

陸上競技研究紀要

Vol.19, 2023

JAAF

Japan Association of
Athletics Federations



contents

特集企画

陸上競技における暑熱環境とパフォーマンス

原著論文

研究資料

日本陸連科学委員会研究報告

日本陸連医事委員会

エキサイティングメディカルレポート

Bulletin of Studies in Athletics of JAAF

「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)

原稿の書き方および、文献の書き方の詳細は、「体育学研究」投稿の手引に準ずる。

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、2023年度版は、2024年1月8日（月）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。

(2023年8月14日 改訂)

陸上競技研究紀要

Bulletin of Studies in Athletics of JAAF

Vol.19 2023

目 次

【特集企画】

陸上競技における暑熱環境とパフォーマンス 3

【原著論文】

女子三段跳競技者の日本記録更新に至るまでの助走スピードおよび
各歩の跳躍距離の変化 柴田篤志ほか 39

【研究資料】

近年の世界選手権男子 400m 走準決勝および決勝レースのレースパターンの特徴
..... 山元康平 51

【日本陸連科学委員会研究報告 第 22 巻 (2023) 陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2023】
..... 59

【エキサイティング メディカル レポート】
..... 191

特集企画
陸上競技における暑熱環境とパフォーマンス

特集のねらい

陸上競技では様々な環境において競技が実施される。競技パフォーマンスに及ぼす環境の影響は、短距離、中長距離、跳躍、投擲の各種目において大きく異なるため、その影響を正しく理解し、それに対する有効な対策を講じることは、高い競技パフォーマンスの発揮のために必須である。特に、オリンピック・パラリンピック競技大会や世界陸上競技選手権大会などの主要な国際大会、また、全日本中学校陸上競技選手権大会や全国高等学校陸上競技対校選手権大会などの主要な国内大会も夏期に開催され、通常、気温や湿度の高い暑熱環境下において競技が実施されている。これらの暑熱環境下で実施される競技会では、暑熱対策の成否が高い競技パフォーマンスの発揮、そして、勝敗を左右するといっても過言ではない。また、暑熱対策は熱中症予防の観点からも重要である。本紀要においても、暑熱に対する実践的な取り組みに関する多くの報告が、科学委員会研究報告に記載されてきた。

本特集では、暑熱環境が陸上競技の競技パフォーマンスに及ぼす影響について、関連する研究と現場の取り組みに関して解説していただき、選手や指導者に情報を提供するとともに、意識の向上に貢献することを目的とした。はじめに、大阪公立大学の岡崎が、近年の暑熱対策に関する研究と現場の取り組みの潮流について、東京オリンピックに向けて国際オリンピック委員会（IOC）が発布した Beat the Heat の内容を中心に紹介する。次に、株式会社ウェザーニューズの浅田佳津雄先生には、気象の専門家の観点から、陸上競技における気象データの活用について解説していただく。科学委員会委員長である日本体育大学の杉田正明先生には、長距離種目・マラソン、および、競歩の暑熱対策について、東京 2020 に向けた取り組みと今後の活動について解説していただく。獨協医科大学埼玉医療センターの上條義一郎先生には、日本パラ陸上競技連盟強化委員会暑熱対策専門員として実施してきたパラ陸上競技における暑熱対策の取り組みについて概説いただく。最後に、東京マラソン財団の伊藤静夫先生には、陸上競技の暑熱対策、とくに暑熱環境でのパフォーマンス発揮について、今後の研究や取り組みの基盤となる考えをまとめていただく。本特集の内容が現場のアスリートやコーチが知っておくべき知識として共有され、より有効な現場での取り組みや研究の発展につながれば幸いである。このような取り組みを継続的に実施することで、暑熱環境下で実施される競技会におけるアスリートのパフォーマンス向上、さらには、熱中症予防を中心とした安全・安心の取り組みに昇華されることを期待する。

陸上競技研究紀要編集委員会

委員長 榎本 靖士

委員 岡崎 和伸

<特集企画>

陸上競技における暑熱環境とパフォーマンス

目次

暑熱対策に関する研究と競技現場の取り組みの潮流・・・・・・・・・・ 6
岡崎和伸

陸上競技と気象・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 13
浅田佳津雄

東京 2020 に合わせた「暑熱対策」ストーリーと今後の活動・・・・・・・・ 17
杉田正明

暑熱対策の現場の取り組み パラ陸上競技・・・・・・・・・・・・・・・・ 22
上條義一郎

陸上競技（持久性種目）の暑熱対策 これまでとこれから・・・・・・・・ 29
伊藤静夫

暑熱対策に関する研究と競技現場の取り組みの潮流

岡崎 和伸

大阪公立大学 都市健康・スポーツ研究センター
大阪公立大学大学院医学研究科 運動環境生理学

はじめに

ドーハ 2019 世界陸上競技選手権大会（以下、ドーハ 2019 世界陸上）および東京 2020 オリンピック競技大会（以下、東京 2020 オリンピック）においては、気温・湿度の高い暑熱環境下において競技が実施された。それらの大会に向け、暑熱環境下における競技パフォーマンスの最適化を目的とし、国内外で数多くの暑熱対策に関する研究が推進され、また、競技現場における様々な取り組みが行われてきた。2024 年には、パリ 2024 オリンピック競技大会（以下、パリ 2024 オリンピック）が 7 月 26 日から 8 月 11 日に開催され、陸上競技は 8 月 1 日から 8 月 11 日に開催される。近年、ヨーロッパではこの期間に季節的な熱波が起こっており、パリ 2024 オリンピックは気温・湿度の高い暑熱環境下で競技が実施されることも予想されている。また、2025 年には 9 月 13 日から 9 月 21 日に東京 2025 世界陸上競技大会が開催される。暑熱対策は、アスリートの熱中症予防の観点からも非常に重要であるが、ここでは、暑熱環境下における競技パフォーマンスの最適化の観点から、暑熱対策に関する研究と競技現場の取り組みについて、ドーハ 2019 世界陸上および東京 2020 オリンピックに向けて実施されてきた暑熱に関する研究と競技現場の取り組みについて、近年の動向も踏まえて紹介する。ちなみに、暑さに身体がなれることを暑熱順化（馴化）というが、人工的な環境（例えば、高気温や高湿度）になれることを順化（acclimation）、自然環境（例えば、季節や気候の変化）になれることを馴化（acclimatization）というが、明確に区別するのはむずかしい。本項では暑熱馴化を用いて記載する。

暑熱環境下における体温調節と競技パフォーマンス

我々の体温は、大きな部位差や個人差等もあるものの、安静時で深部体温は約 37℃、筋温は約 35℃、皮膚温は約 31℃である。運動時に使われるエネルギーのうち、筋収縮に使われるのは約 20%で、残りの約 80%は熱になるため、運動時には筋温の上昇とともに深部体温が上昇する。これらの熱は皮膚表面を介して体外に放散されるが、我々は、体温の上昇に対して、2つの機構によって体外への熱の放散を調整しており、その1つは皮膚血管の拡張によって皮膚温を上げること、もう一つは発汗することである。しかし、気温が高いほど、気温と皮膚温の差が小さくなるため熱が放散されにくくなり、気温が皮膚温を超える状況では体内に熱が流入することになる。日射や輻射がある場合には、その分、体内に熱が流入することになる。気温に関わらず、汗の蒸発によって熱が放散されるため、気温が皮膚温を超える状況では、汗の蒸発が熱を放散する唯一の経路になるが、湿度が高いほど汗の蒸発は少なくなる。このように、気温、湿度、日射・輻射が高いほど体温が上昇しやすくなる。ちなみに、これらの人体と環境の熱のやりとりの程度について、気温、湿度、日射・輻射の影響（これらに及ぼす風の影響も）を反映した指標が、湿球黒球温度（WBGT）である。

当然、運動強度が高いほど、また、運動時間が長いほど、深部体温が上昇することになり、暑熱環境下における持久性競技中に深部体温は 38.5℃～40℃程にもなり、場合によっては 41℃以上にもなる。図 1 は、陸上競技の走種目について、気温が 25℃未満の場合と比較した 25℃以上の場合のパフォーマンス変化率を示している。400m 走までは気温の高い方がパフォーマンスが高い。筋温の上昇（例えば、ウォーミングアップによって）は、代謝速度、神経伝導速度、あるいは、筋柔軟性の向上

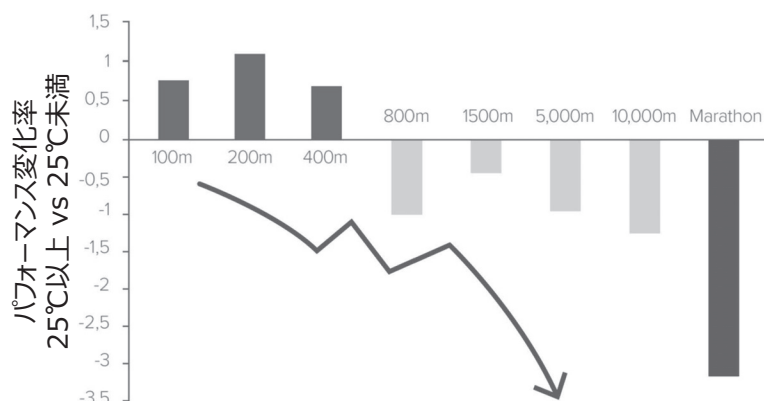


図1. 気温が陸上競技走種目の競技パフォーマンスに及ぼす影響。気温が25°C未満の場合と比較した25°C以上の場合のパフォーマンス変化率を示す。Beat The Heat IAAF, および, Guyら2015から作成

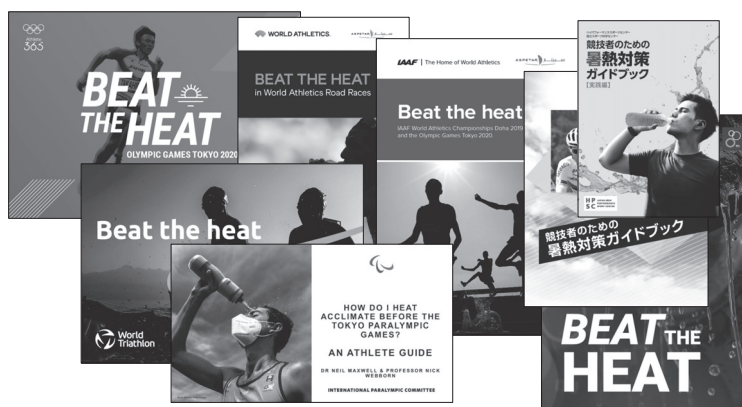


図2. Beat The Heat と各競技団体などの暑さ対策のガイドブック

によって、スプリント、跳躍、投擲を含む瞬発的種目においてはプラスに働くためである。一方、800m走以上では、気温の高い方がパフォーマンスが低く、さらに、その影響は持久性競技特性の高い種目ほど顕著となる。これは、深部体温の上昇、また、発汗による脱水が競技パフォーマンスを低下する主要因となるためである。このような暑熱環境下においてパフォーマンスの低下が懸念される種目においては、暑熱対策の成否が競技成績を左右するといっても過言ではない。

Beat The Heat (暑さに打ち勝つ)

東京2020オリンピックで想定される暑さに対して、国際オリンピック委員会 (IOC) は、2019年8月にアスリートやコーチに向けた暑さ対策のガイドブック「Beat The Heat」(暑さに打ち勝て)を公表し、競技会への参加に対して入念な準備を呼びかけた。また、屋外の持久性競技を中心とした各競技団体などから同様のガイドブックが公表され、国際陸上競技連盟 (IAAF) からは、ドーハ2019世界陸

上および東京2020オリンピックの暑さ対策のガイドブック「Beat The Heat IAAF World Athletics Championships Doha 2019 and the Olympic Games Tokyo 2020」が公表されている (図2)。これらのガイドブックでは、開催期間中に予想される環境(気温や湿度)、暑熱環境が競技パフォーマンスに及ぼす影響、暑熱環境下における体温調節機能や運動中の深部体温の上昇、暑熱馴化による生理機能の変化、暑熱馴化の方法および競技会までの戦略、脱水が競技パフォーマンスに及ぼす影響、競技や練習時の給水戦略、クーリング (身体冷却) 戦略について、暑熱対策に関する研究の結果とともに、競技現場における具体的な対策が解説されている。

Beat The Heatでは、以下に示す、東京2020オリンピックの暑さに打ち勝つ「10の秘訣」が示されている (Beat The Heat during the Olympic Games Tokyo 2020, 10 TopTips)。

1. 暑熱環境下での運動で暑熱馴化、少なくとも2週間
2. 暑熱馴化に2週間が無理なら、少なくとも1週間

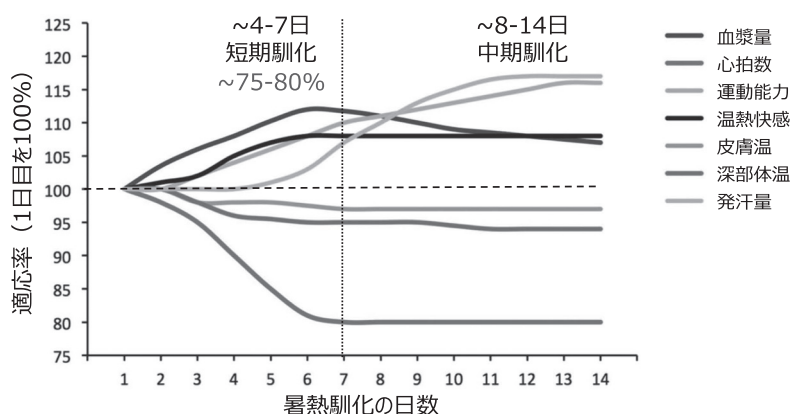


図3. 暑熱馴化による身体諸機能の変化。1日目を100%として変化率を示す。Beat The Heat IAAF, および, Périard ら 2015 から作成

3. 競技の数日前からの水分補給計画を実行
4. ウォーミングアップ時のプレクーリング戦略 (アイスベストなど)
5. 試合・競技前の練習時にクーリング戦略をテスト
6. 汗の蒸発を妨げるウェアを使用しない
7. 多くの薬は暑熱耐性を阻害する可能性があるため、薬の使用はスポーツドクターと相談
8. 下痢や嘔吐は水分状態を悪化させるため、その場合は経口補水液を使用
9. ベタベタしない (水性の) 日焼け止めの使用
10. 帽子とカテゴリー 3 のサングラスの使用

また、IAAF の Beat The Heat では、暑熱環境下における 10,000m 走以上の種目に参加する選手には、暑熱対策に関する以下の 9 項目の準備状況をスコア化し、少なくとも 5 ポイント以上の準備を促している。

- ・ 2 週間の暑熱馴化 +4 ポイント
- ・ 1 週間の暑熱馴化 +3 ポイント
- ・ 気温の高い国・地域からの移動 +3 ポイント
- ・ 水分補給計画 +2 ポイント
- ・ プレクーリング (競技前の身体冷却) +1 ポイント
- ・ パークーリング (競技中の身体冷却) +1 ポイント
- ・ 汗の蒸発を妨げる衣服の着用 -1 ポイント
- ・ 熱中症の既往歴 -1 ポイント
- ・ 暑熱耐性を低下する恐れのある承認薬の摂取 -1 ポイント

以上から、現在までの暑熱対策に関する研究と競技現場の取り組みの潮流は、暑熱馴化、水分補給、身体冷却の 3 つに集約されることがわかるだろう。

以下、それぞれの要点を IAAF の Beat The Heat の内容に最近の動向も踏まえて解説する。

暑熱馴化

暑熱馴化は、「10 の秘訣」のトップ 2 を占めている通り、Beat The Heat の中では「暑熱環境下で競技するための最も重要な準備」として提示されている。暑熱馴化は、日常生活においても、季節変動に伴う夏季の気温の上昇に対して、身体が暑さに馴れていく変化として観察されるが、その程度は緩やかである。競技者においては、高温・高湿度の暑い環境下において日々のトレーニングを実施することで獲得される。暑熱馴化を効果的に獲得するためのカギは、深部体温の上昇、皮膚温の上昇、十分な発汗の 3 つであり、暑熱環境下における運動を繰り返すことで達成される。暑熱環境下において、1 日 1 時間～1 時間半ほどの持久性運動を実施する暑熱馴化トレーニングによって暑熱馴化が進む。暑熱馴化による身体諸機能の変化は一樣ではなく、その現れ方には個人差もあるが、暑熱馴化トレーニングを毎日実施すると、7 日～10 日ほどで 80% ほどの馴化が獲得され、2 週間ほどで馴化はほぼ完了する (図 3)。

すなわち、競技の開催場所と類似した環境において、暑熱馴化トレーニングを競技前 2 週間にわたって実施することが推奨される。持久性競技のパフォーマンスは、涼環境下と比べて暑熱環境下では劇的に低下するが、その影響は暑熱馴化の程度が進むにつれて改善する。暑熱馴化によって、発汗量の増加、安静時の深部体温の低下、一定強度運動時の心拍数と深部体温の低下、汗の塩分濃度の低下などの適応が起こるが、これらは、暑熱環境下における持久性競技パフォーマンスの最適化 (最適パフォーマンスの発揮) をもたらす要因となる。暑熱馴化に

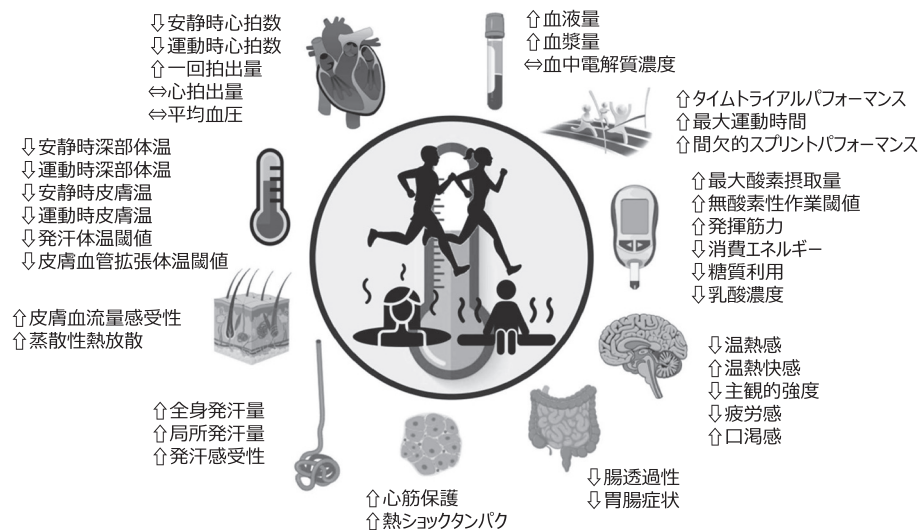


図 4. 暑熱馴化による体温調節・パフォーマンス・生理機能の変化。Gibson ら 2020 から作成

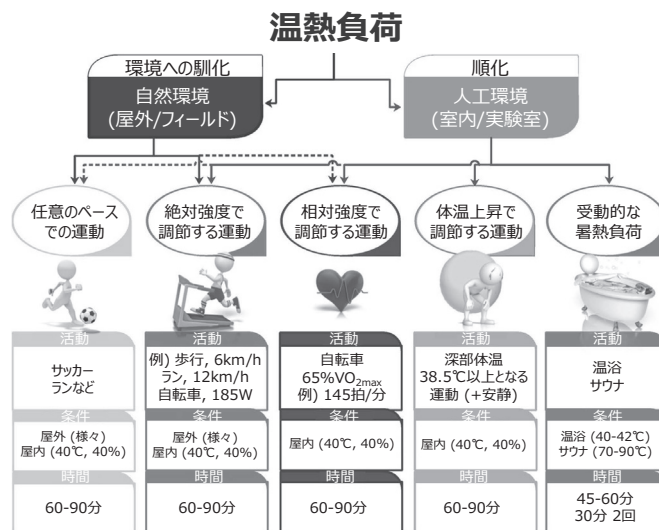


図 5. 暑熱馴化の様々な方法。Beat The Heat IAAF, および, Daanen ら 2018 から作成

よって熱中症の発症リスクが低減することも期待できる。また、暑熱馴化は、暑熱環境下における持久性パフォーマンスを最適化するのみならず、涼環境下における持久性パフォーマンスを向上することも確認されている。さらに、近年、様々な研究成果から、暑熱馴化によって体温調節能や持久性競技パフォーマンスに加えて、間欠的スプリントパフォーマンスや発揮筋力の向上すること、あるいは、様々な生体機能や生理機能の向上する可能性が示唆されている(図 4)。また、暑熱馴化の際には、温熱負荷に影響する因子(体格、体組成、筋量、運動強度、性周期など)に性差が認められるが、暑熱馴化の程度には性差はない。しかし、暑熱馴化に必要な期間には性差が存在し、パフォーマンスの最適化が得られるまでの期間は、男性では短期(1週間程度)だが、女性では中期(2週間程度)である。

暑熱馴化の様々な方法

上記のとおり、暑熱馴化を効果的に獲得するためのカギは、深部体温の上昇、皮膚温の上昇、十分な発汗の3つであり、暑熱環境下における1日1時間~1時間半ほどの暑熱馴化トレーニングが推奨されるが、運動(身体内部からの加温)と暑熱暴露(身体外部からの加温)の組み合わせで、様々な方法が提示されている(図 5)。暑熱暴露は、競技の開催場所と類似した自然環境への暴露がベストではあるが、それがむずかしい場合は、人工環境(人工気象室、あるいは、ヒーターなどを用いたホットルーム)を用いることで、一定の暑熱馴化の効果を得ることが期待できる。また、温浴やサウナなどの受動加温を用いることも有効な取り組みであるが、通常、受動加温のみによる暑熱馴化の効果は、暑熱環境下における運動による効果よりも小さい。効果と耐性を考

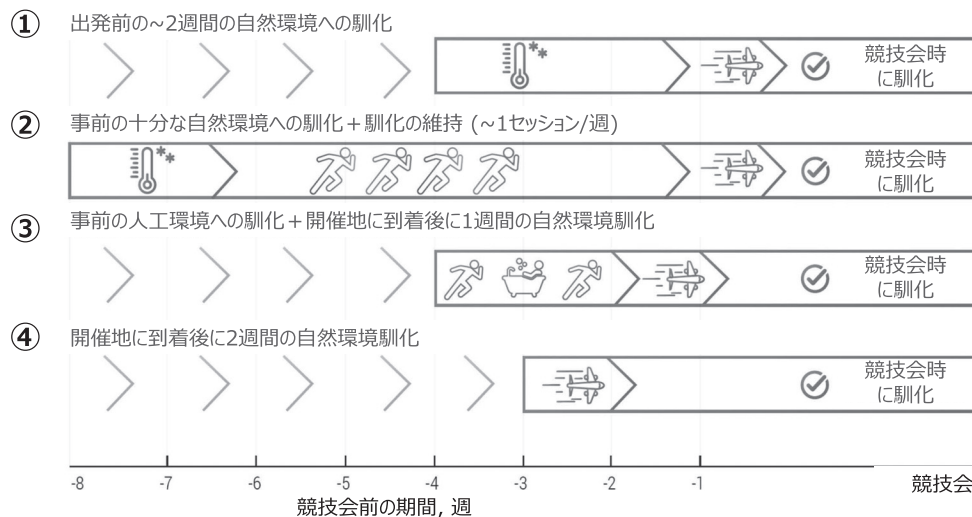


図6. 暑熱環境下での競技会に向けた暑熱馴化戦略の例。Beat The Heat IOC から作成

慮すると、温浴を用いる場合の温度は40～42℃程度、サウナを用いる場合の温度は70～90℃がよい。涼環境下での運動（18℃、40分）後に温浴（40℃、40分）を実施すると、同運動後に中和温水浴（32℃、40分）を実施する場合に比べて、1週間のトレーニング後に安静時の体温が低下し、5 kmタイムトライアルが有意に向上することが示されている。また、近年、暑熱環境下での1週間のトレーニング（33℃、60分）と比べて、涼環境下での1週間のトレーニング（19℃、40分）後の温浴（40分、40℃）は、暑熱馴化の効果が同程度であったことも報告されており、運動と暑熱暴露の両方を用いることが十分な暑熱馴化の効果をj得るために必要と考えられる。暑熱環境を準備できない場合は、他の手段として運動中に体温を上げるようなウェアを用いることも可能である。一方、過度な暑熱への暴露は、熱中症の発症が懸念されるだけでなく、生体への過度の暑熱ストレスとなり、消化管損傷を増悪させて下痢や食欲不振を引き起こしたり、慢性的な疲労をもたらすなど、トレーニング効果やパフォーマンスを低下する要因となるため注意が必要である。

暑熱環境下での競技会に向けた暑熱馴化戦略

暑熱馴化は、いったん獲得された場合でも、涼環境下に滞在すること、あるいは、深部体温や皮膚温の上昇や発汗が十分でない状況が続くことで、徐々に失われてしまう（脱馴化）。1週間に1～2回程度、暑熱馴化トレーニングや受動加温を用いることで、暑熱馴化の効果を維持できること、また、脱馴化が一部起こった場合でも、再度の暑熱馴化（再馴化）の際には、短期間で暑熱馴化を獲得できることが確

かめられている。競技会に向けては、トレーニング計画に加えて、ピーキング、テーパリング、コンディショニング、移動を含めて暑熱馴化戦略を立てる必要がある。暑熱馴化戦略の例を図6に示した。

- ① 競技の開催場所と類似した自然環境で2週間程度十分に暑熱馴化してから、競技の開催場所に到着し、その場所で一定期間の馴化・準備後に競技に挑む
- ② 事前に自然環境で十分な暑熱馴化をしてから、その後、一定期間を涼環境下でトレーニングを実施し、その間、暑熱環境下での運動や受動加温などの様々な方法で馴化を維持してから、競技の開催場所に到着し、その場所で一定期間の馴化・準備後に競技に挑む
- ③ 事前に人工環境や受動加温によって一定の暑熱馴化を獲得後、1週間前までに競技の開催場所に到着し、その場所で十分に暑熱馴化する
- ④ 2週間以上前に競技の開催場所に到着し、その場所で十分に暑熱馴化する

水分補給計画

上記のとおり、暑熱環境下における体温調節において発汗は非常に重要であるが、発汗量に応じて脱水が進行するため、暑熱環境下における高強度・長時間運動時に、十分な水分補給がなければ、脱水の程度は体重の2～7%にも及ぶ。脱水の進行に伴い、深部体温の上昇、心拍数の上昇、筋血流量の低下などが増悪し、持久性パフォーマンスは低下する。持久性ほどではないものの、ストレンクス・パワー系のパフォーマンスも脱水によって低下する報告があ

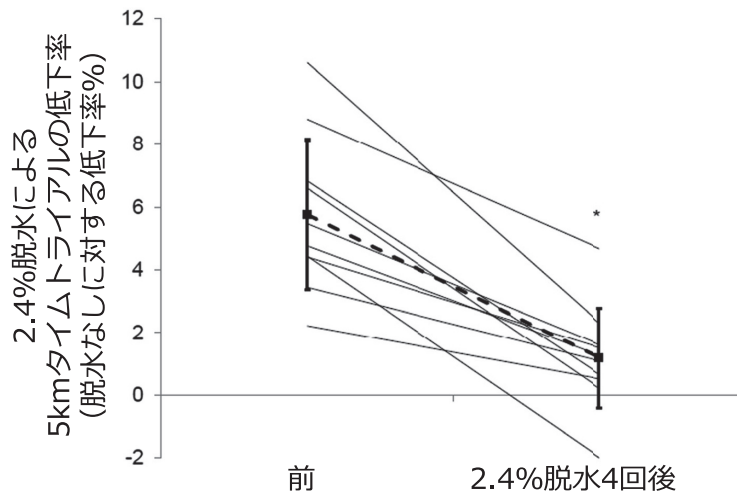


図7. 脱水によるパフォーマンス低下に及ぼす脱水へのなれの影響。Fleming ら 2014 から作成

ることから、また、熱中症予防の観点からも、持久性種目以外においても脱水を避けることが求められる。

涼環境下での1～2時間の運動の場合は、口渇感(のどの渇きの感覚)に応じた水分補給が適切で十分である。一方、暑熱環境下での90分を超える運動の場合は、計画的水分補給(発汗量・脱水量に応じた水分補給)によってパフォーマンスが最適化すると期待される。競技の時間や運動強度、および、実施する環境において発汗量を確認し、体重の2～3%脱水を超えない程度の量を目安とし、飲みすぎない。塩分濃度の低い飲料の飲みすぎによる運動誘発性低ナトリウム血漿にも注意が必要である。運動前後の体重のチェック、尿カラーや尿比重のチェックも脱水の程度を把握するために有効である。汗の塩分濃度は体液の塩分濃度の1/5～1/2程度であり、大きな個人差が存在する。運動時間が1時間を超える場合、また、汗の塩分濃度の高いアスリートは、十分なナトリウム(塩分)の補給が必要である。

脱水によって持久性パフォーマンスは低下するが、その低下の程度は、脱水になれば軽減することが報告されている(図7)。競技中にある程度の脱水を負うことが見込まれる場合には、事前に脱水に慣れておくことも有効と考えられるが、この場合、脱水による循環器系や体温調節系への負荷は軽減せず、熱ストレスも増大することに注意する必要がある。また、10日間の暑熱馴化トレーニング中に脱水する場合と脱水しない場合において、暑熱馴化の効果に差がないことも報告されており、暑熱馴化トレーニング中には脱水を避けるために十分な水分補給と合わせて実施することが推奨される。

身体冷却(クーリング)戦略

運動中の深部体温や皮膚温の上昇は、暑熱環境下における持久性パフォーマンスを制限する。そのため、持久性種目ではスタート前に必要のない体温上昇はできる限り避けるべきである。ウォーミングアップは、可能な限り日陰などの暑熱負荷の少ない場所で実施すべきである。近年、運動前や運動中の身体冷却によって、運動中の深部体温や皮膚温の上昇が抑えられ、持久性パフォーマンスの向上することが報告されている。競技現場においては、アイスベスト、冷却タオル、送風などの外部冷却(身体の外から皮膚表面を冷やす手法)、あるいは、冷たい飲料やアイススラリーの摂取による内部冷却(身体の内から冷やす手法)、また、それら両方を組み合わせてプレクーリング(運動前の身体冷却)を実施するとよい。その他、競技中には、紫外線カットのサングラス、日射を避ける色、形態、素材のウェア、汗の蒸発を妨げないウェア、ベタベタしない(水性の)日焼け止めの使用などによって、可能な限り暑熱ストレスを軽減するとよい。これらのクーリング戦略は、試合・競技前の練習時に試しておく必要がある。

参考文献

- Beat The Heat during the Olympic Games Tokyo 2020. Athlete 365, International Olympic Committee <https://olympics.com/athlete365/beat-the-heat/>
- Brocherie F, Pascal M, Lagarrigue R, Millet GP: Climate and health challenges for Paris 2024 Olympics and Paralympics Detailed

- planning for heat events is essential to protect both athletes and the public. *BMJ* Jan 2;384:e077925. doi: 10.1136/bmj-2023-077925, 2024.
- Daanen HAM, Racinais S, Périard JD: Heat Acclimation Decay and Re-Induction: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med* 48, 409-430, 2018.
- Fleming J, James LJ: Repeated familiarisation with hypohydration attenuates the performance decrement caused by hypohydration during treadmill running. *Appl Physiol Nutr Metab* 39(2), 124-129, 2014.
- Gibson OR, James CA, Mee JA, Willmott AGB, Turner G, Hayes M, Maxwell NS: Heat alleviation strategies for athletic performance: A review and practitioner guidelines. *Temperature (Austin)* 7(1), 3-36, 2020.
- Guy JH, Deakin GB, Edwards AM, Miller CM, Pyne DB: Adaptation to hot environmental conditions: an exploration of the performance basis, procedures and future directions to optimise opportunities for elite athletes. *Sports Med* 45, 303-311, 2015.
- McIntyre RD, Zurawlew MJ, Oliver SJ, Cox AT: A comparison of heat acclimation by post-exercise hot water immersion and exercise in the heat. *J Sci Med Sport* 24(8), 729-734, 2021.
- 岡崎和伸: 暑さ対策としての水分補給. *臨床スポーツ医学* 35, 677-678, 2018.
- Périard JD, Racinais S, Sawka MN: Adaptations and mechanisms of human heat acclimation: Applications for competitive athletes and sports. *Scand J Med Sci Sports* 25, 20-38, 2015.
- Racinais S, Périard JD, Alonso JM, Adami PE, and Bermon S: Beat the heat, IAAF World Athletics Championships Doha 2019 and the Olympic Games Tokyo 2020. IAAF The Home of World Athletics.
- Racinais S, Alonso JM, Coutts AJ, Flouris AD, Girard O, González-Alonso J, Hausswirth C, Jay O, Lee JKW, Mitchell N, Nassis GP, Nybo L, Pluim BM, Roelands B, Sawka MN, Wingo JE, Périard JD: Consensus recommendations on training and competing in the heat. *Scand J Med Sci Sports* 25, 6-19, 2015.
- Racinais S, Périard JD, Karlsen A, Nybo L: Effect of heat and heat acclimatization on cycling time trial performance and pacing. *Med Sci Sports Exerc* 47, 601-606, 2015.
- Sumi D, Okazaki K, Goto K: Gastrointestinal function following endurance exercise under different environmental temperatures. *Eur J Appl Physiol*, Jan 4. doi: 10.1007/s00421-023-05387-x, 2024.
- Wickham KA, Wallace PJ, Cheung SS: Sex differences in the physiological adaptations to heat acclimation: a state-of-the-art review. *Eur J Appl Physiol* 121(2), 353-367, 2021.

陸上競技と気象

浅田 佳津雄

株式会社ウェザーニューズ

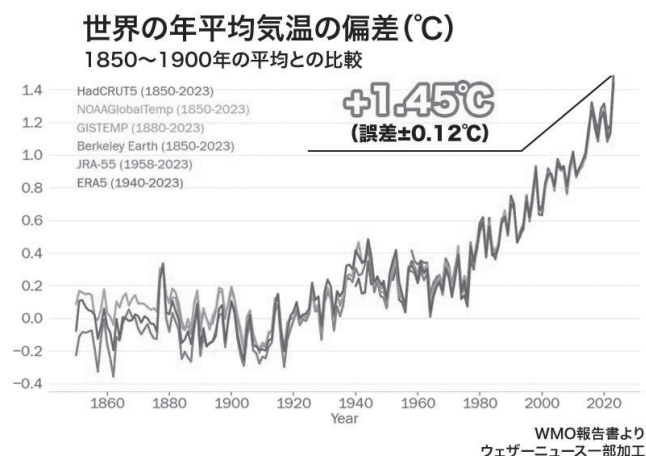
1) はじめに

特に屋外スポーツにおいて、選手のパフォーマンスと、気象コンディションは大きく影響する。

天気は変えることが出来ず、どんな気象コンディションであっても、選手はそれを受け入れ、対応、準備し、本番で良いパフォーマンスを発揮することが求められる。

また、台風や大雨、大雪、さらには昨今、ゲリラ雷雨や、暑さ（酷暑）といった極端気象が多く発生し、益々気象コンディションへの対応が求められる状況となっており、これは今後も更に加速することが予想される。

日本国内のみならず、世界に目を向けてみても、WMO（世界気象機関）をはじめとする世界の様々な機関から2023年の地球の気温に関するまとめが発表されているが、いずれも過去最高を大幅に更新したという結果で、最も大きな要因は地球温暖化であると一致した見解を発表している。



WMOは2024年1月に「2023年に世界の気温記録が更新されたことを確認」と題したプレスリリースを出し、その中で、2023年はこれまでの記録に大差をつけて観測史上最も暖かい年であると発表し

た。

また、EU=欧州連合の機関であるコペルニクス気候変動サービスやNOAA（アメリカ海洋大気庁）、NASA（アメリカ航空宇宙局）も同様の発表。いずれの機関も、2023年の平均気温が、パリ協定の目標である、産業革命前の1850～1900年の平均より1.5°C高い気温に近づいたとしています。

温暖化によって元々の気温が上昇している所に、エルニーニョ現象が発生したことで、より高温基調になったと考えられます。

エルニーニョ現象は、年が明けても続いていて、日本の気象庁によると少なくとも春のはじめにかけて続く見込みです。2023年よりも年明けの気温が高い傾向になるとみられ、WMOは2024年の気温がさらに高くなる可能性があるとしています。

このような今、「たかが気象、されど気象」、見えない敵とも言われる気象コンディションを、より正確に把握し、予測し、本番に向けてより良い準備や、気象コンディションを想定したシミュレーション、イメージトレーニング等を行うことの重要性が高まり、そういった準備を行うことで選手達は「良い準備が出来ている」という安心感を持ち、本番で良いパフォーマンスが発揮出来るようになる。

選手が、気象情報も有効活用し、準備力向上させることこそが、競技力向上にも繋がると考えている。

また、陸上競技は、多くのファンがいるため、大会やレースが行われれば、多くの観客が集まり、選手を応援して下さる。そういった応援して下さる観客の皆様の安全性確保、という観点でも気象コンディションを把握した上での大会運営が、益々重要性を増しており、今後も更に増していく。

陸上競技において、選手の準備力・競技力向上や、

大会主催者の安全な大会運営という観点で、気象は重要な要素であると言える。

2) 陸上競技での気象データの活用

代表的な気象データの活用をご紹介します。

気象データは、大きく『過去』『未来』『現在』と3つの時間軸で分けられます。

2-1) 過去データ

『過去』の気象データとは、大会やレース、合宿が行われる日/時期が、過去、どのような気象コンディションだったかを把握する、ということです。

1年後の大会、未来(1年後の予報)は分からないが、10～20年分の過去データを取得し、それらのデータから天気傾向を分析し、把握します。

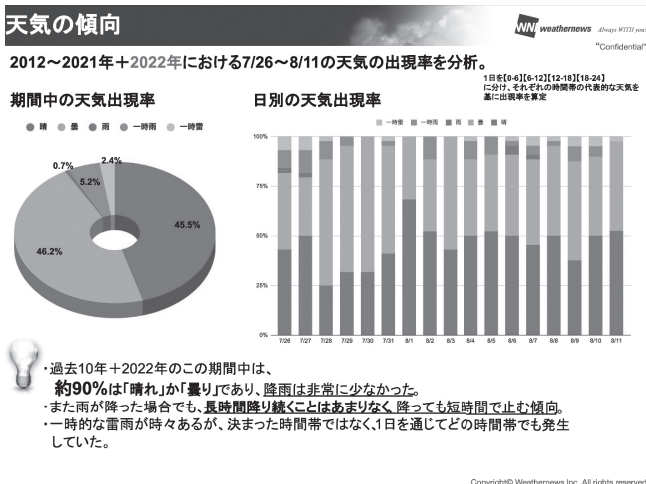
また、2年前や1年前の時点で、大会等が行われる“同時期”に、現地に出向き、実際の気温や湿度、WBGT、風向風速等を観測し、気象コンディションを確認し、準備に繋がります。

こういった過去の傾向を把握し、暑いのか寒いのか、晴れる傾向が高いのか低いのか、風は強いのか？どっちから吹く傾向が高いのか？といった情報を基に、シミュレーションし、それらを考慮して準備をする。

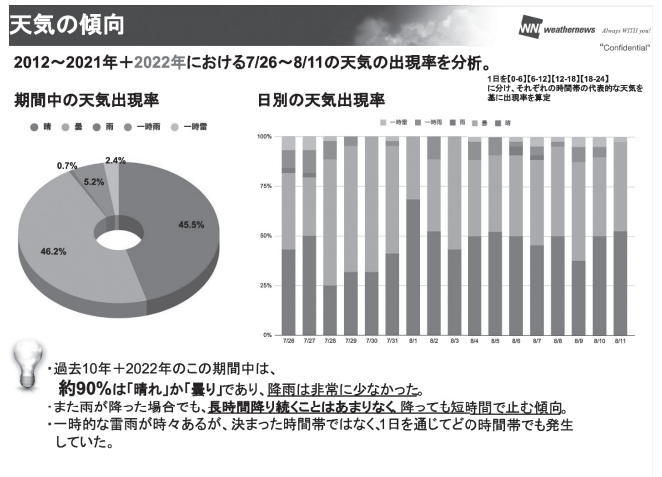
そういった細かい準備の積み重ねが、本番でパフォーマンスを発揮する準備に繋がっていきます。

◆参考資料

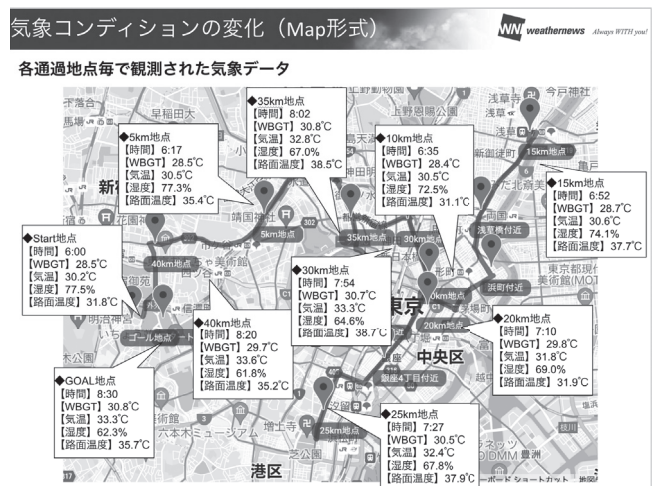
※日本国内のみならず海外でも調査・分析可能。
以下はパリで分析した例。



パリの過去10年分の天気傾向



パリの過去10年分の気温傾向



マラソンコースを観測調査した例

2-2) 未来データ

次に『未来』の気象データとは「天気予報」である。本番が近づいてきて、2週間前から1日単位の予報を確認することが出来、3日前から詳細な1時間毎の予報を確認出来るようになります。競技が行われる日/時間帯は、どんな天気で、どっちから風が、どれくらいの強さで吹いて、気温や湿度がどれくらいか？といった気象データを確認することで、その情報を基に、選手やスタッフの皆さんが、その大会に向けたより良い準備に繋がります。

競技場での競技の場合は、競技場1箇所の予報の確認で問題ありませんが、マラソンや駅伝に関しては、1箇所ではなく広いエリアで競技が行われます。選手は移動するため、レースコースの各ポイントの天気予報を、走行スピードや通過時間を考慮し確認する必要があります。

過去のデータを基に準備をしてきたところに、これらの予報データを確認した上で、より具体的な戦略戦術/選手起用/モノの検討、準備等を最終的に

◆参考資料



スタジアム競技の天気予報

※スタジアムに対して、どちらの方向から風が吹くかをより把握しやすくマップに重ね合わせて表現した例。



マラソン向けの天気予報

※各地点の選手の通過予定時刻を予め登録すると、その通過時間・場所の天気予報を表示。また、マップに重ね合わせることで、追い風か、向かい風かということが確認出来るため、レース戦略を立て易くなる。

行なっていくことが出来ます。

2-3) 現在データ

最後に『現在』の気象データとは「実況データ」である。天気予報を事前に確認して準備をしても、いざ試合会場に行ったら予報と異なることがあります。予報が外れることもあります。多くは、競技場の形状や周囲の建物等の影響によるものが多いです。

◆参考資料



複数の観測機器を用いて気象観測



簡易観測器サンプル

競技場周辺は5mの南風が吹いているが、競技場の中は、風が巻いて北風になり、風速は3mと弱まっている、といったことや、都心のビル群は気温が籠っていたり、突発的なビル風が吹く、といったことです。

予報データを基に準備はしますが、最終的には現地（競技場等）で自ら観測を行い、最終的な確認を行うことが重要で、そのデータを基に、最終的な確認を行い、準備してきた通りでいくのか？予報と現地の状況が異なるので、多少の調整、変更が必要なのか？を最終判断をすることが大事です。

準備してきたものをそのまま出すことに拘り過ぎず、時々刻々と変化する天気や、現地の状況を確認し、その状況に適応させることが重要です。

3) まとめ

事前に気象を調査、分析することで、実際に、ど

の程度の準備を行ったら良いか？が具体的になる。

暑さ対策も、30度を意識したら良いのか？それとも、37度を意識したら良いのか？、風はどちらから吹く傾向が強いのか？、そもそも、雨が降り易いのか？等、予め、おおよその天気の傾向が分かっていたら、準備は変わり、適切な準備を行うことが出来るようになる。

4年に1度、2年に1度、1年に1度といった大切な大会やレースにおいて、本番でベストパフォーマンスを発揮するためにも、気象コンディションを想定した上で、準備し、挑むことが重要であり、今後、益々、この重要度が高まっていくことが予想される。

日々の努力を、成果や結果に繋げるためにも、気象データの活用による準備力向上は是非実践して頂きたい。

東京 2020 に合わせた「暑熱対策」ストーリーと今後の活動

杉田 正明
日本体育大学

東京 2020 までの過程と暑熱対策

2013年9月8日に国際オリンピック委員会(IOC)総会がアルゼンチン共和国の首都ブエノスアイレスで開催され、2020年オリンピック・パラリンピック夏季大会の開催地に、東京都を選定した。競歩・マラソンレース時の夏の猛暑が懸念され、3年後に控えたリオデジャネイロオリンピック(以下、リオ五輪)も暑さが懸念されることから、当時の宗猛、武富豊両マラソン部長、今村文男競歩コーチからの要請をうけるかたちで、2014年からマラソン・競歩における暑熱対策プロジェクトが杉田主導の下、岡崎和伸委員、松生香里委員らとともにスタートさせることになった。これまで、日本陸連では1991年の東京世界陸上やバルセロナ・アトランタオリンピックに向けた暑さ対策の取り組みを当時・科学委員長小林寛道先生が主導され大きな功績をあげていた。その際に当時委員になりたての筆者も諸活動に参加しており、その時の考え方や内容をベースに進めることとした。

2014年から両マラソン部長、競歩コーチをはじめ関係者の皆様の全面的なご協力のおかげで、実際のレースや合宿時にデータ収集を行い、マラソン・競歩の暑さ対策に関する調査研究・支援活動を精力的に行うことができた。特に2014年から2年間は以下の内容で実際のレースと合宿時にデータ収集を積極的に行い、その後も合宿支援活動は毎年実施してきている(マラソンは2016年度まで、競歩は継続中)。

- ・第69回びわ湖毎日マラソン(2014/3/2)
- ・第28回北海道マラソン(2014/8/31)
- ・第68回福岡国際マラソン(2014/12/7)
- ・第70回びわ湖毎日マラソン(2015/3/1)
- ・第29回士別ハーフマラソン(2015/7/26)
- ・第29回北海道マラソン(2015/8/30)
- ・第65回 別府大分毎日マラソン(2016/2/7)

- ・第54回延岡西日本マラソン(2016/2/14)
- ・第30回北海道マラソン(2016/8/28)
- ・競歩北海道合宿(千歳)(2014/8/2~11)
- ・競歩志賀高原合宿(長野)(2014/8/22-24)
- ・競歩北海道合宿(千歳)(2015/7/17~8/5)
- ・競歩宮崎合宿(宮崎)(2016/1/23~25)
- ・女子マラソンネルソン合宿(NZ)(2014/1/31~2/8)
- ・男子マラソン北海道合宿(釧路・士別)(2014/8/26~9/10)
- ・女子マラソンクライストチャーチ合宿(NZ)(2015/1/23~2/5)
- ・男子長距離・マラソン延岡合宿(宮崎)(2015/3/11~3/20)
- ・男子マラソン士別合宿(北海道)(2015/9/1~10)
- ・世界競歩チーム選手権(ローマ)(2016/5/8)
- ・第100回日本陸上競技選手権大会男子・女子20km競歩(神戸)(2017/2/19)
- ・第101回日本陸上競技選手権大会男子・女子20km競歩(神戸)(2018/2/17)
- ・第101回日本陸上競技選手権大会男子50km競歩(輪島)(2018/4/16)

これらの活動は、先述した委員に加え、科学委員会(含・当時)のメンバーとして、須永美歌子先生(日体大)、瀧澤一騎先生(アスリッツ・ラボ)、後藤一成先生(立命館大)、山口太一先生(酪農学園大)と研究室所属の学生さんらの協力を得て実施することができた。

マラソンレース時での測定項目としては、体重測定、耳管温(前日、レース前後)、尿検査(前日、レース前)、質問紙による給水量の聞き取り(レース後)であった。約2年間9レースの調査結果より明らかとなったのは、経年的にレース前の尿比重が低下傾向を示し、体内水分量の備蓄(ウォーターローディング)への意識が高まっていること、夏場のマラソ

ンの体重減少率は、男子5%、女子4%程度が理想的な水準であること、ゴール直後の耳管温が高い選手は記録が良い傾向にあった（追い込めている）こと、などであった。

それらを踏まえて、暑熱環境における実践的なポイントを以下の3つとした。

①深部体温を上げないこと、②脱水を防ぐこと、③汗で失われる電解質の損失を補うこと、である。そこで、実際のレースや合宿時に、我々は、レースや練習前後の体重を計測し、体重減少率を明らかにした。練習中の水分摂取量と突き合わせをしながら、個人の適正な水分摂取量を検討したのである。競歩では、レース中の給水の機会が多いため練習前後で体重減少率2%以内にするための摂取量を算出して選手ごとに提示した。机上の空論という受け止めもなくはなかったが、実際に試してみるとその効果を実感してくれたようで、競歩では1回あたりの給水量を増やす意識が高まり、給水戦略としてその後の改善につながった。

さらに、選手達の汗を収集し、その成分分析を行ってきた。中でも、汗の計測では練習やレース中にナトリウム、カルシウムだけでなく様々な成分が発汗によって体内から損失していることや、損失量には個人差があることがわかった。ただし、そこまで把握できるまで何度も測定を行う必要があり、千歳合宿時に競歩の選手からは汗を採るばかりでフィードバックが全然ない！とお叱りを受けたこともあった。

これらの取り組みから、個人に合わせたスポーツドリンク補給を考えたものの、市販品のスポーツドリンクの成分内容ではそれらをすべて補うことは十分でないことがわかった。そこでスポーツ庁委託事業・独立行政法人日本スポーツ振興センター再委託事業として、4年間かけて「発汗成分を基にしたスペシャルドリンク」の開発に取り組み、東京2020スペシャルドリンクを完成させたのである。

これは500mlの水に粉末を溶かして飲むかたちとし、安静時用（アイソトニック版）と運動時用（ハイポトニック版）の2種類を準備することができた。このドリンクは、オリンピック本大会中に、競歩やマラソンおよびトラック&フィールドの選手に限らず、さまざまな競技種目の選手たちに活用された。これらは、2021年9月に市販されている。

次に体温計測では、深部体温の上昇をどのように防ぐことができるかに取り組んだ。これまでの研究では、暑熱環境下においては運動中の体温上昇が40℃を超えると運動継続が困難になることが報告さ

れている（Gonzalez et al., 1999）。この研究は、運動前、運動中の体温上昇を抑えることが暑熱環境下で良いパフォーマンスを発揮するために重要であることを示唆している。

実際に、2015年の世界選手権北京大会では、ウォームアップエリアで各国の選手がアイスバスやアイスジャケットを活用していた。夏場のトレーニングやレースでは、運動前にいかに体温を下げて、かつ運動中も体温を上げないようにするかのクーリング戦略と、その具体的方法の確立が、その成否のカギを握る重要なポイントであると考えた。

そこで夏場に、オリンピックの競技時間に合わせて、荒川の河川敷で実際にマラソンや競歩の強化選手に30km走ったり歩いたりしてもらい、各選手における生理学的データの収集を2016年から2019年まで毎年行った。ピル型のセンサーを飲んで体温計測を行う深部体温計測装置(Core Temp:アメリカ製)を用いて深部体温の上昇の度合いを計測し、個々の特徴や個人差を把握することができた。

特に競歩では何度もデータを収集し、合宿のたびに夜のミーティングで即時フィードバックを行い、個人データからわかること、暑熱対策に関する考え方などの講義を行うことや、測定結果の総括説明会を味の素ナショナルトレーニングセンター(NTC)でマラソン、競歩ともに行うなどして理解を深めてもらう努力を重ねた。その結果、各選手が試合前後や試合中の局面において、パフォーマンスの最大化や疲労回復を目的としたクーリング戦略を実践してくれるようになった。

2018年のジャカルタ・アジア大会50km競歩で優勝した勝木隼人選手（自衛隊体育学校）は、給水のたびに帽子の中に氷を入れる方策を用いていた。これをサーモカメラで体表面を計測すると、他の選手よりも極端に低温を示していた。頭部、特に前額部皮膚は、皮膚血流はほとんどCVC調節（皮膚血管収縮神経）を受けず、冷刺激による血管収縮が起こらないので、理にかなった方法を用いていたことから、好事例としてロード種目関係者に情報共有を行うことができた。

また、体温が上昇した際に体温を調節するラジエータの働きをする動静脈吻合(AVA)と言われる手のひらや足の裏、頬にある部位に着目した。AVAの血管は、体温が上昇して熱を体外に逃す必要がある時に開く血流の閥門で、毛細血管に比べて直径は約10倍、単位長さ当りの血液の流量は約1万倍となるため、AVAのある手のひら、足裏、頬を効果的に冷やすことができれば、大量の血流が冷や

されて体内に戻ることになる。この効果に関する数多くのエビデンスを発表している Craig Heller 教授（スタンフォード大学）に相談をし、彼の考え方やエビデンスをもとに手のひらを冷却する物の開発に着手した。

効果的な手のひら冷却の方法を目指し、指掛けタイプやスリットタイプなどの装着方法や保冷パックの原料を変えるなど、試行錯誤を重ねた。その結果、特殊保冷剤（7℃、0℃、-10℃）をメッシュ生地内に包み、手のひらや首、頭に装着できる形状にした冷却用装着物を2019年の夏前に完成させることができた。

その後に開催された2019年の世界選手権ドーハ大会で、新たに開発したドリンクや手のひら冷却装着物を選手たちが活用し、男子競歩20km、50kmでそれぞれ金メダルを獲得したことは、これまで取り組んできた暑熱対策の考え方が正しいことを証明してくれたこともあり、大いに自信を深めることができた。

暑熱対策の基本的な取り組みのポイントは、深部体温を上げずに適切な（栄養・水温の）給水を行うこと、さらに個々に応じた暑熱対策を講じることであり、1年延期・札幌開催となったが、どのような環境となっても各選手が自分に合う暑熱対策を1年かけて最適化していくことが重要であることを関係者とは確認し合っていた。

2020年からの活動内容

札幌の気象データについては、1年延期となった2020年夏にオリンピックでのマラソン・競歩の競技の日時に合わせた気象計測を行うことができた。この年の期間中は雨模様で気温も低く寒さが心配される状況であった。急遽、翌週も調査を重ねたところ暑さが心配される水準を示し、数日ずれるだけで札幌は、寒くもなるし暑くもなる気象の状況であった。

2021年のオリンピック本番の競技開始の1週間前から毎日、レース時刻に合わせて、支援スタッフ3人が大通公園周辺で環境調査・計測を行い、その結果を関係者全員にメールおよびグループLINE（23名）を用いて情報の共有を行った。

計測は、WBGT、気温、湿度および黒球温度とし、三脚に装着した暑熱環境計（WBGT計）を用いて測定し、1分ごとに本体に記録した。走路上の路面温度は放射温度計で測定し、赤外線サーモカメラ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行った。レース当日の状況も同様の調査を実施した。

大会期間中は、ウェザーニュースの協力により、TEAMJAPAN向けの特別気象サイト（トラック&フィールド版とマラソン・競歩版の2種類）を準備し、大会開始日の2週間前からいつでも競技ごとに1時間ごとの天候、気温、湿度、風速などが確認できる仕組みを設けた。これは7月15日に開催された陸上競技の東京2020日本代表選手団Webミーティングにて、特別気象サイトの開設を伝達するとともに、ラニーニャ現象が終息した後の2021年の夏は、平年よりも暑くなり、猛暑となる見解であること、2021年と類似傾向の2018年は、例年よりも暑く、午前7時台から30℃を超え、深夜まで続いた日もあったことや、朝夕は湿度が高くなるなど、暑熱対策の重要性に関する注意喚起を行った。これまでの暑熱対策に関する内容は、陸上競技研究紀要の科学委員会活動報告（2015～2022年）にて詳報されているので参照されたい。

レース本番のスタート前のテントでの他国の選手の様子や、ウォーミングアップの状況、レースを観察することができたが、オリンピックの1年延期によって、結果的にドーハを経験した他国のその後の暑熱対策の充実ぶりが際立っていたように感じた。それだけ他国の選手達のさまざまな工夫や事前の対策がより発展したものに進化していたように思われた。しかし、日本のマラソン、競歩の選手はスペシャルドリンクを練習中、レース時に使うとともに、レース前、レース中に手のひらや首の冷却装着物を活用したり、氷を入れた帽子を給水毎に取り換え頭部を効果的に冷やすなどこれまでの取り組みを実践し、好結果につなげてくれた。

東京2020の経験を活かした今後の取り組み

これまでの東京2020に向けたサポート活動は、日本陸連予算に加えて、国からの委託事業費に頼るところが大きかった。4×100mリレーの男子短距離、競歩については、ハイパフォーマンス・サポート事業による支援があり、これは、メダルの獲得が期待される競技をターゲットとして、多方面から専門的かつ高度な支援を戦略的・包括的に行うもので、合宿や競技会などに帯同し、さまざまなデータ収集、フィードバックが大きな助けになったということは言うまでもない。

また、スポーツ庁委託事業・独立行政法人日本ス

ポーツ振興センター再委託事業・ハイパフォーマンススポーツセンターの基盤整備（スポーツ技術・開発事業）の一環として「屋外競技における暑熱対策の総合的研究開発」（代表：杉田正明）を2017年度～2020年度において受託できたことも暑熱対策に取り組む上で大きな力となった。手厚く充実した科学サポートを実施するためにはどうしても予算措置が必要であることを実感した。

競歩は、男女・種目の別なく、宮崎、千歳、志賀高原などで強化選手が一緒になって合宿を継続的に実施してきたため、サポートが大変やりやすかったという利点があげられる。同じ期間に代表候補選手がほぼ全員が集まるので、我々スタッフも日程を手分けしてできる限り全期間サポートできる体制を取りやすかったからである。また、様々なデータ収集がしやすいばかりでなく、フィードバックを合宿中に必ず行い、全員が自分だけでなく他の選手のデータと比較しながら理解を深めたことやそれらに対して意見交換や議論ができたことも選手、コーチングスタッフ全員の暑熱対策に対する理解度を高めたことに大きく役立ったといえる。2016年リオ五輪後に士別で実業団の強化合宿をしている宗部長と酒井勝充ディレクターを訪ねて、これまでの取り組みの御礼をお伝えするとともに、暑熱対策の総括を合宿参加者に話す機会をいただいた。その際に宗部長からはリオ五輪に向けた中で「もっと科学的な取り組みをやって欲しかった」との言葉が寄せられた。我々の取り組みが足りなかったことを反省しつつ、取り組んできた考え方や内容に間違いはなかったことも分かり、東京に向けてはより充実した活動を実施する必要性を感じ取った。リオ五輪では、男女のマラソンは入賞を果たすことができなかった危機感もあり、東京2020オリンピックプロジェクトをリオ五輪直後、早々に立ち上げ、2016年8月23～25日の日程で荒川の河川敷を活用して、蒸し暑い環境下での30km走時のデータ収集を行うなど取り組みをスタートさせた。この時、参加してくれた選手は小原怜選手、桑原彩選手、岩出玲亜選手、田中華絵選手の4名であり、マラソン強化スタッフの廣瀬永和さんと長沼祥吾さんにご尽力いただいた。科学委員会は、私と松生委員とで研究室の学生を補助者として何とか対応することができた。このデータが基礎となり、関係者の理解が深まり、その後の本格的な暑熱対策プロジェクトに繋がっていったことは印象深い。また、暑さ対策は、レース時の対策だけではなく、夏場のトレーニングや暑熱順化も重要なポイントとなる。例えば、涼しい北海道・千歳で直前

までトレーニングを行い、どうやって暑熱順化を図り東京へ移動して、オリンピックレースに臨むかも課題であった。完璧な暑熱順化には2週間必要であるため、千歳市の協力を得て、トレーニングルーム1室にストーブ、加湿器全部で6台稼働させ、気温約35℃、湿度約60%の暑熱環境（ヒートルーム）をつくってヒートトレーニングを実施（2018年アジア大会前からマラソン、競歩）し、その効果も検証することができていた。

2022年にオレゴンで開催された世界陸上競技選手権でもこれらのノウハウが利用されて、男女競歩で素晴らしい成績を得ることができた。高温多湿の夏に競技を行う必要があるオリンピックや世界陸上における日本選手の国際競技力の維持、向上のためには暑熱対策の研究・支援は引き続き必要不可欠であるといえる。パリオリンピックに向けても既に支援活動を開始しており、今後の成果を期待したい。これまでの実践的研究と支援活動を継続的に進めることができたのは選手、指導者との信頼関係のもとに成り立つ協働作業のおかげであり、2014年から7年以上にわたりご協力いただいた選手、指導者、チーム関係者の皆様と、献身的なサポートをいただいた日本陸連事務局の皆様、科学委員会の全メンバー、協力してくれた皆様に感謝申し上げます。今後も強化と科学の持続可能な協働作業に基づく選手強化支援活動の継続に尽力したいと思います。

参考文献

- 浅田佳津雄ら：第18回アジア競技大会（競歩）における気象情報の活用．陸上競技研究紀要 Vol.14：171-174，2019.
- 浅田佳津雄ら：2019年夏における気象観測に関して．陸上競技研究紀要 Vol.15：271-275，2020.
- 浅田佳津雄ら：2020年夏における気象観測に関して．陸上競技研究紀要 vol.16:232-240，2021.
- González-Alonso J, et.al. : Influence of body temperature on the development of fatigue during prolonged exercise in the heat. J Appl Physiol. 86(3): 1032-1039, 1999.
- 橋本峻，杉田正明：カプセル式深部体温測定器における妥当性の検討．日本体育大学紀要 49:3021-3025，2020.
- 橋本峻，杉田正明：簡易測定器（LAQUAtwin）を用いた汗中Ca濃度測定における妥当性の検討．日本体育大学スポーツ科学研究 Vol.9:24-29，2020.
- 橋本峻ら：Core Control を用いた運動前の手掌冷

- 却が暑熱環境下一定負荷運動時の生理応答に及ぼす影響. トレーニング科学 35(2):215-223, 2023.
- 橋本峻ら: ドーハ世界陸上における環境調査. 陸上競技研究紀要 Vol. 15: 268-270, 2020.
- 橋本峻ら: 東京 2020 オリンピックマラソンコースにおける環境調査. 陸上競技研究紀要 17: 221-223, 2022.
- 橋本峻ら: 東京 2020 オリンピック競歩コースにおける環境調査. 陸上競技研究紀要 17: 224-228, 2022.
- J D Périard et.al.: Adaptations and mechanisms of human heat acclimation: Applications for competitive athletes and sports. Scand J Med Sci Sports. Suppl 1:20-38, 2015.
- Judelson DA et.al.: Hydration and muscular performance: Does fluid balance affect strength, power and high-intensity endurance? Sports Med 37: 907-921, 2007.
- 小林寛道: マラソンの競技成績に影響を及ぼす因子～暑さ対策～. バイオメカニズム学会誌 16(2):69-76, 1992.
- Lindsay B. Baker, . et.al.: Comparison of regional patch collection vs. whole body washdown for measuring sweat sodium and potassium loss during exercise. J Appl Physiol 107: 887-895, 2009.
- Lissoway JB e.al.: Novel application of chemical cold packs for treatment of exercise-induced hyperthermia: a randomized controlled trial. Wilderness Environ Med. 2015 Jun;26(2):173-179.
- 松生香里ら: 第 29 回サフォークランド士別ハーフマラソン大会における調査. 陸上競技研究紀要 11: 58-62, 2016.
- 松生香里ら: リオデジャネイロオリンピック男子マラソン代表選手の事前合宿における暑熱コンディション サポート. 陸上競技研究紀要 12: 130-135, 2017.
- 岡崎和伸ら: 長距離および競歩選手における汗中の電解質濃度の分析. 陸上競技研究紀要 10: 146-149, 2015.
- 岡崎和伸ら: 競歩夏期合宿における調査について. 陸上競技研究紀要 11:78-82, 2016.
- 岡崎和伸ら: ジャカルタアジア競技大会男子 50km 競歩トップ選手のゼネラル使用状況. 陸上競技研究紀要 Vol. 14: 164-167, 2019.
- 日本陸連強化委員会: 東京五輪ゴールドプラン「ゴールターゲット」に成長した競歩. 月刊陸上競技 53(3):120-125, 2019.
- Petr Herman and J. Ching Lee: Functional Energetic Landscape in the Allosteric Regulation of Muscle Pyruvate Kinase III: Mechanism. Biochemistry. 48(40): 9466-9470. 2009.
- 杉田正明: 東京 2020 のマラソンの科学的対応について. Sportsmedicine No.207: 2-7, 2019.
- 杉田正明: 14 章 真夏の猛暑とパフォーマンスの関係—暑さに打ち勝つには—. 伊東浩司ら編. なるほど最新スポーツ科学入門. 化学同人, pp153-161. 2020.
- 杉田正明, 松生香里, 岡崎和伸: 2020 年に向けたマラソン・競歩の暑熱対策の取り組み. 臨床スポーツ医学, 35(7):690-696, 2018.
- 杉田正明: 東京 2020 オリンピック競技大会における選手村内での日本オリンピック委員会情報・科学サポートについて. Journal of High Performance Sport 9:59-67, 2022.
- 杉田正明ら: 北海道マラソンにおける調査について. 陸上競技研究紀要 10: 150-158, 2015.
- 杉田正明ら: 第 29 回北海道マラソンにおける調査について. 陸上競技研究紀要 11: 63-68, 2016.
- 杉田正明ら: 第 30 回北海道マラソンにおける調査について. 陸上競技研究紀要 12: 122-129, 2017.
- 杉田正明ら: 2020 年に向けたマラソンにおける暑熱対策の取り組み. 陸上競技研究紀要 Vol. 13: 200-204, 2018.
- 杉田正明ら: 2020 年に向けた男女マラソンにおける暑熱対策の取り組み. 陸上競技研究紀要 Vol. 14: 128-131, 2019.
- 杉田正明ら: マラソングランドチャンピオンシップ (MGC) における測定について. 陸上競技研究紀要 Vol. 15: 227-230, 2020.
- 瀧澤一騎ら: 国内トップ選手における 40km 走時の発汗と脱水状況の調査. 陸上競技研究紀要 11: 74-77, 2016.

暑熱対策の現場の取り組み パラ陸上競技

上條 義一郎

獨協医科大学埼玉医療センター・リハビリテーション科

1. はじめに

パラスポーツは1948年にGuttman医師がStoke Mandeville病院で脊髄損傷対麻痺患者を対象に開催した大会が起源となる。本邦では1964年第2回パラリンピック東京大会開催後、1965年から年全国障害者スポーツ大会、1981年から大分国際車いすマラソン大会が始まり、1998年長野冬季パラリンピックが開催され、さらにコロナウイルス感染拡大の中、無観客ではあったが、2021年東京パラリンピック開催に至る。国民のパラスポーツへの関心は高まった。しかし、スポーツ庁(2023)の報告では、成人障がい者の週1回以上のスポーツ実施率は31%(成人一般56%;2022年)と依然低い。障がい者が安全にスポーツを行うための環境づくりやその支援・指導のための情報提供がさらに必要である。パラスポーツを行う者は、体力向上や社会参加を目的とする者からアスリートまで、障がいは、肢体不自由(脊髄損傷や切断)、脳性麻痺、視覚障がい、知的障がい、精神障がい、聴覚障がいと多岐にわたる。年々競技性が高まり、各アスリートの医学的管理と並行して、パフォーマンス向上のための対策が必須となってきた。東京パラリンピックにおける暑熱対策もその一つである。

健常選手と違い、パラアスリートは障害、病態背景、サポート体制を含む社会背景もそれぞれ異なる。健常選手と同様の対策は必ずしもフィットしない。各アスリートに対して個別対応が必要である。本稿では著者が2018年から東京パラリンピックまで日本パラ陸上競技連盟強化委員会暑熱対策専門員として行ってきた活動を、生理学的知見、障がい者における知見と共に紹介する。

1. ヒト体温調節にかかわる生理学的知見

熱中症は、病態からは熱失神、熱痙攣、熱疲労、

熱射病に分類される。皮膚血管拡張は血圧調節を困難にする(熱失神)。これが続き、多量発汗による脱水が補正されなければ循環不全(熱疲労)や痙攣(熱痙攣)が生じる。さらに、熱産生と損失のバランスが大きく崩れると深部体温が40℃を超え熱射病になる。何故熱中症になるのか。

体温は、環境温変化により著しく変わる外層温とこれによらない核心温に分けられ、体温調節の対象は“核心温”(脳温)である。本稿ではこれを深部体温とする。深部体温は体内における熱産生と体外への熱放散のバランスで決定され、安静時ではほぼ37.0℃に調節される。暑熱暴露や運動により深部体温が上昇すると、視床下部視索前野(体温調節中枢)温ニューロン発火が亢進し、皮膚交感神経活動(コリン作動性)を賦活化させて発汗や皮膚血管拡張を引き起こし、体外への熱放散を促し過剰な深部体温上昇を抑える。体重60kg若年者が150wattで30分間運動を行うと(室温30℃、相対湿度60%)、エネルギー効率20%とすれば、熱放散がなければ深部体温は20分で40℃まで達する計算になる。実際には深部体温上昇のため発汗や皮膚血管拡張が生じ、運動30分間でも38.0℃程度の上昇に止まる。ヒトの熱放散機能は非常に優れている。一方で、皮膚静脈への血液貯留を増加させるため、常に血圧調節を危うくし、多量発汗による脱水が生じやすく、熱産生にバランスが傾けば熱射病になりかねない。

ヒトの体重の約60%は水分で40%は細胞内液、20%は細胞外液である。細胞外液はさらに間質液と血漿に分けられる。1日の水分出納は、OUTは気道や皮膚からの不感蒸泄(約0.9ℓ/日)、尿(約1.5ℓ/日)、トレーニング・運動量に応じた発汗(?ℓ/日)であり、INは喉の渇きにあわせた飲水と食事摂取による。この出納が負に傾けば脱水は日々蓄積される。汗Na⁺濃度は30-90mEq/L程度で低張である。多量発汗後は細胞外液が濃縮され細胞内外で晶質浸透圧格差が生じ、細胞内液が外液側へシ

フトし血漿量減少は多少補完されるが低血液量・高血漿浸透圧となる。低血液量は心肺圧受容器を脱伸展させ延髄の中樞を介して皮膚血管拡張を、高血漿浸透圧は視策前野を介して皮膚血管拡張と発汗反応を抑制する。皮膚交感神経は血圧調節に関わる筋・内臓交感神経とは独立している。熱放散は脱水により抑制される。

ヒトは多量発汗後に喉の渇きに任せて水分補給(真水)を行っても脱水量の50%程度しか補正されない。これを自発性脱水と呼び、コップ1杯の飲水でも口渇感は消失し、尿流量が抑えられないことが関係する。食塩水摂取が脱水後の自発性脱水を弱め(Nose et al. 1988)、食塩0.15%程度含まれる糖電解質飲料において、グルコースを含むものは、これが人工甘味料に置き換えたものに比べて脱水後の血漿量回復を早める(Kamijo et al. 2012)。多量発汗後の可及的な補正には糖電解質飲料摂取が有効で、数日間かけて様子を見る必要がある。

上條ら(2012)が総説で述べるように、暑熱暴露や暑熱環境下で持久性運動を繰り返すと、深部体温上昇に対する皮膚血管拡張や発汗反応が亢進し、熱放散能が促進されるため、運動時の深部体温上昇、心拍数上昇が抑制され、運動継続時間が延長する。血液量、発汗速度や皮膚血流量の増加度、皮膚血管拡張・発汗の食道温閾値や食道温上昇に対するそれらの感受性の改善度も暑熱馴化の指標となる。馴化完了までには連続10-14日間が必要で、心拍数減少は5日間、血漿量増加は6日間で完了する。ウォーキングなど緩い運動では馴化完了までさらに長い日数を要し、1週間以上の間隔を開けて実施しても馴化できない。暑熱馴化は一過性である。馴化を獲得・維持するには「暑熱環境下での連続したややきつい運動」を一定期間継続する必要がある。さらに効率よく暑熱馴化を獲得するには、一定期間の持久性トレーニング中、毎回の運動直後の糖蛋白質摂取が血漿量を増加させるため有効である(Okazaki et al. 2009, Goto et al. 2010)。暑熱馴化は熱中症を予防する。

体外冷却に関する知見は利便性を考慮すると、冷水による手・前腕冷却や風を当てる方法が推奨される。気温49°C、相対湿度12%の環境下で20分間のトレッドミル歩行(5 km/h; 傾斜7.5%)実施後、15分間の回復期を置いた。対照条件では回復期終了時に深部体温が38.3°Cまで上昇したが、回復期で手・前腕冷水浴(19°C)を行うと37.9°Cの上昇に止まった(Barr et al. 2011)。若年健常者(平均年齢32歳)が室温35°Cで60分間の自転車運動(56% $V_{O_{2max}}$)

を行うとき、3.0 m/sの風を当てる場合、無風(<0.2m/s)に比べて発汗量が約15%、平均皮膚温が約2.0°C、食道温上昇も約0.5°C低く、無風環境では熱貯留が高いことが示唆された(Adams et al. 1992)。体外冷却には手・前腕冷却や風を当てる方法が有効である。

2. 暑熱環境はパラスポーツ選手のパフォーマンスに影響するか?

暑熱環境下においてパフォーマンス低下が懸念される種目に長距離種目、特にマラソンがある。マラソンにおいて適度な環境温は4~15°Cで(Robert 2007; Maughan 2010)、ボストンマラソン1897~2018年における383,982名のランナーのデータより、気温が8°Cを境に1°C上昇する毎にレースタイムは平均で2分遅くなった(Nikolaidis et al. 2019)。暑熱環境はマラソン選手のパフォーマンスに影響する。

パラ陸上競技にも健常者と同じ距離でマラソン競技が行われるが、障害によるクラス分けがある。東京パラリンピックでは立位の視覚障がい(T12)、上肢切断・上肢機能障がい(T46)、そして車いす(T54)の3クラスが実施された。日本勢はT12女子で金、T46男子で銅メダル、T54女子で4位入賞、男子で7位入賞を納めた。パリでは男女ともに視覚障がい(T12)、車いす(T54)クラスが実施される。車いすクラスでは優勝タイムは1時間30分程度だが、視覚障がいクラスでは3時間以上かかる。しかし、暑熱環境が彼女・彼らのパフォーマンスに影響するのにかエビデンスは少ない。

The 2015 Para Athletics World Championships (10/21~31、ドーハ)において、WBGTs 24.6-36.0°C、症状発生率2.89/1000athlete-days、熱中症7件、うち3件は入院が必要であった(Grobler et al. 2019)。The IAAF World Athletics Championships in Beijing 2015 (8/22-30、北京)ではWBGT ~24°C (8:00); ~27°C (12:00); ~25°C (16:00)で、957選手(全参加選手の49%)中5名に労作性熱中症に関連した悪心、嘔吐、めまい、動悸、失神が発症した(Périard et al. 2017)。毎年秋に開催される大分国際車いすマラソン大会にはT51(頸髄損傷; 神経残存レベルC5、C6と同等の活動制限)、T33/52(頸髄損傷; 神経残存レベルC7、C8と同等の活動制限)、T34/53/T54(胸腰髄損傷と同等の活動制限)の3クラスがあり、ハーフ、フルマラソンが行われる。フルマラソンは国内外のトッ

ブ選手が集結し、ハーフマラソンはトップから参加を楽しむ選手まで含まれる。過去 20 年間のレース完走率とスタート時刻の気象庁発表の気温との関係は、T33/52 では気温 20℃を境に寒くても暑くても完走率は低下した（著者ら未発表データ）。パラ陸上競技においても熱中症は起こりうる。

3. 2018 年アジアパラ競技大会での教訓

暑熱対策を進めていく上で教訓的な大会が、2018 年アジアパラ競技大会（ジャカルタ；平均最高 / 最低気温 33.3℃/27.0℃；平均相対湿度 68%）であった。日本パラ陸上選手 64 名中 8 名が熱中症を発症した。そして、この 8 名は脊髄損傷、切断、上肢欠損選手で、注目すべき点は、中長距離種目ばかりではなく、短距離やフィールド選手にも発症していたことであった。大会後、8 名から大会前～期間中、競技終了までのことを聞き取ると、脱水、睡眠不足など体調不良、長い待ち時間やアップのやり過ぎのために競技前・競技中に熱けいれんが生じ、過剰に深部体温が上昇したと推測された。アップを含めた競技当日の対策とともに、大会前からの入念な体調管理が必要であること、そして、脊髄損傷や切断という熱放散が限定される選手で、かつ種目によらず暑熱環境に暴露される時間が長いほど熱中症のリスクが高まることが示唆された。

4. 障がい者における体温・体液調節、熱中症に関する知見

1) 脊髄損傷における知見

脊髄損傷では運動、感覚、交感神経活動が障害される。運動・感覚障害は上記のように損傷レベル依存する。交感神経下位中枢は脊髄 Th1-L2 にあり、交感神経は脊椎両側にある交感神経幹を介して骨格筋や皮膚を含む各臓器へ分布する。L1-3 より上位での損傷は膀胱直腸機能、Th11-L1 より上位では腎交感神経、Th1-6 より上位では心臓交感神経、頸髄損傷では全身の交感神経機能が障害され、顔面、頸部へは Th1-4、上肢へは Th5-7、下肢へは Th10-L2 から分布する（Chila 2011）。運動・感覚障害のレベルと交感神経活動障害のレベルは必ずしも一致しない。

頸髄損傷者は深部体温上昇に対する皮膚血流 / 発汗調節が全身で障害され、胸腰髄損傷者では損傷レベルに応じて障害される。健常者では 20℃や 35℃の部屋に 2 時間滞在しても深部体温は一定だが、頸

髄損傷者のそれは環境温に依存し 0.5℃ / 時間程度で変化する。胸腰髄損傷者の場合その変化は頸髄損傷者に比べ小さい（Guttmann et al. 1958）。気温 32℃、相対湿度 43% で頸髄損傷者（C5-8 損傷；最大酸素摂取量 $[VO_{2peak}]$ 1.3L/分）、高位胸髄損傷者（Th1-6；1.7L/分）、下位胸腰髄損傷者（Th7 以下；2.2L/分）が 60 分間の車いす駆動運動（60% VO_{2peak} ）を行うと、高位胸髄、下位胸髄または腰髄損傷者では深部体温がそれぞれ 1.1、1.4℃上昇し、頸髄損傷者では運動強度が低いにもかかわらず 2.1℃上昇し、蓄熱量が最大であった（Price & Campbell 2003）。著者らの未発表データでは VO_{2peak} 1.0L/分以下の頸髄損傷者が 30 分間の上肢運動（50% VO_{2peak} ；25℃、50%）を行うと深部体温はむしろ低下した。頸髄損傷者では熱放散が熱産生を上回る状況もある。

著者らの未発表データでは、受傷年数 1-24 年の頸損（6 名）と胸腰損（8 名）、健常者（10 名）は水循環スーツを着用して仰臥位をとり、上下スーツに 33℃の水を流し、その後、上下スーツへそれぞれ 36、50℃の水を流し、これを食道温が 1℃上昇するまで続け、平均血圧、胸部で発汗速度と皮膚血流量を測定した。その結果、暑熱負荷による皮膚血管拡張反応は健常者でベースラインの 4 倍、胸腰損では 3 倍まで増加し、頸損では上昇しなかった。発汗反応も同様であった。胸腰損のうち受傷年数が 1～2 年の者は排尿管理目的で抗コリン薬を内服しており、これにより熱放散反応が抑制されていた。

脊髄損傷者における暑熱馴化の検討は限られている。Gass & Gass (2001) は、対麻痺、健常者らに 60 分間頸下浸水（39℃）を 5 日間連続行くと、健常者では 5 日後に安静時食道温が 0.2℃低下し、頸下浸水中の上昇が 0.5℃抑制されたが、対麻痺では変化しないことを報告した。Trbovich (2016) らは、四肢麻痺、対麻痺らに室温 35℃、相対湿度 40%の環境下で上肢運動（50% VO_{2peak} ；30 分間 / 日）を連続 7 日間行っても、初日の運動終了時の深部体温上昇は四肢麻痺で +1.6℃、対麻痺で +0.9℃で、7 日後もこの上昇は同等であった。脊髄損傷者において暑熱馴化を獲得したとする知見がなく、その理由も不明である。

循環調節障害や膀胱直腸障害がある場合、間接的に体温調節へ影響しうる。循環調節障害が特に問題となるのは頸髄損傷者である。Th6 以上の損傷の場合（特に頸髄損傷）、膀胱充満、摘便などによる自律神経過反射（収縮期血圧上昇 $\geq 20\text{mmHg}$ ）は時として 300mmHg を超え脳出血を引き起こすことがある

ため、寝かせず座位をとらせ、早急にその原因を取り除く。同過反射は麻痺領域の皮膚への刺激(創傷、褥瘡など)によっても引き起こされるため、健常者で体外冷却として行われる全身冷水浴は避ける。

一方で、起立性低血圧、心拍出量制限が生じやすい。この場合は腹帯や下肢への弾性包帯、タンパク質摂取による血液量増加などにより心臓への静脈還流量を維持させる。Th9以上の損傷では、運動時、内臓から活動筋野皮膚への血流分配が機能しない可能性がある。暑熱環境下においては熱失神が生じやすい可能性がある。

膀胱直腸障害では、仙髄より上位損傷では排尿筋過活動/排尿筋括約筋協調不全、下位では排尿筋低活動/無収縮を認め、尿意も障害される。水腎症、尿路感染、尿失禁予防のために清潔間欠導尿を導入し、定期的に下部尿路の状態を管理する。排尿管理の観点で問題は、頸・脊髄損傷選手は取って水分摂取を制限することである。著者らの計測では、2018年4月に実施されたパラ陸上車いす選手5名(T54長距離3名; T43短距離1名; T52短距離1名)の4日間の合宿(平均気温23.3°C; 相対湿度36.0%)において、4日間平均で水分摂取量は発汗量に対して30%程度しか摂取しなかった。4日間を通して練習前の体重に大きな減少を認めなかったため、脱水の蓄積はないと判断したが、夏期では脱水が蓄積されていくリスクが想定された。暑熱環境下において脱水はパフォーマンス低下を招くため、選手が気兼ねなく排泄できるような環境作りが必要である。

頸髄損傷者の排便には時間を要する。ストレス緩和や残存機能に合わせた排便環境や自助具の選択を行う。排便直後は低血圧状態となるため、競技日程に合わせた排便コントロールが必須である。

2) その他の障がいにおける知見

脊髄損傷以外に、切断・肢欠損、脳性麻痺、知的障がい、視覚障がいに対する個別の対応が必要である。切断・肢欠損選手においては、まず健常者に比べて仕事効率が低い可能性があるため、同じ仕事率に対してより多くのエネルギーを消費し(Griggs et al. 2019)、熱産生が高くなりがちである。一方で、体表面積減少により伝導(+対流)による熱放散が減弱する。Fukuhara et al. (2021)は、 VO_{2peak} (~ 32 mL/kg/min)、最大到達負荷が差が無い下腿切断選手と健常者において、高温多湿環境下での60分間の上肢運動($60\%VO_{2peak}$)時の食道温上昇は両群で同等であったが、切断者では胸部発汗量、それによる脱水率が有意に高く、Hasegawa et al.

(2020)らは同一運動で温熱感覚や不快さは健常者に比べて低いと報告している。このため切断・肢欠損選手では代償性に発汗反応が亢進している一方で、「暑さ」は健常者に比べて感じにくい可能性がある。深部体温上昇に差がないと言っても適切な水分補給が行われなければ脱水のリスクが高い。

脳性麻痺選手では、運動失調、アテトーゼ、痙性により協調運動、動作効率が障害されている。発汗や皮膚血流による熱放散は健常者と変わらないと想定しても、不随意運動や痙性により安静時代謝は健常者に比べて高い可能性がある。長時間の運動による深部体温上昇が症状を増悪させてしまう危険性を否定できないため、現場では強度が高くかつ長時間のトレーニングは推奨しない。過去の8-18歳の脳性麻痺者を対象にした研究では、暑熱環境下(35°C)でも10分以内の持久性運動であれば深部体温は変化せず、20°Cの環境で運動した時の発汗量と同等であった(Maltais et al. 2004)。夏季にはこまめな水分補給を行いながら、練習は時間を区切りながら行うことが必要である。

視覚障がい選手は、現在のところ、自律性体温調節反応は、健常者と同等と想定している。皮膚の色素が欠損しているタイプの選手では、日焼けにより汗を作る汗腺が障害される。一方で、選手のみならずガイドランナーの体調管理が必要になることも考慮する。

最後に知的障がい選手では自律性体温調節反応は健常者と同等だが、体温調節をするため、熱中症予防のための行動を自分で判断して遂行できない。自ら気温や湿度に応じて着衣を調節し、必要なタイミングで必要量の水分補給をし、環境や自身の体調に合わせて練習量やペースを変えることが困難である。行動性体温調節が障害され、熱中症のリスクが高い。

3) 熱中症に関するアンケート結果

著者ら(2021)はパラ陸上選手の熱中症発生状況やその対策の理解度を2019年度国内障がい者陸上競技大会出場者を対象としたアンケート調査を実施した。有効回答数64名(F/M = 18/46; 29 [15-64]歳, 中央値 [最小-最大])。熱中症経験有は58%、チームメイトのサポートを受けていない選手や強化指定経験者に多かった。ロジスティック回帰分析から寝付きの悪さが熱中症発生に関連していた(オッズ比3.5 [95%CI 1.0, 12.3]; $p=0.05$)。パラ陸上選手における熱中症発生率は障害がない集団(学生20-30%)や室内競技(車椅子バスケット

12%) に比べて高く、睡眠障害はその原因の一つであることが示唆された。

4) 障がい者選手の睡眠の検討

健常者において睡眠不足は好氣的運動能力を減少、ストレス関連ホルモン分泌を増加させ、脊髄高位損傷者は健常者に比べて睡眠障害が多い。しかしパラアスリートでの検討はなかった。そこで著者らは第 35, 36 回大分国際車いすマラソン大会ハーフ部門にエントリーした T51/52(頸髄損傷;頸損群)10名、T34/53/54(胸腰髄損傷 11名、脊髄炎、骨形成不全、小児麻痺各 1名;他群)14名に、予め小型睡眠計(HSL-001、オムロン、京都)を送付し、大会2週間前からレース前日までの睡眠状態を計測、レース当日に回収すると共にレース前に採血を行い血漿アドレナリン([Ad]_p)・コルチゾール濃度([Cor]_p)を測定した。大会前2週間の両群の平均睡眠時間は6時間で差が無かったが、頸損群ではレース前日に中途覚醒時間・回数が他群に比べて高かった。他群においてレース前[Ad]_pはレース前2日間の平均睡眠時間と($r=-0.89$; $P=0.004$)、[Cor]_pはレース前1-2週間前の平均睡眠時間と有意な負の相関関係を認めた($r=-0.74$; $p=0.012$)。頸損群では移動前後やレース前日に夜間中途覚醒が多くなり、他群ではレース前の睡眠状態がレース当日のストレス状態に影響を及ぼすことが示唆された。車椅子アスリートのレース前の体調管理に睡眠状態の評価も必要である(未発表データ)。

5) 障がい者における体外冷却の知見

気温 30.8°C、相対湿度 60.6%の環境下で、車いす選手 8名(C7-Th1 ~ L1)、健常者 7名が60分間の運動後10分間の回復期をとり、何もしないかまたは手冷浴(16°C)を行い、最後に3kmパフォーマンステストを行った。運動による深部体温上昇は両条件で同等であったが、車いす選手では2.0°C、健常者では1.3°C上昇し、冷浴によりそれぞれ0.4°C、1.2°C低下し、その結果、パフォーマンステストでもそれぞれタイムを4.0秒、20.5秒短縮させた(Goosey-Tolfrey et al. 2008)。

頸髄損傷選手による車いすバスケットボールの試合中(15分ハーフ;ハーフタイム3分)に食道温、皮膚温、心拍数を計測したところ(田島ら未発表データ)、開始前食道温は37.2°C、皮膚温35.8°C、心拍数70拍/分前後であったのが、試合開始直後から皮膚温は0.8°C低下し、心拍数は100拍/分前後まで増加し、開始10分後から食道温が上昇し始めた。

ハーフタイムで食道温はさらに上昇し38.0°Cまで達した。後半開始とともに食道温上昇は抑えられ38.0°Cに維持され、試合終了直後に霧吹きにより体外冷却を行うと皮膚温は約2.0°C急激に低下する一方、食道温は38.2°Cまで上昇した。1例ではあるが、頸髄損傷者への冷水による体外冷却はかえってうつ熱を引き起こすため、送風の方が安全で効果的であることが示唆された。

5. 東京パラリンピックに至るまでの暑熱対策について

まず、何が深部体温上昇に影響するのか指導をした。高温に加え、太陽からの輻射熱、照り返し、ターゲット表面が気温より5°C高いため地面からの輻射熱もある。中長距離選手では、さらに筋肉での熱産生が加わる。ウェザーニューズによる開催時期における東京の過去10年間の気象条件を検討し、想定環境を最高気温30°C、相対湿度80%とした。

次に対象選手については、座位・立位投擲、跳躍などでは待ち時間が長くそれが負担になること、短距離選手でもアップのやり過ぎは競技前に深部体温が上昇しすぎてしまう点等を考慮し、対象は全選手とした。各障害、種目により対応を変える必要があった。

暑熱対策は、“大会前から必要な対策”と“当日に行う対策”に区別し、選手やコーチに対して座学や現場での指導を重ねた。大会前から必要な対策には、体調管理、脱水予防、暑熱馴化のための指導が含まれた。体調管理にはスマホやPCにダウンロードできるAtletaを使用した。選手自身やコーチ・指導者が情報を共有できる。起床時の脈拍数、体重、採尿による尿比重の計測、睡眠時間を評価項目とし、選手の障害(上肢機能障害、視覚障がい、車いす生活者など)に合わせ、各選手のサポート体制も考慮し、各選手が測定可能な項目を選択し、そのアプリに入力するよう指示した。データより脱水が疑われる場合には栄養士を通じて飲水指導を行い、経過を観察した。筋力アップ、暑さに慣れる手法として、著者らの高齢者に対する研究成果を元に、各トレーニング直後にタンパク質摂取を推奨した。

個別対応した例では、T46男子マラソンに出場する選手は、夏季大会への出場が初めてであることから、レース中の糖質、水分の摂取方法を指導した。また、同選手は練習前の尿比重が高く、慢性的な脱水が疑われたため、普段の練習でも積極的に水分補給をするように指導した。レース前にはこれが改善

されたと推測され、結果は銅メダル獲得であった。T54 長距離選手の一人は、毎回の練習直後のタンパク質摂取を数年間継続し、練習を積み、長距離種目で入賞を果たしている。

競技当日の対策としては、輻射熱の遮断、送風、手・前腕部の冷水浴を推奨した。特に送風では、全身に大流量の扇風機やファンなどで風を当てる方法をとった。

東京パラリンピック陸上競技におけるFOP (Field of Play) メディカスタッフを対象とした研修会で、熱中症が発症した場合の救急対応についての手順の周知も行った。オリンピック委員会では重症熱中症の選手には直腸温測定を行い、40.5°C以上あった場合には、競技現場でアイスバスを用いて体幹部を冷水 (8-15°C) に漬け、直腸温が 38.5°Cになるまで実施、その後、医療機関に搬送する、という手順にしていた。しかし、前述の通り、パラ陸上選手には頸髄損傷者もいるため、冷水による皮膚や直腸温を計測する際の刺激により自律神経過反射を引き起こす恐れがあった。そこで、パラ陸上競技に関しては、重症熱中症が疑われる選手には、直腸温の代わりに食道温をモニターしながら、シャワーで全身を濡らし、扇風機で風を当て深部体温降下を図るということで落ち着いた。食道温は医療用プローブ、機器 (食道モニタリングシステム; EM1; 日本ライフライン (株); 東京) を設置し、プローブ挿入方法も FOP 研修で指導した。

日本パラ陸上連盟のホームページに「暑熱対策コラム」として、体温調節のしくみや熱中症予防対策についての知見を情報発信した。日本障がい者スポーツ協会医事委員会の監修の元、日本リハビリテーション医学会パラスポーツ委員会のご指導を受け、パラスポーツ選手に向けて熱中症 Q & A というパンフレットの作成にも参加した。

6. 最後に

熱中症予防のための方策は、競技当日の対策はもとより、日常生活における体調管理 (栄養摂取、睡眠状態など) も関連するため、主治医、各団体の医師、管理栄養士、トレーナーやコーチ・指導者と連携を図り、体調管理が確実にできているかフィードバックをしていくことがとても重要である。そのためにも、障がい者における基礎研究さらに推進され、そこで得られた知見が現場に生かされていくことを望む。そして、一人ひとりのパラアスリートにかかわる多くの人々とのつながりが形成されていくこと

(まさに“レガシー”であるが) を望む。

7. 引用文献

- Adams WC, Mack GW, Langhans GW, Nadel ER (1992), Effects of varied air velocity on sweating and evaporative rates during exercise, *J Appl Physiol*, 73(6), 2668-2674.
- Barr D, Reilly T, Gregson W (2011), The impact of different cooling modalities on the physiological responses in firefighters during strenuous work performed in high environmental temperatures, *Eur J Appl Physiol*, 111(6), 959-967.
- Chila AG (2011), *Foundations of Osteopathic Medicine*. 3rd ed. Philadelphia, PA, Lippincott William & Wilkins.
- Fukuhara K, Mikami Y, Hasegawa H, Nakashima D, Ikuta Y, Tajima F, Kimura H, Adachi N (2021), Thermoregulatory responses in persons with lower-limb amputation during upper-limb endurance exercise in a hot and humid environment, *Prosthet Orthot Int.*, 45(5), 401-409.
- Gass EM, Gass GC (2001), Thermoregulatory responses to repeated warm water immersion in subjects who are paraplegic, *Spinal Cord* 39, 149-155.
- Goosey-Tolfrey V, Swainson M, Boyd C, Atkinson G, Tolfrey K (2008), The effectiveness of hand cooling at reducing exercise-induced hyperthermia and improving distance-race performance in wheelchair and able-bodied athletes, *J Appl Physiol*, 105(1), 37-43.
- Goto M, Okazaki K, Kamijo Y, Ikegawa S, Masuki S, Miyagawa K, Nose H (2010), Protein and carbohydrate supplementation during 5-day aerobic training enhanced plasma volume expansion and thermoregulatory adaptation in young men, *J Appl Physiol*, 109(4), 1247-1255.
- Griggs KE, Stephenson BT, Price MJ, Goosey-Tolfrey VL (2019), Heat-related issues and practical applications for Paralympic athletes at Tokyo 2020, *Temperature (Austin)*, 7(1), 37-57.
- Grobler L, Derman W, Racinais S, Ngai Aston,

- Vliet P (2019), Illness at a Para Athletics Track and Field World Championships under Hot and Humid Ambient Conditions, *PM&R*, 11(9), 919-925.
- Guttman L, Silver J, Wyndham CH (1958), Thermoregulation in Spinal Man, *J. Physiol.* 142, 406-419.
- Hasegawa H, Makino H, Fukuhara K, Mikami Y, Kimura H, Adachi N (2020), Thermoregulatory responses of lower limb amputees during exercise in a hot environment, *J Therm Biol.*, 91, 102609.
- Kamijo Y, Ikegawa S, Okada Y, Masuki S, Okazaki K, Uchida K, Sakurai M, Nose H (2012), Enhanced renal Na⁺ reabsorption by carbohydrate in beverages during restitution from thermal and exercise-induced dehydration in men, *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 303(8), R824-R833.
- 上條 義一郎, 池川 茂樹, 能勢 博 (2012), 運動トレーニングによる暑熱馴化メカニズム: 能動性皮膚血管拡張神経の役割, *体力科学*, 61(3), 279-288.
- 上條義一郎、指宿 立、桜井政夫、只野健太郎、伊藤倫之、川端浩一、高士真奈、中山亜未、吉松大樹、田島文博 (2021), 障がい者陸上選手における熱中症発生状況や関連要因とその予防対策の理解度について, *日本障がい者スポーツ学会誌*, 29, 68-77.
- Maltais D, Unnithan V, Wilk B, BAR-OR O (2004), Responses of Children with Cerebral Palsy to Arm-Crank Exercise in the Heat. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 36(2), 191-197.
- Maughan RJ (2010), Distance running in hot environments: a thermal challenge to the elite runner, *Scand. J. Med. Sci. Sports*, 20, 95-102.
- Nikolaidis PT, Di Gangi S, Chtourou H, Rüst CA, Rosemann T, Knechtle B. The Role of Environmental Conditions on Marathon Running Performance in Men Competing in Boston Marathon from 1897 to 2018 Pantelis (2019), *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 16, 614.
- Nose H, Mack GW, Shi XR, Nadel ER (1988), Role of osmolality and plasma volume during rehydration in humans, *J Appl Physiol*, 65(1), 325-331.
- Okazaki K, Ichinose T, Mitono H, Chen M, Masuki S, Endoh H, Hayase H, Doi T, Nose H (2009), Impact of protein and carbohydrate supplementation on plasma volume expansion and thermoregulatory adaptation by aerobic training in older men, *J Appl Physiol*, 107(3), 725-733.
- Périard JD, Racinais S, Timpka T, Dahlström Ö, Spreco A, Jacobsson J, Bargoria V, Halje K, Alonso J-M (2017), Strategies and factors associated with preparing for competing in the heat: a cohort study at the 2015 IAAF World Athletics Championships, *Br J Sports Med*, 51, 264-271.
- Price MJ, Campbell IG (2003), Effects of Spinal Cord Lesion Level upon Thermoregulation during Exercise in the Heat. *Med. Sci. Sports Exerc.* 35; 1100-1107, 2003.
- Roberts WO (2007), Heat and cold: what does the environment do to marathon injury? *Sports Med.*, 37, 400-403.
- Sawka MN, Montain SJ, Latzka WA (2001), Hydration effects on thermoregulation and performance in the heat, *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol*, 128(4), 679-690.
- Trbovich MB, Kiratli JB, Price MJ (2016), The effects of a heat acclimation protocol in persons with spinal cord injury, *Journal of Thermal Biology* 62, 56-62.

陸上競技（持久性種目）の暑熱対策 これまでとこれから

伊藤 静夫
東京マラソン財団

はじめに

『暑さ』は何人も経験するところではあるが、その感じ方や過ごし方は自ずと異なる。競技現場で行われている暑さ対策も多種多様である。その多種多様な暑さ対策を二つの方向性に分けてみる。

一つは、暑熱ストレスを軽減する方向性で、レース前・中の身体冷却などはその典型である。また、古くから馴染みの水分補給もこの中に含まれる。これらは言わば外因性のものであり、現場の選手やコーチもイメージしやすく、酷暑のもとで開催された2019年のドーハ世界陸上や2020年東京オリンピックの折にも積極的に試みられた(Racinais et al., 2021; Racinais et al., 2022; Racinais et al., 2023)。

もう一つは、暑さに強い体を作るという内因性の方向性である。暑熱ストレスを避けるのとは逆に暑熱ストレスを負荷してその耐性をつくるものである。短期的には、人工気候室などを利用して行う暑熱順化(heat acclimation)、長期的には自然環境を利用して行う暑熱馴化(heat acclimatization)、より長期的に自然環境に適応する暑熱適応(heat adaptation)がある。こうした暑熱耐性をねらったトレーニングを本稿では『暑熱トレーニング(heat training)』と呼ぶことにする。

暑熱トレーニングを通した暑熱耐性の獲得、すなわち暑さに強い体をつくることは暑さ対策の核心である。ただし、古くからその実験的検証によるエビデンスの集積はあるものの、エリート選手を対象にした実践的検証は研究方法上の制約からごく限られる。本稿では、陸上競技の長距離、マラソン、競歩の持久性種目を対象に、これまでの暑熱トレーニングに関する知見をより実践的見地から概観し、今後の展望を議論してみたい。

暑さに強い選手（暑性耐性）

(1) 暑さに強い選手の評価；固定負荷からセルフペースへ

暑熱環境でのパフォーマンス低下は避けられないが、その程度は選手によって異なる。明らかに暑さに強い選手と弱い選手が存在する。その特性は古くからの関心事であり、運動生理学では専ら実験室において探究されてきた。環境条件、運動条件を厳密に規定して比較検証する必要があったからである。また運動条件では運動強度を一定にするため、陸上競技ならトレッドミルを用い、一定速度での歩行、走行による選手の体温調節機能や運動パフォーマンスを測定した。

こうした実験を通して明らかになってきたことの第一は、暑さに強い選手は一定速度に対して体温上昇はゆるやかで、それだけ持久時間が長くなる。そして、深部体温(直腸温)がほぼ40℃に達するといずれもが運動不能になることであった。こうした現象を見るにつけ、高体温が運動パフォーマンスを決めていると考えるようになり、この高体温をとくに「臨界体温」と呼んだ。暑さに強い選手とは過度に体温が上がらないことであった。

しかしながら、選手はトレッドミルテストに何かしらの違和感を覚えるのではないだろうか。トレッドミルを走るのとトラックやロードを走るのとでは、やはり感じが違う。何せ、地面は勝手に動いてくれないのであるから。

実験室のトレッドミルテストでは距離や時間を制限せず、固定速度でどこまで歩き、走ることができるかを評価する。こうした固定負荷による運動をオープンループ運動と呼ぶ。しかし実際の陸上競技では、決められた距離をいかに速く走るかを競う。このタイプはクローズドループ運動と呼ばれ、移動速度はあくまでも自分でつくり出すセルフペース運動である。パフォーマンスの規定因子を考えると、

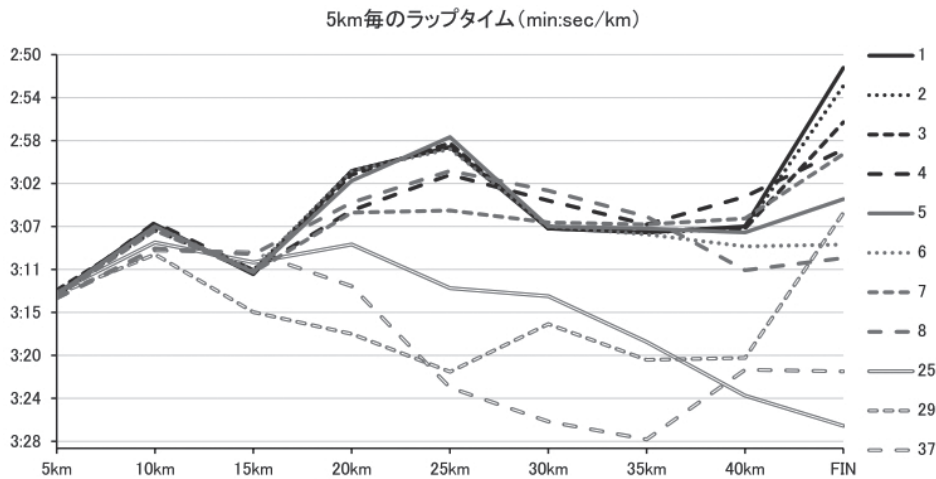


図1 2019年ドーハ世界陸上、男子マラソンの入賞者および日本代表選手（25、29、37位）の5km毎のラップタイム（岡崎, 2019から引用）

この二つの運動モデルによってその解釈が異なってくる。現在では、やはり実際の競技パフォーマンスを評価するためにはクローズドループのセルフペース運動、すなわちタイムトライアルによって評価すべきであるという考えに変わりつつある。そこで、何より実際のレースの様相を見てみたい。

図1は、2019年ドーハ世界陸上での男子マラソン入賞者及び日本代表選手の5kmごとのスプリットタイムを示したものである（岡崎, 2019）。成績の下位選手は早い段階でペースが低下し先頭集団から離れていった。このペースダウンの背景には、選手の暑熱耐性の良否も深く関わっていると推察できる。しかし、おそらくまだ臨界体温には達していない早い段階ですでにペース低下が起こっていることに注目したい。高体温が一義的にペースを決定すると考える還元論的なオープンループモデルでは、実際のレースに見られる早期のペースダウンは説明しづらい。そこには、中枢の関与を考えなければならない。この段階でペースダウンした選手たちも、仮に、ペースメーカーのようにレース途中での離脱が許されていたなら、なおしばらくはそのペースを維持できたであろう。実際のレースでは、意識にはのぼらなくても、選手たちは何より42km走破を前提に将来の見通しのもとにペースを決めている。そのうえで、体温や体液に関する情報はもとより、代謝、疲労などの末梢情報と、全力で頑張ろうとする意識を脳は総合的に判断してペースングを作り出していると解釈できる。見方を変えると、生体の安全をはかる抑制とレースを頑張る意欲との葛藤の結果としてペースが決められると言い換えてもいい。暑熱下では高体温がパフォーマンスを決定するというより、こうした総合的な制御機構の結果としてペー

シングすなわちパフォーマンスが決定されるのである。高体温はペースングへの影響因子であるが、あくまでもペースングの結果として捉える方が当たっているだろう。

このような運動パフォーマンス制御モデルの代表的なものにNoakes(2012)の提唱したCentral Governor Modelがある。本理論には現在も種々議論はあるが、ともあれ陸上競技持久性種目のパフォーマンスはペースングの総決算としてあらわれる。そのペースングは上記のような総合的な生体制御機構によって決められる。暑さに強い選手を考えると、このペースング決定に影響する因子を検討してみた。

(2) 暑さに強い選手＝放熱効率の良い選手

暑さに強い身体特性の一つとして、放熱効率が上げられる。放熱効率には形態特性が大きく影響する。すなわち、体重（産熱量）に比し体表面積の広いことが放熱上有利に働き、実際のマラソンレースにおいてもそれを裏付ける傾向が認められる（伊藤, 1990）。したがって、放熱効率の良否は上記の生体制御機構、ペースングにも強く影響していると考えられる。Marinoら（2003）は、このことを実験的に証明した。

アフリカ人と白人のランナーそれぞれ6人を被験者に選定し、トレッドミル上でセルフペースによる8kmのタイムトライアルを低温環境（15℃）と高温環境（35℃）において実施した（図2）。この二群の被験者選定の意図は最大酸素摂取量や走能力は変わらないが、形態に大きな差のあるランナーを比較したかったからである。体が大きくなるほど、体重に比し体表面積は相対的に小さくなる。アフリカ人ラ

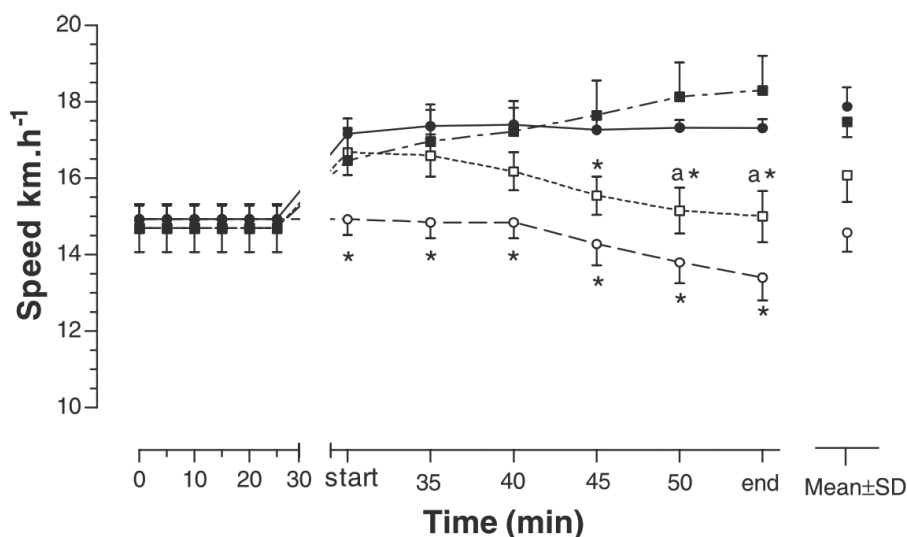


図2 アフリカ人ランナーと白人ランナーについて、低温環境下と高温環境下でのタイムトライアルの比較。トレッドミル最大速度の70%相当のスピードで30分間の走行を行った後、8kmのタイムトライアルを実施。■アフリカ人(15°C)、●白人(15°C)、□アフリカ人(35°C)、○白人(35°C) ★ P<0.001 アフリカ人および白人についてそれぞれ低温環境との比較 a P<0.01 高温環境の白人との比較 (Marino et al., 2004 から引用)

ランナーは身長が低く(167 vs 183cm)体重も軽い(59 vs 77kg)ので、体重当たりの体表面積比は白人ランナーに比べ顕著に大きくなり(280 vs 248cm²/kg)、より放熱効率が高いことになる。この放熱効率の差が暑熱下でのタイムトライアルに明瞭に現れている。低温環境でのタイムトライアルでは両群に差がなかったが、暑熱下ではアフリカ人ランナーが比較的安定して走破したのに対し、白人ランナーは早い段階からペースダウンした。アフリカ人ランナーは熱放散に優れ蓄熱量が少なく、その情報が中枢を介して安定したペーシングに反映された一方、白人ランナーではより早い段階から体熱ストレス情報が過剰となり抑制的なペーシングに反映されたと Marino ら(2003)は説明している。

Marino ら(2003)の実験結果から、暑さに強い選手の背景に放熱効率の良否を考慮することができる。体表面積体重比はひとえに選手の体型に依存する因子であり暑熱トレーニングの目標にはなりにくいだろうが、少なくとも汗のかき方、汗の蒸散効率といった熱放散に関わる特性は暑熱トレーニングによって向上することが期待できよう。

(3) 暑さに強い選手=運動エコノミーの高い選手

アフリカ人ランナーの特質としてよく取り上げられるのがランニングエコノミーである(榎本, 2013)。次に、この運動効率あるいは運動エコノミーを暑熱耐性に関与する要因としてあげておき

たい。従来、運動エコノミーと体温調節を関連付けた研究は見られなかったが、これに関しても興味深い報告を紹介したい。

運動効率が良くなれば、同じ運動をしても消費エネルギーは少なくなり、比例的に代謝産熱は下がり体温上昇も低減する。したがって、運動効率と体温調節は密接な関係にあるはずである。Smoljanić ら(2014)はここに注目して、厳密な基準のもとに被験者を選定しランニングエコノミーと体温調節反応との関係を検討した。なお、本研究では有酸素性能力全般と体温調節反応の関係を検討しているが、本稿では特にランニングエコノミーに関する箇所を抜き出して紹介する。

被験者選定では、最大酸素摂取量が同じでランニングエコノミーの高い選手と低い選手とを選んでいく。ランニングエコノミーの高い群はよく鍛錬されたランナーから、低い群は球技種目などから選ぶといった工夫がされている。

図3は二つのテスト結果を示したものであり、上段は同一走速度で走ったときの直腸温の変化である。実際のレースでは、異なる能力(ランニングエコノミー)の選手たちが集団を形成し競い合うが、図上段はちょうどこのイメージである。ランニングエコノミーの低いものほど産熱量は大きく、直腸温の上昇も大きい。これに対して、ランニングエコノミーの高いランナーの直腸温上昇は低く抑えられている。集団を走るランナーを想定すれば、ランニン

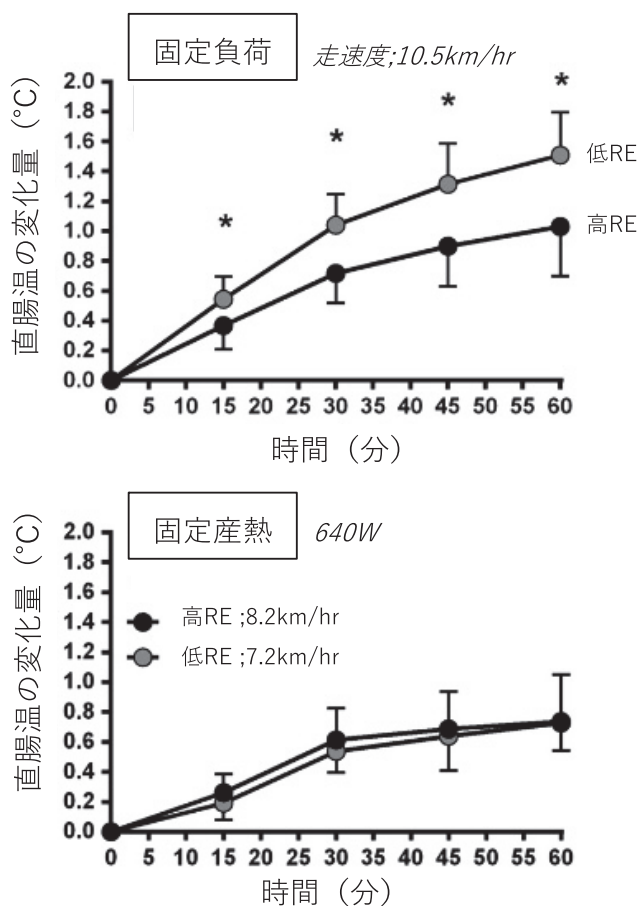


図3 高ランニングエコノミー (RE) 群と低ランニングエコノミー群について同一負荷で走行したとき (上段)、および一定の産熱相当の走速度で走行したとき (下段) の直腸温の比較。(Smoljanić et al., 2014 の図を一部改変)

グエコノミーの高いランナーの深部温上昇はより少なく体熱ストレスも少ないことになるだろう。それだけ余裕を持って走っていることになる。

次に、同一産熱量相当の走行速度で走らせると (図下段)、ランニングエコノミーの高い群はより速い速度で走るようになるが、両群の深部体温上昇度は同じになった。実際のレースに当てはめれば、同じ体熱ストレスを受けても、ランニングエコノミーの高いランナーではより速いペースを維持できることになり、より高いパフォーマンスに結びつく。

暑熱下でのレースでは、とりわけ体熱ストレス情報がペーシングに大きく影響することを論じてきた。ここで紹介した実験結果は、ランニングエコノミーの高いことがレース中に受ける体熱ストレスをより低くし、それだけ速いスピードの獲得が期待できることを示唆するものであった。先の Marino ら (2004) の実験ではランニングエコノミーを測定していないが、アフリカ人ランナーが暑熱下で高いペースを維持できたのも、放熱効率に加えてランニ

ングエコノミーに優れていたことも一因であったのかも知れない。

これまでの暑熱対策においては熱射病予防の観点から過剰な体温上昇を回避すべきとする言説が一般的である。しかし競技現場では、選手たちはより速いスピードを追求する。それはより高い体温上昇を追求することでもある。実際、レースにおいて深部体温が 41°C を超えることもまれではない (Racinais et al. 2019)。エリート選手たちは、優れた運動エコノミーの利点を活かしてより速いスピード、より高い体温上昇をめざすのである。暑さに強い選手の深部体温をめぐる、こうした二律背反の背景を見逃してはならないだろう。

脱水に強い選手 (脱水耐性)

(1) エリートランナーの水分補給

暑熱耐性への理解には、実験室と実際の競技現場とでズレが見られ、深部体温については上述したとおりであるが、同様のことは飲水量、発汗量、脱水率についても言える。

スポーツ活動時には水分補給によってできるだけ脱水を防ぐことが奨励されてきた。しかし実際のマラソンレースでは、パフォーマンスに優れた選手ほど脱水率が高いという逆の結果が観察されている (Zouhal et al., 2011)。

飲水量については、映像から飲水動作を分析して飲水量を推定した方法で主要なマラソンレース優勝者の水分補給量を調べた研究がある (Beis et al., 2012)。優勝者の平均タイムが 2 時間 06 分とハイレベルなものであったが、推定飲水量の平均は 550ml/hr と少なく、推定脱水率は 8.8% にも及んだ。また 1 例だけレース前後の体重を実測している。対象者は以前の世界記録保持者のエチオピアのゲブレシラシエ (優勝タイム; 2 時間 5 分 29 秒) であり、飲水量は 830ml/hr と平均より多いが、それでも脱水率は 9.8% という驚異的なものになっている。このような結果から、エリートランナーには強い脱水耐性が想起される。

アフリカのランナーのトレーニング時の水分補給を調査した結果では、彼らはトレーニング中ほとんど水を飲まないという (Beis et al., 2011)。また 2019 年ドーハ世界陸上での調査結果では、他地域の選手の脱水率が 2.0% に対し、アフリカ選手の脱水率は 3.9% と 2 倍であり、水分補給量の少なかったことが推測される (Racinais et al., 2021)。この研究ではレース前のアンケート調査において各選

手の水分補給計画を聞いているが、ほとんどの選手(93%)が事前に水分補給を計画しているのに対し、アフリカのマラソンランナー7名中2名はレース中に水分補給はしないかと回答している。アフリカランナーの飲水習慣、体液調節などについての系統立った研究は見られないが、諸外国の選手とはかなり趣を異にしているようであり、それが彼らの脱水耐性という特性を反映しているものなのか興味深い。

(2) エリートマラソンランナーの脱水と体温上昇

運動中の脱水率が2%を超えるとパフォーマンスが低下し、深部体温が臨界体温40℃を超えると運動不能になると言われてきた。また、脱水進行にともなう深部体温の上昇は熱射病の発症リスクを高めるとも警鐘されてきた。こうした脱水率2%、臨界体温40℃は、体の安全を確保するためのリミッターのような閾値として認識されてきただろう。しかしながら、実際のレースでは選手たちはこの閾値を超えながらも支障なくレースを戦っていることはすでに述べたとおりである。生体の安全確保は脳を中心とする総合的な制御機構が担っていると考えた方が実態に合っているように思える。とりわけ酷暑のもとでの競技会であれば、この実態を理解した上で暑熱対策を考えなければならないだろう。

図4は、特にエリートマラソンについて脱水率と深部体温の関係をイメージしてみたものである。マラソンを2時間で走るためには多大なエネルギー出力を必要とするが、同時に相応の産熱をとめない、相応の放熱能力すなわち多量発汗能力が要求されることになる。当然、汗によって多量の水分が体内から失われるが、上述の通り、レース中に行われる水分補給では到底追いつかず2%をはるかに超えた脱水となる。つまり、マラソンを速く走るとは、大きな体液不足に耐える脱水耐性によってはじめて可能になるはずである。

しかしながら、これまで脱水防止という考えは広く受け入れられてきたが、脱水耐性を高めるための方策という発想は希薄であった。改めて、脱水耐性という身体能力に注目してみたい。

(3) 脱水耐性の背景

レース時の水分の出納は専ら体重変化で推定するが、体重減少分がすべて体液不足を表すわけではない。貯蔵グリコーゲンの消費にともなって生ずる結合水あるいは代謝水の行方はまだ十分解明されていないが、漸次不足して行く体液の調節に使われる可

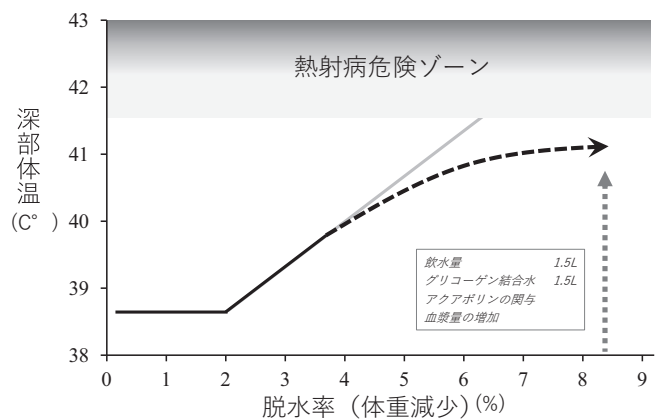


図4 エリートランナーのマラソンレース中の脱水率と直腸温の関係=エリートランナーは強い脱水耐性を発揮し直腸温上昇を抑えている(伊藤, 2022より改変)

能性はあるだろう。また、運動トレーニング、とりわけ暑熱下でのトレーニングによって血漿量の増加が見込まれる(岡崎, 2018)。このような体液動態は選手の脱水耐性に大きく関わってくるだろう。

体液をコントロールする上で近年注目されているのが水チャンネル(アクアポリン)の存在である。腎臓の尿細管をはじめ多くの水をすばやく通過させなければならない部位の細胞膜にはアクアポリンというタンパク質が存在し、水を選択的、能動的に透過させる水チャンネルの役割を担う。運動中にも、全身でダイナミックな水の移動が起こるが、その体液動態にアクアポリンが関与し運動パフォーマンスに影響することは十分考えられよう。現在のところこの分野の研究はごく限られてはいるが、そのなかで毛細血管内皮、赤血球、腎近位尿細管などに分布するアクアポリン1の遺伝子多型について、ヒスパニック系男子長距離選手を対象に調べた研究がある(Rivera et al., 2011)。その結果、運動時の体液不足に耐性を示す遺伝子特性が示唆され、その遺伝子特性を有するランナーでは発汗量はより多いが水分補給量が少なく、脱水率は高くなるが競技成績がよいという特徴がみられた。すでに述べた実際のレースでみられる優秀ランナーの飲水や脱水率の実態と符号する。まだ例数も少なくにわかに結論づけられないが、脱水耐性と水チャンネルの関係についても注視して行きたい。

(4) 脱水耐性を狙った脱水トレーニング

暑さに強い選手の背景には、脱水耐性という体温調節を支える特質の可能性について述べてきた。そうであれば、脱水耐性を高めるためのトレーニン

グについても関心もたれる。ごく最近になって、こうした観点からの研究が見られるようになった(Akerman et al., 2016 ; Travers et al., 2021)。あえて水分補給を制限し軽度の脱水(permissive dehydration; 2 ~ 3%)のもとに暑熱トレーニングを実施させたもので、いずれも短期間の介入実験であるが、体温調節系、循環血液系、パフォーマンスに顕著な効果は認められていない。反面、従来なら否定された脱水をとまなうトレーニングであっても、特にマイナス効果も認められないというのが現在のところの概ねの観察結果である。

トレーニング中の水分補給をある程度制限したいいわゆる『脱水トレーニング』は、軽度の脱水からアフリカ人ランナーのように全く飲まないものまで様々な内容が考えられるが、従来の発想とは大きく異なり、また一昔前のトレーニング中の飲水を無闇に禁止した指導法への逆行も懸念されよう。しかし、脱水耐性を向上させるという観点から今一度『脱水』というトレーニング刺激の有効性を考えてみる価値はあるように思える。

暑熱トレーニングの実践

(1) 日本の夏季トレーニング

汗の研究で知られる久野寧(1963)の「汗の話」には次の記述がある。

「夏ともなれば、われわれの発汗中枢はその感受性を増し、汗腺は分泌力を増し、相携えて発汗機能を旺盛にするのである。そしてこのことは暑気的作用によって、迅速にしかも誰にもおこる鍛錬効果の一種とみるべきものであって、これは人類の夏を迎える準備ともいうことができる。われわれは襦を改め、衣を替えて夏を迎える用意をするのであるが、その頃には身体にもこのような迎夏準備が行われているのである。」(p. 145)

とりわけ日本の夏の暑さは厳しい。日本の競技者は毎年夏には暑熱馴化トレーニングを経験していると言ってもいい。2019年のドーハ世界陸上の参加選手についてのアンケート調査において、暑熱トレーニングを経験して大会に臨んだマラソンランナーの83%がこのような自然環境の暑さ(natural outdoor heat)を利用してのものと回答している。古くは暑熱下で開催されたアトランタオリンピックへ向けてイギリスオリンピックチームが大会当日の気象条件に近いアメリカ・フロリダを合宿地に選定し、大会の2年前から夏季暑熱馴化キャンプを実施したことが報告されている(Maughan, 1977)。

諸外国から見れば、日本の夏のトレーニングは長期にわたる暑熱適応(heat acclimatization)トレーニングに映るに違いない。その意味から、わが国の暑熱環境をむしろプラスに捉え、その特色を活かした暑さ対策のための暑熱トレーニングと位置づけては如何だろうか。

(2) 運動ホルミシスという発想

我々のからだはさまざまなストレスにさらされているが、種々のストレス刺激に応じてプラスへの方向からマイナスへの方向へと二相性の応答をする。こうしたストレスに対応する二相性の生体応答を概念化し、ホルミシス(Hormesis)現象と捉える考え方が提唱されている。

運動トレーニングの生体反応は、まさにホルミシス現象の典型事例と言える(Peake et al., 2015 ; Hill et al., 2024)。

図5は、運動ホルミシスの視点から、通常トレーニングと夏季トレーニングを見比べたイメージ図である。トレーニングは、運動ストレスが適量であれば狙い通りの効果が得られるが、それが過大になればオーバートレーニングとなり逆効果になる。特に夏季トレーニングでは通常のトレーニングに暑熱環境が加わり、運動(酸化)ストレスと熱ストレスの複合ストレスとなる。トレーニング効果も、有酸素性能力(特にランニングエコノミー)に加え暑熱耐性の向上、脱水耐性の向上が期待されるが、トレーニング刺激が過大になると一転してマイナス効果が顕著になる。

暑さ対策では、日本の夏季トレーニングを有効活用することを提唱したい。しかし反面、オーバートレーニングというマイナス効果も注意しなければならない。暑さ対策のトレーニングでは、オーバートレーニングの回避がとりわけ重要であることを以下に強調したい。

(3) オーバートレーニングの回避

オーバートレーニング発症の背景に、「エネルギー消費量制約モデル(Constrained Model of Total Energy Expenditure ; CMEE)」という仮説を考えておきたい。従来、1日の総エネルギー消費量は身体活動量に応じて加算的に積み上げられるものと理解されてきた。しかし、Pontzerら(2012)は、狩猟採集民と都市住民の測定を通して、総エネルギー消費量は身体活動量の多寡によらず一定していることを観察した。それは、身体活動量が過大になった場合、増加したエネルギー消費量分だけ基礎代謝量や

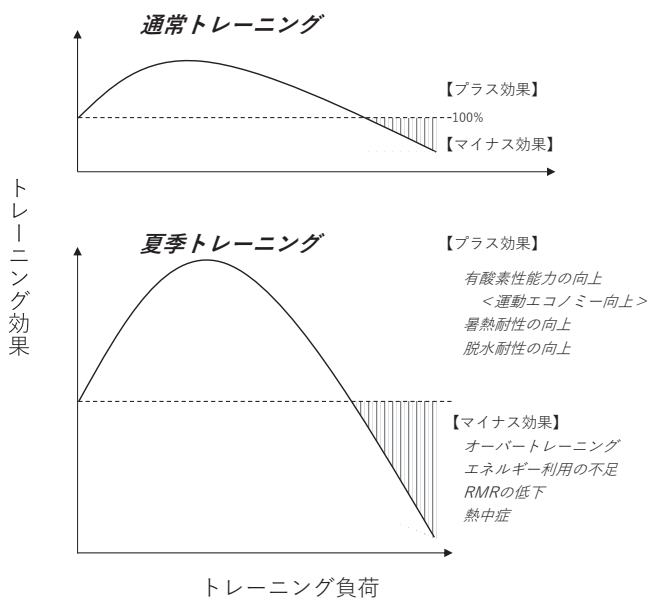


図5 ホルミシスの視点から見た通常トレーニングと夏季トレーニング

非活動的エネルギー消費量が代償的に減じられることを意味する。狩猟採集民の労働は現代人に比べ過酷ではあるが、それゆえ休めるときにはできるだけ休んでいる、ということであろうか。

提唱されて間もない仮説であり、エリートスポーツ選手にどこまで適用できるかは目下検討中であるが (Dolan et al., 2023)、オーバートレーニングに関連して参考になるところは多い。本稿で対象としている持久系種目の選手では、高強度あるいは高ボリュームのトレーニングに励む。それだけ、エネルギー代償作用として、トレーニング以外の生活でのエネルギーバランスへの影響は大きいだろう。狩猟採集民と同様、休めるときに休み、トレーニング後の回復、栄養、睡眠が極めて重要になってくることをこのエネルギー代償モデルは物語っているようである。

この点に関連した最近の報告事例を見ると、ボート選手を対象とした4週間の強化合宿を調査した結果では、かなりの疲労とパフォーマンスの低下が見られたが、同時に安静代謝も低下していた (Woods et al., 2017)。安静代謝の低下はオーバートレーニング徴候の一つと見なされるが、上記のエネルギー制約モデルにおけるエネルギー代償作用の表れとも解釈できよう。

さらに、栄養摂取の重要性も強調しなければならない。現在、スポーツ選手の利用可能エネルギー不足 (Low Energy Availability ; LEA) が大きな課題としてあがっている (Stellingwerff et al., 2023)。エネルギー制約モデルは消費エネルギー

間の総合的バランスの問題であったが、LEAでは消費エネルギーと摂取エネルギーとのバランスの問題となる。やはり、関連する研究事例を一つ紹介しておきたい。持久性男子スポーツ選手のLEAと内分泌系などの生体への影響に関する研究のメタ分析を行った報告である (Cupka et al., 2023)。LEAの選手では競技パフォーマンスが低下し、さらに内分泌系、特にテストステロンの低下が特徴的であった。トレーニング及び日常生活におけるエネルギー出納の総合的なバランスの破綻によって、パフォーマンスが低下するとともに基本的な健康が損なわれる危険性がうかがわれる。

暑さ対策として、日本の夏季トレーニングの有効活用を提唱した。夏のトレーニングと言え、できるだけ暑さを避けやり過ぎと言った消極的な感触を抱く向きも多いのではないだろうか。しかしここで言う夏季トレーニングは、積極的に暑熱ストレス、あるいは脱水ストレスを課し、その適応能の向上を狙うものである。反面、オーバートレーニングのリスクと背中合わせでもある。従って夏季トレーニングでは、積極的にトレーニングに向かう姿勢と同時に、日常の健康管理を徹底させることが何より重要になるだろう。トレーニングと健康管理の両面にわたる配慮と工夫こそが、最も効果的な暑さ対策につながるのではないだろうか。

まとめ

暑さ対策について、とくに暑熱トレーニングをとりあげ、これまでの見解を批判的にながめ、今後の展望を論じた。暑さに強い選手とは、暑熱耐性ならびに脱水耐性に優れた選手をいう。暑熱耐性には、放熱効率および運動効率 (運動エコノミー) が関与し、暑熱トレーニングの目標となる。脱水耐性では、発汗による体液減少に抗して体液調節ができる能力であり、脱水をとまなう暑熱トレーニングの可能性を論じた。暑熱トレーニングとして、日本の夏季トレーニングの有効利用を提唱した。その際、日常の健康管理の重要性を指摘した。

【文献】

- Akerman AP, et al. (2016) Heat stress and dehydration in adapting for performance: Good, bad, both, or neither?. *Temperature*. 3 : 412-436
- Beis LY, et al. (2011) Food and macronutrient

- intake of elite Ethiopian distance runners. *J Int Soc Sports Nutr.* 8:7
- Beis LY, et al. (2012) Drinking behaviors of elite male runners during marathon competition. *Clin J Sport Med.* 22 : 254-61
- Cupka M, et al. (2023) Hungry runners - low energy availability in male endurance athletes and its impact on performance and testosterone: mini-review. *Eur J Transl Myol.* 33 : 37052052
- Dolan E, et al. (2023) Energy constraint and compensation: Insights from endurance athletes. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol.* 285 : 111500
- 榎本靖士 (2013) 長距離選手のランニングエコノミーに影響を及ぼす体力および技術的要因の検討. *筑波大学体育学紀要.* 36 : 137-140
- 岡崎和伸 (2018) 運動時の体液変化とその循環および体温調節への影響. *循環制御.* 39 : 82-90
- 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. *陸上研究紀要.* 15 : 31-42
- Hill Y, et al. (2024) Adaptation to stressors: Hormesis as a framework for human performance. *New Ideas in Psychology.* 101073
- 伊藤静夫 (1990) 耐暑性の性差—マラソンで女子は有利か—. *体育の科学.* 40 : 217-222
- 伊藤静夫 (2022) マラソンレース中の水分補給を考える. *体液・代謝管理.* 38 : 30-40
- 久野寧 (1963) 汗の話. *光生館.*
- Marino FE, et al. (2004) Superior performance of African runners in warm humid but not in cool environmental conditions. *J Appl Physiol.* 96 : 124-30
- Maughan R (1997) Heat acclimatisation and rehydration strategy. *Br J Sports Med.* 31 : 77
- Noakes TD (2012) Fatigue is a Brain-Derived Emotion that Regulates the Exercise Behavior to Ensure the Protection of Whole Body Homeostasis. *Front Physiol.* 3 : 82
- Peake JM, et al. (2015) Modulating exercise-induced hormesis: Does less equal more?. *J Appl Physiol* (1985). 119 : 172-89
- Pontzer H, et al. (2012) Hunter-gatherer energetics and human obesity. *PLoS One.* 7 : e40503
- Racinais S, et al. (2019) Core temperature up to 41.5 C during the UCI Road Cycling World Championships in the heat. *Br J Sports Med.* 53 : 426-429
- Racinais S, et al. (2021) Hydration and cooling in elite athletes: relationship with performance, body mass loss and body temperatures during the Doha 2019 IAAF World Athletics Championships. *Br J Sports Med.* 55 : 1335-1341
- Racinais S, et al. (2022) Association between thermal responses, medical events, performance, heat acclimation and health status in male and female elite athletes during the 2019 Doha World Athletics Championships. *Br J Sports Med.* 56 : 439-445
- Racinais S, et al. (2023) IOC consensus statement on recommendations and regulations for sport events in the heat. *Br J Sports Med.* 57 : 8-25
- Rivera MA, et al. (2011) AQP-1 association with body fluid loss in 10-km runners. *Int J Sports Med.* 32 : 229-33
- Smoljanić J, et al. (2014) Running economy, not aerobic fitness, independently alters thermoregulatory responses during treadmill running. *J Appl Physiol.* 117 : 1451-9
- Stellingwerff T, et al. (2023) Review of the scientific rationale, development and validation of the International Olympic Committee Relative Energy Deficiency in Sport Clinical Assessment Tool: V.2 (IOC REDs CAT2)—by a subgroup of the IOC consensus on REDs. *Br J Sports Med.* 57 : 1109-1118
- Travers G, et al. (2021) Exercise heat acclimation with dehydration does not affect vascular and cardiac volumes or systemic hemodynamics during endurance exercise. *Front Physiol.* 12 : 740121
- Woods AL, et al. (2017) New approaches to determine fatigue in elite athletes during intensified training: Resting metabolic rate and pacing profile. *PLoS One.* 12 : e0173807
- Zouhal H, et al. (2011) Inverse relationship between percentage body weight change and finishing time in 643 forty-two-kilometre marathon runners. *Br J Sports Med.* 45 : 1101-5

原著論文

女子三段跳競技者の日本記録更新に至るまでの助走スピードおよび
各歩の跳躍距離の変化柴田 篤志¹⁾ 荻山 靖²⁾ 清水 悠³⁾ 小山 宏之⁴⁾

- 1) 新潟医療福祉大学健康科学部 2) 山梨学院大学スポーツ科学部 3) 島根大学人間科学部
4) 京都教育大学教育学部

Changes in run-up speed and phase distance of each jump up to the breaking of the national record for female triple jump.

Atsushi, Shibata¹⁾ Yasushi Kariyama²⁾ Yutaka Shimizu³⁾ Hiroyuki Koyama⁴⁾

- 1) Faculty of Health Sciences, Niigata University of Health and Welfare
2) Faculty of Sport Science, Yamanashi Gakuin University.
3) Faculty of Human Science, Shimane University.
4) Faculty of Education, Kyoto University of Education.

Abstracts

The aim of this study was to investigate the longitudinal relationship between performance improvement and changes in run-up speed, jumping distance, and jumping ratio of each phase in a case study of female triple jump athletes who broke the Japanese national record. The subject was one female triple jumper who achieved the Japanese national record in the triple jump (14.16 m) and participated in the World Championships in the year 2023. The run-up speed and jumping distances of each phase were measured using a laser distance measurement device (LAVEG) and a high-speed camera. The subject in this study improved her personal record in the triple jump from 12.91 m to 14.16 m during the research period (2016-2023). The subject improved her triple jump performance by increasing the jumping distance of the hop and step phases from 2017 to 2020 without improving maximum run-up speed. In the years 2021 and 2022, she maintained her maximum run-up speed and decreased her jumping distance of the hop phase. However, her performance was improved by increasing the jumping distance of the jump phase from 2021 to 2022. In the year 2023, her performance was improved by increasing the maximum run-up speed and by maintaining the jumping distance of the jump phase while increasing the jumping distance of the hop and step phases.

I 緒言

2023年度の日本における女子三段跳は、従来の日本記録である14.04 mを24年ぶりに更新する14.16 mが記録され、世界選手権に2名の競技者が出場を果たすなど国内における競技レベルの向上が顕著であった。近年の日本における女子三段跳の競技レベルについて、柴田ほか(2019)は2019年の時点で20年以上日本記録が更新されていないことや、日本歴代2位の記録が13.52 m(2016年)と日本記録から大きく離れていることから、世界と比較

して競技レベルが停滞している種目であると指摘している。一方で、2017年度から全国高等学校総合体育大会(インターハイ)において女子三段跳が正式種目として採用されたことで、国内における競技会数の増加などの影響で高校生世代における競技力が向上したことも報告されている(岡部ほか, 2020)。さらに、山元ほか(2020)はワールドアスレックス(世界陸連)が世界選手権やオリンピック競技大会の参加資格として導入したWorld rankingに着目し、女子三段跳では14.02 ± 0.17 mが世界大会への出場権獲得の目安になることを明ら

表1 分析対象競技会

| 大会名 | 会場 | 日時 |
|---------------------------|-----------------|------------|
| 日本選抜陸上和歌山大会 | 紀三井寺公園陸上競技場 | 2016/05/01 |
| 第100回日本陸上競技選手権大会 | パロマ瑞穂スタジアム | 2016/06/25 |
| 第33回静岡国際陸上競技大会 | エコパスタジアム | 2017/05/03 |
| 第101回日本陸上競技選手権大会 | ヤンマースタジアム長居 | 2017/06/24 |
| 第72回国民体育大会 | ニンジニアスタジアム | 2017/10/08 |
| 第34回静岡国際陸上競技大会 | エコパスタジアム | 2018/05/03 |
| 第102回日本陸上競技選手権大会 | 維新みらいふスタジアム | 2018/06/23 |
| 第5回日中韓3カ国交流陸上競技大会 | 厚別公園陸上競技場 | 2018/07/08 |
| 第35回静岡国際陸上競技大会 | エコパスタジアム | 2019/05/03 |
| 第103回日本陸上競技選手権大会 | 博多の森陸上競技場 | 2019/06/30 |
| 第104回日本陸上競技選手権大会 | デンカビッグスワンスタジアム | 2020/10/02 |
| 第36回静岡国際陸上競技大会 | エコパスタジアム | 2021/05/03 |
| READY STEADY TOKYO - 陸上競技 | 国立競技場 | 2021/05/09 |
| 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 | 2021/06/26 |
| 第106回日本陸上競技選手権大会 | ヤンマースタジアム長居 | 2022/06/11 |
| 布勢スプリント2022 | ヤマタスポーツパーク陸上競技場 | 2022/06/25 |
| 第57回織田幹雄記念国際陸上競技大会 | 広島広域公園陸上競技場 | 2023/04/29 |
| 第10回木南道孝記念陸上競技大会 | ヤンマースタジアム長居 | 2023/05/06 |
| 第107回日本陸上競技選手権大会 | ヤンマースタジアム長居 | 2023/06/03 |

かにしている。すなわち、今後も 14.16 m という日本記録に近いパフォーマンスを発揮することができれば、日本における女子三段跳競技者は継続的に世界大会への出場が可能であると考えられる。

三段跳は助走からの連続したホップ、ステップ、ジャンプそれぞれの跳躍の合計距離を競う種目である。女子の三段跳競技者を対象とした研究は多くはないものの、柴田ほか (2019) は日本の女子三段跳競技者が 14 m 以上の記録を目指すために必要な各歩の跳躍距離や助走の最高スピードの目標値を提案している。さらに、国内の女子三段跳競技者を対象とした研究では、助走スピードについての報告が多く行われている (小山ほか, 2006; 小山ほか, 2007)。これらの報告から日本国内における女子三段跳競技者がパフォーマンス向上を目指すための具体的な指標は提示されているものの、実際にパフォーマンスが向上した際の各変数の変化について検討した研究はみられない。

さらに、日本における女子三段跳競技者の競技発達の特徴について、山元ほか (2019) は世界の一流競技者と比較した際にシニア期において十分にパフォーマンスを向上させることができていることを指摘している。この原因についてジュニア期における過剰なトレーニングや競技会の過多、シニア期以降におけるより高度なパフォーマンスを達成する

ための技術や体力モデルと、それを実現するためのコーチングおよびトレーニングの手段の整備をあげている。また、柴田ほか (2019) も縦断的なパフォーマンスの変化と技術的特性や体力的特性の変化を検討する必要があると述べている。しかしながら、シニア期において競技力を大きく向上させた女子跳躍競技者を対象とした縦断的研究は少ないのが現状である。そのため、女子三段跳において日本記録を更新した競技者の助走の最高スピードや各歩の跳躍距離の変化について事例的に示すことは、今後の国内におけるシニア競技者のさらなる競技力向上のための貴重な資料となると考えられる。

そこで、本研究では日本記録を更新した女子三段跳競技者を対象として、2016年度から日本記録を更新した2023年度までのパフォーマンスの向上と助走スピードおよび各歩の跳躍距離と跳躍比の縦断的变化との関係について事例的に検討することを目的とした。

II 方法

1. 対象者および分析試技

本研究の対象者は、日本記録保持者である女子三段跳競技者 1 名であった。分析試技は対象者が 2016 年から 2023 年にかけて出場した競技会のうち、

日本陸上競技連盟科学委員会が活動を実施した競技会における試技とした(表1)。また、対象者の各年度におけるシーズン最高記録(Season best; SB)を基準として、SBに対する達成率が95%以下の試技および無効試技については分析対象から除外した。なお、追い風参考記録は分析試技に含むため、SBに対する達成率が100%を上回っている試技がある。

2. データ収集

対象者の全ての分析試技を柴田ほか(2019)と同様の方法で助走路側方のスタンド上段に設置した1台のハイスピードカメラ(Panasonic社製, LUMIX FZ-300)を用いて三段跳の踏切板から砂場の助走路側の端を画角として120 fpsで固定撮影した。また、全ての試技で助走路前方スタンドに設置したレーザー式速度測定装置(JENOPTIK社製, LDM301)を用いて対象者の助走開始から着地までの位置情報を100 Hzで収集した。なお、これらのデータ収集は日本陸上競技連盟科学委員会の活動として行われたものであり、全ての競技会において事前に競技会主催者に撮影許可を得た上でデータ収集を行った。

3. データ処理および算出項目

分析試技のホップ、ステップおよびジャンプの各歩における接地時の支持脚つま先をビデオ動作分析システム(Q'sfix社製, Frame-DIAS V; フォーアシスト社製, G-Dig)を用いてデジタル化した。さらに、各競技会の前に撮影した実空間座標値が既知の4点のコントロールポイント(踏切板のフェールライン両端2点および砂場と助走路の交点2点)を用いて、2次元DLT法により各歩の接地時のつま先の2次元座標値を得た(柴田ほか, 2019)。なお、2次元座標は踏切板のフェールライン左先端を原点とし、進行方向右向きをx軸方向、進行方向をy軸方向とした。また、レーザー式速度測定装置によって得られた各分析試技における対象者の位置情報はButterworth low-pass digital filterを用いて0.5Hzで平滑化し(小山ほか, 2012; Muraki et al., 2009)、平滑化後の位置情報を時間微分することによって助走速度を算出した。

以上のデータから、柴田ほか(2019)を参考に下記の項目を算出した。

(1) 踏切損失距離

フェールラインからホップにおける支持脚つま先までのy軸方向の距離を踏切損失距離とした。

(2) 実測距離

公式記録に踏切損失距離を加算した距離を実測距離とした。

(3) 各歩(ホップ・ステップ・ジャンプ)の跳躍距離

ホップおよびステップの跳躍距離は各跳躍における支持脚つま先間のy軸方向の距離とし、ジャンプ距離は実測距離からホップおよびステップの跳躍距離を減算した距離とした。

(4) ホップステップ距離

ホップステップ距離はホップにおける支持脚つま先からジャンプにおける支持脚つま先間のy軸方向の距離とした。

(5) 各歩の跳躍比

実測距離に対する各歩の跳躍距離の割合を各歩の跳躍比とした。

(6) ホップステップ比

ホップの跳躍距離に対するステップの跳躍距離の割合をホップステップ比とした。

(7) 助走最高速度

助走最高速度は助走開始からホップの踏切接地までの間における最高速度とした。

III 結果

表2は対象者の2016年から2023年までのシーズン最高記録および分析試技のシーズン最高記録に対する達成率、公式記録、実測距離および助走最高速度とその出現地点を平均値で示したものである。また、日本記録を更新した試技(14.16 m)については上記の値を個別に示した。分析試技の各年度における実測距離の平均値は2016年度が 12.59 ± 0.13 mであったのに対し、2023年度の平均値は 13.86 ± 0.16 mと約1.3 mの増大がみられた。助走の最高速度は、2022年度まではおよそ $8.5 - 8.6$ m/sであったが、2023年度の平均値は 8.81 ± 0.08 m/sと前年度までと比較して高い傾向がみられ、日本記録を更新した試技では 8.89 m/sであった。また、図1には各年度における分析試技の実測距離と助走最高速度との関係を示しており、実測距離の大きい分析試技において助走最高速度が大きい傾向がみられた。

表3は対象者の2016年から2023年までの分析試技における各歩の跳躍距離を示したものである。また、表2と同様に日本記録を更新した試技(14.16 m)については上記の値を個別に示した。ホップ距離は2020年度および2023年度の平均値が5.0 mを

表 2 分析試技の公式記録, シーズン最高記録に対する達成率, 実測距離および助走の最高スピード

| 年度 | 分析試技数 | SB (m) | 公式記録 (m) | %SB (%) | 踏切損失距離 (m) | 実測距離 (m) | 助走最高スピード (m/s) | 出現地点 (m) |
|------|-------|--------|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|--------------------------|----------------------|
| 2016 | 6 | 12.91 | 12.51±0.11 (12.70-12.22) | 96.9±0.9 (98.4-95.8) | 0.09±0.06 (0.17-0.00) | 12.59±0.13 (12.77-12.36) | 8.38±0.03 (8.43-8.32) | 6.1±0.6 (6.9-5.5) |
| 2017 | 9 | 12.81 | 12.57±0.17 (12.78-12.28) | 98.1±1.4 (99.8-95.9) | 0.13±0.05 (0.25-0.06) | 12.70±0.15 (12.92-12.43) | 8.56±0.10 (8.70-8.39) | 5.3±0.5 (6.1-4.4) |
| 2018 | 13 | 13.07 | 12.91±0.16 (13.17-12.55) | 98.8±1.2 (100.8-96.0) | 0.07±0.06 (0.17-0.00) | 12.98±0.15 (13.19-12.66) | 8.58±0.04 (8.66-8.53) | 4.8±0.5 (5.5-3.9) |
| 2019 | 4 | 13.26 | 13.08±0.14 (13.26-12.88) | 98.6±1.0 (100.0-97.1) | 0.06±0.04 (0.11-0.02) | 13.14±0.14 (13.29-12.90) | 8.62±0.06 (8.71-8.56) | 4.4±0.4 (4.9-3.9) |
| 2020 | 2 | 13.27 | 13.03±0.12 (13.14-12.91) | 98.2±0.9 (99.0-97.3) | 0.12±0.06 (0.18-0.06) | 13.15±0.06 (13.20-13.09) | 8.47±0.10 (8.57-8.37) | 4.3±0.5 (4.8-3.9) |
| 2021 | 11 | 13.37 | 13.11±0.17 (13.37-12.90) | 98.1±1.2 (100.0-96.5) | 0.13±0.06 (0.23-0.02) | 13.24±0.15 (13.51-13.06) | 8.50±0.08 (8.64-8.36) | 4.2±0.9 (6.3-3.1) |
| 2022 | 5 | 13.84 | 13.41±0.12 (13.50-13.20) | 96.9±0.9 (98.1-95.4) | 0.14±0.10 (0.31-0.03) | 13.55±0.18 (13.72-13.23) | 8.66±0.04 (8.69-8.58) | 4.3±0.5 (4.9-3.3) |
| 2023 | 9 | 14.16 | 13.76±0.17 (14.16-13.49) | 97.1±1.2 (100.0-95.3) | 0.10±0.10 (0.35-0.02) | 13.86±0.16 (14.22-13.63) | 8.81±0.08 (8.92-8.69) | 5.0±0.8 (6.5-4.3) |
| PB試技 | | | 14.16 | | 0.06 | 14.22 | 8.89 | 4.3 |

超えており, 2016 年度から 2023 年度にかけて約 0.5 m 近く増大していた. ステップ距離の平均値も 2020 年度および 2023 年度が他の年度と比較して大きい傾向がみられた. ジャンプ距離の平均値は 2020 年度が最も小さく, 2022 年度および 2023 年度の平均値は 4.9 m 以上であり, 他の年度と比較して大きかった. ホップステップ距離は 2020 年度および 2023 年度の平均値が 8.9 m を超えており, 2016 年度から 2023 年度にかけて約 1.0 m 近く増大していた. また, 図 2 は各年度における分析試技の実測距離と各歩の跳躍距離およびホップステップ距離との関係を示したものであり, 実測距離が大きい分析試技において各歩の跳躍距離も大きい傾向がみられた.

表 4 は対象者の 2016 年から 2023 年までの分析試技における各歩の跳躍比とホップステップ比を平均値で示したものである. 各年度における実測距離に対するホップ距離の割合は 35 - 38 %, ステップ距離の割合は 27 - 30 %, ジャンプ距離の割合は 32 - 37 % であった. また, 日本記録を更新した試技における各歩の跳躍比は, ホップ 36.6 %, ステップ 27.6 %, ジャンプ 35.9 % であり, ホップとジャンプの跳躍比に大きな差はみられなかった. ホップ距離に対するステップ距離の割合であるホップステップ比は, 2016 年度以降に徐々に大きくなる

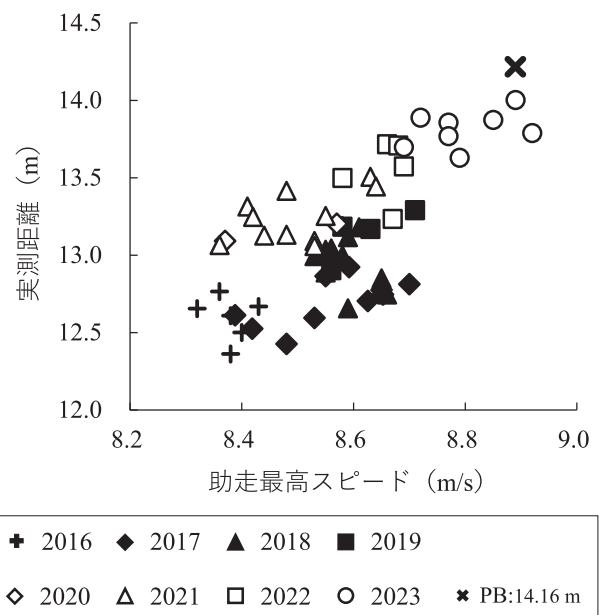


図 1 分析試技における実測距離と助走の最高スピードとの関係

傾向がみられ, 2021 年度および 2022 年度では 79 % 近い値であったが, 2023 年度の平均値は 76.4 ± 1.8 % であり, 日本記録を更新した試技では 75.4 % と低下していた. 図 3 は各年度における分析試技の実測距離と各歩の跳躍比およびホップステップ比との関係を示したものである. 実測距離と各歩の跳躍比およびホップステップ比に対する実測距離に

表3 分析試技における各歩の跳躍距離

| 年度 | 各歩の跳躍距離 (m) | | | |
|------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | ホップ | ステップ | ジャンプ | ホップーステップ |
| 2016 | 4.51±0.10 (4.66-4.36) | 3.45±0.22 (3.81-3.16) | 4.55±0.16 (4.74-4.25) | 7.96±0.20 (8.24-7.63) |
| 2017 | 4.70±0.14 (4.93-4.51) | 3.43±0.16 (3.79-3.23) | 4.57±0.14 (4.71-4.19) | 8.13±0.13 (8.30-7.90) |
| 2018 | 4.87±0.12 (5.05-4.67) | 3.63±0.13 (3.81-3.29) | 4.48±0.17 (4.74-4.21) | 8.50±0.15 (8.65-8.06) |
| 2019 | 4.81±0.10 (4.97-4.69) | 3.75±0.09 (3.88-3.65) | 4.58±0.05 (4.64-4.53) | 8.55±0.11 (8.65-8.37) |
| 2020 | 5.02±0.00 (5.02-5.02) | 3.89±0.12 (4.02-3.77) | 4.23±0.18 (4.41-4.06) | 8.91±0.12 (9.03-8.79) |
| 2021 | 4.79±0.11 (4.99-4.61) | 3.79±0.11 (4.00-3.70) | 4.66±0.21 (4.99-4.23) | 8.58±0.15 (8.83-8.34) |
| 2022 | 4.80±0.10 (4.98-4.70) | 3.79±0.16 (4.00-3.60) | 4.96±0.10 (5.14-4.84) | 8.59±0.14 (8.75-8.37) |
| 2023 | 5.05±0.08 (5.20-4.94) | 3.86±0.09 (4.07-3.72) | 4.94±0.13 (5.11-4.71) | 8.92±0.14 (9.16-8.68) |
| PB試技 | 5.20 | 3.92 | 5.10 | 9.11 |

表4 分析試技における各歩の跳躍比

| 年度 | 各歩の跳躍比 (%) | | | ホップーステップ比 (%) |
|------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | ホップ | ステップ | ジャンプ | |
| 2016 | 36.1±0.8 (37.5-35.2) | 27.6±1.7 (30.5-25.4) | 36.4±1.3 (38.3-35.7) | 76.5±5.8 (86.2-67.7) |
| 2017 | 37.0±1.0 (38.5-34.9) | 27.0±1.2 (29.3-25.7) | 36.0±0.9 (37.3-33.7) | 73.0±5.0 (84.0-66.8) |
| 2018 | 37.5±1.1 (39.3-35.4) | 27.9±0.8 (29.3-26.0) | 34.5±1.1 (36.3-33.0) | 74.5±3.6 (80.6-69.0) |
| 2019 | 36.6±0.7 (37.7-35.9) | 28.5±0.5 (29.2-27.7) | 34.9±0.2 (35.1-34.5) | 78.0±2.8 (81.4-73.5) |
| 2020 | 38.2±0.1 (38.3-38.1) | 29.6±1.1 (30.7-28.5) | 32.2±1.2 (33.4-31.0) | 77.5±2.5 (80.1-75.0) |
| 2021 | 36.2±0.7 (37.6-35.1) | 28.6±1.0 (30.6-27.5) | 35.2±1.3 (37.1-32.4) | 79.1±2.9 (83.5-75.1) |
| 2022 | 35.4±0.5 (36.3-34.9) | 28.0±1.1 (29.5-26.2) | 36.6±0.6 (37.5-35.7) | 79.0±4.4 (84.6-72.3) |
| 2023 | 36.5±0.3 (36.8-36.0) | 27.9±0.7 (29.3-27.0) | 35.7±0.8 (37.0-34.0) | 76.4±1.8 (80.0-74.3) |
| PB試技 | 36.6 | 27.6 | 35.9 | 75.4 |

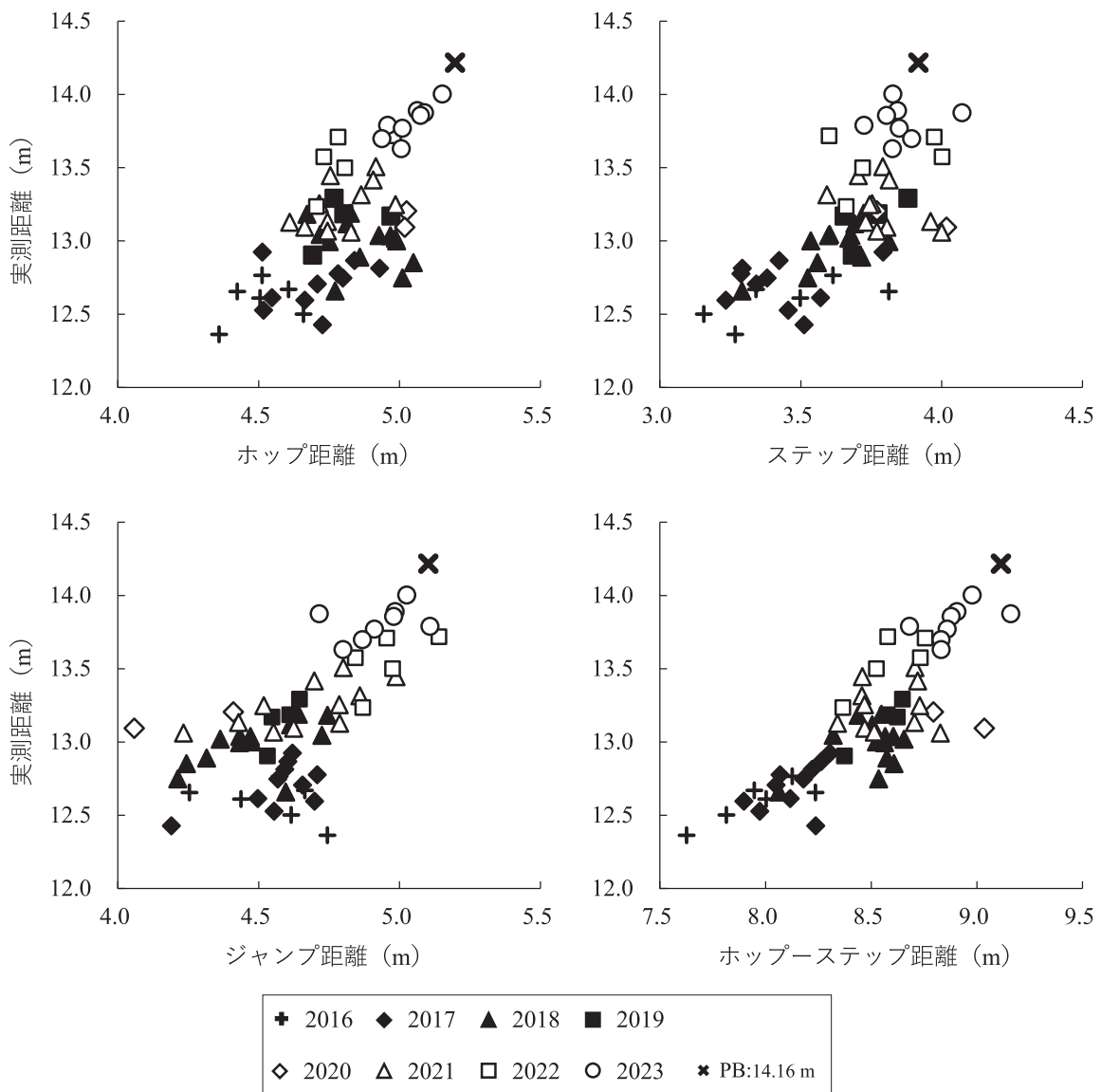


図2 分析試技における実測距離と各歩の跳躍距離との関係

関係性はみられなかったが、日本記録を更新した2023年度はホップにおける跳躍比のばらつきが小さい傾向がみられた。

IV 考察

本研究の目的は、日本記録を更新した女子三段跳競技者を対象として日本記録更新までのパフォーマンスの向上と助走スピードおよび各歩の跳躍距離と跳躍比の縦断的变化との関係について事例的に検討することであった。対象者は2016年度からのシーズン最高記録を12.91 mから14.16 mまで約1.3 mも更新しており、シニア期において競技力を大きく向上させた女子三段跳競技者の貴重な事例になると考えられる。また、2023年度の女子三段跳の日本ランキングをみるとランキング10位の記録が12.85 mであることから、本研究で得られる結果は

13m前後の競技力を有する日本の女子三段跳競技者がさらなるパフォーマンス向上を目指す際の知見となる可能性がある。なお、2020年度における分析対象試技は新型コロナウイルス感染症の流行による活動制限などの影響により1つの競技会の計2試技のデータである。そのため、対象者の2020年度シーズンを通じての特徴について、その全てを反映することができていない可能性があることには留意する必要があると考えられる。

対象者の助走最高スピードは、2016年度の平均値が8.38 m/sと他の年度と比較して小さかったものの、2017年度から2022年度の平均値に大きな差はみられなかった。また、各年度の助走最高スピードの最大値をみると2017年度は8.70 m/s、2022年度は8.69 m/sであったことから(表2)、2017年度から2022年度にかけてはスプリント能力の大幅な向上はなかったと推察される。しかしながら、この

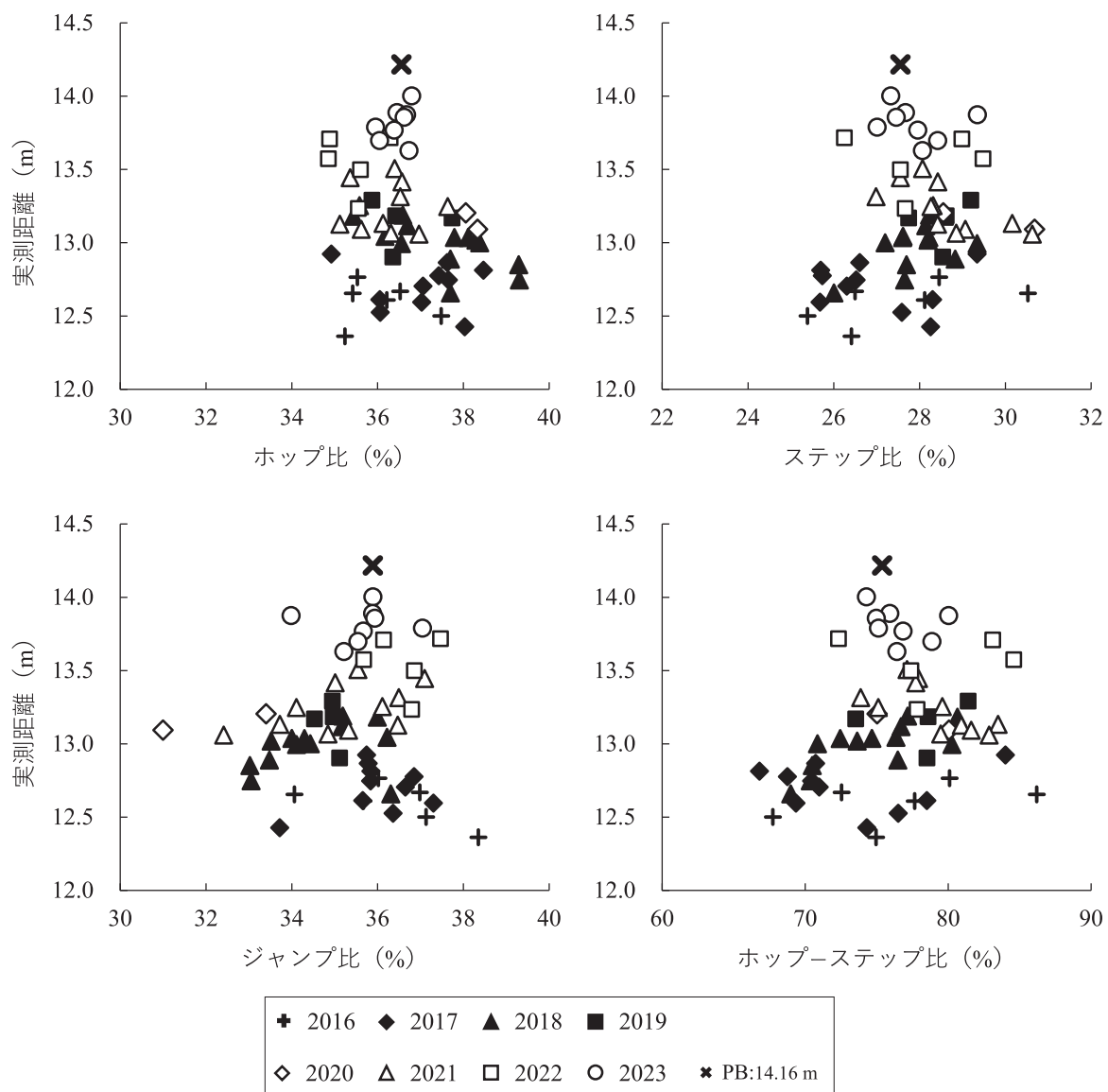


図3 分析試技における実測距離と各歩の跳躍比との関係

期間においても自己記録を 1.0 m 近く更新しており、分析試技の平均値をみても 2017 年度と比較して 2022 年度は約 0.8 m 大きい。すなわち、2022 年度までの期間では助走スピードの増大以外の要因によってパフォーマンスが向上していたことが示唆される。三段跳では走幅跳とは異なり一度の試技の中に三回の踏切局面が存在するため、各歩における技術的な要因がパフォーマンスに影響をおよぼす可能性が指摘されている。そのため、各歩の踏切局面で水平速度の維持と鉛直速度の獲得をどのように遂行するかについては、競技者ごとに差があることが指摘されている (Koh and Hay, 1990; Miller and Hay, 1986)。このことから、2022 年度までのパフォーマンス向上については、各歩における跳躍距離獲得の戦略を検討することで、その特徴を明らかにすることができる可能性がある。一方で、2017 年度以降は安定して 8.5 m/s 前後の助走最高スピードが出

ていることから、13 m 以上の記録を目指す女子競技者にとっては 8.5 m/s 前後のスピードを獲得できるスプリント能力を有することは重要な課題になると考えられる。

日本記録を更新した 2023 年度では、分析試技の助走最高スピードの平均値は 8.81 m/s であり、2022 年度までと比較して 0.2 m/s 近く増大しており、全ての分析試技の中での最大値は 8.91 m/s まで増大していた。柴田ほか (2019) は 14 m 台の記録を持つ女子三段跳競技者の助走最高スピードの平均値が 9.02 ± 0.22 m/s であること、14 m を目指すための助走最高スピードの目標値が 8.94 m/s 程度になることを明らかにしている。このような、先行研究の目標値に近い数値が本研究においても示されていることから、助走最高スピードの目標値は女子三段跳競技者がパフォーマンス向上を目指す際の有用な指標の一つになるといえる。

各歩の跳躍距離について、ホップ距離は2016年度から2020年度にかけて増大し、2021年度および2022年度でやや低下した後に2023年度で5.0 mを超え、日本記録を更新した試技ではホップ距離が5.20 mと最も大きい値を示していた。先述したように、助走最高スピードが2017年度から2022年度にかけて大きく向上していなかったことから、2017年度から2020年度にかけては、同程度の助走スピードに対してより大きなホップ距離の獲得を目指す戦略をとっていた可能性がある。あわせて、2020年度にかけてはホップ距離を増大させながら、ステップ距離も増大していく傾向がみられた。その結果としてホップとステップの合計距離であるホップステップ距離は2020年度の時点で9.0 m近くまで増大していた。柴田ほか(2019)の報告によると、女子三段跳における14 mに対するホップステップ距離の目標値は9.12 mであるため、ステップまでの獲得距離では2020年度の段階で14m 台の跳躍を狙うことができる可能性があったといえる。しかしながら、助走スピードの大きな向上がないままステップまでの距離を増大させたことで、2020年度まではジャンプ距離の大きな増大はなく、やや低下する傾向がみられた。三段跳において各歩の踏切局面では水平速度の減速を抑えることと、鉛直速度を獲得することが課題となる。そのため、ホップおよびステップ局面では水平速度の大きな減速を抑えるために過度に跳躍距離を獲得するのではなく、跳躍比をコントロールすることも重要な課題となる(Allen et al., 2013, 2016; Yu and Hay, 1996)。すなわち、2020年度までの跳躍ではホップおよびステップでの跳躍距離を増大させていたが、ホップおよびステップの踏切局面での水平速度の減速が大きかった可能性があり、その結果としてジャンプ距離が低下していたと考えられる。しかしながら、2020年度までの期間においても対象者のパフォーマンスは向上していたことから、ホップおよびステップでより大きな跳躍距離獲得を目指す戦略を否定する必要はなく、実際のコーチング現場では戦略の一つになると考えられる。

2021年度および2022年度はホップステップの跳躍距離を8.6 m程度に抑えながら、ジャンプ距離を平均値で4.66 m, 4.96 mと向上させていた。このことから、ホップステップ距離を増大させていた2020年度までとは異なる戦略を用いてパフォーマンスを向上させており、助走で獲得したスピードをジャンプの踏切局面まで維持する跳躍であったことが推察される。2022年度までの各歩の跳躍距離

の変化に対して、2023年度は助走最高スピードが増大し、ホップ距離は2020年度と同様に5.0 mを超える水準まで増大していた。また、ステップまでの距離も9.0 m前後まで増大しており、ホップ距離が大きく増大したにも関わらず、前年度と同様のジャンプ距離を獲得することができていた。このことから、助走最高スピードが増大したことで、ホップおよびステップの踏切局面で2020年度と同程度の水平速度の減少が生じたとしても、ジャンプの踏切接地時の水平速度は2021年度や2022年度と同程度であったと推察され、そのことがジャンプ距離の獲得に影響していたと考えられる。

各歩の跳躍比とパフォーマンスとの関係について、Hay(1992)はホップ距離およびジャンプ距離の跳躍距離全体に占める比率をもとに、ホップの比率が他の跳躍の比率と比較して2%以上大きい場合をホップ優位型、ジャンプ距離の比率が他の跳躍の比率と比較して2%以上大きい場合をジャンプ優位型、ホップとジャンプとの比較の差が2%より小さい場合をバランス型として3つの跳躍タイプに分類している。このような跳躍タイプから対象者の各年度における跳躍の特徴をみると、平均値では2018年および2020年度がホップ優位型、その他の年度ではバランス型であり、日本記録を更新した試技ではホップが36.6%、ステップが27.6%、ジャンプが35.9%とバランス型の跳躍であった。各歩の跳躍比と三段跳のパフォーマンスとの関係は競技レベルを問わずホップ、ステップおよびジャンプの比率はそれぞれ、35-40%、25-30%、30-40%の間に収束し、前述した比率から大きく外れるような跳躍ではパフォーマンスの達成率が大きく下がる可能性が指摘されている(柴田ほか, 2019)。対象者の各年度での跳躍比は、いずれも前述した範囲内であるとともに、図3に示したように2023年度は特にホップ比が36%前後に安定していた。ホップ比と比較するとステップ比およびジャンプ比は分析試技によるばらつきが大きい傾向がみられた。2023年度は前年度までと比較して高い水準でパフォーマンスが安定していたことから、助走最高スピードの向上とそれに伴って安定したホップ距離の獲得ができていたことがパフォーマンス向上に影響する要因であったと考えられる。さらに、2020年度と2023年度では同程度のホップ距離(5.0 m前後)を獲得しながらも跳躍タイプがホップ優位型からバランス型へと変化しており、2020年度から2023年度にかけて分析試技の平均値は約0.9 m増大していた。このような跳躍タイプの変化は13 m台前半の

パフォーマンスから 14 m 台のパフォーマンスを目指す際の一つのモデルとなる可能性があると考えられる。一方で、2020 年度から 2021 年度にかけての変化のように、ホップ優位型の競技者がホップ距離を減少させることでバランス型もしくはジャンプ優位型に跳躍タイプを変化させることも可能だといえる。しかしながら、本研究の期間においてもホップ距離が 2020 年度と同程度までに増大した 2023 年度に大きくパフォーマンスを向上させていたことから、パフォーマンス向上の過程でのホップ距離の減少は一時的なものにとどめ、ホップ距離を維持しながらジャンプ距離を増大させることでバランス型へ移行させていくことがパフォーマンス向上のための最適な戦略である可能性が示唆される。

ここまで、本研究の対象者が 13 m 前後のパフォーマンスから日本記録を更新するまでの助走最高スピードの変化および各歩の跳躍距離と跳躍比の変化を明らかにするとともに、跳躍タイプの変化についても検討を行った。次に、対象者がさらなるパフォーマンス向上を目指す際の助走最高スピードおよび各歩の跳躍距離の目標値についても検討する。まず、2023 年度に実施された世界選手権では参加標準記録が 14.52 m、2024 年度のオリンピック競技大会の参加標準記録が 14.55 m に設定されており、2023 年度の世界選手権における予選通過記録が 14.30 m であった。このことから、対象者の次のターゲット記録として 14.30 m から 14.50 m が想定される。柴田ほか (2019) が提示している女子三段跳における跳躍距離に対する助走の最高スピードと各歩の跳躍距離の推定式を用いると、前述したターゲット記録に対する各パラメータの目標値は、助走の最高スピードが 9.11 – 9.03 m/s、ホップ距離が 5.35 – 5.28 m、ステップ距離が 4.10 – 4.04 m、ジャンプ距離が 5.06 – 4.99 m、ホップステップ距離が 9.44 – 9.31 m となる。これを対象者が日本記録を更新した跳躍における助走最高スピードと各歩の跳躍距離と比較すると、ジャンプ距離は上記の目標値を上回っている。一方で、助走最高スピード、ホップおよびステップ距離とその合計であるホップステップ距離は目標値を下回っている。このことから、対象者のさらなるパフォーマンス向上のためには、助走最高スピードを 9.0 m/s 以上に向上させること、ホップ距離を 5.3 m 前後まで増大させることが重要な課題となることが示唆される。なお、対象者の 2020 年度までのパフォーマンス向上過程と同様に、現在の助走最高スピードを維持したままホップ距離を 5.3 m 前後まで増大させることができる可能性は

あるが、それに伴いジャンプ距離は一時的に低下することが予想される。このことから、最終的には助走最高スピードを向上させることは重要な課題であるといえるであろう。また、三段跳の記録に対する走幅跳記録の標準値を検討した研究では、14.50 m の三段跳記録に対して 6.75 – 6.27 m の走幅跳記録が必要になることが報告されている (犬井ほか, 2019)。対象者の 2023 年時点における走幅跳の自己記録は 6.10 m であることから、三段跳のパフォーマンス向上のために三段跳の関連種目である走幅跳のパフォーマンス向上を検討することも有効となる可能性が考えられる。

本研究では、助走最高スピードおよび各歩の跳躍距離の変化から、対象者の日本記録更新に至るまでの特徴について明らかにしてきた。一方で、踏切の各局面における詳細な動作、対象期間における対象者の体力特性の変化や実践現場における競技者と指導者の具体的なトレーニング、コーチング実践の取り組みについて検討することはできていない。陸上競技の研究においても実践研究の重要性が指摘されており (森丘ほか, 2021)、女子走幅跳競技者を例とした具体的なコーチング実践についての報告もなされている (木越ほか, 2021)。本研究の対象者は実際にシニア期において競技力を大きく向上させた女子三段跳競技者の貴重な事例である。今後の課題として、このようなコーチング実践の事例を蓄積するとともに、コーチング実践と本研究において提示したような定量的データの関係性について共有することで、コーチングやトレーニング現場への還元を検討することができれば、日本における女子三段跳のさらなる競技力向上に有益な知見になると考えられる。

V 結論

本研究の目的は、日本記録を更新した女子三段跳競技者を対象として日本記録更新までのパフォーマンスの向上と助走スピードおよび各歩の跳躍距離と跳躍比の縦断的变化との関係について事例的に検討することであった。

本研究の対象者は 2017 年度から 2020 年度までにかけては助走最高スピードを向上させることなく、ホップおよびステップの跳躍距離を増大させることでパフォーマンスを向上させていたが、この期間においてはジャンプ距離の増大はみられなかった。2021 年度および 2022 年度は助走最高スピードを維持しながら、ホップ距離を抑制することでホップお

よびステップ局面での水平速度の減少を小さくすることでジャンプ距離を増大させることでパフォーマンスを向上させていた。日本記録を更新した2023年度は助走最高スピードを向上させるとともに、ホップ距離を増大させながらもジャンプ距離を維持できていたことがパフォーマンス向上につながっていた。各年度においてパフォーマンス向上のための戦略および跳躍タイプに違いがみられたことから、今後は本研究の対象期間におけるコーチング実践の取り組みなどについて検討することができれば、日本における女子三段跳競技者のさらなる競技力向上に役立つと考えられる。

文献

- Allen, S. J., King, M. A. and Yeadon, M. R. (2013) Trade-offs between horizontal and vertical velocities during triple jumping and the effect on phase distances. *Journal of Biomechanics*, 46: 979-983.
- Allen, S. J., King, M. A. and Yeadon, M. R. (2016) Optimization of phase ratio in the triple jump using computer simulation. *Human Movement Science*, 46: 167-176.
- Hay, J. G. (1992) The biomechanics of triple jump: A review. *Journal of Sports Science*, 10: 343-378.
- 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*, 119: 30-39.
- 木越清信・山元康平・柴田篤志・犬井亮介 (2021) 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. *陸上競技研究紀要*, 17: 30-34.
- Koh, T. J. and Hay, J. G. (1990) Landing leg motion and performance in the horizontal jumps II: The triple jump. *International Journal of Sport Biomechanics*, 6 (4): 361-373.
- 小山宏之・村木有也・武田理・阿江通良・伊藤信之 (2006) 競技会における一流男女走幅跳, 三段跳および棒高跳選手の助走速度分析. *陸上競技研究紀要*, 2: 129-143.
- 小山宏之・村木有也・武田理・阿江通良・伊藤信之 (2007) 競技会における一流男女棒高跳, 走幅跳および三段跳選手の助走速度分析 (日本陸連科学委員会研究報告 第6巻 (2007) 陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2006). *陸上競技研究紀要*, 3: 104-122.
- 小山宏之・村木有也・柴山一仁・清水悠・阿江通良 (2012) 競技会における一流男女走幅跳および三段跳選手の助走スピード分析 (日本陸連科学委員会研究報告 第11巻 (2012) 陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2011). *陸上競技研究紀要*, 8: 46-64.
- Miller, J. A. and Hay, J. G. (1986) Kinematics of a world record and other world-class performances in the triple jump. *International Journal of Sport Biomechanics*, 2: 272-288.
- Muraki, Y., Koyama, H., Ae, M., Shibayama, K., and Yoshihara, A. (2009) Run-up velocity in the men's and women's triple jump at the 2007 IAAF World Championships in Athletics in Osaka (日本陸連科学委員会研究報告第8巻 (2009) 陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2008). *陸上競技研究紀要*, 5: 119-124.
- 森丘保典・福田厚治・田内健二・木越清信・榎本靖士 (2021) 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 -. *陸上競技研究紀要*, 17: 43-50.
- 岡部優真・片峯隆・野口安忠 (2021) 高校女子三段跳における国内競技レベルの変化: 全国規模の競技会における実施の有無に着目して. *びわこ成蹊スポーツ大学研究紀要*, 18: 77-85.
- 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.
- 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.
- 山元康平・柴田篤志・犬井亮介・木越清信 (2020) オリンピック競技大会参加資格としてのWA World ranking 跳躍種目の現状. *陸上競技研究*, 120: 21-29.
- Yu, B. and Hay, J. G. (1996) Optimum phase ratio in the triple jump. *Journal of Biomechanics*, 29: 1283-1289.

研究資料

近年の世界選手権男子 400m 走準決勝および決勝レースのレースパターンの特徴

山元 康平

福井工業大学ウェルネス & スポーツサイエンスセンター

1. 緒言

2023年ブダペスト世界選手権（以下、2023WC）の男子400m走予選において、佐藤拳太郎選手が44.77秒を記録し、高野進氏が1991年に記録した44.78秒の日本記録を32年振りに更新した。また、同準決勝では佐藤風雅選手が44.88秒を記録し、日本人選手3人目の44秒台を達成した。さらに、前年の2022年オレゴン世界選手権（以下、2022WC）では、4×400mリレーにおいて日本記録が更新され、4位入賞が達成された。我が国の短距離種目は、近年は100m走や4×100mリレーをはじめとするショートスプリント種目の活躍が目立っていたが、これら400m走や4×400mリレーの競技力向上は、個人およびリレー種目での五輪および世界選手権における決勝進出やメダル獲得を期待させるものであり、科学的小よび実践的研究による知見が寄与することが期待される。

400m走において高いパフォーマンスを達成するためには、高い最大スピードおよびその維持、それらを両立するための適切なペース配分が求められる（山元ほか、2019）。世界トップレベル競技者を対象とした研究では、古くはスピード維持の重要性が指摘されていたが（Coppennolle, 1980）、近年では最大スピードの高さやペース配分（レースパターン）の多様性も注目されている（Hanon and Gajer, 2009；山元, 2017）。五輪や世界選手権では、組織的なレース分析調査がたびたび行われてきたが（Brüggeman and Glad, 1990；Ferro et al., 2001；持田・杉田, 2010；山元ほか, 2015a, 2016；Pollitt et al., 2018）、近年では画像認識やセンサーによる分析技術の進歩により、ほぼリアルタイムの分析が行われ、2022WCおよび2023WCにおいては、World Athletics（以下、WA）の公式データとして、400m走中の100m毎の通過タイムがオフィシャルリザルトとともに発表された（WA, online

a, b）。これらの分析データは、国際競技会における世界トップレベル競技者のパフォーマンスの実態を知るうえで極めて貴重な実践的データであり、決勝進出やメダル獲得を目指すうえで有効な知見となることが期待できる。また、これまでの国際競技会における分析は、人的要因の限界等から決勝レースのみを対象とする場合が多かったが、決勝進出を目指す上では準決勝レースの分析も重要であると考えられる。準決勝レースに着目した研究は2015年北京世界選手権を対象とした山元ほか（2015b）の報告がみられる程度であり、2022WCおよび2023WCのデータをもとに、近年の男子400m走の世界大会決勝進出のためのレースパターンの実態について検討することは重要であると考えられる。

これらのことから本研究では、近年の世界選手権男子400m走の準決勝および決勝レースにおけるレースパターンの特徴について、準決勝通過者と落選者の違いや、準決勝突破のためのペース配分の目安、準決勝から決勝へのレースパターンの変化等の観点から検討し、準決勝突破および決勝レースのレースパターンの特徴に関する基礎的知見を示すことを目的とした。

2. 方法

(1) 対象者

2022年および2023年世界選手権における決勝進出者と、準決勝敗退の中で記録上位8名を分析対象とした（延べ32名）。

(2) 分析項目

各ラウンド（準決勝および決勝）の記録、PBおよびSBに対する達成率（以下、PB達成率およびSB達成率）を調査した（PB達成率またはSB達成率（%）＝PBまたはSB／当該ラウンドの記録・100）。

WAが報告している公式レース分析データを利用

表1 2022WC 男子 400m 準決勝および決勝レースにおけるレース分析データ

| 準決勝レース | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|----------------------|------------|---------|---------|-------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------|-----------|-----------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------|------------|------|
| 競技者名 | 国 | レース記録 秒 | 達成率 | | 通過 | PB/SB | | | | 通過タイム | | | 区間タイム | | | | 前後半差 秒 | 相対ペース 秒 | |
| | | | PB % | SB % | | 400mPB 秒 | 400mSB 秒 | 200mPB 秒 | 200mSB 秒 | 100m 秒 | 200m 秒 | 300m 秒 | 100-200m 秒 | 200-300m 秒 | 300-400m 秒 | 200-400m 秒 | | | |
| 突破 | Michael NORMAN | USA | 44.30 | 98.1 | 98.3 | Q | 43.45 | 43.56 | 19.70 | 19.76 | 10.85 | 21.16 | 32.19 | 10.31 | 11.03 | 12.11 | 23.14 | 1.98 | 1.46 |
| | Matthew HUDSON-SMITH | GBR | 44.38 | 99.9 | 99.9 | Q | 44.35 | 44.35 | 20.60 | 20.68 | 10.95 | 21.06 | 32.02 | 10.11 | 10.96 | 12.36 | 23.32 | 2.26 | 0.46 |
| | Champion ALLISON | USA | 44.71 | 97.7 | 97.7 | Q | 43.70 | 43.70 | 20.71 | | 11.34 | 21.72 | 32.86 | 10.38 | 11.14 | 11.85 | 22.99 | 1.27 | 1.01 |
| | Kirani JAMES | GRN | 44.74 | 97.8 | 98.4 | Q | 43.74 | 44.02 | 20.63 | | 10.99 | 21.35 | 32.64 | 10.36 | 11.29 | 12.10 | 23.39 | 2.04 | 0.72 |
| | Wayde VAN NIEKERK | RSA | 44.75 | 96.2 | 99.1 | Q | 43.03 | 44.33 | 19.84 | | 10.84 | 20.97 | 32.35 | 10.13 | 11.38 | 12.40 | 23.78 | 2.81 | 1.13 |
| | Jonathan JONES | BAR | 44.78 | 99.2 | 99.2 | q | 44.43 | 44.43 | 21.16 | | 11.27 | 21.49 | 32.57 | 10.22 | 11.08 | 12.21 | 23.29 | 1.80 | 0.33 |
| | Bayapo NDORI | BOT | 44.94 | 99.8 | 99.8 | Q | 44.87 | 44.87 | 20.85 | 20.85 | 11.28 | 21.73 | 32.77 | 10.45 | 11.04 | 12.17 | 23.21 | 1.48 | 0.88 |
| | Christopher TAYLOR | JAM | 44.97 | 99.2 | 99.2 | q | 44.63 | 44.63 | 20.35 | 20.70 | 11.16 | 21.66 | 32.89 | 10.50 | 11.23 | 12.08 | 23.31 | 1.65 | 1.31 |
| 落選 | Muzala SAMUKONGA | ZAM | 45.02 | 99.2 | 99.2 | | 44.66 | 44.66 | 20.48 | 20.48 | 11.45 | 22.03 | 33.15 | 10.58 | 11.12 | 11.87 | 22.99 | 0.96 | 1.55 |
| | Alex HAYDOCK-WILSON | GBR | 45.08 | 100.0 | 100.0 | | 45.08 | 45.08 | 20.86 | 20.86 | 11.46 | 21.88 | 32.90 | 10.42 | 11.02 | 12.18 | 23.20 | 1.32 | 1.02 |
| | Zakhiti NENE | RSA | 45.24 | 98.9 | 98.9 | | 44.74 | 44.74 | 20.72 | 20.90 | 10.92 | 21.28 | 32.68 | 10.36 | 11.40 | 12.56 | 23.96 | 2.68 | 0.56 |
| | Kevin BORLÉE | BEL | 45.26 | 98.5 | 99.7 | | 44.56 | 45.12 | 20.72 | 21.04 | 11.39 | 21.81 | 33.00 | 10.42 | 11.19 | 12.26 | 23.45 | 1.64 | 1.09 |
| | Michael CHERRY | USA | 45.28 | 97.2 | 97.8 | | 44.03 | 44.28 | 20.72 | | 11.23 | 21.85 | 32.92 | 10.62 | 11.07 | 12.36 | 23.43 | 1.58 | 1.13 |
| | Dylan BORLÉE | BEL | 45.41 | 99.5 | 99.5 | | 45.18 | 45.18 | 21.05 | 21.05 | 11.33 | 21.82 | 33.01 | 10.49 | 11.19 | 12.40 | 23.59 | 1.77 | 0.77 |
| | Liemarvin BONEVACIA | NED | 45.50 | 97.8 | 99.3 | | 44.48 | 45.17 | 20.45 | 20.62 | 11.54 | 21.77 | 32.86 | 10.23 | 11.09 | 12.64 | 23.73 | 1.96 | 1.32 |
| | Mikhail LITVIN | KAZ | 45.63 | 99.2 | 100.0 | | 45.25 | 45.63 | 20.88 | 21.30 | 11.37 | 21.67 | 33.04 | 10.30 | 11.37 | 12.59 | 23.96 | 2.29 | 0.79 |
| 平均値 SD | 突破群 | 平均値 | 44.70 | 98.5 | 99.0 | | 44.03 | 44.24 | 20.48 | 20.50 | 11.09 | 21.39 | 32.54 | 10.31 | 11.14 | 12.16 | 23.30 | 1.91 | 0.91 |
| | SD | | 0.24 | 1.3 | 0.8 | | 0.64 | 0.45 | 0.50 | 0.50 | 0.20 | 0.30 | 0.32 | 0.14 | 0.14 | 0.17 | 0.23 | 0.48 | 0.40 |
| 平均値 SD | 落選群 | 平均値 | 45.30 | 98.8 | 99.3 | | 44.75 | 44.98 | 20.74 | 20.89 | 11.34 | 21.76 | 32.95 | 10.43 | 11.18 | 12.36 | 23.54 | 1.78 | 1.03 |
| | SD | | 0.20 | 0.9 | 0.7 | | 0.41 | 0.41 | 0.20 | 0.28 | 0.19 | 0.22 | 0.14 | 0.13 | 0.14 | 0.26 | 0.34 | 0.54 | 0.32 |
| 差の検定 | 突破vs落選 | | * | | | | * | * | | | * | * | * | | | | | | |
| 決勝レース | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 決勝 | Michael NORMAN | USA | 44.29 | 98.1 | 98.4 | | 43.45 | 43.56 | 19.70 | 19.76 | 10.83 | 21.12 | 32.04 | 10.29 | 10.92 | 12.25 | 23.17 | 2.05 | 1.42 |
| | Kirani JAMES | GRN | 44.48 | 98.3 | 99.0 | | 43.74 | 44.02 | 20.63 | | 10.81 | 20.95 | 31.98 | 10.14 | 11.03 | 12.50 | 23.53 | 2.58 | 0.32 |
| | Matthew HUDSON-SMITH | GBR | 44.66 | 99.3 | 99.3 | | 44.35 | 44.35 | 20.60 | 20.68 | 10.98 | 21.14 | 32.13 | 10.16 | 10.99 | 12.53 | 23.52 | 2.38 | 0.54 |
| | Champion ALLISON | USA | 44.77 | 97.6 | 97.6 | | 43.70 | 43.70 | 20.71 | | 11.22 | 21.57 | 32.76 | 10.35 | 11.19 | 12.01 | 23.20 | 1.63 | 0.86 |
| | Wayde VAN NIEKERK | RSA | 44.97 | 95.7 | 98.6 | | 43.03 | 44.33 | 19.84 | | 10.98 | 21.33 | 32.21 | 10.35 | 10.88 | 12.76 | 23.64 | 2.31 | 1.49 |
| | Bayapo NDORI | BOT | 45.29 | 99.1 | 99.1 | | 44.87 | 44.87 | 20.85 | 20.85 | 11.05 | 21.45 | 32.62 | 10.40 | 11.17 | 12.67 | 23.84 | 2.39 | 0.60 |
| | Christopher TAYLOR | JAM | 45.30 | 98.5 | 98.5 | | 44.63 | 44.63 | 20.35 | 20.70 | 10.91 | 21.43 | 32.81 | 10.52 | 11.38 | 12.49 | 23.87 | 2.44 | 1.08 |
| | Jonathan JONES | BAR | 46.13 | 96.3 | 96.3 | | 44.43 | 44.43 | 21.16 | | 11.07 | 21.46 | 32.86 | 10.39 | 11.40 | 13.27 | 24.67 | 3.21 | 0.30 |
| 平均値 SD | 決勝 | 平均値 | 44.99 | 97.9 | 98.3 | | 44.03 | 44.24 | 20.48 | 20.50 | 10.98 | 21.31 | 32.43 | 10.33 | 11.12 | 12.56 | 23.68 | 2.37 | 0.83 |
| | SD | | 0.58 | 1.3 | 1.0 | | 0.64 | 0.45 | 0.50 | 0.50 | 0.13 | 0.21 | 0.37 | 0.13 | 0.20 | 0.37 | 0.48 | 0.45 | 0.47 |
| 差の検定 | 決勝vs準決勝 | | | | | | | | | | | | | | | * | | | |

*:p<0.05

した。報告されている100m毎の通過タイムをもとに、先行研究を参考に以下の項目を算出した(山元ほか, 2014, 2015, 2017, 2019)。データが一部でも欠損している競技者(例えば, 300mの通過タイムがない)は分析から除外した。また, 対象者の基礎的なスピード能力の指標として, 200m走のPBおよびSBについて, WAの公式年間ランキングから調査した(山元ほか, 2019; WA, online c)。

① 区間タイム

100m毎および200m毎の区間タイムを算出した(0-100mタイム, 100-200mタイム, 200-300mタイム, 300-400mタイム, 0-200mタイム, 200-400mタイム)。

② 前後半差

レース前半の200mタイム(0-200mタイム)とレース後半の200mタイム(200-400mタイム)の差を前後半差とした。前後半差はレース全体のスピード低下を簡易的に評価する指標である

(山元ほか, 2015a)

③ 相対ペース

対象者の基礎的なスピード能力(以下, 200m走自己記録: 200mPB)をもとにした相対的なペース配分の指標として, 200mPBとレース前半の200mタイムの差を「相対ペース」として算出した(山元ほか, 2019)。相対ペースは, 値が大きいくほど, 最大スピードに対してレース前半を余力をもって通過していることを表す。

(3) データ処理

全ての分析項目は平均値±標準偏差(以下, Standard Deviation: SD)で示した。群間の差の検定には, 準決勝レースにおける突破群と落選群の比較には対応のないt検定を, 決勝進出者の決勝レースと準決勝レースの比較には対応のあるt検定を用いた。群間の差の検定は, は, 2022年, 2023年それぞれに対して行った。統計処理には統計処理

表2 2023WC 男子 400m 準決勝および決勝レースにおけるレース分析データ

| 準決勝レース | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|----------------------------|------------|---------|---------|-------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------|-----------|-----------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------|------------|-------|
| 競技者名 | 国 | レース記録 秒 | 達成率 | | 通過 | PB/SB | | | | 通過タイム | | | 区間タイム | | | | 前後半差 秒 | 相対ペース 秒 | |
| | | | PB % | SB % | | 400mPB 秒 | 400mSB 秒 | 200mPB 秒 | 200mSB 秒 | 100m 秒 | 200m 秒 | 300m 秒 | 100-200m 秒 | 200-300m 秒 | 300-400m 秒 | 200-400m 秒 | | | |
| 突破 | Antonio WATSON | JAM | 44.13 | 100.0 | 100.0 | Q | 44.13 | 44.13 | 20.49 | 20.49 | 11.11 | 21.01 | 32.12 | 9.90 | 11.11 | 12.01 | 23.12 | 2.11 | 0.52 |
| | Vernon NORWOOD | USA | 44.26 | 100.0 | 100.0 | Q | 44.26 | 44.26 | 20.30 | 20.41 | 11.21 | 21.51 | 32.98 | 10.30 | 11.47 | 11.28 | 22.75 | 1.24 | 1.21 |
| | Matthew HUDSON-SMITH | GBR | 44.26 | 100.0 | 100.0 | Q | 44.26 | 44.26 | 20.56 | 20.56 | 10.97 | 21.06 | 32.23 | 10.09 | 11.17 | 12.03 | 23.20 | 2.14 | 0.50 |
| | Quincy HALL | USA | 44.43 | 99.9 | 99.9 | Q | 44.37 | 44.37 | 21.65 | | 11.23 | 21.56 | 32.58 | 10.33 | 11.02 | 11.85 | 22.87 | 1.31 | -0.09 |
| | Kirani JAMES | GRN | 44.58 | 98.2 | 99.4 | Q | 43.76 | 44.30 | 20.41 | | 10.82 | 20.85 | 32.25 | 10.03 | 11.40 | 12.33 | 23.73 | 2.88 | 0.44 |
| | Wayde VAN NIEKERK | RSA | 44.65 | 96.5 | 98.7 | q | 43.08 | 44.08 | 19.84 | | 10.94 | 21.04 | 32.35 | 10.10 | 11.31 | 12.30 | 23.61 | 2.57 | 1.20 |
| | Håvard Bentsdal INGVALDSEN | NOR | 44.70 | 99.3 | 99.3 | q | 44.39 | 44.39 | 20.68 | 20.68 | 11.16 | 21.30 | 32.76 | 10.14 | 11.46 | 11.94 | 23.40 | 2.10 | 0.62 |
| | Sean BAILEY | JAM | 44.94 | 98.9 | 98.9 | Q | 44.43 | 44.43 | 20.92 | | 11.08 | 21.40 | 32.91 | 10.32 | 11.51 | 12.03 | 23.54 | 2.14 | 0.48 |
| 落選 | Jereem RICHARDS | TTO | 44.76 | 99.5 | 99.5 | | 44.54 | 44.54 | 19.80 | | 10.92 | 20.91 | 32.20 | 9.99 | 11.29 | 12.56 | 23.85 | 2.94 | 1.11 |
| | Fuga SATO | JPN | 44.88 | 100.0 | 100.0 | | 44.88 | 44.88 | 20.72 | 20.83 | 10.96 | 21.09 | 32.61 | 10.13 | 11.52 | 12.27 | 23.79 | 2.70 | 0.37 |
| | Kentaro SATO | JPN | 44.99 | 99.5 | 99.5 | | 44.77 | 44.77 | 20.70 | 20.70 | 11.16 | 21.44 | 32.72 | 10.28 | 11.28 | 12.27 | 23.55 | 2.11 | 0.74 |
| | Attila MOLNÁR | HUN | 45.02 | 99.6 | 99.6 | | 44.84 | 44.84 | 21.03 | 21.03 | 11.04 | 21.21 | 32.55 | 10.17 | 11.34 | 12.47 | 23.81 | 2.60 | 0.18 |
| | Yuki Joseph NAKAJIMA | JPN | 45.04 | 100.0 | 100.0 | | 45.04 | 45.04 | 21.07 | | 11.23 | 21.56 | 32.94 | 10.33 | 11.38 | 12.10 | 23.48 | 1.92 | 0.49 |
| | Liemarvin BONEVACIA | NED | 45.23 | 98.3 | 99.0 | | 44.48 | 44.78 | 20.45 | 20.94 | 11.32 | 21.45 | 32.78 | 10.13 | 11.33 | 12.45 | 23.78 | 2.33 | 1.00 |
| | Davide RE | ITA | 45.29 | 98.9 | 99.5 | | 44.77 | 45.07 | 20.69 | | 11.33 | 21.69 | 33.19 | 10.36 | 11.50 | 12.10 | 23.60 | 1.91 | 1.00 |
| | Zandrión BARNES | JAM | 45.38 | 98.9 | 98.9 | | 44.90 | 44.90 | 21.14 | 21.05 | 11.16 | 21.48 | 32.70 | 10.32 | 11.22 | 12.68 | 23.90 | 2.42 | 0.34 |
| 平均値 SD | 突破群 | 平均値 | 44.49 | 99.1 | 99.5 | | 44.09 | 44.28 | 20.61 | 20.54 | 11.07 | 21.22 | 32.52 | 10.15 | 11.31 | 11.97 | 23.28 | 2.06 | 0.61 |
| | SD | 0.27 | 1.2 | 0.5 | | 0.46 | 0.12 | 0.52 | 0.11 | 0.14 | 0.26 | 0.33 | 0.15 | 0.19 | 0.32 | 0.35 | 0.56 | 0.42 | |
| 平均値 SD | 落選群 | 平均値 | 45.07 | 99.3 | 99.5 | | 44.78 | 44.85 | 20.70 | 20.91 | 11.14 | 21.35 | 32.71 | 10.21 | 11.36 | 12.36 | 23.72 | 2.37 | 0.65 |
| | SD | 0.21 | 0.6 | 0.4 | | 0.19 | 0.17 | 0.43 | 0.15 | 0.16 | 0.26 | 0.29 | 0.13 | 0.11 | 0.21 | 0.15 | 0.37 | 0.36 | |
| 差の検定 | 突破vs落選 | * | | | | * | * | | | | | | | * | * | | | | |

| 決勝レース | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|---------|------------|-------|-------|------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------|-----------|-----------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------|------------|------|
| 競技者名 | 国 | レース記録 秒 | 達成率 | 達成率 | 通過 | 400mPB 秒 | 400mSB 秒 | 200mPB 秒 | 200mSB 秒 | 100m 秒 | 200m 秒 | 300m 秒 | 100-200m 秒 | 200-300m 秒 | 300-400m 秒 | 200-400m 秒 | 前後半差 秒 | 相対ペース 秒 | |
| Antonio WATSON | JAM | 44.22 | 99.8 | 99.8 | | 44.13 | 44.13 | 20.49 | 20.49 | | | | 9.98 | 10.91 | 12.34 | 23.25 | 2.19 | 0.50 | |
| Matthew HUDSON-SMITH | GBR | 44.31 | 99.9 | 99.9 | | 44.26 | 44.26 | 20.56 | 20.56 | 11.08 | 21.06 | 31.97 | 9.98 | 10.91 | 12.34 | 23.25 | 2.19 | 0.50 | |
| Quincy HALL | USA | 44.37 | 100.0 | 100.0 | | 44.37 | 44.37 | 21.65 | | 11.39 | 21.57 | 32.51 | 10.18 | 10.94 | 11.86 | 22.80 | 1.23 | -0.08 | |
| Vernon NORWOOD | USA | 44.39 | 99.7 | 99.7 | | 44.26 | 44.26 | 20.30 | 20.41 | 11.20 | 21.36 | 32.98 | 10.16 | 11.62 | 11.41 | 23.03 | 1.67 | 1.06 | |
| Sean BAILEY | JAM | 44.96 | 98.8 | 98.8 | | 44.43 | 44.43 | 20.92 | | 11.18 | 21.67 | 32.90 | 10.49 | 11.23 | 12.06 | 23.29 | 1.62 | 0.75 | |
| Håvard Bentsdal INGVALDSEN | NOR | 45.08 | 98.5 | 98.5 | | 44.39 | 44.39 | 20.68 | 20.68 | 11.39 | 21.66 | 32.91 | 10.27 | 11.25 | 12.17 | 23.42 | 1.76 | 0.98 | |
| Wayde VAN NIEKERK | RSA | 45.11 | 95.5 | 97.7 | | 43.08 | 44.08 | 19.84 | | 11.05 | 21.35 | 32.44 | 10.30 | 11.09 | 12.67 | 23.76 | 2.41 | 1.51 | |
| Kirani JAMES | GRN | DQ | | | | 43.76 | 44.30 | 20.41 | | | | | | | | | | | |
| 平均値 SD | 決勝 | 平均値 | 44.63 | 98.9 | 99.2 | | 44.09 | 44.28 | 20.61 | 20.54 | 11.22 | 21.45 | 32.62 | 10.23 | 11.17 | 12.09 | 23.26 | 1.81 | 0.79 |
| | SD | 0.40 | 1.6 | 0.9 | | 0.47 | 0.13 | 0.56 | 0.11 | 0.15 | 0.24 | 0.39 | 0.17 | 0.26 | 0.43 | 0.33 | 0.42 | 0.54 | |
| 差の検定 | 決勝vs準決勝 | | | | | | | | | * | | | | * | | | | | |

*:p<0.05

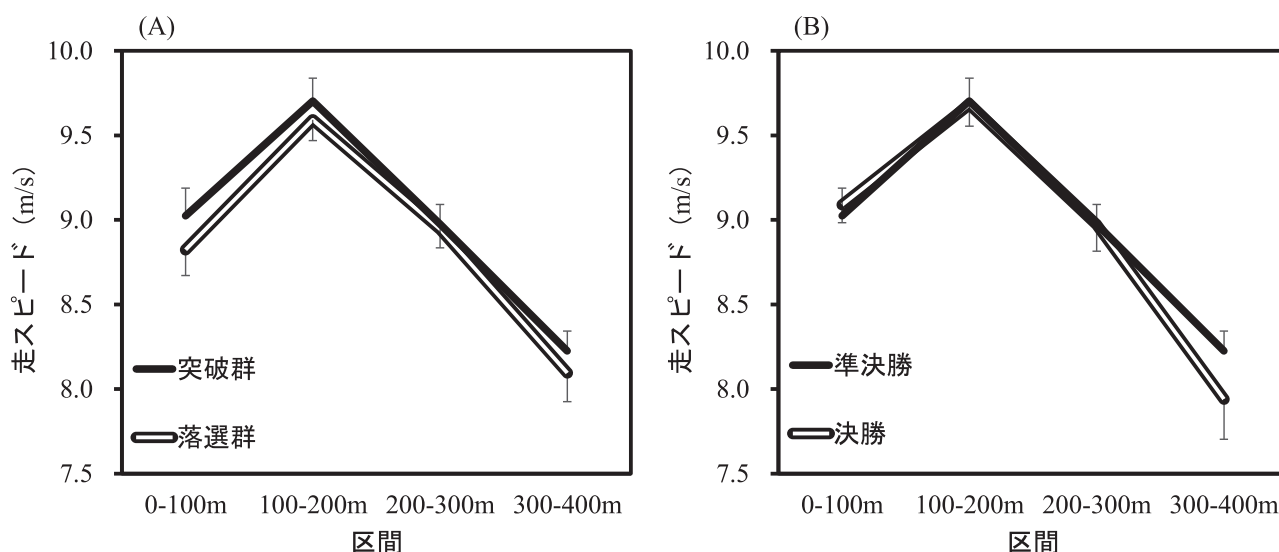


図1 2022WC 男子 400m 準決勝および決勝レースにおける走スピードの比較
 (A) 準決勝突破群と落選群の比較 (B) 決勝進出者の準決勝と決勝の比較

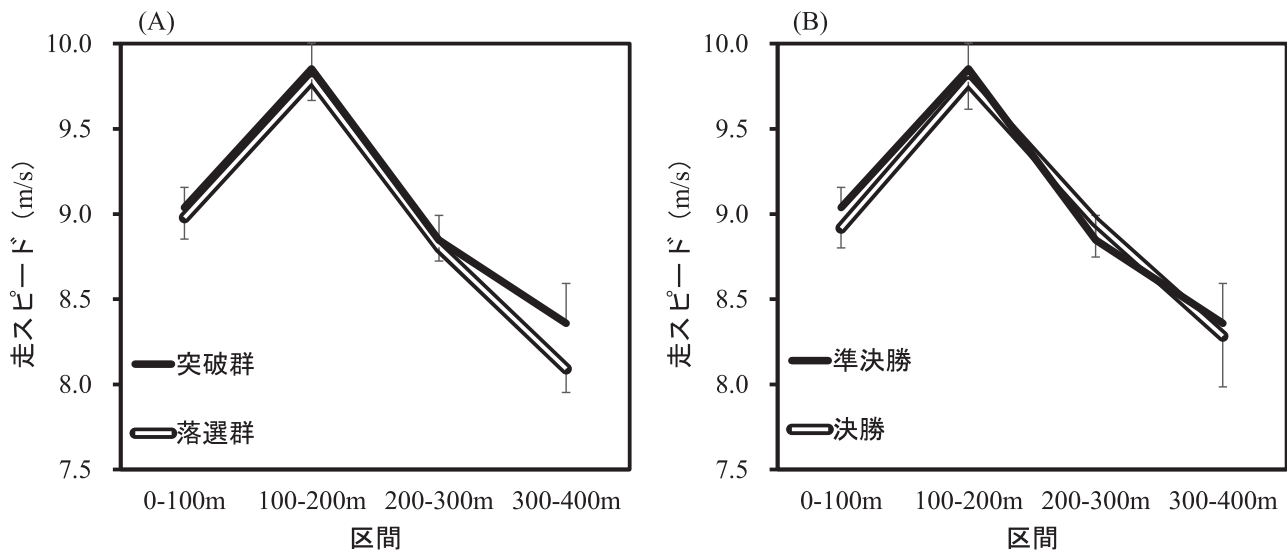


図2 2023WC男子400m準決勝および決勝レースにおける走スピードの比較
 (A) 準決勝突破群と落選群の比較 (B) 決勝進出者の準決勝と決勝の比較

ソフト (SPSS Statistics 29.0, IBM 社製) を用い、有意水準は 5% とした。

3. 結果

表1はWC2022準決勝および決勝レースの分析項目を示したものである。また表2は、同様に2023WCの分析項目を示したものである。さらに、図1Aは、2022WC準決勝レースにおける突破群と落選群の走スピードの変化を比較したものである。図1Bは同大会の突破群の決勝レースおよび準決勝レースの走スピードの変化を比較したものである。図2AおよびBは、同様に2023WCにおける走スピードの変化を比較したものである (A: 突破群 vs 落選群; B: 突破群決勝レース vs 突破群準決勝レース)。

2022WCの準決勝レースにおける突破群と落選群の比較では、400mPB, 400mSB, 100-200-300m通過タイムに有意な差が認められ、いずれも突破群が高値を示した ($p < 0.05$)。2022WCの決勝進出者の決勝レースと準決勝レースの比較では、300-400m区間タイムに有意な差が認められ、決勝レースが有意に低値を示した ($p < 0.05$)。2023WCの準決勝レースにおける突破群と落選群の比較では、レース記録, 400mPB, 400mSB, 300-400m区間タイムおよび200-400m区間タイムに有意な差が認められ、いずれも突破群が高値を示した ($p < 0.05$)。2023WCの決勝進出者の決勝レースと準決勝レースの比較では、100m通過タイムおよび300-400m区間タイムに有意な差が認められ、決勝レースが有意に低値を示した ($p < 0.05$)。

4. 考察

本研究の目的は、近年の世界選手権男子400m走の準決勝および決勝レースにおけるレースパターンの特徴について、準決勝通過者と落選者の違いや、準決勝突破のためのペース配分の目安、準決勝から決勝へのレースパターンの変化等の観点から検討し、準決勝突破および決勝レースのレースパターンの特徴に関する基礎的知見を示すことであった。以下では、準決勝突破者のレースパターンの特徴および準決勝から決勝へのレースパターンの変化について考察を加える。

まず、準決勝突破者のレースパターンの特徴について、準決勝レースにおける準決勝突破者と落選者を比較する。2022WCおよび2023WCともに、レース記録は当然ながら突破群が高い値を示したが、400mPBおよびSBにおいても突破群が高値を示し、PBおよびSB達成率に有意な差は認められなかった (両群の平均値は99%以上)。これらの結果は先行研究の報告と同様であり (山元, 2021)、決勝進出のためには、44秒台中盤以上の高い自己記録を有するとともに、準決勝において達成率99%以上の高い実力発揮が求められることを改めて示したといえる。また、400m走競技者のスピード能力の指標となる200m走能力については (山元ほか, 2019)、突破群と落選群に有意な差は認められなかったものの、両群の200mPBおよびSBは、平均値で20.5-20.9秒であり、200mにおいて日本トップレベルに相当する基礎的な最大走スピード能力を有することが、400m走において世界大会で決勝進出するためには必要に

なると考えられる。なお、44 秒台を達成した佐藤拳太郎選手および佐藤風雅選手の 200mPB はそれぞれ 20.70 秒および 20.72 秒であり、この水準に相当する記録を有しているといえる。また、100m 毎の通過タイムおよび区間タイムからみたレースパターンについては、2022WC と 2023WC において異なる傾向がみられた。2022WC においては、突破群と落選群との間に 100m 通過タイムに有意な差が認められ、以降の区間タイムには有意な差は認められなかった。すなわち、2022WC においては、スタートから 100m というレース序盤のスピードが両群の差に影響していた。一方で、2023WC においては、300m までの通過タイムおよび区間タイムには有意な差は認められず、レース終盤である 300-400m 区間タイムおよび 200-400m 区間タイムに有意な差が認められた。したがって、2023WC においては、レース終盤のスピードの維持が両群の差に影響していたといえる。山元ほか (2015) は、2015 年北京世界選手権の準決勝レースを分析し、決勝進出者と落選者の違いは、300-400m の走スピードにあったことを報告しており、この報告は本研究の 2023WC の結果に一致する。一方で、世界トップレベル競技者を対象とした 400m 走のレースパターンに関する研究を概観すると、古くはスピード維持の重要性が指摘されていたが (Coppennolle, 1980)、近年では最大スピードの高さやレースパターンの多様性が注目されている (Hanon and Gajer, 2009 ; 山元, 2017)。これらの結果および先行研究の報告から、400 m 走の決勝進出のためには、個人の能力を最大限に発揮できるレースパターンを前提としながらも、レース前半から終盤まで高い走スピードを発揮することが重要であることや、大会によって差がつく局面が異なる可能性があることから、様々なパターンのレースに対応できる準備が必要であることを示すものと考えられる。また、これらの結果は、単一のレース分析の結果からレースパターンに関する一般的法則を導くことの限界を示唆するものといえる。さらに、準決勝突破を想定した具体的なレースパターンとして、両大会の突破群の準決勝レースにおける平均値から、レース記録は 44.5-44.7 秒 (2022WC: 44.70 ± 0.24 秒 ; 2023WC : 44.49 ± 0.27 秒)、100m 毎の通過タイムは、100m: 11.0-11.1 秒 (2022WC: 11.09 ± 0.20 秒 ; 2023WC : 11.07 ± 0.14 秒)、200m: 21.2-21.3 秒 (2022WC: 21.39 ± 0.30 秒 ; 2023WC: 21.22 ± 0.26 秒)、32.5 秒 (2022WC : 32.54 ± 0.32 秒 ; 2023WC : 32.52 ± 0.33 秒)、300-400m 区間タイムは 12.0-12.1 秒 (2022WC: 12.16 ± 0.17 秒 ; 2023WC: 11.97 ± 0.32 秒)、

レースの前後半差は 2.0 秒程度 (2022WC : 1.91 ± 0.48 秒 ; 2023WC : 2.06 ± 0.56 秒) が目安になると考えられる。これらの値は先行研究のモデルレースパターンと概ね一致しており (山元, 2017)、競技者およびコーチがトレーニングおよびレース戦略を検討する上で目安になると考えられる。

次に、準決勝突破者のレースパターンの特徴および準決勝から決勝へのレースパターンの変化について、準決勝レースと決勝レースを比較する。両大会において、準決勝から決勝において、レース記録は全体の平均値では向上はみられなかった。また、レースパターンをみると、両大会において、決勝レースの 300-400m 区間タイムが低値を示した。レース前半のタイムが決勝において極端に速いことや相対ペースが著しく高いことは確認できないため、このようなレース終盤の失速が、レース前半のオーバーペースに起因するものであるかは、本研究からは断定することはできないが、ペースのみならず、疲労の蓄積や技術的・心理的な要因が影響している考えられる。このことは、世界トップレベル競技者においても、決勝でさらに高い記録を達成することは容易ではないことを示すものであると同時に、メダル獲得を目指す上では、決勝において十分に実力を発揮するための準備が必要であることを改めて示すものであるといえる。そのためには、大会期間中の短期間で高いレベルのレースを複数本達成できるための専門的な体力的準備やコンディショニングが必要であると推察され、リレー種目も含めて、日本人選手が決勝進出の先のさらに高い競技成績を達成するための課題となることが考えられる。

5. 結論

本研究の目的は、近年の世界選手権男子 400m 走の準決勝および決勝レースにおけるレースパターンの特徴について、準決勝通過者と落選者の違いや、準決勝突破のためのペース配分の目安、準決勝から決勝へのレースパターンの変化等の観点から検討し、準決勝突破および決勝レースのレースパターンの特徴に関する基礎的知見を示すことであった。2022 年および 2023 年世界選手権における決勝進出者と、準決勝敗退の中で記録上位 8 名を対象に、準決勝および決勝レースにおけるレースパターンについて検討した。

主な結果は、以下のとおりである。

- (1) 2022WC の準決勝レースにおける突破群と

落選群の比較では、400mPB, 400mSB, 100-200-300m 通過タイムに有意な差が認められ、いずれも突破群が高値を示した。

- (2) 2022WC の決勝進出者の決勝レースと準決勝レースの比較では、300-400m 区間タイムに有意な差が認められ、決勝レースが有意に低値を示した。
- (3) 2023WC の準決勝レースにおける突破群と落選群の比較では、レース記録、400mPB, 400mSB, 300-400m 区間タイムおよび200-400m 区間タイムに有意な差が認められ、いずれも突破群が高値を示した。
- (4) 2023WC の決勝進出者の決勝レースと準決勝レースの比較では、100m 通過タイムおよび300-400m 区間タイムに有意な差が認められ、決勝レースが有意に低値を示した。

これらの結果から、男子 400 m 走において世界大会の決勝に進出するためには、個人の能力を最大限に発揮できるレースパターンを前提としながらも、レース前半から終盤まで高い走スピードを発揮することが重要であることや、大会によって差がつく局面が異なる可能性があることから、様々なパターンのレースに対応できる準備が必要であることが示された。

文献

- Brüggeman, G-P. and Glad, B. (1990) Time analysis of the sprint events. Scientific Research Project at the Games of the XXXIV the Olympiad-Seoul 1988 Final Report. International Athletic Foundation.: Monaco, pp. 11-90.
- Coppenolle, H. Van. (1980) Analysis of 200-meters intermediate times for 400-meters world-class runners. Track & Field Quarterly Review. Summer, 80 : 37-39.
- Ferro, A., Rivera, A., Pagola. I., Ferreruela, M., Martin, A. and Rocandio, V. (2001) Biomechanical analysis of the 7th World Championships in Athletics Seville 1999. New Studies in Athletics, 16 (1) : 25-60.
- Hanon, C. and Gajer, B. (2009) Velocity and stride parameters of world-class 400-meter athletes compared with less experienced runners. J. of Strength and Conditioning Research, 23 : 524-531.
- 持田 尚・杉田正明 (2010) 2007 世界陸上競技選手権大阪大会における決勝 400m 走レースのバイオメカニクス分析. 第 11 回世界陸上競技選手権大会 日本陸上競技連盟バイオメカニクス研究班報告書 世界一流陸上競技者のパフォーマンスと技術. 財団法人日本陸上競技連盟: 東京, pp. 51-75.
- Pollitt, L., Walker, J., Tucker, C., Bissas, A. & Merlino, S. (2018). Biomechanical analysis for the IAAF World Championships London 2017 400 m Men's. Leeds: Leeds Beckett University; Carnegie School of Sports.
- World Athletics (online a) WORLD ATHLETICS CHAMPIONSHIPS OREGON22. <https://worldathletics.org/competitions/world-athletics-championships/world-athletics-championships-oregon-2022-7137279> (accessed 2024-1-1).
- World Athletics (online b) WORLD ATHLETICS CHAMPIONSHIPS BUDAPEST 23. <https://worldathletics.org/competitions/world-athletics-championships/world-athletics-championships-budapest-2023-7138987> (accessed 2024-1-1).
- World Athletics (online c) Toplists. <https://www.Worldathletics.org/records/toplists/> (accessed 2023-1-1).
- 山元康平・宮代賢治・内藤 景・木越清信・谷川 聡・大山卞圭悟・宮下 憲・尾縣 貢 (2014) 陸上競技男子 400m 走におけるレースパターンとパフォーマンスとの関係. 体育学研究, 59 (1) : 159 - 173.
- 山元康平・高橋恭平・広川龍太郎・松林武生・小林海・松尾彰文・柳谷登志雄 (2015a) 2015 年主要競技会における男女 400m 走のレース分析. 陸上競技研究紀要, 11 : 128-134.
- 山元康平・高橋恭平・広川龍太郎・松林武夫・小林海・柳谷登志雄・松尾彰文 (2015b) 2015 年第 15 回世界陸上競技選手権大会北京大会 400m 走のレース分析—男子準決勝および女子予選レースに着目して—. 陸上競技研究紀要, 11:100-105.
- 山元康平・高橋恭平・広川龍太郎・松林武生・小林海・松尾彰文・柳谷登志雄 (2016) 2016 年主要競技会における男女 400m 走のレース分析. 陸上競技研究紀要, 12 : 98-103.
- 山元康平 (2017) 陸上競技男子 400m 走における

レースパターンの特性. 陸上競技研究, 110 : 2-12.

山元康平・宮代賢治・内藤 景・白木駿佑・梶谷亮輔・大山卞圭悟・木越清信・尾縣 貢 (2019) 400m 走競技者のアセスメントのための簡易的指標作成の試み. 陸上競技研究, 117 : 34-44.

山元康平 (2021) 近年のオリンピックおよび世界選手権における男女短距離走種目の競技成績の動向 : 東京 2020 オリンピックを含むパフォーマンス分析. 陸上競技研究, 127 : 23-33.

日本陸連科学委員会研究報告 第22巻 (2023)

陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2023

序 文

2023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）サポート活動、③国際総合競技会への準備・支援、④U20/U18選手アンケート調査、⑤科学的データ普及支援（伝達講習会開催など）、⑥成果公表物の刊行（陸上競技研究紀要）、⑦その他（戦略的な考えに基づく諸活動）などであった。

本年度も長引くコロナ禍の影響により限られた予算の中で、思うような活動ができなかったところもあったが、JSCからの委託事業の外部予算も活用しながら各種目、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のもと、上記に示した諸活動を何とか展開することができた。

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委員及び協力班員の尽力のおかげで、本年度は18編（昨年度16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、投擲4本、混成2本、長距離障害1本、競歩1本、跳躍1本、調査3本となり、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。

これらはこれまでの知見ととも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ことを期待したい。引き続き、強化現場のニーズに寄り添いながら個別的、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。本年度は科学委員会の研究活動報告会（オンライン）を1回しか実施できなかったが、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ようこれからも努めていきたい。

本年夏に開催されるパリオリンピック、東京で開催される世界陸上2025での支援活動を見据えながら、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

2023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 |
| 松林 武生 | 国立スポーツ科学センター |
| 森丘 保典 | 日本大学 |
| 丹治 史弥 | 東海大学 |
| 三浦 康二 | 独立行政法人日本スポーツ振興センター |
| 浅田佳津雄 | 株式会社ウェザーニューズ |
| 岡崎 和伸 | 大阪公立大学 |
| 奥野 真由 | 久留米大学 |
| 苅山 靖 | 山梨学院大学 |
| 貴嶋 孝太 | 大阪体育大学 |
| 久保田 潤 | 独立行政法人日本スポーツ振興センター |
| 小山 宏之 | 京都教育大学 |
| 酒井 健介 | 城西国際大学 |
| 須永美歌子 | 日本体育大学 |
| 瀧川 寛子 | 中京大学 |
| 高橋 恭平 | 熊本学園大学 |
| 山中 亮 | 新潟食料農業大学 |
| 山本 宏明 | 北里大学メディカルセンター |
| 渡邊 将司 | 茨城大学 |

※所属は2024年2月現在

日本陸連科学委員会研究報告 第22巻 (2023)
陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2023 目次

| | |
|--|-----|
| 2023年日本選手権および世界選手権における200m走パフォーマンス | 64 |
| 高橋恭平, 山中亮, 松林武生, 小林海, 大沼勇人, 綿谷貴志 | |
| 2023年度競技会における男女400m走および300m走のレース分析 | 75 |
| 山中亮, 高橋恭平, 小林海, 松林武生, 綿谷貴志, 大沼勇人 | |
| 第54回U16陸上競技大会における | 84 |
| 男女1000mのレース分析結果から見る1000m種目配置の有益性 | |
| 丹治史弥, 大沼勇人, 関慶太郎 | |
| 2023年シーズンの国内外一流女子100mハードルのレース分析 | 90 |
| 貴嶋孝太, 青木光, 柴山一仁, 杉本和那美, 森丘保典, 苅部俊二, 金子公宏, 大橋祐二 | |
| 2023年シーズンにおける男子110mハードル走のレース分析 | 100 |
| 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, 山崎一彦 | |
| 2023年シーズンにおける男女400mハードル走のレース分析 | 113 |
| 杉本和那美, 森丘保典, 貴嶋孝太, 柴山一仁 | |
| 男子高校生アスリートとシニアアスリートの3000mSCにおける障害通過スピードの変化 | 124 |
| 丹治史弥, 関慶太郎, 土橋康平 | |
| 2023年日本選手権男女棒高跳決勝の上位入賞者の | 129 |
| 跳躍および踏切に関するキネマティクス変数 | |
| 景行崇文, 高松潤二, 柴田篤志, 苅山靖, 小山宏之 | |
| 男子やり投げにおける同一試合内での記録に差が生じた要因 | 137 |
| 崎山雄太選手における83.54mと77.36mの比較 | |
| 牧野瑞輝, 山本大輔, 前田奎, 瀧川寛子 | |
| 北口榛花選手における成功試技および失敗試技が生じる要因 | 142 |
| 瀧川寛子, 山本大輔, 前田奎 | |
| 静岡国際における女子円盤投の日本人上位3名のBest試技とWorst試技比較 | 146 |
| 山下直紀, 新垣太世, 山手勇一, 杉田正明 | |

| | |
|--|-----|
| 2023 年日本選手権におけるマッカーサー選手のハンマー投げ動作の特徴 | 150 |
| 山本大輔, 前田奎, 矢野正也, 山下直紀, 瀧川寛子 | |
| 2023 年シーズンにおける十種競技選手のパフォーマンス分析 | 155 |
| 松林武生, 綿谷貴志, 笠井信一, 景行崇文, 高橋直己, 青木光, 眞鍋芳明 | |
| 2023 年シーズンにおける七種競技選手のパフォーマンス分析 | 163 |
| 松林武生, 綿谷貴志, 笠井信一, 景行崇文, 高橋直己, 青木光, 眞鍋芳明 | |
| 世界一流日本人男子競技者における競歩中地面反力のフォースプラットフォーム | 168 |
| による計測値と重心加速度・全身角運動量による推定値との比較 | |
| 三浦康二, 松林武生, 景行崇文, 後藤晴彦, 杉田正明, 佐藤高嶺, 高橋直己, 川向哲弥, 今村文男, 谷井孝行 | |
| 高校陸上競技選手の運動経験の状況 | 177 |
| － 2022 年度高校陸上競技選手を対象にした質問紙調査－ | |
| 渡邊將司 | |
| 高校陸上競技選手の体調・食習慣の状況 | 180 |
| － 2022 年度高校陸上競技選手を対象にした質問紙調査－ | |
| 酒井健介 | |
| 高校女子陸上競技選手の月経状況 | 186 |
| 須永美歌子 | |

2023年日本選手権および世界選手権における200m走パフォーマンス

高橋 恭平¹⁾ 山中 亮²⁾ 松林 武生³⁾ 小林 海⁴⁾ 大沼 勇人⁵⁾ 綿谷 貴志⁶⁾
1) 熊本学園大学 2) 新潟食料農業大学 3) 国立スポーツ科学センター 4) 東洋大学
5) 関西福祉大学 6) 北海道情報大学

1. はじめに

新型コロナウイルス感染症拡大の影響を受け、東京オリンピックが2021年7月に、オレゴン世界選手権が2022年7月に延期開催された。世界選手権は通常隔年開催であるが、ブダペスト世界選手権がオレゴン世界選手権の翌年8月に通常開催され、2年連続で世界選手権が開催された。本研究では、2023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、第107回日本選手権および第39回U20日本選手権、ブダペスト世界選手権の200mレースについて分析した。

ブダペスト世界選手権日本代表選手選考会も兼ねた第107回日本選手権は3年連続となるヤンマースタジアム長居にて開催され、男子200m決勝は鶴澤飛羽選手（筑波大）が自己新記録となる20.32秒で制した。この種目で鶴澤選手と共にブダペスト世界選手権日本代表に選出された飯塚翔太選手（ミズノ）と上山紘輝選手（住友電工）は、それぞれ20.84秒・5位と20.94秒・7位であった。一方、女子200m決勝は君嶋愛梨沙選手（土木管理総合）が自己新記録および日本歴代3位タイとなる23.17秒で制し、連覇であった100mとあわせて二冠を達成した。この種目でブダペスト世界選手権日本代表に選出された鶴田玲美選手（南九州ファミリーマート）は、23.49秒で2位であった。

ブダペスト世界選手権男子200mは鶴澤選手と飯塚選手、上山選手が出場した。予選において鶴澤選手と飯塚選手が、それぞれ20.34秒・1着と20.27秒・4着で準決勝へ進出したが、決勝進出は果たせなかった。一方、女子200mは鶴田選手が出場し、予選において23.49秒・6着となり準決勝進出は果たせなかった。本稿では、これらの競技会を主とした分析結果から、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、200mレース測定および分析を行った。

- ・第107回日本陸上競技選手権大会（2023年6月1～4日）（以下、日本選手権）
- ・第39回U20日本陸上競技選手権大会（2023年6月1日～4日）（以下、U20日本選手権）
- ・第19回世界陸上競技選手権大会（2023年8月19～27日）（以下、ブダペスト世界選手権）

2-2. 対象選手

対象選手は競技会毎に下記のとおりである。

- ・日本選手権：鶴澤飛羽選手、宇野勝翔選手、水久保漱至選手、飯塚翔太選手、上山紘輝選手、女子の決勝上位4選手
- ・U20日本選手権：男女共に決勝上位3選手
- ・ブダペスト世界選手権：男女共に日本代表選手、男子準決勝レースにおけるメダリストおよび決勝進出選手中7～8番目の海外2選手

2-3. 測定方法

200mレースの測定は、液晶デジタルビデオカメラ Lumix (DC-GH5S, Panasonic, JAPAN) を、日本選手権およびU20日本選手権では6台、ブダペスト世界選手権では4台用いて、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レースの撮影地点は20m, 55m, 80m, 100m, 121.5m, 149.42m, 181mの7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

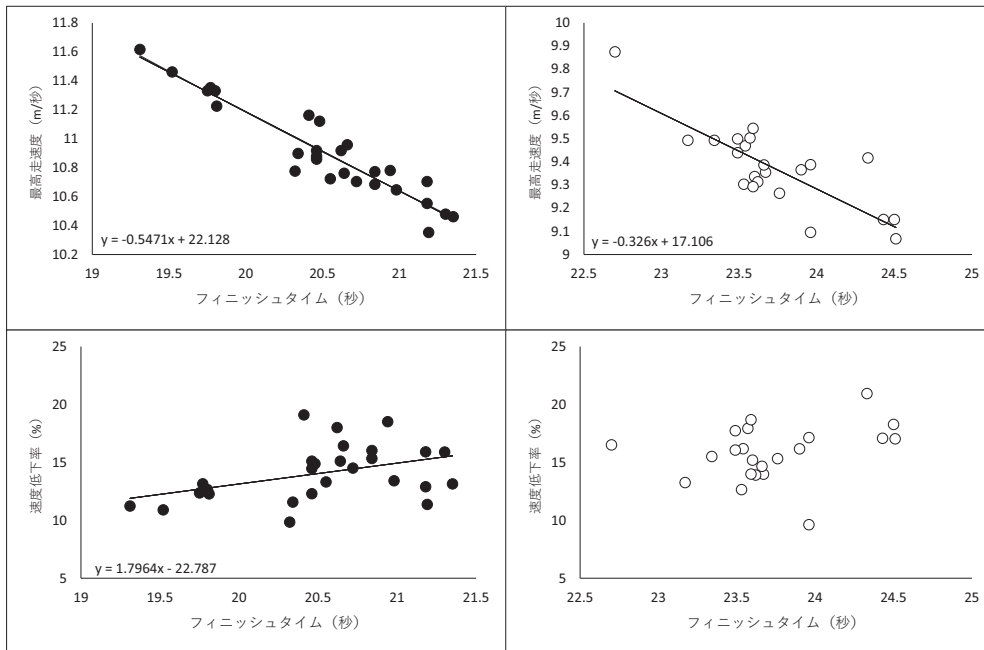


図1. 2022～23年シーズン200mレースにおける最高走速度（上段）および速度低下率（下段）とフィニッシュタイムの関係（●：男子 ○：女子）

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地点は1名の測定者が兼任し、110mハードルの6台目（200mレースにおける149.42m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が映ったフレームが0番目のフレームとなるよう編集した。

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り求めた。

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

2022年7月14日、オレゴンで開催されたワールドアスレティックスのカウンシル会議にて、次回大会となる2025年世界選手権が、日本では18年ぶりとなる東京で開催されることが決定した。本研究では、東京世界選手権を2年後に控えた2023年シーズンにおける日本選手権およびU20日本選手権、ブダペスト世界選手権の200mレースについて検証した。

図1は2022年度と2023年度に日本陸上競技連盟科学委員会が測定および分析した200m決勝全レー

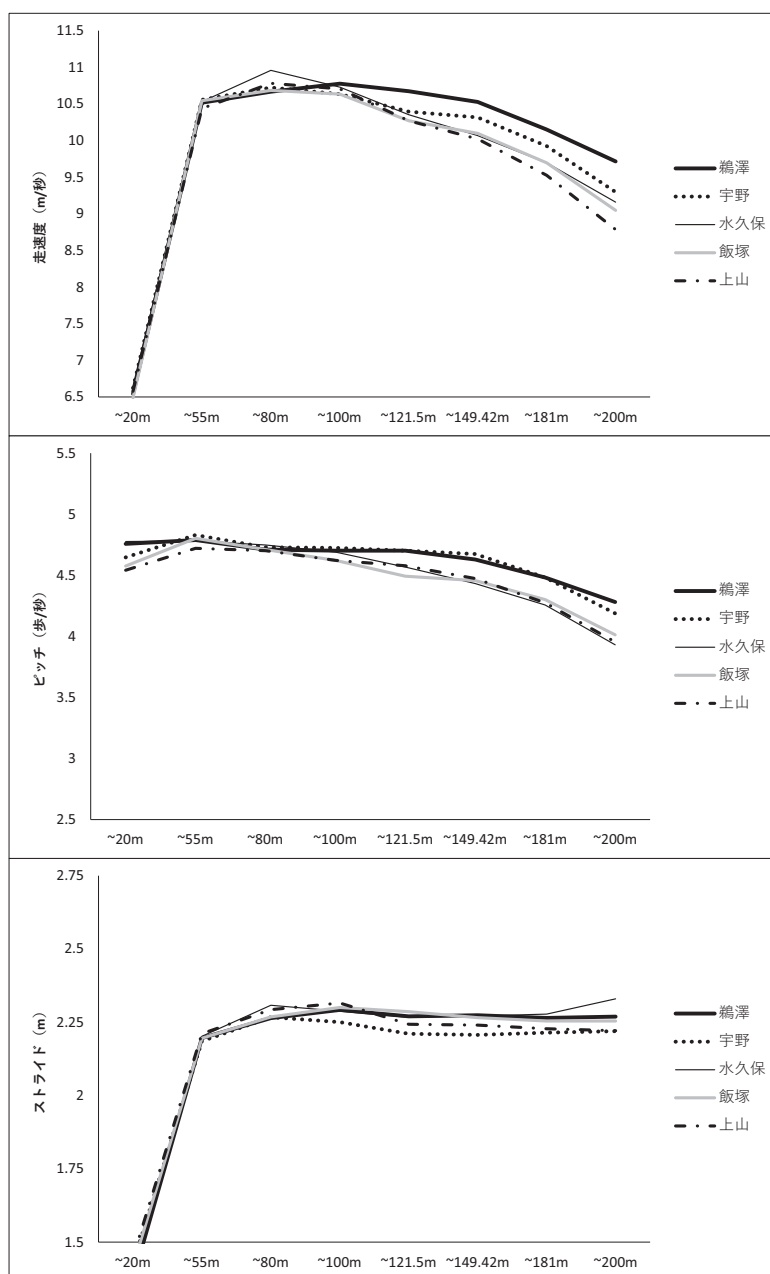


図2. 2023年日本選手権男子200m決勝における走速度（上段）およびピッチ（中段）、ストライド（下段）

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；高橋ら, 2021), 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。また、走速度低下率も、男子ではフィニッシュタイムとの有意な負の相関関係が認められた ($p < 0.05$)。これは2019年シーズン以来であることから、日本人と外国人選手を分けたり、シニアとジュニアを分けたりして、より詳細な検証が求められる。

一方、女子においては、有意な関係性は認められず ($p = 0.16$)、これまでの報告と類似した（高橋ら, 2020；高橋ら, 2021）。

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、鶴澤選手（80-100m 区間）を除く全選手において55-80m 区間であった。20.32秒（-0.2m/秒）の記録で優勝した鶴澤選手の最高走速度は、5選手中2番目に高い走速度（10.78m/秒）であったが、走速度低下率が最も低かった（9.85%）。特に、最高走速度到達以降、149.42-181m 区間までの走速度が10.00 m/秒を割っていない選手は鶴澤選手のみであった。また、鶴澤選手は、2位であった宇野選手

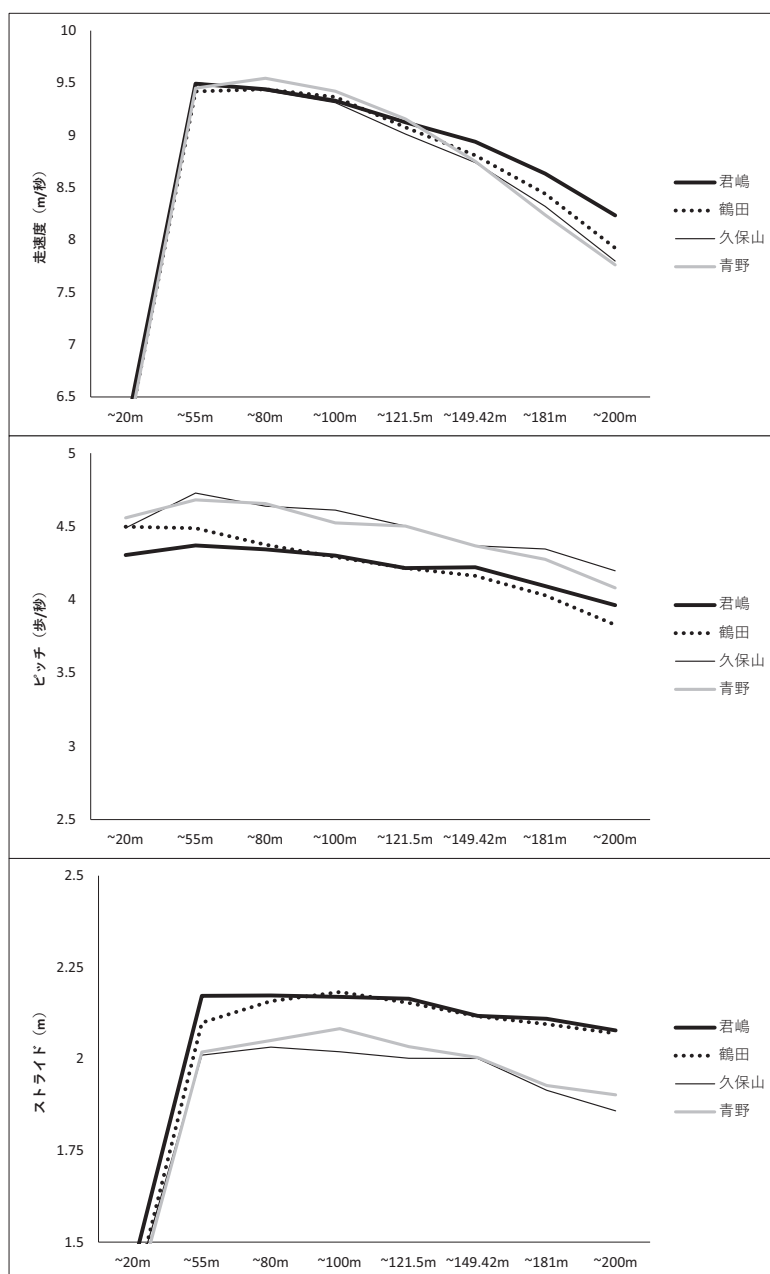


図3. 2023年日本選手権女子200m決勝における走速度（上段）およびピッチ（中段），ストライド（下段）

と共にレース中一貫したピッチの高さも顕著であった。これらのレースパターンは、2021年同決勝を制した小池選手と類似していた（フィニッシュタイム：20.46秒，最高走速度：10.68 m/秒，走速度低下率：10.89%）。最高ピッチは，全5選手において20-55m区間で出現しており，この傾向は2020年および2021年シーズンと同様であった（高橋ら，2020；高橋ら，2021）。最高ピッチが最も高かったのは宇野選手で（4.82歩/秒），次いで鶴澤選手が高かった（4.79歩/秒）。鶴澤選手および宇野選手は，平均ピッチが4.62～4.63歩/秒で，特にコーナーを抜けた100m以降，直線に入ってから高いピッチを維持しているのが特徴的であった。最高ストライドは，宇野選手と水久保選手を除く3選手が

80-100m区間で出現していた。レース終盤で接戦となりストライドが高くなることもあるが，水久保選手が181-200m区間で最高値となった（2.33m）。それを除くと，水久保選手は宇野選手（2.27m）と同じ55-80m区間の2.31mが最高ストライドとなるため，日本選手権における男子対象者の最高ストライド真値は55-80m区間，もしくは80-100m区間で出現していると考えられる。これらのことから，20-55m区間で最高ピッチが出現し，55-80m区間もしくは80-100m区間で最高走速度および最高ストライドが出現していたことが想定される。この傾向は，従来の報告と同様の傾向を示した（高橋ら，2019，高橋ら，2020；高橋ら，2021）。

図3は日本選手権女子200mの決勝レース上位4

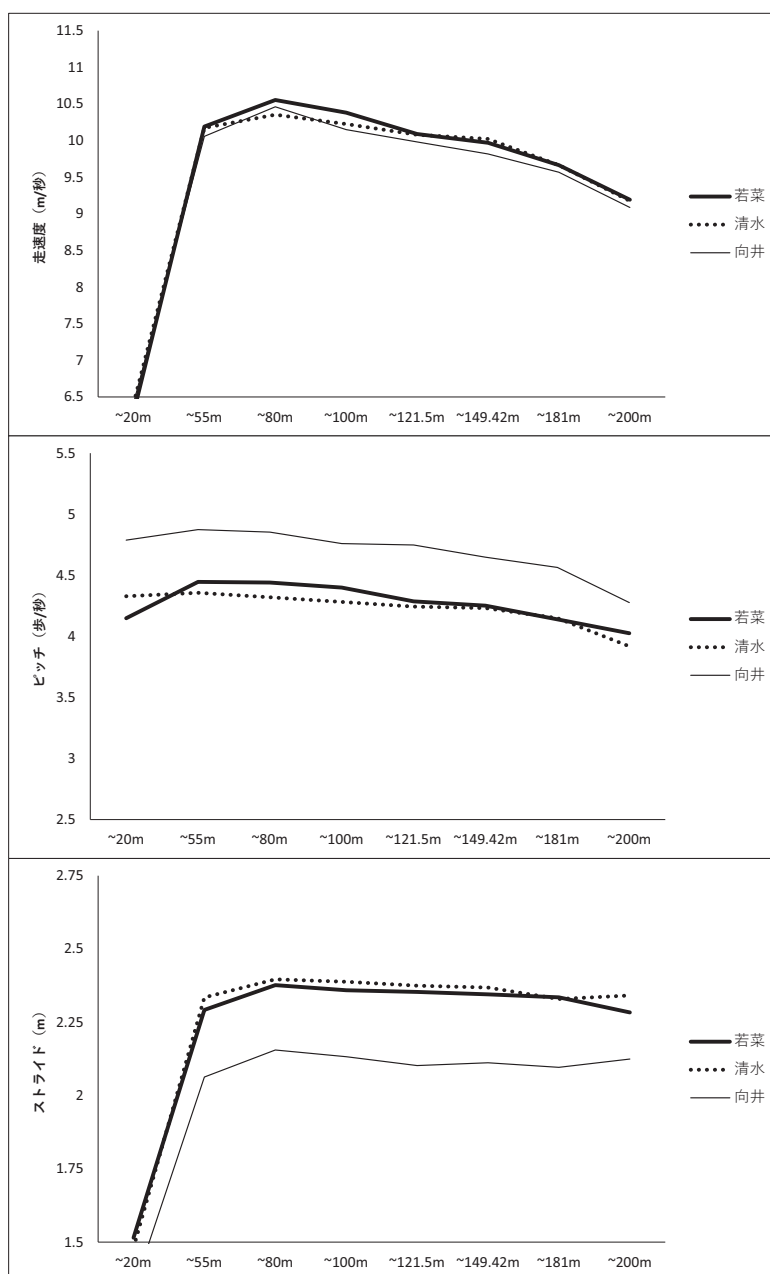


図 4. 2023 年 U20 日本選手権男子 200m 決勝における走速度（上段）およびピッチ

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，優勝した君嶋選手と 3 位だった久保山選手が 20-55m 区間で，2 位の鶴田選手と 4 位の青野選手が 55-80m 区間で出現していた．最高ピッチの出現区間は，鶴田選手（0-20m 区間）を除く全ての選手が，男子および 2020 年・2021 年シーズンと同様，20-55m 区間であった．一方，最高ストライドは，君嶋選手と久保山選手が 55-80m 区間で，鶴田選手と青野選手が 80-100m 区間で出現していた．君嶋選手は，日本歴代 3 位タイ記録で初優勝であった（23.17 秒）．君嶋選手の最高走速度は 4 選手中 3 番目であったが（9.49m/秒），鶴田選手と同様に終始高いストライドが特徴で，走速度低下率が最も低かった（13.26%）．

当該種目においてブダペスト世界選手権日本代表に選出された鶴田選手は 23.49 秒（0.0m/秒）で 2 位だった．鶴田選手が 2020 年に 23.17 秒（-0.1m/秒）で同決勝を制したときの最高走速度は 9.54m/秒であったのに対し，2023 年では 9.44m/秒で，いずれも 55-80m 区間で出現していた．また，走速度低下率も，2020 年では 15.11%であったのに対し，2023 年では 16.06%であった．両レースを比較すると，2023 年におけるピッチの低下が顕著で，最大 3.1% 低かった（100-121.5m 区間）．したがって，鶴田選手は，従来の報告と同様に，ピッチを高めることがパフォーマンス向上に繋がると考えられる（高橋ら，2021）．全体の傾向としては，55m までに最高ピッチが出現し，20-55m 区間もしくは 55-80m 区間で最

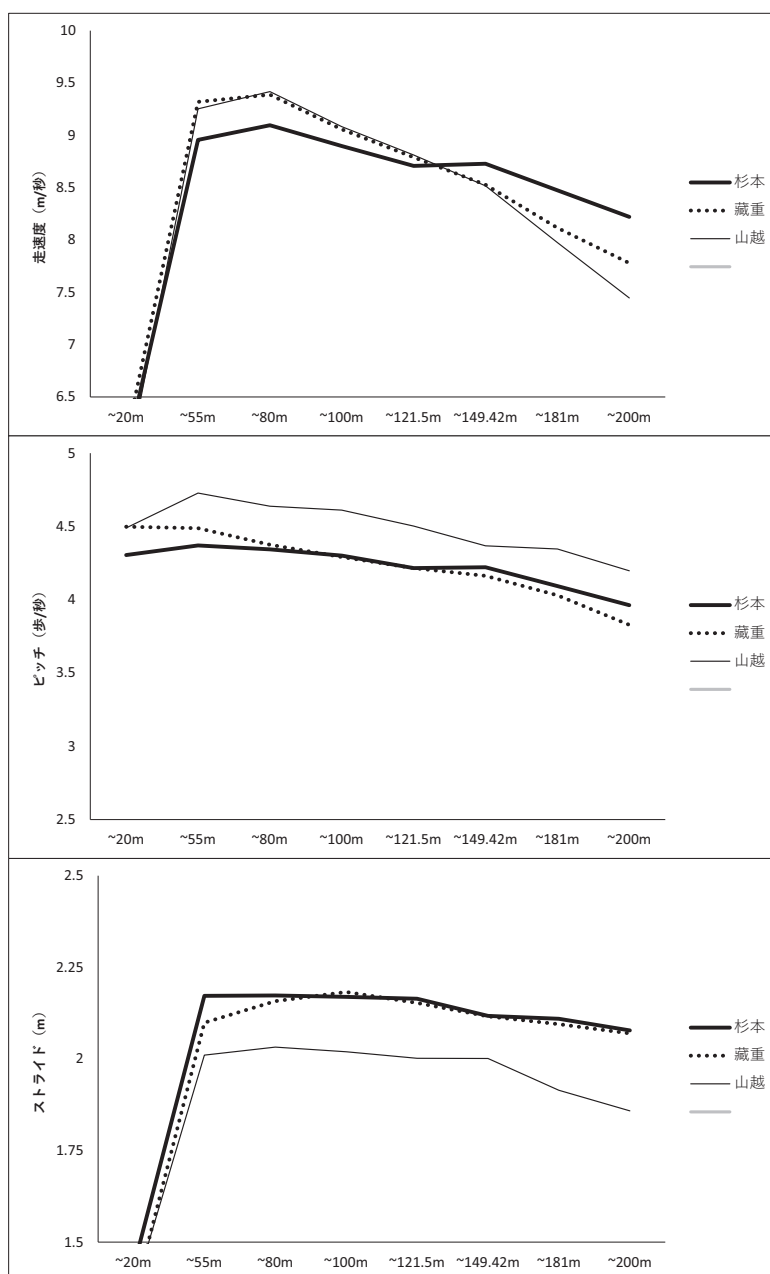


図 5. 2023 年 U20 日本選手権女子 200m 決勝における走速度（上段）およびピッチ

高走速度に達し、55-80m 区間もしくは 80-100m 区間で最高ストライドが出現しており、男子および従来の報告とは異なっていた。

図 4 は U20 日本選手権男子 200m の決勝レース上位 3 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、21.18 秒 (+0.2m/秒) で優勝した若菜敬選手（佐野高）が最も高い 10.55m/秒で、その出現区間は全 3 選手において 55-80m 区間であった。この傾向は、シニア選手と同様であった。全 3 選手において、最高ピッチが 20-55m 区間で、最高走速度および最高ストライドが 55-80m 区間で出現していた。これも、シニア選手と同様の傾向を示していた。

図 5 は U20 日本選手権女子 200m の決勝レース上

位 3 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。23.96 秒 (-0.5m/秒) で優勝した杉本心結選手（市立船橋高）は、終始高いストライドが特徴的で、最高走速度は 3 選手中 3 番目となる 9.10m/秒であったが、走速度低下率が最も低い 9.62% であった。杉本選手は、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 と図 7 はブダペスト世界選手権男子 200m の準決勝レースにおける飯塚選手および鶴澤選手とメダリストを含む決勝進出者のうち 5 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。20.54 秒 (-0.1m/秒) であった飯塚選手と 20.33 秒 (-0.4m/秒) であった鶴澤選手の最高走速度は、

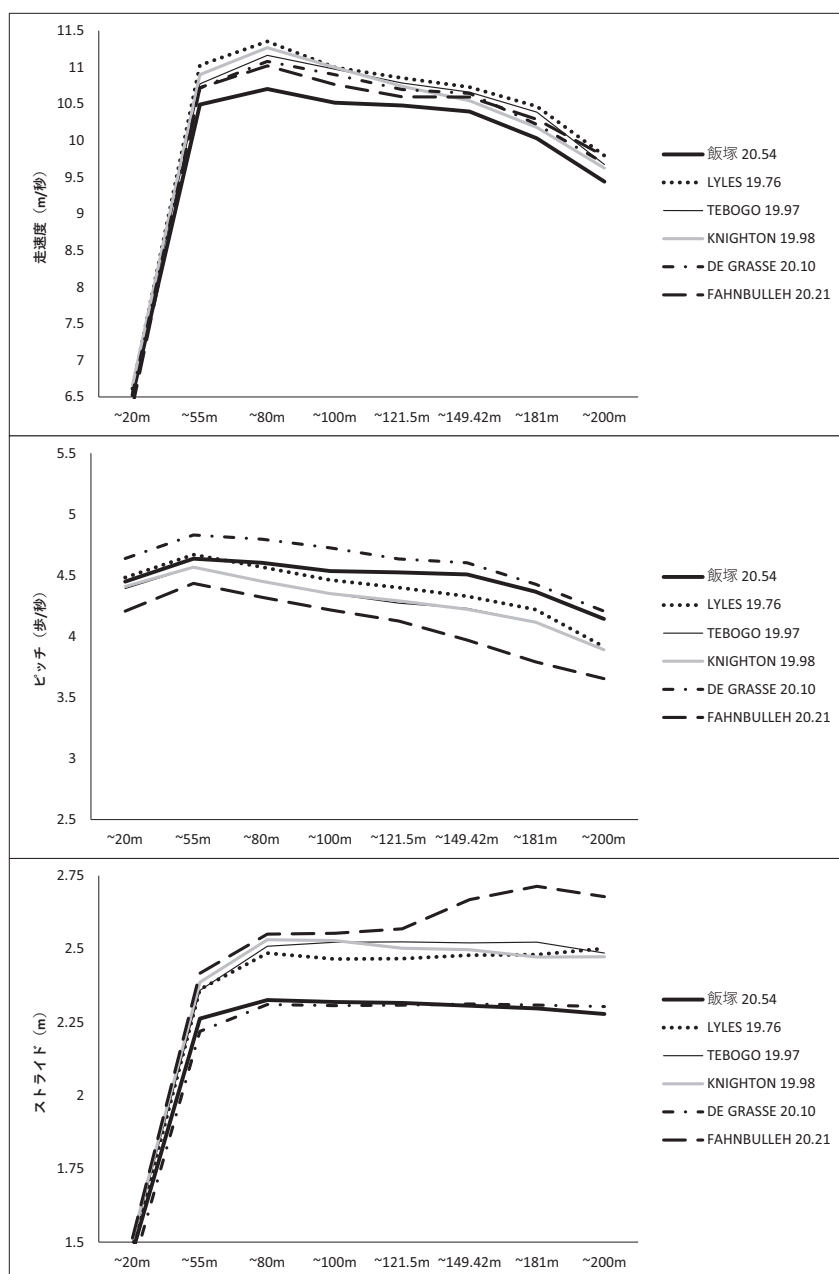


図 6. 2023 年ブダペスト世界選手権男子 200m 準決勝における飯塚選手と決勝進出

それぞれ 10.70m/s と 10.86 m/s で、他 5 選手は 11.00m/秒を超えていた。飯塚選手と鶴澤選手の最高ピッチは、それぞれ 4.64 歩 / 秒と 4.81 歩 / 秒で、対象選手の中でも高かった。レース全体を通して鶴澤選手はピッチが高く、特に中盤で顕著であった。飯塚選手も 80m 以降直線に入ってから 20.10 秒であった DE GRASSE 選手に次ぐピッチの高さであった。一方、決勝進出した 5 選手のレース中におけるストライド平均値は 2.34m であったのに対し、飯塚選手と鶴澤選手は、それぞれ 2.20m と 2.14m であったことから、ストライドの改善が国際舞台における決勝進出に繋がる可能性が示唆された。

図 8 は鶴田選手におけるブダペスト世界選手権女子 200m の予選レースと 2020 年日本選手権を 23.17

で制した決勝レース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。走速度は 0-20m 区間のみブダペスト世界選手権の方が高いが、いずれも 55-80m 区間で出現している最高走速度を含め、2020 年日本選手権の方が高かった。0-20m 区間についてピッチの推移から、2023 年はブダペスト世界選手権も日本選手権も 0-20m 区間で最高ピッチを示していた。一方、ストライドは両レースとも同様の推移を示していた。したがって、鶴田選手は、スタートから 20m のピッチをやや抑え気味で入る方が、レース全体の展開としては良くなる可能性が示唆された。

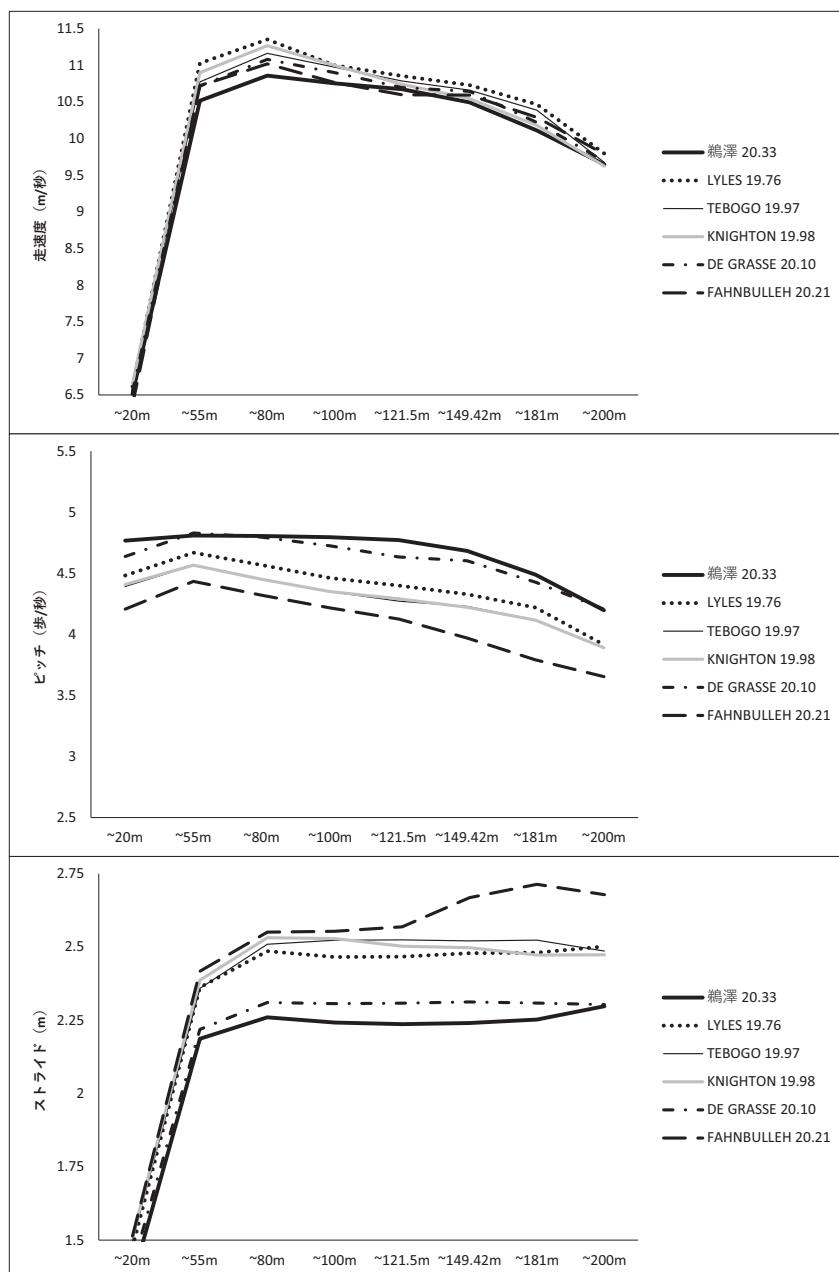


図7. 2023年ブダペスト世界選手権男子200m準決勝における鷗澤選手と決勝進出者の走速度（上段）およびピッチ（中段），ストライド（下段）

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.

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.

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, 函子あまね (2021)

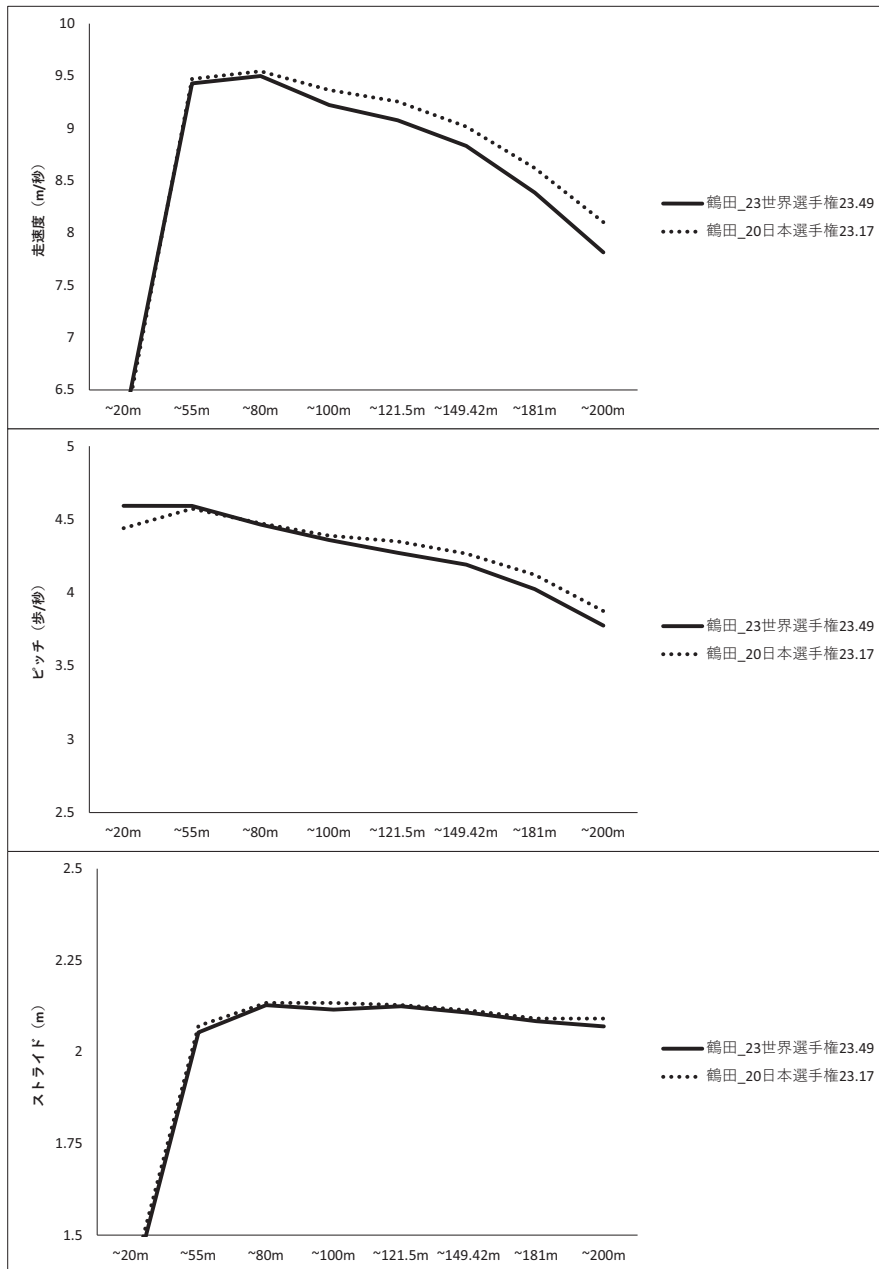


図 8. 2023 年ブダペスト世界選手権女子 200m 予選における鶴田選手の走速度 (上段) およびピッチ (中段), ストライド (下段)

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. 陸上競技研究紀要, 17 : 118-130.

参考資料

第107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
2023/6/2 19:45 (風速 -0.2 m/s)

| 順位 レーン | 選手名 (所属) | 記録(秒) | 最高走速度(m/秒) 到達地点 | 走速度低下率(%) | 距離 | | | | | | | | | | | | |
|---|------------------|-------|--------------------|-----------|---|------------|----------|------------|----------|------------|----------|--------------|-----------|------------------|-------------|--------------------|--------------|
| | | | | | 0m ~ | 20m 20m | 20m ~ | 55m 55m | 55m ~ | 80m 80m | 80m ~ | 100m 100m | 100m ~ | 121.5m 121.5m | 121.5m ~ | 148.42m 148.42m | 148.42m ~ |
| 1位 6レーン | 鶴澤 飛羽 (筑波大) | 20.32 | 10.78 80-100m | 9.85 | 通過タイム(秒) | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 3.06 6.39 8.73 10.59 12.60 15.25 18.36 20.32 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 区間速度(m/秒) | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 6.54 10.52 10.67 10.78 10.67 10.53 10.15 9.71 | | | | | | | | | | | | |
| 区間ピッチ(歩/秒) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4.76 4.79 4.71 4.70 4.70 4.63 4.48 4.28 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 区間ストライド(m) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.38 2.20 2.26 2.29 2.27 2.27 2.26 2.27 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2位 7レーン | 宇野 勝翔 (順天堂大) | 20.55 | 10.72 55-80m | 13.31 | 通過タイム(秒) | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 3.02 6.34 8.67 10.55 12.62 15.32 18.51 20.55 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 区間速度(m/秒) | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 6.62 10.56 10.72 10.63 10.39 10.31 9.92 9.30 | | | | | | | | | | | | |
| 区間ピッチ(歩/秒) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4.65 4.83 4.73 4.72 4.70 4.67 4.48 4.19 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 区間ストライド(m) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.43 2.19 2.27 2.25 2.21 2.21 2.21 2.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3位 4レーン | 水久保 漱至 (第一酒造) | 20.66 | 10.96 55-80m | 16.43 | 通過タイム(秒) | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 3.01 6.33 8.61 10.48 12.55 15.33 18.59 20.66 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 区間速度(m/秒) | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 6.65 10.53 10.96 10.73 10.35 10.07 9.69 9.16 | | | | | | | | | | | | |
| 区間ピッチ(歩/秒) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4.78 4.78 4.75 4.69 4.57 4.43 4.26 3.93 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 区間ストライド(m) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.39 2.20 2.31 2.29 2.29 2.27 2.28 2.33 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5位 5レーン | 飯塚 翔太 (ミスノ) | 20.84 | 10.68 55-80m | 15.34 | 通過タイム(秒) | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 3.08 6.40 8.74 10.62 12.72 15.48 18.74 20.84 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 区間速度(m/秒) | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 6.49 10.54 10.68 10.63 10.27 10.10 9.69 9.05 | | | | | | | | | | | | |
| 区間ピッチ(歩/秒) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4.58 4.80 4.71 4.62 4.49 4.46 4.30 4.01 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 区間ストライド(m) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.42 2.20 2.27 2.30 2.29 2.27 2.25 2.25 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7位 2レーン | 上山 結輝 (住友電工) | 20.94 | 10.78 55-80m | 18.52 | 通過タイム(秒) | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 3.04 6.39 8.71 10.58 12.68 15.46 18.78 20.94 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 区間速度(m/秒) | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 6.58 10.44 10.78 10.70 10.27 10.02 9.52 8.78 | | | | | | | | | | | | |
| 区間ピッチ(歩/秒) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4.54 4.72 4.70 4.62 4.58 4.47 4.28 3.95 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 区間ストライド(m) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.45 2.21 2.29 2.32 2.24 2.24 2.23 2.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

女子 200m 決勝
2023/6/4 17:00 (風速 0.0 m/s)

| 順位 レーン | 選手名 (所属) | 記録(秒) | 最高走速度(m/秒) 到達地点 | 走速度低下率(%) | 距離 | | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------|-------|--------------------|-----------|--|------------|----------|------------|----------|------------|----------|--------------|-----------|------------------|-------------|--------------------|--------------|
| | | | | | 0m ~ | 20m 20m | 20m ~ | 55m 55m | 55m ~ | 80m 80m | 80m ~ | 100m 100m | 100m ~ | 121.5m 121.5m | 121.5m ~ | 148.42m 148.42m | 148.42m ~ |
| 1位 7レーン | 君嶋 愛梨沙 (土木管理総合) | 23.17 | 9.49 20-55m | 13.26 | 通過タイム(秒) | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 3.24 6.93 9.58 11.72 14.08 17.20 20.86 23.17 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 区間速度(m/秒) | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 6.16 9.49 9.44 9.33 9.12 8.94 8.63 8.23 | | | | | | | | | | | | |
| 区間ピッチ(歩/秒) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4.30 4.37 4.34 4.30 4.22 4.22 4.09 3.96 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 区間ストライド(m) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.43 2.17 2.17 2.17 2.16 2.12 2.11 2.08 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2位 2レーン | 鶴田 玲美 (南九州ファミリーマート) | 23.49 | 9.44 55-80m | 16.06 | 通過タイム(秒) | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 3.31 7.03 9.68 11.81 14.18 17.35 21.09 23.49 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 区間速度(m/秒) | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 6.04 9.42 9.44 9.37 9.08 8.81 8.44 7.92 | | | | | | | | | | | | |
| 区間ピッチ(歩/秒) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4.50 4.49 4.38 4.29 4.22 4.16 4.03 3.83 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 区間ストライド(m) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.34 2.10 2.16 2.18 2.15 2.12 2.09 2.07 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3位 5レーン | 久保山 晴菜 (如水会 今村病院) | 23.57 | 9.50 20-55m | 17.94 | 通過タイム(秒) | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 3.27 6.96 9.61 11.76 14.14 17.34 21.13 23.57 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 区間速度(m/秒) | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 6.11 9.50 9.42 9.31 9.01 8.74 8.32 7.80 | | | | | | | | | | | | |
| 区間ピッチ(歩/秒) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4.49 4.73 4.64 4.61 4.50 4.37 4.35 4.20 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 区間ストライド(m) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.36 2.01 2.03 2.02 2.00 2.00 1.91 1.86 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4位 6レーン | 青野 朱李 (NDソフト) | 23.59 | 9.54 55-80m | 18.68 | 通過タイム(秒) | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 3.32 7.03 9.65 11.77 14.12 17.31 21.14 23.59 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 区間速度(m/秒) | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 6.02 9.45 9.54 9.42 9.16 8.75 8.24 7.76 | | | | | | | | | | | | |
| 区間ピッチ(歩/秒) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4.56 4.68 4.66 4.52 4.50 4.37 4.28 4.08 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 区間ストライド(m) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.32 2.02 2.05 2.08 2.03 2.00 1.93 1.90 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

第39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
2023/6/2 16:45 (風速 +0.2 m/s)

| 順位 レーン | 選手名 (所属) | 記録(秒) | 最高走速度(m/秒) 到達地点 | 走速度低下率(%) | 距離 | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------------|-------|--------------------|-----------|--|------------|----------|------------|----------|------------|----------|--------------|-----------|------------------|-------------|--------------------|--------------|
| | | | | | 0m ~ | 20m 20m | 20m ~ | 55m 55m | 55m ~ | 80m 80m | 80m ~ | 100m 100m | 100m ~ | 121.5m 121.5m | 121.5m ~ | 148.42m 148.42m | 148.42m ~ |
| 1位 6レーン | 若菜 敬 (佐野高) | 21.18 | 10.55 55-80m | 12.90 | 通過タイム(秒) | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 3.18 6.62 8.99 10.91 13.04 15.85 19.11 21.18 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 区間速度(m/秒) | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 6.28 10.19 10.55 10.38 10.09 9.97 9.66 9.19 | | | | | | | | | | | | |
| 区間ピッチ(歩/秒) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4.15 4.45 4.44 4.40 4.29 4.25 4.14 4.03 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 区間ストライド(m) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.52 2.29 2.38 2.36 2.35 2.35 2.33 2.28 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2位 5レーン | 清水 壮 (日本大) | 21.19 | 10.35 55-80m | 11.37 | 通過タイム(秒) | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 3.12 6.56 8.98 10.93 13.07 15.85 19.12 21.19 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 区間速度(m/秒) | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 6.41 10.17 10.35 10.22 10.08 10.02 9.66 9.17 | | | | | | | | | | | | |
| 区間ピッチ(歩/秒) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4.33 4.36 4.32 4.28 4.24 4.23 4.15 3.92 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 区間ストライド(m) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.48 2.33 2.40 2.39 2.37 2.37 2.33 2.34 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3位 9レーン | 向井 悠汰 (中京大 中京高) | 21.35 | 10.46 55-80m | 13.14 | 通過タイム(秒) | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 3.12 6.60 8.99 10.96 13.11 15.96 19.26 21.35 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 区間速度(m/秒) | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 6.41 10.06 10.46 10.15 9.98 9.82 9.57 9.09 | | | | | | | | | | | | |
| 区間ピッチ(歩/秒) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4.79 4.87 4.85 4.76 4.75 4.65 4.56 4.28 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 区間ストライド(m) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.34 2.06 2.16 2.13 2.10 2.11 2.10 2.12 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

U20 女子 200m 決勝
2023/6/4 14:15 (風速 -0.5 m/s)

| 順位 レーン | 選手名 (所属) | 記録(秒) | 最高走速度(m/秒) 到達地点 | 走速度低下率(%) | 距離 | | | | | | | | | | | | |
|---|------------------|-------|--------------------|-----------|---|------------|----------|------------|----------|------------|----------|--------------|-----------|------------------|-------------|--------------------|--------------|
| | | | | | 0m ~ | 20m 20m | 20m ~ | 55m 55m | 55m ~ | 80m 80m | 80m ~ | 100m 100m | 100m ~ | 121.5m 121.5m | 121.5m ~ | 148.42m 148.42m | 148.42m ~ |
| 1位 6レーン | 杉本 心結 (市立船橋高) | 23.96 | 9.10 55-80m | 9.62 | 通過タイム(秒) | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 3.35 7.26 10.01 12.25 14.72 17.92 21.65 23.96 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 区間速度(m/秒) | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 5.97 8.96 9.10 8.90 8.71 8.73 8.47 8.22 | | | | | | | | | | | | |
| 区間ピッチ(歩/秒) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4.48 4.41 4.35 4.28 4.27 4.28 4.26 4.17 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 区間ストライド(m) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.33 2.03 2.09 2.08 2.04 2.04 1.99 1.97 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2位 5レーン | 藏重 みう (甲南大) | 23.96 | 9.39 55-80m | 17.14 | 通過タイム(秒) | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 3.28 7.03 9.70 11.91 14.35 17.63 21.52 23.96 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 区間速度(m/秒) | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 6.10 9.32 9.39 9.06 8.79 8.53 8.12 7.78 | | | | | | | | | | | | |
| 区間ピッチ(歩/秒) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4.34 4.33 4.34 4.30 4.21 4.13 4.03 3.92 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 区間ストライド(m) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.41 2.15 2.16 2.10 2.09 2.07 2.01 1.99 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3位 4レーン | 山越 理子 (早稲田大) | 24.33 | 9.42 55-80m | 20.94 | 通過タイム(秒) | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 3.46 7.24 9.90 12.10 14.54 17.82 21.78 24.33 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 区間速度(m/秒) | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 5.78 9.25 9.42 9.08 8.81 8.52 7.97 7.45 | | | | | | | | | | | | |
| 区間ピッチ(歩/秒) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4.41 4.51 4.52 4.42 4.33 4.20 4.00 3.82 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 区間ストライド(m) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.31 2.05 2.08 2.06 2.04 2.03 1.99 1.95 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

第19回世界陸上競技選手権大会ハンガリー・ブダペスト大会 @ ネムゼティ・アトレティカイ・ケズポント
 男子 200m 予選 1組
 2023/8/23 12:15 (風速 0.0 m/s)

| 順位 レーン | 選手名 (所属) | 記録(秒) | 最高速度(m/秒) 到達地点 | 速度低下率(%) | 通過タイム(秒) | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-----------------------|-------|-------------------|----------|-------------|--------------|--------------|---------------|------------------|---------------------|-------------------|----------------|------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| | | | | | 0m ~ 20m | 20m ~ 55m | 55m ~ 80m | 80m ~ 100m | 100m ~ 121.5m | 121.5m ~ 149.42m | 149.42m ~ 181m | 181m ~ 200m | | | | | | | | | |
| 4位 | Shota IIZUKA (JPN) | 20.27 | 10.82 | -10.78 | 3.02 | 6.36 | 8.68 | 10.54 | 12.55 | 15.19 | 18.30 | 20.27 | 区間速度(m/秒) | 6.63 | 10.45 | 10.82 | 10.73 | 10.67 | 10.58 | 10.16 | 9.65 |
| 8レーン | | | 55-80m | | | | | | | | | | 区間ピッチ(歩/秒) | 4.48 | 4.54 | 4.53 | 4.52 | 4.51 | 4.50 | 4.39 | 4.27 |
| | | | | | | | | | | | | | 区間ストライド(m) | 1.48 | 2.30 | 2.39 | 2.37 | 2.36 | 2.35 | 2.31 | 2.26 |

男子 200m 予選 4組
 2023/8/23 12:36 (風速 -0.2 m/s)

| 順位 レーン | 選手名 (所属) | 記録(秒) | 最高速度(m/秒) 到達地点 | 速度低下率(%) | 通過タイム(秒) | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-----------------------|-------|-------------------|----------|-------------|--------------|--------------|---------------|------------------|---------------------|-------------------|----------------|------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| | | | | | 0m ~ 20m | 20m ~ 55m | 55m ~ 80m | 80m ~ 100m | 100m ~ 121.5m | 121.5m ~ 149.42m | 149.42m ~ 181m | 181m ~ 200m | | | | | | | | | |
| 4位 | Koki UYEYAMA (JPN) | 20.66 | 10.82 | -15.02 | 3.05 | 6.39 | 8.70 | 10.59 | 12.63 | 15.36 | 18.59 | 20.66 | 区間速度(m/秒) | 6.56 | 10.48 | 10.82 | 10.61 | 10.51 | 10.23 | 9.77 | 9.19 |
| 5レーン | | | 55-80m | | | | | | | | | | 区間ピッチ(歩/秒) | 4.52 | 4.64 | 4.59 | 4.55 | 4.50 | 4.38 | 4.26 | 4.01 |
| | | | | | | | | | | | | | 区間ストライド(m) | 1.45 | 2.26 | 2.36 | 2.33 | 2.33 | 2.33 | 2.30 | 2.29 |

男子 200m 予選 5組
 2023/8/23 12:43 (風速 -0.2 m/s)

| 順位 レーン | 選手名 (所属) | 記録(秒) | 最高速度(m/秒) 到達地点 | 速度低下率(%) | 通過タイム(秒) | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|---------------------|-------|-------------------|----------|-------------|--------------|--------------|---------------|------------------|---------------------|-------------------|----------------|------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| | | | | | 0m ~ 20m | 20m ~ 55m | 55m ~ 80m | 80m ~ 100m | 100m ~ 121.5m | 121.5m ~ 149.42m | 149.42m ~ 181m | 181m ~ 200m | | | | | | | | | |
| 1位 | Towa UZAWA (JPN) | 20.34 | 10.73 | -9.79 | 3.07 | 6.42 | 8.75 | 10.62 | 12.64 | 15.28 | 18.38 | 20.34 | 区間速度(m/秒) | 6.52 | 10.44 | 10.70 | 10.73 | 10.65 | 10.20 | 9.68 | |
| 8レーン | | | 80-100m | | | | | | | | | | 区間ピッチ(歩/秒) | 4.67 | 4.75 | 4.66 | 4.66 | 4.63 | 4.59 | 4.45 | 4.22 |
| | | | | | | | | | | | | | 区間ストライド(m) | 1.40 | 2.20 | 2.30 | 2.30 | 2.30 | 2.30 | 2.29 | 2.30 |

男子 200m 準決勝 1組
 2023/8/24 20:20 (風速 -0.1 m/s)

| 順位 レーン | 選手名 (所属) | 記録(秒) | 最高速度(m/秒) 到達地点 | 速度低下率(%) | 通過タイム(秒) | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-----------------------|-------|-------------------|----------|-------------|--------------|--------------|---------------|------------------|---------------------|-------------------|----------------|------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| | | | | | 0m ~ 20m | 20m ~ 55m | 55m ~ 80m | 80m ~ 100m | 100m ~ 121.5m | 121.5m ~ 149.42m | 149.42m ~ 181m | 181m ~ 200m | | | | | | | | | |
| 1位 | Noah LYLES (USA) | 19.76 | 11.35 | -13.73 | 3.02 | 6.20 | 8.40 | 10.22 | 12.20 | 14.80 | 17.82 | 19.76 | 区間速度(m/秒) | 6.61 | 11.03 | 11.35 | 11.00 | 10.85 | 10.73 | 10.47 | 9.79 |
| 8レーン | | | 55-80m | | | | | | | | | | 区間ピッチ(歩/秒) | 4.48 | 4.67 | 4.57 | 4.46 | 4.40 | 4.33 | 4.22 | 3.91 |
| | | | | | | | | | | | | | 区間ストライド(m) | 1.48 | 2.36 | 2.49 | 2.47 | 2.47 | 2.48 | 2.48 | 2.50 |
| 7位 | Shota IIZUKA (JPN) | 20.54 | 10.70 | -11.82 | 3.07 | 6.40 | 8.74 | 10.64 | 12.69 | 15.38 | 18.53 | 20.54 | 区間速度(m/秒) | 6.52 | 10.49 | 10.70 | 10.52 | 10.48 | 10.39 | 10.03 | 9.44 |
| 2レーン | | | 55-80m | | | | | | | | | | 区間ピッチ(歩/秒) | 4.45 | 4.64 | 4.60 | 4.53 | 4.52 | 4.51 | 4.37 | 4.14 |
| | | | | | | | | | | | | | 区間ストライド(m) | 1.47 | 2.26 | 2.33 | 2.32 | 2.32 | 2.31 | 2.30 | 2.28 |

男子 200m 準決勝 2組
 2023/8/24 20:29 (風速 0.0 m/s)

| 順位 レーン | 選手名 (所属) | 記録(秒) | 最高速度(m/秒) 到達地点 | 速度低下率(%) | 通過タイム(秒) | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-------------------------|-------|-------------------|----------|-------------|--------------|--------------|---------------|------------------|---------------------|-------------------|----------------|------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| | | | | | 0m ~ 20m | 20m ~ 55m | 55m ~ 80m | 80m ~ 100m | 100m ~ 121.5m | 121.5m ~ 149.42m | 149.42m ~ 181m | 181m ~ 200m | | | | | | | | | |
| 2位 | Letsile TEBOGO (BOT) | 19.97 | 11.16 | -13.35 | 3.04 | 6.29 | 8.53 | 10.35 | 12.35 | 14.96 | 18.01 | 19.97 | 区間速度(m/秒) | 6.58 | 10.77 | 11.16 | 10.97 | 10.78 | 10.66 | 10.39 | 9.67 |
| 6レーン | | | 55-80m | | | | | | | | | | 区間ピッチ(歩/秒) | 4.39 | 4.57 | 4.45 | 4.35 | 4.27 | 4.23 | 4.12 | 3.89 |
| | | | | | | | | | | | | | 区間ストライド(m) | 1.50 | 2.36 | 2.51 | 2.52 | 2.52 | 2.52 | 2.52 | 2.49 |

男子 200m 準決勝 3組
 2023/8/24 20:38 (風速 -0.4 m/s)

| 順位 レーン | 選手名 (所属) | 記録(秒) | 最高速度(m/秒) 到達地点 | 速度低下率(%) | 通過タイム(秒) | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|---------------------------|-------|-------------------|----------|-------------|--------------|--------------|---------------|------------------|---------------------|-------------------|----------------|------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| | | | | | 0m ~ 20m | 20m ~ 55m | 55m ~ 80m | 80m ~ 100m | 100m ~ 121.5m | 121.5m ~ 149.42m | 149.42m ~ 181m | 181m ~ 200m | | | | | | | | | |
| 1位 | Erriyon KNIGHTON (USA) | 19.98 | 11.27 | -14.59 | 3.00 | 6.21 | 8.43 | 10.25 | 12.25 | 14.90 | 18.01 | 19.98 | 区間速度(m/秒) | 6.66 | 10.90 | 11.27 | 11.00 | 10.74 | 10.54 | 10.18 | 9.62 |
| 6レーン | | | 55-80m | | | | | | | | | | 区間ピッチ(歩/秒) | 4.41 | 4.57 | 4.45 | 4.35 | 4.29 | 4.22 | 4.12 | 3.89 |
| | | | | | | | | | | | | | 区間ストライド(m) | 1.51 | 2.39 | 2.53 | 2.53 | 2.50 | 2.50 | 2.47 | 2.47 |
| 3位 | Andre DE GRASSE (CAN) | 20.10 | 11.08 | -12.55 | 3.06 | 6.32 | 8.58 | 10.41 | 12.42 | 15.05 | 18.14 | 20.10 | 区間速度(m/秒) | 6.54 | 10.72 | 11.08 | 10.90 | 10.69 | 10.64 | 10.22 | 9.69 |
| 5レーン | | | 55-80m | | | | | | | | | | 区間ピッチ(歩/秒) | 4.64 | 4.83 | 4.80 | 4.72 | 4.63 | 4.60 | 4.43 | 4.21 |
| | | | | | | | | | | | | | 区間ストライド(m) | 1.41 | 2.22 | 2.31 | 2.31 | 2.31 | 2.31 | 2.31 | 2.30 |
| 4位 | Joseph FAHNBULEH (LBR) | 20.21 | 11.02 | -11.19 | 3.14 | 6.41 | 8.68 | 10.53 | 12.56 | 15.20 | 18.27 | 20.21 | 区間速度(m/秒) | 6.37 | 10.72 | 11.02 | 10.76 | 10.60 | 10.59 | 10.29 | 9.79 |
| 4レーン | | | 55-80m | | | | | | | | | | 区間ピッチ(歩/秒) | 4.21 | 4.43 | 4.32 | 4.22 | 4.12 | 3.97 | 3.79 | 3.65 |
| | | | | | | | | | | | | | 区間ストライド(m) | 1.51 | 2.42 | 2.55 | 2.55 | 2.57 | 2.67 | 2.71 | 2.68 |
| 5位 | Towa UZAWA (JPN) | 20.33 | 10.86 | -11.18 | 3.07 | 6.40 | 8.70 | 10.56 | 12.58 | 15.24 | 18.36 | 20.33 | 区間速度(m/秒) | 6.52 | 10.52 | 10.86 | 10.75 | 10.67 | 10.49 | 10.11 | 9.64 |
| 8レーン | | | 55-80m | | | | | | | | | | 区間ピッチ(歩/秒) | 4.77 | 4.81 | 4.80 | 4.80 | 4.77 | 4.68 | 4.49 | 4.20 |
| | | | | | | | | | | | | | 区間ストライド(m) | 1.37 | 2.19 | 2.26 | 2.24 | 2.24 | 2.24 | 2.25 | 2.30 |

女子 200m 予選 6組
 2023/8/23 11:55 (風速 -0.3 m/s)

| 順位 レーン | 選手名 (所属) | 記録(秒) | 最高速度(m/秒) 到達地点 | 速度低下率(%) | 通過タイム(秒) | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-----------------------|-------|-------------------|----------|-------------|--------------|--------------|---------------|------------------|---------------------|-------------------|----------------|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | | | | 0m ~ 20m | 20m ~ 55m | 55m ~ 80m | 80m ~ 100m | 100m ~ 121.5m | 121.5m ~ 149.42m | 149.42m ~ 181m | 181m ~ 200m | | | | | | | | | |
| 6位 | Remi TSURUTA (JPN) | 23.49 | 9.50 | -17.74 | 3.25 | 6.96 | 9.59 | 11.76 | 14.13 | 17.29 | 21.06 | 23.49 | 区間速度(m/秒) | 6.16 | 9.43 | 9.50 | 9.22 | 9.08 | 8.83 | 8.38 | 7.81 |
| 5レーン | | | 55-80m | | | | | | | | | | 区間ピッチ(歩/秒) | 4.59 | 4.59 | 4.46 | 4.36 | 4.27 | 4.19 | 4.02 | 3.78 |
| | | | | | | | | | | | | | 区間ストライド(m) | 1.34 | 2.05 | 2.13 | 2.12 | 2.12 | 2.11 | 2.08 | 2.07 |

2023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⁾
1) 新潟食料農業大学 2) 熊本学園大学 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

1. はじめに

2023年は、400m走においては大きな年となった。8月にハンガリー国ブダペストで開催された世界陸上競技選手権大会において、32年間破られなかった従来の日本記録（高野進氏，44.78秒）を、佐藤拳太郎選手（富士通）が更新した（44.77秒）。さらに、佐藤風雅選手（ミズノ）も45秒台を突破する日本歴代3位のタイム（44.88秒）を、中島佑気ジョセフ選手（東洋大）も日本歴代5位のタイム（45.04秒）を記録した。さらに、3名全員が予選を突破し、準決勝に進出するという快挙を成し遂げた。

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し、今年度の競技会におけるパフォーマンスの傾向について検討した。また、国民体育大会において300m走が実施されたため、成年および少年の категорияで上位に入った男女選手の300m走の分析結果を提示するとともに、今回のデータとこれまでの分析結果を基に300m走におけるパフォーマンスの傾向について検討した。

2. 方法

2-1. 対象競技会

対象競技会は、下記4競技会（400m走：3競技会，300m走：1競技会）とした。

400m走

- ・セイコーゴールデングランプリ陸上2023横浜（5月21日，神奈川）（以下，「GGP」）
- ・第107回日本陸上競技選手権大会（6月1-4日，大阪）（以下，「日本選手権」）
- ・世界陸上競技選手権大会（8月19-27日，ハンガリー国ブダペスト）（以下，「世界選手権」）

300m走

- ・国民体育大会（10月13-17日，鹿児島）（以下，「国体」）

2-2. 対象選手

対象選手は、400m走においては、GGPに出場した男子トップレベル選手5名，日本選手権の決勝に進出した男女トップレベル選手（男子5名，女子5名），および世界選手権に出場した男子日本人選手3名（予選および準決勝）および決勝に進出した世界トップレベル選手8名（準決勝のみ，決勝においては上位4名）とした。300m走においては，成年および少年の categoriaで，上位に入賞した5名をそれぞれ対象とした。

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 DC-GH5S，Panasonic，Japan，もしくは，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パンニング撮影を実施した。400m走における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。400m走のレースの撮影を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。300m走においては，3台のカメラを用いて対応し，設置位置を第1曲走路の中央付近，バックストレート中央付近，ホームストレートのフィニッシュライン付近とした。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 2020, 山中ら 2021)。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 2020, 山中ら 2021) 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。

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。統計的有意水準は 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 1-3 (表 1: GGP 男子, 表 2: 日本選手権男子, 表 3: 世界選手権男子) に示した。また、女子 400m 走における同様の項目を表 4 (日本選手権女子) に示した。分析した全選手において、最高走速度が 45-80m 地点で出現した。400m 走の記録と 200m 通過タイム、最高走速度および走速度低下率の関係を検討した結果、男子においては、400m 走の記録と 200m 通過タイムとの間には有意 ($r = 0.775$, $p < 0.01$) な正の相関関係が、400m 走の記録と最高走速度との間には有意 ($r = -0.699$, $p < 0.01$) な負の相関関係がそれぞれ認められたが、400m 走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 (図 1)。一方、女子において検討した結果、400m 走の記録と走速度低下率との間には有意 ($r = 0.683$, $p < 0.05$) な正の相関関係が認められたが、400m 走の記録と 200m 通過タイムおよび最高走速度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。

国体における男子 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 5-6 (表 5: 国体成年男子, 表 6: 国体少年男子) に、女子 300m 走における同分析項目を表 7-8 (表 7: 国体成年女子, 表 8: 国体少年女子) に示した。今回分析を行った男女合わせた 20 名中 18 名の選手において、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。これは、先行研究 (山中ら 2021) と同様の結果となった。

2021 年度に報告された分析結果と今年度の分析結果を統合させ、300m 走の記録と最高走速度の関係を検討したところ (図 3)、男子では有意な相関関係が認められず、女子では有意 ($r = -0.640$, $p < 0.01$) な負の相関関係が認められた。先行研究では、200m 走 (高橋ら 2020) と 400m 走 (山中ら 2018, 小林ら 2020) において、各距離走の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ため、女子においてはその関係が認められた。一方、男子においては有意な相関関係が現時点では認められなかった。

また、300m 走の記録と 100m および 150m の通過タイムとの間との関係を検討した(図 4)。その結果、男子においては、(100m:r = 0.010, 150m:r = 0.419, 200m:r = 0.680, $p < 0.01$) (女子:r = 0.726, $p < 0.01$, 女子:r = 0.782 $p < 0.01$, 女子:r = 0.868 $p < 0.01$)を示した。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 走に関してはまだデータ数が少ないため、今後も引き続きデータを蓄積することによって、300m 走のレースの傾向と、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、2023 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、記録と最高走速度および 200m 通過タイムとの間には、それぞれ有意な相関関係が認められたが、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。
- ② 女子 400m 走では、記録と走速度低下率との間に有意な相関関係が認められたが、記録と 200m の通過タイムとおよび最高走速度との間には有意な相関関係が認められなかった。
- ③ 300m 走において、記録と最高走速度の間には、男子では有意な相関関係が認められず、女子では有意な相関関係が認められた。
- ④ 300m 走において、記録と 100m, 150m および 200m の通過タイムとの間には、男子では 200m のみに有意な正の相関関係が認められ、女子では 100m, 150m および 200m との間それぞれ有意な正の相関関係が認められた。

参考文献

- 小林 海・山中 亮・大沼勇人・高橋恭平・渡辺圭祐・山本真帆・松林武夫・広川龍太郎・山村貴彦 (2019) 2019 年シーズンにおける男子 4 × 400m リレーのレース分析 ～横浜世界リレーとドーハ世界選手権の分析結果について～. 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 (2020) 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・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 (2021) 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. 陸上競技研究紀要, 17: 131-141

表1. セイコーゴールデンングランプリ陸上 2023 横浜男子 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] | | | | |
|--------------------------------|-------|-------------------|-----------------|-------------------|--------------------|------------|--------------------|----------------------|------------|--------------------|--------------------|--------------------|------------|------------|---------------------|-----------|---------------------|------|
| | | (0-5m) | 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 |
| 中島佑気 [†] ヨセフ (東洋大) | 45.31 | - | 6.15 | 11.16 | 16.28 | - | 21.55 | 26.99 | - | 32.75 | 38.83 | 45.31 | 18.99 | 10.39 | 11.19 | 12.56 | 23.76 | 2.20 |
| | - | 6.15 | 5.01 | 5.12 | - | 5.27 | 5.44 | - | 5.76 | 6.08 | 6.48 | | | | | | | |
| | 7.96 | 10.04 | 9.90 | 9.71 | 9.54 | 9.37 | 9.08 | 8.74 | 8.33 | 8.13 | 7.61 | | | | | | | |
| 佐藤風雅 (ミズノ) | 45.52 | - | 6.04 | 11.06 | 16.27 | - | 21.63 | 27.21 | - | 33.06 | 39.13 | 45.52 | 19.34 | 10.57 | 11.43 | 12.46 | 23.89 | 2.25 |
| | - | 6.04 | 5.03 | 5.20 | - | 5.37 | 5.58 | - | 5.85 | 6.07 | 6.39 | | | | | | | |
| | 8.12 | 10.06 | 9.78 | 9.54 | 9.37 | 9.20 | 8.81 | 8.56 | 8.36 | 8.12 | 7.76 | | | | | | | |
| 佐藤拳太郎 (富士通) | 45.75 | - | 6.01 | 11.00 | 16.15 | - | 21.49 | 27.02 | - | 32.89 | 39.17 | 45.75 | 22.86 | 10.49 | 11.40 | 12.86 | 24.26 | 2.76 |
| | - | 6.01 | 4.99 | 5.15 | - | 5.34 | 5.53 | - | 5.87 | 6.28 | 6.58 | | | | | | | |
| | 8.16 | 10.11 | 9.87 | 9.65 | 9.41 | 9.24 | 8.91 | 8.58 | 8.13 | 7.80 | 7.56 | | | | | | | |
| 地主直央 (法政大) | 45.76 | - | 6.32 | 11.51 | 16.82 | - | 22.25 | 27.76 | - | 33.43 | 39.36 | 45.76 | 14.96 | 10.74 | 11.18 | 12.33 | 23.51 | 1.26 |
| | - | 6.32 | 5.19 | 5.31 | - | 5.43 | 5.51 | - | 5.67 | 5.93 | 6.40 | | | | | | | |
| | 7.75 | 9.71 | 9.54 | 9.37 | 9.24 | 9.12 | 9.04 | 8.85 | 8.60 | 8.26 | 7.71 | | | | | | | |
| 今泉堅貴 (筑波大) | 45.76 | - | 6.11 | 11.23 | 16.48 | - | 21.94 | 27.56 | - | 33.43 | 39.43 | 45.76 | 15.81 | 10.71 | 11.49 | 12.33 | 23.82 | 1.89 |
| | - | 6.11 | 5.11 | 5.26 | - | 5.45 | 5.62 | - | 5.87 | 6.01 | 6.33 | | | | | | | |
| | 8.03 | 9.85 | 9.67 | 9.45 | 9.24 | 9.00 | 8.81 | 8.53 | 8.36 | 8.29 | 7.81 | | | | | | | |

表2. 日本陸上競技選手権大会男子 400m 走における通過タイム, 区間タイム, 区間平均走速度, および走速度低下率 (上段: 決勝, 下段: 予選)

| 選手名 | 記録 | 上段: 50m毎通過タイム [s] | | | 中段: 50m毎区間タイム [s] | | | 下段: 35m毎区間平均速度 [m/s] | | | | | 走速度低下率 [%] | 区間タイム [s] | | | | |
|--------------------------------|-------|-------------------|-----------------|-------------------|--------------------|------------|--------------------|----------------------|------------|--------------------|--------------------|--------------------|------------|------------|---------------------|-----------|---------------------|------|
| | | (0-5m) | 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 |
| 中島佑気 [†] ヨセフ (東洋大) | 45.15 | - | 6.22 | 11.20 | 16.28 | - | 21.54 | 26.97 | - | 32.72 | 38.77 | 45.15 | 18.75 | 10.33 | 11.18 | 12.43 | 23.61 | 2.07 |
| | - | 6.22 | 4.99 | 5.08 | - | 5.26 | 5.43 | - | 5.75 | 6.05 | 6.38 | | | | | | | |
| | 7.86 | 10.09 | 9.94 | 9.80 | 9.58 | 9.37 | 9.10 | 8.76 | 8.33 | 8.19 | 7.75 | | | | | | | |
| 佐藤風雅 (ミズノ) | 45.26 | - | 6.06 | 11.11 | 16.22 | - | 21.47 | 26.90 | - | 32.62 | 38.74 | 45.26 | 19.31 | 10.36 | 11.16 | 12.64 | 23.79 | 2.33 |
| | - | 6.06 | 5.05 | 5.11 | - | 5.25 | 5.43 | - | 5.72 | 6.11 | 6.52 | | | | | | | |
| | 8.10 | 9.94 | 9.85 | 9.76 | 9.60 | 9.34 | 9.11 | 8.81 | 8.34 | 8.02 | 7.58 | | | | | | | |
| 佐藤拳太郎 (富士通) | 45.47 | - | 6.16 | 11.16 | 16.28 | - | 21.55 | 26.97 | - | 32.80 | 38.95 | 45.47 | 20.46 | 10.39 | 11.25 | 12.67 | 23.92 | 2.37 |
| | - | 6.16 | 5.00 | 5.12 | - | 5.27 | 5.42 | - | 5.83 | 6.15 | 6.52 | | | | | | | |
| | 7.94 | 10.09 | 9.87 | 9.71 | 9.54 | 9.39 | 9.13 | 8.61 | 8.23 | 8.02 | 7.59 | | | | | | | |
| 今泉堅貴 (筑波大) | 45.54 | - | 6.16 | 11.18 | 16.32 | - | 21.67 | 27.21 | - | 33.04 | 39.09 | 45.54 | 19.19 | 10.49 | 11.37 | 12.50 | 23.87 | 2.21 |
| | - | 6.16 | 5.02 | 5.14 | - | 5.35 | 5.54 | - | 5.83 | 6.05 | 6.45 | | | | | | | |
| | 7.94 | 10.06 | 9.83 | 9.69 | 9.43 | 9.16 | 8.94 | 8.57 | 8.39 | 8.13 | 7.67 | | | | | | | |
| 地主直央 (法政大) | 45.97 | - | 6.46 | 11.85 | 17.32 | - | 22.83 | 28.37 | - | 34.00 | 39.78 | 45.97 | 7.98 | 10.98 | 11.17 | 11.97 | 23.14 | 0.31 |
| | - | 6.46 | 5.39 | 5.47 | - | 5.51 | 5.54 | - | 5.63 | 5.78 | 6.19 | | | | | | | |
| | 7.60 | 9.32 | 9.20 | 9.12 | 9.08 | 9.04 | 9.01 | 8.90 | 8.72 | 8.58 | 7.97 | | | | | | | |
| 中島佑気 [†] ヨセフ (東洋大) | 45.49 | - | 6.17 | 11.12 | 16.20 | - | 21.52 | 27.07 | - | 32.94 | 39.06 | 45.49 | 20.08 | 10.39 | 11.42 | 12.55 | 23.97 | 2.45 |
| | - | 6.17 | 4.96 | 5.08 | - | 5.32 | 5.56 | - | 5.87 | 6.11 | 6.43 | | | | | | | |
| | 7.93 | 10.13 | 10.01 | 9.78 | 9.50 | 9.17 | 8.89 | 8.55 | 8.26 | 8.10 | 7.69 | | | | | | | |
| 佐藤風雅 (ミズノ) | 45.62 | - | 6.13 | 11.12 | 16.22 | - | 21.53 | 27.10 | - | 32.95 | 39.06 | 45.62 | 20.35 | 10.41 | 11.42 | 12.67 | 24.09 | 2.56 |
| | - | 6.13 | 4.98 | 5.11 | - | 5.30 | 5.57 | - | 5.85 | 6.11 | 6.56 | | | | | | | |
| | 7.98 | 10.11 | 9.92 | 9.74 | 9.54 | 9.18 | 8.85 | 8.56 | 8.33 | 8.05 | 7.52 | | | | | | | |
| 佐藤拳太郎 (富士通) | 46.06 | - | 6.15 | 11.21 | 16.33 | - | 21.62 | 27.16 | - | 33.13 | 39.43 | 46.06 | 20.69 | 10.41 | 11.51 | 12.93 | 24.44 | 2.81 |
| | - | 6.15 | 5.06 | 5.12 | - | 5.29 | 5.53 | - | 5.97 | 6.30 | 6.63 | | | | | | | |
| | 7.97 | 9.91 | 9.84 | 9.74 | 9.54 | 9.26 | 8.89 | 8.41 | 8.01 | 7.86 | 7.47 | | | | | | | |
| 今泉堅貴 (筑波大) | 46.01 | - | 6.23 | 11.34 | 16.58 | - | 22.02 | 27.63 | - | 33.49 | 39.57 | 46.01 | 17.28 | 10.68 | 11.47 | 12.52 | 23.99 | 1.97 |
| | - | 6.23 | 5.11 | 5.24 | - | 5.44 | 5.61 | - | 5.86 | 6.08 | 6.44 | | | | | | | |
| | 7.86 | 9.85 | 9.69 | 9.47 | 9.28 | 9.00 | 8.85 | 8.55 | 8.31 | 8.15 | 7.68 | | | | | | | |
| 地主直央 (法政大) | 46.50 | - | 6.37 | 11.68 | 17.07 | - | 22.51 | 28.04 | - | 33.80 | 39.86 | 46.50 | 13.79 | 10.83 | 11.29 | 12.70 | 23.99 | 1.48 |
| | - | 6.37 | 5.31 | 5.39 | - | 5.44 | 5.54 | - | 5.75 | 6.06 | 6.64 | | | | | | | |
| | 7.71 | 9.45 | 9.37 | 9.24 | 9.20 | 9.16 | 8.95 | 8.76 | 8.36 | 8.15 | 7.38 | | | | | | | |

表3. 世界陸上競技選手権大会男子400m走における通過タイム, 区間タイム, 区間平均走速度, および走速度低下率 (上段: 決勝, 中段: 準決勝, 下段: 予選)

| 選手名 | 記録 | 上段: 50m毎通過タイム [s] | | | | | | | | 中段: 50m毎区間タイム [s] | | | | | | | | 下段: 35m毎区間平均速度 [m/s] | | | | | | | | 走速度低下率 [%] | 区間タイム [s] | | | | |
|---------------------------------|-------|-------------------|--------------|----------------|-----------------|----------|-----------------|-----------------|----------|-------------------|-----------------|-----------------|------------|------------------|------------|------------------|------|----------------------|------|------|------|------|------|-------|-------|------------|-----------|-------|------|--|--|
| | | (0-50m) | 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 | | | | | | | | | | | | | | |
| Antonio WATSON (JAM) | 44.22 | - | 6.26 | 11.18 | 16.15 | - | 21.28 | 26.63 | - | 32.23 | 38.03 | 44.22 | 7.80 | 10.18 | 10.13 | 10.04 | 9.85 | 9.54 | 9.20 | 8.97 | 8.74 | 8.48 | 7.99 | 16.77 | 10.09 | 10.95 | 11.99 | 22.94 | 1.67 | | |
| Matthew HUDSON-SMITH (GBR) | 44.31 | - | 5.98 | 10.93 | 15.96 | - | 21.08 | 26.36 | - | 31.96 | 37.90 | 44.31 | 8.20 | 10.16 | 10.03 | 9.91 | 9.83 | 9.62 | 9.37 | 8.97 | 8.58 | 8.26 | 7.70 | 18.67 | 10.15 | 10.88 | 12.35 | 23.23 | 2.15 | | |
| Quincy HALL (USA) | 44.37 | - | 6.25 | 11.25 | 16.37 | - | 21.60 | 26.96 | - | 32.48 | 38.23 | 44.37 | 7.82 | 10.04 | 9.94 | 9.71 | 9.62 | 9.41 | 9.28 | 9.08 | 8.85 | 8.53 | 8.06 | 15.04 | 10.34 | 10.88 | 11.89 | 22.77 | 1.17 | | |
| Vernon NORWOOD (USA) | 44.39 | - | 6.00 | 11.01 | 16.10 | - | 21.33 | 26.72 | - | 32.30 | 38.12 | 44.39 | 8.17 | 10.01 | 9.94 | 9.78 | 9.62 | 9.41 | 9.20 | 8.97 | 8.78 | 8.43 | 7.87 | 15.86 | 10.32 | 10.97 | 12.09 | 23.06 | 1.73 | | |
| Antonio WATSON (JAM) | 44.13 | - | 6.16 | 11.00 | 15.89 | - | 20.97 | 26.33 | - | 31.96 | 37.87 | 44.13 | 7.92 | 10.36 | 10.28 | 10.21 | 9.99 | 9.51 | 9.20 | 8.93 | 8.59 | 8.33 | 7.91 | 19.56 | 9.97 | 10.99 | 12.17 | 23.16 | 2.19 | | |
| Vernon NORWOOD (USA) | 44.26 | - | 6.11 | 11.12 | 16.22 | - | 21.45 | 26.85 | - | 32.43 | 38.15 | 44.26 | 8.02 | 10.01 | 9.94 | 9.76 | 9.62 | 9.39 | 9.18 | 8.97 | 8.81 | 8.69 | 8.06 | 13.25 | 10.33 | 10.98 | 11.83 | 22.81 | 1.36 | | |
| Wayde VAN NIEKERK (RSA) | 44.65 | - | 6.06 | 10.89 | 15.83 | - | 20.99 | 26.46 | - | 32.16 | 38.11 | 44.65 | 8.06 | 10.41 | 10.26 | 10.06 | 9.83 | 9.39 | 9.00 | 8.78 | 8.62 | 8.20 | 7.51 | 21.21 | 10.10 | 11.17 | 12.49 | 23.66 | 2.67 | | |
| 佐藤拳太郎 (JPN) | 44.99 | - | 6.11 | 11.11 | 16.22 | - | 21.45 | 26.82 | - | 32.56 | 38.58 | 44.99 | 8.02 | 10.09 | 9.87 | 9.76 | 9.60 | 9.47 | 9.18 | 8.72 | 8.46 | 8.17 | 7.71 | 18.99 | 10.34 | 11.12 | 12.43 | 23.54 | 2.10 | | |
| Matthew HUDSON-SMITH (GBR) | 44.26 | - | 6.04 | 10.92 | 15.87 | - | 21.02 | 26.38 | - | 31.98 | 37.86 | 44.26 | 8.10 | 10.31 | 10.13 | 10.09 | 9.83 | 9.49 | 9.22 | 8.97 | 8.67 | 8.33 | 7.70 | 19.25 | 10.09 | 10.96 | 12.28 | 23.24 | 2.23 | | |
| Kirani JAMES (GRN) | 44.58 | - | 5.95 | 10.76 | 15.68 | - | 20.84 | 26.32 | - | 32.10 | 38.13 | 44.58 | 8.22 | 10.49 | 10.26 | 10.11 | 9.85 | 9.32 | 9.00 | 8.67 | 8.44 | 8.13 | 7.67 | 22.48 | 10.09 | 11.25 | 12.48 | 23.74 | 2.89 | | |
| Havard Bentdal INGVALDSEN (NOR) | 44.70 | - | 6.20 | 11.10 | 16.07 | - | 21.28 | 26.73 | - | 32.45 | 38.34 | 44.70 | 7.89 | 10.21 | 10.16 | 10.01 | 9.74 | 9.32 | 9.08 | 8.74 | 8.56 | 8.40 | 7.74 | 17.72 | 10.18 | 11.17 | 12.25 | 23.42 | 2.14 | | |
| 佐藤風雅 (JPN) | 44.88 | - | 6.02 | 10.88 | 15.85 | - | 21.09 | 26.60 | - | 32.40 | 38.38 | 44.88 | 8.12 | 10.33 | 10.23 | 9.99 | 9.67 | 9.28 | 8.93 | 8.63 | 8.46 | 8.24 | 7.57 | 20.24 | 10.21 | 11.31 | 12.48 | 23.79 | 2.71 | | |
| Quincy HALL (USA) | 44.43 | - | 6.22 | 11.22 | 16.28 | - | 21.51 | 26.86 | - | 32.44 | 38.22 | 44.43 | 7.86 | 10.06 | 9.92 | 9.85 | 9.62 | 9.45 | 9.28 | 8.97 | 8.78 | 8.51 | 7.95 | 15.42 | 10.29 | 10.93 | 11.99 | 22.92 | 1.42 | | |
| Sean BAILEY (JAM) | 44.94 | - | 6.13 | 11.08 | 16.12 | - | 21.41 | 26.92 | - | 32.69 | 38.63 | 44.94 | 7.98 | 10.13 | 10.04 | 9.90 | 9.54 | 9.24 | 8.97 | 8.67 | 8.53 | 8.31 | 7.83 | 18.02 | 10.32 | 11.28 | 12.25 | 23.53 | 2.12 | | |
| 中島佑気 (JPN) | 45.04 | - | 6.23 | 11.19 | 16.22 | - | 21.51 | 26.96 | - | 32.69 | 38.64 | 45.04 | 7.84 | 10.11 | 10.06 | 9.90 | 9.49 | 9.32 | 9.08 | 8.74 | 8.55 | 8.26 | 7.70 | 18.31 | 10.32 | 11.17 | 12.35 | 23.53 | 2.02 | | |
| 佐藤拳太郎 (JPN) | 44.77 | - | 6.24 | 11.31 | 16.46 | - | 21.71 | 27.07 | - | 32.71 | 38.59 | 44.77 | 7.84 | 9.90 | 9.85 | 9.65 | 9.56 | 9.43 | 9.26 | 8.89 | 8.62 | 8.39 | 8.02 | 15.20 | 10.40 | 11.00 | 12.06 | 23.06 | 1.35 | | |
| 佐藤風雅 (JPN) | 44.97 | - | 6.12 | 11.13 | 16.25 | - | 21.54 | 27.02 | - | 32.73 | 38.69 | 44.97 | 8.00 | 10.04 | 9.87 | 9.74 | 9.54 | 9.24 | 9.04 | 8.80 | 8.49 | 8.31 | 7.87 | 17.23 | 10.41 | 11.19 | 12.24 | 23.43 | 1.88 | | |
| 中島佑気 (JPN) | 45.15 | - | 6.26 | 11.32 | 16.49 | - | 21.77 | 27.19 | - | 32.86 | 38.74 | 45.15 | 7.82 | 9.94 | 9.78 | 9.62 | 9.51 | 9.37 | 9.14 | 8.83 | 8.63 | 8.36 | 7.68 | 15.94 | 10.45 | 11.08 | 12.29 | 23.38 | 1.61 | | |

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

| 選手名 | 記録 | 上段: 50m毎通過タイム [s] | | | | | | | | | | 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 | 185-220m | 200m (220-255m) | 250m (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 | |
| 久保山晴菜 (今村病院) | 53.19 | - | 6.83 | 12.75 | 18.82 | - | 25.09 | 31.68 | - | 38.55 | 45.68 | 53.19 | 18.95 | 12.34 | 13.45 | 14.64 | 28.10 | 3.00 |
| | - | 6.83 | 5.92 | 6.07 | - | 6.28 | 6.59 | - | 6.86 | 7.14 | 7.51 | | | | | | | |
| | 7.21 | 8.53 | 8.31 | 8.21 | 8.07 | 7.74 | 7.49 | 7.31 | 7.10 | 6.91 | 6.60 | | | | | | | |
| 児島袖月 (立命館大) | 53.99 | - | 6.84 | 12.90 | 19.12 | - | 25.63 | 32.42 | - | 39.33 | 46.48 | 53.99 | 16.81 | 12.74 | 13.70 | 14.66 | 28.36 | 2.72 |
| | - | 6.84 | 6.06 | 6.22 | - | 6.51 | 6.78 | - | 6.92 | 7.15 | 7.51 | | | | | | | |
| | 7.22 | 8.30 | 8.18 | 7.98 | 7.77 | 7.47 | 7.31 | 7.26 | 7.09 | 6.90 | 6.60 | | | | | | | |
| 安達茉鈴 (園田女子大) | 54.05 | - | 6.91 | 13.03 | 19.30 | - | 25.68 | 32.28 | - | 39.10 | 46.31 | 54.05 | 18.46 | 12.65 | 13.42 | 14.95 | 28.37 | 2.68 |
| | - | 6.91 | 6.12 | 6.27 | - | 6.38 | 6.60 | - | 6.82 | 7.21 | 7.74 | | | | | | | |
| | 7.14 | 8.26 | 8.04 | 7.95 | 7.87 | 7.76 | 7.47 | 7.36 | 7.15 | 6.73 | 6.40 | | | | | | | |
| 松本奈菜子 (東邦銀行) | 54.43 | - | 6.93 | 13.00 | 19.22 | - | 25.69 | 32.41 | - | 39.45 | 46.78 | 54.43 | 18.91 | 12.70 | 13.75 | 14.98 | 28.74 | 3.04 |
| | - | 6.93 | 6.06 | 6.22 | - | 6.48 | 6.71 | - | 7.04 | 7.33 | 7.65 | | | | | | | |
| | 7.11 | 8.29 | 8.18 | 7.98 | 7.80 | 7.55 | 7.39 | 7.11 | 6.92 | 6.72 | 6.49 | | | | | | | |
| 岩田優奈 (スズキ) | 54.48 | - | 6.97 | 12.95 | 19.07 | - | 25.46 | 32.14 | - | 39.12 | 46.55 | 54.48 | 21.98 | 12.52 | 13.66 | 15.36 | 29.02 | 3.56 |
| | - | 6.97 | 5.98 | 6.12 | - | 6.39 | 6.68 | - | 6.98 | 7.42 | 7.93 | | | | | | | |
| | 7.06 | 8.44 | 8.24 | 8.13 | 7.90 | 7.64 | 7.39 | 7.21 | 6.89 | 6.59 | 6.24 | | | | | | | |
| 松本奈菜子 (東邦銀行) | 54.35 | - | 6.95 | 13.04 | 19.25 | - | 25.72 | 32.39 | - | 39.32 | 46.58 | 54.35 | 18.01 | 12.68 | 13.60 | 15.03 | 28.63 | 2.91 |
| | - | 6.95 | 6.10 | 6.21 | - | 6.47 | 6.67 | - | 6.92 | 7.26 | 7.77 | | | | | | | |
| | 7.10 | 8.23 | 8.16 | 8.01 | 7.80 | 7.57 | 7.44 | 7.25 | 7.03 | 6.75 | 6.36 | | | | | | | |
| 岩田優奈 (スズキ) | 54.41 | - | 6.92 | 12.97 | 19.19 | - | 25.69 | 32.48 | - | 39.46 | 46.67 | 54.41 | 17.92 | 12.72 | 13.77 | 14.95 | 28.72 | 3.03 |
| | - | 6.92 | 6.04 | 6.23 | - | 6.49 | 6.79 | - | 6.98 | 7.21 | 7.74 | | | | | | | |
| | 7.12 | 8.33 | 8.19 | 7.96 | 7.80 | 7.48 | 7.28 | 7.18 | 7.04 | 6.83 | 6.37 | | | | | | | |
| 児島袖月 (立命館大) | 54.42 | - | 7.02 | 13.03 | 19.27 | - | 25.81 | 32.48 | - | 39.43 | 46.64 | 54.42 | 18.14 | 12.77 | 13.62 | 14.99 | 28.61 | 2.81 |
| | - | 7.02 | 6.01 | 6.24 | - | 6.54 | 6.67 | - | 6.95 | 7.21 | 7.78 | | | | | | | |
| | 7.01 | 8.37 | 8.23 | 7.93 | 7.70 | 7.53 | 7.47 | 7.21 | 7.02 | 6.86 | 6.33 | | | | | | | |
| 久保山晴菜 (今村病院) | 53.76 | - | 6.98 | 13.14 | 19.44 | - | 25.87 | 32.39 | - | 39.12 | 46.22 | 53.76 | 15.79 | 12.73 | 13.26 | 14.64 | 27.89 | 2.02 |
| | - | 6.98 | 6.15 | 6.30 | - | 6.43 | 6.53 | - | 6.73 | 7.09 | 7.54 | | | | | | | |
| | 7.06 | 8.19 | 8.02 | 7.90 | 7.80 | 7.71 | 7.63 | 7.47 | 7.21 | 6.90 | 6.56 | | | | | | | |
| 安達茉鈴 (園田女子大) | 54.29 | - | 7.07 | 13.32 | 19.69 | - | 26.21 | 32.85 | - | 39.65 | 46.68 | 54.29 | 13.50 | 12.90 | 13.44 | 14.64 | 28.08 | 1.86 |
| | - | 7.07 | 6.24 | 6.37 | - | 6.53 | 6.64 | - | 6.80 | 7.03 | 7.61 | | | | | | | |
| | 6.97 | 8.08 | 7.90 | 7.83 | 7.70 | 7.57 | 7.51 | 7.36 | 7.23 | 6.99 | 6.48 | | | | | | | |

表 5. 国民体育大会成年男子 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] | | | |
|-----------------|-------|-------------------|--------------|----------------|-----------------|----------|----------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|-------------------|------------------|------------------|-------------|--|----------------------|--|--|--|--|-----------|--|--|--|
| | | (0-45m) | 50m (45-80m) | 100m (80-115m) | 150m (115-150m) | 150-185m | 185-220m | 200m (220-255m) | 250m (255-290m) | 300m (290-325m) | 100m毎 (100-200m) | 100m毎 (200-300m) | 100m毎 (300-400m) | 150m毎 (150-300m) | 150m毎 後半-前後 | | | | | | | | | | |
| 佐藤拳太郎 (富士通) | 32.59 | - | 6.29 | 11.34 | 16.41 | - | 21.64 | 26.97 | - | 32.59 | 10.30 | 10.95 | 16.18 | -0.23 | | | | | | | | | | | |
| | - | 6.29 | 5.04 | 5.07 | - | 5.23 | 5.33 | - | 5.62 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 7.77 | 9.90 | 9.94 | 9.83 | 9.62 | 9.43 | 9.34 | 8.97 | 8.45 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 藤澤瑠唯 (岩手大) | 32.88 | - | 6.33 | 11.37 | 16.52 | - | 21.87 | 27.26 | - | 32.88 | 10.50 | 11.01 | 16.36 | -0.17 | | | | | | | | | | | |
| | - | 6.33 | 5.05 | 5.15 | - | 5.34 | 5.39 | - | 5.62 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 7.73 | 9.94 | 9.85 | 9.65 | 9.39 | 9.28 | 9.26 | 8.97 | 8.52 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| イシヅマ瑠音 (中央大) | 32.90 | - | 6.29 | 11.34 | 16.42 | - | 21.72 | 27.16 | - | 32.90 | 10.38 | 11.18 | 16.48 | 0.05 | | | | | | | | | | | |
| | - | 6.29 | 5.05 | 5.08 | - | 5.30 | 5.44 | - | 5.74 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 7.77 | 9.94 | 9.85 | 9.83 | 9.49 | 9.32 | 9.10 | 8.76 | 8.38 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 森真聡 (城西大) | 32.98 | - | 6.44 | 11.58 | 16.60 | - | 21.76 | 27.15 | - | 32.98 | 10.18 | 11.22 | 16.38 | -0.22 | | | | | | | | | | | |
| | - | 6.44 | 5.14 | 5.02 | - | 5.16 | 5.39 | - | 5.83 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 7.60 | 9.67 | 9.80 | 10.04 | 9.78 | 9.49 | 9.14 | 8.62 | 8.15 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 今泉堅貴 (筑波大) | 32.98 | - | 6.23 | 11.21 | 16.36 | - | 21.77 | 27.25 | - | 32.98 | 10.56 | 11.21 | 16.62 | 0.26 | | | | | | | | | | | |
| | - | 6.23 | 4.98 | 5.15 | - | 5.41 | 5.48 | - | 5.73 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 7.84 | 10.09 | 9.99 | 9.60 | 9.28 | 9.14 | 9.12 | 8.77 | 8.37 | | | | | | | | | | | | | | | | |

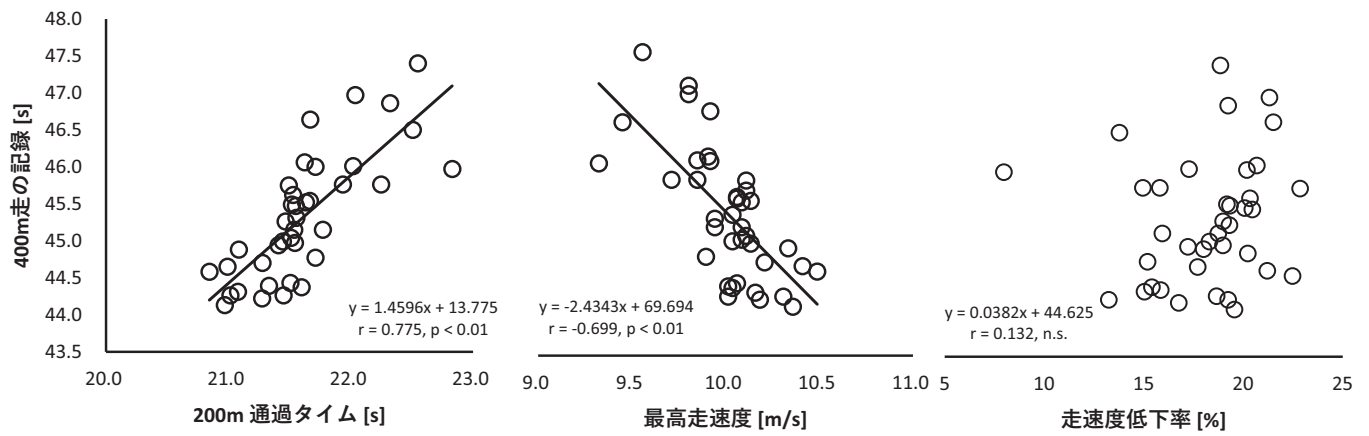


図 1. 男子 400m 走の記録と最高走速度，前半 200m の通過タイム，および走速度低下率との関係

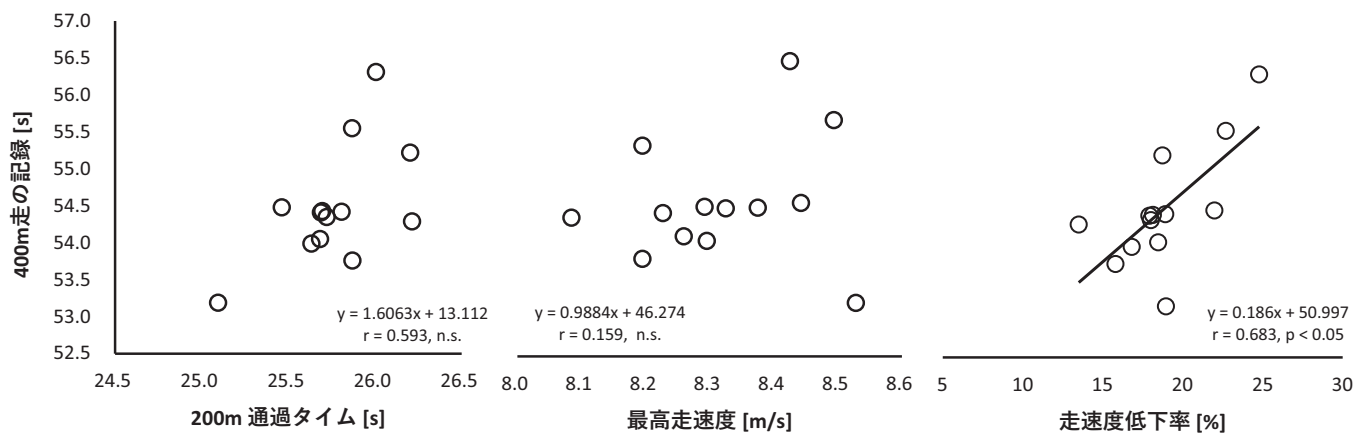


図 2. 女子 400m 走の記録と最高走速度，前半 200m の通過タイム，および走速度低下率との関係

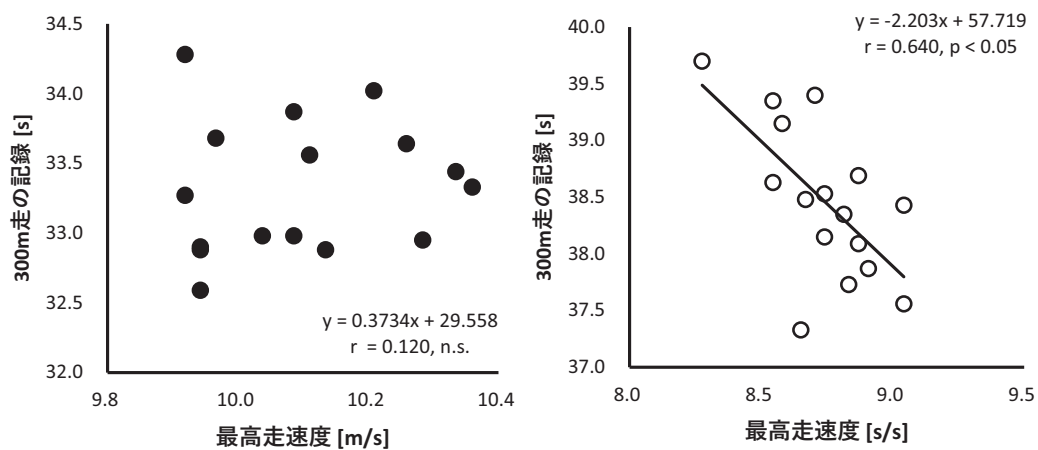


図 3. 男女 300m 走の記録と最高走速度との関係 (左：男子●，右：女子○)

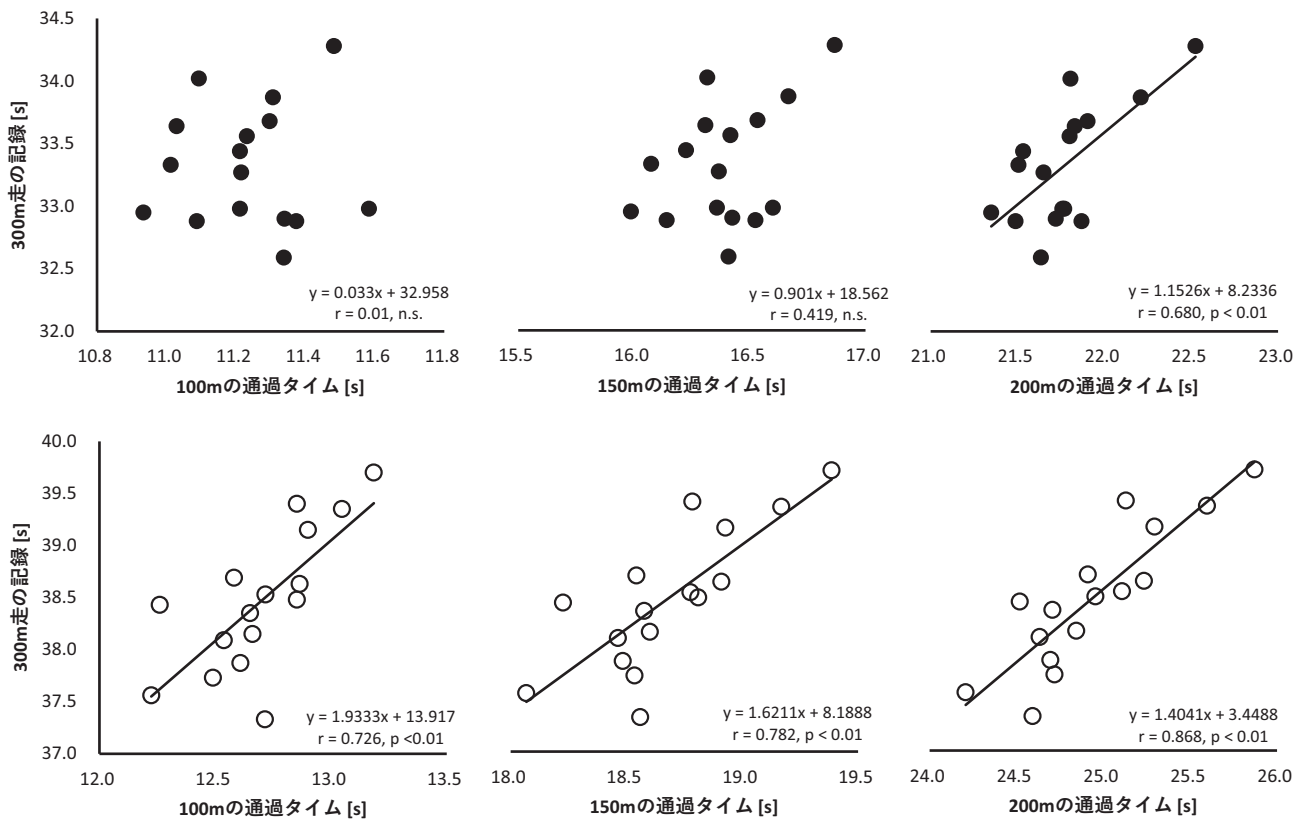


図 4. 男女 300m 走の記録と 100m, 150m および 200m の通過タイムとの関係 (上段: 男子●, 下段: 女子○)

第54回U16陸上競技大会における 男女1000mのレース分析結果から見る1000m種目配置の有益性

丹治 史弥¹⁾ 大沼 勇人²⁾ 関 慶太郎³⁾
1) 東海大学 2) 関西福祉大学 3) 日本大学

1. 目的

近年、我が国の陸上競技大会ではいわゆるオリンピック種目ではない特殊種目の配置が行われている。中距離種目ではU16陸上競技大会における1000m種目がこれに該当する。オリンピック種目である1500mに比べ走行距離が短くかつ日々のトレーニングにおいてよく用いられる走行距離を競技種目として設定することで、レース中の走スピードを速くすることや1500mとは異なるレース展開を体験させることを狙いとしているものと推察される。しかしながら、これまでにこの特殊種目におけるレース分析からこの種目配置の有益性について検討した報告は見当たらない。

そこで本報告では、2023年度に実施されたU16陸上競技大会の男子および女子1000m決勝におけるレース分析結果を同年に実施されたU20日本陸上競技選手権大会と日本陸上競技選手権大会の男子および女子1500m決勝におけるレース分析結果と比較し、スピードの変化の特徴について考察する。シニアカテゴリーおよびU20カテゴリーの1500mの走スピードと比較することでU16陸上競技大会における1000m種目がその後のカテゴリーにおけるレースへの専門化に貢献できるかを検討することができるだろう。

2. 方法

2-1. 対象競技会および分析対象選手

対象競技会は、第54回U16陸上競技大会（ニンジニアスタジアム、愛媛；以下、U16）および第39回U20日本陸上競技選手権大会および第107回日本陸上競技選手権大会（ヤンマースタジアム長居、大阪；以下、U20およびNCA）であった。U16では男子および女子の1000m決勝のレースを、

U20およびNCAでは男子および女子の1500m決勝のレースを分析対象とした。すべてのレースにおいて上位3名を分析対象とした。また、8位入賞者のフィニッシュタイムを公式結果より取得した。

2-2. 撮影方法

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U16では2台、U20およびNCAでは4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た。U16における撮影位置はフィニッシュライン延長線上と200m通過ライン延長線上であり、U20およびNCAではそれらの撮影位置に加えて100m通過ライン延長線上および300m通過ライン延長線上であった。

2-3. 分析方法

それぞれのレース分析は、スタートの閃光後100mごとの地点を通過する際のコマ数を映像から読み取った。コマ数から通過タイムを算出し、その後各区分における所要時間および走スピード（m/s）を算出した。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、8位入賞者のフィニッシュタイムよりレース中の平均走スピード（m/s）を算出した。

表 1. 第 54 回 U16 陸上競技大会男子 1000m 決勝上位 3 名の分析結果

| 順位 | 競技者名 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 | |
|----|-----------|-------------|------|------|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|
| 1 | 通過タイム | 14.3 | 28.5 | 43.7 | 59.4 | 1:14.8 | 1:30.3 | 1:45.3 | 2:00.2 | 2:14.9 | 2:29.7 | |
| | 区間タイム100m | 14.3 | 14.2 | 15.2 | 15.7 | 15.4 | 15.5 | 15.0 | 14.9 | 14.7 | 14.8 | |
| | 梅田 大陸 | 400m | | 59.4 | | | | 60.9 | | | 29.5 | |
| | 神戸大原中 | スピード m/s | 7.01 | 7.03 | 6.59 | 6.38 | 6.49 | 6.45 | 6.66 | 6.69 | 6.80 | 6.77 |
| | | ステップ長 m | 1.84 | 2.04 | 1.98 | 1.94 | 1.96 | 1.94 | 1.96 | 1.93 | 1.86 | 1.79 |
| | | ピッチ steps/s | 3.80 | 3.44 | 3.32 | 3.29 | 3.32 | 3.33 | 3.40 | 3.46 | 3.66 | 3.77 |
| 2 | 通過タイム | 14.3 | 28.6 | 43.9 | 59.5 | 1:15.0 | 1:30.5 | 1:45.6 | 2:00.7 | 2:15.5 | 2:30.4 | |
| | 区間タイム100m | 14.3 | 14.4 | 15.3 | 15.6 | 15.5 | 15.5 | 15.1 | 15.1 | 14.7 | 15.0 | |
| | 高橋 陽 | 400m | | 59.5 | | | | 61.3 | | | 29.7 | |
| | 胆沢中 | スピード m/s | 7.01 | 6.95 | 6.55 | 6.42 | 6.45 | 6.45 | 6.62 | 6.61 | 6.79 | 6.68 |
| | | ステップ長 m | 2.01 | 2.18 | 2.16 | 2.12 | 2.14 | 2.15 | 2.15 | 2.13 | 2.09 | 2.05 |
| | | ピッチ steps/s | 3.49 | 3.19 | 3.03 | 3.03 | 3.01 | 3.00 | 3.08 | 3.11 | 3.25 | 3.26 |
| 3 | 通過タイム | 14.7 | 29.3 | 44.4 | 59.8 | 1:15.2 | 1:30.7 | 1:45.8 | 2:01.0 | 2:15.9 | 2:30.8 | |
| | 区間タイム100m | 14.7 | 14.6 | 15.1 | 15.3 | 15.5 | 15.5 | 15.1 | 15.1 | 14.9 | 14.9 | |
| | 大本 寿以喜 | 400m | | 59.8 | | | | 61.2 | | | 29.8 | |
| | 米子北斗中 | スピード m/s | 6.80 | 6.84 | 6.63 | 6.52 | 6.46 | 6.46 | 6.62 | 6.62 | 6.69 | 6.71 |
| | | ステップ長 m | 1.81 | 1.95 | 1.91 | 1.91 | 1.90 | 1.90 | 1.90 | 1.83 | 1.82 | 1.82 |
| | | ピッチ steps/s | 3.76 | 3.51 | 3.47 | 3.42 | 3.41 | 3.39 | 3.49 | 3.61 | 3.67 | 3.68 |

表 2. 第 39 回 U20 日本陸上競技選手権大会男子 1500m 決勝上位 3 名の分析結果

| 順位 | 競技者名 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 | 1100 | 1200 | 1300 | 1400 | 1500 | |
|----|-----------|-------------|------|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|
| 1 | 通過タイム | 14.6 | 29.5 | 45.0 | 1:00.8 | 1:16.6 | 1:32.7 | 1:48.7 | 2:04.8 | 2:20.1 | 2:35.0 | 2:50.1 | 3:04.7 | 3:18.8 | 3:33.1 | 3:47.3 | |
| | 区間タイム100m | 14.6 | 14.9 | 15.5 | 15.8 | 15.9 | 16.0 | 16.0 | 16.1 | 15.3 | 14.9 | 15.1 | 14.6 | 14.1 | 14.3 | 14.3 | |
| | 尾熊 迅斗 | 400m | | 60.8 | | | | 64.1 | | | | 59.8 | | | | 42.7 | |
| | 東京実業高 | スピード m/s | 6.84 | 6.72 | 6.45 | 6.34 | 6.30 | 6.24 | 6.23 | 6.20 | 6.54 | 6.70 | 6.64 | 6.87 | 7.09 | 6.99 | 7.00 |
| | | ステップ長 m | 1.90 | 1.98 | 1.97 | 1.94 | 1.95 | 1.93 | 1.95 | 1.93 | 1.99 | 2.03 | 2.03 | 2.06 | 2.08 | 2.04 | 2.04 |
| | | ピッチ steps/s | 3.61 | 3.39 | 3.28 | 3.27 | 3.23 | 3.23 | 3.20 | 3.21 | 3.28 | 3.31 | 3.27 | 3.34 | 3.41 | 3.42 | 3.44 |
| 2 | 通過タイム | 14.9 | 30.1 | 45.7 | 1:01.6 | 1:17.3 | 1:33.4 | 1:49.6 | 2:05.6 | 2:20.8 | 2:36.1 | 2:51.2 | 3:06.2 | 3:20.4 | 3:34.1 | 3:47.6 | |
| | 区間タイム100m | 14.9 | 15.1 | 15.6 | 15.9 | 15.7 | 16.1 | 16.1 | 16.0 | 15.3 | 15.2 | 15.1 | 15.0 | 14.2 | 13.7 | 13.5 | |
| | 高田 通斗 | 400m | | 61.6 | | | | 64.0 | | | | 60.6 | | | | 41.4 | |
| | 立教大 | スピード m/s | 6.69 | 6.61 | 6.42 | 6.29 | 6.35 | 6.21 | 6.19 | 6.24 | 6.55 | 6.57 | 6.62 | 6.67 | 7.02 | 7.30 | 7.42 |
| | | ステップ長 m | 1.84 | 1.93 | 1.93 | 1.89 | 1.92 | 1.88 | 1.89 | 1.89 | 1.93 | 1.93 | 1.94 | 1.91 | 1.97 | 1.95 | 1.99 |
| | | ピッチ steps/s | 3.63 | 3.42 | 3.33 | 3.33 | 3.32 | 3.31 | 3.28 | 3.31 | 3.40 | 3.41 | 3.41 | 3.49 | 3.56 | 3.75 | 3.73 |
| 3 | 通過タイム | 15.0 | 29.9 | 45.5 | 1:01.4 | 1:17.2 | 1:33.2 | 1:49.4 | 2:05.4 | 2:19.9 | 2:34.8 | 2:49.9 | 3:04.5 | 3:18.6 | 3:32.9 | 3:47.7 | |
| | 区間タイム100m | 15.0 | 14.8 | 15.6 | 15.8 | 15.8 | 16.1 | 16.1 | 16.1 | 14.4 | 14.9 | 15.0 | 14.6 | 14.1 | 14.3 | 14.8 | |
| | 寺田 向希 | 400m | | 61.4 | | | | 64.1 | | | | 59.0 | | | | 43.2 | |
| | 國學院久我山高 | スピード m/s | 6.66 | 6.73 | 6.39 | 6.31 | 6.33 | 6.22 | 6.20 | 6.22 | 6.92 | 6.69 | 6.65 | 6.85 | 7.09 | 6.99 | 6.76 |
| | | ステップ長 m | 1.93 | 2.01 | 2.01 | 1.98 | 2.01 | 1.98 | 1.99 | 1.95 | 2.08 | 2.04 | 2.04 | 2.05 | 2.07 | 2.01 | 1.99 |
| | | ピッチ steps/s | 3.45 | 3.35 | 3.17 | 3.18 | 3.15 | 3.15 | 3.11 | 3.19 | 3.33 | 3.28 | 3.26 | 3.35 | 3.43 | 3.48 | 3.40 |

3. 結果および考察

3-1. U16 男子 1000m・U20 男子 1500m・NCA 男子 1500m

U16 男子 1000m, U20 男子 1500m および NCA 男子 1500m の 100m ごとの分析結果（走スピード, ステップ長およびピッチ）を表 1-3 に示した. また, 図 1-3 にはそれぞれのレースにおける走スピード

の 100m ごとの変化を示した. World Athletics の定める Scoring Table (Spiriev, 2022) にて男子 1500m 走で 1100 points に当たるタイムは 3:40.52 であり, おおよそ 6.80 m/s の平均走スピードとなる. NCA 男子 1500m にて分析対象となった 3 名の選手はレース中の平均走スピードが 6.80 m/s を超えており (優勝タイム, 3:38.45=大会新記録; 平均走スピード, 6.87 m/s), シニアカテゴリーの男子

表 3. 第 107 回日本陸上競技選手権大会男子 1500m 決勝上位 3 名の分析結果

| 順位 | 競技者名 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 | 1100 | 1200 | 1300 | 1400 | 1500 | |
|----|----------|-------------|------|------|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | 河村 一輝 | 通過タイム | 14.8 | 30.2 | 45.1 | 0:59.8 | 1:14.2 | 1:28.3 | 1:42.7 | 1:57.5 | 2:12.3 | 2:26.5 | 2:41.3 | 2:56.1 | 3:10.5 | 3:24.3 | 3:38.4 |
| | トーエネック | 区間タイム100m | 14.8 | 15.4 | 14.9 | 14.7 | 14.4 | 14.1 | 14.4 | 14.8 | 14.7 | 14.3 | 14.7 | 14.8 | 14.4 | 13.8 | 14.1 |
| | | 400m | 59.8 | | | 57.7 | | | 58.6 | | | 42.3 | | | | | |
| | | スピード m/s | 6.76 | 6.50 | 6.71 | 6.79 | 6.95 | 7.09 | 6.94 | 6.76 | 6.78 | 7.01 | 6.78 | 6.73 | 6.95 | 7.26 | 7.07 |
| | | ステップ長 m | 1.90 | 1.99 | 2.03 | 2.03 | 2.04 | 2.06 | 2.04 | 2.01 | 2.01 | 2.03 | 2.01 | 1.97 | 2.01 | 1.98 | 1.94 |
| | | ピッチ steps/s | 3.56 | 3.27 | 3.31 | 3.35 | 3.40 | 3.44 | 3.41 | 3.37 | 3.38 | 3.45 | 3.37 | 3.42 | 3.46 | 3.66 | 3.64 |
| 2 | 高橋 祐輔 | 通過タイム | 15.1 | 30.6 | 45.6 | 1:00.5 | 1:15.0 | 1:28.9 | 1:43.2 | 1:57.9 | 2:12.3 | 2:26.6 | 2:41.1 | 2:56.0 | 3:10.3 | 3:24.6 | 3:38.7 |
| | 北海道大学大学院 | 区間タイム100m | 15.1 | 15.5 | 14.9 | 14.9 | 14.5 | 13.9 | 14.4 | 14.7 | 14.3 | 14.3 | 14.5 | 14.9 | 14.4 | 14.3 | 14.1 |
| | | 400m | 60.5 | | | 57.4 | | | 58.0 | | | 42.7 | | | | | |
| | | スピード m/s | 6.62 | 6.44 | 6.70 | 6.69 | 6.91 | 7.21 | 6.95 | 6.80 | 6.97 | 7.00 | 6.89 | 6.72 | 6.96 | 7.00 | 7.10 |
| | | ステップ長 m | 1.82 | 1.95 | 2.00 | 1.97 | 2.00 | 2.01 | 2.03 | 1.96 | 2.01 | 1.98 | 1.99 | 1.93 | 1.96 | 1.95 | 1.92 |
| | | ピッチ steps/s | 3.64 | 3.30 | 3.36 | 3.39 | 3.46 | 3.58 | 3.42 | 3.47 | 3.46 | 3.54 | 3.46 | 3.48 | 3.55 | 3.60 | 3.69 |
| 3 | 森田 圭祐 | 通過タイム | 14.9 | 30.4 | 45.5 | 1:00.2 | 1:14.6 | 1:28.7 | 1:43.1 | 1:57.9 | 2:12.1 | 2:26.4 | 2:41.0 | 2:56.3 | 3:10.6 | 3:24.6 | 3:38.7 |
| | SUBARU | 区間タイム100m | 14.9 | 15.5 | 15.0 | 14.8 | 14.4 | 14.1 | 14.4 | 14.8 | 14.2 | 14.3 | 14.6 | 15.3 | 14.3 | 14.0 | 14.2 |
| | | 400m | 60.2 | | | 57.6 | | | 58.4 | | | 42.5 | | | | | |
| | | スピード m/s | 6.70 | 6.45 | 6.65 | 6.77 | 6.95 | 7.10 | 6.95 | 6.76 | 7.03 | 7.00 | 6.86 | 6.53 | 7.00 | 7.14 | 7.05 |
| | | ステップ長 m | 1.85 | 1.91 | 2.00 | 2.01 | 2.07 | 2.09 | 2.08 | 2.02 | 2.07 | 2.06 | 2.05 | 1.98 | 2.03 | 2.05 | 2.04 |
| | | ピッチ steps/s | 3.62 | 3.37 | 3.32 | 3.37 | 3.35 | 3.39 | 3.35 | 3.35 | 3.40 | 3.39 | 3.34 | 3.30 | 3.44 | 3.47 | 3.45 |

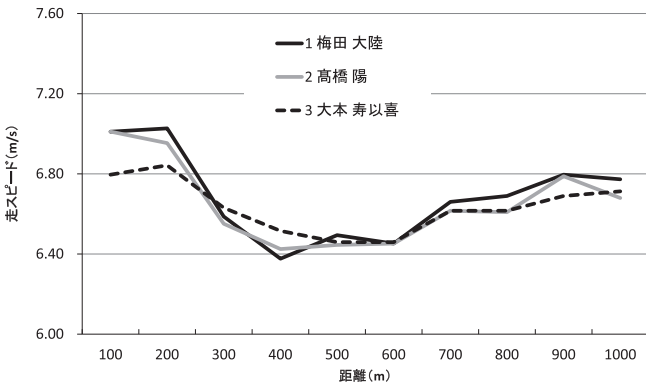


図 1. 第 54 回 U16 陸上競技大会男子 1000m 決勝上位 3 名の走スピードの変化

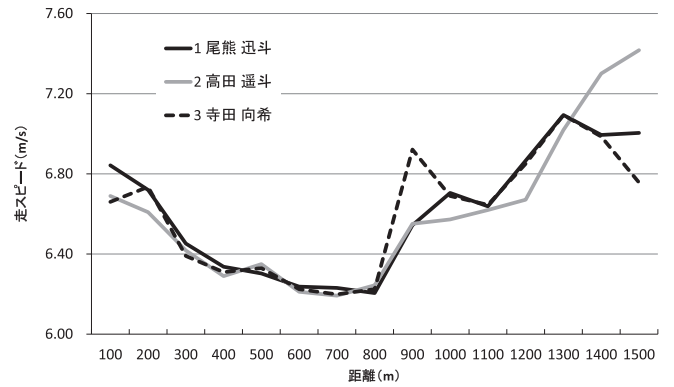


図 2. 第 39 回 U20 日本陸上競技選手権大会男子 1500m 決勝上位 3 名の走スピードの変化

1500m 走において 6.80 m/s を超えた走スピードを維持することの重要性が伺える。

U20 男子 1500m では優勝者、3 位入賞者および 8 位入賞者の平均走スピードがそれぞれ 6.60 m/s, 6.59 m/s および 6.54 m/s (フィニッシュタイム, 3:47.34; 3:47.68 および 3:49.47) であった。また, U16 男子 1000m では優勝者, 3 位入賞者および 8 位入賞者の平均走スピードがそれぞれ 6.68 m/s, 6.63 m/s および 6.39 m/s (フィニッシュタイム, 2:29.70; 2:30.80 および 2:36.47) であった。したがって, 8 位入賞者では劣るものの, U20 男子 1500m よりも U16 男子 1000m の方が高い走スピードでレースが展開されていたことが明らかとなった。とりわけ U20 男子 1500m はレースの序盤 (300m-800m) に走スピードが 6.40 m/s (1500m, 3:54.4 ペース) を下回っており, 順位を争うレース特有の牽制があったものと考えられる。U20 男

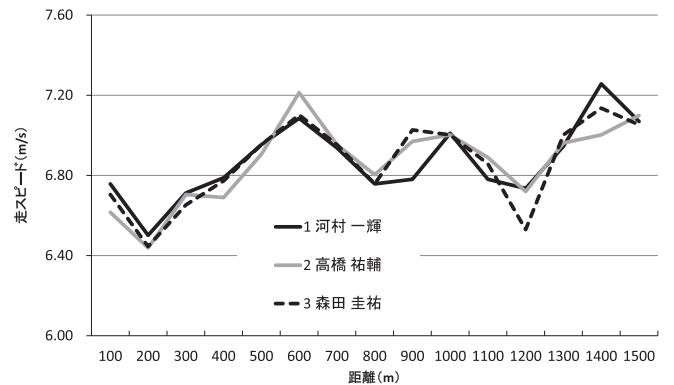


図 3. 第 107 回日本陸上競技選手権大会男子 1500m 決勝上位 3 名の走スピードの変化

子 1500m において分析対象の 3 名のうち 1 名でも 6.80 m/s を上回っていたのが 5 区間, 6.40 m/s を下回っていたのが 6 区間あった。一方, U16 男子 1000m において分析対象の 3 名のうち 1 名でも 6.80

表 4. 第 54 回 U16 陸上競技大会女子 1000m 決勝上位 3 名の分析結果

| 順位 | 競技者名 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 | |
|-----------|-----------|-------------|------|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | 通過タイム | 15.5 | 31.3 | 47.7 | 1:05.26 | 1:22.79 | 1:40.60 | 1:57.10 | 2:14.36 | 2:31.16 | 2:48.49 | |
| | 区間タイム100m | 15.5 | 15.8 | 16.4 | 17.6 | 17.5 | 17.8 | 16.5 | 17.3 | 16.8 | 17.3 | |
| | 黒田 六花 | 400m | 65.3 | | 69.1 | | 34.1 | | | | | |
| | 京山中 | スピード m/s | 6.47 | 6.33 | 6.08 | 5.70 | 5.70 | 5.62 | 6.06 | 5.80 | 5.95 | 5.77 |
| | | ステップ長 m | 1.64 | 1.74 | 1.72 | 1.65 | 1.65 | 1.64 | 1.70 | 1.64 | 1.65 | 1.63 |
| | | ピッチ steps/s | 3.94 | 3.63 | 3.54 | 3.45 | 3.45 | 3.43 | 3.57 | 3.53 | 3.60 | 3.53 |
| | 2 | 通過タイム | 15.8 | 31.9 | 48.5 | 1:05.83 | 1:23.08 | 1:40.85 | 1:57.98 | 2:15.49 | 2:32.71 | 2:49.59 |
| 区間タイム100m | | 15.8 | 16.1 | 16.6 | 17.4 | 17.3 | 17.8 | 17.1 | 17.5 | 17.2 | 16.9 | |
| 遠藤 蒼依 | | 400m | 65.8 | | 69.7 | | 34.1 | | | | | |
| 日大三島中 | | スピード m/s | 6.34 | 6.20 | 6.02 | 5.76 | 5.80 | 5.63 | 5.84 | 5.71 | 5.81 | 5.92 |
| | | ステップ長 m | 1.68 | 1.81 | 1.79 | 1.72 | 1.74 | 1.72 | 1.74 | 1.70 | 1.70 | 1.70 |
| | | ピッチ steps/s | 3.77 | 3.44 | 3.37 | 3.35 | 3.34 | 3.27 | 3.35 | 3.36 | 3.43 | 3.48 |
| 3 | | 通過タイム | 16.3 | 32.7 | 49.4 | 1:06.64 | 1:23.98 | 1:41.15 | 1:57.66 | 2:15.04 | 2:32.47 | 2:49.69 |
| | 区間タイム100m | 16.3 | 16.4 | 16.8 | 17.2 | 17.3 | 17.2 | 16.5 | 17.4 | 17.4 | 17.2 | |
| | 尾崎 一樺 | 400m | 66.6 | | 68.4 | | 34.7 | | | | | |
| | 榎原八木中 | スピード m/s | 6.15 | 6.09 | 5.96 | 5.81 | 5.77 | 5.83 | 6.05 | 5.76 | 5.74 | 5.81 |
| | | ステップ長 m | 1.65 | 1.77 | 1.76 | 1.73 | 1.73 | 1.74 | 1.74 | 1.69 | 1.69 | 1.69 |
| | | ピッチ steps/s | 3.72 | 3.43 | 3.39 | 3.35 | 3.34 | 3.35 | 3.47 | 3.41 | 3.39 | 3.43 |

表 5. 第 39 回 U20 日本陸上競技選手権大会女子 1500m 決勝上位 3 名の分析結果

| 順位 | 競技者名 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 | 1100 | 1200 | 1300 | 1400 | 1500 | |
|-----------|-----------|-------------|------|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | 通過タイム | 16.9 | 35.4 | 53.3 | 1:11.18 | 1:29.45 | 1:47.39 | 2:05.47 | 2:23.92 | 2:42.03 | 3:00.14 | 3:18.40 | 3:36.24 | 3:52.92 | 4:09.69 | 4:25.08 | |
| | 区間タイム100m | 16.9 | 18.5 | 17.9 | 17.9 | 18.3 | 17.9 | 18.1 | 18.4 | 18.1 | 18.1 | 18.3 | 17.8 | 16.7 | 16.8 | 15.4 | |
| | 川西 みち | 400m | 71.2 | | 72.7 | | 72.3 | | 48.8 | | | | | | | | |
| | 自由ヶ丘高 | スピード m/s | 5.92 | 5.40 | 5.58 | 5.60 | 5.47 | 5.58 | 5.53 | 5.42 | 5.52 | 5.52 | 5.47 | 5.61 | 5.99 | 5.96 | 6.49 |
| | | ステップ長 m | 1.66 | 1.61 | 1.65 | 1.66 | 1.64 | 1.65 | 1.66 | 1.62 | 1.65 | 1.65 | 1.65 | 1.66 | 1.75 | 1.74 | 1.83 |
| | | ピッチ steps/s | 3.56 | 3.35 | 3.38 | 3.38 | 3.35 | 3.38 | 3.34 | 3.35 | 3.34 | 3.34 | 3.32 | 3.37 | 3.42 | 3.43 | 3.56 |
| | 2 | 通過タイム | 17.1 | 35.6 | 53.5 | 1:11.35 | 1:29.58 | 1:47.55 | 2:05.62 | 2:24.07 | 2:42.15 | 3:00.27 | 3:18.57 | 3:36.35 | 3:52.97 | 4:09.60 | 4:25.56 |
| 区間タイム100m | | 17.1 | 18.5 | 17.9 | 17.9 | 18.2 | 18.0 | 18.1 | 18.4 | 18.1 | 18.1 | 18.3 | 17.8 | 16.6 | 16.6 | 16.0 | |
| 中後 心晴 | | 400m | 71.4 | | 72.7 | | 72.3 | | 49.2 | | | | | | | | |
| 市立船橋高 | | スピード m/s | 5.84 | 5.41 | 5.59 | 5.60 | 5.48 | 5.57 | 5.53 | 5.42 | 5.53 | 5.52 | 5.46 | 5.62 | 6.02 | 6.01 | 6.27 |
| | | ステップ長 m | 1.61 | 1.56 | 1.61 | 1.61 | 1.59 | 1.61 | 1.60 | 1.59 | 1.61 | 1.61 | 1.60 | 1.66 | 1.74 | 1.73 | 1.78 |
| | | ピッチ steps/s | 3.64 | 3.46 | 3.48 | 3.48 | 3.45 | 3.47 | 3.46 | 3.42 | 3.44 | 3.43 | 3.41 | 3.39 | 3.46 | 3.47 | 3.51 |
| 3 | | 通過タイム | 17.3 | 36.4 | 54.5 | 1:12.35 | 1:30.40 | 1:48.75 | 2:06.32 | 2:24.90 | 2:42.90 | 3:01.17 | 3:18.94 | 3:36.42 | 3:52.57 | 4:09.14 | 4:25.65 |
| | 区間タイム100m | 17.3 | 19.1 | 18.1 | 17.8 | 18.1 | 18.4 | 17.6 | 18.6 | 18.0 | 18.3 | 17.8 | 17.5 | 16.1 | 16.6 | 16.5 | |
| | 田島 愛理 | 400m | 72.4 | | 72.5 | | 71.5 | | 49.2 | | | | | | | | |
| | 順天堂大 | スピード m/s | 5.77 | 5.24 | 5.51 | 5.61 | 5.54 | 5.45 | 5.69 | 5.39 | 5.56 | 5.47 | 5.63 | 5.72 | 6.19 | 6.04 | 6.05 |
| | | ステップ長 m | 1.67 | 1.61 | 1.70 | 1.71 | 1.72 | 1.70 | 1.76 | 1.68 | 1.73 | 1.71 | 1.76 | 1.73 | 1.82 | 1.78 | 1.77 |
| | | ピッチ steps/s | 3.47 | 3.26 | 3.24 | 3.29 | 3.23 | 3.20 | 3.24 | 3.21 | 3.21 | 3.21 | 3.19 | 3.31 | 3.40 | 3.38 | 3.43 |

m/s を上回っていたのが 3 区間，6.40 m/s を下回っていたのが 1 区間あった．つまり，U16 男子 1000m は U20 男子 1500m ほどレース終盤（1200m-1500m）のラストスパート局面に大きな走スピードの増加が認められなかったものの，序盤の低い走スピードの区間も認められず，レース中の平均走スピードが U20 男子 1500m より高くなったと推察される．

3 - 2. U16 女子 1000m・U20 女子 1500m・NCA 女子 1500m

U16 女子 1000m，U20 女子 1500m および NCA 女子 1500m の 100m ごとの分析結果（走スピード，ステップ長およびピッチ）を表 4-6 に示した．また，図 4-6 にはそれぞれのレースにおける走スピードの 100m ごとの変化を示した．World Athletics の定める Scoring Table (Spiriev, 2022) にて女子 1500m 走で 1100 points に当たるタイムは 4:13.48

表 6. 第 107 回日本陸上競技選手権大会女子 1500m 決勝上位 3 名の分析結果

| 順位 | 競技者名 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 | 1100 | 1200 | 1300 | 1400 | 1500 | |
|----|------------|-------------|------|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|------|
| 1 | 通過タイム | 17.0 | 34.4 | 51.3 | 1:08.56 | 1:26.25 | 1:44.27 | 2:02.10 | 2:18.41 | 2:34.68 | 2:51.24 | 3:07.21 | 3:22.34 | 3:37.51 | 3:52.62 | 4:08.29 | |
| | 区間タイム100m | 17.0 | 17.4 | 16.9 | 17.3 | 17.7 | 18.0 | 17.8 | 16.3 | 16.3 | 16.6 | 16.0 | 15.1 | 15.2 | 15.1 | 15.7 | |
| | 田中 希実 | 400m | | 68.6 | | | 69.8 | | | 63.9 | | | 46.0 | | | | |
| | Newbalance | スピード m/s | 5.88 | 5.75 | 5.92 | 5.80 | 5.65 | 5.55 | 5.61 | 6.14 | 6.15 | 6.04 | 6.26 | 6.61 | 6.59 | 6.62 | 6.38 |
| | | ステップ長 m | 1.59 | 1.62 | 1.68 | 1.65 | 1.63 | 1.61 | 1.63 | 1.71 | 1.71 | 1.70 | 1.73 | 1.75 | 1.74 | 1.71 | 1.66 |
| | | ピッチ steps/s | 3.70 | 3.54 | 3.52 | 3.50 | 3.47 | 3.45 | 3.44 | 3.58 | 3.59 | 3.56 | 3.62 | 3.78 | 3.78 | 3.86 | 3.84 |
| 2 | 通過タイム | 17.4 | 35.3 | 52.4 | 1:09.81 | 1:27.03 | 1:44.90 | 2:02.93 | 2:20.56 | 2:38.11 | 2:55.83 | 3:12.63 | 3:29.11 | 3:45.25 | 4:01.51 | 4:17.66 | |
| | 区間タイム100m | 17.4 | 17.9 | 17.1 | 17.4 | 17.2 | 17.9 | 18.0 | 17.6 | 17.6 | 17.7 | 16.8 | 16.5 | 16.1 | 16.3 | 16.2 | |
| | 後藤 夢 | 400m | | 69.8 | | | 70.7 | | | 68.6 | | | 48.6 | | | | |
| | ユニクロ | スピード m/s | 5.75 | 5.60 | 5.84 | 5.74 | 5.81 | 5.60 | 5.54 | 5.68 | 5.70 | 5.64 | 5.95 | 6.07 | 6.20 | 6.15 | 6.19 |
| | | ステップ長 m | 1.66 | 1.71 | 1.79 | 1.78 | 1.80 | 1.76 | 1.74 | 1.77 | 1.77 | 1.76 | 1.84 | 1.83 | 1.83 | 1.80 | 1.76 |
| | | ピッチ steps/s | 3.47 | 3.27 | 3.26 | 3.23 | 3.22 | 3.18 | 3.18 | 3.21 | 3.21 | 3.21 | 3.24 | 3.31 | 3.38 | 3.42 | 3.52 |
| 3 | 通過タイム | 17.0 | 34.7 | 51.6 | 1:08.90 | 1:26.46 | 1:44.50 | 2:02.35 | 2:19.96 | 2:37.80 | 2:55.50 | 3:12.30 | 3:29.03 | 3:45.00 | 4:01.38 | 4:18.02 | |
| | 区間タイム100m | 17.0 | 17.7 | 17.0 | 17.3 | 17.6 | 18.0 | 17.9 | 17.6 | 17.8 | 17.7 | 16.8 | 16.7 | 16.0 | 16.4 | 16.6 | |
| | 信櫻 空 | 400m | | 68.9 | | | 71.1 | | | 69.1 | | | 49.0 | | | | |
| | パナソニック | スピード m/s | 5.89 | 5.65 | 5.89 | 5.79 | 5.69 | 5.54 | 5.60 | 5.68 | 5.61 | 5.65 | 5.95 | 5.98 | 6.26 | 6.10 | 6.01 |
| | | ステップ長 m | 1.53 | 1.56 | 1.63 | 1.61 | 1.60 | 1.58 | 1.59 | 1.61 | 1.59 | 1.59 | 1.65 | 1.66 | 1.69 | 1.67 | 1.65 |
| | | ピッチ steps/s | 3.84 | 3.62 | 3.62 | 3.60 | 3.55 | 3.51 | 3.52 | 3.53 | 3.52 | 3.54 | 3.61 | 3.61 | 3.70 | 3.65 | 3.63 |

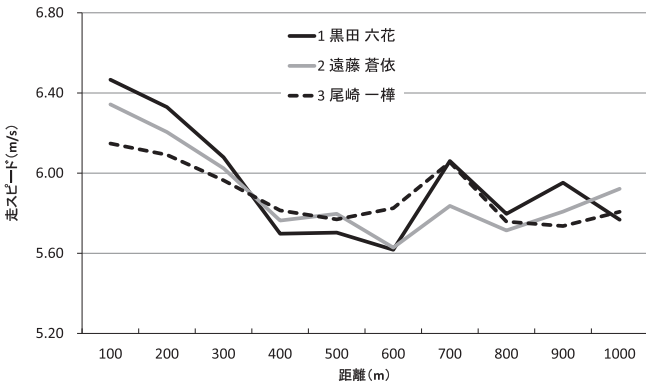


図 4. 第 54 回 U16 陸上競技大会女子 1000m 決勝上位 3 名の走スピードの変化

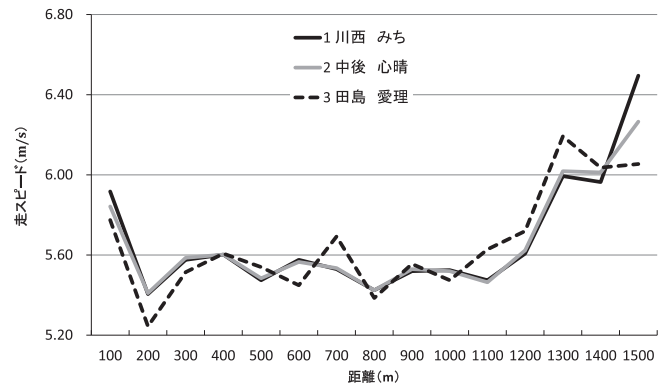


図 5. 第 39 回 U20 日本陸上競技選手権大会女子 1500m 決勝上位 3 名の走スピードの変化

であり、おおよそ 5.92 m/s の平均走スピードとなる。NCA 女子 1500m にて分析対象となった選手のうち、田中希実選手 (New Balance) のみがレース中の平均走スピードが 5.92 m/s を超えており (優勝タイム, 4:08.29; 平均走スピード, 6.04 m/s), 残りの 2 名の平均走スピードは 5.82 m/s および 5.81 m/s であった。

U20 女子 1500m では優勝者, 3 位入賞者および 8 位入賞者の平均走スピードがそれぞれ 5.66 m/s, 5.65 m/s および 5.60 m/s (フィニッシュタイム, 4:25.08; 4:25.65 および 4:28.06) であった。また, U16 女子 1000m では優勝者, 3 位入賞者および 8 位入賞者の平均走スピードがそれぞれ 5.94 m/s, 5.89 m/s および 5.80 m/s (フィニッシュタイム, 2:48.49; 2:49.69 および 2:52.32) であった。したがって, U20 女子 1500m よりも U16 女子 1000m の方が全体的に高い走スピードでレースが展開され

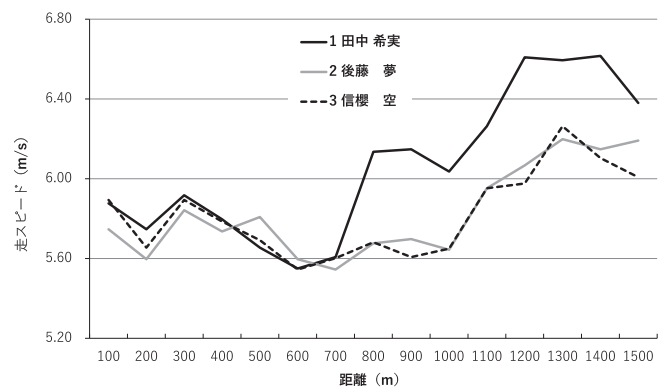


図 6. 第 107 回日本陸上競技選手権大会女子 1500m 決勝上位 3 名の走スピードの変化

ていたことが明らかとなった。U20 女子 1500m においてもレースの序盤から中盤 (200m-1100m) にかけて走スピードが 5.60 m/s (1500m, 4:27.9 ペース) を下回っており, U20 男子 1500m と同様に順

位を争うレース特有の牽制があったものと考えられる。U20 女子 1500m では分析対象の 3 名のうち 1 名でも 5.92 m/s を上回っていたのが 4 区間で、5.60 m/s を下回っていたのが 9 区間あった。一方、U16 女子 1000m において分析対象の 3 名のうち 1 名でも 5.92 m/s を上回っていたのが 6 区間で、5.60 m/s を下回っていた区間は認められなかった。U16 女子 1000m はレース序盤から終盤にかけて走スピードが右肩下がりになるような展開であり、スタート直後から積極的なレース運びかつ終始高い走スピードが維持されていた。

3-3. U16 における 1000m 種目配置の有益性

U16 において 1500m ではなく 1000m が配置されている目的は、U16 カテゴリーの選手に 1500m よりも速い走スピードのレース展開を行なってほしいという期待があると推察される。レース分析の結果、男女ともに U16 の 1000m 走は U20 の 1500m 走よりも高い平均走スピードが認められた。男女ともに順位を狙うレース特有のレース中盤の走スピードの極端な低下とラストスパート局面での大きな走スピードの増加が認められず、とりわけ女子 1000m においてはレース序盤からの積極的なレース展開が示された。田中希実選手は 2021 年の東京五輪女子 1500m 決勝において序盤から高い走スピードで走行しつつラストスパート局面にさらなる走スピードの増加を狙い、その結果入賞を果たした（丹治ほか、2021）。このレースを踏まえると、1500m 種目において世界で戦うためには、たとえ順位を狙うレースにおいても、序盤から積極的なレース展開を行なう必要があるだろう。

2023 年に実施された U16 の 1000m は男女ともに 40 名を超える選手が出場し、予選から決勝進出する条件が 3 組 0 着 +16 であった。したがって決勝には 16 名の選手が走行することになるが、U20 や NCA の 1500m の決勝は 12 名の選手の出走である。それゆえ、U16 の 1000m はスタート直後に選手が大混雑しており、より良い位置でレースを展開するためにスタート直後から高い走スピードにて走行せざるを得ない可能性もある。また、1000m 走は日々の練習においても良く用いる距離であることから、すでに多くの選手が 1000m の積極的な走行に慣れており、極端な走スピードの低下や増加が見受けられなかった可能性もある。いずれにしても U16 における 1000m 種目の配置は、その後のカテゴリーでの 1500m 走における積極的なレース展開への準備をするために貴重な経験になるものと考えられる。

本報告はあくまでも 2023 年度に行われた U16 の 1000m の 1 レースを分析してその有益性について検討したものである。結論を出すためには縦断的にレース分析を行ないつつ、現在 U16 カテゴリーの選手たちがシニアカテゴリーになった際のパフォーマンスを評価する必要があることに注意するべきである。

4. まとめ

本報告では、2023 年度に実施された U16 陸上競技大会 1000m、U20 日本陸上競技選手権大会 1500m および日本陸上競技選手権大会 1500m の男子および女子決勝におけるレース分析を実施し、U16 陸上競技大会 1000m の配置の有益性について考察した。男女ともに U16 陸上競技大会 1000m における走スピードは、日本陸上競技選手権大会 1500m には及ばないものの、U20 日本陸上競技選手権大会 1500m よりも高いことが認められた。とりわけ U20 女子 1000m においてはレース序盤からの積極的なレース展開が示された。シニアカテゴリーにおいて 1500m 種目で世界と戦うためにはレース序盤から積極的なレース展開に慣れる必要があり、U16 においてその経験ができることは非常に有益であると考えられる。

参考文献

- Spiriev B. (2022) Scoring tables of athletics.
URL: [https:// worldathletics.org/download/download?filename=9959ae97-2760-4406-a467-67a322776100.pdf&urlslug=World%20Athletics%20Scoring%20Tables%20of%20Athletics%20-%20Outdoor%20](https://worldathletics.org/download/download?filename=9959ae97-2760-4406-a467-67a322776100.pdf&urlslug=World%20Athletics%20Scoring%20Tables%20of%20Athletics%20-%20Outdoor%20)
- 丹治史弥, 小林海, 大沼勇人, 関慶太郎, 高信清人. (2021) 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. 陸上競技研究紀要, 17: 142-145.

2023年シーズンの国内外一流女子 100 mハードルのレース分析

貴嶋 孝太¹⁾ 青木 光¹⁾ 柴山 一仁²⁾ 杉本 和那美³⁾ 森丘 保典⁴⁾ 苅部 俊二⁵⁾
金子 公宏⁶⁾ 大橋 祐二⁷⁾

1) 大阪体育大学 2) 仙台大学 3) 弘前大学 4) 日本大学 5) 法政大学 6) 明治大学
7) 日本女子体育大学

1. はじめに

2023年はブダペスト（ハンガリー）において第19回世界陸上競技選手権大会（8月19日から27日）が開催された。女子100 mハードル（以下、「100 mH」とする）は大会第4日目の8月22日に予選、翌8月23日に準決勝、8月24日に決勝がそれぞれ行われた。今大会には青木益未選手（七十七銀行）、寺田明日香選手（ジャパングエリエイトグループ）、田中佑美選手（富士通）の3名が日本代表として出場した。結果は3選手ともに準決勝進出はならなかったものの、世界選手権における日本代表3選手の出場は史上初であり、国内女子トップ選手たちの実力が国際レベルに近づいていることを示した。また、トップ選手たちの活躍はトップを目指す選手たちにとって良い刺激となり、次世代（ジュニア、高校生、中学生）の選手たちの競技力向上も近年目覚ましい。

日本陸連科学委員会では、公認競技会における国内の女子100 mHの選手を対象にレース分析を行っているが、本稿では2023年シーズンに国内で開催された主要競技大会および世界選手権における女子100 mHのレース分析結果について報告する。

2. 方法

2-1. 分析対象選手、及び対象競技会

分析の対象は、国内外女子100 mH選手のべ58名であった。また対象選手が出場した以下の大会を分析対象競技会とした。

- ・第57回織田幹雄記念国際陸上競技大会（2023年4月29日、エディオンスタジアム広島・広島）
- ・第10回木南道孝記念陸上競技大会（2023年5月7日、ヤンマースタジアム長居・大阪）

- ・セイコーゴールデングランプリ陸上2023（2023年5月21日、日産スタジアム・神奈川）
- ・第107回日本陸上競技選手権大会（2023年6月3日、ヤンマースタジアム長居・大阪）
- ・第39回U20日本陸上競技選手権大会（2023年6月3日、ヤンマースタジアム長居・大阪）
- ・第76回全国高等学校陸上競技対校選手権大会（2023年8月6日、厚別公園・北海道）
- ・第19回世界陸上競技選手権大会（2023年8月22日・24日、ブダペスト・ハンガリー）

2-2. 測定方法、及び分析項目

分析対象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(239.7fps)。レースがスタートする瞬間の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の最初の着地（以下、「タッチダウン」とする）が確認できるように追従撮影した。

撮影した映像を基に、スタートピストルの閃光からハードルの踏切時、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算出した。またハードル走における測定区間は以下のように定義した。アプローチはスタートから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までとして、以降9-10区間まで同様に定義した。またランインは10台目のタッチダウンからフィニッシュまでとした。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。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。さらに

各区間の平均疾走速度（以下、「疾走速度」とする）は、各ハードル間の距離を疾走するのに要した区間タイム（インターバルランタイムとハードリングタイムの合計）で除すことにより算出した。

3. 結果と考察

3-1. 2023年シーズンにおける女子100mHのレース分析

2023年に行われ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、及び疾走速度の分析結果を表1から表8にそれぞれ示した。また各レースのアプローチとランインを除く区間の疾走速度の変化、インターバルランタイムの変化、及びハードリングタイムの変化を図1から図8にそれぞれ示した。

対象者の100mH記録の範囲は、12秒43から14秒19であった。レース中の走速度の変化のしかたは、概ねどの選手もスタート後に疾走速度が高まり、レース序盤から中盤にかけて最高疾走速度が出現し、最高疾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した。

図9に各レースの記録とレース中の最高疾走速度との関係を示した。レース記録と最高疾走速度との間に有意な負の相関関係（ $r=-0.9253$, $p<0.001$ ）がみられた。これまでの報告では記録の良い選手ほどレース序盤から中盤にかけて疾走速度が増加し、終盤にやや低下するパターンを示し、記録の良い選手はレース中の最高疾走速度が高いこと、さらにその疾走速度をできるだけ維持してい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）。本報告における分析対象選手においても、レース中の疾走速度の変化は同様のパターンを示し、レース記録とレース中の最高疾走速度との関係においてもこれまでの報告内容を支持する結果を得た。

4. まとめ

2023年に開催された国内外の女子100mHのレース分析結果を報告した。これまでに報告されているパフォーマンス分析結果報告それらの結果を以下にまとめる。

- ・2023年シーズンでは7競技会、のべ58レースの分析を実施した。対象者の100mH記録の範囲は、12秒43から14秒19であった。

- ・レース中の疾走速度は、概ねどの選手も同じような変化のしかたを示す。
- ・100mHレース中の最高疾走速度は、レース記録に大きく影響する。

5. 引用・参考文献

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

貴嶋孝太, 山元康平, 柴山一仁, 杉本和那美, 櫻井健一, 千葉佳裕, 森丘保典 (2016) 日本一流男子110mハードル選手および女子100mハードル選手のレース分析. —2015年度主要競技会の分析結果について—. 陸上競技研究紀要, 12: 111-117

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

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

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

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

表 1. 2023.04.29_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 |
| 田中佑美 | 富士通 | 12.97 | 0.6 | タッチダウンタイム(秒) | 2.62 | 2.62 | 3.66 | 4.68 | 5.70 | 6.70 | 7.69 | 8.70 | 9.73 | 10.76 | 11.82 |
| | | | | 区間タイム(秒) | 1.04 | 1.02 | 1.02 | 1.00 | 0.99 | 1.01 | 1.03 | 1.03 | 1.06 | 1.15 | |
| | | | | インターバルランタイム(秒) | 0.61 | 0.61 | 0.61 | 0.59 | 0.59 | 0.61 | 0.63 | 0.63 | 0.64 | 0.73 | |
| | | | | ハードリングタイム(秒) | 0.43 | 0.41 | 0.41 | 0.41 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.41 | 0.42 | 0.42 | |
| | | | | 走速度(m/秒) | 8.15 | 8.35 | 8.35 | 8.49 | 8.56 | 8.42 | 8.28 | 8.22 | 8.02 | 9.13 | |
| 青木益未 | 七十七銀行 | 12.98 | 0.6 | タッチダウンタイム(秒) | 2.62 | 2.62 | 3.65 | 4.69 | 5.70 | 6.72 | 7.75 | 8.77 | 9.79 | 10.83 | 11.87 |
| | | | | 区間タイム(秒) | 1.03 | 1.03 | 1.01 | 1.03 | 1.03 | 1.02 | 1.03 | 1.03 | 1.04 | 1.11 | |
| | | | | インターバルランタイム(秒) | 0.56 | 0.58 | 0.55 | 0.58 | 0.58 | 0.56 | 0.58 | 0.58 | 0.60 | 0.67 | |
| | | | | ハードリングタイム(秒) | 0.48 | 0.46 | 0.46 | 0.44 | 0.44 | 0.46 | 0.44 | 0.45 | 0.44 | 0.44 | |
| | | | | 走速度(m/秒) | 8.22 | 8.22 | 8.42 | 8.28 | 8.28 | 8.35 | 8.28 | 8.22 | 8.15 | 9.46 | |
| 福部真子 | 日本建設工業 | 13.02 | 0.6 | タッチダウンタイム(秒) | 2.61 | 2.61 | 3.67 | 4.70 | 5.71 | 6.73 | 7.74 | 8.77 | 9.79 | 10.83 | 11.88 |
| | | | | 区間タイム(秒) | 1.06 | 1.03 | 1.02 | 1.02 | 1.01 | 1.03 | 1.03 | 1.03 | 1.05 | 1.14 | |
| | | | | インターバルランタイム(秒) | 0.60 | 0.58 | 0.58 | 0.58 | 0.58 | 0.60 | 0.59 | 0.59 | 0.63 | 0.71 | |
| | | | | ハードリングタイム(秒) | 0.46 | 0.44 | 0.43 | 0.44 | 0.43 | 0.43 | 0.43 | 0.43 | 0.44 | 0.43 | |
| | | | | 走速度(m/秒) | 8.02 | 8.28 | 8.35 | 8.35 | 8.42 | 8.28 | 8.28 | 8.22 | 8.09 | 9.20 | |
| 柴村仁美 | リタジャパンAC | 13.20 | 0.6 | タッチダウンタイム(sec) | 2.63 | 2.63 | 3.69 | 4.76 | 5.80 | 6.82 | 7.86 | 8.89 | 9.93 | 10.98 | 12.04 |
| | | | | 区間タイム(sec) | 1.06 | 1.08 | 1.03 | 1.03 | 1.03 | 1.03 | 1.04 | 1.04 | 1.06 | 1.16 | |
| | | | | インターバルランタイム(sec) | 0.63 | 0.65 | 0.59 | 0.60 | 0.61 | 0.61 | 0.62 | 0.62 | 0.63 | 0.73 | |
| | | | | ハードリングタイム(sec) | 0.43 | 0.43 | 0.44 | 0.43 | 0.43 | 0.43 | 0.43 | 0.43 | 0.43 | 0.43 | |
| | | | | 走速度(m/s) | 8.02 | 7.90 | 8.22 | 8.28 | 8.22 | 8.22 | 8.15 | 8.15 | 8.02 | 9.03 | |
| 清山ちさと | いちご | 13.24 | 0.6 | タッチダウンタイム(秒) | 2.67 | 2.67 | 3.74 | 4.76 | 5.80 | 6.81 | 7.83 | 8.87 | 9.91 | 10.98 | 12.06 |
| | | | | 区間タイム(秒) | 1.07 | 1.03 | 1.03 | 1.01 | 1.03 | 1.03 | 1.04 | 1.07 | 1.08 | 1.18 | |
| | | | | インターバルランタイム(秒) | 0.64 | 0.60 | 0.63 | 0.59 | 0.62 | 0.62 | 0.62 | 0.64 | 0.64 | 0.74 | |
| | | | | ハードリングタイム(秒) | 0.43 | 0.43 | 0.41 | 0.42 | 0.41 | 0.42 | 0.43 | 0.43 | 0.43 | 0.44 | |
| | | | | 走速度(m/秒) | 7.96 | 8.28 | 8.22 | 8.42 | 8.28 | 8.22 | 8.15 | 7.96 | 7.84 | 8.91 | |
| 芝田愛花 | エディオン | 13.41 | 0.6 | タッチダウンタイム(秒) | 2.72 | 2.72 | 3.81 | 4.86 | 5.88 | 6.92 | 7.97 | 9.03 | 10.09 | 11.18 | 12.26 |
| | | | | 区間タイム(秒) | 1.09 | 1.05 | 1.02 | 1.04 | 1.05 | 1.05 | 1.07 | 1.08 | 1.08 | 1.15 | |
| | | | | インターバルランタイム(秒) | 0.61 | 0.58 | 0.55 | 0.60 | 0.59 | 0.58 | 0.61 | 0.63 | 0.62 | 0.67 | |
| | | | | ハードリングタイム(秒) | 0.48 | 0.48 | 0.47 | 0.44 | 0.46 | 0.47 | 0.46 | 0.46 | 0.47 | 0.48 | |
| | | | | 走速度(m/秒) | 7.78 | 8.09 | 8.35 | 8.15 | 8.09 | 8.09 | 7.86 | 7.84 | 7.84 | 9.15 | |
| 中島ひとみ | 長谷川体育施設 | 13.60 | 0.6 | タッチダウンタイム(秒) | 2.69 | 2.69 | 3.80 | 4.86 | 5.91 | 6.95 | 8.02 | 9.09 | 10.17 | 11.27 | 12.36 |
| | | | | 区間タイム(秒) | 1.10 | 1.07 | 1.05 | 1.03 | 1.08 | 1.07 | 1.08 | 1.10 | 1.09 | 1.24 | |
| | | | | インターバルランタイム(秒) | 0.63 | 0.63 | 0.62 | 0.61 | 0.66 | 0.63 | 0.64 | 0.66 | 0.64 | 0.78 | |
| | | | | ハードリングタイム(秒) | 0.47 | 0.43 | 0.43 | 0.43 | 0.42 | 0.43 | 0.43 | 0.43 | 0.45 | 0.46 | |
| | | | | 走速度(m/秒) | 7.72 | 7.96 | 8.09 | 8.22 | 7.90 | 7.86 | 7.80 | 7.72 | 7.78 | 8.48 | |

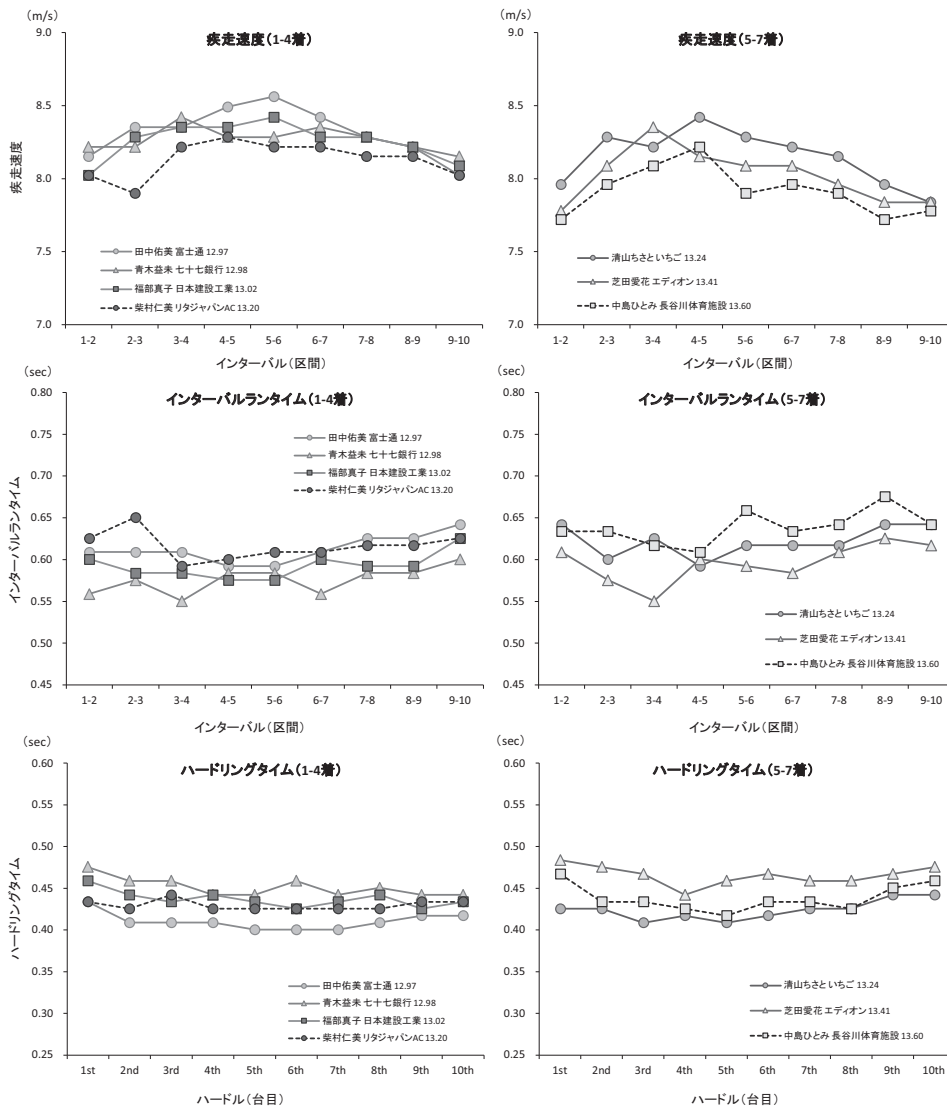


図 1. 疾走速度 (上), インターバルランニングタイム (中), ハードリングタイム (下)

表 2. 2023. 05. 07_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 | run in |
|-------|------------|-------|------|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|--------|
| | | | | | app | 1-2 | 2-3 | 3-4 | 4-5 | 5-6 | 6-7 | 7-8 | 8-9 | 9-10 | |
| 寺田明日香 | ジャパンクワイエット | 12.86 | +0.7 | タッチダウンタイム(秒) | 2.60 | 2.60 | 3.61 | 4.62 | 5.62 | 6.61 | 7.61 | 8.63 | 9.64 | 10.68 | 11.74 |
| | | | | 区間タイム(秒) | 1.01 | 1.01 | 1.00 | 0.99 | 1.00 | 1.02 | 1.01 | 1.03 | 1.06 | 1.12 | |
| | | | | インターバルランタイム(秒) | 0.58 | 0.60 | 0.58 | 0.58 | 0.58 | 0.60 | 0.58 | 0.61 | 0.63 | 0.67 | |
| | | | | ハードリングタイム(秒) | 0.43 | 0.41 | 0.41 | 0.41 | 0.42 | 0.42 | 0.43 | 0.43 | 0.43 | 0.45 | |
| | | | | 走速度(m/秒) | 8.42 | 8.39 | 8.53 | 8.56 | 8.53 | 8.32 | 8.39 | 8.22 | 8.02 | 9.35 | |
| 田中佑美 | 富士通 | 12.91 | +0.7 | タッチダウンタイム(秒) | 2.61 | 2.61 | 3.65 | 4.67 | 5.67 | 6.66 | 7.68 | 8.69 | 9.70 | 10.71 | 11.76 |
| | | | | 区間タイム(秒) | 1.04 | 1.03 | 1.00 | 0.99 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.05 | 1.15 | |
| | | | | インターバルランタイム(秒) | 0.63 | 0.63 | 0.60 | 0.59 | 0.61 | 0.60 | 0.61 | 0.62 | 0.66 | 0.74 | |
| | | | | ハードリングタイム(秒) | 0.41 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.41 | 0.40 | 0.39 | 0.39 | 0.41 | |
| | | | | 走速度(m/秒) | 8.18 | 8.28 | 8.49 | 8.56 | 8.39 | 8.39 | 8.42 | 8.42 | 8.09 | 9.14 | |
| 清山ちさと | いちご | 13.05 | +0.7 | タッチダウンタイム(秒) | 2.65 | 2.65 | 3.71 | 4.73 | 5.73 | 6.73 | 7.73 | 8.75 | 9.78 | 10.83 | 11.89 |
| | | | | 区間タイム(秒) | 1.06 | 1.02 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.02 | 1.03 | 1.05 | 1.06 | 1.16 | |
| | | | | インターバルランタイム(秒) | 0.63 | 0.61 | 0.61 | 0.60 | 0.59 | 0.61 | 0.62 | 0.63 | 0.63 | 0.73 | |
| | | | | ハードリングタイム(秒) | 0.43 | 0.41 | 0.39 | 0.40 | 0.41 | 0.41 | 0.41 | 0.41 | 0.43 | 0.43 | |
| | | | | 走速度(m/秒) | 8.02 | 8.35 | 8.49 | 8.49 | 8.49 | 8.35 | 8.28 | 8.09 | 8.02 | 9.03 | |
| 芝田愛花 | エディオン | 13.14 | +0.7 | タッチダウンタイム(sec) | 2.70 | 2.70 | 3.75 | 4.79 | 5.80 | 6.81 | 7.81 | 8.84 | 9.88 | 10.94 | 12.03 |
| | | | | 区間タイム(sec) | 1.05 | 1.04 | 1.01 | 1.01 | 1.00 | 1.03 | 1.04 | 1.06 | 1.09 | 1.11 | |
| | | | | インターバルランタイム(sec) | 0.57 | 0.58 | 0.56 | 0.56 | 0.56 | 0.60 | 0.60 | 0.61 | 0.63 | 0.64 | |
| | | | | ハードリングタイム(sec) | 0.48 | 0.46 | 0.45 | 0.45 | 0.44 | 0.43 | 0.44 | 0.45 | 0.46 | 0.48 | |
| | | | | 走速度(m/s) | 8.12 | 8.15 | 8.42 | 8.42 | 8.49 | 8.25 | 8.18 | 8.02 | 7.78 | 9.45 | |
| 紫村仁美 | リタジャパン | 13.18 | +0.7 | タッチダウンタイム(秒) | 2.65 | 2.65 | 3.70 | 4.73 | 5.76 | 6.77 | 7.79 | 8.83 | 9.89 | 10.94 | 12.01 |
| | | | | 区間タイム(秒) | 1.05 | 1.03 | 1.03 | 1.02 | 1.02 | 1.04 | 1.06 | 1.06 | 1.07 | 1.17 | |
| | | | | インターバルランタイム(秒) | 0.61 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.61 | 0.63 | 0.64 | 0.63 | 0.64 | 0.73 | |
| | | | | ハードリングタイム(秒) | 0.44 | 0.43 | 0.42 | 0.42 | 0.41 | 0.41 | 0.41 | 0.42 | 0.43 | 0.43 | |
| | | | | 走速度(m/秒) | 8.12 | 8.25 | 8.28 | 8.35 | 8.35 | 8.18 | 8.02 | 8.06 | 7.96 | 8.99 | |
| 中島ひとみ | 長谷川体育施設 | 13.38 | +0.7 | タッチダウンタイム(秒) | 2.68 | 2.68 | 3.74 | 4.80 | 5.84 | 6.86 | 7.90 | 8.95 | 10.01 | 11.09 | 12.20 |
| | | | | 区間タイム(秒) | 1.08 | 1.06 | 1.03 | 1.03 | 1.03 | 1.06 | 1.06 | 1.08 | 1.12 | 1.18 | |
| | | | | インターバルランタイム(秒) | 0.60 | 0.64 | 0.60 | 0.61 | 0.62 | 0.64 | 0.64 | 0.66 | 0.69 | 0.72 | |
| | | | | ハードリングタイム(秒) | 0.46 | 0.43 | 0.43 | 0.42 | 0.42 | 0.41 | 0.42 | 0.42 | 0.43 | 0.46 | |
| | | | | 走速度(m/秒) | 8.02 | 7.99 | 8.22 | 8.28 | 8.22 | 8.06 | 8.02 | 7.90 | 7.60 | 8.93 | |
| 鈴木美帆 | 長谷川体育施設 | 13.39 | +0.7 | タッチダウンタイム(秒) | 2.67 | 2.67 | 3.74 | 4.78 | 5.81 | 6.85 | 7.88 | 8.94 | 10.00 | 11.07 | 12.17 |
| | | | | 区間タイム(秒) | 1.07 | 1.04 | 1.03 | 1.04 | 1.03 | 1.06 | 1.06 | 1.07 | 1.10 | 1.22 | |
| | | | | インターバルランタイム(秒) | 0.63 | 0.62 | 0.62 | 0.63 | 0.63 | 0.65 | 0.65 | 0.66 | 0.69 | 0.79 | |
| | | | | ハードリングタイム(秒) | 0.44 | 0.42 | 0.41 | 0.41 | 0.41 | 0.40 | 0.41 | 0.41 | 0.42 | 0.43 | |
| | | | | 走速度(m/秒) | 7.93 | 8.18 | 8.28 | 8.15 | 8.22 | 8.02 | 8.02 | 7.93 | 7.72 | 8.64 | |
| 大松由季 | CDL | 13.49 | +0.7 | タッチダウンタイム(秒) | 2.64 | 2.64 | 3.71 | 4.79 | 5.85 | 6.89 | 7.94 | 9.01 | 10.08 | 11.17 | 12.27 |
| | | | | 区間タイム(秒) | 1.08 | 1.08 | 1.06 | 1.04 | 1.05 | 1.07 | 1.07 | 1.09 | 1.11 | 1.22 | |
| | | | | インターバルランタイム(秒) | 0.64 | 0.63 | 0.61 | 0.59 | 0.61 | 0.64 | 0.62 | 0.65 | 0.65 | 0.75 | |
| | | | | ハードリングタイム(秒) | 0.43 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.44 | 0.43 | 0.45 | 0.44 | 0.45 | 0.46 | |
| | | | | 走速度(m/秒) | 7.90 | 7.90 | 8.02 | 8.18 | 8.09 | 7.93 | 7.96 | 7.81 | 7.66 | 8.64 | |

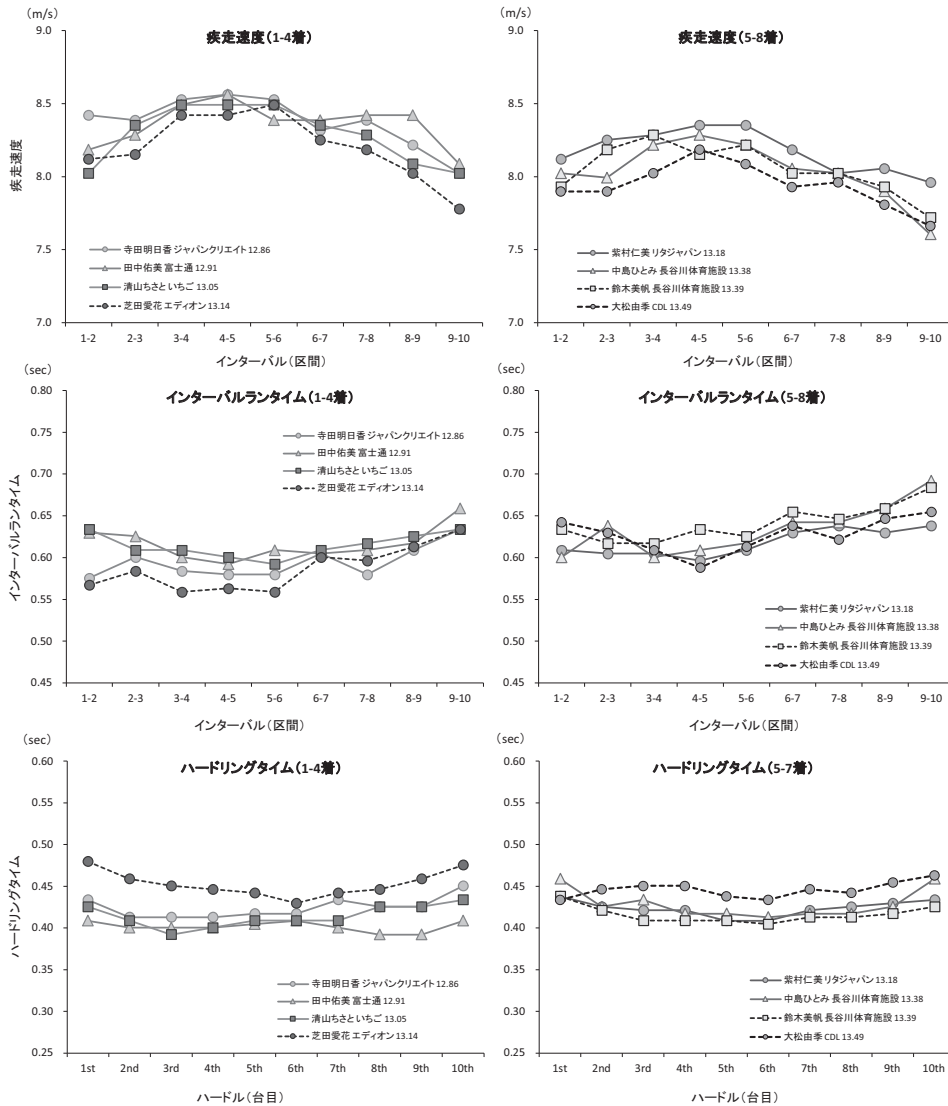


図 2. 疾走速度 (上), インターバルランニングタイム (中), ハードリングタイム (下)

表 3. 2023. 05. 21_GGP 横浜_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 | (ジャパンクワイエット) | 12.86 | +0.4 | タッチダウンタイム(sec) | 2.56 | 2.56 | 3.58 | 4.58 | 5.57 | 6.58 | 7.59 | 8.61 | 9.63 | 10.66 | 11.71 |
| | | | | 区間タイム(sec) | 1.02 | 1.00 | 0.99 | 1.01 | 1.01 | 1.02 | 1.02 | 1.03 | 1.06 | 1.15 | |
| | | | | インターバルランタイム(sec) | 0.60 | 0.58 | 0.58 | 0.61 | 0.58 | 0.59 | 0.58 | 0.60 | 0.63 | 0.71 | |
| | | | | ハードリングタイム(sec) | 0.43 | 0.41 | 0.40 | 0.40 | 0.42 | 0.43 | 0.44 | 0.44 | 0.43 | 0.42 | 0.43 |
| | | | | 走速度(m/s) | 8.32 | 8.53 | 8.60 | 8.39 | 8.46 | 8.32 | 8.35 | 8.25 | 8.06 | 8.14 | |
| 田中佑美 | (富士通) | 12.89 | +0.4 | タッチダウンタイム(sec) | 2.58 | 2.58 | 3.62 | 4.64 | 5.63 | 6.63 | 7.62 | 8.61 | 9.62 | 10.67 | 11.75 |
| | | | | 区間タイム(sec) | 1.05 | 1.01 | 0.99 | 1.00 | 0.99 | 0.99 | 1.01 | 1.06 | 1.07 | 1.14 | |
| | | | | インターバルランタイム(sec) | 0.65 | 0.61 | 0.60 | 0.61 | 0.60 | 0.60 | 0.62 | 0.66 | 0.67 | 0.72 | |
| | | | | ハードリングタイム(sec) | 0.40 | 0.40 | 0.39 | 0.39 | 0.39 | 0.39 | 0.38 | 0.40 | 0.40 | 0.43 | |
| | | | | 走速度(m/s) | 8.12 | 8.39 | 8.56 | 8.53 | 8.56 | 8.56 | 8.46 | 8.06 | 7.93 | 9.17 | |
| 福部真子 | (日本建設工業) | 12.91 | +0.4 | タッチダウンタイム(sec) | 2.56 | 2.56 | 3.61 | 4.63 | 5.64 | 6.66 | 7.67 | 8.67 | 9.70 | 10.73 | 11.78 |
| | | | | 区間タイム(sec) | 1.05 | 1.03 | 1.01 | 1.02 | 1.01 | 1.00 | 1.03 | 1.03 | 1.05 | 1.13 | |
| | | | | インターバルランタイム(sec) | 0.58 | 0.59 | 0.58 | 0.59 | 0.56 | 0.58 | 0.61 | 0.60 | 0.62 | 0.70 | |
| | | | | ハードリングタイム(sec) | 0.46 | 0.44 | 0.43 | 0.43 | 0.44 | 0.42 | 0.43 | 0.43 | 0.43 | 0.43 | |
| | | | | 走速度(m/s) | 8.12 | 8.28 | 8.42 | 8.35 | 8.46 | 8.49 | 8.25 | 8.25 | 8.09 | 9.28 | |
| MUCCI Celeste | (AUS) | 12.93 | +0.4 | タッチダウンタイム(sec) | 2.59 | 2.59 | 3.65 | 4.66 | 5.65 | 6.67 | 7.68 | 8.68 | 9.72 | 10.75 | 11.79 |
| | | | | 区間タイム(sec) | 1.06 | 1.01 | 0.99 | 1.02 | 1.01 | 1.01 | 1.03 | 1.03 | 1.04 | 1.14 | |
| | | | | インターバルランタイム(sec) | 0.64 | 0.58 | 0.58 | 0.61 | 0.58 | 0.58 | 0.62 | 0.61 | 0.61 | 0.71 | |
| | | | | ハードリングタイム(sec) | 0.41 | 0.43 | 0.41 | 0.41 | 0.43 | 0.42 | 0.41 | 0.43 | 0.43 | 0.43 | |
| | | | | 走速度(m/s) | 8.06 | 8.39 | 8.56 | 8.35 | 8.42 | 8.46 | 8.22 | 8.22 | 8.18 | 9.22 | |
| 青木益未 | (七十七銀行) | 12.94 | +0.4 | タッチダウンタイム(sec) | 2.60 | 2.60 | 3.62 | 4.63 | 5.63 | 6.65 | 7.64 | 8.65 | 9.66 | 10.71 | 11.80 |
| | | | | 区間タイム(sec) | 1.02 | 1.01 | 1.00 | 1.01 | 0.99 | 1.01 | 1.01 | 1.05 | 1.08 | 1.14 | |
| | | | | インターバルランタイム(sec) | 0.54 | 0.56 | 0.56 | 0.58 | 0.55 | 0.58 | 0.58 | 0.63 | 0.64 | 0.69 | |
| | | | | ハードリングタイム(sec) | 0.48 | 0.45 | 0.44 | 0.43 | 0.44 | 0.43 | 0.43 | 0.42 | 0.44 | 0.46 | |
| | | | | 走速度(m/s) | 8.32 | 8.39 | 8.49 | 8.39 | 8.56 | 8.42 | 8.42 | 8.09 | 7.84 | 9.17 | |
| 清山ちさと | (いちご) | 12.96 | +0.4 | タッチダウンタイム(sec) | 2.64 | 2.64 | 3.67 | 4.69 | 5.69 | 6.68 | 7.69 | 8.69 | 9.70 | 10.74 | 11.80 |
| | | | | 区間タイム(sec) | 1.03 | 1.02 | 1.00 | 0.99 | 1.01 | 1.00 | 1.01 | 1.04 | 1.06 | 1.16 | |
| | | | | インターバルランタイム(sec) | 0.62 | 0.61 | 0.60 | 0.59 | 0.61 | 0.59 | 0.61 | 0.63 | 0.64 | 0.72 | |
| | | | | ハードリングタイム(sec) | 0.42 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.41 | 0.40 | 0.41 | 0.40 | 0.41 | |
| | | | | 走速度(m/s) | 8.22 | 8.35 | 8.49 | 8.60 | 8.46 | 8.49 | 8.39 | 8.18 | 8.02 | 9.05 | |
| JONES Hannah | (AUS) | 13.60 | +0.4 | タッチダウンタイム(sec) | 2.64 | 2.64 | 3.70 | 4.72 | 5.71 | 6.72 | 7.72 | 8.73 | 9.75 | 10.77 | 11.81 |
| | | | | 区間タイム(sec) | 1.06 | 1.02 | 1.00 | 1.00 | 1.01 | 1.01 | 1.02 | 1.02 | 1.04 | 1.16 | |
| | | | | インターバルランタイム(sec) | 0.64 | 0.61 | 0.59 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.62 | 0.61 | 0.63 | 0.75 | |
| | | | | ハードリングタイム(sec) | 0.42 | 0.41 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.41 | 0.40 | 0.41 | 0.41 | 0.41 | |
| | | | | 走速度(m/s) | 8.02 | 8.32 | 8.53 | 8.49 | 8.46 | 8.42 | 8.32 | 8.32 | 8.18 | 9.07 | |
| BARBER Jade | (USA) | 13.48 | -0.1 | タッチダウンタイム(sec) | 2.64 | 2.64 | 3.68 | 4.70 | 5.71 | 6.69 | 7.69 | 8.69 | 9.71 | 10.74 | 11.85 |
| | | | | 区間タイム(sec) | 1.03 | 1.02 | 1.01 | 0.98 | 1.00 | 1.01 | 1.02 | 1.03 | 1.11 | 1.18 | |
| | | | | インターバルランタイム(sec) | 0.60 | 0.59 | 0.59 | 0.57 | 0.59 | 0.60 | 0.61 | 0.63 | 0.70 | 0.72 | |
| | | | | ハードリングタイム(sec) | 0.44 | 0.43 | 0.42 | 0.41 | 0.40 | 0.41 | 0.40 | 0.41 | 0.41 | 0.45 | |
| | | | | 走速度(m/s) | 8.22 | 8.35 | 8.42 | 8.64 | 8.53 | 8.46 | 8.35 | 8.22 | 7.66 | 8.92 | |
| 芝田愛花 | (エディオン) | 13.91 | -0.1 | タッチダウンタイム(sec) | 2.67 | 2.67 | 3.73 | 4.78 | 5.80 | 6.82 | 7.84 | 8.85 | 9.89 | 10.93 | 12.00 |
| | | | | 区間タイム(sec) | 1.07 | 1.04 | 1.02 | 1.02 | 1.02 | 1.02 | 1.03 | 1.04 | 1.06 | 1.13 | |
| | | | | インターバルランタイム(sec) | 0.58 | 0.58 | 0.56 | 0.58 | 0.57 | 0.57 | 0.60 | 0.60 | 0.61 | 0.68 | |
| | | | | ハードリングタイム(sec) | 0.48 | 0.46 | 0.46 | 0.44 | 0.45 | 0.45 | 0.43 | 0.44 | 0.45 | 0.45 | |
| | | | | 走速度(m/s) | 7.96 | 8.15 | 8.32 | 8.32 | 8.35 | 8.35 | 8.22 | 8.15 | 7.99 | 9.25 | |

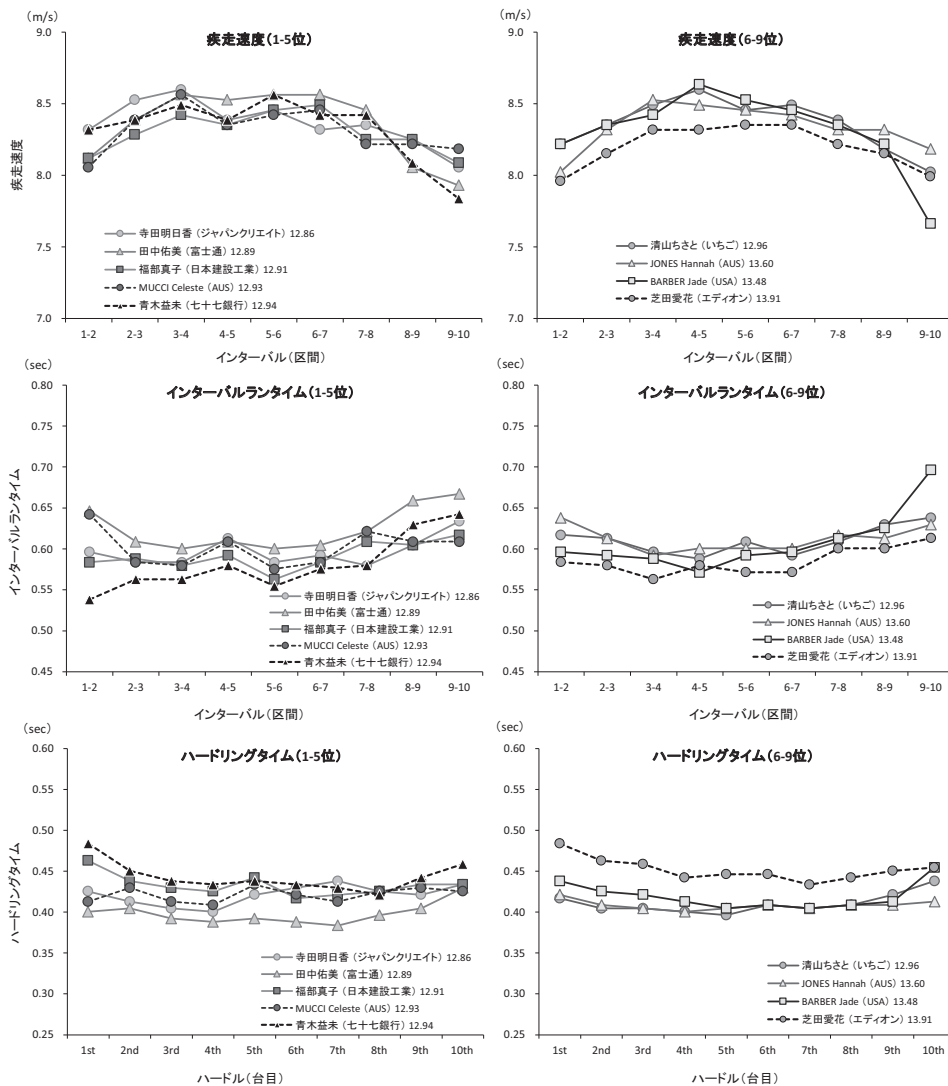


図 3. 疾走速度 (上), インターバルランニングタイム (中), ハードリングタイム (下)

表 4. 2023.06.03_日本選手権_女子100mH 決勝レース分析結果

| 選手名 | 所属 | 記録 | 風 | ハードル 区間 | 1st | 2nd | 3rd | 4th | 5th | 6th | 7th | 8th | 9th | 10th | run in |
|-------|-----------|-------|------|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|--------|
| | | | | | app | 1-2 | 2-3 | 3-4 | 4-5 | 5-6 | 6-7 | 7-8 | 8-9 | 9-10 | |
| 寺田明日香 | ジャパンクリエイト | 12.95 | -1.2 | タッチダウンタイム(秒) | 2.58 | 2.58 | 3.62 | 4.62 | 5.81 | 6.62 | 7.62 | 8.63 | 9.66 | 10.71 | 11.77 |
| | | | | 区間タイム(秒) | 1.03 | 1.01 | 0.99 | 1.01 | 1.00 | 1.02 | 1.03 | 1.04 | 1.06 | 1.18 | |
| | | | | インターバルランタイム(秒) | 0.61 | 0.58 | 0.59 | 0.60 | 0.58 | 0.61 | 0.62 | 0.62 | 0.63 | 0.75 | |
| | | | | ハードリングタイム(秒) | 0.42 | 0.42 | 0.40 | 0.41 | 0.42 | 0.41 | 0.41 | 0.41 | 0.42 | 0.43 | 0.43 |
| | | | | 走速度(m/秒) | 8.22 | 8.46 | 8.56 | 8.46 | 8.53 | 8.35 | 8.25 | 8.15 | 8.02 | 8.87 | |
| 青木益未 | 七十七銀行 | 12.95 | -1.2 | タッチダウンタイム(秒) | 2.60 | 2.60 | 3.65 | 4.67 | 5.68 | 6.69 | 7.70 | 8.71 | 9.73 | 10.78 | 11.84 |
| | | | | 区間タイム(秒) | 1.04 | 1.02 | 1.02 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.03 | 1.04 | 1.06 | 1.11 | |
| | | | | インターバルランタイム(秒) | 0.59 | 0.57 | 0.57 | 0.55 | 0.55 | 0.56 | 0.58 | 0.60 | 0.60 | 0.65 | |
| | | | | ハードリングタイム(秒) | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.46 | 0.45 | 0.45 | 0.44 | 0.44 | 0.46 | 0.46 | |
| | | | | 走速度(m/秒) | 8.15 | 8.32 | 8.35 | 8.46 | 8.46 | 8.39 | 8.28 | 8.15 | 7.99 | 9.47 | |
| 田中佑美 | 富士通 | 12.96 | -1.2 | タッチダウンタイム(秒) | 2.62 | 2.62 | 3.65 | 4.65 | 5.63 | 6.61 | 7.62 | 8.63 | 9.66 | 10.69 | 11.77 |
| | | | | 区間タイム(秒) | 1.04 | 1.00 | 0.98 | 0.98 | 1.01 | 1.01 | 1.02 | 1.03 | 1.08 | 1.19 | |
| | | | | インターバルランタイム(秒) | 0.63 | 0.60 | 0.59 | 0.59 | 0.62 | 0.60 | 0.62 | 0.63 | 0.69 | 0.78 | |
| | | | | ハードリングタイム(秒) | 0.41 | 0.40 | 0.39 | 0.39 | 0.39 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.39 | 0.41 |
| | | | | 走速度(m/秒) | 8.18 | 8.53 | 8.64 | 8.67 | 8.42 | 8.42 | 8.32 | 8.25 | 7.87 | 8.79 | |
| 福部真子 | 日本建設工業 | 12.99 | -1.2 | タッチダウンタイム(sec) | 2.62 | 2.62 | 3.66 | 4.69 | 5.67 | 6.68 | 7.68 | 8.70 | 9.73 | 10.79 | 11.84 |
| | | | | 区間タイム(sec) | 1.04 | 1.03 | 0.98 | 1.01 | 1.00 | 1.02 | 1.04 | 1.06 | 1.05 | 1.15 | |
| | | | | インターバルランタイム(sec) | 0.59 | 0.60 | 0.55 | 0.60 | 0.58 | 0.60 | 0.61 | 0.62 | 0.60 | 0.72 | |
| | | | | ハードリングタイム(sec) | 0.45 | 0.43 | 0.43 | 0.41 | 0.42 | 0.42 | 0.43 | 0.43 | 0.44 | 0.43 | |
| | | | | 走速度(m/s) | 8.15 | 8.28 | 8.64 | 8.42 | 8.53 | 8.35 | 8.18 | 8.06 | 8.12 | 9.11 | |
| 清山ちさと | いちご | 13.28 | -1.2 | タッチダウンタイム(秒) | 2.65 | 2.65 | 3.70 | 4.72 | 5.73 | 6.73 | 7.74 | 8.79 | 9.84 | 10.93 | 12.05 |
| | | | | 区間タイム(秒) | 1.05 | 1.02 | 1.01 | 1.00 | 1.01 | 1.05 | 1.05 | 1.09 | 1.12 | 1.23 | |
| | | | | インターバルランタイム(秒) | 0.63 | 0.61 | 0.60 | 0.60 | 0.61 | 0.65 | 0.63 | 0.68 | 0.68 | 0.78 | |
| | | | | ハードリングタイム(秒) | 0.42 | 0.41 | 0.41 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.42 | 0.42 | 0.44 | 0.45 | |
| | | | | 走速度(m/秒) | 8.09 | 8.32 | 8.42 | 8.49 | 8.42 | 8.09 | 8.12 | 7.78 | 7.60 | 8.53 | |
| 紫村仁美 | リタジャパンAC | 13.35 | -1.2 | タッチダウンタイム(秒) | 2.66 | 2.66 | 3.72 | 4.78 | 5.81 | 6.85 | 7.90 | 8.94 | 10.00 | 11.06 | 12.15 |
| | | | | 区間タイム(秒) | 1.07 | 1.06 | 1.03 | 1.04 | 1.04 | 1.04 | 1.06 | 1.06 | 1.08 | 1.20 | |
| | | | | インターバルランタイム(秒) | 0.63 | 0.63 | 0.60 | 0.62 | 0.62 | 0.61 | 0.64 | 0.63 | 0.65 | 0.77 | |
| | | | | ハードリングタイム(秒) | 0.43 | 0.43 | 0.43 | 0.42 | 0.43 | 0.43 | 0.42 | 0.43 | 0.43 | 0.43 | |
| | | | | 走速度(m/秒) | 7.96 | 8.06 | 8.25 | 8.15 | 8.15 | 8.15 | 8.02 | 7.99 | 7.84 | 8.72 | |
| 鈴木美帆 | 長谷川体育施設 | 13.42 | -1.2 | タッチダウンタイム(秒) | 2.73 | 2.73 | 3.80 | 4.84 | 5.86 | 6.89 | 7.90 | 8.95 | 10.01 | 11.09 | 12.19 |
| | | | | 区間タイム(秒) | 1.06 | 1.04 | 1.03 | 1.02 | 1.02 | 1.05 | 1.06 | 1.08 | 1.10 | 1.23 | |
| | | | | インターバルランタイム(秒) | 0.62 | 0.63 | 0.61 | 0.62 | 0.61 | 0.65 | 0.65 | 0.67 | 0.68 | 0.80 | |
| | | | | ハードリングタイム(秒) | 0.44 | 0.42 | 0.42 | 0.40 | 0.41 | 0.40 | 0.41 | 0.41 | 0.43 | 0.43 | |
| | | | | 走速度(m/秒) | 7.99 | 8.15 | 8.29 | 8.32 | 8.35 | 8.12 | 8.02 | 7.90 | 7.72 | 8.52 | |
| 中島ひとみ | 長谷川体育施設 | 13.44 | -1.2 | タッチダウンタイム(秒) | 2.69 | 2.69 | 3.75 | 4.78 | 5.80 | 6.84 | 7.87 | 8.92 | 9.98 | 11.06 | 12.19 |
| | | | | 区間タイム(秒) | 1.06 | 1.03 | 1.03 | 1.04 | 1.03 | 1.06 | 1.06 | 1.08 | 1.13 | 1.25 | |
| | | | | インターバルランタイム(秒) | 0.61 | 0.60 | 0.61 | 0.63 | 0.61 | 0.65 | 0.64 | 0.66 | 0.70 | 0.80 | |
| | | | | ハードリングタイム(秒) | 0.45 | 0.43 | 0.41 | 0.41 | 0.42 | 0.40 | 0.42 | 0.42 | 0.43 | 0.45 | |
| | | | | 走速度(m/秒) | 8.02 | 8.25 | 8.28 | 8.18 | 8.28 | 8.06 | 8.02 | 7.87 | 7.55 | 8.38 | |

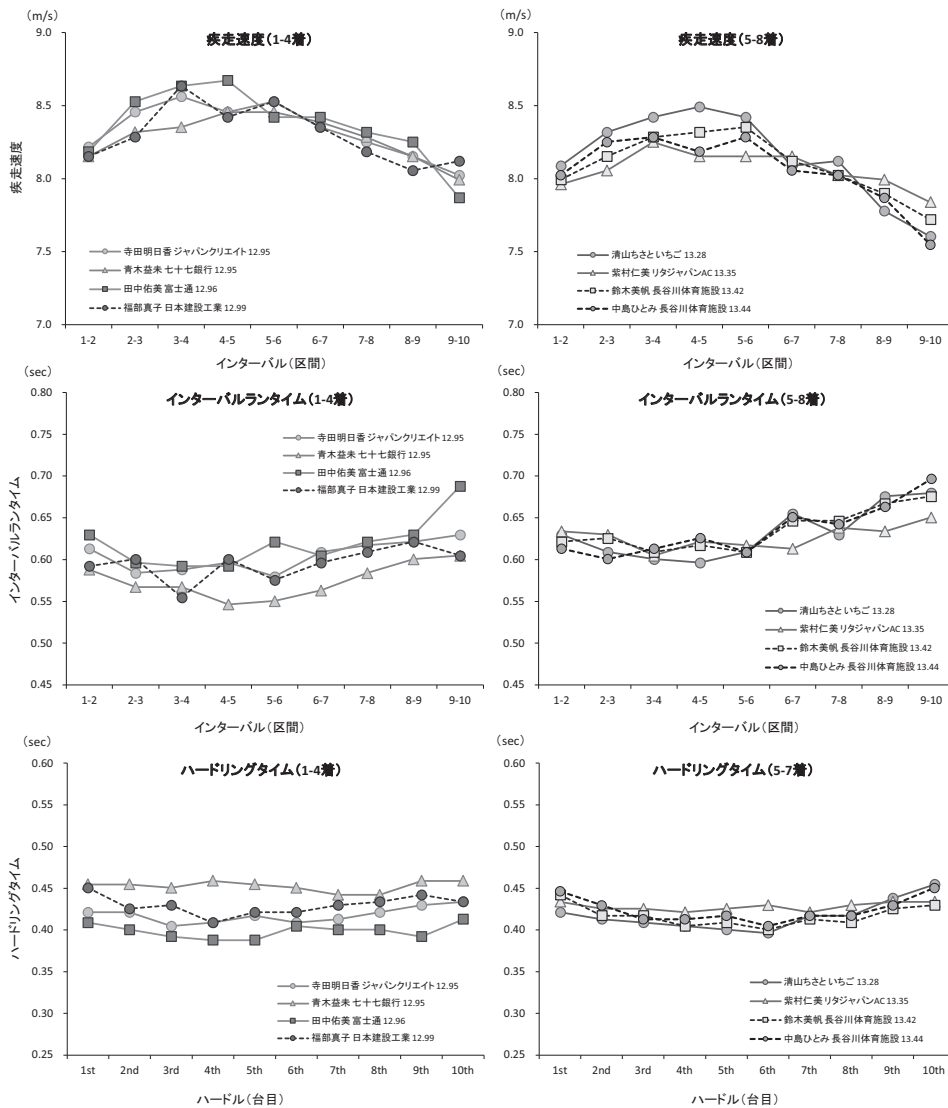


図 4. 疾走速度 (上), インターバルランニングタイム (中), ハードリングタイム (下)

表 5. 2023.06.03_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 | app. | | | | | | | | | |
|------------------|-------|------|----------------|----------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| | | | | | 1st | 2nd | 3rd | 4th | 5th | 6th | 7th | 8th | 9th | 10th |
| 片山心菜 (中京大中京高) | 13.58 | -1.4 | タッチダウンタイム(sec) | 2.69 | 2.69 | 3.77 | 4.83 | 5.89 | 6.93 | 8.00 | 9.08 | 10.16 | 11.26 | 12.36 |
| | | | | 区間タイム(sec) | 1.08 | 1.06 | 1.06 | 1.04 | 1.07 | 1.07 | 1.09 | 1.09 | 1.10 | 1.12 |
| | | | | インターバルタイム(sec) | 0.64 | 0.61 | 0.61 | 0.60 | 0.63 | 0.62 | 0.65 | 0.64 | 0.65 | 0.75 |
| | | | | ハードリングタイム(sec) | 0.44 | 0.45 | 0.44 | 0.44 | 0.44 | 0.45 | 0.44 | 0.45 | 0.45 | 0.47 |
| | | | | 走速度(m/s) | 7.87 | 8.02 | 8.06 | 8.15 | 7.93 | 7.93 | 7.81 | 7.78 | 7.72 | 8.59 |
| 内藤香乃 (早稲田大) | 13.87 | -1.4 | タッチダウンタイム(sec) | 2.74 | 2.74 | 3.84 | 4.95 | 6.02 | 7.10 | 8.20 | 9.29 | 10.41 | 11.53 | 12.65 |
| | | | | 区間タイム(sec) | 1.11 | 1.11 | 1.07 | 1.08 | 1.11 | 1.09 | 1.11 | 1.12 | 1.13 | 1.22 |
| | | | | インターバルタイム(sec) | 0.63 | 0.65 | 0.60 | 0.63 | 0.65 | 0.62 | 0.65 | 0.65 | 0.65 | 0.74 |
| | | | | ハードリングタイム(sec) | 0.48 | 0.46 | 0.47 | 0.45 | 0.45 | 0.47 | 0.46 | 0.47 | 0.47 | 0.48 |
| | | | | 走速度(m/s) | 7.69 | 7.66 | 7.93 | 7.90 | 7.69 | 7.81 | 7.63 | 7.58 | 7.55 | 8.64 |
| 高橋亜珠 (筑波大) | 13.88 | -1.4 | タッチダウンタイム(sec) | 2.72 | 2.72 | 3.81 | 4.91 | 6.00 | 7.07 | 8.15 | 9.26 | 10.35 | 11.47 | 12.59 |
| | | | | 区間タイム(sec) | 1.09 | 1.10 | 1.09 | 1.07 | 1.08 | 1.11 | 1.10 | 1.11 | 1.12 | 1.29 |
| | | | | インターバルタイム(sec) | 0.65 | 0.66 | 0.65 | 0.63 | 0.65 | 0.68 | 0.66 | 0.68 | 0.68 | 0.83 |
| | | | | ハードリングタイム(sec) | 0.44 | 0.44 | 0.44 | 0.44 | 0.43 | 0.43 | 0.43 | 0.44 | 0.44 | 0.46 |
| | | | | 走速度(m/s) | 7.78 | 7.75 | 7.81 | 7.96 | 7.87 | 7.66 | 7.75 | 7.63 | 7.58 | 8.12 |
| 小寺彩貴 (北陸学院高) | 13.93 | -1.4 | タッチダウンタイム(sec) | 2.69 | 2.69 | 3.83 | 4.93 | 6.00 | 7.08 | 8.18 | 9.29 | 10.41 | 11.53 | 12.68 |
| | | | | 区間タイム(sec) | 1.14 | 1.10 | 1.07 | 1.08 | 1.10 | 1.11 | 1.12 | 1.13 | 1.15 | 1.25 |
| | | | | インターバルタイム(sec) | 0.68 | 0.64 | 0.63 | 0.64 | 0.66 | 0.66 | 0.66 | 0.67 | 0.68 | 0.77 |
| | | | | ハードリングタイム(sec) | 0.46 | 0.45 | 0.45 | 0.44 | 0.44 | 0.45 | 0.46 | 0.46 | 0.46 | 0.48 |
| | | | | 走速度(m/s) | 7.44 | 7.75 | 7.93 | 7.87 | 7.72 | 7.66 | 7.60 | 7.55 | 7.41 | 8.40 |
| 木梨光菜 (倉敷中央高) | 14.00 | -1.4 | タッチダウンタイム(sec) | 2.73 | 2.73 | 3.83 | 4.93 | 6.02 | 7.12 | 8.25 | 9.38 | 10.48 | 11.63 | 12.78 |
| | | | | 区間タイム(sec) | 1.10 | 1.10 | 1.09 | 1.10 | 1.13 | 1.13 | 1.10 | 1.15 | 1.15 | 1.22 |
| | | | | インターバルタイム(sec) | 0.62 | 0.62 | 0.62 | 0.62 | 0.65 | 0.63 | 0.62 | 0.68 | 0.67 | 0.73 |
| | | | | ハードリングタイム(sec) | 0.48 | 0.48 | 0.48 | 0.48 | 0.48 | 0.49 | 0.48 | 0.47 | 0.48 | 0.49 |
| | | | | 走速度(m/s) | 7.72 | 7.75 | 7.78 | 7.75 | 7.49 | 7.55 | 7.72 | 7.41 | 7.38 | 8.60 |
| 及川理子 (法政二高) | 14.01 | -1.4 | タッチダウンタイム(sec) | 2.72 | 2.72 | 3.84 | 4.94 | 6.02 | 7.10 | 8.17 | 9.32 | 10.43 | 11.53 | 12.68 |
| | | | | 区間タイム(sec) | 1.12 | 1.11 | 1.08 | 1.08 | 1.07 | 1.15 | 1.11 | 1.10 | 1.15 | 1.33 |
| | | | | インターバルタイム(sec) | 0.68 | 0.66 | 0.62 | 0.65 | 0.63 | 0.72 | 0.66 | 0.66 | 0.70 | 0.88 |
| | | | | ハードリングタイム(sec) | 0.44 | 0.45 | 0.46 | 0.43 | 0.43 | 0.43 | 0.45 | 0.44 | 0.44 | 0.45 |
| | | | | 走速度(m/s) | 7.58 | 7.69 | 7.90 | 7.87 | 7.96 | 7.38 | 7.63 | 7.72 | 7.41 | 7.89 |
| 山田裕未 (東京陸協) | 14.15 | -1.4 | タッチダウンタイム(sec) | 2.75 | 2.75 | 3.89 | 5.01 | 6.13 | 7.25 | 8.37 | 9.49 | 10.65 | 11.79 | 12.92 |
| | | | | 区間タイム(sec) | 1.13 | 1.12 | 1.12 | 1.13 | 1.11 | 1.13 | 1.16 | 1.14 | 1.13 | 1.23 |
| | | | | インターバルタイム(sec) | 0.69 | 0.65 | 0.67 | 0.67 | 0.66 | 0.68 | 0.70 | 0.68 | 0.68 | 0.78 |
| | | | | ハードリングタイム(sec) | 0.45 | 0.47 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.46 | 0.46 | 0.46 | 0.45 |
| | | | | 走速度(m/s) | 7.49 | 7.60 | 7.58 | 7.55 | 7.63 | 7.55 | 7.33 | 7.47 | 7.52 | 8.55 |

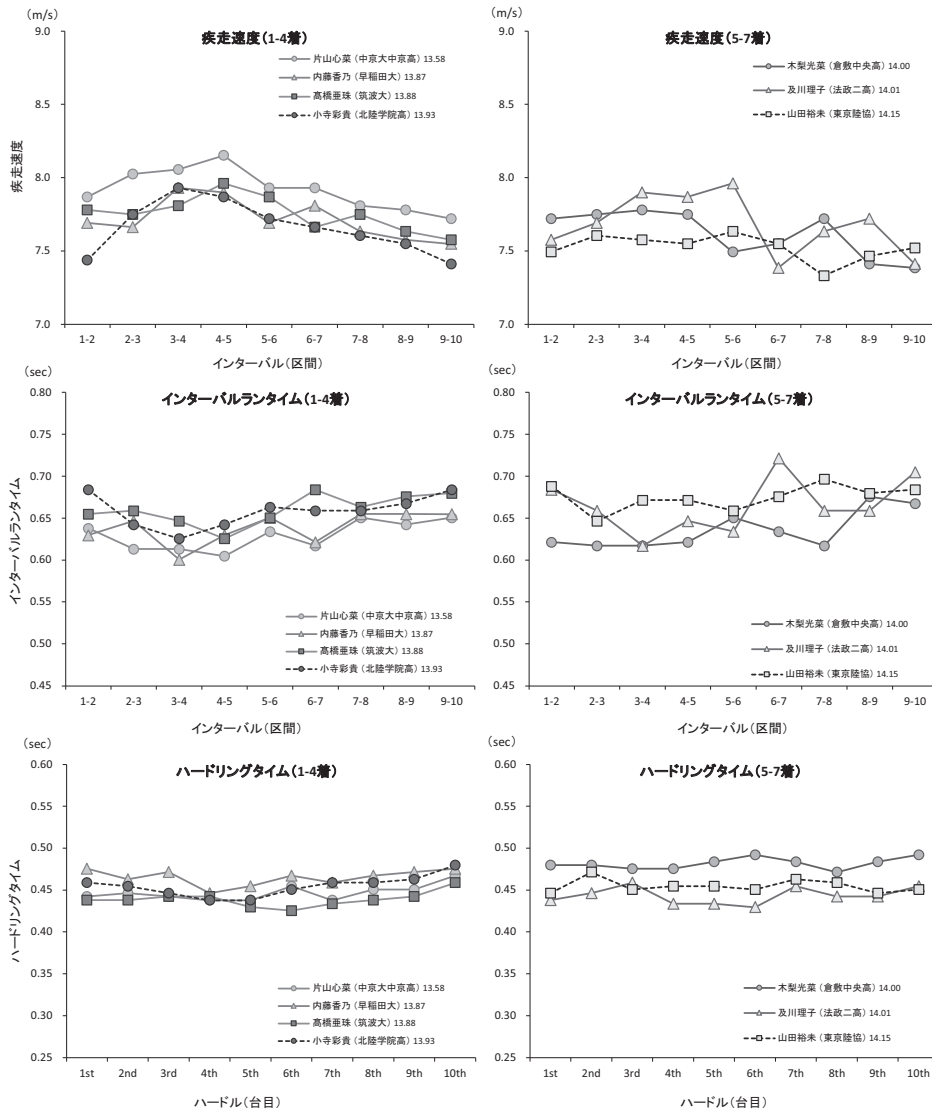


図 5. 疾走速度 (上), インターバルランニングタイム (中), ハードリングタイム (下)

表 6. 2023.08.06_インターハイ_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 | run_in |
|--------|----------|-------|------|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|--------|
| | | | | | app | 1-2 | 2-3 | 3-4 | 4-5 | 5-6 | 6-7 | 7-8 | 8-9 | 9-10 | |
| 林 美希 | 中京大中京・愛知 | 13.53 | +0.8 | タッチダウンタイム(sec) | 2.67 | 2.67 | 3.72 | 4.76 | 5.78 | 6.82 | 7.88 | 8.93 | 10.03 | 11.14 | 12.28 |
| | | | | 区間タイム(sec) | 1.06 | 1.04 | 1.02 | 1.04 | 1.06 | 1.05 | 1.10 | 1.11 | 1.14 | 1.25 | |
| | | | | インターバルランタイム(sec) | 0.65 | 0.64 | 0.63 | 0.64 | 0.65 | 0.63 | 0.68 | 0.69 | 0.70 | 0.80 | |
| | | | | ハードリングタイム(sec) | 0.40 | 0.40 | 0.39 | 0.40 | 0.40 | 0.42 | 0.42 | 0.42 | 0.44 | 0.45 | |
| | | | | 走速度(m/s) | 8.02 | 8.18 | 8.32 | 8.18 | 8.06 | 8.12 | 7.72 | 7.63 | 7.47 | 8.39 | |
| 片山 心葉 | 中京大中京・愛知 | 13.67 | +0.8 | タッチダウンタイム(sec) | 2.69 | 2.69 | 3.81 | 4.87 | 5.92 | 6.99 | 8.06 | 9.13 | 10.23 | 11.32 | 12.45 |
| | | | | 区間タイム(sec) | 1.12 | 1.06 | 1.05 | 1.06 | 1.07 | 1.08 | 1.09 | 1.10 | 1.13 | 1.22 | |
| | | | | インターバルランタイム(sec) | 0.66 | 0.60 | 0.61 | 0.64 | 0.63 | 0.62 | 0.64 | 0.65 | 0.68 | 0.77 | |
| | | | | ハードリングタイム(sec) | 0.46 | 0.46 | 0.44 | 0.43 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | |
| | | | | 走速度(m/s) | 7.60 | 7.99 | 8.09 | 7.99 | 7.93 | 7.90 | 7.78 | 7.75 | 7.55 | 8.61 | |
| 谷中 天架 | 大分雄城台・大分 | 13.71 | +0.8 | タッチダウンタイム(sec) | 2.74 | 2.74 | 3.80 | 4.88 | 5.96 | 7.02 | 8.09 | 9.17 | 10.26 | 11.37 | 12.49 |
| | | | | 区間タイム(sec) | 1.07 | 1.08 | 1.08 | 1.06 | 1.07 | 1.08 | 1.09 | 1.11 | 1.12 | 1.22 | |
| | | | | インターバルランタイム(sec) | 0.63 | 0.65 | 0.63 | 0.62 | 0.64 | 0.64 | 0.64 | 0.65 | 0.66 | 0.76 | |
| | | | | ハードリングタイム(sec) | 0.44 | 0.43 | 0.45 | 0.44 | 0.43 | 0.44 | 0.44 | 0.45 | 0.46 | 0.46 | |
| | | | | 走速度(m/s) | 7.96 | 7.87 | 7.87 | 8.06 | 7.96 | 7.84 | 7.81 | 7.69 | 7.58 | 8.59 | |
| 木梨 光葉 | 倉敷中央・岡山 | 13.79 | +0.8 | タッチダウンタイム(sec) | 2.74 | 2.74 | 3.86 | 4.95 | 6.00 | 7.07 | 8.15 | 9.22 | 10.33 | 11.44 | 12.58 |
| | | | | 区間タイム(sec) | 1.12 | 1.08 | 1.05 | 1.07 | 1.08 | 1.07 | 1.11 | 1.12 | 1.14 | 1.21 | |
| | | | | インターバルランタイム(sec) | 0.63 | 0.62 | 0.60 | 0.64 | 0.63 | 0.62 | 0.67 | 0.66 | 0.68 | 0.74 | |
| | | | | ハードリングタイム(sec) | 0.48 | 0.47 | 0.45 | 0.43 | 0.45 | 0.45 | 0.44 | 0.46 | 0.46 | 0.46 | |
| | | | | 走速度(m/s) | 7.60 | 7.84 | 8.09 | 7.93 | 7.87 | 7.96 | 7.66 | 7.60 | 7.47 | 8.70 | |
| 綾目 ひなの | 神辺旭・広島 | 13.92 | +0.8 | タッチダウンタイム(sec) | 2.77 | 2.77 | 3.87 | 4.96 | 6.04 | 7.13 | 8.20 | 9.31 | 10.42 | 11.54 | 12.68 |
| | | | | 区間タイム(sec) | 1.11 | 1.09 | 1.08 | 1.08 | 1.07 | 1.11 | 1.11 | 1.11 | 1.14 | 1.24 | |
| | | | | インターバルランタイム(sec) | 0.64 | 0.64 | 0.63 | 0.65 | 0.63 | 0.66 | 0.66 | 0.65 | 0.68 | 0.77 | |
| | | | | ハードリングタイム(sec) | 0.46 | 0.45 | 0.45 | 0.44 | 0.44 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.46 | 0.47 | |
| | | | | 走速度(m/s) | 7.69 | 7.81 | 7.84 | 7.84 | 7.93 | 7.66 | 7.63 | 7.63 | 7.44 | 8.46 | |
| 野村 美月 | 石橋・栃木 | 13.96 | +0.8 | タッチダウンタイム(sec) | 2.75 | 2.75 | 3.87 | 4.98 | 6.08 | 7.17 | 8.26 | 9.36 | 10.46 | 11.59 | 12.75 |
| | | | | 区間タイム(sec) | 1.12 | 1.11 | 1.10 | 1.09 | 1.09 | 1.10 | 1.10 | 1.13 | 1.16 | 1.21 | |
| | | | | インターバルランタイム(sec) | 0.66 | 0.65 | 0.64 | 0.65 | 0.65 | 0.65 | 0.66 | 0.70 | 0.70 | 0.73 | |
| | | | | ハードリングタイム(sec) | 0.45 | 0.46 | 0.46 | 0.45 | 0.44 | 0.45 | 0.44 | 0.43 | 0.46 | 0.48 | |
| | | | | 走速度(m/s) | 7.60 | 7.66 | 7.75 | 7.78 | 7.78 | 7.72 | 7.72 | 7.52 | 7.36 | 8.68 | |
| 大久保 碧 | 大阪女学院・大阪 | 14.01 | +0.8 | タッチダウンタイム(sec) | 2.78 | 2.78 | 3.91 | 5.01 | 6.09 | 7.16 | 8.24 | 9.33 | 10.42 | 11.56 | 12.73 |
| | | | | 区間タイム(sec) | 1.13 | 1.11 | 1.08 | 1.07 | 1.08 | 1.08 | 1.10 | 1.13 | 1.18 | 1.28 | |
| | | | | インターバルランタイム(sec) | 0.68 | 0.65 | 0.62 | 0.64 | 0.65 | 0.65 | 0.70 | 0.71 | 0.81 | | |
| | | | | ハードリングタイム(sec) | 0.45 | 0.45 | 0.46 | 0.45 | 0.44 | 0.43 | 0.44 | 0.44 | 0.46 | 0.47 | |
| | | | | 走速度(m/s) | 7.55 | 7.69 | 7.87 | 7.96 | 7.97 | 7.84 | 7.75 | 7.49 | 7.23 | 8.23 | |
| 及川 理子 | 法政二・神奈川 | 14.19 | +0.8 | タッチダウンタイム(sec) | 2.78 | 2.78 | 3.85 | 5.03 | 6.19 | 7.32 | 8.44 | 9.55 | 10.66 | 11.79 | 12.91 |
| | | | | 区間タイム(sec) | 1.07 | 1.18 | 1.17 | 1.12 | 1.12 | 1.11 | 1.11 | 1.13 | 1.13 | 1.28 | |
| | | | | インターバルランタイム(sec) | 0.62 | 0.75 | 0.67 | 0.67 | 0.69 | 0.67 | 0.66 | 0.69 | 0.68 | 0.83 | |
| | | | | ハードリングタイム(sec) | 0.45 | 0.43 | 0.50 | 0.45 | 0.43 | 0.44 | 0.44 | 0.45 | 0.44 | 0.45 | |
| | | | | 走速度(m/s) | 7.93 | 7.23 | 7.28 | 7.58 | 7.58 | 7.63 | 7.69 | 7.52 | 7.55 | 8.22 | |

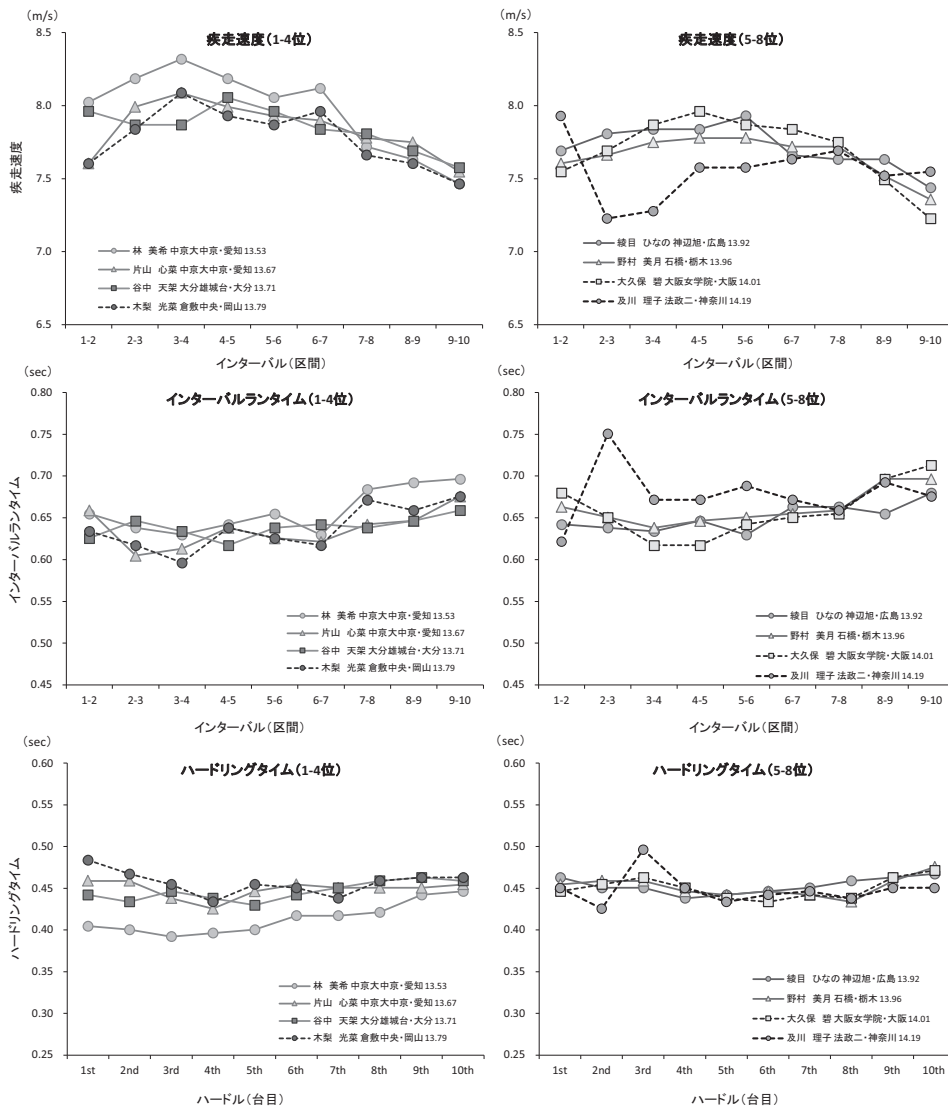


図 6. 疾走速度 (上), インターバルランニングタイム (中), ハードリングタイム (下)

表7. 2023.08.24_世界選手権_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 | run_in |
|-----------------------|-------|-------|------|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|--------|
| | | | | | app | 1-2 | 2-3 | 3-4 | 4-5 | 5-6 | 6-7 | 7-8 | 8-9 | 9-10 | |
| Danielle WILLIAMS | (JAM) | 12.43 | -0.2 | タッチダウンタイム(秒) | 2.53 | 2.53 | 3.51 | 4.48 | 5.45 | 6.41 | 7.37 | 8.33 | 9.32 | 10.31 | 11.32 |
| | | | | 区間タイム(秒) | 0.98 | 0.97 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.99 | 0.99 | 1.01 | 1.11 | |
| | | | | インターバルランタイム(秒) | 0.58 | 0.59 | 0.58 | 0.56 | 0.56 | 0.57 | 0.59 | 0.58 | 0.60 | 0.70 | |
| | | | | ハードリングタイム(秒) | 0.40 | 0.38 | 0.39 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.41 | 0.41 | |
| | | | | 走速度(m/秒) | 8.67 | 8.75 | 8.82 | 8.86 | 8.86 | 8.82 | 8.56 | 8.60 | 8.42 | 9.46 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| Jasmine CAMACHO-QUINN | (PUR) | 12.44 | -0.2 | タッチダウンタイム(秒) | 2.57 | 2.57 | 3.58 | 4.57 | 5.52 | 6.47 | 7.40 | 8.36 | 9.34 | 10.32 | 11.33 |
| | | | | 区間タイム(秒) | 1.01 | 0.99 | 0.96 | 0.95 | 0.93 | 0.96 | 0.98 | 0.98 | 1.01 | 1.11 | |
| | | | | インターバルランタイム(秒) | 0.62 | 0.60 | 0.58 | 0.58 | 0.55 | 0.58 | 0.61 | 0.59 | 0.63 | 0.71 | |
| | | | | ハードリングタイム(秒) | 0.39 | 0.38 | 0.38 | 0.37 | 0.38 | 0.38 | 0.37 | 0.39 | 0.38 | 0.40 | |
| | | | | 走速度(m/秒) | 8.42 | 8.60 | 8.90 | 8.94 | 9.14 | 8.86 | 8.67 | 8.67 | 8.42 | 9.48 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| Kendra HARRISON | (USA) | 12.46 | -0.2 | タッチダウンタイム(秒) | 2.58 | 2.58 | 3.60 | 4.57 | 5.52 | 6.47 | 7.42 | 8.39 | 9.37 | 10.35 | 11.38 |
| | | | | 区間タイム(秒) | 1.01 | 0.97 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.97 | 0.98 | 0.98 | 1.03 | 1.08 | |
| | | | | インターバルランタイム(秒) | 0.59 | 0.56 | 0.55 | 0.56 | 0.55 | 0.57 | 0.57 | 0.56 | 0.62 | 0.63 | |
| | | | | ハードリングタイム(秒) | 0.43 | 0.41 | 0.40 | 0.39 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.42 | 0.41 | |
| | | | | 走速度(m/秒) | 8.39 | 8.75 | 8.94 | 8.94 | 8.94 | 8.75 | 8.71 | 8.67 | 8.25 | 9.70 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| Devynne CHARLTON | (BAH) | 12.52 | -0.2 | タッチダウンタイム(sec) | 2.51 | 2.51 | 3.53 | 4.52 | 5.51 | 6.48 | 7.44 | 8.41 | 9.41 | 10.41 | 11.43 |
| | | | | 区間タイム(sec) | 1.03 | 0.99 | 0.98 | 0.98 | 0.96 | 0.97 | 1.00 | 1.00 | 1.02 | 1.09 | |
| | | | | インターバルランタイム(sec) | 0.61 | 0.57 | 0.57 | 0.55 | 0.54 | 0.57 | 0.59 | 0.58 | 0.60 | 0.67 | |
| | | | | ハードリングタイム(sec) | 0.42 | 0.42 | 0.41 | 0.42 | 0.42 | 0.40 | 0.41 | 0.42 | 0.42 | 0.43 | |
| | | | | 走速度(m/s) | 8.28 | 8.60 | 8.64 | 8.71 | 8.86 | 8.75 | 8.53 | 8.49 | 8.35 | 9.62 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ackera NUGENT | (JAM) | 12.61 | -0.2 | タッチダウンタイム(秒) | 2.57 | 2.57 | 3.57 | 4.56 | 5.53 | 6.49 | 7.46 | 8.43 | 9.42 | 10.46 | 11.49 |
| | | | | 区間タイム(秒) | 1.01 | 0.98 | 0.97 | 0.96 | 0.97 | 0.96 | 1.00 | 1.03 | 1.04 | 1.12 | |
| | | | | インターバルランタイム(秒) | 0.59 | 0.59 | 0.58 | 0.57 | 0.58 | 0.56 | 0.59 | 0.63 | 0.60 | 0.68 | |
| | | | | ハードリングタイム(秒) | 0.41 | 0.40 | 0.40 | 0.39 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.41 | 0.43 | 0.44 | |
| | | | | 走速度(m/秒) | 8.46 | 8.64 | 8.75 | 8.86 | 8.75 | 8.82 | 8.53 | 8.22 | 8.18 | 9.42 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tobi AMUSAN | (NGR) | 12.62 | -0.2 | タッチダウンタイム(秒) | 2.56 | 2.56 | 3.58 | 4.55 | 5.53 | 6.50 | 7.48 | 8.45 | 9.48 | 10.49 | 11.53 |
| | | | | 区間タイム(秒) | 1.02 | 0.98 | 0.98 | 0.97 | 0.98 | 0.97 | 1.03 | 1.01 | 1.05 | 1.09 | |
| | | | | インターバルランタイム(秒) | 0.60 | 0.57 | 0.58 | 0.58 | 0.58 | 0.56 | 0.63 | 0.57 | 0.62 | 0.65 | |
| | | | | ハードリングタイム(秒) | 0.41 | 0.40 | 0.39 | 0.39 | 0.40 | 0.41 | 0.40 | 0.43 | 0.43 | 0.44 | |
| | | | | 走速度(m/秒) | 8.35 | 8.71 | 8.71 | 8.78 | 8.67 | 8.75 | 8.25 | 8.46 | 8.12 | 9.65 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ditaji KAMBUNDJI | (SUI) | 12.70 | -0.2 | タッチダウンタイム(秒) | 2.58 | 2.58 | 3.60 | 4.60 | 5.59 | 6.57 | 7.56 | 8.55 | 9.57 | 10.57 | 11.59 |
| | | | | 区間タイム(秒) | 1.03 | 1.00 | 0.99 | 0.98 | 0.99 | 0.99 | 1.01 | 1.00 | 1.03 | 1.11 | |
| | | | | インターバルランタイム(秒) | 0.62 | 0.59 | 0.58 | 0.58 | 0.58 | 0.58 | 0.61 | 0.59 | 0.63 | 0.70 | |
| | | | | ハードリングタイム(秒) | 0.41 | 0.41 | 0.41 | 0.40 | 0.40 | 0.41 | 0.40 | 0.41 | 0.40 | 0.40 | |
| | | | | 走速度(m/秒) | 8.28 | 8.53 | 8.56 | 8.67 | 8.60 | 8.56 | 8.39 | 8.49 | 8.28 | 9.50 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nia ALI | (USA) | 12.78 | -0.2 | タッチダウンタイム(秒) | 2.54 | 2.54 | 3.61 | 4.64 | 5.66 | 6.66 | 7.64 | 8.64 | 9.64 | 10.64 | 11.68 |
| | | | | 区間タイム(秒) | 1.07 | 1.03 | 1.03 | 0.99 | 0.98 | 1.00 | 1.01 | 1.00 | 1.04 | 1.10 | |
| | | | | インターバルランタイム(秒) | 0.67 | 0.60 | 0.60 | 0.57 | 0.58 | 0.60 | 0.60 | 0.58 | 0.63 | 0.66 | |
| | | | | ハードリングタイム(秒) | 0.40 | 0.42 | 0.43 | 0.42 | 0.41 | 0.40 | 0.40 | 0.41 | 0.41 | 0.43 | |
| | | | | 走速度(m/秒) | 7.93 | 8.28 | 8.28 | 8.56 | 8.64 | 8.53 | 8.46 | 8.53 | 8.15 | 9.57 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |

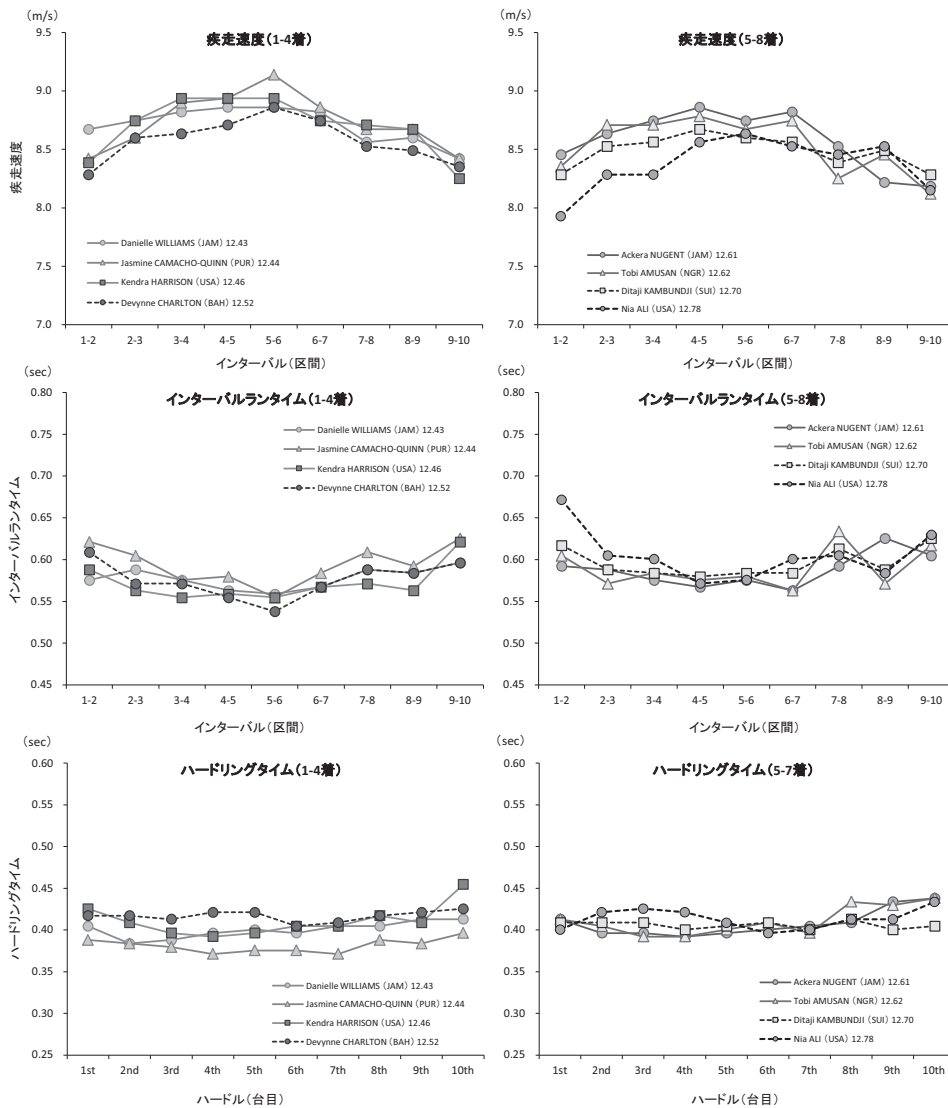


図7. 疾走速度 (上), インターバルランニングタイム (中), ハードリングタイム (下)

表 8. 2023.08.22_世界選手権_女子100mH 予選レース分析結果

| 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 |
| Masumi AOKI | JPN | 13.26 | +0.1 | タッチダウンタイム(sec) | 2.64 | 2.64 | 3.70 | 4.75 | 5.78 | 6.81 | 7.85 | 8.88 | 9.93 | 10.99 | 12.08 |
| | | | | 区間タイム(sec) | 1.06 | 1.05 | 1.03 | 1.03 | 1.03 | 1.03 | 1.06 | 1.06 | 1.09 | 1.18 | |
| | | | | インターバルランタイム(sec) | 0.58 | 0.59 | 0.59 | 0.57 | 0.59 | 0.58 | 0.60 | 0.59 | 0.63 | 0.71 | |
| | | | | ハードリングタイム(sec) | 0.47 | 0.46 | 0.45 | 0.46 | 0.45 | 0.46 | 0.46 | 0.47 | 0.46 | 0.47 | |
| | | | | 走速度(m/s) | 8.06 | 8.09 | 8.22 | 8.25 | 8.22 | 8.22 | 8.06 | 8.06 | 7.78 | 8.92 | |
| Asuka TERADA | JPN | 13.15 | +0.1 | タッチダウンタイム(sec) | 2.62 | 2.62 | 3.67 | 4.71 | 5.73 | 6.75 | 7.77 | 8.80 | 9.85 | 10.90 | 11.99 |
| | | | | 区間タイム(sec) | 1.05 | 1.04 | 1.02 | 1.02 | 1.02 | 1.04 | 1.05 | 1.05 | 1.09 | 1.16 | |
| | | | | インターバルランタイム(sec) | 0.62 | 0.60 | 0.60 | 0.62 | 0.61 | 0.64 | 0.63 | 0.63 | 0.68 | 0.72 | |
| | | | | ハードリングタイム(sec) | 0.43 | 0.44 | 0.41 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.42 | 0.41 | 0.41 | 0.44 | |
| | | | | 走速度(m/s) | 8.09 | 8.18 | 8.35 | 8.32 | 8.35 | 8.18 | 8.18 | 8.12 | 8.12 | 7.78 | 9.06 |
| Yumi TANAKA | JPN | 13.12 | +0.4 | タッチダウンタイム(sec) | 2.68 | 2.68 | 3.72 | 4.74 | 5.73 | 6.74 | 7.76 | 8.80 | 9.81 | 10.90 | 11.97 |
| | | | | 区間タイム(sec) | 1.05 | 1.01 | 0.99 | 1.01 | 1.02 | 1.03 | 1.02 | 1.08 | 1.07 | 1.15 | |
| | | | | インターバルランタイム(sec) | 0.62 | 0.59 | 0.59 | 0.63 | 0.64 | 0.63 | 0.61 | 0.69 | 0.64 | 0.73 | |
| | | | | ハードリングタイム(sec) | 0.43 | 0.43 | 0.40 | 0.38 | 0.38 | 0.40 | 0.41 | 0.40 | 0.43 | 0.42 | |
| | | | | 走速度(m/s) | 8.12 | 8.39 | 8.56 | 8.42 | 8.32 | 8.22 | 8.35 | 7.84 | 7.96 | 9.10 | |

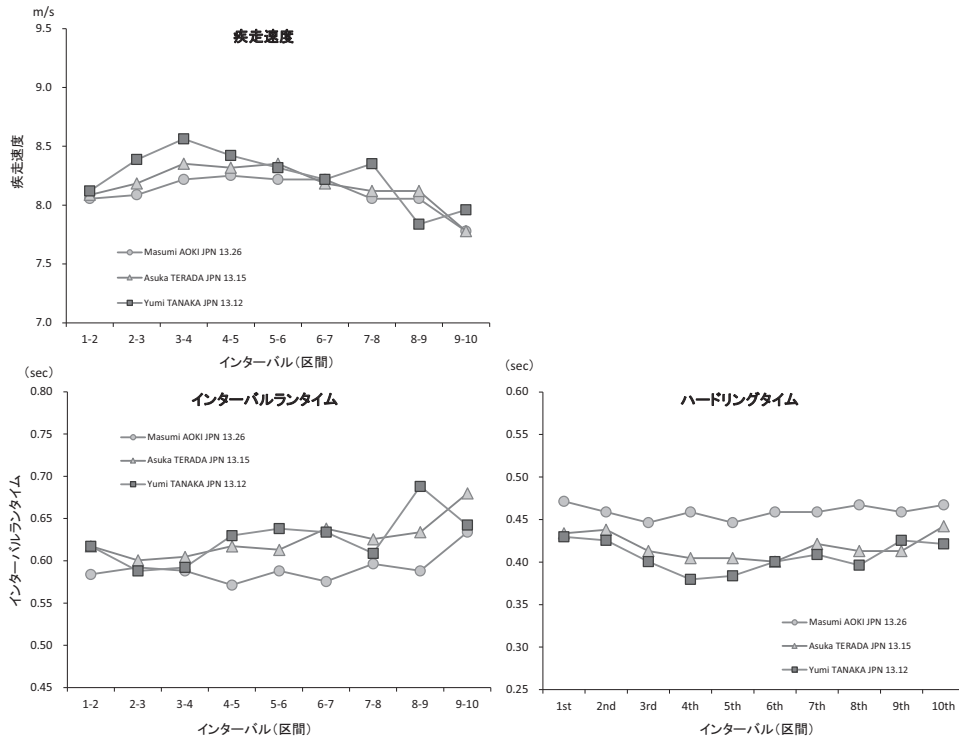


図 8. 疾走速度 (上), インターバルランニングタイム (中), ハードリングタイム (下)

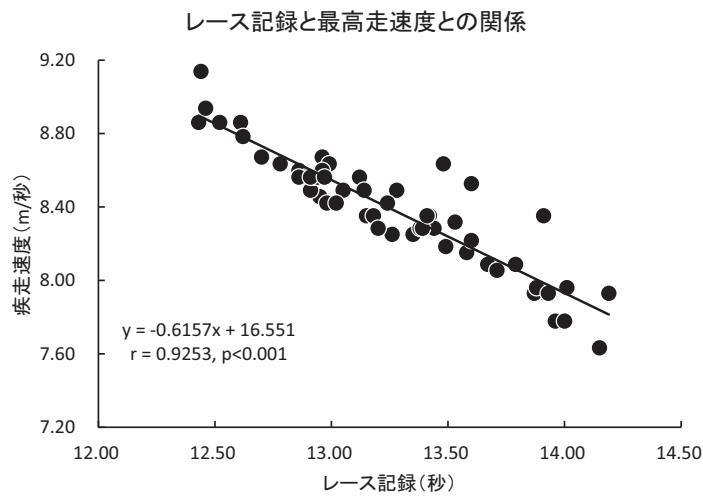


図 9. 100mH レース記録とレース中の最高走速度との関係

2023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⁾ 荻部 俊二⁶⁾

金子 公宏⁷⁾ 谷川 聡⁸⁾ 山崎 一彦⁹⁾

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 9) 順天堂大学

1. 緒言

2023年シーズンにおける男子110mH走では、世界陸上競技選手権ブダペスト大会に泉谷駿介選手(住友電工)、高山峻野選手(ゼンリン)、横地大雅選手(TeamSSP)の3名が出場し、泉谷選手がこの種目において史上初めて世界大会の決勝進出を果たした。また泉谷選手は、6月の日本選手権決勝において、自身の持つ日本記録を、2023年度世界ランキング6位の13.04秒(-0.9)に更新して優勝するなど、まさに世界のトップレベル選手として活躍した。さらに9月の日本インカレにおいて、村竹ラシッド選手(順天堂大)も13.04秒(-0.9)で日本タイ記録を樹立し、日本の110mH走のレベルが大きく向上した一年であったといえるだろう。Moinat et al. (2018)の補正式をもとに、2名の記録を無風のコンディションに換算すると12.95秒であり、2024年のオリンピックシーズンには更なる記録向上も期待される。

ハードル走では、レース展開の特徴を明らかにするために、ハードル間に要した時間を計測して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; 柴山ほか, 2023)。本稿では、2023年シーズンに国内外で開催された主要競技会におけるレース分析結果について報告する。

2. 方法

2.1 対象競技会および分析対象者

分析対象とした競技会は以下の6大会とし、参加した男子選手のべ52名を分析対象者とした。

- ①第57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第10回木南道孝記念陸上競技大会(5月7日,

ヤンマースタジアム長居・大阪)

- ③セイコーゴールデングランプリ陸上2023横浜(5月21日, 日産スタジアム・神奈川)
- ④第107回日本陸上競技選手権大会(6月4日, ヤンマースタジアム長居・大阪)
- ⑤布勢スプリント2023(6月25日, ヤマトスポーツパーク・鳥取)
- ⑥第19回世界陸上競技選手権大会(8月20日~21日, ハンガリー・ブダペスト)

2.2 分析方法

上記競技会におけるレースを、複数台の高速ビデオカメラを用いて239.7fpsでパンニング撮影した。スタートピストルの光が映像に写り込んだ瞬間を基準として、各カメラの映像を同期して分析を行った。撮影した映像から、各選手が10台のハードルを越える前の踏切脚接地と、越えた後のリード脚接地のコマを読み取り、所要時間を算出した。このとき、各ハードルの踏切脚接地からリード脚接地までの時間をハードリングタイム、リード脚接地から次のハードルの踏切脚接地までの時間をインターバルランタイムとし、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、各区間の平均速度を算出した。このとき、尾縣(1999)を参考に、アプローチ区間では着地側の距離として1.6mを加えた15.32mを区間距離とし、ランイン区間では1.6mを減じた12.42mを区間距離として平均区間速度を算出した。また、区間速度、ハードリングタ

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7は、分析対象とした各レースにおけるタッチダウタイム、区間タイム、インターバルランタイム、ハードリングタイムおよび区間スピードについて示したものである。

図1は、泉谷選手の世界選手権における3レース（決勝13.19秒、準決勝13.16秒、予選13.33秒）と、日本記録を樹立した日本選手権決勝（13.04秒）における区間スピード、ハードリングタイム、インターバルランタイムの各局面の平均値について、ブダペスト世界選手権で3位以内に入賞した選手の平均値とあわせて示したものである。世界選手権の3レースに関して、予選から準決勝にかけて0.17秒のレース記録向上がみられ、前半、中盤、後半の全ての局面において準決勝の平均区間スピードが大きかった。このとき、インターバルランタイムはほぼ同程度の値を示し、ハードリングタイムは全ての局面で準決勝の方が短かったことから、予選から準決勝にかけては、主にハードリングタイムの短縮によりレース記録が向上していた。一方、準決勝から決勝にかけては、レース記録が0.03秒低下し、中盤局面における決勝の平均区間スピードが大きかったものの、後半局面にかけて準決勝よりも大きい速度低下がみられた。このとき、ハードリングタイムは全ての局面でほぼ同程度の値を示したが、インターバルランタイムは決勝の中盤から後半にかけて増加した。したがって、泉谷選手は決勝において後半局面でインターバルランタイムが増加したことにより区間スピードが低下し、レース記録が若干低下していたといえる。また、日本記録を更新した日本選手権決勝では、世界選手権の3レースと比較して、全ての局面で平均区間スピードが高く、特に中盤から後半局面におけるハードリングタイムが短い傾向を示した。

世界選手権で3位以内に入賞した選手の平均値と泉谷選手の世界選手権の3レースを比較すると、泉谷選手の世界選手権のレースでは特に前半局面における平均区間スピードが小さい傾向にあった。同様に世界選手権3位入賞選手の平均値と日本選手権の決勝レースを比較すると、記録が同じであることから、平均区間スピードは前半局面では世界選手権3

位入賞選手が大きく、中盤局面では同程度の値を示し、後半局面では泉谷選手が大きかった。世界選手権、日本選手権に共通して、泉谷選手の方が世界選手権3位入賞選手よりもハードリングタイムが長く、インターバルランタイムが短い傾向にあった。

図2は、高山選手の世界選手権予選（13.35秒）および準決勝（13.34秒）と、日本選手権決勝（13.30秒）における区間スピード、ハードリングタイム、インターバルランタイムの各局面の平均値について、ブダペスト世界選手権で8位以内に入賞した選手の平均値とあわせて示したものである。世界選手権の2レースにおける記録がほぼ同程度であったこともあり、平均区間スピードは全ての局面でほぼ同程度の値を示した。前半局面において準決勝でハードリングタイムがやや短く、インターバルランタイムが長い傾向を示したが、大きな差はみられなかった。また、日本選手権の決勝レースと世界選手権の2レースの比較に関しても、平均区間スピードに大きな差はみられなかった。一方で、後半局面におけるハードリングタイムは、日本選手権の方が世界選手権の2レースに比べて短く、インターバルランタイムが長い傾向を示した。

世界選手権で8位以内に入賞した選手の平均値と高山選手の世界選手権および日本選手権の3レースを比較すると、高山選手の方が全ての局面で平均区間スピードが低く、ハードリングタイムが長く、インターバルランタイムが短い傾向を示した。

図3は、横地選手の世界選手権予選（14.39秒）および準決勝（14.93秒）と、日本選手権決勝（13.51秒）の3レースにおけるレース分析結果について、高山選手と同様に示したものである。横地選手は世界選手権の2レースにおいてアクシデントがあったため、日本選手権の決勝レースと世界選手権入賞選手の平均値を比較すると、高山選手と同様に、横地選手の方が全ての局面で平均区間スピードが低く、ハードリングタイムが長く、インターバルランタイムが短い傾向を示した。

参考文献

- M. Moinat, O. Fabius & K. S. Emanuel (2018) Data-driven quantification of the effect of wind on athletics performance, *European Journal of Sport Science*, 18:9, 1185-1190
- 尾縣貢 (1999) T&Fサイエンス講座 ハードルレース中のスピード変化. *陸上競技マガジン*, 49(13) : 196-197.

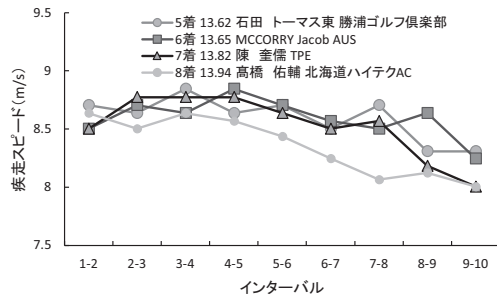
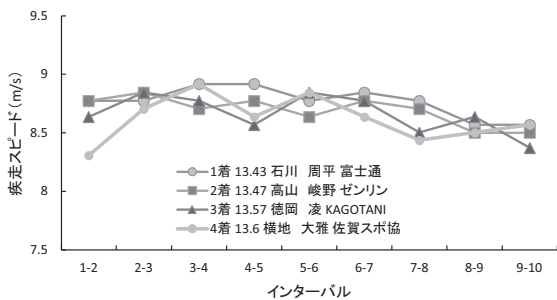
柴山一仁, 川上小百合, 谷川聡 (2010) 2007 年世界陸上競技選手権大阪大会における男子 110m ハードル走および女子 100m ハードル走レースの時間分析. 日本陸上競技連盟バイオメカニクス研究班編 世界一流陸上競技者のパフォーマンスと技術, 第 11 回世界陸上競技選手権大阪大会, 日本陸上競技連盟バイオメカニクス研究班報告書. 日本陸上競技連盟: 東京, 76-95.

柴山一仁, 貴嶋孝太, 杉本和那美, 森丘保典, 櫻井健一, 苅部俊二, 金子公宏, 谷川聡, 山崎一彦 (2023) 2022 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, 18 : 137-149.

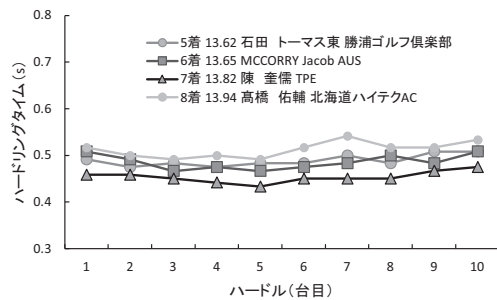
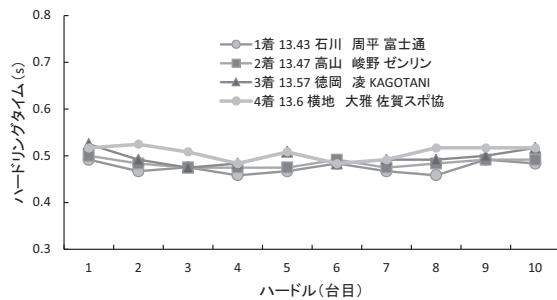
表1 レース分析結果 (2023年4月29日_織田記念_男子110mH_A決勝)

| 順位 | 選手名 | 所属 | 記録 | 風 | ハードル 区間 | インターバル | | | | | | | | | | |
|----|---------------|-----------|-------|------|--------------|--------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|--------|
| | | | | | | app | 1-2 | 2-3 | 3-4 | 4-5 | 5-6 | 6-7 | 7-8 | 8-9 | 9-10 | run-in |
| 1 | 石川 周平 | 富士通 | 13.43 | +0.3 | タッチダウンタイム(秒) | 2.60 | 3.64 | 4.68 | 5.71 | 6.73 | 7.78 | 8.81 | 9.85 | 10.92 | 11.98 | 13.43 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.60 | 1.04 | 1.04 | 1.03 | 1.03 | 1.04 | 1.03 | 1.04 | 1.07 | 1.07 | 1.45 |
| | | | | | インターバルタイム(秒) | | 0.58 | 0.57 | 0.57 | 0.56 | 0.56 | 0.57 | 0.58 | 0.58 | 0.58 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.49 | 0.47 | 0.48 | 0.46 | 0.47 | 0.48 | 0.47 | 0.46 | 0.49 | 0.48 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.89 | 8.77 | 8.77 | 8.92 | 8.92 | 8.77 | 8.85 | 8.77 | 8.57 | 8.57 | 8.59 |
| 2 | 高山 峻野 | ゼンリン | 13.47 | +0.3 | タッチダウンタイム(秒) | 2.56 | 3.60 | 4.63 | 5.68 | 6.73 | 7.78 | 8.83 | 9.88 | 10.95 | 12.03 | 13.47 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.56 | 1.04 | 1.03 | 1.05 | 1.04 | 1.06 | 1.04 | 1.05 | 1.08 | 1.08 | 1.45 |
| | | | | | インターバルタイム(秒) | | 0.56 | 0.56 | 0.58 | 0.57 | 0.57 | 0.57 | 0.57 | 0.58 | 0.58 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.50 | 0.48 | 0.48 | 0.48 | 0.48 | 0.49 | 0.48 | 0.48 | 0.49 | 0.49 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.99 | 8.77 | 8.85 | 8.70 | 8.77 | 8.64 | 8.77 | 8.70 | 8.50 | 8.50 | 8.60 |
| 3 | 徳岡 凌 | KAGOTANI | 13.57 | +0.3 | タッチダウンタイム(秒) | 2.64 | 3.70 | 4.73 | 5.78 | 6.84 | 7.88 | 8.92 | 9.99 | 11.05 | 12.14 | 13.57 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.64 | 1.06 | 1.03 | 1.04 | 1.07 | 1.03 | 1.04 | 1.08 | 1.06 | 1.09 | 1.43 |
| | | | | | インターバルタイム(秒) | | 0.57 | 0.56 | 0.56 | 0.56 | 0.55 | 0.55 | 0.58 | 0.58 | 0.56 | 0.58 |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.53 | 0.49 | 0.48 | 0.48 | 0.51 | 0.48 | 0.49 | 0.49 | 0.50 | 0.52 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.80 | 8.64 | 8.85 | 8.77 | 8.57 | 8.85 | 8.77 | 8.50 | 8.64 | 8.37 | 8.70 |
| 4 | 横地 大雅 | 佐賀スポ協 | 13.60 | +0.3 | タッチダウンタイム(秒) | 2.64 | 3.74 | 4.79 | 5.82 | 6.88 | 7.91 | 8.97 | 10.05 | 11.13 | 12.19 | 13.62 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.64 | 1.10 | 1.05 | 1.03 | 1.06 | 1.03 | 1.06 | 1.08 | 1.08 | 1.07 | 1.41 |
| | | | | | インターバルタイム(秒) | | 0.58 | 0.54 | 0.54 | 0.55 | 0.55 | 0.57 | 0.57 | 0.56 | 0.55 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.52 | 0.53 | 0.51 | 0.48 | 0.51 | 0.48 | 0.49 | 0.52 | 0.52 | 0.52 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.80 | 8.31 | 8.70 | 8.92 | 8.64 | 8.85 | 8.64 | 8.44 | 8.50 | 8.57 | 8.82 |
| 5 | 石田 トーマス東 | 勝浦ゴルフ倶楽部 | 13.62 | +0.3 | タッチダウンタイム(秒) | 2.59 | 3.64 | 4.70 | 5.73 | 6.79 | 7.84 | 8.92 | 9.97 | 11.03 | 12.19 | 13.62 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.59 | 1.05 | 1.06 | 1.03 | 1.06 | 1.05 | 1.08 | 1.05 | 1.10 | 1.10 | 1.45 |
| | | | | | インターバルタイム(秒) | | 0.58 | 0.58 | 0.56 | 0.58 | 0.57 | 0.58 | 0.57 | 0.59 | 0.59 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.49 | 0.48 | 0.48 | 0.48 | 0.48 | 0.48 | 0.50 | 0.48 | 0.51 | 0.51 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.91 | 8.70 | 8.64 | 8.85 | 8.64 | 8.70 | 8.50 | 8.70 | 8.31 | 8.31 | 8.55 |
| 6 | MCCORRY Jacob | AUS | 13.65 | +0.3 | タッチダウンタイム(秒) | 2.62 | 3.69 | 4.74 | 5.80 | 6.83 | 7.88 | 8.94 | 10.03 | 11.08 | 12.19 | 13.65 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.62 | 1.08 | 1.05 | 1.06 | 1.03 | 1.05 | 1.07 | 1.08 | 1.06 | 1.11 | 1.46 |
| | | | | | インターバルタイム(秒) | | 0.58 | 0.58 | 0.58 | 0.57 | 0.58 | 0.58 | 0.58 | 0.58 | 0.60 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.51 | 0.49 | 0.47 | 0.48 | 0.47 | 0.48 | 0.48 | 0.50 | 0.48 | 0.51 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.85 | 8.50 | 8.70 | 8.64 | 8.85 | 8.70 | 8.57 | 8.50 | 8.64 | 8.25 | 8.52 |
| 7 | 陳 奎儒 | TPE | 13.82 | +0.3 | タッチダウンタイム(秒) | 2.61 | 3.68 | 4.73 | 5.77 | 6.81 | 7.87 | 8.94 | 10.01 | 11.13 | 12.19 | 13.82 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.61 | 1.08 | 1.04 | 1.04 | 1.04 | 1.06 | 1.08 | 1.07 | 1.12 | 1.14 | 1.55 |
| | | | | | インターバルタイム(秒) | | 0.62 | 0.59 | 0.60 | 0.61 | 0.61 | 0.63 | 0.62 | 0.65 | 0.67 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.46 | 0.46 | 0.45 | 0.44 | 0.43 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.47 | 0.48 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.87 | 8.50 | 8.77 | 8.77 | 8.77 | 8.64 | 8.50 | 8.57 | 8.19 | 8.01 | 8.00 |
| 8 | 高橋 佑輔 | 北海道ハイテクAC | 13.94 | +0.3 | タッチダウンタイム(秒) | 2.63 | 3.69 | 4.77 | 5.83 | 6.89 | 7.98 | 9.08 | 10.22 | 11.34 | 12.48 | 13.94 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.63 | 1.06 | 1.08 | 1.06 | 1.07 | 1.08 | 1.11 | 1.13 | 1.13 | 1.14 | 1.46 |
| | | | | | インターバルタイム(秒) | | 0.56 | 0.58 | 0.56 | 0.58 | 0.57 | 0.57 | 0.62 | 0.61 | 0.61 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.52 | 0.50 | 0.49 | 0.50 | 0.49 | 0.52 | 0.54 | 0.52 | 0.52 | 0.53 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.82 | 8.64 | 8.50 | 8.64 | 8.57 | 8.44 | 8.25 | 8.06 | 8.12 | 8.01 | 8.53 |

区間スピード



ハードリングタイム



インターバルタイム

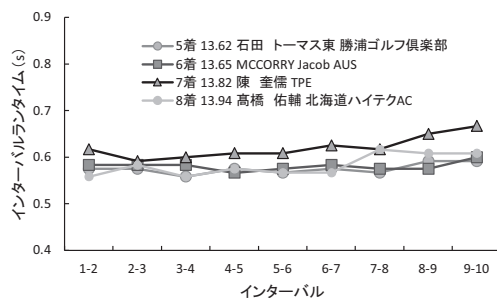
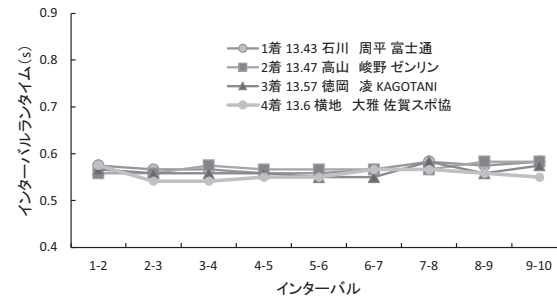
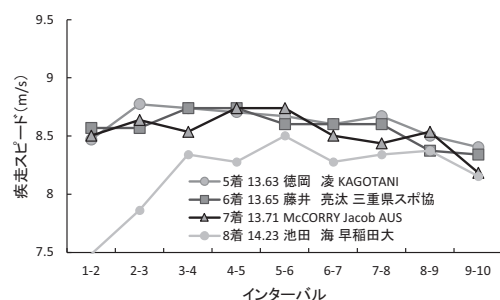
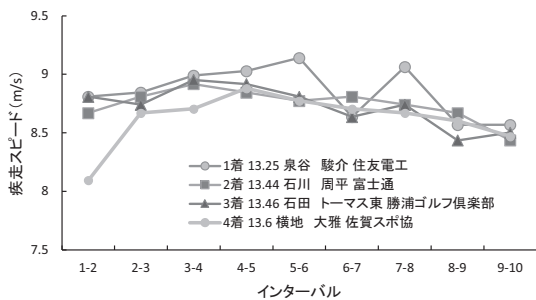


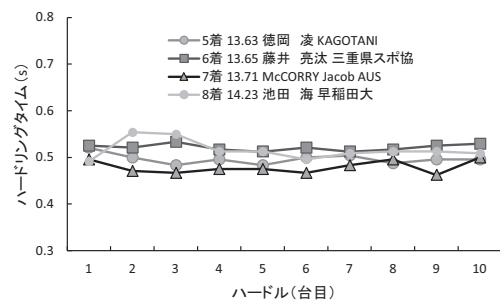
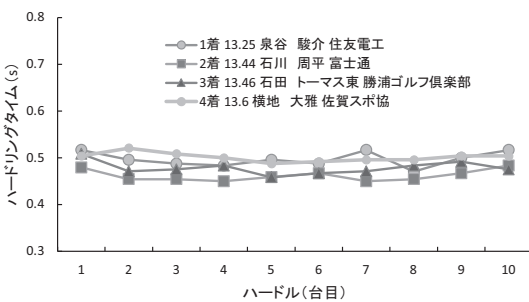
表2 レース分析結果 (2023年5月7日_木南記念_男子110mH)

| 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 | 住友電工 | 13.25 | -0.3 | タッチダウンタイム(秒) | 2.61 | 3.65 | 4.68 | 5.70 | 6.71 | 7.71 | 8.77 | 9.78 | 10.84 | 11.91 | 13.25 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.61 | 1.04 | 1.03 | 1.02 | 1.01 | 1.00 | 1.06 | 1.01 | 1.07 | 1.07 | 1.34 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | | 0.54 | 0.55 | 0.53 | 0.52 | 0.51 | 0.54 | 0.54 | 0.57 | 0.57 | 0.55 |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.52 | 0.50 | 0.49 | 0.48 | 0.50 | 0.49 | 0.52 | 0.47 | 0.50 | 0.52 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.87 | 8.81 | 8.85 | 8.99 | 9.03 | 9.14 | 8.64 | 9.06 | 8.57 | 8.57 | 9.26 |
| 2 | 石川 周平 | 富士通 | 13.44 | -0.3 | タッチダウンタイム(秒) | 2.58 | 3.63 | 4.67 | 5.70 | 6.73 | 7.77 | 8.81 | 9.85 | 10.91 | 11.99 | 13.44 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.58 | 1.05 | 1.04 | 1.03 | 1.03 | 1.04 | 1.04 | 1.05 | 1.05 | 1.08 | 1.45 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | | 0.60 | 0.58 | 0.58 | 0.58 | 0.58 | 0.59 | 0.59 | 0.59 | 0.60 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.48 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.46 | 0.47 | 0.45 | 0.45 | 0.47 | 0.48 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.94 | 8.67 | 8.81 | 8.92 | 8.85 | 8.77 | 8.81 | 8.74 | 8.67 | 8.44 | 8.58 |
| 3 | 石田 トーマス東 | 勝浦ゴルフ倶楽部 | 13.46 | -0.3 | タッチダウンタイム(秒) | 2.59 | 3.63 | 4.67 | 5.69 | 6.72 | 7.75 | 8.81 | 9.86 | 10.94 | 12.02 | 13.46 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.59 | 1.04 | 1.05 | 1.02 | 1.03 | 1.04 | 1.06 | 1.05 | 1.08 | 1.08 | 1.44 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | | 0.57 | 0.57 | 0.54 | 0.57 | 0.57 | 0.59 | 0.56 | 0.59 | 0.60 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.51 | 0.47 | 0.48 | 0.48 | 0.46 | 0.47 | 0.47 | 0.48 | 0.49 | 0.48 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.92 | 8.81 | 8.74 | 8.95 | 8.92 | 8.81 | 8.64 | 8.74 | 8.44 | 8.50 | 8.61 |
| 4 | 横地 大雅 | 佐賀スポ協 | 13.60 | -0.3 | タッチダウンタイム(秒) | 2.66 | 3.79 | 4.85 | 5.90 | 6.93 | 7.97 | 9.02 | 10.07 | 11.13 | 12.21 | 13.60 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.66 | 1.13 | 1.05 | 1.05 | 1.03 | 1.04 | 1.05 | 1.05 | 1.06 | 1.08 | 1.39 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | | 0.61 | 0.55 | 0.55 | 0.54 | 0.55 | 0.55 | 0.56 | 0.56 | 0.58 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.50 | 0.52 | 0.51 | 0.50 | 0.49 | 0.49 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.75 | 8.09 | 8.67 | 8.70 | 8.88 | 8.77 | 8.70 | 8.67 | 8.60 | 8.47 | 8.95 |
| 5 | 徳岡 凌 | KAGOTANI | 13.63 | -0.3 | タッチダウンタイム(秒) | 2.65 | 3.73 | 4.77 | 5.81 | 6.86 | 7.92 | 8.98 | 10.03 | 11.11 | 12.20 | 13.63 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.65 | 1.08 | 1.04 | 1.05 | 1.05 | 1.05 | 1.06 | 1.05 | 1.08 | 1.09 | 1.43 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | | 0.58 | 0.56 | 0.55 | 0.57 | 0.55 | 0.56 | 0.57 | 0.58 | 0.59 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.52 | 0.50 | 0.48 | 0.50 | 0.48 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.79 | 8.47 | 8.77 | 8.74 | 8.70 | 8.67 | 8.60 | 8.67 | 8.50 | 8.40 | 8.66 |
| 6 | 藤井 亮汰 | 三重県スポ協 | 13.65 | -0.3 | タッチダウンタイム(秒) | 2.59 | 3.65 | 4.72 | 5.77 | 6.81 | 7.88 | 8.94 | 10.00 | 11.09 | 12.19 | 13.65 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.59 | 1.07 | 1.07 | 1.05 | 1.05 | 1.06 | 1.06 | 1.06 | 1.09 | 1.10 | 1.46 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | | 0.55 | 0.53 | 0.53 | 0.53 | 0.54 | 0.55 | 0.55 | 0.57 | 0.57 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.53 | 0.52 | 0.53 | 0.52 | 0.51 | 0.52 | 0.51 | 0.52 | 0.53 | 0.53 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.92 | 8.57 | 8.57 | 8.74 | 8.74 | 8.60 | 8.60 | 8.60 | 8.37 | 8.34 | 8.49 |
| 7 | McCORRY Jacob | AUS | 13.71 | -0.3 | タッチダウンタイム(秒) | 2.63 | 3.70 | 4.76 | 5.83 | 6.88 | 7.92 | 9.00 | 10.08 | 11.15 | 12.27 | 13.71 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.63 | 1.08 | 1.06 | 1.07 | 1.05 | 1.05 | 1.08 | 1.08 | 1.07 | 1.12 | 1.44 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | | 0.60 | 0.59 | 0.60 | 0.57 | 0.58 | 0.59 | 0.59 | 0.61 | 0.62 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.50 | 0.47 | 0.47 | 0.48 | 0.48 | 0.47 | 0.48 | 0.50 | 0.46 | 0.50 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.84 | 8.50 | 8.64 | 8.54 | 8.74 | 8.74 | 8.50 | 8.44 | 8.54 | 8.19 | 8.61 |
| 8 | 池田 海 | 早稲田大 | 14.23 | -0.3 | タッチダウンタイム(秒) | 2.67 | 3.89 | 5.05 | 6.15 | 7.25 | 8.33 | 9.43 | 10.53 | 11.62 | 12.74 | 14.23 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.67 | 1.22 | 1.16 | 1.10 | 1.10 | 1.08 | 1.10 | 1.10 | 1.09 | 1.12 | 1.49 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | | 0.67 | 0.61 | 0.58 | 0.59 | 0.58 | 0.60 | 0.58 | 0.58 | 0.61 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.49 | 0.55 | 0.55 | 0.51 | 0.51 | 0.50 | 0.51 | 0.51 | 0.51 | 0.51 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.74 | 7.49 | 7.86 | 8.34 | 8.28 | 8.50 | 8.28 | 8.34 | 8.37 | 8.15 | 8.34 |

区間スピード



ハードリングタイム



インターバルランタイム

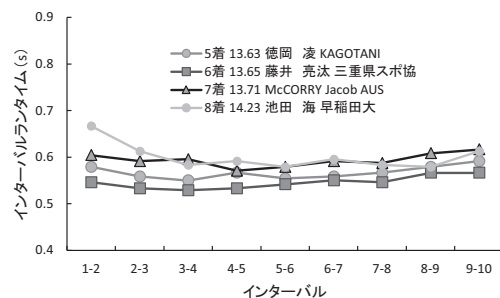
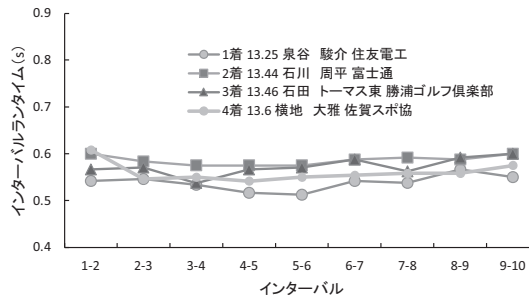
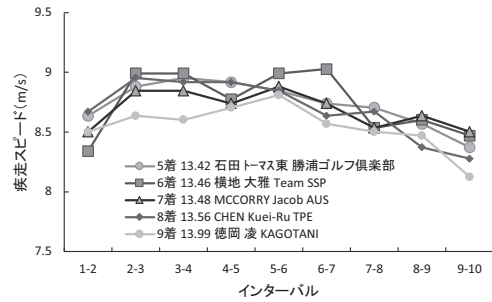
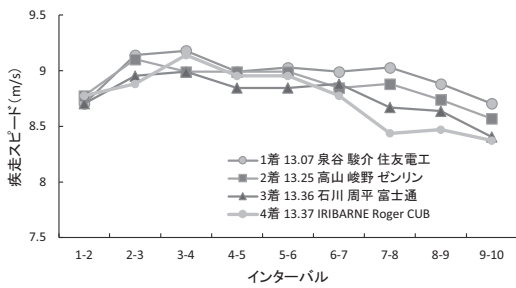


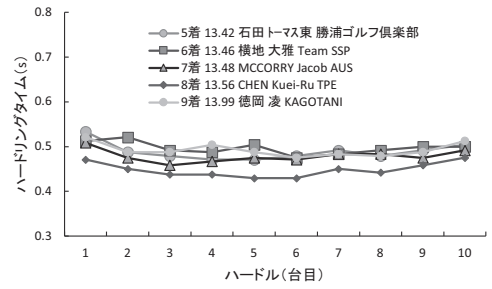
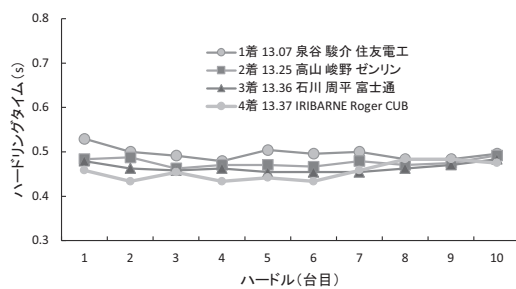
表3 レース分析結果 (2023年5月21日_セイコーGGP_男子110mH)

| 順位 | 選手名 | 所属 | 記録 | 風 | ハードル 区間 | 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 |
| 1 | 泉谷 駿介 | 住友電工 | 13.07 | +0.8 | タッチダウンタイム(秒) | 2.53 | 3.58 | 4.58 | 5.58 | 6.60 | 7.61 | 8.63 | 9.64 | 10.67 | 11.72 | 13.07 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.53 | 1.05 | 1.00 | 1.00 | 1.02 | 1.01 | 1.02 | 1.01 | 1.03 | 1.05 | 1.35 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | | 0.55 | 0.51 | 0.52 | 0.51 | 0.52 | 0.52 | 0.53 | 0.55 | 0.55 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.53 | 0.50 | 0.49 | 0.48 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.48 | 0.48 | 0.50 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 6.05 | 8.70 | 9.14 | 9.18 | 8.99 | 9.03 | 8.99 | 9.03 | 8.88 | 8.74 | 8.57 |
| 2 | 高山 峻野 | ゼンリン | 13.25 | +0.8 | タッチダウンタイム(秒) | 2.56 | 3.60 | 4.60 | 5.62 | 6.64 | 7.65 | 8.69 | 9.72 | 10.76 | 11.83 | 13.25 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.56 | 1.04 | 1.00 | 1.02 | 1.02 | 1.02 | 1.03 | 1.03 | 1.05 | 1.07 | 1.42 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | | 0.55 | 0.54 | 0.55 | 0.55 | 0.55 | 0.55 | 0.56 | 0.57 | 0.58 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.48 | 0.49 | 0.46 | 0.47 | 0.47 | 0.47 | 0.48 | 0.47 | 0.48 | 0.49 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.99 | 8.77 | 9.10 | 8.99 | 8.99 | 8.99 | 8.99 | 8.85 | 8.88 | 8.74 | 8.57 |
| 3 | 石川 周平 | 富士通 | 13.36 | +0.8 | タッチダウンタイム(秒) | 2.56 | 3.61 | 4.63 | 5.65 | 6.68 | 7.72 | 8.75 | 9.80 | 10.86 | 11.95 | 13.36 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.56 | 1.05 | 1.02 | 1.02 | 1.03 | 1.03 | 1.03 | 1.05 | 1.06 | 1.09 | 1.41 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | | 0.59 | 0.56 | 0.55 | 0.58 | 0.58 | 0.58 | 0.59 | 0.59 | 0.60 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.48 | 0.46 | 0.46 | 0.46 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.46 | 0.47 | 0.48 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.98 | 8.70 | 8.95 | 8.99 | 8.85 | 8.85 | 8.88 | 8.67 | 8.64 | 8.40 | 8.78 |
| 4 | IRIBARNE Roger | CUB | 13.37 | +0.8 | タッチダウンタイム(秒) | 2.53 | 3.57 | 4.60 | 5.60 | 6.62 | 7.64 | 8.68 | 9.76 | 10.84 | 11.93 | 13.37 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.53 | 1.04 | 1.03 | 1.00 | 1.02 | 1.02 | 1.04 | 1.08 | 1.08 | 1.09 | 1.44 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | | 0.61 | 0.58 | 0.57 | 0.58 | 0.59 | 0.58 | 0.60 | 0.60 | 0.62 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.46 | 0.43 | 0.45 | 0.43 | 0.44 | 0.43 | 0.46 | 0.48 | 0.48 | 0.48 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 6.07 | 8.77 | 8.88 | 9.14 | 8.95 | 8.95 | 8.77 | 8.44 | 8.47 | 8.37 | 8.65 |
| 5 | 石田 トマス東 | 勝浦ゴルフ倶楽部 | 13.42 | +0.8 | タッチダウンタイム(秒) | 2.60 | 3.65 | 4.68 | 5.70 | 6.73 | 7.76 | 8.81 | 9.86 | 10.93 | 12.02 | 13.42 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.60 | 1.06 | 1.03 | 1.02 | 1.03 | 1.03 | 1.05 | 1.05 | 1.07 | 1.09 | 1.40 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | | 0.57 | 0.55 | 0.55 | 0.55 | 0.55 | 0.55 | 0.57 | 0.58 | 0.59 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.53 | 0.49 | 0.48 | 0.47 | 0.47 | 0.48 | 0.49 | 0.48 | 0.49 | 0.50 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.90 | 8.64 | 8.88 | 8.95 | 8.92 | 8.85 | 8.74 | 8.70 | 8.57 | 8.37 | 8.85 |
| 6 | 横地 大雅 | Team SSP | 13.46 | +0.8 | タッチダウンタイム(秒) | 2.63 | 3.73 | 4.75 | 5.76 | 6.80 | 7.82 | 8.83 | 9.90 | 10.97 | 12.05 | 13.46 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.63 | 1.10 | 1.02 | 1.02 | 1.04 | 1.02 | 1.01 | 1.07 | 1.06 | 1.08 | 1.41 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | | 0.58 | 0.53 | 0.53 | 0.54 | 0.54 | 0.53 | 0.58 | 0.56 | 0.58 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.51 | 0.52 | 0.49 | 0.49 | 0.50 | 0.48 | 0.48 | 0.49 | 0.50 | 0.50 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.82 | 8.34 | 8.99 | 8.99 | 8.77 | 8.99 | 9.03 | 8.54 | 8.60 | 8.47 | 8.78 |
| 7 | MCCORRY Jacob | AUS | 13.48 | +0.8 | タッチダウンタイム(秒) | 2.60 | 3.67 | 4.70 | 5.74 | 6.78 | 7.81 | 8.86 | 9.93 | 10.99 | 12.06 | 13.48 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.60 | 1.08 | 1.03 | 1.03 | 1.05 | 1.03 | 1.05 | 1.07 | 1.06 | 1.08 | 1.42 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | | 0.60 | 0.58 | 0.57 | 0.57 | 0.56 | 0.56 | 0.59 | 0.58 | 0.58 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.51 | 0.48 | 0.46 | 0.47 | 0.48 | 0.47 | 0.48 | 0.48 | 0.48 | 0.49 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.90 | 8.50 | 8.85 | 8.85 | 8.74 | 8.88 | 8.74 | 8.54 | 8.64 | 8.50 | 8.76 |
| 8 | CHEN Kuei-Ru | TPE | 13.56 | +0.8 | タッチダウンタイム(秒) | 2.60 | 3.66 | 4.68 | 5.70 | 6.73 | 7.76 | 8.82 | 9.88 | 10.97 | 12.07 | 13.56 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.60 | 1.05 | 1.02 | 1.03 | 1.03 | 1.03 | 1.06 | 1.05 | 1.09 | 1.10 | 1.49 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | | 0.60 | 0.58 | 0.59 | 0.60 | 0.60 | 0.61 | 0.61 | 0.63 | 0.63 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.47 | 0.45 | 0.44 | 0.44 | 0.43 | 0.43 | 0.45 | 0.44 | 0.46 | 0.48 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.88 | 8.67 | 8.95 | 8.92 | 8.92 | 8.85 | 8.64 | 8.67 | 8.37 | 8.28 | 8.34 |
| 9 | 徳岡 凌 | KAGOTANI | 13.99 | +0.8 | タッチダウンタイム(秒) | 2.63 | 3.70 | 4.76 | 5.82 | 6.87 | 7.91 | 8.98 | 10.05 | 11.13 | 12.25 | 13.99 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.63 | 1.08 | 1.06 | 1.06 | 1.05 | 1.04 | 1.07 | 1.08 | 1.08 | 1.13 | 1.74 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | | 0.59 | 0.57 | 0.56 | 0.56 | 0.56 | 0.58 | 0.60 | 0.59 | 0.61 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.52 | 0.49 | 0.49 | 0.50 | 0.49 | 0.48 | 0.48 | 0.48 | 0.49 | 0.51 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.84 | 8.50 | 8.64 | 8.60 | 8.70 | 8.81 | 8.57 | 8.50 | 8.47 | 8.12 | 7.16 |

区間スピード



ハードリングタイム



インターバルランタイム

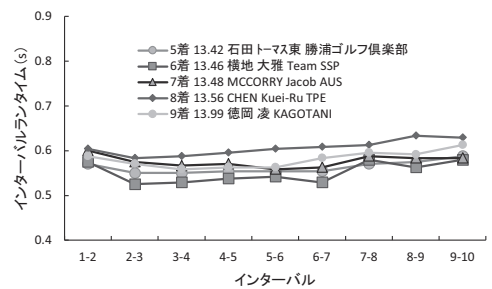
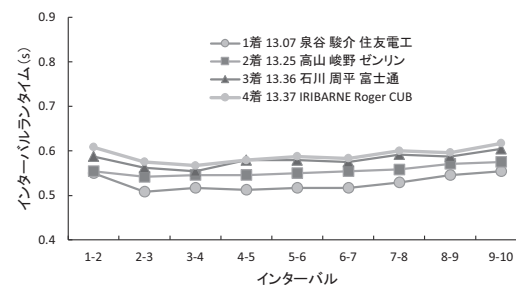
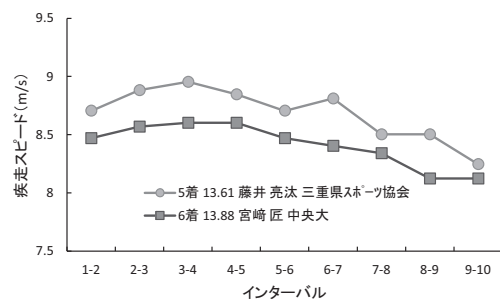
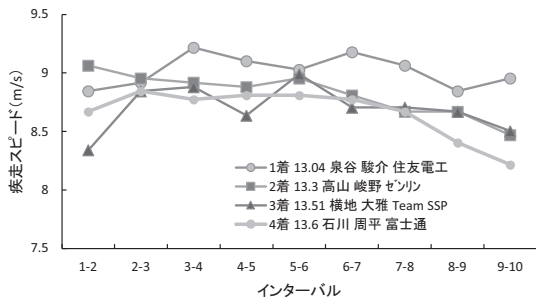


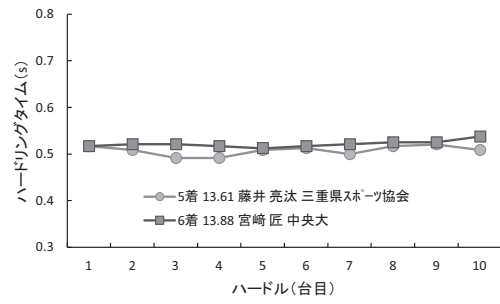
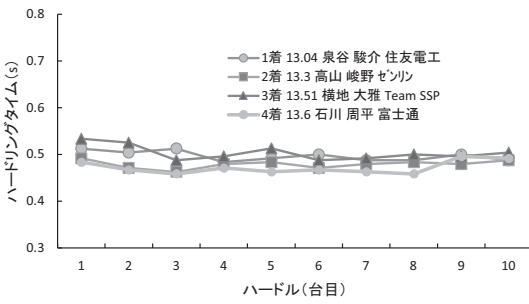
表4 レース分析結果 (2023年6月4日_日本選手権決勝_男子110mH)

| 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 | 住友電工 | 13.04 | -0.9 | タッチダウンタイム(秒) | 2.56 | 3.59 | 4.62 | 5.61 | 6.61 | 7.63 | 8.62 | 9.63 | 10.66 | 11.68 | 13.04 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.56 | 1.03 | 1.03 | 0.99 | 1.00 | 1.01 | 1.00 | 1.01 | 1.03 | 1.02 | 1.36 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | | 0.53 | 0.51 | 0.51 | 0.51 | 0.51 | 0.51 | 0.52 | 0.53 | 0.53 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.51 | 0.50 | 0.51 | 0.48 | 0.49 | 0.50 | 0.49 | 0.49 | 0.50 | 0.49 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.99 | 8.85 | 8.92 | 9.22 | 9.10 | 9.03 | 9.18 | 9.06 | 8.85 | 8.95 | 9.15 |
| 2 | 高山 峻野 | ゼンリン | 13.30 | -0.9 | タッチダウンタイム(秒) | 2.53 | 3.54 | 4.56 | 5.58 | 6.61 | 7.63 | 8.67 | 9.73 | 10.78 | 11.86 | 13.30 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.53 | 1.01 | 1.02 | 1.03 | 1.03 | 1.02 | 1.04 | 1.05 | 1.05 | 1.08 | 1.44 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | | 0.54 | 0.56 | 0.55 | 0.55 | 0.55 | 0.56 | 0.57 | 0.58 | 0.59 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.49 | 0.47 | 0.46 | 0.48 | 0.48 | 0.47 | 0.48 | 0.48 | 0.48 | 0.49 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 6.06 | 9.06 | 8.95 | 8.92 | 8.88 | 8.95 | 8.81 | 8.67 | 8.67 | 8.47 | 8.62 |
| 3 | 横地 大雅 | Team SSP | 13.51 | -0.9 | タッチダウンタイム(秒) | 2.64 | 3.73 | 4.77 | 5.80 | 6.85 | 7.87 | 8.92 | 9.97 | 11.03 | 12.10 | 13.51 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.64 | 1.10 | 1.03 | 1.03 | 1.06 | 1.02 | 1.05 | 1.05 | 1.08 | 1.41 | |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | | 0.57 | 0.55 | 0.53 | 0.55 | 0.53 | 0.56 | 0.55 | 0.56 | 0.57 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.53 | 0.53 | 0.49 | 0.50 | 0.51 | 0.49 | 0.49 | 0.50 | 0.50 | 0.50 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.81 | 8.34 | 8.85 | 8.88 | 8.64 | 8.99 | 8.70 | 8.70 | 8.67 | 8.50 | 8.81 |
| 4 | 石川 周平 | 富士通 | 13.60 | -0.9 | タッチダウンタイム(秒) | 2.60 | 3.66 | 4.69 | 5.73 | 6.77 | 7.81 | 8.84 | 9.91 | 10.99 | 12.10 | 13.60 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.60 | 1.05 | 1.03 | 1.04 | 1.04 | 1.04 | 1.04 | 1.05 | 1.09 | 1.11 | 1.50 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | | 0.59 | 0.58 | 0.57 | 0.58 | 0.57 | 0.58 | 0.60 | 0.59 | 0.62 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.48 | 0.47 | 0.46 | 0.47 | 0.46 | 0.47 | 0.46 | 0.46 | 0.50 | 0.49 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.88 | 8.67 | 8.85 | 8.77 | 8.81 | 8.81 | 8.77 | 8.67 | 8.40 | 8.22 | 8.30 |
| 5 | 藤井 亮汰 | 三重県スポーツ協会 | 13.61 | -0.9 | タッチダウンタイム(秒) | 2.62 | 3.67 | 4.70 | 5.72 | 6.75 | 7.80 | 8.84 | 9.91 | 10.99 | 12.10 | 13.61 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.62 | 1.05 | 1.03 | 1.02 | 1.03 | 1.05 | 1.04 | 1.08 | 1.08 | 1.11 | 1.51 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | | 0.54 | 0.54 | 0.53 | 0.53 | 0.54 | 0.54 | 0.56 | 0.55 | 0.60 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.52 | 0.51 | 0.49 | 0.49 | 0.51 | 0.51 | 0.50 | 0.52 | 0.52 | 0.51 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.85 | 8.70 | 8.88 | 8.95 | 8.85 | 8.70 | 8.81 | 8.50 | 8.50 | 8.25 | 8.20 |
| 6 | 宮崎 匠 | 中央大 | 13.88 | -0.9 | タッチダウンタイム(秒) | 2.61 | 3.69 | 4.76 | 5.82 | 6.88 | 7.96 | 9.05 | 10.15 | 11.27 | 12.40 | 13.88 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.61 | 1.08 | 1.07 | 1.06 | 1.06 | 1.08 | 1.09 | 1.10 | 1.13 | 1.13 | 1.48 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | | 0.56 | 0.55 | 0.55 | 0.55 | 0.56 | 0.57 | 0.57 | 0.60 | 0.59 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.52 | 0.52 | 0.52 | 0.52 | 0.51 | 0.52 | 0.52 | 0.53 | 0.53 | 0.54 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.86 | 8.47 | 8.57 | 8.60 | 8.60 | 8.47 | 8.40 | 8.34 | 8.12 | 8.12 | 8.37 |

区間スピード



ハードリングタイム



インターバルランタイム

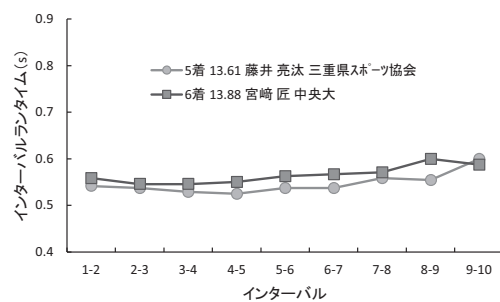
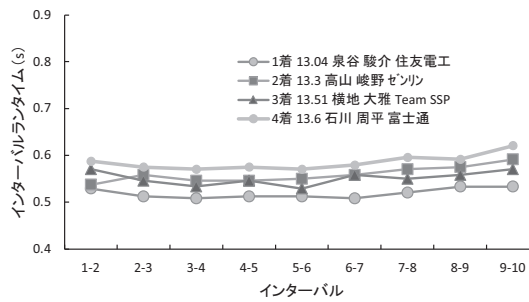
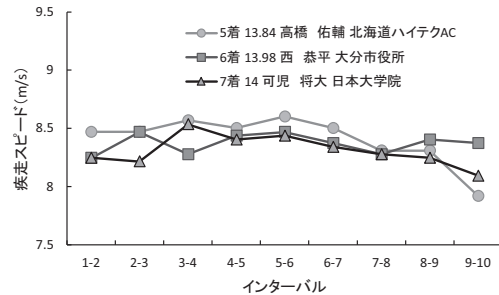
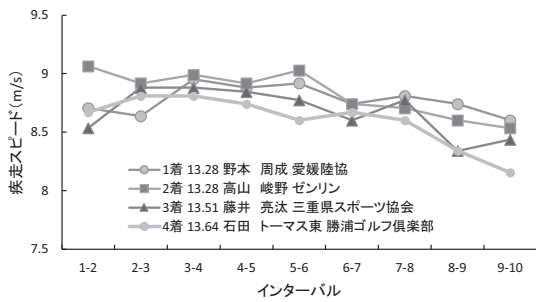


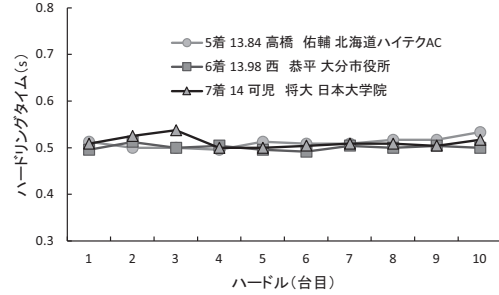
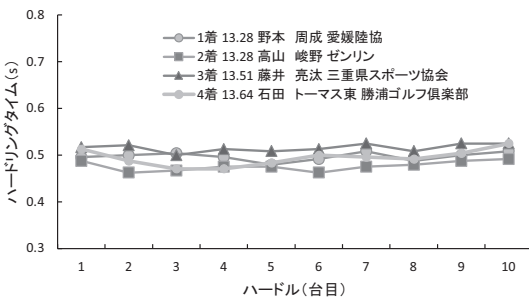
表5 レース分析結果 (2023年6月25日_布勢スプリント_男子110mH A決勝)

| 順位 | 選手名 | 所属 | 記録 | 風 | ハードル 区間 | インターバル | | | | | | | | | | |
|----|----------|------------|-------|------|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|--------|
| | | | | | | 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 |
| 1 | 野本 周成 | 愛媛陸協 | 13.28 | +1.1 | タッチダウンタイム(秒) | 2.53 | 3.58 | 4.64 | 5.66 | 6.69 | 7.71 | 8.76 | 9.80 | 10.84 | 11.90 | 13.28 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.53 | 1.05 | 1.06 | 1.02 | 1.03 | 1.03 | 1.05 | 1.04 | 1.05 | 1.06 | 1.38 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | 0.55 | 0.55 | 0.53 | 0.55 | 0.53 | 0.54 | 0.55 | 0.55 | 0.55 | 0.55 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.48 | 0.49 | 0.51 | 0.49 | 0.50 | 0.51 | |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 6.06 | 8.70 | 8.64 | 8.95 | 8.88 | 8.92 | 8.74 | 8.81 | 8.74 | 8.60 | 9.03 |
| 2 | 高山 峻野 | ゼンリン | 13.28 | +1.1 | タッチダウンタイム(秒) | 2.54 | 3.65 | 4.58 | 5.59 | 6.62 | 7.63 | 8.68 | 9.73 | 10.79 | 11.86 | 13.28 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.54 | 1.01 | 1.03 | 1.02 | 1.03 | 1.01 | 1.05 | 1.05 | 1.06 | 1.07 | 1.42 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | 0.55 | 0.56 | 0.54 | 0.55 | 0.55 | 0.57 | 0.57 | 0.57 | 0.58 | 0.58 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | 0.49 | 0.46 | 0.47 | 0.48 | 0.48 | 0.46 | 0.48 | 0.48 | 0.49 | 0.49 | |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 6.03 | 9.06 | 8.92 | 8.99 | 8.92 | 9.03 | 8.74 | 8.70 | 8.60 | 8.54 | 8.74 |
| 3 | 藤井 亮汰 | 三重県スポーツ協会 | 13.51 | +1.1 | タッチダウンタイム(秒) | 2.57 | 3.64 | 4.67 | 5.70 | 6.73 | 7.77 | 8.83 | 9.88 | 10.97 | 12.05 | 13.51 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.57 | 1.07 | 1.03 | 1.03 | 1.03 | 1.04 | 1.06 | 1.04 | 1.10 | 1.08 | 1.46 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | 0.55 | 0.53 | 0.52 | 0.53 | 0.53 | 0.54 | 0.53 | 0.57 | 0.57 | 0.56 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | 0.52 | 0.52 | 0.50 | 0.51 | 0.51 | 0.51 | 0.51 | 0.53 | 0.51 | 0.53 | 0.53 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.97 | 8.54 | 8.88 | 8.88 | 8.85 | 8.77 | 8.60 | 8.77 | 8.34 | 8.44 | 8.53 |
| 4 | 石田 トーマス東 | 勝浦ゴルフ倶楽部 | 13.64 | +1.1 | タッチダウンタイム(秒) | 2.60 | 3.70 | 4.78 | 5.84 | 6.92 | 7.98 | 9.05 | 10.15 | 11.25 | 12.41 | 13.64 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.60 | 1.05 | 1.04 | 1.04 | 1.05 | 1.06 | 1.05 | 1.06 | 1.10 | 1.12 | 1.47 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | 0.57 | 0.57 | 0.57 | 0.56 | 0.56 | 0.56 | 0.56 | 0.57 | 0.59 | 0.60 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | 0.51 | 0.49 | 0.47 | 0.47 | 0.48 | 0.50 | 0.50 | 0.49 | 0.50 | 0.53 | |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.89 | 8.67 | 8.81 | 8.81 | 8.74 | 8.60 | 8.67 | 8.60 | 8.34 | 8.15 | 8.45 |
| 5 | 高橋 佑輔 | 北海道ハイテックAC | 13.84 | +1.1 | タッチダウンタイム(秒) | 2.62 | 3.70 | 4.78 | 5.84 | 6.92 | 7.98 | 9.05 | 10.15 | 11.25 | 12.41 | 13.84 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.62 | 1.08 | 1.08 | 1.07 | 1.08 | 1.06 | 1.08 | 1.10 | 1.10 | 1.15 | 1.43 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | 0.58 | 0.58 | 0.57 | 0.56 | 0.55 | 0.57 | 0.58 | 0.58 | 0.58 | 0.62 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | 0.51 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.51 | 0.51 | 0.51 | 0.51 | 0.52 | 0.52 | 0.53 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.85 | 8.47 | 8.47 | 8.57 | 8.50 | 8.60 | 8.50 | 8.31 | 8.31 | 7.92 | 8.68 |
| 6 | 西 恭平 | 大分市役所 | 13.98 | +1.1 | タッチダウンタイム(秒) | 2.66 | 3.77 | 4.85 | 5.95 | 7.03 | 8.11 | 9.20 | 10.31 | 11.40 | 12.49 | 13.98 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.66 | 1.11 | 1.08 | 1.10 | 1.08 | 1.08 | 1.09 | 1.10 | 1.09 | 1.09 | 1.49 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | 0.60 | 0.58 | 0.60 | 0.59 | 0.59 | 0.59 | 0.59 | 0.60 | 0.58 | 0.59 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | 0.50 | 0.51 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.49 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.76 | 8.25 | 8.47 | 8.28 | 8.44 | 8.47 | 8.37 | 8.28 | 8.40 | 8.37 | 8.32 |
| 7 | 可児 将大 | 日本大学院 | 14.00 | +1.1 | タッチダウンタイム(秒) | 2.60 | 3.71 | 4.83 | 5.90 | 6.98 | 8.07 | 9.16 | 10.27 | 11.38 | 12.50 | 14.00 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.60 | 1.11 | 1.11 | 1.07 | 1.09 | 1.08 | 1.10 | 1.10 | 1.11 | 1.13 | 1.50 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | 0.58 | 0.58 | 0.57 | 0.59 | 0.58 | 0.59 | 0.60 | 0.60 | 0.61 | 0.61 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | 0.51 | 0.53 | 0.54 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.51 | 0.51 | 0.50 | 0.52 | |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.88 | 8.25 | 8.22 | 8.54 | 8.40 | 8.44 | 8.34 | 8.28 | 8.25 | 8.09 | 8.30 |

区間スピード



ハードリングタイム



インターバルランタイム

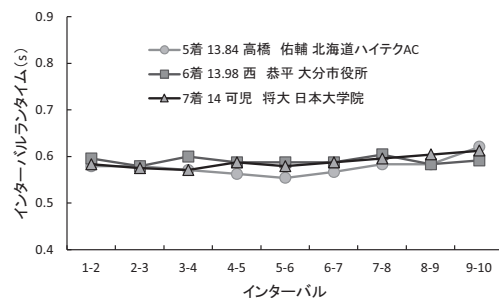
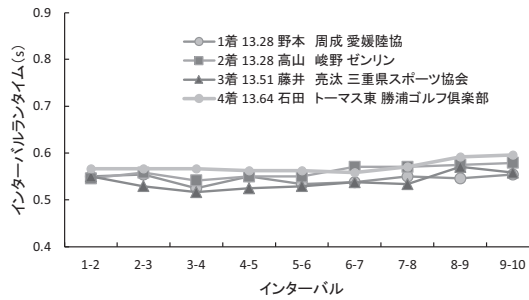
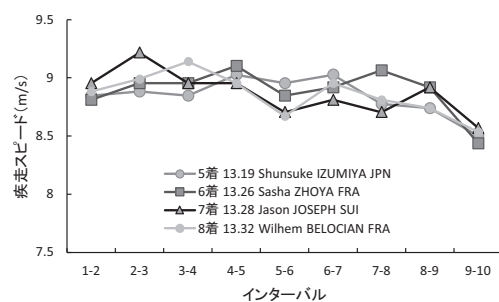
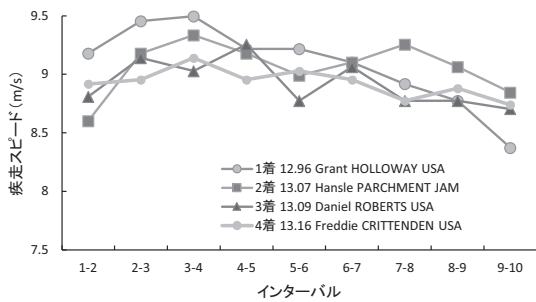


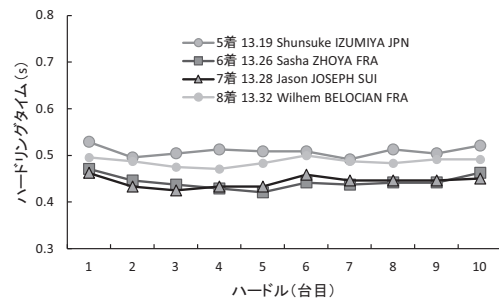
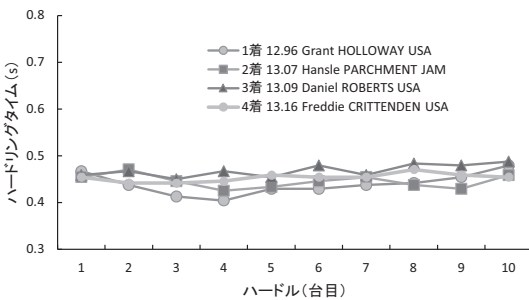
表6 レース分析結果 (2023年8月21日_ブダペスト世界選手権_男子110mH決勝)

| 順位 | 選手名 | 所属 | 記録 | 風 | ハードル 区間 | 1st | 2nd | 3rd | 4th | 5th | 6th | 7th | 8th | 9th | 10th | |
|----|--------------------|-----|-------|-----|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|--------|
| | | | | | | app | 1-2 | 2-3 | 3-4 | 4-5 | 5-6 | 6-7 | 7-8 | 8-9 | 9-10 | run-in |
| 1 | Grant HOLLOWAY | USA | 12.96 | 0.0 | タッチダウンタイム(秒) | 2.45 | 3.45 | 4.42 | 5.38 | 6.37 | 7.36 | 8.37 | 9.39 | 10.43 | 11.53 | 12.96 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.45 | 1.00 | 0.97 | 0.96 | 0.99 | 0.99 | 1.00 | 1.03 | 1.04 | 1.09 | 1.44 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | | 0.56 | 0.55 | 0.56 | 0.56 | 0.56 | 0.57 | 0.58 | 0.59 | 0.61 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.47 | 0.44 | 0.41 | 0.40 | 0.43 | 0.43 | 0.44 | 0.44 | 0.45 | 0.48 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 6.24 | 9.18 | 9.46 | 9.50 | 9.22 | 9.22 | 9.10 | 8.92 | 8.77 | 8.37 | 8.66 |
| 2 | Hansle PARCHMENT | JAM | 13.07 | 0.0 | タッチダウンタイム(秒) | 2.58 | 3.64 | 4.64 | 5.62 | 6.61 | 7.63 | 8.63 | 9.62 | 10.63 | 11.66 | 13.07 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.58 | 1.06 | 1.00 | 0.98 | 1.00 | 1.02 | 1.00 | 0.99 | 1.01 | 1.03 | 1.41 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | | 0.59 | 0.55 | 0.55 | 0.56 | 0.57 | 0.55 | 0.55 | 0.58 | 0.58 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.45 | 0.47 | 0.45 | 0.43 | 0.43 | 0.45 | 0.45 | 0.44 | 0.43 | 0.46 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.94 | 8.60 | 9.18 | 9.33 | 9.18 | 8.99 | 9.10 | 9.26 | 9.06 | 8.85 | 8.82 |
| 3 | Daniel ROBERTS | USA | 13.09 | 0.0 | タッチダウンタイム(秒) | 2.48 | 3.52 | 4.52 | 5.53 | 6.52 | 7.56 | 8.57 | 9.61 | 10.65 | 11.70 | 13.09 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.48 | 1.04 | 1.00 | 1.01 | 0.99 | 1.04 | 1.01 | 1.04 | 1.04 | 1.05 | 1.39 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | | 0.57 | 0.55 | 0.55 | 0.53 | 0.56 | 0.55 | 0.56 | 0.56 | 0.56 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.46 | 0.47 | 0.45 | 0.47 | 0.45 | 0.48 | 0.46 | 0.48 | 0.48 | 0.49 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 6.17 | 8.81 | 9.14 | 9.03 | 9.26 | 8.77 | 9.06 | 8.77 | 8.77 | 8.70 | 8.96 |
| 4 | Freddie CRITTENDEN | USA | 13.16 | 0.0 | タッチダウンタイム(秒) | 2.54 | 3.57 | 4.59 | 5.59 | 6.61 | 7.62 | 8.64 | 9.68 | 10.71 | 11.76 | 13.16 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.54 | 1.03 | 1.02 | 1.00 | 1.02 | 1.01 | 1.02 | 1.04 | 1.03 | 1.05 | 1.40 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | | 0.58 | 0.58 | 0.55 | 0.56 | 0.56 | 0.57 | 0.57 | 0.57 | 0.59 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.45 | 0.44 | 0.44 | 0.45 | 0.46 | 0.45 | 0.45 | 0.47 | 0.46 | 0.45 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 6.03 | 8.92 | 8.95 | 9.14 | 8.95 | 9.03 | 8.95 | 8.77 | 8.88 | 8.74 | 8.86 |
| 5 | Shunsuke IZUMIYA | JPN | 13.19 | 0.0 | タッチダウンタイム(秒) | 2.55 | 3.58 | 4.61 | 5.65 | 6.66 | 7.68 | 8.69 | 9.73 | 10.78 | 11.85 | 13.19 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.55 | 1.03 | 1.03 | 1.03 | 1.01 | 1.02 | 1.01 | 1.04 | 1.05 | 1.08 | 1.34 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | | 0.54 | 0.53 | 0.52 | 0.50 | 0.51 | 0.52 | 0.53 | 0.54 | 0.55 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.53 | 0.50 | 0.50 | 0.51 | 0.51 | 0.51 | 0.51 | 0.49 | 0.51 | 0.50 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 6.01 | 8.85 | 8.88 | 8.85 | 9.03 | 8.95 | 9.03 | 8.77 | 8.74 | 8.50 | 9.30 |
| 6 | Sasha ZHOYA | FRA | 13.26 | 0.0 | タッチダウンタイム(秒) | 2.60 | 3.64 | 4.66 | 5.68 | 6.69 | 7.72 | 8.75 | 9.75 | 10.78 | 11.86 | 13.26 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.60 | 1.04 | 1.02 | 1.02 | 1.00 | 1.03 | 1.03 | 1.01 | 1.03 | 1.08 | 1.40 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | | 0.59 | 0.58 | 0.59 | 0.58 | 0.59 | 0.59 | 0.57 | 0.58 | 0.62 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.47 | 0.45 | 0.44 | 0.43 | 0.42 | 0.44 | 0.44 | 0.44 | 0.44 | 0.46 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.88 | 8.81 | 8.95 | 8.95 | 9.10 | 8.85 | 8.92 | 9.06 | 8.92 | 8.44 | 8.89 |
| 7 | Jason JOSEPH | SUI | 13.28 | 0.0 | タッチダウンタイム(秒) | 2.56 | 3.58 | 4.57 | 5.59 | 6.61 | 7.66 | 8.70 | 9.75 | 10.78 | 11.84 | 13.28 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.56 | 1.02 | 0.99 | 1.02 | 1.02 | 1.05 | 1.04 | 1.05 | 1.03 | 1.07 | 1.44 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | | 0.59 | 0.57 | 0.59 | 0.59 | 0.59 | 0.59 | 0.60 | 0.58 | 0.62 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.46 | 0.43 | 0.43 | 0.43 | 0.43 | 0.46 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.45 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.99 | 8.95 | 9.22 | 8.95 | 8.95 | 8.70 | 8.81 | 8.70 | 8.92 | 8.57 | 8.63 |
| 8 | Wilhem BELOCIAN | FRA | 13.32 | 0.0 | タッチダウンタイム(秒) | 2.58 | 3.60 | 4.62 | 5.62 | 6.64 | 7.70 | 8.72 | 9.75 | 10.80 | 11.87 | 13.32 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.58 | 1.03 | 1.02 | 1.00 | 1.02 | 1.05 | 1.02 | 1.04 | 1.05 | 1.07 | 1.45 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | | 0.54 | 0.54 | 0.53 | 0.54 | 0.55 | 0.53 | 0.55 | 0.55 | 0.58 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.50 | 0.49 | 0.48 | 0.47 | 0.48 | 0.50 | 0.49 | 0.48 | 0.49 | 0.49 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.95 | 8.88 | 8.99 | 9.14 | 8.95 | 8.67 | 8.95 | 8.81 | 8.74 | 8.54 | 8.57 |

区間スピード



ハードリングタイム



インターバルランタイム

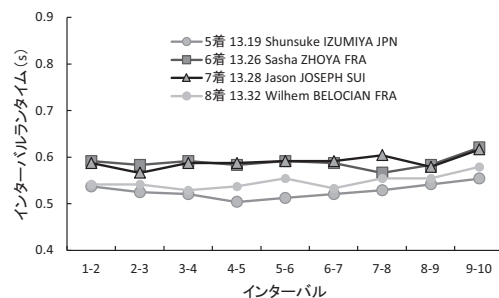
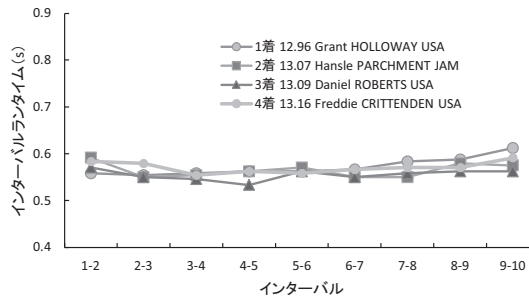
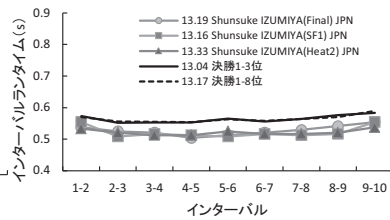
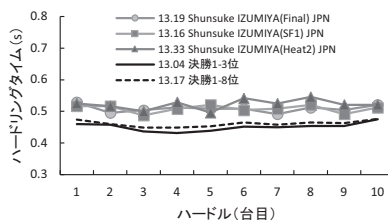
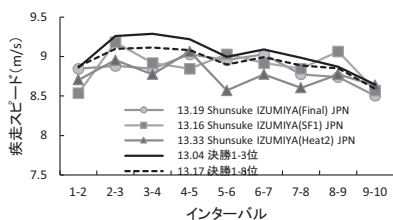


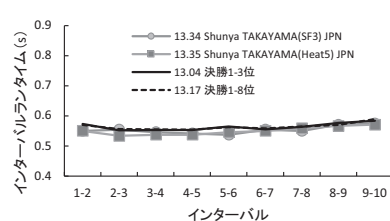
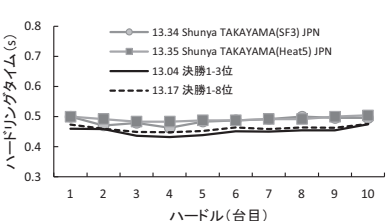
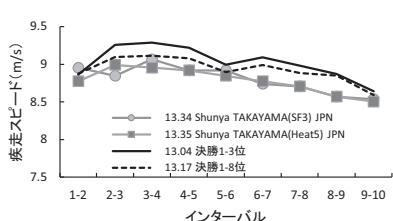
表7 レース分析結果 (2023年8月20-21日_ブダペスト世界選手権_男子110mH 日本人選手)

| 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 | Shunsuke IZUMIYA(Final) | JPN | 13.19 | 0.0 | タッチダウンタイム(秒) | 2.55 | 3.58 | 4.61 | 5.65 | 6.66 | 7.68 | 8.69 | 9.73 | 10.78 | 11.85 | 13.19 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.55 | 1.03 | 1.03 | 1.03 | 1.01 | 1.02 | 1.01 | 1.04 | 1.05 | 1.08 | 1.34 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | 0.54 | 0.53 | 0.52 | 0.50 | 0.51 | 0.52 | 0.53 | 0.54 | 0.54 | 0.55 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.53 | 0.50 | 0.50 | 0.51 | 0.51 | 0.51 | 0.49 | 0.51 | 0.50 | 0.52 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 6.01 | 8.85 | 8.88 | 8.85 | 9.03 | 8.95 | 9.03 | 8.77 | 8.74 | 8.50 | 9.30 |
| 2 | Shunsuke IZUMIYA(SF1) | JPN | 13.16 | -0.2 | タッチダウンタイム(秒) | 2.56 | 3.63 | 4.63 | 5.65 | 6.68 | 7.70 | 8.72 | 9.75 | 10.76 | 11.83 | 13.16 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.56 | 1.07 | 1.00 | 1.03 | 1.03 | 1.01 | 1.03 | 1.03 | 1.01 | 1.07 | 1.33 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | 0.55 | 0.51 | 0.52 | 0.51 | 0.51 | 0.52 | 0.51 | 0.52 | 0.52 | 0.55 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.52 | 0.52 | 0.49 | 0.51 | 0.52 | 0.50 | 0.51 | 0.52 | 0.49 | 0.51 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.99 | 8.54 | 9.18 | 8.92 | 8.85 | 9.03 | 8.92 | 8.85 | 9.06 | 8.57 | 9.33 |
| 3 | Shunsuke IZUMIYA(Heat2) | JPN | 13.33 | +0.5 | タッチダウンタイム(秒) | 2.57 | 3.62 | 4.64 | 5.68 | 6.69 | 7.75 | 8.80 | 9.86 | 10.90 | 11.96 | 13.33 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.57 | 1.05 | 1.02 | 1.04 | 1.01 | 1.07 | 1.04 | 1.06 | 1.04 | 1.06 | 1.37 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | 0.53 | 0.52 | 0.51 | 0.51 | 0.51 | 0.53 | 0.52 | 0.52 | 0.52 | 0.54 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | | 0.53 | 0.52 | 0.50 | 0.53 | 0.50 | 0.54 | 0.53 | 0.55 | 0.52 | 0.54 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.97 | 8.70 | 8.95 | 8.77 | 9.06 | 8.57 | 8.77 | 8.60 | 8.77 | 8.64 | 9.02 |
| 4 | Shunya TAKAYAMA(SF3) | JPN | 13.34 | -0.1 | タッチダウンタイム(秒) | 2.54 | 3.56 | 4.60 | 5.60 | 6.63 | 7.65 | 8.70 | 9.75 | 10.82 | 11.89 | 13.34 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.54 | 1.02 | 1.03 | 1.01 | 1.03 | 1.03 | 1.05 | 1.05 | 1.07 | 1.07 | 1.45 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | 0.55 | 0.55 | 0.55 | 0.54 | 0.54 | 0.54 | 0.55 | 0.55 | 0.57 | 0.58 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | 0.50 | 0.47 | 0.48 | 0.46 | 0.48 | 0.49 | 0.49 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 6.03 | 8.95 | 8.85 | 9.06 | 8.92 | 8.92 | 8.74 | 8.70 | 8.57 | 8.54 | 8.55 |
| 5 | Shunya TAKAYAMA(Heat 5) | JPN | 13.35 | -0.9 | タッチダウンタイム(秒) | 2.56 | 3.60 | 4.62 | 5.64 | 6.66 | 7.70 | 8.74 | 9.79 | 10.85 | 11.93 | 13.35 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.56 | 1.04 | 1.02 | 1.02 | 1.03 | 1.03 | 1.04 | 1.05 | 1.07 | 1.08 | 1.42 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | 0.55 | 0.53 | 0.54 | 0.54 | 0.55 | 0.55 | 0.56 | 0.56 | 0.57 | 0.57 | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | 0.50 | 0.49 | 0.48 | 0.48 | 0.49 | 0.49 | 0.49 | 0.49 | 0.50 | 0.50 | |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.99 | 8.77 | 8.99 | 8.95 | 8.92 | 8.85 | 8.77 | 8.70 | 8.57 | 8.50 | 8.74 |
| 6 | Taiga YOKOCHI(SF2) | JPN | 14.93 | -0.2 | タッチダウンタイム(秒) | 2.63 | 3.75 | 4.83 | 5.95 | 7.08 | 8.18 | 9.35 | 10.53 | 11.79 | 13.08 | 14.93 |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.63 | 1.12 | 1.08 | 1.12 | 1.13 | 1.10 | 1.17 | 1.18 | 1.27 | 1.28 | 1.86 |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | 0.58 | 0.56 | 0.60 | 0.60 | 0.56 | 0.61 | 0.64 | 0.70 | 0.71 | | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | 0.52 | 0.53 | 0.52 | 0.52 | 0.53 | 0.54 | 0.56 | 0.53 | 0.57 | 0.58 | |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.82 | 8.19 | 8.47 | 8.19 | 8.06 | 8.28 | 7.83 | 7.78 | 7.22 | 7.12 | 6.70 |
| 7 | Taiga YOKOCHI(Heat3) | JPN | 14.39 | 0.0 | タッチダウンタイム(秒) | 2.66 | 3.74 | 4.79 | 5.81 | 6.90 | 7.97 | 9.02 | 10.09 | 11.18 | 14.39 | |
| | | | | | 区間タイム(秒) | 2.66 | 1.08 | 1.05 | 1.02 | 1.09 | 1.07 | 1.05 | 1.07 | 1.09 | 1.43 | |
| | | | | | インターバルランタイム(秒) | 0.58 | 0.55 | 0.53 | 0.58 | 0.57 | 0.55 | 0.58 | 0.57 | | | |
| | | | | | ハードリングタイム(秒) | 0.52 | 0.50 | 0.50 | 0.49 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.49 | 0.52 | | |
| | | | | | 区間スピード(m/秒) | 5.76 | 8.47 | 8.70 | 8.95 | 8.40 | 8.54 | 8.67 | 8.57 | 8.37 | | |
| 決勝1-3位 平均 | | | 13.04 | 0.0 | タッチダウンタイム(秒) | 2.51 | 3.54 | 4.53 | 5.51 | 6.50 | 7.52 | 8.52 | 9.54 | 10.57 | 11.63 | 13.04 |
| | 区間タイム(秒) | 2.51 | 1.03 | 0.99 | 0.98 | 0.99 | 1.02 | 1.01 | 1.02 | 1.03 | 1.06 | 1.41 | | | | |
| | インターバルランタイム(秒) | 0.57 | 0.55 | 0.55 | 0.55 | 0.57 | 0.56 | 0.56 | 0.58 | 0.58 | | | | | | |
| | ハードリングタイム(秒) | 0.46 | 0.46 | 0.44 | 0.43 | 0.44 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.48 | | | | | |
| | 区間スピード(m/秒) | 6.12 | 8.86 | 9.26 | 9.29 | 9.22 | 8.99 | 9.09 | 8.98 | 8.87 | 8.64 | 8.81 | | | | |
| 決勝1-8位 平均 | | | 13.17 | 0.0 | タッチダウンタイム(秒) | 2.54 | 3.57 | 4.58 | 5.58 | 6.59 | 7.62 | 8.63 | 9.66 | 10.70 | 11.76 | 13.17 |
| | 区間タイム(秒) | 2.54 | 1.03 | 1.01 | 1.00 | 1.01 | 1.03 | 1.02 | 1.03 | 1.03 | 1.06 | 1.41 | | | | |
| | インターバルランタイム(秒) | 0.57 | 0.56 | 0.56 | 0.55 | 0.56 | 0.56 | 0.56 | 0.56 | 0.57 | 0.59 | | | | | |
| | ハードリングタイム(秒) | 0.47 | 0.46 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.46 | 0.46 | 0.46 | 0.46 | 0.48 | | | | | |
| | 区間スピード(m/秒) | 6.03 | 8.87 | 9.10 | 9.11 | 9.08 | 8.90 | 8.99 | 8.88 | 8.85 | 8.59 | 8.84 | | | | |

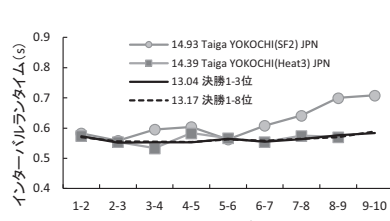
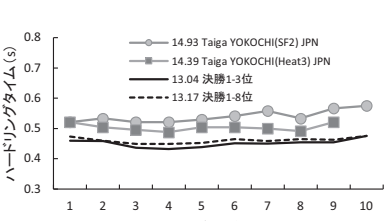
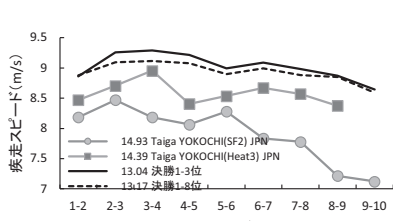
泉谷選手



高山選手



横地選手



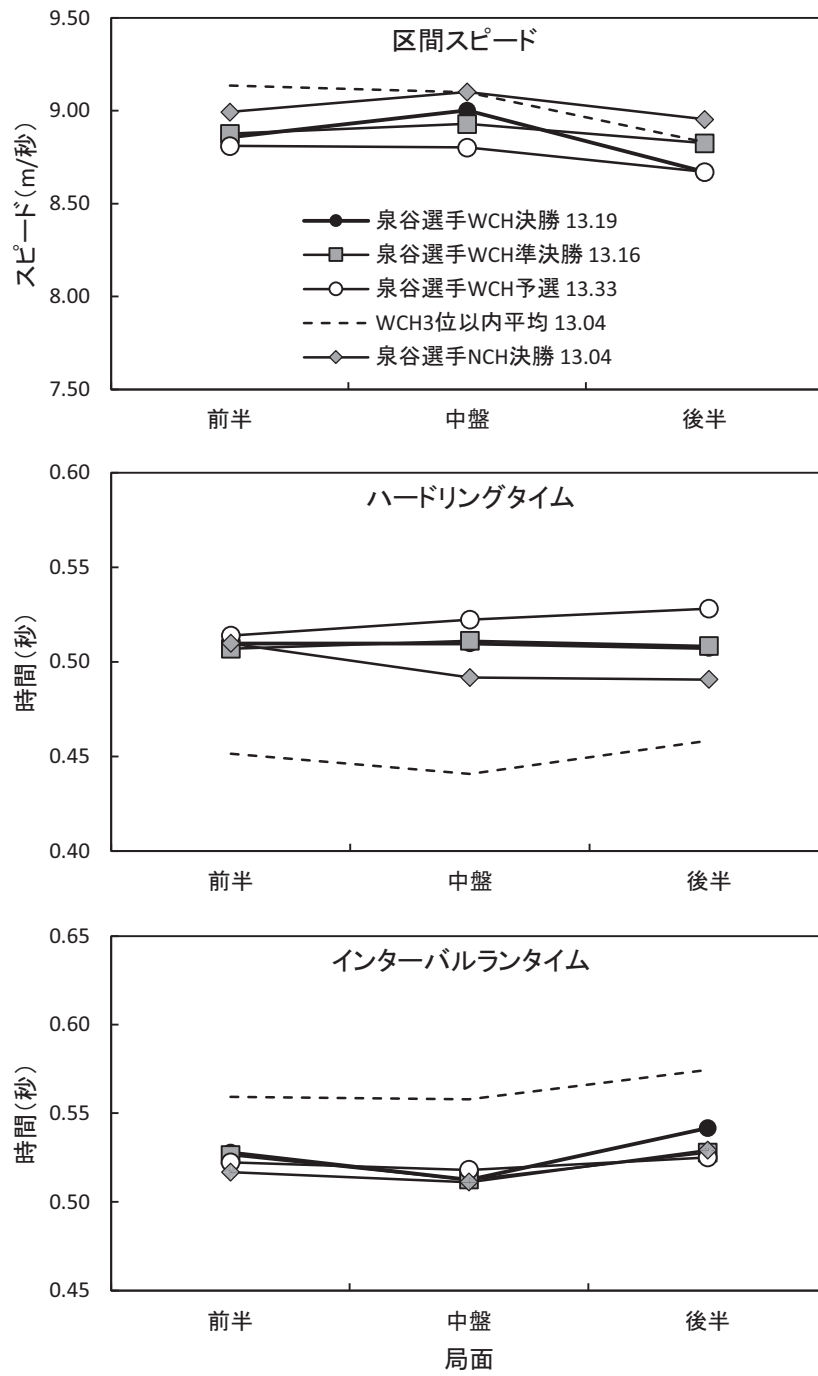


図1 泉谷選手の日本選手権と世界選手権におけるレース分析結果

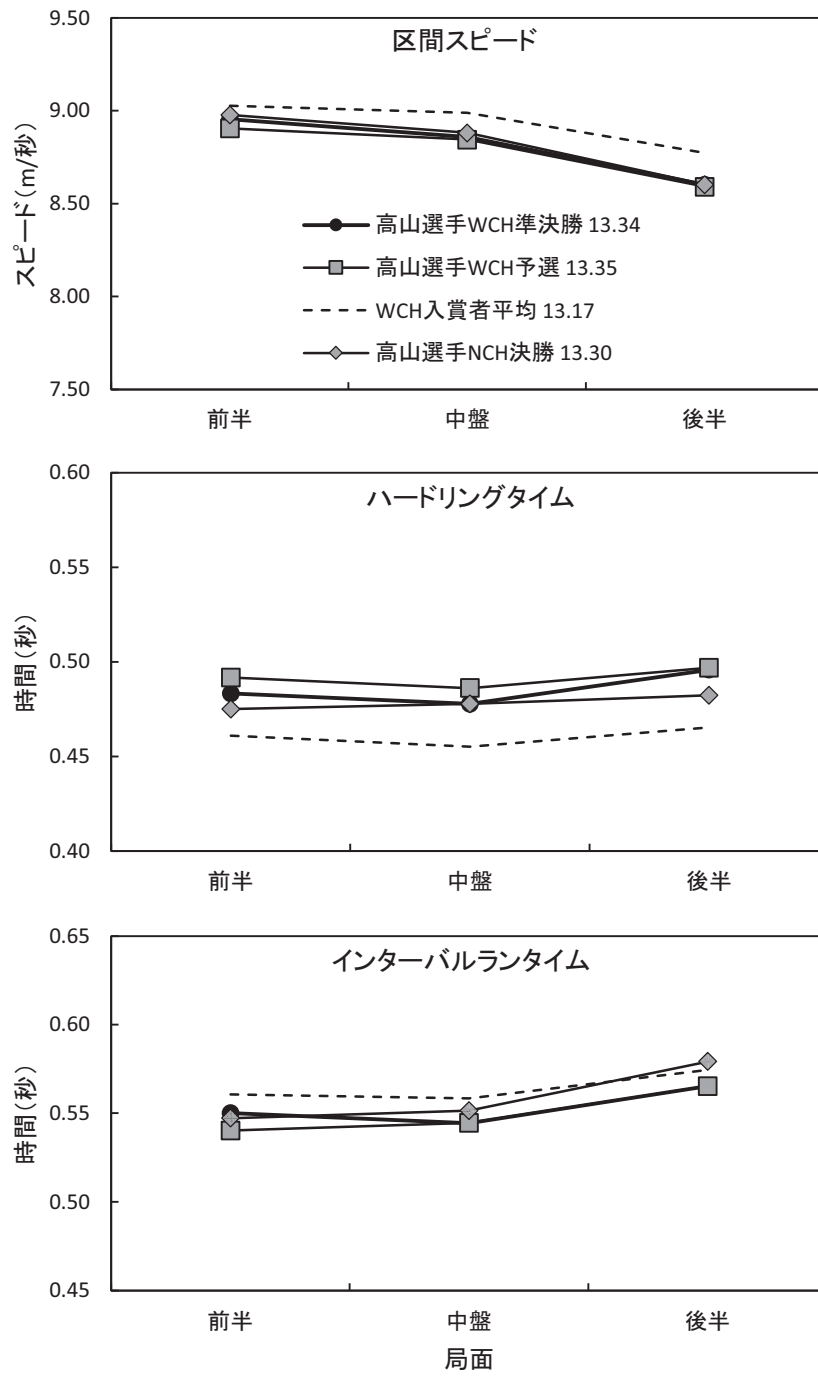


図2 高山選手の日本選手権と世界選手権におけるレース分析結果

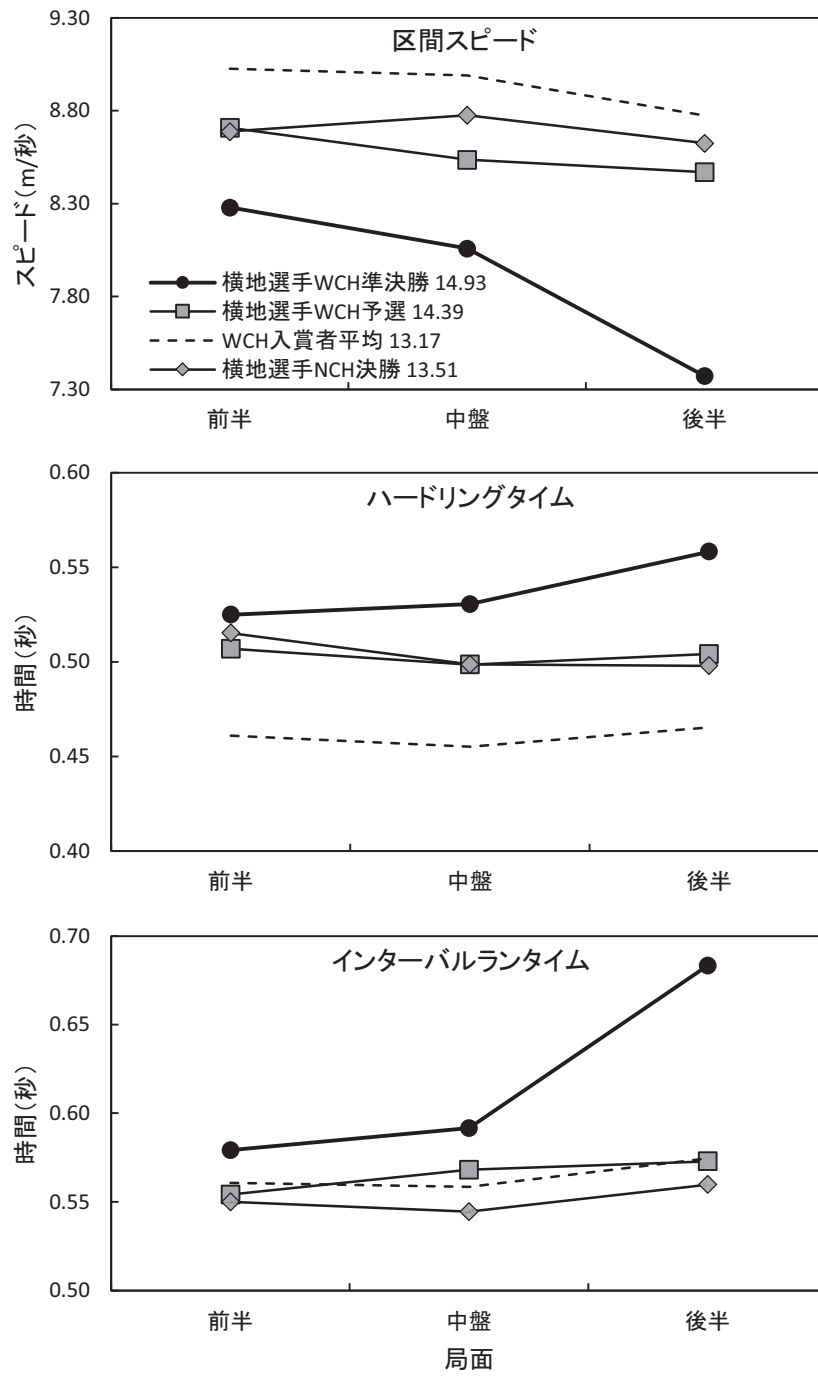


図3 横地選手の日本選手権と世界選手権におけるレース分析結果

2023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

2023年シーズンは、第19回世界陸上競技選手権大会（以下、世界選手権）がハンガリー・ブダペストで開催された。男子400mHでは岸本鷹幸選手（富士通）と黒川和樹選手（法政大）、児玉悠作選手（ノジマT&FC）の3名が出場した。岸本選手はこれまでに4回（2011, 2013, 2015, 2022年）の世界選手権に続き5回目、黒川選手は昨年の世界選手権に続き2回目、児玉選手は初めての世界選手権出場であった。

女子400mHでは、第107回日本陸上競技選手権大会（以下、日本選手権）において山本亜美選手（立命館大）が日本歴代5位、学生歴代3位の56.06秒で3連覇を果たした。

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（杉本ほか, 2022; 杉本ほか, 2023）。本稿では、2023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71名（男子：39名、女子：32名）であった。対象選手たちが出場した以下の5大会を分析対象競技会とした。

- ① 第38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）
- ② 第10回木南道孝記念陸上競技大会（5月6日、ヤンマースタジアム長居・大阪）
- ③ セイコーゴールデンングランプリ陸上2023横浜（5月21日、日産スタジアム・神奈川）：男子のみ

④ 第107回日本陸上競技選手権大会（6月1日～4日、ヤンマースタジアム長居・大阪）

⑤ 第39回U20日本陸上競技選手権大会（6月1日～4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。

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

①男子400mH

各競技会の決勝における記録の平均、最小値および最大値を表1に示した。最も平均記録が良かった（小さかった）競技会は、第38回静岡国際陸上競技大会（49.56秒）で、最も良い記録（最小値）は、セイコーゴールデンングランプリ陸上2023横浜で児玉悠作選手（ノジマT&FC）がマークした48.77秒であった。

表1 対象競技会における男子 400m ハードル決勝の平均記録

| No. | 日付 | 大会名 | 記録 (sec) | |
|-----|-------|-----------------------|----------|-------------------|
| | | | 平均 | (最小値 — 最大値) |
| 1 | 5月3日 | 第38回静岡国際陸上競技大会 | 49.56 | (49.01 — 50.00) |
| 2 | 5月6日 | 第10回木南道孝記念陸上競技大会 | 50.15 | (49.54 — 50.49) |
| 3 | 5月21日 | セイコーゴールデングラプリ陸上2023横浜 | 49.58 | (48.77 — 50.72) |
| 5 | 6月3日 | 第107回日本陸上競技選手権大会 | 50.14 | (49.52 — 50.80) |
| 6 | 6月3日 | 第39回U20日本陸上競技選手権大会 | 52.32 | (50.94 — 53.52) |

表2から表6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5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，13～18歩であった。

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7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107回日本陸上競技選手権大会（57.67秒）で，最も良い記録（最小値）は，同大会で山本亜美選手（立命館大）がマークした56.06秒であった。

表8から表11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6から図9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，15～20歩であった。

4. 引用，参考文献

- 杉本和那美，森丘保典，貴嶋孝太，柴山一仁（2022）
2021年シーズンにおける男女400mハードル走のレース分析．陸上競技研究紀要，17：167-184。
- 杉本和那美，森丘保典，貴嶋孝太，柴山一仁（2023）
2022年シーズンにおける男女400mハードル走のレース分析．陸上競技研究紀要，18：161-174。

表 2 2023.05.03 第 38 回静岡国際陸上 男子 400mH タイムレース決勝 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 |
|-------------------------|-------------|------|-------|------------------------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | 児玉 悠作 (ノジマ陸上競技部) 49.01 | 通過タイム (sec) | 5.91 | 9.71 | 13.55 | 17.42 | 21.47 | 25.61 | 29.93 | 34.34 | 38.88 |
| | 区間タイム (sec) | 5.91 | 3.80 | 3.84 | 3.87 | 4.05 | 4.14 | 4.32 | 4.41 | 4.54 | 4.70 | 5.43 | | |
| | 区間速度 (m/s) | 7.61 | 9.21 | 9.11 | 9.04 | 8.64 | 8.45 | 8.10 | 7.94 | 7.71 | 7.45 | 7.37 | | |
| | 歩数 | | 13 | 13 | 13 | 14 | 14 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | | |
| 黒川 和樹 (法政大) 49.06 | 通過タイム (sec) | 5.91 | 9.71 | 13.54 | 17.43 | 21.44 | 25.64 | 29.88 | 34.36 | 38.99 | 43.71 | 49.06 | | |
| | 区間タイム (sec) | 5.91 | 3.80 | 3.83 | 3.89 | 4.01 | 4.20 | 4.24 | 4.48 | 4.63 | 4.72 | 5.35 | | |
| | 区間速度 (m/s) | 7.61 | 9.21 | 9.14 | 9.00 | 8.73 | 8.33 | 8.25 | 7.81 | 7.56 | 7.42 | 7.48 | | |
| | 歩数 | | 13 | 13 | 13 | 13 | 14 | 14 | 15 | 15 | 15 | 15 | | |
| 彭 名揚 (TPE) 49.36 | 通過タイム (sec) | 6.08 | 9.80 | 13.57 | 17.38 | 21.31 | 25.51 | 29.91 | 34.50 | 39.20 | 44.02 | 49.36 | | |
| | 区間タイム (sec) | 6.08 | 3.72 | 3.77 | 3.81 | 3.93 | 4.20 | 4.40 | 4.59 | 4.70 | 4.82 | 5.34 | | |
| | 区間速度 (m/s) | 7.40 | 9.41 | 9.28 | 9.19 | 8.91 | 8.33 | 7.95 | 7.63 | 7.45 | 7.26 | 7.49 | | |
| | 歩数 | | 13 | 13 | 13 | 13 | 14 | 14 | 15 | 15 | 15 | 15 | | |
| 岸本 鷹幸 (富士通) 49.61 | 通過タイム (sec) | 5.90 | 9.66 | 13.55 | 17.48 | 21.52 | 25.72 | 30.14 | 34.70 | 39.34 | 44.11 | 49.61 | | |
| | 区間タイム (sec) | 5.90 | 3.76 | 3.89 | 3.93 | 4.04 | 4.20 | 4.42 | 4.56 | 4.64 | 4.77 | 5.50 | | |
| | 区間速度 (m/s) | 7.63 | 9.31 | 9.00 | 8.91 | 8.66 | 8.33 | 7.92 | 7.68 | 7.54 | 7.34 | 7.27 | | |
| | 歩数 | | 13 | 13 | 13 | 13 | 14 | 14 | 15 | 15 | 15 | 15 | | |
| 中井 脩太 (大東文化大) 49.66 | 通過タイム (sec) | 6.20 | 9.98 | 13.82 | 17.73 | 21.75 | 25.95 | 30.23 | 34.67 | 39.28 | 44.01 | 49.66 | | |
| | 区間タイム (sec) | 6.20 | 3.78 | 3.84 | 3.91 | 4.02 | 4.20 | 4.28 | 4.44 | 4.61 | 4.73 | 5.65 | | |
| | 区間速度 (m/s) | 7.26 | 9.26 | 9.11 | 8.95 | 8.71 | 8.33 | 8.18 | 7.88 | 7.59 | 7.40 | 7.08 | | |
| | 歩数 | | 13 | 13 | 13 | 13 | 14 | 14 | 15 | 15 | 15 | 15 | | |
| 筒江 海斗 (スポーツテクノ和広) 49.77 | 通過タイム (sec) | 6.08 | 9.84 | 13.75 | 17.69 | 21.67 | 25.80 | 30.24 | 34.80 | 39.48 | 44.25 | 49.77 | | |
| | 区間タイム (sec) | 6.08 | 3.76 | 3.91 | 3.94 | 3.98 | 4.13 | 4.44 | 4.56 | 4.68 | 4.77 | 5.52 | | |
| | 区間速度 (m/s) | 7.40 | 9.31 | 8.95 | 8.88 | 8.79 | 8.47 | 7.88 | 7.68 | 7.48 | 7.34 | 7.25 | | |
| | 歩数 | | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 14 | 14 | 15 | 15 | 15 | | |
| 山内 大夢 (東邦銀行) 49.99 | 通過タイム (sec) | 6.24 | 10.19 | 14.21 | 18.25 | 22.33 | 26.53 | 30.85 | 35.30 | 39.90 | 44.60 | 49.99 | | |
| | 区間タイム (sec) | 6.24 | 3.95 | 4.02 | 4.04 | 4.08 | 4.20 | 4.32 | 4.45 | 4.60 | 4.70 | 5.39 | | |
| | 区間速度 (m/s) | 7.21 | 8.86 | 8.71 | 8.66 | 8.58 | 8.33 | 8.10 | 7.87 | 7.61 | 7.45 | 7.42 | | |
| | 歩数 | | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 15 | 15 | 15 | 15 | | |
| 出口 晴翔 (順天堂大) 50.00 | 通過タイム (sec) | 6.15 | 10.04 | 14.05 | 18.17 | 22.51 | 26.75 | 31.15 | 35.58 | 40.11 | 44.71 | 50.00 | | |
| | 区間タイム (sec) | 6.15 | 3.89 | 4.01 | 4.12 | 4.34 | 4.24 | 4.40 | 4.43 | 4.53 | 4.60 | 5.29 | | |
| | 区間速度 (m/s) | 7.32 | 9.00 | 8.73 | 8.50 | 8.06 | 8.25 | 7.95 | 7.90 | 7.73 | 7.61 | 7.57 | | |
| | 歩数 | | 13 | 13 | 13 | 14 | 14 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | | |

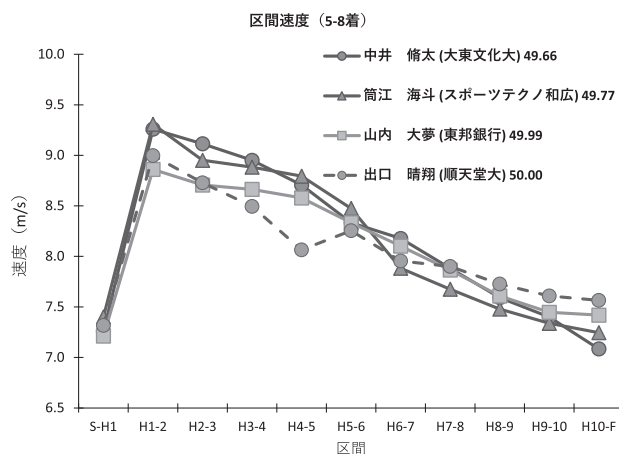
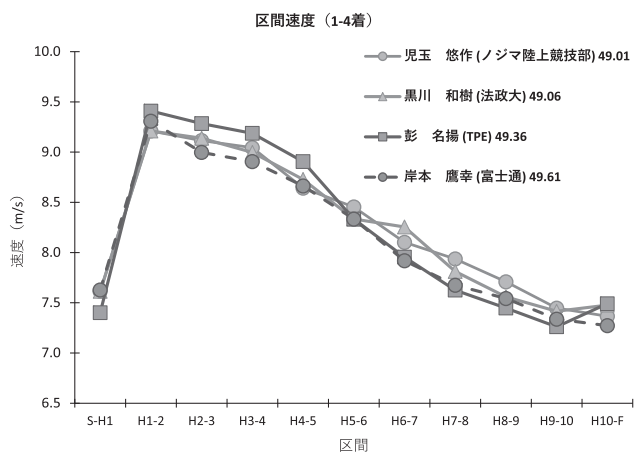


図 1 区間速度の変化 (静岡国際 男子 400mH)

表3 2023.05.06 第10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 |
|----------------------|----|-------|-------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 筒江 海斗 (スポーツテクノ和広) | | 49.54 | 通過タイム (sec) | 6.02 | 9.86 | 13.71 | 17.68 | 21.82 | 26.03 | 30.38 | 34.73 | 39.36 | 44.14 | 49.54 |
| | | | 区間タイム (sec) | 6.02 | 3.84 | 3.85 | 3.97 | 4.14 | 4.21 | 4.35 | 4.35 | 4.63 | 4.78 | 5.40 |
| | | | 区間速度 (m/s) | 7.48 | 9.11 | 9.09 | 8.82 | 8.45 | 8.31 | 8.05 | 8.05 | 7.56 | 7.32 | 7.41 |
| | | | 歩数 | | 13 | 13 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 15 |
| 黒川 和樹 (法政大) | | 49.81 | 通過タイム (sec) | 5.91 | 9.61 | 13.46 | 17.47 | 21.59 | 25.91 | 30.21 | 34.73 | 39.39 | 44.19 | 49.81 |
| | | | 区間タイム (sec) | 5.91 | 3.70 | 3.85 | 4.01 | 4.12 | 4.32 | 4.30 | 4.52 | 4.66 | 4.80 | 5.62 |
| | | | 区間速度 (m/s) | 7.61 | 9.46 | 9.09 | 8.73 | 8.50 | 8.10 | 8.14 | 7.74 | 7.51 | 7.29 | 7.12 |
| | | | 歩数 | | 13 | 13 | 13 | 13 | 14 | 14 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| 豊田 兼 (慶應義塾大) | | 49.95 | 通過タイム (sec) | 5.86 | 9.54 | 13.35 | 17.18 | 21.14 | 25.33 | 29.75 | 34.32 | 39.11 | 44.04 | 49.95 |
| | | | 区間タイム (sec) | 5.86 | 3.68 | 3.81 | 3.83 | 3.96 | 4.19 | 4.42 | 4.57 | 4.79 | 4.93 | 5.91 |
| | | | 区間速度 (m/s) | 7.68 | 9.51 | 9.19 | 9.14 | 8.84 | 8.35 | 7.92 | 7.66 | 7.31 | 7.10 | 6.77 |
| | | | 歩数 | | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 15 | 15 |
| 児玉 悠作 (ノジマ陸上競技部) | | 50.10 | 通過タイム (sec) | 5.94 | 9.76 | 13.61 | 17.58 | 21.72 | 25.99 | 30.40 | 34.97 | 39.64 | 44.51 | 50.10 |
| | | | 区間タイム (sec) | 5.94 | 3.82 | 3.85 | 3.97 | 4.14 | 4.27 | 4.41 | 4.57 | 4.67 | 4.87 | 5.59 |
| | | | 区間速度 (m/s) | 7.58 | 9.16 | 9.09 | 8.82 | 8.45 | 8.20 | 7.94 | 7.66 | 7.49 | 7.19 | 7.16 |
| | | | 歩数 | | 13 | 13 | 13 | 14 | 14 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| 栗林 隼正 (立命館大) | | 50.43 | 通過タイム (sec) | 6.22 | 10.19 | 14.30 | 18.49 | 22.71 | 27.03 | 31.45 | 35.87 | 40.34 | 45.01 | 50.43 |
| | | | 区間タイム (sec) | 6.22 | 3.97 | 4.11 | 4.19 | 4.22 | 4.32 | 4.42 | 4.42 | 4.47 | 4.67 | 5.42 |
| | | | 区間速度 (m/s) | 7.23 | 8.82 | 8.52 | 8.35 | 8.29 | 8.10 | 7.92 | 7.92 | 7.83 | 7.49 | 7.38 |
| | | | 歩数 | | 14 | 14 | 14 | 14 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| 山本 竜大 (SEKI A.C.) | | 50.45 | 通過タイム (sec) | 6.34 | 10.29 | 14.45 | 18.62 | 22.86 | 27.18 | 31.60 | 36.12 | 40.62 | 45.28 | 50.45 |
| | | | 区間タイム (sec) | 6.34 | 3.95 | 4.16 | 4.17 | 4.24 | 4.32 | 4.42 | 4.52 | 4.50 | 4.66 | 5.17 |
| | | | 区間速度 (m/s) | 7.10 | 8.86 | 8.41 | 8.39 | 8.25 | 8.10 | 7.92 | 7.74 | 7.78 | 7.51 | 7.73 |
| | | | 歩数 | | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| 川越 広弥 (JAWS) | | 50.46 | 通過タイム (sec) | 6.09 | 9.99 | 14.10 | 18.25 | 22.47 | 26.83 | 31.26 | 35.79 | 40.41 | 45.13 | 50.46 |
| | | | 区間タイム (sec) | 6.09 | 3.90 | 4.10 | 4.15 | 4.22 | 4.35 | 4.44 | 4.52 | 4.62 | 4.72 | 5.33 |
| | | | 区間速度 (m/s) | 7.39 | 8.97 | 8.53 | 8.43 | 8.29 | 8.04 | 7.89 | 7.74 | 7.57 | 7.41 | 7.50 |
| | | | 歩数 | | 14 | 14 | 14 | 14 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| 岸本 鷹幸 (富士通) | | 50.49 | 通過タイム (sec) | 5.97 | 9.81 | 13.83 | 17.98 | 22.31 | 26.64 | 31.05 | 35.62 | 40.27 | 45.01 | 50.49 |
| | | | 区間タイム (sec) | 5.97 | 3.84 | 4.02 | 4.15 | 4.33 | 4.33 | 4.41 | 4.57 | 4.65 | 4.74 | 5.48 |
| | | | 区間速度 (m/s) | 7.54 | 9.11 | 8.71 | 8.43 | 8.08 | 8.08 | 7.94 | 7.66 | 7.53 | 7.38 | 7.30 |
| | | | 歩数 | | 13 | 13 | 13 | 13 | 14 | 14 | 15 | 15 | 15 | 15 |

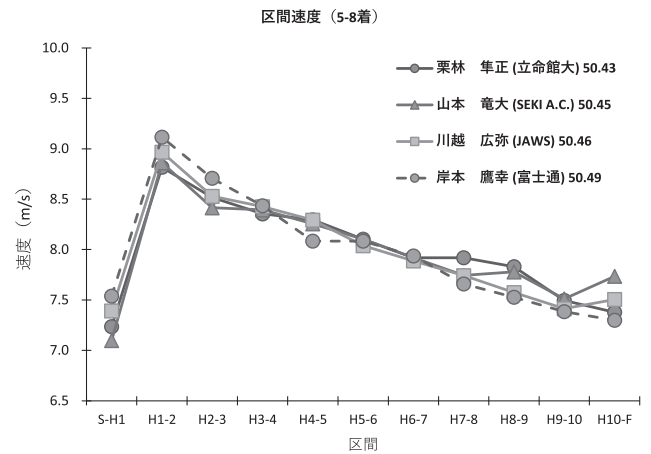
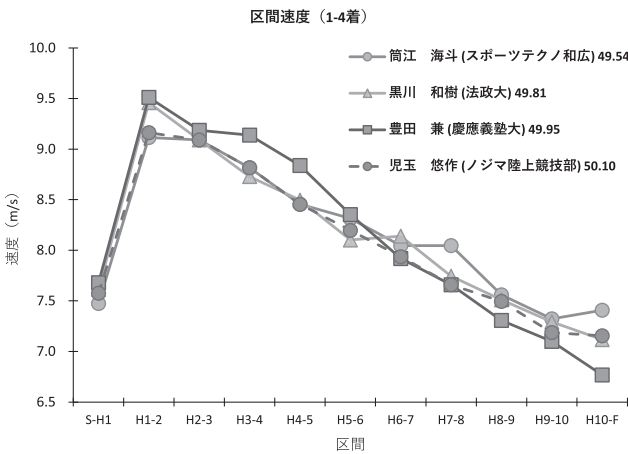


図2 区間速度の変化 (木南記念陸上 男子400mH)

表4 セイコーゴールデンングランプリ陸上2023横浜 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 |
|---------------------------|----|-------|-------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 児玉 悠作 (ノジマ陸上競技部) | | 48.77 | 通過タイム (sec) | 5.86 | 9.53 | 13.30 | 17.23 | 21.34 | 25.53 | 29.85 | 34.28 | 38.77 | 43.39 | 48.77 |
| | | | 区間タイム (sec) | 5.86 | 3.67 | 3.77 | 3.93 | 4.11 | 4.19 | 4.32 | 4.43 | 4.49 | 4.62 | 5.38 |
| | | | 区間速度 (m/s) | 7.68 | 9.54 | 9.28 | 8.91 | 8.52 | 8.35 | 8.10 | 7.90 | 7.80 | 7.58 | 7.43 |
| | | | 歩数 | | 13 | 13 | 13 | 14 | 14 | 15 | 15 | 15 | 15 | |
| 黒川 和樹 (法政大) | | 49.03 | 通過タイム (sec) | 5.79 | 9.39 | 13.11 | 17.02 | 21.12 | 25.36 | 29.65 | 34.03 | 38.64 | 43.39 | 49.03 |
| | | | 区間タイム (sec) | 5.79 | 3.60 | 3.72 | 3.91 | 4.10 | 4.24 | 4.29 | 4.38 | 4.61 | 4.75 | 5.64 |
| | | | 区間速度 (m/s) | 7.77 | 9.72 | 9.41 | 8.95 | 8.54 | 8.25 | 8.16 | 7.99 | 7.59 | 7.37 | 7.09 |
| | | | 歩数 | | 13 | 13 | 13 | 13 | 14 | 14 | 15 | 15 | 15 | |
| 岸本 鷹幸 (富士通) | | 49.28 | 通過タイム (sec) | 5.84 | 9.51 | 13.31 | 17.35 | 21.50 | 25.71 | 29.91 | 34.32 | 38.97 | 43.78 | 49.28 |
| | | | 区間タイム (sec) | 5.84 | 3.67 | 3.80 | 4.04 | 4.15 | 4.21 | 4.20 | 4.41 | 4.65 | 4.81 | 5.50 |
| | | | 区間速度 (m/s) | 7.71 | 9.54 | 9.21 | 8.66 | 8.43 | 8.31 | 8.33 | 7.94 | 7.53 | 7.28 | 7.27 |
| | | | 歩数 | | 13 | 13 | 13 | 13 | 14 | 14 | 15 | 15 | 15 | |
| 筒江 海斗 (スポーツテクノ和広) | | 49.35 | 通過タイム (sec) | 6.01 | 9.69 | 13.46 | 17.37 | 21.49 | 25.68 | 29.90 | 34.37 | 39.04 | 43.86 | 49.35 |
| | | | 区間タイム (sec) | 6.01 | 3.68 | 3.77 | 3.91 | 4.12 | 4.19 | 4.22 | 4.47 | 4.67 | 4.82 | 5.49 |
| | | | 区間速度 (m/s) | 7.49 | 9.51 | 9.28 | 8.95 | 8.50 | 8.35 | 8.29 | 7.83 | 7.49 | 7.26 | 7.29 |
| | | | 歩数 | | 13 | 13 | 13 | 14 | 14 | 14 | 15 | 15 | 15 | |
| LATTIN Amere (USA) | | 49.65 | 通過タイム (sec) | 5.86 | 9.56 | 13.41 | 17.32 | 21.39 | 25.69 | 30.06 | 34.65 | 39.32 | 44.13 | 49.65 |
| | | | 区間タイム (sec) | 5.86 | 3.70 | 3.85 | 3.91 | 4.07 | 4.30 | 4.37 | 4.59 | 4.67 | 4.81 | 5.52 |
| | | | 区間速度 (m/s) | 7.68 | 9.46 | 9.09 | 8.95 | 8.60 | 8.14 | 8.01 | 7.63 | 7.49 | 7.28 | 7.24 |
| | | | 歩数 | | 13 | 13 | 13 | 13 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | |
| LAHOULOU Abdelmalik (ALG) | | 49.71 | 通過タイム (sec) | 6.16 | 9.78 | 13.51 | 17.33 | 21.30 | 25.38 | 29.56 | 34.08 | 38.96 | 44.06 | 49.71 |
| | | | 区間タイム (sec) | 6.16 | 3.62 | 3.73 | 3.82 | 3.97 | 4.08 | 4.18 | 4.52 | 4.88 | 5.10 | 5.65 |
| | | | 区間速度 (m/s) | 7.31 | 9.67 | 9.38 | 9.16 | 8.82 | 8.58 | 8.37 | 7.74 | 7.17 | 6.86 | 7.08 |
| | | | 歩数 | | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 14 | 15 | 16 | |
| CHEN Chieh (TPE) | | 50.13 | 通過タイム (sec) | 6.01 | 9.76 | 13.61 | 17.62 | 21.72 | 26.09 | 30.53 | 35.04 | 39.79 | 44.63 | 50.13 |
| | | | 区間タイム (sec) | 6.01 | 3.75 | 3.85 | 4.01 | 4.10 | 4.37 | 4.44 | 4.51 | 4.75 | 4.84 | 5.51 |
| | | | 区間速度 (m/s) | 7.49 | 9.33 | 9.09 | 8.73 | 8.54 | 8.01 | 7.88 | 7.76 | 7.37 | 7.23 | 7.27 |
| | | | 歩数 | | 13 | 13 | 13 | 13 | 14 | 14 | 15 | 15 | 15 | |
| 中井 脩太 (大東文化大) | | 50.72 | 通過タイム (sec) | 6.22 | 10.06 | 13.96 | 18.00 | 22.16 | 26.48 | 30.93 | 35.45 | 40.24 | 45.05 | 50.72 |
| | | | 区間タイム (sec) | 6.22 | 3.84 | 3.90 | 4.04 | 4.16 | 4.32 | 4.45 | 4.52 | 4.79 | 4.81 | 5.67 |
| | | | 区間速度 (m/s) | 7.23 | 9.11 | 8.97 | 8.66 | 8.41 | 8.10 | 7.87 | 7.74 | 7.31 | 7.28 | 7.05 |
| | | | 歩数 | | 13 | 13 | 13 | 13 | 14 | 14 | 15 | 15 | 15 | |

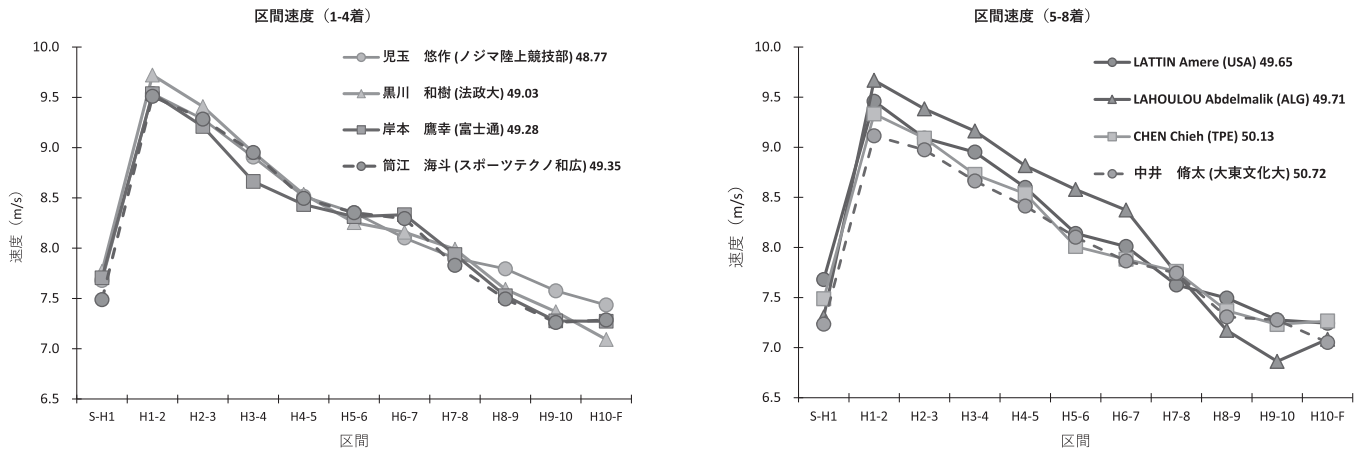


図3 区間速度の変化 (ゴールデンングランプリ男子400mH)

表 5 2023.06.03 第107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 |
|--------|------------|-------|-------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 小川 大輝 | (東洋大) | 49.52 | 通過タイム (sec) | 6.06 | 9.93 | 13.87 | 17.90 | 22.04 | 26.28 | 30.58 | 35.07 | 39.66 | 44.33 | 49.52 |
| | | | 区間タイム (sec) | 6.06 | 3.87 | 3.94 | 4.03 | 4.14 | 4.24 | 4.30 | 4.49 | 4.59 | 4.67 | 5.19 |
| | | | 区間速度 (m/s) | 7.43 | 9.04 | 8.88 | 8.68 | 8.45 | 8.25 | 8.14 | 7.80 | 7.63 | 7.49 | 7.71 |
| | | | 歩数 | | 14 | 14 | 14 | 14 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | |
| 山内 大夢 | (東邦銀行) | 49.78 | 通過タイム (sec) | 6.21 | 10.06 | 13.98 | 18.07 | 22.19 | 26.36 | 30.65 | 35.15 | 39.72 | 44.44 | 49.78 |
| | | | 区間タイム (sec) | 6.21 | 3.85 | 3.92 | 4.09 | 4.12 | 4.17 | 4.29 | 4.50 | 4.57 | 4.72 | 5.34 |
| | | | 区間速度 (m/s) | 7.25 | 9.09 | 8.93 | 8.56 | 8.50 | 8.39 | 8.16 | 7.78 | 7.66 | 7.42 | 7.49 |
| | | | 歩数 | | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 15 | 15 | 15 | |
| 児玉 悠作 | (ノジマ陸上競技部) | 49.83 | 通過タイム (sec) | 5.91 | 9.63 | 13.41 | 17.25 | 21.37 | 25.58 | 29.90 | 34.37 | 39.04 | 44.01 | 49.83 |
| | | | 区間タイム (sec) | 5.91 | 3.72 | 3.78 | 3.84 | 4.12 | 4.21 | 4.32 | 4.47 | 4.67 | 4.97 | 5.82 |
| | | | 区間速度 (m/s) | 7.61 | 9.41 | 9.26 | 9.11 | 8.50 | 8.31 | 8.10 | 7.83 | 7.49 | 7.04 | 6.87 |
| | | | 歩数 | | 13 | 13 | 13 | 14 | 14 | 15 | 15 | 15 | 15 | |
| 井之上 駿太 | (法政大) | 50.03 | 通過タイム (sec) | 5.92 | 9.63 | 13.33 | 17.13 | 21.12 | 25.44 | 29.91 | 34.62 | 39.41 | 44.39 | 50.03 |
| | | | 区間タイム (sec) | 5.92 | 3.71 | 3.70 | 3.80 | 3.99 | 4.32 | 4.47 | 4.71 | 4.79 | 4.98 | 5.64 |
| | | | 区間速度 (m/s) | 7.60 | 9.43 | 9.46 | 9.21 | 8.77 | 8.10 | 7.83 | 7.43 | 7.31 | 7.03 | 7.09 |
| | | | 歩数 | | 13 | 13 | 13 | 13 | 14 | 14 | 15 | 15 | 15 | |
| 筒江 海斗 | (STW) | 50.07 | 通過タイム (sec) | 6.01 | 9.73 | 13.46 | 17.30 | 21.32 | 25.53 | 29.95 | 34.60 | 39.41 | 44.41 | 50.07 |
| | | | 区間タイム (sec) | 6.01 | 3.72 | 3.73 | 3.84 | 4.02 | 4.21 | 4.42 | 4.65 | 4.81 | 5.00 | 5.66 |
| | | | 区間速度 (m/s) | 7.49 | 9.41 | 9.38 | 9.11 | 8.71 | 8.31 | 7.92 | 7.53 | 7.28 | 7.00 | 7.07 |
| | | | 歩数 | | 13 | 13 | 13 | 13 | 14 | 14 | 15 | 15 | 15 | |
| 出口 晴翔 | (順天堂大) | 50.35 | 通過タイム (sec) | 6.14 | 10.01 | 13.93 | 17.93 | 22.16 | 26.39 | 30.81 | 35.40 | 40.06 | 44.88 | 50.35 |
| | | | 区間タイム (sec) | 6.14 | 3.87 | 3.92 | 4.00 | 4.23 | 4.23 | 4.42 | 4.59 | 4.66 | 4.82 | 5.47 |
| | | | 区間速度 (m/s) | 7.33 | 9.04 | 8.93 | 8.75 | 8.27 | 8.27 | 7.92 | 7.63 | 7.51 | 7.26 | 7.31 |
| | | | 歩数 | | 13 | 13 | 13 | 14 | 14 | 15 | 15 | 15 | 15 | |
| 中井 脩太 | (大東文化大) | 50.71 | 通過タイム (sec) | 6.27 | 10.03 | 13.81 | 17.72 | 21.74 | 25.99 | 30.43 | 35.09 | 39.91 | 44.89 | 50.71 |
| | | | 区間タイム (sec) | 6.27 | 3.76 | 3.78 | 3.91 | 4.02 | 4.25 | 4.44 | 4.66 | 4.82 | 4.98 | 5.82 |
| | | | 区間速度 (m/s) | 7.18 | 9.31 | 9.26 | 8.95 | 8.71 | 8.24 | 7.88 | 7.51 | 7.26 | 7.03 | 6.87 |
| | | | 歩数 | | 13 | 13 | 13 | 13 | 14 | 14 | 15 | 15 | 15 | |
| 岸本 鷹幸 | (富士通) | 50.80 | 通過タイム (sec) | 5.87 | 9.56 | 13.35 | 17.27 | 21.39 | 25.66 | 30.10 | 34.75 | 39.62 | 44.71 | 50.80 |
| | | | 区間タイム (sec) | 5.87 | 3.69 | 3.79 | 3.92 | 4.12 | 4.27 | 4.44 | 4.65 | 4.87 | 5.09 | 6.09 |
| | | | 区間速度 (m/s) | 7.67 | 9.49 | 9.23 | 8.93 | 8.50 | 8.20 | 7.88 | 7.53 | 7.19 | 6.88 | 6.57 |
| | | | 歩数 | | 13 | 13 | 13 | 13 | 14 | 14 | 14 | 15 | 15 | |

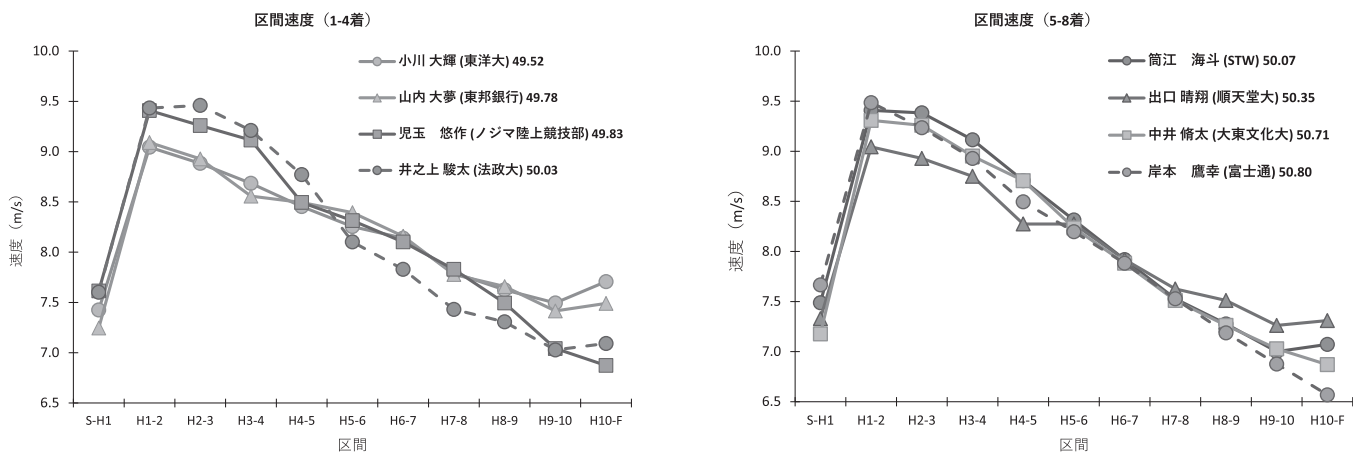


図 4 区間速度の変化 (日本選手権 男子 400mH 決勝)

表6 2021.06.03 第39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 |
|-------|--------|-------|-------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 今西 亮太 | (順天堂大) | 50.94 | 通過タイム (sec) | 6.16 | 10.01 | 13.86 | 17.82 | 21.91 | 26.13 | 30.58 | 35.19 | 39.99 | 44.93 | 50.94 |
| | | | 区間タイム (sec) | 6.16 | 3.85 | 3.85 | 3.96 | 4.09 | 4.22 | 4.45 | 4.61 | 4.80 | 4.94 | 6.01 |
| | | | 区間速度 (m/s) | 7.31 | 9.09 | 9.09 | 8.84 | 8.56 | 8.29 | 7.87 | 7.59 | 7.29 | 7.09 | 6.66 |
| | | | 歩数 | | 14 | 14 | 14 | 14 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | |
| 山田 那央 | (筑波大) | 51.67 | 通過タイム (sec) | 6.09 | 9.96 | 13.96 | 18.00 | 22.16 | 26.38 | 30.78 | 35.39 | 40.47 | 45.95 | 51.67 |
| | | | 区間タイム (sec) | 6.09 | 3.87 | 4.00 | 4.04 | 4.16 | 4.22 | 4.40 | 4.61 | 5.08 | 5.48 | 5.72 |
| | | | 区間速度 (m/s) | 7.39 | 9.04 | 8.75 | 8.66 | 8.41 | 8.29 | 7.95 | 7.59 | 6.89 | 6.39 | 6.99 |
| | | | 歩数 | | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 16 | 18 | |
| 下田 隼人 | (豊川高) | 51.72 | 通過タイム (sec) | 6.21 | 10.09 | 13.91 | 17.92 | 22.06 | 26.48 | 31.08 | 35.99 | 41.34 | 46.38 | 51.72 |
| | | | 区間タイム (sec) | 6.21 | 3.88 | 3.82 | 4.01 | 4.14 | 4.42 | 4.60 | 4.91 | 5.35 | 5.04 | 5.34 |
| | | | 区間速度 (m/s) | 7.25 | 9.02 | 9.16 | 8.73 | 8.45 | 7.92 | 7.61 | 7.13 | 6.54 | 6.94 | 7.49 |
| | | | 歩数 | | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 17 | 17 | 17 | |
| 増井 幸輝 | (駿河台大) | 52.37 | 通過タイム (sec) | 6.14 | 10.06 | 14.10 | 18.20 | 22.51 | 26.88 | 31.43 | 36.32 | 41.44 | 46.75 | 52.37 |
| | | | 区間タイム (sec) | 6.14 | 3.92 | 4.04 | 4.10 | 4.31 | 4.37 | 4.55 | 4.89 | 5.12 | 5.31 | 5.62 |
| | | | 区間速度 (m/s) | 7.33 | 8.93 | 8.66 | 8.54 | 8.12 | 8.01 | 7.69 | 7.16 | 6.84 | 6.59 | 7.12 |
| | | | 歩数 | | 14 | 14 | 14 | 14 | 15 | 15 | 15 | 16 | 16 | |
| 柳田 聖人 | (東洋大) | 52.56 | 通過タイム (sec) | 6.14 | 10.01 | 14.01 | 18.10 | 22.32 | 26.63 | 31.18 | 35.97 | 40.97 | 46.33 | 52.56 |
| | | | 区間タイム (sec) | 6.14 | 3.87 | 4.00 | 4.09 | 4.22 | 4.31 | 4.55 | 4.79 | 5.00 | 5.36 | 6.23 |
| | | | 区間速度 (m/s) | 7.33 | 9.04 | 8.75 | 8.56 | 8.29 | 8.12 | 7.69 | 7.31 | 7.00 | 6.53 | 6.42 |
| | | | 歩数 | | 13 | 14 | 14 | 14 | 14 | 15 | 15 | 15 | 16 | |
| 押田 周真 | (岡崎北高) | 53.49 | 通過タイム (sec) | 6.39 | 10.54 | 14.76 | 18.97 | 23.41 | 27.93 | 32.68 | 37.59 | 42.68 | 47.90 | 53.49 |
| | | | 区間タイム (sec) | 6.39 | 4.15 | 4.22 | 4.21 | 4.44 | 4.52 | 4.75 | 4.91 | 5.09 | 5.22 | 5.59 |
| | | | 区間速度 (m/s) | 7.04 | 8.43 | 8.29 | 8.31 | 7.88 | 7.74 | 7.37 | 7.13 | 6.88 | 6.70 | 7.16 |
| | | | 歩数 | | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 16 | 17 | 18 | |
| 三柳 遥暉 | (同志社大) | 53.52 | 通過タイム (sec) | 6.21 | 10.16 | 14.16 | 18.27 | 22.56 | 27.03 | 31.73 | 36.77 | 42.14 | 47.58 | 53.52 |
| | | | 区間タイム (sec) | 6.21 | 3.95 | 4.00 | 4.11 | 4.29 | 4.47 | 4.70 | 5.04 | 5.37 | 5.44 | 5.94 |
| | | | 区間速度 (m/s) | 7.25 | 8.86 | 8.75 | 8.52 | 8.16 | 7.83 | 7.45 | 6.94 | 6.52 | 6.43 | 6.73 |
| | | | 歩数 | | 14 | 14 | 14 | 14 | 15 | 15 | 17 | 17 | 17 | |
| 測上 翔太 | (東福岡高) | DQ | 通過タイム (sec) | | | | | | | | | | | |
| | | | 区間タイム (sec) | | | | | | | | | | | |
| | | | 区間速度 (m/s) | | | | | | | | | | | |
| | | | 歩数 | | | | | | | | | | | |

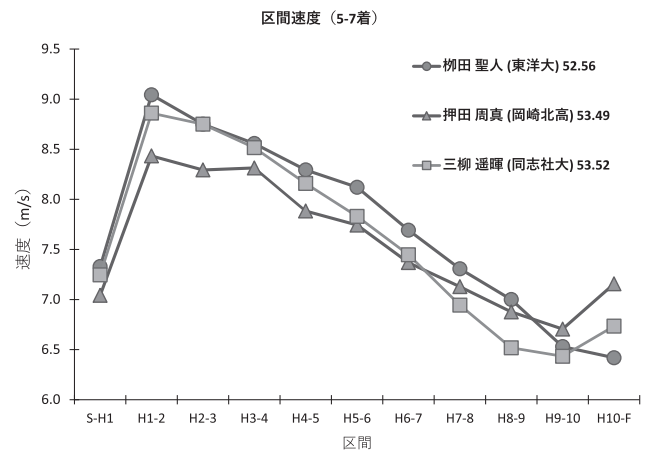
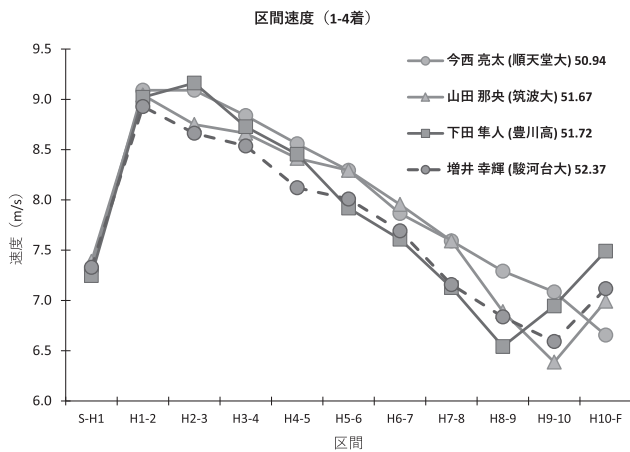


図5 区間速度の変化 (U20日本選手権 男子400mH 決勝)

表7 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38回静岡国際陸上競技大会 | 58.61 | (58.12 - 59.10) |
| 2 | 5月6日 | 第10回木南道孝記念陸上競技大会 | 58.71 | (57.92 - 59.39) |
| 3 | 6月4日 | 第107回日本陸上競技選手権大会 | 57.67 | (56.06 - 59.19) |
| 4 | 6月4日 | 第39回U20日本陸上競技選手権大会 | 1:00.43 | (59.67 - 1:02.25) |

表8 2023.05.03 第38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 |
|------------------------|------------|------|-------|--------------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | 川村 優佳 (早稲田大) 58.12 | 通過タイム(sec) | 6.88 | 11.35 | 15.96 | 20.70 | 25.55 | 30.57 | 35.68 | 40.90 | 46.26 |
| | 区間タイム(sec) | 6.88 | 4.47 | 4.61 | 4.74 | 4.85 | 5.02 | 5.11 | 5.22 | 5.36 | 5.48 | 6.38 | | |
| | 区間速度(m/s) | 6.54 | 7.83 | 7.59 | 7.38 | 7.22 | 6.97 | 6.85 | 6.70 | 6.53 | 6.39 | 6.27 | | |
| | 歩数 | | 16 | 16 | 16 | 16 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | | |
| 青木 穂花 (青山学院大) 58.30 | 通過タイム(sec) | 6.68 | 11.03 | 15.60 | 20.25 | 25.06 | 30.04 | 35.18 | 40.45 | 45.95 | 51.78 | 58.30 | | |
| | 区間タイム(sec) | 6.68 | 4.35 | 4.57 | 4.65 | 4.81 | 4.98 | 5.14 | 5.27 | 5.50 | 5.83 | 6.52 | | |
| | 区間速度(m/s) | 6.74 | 8.05 | 7.66 | 7.53 | 7.28 | 7.03 | 6.81 | 6.64 | 6.36 | 6.00 | 6.13 | | |
| | 歩数 | | 16 | 16 | 16 | 16 | 17 | 17 | 17 | 17 | 18 | | | |
| 瀧野 未来 (京都橋高) 58.31 | 通過タイム(sec) | 6.77 | 11.15 | 15.83 | 20.59 | 25.59 | 30.64 | 35.91 | 41.22 | 46.65 | 52.15 | 58.31 | | |
| | 区間タイム(sec) | 6.77 | 4.38 | 4.68 | 4.76 | 5.00 | 5.05 | 5.27 | 5.31 | 5.43 | 5.50 | 6.16 | | |
| | 区間速度(m/s) | 6.65 | 7.99 | 7.48 | 7.35 | 7.00 | 6.93 | 6.64 | 6.59 | 6.45 | 6.36 | 6.49 | | |
| | 歩数 | | 15 | 16 | 16 | 16 | 16 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | | |
| 山本 亜美 (立命館大) 58.63 | 通過タイム(sec) | 6.93 | 11.50 | 16.25 | 21.06 | 26.01 | 31.08 | 36.25 | 41.50 | 46.92 | 52.43 | 58.63 | | |
| | 区間タイム(sec) | 6.93 | 4.57 | 4.75 | 4.81 | 4.95 | 5.07 | 5.17 | 5.25 | 5.42 | 5.51 | 6.20 | | |
| | 区間速度(m/s) | 6.49 | 7.66 | 7.37 | 7.28 | 7.07 | 6.90 | 6.77 | 6.67 | 6.46 | 6.35 | 6.45 | | |
| | 歩数 | | 16 | 16 | 16 | 16 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | | |
| 横田 華恋 (KAGOTANI) 58.73 | 通過タイム(sec) | 6.75 | 11.24 | 15.85 | 20.59 | 25.38 | 30.33 | 35.40 | 40.61 | 46.09 | 51.99 | 58.73 | | |
| | 区間タイム(sec) | 6.75 | 4.49 | 4.61 | 4.74 | 4.79 | 4.95 | 5.07 | 5.21 | 5.48 | 5.90 | 6.74 | | |
| | 区間速度(m/s) | 6.67 | 7.80 | 7.59 | 7.38 | 7.31 | 7.07 | 6.90 | 6.72 | 6.39 | 5.93 | 5.93 | | |
| | 歩数 | | 16 | 16 | 16 | 16 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | | |
| 宇都宮 絵莉 (長谷川体育施設) 58.80 | 通過タイム(sec) | 6.62 | 11.02 | 15.63 | 20.28 | 25.21 | 30.32 | 35.49 | 40.78 | 46.17 | 51.91 | 58.80 | | |
| | 区間タイム(sec) | 6.62 | 4.40 | 4.61 | 4.65 | 4.93 | 5.11 | 5.17 | 5.29 | 5.39 | 5.74 | 6.89 | | |
| | 区間速度(m/s) | 6.80 | 7.95 | 7.59 | 7.53 | 7.10 | 6.85 | 6.77 | 6.62 | 6.49 | 6.10 | 5.81 | | |
| | 歩数 | | 15 | 15 | 15 | 15 | 16 | 16 | 16 | 17 | 17 | 17 | | |
| 高野 七海 (福岡大) 58.89 | 通過タイム(sec) | 6.83 | 11.40 | 16.04 | 20.82 | 25.63 | 30.61 | 35.78 | 41.20 | 46.75 | 52.46 | 58.89 | | |
| | 区間タイム(sec) | 6.83 | 4.57 | 4.64 | 4.78 | 4.81 | 4.98 | 5.17 | 5.42 | 5.55 | 5.71 | 6.43 | | |
| | 区間速度(m/s) | 6.59 | 7.66 | 7.54 | 7.32 | 7.28 | 7.03 | 6.77 | 6.46 | 6.31 | 6.13 | 6.22 | | |
| | 歩数 | | 16 | 17 | 17 | 17 | 18 | 18 | 18 | 19 | 19 | 19 | | |
| 王子田 萌 (NDソフト) 59.10 | 通過タイム(sec) | 6.91 | 11.65 | 16.48 | 21.34 | 26.25 | 31.28 | 36.44 | 41.71 | 47.11 | 52.68 | 59.10 | | |
| | 区間タイム(sec) | 6.91 | 4.74 | 4.83 | 4.86 | 4.91 | 5.03 | 5.16 | 5.27 | 5.40 | 5.57 | 6.42 | | |
| | 区間速度(m/s) | 6.51 | 7.38 | 7.25 | 7.20 | 7.13 | 6.96 | 6.78 | 6.64 | 6.48 | 6.28 | 6.23 | | |
| | 歩数 | | 16 | 16 | 16 | 16 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | | |

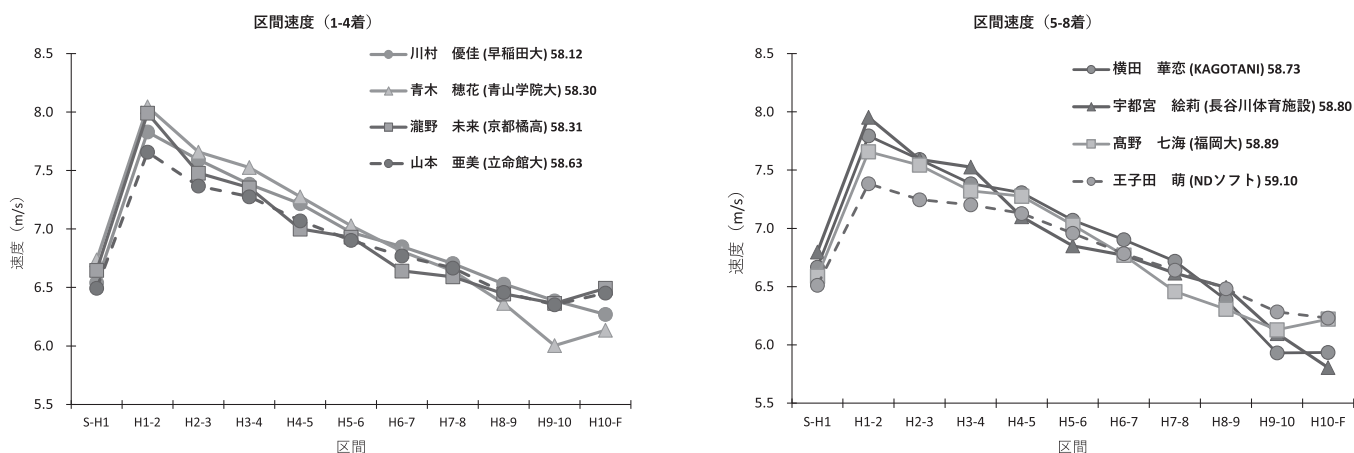


表9 2023.05.06 第10回木南道孝記念陸上競技大会 女子400mH レース分析結果

| 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 |
|----------|-----------|-------|-------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 山本 亜美 | (立命館大) | 57.92 | 通過タイム (sec) | 6.66 | 11.15 | 15.77 | 20.50 | 25.36 | 30.43 | 35.54 | 40.74 | 46.05 | 51.55 | 57.92 |
| | | | 区間タイム (sec) | 6.66 | 4.49 | 4.62 | 4.73 | 4.86 | 5.07 | 5.11 | 5.20 | 5.31 | 5.50 | 6.37 |
| | | | 区間速度 (m/s) | 6.76 | 7.80 | 7.58 | 7.40 | 7.20 | 6.90 | 6.85 | 6.73 | 6.59 | 6.36 | 6.28 |
| | | | 歩数 | 16 | 16 | 16 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | |
| 梅原 紗月 | (住友電工) | 58.36 | 通過タイム (sec) | 6.71 | 11.29 | 15.98 | 20.85 | 25.78 | 30.89 | 36.02 | 41.19 | 46.68 | 52.15 | 58.36 |
| | | | 区間タイム (sec) | 6.71 | 4.58 | 4.69 | 4.87 | 4.93 | 5.11 | 5.13 | 5.17 | 5.49 | 5.47 | 6.21 |
| | | | 区間速度 (m/s) | 6.71 | 7.64 | 7.46 | 7.19 | 7.10 | 6.85 | 6.82 | 6.77 | 6.38 | 6.40 | 6.44 |
| | | | 歩数 | 16 | 16 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 18 | 18 | |
| 南澤 明音 | (松本土建) | 58.38 | 通過タイム (sec) | 6.84 | 11.31 | 15.93 | 20.67 | 25.64 | 30.53 | 35.57 | 40.86 | 46.23 | 51.84 | 58.38 |
| | | | 区間タイム (sec) | 6.84 | 4.47 | 4.62 | 4.74 | 4.97 | 4.89 | 5.04 | 5.29 | 5.37 | 5.61 | 6.54 |
| | | | 区間速度 (m/s) | 6.58 | 7.83 | 7.57 | 7.39 | 7.04 | 7.16 | 6.94 | 6.62 | 6.52 | 6.24 | 6.12 |
| | | | 歩数 | 15 | 15 | 15 | 16 | 16 | 16 | 16 | 17 | 17 | 18 | |
| 宇都宮 絵莉 | (長谷川体育施設) | 58.43 | 通過タイム (sec) | 6.62 | 10.96 | 15.47 | 20.09 | 24.92 | 30.05 | 35.35 | 40.69 | 46.06 | 51.69 | 58.43 |
| | | | 区間タイム (sec) | 6.62 | 4.34 | 4.51 | 4.62 | 4.83 | 5.13 | 5.30 | 5.34 | 5.37 | 5.63 | 6.74 |
| | | | 区間速度 (m/s) | 6.80 | 8.06 | 7.76 | 7.58 | 7.25 | 6.82 | 6.60 | 6.55 | 6.52 | 6.22 | 5.93 |
| | | | 歩数 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 16 | 16 | 17 | 17 | 17 | |
| イブラヒム 愛紗 | (メイスイワーク) | 58.89 | 通過タイム (sec) | 6.69 | 10.99 | 15.45 | 20.15 | 25.08 | 30.11 | 35.22 | 40.46 | 46.00 | 51.94 | 58.89 |
| | | | 区間タイム (sec) | 6.69 | 4.30 | 4.46 | 4.70 | 4.93 | 5.03 | 5.11 | 5.24 | 5.54 | 5.94 | 6.95 |
| | | | 区間速度 (m/s) | 6.73 | 8.14 | 7.85 | 7.45 | 7.10 | 6.96 | 6.85 | 6.68 | 6.32 | 5.89 | 5.76 |
| | | | 歩数 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 16 | 17 | |
| 王子田 萌 | (NDソフト) | 59.03 | 通過タイム (sec) | 6.81 | 11.51 | 16.28 | 21.19 | 26.19 | 31.28 | 36.49 | 41.78 | 47.13 | 52.64 | 59.03 |
| | | | 区間タイム (sec) | 6.81 | 4.70 | 4.77 | 4.91 | 5.00 | 5.09 | 5.21 | 5.29 | 5.35 | 5.51 | 6.39 |
| | | | 区間速度 (m/s) | 6.61 | 7.45 | 7.34 | 7.13 | 7.00 | 6.88 | 6.72 | 6.62 | 6.54 | 6.35 | 6.26 |
| | | | 歩数 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | |
| 伊藤 明子 | (セレスポ) | 59.28 | 通過タイム (sec) | 6.72 | 11.18 | 15.88 | 20.84 | 25.96 | 31.15 | 36.30 | 41.71 | 47.21 | 52.82 | 59.28 |
| | | | 区間タイム (sec) | 6.72 | 4.46 | 4.70 | 4.96 | 5.12 | 5.19 | 5.15 | 5.41 | 5.50 | 5.61 | 6.46 |
| | | | 区間速度 (m/s) | 6.70 | 7.85 | 7.45 | 7.06 | 6.84 | 6.74 | 6.80 | 6.47 | 6.36 | 6.24 | 6.19 |
| | | | 歩数 | 15 | 15 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 17 | 17 | 17 | |
| 田橋 柚希乃 | (法政大) | 59.39 | 通過タイム (sec) | 6.82 | 11.34 | 15.85 | 20.59 | 25.49 | 30.51 | 35.80 | 41.26 | 47.00 | 52.89 | 59.39 |
| | | | 区間タイム (sec) | 6.82 | 4.52 | 4.51 | 4.74 | 4.90 | 5.02 | 5.29 | 5.46 | 5.74 | 5.89 | 6.50 |
| | | | 区間速度 (m/s) | 6.60 | 7.74 | 7.76 | 7.38 | 7.14 | 6.97 | 6.62 | 6.41 | 6.10 | 5.94 | 6.15 |
| | | | 歩数 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 18 | 18 | 19 | 20 | |

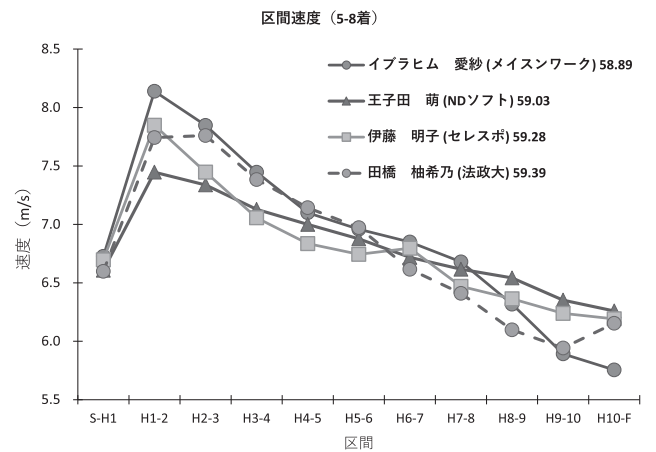
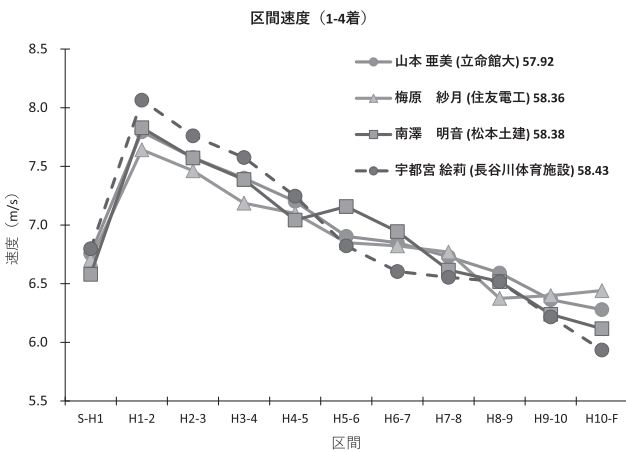


図7 区間速度の変化 (木南記念陸上 女子400mH)

表 10 2023.06.04 第107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) | 56.06 | 通過タイム (sec) | 6.64 | 11.08 | 15.52 | 20.09 | 24.76 | 29.53 | 34.43 | 39.42 | 44.54 | 49.83 | 56.06 |
| | | | 区間タイム (sec) | 6.64 | 4.44 | 4.44 | 4.57 | 4.67 | 4.77 | 4.90 | 4.99 | 5.12 | 5.29 | 6.23 |
| | | | 区間速度 (m/s) | 6.78 | 7.88 | 7.88 | 7.66 | 7.49 | 7.34 | 7.14 | 7.01 | 6.84 | 6.62 | 6.42 |
| | | | 歩数 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | |
| 宇都宮 絵莉 | (長谷川体育施設) | 56.65 | 通過タイム (sec) | 6.66 | 11.04 | 15.57 | 20.12 | 24.76 | 29.60 | 34.52 | 39.61 | 44.81 | 50.25 | 56.65 |
| | | | 区間タイム (sec) | 6.66 | 4.38 | 4.53 | 4.55 | 4.64 | 4.84 | 4.92 | 5.09 | 5.20 | 5.44 | 6.40 |
| | | | 区間速度 (m/s) | 6.76 | 7.99 | 7.73 | 7.69 | 7.54 | 7.23 | 7.11 | 6.88 | 6.73 | 6.43 | 6.25 |
| | | | 歩数 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 16 | 16 | 17 | 17 | 17 | |
| 梅原 紗月 | (住友電工) | 57.02 | 通過タイム (sec) | 6.72 | 11.19 | 15.72 | 20.29 | 25.04 | 29.93 | 34.93 | 40.11 | 45.43 | 50.85 | 57.02 |
| | | | 区間タイム (sec) | 6.72 | 4.47 | 4.53 | 4.57 | 4.75 | 4.89 | 5.00 | 5.18 | 5.32 | 5.42 | 6.17 |
| | | | 区間速度 (m/s) | 6.70 | 7.83 | 7.73 | 7.66 | 7.37 | 7.16 | 7.00 | 6.76 | 6.58 | 6.46 | 6.48 |
| | | | 歩数 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 17 | 17 | 17 | 18 | 18 | |
| 青木 穂花 | (青学大) | 57.48 | 通過タイム (sec) | 6.66 | 10.94 | 15.32 | 19.75 | 24.32 | 29.12 | 34.13 | 39.36 | 44.94 | 50.72 | 57.48 |
| | | | 区間タイム (sec) | 6.66 | 4.28 | 4.38 | 4.43 | 4.57 | 4.80 | 5.01 | 5.23 | 5.58 | 5.78 | 6.76 |
| | | | 区間速度 (m/s) | 6.76 | 8.18 | 7.99 | 7.90 | 7.66 | 7.29 | 6.99 | 6.69 | 6.27 | 6.06 | 5.92 |
| | | | 歩数 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 17 | 17 | 17 | 18 | 18 | |
| 工藤 芽衣 | (立命館大) | 57.84 | 通過タイム (sec) | 6.91 | 11.48 | 16.10 | 20.84 | 25.61 | 30.53 | 35.65 | 40.81 | 46.03 | 51.58 | 57.84 |
| | | | 区間タイム (sec) | 6.91 | 4.57 | 4.62 | 4.74 | 4.77 | 4.92 | 5.12 | 5.16 | 5.22 | 5.55 | 6.26 |
| | | | 区間速度 (m/s) | 6.51 | 7.66 | 7.58 | 7.38 | 7.34 | 7.11 | 6.84 | 6.78 | 6.70 | 6.31 | 6.39 |
| | | | 歩数 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 17 | 17 | 17 | 17 | 18 | |
| 松岡 萌絵 | (中央大) | 58.13 | 通過タイム (sec) | 6.92 | 11.58 | 16.27 | 21.02 | 25.89 | 30.85 | 35.83 | 40.99 | 46.33 | 51.80 | 58.13 |
| | | | 区間タイム (sec) | 6.92 | 4.66 | 4.69 | 4.75 | 4.87 | 4.96 | 4.98 | 5.16 | 5.34 | 5.47 | 6.33 |
| | | | 区間速度 (m/s) | 6.50 | 7.51 | 7.46 | 7.37 | 7.19 | 7.06 | 7.03 | 6.78 | 6.55 | 6.40 | 6.32 |
| | | | 歩数 | 16 | 16 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | |
| 南澤 明音 | (松本土建) | 58.97 | 通過タイム (sec) | 6.74 | 11.14 | 15.57 | 20.11 | 24.92 | 29.87 | 35.09 | 40.44 | 46.00 | 51.89 | 58.97 |
| | | | 区間タイム (sec) | 6.74 | 4.40 | 4.43 | 4.54 | 4.81 | 4.95 | 5.22 | 5.35 | 5.56 | 5.89 | 7.08 |
| | | | 区間速度 (m/s) | 6.68 | 7.95 | 7.90 | 7.71 | 7.28 | 7.07 | 6.70 | 6.54 | 6.29 | 5.94 | 5.65 |
| | | | 歩数 | 15 | 15 | 15 | 16 | 16 | 17 | 17 | 17 | 17 | 18 | |
| イbrahim 愛紗 | (メイスイワーク) | 59.19 | 通過タイム (sec) | 6.74 | 11.08 | 15.58 | 20.22 | 25.04 | 30.03 | 35.22 | 40.66 | 46.45 | 52.42 | 59.19 |
| | | | 区間タイム (sec) | 6.74 | 4.34 | 4.50 | 4.64 | 4.82 | 4.99 | 5.19 | 5.44 | 5.79 | 5.97 | 6.77 |
| | | | 区間速度 (m/s) | 6.68 | 8.06 | 7.78 | 7.54 | 7.26 | 7.01 | 6.74 | 6.43 | 6.04 | 5.86 | 5.91 |
| | | | 歩数 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 16 | 17 | 17 | |

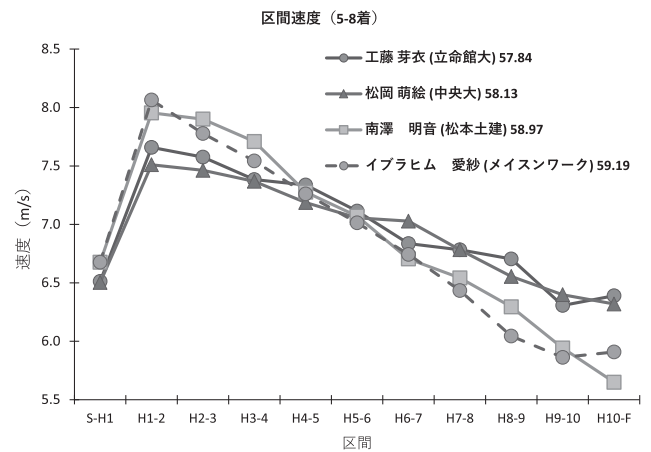
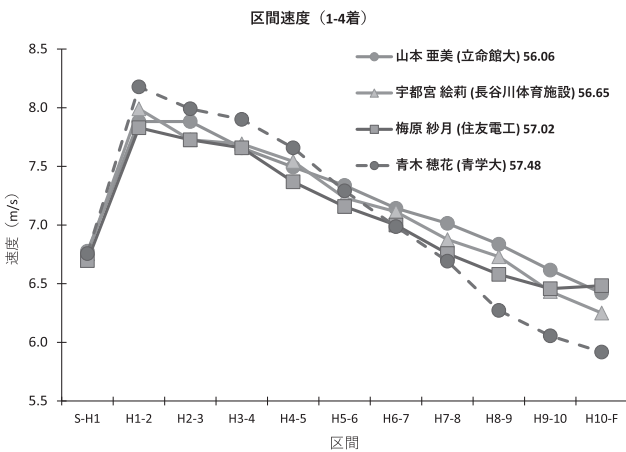


図 8 区間速度の変化 (日本選手権 女子 400mH 決勝)

表 11 2023.06.04 第 39 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 |
|--------|---------|---------|-------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| 平木 陽 | (大阪成蹊大) | 59.67 | 通過タイム (sec) | 6.71 | 11.29 | 15.95 | 20.74 | 25.64 | 30.88 | 36.17 | 41.54 | 47.18 | 53.02 | 59.67 |
| | | | 区間タイム (sec) | 6.71 | 4.58 | 4.66 | 4.79 | 4.90 | 5.24 | 5.29 | 5.37 | 5.64 | 5.84 | 6.65 |
| | | | 区間速度 (m/s) | 6.71 | 7.64 | 7.51 | 7.31 | 7.14 | 6.68 | 6.62 | 6.52 | 6.21 | 5.99 | 6.02 |
| | | | 歩数 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 17 | 17 | 17 | 18 | 18 | |
| 志水 芹菜 | (市立船橋高) | 59.84 | 通過タイム (sec) | 6.91 | 11.56 | 16.30 | 21.22 | 26.26 | 31.43 | 36.75 | 42.14 | 47.71 | 53.57 | 59.84 |
| | | | 区間タイム (sec) | 6.91 | 4.65 | 4.74 | 4.92 | 5.04 | 5.17 | 5.32 | 5.39 | 5.57 | 5.86 | 6.27 |
| | | | 区間速度 (m/s) | 6.51 | 7.53 | 7.38 | 7.11 | 6.94 | 6.77 | 6.58 | 6.49 | 6.28 | 5.97 | 6.38 |
| | | | 歩数 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 19 | |
| 塚本 萌乃 | (日本体育大) | 59.85 | 通過タイム (sec) | 6.84 | 11.31 | 15.93 | 20.67 | 25.64 | 30.80 | 36.09 | 41.52 | 47.18 | 53.14 | 59.85 |
| | | | 区間タイム (sec) | 6.84 | 4.47 | 4.62 | 4.74 | 4.97 | 5.16 | 5.29 | 5.43 | 5.66 | 5.96 | 6.71 |
| | | | 区間速度 (m/s) | 6.58 | 7.83 | 7.58 | 7.38 | 7.04 | 6.78 | 6.62 | 6.45 | 6.18 | 5.87 | 5.96 |
| | | | 歩数 | 16 | 16 | 17 | 17 | 17 | 18 | 18 | 19 | 20 | | |
| 小笠原 光咲 | (福岡大) | 59.88 | 通過タイム (sec) | 7.04 | 11.63 | 16.38 | 21.27 | 26.29 | 31.51 | 36.77 | 42.26 | 47.91 | 53.62 | 59.88 |
| | | | 区間タイム (sec) | 7.04 | 4.59 | 4.75 | 4.89 | 5.02 | 5.22 | 5.26 | 5.49 | 5.65 | 5.71 | 6.26 |
| | | | 区間速度 (m/s) | 6.39 | 7.63 | 7.37 | 7.16 | 6.97 | 6.70 | 6.65 | 6.38 | 6.19 | 6.13 | 6.39 |
| | | | 歩数 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 17 | 17 | 18 | 18 | 18 | |
| 和佐田 真広 | (中京大) | 1:00.13 | 通過タイム (sec) | 7.06 | 11.75 | 16.42 | 21.22 | 26.14 | 31.40 | 36.84 | 42.26 | 47.90 | 53.64 | 1:00.13 |
| | | | 区間タイム (sec) | 7.06 | 4.69 | 4.67 | 4.80 | 4.92 | 5.26 | 5.44 | 5.42 | 5.64 | 5.74 | 6.49 |
| | | | 区間速度 (m/s) | 6.37 | 7.46 | 7.49 | 7.29 | 7.11 | 6.65 | 6.43 | 6.46 | 6.21 | 6.10 | 6.16 |
| | | | 歩数 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 17 | 18 | 18 | 19 | 19 | |
| 中島 明香 | (中京大) | 1:00.43 | 通過タイム (sec) | 6.87 | 11.58 | 16.30 | 21.12 | 26.13 | 31.38 | 36.79 | 42.24 | 47.98 | 54.00 | 1:00.43 |
| | | | 区間タイム (sec) | 6.87 | 4.71 | 4.72 | 4.82 | 5.01 | 5.25 | 5.41 | 5.45 | 5.74 | 6.02 | 6.43 |
| | | | 区間速度 (m/s) | 6.55 | 7.43 | 7.42 | 7.26 | 6.99 | 6.67 | 6.47 | 6.42 | 6.10 | 5.81 | 6.22 |
| | | | 歩数 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 18 | 18 | 18 | 19 | 20 | |
| 佐岡 沙都紀 | (滝川二高) | 1:01.35 | 通過タイム (sec) | 7.06 | 11.80 | 16.62 | 21.47 | 26.53 | 31.75 | 37.10 | 42.79 | 48.62 | 54.64 | 1:01.35 |
| | | | 区間タイム (sec) | 7.06 | 4.74 | 4.82 | 4.85 | 5.06 | 5.22 | 5.35 | 5.69 | 5.83 | 6.02 | 6.71 |
| | | | 区間速度 (m/s) | 6.37 | 7.38 | 7.26 | 7.22 | 6.92 | 6.70 | 6.54 | 6.15 | 6.00 | 5.81 | 5.96 |
| | | | 歩数 | 16 | 16 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 18 | 18 | 19 | |
| 夏目 紗彩 | (日本体育大) | 1:02.25 | 通過タイム (sec) | 6.99 | 11.61 | 16.37 | 21.24 | 26.24 | 31.45 | 37.05 | 42.88 | 48.97 | 55.21 | 1:02.25 |
| | | | 区間タイム (sec) | 6.99 | 4.62 | 4.76 | 4.87 | 5.00 | 5.21 | 5.60 | 5.83 | 6.09 | 6.24 | 7.04 |
| | | | 区間速度 (m/s) | 6.44 | 7.58 | 7.35 | 7.19 | 7.00 | 6.72 | 6.25 | 6.00 | 5.75 | 5.61 | 5.68 |
| | | | 歩数 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 19 | 19 | 19 | 19 | |

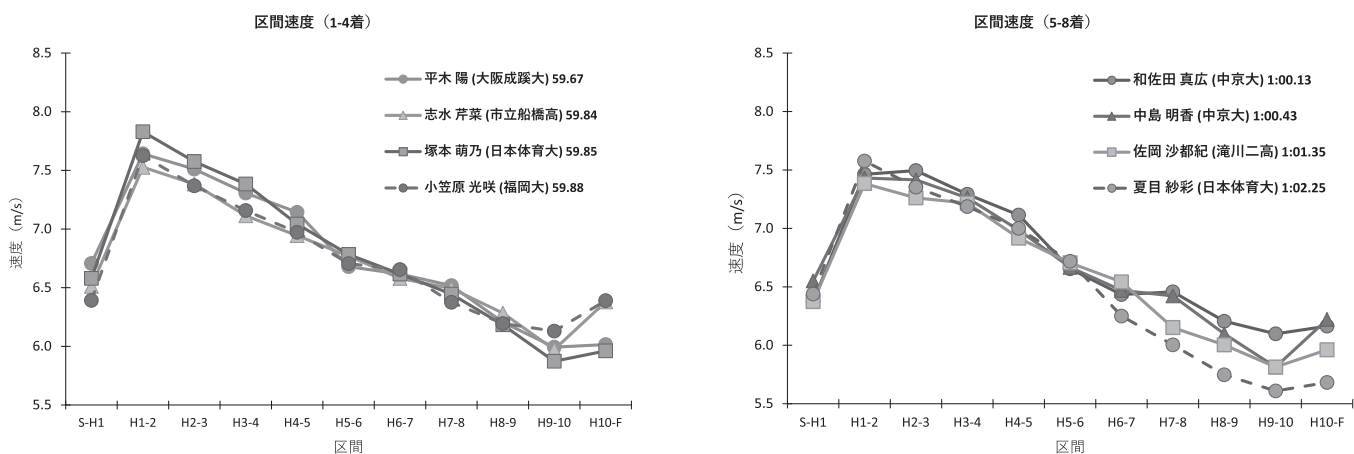


図 9 区間速度の変化 (U20 日本選手権 女子 400mH 決勝)

男子高校生アスリートとシニアアスリートの 3000mSC における障害通過スピードの変化

丹治 史弥¹⁾ 関 慶太郎²⁾ 土橋 康平³⁾

1) 東海大学 2) 日本大学 3) 北海道教育大学旭川校

1. 目的

男子 3000 m 障害（以下 3000mSC）は、我が国の長距離種目の中でも非常に選手の成長が著しい種目である。ブタペスト 2023 世界陸上競技選手権大会には 3 名（三浦龍司選手、青木涼真選手および砂田晟弥選手）が日本代表選手となった。また、全国高校総体では永原颯磨選手（佐久長聖高）が高校新記録となる 8:32.12 を樹立した。

3000mSC は高いスピードで走行を維持する能力に加えて、障害物を無駄なく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これまでにシニアカテゴリーの選手を対象にレース中の障害通過スピードの変化を報告している（丹治ほか、2022）。しかし、高校生選手を対象としたレース中の障害通過スピードの変化については分析してこなかった。3000mSC の種目配置は高校生カテゴリーの大会からであり、高校生アスリートの出場経験も多くはない。障害物の高さ（91.4 cm）が変わらないものの、シニアカテゴリーの選手と高校生カテゴリーの選手では障害物通過時の走スピードの変化も異なる可能性がある。これらのカテゴリーの選手で障害通過スピードを比較することで、障害物通過技術の獲得をする際の知見となるだろう。そこで本報告では、2023 年度に実施された全国高校総体と日本陸上競技選手権大会の男子 3000mSC 決勝における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明らかにする。

2. 方法

2-1. 対象競技会

対象競技会は、第 76 回全国高等学校陸上競技対校選手権大会（札幌市厚別公園競技場、北海道；以下 IH）および第 107 回日本陸上競技選手権大会（ヤンマースタジアム長居、大阪；以下、NCA）で

あった。それぞれの決勝開催日は 2023 年 8 月 6 日および 6 月 2 日であった。

2-2. 分析対象選手

IH および NCA における上位 7 名を分析対象とした。それぞれの大会における分析対象選手のフィニッシュタイムおよびフィニッシュタイムから換算されるレース中の平均走スピード（m/s）は表 1 および表 2 に示す通りであった。

2-3. 撮影方法

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）を三脚に固定して用いた。ハイスピードカメラはフィールドを

表 1. 全国高校総体男子 3000mSC の分析対象選手

| 順位 | 競技者名 | 所属 | 記録 | 平均走スピード (m/s) |
|----|--------|-------|---------|------------------|
| 1 | 永原 颯磨 | 佐久長聖 | 8:32.12 | 5.86 |
| 2 | 黒田 然 | 玉野光南 | 8:40.71 | 5.76 |
| 3 | 遠藤 大成 | 佐久長聖 | 8:45.47 | 5.71 |
| 4 | 辻本 桜寿 | 浜松開誠館 | 8:46.85 | 5.69 |
| 5 | キブゲノケネ | 札幌山の手 | 8:47.34 | 5.69 |
| 6 | 小野 真忠 | 仙台育英 | 8:53.67 | 5.62 |
| 7 | 杉本 憲亮 | 高田 | 8:54.09 | 5.62 |

表 2. 日本陸上競技選手権大会男子 3000mSC の分析対象選手

| 順位 | 競技者名 | 所属 | 記録 | 平均走スピード (m/s) |
|----|--------|-------|---------|------------------|
| 1 | 三浦 龍司 | 順天堂大 | 8:14.47 | 6.06 |
| 2 | 砂田 晟弥 | プリア工業 | 8:20.09 | 6.00 |
| 3 | 菖蒲 敦司 | 早稲田大 | 8:23.29 | 5.96 |
| 4 | 小原 響 | 青学大 | 8:25.70 | 5.93 |
| 5 | 濱滝 大記 | 富士通 | 8:26.61 | 5.92 |
| 6 | 新家 裕太郎 | 愛三工業 | 8:31.02 | 5.87 |
| 7 | 青木 涼真 | Honda | 8:35.58 | 5.82 |

挟んだ反対側の競技場スタンド（ホームストレートのスタンド）に設置した．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

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．0 m 地点を障害物とし，障害物手前の位置を負 (-)，障害物後の位置を正 (+) の値で示した．フレーム数と撮影速度から区間ごとのスピード (m/s) を算出した．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．それぞれの大会における分析対象選手のすべての周回の障害通過時の区間スピードから IH および NCA の選手の障害通過区間スピードの平均値（±標準偏差）を算出した．なお，本報告では障害への足掛けの有無は区別しなかった．

3. 結果および考察

IH および NCA の選手における各周回の障害通過時の区間スピードの変化をそれぞれ図 1 および図 2 に示した．IH および NCA の選手における 7 回の障害通過時の区間スピードの変化（灰色実線）およびその平均値（黒実線）を選手ごとに集約し，図 3 および図 4 に示した．なお，図 3 および図 4 における黒色破線は各選手のフィニッシュタイムから換算されるレース中の平均走スピードである．したがって，区間スピードが黒色破線よりも高値であれば，その区間は平均走スピードを増加させていることを示している．加えて，それぞれの大会における分析対象選手のすべての周回の障害通過時の区間スピードの平均値（±標準偏差）を図 5 に示した．こちらもそれぞれの破線はレース中の平均走スピードを示している．

-4m ~ -2m 区間に IH と NCA は同等の区間スピードを示しているが，それまでの区間スピードの変化およびその後の区間スピードの変化は大きく異なった．IH の選手と NCA の選手の大きな差異として，IH の選手は 1) -10m ~ -8m 区間スピードがレー

ス中の平均走スピードよりも低く，その後 -4m ~ -2m 区間までに加速している，2) -2m ~ 0m 区間スピードの低下が大きい，ことが認められた．つまり，IH の選手は障害の手前 10m までにレース中の平均走スピードよりも低下し，その後障害物の手前 2m までに加速していることが示された．一方，NCA の選手は -10m ~ -8m 区間スピードがレース中の平均走スピードと同等であり，その後 -8m ~ -6m 区間に加速，-4m ~ -2m 区間まで徐々に減速させていた．推測の域を出ないが，IH の選手の -10m ~ -8m 区間の走スピードの低下は障害物を通過する際の踏切位置の調整のために必要な手段であったかもしれない．また，その後の障害物 2m 手前までの走スピードの増加によって障害物を通過する際の踏切位置の最終調整をしているのであれば，IH の選手は NCA の選手に比べて障害物に近い位置で調整している可能性がある．一方で，NCA の選手はレース中の平均走スピードから低下させずに -8m ~ -6m 区間に増加させることで踏切位置を調整できていると言える．障害物の手前 10m の区間において走スピードを低下させずに踏切位置を調整する能力は走スピードの増大レース中の平均走スピードや障害物の通過スピードを増加させるために必要な技術であるかもしれない．

IH の選手は障害物を通過する際（-2m ~ 0m 区間）に走スピードを大きく低下させており，その低下が 2 区間（4m）にわたって続いていた．NCA の選手は -2m ~ 0m 区間，0m ~ +2m 区間に走スピードを低下させているが，その低下は IH の選手よりも小さかった．表 3 および表 4 は IH および NCA の選手における Max, Min, Diff および Ave の平均値±標準偏差を示している．IH の選手の Diff は 1.00 m/s 以上であり，障害物を通過時の大きな走スピードの低下が認められた．一方，多くの NCA の選手の Diff は 1.00 m/s 以下であり，障害物を通過時の走スピードの低下が IH の選手に比べて小さいことが明らかとなった．本研究では身体重心の変化や踏切位置を調査していないため，こちらも推測の域を出ないが，障害物通過時の IH の選手の大きな走スピードの低下は必要以上に上方向に飛んでいる可能性がある．障害物の遠くから踏切をする技術が求められるかもしれない．

これらの通常障害の通過スピードの特徴はカテゴリーによって障害物通過技術に差がある可能性が高い．例えば，IH で優勝した永原選手と NCA で 6 位であった新家選手（愛三工業）のレース中の平均走スピードはほぼ同等（それぞれ 5.86 m/s お

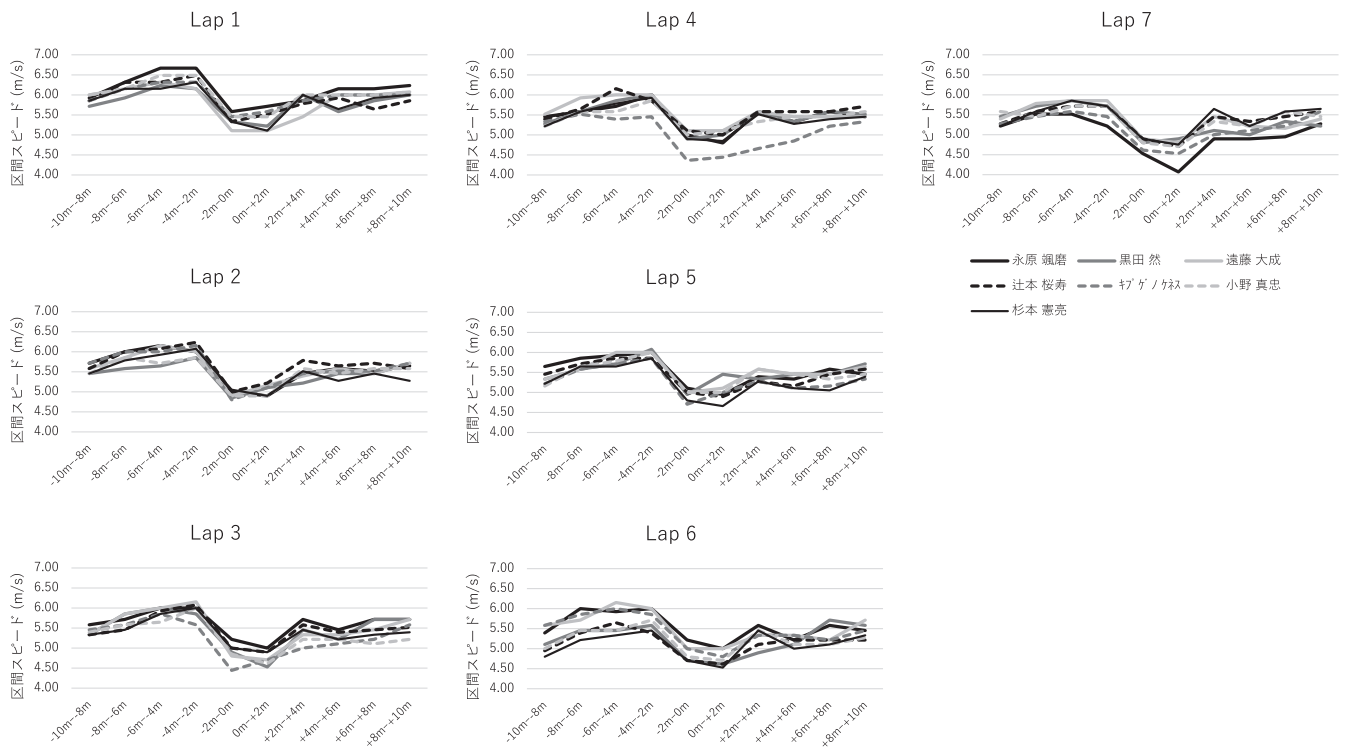


図 1. IH 選手の周回ごとの障害通過時の走スピードの変化

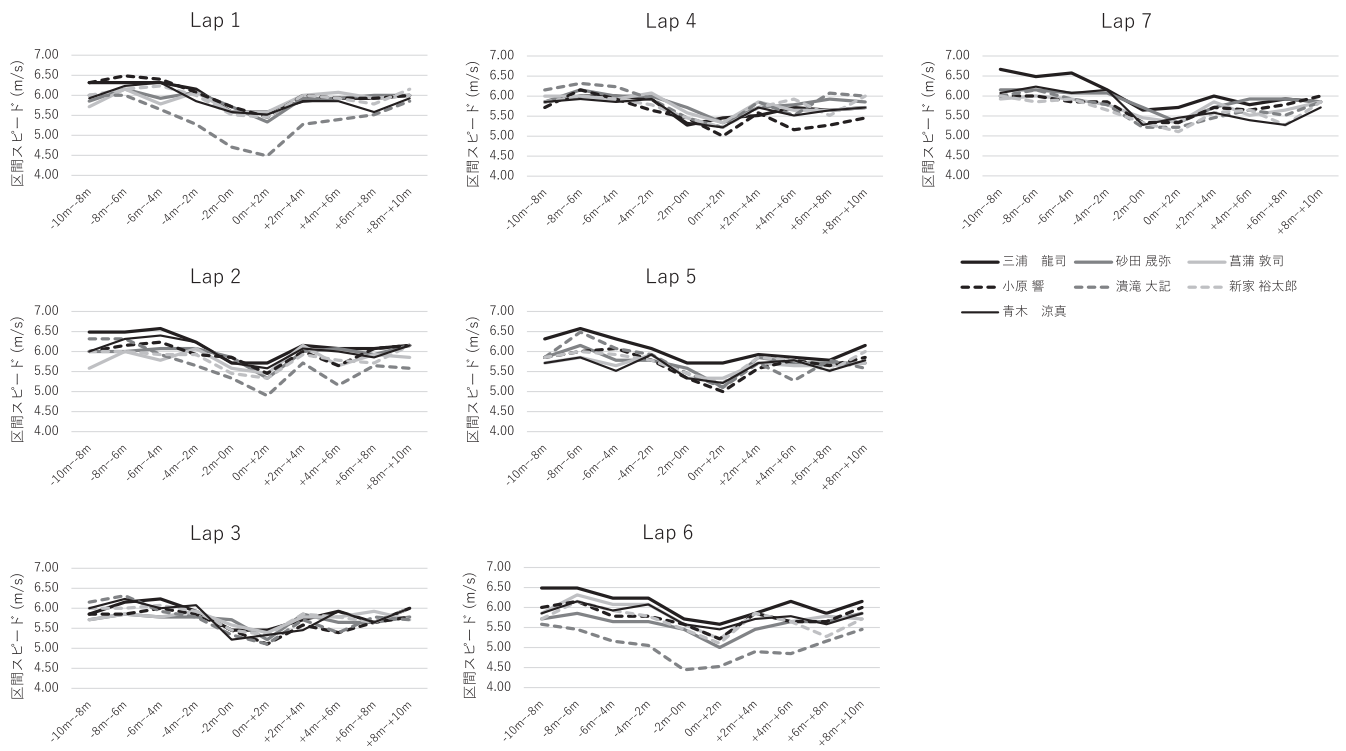


図 2. NCA 選手の周回ごとの障害通過時の走スピードの変化

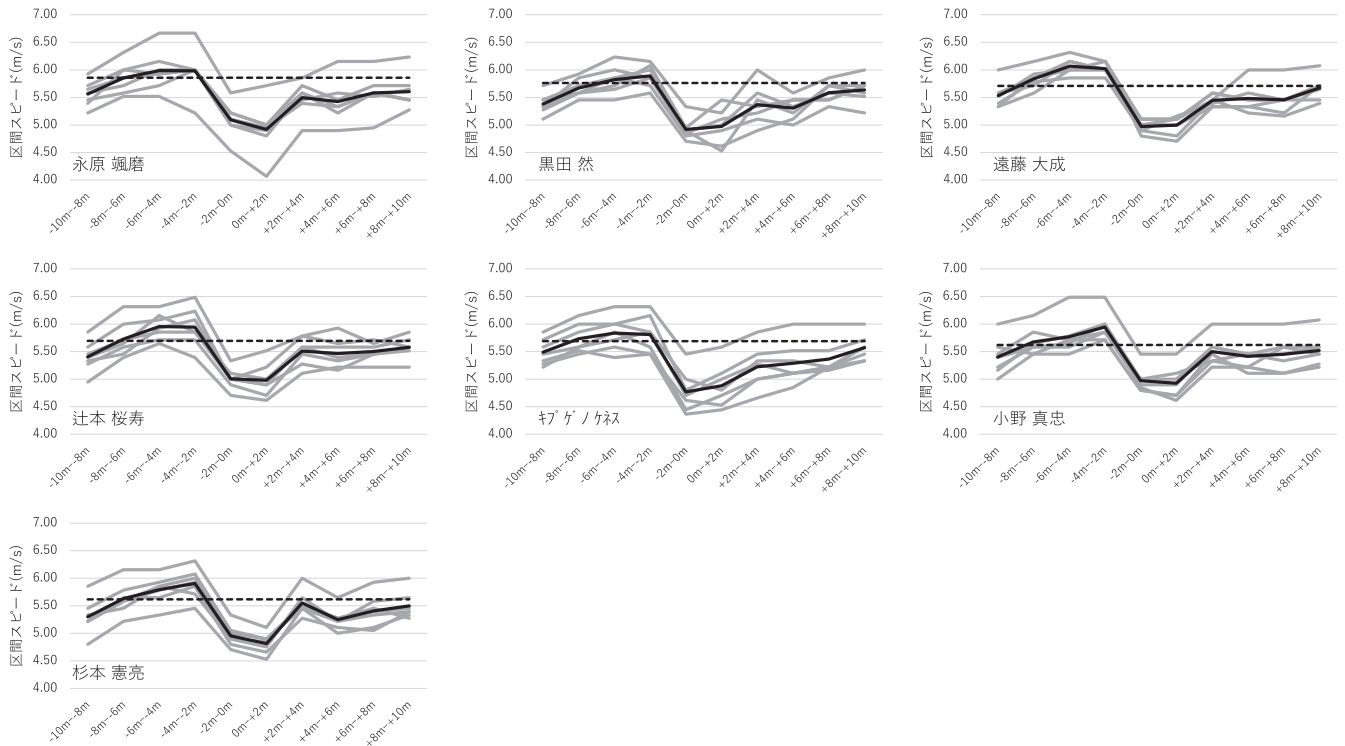


図 3. IJF 選手の選手ごとの障害通過時の走スピードの変化

Notes: 灰色実線, 周回ごとの通過スピード; 黒色実線, 平均通過スピード; 黒色破線, レース中の平均走スピード

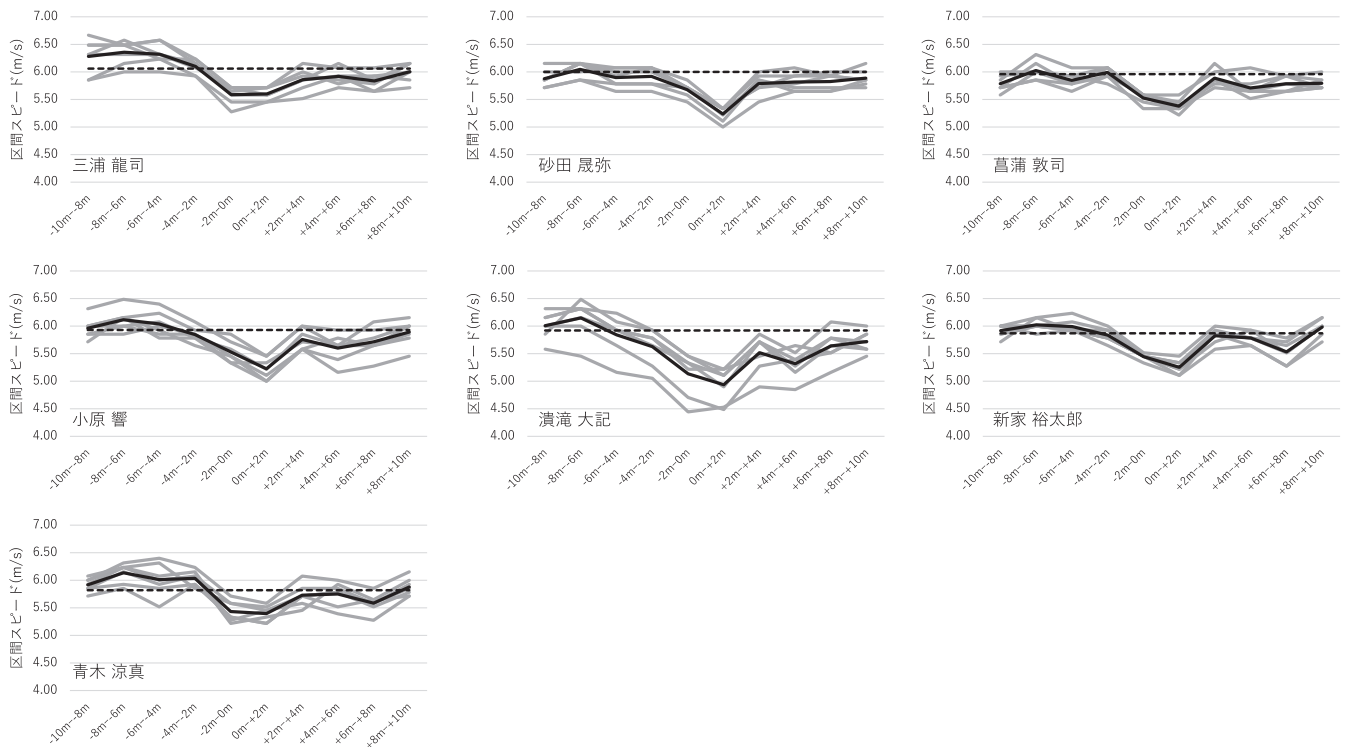


図 4. NCA 選手の選手ごとの障害通過時の走スピードの変化

Notes: 灰色実線, 周回ごとの通過スピード; 黒色実線, 平均通過スピード; 黒色破線, レース中の平均走スピード

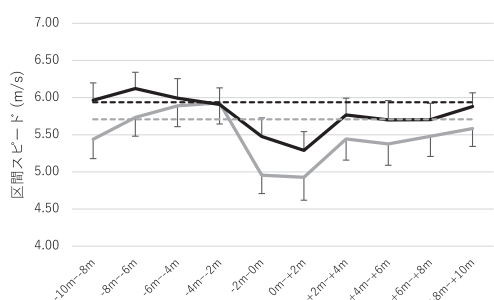


図 5. IH 選手と NCA 選手の障害通過時の走スピードの変化

Notes: 灰色実線, IH 選手の走スピードの平均値; 灰色破線, IH 選手のレース中の平均走スピードの平均値; 黒色実線, NCA 選手の走スピードの平均値; 黒色破線, NCA 選手のレース中の平均走スピードの平均値

よび 5.87 m/s) であるが, やはり永原選手は -10m ~ -8m 区間スピードがレース中の平均走スピードよりも低いかつ -4m ~ -2m 区間までに加速しており, -2m ~ 0m 区間スピードの低下が大きい. 一方, 新家選手は -10m ~ -8m 区間スピードがレース中の平均走スピードと同等で, -2m ~ 0m 区間スピードの低下が小さい. その結果, 障害通過前後 10m 区間の走スピード (Ave) は永原選手で 5.55 ± 0.33 m/s, 新家選手で 5.76 ± 0.10 m/s であった. つまり永原選手は障害のない区間で走スピードを大きく高め, レース中の平均走スピードを増加させていると考えられる. このような大きな走スピードの加減速は体力の消耗が激しいことから, なるべく加減速の少ない障害通過技術が要求される. IH の選手がさらにパフォーマンスを高めていくためには, NCA の選手のような障害通過技術の獲得が課題となるだろう.

4. まとめ

本報告では, 2023 年度に実施された IH と NCA における男子 3000mSC 決勝の上位 7 名を対象に通常障害前後 10m の走スピードを 2m 区間ごとに分析し, スピードの変化の特徴について明らかにした. その結果, IH の選手の特徴として, -10m ~ -8m 区間スピードがレース中の平均走スピードよりも低く, その後 -4m ~ -2m 区間までに加速していること, -2m ~ 0m 区間スピードの低下が大きいことが認められた. NCA の選手の特徴として, -10m ~ -8m 区間スピードがレース中の平均走スピードと同等であ

表 3. 全国高校総体男子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) の平均値 (\pm SD)

| 選手 | Max | Min | Diff | Ave |
|------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 永原 | 6.05 ± 0.34 | 4.90 ± 0.45 | 1.15 ± 0.16 | 5.55 ± 0.33 |
| 黒田 | 5.96 ± 0.17 | 4.84 ± 0.23 | 1.13 ± 0.16 | 5.46 ± 0.18 |
| 遠藤 | 6.09 ± 0.15 | 4.95 ± 0.15 | 1.14 ± 0.18 | 5.55 ± 0.14 |
| 辻本 | 6.02 ± 0.30 | 4.92 ± 0.23 | 1.10 ± 0.10 | 5.51 ± 0.24 |
| キヅゲノ | 5.90 ± 0.29 | 4.73 ± 0.36 | 1.17 ± 0.18 | 5.40 ± 0.30 |
| 小野 | 5.95 ± 0.27 | 4.91 ± 0.28 | 1.03 ± 0.17 | 5.46 ± 0.26 |
| 杉本 | 5.93 ± 0.26 | 4.81 ± 0.19 | 1.11 ± 0.10 | 5.41 ± 0.23 |

表 4. 日本陸上競技選手権大会男子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) の平均値 (\pm SD)

| 選手 | Max | Min | Diff | Ave |
|----|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 三浦 | 6.41 ± 0.24 | 5.57 ± 0.16 | 0.84 ± 0.10 | 5.99 ± 0.16 |
| 砂田 | 6.07 ± 0.15 | 5.24 ± 0.14 | 0.83 ± 0.12 | 5.80 ± 0.13 |
| 菖蒲 | 6.08 ± 0.14 | 5.38 ± 0.11 | 0.70 ± 0.19 | 5.77 ± 0.07 |
| 小原 | 6.16 ± 0.17 | 5.22 ± 0.20 | 0.93 ± 0.17 | 5.77 ± 0.17 |
| 濱滝 | 6.17 ± 0.30 | 4.93 ± 0.33 | 1.24 ± 0.20 | 5.59 ± 0.27 |
| 新家 | 6.09 ± 0.09 | 5.25 ± 0.13 | 0.84 ± 0.10 | 5.76 ± 0.10 |
| 青木 | 6.17 ± 0.18 | 5.35 ± 0.16 | 0.82 ± 0.13 | 5.79 ± 0.13 |

り, その後 -8m ~ -6m 区間に加速していること, -2m ~ 0m 区間スピードの低下が小さいことが認められた. つまり, シニアカテゴリーの選手は加減速の少ない障害通過技術を獲得しており, 高校生カテゴリーの選手たちは 3000mSC のパフォーマンスを高めるためにそれらの技術が参考となる可能性がある.

参考文献

丹治史弥, 関慶太郎, 松林武生, 高橋恭平, 山中亮, 大沼勇人, 小林海. (2022) 第 106 回日本選手権大会男女 3000 m 障害における障害クリアランス速度分析. 陸上競技研究紀要, 18: 175-182.

2023年日本選手権男女棒高跳決勝の上位入賞者の 跳躍および踏切に関するキネマティクス変数

景行 崇文¹⁾ 高松 潤二²⁾ 柴田 篤志³⁾ 荻山 靖⁴⁾ 小山 宏之⁵⁾

1) 国立スポーツ科学センター 2) 流通経済大学 3) 新潟医療福祉大学 4) 山梨学院大学
5) 京都教育大学

1. はじめに

2023年度、諸田選手が2度も女子棒高跳の日本記録を更新する活躍をおさめ、国内における棒高跳への関心が高まっている様子が伺える。その一方、2023年世界選手権の優勝者と比較して、女子棒高跳の日本記録は約40cm低いことに加え、男子棒高跳は17年間も日本記録が更新されていない状況に鑑みると、依然として、男女ともに日本棒高跳界の競技レベルは世界と大きな差がある。

他方、競技会で行った日本一流棒高跳競技者の跳躍動作に関する分析は、2007年の武田ほか(2007)の報告以降見当たらない。日本棒高跳界が世界に近づく一歩として、日本人棒高跳競技者の現状を明らかにすることは重要であると考えられる。

そこで本報告では、男女の日本一流棒高跳競技者の基礎的な跳躍および踏切に関するキネマティクス変数を明らかにすることを目的とした。

2. 方法

分析対象者は、2023年日本陸上競技選手権大会の男女棒高跳決勝で1～3位に入賞した7名であり、分析試技は、各対象者の最終有効試技とした。なお、男子決勝では、無効試技が同数だったため、3位が2名いた。

跳躍の様子は、競技場の観客席上段に設置した2台のカメラ(GH-5sおよびGH-6, Panasonic社製; フレームレート120 fps, 露光時間1/1000 s)を用いて撮影した。2台のカメラは、踏切足接地(Touch-down, 以下「TD」と表記)時で同期した。ボックス奥の上縁中点を原点として、助走の進行方向をY軸の正方向、鉛直上向きをZ軸の正方向、Y軸とZ軸の外積をX軸の正方向と定義した(図1)。キャ

リブレーションは、X軸に5.0 m, Y軸に9.2 m, Z軸に7.0 mの範囲で行い(図1)、標準誤差の平均値はX軸で0.015 m, Y軸で0.010 m, Z軸で0.009 mだった。踏切2歩前からクリアランスまでを撮影し、動作解析ソフト(Frame-DIAS VI, Q's fix社製)を用いて、撮影した映像上の身体分析点23点を60Hzで手動デジタル化した。デジタル化した身体分析点の2次元座標値を用いて、3次元DLT法により、身体分析点の実空間上の3次元座標値を算出した。残差分析法(Winter, 1980)によって最適遮断周波数(3.72 - 6.24Hz)を決定し、4次のButterworth型ローパスフィルターを用いて、身体分析点の3次元座標値を平滑化した。平滑化した3次元座標値および阿江(1996)の身体部分慣性係数を用いて、対象者の身体を頭部・体幹・左右の上腕・前腕・手・大腿・下腿・足からなるリンクセグメントモデルにモデル化することで、跳躍動作を分析した。なお、本測定は、科学研究費助成事業(研究課題: 21K21276)の一部として実施した。

先行研究(景行ほか, 2020; 高松, 1998; 武田ほか, 2006; 武田ほか; 2007)に基づき、跳躍に関するキネマティクス変数として、以下の変数を算出した(図2a)。

- ①最大重心高: 身体重心の座標値Z成分の最大値を、最大重心高と定義した(図2a)。
- ②グリップ高: 突っ込みからポールリリースまでにおけるボックス最下点の中央から、上グリップ側の第3中手骨頭までの距離をポール弦長とし、ポール突っ込み時のポール弦長をグリップ高と定義した(図2a)。
- ③ポール湾曲量: グリップ高からポール弦長を差し引いた長さをポール湾曲量と定義し、その最大値をポール最大湾曲量と定義した。
- ④ポール湾曲率: グリップ高に対するポール湾曲

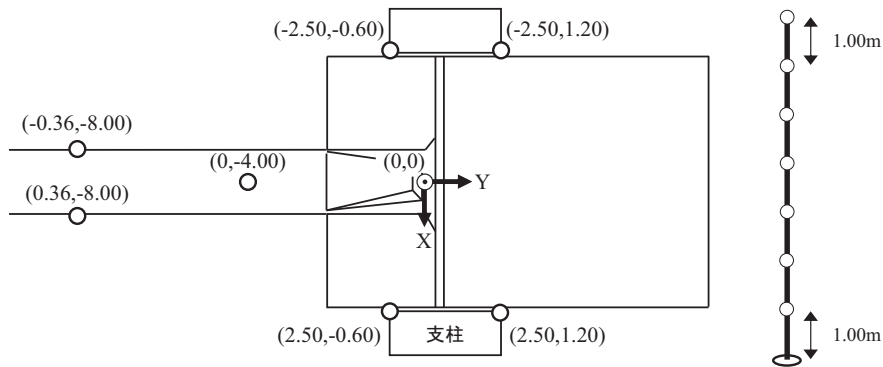


図1 キャリブレーションのコントロールボリューム

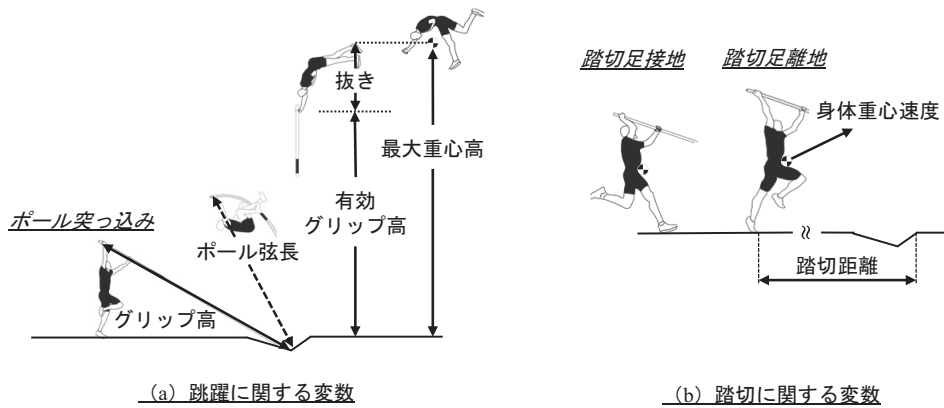


図2 跳躍および踏切に関するキネマティクス変数

量をポール湾曲率と定義し、以下の式より算出した。加えて、ポール湾曲率の最大値をポール最大湾曲率と定義した。

$$\text{ポール湾曲率} = \frac{\text{ポール湾曲量}}{\text{グリップ高}} \times 100$$

- ⑤ 身体重心の最大鉛直速度：身体重心の座標値を時間微分することで、身体重心速度を算出し、身体重心速度 Z 成分の最大値を最大鉛直速度と定義した。
- ⑥ 抜き：グリップ高からボックスの深さ 0.2m を差し引いた距離を有効グリップ高とし、最大重心高から有効グリップ高を差し引いた高さを抜きと定義した (図 2a)。

同様に、踏切に関するキネマティクス変数として、以下の変数を算出した (図 2b)。

- ⑦ TD 時および踏切足離地 (Take-off, 以下「TO」と表記) 時の身体重心速度：TD 時および TO 時における身体重心速度を抽出した (図 2b)。
- ⑧ TD 時から TO 時まで (以下、「踏切局面」と表記) における身体重心速度変化量：TO 時の身体重心速度から、TD 時の身体重心速度を差し引くことで、踏切局面における身体重心速度変化量を算出した。
- ⑨ 踏切距離：TO 時における踏切足側つま先の Y

座標を踏切距離と定義した (図 2b)。

3. 結果

図 3 には、男子棒高跳決勝で上位入賞した 4 名が行った跳躍動作のスティックピクチャーを示した。3 位の石川選手のみ左手が上グリップとなる姿勢で跳躍し、他の 3 名は右手が上グリップとなる姿勢で跳躍した。

図 4 には、男子棒高跳決勝で優勝した柄澤選手のポール湾曲率の経時変化を示した。ポール湾曲率は、山なりの軌跡を描いた。

同様に、図 4 には、男子棒高跳決勝で優勝した柄澤選手の身体重心速度の経時変化を示した。身体重心速度 Y 成分は、TD 時からポールが最大に湾曲するまで減少し続け、ポールが最大に湾曲した後は、速度が維持された。身体重心速度 Z 成分は、踏切局面で大きく増加し、TO 後一時的に増加が緩やかになった。その後、ポールが最大に湾曲する直前で再度大きく増加し、ポールが完全に復元する付近で身体重心速度 Z 成分は最大値を迎えた。身体重心速度 X 成分は、他の 2 成分と比較して、緩やかな変化を示した。

他の 3 名についても、柄澤選手と同様の身体重心

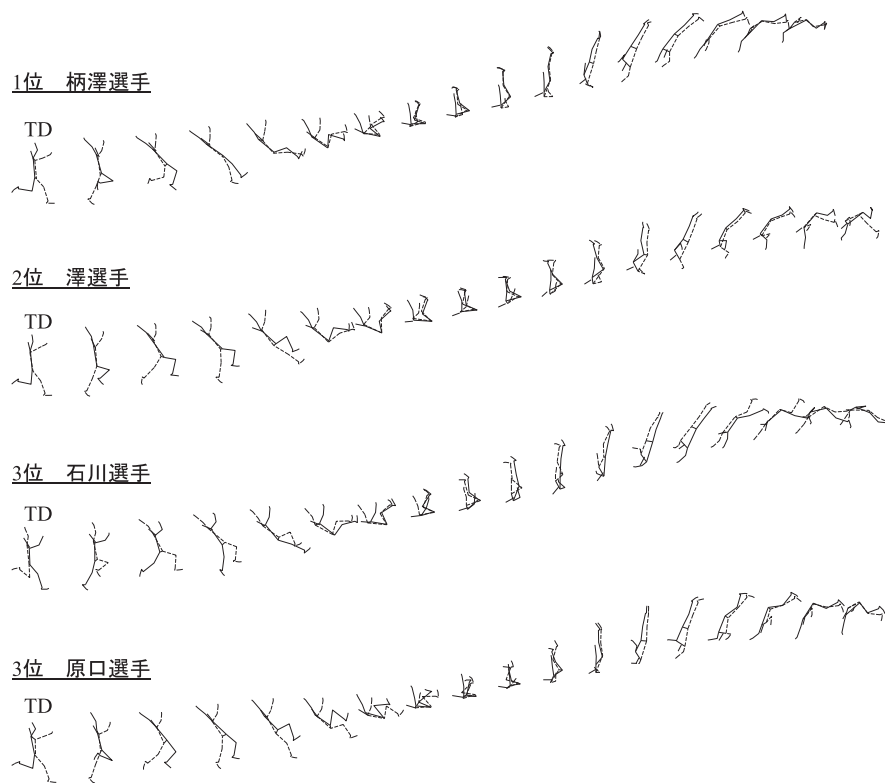


図3 日本一流男性棒高跳競技者の跳躍動作
TD時を基準にして、0.1s ごとのスティックピクチャーを図示
実線は右半身，破線は左半身

速度およびポール湾曲率の経時変化を示した。

表1には、男子棒高跳決勝で上位入賞した4名の公式記録と跳躍に関するキネマティクス変数を示した。柄澤選手は、対象者の中で最も高い最大重心高を記録した。加えて、対象者の中で柄澤選手は、グリップ高が最も低かったのに対し、抜きは最も高かった。一方、石川選手は、対象者の中でポール最大湾曲量が最も大きく、ポール最大湾曲率が最も高かった。

表2には、男子棒高跳決勝で上位入賞した4名の踏切に関するキネマティクス変数を示した。対象者の中で石川選手は、TD時およびT0時の身体重心速度Y成分が最も大きく、踏切局面における身体重心速度Y成分の変化量が最も小さかった。一方、柄澤選手の踏切距離は、対象者の中で最も短かった。

図5には、女子棒高跳決勝で上位入賞した3名が行った跳躍動作のスティックピクチャーを示した。3名とも、右手が上グリップとなる姿勢で跳躍した。

図6には、女子棒高跳決勝で優勝した諸田選手の身体重心速度およびポール湾曲率の経時変化を示した。女性競技者についても、男性競技者と同様の身体重心速度およびポール湾曲率の経時変化を示した。

表3には、女子棒高跳決勝で上位入賞した3名の

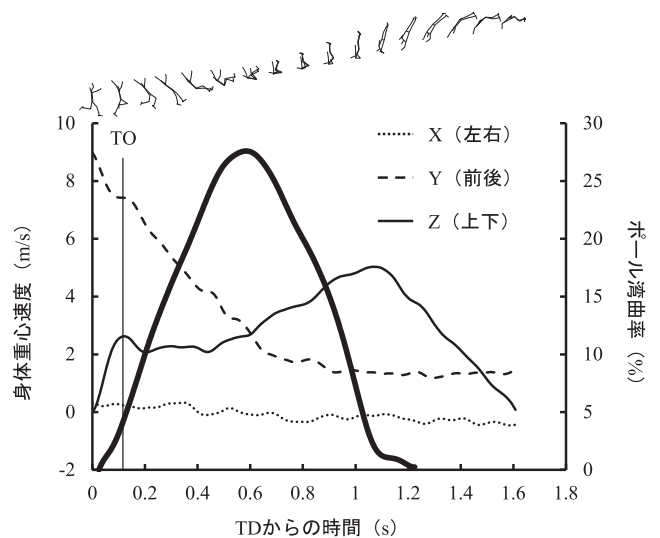


図4 柄澤選手の身体重心速度およびポール湾曲率の経時変化

細線：身体重心速度の経時変化，太線：ポール湾曲率の経時変化

公式記録と跳躍に関するキネマティクス変数を示した。諸田選手は、対象者の中で最も高い最大重心高を記録した。加えて、諸田選手は対象者の中で、グリップ高が最も高く、ポール最大湾曲量が最も大きかった。

表4には、女子棒高跳決勝で上位入賞した3名の

表1 日本一流男性棒高跳競技者の公式記録と跳躍に関するキネマティクス変数

| 競技者 | 公式記録 (m) | 最大重心高 (m) | グリップ高 (m) | ポール最大湾曲量 (m) | ポール最大湾曲率 (%) | 身体重心 最大鉛直速度 (m/s) | 抜き (m) |
|---------|-------------|--------------|--------------|-----------------|-----------------|-------------------------|-----------|
| 1位 柄澤選手 | 5.41 | 5.67 | 4.75 | 1.31 | 27.59 | 5.03 | 1.12 |
| 2位 澤選手 | 5.41 | 5.55 | 4.90 | 1.44 | 29.47 | 4.58 | 0.86 |
| 3位 石川選手 | 5.31 | 5.60 | 4.81 | 1.61 | 33.44 | 4.87 | 0.99 |
| 3位 原口選手 | 5.31 | 5.49 | 4.78 | 1.31 | 27.44 | 4.54 | 0.90 |

表2 日本一流男性棒高跳競技者の踏切に関するキネマティクス変数

| 競技者 | TD時における 身体重心速度 Y成分 (m/s) | TO時における 身体重心速度 Y成分 (m/s) | 踏切局面における 身体重心速度の Y成分変化量 (m/s) | 踏切距離 (m) |
|---------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|-------------|
| 1位 柄澤選手 | 8.98 | 7.42 | -1.56 | 3.77 |
| 2位 澤選手 | 9.00 | 7.46 | -1.53 | 4.09 |
| 3位 石川選手 | 9.45 | 7.95 | -1.50 | 4.34 |
| 3位 原口選手 | 8.98 | 7.20 | -1.78 | 4.02 |

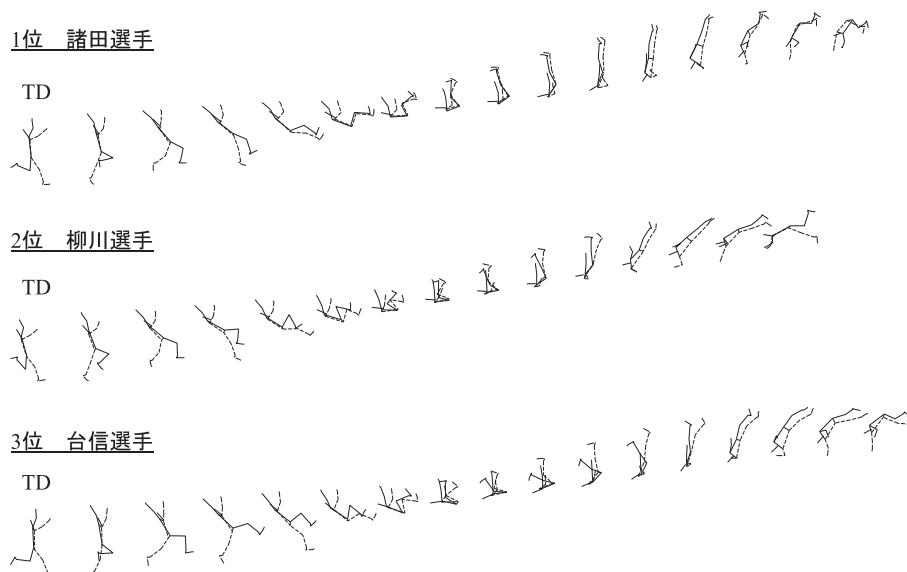


図5 日本一流女性棒高跳競技者の跳躍動作
TD時を基準にして、0.1s ごとのスティックピクチャーを図示
実線は右半身，破線は左半身

踏切に関するキネマティクス変数を示した。対象者の中で諸田選手は、踏切局面における身体重心速度Y成分の変化量が最も小さく、踏切距離が最も遠かった。

4. 考察

棒高跳は、ポールを用いて跳び越えたバーの高さを争う種目であるため、身体を高く上昇させること

は、パフォーマンスの高低に強く影響する。そこで、以下では、棒高跳の最大重心高と強く関係する変数について、先行研究を踏まえながら男女に分けて考察する。

4.1 男性競技者について

Schade et al. (2004) は、オリンピック競技大会の男子棒高跳決勝の試技を分析し、決勝進出者の最大重心高が 5.93 ± 0.09 m (5.77 - 6.05 m)、グ

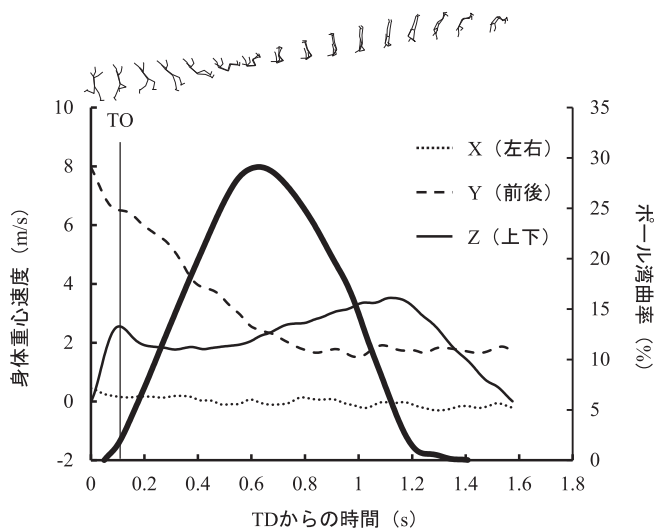


図6 諸田選手の身体重心速度およびポール湾曲率の経時変化
細線：身体重心速度の経時変化，太線：ポール湾曲率の経時変化

リップ高が 5.00 ± 0.07 m (4.85 - 5.10 m)，ポール最大湾曲量が 1.40 ± 0.15 m (1.28 - 1.76 m)，ポール最大湾曲率が 28.0 ± 2.80 % (25.5-34.5 %)，抜きが 1.13 ± 0.05 m (1.05 - 1.21 m) だったことを報告している。そこで表1を見ると，日本一流男性棒高跳競技者の4名は，世界一流男性棒高跳競技者と同程度のポール最大湾曲量およびポール最大湾曲率を記録した(表1)。特に，石川選手はポール最大湾曲量が1.61 mを記録し，世界一流男性棒高跳競技者と比較しても，大きくポールが湾曲した(表1)。加えて，澤選手のリップ高(4.90m)や，柄澤選手の抜き(1.12m)も世界一流男性棒高跳競技

者と同程度であり，日本一流男性棒高跳競技者は世界一流レベルの能力を要していることが分かる(表1)。

一方，対象者の中で澤選手は最も抜きが低く，柄澤選手はリップ高が最も低いことは注目すべき点である(表1)。すなわち，世界に近づくためには，リップ高は4.90m程度，抜きは1.10m程度を両立する必要があり，澤選手は抜きの向上が，柄澤選手はリップ高の向上が技術的な課題であることが逆説的に示唆された。

さらに，原口選手と石川選手はポール最大湾曲量が0.30m異なるにも関わらず，リップ高の差が0.03mと同程度であることも注目すべき点である(表1)。高松(1998)は，ポールを大きく湾曲させてポール伸展局面の身体重心鉛直速度が大きい“ポール反発型”と，あまりポールを湾曲させずにポール湾曲局面の身体重心鉛直速度が相対的に大きい“起こし回転型”の跳躍タイプを提案している。これを踏まえると，ポールを大きく曲げた跳躍をする石川選手はポール反発型，ポールの湾曲が対象者の中で最も小さい原口選手は起こし回転型に該当すると考えられる。ただし，高松(1998)は，ポール反発型の跳躍は，最大重心高を高くするには有効である一方，クリアランスの技術が難しくなること，起こし回転型の跳躍は，クリアランスを行いやすい一方，バー上の重心高が低くなる傾向にあることに言及している。すなわち，ポール反発型・起こし回転型ともに一長一短があることを理解した上で，両跳躍タイプの良い点を相補的に跳躍に組み込むことが，リップ高と抜きの向上を図る上で重要になる

表3 日本一流女性棒高跳競技者の公式記録と跳躍に関するキネマティクス変数

| 競技者 | 公式記録 (m) | 最大重心高 (m) | リップ高 (m) | ポール最大湾曲量 (m) | ポール最大湾曲率 (%) | 身体重心最大鉛直速度 (m/s) | 抜き (m) |
|---------|----------|-----------|----------|--------------|--------------|------------------|--------|
| 1位 諸田選手 | 4.20 | 4.42 | 4.18 | 1.22 | 29.10 | 3.52 | 0.43 |
| 2位 柳川選手 | 4.10 | 4.20 | 3.99 | 0.97 | 24.35 | 3.50 | 0.41 |
| 3位 台信選手 | 4.10 | 4.28 | 4.17 | 1.13 | 27.10 | 3.07 | 0.31 |

表4 日本一流女性棒高跳競技者の踏切に関するキネマティクス変数

| 競技者 | TD時における身体重心速度 Y成分 (m/s) | TO時における身体重心速度 Y成分 (m/s) | 踏切局面における身体重心速度の Y成分変化量 (m/s) | 踏切距離 (m) |
|---------|-------------------------|-------------------------|------------------------------|----------|
| 1位 諸田選手 | 7.96 | 6.50 | -1.46 | 3.41 |
| 2位 柳川選手 | 7.90 | 6.21 | -1.68 | 3.23 |
| 3位 台信選手 | 7.83 | 6.06 | -1.77 | 3.21 |

と考えられる。ただし、異なる跳躍タイプを取り入れることは、跳躍の破断を引き起こすリスクがあるため、十分な注意が必要となる。

他方、棒高跳は助走で獲得した運動エネルギーを、ポールを介して位置エネルギーへと変換する競技である(高松, 2003)。そのため、最大重心高が高いほど、ポールの湾曲が大きく、T0時の身体重心速度が高いことが報告されている(景行ほか, 2020; 武田ほか, 2006; 武田ほか, 2007)。すなわち、踏切に関するキネマティクス変数は、棒高跳のパフォーマンスに強く影響する。そこで、続いては、踏切に関する変数に着目する。

Gravestock and Bissas (2018a) は、2017年世界選手権の男子棒高跳決勝の動作を分析し、決勝進出者のT0時における身体重心合成速度が 8.31 ± 0.58 m/s (7.43 - 9.37m/s) であり、TD時における身体重心速度ベクトルと地面とがなす角度が $17 \pm 4^\circ$ ($14 - 24^\circ$) だったことを報告している。そこで、Gravestock and Bissas (2018a) の報告を基に筆者が計算したところ、2017年世界選手権の男子棒高跳決勝に進出した世界一流男性棒高跳競技者のT0時の身体重心速度Y成分は、 7.91 ± 0.64 m/s (6.98 - 9.05 m/s) だった。そこで表2を見ると、対象者の中で石川選手は、T0時の身体重心速度Y成分が 7.95 m/s と最も高く、世界一流男性棒高跳競技者の平均と同程度だった。このように、高い身体重心速度を保持して踏切れることが、石川選手が大きくポールを湾曲できる要因であると考えられる。

一方、柄澤選手・澤選手・原口選手は、石川選手と比較してT0時の身体重心速度Y成分が低かった(表2)。特に、柄澤選手は石川選手と比較して、TD時およびT0時の身体重心速度Y成分が約 0.5 m/s 低かったにも関わらず、記録した最大重心高は、柄澤選手が石川選手と比較して 0.07 m 高かったことは特筆すべき点である。先述の通り、棒高跳の跳躍では、ポールを介して、身体の運動エネルギーが位置エネルギーへと変換される。ただし、淵本ほか(1994) は、世界一流男性棒高跳競技者を対象にした場合、T0時における身体の運動エネルギーから最高点における身体の位置エネルギーへのエネルギー変換率と助走速度との間に有意な負の相関関係が認められたことを報告している。そして、その原因として、助走速度の増加に伴って、ポールがボックスにぶつかる際の衝撃が大きくなり運動エネルギーがロスすることや、T0後に競技者が発揮できるエネルギー(筋の能動的な仕事量)が低下することが考えられる(Arampatzis et al., 2004; 淵本, 1994)。すな

わち、柄澤選手は石川選手と比較して、身体の運動エネルギーを位置エネルギーへと変換する技術が優れている可能性がある。しかしながら、本報告では、エネルギー変換の過程やエネルギー変換と関係する具体的な動作まで言及することができなかつたため、それらの可能性の提示に留める。裏を返すと、助走速度の高い石川選手は、運動エネルギーから位置エネルギーへの変換率を高めることができれば、さらに高く跳ぶことのできる可能性を有している。したがって、効果的なエネルギー変換と関係する要因の解明を今後していく必要がある。

4.2 女性競技者について

続いて、女性競技者に着目する。Schade et al. (2004) は、オリンピック競技大会の女子棒高跳決勝の試技を分析し、決勝進出者の最大重心高が 4.58 ± 0.08 m (4.45 - 4.71 m)、グリップ高が 4.25 ± 0.09 m (4.13 - 4.38 m)、ポール最大湾曲量が 1.03 ± 0.15 m (0.78 - 1.26 m)、ポール最大湾曲率が 24.2 ± 3.60 % (18.8 - 30.0 %)、抜きが 0.53 ± 0.10 m (0.35 - 0.67 m) だったことを報告している。加えて、2017年世界選手権の女子棒高跳決勝の動作を分析したGravestock and Bissas (2018b) は、決勝進出者の最大重心高が 4.77 ± 0.09 m (4.61 - 4.94 m)、グリップ高が 4.22 ± 0.11 m (4.05 - 4.42 m)、抜きが 0.75 ± 0.12 m (0.61 - 1.04 m) だったことを報告している。そこで表2を見ると、日本一流女性棒高跳競技者は、世界一流女性棒高跳競技者と同程度のポール最大湾曲量およびポール最大湾曲率を記録した(表3)。特に、諸田選手と台信選手は、世界一流女性棒高跳競技者と比較して、大きくポールが湾曲した(表3)。加えて、諸田選手および台信選手のグリップ高は、世界一流女性棒高跳競技者と同程度だった(表3)。

一方、2017年世界選手権の女子棒高跳決勝に進出した世界一流女性棒高跳競技者と比べて、対象者3名の抜きは低かった(表3)。抜きと身体重心の最大鉛直速度との間には有意な正の相関関係が認められている(高松, 1998)。加えて、淵本(1992) は、ポールには復元するのに必要以上のエネルギーが蓄えられていたことを報告し、この過剰に蓄積されたエネルギーを超過弾性エネルギーと定義している。この超過弾性エネルギーは競技者の身体をより上方に跳ね上げる能力を指し、超過弾性エネルギーが大きいほど抜きが高いこと、競技者の体重に対してポールが硬いほど超過弾性エネルギーが大きいことが報告されている(淵本, 1992)。よって、日本一流女性

棒高跳競技者のグリップ高やポール湾曲量が世界一流女性棒高跳競技者と同程度だったことを踏まえると、硬いポールを用いることが日本一流女子棒高跳競技者の共通した技術的な課題であると考えられる。

他方、柳川選手は台信選手と比較してグリップ高が0.19m低かったにも関わらず、記録した最大重心高の差は0.08mだった(表3)。前節で言及した跳躍タイプに鑑みると、柳川選手は起こし回転型の跳躍タイプの可能性がある。柳川選手は、インターハイ優勝、鹿児島国体成年の部で2位に入賞するなど、2023年度は安定かつ好成績をおさめている。このような活躍も、クリアランスの行いやすい起こし回転型の跳躍タイプが一因である可能性が考えられる。

続いて、踏切に関する変数に着目する。2017年世界選手権の女子棒高跳決勝の動作を分析したGravestock and Bissas (2018b)は、決勝進出者のT0時における身体重心合成速度が 6.98 ± 0.52 m/s (5.96 - 7.68 m/s)であり、TD時における身体重心速度ベクトルと地面とがなす角度は $20 \pm 4^\circ$ ($14 - 26^\circ$)だったことを報告している。そこで、Gravestock and Bissas (2018b)の報告を基に筆者が計算したところ、2017年世界選手権の女子棒高跳決勝に進出した世界一流女性棒高跳競技者のT0時の身体重心速度Y成分は、 6.56 ± 0.51 m/s (5.73 - 7.17 m/s)だった。そこで表4を見ると、対象者の中で諸田選手がT0時の身体重心速度Y成分が6.50 m/sと最も高く、世界一流女性棒高跳競技者の平均と同程度だった。対象者の中で、最もT0時の身体重心速度Y成分が低かった台信選手も、世界一流女性棒高跳競技者と比較して、顕著に低くはなかった(表4)。したがって、硬いポールを扱うことができるよう、女性競技者も男性競技者と同様に、身体の運動エネルギーを位置エネルギーへと効果的に変換する技術や体力の習得が期待される。

5. まとめ

本報告では、2023年日本選手権の男女棒高跳決勝で上位入賞した7名(男性4名、女性3名)を対象に動作分析を行った。

その結果、世界一流棒高跳競技者と比較して、男女ともに日本一流棒高跳競技者は最大重心高が低かったのに対し、ポール湾曲量やポール湾曲率は同程度だった。一方、世界一流棒高跳競技者と比較して、日本一流男性棒高跳競技者はグリップ高または

抜きが低かったのに対し、女性日本一流棒高跳競技者は抜きだけが低かった。踏切に関して、世界一流棒高跳競技者と比較して、男女の日本一流棒高跳競技者は、踏切足離地時の身体重心速度Y成分に顕著な違いは見受けられなかった。この結果は、踏切足離地後に行う身体の運動エネルギーから位置エネルギーへの変換に、世界との差があることを示唆している。

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慣性係数. *Japanese Journal of Sports Science*, 15: 155-162.
- Arampatzis, A., Schade, F., and Brüggemann, G.-P. (2004) Effect of the pole-human body interaction on pole vaulting performance. *Journal of Biomechanics*, 37(9): 1353-1360.
- 淵本隆文 (1992) スポーツ用具に注入されるエネルギーを測る—棒高跳ポールの場合—. *Japanese Journal of Sports Sciences*, 11(3): 183-193.
- 淵本隆文・高松潤二・阿江通良 (1994) 棒高跳の動作学的力学的分析. 日本陸上競技連盟強化本部バイオメカニクス研究班(編) 世界一流陸上競技者の技術(第3回世界陸上競技選手権大会バイオメカニクス研究班報告書). ベースボールマガジン社, 東京, pp.193-204.
- Gravestock, H. and Bissas, A. (2018a) Biomechanical report for the IAAF World Championships London 2017 - Pole Vault Men's, IAAF: Monaco.
- Gravestock, H. and Bissas, A. (2018b) Biomechanical report for the IAAF World Championships London 2017 - Pole Vault Women's, IAAF: Monaco.
- 景行崇文・松林武生・浅井武・大山卞圭悟・木越清信 (2020) 棒高跳におけるポールの曲がりとおのりグリップの動きとの関係. *体育学研究* 65: 415-426.
- Schade, F., Arampatzis, A., Brüggemann, G.-P., and Komi, P. V. (2004) Comparison of the men's and the women's pole vault at the 2000 Sydney Olympic Games. *Journal of Sports Sciences*, 22(9): 835-842.
- 高松潤二 (1998) 棒高跳のポール支持局面の跳躍動作に関するバイオメカニクスの研究: 最大重心高増大のための技術的要因. 筑波大学博士(体育科)

学) 学位論文

高松潤二 (2003) 棒高跳びの動作. 体育の科学, 53
(1) : 31-37.

武田理・村木有也・小山宏之・阿江通良 (2006) 男子棒高跳における重心水平速度変化およびポール湾曲度. 陸上競技研究紀要, 2 : 144-146.

武田理・小山宏之・吉原礼・阿江通良 (2007) エネルギー変換率からみた男子棒高跳選手の跳躍技術に関するバイオメカニクスの分析. 陸上競技研究紀要, 3 : 16-24.

Wells, R.P. and Winter, D.A. (1980) Assessment of signal noise in the kinematics of normal, pathological and sporting gaits. Human Locomotion, 1: 36-41.

男子やり投げにおける同一試合内での記録に差が生じた要因： 崎山雄太選手における 83.54m と 77.36m の比較

牧野 瑞輝¹⁾ 山本 大輔²⁾ 前田 奎³⁾ 瀧川 寛子⁴⁾

1) 中京大学大学院 2) 天理大学 3) 京都先端科学大学 4) 中京大学

1. はじめに

2023年5月6日に大阪・ヤンマースタジアムで行われた第10回木南道孝記念陸上競技大会において、崎山雄太選手がこれまでの自己最高記録(80.51m)を大幅に更新する83.54mを投てきして優勝した。この記録は日本の男子やり投げにおいて歴代5位に位置するとともに、来年に行われるパリオリンピックの参加標準記録まであと2mに迫る好記録であった。その一方で、崎山選手が最高記録を投てきた1投目以外の記録は76-77m台であり、同一試合内での記録には大きな差があった。やり投げには他の投てき種目よりも同一試合内の試技において記録に大きな差が生じやすいという特徴がある。この記録の差が生じた要因を明らかにすることができれば、同一試合内における記録の安定を図るための一助となる知見が得られるものと考えられる。

以上のことから、本稿の目的は崎山雄太選手における83.54mの投てき動作を、同一試合内で記録が低かった試技(77.36m)の動作と比較することで、記録に差が生じた要因を検討することとした。

2. 方法

2.1. データ収集および処理

対象は2023年5月6日に大阪・ヤンマースタジアムで行われた男子やり投げに出場した、崎山雄太選手における83.54m(1投目)および77.36m(4投目)を記録した試技とした。投てき動作は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、サンプリング周波数60fps, シャッタースピード1/1000sで撮影した。撮影範囲はスターティングラインを基準に、後方に6m, 横幅4m, 高さ2.8mとした。競技の開始に先立ち、撮影範囲内の9か所にキャリブレーション

ポールを立ててカメラで撮影した。なお、本稿では撮影範囲のうち、投てき方向をY軸, 鉛直方向をZ軸, 投てき方向に対して左右方向をX軸とする静止座標系を定義した。

ビデオカメラによって撮影した映像から、身体分析点23点およびやりのグリップ, 先端を動作分析ソフトウェア(Frame-DIAS VI, Q'sfix)を用いて毎秒60コマでデジタル化した。2台のカメラで撮影された映像の時系列は、やりのリリース時を基準にして同期した。デジタル化された分析点の座標値は3次元DLT法によって算出した。算出された3次元座標値は、位相ずれのない8HzのButterworth low-pass digital filterによって平滑化した。分析範囲は最後の右足接地時からリリース時までとし、一連の投てき動作のうち、最後の右足接地時をR-on, 左足接地時をL-on, やりのリリース時をRelとし、R-onからL-onまでを準備局面, L-onからRelまでを投てき局面と定義した。

2.2. 算出項目

本稿では記録に差が生じた要因を検討するために、やり投げのパフォーマンスと関連する以下の変数を算出した。なお、算出項目における時系列データについてはR-onからL-onまでを0-60%, L-onからRelまでを60-100%に規格化した。

(1) リリースパラメータ

- ・リリース速度：リリース時のやりの速度をリリース速度としたときの、前後, 左右, 上下方向, および合成速度
- ・投射角：矢状面内におけるリリース速度ベクトルとY軸とのなす角度
- ・姿勢角：矢状面内におけるやりとY軸とのなす角度
- ・迎え角：矢状面内における姿勢角と投射角との差

表1 リリースパラメータおよび基礎的パラメータ

| パラメータ | | 83.54m | 77.36m |
|--------|------------|------------|--------|
| リリース速度 | 合成 | [m/s] 28.0 | 26.3 |
| | 左右 | [m/s] 2.8 | 3.6 |
| | 前後 | [m/s] 23.0 | 20.8 |
| | 上下 | [m/s] 15.7 | 15.7 |
| 投射角 | [deg] 34.4 | 37.0 | |
| 姿勢角 | [deg] 32.9 | 36.6 | |
| 迎え角 | 矢状面 | [deg] -1.5 | -0.4 |
| | 水平面 | [deg] 7.0 | 10.7 |
| 投射高 | [m] 1.76 | 1.85 | |
| 身体重心速度 | R-on | [m/s] 6.9 | 6.7 |
| | L-on | [m/s] 6.1 | 5.7 |
| | Rel | [m/s] 3.4 | 3.2 |
| 減速率 | [%] 44.8 | 43.2 | |
| 局面時間 | 準備局面 | [s] 0.233 | 0.250 |
| | 投てき局面 | [s] 0.117 | 0.100 |
| 加速距離 | [m] 1.98 | 1.65 | |
| 歩幅 | 前後 | [m] 2.01 | 2.07 |
| | 左右 | [m] 0.66 | 0.56 |

- ・ 投射高：リリース時におけるやりのグリップの高さ
- (2) 基礎的パラメータ
 - ・ 身体重心速度：R-on, L-on, Rel における身体重心の合成速度
 - ・ 減速率：L-on から Rel までの身体重心速度の減速率
 - ・ 局面時間：準備局面および投てき局面における所要時間
 - ・ 加速距離：投てき局面においてやりのグリップが移動した距離
 - ・ 歩幅：R-on の右足の接地位置と L-on の左足の接地位置との前後および左右の距離
- (3) キネマティクスデータ
 - ・ 左足とグリップとの水平距離：L-on および Rel の時点における左つま先とグリップとの水平距離
 - ・ 肩の水平内外転角度：選手の水平面内において左右の肩を結んだ線分と上腕とがなす角度
 - ・ 肩の内外旋角度：上腕の長軸方向に直交する面において選手の前方を示す線分と前腕とがなす角度
 - ・ 右膝角度：右大腿と右下腿とがなす角度
 - ・ 左膝角度：左大腿と左下腿とがなす角度

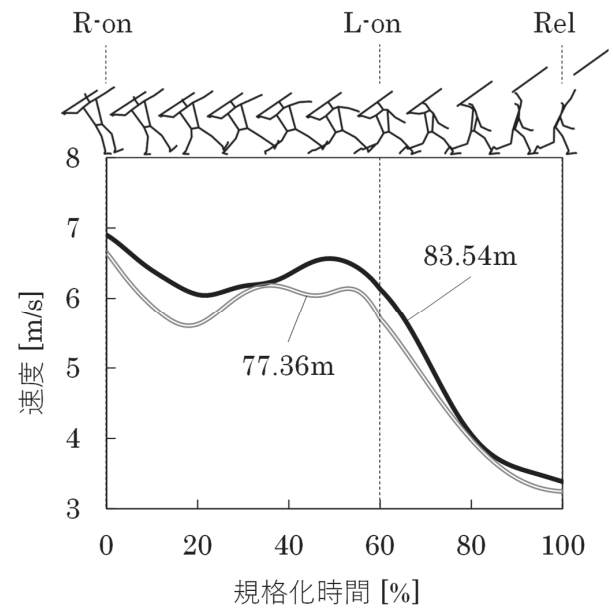


図1 身体重心速度の変化

3. 結果および考察

3.1. 両試技におけるリリースパラメータ

やり投げにおいて優れた記録を達成するためには、高い合成のリリース速度を獲得する (Murakami et al., 2006) とともに、約 30° の投射角 (Hubbard and Alaways, 1986) で投てきする必要がある。そこでまず、表1の上段に示したリリースパラメータについて2試技の値を確認してみると、崎山選手が自己最高記録を更新した83.54mの試技では、77.36mの試技よりも合成のリリース速度が高く、投射角が低かった。これらの結果から、83.54mの試技ではリリース速度を高められたこと、および 30° に近い投射角で投てきできたことが、大きな飛距離の獲得に繋がった要因であると考えられる。

また、やり投げにおける合成のリリース速度は主にやりの前方速度と上方速度とによって構成され、投射角についてもやりの前方速度と上方速度の比によって決定される。そこで、83.54mにおいて確認された「高い合成のリリース速度」および「低い投射角」を可能にした要因を探るために前後および上下方向のリリース速度をみると、83.54mの試技では77.36mの試技と比較して、前方速度が高かったのに対して、上方速度に差はなかった。この結果に基づくと、83.54mの試技では77.36mの試技よりも前方向のリリース速度が高まったことによって合成のリリース速度が高まるとともに、投射角が低くなったということになる。

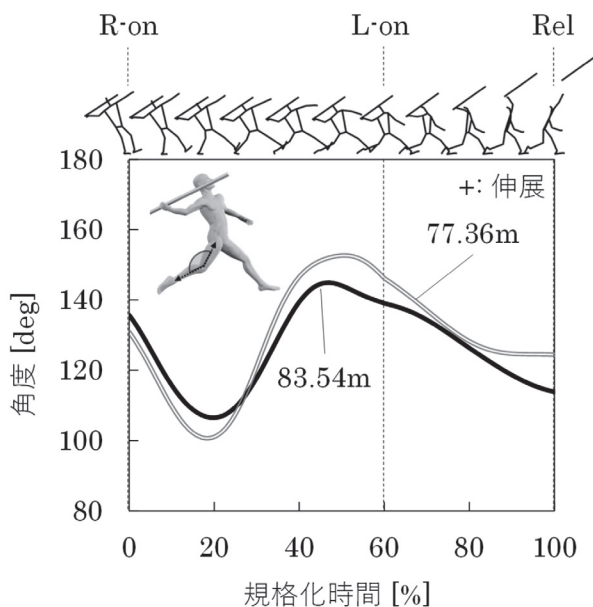


図2 右膝角度の変化

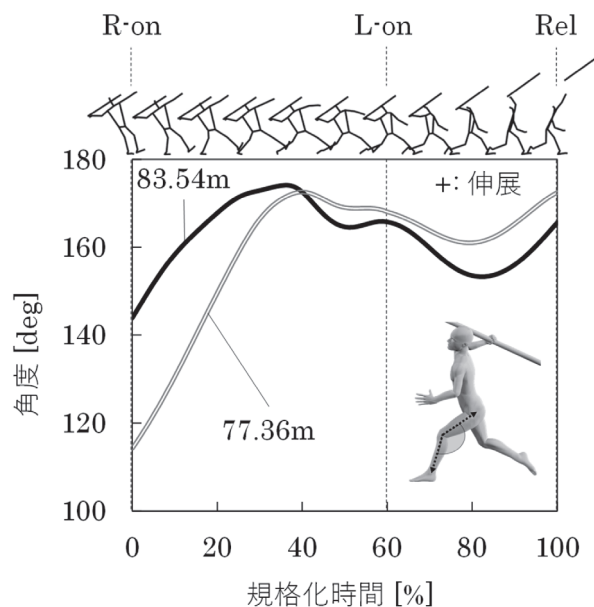


図3 左膝角度の変化

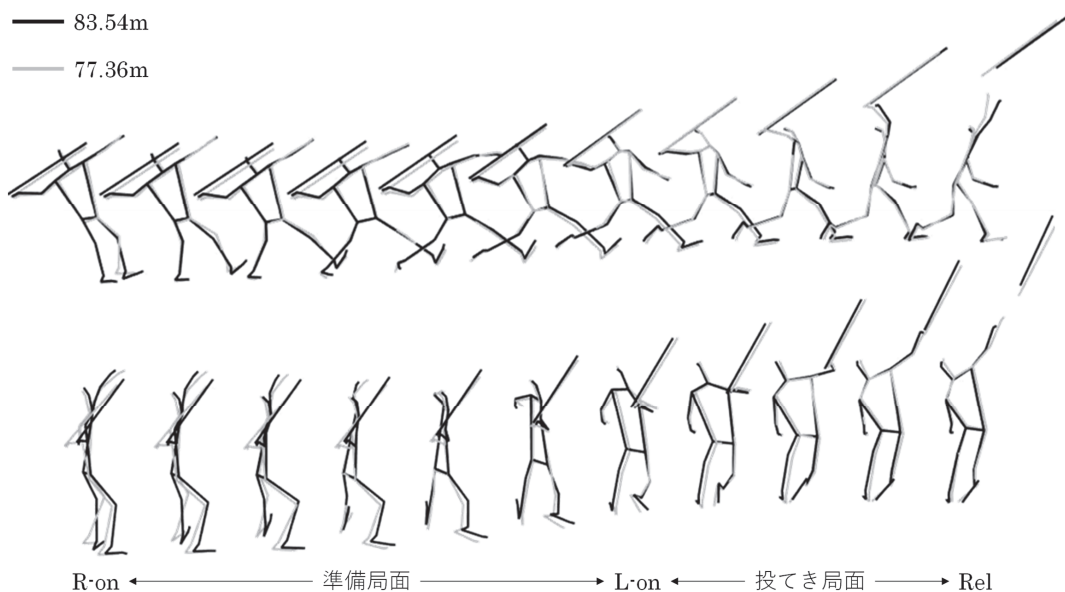


図4 83.54m および 77.36m の試技におけるスティックピクチャ

3.2. 前方向のリリース速度に差が生じた要因

表1の下段に示した基礎的パラメータをみてみると、83.54mの試技では77.36mの試技よりもR-on, L-on, Relの全ての時点において身体重心速度が高かった。やり投げでは身体重心速度を高めておくことが全身の保持する力学的エネルギーの総量を大きくすることに繋がり、投てき局面において末端部へのより大きなエネルギー伝達が可能になると考えられている (Bartoniets, 2000)。こうした観点から、準備局面では身体重心の減速を可能な限り小さくしてL-onを迎えることが理想といえる。そこで、図1に示した身体重心速度の変化をみてみると、77.36mの試技では83.54mと比較して、R-on後に身

体重心が大きく減速しており、その後に僅かに加速してはいるもののL-on時の値は低かった。このことは、記録の低かった試技ではR-on後に身体重心を大きく減速させた後に、再度速度が獲得されていたことを示唆するものである。また、準備局面では右脚のみが地面に接地しているため、身体重心の加減速には右脚の動作が関係していると考えられる。そこで、図2に示した右膝角度の変化をみてみると、77.36mの試技では83.54mの試技よりもR-on後に右膝が屈曲したあとに伸展する変化パターンがより大きかった。田内 (2009) はR-onからL-onまでをスムーズに移行するためには、右膝がより屈曲位で左足接地を迎えることが望ましいと述べている。す

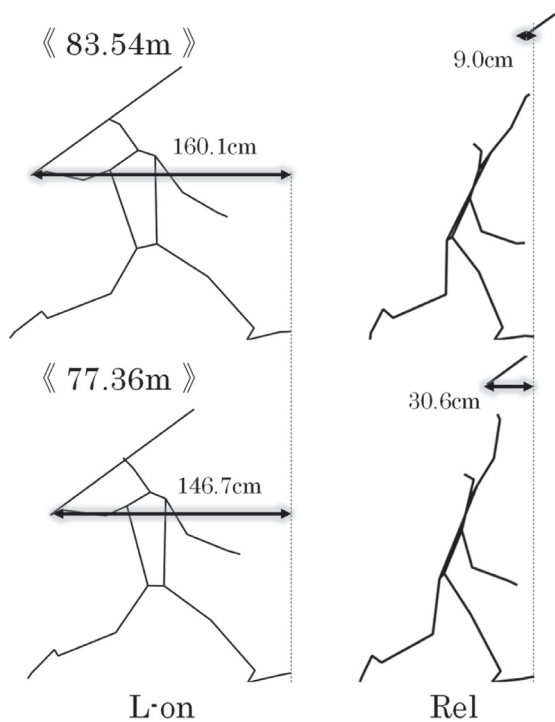


図5 左足とグリップとの水平距離

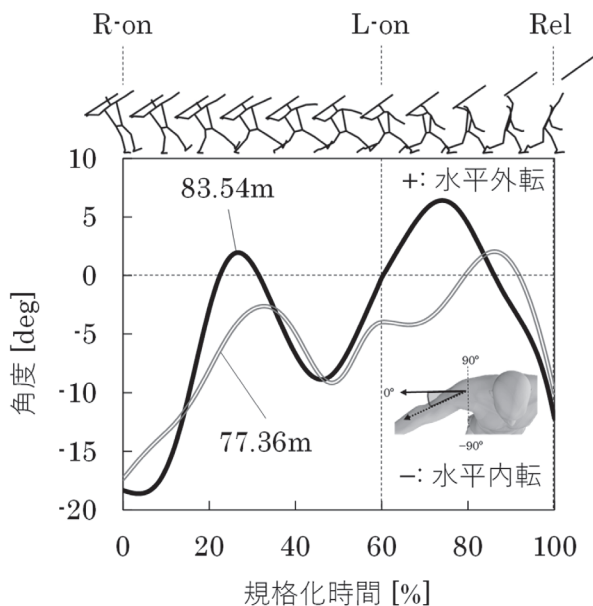


図6 右肩の水平内外転角度の変化

なわち、83.54mの試技においては右膝角度を屈曲させた状態でL-onを迎えたことが、身体重心の減速を防ぐことに繋がっていたと考えられる。さらに、図3に示した左膝角度の変化をみると、R-on付近では83.54mの試技の方が77.36mの試技よりも左膝がより伸展位であり、このことは図4に示したスティックピクチャからも確認できる。Makino and Tauchi (2022) は、R-onの時点から左膝が伸展していたことが素早い左足接地を導き、このことが準備局面における身体重心の減速を防ぐ役割を果たす

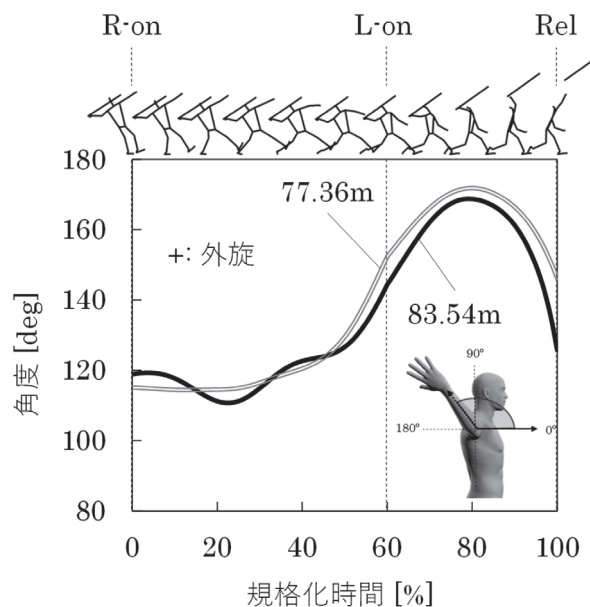


図7 右肩の内外旋角度の変化

と示唆している。この考えに基づくと、83.54mにおける試技では77.36mの試技よりもR-on時から左膝を伸展させておいたことも身体重心の減速を防ぐ役割を果たしていた可能性がある。

上記に加えて、基礎的パラメータにおいては83.54mの試技が77.36mの試技よりもやりの加速距離が約30cm長かったことも確認された(表1)。加速距離が長いことはやりにより大きな力を加えられる点において高いリリース速度の獲得に有利である。また、L-onおよびRelの時点における左足に対するやりの水平距離を確認してみると、83.54mの試技では77.36mの試技よりもL-on時にやりがより後方、Rel時にやりがより前方に位置していた(図5)。このことは、83.54mの試技においては77.36mの試技よりも投てき局面でやりが後方から前方に向かって大きく移動したことが、加速距離の増大に貢献していたことを示唆するものである。そこで、83.54mの試技において大きな加速距離を獲得するに至った動作を確認するために、図6および7に示した右肩の水平内外転および内外旋の角度における時系列変化を確認してみると、83.54mの試技では77.36mの試技よりもL-on付近における右肩の水平外転角度、およびRel付近における右肩の内旋角度が大きかった。これらの結果に基づくと、記録の良かった試技ではL-on付近で肩が大きく水平外転し、Rel付近で肩が大きく内旋していたことがやりの前方への加速距離の増大に繋がったと考えられる。特に、L-on付近において右肩の水平外転角度を大きくすることは高い前方向のリリース速度と関係することが報告されており(Makino and Tauchi,

2022), このことは同一試合内で記録に差が生じた個人内の試技を比較した場合においても同様の結果が確認された。

その一方で、本稿で示した結果はやり投げにおいて個人内の記録の良し悪しに関係する要因を報告した先行研究とは異なっていた。瀧川ら(2020)は、女子やり投げ選手において個人内の記録に差が生じた要因として投てき局面における左膝角度を指摘しており、やり投げに関する先行研究では左膝はより伸展位である方が好ましいとされている(Murakami et al., 2006; 田内, 2009)。しかしながら、本稿における83.54mの試技では77.36mの試技よりも投てき局面における左膝がむしろ屈曲位であった(図3)。このことから、ここまで本稿において述べてきた内容は、やり投げにおいて個人内での記録の良し悪しを決定づける要因には投てき局面における左膝以外にも、身体重心速度や上肢の動作が関係する可能性を示すものであった。

4. まとめ

本稿では、崎山雄太選手が83.54mの好記録を達成した試技を同一試合内で記録が低かった試技と比較することによって、個人内で記録に差が生じた要因について検討した。その結果、83.54mの試技では77.36mの試技よりも前方向のリリース速度が高かったことに起因して合成のリリース速度が高くなり、投射角は低くなっていた。また、83.54mの試技では77.36mの試技よりも全ての局面における身体重心速度が高く、加速距離が大きかった。そこでこれらの要因に関係する動作を検討したところ、83.54mの試技においては準備局面における右膝の角変位が小さく、R-on付近で左膝が伸展位であったことが身体重心の減速を防ぎ、L-on後の肩の水平外転角度およびRe1時の肩の内旋角度が大きかったことが、加速距離の増大に関係していたことが示唆された。

参考文献

- Bartonietz, K. (2000) Javelin throwing: an approach to performance development. In V.M. Zatsiorsky (ed.), *Biomechanics in sport: performance enhancement and injury prevention*, Blackwell Science, 401-434.
- Hubbard, M. & Alaways, L.W. (1986) Optimum release condition for the new rules javelin.

Journal of Applied Biomechanics, 3(3): 207-221.

Murakami, M., Tanabe, S., Ishikawa, M., Isolehto, J., Komi, P.V. & Ito, M. (2006) Biomechanical analysis of the javelin at the 2005 IAAF World Championships in Athletics. *New Studies in Athletics*, 21: 67-80.

Makino, M. & Tauchi, K. (2022) Kinematic factors related to forward and vertical release velocity in male javelin throwers. *International Journal of Sport and Health Science*, 20: 249-259.

瀧川寛子・堀内元・田内健二(2020)女子やり投げ競技者における成功試技と失敗試技とが生じる動作要因の検討, *体育学研究*, 65: 143-152.

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(1): 33-39.

北口榛花選手における成功試技および失敗試技が生じる要因

瀧川 寛子¹⁾ 山本 大輔²⁾ 前田 奎³⁾

1) 中京大学 2) 天理大学 3) 京都先端科学大学

I. はじめに

2023年8月に開催された世界選手権女子やり投決勝において、北口榛花選手が66.73mを投げて優勝した。また、北口選手は、同年9月に自身の持つ日本記録を更新(67.04m)、さらにはダイヤモンドリーグにおいても年間チャンピオンになるなど、輝かしい成績を収めた。この北口選手の投てき動作を分析することは、当該選手へのサポートのみならず、やり投げ全体の競技力向上に対して大きな意義があると考えられる。やり投げは、同一競技会内における個人内の投てき記録に大きな差が生じやすい。これは北口選手も例外ではなく、6投目に67.38mを投てきし、日本記録を更新したダイヤモンドリーグブリュッセル大会においても、1投目は59.56mとその差は約8mもあった。そこで、本稿では2023年5月6日に開催された第10回木南道孝記念陸上競技大会における北口選手の最も記録の良かった試技(成功試技)と最も記録の悪かった試技(失敗試技)とを比較し、その投てき動作の違いを明らかにすることを目的とした。

II. 方法

1. 分析試技

分析試技は、2023年5月6日に開催された第10回木南道孝記念陸上競技大会における北口選手の成功試技(64.43m)および失敗試技(61.25m)とした。

2. 撮影方法

それぞれの投てき試技を、助走路の後方および側方に設置した2台のデジタルビデオカメラ(FDR-AX55, SONY)を用いて、カメラスピード120 fps, シャッタースピード1/1000 sで撮影した。また、助走路のスターティングライン中央より後方6mの地点を原点とし、縦6m×横4m×高さ2.8mの画角を設

定し、合計9地点にキャリブレーションポールを立てた。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。

3. 分析方法

2台のビデオカメラによって撮影された映像をPCに取り込み、動作解析ソフト(Frame-DIAS 6, Q's fix)を用いて、やり(グリップ、先端)および身体各分析点23点を120 fpsでデジタル化した。デジタル化された座標値を3次元DLT法により実長換算し、やりおよび身体分析点の3次元座標値を算出した。2方向からの映像の同期は、やりのリリース時点のコマを合わせることで行った。算出された3次元座標値は、8 Hzのバターワースローパスデジタルフィルタを用いて平滑化した。

4. 分析項目

本研究では、各データを算出するにあたり、最終的な右足接地(R-on)、左足接地(L-on)およびやりのリリース(REL)の各イベントを設定し、R-onからL-onまでを準備局面、L-onからRELまでを投局面と定義した。分析項目は、以下の項目とした。

- 1) リリース速度：リリース時のグリップ速度
- 2) リリース角度：矢状面内におけるリリース速度ベクトルとY軸とがなす角
- 3) 姿勢角：矢状面内におけるグリップと先端とを結んだ線分とY軸とがなす角
- 4) 迎え角：姿勢角からリリース角を減じた角度
- 5) 動作時間：準備局面および投局面における経過時間
- 6) 助走速度：各局面における身体重心の速度
- 7) 歩幅：R-on時の右足つま先からL-on時の左足踵までの長さ
- 8) 左膝角度：左大腿と下腿とのなす角
- 9) 上肢の機能的長さ：右肩と右手との距離

10) 上肢の角速度：肩に対するグリップの相対速度
を上肢の機能的長さで除した値

11) 右肘角度：上腕と前腕とのなす角

なお、左膝角度、上肢の機能的長さ、上肢の角速度および右肘角度は、R-on が 0%, L-on が 60%, REL が 100%となるように時間を規格化した。

III 結果および考察

やり投げにおける投てき記録は、合成のリリース速度との間に高い正の相関関係が認められている (Murakami et al., 2006). そこで、両試技における合成のリリース速度をみると、成功試技は失敗試技と比較してより高値を示した。また、リリース速度を成分ごとにみると、成功試技における鉛直方向のリリース速度が失敗試技よりも高く、前方向には大きな差はないことから、合成のリリース速度における差は主に鉛直方向の差に起因するものである。さらに、成功試技はリリース角度も高値を示し、姿勢角および迎え角は低値を示した。このことから、成功試技では迎え角を小さく抑え、より空気抵抗を受けないようにしたうえで、やりを上方へ高く投げ出すような投てき動作であったことが示唆された。表 1 下段に示した基礎的パラメータをみると、動作時間については成功試技は失敗試技に比べて準備局面が長く、投局面が短かった。助走速度は、やり投げのパフォーマンスにおいて最も重要な動作パラメータではあるものの (田内ら, 2012), 本研究においては同程度であり、同一競技会内における個人内の成否には大きく影響しないという瀧川ら (2020) の報告と同様の結果であった。

表 1 リリースパラメータおよび基礎的パラメータ

| 記録 | (m) | 成功試技 | 失敗試技 |
|----------|-------|-------|-------|
| | | 64.43 | 61.25 |
| リリース速度 | | | |
| 左(-)右(+) | (m/s) | 2.4 | 0.0 |
| 前後方向 | (m/s) | 19.5 | 19.8 |
| 鉛直方向 | (m/s) | 15.6 | 14.4 |
| 合成 | (m/s) | 25.1 | 24.5 |
| リリース角度 | (deg) | 38.7 | 37.8 |
| 姿勢角 | (deg) | 47.6 | 49.0 |
| 迎え角 | (deg) | 8.9 | 11.2 |
| 動作時間 | | | |
| 準備局面 | (s) | 0.225 | 0.217 |
| 投局面 | (s) | 0.167 | 0.183 |
| 助走速度 | | | |
| R-on | (m/s) | 5.4 | 5.3 |
| L-on | (m/s) | 4.7 | 4.6 |
| REL | (m/s) | 3.1 | 2.8 |
| 歩幅 | | | |
| 前後 | (m) | 1.66 | 1.61 |
| 左右 | (m) | -0.12 | -0.23 |

上述のように、成功試技では失敗試技に比べ鉛直方向のリリース速度が高いことによって合成のリリース速度が高まり、より高い投てき記録となった。このような結果となった要因を探るために、投てき動作についてスティックピクチャ (図 1) に着目すると、投局面における左脚の動作 (ブロック動作) に違いがみられた。さらに、この左脚の動作を詳細に検討するために左膝角度をみてみると (図 2),

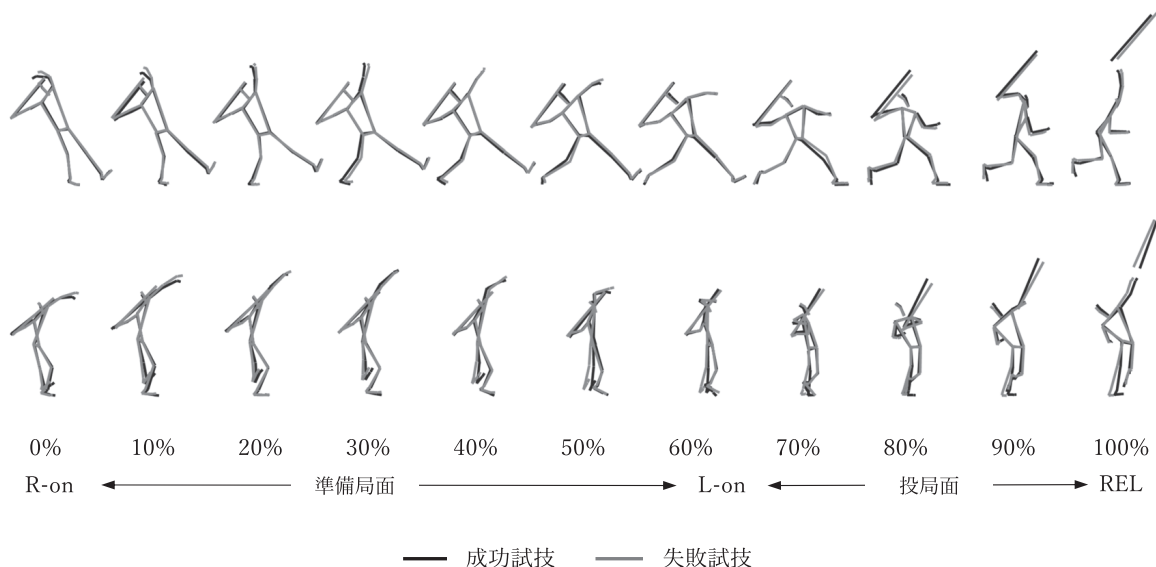


図 1 両試技におけるスティックピクチャ

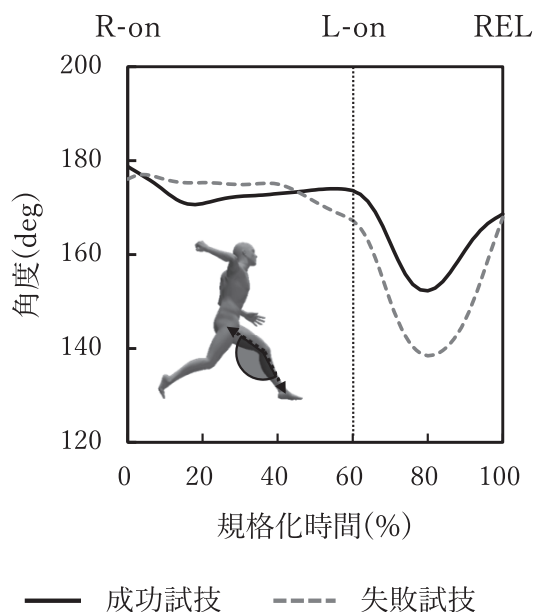


図2 両試技における左膝角度

両試技ともL-onから一度屈曲してRELに向けてさらに伸展するというパターンは同様であったが、L-on時の伸展度およびその後の屈曲度合いに違いがみられた。つまり、成功試技は失敗試技に比べてL-on時により伸展位であり、さらに投局面においてもより伸展位を維持してRELを迎えていたということである。左脚のブロック動作は、より伸展位で接地することが重要であること（田内ら, 2012）や、投局面中に左脚をより伸展位で維持できるか否かが同一競技会内における個人内の投てき記録の良し悪しを決定する要因であること（瀧川ら, 2020）が報告されている。また、投局面中における左膝の角度は鉛直方向のリリース速度との間に相関関係が認められている（Makino and Tauchi, 2022）。これらを考慮すると、成功試技は失敗試技に比べブロック動作時に左膝をより伸展位に維持できたことによって、鉛直方向のリリース速度が高まり、より高いパフォーマンスを発揮できたと考えられる。

また、スティックピクチャから投局面（特に80%）における腕振り動作にも違いがみられた。やり投げでは、末端部（右手）の速度がやりのグリップ速度に直結する。回転運動を伴う投げ動作では、回転半径（上肢の機能的長さ）と回転速度（上肢の角速度）から、この末端部の速度が決定する。従って、より長い上肢をより速い速度で振り回すことができれば末端部の速度は高まり、リリース速度の獲得につながるということになる。そこで、本稿では両試技における上肢の機能的長さ、および上肢の角速度を検討した（図3）。その結果、上肢の角速度は同程度であったが、上肢の機能的長さは投局面に

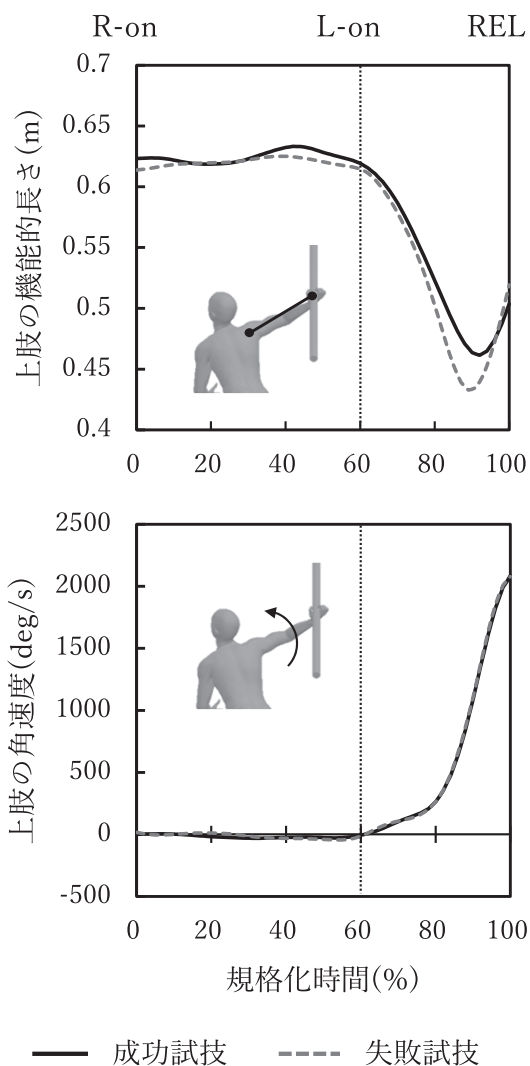


図3 両試技における上肢の機能的長さおよび角速度

において成功試技が失敗試技に比べてより大きな値を示した。さらに、投局面において右肘がより伸展していた（図4）ことから、成功試技は上肢をより伸ばした状態で腕振り動作を行ったことによって、回転半径が大きくなり、末端部の高い速度を獲得できたと考えられる。先述のブロック動作と上肢の腕振り動作との因果関係はこの結果のみでは追求できないが、ブロック動作によって運動エネルギーが下肢から上肢へと伝達されることを考慮すると、少なからず影響していると考えられる。

IV. まとめ

今年、北口選手は自身の日本記録を更新し、さらに世界一となるなど輝かしい成績を収めた。本稿では、同一競技会内において個人内の投てき記録に優劣が生じる要因を検討するために、世界トップ選手である北口選手を対象に、最も記録の良かった試技（成功試技:64.43m）と最も記録の悪かった試技（失

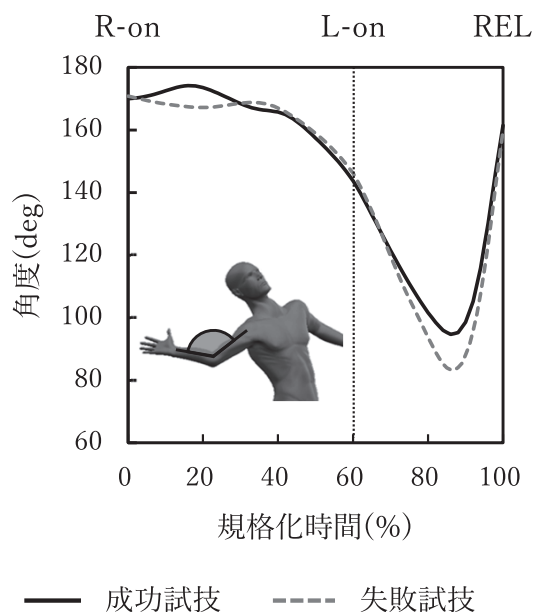


図4 両試技における右肘角度

敗試技：61.25 m) とを比較した。その結果，成功試技は失敗試技に比べて鉛直方向および合成のリリース速度が高く，迎え角が小さかった。また，これらの要因として，成功試技は失敗試技に比べて投局面中における左膝がより伸展位を維持していたことや，投局面中盤において右肘がより伸展していたことによって上肢の回転半径が大きくなった状態で腕振りを行っていたために末端部の速度が高まったことが示唆された。

参考文献

- Murakami, M., Tanabe, S., Ishikawa, M., Isolehto, J., Komi, P.V. & Ito, M. (2006). Biomechanical analysis of the javelin at the 2005 IAAF World Championships in Athletics. *New Studies in Athletics*, 21: 67-80.
- Makino and Tauchi (2022) Kinematic Factors Related to Forward and Vertical Release Velocity in Male Javelin Throwers. *International Journal of Sport and Health Science* 202146.
- 瀧川寛子, 堀内元, 田内健二 (2020) 女子やり投げ競技者における成功試技と失敗試技とが生じる動作要因の検討. *体育学研究*, 65: 143-152.
- 田内健二, 藤田善也, 遠藤俊典 (2012) 男子やり投げにおける投てき動作の評価基準. *バイオメカニクス研究* 16(1): 2-11.

静岡国際における女子円盤投の日本人上位3名の Best 試技と Worst 試技比較

山下 直紀¹⁾ 新垣 太世¹⁾ 山手 勇一¹⁾ 杉田 正明²⁾

1) 日本体育大学大学院 2) 日本体育大学

1. 緒言

円盤投は男子は2kg, 女子は1kgの円盤を投てきしその飛距離を競うが, 男子選手と女子選手は円盤の加速動作に特徴の違いがみられることが報告されている(山本, 2015). また, 男子選手は世代によって用いる円盤の規格が異なるが, 女子選手は国内で全国大会が行われるU16世代からシニアに至るまで同規格の円盤が用いられる. したがって, 女子選手の指導を行う場合は投てきが失敗した要因が体力的要因の差によるもので即時の解決が難しいのか, または個人内の動作的課題によるもので即時に改善可能かを慎重に検討する必要があると考えられる. 動作的課題を明確にする方法について, スキルの高い選手の成功試技と失敗試技の動作を比較する方法が提案されており(阿江・藤井, 2002), 試技の成否を分ける要因を検討し蓄積していくことは指導現場において有益な情報であると考えられるが, 投てき種目における報告は少ない(前田ら, 2018; 塚田ら, 2018; 山本ら, 2019, Yamashita et al., 2022). 試合中のアドバイスは主に動作や技術について行われており(阿部, 2006), スポーツにおける声掛け行為や意識はパフォーマンスのサポート行動として非常に重要な役割を果たすため(夏原, 2018), 指導現場で活用可能な知見を得るためには, アンケートによるコーチの観点の抽出(前田, 2022)のみならず, 試合における動作の比較を行う必要があると考えられる. そこで, 本研究では静岡国際陸上の日本人上位3名を対象に最も記録の良かった試技(Best 試技)と最も記録の低かった試技(Worst 試技)を比較することで, 国内トップレベルの女子円盤投選手において記録低下要因を明らかにすることを目的とした.

2. 方法

2.1. 対象者

2023年5月3日に静岡県小笠山総合運動公園静岡スタジアムにて行われた第38回静岡国際陸上の女子円盤投決勝における日本人選手上位3名(Best 試技: 53.06 ± 2.44 m; Worst 試技: 49.16 ± 3.07 m)を分析対象とした(1位: 選手A, 2位: 選手B, 3位: 選手Cとする). なお, 本研究におけるデータ収集は日本陸上競技連盟科学委員会の活動の一環として行われた.

2.2. データ収集および分析方法

選手の動作およびキャリブレーションは2台のデジタルビデオカメラ(SONY社製, AX-700)を用いて, サークルの後方および右側方から, 撮影スピードは120Hz, シャッタースピードは1/1000秒で撮影した. 投てき方向をY軸, 鉛直方向をZ軸, 投てき方向に対して左右方向をX軸とした右手系静止座標系を定義した. キャリブレーション範囲はサークルを囲むX軸方向に3m, Y軸方向に4m, Z軸方向に3mとし, 競技開始前に予め撮影しておいた. その後全試技を撮影し, 各対象者のBest 試技とWorst 試技の映像から身体各部位23点および円盤中心1点の計24点をFrame-Dias VI(Q'sfix社製)を用いてデジタル化し, 3次元DLT法によって3次元座標値を算出した. 得られた3次元座標値をWells and Winter(1980)の方法により分析点ごとに最適遮断周波数(8~15Hz)を決定し, Butterworth low-pass digital filterを用いて平滑化した. コントロールポイントの実測値と計算値との平均誤差は, X軸方向が0.007m, Y軸方向が0.005m, Z軸方向が0.009mであった.

2.3. 動作の局面定義

本研究における円盤投の局面分けを図1に示し

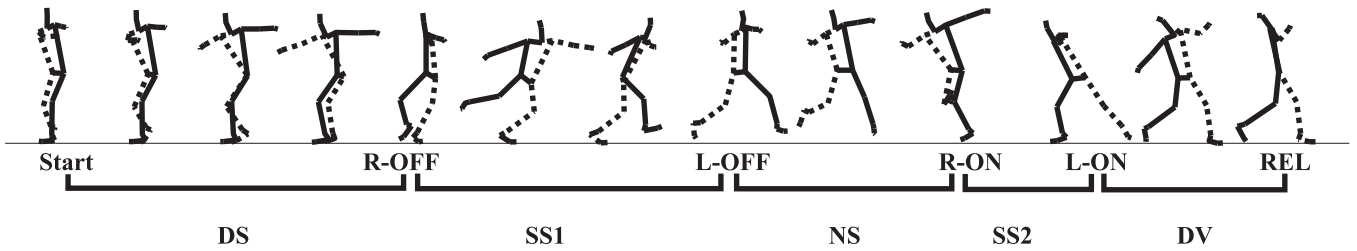
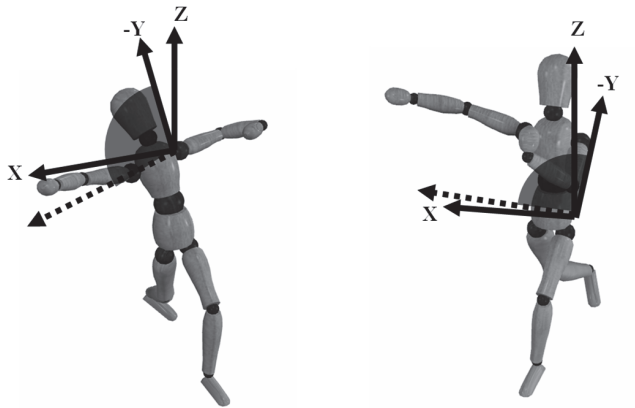


図1 動作区分点および局面分け



肩の回転角度

腰の回転角度

図2 肩と腰の回転角度

た. 分析区間は, ターン動作開始時 (Start) から円盤のリリース (REL) までとし, 右足離地 (R-OFF) から順に左足離地 (L-OFF), 右足接地 (R-ON), 左足接地 (L-ON) を動作区分点とした. Start から R-OFF までを両足支持局面 (DS), R-OFF から L-OFF までを左脚支持局面 (SS1), L-OFF から R-ON までを非支持局面 (NS), R-ON から L-ON までを右脚支持局面 (SS2), L-ON から REL までを投げ局面 (DV) とした. なお, 本研究では主に SS2 局面以後に着目して報告する.

2.4. 分析項目

1) 投射の初期条件

REL における円盤の合成速度 (初速度; m/s) と水平成分と鉛直成分の円盤速度 (m/s) および投射角 (deg) と投射高 (m) とした.

2) 円盤速度増加量 (m/s)

円盤速度増加量は円盤の初速度と L-ON 時の円盤速度の差とした.

3) 円盤の移動距離 (m)

XY 平面における円盤中心の変位を積算して算出した.

4) 体幹の角度 (deg)

図2は本研究の体幹に関する角度定義を示したも

のである. 本研究では体幹に関する角度として, 肩および腰の水平回転角度を算出し, 各局面における変化量を算出した. 肩の水平回転角度は, 上方からみて左肩関節から右肩関節へ向かう肩ベクトルが静止座標系の $-Y$ 軸 (投てき方向と逆) と平行であるときを 0° , X 軸と平行であるときを 90° とした. また, 腰の水平回転角度は, 上方からみて左大転子から右大転子へ向かう腰ベクトルが静止座標系の $-Y$ 軸 (投てき方向と逆) と平行であるときを 0° , X 軸と平行であるときを 90° とした.

3. 結果と考察

3.1. 初期条件

表1に, 対象者の投てき記録および初期条件を示した. 選手Aでは初速度が低下しており, 成分毎にみると円盤速度の水平成分が低下し, 鉛直成分は増加していた. 投射角は大きくなり, 投射高はわずかに低くなった. 選手Bも同様に初速度および円盤速度の水平成分が低下しており, 鉛直成分は3名の中で最も増加していた. 投射角及び投射高はともに高い値を示した. 選手Cは初速及び水平成分は他の2人と同様に低下していたが, 鉛直成分についても低下していた. 投射角はわずかに小さくなり, 投射高は同じであった.

以上のことから, 記録に最も影響を与える要因である円盤初速が低下し (Bartlett, 1992; Hay and Yu, 1995), 主に水平成分の低下が生じていた. 選手Aと選手Bは水平成分の低下に加えて鉛直成分の増加がみられ, 投射角も高かったことから上方向に投げ上げるような動作になっていたと推察される. 選手Cは鉛直成分も低下し, 投射角も低くなっていたことから, 水平および鉛直成分ともに獲得に失敗していた. 山本ら (2010) によると記録と投射高の身長比の間に関係はみられず, 本研究における投射高の変化についても対象者ごとに様々であったため, 記録への影響は少ないと考えられる.

表1 記録と初期条件

| | | 記録 (m) | 円盤速度 (m/s) | | | 投射角 (deg) | 投射高 (m) |
|-----|-------|-----------|------------|-------|-------|--------------|------------|
| | | | 水平成分 | 鉛直成分 | 初速度 | | |
| 選手A | Best | 55.79 | 17.49 | 11.63 | 21.01 | 33.62 | 1.38 |
| | Worst | 51.25 | 16.03 | 11.95 | 20.00 | 36.70 | 1.33 |
| 選手B | Best | 52.30 | 16.56 | 11.40 | 20.11 | 34.55 | 1.24 |
| | Worst | 50.59 | 15.45 | 12.59 | 19.93 | 39.18 | 1.38 |
| 選手C | Best | 51.10 | 17.77 | 10.22 | 20.49 | 29.91 | 1.27 |
| | Worst | 45.63 | 17.04 | 9.74 | 19.63 | 29.75 | 1.27 |

表2 各地点の円盤速度と円盤速度増加量 (DV)

| | | Start | 各時点の 円盤速度(m/s) | | | | | REL | 円盤速度 増加量(m/s) DV局面 |
|--------------|-------|-----------|-------------------|-----------|-----------|-----------|------------|-------|--------------------------|
| | | | R-OFF | L-OFF | R-ON | L-ON | REL | | |
| 選手A | Best | 0.16 | 3.85 | 7.05 | 6.63 | 7.00 | 21.01 | 14.01 | |
| | Worst | 1.05 | 3.73 | 7.32 | 6.95 | 7.22 | 20.00 | 12.78 | |
| 選手B | Best | 0.96 | 4.34 | 7.70 | 7.61 | 6.48 | 20.11 | 13.63 | |
| | Worst | 0.92 | 4.07 | 7.41 | 7.61 | 6.38 | 19.93 | 13.55 | |
| 選手C | Best | 1.37 | 5.67 | 6.92 | 5.91 | 6.82 | 20.49 | 13.67 | |
| | Worst | 1.70 | 5.52 | 6.96 | 6.00 | 7.62 | 19.63 | 12.01 | |
| 世界上位3名 平均±SD | | 1.07±0.18 | 5.91±1.47 | 6.78±0.86 | 5.87±1.19 | 7.38±1.67 | 23.81±0.38 | 16.43 | |

(世界上位3名のデータは山本ら (2020) より引用)

3.2. 円盤速度増加量の違い

表2には各地点における円盤速度とDV局面における円盤速度増加量を示した。また、山本ら (2020) より2007年に行われた世界陸上大阪大会における女子円盤投上位選手3名の、各地点における円盤速度の平均および標準偏差を示した。選手AはR-ONからRELに向かって円盤速度が大きくなっていた。また、Worst試技においてL-OFF, R-ON, L-ONで円盤速度が高く、DV局面における円盤速度増加量は小さかった。選手BはR-ONからL-ONにかけて円盤速度が低下し、主にL-ONからRELにかけて円盤速度を増加させていた。R-ONの円盤速度は変わらず、L-ONでの円盤速度がWorstで小さかった。DV局面における円盤速度増加量もWorstにおいて小さかった。選手Cは選手Aと同様にR-ONからRELに向けて円盤を加速させていた。Worst試技のL-ONにおける円盤速度は大きかったが、DV局面における円盤速度増加量は小さかった。

世界の選手と日本の選手においてL-ON時における円盤速度は類似しているがDV局面における円盤速度増加量が世界一流選手で大きく、これにより最終的な円盤初速および記録の違いが生じていたと報告されている(山本ら, 2020)。また、日本人女子円盤投選手において記録が優れている選手ほど円盤

表3 DV局面における肩と腰の回転量と円盤移動距離

| | | 肩回転角度 | 腰回転角度 | 円盤移動距離 |
|-----|-------|--------|--------|--------|
| | | (deg) | (deg) | (m) |
| 選手A | Best | 185.51 | 117.47 | 2.08 |
| | Worst | 172.61 | 92.29 | 1.79 |
| 選手B | Best | 208.53 | 112.80 | 2.14 |
| | Worst | 194.85 | 110.99 | 2.12 |
| 選手C | Best | 178.35 | 109.41 | 2.18 |
| | Worst | 163.96 | 98.98 | 2.05 |

初速のみならず円盤速度増加量も大きいことが報告されている(Yamashita et al., 2022)。したがって、本研究の対象者全員においてDV局面における円盤速度増加量にBestとWorstで差があったことは、記録低下に関わる重要な要因であると考えられる。

3.3. 体幹の回転と円盤の移動距離

表3にはDV局面における肩と腰の回転角度と円盤の移動距離を示した。選手3名ともDV局面における肩回転角度、腰回転角度がWorst試技で小さくなっており、円盤移動距離は短くなっていた。

世界一流選手と日本一流選手のDV局面における

円盤速度増加量の違いは、DV局面における円盤移動距離の違いによるものであるという報告から（山本ら，2020），本研究においてBestとWorstで比較を行ったところ，円盤移動距離は短くなっていた。また，肩の回転角度も小さくなっていたことは，DV局面における円盤移動距離は肩回転の大きさに影響を受けることを示しており，円盤速度をR-ONから増加させる選手Aと選手C，L-ONから増加させる選手Bといった円盤速度の増加パターンに関わらず，DV局面における肩の回転を大きくできなかったことが記録低下の要因であると考えられた。

4. まとめ

本研究では国内トップレベルの女子円盤投選手において記録が低下する要因を明らかにすることを目的に，Best試技とWorst試技の比較を行った。Worstでは円盤初速が低下しており，2名の選手で上方向に投げ上げる傾向がみられたが，特に水平成分の速度の獲得に失敗していたことが記録低下の要因であると考えられた。また，DV局面における円盤速度増加量が低下しており，肩の回転が小さくなったことで円盤の移動距離が短くなったことに起因するものと考えられた。DV局面における円盤速度増加量の違いは，世界の選手との円盤初速と記録の差を生む要因でもあることから，DV局面においてより大きな水平成分の速度を獲得することができるよう動作を修正するための指導を行うことができれば，その後の自己記録の向上にもつながると考えられる。

引用文献

阿部征次（2006）陸上競技の試合におけるコーチのアドバイス—インターハイフィールド種目について—。東京女子体育短期大学紀要，41：25-33。
阿江通良・藤井範久（2002）スポーツバイオメカニクス20講。朝倉書店：東京，p6。
Bartlett, R. M. (1992) . The biomechanics of the discus throw: A review. Journal of Sports Sciences, 10: 467-510。
Hay, J.G. and Yu, B. (1995) Critical characteristics of technique in throwing the discus. Journal of Sports Sciences, 13 ;125-140。
前田奎，瀧川寛子，塚田卓巳，村上雅俊，田内健二（2018）山下航生選手における日本高校新記録

の投てき動作の特徴— 58.38mと56.24mの比較—。陸上競技研究紀要，14：206-210。

前田奎（2022）円盤投における投てき動作の成否に関わる観点。コーチング学研究，35（2）：309-310。

夏原隆之（2018）運動時の声かけは周囲への注意にどのような影響を及ぼすのか。千葉体育学研究，40：15-20。

塚田卓巳，瀧川寛子，中西啄真，山本大輔，村上雅俊，田内健二（2018）世界トップレベル女子やり投げ選手における成功投てきと失敗投てきの比較。陸上競技研究紀要，14：125-127。

Wells, R. P. and Winter, D. A. (1980) Assessment of signal noise in the kinematics of normal, pathological and sporting gaits. Proceedings of the special conference of the Canadian society for biomechanics, Human locomotion, 1: 92-93。

山本大輔，伊藤章，田内健二，村上雅俊，淵本隆文，田邊智，遠藤俊典，竹迫寿，五味宏生（2010）円盤投げのキネマティクスの分析。世界一流選手のパフォーマンスと技術：189-200。

山本大輔（2015）円盤投げにおける男女間の円盤加速動作の違い。天理大学学報，66(3)：9-16。

山本大輔，村上雅俊，塚田卓巳，加藤忠彦，瀧川寛子（2019）堤選手における円盤投動作の特徴— 61.64mと53.15mの比較—。陸上競技研究紀要，15：261-264。

山本大輔，瀧川寛子，野中愛里，村上雅俊（2020）2020年日本選手権大会における女子円盤投げ上位3名のキネマティクス。陸上競技研究紀要，16：207-212。

Yamashita, N. Horiuchi, K. Hatakeyama, S. and Ae, M. (2022) Comparison of success and failure trials by female discus throwers. ISBS Proceedings Archive: Vol. 40: Iss. 1, Article 189 : 783-786.

2023 年日本選手権におけるマッカーサー選手のハンマー投げ動作の特徴

山本 大輔¹⁾ 前田 奎²⁾ 矢野 正也³⁾ 山下 直紀⁴⁾ 瀧川 寛子⁵⁾

1) 天理大学 2) 京都先端科学大学 3) 天理大学大学院 4) 日本体育大学大学院 5) 中京大学

1. はじめに

女子ハンマー投は、グリップとワイヤーの先端に取り付けられた鉄球(合計 4kg)を 3～4 回転のターン動作を用いて投げ出し、その距離を競う競技である。ジョイ・アイリス・マッカーサー選手は 2023 年シーズンにおいて、室伏由佳選手の持つ日本記録を 19 年ぶりに更新する 69.89m を投てきし日本新記録を樹立した。同年に大阪のヤンマースタジアム長居にて開催された第 107 回日本陸上競技選手権大会においても、初優勝を果たした。そこで本稿では、マッカーサー選手のハンマー投における動作パラメータを分析し、指導現場や競技力向上に資する知見となることを期待し、その結果を提供することとした。

2. 方法

2.1. 分析試技と撮影方法

本研究では、第 107 回日本陸上競技選手権大会(ヤンマースタジアム長居, 大阪)における女子ハンマー投種目で優勝を果たしたジョイ・アイリス・マッカーサー選手の投てき動作を分析の対象とした。分析対象試技は、優勝記録である 63.31m を記録した 1 投目の投てき動作とした。

分析対象試技をサークルの後方および側方のスタンド上段に設置した 2 台のデジタルビデオカメラ(FDR-AX55, SONY)を用いて、フレームレート 120fps, シャッタースピード 1/1000s で撮影した。また、投てき方向 4m × 横方向 4m × 高さ 2.45 m の画角を設定し、あらかじめ較正点間が分かっているキャリブレーションポールを 9ヶ所に垂直に立てて撮影した。なお、本研究における撮影は日本陸上競技連盟科学委員会投てき班の活動の一環として行われたものである。

2.2. 分析方法と算出項目

撮影によって得られた試技の映像をもとに、身体分析点 20 点およびハンマーヘッドの計 21 点を動作解析ソフト(Frame-DIAS VI, Q' sfix)を用いて 120fps でデジタイズし、3 次元座標値を取得した。また両肩関節中心および両股関節中心は、肩関節および股関節の中心として算出した。得られた 3 次元座標値は、4 次の Butter-Worth Digital Filter により最適遮断周波数(8.40-12.96Hz)で平滑化し分析に用いた。なお、本研究における較正点の実測値と計算値との平均誤差範囲は、投てき方向に対して左右方向(静止座標系における x 軸)が 5mm, 投てき方向(y 軸)が 9mm, 鉛直方向(z 軸)が 7mm であった。本研究ではマッカーサー選手の投てき動作の特徴を明らかにするために以下の項目について算出した。

- 1) 初期条件: リリース(Rel)時の各軸方向および合成のハンマーヘッド速度(m/s), 投射角(deg), 投射高(m)とした。
- 2) ハンマーヘッド速度(m/s): ハンマーヘッド中心の変位を時間微分して求めた。
- 3) ハンマーヘッドの法線加速度(m/s²): ハンマーヘッドを原点とし、接線方向と法線方向および接線と法線に直角な方向となるような運動座標系を定義し、法線方向の加速度を算出した。
- 4) ハンマーヘッドの遠心力(N): 曲率半径 r を式(1)によって算出し、遠心力 F を式(2)から求めた。

$$r = \frac{v^2}{a} \quad \dots\dots\dots \text{式(1)}$$

$$F = \frac{mv^2}{r} \quad \dots\dots\dots \text{式(2)}$$

ここで a はハンマーヘッドの法線加速度, m は質量(4kg), V は接線速度(合成速度)を指している。

- 5) 各局面の動作時間(s): フレーム数をもとに算

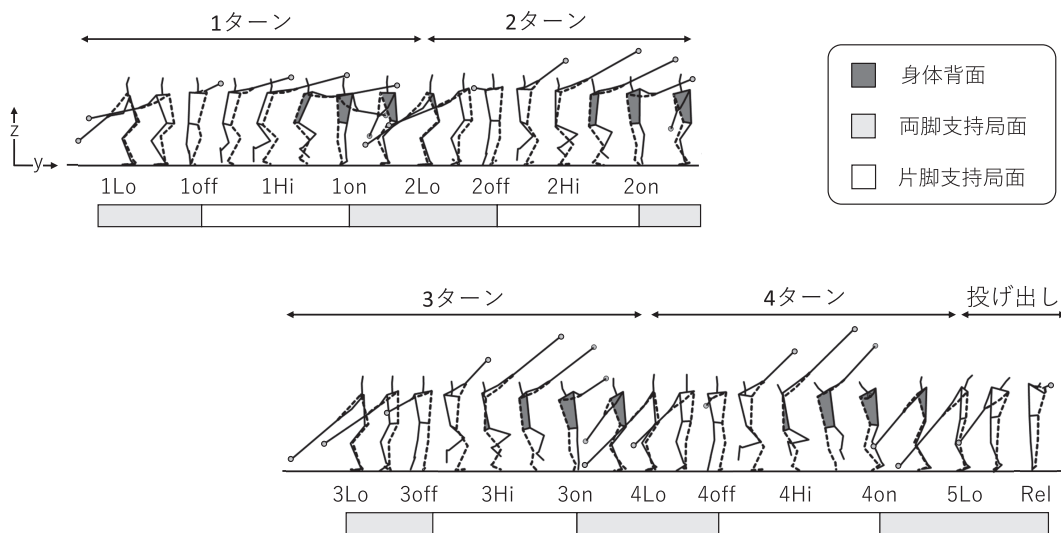


図1 ハンマー投げにおける各時点と局面の定義

表1 投てき記録と初期条件

| 投てき記録 (m) | ハンマーヘッド速度 (m/s) | | | | 投射角 (deg.) | 投射高 (m) |
|--------------|-----------------|-------|-------|-------|---------------|------------|
| | x | y | z | 初速度 | | |
| 63.31 | -0.52 | 18.22 | 17.83 | 25.50 | 44.4 | 1.45 |

出した。

- 6) 各局面のハンマーヘッド移動距離 (m) : ハンマーヘッド中心の変位を累積して求めた。
- 7) ハンマーヘッドおよび身体重心の軌跡 : ハンマーヘッドおよび身体重心の変位を xy 平面に投影した。

2.3. 局面定義

本研究では、分析にあたりハンマー投の投てき動作を以下のように分けた(図1)。各ターンにおいて、右足が接地した時点を on, 右足が離地した時点を off, ハンマーヘッドが最も低い時点を Lo, および最も高い時点を Hi とした。なお、各時点の略字の前にターン数を振って時点名とした。また、Rel はハンマーグリップが両手から離れた時点とした。動作時間およびハンマーヘッド移動距離については、両脚支持局面、片脚支持局面、各ターン、および投げ出し局面の局面毎と動作全体についてそれぞれ算出した。

3. 結果および考察

陸上競技における他の投てき種目と同様に、ハンマー投げにおいても投てき記録に影響を及ぼす重要な要因として初期条件があげられる。室伏ほか(1982)は、初速度・投射角・投射高のいずれか

をある一定の比率だけ変化させたときの投てき記録の増減の程度は、初速度が最も影響が大きく、最も影響が小さかった因子は投射高であることを報告している。多くの先行研究においても、初速度と投てき記録との間には有意な正の相関関係が認められている(室伏, 1982; 坂東ほか, 2006; 藤井ほか, 2010; 林, 2015)。林(2015)は、日本における女子ハンマー投選手(記録: 45.19 ~ 62.98m)を対象に初期条件について検討したところ、初速度はおよそ 19 ~ 26m/s の範囲に分布し投てき記録との間に有意な正の相関関係が認められたのに対し、投射角についてはおよそ 36.1 ~ 42.1deg. の範囲に分布し投てき記録との間には有意な相関関係が認められなかったことを報告している。

マッカーサー選手の初期条件についてみると(表1)、初速度は 25.50m/s、投射角は 44.4deg. と林(2015)の報告と類似した値を示していた。

図2に投てき動作中のハンマーヘッド速度と法線加速度および遠心力の変化を示した。ハンマーヘッド速度は、投てき動作開始時から増減を繰り返しながらリリースに向かって徐々に増加する変化を示していた。坂東ほか(2006)は、投てき記録の高い選手ほど各ターンの加速局面における法線加速度および法線加速度の発揮速度が高く、回転の中心方向に積極的にヘッドを引くことにより大きな法線加速度が発揮され曲率半径が短くなることで、結果的に接

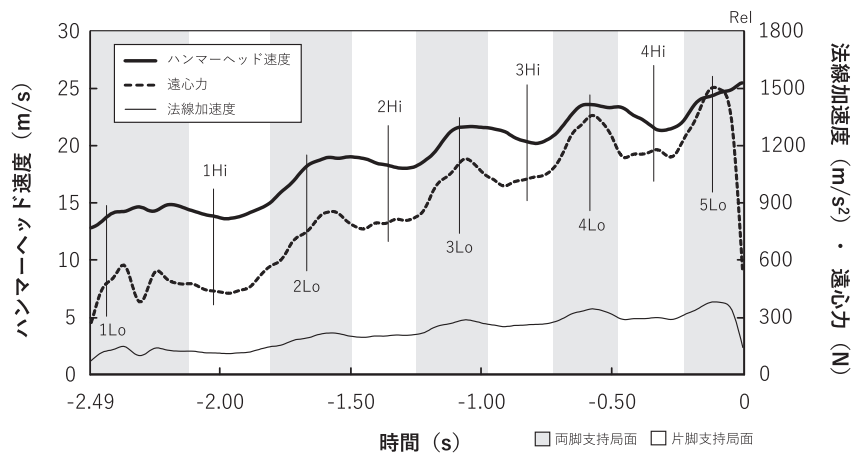


図2 ハンマーヘッド速度と遠心力の変化

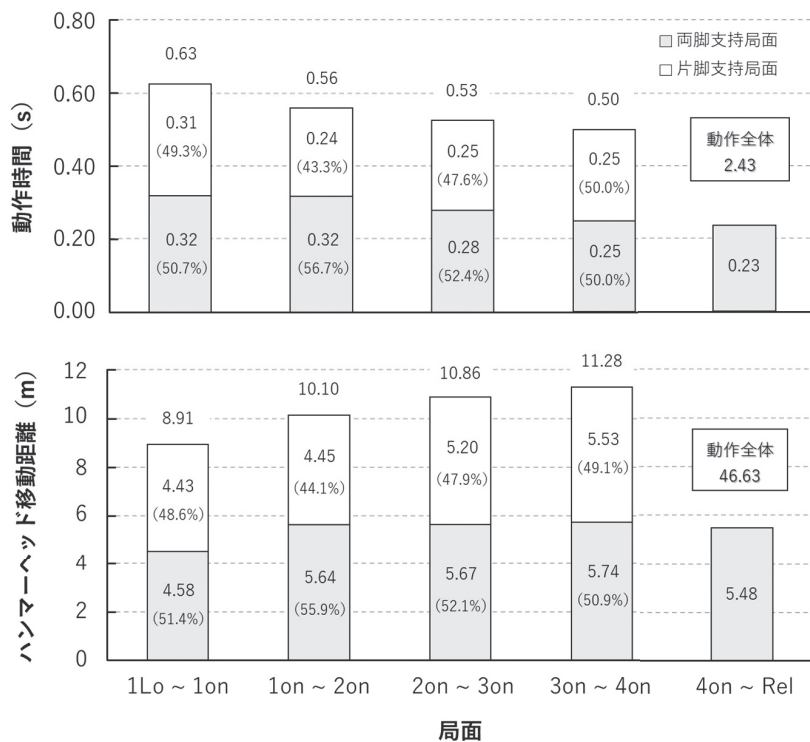


図3 各局面における動作時間とハンマーヘッド移動距離

線方向の速度が高まる可能性について示唆している。法線加速度についてみると、主に両脚支持局面前半で増加しており、同局面においてハンマーヘッド速度の急激な増加がみられた。また、各ターンにおいて法線加速度が最も大きくなるのはおよそLo付近であり、各ターンの遠心力もLo付近で大きくなっていった。最大遠心力は5Loの投げ出し局面中盤でみられ、その値は1506N (153.6kgw) に達していた。太田と室伏 (2010) は国際大会の上位進出者ではワイヤー部分に3000N以上の張力が作用し、それにともないほぼ同じ大きさの床反力が両足に作用すると報告しており、リリース直前では非常に大きな力に抗して投動作を遂行する必要があることが分かる。

各局面における動作時間は、投てき動作が進むにつれて徐々に減少していた (図3)。片脚支持局面の動作時間は2ターン目以降ほとんど減少していなかったが、両脚支持局面については徐々に減少していた。そのため、各ターンにおける両脚支持局面が占める割合についても徐々に減少していたことが分かった。このことから、ターン動作が進むにつれてより短い両脚支持時間でハンマーヘッドを加速させる必要があることがみてとれる。一方、各局面のハンマーヘッドの移動距離は投てき動作が進むにつれて増加しており、動作全体での累積移動距離は46.63mにも上っていた。また、片脚支持および両脚支持局面における移動距離の割合は動作時間と同程度で推移していた。室伏ほか (1982) は男子選手

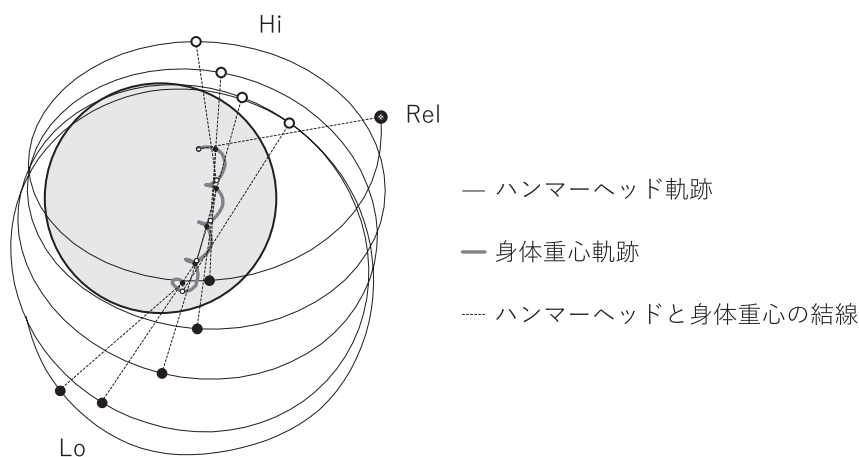


図4 xy平面におけるハンマーヘッドと身体重心の軌跡

2名を比較した研究において、ターン中のハンマーの移動距離は同程度である一方、記録の高い選手は投げ出し局面に入るまでの両脚および片脚支持局面の動作時間が短かったことを報告している。これらことから、ハンマーヘッドを加速させるために重要な両脚支持局面では投てき動作が進むにつれてより短時間に大きな遠心力に抗して投てき動作を遂行する必要があり、高度な技術および体力を要すると考えられる。

最後にハンマーヘッドおよび身体重心の軌道とLoおよびHiポイントの位置に着目する(図4)。ハンマーヘッドの軌道面は地面に対して傾斜しており、ハンマーヘッドはLoからHiにかけて上昇し、HiからLoにかけて下降している。そのため、LoおよびHi付近ではハンマーヘッドは地面に対してより平行に運動し、LoとHiの間地点では地面に対してより傾斜して運動することになる。そのため、ハンマー投における投射角はリリース時の上述のようなLoからHiにかけてのリリース位置と軌道面自体の傾きの大きさによって決まる(池上ほか, 1994)。軌道面の傾きが大きくなりすぎると、Loでハンマーが地面と接触してしまう恐れがあるため、軌道面の傾きは自ずと身長によって制限される。林(2015)によると、女子選手では投射角と選手の身長との間に競技レベルが高い選手で相関がみられ、身長が高いほど投射角は大きい傾向にあることを報告している。そのため、それぞれの選手に応じた投射角を確保するためには、軌道上のLoおよびリリース位置が重要となると考えられる。また、藤井ほか(2010)は、肩関節中点をハンマーヘッドからハンドルに向かう方向より左肩から右肩に向かう方向寄り(身体右後方)に移動させるような力を体幹や下肢で発揮することによって、ハンドルをより大きく先行させてハンマーヘッドの加速量を大きくするこ

- ハンマーヘッド軌跡
- 身体重心軌跡
- ハンマーヘッドと身体重心の結線

とができると報告している。このいわゆる”後方への倒れ込み動作”は投てき方向へ推進しながらLo付近で行われるため、ハンマーヘッドの加速という点においてもLoポイントは大変重要な要因であるといえる。指導現場においても、Loポイントが投てき者に対して左方向に移動しすぎることには注意が払われることがよくある。Loポイントが投てき者に対して左方向へ移動しすぎてしまうと、投てき方向へ推進しながら倒れ込みを利用したハンマーヘッドの加速動作を十分に利用できず、加えてリリースでは適切な投射角が確保できなくなってしまう。この点について、マッカーサー選手のLoポイントは池上ほか(1994)が報告した世界一流選手と類似した位置にあり、ハンマーヘッドを加速させるとともに適切な投射角を確保し投げ出していたと考えられる。

4. まとめ

本稿では第107回日本陸上競技選手権大会の女子ハンマー投種目において優勝したジョイ・アイリス・マッカーサー選手のハンマー投における動作パラメータを分析し提示してきた。投てき動作中、ハンマーヘッドは主に両脚支持局面前半において加速しながらリリースに向かって徐々に速度を増大していた。両脚支持局面の動作時間は投てき動作が進むにつれて減少していき、またリリース直前の投げ出し局面でハンマーヘッドに加わる遠心力は最大で1506Nに達していたことから、短い動作時間で大きな遠心力に抗してハンマーヘッドの加速動作を行い、高い初速度を獲得していたと考えられる。さらにLoの位置も先行研究と類似した場所に位置しており、適切にハンマーヘッドを加速させるとともに、投射角を確保し投げ出していたと考えられる。

5. 引用文献

- 坂東美和子, 田辺 智, 伊藤 章 (2006) ハンマー投げ記録とハンマーヘッド速度の関係. 体育学研究, 51, 505-514.
- 藤井範久, 小山陽平, 阿江通良 (2010) ハンマー投ターンの局面におけるハンマーヘッド加速技術の研究—ハンマーヘッド加減速パターンの違いに着目して—. 体育学研究, 55, 17 - 32.
- 林 忠男 (2015) ハンマー投げ競技における投射角と選手の身長に関する研究. 日本体育大学紀要, 45(1), 53-60.
- 池上康男, 桜井伸二, 岡本 敦, 植屋清見, 中村和彦 (1994) ハンマー投のバイオメカニクスの分析. 陸上競技連盟強化本部バイオメカニクス研究班編, 世界一流陸上競技者の技術, ベースボール・マガジン社: 240-256.
- 室伏重信, 斉藤昌久, 湯浅景元 (1982) ハンマー投げのバイオメカニクスの研究: 投射時におけるハンマー頭部の初速度・投射角・投射高が飛距離に及ぼす影響. 中京体育学研究, 23(1), 38-43.
- 太田 憲, 室伏広治 (2010) ハンマー投の力学と新しいトレーニング方法の開発. 日本機械学会誌, 113, 109-112.

2023年シーズンにおける十種競技選手のパフォーマンス分析

松林 武生¹⁾ 綿谷 貴志²⁾ 笠井 信一³⁾ 景行 崇文¹⁾ 高橋 直己⁴⁾ 青木 光⁵⁾ 眞鍋 芳明⁶⁾

1) 国立スポーツ科学センター 2) 北海道情報大学 3) 愛知淑徳大学
4) 青森県スポーツ科学センター 5) 大阪体育大学大学院 6) 中京大学

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、主要競技会におけるパフォーマンス分析を実施している。本稿では、2023年シーズンにおける十種競技選手の100m、走幅跳、400m、110mハードルでのパフォーマンス分析結果について報告する。

2. 方法

2-1. 分析対象

第10回木南道孝記念陸上競技大会(2023年5月6-7日)、第107回日本陸上競技選手権大会・混成競技(2023年6月10-11日)、およびブダペスト2023世界陸上競技選手権大会(2023年8月19-27日)の十種競技に出場した強化指定選手5名(丸山優真選手、右代啓祐選手、中村明彦選手、田上駿選手、片山和也選手)を分析対象とした。

2-2. 100m

100mでは、レース中の走速度の推移、および最高走速度時のピッチとストライド長を分析した。4台のハイスピードカメラ(Lumix GH5S、Panasonic社製、239.76fps)を用いてレースを撮影した。カメラの設置位置は、3.72m、13m、47m、81m地点の側方の観客席とした。ハードル種目でのハードル設置位置マークなど距離が既知である地点の通過タイムを、スタート信号の閃光からの経過フレーム数に基づいて算出した。これをスプライン関数で補間することにより時間-距離情報を作成し、10mごとの通過タイムと区間走速度を算出した。また、同映像から4歩ごとの接地瞬間のフレームを判断し、これと前述の時間-距離情報から4歩ごとの移動距離および経過時間を得たのち、4歩ごとの走速度を算出

した。この走速度が最高となった4歩区間において、経過時間の逆数をとることでピッチを、走速度をピッチで除することでストライド長を算出した(松尾ら2011、小林ら2017)。

2-3. 走幅跳の分析方法

走幅跳では、助走時の最高走速度を分析した。選手後方の観客スタンドにレーザードップラー式距離・走速度測定装置(Laveg、100Hz、JENOPTIK社製)を設置し、選手の腰背部へ不可視レーザーを照射することで、助走時の時間-距離情報を取得した。これを遮断周波数0.5Hzのローパスフィルタで処理した後に微分して走速度に変換し、そのピーク値を助走中の最高走速度とした(小山ら2007)。なお、ブダペスト2023世界陸上競技選手権大会においては競技会場への機材持込がかなわなかったため、走幅跳の測定は実施していない。

2-4. 400mにおける分析

400mでは、レース中の走速度の推移、特に最高走速度およびレース終盤での走速度低下率を分析した。3台のデジタルビデオカメラ(Lumix GH5S、Panasonic社製、59.94fps)を用いてレースを撮影した。カメラの設置位置は、第1曲走路の中央付近、バックストレート中央付近、およびホームストレートの中央付近の観客席とした。スタート信号の閃光から選手のトルソーが400mハードル用ハードルの設置位置(45m、80m、115m、150m、185m、220m、255m、290m、325mおよび360m地点)を通過するまでの経過フレームに基づき、各地点の通過タイムを算出した。さらに、50m毎の通過タイムについて、その地点を挟む前後2つのハードル設置位置の通過タイムから時間-距離の直線回帰をすることで推定した。この推定通過タイムに基づいて、50m区間ごとの走速度を算出した。また、この走速度の最高

値に対する、350-400m 区間での走速度の低下率を算出した (持田ら 2007)。

2-5. 110m ハードルにおける分析

110m ハードルでは、各ハードルの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、および区間走速度を分析した。3 台のハイスピードカメラ (Lumix DC-GH5S、Panasonic 社製、239.76 fps) を用いて、2、5、8 台目ハードル側方の観客スタンドからレースを撮影した。得られた映像において、スタート信号の閃光を基準 ($t=0.00s$) 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。なお、110m ハードルにおける最高走速度の検討は、アプローチ区間およびランイン区間を除く、各ハードル間の区間のみで行った (貴嶋ら 2015)。

2-6. 専門選手との比較

各種目の専門選手のデータを、過去の科学委員会研究報告等から収集し、比較対象とした。

3. 結果および考察

表 1 に 100m の分析結果を示す。本研究のなかで最も優れた 100m 記録を示したのは田上選手であり、その記録は 10.89 秒であった。図 1 に、100m における最高走速度と記録の関係を示す。最高走速度と記録との間には非常に強い相関関係が認められてい

る (松尾ら 2007)。本研究の対象者についても全員がこの回帰直線に沿ってプロットされ、100m 記録の短縮には最高走速度の向上が不可欠であることが再確認された。10 秒前半の記録を達成するためには、11.0m/s 程度の最高走速度を発揮できるようになることが目安となる。図 2 に、最高走速度時のピッチとストライドの関係を示す。100m 専門選手と比較すると、十種競技選手はストライドに関しては同程度であるもののピッチに関しては低い傾向にある。11.0m/s 程度の最高走速度を達成するためには、ストライド 2.20m でピッチが 5.0steps/s、もしくはストライドが 2.30m でピッチが 4.8steps/s という組み合わせが必要となる。これらを達成するための方策を検討していく必要がある。

表 2 に走幅跳の分析結果を示す。本研究のなかで最も優れた走幅跳記録を示したのは田上選手であり、その記録は 7m38 であった。図 3 に、走幅跳助走における最高走速度と跳躍距離との関係を示す。助走速度と跳躍距離の間には相関関係が認められている (小山ら 2007、松林ら 2010)。本研究の対象者も概ねこの回帰直線に沿ってプロットされており、走幅跳記録の向上には助走速度の向上が必要であることが再確認された。図 4 に、100m における最高走速度と走幅跳助走における最高走速度の関係を示す。100m において観察される最高走速度は、ほぼ最大努力での走速度となる。これに対して走幅跳助走では踏切準備などのために最大よりもわずかに低い努力度での疾走になると考えられる。風の影響を考慮する必要はあるものの、図 4 において $Y=1.00 \cdot X$ の直線から離れてプロットされている場合はその努力度が低かったと解釈できる。本研究の対象者は、100m 疾走速度の 92-96% 程度で助走を行っていた。この努力度を高めていくことで助走速度を向上させられる可能性もあるが、助走が速ければ必要とされる踏切技術も高くなると考えられる。個々の選手に適した助走速度を検討していく必要がある。

表 3 に 400m の分析結果を示す。本研究のなかで最も優れた 400m 記録を示したのは田上選手であり、その記録は 48.94 秒であった。図 5 に、400m における最高走速度と記録の関係を示す。これらの指標間には相関関係が認められており (山中ら 2018)、400m 記録の短縮には最高走速度の向上がひとつの鍵になると考えられる。図 6 に、400m における走速度低下率と記録の関係を示す。走速度低下率と記録との間には明確な関係性は認められず、十種競技選手と 400m 専門選手との間にも走速度低下率に大

きな差は認められない。しかしながら本研究の対象者には、走速度低下率は比較対象の平均よりも大きな者が多かった。最高走速度を高めようとする走速度低下率は大きくなると推察される。個々の選手に最適なペース配分を検討していく必要がある。

表4に110mハードルの分析結果を示す。本研究のなかで最も優れた110mハードル記録を示したのは田上選手であり、その記録は14.26秒であった。図7に、110mハードルにおける最高区間走速度と記録の関係を示す。最高区間走速度と記録の間には強い相関関係が認められている(貴嶋ら2015、柴山ら2018)。本研究の対象者についても全員がこの回帰直線に沿ってプロットされ、110mハードル記録の短縮には最高区間走速度の向上が不可欠であることが再確認された。13秒台の記録を達成するためには8.5m/s程度の最高区間走速度が目安となり、これはハードル間の区間タイムとしては1.075秒に相当する。図8に、100mにおける最高走速度と110mハードルにおける最高区間走速度の関係を示す。両者に明確な関係性は認められないものの、田上選手や丸山選手は100mに対して110mハードルでの走速度が相対的に高く、他選手よりもハードル技術に優れていることが推察される。図9と図10にはそれぞれ、インターバルタイムと記録の関係、およびハードリングタイムと記録の関係を示す。比較対象データ数が少ないものの、110mハードルの記録にはハードリングタイムよりもインターバルタイムのほうが強く影響する傾向が見受けられる。ただし、どちらのタイムに課題が大きいかは選手ごとに異なっており、個人の特徴を把握して記録向上への方策を検討していく必要がある。

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

要 13: 109-114.

- 4) 小山宏之, 村木有也, 武田理, 大島雄治, 阿江通良 (2007) 競技会における一流男女棒高跳、走幅跳、および三段跳選手の助走速度分析. 陸上競技研究紀要 3: 104-122.
- 5) 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 (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.
- 6) 柴山一仁, 貴嶋孝太, 杉本和那美, 森丘保典, 櫻井健一, 苅部俊二, 金子公宏, 谷川聡 (2020) 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.
- 7) 松尾彰文, 広川龍太郎, 柳谷登志雄, 持田尚, 杉田正明, 松林武生, 貴嶋孝太, 川崎知美, 苅部俊二, 土江寛裕, 清田浩伸, 麻場一徳, 中村宏之 (2007) 100mレースにおける4ステップごとにみたスピード, ピッチおよびストライドの変化. 陸上競技研究紀要 7: 21-29.
- 8) 松林武生, 持田尚, 松尾彰文, 松田克彦, 本田陽, 阿江通良 (2010) 十種競技選手の走幅跳、棒高跳での跳躍パフォーマンス分析. 陸上競技研究紀要 6: 137-147.
- 9) 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.
- 10) 山中亮, 高橋恭平, 小林海, 渡辺圭佑, 広川龍太郎, 松林武生, 松尾彰文 (2018) 2018年度競技会における男女400mのレース分析. 陸上競技研究紀要, 14: 110-122.

表1 100mにおける走速度の推移、最高走速度、および最高走速度時のピッチとストライド

| 選手名 | 大会 | 記録 [s] | 上段：通過タイム [s] | | | 下段：区間走速度 [m/s] | | | | | | | 最高走速度 [m/s] | 出現区間 [m] | ピッチ [steps/s] | ストライド [m] |
|------|-----------|--------|--------------|------|------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------|----------|---------------|-----------|
| | | | 10m | 20m | 30m | 40m | 50m | 60m | 70m | 80m | 90m | 100m | | | | |
| 田上駿 | 木南記念 | 10.89 | 1.98 | 3.11 | 4.12 | 5.09 | 6.03 | 6.97 | 7.92 | 8.88 | 9.87 | 10.89 | 10.64 | 50-60 | 4.82 | 2.21 |
| | 2023/5/6 | (+0.6) | 5.05 | 8.86 | 9.86 | 10.35 | 10.58 | 10.64 | 10.57 | 10.39 | 10.13 | 9.80 | | | | |
| 右代啓祐 | 木南記念 | 11.68 | 2.09 | 3.27 | 4.34 | 5.38 | 6.40 | 7.42 | 8.45 | 9.50 | 10.57 | 11.68 | 9.81 | 40-50 | 4.23 | 2.30 |
| | 2023/5/6 | (+0.6) | 4.79 | 8.46 | 9.30 | 9.67 | 9.81 | 9.80 | 9.70 | 9.53 | 9.30 | 9.03 | | | | |
| 片山和也 | 木南記念 | 11.23 | 1.95 | 3.09 | 4.12 | 5.12 | 6.10 | 7.09 | 8.09 | 9.11 | 10.15 | 11.23 | 10.15 | 40-50 | 4.40 | 2.31 |
| | 2023/5/6 | (-1.1) | 5.12 | 8.83 | 9.67 | 10.03 | 10.15 | 10.12 | 10.00 | 9.81 | 9.57 | 9.30 | | | | |
| 丸山優真 | 日本選手権混成 | 10.90 | 1.98 | 3.11 | 4.13 | 5.10 | 6.06 | 7.01 | 7.97 | 8.93 | 9.91 | 10.90 | 10.52 | 50-60 | 4.57 | 2.30 |
| | 2023/6/10 | (+0.1) | 5.06 | 8.85 | 9.78 | 10.24 | 10.45 | 10.52 | 10.49 | 10.39 | 10.24 | 10.05 | | | | |
| 右代啓祐 | 日本選手権混成 | 11.82 | 2.17 | 3.35 | 4.42 | 5.46 | 6.50 | 7.53 | 8.58 | 9.64 | 10.72 | 11.82 | 9.69 | 40-50 | 4.25 | 2.28 |
| | 2023/6/10 | (-0.4) | 4.60 | 8.52 | 9.29 | 9.60 | 9.69 | 9.66 | 9.57 | 9.43 | 9.26 | 9.07 | | | | |
| 中村明彦 | 日本選手権混成 | 10.96 | 1.97 | 3.10 | 4.12 | 5.10 | 6.06 | 7.02 | 7.98 | 8.96 | 9.95 | 10.96 | 10.44 | 50-60 | 4.68 | 2.23 |
| | 2023/6/10 | (-0.4) | 5.08 | 8.86 | 9.77 | 10.20 | 10.40 | 10.44 | 10.39 | 10.27 | 10.09 | 9.87 | | | | |
| 田上駿 | 日本選手権混成 | 11.00 | 2.00 | 3.12 | 4.15 | 5.13 | 6.09 | 7.05 | 8.01 | 8.99 | 9.99 | 11.00 | 10.42 | 50-60 | 4.80 | 2.17 |
| | 2023/6/10 | (+0.1) | 5.01 | 8.87 | 9.78 | 10.20 | 10.38 | 10.42 | 10.36 | 10.24 | 10.06 | 9.85 | | | | |
| 片山和也 | 日本選手権混成 | 11.15 | 1.97 | 3.08 | 4.10 | 5.09 | 6.06 | 7.04 | 8.03 | 9.04 | 10.08 | 11.15 | 10.26 | 40-50 | 4.49 | 2.29 |
| | 2023/6/10 | (+0.1) | 5.08 | 8.96 | 9.81 | 10.16 | 10.26 | 10.22 | 10.09 | 9.89 | 9.64 | 9.35 | | | | |
| 丸山優真 | 世界選手権 | 10.90 | 1.97 | 3.10 | 4.12 | 5.10 | 6.06 | 7.01 | 7.96 | 8.92 | 9.90 | 10.90 | 10.53 | 50-60 | 4.56 | 2.31 |
| | 2023/8/25 | (+0.1) | 5.09 | 8.82 | 9.76 | 10.23 | 10.45 | 10.53 | 10.50 | 10.39 | 10.23 | 10.02 | | | | |

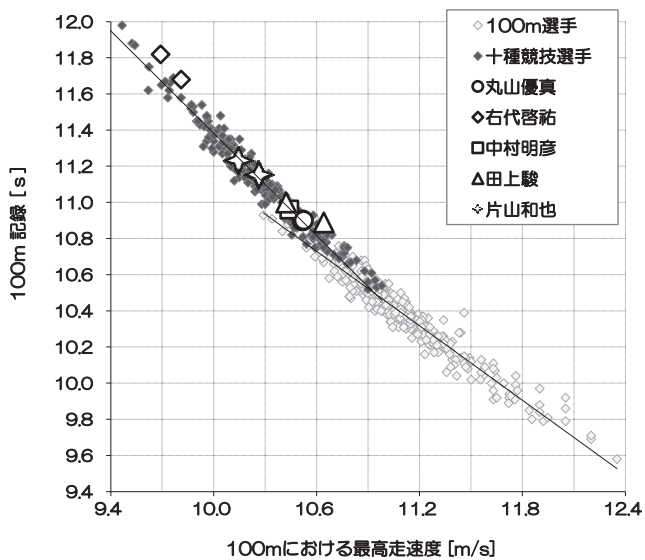


図1 100mにおける最高走速度と記録の関係

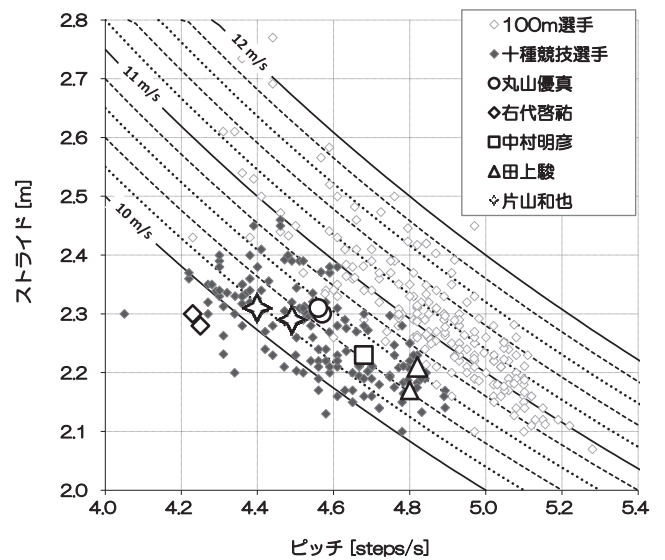


図2 100mにおける最高走速度時のピッチとストライドの関係

表2 走幅跳の跳躍距離と助走における最高走速度

| 選手名 | 大会 | 上段：跳躍距離 [m] 下段：助走最高走速度 [m/s] | | | 100m 記録 [s] |
|------|-----------|------------------------------|-------------|-------------|--------------|
| | | 1跳目 | 2跳目 | 3跳目 | 最高走速度 [m/s] |
| 田上駿 | 木南記念 | 7m19 (+1.2) | 7m38 (+0.1) | 7m23 (+1.9) | 10.89 (+0.6) |
| | 2023/5/6 | 9.90 | 9.93 | 10.01 | 10.64 |
| 右代啓祐 | 木南記念 | 6m19 (-0.8) | 6m56 (+1.7) | 6m65 (+0.7) | 11.68 (+0.6) |
| | 2023/5/6 | 9.27 | 9.46 | 9.46 | 9.81 |
| 片山和也 | 木南記念 | F (-) | F (-) | F (-) | 11.23 (-1.1) |
| | 2023/5/6 | 9.41 | 9.42 | 9.34 | 10.15 |
| 丸山優真 | 日本選手権混成 | 7m09 (+0.7) | 7m30 (-0.6) | 7m15 (+0.3) | 10.90 (+0.1) |
| | 2023/6/10 | 10.02 | 9.94 | 10.06 | 10.52 |
| 右代啓祐 | 日本選手権混成 | 6m43 (0.0) | F (+0.9) | 6m42 (+0.9) | 11.82 (-0.4) |
| | 2023/6/10 | 9.38 | 9.35 | 9.33 | 9.69 |
| 中村明彦 | 日本選手権混成 | 6m79 (+0.4) | 6m86 (-1.6) | 6m56 (+0.7) | 10.96 (-0.4) |
| | 2023/6/10 | 9.76 | 9.60 | 9.60 | 10.44 |
| 田上駿 | 日本選手権混成 | 7m05 (-0.4) | 7m08 (+0.4) | 7m25 (-0.4) | 11.00 (+0.1) |
| | 2023/6/10 | 9.84 | 9.90 | 9.81 | 10.42 |
| 片山和也 | 日本選手権混成 | F (-0.1) | F (-0.2) | F (+0.5) | 11.15 (+0.1) |
| | 2023/6/10 | 9.55 | 9.58 | 9.63 | 10.26 |

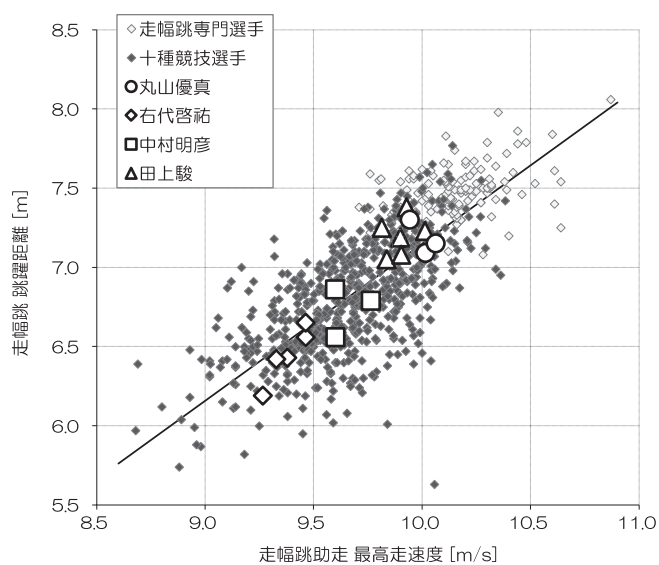


図3 走幅跳助走における最高走速度と跳躍距離の関係

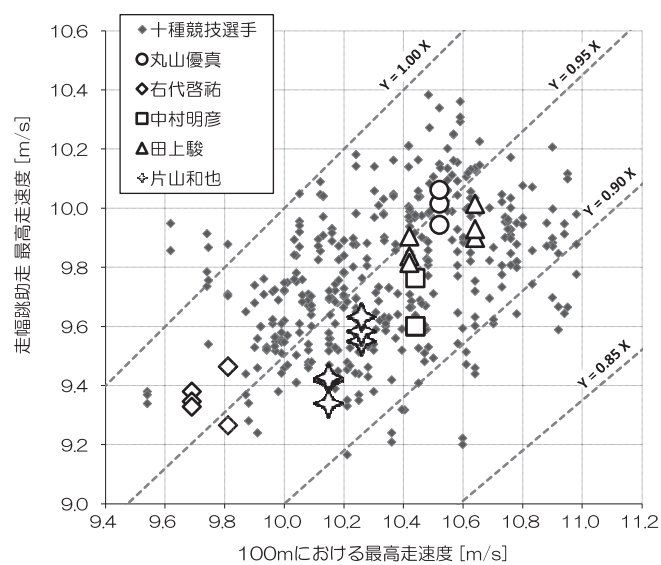


図4 100m 走における最高走速度と走幅跳助走における最高走速度の関係

表 3 400m における走速度の推移、最高走速度、および走速度低下率

| 選手名 | 大会 | 記録 [s] | 上段：通過タイム [s] 下段：区間走速度 [m/s] | | | | | | | | 最高走速度 [m/s] | 出現区間 [m] | 走速度低下率 [%] |
|------|-----------|--------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------|----------|------------|
| | | | 50m | 100m | 150m | 200m | 250m | 300m | 350m | 400m | | | |
| 田上駿 | 木南記念 | 48.94 | 6.49 | 11.74 | 17.11 | 22.79 | 28.82 | 35.12 | 41.76 | 48.94 | 9.51 | 50-100 | 26.81 |
| | 2023/5/6 | | 7.71 | 9.51 | 9.32 | 8.80 | 8.29 | 7.94 | 7.53 | 6.96 | | | |
| 右代啓祐 | 木南記念 | 52.61 | 6.84 | 12.47 | 18.30 | 24.41 | 30.80 | 37.57 | 44.75 | 52.61 | 8.88 | 50-100 | 28.35 |
| | 2023/5/6 | | 7.31 | 8.88 | 8.58 | 8.19 | 7.83 | 7.38 | 6.96 | 6.36 | | | |
| 丸山優真 | 日本選手権混成 | 49.47 | 6.57 | 11.96 | 17.64 | 23.47 | 29.44 | 35.73 | 42.36 | 49.47 | 9.28 | 50-100 | 24.26 |
| | 2023/6/10 | | 7.61 | 9.28 | 8.80 | 8.58 | 8.38 | 7.95 | 7.55 | 7.03 | | | |
| 右代啓祐 | 日本選手権混成 | 55.13 | 6.72 | 12.36 | 18.22 | 24.51 | 31.32 | 38.75 | 46.58 | 55.13 | 8.85 | 50-100 | 33.95 |
| | 2023/6/10 | | 7.44 | 8.85 | 8.54 | 7.95 | 7.34 | 6.73 | 6.39 | 5.85 | | | |
| 中村明彦 | 日本選手権混成 | 50.40 | 6.85 | 12.49 | 18.31 | 24.37 | 30.65 | 37.13 | 43.65 | 50.40 | 8.87 | 50-100 | 16.42 |
| | 2023/6/10 | | 7.30 | 8.87 | 8.59 | 8.25 | 7.96 | 7.72 | 7.66 | 7.41 | | | |
| 田上駿 | 日本選手権混成 | 49.69 | 6.56 | 11.97 | 17.56 | 23.33 | 29.42 | 35.84 | 42.49 | 49.69 | 9.24 | 50-100 | 24.80 |
| | 2023/6/10 | | 7.63 | 9.24 | 8.94 | 8.66 | 8.21 | 7.79 | 7.51 | 6.95 | | | |
| 丸山優真 | 世界選手権 | 50.75 | 6.51 | 11.93 | 17.58 | 23.56 | 29.75 | 36.26 | 43.18 | 50.75 | 9.22 | 50-100 | 28.33 |
| | 2023/8/25 | | 7.68 | 9.22 | 8.84 | 8.37 | 8.08 | 7.68 | 7.22 | 6.61 | | | |

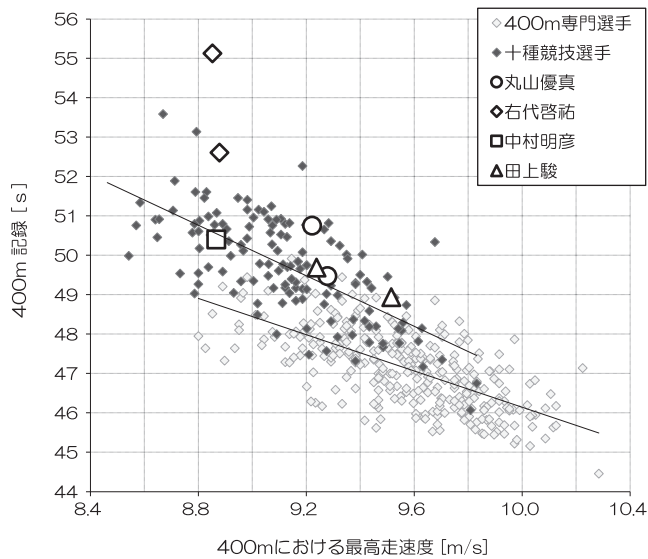


図 5 400m における最高走速度と記録の関係

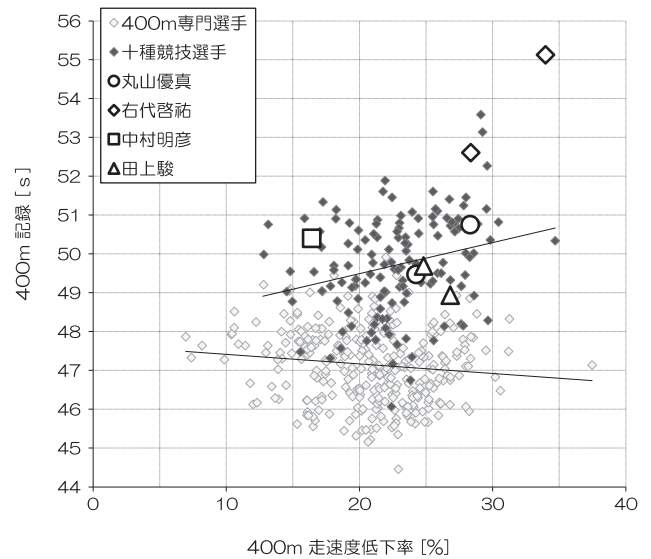


図 6 400m における走速度低下率と記録の関係

表4 110m ハードルにおける各種タイム、走速度の推移、および最高区間走速度

| 選手名 | 大会 | 記録 [s] | ハードル： | | | | | | | | | | 平均値 | 最高区間走速度 [m/s] | 出現区間 | 100m 記録 [s] | 最高走速度 [m/s] | | |
|-------------|----------------------|-----------------|-----------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|---------------|--------------|-------------|-------------|-----------|-----------------|
| | | | タッチダウンタイム [s] | 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 |
| 田上 駿 | 木南記念 2023/5/7 | 14.26 (-0.2) | タッチダウンタイム [s] | 2.72 | 3.86 | 4.96 | 6.07 | 7.17 | 8.28 | 9.38 | 10.50 | 11.62 | 12.78 | 14.26 | 0.58 0.54 | 8.32 | 6-7 | 10.64 | 10.89 (+0.6) |
| | | | 区間タイム [s] | 2.72 | 1.14 | 1.11 | 1.10 | 1.11 | 1.11 | 1.10 | 1.12 | 1.12 | 1.15 | 1.48 | | | | | |
| | | | インターバルランタイム [s] | | 0.60 | 0.56 | 0.56 | 0.57 | 0.57 | 0.58 | 0.59 | 0.59 | 0.61 | | | | | | |
| | | | ハードリングタイム [s] | 0.53 | 0.54 | 0.54 | 0.54 | 0.54 | 0.53 | 0.52 | 0.53 | 0.53 | 0.54 | | | | | | |
| 右代 啓祐 | 木南記念 2023/5/7 | 15.75 (+0.1) | タッチダウンタイム [s] | 2.79 | 4.00 | 5.19 | 6.41 | 7.65 | 8.87 | 10.11 | 11.37 | 12.66 | 13.97 | 15.75 | 0.71 0.53 | 7.64 | 2-3 | 9.81 | 11.68 (+0.6) |
| | | | 区間タイム [s] | 2.79 | 1.21 | 1.20 | 1.22 | 1.23 | 1.22 | 1.24 | 1.26 | 1.29 | 1.31 | 1.78 | | | | | |
| | | | インターバルランタイム [s] | | 0.68 | 0.66 | 0.68 | 0.69 | 0.69 | 0.72 | 0.73 | 0.75 | 0.76 | | | | | | |
| | | | ハードリングタイム [s] | 0.51 | 0.53 | 0.53 | 0.54 | 0.54 | 0.53 | 0.53 | 0.53 | 0.54 | 0.55 | | | | | | |
| 丸山 優真 | 日本選手権混成 2023/6/11 | 14.41 (-0.1) | タッチダウンタイム [s] | 2.72 | 3.88 | 5.03 | 6.15 | 7.24 | 8.34 | 9.47 | 10.60 | 11.75 | 12.90 | 14.41 | 0.62 0.51 | 8.35 | 4-5 | 10.52 | 10.90 (+0.1) |
| | | | 区間タイム [s] | 2.72 | 1.16 | 1.15 | 1.12 | 1.09 | 1.10 | 1.13 | 1.13 | 1.15 | 1.15 | 1.51 | | | | | |
| | | | インターバルランタイム [s] | | 0.64 | 0.64 | 0.62 | 0.60 | 0.60 | 0.62 | 0.62 | 0.63 | 0.63 | | | | | | |
| | | | ハードリングタイム [s] | 0.57 | 0.52 | 0.50 | 0.50 | 0.49 | 0.49 | 0.51 | 0.52 | 0.52 | | | | | | | |
| 右代 啓祐 | 日本選手権混成 2023/6/11 | 15.90 (-1.6) | タッチダウンタイム [s] | 2.83 | 4.05 | 5.25 | 6.48 | 7.70 | 8.94 | 10.20 | 11.50 | 12.80 | 14.13 | 15.90 | 0.72 0.54 | 7.62 | 2-3 | 9.69 | 11.82 (-0.4) |
| | | | 区間タイム [s] | 2.83 | 1.22 | 1.20 | 1.23 | 1.22 | 1.25 | 1.26 | 1.30 | 1.30 | 1.32 | 1.77 | | | | | |
| | | | インターバルランタイム [s] | | 0.70 | 0.68 | 0.68 | 0.69 | 0.71 | 0.73 | 0.75 | 0.75 | 0.76 | | | | | | |
| | | | ハードリングタイム [s] | 0.52 | 0.52 | 0.52 | 0.54 | 0.53 | 0.53 | 0.53 | 0.55 | 0.55 | 0.56 | | | | | | |
| 中村 明彦 | 日本選手権混成 2023/6/11 | 14.73 (-0.1) | タッチダウンタイム [s] | 2.81 | 3.97 | 5.13 | 6.27 | 7.40 | 8.54 | 9.70 | 10.86 | 12.04 | 13.22 | 14.73 | 0.61 0.55 | 8.09 | 4-5 | 10.44 | 10.96 (-0.4) |
| | | | 区間タイム [s] | 2.81 | 1.16 | 1.16 | 1.14 | 1.13 | 1.14 | 1.16 | 1.16 | 1.18 | 1.18 | 1.51 | | | | | |
| | | | インターバルランタイム [s] | | 0.61 | 0.60 | 0.59 | 0.58 | 0.59 | 0.60 | 0.61 | 0.63 | 0.63 | | | | | | |
| | | | ハードリングタイム [s] | 0.55 | 0.55 | 0.56 | 0.55 | 0.55 | 0.55 | 0.55 | 0.55 | 0.55 | 0.55 | | | | | | |
| 田上 駿 | 日本選手権混成 2023/6/11 | 15.27 (-0.1) | タッチダウンタイム [s] | 2.85 | 4.00 | 5.21 | 6.39 | 7.55 | 8.74 | 9.93 | 11.13 | 12.34 | 13.62 | 15.27 | 0.64 0.56 | 7.93 | 1-2 | 10.42 | 11.00 (+0.1) |
| | | | 区間タイム [s] | 2.85 | 1.15 | 1.21 | 1.18 | 1.16 | 1.19 | 1.19 | 1.19 | 1.21 | 1.28 | 1.65 | | | | | |
| | | | インターバルランタイム [s] | | 0.59 | 0.64 | 0.64 | 0.62 | 0.64 | 0.64 | 0.65 | 0.64 | 0.67 | | | | | | |
| | | | ハードリングタイム [s] | 0.56 | 0.56 | 0.57 | 0.54 | 0.54 | 0.55 | 0.55 | 0.54 | 0.57 | 0.61 | | | | | | |
| 丸山 優真 | 世界選手権 2023/8/26 | 14.18 (+0.1) | タッチダウンタイム [s] | 2.74 | 3.88 | 4.98 | 6.06 | 7.16 | 8.24 | 9.35 | 10.48 | 11.59 | 12.70 | 14.18 | 0.61 0.50 | 8.44 | 3-4 | 10.53 | 10.90 (+0.1) |
| | | | 区間タイム [s] | 2.74 | 1.14 | 1.09 | 1.08 | 1.10 | 1.09 | 1.11 | 1.13 | 1.11 | 1.11 | 1.48 | | | | | |
| | | | インターバルランタイム [s] | | 0.64 | 0.60 | 0.60 | 0.62 | 0.60 | 0.63 | 0.62 | 0.61 | 0.62 | | | | | | |
| | | | ハードリングタイム [s] | 0.54 | 0.50 | 0.50 | 0.48 | 0.48 | 0.48 | 0.48 | 0.51 | 0.50 | 0.50 | | | | | | |
| 区間走速度 [m/s] | 5.55 | 8.01 | 8.36 | 8.44 | 8.32 | 8.41 | 8.27 | 8.09 | 8.24 | 8.22 | 8.46 | | | | | | | | |

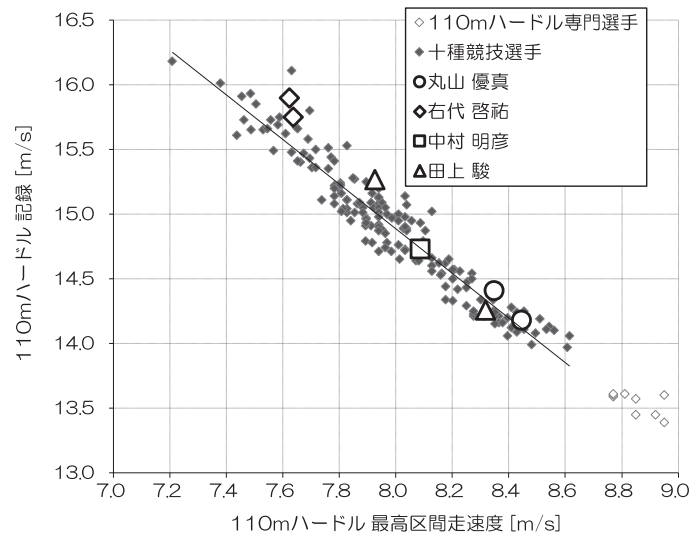


図7 110m ハードルにおける最高区間走速度と記録の関係

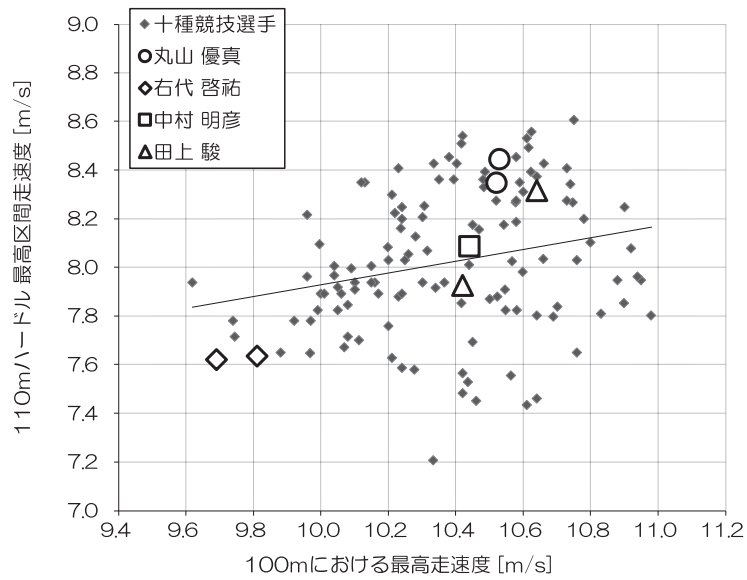


図 8 100m における最高走速度と 110m ハールドルにおける最高区間走速度の関係

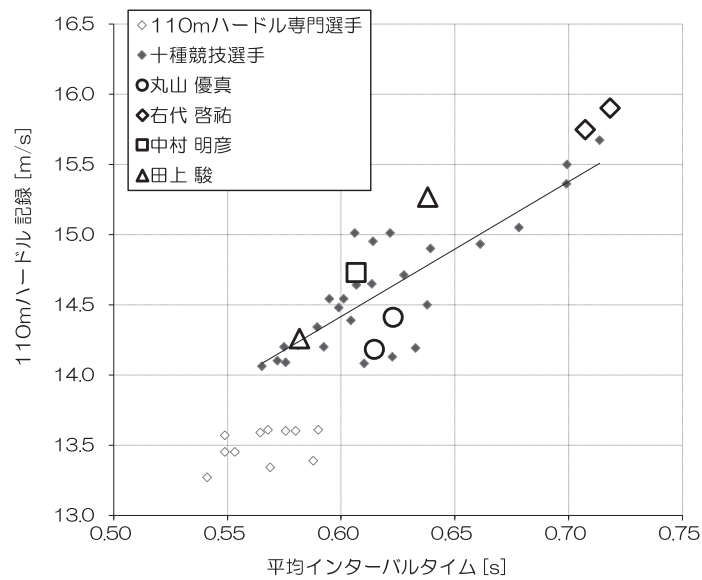


図 9 110m ハールドルにおけるインターバルタイムと記録の関係

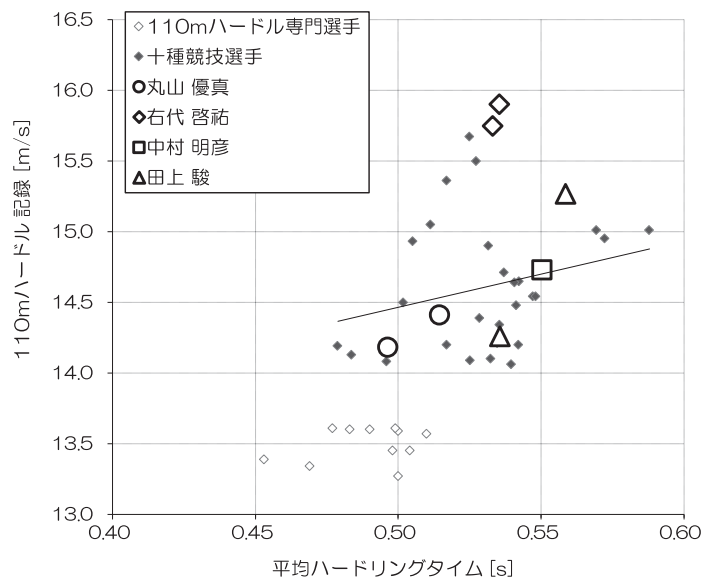


図 10 110m ハールドルにおけるハードリングタイムと記録の関係

2023年シーズンにおける七種競技選手のパフォーマンス分析

松林 武生¹⁾ 綿谷 貴志²⁾ 笠井 信一³⁾ 景行 崇文¹⁾ 高橋 直己⁴⁾ 青木 光⁵⁾ 眞鍋 芳明⁶⁾

1) 国立スポーツ科学センター 2) 北海道情報大学 3) 愛知淑徳大学
4) 青森県スポーツ科学センター 5) 大阪体育大学大学院 6) 中京大学

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、主要競技会におけるパフォーマンス分析を実施している。本稿では、2023年シーズンにおける七種競技選手の100mハードル、200m、走幅跳でのパフォーマンス分析結果について報告する。

2. 方法

2-1. 分析対象

第10回木南道孝記念陸上競技大会(2023年5月6-7日)および第107回日本陸上競技選手権大会・混成競技(2023年6月10-11日)の七種競技に出場した強化指定選手2名(山崎有紀選手、大玉華鈴選手)を分析対象とした。

2-2. 100mハードルにおける分析

100mハードルでは、各ハードルの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、および区間走速度を分析した。3台のハイスピードカメラ(Lumix DC-GH5S、Panasonic社製、239.76fps)を用いて、2、5、8台目ハードル側方の観客スタンドからレースを撮影した。得られた映像において、スタート信号の閃光を基準($t=0.00s$)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。なお、100mハードルにおける最高走速度の検討は、アプローチ区間およびランイン区間を除く、各ハードル間の区間のみで行った(貴嶋ら、2015)。

2-3. 200mにおける分析

200mでは、レース中の走速度の推移、特に最高走速度およびレース終盤での走速度低下率を分析した。3台のハイスピードカメラ(Lumix GH5S、Panasonic社製、239.76fps)を用いてレースを撮影した。カメラの設置位置は、第1曲走路の中央付近、バックストレート中央付近、およびホームストレートのフィニッシュライン手前の観客席とした。スタート信号の閃光から選手のトルソーが分析地点(20m、55m、80m、100m、121.5m、149.42m、181m;ハードル設置位置を示すマークなどから位置確認)を通過するまでの経過フレームに基づき、各地点の通過タイムおよび区間走速度を算出した。また、この走速度の最高値に対する、181-200m区間での走速度の低下率を算出した(高橋ら2015)。

2-4. 走幅跳の分析方法

走幅跳では、助走時の最高走速度を分析した。選手後方の観客スタンドにレーザードップラー式距

離・走速度測定装置 (Laveg、100Hz、JENOPTIK 社製) を設置し、選手の腰背部へ不可視レーザーを照射することで、助走時の時間-距離情報を取得した。これを遮断周波数 0.5Hz のローパスフィルタで処理した後に微分して走速度に変換し、そのピーク値を助走中の最高走速度とした (小山ら 2007)。

2-5. 専門選手との比較

各種目の専門選手のデータを、過去の科学委員会研究報告等から収集し、比較対象とした。

3. 結果および考察

表 1 に 100m ハードルの分析結果を示す。本研究のなかで最も優れた 100m ハードル記録を示したのは山崎選手であり、その記録は 13.83 秒であった。図 1 に、100m ハードルにおける最高区間走速度と記録の関係を示す。最高区間走速度と記録の間には強い相関関係が認められている (貴嶋ら 2015)。本研究の対象者についても全員がこの回帰直線に沿ってプロットされ、100m ハードル記録の短縮には最高区間走速度の向上が不可欠であることが再確認された。13 秒 50 以内の記録を達成するためには 8.2m/s、13 秒 20 以内の記録を達成するためには 8.4m/s 程度の最高区間走速度が目安となり、これはハードル間の区間タイムとしてそれぞれ 1.037 秒、1.012 秒に相当する。図 2 にインターバルタイムと記録の関係、図 3 にハードリングタイムと記録の関係を示す。比較対象データ数が少ないものの、100m ハードルの記録はインターバルタイムとハードリングタイムの双方に関連する傾向が見受けられる。どちらのタイムに課題があるかを選手ごとに検討し、記録向上への方策を探っていく必要がある。

表 2 に 200m の分析結果を示す。本研究のなかで最も優れた 200m 記録を示したのは山崎選手であり、その記録は 24.71 秒であった。図 4 に、200m における最高走速度と記録の関係を示す。最高走速度と記録の間には相関関係が認められており (高橋ら 2015)、200m 記録の短縮には最高走速度の向上がひとつの鍵になると考えられる。図 5 に、200m における走速度低下率と記録の関係を示す。走速度低下率と記録の間には明確な関係性は認められず、七種競技選手と 200m 専門選手との間にも走速度低下率の大きな差は認められない。ただし、本研究の対象者に関しては、比較対象の平均よりも走速度低下率が大きい傾向にあった。最高走速度と走速度低下率との関係を選手個々に把握しながら、最適なレー

ス展開を検討していく必要がある。

表 3 に走幅跳の分析結果を示す。本研究のなかで最も優れた走幅跳記録を示したのは山崎選手であり、その記録は 5m82 であった。図 6 に、走幅跳助走における最高走速度と跳躍距離との関係を示す。助走速度と跳躍距離の間には相関関係が認められている (小山ら 2007、松林ら 2012)。本研究の対象者も概ねこの回帰直線に沿ってプロットされた。回帰直線からは、6m00 を超える記録を達成するためには 8.9m/s 程度の最高走速度を助走で発揮する必要があると推察される。走幅跳記録の向上のためには助走速度の向上が必要であると考えられるが、助走速度が向上すれば踏切技術にも向上が必要になることも予想される。これらの関係性も踏まえながら、個々の選手に適した助走速度を検討していく必要がある。

4. 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) 小山宏之, 村木有也, 武田理, 大島雄治, 阿江通良 (2007) 競技会における一流男女棒高跳、走幅跳、および三段跳選手の助走速度分析. 陸上競技研究紀要 3: 104-122.
- 3) 高橋恭平, 広川龍太郎, 松林武生, 小林海, 松尾彰文, 柳谷登志雄, 山元康平 (2015) 2015 年における日本および世界一流 200m 選手のレース分析. 陸上競技研究紀要 11: 115-127.
- 4) 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.
- 5) 松林武生, 持田尚, 本田陽, 松田克彦 (2012) 七種競技選手の走幅跳パフォーマンス分析. 陸上競技研究紀要 8: 73-78.

表1 100m ハードルにおける各種タイム、走速度の推移、および最高区間走速度

| 選手名 | 大会 | 記録 [s] | ハードル： | | | | | | | | | | | 平均値 | 最高区間走速度 [m/s] | 出現区間 | |
|------|----------------------|-----------------|---------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------------|-------|------------------|------|--------|
| | | | 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 |
| 山崎有紀 | 木南記念 2023/5/6 | 13.83 (-0.3) | タッチダウンタイム [s] | 2.73 | 3.80 | 4.90 | 5.97 | 7.04 | 8.12 | 9.21 | 10.31 | 11.42 | 12.57 | 13.83 | | | |
| | | | 区間タイム [s] | 2.73 | 1.08 | 1.09 | 1.08 | 1.06 | 1.08 | 1.08 | 1.10 | 1.11 | 1.15 | 1.26 | | | |
| | | | インターバルタイム [s] | | 0.64 | 0.64 | 0.64 | 0.63 | 0.65 | 0.65 | 0.65 | 0.67 | 0.68 | | 0.65 | | |
| | | | ハードリングタイム [s] | | 0.46 | 0.44 | 0.45 | 0.44 | 0.43 | 0.43 | 0.44 | 0.45 | 0.44 | 0.47 | | 0.44 | |
| | | | 区間走速度 [m/s] | | 5.14 | 7.88 | 7.78 | 7.88 | 8.01 | 7.84 | 7.84 | 7.72 | 7.66 | 7.38 | 7.52 | | 8.01 |
| 大玉華鈴 | 木南記念 2023/5/6 | 13.84 (-0.3) | タッチダウンタイム [s] | 2.84 | 3.92 | 4.99 | 6.05 | 7.11 | 8.19 | 9.27 | 10.36 | 11.47 | 12.60 | 13.84 | | | |
| | | | 区間タイム [s] | 2.84 | 1.08 | 1.07 | 1.06 | 1.06 | 1.08 | 1.08 | 1.09 | 1.11 | 1.14 | 1.24 | | | |
| | | | インターバルタイム [s] | | 0.65 | 0.64 | 0.64 | 0.64 | 0.65 | 0.65 | 0.65 | 0.67 | 0.69 | | 0.65 | | |
| | | | ハードリングタイム [s] | | 0.44 | 0.43 | 0.43 | 0.42 | 0.42 | 0.43 | 0.43 | 0.44 | 0.44 | 0.45 | | 0.43 | |
| | | | 区間走速度 [m/s] | | 4.94 | 7.84 | 7.93 | 8.04 | 8.01 | 7.90 | 7.87 | 7.78 | 7.68 | 7.48 | 7.69 | | 8.04 |
| 山崎有紀 | 日本選手権混成 2023/6/10 | 13.94 (-0.3) | タッチダウンタイム [s] | 2.74 | 3.83 | 4.92 | 6.00 | 7.08 | 8.17 | 9.26 | 10.37 | 11.47 | 12.63 | 13.94 | | | |
| | | | 区間タイム [s] | 2.74 | 1.09 | 1.09 | 1.08 | 1.08 | 1.09 | 1.09 | 1.11 | 1.10 | 1.16 | 1.31 | | | |
| | | | インターバルタイム [s] | | 0.65 | 0.65 | 0.64 | 0.64 | 0.65 | 0.65 | 0.65 | 0.65 | 0.69 | | 0.65 | | |
| | | | ハードリングタイム [s] | | 0.45 | 0.44 | 0.43 | 0.43 | 0.44 | 0.44 | 0.44 | 0.46 | 0.45 | 0.47 | | 0.45 | |
| | | | 区間走速度 [m/s] | | 5.11 | 7.78 | 7.81 | 7.90 | 7.87 | 7.81 | 7.78 | 7.68 | 7.70 | 7.32 | 7.26 | | 7.90 |
| 大玉華鈴 | 日本選手権混成 2023/6/10 | 13.89 (-0.3) | タッチダウンタイム [s] | 2.77 | 3.86 | 4.94 | 6.03 | 7.11 | 8.18 | 9.26 | 10.36 | 11.49 | 12.64 | 13.89 | | | |
| | | | 区間タイム [s] | 2.77 | 1.10 | 1.08 | 1.08 | 1.07 | 1.08 | 1.10 | 1.13 | 1.15 | 1.25 | | | | |
| | | | インターバルタイム [s] | | 0.66 | 0.66 | 0.65 | 0.66 | 0.65 | 0.66 | 0.67 | 0.69 | 0.70 | | 0.67 | | |
| | | | ハードリングタイム [s] | | 0.44 | 0.43 | 0.42 | 0.43 | 0.42 | 0.42 | 0.42 | 0.43 | 0.44 | 0.45 | | 0.43 | |
| | | | 区間走速度 [m/s] | | 5.06 | 7.75 | 7.85 | 7.85 | 7.87 | 7.93 | 7.90 | 7.72 | 7.51 | 7.37 | 7.61 | | 7.93 |

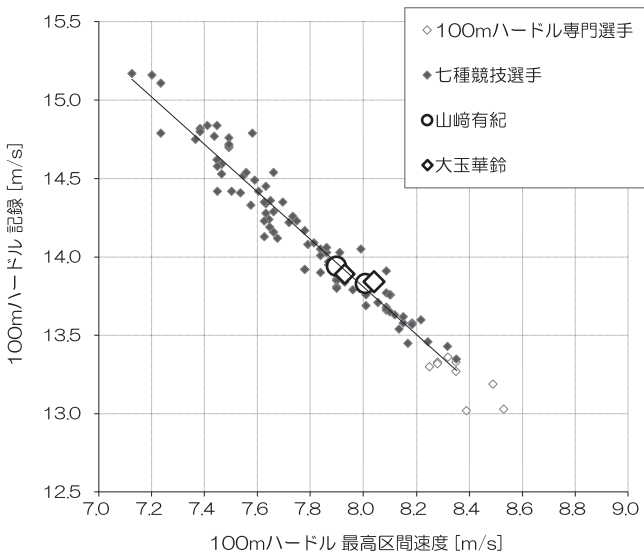


図1 100m ハードルにおける最高区間走速度と記録の関係

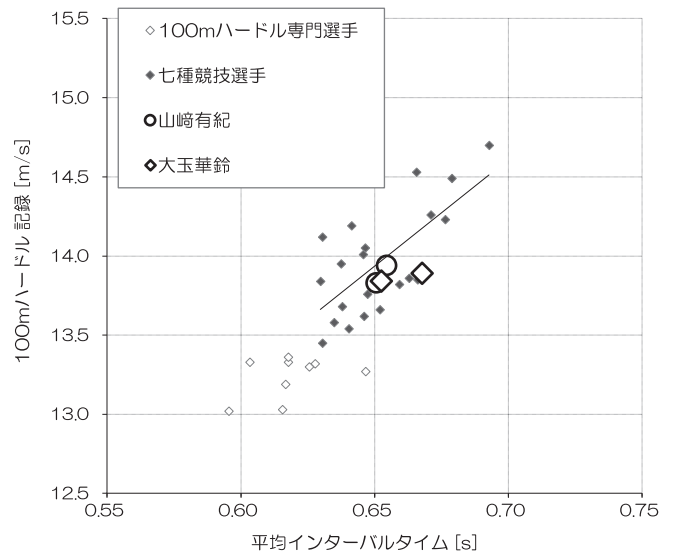


図2 100m ハードルにおけるインターバルタイムと記録の関係

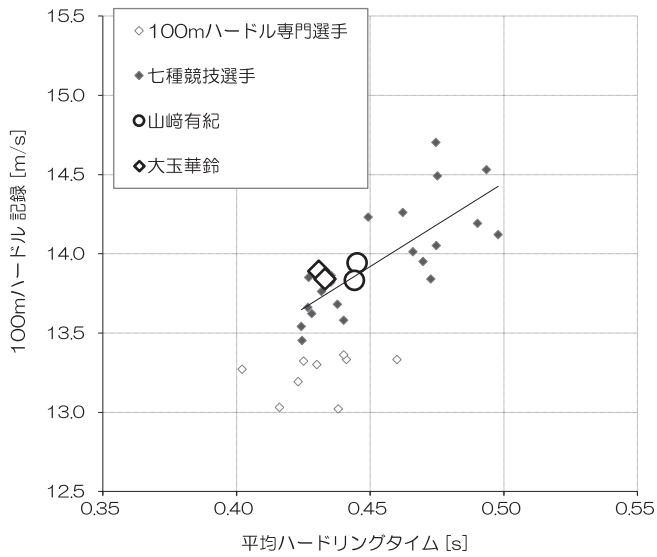


図3 100m ハードルにおけるハードリングタイムと記録の関係

表2 200m における走速度の推移、最高走速度、および走速度低下率

| 選手名 | 大会 | 記録 [s] | 上段：通過タイム [s] | | | | | | | | 最高走速度 [m/s] | 出現区間 [m] | 走速度低下率 [%] |
|------|-----------|--------|--------------|------|-------|-------|--------|---------|-------|-------|-------------|----------|------------|
| | | | 20m | 55m | 80m | 100m | 121.5m | 149.42m | 181m | 200m | | | |
| 山崎有紀 | 木南記念 | 24.71 | 3.41 | 7.29 | 10.02 | 12.25 | 14.74 | 18.12 | 22.14 | 24.71 | 9.16 | 80-100 | 19.18 |
| | 2023/5/6 | (-0.2) | 5.87 | 9.02 | 9.16 | 8.95 | 8.63 | 8.26 | 7.85 | 7.40 | | | |
| 大玉華鈴 | 木南記念 | 25.31 | 3.45 | 7.39 | 10.16 | 12.44 | 14.99 | 18.46 | 22.63 | 25.31 | 9.04 | 80-100 | 21.61 |
| | 2023/5/6 | (-0.2) | 5.80 | 8.87 | 9.04 | 8.77 | 8.44 | 8.04 | 7.73 | 7.09 | | | |
| 山崎有紀 | 日本選手権混成 | 25.34 | 3.43 | 7.37 | 10.19 | 12.51 | 15.07 | 18.52 | 22.68 | 25.34 | 8.89 | 80-100 | 19.74 |
| | 2023/6/10 | (+0.1) | 5.83 | 8.89 | 8.85 | 8.61 | 8.40 | 8.10 | 7.59 | 7.13 | | | |
| 大玉華鈴 | 日本選手権混成 | 25.91 | 3.57 | 7.66 | 10.58 | 12.93 | 15.53 | 19.03 | 23.22 | 25.91 | 8.57 | 80-100 | 17.63 |
| | 2023/6/10 | (+0.1) | 5.60 | 8.57 | 8.56 | 8.50 | 8.25 | 8.00 | 7.68 | 7.06 | | | |

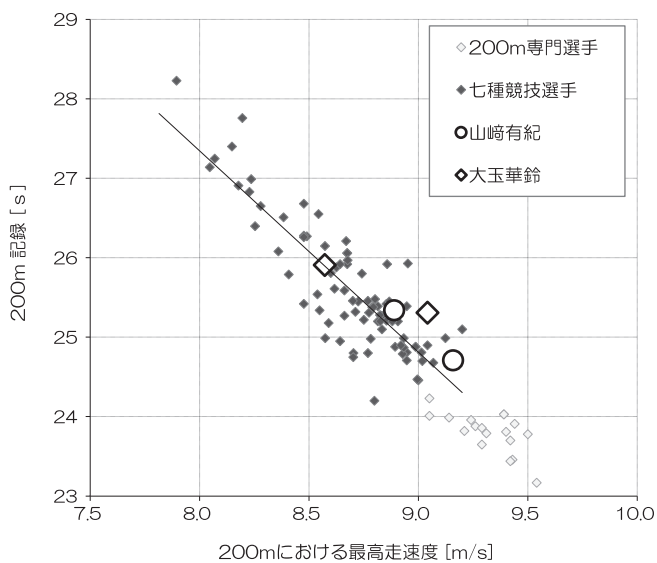


図4 200m における最高走速度と記録の関係

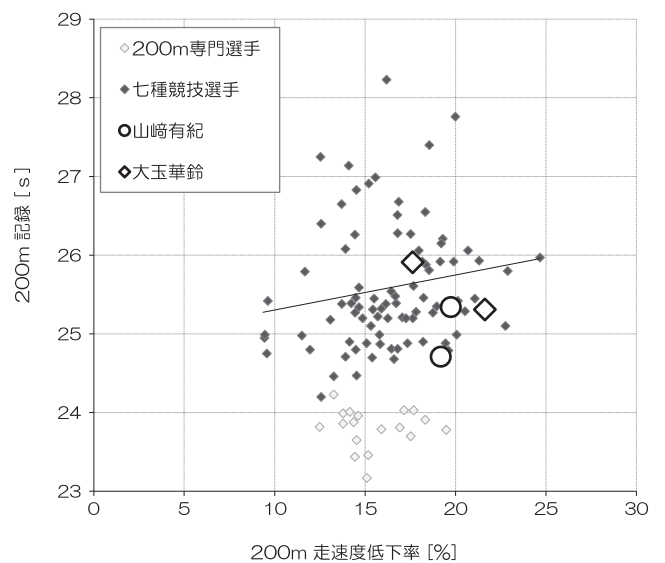


図5 200m における走速度低下率と記録の関係

表3 走幅跳の跳躍距離と助走における最高走速度

| 選手名 | 大会 | 上段：跳躍距離 [m] 下段：助走最高走速度 [m/s] | | |
|------|-----------|------------------------------|-------------|-------------|
| | | 1跳目 | 2跳目 | 3跳目 |
| 山崎有紀 | 木南記念 | 5m63 (+1.0) | 5m45 (+0.2) | 5m63 (+1.0) |
| | 2023/5/7 | 8.54 | 8.58 | 8.53 |
| 大玉華鈴 | 木南記念 | F (+0.7) | F (+1.3) | F (-0.1) |
| | 2023/5/7 | 8.58 | 8.56 | 8.53 |
| 山崎有紀 | 日本選手権混成 | 5m82 (+0.8) | 5m34 (+1.4) | 5m58 (+3.6) |
| | 2023/6/11 | 8.61 | 8.54 | 8.71 |
| 大玉華鈴 | 日本選手権混成 | 5m56 (+2.8) | 5m72 (+2.7) | 5m75 (+2.2) |
| | 2023/6/11 | 8.72 | 8.69 | 8.62 |

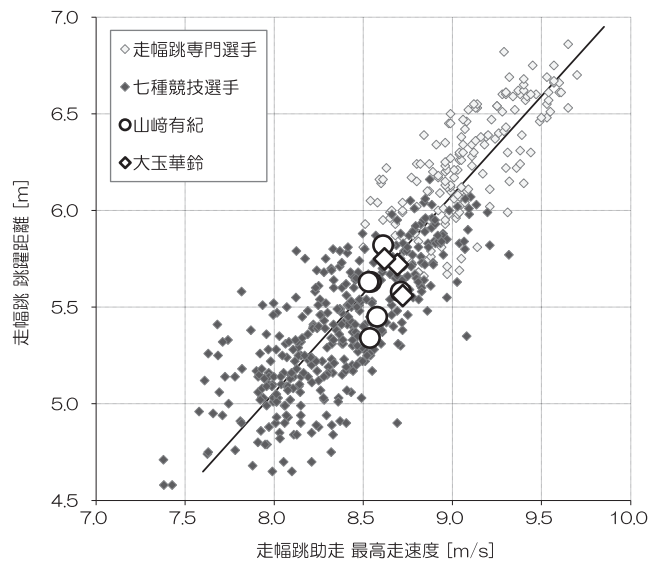


図6 走幅跳助走における最高走速度と跳躍距離の関係

世界一流日本人男子競技者における競歩中地面反力のフォースプラットフォームによる計測値と重心加速度・全身角運動量による推定値との比較

三浦 康二¹⁾ 松林 武生²⁾ 景行 崇文²⁾ 後藤 晴彦²⁾ 杉田 正明³⁾ 佐藤 高嶺⁴⁾
高橋 直己⁵⁾ 川向 哲弥⁶⁾ 今村 文男⁷⁾ 谷井 孝行⁸⁾

1) 株式会社大塚製薬工場 2) 国立スポーツ科学センター 3) 日本体育大学

4) 山形県上山市教育委員会 / 筑波大学大学院 5) 青森県スポーツ科学センター / 東京学芸大学大学院

6) 株式会社エモーションテック 7) 富士通株式会社 8) 自衛隊体育学校

Comparison of ground reaction forces of world elite Japanese male race walkers between measured from force platform and estimated from acceleration and angular momentum of whole body

Koji HOGA-MIURA¹⁾ Takeo MATSUBAYASHI²⁾ Takafumi KAGEYUKI²⁾ Haruhiko GOTO²⁾
Masaaki SUGITA³⁾ Takane SATO⁴⁾ Naoki TAKAHASHI⁵⁾ Tetsuya KAWAMUKAI⁶⁾
Fumio IMAMURA⁷⁾ Takayuki TANII⁸⁾

1) Otsuka pharmaceutical factory Inc.

2) Japan institute of sport science

3) Nippon sport science university

4) Education board of Kaminoyama-city, Yamagata Prefecture/Graduate school of the university of Tsukuba

5) Aomori prefectural institute of sports sciences/Graduate school of Tokyo Gakugei university,

6) Emotiontech Inc.

7) Fujitsu limited

8) Physical training school of Japan self defense force

Abstracts

This study aimed to evaluate the estimation method of ground reaction force (*GRF*) and center of pressure (*CP*) of support foot during race walking. Seven world elite Japanese male race walkers, contained medalists in Olympics and World Championships, participated to the experiment of present study, walking along 50m-walkway on their own speeds of each personal best in 20kmW. Force platforms (1000Hz) which were mounted on the walkway measured *GRF* and *CP* during walking. Vicon-system (250Hz), set up on the walkway, captured three dimensional coordinates of body marks in order to calculate the position of the center of gravity of whole body (*CG*) and other parameters of kinematics and kinetics. From the estimated center of pressure of support foot (*eCP*), the acceleration of *CG* and the angular momentum about *CG*, the ground reaction force (*eGRF*) was estimated by using the methods of Hoga-Miura (2022). To evaluate the influence of estimation to other valuables, joint torques in lower extremities were compared between measured (*TRQ*) and estimated (*eTRQ*). Statistical parametric mapping (SPM) were used to conduct non-parametric paired t-test between measured and estimated variables (*GRF* vs *eGRF*, *CP* vs *eCP*, *TRQ* vs *eTRQ*). Along with the practical quick feedback methods on the training of elite athlete in Japan, this study focused on the parameters in sagittal plane. Although the length of phase where there were significant differences between *CP* vs *eCP* of anterior-posterior component ($p < 0.05$) was about 20% of the support phase, *GRF* and *eGRF* were significantly different during the almost entire support phase ($p < 0.05$) both in anterior-posterior and vertical component. However, in the joint torques at ankle, knee, and hip in sagittal plane (about lateral-

medial axis), there were not significant difference between *TRQ* and *eTRQ* during almost entire support phase.

1. 背景と目的

ハイパフォーマンススポーツにおけるバイオメカニクス的手法を用いたトレーニング・コーチング支援では、競技会やトレーニング中の身体の動作を様々なモデル置き換えて物理量によってパフォーマンスの評価が行われる(窪, 2017; 横澤, 2017; 三浦ほか, 2021).

そのうち、(角度)変位、(角)速度、(角)加速度やピッチ、ストライド、区間スピード、歩数といった、力の項を含まない物理量は「キネマティクス」と呼ばれる範疇に分類され、「どうなっているか」の評価(阿江, 2005; 窪, 2017)に適しているといえる。また、これらの物理量は近年のスマートフォン・タブレット内蔵カメラやアプリケーションソフトウェアの機能向上を背景として、分析と動作の評価が一般的な家庭用情報端末のみで可能になってきている。そのため、バイオメカニクス分析に熟練した研究者を介さずともスポーツバイオメカニクスの手法を用いたスポーツ動作の評価を競技者とコーチのみで行うことが可能になってきている。

一方、ハイパフォーマンススポーツにおけるトレーニング・コーチングの中では「どうなっているか」の評価のみでは不十分で、動作の改善やより高水準の動作の創造のためには現状が「なぜそうなるのか」の評価(阿江, 2005; 窪, 2017)が不可欠であると考えられる。生体に作用する地面反力などの外力や、骨格筋の収縮・弛緩で変化する筋張力による骨への応力の大きさ・方向のような力の項を含む物理量は「キネティクス」と呼ばれる範疇に分類されるが、これらは肉眼による目視観察のみでは捉えようがないものの、トレーニング・コーチングに際して「なぜそうなるのか」の評価のため外すことのできない重要な要素といえる(三浦ほか, 2021, 2023).

そのため、近年の日本陸連科学委員会による国内トップ競技者に対するバイオメカニクス支援は、主要競技会および合宿トレーニング中の動作のキネティクス変数による評価として行われるようになってきている(三浦ほか, 2021, 2023)。歩・走など地上で行われる二足移動運動では必ず地面の接触が発生するため、それらの一連の動作中に身体各関節に作用する力やトルクといったキネティクス変数の

算出には、地面と身体の間が発生する地面反力(床反力)の入力が必要となる。実験室環境であればフォースプラットフォームを走路・歩行路に設置(埋設)して計測することが可能であるが、実際の競技会やトレーニング場面では地面反力計測のための機器の接地が困難であり、歩・走の全体の動作における全身各関節におけるキネティクス変数の算出のためには何らかの形で地面反力を推定しなくてはならない。

羽田ほか(2003)と榎本ほか(1999)は、それぞれ短距離走(スプリント)および長距離走(ランニング)の一連の動作中における下肢の関節トルクについて推定を行っているが、その際、重心加速度から推定した地面反力を用い、地面反力の作用点を支持脚足部母趾球にあるものと仮定して推定を行っている。しかし、ランニング動作中の作用点中心は支持期中に足底を大きく移動するほか個人差が大きいことが知られており(CavanaghとLaFortune, 1980)、とりわけ作用点中心と足関節中心の位置関係はモーメントアームの長さとして足関節トルクの推定値に大きく影響すると考えられ、ランニング動作中の関節トルクなどの算出のための地面反力とその作用点中心の推定は容易ではないと考えられる。そのほか、スプリントにおける地面反力では接地直後に急峻なピークが発生することも知られており(Nagaharaほか, 2018)、同じくフォースプラットフォーム以外の手段でのその推定は容易ではないと考えられる。

一方、三浦ほか(2023)がレビューしているように、競歩中の地面反力や作用点中心の移動パターンは、フォースプラットフォーム以外の手段での推定にあたっての問題はスプリントやランニングと比較して小さいと考えられることから(Payne, 1978; Murrayほか, 1983)、法元(2000)をはじめとして、三浦ほか(2020)、Hoga-Miuraほか(2022)などによって画像分析によって得られた身体重心加速度および全身角運動量から地面反力を推定し、一連の動作中の下肢関節トルクの算出が行われている(三浦ほか, 2021, 2023)。

しかし、これらの方法の検証は2000年前後の大学生競技者を被験者として行われたものであり、2020年代の競技者とは競技レベルなどが異なっていることから、国内トップ競技のパフォーマンス支

Table 1 Properties of Subject ($N = 7$)

| | Age (Yrs) | Height (m) | Weight (kg) | Personal Best on 20kmW (h:m:s) | World Ranking | Ranking Point (Pts) |
|------|-----------|------------|-------------|--------------------------------------|------------------|---------------------|
| Mean | 23.9 | 1.73 | 59.7 | 1:19:44 | 35.0 | 1195.0 |
| ± | ± | ± | ± | ± | ± | ± |
| SD | 1.1 | 0.04 | 4.5 | 1:57 | 29.6 | 96.7 |

援のための方法として、改めて詳細な検証が必要であると考えられる (三浦ほか, 2023)。そこで、本研究では、競歩の公式競技会やトレーニングのバイオメカニクス分析で用いられるキネティクス変数算出方法の検証を行うことを目的とし、世界一流日本人競技者によるレースペース歩行スピードで競歩中の地面反力の計測と身体動作の画像情報の収集を行い、重心加速度および全身角運動量から推定した地面反力との比較を行った。また、同時に計測地面反力と推定地面反力による下肢関節トルクの算出と比較も行った。

2. 方法

2.1 対象者

研究対象者はオリンピック・世界陸上競技選手権の競歩種目メダリスト、入賞者を含む世界一流の日本人男性競技者7名とした。Table 1に分析対象者の身体的特徴と競技レベルの指標として実験実施日時点での自己記録およびWAワールドランキング順位とポイントを、それぞれ平均値と標準偏差で示した。

本研究は、公益財団法人日本陸上競技連盟と国立スポーツ科学センターの共同研究として行われ、同センター倫理委員会の承認 (承認番号 第 2021-017 号) を得た上で実施された。また事前に本研究の目的、計測方法ならびに計測中に起こりうる危険性などについて、口頭および書面にて十分に説明した上で、同じく口頭および書面にて同意を得てから実施した。なお、実験は公益社団法人日本実業団連合主催の競歩種目強化研修合宿に対象者が滞在している期間に実施された。

2.2 データ収集

実験は屋内に設置された赤外線 3次元自動追尾システム (Vicon Nexus 2.10, Oxford Metrics 社製) を用いて行われた。実験に際してはサンプリング周

波数を 250Hz とし、対象者の身体標点 34 箇所に赤外線反射マーカーを貼付して全身の座標データが収集された。また、実験は長さ約 50m の歩行路を対象者が歩くことで行われたが、座標収集の空間は実験歩行のスタートから約 40m 地点に設定され、座標収集と同時に地面反力を計測できるように、座標データの収集空間に重なるように長さ 90cm* 幅 60cm のフォースプラット (Kistler force plate 9287C, Kistler 社製) が 6 枚埋設され、合計 5m40cm の区間で歩行中の地面反力データがサンプリング周波数 1000Hz で計測・収集された。

本研究では、ジョグ、通常歩行、ストロール (リカバリートレーニング時のスピード)、ロング歩トレーニング (20-40km 程度のトレーニング時のスピード)、レースペース、最大スピード、の 6 種類のスピードでの試技を行った。試技ごとに第 7 頸椎上に貼付した赤外線マーカーの分析区間平均スピードを即時的に測定ソフトウェア上で算出し、各対象者と検者で確認して歩行スピードのコントロールを行った。ストロール、ロング歩トレーニング、レースペースの試技で実際のトレーニング・レースでの範囲を逸脱した場合には試技をやり直した。

また、試技に際しては、国際競歩審判員 (IRWJ) 認定の判定ビデオテストでの高得点経験および世界陸連ワールドツアー大会などでの判定経験を持ち、国内主要大会でも多数の判定経験をもつ検者が競技会と同様の目視での模擬判定を行い、競技規則からの逸脱が見られるかどうかのコントロールを行った。最大スピード試技を中心に競技規則からの逸脱が認められた場合には試技のやり直しを行った。

なお、本報告書ではレースペース試技のみの報告とする。

2.3 データ処理

収集した赤外線マーカー座標データから Plug in Gait モデルによって算出された身体標点 25 点を用いて対象者の身体がリンクセグメントモデル化さ

れ、Ae ほか (1992) の身体慣性係数を用いて、試技中の対象者の身体各部分の慣性係数および全身の重心位置が算出された。算出された全身の重心位置からは、時間微分によって重心速度、重心加速度が算出されたほか、歩行スピード、ピッチ、ストライドなどのステップ変数が算出された。さらに、重心位置および身体各部分の慣性係数からは全身の角運動量が算出された。

Murray ほか (1983) は、競歩における地面反力の計測値および作用点中心の変化を報告しているが、ランニングにおける地面反力の作用点中心の変化が足部接地位置の違いによってさまざまであるのに対し (Cavanagh と LaFortune, 1980)、競歩では接地点である支持足踵部から、離地点である支持足足尖まで、地面反力の作用点中心がほぼ等速で移動していることを報告している。そのため、本研究では、フォースプラットフォームで計測した圧力中心位置 (*CP*) とは別に、推定圧力中心位置 (*eCP*) として、支持足接地時の支持足踵部座標の x 成分と y 成分からなる座標から、支持足離地時の 1 フレーム前の時点の支持足足尖部座標の x 成分と y 成分からなる座標まで等速で移動する点を仮定した。なお、今回の測定に用いたモデルでは、踵部のマーカーは、両足とも着用している靴の踵部最後端、立位では地面より数 cm 上方に位置する点に貼付されるため、足部背屈位・回外位で足底最後端外側より接地する場合には、踵部座標が作用点中心より数 cm 後方・外側に位置することになる。そのため、*eCP* の算出に際しては、支持足接地時の支持足踵部座標の x 成分と y 成分からなる座標から、それぞれ 3cm だけ前方・内側の位置を支持足接地時における *eCP* の座標として算出した。

以上の項目は、法元 (2000) および三浦ほか (2020, 2021) や Hoga-Miura ほか (2022) などの先行研究でも用いられているものであるが、本研究でも同様に、重心加速度のみから推定する地面反力 (*aGRF*) を算出した上で、*eCP* および *aGRF* の鉛直方向 (Z 軸方向) 成分と全身の角運動量を用いて、左右方向 (X 軸方向) 成分および前後方向 (Y 軸方向) 成分成分について角運動量推定地面反力 (*eGRF*) の推定が行われた。

国内トップ競技者のバイオメカニクス支援に際してのデータフィードバックは、これらの地面反力によって算出された関節トルクによって行われている。そのため、本研究ではフォースプラットフォームによって実測した地面反力 (*GRF*) を基準として、検証のために、法元ほか (2010) によって報告され

た計算方法によって推定地面反力による下肢関節トルクを算出した。*GRF* および *CP* によるトルクを *TRQ* とし、*eGRF* および *eCP* によるトルクを *eTRQ* とした。なお、*eGRF* の Z 成分は *aGRF* のものをそのまま用いた。

また、近年の日本陸連科学委員会活動による強化対象競技者へのバイオメカニクスサポートにおいて即時性を重視して矢状面内の 2 次元トルクによるフィードバックを行っており (三浦ほか, 2021, 2023)、本報告ではその方法の検証を主な目的としていることから、結果の項目には矢状面内 (X 軸回り) のトルクおよびそのためのデータとなる前後 (Y 軸) 方向の作用点中心、 Y 軸方向と鉛直 (Z 軸) 方向の地面反力のみを示す。

2.3 統計処理

本研究で得られたデータのうち、*GRF* に対する *eGRF* の妥当性の検証に際しては、時系列データの時々刻々の変化の違いについて検証できるよう、支持足接地時を 0%、離地時の 1 フレーム前を 100% として支持期全体を規格化した。その上で、Statistical Parametric Mapping (SPM) を使用してノンパラメトリック one-dimensional paired t -test を行い、SPM (t) 曲線を作成した (Pataky, 2011 ; Coyler ほか, 2018 ; Nagahara ほか, 2020)。ランダム曲線の確率的挙動を記述し、データの滑らかさを考慮したランダムフィールド理論を用いて、臨界値 t^* (有意確率: $p = 0.05$) を設定した。SPM (t) 曲線が臨界値 t^* を超えた場合、特定の区間に有意な差異があるものとした (中山ほか, 2023)。

本研究における統計量の算出においては MatlabR2023b (Matworks 社製) の統計量算出のための関数を用いた。いずれも統計学的有意水準は 5% 未満とした。

Table 1 および 2 に示したデータは対象者の特定を防ぐことのほか推定方法の間の比較ではないことから、平均値と標準偏差で示し、Figure 1-4 のデータは平均値のみで示した。

3. 結果

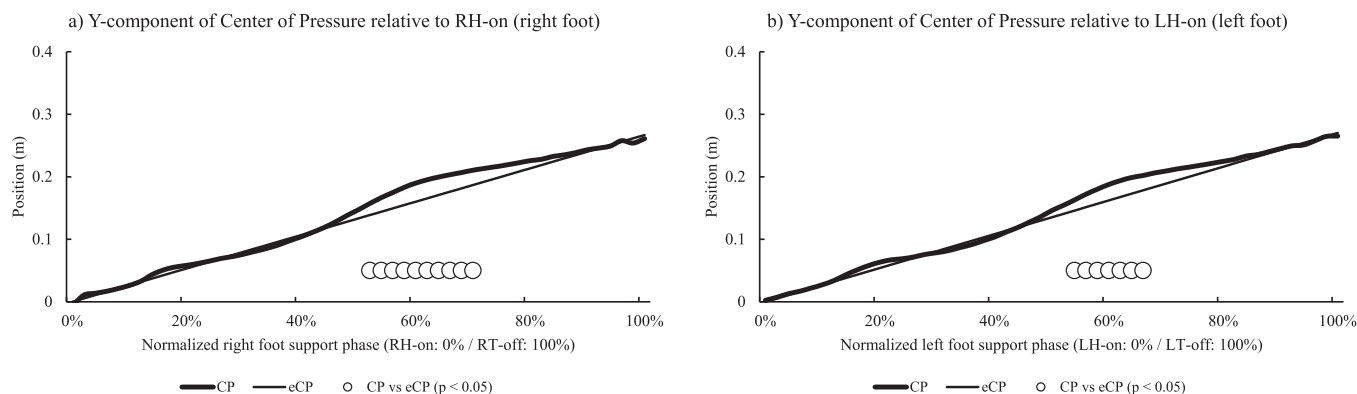
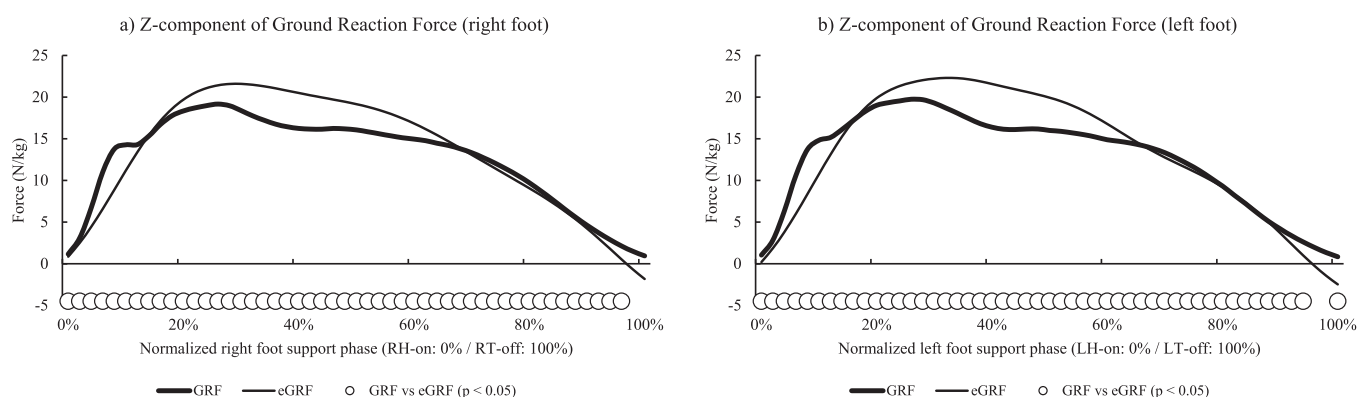
3.1 ステップ変数

Table 2 に分析対象試技の歩行スピードおよびステップ変数を対象者の平均値と標準偏差で示した。

歩行スピードについて、対象者の 20kmWPB の平均は 1 時間 19 分 44 秒であり、1km 平均では 3 分 59 秒となる。それに対し、分析対象試技の歩行スピー

Table 2 Step Parameters ($N = 7$)

| | Speed (m/s) | Speed (m:s/km) | Step Frequency (Hz) | Support time (s) | Flight time (s) | Step length (m) | Support length (m) | Flight length (m) |
|------|----------------|-------------------|---------------------------|---------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|----------------------|
| Mean | 4.33 | 3:51 | 3.60 | 0.22 | 0.06 | 1.20 | 0.93 | 0.27 |
| ± | ± | ± | ± | ± | ± | ± | ± | ± |
| SD | 0.11 | 0:07 | 0.12 | 0.01 | 0.01 | 0.04 | 0.03 | 0.04 |

Figure 1 Mean value of measured (CP) and estimated (eCP) center of pressure during normalized support phase ($N = 7$)Figure 2 Mean value of vertical component of measured (GRF) and estimated ($eGRF$) ground reaction forces during normalized support phase ($N = 7$)

ドは対象者の平均で3' 51"と上回っていたが、対象者が実際に参加した競技会の1kmごとのラップタイムでは、実験試技の歩行スピードと同等のラップタイムになることが頻繁にあることから、個々の実験に際して許容範囲としている。

3.2 作用点中心

Figure 1に実測作用点中心(CP)と推定作用点中心(eCP)の右足支持期および左足支持期における時々刻々の変化を示した。接地時の座標に対する時々刻々の変化を平均値と、SPMで有意な差のみ

れた局面で示した。前後(Y軸)方向成分(a:右足; b:左足)について、左右ともに支持期全体にわたって踵部から足尖に作用点中心が移動していた。ただし、左右とも支持期50%から70%にかけて CP の方が eCP よりも有意に前方にあったが他の局面では有意な差はみられなかった。

3.3 地面反力

Figure 2に実測地面反力(GRF)と推定地面反力($eGRF$)の鉛直(Z軸)方向成分の右足支持期および左足支持期における時々刻々の変化を平均値

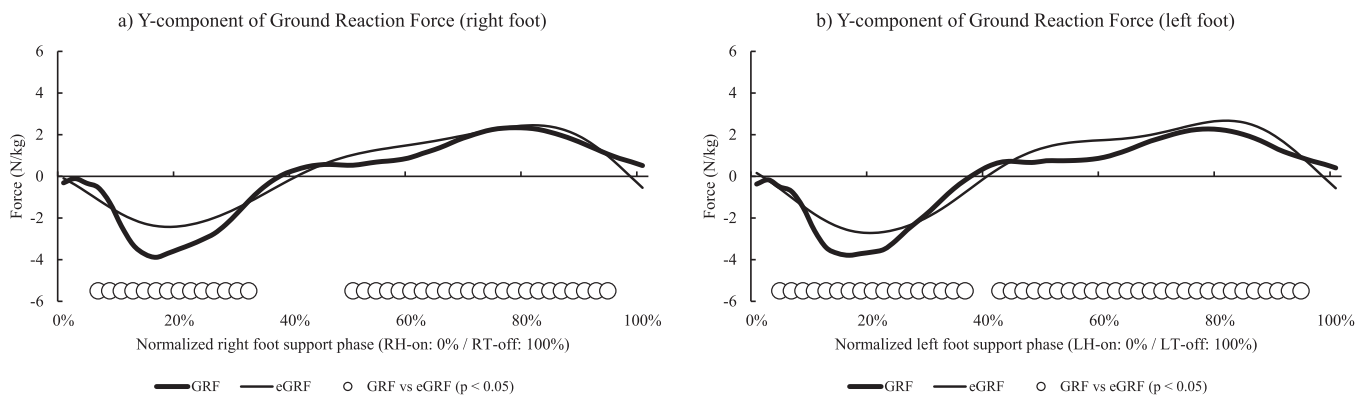


Figure 3 Mean value of measured (*GRF*) and angular-momentum-estimated (*eGRF*) in anterior-posterior component during normalized support phase ($N = 7$)

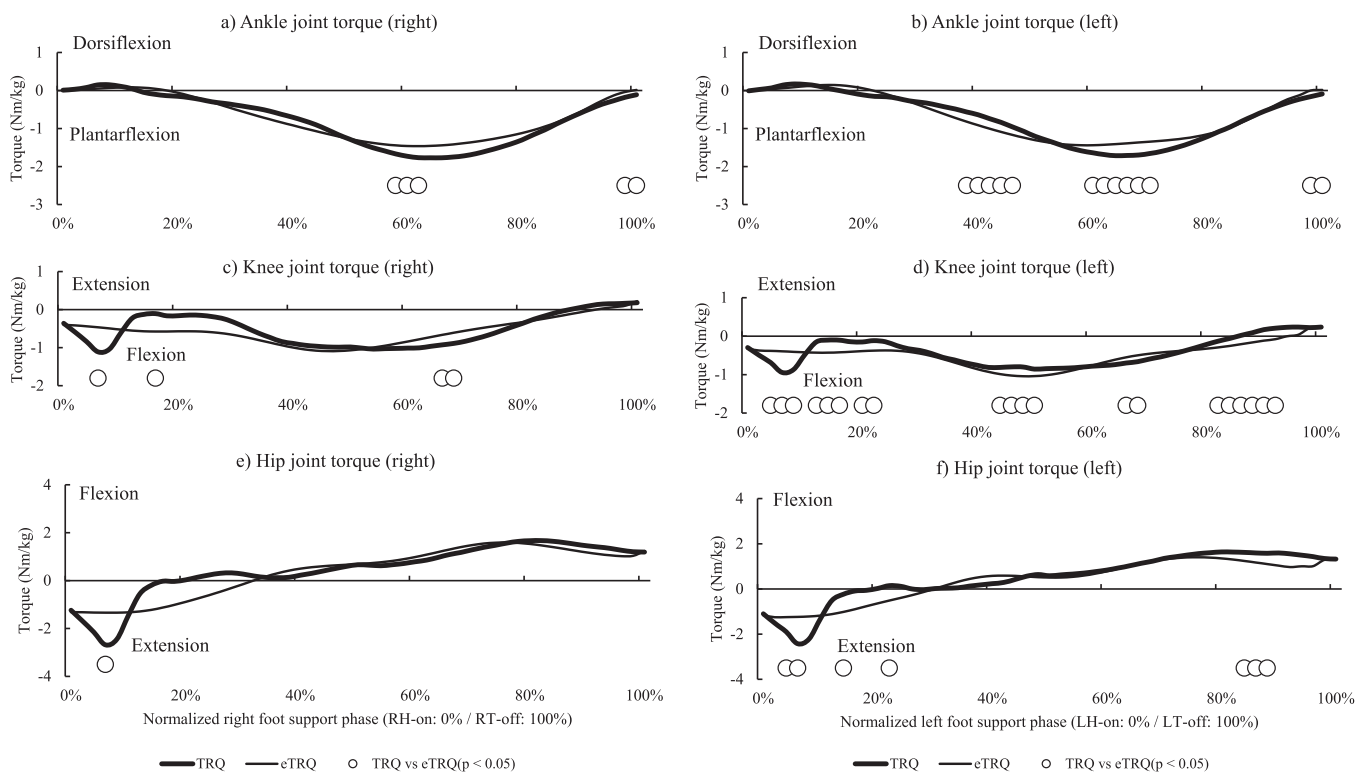


Figure 4 Mean value of lower limbs joint torques in sagittal plane of calculated from measured (*TRQ*) and angular-momentum-estimated (*eTRQ*) ground reaction forces during normalized support phase ($N = 7$)

と、SPMで有意な差のみられた局面で示した (a: 右足; b: 左足)。

左右とも接地後から増加し、支持期30-40%でピークを生じた後、離地にむけて減少していた。*GRF*と*eGRF*の比較では、左右とも接地直後から支持期95%までの局面で有意な差がみられた。

Figure 3に実測地面反力 (*GRF*) と、推定地面反力 (*eGRF*) の前後 (Y軸) 方向成分の右足支持期および左足支持期における時々刻々の変化を平均値と有意な差のみられた局面で示した (a: 右足; b: 左足)。

Y軸方向成分 (c: 右足; d: 左足) について、正の値が地面から身体に対して前方にかかる力、負の値が地面から身体に対して後方にかかる力を示す。両足とも、*GRF*では支持期序盤に負の値、中盤から終盤に正の値がみられ、それぞれ身体に対して後方と前方にかかる力が作用していたことが示された。*eGRF*でもこれらの値の方向の変化は同様であった。また、*GRF*との差については支持期前半の負の値、後半の正の値の両方で有意な差がみられた。

3.4 関節トルク

Figure 4 a-f に計測および推定地面反力と作用点中心により算出した下肢3関節（足関節、膝関節、股関節）の関節トルクのうち、左右（X）軸まわり・矢状面内の成分のものを右足支持期および左足支持期における時々刻々の変化を中央値で示した。

足関節まわりのもの（a：右足関節；b：左足関節）については、左右ともに計測によるもの（*TRQ*）、推定によるもの（*eTRQ*）ともに、接地直後から支持期20%まで背屈トルクが発生したあとでは支持期全体を通して底屈トルクが発生していた。*TRQ*と*eTRQ*の間の差の比較では、左右とも支持期60%から70%までの底屈トルクのピーク値が発生する局面では有意な差がみられたが、他の局面ではほとんど有意な差はみられなかった。

膝関節まわりのもの（c：右膝関節；d：左膝関節）については、*TRQ*と*eTRQ*ともに左右とも接地から支持期90%まで屈曲トルクが発生した後、伸展トルクに変化して離地していた。*TRQ*と*eTRQ*の間の差の比較では、左膝関節で支持期20%までと、支持期50%、90%のそれぞれの近傍で有意な差がみられたが、左膝関節の他の局面および、右膝関節の支持期全体では有意な差はみられなかった。

股関節まわりのもの（e：右股関節；f：左股関節）については、*TRQ*と*eTRQ*ともに左右とも接地から支持期20%まで伸展トルクが発生した後、屈曲トルクに変化して離地していた。*TRQ*と*eTRQ*の間の差の比較では、左右両方ともにでは支持期20%のわずかな局面と左股関節の支持期80%の局面で有意な差がみられたほかは、有意な差のみられた局面はなかった。

4. 考察

Table 1 に示したように、本研究において被験者の平均で0.06秒の非支持期がみられた。KnickerとLoch（1990）らは0.04秒以下の非支持期は十分に経験ある国際競歩審判員でも目視で視認できなかったことを報告しているが、三浦ほか（2021）の報告では実際の国際競技会で失格とならずに上位でフィニッシュした競技者でも同様の非支持期が発生していることから、実験試技として十分に競技会の状況を再現したものであるといえる。

本研究における地面反力の推定は、ニュートンの運動方程式に則って、対象者の全身の鉛直方向重力加速度と対象者の重心加速度の和と対象者の（体重と同じであると過程した）身体質量の積から鉛直成

分を算出し、さらに、重心加速度と身体質量のみから水平2成分の地面反力を算出したほか、地面反力鉛直成分と全身角運動量からも地面反力水平2成分を算出した。その際、全身角運動量を用いるものは、算出にあたって地面反力の作用点中心も計算に用いることから、作用点中心の推定方法がどの程度真値を反映したものであるかが地面反力および関節トルクの推定精度に影響することになる。

本報告の結果の項目で示した推定作用点中心は、支持期中盤の短い局面で有意な差がみられただけであつたが（Figure 1）、地面反力の前後方向、鉛直方向の成分ではほとんどの局面で有意な差がみられた（Figure 2, 3）。このことは、作用点中心は本研究の手法では精度よく推定できるが、地面反力の推定に関しては精度の改善を要する段階であつたことを示している。身体マーカーの情報から全身の身体モデルを通して推定した重心加速度は、マーカー一度の座標から身体モデルの重心位置を推定し、その位置を2階の時間微分を行うことによって推定するため、マーカー位置座標の平滑化の程度の影響をうける。本研究では、公式競技会における地面反力推定の先行研究（法元，2000；三浦ほか，2020，2021；Hoga-Miuraほか，2022）で報告された遮断周波数よりも大きい程度になるように遮断周波数を設定し、分析を行ったが、今後は複数の遮断周波数による計算結果を比較して計測値との一致度が最適となる手法の検討が課題となる。

また、推定地面反力と作用点中心より算出した下肢3関節トルクはいずれも計測値との高いパターンの類似性を示したが、このことは、地面反力の計測値と推定値の一致度が低かったのに反して、関節トルクに関しては精度よく推定することができたことを示している。

国内トップ競技者による競歩中の地面反力計測と関節トルクの算出はHogaほか（2006）や法元ほか（2010）において報告されているが、下肢の3つの関節において大きなトルクが発揮される局面では地面反力の各成分が大きくなるわけではないことが示されている。とりわけ、大きな歩行速度の獲得と関係する大きな股関節および膝関節のトルク発揮は、いずれも離地前後の局面であるいは接地直前であり、本研究のFigure 2および3で示したような鉛直方向および前後方向地面反力のピークを生じる局面とは重なっていない。そのため、関節トルクの大きさへの地面反力の大きさの関与は小さいと考えられ、本研究において地面反力の推定の精度が低いにも関わらず、関節トルクでは計測値と推定値の一致

度が高かったと考えられる。

本研究は、競技者のトレーニング・コーチングに対するバイオメカニクス手法を用いた手法として、公式競技会やトレーニングの場など地面反力の計測が困難な場所でもキネティクス変数による競技者の動作の評価とフィードバックを行うための手法の検証を目的として行われたものである。地面反力は運動中の身体によって外界に対して発揮された力を反映したものであるが、関節トルクは身体内部の筋骨格系で発揮されている内力を反映しているため、緒言で述べたように、身体運動の評価や、スポーツなどのパフォーマンス向上に向けた技術改善に向けて非常に有効な指標とされている（阿江, 2005; 窪, 2017; 横澤, 2017; 三浦ほか, 2021, 2023）。

そのため、本研究の結果は、わが国における競歩種目トップ競技者のトレーニング支援としてこれまで行われた手法（三浦ほか, 2021, 2023）の妥当性を示したものであるといえる。

5. まとめ

近年の日本陸連科学委員会活動による強化対象競技者へのバイオメカニクスサポートにおいて推定地面反力による2次元キネティクス変数算出が行われている。本研究ではその方法の検証を行うことを目的とし、世界一流日本人競技者によるレースペース歩行スピードで競歩中の地面反力の計測と身体動作の画像情報の収集を行い、重心加速度および全身角運動量から推定した地面反力との比較、計測地面反力と推定地面反力による下肢関節トルクの算出と比較を行った。

鉛直方向成分の地面反力は重心加速度と重力加速度から推定を行い、作用点中心は支持足の接地時踵部座標より3cm前方の位置（Z座標は地面の高さ）から離地時足尖部座標まで等速で支持期全体を直線移動するものとして推定したが、前後方向成分の地面反力は、これら2つの変数と、全身角運動量を用いて推定を行った。作用点中心はフォースプラットフォームによって計測したものと高い類似度を示したが、地面反力については有意な差がみられた。しかし、下肢の関節トルクの変化パターンについては計測値と推定値の間で高い類似度がみられることから、これまで国内トップ競技者へのバイオメカニクス手法による支援の中で用いられてきた手法は妥当なものであったといえる。

本報告書では、矢状面内における変数のみを報告したが、前額面内および水平面内の変数についても

競技パフォーマンスとの関連性がこれまで報告されていることから、これらの変数の計測値と実測値の比較が今後の課題となる。さらに、地面反力を精度よく推定する手法の検討も今後の課題として必要であると考えられる。

6. 文献

- Ae, M., Tang, H. P., Yokoi, T. (1992) Estimation of inertia properties of the body segment in Japanese athletes. in: Japanese Society of Biomechanisms, editor. Biomechanisms 11: Form, Motion, and Function in humans. Tokyo: University of Tokyo Press; pp. 33.
- 阿江 通良 (2005) 特集 スキルサイエンス スポーツ選手のスキルフルな動きとそのコツに迫る. 人工知能学会誌, 20(4): 541-548.
- Cavanagh, P. R., LaFortune, M. A. (1980) Ground reaction forces in distance running. Journal of Biomechanics, 13(5): 397-406.
- Coyler, S. L., Nagahara, R., Takai, Y., Salo, A. I. T. (2018) How sprinters accelerate beyond the velocity plateau of soccer players: waveform analysis of ground reaction forces. Scandinavian Journal of Medicine and Sports in Sports, 28: 2527-2635.
- 榎本 靖士, 阿江 通良, 岡田 英孝, 藤井 範久 (1999) 力学的エネルギー利用の有効性から見た長距離走者の疾走技術. バイオメカニクス研究, 3(1): 12-19.
- 羽田 雄一, 阿江 通良, 榎本 靖士, 法元 康二, 藤井 範久 (2003) 100m 走における疾走スピードと下肢関節のキネティクスの変化. バイオメカニクス研究, 7(3): 193-204.
- 法元 康二 (2000) 競歩の歩行速度に影響を及ぼすバイオメカニクスの要因. 平成11年度筑波大学体育研究科 研究論文集, pp. 233-236.
- Hoga, K., Ae, M., Enomoto, Y., Yokozawa, T., Fujii, N. (2006) Joint torque and mechanical energy flow in the support legs of skilled race walkers. Sports Biomechanics, 5(2): 167-182.
- 法元 康二, 阿江 通良, 榎本 靖士, 横沢 俊治, 藤井 範久 (2010) 競歩における左右下肢間の力学的エネルギーの流れと下脚および体幹の動作と

- の関係. トレーニング科学, 20(3): 217-229.
- Hoga-Miura, K., Hirokawa, R., Sugita, M., Enomoto, Y., Kadono, H., Suzuki, Y. (2022) Reconstruction of walking motion without flight phase by using computer simulation on the world elite 20km female race walkers during official race. *Gazzetta Medica Italiana- Archivio per le Scienze Mediche*, 181 (5): 303-314.
- Knicker, A. and Loch, M. (1990) Race walking technique and judging the final report of the international athletic foundation research project. *New Studies in Athletics*, 5: 7-9.
- 窪 康之 (2017) 第8章 スポーツ医・科学, 情報によるコーチング支援, 第1節 スポーツ医・科学によるコーチング支援の現状と課題. 日本コーチング学会編, コーチング学への招待. 大修館書店, pp.330-334.
- 三浦 康二, 佐藤 高嶺, 川向 哲弥, 大久保 玲美 (2020) 2018 - 2019 年度国内主要競歩レースにおける国内一流競技者の下肢および体幹関節トルクの分析. 日本陸連科学委員会研究報告 陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2020, 19: 221-231.
- 三浦 康二, 蔭山 雅洋, 黒阪 翔, 津野 天兵, 渡辺 圭佑 (2021) 特集 ハイパフォーマンススポーツを対象とした医・科学支援の実例—ハイパフォーマンス・サポート事業の活動を例に. フィールドにおける2次元動作分析法による前額面・矢状面内動作の簡易的分析とクイックフィードバック. *Journal of High Performance Sport*, 7: 58-70.
- 三浦 康二, 佐藤 高嶺, 川向 哲弥, 高橋 直己 (2023) 2022 年国内主要競歩レースにおける国内シニア・U20 上位競技者の地面反力および下肢関節トルクの推定. 日本陸連科学委員会研究報告 陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2022, 21: 207-214.
- Murray, M. P., Guten, G. N., Mollinger, L. A., Gardner, G. M. (1983) Kinematic and electromyographic patterns of olympic racewalkers. *the American Journal of Sports Medicine*, 11(2):68-74.
- Nagahara, R., Mizutani, M., Matsuo, A., Kanehisa, H., Fukunaga, T., (2018) Association of sprint performance with ground reaction forces during acceleration and maximal speed phases in a single sprint. *Journal of Applied Biomechanics*, 34(2): 104-110.
- Nagahara, R., Kanehisa, H., Fukunaga, T. (2020) Ground reaction force across the transition during sprint acceleration. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 30: 450-461.
- 中山 滉一, 榎 翔太, 牧野 瑞輝, 庄司一眞, 眞鍋 芳明 (2023) 異なる斜度の下り坂走が平地走に与える即時的な影響. 陸上競技学会誌, 21: 1-12.
- Pataky, T. C. (2011) One-dimensional statistical parametric mapping in python. *Computer methods in biomechanics and biomedical engineering*, 15(3): 295-301.
- Payne, A. H. (1978) A comparison of ground reaction forces in race walking with those in normal walking and running. *Biomechanics VI-A*, pp.293-302.
- 横澤 俊治 (2017) 第8章 スポーツ医・科学, 情報によるコーチング支援, 第2節 現状を把握する, 1. パフォーマンスの分析・評価, (2) 動作分析による把握. 日本コーチング学会編, コーチング学への招待. 大修館書店, pp.337-338.

高校陸上競技選手の運動経験の状況
— 2022年度高校陸上競技選手を対象にした質問紙調査—

渡邊 將司
茨城大学

はじめに

日本代表選手の多くは、高校期において全国大会入賞レベルに達していることから、高校期のハイパフォーマンスは将来のハイパフォーマンスの予測因子となる可能性が高い。その一方で、中学校期から高校期にかけて多くの選手が陸上競技を辞めているという問題もある。

日本陸上競技連盟は、2005年からインターハイ入賞者を対象にして質問紙調査を実施してきたが、2021年度から対象者を拡大するとともに質問内容を精査した。本報告は、高校陸上競技選手の過去の運動経験をはじめ、陸上競技に関する心理や日常の練習についてまとめる。

方法

対象者は、2022年12月に各ブロックで実施されたU19強化研修合宿、および2023年3月に岐阜県で実施された日本陸上競技連盟U19強化研修合宿(全国高体連陸上競技専門部強化合宿)に参加した高校陸上競技選手であった。アンケートは、これまでインターハイ入賞者を対象にして実施してきたフォーマットを改変したものである¹⁾。調査を実施するにあたり、本連盟科学委員会が各会場の窓口担当者に依頼した。担当者は、合宿の開会式や閉会式、食事の時間といった全体あるいは種目群が集合する機会等において、選手に調査の趣旨を記した依頼文書を配布し、口頭にて説明および協力を依頼した。アンケートはMicrosoft Formsにて作成され、依頼文書に記載したQRコードを各自のスマートフォンで読み取って回答する仕組みであった。スマートフォンを所持していない者には紙媒体のアンケートを配布して回答を求めた。U19強化研修合宿では、回答のあった東北、東海・近畿、中国・四国、九州・

表1 対象者の基本情報

| | 男子(n=416) | | 女子(n=428) | |
|--------------------|-----------|-------|-----------|-------|
| | 人数 | 割合 | 人数 | 割合 |
| 学年 | | | | |
| 1年 | 119 | 28.6% | 135 | 31.5% |
| 2年 | 293 | 70.4% | 286 | 66.8% |
| 3年 | 4 | 1.0% | 7 | 1.6% |
| 種目 | | | | |
| 短距離走(100m~400m) | 85 | 20.4% | 111 | 25.9% |
| 中距離走(800m~1500m) | 17 | 4.1% | 14 | 3.3% |
| 長距離走(3000m~10000m) | 2 | 0.5% | 1 | 0.2% |
| ハードル(100mH~400mH) | 55 | 13.2% | 66 | 15.4% |
| 跳躍 | 126 | 30.3% | 108 | 25.2% |
| 投てき | 86 | 20.7% | 81 | 18.9% |
| 混成 | 16 | 3.8% | 22 | 5.1% |
| 競歩 | 29 | 7.0% | 25 | 5.8% |
| 高校期の最高競技成績 | | | | |
| 全国大会1~3位 | 34 | 8.2% | 41 | 9.6% |
| 全国大会4~8位 | 29 | 7.0% | 39 | 9.1% |
| 全国大会出場 | 101 | 24.3% | 136 | 31.8% |
| 地方大会(関東大会など)8位以内 | 130 | 31.3% | 108 | 25.2% |
| 地方大会(関東大会など)出場 | 96 | 23.1% | 73 | 17.1% |
| 都道府県大会8位以内 | 13 | 3.1% | 21 | 4.9% |
| 都道府県大会出場 | 10 | 2.4% | 8 | 1.9% |
| 地区・市町村大会/記録会出場 | 3 | 0.7% | 2 | 0.5% |

沖縄ブロックには1017名、日本陸上競技連盟U19強化研修合宿には276名が参加し、そのうち844名から回答を得た(回答率65.3%)。なおアンケートに重複して回答する者はいなかった。

結果と考察

調査では、競技成績や中心的に取り組んでいる種目も尋ねているが、データ数が少ない区分では一般的な傾向を見出すことが困難であったため、基本的に男女別でまとめた。

表1は、対象者の基本情報である。参加者844名中、男子は416名(49%)、女子428名(51%)と、女子の方が多かった。男女とも高校2年生が最も多かった。内訳をみると、跳躍が最も多く、長距離は最も少なかった。最高競技成績をみると、全国大会出場以上のレベルの者が45%を占めていた。

表2は、小学校高学年の頃の身体、運動能力、運動遊び習慣を示した。身体についてみると、身長は「高い方」で、体格は「普通くらい」が最も多かった。運動能力をみると、短距離走、長距離走、跳能力は「速

表2 小学校高学年の頃の身体、運動能力、運動遊び習慣

| | 男子 | | 女子 | |
|------------------|-----|-------|-----|-------|
| | 人数 | 割合 | 人数 | 割合 |
| 身長 | | | | |
| 高い方だった | 203 | 48.8% | 217 | 50.7% |
| 普通くらい | 132 | 31.7% | 123 | 28.7% |
| 低い方だった | 81 | 19.5% | 88 | 20.6% |
| 体格 | | | | |
| 太っている方だった | 64 | 15.4% | 32 | 7.5% |
| 普通くらい | 178 | 42.8% | 208 | 48.6% |
| やせている方だった | 174 | 41.8% | 188 | 43.9% |
| 短距離走能力 | | | | |
| 速かったと思う | 272 | 65.4% | 315 | 73.6% |
| 普通だったと思う | 109 | 26.2% | 100 | 23.4% |
| 遅かったと思う | 35 | 8.4% | 13 | 3.0% |
| 長距離走能力 | | | | |
| 速かったと思う | 173 | 41.6% | 229 | 53.5% |
| 普通だったと思う | 148 | 35.6% | 156 | 36.4% |
| 遅かったと思う | 95 | 22.8% | 43 | 10.0% |
| 跳能力 | | | | |
| 高かったと思う | 207 | 49.8% | 218 | 50.9% |
| 普通だったと思う | 169 | 40.6% | 185 | 43.2% |
| 低かったと思う | 40 | 9.6% | 25 | 5.8% |
| 投能力 | | | | |
| 高かったと思う | 127 | 30.5% | 91 | 21.3% |
| 普通だったと思う | 167 | 40.1% | 173 | 40.4% |
| 低かったと思う | 122 | 29.3% | 164 | 38.3% |
| 自由な運動遊び | | | | |
| よくやっていた(週4日以上) | 361 | 86.8% | 317 | 74.1% |
| まあまあ(週2~3日) | 41 | 9.9% | 93 | 21.7% |
| あまりやらなかった(週1日以下) | 14 | 3.4% | 18 | 4.2% |

表3 小学校期における指導者の下でのスポーツ種目数

| | 男子 | | 女子 | |
|-------|-----|-------|-----|-------|
| | 人数 | 割合 | 人数 | 割合 |
| 0種目 | 87 | 20.9% | 120 | 28.0% |
| 1~2種目 | 280 | 67.3% | 264 | 61.7% |
| 3~4種目 | 43 | 10.3% | 36 | 8.4% |
| 5種目以上 | 6 | 1.4% | 8 | 1.9% |

かった」「高かった」と回答する者が多かった。投能力に関しては、「普通」が最も多かった。自由な運動遊びを「よくやっていた」と回答する者は、男子で86.8%、女子で74.1%であった。

表3は、小学校期における指導者の下でのスポーツ種目数を示した。男女とも「1~2種目」で60%以上を占めた。多くの者が取り組んでいたスポーツは、男子で水泳(40.6%)、サッカー(28.4%)、野球/ソフトボール(17.8%)で、女子で水泳(40.2%)、バレーボール(13.1%)、バスケットボール(10.3%)であった。

表4は、指導者の下で陸上競技を開始した時期である。約50%の者が「中学校」からと回答していたが、高校期から開始した者も男子で12.5%、女子で10.0%を占めた。

表5は、陸上競技を始めるようになった内的要因を示した。男女とも最も多かったのは「自分に合ったスポーツだと思ったから」であった。「かっこよく見えたから」の回答も20%近くいることから、陸上競技の観戦やメディアでの視聴なども一つの動機づけになっていることが窺える。

表4 指導者の下で陸上競技を開始した時期

| | 男子 | | 女子 | |
|---------|-----|-------|-----|-------|
| | 人数 | 割合 | 人数 | 割合 |
| 小学校1~2年 | 37 | 8.9% | 44 | 10.3% |
| 小学校3~4年 | 70 | 16.8% | 85 | 19.9% |
| 小学校5~6年 | 47 | 11.3% | 54 | 12.6% |
| 中学校 | 210 | 50.5% | 202 | 47.2% |
| 高校 | 52 | 12.5% | 43 | 10.0% |

表5 陸上競技を始めるようになった内的要因

| | 男子 | | 女子 | |
|--------------------------|-----|-------|-----|-------|
| | 人数 | 割合 | 人数 | 割合 |
| 1. 小学校の陸上大会で良い成績を残したから | 69 | 16.6% | 106 | 24.8% |
| 2. 中学校の陸上大会で良い成績を残したから | 74 | 17.8% | 80 | 18.7% |
| 3. 自分に合ったスポーツだと思ったから | 171 | 41.1% | 194 | 45.3% |
| 4. 一流選手になれると思ったから | 21 | 5.0% | 10 | 2.3% |
| 5. かっこよく見えたから | 81 | 19.5% | 75 | 17.5% |
| 6. 自分を鍛えるのによいスポーツだと思ったから | 54 | 13.0% | 49 | 11.4% |
| 7. 学校体育などでやって楽しかったから | 41 | 9.9% | 55 | 12.9% |
| 8. ただなんとなく | 86 | 20.7% | 71 | 16.6% |
| 9. 自分ができそうなスポーツが他になかった | 38 | 9.1% | 42 | 9.8% |

表6 陸上競技を始めるようになった外的要因

| | 男子 | | 女子 | |
|-----------------|-----|-------|-----|-------|
| | 人数 | 割合 | 人数 | 割合 |
| 1. 父や母に勧められて | 132 | 30.8% | 175 | 40.9% |
| 2. 兄弟や姉妹に勧められて | 53 | 12.4% | 70 | 16.4% |
| 3. クラブの指導者の勧め | 38 | 8.9% | 56 | 13.1% |
| 4. 学校の先生の勧め | 59 | 13.8% | 75 | 17.5% |
| 5. 先輩や友達からの勧め | 108 | 25.2% | 105 | 24.5% |
| 6. テレビや雑誌などを見て | 31 | 7.2% | 11 | 2.6% |
| 7. 試合を直接見て | 25 | 5.8% | 38 | 8.9% |
| 8. 近くに陸上クラブがあった | 60 | 14.0% | 72 | 16.8% |
| 9. 特にきっかけは無い | 70 | 16.4% | 60 | 14.0% |

表7 中学校期に中心的に所属していた部活動

| | 男子 | | 女子 | |
|------------------|-----|-------|-----|-------|
| | 人数 | 割合 | 人数 | 割合 |
| 他の部活動等と陸上競技を掛け持ち | 15 | 3.6% | 28 | 6.5% |
| 陸上競技 | 356 | 85.6% | 361 | 84.3% |
| 陸上競技以外 | 45 | 10.8% | 39 | 9.1% |

表8 中学校期に中心的に所属していた部活動での実績

| | 男子 | | 女子 | |
|------------------|-----|-------|-----|-------|
| | 人数 | 割合 | 人数 | 割合 |
| 全国大会1~3位 | 23 | 5.5% | 22 | 5.1% |
| 全国大会4~8位 | 35 | 8.4% | 29 | 6.8% |
| 全国大会出場 | 78 | 18.8% | 108 | 25.2% |
| 地方大会(関東大会など)8位以内 | 28 | 6.7% | 43 | 10.0% |
| 地方大会(関東大会など)出場 | 37 | 8.9% | 54 | 12.6% |
| 都道府県大会8位以内 | 126 | 30.3% | 97 | 22.7% |
| 都道府県大会出場 | 40 | 9.6% | 32 | 7.5% |
| 地区・市町村大会/記録会出場 | 48 | 11.5% | 40 | 9.3% |
| 試合等の出場経験なし | 1 | 0.2% | 3 | 0.7% |

表6は、陸上競技を始めるようになった外的要因を示した。「父や母」「先輩や友達」「学校の先生」の勧めの影響が大きいようである。

表7は、中学校期に中心的に所属していた部活動を示した。男子で85.6%、女子で84.3%が陸上競技に中心的に取り組んでいた。掛け持ちしていた者と合わせると約90%は中学から陸上競技に取り組んでいたことがわかる。

表8は、中学校期に中心的に所属していた部活動の実績を示した。男女とも都道府県大会8位以上が多いことから、ある程度の競技実績を残すことは、

表9 現在取り組んでいる種目に役立っている陸上競技以外の運動経験

| | 男子 | | 女子 | |
|-----------------|-----|-------|-----|-------|
| | 人数 | 割合 | 人数 | 割合 |
| 関連する運動感覚が身についた | 150 | 36.1% | 137 | 32.0% |
| 関連する技術や技能が身についた | 50 | 12.0% | 79 | 18.5% |
| 関連する体力が身についた | 114 | 27.4% | 94 | 22.0% |
| 精神的に鍛えられた | 50 | 12.0% | 69 | 16.1% |
| わからない | 50 | 12.0% | 48 | 11.2% |

表10 中学校期からの専門種目変更の有無とその理由

| | 男子 | | 女子 | |
|---------------------------|-----|-------|-----|-------|
| | 人数 | 割合 | 人数 | 割合 |
| 変更していない/または中学で陸上競技をやっていない | 274 | 65.9% | 266 | 62.1% |
| 変更した | 142 | 34.1% | 162 | 37.9% |
| <変更理由> | | | | |
| 指導者のすすめ | 81 | 57.0% | 79 | 48.8% |
| 親のすすめ | 5 | 3.5% | 14 | 8.6% |
| 仲間のすすめ | 3 | 2.1% | 7 | 4.3% |
| おもしろそうだったから | 54 | 38.0% | 54 | 33.3% |
| 違う種目に適性を感じたから | 68 | 47.9% | 61 | 37.7% |
| 中学の時の種目に限界を感じたから | 28 | 19.7% | 30 | 18.5% |
| 怪我のため | 8 | 5.6% | 10 | 6.2% |
| 辛かったから | 2 | 1.4% | 8 | 4.9% |

表11 陸上競技に関する心理

| | 強く 思う | | まあまあ 思う | | あまり 思わない | | 全くそう 思わない | |
|---------------------------------|----------|-------|------------|-------|-------------|-------|--------------|-------|
| | 男子 | 女子 | 男子 | 女子 | 男子 | 女子 | 男子 | 女子 |
| 1. 日常の練習は楽しい | 50.7% | 48.7% | 41.5% | 48.4% | 8.7% | 4.2% | 0.7% | 0.7% |
| 2. 日常の練習は身体的にも精神的にも辛い | 16.3% | 12.4% | 45.2% | 49.1% | 31.3% | 35.5% | 7.2% | 3.0% |
| 3. 練習仲間には恵まれている | 69.5% | 67.1% | 21.6% | 26.9% | 7.2% | 5.8% | 1.7% | 0.2% |
| 4. 練習環境(施設や用具など)は恵まれている | 50.5% | 56.3% | 35.6% | 32.5% | 11.1% | 10.5% | 2.9% | 0.7% |
| 5. 練習仲間は競技成績の高い者ばかりだ | 29.8% | 36.4% | 44.2% | 43.9% | 22.1% | 17.8% | 3.8% | 1.9% |
| 6. 指導者に支えられている | 68.0% | 74.5% | 26.7% | 21.7% | 4.1% | 2.6% | 1.2% | 1.2% |
| 7. 家族に支えられている | 85.8% | 90.4% | 12.5% | 9.1% | 1.7% | 0.5% | 0.0% | 0.0% |
| 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 | 44.5% | 40.2% | 47.4% | 49.3% | 8.7% | 10.3% | 1.4% | 0.2% |
| 9. 自分の伸びしろは、まだまだある | 44.5% | 66.1% | 47.4% | 31.3% | 6.7% | 2.6% | 1.4% | 0.0% |
| 10. 将来は日本代表選手になりたい | 70.9% | 15.7% | 26.2% | 23.1% | 2.4% | 38.6% | 0.5% | 22.7% |
| 11. 精神的な強さを持っている | 21.2% | 12.6% | 44.5% | 46.3% | 30.0% | 35.5% | 4.3% | 5.6% |
| 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 | 33.2% | 35.0% | 51.0% | 52.8% | 14.7% | 11.7% | 1.2% | 0.5% |
| 13. 試合に向けて、調子上げることができる | 42.1% | 29.7% | 48.8% | 58.9% | 7.5% | 11.4% | 1.7% | 0.0% |
| 14. 不安に対処することができる | 22.6% | 13.1% | 46.4% | 53.7% | 29.1% | 29.9% | 1.9% | 3.3% |
| 15. マイナスの考えをプラスに変えることができる | 32.9% | 21.5% | 40.4% | 50.9% | 23.8% | 24.8% | 3.4% | 2.8% |

表12 日常の練習頻度、量、および強度

| | 男子 | | | 女子 | | |
|--------------------|----------|-----|-----|----------|-----|-----|
| | M±SD | 最小値 | 最大値 | M±SD | 最小値 | 最大値 |
| 平日の練習日数(日/週) | 4.4±0.6 | 1 | 5 | 4.4±0.7 | 1 | 5 |
| 休日の練習日数(日/週) | 1.2±0.4 | 1 | 2 | 1.3±0.4 | 1 | 2 |
| 1週間の練習回数(回/週) | 6.7±2.1 | 3 | 14 | 7.0±2.1 | 3 | 15 |
| 平日の合計練習時間(時間/週) | 10.6±3.2 | 3 | 24 | 10.9±3.0 | 5 | 30 |
| 休日の合計練習時間(時間/週) | 4.4±2.2 | 1 | 18 | 4.3±1.8 | 0 | 11 |
| きつい練習をする日数(日/週) | 2.9±1.3 | 1 | 7 | 2.7±1.2 | 1 | 6 |
| かなりきつい練習をする日数(日/週) | 2.0±1.2 | 1 | 7 | 2.9±1.3 | 1 | 7 |

高校での継続につながる事が窺える。

表9は、現在取り組んでいる種目に役立っている陸上競技の運動経験を示した。「運動感覚」や「体力」の割合が高かった。多様な運動経験は適切な種目選択に好影響をもたらす可能性がある。

表10は、中学校期からの専門種目変更の有無とその理由を示した。「変更した」と回答した者は男子で34.1%、女子で37.9%であった。その理由として「指導者のすすめ」「違う種目に適性を感じたから」「おもしろそうだったから」が多いことから、指導者は様々なトレーニングを通して選手の適性を発見するだけでなく、種目の面白さを伝えることも求められるかもしれない。

表11は、陸上競技に関する心理である。半数以上は「日常の練習は身体的にも精神的にも辛い」と回答するが、「日常の練習は楽しい」ようである。その背景には、「指導者」や「家族」の支えだけで

なく、施設や用具面などのより良い「練習環境」も関係していると思われる。彼らの陸上競技に対する探究心も高く、伸びしろを十分に感じている。一方で「精神的な強さ(質問11~15)」に関しては、「まあまあ思う」や「あまり思わない」と回答する者の割合が多かった。重要な場面で実力を発揮できるよう、今後は精神面の強化も求められるかもしれない。

表12は、日常の練習頻度、量、強度を示した。平日は4~5日、休日は1日が多いことから、ほとんどの者は一週間あたり5~6日の練習頻度であろう。1週間の練習回数には朝練と夕練を分けるよう指示していたため、日数よりも多くなったと思われる。練習時間を1日あたりに換算する平日は2~3時間、休日は4~5時間になるようである。「きつい」「かなりきつい」と思う練習は、一週間で4~5日に達していた。練習日のほとんどは「きつい」と思う練習をしている者が多いようである。なかには非常に多くの練習時間を費やしている者もあり、障害の発症やバーンアウトが心配される。

文献

- 1) 渡邊将司・森丘保典・須永美歌子・酒井健介・山本宏明・杉田正明(2021) 高校陸上競技選手を対象にした質問紙の実施計画. 陸上競技研究紀要, 17: 229-236.

高校陸上競技選手の体調・食習慣の状況
— 2022年度高校陸上競技選手を対象にした質問紙調査 —

酒井 健介
城西国際大学

はじめに

本報告では昨年に引き続き、高校陸上競技選手の体調・食習慣の状況について報告する。体調に関しては、Grove et al.¹⁾の19項目からなるTraining Distress Scale (TDS)の結果を、食習慣に関しては行動変容段階、毎食の喫食状況、主要食品群の喫食頻度についての調査結果を示す。併せてサプリメントの摂取状況、摂取品目、摂取目的に加え、エナジードリンクの摂取状況等についても男女別の集計結果を中心に示す。

今後これら項目に関する経年的変化についての報告を別途計画するが、本報告では、2022年度実施の調査結果のみの報告となる。なお、昨年報告の2021年度実施の結果²⁾と比較した場合、対象集団の競技種目分布に大きな違いはなかったが、競技力においては本報告の対象集団の方が高い集団となっていることをはじめに記す。

方法

対象者は、2022年12月に各ブロックで実施されたU19強化研修合宿、および2023年3月に岐阜県で実施された日本陸上競技連盟U19強化研修合宿(全国高体連陸上競技専門部強化合宿)に参加した高校陸上競技選手であった。アンケートは、これまでインターハイ入賞者を対象にして実施してきたフォーマットを改変したものである³⁾。調査を実施するにあたり、本連盟科学委員会が各会場の窓口担当者に依頼した。担当者は、合宿の開会式や閉会式、食事の時間といった全体あるいは種目群が集まる機会等において、選手に調査の趣旨を記した依頼文書を配布し、口頭にて説明および協力を依頼した。アンケートはMicrosoft Formsにて作成され、依頼文書に記載したQRコードを各自のスマートフォンで読み取って回答する仕組みであった。スマートフォンを所持していない者には紙媒体のアンケートを配布して回答を求めた。U19強化研修合宿では、回答のあった東北、東海・近畿、中国・四国、九州・

表1

種目別平均身長

| | 男子 | | | 女子 | | |
|------|-----|---------------------------|--|-----|-------------|--|
| | n | Mean ± SD | | n | Mean ± SD | |
| 短距離 | 85 | 173.4 ± 5.4 ^b | | 108 | 160.7 ± 5.4 | |
| 中距離 | 17 | 172.1 ± 5.4 ^{ab} | | 14 | 161.9 ± 5.1 | |
| 長距離 | 2 | 166.5 ± 6.4 ^{ab} | | 1 | 154.5 | |
| ハードル | 55 | 176.1 ± 6.0 ^c | | 66 | 161.6 ± 4.6 | |
| 跳躍 | 126 | 173.2 ± 5.4 ^b | | 107 | 161.5 ± 5.1 | |
| 投擲 | 85 | 174.5 ± 5.4 ^{bc} | | 79 | 162.7 ± 5.7 | |
| 混成 | 16 | 175.4 ± 4.1 ^{bc} | | 22 | 161.7 ± 4.0 | |
| 競歩 | 29 | 168.8 ± 5.5 ^a | | 25 | 158.1 ± 5.0 | |
| 合計 | 415 | 173.6 ± 5.7 | | 422 | 161.3 ± 5.2 | |

$p < 0.001$

種目別平均体重

| 種目 | 男子 | | | 女子 | | |
|------|-----|--------------------------|--|-----|------------|--|
| | n | Mean ± SD | | n | Mean ± SD | |
| 短距離 | 85 | 62.8 ± 5.3 ^{bc} | | 106 | 51.2 ± 4.4 | |
| 中距離 | 17 | 57.5 ± 4.3 ^a | | 14 | 49.5 ± 5.9 | |
| 長距離 | 2 | 53.3 ± 1.1 ^{ab} | | 1 | 43.0 | |
| ハードル | 55 | 64.2 ± 6.0 ^{cd} | | 66 | 51.4 ± 3.8 | |
| 跳躍 | 124 | 62.2 ± 6.1 ^b | | 106 | 51.7 ± 3.8 | |
| 投擲 | 86 | 82.8 ± 11.7 ^e | | 76 | 65.1 ± 8.7 | |
| 混成 | 16 | 66.5 ± 5.8 ^d | | 22 | 54.3 ± 4.5 | |
| 競歩 | 29 | 55.8 ± 5.4 ^a | | 23 | 47.0 ± 4.7 | |
| 総計 | 414 | 66.4 ± 11.4 | | 414 | 53.8 ± 7.6 | |

$p < 0.001$

表 2

TDS 各項目における回答分布

| | | 男子 | | | | | 女子 | | | | | p |
|---------------------------|---|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|------|--------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| 1. 筋肉痛がある | n | 49 | 147 | 108 | 78 | 34 | 45 | 160 | 117 | 80 | 26 | 0.735 |
| | % | 11.8% | 35.3% | 26.0% | 18.8% | 8.2% | 10.5% | 37.4% | 27.3% | 18.7% | 6.1% | |
| 2. エネルギー不足を感じる | n | 128 | 138 | 99 | 35 | 16 | 156 | 125 | 101 | 32 | 14 | 0.475 |
| | % | 30.8% | 33.2% | 23.8% | 8.4% | 3.8% | 36.4% | 29.2% | 23.6% | 7.5% | 3.3% | |
| 3. 怒りっぽい | n | 227 | 113 | 53 | 19 | 4 | 174 | 152 | 70 | 23 | 9 | 0.002 |
| | % | 54.6% | 27.2% | 12.7% | 4.6% | 1.0% | 40.7% | 35.5% | 16.4% | 5.4% | 2.1% | |
| 4. 物事を思い出せない | n | 158 | 162 | 68 | 20 | 8 | 164 | 155 | 64 | 31 | 14 | 0.376 |
| | % | 38.0% | 38.9% | 16.3% | 4.8% | 1.9% | 38.3% | 36.2% | 15.0% | 7.2% | 3.3% | |
| 5. 寝つきが悪い | n | 229 | 116 | 55 | 10 | 6 | 251 | 106 | 45 | 19 | 7 | 0.271 |
| | % | 55.0% | 27.9% | 13.2% | 2.4% | 1.4% | 58.6% | 24.8% | 10.5% | 4.4% | 1.6% | |
| 6. 食欲が低下している | n | 309 | 69 | 26 | 9 | 3 | 337 | 59 | 25 | 4 | 3 | 0.438 |
| | % | 74.3% | 16.6% | 6.3% | 2.2% | 0.7% | 78.7% | 13.8% | 5.8% | 0.9% | 0.7% | |
| 7. 日常生活において興味が低下している | n | 250 | 97 | 49 | 15 | 5 | 264 | 102 | 44 | 10 | 8 | 0.681 |
| | % | 60.1% | 23.3% | 11.8% | 3.6% | 1.2% | 61.7% | 23.8% | 10.3% | 2.3% | 1.9% | |
| 8. 家族や同級生、チームメイトに対して怒りっぽい | n | 281 | 100 | 24 | 9 | 2 | 236 | 143 | 39 | 8 | 2 | 0.005 |
| | % | 67.5% | 24.0% | 5.8% | 2.2% | 0.5% | 55.1% | 33.4% | 9.1% | 1.9% | 0.5% | |
| 9. 集中力が低下している | n | 189 | 165 | 47 | 11 | 4 | 159 | 177 | 67 | 20 | 5 | 0.059 |
| | % | 45.4% | 39.7% | 11.3% | 2.6% | 1.0% | 37.1% | 41.4% | 15.7% | 4.7% | 1.2% | |
| 10. 手足が重く感じる | n | 217 | 115 | 58 | 17 | 9 | 176 | 167 | 62 | 17 | 6 | 0.006 |
| | % | 52.2% | 27.6% | 13.9% | 4.1% | 2.2% | 41.1% | 39.0% | 14.5% | 4.0% | 1.4% | |
| 11. 眠りが浅い | n | 235 | 103 | 47 | 23 | 8 | 245 | 113 | 41 | 21 | 8 | 0.910 |
| | % | 56.5% | 24.8% | 11.3% | 5.5% | 1.9% | 57.2% | 26.4% | 9.6% | 4.9% | 1.9% | |
| 12. しっかりと食事がとれない | n | 337 | 56 | 18 | 4 | 1 | 352 | 57 | 15 | 3 | 1 | 0.965 |
| | % | 81.0% | 13.5% | 4.3% | 1.0% | 0.2% | 82.2% | 13.3% | 3.5% | 0.7% | 0.2% | |
| 13. 日中、異常に疲れている | n | 188 | 136 | 59 | 27 | 6 | 155 | 162 | 70 | 30 | 11 | 0.098 |
| | % | 45.2% | 32.7% | 14.2% | 6.5% | 1.4% | 36.2% | 37.9% | 16.4% | 7.0% | 2.6% | |
| 14. ずっとイライラしている | n | 345 | 54 | 11 | 5 | 1 | 309 | 93 | 21 | 2 | 3 | 0.001 |
| | % | 82.9% | 13.0% | 2.6% | 1.2% | 0.2% | 72.2% | 21.7% | 4.9% | 0.5% | 0.7% | |
| 15. 頭が混乱している | n | 318 | 67 | 27 | 4 | 0 | 282 | 104 | 33 | 4 | 5 | 0.004 |
| | % | 76.4% | 16.1% | 6.5% | 1.0% | 0.0% | 65.9% | 24.3% | 7.7% | 0.9% | 1.2% | |
| 16. 関節がこわばったり、痛みがある | n | 251 | 102 | 40 | 18 | 5 | 256 | 115 | 35 | 12 | 10 | 0.426 |
| | % | 60.3% | 24.5% | 9.6% | 4.3% | 1.2% | 59.8% | 26.9% | 8.2% | 2.8% | 2.3% | |
| 17. 軟便や下痢がある | n | 296 | 71 | 35 | 14 | 0 | 285 | 93 | 31 | 16 | 3 | 0.173 |
| | % | 71.2% | 17.1% | 8.4% | 3.4% | 0.0% | 66.6% | 21.7% | 7.2% | 3.7% | 0.7% | |
| 18. 不眠である | n | 340 | 51 | 21 | 4 | 0 | 337 | 62 | 21 | 4 | 4 | 0.296 |
| | % | 81.7% | 12.3% | 5.0% | 1.0% | 0.0% | 78.7% | 14.5% | 4.9% | 0.9% | 0.9% | |
| 19. 何をしてもいつもより疲れるように感じる | n | 230 | 126 | 41 | 15 | 4 | 204 | 154 | 49 | 16 | 5 | 0.283 |
| | % | 55.3% | 30.3% | 9.9% | 3.6% | 1.0% | 47.7% | 36.0% | 11.4% | 3.7% | 1.2% | |

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

表 3

行動変容段階の分布

| | | 男子 | | | | | 女子 | | | | | p |
|-------------|---|------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | PC | C | P | A | M | PC | C | P | A | M | |
| TTM | n | 23 | 59 | 119 | 53 | 162 | 16 | 62 | 110 | 53 | 187 | 0.508 |
| | % | 5.5% | 14.2% | 28.6% | 12.7% | 38.9% | 3.7% | 14.5% | 25.7% | 12.4% | 43.7% | |
| 参考 (2021年度) | % | 4.2% | 19.3% | 29.2% | 10.9% | 36.5% | 2.5% | 28.8% | 32.5% | 8.0% | 28.2% | |

沖縄ブロックには 1017 名、日本陸上競技連盟 U19 強化研修合宿には 276 名が参加し、そのうち 844 名から回答を得た (回答率 65.3%)。なおアンケートに重複して回答する者はいなかった。なお種目別平均身長および体重は Kruskal-Wallis の検定を行い、その他項目においては X^2 検定を行った。なお対象者の特性を、表 1 に示した。

結果

体調に関する 19 項目の結果を表 2 に示した。いずれも 1:全くない、2:わずかにある、3:ややある、4:

かなりある、5:非常にあるの 5 件法にての回答であったが、「3. 怒りっぽい」、「14. ずっとイライラしている」、「15. 頭が混乱している」では、男子選手に比べ女子選手で体調不良を感じる者の割合が高かった。19 項目の合計得点は男子選手で 31.62 ± 8.9 、女子選手で 32.6 ± 9.7 と女子選手の方が高かったが有意差は無かった ($p=0.239$)。この数値は昨年調査の男子選手 33.2 ± 9.9 、女子選手 35.4 ± 9.4 よりも低下していた²⁾。

行動変容段階を表 3 に示した。変容段階は以下の 5 つに分類される。男女で変容段階に有意差は示されなかったが、男女選手ともに維持期が最も高い割

表 4

| | | 男子 | | | | 女子 | | | | p |
|----|---|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|--------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 朝食 | n | 361 | 31 | 19 | 5 | 382 | 38 | 5 | 3 | 0.020 |
| | % | 86.8% | 7.5% | 4.6% | 1.2% | 89.3% | 8.9% | 1.2% | 0.7% | |
| 昼食 | n | 403 | 12 | 0 | 1 | 410 | 18 | 0 | 0 | 0.352 |
| | % | 96.9% | 2.9% | 0.0% | 0.2% | 95.8% | 4.2% | 0.0% | 0.0% | |
| 夕食 | n | 410 | 5 | 0 | 1 | 407 | 21 | 0 | 0 | 0.005 |
| | % | 98.6% | 1.2% | 0.0% | 0.2% | 95.1% | 4.9% | 0.0% | 0.0% | |
| 間食 | n | 103 | 139 | 151 | 23 | 84 | 159 | 158 | 27 | 0.310 |
| | % | 24.8% | 33.4% | 36.3% | 5.5% | 19.6% | 37.1% | 36.9% | 6.3% | |

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

表 5

| | | 男子 | | | | | 女子 | | | | | p |
|-----------------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| 1. 穀物(ごはん・パン・麺 など) | n | 341 | 51 | 14 | 5 | 5 | 310 | 87 | 21 | 8 | 2 | 0.007 |
| | % | 82.0% | 12.3% | 3.4% | 1.2% | 1.2% | 72.4% | 20.3% | 4.9% | 1.9% | 0.5% | |
| 2. 肉・加工肉(牛・豚・鶏・ハム・ソーセージ など) | n | 147 | 136 | 89 | 42 | 2 | 109 | 150 | 127 | 37 | 5 | 0.006 |
| | % | 35.3% | 32.7% | 21.4% | 10.1% | 0.5% | 25.5% | 35.0% | 29.7% | 8.6% | 1.2% | |
| 3. 魚介・魚加工品(魚・イカ・エビ・かまぼこ など) | n | 51 | 55 | 121 | 126 | 63 | 28 | 44 | 132 | 124 | 100 | 0.002 |
| | % | 12.3% | 13.2% | 29.1% | 30.3% | 15.1% | 6.5% | 10.3% | 30.8% | 29.0% | 23.4% | |
| 4. 卵料理(卵焼き・ゆで卵 など) | n | 77 | 83 | 158 | 76 | 22 | 63 | 88 | 168 | 78 | 31 | 0.519 |
| | % | 18.5% | 20.0% | 38.0% | 18.3% | 5.3% | 14.7% | 20.6% | 39.3% | 18.2% | 7.2% | |
| 5. 大豆・大豆製品(豆腐・納豆 など) | n | 47 | 45 | 133 | 126 | 65 | 34 | 51 | 133 | 128 | 82 | 0.370 |
| | % | 11.3% | 10.8% | 32.0% | 30.3% | 15.6% | 7.9% | 11.9% | 31.1% | 29.9% | 19.2% | |
| 6. 色の濃い野菜(ニンジン・カボチャ など) | n | 85 | 86 | 127 | 87 | 31 | 81 | 97 | 134 | 82 | 34 | 0.900 |
| | % | 20.4% | 20.7% | 30.5% | 20.9% | 7.5% | 18.9% | 22.7% | 31.3% | 19.2% | 7.9% | |
| 7. その他の野菜 | n | 126 | 105 | 115 | 47 | 23 | 141 | 117 | 104 | 52 | 14 | 0.365 |
| | % | 30.3% | 25.2% | 27.6% | 11.3% | 5.5% | 32.9% | 27.3% | 24.3% | 12.1% | 3.3% | |
| 8. 果物(果汁ジュース含む) | n | 45 | 42 | 117 | 108 | 104 | 34 | 62 | 112 | 104 | 116 | 0.196 |
| | % | 10.8% | 10.1% | 28.1% | 26.0% | 25.0% | 7.9% | 14.5% | 26.2% | 24.3% | 27.1% | |
| 9. 牛乳・乳製品(チーズ・ヨーグルト など) | n | 60 | 49 | 154 | 93 | 60 | 39 | 66 | 167 | 95 | 61 | 0.118 |
| | % | 14.4% | 11.8% | 37.0% | 22.4% | 14.4% | 9.1% | 15.4% | 39.0% | 22.2% | 14.3% | |

1:毎日毎食で食べる、2:毎日2回は食べる、3:毎日に1回は食べる、4:1週間で食べる日の方が多い、5:1週間で食べない日の方が多い

| | | 男子 | | | | 女子 | | | | p |
|-----------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 食品購入時の栄養成分表示の参考 | n | 63 | 158 | 108 | 87 | 117 | 177 | 92 | 42 | <0.001 |
| | % | 15.1% | 38.0% | 26.0% | 20.9% | 27.3% | 41.4% | 21.5% | 9.8% | |

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

合を示し、望ましい食生活を実践している選手が多いことが示唆された。維持期の割合は昨年よりも男女ともに増加していた²⁾。

前熟考期(PC): 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。

熟考期(C): 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)何かをしてみたい。

準備期(P): 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。

実行期(A): 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)。

維持期(M): 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)。

朝食、昼食、夕食および間食の喫食状況を表4に

示した。朝食の欠食が男子選手で13%程度、女子選手で11%程度確認された。

表5には、主要な食品群の喫食頻度を示したが、穀物(ごはん・パン・麺 など)、肉・加工肉(牛・豚・鶏・ハム・ソーセージ など)、魚介・魚加工品(魚・イカ・エビ・かまぼこ など)の喫食頻度で男女間に有意差を確認し、いずれも男子選手で喫食頻度が高かった。またいずれの食品群においても、1日に一度も口にしない選手が男女ともに一定数いることが確認された。野菜や果物、乳製品の喫食頻度は主食や主菜に比べて低くなっている結果は以前の報告と同様であった²⁾。

表6にはエナジードリンクの摂取頻度および摂取目的を示した。男子選手は女子選手に比べ日常的にも試合時にも摂取頻度が高かった。試合時に「毎回飲む」男子選手の割合が26.0%と4人に1人の割合

表6

| エナジードリンクの日常的摂取頻度 | | | エナジードリンクの日常的摂取目的 | | | エナジードリンクの試合時摂取頻度 | | | エナジードリンクの試合時摂取目的 | | |
|------------------|---------|-------------------|------------------|---------|-------------------|------------------|---------|-------------------|------------------|---------|-------------------|
| | 男子 | 女子 | | 男子 | 女子 | | 男子 | 女子 | | 男子 | 女子 |
| 週3缶以上 | n 12 | 3 | 眠気覚まし | n 125 | 67 | 毎回飲む | n 108 | 34 | 眠気覚まし | n 23 | 6 |
| | % 2.9% | 0.7% | | % 30.8% | 15.8% | | % 26.0% | 7.9% | | % 5.5% | 1.4% |
| 週1~2缶 | n 35 | 7 | 疲労回復 | n 55 | 41 | 時々飲む | n 144 | 60 | 疲労回復 | n 12 | 25 |
| | % 8.4% | 1.6% | | % 13.5% | 9.6% | | % 34.6% | 14.0% | | % 2.9% | 5.9% |
| 月1~3缶 | n 124 | 28 | パフォーマンス向上 | n 112 | 26 | 飲んだことがない | n 164 | 334 | パフォーマンス向上 | n 214 | 62 |
| | % 29.8% | 6.5% | | % 27.6% | 6.1% | | % 39.4% | 78.0% | | % 51.6% | 14.5% |
| 月1缶未満 | n 162 | 141 | その他 | n 114 | 291 | | | p<0.001 | その他 | n 166 | 334 |
| | % 38.9% | 32.9% | | % 28.1% | 68.5% | | | | | % 40.0% | 78.2% |
| 飲んだことがない | n 83 | 249 | | | | | | | | | |
| | % 20.0% | 58.2% | | | p<0.001 | | | | | | p<0.001 |
| | | p<0.001 | | | | | | | | | |

表7

| サプリメント摂取状況 | | | サプリメント摂取時期 | | | |
|----------------------|---------|----------------|------------|---------|-------|--------------|
| | 男子 | 女子 | | 男子 | 女子 | p |
| 現在、摂取している | n 166 | 138 | 小学生 | n 7 | 10 | 0.499 |
| | % 39.9% | 32.2% | | % 1.7% | 2.3% | |
| 過去に摂取していたが現在は摂取していない | n 84 | 113 | 中学生 | n 83 | 117 | 0.012 |
| | % 20.2% | 26.4% | | % 20.0% | 27.3% | |
| これまで摂取したことはない | n 166 | 177 | 高校生 | n 218 | 205 | 0.190 |
| | % 39.9% | 41.4% | | % 52.4% | 47.9% | |
| | | p=0.030 | 非摂取 | n 160 | 174 | 0.515 |
| | | | | % 38.5% | 40.7% | |

を示し、昨年の20.3%からも増加している²⁾。また「パフォーマンス向上」を摂取目的としている男子選手は練習時で27.6%、試合時で51.6%と昨年の19.3%、37.5%とそれぞれ上回っていた²⁾。

サプリメント摂取状況についての結果を記す。表7には現在のサプリメント摂取状況およびサプリメント摂取時期について示した。男子選手で40%、女子選手で32%の選手が現在摂取しているが、過去のインターハイ入賞者の摂取割合（男子64%、女子56.2%）を下回るものであった⁴⁾。サプリメント摂取時期は年齢増加に伴い摂取者の割合は増加し、中学生時期では女子選手の摂取割合が男子選手より有意な高値を示した。

表8にはサプリメント摂取目的の結果を示した。男子選手では「筋肉増量」(32.9%)、「疲労回復」(28.1%)が、女子選手では「疲労回復」(29.2%)、「貧血予防や改善」(22.7%)が主な摂取目的で、昨年と同じ項目が上位を占めた²⁾。

表9には摂取しているサプリメントの種類についての結果を示したが、男女選手ともに「プロテイン」、「アミノ酸」、「鉄」が上位を占めた。男子選手の「鉄」サプリメントに関して、「貧血予防や改善」(8.7%)を上回る摂取状況(13.7%)は、「不足栄養素の補給」を目的に摂取している選手がいるのかもしれない。男子選手では次いで「クレアチン」、女子選手では「ビタミンC」の摂取者が多かった。男女間で摂取状況に有意差を認めたサプリメントは「プロテイン」、「ク

表8

| サプリメント摂取目的 | | | |
|------------|---------|-------|------------------|
| | 男子 | 女子 | |
| 体重増量 | n 35 | 6 | <0.001 |
| | % 8.4% | 1.4% | |
| 減量 | n 0 | 14 | <0.001 |
| | % 0.0% | 3.3% | |
| 筋肉増量 | n 137 | 73 | <0.001 |
| | % 32.9% | 17.1% | |
| 瞬発力向上 | n 30 | 17 | 0.040 |
| | % 7.2% | 4.0% | |
| 持久力向上 | n 18 | 5 | 0.005 |
| | % 4.3% | 1.2% | |
| 疲労回復 | n 117 | 125 | 0.729 |
| | % 28.1% | 29.2% | |
| 安眠 | n 6 | 4 | 0.436 |
| | % 1.4% | 0.9% | |
| 貧血予防や改善 | n 36 | 97 | <0.001 |
| | % 8.7% | 22.7% | |
| 怪我の予防や改善 | n 20 | 20 | 0.927 |
| | % 4.8% | 4.7% | |
| コンディション維持 | n 62 | 43 | 0.033 |
| | % 14.9% | 10.0% | |
| 病気予防 | n 10 | 6 | 0.286 |
| | % 2.4% | 1.4% | |
| 免疫機能の向上 | n 29 | 14 | 0.015 |
| | % 7.0% | 3.3% | |
| 活力向上 | n 16 | 7 | 0.049 |
| | % 3.8% | 1.6% | |
| 不足栄養素の補給 | n 51 | 56 | 0.719 |
| | % 12.3% | 13.1% | |
| 抗酸化作用の向上 | n 1 | 1 | 0.984 |
| | % 0.2% | 0.2% | |
| 非摂取 | n 171 | 175 | 0.949 |
| | % 41.1% | 40.9% | |
| その他 | n 8 | 9 | 0.853 |
| | % 1.9% | 2.1% | |

表9

摂取サプリメントの種類

| | 男子 | 女子 | |
|------------------|------------------|--------------|------------------|
| プロテイン | n 188 % 45.2% | 123 28.7% | <0.001 |
| クレアチン | n 51 % 12.3% | 33 7.7% | 0.027 |
| アミノ酸 | n 115 % 27.6% | 108 25.2% | 0.427 |
| カルシウム | n 31 % 7.5% | 21 4.9% | 0.124 |
| 鉄 | n 57 % 13.7% | 105 24.5% | <0.001 |
| マルチミネラル | n 11 % 2.6% | 10 2.3% | 0.774 |
| ビタミンA | n 9 % 2.2% | 6 1.4% | 0.402 |
| ビタミンB | n 20 % 4.8% | 18 4.2% | 0.673 |
| ビタミンC | n 41 % 9.9% | 52 12.1% | 0.287 |
| ビタミンD | n 10 % 2.4% | 18 4.2% | 0.144 |
| ビタミンE | n 7 % 1.7% | 8 1.9% | 0.838 |
| マルチビタミン | n 37 % 8.9% | 28 6.5% | 0.200 |
| 脂肪酸(EPA・DHA) | n 4 % 1.0% | 1 0.2% | 0.168 |
| 糖質(炭水化物:エネルギー補給) | n 5 % 1.2% | 3 0.7% | 0.453 |
| 製品名不明 | n 13 % 3.1% | 18 4.2% | 0.404 |
| 非摂取 | n 145 % 34.9% | 167 39.0% | 0.210 |
| その他 | n 13 % 3.1% | 12 2.8% | 0.783 |

表10

サプリメント摂取の推奨

| | 男子 | 女子 | |
|---------------|------------------|--------------|------------------|
| 指導者 | n 64 % 15.4% | 78 18.2% | 0.270 |
| トレーナーや接骨院の先生等 | n 11 % 2.6% | 15 3.5% | 0.470 |
| 医師 | n 7 % 1.7% | 21 4.9% | 0.009 |
| 薬剤師 | n 0 % 0.0% | 2 0.5% | 0.163 |
| 栄養士 | n 5 % 1.2% | 3 0.7% | 0.453 |
| 自分の意志 | n 101 % 24.3% | 50 11.7% | <0.001 |
| 家族 | n 54 % 13.0% | 80 18.7% | 0.023 |
| 友人 | n 22 % 5.3% | 9 2.1% | 0.014 |
| 販売員・店員 | n 5 % 1.2% | 2 0.5% | 0.239 |
| 非摂取 | n 147 % 35.3% | 168 39.3% | 0.240 |
| その他 | n 0 % 0.0% | 0 0.0% | - |

「クレアチン」、「鉄」の3種であった。

サプリメント摂取について、男子選手は「自分の意思」(24.3%)で摂取した者が最も多く、次いで「指

表11

サプリメントや栄養・食事に関する情報入手先

| | 男子 | 女子 | |
|----------------|------------------|--------------|------------------|
| 指導者 | n 127 % 30.5% | 159 37.1% | 0.042 |
| トレーナーや接骨院の先生 | n 55 % 13.2% | 80 18.7% | 0.030 |
| 医師 | n 14 % 3.4% | 34 7.9% | 0.004 |
| 薬剤師 | n 10 % 2.4% | 11 2.6% | 0.877 |
| 栄養士 | n 27 % 6.5% | 29 6.8% | 0.868 |
| 家族 | n 106 % 25.5% | 163 38.1% | <0.001 |
| 友人 | n 76 % 18.3% | 55 12.9% | 0.030 |
| 販売員・店員 | n 13 % 3.1% | 12 2.8% | 0.783 |
| インターネットの記事 | n 154 % 37.0% | 163 38.1% | 0.749 |
| 動画サイト(YouTube) | n 123 % 29.6% | 69 16.1% | <0.001 |
| テレビ | n 57 % 13.7% | 53 12.4% | 0.569 |
| 雑誌 | n 18 % 4.3% | 18 4.2% | 0.931 |
| その他 | n 4 % 1.0% | 10 2.3% | 0.118 |

表12

サプリメント摂取に対する意識

| | 男子 | 女子 |
|---------------------------|------------------|--------------|
| 積極的に摂取すべきである | n 91 % 21.9% | 36 8.4% |
| 食事で不足する栄養素のみ摂取すべきである | n 110 % 26.4% | 140 32.7% |
| 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 | n 131 % 31.5% | 147 34.3% |
| できるだけ摂取すべきではない | n 67 % 16.1% | 104 24.3% |
| 絶対に摂取すべきではない | n 17 % 4.1% | 1 0.2% |

p < 0.001

指導者」(15.4%)であったのに対し、女子選手は「家族」(18.7%)、「指導者」(18.2%)が同程度であった(表10)。医師、薬剤師、栄養士といった医療従事者による推奨は限られていた。

同様にサプリメントや栄養・食事に関する情報入手経路について表11に示した。男子選手は「インターネット記事」(37.0%)や「動画サイト(YouTube)」(29.6%)が高い数値を示し、また「指導者」(30.5%)も高い値を示した。女子選手においても「インターネット記事」(38.1%)、「指導者」(37.1%)は高い数値を示し、「家族」(38.1%)も高い結果を示した。サプリメント摂取の推奨と同様に、医療従事者は情報入手経路としても広く利活用されていない状況にあった。

サプリメントに対する意識(表12)、ドーピングに対する意識(表13)について、サプリメント摂

表 13

ドーピングに対する意識

| | 男子 | | | | 女子 | | | | p |
|-----------------------------|---------|------|------|------|-------|------|------|------|--------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 試合に勝つためには、ドーピングをしてもよいと思う | n 384 | 21 | 5 | 6 | 417 | 10 | 1 | 0 | 0.003 |
| | % 92.3% | 5.0% | 1.2% | 1.4% | 97.4% | 2.3% | 0.2% | 0.0% | |
| 身体に害がなければ、ドーピングをしてもよいと思う | n 372 | 30 | 7 | 7 | 404 | 21 | 3 | 0 | 0.010 |
| | % 89.4% | 7.2% | 1.7% | 1.7% | 94.4% | 4.9% | 0.7% | 0.0% | |
| 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 | n 386 | 18 | 5 | 7 | 417 | 9 | 2 | 0 | 0.006 |
| | % 92.8% | 4.3% | 1.2% | 1.7% | 97.4% | 2.1% | 0.5% | 0.0% | |
| 強くなるためには、ドーピングをしてもよいと思う | n 384 | 21 | 4 | 7 | 413 | 13 | 2 | 0 | 0.015 |
| | % 92.3% | 5.0% | 1.0% | 1.7% | 96.5% | 3.0% | 0.5% | 0.0% | |

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

取は多くの選手に肯定的ではあるが、男子選手で20%程度、女子選手では25%の選手がその摂取を否定的に考えている。しかしながらこの数値は昨年の男子25%、女子30%に比べると低下しており、競技生活にサプリメントを上手に利活用している選手が増えてきているのかもしれない。男女選手ともは「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」と考える選手の割合が高かった。一方でドーピングに関しては、男女選手いずれも肯定的に考える選手がいることが確認され、男子選手の方が女子選手よりもその割合は高かった。パフォーマンス向上を目的としたサプリメント使用には科学的根拠に基づいた適正使用が重要であり、その情報入手経路や望ましい食生活を含めた一層の普及啓発が重要である。

本報告での解析対象者は昨年報告の対象者比べ、競技レベルの高い集団であった²⁾。エナジードリンクの摂取状況は昨年に比べ摂取者の割合が高かったが、サプリメントの摂取者割合や摂取意図に変化はなかった。一方でドーピングに対して肯定的考えを有している選手が一定数いることには懸念が生じる。今後、競技レベルや競技種目、食生活に対する態度やサプリメント摂取状況などと体調との関係性、さらにはこれら変数とドーピングに対する態度などとの関係性について詳細な検討を行う予定である。

- 1) Grove JR, Main LC, Partridge K, Bishop DJ, Russell S, Shepherdson A, Ferguson L. (2014) Training distress and performance readiness: laboratory and field validation of a brief self-report measure. *Scand J Med Sci Sports*, 24(6): e483-490.
- 2) 酒井健介 (2022) 高校陸上競技選手の体調・食習慣の状況 - 2021 年度高校陸上競技選手を対象にした質問紙調査 -。陸上競技研究紀要, 18:

218-223.

- 3) 渡邊 将司, 森丘 保典, 須永 美歌子, 酒井 健介, 山本 宏明, 杉田 正明 (2021) 高校陸上競技選手を対象にした質問紙の実施計画。陸上競技研究紀要, 17: 229-236.
- 4) 酒井 健介 (2020) エリートジュニア陸上選手のサプリメント使用状況の変遷 16 年間 (2004 ~ 2019 年) のインターハイ入賞者を対象とした調査より。陸上競技研究紀要, 16: 231-237.

高校女子陸上競技選手の月経状況

須永 美歌子

日本体育大学児童スポーツ教育学部

1. はじめに

女性アスリートが抱える身体的な健康課題の中でも特に注目されるのが月経関連の問題である。一部の女性アスリートは、エネルギー不足による体脂肪率の低下により、月経不順や無月経状態になることがある。このような状態が思春期に長期間続くことは卵巣機能や骨密度に悪影響を与え、妊孕性の低下や骨粗鬆症のリスクを高める可能性があるため留意しなければならない。

これまで、日本陸上競技連盟科学委員会による調査によって高校生の月経状況について報告がなされてきた³⁻⁶⁾が、対象者はインターハイ入賞選手のみであり、競技レベルがかなり限定されていた。本稿では、強化練習会や選抜合宿に参加した高校陸上競技女子選手における月経状況について報告する。

2. 方法

対象者は、2022年12月に各ブロックで実施されたU19強化研修合宿、および2023年3月に岐阜県で実施された日本陸上競技連盟U19強化研修合宿(全国高体連陸上競技専門部強化合宿)に参加した高校陸上競技選手であった。アンケートは、これまでインターハイ入賞者を対象にして実施してきたフォーマットを改変したものである⁷⁾。調査を実施するにあたり、本連盟科学委員会が各会場の窓口担当者に依頼した。担当者は、合宿の開会式や閉会式、食事の時間といった全体あるいは種目群が集合する機会等において、選手に調査の趣旨を記した依頼文書を配布し、口頭にて説明および協力を依頼した。アンケートはMicrosoft Formsにて作成され、依頼文書に記載したQRコードを各自のスマートフォンで読み取って回答する仕組みであった。スマートフォンを所持していない者には紙媒体のアンケートを配布して回答を求めた。U19強化研修合宿では、

回答のあった東北、東海・近畿、中国・四国、九州・沖縄ブロックには1017名、日本陸上競技連盟U19強化研修合宿には276名が参加し、そのうち844名から回答を得た(回答率65.3%)。なおアンケートに重複して回答する者はいなかった。本稿では、女子選手428名から得られた回答をもとにデータを分析した。

3. 結果および考察

3-1. 競技種目別の身体特性および初経年齢

競技種目別の身体特性を表1に示した。BMIは、投擲群が $24.5 \pm 3.0 \text{ kg/m}^2$ と最も高く、中長距離・競歩群が $18.8 \pm 1.3 \text{ kg/m}^2$ と最も低い値を示した。BMIは、女性アスリートの三主徴のスクリーニングに用いられており、 $17.5 \sim 18.5 \text{ kg/m}^2$ 未満は中リスク、 17.5 kg/m^2 未満は高リスクと判定される⁸⁾。全対象者のうち、中リスクの選手は9.8%(42名)、高リスクに該当する者は3.3%(14名)であった。また、BMIの最小値は、 15.8 kg/m^2 であり、競歩の選手であった。

一般女性の初経年齢の平均は、12.2歳と報告されているが⁹⁾、本調査での全体の平均は 12.5 ± 1.5 歳であり大きな差はみられなかった(図1)。また、初経は「まだ無い」と回答したものが8名(1.9%)いた。競技種目別の内訳は短距離・ハードル群5名、中長距離・競歩群2名、混成群1名であり、跳躍群および投擲群では高校生で初経を迎えていない選手はいなかった。日本産科婦人科学会では、15歳以上18歳未満で初経をみた場合を遅発初経、18歳以上で初経をみないものを原発性無月経と定義している。女性アスリートのヘルスケアに関する管理指針では、アスリートの場合には利用可能エネルギー不足による初経発来遅延の頻度が高く、早期介入することで女性アスリートの三主徴を予防しうる可能性があるため、早めに婦人科を受診し、初経発来遅延

表1 競技種目別の身体特性

| | 全体 (n=428) | 短距離・ハードル (n=177) | 跳躍 (n=108) | 中長距離・競歩 (n=40) | 投擲 (n=81) | 混成 (n=22) |
|--------------------------|---------------|---------------------|---------------|-------------------|--------------|--------------|
| 身長 (cm) | 160.6±5.1 | 161.1±5.1 | 160.3±5.0 | 159.3±5.3 | 162.7±5.7 | 161.7±4.0 |
| 体重 (kg) | 52.3±6.4 | 53.8±4.2 | 51.7±3.8 | 47.8±5.3 | 65.1±8.7 | 54.3±4.5 |
| BMI (kg/m ²) | 20.3±2.2 | 19.8±1.2 | 19.8±1.4 | 18.8±1.3 | 24.5±3.0 | 20.8±1.4 |

平均値±標準偏差

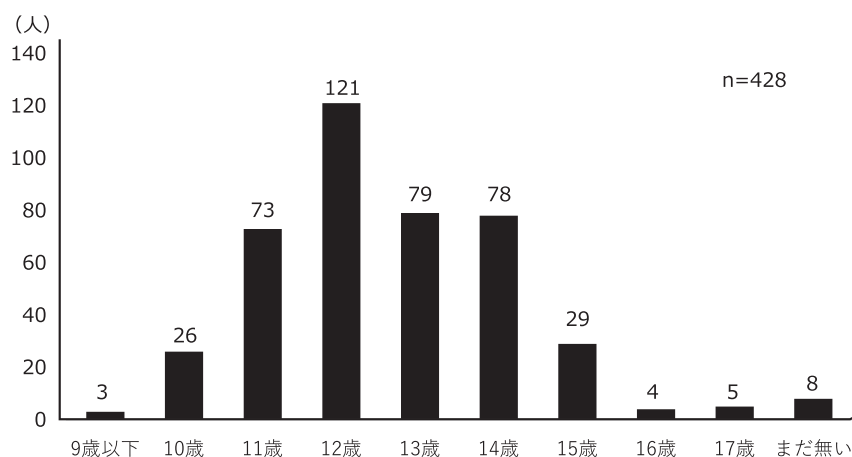


図1 初経年齢

の原因探索を行うことを勧めている¹⁰⁾。遅発初経の原因は、利用可能エネルギー不足の他に性染色体異常、視床下部・下垂体または卵巣の異常や障害などが挙げられる。もし、15歳以上で初経が発来していない場合には、婦人科を受診し、適切な治療を受けることが必要である。

3-2. 続発性無月経および治療経験

続発性無月経は、「これまであった月経が3か月以上停止したもの（妊娠中、産褥期、閉経後などの生理的無月経は除く）」と定義される¹¹⁾。本調査において「3か月以上月経が止まったことはありますか」という質問に対して、「ない」66% (283名)、「過去にあった」26% (111名)、「今がそうである」8% (34名)という回答が得られた(図2)。本調査の対象者が高校生であり、初経発来より約3年は月経周期が不安定なため、「過去にあった」と回答した場合でも問題がない可能性があることにも注意しなければならない。また、「今がそうである」と回答した競技別の内訳は、短距離・ハードル群5.6% (10名)、中長距離・競歩群22.5% (9名)、跳躍群7.4% (8名)、投擲群2.5% (2名)、混成群22.7% (5名)であった。競技種目と月経異常との関連については、これまでも報告がなされており、持久系の競技種目にお

いて月経異常の割合が高いことが示されている¹²⁾。しかしながら、本調査において全ての種目に月経異常の選手は存在し、必ずしも中長距離選手だけに限られた問題ではないことが明らかとなった。

「無月経の治療を受けたことがありますか」に対して、「はい」と回答したのは5.0% (21名)であった。前述したとおり、無月経の原因は多岐にわたるため、早めに婦人科を受診して原因を調べ、適切な治療を受けることが望まれる。

3-3. 月経周期とコンディション

「規則的に月経はありますか」という質問に対して、「はい」68% (291名)、「いいえ」32% (137名)という回答があった(図3)。また、月経周期によってコンディションに変化を感じると回答した割合は、75% (321名)であった。須永ら¹³⁾は、体育系大学の女子学生を対象としたアンケート調査を実施し、8割が月経周期によるコンディションの変化を感じていることを報告している。さらに、主観的コンディションが最も悪い時期は、月経中と月経前であるという回答が高い割合を示した。月経中は下腹部の強い痛みを中心とした月経困難症、月経前は月経前症候群とよばれる様々な身体的・精神的症状がコンディション低下を引き起こすと考えられてい

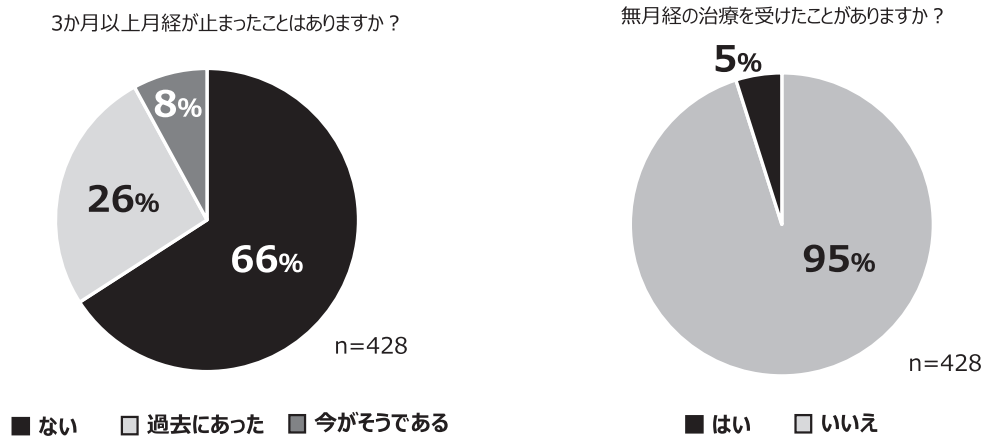


図2 続発性無月経および治療の経験

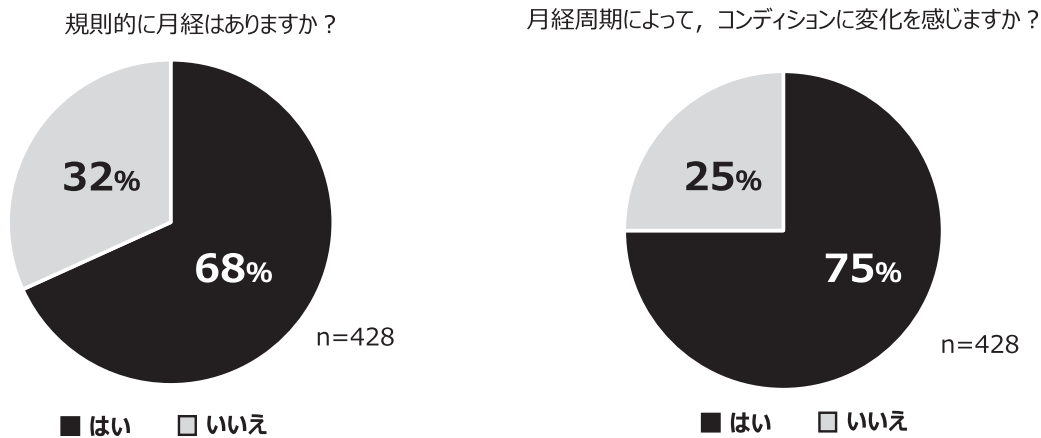


図3 月経状況および月経周期がコンディションに与える影響

る¹⁰⁾。このように月経周期に伴い生じる心身の変化は、女性アスリートのコンディション維持を難しくする一因となっている。

月経随伴症状は、低用量ピルの服用によって改善が期待できる。低用量ピルの使用経験について図4に示した。現在、低用量ピルを服用しているのは、3.3% (14名)であった。月経周期によってコンディションに変化を感じている割合が75%であったことをふまえると、かなり低い割合であるといえる。低用量ピルの処方には婦人科の受診が必要であることや、副作用の心配、毎日服用するわずらわしさなど、普及率が低い要因は様々考えられる。しかしながら、月経困難症や月経前症候群の治療効果があるため、それらに悩まされている選手がいた場合には、コンディション改善のための選択肢として提案することも必要である。

4. おわりに

女子選手の月経状況を確認することは、エネルギー不足やオーバートレーニングの予防につなが

ホルモン調節薬（低用量ピル）の使用経験はありますか？

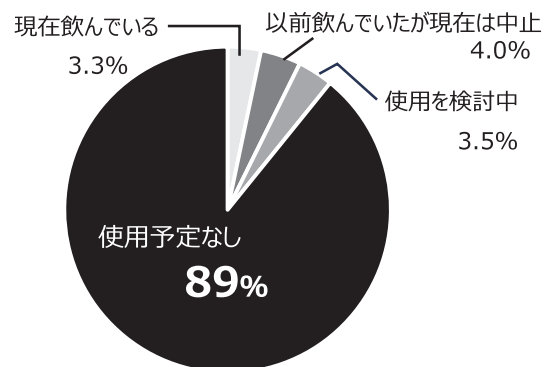


図4 低用量ピルの使用経験

る。月経不順が生じた場合には、そのまま放置せずに食事や練習内容に問題がないか確認したうえで、必要に応じて婦人科の受診を勧めていただきたい。また、正常な月経周期を有している場合にも、周期的なホルモンの変化によってパフォーマンスに影響を与えることがある。女性の身体は男性とは異なる生理学的な特性を持つことを理解し、適切なコンディショニングを行うことが重要である。

参考文献

- 1) Otis CL, Drinkwater B, Johnson M, Loucks A, Wilmore J. American College of Sports Medicine position stand. The Female Athlete Triad. *Med Sci Sports Exerc.* 29(5), 1997
- 2) Nattiv A, Loucks AB, Manore MM, Sanborn CF, Sundgot-Borgen J, Warren MP et al. American College of Sports Medicine position stand. The female athlete triad. *Med Sci Sports Exerc.* 39(10), 1867-82, 2007
- 3) 須永 美歌子, 貴嶋 孝太, 森丘 保典, 真鍋 知宏, 山本 宏明, 酒井 健介, 杉田 正明, 2017年全国高等学校総合体育大会入賞選手を対象としたアンケート調査 : 食生活とコンディションの関連性について, 陸上競技研究紀要, 13, 243-247, 2017
- 4) 須永 美歌子, 貴嶋 孝太, 森丘 保典, 真鍋 知宏, 山本 宏明, 酒井 健介, 杉田 正明, 2018年全国高等学校総合体育大会入賞選手を対象としたアンケート調査 : 女性アスリートにおける月経状況と身体的特性および疲労骨折発症の関連性について, 陸上競技研究紀要, 14, 224-227, 2018
- 5) 須永 美歌子, 貴嶋 孝太, 森丘 保典, 真鍋 知宏, 山本 宏明, 酒井 健介, 杉田 正明, 2019年全国高等学校総合体育大会入賞選手を対象としたアンケート調査 : 食生活とコンディションの関連性について, 陸上競技研究紀要, 15, 289-293, 2019
- 6) 須永美歌子, 山田満月, 全国高等学校総合体育大会入賞選手における食生活とコンディションの関連性および女子選手の月経状況について, 16, 8-13, 2020
- 7) 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, 高校陸上競技選手を対象にした質問紙の実施計画. 陸上競技研究紀要, 17, 229-236, 2021
- 8) De Souza MJ, Nattiv A, Joy E, Misra M, Williams NI, Mallinson RJ et al. 2014 Female Athlete Triad Coalition Consensus Statement on Treatment and Return to Play of the Female Athlete Triad: 1st International Conference held in San Francisco, California, May 2012 and 2nd International Conference held in Indianapolis, Indiana, May 2013. *Br J Sports Med.* 48(4), 289, 2014
- 9) 藤井知行ら, 若年女性のスポーツ傷害の解析, 日本産婦人科学会雑誌. 68(4) 付録, 6-7, 2015
- 10) 日本産婦人科学会, 日本女性医学学会. 女性アスリートのヘルスケアに関する管理指針. 15-17, 2017
- 11) 日本産科婦人科学会, 産婦人科診療ガイドライン—婦人科外来編 2020—, 2020
- 12) 東京大学医学部附属病院, *Health Management for Female Athletes ver. 3*, 2018
- 13) 須永美歌子, 月経周期に伴うコンディションの変化, *Journal of training science for exercise and sport*, 28 (1), 7-10, 2017

エキサイティング メディカル レポート

エキサイティング メディカル レポート 目次

| | |
|--|-----|
| 第 44 回世界クロスカンントリー選手権大会帯同報告 | 194 |
| 田中健太, 松尾信之介 | |
| 第 25 回アジア陸上競技選手権大会帯同報告 | 199 |
| 田原圭太郎, 塚原由佳, 真鍋知宏 | |
| バンコク 2023 アジア陸上競技選手権大会トレーナーレポート | 203 |
| 大桃結花 | |
| 第 19 回 (ブタペスト 2023) 世界陸上選手権大会帯同報告 | 206 |
| 金子晴香, 塚原由佳, 鎌田浩史 | |
| ブダペスト 2023 世界陸上競技選手権大会トレーナーレポート | 210 |
| 砂川祐輝 | |
| 第 19 回アジア競技大会 (2022 / 杭州) 帯同報告 | 213 |
| 鎌田浩史 | |
| 第 19 回アジア競技大会トレーナーレポート | 217 |
| 早野健太郎 | |
| トレーナー部によるコンディショニングに関するアウトリーチ活動の実践と課題 | 220 |
| 加藤基, 五味宏生, 富山信次, 國田泰弘, 廣重陽介 | |

第44回世界クロスカントリー選手権大会帯同報告

田中 健太¹⁾ 松尾 信之介¹⁾

1) 日本陸上競技連盟医事委員会

1 はじめに

第44回世界クロスカントリー選手権大会が、2023年2月19日にオーストラリア・バサーストで開催された。今回、チームドクターとして選手団に帯同したので、メディカル面を中心に報告する。本大会は当初2021年3月20日に開催予定であったが、新型コロナウイルス感染症の拡大のために2022年2月19日に延期され、さらに再延期されてようやく今回開催となった。大会は男女シニアと男女U20、4つのカテゴリーで行われ、各カテゴリーにおいて順位の平均値を競う団体戦も行われた。

2 選手団

選手団は、男子選手10名(シニア4名、U20 6名)、女子選手10名(シニア4名、U20 6名)、スタッフ10名の総勢30名により構成された。高校生をはじめ、大多数の選手が初代表・初海外レースであった。シニア選手5名と高岡ヘッドコーチ、松尾トレーナーは海外の試合などから別便での現地合流となった。また、大会後も数名はオーストラリア・メルボルンで行われる試合に出場するために別便での解散となった。メディカルスタッフは、ドクター2名、トレーナー2名(鍼灸あま指師1名、柔整師1名、いずれもJSPO-AT)の帯同であった。当初はドクター1名の派遣を予定していたが、新型コロナウイルス感染症対策のために2名に増やした。

3 渡航前準備

決定した選手に対して、Google formsによるメディカルアンケートを実施した。その結果、腸脛靭帯炎のU20女子選手、腓骨筋腱症とアキレス腱症のシニア女子選手が経過に不安を残しており、現地で診察することとなった。男女共にサプリメントを

内服している選手は多く、事前に医事委員であるスポーツファーマシストと連携を取りながら成分を確認したのち、選手にも内服に関する注意点などを説明した。

2月1日夜にオンラインでインフォメーションセッションが開催された。メディカルスタッフからは、ドクターがアンチ・ドーピング関連の情報提供を、トレーナーが渡航や暑熱環境におけるコンディショニングに関する情報提供を行った。

またコロナ対策として大会1週間前から体調確認アンケート(LINEで周知し、Google formsで回答する)を毎日行った。出発日の段階では、体調不良などを訴えている選手はいなかった。コロナワクチンについては3名をのぞいて全員3回接種済みであった。一方、コンディションチェックは大会1週間前と入村日の2回実施した。

チームマニュアルや他競技団体からの事前情報から、オーストラリア国内への医薬品類の持ち込みの際に厳しい検査が実施され、一部医薬品が没収されたこともあるようであった。そこで、Office of Drug Control, Department of Health and Aged Careに携行する医薬品リストを添付してメールによる申請を行ったところ、数日で許可証が発行された。

4 渡航および宿泊地について

2月15日19時半に羽田空港に集合、トラブルなく22時に出発し、16日9時45分頃(現地時間)シドニーに到着した。入国に際して、上記の医薬品に関する許可証を提示する必要はなかった。その後、空港から選手村まではバスで約3時間の所要時間であった。飛行機到着から空港を出るまでに時間がかかったこともあり、宿泊地のCharles Sturt Universityに到着したのは現地時間15時頃であった。選手は予定していた試合会場での練習を中止し、



図1：宿泊棟



図2：トレーナールーム

まず軽く昼食を摂ってから宿泊地の大学構内で練習を行った。昼食後、練習までの間にメディカルスタッフはトレーナールームを開設した。宿泊施設は1棟9部屋のコンドミニアムタイプで、4棟に分かれて宿泊した。各棟にあるリビングスペースの一つをトレーナールームとした(図1・2)。トレーナールームにはマッサージベッドを2台並べ、ドクターによる診察や、トレーナーによるコンディショニングや治療を行った。各自の居室はシングルタイプの寝室となっており、シャワーやトイレは共同であった(いずれも2つずつ)。温水やシャワー圧、トイレの清掃状態などは問題なかった。アメニティーはバスタオルと石鹸のみでシーツ交換、室内清掃などは行われなかった。ランドリーは28棟での共用で洗濯機や乾燥機が複数設置されていた。食堂は宿泊棟から歩いて10分程度の学内レストランで、食事はビュッフェ形式で提供された。食事はおいしく、日本人の口にも合うものであったが、バリエーションは多くなかった。生野菜等も提供されていたが衛生的には問題なく、食事が原因と思われる体調不良は発生しなかった。オーストラリアは水不足問題を抱える国であり、主催者から資源の有効活用についての啓蒙活



図3：陣地の様子。サーキットのピットを利用して

いた。動も行われていたが、選手、スタッフ用のペットボトル飲料水は各宿泊棟や会場にも十分量用意されていた。宿泊地はバーストの郊外に位置する広大な大学キャンパス内であり、関係者以外と接触することはほとんどなかった。自然豊かな場所で、宿泊棟のドアの前までカンガルーが跳ねてきていた。周囲にスーパー等はなく、2km先にあるコンビニまで行ってみた選手たちもいたようだが、それ以外はキャンパス内で散歩したり自室にいたり、他国の選手たちと交流して空き時間を過ごしていた。到着してからレースまでの時間が少なかったため、選手たちは体調を整えることに多くの時間を費やしていた印象であった。

5 大会運営および会場環境

滞在期間中、会場・宿泊地周辺は日差しが強く、日中30℃を超える暑さであった。一方で朝になると10℃前後まで気温が下がり、寒暖差の大きな環境であった。多くの選手は冬の日本から渡航してお



図4：起伏に富んだハードなコース

り、一部には氷点下20℃のカザフスタン・アスタナから移動してきた選手もいたため、暑熱順化できていない状態での日中の30℃を超える高気温は体調不良、パフォーマンス低下のリスクと考えられた。宿泊地から大会会場までの移動手段としてバスが用意されていた。距離は近く、7～8分程度であった。試合会場はマウントパノラマの自動車レース場に設けられていた。敷地は広大で、各国陣地(自動車レースのピットガレージを使用)から招集場、スタート



図5：救護テント内のアイスバス

／フィニッシュ地点まではかなり距離があった(図3)。ウォーミングアップのためのエリアも設けられていたが、日陰がなかったためほとんどの選手は利用していなかった。各国選手たちは日陰を探してウォーミングアップを行っており、体温上昇を避けるためにアイスタオルを首に巻いたり、アイスベストを装着しながら行っていた。

コースは2kmの周回コースで、日本ではほとんど経験することのない起伏に富んだハードなものであった。ブドウ畑の中や積まれたタイヤのスラロームを走ったりと工夫されたコースではあったが、大会前日の試走時に日本選手たちは驚きと不安の声をあげていた(図4)。大会の医療救護体制としてはゴール直後に救護テントとリカバリーテントが設置され、救護テントにはアイスバス4台が設置されていた。リカバリーテントにはベッドとイスが設置されていた。その他会場内に1か所救護所が設置されていた(図5)。

6 メディカルミーティング

入村日の16日19時から大学構内でメディカルミーティングが開催された。WAのDr. Paolo AdamiとLOC CMOのDr. Bruknerが登壇した。暑熱対策に力を入れているように感じられ、氷や飲料水を十分に提供するとのことであった。また、大会当日に雷雨の天気予報が出ていることもアナウンスされた。

7 医療活動

1週間前のコンディションチェックにおいてU20の選手1名が腸脛靭帯炎の痛みを訴えており、渡航後の診察を希望していた。また、事前にシニア選手

1名が腓骨筋とアキレス腱に痛みがあるとの情報を伝えてくれており、渡航後に診察した。いずれも改善傾向であり、試合出場は可能と判断し、トレーナーによるコンディショニングを重点的に行った。そのうちシニアの選手は到着後2日目に発熱した。感染徴候はなく、温度差の大きい地点間の移動が原因と考え、抗原検査は実施せず、休養を指示し、翌日のレース出場を断念した。十分な休養と栄養摂取に努めたことにより、帰国時には完全に回復していた。また、別のシニアの選手にも発熱がみられたが呼吸器症状はなく、同行者に体調不良はなく、一晩で改善し、翌日のレースにも出場した。渡航の疲れによるものと考えた。

大会当日はレース前のケアがある程度落ち着いたところで、陣地とスタート/フィニッシュ地点にドクターとトレーナーを1名ずつ配置し、観察とケアを行った。

レース当日、最初に行われたU20女子レーススタート時の気温は35.0℃、WBGTは28.0℃であり、かなりの暑熱環境下でのレースとなった。後半のシニア女子レース中から徐々に曇りはじめ、シニア男子レース直後にはゲリラ豪雨となった。このゲリラ豪雨の予報があったため、レース直前にシニアのスタートが20分繰り上げられた。当日は同時期のオーストラリアの通常気温と比較しても非常に暑い日であった。高温炎天下で行われたU20のレースでは多くの選手が熱中症で教護テントに運ばれ、日本選手も女子1名、男子2名が救護テントに搬送された。そのうち女子1名、男子1名はフィニッシュ地点で倒れ、意識障害を来して深部体温40.5℃以上であったためアイスバスによる処置をうけた。もう1名の男子選手はコース途中で倒れ意識障害を来していたため、大会公式のメディカルによってアイスベストで冷却されながら教護テントに搬送された。いずれも速やかに体温は下がったが、アイスバスを利用した2名は低体温を来したと思われる状態になり(熱中症が多く発生しすぎたためアイスバスを出た後は体温計の数不足でモニタリングできなかった)、回復までに時間を要した。

シニアの選手で足をひねった選手が1名発生し、前下脛腓靭帯の強い圧痛を認めたため宿舎にてテーピング固定を行った。帰国後精査され、靭帯損傷や裂離骨折などは見られなかった。スパイクにより大腿部を受傷した選手に対しては、飲料水を用いて創部の洗浄を行った。

レース後にシニア選手で恥骨部の違和感を訴えた選手が診察を希望したため診察した。超音波にて内

転筋内の損傷所見(腫脹・線維束パターンの不整・異常血流)を認めた。本大会後の予定に帯同するトレーナーに所見を説明し引き継いだ。

帯同期間中のトレーナーの延べ利用数は男性25名、女性30名の計55名であった。内容はマッサージ24件、ストレッチ21件、テーピング5件、その他5件であった。トレーナーによる対応は、トレーナールームや会場内の陣地だけでなく、招集所近くでの競技前のテーピングや、フィニッシュ地点での暑熱対応など、選手について移動しながら活動を行った。今大会はコース上に、沼地のように水を撒かれた部分と、その直後の急な上り坂といったエリアがあり、スパイク内が濡れた状態での急な上り坂でシューズが脱げる事案も考えられたため、事前にその旨をアナウンスし、希望者にはスパイクの上から脱げ対策のテーピングを行った。またレース前のプレクーリング手法として、通常の氷だけのクーラーボックスだけでなく、氷水をはったクーラーボックスも準備し、アイスタオルの実施が各自で可能なように準備した。練習日とレース日のいずれも、脱水量が把握できるように陣地に体重計を置き、事前に運動前後の体重差による脱水量把握も伝えていたが、なかなか多くの選手に実施してもらうには至らなかった。

8 ドーピングコントロール

競技開始前に検査室の所在を確認したが、今回日本チームに検査対象者はいなかった。また、競技会外検査対象となった選手もいなかった。

9 競技成績

U20女子が団体5位であった。その他入賞者はいなかったが、2大会連続出場しているシニア選手は前回大会よりも大きく順位を上げており、経験を活かしているように感じられた。

10 総括・課題

2月のオーストラリアは暑く、今回の世界クロカンのコースは日本人選手が普段経験することがないタフなものであった。時差は2時間しかないが、渡航から2日後のレースで、暑熱順化が十分でない中でのレースであったこともあり十分に力が発揮できなかった選手が多かったものと考えられる。特に本大会では日本選手に限らず多くの選手が重度の熱中

症になり、ヒートデッキにある4台のアイスバスがフル稼働している状況であった。国によっては全員がアップ時にアイスタオルやアイスベストを着用したりして対策を行っていたが、日本チームではアイスタオルや手の冷却などを呼び掛けることにとどまった。夏場の長距離レースではより積極的な暑熱対策が必要であるが、今大会のように日本の冬に南半球で行われるような寒暖差の大きいレースでも、事前の暑熱順化と現地でのプレクーリングやドリンクの工夫をより厳密に行うようにすべきと考える。また、暑熱順化のための日数を設けるための余裕のある渡航日程や、日本国内でも渡航前にできる暑熱対策（今回も入浴法などの情報提供は実施）をアナウンスだけでなく、実施状況の把握まで行うことが必要なのかもしれない。

第25回アジア陸上競技選手権大会帯同報告

田原 圭太郎¹⁾ 塚原 由佳²⁾ 真鍋 知宏³⁾

1) 多摩総合医療センター 整形外科 2) 東京女子体育大学

3) 慶應義塾大学スポーツ医学研究センター

1. はじめに

第25回アジア陸上競技選手権大会は2023年7月12日～7月16日の日程でタイのバンコクにおいて行われた。選手団はスタッフ31名、選手78名（男子40名・女子38名）の総勢109名で結成され、その内メディカルサポートとしては医師3名、トレーナー4名が帯同した。メディカルサポートの期間は、ドクター2名は選手団第1陣、もう1名は第2陣と二手に分かれ、それぞれ7月9日と7月10日に渡航し、全員で大会最終日までメディカルサポートを行った。

2. 派遣前準備

コンディショニングチェックに関しては、One Tap Sportsの管理システムを使用した。競歩の代表選手は6月5日より開始し、トラック&フィールドの代表選手は日本選手権（6月1日～6月4日）が終了した後の代表決定後に開始した。また、週間コンディショニングチェック開始時にgoogleフォームでメディカルアンケートを送付し、使用している内服薬やサプリメントのチェックを行った。選手から申告された内服薬・サプリメントは、医事委員会のスポーツファーマシスト3名と協力し、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共にサプリメント摂取の基本8ヶ条を添付して選手へ情報提供を行った。

ケガの状況確認や内服薬やサプリメントの情報提供などの選手への連絡はLINE公式アカウントを使用した。このやりとりはメディカルチームと運営の事務局の限られたスタッフで閲覧することができるため、スタッフ間での情報共有が可能である。

今回、代表に内定した選手の中で45名の選手が外傷や障害・内科的疾患があり、57.7%の選手が何

らかのメディカル的な問題を抱えていた。

出発前に対応した主な外傷・障害／疾患を以下に挙げる。

- ・アキレス腱炎：近隣の整形外科クリニック（在住している都道府県の陸連の医師が勤務）で検査を行って頂き、専属トレーナーや所属のコーチとも情報を共有し状況（治療内容や状態）を把握した。
- ・腸脛靭帯炎：関東から遠方に在住している選手であったため、公式LINEを利用し殿筋の筋力訓練等を提案。現地で確認した際には症状は改善した。
- ・頸椎捻挫：直前の試合で頭部を受傷し頸部痛出現。近隣の病院を受診。公式LINEで状況を確認し、脳振盪の可能性もあったため、渡航までの練習のアドバイスをを行った。
- ・膝痛：One Tap Sportsで連絡をもらい、直ちにJISSで確認。特に大きな問題はなく、症状は徐々に改善し、試合の際には痛みなく出場できた。
- ・大腿二頭筋腱炎：JISSで診察・MRIを受けていたため診察記録や画像を確認し、公式LINEを使って症状の推移を把握した。
- ・足関節前方滑液包炎：渡航直前に足関節部の痛み出現、昨年冬に舟状骨疲労骨折も受傷していたので近隣の病院を受診しMRI精査。舟状骨は問題なく、診断内容を担当したドクターより情報共有して頂いた。試合は大きな問題はなく出場できた。
- ・立方骨疲労骨折、腓骨筋腱炎：渡航前の合宿中に痛み出現し、近隣のクリニックで精査。担当したドクターより状態のご報告を頂いた。
- ・膝蓋骨軟骨炎：日本選手権後痛みの改善がなく、近隣でMRI検査を行った数日後のJISSのメディックチェック（アジア大会）で状況を確認。足関節の緩みがあり殿筋がうまく使えていないことから膝が内側に入り悪化したと推測しその改善を行うよう指導するとともに、ヒアルロン酸の注射や衝撃波を近隣のクリニックで行って頂いた。痛みは



写真① 朝食



写真③ 練習場のタータントラック



写真② 夕食



写真④ 競歩の試合会場

あるものの悪化はなく試合に出場することができた。

渡航直前に2名の選手が肉ばなれを受傷し出場を辞退した。

ドクターズバッグはこれまでの処方薬の準備が出来なくなったため、市販薬で準備した。ロキソニンSは第1類医薬品であるため購入に制限があり、準備できた個数が少なく、余っていたロキソニン等で何とかやりくりした。また、ボルタレンは市販薬がなく、痛み止めの種類はロキソプロフェンの1種類のみで、痛みが強い場合の対応が出来なかった。内服の抗菌薬は市販薬がなく、対応に苦慮した。

3. 渡航および現地の状況

高温多湿であったが、日差しがでていない時間帯は比較的過ごしやすかった。時折スコールがあった。ホテル内は冷房がきいていて少し肌寒く、寒暖差があった。

宿泊先は競技場（スパチャラサイ国立競技場）の

近くにある PATHUMWAN PRINCESS HOTEL で衛生面は特に問題なかった。部屋によってはバスタブがあり、宿泊者が利用できるプールやジャグジーもあり、選手はコンディションの改善に利用していた。提供された食事はビュッフェ形式で、朝食は現地のものからパンまで様々な種類があったが、昼と夕は主食の種類が少なかった。（写真①②）水の衛生面に関しては注意を促していたが、特に大きな問題はなかった。

日本では新型コロナウイルス感染症（COVID-19）が5類になった直後の海外遠征であったが、現地の人や他国の選手・スタッフも含めマスクを着用している人は少なく、日本選手団においてもマスクの着用は少なかったが、COVID-19に罹患した選手・スタッフはいなかった。

競技場とその隣の練習場へは徒歩5分程度であり、移動に関する問題はなかったが、練習場のタータントラックはケガにつながる可能性も心配される程劣化が激しかった（写真③）。20km競歩は競技場とは離れた場所にある会場（王宮と国防省の間の道

路)で行われた(写真④)。6時スタートの早朝に行われ、曇りであったため気候的に大きな問題はなかった。競歩が行われた時間帯はトラック&フィールドの競技は行われておらず、医師2名体制でサポートした。ドーピング検査は競技場で行われたため、競歩の競技会場から移動が必要であった。

4. 医療活動

選手数が多かったが、医師3名・トレーナー4名で協力し、選手へのサポートを行うことができた。

前述した外傷・障害がある選手を確認し、サポートを行った。以下に現地で対応したことも含め列挙する。

整形外科的疾患

- ・立方骨疲労骨折：骨の圧痛は少なく、MRIでも輝度変化は大きなものではなかった。隣接した腓骨筋腱の症状が強く、MRIでも腱周囲にeffusionがあった。片側ジャンプができない状況でジョグも困難な状況であった。鎮痛剤の内服やテーピング、ケア等の治療を行ったが、試合に出場できるまでの症状の改善は難しく、所属の監督・陸連の長距離ブロックコーチ・ドクターで相談し、棄権となった。
- ・急性腰痛：混成で初日の試合途中で痛み出現。陸連の混成ブロックコーチ・専任コーチ・専任トレーナーと相談しながら2日目はメディカルサポートを強化し、鎮痛剤の内服やケア等の治療を行いながら何とか試合をすべて行うことが出来た。
- ・アキレス腱炎：
試合前日に痛み悪化。痛み止めの内服やケアを行い、試合に出場することが出来た。
- ・足部外側の痛み(距踵関節付近)：渡航後痛みが悪化。治療を行い試合には出場することが出来た。
- ・頸椎捻挫：症状は徐々に改善するも痛みは軽度あり、試合当日の痛み止めの内服方法について選手・専任コーチと相談し作戦を練った。試合では特に大きな問題はなかった。

内科疾患

- ・7名の選手・スタッフに下痢や腹痛の症状が出現。下痢はそこまでひどい状況までは至らないことが多かった。適宜整腸剤や止痢薬、ブスコパンで対応した。
- ・咽頭痛がでた選手が2名あり、微熱があった。2名の選手とも2人部屋であったため部屋をセパレートした。総合感冒薬やカロナール、イソジンガーグル等を処方し対応した。

- ・試合後に痰が絡む選手がいたが、去痰剤がないため総合感冒薬で対応した。
- ・20km競歩で試合前に下痢・腹痛が出現し対応していた選手が腹痛のため途中棄権した。腹痛のためトイレに移動したかったが、ドーピング検査の対象者であったため、医師1名が付き添い早めに検査場に移動した。医師2名でのサポート体制としていたため、このような対応が可能であった。

5. ドーピングコントロール

大会前の競技会外検査はなかった。

競技会検査は尿検査のみであった。大会期間中10名が検査を受けた。

女子幅跳び、ミックス4×400mリレーで日本新記録を樹立した。女子幅跳びはドーピングコントロールの対象となった。ミックス4×400mリレーはドーピングコントロールを申請し検査を行った。

6. 成績

金メダル16、銀メダル11、銅メダル10という成績であった。

7. まとめ

選手数が多かったが、スタッフの皆様と協力し大きな事故なく終了することができた。

ドクターズバッグの内容について今後早急な検討が必要である。

- ・鎮痛剤の準備する個数(ロキソニンSは第1類医薬品であるための購入制限がある)や種類(できればボルタレンの準備があるとよい)の問題がある。
- ・抗菌薬の市販薬がなく、対応に苦慮した。

選手サポートに関しては、One Tap Sportsや公式LINEを用いて事前の状態確認やそれに対する対応を行うことができ、症状の改善が得られた選手もいたことからとても有効であったと感じた。しかしながら、直前でケガを発症した選手に関しては、対応が難しく棄権を余儀なくされた選手もいた。翌月に世界選手権を控え、来年のパリ五輪に向けてワールドランキングのポイントを獲得できる試合であるため、故障を少し抱えていても何とか出場したいということもあり、判断に苦慮することも多かった。

世界大会の大きな舞台で活躍するために、メディカルチームとしては選手のケガや内科的な相談を通

年で継続して行い、病状が軽いうちに対応出来るよう活動していく必要があることを再認識した。その上でオリンピックや世界選手権を見据えた対応や戦略を選手・コーチと共有していくことが重要だと感じている。

バンコク 2023 アジア陸上競技選手権大会 トレーナーレポート

大桃 結花 (B momo)

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

1. はじめに

バンコク 2023 アジア陸上競技選手権大会は、7月12日から16日の5日間、タイのバンコクで開催された。大会のカテゴリーが「GL」と、ワールドランキングにおける獲得ポイントの高い大会であり、獲得ポイントが2023年のブタペスト世界陸上競技選手権大会や2024年のパリオリンピックの対象となるため、日本選手団は重要な試合と位置付けて臨んだ。日本は、金メダル16個、銀メダル11個、銅メダル10個を獲得し、メダルテーブル1位となった。また、日本記録も誕生した大会となった。

2. 日本代表選手団

選手数は78名（男性40名、女性38名）、スタッフ数は32名の総勢110名であった。メディカルスタッフは、ドクター3名、トレーナー4名（図1）であった。

- ・ドクター
真鍋和宏 内科
田原圭太郎 整形外科
塚原由佳 整形外科
- ・トレーナー
砂川祐輝 鍼灸師、あん摩マッサージ指圧師、JSP0-AT
早野健太郎 鍼灸師、柔道整復師、JSP0-AT
大桃結花 理学療法士、JSP0-AT
村井志帆 鍼灸師、JSP0-AT

3. 現地情報

バンコクは、日本との時差はプラス2時間である。年間を通して温暖な気候であり、大会期間中は最高気温が32～37℃、最低気温が26～28℃と、日本

とあまり変わらない気候であった。また、7月は雨季であり、大会期間中もスコールのように短時間で大雨が降ることが何回かあった。

水道水の飲用はせず、大会側が準備したミネラルウォーターを利用した。生野菜やフルーツ、食事会場に準備されたジュースなどの摂取は特に禁止せず、ほとんどの選手が利用し、特に問題なかった。

4. 選手村・練習会場・試合会場

試合会場はSupachalasai National Stadiumであり、選手村は試合会場から徒歩15分ほどにあるPathumwan Prince Hotelであった。選手村ホテルの部屋は、大半の選手がツインルームで2名1室であり、バスタブの有無は部屋により異なった。食事会場は、朝食は1階レストランで大会に関係のない宿泊客と一緒にあり、昼食・夕食は大広間で大会関係者のみであった。いずれの食事もビュッフェ形式



図1. トレーナーチーム（試合会場にて）

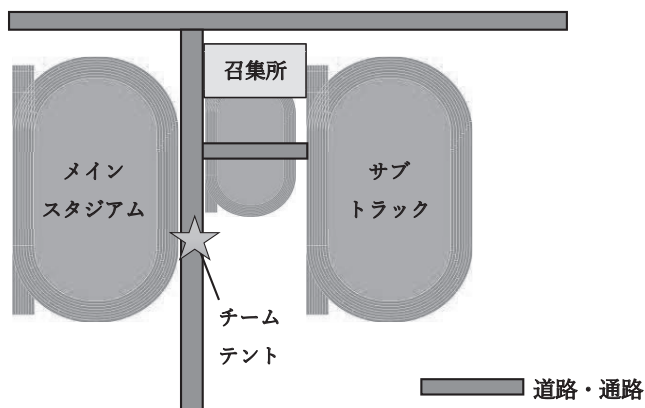


図2. スタジアム周囲の位置関係

であった。また、ホテル内にプールやフィットネスルーム、往復 500m のランニングコースがあり、アイスバス目的でプールを使用する選手も見られた。

練習会場は、試合会場のサブトラックであり、1周 400m のオールウェザーであったが、凸凹のある部分も多く、タータンが剥がれている場所もあった。試合が始まるまでは、試合会場も使用できた。また、投擲練習はサブトラックで、指定された時間に行うことができた。アジア圏の競技場では比較的多い事例だが、試合会場や練習会場のトイレにはトイレトペーパーがなく、ホテルから持参する必要があった。

5. 現地でのトレーナー活動

現地到着後は、主に 4 つの活動を行った。

- ① 試合会場サブトラック・チームテントでの活動
 - ② ロードレースへの帯同
 - ③ 選手村内のトレーナールーム運営
 - ④ オンラインによる選手のコンディション把握
- 4 つの活動の詳細を以下に示す。

① 試合会場サブトラック・チームテントでの活動

試合会場のサブトラックとチームテントが離れた位置にあり、召集所がその間にあった (図 2) ため、チームテントを利用しない選手もいた。そのため、サブトラック (図 3) とチームテント (図 4) に 1 名ずつトレーナーを配置し、どちらの場所でも試合前後の選手に対応できるようにした。また、サブトラックの横に小さなトラックもあり、そちらを利用する選手もいたため、サブトラックのトレーナーはどちらのトラックにもアクセスしながら流動的に動いた。

試合前後のコンディショニングや疼痛への対応、暑さへの対応など、その場その場でコーチや医師と



図3. サブトラックでの選手対応



図4. チームテントでの選手対応

連携しながら必要なことを行なった。

② ロードレースへの帯同

競歩は、選手村からバスで 20 分ほどのロードで実施された。チームテントは、コースに隣接した道路上に設置された。各国の間にビニールプール・氷・水が用意され、必要に応じてアイスバスを作ることができるようになっていた。コースは 1 周 500m の折り返しであり、コーチ陣は給水を担当していた。メディカルスタッフは緊急時にコーチ陣と接触が取りやすいように、給水エリアに医師を 1 名配置した。給水エリアと正反対の場所にトレーナー 1 名、その間にトレーナー 1 名を配置し、競技中の選手にできる限り様々な場所で目が届くよう配慮した。

③ 選手村内のトレーナールーム運営

ツインルームの 1 室をトレーナールームとして使用した (図 5)。常設されているベッドを撤去してもらい、スペースを広く使えるようにした。



図 5. 選手村トレーナールーム

トレーナールームでは、ケアやコンディショニング、鍼治療、物理療法やエクササイズを実施した。常時2名で対応し、競技を実施していない時間帯は4名で対応した。物理療法は、セルフケアとして利用してもらうことも多々あった。

④ オンラインによる選手のコンディション把握

コンディションチェックは、代表内定が早かった競歩の選手は5月末から、それ以外の種目の選手は6月の日本選手権後より、毎週月曜日にONETAPを利用しオンラインで実施した。日本出国後は、選手村入村日と試合2日前に実施した。練習状況や疲労の程度、疼痛の有無、体調や薬の使用などを記載してもらい、主に傷害やコンディション面で注意が必要な選手がいないかをチェックした。必要に応じて選手本人とやり取りを行った。また、メディカルスタッフに相談したい場合はいつでも相談できるよう公式LINEを活用した。出国前から自身のコンディションに不安を抱える選手とはコミュニケーションを取ることができ、入村後もスムーズにドクターのチェックやトレーナーによるサポートができた。

6. トレーナー利用者数

入村から大会終了までの8日間で、のべ233件(男性126件、女性107件)の利用があった。処置別の対応では、マッサージが最も多く207件、ついでテーピングが25件、鍼治療22件、ストレッチ21件、その他18件の順であった。その他の内容は、トレーニング、徒手療法などであった。また、電気治療の利用もあった。

7. 所感

今大会は、大会カテゴリーが「GL」と獲得ポイントが高いため、2023年の世界陸上競技選手権大会や2024年のオリンピック出場に関わるワールドランキングの順位を少しでも上げるために多くの選手が奮闘した大会であり、日本選手団としても重要な大会として臨んだ。2023年の世界陸上競技選手権大会のワールドランキングの順位の確定が7月30日であり、順位をあげるための連戦の中で臨んだ選手も多く、コンディションを合わせる事が難しい状態であったと考えられる。そのため、入村直前のコンディションチェックでは、疼痛や疲労を抱えている選手が多かった。その中で、選手が少しでも良い状態でスタートラインに立てるよう、医師やコーチと連携しながら活動した。

事前のコンディションチェックで、コンディションや疼痛について情報が得られており、現地入りしてからも医師を中心に速やかに対応した。しかし、短期間で多くの選手に対応することに加え、活動場所が選手村、サブトラック、チームテント、試合会場と多岐に渡り、メディカルスタッフ間でも同じ空間で情報共有を行える時間がなかなか取りにくい状況であった。そのため、夜のミーティング以外ではLINEを活用したが、意思疎通が遅れることもあり、効率の良い情報共有の仕方について模索する機会となった。また、パーソナルトレーナーの帯同は5名と少数であり、事前に連絡先を教えていただいたため、コンタクトが取りやすい状態であった。一方、専任コーチの帯同数は多く、選手村外のコーチと連携する手段やタイミングの重要性を感じた。

トレーナーチームは、職種の違うメンバーであったため、それぞれの専門性を活かし、連携しながら選手対応にあたった。また、全てのトレーナーができる限りさまざまな経験ができるよう、選手村、サブトラック、チームテントに、帯同期間内に一度は配置した。選手が少しでも安心してより良い状態でスタートラインに立てるよう、不安を抱えた選手の場合は、サブトラックやチームテントに、それまで主として対応したトレーナーを配置するなど、トレーナー間でうまく連携し、臨機応変に対応した。幸い、試合会場と選手村が徒歩圏内で移動しやすかったこともあり、このような配置ができた。

今後の世界大会を見据えた連戦の中、慌ただしい面も多々あったが、様々なスタッフと協力しながら、選手を少しでも良い状態でスタートラインに立たせるよう試行錯誤した大会であった。メディカルチームとして見えてきた良かった点と課題を今後活かしていきたい。

第19回(ブタペスト2023)世界陸上選手権大会帯同報告

金子 晴香¹⁾²⁾ 塚原 由佳¹⁾³⁾ 鎌田 浩史¹⁾⁴⁾

- 1) 公益財団法人日本陸上競技連盟 医事委員会 2) 順天堂大学医学部 整形外科学講座
3) 東京女子体育大学体育学部 体育学科 4) 筑波大学医学医療系 整形外科

1. はじめに

第19回(ブタペスト2023)世界陸上競技選手権大会は2023年8月に行われた。2022年のオレゴンにつづき、2年続けての開催となった。日本においても“アフターコロナ”として参加する大会となった。日本において出国・帰国時の新型コロナウイルス感染症(COVID-19)検査などの緩和がされ、通常の海外渡航の状態にもどっていた。本レポートでは、本大会のメディカルサポートについて報告する。

2. 選手団及び大会の概要

第19回(ブタペスト2023)世界陸上競技選手権大会は2023年8月19日～27日にハンガリー・ブタペストで開催され、選手の状況により入村日は様々であったが、選手団としては大きく3組に分かれた。選手団第1陣は8月13日にブタペスト入り、パリ近郊のセルジーで事前合宿を行ったメンバーは8月10日に日本を出発して、セルジー滞在後、選手団第2陣として8月15日にブタペスト入り、選手団第3陣は8月16日ブタペスト入りとなった。

選手団は選手75名(男子47名、女子28名)、監督・コーチ・スタッフ36名の総勢111名であった。メディカルサポートとしては医師3名、トレーナー4名が帯同した。

3. 渡航前準備

これまでの大会と同様、代表決定後にGoogle Formを用いたメディカルアンケートを行った。これまでの既往歴や現在の状況、内服薬、サプリメント等について確認した。2023年5月より代表決定ごとに順次確認を行い、確認後は昨年引き続き、One

Tap Sportsを用いて1週間に1回のWeb入力によるコンディションチェックを行った。入村後は、入村日および試合2日前に同様にOne Tap Sportsを用いてコンディションを確認した。選手のサプリメント使用に関しては、医事委員のスポーツファーマシストによる確認をいただき、選手に結果を連絡した。選手との連絡手段には公式LINEを用いた。メディカルアンケートにて事前に軽微な痛みや障害のある選手が25名(33%)おり、出場までの治療やケアの現状、現地での必要な治療・ケアの内容を確認した。疾患としては、アキレス腱や足底腱膜の障害、肉ばなれ、疲労骨折のなどが含まれた。

結団式に試合に向けたコンディションやアンチ・ドーピング、医事委員会の協力を得て作成した時差対策、医事委員会スポーツ栄養部に作成いただいた下痢症の対策について情報提供を行った。

本年度より、ドクターバックの薬品が日本から持ち出し可能な市販薬中心となったため、メディカル持参薬品や資材の確認・補充を行い、COVID-19を含めた感染症の発生の可能性も考え、N95マスクとCOVID-19・インフルエンザ抗原検査キットは持参した。また、運動器用超音波診断装置を持参した。

大会側より、メディカルライセンスや持参薬品のリストの提出を求められたため、作成提出を行った。

4. 渡航および現地の状況

気候は、通常よりブタペストは暑く、日中の気温は日本と変わらない印象であったが、朝・夕は比較的涼しく、寒暖差があった。

ホテルは観光都市であるブタペストの大きな数か所のホテルが指定されており、国ごと指定されたホテルに滞在した。日本選手団は市街地中心にある“Mercure Budapest Korona”を使用した。部屋は日



図1：ホテルの部屋



図3：食事の例



図2：ビュッフェスタイルの食事



図4：リカバリー用 Ice Bath



図5：サブグラウンドメディカルルーム医療機器

本で一般的なツインの大きさであり、荷物を広げるには狭い印象であった(図1)。食事はビュッフェスタイルであり(図2)、洋食が中心で、主食はライスおよびヌードルがあり、肉、魚、野菜、フルーツなどバランスが取れていた(図3)。食事の衛生面に問題はなかったが、“アフターコロナ”仕様であり、食堂入口にアルコールゲルは備え付けられていたが、トングなどは共有であり、手袋などはなかった。

メインスタジアムとその横にあるサブトラック、練習場へはバスで20分～30分程度離れていた。バ

スは1時間に1～2本の運行であった。

医務室はメインスタジアム、サブトラック、練習会場、ロード会場に設置されていた。ホテルには大会側のトレーナールームのみがあった。メインスタジアムとロード会場にはHeat Deckが、サブトラックと練習会場にはリカバリー用のIce Bath(図4)が設置されていた。サブトラックの医務室は大きく、検査用超音波装置や治療用超音波装置、体外衝撃波などの医療機器がそろっており(図5)、各チームでも使用可能であった。



図6：サブトラックでの活動

5. メディカルサポート

医師によるメディカルサポートはメインスタジアム、サブトラック（図6）、練習会場、ロード会場、ホテルの会議室に作ったチームトレーナールームで行った。

内科疾患の対応は21名であり、外傷・障害は既存の疾患への投薬や創傷処置も合わせて17名であった。スタートラインに立てなかった選手は1名であった。内科疾患のうち、発熱は3名あり、解熱および練習復帰まで部屋の隔離を行った。最も多い内科疾患は腹痛・下痢症であり、7名であった。一般的な旅行者下痢症および暑熱下でのレースによるものと考えられた。ブタペストは通常ミネラルウォーターも硬水が多く、硬水に慣れてない人は注意が必要であった。医事委員会栄養部より下痢症予防のパンフレットを作成いただいているが、今後も継続していきたい。ロードの競技では、計4名が医務室に搬送され、熱中症として処置を受け、2名の選手が熱中症のプレホスピタルケアである Heat Deck にて Ice Bath を使用した。トラックの選手1名がレース後歩行困難となり、医務室で処置を受けた。また、渡航中の荷物の移動による腰痛症の発生があった。さらに、ロードをランニング練習中、犬にかまれるという事態が発生した。飼い犬であったようであるが、選手一人であったこと言葉が通じないことから犬の予防接種等の情報を得ることができなかった。創は小さかったが、大会ドクターの指示により現地医療機関に救急車で受診し、破傷風トキソイド注射等の処置を受けた。ブタペストは狂犬病流行地域ではないが、今後流行地域での大会の時は、ロードでの練習時の動物との接触に注意が必要と考える。サブトラックの充実した医務室では、足

底腱膜炎やアキレス腱炎のある選手4名が試合前や試合後に体外衝撃波で加療した。

大会中、天候の悪化により競歩のスタート時間が2時間変更されるということがあった。待機中に体調をくずす選手等はいなかったが、保温のための衣服や補食など不測の事態を予測しておくことも重要と考えられた。

6. ドーピングコントロール

大会前の競技会外検査として、全例血液検査が行われた。血液検査は通常の採血方法に加えて、Dried Blood Spot (DBS) collection という肩の皮膚から吸引採血する方法を研究目的で同意者のみに行われた。通常の採血より痛みや侵襲を軽減させるための研究的採血ということであったが、一部の選手は痛みや気分不快を感じた様子であった。競技会（時）検査は長距離種目で血液検査も対象となったが、ほとんどが尿検査のみであった。日本記録樹立の2名を含め、競技会外検査が11名、競技会（時）検査が10名であった。

7. 研究会と視察について

8月22日にWorld Athletics主催のAthletics Science and Medicine International Conferenceが行われた。各国のチームドクターが陸上競技にかかわるトピックについて討議する会であり、帯同ドクターの塚原医師が発表の機会を得た。“How we treat/prevent over-training syndrome and RED-S”のタイトルで日本での治療の現状を話した。

8月24日には、東京2025世界陸上の準備委員会の方々と共にブタペスト2023世界陸上のスタジアムやサブグラウンドの医務室や医療体制について視察する機会もあった。

8. 大会後アンケート調査

Google Formに回答を入力してもらった形式でアンケートを行い、回答率は80%であった。回答選手の中で、この大会のパフォーマンス発揮が目標の80%以上だったと回答した選手は23%であった。一方、この大会のパフォーマンス発揮が目標の50%未満の選手は42%であった。けがや体調などの健康上の問題がパフォーマンスに50%以上影響したと回答した人は、12%であった。以上より、けがや体調以外にも多くの因子がパフォーマンスに影響し

ていることが考えられた．行ったアンケートのみでは言及できないが，メンタルトレーニングなどの選手サポートもパフォーマンス向上には必要な可能性がある．

9. まとめ

大会としては，金1銅1入賞9を獲得し，前回大会よりメダルは少ないものの入賞数は多く良好な成績であった．日本記録が男子400mと女子5000mで誕生した．スタートラインに立ってない選手が1名いたことは残念であった．選手数の増加，複数のサポート会場，選手村外に滞在する選手など，対応エリアが多くなったが，前回大会よりメディカルスタッフを医師1名，トレーナー1名の増員があり，スタッフやコーチの方々の協力もあり，最後までメディカルスタッフ全員（図7）で活動するが出来たと思っている．各大会の状況や天候により，臨機応変にサポートを行なうことが重要であることを感じた大会であった．サポートの待ち時間など，各選手にとっては不十分な点もあり，今後のメディカルサポート活動の改善点としたい．

シニア選手は競技歴も長く，既往歴や障害を抱えている選手も多い．世界大会で活躍するためには，選手が最もよいコンディションで望めることがベストであり，大会前より，必要に応じて，外傷・障害，内科的疾患に早期に対応し，コンディションを保つ取り組みが大切である．今後の医事委員会の取り組みとして，メディカルスタッフと選手・コーチが双方向でコミュニケーションをとれる方法の確立が重要ではないかと考えている．



図7：メディカルスタッフの集合写真

ブダペスト 2023 世界陸上競技選手権大会 トレーナーレポート

砂川 祐輝 (Well 鍼灸整体)

公益財団法人 日本陸上競技連盟 医事委員会 トレーナー一部

ブダペスト 2023 世界陸上競技選手権大会は、8月19日から27日の9日間でハンガリーのブダペストにて開催された。選手団の構成は、選手76名（男性48名、女性28名）、コーチ24名、渉外5名、ドクター3名、トレーナー4名であった。昨年のオレゴン大会と比べると、新型コロナウイルスに関する規制緩和が大きく進み、出国前検査や選手村への入村時検査等は不要であった。その点では、出国から選手村入村まで精神的なストレスは最小限であった。日本チームの結果は、金メダル1、銅メダル1、入賞9であり、様々な種目で活躍した大会であった。

<メディカルスタッフ>

・ドクター

鎌田 浩史 整形外科
金子 晴香 整形外科
塚原 由佳 整形外科

・トレーナー

砂川 祐輝 鍼灸師、あん摩マッサージ指圧師、
JSP0-AT
早野健太郎 鍼灸師、柔道整復師、JSP0-AT
大桃 結花 理学療法士、JSP0-AT
村井 志帆 鍼灸師、JSP0-AT

<現地情報>

ブダペストは、日本との時差がマイナス7時間(サマータイム時間)であり、緯度は北海道と同等の位置である。現地入り前は涼しい気候を想定していたが、大会期間中の最高気温が35℃前後になる日が多く、日差しも強く感じられた。長距離種目の一部では気温上昇による熱中症のリスクが高まり、午前セッションから午後セッションへ変更になることがあった。こまめな水分補給や日焼け止めの使用、暑熱時におけるウォーミングアップの対応も必要に

じて実施された。

水や氷は、選手村や練習会場、試合会場で自由に補充でき、随時一定数を確保するよう努めた。水は硬水であった。胃腸に不安のある選手のために、選手村入村当初はチームで軟水を一定数準備した。

<選手村>

ブダペスト市内のホテルが割り当てられ、日本チームのほか、南アフリカなど数カ国のチームが滞在した。昨年のコロナ対策と比べると、選手村での行動規制等は大きく緩和され、選手やスタッフは自由に選手村ホテルに出入りができ、一般客も宿泊可能であった。市内のスーパーマーケットで食料や生活用品を購入することも可能であった。

居室は選手、スタッフ共に1~2人部屋で、シャワー、浴槽が設置されていた。食事は選手村内の食事会場で3食ともビュッフェ形式であった。主食、主菜、副菜等、種類は豊富であったが、食事のメニュー自体がほぼ同様であったため、選手は次第に飽きていた印象であった。選手村外で食事をする選手の姿も見られた。

<現地でのトレーナー活動>

・選手村内での活動

会議室を日本チーム専用のトレーナールーム(図1)として活用した。ドクターによる診察や処置のもとで、トレーナーがケアやコンディショニングを行った。また、選手状況に応じて、鍼治療、物理療法、エクササイズ等も実施した。ONE TAPシステムや公式LINEを用いてコンディションチェックを行い、入村から大会終了まで選手のコンディション把握に努めた。

選手村内には大会オフィシャルのフィジオールームがあり、理学療法士が各国の選手にメディカルサー



図1. 選手村トレーナールームでの活動の様子



図3. 練習会場でのトレーナー活動の様子



図2. 大会会場チームテントでのトレーナー活動の様子



図4. 大会会場メインスタジアム

ビスを提供していた。

・大会会場での活動

National Athletics Stadiumのサブトラックでの活動がメインであった。サブトラック横に、国毎のチームテントが割り当てられた。日本チームには、2つのテントが用意されたため、主に選手がリラクセスするテントと、トレーナーが対応するテント(図2)に分けて活用した。ドクターとともにトレーナーも常に1人はサブトラックに常駐し、競技前後のケア・コンディショニングを行った。出場選手数によってトレーナーを2名体制にするなど、状況に合わせて適宜対応した。

・練習会場での活動

Hungarian University of Sports Scienceの陸上競技場やウエイトトレーニング場で練習を行った。ドクターとともにトレーナーも帯同し、チーム待機付近で練習前後のコンディショニングを実施した。また、コーチとの情報共有や連携を密に行い、

選手のコンディション調整に努めた(図3)。

・トレーナー利用者数

現地入村から大会終了までの15日間で、利用者数は延べ257名(男性191名、女性66名)であった。対応別の内訳は、マッサージが217件、ストレッチ38件などであった。テーピング、鍼治療、物理療法、エクササイズ等の対応も行った。欠場の1選手とリレーのリザーブ選手を除き、全選手が試合に出場することができた。

<所感>

今大会の選手数は、昨年のオレゴン大会を超える、過去最多の76名となった。インビテーションで追加された選手が13名と例年よりも多く、コンディション把握のためのメディカルアンケートの収集や公式LINE等のスムーズな運営が1つの鍵であった。メディカルチームとして、代表選手のコンディション把握は最重要項目の1つであり、大会当日に向け、

より良いコンディションサポートを行ううえで欠かせないサポートである。

今大会のメディカルチームは、ドクター3名、トレーナー4名の構成で、過去最多の選手数をサポートするには、必要な人数であったと考える。選手村および大会会場（図4）、練習会場と常にメディカルスタッフが帯同し、問題のある選手にはドクターから迅速にアプローチした。その後、トレーナーがケアやコンディショニングを行い、コーチへの情報共有など、選手がより良いパフォーマンスを発揮できるようなサポートをしていく流れを作ることができた。今大会の活動で気づいた改善点については、次大会でより良い形として実施していきたい。

トレーナー4名は、前月に開催されたアジア選手権大会と同じメンバーであり、事前の準備期間から各自の役割分担を明確にして、コミュニケーションも密にとる事ができた。現地入りしてからも、各々の仕事をまっとうし、互いに協力し合うことで、比較的余裕を持って日本チームをサポートすることができたと感じた。また、トレーナー全員がサブトラックや練習会場、ロード種目の会場で活動を行うことができた。全員の経験に繋がるように活動形態を工夫できたこともトレーナー間の連携がスムーズであった要因だと感じた。また、今大会はパーソナルトレーナーの帯同が多く（16名）、日本代表メディカルチームと連携しながら選手をサポートしていくという一連の流れがコロナ禍前のように戻りつつある印象を受けた。日本代表チームをサポートするにあたり、現地ではもちろんのこと、日本からも各選手の専任コーチやパーソナルトレーナーの方々から多くの情報をいただくことができた。選手に関わる多くの方々とともに日本チームをサポートできたことに感謝するとともに、今後も連携を密に取りながら選手にとってより良いメディカルサポート体制を構築していきたい。

第19回アジア競技大会（2022／杭州）帯同報告

鎌田 浩史¹⁾²⁾

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

【はじめに】

2020年より世界を巻き込んだ新型コロナウイルス感染症の影響により、オリンピック2020東京大会をはじめとして多くのスポーツ競技会が延期となっていた。アジア大会は4年ごとに開催され、前回の2018年ジャカルタ・パレンバン後、本来であれば2022年9月に第19回アジア競技大会(2022／杭州)が開催予定であったが、本大会は1年遅れて2023年9月23日～10月8日に40競技481種目、陸上競技は9月29日(金)～10月5日(木)に開催されることとなった。今回、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を行ったので報告する。

【大会の概要】

杭州市は、中国浙江省の省都で上海から170km程度南にある人口1000万人、中国の中でも8大都市に入る大きな都市である。(図1)日本からは、上海国際空港まで約3時間のフライト、そこから杭州まではバス2時間半程度の距離であった。

アジア大会における日本の選手・役員は1138名であったが、陸上競技は、選手55名(男性34名、女性21名)役員22名、合計で77名が参加した。メディカルスタッフはドクター1名、トレーナー3名(男性2名、女性1名)の計4名にてサポートを行った(図2)。

日本より南の地域であり、少し暖かいことを予想していたが、10月になっていたこと、天気も曇りがち～雨の日があり、気温が少し低い印象であった。大気に関しては大都市で影響もあるのか、PM2.5の指標が高く、なんとなく競技場内もくすんでいる感じがあった。中には目やのどが気になる選手、役員が数人いた。

大会の競技場(杭州オリンピックスポーツセン



図1



図2



図3

ター)は大きく、きれいな会場で、多くの観客でにぎわっていた(図3)。大いに盛り上がり、主催者をはじめ国・地域がこの大会自体に大きな期



図 4



図 5



図 6



図 7

待を込めていたところを強く感じた。特に中国人選手の登場の場面や競技成績が上位になる際の選手に対する観客からの声援はすさまじかった。その反面、(私の個人的な印象ではあるが) 他国選手(特に日本人選手)に対しては、クールな声援であるように感じた。

【環境・会場・選手村】

選手村は以前のバブルのように隔離されているわけではないが、周囲からのセキュリティを守るためにしっかりとガードされていた。競技会場まではシャトルバスで移動していたが苦痛にならない15分程度の距離であり、選手村から外に出ると地下鉄の駅などもあり、比較的動きやすい位置にあった。たいへん広い敷地であり、日本選手団が宿泊した建物は、食堂やシャトルバスの乗り場からは少し離れた所があったため、カートで移動することが多かった。

宿泊施設は充実しており、1つのユニットにいくつかのベッドルームが分かれており、リビングをシェアしながら使用した(図4)。メディカル、役員が使用した居室は4つのベッドルームに分かれており、リビングをトレーナーコーナーとして、基本的にはベッドを2台置いて使用した(図5)。シャ



図 8

ワー、トイレの水回りは清潔で、水量も困ることはなかった。バスタブがないため、中にはバスタブ使用を希望する選手もおり、その対応を検討する必要があった。また、各居室のバルコニーには洗濯機もあり、洗濯のストレスも少なかった。

食事に関しては、ビュッフェ形式であり、様々な料理から選択できるようになっていた(図6, 7)ため、困ることはなかった。水、生野菜等には選手にも気を付けるように指示を出していたが、衛生面でも大きな問題はなかったと思われ、アンケート結果からも選手団のなかに腹痛などの食事に関わる問題があったものはいなかったと思われる。ただし、単調な食事が多かったことと、アジア大会なのに残念ながら日本食と言われるようなものがほとんどな

かったため、後半は食事が少し飽きてしまった。選手からは、若干脂っぽい食事が多いとのコメントもあった。ファーストフードとしてピザハット、ケンタッキーがあったが、全体的には人気が高かった。(図8)

日本選手が滞在するエリアにはJOCのサポートが設置されていた。医学的なサポートとしてはJOCドクターによるメディカルルーム、JOCトレーナーによるコンディショニングルーム、アイスバス・温浴・交代浴の設備が作られていた。各選手の居室には浴槽がなかったため、浴槽でのリラクゼーションを希望する選手がいたため、この施設を案内し利用することができた。さらに今回、ウェルフェアオフィサーが帯同していた。これは選手の心理面をサポートするものであり大変心強い取り組みであった。なお、大会主催者が用意している選手村ポリクリニックもあったが、幸いに利用しなければならない選手はいなかった。

その他、日本代表選手団が大会現地で良好なコンディションを維持する為にJOC G-Road Stationが設置されていた。これは「和軽食(補食)」を提供し試合前後の栄養面を補強すること、気軽にアクセス(距離・気持ち)できリラックスできる空間として活用すること、を目的としたステーションである。私も訪れたが、日本食の軽食や栄養補助食品が提供され、選手にとっては(私も利用したが)たいへんありがたい実施であった。

【大会前、大会中のサポート】

代表選手決定後はメディカルアンケートを実施し、選手のバックグラウンド、既往、使用している薬剤やサプリメントのチェックを行った。これをもとに、大会期間前よりOne Tap Sports(図9)を用いてコンディショニングチェックを行った。1週間に1回登録をすることで、選手のコンディションをチェックし、早い段階から選手とコミュニケーションをとるのが目的である。残念ながら、本大会代表選手の中には、直前にコンディションを崩してしまい出場を断念せざるを得ない選手がいた。

毎回国際大会では、時差に注意をしつつ、移動による疲労や体調変化には気を付けていたが、本大会は移動時間が比較的短く、移動の状況もスムーズであったこと、日本との時差はマイナス1時間であったこともあり、移動による影響で体調を崩す選手はいなかった。

入村日と試合2日前にコンディショニングチェックを



図9



図10

行い、最終確認を行った。何とかベストコンディションで試合に臨んで欲しかったが、必ずしも万全とは言えない選手もいた。大会後のアンケートでは、「大会に参加するうえで健康上の問題があった」と回答した選手は21.3%、「パフォーマンス発揮は目標の何%か」という質問では、目標の80%以上達成できたとする選手が14選手(約3割)いたものの、平均は63.0%、30点未満は3選手と、我々のサポートでもう少し何とかできなかったかと検討する必要がある。

大会期間中は4人のメディカルスタッフで分担して会場、サブトラック(図10)と選手村において対応した。ドクターは一人であったため、別会場でのマラソン、競歩に関しては対応が難しいところもあり、JOCドクターに協力を依頼し、メディカルサポートとドーピング検査の対応などを依頼した。転倒による外傷もあり複数種目の出場が難しく棄権をした選手、縫合処置をした選手、熱疲労のためレースが万全でない選手もいたが、幸いに重症ではなく、すぐに回復し、今後の活動に大きな影響を及ぼす状況ではなかった。

【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。競技会前検査に該当する選手はいなかったが、競技会検査として合計で17名の選手がドーピング検査に該当した。また、1名の選手は日本記録を樹立したことによる検査として実施した。陸上競技場のドーピングコントロールステーション（DCS）にて実施されたが、全体に広く整った空間で、検査を行う個室は十分に用意されており、待ち時間が多くなるなどのストレスは比較的少なかった。大きな国際大会のため、日本より派遣されたDCO（Doping Control Officer）がおり、多くの選手は日本語にて対応していただき、選手も安心して臨めたのではないかと思われる。基本的には尿検査を行ったが、1選手には尿検査の他、血液検査も実施された。ただし、その選手は翌日に次のレースも控えていたため、血液検査は相当なストレスであったと思われる。個人的には、複数種目重なる可能性のあるレースでの採取や検査内容に関しては選手への配慮が必要ではないかと考えたため、DCOにはコメントを残した。

陸上競技場以外で行われた競歩、マラソンでも検査の対象者がいた。その際現地にDCSが設置されていたが、そのDCSも問題のない適切な空間であった。しかしながら、検査対象者を決定するまでの時間が長くなる場面があり、選手がトイレを我慢するなどの負担が生じていた。こちらに関しても、運営上の配慮を検討するようにお願いした。

全体を通じてTUE（治療使用特例）を申請していた選手や、事前の確認で気になる薬、サプリメントを使用している選手はいなかった。

【まとめ】

第19回アジア競技大会（2022／杭州）の帯同による活動を報告した。新型コロナウイルス感染症がようやく落ち着いた中再開された大きな国際大会の一つであり、大会を通してのメディカルに関する大きな問題はなかった。本大会自体が1年延期され追加となった競技会であり2023年は大きな大会が目白押しであった。世界陸上からも1か月程度しかあいておらず、選手の大会に向けてのピーク設定やコンディション調整はなかなか難しかったと思われる。

「選手を試合のスタートに立てるようにサポートする」の理念の下サポートを行っているが、選手自体が我々の取り組みを理解し、協力していただいていることに関して、感謝の一言である。さらに、強化

委員長、監督・コーチ、事務局の皆様にもご協力いただき、大会前より選手をサポートできる体制が整ってきている。2024年はオリンピックイヤーでもあり、これまでの活動を振り返りつつ、選手に寄り添い、ベストな状態をサポートできるよう、医事委員会ではこれからも最大限の努力をしていきたい。

第19回アジア競技大会トレーナーレポート

早野 健太郎 (株式会社 Does)

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

1 はじめに

第19回アジア競技大会は、新型コロナウイルスの影響で延期となり、1年遅れでの開催となった。9月29日から10月5日までの7日間、中国・杭州市で開催された。日本チームのメダル獲得数は、金メダル2個、銀メダル7個、銅メダル8個の合計17個であった。メダルテーブルでは中国の39個、インドの29個に次ぐ3位であり、さまざまな種目で選手が活躍した大会であった。

2 日本代表選手団

選手59名(男性36名、女性23名)、スタッフ22名の総勢81名であった。上記選手のうち、男性2名、女性2名が直前の怪我により欠場となった。

メディカルスタッフはドクター1名、トレーナー3名であった。

- ・ドクター
鎌田浩史 整形外科
- ・トレーナー
砂川祐輝 鍼灸師、あん摩マッサージ指圧師、JSP0-AT
吉村那緒 鍼灸師、あん摩マッサージ指圧師、JSP0-AT
早野健太郎 鍼灸師、柔道整復師、JSP0-AT

3 現地情報

杭州市は、年間平均気温が17度で、日本との時差はマイナス1時間である。大会期間中の気候は、最高気温が23度前後、最低気温が17度前後と過ごしやすかったが、湿度が高く、大会前半は蒸し暑く感じた。後半になるにつれて涼しくなり、過ごしやすいく気候となっていった。また、早朝に実施された

競歩やマラソンでは、暑熱対策に最善を尽くす姿も見られた。

水は、選手村や競技場にペットボトルが常備されており、いつでも入手が可能であった。氷は選手村には製氷機がありいつでも確保できたが、競技場では運営側の補給が間に合わない、また補給されても溶けている状態のものもあり、供給が不安定であった。

4 選手村・試合会場

選手村は、新たに建てられたマンションが立ち並ぶ街並みの一角にあり、各国各競技団体によって振り分けられていた。各棟入口には現地ボランティアスタッフが常駐しており、製氷機も設置されていた。各部屋は4LDKで家電も揃っており、生活するうえでは申し分ない環境であった。

食事会場は、小型カートで5分ほどの場所であり、指定された時間内に食事をする事ができた。アジア大陸の料理が中心で、バイキング形式で自由に選ぶことができた。別棟では、JOCによる簡単な日本食提供スペースやカフェコーナーも設置されていた。同棟には、JOCによるセルフケアルームや温冷浴などのコンディショニングスペースも設けられており、選手は自由に利用することができた。

試合会場(図1)とサブトラックは、選手村からバスで20分ほどの場所であり、随時シャトルバスが運行されていた。サブトラック内に各国のテントがあり、選手の控えスペースやトレーナー活動の場として利用した。

5 現地でのトレーナー活動

現地到着後は大きく4つの活動を行った。

- ① 選手村内でのトレーナールーム運営
- ② サブトラックでの活動



図1 試合会場と杭州市の街並み



図3 サブトラックでの様子



図2 選手村内トレーナールーム



図4 暑熱対策やスペシャルドリンクの準備手伝い

- ③ ロードレースへの帯同
- ④ オンラインによるコンディションチェック

大会開始の前日までは、選手団の移動の関係でトレーナーは2名体制であった。そのため、トレーナーの配置を選手村1名、サブトラック1名とした。大会開始以降は、選手のスケジュールに応じ、各ブロックのコーチ陣とも相談のうえで、選手村とサブトラックに必ずトレーナーが常駐して活動した。競歩やマラソンのロードレースがある場合は、ドクターとトレーナーが1名ずつ帯同し、選手状況の確認を行った。

① 選手村内でのトレーナールーム運営 (図2)

ケアやコンディショニング、鍼治療、物理療法やエクササイズを実施した。ベッド3台を置ける十分なスペースがあり、選手がトレーナーサポートを受けやすい環境作りに努めた。希望者は、トレーナールームの前に張り出された用紙の希望時間枠に記名

することで利用予約ができた。物理療法は予約不要で、選手によるセルフケアができるようにした。

② サブトラックでの活動 (図3)

トレーナー1名が常駐し、練習前後や試合前後の選手対応にあたった。練習前や試合前のコンディショニングや、テーピングの希望が多かった。各選手の状況は、担当コーチと情報を共有した。

③ ロードレースへの帯同 (図4)

競歩とマラソンは、選手村からバスで30分ほどのロードで実施された。選手控え場所はレース会場隣の公園施設内の一角に用意されており、簡単な補食も確保できた。メディカルスタッフもコーチ陣とともに暑熱対策のアイシングやスペシャルドリンクの準備を行なった。レース中は、グループLINEを使用して選手の順位や前後との差、競歩ではペナルティのチェックなどを常にチームで共有しながら、体調の変化にも注意を払った。

④ オンラインによるコンディションチェック

8月の世界選手権後より毎週月曜日に、ONETAPでコンディションチェックを実施した。オンラインによる選手からの、現在の体調や練習状況、薬の新たな使用や病院受診の有無などの報告を義務とした。コンディション面で注意が必要な選手の抽出をトレーナーが行なった。その後、ドクターが公式LINEで必要に応じて選手と個別に連絡をとり、詳細な体調の把握を行なった。公式LINE経由で選手からメディカルスタッフに気軽に相談できるような体制をとった。選手から、コンディションに関する訴えがあった場合、メディカルスタッフで情報を共有し、適切な対応をした。

各選手の入村後や大会開始以降は、日本にいるメディカルスタッフと連携を取り、コンディションチェックの配信や選手からの情報内容の確認などを手分けした。

6 トレーナー利用者数

入村から大会終了までの12日間で、のべ190名(男性131名、女性59名)の利用があった。コンディショニングを目的としたケアの利用が167名と最も多く、次いでストレッチが45名であった。テーピングや鍼治療、エクササイズ、アイシングの対応も多くみられた。

7 所感

今大会は、2023年に実施される中で最後の国際大会ということもあり、シーズンを通しての怪我や痛みを抱えながら出場した選手が、先に行われた国際大会よりも多い印象であった。メディカルスタッフとして、スムーズな運営を心がけ、メディカルアンケートへの記載内容の把握や公式LINEによる体調チェック、選手情報の共有など念入りなやり取りを行なった。

今回のメディカルスタッフは、ドクター1名とトレーナー3名での構成で、ドクターからの指示系統が一本化された。選手に関する情報の共有や、いま誰がどの業務に従事しているのかを把握しやすく、スムーズにトレーナー業務を進められた。一方で、ドクターの仕事量は多く、コンディションチェックを経て選手への個別アプローチや、ドーピング検査の立ち会いなど一日中動き回って活動していただいた。そのご尽力により、トレーナーは選手がより良い状態で試合に臨めるようにコンディションを整

え、送り出すことに専念できた。このような役割分担の明確化がメディカルチームのスムーズな運営に繋がると思い、今後も実践していけるように努めたい。

また、パーソナルトレーナーや専任コーチとの情報共有も一つの鍵となった。選手の状態をパーソナルトレーナーから毎日連絡をしていただき、その情報をメディカルスタッフやコーチと共有した。コーチからの情報もメディカルスタッフで共有し、選手対応の際の参考とした。選手個人に関する情報の漏れがないよう、パーソナルトレーナーの方々にもご協力いただいた事で、滞りなく業務を遂行できた。

本年は国際大会が例年より多く、代表選手と顔を合わせる機会が増えた。これまでと比較し、選手のコンディションの把握や選手村でのケアがスムーズに行えたように感じる。他愛のないコミュニケーションを積極的にとり、緊張感をほぐす事もトレーナーの役割だと実感した。

トレーナー部によるコンディショニングに関するアウトリーチ活動の実践と課題

加藤 基^{1,5)} 五味 宏生^{2,6)} 富山 信次^{3,6)} 國田 泰弘^{4,6)} 廣重 陽介^{1,6)}

- 1) 帝京大学スポーツ医科学センター 2) 五味トレ 3) Athlete ST 4) 川本整形外科
5) 日本陸上競技連盟医事委員会トレーナー部部員
6) 日本陸上競技連盟医事委員会トレーナー部運営部員

1. アウトリーチ活動とは

アウトリーチ (Outreach) とは、「外に手を伸ばすこと」と訳される語であり、アウトリーチ活動は教育、医療・福祉などの分野でよく行われている (文部科学省, 2005)。目的や方法・内容に一致した見解がある訳ではないが、福祉分野では支援の必要性を自覚していない人や自発的に支援を求めようとしていない人に対して、支援者が積極的に働きかけを行うこと (鈴木, 2019)、と捉えられている場合が多い。

トレーナー部 活動理念

- 選手のピークパフォーマンス発揮に貢献する
- 安全で健全な陸上競技環境作りに貢献する

上述の理念に基づき、以下の活動を行う

- ・陸上競技を理解したトレーナーを全国に普及する
- ・陸上競技に関わるトレーナーの継続的なスキルアップを図る
- ・日本陸連主催の主要大会にトレーナーを派遣する
- ・日本代表チームおよびその強化に関わる遠征・合宿にトレーナーを派遣する
- ・日本代表チームの活躍に貢献できるトレーナーの育成に取り組む
- ・陸上競技のメディカルサポートに関する研究・情報発信活動を行う

図1：日本陸連トレーナー部の理念と活動

2. 陸連トレーナー部のアウトリーチ活動

これらのアウトリーチ活動の捉え方は、アスリートに対する支援を行うトレーナーの活動にも通じるものがあると考えられる。そのため、福祉分野などの理論的枠組みを組みをモデルとして、日本陸上競技連盟医事委員会トレーナー部 (以下、陸連トレーナー部) のアウトリーチ活動を計画し、実施したため報告する。

のような大規模な大会を開催する県にですら、陸連トレーナー部の部員の登録者が不在の場合があり、トレーナーの普及に地域差があり、アスリートが相談できる場所を確保できていない。SNSを通じて、面識のないアスリートやコーチ、保護者などから外傷障害からの復帰や競技力向上のトレーニングに関して相談がくることもあり、相談先を探している関係者は少なくないと感じられる。

3. トレーナー部にアウトリーチ活動が必要な背景

陸連トレーナー部は、図1のような理念 (公益財団法人日本陸上競技連盟, 2018) を持って、さまざまな活動をしている。その活動において、陸上競技会の医務室で活動する際に、中学生や高校生のアスリートおよびその指導者に外傷障害発生時の応急手当の方法が浸透していないように感じられる。また、外傷傷害予防の取り組みや競技復帰に必要なリコンディショニングに関する情報について、さまざまな書籍や雑誌、メディアなどで紹介されているが、広く知られているとはいえない。さらに、日本選手権

日本陸連トレーナー部は、毎年トレーナーセミナーの開催により、部員を増やし、現在では789名の部員が在籍している。しかし、まだその活動に触れることができるアスリートは限定的である。幅広い対象に、適切な情報や支援を届けるためには、これまで行なっていなかった活動を新たに行うことが必要であり、アウトリーチ活動はその活動の一つになりうる。トレーナー部のアウトリーチ活動によって、より安全に競技参加をしたり、より効果的にトレーニング成果を得たりするための情報や支援が行き渡れば、JAAF VISION 2017 (公益財団法人日本陸上競技連盟, 2017) に掲げられている国際競技力の向上「トップアスリートが活躍し、国民に夢と希望

を与える」と、ウェルネス陸上の実現「すべての人がすべてのライフステージにおいて陸上競技を楽しむ環境をつくる」というミッションの達成に貢献しうるとも考えられる。

4. トレーナー部のアウトリーチ活動の対象と期待する効果

トレーナー部のコンディショニングに関するアウトリーチ活動の対象は、アスリート、コーチ、保護者、トレーナーとして活動している人やトレーナーを目指す人、競技団体関係者・競技役員などである。アウトリーチ活動に関する研究では、クライアント本人だけではなく、その関係者もアウトリーチ活動の対象者とする必要性が述べられている（久松ら、2016）。そこで、陸連トレーナー部の活動においても、アスリートとその周囲の関係者を対象とすることにした。また、関係組織の理解との連携や信頼構築も重要である（久松ら、2006）といわれており、直接的なアウトリーチ活動には含まれないが、競技団体関係者の理解を得ることも重要な取り組みであると考へて実践した。

コンディショニングに関するアウトリーチ活動に期待する効果として、①アスリートがより安全に競技参加できるようになること、②アスリートがより良いパフォーマンスを発揮できるようになること、を想定した。

5. アウトリーチ活動の方法

他分野のアウトリーチ活動には、ハイリスク・アプローチとポピュレーション・アプローチという2つのアプローチがある（鈴木、2019）。陸連トレーナー部では、情報が行き届いておらず、支援必要性を認識していないか、どこに相談していいかわからないという対象に接触することを目指して、ポピュレーション・アプローチを採用することとした。

実際には、競技大会の会場にトレーナーが出向き、講習会、相談会などを提供することを企画した。また、『コンディショニングに関するアンケート』を作成、実施し、コンディショニング行動やコンディショニングに関して知りたいことについて調査した。

6. 活動報告

① JOC ジュニアオリンピックカップ第16回

U18, 第53回 U16 陸上競技大会（愛媛県総合運動公園陸上競技場）

1) 実施日

2022年10月22日（土）、23日（日）（大会2日目、3日目）

2) 活動内容

コンディショニング相談・セミナー

3) 実施報告

コンディショニング相談は2件、セミナー受講者は0名であった。資料のみ受け取りを希望した人が2名いた。

4) 所感

アウトリーチ活動を実施していることの認知は高く、周知できていた。しかし、動員にはつながらなかった。大会中の実施であり、興味はあるが時間が合わず参加できないとの声が多かった。

医務室利用者と会話をする中で、応急処置やコンディショニングに関する理解は浸透しているとはいえないと感じられた。「自覚的ニーズがあるか」は不明だが、必要性は感じられたため、方法を再考し、継続して実施する必要があると感じた。

② 令和5年度全国高等学校総合体育大会（札幌市厚別公園競技場）

1) 実施日

2023年8月2日（水）、3日（木）（大会1日目、2日目）

2) 活動内容

コンディショニング相談・資料配布・アンケート実施

3) 実施報告

コンディショニング相談は14件であった。指導者からの相談が7件、アスリートからの保護者同伴の相談4件、その他3件（トレーナーからの相談）であった。主な相談内容は競技力向上・外傷障害予防に関するトレーニングの方法について、実際に実技を交えた講習をしてほしいとの要望などであった。1件繰り返す怪我への対応についてアドバイスを求められた。

4) 所感

実施の決定時には会場周辺の利用予定が確定していたことなどから、選手にとってわかりにくい場所で活動せざるを得なかったため、アウトリーチ活動を行っていることへの

- ・性別
- ・立場
- ・トレーナーとはどんなことをする人だと考えていますか？
- ・コンディショニング（トレーニング・ケア・リハビリなど）に関して知りたいことがあるときや、相談したいときはどうしますか？
- ・コンディショニング（トレーニング・ケア・リハビリなど）に関して どのような情報提供があれば役に立つと思いますか？
- ・どんなケガや体調不良に関する情報を知りたいと思いますか？

図 2: 『コンディショニングに関するアンケート』の質問項目

認知が低かったように感じた。

出場選手数の多い出場校はトレーナーを帯同しているが、トレーニングに関しては困っている学校や地域があり、トレーナー部としてできる取り組みがあると感じた。また、トレーナー帯同状況や活動内容については情報が乏しいため、トレーナーの帯同状況や活動内容について、大規模にアンケート調査を行えるとよいのではないかと感じた。

③リレーフェスティバル 2023(国立競技場)

1) 実施日

2023 年 10 月 7 日 (土), 8 日 (日)

2) 活動内容

コンディショニング相談・資料配布・アンケート実施

3) 実施報告

コンディショニング相談は 1 件であった。トレーナーステーションおよび場内巡回で資料配布を行った。外傷障害予防に関するトレーニングの方法についての相談があったほか、巡回中に実技を交えた講習をしにきてほしいとの要望があった。

4) 所感

告知および場所の準備が不十分であり、目立たなかった。

トレーナーステーション利用者および待ち列に声をかけることで、資料配布はでき、それがアンケートの回答に繋がったと感じている。指導者の方からは、情報発信の希望を受けた。

7. アンケート調査の実施と回答

コンディショニングに関するアウトリーチ活動の一環として、コンディショニング行動やコンディショニングに関して知りたいことについて『コンディショニングに関するアンケート』を行った。質問項目は表 1 のとおりである。なお、トレーナーと

表 1: アンケート回答者の属性

| | 男 | 女 | 小計 |
|----------------|----|----|----|
| 選手 (一般・社会人) | 1 | 0 | 1 |
| 選手 (大学生) | 1 | 0 | 1 |
| 選手 (高校生) | 37 | 22 | 59 |
| 指導者 (中学校) | 1 | 0 | 1 |
| スタッフ (トレーナーなど) | 0 | 2 | 2 |
| 小計 | 40 | 24 | 64 |

はどういう役割であると思うか、という趣旨のアンケートは近年複数行われている（上岡ら，2009；柴田ら，2020）が，具体的にどのような情報を得たいと思っているかに関する調査は渉猟する限り見当たらなかった。

①方法

WEB アンケート方式で実施した。令和 5 年度全国高等学校総合体育大会で作成した資料に『コンディショニングに関するアンケート』の QR コードを掲載し、回答を呼びかけた。以降の大会でも同様の資料を配布し、アンケートへの回答を呼びかけた。質問項目は図 2 の通りである。

資料の配布は、アウトリーチ活動を行った令和 5 年度全国高等学校総合体育大会、リレーフェスティバル 2023 に、JOC ジュニアオリンピックカップ第 17 回 U18、第 54 回 U16 陸上競技大会を加えた 3 大会で実施した。

回答項目に欠損があった場合も、回答は除外せず、回答のあった項目だけで集計を行った。

なお、アンケートの回答は匿名で実施し、回答に当たって説明を行い、個人が特定できないようにして集計・公表することについて同意を得たうえで回答の提出を受けた。

②結果

62 件の回答を得た。回答率は不明である。

回答者の属性は図 3 に示す。集計は属性の区別なく、実施した。

1) トレーナーに関する認識 (図 3)

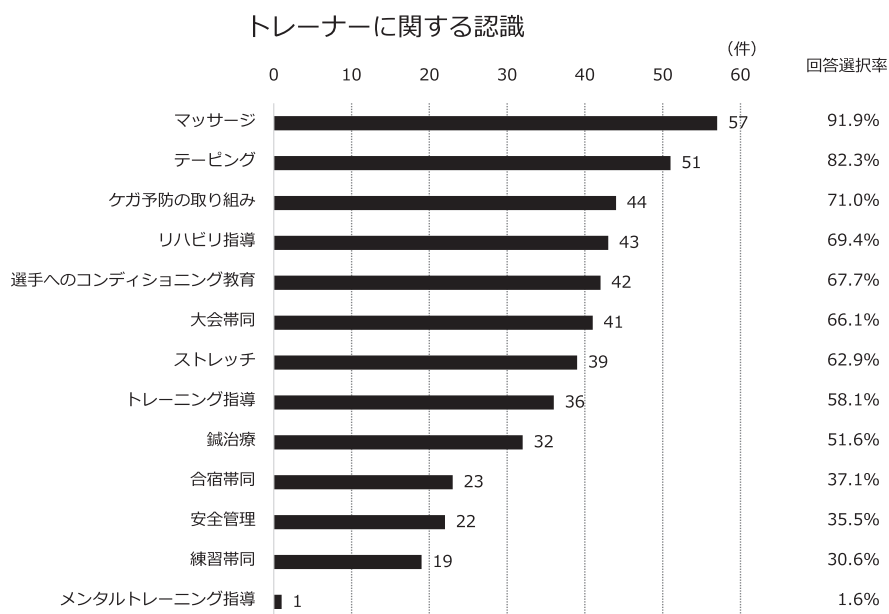


図3: [回答] トレーナーに関する認識

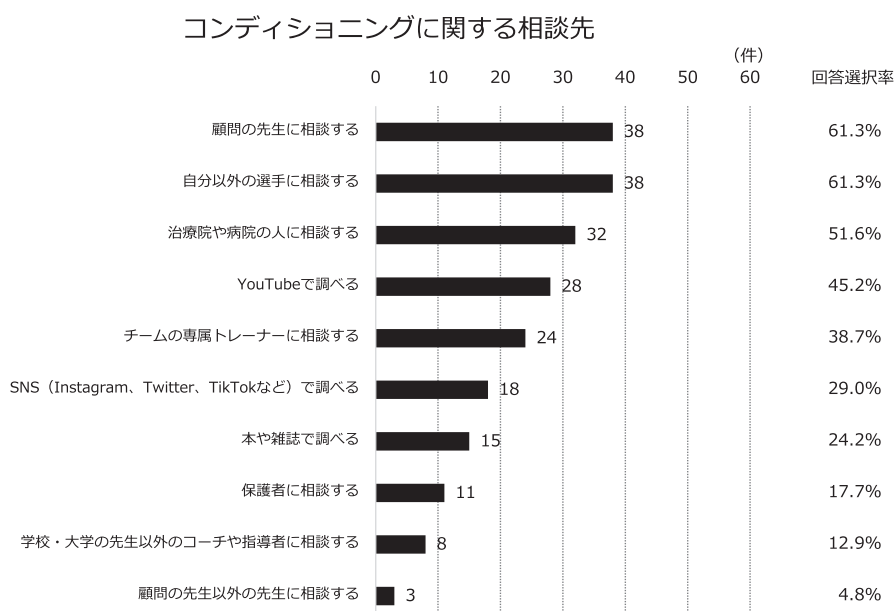


図4: [回答] コンディショニングに関する相談先

「トレーナーとはどんなことをする人だと考えていますか?」という質問(複数回答可)に対して、62名から、計450件の回答があった。

マッサージ(回答選択率91.9%, 57件)、テーピング(回答選択率82.3%, 51件)といった受動的なコンディショニングが多かったが、『ケガ予防の取り組み』(回答選択率71.0%, 44件)や『リハビリ指導』(回答選択率69.4%, 43件)、『選手へのコンディショニング教育』(回答選択率67.7%, 42件)などにも多くの回答があった。

一方、『安全管理』(回答選択率35.5%, 22件)

や『練習帯同』(回答選択率30.6%, 19件)、『合宿帯同』(回答選択率37.1%, 23件)は少なかった。

回答選択肢以外の『その他』として、『メンタルトレーニング指導』との回答が1件あった。

2) コンディショニングに関する相談先(図4)

「コンディショニング(トレーニング・ケア・リハビリなど)に関して知りたいことがあるときや、相談したいときはどうしますか?」という質問(複数回答可)に対して、62名から、計215件の回答があった。

『顧問の先生に相談する』、『自分以外の選

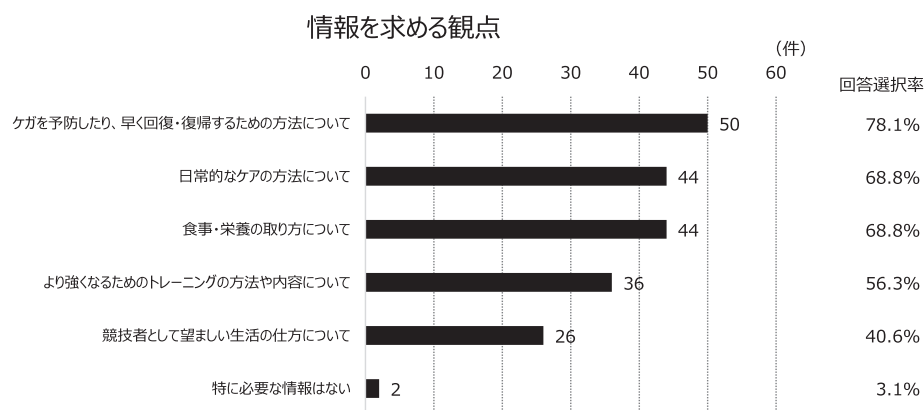


図 5: [回答] 情報を求める観点

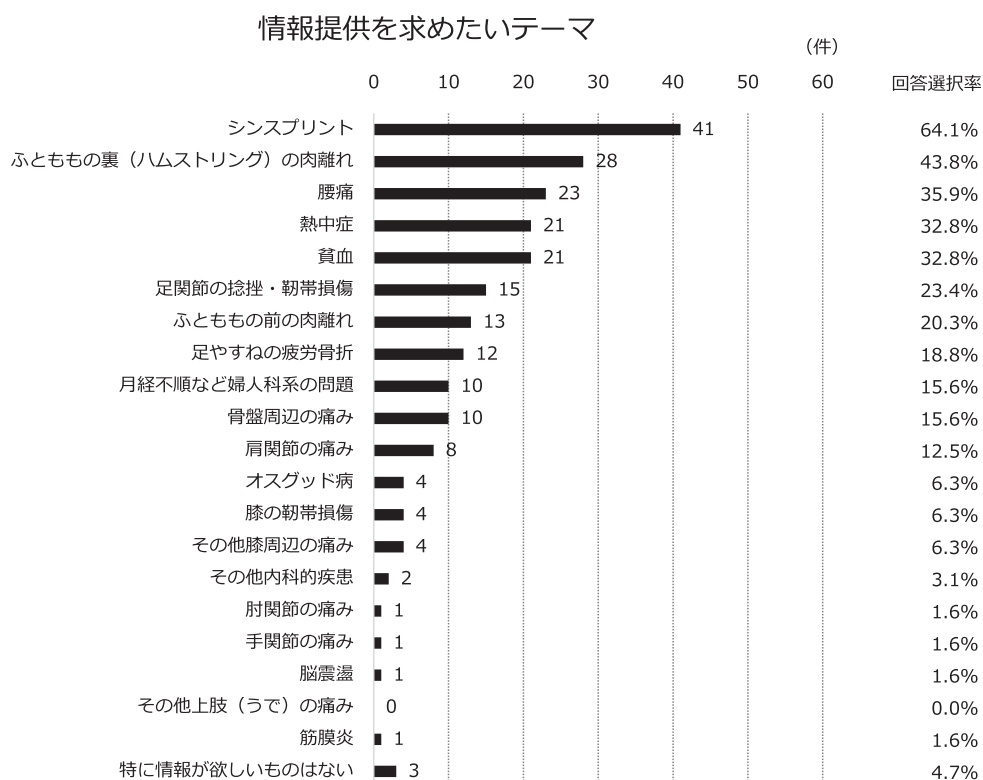


図 6: [回答] 情報提供を求めたいテーマ

手に相談する』(いずれも回答選択率 61.3%, 38 件), 『治療院や病院の人に相談する』(回答選択率 51.6%, 32 件)が多かった。

一方、『SNS で調べる』(回答選択率 29.0%, 18 件), 『本や雑誌で調べる』(回答選択率 24.2%, 15 件)は少なかった。

3) 情報を求める観点 (図 5)

「コンディショニング(トレーニング・ケア・リハビリなど)に関してどんな情報提供があれば役に立つと思いますか?」という質問(複数回答可)に対して、64 名から、計 202 件の回答があった。

『ケガを予防したり、早く回復・復帰するための方法について』(回答選択率 78.1%, 50

件), 『日常的なケアの方法について』と『食事・栄養の取り方について』(いずれも回答選択率 68.8%, 44 件)が多かった。

『特に必要な情報はない』という回答も 2 件、回答選択率 3.1%あった。

4) 情報提供を求めたいテーマ (図 6)

「どんなケガや体調不良に関する情報を知りたいと思いますか?」という質問(複数回答可)に対して、64 名から、計 202 件の回答があった。

『シンスプリント』(回答選択率 64.1%, 41 件), 『ハムストリング肉離れ』(回答選択率 43.8%, 28 件), 『腰痛』(回答選択率 35.9%, 23 件)などが多かった。

- ・ピーキングのむずかしさ (選手・一般)
- ・金銭問題で病院に行きにくい (選手・高校生)
- ・日頃行った方が良いストレッチやケアが知りたいです。 (選手・高校生)
- ・遠征が続くとコンディションが崩れやすいので、その対策方法を知りたいです。 (選手・高校生)
- ・大会近い時に急に身体が重くなってしまうことがある (選手・高校生)
- ・異性の恥骨疲労骨折に関する評価が難しい (スタッフ)

表 2: [回答] その他

『月経不順など婦人科系の問題』にも、回答選択率 15.6%、10 件の回答があった。

『特に必要な情報はない』という回答も 3 件、回答選択率 4.7%あった。

回答選択肢以外の『その他』として、『筋膜炎』との回答が 1 件あった。

5) その他 (表 2)

「コンディショニングに関して困っていること、知りたいこと、情報提供を求めたいことなどがあれば自由に記入してください。」という質問に対しては、表 2 のような回答があった。

③考察

今回のアンケートを通じて、トレーナーとは受動的なコンディショニングをする役割として捉えられていることが明らかになったが、ケガの予防やリハビリ指導などの対応も多く求められていることがわかった。

安全管理については、日本スポーツ協会による調査で、公認アスレティックトレーナーの多くが求められている役割として回答している(公益財団法人日本スポーツ協会, 2021)が、今回の調査では、トレーナーに対して求めている活動としては回答が少なかった。コンディショニングに関するアウトリーチ活動には直接的な関係はないが、トレーナーが安全管理に貢献する立場であることの発信は必要であると考えられる。

コンディショニングに関する相談先としては、『顧問の先生』や『自分以外の選手』が多かった。トレーナーとしては顧問の先生向けの情報発信をすることが必要だといえる。『YouTube で調べる』は半数弱から回答があったが、意外にも『SNS で調べる』は少なかった。また、『本や雑誌で調べる』も少なく、情報発信の方法の検討が必要であると感じた。

情報を求める観点、情報提供を求めるテーマでは、『特に必要な情報はない』という回答は少なく、多くの回答者が何らかの情報を求めていることがわかった。情報を求める観点では、

『ケガを予防したり、早く回復・復帰するための方法について』、『日常的なケアの方法について』の選択率が高く、まずはこのような内容をテーマとして情報を発信することがよいと考えられる。また、情報を求めるテーマとしては、『シンスプリント』、『ハムストリング肉離れ』、『腰痛』が多く、こちらも早期に対応をする必要があると感じた。また、『月経不順など婦人科系の問題』は回答者全体では回答選択率が多くはなかったが、女性の回答者に限定すると 41.6% の回答選択率となり、多くの回答があったといえる。近年、女性アスリート向けの情報発信は多く行われているように感じられるが、今回の主な回答者であった高校生アスリートに対してはもっと別の形での発信が必要かもしれない。

この調査によって、主に高校生アスリートが、何らかの情報を求めていることはわかった。また、求めている情報についてもある程度把握できたと感じられる。テーマを絞り、発信先を考慮しながらアウトリーチ活動を進めていく必要がある。

④本調査の限界

回答者が少なく、回答に偏りがある可能性がある。また、専門種目や競技レベル、日常的に関係のあるトレーナーの有無などによって回答が異なる可能性があり、大規模な再調査を行う意義はあると感じられる。

8. 活動を通じて感じられた課題とニーズ

今回のコンディショニングに関するアウトリーチ活動は、大会開催時に実施したが、アウトリーチ活動への集客には非常に苦勞をした。しかし、大会中に聞かれる声からも、アンケート結果からも、情報が求められていないわけではないことがわかった。大会に出場するアスリートは、大会時に自身の出場時間以外にもスケジュールにゆとりがないことが多く、アウトリーチ活動に立ち寄りづらいことが考えられるため、大会開催時以外の取り組みも重要になるといえる。大会開催時に実施する場合には、時間

を要しない取り組みによって、必ず知っておいてほしい事柄に絞った発信としたり、何をやっているのかがわかりやすく、立ち寄りやすい環境を作ったりすることが必要であるといえる。

また、今回のアウトリーチ活動を通じて、ある県の高体連の指導者講習会の講師としてお招き頂く機会を得た。そこで頂いた感想には「知っているつもりだったがわかっていなかった」というものもあり、機会を作り、継続的に発信していくことの意義を感じるとともに、次の活動につなげるために好評を頂いたことを報告していく必要性を感じた。

9. 今後のアウトリーチ活動の計画

2022年度、2023年度のアウトリーチ活動は集客をするという観点ではうまくいったとはいえなかった。大会開催中の活動には限界があり、対象者にアウトリーチ活動に参加する余裕があるときに実施しなくてはならないと感じた。

そのため、合宿や合同練習会などでコンディショニングに関するアウトリーチ活動を実施する機会を得られないかを検討する必要があると考えている。また、アスリート向けのものだけでなく、指導者向けのものも企画し、実施する準備をする必要性を感じている。

10. まとめ

日本陸連トレーナー部の行ったコンディショニングに関するアウトリーチ活動について報告した。多くのアスリートは、何らかの情報発信を求めていることがわかった。しかし、大会中のアウトリーチ活動には参加がしにくいいため、別の機会での活動が必要であると考えられた。

参考文献

久松信夫, 小野寺敦志 (2006) 認知症高齢者と家族へのアウトリーチの意義—介護保険下における実践の役割と条件. 老年社会科学, 28 (3) : 297-311.

久松信夫, 小野寺敦志, 加藤伸司, 矢吹知之 (2016) 地域包括支援センターにおける認知症高齢者と介護家族へのアウトリーチ機能の検討. 日本認知症ケア学会誌, 14 (4) : 780-791.

公益財団法人日本陸上競技連盟 (2018) 委員会情報 医事委員会トレーナー部, <https://www.>

[jaaf.or.jp/about/resist/trainer/](https://www.jaaf.or.jp/about/resist/trainer/) (参照日 2024年1月19日)

公益財団法人日本陸上競技連盟 (2017) JAAF VISION 2017, <https://www.jaaf.or.jp/pdf/about/jaaf-vision-2017.pdf> (参照日 2024年1月19日)

公益財団法人日本スポーツ協会 (2021) JSP0-AT マスタープランの評価に関する調査報告書, https://www.japan-sports.or.jp/Portals/0/data/ikusei/doc/AT/JSP0-AT_masterplan_report_20210331.pdf (参照日 2024年1月19日)

文部科学省 (2005) 科学技術白書 (平成16年度), <https://whitepaper-search.nistep.go.jp/white-paper/view/24424> (参照日 2024年1月19日)

柴田 陽介, 岡田 栄作, 中村 美詠子, 尾島 俊之 (2020) 中学生および高校生が求めるアスレティックトレーナーの役割—地域における講習会受講者の調査結果より—. 日本アスレティックトレーニング学会誌, 5 (2) : 179-184.

鈴木奈穂美 (2019) 自立支援施策におけるアウトリーチ・サービス・モデルの理論的枠組み. 社会科学年報, 53 : 71-97. 上岡尚代, 野田哲由, 浦井孝夫 (2009) アスレティックトレーナーのイメージについての検討 (第一報). 了徳寺大学研究紀要, 3 : 75-98.

陸上競技研究紀要 第19巻

編集後記

本号では、原著論文1編、研究資料1編、そして特集「陸上競技における暑熱環境とパフォーマンス」に5編、科学委員会の報告に18編、メディカルレポートに8編を掲載することができました。著者の方々に加え、査読および編集の労を担っていただいた方々に感謝申し上げます。特集では、暑熱環境に関するデータに基づく理解、これまでの持久系競技の暑熱対策、パラアスリートの暑熱対策、そして暑熱トレーニングや国際的な暑熱対策の潮流について、第一線で活躍されている方々に筆を執っていただきました。気候変動が身近なものと感じる今日この頃、とくに命の危険すら感じる暑さに対して、多くの競技者や指導者が暑熱対策に工夫を凝らしているところでしょう。しかし、科学的情報（エビデンス）でさえも、ときには流行り廃りとなることもあり、身近で深刻な問題であるからこそ、最先端の科学的情報を正しく理解し、どのように応用するか実践において工夫するべきでしょう。今回の特集では、暑熱対策は暑熱順化と水分補給とクーリングが同時に示されています。これらは両極の考え方で、実践においてはこれらをうまくさじ加減しながらトレーニングや試合でのパフォーマンス発揮を検討する必要があります。すなわち、暑熱環境に徐々に慣らしたり、暑熱環境を利用したトレーニングを考える一方で、暑熱環境を避けたり、身体の効果的な冷却を考える必要があり、熱中症やオーバートレーニングを避けつつ、暑熱環境における陸上競技およびそのトレーニングを実践することです。今回の特集が、読者にとって暑熱対策に役立つばかりでなく、さまざまなトレーニングやパフォーマンス向上における二律背反あるいは相補的な考え方に応用発展することにも期待したいと存じます。

2024年3月

文責 榎本靖士

【陸上競技研究紀要第19巻 編集委員会】

「陸上競技研究紀要」第19巻

2024年3月31日発行

発行人 田崎 博道

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
