84	7.81	7.49	8.44	
大久保有梨 (ユティック)	13.61	-0.8	タッチダウンタイム (sec)	2.64	2.64	3.73	4.78	5.83	6.89	7.95	9.00	10.11	11.22	12.33
			区間タイム (sec)	1.09	1.06	1.05	1.06	1.06	1.06	1.11	1.10	1.12	1.30	
			インターバルタイム (sec)	0.65	0.61	0.63	0.63	0.64	0.63	0.70	0.66	0.68	0.86	
			ハードリングタイム (sec)	0.44	0.44	0.41	0.42	0.43	0.43	0.41	0.44	0.44	0.44	
			走速度(m/s)	7.81	8.06	8.12	8.06	7.99	8.06	7.66	7.72	7.60	8.10	
柴村仁美 (東邦銀行)	13.63	-0.8	タッチダウンタイム (sec)	2.65	2.65	3.76	4.81	5.86	6.90	7.96	9.02	10.10	11.18	12.27
			区間タイム (sec)	1.11	1.05	1.05	1.04	1.06	1.06	1.08	1.08	1.09	1.39	
			インターバルタイム (sec)	0.68	0.58	0.61	0.63	0.64	0.62	0.65	0.64	0.65	0.96	
			ハードリングタイム (sec)	0.43	0.47	0.43	0.42	0.42	0.44	0.43	0.44	0.44	0.44	
			走速度(m/s)	7.69	8.09	8.12	8.15	8.02	7.99	7.87	7.90	7.81	7.53	
竹内真弥 (チームズ / フルティック)	13.66	-0.8	タッチダウンタイム (sec)	2.67	2.67	3.77	4.86	5.93	7.01	8.10	9.19	10.31	11.44	12.58
			区間タイム (sec)	1.09	1.09	1.07	1.08	1.09	1.10	1.12	1.13	1.13	1.24	
			インターバルタイム (sec)	0.65	0.66	0.64	0.65	0.66	0.67	0.70	0.70	0.69	0.81	
			ハードリングタイム (sec)	0.44	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.42	0.43	0.44	0.44	
			走速度(m/s)	7.78	7.78	7.93	7.90	7.81	7.75	7.60	7.49	7.52	8.43	
田中陽夏莉 (富士山の銘水)	13.82	-0.8	タッチダウンタイム (sec)	2.67	2.67	3.75	4.81	5.87	6.92	7.98	9.06	10.14	11.22	12.36
			区間タイム (sec)	1.08	1.06	1.06	1.05	1.07	1.08	1.08	1.09	1.13	1.21	
			インターバルタイム (sec)	0.63	0.62	0.63	0.63	0.64	0.64	0.64	0.65	0.70	0.76	
			ハードリングタイム (sec)	0.45	0.43	0.43	0.42	0.43	0.44	0.43	0.43	0.43	0.45	
			走速度(m/s)	7.84	8.06	8.02	8.12	7.96	7.90	7.90	7.83	7.81	7.49	8.66

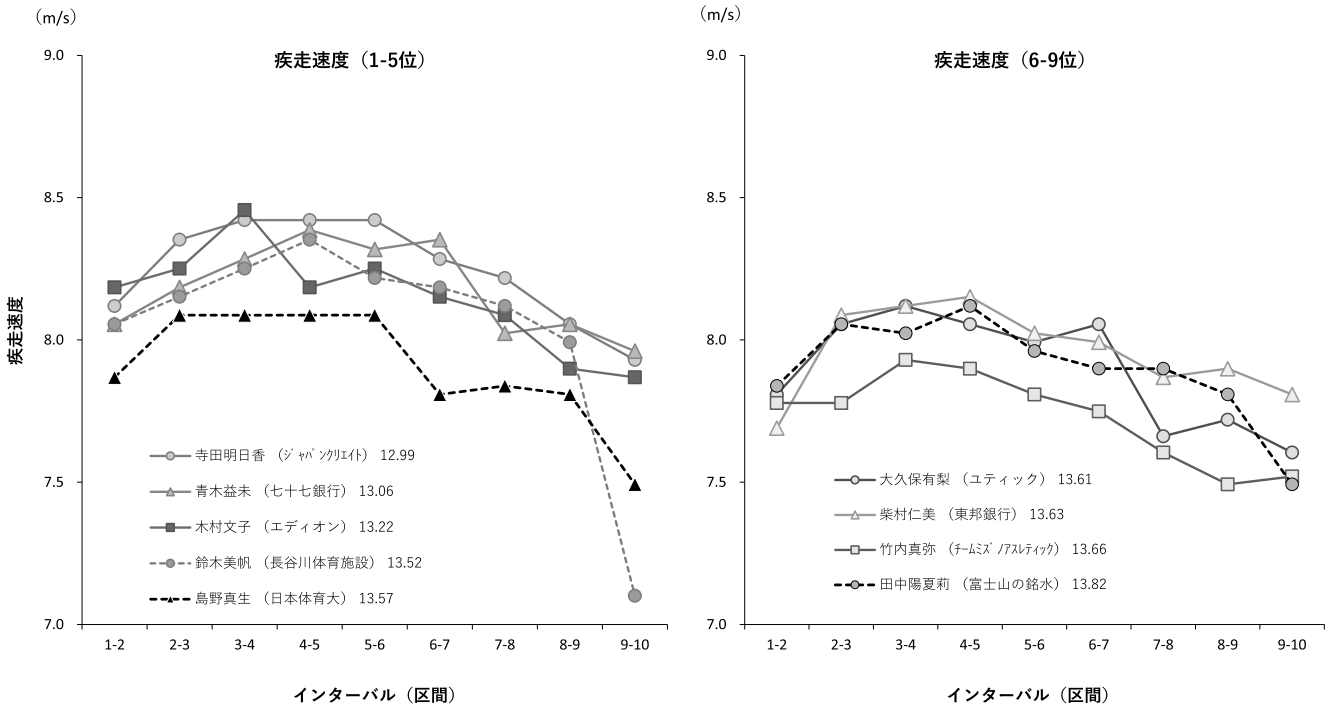


図 2. 疾走速度の変化 (2021.05.09_ Ready Steady Tokyo 決勝)

表 3. 2021.06.01_ 木南記念 _ 女子 100mH 決勝 レース分析結果

選手名	所属	記録	風	ハードル→ 区間→	1st 2nd 3rd 4th 5th 6th 7th 8th 9th 10th										
					app.	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	run in.
寺田明日香 (ジャパックス)	12.89	+0.3	タッチダウンタイム (sec)	2.60	2.60	3.62	4.63	5.61	6.61	7.60	8.63	9.67	10.69	11.76	
			区間タイム (sec)	1.02	1.01	0.98	1.00	0.98	1.03	1.04	1.03	1.06	1.13		
			インターバルタイム (sec)	0.60	0.60	0.57	0.60	0.58	0.63	0.62	0.60	0.65	0.69		
			ハードリングタイム (sec)	0.43	0.41	0.41	0.40	0.41	0.40	0.42	0.41	0.42	0.43	0.42	0.44
			走速度(m/s)	8.32	8.42	8.67	8.49	8.64	8.25	8.15	8.28	7.99	9.27		
予選) 寺田明日香 (ジャパックス)	12.87	+0.6	NNR, NGR	タッチダウンタイム (sec)	2.64	2.64	3.69	4.68	5.67	6.67	7.67	8.66	9.68	10.69	11.74
				区間タイム (sec)	1.05	0.99	0.99	1.00	0.99	0.99	1.02	1.02	1.04	1.13	
				インターバルタイム (sec)	0.62	0.56	0.58	0.58	0.58	0.58	0.61	0.60	0.63	0.71	
				ハードリングタイム (sec)	0.43	0.43	0.41	0.42	0.42	0.41	0.41	0.41	0.42	0.42	0.43
				走速度(m/s)	8.09	8.56	8.56	8.49	8.56	8.56	8.35	8.35	8.15	9.27	
鈴木美帆 (長谷川体育施設)	13.15	+0.3	タッチダウンタイム (sec)	2.70	2.70	3.76	4.79	5.82	6.82	7.84	8.87	9.91	10.97	12.02	
			区間タイム (sec)	1.06	1.03	1.03	1.00	1.01	1.03	1.05	1.06	1.05	1.13		
			インターバルタイム (sec)	0.62	0.61	0.61	0.58	0.62	0.62	0.63	0.64	0.63	0.71		
			ハードリングタイム (sec)	0.44	0.43	0.42	0.42	0.40	0.41	0.41	0.41	0.41	0.42	0.42	
			走速度(m/s)	8.02	8.22	8.25	8.49	8.39	8.25	8.12	8.06	8.09	9.29		
田中佑美 (富士通)	13.23	+0.3	タッチダウンタイム (sec)	2.64	2.64	3.67	4.73	5.77	6.79	7.82	8.84	9.90	10.97	12.05	
			区間タイム (sec)	1.03	1.06	1.03	1.02	1.03	1.03	1.06	1.07	1.08	1.18		
			インターバルタイム (sec)	0.63	0.68	0.64	0.62	0.63	0.63	0.65	0.66	0.66	0.76		
			ハードリングタイム (sec)	0.41	0.38	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.41	0.42	0.43		
			走速度(m/s)	8.22	8.02	8.22	8.32	8.28	8.28	8.06	7.93	7.87	8.89		
木村文子 (エディオン)	13.29	+0.3	タッチダウンタイム (sec)	2.62	2.62	3.67	4.70	5.71	6.74	7.77	8.81	9.86	10.93	12.04	
			区間タイム (sec)	1.05	1.03	1.01	1.03	1.03	1.04	1.06	1.06	1.11	1.25		
			インターバルタイム (sec)	0.63	0.63	0.60	0.63	0.63	0.64	0.65	0.65	0.70	0.79		
			ハードリングタイム (sec)	0.42	0.41	0.40	0.39	0.40	0.40	0.40	0.42	0.42	0.46		
			走速度(m/s)	8.12	8.22	8.42	8.28	8.25	8.18	8.06	7.99	7.63	8.41		
藤原未来 (住友電工)	13.37	+0.3	タッチダウンタイム (sec)	2.67	2.67	3.70	4.76	5.79	6.84	7.87	8.94	10.01	11.09	12.18	
			区間タイム (sec)	1.04	1.06	1.03	1.05	1.03	1.07	1.08	1.08	1.09	1.19		
			インターバルタイム (sec)	0.58	0.62	0.59	0.63	0.60	0.65	0.63	0.63	0.66	0.75		
			ハードリングタイム (sec)	0.45	0.43	0.44	0.43	0.43	0.42	0.44	0.44	0.43	0.44		
			走速度(m/s)	8.18	8.06	8.25	8.09	8.25	7.96	7.90	7.90	7.78	8.85		
清山ちさと (いちご)	13.39	+0.3	タッチダウンタイム (sec)	2.74	2.74	3.83	4.86	5.89	6.92	7.95	9.00	10.06	11.12	12.21	
			区間タイム (sec)	1.09	1.03	1.03	1.03	1.03	1.05	1.06	1.06	1.09	1.18		
			インターバルタイム (sec)	0.62	0.60	0.61	0.62	0.61	0.63	0.63	0.63	0.65	0.74		
			ハードリングタイム (sec)	0.47	0.44	0.42	0.41	0.42	0.42	0.43	0.44	0.43	0.44		
			走速度(m/s)	7.81	8.22	8.28	8.28	8.25	8.09	7.99	7.99	7.81	8.92		
中島ひとみ (長谷川体育施設)	13.44	+0.3	タッチダウンタイム (sec)	2.71	2.71	3.77	4.83	5.87	6.90	7.94	9.02	10.10	11.17	12.26	
			区間タイム (sec)	1.06	1.06	1.04	1.03	1.03	1.08	1.08	1.07	1.09	1.18		
			インターバルタイム (sec)	0.60	0.63	0.60	0.61	0.61	0.65	0.63	0.63	0.66	0.75		
			ハードリングタイム (sec)	0.45	0.43	0.44	0.43	0.43	0.43	0.45	0.44	0.43	0.43		
			走速度(m/s)	8.02	7.99	8.18	8.22	8.22	7.87	7.87	7.93	7.81	8.88		
田中きよの (駿河台大)	13.49	+0.3	タッチダウンタイム (sec)	2.64	2.64	3.72	4.76	5.82	6.86	7.93	8.99	10.08	11.17	12.27	
			区間タイム (sec)	1.08	1.04	1.06	1.04	1.07	1.06	1.09	1.09	1.10	1.22		
			インターバルタイム (sec)	0.66	0.62	0.65	0.60	0.65	0.62	0.66	0.65	0.66	0.79		
			ハードリングタイム (sec)	0.42	0.42	0.40	0.43	0.41	0.44	0.44	0.43	0.44	0.44		
			走速度(m/s)	7.87	8.15	8.02	8.18	7.96	8.02	7.81	7.78	7.75	8.58		

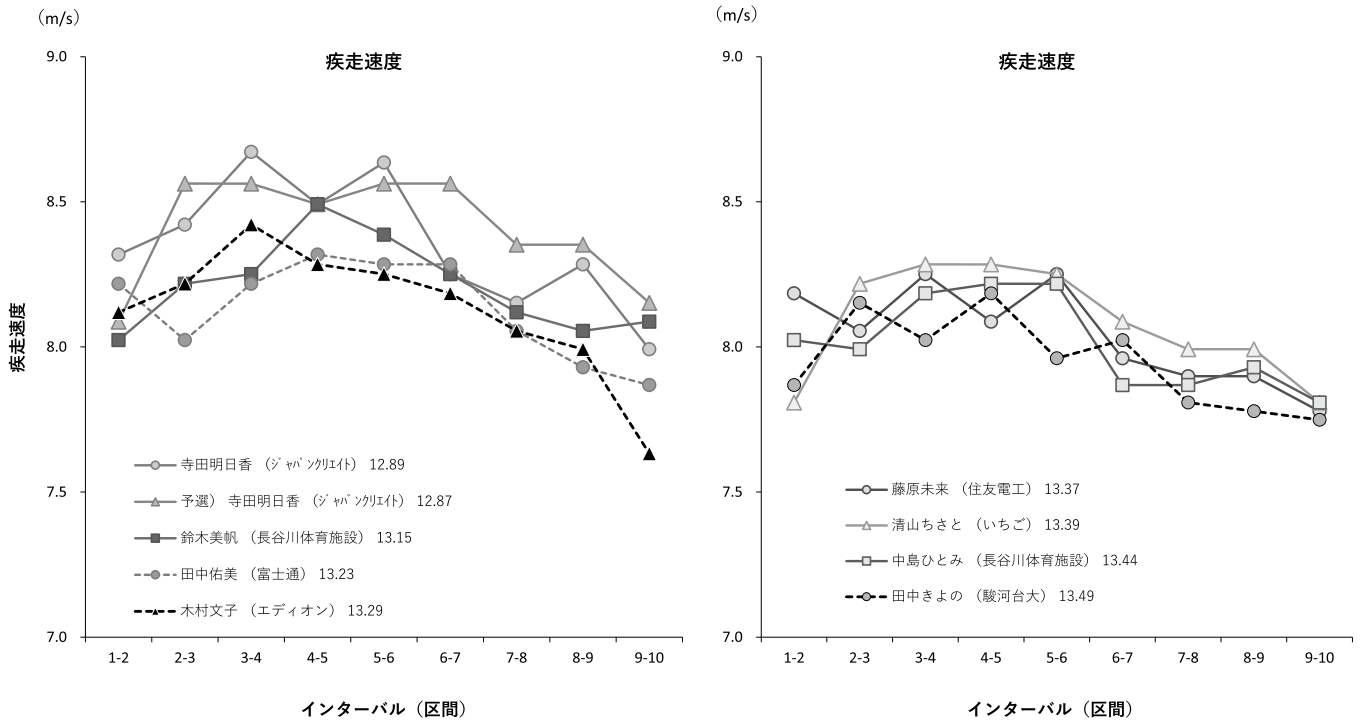


図 3. 疾走速度の変化 (2021.06.01_ 木南記念 決勝)

表 4. 2021.06.06_ 布施スプリント _ 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)	12.87	+1.8	=NR, GR	タッチダウンタイム (sec)	2.62	2.62	3.67	4.69	5.68	6.68	7.68	8.69	9.70	10.74	11.77
					区間タイム (sec)	1.05	1.02	1.00	1.00	1.00	1.01	1.01	1.04	1.03	1.10	
					インターバルタイム (sec)	0.58	0.56	0.54	0.57	0.57	0.57	0.57	0.59	0.58	0.65	
					ハードリングタイム (sec)	0.47	0.46	0.45	0.43	0.43	0.44	0.44	0.45	0.45	0.45	
					走速度(m/s)	8.09	8.35	8.53	8.53	8.49	8.42	8.42	8.18	8.22	9.58	
寺田明日香	(ジヤパンナイツ)	12.98	+1.8	GR	タッチダウンタイム (sec)	2.56	2.56	3.60	4.58	5.63	6.64	7.63	8.65	9.67	10.71	11.74
					区間タイム (sec)	1.04	0.98	1.05	1.01	0.99	1.02	1.03	1.03	1.03	1.15	
					インターバルタイム (sec)	0.60	0.57	0.65	0.59	0.59	0.61	0.61	0.61	0.62	0.72	
					ハードリングタイム (sec)	0.44	0.42	0.40	0.42	0.40	0.40	0.40	0.42	0.43	0.42	
					走速度(m/s)	8.18	8.64	8.12	8.46	8.56	8.35	8.28	8.22	8.22	9.14	
鈴木美帆	(長谷川体育施設)	13.01	+1.8		タッチダウンタイム (sec)	2.68	2.68	3.72	4.75	5.75	6.76	7.77	8.78	9.79	10.83	11.89
					区間タイム (sec)	1.04	1.03	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.04	1.06	1.12
					インターバルタイム (sec)	0.60	0.60	0.58	0.60	0.60	0.60	0.61	0.63	0.65	0.69	
					ハードリングタイム (sec)	0.44	0.43	0.43	0.40	0.41	0.41	0.40	0.41	0.41	0.43	
					走速度(m/s)	8.18	8.28	8.46	8.46	8.39	8.42	8.39	8.18	8.02	9.38	
木村文子	(エディオン)	13.18	+1.8		タッチダウンタイム (sec)	2.59	2.59	3.65	4.67	5.68	6.70	7.71	8.74	9.81	10.88	11.97
					区間タイム (sec)	1.06	1.02	1.01	1.02	1.01	1.03	1.07	1.07	1.09	1.21	
					インターバルタイム (sec)	0.65	0.60	0.61	0.61	0.60	0.63	0.65	0.64	0.67	0.79	
					ハードリングタイム (sec)	0.41	0.42	0.40	0.40	0.41	0.40	0.41	0.42	0.43	0.42	
					走速度(m/s)	7.99	8.35	8.39	8.35	8.42	8.25	7.96	7.96	7.81	8.65	
清山ちさと	(いちご)	13.20	+1.8		タッチダウンタイム (sec)	2.69	2.69	3.75	4.77	5.78	6.81	7.82	8.85	9.90	10.97	12.03
					区間タイム (sec)	1.06	1.02	1.02	1.02	1.02	1.03	1.05	1.06	1.07	1.17	
					インターバルタイム (sec)	0.62	0.59	0.60	0.61	0.60	0.62	0.63	0.64	0.64	0.73	
					ハードリングタイム (sec)	0.44	0.43	0.42	0.41	0.41	0.41	0.42	0.43	0.43	0.43	
					走速度(m/s)	8.02	8.35	8.35	8.32	8.35	8.25	8.12	7.99	7.96	9.00	
大久保有梨	(ユティック)	13.21	+1.8		タッチダウンタイム (sec)	2.67	2.67	3.72	4.75	5.78	6.79	7.81	8.83	9.88	10.93	12.00
					区間タイム (sec)	1.05	1.03	1.03	1.02	1.02	1.02	1.05	1.04	1.07	1.21	
					インターバルタイム (sec)	0.60	0.59	0.59	0.60	0.59	0.59	0.62	0.61	0.63	0.78	
					ハードリングタイム (sec)	0.45	0.44	0.43	0.42	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.44	
					走速度(m/s)	8.09	8.25	8.28	8.35	8.35	8.32	8.09	8.15	7.96	8.64	
藤原未来	(住友電工)	13.26	+1.8		タッチダウンタイム (sec)	2.64	2.64	3.68	4.73	5.74	6.77	7.80	8.83	9.88	10.95	12.05
					区間タイム (sec)	1.04	1.04	1.02	1.03	1.03	1.03	1.06	1.06	1.10	1.21	
					インターバルタイム (sec)	0.60	0.61	0.59	0.60	0.61	0.62	0.65	0.65	0.69	0.77	
					ハードリングタイム (sec)	0.45	0.43	0.43	0.42	0.42	0.41	0.41	0.42	0.41	0.44	
					走速度(m/s)	8.15	8.15	8.35	8.28	8.28	8.25	8.02	7.99	7.72	8.67	
柴村仁美	(東邦銀行)	13.29	+1.8		タッチダウンタイム (sec)	2.71	2.71	3.78	4.82	5.85	6.87	7.90	8.95	9.98	11.04	12.12
					区間タイム (sec)	1.07	1.04	1.03	1.02	1.03	1.05	1.03	1.06	1.08	1.17	
					インターバルタイム (sec)	0.62	0.60	0.61	0.60	0.62	0.63	0.60	0.64	0.65	0.74	
					ハードリングタイム (sec)	0.45	0.44	0.42	0.42	0.41	0.42	0.43	0.43	0.43	0.43	
					走速度(m/s)	7.93	8.15	8.25	8.35	8.25	8.12	8.22	7.99	7.90	8.98	

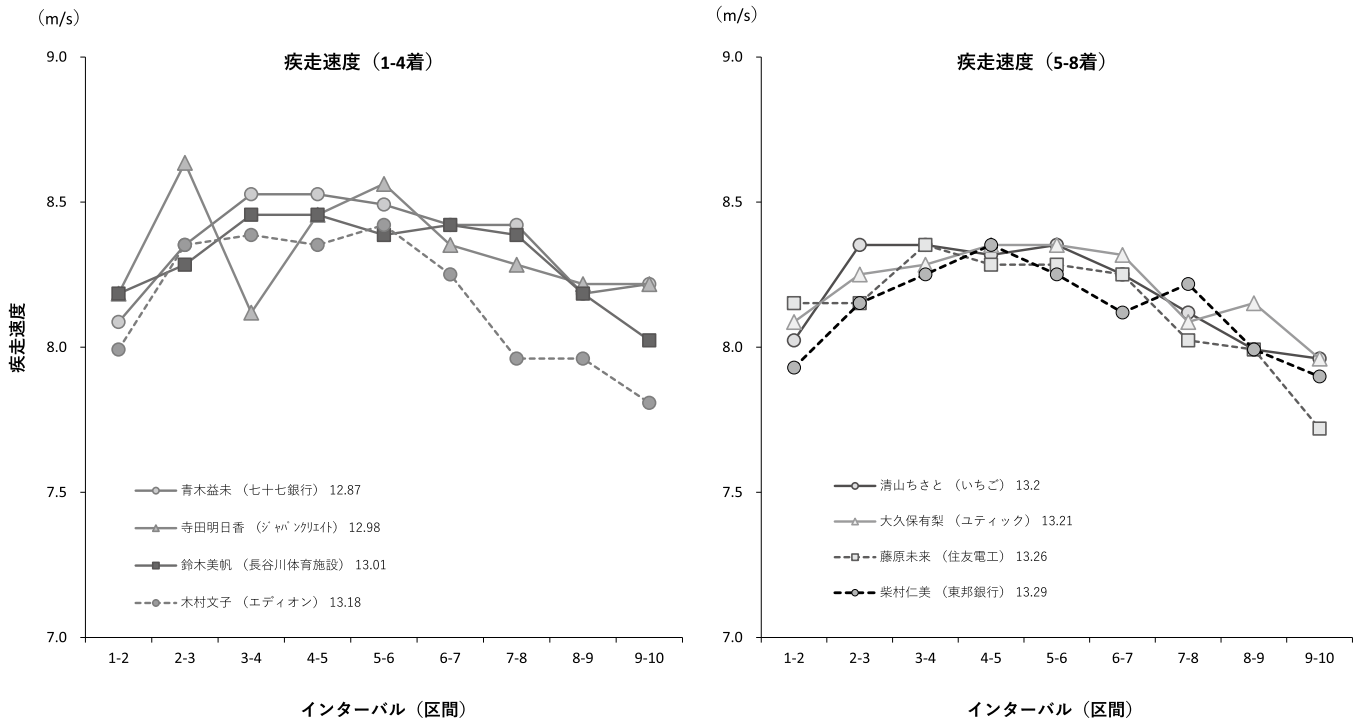


図 4. 疾走速度の変化 (2021.06.06_ 布施スプリント 決勝)

表 5. 2021.06.26_ U20 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
岩佐 菜結子 (東学大)	13.59	+0.2	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	10.15	11.26	12.37
			区間タイム (sec)	1.09	1.06	1.07	1.05	1.05	1.06	1.09	1.11	1.12	1.22	
			インターバルタイム (sec)	0.64	0.59	0.63	0.61	0.62	0.62	0.65	0.65	0.65	0.74	
			ハードリングタイム (sec)	0.45	0.46	0.44	0.44	0.43	0.44	0.44	0.46	0.47	0.47	
			走速度(m/s)	7.78	8.06	7.96	8.09	8.09	8.02	7.78	7.66	7.60	8.64	
吉田 江梨花 (園田高)	13.77	+0.2	タッチダウンタイム (sec)	2.69	2.69	3.80	4.90	5.97	7.03	8.10	9.19	10.29	11.39	12.53
			区間タイム (sec)	1.11	1.11	1.07	1.06	1.08	1.08	1.10	1.10	1.15	1.24	
			インターバルタイム (sec)	0.65	0.64	0.60	0.60	0.63	0.64	0.64	0.63	0.68	0.75	
			ハードリングタイム (sec)	0.46	0.47	0.46	0.45	0.45	0.44	0.46	0.47	0.47	0.48	
			走速度(m/s)	7.66	7.69	7.96	8.02	7.90	7.84	7.75	7.72	7.41	8.49	
藤原 かれん (園田高)	13.83	+0.2	タッチダウンタイム (sec)	2.66	2.66	3.78	4.86	5.92	6.99	8.06	9.13	10.26	11.39	12.53
			区間タイム (sec)	1.12	1.08	1.06	1.07	1.07	1.07	1.12	1.14	1.14	1.30	
			インターバルタイム (sec)	0.69	0.64	0.63	0.66	0.65	0.66	0.73	0.71	0.70	0.86	
			ハードリングタイム (sec)	0.43	0.44	0.43	0.41	0.41	0.41	0.40	0.43	0.43	0.44	
			走速度(m/s)	7.60	7.84	8.02	7.93	7.96	7.93	7.58	7.47	7.47	8.10	
大谷 すみれ (法政二高)	13.92	+0.2	タッチダウンタイム (sec)	2.74	2.74	3.85	4.96	6.05	7.14	8.23	9.33	10.43	11.56	12.72
			区間タイム (sec)	1.11	1.11	1.09	1.09	1.08	1.10	1.10	1.13	1.16	1.20	
			インターバルタイム (sec)	0.63	0.64	0.63	0.65	0.63	0.66	0.65	0.68	0.70	0.72	
			ハードリングタイム (sec)	0.48	0.47	0.46	0.45	0.45	0.44	0.45	0.44	0.46	0.48	
			走速度(m/s)	7.66	7.66	7.78	7.78	7.84	7.72	7.72	7.55	7.30	8.76	
中津 晴葉 (青学大)	13.93	+0.2	タッチダウンタイム (sec)	2.69	2.69	3.84	4.96	6.08	7.16	8.25	9.35	10.44	11.58	12.73
			区間タイム (sec)	1.14	1.13	1.11	1.08	1.09	1.10	1.09	1.13	1.16	1.20	
			インターバルタイム (sec)	0.62	0.64	0.63	0.58	0.60	0.61	0.61	0.65	0.65	0.68	
			ハードリングタイム (sec)	0.52	0.48	0.49	0.50	0.49	0.49	0.48	0.48	0.50	0.52	
			走速度(m/s)	7.44	7.55	7.63	7.84	7.78	7.75	7.78	7.49	7.36	8.78	
田口 真悠 (埼玉栄高)	13.96	+0.2	タッチダウンタイム (sec)	2.72	2.72	3.85	4.94	6.01	7.08	8.17	9.28	10.39	11.54	12.70
			区間タイム (sec)	1.12	1.10	1.06	1.07	1.10	1.10	1.11	1.15	1.17	1.26	
			インターバルタイム (sec)	0.70	0.65	0.63	0.63	0.67	0.65	0.67	0.70	0.71	0.78	
			ハードリングタイム (sec)	0.42	0.45	0.44	0.44	0.43	0.45	0.45	0.45	0.46	0.48	
			走速度(m/s)	7.58	7.75	7.99	7.93	7.75	7.72	7.63	7.41	7.28	8.36	
浅木 都紀葉 (広島皆実高)	14.21	+0.2	タッチダウンタイム (sec)	2.72	2.72	3.82	4.93	6.05	7.17	8.31	9.43	10.58	11.73	12.90
			区間タイム (sec)	1.10	1.11	1.12	1.13	1.13	1.12	1.15	1.15	1.16	1.31	
			インターバルタイム (sec)	0.63	0.64	0.64	0.65	0.65	0.63	0.68	0.67	0.68	0.84	
			ハードリングタイム (sec)	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.49	0.48	0.48	0.48	0.47	
			走速度(m/s)	7.72	7.63	7.60	7.55	7.49	7.58	7.38	7.38	7.30	7.99	

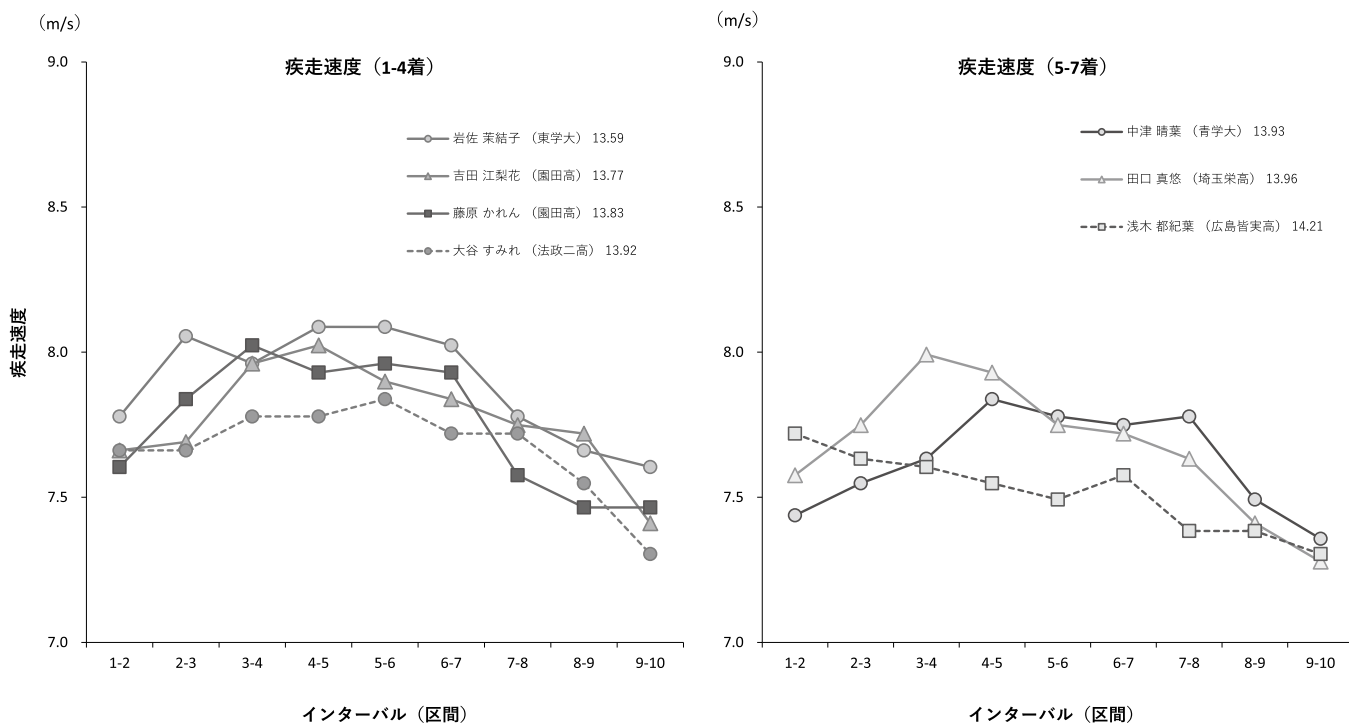


図 5. 疾走速度の変化 (2021.06.26_ U20 日本選手権 決勝)

表 6. 2021.06.26_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.
寺田明日香 (シマノカイト)	13.09	0.0	0.0	タッチダウンタイム (sec)	2.61	2.61	3.67	4.69	5.71	6.72	7.74	8.78	9.81	10.87	11.96
				区間タイム (sec)	1.06	1.02	1.02	1.00	1.02	1.04	1.03	1.06	1.10	1.13	
				インターバルランタイム (sec)	0.63	0.59	0.60	0.58	0.61	0.62	0.61	0.63	0.67	0.67	
				ハードリングタイム (sec)	0.44	0.43	0.42	0.42	0.41	0.42	0.43	0.43	0.43	0.46	
				走速度(m/s)	7.99	8.32	8.32	8.49	8.32	8.18	8.22	8.06	7.75	9.31	
清山ちさと (いちご)	13.22	0.0	0.0	タッチダウンタイム (sec)	2.69	2.69	3.75	4.80	5.81	6.82	7.85	8.87	9.91	10.98	12.05
				区間タイム (sec)	1.06	1.04	1.02	1.01	1.03	1.02	1.03	1.08	1.07	1.17	
				インターバルランタイム (sec)	0.63	0.63	0.61	0.61	0.62	0.61	0.63	0.66	0.64	0.73	
				ハードリングタイム (sec)	0.43	0.42	0.41	0.40	0.40	0.41	0.41	0.41	0.42	0.43	0.44
				走速度(m/s)	8.02	8.15	8.35	8.42	8.28	8.32	8.22	7.90	7.93	9.00	
鈴木美帆 (長谷川体育施設)	13.35	0.0	0.0	タッチダウンタイム (sec)	2.70	2.70	3.79	4.83	5.87	6.90	7.92	8.98	10.03	11.10	12.18
				区間タイム (sec)	1.09	1.04	1.05	1.03	1.02	1.05	1.05	1.07	1.08	1.17	
				インターバルランタイム (sec)	0.65	0.59	0.64	0.60	0.61	0.64	0.64	0.67	0.65	0.74	
				ハードリングタイム (sec)	0.43	0.45	0.41	0.43	0.41	0.41	0.41	0.41	0.40	0.43	0.43
				走速度(m/s)	7.81	8.18	8.12	8.25	8.32	8.09	8.09	7.93	7.87	8.97	
竹内真弥 (チームズ / ヌステック)	13.42	0.0	0.0	タッチダウンタイム (sec)	2.61	2.61	3.69	4.76	5.81	6.86	7.91	9.00	10.07	11.17	12.26
				区間タイム (sec)	1.08	1.07	1.05	1.05	1.05	1.09	1.07	1.10	1.10	1.16	
				インターバルランタイム (sec)	0.66	0.63	0.61	0.62	0.61	0.65	0.62	0.65	0.65	0.71	
				ハードリングタイム (sec)	0.42	0.44	0.44	0.43	0.44	0.44	0.45	0.44	0.44	0.45	
				走速度(m/s)	7.87	7.96	8.09	8.12	8.09	7.81	7.93	7.75	7.75	9.07	
大久保有梨 (ユティック)	13.44	0.0	0.0	タッチダウンタイム (sec)	2.67	2.67	3.74	4.80	5.84	6.89	7.91	8.97	10.03	11.11	12.20
				区間タイム (sec)	1.06	1.06	1.04	1.05	1.03	1.06	1.06	1.08	1.09	1.24	
				インターバルランタイム (sec)	0.61	0.63	0.61	0.61	0.59	0.63	0.63	0.65	0.64	0.80	
				ハードリングタイム (sec)	0.45	0.43	0.43	0.44	0.44	0.43	0.43	0.44	0.45	0.44	
				走速度(m/s)	7.99	8.02	8.15	8.12	8.28	8.06	8.02	7.84	7.81	8.87	
田中佑美 (富士通)	13.57	0.0	0.0	タッチダウンタイム (sec)	2.64	2.64	3.72	4.78	5.83	6.86	7.92	8.98	10.07	11.17	12.30
				区間タイム (sec)	1.08	1.06	1.05	1.03	1.06	1.06	1.09	1.10	1.13	1.27	
				インターバルランタイム (sec)	0.67	0.67	0.65	0.63	0.68	0.65	0.68	0.68	0.70	0.84	
				ハードリングタイム (sec)	0.41	0.40	0.40	0.40	0.38	0.40	0.41	0.42	0.42	0.43	
				走速度(m/s)	7.87	7.99	8.09	8.25	7.99	8.02	7.81	7.72	7.55	8.27	
藤原未来 (住友電工)	13.58	0.0	0.0	タッチダウンタイム (sec)	2.67	2.67	3.74	4.82	5.88	6.94	8.00	9.07	10.15	11.24	12.36
				区間タイム (sec)	1.07	1.08	1.06	1.06	1.06	1.07	1.08	1.09	1.12	1.22	
				インターバルランタイム (sec)	0.63	0.63	0.61	0.63	0.63	0.64	0.65	0.66	0.69	0.78	
				ハードリングタイム (sec)	0.44	0.45	0.45	0.43	0.43	0.43	0.42	0.43	0.43	0.44	
				走速度(m/s)	7.93	7.87	7.99	8.02	7.99	7.96	7.90	7.78	7.60	8.59	
芝田愛花 (環太平洋大)	13.59	0.0	0.0	タッチダウンタイム (sec)	2.69	2.69	3.78	4.88	5.93	6.97	8.02	9.07	10.16	11.26	12.38
				区間タイム (sec)	1.09	1.09	1.05	1.05	1.05	1.05	1.09	1.09	1.12	1.21	
				インターバルランタイム (sec)	0.64	0.65	0.60	0.61	0.61	0.63	0.67	0.64	0.67	0.75	
				ハードリングタイム (sec)	0.45	0.45	0.45	0.43	0.44	0.43	0.43	0.43	0.45	0.45	0.46
				走速度(m/s)	7.81	7.78	8.09	8.12	8.12	8.09	7.78	7.78	7.58	8.67	

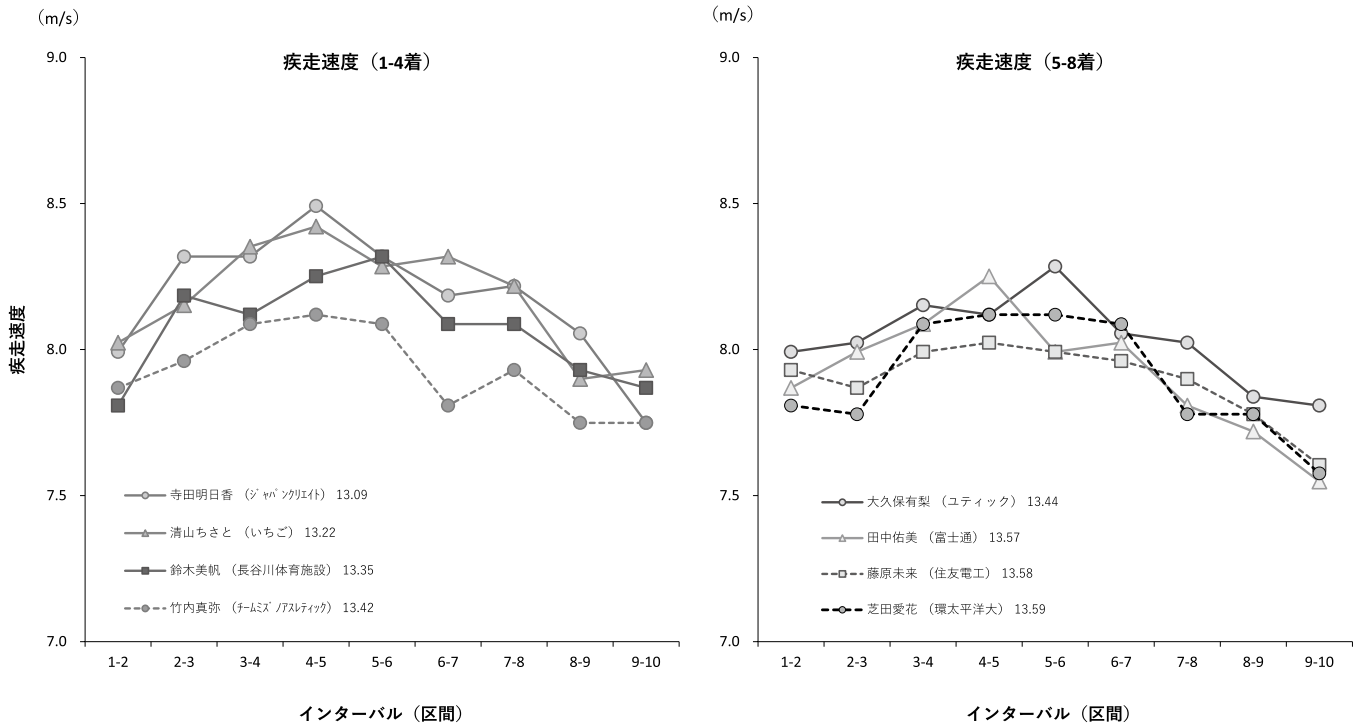


図 6. 疾走速度の変化 (2021.06.26_日本選手権 決勝)

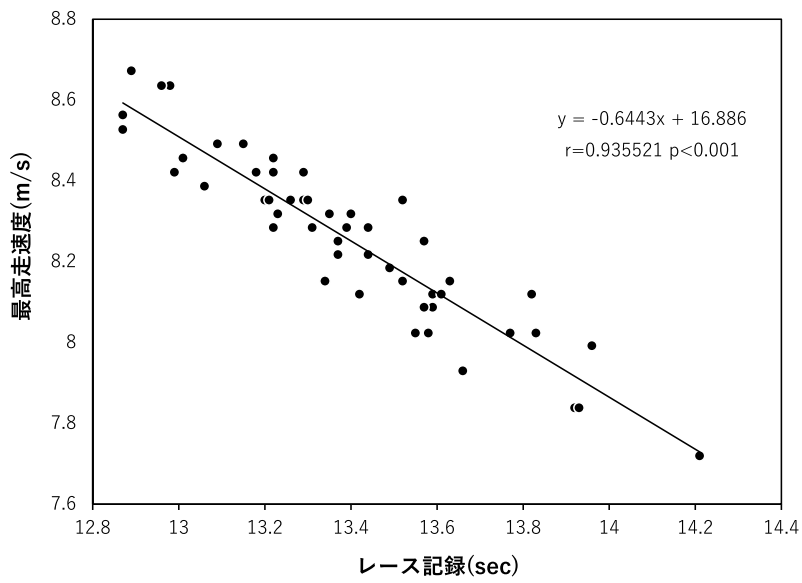


図 7. レース記録と最高走速度との関係

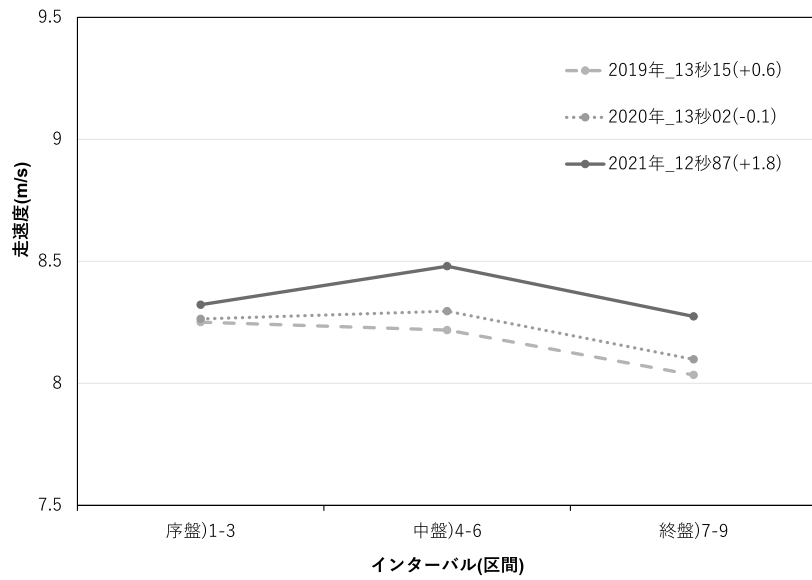


図 8. レース中の平均走速度の変化 (青木益未選手)

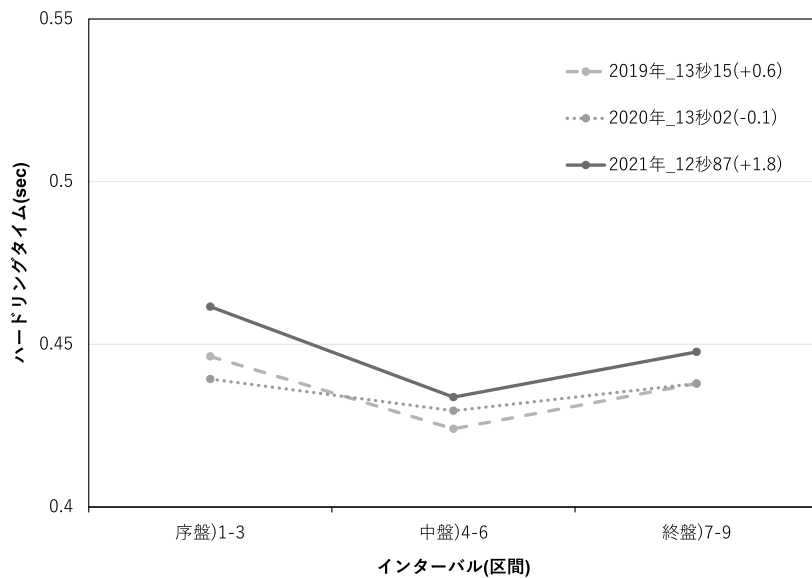


図 9. レース中のハードリングタイムの変化 (青木益未選手)

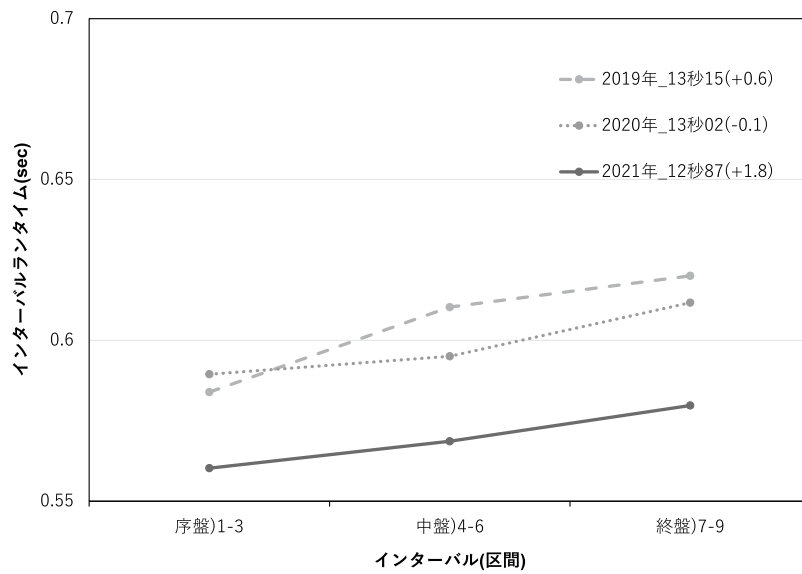


図 10. レース中のインターバルランタイムの変化 (青木益未選手)

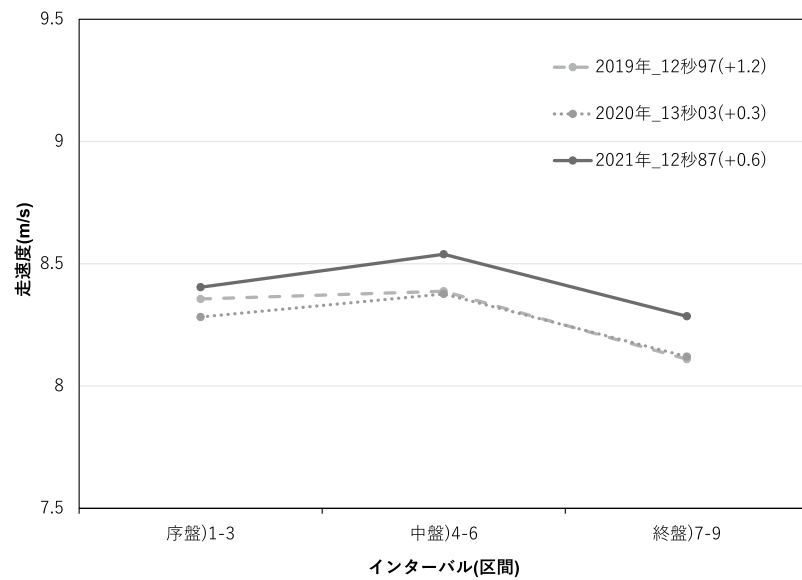


図 11. レース中の平均走速度の変化 (寺田明日香選手)

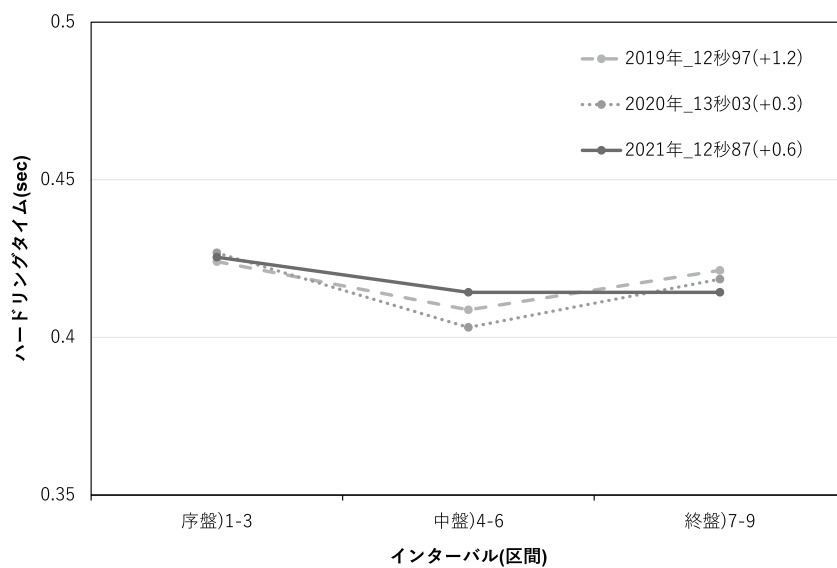


図 12. レース中のハードリングタイムの変化 (寺田明日香選手)

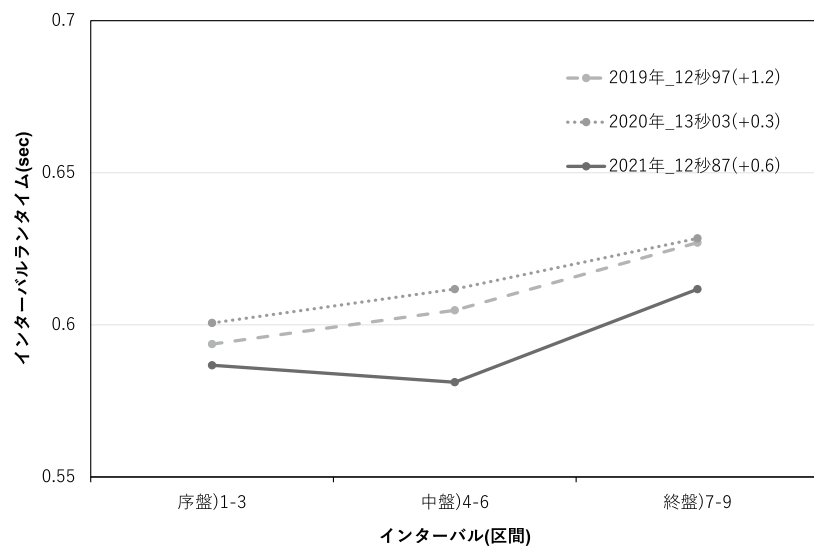


図 13. レース中のインターバルランタイムの変化 (寺田明日香選手)

2021年シーズンにおける男女400mハードル走のレース分析

杉本和那美¹⁾ 森丘保典²⁾ 貴嶋孝太³⁾ 柴山一仁⁴⁾

1) 弘前大学 2) 日本大学 3) 大阪体育大学 4) 仙台大学

1. はじめに

東京オリンピックでは、男子400mHにおいて山内大夢選手（早稲田大）が準決勝に進出した。この種目でのオリンピック準決勝進出は、2016年リオデジャネイロ大会での野澤啓佑選手（ミズノ）に続き2大会連続となった。400mHにおける東京オリンピック参加標準記録は男子が48.90秒であり、4選手が参加標準記録を突破した。特に5月9日に開催されたREADY STEADY TOKYOでは、男子400mHに出場した9選手の内3選手がオリンピック参加標準記録を突破したハイレベルな大会であった。また、女子400mHにおいては、同大会で宇都宮絵莉選手（長谷川体育施設）が日本歴代6位の56.50秒をマークした。

日本陸上競技連盟科学委員会では、公認競技会における男女400mH走の区間タイムや区間速度、歩数などを用いてレース分析が行われてきた（森丘ほか，2005；杉本ほか，2020a；杉本ほか，2020b）。本稿では、2021年シーズンに開催された主要競技会における分析結果について報告する。

2. 方法

2-1. 分析対象選手，および対象競技会

分析の対象は、国内外の男女400mH選手のべ96名（男子：49名，女子：47名）であった。対象選手たちが出場した以下の6大会を分析対象競技会とした。

- ①第36回静岡国際陸上競技大会（5月3日，エコパスタジアム・静岡）
- ②READY STEADY TOKYO（5月9日，新国立競技場・東京）
- ③第8回木南道孝記念陸上競技大会（6月1日，ヤンマースタジアム長居・大阪）
- ④デンカアスレチックチャレンジカップ2021（6月

6日，デンカビッグスワンスタジアム・新潟）

⑤第105回日本陸上競技選手権大会（6月24日～27日，ヤンマースタジアム長居・大阪）

⑥第37回U20日本陸上競技選手権大会（6月24日～27日，ヤンマースタジアム長居・大阪）

2-2. 測定方法，および分析項目

上記競技会における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（59.94fps）。スタートピストルの閃光を映した後、インターバルの歩数と10台のハードルクリアランス直後の着地（以下、「タッチダウン」とする）が確認できるよう、追従撮影した。撮影後、スタートピストルの閃光を基準に各ハードルのタッチダウンタイム（以下、「通過タイム」とする）を読み取り、各測定区間に要した時間を求めた。

400mHレースにおける測定区間定義は、Startから第1ハードル（H1）までの区間をS-H1とし、以下ハードル間をH1-2，H2-3，H3-4，H4-5，H5-6，H6-7，H7-8，H8-9，H9-10，最終ハードル（H10）からFinishをH10-Fとした。また、トレーニングや試合の際にチェックポイントとして頻繁に用いられ、ペース配分の評価に役立てることができる（宮下，1991）とされている第5ハードル（185m地点），第8ハードル（290m地点）を基準として、Startから第5ハードルまでの185m区間をレース前半区間（以下，前半），第5ハードルから第8ハードルまでの105m区間をレース中盤区間（以下，中盤），第8ハードルからFinishまでをレース後半区間（以下，後半）とした（森丘ら，2000）。各測定区間の平均疾走速度は、区間距離を区間タイムで除すことにより求めた。前半から中盤，中盤から後半にかけての各疾走速度低下率は、それぞれの区間平均速度を求め、次式にて算出した。

疾走速度の低下率（%）＝[1-（中盤（後半）速度）

表1 対象競技会における男子400mハードル決勝の平均記録

No.	日付	大会名	記録 (sec)	
			平均	(最小値 - 最大値)
1	5月3日	第36回静岡国際陸上競技大会	50.38	(49.91 - 50.82)
2	5月9日	READY STEADY TOKYO	49.70	(48.68 - 52.08)
3	6月1日	第8回木南道孝記念陸上競技大会	50.19	(49.80 - 50.61)
4	6月6日	デンカアスレチックチャレンジカップ2021	49.98	(49.38 - 50.33)
5	6月26日	第105回日本陸上競技選手権大会	49.87	(48.69 - 51.32)
6	6月26日	第37回U20日本陸上競技選手権大会	51.42	(50.27 - 52.76)

/前半(中盤)速度]×100

また、前半、中盤、後半それぞれの区間タイムが、400mハードル記録(以下、記録)に占める割合(以下、それぞれ%前半、%中盤、%後半)を求めた。

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

3. 結果および考察

3-1. 男子400mH

各競技会の決勝における記録の平均、最小値および最大値を表1に示した。最も平均記録が良かった(小さかった)競技会は、READY STEADY TOKYO(49.70秒)で、最も良い記録(最小値)は、同大会で黒川和樹選手(法政大)がマークした48.68秒であった。

表2から表7に各競技会における通過タイム、区間タイム、区間速度および各区間の歩数を示した。加えて、各競技会における区間速度の変化を図1から図6に示した。概ねどの選手も区間速度がS-H1、H1-2と大きくなり、H1-2において最高区間速度が出現した。最高区間速度が出現した後、速度は低下しながらフィニッシュするように変化した。ハードル間の歩数は、13～17歩であった。

表8は、分析対象競技会におけるレース記録上位4名(48.68～48.87秒)のペース配分の指標となる算出項目(前半、中盤および後半速度、疾走速度低下率、前半、中盤および後半の区間タイムが記録に占める割合)を示したものである。この表には、為末大氏の日本記録(47.89秒)の分析結果も示した(森丘ら, 2007)。表8に示した競技者の分析結果からH8までのペース配分によるレースパターンの類型化(森丘ら, 2007)を作図した(図7)。この図は、①第5ハードルまでのペース配分、②第5ハードルまでに獲得した速度が次のカーブ(H5-8)

でどのくらい維持されているか、の2点を基準に類型化したものである。図の縦軸は、レース記録に占めるS-H5タイムの割合(%S-H5)であり、上に行くほど(値が大きいほど)H5までの想定のペースが遅くなる。一方、横軸はS-H5(前半)からH5-8(中盤)への速度低下率であり、右に行くほど(値が大きいほど)H5-8での速度低下が大きいことを意味する。その結果、黒川選手と安部孝駿選手(ヤマダHD)はハイペース低下型であり為末氏と同じ型に分類され、山内大夢選手(早稲田大)と豊田将樹選手(富士通)はイーブンペース型に分類された。為末氏と比較すると、黒川選手は前半の区間速度(8.82m/s)は同程度(8.83m/s)であるが、中盤での区間速度の差が大きかった(8.18m/sと8.41m/s)。そのため、速度低下率の前半～中盤に大きな差がみられた。これらのことから、レース前半で獲得した速度を中盤で維持することが課題となると考えられる。

表2 2021.05.03 第36回静岡国際陸上 男子400mH レース分析結果

選手名	所属	記録	区間→	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
川越 広弥	(JAWS)	49.91	通過タイム (sec)	6.09	9.96	13.91	17.95	22.07	26.36	30.76	35.24	39.77	44.48	49.91
			区間タイム (sec)	6.09	3.87	3.95	4.04	4.12	4.29	4.40	4.48	4.53	4.71	5.43
			区間速度 (m/s)	7.39	9.04	8.86	8.66	8.50	8.16	7.95	7.81	7.73	7.43	7.37
			歩数		14	14	14	14	15	15	15	15	15	
黒川 和樹	(法政大)	50.20	通過タイム (sec)	5.96	9.61	13.43	17.38	21.54	25.94	30.28	34.80	39.46	44.36	50.20
			区間タイム (sec)	5.96	3.65	3.82	3.95	4.16	4.40	4.34	4.52	4.66	4.90	5.84
			区間速度 (m/s)	7.55	9.59	9.16	8.86	8.41	7.95	8.06	7.74	7.51	7.14	6.85
			歩数		13	13	13	13	14	14	15	15	15	
山内 大夢	(早稲田大)	50.23	通過タイム (sec)	6.17	10.09	14.21	18.34	22.54	26.79	31.13	35.59	40.15	44.81	50.23
			区間タイム (sec)	6.17	3.92	4.12	4.13	4.20	4.25	4.34	4.46	4.56	4.66	5.42
			区間速度 (m/s)	7.29	8.93	8.50	8.47	8.33	8.24	8.06	7.85	7.68	7.51	7.38
			歩数		14	14	14	14	14	14	15	15	15	
安部 孝駿	(ヤマダHD)	50.35	通過タイム (sec)	6.02	9.66	13.46	17.33	21.29	25.49	29.85	34.40	39.16	44.09	50.35
			区間タイム (sec)	6.02	3.64	3.80	3.87	3.96	4.20	4.36	4.55	4.76	4.93	6.26
			区間速度 (m/s)	7.48	9.62	9.21	9.04	8.84	8.33	8.03	7.69	7.35	7.10	6.39
			歩数		13	13	13	13	14	14	15	15	15	
岩崎 崇文	(新潟アルビレックスRC)	50.44	通過タイム (sec)	6.01	9.86	13.88	17.97	22.09	26.41	30.85	35.42	40.11	44.84	50.44
			区間タイム (sec)	6.01	3.85	4.02	4.09	4.12	4.32	4.44	4.57	4.69	4.73	5.60
			区間速度 (m/s)	7.49	9.09	8.71	8.56	8.50	8.10	7.88	7.66	7.46	7.40	7.14
			歩数		14	14	14	14	14	15	15	15	15	
松下 祐樹	(ミズノ)	50.52	通過タイム (sec)	6.19	10.01	13.93	17.92	22.06	26.44	30.90	35.52	40.21	44.98	50.52
			区間タイム (sec)	6.19	3.82	3.92	3.99	4.14	4.38	4.46	4.62	4.69	4.77	5.54
			区間速度 (m/s)	7.27	9.16	8.93	8.77	8.45	7.99	7.85	7.58	7.46	7.34	7.22
			歩数		13	13	13	13	14	14	15	15	15	
岸本 鷹幸	(富士通)	50.56	通過タイム (sec)	5.99	9.83	13.75	17.83	22.04	26.39	30.81	35.39	40.06	44.91	50.56
			区間タイム (sec)	5.99	3.84	3.92	4.08	4.21	4.35	4.42	4.58	4.67	4.85	5.65
			区間速度 (m/s)	7.51	9.11	8.93	8.58	8.31	8.05	7.92	7.64	7.49	7.22	7.08
			歩数		13	13	13	13	14	14	15	15	15	
豊田 将樹	(富士通)	50.82	通過タイム (sec)	5.97	9.83	13.86	17.97	22.19	26.53	30.85	35.35	40.06	44.99	50.82
			区間タイム (sec)	5.97	3.86	4.03	4.11	4.22	4.34	4.32	4.50	4.71	4.93	5.83
			区間速度 (m/s)	7.54	9.07	8.68	8.52	8.29	8.06	8.10	7.78	7.43	7.10	6.86
			歩数		14	14	14	14	14	14	15	15	15	

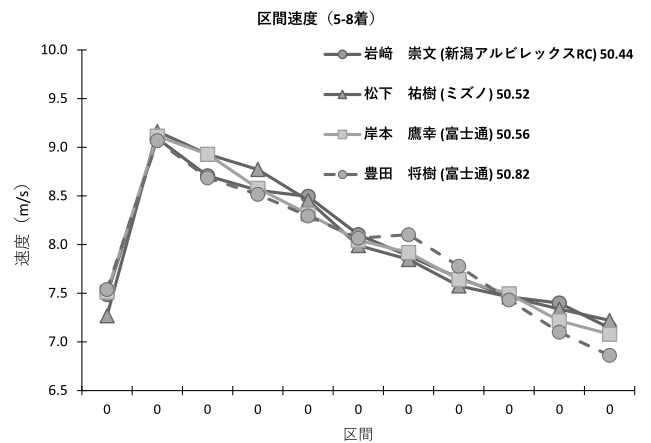
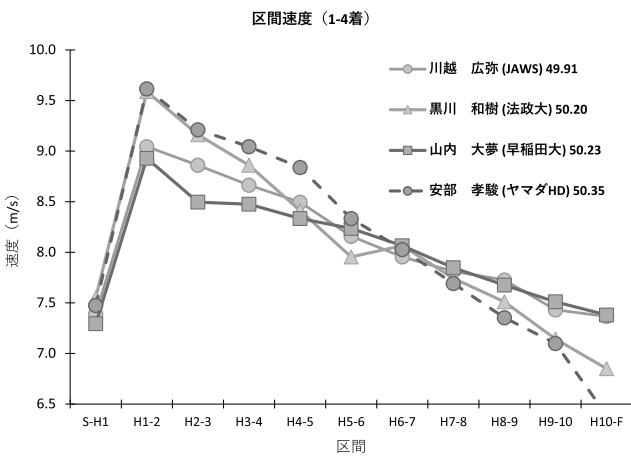


図1 区間速度の変化 (静岡国際 男子400mH)

表3 2021.05.09 READY STEADY TOKYO 男子 400mH 決勝 レース分析結果

選手名	所属	記録	区間→	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
黒川 和樹	(法政大)	48.68 PB	通過タイム (sec)	5.77	9.36	13.06	16.92	20.97	25.23	29.40	33.80	38.36	43.14	48.68
			区間タイム (sec)	5.77	3.59	3.70	3.86	4.05	4.26	4.17	4.40	4.56	4.78	5.54
			区間速度 (m/s)	7.80	9.75	9.46	9.07	8.64	8.22	8.39	7.95	7.68	7.32	7.22
			歩数		13	13	13	13	14	14	15	15	15	
山内 大夢	(早稲田大)	48.84 PB	通過タイム (sec)	6.01	9.91	13.90	17.90	21.99	26.16	30.30	34.68	39.14	43.68	48.84
			区間タイム (sec)	6.01	3.90	3.99	4.00	4.09	4.17	4.14	4.38	4.46	4.54	5.16
			区間速度 (m/s)	7.49	8.97	8.77	8.75	8.56	8.39	8.45	7.99	7.85	7.71	7.75
			歩数		14	14	14	14	14	14	15	15	15	
豊田 将樹	(富士通)	48.87 PB	通過タイム (sec)	5.92	9.74	13.66	17.75	21.82	26.03	30.31	34.67	39.14	43.69	48.87
			区間タイム (sec)	5.92	3.82	3.92	4.09	4.07	4.21	4.28	4.36	4.47	4.55	5.18
			区間速度 (m/s)	7.60	9.16	8.93	8.56	8.60	8.31	8.18	8.03	7.83	7.69	7.72
			歩数		14	14	14	14	14	14	15	15	15	
安部 孝駿	(ヤマダHD)	49.45	通過タイム (sec)	5.96	9.61	13.36	17.25	21.25	25.48	29.96	34.47	39.14	43.94	49.45
			区間タイム (sec)	5.96	3.65	3.75	3.89	4.00	4.23	4.48	4.51	4.67	4.80	5.51
			区間速度 (m/s)	7.55	9.59	9.33	9.00	8.75	8.27	7.81	7.76	7.49	7.29	7.26
			歩数		13	13	13	13	13	14	14	15	15	
岩崎 崇文	(新潟アルビレックスRC)	49.64 PB	通過タイム (sec)	5.99	9.81	13.73	17.77	21.92	26.26	30.68	35.14	39.72	44.34	49.64
			区間タイム (sec)	5.99	3.82	3.92	4.04	4.15	4.34	4.42	4.46	4.58	4.62	5.30
			区間速度 (m/s)	7.51	9.16	8.93	8.66	8.43	8.06	7.92	7.85	7.64	7.58	7.55
			歩数		14	14	14	14	14	15	15	15	15	
川越 広弥	(JAWS)	49.76 PB	通過タイム (sec)	5.96	9.79	13.75	17.75	21.86	26.16	30.50	35.04	39.62	44.29	49.76
			区間タイム (sec)	5.96	3.83	3.96	4.00	4.11	4.30	4.34	4.54	4.58	4.67	5.47
			区間速度 (m/s)	7.55	9.14	8.84	8.75	8.52	8.14	8.06	7.71	7.64	7.49	7.31
			歩数		14	14	14	14	15	15	15	15	15	
松下 祐樹	(ミズノ)	49.88 SB	通過タイム (sec)	5.97	9.71	13.56	17.47	21.59	25.93	30.41	34.97	39.62	44.31	49.88
			区間タイム (sec)	5.97	3.74	3.85	3.91	4.12	4.34	4.48	4.56	4.65	4.69	5.57
			区間速度 (m/s)	7.54	9.36	9.09	8.95	8.50	8.06	7.81	7.68	7.53	7.46	7.18
			歩数		13	13	13	13	14	14	15	15	15	
杉町 マハウ	(日本ウェルネス職)	50.11 SB	通過タイム (sec)	6.09	9.86	13.76	17.82	21.99	26.38	30.78	35.29	39.87	44.64	50.11
			区間タイム (sec)	6.09	3.77	3.90	4.06	4.17	4.39	4.40	4.51	4.58	4.77	5.47
			区間速度 (m/s)	7.39	9.28	8.97	8.62	8.39	7.97	7.95	7.76	7.64	7.34	7.31
			歩数		13	13	13	13	13	13	13	13	14	
Chieh CHEN	(チャイニーズタイペイ)	52.08	通過タイム (sec)	6.17	10.16	14.18	18.34	22.62	27.14	31.78	36.57	41.44	46.43	52.08
			区間タイム (sec)	6.17	3.99	4.02	4.16	4.28	4.52	4.64	4.79	4.87	4.99	5.65
			区間速度 (m/s)	7.29	8.77	8.71	8.41	8.18	7.74	7.54	7.31	7.19	7.01	7.08
			歩数		13	13	13	13	14	14	15	15	15	

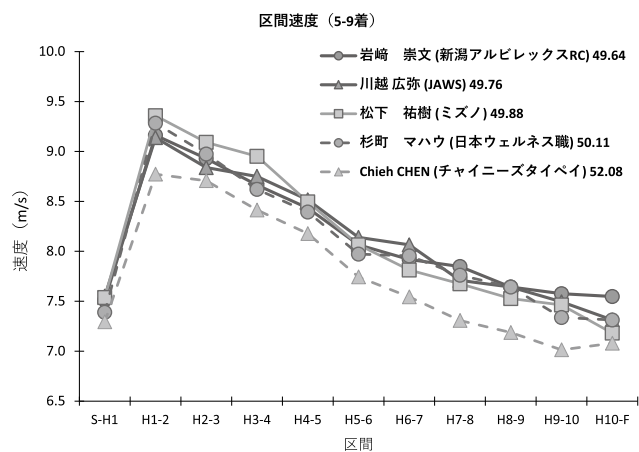
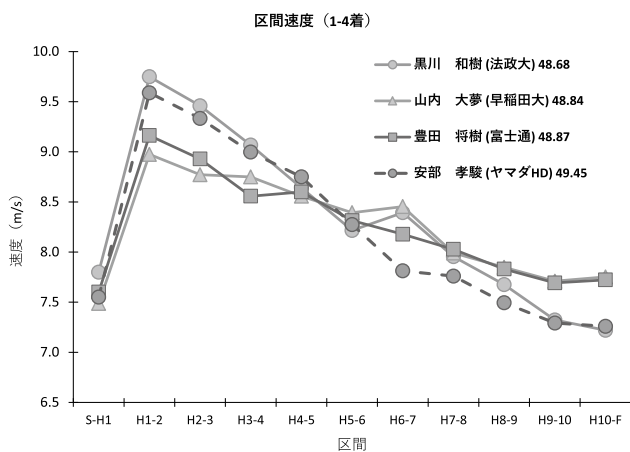


図2 区間速度の変化 (READY STEADY TOKYO 男子 400mH 決勝)

表4 2021.06.01 第8回木南道孝記念陸上競技大会 男子400mH レース分析結果

選手名	所属	記録	区間→	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
井上 駆	(東京海上日動CS)	49.80	通過タイム (sec)	6.04	9.76	13.61	17.52	21.55	25.73	30.08	34.58	39.27	44.18	49.80
			区間タイム (sec)	6.04	3.72	3.85	3.91	4.03	4.18	4.35	4.50	4.69	4.91	5.62
			区間速度 (m/s)	7.45	9.41	9.09	8.95	8.68	8.37	8.05	7.78	7.46	7.13	7.12
			歩数		13	13	13	13	14	14	15	15	15	
豊田 将樹	(富士通)	49.94	通過タイム (sec)	6.14	10.09	14.13	18.28	22.49	26.76	31.01	35.42	40.02	44.69	49.94
			区間タイム (sec)	6.14	3.95	4.04	4.15	4.21	4.27	4.25	4.41	4.60	4.67	5.25
			区間速度 (m/s)	7.33	8.86	8.66	8.43	8.31	8.20	8.24	7.94	7.61	7.49	7.62
			歩数		14	14	14	14	14	14	15	15	15	
岸本 鷹幸	(富士通)	49.97	通過タイム (sec)	6.01	9.79	13.66	17.62	21.67	25.99	30.25	34.73	39.55	44.44	49.97
			区間タイム (sec)	6.01	3.78	3.87	3.96	4.05	4.32	4.26	4.48	4.82	4.89	5.53
			区間速度 (m/s)	7.49	9.26	9.04	8.84	8.64	8.10	8.22	7.81	7.26	7.16	7.23
			歩数		13	13	13	13	14	14	14	15	15	
山本 竜大	(日本大)	49.99	通過タイム (sec)	6.09	10.03	14.03	17.95	22.04	26.31	30.65	35.04	39.62	44.44	49.99
			区間タイム (sec)	6.09	3.94	4.00	3.92	4.09	4.27	4.34	4.39	4.58	4.82	5.55
			区間速度 (m/s)	7.39	8.88	8.75	8.93	8.56	8.20	8.06	7.97	7.64	7.26	7.21
			歩数		14	14	14	14	15	15	15	15	15	
鍛冶木 峻	(住友電工)	50.16	通過タイム (sec)	6.04	9.79	13.61	17.60	21.64	25.88	30.35	34.90	39.69	44.58	50.16
			区間タイム (sec)	6.04	3.75	3.82	3.99	4.04	4.24	4.47	4.55	4.79	4.89	5.58
			区間速度 (m/s)	7.45	9.33	9.16	8.77	8.66	8.25	7.83	7.69	7.31	7.16	7.17
			歩数		13	13	13	13	13	14	14	15	15	
山本 諒	(鶴学園クラブ)	50.45	通過タイム (sec)	6.24	10.16	14.10	18.17	22.37	26.73	31.11	35.59	40.21	44.94	50.45
			区間タイム (sec)	6.24	3.92	3.94	4.07	4.20	4.36	4.38	4.48	4.62	4.73	5.51
			区間速度 (m/s)	7.21	8.93	8.88	8.60	8.33	8.03	7.99	7.81	7.58	7.40	7.26
			歩数		14	14	14	14	15	15	15	15	15	
野澤 啓佑	(ミズノ)	50.56	通過タイム (sec)	6.29	10.16	14.20	18.28	22.51	26.73	31.10	35.60	40.24	45.03	50.56
			区間タイム (sec)	6.29	3.87	4.04	4.08	4.23	4.22	4.37	4.50	4.64	4.79	5.53
			区間速度 (m/s)	7.15	9.04	8.66	8.58	8.27	8.29	8.01	7.78	7.54	7.31	7.23
			歩数		14	14	14	14	14	14	15	15	15	
川越 広弥	(JAWS)	50.61	通過タイム (sec)	6.21	10.14	14.11	18.17	22.36	26.63	31.06	35.59	40.29	45.10	50.61
			区間タイム (sec)	6.21	3.93	3.97	4.06	4.19	4.27	4.43	4.53	4.70	4.81	5.51
			区間速度 (m/s)	7.25	8.91	8.82	8.62	8.35	8.20	7.90	7.73	7.45	7.28	7.26
			歩数		14	14	14	14	15	15	15	15	15	

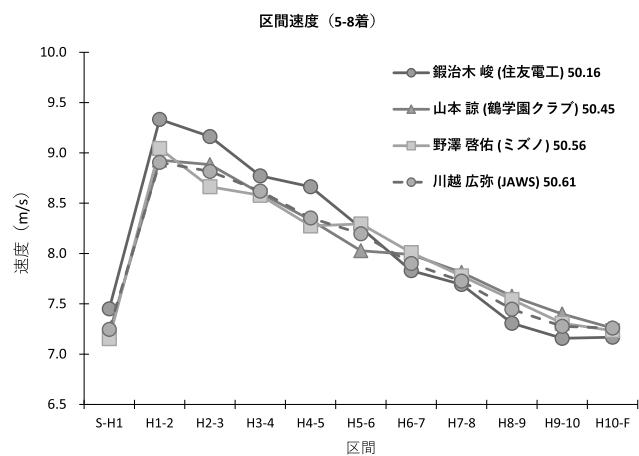
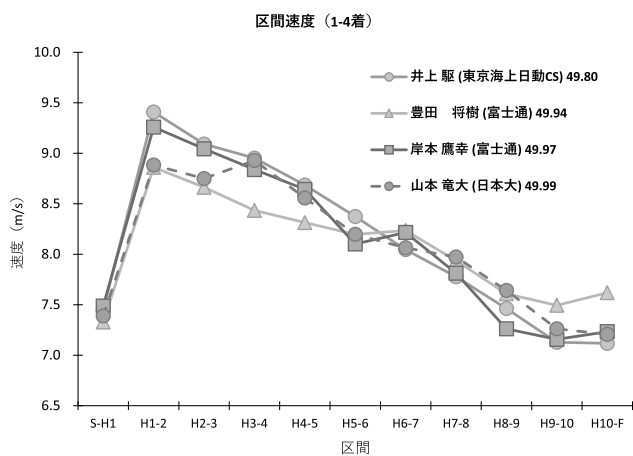


図3 区間速度の変化 (木南記念陸上 男子400mH)

表5 2021.06.06 デンカアスレチックチャレンジカップ2021 男子400mH レース分析結果

選手名	所属	記録	区間→	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
岸本 鷹幸	(富士通)	49.38	通過タイム (sec)	5.96	9.79	13.66	17.67	21.76	25.93	30.18	34.70	39.27	43.98	49.38
			区間タイム (sec)	5.96	3.83	3.87	4.01	4.09	4.17	4.25	4.52	4.57	4.71	5.40
			区間速度 (m/s)	7.55	9.14	9.04	8.73	8.56	8.39	8.24	7.74	7.66	7.43	7.41
			歩数		13	13	13	13	14	14	15	15	15	
山本 竜大	(日本大)	49.70	通過タイム (sec)	6.09	9.98	13.88	17.88	21.94	26.06	30.40	34.82	39.44	44.23	49.70
			区間タイム (sec)	6.09	3.89	3.90	4.00	4.06	4.12	4.34	4.42	4.62	4.79	5.47
			区間速度 (m/s)	7.39	9.00	8.97	8.75	8.62	8.50	8.06	7.92	7.58	7.31	7.31
			歩数		14	14	14	14	14	15	15	15	15	
岩崎 崇文	(新潟アルビレックスRC)	49.73	通過タイム (sec)	6.06	9.91	13.91	17.97	22.15	26.41	30.76	35.19	39.77	44.43	49.73
			区間タイム (sec)	6.06	3.85	4.00	4.06	4.18	4.26	4.35	4.43	4.58	4.66	5.30
			区間速度 (m/s)	7.43	9.09	8.75	8.62	8.37	8.22	8.05	7.90	7.64	7.51	7.55
			歩数		14	14	14	4	14	15	15	15	15	
簡江 海斗	(福岡陸協)	49.98	通過タイム (sec)	6.02	9.74	13.56	17.43	21.54	25.78	30.16	34.68	39.37	44.26	49.98
			区間タイム (sec)	6.02	3.72	3.82	3.87	4.11	4.24	4.38	4.52	4.69	4.89	5.72
			区間速度 (m/s)	7.48	9.41	9.16	9.04	8.52	8.25	7.99	7.74	7.46	7.16	6.99
			歩数		13	13	13	14	14	14	15	15	15	
川越 広弥	(JAWS)	50.11	通過タイム (sec)	6.09	10.03	14.03	18.07	22.19	26.51	30.88	35.35	39.97	44.68	50.11
			区間タイム (sec)	6.09	3.94	4.00	4.04	4.12	4.32	4.37	4.47	4.62	4.71	5.43
			区間速度 (m/s)	7.39	8.88	8.75	8.66	8.50	8.10	8.01	7.83	7.58	7.43	7.37
			歩数		14	14	14	14	15	15	15	15	15	
松下 祐樹	(ミズノ)	50.31	通過タイム (sec)	6.16	9.99	13.96	17.97	22.12	26.53	31.01	35.62	40.26	44.94	50.31
			区間タイム (sec)	6.16	3.83	3.97	4.01	4.15	4.41	4.48	4.61	4.64	4.68	5.37
			区間速度 (m/s)	7.31	9.14	8.82	8.73	8.43	7.94	7.81	7.59	7.54	7.48	7.45
			歩数		13	13	13	13	14	14	15	15	15	
鍛冶木 峻	(住友電工)	50.33	通過タイム (sec)	5.99	9.71	13.48	17.38	21.45	25.76	30.25	34.97	39.76	44.73	50.33
			区間タイム (sec)	5.99	3.72	3.77	3.90	4.07	4.31	4.49	4.72	4.79	4.97	5.60
			区間速度 (m/s)	7.51	9.41	9.28	8.97	8.60	8.12	7.80	7.42	7.31	7.04	7.14
			歩数		13	13	13	14	14	14	15	15	15	
山田 淳史	(山口FG)	50.33	通過タイム (sec)	5.96	9.78	13.66	17.65	21.79	26.13	30.58	35.19	39.92	44.81	50.33
			区間タイム (sec)	5.96	3.82	3.88	3.99	4.14	4.34	4.45	4.61	4.73	4.89	5.52
			区間速度 (m/s)	7.55	9.16	9.02	8.77	8.45	8.06	7.87	7.59	7.40	7.16	7.25
			歩数		14	14	14	14	14	14	15	15	15	

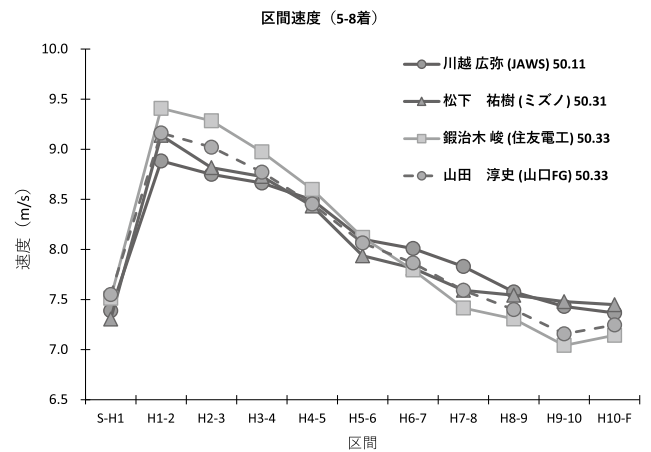
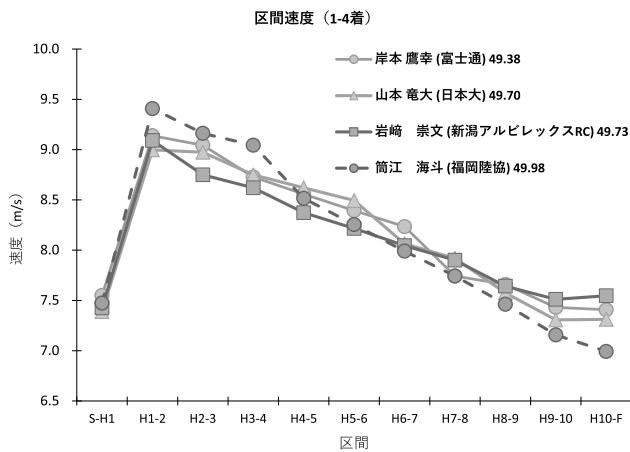


図4 区間速度の変化 (デンカカップ男子400mH)

表 6 2021.06.26 第105回日本陸上競技選手権大会 男子 400mH 決勝 レース分析結果

選手名	所属	記録	区間→	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
黒川 和樹	(法政大)	48.69	通過タイム (sec)	5.83	9.43	13.10	16.87	20.79	24.94	29.21	33.61	38.26	43.10	48.69
			区間タイム (sec)	5.83	3.60	3.67	3.77	3.92	4.15	4.27	4.40	4.65	4.84	5.59
			区間速度 (m/s)	7.72	9.72	9.54	9.28	8.93	8.43	8.20	7.95	7.53	7.23	7.16
			歩数		13	13	13	13	14	14	15	15	15	
安部 孝駿	(ヤマダHD)	48.87	通過タイム (sec)	5.93	9.57	13.36	17.15	21.02	25.04	29.33	33.77	38.40	43.21	48.87
			区間タイム (sec)	5.93	3.64	3.79	3.79	3.87	4.02	4.29	4.44	4.63	4.81	5.66
			区間速度 (m/s)	7.59	9.62	9.23	9.23	9.04	8.71	8.16	7.88	7.56	7.28	7.07
			歩数		13	13	13	13	13	14	14	15	15	
岸本 鷹幸	(富士通)	49.29	通過タイム (sec)	5.92	9.71	13.61	17.63	21.72	25.93	30.23	34.70	39.20	43.88	49.29
			区間タイム (sec)	5.92	3.79	3.90	4.02	4.09	4.21	4.30	4.47	4.50	4.68	5.41
			区間速度 (m/s)	7.60	9.23	8.97	8.71	8.56	8.31	8.14	7.83	7.78	7.48	7.39
			歩数		13	13	13	13	14	14	15	15	15	
山内 大夢	(早稲田大)	49.48	通過タイム (sec)	6.09	10.01	13.95	17.93	21.97	26.08	30.28	34.67	39.24	43.96	49.48
			区間タイム (sec)	6.09	3.92	3.94	3.98	4.04	4.11	4.20	4.39	4.57	4.72	5.52
			区間速度 (m/s)	7.39	8.93	8.88	8.79	8.66	8.52	8.33	7.97	7.66	7.42	7.25
			歩数		14	14	14	14	14	14	15	15	15	
豊田 将樹	(富士通)	49.89	通過タイム (sec)	6.01	9.81	13.63	17.60	21.60	25.73	29.96	34.48	39.17	44.11	49.89
			区間タイム (sec)	6.01	3.80	3.82	3.97	4.00	4.13	4.23	4.52	4.69	4.94	5.78
			区間速度 (m/s)	7.49	9.21	9.16	8.82	8.75	8.47	8.27	7.74	7.46	7.09	6.92
			歩数		14	14	14	14	14	14	15	15	16	
筒江 海斗	(ｽｰﾌﾟｱｯｸ/和広)	50.69	通過タイム (sec)	6.04	9.84	13.73	17.68	21.81	26.11	30.41	35.00	39.77	44.83	50.69
			区間タイム (sec)	6.04	3.80	3.89	3.95	4.13	4.30	4.30	4.59	4.77	5.06	5.86
			区間速度 (m/s)	7.45	9.21	9.00	8.86	8.47	8.14	8.14	7.63	7.34	6.92	6.83
			歩数		13	13	13	14	14	14	15	15	15	
川越 広弥	(JAWS)	50.71	通過タイム (sec)	6.06	9.93	13.96	18.05	22.26	26.64	31.16	35.82	40.57	45.40	50.71
			区間タイム (sec)	6.06	3.87	4.03	4.09	4.21	4.38	4.52	4.66	4.75	4.83	5.31
			区間速度 (m/s)	7.43	9.04	8.68	8.56	8.31	7.99	7.74	7.51	7.37	7.25	7.53
			歩数		14	14	14	14	15	15	15	15	15	
山本 竜大	(日本大)	51.32	通過タイム (sec)	5.97	9.68	13.41	17.25	21.25	25.48	29.90	34.42	39.17	44.39	51.32
			区間タイム (sec)	5.97	3.71	3.73	3.84	4.00	4.23	4.42	4.52	4.75	5.22	6.93
			区間速度 (m/s)	7.54	9.43	9.38	9.11	8.75	8.27	7.92	7.74	7.37	6.70	5.77
			歩数		14	14	14	14	14	15	15	15	15	

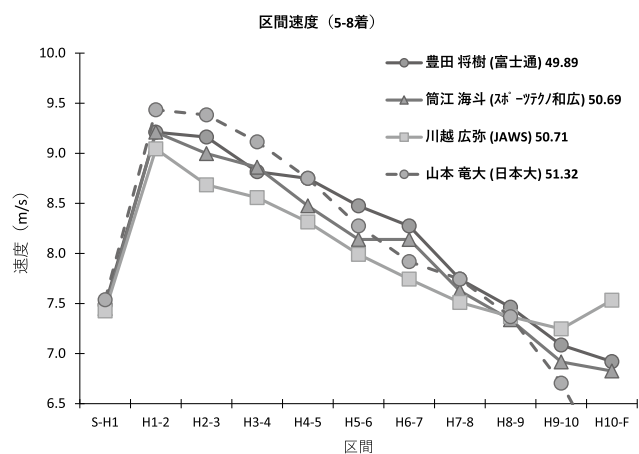
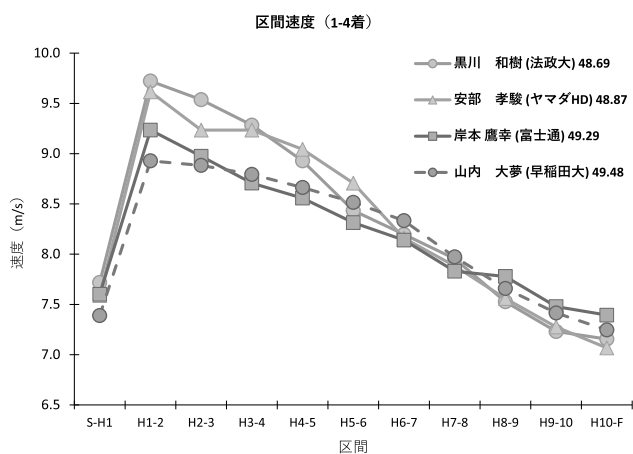


図 5 区間速度の変化 (木南記念 男子 400mH 決勝)

表7 2021.06.26 第37回U20日本陸上競技選手権大会 男子400mH 決勝 レース分析結果

選手名	所属	記録	区間→	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
大村 東輝	(九州共立大)	50.27 PB	通過タイム (sec)	6.29	10.18	14.15	18.18	22.39	26.68	31.08	35.62	40.24	44.93	50.27
			区間タイム (sec)	6.29	3.89	3.97	4.03	4.21	4.29	4.40	4.54	4.62	4.69	5.34
			区間速度 (m/s)	7.15	9.00	8.82	8.68	8.31	8.16	7.95	7.71	7.58	7.46	7.49
			歩数		13	13	13	13	14	14	15	15	15	
中島 陽基	(東福岡高)	50.53 PB	通過タイム (sec)	6.17	10.16	14.18	18.30	22.48	26.78	31.16	35.62	40.34	45.08	50.53
			区間タイム (sec)	6.17	3.99	4.02	4.12	4.18	4.30	4.38	4.46	4.72	4.74	5.45
			区間速度 (m/s)	7.29	8.77	8.71	8.50	8.37	8.14	7.99	7.85	7.42	7.38	7.34
			歩数		15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
深町 飛太	(城西大)	50.73 PB	通過タイム (sec)	6.22	10.19	14.10	18.10	22.19	26.43	30.81	35.39	40.14	45.03	50.73
			区間タイム (sec)	6.22	3.97	3.91	4.00	4.09	4.24	4.38	4.58	4.75	4.89	5.70
			区間速度 (m/s)	7.23	8.82	8.95	8.75	8.56	8.25	7.99	7.64	7.37	7.16	7.02
			歩数		14	14	14	14	14	15	15	15	16	16
菅野 航平	(筑波大)	50.88	通過タイム (sec)	6.46	10.51	14.60	18.67	22.84	27.08	31.38	35.77	40.37	45.31	50.88
			区間タイム (sec)	6.46	4.05	4.09	4.07	4.17	4.24	4.30	4.39	4.60	4.94	5.57
			区間速度 (m/s)	6.97	8.64	8.56	8.60	8.39	8.25	8.14	7.97	7.61	7.09	7.18
			歩数		15	15	15	15	15	15	15	15	15	17
内藤 源一郎	(大阪教育大)	51.70	通過タイム (sec)	6.27	10.24	14.21	18.30	22.54	26.96	31.53	36.17	40.96	45.98	51.70
			区間タイム (sec)	6.27	3.97	3.97	4.09	4.24	4.42	4.57	4.64	4.79	5.02	5.72
			区間速度 (m/s)	7.18	8.82	8.82	8.56	8.25	7.92	7.66	7.54	7.31	6.97	6.99
			歩数		14	14	14	14	15	15	15	15	15	15
鈴木 大河	(日本大)	51.95	通過タイム (sec)	6.12	10.03	13.95	17.93	22.02	26.28	30.71	35.35	40.37	45.66	51.95
			区間タイム (sec)	6.12	3.91	3.92	3.98	4.09	4.26	4.43	4.64	5.02	5.29	6.29
			区間速度 (m/s)	7.35	8.95	8.93	8.79	8.56	8.22	7.90	7.54	6.97	6.62	6.36
			歩数		14	14	14	15	15	15	15	15	16	16
殿山 凌平	(旭川大学高)	52.55	通過タイム (sec)	6.26	10.23	14.25	18.45	22.77	27.28	31.90	36.65	41.47	46.61	52.55
			区間タイム (sec)	6.26	3.97	4.02	4.20	4.32	4.51	4.62	4.75	4.82	5.14	5.94
			区間速度 (m/s)	7.19	8.82	8.71	8.33	8.10	7.76	7.58	7.37	7.26	6.81	6.73
			歩数		15	15	15	15	15	15	15	15	15	17
織田 篤也	(近大附高)	52.76	通過タイム (sec)	6.31	10.26	14.23	18.28	22.57	27.08	31.72	36.55	41.57	46.91	52.76
			区間タイム (sec)	6.31	3.95	3.97	4.05	4.29	4.51	4.64	4.83	5.02	5.34	5.85
			区間速度 (m/s)	7.13	8.86	8.82	8.64	8.16	7.76	7.54	7.25	6.97	6.55	6.84
			歩数		15	15	15	15	15	15	15	15	15	17

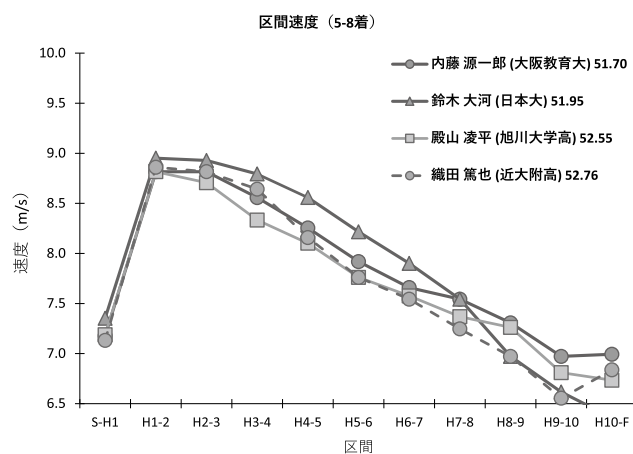
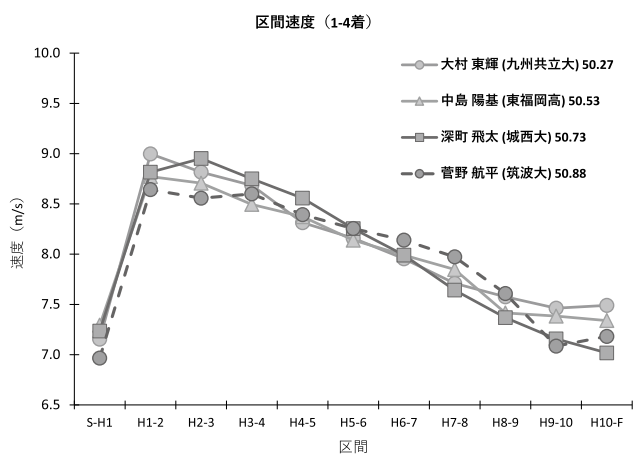


図6 区間速度の変化 (U20日本選手権 男子400mH 決勝)

表 8 対象競技会における男子 400mH 上位 4 選手のペース配分指標

選手名	レース記録 (sec)	大会名	区間速度 (m/s)			速度低下率 (%)		レース記録に占める割合 (%)		
			前半	中盤	後半	前半～中盤	中盤～後半	前半	中盤	後半
黒川 和樹	48.68	READY STEADY TOKYO	8.82	8.18	7.39	7.2	9.7	43.1	26.4	30.6
山内 大夢	48.84	READY STEADY TOKYO	8.41	8.27	7.77	1.6	6.1	45.0	26.0	29.0
豊田 将樹	48.87	READY STEADY TOKYO	8.48	8.17	7.75	3.6	5.2	44.6	26.3	29.1
安部 孝駿	48.87	日本選手権	8.80	8.24	7.28	6.4	11.5	43.0	26.1	30.9
為末 大	47.89	世界陸上 (2001)	8.83	8.41	7.60	4.8	9.6	43.7	26.1	30.2

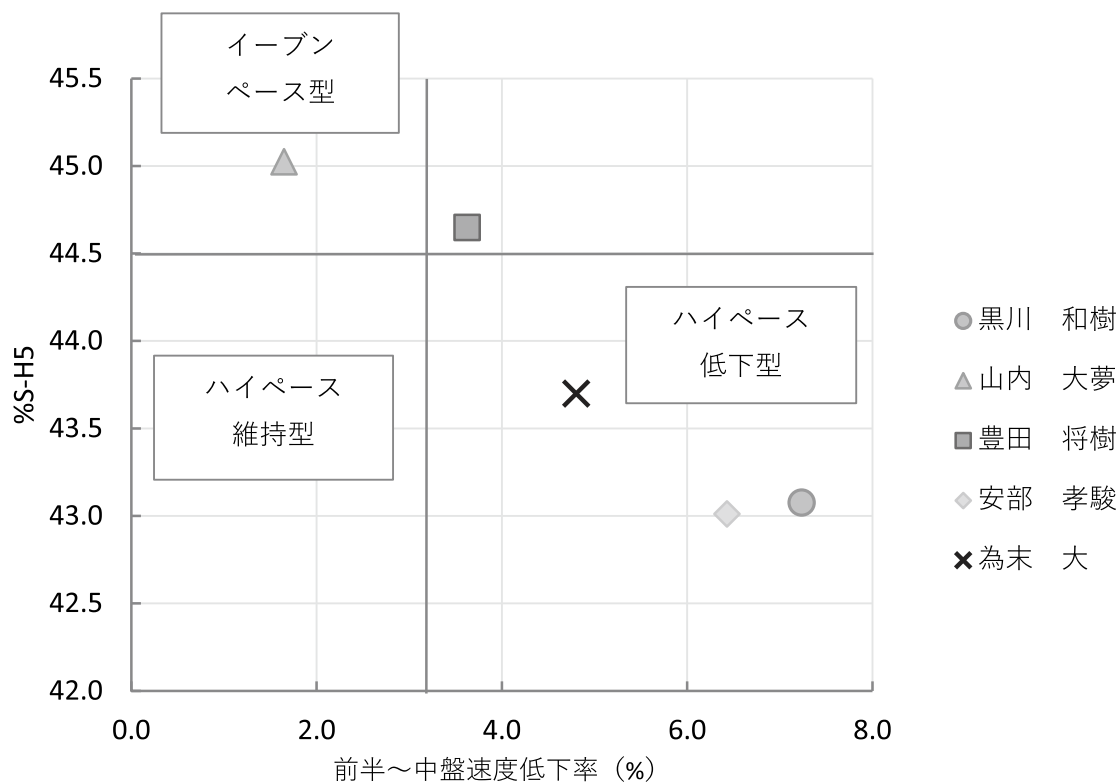


表9 対象競技会における女子400mハードル決勝の平均記録

No.	日付	大会名	記録(sec)	
			平均	(最小値 - 最大値)
1	5月3日	第36回静岡国際陸上競技大会	58.96	(57.33 - 1:00.52)
2	5月9日	READY STEADY TOKYO	58.87	(56.50 - 1:01.41)
3	6月1日	第8回木南道孝記念陸上競技大会	58.51	(57.56 - 58.93)
4	6月6日	デンカアスレチックチャレンジカップ2021	58.66	(57.03 - 59.45)
5	6月27日	第105回日本陸上競技選手権大会	58.69	(57.30 - 1:00.42)
6	6月27日	第37回U20日本陸上競技選手権大会	1:00.25	(58.97 - 1:01.44)

3-2. 女子400mH

各競技会の決勝における記録の平均、最小値および最大値を表9に示した。最も平均記録が良かった(小さかった)競技会は、第8回木南道孝記念陸上競技大会(58.51秒)で、最も良い記録(最小値)は、READY STEADY TOKYOで宇都宮絵莉選手(長谷川体育施設)がマークした56.50秒であった。

表10から表15に通過タイム、区間タイム、区間速度および各区間の歩数の分析結果を示した。各競技会における区間速度の変化を図8から図13に示した。概ねどの選手も区間速度がS-H1、H1-2と大きくなり、H1-2において最高区間速度が出現した。最高区間速度が出現した後、速度は低下しながらフィニッシュするように変化するが、U20日本選手権においてはH10-F区間が1つ前の区間より速度が大きくなる傾向がみられた。ハードル間の歩数は、15～21歩であった。

表16は、分析対象競技会におけるレース記録上位4名(56.50～57.76秒)のペース配分の指標(前半、中盤および後半速度、疾走速度低下率、前半、中盤および後半の区間タイムが記録に占める割合)を示した。この表には、宇都宮選手の昨シーズンのレース(日本選手権)と久保倉里美氏の日本記録(55.34秒)のレース分析結果も示した。この結果から宇都宮選手は、昨シーズン(7.43m/s)に比べ前半の区間速度が大きく(7.65m/s)、その速度は久保倉氏のそれ(7.51m/s)よりも大きかった。中盤および後半の区間速度は昨シーズンと同程度であったため、前半～中盤の速度低下率が2桁と大きかった。表16に示した競技者の分析結果から、H8までのペース配分によるレースパターンの類型化(森丘ほか、2007)を作図した(図14)。男子同様に%前半を44.5%で、前半～中盤速度低下率を4%で区切り分類すると(杉本ほか、2020b)、全ての選手がハイペース低下型に分類された。その中でも今シーズンの宇都宮選手は、レース前半に占める割合が低く、

前半から中盤にかけての速度低下率が大きかった。表17に宇都宮選手の日本記録更新を展望した各区間タイム(速度)およびペース配分の指標を示した。宇都宮選手が昨シーズンよりレース前半の区間速度を大きくして記録が向上したことから課題を中盤以降とし、前半区間タイム(速度)が今シーズンと同じであると仮定し作成した。そのため、日本記録との差(1.16秒)を中盤から後半で埋める必要がる。そこで、前半から中盤の速度低下率を7.0%と今シーズン(10.0%)より小さくした。今シーズンでの区間タイムは中盤で15.25秒、後半で17.08秒であったことから、中盤で0.49秒、後半で0.72秒を縮めることになる。あくまでも今回得られたデータから日本記録更新を男子と同じ指標で展望したものである。レースパターンは、競技者の体力特性に影響を受けることが報告されていることから(荻部ら、1999)、女子競技者の体力特性を考慮したレースパターンの類型方法を検討すること、さらに競技者本人のレース中の努力度等を考慮して検討することが求められる。

4. 引用、参考文献

- 荻部俊二, 尾懸貢, 安井年文, 山崎一彦, 関岡康雄 (1999) 国内トップ400mハードラーのレースパターンと体力特性との関係. 陸上競技研究, 37: 2-7.
- 宮下憲 (1991) 最新陸上競技入門シリーズ4 ハードル, ベースボールマガジン社: 東京.
- 森丘保典, 杉田正明, 松尾彰文, 岡田英孝, 阿江通良, 小林寛道 (2000) 陸上競技男子400mハードル走における速度変化特性と記録との関係: 内外一流選手のレースパターンの分析から. 体育学研究, 45: 414-421.
- 森丘保典, 榎本靖士, 杉田正明, 松尾彰文, 阿江通良, 小林寛道 (2005) 陸上競技400mハードル走

表 10 2021.05.03 第36回静岡国際陸上 女子 400mH レース分析結果

選手名	所属	記録	区間→	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
関本 萌香	(早稲田大)	57.33	通過タイム (sec)	6.71	11.08	15.58	20.10	24.76	29.56	34.42	39.44	44.73	50.34	57.33
			区間タイム (sec)	6.71	4.37	4.50	4.52	4.66	4.80	4.86	5.02	5.29	5.61	6.99
			区間速度 (m/s)	6.71	8.01	7.78	7.74	7.51	7.29	7.20	6.97	6.62	6.24	5.72
			歩数		15	15	15	15	16	16	17	17	17	
宇都宮 絵莉	(長谷川体育施設)	57.57	通過タイム (sec)	6.56	10.86	15.35	19.84	24.47	29.48	34.55	39.89	45.28	50.98	57.57
			区間タイム (sec)	6.56	4.30	4.49	4.49	4.63	5.01	5.07	5.34	5.39	5.70	6.59
			区間速度 (m/s)	6.86	8.14	7.80	7.80	7.56	6.99	6.90	6.55	6.49	6.14	6.07
			歩数		15	15	15	15	16	16	17	17	17	
伊藤 明子	(セレスポ)	58.65	通過タイム (sec)	6.62	10.99	15.62	20.39	25.23	30.26	35.32	40.64	46.20	51.92	58.65
			区間タイム (sec)	6.62	4.37	4.63	4.77	4.84	5.03	5.06	5.32	5.56	5.72	6.73
			区間速度 (m/s)	6.80	8.01	7.56	7.34	7.23	6.96	6.92	6.58	6.29	6.12	5.94
			歩数		15	15	16	16	16	16	17	17	17	
川村 優佳	(早稲田大)	58.96	通過タイム (sec)	7.02	11.64	16.42	21.20	26.06	31.15	36.29	41.56	46.95	52.50	58.96
			区間タイム (sec)	7.02	4.62	4.78	4.78	4.86	5.09	5.14	5.27	5.39	5.55	6.46
			区間速度 (m/s)	6.41	7.58	7.32	7.32	7.20	6.88	6.81	6.64	6.49	6.31	6.19
			歩数		16	16	16	16	17	17	17	17	17	
大野 瑞奈	(山梨学院大)	59.21	通過タイム (sec)	6.79	11.44	16.22	21.05	26.09	31.15	36.30	41.57	46.98	52.57	59.21
			区間タイム (sec)	6.79	4.65	4.78	4.83	5.04	5.06	5.15	5.27	5.41	5.59	6.64
			区間速度 (m/s)	6.63	7.53	7.32	7.25	6.94	6.92	6.80	6.64	6.47	6.26	6.02
			歩数		16	16	16	16	16	17	17	17	17	
津波 愛樹	(福岡大)	59.62	通過タイム (sec)	6.76	11.41	16.17	20.92	25.83	30.73	35.89	41.14	46.70	52.60	59.62
			区間タイム (sec)	6.76	4.65	4.76	4.75	4.91	4.90	5.16	5.25	5.56	5.90	7.02
			区間速度 (m/s)	6.66	7.53	7.35	7.37	7.13	7.14	6.78	6.67	6.29	5.93	5.70
			歩数		17	17	17	17	17	18	18	18	18	
横田 華恋	(籠谷)	59.83	通過タイム (sec)	6.84	11.51	16.27	21.17	26.18	31.18	36.34	41.59	47.20	53.09	59.83
			区間タイム (sec)	6.84	4.67	4.76	4.90	5.01	5.00	5.16	5.25	5.61	5.89	6.74
			区間速度 (m/s)	6.58	7.49	7.35	7.14	6.99	7.00	6.78	6.67	6.24	5.94	5.93
			歩数		16	16	17	17	17	17	17	17	17	
津川 瑠衣	(早稲田大)	1:00.52	通過タイム (sec)	7.07	11.81	16.72	21.62	26.71	31.80	36.97	42.23	47.60	53.27	1:00.52
			区間タイム (sec)	7.07	4.74	4.91	4.90	5.09	5.09	5.17	5.26	5.37	5.67	7.25
			区間速度 (m/s)	6.36	7.38	7.13	7.14	6.88	6.88	6.77	6.65	6.52	6.17	5.52
			歩数		17	17	17	17	17	17	17	17	18	

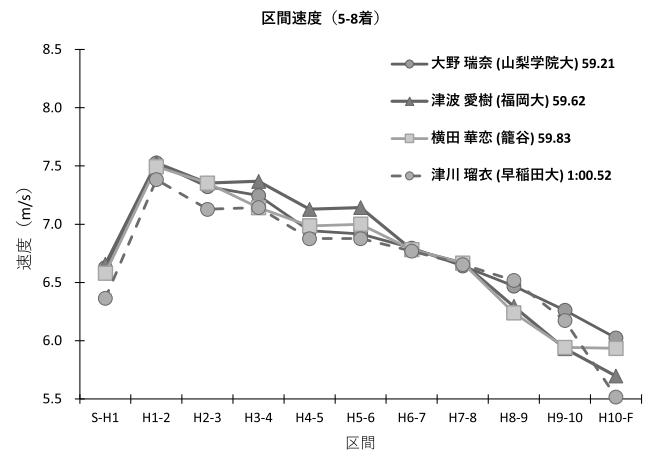
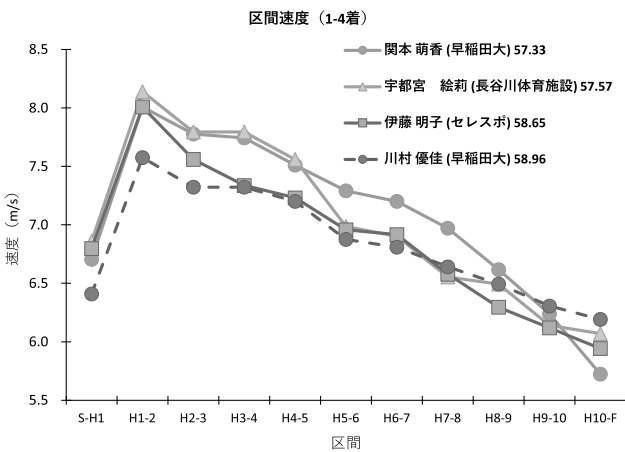


図 8 区間速度の変化 (静岡国際 女子 400mH)

表 11 2021.05.09 READY STEADY TOKYO 女子 400mH 決勝 レース分析結果

選手名	所属	記録	区間→	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
宇都宮 絵莉 (長谷川体育施設)	PB	56.50	通過タイム (sec)	6.52	10.78	15.13	19.60	24.17	29.11	34.20	39.42	44.69	50.12	56.50
			区間タイム (sec)	6.52	4.26	4.35	4.47	4.57	4.94	5.09	5.22	5.27	5.43	6.38
			区間速度 (m/s)	6.90	8.22	8.05	7.83	7.66	7.09	6.88	6.70	6.64	6.45	6.27
			歩数		15	15	15	15	16	16	17	17	17	
伊藤 明子 (セレスポ)	PB	57.76	通過タイム (sec)	6.57	10.91	15.45	20.12	24.94	29.98	35.04	40.31	45.70	51.17	57.76
			区間タイム (sec)	6.57	4.34	4.54	4.67	4.82	5.04	5.06	5.27	5.39	5.47	6.59
			区間速度 (m/s)	6.85	8.06	7.71	7.49	7.26	6.94	6.92	6.64	6.49	6.40	6.07
			歩数		15	15	15	16	18	17	17	17	18	
横田 華恋 (籠谷)	PB	58.00	通過タイム (sec)	6.74	11.26	15.88	20.66	25.56	30.48	35.54	40.71	45.98	51.50	58.00
			区間タイム (sec)	6.74	4.52	4.62	4.78	4.90	4.92	5.06	5.17	5.27	5.52	6.50
			区間速度 (m/s)	6.68	7.74	7.58	7.32	7.14	7.11	6.92	6.77	6.64	6.34	6.15
			歩数		16	16	17	17	17	17	17	17	17	17
大野 瑞奈 (山梨学院大)	PB	58.43	通過タイム (sec)	6.66	11.04	15.67	20.42	25.26	30.31	35.47	40.88	46.34	51.90	58.43
			区間タイム (sec)	6.66	4.38	4.63	4.75	4.84	5.05	5.16	5.41	5.46	5.56	6.53
			区間速度 (m/s)	6.76	7.99	7.56	7.37	7.23	6.93	6.78	6.47	6.41	6.29	6.13
			歩数		15	16	16	16	16	16	17	17	17	17
九鬼 友梨恵 (加藤建設)	PB	59.80	通過タイム (sec)	6.87	11.36	15.97	20.69	25.69	31.06	36.42	41.84	47.31	53.05	59.80
			区間タイム (sec)	6.87	4.49	4.61	4.72	5.00	5.37	5.36	5.42	5.47	5.74	6.75
			区間速度 (m/s)	6.55	7.80	7.59	7.42	7.00	6.52	6.53	6.46	6.40	6.10	5.93
			歩数		15	15	15	16	18	17	17	17	18	
中野 菜乃 (武庫川女子大)	PB	1:00.17	通過タイム (sec)	6.86	11.54	16.33	21.22	26.28	31.48	36.92	42.41	48.00	53.67	1:00.17
			区間タイム (sec)	6.86	4.68	4.79	4.89	5.06	5.20	5.44	5.49	5.59	5.67	6.50
			区間速度 (m/s)	6.56	7.48	7.31	7.16	6.92	6.73	6.43	6.38	6.26	6.17	6.15
			歩数		17	17	17	17	17	19	19	19	19	
水口 萌 (青山学院大)	PB	1:01.41	通過タイム (sec)	6.96	11.64	16.48	21.30	26.33	31.51	37.14	42.81	48.57	54.59	1:01.41
			区間タイム (sec)	6.96	4.68	4.84	4.82	5.03	5.18	5.63	5.67	5.76	6.02	6.82
			区間速度 (m/s)	6.47	7.48	7.23	7.26	6.96	6.76	6.22	6.17	6.08	5.81	5.87
			歩数		16	17	16	17	17	18	18	18	18	18

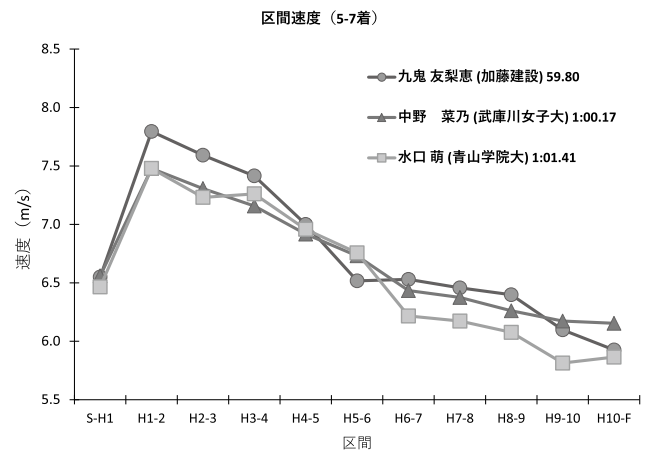
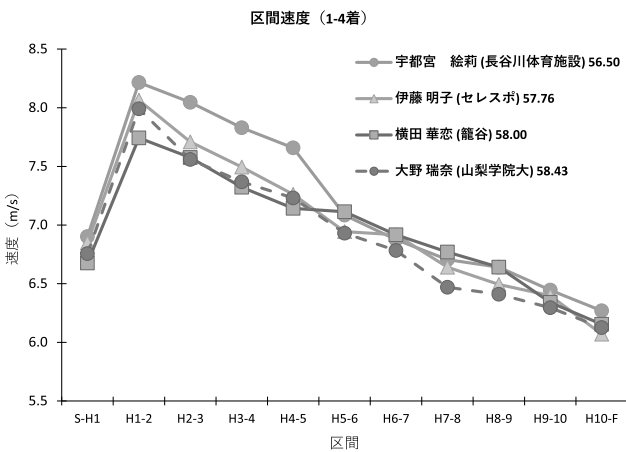


図 9 区間速度の変化 (READY STEADY TOKYO 女子 400mH 決勝)

表 12 2021.06.01 第 8 回木南道孝記念陸上競技大会 女子 400mH レース分析結果

選手名	所属	記録	区間→	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
宇都宮 絵莉 (長谷川体育施設) 57.56		通過タイム (sec)		6.58	10.83	15.22	19.70	24.34	29.16	34.23	39.49	44.94	50.68	57.56
		区間タイム (sec)		6.58	4.25	4.39	4.48	4.64	4.82	5.07	5.26	5.45	5.74	6.88
		区間速度 (m/s)		6.84	8.24	7.97	7.81	7.54	7.26	6.90	6.65	6.42	6.10	5.81
		歩数			15	15	15	15	16	16	17	17	17	
イブラヒム 愛紗 (メイスンワーク) 58.01		通過タイム (sec)		6.82	11.11	15.48	20.05	24.84	29.76	34.82	40.01	45.52	51.29	58.01
		区間タイム (sec)		6.82	4.29	4.37	4.57	4.79	4.92	5.06	5.19	5.51	5.77	6.72
		区間速度 (m/s)		6.60	8.16	8.01	7.66	7.31	7.11	6.92	6.74	6.35	6.07	5.95
		歩数			15	15	15	15	15	15	15	16	16	
山本 亜美 (立命館大) 58.48		通過タイム (sec)		6.84	11.34	15.89	20.59	25.43	30.45	35.64	40.89	46.45	52.12	58.48
		区間タイム (sec)		6.84	4.50	4.55	4.70	4.84	5.02	5.19	5.25	5.56	5.67	6.36
		区間速度 (m/s)		6.58	7.78	7.69	7.45	7.23	6.97	6.74	6.67	6.29	6.17	6.29
		歩数			16	16	16	16	17	17	17	18	18	
横田 華恋 (籠谷) 58.71		通過タイム (sec)		6.69	11.21	15.87	20.67	25.56	30.63	35.82	41.09	46.50	52.15	58.71
		区間タイム (sec)		6.69	4.52	4.66	4.80	4.89	5.07	5.19	5.27	5.41	5.65	6.56
		区間速度 (m/s)		6.73	7.74	7.51	7.29	7.16	6.90	6.74	6.64	6.47	6.19	6.10
		歩数			16	16	16	17	17	17	17	17	17	
青木 穂花 (青山学院大) 58.77		通過タイム (sec)		6.76	11.19	15.75	20.42	25.31	30.38	35.69	41.22	46.78	52.47	58.77
		区間タイム (sec)		6.76	4.43	4.56	4.67	4.89	5.07	5.31	5.53	5.56	5.69	6.30
		区間速度 (m/s)		6.66	7.90	7.68	7.49	7.16	6.90	6.59	6.33	6.29	6.15	6.35
		歩数			16	16	17	17	18	18	18	18	18	
村上 夏美 (早稲田大) 58.79		通過タイム (sec)		6.91	11.31	15.85	20.64	25.51	30.55	35.77	41.11	46.58	52.30	58.79
		区間タイム (sec)		6.91	4.40	4.54	4.79	4.87	5.04	5.22	5.34	5.47	5.72	6.49
		区間速度 (m/s)		6.51	7.95	7.71	7.31	7.19	6.94	6.70	6.55	6.40	6.12	6.16
		歩数			15	15	16	16	17	17	17	17	17	
伊藤 明子 (セレスポ) 58.86		通過タイム (sec)		6.64	10.94	15.33	19.85	24.51	29.51	34.63	39.99	45.68	51.72	58.86
		区間タイム (sec)		6.64	4.30	4.39	4.52	4.66	5.00	5.12	5.36	5.69	6.04	7.14
		区間速度 (m/s)		6.78	8.14	7.97	7.74	7.51	7.00	6.84	6.53	6.15	5.79	5.60
		歩数			15	15	15	15	16	16	17	18	18	
津波 愛樹 (福岡大) 58.93		通過タイム (sec)		6.74	11.19	15.83	20.65	25.61	30.60	35.77	41.06	46.56	52.27	58.93
		区間タイム (sec)		6.74	4.45	4.64	4.82	4.96	4.99	5.17	5.29	5.50	5.71	6.66
		区間速度 (m/s)		6.68	7.87	7.54	7.26	7.06	7.01	6.77	6.62	6.36	6.13	6.01
		歩数			17	17	17	17	17	18	18	19	19	

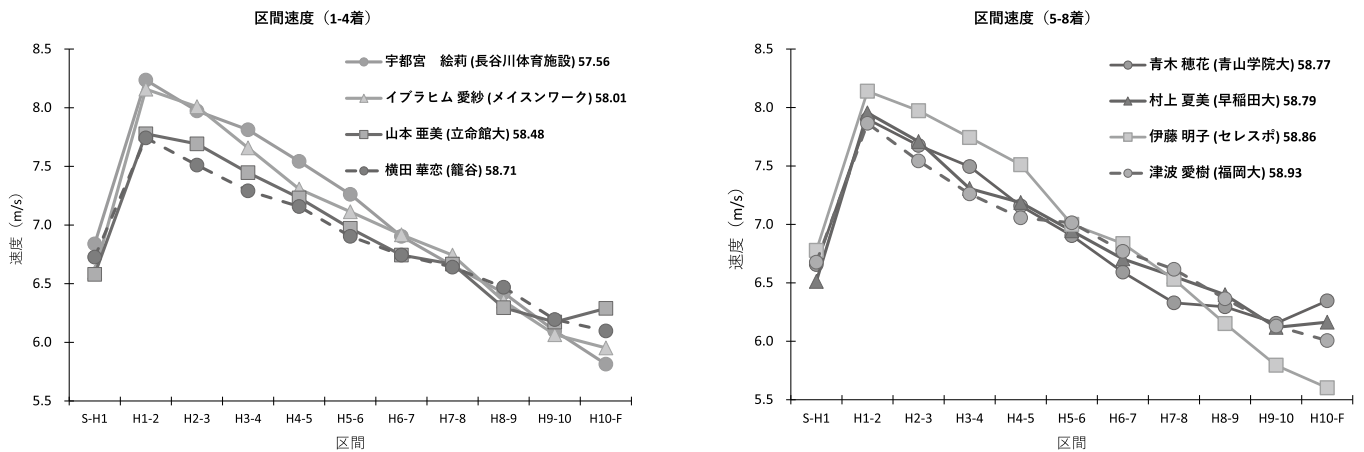


図 10 区間速度の変化 (木南記念陸上 女子 400mH)

表 13 2021.06.06 デンカアスレチックチャレンジカップ 2021 女子 400mH レース分析結果

選手名	所属	記録	区間→	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
宇都宮 絵莉 (長谷川体育施設)	57.03	通過タイム (sec)		6.51	10.78	15.10	19.54	24.22	29.06	34.08	39.37	44.79	50.43	57.03
		区間タイム (sec)		6.51	4.27	4.32	4.44	4.68	4.84	5.02	5.29	5.42	5.64	6.60
		区間速度 (m/s)		6.91	8.20	8.10	7.88	7.48	7.23	6.97	6.62	6.46	6.21	6.06
		歩数		15	15	15	15	15	16	16	17	17	17	
伊藤 明子 (セレスポ)	57.93	通過タイム (sec)		6.64	10.99	15.48	20.09	24.82	29.78	34.83	40.17	45.61	51.22	57.93
		区間タイム (sec)		6.64	4.35	4.49	4.61	4.73	4.96	5.05	5.34	5.44	5.61	6.71
		区間速度 (m/s)		6.78	8.05	7.80	7.59	7.40	7.06	6.93	6.55	6.43	6.24	5.96
		歩数		15	15	15	15	15	16	16	17	17	17	
横田 華恋 (龍谷)	58.37	通過タイム (sec)		6.81	11.39	16.05	20.85	25.83	30.80	35.87	41.11	46.53	52.05	58.37
		区間タイム (sec)		6.81	4.58	4.66	4.80	4.98	4.97	5.07	5.24	5.42	5.52	6.32
		区間速度 (m/s)		6.61	7.64	7.51	7.29	7.03	7.04	6.90	6.68	6.46	6.34	6.33
		歩数		16	16	16	17	17	17	17	17	17	17	
比嘉 和希 (富士山の銘水)	58.83	通過タイム (sec)		6.86	11.35	15.97	20.67	25.56	30.65	35.85	41.16	46.55	52.14	58.83
		区間タイム (sec)		6.86	4.49	4.62	4.70	4.89	5.09	5.20	5.31	5.39	5.59	6.69
		区間速度 (m/s)		6.56	7.80	7.58	7.45	7.16	6.88	6.73	6.59	6.49	6.26	5.98
		歩数		16	16	16	16	16	17	17	17	17	17	
齋藤 真佑 (七十七銀行)	58.99	通過タイム (sec)		6.40	10.66	15.02	19.69	24.57	29.65	35.00	40.49	46.20	52.20	58.99
		区間タイム (sec)		6.40	4.26	4.36	4.67	4.88	5.08	5.35	5.49	5.71	6.00	6.79
		区間速度 (m/s)		7.03	8.22	8.03	7.49	7.17	6.89	6.54	6.38	6.13	5.83	5.89
		歩数		16	16	17	17	17	18	18	19	19		
王子田 萌 (NDソフト)	59.09	通過タイム (sec)		6.89	11.51	16.20	20.92	25.78	30.78	35.94	41.24	46.78	52.45	59.09
		区間タイム (sec)		6.89	4.62	4.69	4.72	4.86	5.00	5.16	5.30	5.54	5.67	6.64
		区間速度 (m/s)		6.53	7.58	7.46	7.42	7.20	7.00	6.78	6.60	6.32	6.17	6.02
		歩数		16	16	16	16	16	16	17	17	17	17	
九鬼 友梨恵 (加藤建設)	59.42	通過タイム (sec)		6.86	11.26	15.82	20.47	25.44	30.48	35.84	41.34	47.01	52.92	59.42
		区間タイム (sec)		6.86	4.40	4.56	4.65	4.97	5.04	5.36	5.50	5.67	5.91	6.50
		区間速度 (m/s)		6.56	7.95	7.68	7.53	7.04	6.94	6.53	6.36	6.17	5.92	6.15
		歩数		15	15	15	16	16	16	17	17	17	18	
南澤 明音 (松本土建)	59.45	通過タイム (sec)		6.97	11.54	16.10	20.70	25.59	30.55	35.72	41.04	46.56	52.45	59.45
		区間タイム (sec)		6.97	4.57	4.56	4.60	4.89	4.96	5.17	5.32	5.52	5.89	7.00
		区間速度 (m/s)		6.46	7.66	7.68	7.61	7.16	7.06	6.77	6.58	6.34	5.94	5.71
		歩数		16	16	16	16	16	16	17	17	17	18	

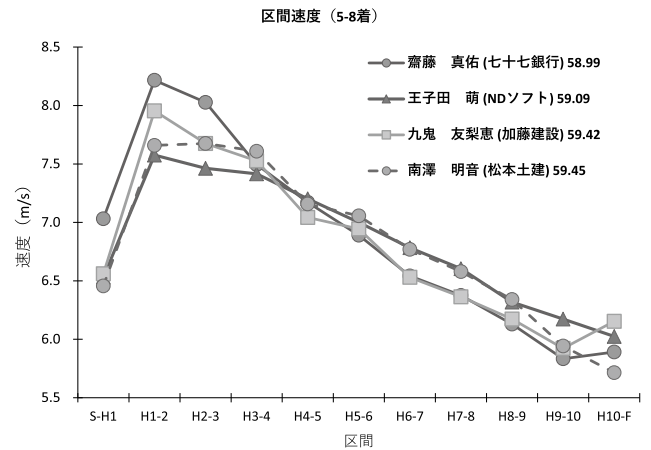
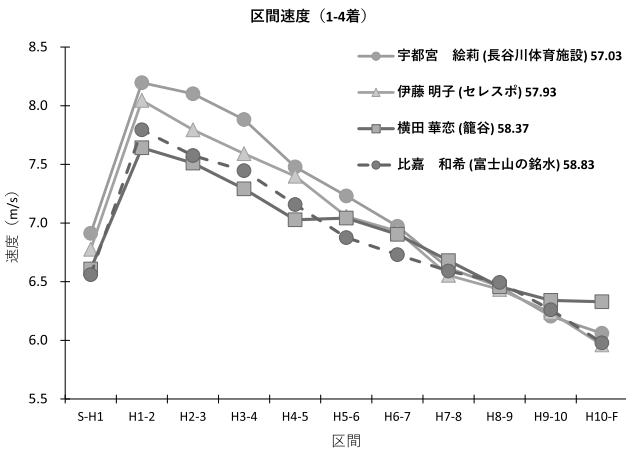


図 11 区間速度の変化 (デンカカップ 女子 400mH)

表 14 2021.06.27 第105回日本選手権 女子400mH 決勝 レース分析結果

選手名	所属	記録	区間→	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
山本 亜美 (立命館大)	57.30 PB	通過タイム (sec)		6.82	11.29	15.85	20.49	25.24	30.11	35.09	40.22	45.63	51.15	57.30
		区間タイム (sec)		6.82	4.47	4.56	4.64	4.75	4.87	4.98	5.13	5.41	5.52	6.15
		区間速度 (m/s)		6.60	7.83	7.68	7.54	7.37	7.19	7.03	6.82	6.47	6.34	6.50
		歩数		16	16	16	16	17	17	17	18	18		
宇都宮 絵莉 (長谷川体育施設)	57.83	通過タイム (sec)		6.57	10.84	15.23	19.77	24.37	29.28	34.38	39.66	45.20	50.97	57.83
		区間タイム (sec)		6.57	4.27	4.39	4.54	4.60	4.91	5.10	5.28	5.54	5.77	6.86
		区間速度 (m/s)		6.85	8.20	7.97	7.71	7.61	7.13	6.86	6.63	6.32	6.07	5.83
		歩数		15	15	15	15	16	16	17	17	17	17	17
イブラヒム 愛紗 (メイスンワーク)	58.16	通過タイム (sec)		6.71	10.98	15.42	19.97	24.71	29.65	34.72	40.02	45.58	51.43	58.16
		区間タイム (sec)		6.71	4.27	4.44	4.55	4.74	4.94	5.07	5.30	5.56	5.85	6.73
		区間速度 (m/s)		6.71	8.20	7.88	7.69	7.38	7.09	6.90	6.60	6.29	5.98	5.94
		歩数		14	15	15	15	15	15	15	15	16	17	17
伊藤 明子 (セレスポ)	58.76	通過タイム (sec)		6.59	10.96	15.57	20.35	25.31	30.31	35.44	40.76	46.33	52.07	58.76
		区間タイム (sec)		6.59	4.37	4.61	4.78	4.96	5.00	5.13	5.32	5.57	5.74	6.69
		区間速度 (m/s)		6.83	8.01	7.59	7.32	7.06	7.00	6.82	6.58	6.28	6.10	5.98
		歩数		15	15	16	16	16	16	16	17	17	17	17
横田 華恋 (籠谷)	58.79	通過タイム (sec)		6.66	11.16	15.72	20.47	25.33	30.33	35.47	40.79	46.30	52.09	58.79
		区間タイム (sec)		6.66	4.50	4.56	4.75	4.86	5.00	5.14	5.32	5.51	5.79	6.70
		区間速度 (m/s)		6.76	7.78	7.68	7.37	7.20	7.00	6.81	6.58	6.35	6.04	5.97
		歩数		16	16	16	16	16	17	17	17	17	17	17
青木 穂花 (青山学院大)	58.82	通過タイム (sec)		6.76	11.21	15.75	20.44	25.24	30.23	35.49	40.87	46.51	52.34	58.82
		区間タイム (sec)		6.76	4.45	4.54	4.69	4.80	4.99	5.26	5.38	5.64	5.83	6.48
		区間速度 (m/s)		6.66	7.87	7.71	7.46	7.29	7.01	6.65	6.51	6.21	6.00	6.17
		歩数		16	16	16	16	16	17	17	17	18	18	18
津波 愛樹 (福岡大)	59.41	通過タイム (sec)		6.86	11.38	16.00	20.72	25.64	30.63	35.74	41.32	46.96	52.72	59.41
		区間タイム (sec)		6.86	4.52	4.62	4.72	4.92	4.99	5.11	5.58	5.64	5.76	6.69
		区間速度 (m/s)		6.56	7.74	7.58	7.42	7.11	7.01	6.85	6.27	6.21	6.08	5.98
		歩数		17	17	17	17	17	17	17	19	19	19	19
村上 夏美 (早稲田大)	1:00.42	通過タイム (sec)		6.84	11.24	15.83	20.64	25.49	30.58	35.84	41.34	47.24	53.37	1:00.42
		区間タイム (sec)		6.84	4.40	4.59	4.81	4.85	5.09	5.26	5.50	5.90	6.13	7.05
		区間速度 (m/s)		6.58	7.95	7.63	7.28	7.22	6.88	6.65	6.36	5.93	5.71	5.67
		歩数		15	15	16	16	17	17	17	17	18	18	18

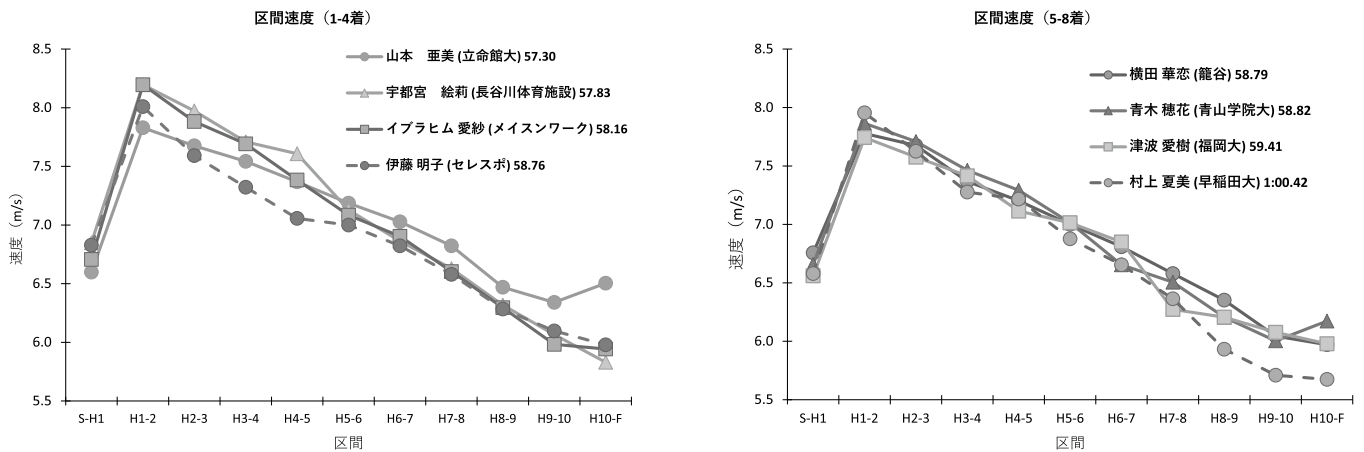


図 12 区間速度の変化 (日本選手権 女子400mH 決勝)

表 15 2021.06.27 第37回U20日本選手権 女子400mH 決勝 レース分析結果

選手名	所属	記録	区間→	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F	
工藤 芽衣	(立命館大)	58.97	通過タイム (sec)	6.99	11.59	16.43	21.39	26.46	31.53	36.64	41.86	47.43	53.05	58.97	
			PB	区間タイム (sec)	6.99	4.60	4.84	4.96	5.07	5.07	5.11	5.22	5.57	5.62	5.92
			区間速度 (m/s)	6.44	7.61	7.23	7.06	6.90	6.85	6.70	6.28	6.23	6.76		
			歩数	17	17	17	17	17	17	17	18	18	18		
タネル 舞璃乃	(埼玉栄高)	59.07	通過タイム (sec)	6.71	11.21	15.87	20.77	25.79	30.95	36.32	41.79	47.31	52.94	59.07	
			PB	区間タイム (sec)	6.71	4.50	4.66	4.90	5.02	5.16	5.37	5.47	5.52	5.63	6.13
			区間速度 (m/s)	6.71	7.78	7.51	7.14	6.97	6.78	6.52	6.40	6.34	6.22	6.53	
			歩数	16	16	17	17	17	18	18	18	18	19		
大川 寿美香	(三田国際学園高)	59.22	通過タイム (sec)	6.86	11.31	15.93	20.74	25.63	30.68	35.95	41.31	46.81	52.64	59.22	
			PB	区間タイム (sec)	6.86	4.45	4.62	4.81	4.89	5.05	5.27	5.36	5.50	5.83	6.58
			区間速度 (m/s)	6.56	7.87	7.58	7.28	7.16	6.93	6.64	6.53	6.36	6.00	6.08	
			歩数	15	15	16	16	16	16	16	17	17	18		
内藤 香乃	(北摂三田高)	1:00.30	通過タイム (sec)	6.77	11.29	16.02	20.89	25.94	31.08	36.60	42.21	47.88	53.65	1:00.30	
			PB	区間タイム (sec)	6.77	4.52	4.73	4.87	5.05	5.14	5.52	5.61	5.67	5.77	6.65
			区間速度 (m/s)	6.65	7.74	7.40	7.19	6.93	6.81	6.34	6.24	6.17	6.07	6.02	
			歩数	17	17	17	17	17	19	19	19	19	19		
濱千代 琳香	(松阪商高)	1:00.75	通過タイム (sec)	7.06	11.78	16.52	21.40	26.46	31.61	37.09	42.69	48.62	54.60	1:00.75	
			PB	区間タイム (sec)	7.06	4.72	4.74	4.88	5.06	5.15	5.48	5.60	5.93	5.98	6.15
			区間速度 (m/s)	6.37	7.42	7.38	7.17	6.92	6.80	6.39	6.25	5.90	5.85	6.50	
			歩数	17	17	17	17	17	18	18	18	19	19		
工藤 美月	(滝川第二高)	1:01.02	通過タイム (sec)	7.07	11.61	16.22	20.94	25.99	31.33	36.67	42.23	47.91	54.05	1:01.02	
			PB	区間タイム (sec)	7.07	4.54	4.61	4.72	5.05	5.34	5.34	5.56	5.68	6.14	6.97
			区間速度 (m/s)	6.36	7.71	7.59	7.42	6.93	6.55	6.55	6.29	6.16	5.70	5.74	
			歩数	17	17	17	19	19	19	19	19	19	21		
日下 あやな	(常盤木学園高)	1:01.20	通過タイム (sec)	6.81	11.28	15.90	20.59	25.51	30.76	36.40	42.18	48.11	54.29	1:01.20	
			PB	区間タイム (sec)	6.81	4.47	4.62	4.69	4.92	5.25	5.64	5.78	5.93	6.18	6.91
			区間速度 (m/s)	6.61	7.83	7.58	7.46	7.11	6.67	6.21	6.06	5.90	5.66	5.79	
			歩数	17	17	17	17	17	17	19	19	19	19		
樋口 綾音	(大塚高)	1:01.44	通過タイム (sec)	7.02	11.70	16.50	21.42	26.54	31.85	37.19	42.83	48.72	54.79	1:01.44	
			PB	区間タイム (sec)	7.02	4.68	4.80	4.92	5.12	5.31	5.34	5.64	5.89	6.07	6.65
			区間速度 (m/s)	6.41	7.48	7.29	7.11	6.84	6.59	6.55	6.21	5.94	5.77	6.02	
			歩数	16	16	16	16	17	17	18	18	19	19		

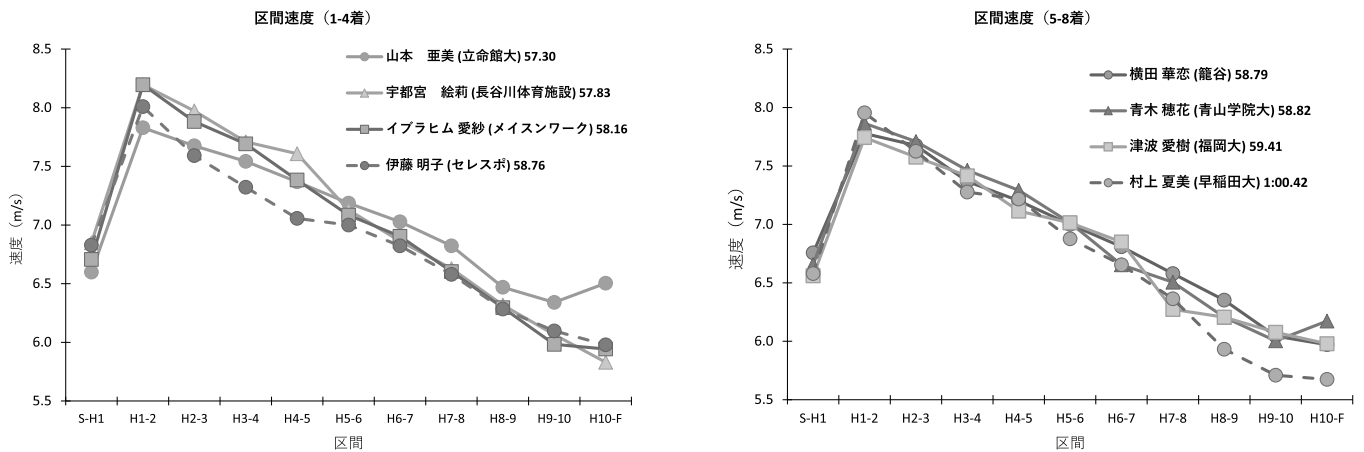


図 13 区間速度の変化 (U20 日本選手権 女子 400mH 決勝)

表 16 対象競技会における女子 400mH 上位 4 選手のペース配分指標

選手名	レース記録 (sec)	区間速度 (m/s)			速度低下率 (%)		レース記録に占める割合 (%)		
		前半	中盤	後半	前半～中盤	中盤～後半	前半	中盤	後半
宇都宮 絵莉	56.50	7.65	6.89	6.44	10.0	6.5	42.8	27.0	30.2
山本 亜美	57.30	7.33	7.01	6.44	4.4	8.1	44.0	26.1	29.8
関本 萌香	57.33	7.47	7.15	6.15	4.3	14.0	43.2	25.6	31.2
伊藤 明子	57.76	7.42	6.83	6.30	7.9	7.7	43.2	26.6	30.2
宇都宮 絵莉 (2020)	57.09	7.43	6.88	6.50	7.4	5.5	43.6	26.7	29.6
久保倉 里美	55.34	7.51	7.19	6.83	4.3	5.1	44.5	26.4	29.1

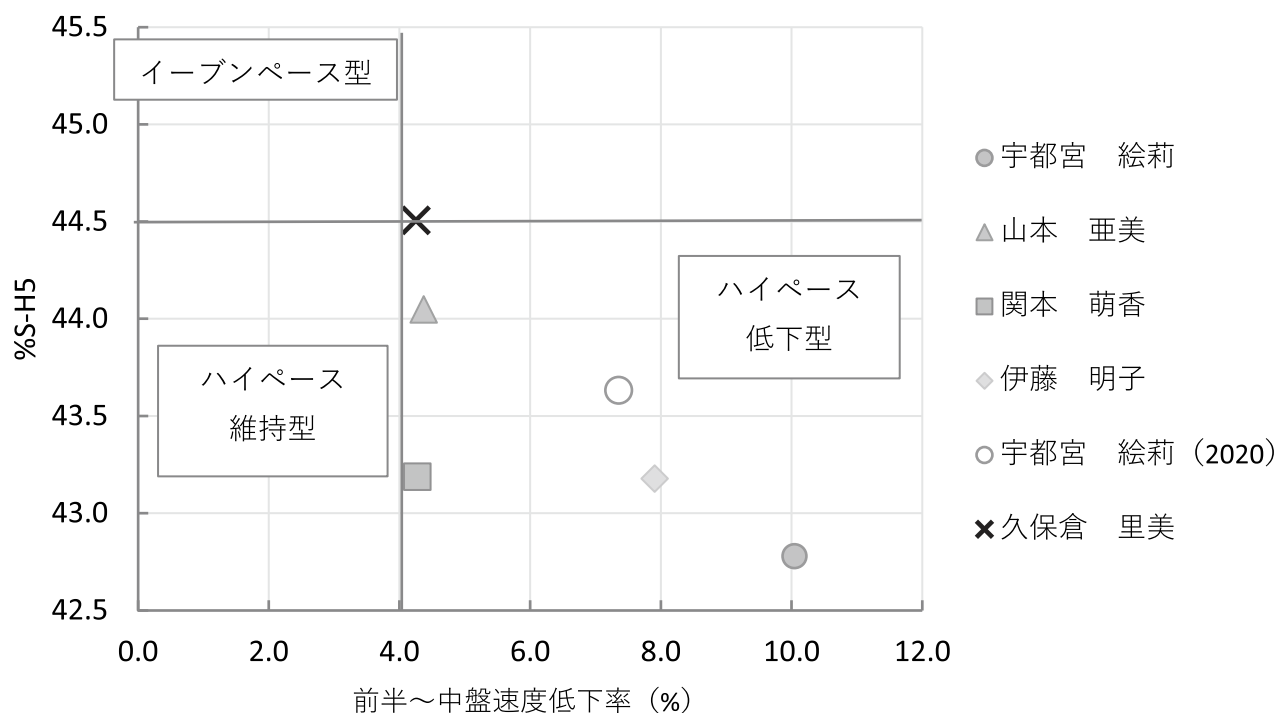


図 14 女子 400mH における H8 までのペース配分による類型化

表 17 宇都宮選手における日本記録更新の各区間タイム (速度) およびペース配分指標

記録 (sec)	前半 (S-H5) (sec)	(m/s)	中盤 (H5-8) (sec)	(m/s)	後半 (H8-F) (sec)	(m/s)	%S-H5 (%)	H5-8低下率 (%)	H8-F低下率 (%)
55.30	24.18	7.65	14.76	7.11	16.36	6.72	43.7	7.0	5.8

- における一流男子選手のレースパターン分析. 日本バイオメカニクス研究, 9 (4) : 196-204.
- 森丘保典, 榎本靖士, 山崎一彦, 杉田正明, 阿江通良 (2007) 一流男子 100m ハードル選手のレースパターンの類型化について—世界陸上大阪大会の決勝レース展望—. 陸上競技学会誌, 6 : 55-59.
- 杉本和那美, 貴嶋孝太, 柴山一仁, 森丘保典 (2020a) 日本一流男女 400m ハードル選手のレースパターン分析—2019 年主要競技会について—. 陸上競技研究紀要, 16 : 165-176.
- 杉本和那美, 貴嶋孝太, 柴山一仁, 森丘保典 (2020b) 日本一流男女 400m ハードル選手のレースパターン分析—2020 年主要競技会について—. 陸上競技研究紀要, 16 : 177-194.

男子 3000 m 障害における水濠障害と通常障害の通過スピード分析

丹治史弥¹⁾ 関慶太郎²⁾ 高信清人³⁾

1) 東海大学 2) 日本大学 3) 日本大学大学院

1. 目的

2021年の日本陸上競技選手権大会における3000m障害（以下3000mSC）では三浦龍司選手（順天堂大学）が当時の日本記録を樹立し、さらに山口浩勢選手（愛三工業）および青木涼真選手（Honda）もオリンピック参加標準記録を突破した。その結果、我が国初の3名が同時にオリンピック競技大会の3000mSC種目に参加することとなった。三浦選手は東京2020オリンピック競技大会において日本記録を更新して予選を突破し、決勝では日本人初の入賞（7位）を果たしたことは記憶に新しい。近年、我が国の長距離種目の記録が全体的に向上しているが、3000mSCは高いスピードで走行を維持する能力に加えて障害物を通過する技術が求められる。

日本陸上競技連盟科学委員会では昨年度、女子3000mSCのレース中の障害通過スピードの変化を報告した（丹治ほか，2020a）。分析対象となった日本人女子トップ選手2名においても、とりわけ水濠障害において、通過スピードに異なる傾向が認められた。したがって、障害通過スピードにはいくつかのスピードの変化が存在する可能性がある。そこで本報告では、2021年度に実施された日本陸上競技選手権大会の男子3000mSC決勝における水濠障害および通常障害の通過スピードの分析結果を報告し、スピードの変化の特徴について考察する。

2. 方法

2-1. 対象競技会

対象競技会は、第105回日本陸上競技選手権大会（6月26日〔決勝〕；ヤンマースタジアム長居，大阪）（以下，NCA）であった。

2-2. 分析対象選手

NCAにおける上位3名のほか、日本陸連強化委員会が指定した3名を追加した計6名の選手を分析対象とした。

2-3. 撮影方法

ラップタイムを分析するためのレース映像の撮影には撮影速度を59.94 fpsに設定したデジタルビデオカメラ（DMC-FZ300, Panasonic, Japan）を用いた。フィニッシュライン延長線上の競技場スタンドより、スタートの閃光を撮影後、全選手をカメラ画角内に収めながら追従撮影をした。

水濠障害および通常障害（第3障害）の通過映像の撮影には撮影速度を119.97 fpsに設定したハイスピードカメラ（DMC-FZ300, Panasonic, JapanおよびILCE-6300, Sony, Japan）を三脚に固定して用いた。それぞれのハイスピードカメラはフィールドを挟んだ反対側の競技場スタンドに設置した。したがって、水濠障害用ハイスピードカメラは第1コーナーのスタンド、通常障害用ハイスピードカメラはホームストレートのスタンドより撮影した。障害を中心に前後10 mが収まる画角に設定し、先頭選手が画角に入る前から撮影を開始し、すべての選手最終ランナーが画角から出た後に撮影を終了した。撮影は周回ごとに行い、それぞれの障害で計7回の実施となった。

2-3. 分析方法

ラップタイムの分析のために、閃光をゼロフレームとし、ラップごとにフィニッシュラインをトルソーが通過したフレーム数を確認した。フレーム数と撮影速度からラップごとの通過タイムを求め、走スピードを算出した。

障害通過スピードの分析のために、観客席などの情報を手掛かりにして障害前後10 m区間を2 mごとにトルソーが通過したフレーム数を確認した。

フレーム数と撮影速度から区間ごとのスピードを算出した。障害通過前8-10 m区間のスピードによって各区間の通過スピードを規格化し、障害通過前8-10 m区間のスピードに対する変化率(%)を示した。通常障害および水濠障害における分析対象区間スピードのうち、最大区間スピード(Max)、最小区間スピード(Min)、最大区間スピードと最小区間スピードの差(Diff)および区間スピードの平均値(Ave)を算出した。

3. 結果および考察

表1に分析対象とした6名のレース中のラップごとのタイムおよび走スピードを示し、図1にはラップごとの走スピードの変化を示した。前半速く、一度走スピードが低下した後に、再び走スピードが増大する「V」字のレースパターンが認められた。これは中距離種目では順位を狙ったレース(丹治ほか, 2020b)、長距離種目でもタイムを狙ったレース(Noakes et al., 2008; Tucker et al., 2006)などで認められるレースパターンである。ただし、今回の分析対象となったレースでの走スピードは3周目(462-885 m)に最も低値と示し、その後は徐々に増大を示したことが特徴的であった。その走スピードの増大に対応できない選手は離脱していき、6.00 m/sを超えて維持できるか大きな閾値であった可能性がある。

表2には通常障害および水濠障害通過における7回のMax, Min, DiffおよびAveの平均値(±SD)を示した。通常障害では潰滝選手や青木選手が高いAveを示し、水濠障害では青木選手および三浦選手が高いAveを示した。図2には通常障害、図3には水濠障害における各周回(1-7周目)での障害通過スピードの変化およびその平均値を示した。通常障害と水濠障害では異なる通過スピードの変化が認められ、それぞれの特徴を記述する。

通常障害の通過スピードの変化における共通の傾向として、走スピードが障害通過前2-4 m区間で最も高値を示し、障害通過前0-2 m区間で最も低下することである。一方、水濠障害の通過スピードの変化における共通の傾向として、障害通過後0-2 m区間で最も低下することである。

通常障害の通過スピードの変化を個別に確認すると、大きく3つの特徴が認められた。1) 障害通過前に走スピードの減速がない、2) 障害通過前0-2 m区間の走スピードの低下が小さい(20%未満)、3) 障害通過後8-10 m区間で走スピードが回復(≒

0%)している、ことである。1つ目の特徴として当てはまるのは三浦選手、青木選手および潰滝選手である。2つ目の特徴として当てはまるのは三浦選手、青木選手、潰滝選手および阪口選手である。また、3つ目の特徴として当てはまるのは山口選手、青木選手および阪口選手である。

水濠障害の通過スピードの変化を個別に確認すると、大きく3つの特徴が認められた。1) 障害通過前に走スピードの加速が認められる、2) 障害通過後0-2 m区間で走スピードの低下が小さい(10%程度)、3) 障害通過後8-10 m区間で走スピードが回復(-5%未満)している、ことである。1つ目の特徴として当てはまるのは三浦選手、山口選手および青木選手である。2つ目の特徴として当てはまるのは三浦選手、青木選手および楠選手である。また、3つ目の特徴として当てはまるのは山口選手、青木選手および阪口選手である。これらの特徴は障害物を通過する区間平均スピードを高めるために求められる技術であると考えられる。今後はこれらのデータを蓄積していくことで、効率的な障害物の通過スピード変化や3000mSCタイムとの関係について、さらなる議論ができることを期待する。

4. まとめ

本報告では、2021年度に実施された日本陸上競技選手権大会の男子3000mSC決勝における水濠障害および通常障害の通過スピードの分析結果を報告し、スピードの変化の特徴について考察した。通常障害の通過スピードの変化における共通の傾向として、走スピードが障害通過前2-4 m区間で最も高値を示し、障害通過前0-2 m区間で最も低下することが認められた。一方、水濠障害の通過スピードの変化における共通の傾向として、障害通過後0-2 m区間で最も低下することが認められた。

加えて障害通過スピードの平均値を高める特徴として、通常障害では、1) 障害通過前に走スピードの減速がない、2) 障害通過前0-2 m区間の走スピードの低下が小さい(20%未満)、3) 障害通過後8-10 m区間で走スピードが回復(≒0%)していることが挙げられた。また、水濠障害では、1) 障害通過前に走スピードの加速が認められる、2) 障害通過後0-2 m区間で走スピードの低下が小さい(10%程度)、3) 障害通過後8-10 m区間で走スピードが回復(-5%未満)していることが挙げられた。

表 1. 分析対象選手のラップタイムおよび走スピード

順位	競技者名		1st (39m)	2nd (462m)	3rd (885m)	4th (1308m)	5th (1731m)	6th (2154m)	7th (2577m)	8th (3000m)
1	三浦 龍司 順天堂大	通過タイム	0:05.73	1:15.69	2:28.89	3:39.76	4:49.93	5:59.64	7:09.56	8:15.99
		ラップタイム (423m)	5.7	70.0	73.2	70.9	70.2	69.7	69.9	66.4
		スピード m/s	6.84	6.05	5.78	5.97	6.03	6.07	6.05	6.37
2	山口 浩勢 愛三工業	通過タイム	0:06.04	1:16.34	2:29.21	3:40.38	4:50.64	6:00.52	7:10.73	8:19.96
		ラップタイム (423m)	6.0	70.3	72.9	71.2	70.3	69.9	70.2	69.2
		スピード m/s	6.50	6.02	5.80	5.94	6.02	6.05	6.02	6.11
3	青木 涼真 Honda	通過タイム	0:05.87	1:16.25	2:29.13	3:39.96	4:50.25	6:00.01	7:10.89	8:20.70
		ラップタイム (423m)	5.9	70.4	72.9	70.8	70.3	69.8	70.9	69.8
		スピード m/s	6.69	6.01	5.80	5.97	6.02	6.06	5.97	6.06
4	潰滝 大記 富士通	通過タイム	0:05.82	1:15.87	2:28.64	3:39.95	4:50.65	6:02.02	7:14.31	8:25.49
		ラップタイム (423m)	5.8	70.1	72.8	71.3	70.7	71.4	72.3	71.2
		スピード m/s	6.75	6.04	5.81	5.93	5.98	5.93	5.85	5.94
6	楠 康成 阿見AC	通過タイム	0:05.97	1:16.99	2:29.71	3:41.24	4:52.35	6:05.41	7:19.42	8:29.75
		ラップタイム (423m)	6.0	71.0	72.7	71.5	71.1	73.1	74.0	70.3
		スピード m/s	6.58	5.96	5.82	5.91	5.95	5.79	5.72	6.01
8	阪口 竜平 SGH	通過タイム	0:05.75	1:16.19	2:29.66	3:40.70	4:51.81	6:05.64	7:21.32	8:34.95
		ラップタイム (423m)	5.8	70.4	73.5	71.0	71.1	73.8	75.7	73.6
		スピード m/s	6.82	6.00	5.76	5.95	5.95	5.73	5.59	5.75

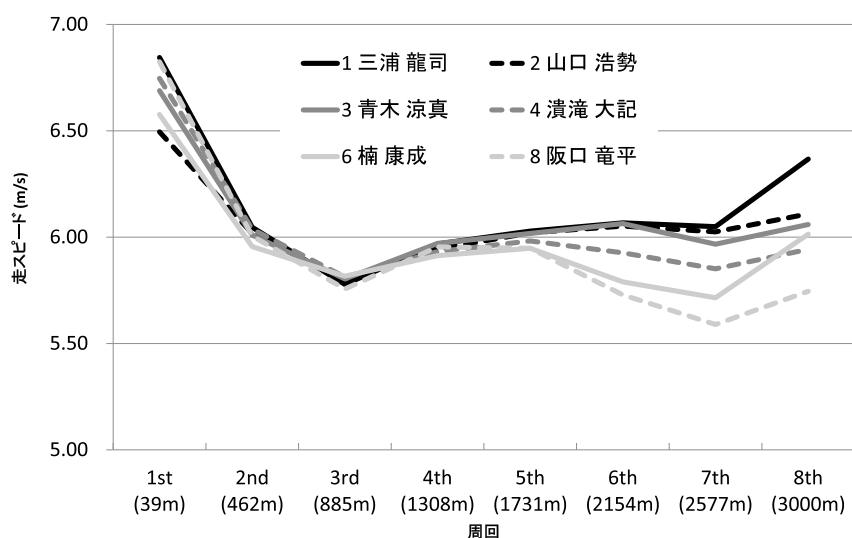


図 1. 3000mSC 中の走スピードの変化

表 2. 分析対象選手の障害通過区間における最大区間スピード (Max), 最小区間スピード (Min), 最大区間スピードと最小区間スピードの差 (Diff) および区間スピードの平均値 (Ave)

選手	通常障害				水濠障害			
	Max	Min	Diff	Ave	Max	Min	Diff	Ave
三浦	4.4±3.4	-18.4±1.6	22.9±1.9	-5.8±1.9	5.0±1.7	-14.3±10.1	19.3±9.6	-3.3±2.1
山口	2.8±2.6	-20.6±4.0	23.5±2.8	-5.7±2.9	3.6±2.4	-13.7±2.8	17.3±2.2	-4.3±2.3
青木	4.6±3.0	-16.9±2.4	21.5±2.5	-4.1±1.8	5.6±2.1	-12.9±5.5	18.4±3.6	-2.9±3.7
濱滝	5.9±3.9	-16.6±3.3	22.4±1.6	-3.7±3.2	1.7±1.3	-18.0±4.7	19.8±3.8	-6.5±2.8
楠	1.9±1.5	-20.5±1.7	22.4±1.3	-6.7±1.1	2.6±2.5	-11.9±5.4	14.5±3.7	-3.9±4.0
阪口	2.1±2.1	-15.9±2.6	18.1±2.3	-4.7±2.7	2.6±1.3	-15.0±1.7	17.6±2.0	-4.7±1.2

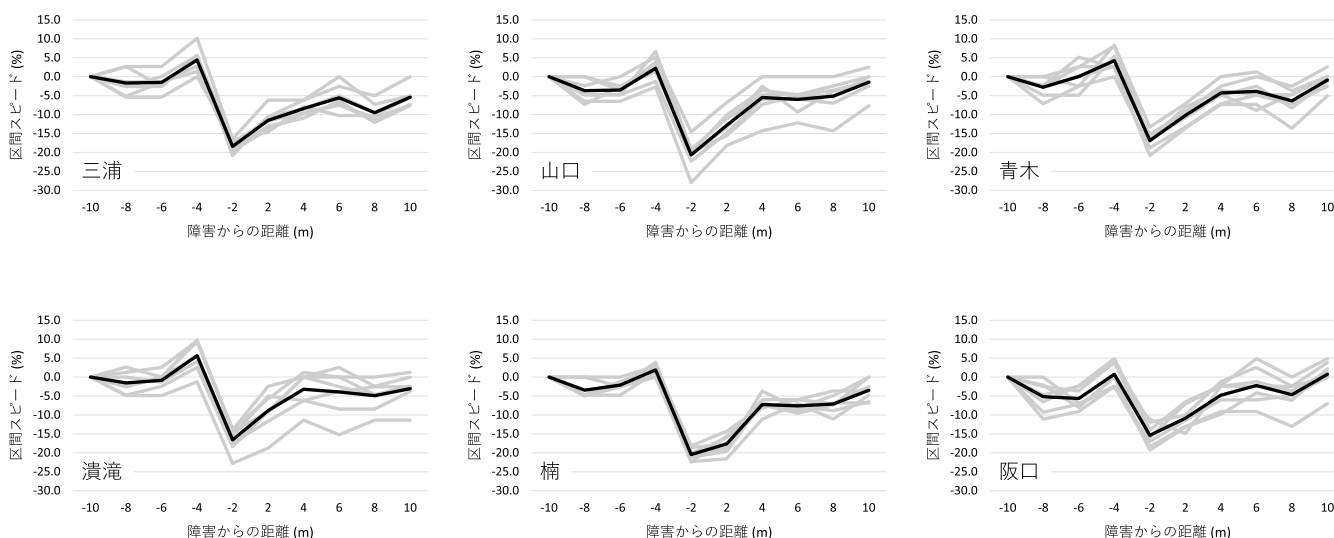


図 2. 分析対象選手の通常障害の通過スピードの変化

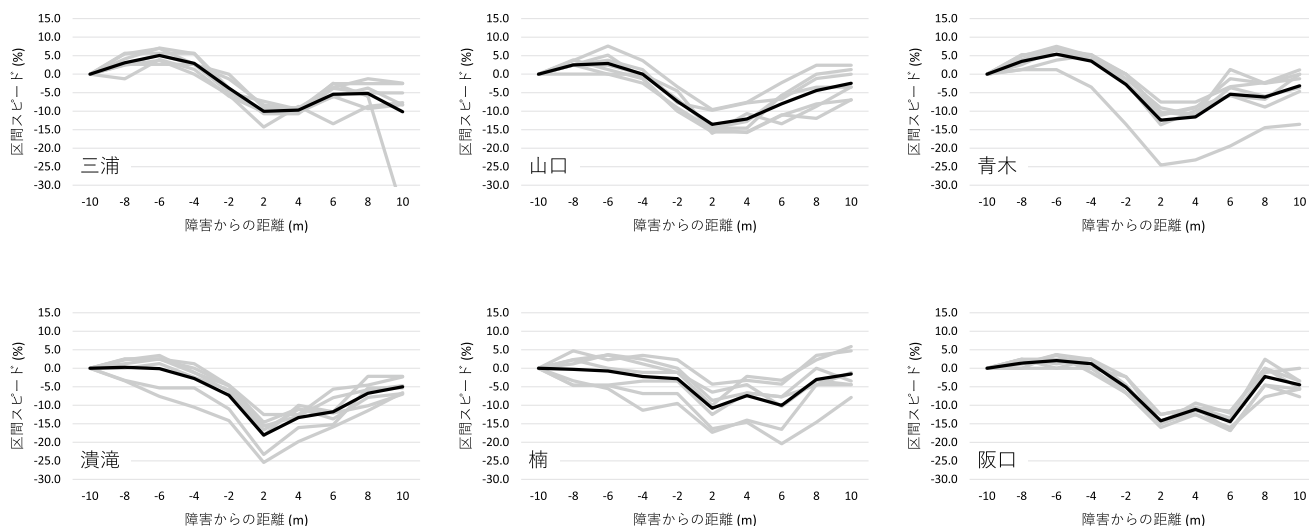


図 3. 分析対象選手の水濠障害の通過スピードの変化

参考文献

- Noakes TD, Lambert MI, Hauman R. (2008) Which lap is the slowest? An analysis of 32 world mile record performances. *Br J Sports Med*, 43: 760-764.
- 丹治史弥, 榎本靖士, 小林海. (2020a) 女子 3000m 障害における水濠障害と通常障害の通過スピード分析. *陸上競技研究紀要*, 16: 195-198.
- 丹治史弥, 榎本靖士, 楊永昌, 栗原俊. (2020b) 2020 年主要競技会における男子 1500m のレース分析. *陸上競技研究紀要*, 16: 128-132.
- Tucker R, Lambert MI, Noakes TD. (2006) An analysis of pacing strategies during men's world-record performances in track athletics. *Int J Sports Physiol perform*, 1: 233-245.

2021年主要競技会における国内男子走幅跳選手の 助走最高スピード、踏切前の接地位置と記録の関係

小山宏之¹⁾ 柴田篤志²⁾ 清水悠³⁾ 荊山靖⁴⁾ 広川龍太郎⁵⁾

1) 京都教育大学 2) 新潟医療福祉大学 3) 島根大学 4) 山梨学院大学 5) 東海大学

1. はじめに

日本陸上競技連盟科学委員会の跳躍担当では、走幅跳の跳躍距離を決定する要因の一つである助走スピードに関する評価および踏切4歩前から踏切までの接地位置の評価を継続的に行ってきた(柴田ら, 2017; 小山ら, 2017, 2018, 2019, 2020)。そこで本報告では、2021年に行ったフィードバックデータを基に、日本の強化選手の助走スピードデータ、踏切前の接地位置について報告する。

2. 方法

本報告では2021年男子走幅跳強化選手4名分について報告する(表1)。表1は2021年の測定試合、分析対象者の分析試技数、分析記録の平均とその範囲を示している。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、第104回日本陸上競技選手権大会・室内競技は2020年度の大会であるが、2020年の報告後に開催されたため、2021年の報告に含んでいる。

表1に示した各競技会において、助走路の前方または後方のスタンドに設置したレーザー式速度測定装置(JENOPTIK製, LDM301C)を用いて対象者の助走中の1/100秒毎の位置情報を得た後、助走スピードを算出した。さらに、踏切前のストライドの分析は、全ての試技をスタンドに設置した1台のビデオカメラ(Panasonic社, LUMIX FZ-300, またはPanasonic社, HX-VX980M)を用いて、踏切板先端から助走路側11.0m地点(競技会によっては異なる地点も使用)までを撮影範囲とし、毎秒240コマまたは120コマで固定撮影し、分析した。

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、2020年までの測定結果(小山ら, 2020)に

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)	2021							
					NCHi	織田	RS	デンカ	NCH	福井	田島	
城山 正太郎	8.40	7.90	SP	17	7.49±0.23 (7.90 - 7.16)	○	○	○	○	○	○	
			ST	15	7.53±0.21 (7.90 - 7.22)	○	○	○	○	○		
橋岡 優輝	8.36	8.36	SP	9	8.17±0.14 (8.36 - 7.97)	○	○	○	○	○		
			ST	9	8.17±0.14 (8.36 - 7.97)	○	○	○	○	○		
津波 響樹	8.23	7.91	SP	19	7.66±0.17 (7.91 - 7.31)	○	○	○	○	○	○	
			ST	18	7.65±0.18 (7.91 - 7.31)	○	○	○	○	○	○	
小田 大樹	8.06	7.87	SP	21	7.70±0.15 (7.98w - 7.38)	○	○	○	○	○		○
		7.98w	ST	21	7.70±0.15 (7.98w - 7.38)	○	○	○	○	○		○

SP: 助走スピード分析, ST: 踏切前のストライド分析

NCHi: 日本選手権室内競技, 織田: 織田記念, RS: READY STEADY TOKYO, デンカ: Denka Athletics Challenge

NCH: 日本選手権, 福井: Athlete Night Games in Fukui, 田島: 田島記念陸上

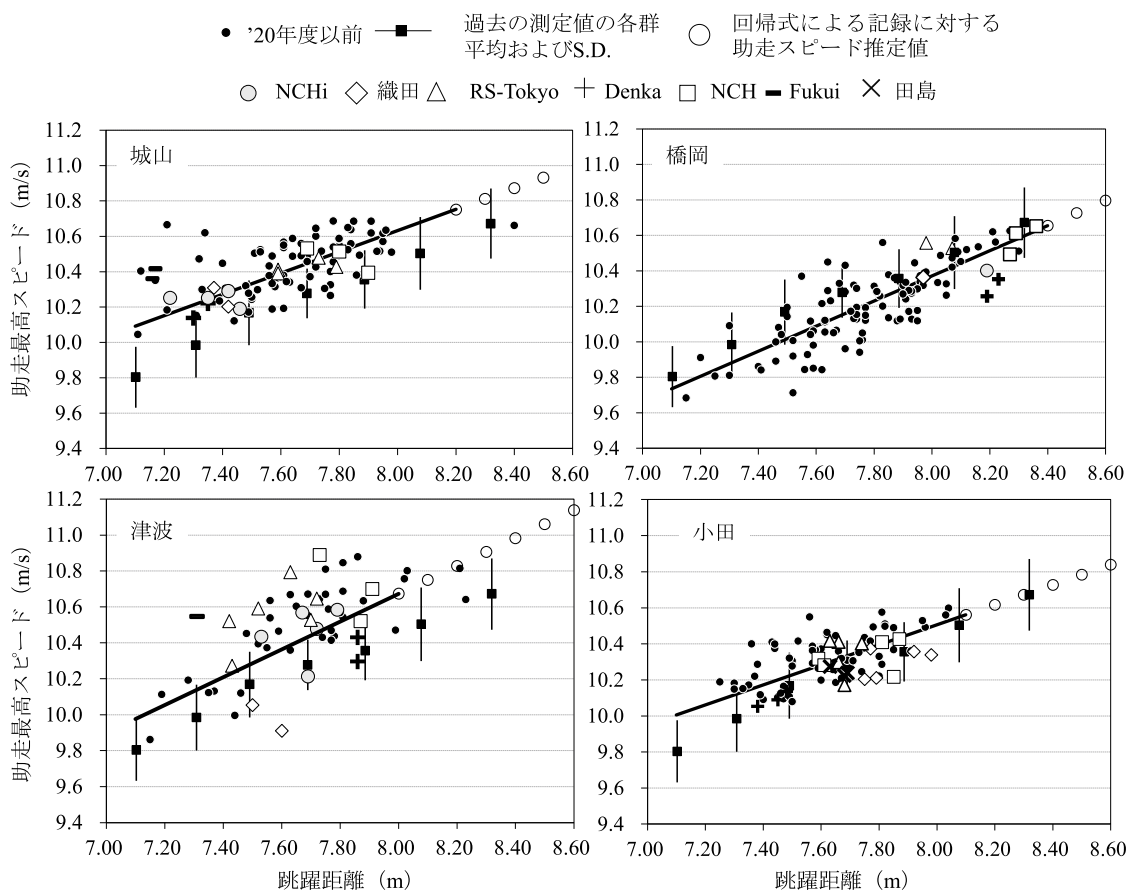


図1 各選手の助走最高スピードと跳躍距離の関係

2021年の結果をあわせて示している。なお、各図において過去の測定値として示した比較データは、2001年から2015年に科学委員会として測定した780跳躍(7.01～8.57m)の分析結果であり、7.00mから0.20mごとに記録別群分けを行い、各群における平均および標準偏差を抽出したものである。

過去の測定値と2021年の測定データを含めて総合的に見ると、全選手において助走最高スピードと記録の間には正の相関関係があり(城山, $r=0.639$, $n=109$; 橋岡, $r=0.833$, $n=114$; 津波, $r=0.639$, $n=56$; 小田, $r=0.562$, $n=86$, いずれも $p<0.01$)、跳躍記録の獲得に対して助走スピードの大きさが影響していると考えられる。特に、橋岡選手の相関係数が大きい値を示している。

2021年では橋岡選手が日本選手権において8.36mの日本歴代2位の記録を跳躍した。その際の助走最高スピードは10.65m/s(風速:0.6m/s)であり、2019年の8.32m(当時日本歴代2位)のスピード(10.67m/s, +1.6m/s)、2020年のベストの8.29mのスピード(10.62m/s*注, -0.6m/s)とほぼ同程度であった。なお、上記の3跳躍の助走最高スピードはいずれも10.6m/s台のスピードであるが、10.6m/s台の助走最高スピードはAthlete Night Games in

FUKUI 2019の8.32mで初めて記録され(それ以前の最高スピードは10.58m/s, 8.08m, 2019アジア選手権)、その後、2020年ゴールデングランプリおよび日本インカレ、2021年織田記念および日本選手権で記録されている。なお、10.6m/s台の助走最高スピードを記録した試技は有効試技で7跳躍あり、その内の最低記録(7.80m)を抜いた6跳躍は全て8.20m以上である(Ave:8.29±0.05m)。参考として、10.7m/s以上の助走最高スピードを記録した跳躍は無効試技を含めてまだ測定されていない。

小山らはこれまでの報告(2018, 2019, 2020)で、助走スピードの縦断的測定結果と跳躍記録の関係から、8.10m～8.50mを跳躍するために必要になると予想される助走最高スピード(以下、推定最高スピード)を予測している。表2は2021年の結果も加えて各選手の推定最高スピードを更新したもので、図2は各選手の推定最高スピードと跳躍距離の関係を示した回帰直線である。各選手ともに記録の獲得にはより高い助走最高スピードが必要となることが示されているとともに、選手によって必要となるスピードが異なり、個人差があることがわかる。

表2 各選手の助走最高スピードと跳躍距離の関係から推定した8.10mから8.60m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	8.60m
城山 正太郎	8.40	8.40	10.69	10.75	10.81	10.87	10.93	10.99
橋岡 優輝	8.32	8.36	10.44	10.51	10.58	10.65	10.72	10.80
津波 響樹	8.23	8.23	10.75	10.83	10.91	10.98	11.06	11.14
小田 大樹	8.04	8.03	10.56	10.62	10.67	10.73	10.78	10.84

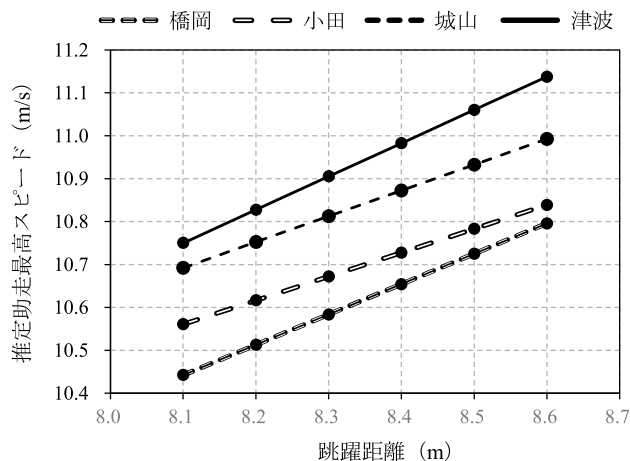


図2 各選手の推定助走最高スピードと跳躍距離の関係

3.2 踏切4歩前および1歩前の接地位置と記録の関係

図3は各選手の踏切4歩前および1歩前の接地位置と跳躍距離の関係について、2020年までの報告(柴田ら, 2017; 小山ら, 2018, 2019, 2020)に2021年度の結果を加えたものである。

橋岡選手は2019年および20年の報告(小山ら, 2019, 2020)で、2019年以降に4歩前の接地位置が踏切から徐々に遠くなる傾向にあり、9.30m以上の接地位置の試技の割合が増え、2020年では分析試技(10試技)の平均は $9.53 \pm 0.29\text{m}$ であったことが報告されているが、2021年も同様に有効試技の4歩前の接地位置は $9.56 \pm 0.32\text{m}$ であった。また、2021年の橋岡選手はフェール跳躍が多く、測定試技の28跳躍中19跳躍(全体の68%)がフェールであった。この割合は2019年および2020年の32%の約2倍であった(39跳躍中12跳躍がフェール、2020年は分析数が少ないため2年分で集計)。図4は橋岡選手の2019年度および2020年、2021年の測定跳躍における踏切時のフェールラインとつま先の距離と4歩前および1歩前の接地位置との関係を示している。この図を見ると、2019年および2020年のフェール跳躍は有効跳躍と同程度の4歩前およ

び1歩前接地位置であったがフェールとなったケースが比較的多かったのに比べ、2021年は踏切4歩前の地点ですでに踏切位置に近く、踏切1歩前の位置も近くなりフェールに至ったケースが多い傾向であった。有効試技の傾向として、近年は踏切4歩前の接地位置が踏切から遠くなってきていると上述したが、フェールの試技も合わせてみると、2021年は全体的に踏切に向けた接地位置にかなりののばらつきがあったシーズンであったと考えられる。

踏切4歩前および1歩前の接地位置と記録との関係について、2021年に特徴的な変化があった選手として小田選手の結果が挙げられる。小田選手は継続的に報告している選手の中では踏切4歩前および1歩前の接地位置が遠い傾向の選手であった(小山ら, 2019, 2020)。しかし、2021年は全体的に踏切4歩前と1歩前の接地位置が踏切に近い位置になっている傾向があり、2021年シーズンで最も記録の良かった試技はこれまでの測定試技の中で踏切4歩前の位置が最も近いものであった。図1にあるように2021年の小田選手の助走最高スピードはこれまでのシーズンに比べて高いスピードが出ていたシーズンではなかったものの、踏切前のストライド運びに大きな変化があり、これまでと同様の好記録も記

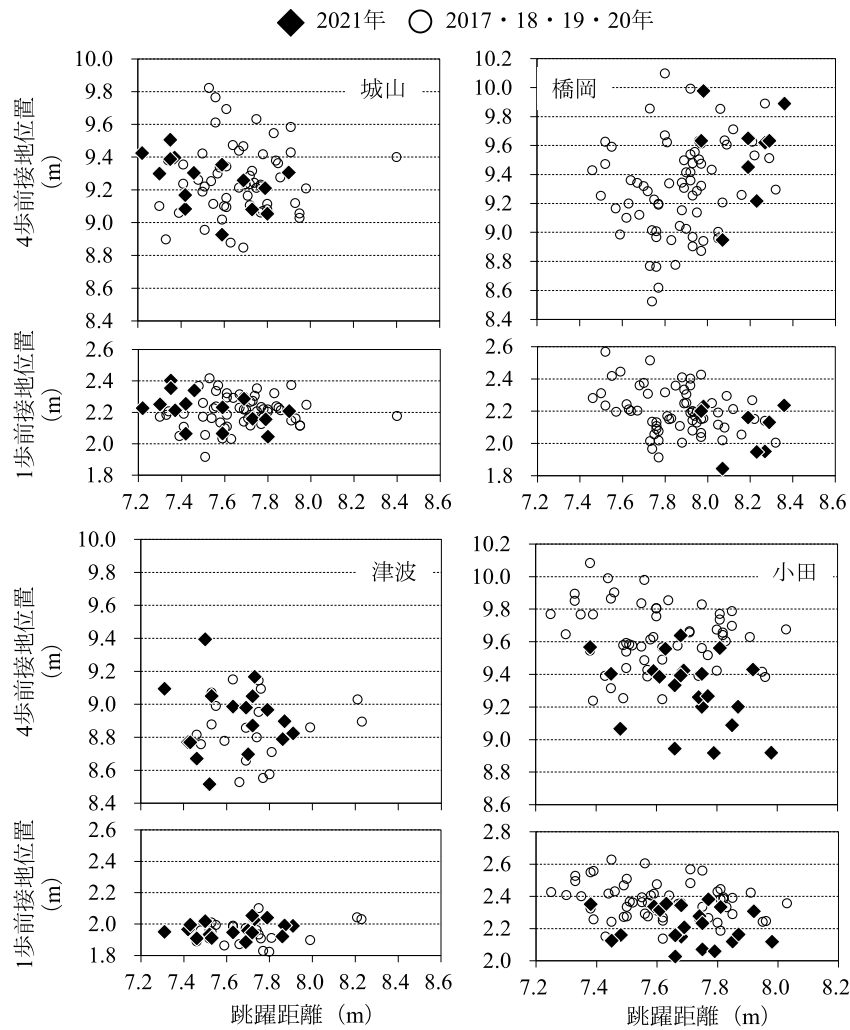


図3 各選手の踏切4歩前および1歩前接地位置と跳躍距離の関係

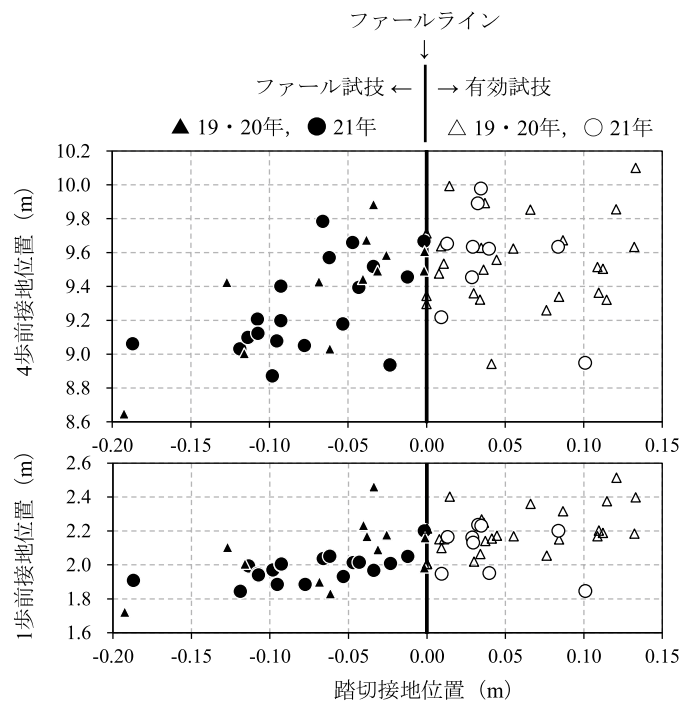


図4 橋岡選手の2019年から2021年の有効試技およびファール試技における踏切4歩前および1歩前の接地位置と踏切接地位置の関係

録されたことがデータとして表れている。なお、他の選手も含め、踏切前の接地位置（ストライド）は図1に示した助走最高スピードと関連して記録へ影響していると考えられることから、今後も継続的に測定を続け、選手のパフォーマンスの変化と踏切前の接地位置から見た踏切への入りについて検討を続けていきたい。

位置と記録の関係。陸上競技研究紀要，16：199-202.

4. まとめ

本報告では、これまでの測定につづいて助走スピードと記録の関係、踏切前の接地位置と記録の縦断的な変化を提示した。次年度も情報を収集し、個々の選手に応じた目標値の提案や跳躍の評価をしていきたい。

*注) 測定方法がレーザー式速度測定装置 (JENOPTIK 製, LDM301C) ではなく、ビデオ映像から算出したものであり、参考数値である。

5. 参考文献

- 1) 小山宏之, 柴田篤志, 久保理英 (2017) 男子走幅跳選手の助走最高スピードと記録の関係 - 日本ランキング上位選手の縦断的測定結果の報告 - . 陸上競技研究紀要, 13 : 220-223.
- 2) 柴田篤志, 小山宏之 (2017) 男子走幅跳選手の助走における踏切4歩前からの接地位置および助走スピードの分析 - 日本ランキング上位選手の事例 - . 陸上競技研究紀要, 13 : 214-219.
- 3) 小山宏之, 柴田篤志, 清水悠, 荻山靖, 長澤涼介, 広川龍太郎 (2018) 2018 年主要競技会における国内男子走幅跳選手の助走最高スピード, 踏切前のストライドと記録の関係. 陸上競技研究紀要, 14 : 201-205.
- 4) 小山宏之, 柴田篤志, 清水悠, 荻山靖, 広川龍太郎 (2019) 2019 年主要競技会における国内男子走幅跳選手の助走最高スピード, 踏切前の接地位置と記録の関係. 陸上競技研究紀要, 15 : 238-242.
- 5) 小山宏之, 柴田篤志, 清水悠, 荻山靖, 広川龍太郎 (2020) 2020 年主要競技会における国内男子走幅跳選手の助走最高スピード, 踏切前の接地

世代別に見た国内男子砲丸投競技者における回転投法の特徴 —シニアおよびU18の比較事例—

加藤忠彦¹⁾ 瀧川寛子²⁾ 山本大輔³⁾ 岩波健輔⁴⁾ 牧野瑞輝⁵⁾ 塚田卓巳⁶⁾ 村上雅俊⁷⁾
1) 湘南工科大学 2) 中京大学 3) 天理大学 4) 天理大学大学院 5) 中京大学大学院
6) 和歌山県立医科大学 7) 大阪産業大学

1. はじめに

砲丸投にはグライド投法と回転投法の2つの投法があり、世界の男子競技者では回転投法が圧倒的な主流である。我が国においては、2018年に現在の日本記録である18.85 mが中村太地選手に回転投法によって樹立されるなど、特にシニアの世代において回転投法を採用する競技者は増加傾向にある。一方で高校生以下の世代においては、グライド投法が主流であり、回転投法を採用する競技者が少ない現状は否めない。しかし、近年の全国高校総体を始めとする主要な競技会において回転投法を採用する競技者が優勝、あるいは上位入賞をする機会は増加傾向にあり、高校生以下の世代において積極的に回転投法に取り組む競技者が増えていることもうかがえる。我が国における現時点でのシニア並びに高校生の一流競技者における回転投法の投てき動作にどのような特徴や差異があるかを把握することは、将来的な砲丸投の競技水準の向上のための指導やトレーニングを検討していく上で有益な知見と考えられる。

本稿では、シニアの競技者とU18の競技者における回転投法の投てき動作を事例的に比較し、その投てき動作の特徴を明らかにすることを目的とした。

2. 方法

2.1 分析試技

2021年5月9日に開催されたREADY STEADY TOKYOにおける男子砲丸投決勝、および2021年10月24日に開催された第15回U18／第52回U16陸上競技大会におけるU18男子砲丸投決勝における優勝者1名ずつ（以下、それぞれシニア競技者・U18競技者）の最も記録が良かった1試技を分析対象と

した。いずれの競技者も回転投法を用いており、右手投げであった。

2.2 データ収集

投てき動作は、サークルの側方及び後方に設置した2台のデジタルビデオカメラ（FDR-AX45, FDR-AX55, SONY）を用いて、120 fps, シャッタースピード1/1000 sで撮影した。また、サークルの中心を原点に、READY STEDAY TOKYOでは前後方向2.00 m, 左右方向1.83 mの9か所に、第15回U18／第52回U16陸上競技大会では前後方向2.00 m, 左右方向1.50 mの9か所に、それぞれマーク間隔0.40 mのキャリブレーションポールを垂直に立て、あらかじめ撮影した。

2.3 データ分析

ビデオカメラによって撮影された映像から、各コマにおける身体23点および砲丸中心の合計24点を動作解析システム（Frame-DIAS 6, Q'sfix）を用いて60 Hzでデジタル化し、画面上の座標値を算出した。そして、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軸とした右手系の静止座標系を設定し、3次元DLT法により実長換算することで、分析点と砲丸の3次元座標値を求めた。算出した座標値は、残差分析法（Winter, 1990）によって決定された最適遮断周波数（3.6-5.4Hz）で、4次のButter-worth filterにより平滑化した。なお、2つの映像の同期は、砲丸のリリース時点のコマ数で行った。

2.4 分析項目

本研究では、準備局面（ターン）後半の右足接地（R-on）からリリース（Re1）までを分析区間とした。また、上記に加え左足接地（L-on）をイベントとし

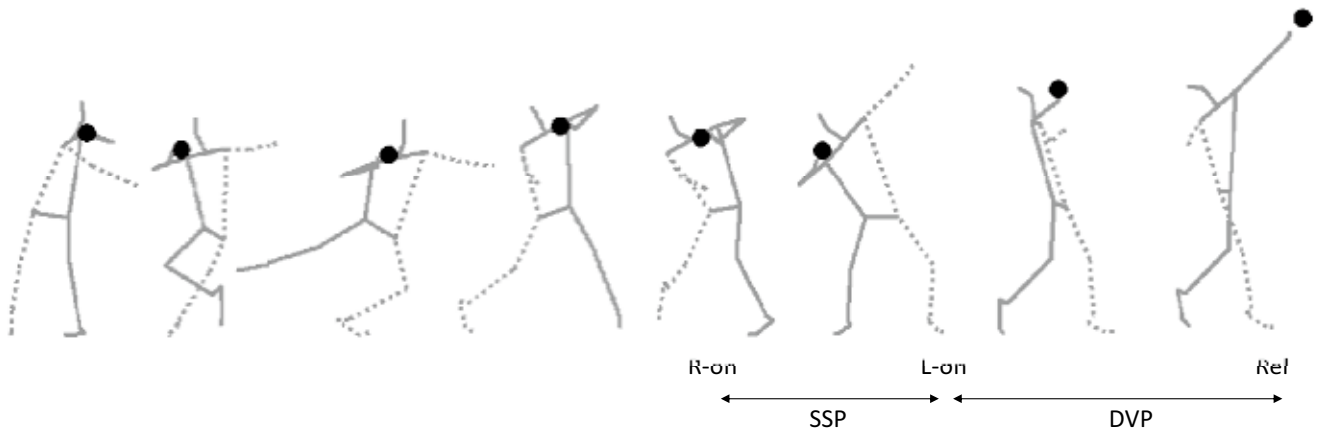


図1 砲丸投・回転投法における投てき動作のスティックピクチャ

て設定し、R-on から L-on を片脚支持局面 (SSP)、L-on から Rel を投げ局面 (DVP) とした (図1)。

投てき動作を評価する変数として以下を算出した

- 1) リリースパラメータ：リリース速度，リリース角度，リリース高
- 2) 砲丸の累積移動距離：各局面における砲丸の移動距離
- 3) 肩水平方位角：左肩関節から右肩関節に向かうベクトルが水平面にてY軸となす角度
- 4) 腰水平方位角：左大転子と右大転子を結ぶ線分が水平面にてY軸となす角度
- 5) 体幹捻転角度：肩水平方位角と腰水平方位角との差分（右肩が右腰を追い越した状態を正，右腰が右肩を追い越した状態を負）
- 6) 体幹前後傾角度：左右股関節の midpoint から左右肩関節の midpoint へ向かうベクトルが矢状面にてZ軸となす角度（投てき方向と反対に傾いた状態を負，投てき方向に傾いた状態を正）
- 7) 体幹と砲丸の距離：両肩 midpoint と砲丸の距離

3. 結果および考察

3. 1. リリースパラメータについて

まず、表1について、投てき記録はシニア競技者が17.66m、U18競技者が16.69 mでありその差は約1 mであった。リリース速度は、合成速度、Y速度、Z速度ではシニア競技者が、X速度ではU18競技者の方が高値であった。また、X速度はシニア競技者が負の値、U18競技者は正の値であり、着地場所に

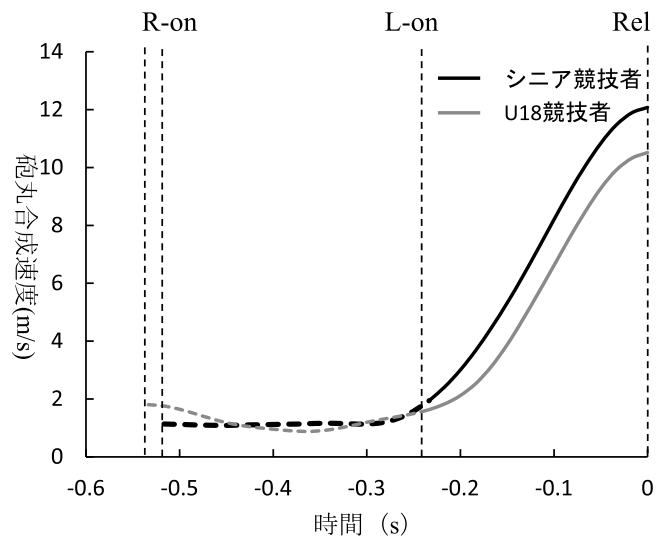


図2 砲丸合成速度の変位

対してシニア競技者は左方向に、U18競技者は右方向にそれぞれリリースしていたと考えられる。リリース角度は同程度であり、リリース高についてはシニア競技者が20 cm程度高値であった。リリース速度は砲丸の飛距離に最も影響をおよぼす要素である (Hay, 1985)。したがって、両選手の記録の差は、リリース速度の差がもたらしていたと考えられる。砲丸の合成速度の経時的な変化は、図2に示した通りである。L-onの時点における砲丸の合成速度は、シニア競技者において1.94 m/s、U18競技者において1.64 m/sであり大きな差はない。このことから、DVPにおける動作の差異によって、最終的なリリース速度に差が生じたことが示唆される。

表1 投てき記録とリリースパラメータ

	投てき記録 (m)					リリース速度 (m/s)	リリース角度 (°)	リリース高 (m)
	X速度	Y速度	Z速度	合成速度				
シニア競技者(7.26kg)	17.66	-0.18	9.69	7.20	12.07	36.30	2.24	
U18競技者(6.0kg)	16.69	0.65	8.43	6.30	10.54	37.31	2.04	

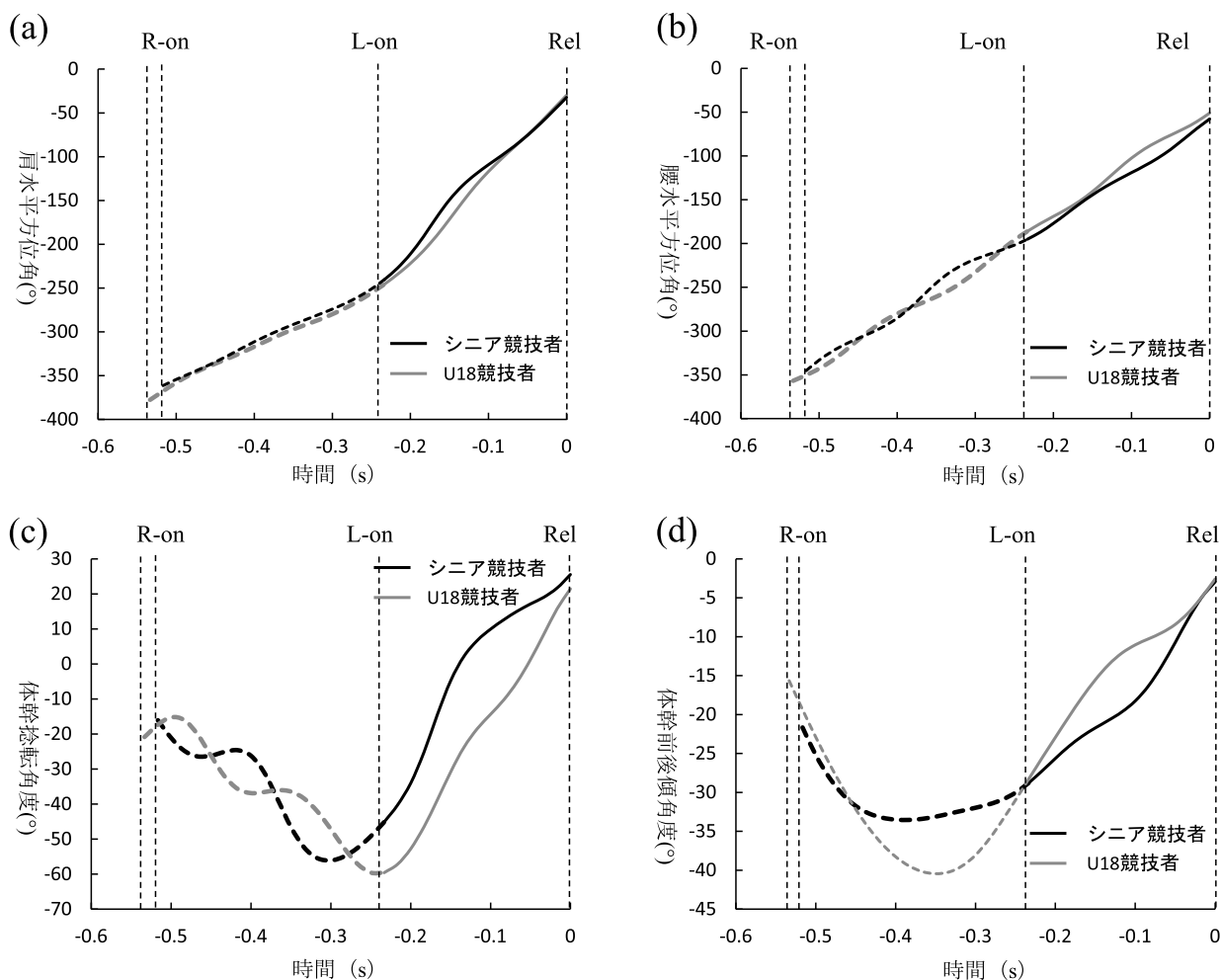


図3 肩水平方位角，腰水平方位角，体幹捻転角度および体幹前後傾角度

3. 2. 砲丸の累積移動距離に関して

SSPにおける砲丸の累積移動距離はシニア競技者が0.32 m，U18競技者が0.34 mと同等であった。一方，DVPにおける砲丸の累積移動距離は，シニア競技者が1.71 m，U18競技者が1.40 mと，約30 cmの差があった。つまり，DVPにおいて砲丸を突き出していく過程で，シニア競技者はより長い距離に渡って砲丸の加速を遂行できる動作を行い，前述した大きな砲丸のリリース速度を作り出していたことが示唆される。また，リリース速度のX速度の結果も踏まえると，特にシニア競技者は，着地場所の左方向に向かって砲丸をリリースする動作によって，U18競技者よりも長い砲丸の移動距離を獲得していた可能性が考えられる。

3. 3. 肩水平方位角，腰水平方位角，体幹捻転角度および体幹前後傾角度について

本研究において，水平方位角は，投てき方向（Y軸）を 0° とし， -90° を投てき方向に対して右側（X軸）， -180° を投てき方向と反対側，そして -270° を投てき方向に対して左側として算出して

いる。図3aは，肩水平方位角の変位を示している。SSPにおける変化量はシニア競技者が 120.97° ，U18競技者が 132.00° ，DVPにおける変化量はシニア競技者が 208.04° ，U18競技者が 215.89° であった。図3bに示した腰水平方位角は，SSPにおける変化量はシニア競技者が 150.04° ，U18競技者が 170.73° ，DVPにおける変化量はシニア競技者が 137.37° ，U18競技者が 134.87° であった。肩と腰の水平方位角の差である体幹捻転角度（図3c）に注目すると，DVPにおける変化量は，シニア競技者が 70.68° ，U18競技者が 81.02° であった。つまり，体幹部の長軸周りの回転に関して，シニア競技者に比較してU18競技者は肩と腰を大きく水平回転させ，かつ十分に体幹を捻り戻す動作を行っていた。体幹の捻転動作は大きなエネルギー発揮のための前提となることから（田内と遠藤，2009），U18競技者は，シニア競技者以上に体幹部の長軸周りの回転を活かす投てき動作を行っていたと示唆される。

次に，図3dに示した体幹前後傾角度について，SSPにおける最大値はシニア競技者が -33.54° ，

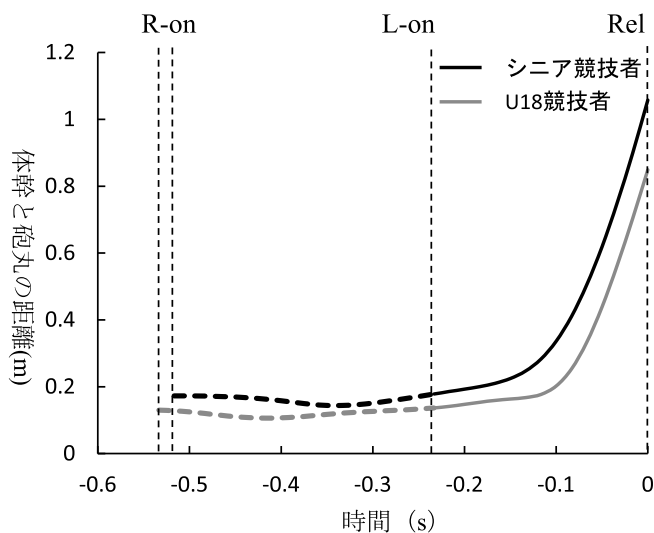


図4 体幹と砲丸の距離

U18 競技者が -40.44° であり U18 競技者の方が投てき方向とは逆側に後傾した姿勢であった。しかし、L-on においては両者ともに同等であり、DVP における変化量もシニア競技者が 24.31° 、U18 競技者が 23.01° と同等であった。したがって、DVP において砲丸を突き出しながら「身体を起こしていく動作」に関しては、両者に大きな差異はなかったといえよう。

3. 4. 体幹と砲丸の距離について

図4は、体幹と砲丸の距離を示している。L-on の時点ではシニア競技者は 0.18 m、U18 競技者は 0.14 m であり、両者の間には約 4 cm 程度しか差はない。しかし、L-on 以降、体幹と砲丸の距離は経時的にシニア競技者の方が増大していき、最終的に Rel の時点では、シニア競技者が 1.08 m、U18 競技者が 0.85 m と、20 cm 以上の差が生じていた。体幹と砲丸の距離の増大がもたらす効果として、砲丸の速度に対する体幹の長軸回転の貢献の増大が考えられる。これは、体幹の長軸周りの角速度と体幹と砲丸の距離との積で算出され（田内ほか、2006）、グライド投法と比較した場合、回転投法では体幹の長軸回転の貢献が高いことが指摘されている（田内、2007）。本研究では体幹の長軸回転の貢献や、体幹の長軸周りの角速度は算出していないが、シニア競技者においては、DVP において体幹から遠い位置で砲丸を加速させることで、体幹の長軸回転の貢献を高め、高いリリース速度を獲得していたのではないかと示唆される。さらに、先述した DVP における長い砲丸の累積移動距離の獲得も、体幹と砲丸の距離の増大に応じて達成されていたと考えられる。

4. まとめ

本稿では、国内のシニア競技者と U18 競技者における回転投法の投てき動作を事例的に比較し、その投てき動作の特徴を明らかにした。その結果、シニア競技者は、DVP において砲丸を体幹から遠い位置で動かし、かつ着地場所の中央より左方向に投射することにより、長い距離に渡って加速させ高いリリース速度を獲得していた。一方で、U18 競技者は、肩水平方位角や腰水平方位角、体幹捻転角度においてシニア競技者よりも高い変化量であり、体幹部の長軸周りの回転を活かす投てき動作を行っていた。以上のことを踏まえると、我が国における U18 世代の一流競技者は、シニア世代の一流競技者と比較しても十分に高い技術レベルで回転投法の投てき動作を行っていることが示唆された。

参考文献

- 1) Hay, J. G. (1985) The Biomechanics of Sports Techniques, 3rd ed. Prentice-Hall: Englewood Cliffs, NJ., pp.475-487.
- 2) 田内健二 (2007) 砲丸投げの競技特性と競技レベルに対する日本選手の課題. 陸上競技学会誌, 6: 9-99.
- 3) 田内健二, 村上雅俊, 高松潤二, 阿江通良 (2006) 砲丸投げにおける砲丸速度に対する身体各部位の貢献—世界レベル選手と日本レベル選手との比較—. 陸上競技研究紀要, 2: 65-73.
- 4) 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.
- 5) Winter, D. A. (1990) Kinematics. In: Winter, D. A. (eds.) Biomechanics and motor control of human movement. John Wiley and Sons, pp. 11 - 50.

やり投げおよびジャベリックスローにおける投てき動作の比較 — U18 および U16 を対象として —

瀧川寛子¹⁾ 山本大輔²⁾ 加藤忠彦³⁾ 牧野瑞輝⁴⁾ 村上雅俊⁵⁾

1) 中京大学 2) 天理大学 3) 湘南工科大学 4) 中京大学大学院 5) 大阪産業大学

1. はじめに

わが国において、ジャベリックスローはU16の正式種目に含まれており、やり投げの導入種目として位置づけられている。ジャベリックスローにおいて用いられるターボジャブは、やり投げの動作を正しく安全に習得するために、やり投げの元世界記録保持者であるトム・ペトラノフ氏が考案した投てき物である。しかしながら、その形状はやりとは大きく異なる（長さが短く、羽根がついている）ことから、やり投げとは別物として捉える指導者もいるのが現状である（宮崎ほか, 2009）。これらのことから、ジャベリックスローにおける投てき動作の特徴を、やり投げの投てき動作と比較して明らかにすることは、やり投げ競技の普及や、育成年代の選手がやり投げの正しい動作を身に付けるための一助となると考えられる。

本研究では、U16 ジャベリックスロー選手とU18 やり投げ選手との投てき動作を比較することで、ジャベリックスローにおける投てき動作の特徴を明らかにすることを目的とした。

2. 方法

2.1 分析対象

分析対象者は同日に行われた、第15回U18／第52回U16陸上競技大会における男子やり投げ（以下、やり群）および男子ジャベリックスロー（以下、ジャベ群）それぞれ決勝上位3名の選手とした。いずれの選手においても、4投の試技のうち、最も良い記録であった投てき試技を分析対象とした。なお、対象となった選手はすべて右手投げであった。対象者および対象試技の記録は表1に示した通りであった。

2.2 データ収集

すべての投てき動作を、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（FDR-AX55, SONY）を用いて、毎秒120コマ、シャッタースピード1/1000 sで撮影した。また、助走路の中央、ファウルラインより後方6m地点を原点とし、縦6 m × 横4 m × 高さ2.8 mを撮影範囲とした。撮影範囲中の9地点にキャリブレーションポール（マーク間隔0.4 m）をたてた。

2.3 データ分析

撮影した映像から、動作解析システム（Frame-DIAS 6, DKH）を用いて、身体分析点23点、やりおよびターボジャブ（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3次元DLT法により算出し、8 HzのButterworth low-pass digital filterによって平滑化した。2台のビデオカメラによって撮影した映像の同期は、やりおよびターボジャブのリリース時点のコマを合わせることによって行った。なお、本研究では、投てき方向をY軸、Y軸に対して左右方向をX軸、鉛直方向をZ軸とした右手系の静止座標系を設定した。

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（以下、R-on）、左足接地（以下、L-on）、やりおよびターボジャブのリリース（以下、

表1 分析対象の選手および記録

順位	ジャベ群		やり群	
	氏名	記録[m]	氏名	記録[m]
1位	榎本 禮斗	68.90	青木 朋矢	60.66
2位	松嶋 祥斗	66.37	薬師寺 新	60.14
3位	中西 悠太	63.97	山田 航大	60.10

REL) の各イベントを設定し, R-on から L-on を準備局面, L-on から REL までを投局面とした. また, 各変数の経時的な変化を比較するために, 準備局面を 0-60 %, 投局面を 60-100 % として規格化を行った. 投てき動作に関するパラメータとして以下を算出した.

- 1) リリース速度: リリース時のヤリのグリップ速度
- 2) リリース高: リリース時のヤリのグリップ高
- 3) リリース角度: 矢状面におけるヤリのリリース速度ベクトルと Y 軸とのなす角度
- 4) 姿勢角: 矢状面におけるヤリの先端とグリップを結んだ線分と Y 軸とのなす角度
- 5) 迎え角: 姿勢角からリリース角度を減じた角度
- 6) 肩角度: 水平面における左右肩峰を結んだ線分と X 軸とのなす角度
- 7) 腰角度: 水平面における左右大転子を結んだ線分と X 軸とのなす角度
- 8) 捻転角度: 肩角度から腰角度を減じた角度 (左捻転位を正, 右捻転位を負)
- 9) 上肢角度: 水平面における右肩肩峰とグリップを結んだ線分と X 軸とのなす角度

3. 結果および考察

3.1 投てき記録およびリリースパラメータ

表 2 に, 両群における投てき記録およびリリースパラメータの平均値±標準偏差を示した. 投てき記録およびリリース速度 (合成およびすべての方向) は, ジャベ群がやり群よりも高い値を示した. リリース速度の差は, ターボジャブとヤリの質量の違い (ターボジャブ: 300g, ヤリ: 800g) に起因していると考えられ, これが直接的に投てき記録の差につながったと推察される. また, 迎え角においても, ジャベ群がやり群よりも高い値を示した. やり投げでは, 過大な迎え角は投てき記録の増大に不利であり, 0° に近い方が望ましいと報告されている (前田ほか, 1997). 一方, ジャベリックスローでは, 羽根の存在によってその影響は少なくなると報告されている (前田・丹松, 2008; 長尾ほか, 2013). この迎え角の差は, 主に姿勢角が影響していると考えられることから, 本研究では姿勢角の時系列変化について検討した (図 1). その結果, ジャベ群は R-on の時点で既に大きく, L-on 付近でさらに大きくなる傾向を示しているのに対して, やり群は, 投てき動作全体を通してほぼ一定の姿勢角を維持していた. ジャベ群がやり群に比べて姿勢角を維持でき

表 2 投てき記録およびリリースパラメータ

		ジャベ群	やり群
投てき記録	[m]	66.13 ± 2.36	60.30 ± 0.26
リリース速度			
左右	[m/s]	2.7 ± 1.9	1.5 ± 2.0
前後	[m/s]	22.3 ± 2.1	19.7 ± 1.1
上下	[m/s]	14.6 ± 0.8	13.5 ± 0.4
合成	[m/s]	26.9 ± 1.3	24.0 ± 0.6
リリース高	[m]	2.0 ± 0.1	1.9 ± 0.1
リリース角度	[deg]	33.4 ± 3.8	34.5 ± 2.3
姿勢角	[deg]	52.0 ± 1.4	37.6 ± 2.8
迎え角	[deg]	18.7 ± 3.4	3.1 ± 2.1

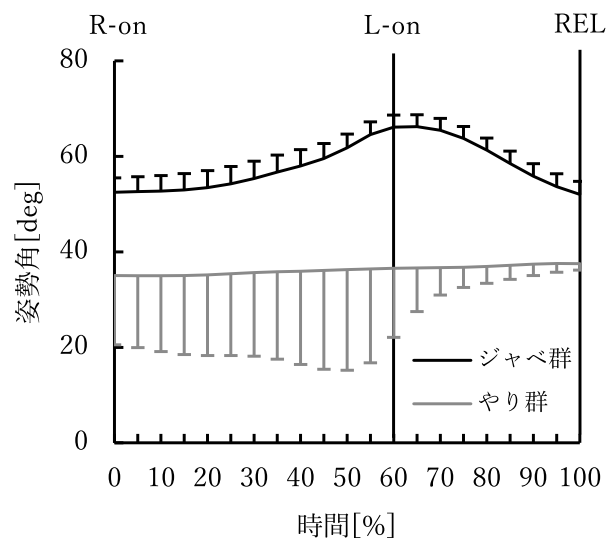


図 1 ヤリおよびターボジャブにおける姿勢角

なかった要因の一つとして, ターボジャブとヤリの形状の違いが考えられる. つまり, ターボジャブはヤリに比べて質量が小さく, 長さが短く慣性モーメントが著しく小さいために, 短軸周りの回転が生じやすかったと示唆された.

3.2 投てき動作について

上述のように, ジャベリックスローとやり投げでは, 投てき物における形状などの違いが, リリースパラメータに影響していることが推察された. 投運動において, その対象となる投てき物の形や重さなどの違いは投てき動作に大きく影響することが報告されている (豊島ほか, 1976). 本研究では, 投てき動作についても検討するため, 両群のスティックピクチャを図 2 に示した. 後方からのスティックピクチャをみると, 準備局面における体幹部およびグリップの位置に大きな違いが観察できた. このことをより詳細に検討するために, 図 3 に肩, 腰, 捻転および上肢角度を示した. 準備局面において, 肩角度は両群で大きな差はないものの, 腰角度はジャベ群がやり群よりも右回旋位であり, その結果ジャベ

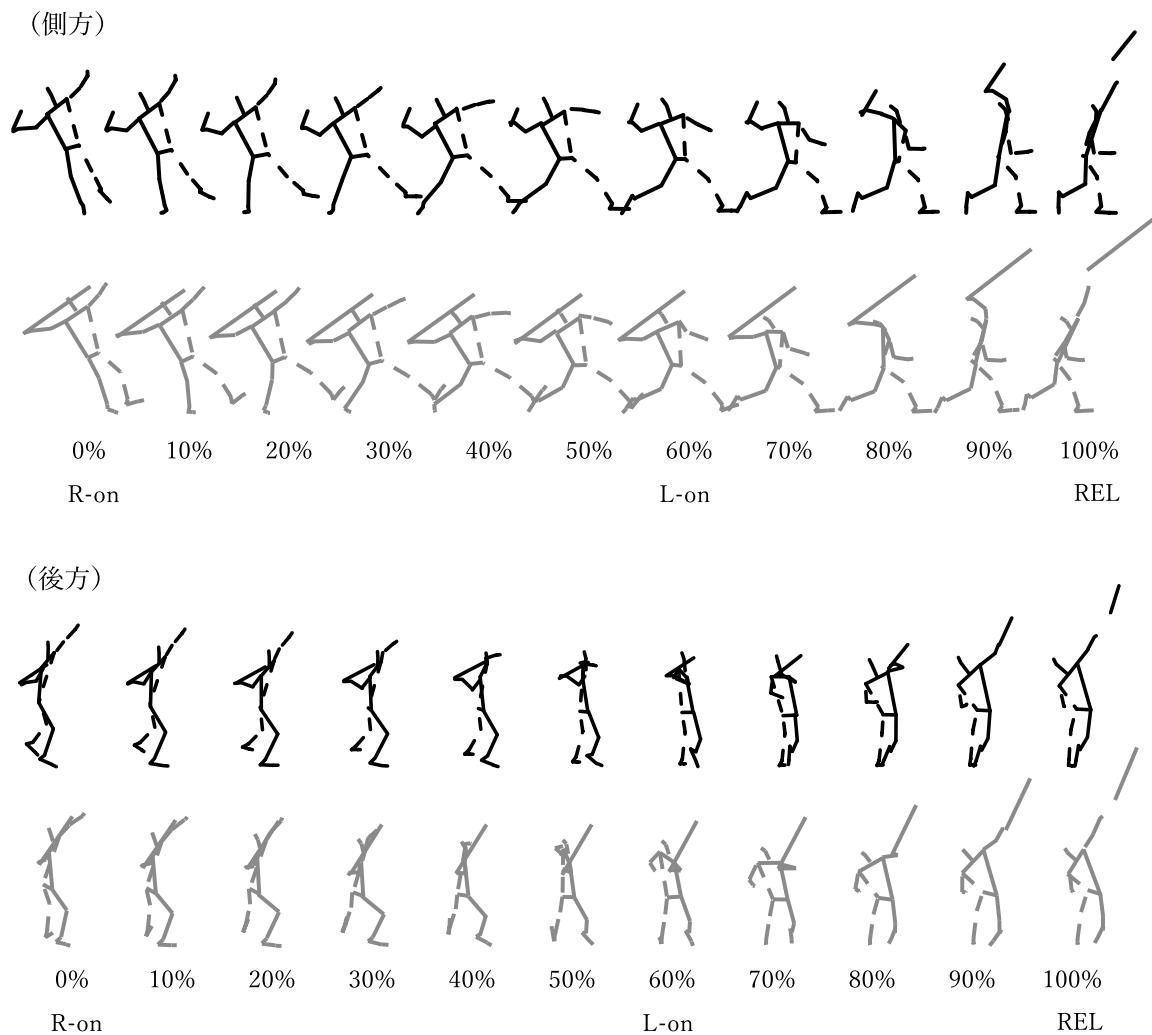


図2 ジャベ群 (上) およびやり群 (下) におけるスティックピクチャ

群の捻転角度は小さかった。また、準備局面における上肢角度においても、ジャベ群がやり群よりも右回旋位であった。これらのような、ジャベ群におけるやり群とは異なる投てき動作は、ターボジャブがやり群に比べて質量や慣性モーメントが小さく、肩関節の自由度が高いことから、投てき方向に対して体幹部およびグリップを大きく右回旋させた状態からでも引き出すことが可能となって生じたと考えられる。

4. まとめ

本研究では、ジャベリックスローにおける投てき動作の特徴を、やり投げと比較することによって明らかにした。その結果、ジャベ群はやり群よりも投てき動作を通して姿勢角が大きく、リリース時の迎え角が大きかった。また、準備局面において、腰およびグリップの位置が投てき方向に対して大きく右回旋しており、体幹部の捻転が少ない、というやり投げとは異なる投てき動作の特徴がみられた。これ

らの特徴には、ジャベリックスローで用いられるターボジャブがやり群に比べて、長さが短く慣性モーメントが著しく小さいことが影響していることが示唆された。以上のことから、ジャベリックスローを実施する際には、やり投げとはかけ離れた投てき動作が生じる可能性があることを考慮すべきだと考えられる。

参考文献

- 1) 前田正登, 野村治夫, 柳田泰義, 宮垣盛男 (1997) 人間の動きを考慮に入れたヤリの最適投射条件. デザントスポーツ科学, 17 : 270-282.
- 2) 前田正登, 丹松由美子 (2008) ジャベリックスローにおけるターボジャブの投射初期条件が飛距離に及ぼす影響. コーチング学研究, 21 (2) : 139-145.
- 3) 宮崎明世, 岡野進, 三宅聡 (2009) 高校生やり投選手における“ジャベリックスロー”の有効性について—全国高校総体出場選手を対象に—. 陸

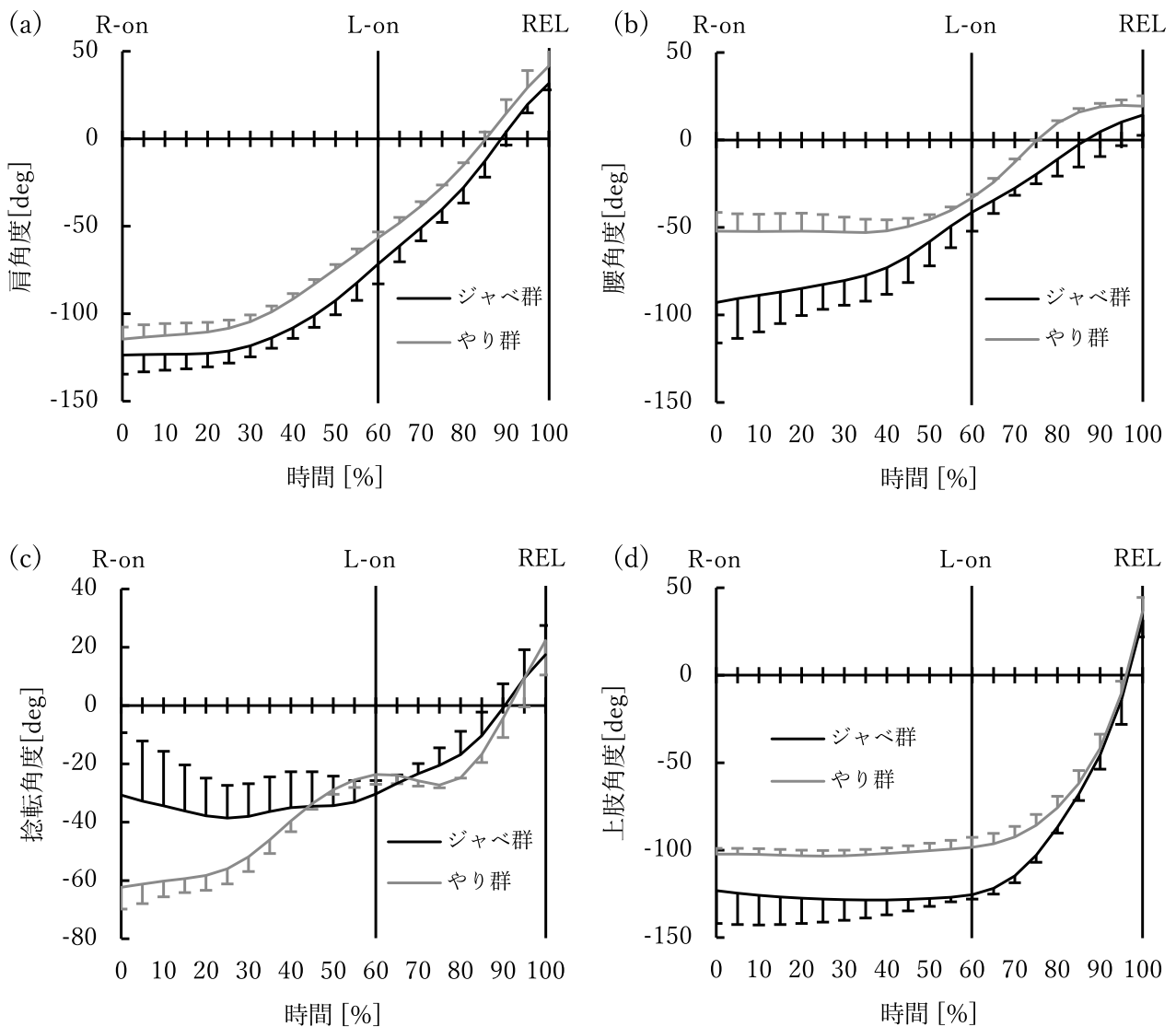


図3 肩、腰、捻転および上肢角度

上競技研究紀要, 5 : 19-20

- 4) 長尾将史, 中嶋智也, 板野智昭, 関眞佐子 (2013) ターボジャブの空力特性の性質. 日本機械学会論文集 (B編), 79 (809) : 1561-1570.
- 5) 豊島進太郎, 三浦望慶, 池上康男 (1976) 種々の投てき物を投げたときの投動作の分析. 昭和51年度日本体育協会スポーツ科学研究報告, 1 : 34-47.

2021年シーズンにおける十種競技選手の110mハードル走レース分析

松林武生¹⁾ 山中亮²⁾ 松田克彦³⁾

1) 国立スポーツ科学センター 2) 新潟食料農業大学 3) 名古屋学院大学

1. はじめに

日本陸上競技連盟科学委員会では、強化指定選手の競技力向上に活用する情報収集活動として、主要競技会においてレース分析、パフォーマンス分析を実施している。本稿では、2021年シーズンにおける十種競技選手の110mハードル走のレース分析結果について報告する。

2. 方法

2-1. 分析対象

第105回日本陸上競技選手権大会混成競技(2021年6月12-13日)の十種競技に出場した強化指定選手3名(中村明彦選手、奥田啓祐選手、丸山優真選手)を分析対象とした。

2-2. 測定方法

観客スタンドに設置した複数台のデジタルビデオカメラ(239.76 fps, Lumix DC-GH5S, Panasonic社製)を用いてレース映像を取得した。撮影では、選手のスタート動作とともにスタート信号の閃光を映したのち、選手をフィニッシュまで追従した。得られた映像において、スタート信号を基準($t=0.00s$)として、各ハードルを越える前の踏切脚が接地した時間と、超えた後のリード脚接地(タッチダウン)の時間を確認した。各ハードルの踏切脚接地からタッチダウンまでの所要時間をハードリングタイム、リード脚接地から次ハードル踏切脚接地までをインターバルランタイムと定義した。また、インターバルランタイムとその直後のハードリングタイムとの合計を区間タイムとした。さらには、スタート信号から1台目ハードル後タッチダウンまでをアプローチ区間、10台目ハードル後タッチダウンからフィニッシュまでをランイン区間とし、それぞれの所要時間についても同様に算出した。

各区間の平均走速度を、区間距離を区間タイムで除することによって算出した。このとき、各ハードル間の区間距離はそのまま9.14mとしたが、アプローチ区間については1台目ハードルまでの距離13.72mにハードルを越えた後の接地までの距離(1.60mと仮定、尾縣1999、柴山ら2020)を加えた15.32m、ランイン区間は10台目ハードルからフィニッシュラインまでの距離14.02mから同距離を減じた12.42mとした。

2-3. ハードル専門選手との比較

男子110mハードル走における2020年シーズンの日本ランク10位タイ以内の選手(11名)に関して日本陸上競技連盟科学委員会の分析報告(柴山ら, 2020)から各選手のシーズンベスト記録のレースを抽出した参照データ(平均値および標準偏差)を作成し、これと比較することによって今回測定した選手のデータの特徴を検討した。

3. 結果および考察

表1に3選手の分析結果を比較対象データとともに示した。また、図1には、インターバルランタイム、ハードリングタイム、区間走速度のレース中の推移を示した。

十種競技選手の走速度は、すべての区間においてハードル専門選手よりも低かった。ハードルレースにおける走速度に影響をおよぼす要因のひとつには、疾走能力が挙げられる。特に疾走能力が強く反映されると考えられるアプローチ区間のタイムを見ると、十種競技選手はハードル専門選手にすでに0.1秒以上の差をつけられている。13秒台の記録を出すためには、1台目ハードルのタッチダウンタイムにおいて少なくとも2.6秒台中盤を目指す必要があると推察される。

十種競技選手とハードル専門選手ともに、走速度

はスタート後から3-4台目区間もしくは4-5台目区間まで増加し続け、そこでピークとなった後は少しずつ減少していった。区間走速度のピーク値とレース記録との間には相関関係が認められており（貴嶋ら、2015；柴山ら、2018；柴山ら、2020）、記録の向上には走速度ピークを高めることが必要である。5台目ハードルあたりまでは、ハードリングをしつつも加速を続けていくことが重要となる。中村選手と奥田選手は1-2台目区間から比較的高い走速度を發揮していたが、それ以降のさらなる加速幅は大きくなく、加速がスムーズでない様子も見受けられ、2台目以降にも加速をし続けるという点に課題があると考えられる。両選手は分析対象レースにおいて1-4台目のハードルに接触しており、これが加速に影響を与えた可能性がある。また両選手には、ハードリングタイムがハードル専門選手よりも大きいという特徴も認められた。これはハードリング時に高く跳んでいることを意味しており、踏切や着地において大きなブレーキが生じやすいことが推察される。ハードル専門選手との体格差などを考慮する必要はあるものの、ハードリング動作を見直すこと等によって、より効率的なハードリングとスムーズな加速を達成していくことができる可能性がある。丸山選手はスタートから4-5台目区間まで着実に加速をし続けていたようにも見えるが、アプローチ区間の走速度が他の2選手とほぼ同等である一方で1-2台目区間の走速度が低く、その直前の1台目のハードリング等に課題があるように見受けられる。丸山選手のハードリングタイムについて見てみると、2台目以降はハードル専門選手と同程度に小さかったが、1台目のみは大きかった。アプローチ区間における走り方や1台目ハードリングの動作を改善することによって、1-2台目区間からよりスムーズに加速していくことができる可能性がある。

インターバルランタイムに関しては、3選手ともにすべての区間においてハードル専門選手よりも大きい傾向にあった。ただしこれには走速度やハードリングタイムの大小が反映されるため、加速やハードリングにおける課題を解決することによって、タイムは短縮されていくと思われる。ハードル専門選手のインターバルランタイムは、走速度と同様にスタートから3-4台目区間までに漸減し、その後漸増するという推移が見られた。奥田選手はこれとは少し異なる推移を見せたが、分析対象としたレースにおいてハードルへの接触が多く、バランスが崩れた区間などではインターバルランタイムが大きく変動したと思われる。ハードリングおよびインターバ

ルランを安定して進められたかを確認する際に、区間のタイムや走速度に加えて、ハードリングタイム、インターバルランタイムを確認していくとよいだろう。

4. まとめ

110mハードル専門選手と比較して十種競技選手は、疾走能力およびハードリング技術の両方に課題があると考えられた。13秒台の記録を目指して記録向上を図るためには、体格等の差異も考慮しつつ、これらの課題を解決していく必要がある。

5. 参考文献

- 1) 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.
- 2) 貴嶋孝太，山元康平，柴山一仁，杉本和那美，櫻井健一，千葉佳裕，森丘保典（2015）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.
- 3) 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（2018）2018年シーズンにおける男子110mハードル走のレース分析．陸上競技研究紀要 14：132-141.
- 4) 柴山一仁，貴嶋孝太，杉本和那美，森丘保典，櫻井健一，荻部俊二，金子公宏，谷川聡（2020）2020年シーズンにおける男子110mハードル走のレース分析．陸上競技研究紀要 16：149-156.

表1 レース分析結果 (2021 日本選手権混成 / 2021.6.12-13)

選手名	記録 [s]	風 [m]	ハードル:												
			区間:	1st app.	2nd 1-2	3rd 2-3	4th 3-4	5th 4-5	6th 5-6	7th 6-7	8th 7-8	9th 8-9	10th 9-10	run-in	
中村 明彦	14.34	-0.6	タッチダウンタイム [s]	2.73	3.85	4.97	6.09	7.21	8.32	9.45	10.58	11.72	12.85	14.34	
			区間タイム [s]	2.73	1.13	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.13	1.14	1.13	1.49	
			インターバルランタイム [s]		0.60	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.60	0.60	0.60		
			ハードリングタイム [s]	0.54	0.53	0.53	0.54	0.53	0.53	0.54	0.53	0.54	0.54	0.54	
			区間走速度 [m/s]	5.62	8.12	8.18	8.18	8.18	8.18	8.15	8.09	8.03	8.06	8.34	
奥田 啓祐	14.54	-0.9	タッチダウンタイム [s]	2.74	3.88	5.02	6.15	7.26	8.41	9.56	10.71	11.86	13.06	14.54	
			区間タイム [s]	2.74	1.14	1.13	1.13	1.11	1.15	1.15	1.15	1.15	1.20	1.48	
			インターバルランタイム [s]		0.59	0.59	0.59	0.57	0.60	0.60	0.60	0.62	0.66		
			ハードリングタイム [s]	0.57	0.55	0.54	0.55	0.54	0.55	0.55	0.55	0.53	0.54		
			区間走速度 [m/s]	5.59	8.00	8.06	8.06	8.27	7.94	7.94	7.97	7.94	7.61	8.39	
丸山 優真	14.50	-0.6	タッチダウンタイム [s]	2.74	3.91	5.05	6.17	7.27	8.40	9.51	10.66	11.80	12.95	14.50	
			区間タイム [s]	2.74	1.17	1.14	1.12	1.11	1.12	1.12	1.15	1.14	1.15	1.55	
			インターバルランタイム [s]		0.67	0.65	0.63	0.63	0.63	0.63	0.64	0.64	0.63		
			ハードリングタイム [s]	0.55	0.50	0.49	0.49	0.48	0.49	0.49	0.50	0.50	0.51		
			区間走速度 [m/s]	5.59	7.80	8.03	8.18	8.27	8.15	8.18	7.97	8.00	7.97	8.02	
ハードル専門選手	13.50±0.12		タッチダウンタイム [s]	2.60	3.66	4.69	5.73	6.76	7.81	8.86	9.92	10.99	12.07	13.50	
			区間タイム [s]	2.60	1.06	1.04	1.03	1.03	1.05	1.05	1.06	1.07	1.08	1.43	
			インターバルランタイム [s]		0.57	0.56	0.55	0.56	0.56	0.56	0.57	0.58	0.59		
			ハードリングタイム [s]	0.51	0.49	0.48	0.48	0.48	0.49	0.49	0.49	0.49	0.50		
			区間走速度 [m/s]	5.91	8.64	8.78	8.84	8.83	8.70	8.71	8.62	8.57	8.46	8.71	

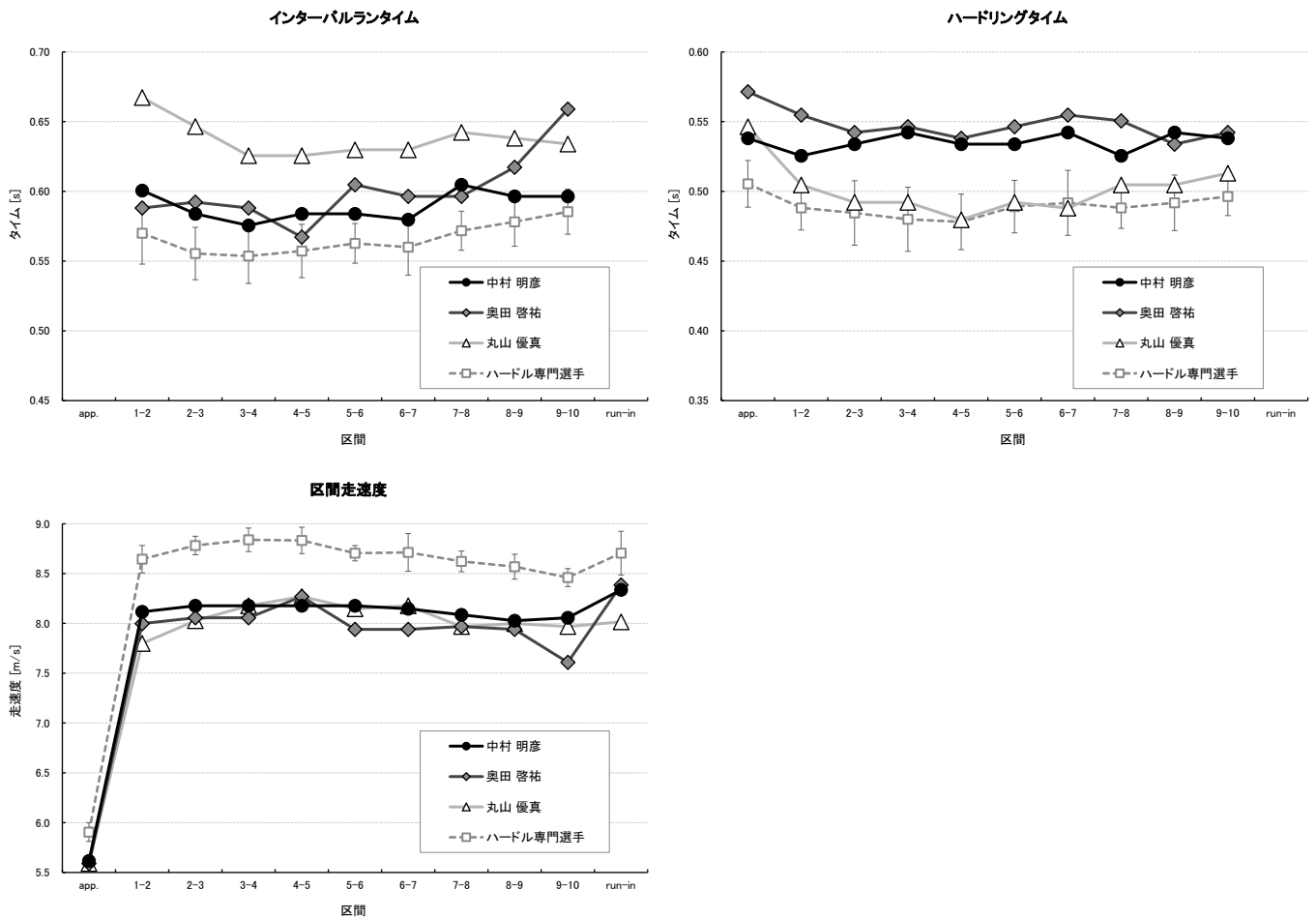


図1 インターバルランタイム (左上)、ハードリングタイム (右上)、区間走速度 (下) の推移 (2021 日本選手権混成 / 2021.6.12-13)

2021年シーズンにおける七種競技選手の100mハードル走レース分析

松林武生¹⁾ 山中亮²⁾ 持田尚³⁾ 伊藤信之⁴⁾

1) 国立スポーツ科学センター 2) 新潟食料農業大学 3) 帝京科学大学 4) 横浜国立大学

1. はじめに

日本陸上競技連盟科学委員会では、強化指定選手の競技力向上に活用する情報収集活動として、主要競技会においてレース分析、パフォーマンス分析を実施している。本稿では、2021年シーズンにおける七種競技選手の100mハードル走のレース分析結果について報告する。

2. 方法

2-1. 分析対象

第105回日本陸上競技選手権大会混成競技(2021年6月12-13日)の七種競技に出場した強化指定選手3名(山崎有紀選手、大玉華鈴選手、利藤野乃花選手)を分析対象とした。

2-2. 測定方法

観客スタンドに設置した複数台のデジタルビデオカメラ(239.76 fps, Lumix DC-GH5S, Panasonic社製)を用いてレース映像を取得した。撮影では、選手のスタート動作とともにスタート信号の閃光を映したのち、選手をフィニッシュまで追従した。得られた映像において、スタート信号を基準($t=0.00s$)として、各ハードルを越える前の踏切脚が接地した時間と、超えた後のリード脚接地(タッチダウン)の時間を確認した。各ハードルの踏切脚接地からタッチダウンまでの所要時間をハードリングタイム、リード脚接地から次ハードル踏切脚接地までをインターバルランタイムと定義した。また、インターバルランタイムとその直後のハードリングタイムとの合計を区間タイムとした。さらには、スタート信号から1台目ハードル後タッチダウンまでをアプローチ区間、10台目ハードル後タッチダウンからフィニッシュまでをランイン区間とし、それぞれの所要時間についても同様に算出した。

各区間の平均走速度を、区間距離を区間タイムで除することによって算出した。このとき、各ハードル間の区間距離はそのまま8.50mとしたが、アプローチ区間については1台目ハードルまでの距離13.00mにハードルを越えた後の接地までの距離(谷川ら(2010)の報告を参考に1.00mと仮定)を加えた14.00m、ランイン区間は10台目ハードルからフィニッシュラインまでの距離10.50mから同距離を減じた9.50mとした。

2-3. ハードル専門選手との比較

女子100mハードル走における2020年シーズンの日本ランク8位以内の選手に関して日本陸上競技連盟科学委員会の分析報告(貴嶋ら, 2020)から選手ごとに最も記録の良かった分析対象レースを抽出した参照データ(平均値および標準偏差)を作成し、これと比較することによって今回測定した選手のデータの特徴を検討した。

3. 結果および考察

表1に3選手の分析結果を比較対象データとともに示した。また、図1には、インターバルランタイム、ハードリングタイム、区間走速度のレース中の推移を示した。

七種競技選手の走速度は、すべての区間においてハードル専門選手よりも低い傾向にあった。ハードル選手の走速度はスタート後から3-4台目区間まで増加し続け、そこでピークとなった後は少しずつ減少していった。レース記録がよい選手ほど区間走速度のピーク値が高いことが報告されており(柴山ら, 2010; 杉本ら, 2012; 貴嶋ら, 2015)、記録の向上には走速度ピークを高めることが必要である。4台目ハードルあたりまでは、ハードリングをしつつも加速を続けていくことが重要となる。山崎選手は、アプローチ区間と1-2台目区間においてはハードル

専門選手と同程度の走速度を発揮していたが、それ以降の加速幅は小さく、走速度のピークはハードル専門選手と差があった。2台目以降にも大きく加速をし続けるという点が今後の課題であると考えられる。大玉選手は、走速度のピークが5-6台目区間で出現していた。ただし、長く加速し続けられたというよりも、レース序盤の加速がゆるやかであり走速度を急激に高めることができなかつたようにも見受けられる。アプローチ区間や1-2台目区間などレース序盤から走速度を高めていくことが今後の課題であると考えられる。利藤選手は、ハードリングタイムが大きいという特徴が認められた。これはハードリング時に高く跳んでいることを意味しており、踏切や着地において大きなブレーキが生じやすいことが推察される。ハードリング動作を見直すこと等によって、より効率的なハードリングとスムーズな加速を達成していくことができる可能性があり、この点が今後の課題であると考えられる。

4. まとめ

100mハードル専門選手と比較して七種競技選手は、レース序盤の加速や走速度のピークなどに課題があると考えられた。記録の向上を図るためには、これらの課題を解決するための糸口をさらに探っていく必要がある。

5. 参考文献

- 1) 貴嶋孝太, 山元康平, 柴山一仁, 杉本和那美, 櫻井健一, 千葉佳裕, 森丘保典 (2015) 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.
- 2) 貴嶋孝太, 大橋廉, 柴山一仁, 杉本和那美, 森丘保典, 前村公彦, 金子公宏 (2020) 2020年シーズンにおける国内一流女子100mハードルのレース分析結果。陸上競技研究紀要 16: 157-164.
- 3) 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。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, 日本陸上競技連盟, 76-85.
- 4) 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.

- 5) 谷川聡, 柴山一仁 (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動作分析。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, 日本陸上競技連盟, 86-95.

表1 レース分析結果 (2021 日本選手権混成 / 2021. 6. 12-13)

選手名	記録 [s]	風 [m]	ハードル:												
			1st app.	2nd 1-2	3rd 2-3	4th 3-4	5th 4-5	6th 5-6	7th 6-7	8th 7-8	9th 8-9	10th 9-10	run-in		
山崎 有紀	13.58	+1.4	タッチダウンタイム [s]	2.67	3.73	4.80	5.84	6.91	7.97	9.04	10.12	11.24	12.35	13.58	
			区間タイム [s]	2.67	1.06	1.07	1.04	1.06	1.06	1.07	1.08	1.11	1.11	1.23	
			インターバルランタイム [s]		0.63	0.63	0.61	0.63	0.63	0.63	0.65	0.65	0.65		
			ハードリングタイム [s]	0.44	0.43	0.44	0.43	0.43	0.43	0.44	0.44	0.46	0.46		
			区間走速度 [m/s]	5.24	8.02	7.96	8.15	7.99	8.02	7.93	7.84	7.63	7.63	7.72	
大玉 華鈴	13.66	+1.4	タッチダウンタイム [s]	2.72	3.82	4.89	5.96	7.02	8.07	9.14	10.21	11.29	12.42	13.66	
			区間タイム [s]	2.72	1.10	1.07	1.06	1.06	1.05	1.07	1.07	1.08	1.13	1.24	
			インターバルランタイム [s]		0.65	0.64	0.64	0.64	0.63	0.65	0.66	0.66	0.70		
			ハードリングタイム [s]	0.44	0.45	0.43	0.43	0.42	0.42	0.42	0.41	0.43	0.43		
			区間走速度 [m/s]	5.14	7.75	7.93	7.99	7.99	8.09	7.96	7.96	7.84	7.52	7.67	
利藤 野乃花	14.05	+1.4	タッチダウンタイム [s]	2.72	3.82	4.93	6.02	7.12	8.23	9.33	10.48	11.62	12.80	14.05	
			区間タイム [s]	2.72	1.10	1.11	1.08	1.10	1.11	1.10	1.15	1.14	1.18	1.25	
			インターバルランタイム [s]		0.64	0.65	0.62	0.64	0.63	0.63	0.66	0.66	0.68		
			ハードリングタイム [s]	0.48	0.46	0.47	0.46	0.46	0.48	0.46	0.49	0.48	0.50		
			区間走速度 [m/s]	5.15	7.72	7.63	7.84	7.72	7.66	7.75	7.38	7.44	7.20	7.60	
ハードル専門選手	13.22±0.12		タッチダウンタイム [s]	2.65	3.72	4.75	5.77	6.80	7.83	8.87	9.92	10.98	12.07	13.22	
			区間タイム [s]	2.65	1.06	1.04	1.02	1.03	1.03	1.04	1.05	1.06	1.08	1.16	
			インターバルランタイム [s]		0.63	0.62	0.61	0.61	0.61	0.62	0.62	0.63	0.64		
			ハードリングタイム [s]	0.45	0.44	0.42	0.42	0.42	0.42	0.43	0.43	0.44	0.45		
			区間走速度 [m/s]	5.28	8.01	8.22	8.32	8.27	8.23	8.17	8.09	8.01	7.83	8.22	

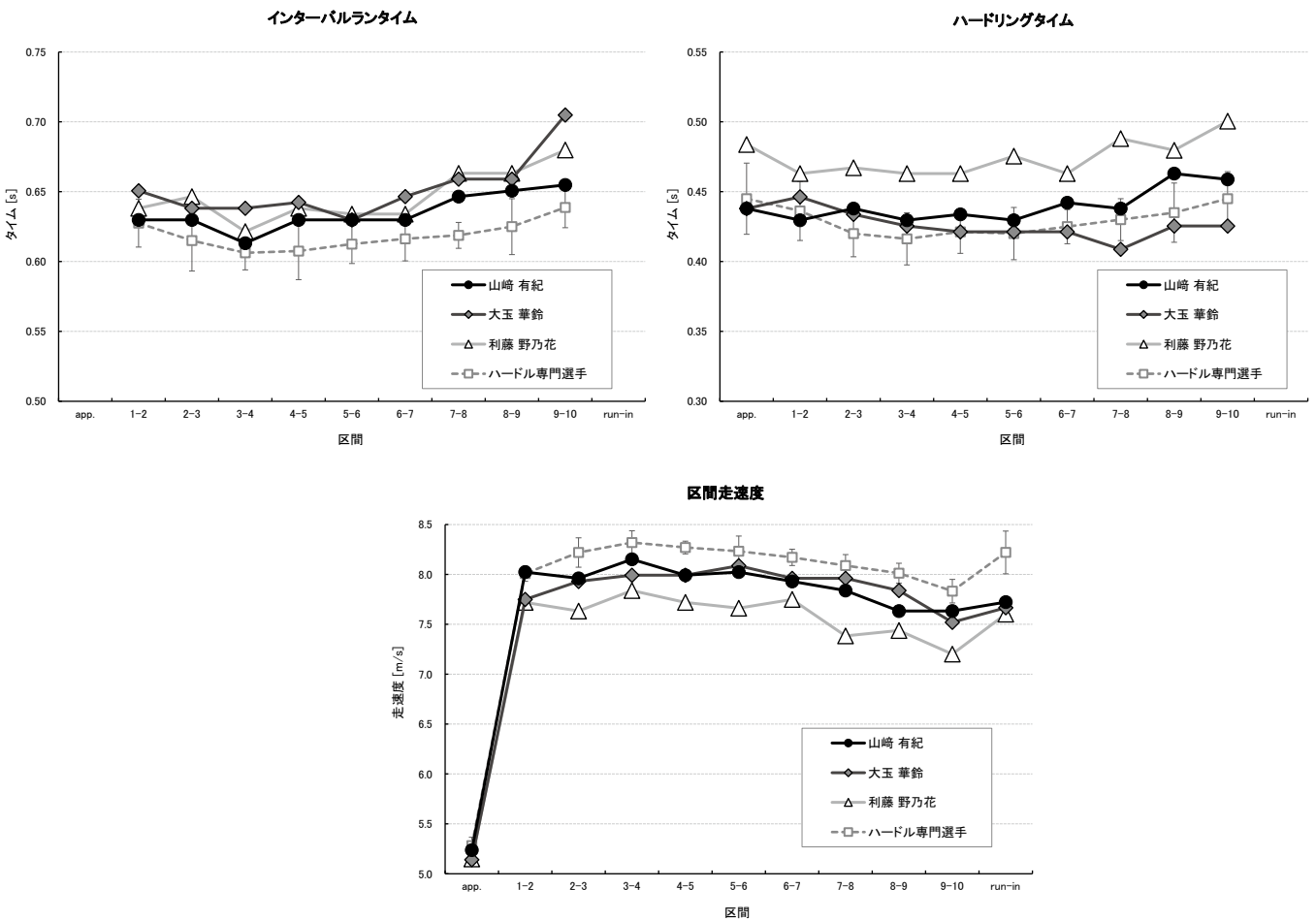


図1 インターバルランタイム (左上)、ハードリングタイム (右上)、区間走速度 (下) の推移 (2021 日本選手権混成 / 2021. 6. 12-13)

第104回日本陸上競技選手権大会（2021年）女子20km競歩における動作分析 - レース前後半での動作変容について -

佐藤 高嶺^{1) 2)} 大沼 勇人³⁾ 高橋 直己⁴⁾ 三浦 康二⁵⁾

1) 山形県上山市教育委員会 2) 筑波大学大学院 3) 関西福祉大学
4) 東京学芸大学大学院 5) 日本スポーツ振興センター

1 目的

2020年東京オリンピック女子20km競歩における出場可能人数3名のうち1名を残したまま、同大会はCOVID-19の影響により2021年へと延期された。参加標準記録に近い自己記録を持つ、河添香織選手（自衛隊体育学校）、淵瀬真寿美選手（建装工業）を中心として最後の1名が争われるかたちとなり、2021年開催の第104回日本陸上競技選手権大会での順位が代表選考において重要とされた。本報告は同大会女子20km競歩における代表内定者2名と代表争いの中心となった2名の計4名のレース前半と後半におけるキネマティクス的変容の変化に関する結果から、試合における動作の変容が競技結果へ及ぼした影響を示すことを目的とした。

2 方法

2.1 データ収集

第104回日本陸上競技選手権大会女子20km競歩における1周1kmの周回コース上に、3次元動作分析を行うための幅3.0m、長さ4.5m、高さ2.0mの分析空間を1箇所設置し、3次元DLT法を用いるために2台のハイスピードカメラ（Lumix DMC-FZ300, Panasonic, Japan）を用いて、サンプリングレート120fpsにて周回ごとに動作撮影を行った。

2.2 データ処理

分析対象者は本レース時点ですでに東京オリンピック女子20kmへの派遣が内定していた岡田久美子選手（ビックカメラ）、藤井菜々子選手（エディオン）および同種目への参加標準記録に自己記録が近く、残り1名の内定争いの中心となった河添香織選手（自衛隊体育学校）、淵瀬真寿美選手（建装工業）の計4名とした。競歩は審判により、競歩の定義に従って歩いているか目視によって判定される（日本陸上競技連盟, 2021）。定義に完全に従っていると審判が確信できない場合にはイエローパドルが競技者へ示され、定義に違反していると判断された場合にはレッドカードが審判員主任に渡される。本レースは3名の審判からレッドカードが渡された時点で2分間ペナルティゾーンにとどまらなくてはならず、4名以上の審判からレッドカードが渡された時点で失格とされた。今回、河添選手はレース終盤に4名以上からレッドカードが渡され、失格となったため、レース序盤とレース中盤、その他の3名についてはレース序盤とレース終盤のそれぞれにおいて身体の各分析点が十分に確認できる地点を分析地点とした。4名の各分析地点および競技成績は表1に示した。

2台のカメラから得られた各地点での映像を右足、もしくは左足の離地直前のコマ数を合わせることで同期した。その後、左右どちらかの足の離地直前の10コマ前から同側の離地直前までの1歩行サ

表1. 分析対象者の競技結果と分析地点

対象者	順位	記録	分析地点
藤井菜々子（エディオン）	1位	1時間30分45秒	2.5km/19.5km
岡田久美子（ビックカメラ）	2位	1時間31分51秒	1.5km/19.5km
淵瀬真寿美（建装工業）	3位	1時間36分49秒	1.5km/18.5km
河添香織（自衛隊体育学校）		DQ K1*	3.5km/13.5km

* K1:ロス・オブ・コンタクト

イクル（2歩）とそれに続く反対足の接地直後の10コマ後までの身体分析点25点およびコントロールポイントを動作解析ソフト（Frame-DIAS 6, Q' sfix 社製, Japan）を用いて、60Hzにてデジタル化した。得られた身体分析点の3次元座標値を3次元DLT法によって求め、バターワースデジタルフィルタを用いて平滑化した後、阿江（1996）の身体部分慣性係数を用いて、全身の身体重心位置を算出した。

2.3 分析項目

(1) 区間タイム

試合の公式リザルトから取得した各分析者の5km毎の区間タイム。

(2) ストライド

左右どちらかの足の離地直前から同側の離地直前（1サイクル）における重心の水平前後方向変位を2等分したもの。

(3) ピッチ

1サイクルに要した時間を2等分し、その値の逆数を1分間あたりの歩数に換算したもの。

(4) 歩行スピード

ストライドとピッチの積を1kmあたりの所要時間に換算したもの。

(5) 支持距離, 非支持距離

本来、競歩は両足が同時に地面から離れることなく歩く競技であるが（日本陸上競技連盟, 2021）、今回、全ての分析対象者において両足が同時に地面から離れる局面が見られた。そのため、どちらかの足が地面と接している局面を支持期、両足が地面と離れている局面を非支持期とし、1サイクル中の支持期および非支持期

の水平前後方向変位をそれぞれ2等分することで、支持距離, 非支持距離とした。

(6) 支持時間, 非支持時間

1サイクル中の支持期および非支持期の時間をそれぞれ2等分することで、支持時間, 非支持時間とした。

(7) 接地位置から身体重心までの距離

左右の接地時の身体重心から接地足側の踵点までの水平前後方向距離を平均したもの。

(8) 離地位置からつま先までの距離

左右の離地時の離地足側の足尖点から身体重心までの水平前後方向距離を平均したもの。

(9) 回復時間

離地から同側の接地までを歩行サイクルにおける回復期とし、左右の回復期に要した時間を平均したもの。

(10) 離地時身体重心速度ベクトル角

左右の足部離地時の身体重心速度合成ベクトルと水平面が成す角度を平均したもの。水平面より上を正の角度、水平面より下を負の角度とした。

(11) 離地時の膝関節角度

離地時の右大腿部に対する右膝関節屈曲伸展角度。

(12) 離地時の股関節角度

離地時の下脛部に対する右股関節屈曲伸展角度。

(13) 右回復脚股関節角速度

1サイクル中の右回復脚における股関節角速度。

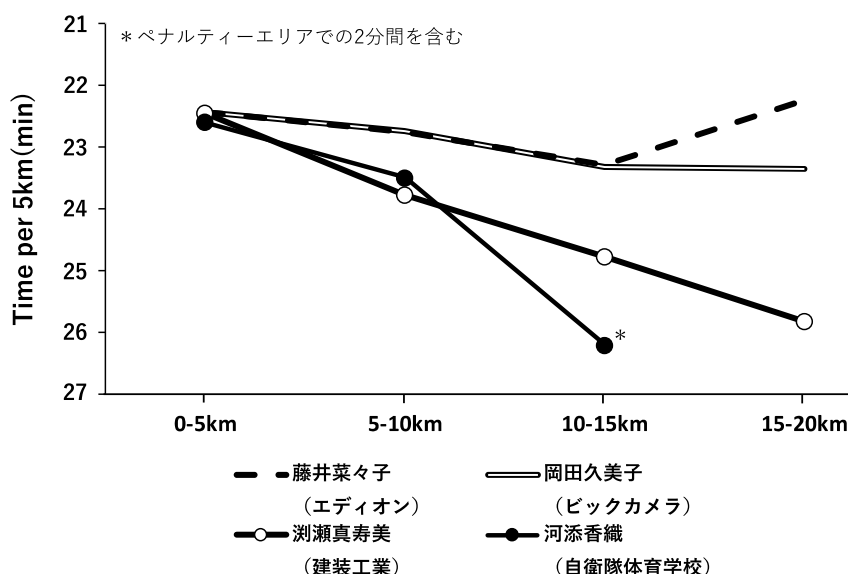


図1. 各分析対象者の5km毎の区間タイム

表 2. 各分析対象者におけるキネマティクスパラメータに関する分析結果

	歩行スピード (/km)	ストライド (cm)	ピッチ (歩/分)	接地位置から	離地位置から	支持距離 (cm)	非支持距離 (cm)	支持時間 (秒)	非支持時間 (秒)	回復時間 (秒)	離地時	離地時	離地時	
				身体重心まで の距離(cm)	身体重心まで の距離(cm)						身体重心速度 ベクトル角 (度)			股関節伸展 角度(度)
藤井菜々子 (エディオン)	2.5km地点	4分32秒	104	212	19	40	86	19	0.23	0.05	0.33	0.1	3.2	24.6
	19.5km地点	4分42秒	103	206	18	40	85	18	0.24	0.05	0.33	-0.1	10.9	22.0
岡田久美子 (ビックカメラ)	1.5km地点	4分32秒	107	206	19	37	82	25	0.23	0.07	0.35	1.6	9.8	21.1
	19.5km地点	4分57秒	98	206	17	41	83	14	0.25	0.04	0.33	-1.5	7.6	30.5
瀧瀬真寿美 (建装工業)	1.5km地点	4分34秒	103	212	20	41	91	12	0.25	0.03	0.32	0.0	7.6	31.2
	18.5km地点	5分23秒	96	195	18	41	87	8	0.28	0.03	0.33	-1.2	7.6	30.8
河添香織 (自衛隊体育学校)	3.5km地点	4分34秒	106	206	18	40	85	22	0.23	0.06	0.35	1.7	6.3	23.4
	13.5km地点	5分01秒	102	195	14	40	80	23	0.24	0.07	0.38	1.2	7.2	25.8

3 結果と考察

3.1 歩行スピードと区間タイムの変化

5km 毎の区間タイムの変化を図 1, キネマティクスに関するパラメータを表 2 にそれぞれ示した. レース序盤ではわずかながら内定者 2 名がほかの 2 名より歩行速度が大きかったものの, 大きな差ではなかった. 公式リザルトに示されたレース序盤の 5km の区間タイムは, 内定者 2 名に 1 秒遅れて瀧瀬選手, 10 秒遅れて河添選手が続いており, 内定者 2 名が他の選手を引っ張るかたちでレースが進んでいた. しかし, レースが進むとともに 4 名とも区間タイムが下がっていき, 後半の分析地点での歩行スピードは全員が低下していた. ただし, 藤井選手の 15-20km は区間タイムが上がっているため, 分析地点以外のところで歩行スピードの増加があったことがうかがえる. 一方で, 瀧瀬選手と河添選手はともにレースを通して区間タイムが減少しており, 内定者に比べてその減少が非常に大きかった.

3.2 ステップパラメータの変化

藤井選手はレース終盤にストライドはほぼ変わらなかったが, ピッチが低下したことで歩行速度が低下していた. しかし, Hanley et al. (2011) は, 世界一流競歩競技者たちの 20km 競歩中の動作を分析し, 男女ともにピッチが 200 歩/分であったことを報告している. このことを踏まえると, 藤井選手のレース終盤での 206 歩/分というピッチはレース終盤で低下したとはいえ依然として高い値であると考えられ, 著しい低下ではなかったと言える. このようにストライドおよびピッチの著しい低下を抑えたことにより, 後半の分析地点での歩行速度の減少が少ないことにつながったと考えられる.

岡田選手は藤井選手とは反対にレース終盤にストライドが大きく低下したことで, 歩行速度が減少していた. このストライドの低下は非支持距離の大き

な低下によるものであったことから, 非支持距離の低下が歩行速度の低下につながったと考えられる. また, 身体重心から接地位置までの距離もレース終盤に低下していたが, 反対に, 身体重心から離地位置までの距離は増加していた. これらのことから支持距離自体にはあまり変化がないものの, レース序盤に比べ, レース終盤では支持距離が全体的に後方へシフトしていたと言える.

瀧瀬選手は, レース終盤にストライド, ピッチの両方の低下により, 大きく歩行速度が減少していた. それぞれの構成要素のほとんどがストライド, ピッチが低下するように変化していたが, 非支持時間だけはレース序盤と変化がなかった. この非支持時間は 4 名の中で最も短く, 同時に非支持距離も最も小さい値を示した. 一方で, 低下した支持距離はレース終盤であっても全体の中で最も長く, ほかの選手に比べて支持距離がストライドの中の大きな割合を占めていた. 岡田選手とは異なり, 離地位置から身体重心までの距離に変化はなかったが, 身体重心から接地位置までの距離と非支持距離はともに短くなっていた. ピッチの低下に関しては, 回復時間よりも支持時間の増加が主な原因であった.

河添選手はほかの選手たちと異なり, レース中盤での分析となったが, 瀧瀬選手と同じくストライド, ピッチの両方が低下したことで歩行速度が減少していた. 支持距離が低下した一方で, 支持時間, 非支持距離, 非支持時間はわずかながら増加していた. 一方, ピッチの低下に関しては瀧瀬選手とは異なり, 支持時間よりも回復時間の増加によるところが大きかった.

3.2 身体重心速度ベクトル角および関節角度, 関節角速度の変化

Hanley (2014) は, 非支持時間と非支持距離との間に有意な正の相関関係があることを報告してい

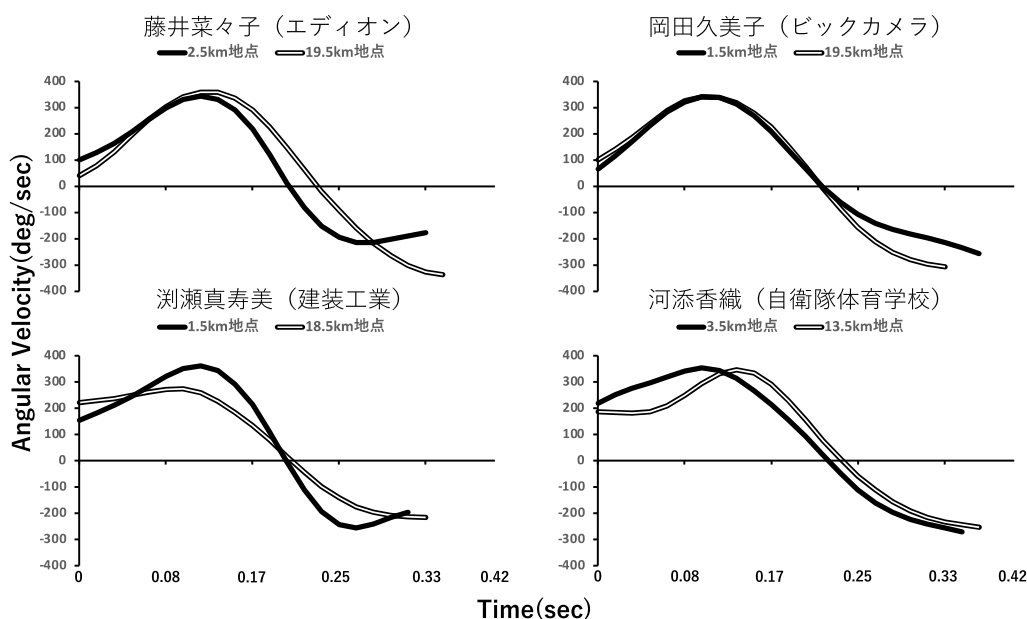


図2. 各分析対象者における各地点での右回復脚股関節角速度(+屈曲;-伸展)

る。また、山田ほか(1999)は非支持時間が短い競技者ほど支持期に股関節を伸展しきってから離地にかけて、股関節と膝関節をわずかに屈曲させる「ため」の瞬間があり、地面を最後まで押して離地していることを明らかにしている。今回、股関節については一貫した傾向は見られなかったが、非支持時間が短い瀧瀬選手はレース序盤、終盤ともに離地時の膝関節屈曲角度が全体の中で最も大きかった。瀧瀬選手は支持距離が大きく、離地位置も身体重心から遠いため、地面を押し切る離地となり、非支持時間、非支持距離ともに短かったと考えられる。また、岡田選手は、先に述べたようにレース終盤に支持距離が後方へとシフトしており、離地時の膝関節角度が序盤に比べ、10度近く大きく屈曲していた。このことは、離地前に身体重心が上昇することを抑えたり、反対に下降させたりすることにつながる。そのため、離地時身体重心速度ベクトル角の減少を引き起こすと考えられる。法元ほか(2001)は、レース中の離地時の身体重心速度ベクトル角が大きいくほど非支持時間が長くなる傾向があることを報告している。実際、今回非支持時間が長かった岡田選手と河添選手の序盤、河添選手の中盤の分析地点では離地時身体重心速度ベクトル角がほかの選手に比べて大きかったのに対し、角度が小さかった岡田選手と瀧瀬選手の終盤の分析地点では非支持時間は全体の中で短い値を示した。特に岡田選手はレース序盤には正の角度で離地していたのに対し、レース終盤には負の角度で離地していた。正の角度で離地した場合、身体は上昇しながら離地することになる。反対に負の角度で離地した場合には、身体は下降しながら離

地することになるため、非支持時間は短縮され、非支持距離も短くなると考えられる。これらのことから、岡田選手はレース終盤に支持距離が全体的に後方へシフトしたことで、地面を押し切る離地となり、身体重心が下降しながら離地したため、非支持時間および非支持距離が低下し、ストライドの低下に結びついたと考えられる。

図2に右回復脚の股関節角速度を示した。河添選手のレース中盤における右回復脚の股関節角速度はレース序盤に比べて、離地直後において屈曲速度が低下しており、脚の振り出しに遅れが見られた。この脚の振り出しの遅れは回復時間の増加につながり、レース中盤でのピッチの低下に関わっていたと考えられる。また、山田ほか(1999)は、非支持時間を長くする動作について検討し、回復時間と非支持時間に有意な正の相関関係があることを明らかにしていることから、ここでの回復時間の増加は結果的にレース中盤での非支持時間の増加と関係していた可能性がある。

まとめ

今回、順位が高いものほど前半の分析地点に対して、後半の歩行スピードの低下が少なかった。代表が内定している藤井選手、岡田選手がストライドあるいはピッチのいずれか一方の低下にとどめていたのに対し、瀧瀬選手、河添選手はストライドとピッチの両方が低下していた。これらのことから、ストライド、ピッチのいずれかの低下に留め、歩行スピードの低下を可能な限り少なくしたことが、競技結果

に影響を及ぼしたと考えられる。

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*, 15:155-162.
- Hanley, B., Bissas, A. and Drake, A. (2011) Kinematic characteristics of elite men's and women's 20 km race walking and their variation during the race. *Sport Biomechanics*, 10 (2) :110-124.
- Hanley, B. (2014) Biomechanical analysis of elite race walking. Doctoral thesis, Leeds Metropolitan University.
- 法元康二・阿江通良・榎本靖士 (2001) 競歩における歩行技術に関するバイオメカニクス的研究 - 競技規則への適合について -. *陸上競技研究*, 47 (4) :19-24.
- 山田英生・尾縣貢・永井純 (1999) ロス・オブ・コンタクト・タイムと下肢動作との関係. *陸上競技研究*, 39 (4) :20-28.

2021 年度国内競歩レースにおけるロス・オブ・コンタクト判定

高橋 直己¹⁾ 川向 哲弥²⁾ 佐藤 高嶺^{3) 4)} 三浦 康二⁵⁾

1) 東京学芸大学大学院 2) 北陸体力科学研究所 3) 山形県上山市教育委員会
4) 筑波大学大学院 5) 日本スポーツ振興センター

1 目的

競歩では、競技者が歩行時に両足が同時に地面から離れていないか（ロス・オブ・コンタクトではないか）、また、脚が接地の瞬間から地面と垂直の位置になるまで、その膝がまっすぐ伸びているか（ベント・ニーにではないか）を競歩審判員が目視で判定している。競歩審判員は判定の際に、競技者がルールに完全に従っていると確信できない時にイエローパドル（以下「YP」）を提示することになっている（公益財団法人日本陸上競技連盟, 2021）。この YP は競技者の動作の改善を促し、競技力の向上を援助することができる（Lapka et al., 2011）ため重要な役割を果たす。そのため、実際に競歩審判員がどのような動作が観察された場合に YP を提示しているのかを明らかにすることで、競歩審判員の判定基準の参考資料になるだけでなく、競技者の競技力向上にも繋がると考えられる。

本報告では実際に 1 人の競歩審判員が YP を提示した競技者の動作と YP を提示しなかった競技者の動作の比較に加えて、競技会を通じてより多くの競歩審判員から YP を提示された競技者の動作を分析し、YP の提示と競技者の動作の関係性を調査することを目的とした。

2 方法

2.1 データ収集

第 60 回全日本競歩輪島大会の男子 10km 競歩と男子 U20-10km 競歩を対象競技会（石川県輪島市, 2021 年 4 月 10 日）とした。対象レースは 1 周 2km の周回コースで行われ、そのコースの側方に 1 台のカメラ（DSC-RX10M4, 120fps, シャッター速度 1/1000s）を設置して撮影した。また、レース開始

までにカメラ光軸と垂直になるように 4m 間隔で較正用マーカーを設置して撮影した。

分析対象者は、被検者である競歩審判員 1 名から YP（ロス・オブ・コンタクト）を提示された動作を撮影できた競技者 18 名（以下「YP 被提示者群」）、YP（ロス・オブ・コンタクト）を提示されず、YP 被提示者群と競技成績の近い競技者 18 名（以下「違反なし競技者群」）とした。さらに、YP 被提示者群から競技会を通じてより多くの審判員から YP を提示された競技者 4 名、全審判員から YP を提示されなかった競技者 3 名を違反なし競技者群から抽出した。また、本来は非公開とされている競歩審判員集計表を主催者の許可を得て入手し、YP の被提示回数やレッドカードの枚数を算出した。

2.2 分析方法

撮影した映像を PC に取り込み、動作解析ソフト（Frame-DIAS V, Q'sfix 社製, Japan）を用いて身体分析点 5 点（大転子, 膝, 外果, 踵, 爪先）をデジタル化した。2 次元座標は較正マークをもとに換算して算出し、バターワース型デジタルフィルターによって X 座標を 14 ~ 15Hz, Y 座標を 11 ~ 15Hz で平滑化した。

2.3 算出項目

左足離地から 2 回目の右足接地（以下「RH-on」）までを分析範囲とした。1 回目の RH-on から 2 回目の RH-on までを 1 サイクルとして、陸上競技審判ハンドブック（2021）や法元ら（2004, 2007, 2010）の報告を参考に以下の項目を算出した。

- 1) ステップ長 (m) : 1 サイクルの水平距離の 1/2 の値（表 2 と表 3 には競技者間での比較のために各競技者の下肢長で規格化した値 (%) を示した）
- 2) ステップ頻度 (歩 / 秒) : 1 サイクルに要した時

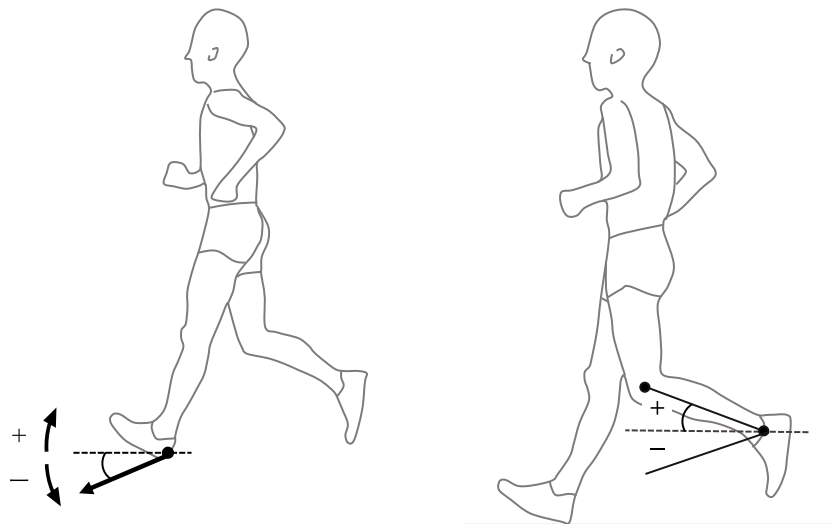


図 1. 踵移動角度 (左) と下腿角度 (右) の角度定義

表 1. 各被検者の競技記録 (n = 18)

	YP被提示者		違反なし競技者		
	平均	標準偏差	平均	標準偏差	
レース記録	44'07	2'14	43'41	1'36	N.S.
分析地点 (km)	7.1	1.8	5.5	0.0	
イエローパドル数 (回)	3.39	1.74	2.28	1.79	N.S.
レッドカード枚数 (枚)	0.94	1.13	0.39	0.59	N.S.

YP被提示者の中に失格してレース記録がない選手が2人いるためレース記録はn=16である。

間の 1/2 の逆数

- 3) 歩行スピード (m/秒) : ステップ長とステップ頻度の積
- 4) 非支持時間 (秒) : 両足が同時に地面から離れている時間
- 5) 支持時間 (秒) : 左脚が地面と接している時間
- 6) 遊脚時間 (秒) : 左脚が地面から離れている時間
- 7) 踵高 (m) : 左遊脚の踵の高さ
(各競技者の下肢長で規格化した値 (%) と地面からの絶対的な高さの値を算出した)
- 8) 下腿角度 (度) : 下腿ベクトルと水平線のなす角
- 9) 踵移動角度 (度) : 踵速度ベクトルと水平線のなす角

2.5 統計処理

表 1 に示した競技記録 (分析地点を除く) と表 2 に示したキネマティクスデータの群間の比較を行うために対応のない t 検定を用いた。有意水準は 5% 未満とした。

算出項目の (7) ~ (9) に関しては、左足離地から左足接地までを 0-100% として規格化した。規格化したデータの差の検定は実施しなかった。

3 結果と考察

3.1 YP 被提示者群と違反なし競技者群の比較

3.1.1 競技記録

各被験者の競技記録を表 1 に示した。レース記録、イエローパドル被提示回数、レッドカード枚数において有意な差はなかった。これは YP 被提示者群と違反なし競技者群の競技記録に違いがないことを示し、同じレベルの競技者同士の比較ができていることになる。

3.1.2 各ステップ変数

各被験者のステップ変数を表 2 に示した。表 2 に示したデータ全てにおいて有意な差はなかった。ルール上、ロス・オブ・コンタクトの判定は非支持

表 2. 各被験者のキネマティクスデータの分析結果 (n = 18)

	YP被提示者		違反なし競技者		
	平均	標準偏差	平均	標準偏差	
ステップ長 (%)	1.46	0.10	1.46	0.08	N.S.
ステップ頻度 (歩/秒)	3.35	0.11	3.31	0.10	N.S.
歩行スピード (m/秒)	3.80	0.21	3.78	0.21	N.S.
非支持時間 (秒)	0.04	0.01	0.04	0.01	N.S.
支持時間 (秒)	0.26	0.01	0.26	0.02	N.S.
遊脚時間 (秒)	0.34	0.02	0.34	0.01	N.S.

撮影条件の関係から違反なし競技者の支持時間はn = 17の値である。

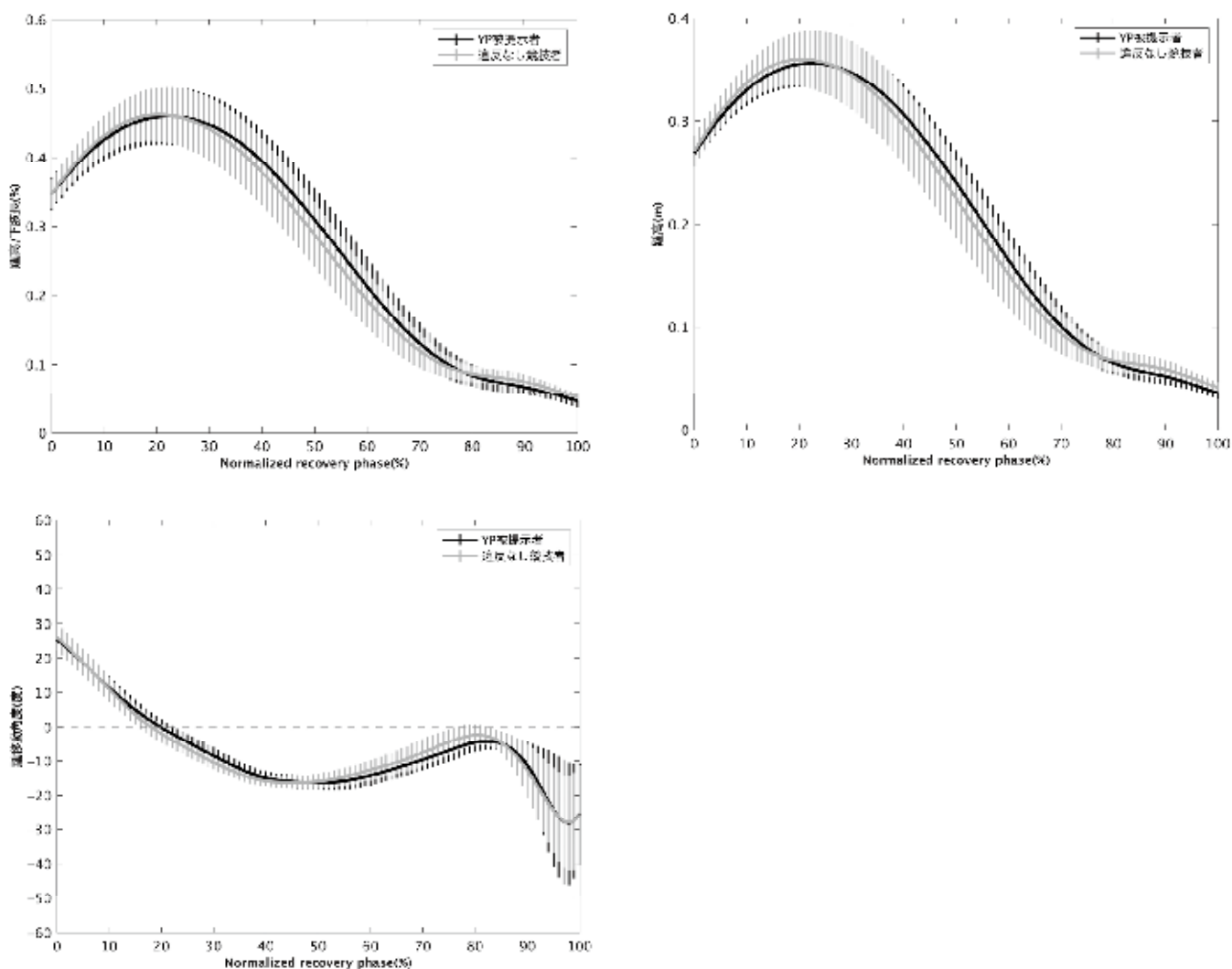


図 2. 左脚遊脚期における左踵高および左踵移動角度 (各群の平均値)

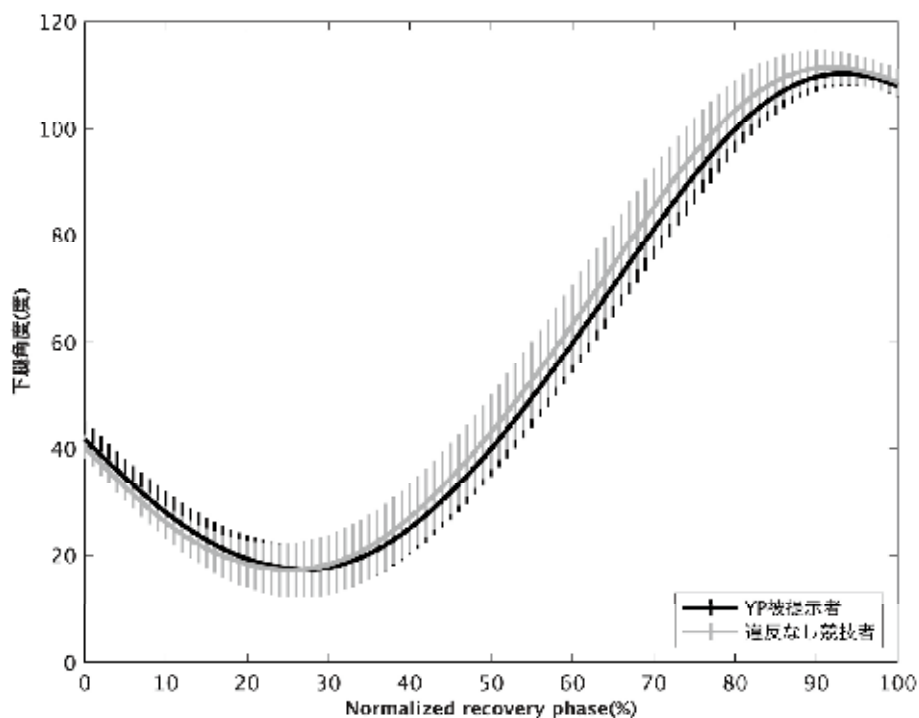


図 3. 左脚遊脚期における左下腿角度（各群の平均値）

局面の有無で行われる。しかし、本報告の YP 被提示者群と違反なし競技者群の非支持時間に有意な差はなかった。これは競歩審判員が非支持時間を正確に識別できていないことを示している。また、法元ら（2010）も失格した競技者と失格しなかった競技者の非支持時間に差がなかったことを報告していることから、競歩審判員は平均 0.04 秒という非支持時間（表 2）をもとに非支持局面の有無を目視で識別するのは極めて困難であると考えられる。法元ら（2007, 2010）は、競歩審判員は判定の際に、非支持時間を基準としているのではなく、肉眼で認識しやすい下肢の動作を参考に判定を行なっている可能性を報告している。従って、本報告の競歩審判員も非支持時間を基準として判定を行うのではなく、下肢の動作を参考に判定を行っていた可能性がある。

3.1.3 遊脚期における各部位の動作

競歩審判員がロス・オブ・コンタクトを判定する際に観察していると考えられている（法元ら、2007, 2010）左遊脚の踵高（各競技者の下肢長で規格化した値と地面からの絶対的な高さの値）および踵移動角度の変化を、左足離地から次の左足接地（以下「左脚遊脚期」）までを 100% として規格化して図 2 に示した。左遊脚の踵の動作において、競歩審判員が競技者の下肢または全身に対する位置を観察しているのか、また地面からの絶対的な高さを観察

して判定をしているのかは明らかでないため 2 つの項目を示した。

両項目において遊脚期全体で明確な違いは確認できなかった。踵の高さに違いは確認されなかったが、法元ら（2004）は離地後の遊脚の蹴り上げが大きいことや接地直前に遊脚足部が上から下に落ちる動作が確認される場合、ロス・オブ・コンタクトの判定がされやすいと報告している。

その動作の評価の指標となる踵移動角度を算出したが、両群の離地後と接地直前の値に明確な違いが確認されなかったことから、本報告における競歩審判員は離地後の遊脚の蹴り上げの大きさや接地直前の落ち込む動作を判定の材料にしていなかった、またはできていなかった可能性が考えられる。

これまでの報告（法元ら、2007, 2010）からロス・オブ・コンタクトの判定材料として踵の動作に注目することは重要であると考えられるが、肉眼での認識のしやすさという観点から考えた場合、踵の動作にも影響すると考えられる下腿の動作にも注目することが必要であると考えられる。そこで、左遊脚の下腿角度を、左脚遊脚期を 100% として規格化して図 3 に示した。

下腿角度においても遊脚期全体で明確な違いは確認されなかった。本報告で算出した項目において YP 被提示者群と違反なし競技者群に明確な違いは確認されなかった。

明確な違いが確認できなかった要因の 1 つとし

表3. YP被提示数が多い競技者とYP被提示なし競技者の各データ

YP被提示が多い競技者				
	A	B	C	D
分析地点 (km)	7.5	7.5	7.5	7.5
イエローパドル数 (回)	6	7	6	7
レッドカード枚数 (枚)	3	2	2	3
ステップ長 (%)	1.68	1.65	1.44	1.53
ステップ頻度 (歩/秒)	3.29	3.43	3.48	3.20
歩行スピード (m/秒)	4.19	4.21	3.97	3.71
非支持時間 (秒)	0.05	0.07	0.03	0.04
支持時間 (秒)	0.25	0.23	0.26	0.26
遊脚時間 (秒)	0.36	0.36	0.33	0.36

YP被提示なし競技者			
	E	F	G
分析地点 (km)	5.5	5.5	5.5
イエローパドル数 (回)	0	0	0
レッドカード枚数 (枚)	0	0	0
ステップ長 (%)	1.53	1.41	1.51
ステップ頻度 (歩/秒)	3.33	3.33	3.29
歩行スピード (m/秒)	3.82	3.58	4.03
非支持時間 (秒)	0.04	0.04	0.04
支持時間 (秒)	0.25		0.23
遊脚時間 (秒)	0.34	0.34	0.36

撮影条件の関係からF選手の支持時間は算出していない。

て、YPの提示に関する競技規則の曖昧さが考えられる。YPは競技者が競技規則に完全に従っていると確信できない時に提示するものとされているため、YPを提示するかどうかの判定基準は審判員の主観に大きく左右される。そのため、競歩審判員のYP提示対象動作の中にはレッドカードに値しない歩行に近い動作もあれば、レッドカードが出される動作に近いものも存在すると考えられる。本報告も様々なデータが含まれていることが考えられるため、データを平均化した際に明確な違いが確認されなかったと推測される。

3.2 YP被提示数が多い競技者とYP被提示なし競技者の比較

3.2.1 各ステップ変数

ステップ長と歩行スピードはAおよびB選手が他の選手よりも大きな値を示し、ステップ頻度はBおよびC選手がより大きな値を示した。支持時間や遊脚時間はYP被提示数が多い競技者とYP被提示なし競技者に明確な違いは確認されなかった。非支持時間においては、B選手が0.07秒と最も大きな値を示したがその他の選手では違いが確認されなかったことから、競歩審判員は非支持時間の長さを基準としてロス・オブ・判定を行っていたとは考え難い。

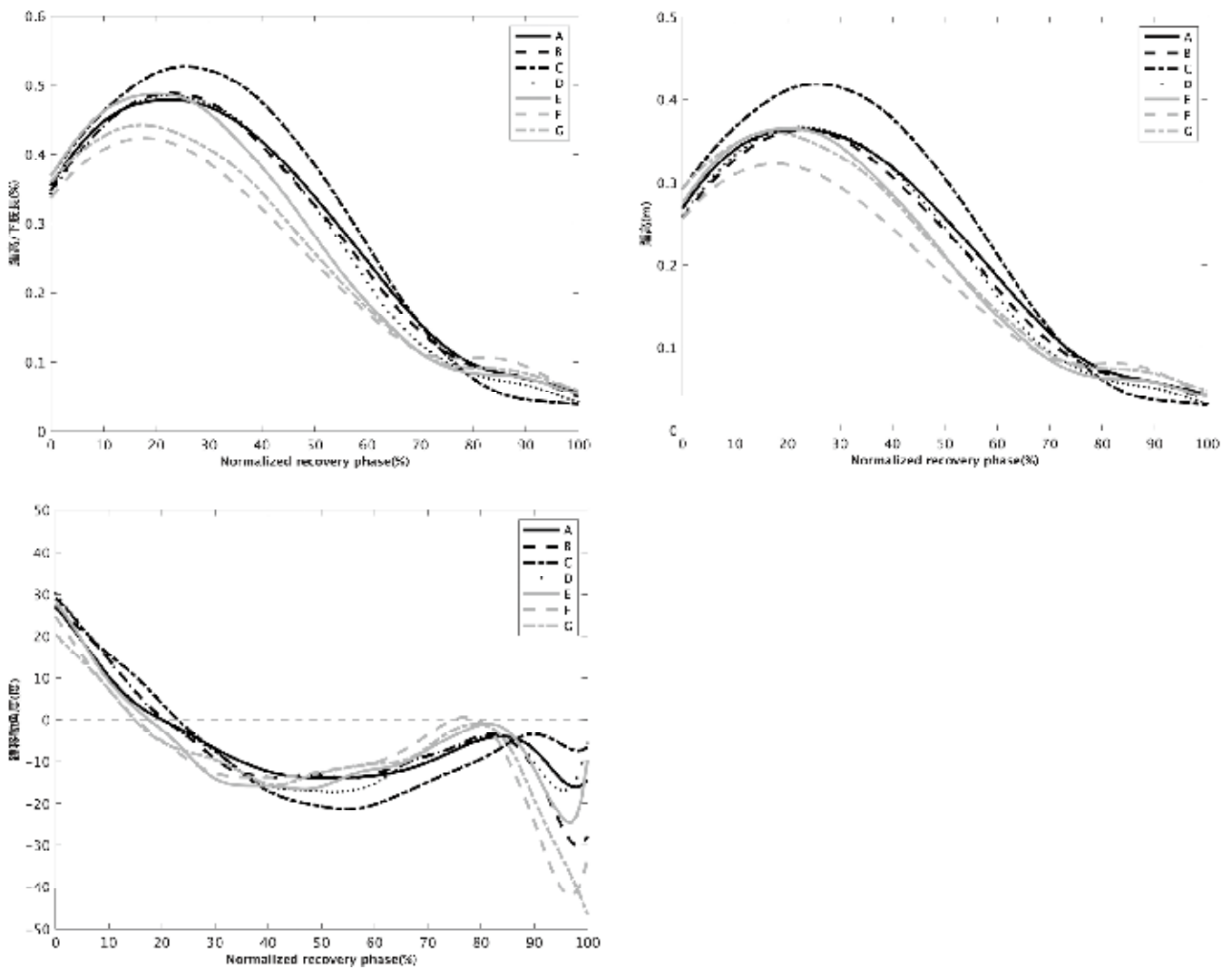


図 4. 左脚遊脚期における左踵高および左踵移動角度 (YP 被提示数が多い競技者と被提示なし競技者)

3.2.2 遊脚期における各部位の動作

図 4 は YP 被提示が多い競技者と YP 被提示なし競技者の左遊脚の踵高および踵移動角度の変化を、左脚遊脚期を 100% として規格化して示したものである。

最大踵高の発生時期について、YP 被提示が多い競技者の方が YP 被提示なし競技者よりも最大踵高に達するまでの時間が長かった。また、踵移動角度においても YP 被提示が多い競技者の方が踵の上方向への移動が大きく、さらに長く継続していることから、YP 被提示が多い競技者の方がより長い時間、踵が上昇していたことになる。遊脚期全体での踵の高さでは、下肢長で規格化した値では E 選手を除き、YP 被提示が多い競技者の方が YP 被提示なし競技者よりも大きな値を示した。また、遊脚期全体では F および G 選手は遊脚期初期から、E 選手は遊脚期 30% 付近から 60% 付近まで YP 被提示が多い競技者よりも踵が低く位置していた。一方で、実際の地面からの最大踵高においては C 選手が最も大きな値

を示し、F 選手が最も小さな値を示した。その他の選手の最大踵高においては明確な差が見られなかった。遊脚期全体での踵の高さでは F 選手は遊脚期初期、G 選手は遊脚期 20% 付近、E 選手は遊脚期 30% 付近から 60% 付近まで YP 被提示が多い競技者よりも踵が低く位置していた。

図 5 は YP 被提示が多い競技者と YP 被提示なし競技者の左遊脚の下腿角度の変化を、左脚遊脚期を 100% として規格化して示したものである。C 選手は離地時から、D 選手は遊脚期 30% 付近から遊脚期 90% 付近まで、A および B 選手は遊脚期 30% 付近から遊脚期 70% 付近まで YP 被提示なし競技者よりも小さな値を示した。この小さな値を示した局面は、YP 被提示が多い競技者の下腿が地面とより水平に近づいていたことを示している。

以上のことから、遊脚を大きく蹴り上げることに より踵がより高い位置に長く位置することや下腿が地面とより水平に近づくような動作に対して多くの YP が提示される傾向があることが確認された。YP

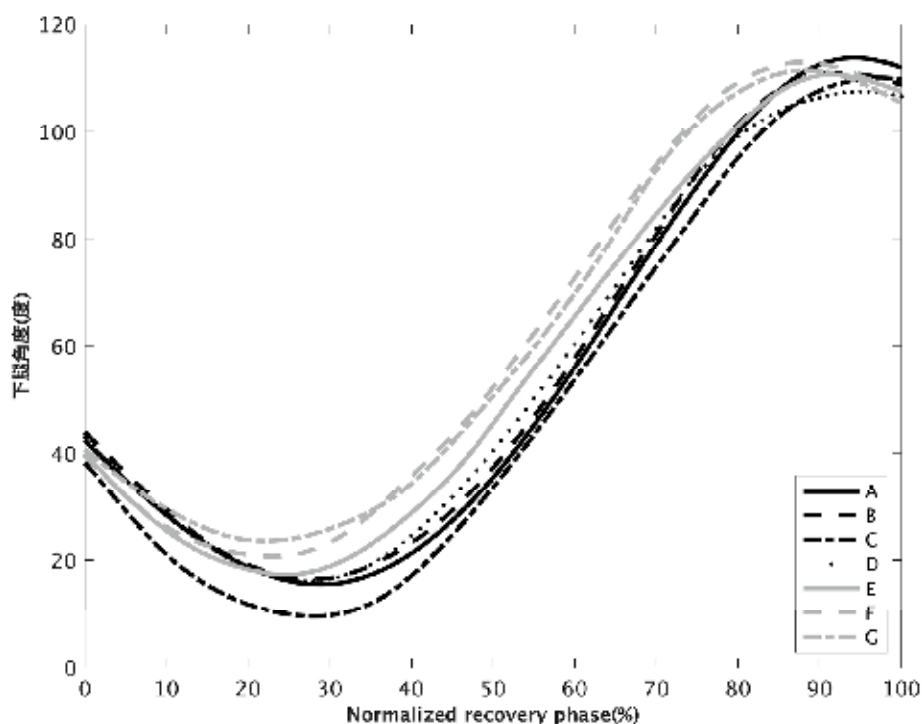


図 5. 左遊脚期における左下腿角度 (YP を多く出された競技者と出されなかった競技者)

を多く提示される, または失格頻度が高い競技者は遊脚の蹴り上げを小さくして踵をできる限り低く位置させること, または下腿を地面と水平にならないように意識することで, YP の提示の回避または失格の回避に繋がる可能性がある。

OF CONSISTENCY IN JUDGING OF RACE WALKING.
World race walking research, 222-242.

4. 参考文献

公益財団法人日本陸上競技連盟(2021)陸上競技ルールブック 2021 年度版. 307-314.

公益財団法人日本陸上競技連盟 (2021) 陸上競技審判ハンドブック 2020-2021 年度版. 389-437.

法元康二, 広川龍太郎, 杉田正明 (2007) 世界陸上競技選手権ヘルシンキ大会男女 20km 競歩におけるロス・オブ・コンタクト判定. 陸上競技学会誌, 6: 60-66.

法元康二, 榎本靖士, 門野洋介, 鈴木雄太 (2010) 男女 20km 競歩におけるロス・オブ・コンタクト判定. 世界一流陸上競技者のパフォーマンスと技術, 212-217.

法元康二, 杉田正明, 藤崎明, 阿江通良 (2004) 競歩の歩型判定に関するバイオメカニクスの分析-第 42 回全日本競歩輪島大会男子 20km 競歩の判定結果から-. 日本陸連科学委員会研究報告 陸上競技の医学的サポート研究 REPORT, 3 (1), 53-59.

Lapka Miloslav, Lapka Jan (2011) THE PROBLEM

東京 2020 オリンピックマラソンコースにおける環境調査

橋本峻¹⁾ 岡崎和伸²⁾ 河村亜希¹⁾ 杉田正明¹⁾

1) 日本体育大学 2) 大阪市立大学

1. はじめに

夏季オリンピックに代表されるような夏場における競技場面では、身体の冷却や水分補給などの暑熱対策を行うことで競技パフォーマンスの低下を抑制することができる。暑熱対策は競技を行う環境を想定して検討することが必要であり、競技実施時期の気象傾向や直前の気温等の状況を把握することが重要である。そこで今年札幌にて実施された東京2020オリンピックに向けて、レース前にあたる7月末から8月頭にマラソンコース周辺において実施した環境測定について報告する。

2. 方法

2-1. 測定実施期間および測定実施場所

測定期間は2021年7月31日～8月8日の9日間でレース開始時刻前の朝6:30よりトップ選手はゴールしていると考えられる9:40までの間測定を実施した。女子マラソンの8月7日のみレース時刻に合わせて5:45より8:45まで測定した。測定場所としてはスタートおよびゴール地点となる大通公園付近の日向および日陰の2地点で定点測定を行い、8月5日まではコース上の5km、10kmおよび15、25、35km地点付近においても通過想定時刻頃の測定を実施した。

2-2. 測定方法

WBGT、気温、湿度および黒球温度の測定は暑熱環境計(WBGT-101(定点)およびWBGT-202B(移動)、京都電子工業製)(写真1)を用いて測定し、1分ごとに本体へメモリさせるとともに10分ごとに記録を手書きにて記録した。また、走路上の路面温度を放射温度計(Fluke 62 MAX, Fluke社製)で測定し、赤外線サーモグラフィカメラ(InfReC G100、日本アビオニクス社製)を用いて路面の温度状態を撮影



写真1. 環境測定風景

(左: 大通公園付近、右: 25km地点付近)

した。

2-3. フィードバック

全ての測定結果については、各関係者にメールで報告した。

3. 結果と考察

大通公園付近(日向)における測定開始日からレース前日までのWBGT、気温、相対湿度および黒球温度の推移を図1に、7月31日の日向、日陰および各測定地点における測定データ推移を図2に、レース当日である8月7日および8日の各レース中測定データ推移を図3に示した。WBGT、気温、黒球温度ともにレース開始時刻である7時前より上昇を始めており、レース想定時間を通して上昇し、それに伴い相対湿度は低下していた。レース前半と比べ後半においては気温が大きく上昇し、7月31日では最高WBGTが28.9℃、最高気温が32.7℃となり、東京都比較してもかなり過酷な環境となることが確認された。また、10km地点、15、25、35km地点付近は日差しを遮るものがほぼ無く、晴れていれば常に日差しが降り注ぐ環境であったため、各測定地点に

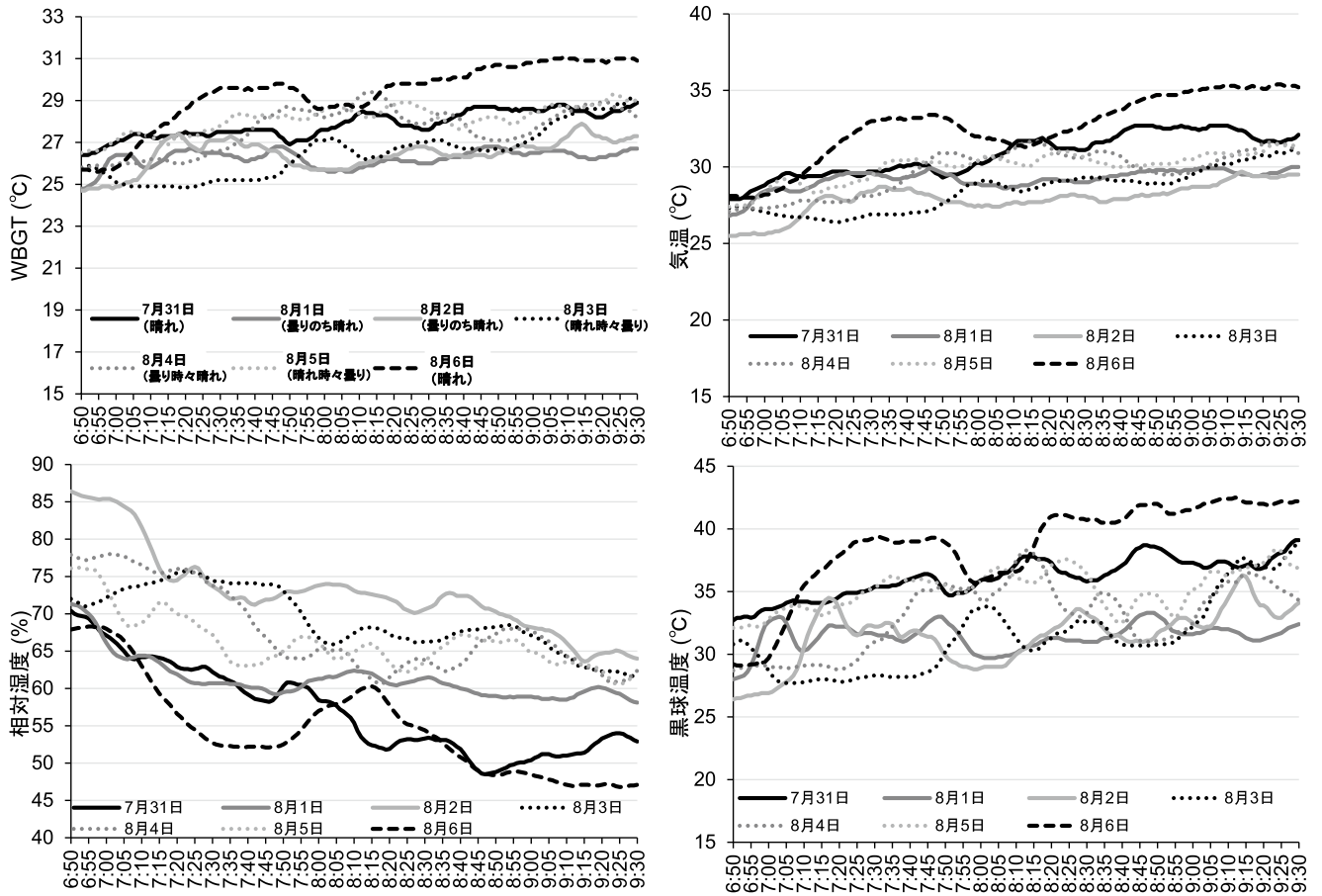


図1. 大通公園付近（日向）における各測定日の測定結果

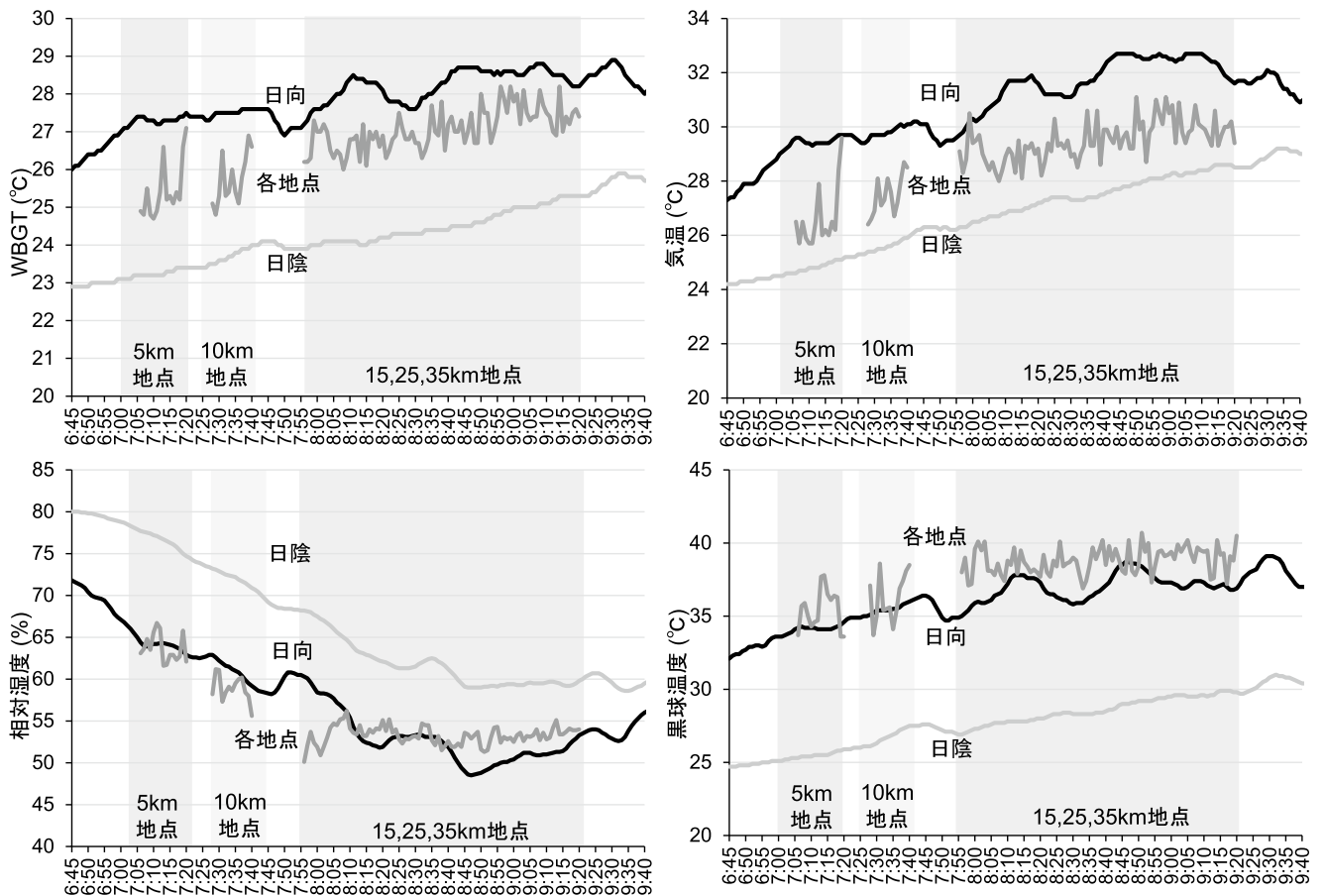


図2. 7月31日の各測定地点における測定結果

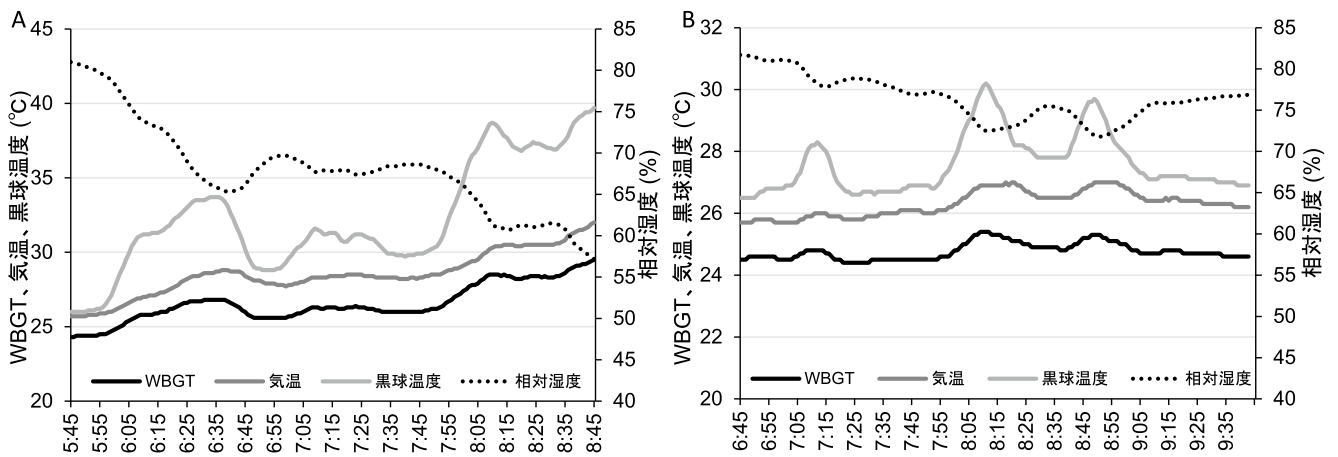


図3. マラソンレース当日の測定結果 (A: 女子マラソン時、B: 男子マラソン時)

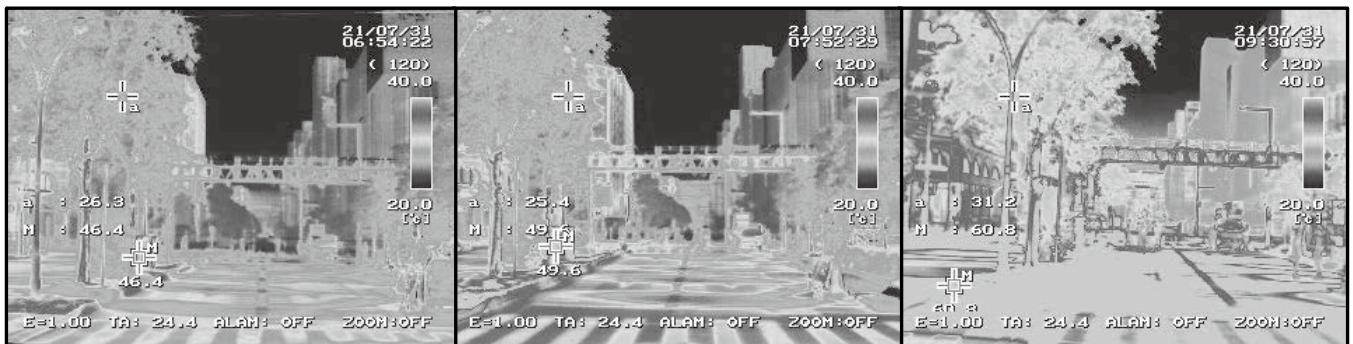


写真2. 7月31日の大通公園付近のサーモグラフィ画像 (左: 6:54、中央: 7:52、右: 9:30)

おける測定値も日向と同じような推移を示した。女子マラソンでは前日にレースの開始時刻が1時間繰り上げられたが、WBGT、気温共にレース中に上昇を続け、最高WBGTは29.1℃、最高気温は31.5℃まで上昇していた。当初予定の7時スタートとなっていた場合にはWBGTや気温がさらに上昇することが想定され、とても過酷な環境となっていたものと思われる。一方で男子マラソンのレースにおいては曇りがちの天気となりレース中の最高WBGTは25.4℃と測定を実施した期間を通して最も低くなり、レースを実施するには適した環境であった。しかしながら106名中30名が棄権するなど選手にとっては厳しい環境であったことが伺われた。

7月31日の大通公園付近におけるサーモグラフィ画像を写真2に示した。スタート予定時刻前である6:54はコース上の多くの部分に影がかかっている状態で温度もそれほど上昇していなかったものの、時間が進むにつれて日が当たるようになり9:30においては路面上のほぼすべての部分において温度が上昇していた。

2019年のドーハ世界陸上の後にマラソン会場が札幌へと移動となったが、東京と比較すれば札幌はいくらか涼しい環境ではあるものの、晴れば酷暑

となることは当初より想定されていた。実際に環境調査を行ってみても、WBGTは警戒レベルである25℃以上となっており、選手にとっては過酷な環境であったことが伺われた。各選手の強化策やこれまで取り組んできた暑熱対策などの様々な準備が実を結び男子、女子ともに入賞を果たすことができたものと考えられる。

本調査の実施にご協力、ご尽力頂きましたスタッフ、関係者の皆様に感謝申し上げます。

東京 2020 オリンピック競歩コースにおける環境調査

橋本峻¹⁾ 岡崎和伸²⁾ 河村亜希¹⁾ 三浦康二³⁾ 杉田正明¹⁾
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

1. はじめに

夏季オリンピックに代表されるような夏場における競技場面では、身体の冷却や水分補給などの暑熱対策を行うことで競技パフォーマンスの低下を抑制することができる。暑熱対策は競技を行う環境を想定して検討することが必要であり、競技実施時期の気象傾向や直前の気温等の状況を把握することが重要である。そこで今年札幌にて実施された東京2020オリンピックに向けて、レース前にあたる7月末からレース当日まで競歩コース周辺において実施した環境測定について報告する。



写真．環境測定風景

2. 方法

2-1. 測定実施期間および測定実施場所

測定期間は2021年7月30日～8月6日の8日間(7月30日は午後のみ)で男子50kmW開始時刻前の朝5:15よりトップ選手はゴールしていると考えられる9:40までの間と、男女20kmW開始時刻前の16:15より18:15までの間測定を実施した。測定場所としてはスタートおよびゴール地点となる大通公園付近の日向および日陰の2地点で定点測定を行った。

2-2. 測定方法

WBGT、気温、湿度および黒球温度の測定は暑熱環境計(WBGT-101、京都電子工業製)(写真)を用いて測定し、1分ごとに本体へメモリさせるとともに10分ごとに記録を手書きにて記録した。走路上の路面温度は放射温度計(Fluke 62 MAX、Fluke社製)で測定し、赤外線サーモグラフィカメラ(InfReC G100、日本アビオニクス社製)を用いて路面の温度状態の撮影も実施した。また、レース実施時間内にコース上の動画を撮り、コース上の日向と日陰の状況についても調査を実施した。

2-3. フィードバック

全ての測定結果については、各関係者にメールで報告した。

3. 結果と考察

大通公園付近(日向)における測定開始日からレース前日までのWBGT、気温、相対湿度および黒球温度の推移を図1および2に、8月4日の日向および日陰における測定データ推移を図3および4に、レース当日である8月5日午後および8月6日の各レース中測定データ推移を図5に示した。50kmWのレース時間帯ではWBGT、気温、相対湿度および黒球温度ともにレース開始時刻である5時半より6時頃までは大きく変化していなかったが、6時過ぎ頃より変化し始め、レース終了想定時刻までWBGT、気温および黒球温度は上昇し、相対湿度は低下していた。熱中症予防指数であるWBGTは全ての測定日において6時半頃には警戒レベルとなる25℃以上となっており、その内4日間は7時半以降に厳重警戒レベルとなる28℃以上まで上昇していた。日向と日陰の間においても日の差し込みが強くなる6時過ぎ頃から日向において気温などが上昇し始めており、日

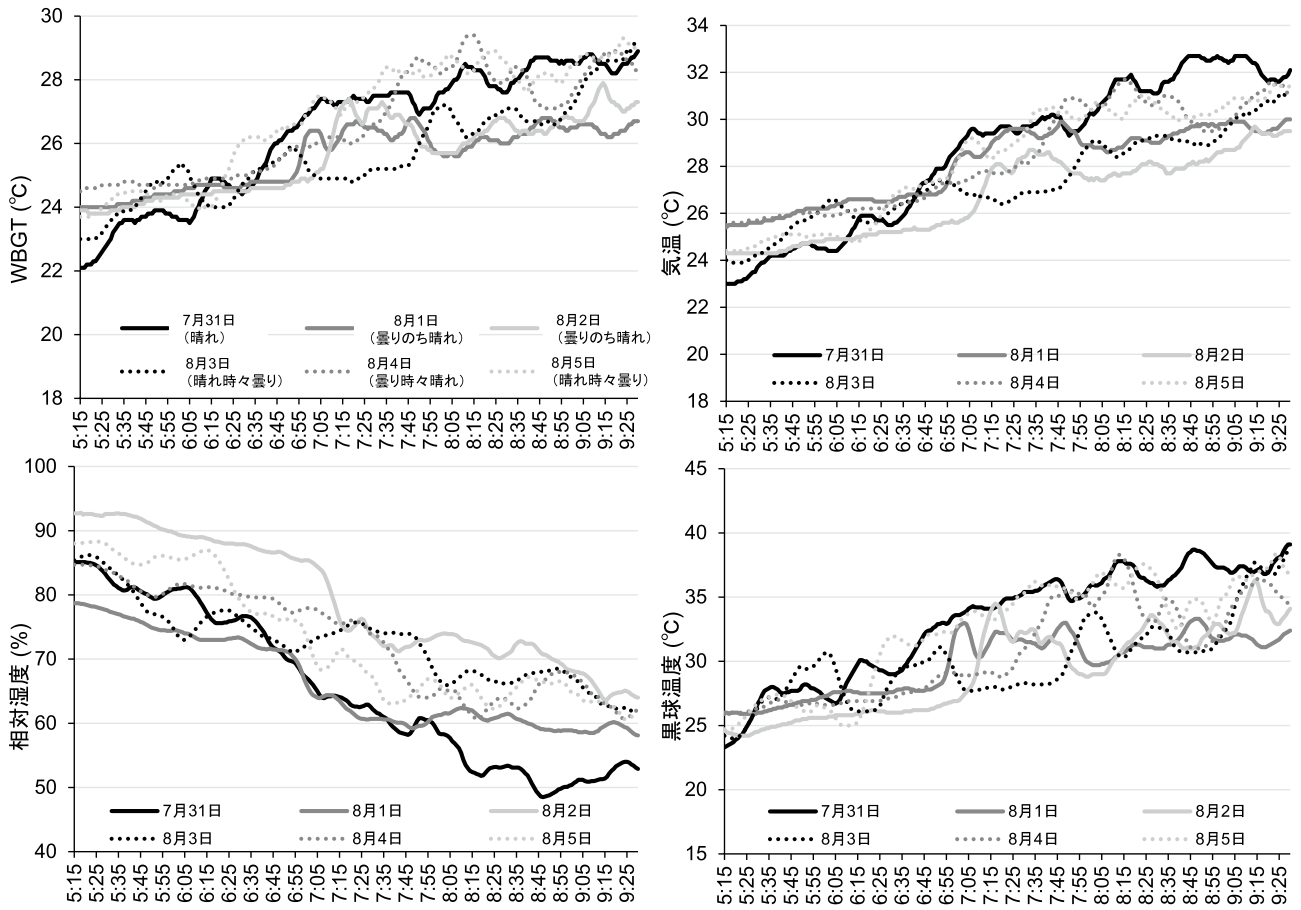


図 1. 50kmW 競技時間帯の大通公園付近 (日向) における各測定日の測定結果

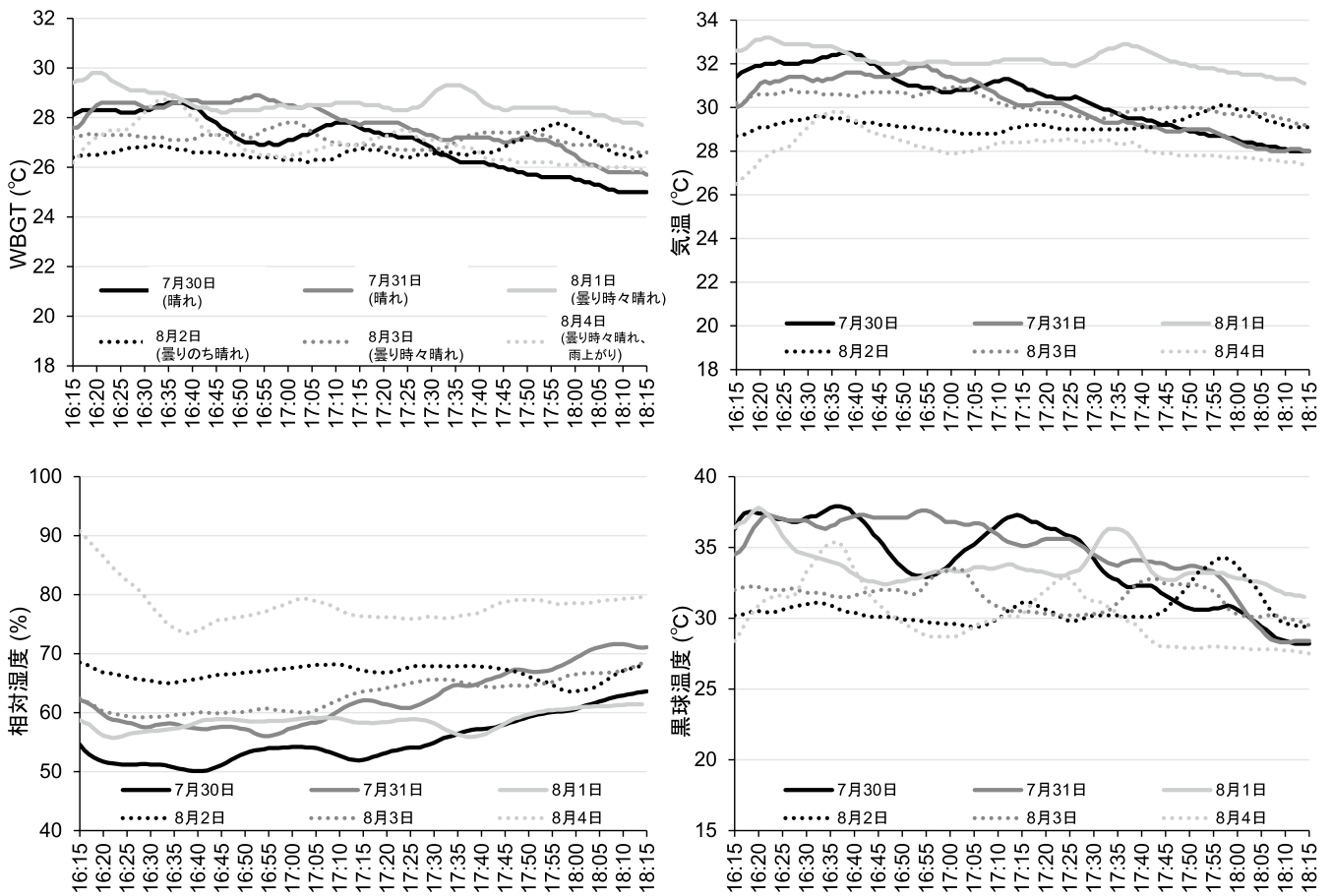


図 2. 20kmW 競技時間帯の大通公園付近 (日向) における各測定日の測定結果

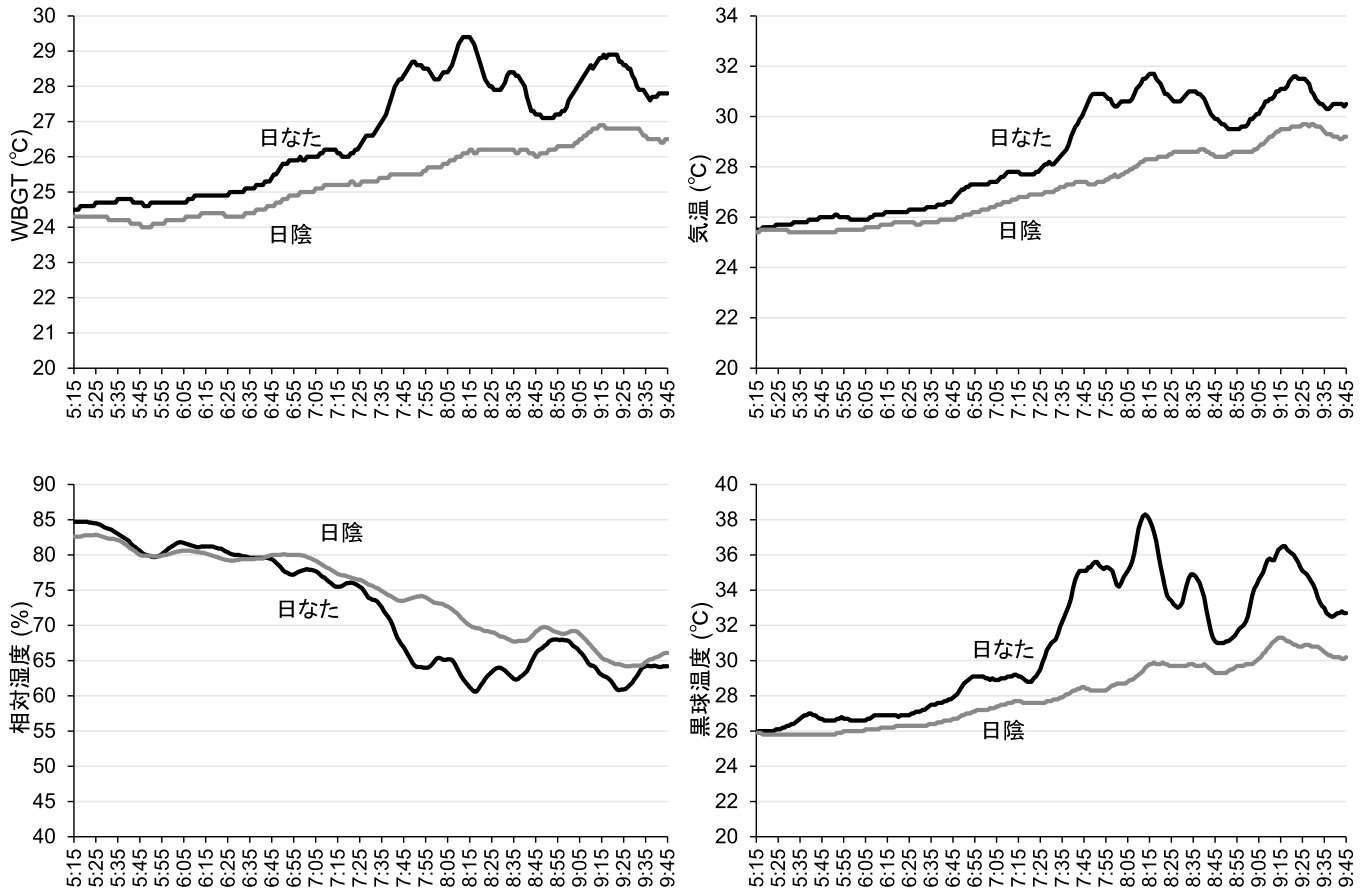


図3. 8月4日の50kmW 競技時間帯における日向と日陰の測定結果

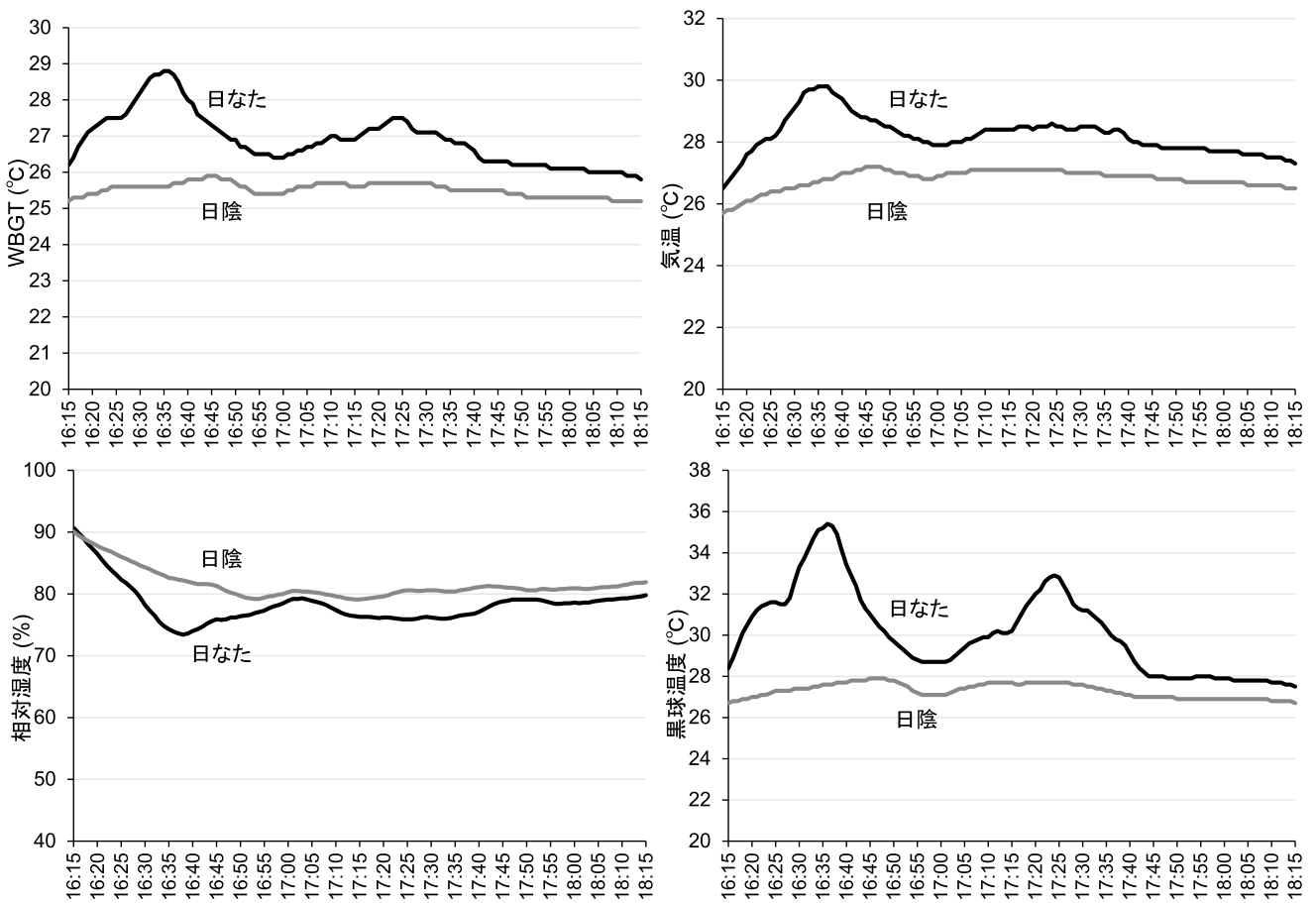


図4. 8月4日の20kmW 競技時間帯における日向と日陰の測定結果

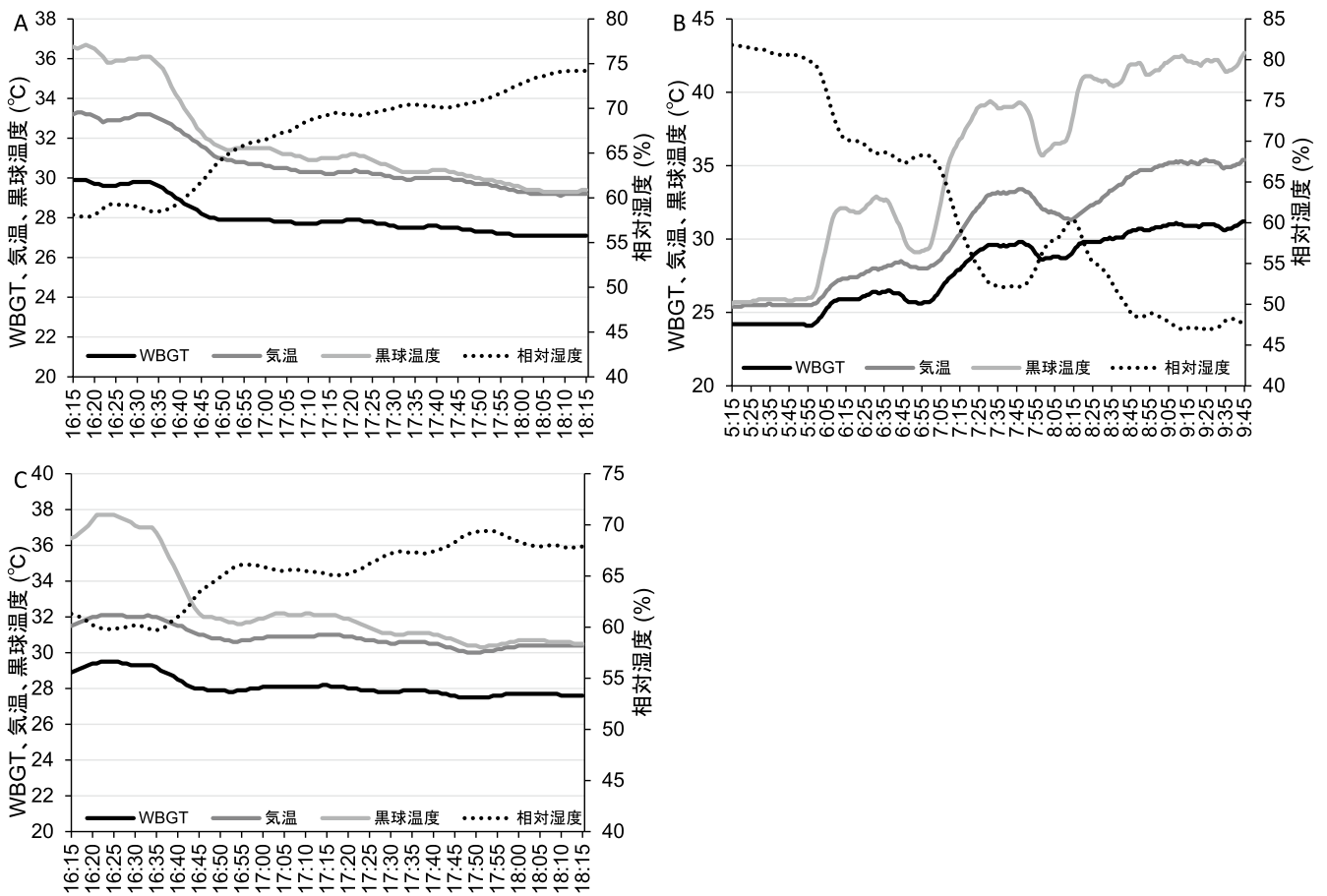


図 5. 20kmW および 50kmW レース中の測定結果 (A : 男子 20kmW 時、B : 男子 50kmW 時、C : 女子 20kmW 時)

差があるかどうかで環境に大きな差が見られることが確認された。レース当日である 8 月 6 日においても 7 時 20 分過ぎには WBGT が 28℃ を超え、レース中の最高 WBGT は 31.1℃、最高気温は 35.4℃ まで上昇し、かなり過酷な環境であった。

20kmW のレース時間帯ではレース時間中継続して WBGT や気温が低下傾向であるものの各項目ともに大きな変化は無く、レースを通してほぼ一定の環境であったが、全日もとに WBGT は 25℃ 以上と厳しい環境であった。また、夕方には日差しが傾いてくることから、レース開始時刻である 16:30 頃までは日向でやや気温が高くなっているものの、それ以降は日向と日陰における差はほぼ見られなかった。8 月 5 日および 6 日のレース時間帯においても日が翳り始める前である 16 時半頃までは黒球温度が 36℃ を超えており、日差しが厳しいものであったことが伺われた。また日差しが弱まった 16 時半以降においても WBGT は警戒レベルとなる 28℃ 前後で推移し、レース終了時においても 27.5℃ 前後とそれほど暑さが和らぐことはなかった。

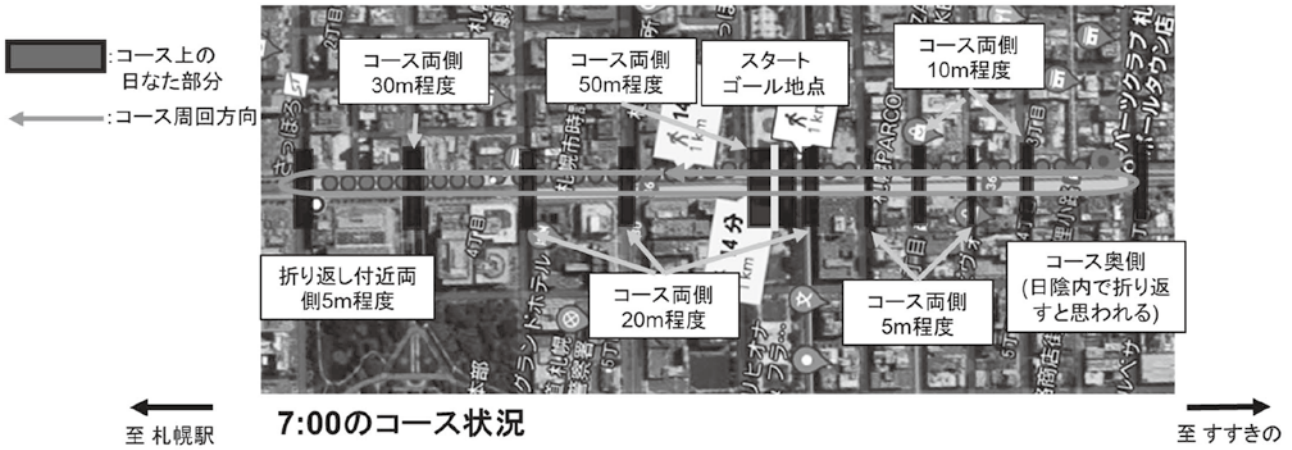
コース上の日向と日陰の状況については図 6 および 7 に示した。50kmW においては時間が進むにつれて日向の割合が増加し、20kmW においては逆に減少

していくことが確認されたが、どちらもコース脇のほとんどがビルに囲まれており、コース上の大部分は日陰となっていた。

2019 年のドーハ世界陸上では日本チームが様々な暑熱対策を実施し、男子の 20kmW および 50kmW において金メダルと獲得しており、今回の東京オリンピックでは各国においてドーハの日本チームを参考にした暑熱対策を講じている様子が見受けられた。今回の測定期間においても WBGT が高く、レース当日においても同様に過酷な環境であったことが確認されたが、競技会場が東京から札幌へと移動となっても晴れば酷暑となることは当初より想定されており、日本チームだけでなく各国がそれぞれに対策を練ってきたものと考えられる。日本チームにおいても 2014 年から暑熱対策に力を入れて取り組んできており、各選手の強化策や暑熱対策などの様々な準備が実を結びメダル獲得や入賞という結果を残すことができたものと考えられる。

本調査の実施にご協力、ご尽力頂きましたスタッフ、関係者の皆様に感謝申し上げます。

5:30のコース状況



7:00のコース状況

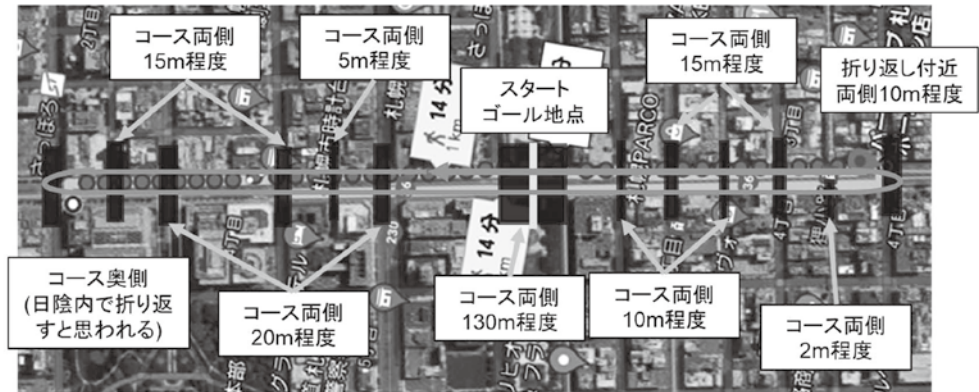


図 6. 5:30 と 7:00 における 50kW コース上の日向と日陰状況

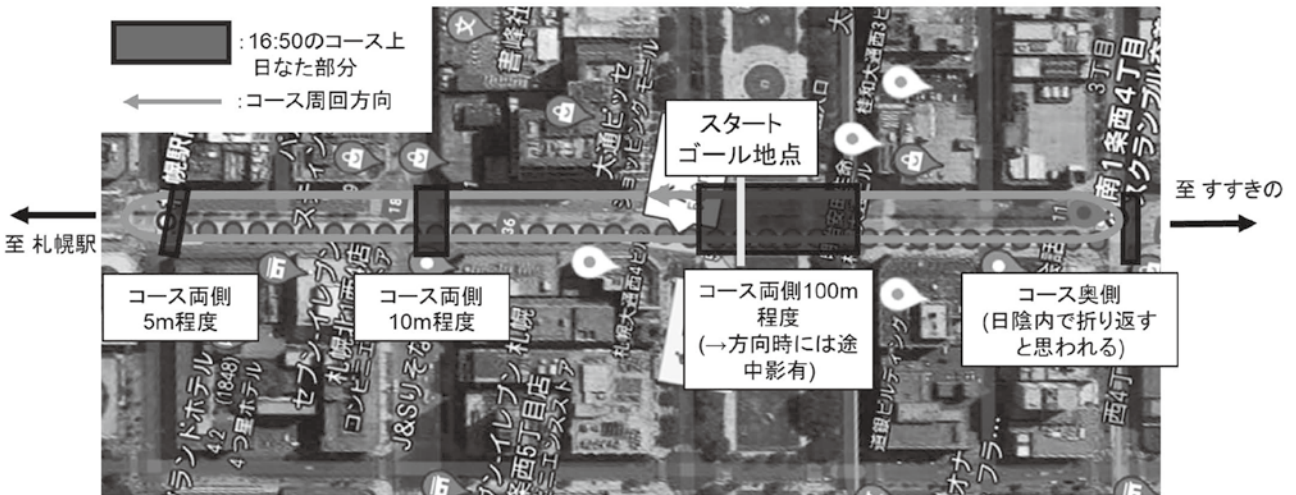


図 7. 16:50 における 20kW コース上の日向と日陰状況

高校陸上競技選手を対象にした質問紙調査の実施計画

渡邊將司¹⁾ 森丘保典²⁾ 須永美歌子³⁾ 酒井健介⁴⁾ 山本宏明⁵⁾ 杉田正明³⁾

1) 茨城大学 2) 日本大学 3) 日本体育大学 4) 城西国際大学 5) 北里大学メディカルセンター

はじめに

本連盟科学委員会では、2004年からインターハイの入賞者を対象に、過去の運動経験、体調、食習慣、心身の状況等について質問紙調査を実施してきた。しかし、インターハイ入賞者のみを対象にしていたことから比較対象が無く、全国上位選手の特徴を十分に明らかにできなかった。また郵送にて提出する手続きであったことから、データの回収率が低いなどいくつかの問題点もあった。

そこで今後の高校陸上競技選手の強化や普及に関して有益な情報を得るために、2021年度調査より質問内容や実施方法などを大幅に見直した。

研究の概要および目的

本研究では、高校陸上競技選手を対象に、幼少期からの運動経験、体調、食習慣、心身の状況等に関する質問紙調査を実施し、項目間の関係や競技レベルによる相違点などについて明らかにする（横断的研究）。また、回答者の氏名や所属校などを把握し、高校卒業後も追跡的な分析が可能なデータとして蓄積することにより、シニア期以降も競技を継続する選手や高い競技パフォーマンスに至った選手の特徴について検証することも可能になる（縦断的研究）。

上記の研究を継続的に実施することにより、ジュニア期の競技者育成・強化の最適化や競技人口の拡大（普及）に役立つ貴重なエビデンスを得ることが期待できる。

調査対象

1つ目の対象者は、12月末頃に実施されるブロック合宿に参加する選手である。彼らの多くは県大会入賞以上のレベルとなる見込みである。2つ目の対象者は、年度末に実施されるU19強化研修合宿に参

加する選手である。この合宿への参加には標準記録をクリアしている必要があり、おおよそ全国大会出場以上のレベルに相当する選手が集う。

これらの合宿には長距離走選手の参加者数が少ないため、場合によっては、その他の強化練習会や競技会等でも実施する可能性がある。

実施方法

質問紙調査は基本的にMicrosoft Formsを用いて実施する。選手にはアクセス先のQRコードを付けた依頼文書を配布し、各自のスマートフォンを用いて回答してもらう。なお、スマートフォンを所有していない場合には紙媒体の質問紙で対応する。

基本的に、強化練習会または合宿で全体が集まる機会（開会式・閉会式、全体ミーティングなど）において、質問紙調査の趣旨を担当者が説明するとともに、回答する時間を設けて実施する。回答時間は20～30分を見込んでいる。

質問項目

氏名、性別、生年月日、所属先、専門種目、高校での競技成績といった基本情報に加えて、これまでの運動経験、体調、食習慣、心身の状況等について質問する。なお、女子選手に対しては月経に関する事項も尋ねる。質問内容は付録1（紙媒体のフォーム）の通りである。

■これまでの運動経験や競技成績などについて質問します。

9. 現在の身長と体重、身長が最も伸びた時期を教えてください。

身長 (cm)	体重 (kg)	身長が最も伸びた時期 (何年生から何年生にかけて最も伸びたのか)
□□□.□	□□□.□	①小3から小4 ②小4から小5 ③小5から小6 ④小6から中1 ⑤中1から中2 ⑥中2から中3 ⑦中3から高1 ⑧その他()

10. 小学校高学年の頃の体格や運動能力は、周りの子ども達と比べてどうでしたか？

- 身長 → ①高い方だった ②普通くらい ③低い方だった
 体型 → ①太っている方だった ②普通くらい ③やせている方だった
 短距離走 → ①速かったと思う ②普通だったと思う ③遅かったと思う
 長距離走 → ①速かったと思う ②普通だったと思う ③遅かったと思う
 跳能力 → ①高かったと思う ②普通だったと思う ③低かったと思う
 投能力 → ①高かったと思う ②普通だったと思う ③低かったと思う

11. 小学校高学年の頃、学校の休み時間や放課後などで子どもだけの自由な運動遊びはやりましたか？

- ①よくやっていた (週4日以上) ②まあまあ (週2~3日) ③あまりやらなかった (週1日以下)

12. 小学生の頃、指導者のもとで取り組んだことのあるスポーツは、陸上競技以外で何種目ありますか？

・種目数 (体育の授業を除く) 【 ①0種目 ②1~2種目 ③3~4種目 ④5種目以上】

・スポーツ名 【 】 【 】 【 】

(熱心に取り組んでいた順に3種目まで)

- ①水泳 ②野球/ソフトボール ③サッカー ④バスケットボール
 ⑤バレーボール ⑥テニス ⑦体操 ⑧その他 ()

13. クラブや部活など、指導者のもとで陸上競技を本格的に始めたのはいつ頃からでしたか？

- ①小学校1~2年 ②小学校3~4年 ③小学校5~6年 ④中学校 ⑤高校

14. あなたが陸上競技を本格的に始めるようになった動機 (内的要因) と、いきさつ (外的要因) について、それぞれ3つまで選んでください。3つ無い場合は1つでも2つでもかまいません。

<動機 (内的要因) >

- ①小学校の陸上大会で良い成績を残したから ②中学校の陸上大会で良い成績を残したから
 ③自分に合ったスポーツだと思ったから ④一流選手になれると思ったから ⑤かっこよく見えたから
 ⑥自分を鍛えるのによいスポーツだと思ったから ⑦学校体育などでやって楽しかったから
 ⑧ただなんとなく ⑨自分ができそうなスポーツが他になかった ⑩その他 ()

<いきさつ (外的要因) >

- ①父や母に勧められて ②兄弟に勧められて ③クラブの指導者の勧め ④学校の先生の勧め
 ⑤先輩や友達の勧め ⑥テレビや雑誌などを見て ⑦試合を直接見て ⑧近くに陸上クラブがあった
 ⑨特にきっかけは無い ⑩その他 ()

15. 中学校期に中心的に所属していた部活動またはクラブは何ですか？

①陸上

②陸上以外 【 】

③他の部活動等と陸上を掛け持ち 【 】

- ①水泳 ②野球/ソフトボール ③サッカー ④バスケット
 ⑤バレーボール ⑥テニス ⑦体操 ⑧卓球 ⑨柔道 ⑩剣道
 ⑪スキー ⑫スケート ⑬その他 ()

⇒取り組んでいた部活動やクラブの番号を【 】に記入してください。

16. 中学校期に中心的に所属していた部活動やクラブの最高成績を教えてください(補欠の場合は含まない)。

- ①全国大会 1～3 位 ②全国大会 4～8 位 ③全国大会出場 ④地方大会 (関東大会など) 8 位以内
 ⑤地方大会 (関東大会など) 出場 ⑥都道府県大会 8 位以内 ⑦都道府県大会出場
 ⑧地区・市町村大会/記録会・練習試合出場 ⑨試合等の出場経験なし

17. 陸上競技以外の運動経験は、あなたが取り組んでいる種目にどのように役立っていると思いますか。最もあてはまるものを選んでください。

- ①関連する運動感覚が身についた ②関連する技術や技能が身についた ③関連する体力が身についた
 ④精神的に鍛えられた ⑤わからない ⑥その他 ()

18. 中学生の頃から専門種目を変更したかどうかを教えてください。

- ① 変更していない, または中学で陸上競技をやっていない
 ② 変更した →その理由を 3つまで 教えてください。3つ無ければ1つでも2つでもかまいません。
 ①指導者の^{すす}勧め ②親の^{すす}勧め ③仲間の^{すす}勧め ④おもしろそうだったから
 ⑤違う種目に^{てきせい}適性を感じたから ⑥中学の時の種目に限界を感じたから
 ⑦^{けが}怪我のため ⑧^{つら}辛かったから ⑨その他 ()

19. 以下の質問について、それぞれ最もあてはまるものの番号に○をつけてください。

【①強くそう思う ②まあまあ思う ③あまり思わない ④全くそう思わない】

1	日常の練習は楽しい	① ・ ② ・ ③ ・ ④
2	日常の練習は身体的にも精神的にも ^{つら} 辛い	① ・ ② ・ ③ ・ ④
3	練習仲間には恵まれている	① ・ ② ・ ③ ・ ④
4	練習環境 (施設や用具など) は恵まれている	① ・ ② ・ ③ ・ ④
5	練習仲間は競技成績の高い者ばかりだ	① ・ ② ・ ③ ・ ④
6	指導者に支えられている	① ・ ② ・ ③ ・ ④
7	家族に支えられている	① ・ ② ・ ③ ・ ④
8	記録向上のために陸上競技に関することを自ら学んでいる	① ・ ② ・ ③ ・ ④
9	自分の伸びしろは、まだまだある	① ・ ② ・ ③ ・ ④
10	将来は日本代表選手になりたい	① ・ ② ・ ③ ・ ④
11	精神的な強さを持っている	① ・ ② ・ ③ ・ ④
12	やるべきことを終えるまで、持続的に取り組むことができる	① ・ ② ・ ③ ・ ④
13	試合に向けて、調子を上げることができる	① ・ ② ・ ③ ・ ④
14	不安に対処することができる	① ・ ② ・ ③ ・ ④
15	マイナスの考えをプラスに変えることができる	① ・ ② ・ ③ ・ ④

20. 平均的な練習^{ひんんど}頻度や量について教えてください (朝練などの自主練習も含める)

1 週間の 練習日数	1 週間の練習回数 (朝練と夕練は分ける)	1 週間の 合計練習時間	1 週間の中で 高い強度の練習をする日数
平日： 日/週	平日： 日/週	平日： 時間/週	きつい練習： 日/週
土日： 日/週	土日： 日/週	土日： 時間/週	かなりきつい練習： 日/週

■体調や食習慣に関して質問します。

21. 最近の様子について、それぞれ最もあてはまるものの番号に○をつけてください。

【①全くない ②わずかにある ③ややある ④かなりある ⑤非常にある】

1	筋肉痛がある	① ・ ② ・ ③ ・ ④ ・ ⑤
2	エネルギー不足を感じる	① ・ ② ・ ③ ・ ④ ・ ⑤
3	怒りっぽい	① ・ ② ・ ③ ・ ④ ・ ⑤
4	物事を思い出せない	① ・ ② ・ ③ ・ ④ ・ ⑤
5	寝つきが悪い	① ・ ② ・ ③ ・ ④ ・ ⑤
6	食欲が低下している	① ・ ② ・ ③ ・ ④ ・ ⑤
7	日常生活において興味が低下している	① ・ ② ・ ③ ・ ④ ・ ⑤
8	家族や同級生，チームメイトに対して怒りっぽい	① ・ ② ・ ③ ・ ④ ・ ⑤
9	集中力が低下している	① ・ ② ・ ③ ・ ④ ・ ⑤
10	手足が重く感じる	① ・ ② ・ ③ ・ ④ ・ ⑤
11	眠りが浅い	① ・ ② ・ ③ ・ ④ ・ ⑤
12	しっかりと食事がとれない	① ・ ② ・ ③ ・ ④ ・ ⑤
13	日中，異常に疲れている	① ・ ② ・ ③ ・ ④ ・ ⑤
14	ずっとイライラしている	① ・ ② ・ ③ ・ ④ ・ ⑤
15	頭が混乱している	① ・ ② ・ ③ ・ ④ ・ ⑤
16	関節がこわばったり，痛みがある	① ・ ② ・ ③ ・ ④ ・ ⑤
17	軟便や下痢がある	① ・ ② ・ ③ ・ ④ ・ ⑤
18	不眠である	① ・ ② ・ ③ ・ ④ ・ ⑤
19	何をするにもいつもより疲れるように感じる	① ・ ② ・ ③ ・ ④ ・ ⑤

22. 食習慣について、それぞれ最も当てはまるものの番号に○を付けてください。

- 朝食【①毎日食べる ②時々食べない ③食べる日の方が少ない ④毎日食べない】
- 昼食【①毎日食べる ②時々食べない ③食べる日の方が少ない ④毎日食べない】
- 夕食【①毎日食べる ②時々食べない ③食べる日の方が少ない ④毎日食べない】
- 間食【①毎日食べる ②時々食べない ③食べる日の方が少ない ④毎日食べない】

23. 食生活（食事や栄養）について、最も当てはまるものに○をつけてください。

- ① 私は現在、望ましい食生活をしていない。またこれから先もするつもりはない。
- ② 私は現在、望ましい食生活をしていない。しかし関心はあるので、近い将来（6ヶ月以内）何かを試みたい。
- ③ 私は現在、望ましい食生活をしている。しかし習慣的ではない。
- ④ 私は現在、望ましい食生活をしている（習慣的だが継続は6ヶ月未満）。
- ⑤ 私は現在、望ましい食生活をしている（習慣的で6ヶ月以上続いている）。

24. 普段、食品を購入する時に、栄養成分の表示を参考にしますか。

- ①いつもしている
- ②時々している
- ③あまりしない
- ④いつもしない

25. 最近の食事について、それぞれ最もあてはまるものの番号に○をつけてください。

【 ①毎日毎食で食べる ②毎日2回は食べる ③毎日1回は食べる

④1週間で食べる日の方が多い ⑤1週間で食べない日の方が多い】

1	穀物（ごはん・パン・麺 など）	① ・ ② ・ ③ ・ ④ ・ ⑤
2	肉・加工肉（牛・豚・鶏・ハム・ソーセージ など）	① ・ ② ・ ③ ・ ④ ・ ⑤
3	魚介・魚加工品（魚・イカ・エビ・かまぼこ など）	① ・ ② ・ ③ ・ ④ ・ ⑤
4	卵料理（卵焼き・ゆで卵 など）	① ・ ② ・ ③ ・ ④ ・ ⑤
5	大豆・大豆製品（豆腐・納豆 など）	① ・ ② ・ ③ ・ ④ ・ ⑤
6	色の濃い野菜（ニンジン・カボチャ など）	① ・ ② ・ ③ ・ ④ ・ ⑤
7	その他の野菜	① ・ ② ・ ③ ・ ④ ・ ⑤
8	果物（果汁ジュース含む）	① ・ ② ・ ③ ・ ④ ・ ⑤
9	牛乳・乳製品（チーズ・ヨーグルト など）	① ・ ② ・ ③ ・ ④ ・ ⑤

26. エナジードリンク（Red Bull や Monster など）の摂取頻度と目的を教えてください。

*リボタンDのようなものは栄養ドリンクなのでエナジードリンクではありません。

<日常>

1. 頻度 【 ①週3缶以上 ②週1～2缶 ③月1～3缶 ④月1缶未満 ⑤飲んだことがない】
2. 目的 【 ①眠気覚まし ②疲労回復 ③パフォーマンス向上 ④その他（ ）】

<試合時>

1. 頻度 【 ①毎回飲む ②時々飲む ③飲んだことがない】
2. 目的 【 ①眠気覚まし ②疲労回復 ③パフォーマンス向上 ④その他（ ）】

■ここからはサプリメントの摂取状況について質問します。ここでのサプリメントとは、普段の食事とは異なり、競技力向上や体調管理を目的に摂取する錠剤・粉体・カプセル・液体等のようなものを指します。（スポーツドリンクは含みません）

27. サプリメントを摂取したことがありますか。

- ①現在、摂取している
- ②過去に摂取していたが現在は摂取していない
- ③これまで摂取したことはない（試供品などを数回だけ摂取した場合も含む）

28. サプリメントの摂取時期について、当てはまるものすべてに○をつけてください。

- ①小学生
- ②中学生
- ③高校生
- ④これまで摂取したことはないから答えられない
- ⑤その他（ ）

29. サプリメントを摂取している（摂取していた）目的は何ですか？当てはまるものすべてを選んでください。

- ①体重増量
- ②減量
- ③筋肉増量
- ④瞬発力向上
- ⑤持久力向上
- ⑥疲労回復
- ⑦安眠
- ⑧貧血予防や改善
- ⑨怪我の予防や改善
- ⑩コンディション維持
- ⑪病気予防
- ⑫免疫機能の向上
- ⑬活力向上
- ⑭不足栄養素の補給
- ⑮抗酸化作用の向上
- ⑯摂取したことがないから答えられない
- ⑰その他（ ）

30. 摂取している(摂取していた)サプリメントの種類で、当てはまるものすべてを選んでください。

- ①プロテイン ②クレアチン ③アミノ酸 ④カルシウム ⑤鉄 ⑥マルチミネラル ⑦ビタミンA
 ⑧ビタミンB ⑨ビタミンC ⑩ビタミンD ⑪ビタミンE ⑫マルチビタミン ⑬脂肪酸(EPA・DHA)
 ⑭糖質(炭水化物:エネルギー補給) ⑮わからない ⑯これまで摂取したことはないから答えられない
 ⑰その他()

31. サプリメントを摂取した(摂取していた)きっかけは何ですか。

- ①指導者の勧め ②トレーナーや接骨院の先生等の勧め ③医師の勧め ④薬剤師の勧め ⑤栄養士の勧め
 ⑥自分の意志で ⑦家族の勧め ⑧友人の勧め ⑨販売員・店員の勧め
 ⑩これまで摂取したことはないから答えられない ⑪その他()

32. サプリメントの摂取を中止した理由は何ですか？当てはまるものすべてを選んでください。

- ①効果がなかったから ②面倒になったから ③体に異常や副作用が出たから ④薬に切り替えたから
 ⑤状態が改善したから ⑥期間限定だったから ⑦お金がかかるから ⑧味がまずかったから
 ⑨サプリメントはよくないと聞いたから ⑩特に理由はない ⑪現在も摂取しているから答えられない
 ⑫これまで摂取したことはないから答えられない ⑬その他()

33. サプリメントや栄養・食事に関する情報は何かから得ますか？当てはまるものすべてを選んでください。

- ①指導者 ②トレーナーや接骨院の先生 ③医師 ④薬剤師 ⑤栄養士 ⑥家族 ⑦友人 ⑧販売員・店員
 ⑨インターネットの記事 ⑩動画サイト(YouTube) ⑪テレビ ⑫雑誌 ⑬その他()

34. サプリメント摂取に対する意識について、最も近いものを選んでください。

- ①積極的に摂取すべきである ②食事で不足する栄養素のみ摂取すべきである
 ③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
 ④できるだけ摂取すべきではない ⑤絶対に摂取すべきではない

35. ドーピングについて、最も当てはまるものの番号に○を付けてください。

【①まったく当てはまらない ②あまり当てはまらない ③やや当てはまる ④よく当てはまる】

1	試合に勝つためには、ドーピングをしてもよいと思う	①・②・③・④
2	身体に害がなければ、ドーピングをしてもよいと思う	①・②・③・④
3	世界で一番になれるのなら、ドーピングをしてもよいと思う	①・②・③・④
4	強くなるためには、ドーピングをしてもよいと思う	①・②・③・④

■心身の状況について質問します。

36. 過去1年の間に、スポーツが原因で完治に1か月以上かかった怪我や病気等ありましたか？

- ①なかった
 ②あった→ 怪我をした部位や症状等を教えてください。当てはまるものすべてに○を付けてください。
 ①脚の怪我 ②股関節の怪我 ③腰の怪我 ④肩の怪我 ⑤腕の怪我 ⑥貧血 ⑦病気
 ⑧やる気の低下 ⑨その他()

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

Tokyo2020 オリンピックスタジアムにおける医療サービス	240
金子晴香, 加藤基, 山澤文裕	
東京 2020 オリンピック陸上競技チームドクターレポート Track & Fields (東京) . . .	245
鎌田浩史, 田原圭太郎	
東京 2020 オリンピック競技大会 競歩・マラソン医療活動概要	250
菅原誠	
東京 2020 オリンピック競技大会 競歩・マラソン救護活動概要	256
眞鍋芳明	
東京 2020 札幌報告	259
鳥居俊	
東京 2020 オリンピック出場選手の参加後調査	263
鎌田浩史, 鳥居俊, 田原圭太郎, 常友綾二, 宮澤那緒	
第 5 回 IAAF 世界リレー大会帯同報告	267
田原圭太郎	
オーバートレーニング症候群と思われる選手とその経過	271
鳥居俊	
国立スポーツ科学センターのメディカルチェックおよび診療でみられた	275
陸上短距離 (100・200m) および長距離 (マラソン) 強化指定選手における スポーツ外傷・障害の予測の試み	
安羅有紀, 奥平修三, 鎌田浩史, 中嶋耕平, 喜多村祐里, 奥脇透, 山澤文裕, 鳥居俊, 半谷美夏, 西田雄亮, 橋本立子, 松田秀一, 中田研, 祖父江友孝	

Tokyo2020 オリンピックスタジアムにおける医療サービス

金子晴香^{1) 2)} 加藤基^{3) 4)} 山澤文裕¹⁾

- 1) 公益財団法人日本陸上競技連盟医事委員会 2) 順天堂大学整形外科学講座
3) 公益財団法人日本陸上競技連盟医事委員会トレーナー部 4) 帝京大学スポーツ医科学センター

【はじめに】

2020年に開催予定であった東京オリンピック(Tokyo2020)は、新型コロナウイルス感染症(COVID-19)の世界的拡大により1年間延期を余儀なくされたが、我が国において、COVID-19第5波の真っ只中であった2021年7月から8月にかけて、Tokyo2020は開催された。大会組織委員会は競技場内での選手に対する医療救護を各競技団体(NF: National Federation)医事組織に任せため、トラック&フィールド種目が行われるオリンピックスタジアムおよびマラソンと競歩が行われる札幌のロード会場の2つ会場に対し、日本陸上競技連盟医事委員会のメンバーを中心として医療チームを構成し、医療サービスを提供した。本稿では、オリンピックスタジアムで行われた陸上競技において提供した医療サービスに関して報告する。

【医療サービス提供期間と人員配置】

医療サービスは2021年7月25日から8月7日までの14日間提供された。最初の5日間(7月25日から29日)は競技会開始前で3つの練習会場を対象とし、7月30日から8月7日の9日間は、練習会場とともにオリンピックスタジアムにおいて医療サービスを実施した。

オリンピックスタジアムの全体の医療はVenue Medical Officer (VMO)の統括のもと、観客(実際は無観客)や報道・スタッフなどの医療を担当する観客用医療サービスと選手および審判に対する医療サービスを担当する選手用医療サービスに分かれて運営を行った(図1)。選手用医療サービスをNFである日本陸上競技連盟医事委員会がメンバーの中心となって担当し、Athlete Medical Supervisor (AMSV)を山澤医事委員長、副AMSVを金子委員が務めた。医療サービススタッフは医師27名、看護

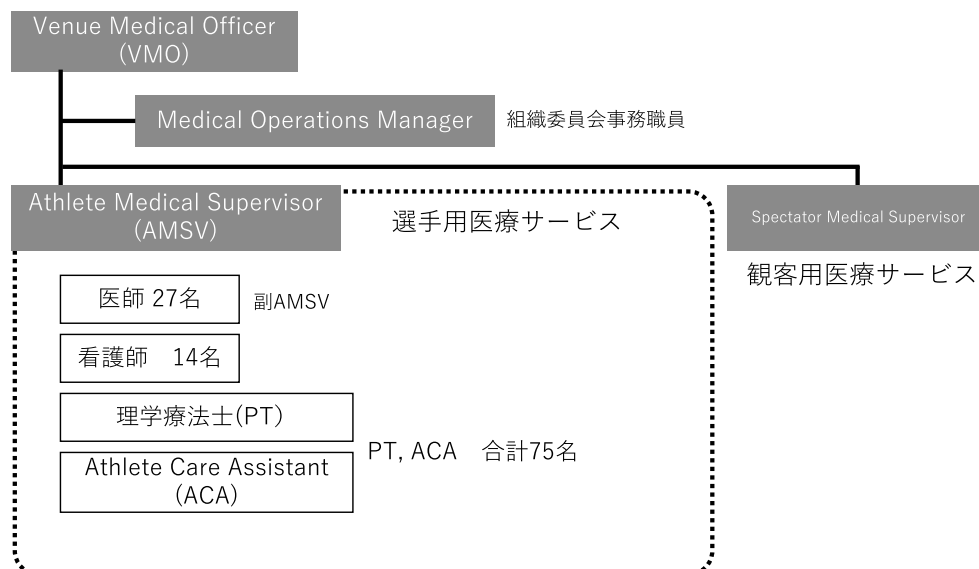


図1: オリンピックスタジアム医療サービス体制

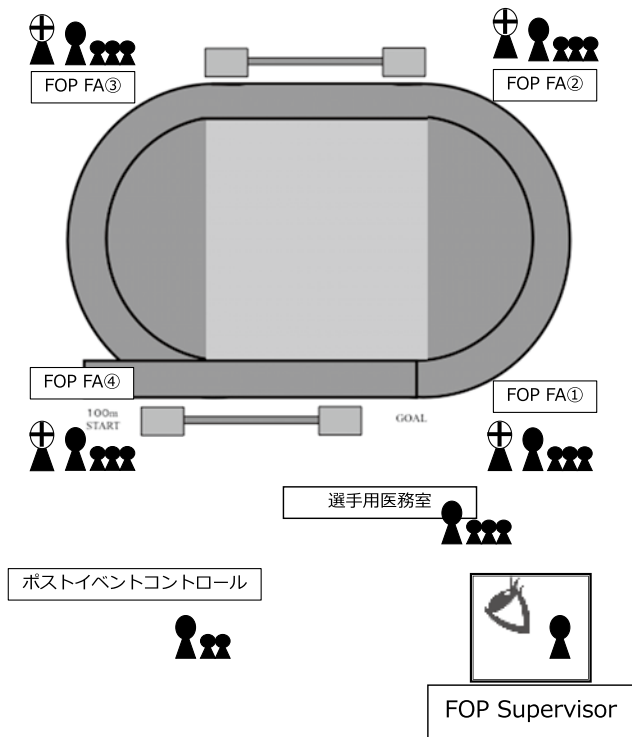


図2：競技場内 (Field of Play: FOP) を中心とした医療サービス配置
FA: First Aid,

師 14 名，理学療法士および日本陸上競技連盟に登録しているトレーナー（本大会では Athlete Care Assistant: ACA という名称となる）75 名で構成された。医師・看護師は午前または午後の 2 交代制で期間中一人 5～7 シフト，理学療法士および ACA は大会日程の前半および後半にわかれて 2 グループで活動したが，1/3 のメンバーは大会期間を通して活動した。新型コロナウイルスの蔓延により，参加予定であったスタッフが，地域の医療の状況などにより参加できなくなったため，少ない人数での対応が必要となり，シフト作成に難渋した。活動場所は，競技会場であるオリンピックスタジアムと練習会場であるオリンピックスタジアム・ウォームアップトラック，代々木公園陸上競技場（織田フィールド），江戸川区陸上競技場であった。

【オリンピックスタジアム内医療サービス体制】

トラック & フィールドの競技の特徴は多種目であることと，同時に様々な競技が行われているという点である。トラックで競技が行われている中で，フィールドでは投擲競技や跳躍競技が行われるため，様々な場所で傷病者が同時に出る可能性がある。そのため，オリンピックスタジアムにおいては，世界陸連が推奨する医療体制とした。すなわ

ち，選手用医務室に加え，競技の行われている競技場内 (Field of Play: FOP) に 4 か所およびポストイベントコントロール (PEC) に医療班をおき，選手が競技する場所，競技後メディアへ対応する場所を網羅できる医療体制をとった。FOP は，各コーナーに 1 グループずつ配置し，それぞれに医師 1 名，理学療法士 1 名と ACA3 名をひとつのチームとして配置した (図 2)。この体制は，複数人で複数個所から競技者を見守ることが可能となり，FOP 内に死角を減らし傷病者の救護をいち早く行うことができる。さらに死角を減らすために，FOP のスタジアム全体を俯瞰し，FOP 活動の調整をする FOP の指令者を FOP Supervisor として観客席上階に配置した。

FOP の救護活動は，競技者の健康を確保し，競技会が安全かつ円滑に実施されることを目的として行われ，その役割は①事故の予防②観察③タイムリーな搬送である。その場で完結するごく簡単な処置は例外として，原則は要救助競技者を発見し，すばやく選手用医務室に搬送することを実践した。選手用医務室では，診断，治療を行い，選手村ポリクリニックなどへの搬送が必要な場合その手配をした。

オリンピックスタジアムの選手用医務室はフィニッシュ地点から容易に入室できる場所に設置されており，救護を行う上で，最適な配置であった。選手用医務室にはベッドが 5 台設置され，外傷および疾病に対応可能な医薬品や資材が組織委員会より準備された。各種内服薬に加え，注射薬，蘇生のための用具や薬，外傷用の資材，新型コロナウイルス感染防止のためのマスクやガウン，フェースシールド，アルコールゲルが用意された。オリンピックスタジアム・ウォームアップトラックの医務室も同様の設備であった。熱中症への対応としてアイスバスを設置した Heat deck¹⁾ や新型コロナウイルスの濃厚接触者隔離のための部屋を医務室の隣に設置した。

【Heat deck】

国際オリンピック委員会 (IOC) が推奨する労作性熱中病に対するプレホスピタルケアである Heat deck を選手用医務室に隣接して配置した。Heat deck はアイスバスとアイスタオルやアイスバス後の状態を観察することのできる簡易ベッドからなる領域であり (図 3)，直腸温計，大量の氷，タオルなどの物品，血糖測定器，Na 測定器を準備した。深部体温 (直腸温) が 40.5℃以上であり，見当識障害，異常行動，卒倒など中枢神経系の機能不全がみられ

a



b



図3：Heat deck a) アイスバス b) 簡易ベッド

た場合、アイスバスの適応であるが、オリンピックスタジアム内ではアイスバス治療の適応となる選手はいなかった。しかし、直腸温にて評価し、アイスタオル法を施行した選手を経験し、選手の全身状態の評価とHeat Deck活用について実践することができた。

【新型コロナウイルス対策】

新型コロナウイルス蔓延期における大会のため、本大会では、新型コロナウイルス感染への対策が必要となった。まずは無観客での大会開催である。選手に対しても健康観察や選手村での新型コロナウイルスの抗原検査やPCR検査が実施された。選手用医療サービススタッフも参加14日前から健康観察の実施に加え、参加2日前からの唾液PCR検査の連日実施、ホテル滞在時の行動制限が課せられた。また、選手は濃厚接触者であっても、競技参加6時間前の新型コロナウイルスPCR検査が陰性であれば競技に参加が許可されたため、濃厚接触者の選手情報は医療サービススタッフに共有された。その選手らが医務室等を使用する場合や競技場での発症等の対策のため、新型コロナウイルス感染対策隔離室を準備した。写真はオリンピックスタジアム・ウォームアップトラック横に設置された隔離テントである(図4)。幸いなことに大会期間中隔離室を使用することはなかった。

選手用医務室やFOPでの医療や救護時は、標準予防策(マスク、手袋、アイガード)を使用し、嘔吐、出血、咳などがある場合はガウンの着用も行った。また、搬送が必要な選手には、状態がゆるせば、マスクを渡し着用させた。なお、競技終了2週間を



図4：新型コロナウイルス感染対策隔離室

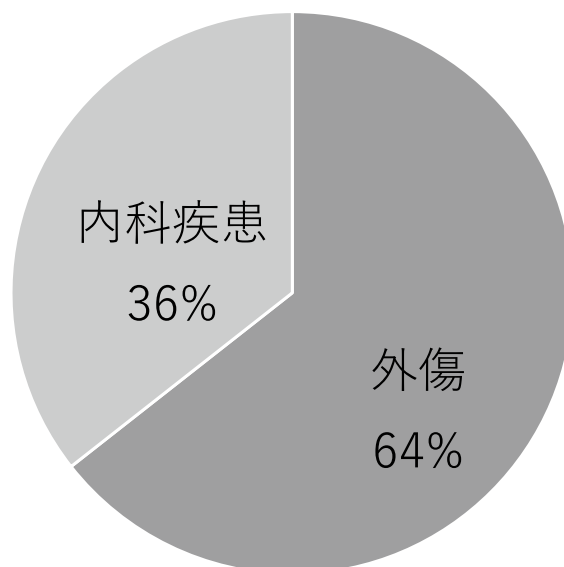


図5：外傷と疾病の内訳

含め、陸上競技にかかわった選手用医療スタッフにCOVID-19罹患者はいなかった。

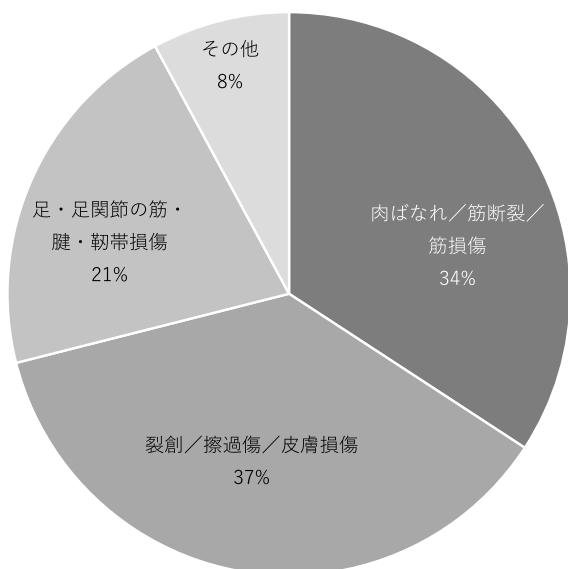


図 6：外傷の内訳

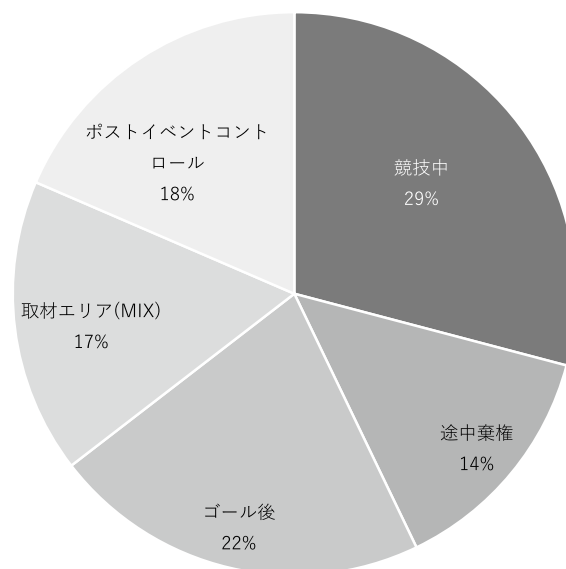


図 7：Field of Play: FOP 対応件数の内訳

【外傷および疾病発生状況】

トラック&フィールドの出場選手は約 1800 人であるが、出場選手でオリンピックスタジアムとウオームアップトラックの医務室を受診し、医師の対応を要したものは 59 件であり、外傷が 38 件 (64%)、内科疾患が 21 件 (36%) であった (図 5)。外傷の受診の内訳としては、肉ばなれ/筋断裂/筋損傷が 13 件 (34%)、裂創/擦過傷/皮膚損傷が 14 件 (37%)、足・足関節の筋・腱・靭帯損傷 8 件 (21%) であった (図 6)。内科疾患は、熱中症が 19 件 (90%) をしめ、そのすべてをアイスタオル法で処置した。2007 年の世界陸上の総対応件数が 305 件²⁾ と比べ医務室対応件数が 59 件と少なかったことは、2007 年の世界陸上は選手村での対応も含めている件数であることと、新型コロナウイルスの影響で、選手用医務室での他の選手との接触を避けるため、軽症であれば、チームドクターの対応を希望し、選手用医務室へ入室しなかったことなどが考えられる。

一方、FOP での選手の観察・声掛けなどの対応・搬送の総件数は 192 件 (競技中 55 件 (29%)、途中棄権 26 件 (14%)、ゴール後 41 件 (21%)、メディアエリア (MIX) 32 件 (17%)、ポストイベントコントロール (PEC) 35 件 (18%)) であり、同時刻に複数個所で観察を必要とした (図 7)。競技中や競技中の途中棄権が合計 43% ともっとも多いが、競技後のメディア対応 (MIX や PEC) での観察件数は合わせて全体の 35% と次に多かった。これは、オリンピックではメディア対応が長時間となり、その場所が屋外であったことも観察が必要な選手が多かった原因と考えら



図 8：医療チーム a 医務室にて b オリンピックスタジアムにて

れる。

【本大会の医療サービスの体制の継承すべき点と問題点】

本大会オリンピックスタジアムでの医療サービス提供は概ねトラブルなく行われた。その大きな要因は、医師、看護師、理学療法士、トレーナー (ACA)、事務スタッフがワンチームとなって活動することができたことである (図 8)。特に、FOP Supervisorのもと、各 FOP では救護経験の多いトレーナー (ACA) がリーダーとなり、医師と協力して救護にあたり、残りのメンバーがそれを補佐し、迅速に搬送につなげるという、FOP での観察・搬送が連続した体制を

実践できた。これは IOC から高い評価を得た。さらに、その実践には、毎日、業務開始前に FOP や医務室など持ち場ごとに、シュミレーション・トレーニングを行うことで、日々改善した医療サービスを提供できる体制を構築したことが貢献している。具体的には、FOP では場面に応じた救護・搬送方法のシュミレーション・トレーニング、選手用医務室では Heat deck への搬送トレーニングや複数選手来室時のシュミレーション・トレーニングを行った。

しかしながら、いくつかの問題点もあった。会場に救急車が配備されていたが、傷病者の他の交通手段がバスとタクシーに限定され、利便性がなかった。複数の傷病選手の搬送や帰宅手段をあらかじめ準備しておくことが必要と考えた。傷病を想定して必要物品を揃えていく必要があるが、その不足時の補充が不十分であった。物品補充に関しては、オリンピックという特別な制約のある大会だったためであるが、今後日本陸上競技連盟が主管する国際大会にむけて、物品の準備や追加に関して、前もって検討することは大切であると考えた。陸上競技の場合、午前セッションと夕方から夜間セッションに分かれ、競技時間が長いため、医療スタッフの業務と休息のバランスが取りにくく、本大会では1日の労働時間は長くなるメンバーが多かった。今後の大会では業務と休息のバランスをとれるよう工夫することが望まれる。良好な業務環境を得るためには、宿泊場所や休息場所の確保が必要と考える。

【まとめ】

Tokyo2020 における医療サービスについて報告した。本大会は、暑熱環境かつ新型コロナウイルスの蔓延という状況が加わり、様々なリスクが内在した。そのような状況下で本大会の医療サービスを円滑に運営できた経験は、今後の国際大会および国内大会を運営する上での貴重な道標となった。本大会から得た知識と経験を活かし、今後の大会運営に向けて、医療チーム体制や Heat deck 運営、感染対策を実施していくべきである。これはまさしく、競技会医療活動における Tokyo2020 のレガシーと言える。

参考文献

1) Hosokawa Y. et al.: Prehospital management of exertional heat stroke at sports competitions: International Olympic

Committee Adverse Weather Impact Expert Working Group for the Olympic Games Tokyo 2020. Br J Sports Med. 55(24):1405-1410, 2021
2) 田原圭太郎 ら.: 2020 東京オリンピックに向けたメディカルサポート. 陸上競技研究紀要. 15:324-328, 2019

東京 2020 オリンピック陸上競技チームドクターレポート Track & Fields (東京)

鎌田浩史¹⁾²⁾ 田原圭太郎¹⁾³⁾

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) 多摩総合医療センター 整形外科

【はじめに】

第32回オリンピック競技大会(2020/東京)(正式な略称=東京2020オリンピック)は世界中を震撼させているCOVID-19感染禍の中、何とか無事に開催することができた。携わられた多くの関係者の方々のご努力により大会が実現したことに、改めて敬意を表します。感染拡大、1年延期、無観客開催など、これまでは類を見ない大会となったことは言うまでもない。折しもオリンピック期間においては日本国内では第5波にあたる感染再拡大の傾向があり、大会開催、進行など、様々な意見が賛否両論ある中で実施された。今回、東京2020オリンピック陸上競技のうち、東京で開催されたTrack & Fields種目にチームドクターとして帯同し、選手のメディカルサポートに従事したので、報告する。

【大会の概要】

東京2020オリンピックは2021年7月23日から2021年8月8日に開催され、陸上競技のうちTrack & Fieldsは2021年7月30日から8月8日まで10日間、東京の国立競技場で行われた。(競歩、マラソンは札幌開催)

選手団は選手66名(会期中に1名変更)(男子44名、女子22名)、監督・コーチ・スタッフ46名の総勢111名であった。出場選手総数で見ると、リオ52名、ロンドン46名、北京40名、アテネ39名と比較して多くの選手が出場でき、自国開催に向けた選手の努力と、選手強化の賜物ではないかと思われた。

オフィシャルなメディカルサポートとしては医師2名(鎌田/札幌:鳥居)とトレーナー3名(東京2名/札幌1名)が帯同した。さらに、東京においては医師1名(田原)とトレーナー2名、札幌にお

いてはトレーナー1名が村外メンバーとして対応した。

【環境・会場・選手村】

本大会は東京での自国開催であったため、環境に関しては特記すべき事項はないが、大会期間中は相



図1: サブトラック室内待機所



図2: レース後 ice bath にてクーリングする選手



図3：選手村内居室、ベッド



図5：選手村内ポリクリニック



図4：選手村内 食事



図6：超音波診断器によるスクリーニング

変わらずの猛暑であり、暑熱対策には十分気を付けた。国立競技場サブトラックには屋根付きでエアコンの効いている（効きは悪かったものの）待機所があり、そこに陣を構えた（図1）。氷や水分の配給は十分であり、また、クールダウンできる ice bath（図2）も用意されており、環境には十分対策がとれていた。

サブトラックから競技場までの距離が長いことと、感染対策のためやむを得ないものの COVID-19 感染のための zoning によりアクセスが不自由だったことが難点であった。無観客であったことは大変残念ではあったが、関係者、チームメンバーは競技場内の決まったエリアでの観戦は可能であり、必要に応じて競技場内での選手の動きを確認することができた。

選手村は居室（図3）、食事（図4）、ポリクリニック（図5）体制など充実していた。これまでの国際大会では選手もスタッフも食事や環境の面で頭を悩ますことも多かったが、本大会では環境面での問題

はほぼなかった。

【大会でのサポート】

本大会では大会期間中に肉ばなれを受傷した選手の対応を行った。持参した超音波診断器を使用しつつ（図6）その程度を確認し、症状に合わせてトレーナーとともにケアするとともに、ハイパフォーマンススポーツセンター（HPSC）練習時に固定用のバンドを JISS クリニックより入手し、試合までにできる限りの調整を行った。何とか試合には出場することはできたものの、自分のパフォーマンスを発揮することができず悔しい思いをした。試合後にはポリクリニックにて画像検査を行い、大会後の調整についてアドバイスを行った。

また、本大会までに外傷・障害があった選手数人に関しては、まずは試合に出ることを目標として調整のサポートを行った。しかしながら試合までの練



図7：トレーナールームでのケア



図8：メディカルサポートミーティング

習や当日のコンディショニングはベストとは言えず、最大限の力を出すことができなかった。

本大会では、選手はギリギリまで村外やHPSCで調整をしたのちに、試合に合わせて選手村に入ってくる体制であった。そのため、選手のコンディションを一元的に直接確認することが難しく、サポート内容にも苦勞した。大会前のコンディションチェックシートなどを活用し、大会前練習の場であるHPSCの田原ドクターと村上トレーナー、日中に選手村で対応した砂川トレーナーとも連携を図りつつ、できる限り多くの情報を集めながらの対応であった(図7、8)。

【本大会ならではのサポート】

これまでの大会にない、メディカルサポートの難しい点がいくつか挙げられた。

#1 バブル管理

今回の大会はこれまでに経験したことのない「バブル方式」にて大会が開催された。「バブル方式」とは、開催会場、宿舍、練習会場を大きな泡としてくるみ、選手、コーチ、関係者を外部と隔離し接触を遮断するものである。選手村に入る前に健康アプリであるOCHAを登録することが義務付けられておりPCR検査を実施し、感染がないことを前提にバブル内に入ると、それ以降は原則バブルから移動できないような仕組みとなっていた。選手村においてはOCHA登録と、PCR検査が毎日行われ、対策本部による厳格な管理と行動制限が課せられていた。我々もいったん選手村に入ってから外部に出ることはできず、バブルの中のみで活動を行った。選手村宿泊でない村外対応トレーナーは、近隣のホテルに滞在

しながら、外部との接触がない同じバブル管理で制限されていた。徹底した感染対策が施されていたため、感染に対する脅威は幸いになかった。

#2 COVID-19 感染

今回の大会ではCOVID-19感染に関わる対応がいくつかあった。一つは移動のために利用した公共交通機関の中で発生したCOVID-19感染事例である。選手自体ではなく、たまたま同乗した交通機関の中に陽性者が出てしまったものである。席が離れていたこと、マスクをしっかりと着用していたこともあり、濃厚接触者とならず厳重な経過観察のみで事なきを得た。また、一つは、選手の関係者に陽性者が出た事例である。選手に感染兆候はなかったものの周囲への拡大を念頭に置き、選手は他の選手と行動を共にしないことが求められた。こちらに関しても幸いに感染は認めずレースにも出場することができ、胸をなでおろした。これら一連のCOVID-19感染対策に関しては、Tokyo 2020 Playbooksのマニュアルに準じるとともに、JOC日本代表選手団の「新型コロナウイルス対策責任者：CLO」である土肥美智子先生の多大なるご協力のもと、連日確認を取りつつ対応した。

#3 自国開催

本大会は自国開催であること自体が特殊な流れであった。大会直前ギリギリまでHPSCにおいて調整が可能であったため多くの選手がHPSCを利用していた。(基本的にHPSCもバブルの一つであり、HPSC対応医師、トレーナーの行動は制限されていた。)これまでの大会では、海外遠征の際には、日本出発後は選手団としてまとまって行動していたため、選手の健康管理については一元管理しフォローする

ことができているが、今回は出場ギリギリまで選手村に入村することがなく、そのため、選手の健康管理を十分に把握しきれない可能性が考えられた。事前に再三打ち合わせを行っていたため、幸いにも選手個人のトレーナーやパーソナルの方々との連携をとることができ、大きな miscommunication はなかった。HPSC での活動の詳細は次に示す。

【ハイパフォーマンススポーツセンター（HPSC）におけるサポート】田原担当

HPSC はナショナルトレーニングセンター（NTC）や国立スポーツ科学センター（JISS）などからなる施設で、東京 2020 オリンピックにおけるバブル内の施設として他競技団体も含め多くの選手やスタッフが利用していた。

陸上の日本代表選手の多くが、HPSC 内の施設に宿泊しながら、同施設内の陸上トレーニング場で調整し、競技 2 日前に選手村に入って最終調整を行い、競技当日を迎えていた。

HPSC でのメディカルサポートは陸連のメディカルスタッフとして 7 月 25 日より最終日の 8 月 8 日までドクター 1 名・トレーナー 1 名が JISS へ宿泊し、日中は HPSC 内の陸上トレーニング場やアスリートビレッジなどに常駐して選手サポートを行った。通常、日中は陸上トレーニング場に行き、有事の対応やフォローが必要な選手のチェックやケアを行っていた。

また、陸上トレーニング場やアスリートビレッジ内ではパーソナルトレーナーが選手サポートを行うことも許可されていた。そのため、選手によってはパーソナルトレーナーのみに診てもらい、代表のドクターやトレーナーの診察を受けない選手もいたことから、コンディションの状態を代表のメディカルチームが知らないということ为了避免するために、パーソナルトレーナーの方々へ選手のコンディションの情報を選手団のメディカルチームへ共有して頂くような体制を整えた。

CPVID-19 の対策として、本大会はバブル形式で行われていたが、HPSC の施設は国立競技場や選手村とともにバブル内になっており、施設を利用する選手・スタッフ全員が CPVID-19 の検査を毎日受ける必要があった。HPSC 内で選手サポートを行うパーソナルトレーナーも同様に検査を受ける必要があった。トレーナールームは陸上トレーニング場やアスリートビレッジ内に設置したが、三密の回避、消毒、マスク着用などの CPVID-19 対策を行いながら運営

した。

HPSC におけるメディカルサポートの実際としては、大会前から JISS クリニックで治療を行ってきた腓腹筋肉ばなれ、ハムストリング肉ばなれ、菱形筋肉ばなれ、鷲足炎、アキレス腱炎、膝関節包（+後外側支持機構）損傷、などの選手の最終調整における状態の確認などのサポートを行った。また、大会期間中に生じた傷害に対して装具の処方や、咳で夜眠れないなどの内科的な相談もあり、海外での国際試合の際と同様に陸連で用意した簡単な処方薬や処置に必要な物品の用意はしていたが、用意していた薬での改善に乏しい場合や症状によっては JISS クリニックでの診察を依頼した。有事の際は HPSC 内にある JISS クリニックへ受診をすることが可能であり、今回は自国開催であったので JISS クリニックでの診療などのバックアップがあり、大変心強いサポート体制であった。

メディカルチームが離れて活動をしなければならない状況であったため、いずれの症例も選手団のメディカルスタッフと情報を共有しその対応を行い、チームとして選手サポートを心掛けた。

【ドーピングコントロール】

本大会においてもドーピング検査が行われた。まず大会前に競技会前検査が選手村にて行われた。2 名の選手が該当し、選手村に設置されたドーピングコントロールステーション（DCS）にて実施された。日本国内の大会ではあるものの、大きな国際大会のため基本的には日本人以外の DCO（Doping Control Officer）が担当することが多かった。今回はタブレットを用いた公式記録登録であり、慣れない選手に対してサポートすることができた。（個人的には、慣れない DCO や選手が多いこともあり、タブレット方式は時間がかかるとともに、情報管理もひと手間あり、紙ベースの方がスムーズな印象ではあった。）血液検査も含まれていたが、国内での血液検査が近年多くなったこともあり、選手も混乱せずに対応できていた。大会期間中は国立競技場で競技会検査が行われた。国立競技場の DCS は十分な広さもあり、ブースも多く設置されていたため、選手は待たされることなかった。海外の国際大会では決勝種目が重なるスケジュールの検査では、選手がトイレを待たされるようなハプニングもありこれまで苦労したことがあったが、今回はスムーズであった。日本記録に対する検査も含めて、延べ 17 名に対してドーピング検査が行われた。

【まとめ】

東京 2020 オリンピックは様々な点で特殊な大会であった。これまでにいくつかの国際大会に帯同しサポートを行ってきたが、この上ないサポートの難しい大会であった。しかしながら、医事委員会、強化委員長、監督・コーチ、事務局の皆様のご協力、ドクターとして大会や合宿での選手をチェックする機会を多くいただいた点や、数年かけてコンディションチェックの準備を行ったことなどは、良い方向に結びついた。特に、常友トレーナーと宮澤トレーナーは常に選手の身近で状態を確認し、ドクターと連携をとることにご尽力いただいた。的確な判断ときめ細やかなケアもあり、選手への強い味方となっていた。様々なイレギュラーが多い中、「選手を試合のスタートに立てるようにサポートする」という基本的な目標は何とか達成できたのではないかと思われる。もちろん選手の中には満足できない結果に終わった選手やギリギリまでスポーツ傷害に悩まされた選手もいる。今後とも、多くの選手が満足してパフォーマンスを発揮し、充実した活動ができる様、多くの方のご協力のもと選手をサポートしていきたい。

東京 2020 オリンピック競技大会 競歩・マラソン医療活動概要

菅原 誠
松田整形外科記念病院

1. 大会事前準備

- 2019.12.19. 東京オリンピック・パラリンピック
強歩、マラソン札幌開催決定
- 2020.1. 陸連とのスタッフ調整；スタッフ募集 医師、看護師、理学療法士
3. 24. 東京オリンピック・パラリンピック 1年延長決定
8. 7-9. WA サイト ビジット Dr. Stephane Bernon, Dr. Paolo Adami
8. 9. メディカルサービスについてのミーティング
WA: Dr. Bernon, Dr. Adami、組織委員会：森次長ほか、日本陸連：山澤先生
9. 24. 実施検討後の課題検討報告会
- 2021.1.5 北大病院におけるオリンピック対応に関する打合わせ
組織委員会：赤間先生、阿部 北大病院：病院長、事務長、看護部長、診療科教授
1. 16. 北大病院 オリンピック指定病院 承認
2. 14. VMO/AMSV 合同会議 新型コロナ感染症対策 V 1
4. 21. 「北海道・札幌マラソンフェスティバル 2021」救護会議
- 5 選手用医務スタッフ確定
5. 5 札幌マラソンフェスティバル テストイベント
オリンピックコース 周回コース1週のハーフマラソン：58名
6. 8 新型コロナウイルス対策 競技会場向けガイドライン V 2
6. 11 練習開場の変更 豊平川河川敷から真駒内アイスアリーナへ
6. 29 東京オリンピックマラソン競歩選手用医療
オンラインミーティング
7. 14 新型コロナウイルス対策；競技会場向けガイドライン V3
7. 20 医務室マニュアル作成；送付
7. 30 PM1 ホテル医務室最終確認
PM4 練習会場医務室確認（真駒内アイスアリーナ）
備品が不足、ホテル医務室から Intermediate&Advanced Bag を移動
8. 1 AM9 マラソンドレスリハーサルに合わせ会場別研修
AM9-11 競歩研修
公道での APM 使用不可、APM 留置場所での運転、搬送シミュレーション
PM1-4 マラソン研修
アイスバス研修（全員）；組織委員会、細川先生の講義
ヒートデック、Dry Area 設営；
担架搬送訓練：W A Dr パウロの指導
車椅子搬送のシミュレーション
8. 4 PM4 競歩ドレスリハーサル：P T の APM 運転訓練
PM8 NOC に対する熱中症対策に対する医療体制の緊急説明会
オンライン&オンサイトミーティング；大通り公園 Athlete Rounge
WA Dr. パウロ 熱中症に対する追加対策の説明；練習会場に 簡易アイスバスタブを用意、ヒートデック アイスバス追加、ブレーキングテントの増設 等々

2. 競技日程並びに参加選手

競技開始	参加選手
8月5日(木) 男子 20km 競歩 16:30	57名
8月6日(金) 男子 50km 競歩 5:30	59名
8月6日(金) 女子 20km 競歩 16:30	58名
8月7日(土) 女子マラソン 6:00 (※当初の開始時間 7:00 より変更)	88名
8月8日(日) 男子マラソン 7:00	106名

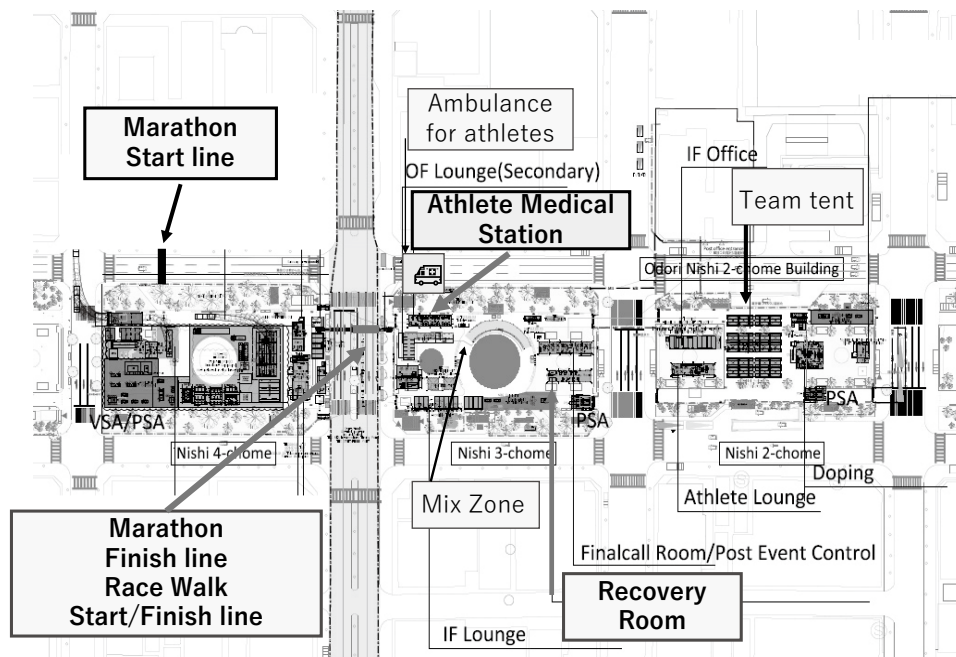


図1 大通り公園のブロックプラン

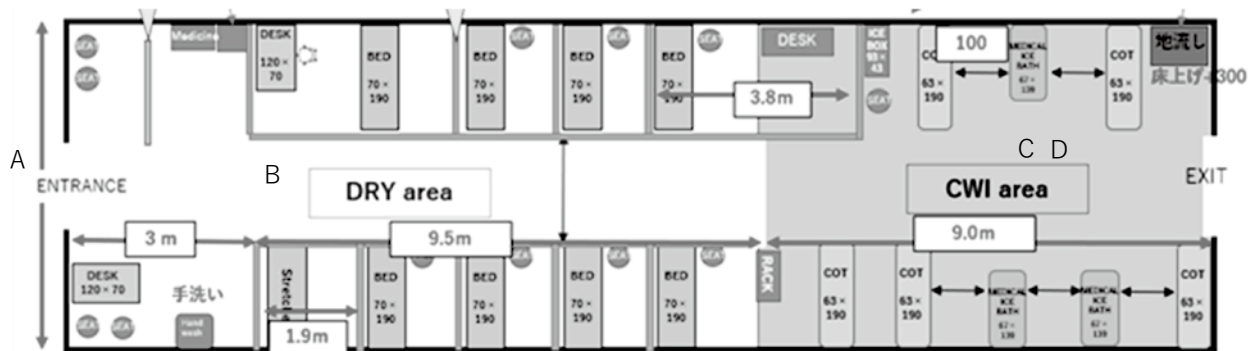


図2 AMSの概要

3. 競技会場

競歩 マラソンとも大通り公園がスタートとフィニッシュとなるように設営 図1

フィニッシュ近くに Athlete Medical Station が設置 AMS内はドライエリアとCWI (Cold Water Immertion) が実施される Heat deck に分けられる 図2

AMSに隣接して救急車が待機、ミックスゾーン奥にリカバリールームを設置; P T2名

4. 競技コースおよび医療体制

競歩、マラソンとも通り公園をスタート、フィニッシュとする

競歩: 20K 競歩は1周1kmの周回コースを20周、50km 競歩は1周2kmの周回コースを25周。コース途中でFOP (Field of play) 設置。図3、図4

マラソン: , およそハーフマラソンの長さに匹敵する大ループ1周と、約10kmの小ループ2周で構成。図5

競技コースの医療体制：競歩20Km



図3 20K 競歩

競技コースの医療体制：競歩50Km

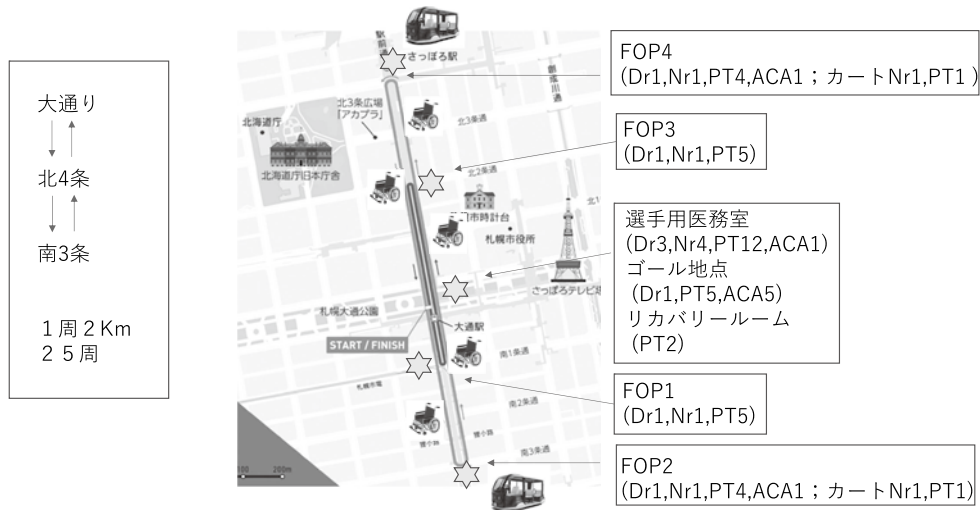


図4 50K 競歩

競技コースの医療体制：マラソン



図5 マラソン

5. 大会当日の活動

- 1) 8月5日 男子20km競歩；
医師6, 看護師8, 理学療法士29, ACA8名
PM1；ブリーフィング
16:30 競技開始 対応者3数名
レース中 選手が走路に嘔吐 吐物処理をメディカルが対応
- 2) 8月6日
男子50km競歩；
医師8, 看護師10, 理学療法士39, ACA8名
AM2；男子50km競歩ブリーフィング
5:30 競技開始 対応者数26名
熱射病選手1名発生 直腸温42度H D初めて使用 体温低下 意識回復後 指定病院搬送
女子20km競歩；
医師6, 看護師8, 理学療法士35, ACA2名
PM1；女子20km競歩ブリーフィング
16:30 競技開始 対応者数16名
女子マラソン スタート6時に変更

レース後、高温が継続予測され、マラソンでコース上での体調不良者の多発が危惧され、VMO 上村先生、眞鍋ACA、岩本ACA、消防局救急車、民急救急車運搬責任者とマラソン体調不良者の対応方法を急遽再検討した

1. ワークフォースビルにコントロールステーションが設置されて、車両の隊列を逐次モニターされていること、救急隊員が500mごとに配置されて情報が入ることから、コース上の体調不良者の情報をコントロールステーションで集約 眞鍋ACAがコマンダーとして対応、Medical Car、各FOPとの連絡により選手の対応を指示治療が必要な選手がAMSに搬送対応
 2. FOP3と4の民間救急車をMedical Carと救急車の後に随行させ、体調不良者の受け渡しを行う
 3. さらに、FOP3とFOP4から進行方向の観察が手薄のため、ACAを派遣 自転車に対応
- 3) 8月7日 女子マラソン；
医師11, 看護師17, 理学療法士42, ACA8名
高気温が持続のため、急遽レース前日マラソンスタートが7時から6時に変更
AM3:30；ブリーフィング
6:00 競技開始 対応者数57名
レース後半気温が上昇、熱中症の選手が続出

レース後の反省：レース途中の脱落選手の対応は 随行車両が行う場面が行う必要がほとんどであるため、民間救急車に医師、看護師を同乗させ Medical Carと同じ機能をもたせより選手の回収を安全、効率よくするように変更

FOP3と4から医師、看護師1名を民間救急車に同乗させることに決定

- 4) 8月8日 男子マラソン；
医師11, 看護師17, 理学療法士42, ACA8名
AM3:30；ブリーフィング
7:00 競技 対応者数60名
レース開始後早期から体調不良者が発生、Medical Carでピックアップした選手をFOPでドロップ、ピックアップバスは周回コース 3週目から最後尾に随行
したがって、1週目、2週目でFOPに收容された選手は3週目のピックアップバスが来るまで待機せざるを得なかった。

6. 練習会場の医療体制

真駒内屋外競技場

7/31-8/7:7:00-12:00, 15:00-19:00 2シフト、医師2名、PT2名

7. ホテル医務室における医療体制

7/31-8/8:7:00-15:00, 15:00-23:00 2シフト、医師2名、看護師2名、PT3名

8. 各競技における完走率、%DNF 表1

9. 選手用医療チームでの対応選手数

各競技における選手用医療チームで扱った選手数を表1に示す。

競歩ではコース内、フィニッシュからの車椅子の搬送が多く、マラソンではオリンピック競技の特性上、コース途中の体調不良選手の対応は随行車両での搬送が中心（対応選手数117名中44名、37.6%）となり、処置が必要な選手は全てAMSに搬送されて行われた。

AMS対応選手は、20km競歩：男子3名、女子4名 50km競歩男子12名、マラソン2女子18名、男子13名計50名であり、2名を除48名が熱中症であった

表1 各競技における完走率

	出走者	完走者	DNF	%DNF	完走率
20K男子競歩	57	52	5	8.8	91.2
50K男子競歩	59	47	12	20.3	79.7
20K女子競歩	58	53	5	8.6	91.4
女子マラソン	88	73	15	17.1	82.9
男子マラソン	106	76	30	28.3	71.7

表2 対応選手数（網掛けは mobile 対応）

	20K男子競歩	50K男子競歩	20K女子競歩	女子マラソン	男子マラソン	総数	
AMS	3	12	4	18	13	50	マラソン 117 44
FOP	0	5	0	4	18	27	
W/C	0	2	4			6	
カート				1		1	
Medical Car1				5	8	13	
Medical Car2				7	10	17	
救急車				1	0	1	
民間救急車				2	5	7	
ピックアップバス				4	1	5	
リカバリー	0	9	7	15	5	36	
						163	
練習会場						1	
ホテル医務室						6	
PT						44	
						212	

表3 各競技における熱中症発生率

	出走者	完走者	DNF	AMS 対応(完走者)	熱中症	熱中症/完走者
20K男子競歩	57	52	5	3 (2)	2	3.8%
50K男子競歩	59	47	12	12 (8)	8	17.0
20K女子競歩	58	53	5	4 (1)	1	1.9
女子マラソン	88	73	15	18 (8)	8	11.0
男子マラソン	106	76	30	13 (9)	9	11.8

た。50K 競歩男子 1 名、マラソン男女 2 名計 5 名がアイスバスの全身浸漬冷却行った。表 3

練習会場での対応は 1 名、ホテル医務室ではコン

ディショニングのための理学療法が 44 名と 90%を占めた。

10. 総括と反省点

東京の猛暑を避け選手の安全を確保するため、気象状況の良い札幌での開催に変更されたにも関わらず、97年ぶりに連続真夏日が8月7日まで18日続くという異常気象にみまわれ、急遽熱さ対策の再考、補填の必要にせまわれたたにも関わらず、組織委員会、医療スタッフの協力で難局を打開することができた

競歩

1周2K、2.5Kの周回コースで行われたため、フィニッシュ地点の真鍋ACAがコマンダーとなり折り返しFOP、コース内に配備した車椅子対応のPTと無線で選手の状況を観察、コマンダーが搬送の指示を行った。無線はオープンでAMSでも共有し、必要に応じ応援の派遣、救護に当たった。APMの利用はなく、競歩では救護者の対応は車椅子での搬送が中心となった。レース中選手が走路に嘔吐、特に給水ポイントを過ぎた場所で起こる傾向があり、走路での吐物処理の対応が事前に検討されていなかったため、救護スタッフが対応に当たった。ほとんど水溶物、固形物が含まれているときは次亜塩素酸塗布AMSからバケツに水を入れ洗浄に当たった。

マラソン

オリンピック特有の対応として、コース内で全ての救護活動を行わなければならないという大前提がある。従ってコース途中での体調不良者の対応に関して 随同行のMedical Carと救急車の4台による救護方法が中心となる。当初想定していた札幌の気象状況が大きく変化して高温気象下でのレースが危惧されたため、急遽随行車両の変更を行なった。FOP待機の民間救急車を随行車両とし、女子マラソンでは看護師、男子では医師、看護師1名をFOP3、4から派遣した。さらにワークフォースに設置されていた随行車両のコントロールセンターに真鍋ACAがコマンダーとして随行車両、FOPその他から入って来る体調不良選手の情報を集約、各々の対応を指示、処置の必要な選手をAMSに集約するようにコントロールを行なった。

高温気象下での熱中症発生を想定すると同時多発的に体調不良選手が発生したときに対応できる随行車両が非常に重要である。

今回周回コースに加え、一部コールの道路幅は狭く車両の追越の追い越しができない部分があるため、選手に随行できない場合を想定した対策を行

なったが、追い越しの発生はなかった。フィニッシュ地点に近い場所にAMSが設置され、車両スペースもあったため、迅速な救護が可能であった

東京 2020 オリンピック競技大会 競歩・マラソン救護活動概要

眞鍋 芳明
中京大学

1. 概要

本稿は東京 2020 オリンピック競技大会において北海道札幌市で実施された男女 20km 競歩, 男子 50km 競歩, および男女マラソンにおける救護活動について, その概要を報告するものである。

2. 競技日程および救護活動時間

1) 競技日程

- 8月5日(木) 16:30男子 20km 競歩
- 8月6日(金) 5:30男子 50km 競歩
- 8月6日(金) 16:30女子 20km 競歩
- 8月7日(土) 6:00女子マラソン
(※当初の開始時間 7:00 より変更)
- 8月8日(日) 7:00 男子マラソン

2) 活動時間

- 8月5日(木) 13:30 ~ 20:00
- 8月6日(金) 2:00 ~ 12:00
- 8月6日(金) 13:00 ~ 20:15
- 8月7日(土) 3:30 ~ 12:15
- 8月8日(日) 3:30 ~ 12:00

3. AMS (Athlete medical station)

救護本部としてフィニッシュ横に AMS を設置。Dr. (医師), Ns. (看護師), PT (理学療法士), および ACA (Athlete care assistant) が常駐。ACA のみ白ビブスを着用し, 他は赤いビブスを着用。

ACA 内部はドライエリアと CWI (Cold water immersion: 冷水浸漬) エリア (Heat deck) に分かれ, 熱疲労が疑われる傷病者は Heat deck にて直腸温を測定しながら CWI を実施する。

4. RR (Recovery room) (図 2)

AMS とは別途, 簡易ベッドと冷却用のプールを RR に配備。ミックスゾーン奥に位置し, Ns. 2 名と PT 2 名が常駐。無線によって AMS と連携。

5. 男女 20km 競歩

1) 救護シフト

男子 20km 競歩

Dr. : 6 名. Nr. : 8 名. PT : 29 名. ACA : 8 名.

女子 20km 競歩

Dr. : 6 名. Nr. : 8 名. PT : 35 名. ACA : 5 名.

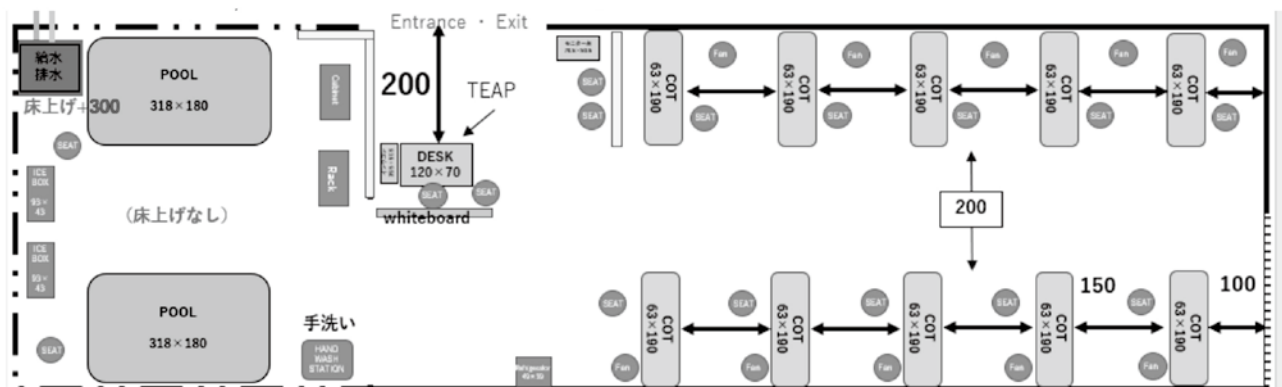


図 1 リカバリールーム

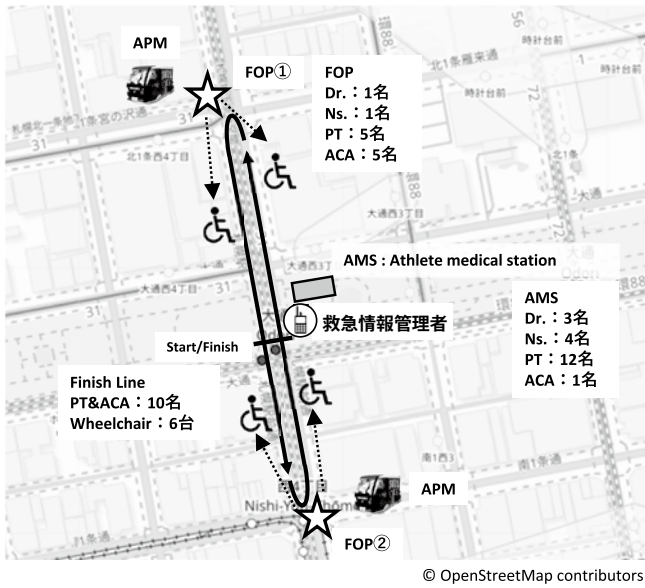


図2 男女20kmにおけるFOP救護配置図

2) コース概要

札幌大通り公園内にあるスタート/フィニッシュから南北に伸びる1周1kmの周回路を反時計回りに20周。

3) 救護配置図(図2)

FOP (Field of play) 救護所の配備を図2に示す。

フィニッシュ横に無線を保持した救急情報管理者(ACA)を配備し各FOPおよび車椅子担当者とメディカル無線で連絡を取りながら救護活動を行う。車椅子担当者は各FOPの人員から選出。

南北のFOP横にAPM (Accessible people mover) (別称: メディカルカート) を1台ずつ配備。必要に応じ、順走方向にて搬送を行う。また、APMはFOPへの資材運搬にも利用。

6. 男子50km競歩

1) 救護シフト

男子50km競歩

Dr. : 8名. Nr. : 10名. PT : 39名. ACA : 8名.

2) コース概要

札幌大通り公園内にあるスタート/フィニッシュから南北に伸びる1周2kmの周回路を反時計回りに25周。

3) 救護配置図(図3)

FOP (Field of play) 救護所の配備を図3に示す。

フィニッシュ横にCommanderを配備し各FOPおよび車椅子担当者とメディカル無線で連絡を取りな

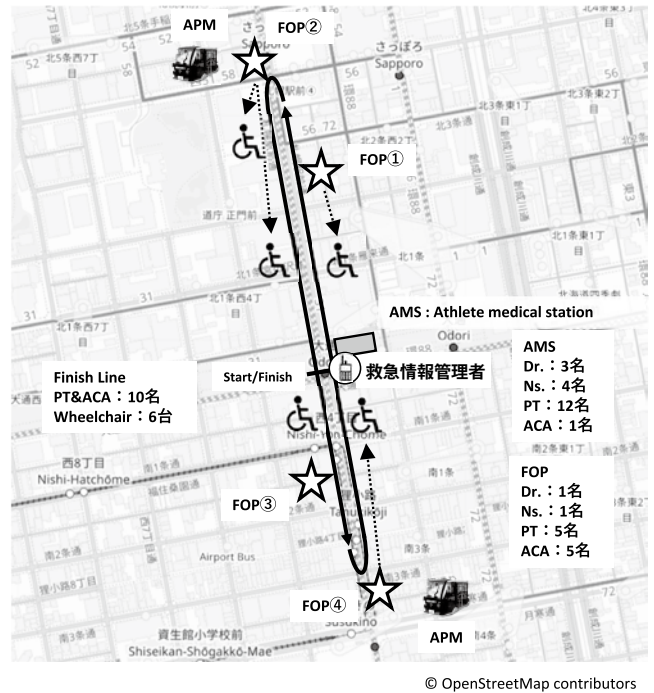


図3 男子50kmにおけるFOP救護配置図

がら救護活動を行う。車椅子担当者は各FOPの人員から選出。

南北のFOP ②および④横にAPM (Accessible people mover) (別称: メディカルカート) を1台ずつ配備。必要に応じ、順走方向にて搬送を行う。また、APMはFOPへの資材運搬にも利用。

7. 男女マラソン

1) 救護シフト

女子マラソン

Dr. : 11名. Nr. : 17名. PT : 42名. ACA : 8名.

男子マラソン

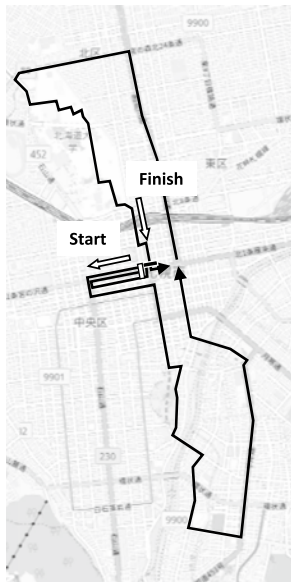
Dr. : 11名. Nr. : 17名. PT : 42名. ACA : 8名.

2) コース概要(図4)

大通り公園をスタート/フィニッシュとし、前半南ループ(図5a)と約10kmの後半北ループ(図5b)3周で構成。スタート直後はさっぽろテレビ塔をバックに進み西一丁目駅で折り返した後、すすきの~中島公園~豊平川を越えてさっぽろテレビ塔へと戻り、後半北ループへと進む。その後、創世川通りを北上し北24条で西へ、北海道大学構内を南下し、北海道旧本庁舎(赤レンガ庁舎)を通りフィニッシュ横まで戻り大ループ終了。そこから再びさっぽろテレビ塔から小ループに進入し、2周してゴール。

3) 救護配置図(図5aおよびb)

前半南ループにおける救護所の配備を図5aに



© OpenStreetMap contributors

図4 男女マラソンコース概要

示す。

後半北ループにおける救護所の配備を図5bに示す。

コース上はMedical car (ハイエース) 2台, 救急車2台, 民間救急車2台がメディカル無線を保持した状態で巡航する。

AMSとは別途にコントロールセンターを設け, 各車両統括者およびD-mat 隊員が待機し, 救護ナビによって各車両の位置情報も把握, 情報収集を行う。また, 救急情報管理者 (ACA) はコントロールセンターからメディカル無線にて各所へ搬送指示を出す。

民間救急車にはそれぞれ業務終了後のFOP①②からそれぞれDr. 1名, Ns. 1名, PT1名が乗り込み, その他のFOP①②人員はAMSへと戻る。

FOP③④に配備されたACAはシェアサイクルを利用して担当箇所内を巡回。

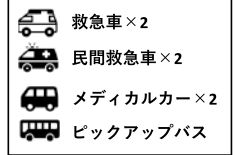
北大構内は道路が狭く救急車は進入不可。構内入り口にAPM3台が待機し, 搬送を手助けする。



© OpenStreetMap contributors

図5a 男女マラソンFOP救護配置図(前半南ループ)

FOP
Dr.: 1名
Ns.: 2名
PT: 5名
ACA: 2名 (電動自転車)

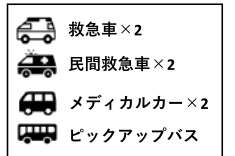


© OpenStreetMap contributors

図5b 男女マラソンFOP救護配置図(後半北ループ)

Finish Line
PT&ACA: 10名
Wheelchair: 6台

FOP 北大構内救護
Dr.: 1名 Ns.: 5名
Ns.: 2名 PT: 5名
PT: 5名
ACA: 2名 (電動自転車)



東京 2020 札幌報告

鳥居 俊

日本陸上競技連盟医事委員会、早稲田大学スポーツ科学学術院

開催まで

東京 2020 大会は競歩、マラソンの札幌開催や1年延期という異例の経過で実施に到った。2016年8月リオデジャネイロ大会の閉会式で次期開催地の東京へとバトンタッチが行われた。その後日本の夏の気温は高温が続き、真夏日や猛暑日、熱帯夜の日数は高く、東京都ではマラソンコースとなる道路の遮熱性舗装¹⁾や日差しを遮る高木剪定など²⁾を計画していた。そのような中で、東京での夏季の高温多湿による熱中症の発生を危惧して、2019年11月1日にマラソンと競歩が東京ではなく札幌で開催されることに決まった。これは、ドーハでの世界選手権における暑熱環境での持久系種目に対する身体負担を考慮したためと考えられる。国内2カ所での同時開催のため、メディカルスタッフは東京担当と札幌担当を置くことになり、札幌のドクターを鳥居が務めることになった。

開催地変更は、小池知事が「合意なき決定」と述べるなど、IOCと開催地首長との思いのずれが報道され、後のコロナ感染拡大も加わって前途多難な道のりを感じさせた。

さらに、その後のCovid19の感染拡大によって1年間の開催延期となった。2021年に入っても感染状況の終息が見えず、国内世論でも反対意見が繰り広げられ、直前まで2021年夏の開催自体も危ぶまれた。7月に入ってオンラインではあるが結団式が行われて漸く現実感が出てきた。

選手選考

男女マラソンは2019年に実施されたMGC(2名決定)と翌年3月までの国内レースの中で各3名の代表と2名の補欠選手が選考された。

競歩は世界選手権の金メダリストは代表内定となっており、他の代表選考は延期のため2021年5

月までの国内レースや海外レースも参考に選考された。

代表内定選手の経過は1年間の延期により精神的なストレスだけでなく、体調不良や新たなスポーツ障害により苦しい日々を送ることになり、その心情は察して余りあるものと感じられた。なお、50km競歩の1選手は世界選手権後のコンディション回復が間に合わず、代表を辞退した。男女マラソンの各2選手も、さまざまな時期の故障発生によりトレーニングを中断あるいは制限せざるを得ない状況に陥り、結果的に故障がほぼなかった選手が入賞できたことになった。

直前～入村

海外を拠点にした1選手以外は国内レースや5月のテストレースなどで直接コンディション聴取したり、国立スポーツ科学センター(JISS)で診療を行ったりすることでコンディションの把握ができた。

競歩選手は7月下旬より千歳で直前合宿を実施し、マラソン選手も7月末ごろより同様に千歳や札幌で直前合宿を行った。千歳合宿中、1名の選手に帯同したパーソナルトレーナーの発熱とコロナ感染が判明したが、その後選手たちは連日の検査でも陰性で体調変化もなかった。なお、五輪開催に伴う感染拡大防止のためにバブル内行動が求められ、競歩代表は4日に、マラソン代表はそれぞれ前日に選手村入りすることになった。そのため、メディカルスタッフも7月31日に一旦札幌市内の他の宿泊施設に入り、8月2日には千歳合宿中の女子マラソン3選手と競歩チームをメディカルスタッフ全員で訪問した。その後、トレーナーは4日、ドクターは5日に選手村に入った。



図1 選手村ホテル



図2 選手村ホテル室内

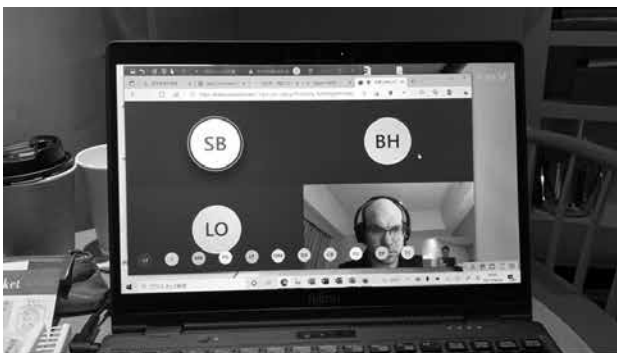


図3 オンラインでのメディカルスタッフ会議

選手村

テストレースで用いた札幌プリンスホテルが選手村（図1, 2）とされ、練習場は真駒内公園内コースに限定され規定のバスでのみ移動が許可された。食堂が別棟であり、早朝スタートのレースに際しては宿泊棟1階で軽食提供がなされた。選手村から会場への往復も決められたバスや車両のみと決められており、徒歩圏内であったがバブルを遵守するように求められた。

メディカルスタッフの会議はオンラインで行われ（図3）、主に暑熱対策の体制の説明であった。

レース

5日に男子20kw（16時半開始）、6日に男子50kw（5時半開始）と女子20kw（16時半開始）、7日に女子マラソン（当初7時開始→6時開始に）、8日に男子マラソン（7時開始）が行われた。この間の札幌の気温は最低、最高とも東京都内とほぼ違いがなく、非常に過酷な暑熱環境であった。スタート・ゴール地点のエリア内にはアイスバス（図4）が多数用意され、医務室等にも冷却用の設備やスタッフが準備されていたが、50kwや男女マラソンでは多数の途中棄権者やゴール後に手当を受ける選手が多発した。日本選手では50kw入賞選手がゴール後に



図4 アイスバス



図6 アイスバスによる急速な冷却治療



図5 冷却治療



軽度の熱中症で冷却治療を受け（図5）、男子マラソン選手の1名はゴール後に意識消失し、深部体温40.6度でアイスバスを用いた急速な冷却（図6）により体温が下がり意識回復、自己飲水も可能となった。しかし、血中ミオグロビンが異常高値を示し横紋筋融解が発生していたと考えられる。幸い翌朝には筋痛はあるものの自力歩行可能になり、所属チームのスタッフとともに離村した。同選手に対しては、その後も定期的な検査を実施して慎重にトレーニングの再開時期を設定した。

離村

各選手はレース翌日に離村した。選手村から所属チームのスタッフと直接離村する選手はその時点でバブルから解放された。陸連スタッフと男子マラソン選手は9日に離村した。前夜にはオンラインで解団式も行われたが、東京羽田空港までバブルを守ることが求められた。9日午前指定のバスで新千歳空港国際線ターミナルに移動し、午後羽田空港に着陸し、バブルから解放された。9日朝の札幌は久々に最低気温が20度近くに下がり（図7）、午後の東京

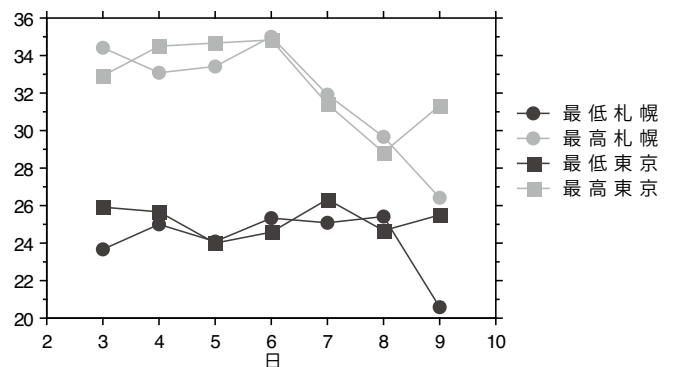


図7 五輪会期中の札幌と東京の最低、最高気温

も雨で肌寒い天候であった。

その後

札幌でマラソンを走った6名の選手のうち、大迫選手は公言通りに引退したが、他の選手たちは体調の回復に予想以上に時間を要していた。それぞれが所属チームで秋から冬の駅伝への出場が期待された

が、クイーンズ駅伝やニューイヤー駅伝を含めて思うような走りができていなかった。熱中症で治療を受けた選手は、その後も定期的な血液検査を行い、ミオグロビン血症の終息や腎機能異常が生じなかったことを確認したが、11月後半に漸くテストステロン値が安定した。

暑熱環境での長距離競技は身体への甚大な負荷となることが予想されるので、トレーニング再開時期の判断には何らかの指標が必要かもしれない。今回1名の選手では定期的な検査によって客観的な数値と自覚症状を参考にして体調の回復を評価してきたが、全ての代表選手の経過をフォローする体制を考えることが必要かもしれない。

参考文献

- 1) 国土交通省：遮熱性舗装の概要．2020．(04-1.pdf (mlit.go.jp))
- 2) 東京2020に向けたアスリート、観客等の暑さ対策に係る関係府省庁等連絡会議：同取組（案）．2019．(siryou3.pdf (kantei.go.jp))

東京 2020 オリンピック出場選手の参加後調査

鎌田浩史¹⁾²⁾ 鳥居俊¹⁾³⁾ 田原圭太郎¹⁾⁴⁾ 常友綾二¹⁾ 宮澤那緒¹⁾

- 1) 公益財団法人日本陸上競技連盟 医事委員会 2) 筑波大学 医学医療系 整形外科
3) 早稲田大学 スポーツ科学学術院 4) 多摩総合医療センター 整形外科

東京 2020 オリンピック大会は COVID-19 感染禍の中、無観客とはなったが無事に開催することが出来た。自国開催であるとともに、感染拡大による影響で1年間延期となったこともあり、選手の肉体的・精神的負担は計り知れないものである。これまで鳥居は2016年リオオリンピック、2017年ロンドン世界陸上において、参加後にそれぞれの大会における選手のコンディションとパフォーマンスに対する調査を行った^{1,2)}。競技終了後 WEB 形式にて調査を行い、東京 2020 オリンピック大会出場選手に対しては、選手 66 人（最終登録含）（男子 44 名、女子 22 名）中、51 名（男子 33 名、女子 18 名）から回答を得ることが出来た。これらを、大会1か月前から1週間ごと、大会直前は試合の2日前に行ったコンディションチェックを含めて結果を報告する。

東京 2020 オリンピック大会でのパフォーマンス達成度

今大会のパフォーマンスが目標に対して達成度としてどの程度であったか質問したところ、平均

67.0%であった。男子は64.1%、女子は72.2%と女子の方が達成度は高い傾向にあった。図1にヒストグラムを示すが、目標の90%以上発揮できた選手は13人(25.5%)、80%以上まで含めると25人(49.0%)であった。逆にうまく発揮できなかった目標の30%未満の選手は9人(17.6%)でありすべて男子選手であった。大きな大会におけるパフォーマンス達成の難しさを改めて認識した。

自分のパフォーマンス達成のうち、「けがや体調などの健康上の問題はパフォーマンスに何%程度影響ありましたか」の質問に対し、6人(11.8%)より回答があり20~100%であった。影響が100%と回答した選手は、大会中に競技に影響するスポーツ傷害を受傷したため、応急処置など実施するも十分な回復することが難しかった。50%の選手は、大会前に痛めていた箇所により、レースには出場可能まで回復することができたものの、自己達成度は十分ではなかった。リオオリンピックの調査では、「身体的問題がパフォーマンス低下に50%以上に影響した」と回答した選手が16.7%であったが、本大会では50%以上に影響した選手は2名(3.9%)であり、

パフォーマンス発揮は目標の何%だったか

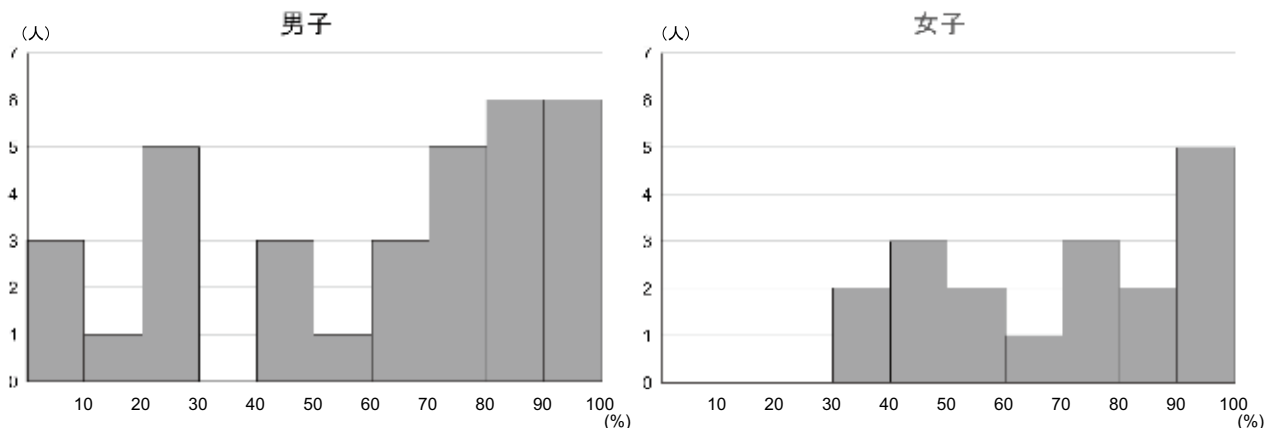


図1: パフォーマンス発揮達成の自己評価

自己ベストとの比較

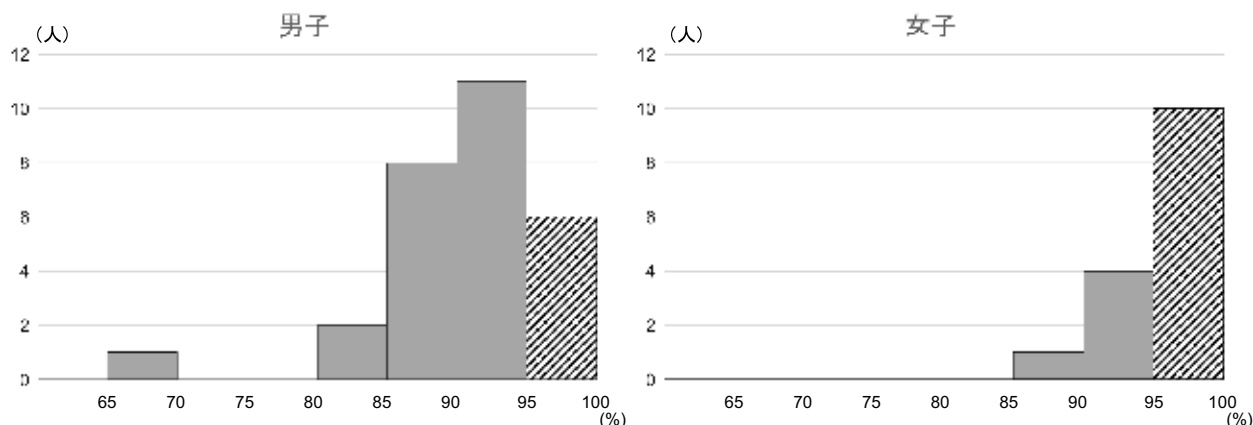


図 2：自己ベスト記録に対する本大会での達成度

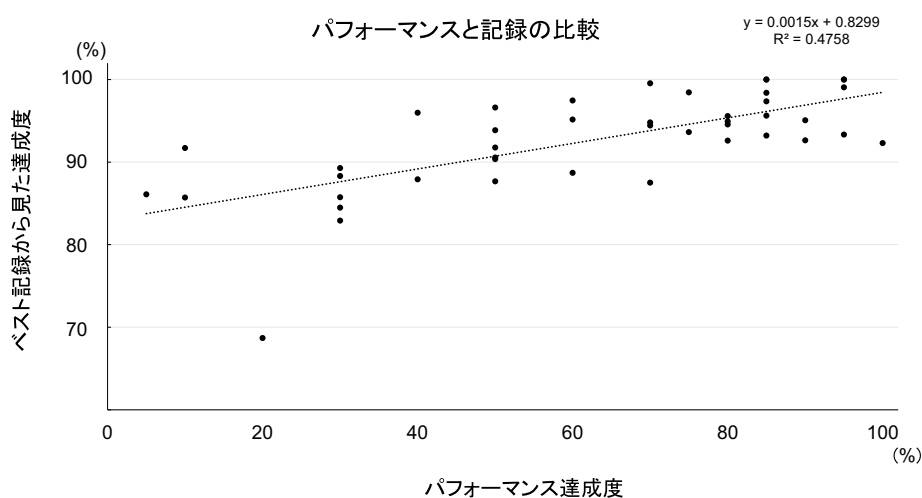


図 3：パフォーマンス達成と記録達成度の比較

自国開催でもあり、ぎりぎりまで Self Control できていた可能性もあるが、代表選手が確定する以前よりメディカルチェックを充実させたり、メディカルサポートの連携が良好であった可能性もあるものと思われた。

自己ベスト記録に対する本大会での達成度

前回の調査同様、自己ベストに対する本大会での記録をもとに記録の上での達成度を評価した。今回は、選手の記録を IAAF Scoring Tables を基にポイント化し、自己ベストの記録ポイントの何%に当たるか簡易的に計算した。(本調査はリレー選手を除いた結果)

日本記録などベストを出した選手もおり、回答を得られた選手のうち、自己ベスト換算にて 95%以上の記録を出した選手は、男子 21.4% (6 人) 女子 66.7% (10 人) であった (図 3)。

この記録達成度をパフォーマンス達成度と比較し

た。自己ベストに対する達成割合と本人申告の達成度に関しては、これまでの鳥居の報告^{1,2)} 同様、大きく離れることはなく、強くはないものの相関を認めた。

大会前のコンディションチェックによる比較

本大会においてもメディカルサポートの一環として試合の 5 日前と 2 日前のコンディションチェックを行った。直前である 2 日前のコンディションチェックを、ベストタイムからみた記録上の達成度とパフォーマンス達成度と比較した。この評価は、睡眠、食欲、便通、疲労感、疼痛をそれぞれ評価し点数が高いほど良好である。今回は便宜上すべての点数を合計した 45 点満点で評価した。その結果、両者とも関連性が認められず、数日前のコンディショニングだけではパフォーマンスの評価は難しいものと思われた (図 4)。

本大会では試合直前のチェックだけではなく、代

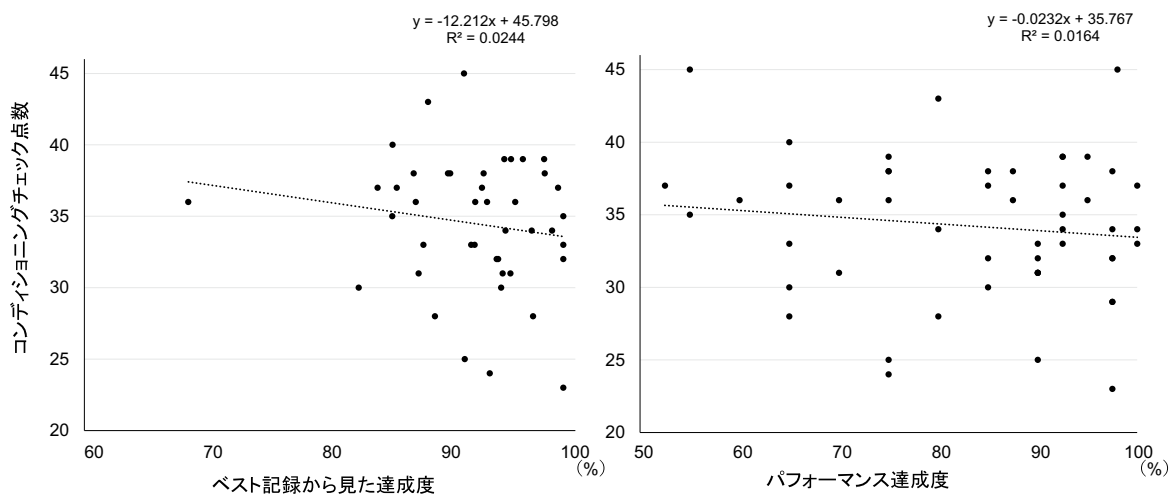


図 4：記録達成度、パフォーマンス達成度とコンディショニングチェックの比較

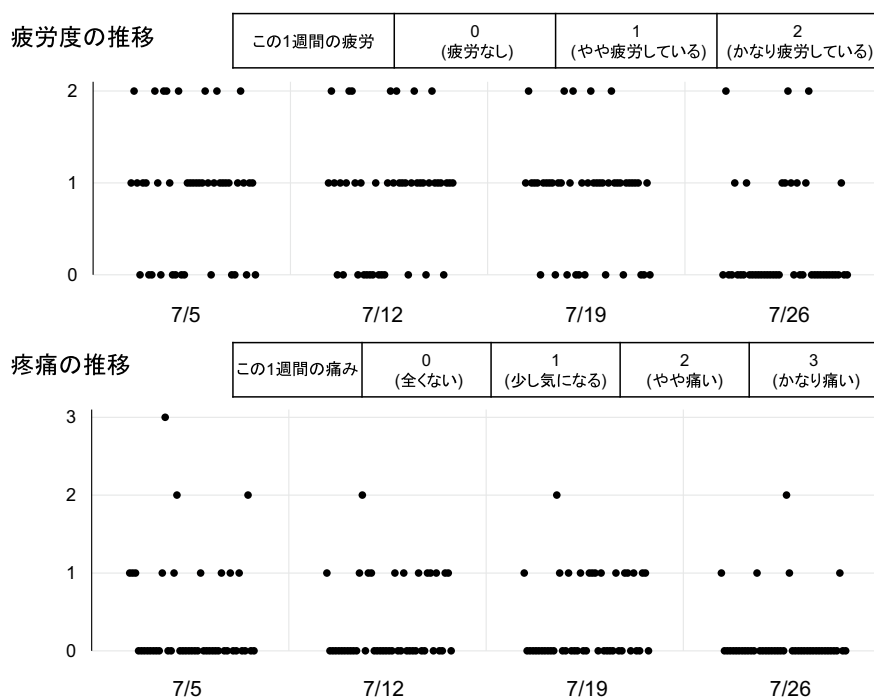


図 5：コンディショニングチェックにおける疲労度と疼痛の推移

表選手決定後から1週間に1回のコンディショニングチェックも行っていた。その中の疲労度と疼痛の推移を示す。この項目では疲労度は、この1週間の疲労度を、0（疲労なし）、1（やや疲労している）、2（かなり疲労している）、この1週間の痛みを、0（全くない）、1（少し気になる）、2（やや痛い）、3（かなり痛い）としてチェックするものである。図5は7月5日から週に1回ずつ行ったチェックの際に選手が登録した項目度数にプロットしたものである。統計学的な有意差を求められる数値ではないものの、大会が近づくにつれ疲労度、疼痛ともに（2）と（1）が減少し（0）が多くなっているのが分かる。選手が大会に合わせてコンディショニングを調整していく様子が確認できる。

考察

東京2020オリンピック大会はこれまでのオリンピックとは異なる様々な点があり、選手もパフォーマンス維持には大変苦労したと思われる。COVID-19感染により大会が延期されて以来、選手たちの練習環境は大きく変化し、肉体的にも精神的にも激動の1年間であった。選手は自分の持っている力を100%またはそれ以上発揮できることを目標としているが、自己評価による達成度では目標の90%以上発揮できた選手は13人（25.5%）であった。リオオリンピックの鳥居の報告¹⁾と比較すると、パフォーマンス達成度は本大会では若干上昇しているように思える。その要因として、自国開催のため

環境変化に対する対応、移動による身体への影響などのデメリットが少なかったことがあげられる。そのほか、希望的、期待の見解ではあるが、メディカルチェックの充実、合宿への帯同などがあげられると思われる。様々な情報ツールを試行錯誤しながら使用し、トレーナーからの選手状態の報告、ドクター間での選手情報のやり取りなども、積極的に行われたことも奏功したものと思われる。また、コンディショニングチェックなどを定期的に行うことにより、選手自身が自分の状態について把握できることにつながった可能性がある。

もちろん、良い選手ばかりでなく、うまくパフォーマンスを発揮できなかった目標の30%未満の選手も9人(17.6%)おり、その選手たちへの適切なメディカルサポートが何であったかを改めて振り返り、今後のサポートに活かしていけるように検討する必要がある。コンディションチェックなどはまだまだ発展途上である。相互に合理的な充実を図りながら、選手、監督・コーチとメディカルスタッフが一体になってパフォーマンス向上に結び付けられるように工夫していきたい。

謝辞：今回の調査にあたり、ご尽力いただきました麻場強化委員長、陸連事務局に御礼申し上げます。また、大会終了後にも関わらずご回答いただきました選手の皆様に深謝申し上げます。

【参考文献】

- 1) 鳥居 俊．リオデジャネイロ五輪の参加後調査の結果．陸上競技研究紀要，第12巻，P164-167，2016
- 2) 鳥居 俊，田畑尚吾，常友綾二，宮澤那緒，砂川祐輝，山澤文裕．世界選手権ロンドン大会参加後調査．陸上競技研究紀要，第13巻，P279-281，2017

第5回 IAAF 世界リレー大会帯同報告

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5回 IAAF 世界リレー大会は2021年5月1日～5月2日の日程でポーランドにおいて行われた。この大会のオリンピック種目に関しては同年7月の東京オリンピックへの出場権を獲得することができるため、非常に重要な大会であった。しかし、コロナ禍における海外競技会への選手団の派遣であり、また帰国後には2週間の隔離措置がとられるというこれまでに経験のない帯同であった。4月27日に成田空港に集合し、同日にPCR検査を受け、陰性を確認後に渡航した。男子マイルチームは4月24日に集合しPCR検査を受け、4月25日に渡航という日程であった。渡航から試合までの日程も短く、コンディションの調整も容易ではなかった。

選手団はスタッフ12名、選手22名（男子11名・女子11名）の総勢34名で結成され、その内メディカルサポートとしては医師1名トレーナー2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。選手から申告されたサプリメントに関しては医事委員会のスポーツファーマシスト3名の協力を頂き、アンチ・ドーピングに関する安全性について調べた内容と併せてサプリメント摂取の基本8ヶ条を添付して選手へメールし情報提供を行った。

4月21日にオンラインで全体ミーティングを行った。一般的なコロナ対策（手洗い、うがい、マスク着用、ソーシャルディスタンス、体調管理）を再度徹底するよう確認を行った。さらに、マスクなしでの会話は避けるよう指導し、特に食事時のマスクなしの会話については行わないよう強調した。

大会側の新型コロナ対策として示された Medical Clearance Protocol には全体的なルールとポーランド渡航前から入国までの注意点、滞在中の検査方法、Covid-19 検査陽性の場合の取り扱い、ポーランド滞在中のホテルやトレーニング施設・競技会での注意点、ポーランド出国における留意点が記載されていた。代表的なものを以下に紹介する。食事やトレーニング・競技以外でのマスクの着用、マスクはサージカルマスクまたはN95マスク・FFP-2マスクが推奨されていた。また、世界陸連より個人へメールが届き、出国48時間以内のPCR検査での陰性証明書を写真で添付し送ることも求められた。大会期間中、PCR検査はRT-LAMP法で行われることや、入村前とその後48時間毎に1回ホテル内に設置され



写真① Full PPE の検査員



写真② 支給された新型コロナ感染対策の FFP-2 マスクや消毒用品



写真③ 新型コロナ感染対策のため食事は従業員が盛り付けを行った



写真④ テーブルや椅子の配置も新型コロナ感染対策がとられた

た PCR 検査室において行われること、検査を受けなければ AD カードが失効されることが明示されていた。PCR 検査が陽性であった場合のホテルでの同室者に対する対応や PCR 陽性者は 10 日間隔離されることも記載されていた。

3. 渡航および現地の状況

派遣期間は新型コロナの流行が収まっておらず、特にヨーロッパでは日本より感染状況が悪く、ポーランド（人口約 3800 万人）でも 4 月後半で 1 日平均 6000～7000 人の感染が確認されていた。約 1 か月前の 3 月後半～4 月の感染状況は 1 日平均 25000 人を超えており、その時期よりは落ち着いてきていたとはいえ、日本の感染状況より厳しい状況であった。そのため、大会はバブル形式で開催され、ホテ

ルと競技場以外へ出ることは禁止された。

新型コロナ（SARS-CoV-2）の PCR 検査は、日本出国時とポーランド到着後競技会の会場横にある PCR 検査の Main Testing Centre で行い、その後は 48 時間に 1 回ホテル内に設置された PCR 検査室において全て鼻咽頭で行われた。Main Testing Centre で行われた PCR 検査の採取の検査員は、写真①のような full PPE（personal protective equipment）であった。幸い日本選手団は選手・スタッフ全員がすべての検査で陰性であった。

空港からは用意されたバスで移動したが、その車内で FFP-2 マスク・小さなボトルに入った手指消毒液・アルコール手拭いが入った袋が 1 人につき 1 個ずつ配られ、以後その指定の FFP-2 マスクを着用するよう指示があった（写真②）。FFP-2 マスクは 1 枚 / 日使用できるくらい用意されていた。大会では



写真⑤ 部屋は2人部屋で同室者は濃厚接触者として扱われた

全選手・スタッフが同じFFP-2マスクを着用していた。

ホテルには手指消毒用の器械が様々なところに設置されていた。食事はビュッフェスタイルであったが、新型コロナ対策で従業員がお皿に盛りつけて渡される形式であった(写真③)。また、テーブルや椅子の設置はソーシャルディスタンスが保たれ座席は対角になるよう設置されていた(写真④)。部屋は2人部屋であり、同室者は濃厚接触者として扱われるということがMedical Clearance Protocolに記載されていた(写真⑤)。ホテルの従業員も大会前から大会期間中は同じバブルに入り、同じホテルに宿泊しているとのことであった。ホテルはドイツやケニアなど数ヶ国と同じホテルであった。

サブグラウンドの自国のテント内にも手指消毒のボトルが置いてあり、競技場の待合いなどにも手指消毒の器械やボトルが設置されていた。サブグラウンドは選手・スタッフが密集するほど狭くはなかったが、トレーニング中はマスク着用しなくてもよいとされており、短時間ではあるがマスクなしで話したりする場面があった。陽気な国の選手が選手全員でほぼマスクなしで歌を歌っていたりして、国によっては新型コロナ感染症への危機感の薄さを感じられた。(話はそれるが、飛行機内で一緒になった他国の選手やスタッフがマスクなしで会話をしている場面を度々目撃し、添乗員に注意されている場面もあった。)

ポーランドの4月下旬～5月上旬は日中でもまだ少し肌寒く、競技会は夜に行われたため気温は5℃程度で風もあったため、競技中の気候はとても寒い状況であった。

4. 医療活動

<整形外科>

大会期間中のポーランドでの整形外科的なサポートとしては、ハムストリング肉ばなれ1名、両腓腹筋の筋痙攣1名に対応した。また、以前から抱えているハムストリング肉ばなれ後、膝蓋腱炎、アキレス腱炎、遠位橈尺関節挫傷後などの状況確認も行った。

帰国後の隔離期間はハムストリング肉ばなれの疑いがある選手に検査も含め対応し、その他は前記に加え、ハムストリング起始腱障害、足関節痛(足根洞症候群疑い+前脛骨筋・足趾伸筋の腱鞘炎疑い)、腰痛などの状況確認や対応を行った。

今回の期間中に起こった急性外傷で検査が必要な場合はJISSクリニックへの受診が可能であることを渡航前に確認していたが、今回の遠征に関してはテストイベントも含まれていたためJISSクリニックはもとより、ハイパフォーマンススポーツセンター(HPSC)、東京オリンピック・パラリンピック組織委員会、内閣官房への許可を得た上で受診をしなければならず、煩雑な手続きが必要であった。

<内科>

ポーランドでの大会期間中、2名の選手に体調不良がでた。1名は頭痛と嘔気、お腹が緩いという症状もあった。体温は37.0℃であったため、大会側に報告し同室者と共にPCR検査を行い、結果は陰性であった。お腹がゆるいのは硬水による影響であったようで、頭痛や微熱は月経開始日であったこと、体温計測が運動後であったことが考えられた。翌日より症状も改善し、特に問題なかった。もう1名は咽頭痛と軽い咳があり診察時体温37.0℃であった。咽頭は軽度発赤していた。この選手も同室者と共にPCR検査を行い、結果は陰性であった。PL顆粒とメジコン、イソジンガーグルを処方した。症状は徐々に改善し、その後も特に問題なかった。両選手ともLOCより食事は他の選手と同じで構わないということであったので、行動に関しては選手団と一緒に行動した。

5. ドーピングコントロール

2名の選手がドーピング検査を指示され、検査を行った。その他に、男女混合マイルリレーで日本新記録を樹立したため、ドーピングコントロールを申請し検査を行った。

6. 成績

男子4×400mリレー、女子4×100mリレーは予選を突破し、東京オリンピック出場権を獲得した。男子4×400mリレーは銀メダル、男子4×100mリレーは銅メダルを獲得した。

7. 帰国後の隔離期間中の活動について

5月4日に帰国、翌日の5日より2週間の隔離生活が始まった。帰国の際は解熱鎮痛剤の内服を行っている場合にはその申告が必要であり、手続きに関しても誰もが初めてのことで不安が多かった。帰国後は決められたアプリで健康報告や居場所情報の報告を行った。生活に関しては、1日1回NTC陸上トレーニング場でトレーニングが出来るものの、その他はホテルで隔離生活を送った。ホテルは一人一部屋での生活であった。食事はお弁当を各自の部屋で食べ、朝はホテルの弁当で、昼と夕の献立は陸連の栄養部の栄養士が確認しNTCのさくらダイニングで調理して頂いたものであった。期間中に大きなケガや病気の発生はなかったが、ハムストリング肉ばなれ疑いと熱中症になった選手がいた。ハムストリング肉ばなれが疑われた選手への対応は、所定の手続きを行い国立スポーツ科学センター（JISS）内のクリニックを受診しMRIを撮像した。熱中症の選手への対応は、日曜日の練習中に発症したためJISSは休みで受診できず、医療機関への受診に迷ったが、水分の経口摂取は可能であったため、経過を診ることができた。しかしながら、医療機関受診が必要か悩ましい状況で、受け入れ可能な医療機関を探すことはかなり大変であることが容易に考えられた。また、スタッフに内科や耳鼻科・眼科などの症状が出ることもあり、同様に医療機関受診が必要な状況か判断に迷うこともあった。ケガなどが起こった場合、JISSクリニックへの受診が可能であることを渡航前に確認はしていたが、隔離期間中にテストイベントへの参加もあり、JISSクリニック受診には東京オリンピックの組織委員会や内閣官房などの行政への確認も必要であった。また、JISSクリニックでは対応できない疾患については、対応してもらえる病院を見つけなければならず、隔離期間中の医療機関への受診はかなりハードルが高いものであり、この隔離された2週間は十分なバックアップ体制がない中で毎日当直をしている気分でもとてもストレスを感じて過ごしていた。コロナ禍で世界や日本の医療も含めた社会の状況が日々変化し、国際大

会が開催されるかどうか不明で、かつ参加も可能かどうか分からない中で、その準備も慌ただしく行われたため、バックアップが可能な医療機関の検討や受け入れの事前交渉など、十分な準備が出来なかった。コロナ禍での国際大会帯同の際の今後の課題と考えられる。

8. まとめ

コロナ禍で初の国際競技会への遠征であったが、トレーナーのお二人をはじめ、スタッフの皆様と協力し大きな事故なく新型コロナに関して大きな問題なく終了することができた。コロナ禍の国際競技会遠征に関しては、帰国後の隔離期間中の対応も含め、今回の経験を踏まえて今後につなげていけるよう情報共有していきたいと考える。

オーバートレーニング症候群と思われる選手とその経過

鳥居 俊

日本陸上競技連盟医事委員会、早稲田大学スポーツ科学学術院

緒言

トップアスリートでは日常のトレーニングや競技会でのパフォーマンス発揮に加えて種々の心理的ストレスもあり、高い心身のストレスを受けていることが推察される。さらに持久系競技の選手では現在でも体重や体脂肪率に必要な以上の注意が払われている場合もあり、その結果栄養摂取に問題が生じる危険性があることから、最近ではさまざまなスポーツ障害の背景に相対的エネルギー不足 (relative energy deficiency in sports; RED 's) の概念が導入されている。一方、オーバートレーニング症候群 (OTS) は長期に渡るトレーニング負荷と休養とのアンバランスにより慢性的な疲労状態となりパフォーマンス低下や体調不良に陥った状態とされ、全身の多彩な症状や徴候を示す。最近では、RED' s と OTS がある程度類似した病態ではないか、という見解も報告¹⁾ されており、いずれも視床下部-下垂体-副腎軸 (HPA 軸) の抑制が生じていると考えられている。

これまで、OTS は持久性の競技選手に見られることが多く、瞬発系の競技では少ないとされてきた。これまで国立スポーツ科学センター (JISS) での診療において対応した OTS と思われる選手は持久系の長距離、マラソン選手に多かったが、最近では短距離など瞬発系の選手にも発生が見られている。

本稿では JISS 受診例を含む陸上競技選手の自験例を紹介し、概念の共有をすることで今後の早期発見や予防に活用していただきたい。

症例提示

持久系選手 1

疲労骨折や強い筋痛などトレーニングを継続できない愁訴が頻発するため OTS を疑って検査を実施、遊離テストステロン (fT) が 1.9pg/ml と著しく低

値であり、コルチゾル (CS) は高値であった (図 1)。同時に検査した血算では貧血は認められなかった。疲労感が持続していること、睡眠障害もあることから OTS と考えた。1 か月間の完全休養後 fT は増加し CS は低下、起床時の疲労感は軽減、入眠障害は改善した (図 1 の横軸 2)。快適に実施可能なウォーキングを再開し、さらに 1 か月後には fT が漸増し、ゆっくりなジョグを開始した。この間に多箇所の筋痛は出現しなくなっていた。

持久系選手 2

数か月前から練習後や起床時に疲労感を感じていたが、チームでの集団走で疲労感が強くついていけなくなり、短期間の休養で全く改善が見られず受診、このシーズンで結果が出せないと競技継続が難しいと指導者からも言われ焦りが強く、入眠障害、中途覚醒があり、日中に強い眠気も頻発していた。血液検査で fT は著しい低値 (図 2、横軸 1) で、同時に実施した POMS 検査 (図 3; ×) では典型的な逆氷山型を呈した。OTS と考え、休養と睡眠導入剤の服用を指示して経過を観察した。1 か月ごとに採血を行ったが、fT は少しずつ増加するものの依然低

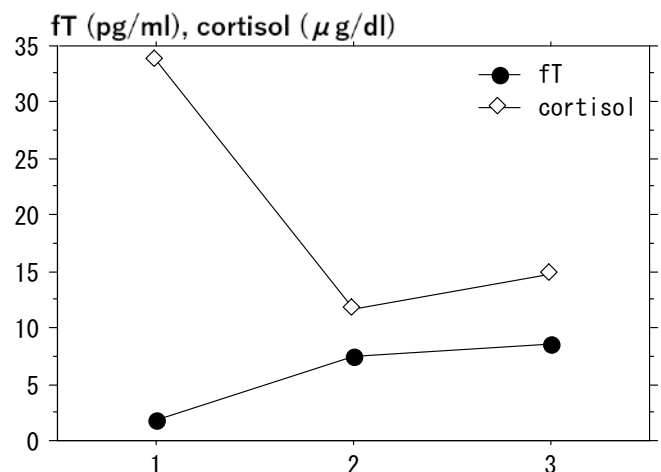


図 1 持久系選手 1 の血液検査の経過

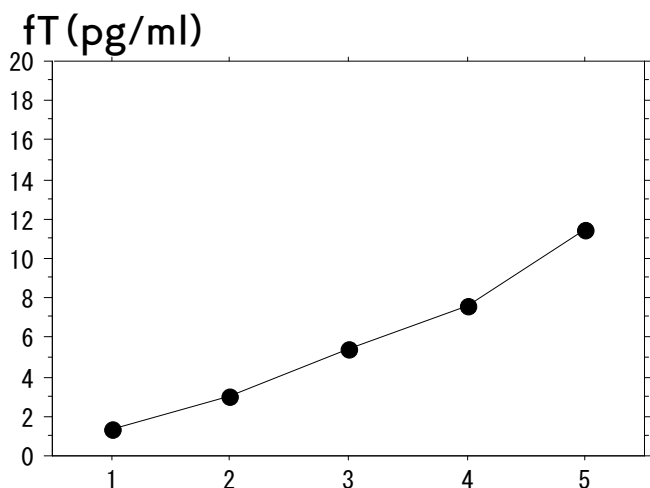


図2 持久系選手2のfTの推移

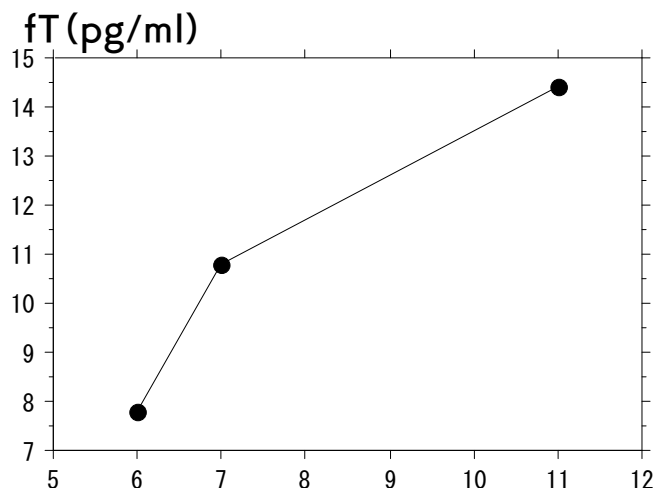


図4 瞬発系選手1のfTの推移

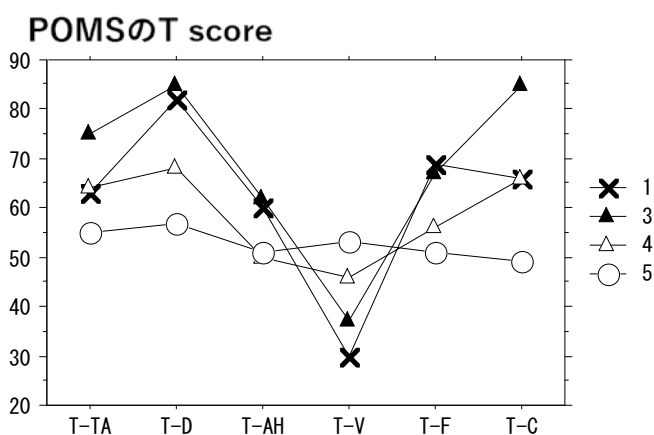


図3 持久系選手2のPOMSの推移

値であり、2か月後のPOMS (図3; ▲)でも逆氷山型であった。生活状態を聴取すると、不安感から練習を休止できず毎日ある程度走ろうとして呼吸がきつくなって中途半端に中止することが続いていた、とのことであった。指導者にも状況を伝え、半年程度治療期間を待機するように依頼し、選手は休養を決断できた。さらに1か月後 (図3; △) のPOMSでは漸く逆氷山型が浅くなり、起床時の疲労感が消えてきた。散歩程度の運動を午前午後を開始し、さらに1か月後 (図3; ○)にはPOMSは平坦な状態になり、fTは10pg/mlを越える値になった。この時点でスロージョグを再開した。

瞬発系選手1

冬季トレーニングの後半から疲れが抜けず足関節部の疼痛が続くため6月に受診、MRIでは足関節部の腱鞘炎所見が見られたが、起床時の身体の重だるさの訴えがあり、血液検査で遊離テストステロン (fT) が7.8pg/mlと低値であった (図4; 横軸1)。

トレーニング量を制限し休養に努めた結果1か月後 (図4; 横軸2)に10.8 pg/mlと改善、体調も向上してトレーニングを再開した。秋の競技会には参加でき、シーズンオフの11月の検査 (図4; 横軸3)では14.4 pg/mlとなっていた。

瞬発系選手2

1年前ごろより同程度のトレーニングをした後の筋痛や疲労の抜けが悪いと感じていた。シーズンに入っても競技会で記録が低調のため受診、抑うつ症状や練習意欲の低下もあり、fTは7.4 pg/mlと低く、POMS検査でも逆氷山型であった。睡眠障害もあり、睡眠導入剤の服用と休養を指示して経過観察、4か月後には疲労感が軽減しfTも10.1 pg/mlと改善したため筋力トレーニングと専門種目のトレーニングを少しずつ再開した。しかし筋痛が強く、再開1か月後のfTは7.8 pg/mlとなり、再度快適にできる範囲の身体運動に制限したところ翌月には11.4 pg/mlと改善、体調も良好になった。

OTSの診断

OTSは競技選手が慢性的な疲労感とパフォーマンス低下を訴える際に念頭におく疾患である。貧血や他の体調低下をもたらす疾病を除外するとともに、運動時の頻脈など循環器症状、下痢・便秘など消化器症状、起立性低血圧徴候や睡眠障害など特有の全身的な愁訴を聴取することで診断に到る。JISSではメディカルチェック時の血液検査項目のセットを選択することで甲状腺ホルモンなどを含む多数の項目のチェックができる。これに加えて、テストステロンとコルチゾルを検査している。POMS検査 (現在はPOMS 2)も心理状態の可視化という点で便

利であり、活用している。テストステロンはアナボリックな作用を有する男性ホルモンに分類されるステロイドであり、副腎や精巣から分泌されるが、女子選手でも副腎からの分泌量が体調の指標になると考えられている。

血液検査の注意点は、テストステロンの日内変動であり、午前中に高く、午後や夜間に低値をとる²⁾。そのため、午前中の採血が望ましく、できる限り同じ時刻に検査を行って比較することが必要とされる。私自身は午後の外来診療に合わせて13時過ぎの検査としているが、Cookeらの報告では日内変動の最高値に対して60～70%程度の値になる可能性があることを考慮する。なお、OTSのような状態ではHPA軸の波動が減弱していることが報告されている。また、事前に筋力トレーニングなどの活動をするると一過性に上昇すること^{3, 4)}も知られており、検査値の解釈にはさまざまな注意をする必要がある。

これまで、OTSは大部分が持久系競技種目の選手に発生すると考えられ、短距離、跳躍、投擲などの瞬発系種目の選手では発生が考慮されることが少なかった。しかし、国内でもサッカー選手やラグビー選手においても発生の報告があり、長期間激しいトレーニングを継続し、心身に高い負荷が加わっている状況ではいかなる競技種目においても発生する可能性があると考えべきである。診断にあたっては、慢性経過の漸増する疲労感、前述の多彩な全身の症状や徴候をもとに総合的に判断することになる。血液検査におけるfT値は評価項目の一つであるが、経過を観察する際の指標にしやすい。日本泌尿器科学会はLOH症候群⁵⁾の診断検査にfTを推奨しており、20歳代の平均値⁶⁾に対する-2SDの8.5g/mlを正常下限値としており、20歳代の平均値の70%値11.8g/ml未滿を男性ホルモン低下傾向としている。

一般に持久系競技の選手ではfT値が低いことが多く⁷⁾、正常範囲内ではあるが下限に近い数値を示すことが多いが、正常範囲を下回る例も報告されており、その場合はhypogonadalと表現されている^{8, 9)}。このような状態が骨密度に影響しうることも既に1996年に述べられている¹⁰⁾が、OTSと関連したテストステロン低下に関する最近の報告ではinsulin tolerance testの応答¹¹⁾を含めてトレーニングに対する内分泌変動が主に検討されている。アスリートの診療においては、このような研究的な視点での測定ではなく、可能な限り侵襲が少なく病態を正確に把握できるための測定に限定することが

望ましいと考える。そのため、初回に慢性的疲労感の原因になりうる疾患の除外の総合的な血液検査をした以後は主にfTを観察することと、トレーニング再開時にはCKのような筋疲労を反映する項目との関係を検討することで経過を見ている。

現状では、女子選手のOTSは少ないため十分なデータが集積されていない。今回、東京2020のマラソンに参加した選手たちが秋から冬の実業団駅伝大会で十分な活躍ができていないことから、暑熱下レース参加後の疲労状態を男女含めて経過観察する必要性を感じたが、その際に女子選手をどのようなデータをもとに評価すべきか検討する必要がある。

参考文献

- 1) Stellingwerf T, Heikura IA, Meeusen R, et al.: Overtraining Syndrome (OTS) and Relative Energy Deficiency in Sport (RED S): Shared Pathways, Symptoms and Complexities. *Sports Medicine* 51:2251-2280, 2021.
- 2) Gupta SK, Lindemulder EA, et al.: Modeling of circadian testosterone in healthy men and hypogonadal men. *J Clin Pharmacol* 40:731-738, 2000.
- 3) Kraemer WJ, Loebel CC, Volek JS, et al.: The effect of heavy resistance exercise on the circadian rhythm of salivary testosterone in men. *Eur J Appl Physiol* 84:13-18, 2001.
- 4) Kraemer WJ, Ratamess NA: Hormonal responses and adaptations to resistance exercise and training. *Sports Med* 35:339-361, 2005.
- 5) 日本泌尿器科学会、日本Men's Health医学会: 加齢男性性腺機能低下症候群-LOH症候群-診療の手引き. (株)じほう, 2007.
- 6) 岩本晃明, 柳瀬敏彦, 高栄哲ほか: 日本人成人男子の総テストステロン, 遊離テストステロンの基準値の設定. *日泌会誌* 95:751-760, 2004.
- 7) Hackney AC, Sinning WE, Bruot BC: Hypothalamic-pituitary-testicular axis function in endurance-trained males. *Int J Sports Med* 11:298-303, 1990.
- 8) Hooper DR, Kraemer WJ, Saenz C, et al.: The presence of symptoms of testosterone deficiency in the exercise-hypogonadal male condition and the role of nutrition. *Eur J Appl Physiol* 117:1349-1357, 2017.

- 9) Hackney AC: Hypogonadism in exercising males: dysfunction or adaptive-regulatory adjustment? *Front Endocrinol* 11:11, 2020.
- 10) Bennell KM, Brukner PD, Malcolm SA: Effect of altered reproductive function and lowered testosterone levels on bone density in male endurance athletes. *B J Sports Med* 30:205-208, 1996.
- 11) Cadegiani FA, Kater CE: Basal hormones and biochemical markers as predictors of over-training syndrome in male athletes: the EROS-BASAL study. *J Ath Tr* 54:906-914, 2019.

国立スポーツ科学センターのメディカルチェックおよび診療でみられた 陸上短距離（100・200m）および長距離（マラソン）強化指定選手における スポーツ外傷・障害の予測の試み

安羅有紀¹⁾ 奥平修三²⁾³⁾ 鎌田浩史⁴⁾⁵⁾ 中嶋耕平¹⁾ 喜多村祐里⁶⁾ 奥脇 透¹⁾
山澤文裕⁵⁾⁷⁾ 鳥居 俊⁵⁾⁸⁾ 半谷美夏¹⁾ 西田雄亮¹⁾ 橋本立子¹⁾
松田秀一³⁾ 中田 研⁹⁾ 祖父江友孝⁶⁾

- 1) 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 2) 洛和会音羽病院整形外科
3) 京都大学医学部附属病院 整形外科 4) 筑波大学医学医療系 整形外科
5) 公益財団法人日本陸上競技連盟医事委員会 6) 大阪大学大学院医学系研究科 社会医学講座環境医学
7) 丸紅健康開発センター 8) 早稲田大学 スポーツ科学学術院
9) 大阪大学大学院医学系研究科 健康スポーツ科学講座スポーツ医学

キーワード： 短距離 マラソン スポーツ外傷・
障害 エリートアスリート

An Examination of the Sports Injury
Relationship Among Elite Runners at Japan
Institute of Sports Science

1. はじめに

国立スポーツ科学センター（以下 JISS）では、各競技の強化指定選手を対象に、メディカルチェックおよび外来診療を実施している。陸上競技における強化指定選手のスポーツ外傷・障害（以下、外傷・障害）の実態把握を目的として、2002年1月から2018年12月までの期間に JISS でメディカルチェックおよび外来診療を受けた強化指定選手について、2019年は短距離で100mや200mまたは両方を専門とする〔以下、短距離（100・200m）〕選手の外傷・障害の発生部位および頻度について、また2020年は長距離でマラソンを専門とする〔以下、長距離（マラソン）〕選手の外傷・障害の発生部位および頻度

について集計を行った。

本編では短距離（100・200m）選手および長距離（マラソン）選手の外傷・障害について、それぞれ、ある部位の外傷・障害を受傷した場合、その外傷・障害を受傷していない場合と比較して別の部位の外傷・障害を受傷しやすいという仮説を立て、JISS スポーツクリニックのメディカルチェックおよび外来診療録を用いて疫学的に検討した。

2. 方法

対象は2001年10月から2018年12月までの間に、JISS スポーツクリニックでメディカルチェックまたは外来診療を受けた短距離（100・200m）選手152人（男性95人、女性57人）、および長距離（マラソン）選手83人（男性46人、女性37人）である。専門性の特定については陸上競技連盟医事委員会のご協力を頂き、過去の出場大会記録を基に短距離（100・200m）選手および長距離（マラソン）選手を同定した。平均年齢は短距離（100・200m）の男

表 1. 短距離（100・200m）と長距離（マラソン）選手の人数、平均年齢、統計用レコード数

	短距離（100・200m）		長距離（マラソン）	
	男性	女性	男性	女性
人数（人）	95	57	46	36
平均年齢（歳）	22.4 (16-35)	23.9 (15-34)	26.6 (17-36)	26.9 (18-36)
統計用レコード数	663	416	518	502

子選手は22.4歳（16-36歳）、女子選手は23.9歳（15-34歳）であり、長距離（マラソン）の男子選手は26.6歳（17-36歳）、女子選手は26.9歳（18-36歳）であった（表1）。

メディカルチェックは、年毎または日本オリンピック委員会（JOC）派遣大会前に、JISSの常勤医師および日本陸上競技連盟より派遣された医師により内科、整形外科および歯科について実施される^{1, 2)}。整形外科ではメディカルチェックおよび外来診療で収集した各選手の外傷・障害について、担当医師が国際オリンピック委員会（IOC）による外傷・障害および疾患サーベイランス分類に準じた身体部位を基に「プロブレム」として登録を行い、さらに3段階の評価「A（Active）：治療や検査の必要な疾患、F（Follow）：要経過観察、I（Inactive）：問題なし、解決済み」を行った^{3, 4)}。

プロブレムの集計方法であるが、短距離（100・200m）選手および長距離（マラソン）選手におけるメディカルチェックまたは外来診療の受診日を「1レコード」とした。先行研究では、1つの外傷・障害について同一年に複数回メディカルチェックや外来診療を受診した場合、それらの実施間隔が3か月以内であった場合には1レコードと集計した^{5, 6)}が、本編の疫学的手法で計算するにあたり、同一年内に複数回の受診がある場合、同一月に複数回の受診がある場合を1レコードと集計し、これを統計用データとした。上記方法で抽出した短距離（100・200m）選手および長距離（マラソン）選手のレコード数は計1079件（男子選手663件、女子選手416件）および計1008件（男子選手518件、女子選手502件）であった（表1）。

本編での陸上短距離（100m・200m）および長距離（マラソン）の強化指定選手の整形外科プロブレムでは、先行研究と同様に腰部および下肢のプロブレムが多かったことから、「腰部」および「下肢」のプロブレム部位について関連性の検討を行う事にした⁷⁻⁹⁾。中でも比較的多く認められた「腰部」、「大腿」、および「アキレス腱」の3つのプロブレム部位について、それぞれの関連性について検討を行った。

統計用データより、それぞれ「腰部」、「大腿」および「アキレス腱」に関する外傷・障害を受傷した選手のデータを抽出した。その中で経過を追う事が可能なレコード数を有する選手を解析対象とした。短距離（100m・200m）選手で「腰部」に関する外傷・障害を受傷した選手は68人（男子選手43人、女子選手25人）、レコード数は671（男子選手396、女子選手275）であった。「大腿」に関する外傷・障

表2. 短距離（100・200m）および長距離（マラソン）選手の「腰部」「大腿」「アキレス腱」受傷者数およびレコード数

	短距離（100・200m）		長距離（マラソン）	
	男性	女性	男性	女性
腰部受傷				
実人数	43	25	13	8
レコード数	396	275	223	184
大腿受傷				
実人数	61	31	19	10
レコード数	552	297	329	150
アキレス腱受傷				
実人数	16	16	12	9
レコード数	255	216	212	277

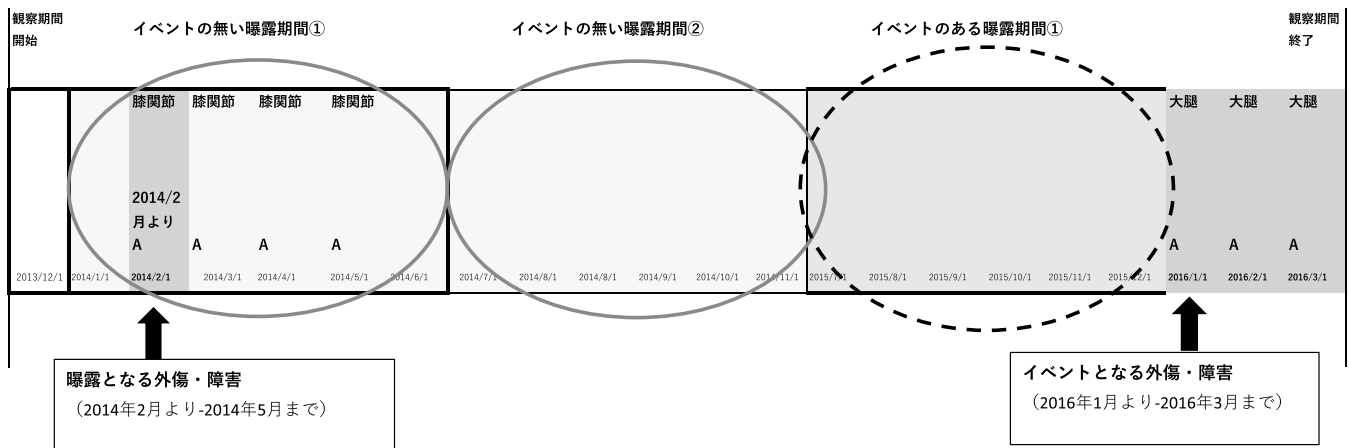
害を受傷した選手は92人（男子選手61人、女子選手31人）、レコード数は849（男子選手552、女子選手297）であった。「アキレス腱」に関する外傷・障害を受傷した選手は32人（男子選手16人、女子選手16人）、レコード数は471（男子選手255、女子選手216）であった（表2）。

また長距離（マラソン）選手で「腰部」に関する外傷・障害を受傷した選手は21人（男子選手13人、女子選手8人）、レコード数は407（男子選手223、女子選手184）であった。「大腿」に関する外傷・障害を受傷した選手は29人（男子選手19人、女子選手10人）、レコード数は479（男子選手329、女子選手150）であった。「アキレス腱」に関する外傷・障害を受傷した選手は21人（男子選手12人、女子選手9人）、レコード数は489（男子選手212、女子選手277）であった（表2）。

疫学的検討を行うにあたり、以下のように、ある1つの外傷・障害（イベントとなる外傷・障害）を受傷した時、遡って半年以内に他の外傷・障害（曝露する外傷・障害）がある場合と、ない場合と比較した場合、曝露する外傷・障害がある方が、イベントとなる外傷・障害が起きやすい、という仮説をたてた。そしてイベントとなる外傷・障害を受傷した時、遡って曝露する外傷・障害を受傷している場合と、受傷していない場合との比較を行った。

解析は自己対照ケースシリーズ(self-controlled case series)という研究デザインを用いて行った⁷⁻⁹⁾。例えば「大腿」をイベントとなる外傷・障害と設定した場合、統計用データより、「大腿」の外傷・障害を受傷した選手を対象とし、その中で曝露する外傷・障害を、「腰部」の外傷・障害または「アキレス腱」の外傷・障害とした。各選手のJISS初

例：大腿（イベントとなる外傷・障害） vs 膝関節（曝露する外傷・障害）



同じ病名に関して、各曝露期間の初めの月のみ「曝露あり」とする

A：プロブレムのステータスが「ACTIVE：治療や検査の必要な疾患」

図 1. 「曝露期間」および「暴露の計算方法」についての定義

診日から最終受診日までをそれぞれの観察期間とした。また観察期間を6か月ごとに区切り曝露期間と定義し単位は1セットとした。曝露期間は2種類あり、観察期間内でイベントとなる外傷・障害の診断日から6か月遡った月までを「イベントのある曝露期間」、さらに6か月遡った曝露期間を「イベントとなる外傷・障害のない曝露期間」と定義し、単位を「セット」として集計した。また曝露する外傷・障害が数か月継続する場合には、初診日を含む月のみ計上した。(図1)。

2つの曝露期間内に曝露する外傷・障害がある場合、それぞれ①「イベントとなる外傷・障害あり・曝露する外傷・障害あり」、②「イベントとなる外傷・障害なし・曝露する外傷・障害あり」として各セット数を集計した。また対照として③「イベントとなる外傷・障害あり・曝露する外傷・障害なし」および④「イベントとなる外傷・障害なし・曝露する外傷・障害なし」のセット数を集計し、オッズ比を計算するための2×2表を作成した。さらに曝露する外傷・障害が、「イベントとなる外傷・障害のある曝露期間」もしくは「イベントとなる外傷・障害のない曝露期間」の終了日から遡って何か月以内に起こりうるかを評価するために、まず①と③について「イベントから遡って〇か月」と6つのサブカテゴリを定義した後、「イベントから遡って〇か月以内」という累積度数での2×2表を作成し、各オッズ比を計算した。

3. 結果

「腰部」、「大腿」および「アキレス腱」の3つの

受傷部位について、それぞれの部位をイベントとなる外傷・障害としたときの、曝露する外傷・障害である他の2部位との関連についてのオッズ比は以下の通りであった。

I. 短距離（100・200m）選手

a. 「腰部」がイベントとなる外傷・障害の場合：

①「大腿」が曝露する外傷・障害の場合：

イベントから遡って1か月以内から6か月以内のオッズ比は、それぞれ5.6 (95%信頼区間、以下95%CI 2.8,11.2;p値<0.01)、2.7 (95%CI 1.4,4.9;p値<0.01)、2.3 (95%CI 1.2,4.1;p値0.01)、2.1 (95%CI 1.2,3.6;p値0.01)、2.0 (95%CI 1.2,3.3;p値0.01)、1.8 (95%CI 1.1,2.9;p値0.03)であった(図2)。

②「アキレス腱」が曝露する外傷・障害の場合：

イベントから遡って1か月以内から6か月以内のオッズ比は、それぞれ1.8 (95%CI 0.6,5.6;p値0.22)、1.3 (95%CI 0.4,3.8;p値0.4)、1.4 (95%CI 0.6,3.5;p値0.3)、1.1 (95%CI 0.5,2.6;p値0.49)、0.9 (95%CI 0.4,2.2;p値0.53)、0.8 (95%CI 0.3,2.0;p値0.42)であった(図2)。

b. 「大腿」がイベントとなる外傷・障害の場合：

①「腰部」が曝露する外傷・障害の場合：

イベントから遡って1か月以内から6か月以内のオッズ比は、それぞれ4.0 (95%CI 1.8,9.0;p値<0.01)、3.1 (95%CI 1.5,6.4;p値<0.01)、2.9 (95%CI 1.5,5.6;p値<0.01)、2.4 (95%CI 1.3,4.4;p値<0.01)、2.4 (95%CI 1.4,4.3;p値<0.01)、1.8 (95%CI 1.0,3.1;p値0.02)であった(図3)。

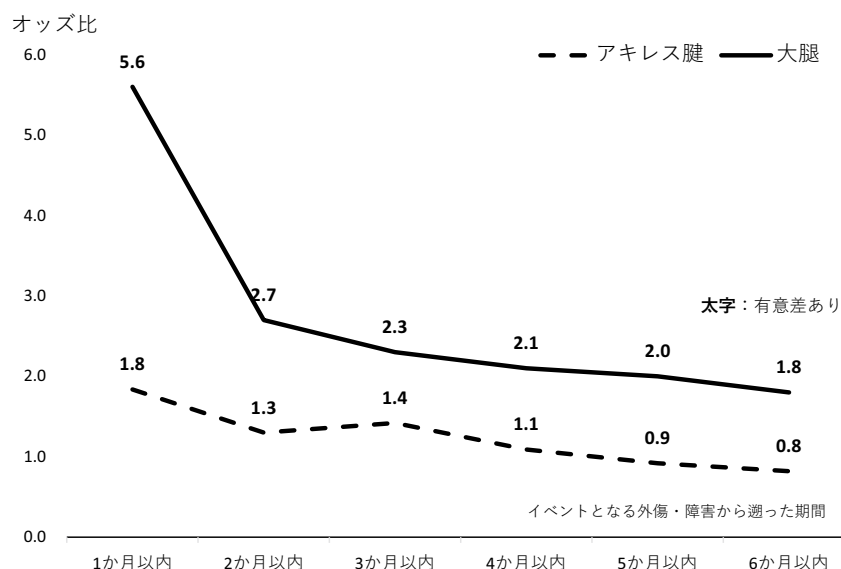


図 2. 短距離 (100・200m) 選手における腰部 (イベントとなる外傷・障害) と大腿、アキレス腱 (曝露する外傷・障害) とのオッズ比

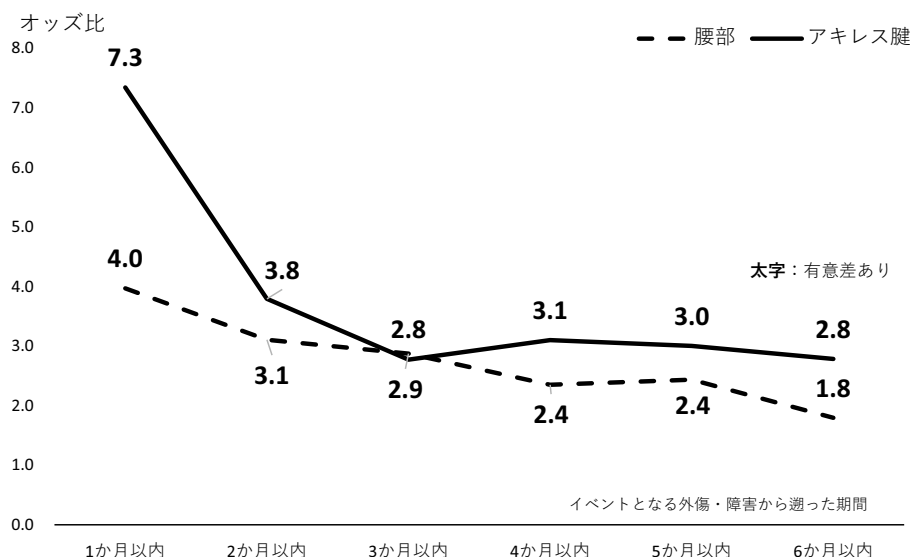


図 3. 短距離 (100・200m) 選手における大腿 (イベントとなる外傷・障害) と腰部、アキレス腱 (曝露する外傷・障害) とのオッズ比

②「アキレス腱」が曝露する外傷・障害の場合：
イベントから遡って1か月以内から6か月以内のオッズ比は、それぞれ7.3 (95%CI 3.0, 18.0;p 値<0.01)、3.8 (95%CI 1.8, 8.0;p 値<0.01)、2.8 (95%CI 1.4, 5.6;p 値<0.01)、3.1 (95%CI 1.7, 5.8;p 値<0.01)、3.0 (95%CI 1.6, 5.5;p 値<0.01)、2.8 (95%CI 1.6, 4.9;p 値<0.01)であった (図3)。

c. 「アキレス腱」がイベントとなる外傷・障害の場合：

①「腰部」が曝露する外傷・障害の場合：
イベントから遡って1か月以内から6か月以内のオッズ比は、それぞれ3.4 (95%CI

0.9, 13.7;p 値0.09)、1.7 (95%CI 0.5, 6.2;p 値0.3)、1.3 (95%CI 0.4, 4.7;p 値0.42)、2.3 (95%CI 0.9, 5.9;p 値0.08)、2.2 (95%CI 0.9, 5.6;p 値0.09)、2.4 (95%CI 1.0, 5.5, p 値0.04)であった (図4)。

②「大腿」が曝露する外傷・障害の場合：
イベントから遡って1か月以内から6か月以内のオッズ比は、それぞれ9.7 (95%CI 3.8, 25.0;p 値<0.01)、6.0 (95%CI 2.6, 13.6;p 値<0.01)、4.2 (95%CI 2.0, 8.8;p 値<0.01)、3.4 (95%CI 1.7, 6.9;p 値<0.01)、3.0 (95%CI 1.5, 6.0;p 値<0.01)、2.1 (95%CI 1.1, 4.0, p 値0.02)であった (図4)。

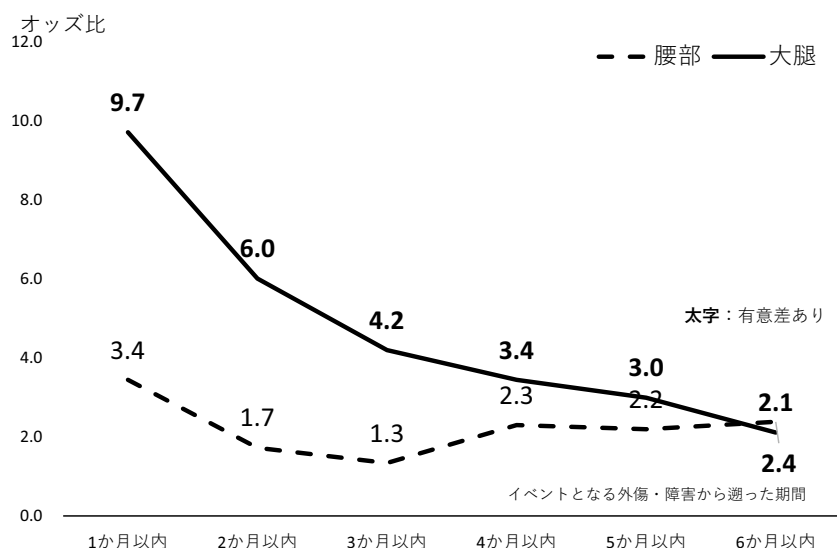


図4. 短距離 (100・200m) 選手におけるアキレス腱 (イベントとなる外傷・障害) と腰部、大腿 (曝露する外傷・障害) とのオッズ比

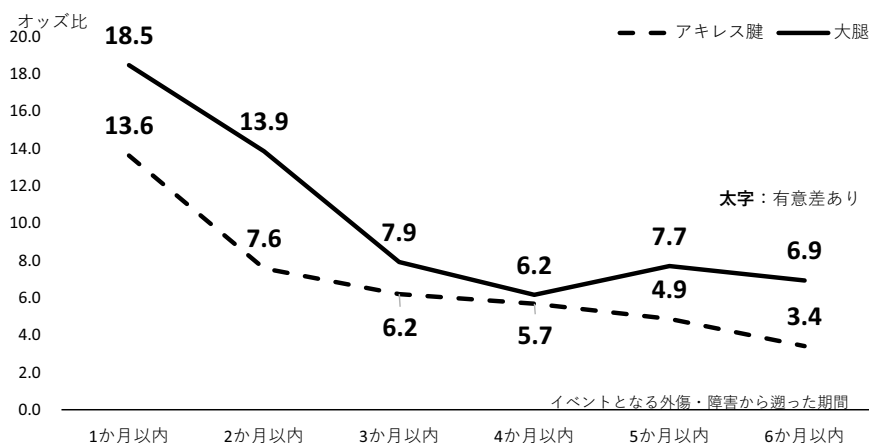


図5. 長距離 (マラソン) 選手における腰部 (イベントとなる外傷・障害) と大腿、アキレス腱 (曝露する外傷・障害) とのオッズ比

II. 長距離 (100・200m) 選手

a. 「腰部」がイベントとなる外傷・障害の場合：統計用データより、「腰部」の外傷・障害を受傷した選手は21人 (男子選手13人、女子選手8人)、レコード数は407 (男子選手223、女子選手184) であった。

① 「大腿」が曝露する外傷・障害の場合：イベントから遡って1か月以内から6か月以内のオッズ比は、それぞれ18.5 (95%信頼区間、以下95%CI 2.5,137;p値0.02)、13.9 (95%CI 2.9,65.6;p値<0.01)、7.9 (95%CI 1.9,32.6;p値0.01)、6.2 (95%CI 1.6,24.3;p値0.03)、7.7 (95%CI 2.5,23.7;p値<0.01)、6.9 (95%CI 2.5,19.4;p値<0.01) であった (図5)。

② 「アキレス腱」が曝露する外傷・障害の場合：イベントから遡って1か月以内から6か月

以内のオッズ比は、それぞれ13.6 (95%CI 3.4,53.9;p値<0.01)、7.6 (95%CI 2.2,26.3;p値<0.01)、6.2 (95%CI 1.8,20.8;p値0.01)、5.7 (95%CI 1.7,18.9;p値0.01)、4.9 (95%CI 1.5,15.9;p値0.02)、3.4 (95%CI 1.1,10.7;p値0.05) であった (図5)。

b. 「大腿」がイベントとなる外傷・障害の場合：統計用データより、「大腿」に関する外傷・障害を受傷した選手は29人 (男子選手19人、女子選手10人)、レコード数は479 (男子選手329、女子選手150) であった。

① 「腰部」が曝露する外傷・障害の場合：イベントから遡って1か月以内から6か月以内のオッズ比は、それぞれ11.0 (95%CI 1.8,67.9;p値0.03)、11.0 (95%CI 1.8,67.9;p値0.03)、8.3 (95%CI 1.5,46.5;p値0.04)、7.1 (95%CI

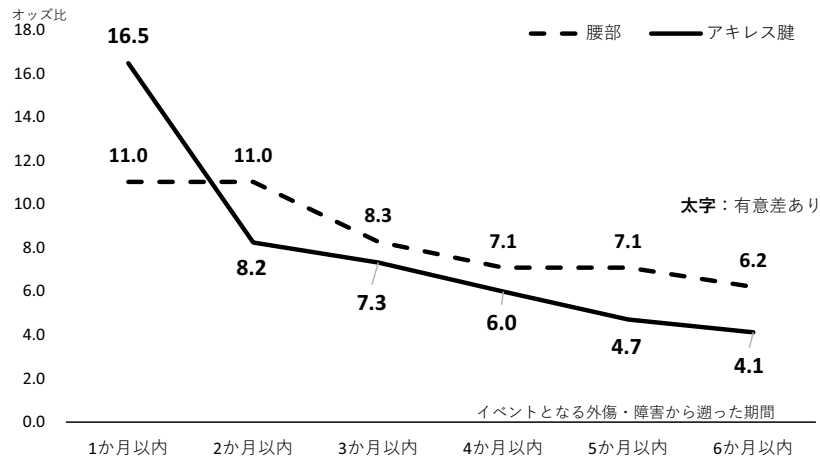


図6. 長距離（マラソン）選手における大腿（イベントとなる外傷・障害）と腰部、アキレス腱（曝露する外傷・障害）とのオッズ比

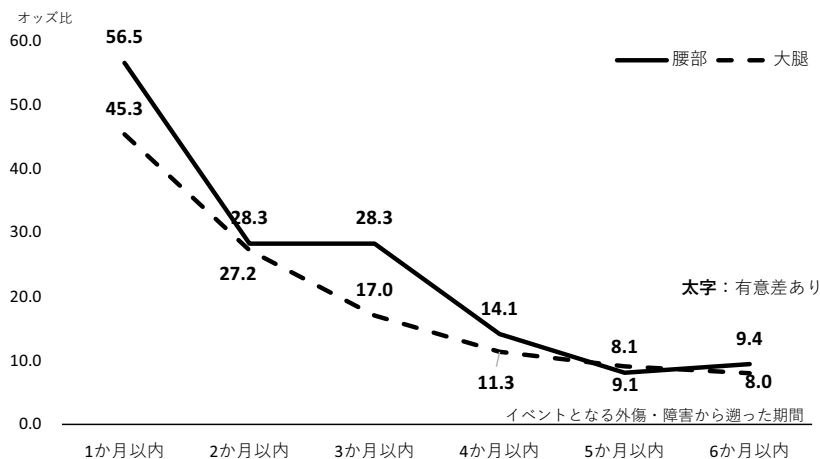


図7. 長距離（マラソン）選手におけるアキレス腱（イベントとなる外傷・障害）と腰部、大腿（曝露する外傷・障害）とのオッズ比

1.8,28.5;p 値 0.02)、7.1 (95%CI 1.8,28.5;p 値 0.02)、6.2 (95%CI 1.6,24.3;p 値 0.02)であった (図6)。

- ②「アキレス腱」が曝露する外傷・障害の場合：イベントから遡って1か月以内から6か月以内のオッズ比は、それぞれ16.5 (95%CI 4.0,68.4;p 値<0.01)、8.2(95%CI 2.4,28.6;p 値<0.01)、7.3 (95%CI 2.2,24.9;p 値<0.01)、6.0 (95%CI 1.8,19.7;p 値 0.01)、4.7 (95%CI 1.5,15.0;p 値 0.02)、4.1 (95%CI 1.3,12.9;p 値 0.03)であった (図6)。

c. 「アキレス腱」がイベントとなる外傷・障害の場合：

「アキレス腱」に関する外傷・障害を受傷した選手は21人 (男子選手12人、女子選手9人)、レコード数は489 (男子選手212、女子選手277)であった。

- ①「腰部」が曝露する外傷・障害の場合：

イベントから遡って1か月以内から6か月以内のオッズ比は、それぞれ56.5 (95%CI 5.7,564.6;p 値<0.01)、28.3 (95%CI 4.5,177.1;p 値<0.01)、28.3 (95%CI 4.5,177.1;p 値<0.01)、14.1 (95%CI 3.0,66.7;p 値<0.01)、8.1(95%CI 2.0,33.2;p 値 0.01)、9.4 (95%CI 2.6,33.5, p 値<0.01)であった (図7)。

- ②「大腿」が曝露する外傷・障害の場合：

イベントから遡って1か月以内から6か月以内のオッズ比は、それぞれ45.3 (95%CI 11.0,186.9;p 値<0.01)、27.2 (95%CI 8.0,92.3;p 値<0.01)、17.0 (95%CI 5.7,51.0;p 値<0.01)、11.3 (95%CI 4.1,31.5;p 値<0.01)、9.1(95%CI 3.4,24.4;p 値<0.01)、8.0 (95%CI 3.0,21.2, p 値

<0.01)であった(図7)。

4. 考察

本編ではJISSのメディカルチェックおよび外来診療のデータを用いて、陸上競技短距離(100・200m)および長距離(マラソン)選手における外傷・障害の発生において、その発生部位間での関連性について検討した。また外傷・障害の発生によって、続発する外傷・障害の可能性をある程度予測できれば、予防することもできる。競技者・指導者・医療者が現場で感じている事を科学的に裏付けることができれば、競技力向上にも役立てることができよう。

本編での短距離(100m・200m)および長距離(マラソン)強化指定選手のJISSでのメディカルチェックおよび外来診療録における整形外科のレコードは、先行研究と同様に腰部および下肢のプロブレムが多かった^{10,11)}。受傷部位別の傾向では男子選手では腰部、大腿および下腿に関するプロブレムが多く、女性選手では腰部の次に足部・足趾および足関節に関するプロブレムが多くみられた^{12,13)}。本編は予備研究的であるが、関連性を検討する受傷部位を選択するには先行研究の結果をふまえて外傷・障害の受傷の多い「腰部」、「大腿」、「アキレス腱」の3部位を選択した。

オッズ比は短距離(100・200m)および長距離(マラソン)選手の両方ともイベントとなる外傷・障害から遡って1か月が一番高い傾向があった。またイベントとなる外傷・障害から遡って6か月以内のオッズ比が1を超えるものも多かった。これはイベントとなる外傷・障害から遡って6か月以上経過しても曝露する外傷・障害の影響がある可能性が考えられた。短距離(100・200m)における腰部とアキレス腱の関係についてはイベントとなる外傷・障害から遡って1か月から6か月まで値が大きな変化は認めなかったが、これはアキレス腱のプロブレムがスポーツ外傷より障害が多いためと考えられた。長距離(マラソン)選手のオッズ比は全体的に高く、また広い範囲の95%信頼区間を得たが、対象となるレコードが少ないことと曝露する外傷・障害の定義について検討が必要と考えられた。

本編の検討については、時間的経過を伴う外傷・障害同士の関連を検討するため自己対照ケースシリーズ(self-controlled case series)という研究デザインを用いた。自己対照ケースシリーズは、英国の統計学者Farringtonが、1995年にMMRワクチンと接種後の痙攣及び無菌性髄膜炎発症との関係

を検討するために提案した⁷⁾。自己対照研究デザインはアウトカムが発生した人のみを対象に個人内比較を行う方法で同じ人の中で曝露の影響がある期間とない期間のアウトカムの発生を比較する⁷⁻⁹⁾。利点は因果関係の推定は困難ではあるが、時間経過を伴う曝露とイベントの関連性について評価可能であること、また対照群の交絡因子がないことなどである⁷⁻⁹⁾。欠点としては曝露およびイベントの定義または仮定を妥当に推定するのが難しいと考えられた⁷⁻⁹⁾。本編では数か月にわたり継続する曝露する外傷・障害の集計方法については、メディカルチェックの特性上、治癒日の特定が困難な外傷・障害も認めため、「診断日を含む月のみ計上」と仮定してオッズ比を計算したが、非常に大きなオッズ比を認める外傷・障害部位の組み合わせもみられた事から、曝露する外傷・障害についてはさらなる検討が必要と考えられた。

このほか「曝露期間」についても、本編では頻度の高い外傷・障害について、曝露する外傷・障害のあと半年以内にイベントとなる外傷・障害が起きる可能性があるという仮説と、対象者が少ないため出来るだけ多くの曝露期間を確保する目的で曝露期間の設定を6か月と設定したが、6か月以上の治療期間を要する曝露する外傷・障害もあるため、今後は曝露期間を変更しての検討も必要と考えられた。さらなる課題として、トップアスリートは曝露する外傷・障害が継続したまま、イベントとなる外傷・障害を発症する場合もあり、また同時に1つ以上の外傷・障害を発症する事もあるため、これらの要素についても引き続き検討が必要と考えられた。

5. まとめ

2002年1月から2018年12月にかけてJISSでメディカルチェックおよび外来診療を受診した短距離(100m・200m)および長距離(マラソン)強化指定選手のスポーツ外傷・障害の受傷部位の関連性について検討した。短距離(100・200m)および長距離(マラソン)選手の両方ともイベントとなる外傷・障害から遡って1か月以内のオッズ比が一番高い傾向があった。またイベントとなる外傷・障害から遡って6か月以内のオッズ比が1を超えるものも多く、イベントとなる外傷・障害から遡って6か月以上経過しても曝露する外傷・障害の影響がある可能性が考えられた。今後は曝露する外傷・障害の定義などにつき臨床的な要素も考慮しながら統計モデルの検証を行い、「腰部」および「下肢」の全ての受傷部位

との関連性について引き続き検討していく予定である。

本編は、平成27年度-令和3年度スポーツ庁受託事業「スポーツ研究イノベーション拠点形成プロジェクト(SRIP)」における成果である。

5. 参考文献

- 1) 奥脇 透 (2016) 体操選手におけるメディカルチェック. 臨床スポーツ医学, 33:392-397.
- 2) 山澤文裕, 鳥居 俊 (2016) 陸上競技におけるメディカルチェック. 臨床スポーツ医学, 33:202-206.
- 3) 中嶋耕平 (2019) 日本代表選手団のメディカルサポート. 臨床スポーツ医学, 36:92-98.
- 4) Junge A, Engebretsen L, Alonso J M, Renström P, Mountjoy M L, Aubry M and Dvorak J. (2008) Injury surveillance in multi-sport events-the IOC approach. British Journal of Sports Medicine, 42 (6): 413-21. https://stillmed.olympic.org/Documents/Reports/EN/en_report_1336.pdf
- 5) 半谷美夏 (2010) 一流水泳競技選手のスポーツ外傷・障害の実態: 国立スポーツ科学センタースポーツクリニック受診者の解析 日本整形外科学会雑誌 30(3), 161-166.
- 6) 佐道准也, 奥平修三, 喜多村祐里, 中嶋耕平, 奥脇 透, 半谷美夏, 福田直子, 藤木崇史, 水谷有里, 松田秀一, 中田研, 祖父江友孝 (2017) スポーツ外傷・障害予測の試み (会議録). 日本臨床スポーツ医学会誌, 25: S314.
- 7) Farrington CP (1995) Relative incidence estimation from case series for vaccine safety evaluation. Biometrics. 51:228-35.
- 8) 岩上将夫 (2019) 観察研究の統計手法 (5) 自己対照研究デザイン (特集 臨床疫学研究: 理論と実践) (臨床疫学研究: 理論編). Bone joint nerve, 9:51-57.
- 9) 康永秀生 (2020) 第24回 HPVワクチンは安全か 自己対照ケースシリーズ. 研究スペシャリストの視点. 臨床疫学. <https://www.m3.com/clinical/open/news/743003>
- 10) 鳥居 俊, 山澤文裕 (2014) 種目別対処法: 陸上競技. 林光俊編集主幹, ナショナルチームドクター・トレーナーが書いた種目別スポーツ障害の診療 第2版, 南江堂, 東京: 2-11.
- 11) 瀬尾理利子, 渡曾公治 (2006) II. 種目別スポーツ障害 陸上競技. 関節外科, 25:88-95.
- 12) 安羅有紀, 中嶋耕平, 喜多村祐里, 鎌田浩史, 奥平修三, 奥脇 透, 半谷美夏, 福田直子, 西田雄亮, 中田 研, 祖父江友孝 (2019) 陸上短距離 (100・200m) 強化指定選手における国立スポーツ科学センターのメディカルチェックでみられたスポーツ外傷・障害について. 公益財団法人日本陸上競技連盟 陸上研究紀要. 15, 317-320.
- 13) 奥平修三, 安羅有紀, 鎌田浩史, 中嶋耕平, 喜多村祐里, 奥脇 透, 山澤文裕, 鳥居 俊, 半谷美夏, 福田直子, 西田雄亮, 橋本立子, 松田秀一, 中田 研, 祖父江友孝 (2020) 陸上長距離 (マラソン) 強化指定選手における国立スポーツ科学センターのメディカルチェックでみられたスポーツ外傷・障害について. 公益財団法人日本陸上競技連盟 陸上競技研究紀要. 16, 258-262.

陸上競技研究紀要 第17巻

編集後記

本号では、原著論文2編、研究資料1編、報告1編、そして特集では「陸上競技における実践研究の活性化」として4編の実践研究論文と総括した1編を掲載しました。科学委員会から18編の医科学サポート研究を、医事委員会から9編のメディカルレポートを報告いただきました。特集では、私自身の念願であった実践研究について企画しました。大風呂敷を広げたところ執筆者の先生方に多大なご理解とご協力をいただき、それぞれの玉稿とともに相互査読を通して実践研究の質保証についての議論もおこなうことができました。これは今回の特別な試みに終わらせず、陸上競技の研究成果の蓄積には必要不可欠であることをあらためて実感しました。これまで陸上競技の研究に携わってこられた方々、実践に重きをおいてこられた方々にあらためて考えるきっかけにさせていただきたいと思うとともに、コーチングは科学的であるべきである、や科学を学べば良い実践ができると考えている、これからの指導者や研究者にも今一度立ち止まって科学的実践、あるいはエビデンスに基づく実践、そして実践研究の意味や価値、長所と短所について考えていただければ幸いです。

実践研究、すなわち実践と科学の両輪について議論がなされました。これは特集のみではなく、原著論文を始め、科学委員会や医事委員会の報告はそのような考えが根付いていることは言うまでもありません。次は国際的に陸上競技の科学に寄与することを考える必要があると思っています。陸上競技の科学的情報は国際的には国内と比べると膨大な量が流通しています。しかし、いまや科学的情報の質はピンからキリまで、多種多様になっています。本誌の情報とディスカッションは国際的にみても貴重で、その質は極めて高いと自負しています。国際的な陸上競技の科学的知見に関して、海外から取り込むとともに、日本から情報発信することも考えなければいけません。世界陸連が発行している New Studies of Athletics (NSA) を意識しつつ、国内の陸上競技関連学術団体および研究母体との協力のもと国際化にも取り組みたいと思います。

2022年3月

文責 榎本靖士

【陸上競技研究紀要第17巻 編集委員会】

「陸上競技研究紀要」第17巻

2022年3月31日発行

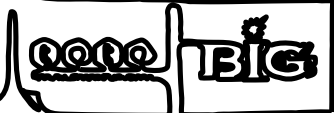
発行人 風間 明

発行所 公益財団法人日本陸上競技連盟

〒160-0013 東京都新宿区霞ヶ丘町4-2

JAPAN SPORT OLYMPIC SQUARE 9階

TEL : 050-1746-8410



つなげていきます スポーツへの想い

スポーツくじの収益は、
日本のスポーツを育てるために
使われています。

