



contents

【資料】

- 高校トップレベルの男子棒高跳選手における跳躍動作の特徴
— 高校記録保持者の跳躍を対象として—
- 高校生における陸上競技の継続および非継続に係る要因
- 帽子着用が暑熱環境下の長距離走に及ぼす影響

【特集企画】

- 若い競技者の育成モデルをめぐる世界の動向

【日本陸連科学委員会研究報告 第15巻(2016)】

✂️【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】

公益財団法人日本陸上競技連盟

写真提供: フォート・キシモト

陸上競技研究紀要

Vol.12, 2016

ISSN1349-7596



「陸上競技研究紀要」

(Bulletin of Studies in Athletics of JAAF)

投稿規定

陸上競技研究紀要編集委員会

1. 投稿資格について

特に制限は設けない。

2. 投稿内容および種類について

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

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

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

3. 採否等について

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

4. 原稿の書き方について

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

英文は、A4サイズタイプ用紙を使用し、15枚以内を原則とする。

計量単位は、原則として国際単位系（m, kg, sec など）とする。

また、英文字および数字は半角とする。

5. 文献の書き方について

本文中の文献は、著者（発行年）という形式で表記する。

例）田中（1996）は -----

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

ジの順とする。

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

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

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

例）田中ら（1996 b）は，-----

6. 原稿の提出先

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

〒163-0717

東京都新宿西新宿2-7-1

小田急第一生命ビル17階

日本陸上競技連盟

「陸上競技研究紀要」編集委員会宛

（Tel 03-5321-6580 Fax 03-5321-6591）

E-mail: kiyou@jaaf.or.jp

7. 原稿の締め切り

原稿の締め切りは特に設けず，随時受理し，査読を行う。ただし，2016年度版は，2017年1月末日とする。

8. その他

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

（2016年12月 改訂）

あ い さ つ

公益財団法人日本陸上競技連盟
専務理事 尾縣 貢

昨夏に開催されました第31回オリンピック競技大会での男子4×100mリレーの銀メダル、男子20km競歩の銅メダルのインパクトは非常に強いものでしたが、一方で入賞数では目標を下回り、課題も浮き彫りになりました。2020東京の成功に向けては、残された期間においては陸上競技関係者の総力を結集して準備を進めていかなければなりません。

昨年11月には、伊東浩司氏をトップとする強化新体制がスタートし、2020年に向けた斬新な強化戦略が公表されました。この中には、情報・医科学サポートの有効活用が挙げられています。これぞ、わが国のアドバンテージであり、これまでの積み上げてきた研究成果をコーチング現場に活用していかなければなりません。加えて、現場での課題を解決するためのテーラーメイド型の医科学サポートを推進することも大切になります。例えば、“銀メダルを獲得したリレーのバトンワークの精度をより高いものにする”“極めて厳しい暑熱環境下で実施されるマラソンレースで力を発揮するための諸策を探求する”といった課題の解決のためには情報・医科学の力を借りる必要があります。

2020年での成功を目指しつつ、オリンピック以降のレガシーの構築を念頭に置いた活動も重要になります。次に続く「若手競技者の育成」は、その最たるものでしょう。多くの子どもたちが長く陸上競技を続け、その中で余すことなく自分の潜在力を発揮できるような仕組みづくりは、恒久的なテーマだと言えます。

今回は、特集として「若い競技者の育成モデルをめぐる世界の動向」を取り上げており、まさしくこの課題解決の糸口を見つけることができるものと考えます。また、3編の投稿論文や2016年度の科学委員会の活動報告も競技者の育成や強化に資する価値あるものです。

経験と科学的知識の融合を目指し、コーチング活動を積み上げていただくことにより、より大きな成果が得られるものと思います。陸上競技紀要がその一助となれば、幸甚に存じます。

陸上競技研究紀要

Bulletin of Studies in Athletics of JAAF

Vol.12 2016

目 次

【資料】

高校トップレベルの男子棒高跳選手における跳躍動作の特徴

— 高校記録保持者の跳躍を対象として —

・・・・・・・・柴田篤志ほか・・・4

高校生における陸上競技の継続および非継続に関する要因

・・・・・・・・渡邊將司ほか・・・11

帽子着用が暑熱環境下の長距離走に及ぼす影響

・・・・・・・・吉塚一典ほか・・・21

【特集企画】

若い競技者の育成モデルをめぐる世界の動向

・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・29

【日本陸連科学委員会研究報告 第15巻(2016) 陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2016】

・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・69

【エキサイティング メディカル レポート】

・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・161

資 料

資料論文 目次

高校トップレベルの男子棒高跳選手における跳躍動作の特徴・・・・・・・・・・	4
ー高校記録保持者の跳躍を対象としてー	
柴田篤志, 小山宏之, 清水悠, 村木有也, 久保理英	
高校生における陸上競技の継続および非継続に関する要因・・・・・・・・・・	11
渡邊將司, 明珍直樹, 上地勝, 久保佳彦, 森丘保典, 三宅聡, 繁田進, 尾縣貢	
帽子着用が暑熱環境下の長距離走に及ぼす影響・・・・・・・・・・	21
吉塚一典, 濱田臣二, 川尾勇達	

高校トップレベルの男子棒高跳選手における跳躍動作の特徴 - 高校記録保持者の跳躍を対象として -

柴田篤志¹⁾ 小山宏之¹⁾ 清水悠²⁾ 村木有也³⁾ 久保理英⁴⁾

1) 京都教育大学 2) 島根大学 3) 大阪電気通信大学 4) 京都教育大学大学院教育学研究科

Characteristics of vaulting motion in elite male high school vaulters
- focusing on the national high school record holder -

Atsushi SHIBATA¹⁾ Hiroyuki KOYAMA¹⁾ Yutaka SHIMIZU²⁾ Yuya MURAKI³⁾
Riei KUBO⁴⁾

1) Kyoto University of Education

2) Shimane University

3) Osaka Electro-Communication University

4) Graduate School of Education, Kyoto University of Education

Abstracts

The purpose of this study was to clarify characteristics of vaulting motions in elite male high school vaulter who has national high school record (5.46m). The vaulting motions of 3 elite male high school vaulters (including the national high school record holder) were videotaped with a high-speed video camera (120fps) and analyzed by using DLT techniques. The results were summarized as follows;

1) The horizontal C.G. velocity at the pole plant for the national high school record holder was significantly greater than those of other elite male high school vaulters, and the decrease in horizontal C.G. velocity during takeoff phase for the national high school record holder was larger.

2) The vertical C.G. velocity and the takeoff angle at the takeoff for the national high school record holder was significantly smaller than those of other elite male high school vaulters.

3) The upper hand grip height and the percentage of pole bending for the national high school record holder was larger than those of other male elite high school vaulters.

4) The upper hand grip of the national high school record holder located behind at the pole plant, and the backward lean of the trunk during the takeoff phase was larger.

These results suggested that the national high school record holder bent the pole largely to obtain maximum C.G. height. In addition, the large horizontal C.G. velocity at the pole plant and the small takeoff angle affected for the performance.

1. はじめに

2016年度、江島雅紀選手(荏田高校・3年)が5月に開催されたセイコーゴールデングラプリにおいて5.42mと高校記録を9年ぶりに更新し、その後も高校総体において5.43m、国民体育大会においても5.46mと計3度も高校記録を更新した。さらに、同選手はU20世界選手権においても5.35mで6位に入賞を果たし、U20世代において世界のトップで競

うことができるレベルであり、2020年の東京五輪に向けてダイヤモンドアスリートに認定されるなど更なる活躍が期待されている。また、リオデジャネイロオリンピックにおいても男子棒高跳は跳躍種目における唯一の入賞種目であり、現在国際大会での活躍が最も期待される跳躍種目の一つである。そして、今後の日本における棒高跳の競技レベルのさらなる向上や国際大会における上位入賞のために、U20世代のトップ選手の特徴や基礎的なデータを継

表1 分析試技一覧

競技会名	日時	記録(m)
江島選手 中国総体	2016.07.30	5.43
江島選手 岩手国体	2016.10.07	5.46
江島選手 日本ジュニア	2016.10.22	5.41
A選手 近畿総体	2015.07.30	5.20
B選手 中国総体	2016.07.30	5.15

続的に収集していくことは重要であると考えられる。

そこで本稿では、江島選手の2016年度の跳躍動作および高校トップレベルの競技者2名の跳躍動作を比較し、高校記録を更新した江島選手の跳躍動作の特徴について検討することを目的とした。

2. 方法

2.1 分析対象者と分析試技

分析対象者は2016年度に高校記録を更新した江島雅紀選手 (PB:5.46m)、および高校トップ選手2名 (A選手, PB:5.21m・B選手, PB:5.15m) の計3名とし、分析試技は2016年高校総体、2016年国民体育大会、2016年日本ジュニア選手権および2015年高校総体の各競技会における各競技者の成功試技とした (表1)。

2.2 データ収集

各競技会におけるすべての跳躍をピット側方正面スタンドに設置したハイスピードカメラ (LUMIX FZ-300, Panasonic 社製) を用いて、120fps で固定撮影した。撮影範囲はボックスから助走路側に8m、

マット側に2mの範囲とし、2次元DLT法を用いて2次元座標を算出するためにボックス先端 (0m) から助走路側に2m, 4m, 6m, 8mの各地点にキャリブレーションポールを立てて撮影した。なお、これらの撮影は日本陸上競技連盟科学委員会の活動として行われたものである。

2.3 データ処理

撮影したVTR画像から、踏切1歩前接地の10コマ前から身体がバーを超えるまでの身体分析点23点およびポール下端をビデオ動作解析システム (FrameDIAS IV, DKH 社製) により、毎秒120コマでデジタル化した。そして、デジタル化した分析点の座標とコントロールポイントの座標から、2次元DLT法を用いて身体分析点23点およびポール下端の実座標を算出した。身体分析点およびポール下端の2次元座標は、Wells and Winter (1980) の方法を用いて分析点毎に最適遮断周波数を決定し、Butterworth low-pass digital filter を用いて3.6Hz から6.0Hz で平滑化した。

先行研究を参考に (Frère et. al, 2010 ; 有川ほか, 2016), 棒高跳の一連の跳躍動作について以下のように局面を定義した (図1)。

- 1) ポールプラント (PP) : ポールをボックスに突っ込んだ時点
- 2) 踏切離地 (TO)
- 3) ポール最大湾曲 (MPB) : ポール湾曲率が最大になった時点
- 4) ポールストレート (PS) : ポール湾曲率が0%に

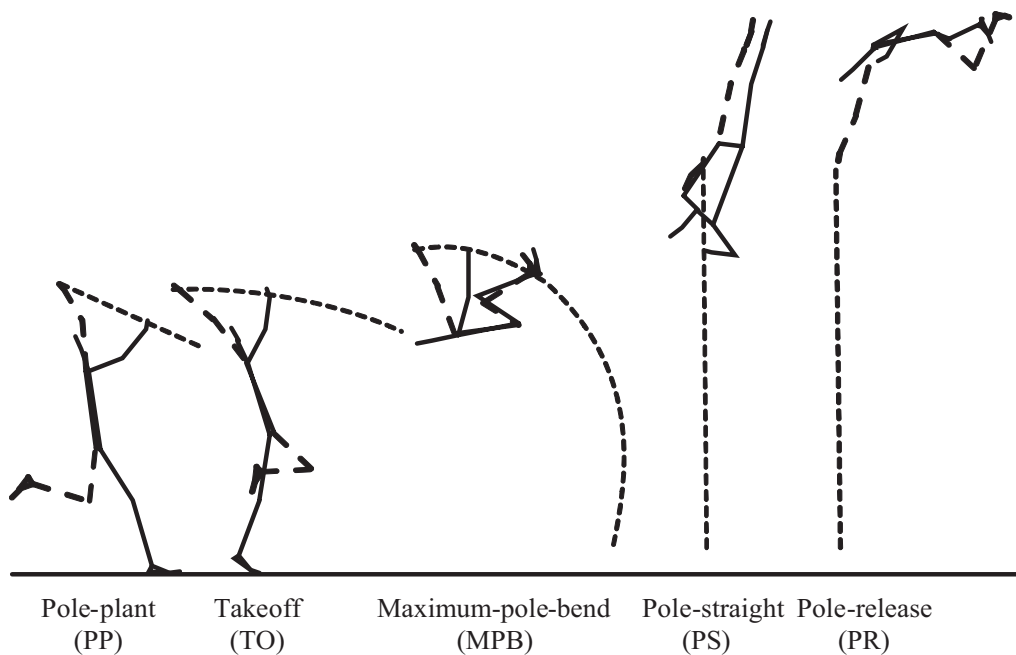


図1 局面定義

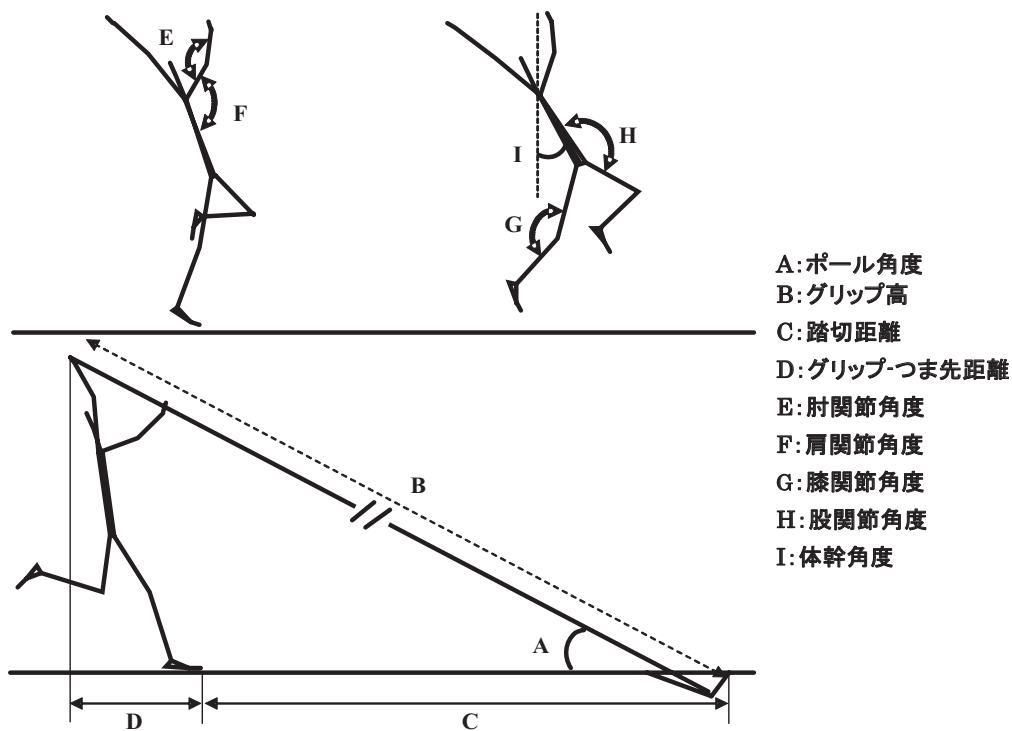


図2 動作パラメータと角度定義

最も近くなった時点

5) ポールリリース (PR) : 上側のグリップがポールから離れた時点

また、各競技者のデータは、PP を 0%, PR を 100% として時間で規格化した。

2.4 分析項目

以下に示す項目を算出した。図2は角度定義を示している。

- 1) 身体重心高および身体重心速度。
- 2) 跳躍角 : T0 における身体重心速度ベクトルと水平面のなす角度。
- 3) PP ポール角度 : PP におけるポールの下端と上側のグリップを結ぶベクトルと水平面のなす角度。
- 4) 踏切距離 : PP における踏切脚のつま先からボックスまでの水平距離。
- 5) グリップ-つま先距離 : PP におけるグリップから踏切脚のつま先までの水平距離。
- 6) グリップ高 : PP における上側のグリップとポール下端までの距離。
- 7) 抜きの高さ : バーの高さ + ボックスの深さ (0.2m) からグリップ高を引いた距離。
- 8) 肘関節角度 : 上腕と前腕とのなす角度。
- 9) 肩関節角度 : 上腕と肩から大転子を結ぶベクトルとのなす角度。
- 10) 体幹角度 : 左右大転子の midpoint から胸骨上縁を結ぶベクトルと鉛直線のなす角度。

- 11) ポール湾曲率と最大ポール湾曲率 : 上側のグリップとポールの下端を結んだ線分の長さを弦長とし、PP における弦長に対する各時点の弦長の割合をポール湾曲率とした (武田ほか, 2007)。また、最も湾曲率が大きい時点をポール最大湾曲 (MPB) とした。

3. 結果および考察

3.1 パフォーマンスに関する基礎的パラメータ

表2は記録および各動作の基礎的なパラメータを示している。

各時点における身体重心高には PP および T0 において大きな差はみられないが、身体重心高の最大値は江島選手の3跳躍が特に大きかった。また、各時点における身体重心の水平速度は PP で江島選手が 1m/s 程度大きく、助走で大きな水平速度を獲得した状態でポールを突っ込んでいたが、T0 では他の2選手と大きな差はみられず、江島選手は PP から T0 にかけて水平速度の減少が大きかったといえる。身体重心の鉛直速度は T0 において江島選手が小さく、5.41m および 5.46m の跳躍では特に小さかったが、跳躍中の最大値は江島選手が他の2選手と比較して大きかった。T0 における跳躍角度は江島選手が他の2選手と比較して小さく、5m41 および 5m46 の跳躍では特に小さかった。その他のパラメータは、江島選手は踏切位置がボックスに近く、PP において

表2 跳躍記録と基礎的パラメータ

		江島選手	江島選手	江島選手	A選手	B選手
記録 (m)		5.41	5.43	5.46	5.20	5.15
身長 (m)		1.89	1.89	1.89	1.74	-
体重 (kg)		74.5	74.5	74.5	66.0	-
身体重心高 (m)	PP	1.12	1.08	1.08	1.08	1.05
	TO	1.22	1.25	1.20	1.23	1.21
	MAX	5.63	5.63	5.69	5.34	5.23
水平速度 (m/s)	PP	8.75	8.87	8.81	7.97	7.71
	TO	7.46	7.46	7.36	7.55	7.21
鉛直速度 (m/s)	PP	0.49	0.09	0.47	1.56	1.44
	TO	1.99	2.43	1.98	2.75	2.76
	MAX	5.02	5.16	5.12	4.79	4.62
ボール角度 (deg)	PP	28.4	29.0	28.1	28.2	28.7
踏切距離 (m)	PP	3.56	3.52	3.51	3.95	3.93
グリップつま先距離 (m)	PP	0.78	0.78	0.86	0.24	0.26
跳躍角 (deg)	TO	14.9	18.0	15.0	20.0	20.9
グリップ高 (m)		4.73	4.79	4.84	4.57	4.66
抜きの高さ (m)		0.88	0.84	0.82	0.83	0.69
ボール湾曲率 (%)	MAX	30.4	29.0	32.0	23.4	25.9

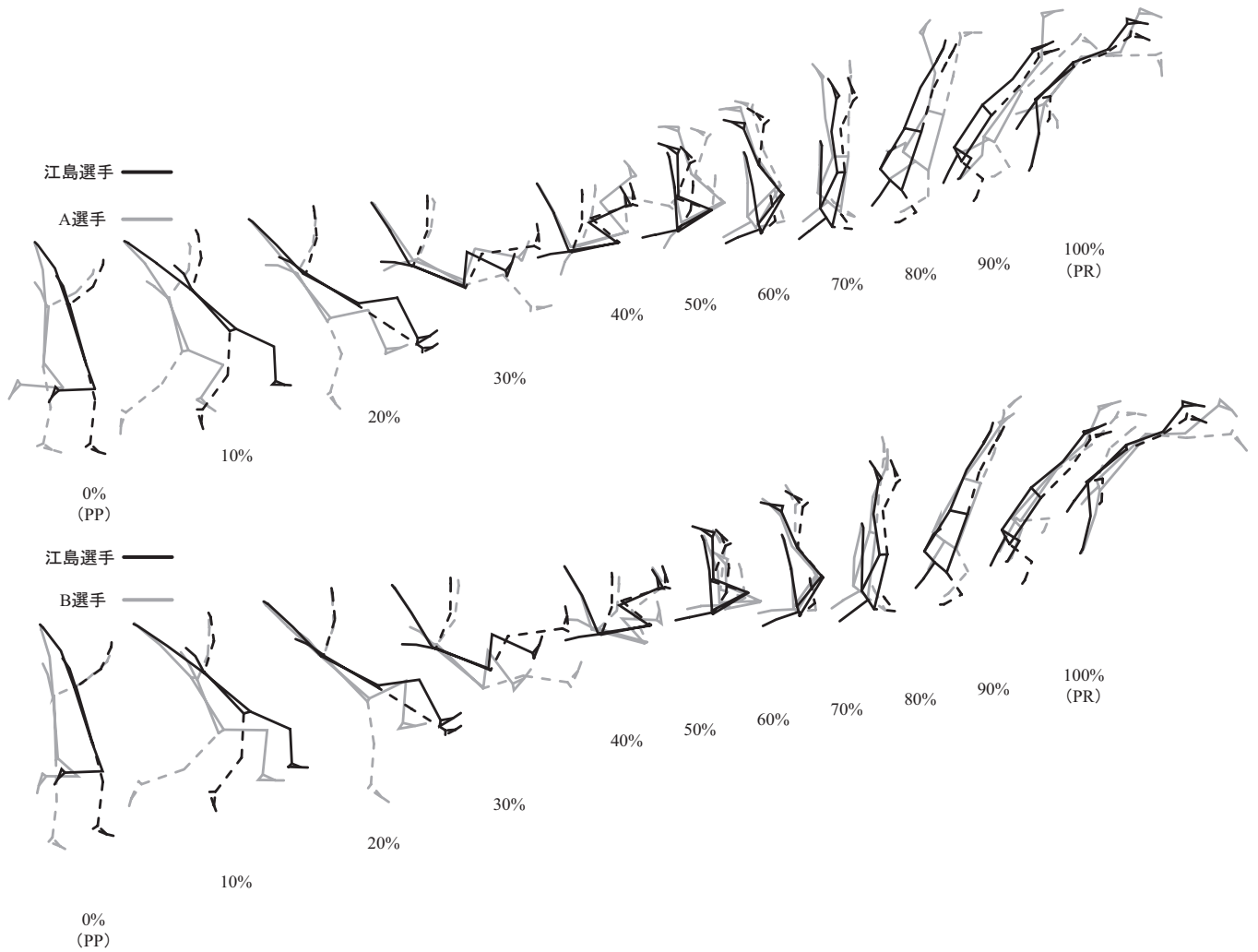


図3 江島選手の平均動作とA選手（上図）およびB選手（下図）の跳躍動作の比較

グリップがより後方に位置していた。また、PPにおけるボール角度には大きな差はみられず、グリップ高は江島選手が大きく、ボールの最大湾曲率も江

島選手の3跳躍が他の2選手と比較して大きかった。棒高跳において、競技記録と助走速度には正の相関があることが報告されており（淵本ほか、1994；

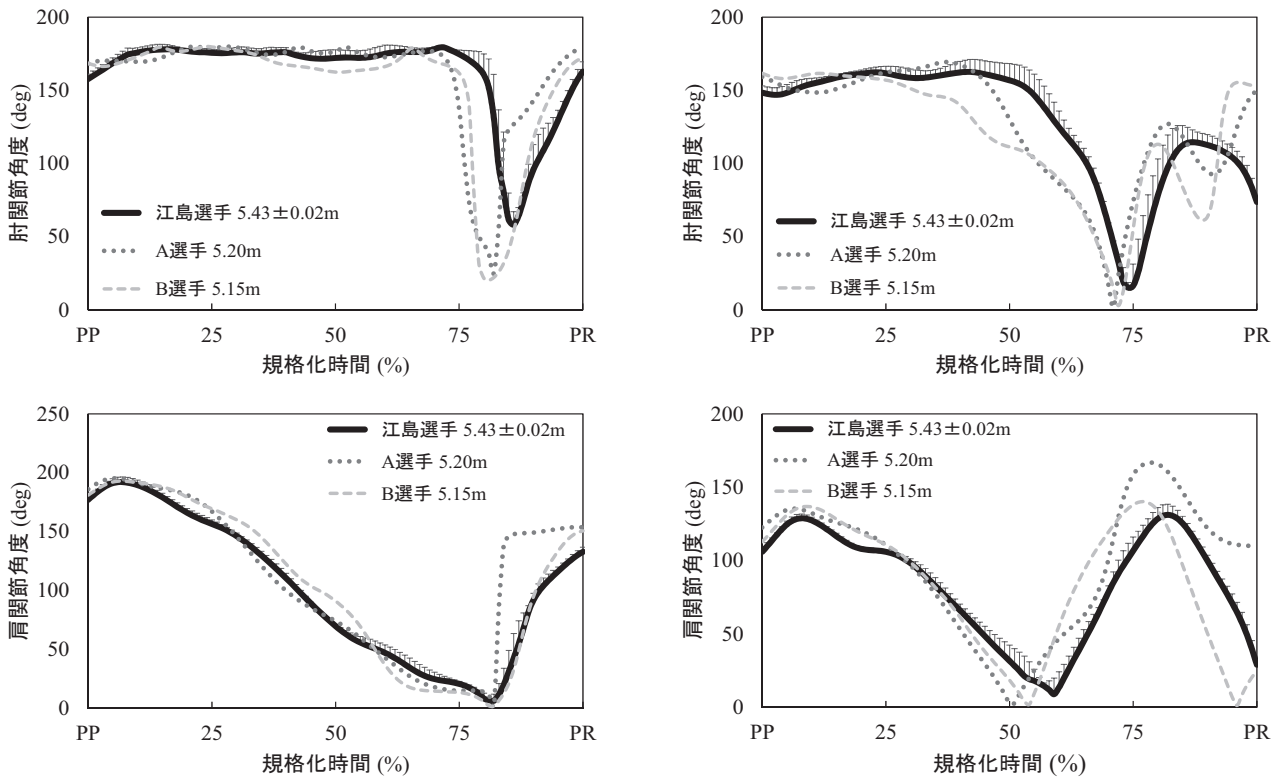


図4 左右の肘関節角度（上図）および肩関節角度（下図）の変化

小山ほか, 2007), 江島選手の水平速度がPPにおいて大きかったことは先行研究の結果を裏付けるものであり, 助走で大きな速度を獲得できていたことが跳躍記録につながっていたといえる. また, T0における跳躍角について武田ほか(2005)は跳躍記録と跳躍角の間に負の相関関係があると報告しており, Linthorne(2000)はポールの湾曲を大きくし, さらに水平速度の減少を抑えることができる最適跳躍角は18 degであると報告している. つまり, 江島選手のT0における跳躍角が小さかったことは跳躍記録に影響する要因であったと考えられるが, 最適な跳躍角度と比較すると小さく, より水平方向へ踏み切ることによって大きなポールの湾曲が可能になる一方で水平速度の減少が大きくなった可能性が示唆される.

3.2 跳躍動作の特徴

跳躍の各局面における基礎的なパラメータから, 江島選手が大きな助走速度で踏切に入り, より水平に近い角度で踏み切ることによって大きくポール湾曲をさせて跳躍高を獲得していたことが明らかとなった. ここでは, ポールの突っ込み (PP) 以降の跳躍動作に着目し, 他の2選手と比較することで江島選手の特徴について検討することとした. また, 各選手の規格化した時間における各局面の3選手の平均値は, PPが0%, T0が6%, MPBが40%, PSが77%, PRが

100%であった.

図3はPPからPRまでの江島選手の3跳躍の平均動作とA選手およびB選手の跳躍動作を比較したものである.

図4はPPからPRにかけての左右の肘関節角度の変化および左右の肩関節角度の変化を示しており, 図5は左右の膝関節角度の変化および左右の股関節角度の変化を示している. また, 図6はPPからPRまでの体幹角度の変化を示している. なお, 江島選手の跳躍については3試技の平均値のみを示している.

上肢の動作をみると, 右肘は3選手ともPPから跳躍のおよそ75%時点まで伸展位を維持しており, 大きな差はみられなかったが, その後の屈曲が開始するタイミングが江島選手は他の2選手と比較すると遅く, 左肘も同様に3選手ともPPから約50%時点の跳躍中盤にかけて伸展位を維持しているが, その後の屈曲が開始するタイミングは江島選手が遅かった. 左右の肩関節角度の変化には大きな差はみられなかった.

下肢の動作をみると右膝はPPから跳躍の前半局面において江島選手が大きく伸展していたが, 約50%時点以降の変化に大きな差はなく, 左膝はPPから跳躍の中盤にかけて大きな差はみられなかったが, 踏切の中盤以降の約50%時点から70%時点において江島選手は伸展のタイミングが遅かった. 右股

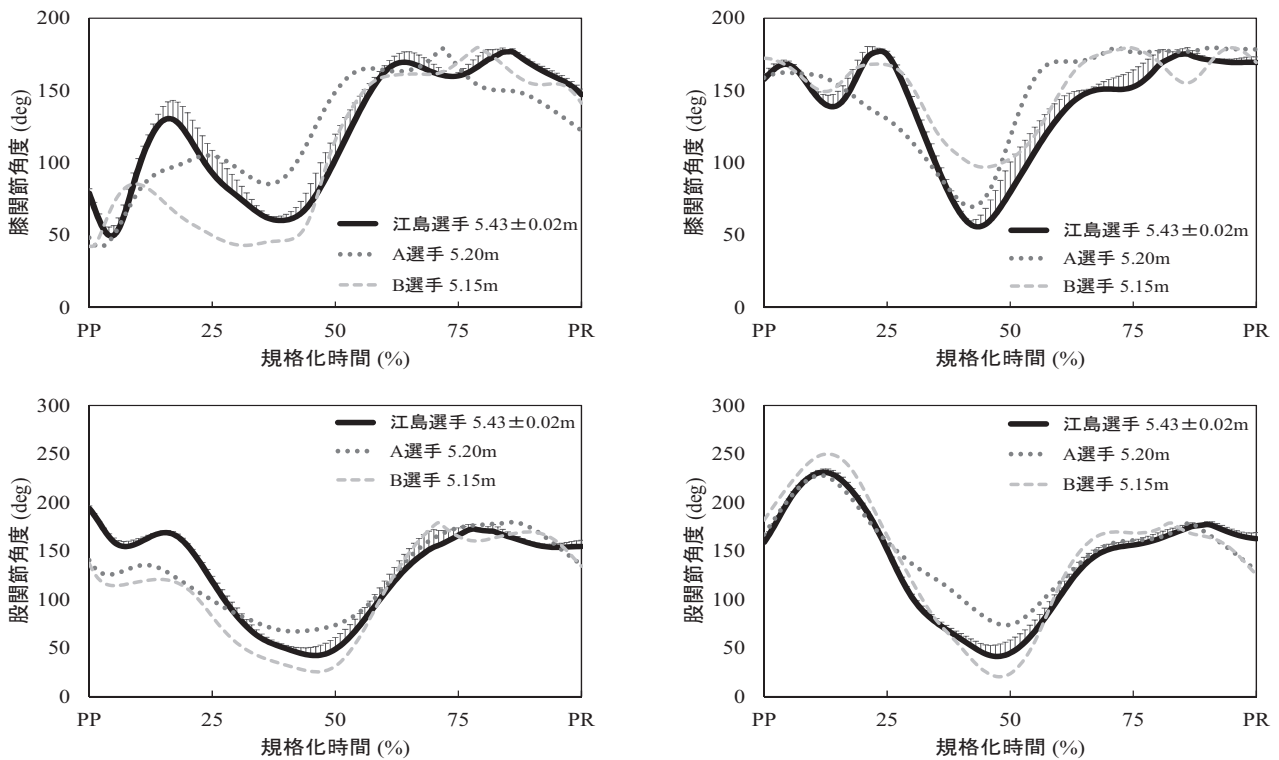


図5 左右の膝関節角度（上図）および股関節角度（下図）の変化

関節はPPから約25%時点にかけての跳躍の前半で江島選手がやや伸展位であり、左股関節は約50%時点において3選手の動作に違いがみられた。

体幹の動作ではPPから約25%時点にかけての江島選手は他の2選手と比較すると体幹が後傾した姿勢であり、その後も約50%時点の跳躍中盤にかけて、B選手と比較すると体幹が後傾していた。

棒高跳の跳躍動作はポールへの突っ込み（PP）後、踏切（TO）、身体のスイング、最大ポール湾曲（MPB）前後でのロックバック、引き上げ、ターン、ポールリリース（PR）後のクリアランスと呼ばれる一連の動作によって構成されている（有川ほか，2016）。

まず、PPにおける3選手の姿勢を比較すると江島選手は体幹が後傾していることによって、踏切足に対して右手が後方に位置していた（図3：0%）。指導現場においてポールを突っ込む際には踏切での減速を抑えるために右手に対して踏切足が真下に位置することが理想的だとされており（田中，2013）、江島選手はグリップ高に対して踏切位置がボックスに近い可能性が示唆され、その結果として踏切脚のつま先に対してグリップが後方にある状態で踏切動作を開始していたと考えられる。

次に、TOからMPBにかけては助走で獲得した運動エネルギーを利用してポールを大きく曲げることが重要な課題となる（武田ほか，2006）。この局面における各選手の上肢の動作は類似していたが、下

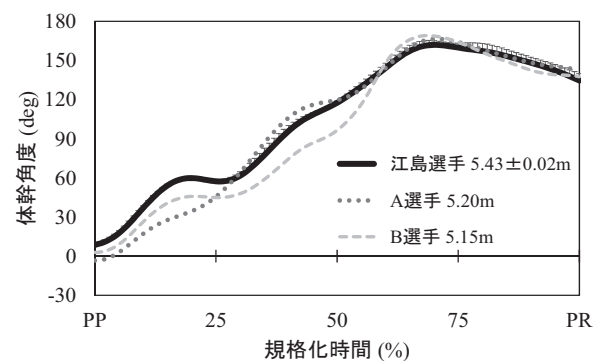


図6 体幹角度の変化

肢の動きに着目すると江島選手はTO直後からリードレッグの膝関節を大きく伸展させており、その後の屈曲も大きかった。また、右股関節は2選手と比較すると伸展位を保っており、TOからMPBにかけて江島選手はリードレッグをあまり大きく引き上げていなかったと考えられる。一方で、体幹を後傾させるタイミングが早かったことでTO後の姿勢が2選手と大きく異なっていた（図3：10%-20%）。武田ほか（2007）は、TO直後はポールに大きな力を作用させるために、TO後の姿勢を一時的に維持しスイングのタイミングを遅らせることが有効であると報告している。そのため、江島選手が他の2選手と比較して早いタイミングで体幹を後傾させ始めていたことは、ポールに作用する力が小さくなる動作である可能性が示唆される。しかしながら、江島選手

は最もポールの湾曲も大きく、助走で獲得した速度と踏切を活かすことで十分な力をポールに加えることができていたと考えられる。

MPB以降からクリアランスにかけての動作については3選手にあまり大きな差はみられず、抜きの高さにも大きな差がみられなかったことから、本報告の対象者の跳躍記録に対する影響は少なかったと考えられる。しかしながら、MPB以降の動作に関してはターン動作を伴うため、2次元的な動作分析による評価には限界があり、今後は3次元的な分析によりその詳細を明らかにしていくことが必要になると考えられる。

以上のように、PP以降の跳躍動作についてはPPからMPBにかけて江島選手に他の2選手と比較して異なる特徴がみられ、それらは踏切における大きな減速やポールに加える力が小さくなることにつながる可能性が示唆されるものであった。しかし、跳躍記録は江島選手が0.2m以上大きかったことから、高校生のトップ選手においては、グリップ高を高くし助走で大きなスピードを獲得して低く踏切することにも重点を置く必要があると考えられるであろう。一方で、棒高跳の跳躍動作に関する基礎的なデータは不足しており、競技レベルの向上が著しい高校生トップ選手を含むU20世代に関するものは特に乏しいことから、今後も継続的にデータ収集を行い、競技レベルの向上と跳躍動作の関係性について検討していくことが、更なる競技レベルの向上や指導現場におけるコーチングへと還元するために必要になると考えられる。

5. まとめ

本報告では、江島選手の跳躍動作の特徴について、高校トップ選手と比較することでその特徴を検討した。江島選手は比較対象の2選手と比較すると、助走で大きな速度を獲得し、さらに低い踏切をすることによってポールを大きく湾曲させていたことが跳躍記録に影響していたことが明らかになった。跳躍動作については、ポールの突っ込み時の姿勢に他の2選手と異なる特徴が見られ、踏切位置が近いことによって踏切足に対して右手のグリップが後方に位置し、踏切での減速につながっていた可能性が示唆された。

参考文献

有川星女, 遠藤俊典, 塚田卓巳, 豊島陵司, 小山宏

之, 田内健二 (2016) 棒高跳の跳躍動作における女子世界トップレベル選手の特徴: 同記録の男子選手と比較して. 体育学研究, 61, 629-637.

Frère, J., L'hermette, M., Tourny-Chollet, C. (2010) Mechanics of pole vaulting: a review. Sports Biomech., 9, 123-128.

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. 世界一流競技者の技術. ベースボールマガジン社, pp193-204.

小山宏之, 村木有也, 武田理, 大嶋雄治, 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.

Linthorne, N. P. (2000) Energy loss in the pole vault take-off and the advantage of the flexible pole. Sports Engineering, 3, 205-218.

武田理, 村木有也, 小山宏之, 阿江通良 (2005) 身体重心速度およびポール湾曲度からみた男子棒高跳選手のバイオメカニクスの分析. 陸上競技研究紀要, 1, 30-35.

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, 村木有也, 吉原礼, 阿江通良 (2007) 記録水準の異なる男子棒高跳選手の跳躍動作に関するバイオメカニクスの分析. 陸上競技研究紀要, 3, 123-126.

田中光 (2013) 棒高跳. 陸上競技指導教本アンダー16・19 [上級編] レベルアップの陸上競技. 大修館書店, pp65-71.

Wells, R. P., D. A. Winter (1980) Assessment of signal and noise in the kinematics normal, pathological and sporting gaits. Human Location, 1, 92-93.

高校生における陸上競技の継続および非継続に係る要因

渡邊將司¹⁾ 明珍直樹²⁾ 上地 勝¹⁾ 久保佳彦³⁾ 森丘保典⁴⁾ 三宅 聡⁵⁾ 繁田 進⁶⁾
尾縣 貢^{5,7)}

- 1) 茨城大学教育学部 2) 茨城県立伊奈高等学校 3) 茨城県高等学校体育連盟
4) 日本大学スポーツ科学部 5) 日本陸上競技連盟 6) 東京学芸大学教育学部
7) 筑波大学体育系

Factors for high school athlete continuance or quitting track and field activities

Masashi Watanabe¹⁾ Naoki Myoutin²⁾ Masaru Ueji¹⁾ Yoshihiko Kubo³⁾
Yasunori Morioka⁴⁾ Satoshi Miyake⁵⁾ Susumu Shigeta⁶⁾ Mitsugi Ogata^{5),7)}

- 1) College of Education, Ibaraki University
2) Ina High School
3) Ibaraki High School Athletic Federation
4) College of Sports Sciences, Nihon University
5) Japan Association of Athletics Federation
6) Faculty of Education, Tokyo Gakugei University
7) Faculty of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba

Abstract

This study of second-year high school students was conducted to elucidate factors for continuance and non-continuance of track and field activities. This questionnaire survey was designed to elicit their factors for continuance and non-continuance of extracurricular activities. Of high school student questionnaire recipients (19,843), 82% responded. Among respondents, we chose 633 students who had been track and field club members in junior high school. Analysis results show that students who had continued track and field participation tended to show strong ambition and positive feelings for track and field activities, also showing high performance, active support by family, and relative age effects during the junior high school period. Students who changed to other activities tended to feel attracted to other sports. Many such students had been invited to other activities by older students or friends. They felt they had limited ability to participate in track and field activities. Among female respondents, practice sessions were often reported as difficult. Whether track and field or not, students who quit extracurricular activities tended to feel not only friction among teammates but also feelings of limited ability and difficulty from incompatibility with studies. Students who quit extracurricular activities when entering high school tended to feel less interested in joining extracurricular activities. They were satisfied with sufficient accomplishments during junior high school and felt attracted to other activities such as part-time jobs.

I 緒言

笹川スポーツ財団(2015)によると、学校の運動部(以下、運動部活動)またはスポーツクラブに所属している者は、小学生で72.0%、中学生で74.5%、高校生で51.2%と報告している。このよ

うに、部活動やスポーツクラブの継続が中学校から高校にかけて減少することがわかる。

高校まで運動習慣を継続することは将来の健康と関連する。中学・高校と運動部活動またはスポーツクラブ活動の経験がある者は、経験なしまたは中学のみの者と比較して、20歳以降で高い体力・運動

能力を有している（文部科学省 2010）。特に 50 歳以上では、経験なし群と中学のみ群の体力・運動能力は同程度になるので、中高齢期まで高い体力を維持するためには、少なくとも高校まで運動習慣を継続することが重要である。

運動部活動の継続・非継続に関する研究はいくつか報告がある。青木（1989）は、高校生を対象にして運動部活動の継続と途中退部に関する質問紙調査を実施した。その結果、高校生の運動部活動の途中退部の理由として、「人間関係のあつれき」、「他にしたいものがある」、「勉強との両立」（男子のみ）、「けが」（女子のみ）を示していた。また、継続には、「厳しさ」、「レギュラー状況」、「指導者への満足度」、「感動経験」が強く影響していることを明らかにした。池上（2005）も、高校での運動部活動の継続に関して調査した。継続理由として、「仲の良い先輩や友達がいる」、「そのクラブの活動が盛ん」、「強いから」、非継続理由として、「帰りが遅くなる」、「やりたい種目がないから」、「練習が厳しいから」の順に多いことを明らかにした。つまり、継続者は先輩や友達との交友面や所属する部活動の活発な活動に引かれ、非継続者は運動部活動後の帰宅時間が遅くなるという生活時間的な側面と多様なスポーツ種目に関わりたいという欲求に運動部の組織や実態が合っていない可能性があることを示している。横田（2002）は、高校 1 年の 11 月時点で運動部活動に所属していた者を対象にして、6 か月毎に合計 4 回のスポーツ参加動機とバーンアウトに関する質問紙調査を実施した。その結果、途中退部した者は継続者と比較して、初回の調査よりも「向上心・意欲」と「練習に対する成就感」に関する得点が有意に低く、「情緒的消耗」と「コミュニケーションの低減」に関する得点が有意に高いことを明らかにした。

しかし、これらの研究は、途中退部者のみに焦点をあてており、また運動部非継続者が途中退部なのか高校入学時点で部活動に加入しないのかを明確にしていない。さらに、高校で運動部活動を継続する場合でも、中学と同じスポーツを継続している場合と他のスポーツに変更したことがある。池上（2005）は、種目を変更した理由として最も多かったのは「やったことがないから」（68%）であることを明らかにし、小・中学校で経験したことのない種目に惹かれたと考察している。

このように、運動部活動の継続・非継続の理由は全体的には示されているが、陸上競技に焦点をあてた研究は見当たらない。日本陸上競技連盟（2016）は、中学 3 年の登録者数は約 57,000 人であるが、

高校でも陸上競技を継続する者は、男子で 38.5%、女子で 30.5%であることを示した。別な言い方をすれば、高校でも陸上競技を継続しない者は男子で 61.5%、女子で 69.5%であることから、毎年 30,000 人以上の者が中学までで陸上競技を辞めているということになる。高校まで陸上競技を継続することは、将来の健康だけでなく、タレント選手の発掘につながる可能性がある。日本代表選手を対象にして青少年期の競技レベルを調査した研究によると、中学時に全国大会に出場していた者は全体の約 40%であったが、高校では約 80%が全国大会に出場し、その半数以上が全国大会で入賞以上の成績を収めていることを報告している（渡邊ら 2013）。このように、日本代表選手のうち、中学で全国レベルに至った者は半数以下なのである。つまり、中学までで競技を辞めないで高校まで競技を続けることが、タレント選手の発掘にとって重要なのである。そこで本研究は、中学校で陸上競技に中心的に取り組んでいた高校生を対象にして、中学校からの陸上競技の継続、他の活動への変更、途中退部、中止に関係する要因を明らかにする。

II 方法

1. 対象と調査内容

茨城県の全日制高等学校に通う高校 2 年生を対象にして、高校における部活動の継続・変更・中止に関する質問紙調査を実施した。質問紙は先行研究（青木 1989；稲地・千駄 1992；横田 2002）を参考にし、生年月日、性別、中心的に実施していた学外活動、最高成績、家族の支援等を尋ねた。高校における同一活動の継続・非継続については、非継続のパターンには、他の活動への変更、途中退部、入学当初から取り組んでいない（中止）が想定されたため、同一活動の継続を含めて 4 択で尋ねた。途中退部の場合、どのような活動に取り組んでいたのかは尋ねていなかった。その後、継続・非継続の理由等を最大で 3 つまで尋ねた。使用した質問紙は付録 1 に示した。

調査を実施するにあたって、茨城県高校体育連盟評議員会（2016 年 4 月開催）において、各学校の代表者に調査の概要を説明した。その後、対象人数分の質問紙を各学校長宛てに依頼文とともに郵送した。その際、2016 年 6 月末を返信の期限とした返信用封筒を同封して早期の返信を促した。最終的には、120 校中 98 校（82%）からの返信があり、19843 名の回答を得た（2016 年 7 月末）。データの入力の後、中学時に陸上競技を中心的に行なってい

表1 継続・非継続者の人数と割合

	男子(298名)		女子(335名)	
	人数	割合	人数	割合
継続	141	47.3	101	30.2
変更	65	21.8	131	39.1
途中退部	26	8.7	40	11.9
中止	66	22.2	63	18.8

未記入者:4名

た者を精査したところ 638 名が対象として抽出された。なお、本研究は茨城大学教育学部研究倫理委員会の承認を得て実施した。

2. 統計分析

中学校からの継続・非継続および高校からの開始理由については、男女別に単純集計して選択された理由の割合を示した。継続・非継続と誕生日、中学時の最高成績、家族の支援との関係についてはクロス集計し、 χ^2 検定を用いて割合の差を検定した。統計処理には JMP8.0 (SAS Institute Inc.) を用い、有意水準は $\alpha = 0.05$ とした。

III 結果

1. 陸上競技を継続する理由と辞める理由

表1には、中学校時に陸上競技を実施していた者のうち、高校でも継続している者と継続しなかった者の人数と割合を男女別で示した。637名中4名は継続・非継続が未記入であったため除外し、633名を分析の対象とした。陸上競技を継続した者は、男子が47.3%、女子が30.2%であった。

図1～4には、陸上競技の継続・非継続の理由を示した。図には選択割合が3%以上の項目を示した。

高校でも陸上競技を継続した理由で際立って多かったのは、男女とも「自分の技能や競技成績を伸ばしたい」、「そのスポーツや活動をするのが好き」で、この2項目を60%以上の者が選択していた(図1)。

他の活動に変更した理由で多かったのは、男女とも「新しい活動に挑戦したい」、「楽しそう」が30%以上で上位を占めた。3位以降の順番は、性差はあるが、10%以上を占めた項目の中で、「先輩や友達に誘われて」、「やりたかったが中学でその活動がなかった」、「自分の能力に限界を感じた」が共通していた。一方、男子で「掛け持ちで出場して良い成績を残した」、「高校の指導者に誘われて」、女子で「中学の時の練習などがつらかった」、「中学の時の活動に十分満足した」が10%以上を占めていた

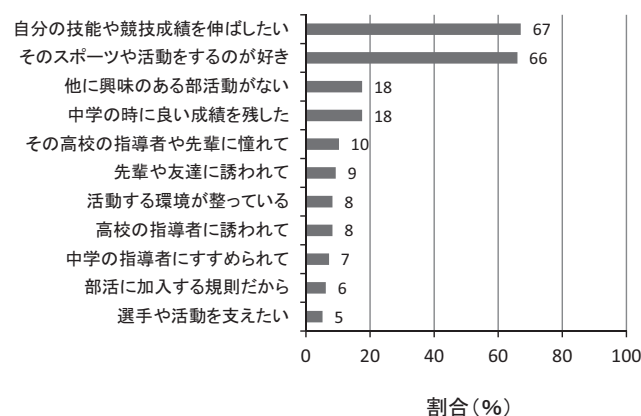
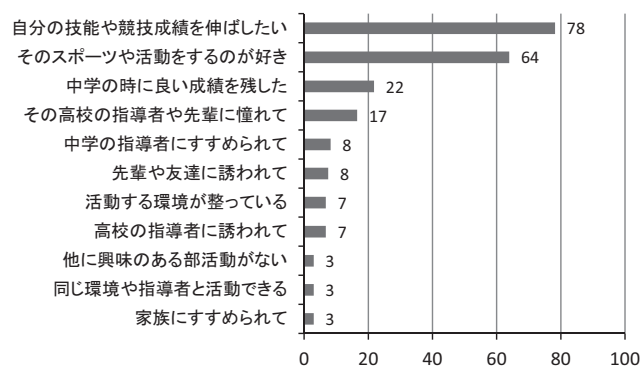


図1 陸上競技を継続した理由
(上図：男子，下図：女子)

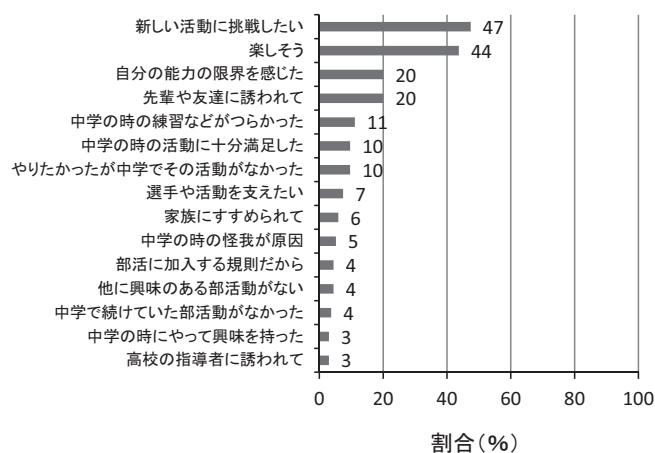
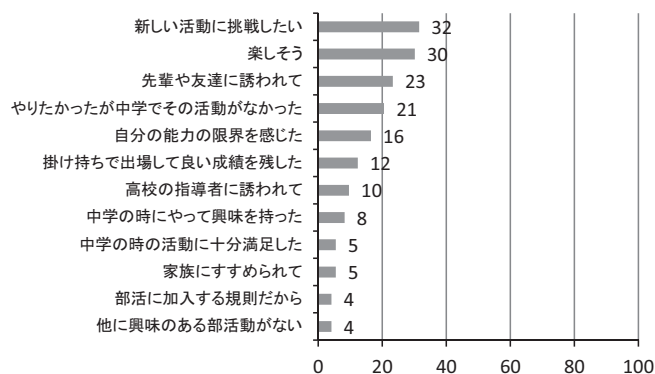


図2 他の活動に変更した理由
(上図：男子，下図：女子)

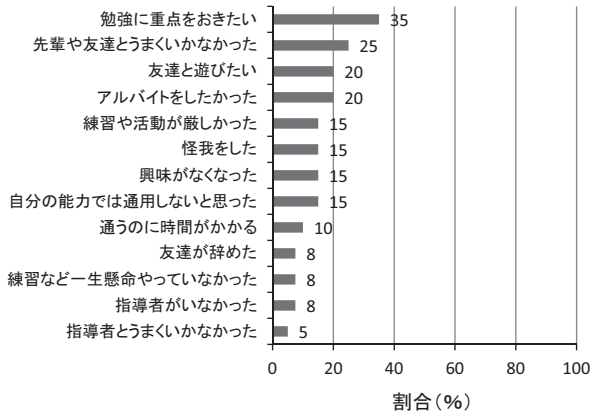
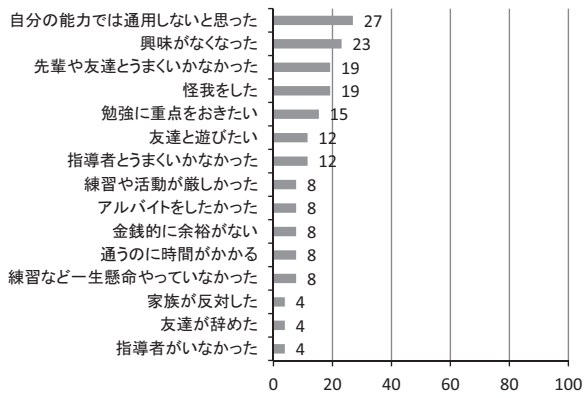


図3 途中退部した理由
(上図：男子，下図：女子)

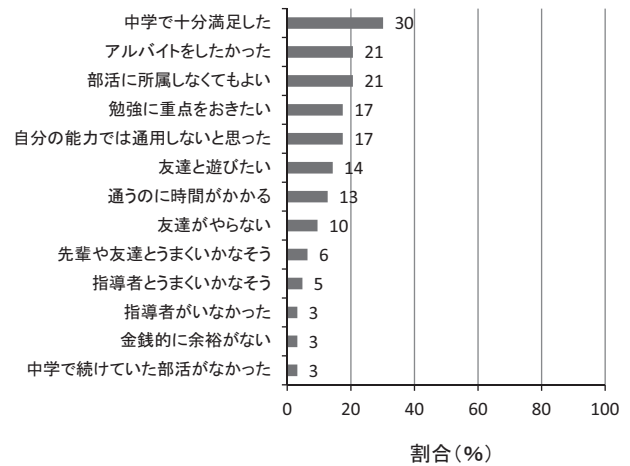
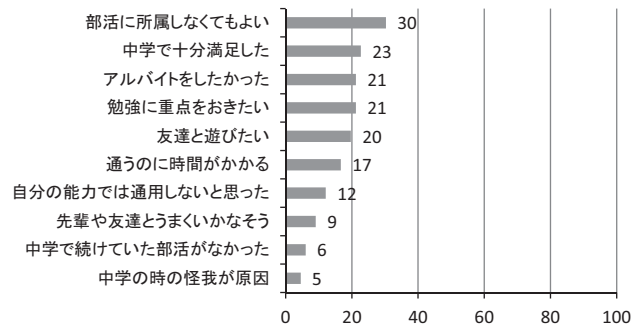


図4 高校入学当初から部活動に取り組まなかった理由 (上図：男子，下図：女子)

(図2). 高校から変更した活動は表2の通りである.

途中退部した理由では，男子では「自分の能力では通用しなかった」，「興味がなくなった」，「先輩や友達とうまくいかなかった」，「怪我をした」，女子では「勉強に重点をおきたい」，「先輩や友達とうまくいかなかった」，「友達と遊びたい」，「アルバイトをしたかった」が上位を占めた (図3).

高校入学当初から部活動に取り組まなかった理由では，男女で順序は異なるものの，「部活に所属しなくてもよい」，「中学で十分に満足した」，「アルバイトをしたかった」，「勉強に重点をおきたい」が4位以内を占めた (図4).

2. 誕生日と継続・非継続との関係

表3には誕生日と継続・非継続との関係を示した. 誕生日カテゴリ内での継続，変更，途中退部，中止者の割合を示した. χ^2 検定の結果，誕生日の分布の割合に有意差は認められなかった. しかし，全体的にみて継続者は学年の前半 (4～9月) に誕生している割合が高い傾向があった.

3. 中学時の競技成績と継続・非継続との関係

図5には，中学時の競技成績別に継続，変更，途

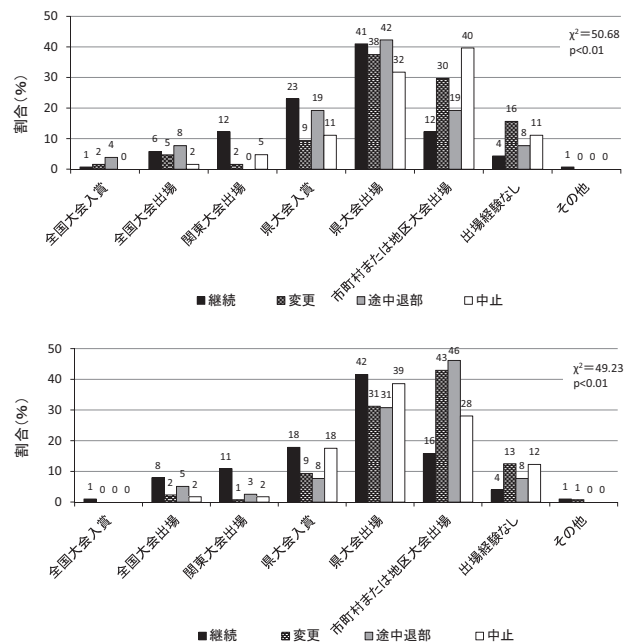


図5 中学時の競技成績と継続・非継続の割合
(上図：男子，下図；女子)

中退部，中止者の割合を示した. 男女とも，「県大会入賞」以上の競技成績では，継続者の割合が最も高かった. 一方，「市町村または地区大会出場」レベルでは，継続者の割合が最も低かった. 「県大会

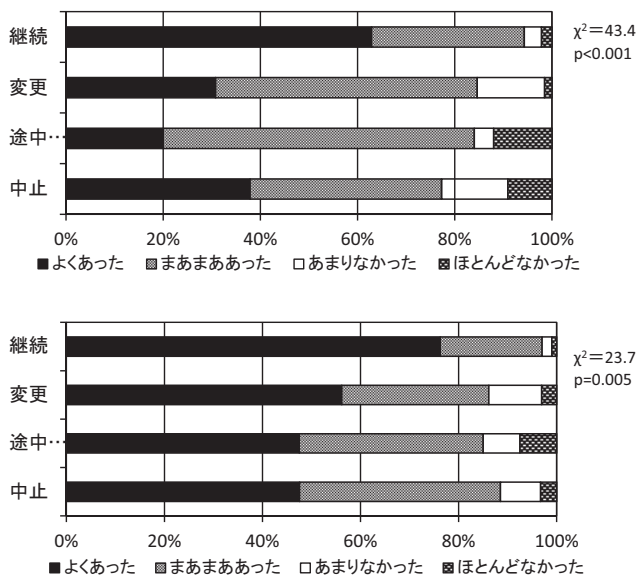


図6 家族の支援と継続・非継続との関係
(上図：男子，下図：女子)

出場」レベルでは，継続者も非継続者も31～42%を占めており，全体的に高い傾向であった。

4. 家族の支援と継続・非継続との関係

図6には，継続，変更，途中退部，中止者別にみた，家族からの支援の程度を割合で示した。選択項目の分布には男女とも有意差が認められた。継続者は非継続者よりも家族からの支援が「よくあった」と選択する者の割合が高く，男子で60%，女子で70%以上であった。

IV 考察

本研究は，中学で陸上競技を中心的に実施していた者を対象にして質問紙調査を実施し，高校における陸上競技の継続・非継続の理由に加えて，誕生日，中学時の競技実績，家族の支援との関係を明らかにした。

本研究は茨城県の高校生を対象にしている。平成26年における日本中学校体育連盟(2014)に登録されている茨城県の陸上部員数は2912名で全国23位であった。一方，中学校の陸上部設置率は32.9%で全国45位，中学校での陸上部員の占める割合は4.9%で全国46位であった。このように，茨城県は中学校の陸上部および部員の占める割合が非常に小さい県であることから，本研究の結果が全国的な傾向を反映しているのかどうかはわからない。

1. 陸上競技の継続に関する要因

陸上競技を継続した理由として，際立って高い割合を示した項目は，男女とも「自分の技能や競技成績を伸ばしたい」，「そのスポーツや活動が好き」であった。選択割合は下がるが，「中学の時に良い成績を残した」，「その高校の指導者や先輩に憧れて」(男子)，「他に興味のある部活動がない」(女子)という項目も上位にあることから，継続している者は向上心が強いとともに，陸上競技への好意度が高いことが窺える。

そのような回答結果の背景には，中学校期での競技成績が影響している可能性が高い。図5をみると，「県大会入賞以上」レベルの者は，非継続者に比べて高い確率で陸上競技を継続している一方で，「市町村または地区大会出場」レベルの者は継続しない割合が高い。これは，青木(1989)と池上(2005)が報告した，「レギュラーであること」や「規模の大きな大会への出場経験があること」は運動継続と関連するという結果と近似する。

「県大会出場レベル」は，継続者・非継続者ともに多い傾向ではあるが，市町村や地区大会レベルで終わらず，県大会というステージに進めさせてあげることが，継続を高める方策となるかもしれない。例えば，県大会への標準記録を引き下げたり，通信大会や総体での種目数を増やすことがアイデアとして挙げられる。実際に，石川県では総体に3000m競歩，近畿地方では円盤投げ，近畿・四国・九州地方では男子三段跳，鳥取県・沖縄県ではジャベリックスローなど，全日中になく種目を県大会からブロック大会レベルで開催している。

2. 陸上競技の非継続に関する要因

陸上競技を継続しない場合，①他の活動に変更，②途中退部，③入学当初から取り組まない(中止)の3パターンが考えられた。ここでは3つの観点から理由と要因を考察する。

2-1. 陸上競技から他の活動への変更

他の活動に変更した理由で割合が高かったのは「新しい活動に挑戦したい」と「楽しそう」で，女子の方が高い値を示した。また，「先輩や友達に誘われて」という項目も上位にあることから，周囲の影響を受けながら，他の活動に魅力を感じて陸上競技から変更したものと思われる。

ネガティブな理由で10%以上の割合を占める項目もあった。「自分の能力の限界を感じた」は男子で16%，女子で20%を占めていた。これは競技成績が関係していると考えられる。「やりたかったが

中学でその活動がなかった」という項目も男子で21%、女子で10%を占めていたことから、中学校で陸上競技を実施することが本望でなかった者も存在していることがわかる。高校から始めた活動をみると、バドミントン、弓道、ダンス、硬式テニスといった、中学校の部活動としては少ないスポーツが目立っていた(表2)。これは、高校で部活動種目を変更した者は、小学校や中学校で経験したことの少ないスポーツに移る傾向があるという池上(2005)の結果とほぼ一致する。

中学校での部活動の過熱が指摘されている現在、過度な練習や長時間の練習の結果、その活動を辞めてしまう可能性、つまり“燃え尽き”で陸上競技を辞めてしまうことが予想された。活動を変更した者のうち、「中学の時の練習などがつらかった」、「中学の時の活動に十分満足した」という回答をした者は、男子では5%以下だったが、女子では10～11%であった。日常の練習に対する負担の受け止め方に性差があり、特に女子に対しての指導者の関わり方は工夫しなければならないだろう。

2-2. 途中退部

途中退部した理由は、男女でやや異なる結果となった。「先輩や友達とうまくいかなかった」を回答した割合が男子で23%、女子で25%と共通して上位に位置していた。先行研究でも途中退部の理由として「人間関係のあつれき」を挙げている(青木, 1989)。このように、途中で退部させないためには、部やクラブ内での人間関係が大切であることがわかる。指導者は、種目のコーチングだけでなく生徒同士の人間関係についても把握しておかなければならないのかもしれない。

男子で最も回答割合が多かったのは「自分の能力では通用しないと思った」であった。高校に入学して陸上競技または他の活動に取り組んだが、周り自分自身の実力差を感じたと思われる。今回の調査対象は高校2年生であることから、入部して1年以内で退部していることになる。その時点で体格的にも体力的にも上級生には及ばないし、今後のトレーニングで実力を高めることは可能なはずである。指導者は選手に対して、自分自身の可能性を信じさせる配慮が必要であろう。

一方、女子では、「勉強に重点をおきたい」の回答割合が最も多かった。青木(1989)の報告では、男子のみであったので、本研究と結果が異なる。原因は不明であるが、時代背景が関係しているかもしれない。男子でも15%の回答割合があることから、両性とも影響は大きいと言えよう。特に進学校では、

表2 高校で変更した部活動

男子			女子		
部活動名	人数	割合	種目名	人数	割合
バドミントン	7	10.8	ダンス	12	9.2
弓道	6	9.2	硬式テニス	10	7.6
バレーボール	5	7.7	バドミントン	9	6.9
サッカー	5	7.7	バスケットボール	7	5.3
硬式テニス	4	6.2			
バスケットボール	4	6.2			
ラグビー	4	6.2			

選択割合が5%以上の種目を表示
マネージャーを含む

大学進学に向けて勉強に費やす時間が多くなる。学校での課外授業や宿題、テストも頻繁に実施される高校もある。当初は部活動と両立を考えていたと思うが、困難と感じて部活動を辞めたものと思われる。

2-3. 入学当初から取り組まない(中止)

男子で最も回答割合が高かったのは、「部活動に所属しなくてもよい」(30%)で、「中学で十分満足した」(23%)と続いた。中学時の競技成績をみると、男子では「市町村または地区大会出場」レベルが40%と最も高い。「出場経験なし」も含めると51%にもものぼる。このように中止した者の競技成績の低さが目立つが、「自分の能力では通用しないと思った」という回答割合は低い(12%)ことから、劣等感が理由で中止する割合はあまり高くないと思われる。中学校の部活動参加は義務感が強く、高校ではその強制力が低い傾向がある。高校で中止する者の30%ほどは、中学の時点ですでに部活動に取り組むことに消極的だったのかもしれない。

女子で最も回答割合が高かったのは「中学で十分満足した」であった(30%)。中学時の競技成績をみると、「県大会出場」が最も高く(39%)、次に「市町村または地区大会出場」が続いて(28%)、男子と異なる傾向を示した。「県大会入賞」で中止している者の割合も男子より高いことから、中学で十分な達成感を感じてしまったものと思われる。

「アルバイトをしたかった」と「勉強に重点をおきたい」も回答割合が高かった。「経済的に余裕がない」という回答割合が低いことから、アルバイトをするのは、家庭の経済的な理由ではないことがわかる。アルバイトを通して交友関係を広げたり、稼いだ給料を自由に使うことに、陸上競技を続けることよりも魅力を感じていたものと思われる。一方で、「勉強に重点をおきたい」の割合も高いが、これは学校の特徴によると思われる。途中退部した者と同様に、特に進学校では、大学進学に向けて勉強に費やす時間が多くなる。入学時のオリエンテーションで部活動との両立を諦めたものと思われる。

表3 誕生月と継続・非継続との関係

	男子				女子			
	継続	変更	途中退部	中止	継続	変更	途中退部	中止
4～6月生	30.5	24.1	29.1	16.3	31.0	25.0	24.0	20.0
7～9月生	29.2	26.2	18.5	26.2	29.5	32.6	21.7	16.3
10～12月生	28.6	20.5	34.6	24.6	24.0	21.8	12.5	24.2
1～3月生	16.5	24.7	19.2	27.7	18.8	17.3	22.5	19.4
χ^2 検定	$\chi^2=7.65, p=0.570$				$\chi^2=5.04, p=0.831$			

数値は割合(%)である。

4月1日生の者は1～3月生区分に含めた

3. 誕生月と継続・非継続との関係

競技成績に影響する要因として、練習環境や指導者や仲間の存在が挙げられるが、その他の要因の一つとして誕生月の影響(相対的年齢効果)も無視できない。全日中大会に出場した者のうち、4～6月生まれは40%であるのに対して1～3月生まれの者は、13%であった(日本陸上競技連盟 2016)。学年前半に誕生した者は後半の者に比べて成長期間が長いことから、体格や体力に優れる傾向にあることは容易に想像がつく。そのような利点もあり、学年前半に生まれた者は高い競技成績を収めやすいと考えられる。しかし陸上競技の継続・非継続に関しては、一定の傾向を確認しにくい(表3)。継続者に着目すると、学年の前半に誕生した者の割合は後半に誕生した者よりも高いが、非継続者ではその逆を示していない。相対的年齢効果は陸上競技を継続する点で重要な要因となる可能性があるが、非継続の理由としては十分でないようである。

4. 家族の支援と継続・非継続との関係

継続者は、家族からの支援が「よくあった」と回答する割合が高かった。その背景には高い競技成績が関係している可能性がある。しかし、高い競技成績を獲得したことで家族の支援が積極的になったのか、家族の支援が積極的だったから高い競技成績につながったのか、その因果関係はここでは不明である。同様に、支援の内容についても尋ねていないので詳細は不明である。いずれにしても、家族の積極的な支援があったことは確かである。

非継続者で、家族の支援が「よくあった」と回答する者は男子で約20～40%、女子で約50%と性差があった。特に女子は家族の支援が「よくあった」と回答する者の割合が約50%であったにも関わらず、陸上継続する割合が男子よりも低い(表1)。家族の支援の仕方の違いも関係している可能性があるため、今後、詳しく調査する必要があるだろう。

VI まとめ

本研究は、高校生における陸上競技の継続・非継続の要因を明らかにした。対象は茨城県の全日制高校に通う2年生で、部活動の継続・非継続に関する質問紙調査を実施した。82%の高校から返信があり、19843名の回答を得た。そのうち、中学校で陸上部に所属していた633名を分析対象とした。得られた結果を以下に示す。

1. 高校で陸上競技を継続している者は、向上心が強く、陸上競技への好意度が高い傾向であった。その背景には、高い競技成績、相対的年齢効果、家族の積極的な支援が関係していた。
2. 陸上競技から他の活動に変更した者は、他のスポーツに魅力を感じる傾向で、その背景には先輩や友達の誘いや自分自身の能力の限界を感じていた。女子においては練習の厳しさも関係していた。
3. 陸上競技にかかわらず途中で退部した者は、人間関係のあつれきだけでなく、自分自身の能力の限界を感じたことや勉強との両立困難が関係していた。
4. 入学当初から取り組まなかった者は、部活動に所属することに興味がなかったり、中学に十分な達成感を感じていたこと、アルバイトなど他の活動に魅力を感じている傾向であった。

文献

- 青木邦男(1989) 高校運動部員の部活動継続と退部に影響する要因. 体育学研究, 34: 89-100.
- 池上寿伸(2005) 運動部活動における継続性に関する研究. 佐賀大学文化教育学部研究論文集, 9: 223-236.
- 稲地裕昭, 千駄忠至(1992) 中学生の運動部活動における退部に関する研究～退部因子の抽出と退部予測尺度の作成. 体育学研究, 37: 55-68.

- 文部科学省 (2010) 平成 22 年度体力・運動能力調査報告書. http://www.mext.go.jp/b_menu/toukei/chousa04/tairyoku/kekka/k_detail/1311808.htm (参照日: 2017 年 3 月 7 日)
- 日本中学校体育連盟 (2014) 平成 26 年度加盟校調査集計表. <http://www.njpa.sakura.ne.jp/kamei.html> (参照日: 2017 年 1 月 29 日)
- 日本陸上競技連盟 (2016) トップアスリートへの道～タレントトランスファーガイド～. <http://www.jaaf.or.jp/athleticclub/transferguide.pdf> (参照日: 2017 年 1 月 29 日)
- 笹川スポーツ財団 (2015) 青少年のスポーツライフデーター 10 代のスポーツライフに関する調査報告書ー. 61 - 67.
- 横田匡俊 (2002) 運動部活動の継続及び途中退部にみる参加動機とバーンアウトスケールの変動. 体育学研究, 47: 427 - 437.
- 渡邊將司, 森丘保典, 伊藤静夫, 三宅 聡, 森 泰夫, 繁田 進, 尾縣 貢 (2013) オリンピック・世界選手権代表選手における青少年期の競技レベルー日本代表選手に対する軌跡調査ー. 陸上競技研究紀要, 9: 1 - 6.

高校における部活動の継続，変更，中止に関するアンケートのお願い

茨城県において部活動の加入率は中学から高校にかけて低下しますが，その原因については明らかになっていません。そこで今回，高校における部活動の継続，変更，中止に関する理由を明らかにし，中学や高校での部活動の在り方について考えていきたいと思っています。ご協力いただけますようお願い致します。

以下の質問について，当てはまるものの番号に○をつけてください。当てはまらない質問がある場合には次に進んでください。

問 1. 生年月日を教えてください。(平成 年 月 日生まれ)

問 2. 性別を教えてください。(①男 ・ ②女)

問 3. 運動やスポーツをすることは好きですか。(①好き ②まあまあ好き ③あまり好きではない ④嫌い)

問 4. 自分自身の運動能力についてどう思いますか。

(①高いと思う ②やや高いと思う ③やや低いと思う ④低いと思う)

問 5. 中学の時，部活動（学校の運動部または文化部）に所属していましたか。

(①所属していた ②所属していたがほとんど参加しなかった ③途中で辞めた ④所属していなかった)

問 6. 中学の時，部活動よりも力を入れていた学外活動（学校ではないクラブスポーツや習い事）はありますか？

(①ある ・ ②ない) *習い事に学習塾は含みません

問 7. 中学の時の部活動または学外活動のうち，中心的に実施していた活動 1つに○を付けてください。

- ①陸上競技 ②バレーボール ③軟式野球 ④サッカー ⑤ソフトテニス ⑥バスケットボール
 ⑦ハンドボール ⑧ソフトボール ⑨卓球 ⑩剣道 ⑪柔道 ⑫バドミントン
 ⑬弓道 ⑭水泳 ⑮体操競技 ⑯空手道 ⑰硬式テニス ⑱硬式野球 ⑲吹奏楽
 ⑳美術 ㉑書道 ㉒合唱 ㉓パソコン ㉔ピアノ ㉕その他 ()

問 8. 中学の時，中心的に実施していた部活動または学外活動の最高成績 1つに○を教えてください。

- ①国際大会出場（日本代表レベル） ②全国大会上位入賞（おおよそ全国 4 位以上）
 ③全国大会入賞（おおよそ全国 8 位以上） ④全国大会出場
 ⑤関東大会出場 ⑥県大会入賞（おおよそ 8 位以上） ⑦県大会出場
 ⑧市町村または地区大会出場 ⑨出場や発表などの経験なし ⑩その他 ()

問 9. 中学の時の部活動や学外活動でのあなたの役割（種目，ポジション，パートなど）を教えてください。役割が複数ある場合は，中心的に行なっていた順に左から記述してください。

()

問 10. 中学の時の部活動や学外活動でのあなたの立場について，当てはまるもの 1つに○を付けてください。

- ①運動部では正選手・文化部ではコンクールなどの代表またはメンバーだった（ほぼ毎回選出）
 ②正選手・代表・メンバーになったりならなかったり（半々くらいで選出）
 ③ほとんど正選手・代表・メンバーにならなかった（選ばれても 1～2 回程度）

問 11. 中学の時，あなたが部活動や学外活動に取り組むにあたって，家族の応援や励ましはありましたか。

(①よくあった ②まあまああった ③あまりなかった ④ほとんどなかった)

付録 1 のつづき

問 12. **高校での部活動や学外活動への取り組みについて、当てはまるもの 1 つ**に○を付けてください。

- ①中学と同じスポーツや活動を、高校でも継続している（軟式野球から硬式野球、ソフトテニスから硬式テニスなどを含む）
- ②高校では中学と違うスポーツや活動に、変更して実施している（中学は無所属で高校から所属した者などを含む）
- ③高校では部活動や学外活動を途中で辞めてしまって、今は特に何も取り組んでいない
- ④高校入学当初から、部活動や学外活動に取り組んでいない

問 13. **問 12 で①(中学と同じ活動を継続)を選択した方への質問です。その理由を下の枠から 3 つまで**選んでください（3 つない場合は 1 つや 2 つでもかまいません）。

- ①自分の技能や競技成績を伸ばしたい
- ②そのスポーツや活動をするのが好き
- ③中学の時に良い成績を残した
- ④中学の指導者にすすめられて
- ⑤高校の指導者に誘われて
- ⑥先輩や友達に誘われて
- ⑦家族にすすめられて
- ⑧その高校の指導者や先輩に憧れていた
- ⑨同じ環境や同じ指導者と活動できる
- ⑩活動する環境が整っている
- ⑪他に興味のある部活動がない
- ⑫部活に加入する規則だから
- ⑬選手や活動を支えたい
- ⑭その他（ ）

問 14. **問 12 で②(中学と異なる活動に変更)を選択した方への質問です。その理由を下の枠から 3 つまで**選んでください（3 つない場合は 1 つまたは 2 つでもかまいません）。

- ①やりたかったが中学でその部や活動がなかった
- ②中学の時に掛け持ちで試合に出場して良い成績を残した
- ③中学の指導者のすすめ
- ④高校の指導者に誘われて
- ⑤先輩や友達に誘われて
- ⑥家族にすすめられて
- ⑦中学と同じ部活動をやりたかったが指導者がいなかった
- ⑧中学の活動に自分の能力の限界を感じた
- ⑨中学の時の練習などがつらかった
- ⑩中学で続けていた部活動がなかった
- ⑪楽しそう
- ⑫新しい活動に挑戦したい
- ⑬中学の時の活動に十分満足した
- ⑭他に興味のある部活動がない
- ⑮中学の時にやって興味を持った
- ⑯部活に加入する規則だから
- ⑰選手や活動を支えたい
- ⑱中学の時の怪我が原因
- ⑲その他（ ）

問 15. **問 12 で③(途中で辞めた)を選択した方への質問です。その理由を下の枠から 3 つまで**選んでください（3 つない場合は 1 つまたは 2 つでもかまいません）。

- ①指導者がいなかった
- ②部が練習など一生懸命やっていなかった
- ③自分の能力では通用しなかった
- ④勉強に重点をおきたい
- ⑤通うのに時間がかかる
- ⑥金銭的に余裕がない
- ⑦友達が辞めた
- ⑧家族が反対した
- ⑨興味がなくなった
- ⑩怪我をした
- ⑪指導者とうまくいかなかった
- ⑫アルバイトをしたかった
- ⑬友達と遊びたい
- ⑭先輩や友達とうまくいかなかった
- ⑮練習や活動が厳しかった
- ⑯その他（ ）

問 16. **問 12 で④(高校入学当初から取り組んでいない)を選択した方への質問です。その理由を下の枠から 3 つまで**選んでください（3 つない場合は 1 つまたは 2 つでもかまいません）。

- ①中学で十分満足した
- ②中学で続けていた部活がなかった
- ③自分の能力では通用しなかった
- ④友達と遊びたい
- ⑤勉強に重点をおきたい
- ⑥通うのに時間がかかる
- ⑦金銭的に余裕がない
- ⑧部活に所属しなくてもよい
- ⑨指導者とうまくいかなそう
- ⑩先輩や友達とうまくいかなそう
- ⑪アルバイトをしたかった
- ⑫指導者がいなかった
- ⑬友達がやらない
- ⑭家族が反対した
- ⑮中学の時の怪我が原因
- ⑯その他（ ）

問 17. **高校で部活動か学外活動に取り組んでいる方は、中心的に実施している活動 1 つ**に○を付けてください。

- ①陸上競技
- ②バレーボール
- ③軟式野球
- ④サッカー
- ⑤ソフトテニス
- ⑥バスケットボール
- ⑦ハンドボール
- ⑧ソフトボール
- ⑨卓球
- ⑩剣道
- ⑪柔道
- ⑫バドミントン
- ⑬弓道
- ⑭水泳
- ⑮体操競技
- ⑯空手道
- ⑰硬式テニス
- ⑱硬式野球
- ⑲吹奏楽
- ⑳美術
- ㉑書道
- ㉒合唱
- ㉓パソコン
- ㉔ピアノ
- ㉕その他（ ）

問 18. 問 17 で選んだ活動は、主にどちらですか。（①学校の部活動 ②学外のクラブ等）

問 19. 問 17 で選んだ活動の役割を教えてください。

- ①選手・制作者・奏者など、自分自身が活動者である（種目やポジションなど： ）
- ②マネージャーや補助者など、活動する人を支えている

帽子着用が暑熱環境下の長距離走に及ぼす影響

吉塚一典¹⁾ 濱田臣二²⁾ 川尾勇達³⁾

1) 佐世保工業高等専門学校 2) 北九州工業高等専門学校 3) 熊本高等専門学校

Effect of wearing a cap on long-distance running in a hot environment

Kazunori Yoshizuka¹⁾ Shinji Hamada²⁾ Hayato Kawao³⁾

1) National Institute of Technology, Sasebo college

2) National Institute of Technology, Kitakyusyu college

3) National Institute of Technology, Kumamoto college

Abstract

This study was conducted to examine the effects of wearing a cap on long-distance running during interval training (400 m × 10 sets) in a hot environment. The results showed an increase in tympanic temperature (T_{tym}) up to 38.8°C ± 0.3°C with a cap and 38.7°C ± 0.3°C without a cap, indicating no significant difference between the two conditions. A significantly lower rating of perceived exertion despite the heat was observed during intervals in the subjects who did not wear a cap, thus revealing that the subjects were more comfortable without a cap.

These results suggest that wearing a cap did not attenuate T_{tym} elevation during an approximately 20-minute long-distance run. Rather, it reduced the runners' comfort owing to the increase of sense of effort and heat.

I. 緒言

2020年の東京オリンピックでは、マラソンや競歩などの長距離種目にとって過酷な暑熱環境下での競技となることが予想されている。他にも中学、高校など各種全国大会も夏季に実施されている現状を鑑みると、熱中症などへの安全面のみならず、暑熱環境下でいかに競技パフォーマンスを発揮させるかも重要な課題である。

運動と体温の関係は多くの研究が行われてきたが、日本では1984年のロス五輪、1991年の東京での世界選手権開催を契機とし、日本陸連と日本体協のスポーツ科学研究所を中心に研究と対策が進められた。その結果、日本選手が暑熱下マラソンで好成績を上げたとともに、「熱中症予防ガイドブック」(川原ら1999)や「陸上競技の水分摂取マニュアル」(梶原ら1997)など、現場での熱中症予防対策の普及が進んだ。

一方、近年、脳温の上昇が疲労の要因となる(Nybo

et al 2008, Nielsen. et al 2001) ことが明らかになった。つまり夏季の大会で成績を残すためにも、体温の上昇防止対策を考えることは重要なことである。

運動中の体温上昇を防ぐための様々な対応策(クーリング、給水、水かけ)も検討されているが、外部から入る熱を防ぐ「遮熱」も重要なことと考えられており、以前から炎天下での帽子の着用が呼びかけられている。帽子に関しては、着帽により鼓膜温や直腸温の上昇度や頭頂部の温度が低く抑えられること、発汗量が少ないこと(緑川ら1992, 寄本ら1982)など輻射熱を防ぐ効果が明らかにされているが、これらは気流のない状況を対象にしたものである。走ることで秒速5mほどの「強制対流」が発生するランニングは、他の運動種目に比べ多くの気流を前面から受けながら運動することになる。つまり、ランニング中の着帽は遮熱のメリットだけではなく、減風による放熱阻害のデメリットも併せ持つ可能性がある。しかし、このような特性を併せ

持つランニング中の着帽について、現場レベルで調べた研究はほとんど見られない。

そこで、本研究では長距離走時の帽子着用が、鼓膜温を中心とした生理学的指標並びに選手の感覚的指標に及ぼす影響について調べることを目的とした。

II. 方法

1. 被験者

被験者はS高専の陸上競技部に所属し、中長距離を専門とする男子部員8名とした。全ての被験者には、実験の内容についてその危険性を含めて十分な説明をし、参加への同意を得た。被験者の身体特性は、年齢が 17.8 ± 1.2 歳、身長が 171.5 ± 3.7 cm、体重が 57.7 ± 4.8 kgであり、5000m走のベストタイムは $16'01'' \pm 37''$ であった。被験者は実験前2日から実験終了まで学寮で生活させ、同一の食事を摂取させた。水分摂取についてはアップ開始以降、実験終了まで禁止した。

2. 実験手順

実験は、暑熱環境であり、かつWBGTの条件がほぼ同程度となった2日間（平成25年7月28日及び7月31日の10時～15時）を選んで、S高専の400mトラック（土質）で実施した。実験は、帽子を着用しない無帽条件（以下無帽）と、ランニング用メッシュキャップ（図1）を逆向き（つばが後ろ）に着用させた着帽条件（以下着帽）の2条件とし、全被験者がこの2日間で両方の条件の測定に参加した。なおウォーミングアップ（15～20分）時は両条件とも帽子を着用せず、帽子の着用はアップ後の測定を終えた時点とした。なお測定にはクロスオーバーデザインを用い、8名の被験者を①4名、②4名に分けて測定し、2回目には①、②の条件を入れ替えて測定を行った。

主運動は400m×10セットのインターバルトレーニングとし、400m走のペースは各自の5000mの記録を400mに換算した記録-1秒に設定し、各疾走間には1分間の休息をはさんだ。なおこのタイム設定は、本研究で用いた暑熱環境下において、ほぼ最後まで完遂できると予想されるものにした。インターバルトレーニングの時間は、休息时间も含めて約21分間であった。

ウォーミングアップを行う前には鼓膜温と体重を測定した（以下アップ前と呼ぶ）。その後15～20分のウォーミングアップを行い、10分間の休息



図1. 帽子および実験の様子

をはさんでから、再度鼓膜温と体重の測定を行った（以下アップ後と呼ぶ）。主運動を開始してからは、各疾走間の休息を1分間とし、休息時には毎回鼓膜温、心拍数（HR）、主観的運動強度（RPE）、主観的暑さ感覚（以下暑さ感覚）の測定を実施した。短時間で測定を完了させるため、被験者1名につき4名の検者が作業を分担し、鼓膜温の測定と同時進行でHRの確認および、RPE、暑さ感覚を口頭で回答させた。その後テント外でサーモショット（F30、Avio製）により表面温を撮影するまでを約50秒で終え、次セットのスタートの10秒前にはトラックに待機させた。また最終10セット目の終了後には、鼓膜温などとともに体重の測定を行った（以下運動後と呼ぶ）。

鼓膜温の測定は、直射日光の影響を受けないよう配慮し、ゴール地点内側に設置したテント内で赤外線式鼓膜体温計ジニアス（日本シャーウッド社製）を用いて実施した。測定に際しては、熟練した検者が外耳を後上方に引っ張って外耳道をまっすぐにし、センサー部分をできるだけ奥まで挿入して鼓膜の方へ向け、安定した数値が出るまで2～4回測定を行ってその最高値を採用した。環境温度の測定は、WBGT温度計（WBGT-103、京都電子工業株式会社製）を用いて20分間隔で測定した。体重の測定は、最小表示50gの体重計（UC-322、ユー・アンド・デイ社製）を用い、ランニングパンツのみを着用させた状態で汗を完全に拭き取ってから実施し、脱水率は $(\text{アップ前体重} - \text{運動後体重}) \div \text{アップ前体重} \times 100$ で算出した。RPEはBorgの尺度の日本語版を用いて、被験者の暑さ感覚については、温冷感の中でも暑さに特化させた6から20までの15段階のスケール（表1）を作成し、数値を口頭にて回答させた。

3. 統計処理

各変数の測定結果は、平均値±標準偏差（mean ±

表 1. 主観的暑さ感覚

20	
19	非常に暑い
18	
17	かなり暑い
16	
15	暑い
14	
13	やや暑い
12	
11	暖かい
10	
9	快適
8	
7	やや涼しい
6	

表 2. 実験時の環境温

	H25年7月28日 14時~16時	H25年7月31日 10時~12時
WBGT	30.9°C (29.9~31.7)	31.3°C (31.2~31.5)
気温	32.6°C (32.1~33.3)	33.8°C (33.0~34.6)
湿度	52.0% (42.8~60.0)	54.0% (47.4~62.0)
風速 (近隣測候所値)	3.3m/s (南南西2.4~4.0)	3.7m/s (南南西2.4~4.3)
平均値 (最低値 ~ 最高値)		

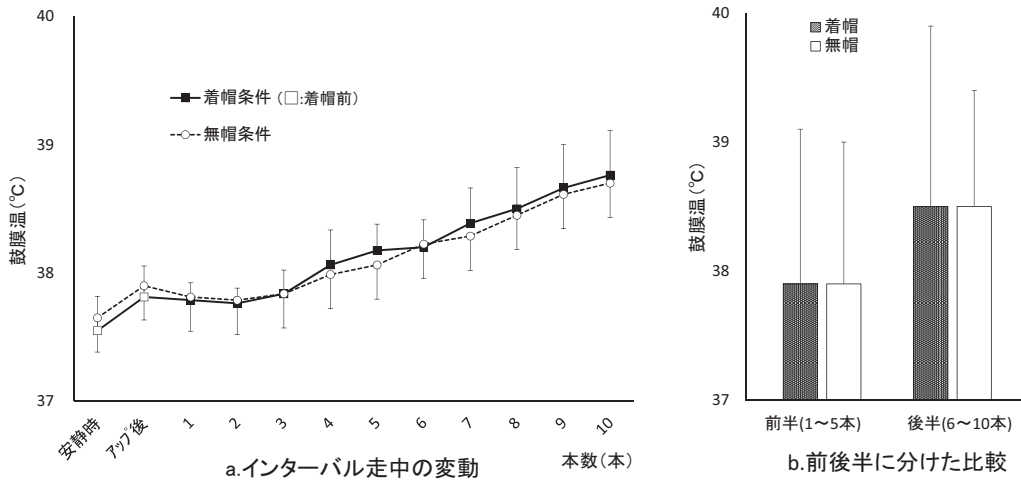


図 2. 鼓膜温 (平均± 標準偏差)

SD) で示した。条件の評価は二元配置分散分析を用い、着帽の効果を検定した。平均値の差の検定には一元配置分散分析を、その後の検定には Tukey を用いた。また着帽の効果を前半と後半に分けて比較するために対応のある t 検定をおこなった。全ての統計処理には SPSS 23 を用い、有意水準は 5% 未満とした。

Ⅲ. 結果

1. 環境条件と運動の遂行状況

表 2 は、実験時の環境条件を示したものである。実験時の WBGT は、平成 25 年 7 月 28 日が平均で 30.9°C (29.9 ~ 31.7°C), 7 月 31 日が 31.3°C (31.2 ~ 31.5°C) と、ほぼ同等の条件であった。これを日本体育協会が示している「熱中症予防のための運動指針」(川原ら 1999) の基準にあてはめると、両日の全ての時間帯が「嚴重警戒」および「原則運動中止」に分類された。なお、本研究で設定した 10 セットのインターバルトレーニングにおいては、被験者全員が最後まで規定のペースに従って ± 1 秒以内で

走ることができた。

2. 鼓膜温

図 2a は、インターバル走中の無帽と着帽の鼓膜温の変動を示したものである。両条件ともインターバル走のセット数が増えるにつれて鼓膜温が上昇し、最終セットでは無帽 38.7 ± 0.3°C, 着帽 38.8 ± 0.3°C まで上昇したが、着帽の効果は認められなかった。図 2b は、10 本のインターバル走を前半 (1 ~ 5 本) と後半 (6 ~ 10 本) に分けて両条件の鼓膜温を比較したものであるが、両条件間に有意な差は認められなかった。

3. 脱水率と HR

表 3 には、運動前に対する運動後の脱水率を示した。開始前からの脱水率は、無帽 1.6 ± 0.3%, 着帽 1.4 ± 0.6% であり、条件間に有意な差は認められなかった。HR は、1 本目無帽 170 ± 7bpm, 着帽 169 ± 6bpm から次第に上昇して 10 本目無帽 188 ± 8bpm, 着帽 187 ± 6bpm となったが、いずれの本数においても両者に有意な差は認められなかった。

表 3. インターバルトレーニング前後での脱水率

	脱 水 率 (%)	
	無帽条件	着帽条件
安静時 vs 運動後	1.6 ± 0.3 (1.2 ~ 2.0)	1.4 ± 0.6 (0.2 ~ 2.3)

平均値 ± S D
(最低値 ~ 最高値)

4. 被験者の感覚 (RPE, 暑さ)

図 3a は、インターバル走中の RPE の変動を示した。無帽、着帽両条件ともセット数の進行につれて RPE も上昇し、最終セットでは無帽 16.4 ± 0.7, 着帽 16.9 ± 1.9 であったが、着帽の効果は認められなかった。図 3b は前半と後半に分けて RPE を比較したものであるが、いずれも着帽のほうが有意に高い値を示した。

図 4a は、インターバル走中の暑さ感覚の変動を示した。両条件とも最終セットの温熱感は無帽 17.1 ± 1.5, 着帽 17.1 ± 1.6 と同値であったが、

帽子の効果 (P<0.05) が認められた。図 4b は前半と後半に分けて選手の暑さ感覚を比較したものである。前半は着帽が 14.8 ± 1.3 と無帽 14.3 ± 0.9 に比べて有意に高い値を示したが、後半は条件間に差が見られなかった。

IV. 考察

1. 生理学的指標 (鼓膜温を中心に) からみた検討

運動中の過度な体温上昇は、熱中症などの疾病を引き起こすとともに、競技パフォーマンスの低下をもたらすことから、給水 (Montain et al 1992, 森本 1987, 寄本 1995) やクーリング (Booth et al 1997, Cotter et al 2004, 井上ら 2009) などによる体温上昇抑制対策も多数研究されている。

しかし、実際の長距離走の現場で実践できる対策は限られており、夏季の 5000m レース直後にはほとんどの選手が高体温に陥り、40.5℃以上の鼓膜温を示した選手も多数みられることが報告 (吉塚

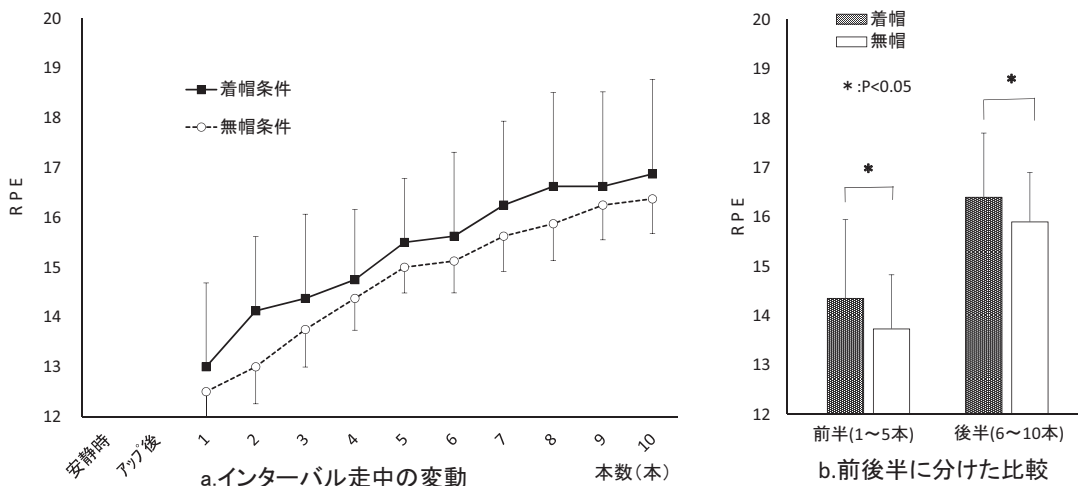


図 3. R P E (平均 ± 標準偏差)

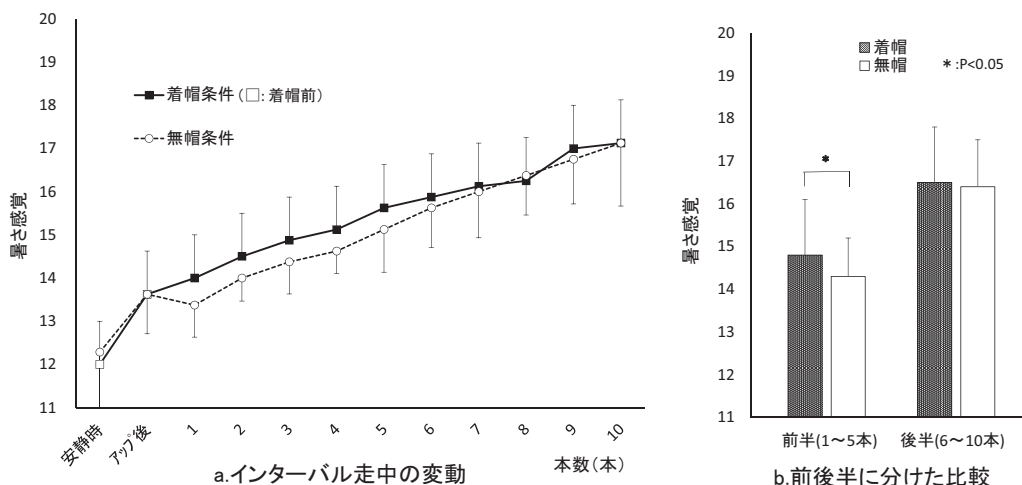


図 4. 暑さ感覚 (平均 ± 標準偏差)

ら 2007) されている。暑さ対策の中でも、最も普及している着帽の有効性については衆知の通りであるが、その中でも今回は 20 分程度のランニングを対象として、鼓膜温に注目して考察する。

今回用いた赤外線式鼓膜温計は、検者の手技により測定誤差が認められることも報告 (Lawrence et al., 1996; Briner, 1996) されているが、鼓膜への接触を必要とせず、瞬時に測定ができるため、選手への負担も少なく、実際のスポーツ現場で多数の被験者を対象とした測定に実用的であるといえる。また、鼓膜温は脳温を反映する (Benzinger, 1959; Mariak et al., 1994) と考えられていること、脳温の上昇が疲労の要因となる (Nybo 2008, Nielsen et al 2001) ことなどから、今回、着帽の効果を検討する 1 つの指標とした。

本研究における鼓膜温 (図 2) を見ると、最終セットで着帽条件 38.8℃、無帽条件 38.7℃とアップ後に比べていずれも 0.8 ~ 1.0℃上昇しており、帽の有無による差は認められなかった。このことにより、炎天下の長距離走 (20 分程度) においては、帽子を着用しても鼓膜温の上昇抑制には効果が低いことが示唆された。一方、着帽による鼓膜温の上昇抑制効果を示した報告 (緑川ら 1992) もみられることから、運動環境や運動時間などによりその効果が異なると考えられ、本研究結果は炎天下での帽子着用自体を否定するものではない。

次に、鼓膜温の変動 (図 2) をみると、1 ~ 2 本目にかけて鼓膜温の一時的な低下傾向を示したのちに上昇に転じた。この変動に関してはこれまでの研究でも多数報告 (岡ら 1999, 増田 1975) されており、増田は、運動開始とともに鼓膜温が一過性に低下し、被験者や運動強度に関係なく発現すること、また低下の程度は 0.03 ~ 0.09℃で、低下した鼓膜温が上昇を開始するまでの潜時は 4 ~ 6 分であると報告している。鼓膜温が一過的な低下するメカニズムについて、内田ら (1987) は、運動開始直後において交感神経作用により皮膚血管が収縮し、皮膚表面の冷たい静脈血が還流するとき、向流熱交換により冷却された動脈血が内頸動脈に流入して鼓膜温が下降するが、筋運動によって温められた血液が脳内に入るため鼓膜温は漸次上昇するとしている。そして運動時における鼓膜温の初期下降は、視床下部温と体温との差を大きくし、放熱を促進させると考えられている。

このような一時的な低下が見られる鼓膜温であるが、図 2 を見ると、無帽に比べて着帽の低下が小さいように見える。有意な差が認められるほどではな

いが、その変動パターンと被験者の主観的暑さ感覚 (図 4) が似ていること、並びに顔面温 (図 5) における無帽 1 本目の低下との関連性など興味深い点である。鼓膜温の一過性の低下には上述したメカニズムがあると理解したうえで、もう一つ気流の影響も考察したい。

頭部への送風に関しては、多くの研究で運動中の体温 (直腸温, 食道温) 上昇の抑制効果が確認 (Shaffrath et al 1984, Caputa et al 1980, Addams et al 1992) されており、鼓膜温を指標とした報告においても、気温 24℃の環境下で顔面に 3.75m/s の送風を行うことで鼓膜温が 0.7℃低下したことが報告 (Germain et al 1987) されている。逆に頭部をフードで覆って風を遮ると鼓膜温が上昇し、ごく軽い運動しかできなくなる (Canbanac et al 1979) ことから、頭部への気流の重要性が確認されている。

このような気流の影響も考えると、着帽における鼓膜温の低下が小さい傾向は、帽子で覆われた部分からの放熱が妨げられたことによる可能性も推察される。本研究では、帽子内の気流量の測定は出来ていないが、メッシュ生地であっても帽子が額や頭部に密着しており、風の抜け道がないことから気流の大半が阻害されていたのではないかと考えられる。今後、帽子内の気流量の測定およびその影響の検討が課題となろう。

顔面への送風によって鼓膜温が低下する機序については、Cabanac (1998) や Nagasaka (2000) らにより、発汗状態のヒト顔面への送風は汗の蒸発を促進し、その結果、顔面表層の血液が冷却され、その血液が眼角静脈経由で頭蓋内に流入し、鼓膜温が低下すると推察されている。

本研究では、サーモショットの画像から顔面部および頭頂部について、そのエリアの平均値を算出してみた。体表面の汗の影響なども懸念されるが、放熱の重要な効果器の役割を持つ頭部の状態を知るため、そのエリアの平均値を顔面温、頭頂部温として考察を加えてみる。

顔面温 (図 5(a)) は、走り始めると安静時の 35℃前後から両条件とも次第に低下して 33℃前後で推移し、帽子の有無による差は認められなかった。この結果は帽子を被っても顔面部分からの放熱は阻害されないことを示唆するものであり、帽子のツバを後ろ向き着用させたことで、顔面への気流がほとんど減じられなかったものと推察される。そのような中で、走り始めの 1 本目において、有意な差ではないものの無帽の値が着帽に比べて低下していた。

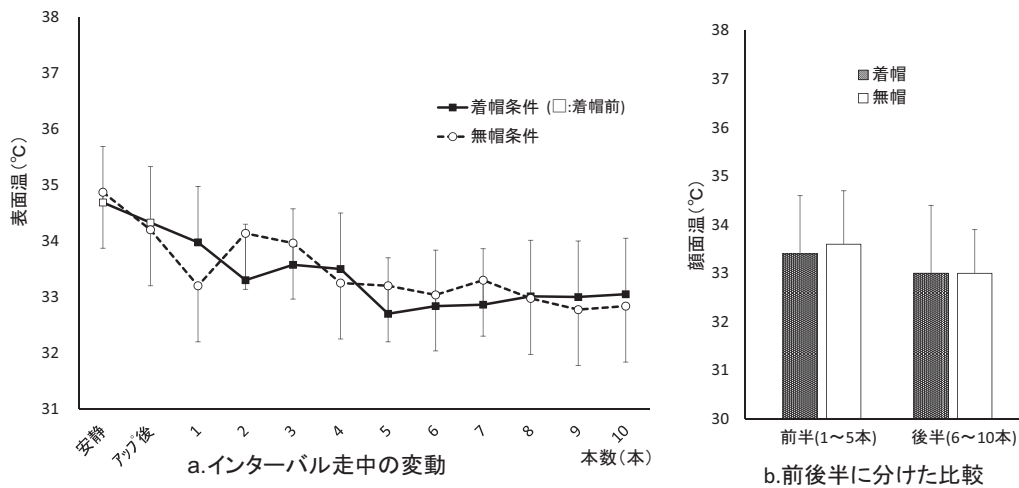


図 5. 顔面温 (平均± 標準偏差)

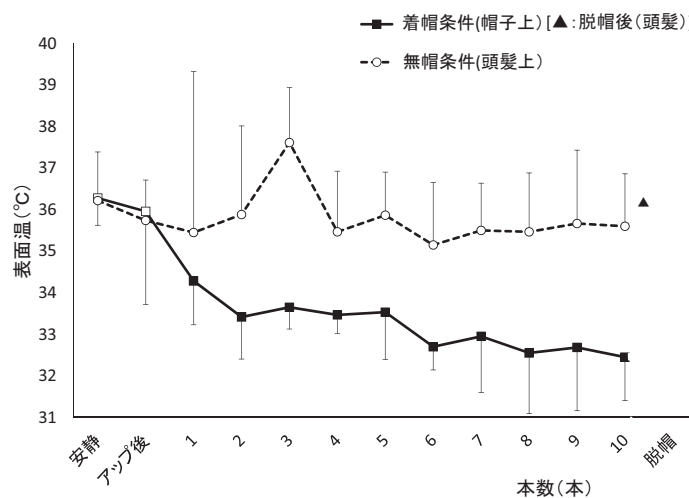


図 6. インターバル走中の頭頂部温 (平均± 標準偏差)

この点と、後述する被験者の暑さ感覚との関係性も興味深い。

次に頭頂部の温度 (図 6) の最終セット後をみると、無帽の頭髪上が $35.4 \pm 1.3^{\circ}\text{C}$ であったのに対し、帽子の生地は $32.4 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ と低い値を示していた。しかし、着帽条件の被験者が帽子を脱いだ直後の頭髪上は $36.2 \pm 1.8^{\circ}\text{C}$ を示しており、帽子内部は帽子上より 4°C ほど高かった。これは、帽子によって気流が妨げられ、頭部の表面温が下がりにくい状態であったことを示唆するものである。

鼓膜温の観点からの考察をまとめると、実際の長距離走では、着帽による遮熱のメリットは見られるものの、帽子に覆われた頭部からの放熱阻害のデメリットも生じていることが示唆され、両者が相殺されていると考えられた。

また、脱水率や、HR においても帽子の有無による差は認められなかった。寄本ら (1982) は着帽が水分損失を防ぐことを報告しており、本研究でも着帽が無帽より脱水率が低い傾向にあったが、有意な

差ではなく、脱水率には運動時間の影響も関与していると考えられた。つまり、本研究では運動時間が 20 分程度と短かったため明確な差が生じる前に運動が終了したとも推察され、より長時間に及ぶ運動であれば、また別の結果となることも考えられる。いずれにしても、20 分程度のランニングの場合、帽子の有無による生理学的 (鼓膜温, 脱水, HR) な影響は小さいと考えられた。

2. 被験者の主観的感覚から見た検討

次に、被験者の感覚や感想を観点に考察を進める。被験者の感覚からは、気流の影響の大きさが窺えた。RPE (図 3) は無帽の方が終始有意に低く、暑さ感覚 (図 4) においても前半は無帽の方がより低い値を示した。これは、顔面への送風により温熱快適感覚が向上したとする報告 (Brown et al 1982) と一致するものであった。また被験者の感想においても、着帽に否定的な意見 (帽子の中が蒸れて不快、より暑く感じたなど) が大半を占めた。

これらの結果は、同じ運動強度であっても、帽子を被ると被験者はよりきつく、より暑く、不快に感じていることを示すものであり、帽子着用のデメリットとなる要素を示唆するものである。Kissenら(1971)は、高体温時に送風その他の方法で頭部を冷やすと、同じ体幹部温であっても温熱的な心地よさが増大し、最大仕事量が増えたとし、頭部への送風の有効性を報告している。

すなわち20分程度の長距離走に限定すれば、直射日光が当たったとしても、帽子を被らず頭部に気流を当てた方が被験者はより快適に運動できることが明らかになった。

その一方で、無帽時に頭頂部が熱くなったという一部意見があったことや、暑さ感覚において後半は有意差が認められず両条件間がほぼ同値となった点も興味深い。すなわちフルマラソンや50km競歩などのより長時間に及ぶ競技の場合は、着帽による遮熱のメリットが増大する可能性があり、20分程度の本研究の結果をそのまま当てはめるわけにはいかないだろう。

先日のリオ五輪女子マラソンで、福土選手がゴール直後に帽子を脱いだ際に髪が相当濡れていた。TV映像であり、頭部への水かけの有無なども分からない状況ではあるが、東京五輪に向け、さらなるデータの蓄積と、用具を含めた暑さ対策も必要であると考えられる。

本研究は科研費(課題番号24500781 基盤C)の助成を受けたものであることを付記し、謝意を表す。

V. 要約

本研究では、暑熱環境下で長距離走者がインターバルトレーニング(400m×10セット)を行った際の帽子着用の効果について検討した。

その結果、着帽条件、無帽条件のいずれも鼓膜温が上昇し、両条件下に有意差は見られなかった。被験者のRPE、暑さ感覚においては無帽の方が有意に低い値を示し、感覚的には無帽の方が快適性がより高いことが分かった。

これらの結果から、20分程度の長距離走においては、着帽の有無による鼓膜温などへの影響は少ないこと、また着帽には効果面だけではなく、努力感や暑さ感が増大したり、選手の快適感が低下してしまう側面も持っていることが示唆された。

VI. 引用文献

- Addams, W. C., Mack, G. W., Langhans, G. W., Nadel, E. R. (1992) Effects of varied air velocity on sweating and evaporative rate during exercise, *J. Appl. Physiol.*, 73:2668-2674.
- Benzinger, T. H. (1959) On physical heat regulation and the sense of temperature in man, *Proc. Nat. Acad. Sci.*, 45: 645-659.
- Booth, J., F. Marino, J. J. Ward (1997) Improved running performance in hot humid conditions following whole body precooling, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 29:943-949.
- Briner, W. W. (1996) Tympanic membrane vs rectal temperature measurement in marathon runners, *JAMA.*, 276: 194.
- Brown G A, Williams GM. (1982) The effects of head cooling on deep body temperature and thermal comfort in man, *Aviat Space Environ Med* 53(6):583-586.
- Cabanac, M., Caputa, M. (1979) Open loop increase in trunk temperature produced by face cooling in working humans., *J. Physiol.*, 289:163-174.
- Cabanac, M. (1998) Selective brain cooling in humans, *FASEB. J.*, 7: 1143-1147.
- Caputa, M., Cabanac, M. (1980) Muscular work as thermal behavior in humans, *J. Appl. Physiol.*, 48: 1020-1023.
- Cotter, J. D., G. G. Sleivert, W. S. Roberts, M. A. Febbraio (2004) Effect of pre-cooling, with and without thigh cooling on strain and endurance exercise performance in the heat, *Comp. Biochem. Physiol., A. Mol. Integr. Physiol.*, 128:667-677.
- Germain, M., Jobin, M., Cabanac, M. (1987) The effect of fanning during recovery from exercise hyperthermia, *Can. J. Physiol. Pharmacol.*, 65:87-91.
- 井上修平, 山本正嘉 (2009) 暑熱環境下と快適環境下における運動間の休息時に行うアイシングの効果. *トレーニング科学*, 21(4): 357-368.
- 川原貴, 朝山正己, 白木啓三, 中井誠一, 森本武利 (1999) 熱中症予防ガイドブック, 日本体育協会.
- 梶原洋子, 山本正彦 (1997) 陸上競技の水分摂取

- マニュアルーアスリートのための暑さ対策ー, 財団法人日本陸上競技連盟.
- Kissen, A. T., Hali., J. F., Klemm, F. K. (1971) Physiological responses to cooling the head and neck versus the trunk and leg areas in severe hyperthermic exposure, *Aerospace Med.* 42:882-888.
- 緑川知子, 登倉尋実 (1992) 暑熱放射熱存在下における帽子着用が温熱生理反応に与える効果, *日本家政学誌*, 43(5):421-427.
- Lawrence, E. A., E. Yoran, E. G. John, M. H. Emily, W. H. Roger, O. R. William, D. T. Paul. (1996) Heat and cold illnesses during distance running, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 28(12): i-x.
- Mariak, Z., J. Lewko, J. Luczaj, B. Polocki, M. D. White (1994) The relationship between measured human cerebral and tympanic temperatures during changes in brain temperatures, *Eur. J. Appl. Physiol.*, 69: 545-549.
- 増田みつる (1975) 運動と体温, *東京慈恵会医科大学雑誌* 90:1-15.
- Montain, S. J., E. F. Coyle (1992) Fluid ingestion during exercise increases skin blood flow Independent of increase in blood volume, *J. Appl. Physiol.*, 73:903-910.
- 森本武利 (1987) 水分摂取と塩分バランス, *臨床スポーツ医学*, 4(10):1097-1103.
- 永坂鉄夫 (2000) ヒトの選択的脳冷却とその医学・スポーツ領野への応用, *日生氣誌*, 37: 3-13.
- Nielsen, B., T. Hyldig, F. Bidstrup, J. Gonzalez-Alonso, G. R. Christoffersen (2001) Brain activity and fatigue during prolonged exercise in the heat, *Pflugers Arch.*, 442(1): 41-48.
- Nybo, L. (2008) Hyperthermia and fatigue, *J. Appl. Physiol.*, 104: 871-878.
- Nybo, L., B. Nielsen (2001) Hyperthermia and central fatigue during prolonged exercise in humans, *J. Appl. Physiol.*, 91: 1055-1060.
- 岡孝子, 小原繁 (1999) 60分ペダリング運動時の外耳道温と局所発汗量の変動, *徳島大学総合科学部人間科学研究* (7):1-9.
- Shaffrath, J., D., Adams, W. C (1984) Effects of airflow and work load on cardiovascular drift and skin blood flow, *J. Appl. Physiol.*, 56:1411-1417.
- 内田欽司, 服部正明, 増田充 (1987) 運動および温浴初期における鼓膜温低下の意義, *体力科学* 36(1):44-45.
- 寄本明, 中井誠一, 芳田哲也, 森本武利 (1995) 屋外における暑熱化運動時の飲水行動と体温変動の関係, *体力科学*, 44:357-364.
- 寄本明, 岡本進, 玄田公子, 佐藤尚武 (1982) 運動時の着帽効果に関する実験的研究, *デサントスポーツ科学* (3):224.
- 吉塚一典, 山本正嘉 (2009) 暑熱環境下でのインターバル走トレーニング中における頭部への「水かけ」が鼓膜温上昇の抑制に及ぼす影響: トレーニング科学, 21(1):65-71.
- 吉塚一典, 山本正嘉 (2007) 暑熱環境下での5000mレースにおける体温上昇ー鼓膜温を指標としてー, *トレーニング科学*, 19(3):263-273.

特集企画

若い競技者の育成モデルをめぐる世界の動向

特集のねらい

近年、若い競技者の育成に関する議論が盛んになっている。関連する論文数もこの数年顕著に増加し、しかも研究内容に確かなパラダイムシフトがうかがわれる。

歴史的な文脈からひもとけば、1960～1980年代に旧ソ連、東ドイツをはじめとする東欧諸国で開発されたタレント発掘システムが成功モデルとして注目された。そして東欧圏の崩壊後、自由諸国での国家的な取り組みとしては、ドイツのジュニアからシニアまでの一貫育成システムおよびオーストラリアが2000年シドニー五輪に向けて行ったタレント発掘システムなどがよく知られる。この時代のタレント発掘育成モデルでは、若い時期に才能を見出し長期間にわたり一貫指導を行おうとするものであり、いわば早期専門化を積極的に奨励し、志向するものであった。

このような旧来のタレント発掘育成システムに対する評価としては、成功事例だけがその評価対象になっていたものの、科学的な評価は21世紀以降になってようやく始まった。それらの評価結果を概観すると、タレント発掘システムへの投資効果は意外に低く、ジュニア期からの育成がシニア期の成功につながっていない例が多い。他方、青少年や一般国民のスポーツ振興への波及効果は期待できず、両者が離反した構造になっているという。そうした反省から、若い競技者の育成を根本的に問い直す作業が始まりつつあり、そのパラダイムシフトが科学論文にも反映されている。

これまで、本紀要の特集では若い競技者の育成を中心的なテーマとして取り上げてきたが、今回の特集では改めてこのテーマの世界的動向に注目してみたい。そこで、特に注目すべき国や組織が中心となってまとめた文書4篇について、本紀要編集委員が分担して翻訳し紹介する。

まず、IOC 医科学委員会が若い競技者の育成に関して多岐にわたる分野を合意声明としてまとめた論文を紹介する（担当；伊藤静夫）。ただし、本論文は内容が広範囲に及ぶことから、特に若い競技者の育成方法に関するIOCの見解について解説した。

つぎに、ドイツ（担当；渡邊将司）の研究プロジェクトが自国の競技者育成に関する諸問題を議論した論文を紹介する。ドイツは、若い競技者の育成に関して長い歴史を有するが、本論文では、ドイツ代表選手を対象に世界トップクラスとそこまで到達できなかった競技者の違いを分析し、ジュニア期での専門化のあり方について新たな視点から議論され興味深い。

また、インターネット上に掲載された情報として、カナダ陸連（担当；伊藤静夫）及び全米オリンピック委員会（USOC）（担当；森丘保典）が提示している若い競技者の育成モデルを紹介する。カナダ陸連のモデルは、カナダ・スポーツ省が中心となって作成した長期競技者育成計画（LTAD）に基づくもので、すでに10年以上の実績を有する。一方、USOCは最近になってLTADを参考にしながら自国の若い競技者育成モデルを構築しており、この新しい動きにも是非注目したい。

若い競技者をいかに育てるかという課題は、日本陸連はもとより我が国スポーツ界全体が懸案とするテーマである。とりわけ、2020年東京大会へ向けての喫緊の課題でもある。残念ながら我が国では、この領域の議論が希薄であったと言わなければならない。今号の特集で取り上げた論文、資料を参考に、我が国でもこのテーマに関する議論が盛んになることを期待したい。

陸上競技研究紀要編集委員会
編集委員長 伊藤静夫

＜特集企画＞ 若い競技者の育成モデルをめぐる世界の動向
目次

若い競技者の育成方法を再考する・・・・・・・・・・・・・・・・・・	32
- 2015年IOC合意声明から -	
<i>International Olympic Committee consensus statement on youth athletic development.</i>	
伊藤静夫	
世界レベルで成功したドイツ選手の長期的な取り組み・・・・・・・・	43
<i>Considering long-term sustainability in the development of world class success.</i>	
渡邊將司	
カナダ陸連の長期競技者育成計画 (LTAD) ・・・・・・・・・・	49
<i>Athletics Canada: Long Term Athletic Development.</i>	
伊藤静夫	
米国スポーツの再建に向けたアスリート育成モデル・・・・・・・・	61
<i>REBUILDING ATHLETES IN AMERICA, American Development Model</i>	
森丘保典	

若い競技者の育成方法を再考する - 2015年IOC合意声明から -

伊藤静夫

日本陸上競技連盟普及育成委員会

1. はじめに

「オリンピック憲章(2013年)」にもうたわれるとおり、国際オリンピック委員会(以下、IOC)はオリンピック・ムーブメントの重要なテーマの一つとして競技者の「健康と安全」の確保をかかげ、その啓蒙活動につとめている。この活動の中心的な役割を担うのがIOC医科学委員会であり、これまでもさまざまな分野にわたり幅広く科学的検証を重ね、適宜IOC声明としての見解をまとめ、広く周知をはかってきた。なかでも、若い競技者に対する健康・安全の問題は近年の重要課題になっている。その背景には、青少年のスポーツ参加が健康、体力面でさまざまな効用を生み出すことに異論はないものの、競技力向上を目指した若い競技者がスポーツを健全に楽しむという観点からは、競技水準の如何を問わず解決すべき多くの課題が存在するという認識があるからである。

IOC医科学委員会が行っている一連の活動の経緯を追ってみると、2008年「青少年エリート競技者のトレーニングに関するIOC合意声明」(Mountjoy M et al. 2008)、2010年「若いエリート競技者の年齢算定に関するIOC合意声明」(Engelbrechtsen L et al. 2010)、2011年「子どものスポーツ活動と健康・体力に関するIOC合意声明」(Mountjoy M et al. 2011)などがある。こうした活動の流れを受け、IOC医科学委員会は若い競技者の育成に関するこれまでの科学的エビデンスを集約するために、2014年11月にこのテーマに関連する各分野の権威を招きコンセンサスマーケティングを開催した。ここでの検討課題は、おおむね次の二つであった。

- (1) 若い競技者の育成に関する今日の科学的および実践的知見を批判的に評価・分析する
- (2) 全ての青少年のスポーツ参加を促進し、同時にタレント豊かな若い競技者を適正に育成す

る、という両者を満たしたモデル構築をめざし、そのためのガイドラインを提示する

このコンセンサスマーケティングに続いて、IOC医科学委員会はプロジェクト班を編成し合意声明の作成に着手した。その成果が、翌年の2015年に「若い競技者の育成に関するIOC合意声明 International Olympic Committee consensus statement on youth athletic development」としてBr J Sports Med誌に掲載された。本声明は、IOCというスポーツに関する国際的統括団体がこれまでの科学的エビデンスを集約し、そのうえで具体的な提言を提示したという点で、意義深い。いわば、若い競技者のスポーツ活動と健康・安全に関するIOCの見解の集大成でもあり、国内外のスポーツ団体はもとより、スポーツに関係する諸団体が本論文で提示した勧告を実践するように呼びかけている。

若いエリート競技者の育成方法が本声明の中心的課題の一つであることは、言うまでもない。ただし、その見解はこれまでになく踏み込んだ内容になっているところに注目したい。むしろこのテーマについては、以前から個々の研究レベルで盛んに議論されてきた。すなわち、青少年期には一種目に専心した方がよいか多種目を経験した方がよいか、あるいは早期専門化の是非やその弊害について、さらには若年期に行われるタレント発掘事業の効果の検証などがテーマになってきた。しかしながらこれらの議論では、テーマの性格上、どうしても是か非かという二律背反の議論になる。そうすると、個々の研究者レベルでは直截的な議論がなされても、IOCのような国際的なスポーツ団体などは各国の事情も勘案しつつ慎重な立場をとらざるを得ないだろう。そうしたなかで、今回のIOC声明はその見解をかなり明確に表明したことで注目したいのである。本稿では、以上の観点から、本声明の中から特に若いエリート競技者の育成方法に関する見解に焦点を当てて紹介

したい。

2. IOC 声明の全体構成

本声明の概要は、表 1 (p. 39) に示した目次を参照されたい。

全体は四つの章から構成され、第 I 章では子どものスポーツと発育発達に関する基礎的知見をおもに生理学的エビデンスに基づいて解説している。第 II 章は、若い競技者のスポーツ活動と健康、パフォーマンスへの影響を生理学的観点のみならず、臨床医学的側面（怪我の発生と予防など）心理学的側面（バーンアウトの問題など）、社会学的側面（虐待の問題など）、栄養学的側面（摂食障害など）と多岐にわたるエビデンスから解説している。第 III 章では、さらに若い競技者の育成システムについて、スポーツ現場での課題を想定した具体的なテーマを論じている（本稿ではこのテーマをとりあげた）。そして最後の第 IV 章では、全てのステークホルダーに向けて「勧告」として全体を総括している。本勧告の内容は、表 2 (p. 40 ~ 42) に示した。

3. 早期専門化は是か非か？

第 II 章のはじめに、特定スポーツへの「専門化」を取り上げている。これまでも、特定スポーツへの早期専門化の是非をめぐる多くの議論があるが、本声明では以下のようにかなり踏み込んだ議論を展開し興味深い。

若い年代から一つのスポーツに専門的に取り組む早期専門化の傾向は、体操、水泳、飛び込み、フィギュアスケートなど特殊な競技だけではなく、一般のスポーツにもみられるようになってきた。今日、こうした傾向が生まれた背景にはさまざまな原因が考えられる。オリンピックなどチャンピオンスポーツで成功したいという動機はもとより、さまざまなスポーツへの投資が増えてきたことも関係しているだろう。いずれにしても、このような早期専門化傾向は、将来のオリンピック選手やプロ選手のタレント性を少しでも早く見出し育成しようとするシステムへとつながっていった。ただし、そうした発掘・育成システムは子どものスポーツ自体を変質させることになる。専門性が強調される余り、トレーニングが過度になり、回復が不十分なままトレーニングや競技会参加が過剰になるといった弊害を生んでいる。そして、こうした傾向は子どものス

ポーツ全般に波及し、その結果、オーバーユース傷害、オーバートレーニング、バーンアウトといった健康問題が顕在化することになる (Bridge MW et al. 2013, DiFiori JP et al. 2014, Jayanthi N et al. 2013, Jayanthi NA 2015)。

このような一種目に早期専門化する方向性とは対照的に、今日の研究結果の示唆するところは、早期専門化を回避すべきという考え方である。これらの研究結果から明らかにされたことは、子どもの時期の多様なスポーツの経験は、運動能力を高め、競技的な可能性をも向上させ、同時に怪我のリスクを少なくする、ということである。さらに、そのスポーツが好きになり、あるいは才能を発揮できるような自分に適したスポーツを見出す機会が増えることにもつながる (Jayanthi N et al. 2013, Jayanthi N et al. 2013, Mostafavifar AM 2013, Cote J 1999, Cote J et al. 2012)。エリートアスリートの多くの成功事例をみても、そのスポーツに専門化する前に複数のスポーツ種目を経験していることがわかる (Malina RM 2010, DiFiori JP et al. 2014, Jayanthi N et al. 2013, Güllich A et al. 2014, Cote J et al. 2014, Gulbin JP et al. 2010, Güllich A 2014)。ただし、この点に関するエビデンスはまだ十分とは言えない。専門化の早かった競技者に比べ、子どもの頃にさまざまなスポーツを経験し思春期以降に専門化した競技者のほうが怪我をする率が少なく、より長くそのスポーツを継続し、その結果優れた競技者に育って行く、といったエビデンスが今後集積されていけば、専門化を遅くした方が良いとする主張にもより説得力が増すだろう (Bridge MW et al. 2013, Cote J et al. 2012)。

以上、近年の研究結果から早期専門化による弊害をあげるとともに、早期専門を回避して後期専門化へシフトすることの利点を論じている。ただし、現段階ではまだエビデンスに乏しく、今後の研究の進展が必要だと述べている。スポーツ現場における若いエリート競技者の育成では、確かに早期専門化が助長される傾向がみられ、我が国においても例外ではない。しかしその実態を調査した結果をみると、専門化する時期はスポーツ種目によって多様であり、思春期以降に専門化している種目も決して少なくない。日本陸連のオリンピック・世界選手権代表選手を対象にした調査結果においても、我が国の陸上競技エリート選手の多くは中学校以降に専門的なトレーニングを開始しており、また競技間、種目間のトランスファーも活発に行っている実態があきら

かにされた。陸上競技は、典型的な後期専門化型のスポーツである。スポーツ種目の特性を踏まえつつ、特定スポーツ種目への専門化のしかたについて、エビデンス・ベイストおよびナラティブ・ベイストの両方向から、今後のさらなる検証が必要であろう。

4. 若い競技者の育成過程は複合的・多面的

第三章では、若い競技者の育成に関する基本構造を論じ、さらに、子ども期の多様なスポーツ経験の意義を以下のように解説している。

今日、競技者育成システムは広く普及してきたものの、実際には問題点も多い (Bailey R et al. 2010, Gulbin JP et al. 2013a, Tucker R et al. 2012, Gulbin JP et al. 2013b)。子どもたちがスポーツを始める段階においても、不適切な指導や育成が行われている実態がある。基礎的スキルの育成はしばしば軽視され、外傷、バーンアウト、ドロップアウトなどによって、持てる才能を十分のばせない状況がみられる (Gulbin JP et al. 2013a, Gulbin JP et al. 2013b, Fraser-Thomas J et al. 2008, Wall M et al. 2007, Cote J 2009)。そもそも個人の競技成績の向上は、種々の要素が関連し合って達成される。そして、そのスポーツの特異性、複合性、スキル (技術的、知覚的、神経知覚的、心理社会的、身体的) などが補完し合いながらも、それらは環境、育成システム、偶然の要素などによっても変化させられる (Gulbin JP et al. 2010, Bailey R et al. 2010, Elferink-Gemser MT 2007, Simonton DK 2001, Weissensteiner JR et al. 2009, Weissensteiner JR et al. 2008)。こうした複雑さゆえに、子どもの段階からエリートスポーツへ移行できる成功率は決して高くない。したがって、競技者育成システムの全体像としては、エリート競技者育成の部分にだけ目を向けるのではなく、スポーツ参加の全体を視野に入れた包括的な視点が必要になる。競技者育成システムは、競技者育成の複合的多面的な様態を理解したうえで総合的な観点から計画されなければならない。例えば「最適な練習」を考えるときにでも、従来のように暦の年齢を基準に体力や成熟度を判断し処方するのではなく、個人の育成段階を考慮した上で判断すべきである。すなわち、競技者育成は、発達過程が複合性、多元性、あるいは非線形的なものであることを前提として、それに柔軟に対応できるものでなければならない (Gulbin JP et al. 2013a, Gulbin JP

et al. 2013b, Bullock N et al. 2009, Cote J et al. in press, Gulbin JP et al. 2013c)。

このような統合的な競技者育成過程が効果的に進展するとき、そこには必ずスポーツ活動を経験することによって生まれる個人的、社会的特性の変化がみられる (Gulbin JP et al. 2013a, Gulbin JP et al. 2013b, Cote J et al. in press)。子どもの身体発達、あるいはスキル習得過程はまさに統合的過程であり、個人特性や環境要因が相互に関連しながらスポーツ活動に影響している。またこのような統合的過程では、こどものスポーツ活動自体がスポーツ特有の社会関係と個人の身体特性とを調和させる育成環境になっている。そして、このような子どものスポーツ育成において、次の二つの変容プロセスがみられる。第一はスポーツ活動の社会的な変容プロセスであり (大人主体から子ども主体への変容)、第二はスポーツ活動の価値概念の変容である (外発的動機から内発的動機への変容) (Cote J et al. 2013)。この変容プロセスが進行し、さらに子どもの時期の多様なスポーツ活動の経験が相まって新たなマトリックスを形成することになり、その結果さらなる統合的学習過程が導かれることになる。すなわち、この統合的な過程でのさまざまなスポーツ活動が、新たな相互作用を生み出し、学習の機会を拡充させ、さらなる発達の可能性を引き出すことになる。確かに、子どもの時期の多様なスポーツ活動は、若い競技者にとって豊かで幅広い経験をする機会を増やすことになる。一方、専門性の高いトレーニングやスポーツ活動を選択する (あるいは選択される) 時期は、思春期を経て10代後半になってからでよい。実践に基づく実証的エビデンスによれば、子ども期に多様なスポーツ活動 (「遊び」と「練習」をさまざまに織り交ぜて) を経験したか否かは、その後の人生でよりレベルの高い活動が続けられるか、あるいはエリートレベルの競技パフォーマンスにつながるか、そしてスポーツ活動を長く継続できるか否かといった、その後の活動を左右する試金石になっている (Cote J et al. 2013b)。

ここでは、競技者育成システムの基本的なあり方が論じられているが、前節の「特定スポーツへの専門化」で述べられたとおり、早期専門化を回避する立場をとり、子どもの時期にはいろいろなスポーツ活動を経験することが奨励されている。その根拠として、若い競技者の発達過程は個人特性 (遺伝的要因) と環境とが関連した複合的、多元的、非線形的なものであり、そうした複雑なプロセスに柔軟に対

応するため、多様なスポーツの経験を積むことが学習の幅を拡げ、学習をより豊かなものにし、将来においてもより高いパフォーマンスにつながる可能性があるとしている。早期に専門化して一種目に専心するよりも、若い時期に多種目を経験する方が将来的には高いパフォーマンスを獲得できる可能性が高くなるという見解を IOC が示した点で画期的であった。

タレントの育成という観点からは、決まって「遺伝と環境」、「素質と練習」という二項対立のディベートが繰り返されてきた。スポーツタレントについても同様であるが、本声明ではこれを二項対立とは捉えず、上記の通り両者が相互に関連した複合的、多元的モデルとして捉えている。こうした考え方に基づいて、次の「タレント発掘・育成システム」についても論述している。

5. タレント識別・育成システムどのように考えるか？

前節の議論を受け、ここではタレント識別・育成システムについて下記のように具体的な論評を展開している。

比較的若い年齢においてスポーツの才能を見出そうとする試みは、これまでも増して多くなり、また組織的に行われている。国家的なタレント識別プログラムとしては、旧東欧諸国のシステムに端を発するが、それらはしばしば「科学的な発掘方法」と理解されてきた (Bompa T 1985)。しかし、これらのシステムでは少年期の身体的測定値や運動能力にもとづいて発掘育成するもので、その成功率は決して高くはない (Malina RM 2009, Malina RM 2010, Barreiros A et al. 2014, Güllich A 2014c, Güllich A et al., Ljach W 1997, Vaeyens R et al. 2009)。

スポーツ団体としては、限られた人材を効果的に選別し、専門種目に振り分け強化したい。そのため、例えば将来予測は困難であっても、若い世代を対象としたタレント識別・育成システムを取り入れている例は多く、スポーツ団体にとって今日も重要な課題であることに変わりはない。ただし、スポーツの能力は極めて限定的で幅の狭いものであり、エリート競技者として成功する可能性は極めて限られたものと言わなければならない。さらに、精度高くタレントを識別し、その才能豊かな若い競技者を適正に育成することは、余りに複雑すぎて、一つの普遍的な

モデルにまとめることは至難である。また、競技者育成の発想は国や文化の違いによって大きく異なってくるだろう。さらに、タレント識別に適したパフォーマンス測定方法 (生理的、認知的、運動能力、社会心理的) を選別することも難しい課題である (Breitbach S et al. 2014)。そのうえ、未知の要素の関与も予測しなければならず、この複雑なシステムをさらに複雑なものにしている。エリート競技での成功は、どうしてもスポーツ偏重に陥りやすく、それは通常の行動や大人との関係性にも影響を与え、スポーツと生活全般とのバランスを变质させてしまうことにもなりかねない。したがって、提唱されているタレント育成システムの理想像と実際の結果との間に明らかな食い違いが生じてくることは驚くには当たらない (Cote J et al. 2012, Vaeyens R et al. 2009, Macnamara A et al. 2011)。

身体的因子と少年期の競技パフォーマンスだけで将来のスポーツパフォーマンスを予測しようとする早期のタレント識別システムは、対象者の成熟度によって大きく影響され、成熟の遅い子どもでは、その時の競技能力やスポーツスキルで評価されるためにしばしば選考から除外されてしまうことになる (Cobley S 2009, McCarthy N 2014)。さらに、子どもを暦年齢でグループ分けすると、生まれ月の早い子の方が遅い子より高い評価を受けることが多い。一方、複数スポーツの経験があるエリート競技者を対象にした研究がいくつかの国から報告されているが、これによれば、子どもの時期にいろいろなスポーツを経験することは大人になって高いパフォーマンスに到達しエリートレベルで活躍するうえで何ら差し障りになっていないことが明らかにされている (Güllich A et al. 2014a, Cote J 2009)。また、ドイツのプロサッカー選手の養成システムの例では、長期にわたる包括的な一貫育成システムが取り入れられ (競技者の採択、不採択が繰り返される)、それによって早期タレント識別システムが内在する不確実性や欠点にもうまく対処できている (Güllich A 2014c)。

以上述べてきたように、エリートレベルでの成功は、その国の社会文化的そして政治経済的文脈を基盤に、さまざまな要因の総和として生み出される。それらの要因は、内因性の要因 (例えば身長、成熟度、適性、トレーニングへの適応、動機付け、心理的スキルなど) と外因性要因 (例えば環境、アクセスと機会、競技者育成過程、コーチ、家族、教育など) とに分けられ、両者が調和しながら機能して競技者を成功へと導く。中でも、遺伝的要因と環境要

因との相互作用が最も重要な決定要因と考えられる (Baker J et al. 2004)。

一般に、現行の青少年期におけるタレント識別育成システムでは、若年期での身体能力とパフォーマンスから将来のタレント能力を評価しようとするもので、方法論的に無理がありその成功率は低い、というのが本声明の見解である。先述の通り、タレント育成を考えると「遺伝か環境か」、「素質か練習か」という二項対比で考えがちであるが、そもそもタレント識別という発想はそのうちの素質や遺伝的要素に高い信頼を置くことに根ざす。したがってスポーツ現場では、例え否定的エビデンスがあっても、タレント識別への憧憬はなお根強い。

そうした背景をふまえ、本 IOC 声明ではタレント識別育成モデルについて、旧東側諸国が行ってきたモデルから脱し、新たな方向性を見出す必要性について論じている。本声明でも紹介されたドイツのプロサッカー選手養成システムの事例にもあるように、タレント育成過程を複合的、多元的と捉え、長期にわたる包括的な一貫指導システムの中で効果的なタレント識別プログラムを繰り返す方法などは一考に値するだろう。

まとめ

IOC は、若い競技者の「健康と安全」を確保するための科学的エビデンスに基づいた議論と勧告を合意声明として出した。本稿では、この声明のなかから若い競技者の育成システムに関連する箇所を紹介した。

本声明では、若い競技者の育成過程を遺伝的要因、環境的要因などさまざまな要因が関与する複合的、多元的プロセスと捉えている。この考え方を基盤に、思春期までの青少年期においては、多様なスポーツ活動を経験することが幅広い能力を身につけることにつながり、生涯にわたってスポーツを楽しむ上でも、また国際舞台で活躍を目指す上でも好ましい、としている。すなわち、青少年期から1種目に専門的に取り組むデリバレート・プラクティス（専門的な集中的練習）より、多種目のスポーツを楽しみ、組織化されていないスポーツ活動であるデリバレート・プレイ（楽しみを基調とした集中的練習）を多く経験することを奨励している。一方、本 IOC 声明では、青少年期のタレント識別システムについては懐疑的である。上記のように複合的、多元的な発育過程において将来を予測することは至難であり、タ

レント識別システムはかえって晩熟系のタレントを排除してしまう危険性があり、また幼少年期に複数のスポーツを経験した方がシニア期でより高いパフォーマンスを獲得できるという実践的エビデンスなどがその根拠になっている。

ひるがえって、我が国ではすでに青少年期のタレント発掘事業がいくつかの都道府県で展開され、また我が国のスポーツ政策のなかでもタレント発掘事業はむしろ奨励されている。しかし、こうした事業に関する基本的な議論は極めて少ない。競技者の育成方法は、その国の社会的文化的土壌が基盤となつて、長い歴史を経て醸成されるものである。個別の事例はともかくとして、国家的スポーツ政策に通じる組織的タレント発掘事業を推進するためには、我が国の歴史および実態をつぶさに検討し、また科学的な視点から検証する必要があるだろう。我が国なりの若い競技者の育成システムを構築するためには、必ずしも IOC 声明を追従する必要はないが、少なくとも本声明を参考にしながら、これまで以上に緻密な議論を重ねることが求められよう。

【文献】

- Bailey R and Collins D(2010)Participant Development in Sport: An Academic Review (Commissioned report for Sports Coach UK). Sports Coach UK,
- Baker J and Horton S(2004)A review of primary and secondary influences on sport expertise. High Ability Studies,15:211-28.
- Barreiros AI, Cote J, Fonseca AM (2014)From early to adult sport success: analysing athletes' progression in national squads. Eur J Sport Sci,14 Suppl 1:S178-82:S178-82.
- Bompa T(1985)Talent identification. Sports science periodical on research and technology in sport, physical testing G1. Ottawa. Coaching Association of Canada,
- Breitbach S, Tug S, Simon P (2014)Conventional and Genetic Talent Identification in Sports: Will Recent Developments Trace Talent. Sports Med, 2014 Jul 12:
- Bridge MW and Toms MR(2013)The specialising or sampling debate: a retrospective analysis of adolescent sports participation in the UK. J Sports Sci,31:87-96.
- Bullock N, Gulbin JP, Martin DT, Ross

- A, Holland T, Marino F (2009) Talent identification and deliberate programming in skeleton: ice novice to Winter Olympian in 14 months. *J Sports Sci*, 27:397-404.
- Cobley S, Baker J, Wattie N, McKenna J (2009) Annual age-grouping and athlete development: a meta-analytical review of relative age effects in sport. *Sports Med*, 39:235-56.
- Cote J (1999) The Influence of the Family in the Development of Talent in Sport. *The Sport Psychologist*, 13:395-417.
- Cote J, Lidor R, Hackfort D (2009) ISSP Position Stand: to sample or to specialise? Seven postulates about youth sport activities that lead to continued participation and elite performance. *Int J Sport Exerc Psychol*, 7:7-17.
- Cote J and Abernethy B (2012) A developmental approach to sport expertise. In: Murphy S, ed. *The Oxford handbook of sport and performance psychology*. New York, NY: Oxford University Press, 435-47.
- Cote J, Erickson K, Abernethy B (2013) Practice and play in sport development. In: Côté J, Lidor R, eds. *Condition of children's talent development in sport*. Morgantown, WV: Fitness Information Technology, 9-20.
- Cote J and Hancock DJ (2014a) Evidence-based policies for youth sport programmes. *Int J Sport Policy Polit*, 10.1080/19406940.2014.919338.
- Cote J and Vierimaa M (2014b) The developmental model of sport participation: 15 years after its first conceptualization. *Sci Sports*, S63-S9.
- Cote J and Erickson K ((in press)) Athlete development. In: Schinke RJ, McGannon KR, Smith B, eds. *Routledge International Handbook of Sport Psychology*. London: Routledge,
- DiFiori JP, Benjamin HJ, Brenner J, Gregory A, Jayanthi N, Landry GL, Luke A (2014) Overuse injuries and burnout in youth sports: a position statement from the American Medical Society for Sports Medicine. *Clin J Sport Med*, 24:3-20.
- Elferink-Gemser MT, Visscher C, Lemmink KA, Mulder T (2007) Multidimensional performance characteristics and standard of performance in talented youth field hockey players: a longitudinal study. *J Sports Sci*, 25:481-9.
- Engelbrechtsen L, Steffen K, Bahr R, Broderick C, Dvorak J, Janarv PM, Johnson A, Leglise M, Mamisch TC, McKay D, Micheli L, Schamasch P, Singh GD, Stafford DE, Steen H (2010) The International Olympic Committee Consensus statement on age determination in high-level young athletes. *Br J Sports Med*, 44:476-84.
- Fraser-Thomas J, Cote J, Deakin J (2008) Examining adolescent sport dropout and prolonged engagement from a developmental perspective. *J Appl Sport Psychol*, 20:318-33.
- Gulbin JP, Oldenziel K, Weissensteiner JR, Gagne F (2010) A look through the rear vision mirror: developmental experiences and insights of high performance athletes. *Talent Dev Excell*, 2:149-64.
- Gulbin JP and Weissensteiner J (2013a) Functional sport expertise systems. In: Farrow D, Baker J, MacMahon C, eds. *Developing sport expertise—researchers and coaches put theory into practice*. 2nd edn. London: Routledge, 45-67.
- Gulbin JP, Croser MJ, Morley EJ, Weissensteiner JR (2013b) An integrated framework for the optimisation of sport and athlete development: a practitioner approach. *J Sports Sci*, 31:1319-31.
- Gulbin J, Weissensteiner J, Oldenziel K, Gagne F (2013c) Patterns of performance development in elite athletes. *Eur J Sport Sci*, 13:605-14.
- Gullich A, Emrich E, Schwank B (Evaluation of the support of young athletes in the elite sport system. German Olympic Sports Confederation,
- Gullich A and Emrich E (2014a) Considering long-term sustainability in the development of world class success. *Eur J Sport Sci*, 14 Suppl 1:S383-97:S383-97.

- Gullich A (2014b) Many roads lead to Rome - Developmental paths to Olympic gold in men's field hockey. *Eur J Sport Sci*, 14:763-71.
- Gullich A (2014c) Selection, de-selection and progression in German football talent promotion. *Eur J Sport Sci*, 14:530-7.
- Jayanthi N, Pinkham C, Dugas L, Patrick B, Labella C (2013) Sports specialization in young athletes: evidence-based recommendations. *Sports Health*, 5:251-7.
- Jayanthi NA, LaBella CR, Fischer D, Pasulka J, Dugas LR (2015) Sports-specialized intensive training and the risk of injury in young athletes: a clinical case-control study. *Am J Sports Med*, 43:794-801.
- Ljach W (1997) Kinderhochleistungssport in Russland (high performance sport in childhood in Russia). *Leistungssport*, 27:37-40.
- Macnamara A and Collins D (2011) Comment on "Talent identification and promotion programmes of Olympic athletes". *J Sports Sci*, 29:1353-6.
- Malina RM (2009) Children and adolescents in the sport culture: the overwhelming majority to the select few. *J Exerc Sci Fitness*, 7:S1-10.
- Malina RM (2010) Early sport specialization: roots, effectiveness, risks. *Curr Sports Med Rep*, 9:364-71.
- McCarthy N and Collins D (2014) Initial identification & selection bias versus the eventual confirmation of talent: evidence for the benefits of a rocky road?. *J Sports Sci*, 32:1604-10.
- Mostafavifar AM, Best TM, Myer GD (2013) Early sport specialisation, does it lead to long-term problems. *Br J Sports Med*, 47:1060-1.
- Mountjoy M, Armstrong N, Bizzini L, Blimkie C, Evans J, Gerrard D, Hangen J, Knoll K, Micheli L, Sangenis P, Van Mechelen W (2008) IOC consensus statement: "training the elite child athlete". *Br J Sports Med*, 42:163-4.
- Mountjoy M, Andersen LB, Armstrong N, Biddle S, Boreham C, Bedenbeck HP, Ekelund U, Engbretsen L, Hardman K, Hills AP, Kahlmeier S, Kriemler S, Lambert E, Ljungqvist A, Matsudo V, McKay H, Micheli L, Pate R, Riddoch C, Schamasch P, Sundberg CJ, Tomkinson G, van Sluijs E, van Mechelen W (2011) International Olympic Committee consensus statement on the health and fitness of young people through physical activity and sport. *Br J Sports Med*, 45:839-48.
- Simonton DK (2001) Talent development as a multidimensional, multiplicative, and dynamic process. *Curr Dir Psychol Sci*, 10:39-43.
- Tucker R, Collins M (2012) What makes champions? A review of the relative contribution of genes and training to sporting success. *Br J Sports Med*, 46:555-61.
- Vaeyens R, Gullich A, Warr CR, Philippaerts R (2009) Talent identification and promotion programmes of Olympic athletes. *J Sports Sci*, 27:1367-80.
- Wall M and Cote J (2007) Developmental activities that lead to dropout and investment in sport. *Phys Educ Sport Pedagogy*, 12:77-87.
- Weissensteiner JR, Abernethy B, Farrow D (2008) The development of anticipation: a cross-sectional examination of the practice experiences contributing to skill in cricket batting. *J Sport Exerc Psychol*, 30:663-84.
- Weissensteiner JR, Abernethy B, Farrow D (2009) Towards the development of a conceptual model of batting expertise in cricket: a grounded theory approach. *J Appl Psychol*, 21:276-92.

表 1 若い競技者の育成に関する IOC 合意声明 -目次-

<p>I. 発育・発達</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 生物学的成熟度の評価 2. 成熟の生理的变化とパフォーマンスへの影響 <ol style="list-style-type: none"> 2-1 筋の代謝 2-2 筋力 2-3 有酸素性・無酸素性能力とパフォーマンス 2-4 疲労耐性および回復力 2-5 トレーニング効果 2-6 睡眠 3. スポーツ現場での発育・発達とパフォーマンス <p>II. 健康、パフォーマンスへの課題</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 専門化 2. トレーニング・競技会システムと健康問題 <ol style="list-style-type: none"> 2-1 筋骨格系の傷害 2-2 発育と性成熟 2-3 心臓病 3. 怪我の発生率と予防対策 <ol style="list-style-type: none"> 3-1 子どものスポーツと怪我の発生率 3-2 子どものスポーツにおける障害予防 4. 慢性および急性の健康障害 5. 過度の期待が招く心理的オーバーロード 6. 若い競技者の虐待からの保護 7. 栄養：エネルギー、栄養所要量と栄養補助食品 8. 思春期の競技者にみられる摂食障害 9. 環境の課題 	<p>III. 若い競技者の育成</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 競技者育成システム 2. タレント識別・育成 3. コーチ教育とその成果 <ol style="list-style-type: none"> 3-1 コーチの知識 3-2 競技者の長所をいかす 3-3 コーチングの分類 3-4 コーチングがめざすもの 4. 体力、競技への情熱、基礎的能力の育成 5. 生理的モニタリングとスポーツ種目別パフォーマンステスト <ol style="list-style-type: none"> 5-1 若い競技者をテストする倫理的問題 5-2 若い競技者のテスト <p>IV. 若い競技者の育成に関する IOC 勧告</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 全体的指針 2. コーチング 3. コンディショニング、テスト及び傷害予防 4. 栄養、水分補給、熱中症予防 5. スポーツ団体とスポーツ医学団体
--	---

表2 若い競技者の育成に関する IOC の勧告

全体的指針

- 若い競技者の育成では、身体の発育および社会行動の発達を考慮して進めなければならない。したがって、その育成は個人ごとの対応が基本になる。
- スポーツでの成功を、生涯にわたる健康で豊かな体験として幅広く捉えて、あくまでも競技者本位にその成長を考えるべきである。
- エビデンスに基づいた実践的で柔軟な競技者育成フレームワーク（例えば、発育段階に応じたトレーニング計画など）を構築する。
- 健全で、ねばり強く、自己制御ができ、レジリエンス（精神的回復力）に富み、精神的に柔軟であるといった心理的特性の涵養をはかる。
- 子ども期にスポーツスキルや社会的スキルを幅広く育てることによって、スポーツを生涯にわたって継続し楽しむことのできる生活習慣が獲得できる。そのためには、子ども期には組織化されていないさまざまな身体活動（デリバレート・プレー）を多様に経験し、その後年齢に応じて組織化されたスポーツ活動への参加も積極的に奨励する。
- 虐待と嫌がらせを排除するための基本方針と対処法を確立するとともに、安全や健康を重んじ、ルール、他の競技者、ゲームを尊重する態度を涵養する。
- スポーツ引退後の生活設計についても、育成期間中から、スポーツと生活とのバランスをうまく管理できるように個々のアスリートを指導、支援する。

コーチング

- 競技者の素質やうまくなりたいという熟達志向に合わせた、楽しく、積極的に挑んでみたくなるスポーツ実施環境を工夫する。
- コーチング内容は、研究エビデンスに基づく柔軟で革新的な育成ガイドラインに則したもので、同時に個人のスキルや育成過程に対応したものでなければならない。
- コーチングは、目的を的確に把握し（例えば、楽しみのためか競技力向上をめざすか）競技者の準備状況に合わせたものでなければならない。
- コーチ教育プログラムは、コーチと競技者との良好な人間関係を築くことに貢献できるものでなければならない。このような人間関係は、競技者の資質向上に貢献するとともに、コーチ自身の個人内スキルおよび対人スキル（内省スキルやコミュニケーションスキル）を高めることにもつながる。
- コーチは、若い競技者の競技力、健康・体力、そして心理的・社会的課題についても理解し指導する必要がある、常にそうした学際的な指導指針を探求しなければならない。

コンディショニング、テスト及び傷害予防

- 年齢に応じた、技術性の高い、しかも安全で楽しい筋力、体力作りプログラムを定期的実施する。

- ▶ 若い競技者の育成プログラムでは、安全基準を無視した不適切なトレーニングや過度の競技会参加によるオーバーユース傷害や健康障害を回避するため、定期的な休息や回復期間を確保し、効果的にトレーニングを進めながら段階的に競技力を高めて行く。そのためには、多様なスポーツ活動を豊富に経験できるような育成プログラムを取り入れるとよい。
- ▶ 子どもを対象とした実験室テストあるいはフィールドテストの実施に当たっては、倫理規定を遵守し、またテスト結果を分かりやすく伝えるようにする。
- ▶ 傷害予防や健康管理に関する情報収集や評価プログラムを開発し、活用する。例えば、IOC では 2014 年ユースオリンピック大会において「Get Set - Train Smarter（賢くトレーニングを）」という傷害予防アプリケーションを開発した。
- ▶ エビデンスに基づく外傷予防プログラムの開発および外傷予防のための防具着用に関連する競技規則の整備を進める。競技規則の改訂は、その波及効果を見定め、スポーツの価値や参加の楽しみを損なわないように配慮しなければならない。
- ▶ 「若い競技者が外傷・障害を負った場合、痛みがあったり、リハビリテーションや回復過程が不十分なまま競技会に参加したりトレーニングを継続して、さらに患部に負荷をかけ回復を妨げ遅延させることは厳に避けなければならない」このことは、特に銘記しておく必要がある。

栄養、水分補給、熱中症予防

- ▶ 若い競技者への食育をとおして、十分な炭水化物、高品質のタンパク質、適切なカルシウム、ビタミンD、鉄の摂取など、健全な発育をうながしスポーツ活動に適した食習慣の重要性が徹底されなければならない。
- ▶ 若い競技者およびその育成に携わるスタッフは、栄養補助食品や栄養ドリンクに関するリスクを正しく理解していなければならない。
- ▶ スポーツ活動にともない「相対的なエネルギー不足」(RED-S) や不規則な食事 (DE) などの摂食障害 (EDs) を起こす危険性があり、食育をとおしてそのリスクの周知をはかり、また摂食障害の有無をスクリーニングし改善処置を講じるとともに、さらには必要に応じて摂食障害を誘発するような競技規則を改める。
- ▶ 労作性熱中症とその防止策（すぐに対処できるための準備、環境条件の測定、救急処置方法など）について、若い競技者、コーチおよび青少年スポーツの管理監督に当たるスタッフにその周知徹底をはかる。
- ▶ 文書化された救急処置法およびその実施手順を準備し、事前の実地訓練を徹底する。また、とりわけ暑熱下での青少年のスポーツ活動に際して、労作性熱中症をはじめあらゆる救急処置に対処できる設備を整備する。

▶

スポーツ団体とスポーツ医学団体

- ▶ スポーツ団体およびスポーツ医学団体は、スポーツ活動時の子どもたちの健康と安全を守ることに

つとめなければならない。そのために、若い競技者の育成プログラムに健康・安全対策指針を盛り込み、その教育プログラムを進めるとともにその教育効果を検証する。

- ▶ 若い競技者のタレント発掘、育成に関する基本理念は、そのスポーツに求められる特異的な生理的機能、知覚機能、認知機能、戦略的能力、そして個々の競技者の長期にわたる幅広い発達過程といった多様な要因に基づくものでなければならない。
- ▶ 多種目のスポーツを経験させること、あるいはそのスポーツの中でも多様な経験をすることを積極的に実践すべきである。
- ▶ 競技会の参加のしかたは、年齢や技能に応じて計画すべきであり、また一日に複数の試合があるような場合にはその間の休憩と回復時間を十分にとる必要がある。

実践を喚起

子どものスポーツ団体をはじめ全てのスポーツ関係団体がここで述べた IOC の勧告を普及し実践できるように、またこうした団体が、子どものスポーツに携わるコーチ、親などの支援スタッフ、医学関係者、行政担当者を支援し、全ての人々がスポーツを楽しく健康で安全に続けられ、エビデンスに基づいた生涯スポーツを実現できるように、我々も努力して行きたい。

世界レベルで成功したドイツ選手の長期的な取り組み

渡邊將司

茨城大学 教育学部

はじめに

卓球の福原愛選手, 体操の内村航平選手, 競泳の池江璃花子選手など, 日本を代表するスポーツ選手は低年齢から競技を専門的に開始している様子がテレビやインターネットの記事等で取り上げられている。これらを見聞きすると, 将来的にスポーツで高いパフォーマンスに至るには早期から専門的なトレーニングを積むべきである, という認識を持つかもしれない。しかし, 学術レベルで様々な国の代表クラスの選手の特徴をみても, すべてのスポーツが早期から専門化しているわけではないことがわかる。例えば, 新体操選手はその競技のみを低年齢から専門的に実施しているが, テニス, 水泳, 距離スキーの選手は, その競技を低年齢から開始しながらも他のスポーツも並行して実施していたことが報告されている。

そこで今回は, ドイツ代表選手を対象にして, 世界トップクラスまで至った選手とそこまで至れなかった選手の違いを分析した研究を紹介する。研究の観点は以下の3つである。

研究1: シニア選手のトレーニングおよび競技履歴

研究2: 3年にわたる縦断的調査 (1999年~2002年)

研究3: メインスポーツと他のスポーツとの組み合わせ

方法

対象

ドイツスポーツ連盟 (German Sports Association) が, 1999年秋 (t1) および 2002年秋 (t2) に, オリンピック競技の登録者の住所リストを提供し, その中から対象者をランダムに抽出した。調査を実施するにあたり, 研究の概要, 返信は任意で匿

名記入であること, データは科学的な目的のために使用する旨の手紙を添えて質問紙を郵送した。t1の調査では 2000名に送付し 776名から回答を得た。t2の調査では, 1232名に質問紙を送付し 790名から回答を得た。t1で回答のあった 776名には t2でも回答を依頼し, 224名からの回答を得た。研究1および研究2には両方 (t1とt2) に回答した者が含まれるが, 片方の回答をランダムに抽出してデータに取り込んだ。データの回収率は 49% (1566名/3232名) であった。

対象者はすべてドイツ代表選手であった。性別は 57%が男性, 43%が女性であった。ジュニア選手とシニア選手を分けるにあたって, それぞれの種目で採用されている基準を適用した。例えば, 女子競泳は 16歳以下, テニスは 18歳以下, 柔道は 19歳以下などである。その結果, 全体の 45%がシニア選手となった (平均年齢 24.4 ± 4.8 歳)。そのうち 387名はオリンピックや世界選手権で 10位以内の結果を残していた者で, 世界クラス (World Class: WC) と定義した (240名はメダリストで, そのうち 119名は金メダリスト)。一方, 残りの 213名は, WCの者を除いた国内選手権で上位 10位以内の結果を残した者で, 全国クラス (National Class: NC) と定義した。

t1とt2の調査に回答した 224名のうち, 123名は t1の時点においてジュニアで, t2の時点でもジュニアだった者は 9名存在した。研究2では t1の時点でシニアだった 119名を分析の対象とした。

スポーツの分類

オリンピック種目を以下の5種類に分類した。

① Cgs スポーツ: パフォーマンスをセンチメートル (cm), グラム (g), 秒 (s) で測定する。例えば陸上競技, 競泳, 重量挙げなどである。

② 芸術スポーツ: 技術の連続で構成され, 演技は審

査員によって技術の難易度，正確性，芸術的表現力に基づいて審査される．例えば，体操競技，シンクロナイズドスイミング，フィギュアスケートなどである．

③武道スポーツ：対戦相手の攻撃をかわしながら，相手を殴打したりバランスを崩したりする．パフォーマンスは相手への殴打やバランスを崩した頻度などで審査する．例えば，柔道，レスリング，ボクシングなどである．

④ゲームスポーツ：ボール，パック，シャトルなどを使用し，対戦相手の攻撃をかわしながら，相手からは正確に返せない方法でフィールド内に置いたり（ネットゲーム），ゴールやゾーンに置いたり（侵略型ゲーム）などする．例えば，テニス，サッカー，アイスホッケー，カーリングなどである．

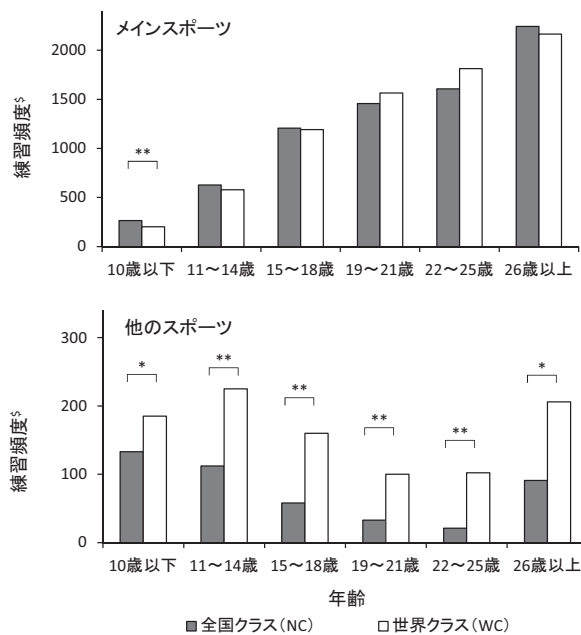
⑤その他：上記①～④に当てはまらないスポーツ．例えば，アーチェリー，射撃，乗馬，スキージャンプなどである．

対象者は47の異なるスポーツで構成された．対象者が参加したスポーツには313の異なる組み合わせがあった（研究3）．「その他」に分類されたスポーツは除外して分析した．

結果

研究1：シニア選手のトレーニングおよび競技履歴
シニアのWCアスリートは，トレーニングを9.1 ± 3.7歳から開始し，10.9 ± 3.8歳で競技を開始（競技会に出場）していた．彼らは年間のトレーニング頻度を100 ± 108回/年（10歳以下），350 ± 187回/年（15～18歳），487 ± 245回/年（22歳以上）と増加していた．1回あたりの平均トレーニング時間は，子ども期で90 ± 30分/回，思春期後期で123 ± 41分/回，成人期で138 ± 46分/回であった．彼らの競技成績をみると，14歳の時点で，4%が国際トップ10以内，31%が全国トップ10以内，23%が地域トップ10以内，42%がそれ以下だった．18歳の時点では，49%が国際トップ10以内，32%が全国トップ10以内，8%が地域トップ10以内，12%がそれ以下だった．

年齢カテゴリ間のパフォーマンスの相関関係をみると，10歳以下と11～14歳では $r = 0.47$ ，11～14歳と15～18歳では $r = 0.33$ と中程度の相関関係が認められたが，シニア期のパフォーマンスとの有意な相関関係は認められなかった（10歳以下： $r = -0.07$ ，11～14歳： $r = -0.09$ ，15～



§：練習頻度は各年齢カテゴリの合計を表す．例えば，11～14歳カテゴリでは，5年間の累積頻度を表している．
* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

図1

18歳： $r = 0.03$ ）．

WCアスリートとNCアスリートのトレーニング開始年齢は，それぞれ11.4 ± 4.7歳と10.1 ± 4.3歳，競技開始年齢は13.1 ± 4.3歳と12.0 ± 4.3歳，専門化した年齢は14.4 ± 6.6歳，12.1 ± 5.5歳と，NCアスリートと比較してWCアスリートの開始年齢が有意に遅かった．また，WCアスリートがメインスポーツ（Domain Sports：DS）と，それとは異なる他のスポーツ（Other Sports：OS）へ参加した割合は，すべての年齢期間を通じてNCアスリートより高かった．例えば，14歳以下ではそれぞれ57%と45%，15～18歳では42%と23%，19歳以上では32%と17%であった．さらに，46%のWCアスリートおよび32%のNCアスリートは，彼らのキャリアの中で少なくとも1回はメインスポーツを変更していた．図1は，年齢カテゴリ別にみたDSとOSの練習頻度である．メインスポーツの練習頻度は10歳以下ではNCアスリートの方が有意に高いが，その他のカテゴリで有意差は認められなかった．一方でOSの練習頻度は，すべての年齢カテゴリにおいてWCアスリートの方が有意に高かった．

研究2：3年にわたる縦断的調査（1999年～2002年）

性別とスポーツタイプの影響を調整して分析したところ， t_1 と t_2 のパフォーマンスは中程度の相関関係を示した（ $r = 0.58$ ）．

一般線形モデルを用いて t_2 時点のランキングに影響する項目を分析したところ， t_1 まで，および

表1 Cgs スポーツにおける14歳時のパフォーマンスとDCおよびOS参加の特徴

	全国レベル以上 (n=220)	全国レベル未満 (n=337)	有意確率 p
OSのトレーニング参加割合	48%	68%	**
OSの競技参加割合	39%	56%	**
DSのトレーニング開始年齢(歳)	9.1(2.4)	12.4(4.3)	**
DSの競技開始年齢(歳)	10.3(2.4)	13.7(4.1)	**
DSの専門化年齢(歳)	11.1(3.8)	13.9(5.2)	**
14歳までの期間(年)			
OSのトレーニング	2.7(3.6)	3.5(3.6)	*
OSの競技参加	1.9(3.0)	2.7(3.2)	*
トレーニング頻度(回/年)			
10歳以下でのDS	277(339)	105(204)	**
11~14歳でのDS	939(472)	445(462)	**
10歳以下でのOS	112(279)	174(364)	*
11~14歳でのOS	104(223)	272(412)	**

平均(標準偏差), *p<0.05; **p<0.01

t1 から t2 の間に実施された総練習 (DS+OS), DS の練習期間および練習量は有意な目的変数として挙げられなかった。有意性を示した項目は, t1 以前の OS に対する関わりで, 3年後のパフォーマンス (t2 時点のランキング) にポジティブな効果を示した (図2)。

次に, t2 時点の順位を説明するにあたり, t1 時点のランキング (a) に加えて, t1 以前の OS の競技期間 (b) を目的変数として重回帰分析を実施したところ, 以下の式を得ることができた。

$$\text{調整 } R^2 = 0.43 \quad (R = 0.67 ; R^2 = 0.44)$$

$$t2 \text{ 時点のランキング} = 29.77 + 0.63 \times a - 0.20 \times b$$

a : t1 時点のランキング

b : t1 以前の OS の競技期間

研究3: メインスポーツと他のスポーツとの組み合わせ

原典では Cgs スポーツ, 芸術スポーツ, 武道スポーツ, ゲームスポーツで分けて分析しているが, ここでは陸上競技が属する Cgs スポーツの分析結果のみ

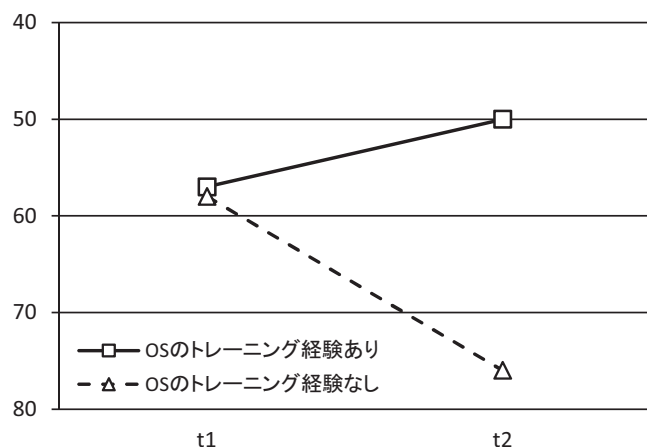


図2 シニア選手におけるOSトレーニング経験の有無と3年後のパフォーマンス

を示す。

表1は14歳におけるCgsスポーツ選手のDSおよびOSのトレーニング・競技履歴である。全国レベル以上のパフォーマンスを獲得した選手は全国レベル未満の選手に比べて, OSに取り組む者の割合が有意に低かった。一方でDSのトレーニングを開始した年齢, 競技開始年齢, 専門化年齢は全国レベル以上の選手の方が若かった。さらに10歳以下および11~14歳でDSの練習頻度が高かった。つまり, 14歳で高いパフォーマンスを獲得した選手は, 専門化する時期が早いというに練習量が多く, 他のスポーツに取り組む割合が低かった。

表2はシニア期におけるCgsスポーツ選手のDSおよびOSのトレーニング・競技履歴である。WCアスリートはNCアスリートに比べて, OSに取り組む割合が高かった。DSに着目すると, トレーニング開始年齢, 競技開始年齢, 最初の国際大会参加年齢, 専門化年齢はWCアスリートの方が遅かった。DSのトレーニング頻度はすべての年齢カテゴリで有意差は認められないが, 11~21歳では, WCアスリートの方がOSに取り組む時間が多かった。

表3はメインスポーツと他のスポーツとの組み合わせを割合で示した。陸上競技が属するCgsスポーツをメインに実施していた群をみると, 異なるCgsスポーツに取り組んでいた者が52%, 芸術スポーツが14%, 武道スポーツが12%, ゲームスポーツが48%であった。Cgsスポーツにメインで取り組んでいた者は, 異なるCgsスポーツを選択した割合が最も多いが, ゲームスポーツに取り組んでいた者も同程度の割合であった。

考察

今回紹介した研究は, ドイツ代表選手を対象にして過去のトレーニングや競技履歴を質問紙調査し

表2 Cgs スポーツにおけるシニア期のパフォーマンスと DC および OS 参加の特徴

	WC (n=208)	NC (n=97)	有意確率 p
OSのトレーニング参加割合	67%	52%	**
OSの競技参加割合	55%	43%	#
DSのトレーニング開始年齢(歳)	12.3(4.5)	11.0(3.7)	*
DSの競技開始年齢(歳)	13.8(4.2)	12.6(3.6)	*
最初の国際大会参加年齢(歳)	18.1(3.2)	17.4(2.7)	#
DSの専門化年齢(歳)	14.3(3.2)	13.0(4.8)	#
OSのトレーニング期間(年)	4.7(5.4)	3.1(4.4)	*
OSの競技参加トレーニング頻度(回/年)	4.1(5.3)	2.0(3.4)	**
10歳以下でのDS	125(238)	139(216)	ns
11~14歳でのDS	577(533)	571(461)	ns
15~18歳でのDS	1321(805)	1333(714)	ns
19~21歳でのDS	1729(904)	1597(894)	ns
22~25歳でのDS	2107(872)	2118(851)	ns
10歳以下でのOS	175(362)	123(292)	ns
11~14歳でのOS	262(401)	113(211)	**
15~18歳でのOS	172(381)	62(174)	**
19~21歳でのOS	95(268)	29(106)	*
22~25歳でのOS	74(215)	45(81)	ns

平均(標準偏差), #p<0.1; *p<0.05; **p<0.01

表3 メインスポーツと他のスポーツの組み合わせ

	メインスポーツ(DS)のカテゴリ				合計(%)
	Cgs スポーツ(%)	芸術 スポーツ(%)	武道 スポーツ(%)	ゲーム スポーツ(%)	
他のスポーツ	52	38	38	33	45
(OS)のカテゴリ	14	63	31	16	19
	12	6	23	4	10
	48	38	62	74	56

縦で合計すると100%を超える。それは多くの選手が様々なカテゴリでOSを実施していたことに起因する。

ている。分析の結果、世界トップクラスまで至った選手は、そこまで至れなかった選手と比較して、DSに専門的に取り組む年齢が高いうえに、メインスポーツ以外のスポーツにも多くの時間取り組んでいたことが明らかとなった(研究1および研究3)。また、3年の縦断的調査の結果、シニアまでのOSへの参加は、シニア期でのさらなるパフォーマンスの向上に好ましい影響をもたらしていた(研究2)。さらに、どのようなタイプのOSに参加していたのかを分析したところ、Cgsスポーツをメインに実施している者は、他のCgsスポーツに取り組んでいる割合が高いが、ゲームスポーツに取り組んでいた割合と同程度に高いことが明らかとなった(研究3)。

ハイパフォーマンス・スポーツ理論は、なぜ世界クラスの選手の多くが多様性のある練習から恩恵を受けられるのかだけでなく、なぜ専門領域外の練習に時間を費やすことが専門領域に特化した練習にその時間を費やすよりも長期的な成功をもたらすのかを理解する手助けとならなければならない。つまり、以下のことを念頭に置く必要がある。

1. 最終的に、選手に“最も合う”スポーツに導く
2. メインスポーツに費やす時間と、他のスポーツに費やす時間と興味のバランスをうまくとる

3. 個人のストレス耐性を考慮しながら、継続的に生理学的、力学的、心理的な負荷のバランスをとって個人のパフォーマンスを向上させる

この研究の著者は、個々の資源の可用性・消費・保全・再生・新世代とのバランスが、シニア期における世界クラスでの成功につながる可能性が最も高いであろう練習パターンを理解するのに有益なアプローチであることを示し、具体的に以下の3点を提案している。

1点目は、様々なスポーツを探求することは、選手とスポーツの機能的なマッチングの可能性を高める(複数サンプリングと機能的マッチングの原則)。マッチングはトレーニングの運動課題、パフォーマンスの進歩、時間の投資、社会的な関係、健康、楽しさなど多様な側面と関連するだろう。したがって、WCアスリートが彼らのDSに専心して参加する頻度がより少ないのは、個々人が自分に“最も合った”スポーツに偶然にもすぐに“当たる”か、もしくは様々なスポーツに優れる潜在性を有し、それらの中からスポーツを選ぶか、ということによる。これらの考慮事項は、多くのWCアスリートが、彼らのキャリアの間にメインスポーツを変えたという報告、そして世界トップクラスのアスリートがより多くのス

ポーツを経験したという調査結果と一致している。

若いアスリートを彼らの最も適したスポーツに割り当てるにあたり、正確に予測することはほとんどできない（タレント識別：talent identification）。マッチングの過程は、むしろ長期的で本格的な識別経験に基づくものである。すなわち長期的とは、多様なスポーツへの比較的長続きする参加のみが後の成功に恩恵を与えたということで、本格的とは、多様なスポーツへの参加は主に競技関連だった、ということを示す。この詳細は重要である。ドイツでは、正式な競技会に参加するためには、それぞれのスポーツ組織のメンバーでなければならない、これは、これらのアスリートが異なるクラブまたはこれらのスポーツの同僚アスリートや専門のコーチを含むクラブの中で様々なスポーツに参加したことを意味する。この予備的な検索プロセスは経験により狭められる。短期間内（1年未満）に試み、やめたスポーツは、そのアスリートのDSとあまり関係がなく、長期間に取り組んだスポーツはより頻繁にDSに関係していた。

2点目は、様々な練習は物質的ならびに非物質的なコストとリスクの双方に関連していることである。バランスをとることで早期のドロップアウトにつながる可能性がある。減少の確立を増やすいくつかの特定要因は、それを有するシニアのエリート選手で十分な実力発揮の妨げになるかもしれない。若い時期の高強度の専門的トレーニングや早期の成功は、より貧しい主観的健康知覚、より多くの怪我、楽しさの低減、より頻繁な心的な疲労（燃え尽き症候群やバーンアウト）そして、早期の離脱への影響の受けやすさに関連していることが指摘されている。対照的に、様々なスポーツへの参加は、ポジティブ感情と自己決定の内発的な動機付けを育み、そしてそれによって、その後の長期にわたる投資のための動機的な“設立資金”の確固たる基礎を構築すると考えられている。

3点目は、特定の技術の実行するにあたって運動課題の解決策を探すことは、記憶の内容と被験者内変動からの選択に基づいた選考プロセスとして進むことである。増幅された細かい網状の“再生-再認ネットワーク”は、以下の2つの方法でパフォーマンスの発達を手助けすることができる。①スポーツでのハイパフォーマンスは、個人または環境の制約を変更する適応技術、または対戦相手を妨害するため意図的に変更する技術を要求する。“適応的熟達者 (adaptive experts)”と“定型的熟達者 (routine experts)”という言葉がある。適応的熟達者は、手

続き型の技術を効率的に実行するだけでなく、その技術の「どのように」と「なぜ」を理解しており、問題解決の様々な状況に基づいた“概念的知識”を取得する。②より広い範囲の問題解決状況にさらされることは、活動の共変動を組織化する法則を見つけるための幅広い機会を学習者に提供し、彼らに解決策を比較することを勧めることで、より“きめ細かな”探索プロセスを可能にする。スポーツ間の技術やエネルギー容量の直接的な転移を超えて、様々なスポーツへの関与は、おそらく後の専門領域に特化した技術に恩恵を与える様々な学習刺激を与える。

それぞれの効果、つまり、複数のサンプリングと機能的なマッチング、コストとリスクの緩衝、そして問題を解決するにあたって様々な状況にさらされることは、練習したスポーツとは無関係であるかもしれない。ひとつのスポーツにおいて他のスポーツを練習することで獲得された知覚および運動技術、そしてエネルギー容量の転移に関連し、ほとんどのスポーツでの練習は、通常運動技術の洗練、速度、敏捷性、筋力、そして持続的作業能力をある程度まで含む。それゆえ転移はいくつもの関連・非関連スポーツ間で可能となる。実質的には個人の変動の可能性のあるものの、あるアスリートの専門領域に特化したパフォーマンス発達は、複数の関連するスポーツでの首尾一貫した動きの広がりのある練習から恩恵をもたらされたのか、または選手の中で十分に表現されていない補足的な能力（コンピテンシー）の取得によるものなのかは不明である。この同質なサンプル（ドイツ代表選手）内におけるスポーツの組み合わせの多様性は、おそらく根底にある個人の機能性や潜在的に持つスポーツの可能性を強調し、変動の原則の有益な効果を示している。

まとめ

今回紹介した研究はドイツ代表選手を対象としているため、体格やスポーツ文化の異なる日本人に当てはまるかどうかはわからない。しかし、ドイツのようなスポーツ大国で活躍する選手の多くは、メインスポーツの専門化が遅く、またメインスポーツ以外のスポーツにも積極的に取り組んでいる点は見習うべき点であろう。なぜならば、ジュニア期に専門的に取り組んでいるスポーツが、本人にとって本当に合っているスポーツなのかはわからないし、他のスポーツに取り組むことで様々な感覚や体の使い方を獲得できる可能性があるからである。

陸上競技に置き換えても同じことが言える。陸上競技は、走・跳・投種目で構成されている。日本においても、小学生期ではもちろんのこと中学生期や高校生期においても様々な種目に取り組んで、自分に合った種目を見つけ出すことに加えて、様々な感覚や体の使い方を獲得することが望ましいだろう。特に日本では高校から種目が増えるため、中学までに取り組んでいた種目だけでは選手の可能性を発掘しきれない可能性がある。そして、その中で自分の実力を最も発揮できる種目を見つけだし、高校以降も陸上競技を長く継続してほしいものである。

カナダ陸連の長期競技者育成計画 (LTAD)

伊藤静夫

日本陸上競技連盟普及育成委員会

そもそも、表題の「長期競技者育成計画(Long-term athlete development ;以下 LTAD)」とは何か? 「競技者育成」という言葉から判断すれば、いかにも競技団体が構想しそうなトップアスリートの育成方法を連想することになるだろう。たしかに、LTADは国際競技力の向上をめざした競技者育成を狙ったものであることに変わりはない。しかしLTADで興味深いのは、競技者育成とうたいながらも、その対象は広く国民一般にも向けているところである。つまり、競技力向上と国民スポーツ振興という、ややもすれば相反する課題を同時に推進しようとする構造になっている。従来には見られなかった、競技者育成という発想のパラダイム変換と言ってい

いい。LTADは、現在世界のなかでも最も注目されている競技者育成モデルであり、多くの国で採用されつつあるが、我が国にはこうした例は見当たらない。一方カナダでは、陸連に限らず今日ほとんどの競技団体がLTADを基にした競技者育成計画を採用している。競技団体がめざす競技力向上の全体像が少しずつ様変わりしているのが世界の動向かも知れない。

本稿では、現在カナダ陸連が推進するLTADを紹介する。その理解を深めるため、はじめにLTADそのものの成立経緯や背景について若干の解説を述べ、ついでカナダ陸連のLTADの翻訳を掲載し、二部構成とした。陸上競技の競技者育成を考えると、LTADに基づいたカナダのモデルは現在の国際標準とも言え、我が国の競技者育成にとっても参考になることは多いだろう。

I. LTADとは

1. イギリスでのLTAD誕生

1997年、イギリスではブレア新政権誕生とともにスポーツ政策でも改革がみられ、2002年には「ゲームプラン; スポーツ・身体活動推進計画」が

出された(DCSM, 2002)。本政策で特に注目されるのは、生涯スポーツと競技スポーツの融合を戦略的にはかった点である。

従来のイギリスのスポーツ政策には二つの反省点があった。

一つは、オリンピックでのメダル獲得には一定の成果が出ているものの、一般国民のスポーツ参加率はなかなか上がってこないという反省である。今ひとつは、若い競技者の強化について、早期専門化、競技会過多、ドロップアウト、バーンアウトなど多くの問題が生じており、ジュニア期の強化がシニア期での成果につながっていないという反省である。

この二つの反省を突き詰めれば、国民スポーツの振興も競技力の向上もまずはその基礎となる青少年スポーツを充実させるべきという結論に至る。青少年の育成は国際競技力向上の基礎を築くと同時に、国民のスポーツ参加への下地をつくることにも貢献でき、上記二つの課題をともに解決しようとする着想であった。まさに、青少年スポーツの充実は生涯スポーツと競技スポーツの融合の要になり、ウイン・ウインの関係となる。

この課題解決の具体策として提案されたものがLTADである。ハンガリー出身のコーチであり研究者でもあるIstvan Balyiは、旧東側社会主義国におけるタレント発掘、育成システムを自由主義国に応用できる形に再構築してLTADを構想した。これが、上記のスポーツ政策「ゲームプラン」にも取り入れられている。イギリスに端を発したLTADは、さらにBalyiとともにカナダに渡り、現在ではカナダのスポーツ政策の根幹をなすモデルとして採用され、世界的にも注目されるモデルに発展している。

2. カナダLTADの普及

カナダにおいても、従来型の若い競技者育成にはさまざまな反省があった。国際競技力にも低迷があり、1980年代にはソ連、東ドイツなど東欧の育成

モデルを見本にし、次いで2000年前後にはオーストラリアのタレント発掘システムを参考にシステム開発を模索してきたが十分な成果が得られなかった。カナダの文化や生活様式に合ったシステムの必要性が説かれるなかで、その意図に合致できたのがLTADだった。

2002年、カナダ・スポーツ省は「カナダ・スポーツ政策」を策定し（Sport Canada, 2002）、カナダ全州政府がこれを承認し、さらに2002-2005年までの実施基本計画を発表した。ここでの基本理念として、1) カナダ国民のスポーツ参加促進、2) 国際競技力向上、3) これらを促進するためのシステム、インフラ、環境等の整備、4) スポーツ関係組織間の連携強化、の四つをあげている。続いて2005年、2007-2012年版実施基本計画を策定し、ここではじめてLTADを導入した（Sport Canada, 2005）。全州は直ちにこれを承認し、競技団体もこぞってLTADを採用することになった。今日、カナダの競技団体はほぼ例外なくLTADを基本の育成モデルとして位置づけている。

それにしても、LTADが驚くほど短期間に国内の競技団体、スポーツ団体に浸透し普及していったことに驚かされる。その経緯を追ってみると、まずカナダ政府が国内のスポーツ組織に呼びかけ、LTADの骨子を作成するための専門家集団を編成した。このLTADガイドラインが2002年、2005年のスポーツ政策に反映された。さらにこの時点で、LTADモデルを具体的に記述した「カナダ・スポーツ・フォー・ライフ（The Canadian Sport for Life: 以下、CS4L）」がいち早く作成されている。LTADの内容が平易に、わかりやすく、丁寧に書かれている。LTADの普及には、その拠り所となるCS4Lという文書の存在が大きかったようである（Norris SR, 2010）。競技団体は、CS4Lをベースにして、それぞれの競技特性に合わせた団体個別のLTADガイドラインを作成すればよいことになる。また、上記の専門家集団は、こうしたスポーツ団体のLTAD作成に対して、直接、間接の援助を行い、LTADの普及に貢献したという（Norris SR, 2010）。

3. カナダLTADの特徴

カナダLTADの概要としては、全体として大きく三つのカテゴリーに区分できる（図1）。最初のカテゴリーは、誕生から思春期までであり、この段階での目標は基礎的な運動スキルとともに、運動を楽しく自信を持って行うといった心理的、社会的な身体能力の基礎をつくることにある。そして、このよ

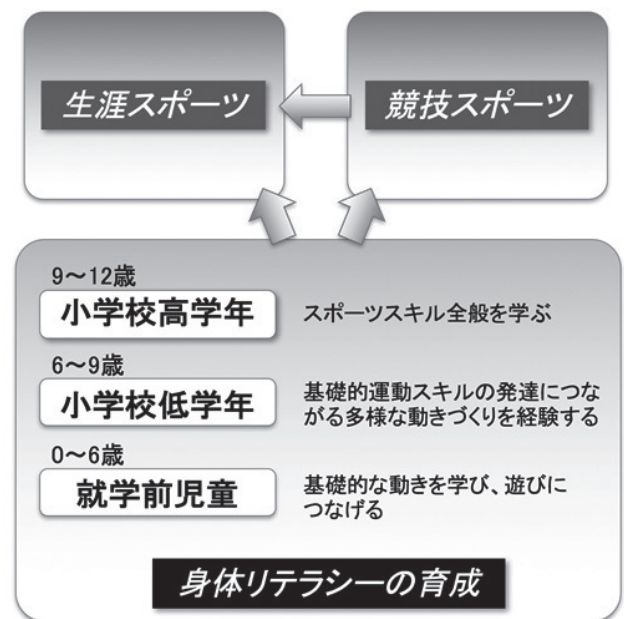


図1 カナダLTADモデルの概要

うな基礎的な身体的、心理的、社会的特性を特に「身体リテラシー」と定義した。

身体リテラシー育成段階を経て、次に進む段階は二つのカテゴリーに分かれる。一つは、スポーツに専門化し、そのスポーツを極めようとする方向性である。その移行時期は、思春期の到来が目安になる。LTADモデルの基本理念として、発育発達段階に応じた育成を重視しているが、特に思春期では個人の発育の遅速が拡大し最大3～4歳の幅が生じることから、暦年齢だけでなく身長発育速度曲線（PHV）から思春期到来を判断するように勧めている。

思春期以降、全ての子どもが競技的スポーツに進むわけではなく、二つ目の方向性として楽しみのためのレクリエーション活動に進む過程を設定している。さらに、競技生活引退後の段階として「生涯スポーツ（Active for Life）」というステージを加える。このように、全ての子供たちは「身体リテラシー」を養い、次に競技スポーツに進んだ人も生涯スポーツへ進んだ人も最終的には再び「生涯スポーツ」のステージにもどり、生涯にわたって身体活動、スポーツ活動に親しむというライフステージが構想されているのである。

4. カナダ陸連のLTAD

もともとLTADモデルのねらいの一つは、若い競技者の早期専門化による弊害を解消することにある。しかしながら、専門化する平均年齢はスポーツによってかなり幅がある。2004年アテネオリンピック出場選手の調査結果をみても、水泳やフィールド

ホッケーなどでは10歳以下のかかなり早い時期に専門化している一方、陸上競技は13歳以降と典型的に専門化の遅い競技であることがわかる (Vaeyens Rら, 2009)。したがって、全てのスポーツを一律に扱うことはできない。

そこでLTADモデルでは、スポーツ種目へ専門化する年齢の早いものと遅いものとに分け、競技特性に応じた育成段階を設定する仕組みになっている。カナダ陸連は、専門化の遅いという陸上競技の特性に応じ、LTADモデルを構築している。すなわち、LTADの標準モデルである7段階にさらに2つの育成段階を加えた9ステージを設定した。一つには、「競技会へ向けてのトレーニング」期を二つに分け、前半を「競技会を学ぶ」(Learning to Compete)とした。これは、陸上競技への専門化をやや遅らせる配慮からである。もう一つには、競技ステージの最後に「生活をかけての勝利 (Winning for a Living) を入れている。ここは、プロとして国際舞台で活躍する競技者を想定し、競技ステージの集大成として位置づける。

先にLTADの成立経緯で述べたように、LTADは競技団体ごとに競技特性に応じて変更することが前提になっている。つまり、「競技スポーツ」の部分は競技団体に任せ、基礎段階の「身体リテラシー育成」と「生涯にわたる身体活動」は全てのカナダ国民が享受すべきもの、という構成になっている。

言い換えると、LTADによる競技者育成は一つの組織で完結できるものではなく、家庭、学校、地域社会、競技団体、スポーツ団体などが連携し、協働してこれに当たる必要がある。いわばLTADモデルがバトンのように機能して、「元気にスタート (揺りかご)」から「生涯スポーツ (墓場)」まで競技者育成が継続されて行くのである。むろん、カナダにおいても全ての分野でバトンがうまくわたっているわけではないだろう。親の関与や早期専門化などによる青少年スポーツ特有の問題がみられる。しかし、LTADでは「継続的な改善」(LTADでは、continuous improvementを特に日本語由来の“Kaizen”で表記)が強く叫ばれ、年々着実に普及が進んでいるようである (Norris SR, 2010)。そこには、ともすれば早期専門化を助長しがちな立場の競技団体が、率先して長期展望に立った育成モデルをかかげることに大きな意味があるのだろう。

文献

DCSM (2002) Game Plan: a strategy for

delivering Government's sport and physical activity objectives. http://www.cabinetoffice.gov.uk/media/cabinetoffice/strategy/assets/game_plan_report.pdf

Norris SR (2010) Long-term athlete development Canada: attempting system change and multi-agency cooperation. *Curr Sports Med Rep*, 9:379-82.

Sport Canada (2002) The Canadian Sport Policy. http://publications.gc.ca/collections/collection_2016/pch/CH24-46-2002-eng.pdf,

Vaeyens R, G llich A, Warr CR, Philippaerts R (2009) Talent identification and promotion programmes of Olympic athletes. *J Sports Sci*, 27:1367-80.

II . カナダ陸上競技連盟；長期競技者育成計画 Athletics Canada： Long Term Athlete Development

目次

1. はじめに
2. なぜ長期育成計画が必要とされるのか？
3. 長期育成計画の枠組み
4. トレーナビリティー - 長期育成計画の応用
5. 長期育成計画9のステージ
 - ステージ1 元気にスタート
 - ステージ2 楽しく基礎づくり (基礎1)
 - ステージ3 トレーニングを楽しく学ぶ (基礎2)
 - ステージ4 本格的トレーニングをめざし (エンジンづくり)
 - ステージ5 競技会に参加する (競技会への挑戦)
 - ステージ6 競技会をめざしたトレーニング (戦いへの熱意)
 - ステージ7 勝つためのトレーニング (高いパフォーマンスを維持)
 - ステージ8 プロとして勝利をめざす (ここぞの時のパフォーマンス)
 - ステージ9 生涯スポーツとして (アンチ・エイジング)
6. 要約

1. はじめに

長期競技者育成計画 (Long Term Athlete Development; 以下 LTAD) は、競技者の発育に応じた望ましいトレーニングの進め方、競技会への参加のしかた、休養の取り方などを明らかにしたものである。本モデルに基づいた指導によって、競技者の可能性を最大限に引き出すことが期待できる。

LTAD モデルは、カナダ・スポーツセンターの LTAD 専門プロジェクトの研究成果に基づいて開発された。カナダ陸連でも、この研究成果の基本理念を取り入れ、発育発達段階に応じた指導の枠組み、トレーニングの進め方をわかりやすく提示した。

カナダでは、連邦、州、市町村の各政府が LTAD をスポーツ選手育成の基本理念として採択することになった。また各政府は、関連スポーツ団体と連携して LTAD を進める方針を打ち出した。そもそも LTAD モデルは、身体リテラシー（走る、跳ぶ、投げるといった基礎的スキル）の育成を通して、アスリートの育成はもとより、カナダ国民の生涯にわたる身体活動やスポーツの振興をめざすものである。

とくに発育期の初期段階では、子どもの発育に見合った育成プログラムが重要になる。発育の初期段階の特徴としては、陸上競技をはじめあらゆるスポーツの基盤となる走ったり跳んだり投げたりする基礎的なスポーツスキルの発達が著しい時期であり、同時に、スポーツスキルを支えるスピード、敏捷性、バランスといった基礎的な体力要素が発達する時期でもある。

このような基礎的な運動スキルは、12 歳までに発達させておく必要がある。それを怠ると、本来遺伝的にそなわった競技能力を十分引き出せないまま終わってしまうことにもなりかねない。つまり、この時期に基礎的な運動スキルの習得できるかどうかは、将来、一日をソファーで暮らす生活になるかサッカーのピッチで活動するかの分かれ目になるだろう。あるいは、オリンピックで金メダルを獲得するか、16 位で終わるかの差につながるかも知れない。

子ども時代に主要な運動スキルを身につけておくことは、その子に心理的な有能感を育むことになり、また日常の身体活動とスポーツ活動がうまくつながって行くことにもなる。また、青少年期のスポーツは、スポーツスキルを転移させる幅を広げる。つまり、他のスポーツを経験するときにも、そのスキルを習得しやすくなる効果が期待できる。

多くの身体活動に習熟できれば、生涯いろいろな身体活動を行う機会を増やすことができ、ひいては健やかな長寿へつながることにもなるだろう。LTAD

の基本理念は、エリートアスリートの育成をめざすと同時に、すべての子どもたちが将来、自信に満ちて健康で活発な大人に育つようにそのチャンスを提供することにある。

子ども時代に基本的スキルを発達させ、また発育段階に応じて順次競技スキルを向上させることは、健常競技者にとっても、また障害を有する競技者にとっても重要である。本ガイドラインでは、とくに健常競技者と障害のある競技者とを分けていない。競技者の育成段階において、両者に顕著な差はないからである。ただし、必要が生じれば今後の刊行で補って行く（例えばフェーズ 2（基礎的な準備期）とフェーズ 3（専門化への準備期））。

LTAD モデルでは多段階の長期育成期間を設定しているが、ここでは、エリート競技者を育てるまでに必要とされる期間について注目してみる。種々の研究結果によれば、タレント性のある競技者がエリート競技者に成長するまでには 8～12 年を要すると言われる。このことは、「10 年、1 万時間ルール」としても知られ、1 日当たりになると 3 時間のトレーニングを 10 年間継続することになる。例えば、米オリンピック委員会（以下、USOC）が 1988～1996 年にアメリカのオリンピック代表選手に対してアンケート調査を行った結果では（2001）、オリンピック代表選手になるまでには 10～13 年のトレーニング期間が必要であり、またメダル獲得までには 13～15 年かかっている。

最後にコーチの役割について考えてみる。競技者育成過程において、初期段階と最終段階では必要とされるトレーニング強度も異なってくる。そこで、各々の育成段階を一つの糸でつないで全体に一貫性を持たせる必要がある。その役割を担っているのがコーチなのである。したがってコーチは、それぞれの子どもの発育発達の様相を適確に把握し、それに応じて適切にトレーニング計画を立てなければならない。このコーチの役割こそが成功への鍵になるだろう。

2. なぜ LTAD が必要なのか

今日のカナダにおける競技者育成システムでは、競技会での結果にこだわり過ぎる傾向が強く、子どもたちが基礎的なスポーツスキルを発達させるための最適な機会を失っているようにみえる。育成過程（スキルの発達）よりも結果（勝利）を重視するといった今日の状況は、カナダにおけるスポーツ・システムの欠点と言わなければならない。カナダスポーツセンター LTAD 専門プロジェクトが指摘するように、

このような状況では、かたよった指導に陥り、子どもの可能性をつぶしてしまうことにもなりかねない。また、早期のバーンアウトやオーバートレーニングを招きやすくすることにもなるだろう。

カナダ陸連は、LTADモデルの導入によって、このような状況を回避し、カナダ陸上競技選手の育成に十分な成果をあげられるものとする。LTADモデルでは、発育期の早い段階で基礎的な運動スキルをしっかりと学ぶように計画されている。こうした基礎的な段階を経た後に、次第に競技会での成績をめざしたトレーニングが重視される段階へと移行すればよい。現在、カナダをはじめ世界各国がLTADモデルに関心をよせる。カナダ陸連も、この一貫育成システムを採用し普及することによって、長期的展望に立った成功が得られると確信する。また、このようなシステムでは、コーチの役割はますます重要になる。コーチは、若い競技者の発育発達特性を良く理解し、その原則をトレーニング、競技会、回復過程に適用する。このことは、子どもの指導に当たるすべてのコーチにも当てはまる

【なぜLTADが必要なのか】

- 発育期の競技者は、トレーニングが不十分である一方、競技会が多すぎる
- 大人の競技者のトレーニングプログラムがそのまま発育期の競技者に応用されている
- 男性競技者のトレーニングプログラムがそのまま女性競技者に応用されている
- 短期間で結果を求め、発育過程を配慮しないトレーニング計画が組まれる
- トレーニング／競技会計画を立案するとき、発育（生物学的）年齢ではなく暦年齢が基準になっている
- 多くのコーチは、トレーニングを行うのに至適な年齢域があることを無視しがちである。
- 基礎的運動スキル、スポーツスキルは正しく教えられていない
- 最も見識の高いコーチはエリートレベルを担当する傾向にあるが、若い競技者の育成には優秀で経験豊かな人材が求められる
- しかし、実際には若い競技者の育成にはボランティアコーチが当たる傾向にある
- 両親へのLTADについての教育がなされていない
- 障害者スポーツにおいても、発育期のトレーニングに関わる課題が十分理解されていない
- 多くのスポーツにおいて、競技会システムが競技者の発育の妨げになっている
- 適正なタレント識別システムがない
- 学校体育、地域のレクリエーションプログラム、陸上クラブ、エリート競技会プログラムの相互連携がない。
- 生涯にわたってスポーツを楽しみ継続して行くうえで、スポーツの専門化が早すぎる傾向にある

3. 長期育成計画のフレームワーク

LTADフレームワークとは、スポーツ選手の育成を発育段階ごとに定めた枠組みのことである。このシステムではトレーニング、競技会、回復過程のフレームワークを暦上の年齢ではなく生物学的年齢あるいは成熟度にもとづいて構成しているところに大きな特徴がある。

発育期では、発育段階によってトレーニング効果も異なる。LTADモデルでは、個人の発育特性に応じて、トレーニング効果が得られやすい至適年齢

に合わせたトレーニングを立案することができる。LTADにはこうした利点があるので、競技者の持つ能力を十分に引き出すことが期待できる。そこでLTADフレームワークでは、まず競技者を中心に置き、コーチ、スポーツ行政、スポーツ科学、スポンサーなどが支援するといった体制が重要になる。

カナダのLTADの標準モデルでは、エリートレベルに到達するまで合計7つのステージが標準になっている。しかし、カナダ陸連のLTADモデルでは、陸上競技が専門化の遅いスポーツであるという特性を考慮して、さらに2つの段階を加え合計9ステージを設定した。追加したステージは、「競技会に参加する」と「プロとして勝利をめざす」である。とくに後者は、プロをめざすエリート競技者を想定したものである。

また、最後の「生涯スポーツとして」のステージは、どの年代にも関連する重要なテーマである。それまでのステージを継続できなかつたり、なじまなかつたりした人でも、再びスポーツ活動を楽しみ、継続する機会を提供するものとして位置づけている。

陸上競技は、競技への導入期間が長く、また専門化の遅いスポーツである。もちろん若年期で素晴らしい能力を発揮することもあるが、一般には成人期でエリートレベルに達するまでに長い年月の育成期間を必要とする。

子どものスポーツに成人と同じ評価を当てはめるべきではない。ジュニア競技者の育成では、発育段階に添って指導がなされ、基礎的なスキルが着実に身につくことが大切である。こうした基礎づくりこそが、将来のパフォーマンス向上につながるだろう。コーチは、それぞれの競技者の育成に合わせ、能力に応じた種目群、あるいは特定種目を選定する。このような発育段階に応じた経験の試みの積み重ねが重要である。それによって、競技者の能力を最大限にいかすチャンスが広がって行くだろう。

4. トレーナビリティ；長期育成計画への応用

「適応」と「トレーナビリティ」という用語は、コーチングの現場ではしばしば間違っ用いられることがある。あきらかにこの二つの言葉の意味は異なり、両者を正しく理解しておかなければならない。

1) 適応；

適応とは、ある刺激によって生体が機能的あるいは形態的に変化を起こす現象を意味する。この適応の程度は、個人の遺伝特性に依存した個別の現象であるが、適応には標準的な傾向やパタンのあることも種々の生理学的研究からあきらかにされている。

陸上競技9つのステージ

1. 元気にスタート
2. 楽しく基礎づくり
3. トレーニングを楽しく学ぶ
4. 本格的トレーニングをめざし
5. 競技会に参加する
6. 競技会をめざしたトレーニング
7. 勝つためのトレーニング
8. プロとして勝利をめざす
9. 生涯スポーツとして

例えば筋持久力や最大筋力など、それぞれの体力要素の適応過程には誰にも当てはまる共通した特徴がみられるのである。

2) トレーナビリティ；

トレーナビリティとは、トレーニング刺激に対する適応のはやさを表す。あるトレーニング刺激に対する応答や適応のはやさは、競技者の遺伝的特性に関わる。一方、これを発育発達段階全体に当てはめてみれば、トレーナビリティには発育段階ごとにトレーニング刺激に対する特徴的な応答特性のあることがわかる。

3) 育成の至適期間；

育成の至適期間とは、ある能力に関してトレーニング効果が最も顕著に表れる育成時期を意味する。発育発達期にあるジュニア競技者には、運動スキル、筋パワー、有酸素パワーなどそれぞれの体力要素に応じて、最適な適応が得られるようにトレーニング刺激をどのようなタイミングで与えたらよいか重要になり、それぞれの体力要素のトレーナビリティは準備期から至適期間のゾーンで表すことができる。

スタミナ（持久力）

スタミナのトレーナビリティが表れ始めるのは、身長最大発育速度（PHV）の開始時点あたりからである。したがって、有酸素性トレーニングは競技者がPHVに達する少し前から始めるのがよいだろう。一方、有酸素パワーは発育速度が低下し始めたころから、漸次導入してゆくのよい。

筋力

トレーナビリティが表れ始めるのは、女子では、PHVの直後あるいは初経開始期であり、男子ではPHV後12～18ヶ月後あたりである。スピード

男子では、最初のスピード・トレーニング開始

期間は7～9歳、そして第二の開始期間は13～16歳と位置づけられる。女子では、最初のスピード・トレーニング開始期間が6～8歳、第二の開始期間は11～13歳である。

スキル

スキルトレーニングの最適な開始期間は、男子では9～12歳、女子では8～11歳である。

柔軟性

柔軟性のトレーナビリティがあらわれはじめる期間は、男女とも6～10歳。なおPHV期間に達したときにも、柔軟性については特に注意を払う必要がある。

4) 体全体をトレーニングする

トレーニングのバリエーション

トレーニング及びパフォーマンスに関わる体力として、次の5つの基本”S“がある。すなわち、スタミナ (Stamina)、筋力 (Strength)、スピード (Speed)、スキル (Skill)、柔軟性 (Suppleness)。

男女のPHV

図1は、最適なトレーナビリティの年齢枠を男女別にあらわしたものである。スタミナと筋力の二つの年齢枠は、発育のスパート期あるいはPHVという個人によって異なる動的スケ-

ルを基準にしている。他の三つの年齢枠、スピード、スキル、柔軟性は、暦年齢を基準とする。なお、障害のある子どもやジュニア競技者のトレーナビリティについては、必ずしも十分に理解されているとは言えない。障害のある競技者に関する情報として、科学や芸術の分野におけるコーチングの事例なども大いに参考に行かなければならない。

5. 長期育成計画、9のステージ

ステージ1 :

元気にスタート Active Start Stage

暦年齢 (歳)	内容
男子 0～6 女子 0～6	●遊んだりからだを動かしたりすることが楽しく、わくわくする。その体験が将来の日常生活の基本要素になる。

幼年期において、子どものサポートを担う中心的存在は両親である。その後、保育施設、幼稚園、地域社会でのプログラムへと進み、子どもたちはそれらの環境から大きな影響を受けて育つ。

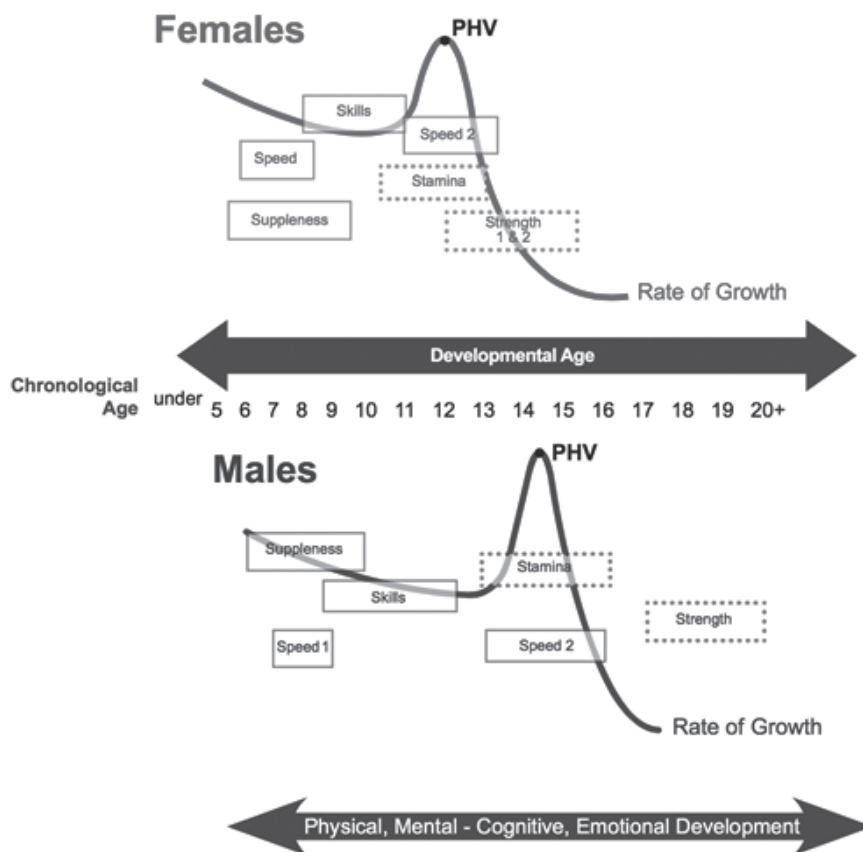


図1 男女別、体力のトレーナビリティの年齢枠

このような子どもをサポートする周りの大人たちが、発育に欠かせない適切な栄養や日々の身体活動の重要性について十分理解することが大切になる。

子どもは、睡眠中をのぞけば、60分間以上座ったままではいられず、絶えず動き回っている。そこで、安全性を確保した環境のもとで、子どもたちが遊びを通して危険性や限度を学びながら育って行くように導くことが大切になる。

この発育発達段階では、まだコーチングは関与しない。

とくにこの時期では、走ったり、跳んだり、車椅子をこいだり（車椅子の子どもでは）、ねじったり、蹴ったり、投げたり、キャッチするといった基礎的スキルに触れ、体験できることが重要である。また、ある程度組織化された身体活動、例えば体操や水泳プログラムなどと組み合わせれば、より活動的な環境をつくるうえで効果的である。

ステージ 2 :

楽しく基礎づくり（基礎 1）

Fundamental Stage (Fundamentals 1)

暦年齢（歳）	内容
男子 6～9 女子 6～8	<ul style="list-style-type: none"> ●敏捷性(Agility)、バランス(Balance)、調整力(Coordination)およびスピード(ABS)を教え始める。 ●日々の遊びと身体活動の重要性を引き続き教える

このステージでは、陸上競技で必要となる敏捷性、バランス、調整力、スピードなど身体能力の基礎づくりのために、走ったり、跳んだり、投げたり（RJT；走跳投）車椅子をこいだり（車椅子の子どもについて）、ねじったり、蹴ったり、投げたり、キャッチするなどの基礎的運動スキルを、体操や水泳プログラムなどと組み合わせながら、実際の動きを通して学習する。

またこの時期には、体全体の筋力が発達し始め、それに見合った適切な動きの可動範囲を獲得して行く。このとき、両者のバランスを保つために、柔軟性を重視し始めるのもこのステージである。さまざまな身体活動をとおして、効率のよい動き、正しい姿勢を獲得しておくことが将来の成功のために欠かせない。

またこのステージでは、極力ケガをしないよう、また悪い癖がつかないよう気を配りたい。「スイス」ボールやメディシンボールなどの器具を使った運動や体重を利用した運動なども勧められる。

このステージは、スピードの発達し始める第一段階の年齢域（女子；6～8歳、男子；7～9歳）に当たる。短時間（5秒以内）でさまざまな方向へ移動する動きを取り入れ、動きの速さや敏捷性を養う。

安全性やマナーなどに配慮した簡単なルールなどもこの時期から取り入れるとよい。

またこのステージでは、特に意志決定能力を養う目的から、プログラムによっては4～10週間以上にわたって、多様なスキルを要する運動、スポーツ、チームゲームなどに積極的に参加することも勧められる。

以上の運動プログラムは、このステージの終わりまで、週当たり合計10時間に達するようにする。またこのうちの1～2時間は、走、跳、投を基調とする陸上競技の基礎的スキルを組み入れる。このようなプログラムは、陸上競技全般の身体能力を支える基礎的スキルを養成することにも役立つ。

このステージにおける身体活動は、一般的な有酸素的および（短時間の）非乳酸性無酸素能力の発達を促すが、学校であれ、クラブであれ、あるいは地域センターであれ、楽しくしかも安全な環境で行われなければならない。そしてここでの身体活動は、競技会への準備（ピリオダイゼーション）や参加を前提とせず、まだ専門化しない段階の自由な活動である。

ステージ 3 :

トレーニングを楽しく学ぶ（基礎 2）

Learning to Train Stage (Fundamentals 2)

暦年齢（歳）	内容
男子 9～12 女子 8～11	<ul style="list-style-type: none"> ●全般的なスポーツスキルの発達をねらいとして敏捷性、バランス、調整力の向上を継続して育成する ●系統だったプログラムの実践から、身体機能、心理機能、認知機能、動機付けなどの統合を始める ●フィジカル・リテラシーを育成する

このステージは、男女とも、運動学習のトレーナービリティにとって最も重要な時期になる。陸上競技の走、跳、投の種目群への導入としてもふさわしい時期であり、基礎的運動スキルの育成を継続するとともに、走跳投の運動スキルの発達を促す。

なおこの時期には、発育の個人差、性差が最も顕著になる。したがって、トレーニングを順序立てて進めるためには、子どもの身体の変化を正しく把握する必要がある。定期的に身長をはじめ筋骨格系の

検査を継続しておけば、そのデータの集積が子どもの発達特性を把握するのに役立つ。

上記の目的にそった体力テストや評価システムを導入するのは、この時期からがよい。

筋力は、ステージ2のころから発達し始め、この時期でさらに発達が進む。柔軟性は、このステージの後半へかけて急速に発達し、その重要性はますます大きくなる。

また引き続いて、極力、怪我のないよう、また悪い癖がつかないように配慮することも重要である。バランスのよい姿勢を保つこと、コーディネーションや協調性を高めることは、動きの効率を良くし、パフォーマンスにも好結果をもたらす。

スピードの発達では、引き続き、短時間（5秒以内）でさまざまな方向へ移動する動きを取り入れ、敏捷性の養成をはかる。また、引き続き遊びやゲームを通して一般的な有酸素性を養う。これは、スピードの発達にも効果的である。

パフォーマンスの向上に必要な付随的な要素（ウォームアップ、クールダウン、モビリティ、栄養、メンタルスキル）の学習もこの時期に導入するとよい。

このステージの終わりまでは、身体活動時間としては週合計11時間程度、種目別スキル育成としては週2～3種目が適当である。また、さまざまなスキルを要する他のスポーツへの参加も積極的にすすめる。しかし、参加種目数についてはステージの後半にかけ、その数を減らして行くのがよいだろう。

なお、一般にタレント識別はこの段階から始まるが、競技会への参加はまだ本格的なものではなく、競技会へ向けての計画的な準備（ピリオダイゼーション）も行わない。

ステージ4：

本格的トレーニングをめざして(エンジンをつくる) raining to Train Stage “Building the Engine”

暦年齢（歳）	内容
男子 12～16 女子 11～15	● 持久性、筋力、スピードの発達 ● 競技特有のスキルおよび体力の発達

このステージは、身体発育がこれまでも増して著しい時期である。さまざまなものを吸収できる好機ではあるが、同時に障害を受けやすい時期でもあり、最も難しいステージだと言える。

身長最大発育速度（PHV）が発現するとき、まず骨の発育が先行し、しばしば靭帯などの結合組織へ

ストレスが加わる。発育が加速するほど、柔軟性、姿勢の保持、スキルなどの要素が協働して動作範囲をせばめ、そのストレスを緩和させようとする。しかしその結果、ぎこちない動作パターンになることもある。したがってこの時期には、こうした動作の変化を見逃さないことが重要である。

生理学的、心理学的あるいは医学的なモニタリングによってPHVの様相を把握するが、とくに晩熟系の子どもでは発育が減速する時点を見極めることが課題になる。筋骨格系の定期的な測定が基本になるが、必要に応じて他の形態測定も加える。

このように定期的なモニタリングによってPHVが把握できれば、このステージで必要とされるトレーニング内容も明らかになる。

このステージでは、とくにスピードの発達が著しく（女子；11～13歳、男子；13～16歳）、非乳酸性の無酸素的トレーニングが重要になる。

基礎的な有酸素的トレーニングはPHVが始まるころから始め、本格的な有酸素パワーのトレーニングはPHV以後（発育速度の低下が始まる時期）に始めるのがよい。

筋力発達をねらった正式なウェイトトレーニングは、女子では初経開始から、男子ではPHVの12～18ヶ月以降がよい。

このフェーズでは、引き続き付随的な要素の習得も進め、身体的、心理的、知的、あるいは情緒的な調和をはかり、パフォーマンス向上をめざす。

トレーニング及び競技会参加を緻密に計画することは、このステージの終盤から始めるのがよい。テーパリング期、ピーキング期を明確に位置づけ、トレーニング計画を構造的にとらえ、常に評価とそれに基づく修正が行われるようにする。また、種目特有のトレーニングもこの時期から開始する。

このステージのトレーニング期間は、プログラムによって4週間から10ヶ月間と幅を持たせ、陸上以外に行うスポーツとしては1～2種目程度に減らす。トレーニング時間は、このステージの終わりにかけて、週あたり合計12時間を目安にする。内容は、4～7セッションの身体トレーニングと、陸上競技の専門的トレーニングを3～5セッションで構成する。

ステージ5 :

競技会に参加する（競技会への挑戦する）

Learning to Compete “Challenge of Competition”

暦年齢（歳）	内容
男子 16～18 女子 15～17	<ul style="list-style-type: none"> ● 種目特有の体力を発達させる ● 種目特有の長所・短所の見極め方を身につける ● 種目に専門化して行く ● 身体的、心理的、知的、情緒的調和を図る

このステージでは、競技会をめざしトレーニングもより専門化する。

ピリオダイゼーションの回数は、年間1回あるいは2回タイプのものを用いる。ただし、コーチは常に状況に応じて柔軟に対応しなければならない。

運動スキルが着実に養成されてきたところで、種目群（投擲、跳躍、短距離、長距離）あるいは特定種目に振り分ける。スピード、筋力、有酸素的能力、パワーといった体力要素を必要に応じて高めて行くが、特にスピード持久力は種目特性に応じた高め方を工夫する必要がある。

陸上競技のトレーニングセッションは、週あたり5～9に増やし、他のスポーツ種目への参加回数は、2セッション以下とする。

トレーニングと競技会の比率は90/10とする。また、陸上競技シーズンの期間は、8週から10ヶ月の間で適宜選択する。競技会への参加回数は、種目特性あるいはピリオダイゼーションの回数によって異なる。1回型のピリオダイゼーションであれば、年間試合数は10～15回になる。2回型ピリオダイゼーションであれば、試合数は12～18に増えることになる。

このステージの終盤ともなると、一丸となってパフォーマンスの向上をめざすチームの目標に結束するようになる。

ステージ6 :

競技会をめざしたトレーニング（戦いへの熱意）

Training to Compete “Heat of the Battle”

暦年齢（歳）	内容
男子 18～21 女子 17～21	<ul style="list-style-type: none"> ● 種目ごとの競技会へ向けての準備をすすめる ● 種目への専門化をさらに洗練させる ● 身体的、心理的、知的、情緒的調和をさらに発展させる ● 種目ごとの測定及びモニタリングを実施する

このステージでは、さまざまなタイプのピリオダイゼーション（単一から複数まで）が用いられ、種目特有の運動スキルがさらに洗練されて行く。また、引き続き全体的な身体能力の発達をめざし、ハイレベルの競技会参加でこうむるストレスを処理できる精神的な対処能力の発達もねらう。

このような付随的な能力が発達するにつれ、競技会（国内及び国際レベルの競技会）へ向けての調整のしかたやメンタル面の準備のしかたも洗練されて行くだろう。

陸上競技のトレーニング・セッション数は、他のスポーツ参加を制限することによって、週あたり6～15に増加させる。トレーニングと競技会参加の比率は90/10のままであるが、陸上競技のシーズンは1年間に拡大し、移行期あるいは休息期は従来通り1ヶ月間とする。試合数は、ステージ5と同様。

このステージになると、パフォーマンス向上をめざすチームの一員として、国際レベルあるいは国内レベルの高い目標に向かって、チーム一丸となって練習に励むという姿勢が重要になってくる。

競技者としての生活スタイルは如何にあるべきかという教育も重視され、また、次のステージ7の「フルタイムの競技者」への移行をそろそろ自覚する時期でもある。

ステージ7 :

勝つためのトレーニング (高いパフォーマンスを維持) Learning to Win “Consistent Performance”

暦年齢 (歳)	内容
男子 20 ~ 23 +/- 女子 20 ~ 23 +/-	<ul style="list-style-type: none"> ● 高いパフォーマンスをめざし種目専門化を最高にする ● 競技力向上をめざすチームの一員となる ● 身体的、心理的、知的、情緒的調和の発展を継続させる ● ここぞという時の戦い方を学ぶ

このステージでは、生活全般を競技に向けた「フルタイム競技者」が対象となる。競技力を最高水準に高めるように、全てのエネルギーやリソースがそこに向けられる。戦術的、技術的、身体的、精神的な能力も、最大限に高めることが目標になる。

国際水準の競技力をめざし、競技者を最高の状態に仕上げるために、生理学的、心理学的、医学的な観点から科学的なテスト方法やモニタリングシステムを導入し、これを最大限に活用する。

また、チーム一丸となって国際競技力向上をめざすという総合力も極めて重要になる。

競技者としては、優れた「フルタイム競技者」をめざし常に学ぶという姿勢を忘れてはならない。

ステージ8 :

プロとして勝利をめざす (究極のパフォーマンス) Winning for a Living “Performing when it Counts”

暦年齢 (歳)	内容
男子 23 +/- 女子 23 +/-	<ul style="list-style-type: none"> ● オリンピックや世界レベルでの成果をめざしその種目特有の準備を最高の状態で行うことができる ● プロ競技者としての実績をあげるため、トレーニング、競技、回復過程のいずれをも最高の状態で実践する ● ここぞという時に常に最高度の競技力が発揮できる ● プロのサポートチームとともに活動する ● 競技生活を引退した後の生活設計を考える

このステージでは、身体的な準備、測定やモニタリングその他、普段自然に行われてきたシステム活

動が最大限に効果を発揮し、また洗練され、それによって競技者のコンディションは最高水準（オリンピックや世界選手権）に確保される。

なお競技者は、このステージの終盤に向けて、引退後の生活設計もはじめ、「実社会」への準備もはじめておきたい。

ステージ9 :

生涯スポーツとして (アンチ・エイジング) Active for Life “Dealing with Adversity”

暦年齢 (歳)	内容
男子 生涯 女子 生涯	<ul style="list-style-type: none"> ● 社会と調和し生活を営む

このステージは、選手が完全に競技生活から退いた後の生活に関するものである。高い競技水準にあった競技者にとって、生活の中心が競技生活に注がれてきており、それがなくなった生活に適應する心構えを持たなければならない。したがって、人生の大きな変換点になる。それまでの生活構造や精神構造からの変換を迫られ、人によっては、従来の生活からこのステージへの移行に困難さを感じることもあるだろう。

スポーツ活動にとどまり、かつて名声をはせた競技者として、その経験や専門知識をコーチングや指導的立場、管理監督的立場などに活かす機会も多くなるだろう。また、マスターズ競技会へ参加したり、あるいは現役中にはできなかった新たなスポーツや趣味を始めたりするよい機会にもなるだろう。

生涯にわたってそのスポーツを継続するかどうかの分かれ目になるが、いずれにしても、いままでのようなコーチやスタッフのサポートを受けず、自らスポーツを楽しむスポーツライフへの移行となる。

6. 要 約

長期競技者育成計画 (LTAD) を取り入れ、それをトレーニング・プログラムに反映させることによって、競技者の持てる潜在能力を十分に引き出し、ひいては国際舞台で活躍する競技者に育て上げることも可能になるだろう。

LTAD の基本骨格は、もっともトレーニング効果の得られやすい至適期間にトレーニング・プログラムを合理的に配置することにある。この至適期間は、子どもたちが基礎的なスポーツスキルや走、跳、投の基礎的能力を発達させるうえで最もふさわしい時

期に設定される。またこの時期は、他のスポーツと同様、陸上競技のスキルに直接関係するスピード、敏捷性、バランスといった体力要素を発達させる好機でもある。

本 LTAD モデルの実践、普及を通して、カナダの陸上競技は世界の陸上競技の最前線に躍り出ることであろう。また、カナダは陸上競技を世界のトップに躍進させるだけの優れたコーチ、役員、行政官を有する。競技者長期育成モデルは、その成功に導く基本的なツールである。

米国スポーツの再建に向けたアスリート育成モデル -REBUILDING ATHLETES IN AMERICA, American Development Model-

森丘保典
日本大学スポーツ科学部

はじめに

American Development Model (ADM) は、Istvan Balyi 氏が提唱する long-term athlete development (LTAD) を援用しながら、米国オリンピック委員会 (USOC) と National Governing Body of Sport (NGB: 競技団体) が協力して作成した米国アスリートの再建に向けた育成モデルである。

目次を概観すると、まず ADM を作成するに至った理由 (背景) が、米国の子供達やスポーツ界の現状を示すエビデンスとともに述べられており、以下、現状と課題を踏まえた ADM の基本方針、5つの年齢・発達ステージ別のコンセプトや留意点、さらにはスポーツ界に関係するステークホルダー (各競技団体、コーチ・マネジャー、保護者およびアスリート) 別に推奨項目が提示されるという構成になっている。

以下、ADM の主な内容について概観しながら、その特徴や要点について確認していく。

1. ADM を作成する理由

(State of the Games: Why create ADM?)

ここでは、ADM が、2013 年に米国のスポーツ関係者が一堂に会して議論した内容がまとめられた Aspen Institute initiative の Project Play Report (www.projectplay.us) に基づいて作成されたことが述べられており、ADM を作成するに至った 4つの理由 (背景) がエビデンスとともに示されて

いる。

スポーツ参加率の低下

(Falling Sport Participation Rates)

- 子供たちの定期的なチームスポーツへの参加率に大幅な低下が見られた (図 1)

肥満の危機 (Obesity Crisis)

- 6 歳から 11 歳の子供たちの肥満の割合が 1980 年の 7% から 2010 年の 18%、12 歳から 19 歳の子供たちが 5% から 18% に上がるなど、子供の肥満の割合が 3 倍近くに増えている (Centers for Disease Control and Prevention, 2015)。
- 先進国 17 国のうち、米国の 5 歳から 19 歳の子供の肥満の割合が最も高くなっている (National Academy of Sciences, 2013)。

低い身体活動率 (Low Physical Activity Rates)

- 9 歳前後から身体活動率が急激に下がり始め、15 歳までに中高強度の運動をする割合が 75% にまで低下し、それはヨーロッパよりも高い割合となっている (Designed to Move, 2012)。
- 上記の年齢期の平日の身体活動は 1 日平均 49 分、週末は 1 日平均 35 分となる (Journal of the American Medical Association, 2008)。
- 6 歳から 17 歳の子供たちの 5 人に 1 人が、ほとんど身体活動を行っていないと考えられている

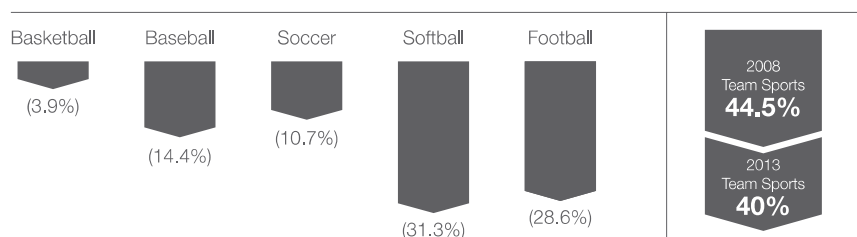


図 1 6 ~ 12 歳の子供たちのスポーツ参加率の低下 (2008 年 - 2013 年)

(Physical Activity Council, 2015).

- ・身体活動を毎日行っている子供が3人に1人であり、高校生になると約29%まで低下する (Fitness.gov).
- ・2014年には、6歳以上の年齢で全く身体活動を行わない数は、全米の全人口の28.3% (8270万人) となり、過去6年間で最も高い割合となっている (Physical Activity Council, 2015).

短命 (Shorter Lives)

- ・いまの子供たちは、親の世代よりも不健康な生活を送り、結果的に短命となる可能性がある (Designed to Move, 2012).

このような状況が続けば、米国スポーツ界は「オリンピックやパラリンピックで活躍するアスリートの減少」、「スポーツ活動（プログラム）の機会や需要の減少」、「スポーツを通して価値ある人生の教訓を教える機会の減少」という3つのリスクを負うであろうと述べられている。

2. 要旨 (Overview)

上記のような現状を踏まえて、ADMでは、コーチ・マネジャーおよび保護者などに対して、子どもの発育発達段階に応じたプログラムを構築・提供するための指針を示すことにより、スポーツ活動によるポジティブな経験やアスリートとしての総合的な発達を促して、最終的な目標として未来のエリートアスリートとしての可能性の最大化と次世代の健康で幸福な人生への支援を目指すことが強調されている。また、ADMにおいては、ステートメント (Statement)、競技団体プログラム (NGB Programming)、視覚的モデル (Visual Model) および資源 (Resources) の4つが鍵となる要素であることが示されている (図2)

3. ADM ステートメント (ADM Statement)

ここでは、より多くの子供たちにポジティブなスポーツ活動を経験させることによって、一般およびエリートアスリート人口の拡大、異なるスポーツ間で転移可能な基礎的なスキルの発達、個々のアスリートの可能性を最大化する適切な手段の提供、そして運動・スポーツを愛する世代の構築および次世代への情熱の継承という4つの成果を得ることができると述べられおり、その成果の獲得に向けた5つの基本方針 (key principles) が示されている。



図2 ADM を構成する4つの鍵要素

- ① 誰もがアクセス可能なスポーツ環境の整備
性別、人種、身体的障害の有無や経済的事情などに関わらず、全ての若者に普遍的なスポーツへのアクセスを提供する。
- ② 基礎的な運動スキルを発達させるための適切な活動支援
コーチ・マネジャーおよび保護者は、バーンアウトを回避し、個人が持つ可能性を最大限に伸ばすためのトレーニングを適切に調整するために、発育発達段階や個々人の競技発達レベルを正しく理解し、中長期的な視点でアスリートを支援する。
- ③ 多様なスポーツ活動への参加を奨励
子供達が自分にあったスポーツを探索し、プレイし、発見する機会となるだけでなく、様々なスポーツに応用できる体力・運動能力の獲得や健康的なライフスタイルを促進するために、複合的 (複数の) スポーツへの参加を奨励する。
- ④ 楽しく、魅力的で、挑戦的なスポーツ環境づくり
子供たちの適切な成長や発達を促し、ポジティブで楽しいスポーツ経験を積ませるために、楽しく、魅力的で、挑戦的なスポーツ環境を構築し、自由かつ自発的にプレイすることを奨励する。
- ⑤ あらゆる年齢区分における質の高いコーチング

アスリートが成功を収めるには、全ての競争レベルにおいて質の高いコーチングが必要になることから、若いコーチの資格取得、スポーツに関する深い知識、アスリートの発達に関する効果的なコミュニケーション方法やトレーニング計画立案など、質の高いコーチング教育(コーチ育成)を提供する。

4. 最適なスポーツ経験のための5つのステージ (5 stages to a better sport experience)

ここでは、アスリートの身体的、精神的、知的レベルや成長の可能性に基づき、アスリートの発達を支援し、健康的でポジティブなスポーツ経験を積ませるための、年齢や発達段階を考慮した5つのステージが示されている(図3)。このパスウェイモデルは、アスリートがスポーツを通して成長・発達を遂げる過程において、どのような考えを重視し、何を推奨し、どのように体系化していくべきかを理解するために参照するものであることが強調されている。

ステージの詳細 (Inside the stages)

第1ステージ: 発見する, 学ぶ, 遊ぶ (0 ~ 12 歳)

この時期は、新しいスポーツをプレイするためのルールや技術(運動スキル)を発見・学習することが大切であるが、最も重視されるべきは「楽しむ(fun and enjoyment)」ことであると強調されている。以下に、キーワードとその内容について概観する。

アスリート (Athlete)

- ・スポーツの基本的なルールや技術を身につける
- ・運動スキルの発達を促すために複合的(複数の)スポーツをプレイする
- ・スキルの発達やスポーツ教育、年齢に適したプレイを重視する
- ・競争より練習を重視する(地元や地区レベルを超えた競技会に参加しない)
- ・計画的な遊び(deliberate play)を推奨する

発見する (Discover)

- ・楽しむこと
- ・体系化されていない運動遊び(unstructured play)を通じた複数スポーツの経験
- ・スポーツ間で転移可能な運動スキルの発達
- ・スポーツへの情熱や活動的なライフスタイルの涵養



図3 最適スポーツ経験のための5つのステージ

- ・他者との社会的交流
- ・スポーツや新しいスキルの発見のための自由かつ自発的な遊びの活用

学ぶ (Learn)

- ・主要な基礎的動き
- ・年齢応じた適切な器具や競技施設の利用
- ・競技のルール

遊ぶ (Play)

- ・体育の授業
- ・オープンジム
- ・自由かつ自発的な運動遊び
- ・基礎的な組織化された運動遊び
- ・全てのアスリートが平等に競技会に出場する機会を持つこと

第2ステージ: 発達と挑戦 (10 ~ 16 歳)

このステージでは、娯楽的な競技会や組織化されたスポーツプログラム、スポーツクラブへの加入などの挑戦を通して、身体活動またはスポーツ活動を成就させるために必要なスキルの発達をさらに強化

することが重視されている。また、次のステージに進むことができるか否かは、アスリートの準備状況やモチベーションのレベルによって決定されるが、スポーツ参加を強化しつつオーバートレーニングを回避するために、依然として楽しむことや社会的交流を深めることが重要と述べられている。

アスリート (Athlete)

- ・スポーツのルールや技術を理解する
- ・体力・運動能力の継続的な発達のために複合的(複数の)スポーツに参加する
- ・体系化された現在のトレーニングプログラムに楽しみながら参加する(オープンジムへの参加とは異なる)
- ・地元、地域レベルでの競技会参加
- ・競争よりも練習やスキルの発達を重視する
- ・発育発達の遅速によるパフォーマンスへの影響を理解する

発達する (Develop)

- ・身体的: 主要な基礎的動き、スピード、敏捷性、平衡性、持久力、筋力およびコーディネーションの必要性が増加する
- ・心理的、社会的: 対人関係スキル、チームワーク、コミュニケーションスキルおよびパフォーマンスの向上にともなう挑戦レベルの調整
- ・技術的: 適切な動作メカニズムを重視した継続的な筋力および可動域の改善
- ・戦術的: チームおよび個人のスキル発達を促進するための、年齢に適した練習および競技会参加の回数設定

挑戦する (Challenge)

- ・地元、地域レベルでの娯楽的な競技会
 - ・組織化されたリーグでのプレイ
- 注記: アスリートやチームの能力に適した挑戦レベルの競技会を探す。

第3ステージ: トレーニングと競争 (13 ~ 19 歳)

このステージでは、アスリートの個人的な興味、目標および発達の必要性に応じたトレーニングと競争を本格的に開始することから、アスリートとしての可能性を最大化することが選択肢の一つとなり、技術的、戦術的、身体的および心理社会的な発達の重要度が増すとともに、スポーツに特化したトレーニングが増加するステージでもあると述べられている。

アスリート (Athlete)

- ・特定のスポーツに集中し始める
- ・クロススポーツの発達のために複合的スポーツを活用する
- ・楽しくて、体系化された、継続的なトレーニングプログラムに参加する
- ・さらに挑戦的な状況で競争する
- ・地元、地域または全国レベルの競技会でスキルを発達させる

トレーニングする (Train)

- ・さらなるスキルの発達のための機会を探す
- ・コーチングを通じた集中的なトレーニング
- ・一貫したトレーニング計画に従う
- ・スポーツに特化したトレーニングを増やす
- ・競争的なスキルを強調する
- ・スポーツ科学に関連した情報をより一層活用する
- ・キャンプ(合宿)に参加する

競争する (Compete)

- ・クラブ対抗の競技会
 - ・中学・高校対校の競技会
 - ・地域、地区および全国レベルの競技会
- 注記: アスリートやチームの能力に適した挑戦レベルの競技会を探す。

第4ステージ: ハイパフォーマンスのための卓越または参加と達成 (15 歳以上)

このステージの特徴は、高校期のアスリートが、ハイパフォーマンススポーツを目指すか、あるいは楽しみや健康および社会的側面から競技を続けるかについて、自分の興味や能力を最大化・最適化させるパスウェイを選ぶことができるとされており、二つの選択肢が設けられていることにある。また、このステージでは、(単一または複数の)スポーツにおける発達やコミットメントを最大化することと、スポーツによる喜びを得るという恩恵を受けることをともに可能にするが、依然として楽しむことや社会性を身につけることは重要な要素になると述べられている。

ハイパフォーマンスのための卓越 (Excel for high performance)

アスリート (Athlete)

- ・アスリートとしての可能性の最大化に専念する

- ・現在の年間および長期のトレーニングプログラムに専心する
- ・シーズン中は単独のスポーツに集中する

卓越する (Excel)

- ・才能を最大化する
- ・卓越・進歩するための年間計画
- ・熟練したエリートレベルのコーチングを受ける
- ・ハイパフォーマンスに焦点化する

ハイパフォーマンス (High performance)

- ・アスリートのスキルレベルと彼らの快適な領域を超えた適切なレベルに適合した競技会
- ・エリートレベルの全国競技会および国際競技会

参加と継続 (Participate and Succeed)

アスリート (Athlete)

- ・達成と楽しみのためのスポーツ参加に専念する
- ・クロススポーツ的発達のための複合的(複数の)スポーツ活動を行う
- ・現在行われている計画的なトレーニングプログラムに参加する
- ・スポーツ参加による喜びと健康的な恩恵の享受に焦点化する

参加する (Participate)

- ・活動的に関わり合う
- ・挑戦と楽しみのために競争する
- ・個人的達成のために発達する

継続する (Succeed)

- ・アスリートの需要と競争的な目標を満たした地元や地域レベルの競技会
- ・クラブ対抗の競技会

第5ステージ：生きがいとメンター：活動的な人生 (Thrive and Mentor (Active for Life))

ここでは、誰もが健康的なライフスタイルを確立・維持するために、運動・スポーツを活用することができること、そして競技を終えた多くのアスリートが、アスリートとしての経験を活かし、コーチ・マネージャーや審判員など指導的立場でスポーツに関わり、次世代のアスリートの活躍を支援することは、次へのステップとして自然なことであると述べられている。

アスリート (Athlete)

- ・スポーツ参加からコーチやサポーターなどのスポーツリーダーへと移行する
- ・継続的にスポーツに関わる機会を求める
- ・身体活動および健康的なライフスタイルを維持する

メンター (Mentor)

- ・認証(資格取得)されたコーチ
- ・スポーツクラブのマネージャー
- ・統括・競技団体(NGB)の関係者
- ・公務員・役人
- ・自身が選択したスポーツの専門家

生きがい (Thrive)

- ・マスターズプログラム・競技会
- ・継続的な運動
- ・娯楽的な競技会
- ・個人的な健康
- ・地元～全国レベルのスポーツおよび組織を支援する

5. ADMの実践に向けて

(ADM and you: Recommendations for implementation)

ここでは、米国オリンピック委員会が、競技フィールドの内外においてアスリートが最高の力を発揮できるよう支援するために、米国スポーツ界のステークホルダー(競技団体、スポーツクラブ、コーチ、保護者およびアスリート)と関わっていくというメッセージとともに、ADMを実践的に活用していくための推奨項目がステークホルダー別に提示されている。

競技団体に向けて

(ADM for National Governing Bodies)

- 1) 各競技団体は、登録している競技者および将来のチャンピオンを導くために独自に構築したパスウェイを可視化(見える化)する。
- 2) プログラムを増やし、アスリートのスポーツ離れを抑制する。競技結果よりもスキルの発達を重視する。
- 3) あらゆる年齢層のアスリートのために、複合的(複数の)スポーツ活動やクロストレーニングを支援する。
- 4) それぞれの年齢区分に応じた期分けと同様に、年齢に適したトレーニング訓練とスポーツの推奨期間の概略を示し、それを実践する。

- 5) 年齢や身体能力に応じた全ての年齢区分の身体リテラシーの発達を推進する。
- 6) ADM の概念や年齢に応じたコーチングを推奨する全国標準に基づいた質の高いコーチング教育（コーチ育成）を提供する。

スポーツクラブに向けて（ADM for Sports Clubs）

- 1) 0～12歳までの子供たちのスポーツ離れを抑制し、競技結果よりもスキルの発達を重視する。
- 2) 各競技団体が提示するパスウェイモデルを参照しながら、スポーツ参加や競技の提供のためのクラブ独自のパスウェイを構築する。
- 3) 全ての競技レベルの全ての練習において身体リテラシー（敏捷性、バランス、コーディネーショントレーニングなど）を提供する。
- 4) オーバーユースやバーンアウトを回避するために、トレーニングおよび休養に関する期分けを行う。
- 5) クラブのプログラム以外での活動や発達を促すために、複合的なスポーツ活動やクロストレーニングを奨励する。
- 6) 全てのレベルにおいて発達を促す適切なドリルや練習を用いる。
- 7) 全ての年齢区分において、質の高い認証されたコーチを提供する。
- 8) 参加費および競技会費を常に妥当なものとし、年ごとに、またはシーズンごとに、会員数の増加および定着率を高める方法を見つける。
- 9) 保護者とアスリートのために質の高いフィードバックと年齢に応じた発達基準を提示する。
- 10) 全ての発達レベルにわたって、楽しくて、魅力的で、かつ挑戦的なスポーツ体験を作り出し、アスリートファーストの哲学のもとに活動する。

コーチに向けて（ADM for Sports Coaches）

- 1) オーバーユースやバーンアウトを回避するために、トレーニングおよび休養に関する期分けを行う。
- 2) 全ての競技レベルの全ての練習において身体リテラシー（敏捷性、バランス、コーディネーショントレーニングなど）を提供する。
- 3) 全てのレベルにおいて発達を促す適切なドリルや練習を用いる。
- 4) 全ての発達レベルにわたって、楽しくて、魅力的で、かつ挑戦的なスポーツ体験を作り出し、アスリートファーストの哲学のもとに活動す

る。

- 5) 保護者とアスリートのために質の高いフィードバックと年齢に応じた発達基準を提示する。
- 6) 身体的、技術的、戦略的向上を強化するため、結果（勝利）よりも努力や発達を重視する。
- 7) 全ての競技発達段階において、アスリートの可能性およびスポーツへの定着率を最大化する。
- 8) コーチ資格を取得し、年齢に応じたコーチングを含めた自身のコーチングスキルを発達させ続ける。

保護者に向けて（ADM for Parents）

- 1) 自身の子供が行っているスポーツのパスウェイを理解し、どの年齢区分および発達段階にいるのかを認識する。
- 2) 自分の子供が最低でも12歳までは複数の異なるスポーツをプレイし、身体リテラシーを高め、自分が楽しめるスポーツを見つけるために、様々なスポーツを試すことを推奨する。
- 3) オーバーユースやバーンアウトを回避するために、複合的（複数の）スポーツや活動やクロストレーニングを奨励する。
- 4) 競技結果や勝利ではなく、スポーツの発達や習熟度に対して報酬を与える。
- 5) 厳しい競技に進む前に、健康的な発育やスキルの発達を確認するために、子供の年齢に適した活動に参加（入会）させる。
- 6) 週ごとのプレイの内容および継続時間をモニターし、休養や疲労回復を奨励する。
- 7) 自分の子供の発達についてコーチ・マネージャーからのフィードバックを要求し、競技結果よりも子供の経験に興味を持ち続ける。
- 8) 自分の子供が楽しめるよう支援し、励ます。子供のためのスポーツであることを忘れてはならない。

アスリートに向けて（ADM for Athlete）

- 1) 身体リテラシーやスポーツスキルの発達を促し、オールラウンドな成功を達成するために複合的（複数の）スポーツ活動やクロストレーニングを用いる。
- 2) アスリートとしての初期段階においては、競技結果やパフォーマンスよりもスキルの習熟度や試合での発達を重視する。
- 3) 計画的なプレイの場以外での活動を維持し創造性を育むために、自由な運動遊びやピックアップゲーム（その場にいるプレーヤーで即席チー

- ムをつくってゲームを行う)の機会を活用する。
- 4) 自分の身体の声を聞き、休養や疲労回復がスポーツの発達プロセスの一部であることを理解する。
 - 5) 目標を設定し、コーチ・マネジャーから目標達成に向けたフィードバックを収集する。
 - 6) 身体活動・運動の手段としてスポーツを活用し、1年中活動的であり続ける。

訳出を終えて

本稿では、米国スポーツの再建に向けたアスリート育成モデル (American Development Model : ADM) を訳出しながら、その内容や特徴について概観してきた。ここで示されている発育発達に応じた適切なスポーツ活動、例えば身体リテラシーの発達を強調した自由かつ自発的な運動遊びや複数のスポーツ活動を推奨すること、そして全てのステージを通して最も重視すべきは「楽しむ (fun and enjoyment)」であることなどは、これまでに国内外で提示されてきた各種指針 (ガイドライン) においても繰り返し指摘されてきたことであるといえる。

日本陸上競技連盟 (以下、日本陸連) が行った日本代表選手の軌跡調査では、その多くが中学校期から陸上競技を開始するものの全国大会経験者は半数以下 (4割程度) に留まり、高校期になると全国大会経験者が8割程度まで増加することから、陸上競技のパフォーマンスによって才能を見極める (最適種目を決定する) タイミングは少なくとも高校期以降であるべきことが指摘されている (森丘, 2015 ; 渡邊ほか, 2014)。ADMにおいて、第3ステージ (中学校期) までは地元や地域レベルの競技会出場に留めること、第4ステージ (高校期以降) から「ハイパフォーマンスのための卓越 (Excel for high performance)」と「参加する・継続する (Participate and Succeed)」という二つのパスウェイに分けられ、それぞれに運動・スポーツの継続が重視されている点などについては、上記の調査結果とも親和性の高い特徴であるといえるだろう。

また ADM では、0歳から競技引退後に至るまでを5つの年齢・発達ステージに分けて競技横断的な育成コンセプトや留意点を示すだけでなく、さらにステークホルダー (各競技団体、コーチ・マネジャー、保護者およびアスリート) 別の推奨項目を提示していることも LTAD を踏襲した特徴であるといえるだろう。日本陸連としては、競技団体に向けた6つの推奨項目、すなわち独自に構築したパスウェイの可

視化 (見える化)、アスリートのスポーツ離れを抑制するためのプログラム提供、複数のスポーツ活動やクロストレーニングの支援、年齢区分に応じたトレーニング期分けの提示と実践および全国標準に基づいた質の高いコーチング教育 (コーチ育成) の提供などについて着実に歩を進めていく必要がある。

最後に、筆者が最も重要であると感じた点として、ADMが、米国スポーツの再建という国家的目標を掲げつつ、USOCとNGBが議論し協力しながら作りあげたモデルであることを挙げておきたい。USOCを日本陸連に置き換えれば、都道府県陸上競技協会や中学校・高等学校体育連盟 (陸上競技専門部) などの議論と協力のもとに日本版アスリート育成モデルを作成することが喫緊の課題であるといえる。その上で、モデルのコンセプトを各ステークホルダーに提供・共有し、その共通理解のもとで実践された取り組みからのフィードバックを集積することによってモデルを改善・最適化していくという活用ループを構築しながら、日本の陸上競技に関連するソフトとハードの質をともに高めていくためのガバナンスを発揮していくことが求められているといえるだろう。

文献

- 森丘保典 (2015) タレントトランスファーマップという発想—最適種目選択のためのロードマップ—。陸上競技研究紀要, 10, 51-55.
- 渡邊将司, 森丘保典, 伊藤静夫, 三宅聡, 森泰夫, 繁田進, 尾縣貢 (2014) オリンピック・世界選手権日本代表における青少年期の競技レベル—日本代表選手に対する軌跡調査—。陸上競技研究紀要, 9 : 1-6.

日本陸連科学委員会研究報告 第15巻 (2016)

陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2016

序 文

2016年度における科学委員会の主な活動は、1. 種目別サポート活動（競技会や合宿なでのパフォーマンス・コンディション分析、データフィードバックなど）、2. リオデジャネイロオリンピック科学的支援活動（マラソン、競歩、4×100 mリレー）、2. ジュニア選手に関する活動（インターハイでのパフォーマンス分析、アンケート調査など）、3. マラソン・競歩の暑さ対策に関する調査研究・支援活動（北海道マラソンや合宿帯同支援など）、4. 東京2020、ポスト2020に向けた活動（タレントトランスファー）、5. 科学的データ普及支援活動（研修会やセミナー開催など）などであり、これらの諸活動がリオデジャネイロオリンピックでの日本選手の活躍に少しでも貢献できたとしたら嬉しく思う。確実にパフォーマンス分析やコンディション分析による科学的データや知見の集積が促進され、強化現場とのスピード感のある双方向のやり取りによる支援活動の充実が図られてきている実感がある。引き続き、強化現場に密着しながら個別的、実践的なデータ収集と即時的フィードバックに重点を置いた活動を展開していく予定である。

本委員会ではこれまで、種目や活動内容ごとの主担当を配置し、強化委員会と連携しながら支援活動を実施してきており、各担当者は以下の通りであった（2017年1月まで）。

短距離：広川龍太郎（東海大学）、ハードル：貴嶋孝太（大阪体育大学）、中・長距離：榎本靖士（筑波大学）、マラソン：杉田正明（三重大学）、競歩：三浦康二（成蹊大学）、跳躍：小山宏之（京都教育大学）、投擲：田内健二（中京大学）、混成：松林武生（国立スポーツ科学センター）、ジュニア：持田尚（帝京科学大学）、タレントトランスファー：森丘保典（日本大学）

本報告書では主として2016年度に実施した上記の活動内容を報告というかたちで科学委員会の主担当が中心となってまとめたものであり、本年度は14編を掲載することができた。本活動報告書が選手の育成・強化に関わる全ての方々に資する情報発信となることを願ってやまない。今後も、強化委員会、普及育成委員会及び医事委員会等関連の委員会の先生方と緊密な連携を図りながら2020年に向けて選手育成・強化支援活動をより一層、充実させていく予定である。

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

科学委員会委員長
杉田正明

2016年度 科学委員会メンバー

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

※所属は2017年3月現在

日本陸連科学委員会研究報告 第15巻 (2016)
陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2016 目次

- 2016 シーズンおよび全シーズンでみた男女100mの速度分析とピッチ・ストライド分析について・・・・・・・・・・・・・・・・・・74
松尾彰文, 広川龍太郎, 柳谷登志雄, 松林武生, 高橋恭平, 小林海, 杉田正明
- 2016 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・・・・・・・・・・84
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
- 2016 年主要競技会短距離走種目における疾走動作の分析・・・・・・・・・・92
山元康平, 貴嶋孝太, 島崎祐里, 齋藤仁志, 高橋恭平, 広川龍太郎, 松林武生, 小林海, 福田厚治, 木越清信, 杉田正明
- 2016 年主要競技会における男女400m走のレース分析・・・・・・・・・・98
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
- 男子ナショナルチーム・4×100mリレーのバイオメカニクスサポート研究報告(第6報)・・・・・・・・104
- 2016 リオオリンピック決勝上位チームの傾向など -
広川龍太郎, 松林武生, 小林海, 高橋恭平, 松尾彰文, 柳谷登志雄, 土江寛裕, 苅部俊二, 杉田正明
- 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・・・・・・・・111
- 2016 年度主要競技会の分析結果について -
貴嶋孝太, 櫻井健一, 千葉佳裕, 森丘保典
- 日本一流400mハードル選手のレースパターン分析・・・・・・・・・・118
- 2016 年の国内主要大会について -
森丘保典, 貴嶋孝太, 千葉佳裕, 櫻井健一, 杉田正明
- 第30回北海道マラソンにおける調査について・・・・・・・・・・122
杉田正明, 松生香里, 瀧澤一騎, 山口太一, 橋本峻, 武富豊, 宗猛, 酒井勝充
- 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・・・・・・・・・・130
松生香里, 保科圭汰, 竹井康彦, 岡崎和伸, 杉田正明, 小川 智, 小島忠幸, 山頭直樹, 大澤陽祐, 宗猛, 吉川三男, 酒井勝充

2016 年 世界 U20 選手権及び全日本実業団における競技者の前額面内下胴キネマティクス	136
三浦康二, 永原隆, 渡辺圭佑, 安藤柊之介	
2016 U20 世界選手権における男女三段跳の分析	138
小山宏之, 柴田篤志, 柳谷登志雄, 安藤格之助, 渡辺圭佑, 山元康平, 高松潤二	
U-20 世界選手権 (ビドゴシチ) における投てき種目のパフォーマンス分析報告	146
高松潤二	
北口榛花選手における 60m オーバーの投てき動作の特徴	151
田内健二, 佐分慎也, 墨訓熙	
十種競技選手の 100m レース分析 ～ 2009 年から 2016 年まで ～	155
大家利之, 松林武生, 山中亮, 輪島裕美, 荻根澤千鶴, 持田尚, 松田克彦, 本田陽, 杉田正明	

2016 シーズンおよび全シーズンでみた男女100mの速度分析と ピッチ・ストライド分析について

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

国際大会や日本のトップスプリンターが出場するような陸上競技会（主に織田記念、ゴールデングラプリ、日本選手権、国体、世界選手権等）の男女100mレースで、91年（阿江ら、1994）以来、ビデオカメラやレーザー式速度計測器（ラベック）にて速度分析やピッチ・ストライド分析を行ってきた（松尾ら、2015）。その結果、記録には、最高速度が密接に関係していることや、レース中の最高速度出現区間の直前にピッチの最高値に達していたことや、記録別に統計処理すると日本選手と海外選手ではピッチでは明らかな差がないことなどを報告してきた（松尾ら、2014、2011）。

最高速度はスタートからの力発揮の累積により到達すると考えられる。ピッチ・ストライドについても、最高速度に達するまでの速度、ピッチ・ストライドの関係を検討しておくことが、加速過程を工夫するための基礎資料となるであろう。

そこで、本編では、2016年シーズンの男女100mレース分析結果の報告とともに、従来からの速度分析およびピッチ・ストライド分析をもとにし、ピッチを基準にしたストライドの目標値を提供しようとした。

方法

1. 2016 シーズンの分析

織田記念、セイコーゴールデングラプリ（SGGP）、布勢スプリント（布勢S）、日本選手権および国民体育大会（国体）にて、ビデオ方式およびレーザー方式で疾走速度、ピッチ・ストライドを分析した。

2. 速度分析

レーザー方式による疾走速度分析では、スタートからの選手の移動距離を100Hzにて計測して、

10mごとの通過タイムを分析した。ビデオ方式では、スタンドに設置したハイスピードビデオカメラ（240fpsまたは300fps）で撮影した映像から100mハードル、110mハードル、400mハードルの設置位置マークを参考に、その上をトルソーが通過する時間を分析し、多項式補間により10mごとの通過タイムを算出した。10m区間ごとの通過タイムから、速度、最高速度、出現区間、および出現時間、速度逓減率を求めた（松尾ら、2014、2015）。

3. ピッチ・ストライド分析

速度分析で用いた映像から、主要な選手を対象にスタート1ステップ目からフィニッシュラインを通過した後のステップまでを4ステップごとにつま先が着地した時間を分析した。着地時間から4ステップの平均ピッチ・ストライド、100mのステップ数、最高速度区間のピッチ・ストライド、レース中の最大値を分析し（松尾ら、2010）、さらに最高速度との関係を検討した。

スタートからの最高速度までの要因を探るために、疾走速度とピッチ・ストライドが推移する関係を選手ごとに統計的に分析した。

4. 分析データの種別

男女別に2016シーズンと従来から蓄積されてきているデータ（全シーズン；2016シーズンも含める）とに分けて、それぞれで、すべての分析データ（述データ）と個人のもっとも良い記録のデータ（PBデータ）の4種に分けて統計値を求めた。なお、PBデータでは、公認記録となる追い風2.0m/sまでのデータとした。

5. 記録別に見たストライドの目標値提案

全シーズンのPBデータの統計値から、最高速度

表 1. 2016 シーズンの大会別にみたレース分析対象数

	男子		女子		測定方式	
	速度分析	SF-SL分析	速度分析	SF-SL分析	Laveg	VTR
織田記念	19	4	18	9	○	○
SGGP	8	8	4	4	○	○
布勢S	16	16	14	14	○	○
日本選手権	36	24	17	8	○	○
国体	11	11	24	24		○
合計(延数)	90	63	77	59		
PB数	39	28	45	38		

と記録の回帰式を用いて、目標記録 0.1 秒ごとに最高速度を推定した。さらに、その速度を実現するためのストライドをピッチの全体の平均値と±1 標準偏差の 3 つで算出した。

結果と考察

2016 シーズンで速度分析およびピッチ・ストライド分析のために測定した延数と PB データ数は、男子では速度分析が 90 例と 39 例、ピッチ・ストライド分析が 63 例と 28 例、女子ではそれぞれ 77 例と 45 例、59 例と 38 例であった。表 1 に、大会別に見た分析数と測定方式を示した。

1. 速度分析

2016 シーズンの測定結果を男女別に、記録上位 10 位までの速度分析結果とピッチ・ストライド分析結果を表 2 (男子)、表 3 (女子) に示した。図 1 には、2016 シーズンの男女別に上位 5 名のスピード変化を示した。

男子の最速データは SGGP における GATLIN 選手の 10.02 秒 (風 -0.4m/s)、最高速度が 11.55m/s であった。日本人最速データは布勢 S 第 2 レース 2 組で走った山縣選手の 10.06 秒 (風 -0.5m/s)、最高速度が 11.40m/s であった。風速 0m/s と標高 0m の条件での記録を換算する式 (Mureika, J. R., 2003) を用いて追風条件で換算すると、1.0m/s では 9.98 秒、2.0m/s では 9.94 秒であった。風の条件次第では、日本人初の 9 秒台がみられたかもしれない。

女子についてみると最速データは SGGP における BARTOLETTA 選手の 11.23 秒 (風 -1.7m/s)、最高速度は 10.29m/s であり、日本人最速データは日本選手権における福島選手の 11.45 秒 (風 -0.2m/s)、最高速度が 9.84m/s であった。

最高速度と記録との関係を 2016 シーズンと全シーズンでそれぞれの延データでみたものを図 2 に男女別に示した。図中の太線は 2016 シーズンのデータで求めた回帰直線であり、細線は全シーズンのデータ分析で求めた回帰直線である。2016 シーズンにおける最高速度と記録の関係は、統計的に

は有意な負の直線関係 (男子; n=90, $r=-0.964$, $p<0.001$ 、女子; n=77, $r=-0.942$, $p<0.001$) にあり、全シーズン (男子; n=919, $r=-.966$, $p<0.001$ 、女子; n=842, $r=-0.979$, $p<0.001$) と概ね同様の傾きであった。

延データには、重複している選手が含まれており、重複した選手の特徴により、全体の傾向が影響されることが考えられる。そこで、表 4 に、2016 シーズン、全シーズン別に延データと PB データごとに風速条件、100m の記録、最高速度、その出現区間、逓減率、記録-最高速度関係の回帰係数、さらに、シーズンごとに、延データと PB データの値を t 検定で平均値の差を統計的に検定し、p 値を示した。

2016 シーズンの風の平均値をみると男女では、全シーズンよりも低い値を示していた。延データで全シーズンと 2016 シーズンの平均値の差を t 検定による p 値が 0.01% 以下で、統計的に有意な差であった。2016 シーズンでは向かい風条件のレースが多かったことになる。

延データと PB データの差を平均値で比較し、p 値が 5% 以下を統計的に有意な差であると判断すると、全シーズンでは男女ともに、逓減率で有意な差がみられた。また、男子では最高速度で p 値が 6% であった。これらのことは、重複データがある選手が統計学的な全体の傾向に影響している可能性があり、特に逓減率への影響が顕著であると考えられる。これらの結果から、最高速度と記録との関係を見る場合には、全シーズンの PB データで得られた回帰式を用いるほうが望ましいと考えられる。

2. ピッチ・ストライド分析結果

最高速度が記録と密接な関係があることから、最高速度が出現時のピッチ・ストライドについて報告してきた (松尾、2015、2014)。

ピッチ・ストライド分析結果を表 5 に、シーズン別、延データと PB データ別に最高速度時とレース中の最高値で集計した平均値、標準偏差、最小値と最大値、さらに、延データと PB データをシーズンごとに平均値の差を t 検定による p 値を男女別に示した。2016 シーズンでみると延データでは男女ともすべての項目で有意な差ではなかった。しかし、全シーズンでみると男子では、ステップ数、最高速度時の速度およびストライドで、また、女子では最高速度時のピッチで p 値 5% 以下の統計的に有意な差であった。これらのことから、測定値が重複している選手のデータが、男子では最高速度とストライ

ドへ、女子ではピッチに影響していることがわかった。全体的な傾向を見る場合には、延データでみるよりは、PBデータでみるほうが望ましいことが示唆される結果であった。

全シーズンのPBデータでみた記録と最高速度時のピッチ・ストライドとの関係を男女別に示したものを図3に示した。ピッチをみると、記録との関係は、男子では統計的な有意性はなかったが、女子では確率5%以下の有意な相関関係があることが認められ、記録が良いほどピッチが速い傾向にあることがわかった。一方のストライドをみると、記録とは、男女ともに統計的に有意な相関関係（男子； $r=0.519$, $p<0.001$ 、女子； $r=-0.518$, $p<0.001$ ）にあった。これらのことから、男女ともに記録が良いほどにストライドが長い傾向にあること、さらに、女子では、記録がよいほど、ピッチも高くなる傾向があることがわかった。

これまでは、最高速度時のピッチ・ストライドに注目して分析を行ってきた。最高速度がスタートからの力発揮の累積によるものであることから、スタートから最高速度に達するまでの速度とピッチ・ストライドの推移を検討しておくことは、加速課程の技術構築の基礎資料となるであろう。

図4では、PBデータにて男女別にスタートからの速度とピッチおよびストライドとの関係を個人ごとに最高速度までをプロットしたものを示した。ピッチをみると、男女ともに、スタート直後ではおおよそ4step/sから5step/sの範囲でばらついており、おおむねそのままの広がり度で、最高速度付近では4.3step/sから5.3step/sの範囲内の値に分布していた。また、ストライドをみると、スタート直後は男子では1mから1.3m、女子では0.9mから1.2mくらいの範囲であるが、速度の増加にともないほぼ直線的に増加し、最高速度付近では、男子では2.1mから2.8m、女子では1.9mから2.4mの範囲に達している。

速度とピッチ・ストライドの関係を選手ごとに統計的に直線回帰し、相関係数、相関係数のp値、スタート直後から最高速度までの増加率について男女別に平均値、標準偏差、最小値と最大値を集計した結果を表6に示した。ピッチをみると男女とも相関係数は-0.6から0.99まで分布しており、p値は0.1%以下から96%まで分散していた。増加率をみると平均値は1.06で、範囲は0.97から1.2であった。これらのことから、ピッチの変化は、速度増加にともない、直線的に増加する傾向の選手、ほぼ一定の選手、減少する選手などいろいろなタイプがあ

ると思われる。

一方、ストライドをみると、男女とも、相関係数は0.99以上、p値は0.1%以下、増加率では1.5から2.3の範囲で、平均すると1.8であった。このことは、速度の変化は、ストライドの変化とどの選手でも直線的な増加関係であった。すなわち、速度の増加はストライドと密接に関係していることが明らかになった。ピッチは個人差が大きい、ストライドは概ね1.8まで広がることで疾走速度が増加していくのである。ピッチの変化は、最高速度出現の手前で最高値に達することを報告していた（松尾ら、2011）。ここでの変化をみると、ピッチの増加率よりもストライドの増加率のほうが大きく、ストライドの増加が速度変化に密接な関係であることがわかった。

スタートからの変化を踏まえて、統計値から、記録別にみた最高速度時のストライドの目標値になるような値を算出し、表7に示した。記録からみた最高速度は、全シーズンデータでみた最高速度と記録との関係式を用い、0.10秒ごとに最高速度を算出した。男女ともにピッチを基準にして、男女それぞれの平均値と±1標準偏差の3つのピッチの場合のストライドを算出した。この表から、男子の9.90秒を目標とした場合、ストライドは平均的なピッチ（4.84step/s）であれば、ストライドの目標値が2.43m、ピッチが早い（5.03step/s）と2.34m、遅い（4.66step/s）と2.53mが目標値となる。

おおよそ記録の目標を0.1秒上げるためには、ピッチがそのままであれば、0.02から0.03mストライドの目標値が長くなる傾向である（詳細は男女別に記録の目標値を参照）。最高速度時の目標ストライドが設定されると、その長さを基準にして、オーバーストライド走、あるいは、ストライドが短い場合にはピッチ走、あるいは最高速度手前のストライド走ように、実際のトレーニング現場で、技術習得のための焦点を絞れるようになるであろう。

これらの目標値は最高速度での値である。スタートからそこに到達するまでは、ストライドはスタートから最高速度までに約1.8倍長くなるが、ピッチは約1.1倍程度である。また、最高速度の手前でピッチの最高値に達することを踏まえると、スタートからはストライドの伸ばし方、また、最高速度付近ではピッチの変化させ方が、記録を向上させるためのポイントのひとつと考えられる。

まとめ

2016 シーズンにおける織田記念、SGGP、布勢 S、日本選手権および国体においてレーザー方式およびビデオ方式にて、男女 100m レース中の選手の疾走速度、ピッチ・ストライドをスタートからフィニッシュまでの変化を分析した。

測定して分析できたすべてのデータを延データとし、測定の重複を配慮して選手内でもっとも記録がよかったデータを PB データとして、速度分析、ピッチ・ストライド分析を行った。いままで蓄積されているデータを全シーズンとして、そこから PB データを抽出して統計処理を行った。これらの結果から、以下のようなことが明らかになった。さらに、統計値から目標記録別に平均ピッチから目標ストライドの長さを提案した。

1. 2016 シーズン、男子では、最速データは SGGP における Gatlin 選手の 10.02 秒 (風 -0.4m/s)、最高速度が 11.55m/s であった。日本人最速データは布勢 S における山縣選手の 10.06 秒 (風 -0.5m/s)、最高速度が 11.40m/s であった。
2. 女子では、最速データは SGGP における BARTOLETTA 選手の 11.23 秒 (風 -1.7m/s)、最高速度は 10.29m/s であり、日本人最速データは日本選手権における福島選手の 11.45 秒 (風 -0.2m/s)、最高速度が 9.84m/s であった。
3. 100m の記録と最高速度の関連性を延データでみると 統計的には有意な負の相関関係 (男子 ; $n=90$, $r=-0.949$, $p<0.001$ 、女子 ; $n=77$, $r=-0.942$, $p<0.001$) にあった。2016 データは概ね全シーズンの延データの回帰直線付近にプロットされており、従来からの最高速度と記録との関係と概ね同様のものであった。
4. 全シーズンの PB データで記録と最高速度時のピッチ・ストライドとの関係を男女別に集計した。その結果、平均値±標準偏差をみると、ピッチでは、男子で $4.84 \pm 0.18\text{step/s}$ 、女子で $4.65 \pm 0.21\text{step/s}$ 、ストライドでは、男子で $2.30 \pm 0.11\text{m}$ 、女子で $2.07 \pm 0.11\text{m}$ であった。ピッチと記録との関係をみると、男子では統計的な有意性はなかったが、女子では確率 5% 以下の有意な相関関係があった。ストライドでは、記録とは、男女ともに統計的に有意な相関関係 (男子 ; $r=-0.519$, $p<0.001$ 、女子 ; $r=-0.518$, $p<0.001$) が認められた。
5. スタートから最高速度までの速度とピッチ・ストライドの関係を統計的に分析した。その結果、ピッチでは、男女とも相関係数は -0.6 から 0.99

まで、 p 値は 0.1% 以下から 96% まで幅広く分布していた。増加率をみると平均値は 1.06 で、 0.97 から 1.2 の範囲で分布していた。ストライドでは、男女とも、相関係数は 0.99 以上、 p 値は 0.1% 以下、増加率では 1.5 から 2.3 の範囲で、平均すると 1.8 倍であった。

6. 全シーズンの PB データをつかった統計値から男女別、記録別に最高速度時のストライドの目標値を提案した。男女ともにピッチを基準にして、男女それぞれの平均値と±1 標準偏差の 3 つのピッチの場合の目標となるストライドを算出した。この目標値の使用法について検討した。

参考文献

1. 阿江通良、鈴木美佐緒、宮西智久、岡田英孝、平野敬靖、世界一流スプリンターの 100m レースパターンの分析-男子を中心に-、世界一流陸上競技者の技術、ベースボール・マガジン社、東京、14-28, 1994
2. 松尾彰文、広川龍太郎、柳谷登志雄、持田 尚、杉田正明、松林武生、貴嶋孝太、川崎知美、苅部俊二、土江寛裕、清田浩伸、麻場一徳、中村宏之、100m レースにおける 4 ステップごとにみたスピード、ピッチおよびストライドの変化、陸上競技研究紀要、7、21-29、2011
3. 松尾彰文、広川龍太郎、柳谷登志雄、松林武生、山本真帆、高橋恭平、小林海、杉田正明、男女 100m レースにおける記録と、スピード、ピッチおよびストライドの関係について、陸上競技研究紀要、10、64-74、2014
4. 松尾彰文、広川龍太郎、柳谷登志雄、松林武生、高橋恭平、小林海、杉田正明、2015 シーズンと記録別にみた男女 100 m のレース分析について、陸上競技研究紀要、11、141-149、2015
5. Mureika, J. R., "A Realistic Quasi-Physical Model of the 100 Metre Dash," Can. J. Phys. 79, 697-713, 2001

表 2. 男子 100m における速度分析およびスタートライド分析の結果 (2016 シーズンの上位記録 10 位まで)

ランク	大会名	氏名	ラウンド	風 m/s	記録 最高スピード 出現時間 出現時間 I 出現時間 II										スタートライド 低減率		上段 : 通過時間(s) : 中段 : 区間通過時間(s) : 下段 : 区間通過時間(s)										全体		最大スピード時		スタートライド		スタートライド		スタートライド	
					m/s	s	m/s	m	s	%	10m	20m	30m	40m	50m	60m	70m	80m	90m	100m	step	step/s	m	step/s	step	step/s	m	step/s	m	step/s	m	step/s	m	step/s	m	step/s
1	SGGP	Justin Gatlin (USA)	FI	-0.4	10.02	11.55	50m-60m	6.04	4.6	1.84	1.06	2.90	3.84	4.73	5.61	6.48	7.34	8.22	9.11	10.02	44.9	4.48	2.23	4.66	2.48	4.72	2.49	17.7	75.20							
2	有勢S	山縣 亮太	FI	-0.5	10.06	11.40	40m-50m	5.17	4.0	1.85	1.05	2.90	3.83	4.73	5.61	6.49	7.37	8.25	9.15	10.06	48.4	4.81	2.07	5.05	2.25	5.16	2.33	87.19								
3	有勢S	柳生祥秀	FI	-0.5	10.09	11.44	40m-50m	5.17	5.8	1.87	1.04	2.91	3.84	4.73	5.61	6.49	7.37	8.26	9.16	10.09	47.7	4.73	2.10	5.05	2.25	5.07	2.50	70.05								
4	日本選手権	ケンブリッジ 飛鳥	FI	-0.3	10.16	11.38	50m-60m	6.14	3.3	1.89	1.07	2.86	3.91	4.82	5.70	6.58	7.46	8.35	9.25	10.16	47.0	4.62	2.13	4.84	2.35	5.00	2.58	2.41	81.24							
	日本選手権	山縣 亮太	FI	-0.3	10.17	11.28	50m-60m	6.10	4.0	1.86	1.05	2.92	3.86	4.76	5.65	6.54	7.43	8.33	9.25	10.17	49.0	4.82	2.04	5.10	2.21	5.16	2.31	95.31								
	SGGP	山縣 亮太	FI	-0.4	10.21	11.30	40m-50m	5.24	5.5	1.86	1.08	2.94	3.89	4.79	5.68	6.56	7.45	8.36	9.27	10.21	48.1	4.81	2.04	5.05	2.24	5.10	4.11	2.29	95.24							
	有勢S	柳生祥秀	R1	-0.6	10.21	11.23	50m-60m	6.08	7.4	1.85	1.04	2.89	3.83	4.74	5.63	6.52	7.42	8.32	9.25	10.21	48.0	4.70	2.09	5.00	2.25	5.05	17.3	2.30	88.45							
	有勢S	山縣 亮太	R1	-0.6	10.23	11.15	60m-70m	7.05	3.0	1.88	1.06	2.94	3.88	4.81	5.71	6.60	7.50	8.40	9.31	10.23	49.2	4.81	2.03	4.97	2.25	5.10	2.41	2.33	94.94							
	有勢S	高瀬 暉	FI	-0.5	10.25	11.27	40m-50m	5.20	5.5	1.88	1.04	2.92	3.85	4.76	5.64	6.55	7.46	8.38	9.31	10.25	48.4	4.72	2.07	5.00	2.23	5.21	2.46	2.28	87.02							
	日本選手権	ケンブリッジ 飛鳥	SF	-0.3	10.25	11.29	50m-60m	6.17	3.7	1.90	1.07	2.97	3.93	4.84	5.73	6.62	7.51	8.42	9.33	10.25	47.3	4.61	2.12	4.89	2.31	5.00	3.43	2.36	89.86							
	SGGP	Ramon Gittens (BAR)	FI	-0.4	10.26	11.31	50m-60m	6.16	6.6	1.87	1.08	2.95	3.91	4.82	5.72	6.60	7.49	8.39	9.31	10.26	47.8	4.65	2.09	4.84	2.33	5.05	3.40	2.37	79.60							
	日本選手権	山縣 亮太	SF	-1.4	10.26	11.16	50m-60m	6.15	4.1	1.86	1.06	2.93	3.88	4.80	5.70	6.59	7.49	8.41	9.33	10.26	48.6	4.83	2.02	5.13	2.18	5.18	3.20	2.26	66.95							
	織田記念	山縣 亮太	FA	-2.5	10.27	11.12	40m-50m	5.21	4.7	1.80	1.05	2.85	3.82	4.76	5.66	6.56	7.47	8.39	9.33	10.27	49.3	4.80	2.03	5.02	2.23	5.10	4.14	2.26	94.66							
	SGGP	柳生祥秀	FI	-0.4	10.27	11.26	50m-60m	6.14	7.5	1.90	1.05	2.95	3.90	4.80	5.69	6.58	7.47	8.38	9.33	10.27	47.9	4.66	2.09	4.92	2.29	5.05	3.40	2.31	79.57							
	日本選手権	柳生祥秀	SF	-1.4	10.29	11.16	50m-60m	6.15	6.2	1.87	1.06	2.93	3.88	4.80	5.70	6.59	7.49	8.41	9.33	10.29	48.5	4.71	2.06	5.02	2.22	5.07	3.32	2.28	87.03							
	有勢S	原翔太	FI	-0.5	10.31	11.15	40m-50m	5.28	2.7	1.92	1.06	2.97	3.92	4.84	5.73	6.64	7.55	8.47	9.38	10.31	49.6	4.81	2.02	5.07	2.18	5.21	3.23	2.26	93.90							
	有勢S	大瀬戸 一馬	FI	-0.5	10.31	11.14	40m-50m	5.27	3.4	1.89	1.06	2.95	3.91	4.83	5.72	6.63	7.54	8.46	9.38	10.31	47.7	4.63	2.10	4.89	2.27	4.94	9.6	2.33	88.74							
	有勢S	藤光謙司	FI	-0.5	10.31	11.11	40m-50m	5.32	1.7	1.92	1.07	2.99	3.95	4.87	5.77	6.67	7.58	8.49	9.38	10.31	46.3	4.50	2.16	4.63	2.38	4.75	25.2	2.47	91.66							
	日本選手権	柳生祥秀	FI	-0.3	10.31	11.21	40m-50m	5.23	9.8	1.88	1.06	2.93	3.88	4.78	5.68	6.57	7.47	8.38	9.32	10.31	48.2	4.67	2.08	5.05	2.22	5.10	16.7	2.41	87.30							
	織田記念	ケンブリッジ 飛鳥	R1	-0.4	10.33	11.28	50m-60m	6.24	4.7	1.97	1.06	3.02	3.99	4.90	5.80	6.69	7.59	8.48	9.40	10.33																
	SGGP	サニブラウン・ハキーム	FI	-0.4	10.34	11.20	50m-60m	6.21	5.8	1.92	1.08	2.99	3.95	4.86	5.76	6.65	7.55	8.46	9.38	10.34	44.8	4.33	2.23	4.59	2.44	4.68	2.80	2.45	66.41							

表 3. 女子 100m における速度分析およびストライド分析の結果 (2016 シーズンの上位記録 10 位まで)

ランク	大倉名	氏名	ラウンド	風 m/s	記録		記録										全体		最大ポイント時		最大値							
					s	m/s	上段: 通過時間(s)	中段: 区間通過時間(s)	下段: 区間通過時間(s)	10m	20m	30m	40m	50m	60m	70m	80m	90m	100m	ストライド m	ピッチ step/s	ストライド m	ピッチ step/s	ストライド m	ピッチ step/s	ストライド m	ピッチ step/s	
1	SGGP	BARTOLETTA, Tianna	FI	-1.7	11.23	10.29	40m-50m	5.64	2.01	3.12	1.12	0.96	1.00	5.15	6.12	7.10	8.09	9.11	10.16	11.23	5.11	4.56	1.86	4.80	2.14	4.82	2.14	48.6
					4.98	8.95	9.75	10.23	10.29	9.99	9.99	10.29	10.23	10.09	10.09	10.09	10.29	9.99	9.99	10.09	10.09	10.09	9.99	9.99	10.09	10.09	10.09	10.09
2	SGGP	OKAGABARE, Blessing	FI	-1.7	11.30	10.22	40m-50m	5.76	2.11	3.24	1.13	0.98	5.27	6.25	7.23	8.23	9.24	10.2	11.30	48.5	4.30	2.06	4.46	2.27	4.59	2.30	68.4	
					4.75	8.84	9.66	10.17	10.22	10.02	10.02	10.17	10.05	10.05	10.05	10.27	9.99	9.99	10.05	10.05	10.05	9.99	9.99	10.05	10.05	10.05	10.05	10.05
3	SGGP	PIERRE, Barbara	FI	-1.7	11.40	10.12	40m-50m	5.63	1.99	3.10	1.11	0.99	5.13	6.12	7.12	8.15	9.20	10.29	11.40	56.4	4.95	1.77	5.30	1.92	5.42	1.92	44.3	
					5.01	9.03	9.62	10.11	10.12	10.11	10.12	10.11	10.12	10.11	10.12	10.11	10.12	10.11	10.12	10.11	10.12	10.11	10.12	10.11	10.12	10.11	10.12	10.11
4	日本選手権	稲島 千里	FI	-0.2	11.45	9.84	50m-60m	6.77	2.01	3.15	1.14	1.06	5.24	6.26	7.27	8.30	9.34	10.38	11.45	53.3	4.65	1.88	4.94	1.99	4.94	2.02	39.0	
					4.97	8.81	9.42	9.71	9.83	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3
5	布勢S	世古 和	FI	0.7	11.57	9.74	50m-60m	6.82	2.02	3.18	1.16	1.06	5.28	6.31	7.33	8.37	9.42	10.46	11.57	54.3	4.70	1.84	4.97	1.96	4.97	2.06	92.9	
					4.96	8.61	9.43	9.58	9.74	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3
5	団体	齋藤 愛美	FI	2	11.57	9.87	50m-60m	6.85	2.05	3.21	1.17	1.07	5.33	6.35	7.36	8.39	9.43	10.49	11.57	54.2	4.69	1.84	4.89	2.02	5.00	2.17	77.2	
					4.89	8.57	9.31	9.59	9.83	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4
7	織田記念	BREEN, Melissa	FA	-1.8	11.59	9.91	40m-50m	5.84	2.11	3.26	1.15	1.02	5.34	6.34	7.37	8.41	9.45	10.52	11.59	50.3	4.35	1.99	4.59	2.15	4.63	2.19	92.4	
					4.75	8.67	9.45	9.82	9.91	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2
団体	稲島 千里	FI	0.5	11.66	9.74	50m-60m	6.84	2.01	3.16	1.16	1.08	5.29	6.32	7.35	8.39	9.46	10.55	11.66	53.6	4.60	1.86	4.92	1.98	4.92	2.03	38.3		
					4.98	8.65	9.30	9.50	9.67	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3
布勢S	世古 和	RI	1.1	11.88	9.75	40m-50m	5.84	2.04	3.21	1.17	1.08	5.32	6.35	7.39	8.44	9.50	10.57	11.68	54.8	4.69	1.83	4.89	2.00	5.00	2.16	84.2		
					4.91	8.54	9.29	9.61	9.75	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4
8	布勢S	松田優美	FI	0.7	11.89	9.63	40m-50m	5.81	2.04	3.19	1.15	1.05	5.29	6.33	7.37	8.43	9.49	10.58	11.69	53.9	4.61	1.86	4.80	2.01	4.94	2.05	77.8	
					4.91	8.69	9.49	9.53	9.63	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4
9	団体	前山 美優	FI	0.5	11.73	9.68	50m-60m	6.90	2.07	3.22	1.15	1.08	5.35	6.38	7.42	8.47	9.53	10.62	11.73	49.5	4.22	2.02	4.38	2.22	4.55	2.22	59.5	
					4.94	8.67	9.30	9.51	9.65	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4
日本選手権	齋藤 愛美	FI	-0.2	11.74	9.78	40m-50m	5.86	2.15	3.34	1.19	1.06	5.45	6.47	7.50	8.54	9.59	10.66	11.74	55.4	4.72	1.80	4.94	1.98	5.07	2.13	91.4		
					4.65	8.42	9.41	9.54	9.78	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4
日本選手権	世古 和	FI	-0.2	11.75	9.61	40m-50m	5.83	2.02	3.19	1.17	1.08	5.31	6.35	7.39	8.46	9.53	10.63	11.75	54.5	4.64	1.84	4.84	1.98	4.97	2.01	92.8		
					4.95	8.55	9.26	9.60	9.61	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4
布勢S	和田 麻希	FI	0.7	11.77	9.58	40m-50m	5.86	2.05	3.21	1.16	1.06	5.34	6.38	7.43	8.48	9.56	10.65	11.77	55.8	4.74	1.79	4.82	1.99	4.87	2.01	62.5		
					4.88	8.59	9.37	9.47	9.58	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4

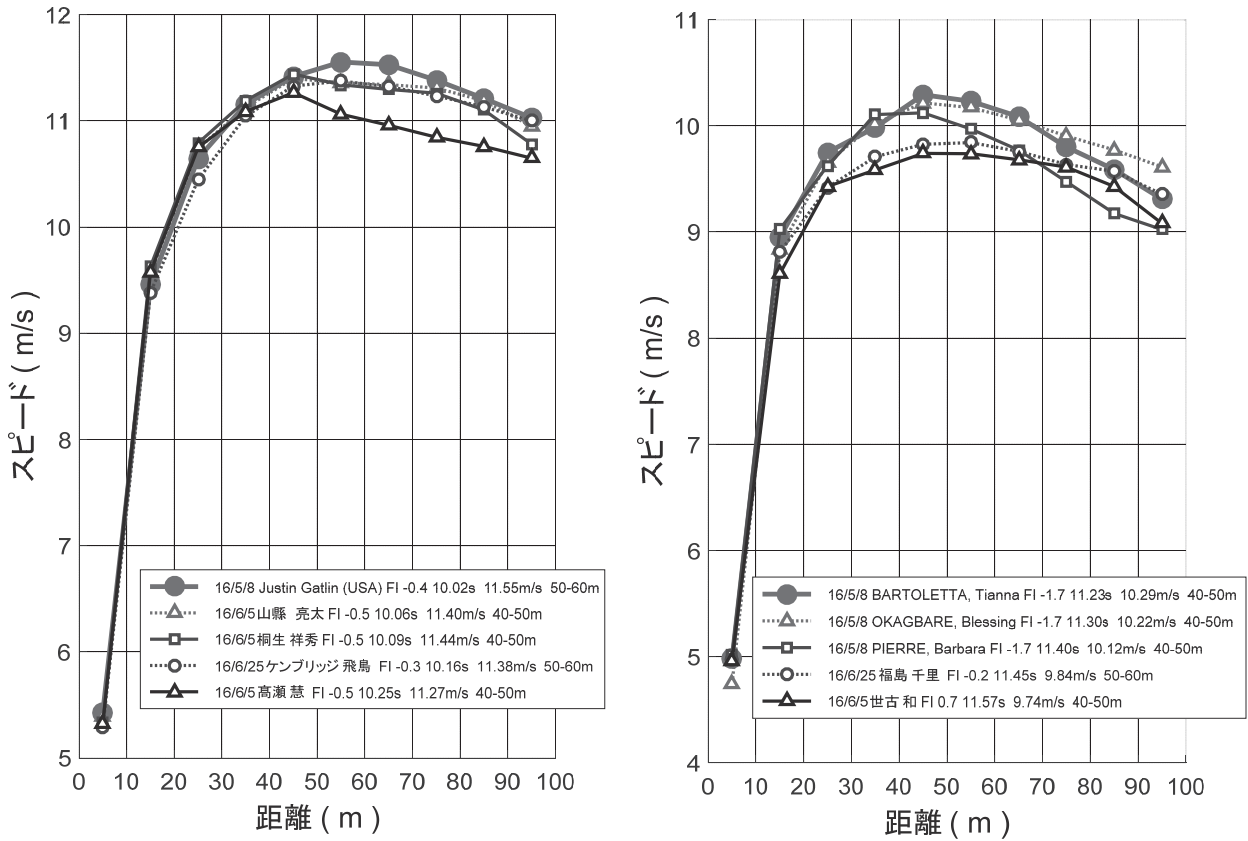


図1 2016シーズンの男女別にみた上位5名のスピード変化

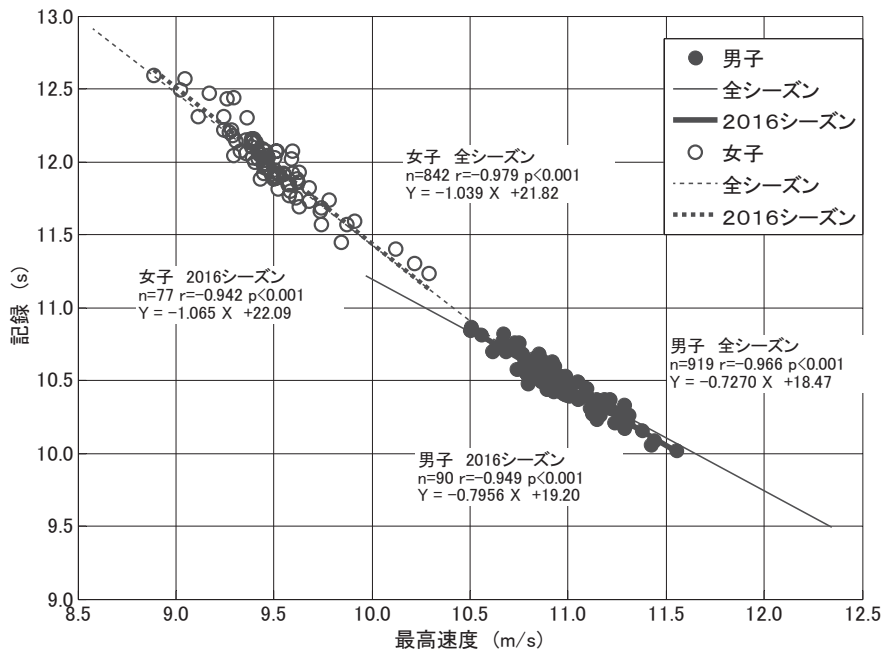


図2. 全シーズン（回帰直線のみ）と2016シーズンの延データでみた最高速度と記録との関係

表 4. 男女別、全データと個人ベストデータ、シーズン別にもみたレース分析の統計値

シーズン	データの種別	n	風			記録			最高速度			出現区間			通減率			記録-最高速度 回帰係数							
			mean	sd	min	max	mean	sd	min	max	mean	sd	min	max	mean	sd	min	max	r	a	b				
全	延	919	0.3	1.3	-6.2	4.0	10.45	0.22	9.58	11.18	11.02	0.29	9.97	12.35	54.0	6.5	35	75	5.7	1.8	1.7	18.2	-0.966	-0.7270	18.47
	PB	207	0.4	1.0	-3.5	2.0	10.43	0.27	9.58	11.05	11.07	0.36	10.32	12.35	54.6	7.0	45	75	5.4	1.7	1.7	11.3	-0.974	-0.7378	18.60
	p値				0.667			0.185					0.056			0.217									
男子	延	90	-0.6	0.8	-2.5	0.8	10.46	0.18	10.02	10.87	10.98	0.21	10.50	11.55	51.9	5.9	35	65	5.5	1.8	1.7	10.8	-0.964	-0.8284	19.58
	PB	39	-0.4	0.6	-1.4	0.8	10.48	0.21	10.02	10.82	10.99	0.24	10.56	11.55	50.4	5.5	45	65	5.8	2.0	1.7	10.8	-0.962	-0.8268	19.56
	p値				0.103			0.661					0.920			0.180									
全	延	843	0.3	1.2	-3.0	3.5	11.80	0.36	10.54	13.08	9.64	0.34	8.58	10.99	48.0	6.9	35	85	7.2	1.9	1.0	14.5	-0.979	-1.0370	21.80
	PB	195	0.3	1.2	-3.0	2.0	11.79	0.47	10.73	13.08	9.67	0.44	8.58	10.87	48.4	7.2	35	85	6.9	1.8	2.0	12.7	-0.986	-1.0440	21.89
	p値				0.752			0.677					0.379			0.530									
女子	延	77	0.0	1.2	-2.1	2.0	11.98	0.26	11.23	12.59	9.49	0.23	8.89	10.29	47.9	5.6	35	55	7.9	2.1	4.7	14.1	-0.942	-1.0650	22.09
	PB	45	0.2	1.3	-2.1	2.0	11.97	0.29	11.23	12.57	9.50	0.27	9.02	10.29	48.1	5.1	35	55	7.5	1.8	4.7	13.3	-0.956	-1.0560	22.01
	p値				0.383			0.920					0.834			0.804									

全シーズン:1988~2016、全データ:測定例すべて

PB:個人別最大値(追い風参考記録を除く)

mean; 平均値, sd; 標準偏差, min; 最小値, max; 最大値

表 5. 男女別、シーズン別でもみた全データと個人ベストデータのストライド分析の統計値

シーズン	データの種別	n	記録 (s)			ステップ数			速度 (m/s)			最高速度時			ストライド (m)			レース中の最高値												
			mean	sd	min	max	mean	sd	min	max	mean	sd	min	max	mean	sd	min	max	mean	sd	min	max								
全	延	443	10.43	0.20	9.58	11.18	48.5	1.7	41.1	53.6	11.04	0.26	9.97	12.35	4.88	0.18	4.23	5.28	2.27	0.09	2.04	2.77	4.98	0.18	4.35	5.47	2.31	0.10	2.09	2.82
	PB	92	10.39	0.25	9.58	10.89	47.9	2.0	41.1	52.1	11.11	0.33	10.59	12.35	4.84	0.18	4.36	5.17	2.30	0.11	2.10	2.77	4.95	0.19	4.51	5.40	2.35	0.12	2.14	2.82
	p値				0.142			0.009						0.100			0.007										0.002			
男子	延	63	10.40	0.16	10.02	10.87	48.5	1.5	44.8	52.7	11.04	0.20	10.47	11.55	4.90	0.15	4.58	5.16	2.25	0.08	2.11	2.48	5.00	0.14	4.63	5.23	2.31	0.08	2.11	2.50
	PB	28	10.44	0.20	10.02	10.87	48.2	1.6	44.8	51.3	11.01	0.24	10.47	11.55	4.87	0.17	4.58	5.16	2.26	0.09	2.11	2.48	4.96	0.17	4.63	5.21	2.32	0.09	2.11	2.49
	p値				0.388			0.390						0.324			0.565										0.303			
全	延	379	11.79	0.30	10.73	12.88	53.0	2.5	46.6	59.9	9.65	0.28	8.73	10.87	4.72	0.22	4.22	5.33	2.05	0.10	1.81	2.35	4.81	0.24	4.34	6.57	2.08	0.11	1.82	2.41
	PB	92	11.83	0.38	10.73	12.88	52.6	2.5	46.6	58.0	9.62	0.37	8.73	10.87	4.65	0.21	4.22	5.30	2.07	0.11	1.88	2.35	4.75	0.20	4.34	5.42	2.09	0.11	1.89	2.41
	p値				0.299			0.119						0.344			0.014										0.027			
女子	延	59	11.91	0.24	11.23	12.47	53.4	2.2	47.4	59.1	9.56	0.21	9.24	10.24	4.71	0.22	4.22	5.30	2.03	0.09	1.81	2.27	4.83	0.31	4.34	6.57	2.06	0.09	1.86	2.30
	PB	38	11.91	0.28	11.23	12.47	53.1	2.3	47.4	59.1	9.58	0.25	9.24	10.24	4.68	0.24	4.22	5.30	2.05	0.10	1.81	2.27	4.77	0.23	4.34	5.42	2.08	0.10	1.86	2.30
	p値				0.898			0.434						0.776			0.453										0.273			

全シーズン:2009~2016、全データ:測定例すべて

PB:個人別最大値(追い風参考記録を除く)

mean; 平均値, sd; 標準偏差, min; 最小値, max; 最大値

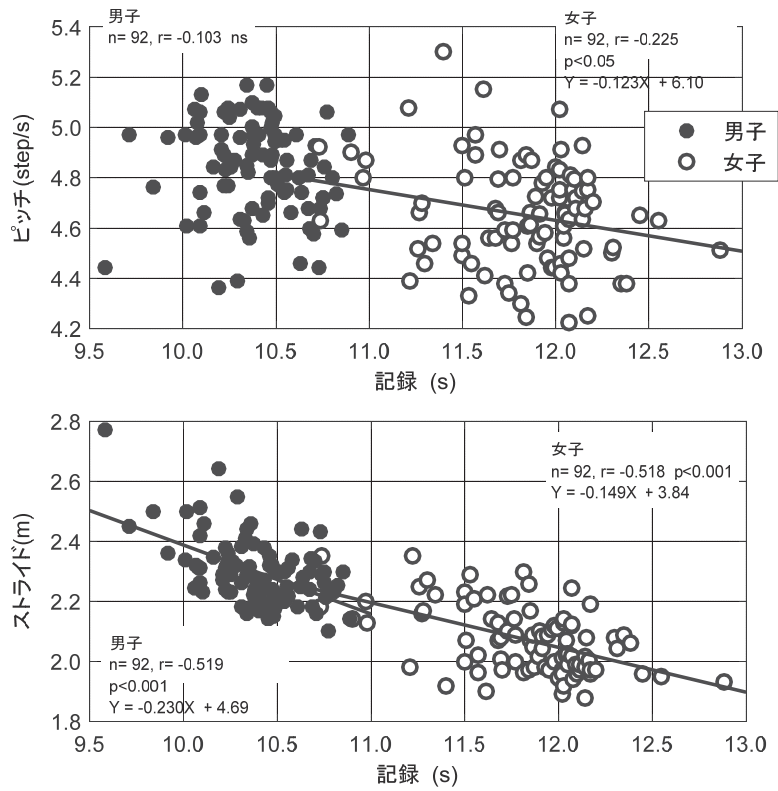


図3. 全シーズンのPBデータでみた記録と最高速度時のピッチ・ストライドとの関係

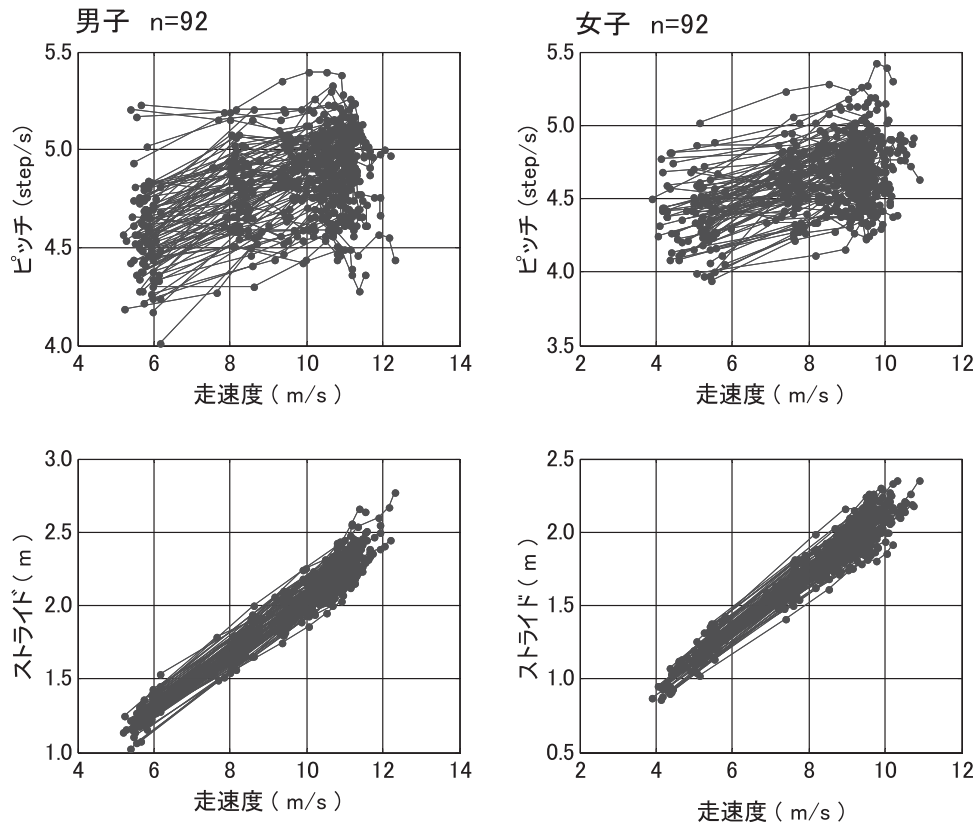


図4. 全シーズンのPBデータにて、男女別にスタートから最高速度までの速度とピッチおよびストライドとの関係
左側；男子、右側；女子、上段；ピッチ、下段；ストライド

表 6. スタートから最高速度までの速度とピッチおよびストライドとの回帰分析結果、および増加率

		項目	統計値	mean	sd	min	max
男子 n=92	ピッチ	相関係数		0.762	0.281	-0.525	0.992
		p値		0.102	0.228	0.000	0.961
		増加率		1.061	0.038	0.971	1.144
	ストライド	相関係数		0.997	0.001	0.993	1.000
		p値		0.000	0.000	0.000	0.000
		増加率		1.819	0.109	1.591	2.194
女子 n=92	ピッチ	相関係数		0.746	0.343	-0.634	0.998
		p値		0.096	0.210	0.000	0.954
		増加率		1.060	0.044	0.970	1.180
	ストライド	相関係数		0.998	0.002	0.990	1.000
		p値		0.000	0.000	0.000	0.000
		増加率		1.831	0.199	1.457	2.337

mean; 平均値、sd; 標準偏差、min; 最小値、max; 最大値

表 7. 統計値を用いた目標記録からみた最高速度、最高速度時ピッチの平均値と標準偏差から求めたストライド目標値

男子					女子				
100mタイム	最高速度 (m/s)	最高速度達成のための ピッチ(step/s)からみたストライドの長さ (m)			100mタイム	最高速度 (m/s)	最高速度達成のための ピッチ(step/s)からみたストライドの長さ (m)		
		4.66	4.84	5.03			4.44	4.65	4.86
9.50	12.32	2.65	2.54	2.45	10.50	10.90	2.45	2.34	2.24
9.60	12.19	2.62	2.52	2.42	10.60	10.80	2.43	2.32	2.22
9.70	12.05	2.59	2.49	2.40	10.70	10.71	2.41	2.30	2.20
9.80	11.92	2.56	2.46	2.37	10.80	10.61	2.39	2.28	2.18
9.90	11.78	2.53	2.43	2.34	10.90	10.52	2.37	2.26	2.16
10.00	11.64	2.50	2.40	2.32	11.00	10.42	2.34	2.24	2.14
10.10	11.51	2.47	2.38	2.29	11.10	10.32	2.32	2.22	2.12
10.20	11.37	2.44	2.35	2.26	11.20	10.23	2.30	2.20	2.10
10.30	11.24	2.41	2.32	2.24	11.30	10.13	2.28	2.18	2.08
10.40	11.10	2.38	2.29	2.21	11.40	10.04	2.26	2.16	2.06
10.50	10.97	2.35	2.26	2.18	11.50	9.94	2.24	2.14	2.05
10.60	10.83	2.33	2.24	2.15	11.60	9.85	2.22	2.12	2.03
10.70	10.69	2.30	2.21	2.13	11.70	9.75	2.19	2.10	2.01
10.80	10.56	2.27	2.18	2.10	11.80	9.66	2.17	2.08	1.99
10.90	10.42	2.24	2.15	2.07	11.90	9.56	2.15	2.05	1.97
11.00	10.29	2.21	2.12	2.05	12.00	9.47	2.13	2.03	1.95
11.20	10.02	2.15	2.07	1.99	12.10	9.37	2.11	2.01	1.93
11.40	9.74	2.09	2.01	1.94	12.20	9.27	2.09	1.99	1.91
11.60	9.47	2.03	1.96	1.88	12.30	9.18	2.07	1.97	1.89
11.80	9.20	1.98	1.90	1.83	12.40	9.08	2.04	1.95	1.87
12.00	8.93	1.92	1.84	1.78	12.50	8.99	2.02	1.93	1.85
					12.60	8.89	2.00	1.91	1.83
					12.70	8.80	1.98	1.89	1.81
					12.80	8.70	1.96	1.87	1.79
					12.90	8.61	1.94	1.85	1.77
					13.00	8.51	1.92	1.83	1.75

表作成のために用いた統計値(表4、表5より)
 男子; 最高速度 = (記録 - 18.58) / -0.737
 ピッチの平均値 ± 標準偏差 4.84 ± 0.18 (step/s)
 女子; 最高速度 = (記録 - 21.92) / -1.048
 ピッチの平均値 ± 標準偏差 4.65 ± 0.21 (step/s)

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

高橋恭平¹⁾ 広川龍太郎²⁾ 松林武生³⁾ 小林海⁴⁾ 松尾彰文⁵⁾ 柳谷登志雄⁶⁾ 山元康平⁷⁾
 山中亮³⁾ 大家利之³⁾ 吉本隆哉³⁾ 大沼勇人³⁾ 輪島裕美³⁾
 1)熊本高等専門学校 2)東海大学 3)国立スポーツ科学センター 4)日本スポーツ振興センター
 5)鹿屋体育大学 6)順天堂大学 7)筑波大学大学院

1. はじめに

本研究では、2016年日本陸上競技連盟科学委員会の活動として行われた国内外対象の主要競技会における200mレース分析結果から、疾走速度、ピッチ、ストライドを中心に言及する。

2. 方法

2-1. 対象競技会

対象競技会は下記4競技会とし、レース測定および分析を行った。

- ・第32回静岡国際陸上競技大会
(2016年5月3日)(以下、静岡国際)
- ・セイコーゴールデングランプリ陸上2016川崎
(2016年5月8日)(以下、SGG)
- ・第100回日本陸上競技選手権大会
(2016年6月24日～26日)(以下、日本選手権)
- ・第31回オリンピック競技大会
(2016年8月12日～21日)(以下、Rio五輪)

2-2. 対象選手

対象選手は競技会毎に下記のとおりである。

- ・静岡国際：男子200mの上位6名および女子の上位6名
- ・SGG：男子200m決勝進出者8名
- ・日本選手権：男女200m決勝進出者、それぞれ8名
- ・Rio五輪：男子200mに出場した日本選手3名およびメダリスト3名

2-3. 測定方法

200mレースの測定は、液晶デジタルビデオカメラLumix(DMC-FZ200, Panasonic, JAPAN)およびス

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

静岡国際およびSGG, 日本選手権において、測定スタッフは20m, 55m, 80m, 100m, 120m, 150m, 180m付近の延長上、観覧スタンドから撮影するためにそれぞれ配置された。レースの撮影は、スターターのピストル閃光を撮影した後、全選手がゴールするまでパニング撮影を行った。Rio五輪においては、限られたスタッフで実施したため、150m地点延長線上メインスタンドから20mおよび120m, 150m地点を、55m地点延長線上第1コーナーから55m地点を、そして、180m地点延長線上バックスタンドから80mおよび100m, 180m地点の撮影を行った。

表1. 撮影(測定)地点

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

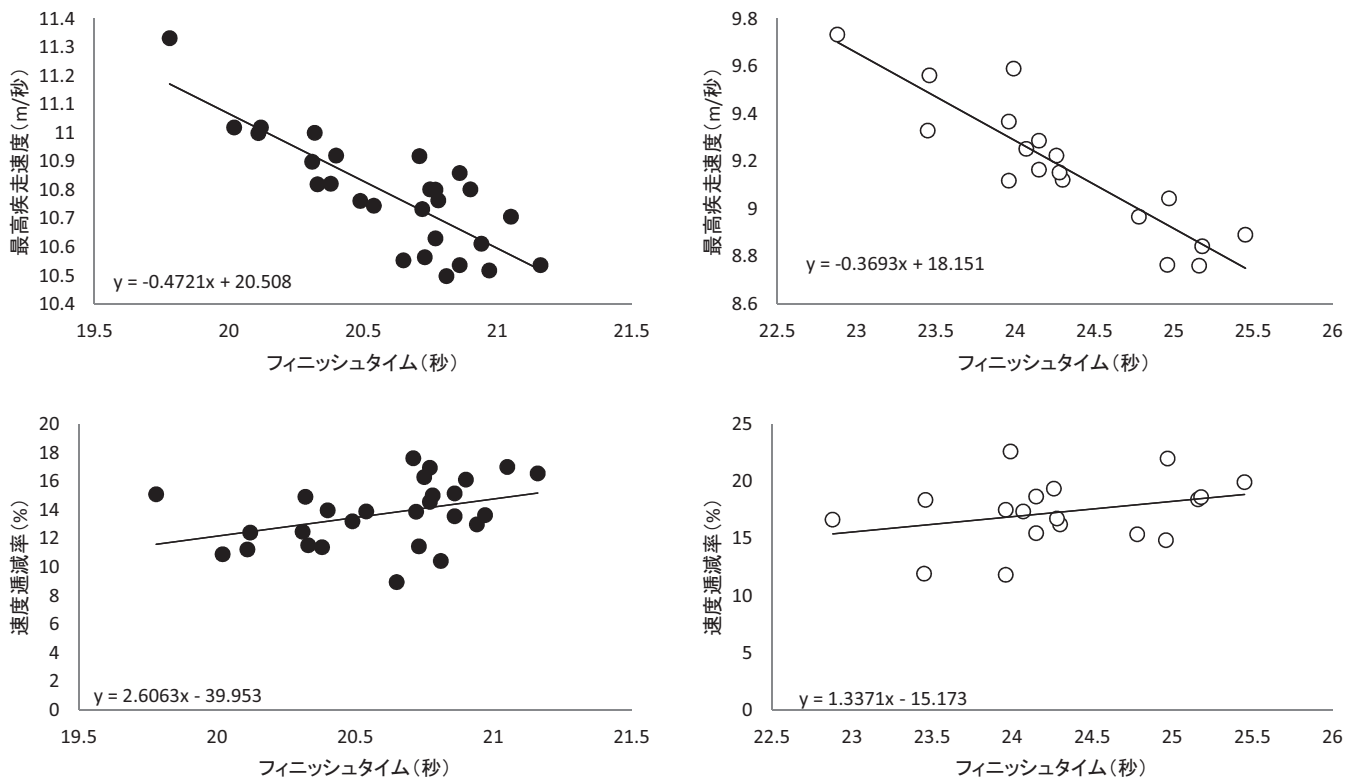


図1. 2016年シーズン200mレースにおける最高疾走速度（上段）および速度逡減率（下段）とフィニッシュタイムの関係（●：男子 ○：女子）

2-4. 分析方法

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

最高疾走速度および速度逡減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%未満とした。

2-4-1. 通過タイムおよび区間平均速度

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

2-4-2. 速度逡減率

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

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

2-4-3. 区間平均ピッチおよび区間平均ストライド

1秒毎の区間平均ピッチ（以下、ピッチ）は、各

区間の分析ポイント通過後最初の1歩をゼロ歩として、計6～12歩（表2）に要した時間のフレーム数から算出した。

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

3. 結果および考察

図1は本研究の分析対象全レースにおけるフィニッシュタイムと最高疾走速度の関係を示してい

表2. 各区間におけるピッチの分析歩数

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

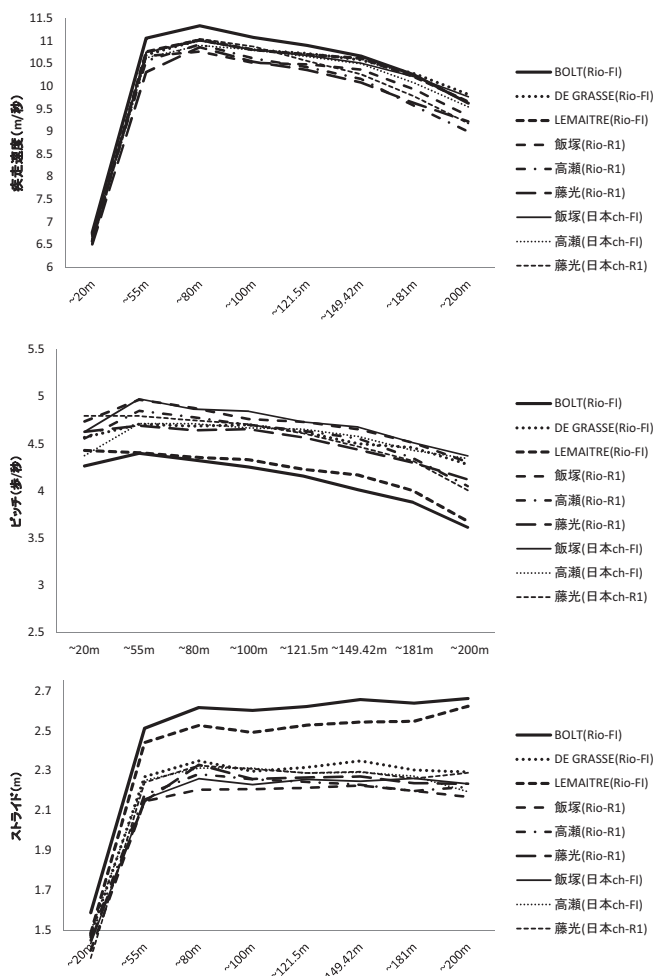


図2. Rio五輪男子200mメダリストと日本代表選手における疾走速度(上段)およびピッチ(中絶), ストライド(下段)の比較

る。男女共に、最高疾走速度はフィニッシュタイムと有意な相関関係が認められた ($p < 0.01$)。一方、速度逡減率はフィニッシュタイムと有意な相関関係が認められなかった。これらは、昨シーズンと同様の結果であった。

また、2016年シーズンは4年に1度夏季五輪ブラジル・リオデジャネイロ大会が開催され、3年後に夏季五輪東京大会を控えていること、BOLT選手が今回のRio五輪出場を最後に、今後五輪には出場しないことも表明していること等から、注目度の高い競技大会であった。そのBOLT選手らメダリストと日本代表選手の比較・検証を行った。(Rio五輪以外の他3対象競技会結果の詳細は参考資料を参照。)

図2はRio五輪男子200mのメダリスト3名の決勝(以下、FI)レースと、日本代表選手として出場した3名の予選(以下、R1)レースおよび日本代表選手同3名の2016年シーズンベスト(以下、SB)のレースにおける疾走速度およびピッチ、ストラ

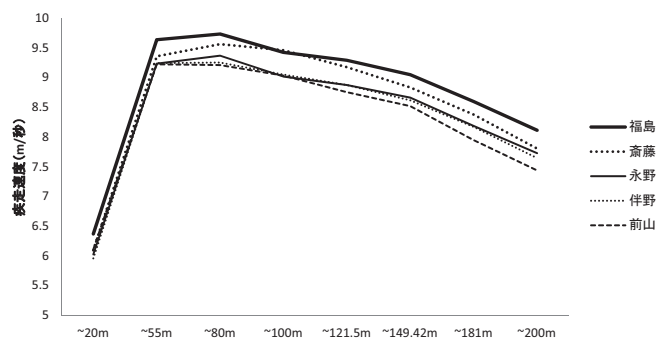


図3. 2016年日本選手権女子200m決勝における疾走速度の変化

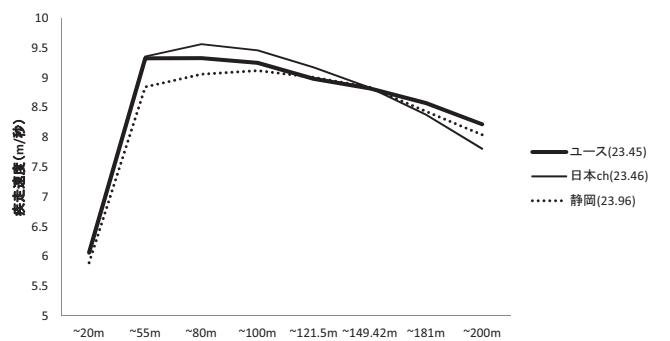


図4. 斎藤愛美選手の2016年静岡国際および日本選手権、日本ユース女子200m決勝における疾走速度の変化

イドの分析結果を示している。まず、最高疾走速度は、延べ9レース全てにおいて55-80m区間において出現していた。最も高かったのは、BOLT選手の11.3m/sで、メダリスト全員が11m/sを超えていた。一方、日本人選手における200m最高疾走速度11m/s超は、藤光選手の日本選手権R1(SB)と飯塚選手の日本選手権FI(SB)のみに留まった(共に11.0m/s)。また、メダリストの速度逡減率平均値は-12.8%であるのに対し、日本代表3選手それぞれのSBレースにおける速度逡減率平均値は-13.8%であった。ピッチは、LEMAITRE選手を除く全選手(延べ8名)において20-55m区間で最高値に達していた。また、BOLT選手とLEMAITRE選手の2名がレース全体を通して低値を示した。一方、ストライドの最高値の出現は、55-80m区間と80-100m区間に偏る傾向があった。全体を通して高値を示したBOLT選手とLEMAITRE選手の2名を除いた延べ8選手が上記2区間で最高値の出現が見られた。

図3は日本新記録と日本高校・ジュニア新記録が出た日本選手権女子200mの決勝の結果を示している(市川選手および今井選手、和田選手については、測定不可能であった区間があったため省略した。)

日本新記録を樹立した福島選手は、終始高い疾走速度で他を圧倒したが、特に、最高疾走速度 (9.7m/s) が出現するまでの 80m 地点までと中盤 (121.5-149.42m 区間) での速度の高さが顕著であった。速度逓減率も、分析可能な 5 名中最も低い -16.6% であった。一方、日本選手権においてジュニア日本新記録および日本高校新記録を樹立した齋藤選手は、日本選手権後、同じく瑞穂で行われた第 10 回日本ユース陸上競技選手権大会 (2016 年 10 月 21 日～23 日) (以下、日本ユース) 女子 200m 決勝でジュニア日本新記録および日本高校新記録を更新した (23.45 秒)。図 4 は齋藤選手の 2016 年シーズン 3 レース (静岡国際、日本選手権、日本ユース) における疾走速度の変化を比較したものである。最高疾走速度は、静岡国際を除く 2 レースにおいて 55-80m 区間で出現していた (日本選手権:9.6m/s, 日本ユース:9.3m/s)。速度逓減率は、静岡国際と日本ユースにおいて、それぞれ -11.8%, -11.9% であったのに対し、日本選手権では -18.4% であった。

4. まとめ

2016 年における日本および世界一流 200m 選手のレースを分析した結果、次のことが明らかとなった。

- ・2015 年シーズン同様、最高疾走速度はフィニッシュタイムと有意な相関関係がある。一方、速度逓減率においては認められなかった。
- ・我々の今回の分析対象レースにおいて男子最高タイムは Rio 五輪準決勝および決勝時の BOLT 選手の 19.78 秒で、決勝時の最高疾走速度は 11.3m/s であった。同じく日本人男子最高タイムは、日本選手権決勝時の飯塚選手の 20.11 秒で、その時の最高疾走速度は 11.0m/s であった。一方、女子日本新記録を樹立した福島選手のタイムは 22.88 秒で、その時の最高疾走速度は 9.7m/s であった (日本選手権 FI)。また、ジュニア日本新記録および日本高校新記録を更新した齋藤選手のタイムは 23.45 秒で、その時の最高疾走速度は 9.3m/s であった (日本ユース FI)。

参考資料

第32回静岡国際陸上競技大会 @ 静岡県小笠山総合運動公園エコパスタジアム
男子 200m A決勝
2016/5/3 16:30 (風速 +1.0 m/s)

順位 レーン	選手名 (所属)	記録(秒)	最高速度(m/秒) 到達地点	速度遅減率(%)	通過タイム(秒)															
					0m ~ 20m	20m ~ 55m	55m ~ 80m	80m ~ 100m	100m ~ 121.5m	121.5m ~ 148.42m	148.42m ~ 181m	181m ~ 200m								
1位	飯塚 翔太 (ミズノ)	20.38	10.82	-11.38	3.04	6.33	8.64	10.52	12.58	15.29	18.40	20.38	6.59	10.64	10.82	10.61	10.44	10.32	10.15	9.59
7レーン			55-80m		4.67	4.89	4.82	4.73	4.63	4.63	4.37	3.87	1.41	2.20	2.28	2.25	2.22	2.18	2.24	2.25
2位	サニブラウン ハキーム (城西大城西高)	20.54	10.74	-13.89	3.01	6.28	8.60	10.50	12.56	15.29	18.49	20.54	6.64	10.72	10.74	10.56	10.39	10.25	9.87	9.25
4レーン			55-80m		4.22	4.52	4.47	4.37	4.31	4.13	4.04	3.69	1.54	2.35	2.43	2.42	2.40	2.45	2.42	2.44
3位	原 翔太 (スズキ浜松AC)	20.73	10.56	-11.45	3.04	6.43	8.80	10.70	12.76	15.49	18.70	20.73	6.57	10.32	10.55	10.56	10.39	10.25	9.83	9.35
6レーン			80-100m		4.75	4.85	4.84	4.83	4.75	4.68	4.51	4.37	1.36	2.14	2.25	2.20	2.19	2.21	2.16	2.10
4位	長田 拓也 (法政大)	20.86	10.54	-13.55	3.07	6.43	8.80	10.71	12.81	15.55	18.77	20.86	6.52	10.43	10.54	10.46	10.26	10.16	9.81	9.11
5レーン			55-80m		4.81	4.81	4.68	4.61	4.52	4.44	4.33	4.04	1.38	2.20	2.33	2.26	2.27	2.27	2.21	2.21
5位	小林 雄一 (NTN)	20.94	10.61	-12.97	3.07	6.48	8.84	10.76	12.86	15.63	18.88	20.94	6.51	10.26	10.61	10.43	10.25	10.07	9.71	9.23
9レーン			55-80m		4.72	4.73	4.65	4.61	4.47	4.49	4.32	4.01	1.38	2.17	2.28	2.26	2.29	2.24	2.25	2.30
6位	高平 慎士 (富士通)	20.97	10.52	-13.64	3.07	6.44	8.82	10.74	12.85	15.63	18.88	20.97	6.53	10.37	10.52	10.38	10.21	10.04	9.72	9.08
8レーン			55-80m		4.32	4.38	4.36	4.22	4.26	4.18	3.98	3.71	1.51	2.37	2.41	2.46	2.40	2.40	2.44	2.45
7位	森 雅治 (大東文化大)	21.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3レーン			-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8位	川瀬 孝則 (日本体育大)	21.14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2レーン			-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

女子 200m タイムレース決勝
2016/5/3 16:10 (3組)

順位 レーン	選手名 (所属)	記録(秒) (風速)	最高速度(m/秒) 到達地点	速度遅減率(%)	通過タイム(秒)															
					0m ~ 20m	20m ~ 55m	55m ~ 80m	80m ~ 100m	100m ~ 121.5m	121.5m ~ 148.42m	148.42m ~ 181m	181m ~ 200m								
1位	齋藤 愛美 (倉敷中央高)	23.96 (+0.5 m/s)	9.12	-11.81	3.39	7.35	10.11	12.31	14.69	17.85	21.60	23.96	5.89	8.84	9.06	9.12	9.01	8.84	8.43	8.04
5レーン			80-100m		4.59	4.60	4.64	4.60	4.55	4.45	4.29	4.24	1.28	1.92	1.95	1.98	1.99	1.99	1.97	1.89
2位	Barbara PIERRE (USA)	23.99 (-1.5 m/s)	9.59	-22.60	3.19	6.84	9.50	11.69	14.16	17.45	21.43	23.99	6.27	9.59	9.41	9.10	8.72	8.47	7.94	7.42
4レーン			20-55m		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3位	Melissa BREEN (AUS)	24.15 (-1.5 m/s)	9.29	-18.65	3.26	7.08	9.77	11.99	14.46	17.74	21.63	24.15	6.13	9.16	9.29	9.03	8.69	8.53	8.10	7.55
6レーン			55-80m		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4位	Monica BRENNAN (AUS)	24.15 (-1.5 m/s)	9.16	-15.47	3.37	7.21	9.94	12.16	14.60	17.84	21.70	24.15	5.94	9.11	9.16	9.03	8.78	8.64	8.18	7.75
7レーン			55-80m		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5位	市川 華菜 (ミズノ)	24.28 (-1.5 m/s)	9.15	-16.73	3.44	7.30	10.03	12.26	14.69	17.93	21.79	24.28	5.82	9.05	9.15	9.00	8.83	8.63	8.18	7.62
9レーン			55-80m		4.27	4.39	4.37	4.29	4.25	4.11	3.97	3.90	1.36	2.06	2.10	2.10	2.08	2.10	2.06	1.95
6位	永野 真莉子 (甲南大)	24.30 (+0.1 m/s)	9.05	-15.58	3.25	7.16	9.92	12.20	14.68	17.94	21.81	24.30	6.15	8.96	9.05	8.78	8.67	8.57	8.14	7.64
7レーン			55-80m		4.52	4.43	4.35	4.30	4.19	4.18	4.07	3.99	1.36	2.02	2.09	2.03	2.07	2.05	2.00	1.92
7位	今井 沙緒里 (飯田病院)	24.47 (+0.5 m/s)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4レーン			-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8位	伴野 里緒 (七十七銀行)	24.92 (+0.1 m/s)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4レーン			-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

セイコーゴールデングランプリ陸上2016川崎 @ 川崎市等々力陸上競技場
 男子 200m 決勝
 2016/5/8 16:15 (風速 -0.6 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	速度減減率(%)	通過タイム(秒)															
					0m ~ 20m	20m ~ 55m	55m ~ 80m	80m ~ 100m	100m ~ 121.5m	121.5m ~ 148.42m	148.42m ~ 181m	181m ~ 200m								
1位	アーロン ブラウン (カナダ)	20.32	11.00	-14.90	通過タイム(秒)	2.92	6.16	8.44	10.30	12.34	15.07	18.29	20.32							
6レーン					区間速度(m/秒)	6.85	10.79	11.00	10.73	10.52	10.24	9.81	9.36							
					区間ピッチ(歩/秒)	4.64	4.69	4.61	4.51	4.43	4.31	4.22	4.02							
					区間ストライド(m)	1.48	2.30	2.39	2.38	2.38	2.37	2.33	2.33							
2位	飯塚 翔太 (ミスノ)	20.40	10.92	-13.96	通過タイム(秒)	3.01	6.24	8.53	10.39	12.45	15.18	18.38	20.40							
4レーン					区間速度(m/秒)	6.64	10.84	10.92	10.73	10.44	10.25	9.86	9.40							
					区間ピッチ(歩/秒)	4.77	4.95	4.86	4.72	4.67	4.60	4.50	4.24							
					区間ストライド(m)	1.39	2.19	2.25	2.27	2.23	2.23	2.19	2.21							
3位	ダニエル ベイリー (アンティグア・バーブーダ)	20.75	10.80	-16.28	通過タイム(秒)	3.02	6.28	8.60	10.49	12.57	15.35	18.65	20.75							
7レーン					区間速度(m/秒)	6.62	10.73	10.80	10.59	10.31	10.04	9.59	9.04							
					区間ピッチ(歩/秒)	4.81	5.12	4.98	4.89	4.73	4.61	4.46	4.26							
					区間ストライド(m)	1.38	2.10	2.17	2.16	2.18	2.18	2.15	2.12							
4位	原 翔太 (スズキ浜松AC)	20.77	10.63	-14.55	通過タイム(秒)	2.99	6.30	8.65	10.57	12.64	15.41	18.68	20.77							
1レーン					区間速度(m/秒)	6.70	10.56	10.63	10.45	10.35	10.08	9.67	9.08							
					区間ピッチ(歩/秒)	4.89	4.90	4.77	4.78	4.75	4.71	4.58	4.45							
					区間ストライド(m)	1.37	2.15	2.23	2.19	2.18	2.14	2.11	2.04							
5位	謝 震業 (中国)	20.78	10.76	-15.00	通過タイム(秒)	3.06	6.40	8.72	10.60	12.67	15.43	18.70	20.78							
3レーン					区間速度(m/秒)	6.54	10.48	10.76	10.61	10.42	10.11	9.65	9.15							
					区間ピッチ(歩/秒)	4.33	4.56	4.58	4.52	4.55	4.39	4.33	3.95							
					区間ストライド(m)	1.51	2.30	2.35	2.35	2.29	2.30	2.23	2.31							
6位	藤光 謙司 (ゼンリン)	20.9	10.80	-16.11	通過タイム(秒)	3.07	6.38	8.69	10.58	12.68	15.48	18.80	20.90							
5レーン					区間速度(m/秒)	6.51	10.58	10.80	10.59	10.25	9.98	9.50	9.06							
					区間ピッチ(歩/秒)	4.71	4.68	4.58	4.54	4.47	4.37	4.21	4.00							
					区間ストライド(m)	1.38	2.26	2.36	2.33	2.29	2.28	2.26	2.27							
7位	楊 俊瀚 (チャイニーズタイペイ)	21.05	10.71	-17.00	通過タイム(秒)	3.07	6.42	8.76	10.67	12.78	15.59	18.91	21.05							
8レーン					区間速度(m/秒)	6.52	10.44	10.71	10.47	10.17	9.93	9.51	8.89							
					区間ピッチ(歩/秒)	4.64	4.74	4.69	4.58	4.55	4.55	4.38	4.09							
					区間ストライド(m)	1.40	2.20	2.28	2.29	2.23	2.19	2.17	2.17							
8位	谷口 耕太郎 (中央大学)	21.16	10.54	-16.54	通過タイム(秒)	3.01	6.36	8.73	10.67	12.80	15.64	19.00	21.16							
2レーン					区間速度(m/秒)	6.65	10.44	10.54	10.31	10.11	9.82	9.41	8.79							
					区間ピッチ(歩/秒)	4.64	4.80	4.70	4.58	4.47	4.48	4.18	3.74							
					区間ストライド(m)	1.43	2.17	2.24	2.25	2.26	2.19	2.25	2.35							

第100回日本陸上競技選手権大会 @ 名古屋市瑞穂公園陸上競技場(パロマ瑞穂スタジアム)
 男子 200m 決勝
 2016/6/26 17:45 (風速 +1.8 m/s)

順位 レーン	選手名 (所属)	記録(秒)	最高速度 (m/秒)	到達地点	速度減減率(%)	通過タイム(秒)														
						0m ~ 20m	20m ~ 55m	55m ~ 80m	80m ~ 100m	100m ~ 121.5m	121.5m ~ 148.42m	148.42m ~ 181m	181m ~ 200m							
1位	飯塚 翔太 (ミズノ)	20.11	11.00	到達地点	-11.23	通過タイム(秒)	3.02	6.27	8.55	10.40	12.41	15.07	18.16	20.11						
6レーン						区間速度(m/秒)	6.63	10.74	11.00	10.80	10.67	10.51	10.20	9.76						
						区間ピッチ(歩/秒)	4.63	4.98	4.87	4.84	4.73	4.68	4.51	4.37						
						区間ストライド(m)	1.43	2.16	2.26	2.23	2.26	2.25	2.26	2.23						
2位	高瀬 慧 (富士通)	20.31	10.90	到達地点	-12.47	通過タイム(秒)	3.06	6.36	8.65	10.50	12.52	15.18	18.32	20.31						
7レーン						区間速度(m/秒)	6.53	10.62	10.90	10.80	10.65	10.49	10.07	9.54						
						区間ピッチ(歩/秒)	4.38	4.72	4.71	4.67	4.66	4.58	4.43	4.35						
						区間ストライド(m)	1.49	2.25	2.31	2.31	2.29	2.29	2.27	2.19						
3位	原 翔太 (スズキ浜松AC)	20.33	10.82	到達地点	-11.51	通過タイム(秒)	3.04	6.36	8.67	10.54	12.57	15.23	18.35	20.33						
5レーン						区間速度(m/秒)	6.59	10.54	10.82	10.70	10.58	10.49	10.13	9.57						
						区間ピッチ(歩/秒)	4.61	4.87	4.80	4.75	4.78	4.71	4.59	4.54						
						区間ストライド(m)	1.43	2.17	2.26	2.25	2.21	2.23	2.21	2.11						
4位	川瀬 孝則 (日本体育大)	20.65	10.55	到達地点	-8.94	通過タイム(秒)	3.04	6.46	8.83	10.74	12.82	15.53	18.67	20.65						
3レーン						区間速度(m/秒)	6.57	10.25	10.55	10.45	10.36	10.31	10.04	9.61						
						区間ピッチ(歩/秒)	4.67	4.76	4.75	4.73	4.69	4.61	4.56	4.47						
						区間ストライド(m)	1.41	2.15	2.22	2.21	2.21	2.24	2.20	2.15						
5位	大瀬戸 一馬 (法政大)	20.72	10.73	到達地点	-13.87	通過タイム(秒)	3.01	6.33	8.66	10.56	12.65	15.42	18.66	20.72						
8レーン						区間速度(m/秒)	6.64	10.55	10.73	10.52	10.31	10.08	9.72	9.24						
						区間ピッチ(歩/秒)	4.74	4.85	4.80	4.67	4.61	4.53	4.36	4.21						
						区間ストライド(m)	1.40	2.17	2.24	2.25	2.24	2.22	2.23	2.20						
6位	藤光 謙司 (ゼンリン)	20.77	10.80	到達地点	-16.94	通過タイム(秒)	3.04	6.35	8.66	10.57	12.65	15.40	18.65	20.77						
4レーン						区間速度(m/秒)	6.57	10.60	10.80	10.47	10.37	10.15	9.70	8.97						
						区間ピッチ(歩/秒)	4.74	4.71	4.47	4.43	4.36	4.25	4.08	3.74						
						区間ストライド(m)	1.39	2.25	2.42	2.37	2.38	2.39	2.38	2.40						
7位	谷口 耕太郎 (中央大)	20.81	10.50	到達地点	-10.41	通過タイム(秒)	3.07	6.47	8.85	10.79	12.88	15.61	18.79	20.81						
1レーン						区間速度(m/秒)	6.52	10.28	10.50	10.36	10.27	10.24	9.92	9.40						
						区間ピッチ(歩/秒)	4.49	4.76	4.64	4.57	4.48	4.42	4.25	3.96						
						区間ストライド(m)	1.45	2.16	2.26	2.27	2.29	2.32	2.33	2.37						
2レーン	長田 拓也 (法政大)	欠場	-	-	-	通過タイム(秒)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
						区間速度(m/秒)	-	-	-	-	-	-	-	-						
						区間ピッチ(歩/秒)	-	-	-	-	-	-	-	-						
						区間ストライド(m)	-	-	-	-	-	-	-	-						

女子 200m 決勝
 2016/6/26 17:30 (風速 +1.8 m/s)

順位 レーン	選手名 (所属)	記録(秒)	最高速度 (m/秒)	到達地点	速度減減率(%)	通過タイム(秒)														
						0m ~ 20m	20m ~ 55m	55m ~ 80m	80m ~ 100m	100m ~ 121.5m	121.5m ~ 148.42m	148.42m ~ 181m	181m ~ 200m							
1位	福島 千里 (北海道ハイテクAC)	22.88 (NR)	9.73	到達地点	-16.64	通過タイム(秒)	3.14	6.77	9.34	11.46	13.78	16.86	20.54	22.88						
4レーン						区間速度(m/秒)	6.37	9.64	9.73	9.42	9.29	9.05	8.60	8.11						
						区間ピッチ(歩/秒)	4.53	5.64	4.68	4.57	4.58	4.48	4.42	4.31						
						区間ストライド(m)	1.41	1.71	2.08	2.06	2.03	2.02	1.94	1.20						
2位	齋藤 愛美 (倉敷中央高)	23.46 (JR)	9.56	到達地点	-18.36	通過タイム(秒)	3.28	7.02	9.64	11.75	14.10	17.26	21.03	23.46						
5レーン						区間速度(m/秒)	6.09	9.36	9.56	9.46	9.17	8.83	8.38	7.81						
						区間ピッチ(歩/秒)	4.68	4.74	4.80	4.72	4.55	4.46	4.35	4.13						
						区間ストライド(m)	1.30	1.97	1.99	2.01	2.01	1.98	1.93	1.22						
3位	市川 華菜 (ミズノ)	23.86	-	-	-	通過タイム(秒)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
3レーン						区間速度(m/秒)	-	-	-	-	-	-	-	-						
						区間ピッチ(歩/秒)	-	-	-	-	-	-	-	-						
						区間ストライド(m)	-	-	-	-	-	-	-	-						
4位	今井 沙緒里 (飯田病院)	23.92	-	-	-	通過タイム(秒)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
2レーン						区間速度(m/秒)	-	-	-	-	-	-	-	-						
						区間ピッチ(歩/秒)	-	-	-	-	-	-	-	-						
						区間ストライド(m)	-	-	-	-	-	-	-	-						
5位	永野 真莉子 (甲南大)	23.96	9.37	到達地点	-17.50	通過タイム(秒)	3.32	7.11	9.78	12.00	14.42	17.64	21.50	23.96						
8レーン						区間速度(m/秒)	6.03	9.23	9.37	9.02	8.87	8.66	8.19	7.73						
						区間ピッチ(歩/秒)	4.43	4.37	4.35	4.26	4.18	4.08	3.97	3.95						
						区間ストライド(m)	1.36	2.11	2.15	2.12	2.12	2.12	2.06	1.25						
6位	伴野 里緒 (七十七銀行)	24.07	9.25	到達地点	-17.37	通過タイム(秒)	3.36	7.14	9.85	12.06	14.48	17.72	21.58	24.07						
7レーン						区間速度(m/秒)	5.96	9.24	9.25	9.05	8.87	8.62	8.17	7.64						
						区間ピッチ(歩/秒)	4.31	4.42	4.32	4.21	4.16	3.96	3.89	3.75						
						区間ストライド(m)	1.38	2.09	2.14	2.15	2.13	2.17	2.10	1.31						
7位	前山 美優 (新潟医療福祉大)	24.26	9.22	到達地点	-19.35	通過タイム(秒)	3.27	7.07	9.78	12.00	14.45	17.73	21.71	24.26						
6レーン						区間速度(m/秒)	6.11	9.22	9.21	9.03	8.75	8.52	7.95	7.44						
						区間ピッチ(歩/秒)	4.23	4.31	4.20	4.13	4.06	3.95	3.78	3.60						
						区間ストライド(m)	1.44	2.14	2.19	2.18	2.15	2.16	2.10	1.33						
8位	和田 麻希 (ミズノ)	24.39	-	-	-	通過タイム(秒)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
1レーン						区間速度(m/秒)	-	-	-	-	-	-	-	-						
						区間ピッチ(歩/秒)	-	-	-	-	-	-	-	-						
						区間ストライド(m)	-	-	-	-	-	-	-	-						

第31回オリンピック競技大会ブラジル・リオデジャネイロ大会 @ エスタジオ・オリンピコ・ジョアン・アベランジェ
男子 200m 予選3組
2016/8/16 12:04 (風速 +0.3 m/s)

順位 レーン	選手名 (所属)	記録(秒)	最高速度(m/秒) 到達地点	速度遅減率(%)	0m ~ 20m	20m ~ 55m	55m ~ 80m	80m ~ 100m	100m ~ 121.5m	121.5m ~ 148.42m	148.42m ~ 181m	181m ~ 200m						
4位	Shota IIZUKA (日本)	20.49	10.76	-13.20	通過タイム(秒)													
3.02								6.30	8.63	10.53	12.58	15.27	18.46	20.49				
区間速度(m/秒)								6.62	10.66	10.76	10.52	10.48	10.36	9.92	9.34			
区間ピッチ(歩/秒)								4.74	4.97	4.88	4.76	4.73	4.66	4.51	4.31			
区間ストライド(m)								1.40	2.15	2.20	2.21	2.21	2.23	2.20	2.17			

男子 200m 予選5組
2016/8/16 12:18 (風速 -1.5 m/s)

順位 レーン	選手名 (所属)	記録(秒)	最高速度(m/秒) 到達地点	速度遅減率(%)	0m ~ 20m	20m ~ 55m	55m ~ 80m	80m ~ 100m	100m ~ 121.5m	121.5m ~ 148.42m	148.42m ~ 181m	181m ~ 200m						
6位	Kenji FUJIMITSU (日本)	20.86	10.86	-15.14	通過タイム(秒)													
3.07								6.47	8.77	10.67	12.75	15.52	18.80	20.86				
区間速度(m/秒)								6.51	10.31	10.86	10.54	10.35	10.08	9.62	9.21			
区間ピッチ(歩/秒)								4.63	4.69	4.64	4.66	4.57	4.44	4.30	4.12			
区間ストライド(m)								1.45	2.15	2.33	2.26	2.27	2.27	2.24	2.24			

男子 200m 予選8組
2016/8/16 12:39 (風速 +0.4 m/s)

順位 レーン	選手名 (所属)	記録(秒)	最高速度(m/秒) 到達地点	速度遅減率(%)	0m ~ 20m	20m ~ 55m	55m ~ 80m	80m ~ 100m	100m ~ 121.5m	121.5m ~ 148.42m	148.42m ~ 181m	181m ~ 200m						
2位	Christophe LEMAITRE (フランス)	20.28	10.74	-9.64	通過タイム(秒)													
3.05								6.42	8.75	10.63	12.66	15.29	18.32	20.28				
区間速度(m/秒)								6.56	10.37	10.74	10.64	10.57	10.61	10.43	9.71			
区間ピッチ(歩/秒)								4.33	4.31	4.30	4.24	4.15	4.12	3.97	3.63			
区間ストライド(m)								1.51	2.41	2.50	2.51	2.55	2.58	2.63	2.67			

男子 200m 予選9組
2016/8/16 12:46 (風速 +0.6 m/s)

順位 レーン	選手名 (所属)	記録(秒)	最高速度(m/秒) 到達地点	速度遅減率(%)	0m ~ 20m	20m ~ 55m	55m ~ 80m	80m ~ 100m	100m ~ 121.5m	121.5m ~ 148.42m	148.42m ~ 181m	181m ~ 200m						
1位	Usain BOLT (ジャマイカ)	20.28	11.18	-17.93	通過タイム(秒)													
2.98								6.26	8.50	10.34	12.35	15.02	18.21	20.28				
区間速度(m/秒)								6.71	10.68	11.18	10.87	10.67	10.46	9.90	9.18			
区間ピッチ(歩/秒)								4.22	4.24	4.16	4.08	3.96	3.84	3.65	3.49			
区間ストライド(m)								1.59	2.51	2.69	2.67	2.69	2.72	2.71	2.63			
6位	Kei TAKASE (日本)	20.71	10.92	-17.61	通過タイム(秒)													
2.99								6.31	8.60	10.48	12.55	15.29	18.60	20.71				
区間速度(m/秒)								6.69	10.56	10.92	10.61	10.41	10.16	9.56	9.00			
区間ピッチ(歩/秒)								4.56	4.85	4.78	4.70	4.64	4.56	4.35	4.05			
区間ストライド(m)								1.47	2.18	2.28	2.26	2.24	2.23	2.20	2.22			

男子 200m 予選10組
2016/8/16 12:53 (風速 -1.0 m/s)

順位 レーン	選手名 (所属)	記録(秒)	最高速度(m/秒) 到達地点	速度遅減率(%)	0m ~ 20m	20m ~ 55m	55m ~ 80m	80m ~ 100m	100m ~ 121.5m	121.5m ~ 148.42m	148.42m ~ 181m	181m ~ 200m						
1位	Andre DE GRASSE (カナダ)	20.09	11.10	-16.72	通過タイム(秒)													
2.99								6.25	8.50	10.33	12.32	14.95	18.03	20.09				
区間速度(m/秒)								6.69	10.74	11.10	10.92	10.78	10.64	10.23	9.24			
区間ピッチ(歩/秒)								4.61	4.72	4.70	4.64	4.55	4.38	4.19	3.81			
区間ストライド(m)								1.45	2.28	2.36	2.35	2.37	2.43	2.44	2.43			

男子 200m 準決勝1組
2016/8/17 22:00 (風速 -0.4 m/s)

順位 レーン	選手名 (所属)	記録(秒)	最高速度(m/秒) 到達地点	速度遅減率(%)	0m ~ 20m	20m ~ 55m	55m ~ 80m	80m ~ 100m	100m ~ 121.5m	121.5m ~ 148.42m	148.42m ~ 181m	181m ~ 200m						
2位	Christophe LEMAITRE (フランス)	20.01	10.98	-9.91	通過タイム(秒)													
3.01								6.33	8.60	10.44	12.42	15.04	18.09	20.01				
区間速度(m/秒)								6.65	10.54	10.98	10.92	10.83	10.68	10.34	9.89			
区間ピッチ(歩/秒)								4.35	4.36	4.36	4.26	4.22	4.10	3.99	3.71			
区間ストライド(m)								1.53	2.42	2.52	2.57	2.57	2.60	2.59	2.67			

男子 200m 準決勝2組
2016/8/16 22:08 (風速 -0.3 m/s)

順位 レーン	選手名 (所属)	記録(秒)	最高速度(m/秒) 到達地点	速度遅減率(%)	0m ~ 20m	20m ~ 55m	55m ~ 80m	80m ~ 100m	100m ~ 121.5m	121.5m ~ 148.42m	148.42m ~ 181m	181m ~ 200m						
1位	Usain BOLT (ジャマイカ)	19.78	11.27	-12.76	通過タイム(秒)													
2.96								6.17	8.39	10.20	12.17	14.78	17.85	19.78				
区間速度(m/秒)								6.75	10.91	11.27	11.02	10.90	10.73	10.29	9.83			
区間ピッチ(歩/秒)								4.24	4.32	4.24	4.18	4.04	3.99	3.76	3.75			
区間ストライド(m)								1.59	2.53	2.66	2.64	2.70	2.69	2.74	2.62			
2位	Andre DE GRASSE (カナダ)	19.80	11.10	-9.85	通過タイム(秒)													
2.98								6.24	8.49	10.31	12.29	14.89	17.90	19.80				
区間速度(m/秒)								6.71	10.74	11.10	11.00	10.88	10.74	10.47	10.01			
区間ピッチ(歩/秒)								4.55	4.76	4.71	4.66	4.61	4.48	4.43	4.23			
区間ストライド(m)								1.47	2.26	2.36	2.36	2.36	2.40	2.36	2.37			

男子 200m 決勝
2016/8/18 22:30 (風速 -0.5 m/s)

順位 レーン	選手名 (所属)	記録(秒)	最高速度(m/秒) 到達地点	速度遅減率(%)	0m ~ 20m	20m ~ 55m	55m ~ 80m	80m ~ 100m	100m ~ 121.5m	121.5m ~ 148.42m	148.42m ~ 181m	181m ~ 200m						
1位	Usain BOLT (ジャマイカ)	19.78	11.33	-15.08	通過タイム(秒)													
2.95								6.12	8.32	10.13	12.10	14.72	17.81	19.78				
区間速度(m/秒)								6.77	11.06	11.33	11.07	10.90	10.66	10.25	9.62			
区間ピッチ(歩/秒)								4.27	4.40	4.33	4.26	4.16	4.01	3.88	3.61			
区間ストライド(m)								1.59	2.51	2.62	2.60	2.62	2.66	2.64	2.66			
2位	Andre DE GRASSE (カナダ)	20.02	11.02	-10.90	通過タイム(秒)													
2.97								6.24	8.51	10.36	12.37	15.01	18.08	20.02				
区間速度(m/秒)								6.73	10.69	11.02	10.80	10.72	10.58	10.27	9.82			
区間ピッチ(歩/秒)								4.57	4.71	4.69	4.70	4.63	4.50	4.46	4.28			
区間ストライド(m)								1.47	2.27	2.35	2.30	2.32	2.35	2.30	2.29			
3位	Christophe LEMAITRE (フランス)	20.12	11.02	-12.40	通過タイム(秒)													
3.04								6.29	8.56	10.41	12.42	15.06	18.15	20.12				
区間速度(m/秒)								6.58	10.76	11.02	10.80	10.69	10.61	10.20	9.65			
区間ピッチ(歩/秒)								4.43	4.41	4.36	4.33	4.23	4.17	4.00	3.68			
区間ストライド(m)								1.48	2.44	2.53	2.49	2.53	2.54	2.55	2.62			

2016年主要競技会短距離走種目における疾走動作の分析

山元康平¹⁾ 貴嶋孝太²⁾ 島崎祐里²⁾ 齋藤仁志³⁾ 高橋恭平⁴⁾ 広川龍太郎⁵⁾
松林武生⁶⁾ 小林海⁷⁾ 福田厚治⁸⁾ 木越清信⁹⁾ 杉田正明¹⁰⁾

- 1) 筑波大学大学院, 日本学術振興会特別研究員 2) 大阪体育大学 3) 筑波大学大学院
4) 熊本高等専門学校 5) 東海大学 6) 国立スポーツ科学センター
7) 日本スポーツ振興センター 8) 兵庫県立大学 9) 筑波大学 10) 三重大学

1. はじめに

日本陸上競技連盟科学委員会の短距離班では、男子100m走の最大疾走速度局面を中心に継続して疾走動作の分析を行っている。それらに加え、本年は五輪に3名の選手が出場した男子200m走や、近年パフォーマンスレベル向上の著しい女子ジュニア選手についても動作分析も行った。本稿では、これらのデータの一部について示す。

2. 方法

2-1. 対象競技会および対象競技者

表1は分析対象選手および分析対象レースを示したものである。男子200mについては、第100回日本陸上競技選手権大会の上位3名を分析対象とした。女子ジュニア選手については、第69回全国高等学校対校陸上競技選手権大会（以下、インターハイ）、第32回日本ジュニア陸上競技選手権大会、第9回日本ユース陸上競技選手権大会の入賞者の中で分析が可能であった選手を分析対象とした。なお、インターハイ決勝レースは、撮影画角内で対象選手とフィールド内審判員とが重複し分析が不可能であったため、準決勝を分析対象とした。

2-2. レースの撮影および分析

分析対象区間は、100mでは、50-60m付近、200mでは、コーナー出口付近（120m付近）およびフィニッシュ前（180m付近）とした。ハイスピードカメラ（Exilim, EX-F1, CASIO, 299.7fps; Lumix, FZ200, Panasonic, 239.76fps）をホームストレートまたはバックストレートのスタンドに設置し、疾走する競技者を撮影した。得られた映像を、動作分

析ソフト（FramDias IV, DKH）を用いて、疾走動作の1サイクルについて身体分析点をデジタル化した。デジタル化によって得られた座標値を実長換算し、各種の項目を算出した。

2-3. 算出項目

福田ほか（2010）、山元ほか（2015）を参考に、以下の項目を算出した。

2-3-1 疾走速度、ストライド、ピッチ

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

2-3-2. 回復脚の動作

①もも上げ角度および速度：

鉛直線と大腿部のなす角度および角速度の最大値

②引き付け角度および速度：

膝関節の角度の最小値および屈曲角速度の最大値

③振り出し角度および速度：

大転子と外果を結んだ線分（以下、脚全体）と鉛直線のなす角度の最大値および膝関節の最大伸展速度

④振り戻し速度：脚全体の接地前の最大角速度

2-3-3 支持脚の動作

①股関節角度：

接地瞬時、離地瞬時の角度および支持期の角度変位

②膝関節角度：

接地瞬時、離地瞬時の角度および支持期の角度変位

③支持期の膝関節、股関節および脚全体の伸展角速度

3. 結果

表 2 は、対象者の疾走速度、ストライドおよびピッチを示したものである。また図 1 は、疾走速度とストライドおよびピッチとの関係を示したものである。

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

表 4 は、対象者の支持脚動作に関する項目を示したものである。また、図 4 および図 5 は、疾走速度と支持期の股関節および膝関節角度との関係を示したものである。さらに、図 6 は、疾走速度と支持脚の股関節、膝関節および脚全体の最大伸展速度との関係を示したものである。今後も、男女の様々なパフォーマンスレベルを対象に継続したデータの収集と蓄積を行っていく予定である。

文献

- 福田厚治・貴嶋孝太・伊藤 章・堀 尚・川端浩一・末松大喜・大宮真一・山田彩・村木有也・淵本隆文・田邊 智 (2010) 一流短距離選手の疾走動作の特徴 —第 11 回世界陸上競技選手権大阪大会出場選手について—。第 11 回世界陸上競技選手権大会 日本陸上競技連盟バイオメカニクス研究班報告書 世界一流陸上競技者のパフォーマンスと技術。財団法人日本陸上競技連盟：東京，pp. 39-50.
- 伊藤 章・市川博啓・斉藤昌久・佐川和則・伊藤道郎・小林寛道 (1998) 100m 中間疾走局面における疾走動作と速度との関係。体育学研究，43：260-273.
- 山元康平・高橋恭平・貴嶋孝太・広川龍太郎・松林武生・小林海・福田厚治・杉田正明 (2015) 2015 年日本ジュニア，ユース選手権男女 100m 決勝における疾走動作の分析。陸上競技研究紀要，14：87-92.

表 1 対象競技者および対象レース

選手名	試合名	種目	分析ラウンド	記録 (秒)	風速
飯塚 翔太	日本選手権	200m	決勝	20.11	1.8
高瀬 慧	日本選手権	200m	決勝	20.31	1.8
原 翔太	日本選手権	200m	決勝	20.33	1.8
齋藤 愛美	日本ユース	100m	決勝	11.60	0.5
西尾 香穂	日本ジュニア	100m	準決勝	11.83	0.9
佐々木 梓	岡山インターハイ	100m	準決勝	11.91	-0.8
齋藤 愛美	岡山インターハイ	100m	準決勝	11.92	-1.7
田村 沙良	岡山インターハイ	100m	準決勝	12.20	-1.7
東 直美	岡山インターハイ	100m	準決勝	12.20	-2.6
島田 雪菜	岡山インターハイ	100m	準決勝	12.33	-2.6

表 2 疾走速度, ストライド, ピッチ

選手名	記録 [秒]	疾走速度 ストライド ピッチ			
		[m/s]	[m]	[stes/s]	
飯塚 翔太	20.11	120m	10.65	2.25	4.73
		180m	10.23	2.25	4.55
高瀬 慧	20.31	120m	10.78	2.30	4.69
		180m	10.00	2.25	4.44
原 翔太	20.33	120m	10.70	2.23	4.80
		180m	9.91	2.18	4.55
齋藤 愛美	11.60	9.84	2.03	4.86	
西尾 香穂	11.83	9.55	2.05	4.66	
佐々木 梓	11.91	9.25	1.94	4.77	
齋藤 愛美	11.92	9.42	2.00	4.70	
田村 沙良	12.2	9.08	1.88	4.83	
東 直美	12.2	9.05	1.87	4.84	
島田 雪菜	12.33	9.00	2.18	4.13	

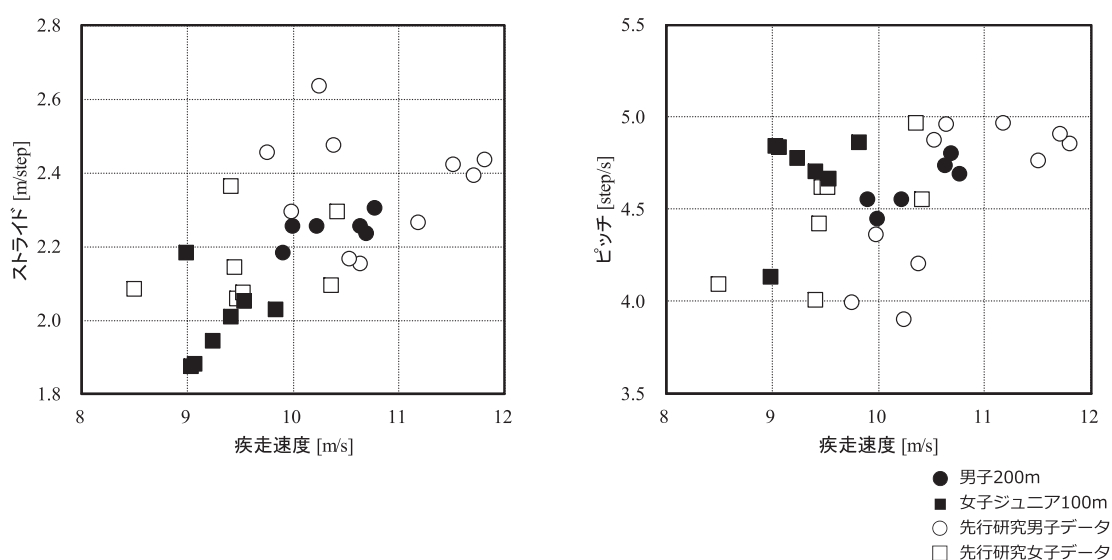


図 1. 疾走速度とピッチおよびストライドとの関係

表 3 回復脚動作に関する項目

記録 [秒]		ももあげ角度	引き付け角度	振り出し角度	もも上げ速度	引き付け速度	振り出し速度	振り戻し速度	
		[deg]	[deg]	[deg]	[deg/s]	[deg/s]	[deg/s]	[deg/s]	
飯塚 翔太	20.11	120m	61.2	42.4	30.0	783.2	1115.4	1093.4	516.2
		180m	59.7	53.1	27.7	703.6	1115.3	947.4	482.6
高瀬 慧	20.31	120m	65.2	42.9	36.3	966.8	1001.8	1188.7	483.7
		180m	61.6	45.1	28.6	920.3	1195.0	1378.9	458.1
原 翔太	20.33	120m	65.5	37.7	37.5	851.8	1275.7	1110.1	588.6
		180m	59.0	44.5	32.4	817.3	1233.7	1220.0	537.1
齋藤 愛美	11.60		60.3	42.8	30.9	721.8	1108.0	1075.4	478.5
西尾 香穂	11.83		73.6	37.8	36.6	835.7	1329.9	855.2	537.9
佐々木 梓	11.91		70.8	33.5	32.7	869.9	1142.0	1031.5	479.1
齋藤 愛美	11.92		62.8	35.7	30.7	796.2	1142.6	1110.5	449.9
田村 沙良	12.2		65.5	54.3	27.1	668.0	1082.6	1004.3	447.9
東 直美	12.2		72.7	33.2	33.0	812.3	1076.6	1018.3	483.9
島田 雪菜	12.33		72.7	31.8	34.9	737.4	1144.8	913.0	478.5

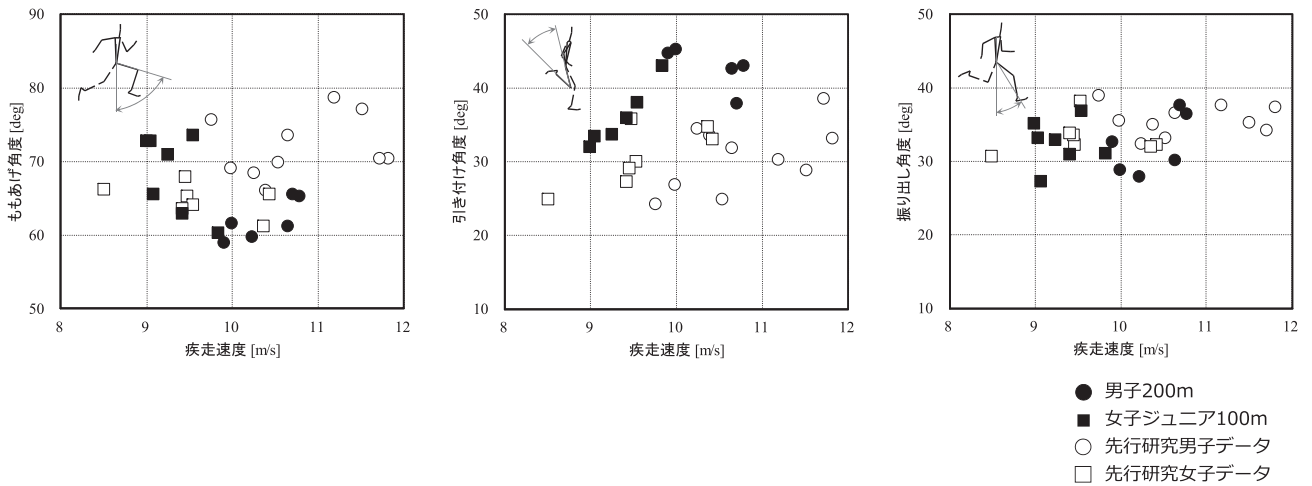


図 2. 疾走速度と回復脚動作角度との関係

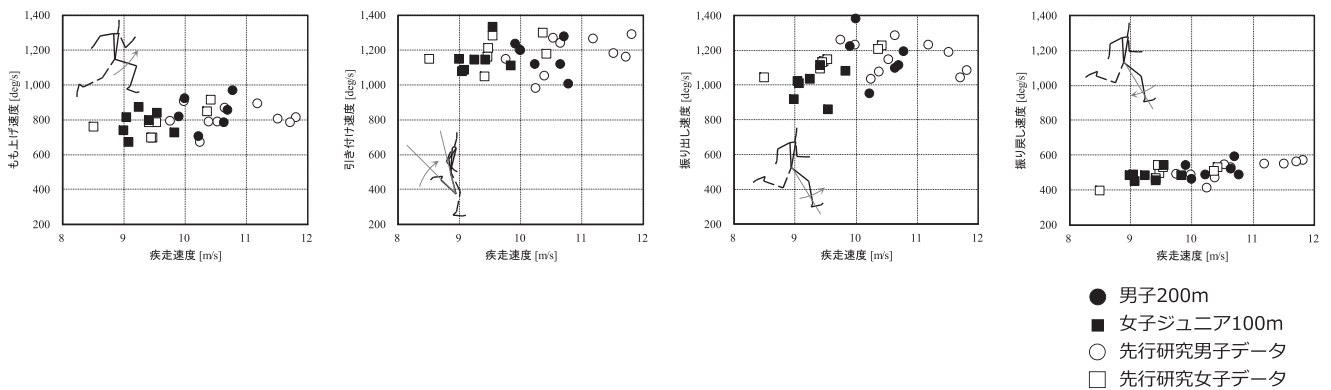


図 3. 疾走速度と回復脚動作速度との関係

表4 支持脚動作に関する項目

記録 [秒]	股関節角度			膝関節角度					最大伸展速度			
	接地時 [deg]	離地時 [deg]	角度変位 [deg]	接地時 [deg]	中間 [deg]	離地時 [deg]	屈曲角度変位 [deg]	伸展角度変位 [deg]	股関節 [deg/s]	膝関節 [deg/s]	脚全体 [deg/s]	
飯塚 翔太 20.11	120m	144.3	198.6	54.3	157.6	147.8	154.9	-9.8	7.1	745.6	230.5	648.9
	180m	150.6	207.0	56.4	156.5	146.0	158.7	-10.5	12.7	785.6	330.4	570.4
高瀬 慧 20.31	120m	129.8	188.8	59.0	151.5	147.3	151.1	-4.2	3.8	736.4	222.0	686.7
	180m	134.3	195.1	60.8	152.7	156.5	164.3	3.8	7.8	773.7	351.9	685.1
原 翔太 20.33	120m	134.5	193.1	58.6	146.2	143.5	153.5	-2.7	10.0	777.0	283.4	720.4
	180m	151.7	208.4	56.7	152.7	142.3	160.7	-10.4	18.5	725.2	491.6	699.1
齋藤 愛美 11.60		140.6	199.4	58.8	148.4	145.0	146.8	-3.4	1.9	740.8	139.6	665.1
西尾 香穂 11.83		142.7	192.9	50.1	151.4	151.4	154.9	0.0	3.5	736.2	184.6	642.7
佐々木 梓 11.91		141.7	195.2	53.4	145.4	145.1	148.3	-0.3	3.2	683.3	125.5	643.9
齋藤 愛美 11.92		137.3	190.7	53.4	146.0	143.9	149.6	-2.1	5.7	719.1	134.1	656.4
田村 沙良 12.2		145.3	189.4	44.2	144.7	144.7	147.7	0.0	3.0	687.3	97.1	635.3
東 直美 12.2		141.7	191.4	49.7	144.1	144.1	147.5	0.0	3.4	647.4	174.1	603.4
島田 雪菜 12.33		137.6	197.3	59.7	139.0	137.8	150.6	-1.2	12.8	707.9	238.1	598.2

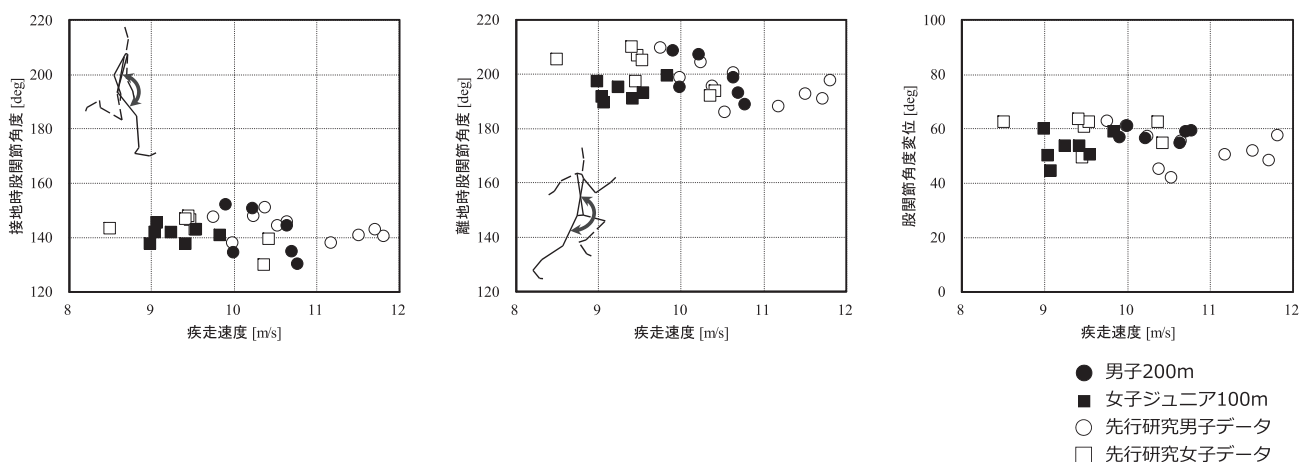


図4. 疾走速度と支持脚股関節角度との関係

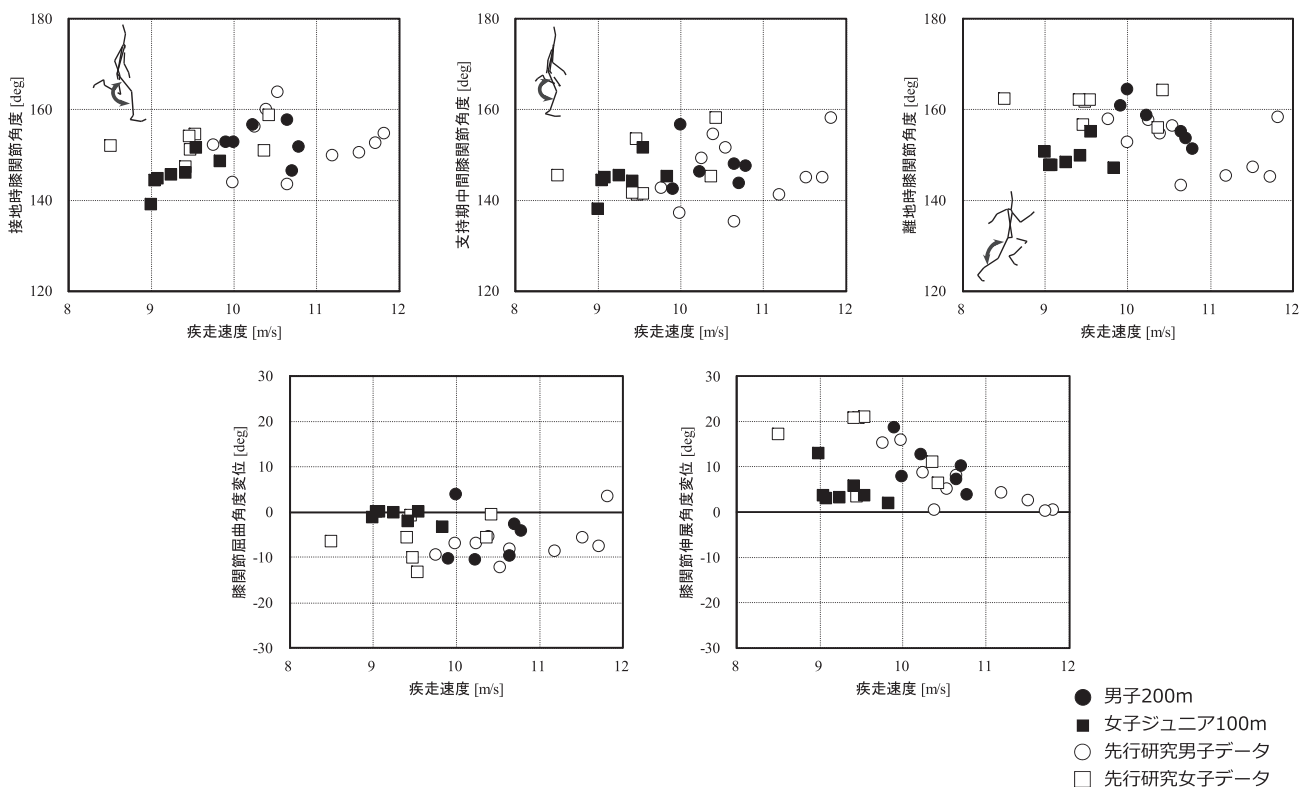


図5. 疾走速度と支持脚膝関節角度との関係

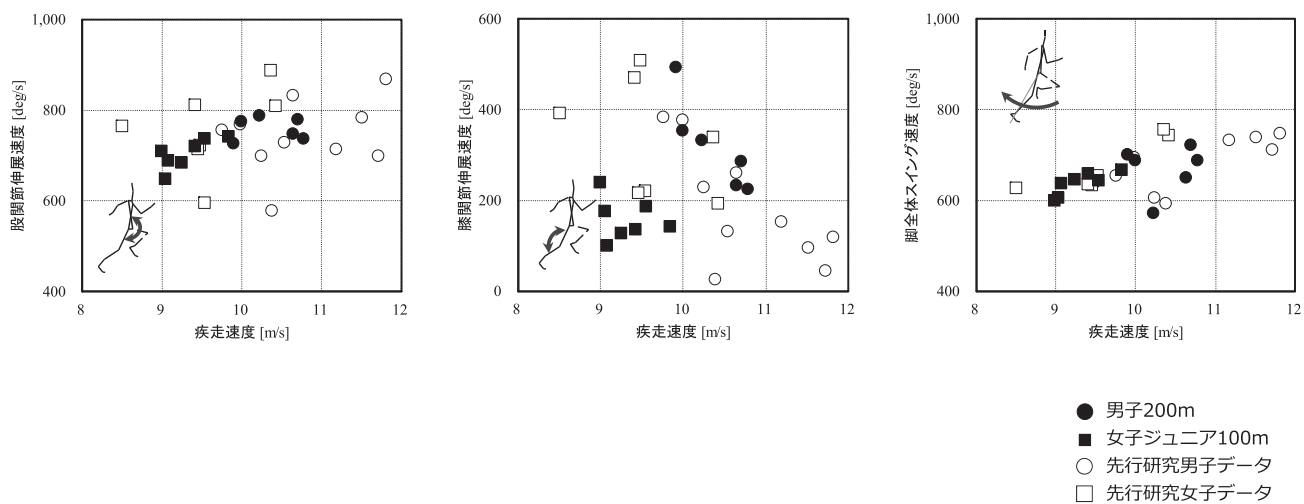


図6. 疾走速度と支持脚股関節，膝関節の最大伸展速度および脚全体スイング速度との関係

2016年主要競技会における男女400m走のレース分析

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

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

1. はじめに

本稿では、2016年度に日本陸上競技連盟科学委員会の活動として行われた国内外の主要競技会における男女400m走のレース分析結果について報告する。

2. 方法

2-1. 対象競技会

下記の9つの競技会を分析対象とした。

- ①第32回静岡国際陸上競技大会(2016年5月3日)
(以下、静岡国際)
- ②セイコーゴールデングラプリ陸上2016川崎
(2016年5月8日)(以下、SGG)
- ③第100回日本陸上競技選手権大会(2016年6月
24日～26日)(以下、日本選手権)
- ④U20世界陸上選手権大会(2016年7月19～24日)
(以下U20世界選手権)
- ⑤第69回全国高等学校対校陸上競技選手権大会
(2016年7月29日～8月2日)(以下、岡山IH)
- ⑥第31回オリンピック競技大会(2016年8月12
日～21日)(以下、Rio五輪)
- ⑦第71回国民体育大会(2016年10月7日～11日)
(以下、国体成年および国体少年A)
- ⑧第32回日本ジュニア陸上競技選手権大会(2016
年10月21日～23日)(以下、日本ジュニア)
- ⑨第9回日本ユース陸上競技選手権大会(2016年
10月21日～23日)(以下、日本ユース)

2-2. 対象選手

各競技会における男女決勝進出者を分析対象とした。レース中の転倒や明らかな疲労困憊などによって著しくパフォーマンスの低かった者、障害物などにより分析が困難であった者は分析対象から除外し

た。また、日本選手権およびRio五輪、U20世界選手権においては、記録の良かった者や日本人競技者を対象に、適宜予選および準決勝の分析も行った。その結果、分析対象者数は、男子延べ94名(400m走記録:46.89±1.21秒)、女子延べ86名(同:54.63±1.92秒)であった。

2-3. レースの撮影

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

2-4. データ処理

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

50m毎の各地点の通過タイムを、各地点を挟む前後2地点の通過タイムを基にした直線回帰により求

めた(持田ほか, 2007). さらに, 100m 毎の区間タイム, レース後半 200m の区間タイム(以下, 後半 200m タイム)を算出した. また, 走スピード低下の評価指標として, レース前半 200m の区間タイムと後半 200m タイムの差(以下, 前後半差)を算出した. 前後半差は, 値が小さいほどレース前半から後半への走スピードの低下が少ないことを示す.

400mH のハードル設置位置を基準とした 11 区間について, 各区間の距離を各区間に要した時間で除すことで各区間の平均走スピード(以下, 走スピード)を算出した. また, 先行研究(山本ほか, 2014; 山元ほか, 2015)の報告を参考に, 最高走スピードから 325-360m 区間の走速度を引いた値を最高走スピードで除し 100 を乗ずることで, 走スピード低下率を算出した.

区間平均ステップ頻度(以下, ピッチ)は, 各区間に要した歩数と時間から, 1 秒間当たりの歩数として算出した. 歩数は, 左右差の影響を排除するために偶数歩とした(12-20 歩).

区間平均ステップ長(以下, ストライド)は, 各区間の走スピードをピッチで除すことで算出した.

項目間の関係については, ピアソンの積率相関係数を算出し, 有意水準は 5% 未満とした.

3. 結果

表 1 は, 男子の分析対象レースにおける 50m 毎の通過タイム, 100m 毎の区間タイム, 後半 200m タイム, 前後半差および走スピード低下率を示したものである. 表 2 は同様に女子について示したものである. 図 1 は, 400m 走記録(フィニッシュタイム)と, 100m 毎の各地点の通過タイム, 100m 毎の区間タイムおよび後半 200m タイム, 前後半差および走スピード低下率との関係を示したものである. 図 2 は, 同様に女子について示したものである. フィニッシュタイムと, 通過タイムおよび区間タイムとの間に強い相関関係が認められた. 男子の前後半差, 女子の走スピード低下率との間には有意な相関関係は認められなかった.

図 3 は, 走スピード, ピッチおよびストライドの変化について, 世界トップレベル(Wayne VAN NIEKERK 選手, Shaunae MILLER 選手), 日本トップレベル(ウォルシュ ジュリアン選手, 青山聖佳選手), 世界ジュニアトップレベル(Abdalelah HAROUN 選手, Tiffany JAMES 選手), および日本ジュニアトップレベル(小久保友裕選手, 青木りん選手)の代表例を示したものである. 走スピードは, パ

フォーマンスの高い選手ほど, レース前半から中盤において高い値を示す傾向が見られた. ピッチは, パフォーマンスレベルとの間に明確な関係は見られなかったが, ストライドは, パフォーマンスの高い選手ほど大きな値を示す傾向が見られた.

図 4 は, 世界トップレベル(Wayne VAN NIEKERK 選手, Shaunae MILLER 選手)および日本トップレベル選手(ウォルシュ ジュリアン選手, 青山聖佳選手)の 2015 年と 2016 年のレースパターンの比較を示したものである. 世界記録を更新した VAN NIEKERK 選手は, 100-200m 付近の走スピードが向上している傾向が見られた.

4. まとめ

本稿では, 2016 年度の国内外の男女 400m 走レースを分析した. 主な結果は以下のとおりである.

- ① 男女ともに 400m フィニッシュタイムと 100m 毎の通過タイムおよび区間タイムとの間に有意な相関関係が認められた.
- ② 世界トップレベル, 日本シニアトップレベル, 世界ジュニアトップレベル, 日本ジュニアトップレベルを比較すると, 男女ともに世界トップレベルは, レース前半から中盤における走スピードが顕著に高く, ストライドが大きかった.

文献

- 持田 尚・松尾彰文・柳谷登志雄・矢野隆照・杉田 正明・阿江通良(2007) Overlay 表示技術を用いた陸上競技 400m 走レースの時間分析. 陸上競技研究紀要, 3 : 9-15.
- 持田 尚・杉田正明(2010) 2007 世界陸上競技選手権大阪大会における決勝 400m 走レースのバイオメカニクス分析. 第 11 回世界陸上競技選手権大会 日本陸上競技連盟バイオメカニクス研究班報告書 世界一流陸上競技者のパフォーマンスと技術. 財団法人日本陸上競技連盟: 東京, pp. 51-75.
- 山本真帆・松林武生・山中亮・小林海・松尾彰文・柳谷登志雄・広川龍太郎・小山宏之・榎本靖士・岡崎和伸・門野洋介・山元康平(2014) 2014 年度競技会における男子 400m 走のレース分析. 陸上競技研究紀要, 10 : 75-79.
- 山元康平・高橋恭平・広川龍太郎・松林武生・小林海・松尾彰文・柳谷登志雄(2015) 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, 14 : 128-134.

表2 女子 通過タイム, 区間タイムおよび走スピード低下率

選手名	競技会名	記録 [s]	通過タイム [s]							区間タイム [s]				前後半差	低下率 [%]	
			50m	100m	150m	200m	250m	300m	350m	400m	100-200m	200-300m	300-400m			200-400m
Shaunae MILLER	Rio五輪	49.44	6.49	11.80	17.23	22.98	29.03	35.34	42.10	49.44	11.18	12.36	14.10	26.46	3.48	23.18
Allyson FELIX	Rio五輪	49.51	6.54	11.88	17.42	23.23	29.42	35.80	42.41	49.51	11.35	12.56	13.71	26.28	3.05	20.71
Shericka JACKSON	Rio五輪	49.85	6.67	12.04	17.60	23.39	29.52	35.92	42.61	49.85	11.35	12.53	13.93	26.46	3.06	20.36
Natasha HASTINGS	Rio五輪	50.34	6.37	11.57	17.05	22.99	29.25	35.71	42.67	50.34	11.42	12.72	14.63	27.35	4.37	29.37
Phyllis FRANCIS	Rio五輪	50.41	6.74	12.24	17.93	23.78	29.94	36.40	43.14	50.41	11.55	12.62	14.01	26.63	2.84	20.70
Stephanie Ann MCPHERSON	Rio五輪	50.97	6.79	12.36	18.03	23.85	29.94	36.36	43.26	50.97	11.49	12.50	14.61	27.12	3.26	21.69
Olha ZEMLYAK	Rio五輪	51.24	6.89	12.67	18.44	24.51	30.87	37.42	44.13	51.24	11.83	12.91	13.82	26.73	2.22	14.84
Libania GRENOT	Rio五輪	51.25	6.77	12.24	17.97	23.85	30.13	36.66	43.69	51.25	11.61	12.81	14.59	27.40	3.55	24.50
青山聖佳	日本選手権	53.04	6.73	12.46	18.40	24.54	31.01	37.89	45.12	53.04	12.08	13.35	15.15	28.50	3.96	22.65
青木りん	日本選手権	53.66	6.96	12.74	18.64	24.90	31.51	38.48	45.75	53.66	12.16	13.58	15.18	28.76	3.86	22.51
檜山楓	日本選手権	53.76	6.92	13.01	19.30	25.66	32.13	38.97	46.11	53.76	12.65	13.32	14.79	28.10	2.45	17.38
松本奈菜子	日本選手権	54.67	7.16	13.25	19.47	25.96	32.69	39.69	46.96	54.67	12.71	13.73	14.98	28.71	2.74	17.80
石塚晴子	日本選手権	54.67	6.99	12.84	18.82	25.14	31.75	38.84	46.41	54.67	12.30	13.69	15.83	29.53	4.38	25.38
吉良愛美	日本選手権	54.80	7.08	13.02	19.19	25.64	32.38	39.35	46.76	54.80	12.61	13.71	15.45	29.16	3.52	21.84
小田垣亜樹	日本選手権	55.01	7.18	13.53	19.95	26.56	33.23	40.13	47.35	55.01	13.03	13.57	14.88	28.45	1.89	13.64
島田雪菜	日本選手権	55.02	7.09	13.12	19.35	25.86	32.62	39.69	47.20	55.02	12.74	13.83	15.33	29.16	3.30	21.07
青山聖佳	日本選手権予選	53.28	6.82	12.50	18.37	24.50	31.00	37.92	45.42	53.28	12.00	13.42	15.36	28.78	4.28	26.48
青木りん	日本選手権予選	53.44	7.09	12.93	18.99	25.36	31.95	38.80	45.89	53.44	12.42	13.44	14.64	28.08	2.72	19.97
吉良愛美	日本選手権予選	53.83	7.05	12.93	18.95	25.29	31.88	38.80	46.08	53.83	12.36	13.51	15.03	28.54	3.25	21.54
石塚晴子	日本選手権予選	54.23	7.00	12.85	18.85	25.09	31.68	38.73	46.25	54.23	12.24	13.64	15.50	29.14	4.06	24.30
島田雪菜	日本選手権予選	54.59	6.98	12.91	18.95	25.24	31.79	38.94	46.63	54.59	12.33	13.70	15.65	29.35	4.12	25.00
松本奈菜子	日本選手権予選	54.68	7.29	13.47	19.70	26.11	32.77	39.77	47.09	54.68	12.64	13.66	14.91	28.57	2.46	16.45
青木沙弥佳	日本選手権予選	54.87	6.89	12.83	18.95	25.31	31.96	39.01	46.60	54.87	12.47	13.70	15.86	29.56	4.25	24.62
藤沢沙也加	日本選手権予選	55.07	7.11	13.05	19.19	25.58	32.18	39.22	46.83	55.07	12.54	13.63	15.85	29.49	3.90	24.92
千葉麻美	日本選手権予選	55.80	6.96	12.96	19.11	25.53	32.31	39.48	47.18	55.80	12.57	13.95	16.32	30.27	4.74	25.53
Jessica GULLI NANCE	静岡国際	54.20	7.10	13.06	19.29	25.77	32.43	39.50	46.72	54.20	12.71	13.73	14.70	28.43	2.67	18.48
石塚晴子	静岡国際	54.79	6.99	12.88	19.00	25.44	32.17	39.34	46.85	54.79	12.56	13.90	15.45	29.35	3.92	23.58
檜山楓	静岡国際	54.91	7.03	13.16	19.65	26.09	32.68	39.68	47.01	54.91	12.93	13.59	15.23	28.82	2.74	20.19
松本奈菜子	静岡国際	55.34	7.16	13.27	19.55	26.02	32.75	39.94	47.39	55.34	12.75	13.91	15.40	29.32	3.29	19.11
岩田優奈	静岡国際	55.37	7.12	13.21	19.44	25.96	32.79	40.02	47.53	55.37	12.75	14.06	15.35	29.41	3.46	20.57
吉見美咲	静岡国際	55.77	7.14	13.25	19.65	26.26	33.12	40.26	47.72	55.77	13.01	14.00	15.51	29.51	3.26	21.50
小田垣亜樹	静岡国際	55.80	7.41	13.88	20.55	27.25	33.90	40.76	48.07	55.80	13.37	13.51	15.04	28.55	1.30	14.33
田中千智	静岡国際	55.97	7.13	13.29	19.65	26.19	33.01	40.11	47.67	55.97	12.91	13.91	15.86	29.78	3.58	22.32
武石この実	静岡国際	56.11	6.87	12.79	19.00	25.68	32.81	40.21	47.89	56.11	12.88	14.54	15.90	30.43	4.75	25.00
中嶋藍梨	静岡国際	56.49	6.91	12.76	18.94	25.46	32.30	39.78	47.78	56.49	12.70	14.32	16.71	31.03	5.57	29.94
新木麻未	静岡国際	56.51	7.14	13.16	19.39	25.93	32.70	40.01	47.86	56.51	12.77	14.08	16.50	30.58	4.65	25.30
木本彩葉	静岡国際	57.96	7.54	13.94	20.52	27.37	34.51	41.96	49.64	57.96	13.43	14.59	16.00	30.59	3.23	19.70
青山聖佳	国体成年	54.35	6.90	12.76	18.79	25.11	31.73	38.75	46.17	54.35	12.35	13.64	15.60	29.24	4.13	22.78
武石この実	国体成年	54.93	6.95	13.05	19.37	26.01	32.95	40.05	47.34	54.93	12.96	14.04	14.88	28.92	2.91	16.94
松本奈菜子	国体成年	55.09	7.20	13.24	19.50	26.13	32.88	39.89	47.18	55.09	12.89	13.76	15.20	28.96	2.83	18.77
佐藤静香	国体成年	55.78	7.41	13.54	19.95	26.52	33.42	40.52	47.91	55.78	12.98	13.99	15.26	29.26	2.74	20.19
近藤夏奈	国体成年	55.78	7.08	13.37	19.79	26.48	33.37	40.49	47.87	55.78	13.11	14.01	15.29	29.30	2.83	15.97
石塚晴子	国体成年	55.79	7.01	13.10	19.40	26.04	33.03	40.31	47.86	55.79	12.94	14.26	15.48	29.75	3.70	21.00
岩田優奈	国体成年	56.00	7.40	13.94	20.52	27.26	34.16	41.24	48.46	56.00	13.32	13.98	14.76	28.74	1.48	10.16
藤沢沙也加	国体成年	56.01	6.96	12.91	19.12	25.73	32.65	39.89	47.60	56.01	12.82	14.17	16.12	30.28	4.55	25.68
Tiffany JAMES	U20世界選手権	51.32	6.85	12.52	18.30	24.29	30.59	37.13	43.94	51.32	11.77	12.84	14.19	27.03	2.74	17.77
Lynna IRBY	U20世界選手権	51.39	6.62	12.06	17.93	24.15	30.53	37.10	43.95	51.39	12.08	12.96	14.29	27.24	3.10	23.97
Junelle BROMFIELD	U20世界選手権	52.05	6.96	12.55	18.40	24.51	30.90	37.44	44.43	52.05	11.97	12.92	14.61	27.54	3.02	24.01
Jessica THORNTON	U20世界選手権	52.05	6.69	12.21	18.15	24.43	30.87	37.57	44.54	52.05	12.22	13.14	14.48	27.62	3.19	24.50
Maureen Nyatichi THOMAS	U20世界選手権	52.09	6.97	12.67	18.59	24.86	31.27	37.91	44.79	52.09	12.18	13.05	14.18	27.23	2.37	18.49
Roxana GÓMEZ	U20世界選手権	52.24	7.19	12.86	18.79	24.89	31.13	37.67	44.53	52.24	12.03	12.78	14.57	27.35	2.47	21.89
Natassha MCDONALD	U20世界選手権	53.35	7.13	12.90	18.89	25.12	31.61	38.37	45.53	53.35	12.22	13.25	14.98	28.23	3.11	22.08
Dzhois KOBAYASHI	U20世界選手権	53.74	7.27	13.21	19.29	25.50	32.08	38.92	46.06	53.74	12.29	13.42	14.82	28.24	2.74	18.36
石塚晴子	U20世界選手権予選	55.20	6.96	12.94	19.15	25.63	32.37	39.61	47.16	55.20	12.69	13.98	15.59	29.57	3.95	22.57
青木りん	岡山IH	54.14	6.99	12.65	18.55	24.96	31.80	39.07	46.51	54.14	12.31	14.11	15.07	29.18	4.22	23.62
秦野南美	岡山IH	54.21	7.01	12.94	19.05	25.47	32.28	39.34	46.57	54.21	12.53	13.87	14.87	28.74	3.26	18.95
池崎愛里	岡山IH	54.64	7.31	13.21	19.27	25.79	32.61	39.68	47.00	54.64	12.58	13.89	14.96	28.85	3.06	19.81
川田朱夏	岡山IH	54.91	7.11	13.04	19.24	25.69	32.59	39.75	47.17	54.91	12.64	14.07	15.16	29.22	3.54	21.22
福田翔子	岡山IH	55.30	7.49	13.74	20.09	26.67	33.40	40.27	47.57	55.30	12.93	13.60	15.03	28.63	1.96	16.13
島田雪菜	岡山IH	55.65	7.09	13.17	19.37	25.79	32.57	39.77	47.52	55.65	12.62	13.98	15.88	29.86	4.07	23.48
柴田望笑	岡山IH	55.88	7.04	12.95	19.17	25.81	32.81	40.16	47.86	55.88	12.86	14.35	15.72	30.07	4.26	24.77
河津真由	岡山IH	56.19	6.94	12.78	18.84	25.52	32.80	40.43	48.20	56.19	12.74	14.91	15.76	30.67	5.14	24.53
青木りん	国体少年A	54.67	6.97	12.93	19.09	25.78	32.72	39.73	46.97	54.67	12.85	13.96	14.94	28.89	3.12	18.09
島田雪菜	国体少年A	54.82	6.83	12.72	18.85	25.39	32.28	39.48	47.04	54.82	12.67	14.09	15.34	29.43	4.04	24.14
秦野南美	国体少年A	55.10	7.08	13.04	19.19	25.67	32.48	39.61	47.06	55.10	12.63	13.94	15.49	29.43	3.75	21.52
齋藤愛美	国体少年A	55.55	6.97	13.03	19.34	26.10	33.01	40.17	47.57	55.55	13.07	14.07	15.38	29.45	3.35	18.71
上杉悠菜	国体少年A	56.00	6.98	12.93	19.24	26.00	33.13	40.48	48.04	56.00	13.07	14.47	15.52	30.00	4.00	22.15
池崎愛里	国体少年A	56.22	7.27	13.30	19.54	26.26	33.14	40.47	48.06	56.22	12.96	14.21	15.75	29.96	3.70	21.98
加藤詩萌	国体少年A	56.76	7.13	13.11	19.47	26.30	33.40	40.70	48.40	56.76	13.19	14.40	16.06	30.46	4.15	25.00
芝田望笑	国体少年A	56.95	7.13	13.27	19.65	26.49	33.60	40.97	48.72	56.95	13.23	14.48	15.98	30.46	3.96	22.26
松本扶弥	日本ジュニア	56.64	7.33	13.54	20.00	26.82	33.96	41.33	48.8							

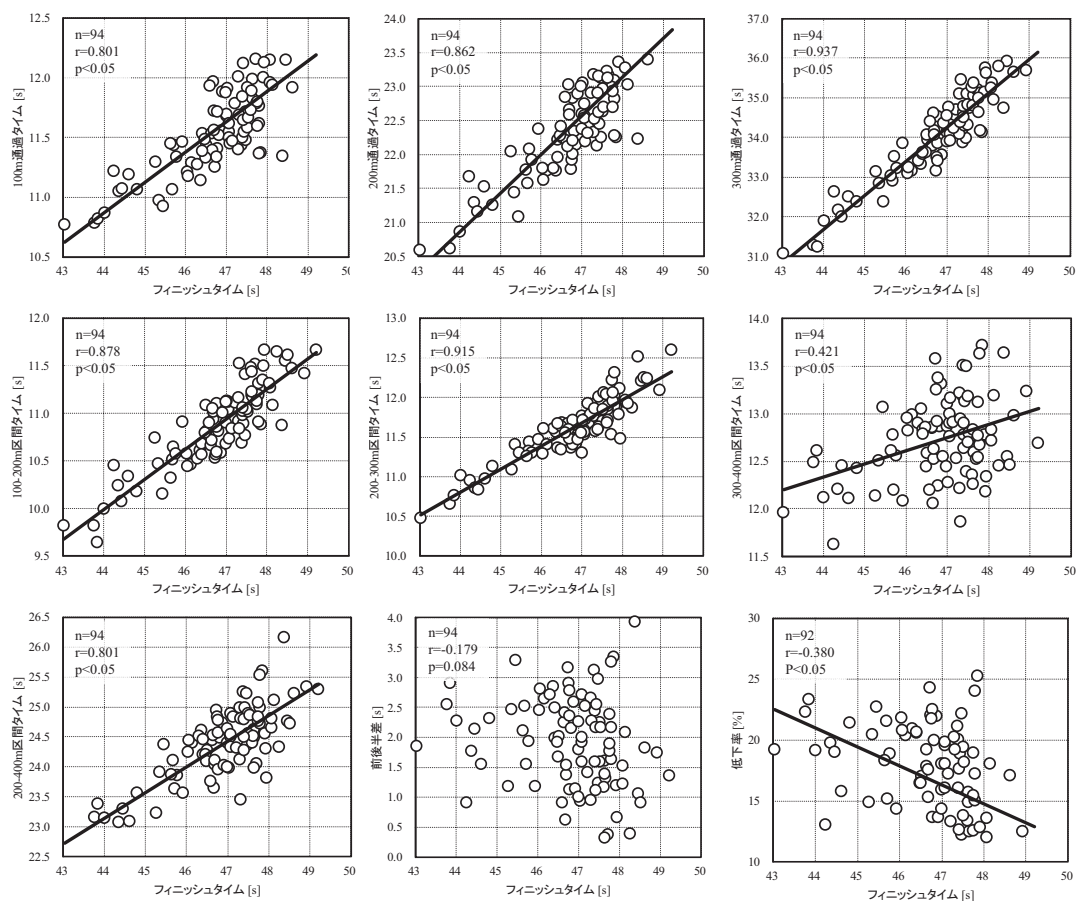


図1 400m走におけるフィニッシュタイムと通過タイム, 区間タイムおよびスピード低下指標との関係(男子)

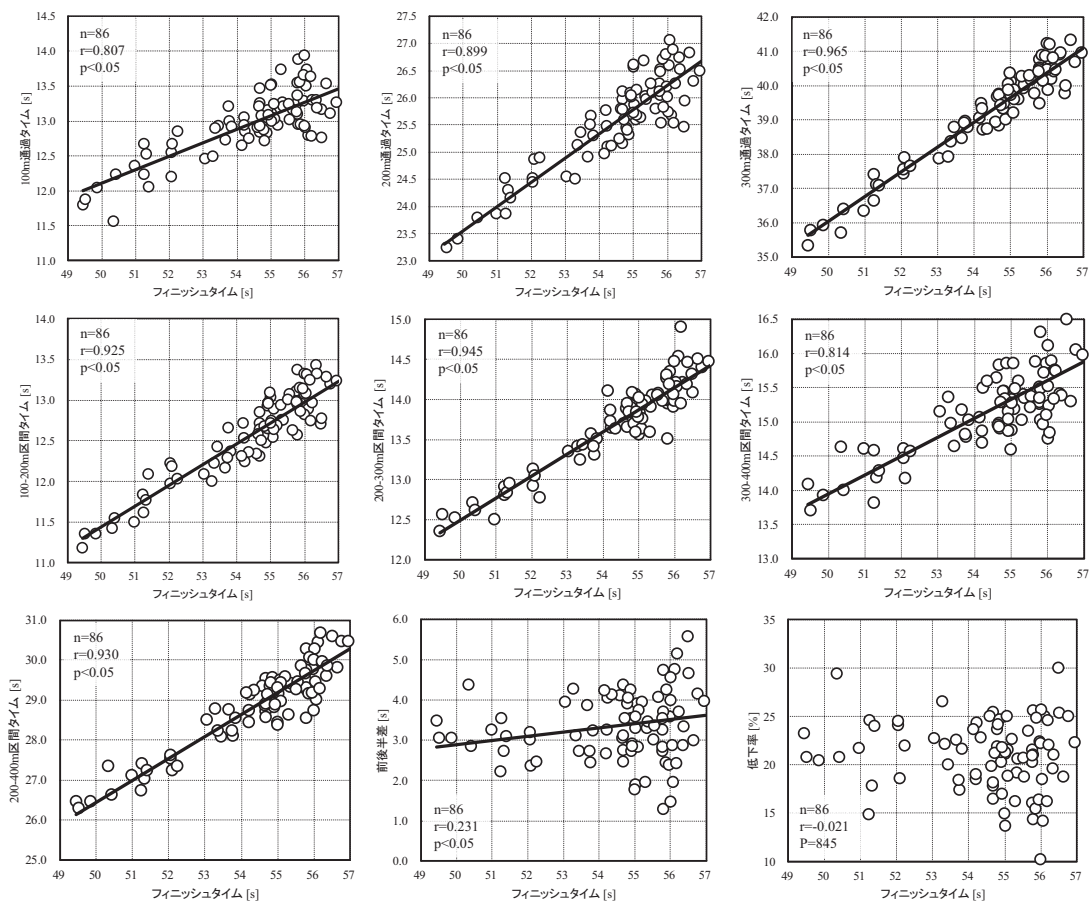


図2 400m走におけるフィニッシュタイムと通過タイム, 区間タイムおよびスピード低下指標との関係(女子)

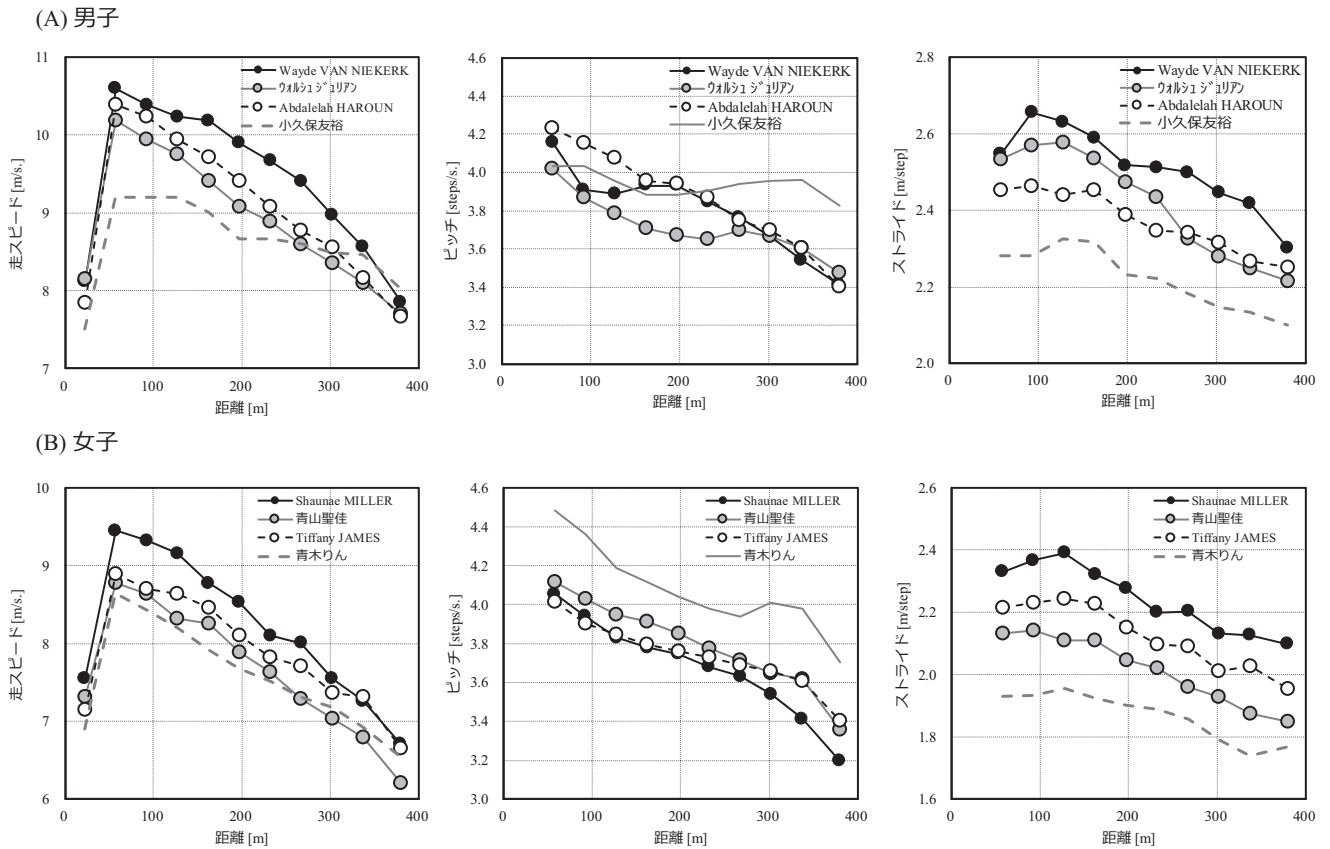


図3 競技レベル別にみた走スピード，ピッチおよびストライドの変化 (A) 男子 (B) 女子

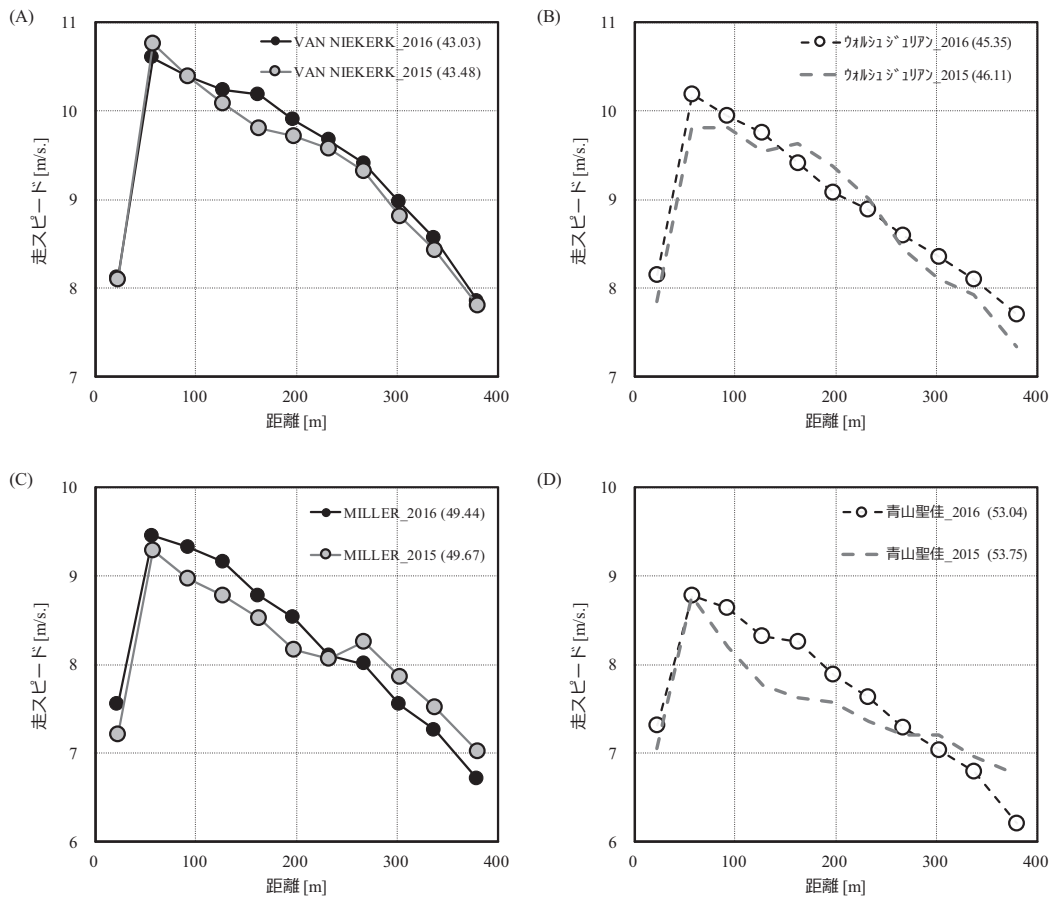


図4 2015年と2016年とのレースパターンの比較

(A) VAN NIEKERK (B) ウォルシュジュリアン (C) MILLER (D) 青山聖佳

「男子ナショナルチーム・4×100mリレーのバイオメカニクスサポート研究報告(第6報) -2016 リオオリンピック決勝上位チームの傾向など-

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

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

I. はじめに

2008北京五輪での銅メダルを獲得、また2012ロンドンオリンピックでも第5位入賞に続き、リオデジャネイロ五輪ではアジア新記録にて銀メダルを獲得する快挙を遂げた。

今までの報告に続き、今回はリオデジャネイロ五輪時における日本のデータと、決勝で上位に入ったジャマイカ、カナダ、中国、そして失格にはなったがメダル圏であった米国の分析を行った。各国のデータを分析することにより、日本チームの一助となればと願っている。

尚、日本陸連科学委員会ならびにチーム「ニッポン」マルチサポート事業で行っているデータ収集ならびにフィードバックの詳細は、過去の研究報告第1～5報ならびに2012年日本スプリント学会における「ロンドンオリンピックに向けた男子4×100mリレーへの科学的サポート(松尾ら)」、日本スプリント学会第27回大会における「銀メダルへのプロセス～科学サポートと具体的取り組み(小林ら)」ならびに日本陸上競技学会第15回大会における「リオオリンピックでの医科学サポートの実際(小林)」の報告を参照されたい。

II. 方法

高速度カメラであるほど、分析値は正確に算出できる。しかし、高速度になる程、画角が狭くなり、画質が粗くキャリブレーションマークが見づらくなる物が多い。またカメラが大型化して、海外への持ち運びが難しくなる場合もある。今回の撮影では、
① 海外での撮影であること、治安を考え荷物を最

小限に出来ること

- ② 日本チームを中心に複数のチームを捉えること
- ③ 撮影時刻が夜間であること
- ④ カメラマン数が少ないこと

を考えて、パナソニック製 FZ-300 を選択し、HD画質 120frame/秒で撮影することを決めた。FZ300はHDで120frame/秒の記録が可能である。HDは画角が広いので複数のチームを捉えることが出来、また画質も良いので走路上のマーキングも分かりやすい。撮影は全て観客スタンドで行い、キャリブレーションマークならびに走者が的確に収まる位置で撮影した。オリンピックでは通常大会よりも立ち入り制限区域が多くなるので、撮影の位置確保は重要になってくる。カメラ位置などの概略図は図1の通りである。1台のカメラで1パスゾーンの撮影では無く、複数箇所の撮影をして補完をし、データに誤差の出ない様に細心の注意を払った。撮影位置の全てにおいて、スターターのシグナル光が入る様に撮影した。また各ゾーンのマークをキャリブレーションとして用いた。

パス区間タイムや走速度の算出は、Microsoft®製 Excel を用いた。また Apple® 製 Final Cut Pro X ならびに QuickTime Pro7 を用いてコマの割り出しをした。

III. フィードバックしたデータについて

リレーのバトンパスタイムなどの分析区間は、図2を基準としている(2014年度第4報、2015年度第5報と同様である)。大会時ならびに練習時は①から④を適宜組み合わせ、データ収集ならびにフィードバックをしている。今回はキャリブレーション

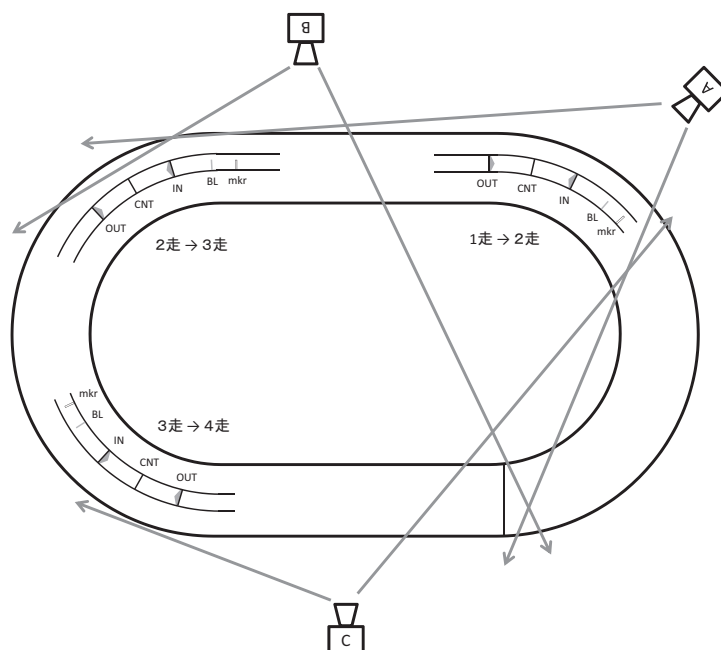
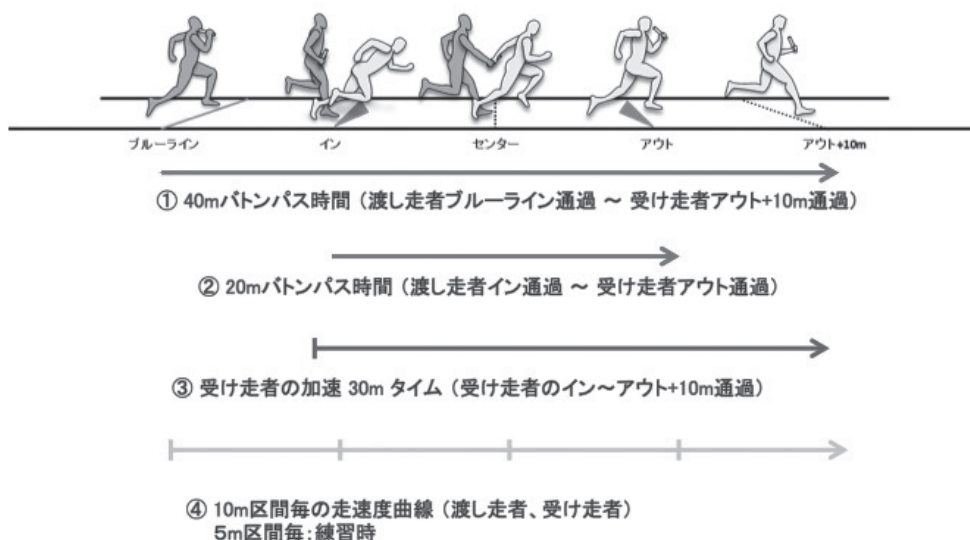


図 1



(松林他、JISS科学会議、2012)

図 2

ションを取りやすい、図中②の 20m バトンパス区間のデータを算出した。また各個人の区間タイムも算出した。1 走はブルーまでの 80m タイムとインまでの 90m タイムを算出した。基本的には 90m タイムが指標となると考えるが、状況によってインまでに前走者と詰まる事があり、減速している可能性があるため、80m タイムも参考のため算出している。2 走ならびに 3 走はインからインまでの 100m タイムとした。4 走はインからゴールまでの 110m タイムとアウトからゴールまでの 90m タイムとした。予選時のジャマイカのみ、キャリブレーションマークとフィールド器具が重なってしまい分析が不可能で

あったため、除外した。フィードバックしたデータと過去に算出したバスタイムのデータを表 1 に示した。

バスタイムの結果を見ると、決勝時の日本はパス三カ所の総計が 5 秒 64 と、優勝したジャマイカよりも早く、また昨年の北京世界選手権時の 5 秒 90 よりも 0.26 秒も向上していた。今までよりも利得距離を伸ばしたアンダーハンドパスの方法や、パスの受け渡し場所の最適化など、強化の現場において、様々な戦略を立ててトレーニングをした結果が実を結んだと言えた。しかしながら中国は 5 秒 56 と日本を上回るタイムを出している。小林の報告にもあ

るが、日本は未だパスにおいてもタイム短縮の余地があり、この先、更なるリレータイムの向上が考えられた。

個人の走タイム合計（表1中の①+②+③+④）を見てみると、決勝ではジャマイカ37秒95、カナダ38秒29、日本38秒34であった。日本は予選で38秒21を出している。日本は予選の38秒21、決勝38秒34ともに、9秒台選手を4名揃えている米国よりも早かった。また第1走では山縣が、第3走では桐生が、区間の中で1番早いタイムを出している。第2走の飯塚は4番目、ケンブリッジも4番目のタイムで走っていた。これらのことから、日本の4選手は、フラットレースにおいて9秒台が出る可能性が非常に高いのではと考えている。

また、個人区間タイムがフラットレースのシーズンベスト記録（以下、SB）に対して何%であったのかを算出した（表2）。第4報でも述べたが、この%数値や関連の情報を蓄積することによって、リレー時における目標指標が作成できればと考えている。

SBはIAAFのウェブサイトなどを参考にした。200mが専門の選手の様子、100m記録よりも、200m記録の1/2のタイムの方が良い選手は、その数値を用いた。表中の%数値が小さいほど、SBに対してリレーでのタイムが良かったことを表している。1走のTANGやHAYNES、山縣や、2走のCOLEMANや飯塚、3走のSUや桐生、4走はBOLTやDE GRASSEの強豪に続いてケンブリッジが良かった事が伺えた。

図3～6はSBと個人区間タイムの相関図である。横軸はSBを、縦軸は個人区間タイムを表している。また黒色プロットがリオ五輪データを表す。1走の相関係数は0.75、2走は0.65、3走は0.64、4走は0.73であった。第4報の時と比べて、どの区間においても若干、相関係数が上がっていた。また2走と3走は相関係数は1走と4走に比べて相関係数は低かった（第4報の時と同様）。1走と4走は $r=0.73$ 以上で p 値も0.001以下と比較的高い相関係数であった。2走と3走は、風の方向であったり、2度のパスの影響による加減速が影響していることが考えられた。1走と4走はパスが1回しかないことや、選考の際に安定して能力を発揮できる選手を選んでいる事などが考えられるが、「1走と4走は、どのような状況であってもSBと同じタイムが充分望める」ことが伺えた。今後、さらにデータを収集して、方向性を見いだせればと考えている。

参考文献

- 小林海（2016）リオオリンピックでの医科学サポートの実際 日本陸上競技学会第15回大会
- 小林海 土江寛裕（2016）銀メダルへのプロセス～科学サポートと具体的取り組み 日本スプリント学会第27回大会
- 広川龍太郎 松尾彰文 松林武生 小林海 高橋恭平 柳谷登志雄 小山宏之 土江寛裕 苅部俊二 杉田正明（2015）男子ナショナルチーム・4×100mリレーのバイオメカニクスサポート研究報告（第5報）陸上競技研究紀要 vol.11、150-154
- 伊藤信之（2015）4×100mリレーにおける走者の疾走能力および走者間の間合いの評価 日本陸上競技学会第14回大会
- 広川龍太郎 松尾彰文 松林武生 小林海 山本真帆 高橋恭平 柳谷登志雄 榎本靖士 小山宏之 門野洋介 岡崎和伸 土江寛裕 伊東浩司 杉田正明（2014）男子ナショナルチーム・4×100mリレーのバイオメカニクスサポート研究報告（第4報）陸上競技研究紀要 vol.10、100-103
- 広川龍太郎 松尾彰文 松林武生 貴嶋孝太 山本真帆 高橋恭平 渡辺圭佑 綿谷貴志 柳谷登志雄 持田尚 森丘保典 杉田正明 苅部俊二 土江寛裕 高野進（2013）男子ナショナルチーム・4×100mリレーのバイオメカニクスサポート研究報告（第3報）陸上競技研究紀要 vol.9、61-65
- 広川龍太郎 松尾彰文 柳谷登志雄 持田尚 森丘保典 松林武生 貴嶋孝太 山本真帆 高橋恭平 渡辺圭佑 綿谷貴志 杉田正明 苅部俊二 土江寛裕 高野進（2012）男子ナショナルチーム・4×100mリレーのバイオメカニクスサポート報告（第2報）陸上競技研究紀要 vol.8、35-38
- 松林武生 松尾彰文 貴嶋孝太 山本真帆 広川龍太郎（2012）陸上競技男子4×100mリレーにおけるバトンパス技術の評価 第9回JISSスポーツ科学会議
- 広川龍太郎 松尾彰文 杉田正明（2009）男子ナショナルチーム・4×100mリレーのバイオメカニクスサポート報告 陸上競技研究紀要 vol.5、67-70
- 杉田正明 広川龍太郎 松尾彰文 川本和久 高野進 阿江道良（2007）4×100m、4×400mリレーについて 陸上競技学会誌 vol.6 21-26

柳谷登志雄 小山桂史 杉田正明 (2007) 男子 4
× 100mR 決勝に見るバトンパスワーク 陸上競技
マガジン 12 154-155

杉田正明 広川龍太郎 高野進 有川秀之 川本和
久 阿江道良 小林寛道 (2005) 国際グランプリ
大阪大会 2004 の 4 × 100m リレーバトンパス分析
陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2004
121-123

杉田正明 杉浦雄策 林忠男 持田尚 石井好二郎
阿江道良 小林寛道 (2004) 南部記念陸上 4 ×
100m リレーのバトンパス分析 陸上競技の医科
学サポート研究 REPORT2003 101-106

表 1

【20170131日本陸連科学委員会】

2016 リオオリンピック												
予選			決勝									
組1位	組2位	組3位	1位	2位	3位	4位	5位	6位	7位	8位	DQ	3レーン
組1位	組2位	組3位	4レーン	5レーン	6レーン	7レーン	8レーン	9レーン	10レーン	11レーン	12レーン	13レーン
1.86	1.93	1.88	1.85	1.86	1.89	1.91	1.89	1.85	1.81	1.95	1.92	米国
1.91	1.85	1.85	1.96	1.85	1.81	1.85	1.81	1.85	1.81	1.95	1.88	
1.94	1.88	1.88	1.92	1.88	1.93	1.92	1.86	1.88	1.86	1.88	1.88	
ハスタイム計	5.75	5.65	5.63	5.73	5.64	5.72	5.56	5.66	5.72	5.56	5.75	
1走80mタイム(ブルーまで)	8.41	8.49	8.48	8.37	8.37	8.51	8.64	8.41	8.41	8.41	8.41	
①1走90mタイム(インまで)	9.38	9.45	9.35	9.32	9.31	9.47	9.59	9.42	9.47	9.47	9.47	
②2走100mタイム	9.26	9.31	9.45	9.20	9.44	9.36	9.35	9.35	9.35	9.35	9.35	
③3走100mタイム	9.41	9.47	9.44	9.32	9.43	9.30	9.43	9.39	9.43	9.39	9.39	
④4走100mタイム	10.16	10.35	10.32	9.91	10.34	9.93	10.34	10.34	10.34	10.34	10.34	
4走アウト→コーナル90mタイム	8.07	8.18	8.21	7.72	8.03	7.85	8.21	8.02	8.02	8.02	8.02	
①*②*③*④	38.21	38.37	38.58	37.95	38.34	38.29	38.72	38.38	38.72	38.38	38.38	
1走者名(SB)	YAMAGATA I0.03	RODGERS9.97	TANG I0.30	HAYNES I0.16	POWELL9.92	YAMAGATA I0.03	HAYNES I0.16	TANG I0.30	RODGERS9.97			
2走者名(SB)	IZUKA I0.06	COLEMAN9.95	XIE I0.08	BROWN9.96	BLAKE9.93	IZUKA I0.06	BROWN9.96	XIE I0.08	GATLIN9.80			
3走者名(SB)	KIRYU I0.01	GAY9.97	SU I0.08	RODNEY9.98	ASHMADE9.94	KIRYU I0.01	RODNEY9.98	SU I0.08	GAY9.87			
4走者名(SB)	CAMBRIDGE I0.10	LAWSON I0.07	ZHANG I0.24	AJOMALE I0.15	BOLT9.81	CAMBRIDGE I0.10	DE GRASSE9.91	ZHANG I0.24	BROMELL9.84			
4名平均	10.05	9.99	10.17	10.06	9.90	10.05	10.00	10.17	9.87			
2015 北京世界陸上												
予選			決勝									
組4位	組3位	組2位	1位	2位	3位	4位	5位	6位	7位	8位	DQ	5レーン
組4位	組3位	組2位	4レーン	5レーン	6レーン	7レーン	8レーン	9レーン	10レーン	11レーン	12レーン	13レーン
1.92	1.85	1.84	1.84	1.89	1.91	1.84	1.93	1.83	1.85	1.94	1.82	1.94
1.94	1.85	1.84	1.86	1.86	2.10	1.86	1.92	1.82	1.87	1.82	1.82	1.95
2.04	1.84	1.91	1.91	1.93	1.90	1.93	1.96	2.02	1.89	1.93	1.93	1.95
ハスタイム計	5.90	5.59	5.86	5.66	5.91	5.63	5.81	5.89	5.64	5.81	5.64	5.84
1走80mタイム(ブルーまで)	8.58	8.53	8.37	8.67	8.63	8.51	8.80	8.44	8.46	8.76	8.53	
①1走90mタイム(インまで)	9.55	9.49	9.29	9.58	9.53	9.44	9.77	9.35	9.41	9.68	9.43	
②2走100mタイム	9.38	9.43	9.14	9.37	9.30	9.31	9.30	9.44	9.38	9.34	9.47	
③3走100mタイム	9.68	9.48	9.84	9.58	9.76	9.83	9.84	9.93	9.51	9.36	9.74	
④4走100mタイム	10.75	10.22	9.90	10.23	10.26	10.41	10.04	10.27	10.54	10.22	10.33	
4走アウト→コーナル90mタイム	8.41	8.17	7.72	8.09	8.11	8.21	7.80	8.05	8.33	8.16	8.27	
①*②*③*④	39.35	38.62	38.17	38.75	38.85	38.85	38.98	39.24	38.46	38.97	38.61	
1走者名(SB)	木澤戸 I0.28	MO I0.38	CARTER9.98	MO I0.38	BROWN I0.1	REUS I0.09	BROWN I0.17	WALSH I0.22	KILTY I0.05	CHEN 不明	山藤 I0.14	
2走者名(SB)	藤元 I0.24	XIE I0.25	POWELL9.81	XIE I0.25	DE GRASSE9.92	KNIPPHALS I0.13	LEWALTRE I0.07	BAILEY I0.11	TALBOT I0.14	XIE I0.24, I0.24w	飯塚 I0.25	
3走者名(SB)	長田 I0.19	SU9.99	ASHMADE9.91	SU9.99	RODNEY I0.28	KNOPEKOW I0.28	ANGUWAN I0.32	JARVIS I0.89	ELLINGTON I0.19	SU I0.10	高平 I0.19	
4走者名(SB)	谷口 I0.37	ZHANG I0.13	BOLT9.79	ZHANG I0.13	WARNER I0.16	MENGAT I0.35	VICAUT9.86	FRANCIS I0.28	RODGERS9.86	ZHANG I0.17	高瀬 I0.13	
4名平均	10.27	10.18	9.87	10.18	10.11	10.20	10.37	9.92	10.19	無し	無し	10.17

※1走は80mタイムと90mタイムを、4走は110mタイムと90mタイムを算出。(詰まる、ギリギリ届くという事があるので、複数の判断材料があった方がよい)

※ジャマイカの予選は分析不可能の為、除外した。

※個人シーズンベストはIAAFサイトより抽出した。200mの記録の方が良い場合は、200mの記録を割ったものを記入した。

表 2

1走	NAME	SB	リレー時の 90mタイム		%	2走	NAME	SB	リレー時の 100mタイム		%	3走	NAME	SB	リレー時の 100mタイム		%	4走	NAME	SB	リレー時の 90mタイム		%	
			リレー時の 90mタイム	リレー時の 90mタイム					リレー時の 100mタイム	リレー時の 100mタイム					リレー時の 100mタイム	リレー時の 100mタイム					リレー時の 90mタイム	リレー時の 90mタイム		
	TANG 予	10.30	9.43	91.55		COLEMAN	9.95	9.13	91.76		SU 決	10.08	9.43	93.55		BOLT	9.81	7.72	78.70					
	HAYNES 予	10.16	9.43	92.81		IZUKA 予	10.06	9.26	92.05		SU 予	10.08	9.47	93.95		DE GRASSE	9.91	7.85	79.21					
	YAMAGATA 決	10.03	9.31	92.82		XIE 予	10.08	9.31	92.36		KIRYU 予	10.01	9.41	94.01		CAMBRIDGE 決	10.10	8.03	79.50					
	TANG 決	10.30	9.59	93.11		GATLIN* DQ	9.80	9.07	92.55		KIRYU 決	10.01	9.43	94.21		ZHANG 予	10.24	8.18	79.88					
	HAYNES 決	10.16	9.47	93.21		BLAKE	9.93	9.2	92.65		RODNEY 予	9.88	9.44	94.59		CAMBRIDGE 予	10.10	8.07	79.90					
	YAMAGATA 予	10.03	9.38	93.52		XIE 決	10.08	9.35	92.76		RODNEY 決	9.98	9.5	95.19		ZHANG 決	10.24	8.21	80.18					
	RODGERS 予	9.97	9.35	93.78		IZUKA 決	10.06	9.44	93.84		ASHMEADE	9.94	9.52	95.77		AJOMALE	10.15	8.21	80.89					
	POWELL	9.92	9.32	93.95		BROWN 決	9.96	9.39	94.28		GAY 予	9.97	9.59	96.19		LAWSON	10.07	8.15	80.93					
	RODGERS* DQ	9.97	9.42	94.48		BROWN 予	9.96	9.45	94.88		GAY 決* DQ	9.97	9.59	96.19		BROMELL* DQ	9.84	8.02	81.50					
	MO 決	10.38	9.49	91.43		XIE 予	10.22	9.34	91.39		CLARKE* ジュ	10.48	9.58	91.41		BOLT	9.79	7.72	78.86					
	OOSETO	10.28	9.58	92.29		XIE 決	10.25	9.37	91.41		SU 予	10.10	9.36	92.67		VICAUT	9.86	7.80	79.11					
	YAMAGATA	10.14	9.43	93.00		FUJIMITSU	10.24	9.38	91.60		KOIKE* ジュ	10.32	9.73	94.28		LI ジュ	10.66	8.44	79.17					
	CARTER	9.98	9.29	95.09		KNIPPHALS	10.13	9.31	91.91		LIN* ジュ	10.54	9.94	94.31		FRIDAY* ジュ	10.00	7.93	79.30					
	KAWAKAMI* ジュ	10.45	9.75	93.30		XIE 予	10.25	9.43	92.00		SU 予	9.99	9.48	94.69		MENGA	10.35	8.21	79.32					
	REUS	10.09	9.44	93.56		LEMAITRE	10.07	9.30	92.35		RODNEY	10.28	9.76	94.84		MORI* ジュ	10.36	8.24	79.54					
	KILTY	10.05	9.41	93.63		TALBOT	10.14	9.38	92.50		NAKATA	10.19	9.68	95.00		WARNER	10.16	8.11	79.82					
	WALSH	10.22	9.72	93.73		IZUKA	10.19	9.47	92.93		TAKAHIRA	10.25	9.74	95.02		ZHANG 決	10.13	8.09	79.86					
	BROWN	10.10	9.60	93.93		POWELL	9.81	9.14	93.17		ANJUMAN	10.32	9.84	95.35		MINZIE* ジュ	10.16	8.13	80.02					
	ROBINSON* ジュ	10.37	9.81	94.60		GATLIN	9.74	9.08	93.22		JARVIS	10.40	9.93	95.48		ZHANG 予	10.17	8.16	80.24					
	MILLER* ジュ	10.19	9.68	95.00		BAILEY	10.11	9.44	93.37		ELLINGTON	10.19	9.73	95.49		FRANCIS	10.03	8.05	80.26					
	BROMELL	9.84	9.35	95.02		DEGRASSE	9.92	9.30	93.75		KOSENKOW	10.26	9.83	95.81		ZHANG 予	10.13	8.17	80.65					
	BIRON	10.17	9.71	96.07		LIANG* ジュ	10.48	9.88	95.23		SU 決	9.99	9.58	95.90		TANIGUCHI	10.37	8.41	81.10					
	CHEN	無し	8.76	無し		BROMELL* ジュ	9.97	9.54	95.69		GAY	9.87	9.51	96.35		TAKASE	10.13	8.27	81.64					
						KIRYU* ジュ	10.05	9.72	96.72		WILLIAMS* ジュ	10.21	9.87	96.67		RODGERS* DQ	9.86	8.33	84.48					
						OHARA* ジュ	10.19	10.07	98.82		ASHMADE	9.91	9.84	99.29		UJAH	9.96	DNF	無し					
								平均%	93.50		平均%	95.18						平均%	80.22					
								標準偏差	1.79		標準偏差	1.48						標準偏差	1.22					

※%は、数字が小さいほど、シーズンベストに対してリレー時の個人タイムが良いことを表す。
 ※ 100mのSBが不明の選手は、200mの記録÷2で算出。
 ※ 2016飯塚選手、2014飯塚選手と高平選手は、100mより200mのSBタイムの方が良かったので、200mのタイムより算出。
 ※ ジュは、世界ジュニアの決勝進出チームメンバー。
 ※ アはアジア大会を表す。

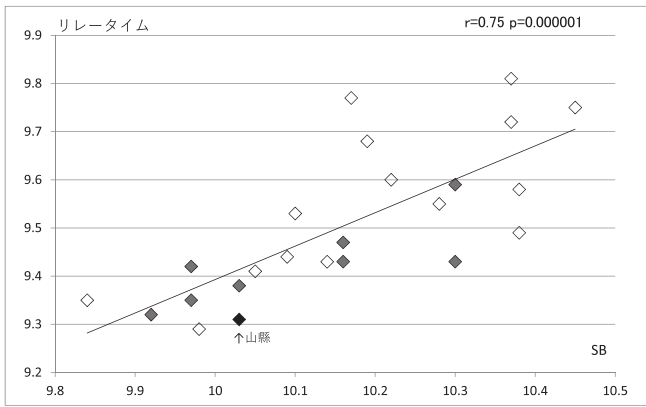


図3 1走の相関図

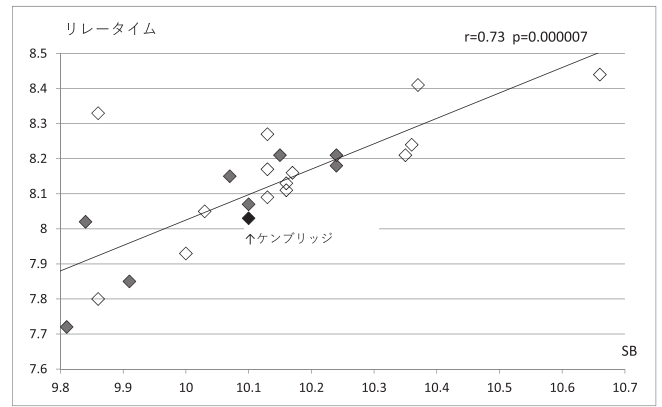


図6 4走の相関図

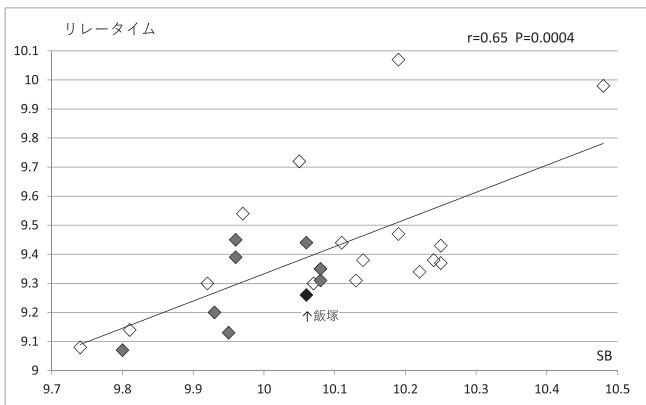


図4 2走の相関図

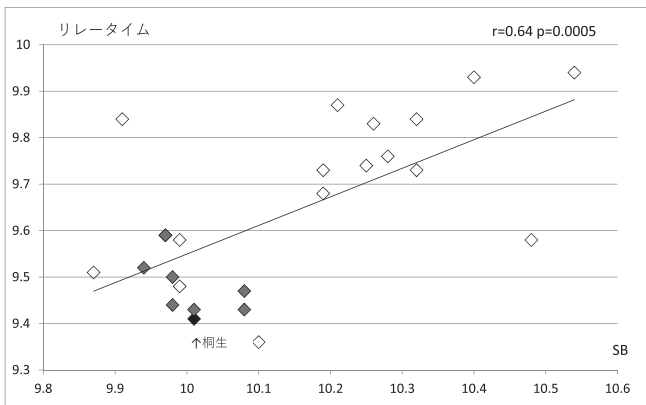


図5 3走の相関図

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 -2016 年度主要競技会の分析結果について-

貴嶋孝太¹⁾ 櫻井健一²⁾ 千葉佳裕³⁾ 森丘保典⁴⁾

1) 大阪体育大学 2) 国際武道大学 3) 城西大学 4) 日本大学

1. はじめに

本稿では、2016 年シーズンに国内で開催された主要競技大会における、男子 110m ハードル（以下、「110mH」とする）、および女子 100m ハードル（以下、「100mH」とする）種目のレース分析結果を報告する。

2. 方法

2-1. 対象選手、および対象競技会

分析の対象は、国内男子 110mH 選手 13 名、女子 100mH 選手のべ 11 名とした。対象選手たちが出場した以下の競技会を分析対象競技会とした。

①第 50 回記念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セイコーゴールデングランプリ陸上 2016 川崎（5 月 8 日、等々力・神奈川）

③布勢スプリント 2016（6 月 5 日、コカ・コーラウエストパーク・鳥取）

④第 100 回日本陸上競技選手権大会（6 月 26 日、パロマ瑞穂スタジアム・愛知）

2-2. 測定方法、および分析項目

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

ハードルにおける測定区間は以下のように定義した。すなわち、アプローチとはスタートから 1 台目

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

3. 結果

3-1. 男子 110mH レース中の走速度変化と最高走速度

各競技会でのレース分析結果を表 1 から表 4 に示した。さらに、各レースにおける分析対象者の疾走走速度の変化を、図 1 から図 4 にそれぞれ示した。

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

3-2. 女子 100mH レース中の走速度変化と最高走速度

表 5 と表 6 に女子 100mH レース中の走速度変化を示した。また、各レースにおいて分析対象者の疾走走速度の変化を図 5 と図 6 に示した。

走速度は、スタートから中盤にかけて増加し、最高速度が出現した後は低下する変化パターンを示した。

表 1. 織田記念 (2016. 04. 29) 男子 110mH 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.
矢澤航	(デサント)	13.78	-0.5	タッチダウンタイム(sec)	2.69	2.69	3.78	4.84	5.89	6.94	8.00	9.06	10.13	11.22	12.33
				区間タイム(sec)	1.09	1.06	1.05	1.05	1.07	1.06	1.06	1.09	1.11	1.15	
				インターバルランタイム(sec)	0.59	0.57	0.56	0.56	0.59	0.58	0.58	0.61	0.62	0.95	
				ハードリングタイム(sec)	0.50	0.49	0.49	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.50	0.50	
				走速度(m/s)	8.40	8.66	8.70	8.73	8.56	8.63	8.59	8.40	8.21	9.66	
増野元太	(モンテローザ)	13.86	-0.5	タッチダウンタイム(sec)	2.66	2.66	3.72	4.78	5.83	6.90	7.99	9.06	10.16	11.27	12.39
				区間タイム(sec)	1.06	1.06	1.05	1.08	1.08	1.08	1.10	1.11	1.12	1.47	
				インターバルランタイム(sec)	0.58	0.57	0.57	0.59	0.60	0.58	0.61	0.60	0.63	0.97	
				ハードリングタイム(sec)	0.49	0.49	0.48	0.48	0.48	0.50	0.49	0.50	0.50	0.50	
				走速度(m/s)	8.59	8.63	8.73	8.49	8.43	8.49	8.33	8.27	8.15	9.52	
高山峻野	(明治大)	13.89	-0.5	タッチダウンタイム(sec)	2.61	2.61	3.68	4.76	5.82	6.91	7.98	9.06	10.16	11.26	12.39
				区間タイム(sec)	1.07	1.08	1.06	1.09	1.07	1.08	1.10	1.10	1.13	1.50	
				インターバルランタイム(sec)	0.57	0.60	0.57	0.62	0.56	0.60	0.61	0.63	0.65	1.00	
				ハードリングタイム(sec)	0.50	0.48	0.48	0.48	0.50	0.48	0.49	0.48	0.48	0.50	
				走速度(m/s)	8.56	8.43	8.66	8.36	8.56	8.43	8.33	8.30	8.09	9.36	
古谷拓夢	(早稲田大)	13.92	-0.5	タッチダウンタイム(sec)	2.67	2.67	3.75	4.84	5.90	6.96	8.03	9.12	10.21	11.32	12.44
				区間タイム(sec)	1.09	1.08	1.06	1.06	1.08	1.08	1.10	1.11	1.11	1.48	
				インターバルランタイム(sec)	0.61	0.60	0.58	0.58	0.60	0.62	0.61	0.62	0.62	0.99	
				ハードリングタイム(sec)	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.47	0.49	0.49	0.50	0.49	
				走速度(m/s)	8.40	8.43	8.63	8.63	8.49	8.43	8.33	8.24	8.21	9.46	
大室秀樹	(大塚製薬)	13.98	-0.5	タッチダウンタイム(sec)	2.63	2.63	3.69	4.73	5.80	6.85	7.95	9.02	10.11	11.25	12.39
				区間タイム(sec)	1.06	1.05	1.06	1.05	1.10	1.08	1.09	1.14	1.14	1.59	
				インターバルランタイム(sec)	0.54	0.53	0.55	0.53	0.58	0.55	0.57	0.64	0.62	1.06	
				ハードリングタイム(sec)	0.52	0.51	0.51	0.52	0.52	0.52	0.52	0.50	0.52	0.53	
				走速度(m/s)	8.63	8.73	8.59	8.70	8.33	8.49	8.40	8.03	8.00	8.83	

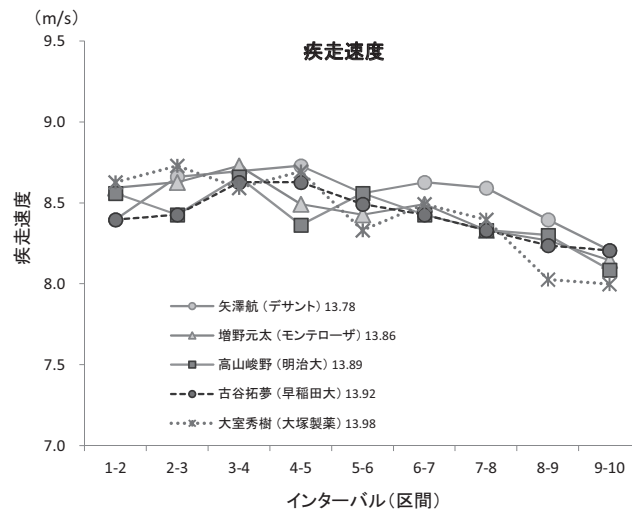


図 1. 織田記念 (2016. 04. 29) 男子 110mH A決勝 疾走速度の変化

表 2. ゴールデングランプリ (2016. 05. 08) 男子 110mH 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.
XIE. Wenjun	(CHN)	13.36	-0.6	タッチダウンタイム(sec)	2.58	2.58	3.63	4.66	5.68	6.70	7.72	8.76	9.79	10.85	11.93
				区間タイム(sec)	1.06	1.03	1.03	1.01	1.02	1.04	1.03	1.06	1.08	1.43	
				インターバルランタイム(sec)	0.57	0.56	0.57	0.54	0.55	0.58	0.55	0.60	0.59	0.95	
				ハードリングタイム(sec)	0.48	0.47	0.46	0.47	0.47	0.47	0.48	0.46	0.48	0.48	
				走速度(m/s)	8.66	8.91	8.91	9.02	8.94	8.77	8.87	8.63	8.49	9.79	
ZHANG. Honglin	(CHN)	13.59	-0.6	タッチダウンタイム(sec)	2.69	2.69	3.72	4.76	5.78	6.82	7.84	8.90	9.94	11.02	12.12
				区間タイム(sec)	1.04	1.04	1.02	1.03	1.03	1.06	1.04	1.08	1.10	1.47	
				インターバルランタイム(sec)	0.53	0.55	0.53	0.56	0.55	0.59	0.54	0.59	0.61	0.99	
				ハードリングタイム(sec)	0.51	0.49	0.48	0.48	0.48	0.47	0.50	0.48	0.48	0.49	
				走速度(m/s)	8.80	8.80	8.98	8.84	8.91	8.59	8.80	8.49	8.33	9.51	
大室秀樹	(大塚製薬)	13.61	-0.6	タッチダウンタイム(sec)	2.58	2.58	3.64	4.67	5.72	6.78	7.84	8.92	10.00	11.09	12.19
				区間タイム(sec)	1.06	1.03	1.05	1.06	1.06	1.08	1.08	1.09	1.10	1.42	
				インターバルランタイム(sec)	0.53	0.52	0.55	0.57	0.53	0.56	0.55	0.56	0.58	0.91	
				ハードリングタイム(sec)	0.53	0.51	0.50	0.50	0.53	0.53	0.53	0.53	0.52	0.51	
				走速度(m/s)	8.66	8.84	8.73	8.59	8.66	8.43	8.46	8.40	8.30	9.88	
増野元太	(モンテローザ)	13.67	-0.6	タッチダウンタイム(sec)	2.63	2.63	3.71	4.76	5.80	6.87	7.91	8.97	10.05	11.13	12.22
				区間タイム(sec)	1.08	1.06	1.03	1.07	1.05	1.06	1.08	1.08	1.09	1.45	
				インターバルランタイム(sec)	0.60	0.56	0.55	0.60	0.55	0.57	0.59	0.59	0.59	0.96	
				ハードリングタイム(sec)	0.48	0.49	0.48	0.47	0.50	0.48	0.49	0.50	0.50	0.49	
				走速度(m/s)	8.49	8.66	8.84	8.56	8.73	8.66	8.46	8.43	8.40	9.67	
OLIVEIRA. J. Vitor	(BRA)	13.81	-0.6	タッチダウンタイム(sec)	2.64	2.64	3.72	4.78	5.81	6.87	7.92	8.99	10.07	11.17	12.30
				区間タイム(sec)	1.08	1.06	1.03	1.05	1.05	1.07	1.08	1.09	1.13	1.51	
				インターバルランタイム(sec)	0.61	0.60	0.58	0.60	0.60	0.63	0.63	0.63	0.67	1.04	
				ハードリングタイム(sec)	0.46	0.46	0.45	0.45	0.45	0.45	0.46	0.47	0.46	0.47	
				走速度(m/s)	8.49	8.59	8.84	8.70	8.70	8.53	8.43	8.36	8.06	9.28	
古谷拓夢	(早稲田大)	13.85	-0.6	タッチダウンタイム(sec)	2.64	2.64	3.75	4.82	5.89	6.94	8.02	9.10	10.21	11.29	12.40
				区間タイム(sec)	1.11	1.08	1.07	1.06	1.07	1.09	1.10	1.08	1.11	1.45	
				インターバルランタイム(sec)	0.63	0.59	0.59	0.58	0.59	0.60	0.62	0.58	0.63	0.95	
				ハードリングタイム(sec)	0.47	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.50	0.49	0.50	
				走速度(m/s)	8.27	8.49	8.56	8.66	8.53	8.40	8.30	8.43	8.21	9.70	
SWIFT. Greggmar	(BAR)	14.79	-0.6	タッチダウンタイム(sec)	2.67	2.67	3.82	4.95	6.11	7.24	8.41	9.56	10.75	11.94	13.14
				区間タイム(sec)	1.16	1.13	1.16	1.14	1.16	1.15	1.19	1.19	1.20	1.65	
				インターバルランタイム(sec)	0.66	0.63	0.67	0.63	0.65	0.63	0.68	0.66	0.68	1.13	
				ハードリングタイム(sec)	0.50	0.50	0.49	0.51	0.52	0.52	0.51	0.53	0.52	0.52	
				走速度(m/s)	7.91	8.09	7.91	8.03	7.85	7.94	7.66	7.69	7.61	8.51	

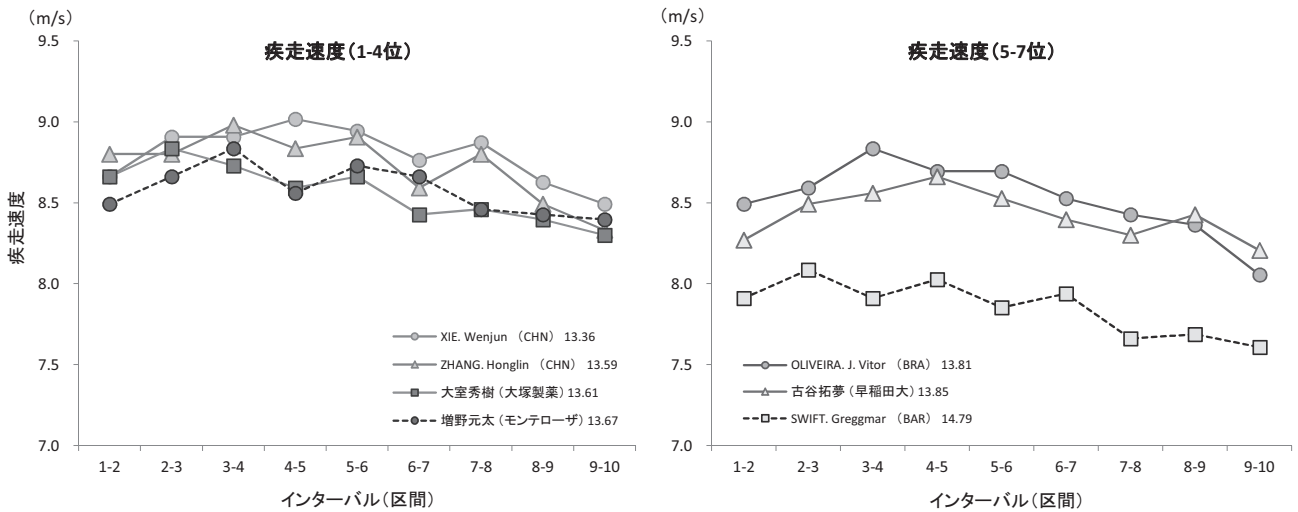


図 2. ゴールデングランプリ (2016. 05. 08) 男子 110mH 決勝 疾走速度の変化

表 3. 布勢スプリント (2016.06.05) 男子 110mH 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.
矢澤航	(デサント)	13.47	+1.4	タッチダウンタイム(sec)	2.61	2.61	3.67	4.72	5.76	6.79	7.84	8.88	9.93	11.00	12.07
				区間タイム(sec)	1.06	1.06	1.04	1.03	1.05	1.04	1.06	1.06	1.06	1.07	1.40
				インターバルランタイム(sec)	0.55	0.58	0.55	0.55	0.57	0.57	0.58	0.59	0.59	0.92	
				ハードリングタイム(sec)	0.51	0.47	0.48	0.48	0.48	0.47	0.47	0.47	0.48	0.48	
				走速度(m/s)	8.63	8.66	8.80	8.87	8.73	8.77	8.66	8.59	8.53	10.02	
増野元太	(モンテローザ)	13.59	+1.4	タッチダウンタイム(sec)	2.62	2.62	3.68	4.73	5.78	6.82	7.89	8.95	10.01	11.10	12.17
				区間タイム(sec)	1.07	1.04	1.05	1.04	1.07	1.06	1.06	1.09	1.07	1.42	
				インターバルランタイム(sec)	0.57	0.54	0.56	0.56	0.60	0.57	0.57	0.61	0.57	0.94	
				ハードリングタイム(sec)	0.50	0.50	0.49	0.48	0.47	0.49	0.49	0.48	0.50	0.48	
				走速度(m/s)	8.56	8.77	8.70	8.77	8.56	8.63	8.63	8.36	8.56	9.85	
大室秀樹	(大塚製薬)	13.65	+1.4	タッチダウンタイム(sec)	2.62	2.62	3.68	4.72	5.77	6.81	7.86	8.95	10.03	11.13	12.21
				区間タイム(sec)	1.06	1.04	1.05	1.04	1.05	1.09	1.08	1.10	1.08	1.44	
				インターバルランタイム(sec)	0.53	0.52	0.54	0.54	0.55	0.60	0.57	0.58	0.57	0.94	
				ハードリングタイム(sec)	0.53	0.52	0.50	0.50	0.50	0.49	0.51	0.52	0.52	0.50	
				走速度(m/s)	8.63	8.77	8.73	8.77	8.70	8.40	8.46	8.33	8.43	9.75	
佐藤大志	(日立化成)	13.87	+1.4	タッチダウンタイム(sec)	2.64	2.64	3.72	4.77	5.84	6.91	7.99	9.07	10.16	11.29	12.41
				区間タイム(sec)	1.08	1.05	1.07	1.07	1.08	1.08	1.10	1.13	1.12	1.46	
				インターバルランタイム(sec)	0.60	0.55	0.60	0.59	0.60	0.60	0.62	0.65	0.61	0.96	
				ハードリングタイム(sec)	0.48	0.50	0.47	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.50	0.50	
				走速度(m/s)	8.46	8.70	8.53	8.53	8.46	8.49	8.33	8.12	8.18	9.59	
札幌大輝	(モンテローザ)	13.96	+1.4	タッチダウンタイム(sec)	2.67	2.67	3.75	4.83	5.89	6.96	8.05	9.14	10.23	11.33	12.46
				区間タイム(sec)	1.08	1.09	1.06	1.07	1.08	1.10	1.08	1.10	1.13	1.50	
				インターバルランタイム(sec)	0.58	0.61	0.58	0.60	0.63	0.62	0.59	0.61	0.65	1.01	
				ハードリングタイム(sec)	0.50	0.48	0.48	0.47	0.45	0.48	0.49	0.49	0.48	0.50	
				走速度(m/s)	8.46	8.40	8.63	8.56	8.43	8.33	8.43	8.30	8.09	9.34	

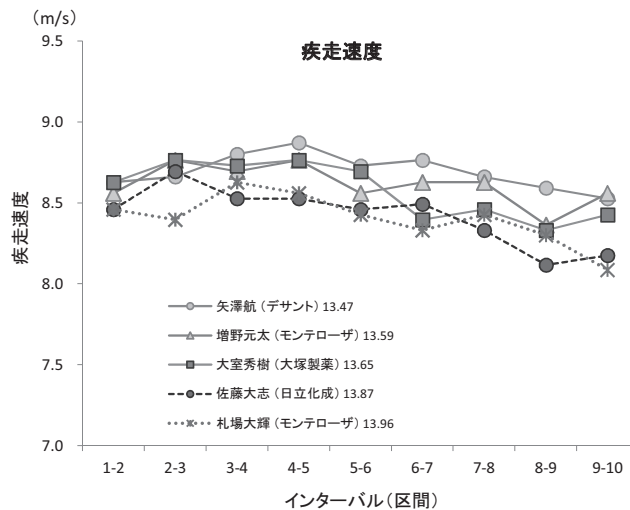


図 3. 布勢スプリント (2016.06.05) 男子 110mH 決勝 疾走速度の変化

表 4. 日本選手権 (2016.06.26) 男子 110mH 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.		
矢澤航	(デサント)	13.48	+2.4	タッチダウンタイム(sec)	2.62	2.62	3.69	4.73	5.77	6.81	7.85	8.88	9.93	10.98	12.06		
				区間タイム(sec)	1.07	1.04	1.04	1.04	1.04	1.03	1.05	1.05	1.08	1.42			
				インターバルランタイム(sec)	0.57	0.56	0.57	0.56	0.57	0.55	0.58	0.58	0.60	0.93			
				ハードリングタイム(sec)	0.50	0.48	0.48	0.48	0.47	0.48	0.47	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	
				走速度(m/s)	8.53	8.77	8.77	8.80	8.77	8.87	8.73	8.70	8.46	9.89			
増野元太	(モンテローザ)	13.51	+2.4	タッチダウンタイム(sec)	2.64	2.64	3.70	4.75	5.79	6.82	7.86	8.92	9.96	11.03	12.09		
				区間タイム(sec)	1.06	1.05	1.04	1.03	1.03	1.06	1.05	1.06	1.06	1.42			
				インターバルランタイム(sec)	0.56	0.56	0.55	0.55	0.56	0.58	0.55	0.58	0.59	0.94			
				ハードリングタイム(sec)	0.50	0.49	0.49	0.48	0.48	0.48	0.50	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	
				走速度(m/s)	8.63	8.70	8.77	8.84	8.84	8.63	8.73	8.59	8.59	9.88			
金井大旺	(法政大)	13.61	+2.4	タッチダウンタイム(sec)	2.58	2.58	3.66	4.73	5.78	6.84	7.90	8.96	10.03	11.10	12.19		
				区間タイム(sec)	1.08	1.07	1.05	1.07	1.06	1.06	1.07	1.07	1.09	1.42			
				インターバルランタイム(sec)	0.56	0.55	0.56	0.58	0.55	0.57	0.56	0.57	0.58	0.91			
				ハードリングタイム(sec)	0.51	0.52	0.49	0.49	0.50	0.49	0.50	0.50	0.50	0.51	0.51	0.51	
				走速度(m/s)	8.49	8.56	8.70	8.56	8.66	8.59	8.56	8.56	8.40	9.85			
大室秀樹	(大塚製薬)	13.66	+2.4	タッチダウンタイム(sec)	2.60	2.60	3.68	4.74	5.80	6.86	7.92	8.98	10.06	11.14	12.23		
				区間タイム(sec)	1.08	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.07	1.08	1.09	1.43			
				インターバルランタイム(sec)	0.56	0.55	0.56	0.58	0.56	0.55	0.56	0.58	0.59	0.93			
				ハードリングタイム(sec)	0.52	0.51	0.50	0.48	0.50	0.51	0.51	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	
				走速度(m/s)	8.46	8.63	8.63	8.59	8.63	8.59	8.53	8.43	8.40	9.80			
古谷拓夢	(早稲田大)	13.71	+2.4	タッチダウンタイム(sec)	2.64	2.64	3.74	4.80	5.87	6.93	7.98	9.05	10.11	11.19	12.27		
				区間タイム(sec)	1.10	1.06	1.07	1.06	1.06	1.06	1.06	1.08	1.08	1.44			
				インターバルランタイム(sec)	0.60	0.57	0.59	0.57	0.58	0.60	0.59	0.60	0.60	0.94			
				ハードリングタイム(sec)	0.50	0.49	0.48	0.49	0.48	0.46	0.47	0.47	0.48	0.50	0.50	0.50	
				走速度(m/s)	8.33	8.59	8.56	8.63	8.66	8.59	8.59	8.49	8.43	9.74			
鍵本真啓	(立命館大)	13.78	+2.4	タッチダウンタイム(sec)	2.64	2.64	3.74	4.81	5.89	6.97	8.02	9.11	10.18	11.25	12.36		
				区間タイム(sec)	1.10	1.08	1.08	1.08	1.05	1.08	1.07	1.07	1.11	1.42			
				インターバルランタイム(sec)	0.59	0.57	0.58	0.58	0.53	0.59	0.56	0.57	0.60	0.91			
				ハードリングタイム(sec)	0.51	0.51	0.50	0.50	0.52	0.50	0.50	0.50	0.50	0.51	0.51	0.51	
				走速度(m/s)	8.30	8.49	8.49	8.43	8.70	8.43	8.56	8.53	8.24	9.86			

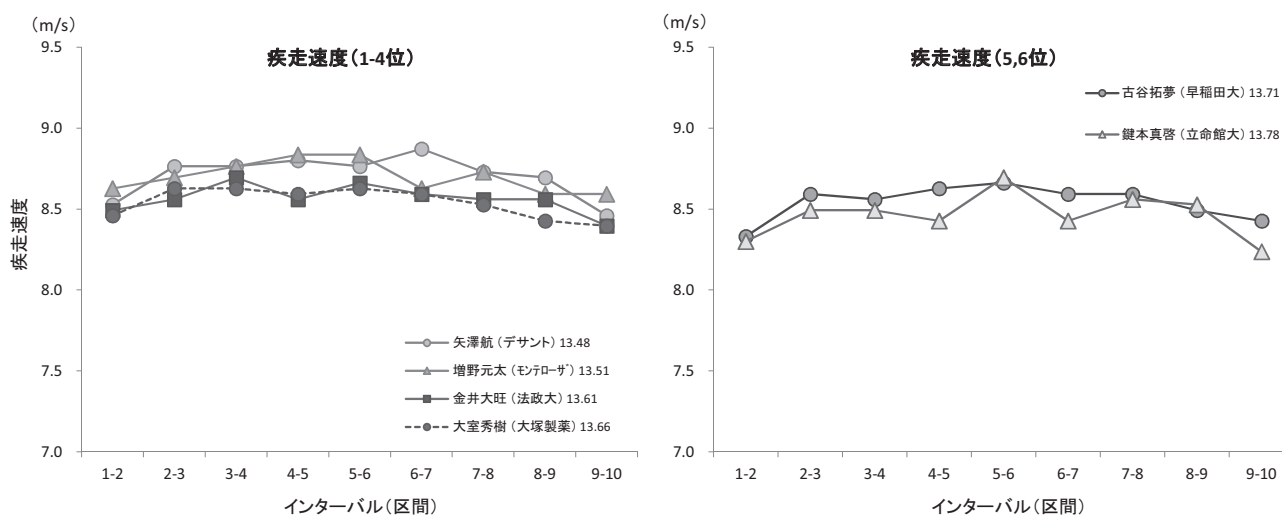


図 4. 日本選手権 (2016.06.26) 男子 110mH 決勝 疾走速度の変化

表 5. 織田記念 (2016. 04. 29) 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.	
Hyeлим JUNG	(KOR)	13.20	1.1	タッチダウンタイム(sec)	2.62	2.62	3.69	4.73	5.75	6.77	7.79	8.82	9.88	10.94	12.00	
				区間タイム(sec)		1.07	1.04	1.02	1.02	1.02	1.03	1.06	1.07	1.06	1.06	1.20
				インターバルランタイム(sec)		0.62	0.58	0.58	0.60	0.59	0.60	0.63	0.62	0.60	0.60	0.76
				ハードリングタイム(sec)		0.45	0.46	0.44	0.43	0.43	0.43	0.43	0.45	0.45	0.45	0.44
				走速度(m/s)		7.96	8.18	8.32	8.32	8.35	8.28	8.02	7.96	8.06	8.06	10.83
紫村仁美	(東邦銀行)	13.24	1.1	タッチダウンタイム(sec)	2.65	2.65	3.75	4.81	5.85	6.88	7.91	8.95	9.99	11.04	12.11	
				区間タイム(sec)		1.11	1.06	1.04	1.03	1.03	1.04	1.03	1.06	1.06	1.13	
				インターバルランタイム(sec)		0.68	0.61	0.62	0.60	0.61	0.62	0.61	0.63	0.63	0.70	
				ハードリングタイム(sec)		0.43	0.45	0.42	0.43	0.42	0.42	0.43	0.43	0.43	0.43	
				走速度(m/s)		7.69	8.06	8.18	8.25	8.22	8.15	8.22	8.06	7.99	11.48	
木村文子	(エディオン)	13.27	1.1	タッチダウンタイム(sec)	2.65	2.65	3.72	4.75	5.77	6.82	7.85	8.90	9.94	11.00	12.08	
				区間タイム(sec)		1.07	1.03	1.02	1.05	1.03	1.05	1.04	1.06	1.08	1.19	
				インターバルランタイム(sec)		0.64	0.59	0.61	0.65	0.60	0.62	0.62	0.64	0.67	0.77	
				ハードリングタイム(sec)		0.43	0.44	0.41	0.40	0.43	0.43	0.42	0.41	0.41	0.43	
				走速度(m/s)		7.93	8.25	8.32	8.09	8.25	8.12	8.15	8.06	7.87	10.91	
藤原未来	(住友電工)	13.63	1.1	タッチダウンタイム(sec)	2.72	2.72	3.83	4.93	6.02	7.09	8.17	9.23	10.31	11.37	12.45	
				区間タイム(sec)		1.12	1.09	1.09	1.07	1.08	1.06	1.08	1.07	1.08	1.18	
				インターバルランタイム(sec)		0.65	0.64	0.64	0.61	0.62	0.61	0.62	0.61	0.64	0.73	
				ハードリングタイム(sec)		0.47	0.45	0.45	0.46	0.46	0.45	0.46	0.45	0.44	0.44	
				走速度(m/s)		7.60	7.78	7.78	7.96	7.87	7.99	7.90	7.96	7.87	11.06	
田中杏梨	(甲南大)	13.66	1.1	タッチダウンタイム(sec)	2.66	2.66	3.78	4.86	5.92	6.99	8.06	9.12	10.20	11.28	12.40	
				区間タイム(sec)		1.12	1.08	1.06	1.07	1.07	1.06	1.08	1.08	1.13	1.26	
				インターバルランタイム(sec)		0.68	0.63	0.63	0.64	0.64	0.64	0.65	0.66	0.70	0.82	
				ハードリングタイム(sec)		0.43	0.45	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.42	0.43	0.43	
				走速度(m/s)		7.60	7.87	7.99	7.96	7.96	7.99	7.90	7.87	7.55	10.35	
小林紗矢香	(愛知教大)	13.68	1.1	タッチダウンタイム(sec)	2.72	2.72	3.85	4.95	6.05	7.14	8.20	9.26	10.35	11.42	12.53	
				区間タイム(sec)		1.13	1.10	1.11	1.09	1.06	1.06	1.08	1.08	1.10	1.15	
				インターバルランタイム(sec)		0.64	0.62	0.63	0.62	0.60	0.60	0.63	0.61	0.65	0.69	
				ハードリングタイム(sec)		0.49	0.48	0.48	0.47	0.47	0.46	0.45	0.46	0.45	0.46	
				走速度(m/s)		7.52	7.72	7.69	7.81	7.99	8.02	7.84	7.90	7.72	11.26	
清山ちさと	(宮交シティ)	13.79	1.1	タッチダウンタイム(sec)	2.76	2.76	3.90	4.98	6.04	7.12	8.19	9.25	10.35	11.43	12.56	
				区間タイム(sec)		1.13	1.09	1.06	1.08	1.07	1.06	1.10	1.08	1.13	1.23	
				インターバルランタイム(sec)		0.67	0.65	0.62	0.66	0.64	0.64	0.68	0.64	0.69	0.78	
				ハードリングタイム(sec)		0.46	0.44	0.44	0.42	0.43	0.43	0.43	0.44	0.45	0.45	
				走速度(m/s)		7.49	7.81	8.06	7.87	7.96	7.99	7.72	7.90	7.49	10.59	
青木益未	(環太平洋大)	13.96	1.1	タッチダウンタイム(sec)	2.69	2.69	3.80	4.95	6.06	7.14	8.23	9.33	10.42	11.54	12.69	
				区間タイム(sec)		1.11	1.15	1.11	1.08	1.08	1.10	1.10	1.11	1.15	1.27	
				インターバルランタイム(sec)		0.64	0.69	0.65	0.63	0.64	0.66	0.65	0.67	0.69	0.79	
				ハードリングタイム(sec)		0.46	0.45	0.47	0.46	0.44	0.43	0.45	0.45	0.46	0.48	
				走速度(m/s)		7.69	7.41	7.63	7.84	7.84	7.75	7.75	7.63	7.38	10.22	

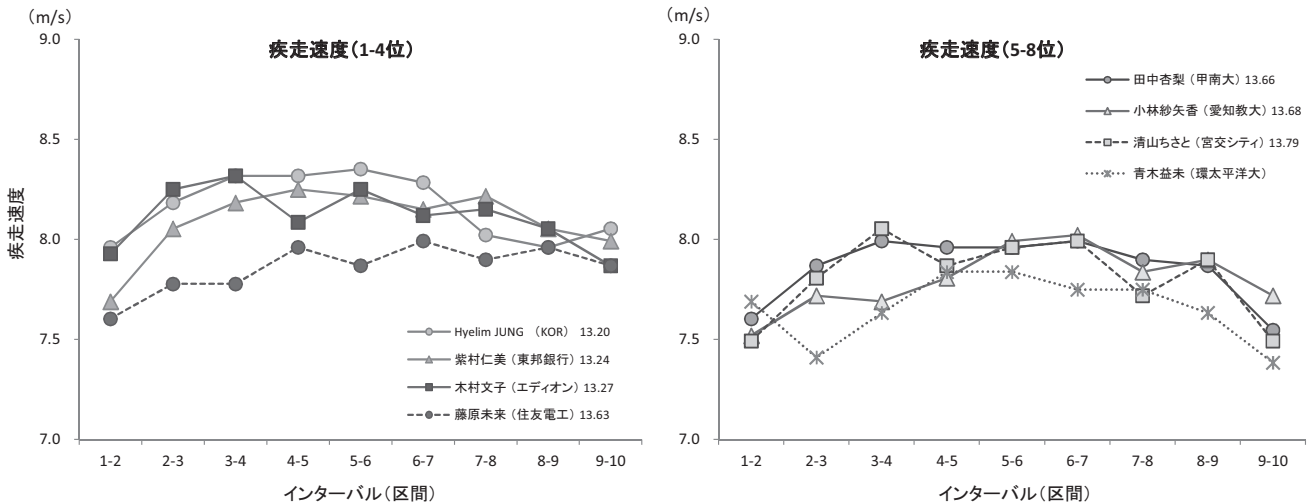


図 5. 織田記念 (2016. 04. 29) 女子 100mH 決勝 疾走速度の変化

表 6. 日本選手権 (2016.06.26) 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.
木村文子	(エディオン)	13.23	+2.1	タッチダウンタイム(sec)	2.62	2.62	3.65	4.68	5.70	6.71	7.74	8.79	9.86	10.94	12.02
				区間タイム(sec)	1.04	1.03	1.01	1.01	1.03	1.05	1.06	1.08	1.09	1.21	
				インターバルタイム(sec)	0.61	0.62	0.60	0.60	0.65	0.64	0.64	0.65	0.68	0.78	
				ハードリングタイム(sec)	0.43	0.41	0.42	0.41	0.39	0.41	0.42	0.43	0.41	0.43	
				走速度(m/s)	8.18	8.25	8.39	8.42	8.22	8.09	7.99	7.87	7.81	10.78	
安部遥香	(福島大)	13.38	+2.1	タッチダウンタイム(sec)	2.59	2.59	3.68	4.74	5.76	6.82	7.89	8.94	10.01	11.10	12.20
				区間タイム(sec)	1.09	1.06	1.02	1.06	1.07	1.05	1.08	1.08	1.10	1.18	
				インターバルタイム(sec)	0.63	0.60	0.57	0.62	0.63	0.59	0.63	0.65	0.65	0.73	
				ハードリングタイム(sec)	0.45	0.45	0.45	0.43	0.43	0.46	0.45	0.44	0.45	0.45	
				走速度(m/s)	7.81	8.02	8.32	8.06	7.96	8.09	7.90	7.84	7.72	11.01	
青木益未	(環太平洋大)	13.38	+2.1	タッチダウンタイム(sec)	2.65	2.65	3.73	4.76	5.79	6.84	7.88	8.96	10.03	11.12	12.22
				区間タイム(sec)	1.08	1.03	1.03	1.05	1.04	1.08	1.06	1.09	1.10	1.16	
				インターバルタイム(sec)	0.60	0.57	0.60	0.61	0.60	0.65	0.59	0.64	0.64	0.70	
				ハードリングタイム(sec)	0.48	0.46	0.43	0.44	0.45	0.44	0.47	0.45	0.46	0.46	
				走速度(m/s)	7.90	8.25	8.25	8.12	8.15	7.84	7.99	7.78	7.72	11.21	
紫村仁美	(東邦銀行)	13.43	+2.1	タッチダウンタイム(sec)	2.67	2.67	3.75	4.80	5.86	6.91	7.97	9.04	10.11	11.19	12.27
				区間タイム(sec)	1.08	1.06	1.05	1.06	1.06	1.06	1.07	1.08	1.09	1.16	
				インターバルタイム(sec)	0.63	0.61	0.61	0.62	0.63	0.62	0.63	0.64	0.65	0.72	
				ハードリングタイム(sec)	0.45	0.44	0.44	0.43	0.43	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	
				走速度(m/s)	7.90	8.06	8.09	8.06	7.99	7.99	7.96	7.87	7.81	11.25	
相馬絵里子	(スターツ)	13.43	+2.1	タッチダウンタイム(sec)	2.66	2.66	3.74	4.80	5.86	6.93	7.98	9.03	10.11	11.18	12.27
				区間タイム(sec)	1.08	1.06	1.06	1.07	1.05	1.05	1.08	1.07	1.09	1.16	
				インターバルタイム(sec)	0.61	0.60	0.62	0.63	0.60	0.61	0.64	0.62	0.64	0.70	
				ハードリングタイム(sec)	0.46	0.46	0.44	0.44	0.45	0.44	0.44	0.45	0.45	0.46	
				走速度(m/s)	7.90	7.99	8.02	7.96	8.09	8.09	7.87	7.93	7.81	11.21	
田中佑美	(関西大一高)	13.45	+2.1	タッチダウンタイム(sec)	2.64	2.64	3.72	4.77	5.82	6.87	7.93	9.00	10.07	11.16	12.26
				区間タイム(sec)	1.08	1.05	1.05	1.06	1.06	1.08	1.07	1.09	1.10	1.19	
				インターバルタイム(sec)	0.65	0.63	0.64	0.64	0.63	0.65	0.63	0.65	0.65	0.75	
				ハードリングタイム(sec)	0.43	0.42	0.41	0.42	0.43	0.43	0.44	0.43	0.44	0.45	
				走速度(m/s)	7.90	8.12	8.09	8.06	8.06	7.90	7.96	7.81	7.75	10.91	
小林紗矢香	(愛知教大)	13.49	+2.1	タッチダウンタイム(sec)	2.66	2.66	3.75	4.83	5.91	6.97	8.02	9.08	10.14	11.22	12.31
				区間タイム(sec)	1.08	1.09	1.08	1.06	1.06	1.06	1.08	1.09	1.18		
				インターバルタイム(sec)	0.61	0.63	0.62	0.61	0.60	0.61	0.60	0.63	0.63	0.71	
				ハードリングタイム(sec)	0.48	0.46	0.46	0.45	0.45	0.44	0.46	0.45	0.45	0.47	
				走速度(m/s)	7.84	7.81	7.90	8.02	8.06	8.06	7.99	7.87	7.81	11.04	
清山ちさと	(宮交シティ)	13.65	+2.1	タッチダウンタイム(sec)	2.71	2.71	3.80	4.87	5.91	6.97	8.02	9.09	10.17	11.26	12.40
				区間タイム(sec)	1.09	1.07	1.05	1.05	1.05	1.07	1.08	1.09	1.13	1.25	
				インターバルタイム(sec)	0.65	0.64	0.63	0.64	0.64	0.66	0.66	0.66	0.70	0.80	
				ハードリングタイム(sec)	0.44	0.43	0.42	0.41	0.41	0.41	0.42	0.43	0.44	0.45	
				走速度(m/s)	7.78	7.96	8.12	8.09	8.09	7.93	7.84	7.81	7.49	10.36	

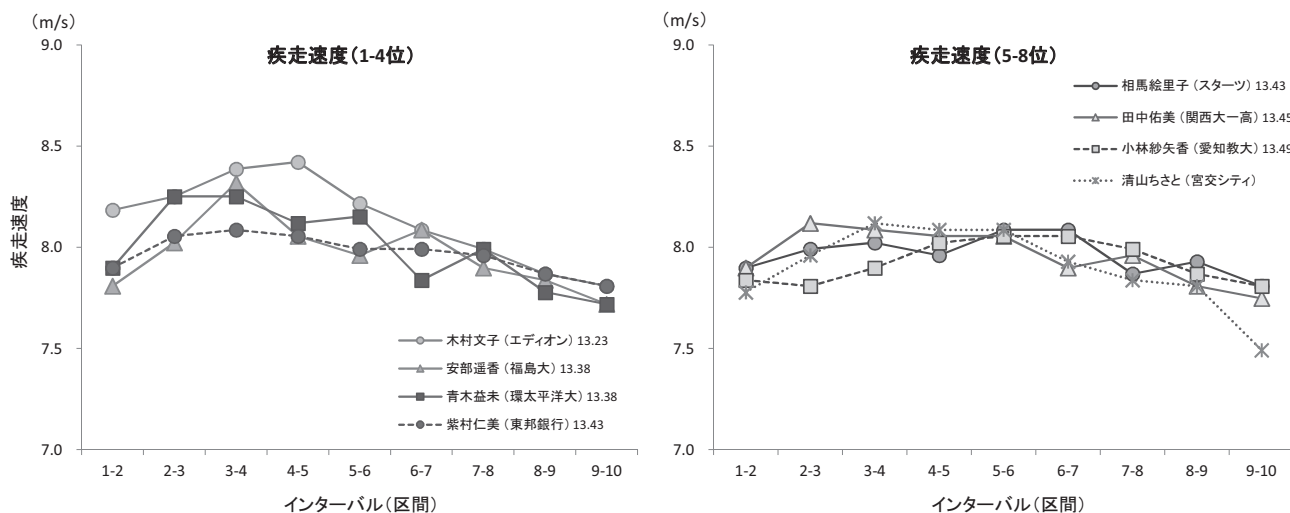


図 6. 日本選手権 (2016.06.26) 女子 100mH 決勝 疾走速度の変化

日本一流 400m ハードル選手のレースパターン分析 — 2016 年の国内主要大会について —

森丘保典¹⁾ 貴嶋孝太²⁾ 千葉佳裕³⁾ 櫻井健一⁴⁾ 杉田正明⁵⁾

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

1. はじめに

本稿では、2016 年シーズンに開催された国内主要大会における日本一流 400m ハードル選手のタッチダウンタイムやハードル区間の時間、速度および歩数について報告する。

2. 方法

複数台のデジタルビデオカメラを用いて、スタートピストルの閃光を写した後、インターバルの歩数と 10 台のハードルクリアランス直後の着地が確認できるように選手を追従撮影した。撮影後、ピスト

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

表 1 静岡国際陸上（男子）

氏名	順位	項目	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
野澤 啓祐	1位	区間時間 (sec)	5.94	3.62	3.70	3.84	3.99	4.04	4.25	4.55	4.75	4.85	5.54
		通過時間 (sec)	5.94	9.56	13.26	17.10	21.09	25.13	29.38	33.93	38.68	43.53	49.07
		区間速度 (m/s)	7.58	9.67	9.46	9.11	8.77	8.66	8.24	7.69	7.37	7.22	7.22
		歩数		13	13	14	14	14	14	15	15	15	

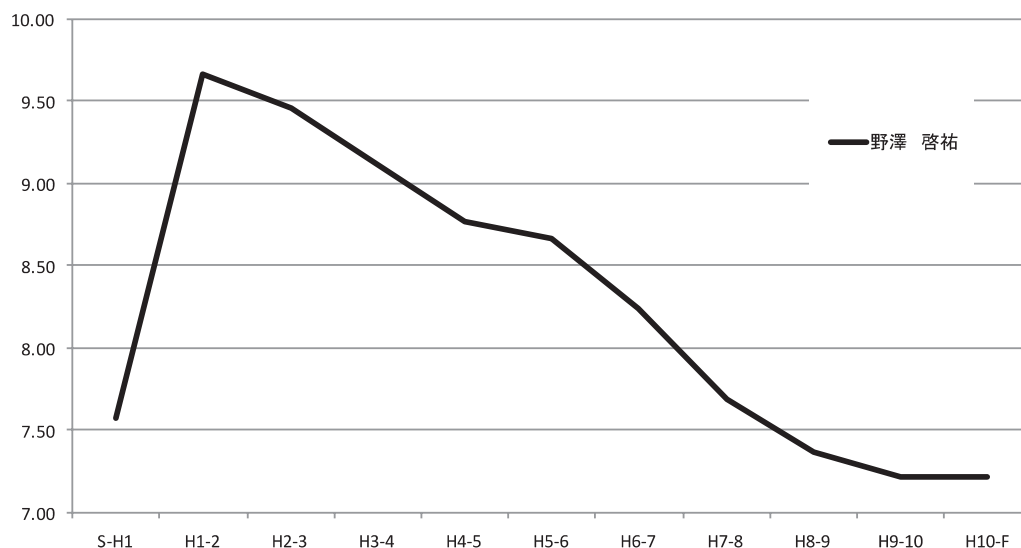


図 1 静岡国際陸上（男子）

表2 静岡国際陸上(女子)

氏名	順位	項目	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
久保倉 里美	1位	区間時間 (sec)	6.56	4.32	4.54	4.64	4.77	4.80	5.21	5.34	5.44	5.77	6.52
		通過時間 (sec)	6.56	10.88	15.42	20.06	24.83	29.63	34.84	40.18	45.62	51.39	57.91
		区間速度 (m/s)	6.86	8.10	7.71	7.54	7.34	7.29	6.72	6.55	6.43	6.07	6.13
		歩数		16	16	16	16	16	17	17	17	18	

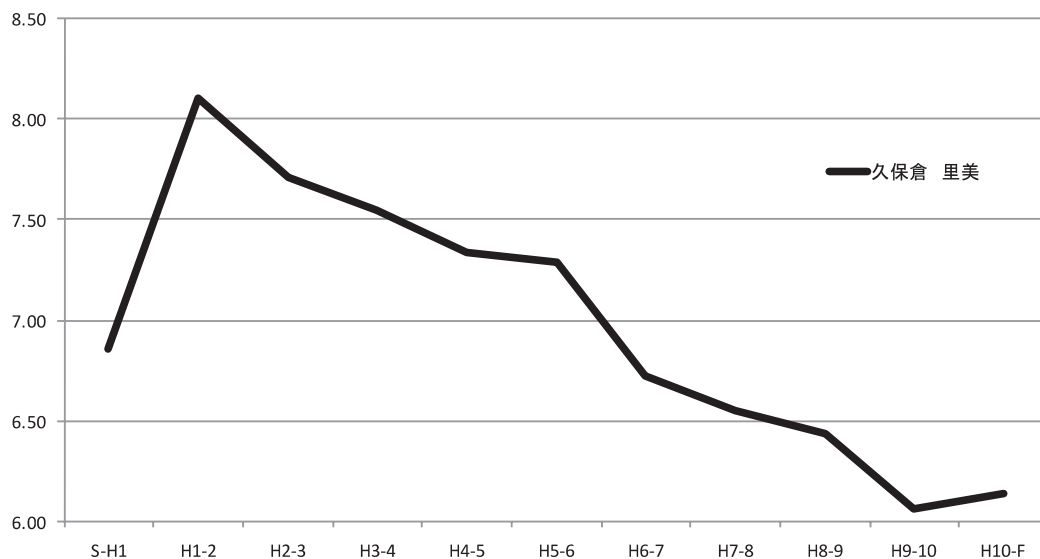


図2 静岡国際陸上(女子)

表3 ゴールデングランプリ陸上(男子)

氏名	順位	項目	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
野澤 啓祐	1位	区間時間 (sec)	5.96	3.62	3.69	3.79	3.97	4.02	4.10	4.30	4.60	4.84	5.78
		通過時間 (sec)	5.96	9.58	13.27	17.06	21.03	25.05	29.15	33.45	38.05	42.89	48.67
		区間速度 (m/s)	7.55	9.67	9.49	9.23	8.82	8.71	8.54	8.14	7.61	7.23	6.92
		歩数		13	13	14	14	14	14	15	15	15	
松下 祐樹	3位	区間時間 (sec)	6.02	3.80	3.84	3.92	3.99	4.20	4.40	4.52	4.57	4.62	5.22
		通過時間 (sec)	6.02	9.82	13.66	17.58	21.57	25.77	30.17	34.69	39.26	43.88	49.10
		区間速度 (m/s)	7.48	9.21	9.11	8.93	8.77	8.33	7.95	7.74	7.66	7.58	7.66
		歩数		13	13	13	13	14	14	15	15	15	

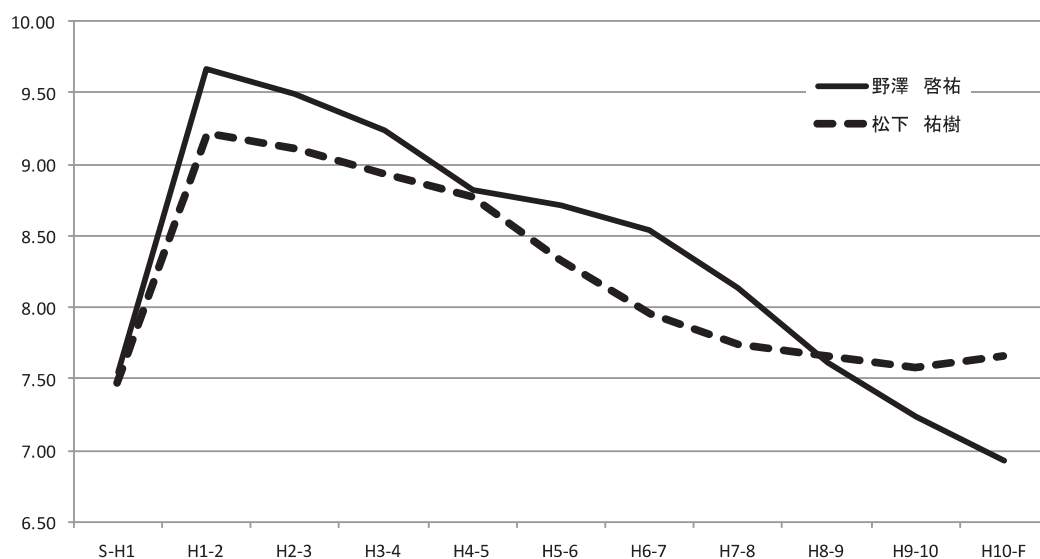


図3 ゴールデングランプリ陸上(男子)

表4 ゴールデングランプリ陸上(女子)

氏名	順位	項目	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
久保倉 里美	2位	区間時間 (sec)	6.63	4.30	4.45	4.55	4.72	4.85	5.01	5.11	5.21	5.24	6.07
		通過時間 (sec)	6.63	10.93	15.38	19.93	24.65	29.50	34.51	39.62	44.83	50.07	56.14
		区間速度 (m/s)	6.79	8.14	7.87	7.69	7.42	7.22	6.99	6.85	6.72	6.68	6.59
		歩数		16	16	16	16	16	17	17	17	17	
石塚 晴子	3位	区間時間 (sec)	6.55	4.19	4.30	4.37	4.77	5.02	5.11	5.19	5.51	5.61	6.13
		通過時間 (sec)	6.55	10.74	15.04	19.41	24.18	29.20	34.31	39.50	45.01	50.62	56.75
		区間速度 (m/s)	6.87	8.35	8.14	8.01	7.34	6.97	6.85	6.74	6.35	6.24	6.53
		歩数		15	15	15	16	16	17	17	18	18	

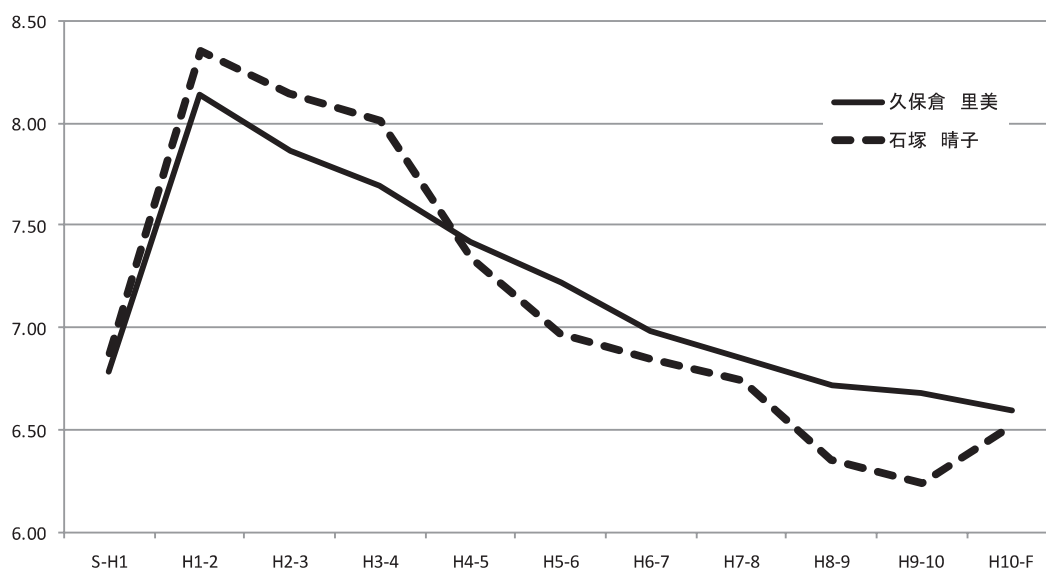


図4 ゴールデングランプリ陸上(女子)

表5 日本選手権(男子)

氏名	順位	項目	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
野澤 啓祐	1位	区間時間 (sec)	5.98	3.65	3.80	3.87	3.97	4.20	4.24	4.45	4.57	4.84	5.57
		通過時間 (sec)	5.98	9.63	13.43	17.30	21.27	25.47	29.71	34.16	38.73	43.57	49.14
		区間速度 (m/s)	7.53	9.59	9.21	9.04	8.82	8.33	8.25	7.87	7.66	7.23	7.18
		歩数		13	13	13	14	14	14	14	15	15	
松下 祐樹	2位	区間時間 (sec)	6.09	3.84	3.87	3.92	4.02	4.19	4.32	4.50	4.57	4.64	5.35
		通過時間 (sec)	6.09	9.93	13.80	17.72	21.74	25.93	30.25	34.75	39.32	43.96	49.31
		区間速度 (m/s)	7.39	9.11	9.04	8.93	8.71	8.35	8.10	7.78	7.66	7.54	7.48
		歩数		13	13	13	13	14	14	15	15	15	
小西 勇太	3位	区間時間 (sec)	6.08	3.82	3.87	3.90	3.95	4.22	4.25	4.47	4.60	4.82	5.57
		通過時間 (sec)	6.08	9.90	13.77	17.67	21.62	25.84	30.09	34.56	39.16	43.98	49.55
		区間速度 (m/s)	7.40	9.16	9.04	8.97	8.86	8.29	8.24	7.83	7.61	7.26	7.18
		歩数		13	13	13	13	14	14	15	15	15	

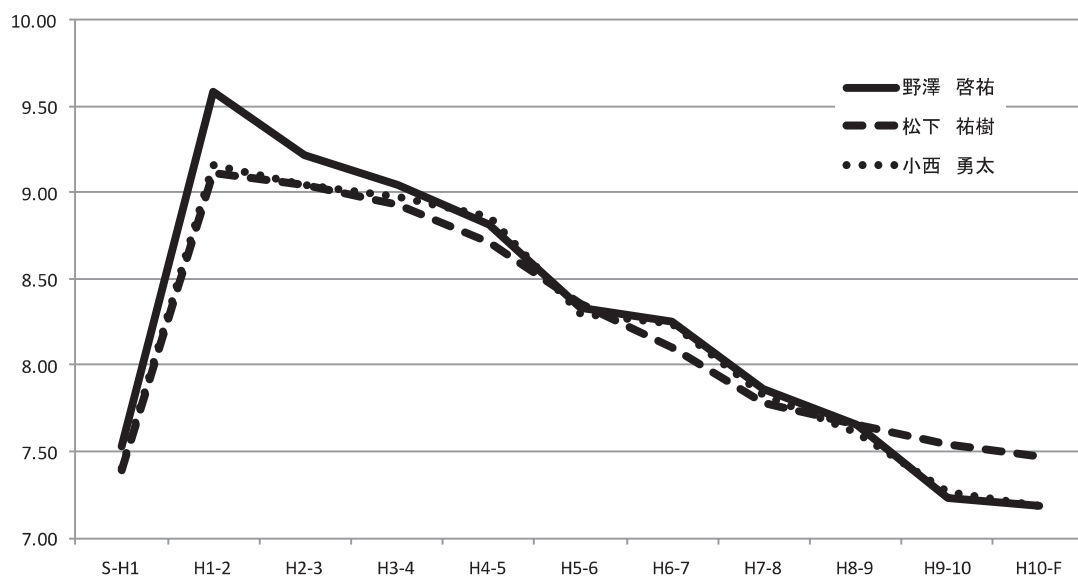


図5 日本選手権 (男子)

表6 日本選手権 (女子)

氏名	順位	項目	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
久保倉 里美	1位	区間時間 (sec)	6.67	4.35	4.54	4.67	4.87	4.94	5.12	5.17	5.18	5.21	5.90
		通過時間 (sec)	6.67	11.02	15.56	20.23	25.10	30.04	35.16	40.33	45.51	50.72	56.62
		区間速度 (m/s)	6.75	8.05	7.71	7.49	7.19	7.09	6.84	6.77	6.76	6.72	6.78
		歩数		16	16	16	16	16	17	17	17	17	

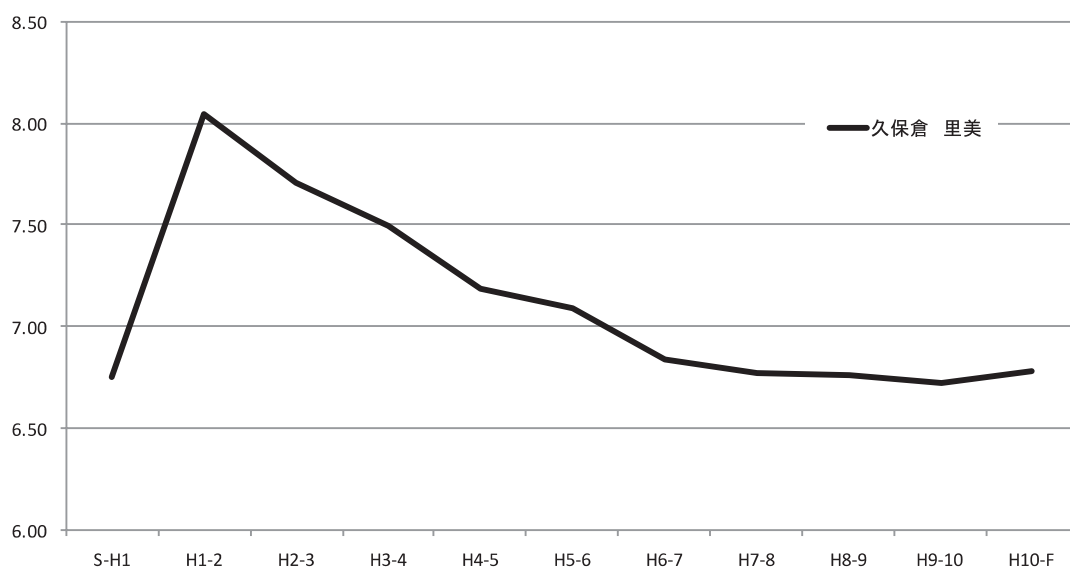


図6 日本選手権 (女子)

第30回北海道マラソンにおける調査について

杉田正明¹⁾ 松生香里²⁾ 瀧澤一騎³⁾ 山口太一⁴⁾ 橋本 峻¹⁾
武富 豊⁵⁾ 宗 猛⁶⁾ 酒井勝充⁷⁾

1) 三重大学 2) 東北大学 3) アスリーツ・ラボ 4) 酪農学園大学
5) 天満屋 6) 旭化成 7) コニカミノルタ

はじめに

2016年、2020年のオリンピックを見据え、暑さ対策が不可欠といわれている夏のマラソンにおける暑熱対策を検討するための基礎的資料を得る目的で2013年度から4年間にわたり北海道マラソンにおいて、夏場の実際のレースを対象とした活動を実施してきた。夏場のマラソン走行前後における生理学的調査等を実施し、レースによる身体への影響を検討し、暑熱対策に対する一助となる指標作りやその方策を提供することを目指した取り組みである。本稿では第30回北海道マラソンにおける取り組みを報告するとともにこれまでの4年分のデータから得られた知見についてもその一部を報告する。

2016年に実施した調査の概要

対象選手は、国内及び道内招待選手ならびに有力選手の中で協力の同意が得られた男女の選手とし、2016年は男子9名、女子3名が測定対象者であった。なお、測定前に本調査の趣旨、内容などを口頭と資料で各選手に説明し、同意書を得る手続きを行った。主な測定項目は、下記のとおりである。

- ・体重(20g単位)(前日、レース前、レース後)
- ・体温(耳管温、深部体温)(前日、レース前、レース後)
- ・採尿(試験紙での検査とSRLでの分析)(前日、レース前)
分析項目:比重、pH、クレアチニン、浸透圧、電解質、タンパク、糖、ケトン体、ウロビリノーゲン、ビリルビン、潜血
- ・血中脂質(総コレステロール、中性脂肪、HDLコレステロール、LDLコレステロール)(前日、レース前、レース後)

- ・自律神経活動(心拍数、SDNN、RMSSD、PSI、LnTP、LnLF、LnHF、LF norm、Ln(LF/HF)(前日)
- ・質問紙による給水時の量や暑さ及び運動強度の主観等の聞き取り(レース後)

これらは、これまでの測定内容にいくつか項目を追加し、より幅広い視点からレース前の基礎的コンディション把握とともに夏場のマラソンにおける基礎的データ収集を目的として実施した。

前日(8/27)の測定は、選手村となっているホテルの会議室にて午後の2時間を対応時間とし、その間に選手個人々人に対して測定目的、方法、意義などを説明し、選手自らが十分に理解を得た上で同意書及びプロフィールに記載の後に流れ作業で諸測定を行った。レース当日(8/28)は、測定スタッフはスタート脇のテントへ6時に集合し、レース直前の測定を行うため、スタート開始の9時までの間に様々な測定を行った(写真1、2)。その後、ゴール後の測定場所へ移動し測定体制を整えた。選手がゴールした後、道陸協や強化委員の方々の協力を得ながら対象選手をテントまで誘導し、スムーズに測定を実施することができた。

気象状況は、我々がWBGT計を用いて計測したデータを図1に示した。スタート時には約25度前後、湿度は約37%を示したが、時間経過とともに気温は上昇し、最高約31度を記録したが、湿度は上昇後低下しレース後半では約30%前後を示した。WBGTは約20~25度、黒球温度は約28~40度を示し、レース中は緩やかに上昇を示した。レースが進むにつれ暑熱の影響が緩やかに大きくなっていくことがうかがえる。招待選手・一般参加を合わせて16,122人が出走し、完走率は78.1%と昨年の82.4%より低い割合を示した。

測定結果については、これまでと同様に男女別に



写真1 スタート前の科学委員会測定用のテントの様子



写真2 スタート前の耳管温の測定の様子

各項目の平均値、最大値、最小値を掲載するかたちで報告するとどめさせていただく。表1から5に男女の調査結果の一覧を示す。

これまでの4年分のデータから得られた知見について興味深い事例を紹介する。2013～2016年までの全対象選手におけるレース直前の尿比重を図2に示した。男子は、測定初年の2013年時には1.030

を超える選手もみられ値の幅が広範囲にわたり平均値も高かったが、年々、平均値が低下していることがわかる。一方、女子では経年的な低下傾向はみられず、対象選手それぞれの特徴が強く現れているように見受けられる。尿比重は脱水の程度を示す指標とされ、AISのガイドラインでは1.020以上は脱水とされており、理想値は1.010以下としている。2013年以降、ナショナルチームの合宿などで起床

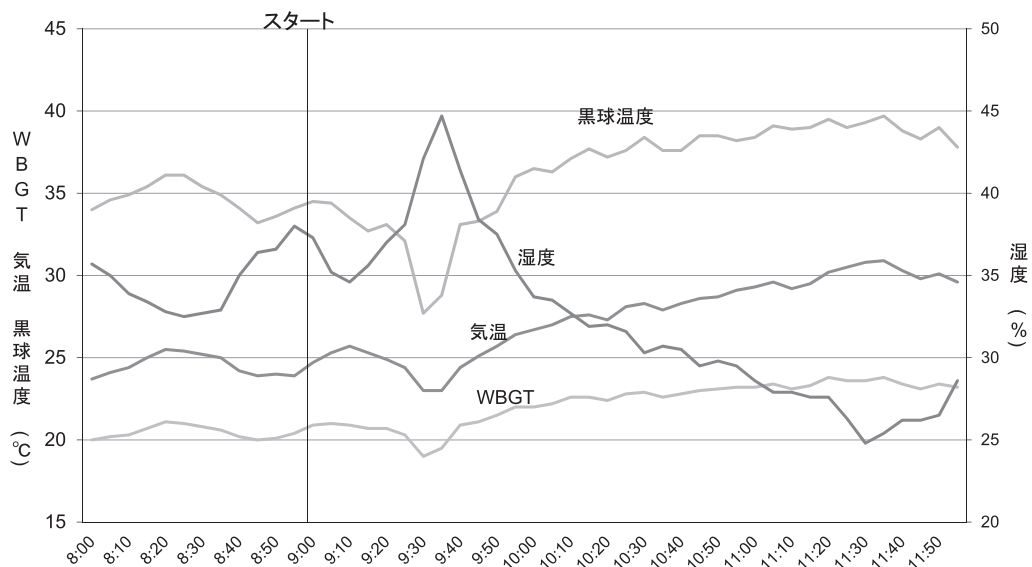


図1 第30回北海道マラソン (2016.8.28) における環境変化

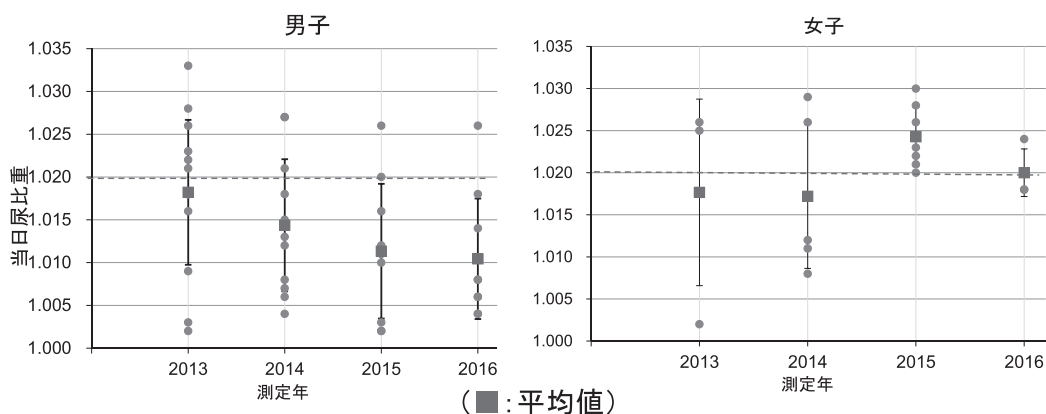


図2 2013年から2016年までの測定年ごとのレース当日の尿比重（全選手）

時の尿検査結果をフィードバックする際に、夏場の脱水予防のための指標値としての尿比重の重要性について様々な場面で説明してきており、男子ではその重要性が浸透した成果ではないかと思われるが、女子では合宿等でも起床時の尿比重値の水準が高い傾向が強く見受けられ、体重の増加を招きやすい水分補給にはあまり積極的でないことがこれらのことに影響を及ぼしている様子がうかがえる。尿比重は手軽に計測でき、重要な体内の水分量を間接的に教えてくれる意義深い指標であり、各選手にとってこの値がどのくらいが至適水準なのかを試行錯誤を重ねながら脱水、給水についての理解を深めてもらえるように今後も取り組んでいきたいと考えている。

体重の減少率や耳管温の上昇度合い、給水量などは、暑熱環境の中でのマラソンレースを走る上で、重要な指標となる。こうした調査は、レースだけでなく比較対象とするために夏場や冬場のトレーニング時やレース等でも実施し、データを収集し蓄積することが重要である。そうすることによって選手個人の特徴を読み解き、個人に応じた暑熱対策の方策を提示できることが可能となると考えている。そのため、今後も取り組みを充実させていきたいと考えているが、特に東京オリンピックが開催される8月に東京での長距離走行時の生理学的データ収集を含む様々な調査を実施することが望まれる。

最後になりますが、この4年間、マラソンの部の宗、武富両部長には深い理解と手厚いサポートをいただきました。おかげさまで現場での様々なデータ収集が円滑に進みましたことを付記させていただき、ご協力、ご尽力いただきました選手、スタッフ、関係者の皆様に感謝申し上げます。

謝辞

本測定を実施するに当たり、多くの学生スタッフ

の皆様大変お世話になりました。ここに感謝の意を表します。

表1 第30回北海道マラソンにおける調査結果（体重、体温など）

		男子					女子				
		平均	標準偏差	最大値	最小値	n	平均	標準偏差	最大値	最小値	n
順位		17.6	13.8	42	1	8	3.7	1.2	5	2	3
記録		2:20:38	0:05:47	2:30:10	2:13:16	8	2:38:32	0:03:28	2:41:53	2:33:46	3
体重 (kg)	大会前日	60.32	4.61	67.65	53.90	9	46.68	1.66	48.30	44.40	3
	レース当日(朝)	59.44	3.96	66.48	53.70	9	47.16	1.53	48.36	45.00	3
	レース後	55.57	3.01	59.66	50.92	8	44.63	1.83	46.16	42.06	3
	マラソン前後変化量(kg)	-3.20	0.51	-4.14	-2.48	8	-2.73	0.42	-3.14	-2.16	3
	マラソン前後変化率(%)	5.45	0.71	6.51	4.12	8	5.82	1.02	6.98	4.49	3
	合計 水+スペシャル等(主観 θ)	0.77	0.30	1.21	0.15	8	0.70	0.22	0.90	0.40	3
	マラソン前後正味変化量(kg)	-3.96	0.53	-5.14	-3.17	8	-3.43	0.45	-4.04	-2.97	3
	マラソン前後正味変化率(%)	6.78	0.86	8.08	5.27	8	7.32	1.20	8.98	6.16	3
耳管温 ($^{\circ}$ C)	大会前日	35.86	0.48	36.60	34.90	9	35.90	0.37	36.40	35.50	3
	レース当日(朝)	35.99	0.84	36.90	34.20	9	36.03	0.54	36.60	35.30	3
	レース後	36.79	0.90	38.40	34.90	8	36.90	0.59	37.50	36.10	3
	マラソン前後変化量($^{\circ}$ C)	0.82	0.72	2.00	-0.40	8	0.87	0.05	0.90	0.80	3
	マラソン前後変化率(%)	2.31	2.00	5.49	-1.08	8	2.40	0.10	2.49	2.27	3
深部体温 ($^{\circ}$ C)	大会前日	37.06	0.36	37.60	36.50	9	37.03	0.09	37.10	36.90	3
	レース当日(朝)	36.78	0.27	37.20	36.30	9	36.77	0.12	36.90	36.60	3
	レース後	36.51	0.72	37.90	35.70	8	36.60	0.45	37.20	36.10	3
	マラソン前後変化量($^{\circ}$ C)	-0.29	0.91	-1.20	0.30	8	-0.17	0.49	-0.80	-0.10	3
	マラソン前後変化率(%)	-0.77	2.48	-3.25	0.82	8	-0.45	1.33	-2.17	-0.27	3

表2 第30回北海道マラソンにおける調査結果（給水アンケートなど）

	男子					女子					
	平均	標準偏差	最大値	最小値	n	平均	標準偏差	最大値	最小値	n	
給水	前半(水摂取回数)	2.75	1.20	4	0	8	3.33	2.49	6	0	3
	中盤(水摂取回数)	4.94	3.30	10	0	8	3.67	2.62	6	0	3
	後半(水摂取回数)	3.75	1.71	6	1	8	3.00	2.16	5	0	3
	水計(回)	11.44	5.76	19	1	8	10.00	7.26	17	0	3
	前半(スポーツドリンク摂取回数)	0.63	1.32	4	0	8	0.33	0.47	1	0	3
	中盤(スポーツドリンク摂取回数)	1.63	2.00	6	0	8	0.00	0.00	0	0	3
	後半(スポーツドリンク摂取回数)	1.50	1.73	5	0	8	0.00	0.00	0	0	3
	スポーツドリンク計(回)	3.75	4.87	15	0	8	0.33	0.47	1	0	3
	前半(スペシャルドリンク摂取回数)	1.88	1.36	4	0	8	3.00	0.00	3	3	3
	中盤(スペシャルドリンク摂取回数)	3.00	1.22	6	2	8	3.00	0.00	3	3	3
	後半(スペシャルドリンク摂取回数)	2.50	1.41	5	0	8	2.67	0.47	3	2	3
	スペシャルドリンク計(回)	7.38	3.20	15	4	8	8.67	0.47	9	8	3
	前半(合計摂取回数)	5.25	2.99	12	2	8	6.67	2.87	10	3	3
	中盤(合計摂取回数)	9.56	4.87	18	2	8	6.67	2.62	9	3	3
	後半(合計摂取回数)	7.75	3.67	15	2	8	5.67	2.05	8	3	3
	合計摂取回数(回)	22.56	10.48	45	6	8	19.00	7.48	27	9	3
	前半(水摂取量)	84.38	35.48	120	0	8	80.00	74.83	180	0	3
	中盤(水摂取量)	122.50	77.10	300	0	8	85.00	73.82	180	0	3
	後半(水摂取量)	134.38	75.39	300	25	8	70.00	61.64	150	0	3
	水計(主観ml)	341.25	158.25	570	25	8	235.00	210.12	510	0	3
	前半(スポーツドリンク摂取量)	13.75	26.90	80	0	8	8.33	11.79	25	0	3
	中盤(スポーツドリンク摂取量)	46.25	55.66	150	0	8	0.00	0.00	0	0	3
	後半(スポーツドリンク摂取量)	46.88	61.79	150	0	8	0.00	0.00	0	0	3
	スポーツドリンク計(主観ml)	106.88	134.00	350	0	8	8.33	11.79	25	0	3
	前半(スペシャルドリンク摂取量)	65.00	50.99	150	0	8	155.00	102.71	300	75	3
	中盤(スペシャルドリンク摂取量)	127.50	56.51	240	50	8	155.00	102.71	300	75	3
	後半(スペシャルドリンク摂取量)	128.13	89.65	300	0	8	146.67	109.65	300	50	3
	スペシャルドリンク計(主観ml)	320.63	153.22	560	120	8	456.67	314.78	900	200	3
	前半(合計摂取量)	163.13	83.40	280	50	8	243.33	76.63	300	135	3
	中盤(合計摂取量)	296.25	122.37	480	50	8	240.00	64.81	300	150	3
	後半(合計摂取量)	309.38	165.91	600	50	8	216.67	79.30	300	110	3
	合計摂取量(主観ml)	768.75	300.73	1210	150	8	700.00	219.13	900	395	3
前半(主観的な摂取量)	6.19	3.00	10	2	8	4.67	0.47	5	4	3	
中盤(主観的な摂取量)	6.56	2.75	10	1	8	5.33	0.94	6	4	3	
後半(主観的な摂取量)	6.63	3.07	10	1	8	5.00	0.82	6	4	3	
前半(主観的なスポンジの利用)	2.69	1.89	5	0	8	0.00	0.00	0	0	3	
中盤(主観的なスポンジの利用)	4.19	2.89	9	0	8	0.67	0.94	2	0	3	
後半(主観的なスポンジの利用)	4.88	3.62	10	0	8	0.00	0.00	0	0	3	
前半(レース中の主観的な暑さ)	3.63	1.11	6	3	8	4.00	0.00	4	4	3	
中盤(レース中の主観的な暑さ)	5.75	1.09	7	4	8	6.33	0.47	7	6	3	
後半(レース中の主観的な暑さ)	6.63	1.41	8	4	8	7.00	0.00	7	7	3	
前半(主観的運動強度)	11.75	1.79	15	9	8	12.67	0.47	13	12	3	
中盤(主観的運動強度)	16.13	1.17	18	15	8	16.67	0.47	17	16	3	
後半(主観的運動強度)	18.88	0.93	20	17	8	18.67	1.25	20	17	3	

表3 第30回北海道マラソンにおける調査結果（血中脂質）

		男子					女子				
		平均	標準偏差	最大値	最小値	n	平均	標準偏差	最大値	最小値	n
T-CHO (mg/dL)	大会前日	166.33	16.17	193	143	9	185.67	12.81	198	168	3
	レース当日(朝)	162.44	12.28	180	137	9	200.67	28.55	227	161	3
	レース後	189.38	9.92	208	174	8	218.33	41.65	270	168	3
	マラソン前後変化量 (mg/dL)	26.25	18.08	71.00	10.00	8	17.67	27.98	56.00	-10.00	3
	マラソン前後変化率 (%)	0.17	0.14	0.52	0.06	8	0.09	0.13	0.26	-0.04	3
TG (mg/dL)	大会前日	129.56	25.09	169	94	9	160.67	59.63	235	89	3
	レース当日(朝)	110.00	18.82	152	93	9	129.33	16.52	142	106	3
	レース後	149.75	38.95	226	94	8	183.67	40.55	241	154	3
	マラソン前後変化量 (mg/dL)	37.63	38.83	124.00	-5.00	8	54.33	34.84	99.00	14.00	3
	マラソン前後変化率 (%)	0.36	0.38	1.22	-0.05	8	0.42	0.25	0.70	0.10	3
HDL-C (mg/dL)	大会前日	48.00	5.42	56	40	9	56.00	8.29	65	45	3
	レース当日(朝)	50.00	5.46	58	42	9	61.67	7.32	72	56	3
	レース後	47.50	5.41	53	36	8	50.33	4.19	56	46	3
	マラソン前後変化量 (mg/dL)	-2.63	6.71	9.00	-14.00	8	-11.33	9.39	0.00	-23.00	3
	マラソン前後変化率 (%)	-0.04	0.14	0.21	-0.24	8	-0.17	0.13	0.00	-0.32	3
LDL-C (mg/dL)	大会前日	92.00	16.00	115	67	9	97.00	12.83	108	79	3
	レース当日(朝)	89.67	10.30	100	69	9	113.00	21.95	130	82	3
	レース後	111.50	6.50	126	105	8	130.67	38.85	183	90	3
	マラソン前後変化量 (mg/dL)	21.75	14.95	57.00	6.00	8	17.67	25.82	53.00	-8.00	3
	マラソン前後変化率 (%)	0.27	0.23	0.83	0.06	8	0.15	0.20	0.41	-0.06	3
L/H	大会前日	1.94	0.34	2.3	1.3	9	1.80	0.45	2.3	1.2	3
	レース当日(朝)	1.82	0.33	2.4	1.4	9	1.83	0.37	2.3	1.4	3
	レース後	2.38	0.26	2.9	2.1	8	2.57	0.54	3.3	2	3
	マラソン前後変化量	0.55	0.37	1.00	-0.20	8	0.73	0.19	1.00	0.60	3
	マラソン前後変化率 (%)	0.34	0.25	0.71	-0.08	8	0.40	0.05	0.43	0.33	3

表4 第30回北海道マラソンにおける調査結果（尿検査）

SRL		男子					女子				
		平均	標準偏差	最大値	最小値	n	平均	標準偏差	最大値	最小値	n
クレアチニン (mg/dL)	大会前日	96.75	35.11	134.40	40.76	9	75.61	12.03	89.54	60.19	3
	レース当日(朝)	50.23	35.88	135.89	15.05	9	53.10	11.10	66.2	39.07	3
	レース後										
浸透圧 (mOsm/kg・H ₂ O)	大会前日	794.89	225.53	1119	436	9	946.33	57.25	1000	867	3
	レース当日(朝)	466.22	271.32	1077	178	9	847.67	88.18	971	770	3
	レース後										
Na (mEq/L)	大会前日	179.33	50.20	288	110	9	202.33	22.94	229	173	3
	レース当日(朝)	109.22	66.09	263	26	9	203.33	18.19	229	189	3
	レース後										
K (mEq/L)	大会前日	53.47	26.68	96.0	17.9	9	58.00	18.12	80.9	36.6	3
	レース当日(朝)	27.92	20.09	66.5	10.6	9	61.00	2.10	63.9	59.0	3
	レース後										
Cl (mEq/L)	大会前日	221.56	78.59	400	120	9	251.33	42.24	287	192	3
	レース当日(朝)	137.22	85.67	346	44	9	255.33	22.17	284	230	3
	レース後										
Ca (mg/dL)	大会前日	17.92	7.85	30.70	4.60	9	25.10	6.88	30.6	15.4	3
	レース当日(朝)	11.27	7.24	28.80	2.20	9	18.00	2.98	21.6	14.3	3
	レース後										
Mg (mg/dL)	大会前日	7.32	3.66	12.3	1.9	9	11.13	1.05	12.6	10.2	3
	レース当日(朝)	3.14	2.22	7.7	0.6	9	6.13	1.55	8.1	4.3	3
	レース後										
Fe (μ g/dL)	大会前日	7.56	3.65	17	5	9	6.00	0.82	7	5	3
	レース当日(朝)	0.11	0.31	1	0	9	0.00	0.00	0	0	3
	レース後										
比重	大会前日	1.021	0.006	1.029	1.011	9	1.025	0.001	1.027	1.024	3
	レース当日(朝)	1.012	0.007	1.027	1.004	9	1.021	0.003	1.026	1.019	3
	レース後										
pH	大会前日	6.33	0.41	7.0	5.5	9	6.00	0.00	6.0	6.0	3
	レース当日(朝)	6.33	0.67	7.5	5.5	9	6.83	0.47	7.5	6.5	3
	レース後										

表5 第30回北海道マラソンにおける調査結果（自律神経活動）

		男子					女子				
		平均	標準偏差	最大値	最小値	n	平均	標準偏差	最大値	最小値	n
心拍数	大会前日	57.00	8.91	68.00	41.00	7	63.00	5.00	68	58	2
SDNN	大会前日	93.59	54.92	206.50	49.40	7	54.50	11.10	65.6	43.4	2
RMSSD	大会前日	87.86	67.53	218	33	7	38.50	7.50	46	31	2
PSI	大会前日	4.55	0.78	5.33	2.98	7	5.20	0.02	5.21	5.18	2
LnTP	大会前日	7.87	1.08	10.1	6.8	7	7.07	0.06	7.13	7.01	2
LnLF	大会前日	6.857	1.495	9.900	5.340	7	5.850	0.330	6.180	5.520	2
LnHF	大会前日	6.20	1.22	7.7	4.5	7	5.30	0.85	6.2	4.5	2
LF norm	大会前日	63.05	18.39	89.7	36.6	7	59.85	25.10	84.9	34.8	2
Ln(LF/HF)	大会前日	1.12	0.16	1.4	0.9	7	1.15	0.25	1.4	0.9	2

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

松生香里¹⁾ 保科圭汰²⁾ 竹井康彦³⁾ 岡崎和伸⁴⁾ 杉田正明⁵⁾
小川 智⁶⁾ 小島忠幸⁷⁾ 山頭直樹⁸⁾ 大澤陽祐⁶⁾ 宗猛⁷⁾ 吉川三男⁹⁾ 酒井勝充¹⁰⁾
1) 東北大学 2) 酪農学園大学 3) 独立行政法人 日本スポーツ振興センター
4) 大阪市立大学 5) 三重大学 6) Honda 7) 旭化成 8) 安川電機 9) 富士通
10) コニカミノルタ

はじめに

夏季オリンピックのマラソンは、猛暑の中でのレースが予想される。夏季のレースは、外気温・湿度が上昇する暑熱環境の中での競技が実施されるため、競技中の体温上昇によるエネルギーの消耗も激しく、パフォーマンスは著しく低下する。科学委員会では、2013年度から暑熱対策を視野に入れたマラソンレース時、夏期合宿時において、生理学的指標の測定・調査を実施してきた¹⁾。特に、リオデジャネイロオリンピックでは、高温多湿の環境下でのレースになることが想定され、暑熱下のレース中における給水の重要性、また、スポーツ飲料の組成や温度などを調べ、いかに体内で素早く水分を吸収し、パフォーマンス低下を抑制できるかという調査を進めてきた²⁾³⁾⁴⁾。

一方で、競歩選手の合宿中における汗の成分分析においては、各選手の汗中成分に特徴的な差がみられたこと、監督・コーチに暑さに強いと評された選手は、汗中のナトリウム濃度が低い選手が大半であったことが報告されている²⁾。このように、客観的に得られた生理学的指標と選手や監督・コーチの評価、各選手の主観的コンディションの状態を併せて確認し、暑熱対策の情報として、現場に還元することが必要である。選手個人の特性を把握し、各選手に合った暑熱に対する事前のコンディショニングや対処方法を検討しておくことが、勝つためのレースを展開する上で、非常に重要な鍵になると考えられる。

そこで本調査では、リオデジャネイロオリンピック男子マラソン代表選手3名を対象に、釧路での事前合宿におけるコンディション管理として、主観的コンディション、生理学的指標（尿中指標、体重変

化等）を測定し、マラソンレース時の対策や事前のコンディショニング基礎資料を得ることを目的とした。

方法

1) 対象選手

2016年リオデジャネイロオリンピック男子マラソン代表の3選手(A, B, C)を対象とした。

2) 測定の概要

コンディション測定は、オリンピックの事前に行われた釧路合宿(7月22日～8月3日)にて実施した。毎日の体調管理・コンディション確認のため、5段階の主観的コンディション調査、酸素飽和度(SpO₂)、脈拍数、体温、尿比重・尿中成分および練習時の体重変化を測定した。なお、各選手の練習スケジュールは別メニューのため、それぞれの測定結果として示した。

3) 体重測定

体重は10g単位の体重計を用いて、ポイント練習時のウォーミングアップ終了後、スタート前・後に測定し、体重変化から、およその発汗量を調べ、レース時の対処策の参考にした。なお、給水量を補正するため、練習前後の給水ボトルを測定し、給水量を推定し、体重変化量を算出した。

4) 主観的コンディション調査

毎日のコンディション確認のため、選手には予め、記入用紙と採尿カップを手渡しし、5段階スケールを用い、「寝つき」「睡眠の深さ」「寝起き」「疲労感」「体の火照り」および「睡眠の状況」を記録、パルスオ

表 1. コンディション記録用紙調査表

コンディション記録用紙		名前					日付	／
以下について、当てはまるものを○で囲んでください。								
1 寝つき	悪い	1	2	3	4	5	良い	
2 睡眠の深さ	浅い	1	2	3	4	5	深い	
3 睡眠の状況	夢を見た	何回も目覚めた			何回もトイレに行った			
	寝汗をかいた	軽く頭痛がした			特に無し			
4 寝起き	悪い	1	2	3	4	5	良い	
5 疲労感	強い	1	2	3	4	5	無い	
6 体の火照り	強い	1	2	3	4	5	無い	
起床時に測定した値を以下に記入してください。								
1 SpO ₂		(%)			2 心拍数		(拍/分)	
3 体温		(度)						

キシメータを用いて SpO₂、脈拍数、体温を測定し、朝練前に尿検体と一緒に提出する形式をとった（記入用紙：表 1. 参照）。

5) 尿の採取

各選手の尿は、起床後、紙コップを用いて採取し、尿検体から比重（尿比重計、ATAGO OAL-09S）および、試験紙にて、尿中タンパク、クレアチン、pH を測定した。

6) 環境温度測定

練習中の環境条件調査は、湿球黒球温度計を用いて、気温、湿度および湿球黒球温度（WBGT）を測定した。

結果と考察

各選手の身体特性とマラソンベスト記録を表 2 に示した。身長、体重は、A 選手（169cm, 56kg）、B 選手（170cm, 55kg）、C 選手（171cm, 56kg）であった。

1) 主観的コンディション、尿比重・尿中クレアチニン濃度（表 3, 図 1）

各選手における合宿中の主観的コンディションを表 3 に示した。

A 選手は、合宿前日の 21 日から 8 月 3 日までの記録を示した（上段）。睡眠の指標「寝つき」「睡眠の深さ」「寝起き」においては、悪い状態はみられ

表 2. 各選手の身体特性とマラソンベスト記録

	A選手	B選手	C選手
身長 (cm)	169.0	170.0	171.0
体重 (kg)	56.0	55.0	56.0
マラソンベスト記録	2時間09分10秒	2時間09分16秒	2時間08分56秒

なかった。また、合宿前日の 21 日は、SpO₂ が 100% と非常に高い値を示し、良いコンディションで合宿地入りできたことがうかがえた。合宿後半には、「疲労感」および「体の火照り」が強く、疲労気味の状態を示したものの、指導者との日常の体調確認から予定通りのトレーニングを実施できている状態であることが理解できた。

B 選手は「寝つき」「睡眠の深さ」「寝起き」の指標において低値を示した（中段）。また、「睡眠の状況」において「夢を見た、何回も目が覚めた」という状態が長く続き、故障で走るトレーニングが出来ないなど、精神的なストレスによる可能性も考えられた。

C 選手は「寝つき」「睡眠の深さ」「寝起き」「睡眠の状況」「疲労感」「体の火照り」において、不眠や疲労の蓄積状態はみられなかった（下段）。

各選手の早朝尿（尿中クレアチニン濃度および尿比重）の変化を図 1 に示した。尿比重が、1.025 以上では脱水傾向を示すこと、また、1.010 以下で低すぎる場合は、身体が水分バランスを維持するため、尿として水分が排泄されている可能性が考えられる。このことから、選手には、1.010 ~ 1.020 の

表3. 各選手における合宿中の主観的コンディション

A選手

	寝つき	睡眠の深さ	睡眠の状況	寝起き	疲労感	体の火照り	SpO2	脈拍数	体温	SpO2/脈拍数
	悪い1~5良い	浅い1~5深い		悪い1~5良い	強い1~5無い	強い1~5無い	%	拍/分	℃	%
7月21日(木)	5	4	寝汗をかいた	3	3	4	100	38	36.4	2.63
7月22日(金)	5	4	何回もトイレに行った	2	4	4	99	41	36.3	2.41
7月23日(土)	5	5	寝汗をかいた	2	4	4	98	38	36.5	2.58
7月24日(日)	2	3	何回も目が覚めた	3	3	3	97	46	36.6	2.11
7月25日(月)	3	3	何回もトイレに行った	4	4	4	99	47	36.4	2.11
7月26日(火)	4	4	特に無し	4	2	2	99	39	36.4	2.54
7月27日(水)	5	5	特に無し	3	2	2	99	46	36.6	2.15
7月28日(木)	2	2	何回も目が覚めた	3	2	2	98	45	36.6	2.18
7月29日(金)	4	4	特に無し	4	2	3	99	39	36.3	2.54
7月30日(土)	4	4	特に無し	4	2	2	99	38	36.4	2.61
7月31日(日)	3	3	何回も目が覚めた	3	1	1	98	45	36.3	2.18
8月1日(月)	4	4	特に無し	3	1	2	98	36	36.4	2.72
8月2日(火)	4	4	特に無し	4	1	2	98	38	36.5	2.58
8月3日(水)	4	4	特に無し	4	1	2	99	39	36.4	2.54

B選手

	寝つき	睡眠の深さ	睡眠の状況	寝起き	疲労感	体の火照り	SpO2	脈拍数	体温	SpO2/脈拍数
	悪い1~5良い	浅い1~5深い		悪い1~5良い	強い1~5無い	強い1~5無い	%	拍/分	℃	%
7月23日(土)	3	3	夢を見た、何回も目覚めた	3	4	5	97	45	36.0	2.16
7月24日(日)	2	2	夢を見た、何回も目が覚めた	2	4	5	99	48	35.8	2.06
7月25日(月)	1	1	何回も目が覚めた	1	3	5	98	48	36.2	2.04
7月26日(火)	2	2	夢を見た、何回も目が覚めた	3	3	2	99	50	36.1	1.98
7月27日(水)	3	2	夢を見た、何回も目が覚めた	2	2	2	96	52	36.1	1.85
7月28日(木)	1	2	何回も目が覚めた	1	4	3	98	52	36.3	1.88
7月29日(金)	2	4	夢を見た	4	3	5	97	51	35.9	1.90
7月30日(土)	2	2	夢を見た、何回も目が覚めた	2	2	5	98	48	36.0	2.04
7月31日(日)	4	3	夢を見た	2	3	5	98	50	36.1	1.96
8月1日(月)	3	2	夢を見た、何回も目覚めた	2	3	2	98	47	36.1	2.09

C選手

	寝つき	睡眠の深さ	睡眠の状況	寝起き	疲労感	体の火照り	SpO2	脈拍数	体温	SpO2/脈拍数
	悪い1~5良い	浅い1~5深い		悪い1~5良い	強い1~5無い	強い1~5無い	%	拍/分	℃	%
7月22日(金)	2	2	何回もトイレに行った	3	3	3	98	52	36.2	1.88
7月23日(土)	4	4	特に無し	3	3	3	97	51	36.3	1.90
7月24日(日)	4	4	特に無し	2	3	3	98	53	36.2	1.85
7月25日(月)	4	4	特に無し	3	4	3	98	55	36.3	1.78
7月26日(火)	4	3	特に無し	3	3	3	98	54	36.3	1.81
7月27日(水)	5	4	特に無し	3	3	3	98	55	36.4	1.78
7月28日(木)	4	3	特に無し	4	3	3	98	50	36.1	1.96
7月29日(金)	4	4	特に無し	2	4	3	98	57	35.9	1.72
7月30日(土)	3	4	何回も目が覚めた	3	3	4	98	50	35.9	1.96
7月31日(日)	3	4	特に無し	3	3	4	97	53	36.2	1.83
8月1日(月)	4	4	特に無し	2	3	3	99	57	36.4	1.74

範囲が体水分のバランスが良い状態であることを伝え、体調管理の参考になるよう言葉がけを行った(図1破線の範囲)。A選手は、ポイント練習の翌日に尿比重および尿中クレアチニンが上昇する傾向がみられ、ポイント練習前後の電解質成分を含んだ水分補給や食事からの塩分を含んだ水分摂取を心がけるように伝え、数値を参考にしながら、自身の体調に合わせ、上手く調整していたと考えられる。B選手は、ウエイトトレーニングや補強が中心であったため、水分摂取は他の2選手より少ない傾向もあり、尿比重、尿中クレアチニン濃度が高い傾向を示した。アドバイスでは、日中のこまめな水分補給と、食事からの水分摂取を心がけるように伝えた。C選手は、以前にも体重変化や汗の成分の測定経験があることから、普段の練習においても水分摂取には気を使っており、ポイント練習の翌日も、非常に安定した尿比重、尿中クレアチニン濃度を示した。

主観的コンディションの結果および、尿中クレアチニン濃度、尿比重の結果からは、病的な体調の悪化はみられず、練習に伴う体調の変化として、良好な調整であることが示された。

2) ポイント練習における体重変化(図2, 図3)

A選手のポイント練習前後における体重変化(給水量で補正した体重変化)および練習中の環境条件(最高WBGT、最高気温、最高湿度)を図2に示した。A選手は、普段の練習時にも発汗量が多いことを自覚していた。このことから、選手自身がポイント練習時の発汗量を数値化することで改めて認識し、トレーニングの内容や強度、走行距離、環境条件の違いによって発汗量が異なることを再確認した。特に、7月30日の40kmの距離走では、最高気温22.0℃、最高湿度94%で、体感について「暑さはそれほど感じなかったが汗がすごく出た」という感想があり、

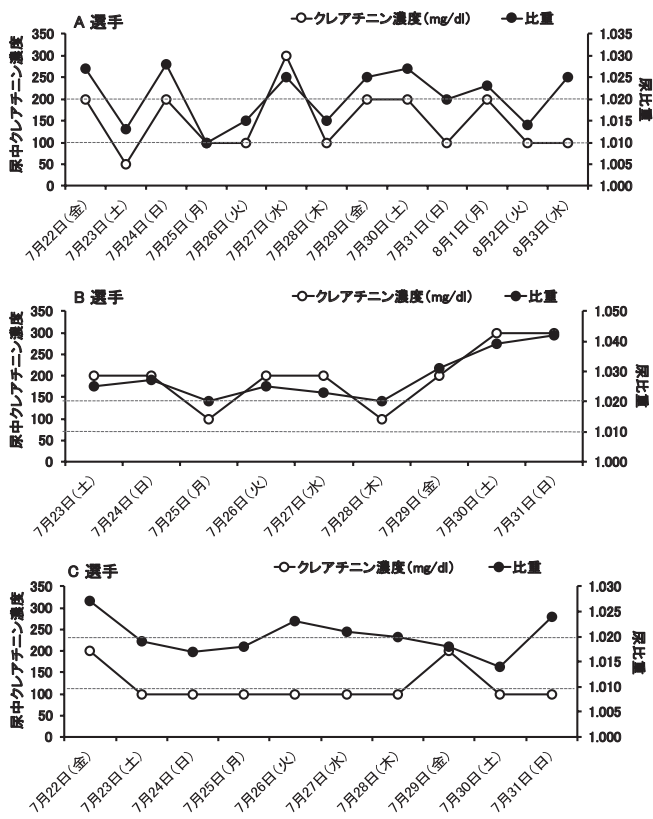


図1. 各選手における早朝尿の変化（クレアチニン濃度、比重）

体重減少率が5.03%と非常に高い値を示した。アメリカスポーツ医学会の報告では、発汗によって2%以上の体重が減少すると、持久系のパフォーマンスが著しく低下することが示されている⁵⁾。暑熱下におけるパフォーマンス低下を防ぐためには、給水内容（ナトリウムイオンなど、電解質濃度の高い給水）も重要であると考えられる。それに加えて、今回の事前合宿のように、ポイント練習時の気候とトレーニング前後の体重変化、飲料の摂取等、選手自身が体感の違いを理解しておくことにより、レース当日の天候等を含む判断材料として活用できると考えられる。

C選手のポイント練習前後における体重変化（給水量で補正した体重変化）および練習中の環境条件（最高WBGT、最高気温、最高湿度）を図3に示した。ポイント練習における体重減少率は、7月31日の距離走（2時間走：32km）では3.58%であり、図には掲載していないが、体感は「暑く感じた」という感想であった。最高気温25.5℃、最高湿度92.1%であった。体感の感じ方は、各選手において異なるため、スタッフから尋ねられる（質問を受ける）ことによって、改めて自身の体質や当日の体調と併せて、コンディションを確認できる機会になるかもしれない。今回のオリンピックのように、女子マラソン

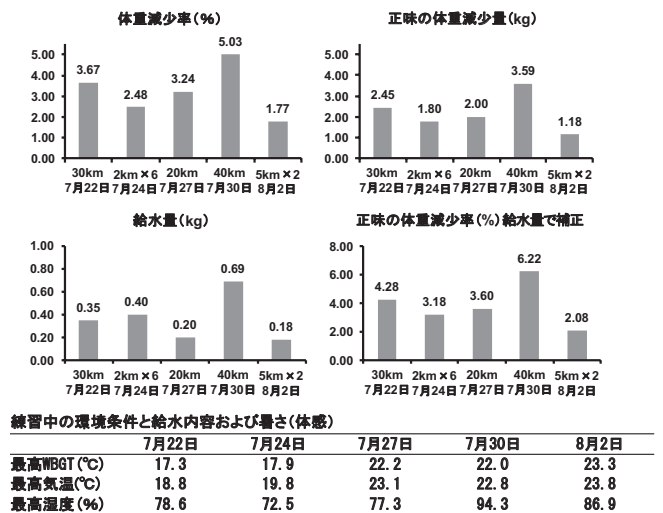


図2. A選手（体重：56kg）のポイント練習における環境条件および給水量と体重減少

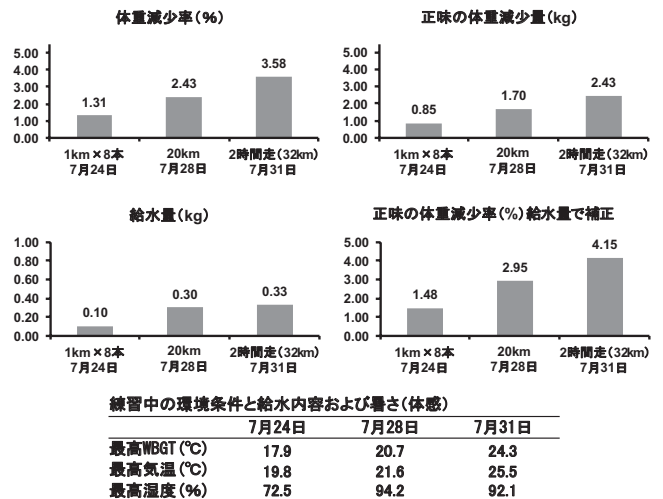


図3. C選手（体重：56kg）のポイント練習における環境条件および給水量と体重減少

は非常に暑い中でのレースとなり、一方の男子マラソン当日は雨天であったことから、暑熱対策に加えて様々な環境変化に応じた対処も視野に入れ、サポートする必要性が考えられた。

本調査のように、合宿に帯同し、簡易的にでもポイント練習前後の体重変化や給水量の測定から、選手自身が客観的数値から「発汗量が多い」など、自身の体質を確認することで、レース時の水分摂取等の対策の参考として活用できる可能性が考えられる。

3) レース後のヒアリング調査（図4）

リオデジャネイロオリンピック男子マラソンレース後ヒアリング調査の一部について3選手の回答を表4に示した。大会当日は、雨・気温24℃、湿度

表4. リオデジャネイロオリンピック男子マラソンレース後ヒアリング調査

質問	A選手	B選手	C選手
1) レース当日の暑さ・寒さ対策はどのように行いましたか。	暑さ対策・雨対策のため、帽子を着用しレースにのぞんだ。実際には使用しなかったが、ネッククーラーを準備していた。	特に行っていない。帽子とスカーフ(首回りに着用)を準備していたが、涼しかったので必要なかった。	レースに向けて日頃からこまめに水分補給をすることを心がけた。レース当日は、日差しが強くなる可能性も踏まえて帽子をかぶりスタートしたが、曇りだったため、途中で外した。
2) レース中の給水・スポンジ使用についてお聞かせください。	用意していたスペシャルドリンクは全て取ることができた。スペシャルドリンクのほか、水やスポンジも取ることができ、給水は全て上手くいった。用意していたスペシャルドリンクは全て取ることができた。	これまでのマラソンと違って、スペシャルドリンクを毎回取るようにした。暑さ対策ではなく、後半疲労で固まってしまった足の筋肉に刺激を与えるためにスポンジで水をかけるようにした。	給水ポイントが非常に分かりにくく、隣との間隔が狭かったため、前半は場所を確認しながら走った。今回のレースでは全部の給水ポイントで給水を受け取ることが出来たので、しっかりと多めにとった。今回のレースでは、スポンジは取らなかった。

※大会当日：雨・気温24℃ 湿度83%

83%であった。

質問1の「レース当日の暑さ・寒さ対策はどのように行いましたか」という問いに対して、A選手、暑さ対策・雨対策、暑くなる可能性を踏まえて帽子を着用してレースにのぞんだと回答しており、また、C選手においては、当日に向けて、こまめに水分補給を心がけていたことがうかがえた。

質問2の「レース中の給水・スポンジ使用についてお聞かせください」という質問に対しては、3選手とも、給水は非常に上手くいき、スペシャルドリンクは必ず取れたことが記載されていた。C選手は、給水ポイントがわかりにくく、隣との間隔が狭かったため、前半は場所を確認しながら走ったというコメントであった。事前のコース状態の確認や給水ポイントの把握は重要であるが、当日のレース展開によって臨機応変に対応できる経験や冷静な判断力を養う必要性がうかがえた。

以上のように、事前合宿における調査から、主観的コンディションの把握とポイント練習における体重変化の測定のみであったが、選手のトレーニング実施内容と併せて、特性を把握することにより、マラソンレース当日の暑さ対策として、現場に活用できる可能性が示唆された。

今回の事前合宿地が、夏季も涼しい釧路であり、選手には走りやすい環境であったことから、もしかすると、オリンピック1ヶ月前の環境条件もトレーニングや暑熱対策の位置付けとして、今後の対策を再考する必要があるかもしれない。暑熱下のレースに向けた事前のコンディショニングという視点から、体重変化や尿中指標等の測定を継続することは、

各選手の体質の特性や不調・好調などの体調を把握する手段の1つとなり、レース時の給水成分を検討する有益な情報としての活用が期待される。これらの取り組みを基盤として、猛暑でのレースが想定される東京オリンピックに向けた暑熱対策に、種々のトレーニング環境を含め、どのような対策が適切であるか、生理学的な指標からの観点と選手や指導者の主観的な観点を併せて検討し、試行・実践の中からメダル獲得に向けた取り組みが急務になると考えられる。

今後、さらに、選手のコンディションサポートとして、生理学的指標の調査を継続し、各選手に合った暑熱対策の情報として、的確なアドバイスができるよう、現場還元を目指したい。

謝辞

リオデジャネイロオリンピック男子マラソン事前合宿におけるコンディションサポートにおいてご協力頂きました選手を始め、スタッフ、関係者の皆様に感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 杉田正明, 瀧澤一騎, 岡崎和伸, 松生香里, 山口太一, 広川龍太郎, 須永美歌子, 武富豊, 宗猛, 酒井勝充. 北海道マラソンにおける調査について. 陸上競技研究紀要. 10:150-158. 2015.
- 2) 岡崎和伸, 松生香里, 瀧澤一騎, 三浦康二, 杉田正明, 今村文男, 宗猛, 酒井勝充. 長距離お

- よび競歩選手における汗中の電解質濃度の分析．
陸上競技研究紀要． 10 巻 146-149. 2015.
- 3) 松生香里, 岡崎和伸, 杉田正明, 橋本峻, 保科圭汰,
高岡寿成, 黒木純, 佐藤敏信, 宗猛． 第 29 回サ
フォー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 巻 58-62. 2016.
- 4) 杉田正明, 松生香里, 瀧澤一騎, 岡崎和伸, 山
口太一, 橋本峻, 須永美歌子, 山本宏明, 武富豊,
宗猛, 酒井勝充． 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 巻 63-
68. 2016.
- 5) American College of Sports Medicine
position stand. Exercise and fluid
replacement. Sawka MN, Burke LM, Eichner ER,
Maughan RJ, Montain SJ, Stachenfeld NS. Med
Sci Sports Exerc 39(2)377-90, 2007.

2016年世界U20選手権及び全日本実業団における 競技者の前額面内下胴キネマティクス

三浦康二¹⁾ 永原 隆²⁾ 渡辺 圭佑³⁾ 安藤柗之介⁴⁾

1) 成蹊大学 2) 鹿屋体育大学 3) 岐阜県スポーツ科学センター 4) 順天堂大学大学院

1. 目的

陸上競技・競歩では通常歩行よりも歩行速度が大きく、肩甲骨と骨盤の前額面内の回転は特徴的な技術とされている (Murray ほか, 1983 ; Payne と Payne, 1981). また, 男子 20kmW の 3次元分析から, 支持期中盤における回復脚側股関節を持ち上げるような下胴の前額面内における角加速度は大きな歩行速度と高い競技パフォーマンスの獲得に関係していたことが報告されている (三浦ほか, 2014 ; Hoga-Miura et al., 2016).

本報告では, 2016年7月に行われた世界U20陸上競技選手権 (以下, 世界U20) に出場した男女U19育成競技者及び全日本実業団陸上競技選手権 (以下, 実業団) に出場し上位に入った強化対象競技者のレース序盤における前額面内の下胴キネマティクスの分析結果を示すことを目的とした。

2. 方法

分析レースは, 世界U20女子10000mW決勝(7月19日)と男子10000mW決勝(7月23日)及び実業団男・女10000mW決勝(9月24日)であった。

これらのレースにおいて, バックストレート1レーンの延長線上の競技場外, グランドレベルの高さにビデオカメラを固定し, カメラスピード60fpsで撮影した。

撮影した競技者のうち, 世界U20については優勝者及び日本代表選手を, 実業団については男子の上位3名、女子の優勝者を本報告における分析対象者とした。これらの競技者のユニフォームパンツの腰部上端ラインの左右の端2点を下胴の前額面内の動作を示す分析点として1歩行周期(2歩)分の動作をビデオ動作分析システム(Frame-DIAS IV, DKH社製)によりデジタル化した。また, 実長換算は不

可能であったが, 1レーンの200mスタートライン両端をデジタル化することで水平較正マーカーとした。

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

算出したデータは, 右足接地から右足接地から離地までを右足支持期として, 右接地時点を0%, 右足つま先の離地時点を100%として局面を規格化してデータの比較を行った。

3. 結果

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

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

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

Hoga-Miura, K., et al. (2016) A three-

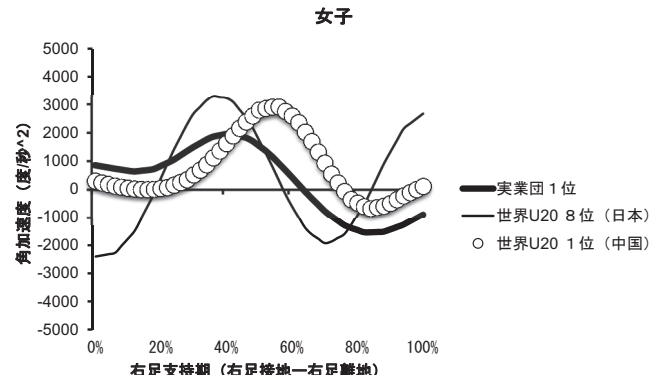
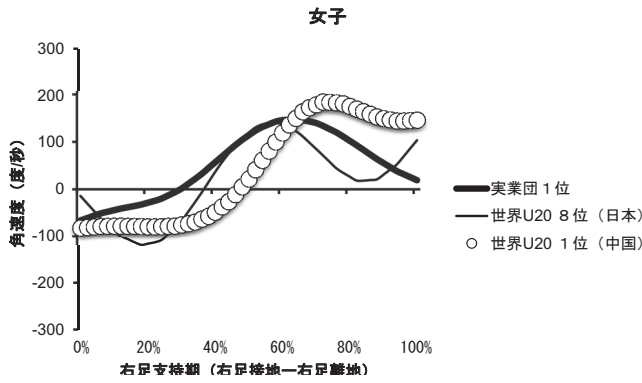
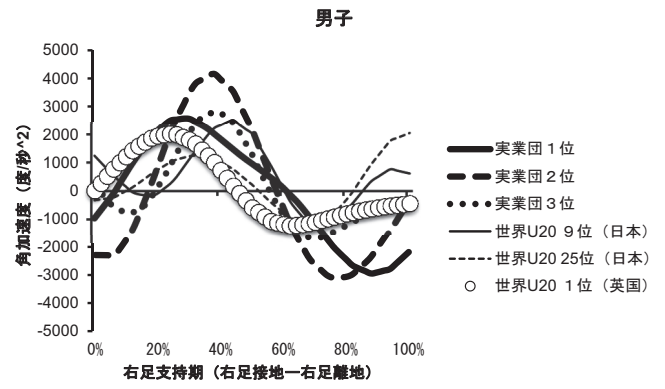
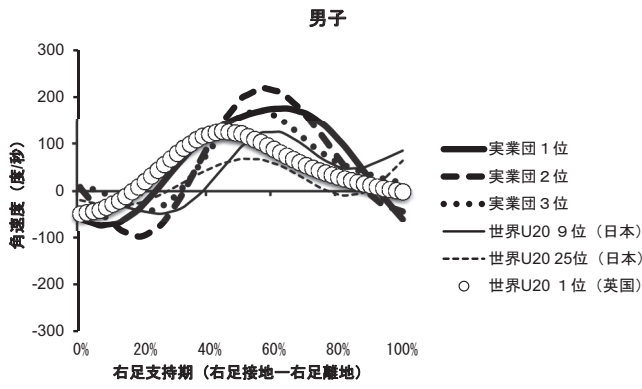


図1 前額面内の下胴角速度

図2 前額面内の下胴角加速度

dimensional kinematic analysis of men's 20-km walking races using an inverted pendulum model. Gazzetta Medica Italiana Archivio per le Scienze Mediche, 175(7-8), 297-307.

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

Payne, H. and Payne, R. (1981) The science of track and field athletics. Pelman Books, London.

2016 U20 世界選手権における男女三段跳の分析

小山宏之¹⁾ 柴田篤志¹⁾ 柳谷登志雄²⁾ 安藤格之助²⁾ 渡辺圭佑³⁾ 山元康平⁴⁾ 高松潤二⁵⁾
 1) 京都教育大学 2) 順天堂大学 3) 岐阜県スポーツ科学センター 4) 筑波大学大学院
 5) 流通経済大学

1. はじめに

日本陸上競技連盟科学委員会の跳躍班は、2016年にポーランドのビドゴシチで開催されたU20世界選手権において、男女の三段跳に出場した選手の各歩の跳躍距離を分析する映像を収集できた。これまで、三段跳の海外ジュニア選手の測定を行う機会がなかったこと、海外ジュニア選手の跳躍距離データに関する報告はないことから、日本と海外のジュニア選手の比較を十分に行えていないのが現状である。そこで本報告では、2016 U20 世界選手権に出場した男女三段跳選手の各歩の跳躍距離を報告するとともに、日本ジュニアトップ選手の測定データと比較を行うことを目的とする。

2. 方法

三段跳のホップ、ステップおよびジャンプの各歩の跳躍距離を分析するために、助走路側方で踏切板から砂場間のスタンド上方にビデオカメラ (DMC-Fz2000, Panasonic 社製) を固定した後、踏切板から砂場の助走路側の端までが入る画角に設定し、毎秒120コマで固定撮影した (図1)。撮影は決勝ラウンドのみ行った。撮影した映像を用いて、踏切板のファールラインの両端 (2点) および砂場と助走路の交点2点の計4点を基準点とし、各歩のつま先位置の座標を推定した。その際、助走 (跳躍) 進行

方向を y 方向、進行方向に対し右方向を x 方向とした。踏切での損失距離 (ファールラインとホップの踏切のつま先間の y 方向距離) とファールラインからステップの接地までの y 方向距離の合計をホップ距離、ステップの接地からジャンプの接地までの y 方向距離をステップ距離、ジャンプの接地から公式記録による着地位置までの y 方向距離をジャンプ距離とし、各歩の跳躍距離を算出した。

表1は男子選手、表2は女子選手の分析対象者の競技記録と大会前のパーソナルベスト (PB) を示している。

また、日本選手については、2016岡山インターハイ、2016岩手国体、2016日本ジュニア選手権における跳躍を同様の設定で撮影した。

表1 2016 U20 世界選手権男子三段跳における分析対象者

選手	年齢	記録 (m)	身長 (m)	PB (m)
Martinez (CUB)	19	17.06 (-1.1)	1.92	17.24
Napoles (CUB)	18	16.62 (-0.6)	-	16.92
Raffin (FRA)	18	16.37 (-2.4)	1.83	16.47
Kronsteiner (AUT)	19	16.25 (-0.3)	1.84	16.19
Sung (KOR)	19	16.11 (-0.7)	-	16.21
Scott (JAM)	19	16.01 (+0.2)	-	16.01
Liu (CHN)	19	16.01 (+0.2)	-	16.18
Van Assen (SUR)	19	15.75 (-1.9)	-	16.37
Bezins (UKR)	19	15.70 (-0.1)	2.00	16.55
Brown Jr (USA)	19	15.60 (-1.7)	-	16.35
Du (CHN)	17	15.41 (-1.0)	-	16.02
Wallance (USA)	19	15.10 (-0.3)	-	16.37



図1 撮影映像例 (2016 U20 世界選手権男子三段跳決勝)

表2 2016 U20 世界選手権女子三段跳における分析対象者

選手	年齢	記録 (m)	身長 (m)	PB (m)
Chen (CHN)	19	13.85 (+1.4)	-	13.77
Romeou (GRE)	19	13.55 (+0.7)	1.74	13.39
Anitei (ROU)	17	13.49 (+1.7)	1.56	13.60
Matthews (USA)	19	13.49 (+2.1)	-	13.73
Moretic (CHI)	18	13.40 (+1.8)	-	13.35
Xu (CHN)	19	13.23 (+1.6)	-	13.42
Mihai (ROU)	19	13.21 (+1.7)	-	13.23
Ovchinnikova (KAZ)	18	13.17 (+1.2)	-	13.60
Guillaume (FRA)	18	12.99 (+1.3)	-	13.37
David (FRA)	19	12.97 (+0.6)	-	13.65
Wright (JAM)	19	12.91 (+1.8)	-	13.02
Velazco (CUB)	17	12.83 (+1.4)	-	14.08

3. 結果および考察

3.1 男子三段跳

表3は各選手の跳躍距離に関する基礎的データを示している。示したデータはPBに対して97%以上の記録であった跳躍のものであり、97%以上の試技がなかった選手は最も記録の良かった試技の結果を示している。また、表4には日本ジュニア選手の岡

山インターハイ、岩手国体、日本ジュニア選手権における各選手の最も良かった試技の結果を示した。

表3からわかるように、実測距離で17.00m以上の選手が1名、16.50m以上の選手が2名、16.00m以上の選手が4名と、向かい風が強い中(表1)にも関わらず非常にレベルの高い試合であった(参考:日本ジュニア記録16.29m、ジュニアで16.00m以上は歴代で10人)。また、中国選手が2名、韓国選手が1名決勝に残りアジア選手の活躍が顕著であった。

図2は世界選手のPBの97%以上の試技、日本選手の各試合でのベスト試技において、実測記録とホップ距離の関係を示している。世界選手ではホップ距離と実測距離の間に有意な正の相関関係があり($r=0.596$, $p<0.01$)、最も記録の良かったMartinez (CUB) 選手のホップ距離は6.60mと非常に大きかった。一方で、Martinez選手を除くと有意な相関関係はなくなり($r=0.312$, N.S.), 16m台の跳躍の大部分では実測距離に関わらず6.00~6.20m程度のホップ距離であった。なお、16m台でホップ距離が6.00mに満たなかったのは、Sung選手(KOR)の4

表3 U20 世界陸上競技選手権大会における男子三段跳の跳躍距離に関するデータ

選手名	試技	公式記録 (m)	実測距離 (m)	踏切損失 (m)	ホップ距離 (m)	ステップ距離 (m)	ジャンプ距離 (m)	ステップまでの距離 (m)	ホップ比率 (%)	ステップ比率 (%)	ジャンプ比率 (%)	ホップステップ比 (%)
Martinez (CUB)	1st	16.59	16.97	0.38	6.32	4.85	5.80	11.17	37.2	28.6	34.2	76.7
	3rd	17.06	17.10	0.04	6.60	4.95	5.55	11.55	38.6	28.9	32.5	75.0
Napoles (CUB)	1st	16.50	16.66	0.16	6.07	5.22	5.37	11.29	36.4	31.3	32.2	86.0
	3rd	16.41	16.50	0.09	6.10	4.85	5.55	10.95	37.0	29.4	33.6	79.5
	4th	16.62	16.76	0.14	6.17	5.26	5.33	11.43	36.8	31.4	31.8	85.3
Raffin (FRA)	1st	16.37	16.52	0.15	6.01	5.24	5.27	11.25	36.4	31.7	31.9	87.2
Kronsteiner (AUT)	1st	16.11	16.33	0.22	6.07	4.60	5.66	10.67	37.2	28.2	34.7	75.8
	2nd	16.20	16.44	0.24	6.12	4.74	5.58	10.86	37.2	28.8	33.9	77.5
	3rd	16.25	16.46	0.21	5.83	5.13	5.50	10.96	35.4	31.2	33.4	88.0
	4th	16.10	16.36	0.26	6.26	4.78	5.32	11.04	38.3	29.2	32.5	76.4
Sung (KOR)	1st	15.87	15.92	0.05	6.05	4.55	5.32	10.60	38.0	28.6	33.4	75.2
	2nd	15.71	15.75	0.04	5.81	4.30	5.64	10.11	36.9	27.3	35.8	74.0
	3rd	16.11	16.21	0.10	6.15	4.47	5.59	10.62	37.9	27.6	34.5	72.7
	4th	16.09	16.20	0.11	5.84	4.57	5.81	10.41	36.0	28.2	35.9	78.3
Scott (JAM)	3rd	16.01	16.16	0.15	6.08	4.59	5.49	10.67	37.6	28.4	34.0	75.5
	4th	15.69	15.82	0.13	6.24	4.62	4.96	10.86	39.4	29.2	31.4	74.0
Liu (CHN)	1st	16.01	16.05	0.04	6.22	4.18	5.65	10.40	38.8	26.0	35.2	67.2
Van Assen (SUR)	3rd	15.70	15.99	0.29	5.72	4.57	5.70	10.29	35.8	28.6	35.6	79.9
Bezins (UKR)	3rd	15.70	15.98	0.28	5.83	4.50	5.65	10.33	36.5	28.2	35.4	77.2
Brown Jr (USA)	2nd	15.57	15.78	0.21	5.14	4.89	5.75	10.03	32.6	31.0	36.4	95.1
Du (CHN)	1st	15.41	15.62	0.21	5.86	4.00	5.76	9.86	37.5	25.6	36.9	68.3
Wallance (USA)	2nd	15.10	15.21	0.11	5.40	5.30	4.51	10.70	35.5	34.8	29.7	98.1

表4 2016年岡山インターハイ，岩手国体，日本ジュニア選手権大会における男子三段跳の跳躍距離に関するデータ

選手名	試技	公式記録 (m)	実測距離 (m)	踏切損失 (m)	ホップ距離 (m)	ステップ距離 (m)	ジャンプ距離 (m)	ステップまでの距離 (m)	ホップ比率 (%)	ステップ比率 (%)	ジャンプ比率 (%)	ホップステップ比 (%)
岡山インターハイ												
水谷 司	6th	15.60	15.65	0.05	6.28	3.74	5.63	10.02	39.9	24.0	36.1	59.6
竹之内 優汰	3rd	15.39	15.51	0.12	5.63	4.40	5.48	10.03	35.8	28.6	35.6	78.2
長塚 柊真	6th	15.03	15.06	0.03	5.43	4.78	4.85	10.21	36.1	31.7	32.2	88.0
横森 友朗	3rd	15.00	15.15	0.15	5.71	4.22	5.22	9.93	37.1	28.1	34.8	73.9
岡本 健	4th	14.93	14.96	0.03	5.53	4.49	4.94	10.02	36.8	30.1	33.1	81.2
河出 壱貴	3rd	14.85	15.04	0.19	5.63	4.33	5.08	9.96	36.6	29.2	34.2	76.9
一戸 和成	6th	14.83	14.83	0.00	5.43	4.35	5.05	9.78	36.6	29.3	34.1	80.1
吉田 智也	1st	14.79	14.81	0.02	5.62	4.25	4.94	9.87	37.8	28.7	33.4	75.6
岩手国体												
水谷 司	1st	15.48	15.57	0.09	5.94	3.99	5.64	9.93	38.2	25.6	36.2	67.2
西村 恒太	1st	15.35	15.47	0.12	5.97	4.00	5.50	9.97	38.6	25.9	35.6	67.0
横森 友朗	4th	15.29	15.43	0.14	5.87	4.24	5.32	10.11	38.0	27.5	34.5	72.2
竹之内 優汰	5th	15.10	15.26	0.16	5.49	4.05	5.72	9.54	36.0	26.5	37.5	73.8
一戸 和成	6th	15.01	15.08	0.07	5.59	3.99	5.50	9.58	37.1	26.5	36.5	71.4
岡本 健	1st	15.00	15.08	0.08	5.54	4.32	5.22	9.86	36.7	28.6	34.6	78.0
長塚 柊真	2nd	14.97	15.10	0.13	5.94	4.26	4.90	10.20	39.3	28.2	32.5	71.7
河出 壱貴	6th	14.71	14.81	0.10	5.68	4.22	4.91	9.90	38.4	28.5	33.2	74.3
日本ジュニア選手権												
平松 祐司	6th	15.71	15.95	0.24	5.72	4.80	5.43	10.52	35.9	30.1	34.0	83.9
田中 駿平	6th	15.15	15.27	0.12	5.72	4.58	4.97	10.30	37.5	30.0	32.5	80.1
柏倉 康平	2nd	15.03	15.11	0.08	5.82	4.25	5.04	10.07	38.5	28.1	33.4	73.0
一戸 和成	6th	14.84	14.96	0.12	5.35	4.32	5.29	9.67	35.8	28.9	35.4	80.7
瀧谷 京輔	3rd	14.74	14.82	0.08	5.37	3.92	5.53	9.29	36.2	26.5	37.3	73.0

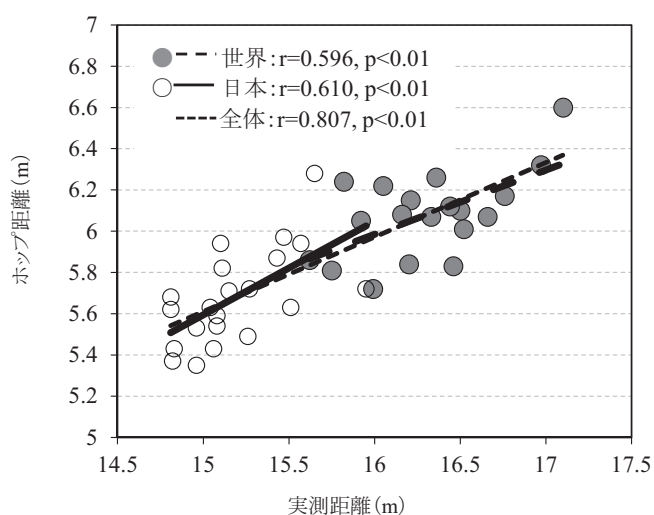


図2 U20世界選手権男子三段跳決勝進出者および日本ジュニアトップ選手の実測距離とホップ距離の関係

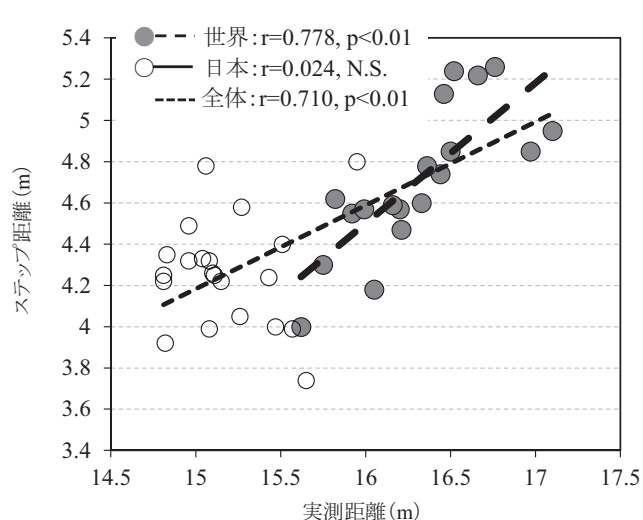


図3 U20世界選手権男子三段跳決勝進出者および日本ジュニアトップ選手の実測距離とステップ距離の関係

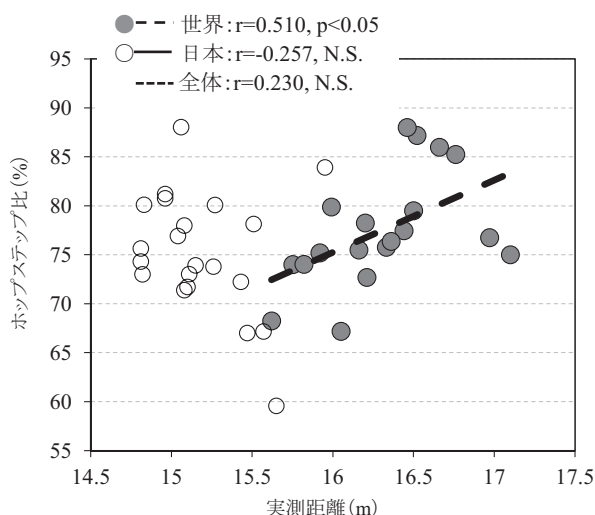


図4 U20世界選手権男子三段跳決勝進出者および日本ジュニアトップ選手のホップステップ比

本目とKronsteiner (AUT) 選手の3本目であったが、両選手ともにその他の16.00m以上の試技では、6.00mを超えるホップを行っていた。

日本選手を見ると世界選手と同様に有意な正の相関関係が見られ ($r=0.610$, $p<0.01$)、記録の良い跳躍ほどホップ距離を獲得していた。15m中盤の跳躍を行っていた水谷選手、西村選手、横森選手の跳躍のホップ距離は5.80～6.00m程度であり、世界選手の大部分と比べると0.20m程度小さかった。また、日本選手の15m前後の跳躍の大部分のホップ距離は5.40～5.60m台の範囲であり、世界選手に比べて0.50m程度小さいものであった。

図3は同様に実測記録とステップ距離との関係を示している。世界選手ではステップ距離と実測距離の間に強い正の相関関係が見られた ($r=0.778$, $p<0.01$)。図4にステップ距離をホップ距離で除したホップステップ比と実測距離の関係を示したが、ホップステップ比が大きく、同程度のホップに対してステップでより距離を獲得できていた跳躍が全体の跳躍距離を獲得している特徴が見られた ($r=0.510$, $p<0.05$)。なお、16m台前半の跳躍のステップ距離は4.60m前後、16m中盤から後半の跳躍のステップ距離は4.80mから大きい選手で5.20mの距離であった。

日本選手では世界選手とは異なり有意な相関関係は見られなかった ($r=0.024$, N.S.)。すなわち、日本選手は全体の距離を獲得している跳躍ほどステップ距離が大きいという傾向はなかった。逆に、実測15.95mの平松選手の跳躍を除くと、全体の距離を獲得していた跳躍ほどホップ距離に対するステップ距離の比率が低くなる傾向にあった (図4, $r=-$

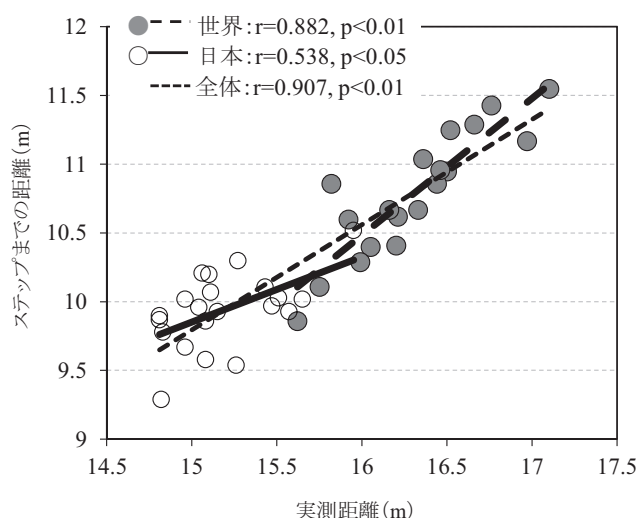


図5 U20世界選手権男子三段跳決勝進出者および日本ジュニアトップ選手の実測距離とステップまでの距離の関係

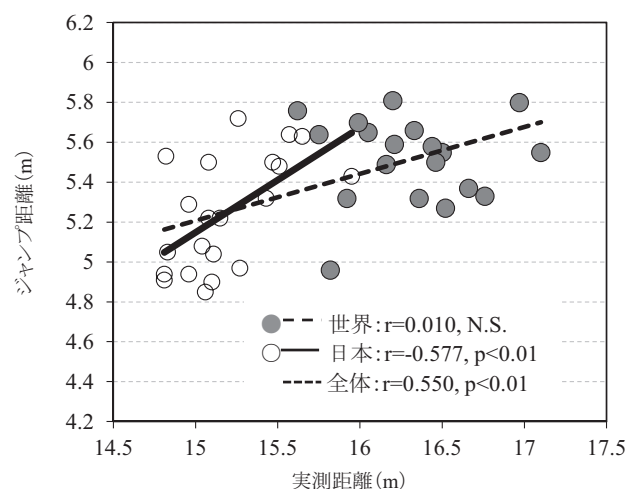


図6 U20世界選手権男子三段跳決勝進出者および日本ジュニアトップ選手の実測距離とジャンプ距離の関係

0.544, $p<0.01$)。なお、これまでの国際大会における決勝進出者のべ77試技 (16.52～18.32m) のホップステップ比の平均は $82.3 \pm 6.5\%$ であったことから (小山, 未発表資料)、日本および世界のジュニア選手の大部分はシニアの世界選手に比べるとホップステップ比が小さい、すなわちホップの比率が大きい跳躍をしていると考えられる。

図5は実測距離とステップまでの距離 (ホップ距離とステップ距離の合計) との関係を示している。世界選手ではステップまでの距離と実測距離の間に非常に強い正の相関関係が見られ ($r=0.882$, $p<0.01$)、16m前後の跳躍では10.50m前後、16m中盤の跳躍では11m前後の距離をステップまでに獲得していた。一方、日本選手では有意な正の相関関係

表5 U20 世界陸上競技選手権大会における女子三段跳の跳躍距離に関するデータ

選手名	試技	公式記録 (m)	実測距離 (m)	踏切損失 (m)	ホップ距離 (m)	ステップ距離 (m)	ジャンプ距離 (m)	ステップまでの距離 (m)	ホップ比率 (%)	ステップ比率 (%)	ジャンプ比率 (%)	ホップステップ比 (%)
Chen(CHN)	1st	13.67	13.80	0.13	5.06	3.45	5.29	8.51	36.7	25.0	38.3	68.2
	2nd	13.85	13.90	0.05	5.09	3.82	4.99	8.91	36.6	27.5	35.9	75.0
	4th	13.41	13.66	0.25	5.06	3.45	5.15	8.51	37.0	25.3	37.7	68.2
Romeou(GRE)	1st	13.55	13.69	0.14	5.03	4.00	4.66	9.03	36.7	29.2	34.0	79.5
Anitei (ROU)	2nd	13.49	13.62	0.13	5.15	3.73	4.74	8.88	37.8	27.4	34.8	72.4
	3rd	13.07	13.20	0.13	5.19	3.56	4.45	8.75	39.3	27.0	33.7	68.6
	4th	13.40	13.58	0.18	4.94	3.89	4.75	8.83	36.4	28.6	35.0	78.7
Matthews (USA)	3rd	13.21	13.38	0.17	5.12	3.81	4.46	8.92	38.3	28.4	33.3	74.4
	4th	13.49	13.59	0.10	5.03	4.14	4.43	9.17	37.0	30.5	32.6	82.3
Moretic (CHI)	1st	13.40	13.54	0.14	4.63	3.97	4.94	8.60	34.2	29.3	36.5	85.7
	2nd	13.23	13.35	0.12	4.91	3.67	4.77	8.58	36.8	27.5	35.7	74.7
	4th	13.22	13.32	0.10	4.62	4.22	4.48	8.84	34.7	31.7	33.6	91.3
Xu (CHN)	2nd	13.23	13.27	0.04	5.04	3.67	4.56	8.71	38.0	27.7	34.4	72.8
	3rd	12.96	13.07	0.11	5.04	3.98	4.05	9.02	38.6	30.5	31.0	79.0
Mihai (ROU)	3rd	13.21	13.32	0.11	5.08	3.80	4.44	8.88	38.1	28.5	33.3	74.8
Ovchinnikova (KAZ)	1st	13.17	13.34	0.17	4.94	3.72	4.68	8.66	37.0	27.9	35.1	75.3
	2nd	13.13	13.30	0.17	4.68	4.14	4.48	8.82	35.2	31.1	33.7	88.5
Guillaume (FRA)	2nd	12.99	13.18	0.19	5.05	3.45	4.68	8.50	38.3	26.2	35.5	68.3
	3rd	12.66	12.93	0.27	5.00	3.28	4.65	8.28	38.7	25.4	36.0	65.6
David (FRA)	2nd	12.97	13.05	0.08	4.80	3.95	4.30	8.75	36.8	30.3	33.0	82.3
Wright (JAM)	2nd	12.69	12.84	0.15	5.12	3.12	4.60	8.24	39.9	24.3	35.8	60.9
	3rd	12.91	13.02	0.11	5.14	3.39	4.49	8.53	39.5	26.0	34.5	66.0
Velazco (CUB)	1st	12.83	13.18	0.35	4.76	4.12	4.30	8.88	36.1	31.3	32.6	86.6

は見られたものの ($r=0.538$, $p<0.05$), 平松選手 (15.95m) を除くとその関係はなくなり, 15m 前後と 15m 中盤の跳躍でステップまでの距離には大きな差は見られない跳躍が多かった。

図6は同様に実測記録とジャンプ距離との関係を示している。世界選手ではジャンプ距離と実測距離の間に相関関係は見られず ($r=0.010$, N.S), 16m 前後と 17m 前後の跳躍ではいずれも 5.60m 前後のジャンプ距離であり, 逆に 16m 台中盤の跳躍では 5.40m 程度と短いジャンプ距離であった。

日本選手ではジャンプ距離と実測距離に有意な正の相関関係があり ($r=0.577$, $p<0.01$), 実測距離の大きい跳躍ほどジャンプ距離が大きい傾向にあった。また, 15m 中盤の跳躍のジャンプ距離は 5.40 ~ 5.60m 程度であり, 世界選手のジャンプ距離と同程度であった。一方, 15m 前後の跳躍の大部分のジャンプ距離は 5.00m 前後であった。

以上のことから, 2016 U20 世界選手権の決勝に出場した男子選手の跳躍では, 特にステップで距離を獲得することでステップまでの距離が大きいこと

が記録に貢献し, ジャンプの距離の影響は小さかったことが明らかとなった。つまり, 今大会の上位選手はジャンプでの距離を伸ばすためにスピードを維持しておくというよりも, ホップを押さえ, ステップでしっかり距離を獲得していくという跳躍を行っていた可能性が考えられる。

日本ジュニア選手の傾向を世界選手と比較した場合, ステップまでに獲得する距離に顕著な差があること, そして, ホップとステップの距離の比率に世界とは逆の傾向があることが明らかとなった。つまり, 日本ジュニア選手の中でより距離を獲得している跳躍の傾向は世界とは逆のパターンであったと考えられる。なお, 今回の日本ジュニア選手のデータは 2016 年の単年度でかつ一部の選手のデータのみであることから, ここで示した傾向が日本ジュニア選手の特徴を適切に表していない可能性も考えられる。したがって, 日本ジュニア選手の特徴と世界選手の特徴を比較しながらジュニア選手が目指していくべき方向性を考えていくために, 今後も継続的にデータを収集していく必要がある。

表6 2016年岩手国体, 日本ジュニア選手権大会における女子三段跳の跳躍距離に関するデータ

選手名	試技	公式記録 (m)	実測距離 (m)	踏切損失 (m)	ホップ距離 (m)	ステップ距離 (m)	ジャンプ距離 (m)	ステップまでの距離 (m)	ホップ比率 (%)	ステップ比率 (%)	ジャンプ比率 (%)	ホップステップ比 (%)
岩手国体												
尾崎 サキ	3rd	12.49	12.65	0.16	4.72	3.28	4.65	8.00	37.3	25.9	36.8	69.5
小川 瑞穂	3rd	12.36	12.49	0.13	4.63	3.57	4.29	8.20	37.1	28.6	34.3	77.1
奥村 彩音	1st	12.21	12.28	0.07	4.81	3.48	3.99	8.29	39.2	28.3	32.5	72.3
椎葉 実生	1st	12.23	12.34	0.11	4.66	3.16	4.52	7.82	37.8	25.6	36.6	67.8
森本 知隼	3rd	12.27	12.38	0.11	4.75	3.43	4.20	8.18	38.4	27.7	33.9	72.2
樫木 亜美	6th	12.20	12.38	0.18	4.64	3.16	4.58	7.80	37.5	25.5	37.0	68.1
道中 杏花	6th	12.04	12.14	0.10	4.78	2.89	4.47	7.67	39.4	23.8	36.8	60.5
糟谷 友里	3rd	12.06	12.10	0.04	4.70	3.35	4.05	8.05	38.8	27.7	33.5	71.3
日本ジュニア選手権												
河合 葉奈	4th	12.76	12.78	0.02	4.92	3.70	4.16	8.62	38.5	29.0	32.6	75.2
剣持 クリア	3rd	12.36	12.46	0.10	4.42	3.59	4.45	8.01	35.5	28.8	35.7	81.2
小川 瑞穂	1st	12.28	12.29	0.01	4.48	3.50	4.31	7.98	36.5	28.5	35.1	78.1
高橋 かおり	1st	12.17	12.17	0.00	4.28	3.38	4.51	7.66	35.2	27.8	37.1	79.0
上梨 ライム	3rd	12.14	12.36	0.22	4.34	3.76	4.26	8.10	35.1	30.4	34.5	86.6
奥村 彩音	4th	12.12	12.23	0.11	4.59	3.32	4.32	7.91	37.5	27.1	35.3	72.3
樫木 亜美	3rd	12.10	12.15	0.05	4.28	3.18	4.69	7.46	35.2	26.2	38.6	74.3
福長 ちひろ	6th	12.00	12.10	0.10	4.32	3.55	4.23	7.87	35.7	29.3	35.0	82.2

3.2 女子三段跳

表5は各選手の跳躍距離に関する基礎的データを示している。示したデータはPBに対して97%以上の記録であった跳躍のものであり、97%以上の試技がなかった選手は最も記録の良かった試技の結果を示している。また、表6には日本ジュニア選手の岩手国体, 日本ジュニア選手権における各選手の最も良かった試技の結果を示した。

女子三段跳決勝は公認の範囲内で適度な追い風が吹いており(表2), 3名の選手がPBを, その他の選手もPBに近い跳躍を行っていた。男子と同様に中国選手が2名決勝に残り, そのうちChen選手はシニアの日本歴代2位以上の記録で優勝しており, 日本のジュニア選手に比べて非常に高いパフォーマンスの跳躍であったといえる。

図7は世界選手のPBの97%以上の試技, 日本選手の各試合でのベスト試技において, 実測記録とホップ距離の関係を示している。世界選手のホップ距離と実測距離には相関関係が見られず($r=-0.063$, N.S.), 実測距離には約1mの差があったが, その大部分は5.00~5.20mの範囲であった。なお, ホップ距離が5.00m以下の跳躍が6跳躍あったが, そのうち5跳躍はMoretic選手(CHI)とOvchinnikova(KAZ)の2選手のものであった。

日本選手では, 最も記録の良かった河合選手の跳

躍(12.78m, 実測)のホップ距離が最も大きく4.92mであり, 世界選手のホップに近い距離であった。その他の選手の12m台の跳躍では跳躍記録との関係は見られず, 4.20~4.80mの範囲でばらついていた。

図8は実測記録とステップ距離の関係を示している。世界選手を全体で見た場合ではステップ距離と実測距離の間に有意な相関関係は見られなかった($r=0.412$, N.S.)。しかし, 優勝したChen選手(CHN)

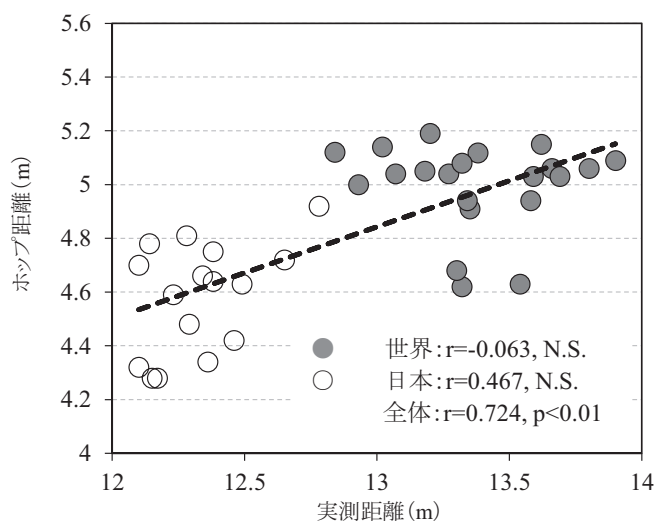


図7 U20世界選手権女子三段跳決勝進出者および日本ジュニアトップ選手の実測距離とホップ距離の関係

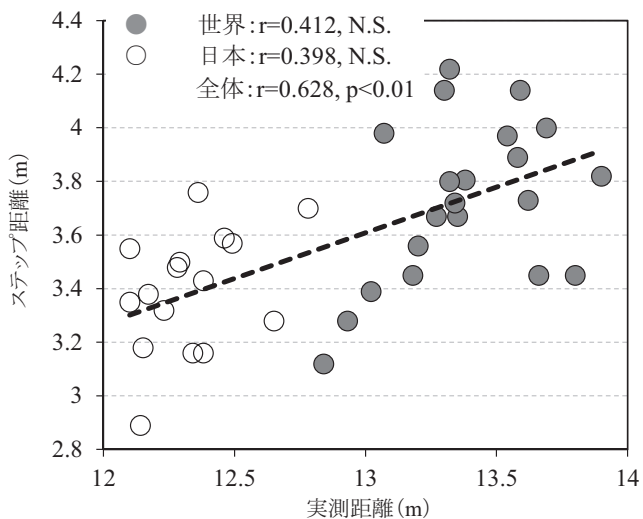


図8 U20 世界選手権女子三段跳決勝進出者および日本ジュニアトップ選手の実測距離とステップ距離の関係

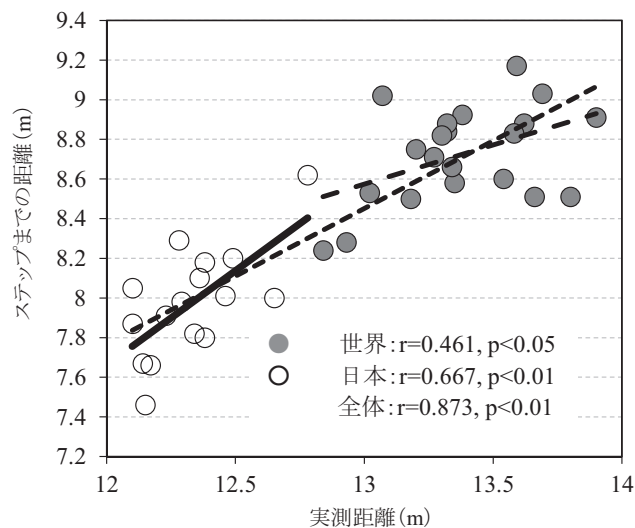


図10 U20 世界選手権女子三段跳決勝進出者および日本ジュニアトップ選手の実測距離とステップまでの距離の関係

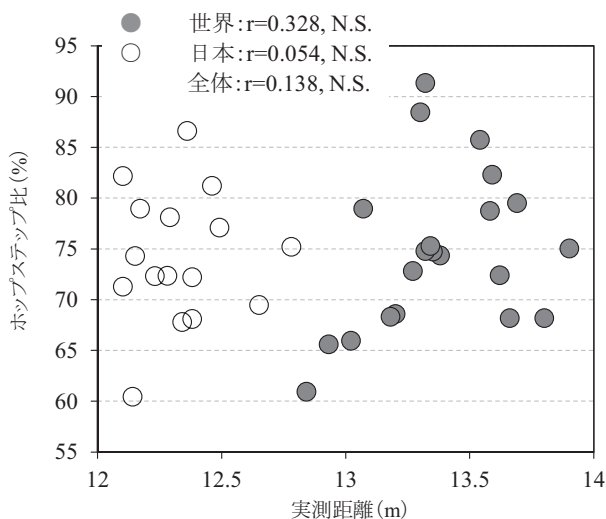


図9 U20 世界選手権女子三段跳決勝進出者および日本ジュニアトップ選手のホップステップ比

は記録の良い3跳躍のステップが全体の距離の割にいずれも短い傾向にあり(表5), その跳躍を除くとステップ距離と実測距離に有意な正の相関関係が見られ($r=0.695, p<0.01$), 男子選手と同様にステップ距離が実測距離と関係していた。また, 図9に示したホップステップ比について, Chen選手を除いてホップステップ比と実測距離の関係を見ると, そこには有意な相関関係があり($r=0.597, p<0.01$), 男子と同様に同程度のホップに対してステップでより距離を獲得できていた跳躍が全体の跳躍距離を獲得している特徴が見られた。なお, Chen選手は跳躍記録が大きかった中ではステップの比率が小さいホップ型であったと言える。

日本選手では, ホップと同様にステップ距離と

実測距離との間に有意な相関関係が見られなかった($r=0.398, N.S.$)。世界選手の13m以上の跳躍で最も短いステップ距離は3.39mであったが(表5), 日本選手の12m台の跳躍の半分はこのステップ距離を超えており, 世界選手の13.20m前後の跳躍と大きな差はないステップ距離であった。逆に言えば, 日本選手は同程度のステップ距離の跳躍であっても全体の跳躍距離では1m近い差がついていた。

図10はステップまでの距離と実測距離の関係を示している。世界選手では有意な正の相関関係があり($r=0.461, p<0.05$), Chen選手を除いた場合はさらに強い相関関係となった($r=0.689, p<0.01$)。また, 日本選手のみ($r=0.667, p<0.01$)および全跳躍($r=0.873, p<0.01$)でも強い正の相関関係が見られた。すなわち, ステップまでに距離を獲得することは非常に重要であり, 世界選手の13m前後の跳躍であれば8.40m以上, 13m中盤の跳躍では8.60~9.00m程度の距離をステップまでに獲得していた。さらに, 世界選手ではホップ距離と実測距離との間に関係がなかったことから, ステップでより距離を獲得できていたことがステップまでの距離の獲得に貢献していたと考えられる。なお, 日本選手では河合選手のステップまでの距離が最も大きく(8.62m), 世界選手の13.20m程度の跳躍と同程度であった。

図11は実測記録とジャンプ距離との関係を示している。世界選手ではジャンプ距離と実測距離の間に有意な正の相関関係が見られたが($r=0.623, p<0.01$), Chen選手のジャンプ距離が極めて大きかったためであった(4.99~5.29m)。そして, そ

の他の選手の跳躍でみるとジャンプ距離と実測距離の間に相関関係はなくなり、跳躍距離に関わらず4.40～4.80mの範囲であった。また、日本選手の12m台の跳躍の約半分においてもジャンプ距離は4.40～4.80mの範囲であり、世界選手と同程度であった。

以上のことから、2016 U20 世界選手権の決勝に出場した選手の跳躍では、優勝したChen選手はステップ距離が小さく、ジャンプ距離を獲得して全体の跳躍距離を大きくするという跳躍であったが、その他の選手は男子選手と同様に、ステップで距離を獲得したことでステップまでの距離が大きいことが記録に貢献し、ジャンプの距離の影響は小さかったことが明らかとなった。

日本ジュニア選手を世界選手と比較した場合、ホップの距離が小さいことでステップまでに獲得する距離に顕著な差があることが明らかとなった。また、日本選手はホップとステップの距離の獲得に一定の傾向がないことから、跳躍距離を伸ばしていくために、例えばホップを大きくしていく、もしくはステップをより伸ばしていくといった、共通する跳躍のスタイルがジュニアの段階では明確でない可能性が考えられた。女子三段跳は次年度よりインターハイで実施される種目となり、競技人口がこれまでより拡大していくことが予想される。したがって、今後も継続的にデータを収集し日本ジュニア選手の特徴と世界選手の特徴を比較しながら目指すべき方向性を考えていくことが必要であろう。

4. まとめ

本報告は2016 U20 世界選手権に出場した男女三段跳選手の各歩の跳躍距離を報告するとともに、日本ジュニアトップ選手の測定データと比較を行うことが目的であった。

約1m程度跳躍距離が大きい世界ジュニア選手の特徴として、男女ともに①日本ジュニア選手よりもホップ距離が大きいこと、②記録の良かった跳躍ほどステップの獲得距離が大きく跳躍距離に影響していること、③ジャンプ距離は日本ジュニア選手とそれほど差がないことが明らかとなった。

今回の調査では、跳躍距離に大きく影響する助走スピードを測定できなかったことから、跳躍距離のみでの比較となった。したがって、世界ジュニア選手のホップ距離が大きい要因として、世界選手の方が大きい速度をもってホップに入ったのか、ホップに入る際の助走スピードは同程度であるがより距離

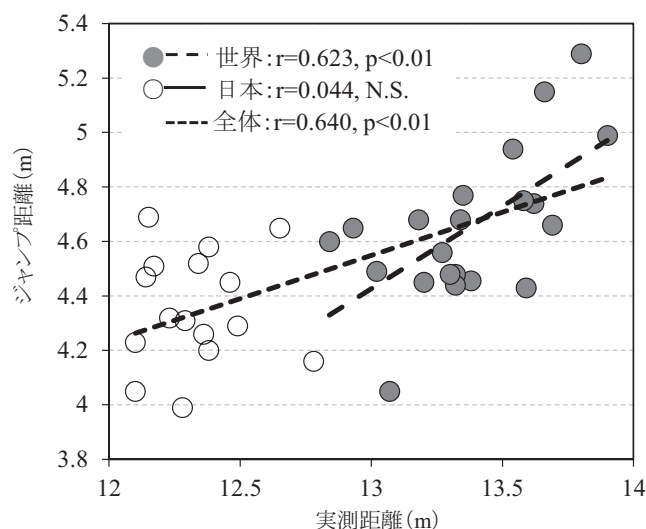


図 11 U20 世界選手権女子三段跳決勝進出者および日本ジュニアトップ選手の実測距離とジャンプ距離の関係

を獲得する踏切を行っていたのか、といった非常に重要な部分の情報を提示することができなかった。

今回の調査をきっかけとし、今後もジュニアの国際大会における測定が可能であれば、助走スピードと跳躍距離の両方を測定することで、日本ジュニア選手の競技力向上とシニアへの成長につながる知見を提示していきたい。

U-20 世界選手権（ビドゴシチ）における投てき種目のパフォーマンス分析報告

高松潤二
流通経済大学

1. はじめに

ポーランドのビドゴシチで開催された U-20 世界陸上競技選手権大会の投てき種目に出場した選手のうち、日本選手と決勝に進出した上位入賞の選手を対象にして、投てき物のリリースパラメータ（初速度、投射角度、投射高）を算出したので、以下に報告する。なお、今回の大会のレギュレーションとして、一部の種目では一般用の公認重量よりも軽いものを使用していることや（男子の砲丸・円盤・ハンマー）、決勝の上位 6 名のみ 4 投目に進み、かつ 5 投目以降は試技を行わないというものであったこと、さらには以下に述べるようにデータの取得にさまざまな制約があったため若干精度に欠ける等、本報告以外のデータと比較する場合には注意を要することを予め申し添えておく。

2. 方法

今回の分析データは、投てき種目において重要と考えられるリリースパラメータを 2 次元画像分析法により算出した結果である。本来であれば投てき種目は 3 次元画像分析法でデータを算出すべきであるが、機材や人員、競技運営側との調整等の関係で不可能であったことから、ビデオカメラ 1 台を用いた 2 次元画像分析法を用いた。いずれの種目についても投てき物の 2 次元座標値を算出した（砲丸、円盤、およびハンマーはそれぞれ投射体の中心で、やり投げについてはグリップ部分の座標とやりの先端および後端）。

図 1 は、競技場内における各カメラの配置場所を示したもので、図 2 は投てきピットとビデオカメラの関係および投てきピット内の座標系について示したものである。サークル種目（砲丸投げ、円盤投げ、ハンマー投げ）はサークルの真横の延長線上にカメラを配置して固定撮影し、やり投げはファウルライ

ンから 4m 程度付近の真横にカメラを配置してパニング撮影した。座標系に関しては、サークル種目はビデオ画面上に映っているサークルの左右端点を結んだ線分（図 2 の太線）を X 軸とし、これに直交する鉛直軸を Y 軸とした。やり投げについては、図中の太線を X 軸とし、これに直交する鉛直軸を Y 軸とした。

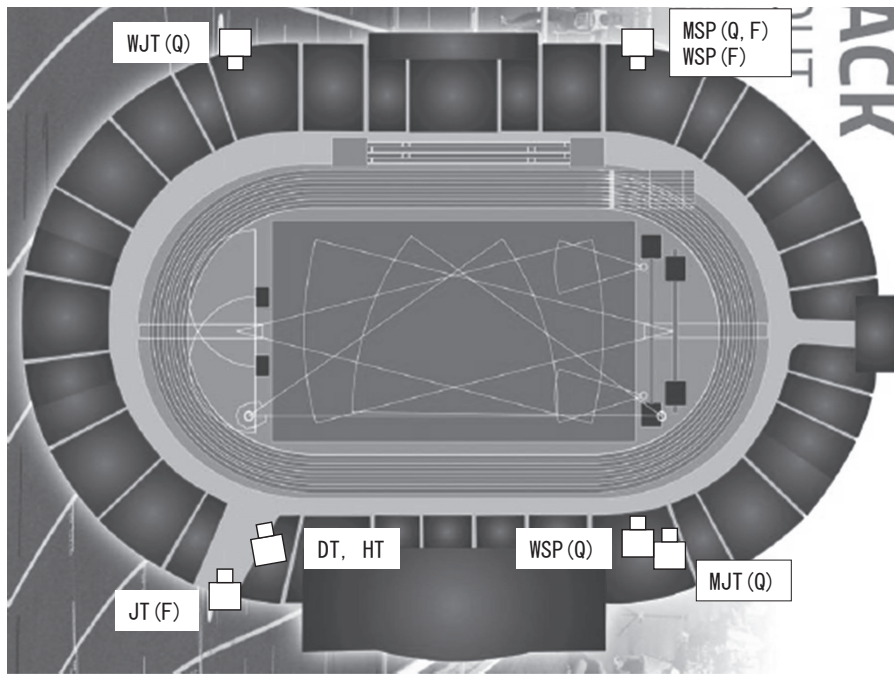
サークル種目における投てき物の 2 次元座標は、300fps の高速度カメラで撮影した映像を用いて、いずれもリリースの瞬間とその前後 0.01 秒時点における 2 次元座標の計 3 つの座標データから中央差分法により投てき物の速度（初速度）を算出し、その速度ベクトルの向きが X 軸となす角度を投射角、リリース瞬間の投てき物の地面からの高さを投射高としてそれぞれ算出した。やり投げについては、60fps で最後の左足接地からリリースまでのやりの 2 次元座標を算出し、バタワースデジタルフィルタにより遮断周波数約 8Hz で平滑化した（分析対象者毎に Wells and Winter (1980) の方法で最適遮断周波数を算出）。

3. 結果と考察

(1) 砲丸投げ

表 1 は、女子砲丸投げのリリースパラメータを示したものである。予選に出場した郡選手と決勝上位 6 名のデータである。これを見ると、もっとも大きなリリース速度は 2 位の SONG 選手であったが、投射角が低く記録上は 1 位の KENZEL 選手に 1m 以上の差をつけられていた。投法については決勝進出者 12 名のうちグライド投法が 9 名、回転投法が 3 名で、上位 6 名については従来報告されている傾向通り、グライド投法は投射角がやや大きく、回転投法は初速度がやや大きいというものであった。

表 2 は、男子砲丸投げのリリースパラメータを示したものである。予選に出場した幸長選手と決



【記号の意味】
M: 男子, W: 女子
SP: 砲丸投げ, DT: 円盤投げ, HT: ハンマー投げ, JT: やり投げ
Q: 予選, F: 決勝

図1 競技場内のカメラ配置図

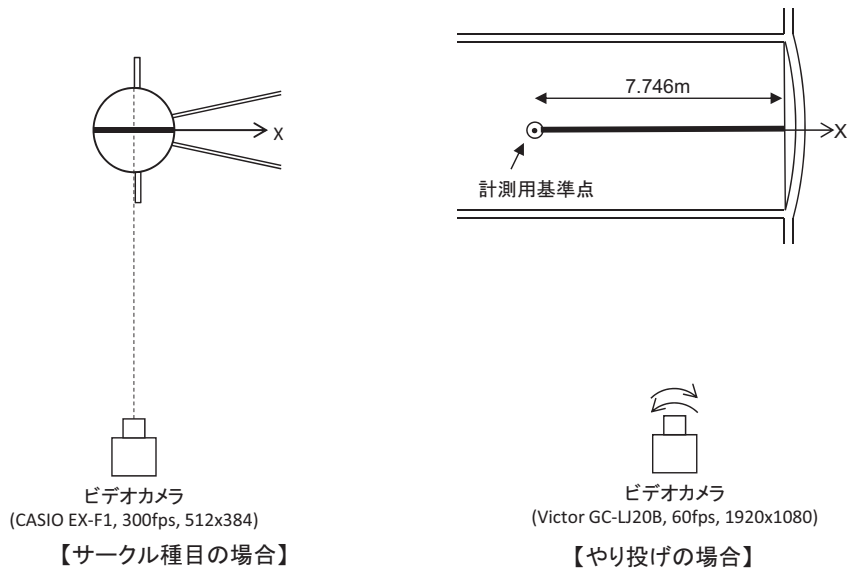


図2 投てきピットとビデオカメラの位置関係

勝上位6名のデータである。これを見ると、1位のBUKOWIECKI選手が圧倒的な強さを示し、初速度は14.75m/sを達成していた。この選手はシニアの大会においても上位進出できる実力を有しており、7.26kgの砲丸でも既に世界クラスの選手である。男子に関しては、初速度の値がそのまま順位の差となって現れていた。また、決勝進出12名の投法の別についてみると、グライド投法が3名、回転投法が9名で、女子の比率と逆の傾向にあった。

以上の結果から、女子については初速度のみでなく投射角度にも配慮が必要で、特に回転投法は習得が難しく(時間が掛かる)、かつ角度が低くなる傾向があるため、短期的なパフォーマンス向上を図る上で無視できないポイントであろう。男子については、回転投法を身に着けなければ勝負にならない印象をこの大会から与えられたが、砲丸が一般のそれよりも軽いので、そのことが投射角度を比較的高く保たせている要因かもしれないことを考え合わせる

表1 女子砲丸投げのリリースパラメータ

	記録 (m)	初速度 (m/s)	投射角 (deg)	投射高 (m)	投法
予選					
郡	14.63	10.91	35.7	1.92	グライド
決勝					
1 KENZEL	17.58	12.23	39.4	2.08	グライド
2 SONG	16.36	12.48	27.6	1.96	回転
3 WILSON	16.33	12.06	33.7	2.04	回転
4 SCHMIDT	16.18	11.85	37.2	2.04	グライド
5 OROZCO	15.94	12.23	32.4	2.06	回転
6 SLEPOWRONSKA	15.75	12.15	34.3	1.98	グライド
上位6名平均:	16.36	12.17	34.1	2.03	
グライド平均:	16.50	12.08	36.97	2.03	
回転平均:	16.21	12.26	31.24	2.02	

※決勝進出12名のうち、グライド9名、回転3名

表2 男子砲丸投げのリリースパラメータ

	記録 (m)	初速度 (m/s)	投射角 (deg)	投射高 (m)	投法
予選					
幸長	17.72	12.40	34.4	2.20	グライド
決勝					
1 BUKOWIECKI	23.34	14.75	33.2	2.13	回転
2 TOADER	22.30	14.12	37.9	2.14	回転
3 OSBORN	21.27	14.17	40.0	2.20	回転
4 PETERSSON	20.65	13.64	36.3	2.17	回転
5 PIPERI III	20.62	14.06	40.4	2.08	回転
6 MAZUR	20.40	13.54	39.8	2.25	グライド
上位6名平均:	21.43	14.05	37.9	2.16	

※決勝進出12名のうち、グライド3名、回転9名

必要があろう。いずれにしても、男女ともに初速度を高めることは砲丸投げに関しては最重要課題であり、日本選手と世界のトップとの差を見てもそのことは明らかである。

(2) 円盤投げ

表3は、女子円盤投げのリリースパラメータを示したものである。決勝上位6名と予選の郡選手のデータを示した。これを見ると、初速度の最高値は4位のBROWN選手で、次いで3位のEMILIANOV選手であった。1位のRAKOCEVIC選手は3番目の初速度であった。EMILIANOV選手は投射角が高く(41.0 deg)、BROWN選手は低かった(30.8 deg)ことが投てき記録に影響したと考えられる。

表4は、男子円盤投げのリリースパラメータを示したものである。決勝上位6名に8位だった幸長選手のデータ、さらには予選における日本選手(安藤選手、幸長選手)のデータを示した。上位6名のデータをみると、投射角の平均(34.9 deg)は女子の平均(35.9 deg)と概ね一致していたが、初速度は男子のほうがやや大きく(男子22.54m/s、女子21.16m/s)、U-20における男子円盤が一般用円盤の重量より250g軽いことが影響しているようである。

上位6名と日本選手を比較すると、男子については投射角がやや低いものの初速度についてはほとんど差が無く、女子についても決定的に大きな差は無

表3 女子円盤投げのリリースパラメータ

	記録 (m)	初速度 (m/s)	投射角 (deg)	投射高 (m)
予選				
郡	45.46	20.14	37.9	1.26
決勝				
1 RAKOCEVIC	56.36	21.32	35.2	1.49
2 WILLIAMS	53.91	20.78	35.9	1.55
3 EMILIANOV	53.08	21.61	41.0	1.52
4 BROWN	52.73	21.71	30.8	1.51
5 PHELPS	52.60	20.94	36.2	1.52
6 ARMADA	52.53	20.60	36.6	1.32
上位6名平均:	53.54	21.16	35.9	1.49

表4 男子円盤投げのリリースパラメータ

	記録 (m)	初速度 (m/s)	投射角 (deg)	投射高 (m)
予選				
安藤	55.93	21.96	34.5	1.54
幸長	57.98	22.21	33.4	1.53
決勝				
1 MOAAZ	63.63	22.51	33.5	1.23
2 STACHNIK	62.83	22.81	34.9	1.67
3 ZHUK	61.70	22.19	35.0	1.56
4 PETERSSON	61.23	23.04	33.3	1.78
5 BUKOWIECKI	59.71	21.76	44.4	1.65
6 PRÜFER	59.10	23.53	28.2	1.70
8 幸長	58.50	22.54	33.6	1.48
上位6名平均:	61.37	22.64	34.9	1.60

かった。最高記録を示した試技における円盤の飛行状態が他の上位選手と比較して安定していなかったことが原因と考えられるが(きれいな回転をせず、やや「ヒラヒラ」と飛行していた)、リリース技術を高められれば十分勝負できる位置にいるように思われる。ただし、世界レベルでは(男子について言えば)、一般の重量の円盤で6位のPRÜFER選手と同程度の初速度を達成する選手がいることを付記しておく。

(3) ハンマー投げ

表5は、女子ハンマー投げのリリースパラメータを示したもので、決勝上位6名とその平均を示している。これを見ると、1位のLLANO選手がほぼ26m/sの初速度を達成していた以外は、概ね同程度の初速度であった。

表6は、男子ハンマー投げのリリースパラメータを示したものである。これを見ると、上位4名の初速度は比較的拮抗していた。1位のHALÁSZ選手は唯一の80mオーバーを記録していた。

男女ともに共通していたことは、投射角がほぼ同じであったこと(40.3 degと40.4 deg)、および試技の回転数がそれぞれ1名を除いて4回転であったことであった(ただし、女子の1位であったLLANO選手は例外的である)。現代のハンマー投げにおいては、主流が4回転であることに変わりはないが、特に女子の決勝進出者の試技を一つ一つ確認すると(ここでは映像を示すことができないので文章での

表5 女子ハンマー投げのリリースパラメータ

	記録 (m)	初速度 (m/s)	投射角 (deg)	投射高 (m)	回転数
決勝					
1 LLANO	64.33	25.99	43.9	1.05	1stのみ3
2 HULLEY	63.47	25.14	44.6	1.26	4
3 KOSKINEN	62.49	25.19	35.4	0.65	4
4 TERVO	62.25	25.14	42.2	1.13	3
5 GAVIRIA	62.18	25.34	38.4	0.96	4
6 LEPKOWSKA	60.86	24.19	37.5	0.74	4
上位6名平均:	62.60	25.16	40.3	0.96	

※ 1位のLLANO選手は1投目のみ3回転で他の試技は4回転であった。

表6 男子ハンマー投げのリリースパラメータ

	記録 (m)	初速度 (m/s)	投射角 (deg)	投射高 (m)	回転数
決勝					
1 HALÁSZ	80.93	28.68	41.0	1.23	4
2 PISKUNOV	79.58	28.59	41.2	1.14	4
3 JAAKKOLA	77.88	28.21	36.9	0.97	3
4 RÁBA	76.71	28.35	39.3	1.00	4
5 GONZÁLEZ	75.52	27.64	44.8	1.41	4
6 ISMAIL	74.42	27.32	39.3	1.07	4
上位6名平均:	77.51	28.13	40.4	1.14	

※ 決勝進出12名のうち、3回転は3位のJAAKKOLA選手のみであった。

説明に止まる)、4回転投法の技術が未熟で最後の1回転が投てきになっていない選手も少なからず存在したことを考えると、ユース段階では4回転にこだわる必要も無いのでは無いかと考えられる。上位6名の中にも3回転投法の選手が存在していることや、先行研究において3回転目から4回転目の速度増加がさほど顕著でないことが知られていることなどを考えれば、この時期の選手には3回転を行わせ、段階的に(必要に応じて)4回転へ移行するという強化計画もあり得るのではなかろうか。特に女子で優勝したLLANO選手は、1回目の試技で3回転、それ以降を4回転で行っており、1回目に安定性を重視して記録を残そうとしていたと思われる。いずれにしても、世界大会の決勝ではあっても、ユース期のハンマー投げ選手は総じて技術的に未熟な印象を受けたのは事実であるし、そうであればなおさら日本の選手が出場に至らない現実を直視せざるを得ないであろう。

(4) やり投げ

表7は、女子やり投げのリリースパラメータを示したものである。決勝の上位8名(2名の日本選手を含む)と予選での2名の日本選手のデータを示した。ここで、姿勢角とはリリース瞬間における水平面に対するやり自体の角度のことで、迎え角は投射角と姿勢角の差分である(プラスの値は投射方向に対してやり先が上を向いた状態であったことを示す)。これを見ると、初速度が最も大きかったのは北口選手であった(23.00m/s)。また、迎え角が最

表7 女子やり投げのリリースパラメータ

	記録 (m)	初速度 (m/s)	投射角 (deg)	姿勢角 (deg)	迎え角 (deg)
予選					
北口	56.16	22.07	35.2	32.8	-2.4
山下	53.47	22.73	27.7	36.7	9.0
決勝					
1 MARUSZEWSKA	57.59	21.85	33.4	34.2	0.8
2 VAN DYK	57.32	22.66	35.6	44.3	8.7
3 TUGSUZ	56.71	21.27	40.5	32.4	-8.1
4 TABACKOVÁ	56.19	22.37	37.2	42.4	5.2
5 CHANG	55.35	22.14	33.0	41.6	8.6
6 山下	54.89	22.26	28.8	37.7	8.9
7 RUCKSTUHL	53.38	21.40	32.2	41.6	9.4
8 北口	52.15	23.00	32.9	36.2	3.3
上位8名平均:	55.45	22.12	34.2	38.8	6.6

表8 男子やり投げのリリースパラメータ

	記録 (m)	初速度 (m/s)	投射角 (deg)	姿勢角 (deg)	迎え角 (deg)
予選					
池川	66.01	24.79	33.0	42.0	9.0
佐道	72.65	23.67	41.1	38.2	-2.9
決勝					
1 CHOPRA	86.48	28.33	31.8	35.3	3.4
2 GROBLER	80.59	26.81	34.9	30.5	-4.4
3 PETERS	79.65	26.30	34.5	41.8	7.3
4 ÖNCEL	75.20	26.02	35.6	39.1	3.6
5 NOVAC	72.91	26.04	38.5	39.2	0.8
6 SCHMÖLCZ	72.66	25.39	38.7	33.1	-5.6
14 佐道	64.04	24.57	34.4	35.5	1.1
上位6名平均:	77.92	26.48	35.7	36.5	4.2

も小さい(リリース時の空気抵抗が最も小さいと考えられる)値を示したのは1位のMATUSZEWSKA選手であった。特にMATUSZEWSKA選手は上位8名の初速度の平均値(22.12m/s)よりも低い初速度(21.85m/s)であったにもかかわらず、好記録を投てきしていた。

表8は、男子やり投げのリリースパラメータを示したものである。決勝上位6名と決勝に進出した日本選手1名、予選に出場した日本選手2名のデータを示している。これを見ると、女子の場合とは異なり上位6名の初速度の差がかなり大きかった。特に1位のCHOPRA選手は28m/sを超えており、世界のトップレベルと言える速度と投てき記録を示していた。

やり投げは男女ともに投射角や姿勢角、迎え角の平均値はほぼ同程度の値を示しており、トップパフォーマンスを出すためには概ねこれらの値に収斂するものと思われる(実際には競技中の気象条件にも左右される)。また、この年代では、女子の日本選手2名(北口選手、山下選手)が示した初速度等を勘案しても、コンディションと戦術(風の読み等)が整えば世界レベルで十分戦える資質を備えていると考えられる。男子については、今回の大会はトップ3名の記録が高く、もはやU-20のレベルではなかったため、勝負という点では難しかったであろう。しかし、シニア大会ではこれが標準であるという認識で今後の強化が進められる必要があるだろう。

4. おわりに

以上、投てき種目の結果について示した。大会期間中は日本の気候と比べてかなり気温が低かったことから、日本選手の皆さんはコンディションの調整に相当気をつかったと思われる。そのような中で、日本選手が出場していない種目があり（男女ハンマー投げ）、筆者としては残念であったが、全体を通しての印象は、他の世界大会と比較して上位6名のデータの間の開きがかなりあるということであった。つまり、トップを狙うには日本の選手の現状では難しいかと思われるが、決勝進出や入賞は十分可能であるということである。当然のことながら、このU-20の世界選手権が最終目標ではないので、ことさら戦略・戦術について検討を加えることに大きな意義があるとは思えないものの、日本の若手投てき競技者がこの大会で入賞し、それを飛躍のきっかけとすることができるのであれば、ジュニア期の強化をさらに重点化しても良いように思われる。本報告で示したデータが、投てき競技者の育成・強化に何らかの役に立てば幸いである。

5. 文献

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

北口榛花選手における 60m オーバーの投てき動作の特徴

田内健二¹⁾ 佐分慎也²⁾ 墨 訓熙²⁾

1) 中京大学 2) 中京大学大学院

1. はじめに

2016年5月に開催されたセイコーゴールドングランプリ陸上2016川崎において、北口榛花選手が61.38m(日本歴代2位)を投げ、ジュニア日本新記録を更新した。北口選手は、2014年(高校2年次)にインターハイ、国体を優勝し、2015年には世界ユースにおいて金メダルを獲得、高校記録(58.90m)を更新するなど、輝かしい活躍を収めてきたが、2016年においても順調に記録を伸ばし、シニアの世界レベルまで到達してきた。この北口選手における投てき記録の向上に対する投てき動作の変化を明らかにすることは、当該選手の競技力向上をサポートするだけでなく、女子やり投げ全体のレベルアップにも貢献できるものと考えられる。

そこで本稿では、北口選手が2016年にマークした61.38mの投てき動作の特徴を、2015年の投てき動作と比較して明らかにすることを目的とした。

2. 方法

2.1 分析試技

分析試技は、北口選手が2015年10月にマークした58.90mの試技および2016年5月にマークした61.38mの試技とした。

2.2 撮影方法

それぞれの投てき試技を、助走路の側方および後方に設置した2台のデジタルビデオカメラ(HVR-A1J, Sony)を用いて、毎秒60コマ、シャッタースピード1/1000sで撮影した。撮影範囲は助走路にあるファウルラインを基準にして、奥行6m、横幅4m、高さ2.8mとした。撮影範囲中の9地点にマーク間隔0.4mのキャリブレーションポールを立てた。本研究では、ファウルライン中央部から奥行6mの地点を原点とし、投てき方向をy軸、y軸に対して右方向をx軸、鉛直方向をz軸とする右手系の静止座標系を設定した。

2.3 分析方法

ビデオカメラによって撮影された映像をビデオ解析ソフト(Frame-DIAS V, ディケイエイチ)を用いて、身体分析点23点およびやり(グリップ、先端)を毎秒60コマでデジタル化した。デジタル化した分析点の座標値を三次元DLT法により実長換算し、身体分析点およびやりの三次元座標値を求めた。算出した三次元座標値は8Hzのバターワースデジタルフィルタにより平滑化した。2台のカメラによって撮影された映像の同期は、やりのリリース時点のコマ数を合わせることに由り行った。

2.4 分析項目

本稿では、各データを算出するにあたり、最終的

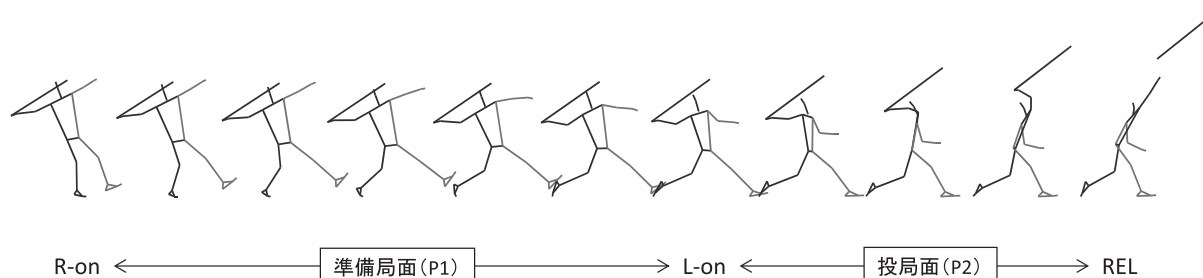


図1 イベントおよび局面の定義

表1 各投てきにおけるリリースパラメータ

記録 (m)	リリース速度 (m/s)				リリース角 (°)	姿勢角 (°)	迎え角 (°)	リリース高 (m)
	合成	左右	前方	上方				
58.90	23.6	-1.0	20.3	12.0	30.6	32.9	2.3	1.82
61.38	24.3	1.1	20.3	13.4	33.4	38.8	5.4	1.95

表2 各投てきにおける基本的動作パラメータ

記録 (m)	動作時間 (秒)		重心速度 (m/s)			投行程 (m)	
	P1	P2	R-on	L-on	REL	P1	P2
58.90	0.217	0.150	5.1	4.3	2.4	1.14	1.96
61.38	0.217	0.167	4.9	4.2	2.3	1.07	2.19

なクロスステップ後の右足接地 (R-on), 左足接地 (L-on) およびやりのリリース (REL) の各イベントを設定し, 右足接地から左足接地までを準備局面 (P1), 左足接地からリリースまでを投局面 (P2) とした (図1). 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) リリース高: リリース時のグリップの高さ
- 6) 局面時間: P1 および P2 の経過時間
- 7) 重心速度: 身体重心速度
- 8) 投行程: P1 および P2 のグリップの移動距離
- 9) 身体各部位の速度: 腰 (両大転子の中点), 右肩およびグリップの合成速度
- 10) 身体各部位の相対速度: 腰に対する右肩の速度 (右肩 / 腰) およびは右肩に対するグリップ速度 (グリップ / 右肩) は, それぞれグリップ速度に対する体幹および上肢の貢献を示す.

なお, 身体各部位の速度および相対速度は, R-on が 0%, L-on が 60%, REL が 100% となるように時間軸を規格化した.

3. 結果および考察

まず, 表1に示したリリースパラメータをみると, 61.38m は 58.90m と比較して, 合成のリリース速度が高値を示した. 各成分のリリース速度の結果から, この高値を示した理由は, 上方のリリース速度が増加したことによるものであった. また, リリース角, 姿勢角およびリリース高も高値を示した. この

ことから, 61.38m は 58.90m と比較して, やりをより上方へ高く投射した投てき動作であったと考えられる. また, 表2に示した基本的な投てき動作パラメータをみると, 61.38m は 58.90m と比較して, P1 の局面時間は同様であったが, P2 の局面時間はわずかに長かった. 重心速度はほぼ同様であり, 投行程は P1 で短く, P2 では長かった. これらのことから, 61.38m は 58.90m と比較して同様の助走速度の中で, やりの移動距離を P1 において短く抑え, P2 において長くすることによって, やりをより大きく加速させられた投てき動作であったと考えられる.

次に, 図2に示した身体各部位の速度および相対速度をみると, 61.38m は 58.90m と比較して, P1 では腰の速度はほぼ同様であったが, L-on 直後により急激に減速するにもなって右肩の速度が急激に増加し, さらにリリース直前に右肩の速度がより急激に減速するにもなって, グリップの速度が急激に増加していた (図2左). この結果として, 61.38m は 58.90m と比較して, P2 の前半では体幹の貢献 (腰に対する右肩の相対速度: 右肩 / 腰) がより大きく, 後半では上肢の貢献 (右肩に対するグリップ速度: グリップ / 右肩) がより大きくなっていった (図2右). 身体を中心部分からより末端部分へ順次速度が加算されていく現象は運動連鎖として知られている. このことを考慮すると図2の結果は, 61.38m は 58.90m と比較して, この運動連鎖がより効果的に遂行された投てき動作であったと考えられる.

以上のような結果が得られた動作的原因を, 図3, 4に示したスティックピクチャから考察してみたい. 注目したい点は P2 における左脚の動作, いわゆるブロック動作である (図3). つまり, 61.38m は 58.90m と比較して, L-on 時により伸展

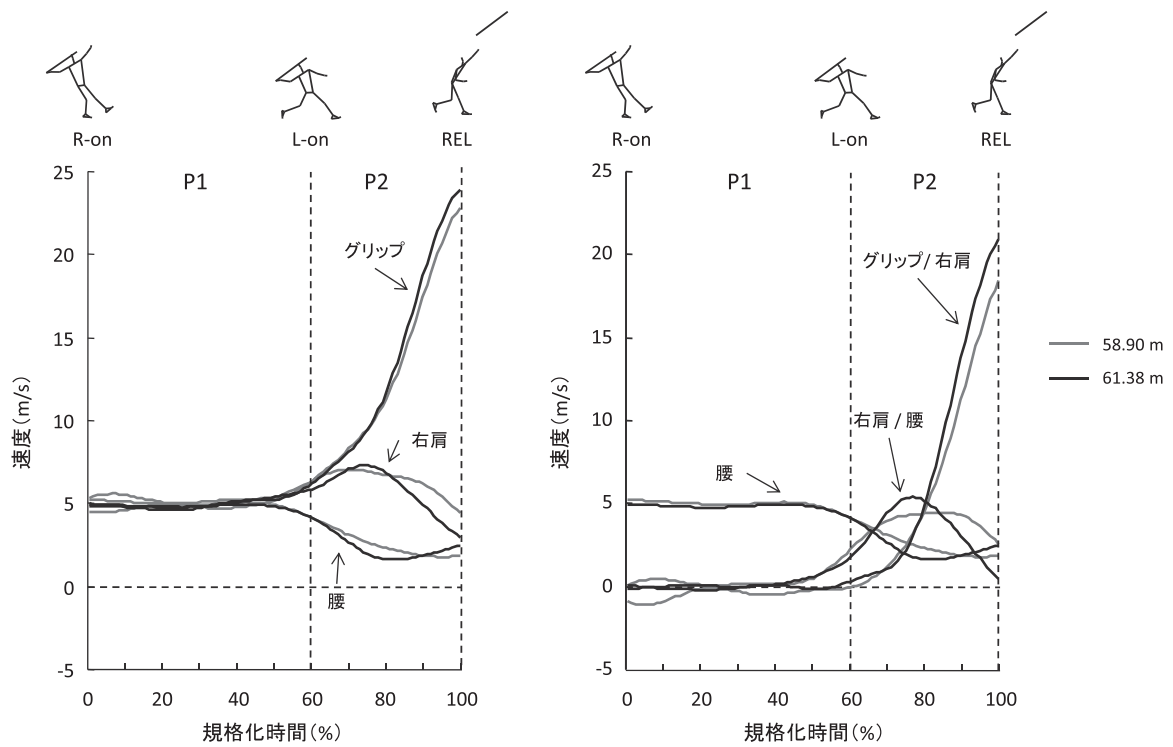


図2 身体各部位の速度 (右図) および各部位の相対速度 (左図)

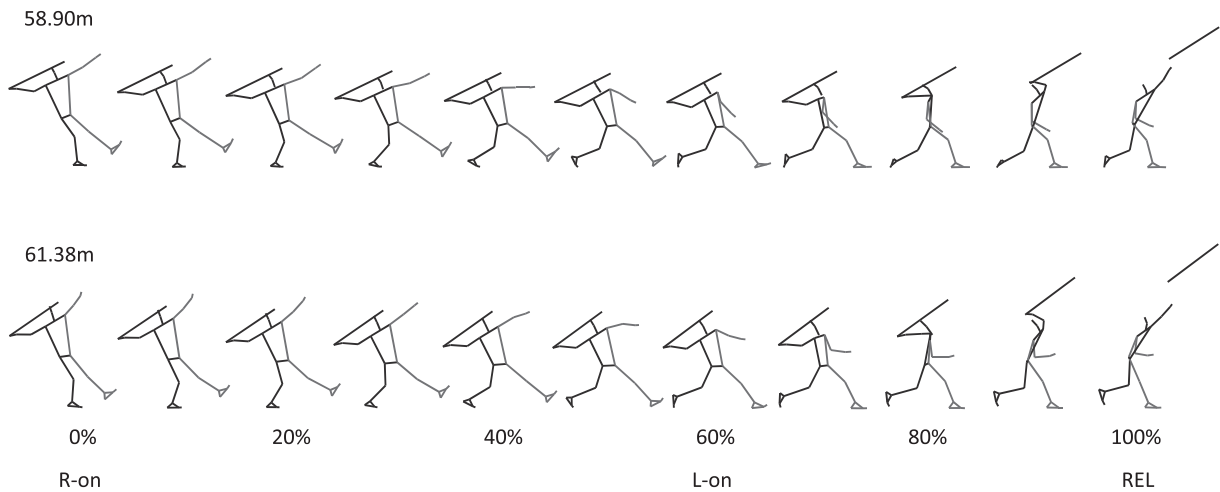


図3 側方から見た各投てきのスティックピクチャ

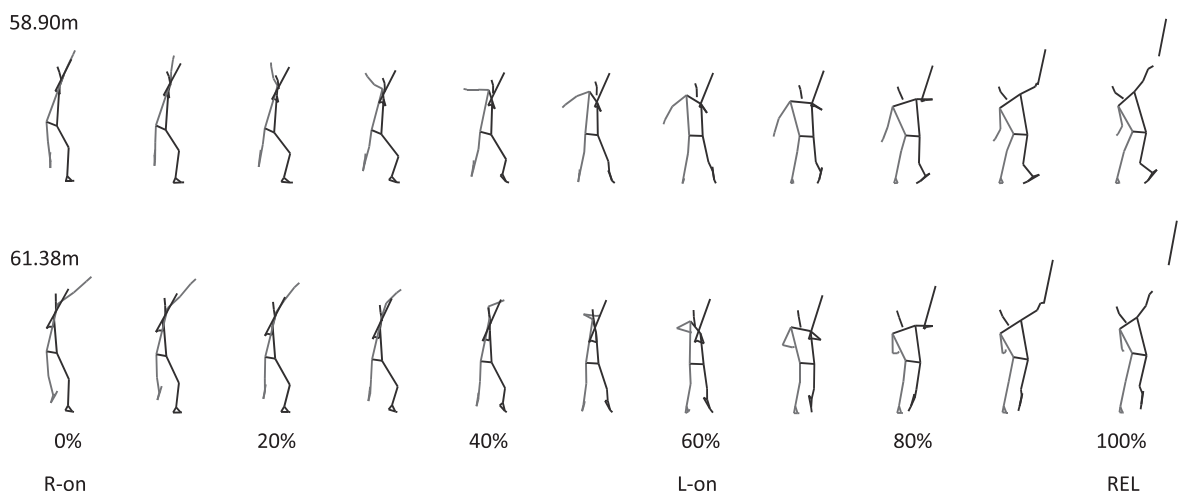


図4 後方から見た各投てきのスティックピクチャ

位で左脚を接地し、その伸展位をより維持したまま REL を迎えているということである。左脚のブロック動作は、より伸展位で接地することが良いことが明らかにされている（田内ら，2012）。このことを考慮すると，61.38m の試技は，左脚のブロック動作がより伸展位で維持されることによって，腰速度の急激な減速と，続く右肩の急激な加速（図2）に貢献したものと推察される。この右肩の急激な加速は，理論的にはより末端分の上肢を後方へ遅らせることにつながり，いわゆる上肢の“しなり”をより大きくできるものと考えられる。実際，図4の L-on 前後をみるとグリップがより後方に残され，上肢のより大きな“しなり”を観察することができる。この大きな上肢の“しなり”によって，その後のより速い腕振りを生み出し，やりをより大きく加速できたものと考えられる。

本稿の結果から，61.38m の試技は，58.90m と同様の助走速度から，左脚のブロック動作がより適切に行えたことから，より効果的な運動連鎖を生じさせ，上方へのやりのリリース速度の増加につながった投てきであったと解釈される。一方，58.90m は L-on 前に，体幹が大きく左回旋し始める，いわゆる肩の開きが早期に起こっていることが観察された（図4）。このことに加えて不完全なブロック動作（左膝の屈曲）が生じたために，投行程が P1 で長く P2 で短いこと，またリリース直前の右肩の急激な減速が起こらず，より末端部分の上肢の貢献が高まらなかったことにつながったと考えられる。したがって，北口選手における 60m オーバーの投てきは，これまでやり投げの技術において重要とされてきたポイントのほとんどを適切に遂行できた結果，達成されたものと結論づけられた。

参考文献

田内健二，藤田善也，遠藤俊典（2012）男子やり投げにおける投てき動作の評価基準．バイオメカニクス研究 16(1)：2-11.

十種競技選手の 100m レース分析 ～ 2009 年から 2016 年まで～

大家利之¹⁾ 松林武生¹⁾ 山中亮¹⁾ 輪島裕美¹⁾ 荻根澤千鶴²⁾ 持田尚³⁾ 松田克彦⁴⁾
本田陽⁵⁾ 杉田正明⁶⁾

1) 国立スポーツ科学センター 2) 日本大学 3) 帝京科学大学 4) 名古屋学院大学 5) 中京大学
6) 三重大学

1. はじめに

日本陸上競技連盟・科学委員会混成班では、2009年より競技会での十種競技選手のパフォーマンス分析を始め、これまでにデータを蓄積してきた。日本陸上競技連盟・混成強化部において、高い走能力（スプリント能力）の改善が十種競技の記録向上に対して、重要な要素の1つであると捉えられていることを踏まえて、科学班の分析に関しても、スプリント能力と競技パフォーマンスとの関連が強いと考えられる、100m、走幅跳、400m、及び110mハードルを重点的に行ってきた。我々は2014年度、右代啓祐選手（スズキ浜松AC：以下、右代選手）と中村明彦選手（スズキ浜松AC：以下、中村選手）の2009年から2014年までの6年間のスプリント能力の経年変化と、各種目の記録への影響について検討した。両選手ともに100mでは、走速度ピークの改善が記録向上の主要因となっていることを報告した（松林ら、2014）。

本報告では、2009年から2016年までの十種競技会における、右代選手と中村選手の100mについて、ピッチ及びストライドに着目してレースを分析する。

2. 方法

2009年から2016年までに、国内外17の競技会において測定を実施した。測定対象としたこれらのデータ収集活動は、日本陸上競技連盟・混成強化部および各競技会開催県の陸上競技協会の協力のもとに行った。測定機器や競技会運営上の問題のために、一部データが得られなかった場合もあった。

2-1. 疾走速度の分析

100mレース中の走速度は、レーザードップラ方式の距離・走速度測定装置（100 Hz、Laveg、JENOPTIK社製）を用いて測定した。スタート位置後方より選手の腰背部へ不可視レーザーを照射し、得られた時間-距離情報とフィニッシュタイムとの関係を利用してスタートから10mごとの通過時間と区間走速度を算出した（松尾ら、2009；松林ら、2012）。データの平滑化には遮断周波数0.5 Hzのバターワースローパスフィルタを用いた。10mごとの区間走速度の中で最も高い走速度を最高走速度とした。

2-2. ピッチおよびストライドの分析

ピッチは、観客席から撮影したハイスピードカメラ（Exilim、casio社製、299.7 fps、またはLumix FZ-200、panasonic社製、239.76 fps）の映像を用いて分析した。ピッチは、スタート直後、地面に足が接地した最初の1歩からフィニッシュ直後の接地まで、4歩ごとの時間を算出し、これの逆数を算出することにより4歩ごとのピッチ数を求めた（松尾ら、2011）。フィニッシュ直前の区間で、4歩に満たなかった場合は、4歩ごとの分析対象から除外した。

ストライドは、レーザードップラ方式の距離・走速度測定装置で測定した、時間-距離情報と、4歩ごとの接地の時間とを合わせることで4歩ごとのストライドを算出した。フィニッシュ直前の区間で、4歩に満たなかったデータは、分析から除外した。

なお、10mごとに算出した走速度と、4歩ごとに算出したピッチ及びストライドとは、分析区間が厳密には一致しないが、4歩ごとのピッチとストライドを掛け合わせた値（4歩ごとの走速度）が最大と

なった時のピッチとストライドの値を、最高走速度時のピッチとストライドとして分析した。

2-3. 統計

統計処理には、統計処理ソフトウェア (SPSS22.0 for Windows) を用いた。100m レースにおける最高走速度と最高走速度時のピッチ及びストライドとの相関関係については、Pearson の積率相関係数を算出した。有意水準は危険率 5% 未満とした。なお、2013 年の日本選手権は、右代選手のレース時の風が -2.8m/秒 、中村選手のレース時の風が -4.3m/秒 であり、走速度が他のレースと比較して著しく低いことから、2013 年の日本選手権のデータは、除外して統計処理を行った。

3. 結果と考察

表 1 に 2009 年から 2016 年までの 100m レースにおける 10m ごとの通過時間及び走速度を示した。右代選手は、2014 年の仁川アジア大会の 11.10 秒 (風 $+2.1\text{m/秒}$) が最も良い記録であった。中村選手は、2015 年の日本選抜陸上和歌山大会 (以下: 和歌山) の 10.52 秒 (風 $+2.4\text{m/秒}$) が最も良い記録であった。十種競技の分析を始めた 2009 年と比較すると、両選手ともにスプリント能力が向上している (松林ら、2014)。

表 2 に 4 歩ごとに求めたピッチ及びストライドの分析結果を示した。図 1 に右代選手の 100m レースにおける最高走速度時のピッチとストライドとの関係を、図 2 に最高走速度と最高走速度時のピッチ及びストライドとの関係を示した。右代選手が 11.10 秒を記録した仁川アジア大会でのレースは、最高走速度が 10.34m/秒 であり (表 1)、最高走速度時のピッチは 4.38 歩/秒、ストライドは 2.36m であった (図 1)。右代選手の 100m レース時の最高走速度と最高走速度時のピッチとの間には、有意な強い正の相関関係があった (図 2: 上段)。右代選手が 11.10 秒を記録した仁川アジア大会の最高スピード時のピッチは、右代選手のレースの中で最も高いピッチであった (図 1)。右代選手の 100m の記録向上には、ピッチが高まることで最高走速度が向上したことが寄与したと考えられる。

図 3 に中村選手の 100m レースにおける最高走速度時のピッチとストライドとの関係を、図 4 に最高走速度と最高走速度時のピッチ及びストライドとの関係を示した。中村選手が 10.52 秒を記録した和歌山でのレースは、最高走速度が 10.90m/秒 であ

り (表 1)、最高走速度時のピッチは 4.78 歩/秒、ストライドは 2.28m であった (図 3)。中村選手の 100m レース時の最高走速度と最高走速度時のピッチ及びストライドとの間には、有意な相関関係はなかった。2011 年の日本選手権においても、中村選手の最高走速度時のストライドは、中村選手が最も良い記録を出した 2015 年和歌山と同じ 2.28m であった。しかしながら、2011 年時は、最高走速度時のピッチが低く、最高走速度が低かったため、記録も 2015 年程ではなかったと言える。2013 年以降は、最高走速度時のピッチは、おおよそ 4.80 歩/秒を超えるようになり (2013 年の日本選手権を除く: 風 -4.3m/秒)、高いピッチを獲得できるようになったことが 2015 年での好記録につながった可能性があると考えられる。

参考文献

- 松尾彰文、広川龍太郎、柳谷登志雄、杉田正明 (2009) 2008 年男女 100m、110m ハードルおよび 100m ハードルのレース分析. 陸上競技研究紀要, 5: 50-62.
- 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、荻部俊二、土江寛裕、清田浩伸、麻場一徳、中村宏之 (2011) 100m レースにおける 4 ステップごとにみたスピード、ピッチおよびストライドの変化. 陸上競技研究紀要, 7: 21-29.
- 松林武生、持田尚、本田陽、松田克彦 (2012) 陸上競技・混成選手のパフォーマンス分析. トレーニング科学, 24: 27-35.
- 松林武生、持田尚、松田克彦、本田陽、杉田正明 (2014) 十種競技選手の スプリント能力と個別種目パフォーマンスとの関係. 陸上競技研究紀要, 10: 122-130.

表1 100m レースにおける10m ごとの通過時間及び走速度

選手名	記録	大会	上段:通過時間 [秒]			下段:区間走速度 [m/秒]						
			10m	20m	30m	40m	50m	60m	70m	80m	90m	100m
右代啓祐	11.32	和歌山	2.02	3.14	4.16	5.17	6.16	7.16	8.17	9.2	10.25	11.32
	(-1.3)	2016.4.30	4.96	8.94	9.73	9.97	10.03	10.04	9.93	9.72	9.53	9.31
	11.35	日本選手権	2.07	3.19	4.22	5.21	6.20	7.19	8.19	9.22	10.27	11.35
	(+0.3)	2015.7.4	4.84	8.93	9.70	10.06	10.15	10.08	9.95	9.75	9.57	9.22
	11.18	和歌山	2.03	3.15	4.18	5.17	6.15	7.12	8.11	9.11	10.13	11.18
	(+1.7)	2015.4.25	4.93	8.92	9.74	10.09	10.23	10.25	10.15	10.01	9.80	9.49
	11.10	仁川アジア大会	2.03	3.14	4.15	5.13	6.10	7.07	8.04	9.03	10.04	11.10
	(+2.1)	2014.9.30	4.93	9.01	9.86	10.21	10.33	10.34	10.25	10.07	9.92	9.46
	11.24	日本選手権	2.07	3.19	4.22	5.21	6.19	7.17	8.16	9.17	10.19	11.24
	(-0.6)	2014.5.31	4.84	8.91	9.74	10.08	10.20	10.18	10.05	9.95	9.80	9.52
	11.14	和歌山	2.02	3.13	4.15	5.14	6.12	7.10	8.08	9.08	10.09	11.14
	(-0.5)	2014.4.26	4.95	8.97	9.81	10.10	10.26	10.20	10.14	10.05	9.92	9.50
	11.58	日本選手権	2.07	3.21	4.26	5.28	6.30	7.33	8.37	9.42	10.49	11.58
	(-2.8)	2013.6.1	4.82	8.84	9.53	9.77	9.81	9.69	9.63	9.50	9.37	9.16
	11.47	和歌山	2.09	3.24	4.29	5.29	6.30	7.30	8.32	9.35	10.39	11.47
	(+1.0)	2013.4.27	4.77	8.75	9.55	9.90	9.96	9.94	9.88	9.71	9.60	9.23
	11.32	ロンドン五輪	1.99	3.14	4.19	5.20	6.19	7.18	8.19	9.21	10.25	11.32
	(+0.7)	2012.8.8	5.03	8.67	9.55	9.93	10.07	10.07	9.97	9.80	9.57	9.36
	11.29	日本選手権	2.06	3.17	4.20	5.20	6.18	7.17	8.16	9.18	10.22	11.29
	(+1.2)	2012.6.2	4.86	8.96	9.73	10.06	10.16	10.13	10.03	9.86	9.58	9.36
11.41	東京選手権	2.10	3.23	4.27	5.28	6.27	7.27	8.28	9.30	10.34	11.41	
(-0.6)	2012.4.21	4.76	8.87	9.56	9.94	10.06	10.01	9.93	9.80	9.55	9.38	
11.39	日本選手権	2.08	3.22	4.28	5.29	6.30	7.29	8.29	9.31	10.33	11.39	
(-1.1)	2011.6.4	4.81	8.74	9.47	9.86	10.00	10.01	9.99	9.89	9.74	9.46	
11.37	和歌山	2.09	3.21	4.24	5.24	6.24	7.25	8.27	9.30	10.32	11.37	
(-1.6)	2011.4.23	4.79	8.91	9.72	10.00	10.00	9.88	9.80	9.73	9.77	9.54	
11.45	日本選手権	2.04	3.17	4.21	5.23	6.25	7.26	8.27	9.31	10.36	11.45	
(-0.9)	2010.6.12	4.91	8.79	9.60	9.81	9.89	9.90	9.83	9.68	9.48	9.19	
11.27	和歌山	2.02	3.15	4.19	5.20	6.19	7.19	8.18	9.19	10.22	11.27	
(+1.9)	2010.4.24	4.95	8.85	9.58	9.93	10.06	10.08	10.03	9.95	9.73	9.49	
11.48	日本選手権	2.04	3.18	4.23	5.25	6.25	7.26	8.28	9.32	10.39	11.48	
(+0.5)	2009.6.25	4.90	8.75	9.51	9.88	9.96	9.88	9.78	9.61	9.39	9.17	
中村明彦	10.69	日本選手権	1.98	3.06	4.04	4.99	5.93	6.87	7.80	8.74	9.71	10.69
	(+1.8)	2016.6.11	5.05	9.30	10.15	10.50	10.65	10.70	10.73	10.59	10.39	10.16
	10.75	和歌山	1.95	3.03	4.02	4.98	5.92	6.87	7.81	8.77	9.75	10.75
	(-0.1)	2016.4.30	5.12	9.28	10.08	10.44	10.57	10.60	10.57	10.41	10.22	10.03
	10.71	日本選手権	1.97	3.05	4.03	4.98	5.92	6.85	7.78	8.74	9.70	10.71
	(+1.2)	2015.7.4	5.07	9.29	10.15	10.55	10.70	10.74	10.68	10.49	10.36	9.91
	10.52	和歌山	1.93	3.00	3.97	4.91	5.83	6.75	7.67	8.60	9.54	10.52
	(+2.4)	2015.4.25	5.19	9.34	10.22	10.69	10.83	10.90	10.86	10.77	10.62	10.23
	10.66	仁川アジア大会	1.96	3.05	4.03	4.97	5.91	6.83	7.77	8.72	9.68	10.66
	(+1.7)	2014.9.30	5.10	9.24	10.18	10.57	10.73	10.78	10.68	10.52	10.42	10.20
	10.80	日本選手権	1.99	3.08	4.08	5.04	5.98	6.93	7.88	8.84	9.81	10.80
	(-1.3)	2014.5.31	5.02	9.20	10.05	10.41	10.54	10.58	10.53	10.43	10.33	10.07
	10.69	和歌山	1.96	3.04	4.02	4.96	5.89	6.83	7.77	8.72	9.69	10.69
	(+1.6)	2014.4.26	5.10	9.30	10.17	10.60	10.73	10.70	10.61	10.49	10.32	10.04
	11.12	日本選手権	1.99	3.09	4.12	5.13	6.12	7.11	8.10	9.09	10.10	11.12
	(-4.3)	2013.6.1	5.04	9.02	9.71	9.97	10.06	10.12	10.09	10.08	9.97	9.76
	10.75	和歌山	2.00	3.08	4.07	5.02	5.96	6.90	7.84	8.79	9.75	10.75
	(-1.5)	2013.4.27	5.01	9.21	10.14	10.54	10.63	10.64	10.59	10.53	10.41	10.02
	10.81	日本選手権	2.01	3.10	4.08	5.04	5.99	6.94	7.88	8.84	9.81	10.81
	(-0.6)	2012.6.2	4.98	9.17	10.13	10.44	10.54	10.58	10.54	10.45	10.29	10.04
10.75	東京選手権	1.96	3.05	4.04	5.00	5.95	6.89	7.85	8.80	9.77	10.75	
(-0.6)	2012.4.21	5.10	9.18	10.05	10.41	10.56	10.59	10.52	10.47	10.36	10.16	
10.81	日本選手権	1.96	3.06	4.06	5.02	5.98	6.93	7.88	8.84	9.82	10.81	
(-0.2)	2011.6.4	5.09	9.16	9.97	10.35	10.51	10.52	10.49	10.40	10.25	10.06	
10.82	日本選手権	1.95	3.05	4.05	5.02	5.98	6.94	7.89	8.86	9.83	10.82	
(-0.6)	2010.6.12	5.12	9.13	9.94	10.33	10.45	10.46	10.45	10.38	10.24	10.13	
10.93	群馬	1.96	3.06	4.08	5.06	6.02	6.98	7.94	8.91	9.90	10.93	
(+1.3)	2009.10.10	5.11	9.02	9.86	10.19	10.40	10.48	10.41	10.28	10.05	9.74	

太字:最高走速度

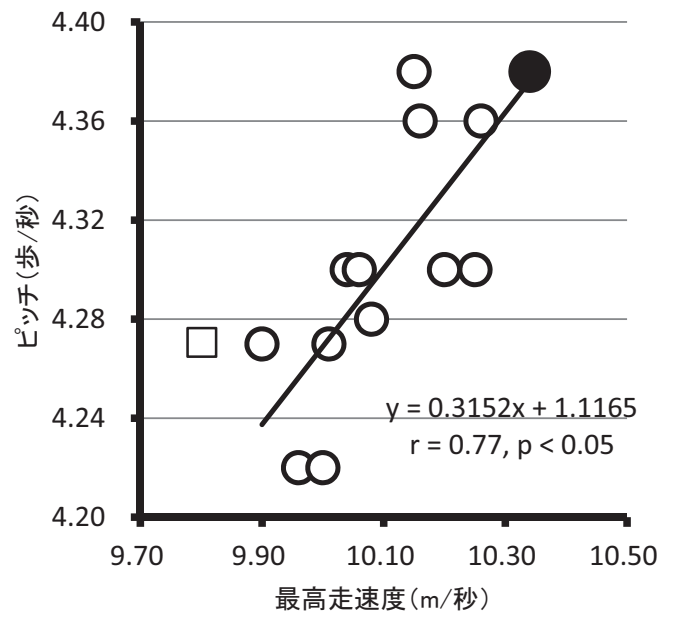
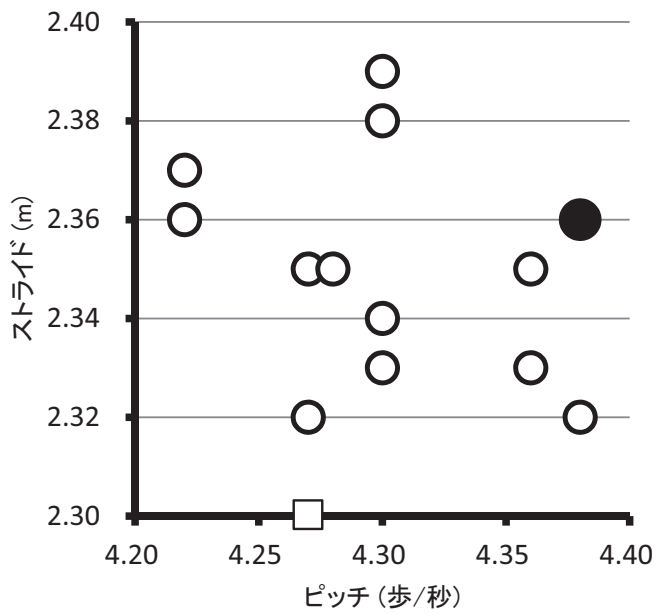


図1 右代選手の100mレースにおける最高走速度時のピッチとストライドとの関係
 ○：各記録，●：2014年仁川アジア大会（最高記録11.10秒），□：2013年日本選手権（レース時の風-2.8m/秒）

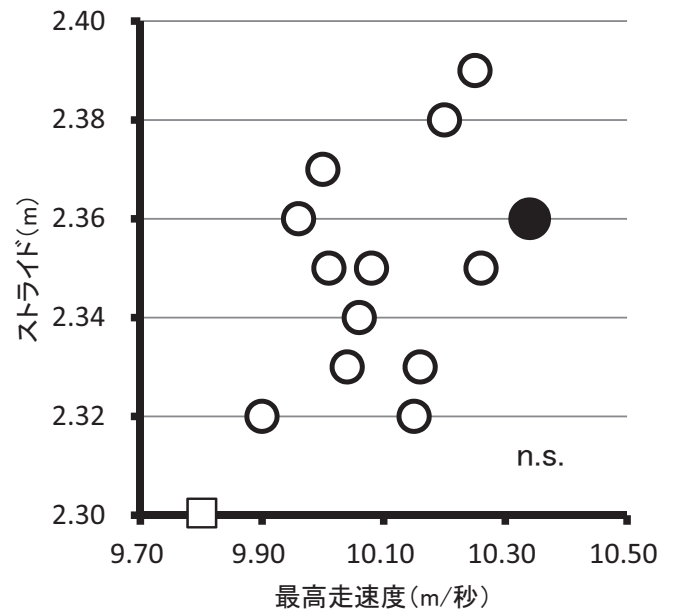


図2 右代選手の100mレースにおける最高走速度と最高走速度時のピッチ（上段）及びストライド（下段）との関係
 ○：各記録，●：2014年仁川アジア大会（最高記録11.10秒），□：2013年日本選手権（レース時の風-2.8m/秒）

表2 100m レースにおける4歩ごとに求めたピッチ及びストライド

選手名	記録	大会	上段:ピッチ [歩/秒] 下段:ストライド [m]														
			1~4	5~8	9~12	13~16	17~20	21~24	25~28	29~32	33~36	37~40	41~44	45~48 (歩)			
右代啓祐	11.32	和歌山	4.08	4.22	4.26	4.34	4.34	4.30	4.30	4.28	4.21	4.19	4.15				
	(-1.3)	2016.4.30	1.41	1.94	2.18	2.26	2.30	2.33	2.33	2.32	2.32	2.28	2.28				
	11.35	日本選手権	3.96	4.30	4.28	4.40	4.42	4.38	4.36	4.32	4.30	4.22	4.17				
	(+0.3)	2015.7.4	1.43	1.91	2.16	2.23	2.28	2.32	2.31	2.31	2.28	2.27	2.27				
	11.18	和歌山	3.90	4.18	4.30	4.42	4.25	4.36	4.30	4.30	4.31	4.24	4.21				
	(+1.7)	2015.4.25	1.48	1.98	2.16	2.23	2.38	2.35	2.39	2.36	2.32	2.32	2.28				
	11.10	仁川アジア大会	4.00	4.24	4.32	4.38	4.40	4.38	4.36	4.34	4.28	4.26	4.08				
	(+2.1)	2014.9.30	1.46	1.97	2.18	2.28	2.33	2.36	2.37	2.36	2.35	2.33	2.35				
	11.24	日本選手権	4.00	4.22	4.34	4.30	4.34	4.30	4.30	4.27	4.27	4.19	4.11				
	(-0.6)	2014.5.31	1.43	1.93	2.13	2.29	2.33	2.38	2.37	2.36	2.34	2.34	2.36				
	11.14	和歌山	3.98	4.27	4.34	4.33	4.42	4.36	4.33	4.27	4.28	4.27	4.15				
	(-0.5)	2014.4.26	1.44	1.93	2.15	2.29	2.29	2.35	2.36	2.38	2.35	2.33	2.34				
	11.58	日本選手権	4.16	4.19	4.38	4.27	4.31	4.27	4.27	4.22	4.18	4.19	4.12				
	(-2.8)	2013.6.1	1.34	1.92	2.08	2.25	2.27	2.30	2.28	2.29	2.28	2.25	2.26				
	11.47	和歌山	4.09	4.24	4.27	4.27	4.27	4.22	4.21	4.18	4.13	4.09	4.04				
	(+1.0)	2013.4.27	1.38	1.89	2.12	2.26	2.33	2.36	2.36	2.37	2.36	2.35	2.33				
	11.29	日本選手権	3.88	4.19	4.27	4.38	4.36	4.36	4.33	4.30	4.27	4.21	4.08				
	(+1.2)	2012.6.2	1.50	1.98	2.19	2.25	2.32	2.33	2.34	2.33	2.32	2.29	2.32				
	11.41	東京選手権	4.02	4.16	4.36	4.34	4.36	4.30	4.33	4.27	4.27	4.21	4.25				
	(-0.6)	2012.4.21	1.39	1.94	2.11	2.22	2.29	2.34	2.32	2.33	2.31	2.29	2.23				
11.39	日本選手権	4.02	4.09	4.18	4.22	4.30	4.36	4.27	4.27	4.30	4.22	4.16					
(-1.1)	2011.6.4	1.39	1.95	2.18	2.27	2.30	2.29	2.35	2.34	2.31	2.32	2.31					
11.37	和歌山	3.97	4.13	4.22	4.27	4.22	4.30	4.21	4.18	4.15	4.15	3.92					
(-1.6)	2011.4.23	1.41	1.98	2.20	2.31	2.37	2.33	2.35	2.35	2.35	2.35	2.46					
11.45	日本選手権	3.90	4.04	4.19	4.28	4.27	4.27	4.21	4.22	4.16	4.15	4.11					
(-0.9)	2010.6.12	1.45	2.00	2.20	2.27	2.30	2.32	2.35	2.33	2.33	2.29	2.26					
11.27	和歌山	3.85	4.15	4.24	4.27	4.36	4.24	4.28	4.27	4.19	4.28	4.13					
(+1.9)	2010.4.24	1.51	1.99	2.18	2.28	2.29	2.38	2.35	2.35	2.37	2.27	2.32					
中村明彦	10.69	日本選手権	4.15	4.66	4.87	4.92	4.92	4.97	4.87	4.82	4.80	4.68	4.63				
	(+1.8)	2016.6.11	1.39	1.81	1.97	2.07	2.13	2.14	2.19	2.23	2.23	2.25	2.24				
	10.75	和歌山	4.21	4.63	4.80	4.87	4.94	4.92	4.84	4.87	4.82	4.70	4.68				
	(-0.1)	2016.4.30	1.40	1.81	2.00	2.08	2.11	2.15	2.19	2.18	2.19	2.20	2.18				
	10.71	日本選手権	4.55	4.59	4.72	4.84	4.89	4.87	4.82	4.82	4.68	4.70	4.59				
	(+1.2)	2015.7.4	1.27	1.80	2.02	2.10	2.15	2.19	2.23	2.23	2.26	2.22	2.25				
	10.52	和歌山	4.24	4.56	4.76	4.81	4.89	4.87	4.78	4.76	4.78	4.72	4.61				
	(+2.4)	2015.4.25	1.38	1.85	2.03	2.14	2.18	2.22	2.28	2.29	2.26	2.27	2.29				
	10.66	仁川アジア大会	4.19	4.44	4.59	4.77	4.82	4.82	4.80	4.75	4.66	4.68	4.59				
	(+1.7)	2014.9.30	1.40	1.90	2.10	2.15	2.19	2.22	2.25	2.26	2.27	2.24	2.25				
	10.80	日本選手権	4.11	4.61	4.72	4.80	4.78	4.83	4.83	4.76	4.72	4.72	4.58				
	(-1.3)	2014.5.31	1.40	1.80	2.01	2.10	2.18	2.18	2.19	2.22	2.22	2.20	2.25				
	10.69	和歌山	4.18	4.56	4.76	4.81	4.83	4.81	4.78	4.78	4.74	4.65	4.68				
	(+1.6)	2014.4.26	1.37	1.85	2.02	2.12	2.19	2.23	2.24	2.23	2.23	2.24	2.20				
	11.12	日本選手権	4.30	4.59	4.65	4.80	4.70	4.72	4.66	4.65	4.68	4.59	4.58	4.46			
	(-4.3)	2013.6.1	1.33	1.79	1.99	2.03	2.12	2.13	2.16	2.17	2.15	2.19	2.18	2.20			
	10.75	和歌山	4.18	4.58	4.70	4.85	4.74	4.85	4.80	4.70	4.66	4.66	4.58				
	(-1.5)	2013.4.27	1.39	1.83	2.03	2.10	2.22	2.19	2.22	2.26	2.26	2.25	2.26				
10.81	日本選手権	4.24	4.49	4.68	4.72	4.68	4.72	4.66	4.68	4.63	4.56	4.59					
(-0.6)	2012.6.2	1.37	1.85	2.03	2.16	2.23	2.23	2.27	2.25	2.27	2.27	2.23					
10.81	日本選手権	4.05	4.42	4.56	4.58	4.63	4.65	4.61	4.56	4.56	4.44	4.49					
(-0.2)	2011.6.4	1.49	1.92	2.10	2.20	2.24	2.26	2.28	2.31	2.29	2.32	2.26					

太字:最高走速度時のピッチ及びストライド

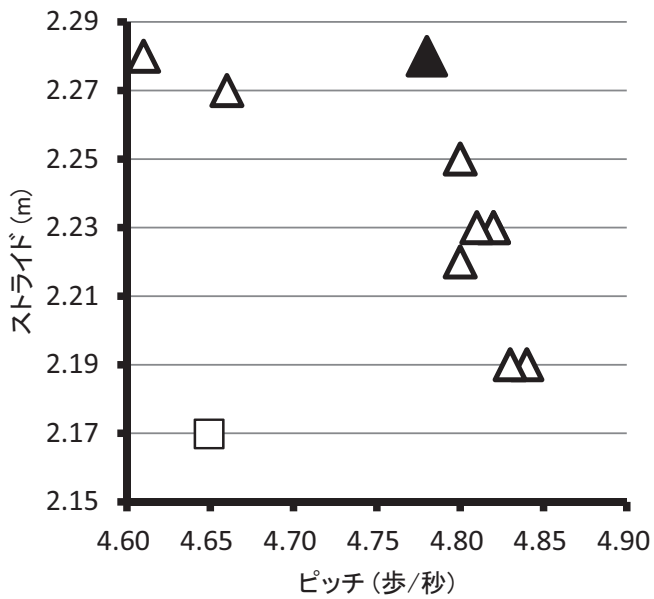


図3 中村選手の100mレースにおける最高走速度時のピッチとストライドとの関係
 △：各記録，▲：2015年日本選抜陸上和歌山（最高記録10.52秒），□：2013年日本選手権（レース時の風-4.3m/秒）

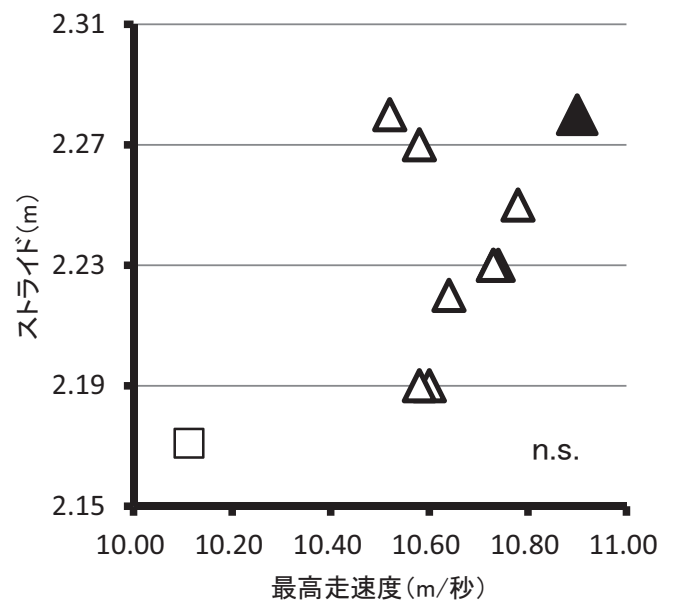
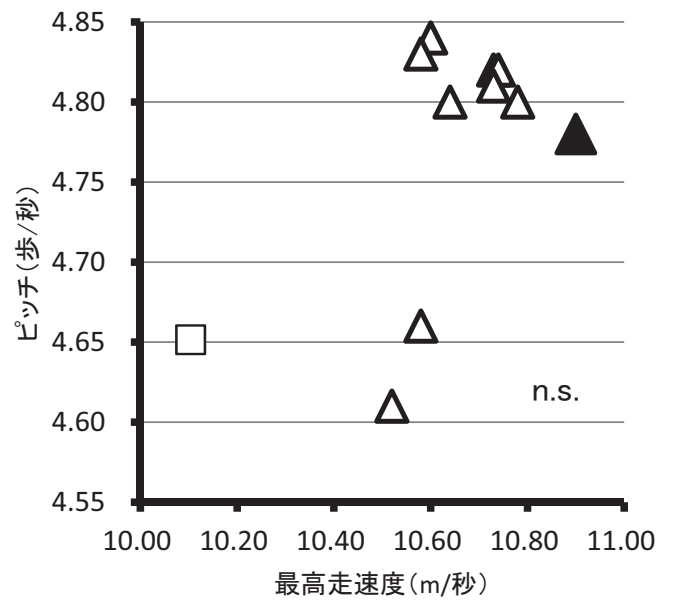


図4 中村選手の100mレースにおける最高走速度と最高走速度時のピッチ（上段）及びストライド（下段）との関係
 △：各記録，▲：2015年日本選抜陸上和歌山（最高記録10.52秒），□：2013年日本選手権（レース時の風-4.3m/秒）

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

リオデジャネイロ五輪の参加後調査の結果・・・・・・・・・・・・・・・・	164
鳥居俊	
第31回オリンピックリオデジャネイロ大会チームドクター帯同報告・・・・・・・・	168
鳥居俊, 村上博之, 田村佑実保	
リオ・デ・ジャネイロオリンピックにおけるコンディション把握方法・・・・・・・・	172
村上博之, 鳥居俊	
世界競歩チーム選手権 帯同報告・・・・・・・・・・・・・・・・	177
加藤穰	
陸上競技ジュニア選手のスポーツ外傷・障害調査における疲労骨折に関する検討・・・・・・・・	179
田原圭太郎, 鳥居俊, 鎌田浩史, 山澤文裕	
第17回アジアジュニア選手権大会帯同報告・・・・・・・・・・・・・・・・	182
田原圭太郎	
日本ジュニア・ユース陸上競技選手権大会・・・・・・・・・・・・・・・・	186
一傷害相談窓口	
金子晴香, 鳥居俊, 山澤文裕	
ジュニア強化選手メディカルチェックレポート・・・・・・・・・・・・・・・・	187
金子晴香, 鳥居俊, 田原圭太郎, 田畑尚吾, 真鍋知宏, 山澤文裕	
国立スポーツ科学センターでのメディカルチェックにおけるDXA測定の利用・・・・・・・・	190
鳥居俊, 山澤文裕	
男子長距離走選手における骨代謝マーカー値とその年間変動・・・・・・・・	193
鳥居俊, 山澤文裕	

リオデジャネイロ五輪の参加後調査の結果

鳥居 俊

早稲田大学スポーツ科学学術院, 公益財団法人日本陸上競技連盟医事委員会委員

五輪を含めて大きな国際大会では過去にも参加選手の全員がベストコンディションで競技に臨めたわけではない。どのような理由でコンディションが不良であったか、またそれが実際のパフォーマンスにどの程度影響していたかを選手から聴取する調査はできていなかった。本大会では競技終了後、帰国までの間に調査用紙を配布できる限り帰国までに提出を求めた。一部は提出が1か月以上のちになったが、全員から回収することができた。

本稿では個人記録が明らかでない種目の選手(男子33名、女子15名)の回答を分析した結果を紹介する。

選手が申告した今大会でのパフォーマンス達成度

男女別に申告された達成度の分布を図1にヒストグラムで示す。男子では最高100%で最低が5%、女子では最高120%で最低10%であった。低い本人申告の選手の内容をみる。男子では短距離(5%、10%)、マラソン(15%)であり、パフォーマンス低下に占める身体的な問題の割合は各々100、90、100%で、アキレス腱障害と日本選手権時の肉離れにより長期間トレーニングが行えなかった選手である。女子では走幅跳(10%)、長距離(20%)であり、

パフォーマンス低下に占める身体的な問題の割合は30%、50%で、前者は原因の記載がなく、後者は前月後半からの足部痛による。

身体的問題の占める割合をヒストグラムに示すと図2のようになり、0%の回答は男子で20名、女子で8名あり、男女とも0%とするものが多くを占める。パフォーマンス低下に占める身体的問題の割合が50%以上の選手は男子で25.0%、女子で21.4%であり、全体の1/5から1/4ということになる(図3)。

身体的問題によるパフォーマンスの低下割合を、 $(100 - \text{自己申告達成度}) \times \text{身体的問題の割合}$ により、%で表現してみた。全体の分布は図4のようなヒストグラムとなり、男子では最小が28%、最大が95%であり、女子では最小が17.5%、最大が63%であった。これらの内容について、表1に示す。

自己ベストに対する本大会での記録の達成度

本大会での記録を自己ベストの記録に対して何%になるかを計算することで、数値上の達成度を算出した。種目によってはこのような数値が実態をあまり反映していない可能性もあるが、全種目で共通の指標とするため機械的なこの方法を取った。

男子では最低が89%、最高が100.1%であった。

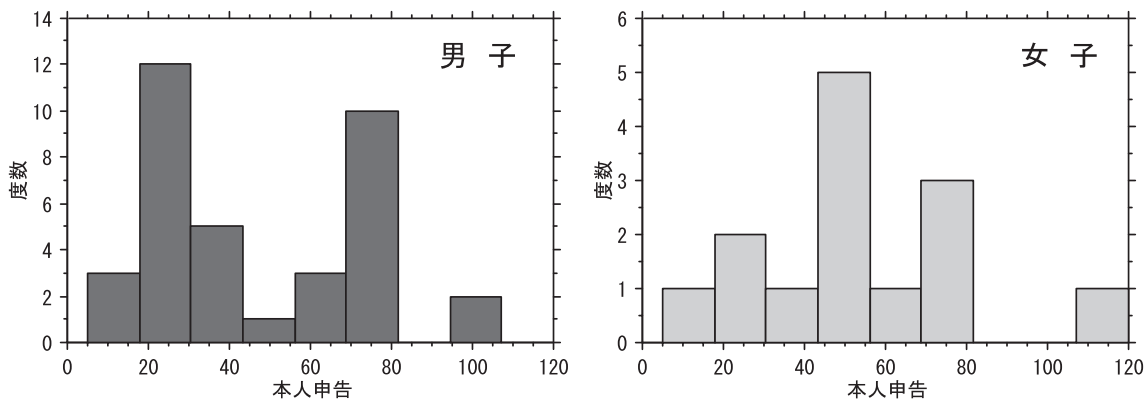


図1 本人申告のパフォーマンス達成度(男子、女子)

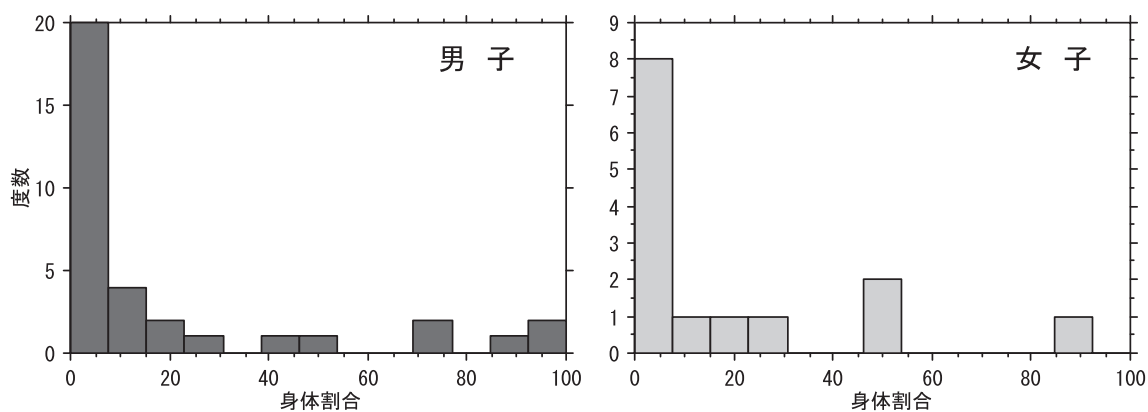


図2 パフォーマンス低下に占める身体的問題の割合

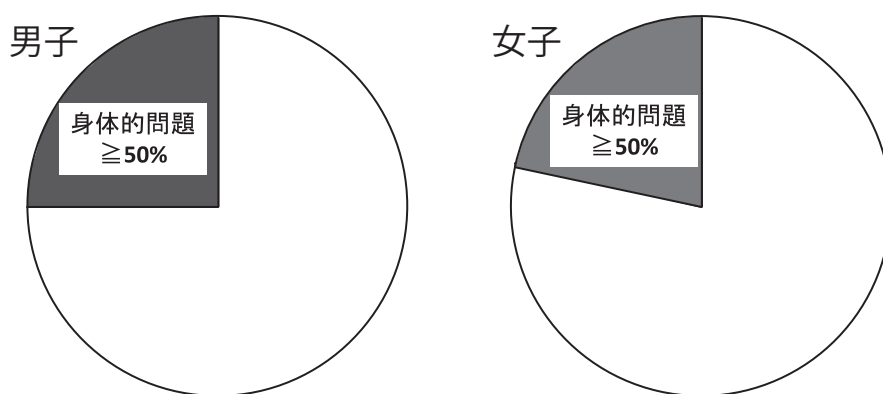


図3 身体的問題がパフォーマンス低下の50%以上を占めた選手の割合

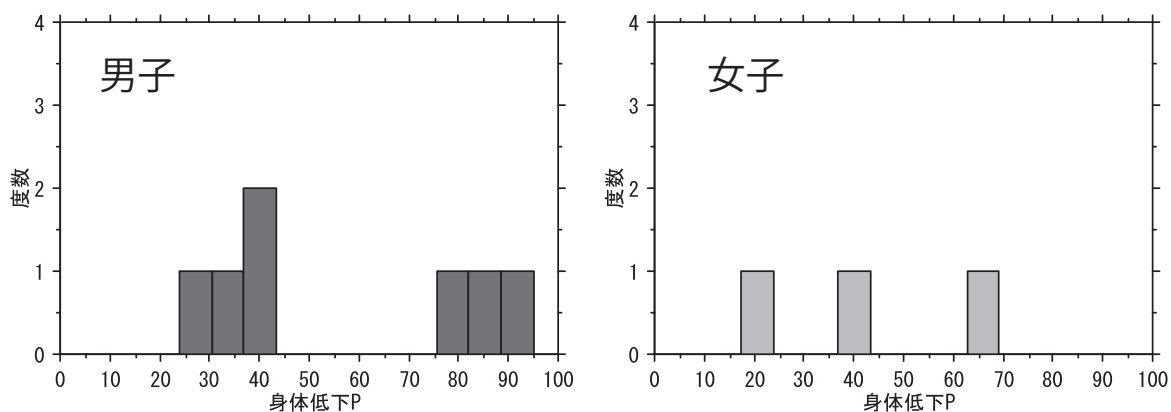


図4 身体的問題によるパフォーマンス低下のポイント

表1 身体的問題がパフォーマンス低下の50%以上を占めた例

性別	種目	身体的問題の内容	発生時期	本人申告	達成度	身体割合	身体低下
男	短	ハムストリング肉離れ	6月下旬	10	97.2	90	81.0
男	短	アキレス腱障害	5月上旬	5	93.3	100	95.0
男	長	体調不良	大会期間	40	92.3	70	42.0
男	長	ハムストリング痛、踵痛	8月上旬	30	95.6	50	35.0
男	長	アキレス腱障害	4月中旬	15	89.0	100	85.0
女	短	ハムストリング痛	8月上旬	65	96.0	50	17.5
女	長	足疲労骨折	7月下旬	20	96.4	50	40.0
女	長	足疲労骨折	7月下旬	30	91.8	90	63.0

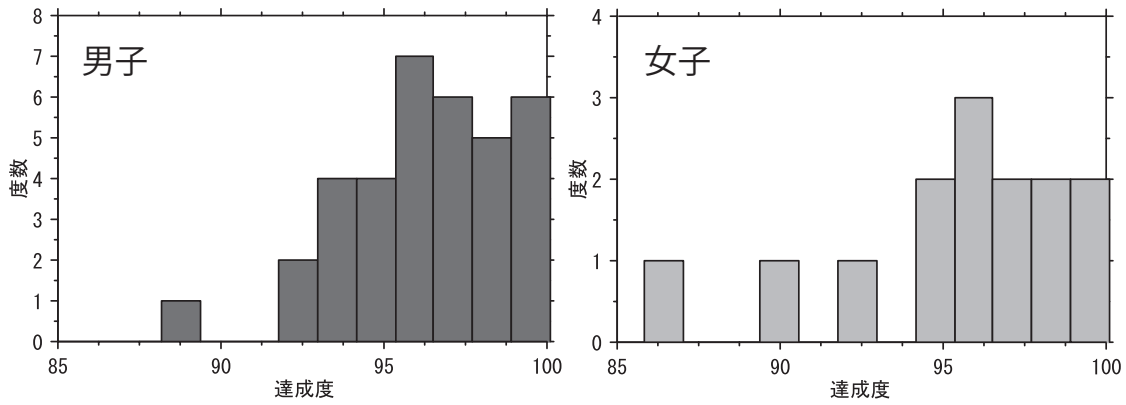


図5 自己ベストに対する今大会の記録の達成割合

前者は男子マラソン選手であり、後者は400H選手であった。女子では最低が86%、最高が100%であった。前者は走幅跳選手、後者は長距離選手であった。100%を越えたのは男子400H選手1名である。男女別のヒストグラムを図5に示す。

自己ベストに対する達成割合と本人申告の達成度との関係を図6に示す。両者の間には中等度の相関があり、大きく離れることはなかった。

2日前のコンディションチェックと参加後の本人申告の達成度との関係

今大会でも代表決定後、レース直前まで最低週1回のコンディション情報の提出を選手に求めてきた(村上トレーナーの原稿を参照)が、レース直前の2日前のコンディション申告と本人申告の達成度との関係を図7に示す。なお、コンディションの点数には練習強度とパフォーマンス以外の全項目の点数の合計を用いた。両者の間には関連性が見られず、申告されたコンディションどおりに結果が発揮されるわけではないことがわかる。

考察

身体的な問題でパフォーマンスを十分に発揮できなかった選手は20~25%という結果となった。個人的な感覚としてはかなり高いと感じた。当然ではあるが、これらの身体的問題の大部分は代表決定後に発生しており、表1に示すように7月下旬や8月上旬発生の問題も4件を数えた。これらの問題の大部分に対して、帯同メディカルスタッフは直後あるいは、プリンストンでの直前合宿から対応を行ってきた。また、代表選手全員がスタートラインに立ち、さらに完走できることを目的として対応を行った。代表選手全員に対する定期的なコンディションの報

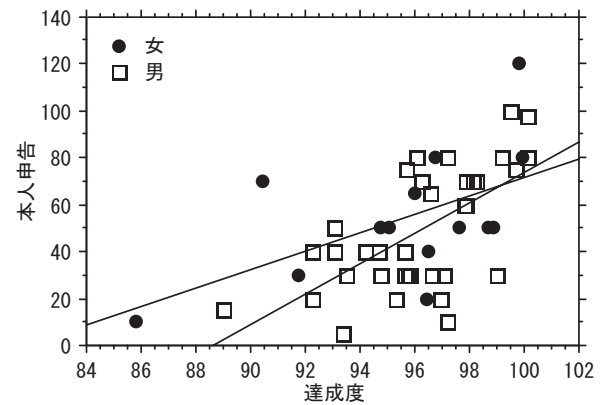


図6 自己ベストに対する達成度と本人申告の達成度

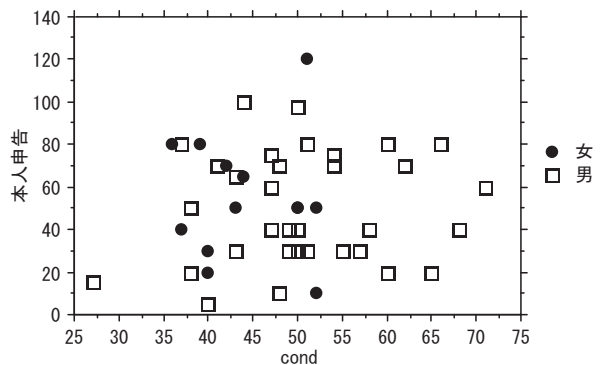


図7 レース2日前のコンディション合計点と本人申告の達成度との関係

告もこれまでと同様に最低1週間に1回を依頼し、最終的には昨年と同様の提出率であったことが村上トレーナーの報告に記されている。

結果的に本人申告の達成度が著しく低かった選手に対して、出場させることが良かったのか、との疑問の意見も聞いた。

マラソンや競歩では代表決定から実際の競技出場までの期間が4~5か月にもなり、その間のコンディションを良好に保つことは容易ではない。この間に質の高い練習を行ったり、競技会に参加したり

することで、さらに競技力を高めて五輪に臨もうとするのが通常である。国内の競技会や合宿には帯同メディカルスタッフが参加し、選手の状態を把握し問題に対する対応を行っている。海外での合宿には同じように参加することが難しく、特にチーム単位で行われている合宿に陸連派遣で参加することは困難である。幸い、今回そのような状況で発生した問題で対応が遅くなり、重大化した問題はなかった。プリンストンでの合宿にはほとんどの選手が参加し、その時点で海外合宿で発生した問題の把握・精査を行うこともできたのはタイミングとして非常に良かったと考える。

これまで、代表選手の状態を直接把握する機会は、代表のメディカルチェック、結団式、国内調整合宿であった。しかし、種目により合宿が別に（開催地、期間）行われるためメディカルスタッフが全てをカバーすることはできない。そのために週に1回のコンディション情報の提出を選手に求めている（これについては別記）。今後、陸連主催で短距離・フィールド種目、中・長距離・マラソン種目と2か所程度の合宿に集約することが可能であれば、メディカルスタッフとしては状態把握がしやすくなると考えられる。

謝辞：今回の調査の実施にあたって、監督の麻場強化委員長、各種目の部長、回収に尽力いただいた事務局、調査用紙への回答を下された選手の皆さんに感謝いたします。

第31回オリンピックリオデジャネイロ大会チームドクター帯同報告

鳥居 俊¹⁾ 村上博之²⁾ 田村佑実保²⁾

1) 公益財団法人日本陸上競技連盟医事委員会委員

2) 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

はじめに

第31回オリンピックリオデジャネイロ大会は8月5日から21日までの17日間にブラジルのリオデジャネイロ市を中心に行われた。初めての南米大陸での開催であり、現地の治安状態やジカ熱対策などでさまざまな事前情報が飛び交ったが、幸い大きな混乱なく開催に到り、会期中も問題となるような事態はなく閉会式を終えられた。陸上競技は8月12日から21日までの10日間で競技が行われた。

選手団の構成

専務理事は本部役員として参加しており、麻場強化委員長が監督としてチームを率いた。コーチ・役員は26名（男性23名、女性3名）、競技者は52名（男性38名、女性14名）であった。メディカルスタッフは医師1名（鳥居）とトレーナー2名（男女1名ずつ）で、本部ドクターとして内科真鍋医師が本部医務室での診療やドーピング検査に帯同し、村外スタッフとして男性トレーナー1名が日中の選手村でのケアを対応した。

派遣前準備

週間コンディションチェックは6月24～26日の日本選手権の結果を受けた代表選手決定後に開始されたが、マラソン、競歩など早い時期に代表が決まっている種目の選手のコンディションを決定直後から収集することはできず、今後の改善が必要であった。今大会での提出率は村上トレーナーの報告にあるように、昨年の世界選手権とほぼ同様であった。なお、メディカルチェックは3月から7月までの間に候補となりうる選手を対象に多数回実施され、そこ

に含まれなかった選手は日本選手権後に受けることとなった。TUE申請を必要とする選手はいなかった。

国内での事前合宿（短距離：山梨、男子マラソン：釧路、競歩：千歳）、直前の時差調整合宿（米国プリンストン）を経て、リオ入りするという予定が立てられた。東京とプリンストンとの時差が13時間、リオとの時差が12時間である。

ドクターバッグの準備はJISSの上東さんに一任し、使用量の多い薬剤を追加してもらうという調整を行った。なお、本隊がリオへ移動した後もプリンストン入りする選手のために、ドクターバッグを通常より1個多く準備して事前合宿地に残した。

渡航および現地の状況

選手団本隊は8月1日午前出国でニューヨークJFK空港着、バスでプリンストンに向かった。この事前合宿については最終日まで帯同した金子先生に報告をお願いしたので、そちらを参照してほしい。現地時間で7日にJFK空港より南下し、8日にリオ市**空港へ到着した。入国審査、手続きを経て、ADカードを空港内で有効化し（写真1）、バスで選



写真1 空港でのAD有効化



写真2 選手村の入り口



写真4 寝室



写真3 メディカルルーム



写真5 食堂内

手村へと入った（写真2）。

現地は季節としては冬であるが、緯度が南緯22度54分と那覇より赤道に近いのでこの時期の平均気温が22度ということであった。選手村はリオ市南西部のパーラ地区に位置し、周囲に湖や草地が多く見られた。日本選手団棟は食堂やシャトルバス乗り場から近い好条件の位置であり、陸上競技チームは18階を中心に居住した。高層階のため虫が入る心配はないと油断していたら、数日後に室内で蚊に刺されることになった。

居室は居間と2つの寝室（写真4；各シャワー室、トイレ付）からなるマンション形式で、メディカルルームには居間を当てた（写真3）。シャワーやトイレの水流はやや頼りない感じはあったが、自室では幸い故障することなく最終日まで持ちこたえてくれた。

水道水は飲用ではなく、各自で食堂や支援企業ブースから飲料を部屋用に持ち帰っていた。洗濯は近隣の棟にランドリーがあり、当初受付や引き渡し

で少々の混乱があったようだが、概ね問題なく済んだようである。食堂が居住棟の目の前にあったのはありがたいと、夜遅い帰村時にはバス停からそのまま食堂で夕食（夜食？）を取り、居室に戻ることが短時間、短距離で移動できた。

食堂は非常に大きいスペースが準備され（写真5）、さまざまな地域の料理が用意され（写真6）、果物類やデザートも豊富に置かれていた。なお、マシンで自由に飲むことのできるコーヒーの味が今一つであったのは残念であった。選手村内にはマクドナルドもあり、日本人店員も出張で来ており、後半になって選手やスタッフも利用していた。

現地での医療活動

ADカードが発行され選手村に居住できたメディカルスタッフはドクター1名とトレーナー2名であった。他に日本選手団本部医務室が日本選手棟の2階に設置され、本部ドクターとして整形外科2名、



写真6 中華メニュー



写真8 サブトラックの日本選手団テント



写真7 本部医務室診察ブース



写真9 レース前のブロック注射

内科2名が帯同しており、前述のように内科の1名が真鍋医師であった。本部医務室には独立した診察スペースが2室（写真7）、治療スペースもあり、物療機器もあったため、陸上競技選手も数名治療を受けた。

メディカルルームにはトレーナーベッドを2台置きトレーナーの治療やケアを行うとともに、医療バッグも常置することで内服薬の処方やブロック治療の希望にも対応した。競技期間中は、村外スタッフである1名のトレーナーが日中メディカルルームに滞在して選手への対応を行ったが、離村時刻が定められており、昨今の夜の時間帯の競技の増加のため競技場に出たドクターやトレーナーの帰村が0時を回ることもあり、ケアを希望する選手の要望に応えきれないことがあり、今後の改善策を練る必要がある。JOCでは選手村からバスで15分程度の場所にハイパフォーマンスセンターを設置し、選手の診断、治療、コンディショニング、リラクゼーション、競技の分析など多方面に活用できるようにした。こ

の場所でパーソナルトレーナーによるケアや治療を受ける選手もあった。

競技場まではバスで40分程度を要し、隣接するサブトラックのテントの1つを日本選手団テントとして確保し（写真8）、準備やケアの場とした。期間中、最も早くサブトラックに出発する選手に合わせてトレーナー、ドクターも同行し、選手の状態の確認、ウォームアップを見守り、競技へ送り出した。今大会でも、体調良好ではない選手に対して、故障部位の疼痛を緩和するための消炎鎮痛剤の処方、競技前の局所麻酔薬の注射（写真9）、睡眠障害に対する入眠導入剤の処方など、医療を要することが少なくなかった。内科疾患は感冒症状の発生も少なく、下痢腹痛が数名あったのみであった。女子2選手で計2種目の棄権はあったものの、2名とも2種目のエントリーであり、2種目目に出場することができ、全ての選手が出場するという最低限の目標は達成することができた。

ドーピングコントロール

今大会はチームドクター1名体制であったため、競技会前の検査に呼ばれた際はコーチやチームスタッフに同行してもらって選手村内のメディカルセンターに行って検査を受けてもらった。持久系の種目では、血液検査と尿検査ともに実施されたようである。

競技後の検査は、陸上競技の期間中本部ドクターである真鍋医師が対応してくれたが、メダリストや入賞者以上にほぼ限定されていた。夜間の競技後の検査では帰村が深夜になり、スタッフも後半は睡眠不足に悩むことになった。

総括

今大会の前半は決勝に進める種目が少なく、男子20 km競歩、棒高跳びの入賞のみで後半に進み、最終日前日の午前に50 km競歩の銅メダル獲得、さらに夜に4×100Mリレーの銀メダル獲得という快挙により非常に好成績であったかの印象となった。しかし、最終日の男子マラソン(写真10、写真11)では全く入賞に手が届かず、国内メディアでは惨敗という記事が多く見られた。

医事委員会では、今大会のメディカルチームとして春の合宿帯同、メディカルチェック、週間コンディション報告に加え、代表選手の問題発生時には可能な限り国立スポーツ科学センターのクリニックを利用して検査や治療にあたった。また、こうした選手サポートの結果としての選手の競技成績や達成度を参加後調査という形式で収集し、選手の意見も求めるようにした。これについては別稿を参照されたい。

今大会での計画が奏功した点と課題が残った点をまとめる。山梨や釧路での国内直前合宿、プリンストンでの直前時差調整合宿は多くの選手のコンディションを把握でき、コーチやパーソナルトレーナーともコミュニケーションをとる機会となり有益であった。また、現地でも選手村の日本選手居住棟の位置が食事や出入りを考慮して最適であった。

一方、選手数と午前中から夜間までも行われる競技スケジュールを考慮すると、選手に対応できるメディカルスタッフが結果として不足であった。もちろん、日本選手団本部医務室や選手村医務室の利用も可能ではあるが、治療者と選手との信頼関係を構築する余裕のない状態での利用は非常に難しかったと推測される。パーソナルトレーナーとの連携は対応していただくたびに帯同スタッフ宛に連絡をもら



写真10 マラソン中のカーニバル



写真11 日本人選手のゴール

い、競技直前の対応等に活用できた。

2020年は国内開催のため、事情は大きく異なると思われるが、逆に選手のコンディション情報が散乱しないように、帯同メディカルスタッフに集約されるシステムと人間関係を準備しておくことが必要であろう。

リオ・デ・ジャネイロオリンピックにおけるコンディション把握方法

村上 博之¹⁾ 鳥居 俊²⁾

1) マキユモ鍼灸治療院 2) 早稲田大学スポーツ科学学術院

1. はじめに

昨年度の北京世界選手権に引き続き、日本陸上競技連盟医事委員会としてリオ・デ・ジャネイロオリンピック出場選手に対してコンディションチェックおよび現地コンディションチェックを実施した。オリンピック、世界選手権、アジア大会では毎度実施しており、今回で8回目の実施となった。

リレー種目以外は個人競技である陸上競技は種目数が多く（男子24種目、女子23種目）、代表決定後の合宿も種目毎もしくは、ブロック毎に行われることが多い。また、オリンピックの選手村への入村、退村のタイミングも個人によって異なり、代表選手全員が集まる機会が一度もない。球技などのチームスポーツの様な固定のチームトレーナー制度をとっていることも少なく、代表選手のコンディション情報については選手本人の申し出により収集する他に手段がない。

リレー種目以外では補欠選手がいない陸上競技において、代表に選出された全選手をより良い状態で試合に送り出す必要がある。大規模大会においてはドクターによるメディカルチェック、メディカルアンケート、webによるコンディションチェック、現地コンディションチェックの4段階に分けたコンディション把握方法を採用している。2009年より実施してきたネットワーク経由で提出するコンディションチェックであるが、昨年の北京世界選手権時に使用したものをベースとして活用した。

2. 実施内容および実施方法

今大会の日本代表選手数は男子36名、女子16名の合計52名であった。代表選手決定が3月中旬から8月上旬までの6回（3/17マラソン、4/18競歩、6/27トラックアンドフィールド、7/13日本選手権後の標準記録突破選手、7/25男子1600mリレー、

8/3ランキングによる追加選手）に分かれており、全員に対して同じタイミングでスタートをすることができなかった。選手のコンディション把握は冬の合宿から春先にかけて及び代表決定後のドクターによるメディカルチェックをベースとし、それ以外に大きく分けて以下の3つの方法で行っている。

①メディカルアンケート

整形外科疾患、内科疾患、ドーピング検査経験の有無、TUE申請の有無、現在の怪我の状況、普段のトレーナーの情報、これまでの海外渡航歴、アレルギーの有無、予防接種歴、女性アスリートへの質問項目、メディカルスタッフへの要望などを記載。A4用紙2枚分に記載のうえ陸連事務局にFAXにて提出し、PDF化の後に強化委員長、医事委員長、帯同メディカルスタッフで情報を共有。

②webによるコンディションチェック

自身のコンディションを強化委員長、種目担当コーチ、メディカルスタッフに報告。コンディションに関する10項目の質問について1点から10点の10段階で主観的に評価する。練習強度、練習意欲、パフォーマンス達成度（この1週間に参加した競技会の記録、1週間の練習内容達成度）、寝付き、寝起き、食欲・食事量、便秘、疲労感、全体的体調、今の自信と気持ちの安定感の10項目とし、1点から10点で設定をした。点数の高い方を良い状況、低い方を悪い状況とした。またこれとは別に、障害部位の痛み・張り（なし、少し：練習に支障なし、あり：練習に支障あり）、通院の状況、現在の服薬について、生理の有無、自由記載欄として障害・疾病及びその部位、服用薬についての欄を設けた。さらに、上記以外の内容で何か気になることがあればドクターとトレーナーに直通の専用メールアドレスを使用して相談できる旨の文言と相談用のメール宛先を記載した。

各選手に割り当てられた個人 ID とパスワードを用いて専用サイトからログインし、それぞれの項目に回答する方法を採用した。

③現地コンディションチェック

週間コンディションチェックとほぼ同様の 10 項目で 1 点から 10 点の内容で実施した。現地コンディションチェックの項目の中に障害部位の疼痛に関する質問が入り、寝付き・寝起きを睡眠の項目でまとめた。全身の絵が掲載されており、必要に応じて現時点で気になる箇所、痛みのある箇所にマークができる形式とした。選手村入村日と最初の試合の 2 日前に紙ベースでの実施とした。個人種目とリレー種目の両方にエントリーしている選手に対しては、個人種目とリレー種目の間に数日のブランクがあったので、リレー予選の 2 日前にも再度実施した。この件については現地にて鳥居ドクター、担当コーチと協議をして決定をした。海外ではネット環境が必ずしも安定しているとは限らないこと、用紙の配布と回収をメディカルスタッフから選手に対して直接行うことによりコミュニケーションを取る機会を設けること、試合前のコンディション情報を確実に収集することなどを目的にネットワークを利用せずに紙ベースで実施している。

メディカルアンケートに各選手が記載した情報をもとに、特に気になる記載のある選手には個別に連絡をとった。メディカルアンケートは全選手から提出があった。また、鳥居ドクターが JISS 等で継続的に診察している選手の情報は鳥居ドクターからメディカルスタッフに展開し、共有をした。日本選手権や代表決定後に怪我をして練習が十分に積めていない選手が 2 名いたが、それぞれの選手の状況については鳥居ドクターから随時、強化委員長、担当コーチ、メディカルスタッフに伝達された。

メディカルアンケートを情報のベースとして、鳥居ドクターによる JISS でのメディカルチェック及び合宿先への訪問で各選手の問題箇所への対応をし、適切な処置、アドバイスをを行った。代表合宿には陸連トレーナー部のトレーナーが帯同しており、気になる選手がいた場合は鳥居ドクターに直接連絡を取り相談をする場面もあった。

第 1 回目のコンディションチェックの実施はトラックアンドフィールド選手発表後の 7 月 4 日であった。各選手には毎日のコンディションを報告するように、と通達し実施された。しかし、毎日の入力は選手にとって負担になり、回答率も大幅に低下

していたので鳥居ドクターに相談をし、最低でも週に 1 回はコンディション情報を収集するという方針に変更された。ほぼ毎日自身のコンディションを入力する選手は長距離を中心に 5 名いた。

コンディションチェックを実施の前に、6 月 27 日の時点で日本代表選手に選出されていた全選手にメディカルアンケートと共にコンディションチェックに関する説明文と個人 ID、パスワードが日本陸連事務局より郵送にて配布された。

昨年の世界選手権時と同様に、各選手にはメーリングリストへの登録をお願いした。メディカルスタッフから全選手にコンディションチェック等に関するアナウンスをする際に使用する為の手段であった。文書をしっかりと確認していない選手の中にはメーリングリストに自身のメールアドレスを登録していない選手も数名おり、個別の連絡が必要になる場面もあった。

メディカルスタッフから全選手に対して毎週月曜日に、自身のコンディション情報の提出に協力してください、という主旨のメールを配信した。水曜日に再度一斉メールにて未回答の選手名を記載したメールを配信し、更に土曜日にも同様のメールを配信した。各質問項目の 10 段階で 3 以下の回答をした項目のある選手にはメディカルスタッフから個別にメールもしくは電話で連絡をして状況の確認を行った。情報はドクターとも共有をし、必要に応じてメディカルスタッフから選手に直接助言を行い、早い段階での問題解決に努めた。

5 週に渡って行ったコンディションチェックの回答率は全体では 81.4% で前回の北京世界選手権時とほぼ同様であった。週ごとの回答率は、1 週目 : 56.8%、2 週目 : 77.3%、3 週目 : 88.6%、4 週目 : 94.1%、5 週目 : 90.2% であった。1 週目の回答率が低い要因として、オリンピックの壮行会などで自宅や寮に届いた書面を確認していない選手が多くいたこと、ペーパーで配布した ID とパスワードを手元に記録していない状態で合宿などに行ってしまうログインができない選手がいたこと、メールアドレスの登録をしておらず実施に関するメールが受信できていない選手がいたこと、ブロック独自で実施しているコンディションチェックと内容や時期が重なり、一部の選手にとって回答が負担になっていたこと、などが挙げられる。前回も同じような事例があったので個別対応も行ったが、資料配布から実施までをスムーズにする様にうまく改善することができなかった。また、日本代表選手として自身のコン

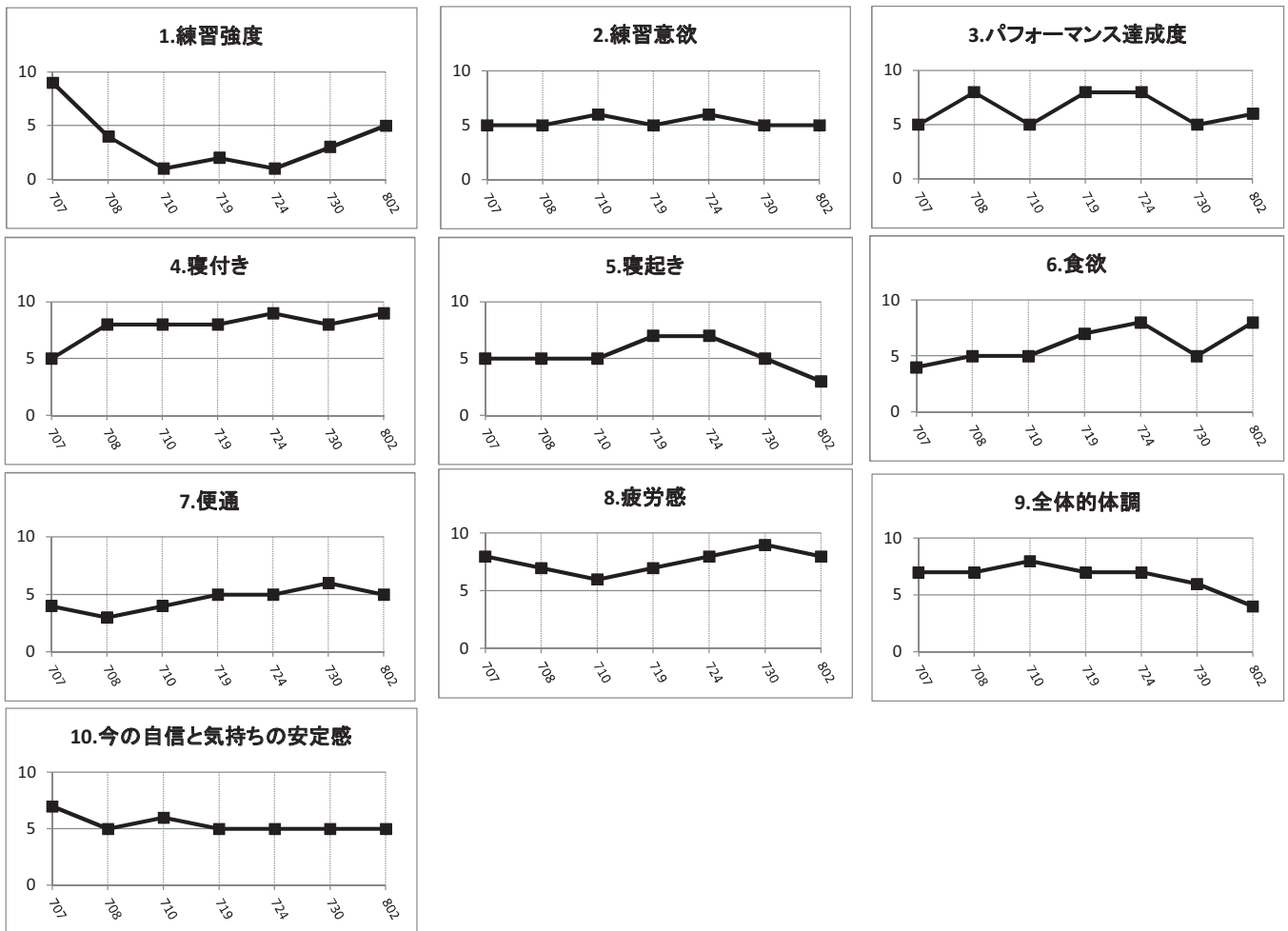


図 1. メダルを獲得した選手のコンディション推移
(縦軸：選手が回答した点数、横軸：回答日)

ディションについて強化委員長やメディカルスタッフに報告することは代表選手の義務の一つであるという認識で医事委員会として実施しているが、その思いが選手には十分に伝わっておらず、メディカルスタッフから催促をしないと情報を得られにくい状況が前回同様に見受けられた。

現地コンディションチェックは各選手の入村日と最初の試合の2日前に実施した。先にも述べたが、リレー種目の代表選手にはリレーの2日前にも実施した。現地で用紙を直接配布する形式であるので全選手から回答を得る事ができた。記載内容で気になる事があればその場で回収に当たるトレーナーが選手とコミュニケーションをとり、情報を収集した。これまでは回収した後にメディカルスタッフで情報の確認と共有をし、翌日に強化委員長、種目担当コーチに情報を展開していた。一部のコーチから、収集した情報はその日のうちに開示してほしいとの要望を受けたので今回は当日中に共有する様にした。配布、回収、チェック、メディカルスタッフでの共

有、コーチへの情報展開を1日で行うのは非常に労力のいる作業であった。面と向かって用紙を見ながらディスカッションすることを徹底してきたが、選手村と試合会場が離れていたことや各スタッフの活動時間の相違などがあり、ペーパー配布式で当日中に情報共有するには、トレーナーの負担が大きかったと感じた。世界のネットワークの環境が整いつつある昨今の状況を考えると、ネットワークを活用した実施の検討を進める必要があると感じた。

傾向として、アメリカでの1週間程度の時差調整合宿を経た選手は時差や全体的な体調に関する問題を感じる事が少ない状況で選手村に入村できた様子であった。一方、アメリカ合宿を経ずに日本からブラジルまで直接移動してきた選手は長時間の移動による疲労感を訴えていた。最初の試合2日前の現地コンディションチェックで試合に影響がある問題を抱えている選手は少なかったが、試合前日に捻挫をした選手が出て対応に追われるという事例があった。

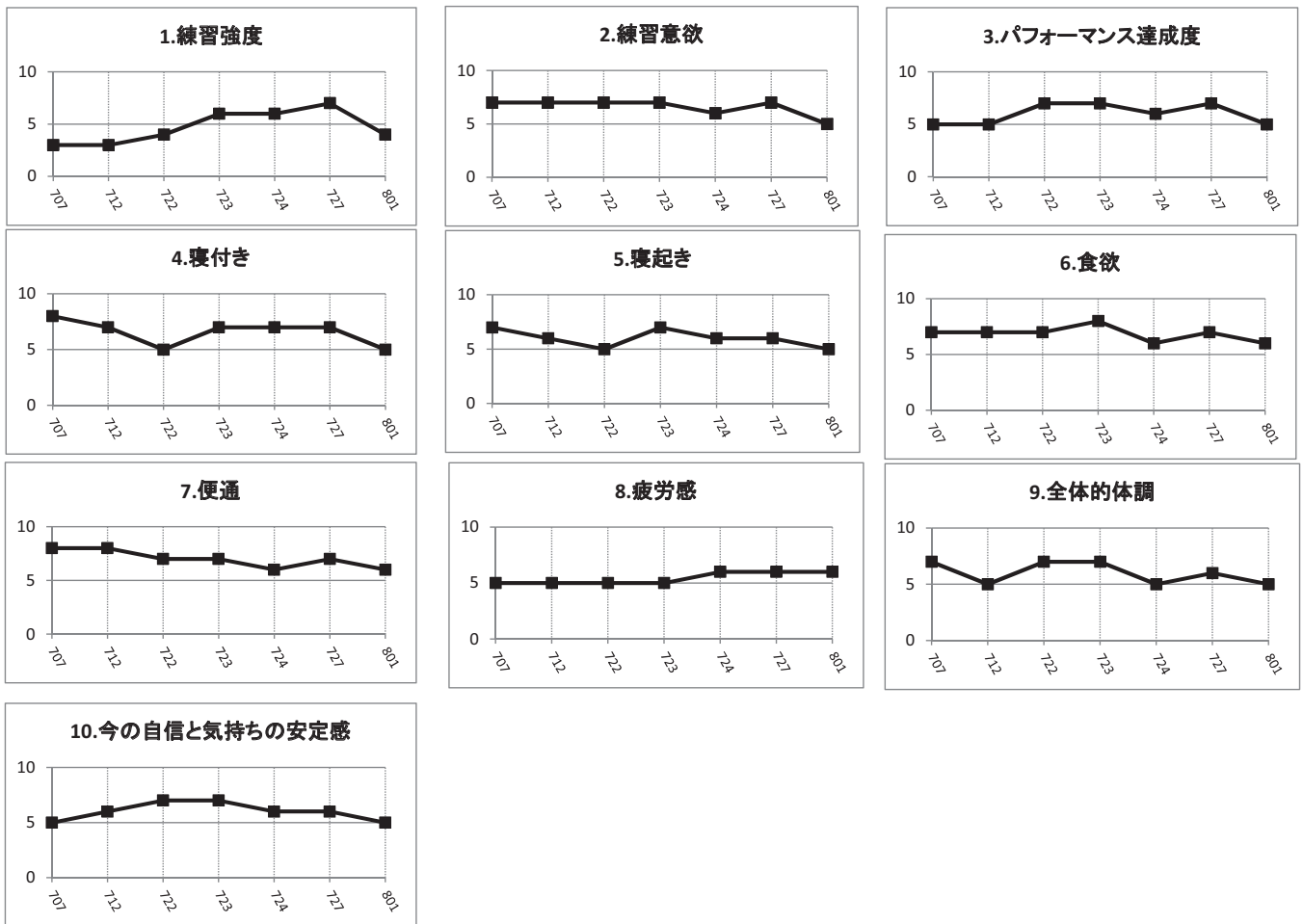


図 2. 活躍が期待されたが成績に結びつかなかった選手のコンディション推移
(縦軸：選手が回答した点数、横軸：回答日)

3. 戦績とコンディションチェックの関連について

今大会での戦績とコンディションについて一部触れる。今大会での主な戦績は、メダル2種目、入賞2名、アジア記録リレー1チーム、自己ベスト2名であった。その中からメダルを獲得した選手と、参加資格タイムのランキングが高く活躍が期待されたが思うような結果に結びつかなかった選手の例を挙げる。

- ・今大会においてメダルを獲得した選手のコンディション推移 (図1)

7月7日に提出されたメディカルアンケートには、練習に支障のある怪我及び過去1年間で競技や練習に支障のある怪我の記載がなく、少なくとも前年の夏以降から充実したトレーニングを積めてきていることが推測できた。

コンディションチェックで回答している数値からは今の自信と気持ちの安定感の項目が7月19日以降5で安定していた。2回の現地チェックにおいて

入村日は5、試合二日前は7と記載していた。数値自体は高いものではないが、1ヶ月間に渡り安定した状態で試合前には自信が少し向上した状態で試合に臨んでいたことがうかがえた。また、全期間を通して痛みに関する訴えがなく、現地チェックにおける痛みに関する項目は2回とも10(痛みなし)で回答していた。長期間にわたり怪我や痛みなくしっかりと練習が積めており、気持ちが安定していたことが結果に結びついたと推測できる。

回答に用いる数値や回答の傾向には個人差があるので、単純に他者と比較する事はできないが、北京世界選手権で自己ベストを出した選手は、コンディションチェック全期間を通して痛みがあるが練習には支障ないレベルであると回答していた。当然のことであるが、長期間にわたり練習ができていた状態で試合に臨む事が結果に結びついたという事実を改めて確認できた事例である。

- ・参加資格タイムのランキングが高く活躍が期待されたが、成績に結びつかなかった選手のコンディ

ション推移 (図2)

6月30日に提出されたメディカルアンケートによると、3月に全治2週間のハムストリングス肉離れで練習ができていない期間があった。また6月にも同部位の肉離れをしており春先からオリンピックに向けて怪我の影響で満足な練習ができていなかった事が推測できる。受傷後はJISSでのリハビリや患部のケアについてはかなり積極的に取り組んでおり何とか試合に間に合うように努めたが、オリンピックで結果を出す事は難しかった。

今の自信と気持ちの安定感がコンディションチェック開始時から一時上昇傾向にあったが、試合が近づくにつれて下降している事が観察できた。現地入りした時は5、試合二日前は4で回答しており徐々にメンタル面が下がっていく傾向にあった。また、痛みに関して入村時は5、試合二日前は3、試合二日前の疲労感を3と回答しておりレース前は痛みや疲労感が出てきつつある事がうかがえた。疲労部位を両臀部、内転筋と記載しており、受傷部位以外にも疲労を感じていた事も確認できた。

各個人を単純に数値だけで比較する事はできないが、長期間にわたり怪我や痛みのない状態でしっかり練習を積んでいる事、メンタル面が大きく変動しない事が結果に結びついているという事例を確認する事ができた。リレー種目で銀メダルを獲得した4選手についても前年の11月以降は練習に大きな支障のある怪我がなかった。

コンディションチェックと戦績を見比べた時に、同じような戦績の選手が同じようにコンディションチェックを回答しているという事はない。回答の数値や傾向には個人差があるので、各個人の傾向を掴み分析していく事が理想である。しかしながら試合までの限られた時間の中で個別の傾向を見出していくのは非常に難しい。

4. まとめ、反省

医事委員会として8回目の実施となったコンディションチェックであるが、競歩、女子マラソンでは独自のコンディションチェックを並行して実施している。それらの内容と医事委員会のコンディションチェックの内容が重なっている部分もあり選手には負担となっている様子も垣間見る事ができた。強化スタッフからは、医事委員会として必要な情報と強化委員会として欲している情報のすり合わせをして内容を検討し一本化したほうがより良いだろう、と

いう声もあった。メディカルスタッフと現場のコーチにとって必要な情報を見直し、また、選手にとっては負担がより少ない方法の模索が必要であると感じた。一部の選手からは、SNSやアプリを利用したコンディションチェックのほうがやりやすい、という意見も届いている。ソフト開発にかかる費用や時間などの課題は多いが、代表チームに関わるそれぞれの立場の方にとって活用しやすいフォーマットの作成が急務であると思われる。

前回同様にメディカルスタッフで選手情報を共有する事ができ、早い段階で選手からの訴えに対応する事ができた。鳥居ドクターが合宿先に出向く機会もこれまで以上に多く、選手とのコミュニケーションから出てくる選手の不安な声に即座に対応したことが非常に有益であった。アメリカでの時差調整合宿時にはドクター2名、トレーナー4名というこれまでになく充実した人員で代表選手のサポートをする機会を頂けた事に感謝したい。2種目に出場する2名の選手が1種目を棄権するという事例があったが、リレーの補欠選手以外の全選手を一度は試合に送り出す事ができた。

マラソンと競歩は代表発表が早く、本番は5ヶ月程度先になる。代表決定した種目から順次コンディション情報を定期的に収集し、メディカルスタッフで共有、対応していく事が必要である。選手からの情報を確実に収集できるさらなる工夫や、選手のデータの取り扱い、現地まで帯同しているパーソナルトレーナーからの情報収集の方法についての検討が今後の課題と考えられる。

世界競歩チーム選手権 帯同報告

加藤 穰

公益財団法人日本陸上競技連盟医事委員会委員

1. 世界競歩チーム選手権について

1961年より隔年で開催されている競歩の大会で、本会が27回目となる。個人種目とは別に団体表彰があり、出場選手5名のうち、上位3名の個人順位の総和が低い順から団体の順位を決定する。今回はイタリアのローマでの開催となる。5月9日に20km、5月10日に50kmのレースが行われた。日本からは20kmの選手のみが派遣された。

2. 選手団

派遣団体は、選手14名に加え、スタッフ6名(コーチ3名、トレーナー1名、渉外担当1名、医師1名)で構成された(図1)。

3. 渡航前準備

3月20日に全日本競歩能美大会が行われ、4月11日に代表が選出された。トレーナーより渡航前のコンディションチェックが事前に行われた。書類上、現在の傷害や使用薬品について問題となる選手

はいなかった。TUE申請希望者もいなかった。しかしながら、1名の選出選手が足の故障のため、直前になって参加を辞退した。

4. 渡航および現地の状況

ローマへは直行便(アリタリア航空)で、片道約12時間を要した。到着は日本時間の24時で、疲労を訴える選手も少なくなかった。滞在先は、フィウミチーノ空港からバスで40分ほどのホテル(Sheraton Parco de' Medici Rome Hotel)であった(図2)。同ホテルはゴルフ場併設のリゾートホテルで、ゴルフ利用客も一緒に滞在していたが、各国の利用も同じホテルであり、大会直前には利用客はほぼ競歩選手で占められることとなった。

水道水は飲用可であったが、衛生面を考慮し近くのスーパーマーケットまでミネラルウォーターの買い出しを行い、適時選手へ提供した。大会前にはオフィシャルからもミネラルウォーターの提供があった。

食事は3食ビュッフェ形式で提供されるものの、メニューはほぼ毎回固定しており、2種類の Pasta



図1 全体写真



図2 滞在先ホテル

(マカロニ)、メイン(肉か魚、朝はハム、卵)、副食(生野菜、果物)などで構成されていた。味や新鮮さについては概ね問題はなかった。大会直前には選手各自が携帯していた米やうどんなどを調理し、主食とした。

トレーニング場所は当初、ゴルフ場外のカート通路を使用していたが、ゴルフプレーヤーからのクレームもあってか急遽場所が変更となり、主催者指定の駐車場スペース(片道500m強)があてがわれた。

5月のイタリアは気候がよく、日中は晴れていれば24度(黒球温度は32度を記録)まで上昇するものの、夜間は10度前後まで低下するため、寒暖差は大きい方であった。湿度も低く、結果として大会前後には上気道炎が流行することとなった。

5. 現地での医療活動

ホテル内ではトレーナー室にマッサージベッドを置き、必要時ケアが行われたが、初回時はなるべく面談形式で医師とコンタクトを取るようし、現在の問題点について確認を行った。

大会2日前の午前中に、シニア男子4名がABP(Athlete Biological Passport)対象となり、同ホテルの別館に用意されたドーピング検査室で採血を行った。同伴については特に制限はされなかった。様式・用紙など幾つか日本のものとは異なっていたが、特に問題なく検査を終了した。

大会当日は競技場外のテントにブーススペースが割り当てられ、資材(ベッド、氷、荷物など)の置き場とした。大型モニターが設置されていたが、テントからは見えない角度に位置しており、テント内には実際競技が始まってどうなっているのか確認できなかった。

参加選手1名が大会前より腹痛を訴えており、半ば強引に参加したものの、もともとの故障箇所であるハムストリングスの痛みもあって途中でリタイアした。この選手がドーピング対象となっていたようだが、特に改まった通告もなく、現地スタッフに現地医療スタッフのいる場所を誘導されるようなかたちでドーピングコントロールステーションへ到着した(図3)。この時点ではじめてドーピング対象であることが確認された。待機中に悪寒のために震えていたところ、けいれんと勘違いされて現地のメディカルサポートに通告され、救急処置がなされる結果となったが、結果としては状況説明のみで解決した。脱水や胃腸炎症状のため排尿は困難であったが、部分検体も行ってなんとか必要量を確保するこ

とができた。日本チームからのドーピング対象者はこの選手1名のみであり、検査終了時には20時をまわっていた。

この選手とは別にシニア男性の1名が大会前より上気道炎症状を訴えていた。無事完走を果たしたものの、その後同様の症状を呈したものが何名かおり、感染が広がったものと考えられた。

成績としては、U20男子の二人が自己ベストを更新してそれぞれ8位、9位と善戦した(団体3位)ものの、U20女子、シニア男子、シニア女子の最高位はそれぞれ10位、12位、25位と事前の期待に叶わない結果となった。

6. まとめと反省

渡航に関しては概ね問題なく、当初みな体調は良好のようであった。日夜の寒暖が強く、それなりに環境ストレスがあったものと考えられる一方で、オリンピック代表選考レースが続き(神戸、能美)、本来であればオリンピックにむけた練習の時期に大会が企画されており、コンディションの調整もかなり難しかったものと考えられた。時間の経過とともに体調の不具合を訴える選手が出てきて、対応としては後手にならざるを得なかった。上気道炎などは積極的な予防策を講じていく必要があると考えられたため、早いうちから選手へのアプローチを行っていく必要があると感じられた。



図3 ドーピングプロセスを実施するキャンピングカー

陸上競技ジュニア選手のスポーツ外傷・障害調査における疲労骨折に関する検討

田原 圭太郎¹⁾²⁾ 鳥居 俊¹⁾³⁾ 鎌田 浩史¹⁾⁴⁾ 山澤 文裕¹⁾⁵⁾

1) 公益財団法人日本陸上競技連盟医事委員会 2) 多摩総合医療センター 整形外科
3) 早稲田大学スポーツ科学学術院 4) 筑波大学医学医療系 整形外科 5) 丸紅健康開発センター

背景

陸上競技選手における外傷・障害の予防は重要な課題である。特に今後の日本陸上界を担うジュニア世代においては、能力の高い選手が慢性的な障害からシニアで十分に力を発揮できない、早期の引退を余儀なくされる、などジュニア期における外傷・障害の予防は今後の日本陸上界にとって大変重要なものになると考える。しかしながら、これまで日本の陸上競技における大規模な外傷・障害調査は行われておらず、その実態は不明な点が多いのが現状である。そこで、日本陸上競技連盟医事委員会では2013年よりジュニア世代への外傷・障害調査を行い、「陸上競技ジュニア選手のスポーツ外傷・障害調査 第1報」の冊子を配布した。今回はそのデータを基に疲労骨折を中心に詳細な検討を行ったので、その結果を文献的考察も踏まえ報告する。

対象と方法

2013年度全国高等学校総合体育大会（インターハイ）の陸上競技出場選手と2014年度全国高等学校校駅伝競走大会（高校駅伝）出場選手にアンケート形式で質問を行い回答が得られた2840名を対象とした。インターハイ出場選手は2339名、高校駅伝出場選手は501名であった。性別はインターハイでは男性1293名女性1039名不明7名、高校駅伝では男性293名女性206名不明2名であった。インターハイの種目別の内訳は、短距離1079名（男性582名、女性493名、不明4名）、中長距離324名（男性179名、女性144名、不明1名）、走り幅跳び・三段跳び143名（男性95名、女性48名）、走り高跳び・棒高跳び155名（男性100名、女性54名、不明1名）、投擲321名（男性180名、女性140名、不明1名）、競歩46名（男性22名、女性24名）、混成55名（男

性30名、女性25名）であった。

調査項目は疲労骨折の有無、疲労骨折した部位（部位は複数記入可能）、疲労骨折の発症時期、オーバートレーニング症候群の自覚症状の有無、練習の休日の有無を調査し、女性では初経発来の有無、無月経の有無、無月経があった時期（学年）も調査した。無月経の定義は3カ月以上月経がない状態とし、アンケートに明記した。高校駅伝では食事制限、平均週間走行距離も加えて調査した。オーバートレーニング症候群の自覚症状とは、疲労が十分に回復しないまま運動を続け、慢性疲労状態におちいり、疲れやすい、全身倦怠感、睡眠障害、食欲不振、体重減少、集中力の欠如などがみられた場合に自覚症状ありとし、アンケートに定義を記載した。

統計はカイ2乗検定またはFisherの正確検定を用い、有意水準を5%とした。

結果

インターハイと高校駅伝の結果を分けて報告する。

<インターハイ>

疲労骨折は16.1%にみられ、性別の内訳は男性15.1%女性17.4%であり、女性は男性より高値であったが有意差はなかった（ $p=0.13$ ）。種目別では、短距離17.7%、中長距離17.6%、走り幅跳び・三段跳び13.3%、走り高跳び・棒高跳び15.5%、投擲10.6%、競歩19.6%、混成21.8%であった。疲労骨折の割合が20%以上であったものは、中長距離・女性（20.8%）、競歩・女性（20.8%）混成・女性（28.0%）でいずれも女性であったが、いずれにおいても性別での有意差はなかった。各種目における主な疲労骨折部位は、短距離では足の甲が28.3%、すねと背骨が各々13.2%、中長距離ではすねが34.3%、足の甲31.3%、走り幅跳び・三段

跳びでは足首が 21.7%，背骨 17.4%，足の甲とかかとが各々 13.0%，走り高跳び・棒高跳びでは背骨が 25.0%，足の甲 20.8%，すね 16.7%，投擲では背骨が 23.7%，すね 18.4%，足の甲 13.2%，競歩ではすねが 50.0%，混成では足の甲が 53.8%であった（表 1）。男女での疲労骨折部位の違いはみられなかった。疲労骨折の発症時期は、高校 2 年が 32.2%，高校 1 年が 19.7%，中学 2 年と中学 3 年が各々 16.3%，高校 3 年が 10.6%，中学 1 年が 4.8%であった。疲労骨折の有無における各項目の検討では、オーバートレーニング症候群の自覚症状があった選手に疲労骨折が有意に多くみられた（表 2）。特に、オーバートレーニング症候群の自覚症状が中学の頃にあった女性の約 39.3%に疲労骨折がみられ、男性の 15.6%と比較して有意に疲労骨折が多くみられた（ $p=0.047$ ）。各種目においてその他の項目で有意な差はなかった。

<高校駅伝>

疲労骨折は 32.9%にみられ、性別の内訳は男性 32.1%，女性 34.0%であり、性別での有意差はなかった。疲労骨折の部位はすねが 35.1%，足の甲 26.0%であり、性別での違いは特にみられなかった。疲労骨折の発症時期は、高校 1 年が 34.8%，高校 2 年が 24.2%，中学 2 年が 13.6%，中学 3 年が 12.1%，中学 1 年が 9.1%，高校 3 年が 3.0%であった。平均週間走行距離は男性 109.7km，女性 85.0km であった。食事制限は女性が 61.3%で食事制限をしており、男性の 36.6%より有意に多かった（ $p<0.001$ ）。疲労骨折の有無における各項目の検討では、練習の休日がない選手（男女）、高校生になっても初経が来ていない初経発来遅延がある選手、中学 1 年または中学 2 年の頃に無月経の経験がある選手、複数の学年で無月経がある選手、平均週間走行距離が 100km 以上で無月経の経験がある選手に疲労骨折が有意に多くみられた。また、オーバートレーニング症候群の自覚症状があった選手（男女）、男性で食事制限している選手は有意な差はないものの疲労骨折で多い傾向であった（表 3）。オーバートレーニング症候群の自覚症状があった選手の中で、中学時代にオーバートレーニング症候群の自覚症状があった選手は高校時代で自覚症状があった選手より疲労骨折が有意に多くみられた（ $p=0.0054$ ）。

考察

種目別の疲労骨折の好発部位は、短距離・長距離

表 1 種目別の疲労骨折好発部位

種目	主な疲労骨折部位		
短距離	足の甲(28.3%)	すね(13.2%)	背骨(13.2%)
中長距離	すね(34.3%)	足の甲(31.3%)	
走り幅跳び・三段跳び	足首(21.7%)	背骨(17.4%)	足の甲・かかと(各13.0%)
走り高跳び・棒高跳び	背骨(25.0%)	足の甲(20.8%)	すね(16.7%)
投擲	背骨(23.7%)	すね(18.4%)	足の甲(13.2%)
競歩	すね(50.0%)		
混成	足の甲(53.8%)		

表 2 疲労骨折の有無における各項目の検討（インターハイ）

	疲労骨折あり	疲労骨折なし	P値
オーバートレーニング症候群の自覚症状あり（男女）	23.1% (84/364)	12.2% (232/1905)	< 0.001

表 3 疲労骨折の有無における各項目の検討（高校駅伝）

	疲労骨折あり	疲労骨折なし	P値
練習の休日なし（男女）	27.7% (44/159)	19.0% (63/331)	0.030
初経発来遅延あり	22.6% (14/62)	10.8% (14/130)	0.047
中学1年または中学2年の頃に無月経の経験あり	20.0% (10/50)	6.9% (7/101)	0.027
複数年で無月経あり	22.0% (11/50)	5.9% (6/101)	0.0055
平均週間走行距離100km以上で無月経の経験あり	88.2% (15/17)	55.6% (25/45)	0.019
食事制限あり（男）	43.0% (34/79)	31.4% (49/156)	0.078
オーバートレーニング症候群の自覚症状あり（男女）	35.6% (57/160)	27.8% (89/320)	0.079

は足の甲やすねが多く、跳躍・投擲は背骨、競歩はすね、混成は足の甲が多かったことから、これらの部位の痛みが続く場合は医療機関への受診が推奨される。競歩や混成は選手数が少ないため、今後症例数を重ねることが必要である。

疲労骨折の有無における各項目の検討では、いくつかのリスクファクターが示された。

オーバートレーニング症候群の自覚症状があった選手・練習の休みがない選手に疲労骨折が多かったことから、過度な運動が続き疲労が回復しないままトレーニングを継続すると局所への負荷が蓄積し、疲労骨折が起こりやすい状態に至ると推察される。長距離では走行距離の問題もあるかと思うが、練習の休日を適度に設ける必要があると考える。特に中学生の女子に関しては、後述する月経の問題もあり骨密度が低下し疲労骨折を発症しやすくなると考えられるため、中学生の頃の過度なトレーニングは疲労骨折を来しやすく、適切なトレーニングが望まれる。

高校駅伝の調査において男性に食事制限が疲労骨折のリスクとなる可能性が示された。女性アスリートにおいて「無月経」「摂取エネルギー不足状態」「骨粗鬆症」の 3 徴候が着目されているが、その主因は「摂取エネルギー不足状態」によると考えられている 4)。本研究においては男性長距離選手にその傾

向があり、男性でも過度な食事制限は疲労骨折のリスクとなる可能性があることが示唆された。一方、女性における疲労骨折と食事制限に関連性はなかった。その理由として、女性では食事制限をしている選手が6割にのぼり、男性より多くの選手が食事制限をしていると回答していたことと、その食事制限の程度が不明であることが挙げられる。すなわち、間食のみを制限しているといった食事制限が含まれている可能性がある。食事制限をしていて低体重に分類されるBMI18.5未満の女子(60名)と食事制限をしておらず普通体重に分類されるBMI18.5以上の女子(14名)を比較すると、前者では21名の35.0%、後者では2名の14.3%に疲労骨折がみられ、食事制限をしていて低体重に分類されるBMI18.5未満の女子の方が疲労骨折の割合は多い傾向であった($p=0.20$)。症例数が少ないため、今後症例を増やし検討を重ねる必要がある。

疲労骨折と月経異常に関しては、高校生になっても初経が来ていない初経発来遅延や中学1年または中学2年の頃の無月経の経験、複数の学年での無月経、平均週間走行距離が100km以上で無月経の経験がある場合に疲労骨折が有意に多くみられた。鳥居(1989)は初経前の疲労骨折が多いことを報告⁵⁾しており、初経発来の平均は12~13歳であることや骨密度増加は12~15歳で著しいこと、運動性無月経は骨密度の増加を妨げる³⁾ことから、中学時代の初経発来遅延や無月経は骨密度増加に大きな影響を及ぼしていると考えられるため、中学で初経がない場合や3カ月以上の無月経がある際は医療機関の受診が望まれる。本研究においても疲労骨折の時期は高校1年と高校2年が最も多く、難波(2016)は十分に骨密度を獲得できないまま高校に入って強度の高いトレーニングを課された結果、高校1年から2年で疲労骨折が発症しやすくなると推察⁴⁾しており、本研究の結果もその推察と合致する。すなわち、高校やシニアで活躍していくためには中学時代に将来を見据えた疲労骨折の予防を行っていくことが肝要であり、適切な食事・適度な運動量・女性では正常な月経に留意することで骨密度を中学時代に増加させることが大切ではないかと考える。

また、無月経を無治療のまま長期間放置すると無月経が重症化し難治性となる危険性があり¹⁾、本研究で複数の学年での無月経は疲労骨折のリスクが高かったことから、長期の無月経や無月経を繰り返す場合も早期に医療機関を受診する方が望ましいと考える。来田(1991)は高校駅伝女子選手の調査で、1週間の走行距離が80km以上で月経異常がある選

手は疲労骨折の既往が多かったと報告²⁾しており、本研究においても平均週間走行距離が100km以上で無月経の経験がある選手に疲労骨折が多かったことから、長距離種目では月経異常とあわせてやはり走行距離にも注意する必要がある。

最後に、疲労骨折の発症には多くの要素が関連しており、練習の休日や適度なトレーニング量、適切な食事摂取、女性では月経異常などの様々なことに注意を払う必要があると考える。

まとめ

1. ジュニア世代に対する大規模な外傷・障害調査を基に疲労骨折につき検討を行った。
2. 疲労骨折の予防には、練習の休日や適度なトレーニング量・適切な食事摂取が肝要であり、女性では月経異常に注意する必要がある。
3. 将来を見据えた疲労骨折の予防の観点から、中学生時代の適切な食事・適度な運動量・女性では正常な月経といった疲労骨折の予防対策が重要である。

参考文献

- 1) 楠原 浩二, 松本 和紀, 渡辺 直生(1998) 思春期の続発性無月経. 思春期の産婦人科. 産婦人科Mook, 40: 113-133.
- 2) 来田 吉弘, 鳥居 俊, 横江 清司(1991) 高校女子駅伝選手の障害調査. 日本体力科学: 987.
- 3) 目崎 登(2006) 女性アスリートのスポーツ障害. 関節外科, 25: 204-208.
- 4) 難波 聡(2016) 女性アスリートと骨障害. 日本臨床スポーツ医学会誌, 24(3): 377-381.
- 5) 鳥居 俊, 横江 清司, 万納寺 毅智(1989) 女子長距離ランナーの月経異常と骨量変化. 日本整形外科学会雑誌, 8: 149-152.

第17回アジアジュニア選手権大会帯同報告

田原圭太郎

公益財団法人日本陸上競技連盟医事委員会
多摩総合医療センター 整形外科

1. はじめに

第17回アジアジュニア選手権大会は2016年6月3日～6月6日の日程でベトナムのホーチミンで行われた。5月29日に成田空港で結団式を行い、同日日本を出発、6月7日に帰国した。

選手団はスタッフ16名、選手39名（男子22名・女子17名）の総勢55名で結成され、その内メディカルサポートとしては医師1名トレーナー2名が帯同した。

2. 派遣前準備

事前に選手へメディカルアンケートを送付し、選手のコンディショニングの状況や怪我の有無、内服薬やサプリメントなどのチェックを行った。女子投擲選手が出発の1.5カ月前に足関節捻挫を受傷していたが、サポーター・テーピングで競技は可能とのことであった。その他の選手はアンケートでの問題は特になかった。しかし、直前に男子短距離選手が腰痛で治療を行っているとの情報があり、本人へ電話確認を行った。痛みは徐々に軽減しており、出場は可能とのことであった。その他に、喘息のために内服と吸入を行っていた選手は以前アンチ・ドーピングで禁止されている薬剤を使用していたことがあるという情報もあったが、今回は選手自身が担当の医師にドーピング検査がある旨を説明し使用可能な薬剤を使用していた。サプリメントは62%の選手が使用しており、JADA認定商品マークが入っていないものに関しては大会中使用を控えるよう注意した。病院で処方される鉄剤をサプリメント感覚で日常的に内服していると思われる選手もあり、貧血に対する鉄剤使用の問題を感じた。この選手は貧血検査を行っておらず特別な貧血症状もないが、運動による貧血の予防のために内服しているようであった。医

事委員会では貧血に対する正しい知識や鉄剤の適切な使用に関して「アスリートの貧血対処7か条」を作成し、啓蒙活動を行っているが、今後も啓蒙活動を続けていく必要性を感じた。近年、女性アスリートにおいて「無月経」「摂取エネルギー不足状態」「骨粗鬆症」の3徴候が着目されているが、今回の女子選手では長距離3名と投擲1名に月経異常がみられ、帯同中に確認と助言を行った。

感染症に関しては厚生労働省検疫所のホームページより確認し、ベトナムの渡航の際はA型肝炎、B型肝炎、破傷風の予防接種が推奨されていた。選手は20歳未満であるため破傷風の抗体がおおよそあると思われるが、スタッフは抗体がない方が多いと思われるため、渡航前に予防接種を案内した。

未成年の選手へはドーピング検査における親権者の同意書に関する案内を郵送し、同意書の提出をお願いした。

3. 渡航および現地の状況

日本との時差は2時間であった。飛行時間は6時間程度であったが、出発が夕方であったためホテルへの到着は夜中であった。

ベトナムの気候は熱帯モンスーン気候に属し雨季と乾季があるが、大会中は雨季の時期であったため、時折スコールがあった。気温は早朝の過ごしやすい時間帯で28度、日中のトラックは35～36度程度であった。湿度は40～60%程度、WBGT（湿球黒球温度）は常に31度以上で最高36度と過酷な環境であった。試合会場に日陰はあったが、その日陰でも気温33度程度（WBGT30度程度）とかなり暑かったため、練習は短時間で午前と午後に分け、その間は必ずホテルで休息をとるようにした。また、試合も各自の競技開始時間に合わせホテルを出発し試合会場にいる時間を短くするよう工夫した。暑さ対策

のため試合時間は午前と午後に分かれており、午後は概ね 16 時以降の試合開始となっていた。

ホテルの環境は各部屋にトイレ・シャワー・冷蔵庫もあり、特に問題はなかった。食事はビュッフェスタイルで、フォーやお米の料理、パン、肉、野菜と種類も豊富で比較的美味しく頂くことができた(写真①)。生野菜に関しては、スタッフが食べて特に問題ないことを確認の上、2 日後より選手へ許可した。歩いて 15 分ほどのところにスーパーがあり、スタッフ・選手は適宜必要なものを購入していた。A 型肝炎やアメーバ赤痢の予防のため、水分は基本的にペットボトルのものとし、水道水や氷には注意するよう指導した。熱中症予防のために水分摂取はこまめに行い、首などへの冷却を行うよう指導した。蚊を媒介としたデング熱や日本脳炎の対策に虫よけスプレーや蚊取り線香を用意した。

ホテルから試合会場まではシャトルバスが出ており、移動時間は約 30 分ほどであった。バイクが多く運転もやや強引なため、交通事故になるのではないかと思う場面に何度も遭遇したが、事故にあうことなく無事に移動できた。

試合会場のサブトラックは 50m ほどの直線が 5 レーンあるのみで、アップ時はかなり混雑していた(写真③)。男子短距離選手がアップの際に他国の選手と接触し足関節捻挫を受傷し、棄権を余儀なくされた。アップを行うサブトラックはかなり狭く、後方からの突然の接触で避けることが難しい状況であった。また、アップの際は事故のないようスタッフがついてしたがコール後に起こったアクシデントであった。

4. 医療活動

水や氷に注意するよう指導していたが、露店のスムージーや貝を食べ、その後下痢症状が出現した選手が各 1 名いた。(貝を食べた選手は試合が終わってから食べたため、試合に影響はなかった。) いずれの選手も発熱はなかった。整腸剤を処方し水分摂取を促した。

長距離・競歩の 4 名の選手が熱中症になり、アイシングや水分摂取で対応した。試合会場には冷房の入ったベッドで休める部屋があったため、熱中症になった選手はその部屋で休ませた。

出発の 1.5 カ月前に足関節捻挫を受傷していた女子投擲選手は後突起障害も併発しているため、局所注射を行った。痛みは軽減したが、満足いくパフォーマンスは発揮出来なかった。



①食事



②大会会場



③サブトラック

直前に腰痛が出現した男子短距離選手は予想より症状が強く、各種ブロックを行い症状軽減させ試合には出場できたが、結果は満足できるものではなかった。

混成の選手がスパイクで手を踏まれ利き手の手背

挫創を負傷したが、幸い傷も深くなく小さかったため洗浄と保護材のみで競技も支障なく行うことができた。

渡航前からの風邪症状の選手が1名、帰国直前に風邪症状が出現した選手が1名いたため症状に合わせた内服薬を処方した。

怪我による試合の棄権者が2名あった。1名は前記した接触で足関節捻挫を負傷した選手でもう1名は女子短距離選手で以前よりあった腓骨近位の痛みが試合後に悪化し、通常の歩行で跛行を呈していたためリレーを棄権した。足関節捻挫の選手はアイシング・テーピング固定を行い、松葉杖歩行とした。帰国後精査を行うため紹介状を作成した。腓骨の痛みが悪化した選手は腓骨疲労骨折が疑われたため、紹介状を作成し帰国後精査を行うよう指示した。

5. ドーピングコントロール

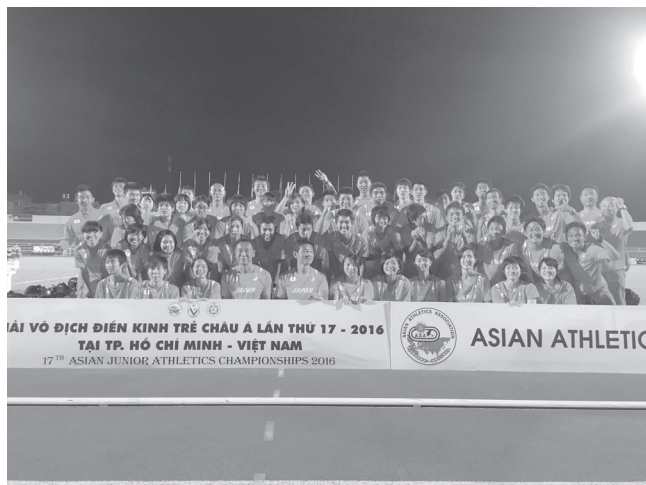
本大会のドーピング検査対象者は、10名ほどであった。今回の大会の対象者は優勝選手のみであったため、金メダルを13個獲得した日本選手に対象者が多かったことから、最終日の数名の優勝者は対象から外れ、2位の選手を検査対象としていた。ドーピング未経験の選手も多数いたため、住所記載など不慣れな点が多かった。検査会場はロッカールームを2部屋使用していた。プライバシーは守られている環境にあり、運営は特に問題はなかったが、検査終了に夜まで時間を要した際にホテルまでの帰りのタクシー代を払うようお願いしたところ大会スタッフが理解しておらず、最終的には同じホテルだったイランのDCOとタクシーでホテルに帰ることができ、難を逃れた。

6. 成績

本大会で日本選手は大活躍し、金メダル13個、銀メダル10個、銅メダル4個を獲得、過去最高の結果であった。国別の medal table においても中国を抜き1位であった。男子砲丸投げと男子円盤投げの選手はU20日本記録をマークし、その他に2名の選手が自己新記録であった。

7. まとめ

今回の大会はWBGTが31度以上で飲水などの食事でも気を配らなければならない過酷な環境の中で、よい成績を達成することができた。選手の頑張りやス



④集合写真



⑤メディカルスタッフ

タッフの先生方のご指導の賜物であるが、メディカルスタッフとして選手になるべくよいコンディションで競技できるよう微力ながらサポートできたのではないかと感じている。

しかし、熱中症や下痢のためコンディションを崩した状態で試合に出場した選手もいた。食事の注意点や熱中症に対する水分補給や冷却の指導は行っていたが、現地の環境に対する情報や注意点をもっと具体的にスタッフや選手と情報共有すべきであったと考える。

また、以前より少し痛かったところが試合中に悪化しその後の試合を棄権した選手や渡航前の怪我で満足する結果を残せなかった選手もいた。事前のメディカルサポートを充実させることによりさらに良い結果が出せる可能性があったと感じている。怪我の情報がある選手に関しては渡航前に医療機関での診察や検査を行うことにより現地での対応が変わることがあるため、事前に可能な限り精査を行う必要があると考える。ジュニア世代は地方に在住する選

手も多いため、地域の病院や都道府県単位での医務部門との連携が必要であり、これらの整備が今後の課題である。

日本ジュニア・ユース陸上競技選手権大会 — 傷害相談窓口 —

金子晴香^{1,2)} 鳥居俊^{1,3)} 山澤文裕^{1,4)}

- 1) 公益財団法人日本陸上競技連盟医事委員会 2) 順天堂大学整形外科
3) 早稲田大学スポーツ科学学術院 4) 丸紅健康開発センター

1. はじめに

リオオリンピックが開催された本年、2020年に向けて医事委員会が新たに取り組む活動として日本ジュニア・ユース陸上競技選手権大会にて傷害相談窓口を開設した。この活動の背景としては2013年より行っているジュニア傷害調査の結果、ユース・ジュニア期の傷害発生の多さおよび対策不備を実感したためである。本レポートでは、ユース・ジュニア選手を対象とした傷害相談窓口の結果を報告し、ユース・ジュニア期の傷害の予防および対策の足がかりとなる情報を提供する。

2. 開催日時、場所

2016年10月22日と23日の2日間、第32回日本ジュニア陸上競技選手権大会、第10回日本ユース陸上競技選手権大会の開催されたパロマ瑞穂スタジアム（愛知県名古屋）にて行った。開催についてはプログラム内のトレーナーステーションの案内と併記し、トレーナーステーションと同じ場所（補助競技場内）で行った。

3. 窓口対応選手

2日間で17名の選手に対応した。肉ばなれが8名、疲労骨折および疲労骨折疑いが4名であった。アキレス腱障害や膝蓋大腿関節障害等の慢性障害の選手はトレーナーのケア後試合に出場した。肉ばなれや疲労骨折の選手は試合後受診しており、ほとんどすべての選手で試合前から違和感等の症状があった。症状に応じて休養期間や帰宅後の検査について指示した。無月経があり疲労骨折の可能性が高い選手および肉ばなれで病院受診のための紹介

状を希望する選手には紹介状を発行した。

4. 反省点・問題点

本大会で行った傷害相談ブースは初回の設置であり、相談に訪れた選手の偏りなどから考えると、設置場所やスペース、選手への周知の問題があったと考える。また、慢性障害の他に、当日発症の肉ばなれも多く、大会医務との連携も必要と考えられた。

5. まとめ

本ブースの設置はトレーナー活動との連携もとれ、一定の役割は果たせたと考えられる。今後はジュニアの参加大会における傷害相談ブースの設置大会を増やし、傷害の相談窓口としての役割だけでなく、傷害予防の指導・アウトリーチやアンケート等の実施も行っていきたい。この活動がジュニア世代の外傷・障害の予防および競技力向上に繋がることを期待する。



ジュニア強化選手メディカルチェックレポート

金子晴香¹⁾²⁾ 鳥居俊¹⁾³⁾ 田原圭太郎¹⁾⁴⁾ 田畑尚吾¹⁾⁵⁾ 真鍋知宏¹⁾⁶⁾ 山澤文裕¹⁾⁷⁾

1) 公益財団法人日本陸上競技連盟医事委員会 2) 順天堂大学整形外科

3) 早稲田大学スポーツ科学学術院 4) 多摩総合医療センター 整形外科

5) 慶應義塾大学医学部スポーツ医学総合センター 6) 慶應義塾大学スポーツ医学研究センター

7) 丸紅健康開発センター

1. はじめに

毎年12月(一部2月)にジュニア強化選手を対象としたメディカルチェックを国立スポーツ科学センター(JISS)にて行っている。メディカルチェックは選手の外傷・障害の早期発見・予防のみならず、長期的な競技力向上のために必須の事項である。現在のメディカルチェックは日本陸上競技連盟医事委員により行われており、その後の合宿や試合でのメディカルサポートに繋げている。本レポートでは、ジュニア強化選手のメディカルチェックレポートを通じて、ジュニア期に起こりやすい外傷・障害について報告し、多くのジュニア選手の外傷・障害の早期発見・予防、競技力向上に繋げていただきたい。

2. ジュニア強化指定選手

メディカルチェックの受診者は76名、男子選手42名、女子選手34名であった。短距離ブロック12名、中距離ブロック2名、障害ブロック8名、跳躍ブロック9名、投擲ブロック13名、混成ブロック3名、競歩ブロック4名、長距離ブロック25名であった。

3. 整形外科的問題点と対策

診察時点での整形外科的問題点がなかった選手が26名(34%)であるのに対し、50名(66%)には何らかの障害が認められた。全体的には肉ばなれ・膝の痛み(ジャンパー膝など)・腰椎分離症がそれぞれ15%程度と多数の選手に認められた。次いで、足関節不安定性に起因する足関節周囲の痛みや外

脛骨、外反母趾、足底腱膜炎などの足部の障害が10%程度認められた。

肉ばなれは受傷後早期からの練習開始や試合出場などにより症状が持続している選手が多く、MRIにて陳旧性の損傷がみられた。そのため、受傷後半年経過しても十分な筋力が発揮できない選手も散見された。損傷した筋に硬さが残存する状況で練習や試合を重ねることによりさらに損傷部位へ負担がかかり治癒が遷延している可能性が考えられた。特に高校生の場合、受傷後早期に試合へ出場せざるを得ないこともあり、治癒が十分でなく日頃からのケアも不十分な状況で、無理な練習の開始や試合出場などで障害が遷延している。障害に対するしっかりとした治療や復帰までのトレーニングも重要であるが、障害の予防や障害した際の損傷部位への負担軽減のため、日頃から筋の柔軟性を上げるようなトレーニングを行う必要がある。肉ばなれの予防にはエキセントリックなトレーニングも有効¹⁾とされており、通常の静的なストレッチだけでなく、エキセントリックなストレッチ²⁾などもひとつの有効な手段であると思われる。

ジャンパー膝などの障害は跳躍選手に起こりやすいが、大腿四頭筋の硬さが一因である。大腿四頭筋の柔軟性を上げるストレッチを日頃より行っていく必要がある。

足部の障害は慢性障害が多く、外脛骨、外反母趾、足底腱膜炎などであった。対策として、インソールやパッドの作製の指導や、足底腱膜炎は足趾を背屈する足底のストレッチや足関節を背屈する腓腹部のストレッチを指導した。足底腱膜炎に関しては下腿三頭筋のタイトネスが一因であり、繰り返しとなるが日頃から筋の柔軟性を上げるようなトレーニングを行う必要がある。ストレッチの方法としては通常

の静的なストレッチだけでなく、こちらにもエキセントリックなストレッチが有効³である。

腰椎の障害は腰椎分離症と腰椎椎間板変性による腰痛症であった。腰椎の障害も慢性の経過を辿ることが多く、体幹のトレーニングや股関節周囲の柔軟性、特にハムストリングの柔軟性を上げることが肝要である。

投擲選手は特徴的に肘または肩の投球性の障害が46%の選手に認められ、多く選手は通院歴や治療歴がなく、痛みを治療しないまま競技を継続していることが分かった。障害の適切な予防や治療介入が必要と考えられた。投擲選手に多い肘・肩の投球性障害は、肩・肘の局所的問題以外に体幹や下肢との連鎖や投げるフォーム等、多くの問題が関係して発生する。障害への早期介入や予防トレーニングは症状の軽快や再発防止に有効である。予防には肩周囲をはじめ全身の柔軟性の獲得や適切なフォーム、練習量の調整が推奨されている⁴。

長距離選手では疲労骨折の既往が56%にみられた。そのうち、疲労骨折が複数箇所みられた選手が半数いた。女子長距離選手の75%に無月経（原発性無月経を含める）を認め、後述するが、疲労骨折予防の観点からも女性アスリートの三主徴で知られる無月経対策が必要である。また、男子長距離選手の多くはハムストリング・下腿三頭筋がかたく、普段よりストッチはあまり行っていないとのことであった。ストレッチなどの身体のケアを行う習慣が必要である。

4. 内科的問題点

もっとも目立つ疾患は花粉症、小児喘息の既往を含めたアレルギー性の疾患であり、63%に認められた。長距離選手を除く51名のうち、貧血や貧血の既往、血清鉄低値の選手は8名（男性2名、女性6名）であり、女性6名すべての選手で無月経か月経不順を認めた。長距離女子選手12名では貧血や貧血の既往のある選手は8名、無月経は10名であった。全選手中の5名で中性脂肪が高く、4名で肝機能障害を認めた。肝機能障害はすべて男性に認め内3名は投擲選手であり、筋力トレーニング等との関係がある可能性がある。

5. その他の問題点

女性選手のうち無月経や月経不順・月経困難症を示した選手は治療中の2名を入れて20名（59%）

に及んだ。無月経は長距離選手9名、競歩選手2名、跳躍選手1名であり、残りの8名は月経不順または月経困難症、その双方の問題があった。中には無月経に対しての婦人科受診を指導者が理解せず、受診や治療ができない選手もいた。「無月経」は、「利用可能エネルギー不足」「骨粗鬆症」との相互関係により女性アスリートの三主徴と呼ばれており、疲労骨折へつながる女性アスリートの健康上の問題点である⁵。継続的なトレーニングと摂取エネルギーとの不均衡は利用可能なエネルギー不足となり、無月経そして骨粗鬆症を起こす。治療は食事療法および婦人科的な治療となる。無月経の改善は、障害の予防につながることを選手および指導者に認識してもらい、トレーニングと食事等の改善、婦人科の受診が望まれる。また、月経困難症も婦人科の治療によりコントロール可能な疾患・症状であり、コンディショニングの向上のためにも一度婦人科を受診してみることを勧めた。

常備薬等の服用に関して、試合時ドーピング禁止薬物として指定されている薬物を含む感冒薬等を内服している選手が19.6%認められ、ジュニア選手に対するアンチ・ドーピングの啓蒙活動がさらに必要であると考えられた。

また、全選手のなかで齲歯および早急な治療を要する歯の変化を指摘された選手は60.8%におよび、多くの選手で歯科受診が必要な状態であった。強化選手は、海外へ派遣されることも多く、また、シーズン中は歯科通院が困難になることも考えられ、冬季練習期間などの時期をみて歯科受診を定期的に行う必要性が考えられる。

6. まとめ

ジュニア世代の選手は学業とスポーツの両立が必要であり、外傷や障害、さらには内科的疾患や齲歯等を抱えたまま競技を続けていることが分かった。それら外傷や障害、疾患等は適切に介入することにより症状改善に寄与するばかりでなく、新たな障害の予防や競技力向上にも繋がることと考えられる。また、メディカルチェックでみられる障害の多くは日頃のケアが重要なものも多く、ジュニア期の選手に対するセルフコンディショニングの指導は今後の課題であると思われた。さらに、ジュニア期の選手は地方に在住する選手も多く、これらの障害をフォローする体制作りや我々メディカルサポートをする医事委員の活動体制の整備も必要であると考えられる。

参考文献

- 1) Jesper Petersen, Kristian Thorborg, Michael Bachmann Nielsen et al, Preventive Effect of Eccentric Training on Acute Hamstring Injuries in Men' s Soccer. A Cluster-Randomized Controlled Trial. Am J Sports Med. 2011; 39(11): 2296-2303
- 2) 倉持梨恵子, 山本利春【スポーツ損傷予防と競技復帰のためのコンディショニング技術ガイド】コンディショニングに用いる手法 損傷予防と競技復帰に向けて ストレッチング 各種ストレッチングの方法と適応. 臨床スポーツ医学 2011 ; 28 臨時増刊号 : 223-231
- 3) 篠原靖司, 熊井司【足部・足関節のスポーツ障害-overuse 障害の克服-】腱の overuse 障害 アキレス腱付着部症. 臨床スポーツ医学 2014 ; 31(7) : 614-620
- 4) Endo Y, Sakamoto M, Correlation of shoulder and elbow injuries with muscle tightness, core stability, and balance by longitudinal measurements in junior high school baseball players. J Phys Ther Sci. 2014; 26(5): 689-693
- 5) Nattiv A, Loucks AB, Manore MM, et al, American College of Sports Medicine position stand. The female athlete triad. Med Sci Sports Exerc. 2007; 39(10): 1867-1882.

国立スポーツ科学センターでのメディカルチェックにおける DXA 測定の活用

鳥居 俊¹⁾ 山澤文裕²⁾

1) 早稲田大学スポーツ科学学術院, 公益財団法人日本陸上競技連盟医事委員会委員

2) 丸紅健康開発センター, 公益財団法人日本陸上競技連盟医事委員会委員長

医事委員会では陸上競技選手のメディカルチェックにおいて身体組成や骨密度の評価が可能な DXA (Dual X-ray Absorptiometry: 二重 X 線吸収法) 測定を行って、選手の筋量や分布の評価、骨密度評価を行っている。対象となった選手には結果を簡単にフィードバックしているが、測定データをよりよく活用してもらうために、結果の一部を個人が特定されないように配慮して解説したい。

1. DXA 装置の測定メカニズム

DXA 装置は 2 種類の特定の波長の X 線を用いて身体組織を透過した X 線量から身体成分を算出することで、骨量・骨密度、脂肪量・体脂肪率、除脂肪量(筋量、内臓重量)を算出することができる装置である。四肢の除脂肪量はほぼ筋量を反映していると考えられ、トレーニング効果や左右差の評価に有用である。ただし、3次元の人体が平面像に投影されるため、大腿部でハムストリングと四頭筋の筋量を分けて算出するようなことは不可能であり、大腿部の前後を合計した数値として算出される。測定時間は全身で 3 分半程度、腰椎骨密度で 1 分程度、X 線被曝量は通常の胸部や各部位の X 線撮影に

比べて数十分の 1 程度の微量である。そのため、海外では小児の身体発育の基礎データ作成に活発に用いられている(図 1)。

このような意義から、国立スポーツ科学センターのクリニックには設立当初から本装置が導入されていた。日本陸連ではこれまで、無月経を有する女子選手の低骨密度の検査に用いてきたが、さらに広く選手の身体状態の把握に活用すべく、育成合宿での測定やシニア選手の検診においても導入するようにしている。

2. 全身測定で得られるデータと陸連選手の測定結果

全身測定では骨の情報(全身および部位別の骨量・骨密度)と脂肪量、除脂肪量の情報(これも全身と部位別)が算出され、図 2、3 のように表示される。全員が測定している全身測定の結果を種目ごとに比較する。全身骨密度は図 4 のように、持久系の種目で低く瞬発系、特に体格の大きい投擲種目で高くなっている。DXA による体脂肪率と身長・体重から算出される BMI との関係を図 5 にプロットすると、男子の瞬発系の選手は体脂肪率が低くても BMI では

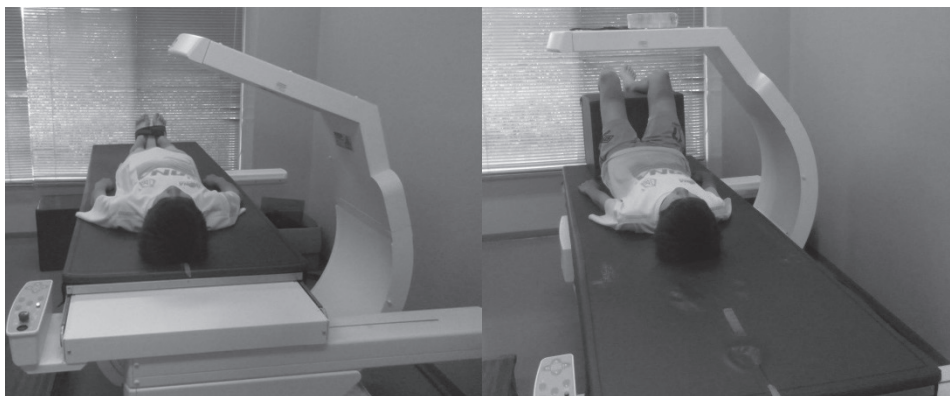


図 1 DXA 装置による全身、腰椎の測定 (早稲田大学)

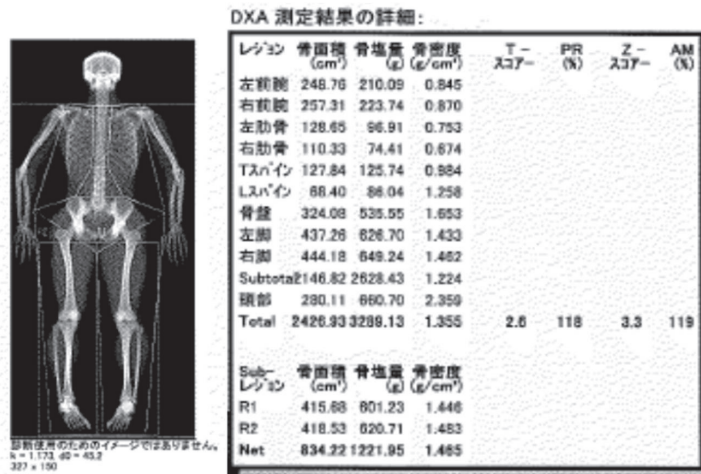


図2 骨の情報の表示 (骨格の図と、各部位の数値が示されている)

DXA Results Summary:

Region	BMC (g)	Fat (g)	Lean (g)	Lean+BMC (g)	Total Mass (g)	% Fat
L Arm	126.01	392.3	2721.9	2847.9	3240.2	12.1
R Arm	123.20	361.2	2551.7	2674.8	3036.1	11.9
Trunk	423.29	2441.1	24491.4	24914.7	27355.8	8.9
L Leg	409.83	1175.1	10233.0	10642.8	11818.0	9.9
R Leg	429.05	1202.5	10226.5	10655.6	11858.1	10.1
Subtotal	1511.37	5572.2	50224.5	51735.9	57308.1	9.7
Head	436.20	1094.7	3904.6	4340.8	5435.5	20.1
Total	1947.57	6666.9	54129.1	56076.7	62743.5	10.6

図3 骨量、脂肪量、除脂肪量の表示

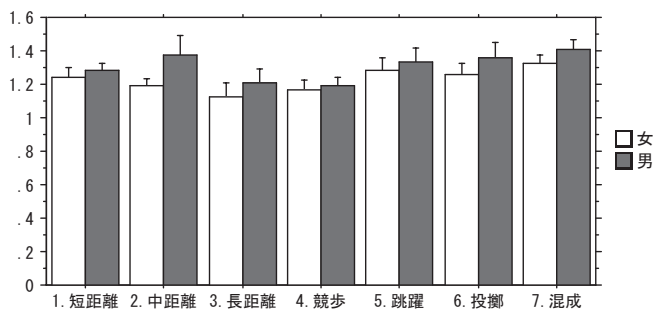


図4 全身骨密度の種目別の比較

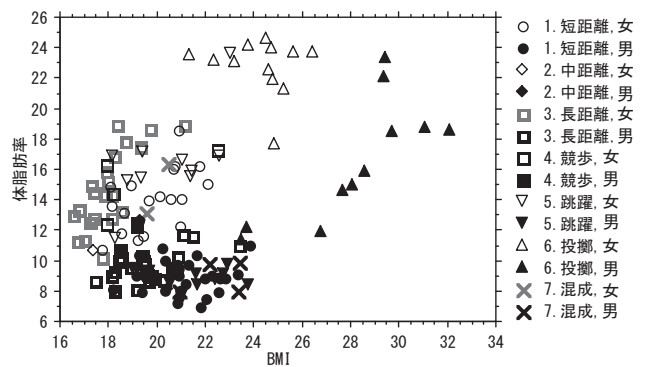


図5 BMI と体脂肪率との関係 (種目別の比較)

高い数値まで分布していることがわかる。女子ではある程度体脂肪率と BMI は相関している。下肢筋量の左右差を%で表示すると図6のように、短距離で2%弱、跳躍でも2%前後であるのに対して、投擲や混成では2.5~3%前後とやや大きくなっている。女子長距離走選手では月経状況により腰椎骨密度に明らかな差があり (図7)、無月経既往のある選手では低値になっており、骨密度低下や疲労骨折リスクの増大が憂慮される。

3. 今後の活用について

国立スポーツ科学センターでのメディカルチェックや測定合宿において MRI を用いた大腿部の筋断面

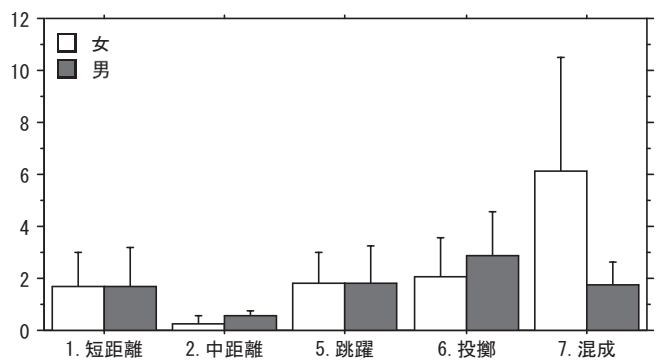


図6 長距離、競歩以外の種目の下肢筋量の左右差%

積の測定が行われ、この結果から大腿部の筋量分布

の評価がなされている。DXAによる評価は全身的な身体組成や筋量の分布の評価としてMRIとは異なる活用方法があると思われる。残念ながら体幹の筋量を内臓重量と区別して算出することは不可能であるが、四肢筋については総量や、大腿・下腿のような分節ごとの重量を算出することはできる。また、少し手間はかかるが、股関節からどれだけの距離にどれだけの重量が分布しているかを図8のように表示することも可能であり、鳥居の結果と某スプリンターの結果を比較すると、鳥居はより末梢の下腿に多い重量分布があり、スプリンターは大腿から臀部の重量分布が多いというより動作効率の良い重量分布であると考えられる。

さらに、さまざまな活用方法を考案して、選手の身体形態の評価や負傷や手術後の回復状態の評価にも役立てられると考えている。

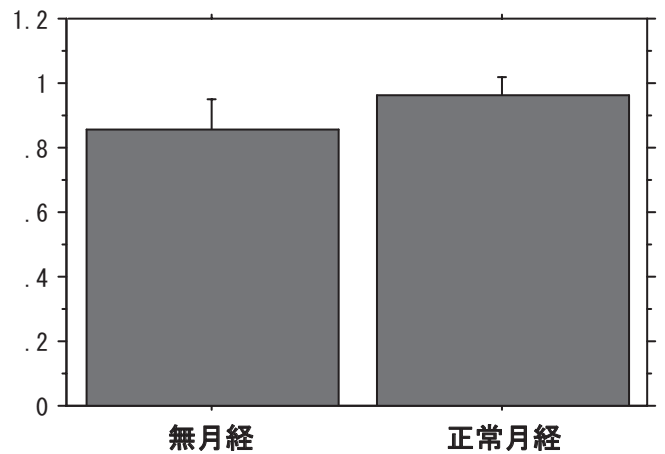


図7 女子長距離走選手の月経状況による腰椎骨密度の比較

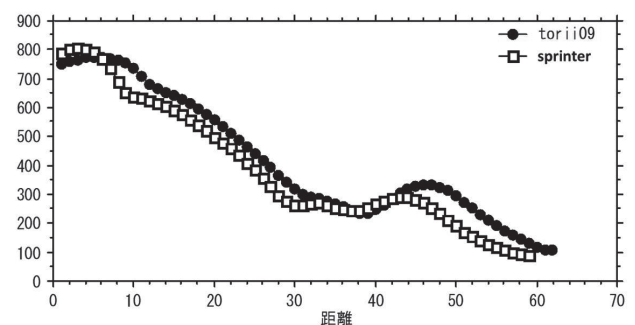


図8 股関節からの距離と重量分布（鳥居と某スプリンターの分析結果）

男子長距離走選手における骨代謝マーカー値とその年間変動

鳥居 俊¹⁾ 山澤文裕²⁾

1) 早稲田大学スポーツ科学学術院, 公益財団法人日本陸上競技連盟医事委員会委員

2) 丸紅健康開発センター, 公益財団法人日本陸上競技連盟医事委員会委員長

骨代謝マーカーとは

骨代謝マーカーは骨形成や骨吸収に伴って血中や尿中に分泌される物質であり、個人の骨代謝の状態を反映すると考えられている。骨形成は骨芽細胞により骨基質が分泌されカルシウム沈着がおこることによって生じるため、骨芽細胞の有する酵素である骨型アルカリホスファターゼ (BAP) や骨芽細胞が分泌する骨基質成分の1つであるオステオカルシン、骨基質のコラーゲン形成時に切り離されるプロコラーゲンの一部などが骨形成マーカーとなる。一方、骨吸収は古くなった骨や損傷された骨が更新される前に破壊される現象であり、破骨細胞が保有する酵素により行われる。そのため破骨細胞が有する酵素である骨型酒石酸抵抗性酸ホスファターゼ (TRACP) や骨基質コラーゲンの分解により生じる物質 (NTx、CTx など) が骨吸収マーカーとなる。

臨床場面では、骨粗鬆症の薬物治療の効果を評価するために骨代謝マーカーの測定が行われる。骨代謝マーカーの値によって1年後の骨量変化を推測することも可能とされている。

骨代謝マーカーの年齢、世代による違い

高校生、大学生、社会人の長距離走選手総数46名を対象に年齢と骨形成マーカーBAP、骨吸収マーカーTRACPとの関係を検討した。図1のように20歳頃までいずれのマーカーとも急減し、おそらく成人の値に達していると考えられる。特に16～17歳は個人差が大きくなっており、これは発育の個人差によるものと考えられる。

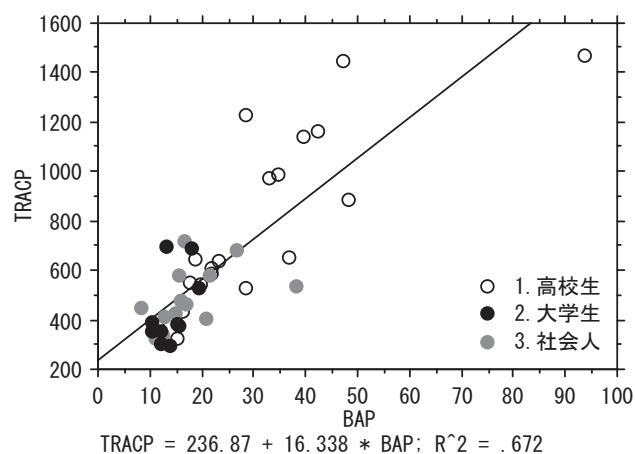


図2 骨形成マーカー値と骨吸収マーカー値との関連

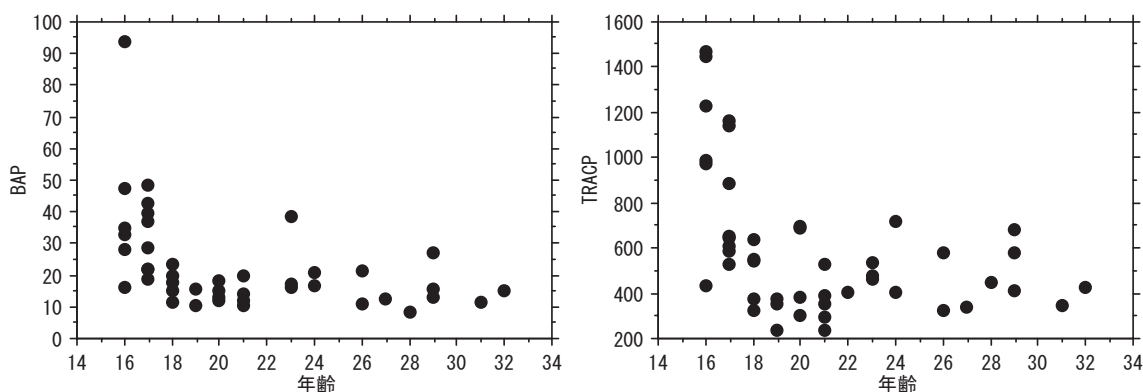


図1 年齢と骨代謝マーカーとの関係

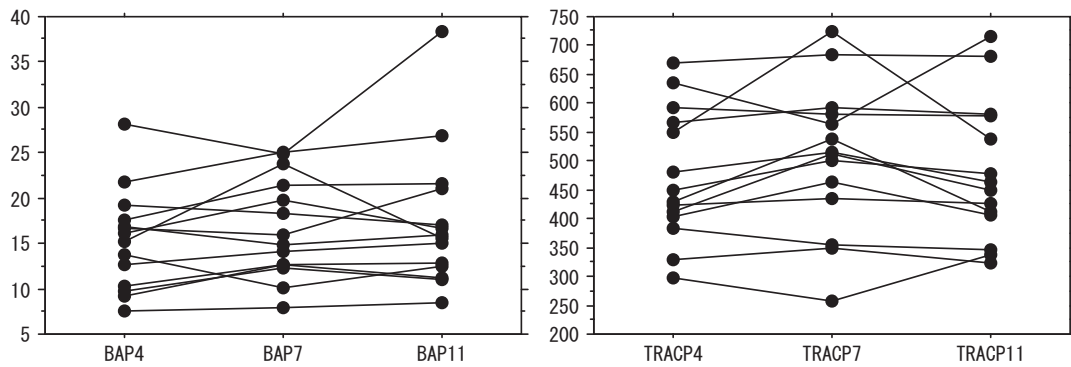


図3 骨代謝マーカ－の年間変動（4月、7月、11月）

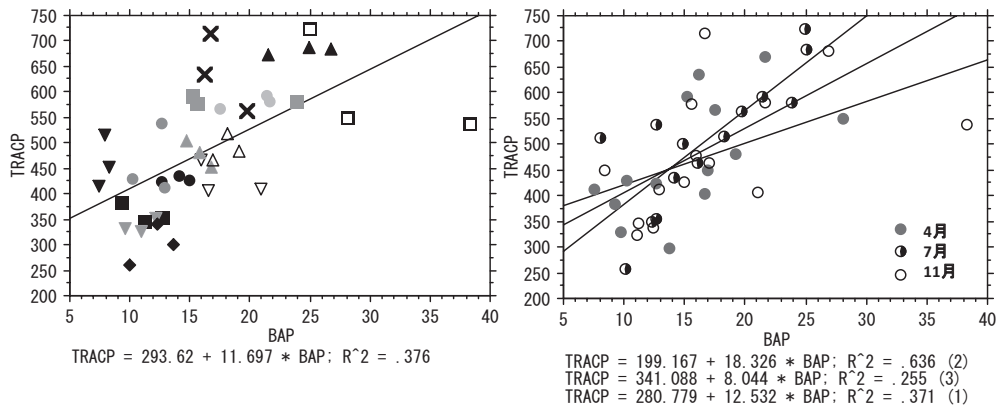


図4 骨形成マーカ－と骨吸収マーカ－との関連（個人、時期）

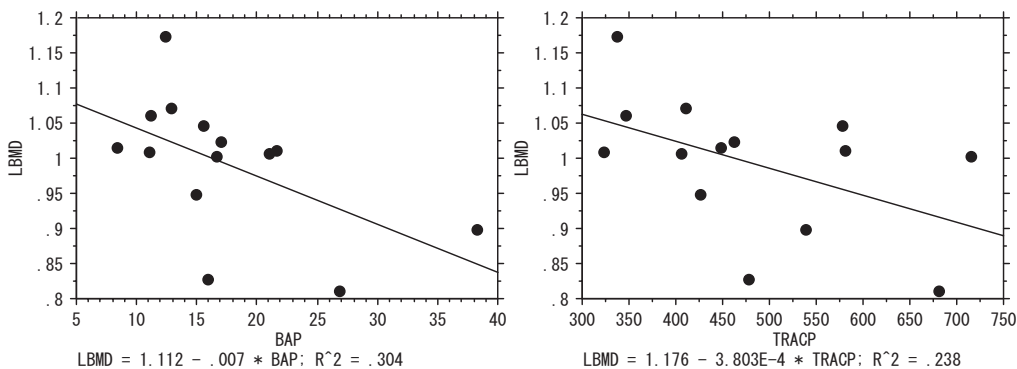


図5 骨代謝マーカ－と腰椎骨密度との関係

20歳以降の選手でも骨代謝マーカ－にはある程度の個人差があるが、高い負荷が加わるトレーニングや競技会後には増大することが推測される。また、骨吸収と骨形成はカップリングするため、両者の関係を観察すると、図2のように両者の間には高い正の相関があり、この中で高校生はどちらのマーカ－も高く、社会人や大学生はどちらも低い位置にある。

骨代謝マーカ－の年間変動

社会人選手を対象に、4月、7月、11月の3回の骨代謝マーカ－値の変動を検討した。図3のように、選手ごとに変化は異なるが、常に高い値にある選手

と低い値にある選手が見られる。そこで、3回の検査値の関係を個人ごと、時期ごとに検討した。図4左のように個人ごとの位置はほぼ一定しており、どちらのマーカ－も常に高い選手と低い選手がいることが明らかである。図4右のように3回の時期ごとのマーカ－の関係はいずれも正の相関であり、時期で見ても個人で見ても骨形成マーカ－と骨吸収マーカ－が相関していることが示唆される。

骨代謝マーカ－の個人差が何によるかを検討するため、腰椎骨密度との関係を検討した。図5のように、骨形成マーカ－、骨吸収マーカ－とも腰椎骨密度と負の相関が示され、骨代謝マーカ－が高いと腰椎骨密度が低いという関係が得られた。

考察

骨代謝マーカーは個人の骨代謝状態を示す血液・尿中の物質である。高校生のような若年者の標準値は示されていないが、一般に発育途上の小児では成人より高値であると考えられている。そのため高校生、特に低学年では発育の影響で高値を示し、また発育の個人差による骨代謝マーカー値の個人差が大きいと考えられる。年齢との関係を見ると、20歳頃まで減少し、その後は成人の値をとるとみられる。

成長完了後と思われる社会人で個人差を検討すると、年間3回の測定で常に高い値を示す選手と常に低い値を示す選手がいることがわかった。骨形成マーカーと骨吸収マーカーは相関し、骨形成と骨吸収の働きがカップリングしていることを示すと考えられる。これらのマーカーと腰椎骨密度との関係を検討すると、いずれも有意な負の相関を示した。骨代謝マーカーが高い選手では骨密度が低く、骨代謝マーカーが低い選手では骨密度が高かった。この負の相関の理由を考えてみる。高齢者や骨粗鬆症患者の検討では、骨代謝マーカーが高いと骨量や骨密度が低くなり、骨密度変化を予測できるとされている。男子長距離走選手にもこれがあてはまるとすると、骨代謝マーカーが高い選手は今後骨・骨密度減少が生じると考えなければならず、これを放置することは疲労骨折などの骨障害のリスクを高めることになってしまうと考えられる。今後、慎重に経過を検討していく必要がある。逆に、骨密度の高い選手は同じ練習負荷が加わっても骨代謝マーカーが低く骨の微細損傷が生じにくいと考えると、骨障害をおこしにくい選手を育成するためには骨密度の高い選手を作るようにすることを意図する必要がある。



前を向け。
未来たち。

追いかけて来い。追い抜いて行け。
若い君たちの可能性こそが未来だ。



スポーツくじ

toto
FOR ALL SPORTS OF JAPAN

BIG
くじ

スポーツは育てることができる。



スポーツくじ(toto・BIG)の収益は、日本のスポーツを育てるために使われています。

www.toto-growing.com ©19歳未満の方の購入又は譲り受けは法律で禁じられています。払戻金も受け取れません。運営・販売：独立行政法人日本スポーツ振興センター



前を向け。
未来たち。

追いかけて来い。追い抜いて行け。
若い君たちの可能性こそが未来だ。



スポーツくじ

toto
FOR ALL SPORTS OF JAPAN

BIG
くじ

スポーツは育てることができる。



スポーツくじ(toto・BIG)の収益は、日本のスポーツを育てるために使われています。

www.toto-growing.com ©19歳未満の方の購入又は譲り受けは法律で禁じられています。払戻金も受け取れません。運営・販売：独立行政法人日本スポーツ振興センター

陸上競技研究紀要 第12巻

編集後記

2016年度「陸上競技研究紀要」第12巻をお届けします。投稿論文としては、資料3篇ではあったものの、いずれも陸上競技の指導現場を反映した実践的な事例研究であり、是非ご一読をお勧めします。また例年どおり、科学委員会から「日本陸連科学委員会研究報告 第15巻(2016)陸上競技の医科学サポート研究」14編、医事委員会から「エキサイティング・メディカル・レポート」10編の論文が報告されました。とりわけ本年度はリオデジャネイロ・オリンピック開催年にあたり、オリンピック代表選手への医科学サポートに関する充実したレポートがまとめられています。来る2020年東京オリンピックへ向けても、貴重な情報となるでしょう。特集企画としては、「若い競技者の育成モデルをめぐる世界の動向」の論文4篇を収録しました。近年、スポーツ科学研究の中でもとくに注目されている研究テーマの一つとして「若い競技者の育成」があり、本年度の特集企画に取り上げました。この課題は、今後も継続して掲載して行きたいと考えています。

さて、著者も特集号のなかでカナダ陸連のLTADモデルについて執筆を担当したので、蛇足ながら一言付け加えます。LTADとは何か？ 試しに、インターネット検索で”LTAD”と叩いてみて下さい。たちどころに、おびただしい数の「長期競技者育成モデル」がヒットします。カナダのものに注目すれば、ほぼどの競技団体もこのLTADを採用していることがわかり、その徹底ぶりに驚かされます。カナダでのLTAD普及の経緯を追ってみると、カナダスポーツ省が白紙の状態から作業に取りかかったのが2002年であり、2005年には早くもLTADモデルのバイブルとなるガイドブックを完成させました。LTADとは何かがよくわかり、拠る所となる、確立したドキュメントをすでにその時点で完成させたのです。そこから2～3年後、ほぼ全競技団体がLTADを採用し、競技特性に合わせてLTADモデルをアレンジし、インターネット上に公開しています。同時期、我が国でも期せずしてスポーツ振興基本計画(2000年)を策定し、各競技団体に競技者育成プログラムの作成を促しましたが、その結果はカナダとはかなり趣が異なります。カナダほどの広大な国で、どうしてそのように迅速な普及が可能であったのか不思議に思えます。しかし逆に広い国だからこそ、全ての人が意思の疎通、情報の伝達には一層の配慮をする、とも考えられないでしょうか。情報源となるドキュメントへの仮託、信頼が厚く、それ故、伝達も速いのではないかと想像されるわけです。そう考えると、スポーツ政策と国土の広さとは、良くも悪くも、案外深い関係があるのかも知れません。タレント発掘にも同じようなことが言えます。アメリカ、中国、ロシアといった大国では、もともと豊富な人材を宿し、したがって大国の眼目はグラスルーツの充実であり、タレント発掘という発想は馴染みません。一方、国土の狭い旧東欧諸国や広い国でも人口の少ないオーストラリアなどでは、限られたタレントプールだからこそ、その中から優れた人材を見出そうとする「タレント発掘」というシステムを開発したのだ、とよく言われます。

本特集では、若い競技者の育成に関して幅広い議論を紹介していますが、国の広さまでは手が回っていないようです。ともあれ、それらの議論の範疇におさまりきらない国土をはじめ、歴史、文化、経済などの要素も含めた各国のユニークな複雑系の中で若い競技者が育っていくのだということを改めて得心した次第です。

2017年3月1日

文責 伊藤静夫

【陸上競技研究紀要第12巻 編集委員会】

伊藤静夫(編集委員長)、榎本靖士(編集副委員長)、
高松潤二、森丘保典、青山清英、高橋義雄、桜井智野風、安井年文、眞鍋芳明

【日本陸上競技連盟・事務局】

三宅 聡、畔蒜洋平、粳田竜之助、荒真嬉子、山口和也

「陸上競技研究紀要」第12巻

2017年3月1日発行

発行人 尾縣 貢

発行所 公益財団法人日本陸上競技連盟

〒163-0717 東京都新宿区西新宿2-7-1 小田急第一生命ビル17階

TEL : 03-5321-6580
