

目次

◆原著論文

- MCT-jump test で評価される反動動作特性とスプリント走の接地時間との関係 1
梶谷亮輔, 前村公彦, 山元康平, 水島 淳, 尾縣 貢, 木越清信
- Determining Variables that will Predict Men's Shot Put Performance in the Qualifying Rounds
of the Major Championships 11
Donald Babbitt
- 競歩種目を専門とする国内男子競技者における足部アーチ形態に関する研究 19
佐藤高嶺, 大山卞圭悟

◆事例報告

- ハードル走の学習過程で発生した非接触型膝前十字靭帯損傷再受傷症例
—専門実技におけるハードル走の指導のあり方についての事例的検討— 27
渡辺輝也, 松尾信之介, 三瀬貴生

◆研究資料

- 女子やり投げ競技者における自己記録とコントロールテスト結果との関係の検討 35
中野美沙, 大山卞圭悟
- 陸上競技棒高跳競技者における体幹部安定性と自己最高記録の関係 43
榎 将太, 倉持梨恵子, 徳武 岳, 佐藤桃子
- 女子スプリントハードルのアプローチ区間における加速の様相
～短距離走の加速局面との比較から～ 49
木越清信, 上田美鈴, 山元康平, 関慶太郎, 尾縣 貢
- 学生棒高跳競技者における試合パフォーマンスの動態に関する研究 57
三木圭太, 青山亜紀, 青山清英

◆解説

- 4 × 100 mリレー・パフォーマンス向上のためのアンダーハンドパス技術と戦略 65
杉浦雄策, 佐久間和彦, 杉田正明

◆Round-up

- 「数えきれないほど叩かれて」の世界の反響 79
市村 操一

◆キーノートレクチャー

- 本邦における陸上競技棒高跳のバイオメカニクスに関する文献レビュー 85
榎 将太, 倉持梨恵子

◆日本陸上競技学会第 19 回大会

基調講演	95
上田 誠仁	
シンポジウム①	99
佐藤 敏信, 酒井 俊幸, 服部 勇馬, 上田 誠仁	
シンポジウム②	103
山崎 一彦, 前村 公彦, 鈴木 康弘, 麻場 一徳	

◆日本陸上競技学会会則

MCT-jump test で評価される反動動作特性と スプリント走の接地時間との関係

梶谷亮輔^{1) 2)}, 前村公彦⁴⁾, 山元康平³⁾, 水島 淳²⁾, 尾縣 貢⁴⁾, 木越清信⁴⁾

The relationship between characteristics of counter movement assessed
by MCT-jump test and contact time during sprint running

Ryosuke KAJITANI^{1) 2)}, Hirohiko MAEMURA⁴⁾, Kohei YAMAMOTO³⁾, Jun MIZUSHIMA²⁾,
Mitsugi OGATA⁴⁾, Kiyonobu KIGOSHI⁴⁾

Abstract

The aim of this study was to determine relationship between characteristics of counter movement assessed by Multi contact time-jump test (MCT-jump test) and contact time in sprint running and the sprint movement that affects. Thirteen male sprinters performed 60 m maximal sprints and MCT-jump test. The results are summarized as follows:

1. There were no significant correlation coefficients between contact time and sprint velocity in sprinting.

2. There were no significant correlation coefficients between contact time in maximum RDJ_{index} and contact time in sprinting, while significant correlation were found between contact time at maximum jump height and contact time in sprinting.

3. There were significant correlation coefficients between contact time in acceleration phase and horizontal support distance, minimum body center of gravity height, hip joint extension angle in sprinting.

4. There were significant correlation coefficients between contact time in maximum velocity phase and horizontal support distance, hip joint angle at the moment of contact with the ground, hip joint extension angle, knee joint angle at the moment of contact with the ground, minimum knee joint angle, and knee joint extension angle in sprinting.

These results suggest that characteristics of counter movement assessed MCT-jump test and contact time in sprint running has influential relationship with each other.

キーワード：ジャンプ，スプリント，接地時間

1. 緒言

陸上競技における短距離種目や跳躍種目は、0.2 秒以下という極めて短い時間の中で大きな力発揮が要求される運動である。そして、この能力を評価する方法として、台上から跳び降り着地とともに即座に跳ね上がるジャン

プ運動であるリバウンドドロップジャンプ (RDJ) が考案された (図子ほか, 1993)。この RDJ は主にマットスイッチシステムを利用し、跳躍高を接地時間で除したリバウンドドロップジャンプ指数 (RDJ_{index}) を評価指標としており、これはパワー発揮の指標であるとされている。また、同様のテストとして、その場での 5 回連続ジャンプ運動であるリバウンドジャンプ (RJ) も広く普及しており、この運動においてもジャンプ指数 (RJ_{index}) が評価指標として用いられている。そして、これらの評価指標とスプリント走のパフォーマンスや疾走動作との関連も検討されてきた (Nagahara et al., 2014 ; Kariyama and Zushi, 2016)。しかしながら、RDJ および RJ は、接地時間をできる限り短くすることを意識するため、下肢の各関節の運動範囲を小さくして、大きな質量や慣性モーメントを持つ身体部位を動員しない運動である (図子・高松, 1995)。このことから、股関節が主動関節となるスプリント走を RDJ のような足関節中心の運動で評価するには注意が必要であることも指摘されている (深代, 2017)。

また、短時間でのパワー発揮能力を評価する指標である RDJ_{index} が用いられるようになった背景には、垂直跳 (CMJ) の力の作用時間 (0.5 秒から 1.0 秒程度) が、スプリント走の力の作用時間 (0.1 秒から 0.2 秒) と比較して長いことが挙げられる。このような力の作用時間が比較的長い運動と、極めて短い (0.2 秒以内) バリスティック運動 (Brooks and Thach, 1981) では、神経制御機構、

1) 環太平洋大学 International Pacific University, Department of Physical Education
〒709-0863 岡山県岡山市東区瀬戸町観音寺 721

2) 筑波大学大学院人間総合科学研究科 University of Tsukuba, Graduate School of Comprehensive Human Sciences
〒305-8574 茨城県つくば市天王台 1-1-1

3) 福井工業大学スポーツ健康科学部 Fukui University of Technology, Faculty of Sports and Health Sciences
〒910-8505 福井県福井市学園 3 丁目 6-1

4) 筑波大学体育系 University of Tsukuba, Faculty of Health and Sports Sciences
〒305-8574 茨城県つくば市天王台 1-1-1

力発揮に関する調節機序が異なる (Marsden, 1976; 米田, 1989) ことも挙げられる. このような理由により, スプリンターのトレーニングとして, RDJ および RJ に代表される力の作用時間の短いジャンプを取り入れることが推奨されることもある (岩竹ほか, 2002). しかし, 垂直跳の力の作用時間, および可能な限り短い接地時間で可能な限り高く跳ぶことを指示した RDJ や RJ における接地時間と, スプリント走における接地時間との関係を直接検討した研究は見当たらない.

一方, ジャンプ運動における接地時間は, 競技者を類型化する際に用いられることがある (凶子・高松, 1996; 凶子ほか, 2017). 例えば, 走高跳において習得すべき技術を選択する際に, Ritzdorf (2009) は競技者の “reactive strength” を評価し, その際の踏切時間の長短に応じて走高跳の踏切技術を選択することを提案している. つまり, これは「接地時間の短いタイプ」であるか, あるいは「接地時間の長いタイプ」であるかによって, 選択する踏切技術が異なることを示唆している. しかし, この提案においては, ジャンプにおける運動課題が示されておらず, 可能な限り短い接地時間で可能な限り高く跳ぶことを指示した RDJ や RJ における接地時間を, 走高跳の踏切技術を選択の手掛かりとすることを推奨しているわけではない. そもそも, 可能な限り短い接地時間で可能な限り高く跳ぶことを指示した RDJ や RJ における接地時間は, 発揮パワーを最大にすることを目的として, 結果的に選択した接地時間であって, 可能な限り高く跳ぶことを運動課題とした際に選択した接地時間とは異なる. これに対して, 梶谷ほか (2018) は, ジャンプ運動を用いて競技者の反動動作の特性を評価するための新たなテストを提案している. このテストは, 台上から跳び降り, 接地時間を 0.1 ~ 1.0 秒程度の間で意識的に変化させて 15 回から 20 回程度のジャンプを行わせるテストである. このテストにより, 最大跳躍高が発揮された試技の接地時間や最大 RDJ_{index} が発揮された試技の接地時間を評価することで, 競技者が短い接地時間で跳躍高が最大となるタイプか, 反対に, 長い接地時間で跳躍高が最大となるタイプかを判断することも可能であろう.

しかし, これまでに梶谷ほか (2018) が提案している MCT-jump test によって評価された最大跳躍高時の接地時間および最大 RDJ_{index} 時の接地時間とスプリント走の接地時間との関係は検討されていない. これらの関係を検討することで, スプリント走において自身の力・パワー発揮特性に応じた接地時間の選択する必要があるとすれば, その具体的な方法を示すことができる可能性がある.

以上のことから, 本研究では MCT-jump test を用いて評価される反動動作特性とスプリント走における接地時間, およびそれに影響を及ぼす疾走動作との関係を検討

することを目的とした.

2. 方法

(1) 対象者

対象者は, 大学陸上競技部に所属し 100m 走を専門とする男性陸上競技者 13 名であった (身長: $1.72 \pm 0.04\text{m}$, 体重: $62.8 \pm 4.2\text{kg}$, 100m 走シーズンベスト記録: $11.16 \pm 0.32\text{s}$). 実験に先立ち, 研究の目的および実験に伴う安全性と危険性を書面にて十分に説明し, インフォームドコンセントを得た. なお, 本研究は筑波大学大学院人間総合科学研究科倫理委員会の承認を得て行なわれた.

(2) 実験試技

実験試技は, 以下に示したスプリント走とジャンプテスト (梶谷ほか, 2018) であった. なお, 梶谷ほか (2018) は, このテストに特別な名称を付けていなかった. そこで, 本研究では, 他のテストと区別するために Multi contact time-jump test (以下「MCT-jump test」と略す) と呼ぶこととした.

①スプリント走

スプリント走は, Nagahara et al. (2014) を参考にクラウチングスタートから 60m の全力疾走とした. このとき, 対象者には実際の 100m 走のレースを想定して走することを口頭で指示した. なお, 実験試技におけるスプリント走は, 試合期における測定, および対象者への負担等を考慮し 100m 走ではなく 60m 走を用いた.

② MCT-jump test

MCT-jump test は, 最も高く跳ぶための反動動作時間を判定するためのテストであった. なお, 梶谷ほか (2018) は, 接地時間を反動動作時間としているが, 本研究では接地時間と呼ぶこととする. MCT-jump test では, 30cm の台上から跳び降りた後, 再び跳び上がるジャンプ運動を 1 試技ごとに接地時間を意図的に変化させながら実施した. 対象者に対して, 極めて短い接地時間で高く跳ぶことを意識させた試技 (以下「リバウンドドロップジャンプ (RDJ)」と略す) から, 比較的長い接地時間で高く跳ぶことを意識させた試技, そして完全に停止してから跳び上がる試技まで, 接地時間を意識的に変化させて試技を行わせた. また, 接地時間 (0.1 秒 ~ 1.0 秒) はおおよそ 0.1 秒単位で変化させ, 15-20 回程度ジャンプを行わせた. さらに, 順序効果を排除するため, 接地時間の順序は無作為に行った. いずれの接地時間におけるジャンプもできる限り高く跳ぶことを口頭で指示して行わせたが, RDJ のみ, できる限り短い接地時間で高く跳ぶことを指示した. なお, 試技の際に上肢の影響を排除するため, 手を腰に当てた状態で行わせ, 試技間は疲労

の影響を無くすため休息を十分にとらせた。

(3) データ収集およびデータ分析

①スプリント走

スプリント走は、対象者の側方から高速度ビデオカメラ (CASIO 社製, EX-F1) を用いて、毎秒 300 コマ、露出時間 1/2000 秒で撮影した。本研究では、100m 走の疾走局面を区分した研究に基づき (金高ほか, 2005)、5-15m 地点を加速局面とし、45-55m 地点を最大疾走局面とした。そのため、10m 地点および 50m 地点に高速度ビデオカメラを設置し、撮影した。撮影されたビデオ画像をコンピュータに取り込み、Frame Dias For Windows (ディケイエイチ社製) を用いて、毎秒 150 コマで全身 23 点と走路の両側に 1m 間隔で設置した校正マーク 4 点の 2 次元座標を読み取った。分析は右足接地瞬間の 5 コマ前から、再び右足が接地する瞬間の 5 コマ後までの 1 サイクル (2 歩) に渡って行った。画像から読み取った身体各部の座標は校正マークをもとに実長換算した後、最適遮断周波数を Wells and Winter (1980) の方法にもとづいて決定し (6.0-10.5Hz)、Butterworth Low-Pass Digital Filter を用いて平滑化した。

②MCT-jump test

MCT-jump test は、マットスイッチ (マルチジャンプテスト, ディケイエイチ社製) 上で行わせ、接地時間および滞空時間を測定した。MCT-jump test は、接地時間をおおよそ 0.1 秒単位で変化させるため、被験者および験者が 1 回の試技ごとに接地時間を確認できるように、接地時間と跳躍高の関係図を示した。その際、プロジェクターを用いてスクリーン上に投影し、関係図を提示した。

(4) 算出項目

①スプリント走におけるステップパラメータと疾走動作分析を行った 1 サイクル (2 歩) におけるつま先の水

平移動距離を 2 等分したものをストライド、1 サイクルに要した時間を 2 等分したものの逆数をピッチとし、両者の積を疾走速度として算出した (羽田ほか, 2003)。また、接地時間は左右の足の接地から離地までの時間を 2 等分し、滞空時間は、左右の離地から接地までの時間を 2 等分することによって算出した。

本研究では、身体重心の算出には阿江 (1996) の身体部分係数を用い、支持期における身体重心の水平移動距離 (以下「支持期距離」と略す) を算出した (図 1)。さらに、支持期において身体重心高が最も低くなった点を最低身体重心高、支持期における接地時の身体重心高から最低身体重心高までの変化量を身体重心降下量として算出した。なお、支持期距離、最低身体重心高、および身体重心降下量は、体格の影響を取り除くために、被験者の身長を 100% とした相対値で示した。

また、下肢関節角度および脚全体の角度変位を図 2 に示したように定義し、角度を算出した。このとき、関節角度の正の値は伸展、負の値は屈曲、脚全体の角度の正の値は後方回転、負の値は前方回転を示すこととした。本研究では、これらの角度定義に基づき、以下の角度を算出した。

- 1) 接地および離地瞬間の股関節、膝関節、足関節角度
- 2) 支持期における膝関節および足関節角度の最小値
- 3) 支持期における股関節の伸展角度変位、膝関節および足関節の伸展角度変位 (底屈角度変位)、屈曲角度変位 (背屈角度変位)
- 4) 接地瞬間における脚全体 (大転子とつま先を結んだ線分) と鉛直線がなす角度から離地瞬間における脚全体と鉛直線がなす角度の和 (以下「脚全体角度変位」と略す)

なお、本研究では接地時間に影響する動作要因を検討するために、接地時間とこれらの疾走動作との関係を検討した。

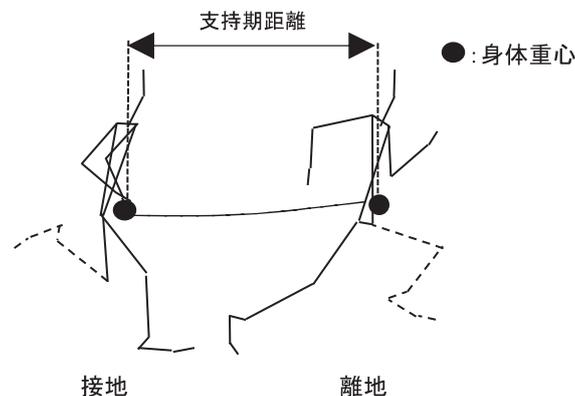


図 1 支持期距離の定義

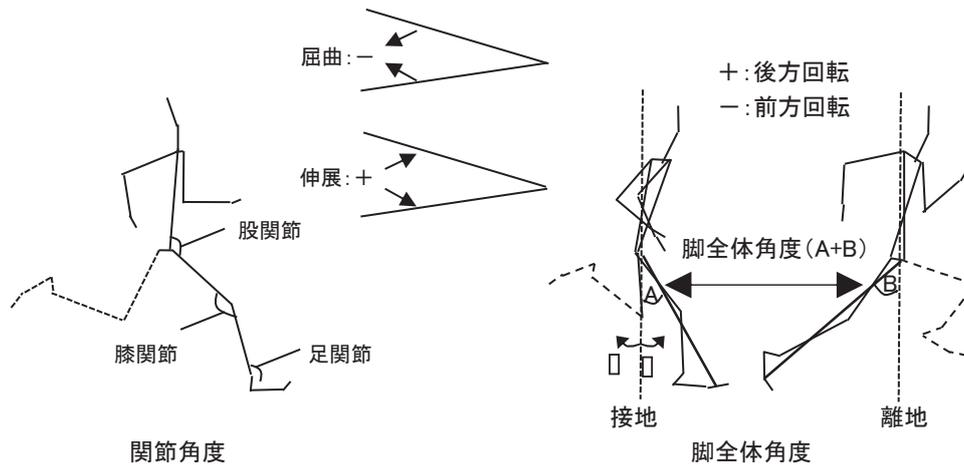


図2 各関節角度および脚全体角度の定義

② MCT-jump test

マットスイッチから跳躍中の滞空時間 (s) と接地時間 (s) を求め、跳躍高 (m) を以下の式によって算出した。

$$\text{跳躍高 (m)} = 1/8 \cdot g \cdot (\text{滞空時間})^2$$

また、“RDJ_{index}” (関子ほか, 1993) を以下の式によって算出した。これは、できる限り短い接地時間で高い跳躍高を獲得する能力を示す指標であり、RDJの評価指標である。

$$\text{RDJ}_{\text{index}} \text{ (m/s)} = \text{跳躍高 (m)} / \text{接地時間 (s)}$$

(5) 統計処理

各測定項目の平均値および標準偏差を算出した。各測定項目間の関係を検討するために、Pearsonの積率相関係数を算出した。また、MCT-jump testにおける最大跳躍高時の接地時間と最大RDJ_{index}時の接地時間、および

MCT-jump testにおける最大跳躍高と最大RDJ_{index}時の跳躍高を対応のあるt検定を用いて有意差を検定した。なお、いずれの統計処理においても、有意性は危険率5%未満で判定した。

3. 結果

スプリント走における加速局面および最大速度局面の疾走速度は、それぞれ7.67 ± 0.44m/s および9.59 ± 0.37m/sであった。また、接地時間はそれぞれ0.131 ± 0.008s および0.100 ± 0.004sであり、滞空時間はそれぞれ0.095 ± 0.009s および0.111 ± 0.006sであった。なお、支持期距離、最低身体重心高、身体重心降下量、脚全体角度変位、接地瞬時の股関節角度、離地瞬時の股関節角度、股関節の伸展角度変位、接地瞬時の膝関節角度、離地瞬時の膝関節角度、膝関節最小角度、膝関節の伸展角度変位、屈曲角度変位、接地瞬時の足関節角度、離地瞬時の

表1 スプリント走における各測定項目の平均値、および標準偏差

	加速局面		最大速度局面	
	平均値±標準偏差	平均値±標準偏差	平均値±標準偏差	平均値±標準偏差
疾走速度 (m/s)	7.67±0.44		9.59±0.37	
接地時間 (s)	0.131±0.008		0.102±0.004	
滞空時間 (s)	0.090±0.009		0.111±0.006	
支持期距離 (%)	53.16±3.44		55.78±4.09	
最低身体重心高 (%)	50.30±1.20		53.90±0.60	
身体重心降下量 (%)	1.26±0.63		0.47±0.31	
脚全体角度変位 (deg)	80.35±4.10		83.62±10.26	

n=13

表2 スプリント走における各関節角度の平均値, および標準偏差

	加速局面	最大速度局面
	平均値±標準偏差	平均値±標準偏差
股関節(deg)		
接地瞬時	111.65±5.53	140.24±3.32
離地瞬時	179.38±5.46	203.24±3.04
伸展角度変位	67.73±5.67	63.00±4.61
膝関節(deg)		
接地瞬時	137.24±6.48	151.38±4.38
離地瞬時	157.77±5.73	157.51±4.02
最小角度	137.2±6.50	137.24±6.48
伸展角度変位	24.30±7.20	16.44±4.74
屈曲角度変位	3.86±3.40	10.31±3.23
足関節(deg)		
接地瞬時	99.49±4.42	108.08±2.56
離地瞬時	129.14±4.74	130.50±6.06
最小角度	82.50±4.72	86.92±2.91
底屈角度変位	46.69±6.04	43.57±7.00
背屈角度変位	17.02±3.46	21.09±2.90

n=13

足関節角度, 足関節最小角度, 背屈角度変位, および底屈角度変位の結果は表1および表2に示した。

MCT-jump testにおける最大跳躍高時の接地時間は 0.50 ± 0.24 s, 最大跳躍高は 0.53 ± 0.07 mであった。また, 最大RDJ_{index}は 2.76 ± 0.41 m/s, そのときの接地時間は 0.16 ± 0.03 s, および跳躍高は 0.43 ± 0.05 mであった。なお, MCT-jump testにおける最大跳躍高時の接地時間は最大RDJ_{index}時の接地時間と比較して有意に長く

($t=5.34$; $p<0.05$), MCT-jump testにおける最大跳躍高は最大RDJ_{index}時の跳躍高と比較して有意に高い値($t=4.72$; $p<0.05$)を示した。これらの結果は表3に示した。

図3は, スプリント走における加速局面および最大速度局面における接地時間と疾走速度の関係を示したものである。両者の間には有意な相関関係は認められなかった。

表3 MCT-jump testにおける測定項目の平均値, および標準偏差

		平均値±標準偏差	有意差
最大跳躍高	接地時間 (s)	0.50 ± 0.24	*
	最大跳躍高 (m)	0.53 ± 0.07	*
最大RDJ _{index} (m/s)		2.76 ± 0.41	
最大RDJ _{index}	接地時間 (s)	0.16 ± 0.03	
	跳躍高 (m)	0.43 ± 0.05	

*: 最大跳躍高時の接地時間と最大RDJ_{index}時の接地時間, 最大跳躍高と最大RDJ_{index}時の跳躍高との間に有意差が認められた ($p<0.05$)

n=13

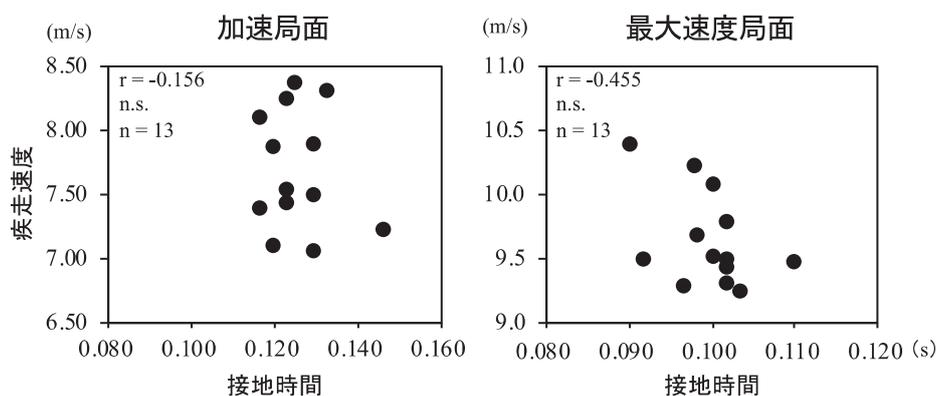


図3 スプリント走における接地時間と疾走速度との関係

表4 スプリント走の疾走速度、および接地時間とRDJ_{index}および最大跳躍高時の接地時間との相関関係

		最大RDJ _{index}	最大跳躍高
		接地時間	接地時間
加速局面	疾走速度	0.230	0.107
	接地時間	0.434	0.643 *
最大速度局面	疾走速度	0.312	0.232
	接地時間	0.093	0.793 *

n=13

* :有意な相関関係が認められた ($p < 0.05$)

表4は、スプリント走の加速局面および最大速度局面の疾走速度および接地時間と最大RDJ_{index}時における接地時間および最大跳躍高時の接地時間との相関係数を示したものである。最大RDJ_{index}時における接地時間と加速局面の疾走速度 ($r=0.230$, n.s.), および最大速度局面の疾走速度 ($r=0.312$, n.s.) との間には有意な相関関係は認められなかった。最大RDJ_{index}時における接地時間と加速局面の接地時間 ($r=0.434$, n.s.), および最大速度局面の接地時間 ($r=0.093$, n.s.) との間には有意な相関関係は認められなかった (図4)。また、最大跳躍高時の接地時間と加速局面の疾走速度 ($r=0.107$, n.s.), および最大速度局面の疾走速度 ($r=0.232$, n.s.) との間には有意な相関関係は認められなかった。最大跳躍高時の接地時間と加速局面の接地時間 ($r=0.643$, $p < 0.05$), および最大速度局面の接地時間 ($r=0.793$, $p < 0.05$) との間には有意な正の相関関係が認められた (図4)。

スプリント走の加速局面および最大速度局面の接地時間と支持期距離, 最低身体重心高, 身体重心降下量, 股関節角度, 膝関節角度, 足関節角度, および脚全体角度との間で有意な関係が認められたのは, 加速局面では支持期距離 ($r=0.773$, $p < 0.05$), 最低身体重心高 ($r=-0.655$, $p < 0.05$), 股関節伸展角度変位 ($r=0.579$, $p < 0.05$) であっ

た (図5, 6)。最大速度局面では支持期距離 ($r=0.851$, $p < 0.05$), 接地瞬時の股関節角度 ($r=-0.749$, $p < 0.05$), 股関節角度変位 ($r=0.712$, $p < 0.05$), 接地瞬時の膝関節角度 ($r=-0.586$, $p < 0.05$), 膝関節最小角度 ($r=-0.604$, $p < 0.05$), 膝関節角度変位 ($r=0.599$, $p < 0.05$) であった (図5, 7)。

4. 考察

スプリント走は、疾走速度が高くなるに伴って接地時間が短くなるという特性を有しており、疾走速度と接地時間との間に有意な相関関係を認めた報告は複数ある (杉田, 2003; Kunz and Kaufmann, 1981; 谷川ほか, 2011)。一方で、分析対象者の競技レベルが比較的近い場合にはこの関係が認められないことが報告されている (土江ほか, 2010)。本研究ではスプリント走の疾走速度と接地時間との間に有意な相関関係は認められず (図3), 土江ほか (2010) の報告した対象者の競技レベル (疾走速度 $9.54 \pm 0.37\text{m/s}$) と本研究の対象者の競技レベル (疾走速度 $9.59 \pm 0.37\text{m/s}$) は比較的近い分析対象者であった。したがって、本研究において得られる知見は、スプリント走の疾走速度と接地時間との間に有意な相関関係が認められない分析対象者、つまり競技レベルの比較的

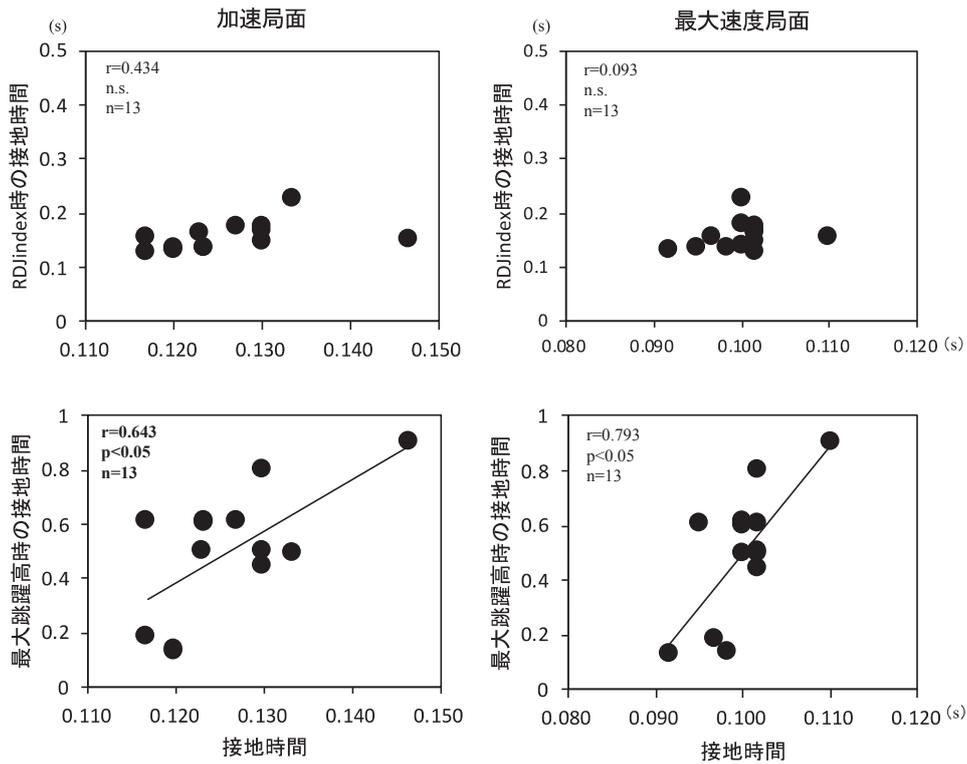


図4 スプリント走における接地時間と最大跳躍高時の接地時間, および最大 RDJ_{index} 時の接地時間との関係

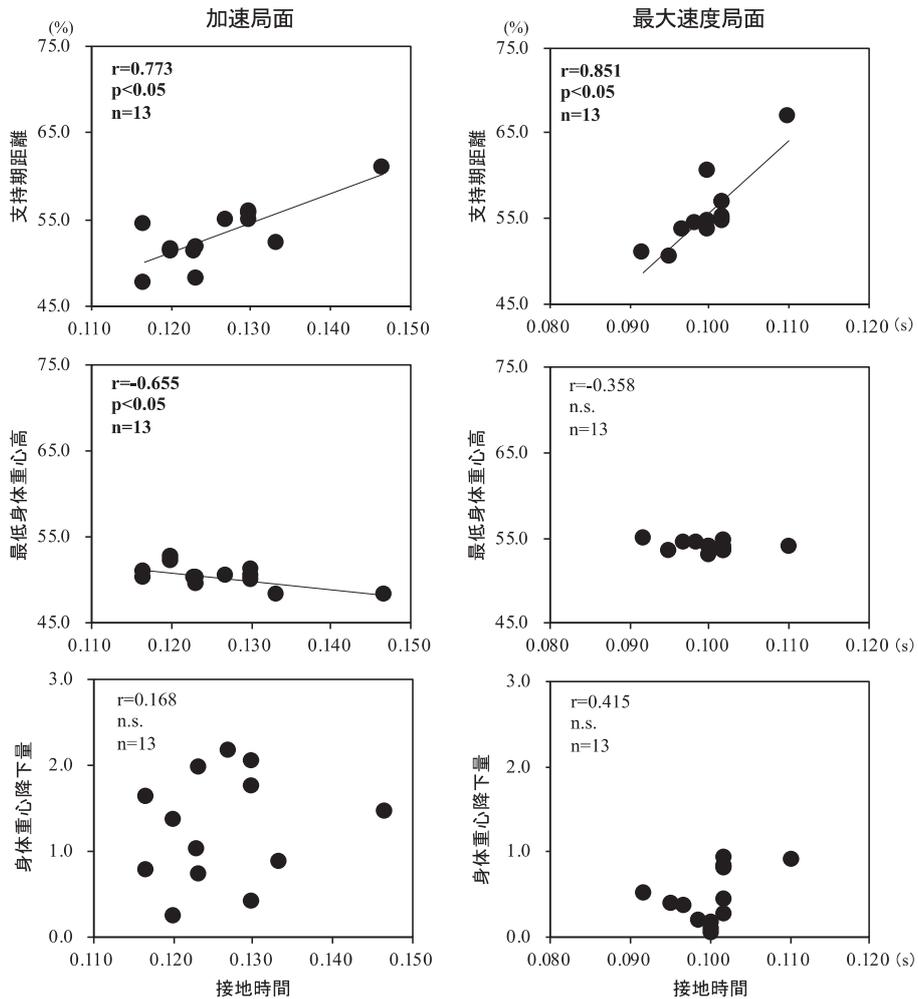


図5 加速局面および最大速度局面の接地時間と支持期距離, 最低重心高, および身体重心降下量との関係

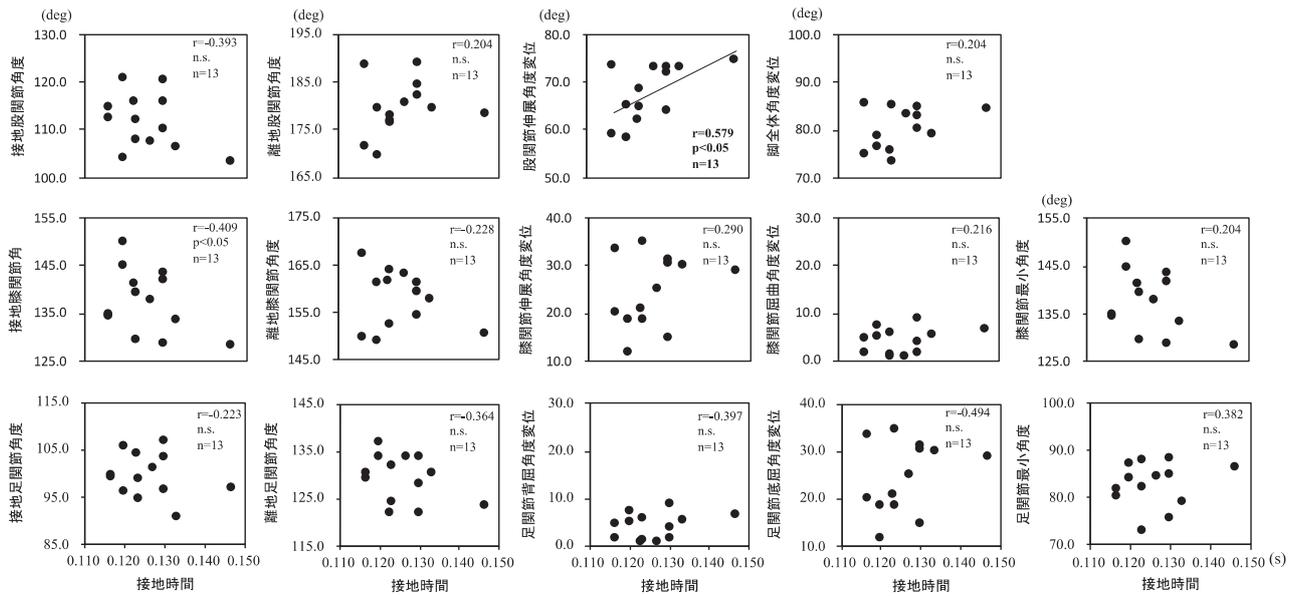


図6 加速局面の接地時間と疾走動作との関係

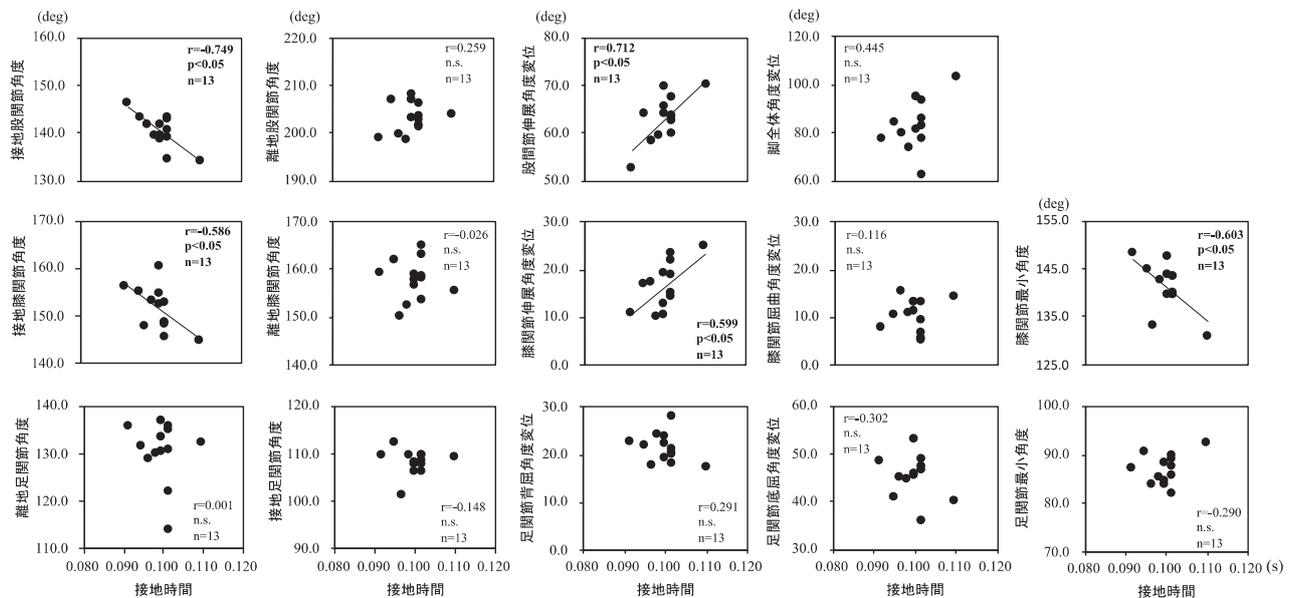


図7 最大速度局面の接地時間と疾走動作との関係

近い分析対象者に応用可能な知見となる。

まず、MCT-jump testにおける最大跳躍高時の接地時間および最大RDJ_{index}時の接地時間とスプリント走の疾走速度との関係を検討したところ、それぞれ有意な相関関係は認められなかった(表4)。これまで、スプリント走のパフォーマンスと最大RJ_{index}時の接地時間との間に、跳躍競技者のパフォーマンスと最大RJ_{index}時の接地時間との間にも相関関係は認められておらず(Nagahara et al., 2014; 図子ほか, 2017)、本研究においても同様の結果であった。この結果から、ジャンプ運動の接地時間は、最大跳躍高が発揮された試技の接地時間であっても、最大RJ_{index}が発揮された試技の接地時間であっても、ス

プリント走の疾走速度に直接的な影響を及ぼす要因ではないことが示された。

次に、最大跳躍高時の接地時間および最大RDJ_{index}時の接地時間とスプリント走の接地時間との関係を検討したところ、最大跳躍高時の接地時間とスプリント走の接地時間との間にのみ有意な相関関係が認められた(表4, 図4)。このことは、MCT-jump testにおいて最大跳躍高を獲得するための接地時間が長い者は、スプリント走においても接地時間が長く、反対に、MCT-jump testにおいて最大跳躍高を獲得するための接地時間が短い者は、スプリント走の接地時間が短い傾向にあることが示唆された。これまで指導現場では、スプリント走は短時間で

の力発揮能力がパフォーマンスに大きく影響する(岩竹, 2017) ことから, スプリンターのトレーニングに力発揮時間の短いトレーニングを取り入れることが推奨されている(岩竹ほか, 2002). また, スプリント走の接地時間(約0.1秒-0.2秒)とRDJの接地時間(約0.2秒以内)は類似していること(岩竹, 2017) から, スプリンターの力発揮能力はRDJおよびRJのようなバリスティックなジャンプ運動を用いて評価されてきた(Nagahara et al., 2014; Kariyama and Zushi, 2016). しかし, これまでの研究でも, スプリント走の接地時間とバリスティックなジャンプ運動の接地時間との間に有意な相関関係を認めた報告は見当たらない. これらのことから, 競技者自身の力・パワー発揮特性に応じたスプリント走における接地時間を検討することを目的として両脚の鉛直系ジャンプ運動を用いる場合には, スプリント走における力の作用時間からみたパワー発揮特性を考慮しつつも, 跳躍高を最大にすることも考慮しながら, ジャンプ運動を選択する必要がある.

本研究では, さらにスプリント走の接地時間に影響を及ぼす動作要因についても検討した. その結果, 加速局面および最大速度局面ともに, 接地時間と支持期距離および股関節伸展角度変位との間に有意な相関関係が認められた(図5, 6, 7). また, 加速局面のみに着目すると, 接地時間と最低身体重心高および離地時股関節角度との間に有意な相関関係が認められた(図5, 6). 次に, 最大疾走速度局面のみに着目すると, 接地時間と支持期距離, 接地時膝関節角度, 接地時股関節角度, 膝関節伸展角度変位, 膝関節最小角度との間に有意な相関関係が認められた(図5, 7). スプリント走の接地時間との間の有意な相関関係が認められた下肢の動作要因は, ジャンプ運動において接地時間を長くする要因とされている質量の大きな身体部位に関わる動作要因(図子ほか, 1995)に多く, 足関節に関わる動作要因との間には有意な相関関係は認められなかった. この傾向は, 加速局面および最大疾走速度局面のどちらにおいても認められた. 最大RDJ_{index}の発揮を目指す試技では, indexを高めることを目的として接地時間を短くすることが目指され, それを可能にするため要因の一つとして, 質量の大きい身体部位を動員しないことが挙げられる(図子ほか, 1995) ことから, 質量の大きな身体部位の動員も求められるスプリント走における接地時間と, 最大RDJ_{index}が発揮された試技における接地時間との間に有意な相関関係が認められなかったものと推察される. また, このことは, 股関節が主動関節となるスプリント走をRDJのような足関節中心の運動で評価する際には注意が必要であることを示した深代(2017)の指摘を裏付けるものである. また, 質量の大きな身体部位に関する動作要因に加えて, 支持期距離との間にも有意な相関関係が認められた. 本研究に参加した対象者は, 疾走速度の似通った

対象者であったことから, 支持期距離が異なることで, 接地時間が変化するものと推察される. これらのことから, MCT-jump testにおいて, 最大跳躍高が発揮された試技における接地時間が長い競技者は, 可能な限り高い跳躍高を発揮するために質量の大きな身体部位, 言い換えるとより大きな仕事ができる筋群を動員し, それに伴い接地時間が長くなり, 一方で, スプリント走においても質量の大きな身体部位, 言い換えるとより大きな仕事ができる筋群を動員したり, 支持期距離を長くしたりすることで接地時間が長くなったものと考えられる. したがって, MCT-jump testで評価される反動動作特性とスプリント走における接地時間とは, 互いに影響を及ぼし合う関係にあることが示唆された.

本研究において得られた知見により, スプリント走の指導現場に対して, 次のような示唆ができよう. 本研究では, 分析対象者の競技レベルにばらつきが少なかったことに起因して, スプリント走の接地時間と疾走速度との間に有意な相関関係が認められなかった. このことから, スプリント走における疾走速度が同程度であったとしても, 接地時間は様々に選択し得る可能性があり, 接地時間に影響を及ぼす疾走動作も異なる可能性が示唆された. さらに, スプリント走の接地時間とMCT-jump testによって検出された最大跳躍高時の接地時間との間に有意な正の相関関係が認められたことから, MCT-jump testにおいて特定された反動動作特性に応じて, スプリント走における接地時間および疾走技術へのアプローチにも個人差が生じる可能性がある. 今後, スプリント走の技術指導を実施する際に, この点も考慮する必要がある.

5. 要約

本研究の目的は, MCT-jump testを用いて評価される反動動作特性とスプリント走における接地時間, およびそれに影響を及ぼす疾走動作との関係を検討することであった. この目的を達成するために, 大学陸上競技部に所属し, 100m走を専門とする男子13名を用いて, 60mのスプリント走とMCT-jump testを行わせた.

本研究において, 得られた主な結果は以下の通りである.

- (1) スプリント走の接地時間と疾走速度との間には有意な相関関係は認められなかった.
- (2) 最大RDJ_{index}時の接地時間とスプリント走の接地時間との間には有意な相関関係は認められなかったのに対して, 最大跳躍高時の接地時間とスプリント走の接地時間との間には有意な相関関係が認められた.
- (3) 加速局面におけるスプリント走の接地時間と支持期距離, 最低身体重心高, および股関節伸展角度変位との間に有意な相関関係が認められた.

(4) 最大速度局面におけるスプリント走の接地時間と支持期距離, 接地瞬時の股関節角度, 股関節伸展角度変位, 接地瞬時の膝関節角度, 膝関節最小角度, 膝関節伸角度変位との間に有意な相関関係が認められた.

以上の結果から, MCT-jump test で評価される反動動作特性とスプリント走における接地時間とは, 互いに影響を及ぼし合う関係にあることが示唆された.

文献

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

Brooks, V. B. and Thach, W.T. (1981) Cerebellar control of posture and movement. In: Brooks, V.B. (Ed.) *Handbook of physiology, Section 1, The nervous system, Vol. II*. American Physiological Society: Bethesda, pp. 889-891.

羽田雄一・阿江通良・榎本靖士・法元康二・藤井範久 (2003) 100m 走における疾走スピードと下肢関節のキネティクスの変化. *バイオメカニクス研究*, 7: 193-205.

深代千之 (2017) 瞬発性運動におけるパワー評価. *体育の科学*, 67 (4): 221-225.

伊藤 章・市川博啓・斉藤昌久・佐川和則・伊藤道朗・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.

岩竹 淳・鈴木朋美・中村夏実・小田宏行・永澤 健・岩壁達男 (2002) 陸上競技選手のリバウンドジャンプにおける発揮パワーとスプリント走パフォーマンスとの関係. *体育学研究*, 47: 253-261.

梶谷亮輔・前村公彦・山元康平・関慶太郎・尾縣 貢・木越清信 (2018) ジャンプ運動における個人の反動動作特性を評価する方法の開発. *体育学研究*, 63 (1): 139-149.

Kariyama, Y. and Zushi K. (2016) Relationships between lower-limb joint kinetic parameters of sprint running and rebound jump during the support phases. *J. Phys Fitness Sports Med.*, 5(2): 187-193.

金高宏文・松村 勲・瓜田吉久 (2005) 100m 走の加速区間における局面区分の検討—疾走速度, ストライド及びピッチの1歩毎の連続変化を手がかりにして—. *スプリント研究*, 15: 89-99.

Kunz, H., and Kaufmann, D. A. (1981) Biomechanical analysis of sprinting: decathletes versus champions. *Brit. Journal of Sports Medicine*, 15 (3): 177-181.

Marsden, G.D. (1976) Servoaction in human thumb, *J Physiol*, 257, 1-44.

Nagahara, R., Naito, H., Miyashiro, K., Morin, J. B., and Zushi, K. (2014) Traditional and ankle specific vertical jumps as strength powers indicators for maximal sprint acceleration. *J. Med. Phys. Fitness.*, 54: 691-699.

Ritzdorf, W. (2009) Approaches to technique and technical training in the high jump. *New Studies in Athletics*, 24 (3): 31-34.

杉田正明 (2003) 陸上競技のサイエンス 100m 走における接地時間 (支持時間) について, *月刊陸上競技*, 47:142-145.

谷川 聡・宮代賢治・阿江通良・白木 仁・西嶋尚彦・尾縣 貢 (2011) 100m パフォーマンスの科学データ利用モデルと発達過程に関する研究. 財団法人上月スポーツ・教育財団 第6回スポーツ研究助成事業研究論文.

土江寛裕・櫛部静二・平塚 潤 (2010) 最大スプリント走時の走速度, ピッチ・ストライド, 接地・滞空時間の相互関係と, 競技力向上への一考察. *城西大学研究年報, 自然科学編*, 33: 31-36.

米田継武 (1989) すばやい力発揮の制御. *J. J. Sports Sci.*, 10: 657-662.

岡子あまね・苅山 靖・岡子浩二 (2017) リバウンドジャンプテストを用いた跳躍選手の専門的な下肢筋力・パワーに関する評価. *体力科学*, 66: 79-86.

岡子浩二 (2005) スポーツアスリートにおけるばねに関する理論とその可能性. *陸上競技研究*, 60: 2-17.

岡子浩二・高松 薫 (1995) リバウンドドロップジャンプにおける踏切時間を短縮する要因: 下肢の各関節の仕事と着地に対する予測に着目して. *体育学研究*, 40: 29-39.

岡子浩二・高松 薫 (1996) “ばね”を高めるためのトレーニング理論. *トレーニング科学*, 8: 7-16.

岡子浩二・高松 薫・古藤高良 (1993) 各種スポーツ選手における下肢の筋力およびパワー発揮に関する特性. *体育学研究*, 38: 265-278.

Determining Variables that will Predict Men's Shot Put Performance in the Qualifying Rounds of the Major Championships

Donald Babbitt¹⁾

Abstract

This study obtained performance results for the 95 men's shot putters who participated in the major championships (Olympic Games or International Association of Athletic Federations (IAAF) World Championships) between the years 2015-2017. Statistical analyses were conducted for ten different variables (age, technique, seasonal best, personal best, major championships finals qualified for previously, average of three best competitions, average of five best competitions, average of three worst competitions, average of best competitions within last 45 days before the major championship, the average of the first three throws of the competitions within the last 45 days before the major championship) in order to determine which the variables would best predict final round qualifying performance in a major championship. Eight of the ten variables produced significant correlations (at $p < .01$) for both qualifying round performance and qualifying status. The strongest correlations were found to be the personal best, $t(93) = 6.41$, $p < .001$, for whether an athlete would qualify/not qualify, and the average for the best competition results within the last 45 days before major championship ($r = .745$, $p < .001$) for performance in qualifying. Results from this study may be useful in guiding coaches, athletes, and federations in their preparation for future major championships in men's shot put.

キーワード : shot put, Olympics, men, championship, prediction

Introduction

The shot put is a competitive track and field event that traces its origins back to "putting the stone" as part of the Tailteann Games in Ireland, which took place between 1829 BC and 554 BC (Black, 2009). Historically, the event can originally be described as throwing, or putting, a stone off the neck for distance. Currently, it is one of the four throwing events (shot put, discus, javelin, and hammer) that is regularly contested in the event program in the sport of athletics. The men's shot put event is contested by throwing a 7.26kg steel ball as far as possible while doing so within the confines of a cement throwing circle which measures exactly 7feet (2.135m) in diameter. The highest levels of competition for the sport of shot putting are considered to be the competitions at the Olympic Games and the International Association of Athletics Federations (IAAF) World Championships (Jampol, 2012 ; Mack, 2016). These are considered the major championships in much the

same way the World Cup is considered the major championship for the sport of football (soccer). The winner of these competitions is generally thought to be the best in the world and will hold the title of Olympic Champion or World Champion until the next edition of that specific major championship is contested.

Previous research has yielded many studies that have examined what performance metrics are associated with the various aspects of throwing performance in the four throwing disciplines (shot put, hammer, discus, and javelin). Perhaps the most common has been the study of the relationship between throwing performance and weight lifting exercises (Judge et al., 2010; Judge et al., 2011; Judge and Bellar, 2012; Pavlovic et al., 2012; Poprawski, 1988; Zaras et al, 2013; Zaras et al. 2014), or specific strength exercises (Bondarchuk, 2007; Bondarchuk et al., 1977; Karampatsos et al., 2017; Kyriazis et al., 2009; Maszczyk et al., 2014; Zaras et al., 2019). Findings from these studies were able to determine correlations between personal best performance and various training exercises for an individual athlete, however, none of these findings addressed predicting performance in a specified competition event relative to the performance of other competitors in the same competition.

Numerous studies have also been conducted on analyzing throwing performance by focusing their efforts on describing the biomechanical components of men's shot put performance in order to explain a given performance based on the measurement of variables such as speed of release, angle of release, and height of release (Ariel et al., 2005; Ohyama-Byun et al., 2008; Dinsdale et al., 2018; Fenton et al., 2012; Oh et al., 2011). In addition, comprehensive biomechanical studies have been conducted on throwing performance in major championships to assess more complex biomechanical variables ranging from torque and hip-shoulder separation readings to implement acceleration patterns and flight characteristics (Badura, 2010; Bennett et al., 2018; Dinsdale et al., 2018; Fenton et al., 2012;

1) University of Georgia
Athens, Georgia, USA

Gutierrez et al., 2002; Isele and Nixdorf, 2010; Morriss et al., 1997). As mentioned before, the bulk of these studies have been designed to offer explanations for how a given performance was achieved, yet, none of these investigations were devised to predict future performance and placing relative to another competitor's performance who are of similar ability.

Specific to track and field, there have been a number of studies that have attempted to predict future performance results specific to the sports individual events by utilizing data collected from previous competition years and analysis of performance trends over time. These studies ultimate aim has been to predict future world record and maximal human performance (Liu and Schutz, 1988), predict actual performance results for selected events in past and future IAAF World Championships (Heazlewood and Walsh, 2015), and suggest mathematical models that described performance result change for athletic events between 1960-2014 (Heazlewood and Walsh, 2015). A similar study focusing on performance prediction by Pilianidis et al. (2012) used regression analysis to chronicle high prediction of performance accuracy in the men's throwing events at the Mediterranean Games in 2013. With a comparable focus on throwing performance prediction, Zhang et al. (2011) used document and mathematical statistics in an attempt to predict gold medal winning performance in the women's shot put in the 2012 Olympic Games, based on gold medal performances from the previous five Olympic Games between 1992-2008. As with the case of Pilianidis et al. (2012), the motivation for the study was to provide information to guide a planning model for Chinese shot putters in preparation for the 2012 London Olympics. In retrospect, this study underestimated the winning performance by nearly 70 cm, but with a subsequent doping disqualification for the winner, the gold medal result was adjusted down to be off by only 33 cm.

The sport of swimming has also been the subject of major championship performance prognostication based on the effects of the time between performance peaks as well as the effects of various factor such as ranking at major events, stroke, race distance, sex, age, and country (Mujika et al., 2019), and the relationship between world ranking and Olympic performance (Trewin et al., 2004). Similarly, Anderson et al. (2008) attempted to quantify the relationship between changes in test measures, such as skinfold analysis, stroke rate, and blood lactate concentration, and changes in performance at major competitions for elite swimmers. However, unlike the studies into track and field performance prediction at the

major championships, the swimming studies measured the effects of specific variables to quantify their effects on major championship performance as a whole. These swimming studies were able to dig deeper into the basis for major championship performance to look at the physiological factors to predict performance rather than using pure statistical analysis from previous results to establish predictive trends.

To date, there have been very few studies to actually examine the performances within the major championships relative to performance in the qualifying rounds and its potential impact for predicting performance in the final, or medal round. In one of the few, Pavlovic and Idrizovic (2014) conducted a study to determine the difference between results between male and female javelin finalists at the London Olympic Games in 2012. The researchers attempted to see if the performances in the qualifying rounds were significantly related to results in the final rounds for both genders. No statistical differences were found for each gender's performance from the qualifying rounds, however, it was observed that, surprisingly, only 33% of the competitors threw better in the final than in qualifying. In contrast to these findings, Babbitt (2018) found that performance in the qualifying rounds in the major championships in men's hammer throw between 2008-2017 had the highest correlation ($r = .6493$, $p < .01$) with the results produced in the final or medal round.

The purpose of this study was to identify the most important variables in predicting the ability of male shot putters to qualify out of the preliminary rounds into the final round of the last three major championships (IAAF World Championships, or Olympic Games) in the sport of track and field. As can be seen from the review of literature, there has yet to be a study performed on this level of inquiry as to what factors significantly influence the ability to advance to final round in shot put's highest level of competition relative to other competitors in the same competition. Given the high stakes nature of the World Championships and Olympic Games, and the amount of time and resources put into the development of these competitors by national federations, it is believed that the results of this study would be of immense benefit for coaches, athletes, high performance directors, and other stakeholders in order to select the best athletes and develop the best competition and performance strategy for their ultimate success. It was hypothesized that factors related to seasonal performance results, previous qualifying success, age, and technique would be statistically significant predictors of major championship performance. Given that

the variables all displayed significance, the secondary aim of this study was to determine the order of significance for these variables relative to qualifying status, and preliminary round performance.

Methods

The study obtained performance results from the 95 men's shot putters who participated in the major championships (Olympic Games and/or IAAF World Championships) between the years of 2015-2017. The performance data was derived from competition results from both the official IAAF (n.d.) and Tilastopaja (n.d.) websites. Data for each athlete who competed in the qualifying rounds of these competitions was recorded for the following variables:

1. Best mark achieved in qualification for a given major championship
2. qualification status (whether they qualified for the major championship final or not)
3. type of shot put technique utilized (rotational or glide)
4. age
5. number of times previously qualifying through to a major championship final round (*MCQF*) (major championships are defined at Olympic Games, IAAF World Outdoor Championships, and IAAF World Indoor Championships)
6. all-time personal best (*PB*)
7. seasonal best for that given year (*SB*)
8. the average for the three best competition results for that given year (X_{3best})
9. the average for the five best competition results for that given year (X_{5best})
10. the average for the best competition results within the last 45 days before major championship (X_{45days})
11. the average for the best competition results for the first three throws of the competitions within the last 45 days before the major championship ($X_{3/45days}$)
12. The average of the three worst competition results for that given year (X_{3worst})

The best three-meet average (X_{3best}) was calculated by dividing the sum of the three best competition results (x_1, x_2, x_3) for a given season by the number of competitions (three) as shown in the following equation:

$$X_{best} = \frac{1}{3} (x_1 + x_2 + x_3) \quad (1)$$

A similar method was used to calculate the best five-meet average (X_{5best}), and worst three-meet average (X_{3worst}) with (y_1, y_2, y_3) representing the three worst competition

results for a given season.

$$X_{5best} = \frac{1}{5} (x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5) \quad (2)$$

$$X_{3worst} = \frac{1}{3} (y_1 + y_2 + y_3) \quad (3)$$

The average for the best competition results within the last 45 days before major championship (X_{45days}) for the first three throws of the competitions within the last 45 days before the major championship ($X_{3/45days}$) were calculated using the following equation were $\sum (x_1, \dots, x_n)$ represents the sum of the competition results within the last 45 days leading up to the major championship:

$$X_{3/45days} \text{ or } X_{45days} = \frac{1}{n} \sum (x_1, \dots, x_n) \quad (4)$$

All data having to do with distance in meters was scaled by dividing the performance results (in meters) by the automatic qualifying standard for the major championship from that given season in meters. Table 1 lists the automatic qualifying standard needed to achieve automatic entry into the major championship for a given season. These standards were used to scale the performances, which would be expressed as a percentage, in order to establish a base scale to equate results from year to year. Dependent of the nature of the variables, a calculation of either Pearson's correlation coefficient, a Chi-square test, or independent T-test was applied

Table 1.

The Automatic Qualifying Standard Needed for Entry into Each Major Championship from 2015-2017,

Major Championship	Automatic Qualifying Standard
2015 IAAF World Championships	20.45m
2016 Olympic Games	20.50m
2017 IAAF World Championships	20.50m

for 10 different variables (age, technique, *MCQF*, *PB*, *SB*, X_{3best} , X_{5best} , X_{45days} , $X_{3/45days}$, X_{3worst}) in relation to performance in the qualifying rounds, and athlete qualifying status for the final round were performed. A current statistical software package (IBM SPSS Statistics Version 25.0) was used to perform the various analyses and statistical significance was set at $p < .05$.

Results

The statistical analyses for ten different variables (age, technique, *MCQF*, *PB*, *SB*, X_{3best} , X_{5best} , X_{45days} , $X_{3/45days}$, X_{3worst}) revealed that all variables with the exception of age and technique produced statistically significant results in relation to performance of the athletes in the qualifying

round and relative to whether the athlete was able to qualify (by finishing in the top 12 places) for the final round. The results of these t statistic were reported in Table 2 relative to whether the athlete was able to qualify (qualifying status) for the final round, and Table 3 for the Pearson's correlation coefficient (r), relative to the athlete's performance in the qualifying round (qualifying performance). Results were listed in descending order in both tables from strongest to weakest t statistic or correlation. The variable with the highest impact on whether an athlete would qualify for the final round was that of the athlete's all-time personal best performance, $t(93) = 6.41, p < .001$. There variable with the highest correlation to performance in the qualifying round was found to be the average performance in the competitions within the 45 days (X_{45days}) leading up to the major championship ($r = .745, p < .001$).

Table 2.
T-Scores for Selected Variables Related to Men's Shot Put Performance in the Qualifying Rounds Relative to Whether they Qualified for the Final Round in the Major Championships Between 2015-2017.

Relationship of correlation	df	t statistic	Significance
Qualified vs <i>PB</i>	93	6.41	$p < .001$
Qualified vs X_{45days}	86	6.17	$p < .001$
Qualified vs X_{3worst}	93	5.76	$p < .001$
Qualified vs X_{3best}	93	5.56	$p < .001$
Qualified vs $X_{3/45days}$	84	5.52	$p < .001$
Qualified vs <i>SB</i>	93	5.20	$p < .001$
Qualified vs X_{5best}	92	4.48	$p < .001$
Qualified vs <i>MCFQ</i>	93	4.42	$p < .001$
Qualified vs age	93	-0.03	not sig.

Note: X_{45days} : the average for the best competition results within the last 45 days before major championship; *PB*: all-time personal best; $X_{3/45days}$: the average for the best competition results for the first three throws of the competitions within the last 45 days before the major championship; *SB*: seasonal best for that given year; X_{3best} : the average for the three best competition results for that given year; X_{5best} : the average for the five best competition results for that given year; *MCFQ*: number of times previously qualifying through to a major championship final round; X_{3worst} : the average of the three worst competition results for that given year.

There were also strong correlations found between both qualifying performance and whether the athlete qualified for the final round and the variables X_{3best} , $X_{3/45}$, X_{3worst} , *PB*, X_{5best} , *MCFQ*, *SB*, and X_{45days} . However, despite have the same variables showing high levels of statistical significance, the correlating variables did not exhibit the same descending order pattern in both tables (see Tables 2 and 3).

Table 3.

Correlation Coefficients Between Selected Variables Relative to Men's Shot Put Performance in the Qualifying Rounds in the Major Championships Between 2015-2017.

Relationship of correlation	r	R^2	N	Significance
Performance vs X_{45days}	.745	.555	87	$p < .01$
Performance vs X_{3best}	.698	.487	94	$p < .01$
Performance vs X_{3worst}	.696	.484	94	$p < .01$
Performance vs <i>PB</i>	.654	.427	94	$p < .01$
Performance vs <i>SB</i>	.644	.414	94	$p < .01$
Performance vs $X_{3/45days}$.638	.407	85	$p < .01$
Performance vs <i>MCFQ</i>	.324	.104	94	$p < .01$
Performance vs X_{5best}	.223	.049	93	$p < .05$
Performance vs age	-.103	.010	94	not sig.

Note: X_{45days} : the average for the best competition results within the last 45 days before major championship; *PB*: all-time personal best; $X_{3/45days}$: the average for the best competition results for the first three throws of the competitions within the last 45 days before the major championship; *SB*: seasonal best for that given year; X_{3best} : the average for the three best competition results for that given year; X_{5best} : the average for the five best competition results for that given year; *MCFQ*: number of times previously qualifying through to a major championship final round; X_{3worst} : the average of the three worst competition results for that given year.

The bottom two variables (technique and age) did not display statistical significance in either table. Conversely, the average of the five best competitions (X_{5best}) was weakly significant ($r = .223, p < .05$) relative to performance in the qualifying rounds, while displaying statistical significance with regard to the athletes qualifying status, $t(92) = 4.48, p < .001$. In order to determine if there was a statistical difference between the rotational or glide technique with regard to qualifying status or qualifying performance, a T-test was utilized to determine differences in qualifying performance based on the technique used, while a Chi-square analysis was used to determine differences between qualifying status and the specific shot put technique that was utilized. In both cases, no significant differences were found between qualifying performance and technique $t(92) = 1.15, p = .1258$, or qualifying status and technique $X^2(1, 95) = .47, p = .490$.

Discussion

The primary purpose of this study was to identify the variables of elite male shot put performance that could best predict the performance of these athletes in the qualifying rounds at the major championships for the sport of athletics. In order to do this, performance data for the competition year leading up to the major championship was collected for each athlete that qualified and participated in each major championship held from 2015-2017. Applicable statistical methods were used for each of the variables under study to see which ones were the most important in predicting

whether an athlete would qualify for the final round of the major championship.

Statistical analysis revealed that nearly all of the variables displayed some level of statistical significance. Eight out of ten variables in relation to both qualifying round performance and qualifying status met the threshold for statistical significance set at $p < .05$. The average competition performance within the forty-five days leading up to the major championship (X_{45days}) exhibited the highest correlation of all the variables for performance in qualifying, $r = .745$, $p < .01$, and was the second highest with regard to qualifying status, $t(86) = 6.17$, $p < .011$. According to Cohen (1988) this Pearson's correlation coefficient associated with qualifying performance represented a very high correlation. This finding suggested that level of competitive fitness an athlete exhibits going into the major championship may be the best indicator of potential performance. While it appeared pretty straightforward that producing strong competitive performances leading up to an important competition would lead to similar results in the important competition, there may have been other added benefits to strong lead-up performances in addition to just exhibiting a high level of competitive fitness. Strong lead-up performances going into major competitions may have enhanced the competitor's confidence that they would do well in competitions of even greater significance. This development could have built upon the competitors already strong level of performance. Rosenqvist and Skans (2015) found that previous success is an important prerequisite when performing in high-stakes competitions in professional golfers. These observations may have carried over to the sports such as shot put whose qualification format in major competitions is similar in many ways to that of making the cut in golf. It was also postulated that an enhanced sense of hope or confidence brought about by successful performances leading into an important competition could also explain why qualifying performance was most highly correlated with athlete performance in the 45 days leading into the major championship (Curry et al., 1997).

Five other variables exhibited a strong correlation to qualifying performance with correlation coefficients of $r < .60$, however, they did appear in a different descending order in relation to qualifying status and qualifying performance (see Tables 2 and 3). Nonetheless, these performance driven variables (personal best (*PB*), seasonal best (*SB*), average for the three best competition results for that given year (X_{3best}), average for the best competition results for the first three throws of the competitions within

the last 45 days before the major championship ($X_{3/45days}$), and average of the three worst competition results for that given year (X_{3worst}), were all highly significant indicators of a shot putter's ability and performance potential. The specific measure of the shot putters worst three performances (X_{3worst}) was considered to be an measure of how well the athlete would perform under pressure since it was a representation of what they would do on their worst day. Qualifying rounds can often devolve into situations where a competitor is trying to survive to advance to the final round rather than maximizing their best form according to University of Southern California Throws Coach Dan Lange (personal communication, June 3rd, 2019).

The one remaining variable that was ranked seventh in the descending order list in qualifying round performance was a measure of the competitors experience that counted the number of times previously qualifying through to a major championship final round (*MCFQ*). While this variable did exhibit a mild correlation (r between .3 and .5) it was conjectured that it was not a stronger predictor since older more experienced competitors with a high value for *MCFQ* may have also been past their prime and less prepared physically than their younger competitors, thus negating some of the positive effects of successful experience. This can be explained by the inverted-U character of the age-performance curve for men's shot putters which crests at 27.8 years of age according to Haugen et al (2018) and 27.3 years of according to Babbitt and Saatara (2014), interacting with the linear nature of the major championship qualification experience which is cumulative over time.

The variables of both age and type of shot put technique (glide and rotational) did not demonstrate statistical significance. Both techniques have been used successfully over time at the major championships. While the rotational technique has been gaining popularity over the past fifteen years and is now the predominant technique used by men's shot putters at the elite level (Babbitt and Byun, 2017), it does not diminish the effectiveness of the glide technique which has been equally successful and has won many championship medals over the years. The average of the five best competitions (X_{5best}) was the only variable that did display weak significance ($r = .223$, $p < .05$) in relation to qualifying performance, however, it was found to be significant relative to qualifying status, $t(92) = 4.48$, $p < .001$. The most likely cause for the low correlation to qualifying performance was that this specific variable took into account too many competition results to make a clear distinction between shot putters performance during the

competitive season. Given this result, it appears that averaging on the top or bottom three results for whole competition year before the major championship was the more effective way to predict qualifying performance from in-season results.

Conclusions

In conclusion, this investigation showed that the variables of average competition performance within the forty-five days leading up to the major championship (X_{45days}), personal best (PB), seasonal best (SB), average for the three best competition results for that given year (X_{3best}), average for the best competition results for the first three throws of the competitions within the last 45 days before the major championship ($X_{3/45days}$), and average of the three worst competition results for that given year (X_{3worst}) all displayed a high correlation with regard to predicting performance in major championship qualifying for men's shot put. Furthermore, the variable measuring the number of times previously qualifying through to a major championship final round (MCFQ) also displayed a mild correlation. These majority of these results were in line with the hypothesis that these variables would be statistically significant in predicting qualifying performance in the sport of track and field's major championships when competing against other shot putters for a fixed number of qualifying spots. With the strongest correlation relating to qualifying performance associated with the competition performance in the 45 days leading up to the major competition, it appeared the most crucial preparation and programming decisions needed to occur in the weeks leading up to the major competition. The data suggest that this period be given special consideration by the people responsible for athlete support to insure that the shot put athletes are able to exhibit top performance within the timeframe. Given these findings, all major stakeholders involved in the support and development of elite men's shot putters could benefit from these conclusions so they can make the relative adjustments to their planning and preparation for future success at major championships.

References

- Anderson, M., Hopkins, W., Roberts, A., and Pyne, D. (2008). Ability of test measures to predict competitive performance in elite swimmers. *Journal of Sports Sciences*, 26(2), 123-130.
- Ariel, G., Penny, A., Probe, J., Buijs, R., Simonsen, E., Finch, A., and Judge, L. (2005). Biomechanical analysis of the shot put event at the 2004 Athens Olympic games. In. Quing Wang (Ed.) *Proceeding from the 23rd International Symposium on Biomechanics in Sports*, Paper presented at ISBS, Beijing, China, August 22-27, 2005 (pp. 271-274).
- Babbitt, D., and Saatara, M. (2014). Elite level development rates and age-based performance patterns for the men's throwing events. *New Studies in Athletics*, 29(3/4), 69-75.
- Babbitt, D., Byun K. (2017). The basic technique of rotational shot put. *Track and Field Monthly*, 2017(4), 150-154. (Japanese language)
- Babbitt, D. (2018). A trend analysis of major championship results in male hammer throw (2008-2017), *Asian Journal of Coaching Science*, 2(1), 1-11.
- Badura, M. (2010). Biomechanical analysis of the discus at the 2009 IAAF world championships In athletics. *New Studies in Athletics*, 25(3), 23-35
- Bennett, T., Walker, J., and Bissas, A. (2018). *Biomechanical report for the IAAF world championships London 2017 discus throw men's*. Monaco, International Association of Athletic Federations.
- Black, C. (2009). History of the Scottish heavy events. Retrieved June 30, 2019, from <http://www.saaa-net.org/free/hist1.html>.
- Bondarchuk, A. P. (2007). *Transfer of training in sport*. Muskegon, MI: Ultimate Athlete Concepts.
- Bondarchuk, A., Ivanova, L., and Vinnitchuk, W. (1977). Training light and heavy implements. *Track Technique*. 67, 2129-2130.
- Byun, K. O., Fujii, H., Murakami, M., Endo, K., Takesako, H., Gomi, K., and Tauchi, K. (2008). A biomechanical analysis of the men's shot put at the 2007 world championships in athletics. *New Studies in Athletics*, (2), 53-62.
- Curry, L. A., Snyder, C. R., Cook, D. L., Ruby, B. C., and Rehm, M. (1997). Role of hope in academic and sport achievement. *Journal of Personality and Social Psychology*, 73(6), 1257-1267.
- Dinsdale, A., Thomas, A., and Bissas, A. (2018). *Biomechanical report for the IAAF world championships London 2017 shot put men's*. Monaco, International Association of Athletic Federations.
- Dinsdale, A., Thomas, A., and Bissas, A. (2018). *Biomechanical report for the IAAF world championships London 2017 hammer women's*. Monaco, International Association of Athletic Federations.
- Fenton, M., Parker, E., and Crick, T. (2012). *2012 Olympic games report: men's shot put*. Birmingham, UK., England Athletics.
- Fenton, M., Parker, E., and Crick, T. (2012). *2012 Olympic*

- games report: men's discus*. Birmingham, UK., England Athletics.
- Gutierrez, M., Soto, V. M., and Rojas, F. J. (2002). A biomechanical analysis of the individual techniques of the hammer throw finalists in the Seville athletics world championships 1999. *New Studies in Athletics*, 17(2), 15-26.
- Haugen, T. A., Solberg, P. A., Foster, C., Moran-Navarro, R., Breitschadel, F., and Hopkins, W. G. (2018). Peak age and performance progression in world-class track and field athletes. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13, 1122-1129.
- Heazlewood, I., and Walsh, J. (2015). Mathematical models that describe and predict performance change in men's and women's athletic events: 1960-2014. In Kay, A., Owen, A., Halkon, B., and King, M. (Eds.) *Proceedings of the 5th International Conference on Mathematics in Sport*, (pp. 52-59), Loughborough University, Loughborough, U.K.
- Heazlewood, I., and Walsh, J. (2015). Mathematical models predicting performance in track and field at the 2011, 2013, and 2015 IAAF world championships. In Kay, A., Owen, A., Halkon, B., and King, M. (Eds.) *Proceedings of the 5th International Conference on Mathematics in Sport*, (pp. 60-65), Loughborough University, Loughborough, U.K.
- International Association of Athletics Federations. (n.d.). Results. Retrieved from <https://www.iaaf.org/results>
- Isele, R., and Nixdorf, E. (2010). Biomechanical analysis of the hammer throw at the 2009 IAAF world championships in athletics. *New Studies in Athletics*, 25(3/4), 37-60.
- Jampol, N. (2012, July 17). The 10 most memorable moments in Olympic track and field history. *Bleacherreport*. Retrieved from: <https://bleacherreport.com/articles/1257238-the-10-most-memorable-moments-in-Olympic-track-and-field-history>.
- Judge, L. W., and Bellar, D. (2012). Variables associated with the personal best performance in the glide and spin shot put for U.S. collegiate throwers. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 12(10), 37-51.
- Judge, L. W., Bellar, D., McAtee, G., and Judge, M. (2010). Predictors of personal best performance in the hammer throw for U.S. collegiate throwers. *International Journal of Performance Analysis in Sports*, 10(1), 54-65.
- Judge, L. W., Bellar, D., Turk, M., Judge, M., Gilreath, E., and Smith, J. (2011). Relationship of squat one repetition maximum to weight throw performance among elite and collegiate athletes. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 11, 209-219.
- Karampatsos, G. P., Korfiatis, P. G., Zaras, N. D., Georgiadis, G. V., and Terzis, G. D. (2017). Acute effect of jumping on throwing performance in track and field athletes during competition. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31, 359-364.
- Kyriazis, T. A., Terzis, G., Boudolos, K., and Georgiadis, G. (2009). Muscular power, neuromuscular activation, and performance in the shot put athletes at pre-season and at competition period. *Journal of Strength and Conditioning Research*, (23), 1773-1779.
- Liu, Y., and Schutz, R. W. (1988) Prediction models for track and field performances. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 2(4), 205-223.
- Mack, G. (2016, September 17). What track and field needs most: Four majors. *FloTrack*. Retrieved from: <https://www.flotrack.org/articles/5055680-what-track-and-field-needs-most-four-majors>.
- Maszczyk, A., Golas, A., Pietraszewski, P., Rocznik, R., Zajac, A., and Stanula, A. (2014). Application of neural and regression models in sports results prediction. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 117, 482-487.
- Morriss, C., Bartlett, R., and Fowler, N. (1997). Biomechanical analysis of the men's javelin throw at the 1995 world championships in athletics. *New Studies in Athletics*, 12(2-3), 31-41.
- Mujika, I., Villanueva, L., Welvaert, M., and Pyne, D. B. (2019). Swimming fast when it counts: a 7-year analysis of Olympic and world championship performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2019 Jan.31, 1-13. Doi: 10.1123/ijspp.2018-0782.
- Oh, C-H., Shin, E-S., Choi, S-N., Jeong, I-S., Bae, J-H., Lee, J-T., and Park, S-B. (2011). Kinematic analysis of elite athletes in men's shot put at world championships, Daegu 2011. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 21(5), 631-638.
- Pavlovic, R., Brankovic, N., and Zivkovic, M. (2012). Power as a factor of successful results in shot put. *Research in Kinesiology*, (2), 141-146.
- Pavlovic, R., and Idrizovic, K. (2014). Differences between qualification and final results of javelin throw finalists Olympic games in London 2012. *Sport Science*, 2, 34-41.
- Pilianidis, T., Mantzouranis, N., Kyraikoulakis, T., Proios, M., and Kotzamanidis, C. (2012, December). Longitudinal evaluation and prediction of performance in throwing events in Mediterranean games. *Physical Training*, Retrieved from http://ejmas.com/pt/2012pt/ptart_pilianidis_1212.html.

- Poprawski, B. (1988). Aspects of strength, power, and speed. *New Studies in Athletics*, 1(1), 89-93.
- Rosenqvist, O., and Skans, O. N. (2015). Confidence enhanced performance? - the causal effects of success on future performance in professional golf tournaments. *Journal of Economic Behavior and Organization*, 117, 281-295.
- Tilastopaja. (n.d.) Members lists. Retrieved from <http://www.tilastopaja.eu>
- Trewin, C. B., Hopkins, W. G., and Pyne, D. B. (2004). Relationship between world-ranking and Olympic performance of swimmers. *Journal of Sports Sciences*, 22(4), 339-345.
- Zaras, N., Spengos, K., Methenitis, S., Papadopoulos, C., Karampatsos, G., Georgiadis, G., Stasinaki, A., Manta, P., and Terzis, G. (2013). Effects of strength vs. ballistic power training on throwing performance. *Journal of Sport Science and Medicine*, 12: 130-137.
- Zaras, N., Stasinaki, A., Krase, A., Methenitis, S., Karampatsos, G., Georgiadis, G., Spengos, K., and Terzis, G. (2014). Effects of tapering with light and heavy loads on track and field throwing performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28: 3484-3495.
- Zaras, N., Stasinaki, A-K., Methenitis, S., Karampatsos, G., Fatouros, I., Hadjicharalambous, M., and Terzis, G. (2019). Track and field throwing performance prediction: training intervention, muscle architecture adaptations and field tests explosiveness ability. *Journal of Physical Education and Sport*, 19 (Supplement issue 2), 436-443.
- Zhang, B., Qin, C., Xu, X., and Feng, F. (2011, August 20-21). *GM (1,1) model Gray prediction for the gold-medal result of women's shot put in the 30th Olympic games*. Paper presented at the 2011 International Conference on Future Computer Science and Education, Xi'an, China.
-

競歩種目を専門とする国内男子競技者における 足部アーチ形態に関する研究

佐藤高嶺¹⁾, 大山卞圭悟²⁾

The study of foot posture in Japanese male athletes training for race walk event

Takane SATO¹⁾, Keigo OHYAMA BYUN²⁾

Abstract

Foot posture is one of the risk factors for knee and foot injury. Many athletes in race walking events have injury histories on their knee and foot which might be caused by problems in foot posture. However, knowledge of foot posture in athletes training for race walking events is insufficient to prevent injuries. Therefore, the purpose of this study is to investigate the foot posture in athletes training for race walking events and show the knowledge how to prevent injuries. A total of 45 Japanese male athletes in race walking events (90 foot) was recruited for the measurement of navicular height (NH) and foot length (FL). The history of training and injuries were collected from each subject. Arch height index (AHI: NH/FL) and NH of left foot was significantly lower than right one ($p < .05$). In most of injury histories, foot injuries occurred on the left foot of each subject. The usual training site for most of subjects in the present study was the circuit course in the direction of counterclockwise where they walk with left foot inside during the curved section. In conclusion, the work load to the left foot might increase with these usual training site. This load is likely related to the low NH and AHI and the frequent injury of the left foot. For implications, it is suggested that the training of racewalk on the circuit course should not be continuously in the same counterclockwise direction with the left foot inside, but also in the opposite direction to prevent injuries of the left foot.

キーワード：足部アーチ高率, 舟状骨高, 左右差, スポーツ傷害, 傷害予防

1. 緒言

陸上競技種目の一つである競歩種目（以下、競歩）は、比較的安全であると考えられている（Kummant, 1981）。実際に、レクリエーションレベルを中心とした傷害調査において、競歩種目競技者が平均で6.4年毎に1回の頻度で受傷経験を有していたことを報告したFrancis et al. (1998)は、このことだけを元に言えば、競歩は比較的傷害が少なく、安全であるという信用は正しいだろうとしている。その一方で、Hanley (2014)は一流競技者を対象に調査を行い、112名中69名（62%）が1年間

に1度は受傷経験を有していたことを報告している。このことから、競技レベルが高くなるとより傷害が発生する確率が高くなることが考えられ、必ずしも競歩が安全であるとは言い切れないと考えられる。

スポーツ傷害の要因としては、用具や周囲の環境などの外的因子と性差や身体組成などの内的因子が挙げられてきており、アライメントも内的因子の一つとされる（Bahr and Krosshaug, 2005；Lun et al., 2004）。アライメントとは、骨・関節の配列のことで（山本, 2004）、静止時の配列であるスタティック（静的）アライメントと動作中の配列であるダイナミック（動的）アライメントの二種類がある（竹村・柴田, 2015）。下肢のスタティックアライメントはダイナミックアライメントに影響を及ぼすことから（浦辺ほか, 1999）、スタティックアライメントからスポーツ傷害のリスクファクターの特定を行うことは、ダイナミックアライメント不良による傷害の予防にもつながるため有益であると考えられる。

下肢のスタティックアライメントとしては、Q-angleや膝関節の内・外反、足部アーチ形態などが代表的であるが、中でも足部アーチ形態は単に足部だけではなく、足関節の回内による下腿の内旋への影響を及ぼし、ランニングにおいては下肢における傷害のリスクファクターの一つともなり得る（Nigg et al., 1993；Williams et al., 2001, Rodrigues et al., 2015）。

これまで報告されてきた競歩を対象とした傷害調査における受傷部位としては、Francis et al. (1998)の報告では、膝関節が最も多く、全受傷件数502件のうちの21.3%、続いて足部20.7%、脛部12.7%であった。また、Hanley (2014)の報告では詳細な割合は示されていないが、ハムストリングスが最も多く、膝関節、足部と続いている。これらの報告において膝関節や足部の傷害は共

1) 筑波大学大学院人間総合科学研究科 Graduate School of Comprehensive Human Sciences, University of Tsukuba
〒305-8574 茨城県つくば市天王台 1-1-1
2) 筑波大学体育系 Institute of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba
〒305-8574 茨城県つくば市天王台 1-1-1

通して多い割合を占めており、競歩において最も受傷しやすい部位であることが窺える。そのため、その予防法の提案は競歩の現場において受傷しやすい傷害を未然に防ぎ、競技者たちが練習を継続的に行うことを可能にし、パフォーマンスを維持・向上させる観点から重要なものになると考えられる。

通常歩行においては、踵接地とともに距骨下関節の回内が生じ、それに伴い下腿が内旋していくことで膝のロッキングメカニズムが阻害され、膝関節が屈曲する仕組みとなっている(山口ほか, 2009)。ここでの距骨下関節の回内は内反筋群が働くことによって制御され、着地による衝撃をいくらか緩和している(ペリー, 2007)。しかしながら、疲労により内反筋群のひとつである後脛骨筋の活動が弱まった場合には、前足部の揺動性が高まり、後足部に対する下腿内旋の割合が強まることが報告されており(Ferber and Pohl, 2011)、この足部回内と脛骨内旋との連関はランナーにおける膝関節傷害のリスクファクターの一つとして知られている(Rodrigues et al., 2015)。Imhauser et al. (2004)は後脛骨筋が足部アーチ形態の維持に貢献しており、後脛骨筋の機能低下はアーチの低下を引き起こすことを報告し、逆に言えばアーチの扁平化は後脛骨筋の機能低下につながり得るとしている。さらに、Headlee et al. (2008)は、足部内在筋が疲労することによっても足部アーチが低下し、足部の回内が強まることを報告している。これらのことから、足部アーチ形態について知ることで足部足関節の機能に影響している内在筋や外在筋の状態を把握することができ、足部や膝関節における傷害の予防に役立つ知見が得られると考えられる。

競歩における足部形態に関する報告は少なく、Ekstrand et al. (1990)が、50～70歳の引退した男性競歩種目競技者14名を対象にアライメント調査を行い、6名が扁平足、1名が凹足であったことを報告している。しかし、この報告では現役の競技者は対象とされておらず、競歩による影響が反映されているのかは明らかでない。加えて、測定方法や計測値などは示されておらず、競歩における足部アーチ形態の実態は不明瞭である。

以上のことから、足部アーチ形態は競歩において受傷しやすい足部や膝関節の傷害のリスクファクターとなり得るものの、競歩におけるアーチ形態の実態は明らかではない。そこで、本研究では競歩種目を専門とする競技者における足部アーチ形態を調査することで、その傾向について検討し、競歩に多いとされる膝関節および足部の傷害に対する予防法を提案することを目的とした。

2. 方法

2.1 対象者

被験者は競歩種目を専門とし、計測時において競歩のトレーニングを継続的にしている国内男子競技者で、

大学生、社会人の合計45名90足を対象とした。被験者の特性は表1に示した。被験者には本研究の内容を書面および口頭にて十分に説明し、実験参加の同意を得た。

2.2 データ収集

データの収集は、2017年3月から同年8月にかけて行われた。

(1) アーチ高率

本研究では、足部アーチ形態の指標として、足部アーチの高さ(舟状骨高)に対する足長の影響を加味した大久保ほか(1989)の方法を参考としたアーチ高率(図1)を用いた。

1) 計測方法

足長の計測には画像撮影を行い、画像上の身体ランドマークをもとに算出する画像計測法を用いた。計測値は画像解析ソフトImageJを用いて座標読み取りを行い、踵点から足尖点までの距離を求めることで得られた。また、キャリブレーションは画像ごとに画像内のキャリブレーションポールをもとに行った。一方で、舟状骨高は、画像での算出が難しいためマルチン式人体計測器を用いて床面から舟状骨下端までの高さを直接計測した。また、足長、舟状骨高およびアーチ高率ともに、計測値は小数点以下第二位を四捨五入した。

2) 実験設定

簡易の被験者立ち位置を作成し、被験者が立つ位置に

表1 被験者の身体特性および自己最高記録

	平均±SD
年齢 (歳)	21.8±4.3
身長 (cm)	172.6±6.2
体重 (kg)	60.1±4.5
5000mPB (分'秒")	21'56"±01'17"
競技歴 (年)	5.4±4.0

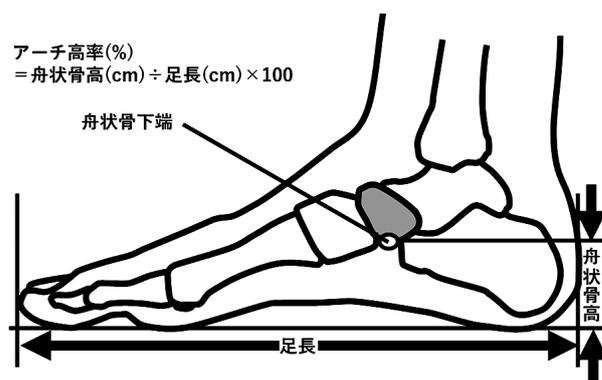


図1 アーチ効率の算出方法(大久保ほか, 1989)

メジャーの0mを合わせ、遠近誤差を最小にするため、そこから10m離れたところにデジタルカメラ (EX-100Pro, Casio 社製) を地面から70cmの高さに設置した。また、0.2m間隔で赤白交互にペイントされたキャリブレーションボールをメジャーの0m位置に垂直に設置した。そして、被験者にはできるだけメジャーの0m位置に立ってもらうように指示をした。撮影は被験者の側方からランドマークおよびキャリブレーションボールが画像で確認できるようにその都度画角および露出時間 (1/5-1/1000 秒) を調節して行った。

3) 計測肢位

計測はすべて立位にて加重を左右均等にして行った。

①舟状骨高

被験者の内果間距離を統一するため、恒川 (2007) の Leg-Heel-Alignment 測定方法を参考に、両脛骨内果で1.5インチ (3.8cm) 幅のブロックを挟んで立ち、その状態で左右の第2趾の前後軸が平行になるように指示をした。

②足長

高さ0.6mの台の上で身体の左右軸がカメラの光軸と平行になるように立つように指示をし、片足を後方へ一歩引いた状態で撮影を行った。この時、足部の前後軸ができる限りカメラの光軸と垂直になるように指示をした。

(2) 被験者のプロフィール

各被験者のプロフィールを調査するために質問紙を作成した。質問項目は身体特性、自己記録、トレーニング状況 (月間歩行距離や週のトレーニング頻度など)、さらにこれまで競歩を原因として受傷した傷害の受傷歴とした。本研究者から直接質問紙を手渡し、記入してもらった後、必要な場合は、回答に関する質問を行った。

2.3 統計処理

統計処理は、統計ソフトウェア IBM SPSS statistics 24.0 for Mac を用いて行った。まず被験者45名の左右それぞれでの足長、舟状骨高およびアーチ高率、さらにアンケートから得られた身体特性及びトレーニング状況の各項目について Shapiro-Wilk の正規性の検定を用いて正

規性を確認した。次に各足部形態項目における左右差について検討するために、対応のある t 検定を用いた。なお、有意性は危険率5%未満で判定した。

次に、各足部形態項目と身体特性およびトレーニング状況を表すパラメーターとの相関関係を Spearman の順位相関係数を用いて検討した。

3. 結果

3.1 各項目の正規性

Shapiro-Wilk の正規性の検定の結果、各足部形態項目は正規分布していることが確認された。一方、身体的特性およびトレーニング状況の各項目においては、正規分布していない項目があったことから、相関関係の検討にはノンパラメトリック検定である Spearman の順位相関係数を用いた。

3.2 測定項目の左右差

各測定項目データの平均値および標準偏差を表2に示した。対応のある t 検定の結果、足長 ($t=0.990$, $p=.327$) には左右の比較において有意差が認められなかったものの、舟状骨高 ($t=2.497$, $p<0.05$) およびアーチ高率 ($t=2.239$, $p<0.05$) は左側が有意に低かった。

3.3 足部形態と身体特性およびトレーニング状況との相関関係

各足部形態項目と身体特性およびトレーニング状況を表すパラメーターとの相関係数を表3に示した。Spearman の順位相関係数を検討した結果、身長が大きいほど ($r=.327$, $p<.05$) 舟状骨高 (右) は高い関係にあった。また、週の練習頻度 ($r=-.316$, $p<.05$)、週のトラック練習頻度 ($r=-.379$, $p<.05$) が高いほど舟状骨高 (右) は低い関係にあった。さらに、週の練習頻度 ($r=-.295$, $p<.05$)、週のトラック練習頻度 ($r=-.337$, $p<.05$) が高いほどアーチ高率 (右) は低い関係にあった。一方で、舟状骨高 (左) およびアーチ高率 (左) にはこのような関係は認められなかった。

表2 舟状骨高、足長、アーチ高率における左右差

		舟状骨高(cm)	足長(cm)	アーチ高率(%)
右	平均±SD	4.2±0.5	25.2±1.2	16.7±1.8
左	平均±SD	4.1±0.5	25.2±1.2	16.2±2.2
	有意差	p<0.05	n.s.	p<0.05

表3 足部形態と身体特性およびトレーニング状況との相関関係

	身長	体重	週の練習頻度	月間走行距離	週のトラック練習頻度	週のロード練習頻度
舟状骨高(右)	.327*	0.289	-.316*	-0.25	-.379*	0.218
舟状骨高(左)	0.137	0.089	-0.151	-0.022	-0.222	0.07
足長(右)	.618**	.400**	-0.086	0.047	-0.118	0.166
足長(左)	.665**	.455**	-0.133	-0.067	-0.139	0.153
足部アーチ高率(右)	0.034	0.101	-.295*	-0.275	-.337*	0.148
足部アーチ高率(左)	-0.161	-0.139	-0.082	0.004	-0.157	0.03

*p<.05, **p<.01

3.4 競歩を原因として受傷した傷害

(1) 各部位の受傷件数, 受傷者数

45名中33名が競歩を原因とした何らかの受傷歴を有しており, 全体で80件の受傷が挙げられた。全体を通して最も多かった受傷部位は, 膝関節で右16件, 左5件の計21件(26.3%)であった。次に多く報告された受傷部位は足部で右4件, 左13件の計17件(21.3%), 以下, 大腿部で右8件, 左8件の計16件(20.0%), 足関節で右8件, 左2件の計10件(12.5%), 下腿部で右5件, 左3件の計8件(10.0%), 腰部で右0件, 左3件, 中央1件の計4件(5.0%), 股関節で右4件, 左0件の計4件(5.0%)と続いた。

また, 各部位の受傷者数は, 膝が16名(35.6%)と最も多かった。次いで, 足部13名(28.9%), 大腿部11名(24.4%), 足関節8名(17.8%), 下腿部6名(13.3%), 腰部4名(8.9%), 股関節3名(6.7%)と続いた。

(2) 各部位の受傷内容

各部位の受傷内容については, 表4にまとめた。足部の傷害では, 足底腱膜炎や足底, 拇指球周辺の受傷が右2件, 左8件の計10件と最も多かった。次いで, 足の甲の骨膜炎や腱鞘炎など(右1件, 左2件)と楔状骨や第四趾などの疲労骨折(左3件)がともに3件と多かった。

表4 各部位の受傷内容

受傷部位	受傷内容	左(件)	右(件)	左右の合計(件)
膝関節	鷲足炎/膝関節内側の受傷	2	5	7
	腸脛靭帯の受傷	1	5	6
	膝蓋靭帯・膝蓋骨の下方の受傷	1	2	3
	膝の裏の受傷	1	1	2
	その他	0	3	3
足部	足底腱膜炎/足底・拇指球周辺の受傷	8	2	10
	足の甲の骨膜炎・腱鞘炎	2	1	3
	楔状骨・第四趾などの疲労骨折	3	0	3
	その他	0	1	1
大腿部	ハムストリングスの肉離れ・筋膜炎	4	4	8
	鼠径部の受傷	1	2	3
	大腿骨疲労骨折	2	0	2
	薄筋など内転筋の受傷	1	1	2
	その他	0	1	1
足関節	捻挫	0	4	4
	前脛骨筋などの腱鞘炎	1	3	4
	その他	1	1	2
下腿部	アキレス腱炎/アキレス腱の受傷	1	2	3
	シンスプリント	0	1	1
	前脛骨筋のコンパートメント症候群	1	0	1
	その他	1	2	3
腰部	腰痛	2	中央部1 0	3
	坐骨神経痛	1	0	1
股関節	大転子など股関節周辺での受傷	0	4	4

4. 考 察

本研究の目的は競歩種目を専門とする競技者における足部アーチ形態を調査することで、その傾向について検討し、競歩に多いとされる膝関節および足部の傷害に対する予防法を提案することであった。

足部アーチ形態の指標のひとつであるアーチ高率について検討した結果、左右差が認められ、左側が有意に低かった。また、足長と舟状骨高の左右差についても検討したところ、舟状骨高にのみ差が認められ、左側が有意に低かった。アーチ高率は足長と舟状骨高によって算出されるため、ここでのアーチ高率の差は舟状骨高の差によるものであると考えられる。競歩を対象に足部アーチ形態を検討した研究は、わずかに引退後の高齢者を対象にアライメントを調査し、14名中6名が扁平足、1名が凹足であったとする Ekstrand et al. (1990) の報告が見られるのみであるが、ここでは客観的な計測値は示されていない。本研究では、より詳細に現役競技者の足部アーチ形態について検討を行った結果、客観的な指標により、アーチ形態には左右差があるということが明らかになった。

通常歩行時には筋や足底腱膜の働きを受けながら足部の縦アーチが荷重時の衝撃緩衝作用において重要な役割を担っており (Caravaggi, et al., 2010 ; Kondo et al., 2017), 本研究の舟状骨高は、内側の縦アーチの高さに当たる。内側縦アーチ高の減少要因としては、アーチ支持に関わる外在筋の一つである後脛骨筋や足部内在筋群の機能低下などが挙げられる (Imhauser et al., 2004 ; Headlee et al., 2008)。そのため、長時間の運動などにより後脛骨筋等のアーチの動的支持に関わる筋群が疲労し、筋張力の低下や靭帯などの静的な支持機構に緩みが生じると舟状骨高は下がると考えられる。日常生活において、片足だけに長時間負荷がかかる状況は通常は考えにくいから、本研究で見られたアーチ高率の左右差は競歩の実施に伴う負荷・変形によるものであると考えられる。

競歩はランニングと比べると着地での衝撃が小さいにも関わらず (Cairns, 1986), 本研究では競歩においても衝撃を和らげる役割を担うアーチの低下が生じる可能性があることが示された。競歩は競技規則により、前脚を接地の瞬間から垂直の位置になるまでまっすぐに伸ばさなければならない (日本陸上競技連盟, 2019)。そのため、膝関節の屈曲・伸展による衝撃吸収は制限され、足関節と股関節での衝撃吸収の貢献が大きくなると考えられる。また、接地前に足関節は通常歩行や同速度でのランニング以上に背屈され (Cairns et al., 1986), 接地後には足関節が一気に底屈しないように、前脛骨筋が伸張性収縮を起こしながら足部の動きを制御している (Hanley and Bissas, 2013)。これにより、前脛骨筋への負荷が高まり、競歩を専門とする多くの競技者が経験している脛

の痛みにつながるということが指摘されている (Hanley and Bissas, 2013)。しかし、指導書で推奨されるように競歩では股関節を接地前に内転させ、一直線上を歩いていく競技者が多く (今村, 2009), 接地前の足関節の動作は背屈だけでなく回外も強くなる (Song et al., 2013)。これにより、接地時に足関節回内を制御する筋でもある、後脛骨筋等のアーチの動的支持に関わる筋群への負担が大きくなると考えられる。

ランニングに関する研究ではトラックを反時計周り、時計回りに走った場合、トレーニング後にそれぞれトラックのコーナーに対し、内側の足部アーチが外側の足よりも低下することが報告されている (岡戸ほか, 2009 ; 岡戸ほか, 2010 ; 山本, 1991)。また、トラックでのコーナー走においては、コーナーに対し内側の足はつま先が外側を向く toe-out の傾向が強く、一方の外側の足はつま先が前を向く neutral 傾向が強いことが報告され (横江ほか, 1989), この toe-out の状態では、距骨下関節の回内は大きくなるとされている (川野, 1988)。このことから、トラックでの周回走では、コーナーでの動作特性によりコーナーに対して内側に位置する足部の回内が強くなり、アーチ支持筋の機能が低下してアーチが下がり、足部が扁平化することが考えられる。競歩においてもランニング同様にトラックでの練習が行われる。傷害予防の観点から、トラックを反対周りに歩く場合も見受けられるが、一般的には衝突を防ぐなどの安全管理のため、通常、競技会で用いられる左足がコーナーの内側に配置される方向に歩くことが多いだろう。そのため、今回の左足部アーチの有意な低下は、トラックでの練習により、足部への負荷が右足に比べてコーナー内側の左足で大きくなることで生じたのではないかと考えられる。

また、オリンピックや世界陸上競技選手権大会、日本陸上競技連盟が主催、共催する競技会などでは、最高 2.5km、最短 2km とされていた周回コースの 1 周が 2014 年からは、最長 2km、最短 1km に変更された (日本陸上競技連盟, 2014)。それに伴い、実際の競技会のコースが変更され、現在では 0.5km もしくは 1km の直線コースの往復が主流となっている。そのため、練習においても往復コースが用いられることがあり、その場合にはレース同様に左足を内側に配置しながら折り返しを行うことが多い。加えて、競歩では練習中の歩型も重視されることから、指導者が競技者の動きを確認できるように同じ場所を往復して歩くことが推奨される場合もある (永井, 2019)。このような直線コースでの折返しの場合では、トラック以上に身体をコーナー内側に倒し、急激に方向を変える必要があるため、左足部の回内は一層強まり、アーチ支持に関わる筋群へより大きな負荷がかかると考えられる。これについては、直線の距離を伸ばすことにより折り返しの回数自体を少なくしたり、直線

コースではなく、学校や競技場の外周といった急激な折り返しをせずに、比較的緩やかに方向を変えながら周回できるようなコースを選択したりすることで、コーナー内側の足部足関節回内を制御する足関節内反筋群への過度な負担を軽減し、足部アーチの低下を抑制することができると考えられる。更に、足部のラテラルバランスに関わる足趾の屈筋群や後脛骨筋のトレーニングを積極的に行うことも、動的なアーチ支持の強化に有効であると考えられる。

一方、質問紙によって得られた週の練習頻度および週のトラックでの練習頻度と舟状骨高およびアーチ高率との相関関係を見たところ、右側でのみ弱いながらも週の練習頻度および週のトラックでの練習頻度が高くなるほど舟状骨高およびアーチ高率は低くなる関係が認められた。このことから、右側のアーチは練習頻度およびトラックでの練習頻度の増大によって低下する可能性がある。ここで左側のアーチでは関係が認められなかったことは、アーチの低下が練習頻度だけでなく練習強度にもよること（岡戸, 2009）、コーナーに対して内側の足の負担が増加することが考えられることから、練習頻度が低かったとしても左側についてはアーチの低下を引き起こす可能性があるためと考えられる。

足部アーチの低下は足部の回内を強めるとされ（Headlee et al., 2008）、足部の回内は足底腱膜へのストレスをもたらすことから（Chan et al., 2014）、一般的に、足部アーチの低下は扁平足障害として足底腱膜へのストレスを高めるとされており（草木ほか, 2006）、足底腱膜炎などの足部傷害の要因となると考えられる。実際、今回の質問紙によって得られた受傷歴では、17件の足部傷害のうち左側が13件と多い割合となっており、そのうち8件は足底腱膜炎や足底部の傷害であった。一方で、右足においても足底腱膜や拇指球周辺での傷害が挙げられたが、その件数は2件と、左足に比べ、少ない傾向にあった。このことは、トラックでの練習や折り返しを行う練習において左足が内側に配置される方向へと周り続けることにより、左足への負荷が増加し、左のアーチが右と比べて低下することによって左足部の回内が強まり、左足部（特に足底）の傷害が多い傾向に繋がったと考えられる。また、左足にのみ3件の疲労骨折が挙げられたことから、右足に比べて左足への負荷が大きいことが窺える。

以上のことから、トラックでの練習や折り返しを行う練習においては、左足がコーナーの内側に配置される方向に回り続けるのではなく、定期的に反対方向へ回ることを取り入れることで、左足部のアーチ支持に関わる後脛骨筋や足部内在筋群への過剰な負荷を分散し、足底腱膜炎などの足底部の傷害や、疲労骨折といった慢性的負荷の蓄積による傷害を予防することができると考えられる。

さらに、足部回内の増加は下腿内旋の増加との関係が報告されていることから（Nigg, 1993; Khamis, 2007）、足部の扁平化が生じている場合には足部の回内と下腿内旋はともに強くなっていることが考えられる。競歩において競技者の多くは支持期に膝関節を過伸展させ、一本の長いレバーのように脚を用いることが知られている（Hanley and Bissas, 2013）、この時には膝の屈筋群が引き伸ばされた状態で、足部回内による下腿の内旋が起これ、膝関節に回旋力を受けていると考えられる。これらのことは少なからず、膝周りの腱や靭帯の傷害に関与していると思われる。実際、今回得られた受傷歴では、膝関節の傷害が21件と最も多かった。しかしながら、足部の傷害とは反対に左膝は5件と少ない割合を示した。Neal et al. (2014) は、足部形態の静的計測はそれ単体でなく多要因的傷害リスク評価の一部として用いられるべきであるとしており、今後、競歩における膝関節の傷害要因については他の要因と関連付けながらさらなる検討が必要であろう。

本研究では、競歩種目を専門とする競技者の足部アーチ形態について検討し、足部アーチの低下と足部の傷害との関係を示唆する結果を示すことができた。しかしながら、研究の限界もあり、舟状骨高測定の間隔を統一することができなかった。競歩の競技人口は長距離走者に比べると非常に少ないのが現状であり、本研究では、被験者を数多く集めるために大学生の合同合宿等に帯同し、合宿の間においてアライメントの測定が行われる場合が複数回あった。そのため、舟状骨高の左右差が練習以外の影響を受けていることも否定できない。今後、計測を練習前と練習後で行うなど、タイミングを揃えて検討する必要があるだろう。また、本研究では男性競技者のみを対象としたが、先行研究ではアーチ高率には性差が認められること（Takabayashi et al., 2020）、ランニングに関する傷害では部位ごとの受傷割合が男女で異なることが示されていることから（Francis et al., 2018）、女性を対象とした場合には男性とは異なる結果が得られる可能性がある。そのため、今後は女性競技者を対象とした調査についても必要となろう。

5. まとめ

本研究は、競歩を専門とする国内男子競技者45名合計90足を対象に足部アーチ高率を調査し、その傾向について検討することで競歩に多い傾向にある膝関節および足部の傷害に対する予防法を提案することを目的として行われた。

その結果、足部アーチ高率には左右差が認められ、左側が有意に低い値を示した。足長に左右差は認められなかったため、ここでの差は舟状骨高の左右差によるものであると考えられる。

また、受傷歴を調査したところ足部傷害は左側が多い

割合となっており、そのうちの半数以上は足底部の傷害となっていた。このことは、トラックでの練習や折り返しを行う練習において左足が曲走路に対して内側に配置される方向に回り続けることが多いため、左足部への負担が増加し、左のアーチが右と比べてより低下することで左足部（特に足底）の傷害が多い傾向に繋がったのではないかと考えられる。その一方で、膝関節の傷害は全体で最も多かったものの、足部の傷害とは反対に左側が少ない割合となっていた。

これらのことから、足部の傷害に対しては、左足が曲走路の内側に配置される方向に回り続けるのではなく、定期的に反対方向へ回ることも取り入れることで、左足部への過剰な負荷がかからないようにすることが予防法となると考えられる。

膝関節の傷害予防法については今回提案することができなかったことから、今後さらにアーチ高だけでなく、その他の要因とも関連付けながら競歩種目競技者の膝関節傷害に関する研究がなされる必要があるだろう。

文献

- Bahr, R. and Krosshaug, T.(2005) Understanding injury mechanisms: a key component of preventing injuries in sport. *Br. J. Sports Med.*,39: 324–329.
- Cairns, M. A., Burdett, R. G., Pisciotta, J. C. and Simon, S. R.(1986) A biomechanical analysis of racewalking gait. *Med. Sci. Sports Exerc.* 18: 446–453.
- Caravaggi, P., Pataky, T., Günther, M., Savage, R. and Crompton, R.(2010) Dynamics of longitudinal arch support in relation to walking speed: contribution of the plantar aponeurosis. *J. Anat.*, 217: 254–261.
- Chang, R., Rodrigues, P. A., Emmerik, R. E. A. V. and Hamill, J.(2014) Multi-segment foot kinematics and ground reaction forces during gait of individuals with plantar fasciitis. *J. Biomech.*, 47: 2571–2577.
- Ekstrand, J., Jorgensen, U., Stenport, G. and Ingvarsson, S.(1990) The connection between competitive walking and osteoarthritis in the knee and hip joints. *New Studies in Athletics*, 5(3): 55–60.
- Ferber, R. and Pohl, M. B.(2011) Changes in joint coupling and variability during walking following tibialis posterior muscle fatigue. *Journal of Foot and Ankle Research*, 4: 6(1–8).
- Francis, P. R., Richman, N. M., and Patterson, P.(1998) Injuries in the sport of racewalking. *J. Athl. Train.*, 33: 22–129.
- Francis, P., Whatman, C., Sheerin, K., Hume, P. and Johnson, M. I.(2018) The Proportion of Lower Limb Running Injuries by Gender, Anatomical Location and Specific Pathology: A Systematic Review. *Journal of Sports Science and Medicine*, 18: 21-31.
- Hanley, B. and Bissas, A.(2013) Analysis of lower limb internal kinetics and electromyography in elite race walking. *J. Sports Sci.*, 31: 1222–1232.
- Hanley, B.(2014) Training and injury profiles of international race walkers. *New Studies in Athletics*, 29(4): 17–23.
- Headlee, D. L., Leonard, J. L., Hart, J. M., Ingersoll, C. D. and Hertel, J.(2008) Fatigue of the plantar intrinsic foot muscles increases navicular drop. *J. Electromyogr. Kinesiol.*, 18: 420–425.
- 今村文男 (2009) 第4章競歩. 順天堂大学陸上競技研究室編, 順天堂メソッド勝つための陸上競技. ベースボール・マガジン社: 東京, pp. 87–97.
- Imhauser, C. W., Siegler, S., Abidi, N.A. and Frankel D. Z.(2004) The effect of posterior tibialis tendon dysfunction on the plantar pressure characteristics and the kinematics of the arch and the hindfoot. *Clin. Biomech.*, 19: 161–169.
- 川野哲英 (1988) ファンクショナル・テーピング. ブックハウス・エイチディ: 東京, pp. 24
- Khamis, S. and Yizhar, Z.(2007) Effect of feet hyperpronation on pelvic alignment in a standing position. *Gait&Posture*, 25: 127–134.
- Kondo, T., Muneta, T., Fukui T.(2017) Evaluation of the relationship between the static measurement of transverse arch flexibility of the forefoot and gait parameters in healthy subjects. *J. Phys. Ther. Sci.*,29: 413–418.
- Kummant, I.(1981) Racewalking gains new popularity. *Phys. Sportsmed.*, 9(1): 19–20.
- 草木雄二・平山瑞晴・脇本幸一・佐久間孝志 (2006) 足底筋膜炎. *理学療法*, 23 : 390–395.
- Lun, V., Meeuwisse, W. H., Stergiou, P., Stefanyshyn, D.(2004) Relation between running injury and static lower limb alignment in recreational runners. *Br. J. Sports Med.*, 38: 576–580.
- 永井宏明 (2019) トレーニング講座高校編競歩. 月刊陸上競技, 53 (7) : 237.
- Neal, B. S., Griffiths, I. B., Dowling, G. J., Murley, G. S., Munteanu, S. E., Smith, M. M. F., Collins N. J. and Barton, C. J.(2014) Foot posture as a risk factor for lower limb overuse injury: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Foot and Ankle Research*, 7: 55(1–13).
- Nigg B. M., Cole G. K. and Nachbauer W.(1993) Effects of arch height of the foot on angular motion of the lower extremities in running. *J. Biomechanics*. 26: 909–916.
- 日本陸上競技連盟 (2019) 陸上競技ルールブック 2019年度版. ベースボール・マガジン社: 東京, pp. 347–353.

- 日本陸上競技連盟 (2014) 陸上競技ルールブック 2014 年度版. ベースボール・マガジン社:東京, pp. 260-264.
- 岡戸敦男・小林寛和・横江清司 (2009) ランニングの負荷による足部アーチの形状変化について. *スポーツ医・科学*, 21: 7-11.
- 岡戸敦男・小林寛和・横江清司 (2010) 時計回りでのランニング前後における足部内側縦アーチの変化について (第1報). *スポーツ医・科学*, 22: 13-15.
- 大久保衛 (1989) メディカルチェックにおける足アーチ高測定方法の検討. *臨床スポーツ医学*, 6: 336-339.
- ペリー: 武田功ほか訳 (2007) ペリー歩行分析—正常歩行と異常歩行—. 医歯薬出版株式会社:東京.
- Rodrigues, P., Chang, R., TenBroek, T., Emmerik, R. V. and Hamill, J.(2015) Evaluating the coupling between foot pronation and tibial internal rotation continuously using vector coding. *J. Appl. Biomech.*, 31: 88-94.
- Song, Q. P., Ding, Z. Y., Mao, D. W., Zhang, C., Sun, W.(2013) The biomechanics and injury risk factors during race walking, in *Proceedings of the 31st International Conference of Biomechanics in Sports*. Taipei, Taiwan.
- Takabayashi, T., Edama, M., Inai, T., Nakamura, E. and Kubo, M.(2020) Effect of Gender and Load Conditions on Foot Arch Height Index and Flexibility in Japanese Youths. *The Journal of Foot & Ankle Surgery*, 59:1144-1147.
- 竹村雅裕・柴田 聡 (2015) アライメントからみたスポーツ傷害と理学療法. *理学療法*, 32: 388-393.
- 恒川秀紀 (2007) 子供の成長に伴う LHA の変化—足病医学の手法を用いてキッズプロジェクトに参入する研究—. 2007 年度早稲田大学一年制修士学位論文.
- 浦辺幸夫・金子文成・加藤茂幸・川口浩太郎・大成浄志 (1999) 下肢のダイナミックアライメントとスタティックアライメントの関係に関する考察. *Journal of Athletic Rehabilitation*, 2(1): 21-26.
- Williams, D. S., McClay, I. S., Hamill, J. and Buchanan T. S.(2001) Lower extremity kinematic and kinetic differences in runners with high and low arches. *J. Appl. Biomech.*, 17: 153-163.
- 山口光國・福井 勉・入谷 誠 (2009) 結果の出せる整形外科理学療法:運動連鎖から全身をみる. メディカルビュー社:東京, pp. 190-199.
- 山本利春 (1991) 陸上競技用トラックの左回り走における足アーチ高の変化—ランニング障害との関連性—. *臨床スポーツ医学*, 8: 195-200.
- 山本利春 (2004) 測定と評価—現場に活かすコンディショニングの科学—改訂増強版. ブックハウス・エイチディー:東京, pp. 72-96.
- 横江清司・山賀 寛・小林寛和・中ノ瀬友乃・小林 規・柳 等・若山章信 (1989) ランニング障害に及ぼすコーナー走の影響. *スポーツ医・科学*, 3 (1): 21-25.

ハードル走の学習過程で発生した非接触型膝前十字靭帯損傷再受傷症例 —専門実技におけるハードル走の指導のあり方についての事例的検討—

渡辺輝也¹⁾, 松尾信之介²⁾, 三瀬貴生³⁾

Anterior cruciate ligament injury and its preventive measures during the learning process of hurdle running in the physical education teacher training curriculum: a case study

Teruya WATANABE¹⁾, Shinnosuke MATSUO²⁾, Takao MISE³⁾

Abstract

Anterior cruciate ligament (ACL) injuries occur at a high rate in sports activities which involve unanticipated landings and/or quick turns, but there has been no report on a specific case or on preventive measures for ACL injuries that occur during the process of learning hurdle running. A 20-year-old female sophomore student suffered a complete ACL tear during the process of learning hurdle running. Previously, she had suffered a partial ACL tear in a soccer game when she was a senior in high school (17 years old), and received conservative medical treatment and rehabilitation under medical supervision from an orthopedist who specialized in sports injuries. Half a year later she returned to play in a soccer game using an elastic orthosis, and a year after the injury (in her first year at university) she played a futsal game without an elastic orthosis. When she became a sophomore student she took a number of practical courses and practiced sports skills without an elastic orthosis. In the “track and field” course, which she took in the fall semester of 201X, she mastered the hurdling skill without facing significant learning obstacles. However, when she tried to run a set of hurdles placed at 7m intervals, she stopped normal hurdling just before the second hurdle, and stepped over this second hurdle, losing her balance. As a result, she fell down after stepping over this hurdle and suffered a complete ACL tear of her takeoff leg without making any physical contact with the hurdle. This case revealed that beginners who have suffered a partial ACL tear may suffer critical sports injuries such as ACL injuries in the process of learning hurdle running even without making any physical contact with the hurdle. Although there has been no report on non-contact ACL injuries of hurdle runners, some students in P.E. teacher training courses may face risks of ACL injury. Thus, preventive measures, such as adopting individually applied hurdle intervals, should be fully enforced during the learning process of hurdle running in the P.E. teacher training curriculum.

キーワード：段階的指導, 学習のつまづき, 非接触型 ACL 損傷, 傷害防止策, 個人に合わせたインターバル
step-by-step approach, learning obstacle, non-contact ACL injury, preventive measures, individually applied interval

1. はじめに

膝前十字靭帯 (ACL) は大腿骨と脛骨を結ぶ靭帯のひとつであり、膝関節の安定に重要な役割を果たしている。ACL 完全断裂は競技復帰にその外科的再建を必要とする重篤なスポーツ外傷である。ACL 損傷は相手や物体との接触なしに生じる非接触型とタックルを受けたりすることで生じる接触型などに分類される。各類型の発生率はスポーツ種目ごとに異なるが、ある医療機関の症例をもとにした検討において、非接触型損傷は接触型損傷と比較して 1) 女性の割合が高く、2) やや低年齢 (16 歳前後) に多く、3) スポーツレベルが低くスポーツ経験年数の浅い例が多く、そして 4) 単独損傷が多い傾向が明らかにされている (岩噌, 2002)。

陸上競技におけるハードル走では、障害物を跳び越しながら一定距離をできるだけ速く走ることを競い合う。このような競技特性のために、競技者はハードルを低く跳び越すことになり、わずかなミスからハードルとの接触や転倒が生じうる。そしてハードル間で転倒すれば、競技者は ACL 損傷や骨折をはじめとするスポーツ外傷を負う可能性がある (向井, 2012; Weiniger und Wilms, 2014)。

スポーツ場面で外傷を完全に防止することは不可能であるが、外傷の発生状況を明らかにして防止策を講ずれば、その発生率は低下させることができる (Mechelen et al., 1992)。しかし、陸上競技の競技会や学習場面における障害・外傷の発生頻度やその種類の疫学研究は行われていても (e.g. Tyflidis et al., 2012; Edouard et al., 2014; 松尾ほか, 2020)、ハードル走の学習過程における外傷の発生状況の詳細やその防止策について論じた報告は見られない。

1) 愛知学院大学心身科学部 Faculty of Psychological and Physical Science, Aichi Gakuin University
〒470-0195 愛知県日進市岩崎町阿良池 12

2) 大阪学院大学経済学部 Faculty of Economics, Osaka Gakuin University
〒564-8511 大阪府吹田市岸部南二丁目 36 番 1 号

3) 新潟医療福祉大学健康科学部 Faculty of Health Sciences, Niigata University of Health and Welfare
〒950-3198 新潟県新潟市北区島見町 1398 番地

筆者は専門実技としての陸上競技の授業において、1名の受講者がハードル走の学習過程においてACL完全断裂をきたした事例を経験した。なお、ここでいう専門実技とは、中学校及び高等学校の教諭（保健体育）の教職課程（以下、「保健体育の教職課程」と記す）における「教科に関する専門的事項」に含まれる「体育実技」のことである。この指導の実施に際しては、学習過程の記録と学習成果の確認に加えて、傷害等の発生時にその発生状況を確認し再発防止策を検討することを目的として、すべての学習過程のビデオ撮影を行っていたために、今回の外傷の発生過程に事後的検討を加えることが許された。本研究では、この事例を対象とした検討をもとにして、専門実技におけるハードル走の指導に際しての外傷防止策について論じることとする。

2. 事例

2.1 考察対象者とその既往歴

本研究における考察対象者は大学2年生の女子学生Aである（以下では「学生A」と記す）。学生Aは身長1.68m、体重52kgと痩身であり、中学時代にはバスケットボールに、高校時代にはサッカーに運動部活動において取り組んでいた。

学生Aは高校3年春にサッカーの試合で右ACLの非接触型部分断裂を受傷し、専門医の指示でその直後より保存療法を受けている。そして、学生Aは、自身の報告によれば、受傷6ヶ月後に行われたMRI検査の結果に基づいて、受傷部位が奇跡的に癒合した旨の説明を担当医より受けたという。

学生Aは、その後、高校3年冬には軟性装具を装着して競技復帰を果たし、大学1年時には補助装具なしでフットサルのゲームに出場している。そして大学2年時には、陸上競技、器械運動、ダンス、水泳、アクアビクス、エアロビクス、レジスタンストレーニング、そしてジョギング&ウォーキングの実技に装具なしで取り組んでいる。

なお、学生Aには、本研究の実施に際して、研究の趣旨及び方法について説明するとともに、研究参加及び研究成果の公表について書面により承諾を得た。

2.2 指導者

指導者は本研究の筆頭著者（以下「筆者」と記す）である。本研究が考察対象とした201X年度秋学期の開始時点では、筆者は専門実技としての陸上競技について5セメスター分の指導経験を有していた。また、この専門実技は、201X-1年度の春学期と秋学期、そして201X年度の春学期には筆者と201X-3年度までの科目担当者で分担担当を行っており、この間はハードル走は分担担当者がその指導を担当していたために、筆者は201X年度秋学期開始時点ではハードル走については2セメスター

分の指導経験しか有していなかった。

2.3 学習場面の概要

学生Aは陸上競技の授業を201X年の秋学期に履修した。この授業は、筆者が勤務する大学において、保健体育の教職課程における必修科目として開講されており、90分/週×15週の授業から構成されている。

この授業では、保健体育の教師が主として中学校で陸上競技の授業を行うために必要かつ十分な技能の理解、そして学習指導要領及び解説に示されている技能の習得を主なねらいとし、女子のハードル走に関しては、201X-3年度までの科目担当者からの申し送り事項として、筆者の勤務校が所在する自治体の教員採用試験の実技試験におけるハードル設定（ハードル高76.2cm、アプローチ12m、インターバル7m、ハードル5台）による50mHで10秒8以上の記録を達成することが到達目標として掲げられていた。

以上の課題達成を導くために、この授業では、90分/週×5週の授業が短距離走及びハードル走の学習指導に割り当てられた。そして、第1回目の授業では短距離走における中間疾走と加速の動きの学習を、第2回目の授業では短距離走における加速と中間疾走の動きの復習及びハードリングの学習を、第3回目の授業では短距離走の動きとハードリングの復習及びアプローチの学習を、第4回目の授業ではハードリングとアプローチの復習及び試しの記録測定を、そして第5回目の授業ではハードル走の復習及び記録会を行った。さらに、ハードリングの学習指導に際しては、ハードルにぶつかってもハードルが倒れるためにそれほど大きな危険はないこと、そしてハードリングの学習では実際にハードルに接触してその感覚を覚えるべきことを、実演を交えながら説明した。

2.4 学生Aによる学習過程の展開

以上の授業の展開において、学生Aは、しばしば小さな学習のつまずきに直面しながらも第3回目の授業終了時まではおおむね順調に学習を進めた。

学生Aは、まず、「高さを自由に変えられるハードル教具」（渡辺、2014；図1左）を利用した「歩きながらのハードルまたぎ」と他者との競走を交えながら行われた「もも上げのリズムで行うハードリング練習」を通じてハードリングの基礎的な動きを身に付けた。続いて、学生Aは、「フレキシブルハードル」（図1中央）及び「練習用ハードル」（図1右）を用いて、インターバルの歩数を3歩に保ちながらハードル間を徐々に広くしていく学習に取り組んだ。その中で、学生Aは、インターバルの距離を広くした直後にハードル間を3歩で走りきることができなくなり、ハードル直前で立ち止まってしまったり、フレキシブルハードルの間を走り抜けたりし



図1 学習指導に利用した各種のハードル

てしまうこともあった。しかし、こうした小さな学習のつまずきに出会いながらも、学生Aは、積極的に学習に取り組むことによってハードル走の技能を習得し、第3時間目の授業直後に自主的に取り組んだ練習の中で、クラウチングスタートからのハードル走をアプローチ12m、インターバル6.5m、ハードル台数5台（フレキシブルハードルを利用）の条件で走りきることに成功した（図2）。

2.5 ACL 損傷の受傷状況

以上のように、学生Aはおおむね順調にハードル走の学習を進め、第4回目の授業におけるハードリングの復習においては、6.5mのインターバルで置かれた5台のフレキシブルハードルをランニングスタートから3歩で走り切ることに2回連続で成功した。そしてその後、その隣のレーンに設定された7mのインターバルで置かれた5台の練習用ハードルをランニングスタートから3歩で走ることをはじめて試みた。

1回目の試みでは、1台目のハードルを越えてから2台目までのハードル間を非常に小刻みな5歩で走り、続いて2台目のハードルを跳び越した。そして2台目のハードルと3台目のハードルの間をやや大股の3歩で走り、3台目のハードルを跳び越した後、ゆっくりと減速して4台目のハードル前で立ち止まった。

2回目の試みでは、1台目のハードルを越えてから2台目のハードルまでを3歩で走ったが（図3、1-9）、学生Aは2台目のハードルに向かう踏切を行う直前で本来のハードリング動作を取りやめた。そして、リードレッグを引き上げたまま踏切足で2度ケンケンとステップを踏み（図3、10-13）、続いてややバランスを崩しながらハードルをまたいでリードレッグで着地し、同時に踏切脚（抜き脚）を横から大きく引き上げることによってハードルに触れることなくハードルをまたぎ越した（図3、14-16）。

このように、学生Aはハードルに触れることなくハードルをまたぎ越したが、バランスをやや崩しながらリー

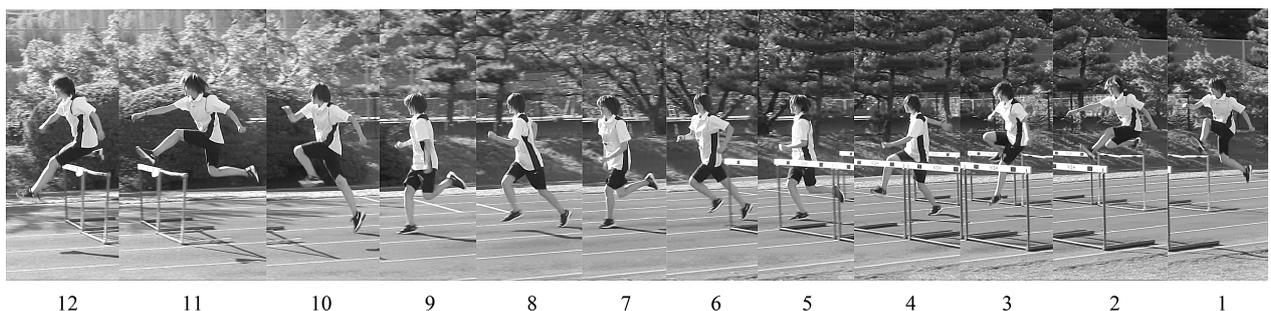


図2 6.5mのインターバルでのハードリング（第3回目の授業後）

ドレグで行った着地がわずかに突っかかるような動きとなったことで、学生 A はさらにバランスを崩し、リードレグによる着地の直後には、ハードルをまたぐために引き上げた踏切脚上に崩れ落ちた (図 3, 17-21)。そして踏切脚と両手で体重を支えながら踏切脚側に横倒しに転がり (図 3, 22-31)、柔道の横受け身が完了した時

のような体勢に至ることで静止した (図 3, 32-34)。

学生 A は、この事象の直後には立ち上がり、わずかに踏切脚を引きずりながらレーン外に自力で移動した。事後的な専門医受診の結果、右膝の状態は ACL 完全断裂と診断され、後日、ACL の再建術が実施された。

なお、学生 A は、今回の ACL 損傷はハードルをまた

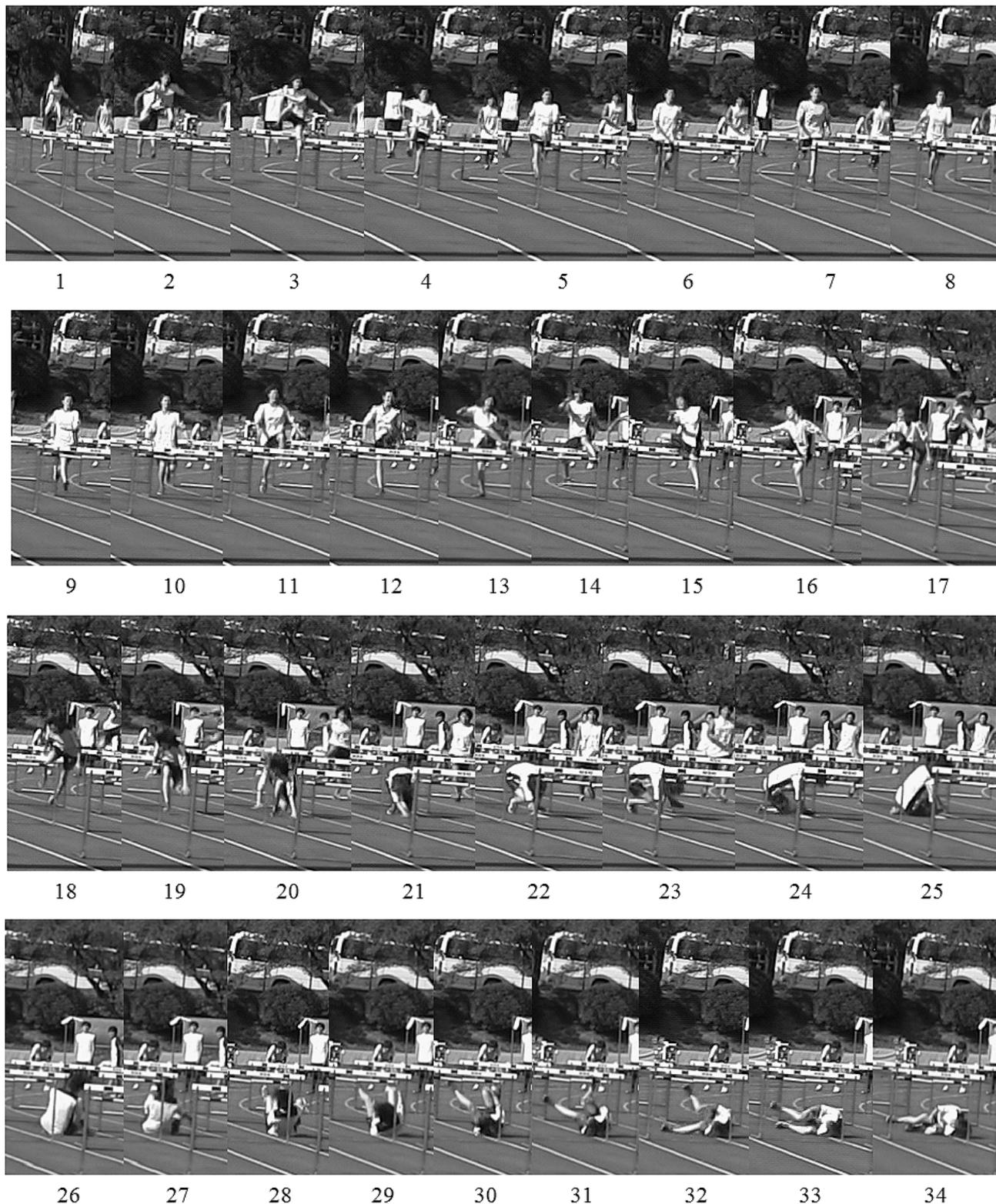


図 3 ACL 受傷時の運動経過

いだ後で踏切脚上に崩れ落ちた時に生じたと報告しているが、図3に示された受傷時の運動経過からして、ACL損傷はハードルをまたぐ直前の踏切脚による2回目の接地時に生じた可能性も否定できない。なぜなら、図3の13においても進行方向に対して爪先が極端に外側を向いており、ACL損傷時にみられる典型的な“knee in toe out position”（金森，2002）となっていたこと、そしてそれゆえにACLを損傷しうるストレスが加わった可能性が推測されるからである（三木，2003）。とはいえ、実際の受傷時点は本研究で得られた資料からはわからない。また、筆者が担当する陸上競技の専門実技は全天候型グラウンドにおいて開講されており、かつ受講者はスパイクシューズではなくアップシューズを着用して授業に参加しているが、本事例におけるACL損傷の発生に使用していたシューズが関係しているかどうかについても本研究で得られた資料からは分からない。

3. 考察

本研究では次の2つのことが明らかにされた。第1に、専門実技におけるハードル走の学習過程では、ハードルとの接触が生じなくてもACL完全断裂という重篤なスポーツ外傷が生じることがある。第2に、専門実技におけるハードル走の指導に際しては、保健体育の教員養成という主旨を踏まえた外傷防止策と指導のあり方を検討する必要がある。

3.1 専門実技におけるハードル走の指導に際してのACL損傷発生の可能性

専門実技におけるハードル走の学習過程では、ハードルとの接触が生じなくてもACL完全断裂という重篤なスポーツ外傷が生じうる。本研究で取り上げた事例では、ハードル間を3歩で走る技能を身に付けた後でインターバルを徐々に広くしていく際にハードル間を3歩で走りることができなくなった。そして、ハードル直前でハードリングを取りやめ、それでもなおハードルに接触することを避けようとしてバランスを崩したことがACL完全断裂につながった。新鮮ACL損傷に対して保存療法を行った56例を対象とした平均5.6年のコホート研究において、部分断裂の例では完全断裂の例と比較して脛骨の前方変位量の定量的評価や機能評価に有意な差は認められなかったことが報告されている（Shirakura et al., 1995）。また、不安定性のないACL部分断裂に保存療法を行った43例を対象とした平均6.5年の症例シリーズ研究において、その43%が完全断裂に移行したことが報告されている（Fritschy et al., 1997）。したがって、部分断裂とはいえACL受傷歴をもつ膝はそうでない膝と比較して脆弱であると考えられ、それゆえ学生AがACLの部分断裂の既往を有していたことが今回のACL完全断裂の発生に影響を及ぼした可能性はきわめて高

く、ACL損傷の既往のない学習者であれば、障害物との接触のない今回のような事象においてACL損傷などの重篤なスポーツ外傷を負う事態にはつながらなかった可能性はある。

他方で、ハードル走の学習過程において学習者がハードル手前で急停止してしまうという事態はきわめてありふれたものである。また、陸上競技者の非接触型ACL損傷事例はほとんど報告されておらず、陸上競技の指導者にとって非接触型ACL損傷の発生はあまりなじみのないものである。しかし、高校生アスリートや大学生アスリートにおける初発非接触型ACL損傷の発生率は30人の集団に年間1件発生する程度と比較的高く（窪田・蒲田，2016）、保健体育の教職課程において陸上競技の専門実技を担当してみれば、ACL損傷の受傷歴など膝関節に外傷発生のリスクを抱える受講者もしばしば存在するが、当該受講者のすべてが自身の既往歴に基づくリスクを十分に理解している訳ではない。

こうした中で、本事例では、まだ十分な指導経験を有していなかった筆者自身は、学生Aよりコンタクト・スポーツであるフットサルへの軟性装具なしでの競技復帰を済ませている旨の報告を受けていたこともあり、非接触型ACL損傷の発生を十分には予見できていなかった。それゆえ今後は、同様の外傷発生を防止するために、専門実技におけるハードル走の指導に際しては、リスクを有する学習者の場合にはハードルとの接触が生じなくてもACL完全断裂などの重篤なスポーツ外傷が生じうることを念頭に置き、必要な外傷防止策を講じる必要がある。

3.2 保健体育の教員養成という主旨を踏まえた外傷防止策と指導のあり方

今回の事例では、それまでできていたハードル間を3歩で走りきることができなくなるという事態が引き起こされた際には、授業場面の設定上、インターバルを50cm広くし、かつ用いるハードルをフレキシブルハードルから練習用ハードルへと変更したという2つの要因についてハードル設定が変化させられている。それゆえに、インターバルをそのままにして障害物をフレキシブルハードルから練習用ハードルへと変更する、あるいはフレキシブルハードルのままインターバルをわずかずつ広くしていくというさらなるスモールステップを設定していれば、今回の場面でのACL損傷の発生は防ぐことができた可能性はある。とはいえ、一律のハードル設定（ハードル高やインターバル）を用いたタイム測定や競走の実施を目指し、多数の学習者を対象として、限られた授業時間内で、さらには限られた教具及びレーンを駆使して行われるハードル走の学習指導場面では、学習者がハードル手前で急停止するというリスクのある事態を完全に避けることは困難である。現に、学生Aのみな

らずその他の受講者の場合にも、傷害発生にはつながらないものであったとしても、ハードル手前で急停止し立ち止まろうとする場面は一般に散見される。

本事例では高さ 76.2cm の 5 台の練習用ハードルをインターバル 7m に設定した 50mH で 10 秒 8 以上の記録達成が具体的到達目標として掲げられていた。また、陸上競技の専門実技に関する先行実践でも、達成記録に注目したパフォーマンス評価が単位認定基準の一部を占める実践をたしかに確認することができ、一定水準の達成記録を単位認定の前提とする場合も認められる（秋吉, 1981, 植屋・比留間, 2007, 黒須ほか, 2015, 渡辺ほか, 2020）。

競技としてのハードル走、とりわけ 110mH や 100mH などのいわゆるスプリント・ハードル走種目への出場を目指す限りにおいては、競技規則で定められたインターバルで置かれた特定の高さのハードルを 3 歩で走ることができるようになることをひとまず目指す必要がある。これに対して、中学校や高等学校におけるハードル走の授業では、技能の指導内容の例示のひとつとして、中学校第 1 学年及び第 2 学年においては「インターバルを 3 又は 5 歩でリズムカルに走ること」（文部科学省, 2018）が、中学校第 3 学年及び高等学校入学年次以降においては「インターバルでは、3 又は 5 歩のリズムを最後のハードルまで維持して走ること」（文部科学省, 2018, 2019）が掲げられている。また、思考力、判断力、表現力等の指導内容の例示のひとつには、中学校第 1 学年及び第 2 学年においては「体力や技能の程度、性別等の違いを踏まえて、仲間とともに楽しむための練習や競争を行う方法を見付け、仲間に伝えること」（文部科学省, 2018）が、中学校第 3 学年及び高等学校入学年次においては「体力や技能の程度、性別等の違いに配慮して、仲間とともに陸上競技を楽しむための活動の方法や修正の仕方を見付けること」（文部科学省, 2018, 2019）が、そして高等学校入学年次の次の年次以降には「体力や技能の程度、性別等の違いを超えて仲間とともに陸上競技を楽しむための調整の仕方を見付けること」（文部科学省, 2019）が掲げられている。つまり、中学校や高等学校のハードル走の授業では、一定の技能を習得したら、その技能を活用して多様な学習者と協働で練習や競走に取り組み、仲間とともに陸上競技を楽しむことが念頭に置かれている。

このようなハードル走の授業づくりやその指導に求められる能力の基礎を築くことを専門実技が目指すとすれば、専門実技において単位認定に受講者一律のハードル設定における一定水準の達成記録を求める必然性はない。むしろ、保健体育の教職課程の履修者には多様な競技種目を専門とする学習者が存在するだけでなく、一定の割合で ACL 損傷の既往歴などをもつ学習者が含まれることからすれば、安易に受講者一律のハードル設定

における一定水準の達成記録を求めることは外傷発生のリスクを高めるだけでなく、陸上競技の授業づくりやその指導に求められる能力の基礎を築くという専門実技のねらいを達成する観点からしても短絡的である。したがって、専門実技におけるハードル走の指導に際しては、外傷防止策として運動能力に応じたハードル設定を選択することが必要であり、今後は、専門実技のねらいの達成に向けた単位認定基準のあり方についても検討が行われるべきである。なお、教員採用試験において一律のハードル設定によるパフォーマンス評価が用いられるとすれば、伊藤（2010）も指摘しているように、専門実技において無理なハードル走を指導しなければならなくなるだけでなく、指導者の管理下でない自主練習におけるリスクのある無理なハードル走の試みも助長されうる。それゆえ今後は、専門実技におけるハードル走の指導のあり方のみならず、教員採用試験における実技試験のあり方についてもあわせて検討が行われる必要がある。

結論づけられるのは次の 2 点である。第 1 に、専門実技におけるハードル走の学習過程では、ハードルとの接触が生じなくても ACL 完全断裂という重篤なスポーツ外傷が生じることがある。第 2 に、専門実技におけるハードル走の指導に際しては、保健体育の教員養成という主旨を踏まえ、個人に最適なインターバルを選択するなどの外傷防止策と指導のあり方を検討する必要がある。無理のあるハードル走の実施を助長する受講者一律のハードル設定をやめ、学習者の運動能力に応じたハードル設定を選択することが可能になれば、学習者がハードル手前で急停止するなどのリスクのある事態は大幅に減少させられる。さらに、無理のないハードル設定を選択させるためのレディネスを確認したり学習段階の可能な限りのスモールステップ化を行ったりする段階指導の方法を確立すること、そしてハードル間での安全な止まり方を指導することなどにより、さらにそのリスクを減少させることが可能になると考えられる。しかし、本研究では学習者がハードル手前で急停止するなどのリスクのある事態を回避する具体的な段階指導の方法については検討することはできなかった。それゆえ今後は、専門実技における安全かつ効果的なハードル走の指導を実現するために、ACL 損傷などの受傷歴を有していても安全にハードル走の技能を身に付けることを可能にする学習プログラムを確立し、その有効性について検討する必要がある。

文献

- 秋吉嘉範（1981）陸上競技に関する研究：教員養成系大学の陸上競技開講内容についての調査。福岡教育大学紀要 第 5 分冊 芸術・保健体育・家政科編, (31): 151-156.
- Edouard, P., Alonso, J.-M., Depiesse, F., and Branco, P.

- (2014) Understanding injuries during the European Athletics Championships: an epidemiological injury surveillance study. *New Studies in Athletics*, 29 (4): 7-16.
- Fritschy, D., Panoussopoulos, A., Wallensten, R., and Peter, R. (1997) Can we predict the outcome of a partial rupture of the anterior cruciate ligament? a prospective study of 43 cases. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 5 (1): 2-5.
- 伊藤 章 (2010) ハードル走の科学からみた教科内容とは: シンプルなハードル走のすすめ. *体育科教育学研究*, 26 (1): 29-34.
- 岩噌弘志 (2002) 非接触型膝前十字靭帯損傷の損傷頻度. *臨床スポーツ医学*, 19 (9): 985-990.
- 金森章浩 (2002) 前十字靭帯に与えられる外力と非接触型膝前十字靭帯損傷. *臨床スポーツ医学*, 19 (9): 1007-1010.
- 窪田智史・蒲田和芳 (2016) ACL 損傷の受傷メカニズムと危険因子①. *体育の科学*, 66 (3): 225-231.
- 黒須雅弘・木村華織・中田有紀 (2015) 陸上競技の授業報告: 教材としての短距離走の学習方法とハードル走の評価方法. *東海学園大学教育研究紀要 スポーツ健康科学部*, (1): 72-77.
- 松尾信之介・藤川浩喜・松本彰生 (2020) 高校陸上競技者の受傷経験部位とその対応. *陸上競技研究*, (123): 32-40.
- Mechelen, W. v., Hlobil, H., and Kemper, H. C. G. (1992) Incidence, severity, aetiology and prevention of sports injuries: a review of concepts. *Sports Medicine*, 14 (2): 82-99.
- 三木英之 (2003) 非接触型膝前十字靭帯損傷のメカニズム. *整形・災害外科*, 46 (10): 1247-1254.
- 文部科学省 (2018) 中学校学習指導要領 (平成 29 年告示) 解説 保健体育編. 東山書房: 京都, pp. 85-101.
- 文部科学省 (2019) 高等学校学習指導要領 (平成 30 年告示) 解説 保健体育編・体育編. 東山書房: 京都, pp. 77-94.
- 向井直樹 (2012) スプリントの傷害と予防. 宮下憲 編, *スプリント&ハードル*. 陸上競技社: 東京, pp. 159-164.
- Shirakura, K., Terauchi, M., Kizuki, S., Moro, S., and Kimura, M. (1995) The natural history of untreated anterior cruciate tears in recreational athletes. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, (317): 227-236.
- Tyflidis, A., Kipreos, G., Tripolitsioti, A., and Stergioulas, A. (2012) Epidemiology of track & field injuries: a one year experience in athletic schools. *Biology of Sport*, 29 (4): 291-295.
- 植屋清見・比留間浩介 (2007) 本学教育人間科学部の保健体育専修・スポーツ健康科学コースにおける「陸上」・「スポーツ健康科学実習 I」の行われ方と専門実技教科のあり方. *山梨大学教育人間科学部附属教育実践総合センター研究紀要*, (12): 13-24.
- 渡辺輝也 (2014) ハードル走の学習指導におけるスモールステップ化を可能にする新しい教具の提案. *体育科教育学研究*, 30 (2): 37-50.
- 渡辺輝也・水藤弘史・杉浦春雄 (2020) 緊急事態宣言発令下の保健体育教職課程における専門実技の開講形式の工夫. *スポーツパフォーマンス研究*, 12: 766-785.
- Weiniger, M. und Wilms, M. (2014) „Trainer, hier tut mir was weh!“ *Leichtathletiktraining*, 25 (5): 34-39.

女子やり投げ競技者における自己記録と コントロールテスト結果との関係の検討

中野美沙¹⁾, 大山卞圭悟¹⁾

The relationship between personal record and field tests results in female javelin throwers

Misa NAKANO¹⁾, Keigo OHYAMA-Byun¹⁾

Abstract

The purpose of this study was to consider the relationship between personal record and field tests results in female javelin throwers and to suggest the reference values in training. Female Japanese javelin throwers (N=47; range of personal record, 37.99 – 60.08m) completed questionnaires asking about the strength, power, sprinting, jumping etc. that they used in field tests and training. The main results were as follows: 1) Seasonal best record, body height, body weight, snatch, clean, standing 5steps jump, shot put record, bilateral underhand shot throw record, bilateral overhead back shot throw record, and one-cross-step javelin throw record had significant correlation with personal record. 2) Comparing the group more than 50m or less than 50m, the group with more than 50m had significantly higher values than the group with less than 50m in personal records, season-best records, weight, snatch, clean, run-in five-step jump, shot put records, bilateral underhand shot throw records, bilateral overhead back shot throw records, standing javelin records, and one-cross-step javelin records. 3) In the group more than 50m, seasonal best record and bilateral overhead back shot throw record had significant correlation with personal record, and in the group less than 50m, seasonal best record, body height, 5 steps jump, shot put record, bilateral underhand shot throw record and one-cross-step javelin throw record had significant correlation with personal record. In conclusion, these results suggest that the values in this study can help female javelin throwers and coaches in their training decisions.

キーワード：筋力，爆発的パワー発揮，立五段跳，砲丸バック投げ，ワンクロス投げ

1. 緒言

近年，日本の女子やり投げは過去最高の競技レベルとなっている。1999年に行われたやりの規格変更後，2009年に海老原有希選手が60mを超えるまで日本人女子競技者で60mを超えたのは1名のみであったが，2017年の世界陸上競技選手権では史上初となるフルエントリーを果たすなど，競技レベルが向上してきている。国際大会での活躍を見ると，2015年の世界ユース選手権において優勝（北口榛花選手），2017年のユニバーシ-

ード競技大会で2位（斉藤真理菜選手），2018年のU20世界陸上競技選手権において2位（桑添友花選手）と，若い世代においては世界と戦えているといえる。2019年にはユニバーシード競技大会で2位（北口選手），さらにその北口選手によって日本記録が66m00まで引き上げられ，東京オリンピックやその次のパリオリンピックでの活躍が期待されている種目の1つである。

このような競技力の向上を裏付けるやり投げに関する研究は，これまでバイオメカニクスの分析が多く行われてきており，男子競技者を対象にしたものに比べれば少ないものの，女子競技者を対象にした研究も行われている（Komi et al., 1985；田内ほか，2009）。これらのバイオメカニクスの研究で得られた知見から，田内（2007）は，やり投げにおける助走速度について言及し，近年の世界のやり投げ技術はより高い速度の中で遂行されていることを指摘するとともに，「少なくとも効果的なエネルギー利用が行えるような技術を身につけておかなければ，世界との差は埋まらないのであろう」と述べ，世界と日本との差を具体的に示している。このように，これまで行われてきたバイオメカニクスの研究は現場にも浸透しつつあるものもあり，競技力向上に繋がる流れができてきていると考えられる。しかし，普段のトレーニング現場で精力的に行われている走・跳・ウエイトトレーニングをはじめとする体力要因に関する研究は，バイオメカニクスの研究と比較すると少ない。Forthomme et al. (2007) は，男子やり投競技者を対象に，肩の内旋および外旋の筋力を調査し，やり投競技者はコントロール群と比較して内旋筋力が強いことを明らかにしている。また，Peter (2011) は，ロシアで用いられている体力基準およびフィンランド人コーチが用いている体力基準について示している。このような報告に加え，やり投げ

1) 筑波大学体育系 Faculty of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba
〒305-8574 茨城県つくば市天王台 1-1-1

強豪国であるフィンランドやドイツでは、ナショナルチームの活動として継続的にコントロールテストを実施しており、その結果を基に目標記録に対する体力要因を示す指針が示されている (Ihalainen, 2018; Hommel and Kühl, 1993 など)。日本に目を向けると、日本人やり投競技者を対象にした研究として、前田正ほか (1990) および前田奎ほか (2019) が男子競技者を対象に、目標記録に対する体力要因の目標値を提示している。また、宮口ほか (1990) は男女のやり投競技者を対象に質問紙を用いて体格および体力について調査している。その中で、男女の体力要因の差について指摘しており、男子は筋力強化とスピードの増大を目指すこと、女子は東欧の選手のようなスピードとバネを強化することが、それぞれ1ランク上を目指すためには重要であると述べている。その他にも、経験的に目標とする値を提示したもの (栗山, 2003)、女子やり投競技者と他の投てき競技者と比較したもの (中野ほか, 2007) が散見されるものの、日本人女子競技者の体力要因について言及したものは少なく、幅広いパフォーマンスレベルを対象として体力要因に着目した研究は皆無である。

尾懸 (2015) が、コントロールテストがトレーニングをマネジメントする時のツールとなりえると指摘しているように、陸上競技のトレーニング現場では種目を問わず、コントロールテストが実際によく行われている。コントロールテストで得られた結果を目安に捉え、その後のトレーニングやコーチングに活用している競技者やコーチも多いと考えられる。投てき競技において、廣瀬ほか (2013) は、ハンマー投競技者のパフォーマンスとコントロールテストとの関連を検討し、ハンマー投の動

作に近いケトルベル投とハンマー投のパフォーマンスとの間に有意な相関関係が認められたことを報告している。藤井 (2016) は男子投てき競技者のコントロールテスト結果とパフォーマンスとの関係を検討し、さらにやり投競技者とサークル種目競技者との比較を行い、やり投競技者はサークル種目競技者と比較して走種目や跳躍種目の能力が高かったことを報告している。しかし、女子やり投競技者を対象に検討したものは、宮口ほか (1990) 以外に見当たらない。また、宮口ほか (1990) の報告の後 (1999 年) に女子用やりの規格が変更されていることを鑑みると、世界レベルに近づいている現状を反映する調査が行われることが望ましいと考えられ、現在の活況が一時的なものになることを防ぐこと、さらにはより一層のレベルアップの指針を示すことにも繋がる可能性がある。

そこで、本研究の目的は、女子やり投競技者を対象に、体格に関する項目およびコントロールテストとして用いられている体力要因に関する項目についてアンケート調査を行い、やり投げの自己記録 (Personal best; 以下「PB」とする) との関係を検討すること、さらに各項目においてトレーニングの参考となる数値を示すことであった。

2. 方法

2.1 対象者

対象は、大学生および社会人の女子やり投競技者 47 名とした。なお、本研究では数年以上の競技歴を有している競技者を対象とするため、高校生以下は除外した。対象者のプロフィールを表 1 に示した。対象者の調査時における PB は 37.99 – 60.08m であった。

表 1 対象者のプロフィール

		平均値	標準偏差	最大値	最小値	回答者数
基本特性	自己記録 (m)	47.74	5.55	60.08	37.99	47
	シーズンベスト記録 (m)	46.59	5.97	58.33	32.65	45
	年齢 (歳)	20.7	2.2	31.0	19.0	47
	競技歴 (年)	5.5	2.4	16.0	3.0	42
体格	身長 (cm)	163.0	5.5	174.0	148.0	47
	体重 (kg)	62.6	5.4	77.0	53.0	47
	指極 (cm)	162.6	8.2	185.0	148.0	27
ウエイト トレーニング 種目 (kg)	ハーフスクワット	112.0	26.7	180.0	70.0	33
	ベンチプレス	68.1	15.8	105.0	40.0	46
	スナッチ	48.8	11.6	72.5	30.0	40
	クリーン プルオーバー	69.3 31.2	14.7 8.2	95.0 50.0	40.0 20.0	44 32
走種目 (秒)	30m走	4.52	0.13	4.28	4.70	11
	50m走	7.14	0.42	6.56	8.10	16
	100m走	13.69	0.65	12.52	15.10	21
跳躍種目 (m)	立幅跳	2.24	0.17	2.50	1.80	40
	立三段跳	6.55	0.54	7.30	5.30	23
	立五段跳	11.29	0.85	12.50	9.20	36
	助走五段跳	13.30	1.23	15.50	11.50	12
砲丸投種目 (m)	砲丸投	10.06	1.49	13.40	7.79	33
	砲丸フロント投	11.42	1.28	14.00	8.30	31
	砲丸バック投	12.22	1.67	16.00	8.50	31
やり投げ種目 (m)	立ち投げ	32.44	5.36	43.00	22.00	23
	ワンクロス投げ	37.54	5.07	49.00	30.00	27

2.2 アンケート調査

アンケートの項目は、指導書(吉田, 1993)や海外でも指標としてよく示されている項目(Peter, 2011)などを検討して以下の24項目を決定した。

- ①基本特性：PB およびシーズンベスト記録、年齢および競技歴
- ②体格：身長、体重および指極
- ③ウエイトトレーニング種目：ハーフスクワット、ベンチプレス、スナッチ、クリーンおよびプルオーバーの最大挙上重量
- ④走種目：クラウチングスタートからの30m走、50m走および100m走の自己記録
- ⑤跳躍種目：立幅跳、立三段跳、立五段跳および助走を伴う五段跳(以下「助走五段跳」とする)の自己記録
- ⑥砲丸投種目：4kgの砲丸を用いての砲丸投、フロント投げ(以下「砲丸フロント投げ」とする)およびバック投げ(以下「砲丸バック投げ」とする)の自己記録
- ⑦やり投げ種目：やりの立ち投げ(以下「立ち投げ」とする)およびワンクロス投げ(以下「ワンクロス投げ」とする)の自己記録

これらの方法は円盤投競技者を対象に体力要因を検討した前田奎ほか(2018)の測定方法と同じ方法で行った(ただし、砲丸投種目はすべて4kg砲丸を使用)。また、アンケート回答の際に、文書によって本研究の目的を十分に記述し、自由意思の下で行うことを確認した上で、同意する場合は回答してもらう形とした。アンケートは、対象者に郵送もしくは手渡しにより配布・回収した。

2.3 群分け

競技者のトレーニング指標として把握しやすくするた

め、対象者のPBにより50m以上群(以下「50m+群」とする)と50m未満群(以下「50m-群」とする)の2群に分けて各項目との検討を行った。50m+群は17名、50m-群は30名であった。

2.4 統計処理

各項目は、平均値±標準偏差で示した。さらに、各項目間の関係を検討するために、Pearsonの積率相関係数を算出した。加えて、2群の比較には対応のないt検定を行った。いずれの検定においても、危険率は5%未満で判定した。なお、項目ごとに回答者数が異なっていたため、回答者数も併記した。

3. 結果

表2に各項目の相関行列を示した。PBとの間に相関関係が認められた項目は、シーズンベスト記録、身長、体重、スナッチ、クリーン、30m走、100m走、立五段跳、助走五段跳、砲丸投、砲丸フロント投げ、砲丸バック投げ、立ち投げおよびワンクロス投げであった。また、基本特性、身体特性、ウエイトトレーニング種目、砲丸投種目においてはすべての種目において回答者数が全体の過半数であったが、走種目および助走五段跳においては回答者数が12名から21名であり、種目ごとに回答者数のばらつきがみられた。

また、表3に群間の比較を示した。PB、シーズンベスト記録、体重、スナッチ、クリーン、助走五段跳、砲丸投、砲丸フロント投げ、砲丸バック投げ、立ち投げおよびワンクロス投げにおいて、50m+群が50m-群より有意に高値を示した。

加えて、各群内においてPBとの相関関係を検討した

表2 各項目の相関行列

	シーズン ベスト記録	身長	体重	指極	ハーフ スクワット	ベンチ プレス	スナッチ	クリーン	プル オーバー	30m走	50m走	100m走	立幅跳	立三段跳	立五段跳	助走 五段跳	砲丸投	砲丸 フロント投げ	砲丸 バック投げ	立ち投げ	ワンクロス 投げ
自己記録	0.914**	0.467**	0.517**	0.218	0.176	0.237	0.535**	0.464**	-0.050	-0.762**	-0.251	-0.452*	0.232	0.351	0.398*	0.711**	0.580**	0.604**	0.678**	0.486*	0.600**
シーズンベスト記録		0.406**	0.396**	0.151	0.102	0.117	0.474**	0.403**	-0.001	-0.729*	-0.162	-0.393	0.259	0.246	0.321	0.605*	0.566**	0.452*	0.612**	0.498*	0.561**
身長			0.522**	0.609**	-0.021	-0.032	0.094	0.159	-0.112	-0.662*	-0.168	-0.318	0.292	0.384	0.393**	0.401	0.380*	0.556**	0.320	0.278	0.493**
体重				0.623**	0.320	0.138	0.357*	0.398**	0.027	-0.633*	0.260	-0.301	-0.117	0.307	0.186	0.409	0.476**	0.411*	0.331	0.184	0.550**
指極					0.165	0.218	0.035	0.259	-0.220	-0.451	0.598	-0.171	-0.066	0.244	0.165	0.561	0.254	0.285	0.292	0.380	0.714**
ハーフスクワット						0.356*	0.507**	0.598**	0.199	-0.795	-0.197	-0.261	-0.078	-0.019	0.118	0.602	0.167	0.555**	0.454*	0.404	0.385
ベンチプレス							0.603**	0.595**	0.373*	-0.546	-0.271	-0.478*	0.062	0.041	0.245	0.455	0.379*	0.303	0.299	0.126	0.412*
スナッチ								0.851**	0.544**	-0.304	-0.480	-0.548*	0.340*	0.166	0.403*	0.633*	0.395*	0.476*	0.468**	0.124	0.316
クリーン									0.545**	-0.396	-0.332	-0.403	0.263	0.163	0.425*	0.613**	0.422*	0.498**	0.504**	0.330	0.420*
プルオーバー										-0.298	0.406	-0.005	0.026	0.119	0.104	-0.144	0.074	0.083	-0.090	-0.230	-0.143
30m走											0.352	0.891*	-0.291	-0.304	-0.601	-0.677	-0.751	-0.790	-0.508	-0.478	-0.855
50m走												0.688**	-0.605*	-0.203	-0.539	-0.920	0.078	-0.402	-0.519	-0.245	0.029
100m走													0.460*	-0.322	-0.586*	-0.853	-0.391	-0.548	-0.605	-0.119	-0.467
立幅跳														0.532*	0.709**	0.852**	0.032	0.468*	0.307	0.482*	0.353
立三段跳															0.838**	0.936**	-0.437	0.397	0.573*	0.469	0.401
立五段跳																0.788**	0.136	0.670**	0.819**	0.493*	0.526*
助走五段跳																	0.232	0.797**	0.828*	0.451	0.764*
砲丸投																		0.169	0.254	0.426	0.682**
砲丸フロント投げ																			0.800*	0.438	0.593**
砲丸バック投げ																				0.685**	0.719**
立ち投げ																					0.710**

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

表3 各項目の群別における値
(上段：50+ 群, 下段：50- 群)

		平均値	標準偏差	最大値	最小値	回答者数	自己記録との 相関関係	50+ vs 50-
基本特性	自己記録(m)	53.51	2.94	60.08	50.13	17		**
		44.47	3.69	49.77	37.99	30		
	シーズンベスト記録(m)	52.21	3.92	58.33	41.74	17	**	**
		43.19	4.13	48.86	32.65	28	**	
体格	身長(cm)	164.1	5.2	172.0	157.0	17		
		162.4	5.6	174.0	148.0	30	**	n.s.
	体重(kg)	65.9	5.0	77.0	60.0	17		**
		60.7	4.7	70.0	53.0	30		
	指極(cm)	164.4	6.7	180.0	155.0	10		n.s.
		161.6	9.0	185.0	148.0	17		
ウエイト トレーニング	ハーフスクワット	119.5	32.0	180.0	75.0	10		n.s.
		108.8	24.1	160.0	70.0	23		
種目 (kg)	ベンチプレス	73.4	17.0	100.0	40.0	17		n.s.
		65.1	14.4	105.0	40.0	29		
	スナッチ	58.0	11.9	72.5	30.0	14		**
		43.8	7.8	65.0	30.0	26		
	クリーン	77.5	14.7	95.0	45.0	17		**
		64.1	12.4	87.5	40.0	27		
	ブルオーバー	32.0	10.0	50.0	20.0	14		n.s.
		30.7	6.8	42.0	20.0	18		
走種目 (秒)	30m 走	4.58	0.14	4.58	4.28	4		n.s.
		4.55	0.13	4.70	4.38	7		
	50m 走	7.02	0.42	7.70	6.56	6		n.s.
		7.21	0.42	8.10	6.80	10		
	100m 走	13.48	0.65	14.24	12.52	7		n.s.
		13.80	0.64	15.10	12.61	14		
跳躍種目 (m)	立幅跳	2.27	0.20	2.50	1.80	16		n.s.
		2.23	0.14	2.45	1.92	24		
	立三段跳	6.74	0.41	7.20	6.00	9		n.s.
		6.42	0.59	7.30	5.30	14		
	立五段跳	11.57	0.78	12.50	10.40	11		n.s.
		11.17	0.87	12.50	9.20	25	*	*
	助走五段跳	13.90	1.05	15.50	12.52	7		*
		12.46	0.98	14.00	11.50	5		
砲丸投 種目 (m)	砲丸投	10.78	1.53	13.40	8.00	15		**
		9.46	1.18	11.11	7.79	18	*	*
	砲丸フロント投げ	12.00	1.21	14.00	10.00	12		*
		11.05	1.20	13.00	8.30	19	*	*
	砲丸バック投げ	13.25	1.58	16.00	11.00	12	*	**
		11.57	1.40	13.50	8.50	19		
やり投げ 種目 (m)	立ち投げ	35.79	4.39	41.00	29.10	9		*
		30.28	4.89	43.00	22.00	14		
	ワンクロス投げ	40.81	5.60	49.00	30.21	9		*
		35.90	4.00	43.50	30.00	18	**	*

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

ところ、50m+ 群において有意な相関関係が認められた項目は、シーズンベスト記録および砲丸バック投げの2項目であった。50m- 群においては、シーズンベスト記録、身長、立五段跳、砲丸投、砲丸フロント投げおよびワンクロス投げにおいて、PB との間に有意な相関関係が認められた。

4. 考 察

本研究の目的は、日本人女子やり投競技者を対象に、体格に関する項目およびコントロールテストとして用いられている体力要因に関する項目についてアンケート調査を行い、PB との関係を検討すること、さらに各項目においてトレーニングの参考となる数値を示すことであった。

本研究では、項目によって回答者数にばらつきがみられた(表1)。回答者数が多かった項目と少なかった項目を同列に考察することは難しいと考えられるため、回答者数が過半数を超えた項目を主な考察対象とすることとした。

4.1 PB 向上に重要なコントロールテスト項目とは

まず、形態に関する項目とPB との関係を見てみると、身長および体重は記録と正の相関関係が認められた(表2)。これは、自己記録の高い競技者ほど身長および体重が大きいことを示している。体重が大きいことは、ウエイトトレーニングで大きな重量を扱えることに繋がると考えられ、筋量および筋力の増加によって、やりに対してより大きなエネルギーを伝えることができるようになることが推察できる。また、リリース時の投射高と記録との間に有意な相関関係は認められていないものの(村上と伊藤, 2003; 伊藤ほか, 2006)、身長が大きいことによってやりへの加速距離を大きくでき、やりにより大きな力積を加えられる可能性があると考えられる。

次に、ウエイトトレーニング種目とPB との関係を見てみると、スナッチおよびクリーンとPB との間に有意な正の相関関係が認められた(表2)。小林ほか(1990)は、やり投げの競技成績は高速度条件での筋力発揮よりも静的条件での発揮筋力との関係が深く、とくに脚伸展筋力

との相関が高いと報告している。しかし、本研究で対象としたウエイトトレーニング種目の中で、ベンチプレスやスクワットといった動作速度がそこまで高くないと考えられる種目と記録との間に有意な相関関係は認められなかった。一方、中野ほか(2007)は女子やり投競技者が高いパフォーマンスを発揮するためには、「大きな力を発揮できることが必要である」と指摘している。スナッチおよびクリーンは全身を使って爆発的に筋力発揮を行う種目である。これらのことから、女子やり投競技者にとって、ただ大きな力を発揮するのではなく、全身を使う動作で大きな力を発揮することが重要であると考えられる。

跳躍種目においては、立幅跳および立五段跳で回答者数が過半数を超えていた(表1)。その中で、立五段跳とPBとの間に有意な正の相関関係が認められた(表2)。一方、中野ほか(2007)は、女子やり投競技者における跳躍能力について検討し、本研究で用いた跳躍種目とPBとの間に有意な相関関係は認められなかったと報告している。しかし、この研究での対象者は12名と本研究と比較して少なく、また競技レベルが本研究と比較して狭い範囲にある集団であった(PB: 50.86 ± 2.32m)。本研究では幅広いレベルの競技者47名を対象としており、このことが先行研究と異なる結果を導いた要因であると考えられる。また、栗山(2003)は、目標記録に対する筋力や跳躍能力を示し、やり投選手には相対的に優れた跳躍能力が必要であると述べている。本研究の結果はそれを支持する結果であったといえ、より高いスピードの中での力発揮が要求される立五段跳の能力が重要であることが示唆された。

砲丸投種目とPBとの関係においては、すべての種目とPBとの間に有意な正の相関関係が認められた(表2)。すなわち、経験的・現場的に重要であると言われている砲丸フロント投げおよび砲丸バック投げに加え、通常の砲丸投もPBとの間に有意な正の相関関係が認められる結果となった。砲丸フロント投げおよび砲丸バック投げは、スナッチやクリーンと同様に全身を使って爆発的に力発揮を行うことが求められる種目であり、最終的に投てき物にエネルギーを伝達することで成立している。動作の形態は異なるものの、全身を使って力発揮を行い、投てき物にエネルギーを伝達するという動作は、やり投げをはじめとする投てき種目に共通した動作である。やり投げにおいて、これらの能力が重要であることが示唆された。同様に、やり投げと砲丸投では投てき物に力を加えるという点では共通しており、リリース時に片足を踏み出して上体を起こしているなど、姿勢に類似点もある。砲丸投で「投げられる」ことがやり投げにプラスに作用する可能性が推察される。

やり投げ種目においては、ワンクロス投げの回答者数が過半数を超えており(表1)、PBとの間に有意な正の

相関関係が認められた(表2)。山本ほか(2013)は、やり投げにおける立ち投げと試合で用いる全助走投げとを身体各部位の貢献度から比較し、投げ出し局面では異なる点が多いことを指摘している。また、旧規格の女子用やりで立ち投げとPBとの関係を調査した宮口ほか(1990)は、立ち投げとPBとの間に有意な正の相関関係が認められたことを報告しており、女子においては筋力・パワー要素が密接にパフォーマンスに反映するものと考えられると指摘している。本研究において、立ち投げの回答者数は過半数にわずかに1名満たなかったものの、PBと正の相関関係を示していた(表2)。本研究の結果は宮口ほか(1990)の結果を支持するものであり、1999年に規格が新しくなった後も、やり投げの記録を高めるためには立ち投げやワンクロス投げの能力が高いことが重要であることが示唆された。

なお、走種目においてはすべての項目において、跳躍種目においては立三段跳および助走五段跳において、回答者数が過半数に満たなかった(表1)。その中で、30m走および100m走とPBとの間に有意な負の相関関係が、助走五段跳とPBとの間に有意な正の相関関係がそれぞれ認められた(表2)。これらの項目については、回答者数を増やすことでさらに詳細に検討していくことが必要であると考えられる。しかし、回答者数が少ないものの、トレーニングやコーチングの現場においては、1つの指標になりうる可能性が推察される。

4.2 コントロールテスト値からみる日本人女子やり投競技者の特徴

各項目の値を概観すると、宮口ほか(1990)の報告による値と比較して本研究の値が高値を示す傾向にあった。このことは、時代と共に体格および体力要因が変化している可能性があることを示唆しており、継続的に時代に即した調査を行うことでより正確なデータを提示することができ、トレーニングやコーチングに役立てることが可能であると考えられる。本研究と宮口ほか(1990)との値とを比較すると、特に身長が約2cm、体重が約4kgそれぞれ大きくなっていった。文部科学省(2018)によると、日本人女子の平均身長は昭和63年度と平成30年度でほぼ差がないと報告されている。すなわち、日本人女子の身長が大きくなってきているのではなく、やり投げをする日本人女子の身長が大きくなっていることが考えられる。これらのことは、タレント発掘の場面や競技者育成の指針の一つになると考えられる。

Peter(2011)が報告したロシアによる目標値と比較して、本研究の値は砲丸フロント投げおよび砲丸バック投げが低値を示した(Peterが示した平均値は、45-50mの競技者において、砲丸フロント投げが15.23m、砲丸バック投げが16.90m)。また、フィンランド人コーチが示した値(Peter, 2011)と比較すると、跳躍種目

や砲丸投げ種目において低値を示した（フィンランド人コーチが示した値は、50m レベルの競技者において、立幅跳が2.40m、立三段跳が7.70m、立五段跳が12.50m、砲丸フロント投げが13.50m、砲丸バック投げが15.00m）。本研究の対象者における自己記録が47.74 ± 5.55mであったことを考慮に入れても、これらのコーチが示した値と本研究で示した値（表1）とでは、本研究のほうが低値であったと考えられる。この差は、形態の差によるものと考えられ、日本人競技者の特徴を表しているといえる。前田奎ほか（2018）は日本人男子円盤投競技者を対象に体力要因と記録との関係を検討し、記録に対する体力要因の目標値を提示しており、その中でドイツで示されている値と日本人の値では体格の差が影響していることを指摘している。前田奎ほか（2018）と本研究では対象としている種目や性別は違うものの、ロシアやフィンランドで示された値と本研究の値が違うことに同様の理由が考えられる。一般的に、身長が大きいことは一歩で獲得できる距離が大きくなることが考えられ、跳躍種目は身長が高いと記録がよくなることが推察される。また、砲丸投種目においては身長が高いことで投射高が高くなったり、リリースがより前方になったりすることが考えられ、好記録に繋がるのが予想される。一方、ウエイトトレーニング種目においては、同じ重量のバーベルを挙上する場合、身長が大きいほうが仕事量は大きくなることは容易に考えられる。日本人はロシア人やフィンランド人と比較して身長が低いと考えられ、この体格差がコントロールテストの値や目標記録に対する体力要因の値の差に影響を与えていることが推察される。しかしながら、日本人競技者であっても海外の競技者であっても、やり投げは同じ条件で行われる。すなわち、日本人競技者がより高い記録を目指すためには、下肢のパワー発揮能力や全身の爆発的なパワー発揮能力をより一層高める必要があることが推察される。

ここで、これまで報告されてきた男子競技者を対象とした研究との比較を試みる。砲丸投種目およびやり投げ種目については、男子競技者と同様、すべての種目においてPBとの間に有意な正の相関関係が認められた（表2）ことから、男女を問わずやり投競技者はこれらの能力を高める必要があることが示唆された。一方、男子競技者においては、PBと全てのウエイトトレーニング種目との間に有意な正の相関関係が認められていた（前田奎ほか、2019）が、本研究においてはスナッチおよびクリーン以外に有意な正の相関関係が認められず、男子競技者とは異なる結果を示した（表2）。また、走種目および跳躍種目についても、50m走、立幅跳および立三段跳においてはPBとの間に有意な相関関係が認められず、男子競技者とは異なる結果を示した（表2）。ウエイトトレーニング種目や跳躍種目に注目すると、女子競技者が大きな力発揮能力ではなくパワー発揮能力、特に

高いスピードの中でのパワー発揮能力を必要としていることを示唆していることが考えられる。男子用のやりは重量が800g、全長が2.6 - 2.7mであるのに対し、女子用のやりは重量が600g、全長が2.2 - 2.3mと男女のやりで規格が異なることが、男子競技者と女子競技者とで必要とされる体力要因が異なる一因であることが推察される。海外で示されている目標値の中には、継続的な調査によって得られた膨大なデータを基に示しているものもある（Ihalainen, 2018）。日本人女子やり投競技者においても、本研究のような調査研究を継続的に幅広い年代および競技レベルで行うことが、日本の競技力向上のための礎となろう。

4.3 現場への示唆

上述したように、PBと有意な相関関係が認められている項目を向上させていくことは、トレーニングを進めていく上で重要であると考えられる。加えて、各項目の値を指標として把握しやすくするために、50m+ 群および50m- 群の2群に分けての検討を行った（表3）。50m+ 群と50m- 群とを比較すると、PB、シーズンベスト記録、体重、スナッチ、クリーン、助走五段跳、砲丸投、砲丸フロント投げ、砲丸バック投げ、立ち投げおよびワングロス投げにおいて、50m+ 群が有意に高い値を示した。また、群別にPBとの相関関係を検討したところ、両群共にPBとの有意な相関関係が認められた項目はシーズンベスト記録のみであり、相関関係が認められる項目が異なっていた。これらのことは、競技レベルによって体力レベルが異なっていることを示唆している。また、レベルによって必要となる体力要素が異なっていることも推察される。例えば、50m- 群がPB向上のために50m+ 群と有意差が認められた種目であるスナッチやクリーン、砲丸投種目の記録向上を目指すことは合理的であると考えられる。一方、50m+ 群がさらにPBを向上させるためには、自己記録との間に相関関係が認められた項目を強化することが有効であろう。その中でも、砲丸バック投げは、群分け前（表2）においても50m+ 群（表3）においてもPBとの間に有意な正の相関関係が認められ、50m- 群との間に有意な差が認められた（表3）ため、50m+ 群がPB向上のために強化すべきであると推察される。

このように、競技者やコーチは、自分や対象となる競技者がどのレベルに属しているかを判断することで、まずどの体力要素を伸ばすべきなのかという優先順位をつけることができる可能性がある。優先順位をつけることで、すべての要素を高めるために闇雲にトレーニングを行うのではなく、効率的にトレーニングを行うことができる可能性があり、その指標として本研究の結果を用いることができると考えられる。

なお、回答者数が少なかった種目の中には、広く行わ

れていない種目が存在したことが考えられる。対象者がそれぞれ行なっているコントロールテスト値をパフォーマンス変数として採用したため、各種目の実施方法を厳密に指定しなかったことは本研究の限界であり、実施方法や計測方法のばらつきを考慮すると、少なくとも回答者数をより多く確保することが今後の課題である。

5. 要約

本研究の目的は、女子やり投競技者において、体格およびコントロールテストとして用いられている体力要因に関する項目についてアンケート調査を行い、やり投げの自己記録との関係を検討すること、さらに各項目においてトレーニングの参考となる数値を示すことであった。主な結果は以下の通りである。

- 1) やり投げの自己記録との間に有意な正の相関関係が認められた項目は、シーズンベスト記録、身長、体重、スナッチおよびクリーンの最大挙上重量、立五段跳、助走五段跳、砲丸投、砲丸フロント投げ、砲丸バック投げ、立ち投げおよびワングロス投げであった。また、30m走および100m走タイムにおいては、自己記録との間に有意な負の相関関係が認められた。ただし、助走五段跳、立ち投げ、30m走および100m走タイムの回答者数は、全回答者数の半分未満であった。
- 2) 50m+群と50m-群とで各項目を比較したところ、自己記録、シーズンベスト記録、体重、スナッチおよびクリーンの最大挙上重量、助走五段跳、砲丸投、砲丸フロント投げ、砲丸バック投げ、立ち投げおよびワングロス投げにおいて、50m+群が有意に高値を示した。
- 3) 各群内においてやり投げの自己記録と各項目との相関関係を検討したところ、50m+群において有意な相関関係が認められた項目は、シーズンベスト記録および砲丸バック投げのみであった。50m-群においては、シーズンベスト記録、身長、立五段跳、砲丸投、砲丸フロント投げおよびワングロス投げにおいて、自己記録との間に有意な相関関係が認められた。

これらの結果および本研究で示した値は、競技者およびコーチにとって、トレーニングの方向性を決定する一助となることが考えられる。また、今後、さらなるデータの蓄積が不可欠であり、継続的な調査・研究が望まれる。

謝辞

本研究の実施にあたり、埼玉医科大学の中嶋善寛氏には多大なご協力をいただきました。ここに記して感謝申し上げます。

文献

- Forthomme B., Crielaard J. M., Forthomme L., and Croisier L. (2007) Field performance of javelin throwers: Relationship with isokinetic findings. *Isokinetics and Science*, 15: 195-202.
- 藤井宏明 (2016) 投擲競技におけるコントロールテストとパフォーマンスの関係について. 環太平洋大学研究紀要, 10: 181-185.
- 廣瀬健一・高梨雄太・青木和浩・金子今朝秋 (2013) ハンマー投競技者のパフォーマンスとコントロールテストの関連性について—ケトルベル投に着目して—. 陸上競技研究, 92: 38-44.
- Hommel, H. and Kühl, L. (1993) *Rahmentrainingsplan für das Aufbautraining*, Wurf. Meyer & Meyer Verlag: Aachen, pp.234.
- Ihalainen S. (2018) Javelin throwing performance - Field test results and Biomechanics. https://www.researchgate.net/publication/329040484_Javelin_throwing_performance_-_Field_test_results_and_Biomechanics, 参照日 2019年12月19日.
- 伊藤 明・村上雅俊・田辺 智 (2006) やり投げの投射条件、助走速度と記録との関係. 陸上競技研究紀要, 2: 159-161.
- 栗山佳也 (2003) トレーニングワイドやり投 やり投競技者の体力目標は? 陸上競技マガジン. ベースボールマガジン社: 東京, 53 (8), pp.225.
- Komi P.V. and Mero A. (1985) Biomechanical Analysis Olympic Javelin Throwers. *International Journal of Biomechanics*, 1: 139-150.
- 前田 奎・大山下圭悟・広瀬健一・尾縣 貢 (2018) 男子円盤投における記録と形態および体力要因との関係—記録に応じた体力基準の推定—. *コーチング学研究*, 31 (2): 175-184.
- 前田 奎・山元康平・広瀬健一・大山下圭悟 (2019) 男子やり投競技者における各種体力の標準値. *スポーツパフォーマンス研究*, 11: 446-458.
- 前田正登・平川和文・宮口和義・宮口尚義 (1990) やり投競技者 (男子) のための体力指標. *スポーツ方法学研究*, 3 (1): 1-7.
- 宮口尚義・前田正登・宮口和義 (1990) やり投選手の体格・体力. *陸上競技研究*, 3: 32-36.
- 文部科学省 (2018) 学校保健統計調査. http://www.mext.go.jp/b_menu/toukei/chousa05/hoken/kekka/k_detail/1411711.htm, 参照日 2019年6月23日.
- 村上雅俊・伊藤 章 (2003) やり投げのパフォーマンスと動作の関係. *バイオメカニクス研究*, 7 (2): 92-100.
- 中野美沙・大山下圭悟・尾縣 貢 (2007) 国内女子やり

- 投競技者の体力特性—各種跳躍運動の遂行能力と体幹筋力に着目して— 陸上競技研究, 71 : 37-44.
- 尾縣 貢 (2015) スポーツ科学からの暴力を用いない方法論の紹介. 体育学研究, 60 (Report 号) : 1-18.
- Peter L. (2011) Norms for javelin throw. *Modern Athlete & Coach*, 49 (3): 41-46.
- 田内健二 (2007) やり投げの競技特性と世界レベルに対する日本選手の課題. 陸上競技学会誌, 5 (supplement) : 100-104.
- 田内健二・遠藤俊典・小林 海・藤田善也 (2009) 女子やり投の投てき動作における日本トップ選手と世界トップレベル選手との比較. 陸上競技研究紀, 5 : 89-92.
- 山本大輔・野口安忠・伊藤道郎・中西一平・伊藤 章 (2013) やり投げにおけるやり速度に対する身体各部位の貢献度からみた立ち投げと助走投げにおける特徴の違い. 天理大学学報, 233 : 1-9.
- 吉田雅美 (1993) 最新陸上競技入門シリーズ9 ヤリ投げ. ベースボールマガジン社 : 東京, pp.58-68.
-

陸上競技棒高跳競技者における体幹部安定性と自己最高記録の関係

榎 将太¹⁾, 倉持梨恵子^{1,2)}, 徳武 岳³⁾, 佐藤桃子⁴⁾

Relationships between core stability and personal best records in pole vaulters

Shota ENOKI¹⁾, Rieko KURAMOCHI^{1,2)}, Gaku TOKUTAKE³⁾, Momoko SATO⁴⁾

Abstract

The purpose of this study was to clarify the relationships between trunk stability and personal best record (PB) in 17 male pole vaulters. We evaluated the trunk stability using modified Double Leg Lowering Test (mDLLT) and Plank with Arm Lift Test (PALT). This study investigated the information about the age, height, weight, years of pole vault experience and PB of pole vault in the questionnaire. A significant negative correlation was found between mDLLT and PB ($r=-0.595$, $p<0.05$). There was a significant negative correlation between PALT and PB when raising their arm on the non-takeoff leg side ($r=-0.556$, $p<0.05$). It was suggested that it contributes to the motion control of shoulder joints and hip joints by obtaining the stability of the trunk, enabling higher competitive performance.

キーワード：棒高跳, 体幹, 安定性,

Double Leg Lowering Test,

Plank with Arm Lift Test

1. 緒言

近年、競技パフォーマンスの向上に体幹部の安定性が注目されている。Hodges and Richardson (1997;1998)は、四肢を動かす際に、動作に先行して体幹筋群が活動するfeedforward作用があることを明らかとした。また、Smith et al. (2008)は、適切な体幹筋群の動員により四肢の動作制御に貢献するとしている。よって、体幹部安定性と競技パフォーマンスとの関連や、複合的な動作を行う競技パフォーマンスにおいては、様々な方向からの負荷に対する体幹部安定性が求められると推察される。

先行研究において筋力やパワーと体幹部安定性との関連が報告されている。それらの報告において用いられた

体幹部安定性の評価指標は、McGillらが提唱した体幹部屈曲・伸展・側屈の3肢位における体幹部安定化筋に対する筋持久力テスト (McGill et al, 1999; Nesser et al, 2008; Tse et al; 2005), および仰臥位で膝伸展位および股関節屈曲90度を開始姿勢とし、膝伸展位を保持しつつ両脚を股関節0度までゆっくりと降下させることで生じる腰部への伸展負荷に耐え、中間位に維持する腹筋群の筋力を判定するDouble Leg Lowering Test (DLLT) (Sharrock et al, 2011; Shields and Heiss, 1997; Lanning et al, 2006)などが挙げられる。McGillらが提唱した体幹部安定化筋に対する筋持久力テストとスプリントのタイムやスクワットの最大挙上重量などのパフォーマンステストとの間には有意な相関関係があることが報告されている (Nesser et al., 2008; Okada et al., 2011)。また、Sharrock et al. (2011)は、DLLTとメディシンボール投げとの間に有意な負の相関関係があることを示した。このように、様々な研究において体幹部安定性と筋力やパワーなどのパフォーマンスとの間に関連があることが明らかとなっている。

しかしながら、McGillらが提唱した体幹部安定化筋に対する筋持久力テストでは、四肢を固定した状態における体幹部安定化筋の筋持久力を体幹部安定性として評価しており、実際の競技動作において求められる四肢の動作に応じた体幹部安定性とは著しく異なる。そのため、競技動作と完全に一致していないにしても、DLLTのように動作を行うことで生じる負荷に対する体幹部安定性

1) 中京大学大学院体育学研究科 Graduate School of Health and Sport Sciences, Chukyo University
〒470-0835 愛知県豊田市貝津町床立 101

2) 中京大学スポーツ科学部 School of Health and Sport Sciences, Chukyo University
〒470-0835 愛知県豊田市貝津町床立 101

3) 立命館大学共通教育推進機構 Institute for General Education, Ritsumeikan University
〒567-8570 大阪府茨木市岩倉町 2-150

4) 公益財団法人岐阜県スポーツ協会 岐阜県スポーツ科学センター Gifu Pref. Sports Science Center
〒502-0817 岐阜県岐阜市長良福光 207-7

を評価する必要が考えられる。また、これまでの体幹部安定性と筋力やパワーなどのパフォーマンスとの関連の検討は、DLLT や McGill らが提唱した体幹部安定化筋に対する筋持久力テストなどを用いて行われているが、主に腹横筋や腹斜筋などへの体幹部回旋負荷に対する体幹部安定性の簡便で定量的な評価は行われていない。

よって本研究は、体幹部の回旋安定性の向上を目的としたエクササイズである Plank with Arm Lift から我々が考案した体幹部回旋負荷に対する体幹部安定性の評価指標である Plank with Arm Lift Test (PALT) の有用性、および棒高跳競技者における自己最高記録 (personal best record:PB) との関連を明らかにすることを目的とした。競技特性を考慮し、特定の競技種目における競技者を対象に体幹部安定性を評価するために、本研究では棒高跳競技者を競技者の一例として採用した。棒高跳においては、以下の局面において体幹部安定性が必要であることが推測される。棒高跳の跳躍動作 (図1) では、踏切局面においてポールを介して作用する外乱に抗して姿勢を維持すること (武田ほか, 2007)、ロックバック局面からポール伸展局面に向けて倒立系の回転を行うこと、さらにクリアランスに向けて身体の高軸回りのひねり動作が行うことなどと、体幹筋群による適切な身体操作が必要とされることが考えられる。本研究は、PB が高い競技者ほど、体幹部安定性も高いと仮説を立てた。

2. 方法

2.1 対象者

本研究は2019年10月に測定が実施され、横断的に検討した。対象者は、男子棒高跳競技者17名とした (表1)。17名のうち10名が大学生競技者、7名が社会人競技者であった。対象者は、2シーズン以内にPBを記録している競技者とした。本研究は2019年に本学における人を対象とする研究に関する倫理審査委員会の承認 (2019-004) を得て実施した。本研究の調査実施前に、対象者に研究計画書と同意書を配布し、口頭にて研究の主旨を

説明した。同意書への署名をもって研究参加への同意とし、全ての対象者から同意を得た。

2.2 測定項目

対象者の基本情報として①氏名、②生年月日、③身長、④体重、⑤競技歴、⑥PBの6項目を自記式アンケートにて調査した。

体幹部安定性の評価としてPALTとmodified Double Leg Lowering Test (mDLLT)の2つの指標を用いた。これらの指標の詳細な方法について、以下に記述する。

(1) PALT

PALTは体幹部安定性の向上を目的としたエクササイズであるPlank with Arm Liftから我々が考案した。このエクササイズとPALTの肢位を図2に示した。このエクササイズはPlank姿勢から片側の腕を挙上し、支持する点が減少することによって発生する回旋負荷に抗し、姿勢を維持することで体幹部回旋安定性に関連する筋をトレーニングすることができると考えられている。PALTの詳細な手順を以下に記述する。

①開始姿勢

Plank姿勢は肩関節の下に肘関節を位置させ、足関節を底背屈0度 (足関節90度)とし、身体が一直線となるように指示した。対象者はPlank姿勢で片側の腕を挙上した際に骨盤が動揺しない任意の足幅を自己申告し、1試技目の足幅とした。

②動作手順

対象者にPlank姿勢から片側の腕をゆっくり挙上するように指示した。骨盤の動揺なく腕を挙上できた場合は足幅を狭め、動揺が観察された場合は足幅を広げさせた。

③エラーの種類

片側の腕を挙上する際に、回旋負荷に耐えられずに挙上側の骨盤が回旋してしまった場合、姿勢を保持するために挙上している腕と反対側に骨盤が水平



図1 棒高跳の競技動作

表1 対象者の基本情報

項目	平均 ± SD	(最小 - 最大)
年齢 (歳)	22.6 ± 3.5	(18.0 - 28.0)
身長 (cm)	172.5 ± 4.5	(165.0 - 182.0)
体重 (kg)	66.8 ± 6.7	(54.0 - 80.0)
競技歴 (年)	10.0 ± 2.6	(5.8 - 14.5)
自己最高記録 (m)	5.0 ± 0.3	(4.6 - 5.6)

SD：標準偏差

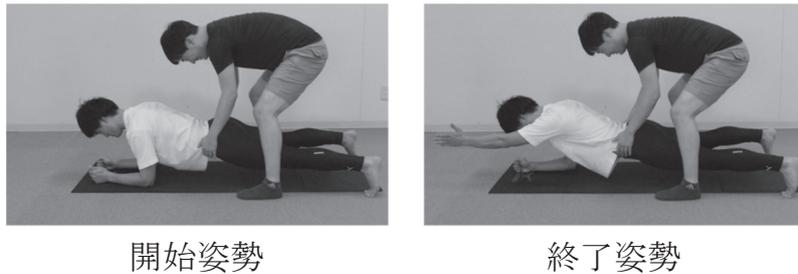


図2 Plank with Arm Lift Test の測定

移動してしまった場合、股関節を屈曲または伸展させる身体を一直線に保つことができなかつた場合をエラー動作とした。

④測定手順

対象者に開始姿勢から骨盤の動揺がなく腕を挙上することを説明し、開始姿勢を取らせた。研究実施者は対象者の骨盤にかかるく触れ、腕を挙上した際の動揺を観察した。片側の腕を挙上する際のそれぞれの足幅を測定し、骨盤の動揺なく腕を挙上できた最小の足幅を採用した。

(2) mDLLT

従来の DLLT は、仰臥位における膝伸展位および股関節屈曲 90 度を開始姿勢とし、膝伸展位を保持しつつ両脚を股関節 0 度までゆっくりと下ろしていき、その際の腰部の挙動を観察している (Krause et al., 2005)。しかし

ながら、下肢後面の筋のタイトネス等の影響によりこの開始姿勢をとることができない対象者が多く見られた。そのため本研究では、膝および股関節屈曲 90 度を開始姿勢とした mDLLT を採用し、約 10 秒で股関節屈曲伸展 0 度まで両脚をゆっくり下ろすように指示した (図 3)。研究実施者は対象者の腰部と机との間に手を入れ、対象者からの圧が感じられなくなった時点でライトを点灯した。測定実施時に机の側方からデジタルビデオカメラ (EX-F1, CASIO 社製) を用いて毎秒 60 コマで動画撮影を行った。ライトが点灯した際の机と大腿 (大転子と大腿骨外側上顆を結んだ線) がなす角度を画像解析ソフト (NIH ImageJ ver.14.4) を用いて解析し、代表値として採用した。試技の前に数回の練習を行わせた。先行研究において、DLLT の検者間信頼性 ($ICC_{(2,1)}=0.96$; 95% CI, 0.93-0.98) が報告されている (Parker et al., 2011)。



図3 modified Double Leg Lowering Test の測定

2.3 統計解析

統計解析ソフトは IBM SPSS Statistics 23.0 を用いた。各測定結果について Shapiro – Wilk 検定を用いて正規性を検討した。各項目間の相関関係について、正規性が保証された項目については Pearson の積率相関分析、正規性が棄却された項目については Spearman の順位相関分析を用いて検討した。有意水準は危険率 5% とした。

3. 結果

3.1 PALT の検者間信頼性の検討

PALT の検者間信頼性について、健常大学生男子 6 名を対象に検討を行った。2 名の検者が同一対象者において PALT の測定を行った。2 名の検者は、それぞれもう一方の検者が行った測定結果について盲検化された状態で測定を実施し、測定値から ICC = (2,3) を算出した。測定は、同一日内に繰り返し実施した。なお、統計解析ソフトは IBM SPSS Statistics 23.0 を用いた。PALT の検者間信頼性は、 $ICC_{(2,3)} = 0.826$ ($p < 0.01$) であった。

3.2 体幹部安定性と PB との関係

mDLLT と PALT の測定結果を表 2 に示した。mDLLT と PB との間に有意な負の相関関係が見られた ($r = -0.595$, $p < 0.05$, 図 4)。非踏切脚側の腕を挙上した際の PALT と PB との間に有意な負の相関関係が見られ ($r = -0.556$, $p < 0.05$)、踏切脚側の腕を挙上した際の PALT と PB には有意な相関関係は見られなかった ($p > 0.05$, 図 5)。また、mDLLT と両脚側の PALT において有意な相関関係は見られなかった ($p > 0.05$)。

4. 考察

本研究は、我々が考案した体幹部回旋負荷に対する体幹部安定性の評価指標の有用性、および棒高跳競技者における PB との関連を明らかにすることを目的とした。本研究は、PALT の検者間信頼性を検討し、 $ICC_{(2,3)} = 0.826$ であった。また、mDLLT と PB、非踏切脚側の腕を挙上した際の PALT と PB との間において有

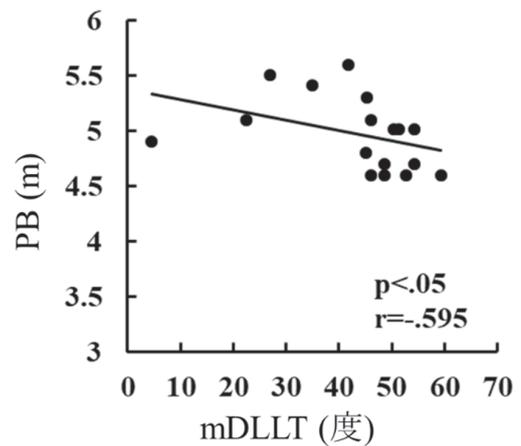


図 4 mDLLT と PB の相関関係

意な負の相関関係が見られた。PB が高い競技者ほど、体幹部安定性が高いとした本研究の仮説は立証された。

本研究において PALT の検者間信頼性を検討した結果、 $ICC_{(2,3)} = 0.826$ ($p < 0.01$) であった。Landis et al. (1997) は、ICC の判定基準として 0.81 以上を理想的な信頼性であると示している。そのため、PALT は信頼性が高く、有用であると考えられる。PALT は体幹部に回旋負荷を与えるとされるエクササイズから着想し、我々が考案した。これまでに体幹部回旋負荷に対する体幹部安定性における簡便な評価は行われておらず、本研究が初の試みである。今後の研究において、多くの対象者における検者内および検者間の信頼性、PALT と関連する要因、PALT 中の筋活動などの更なる検討が求められる。

本研究は主に体幹部回旋負荷に対する体幹部安定性を評価する指標として PALT を測定し、非踏切脚側の腕を挙上した際の PALT と PB との間に有意な負の相関関係が認められた。棒高跳の競技動作の中で特に体幹部回旋負荷に対する安定性が求められる局面として、踏切局面が考えられる。Rebella (2015) は、米国の大学生競技者を対象に傷害の観察調査を行い、観察された全ての腰椎分離症が踏切時に発生したと報告している。腰椎分離症

表 2 各測定値の分布

項目	平均 ± SD	95%CI	最小	第一四分位	第三四分位	最大
mDLLT (度)	43.1 ± 13.8	36.0 - 50.2	4.5	38.3	52.0	59.3
PALT (cm)						
踏切脚側	53.9 ± 13.5	47.0 - 60.8	25.0	44.0	64.5	76.0
非踏切脚側	53.4 ± 12.2	47.1 - 59.7	30.0	41.0	63.0	76.0

SD : 標準偏差

CI : 信頼区間

mDLLT : modified Double Leg Lowering Test

PALT : Plank with Arm Lift Test

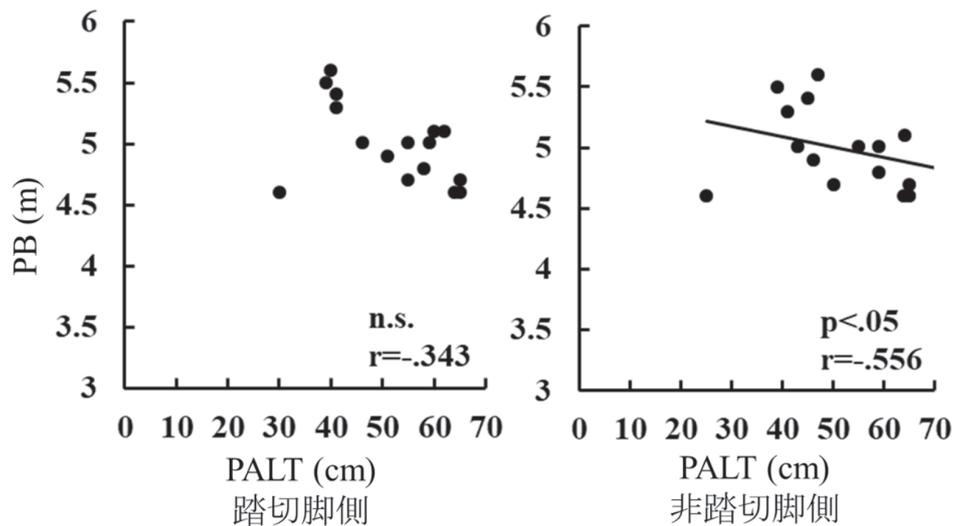


図5 PALTとPBの相関関係

は、腰部の過伸展および回旋により好発することが明らかとなっており、棒高跳の踏切時に腰部が伸展・回旋していることが推察される。そのため、踏切時に身体が伸展することによる体幹部伸展やポールを持つ上の手側（非踏切脚側）に体幹部回旋の負荷がかかり、その負荷に抵抗するためにそれぞれの体幹部安定性が必要であると考えられる。踏切時の体幹部回旋負荷に抵抗し、ポールに対して体幹部が正対することで、肩関節からより直接的な力をポールに伝えることが容易になると考えられる。

本研究はmDLLTを測定し、PBとの間に有意な負の相関関係が認められた。先行研究では、大学生アスリートを対象にDLLTの測定を行い、男性における平均値が47.43度(Sharrock et al, 2011)、 46 ± 3 度(Lanning et al, 2006)であったと報告されている。そのため、本研究におけるmDLLTの測定値(43.1 ± 13.8)は、先行研究におけるDLLTの測定値と同程度であることが推察された。特に体幹屈曲筋への伸張負荷に対する体幹部安定性が必要となる棒高跳の競技動作を考えると、踏切後に体幹部が伸展された後にロックバックに向けて股関節や体幹部を屈曲させる動作が考えられる。Smith et al. (2008)は、適切な体幹筋群の動員により四肢の動作制御に貢献すると報告している。そのため、体幹屈曲筋への伸張負荷に対する体幹部の安定性がある競技者は、体幹部に隣接する関節である肩関節や股関節の動作における筋発揮や動作制御がしやすくなることが考えられる。先行研究では、踏切足離地からポールが最大湾曲するまでの局面であるPole bending phaseにおいて、肩関節を主とした筋の作用がエネルギー変換に有効であると報告されている(Frère et al., 2010)。さらに、股関節屈曲に作用する腸腰筋や大腿直筋、縫工筋の起始である腰椎や骨盤(体幹部)を安定させることで、スイング時によ

り速い動作や動作制御がしやすくなることが考えられる。これらのことより体幹屈曲筋への伸張負荷に対する体幹部安定性を獲得することで肩関節や股関節の動作制御に貢献し、競技パフォーマンスを高めている可能性が示唆された。

本研究においてPALTの高い検者間信頼性が確認され、PBと体幹部安定性との間に有意な相関関係が見られたが、いくつかの限界が存在する。本研究は、大学生以上の男子棒高跳競技者を対象としており、高校生以下の競技者や女子競技者における関係性は不明である。また、本研究は横断研究であることから因果関係は不明である。競技レベルが高くなるにつれて、硬く長いポールを用いるようになり、求められる筋力や能力が高くなる。そのため、本研究の結果はレベルが高い競技動作を繰り返し行うことによる適応の可能性も考えられる。その他の限界として、PALTは主に体幹部回旋負荷に対する体幹部安定性を評価する指標として提案しているが、その他に肩甲帯の安定性の評価を含んでいる可能性が考えられる。また、mDLLTにおいて先行研究における大学生アスリートのDLLTの測定結果と同程度であり、同程度の測定が可能であったと推察した。しかし、本研究においてはmDLLTの検者間信頼性については検討されておらず、不明である。さらに、全員が測定日から2シーズン以内にPBを記録していたが、PB記録時の体幹部安定性は不明である。しかしながら、棒高跳競技者を対象として体幹部の安定性を評価した報告は我々が知る限り存在せず、初めての研究である。体幹部安定性について、他の種目やスポーツにおいても競技パフォーマンスと関連している可能性があり、今後の研究において検討していく必要があると考えられる。

5. 結 論

本研究は、我々が考案した体幹部回旋負荷に対する体幹部安定性の評価指標 (PALT) の有用性、および棒高跳競技者における自己最高記録との関連を明らかにすることを目的とした。その結果、PALT に高い検者間信頼性が確認された。また、自己最高記録が高い競技者ほど、体幹部安定性も高いとした本研究の仮説が立証された。

文献

- Frère, J., L'Hermette, M., Slawinski, J. and Tourny-Chollet C. (2010). Mechanics of pole vaulting: a review. *Sports Biomech*, 9 (2): 123-138.
- Hodges, P. W. and C. A. Richardson. (1997). Contraction of the abdominal muscles associated with movement of the lower limb. *Physical therapy*, 77 (2): 132-142.
- Hodges, P. W. and C. A. Richardson. (1998). Delayed postural contraction of transversus abdominis in low back pain associated with movement of the lower limb. *Journal of spinal disorders*, 11(1): 46-56.
- Krause, D. A., Youdas, J. W., Hollman J. H. and Smith J. (2005). Abdominal muscle performance as measured by the double leg-lowering test. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 86 (7): 1345-1348.
- Lanning, C. L., Uhl, T. L., Ingram, C. L., Mattacol, C. G., English, T. and Newsom, S. (2006). Baseline values of trunk endurance and hip strength in collegiate athletes. *J Athletic Training*, 41 (4): 427-434.
- McGill, S. M., Childs, A., and Liebenson, C. (1999). Endurance time for low back stabilization exercises: clinical targets for testing and training from a normal database. *Arch Phys Med Rehabil*, 80: 941-944.
- Nesser, T. W., Huxel, K. C., Tincher J. L. and Okada T. (2008). The relationship between core stability and performance in division I football players. *J Strength Cond Res*, 22 (6): 1750-1754.
- Okada, T., Huxel K. C. and Nesser T. W. (2011). Relationship between core stability, functional movement, and performance. *J Strength Cond Res*, 25 (1): 252-261.
- Parker, M., Goldberg, R. F., Dinkins, M. M., Asbun, H. J., Smith, C. D., Preissler, S. and Bowers, S. P. (2011). Pilot study on objective measurement of abdominal wall strength in patients with ventral incisional hernia. *Surg Endosc*, 25 (11): 3503-3508.
- Rebella, G. (2015). A Prospective Study of Injury Patterns in Collegiate Pole Vaulters. *Am J Sports Med*, 43 (4): 808-815.
- Sharrock, C., Cropper, J., Mostad, J., Johnson M. and Malone T. (2011). A pilot study of core stability and athletic performance: is there a relationship? *International journal of sports physical therapy*, 6(2): 63.
- Shields, R. K. and Heiss, D. G. (1997). An electromyographic comparison of abdominal muscle synergies during curl and double straight leg lowering exercises with control of the pelvic position. *Spine*, 22: 1873-1879.
- Smith, C. E., Nyland, J., Caudill, P., Brosky J. and Caborn D. N. (2008). Dynamic trunk stabilization: a conceptual back injury prevention program for volleyball athletes. *J Orthop Sports Phys Ther*, 38 (11): 703-720.
- 武田 理・小山宏之・村木有也 (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 (日本陸連科学委員会研究報告 第6巻 (2007) 陸上競技の医科学サポート研究 REPORT 2006). *陸上競技研究紀要*, 3: 123-126.
- Tse, M. A., McManus, A. M., and Masters, R. S. W. (2005). Development and validation of a core endurance intervention program: implications for performance in college-age rowers. *J Strength Cond Res*, 19: 547-552.

女子スプリントハードルのアプローチ区間における加速の様相 ～短距離走の加速局面との比較から～

木越清信¹⁾, 上田美鈴²⁾, 山元康平³⁾, 関慶太郎⁴⁾, 尾縣 貢¹⁾

The nature of acceleration in women's sprint hurdle approach phase:
The comparing with sprinting acceleration without hurdles

Kiyonobu KIGOSHI¹⁾, Misuzu UETA²⁾, Kohei YAMAMOTO³⁾, Keitaro SEKI⁴⁾, Mistugi OGATA¹⁾

Abstract

This study clarifies the nature of acceleration in women's sprint hurdles' approach phase compared with sprinting acceleration without hurdles. Eleven female athletes performed the 60-meter sprint (60mS) and 60-meter hurdles (60mH), recorded using seven high-speed cameras (300fps) panned to obtain interval time and two-dimensional kinematics parameters. In the 60mH, the first hurdle time and finishing time was positively correlated. The running velocity in the approach phase of the 60mH was significantly greater than in the first seven steps of the 60mS. The length of each step in the 60mH was significantly greater than in the 60mS from the first to sixth step. The length of seventh step and flight time in the 60mH was significantly smaller than in the 60mS at same step. And the foot strike distance of 8 contact in 60mH was significantly bigger, and toe off distance was significantly smaller than in the 60mS at same contact.

These results suggest that the nature of acceleration in women's 60mH approach phase lead to major difference in the nature of acceleration in sprint running. This difference is particularly evident in running velocity, step length, step frequency and air time.

キーワード：ステップ長，ステップ頻度，支持期距離

I. 緒言

スプリントハードルと呼ばれる男子 110m ハードル走（以下，110mH と略す），女子 100m ハードル走（以下，100mH と略す），および主に室内競技会にて実施される 60m ハードル走（以下，60mH と略す）は，等間隔に設置されたハードルを越えて，ゴールまでのタイムを競う競技である。これらのスプリントハードルは，大きく 3 つの区間に分けられ，スターティングブロックから 1 台

目のハードルまでの区間をアプローチ区間，1 台目から最終ハードルまでの各ハードル間を各インターバル区間，最終ハードルを越えてからゴールまでの区間をランイン区間と呼ぶ。なお，アプローチ区間の距離は，男子 110mH および 60mH では 13.72m，女子 100mH および 60mH では 13.00m であり，それに要する歩数は 7 歩から 8 歩を用いることが一般的である。110mH および 100mH のゴールタイムと疾走速度との関係を検討した研究によれば，それぞれのゴールタイムと最大疾走速度（平均速度が最も高いハードル間の平均速度）との間に有意な負の相関関係が認められており（松尾ほか，2009；繁田ほか，1990），これは，100m に代表されるスプリント種目と同様の傾向である（天野，2012）。また，スプリントハードルでは，アプローチ区間において最大疾走速度の 80% 程度を獲得していることが報告されている（磯，2006）。これらのことから，スプリントハードルにおけるパフォーマンス向上には，スプリント能力，特に加速能力の向上が不可欠であるといえる（Huchlekemkes，1990；森田ほか，1994）。

しかし，これまでに個々人のスプリント走能力とハードル走能力との関係について検討した研究は行われていない。また，スプリントハードルを対象として，アプローチ区間の一歩ごとのステップパラメータの変化を検討した研究はほとんど行われておらず，男子 110mH 競技者を対象として 60mH のアプローチ区間における 7 歩アプローチと 8 歩アプローチのそれぞれの特徴を検討

1) 筑波大学体育系 Faculty of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba
〒 305-8577 茨城県つくば市天王台 1-1-1

2) 福井県立福井南特別支援学校 Fukui prefectural Fukui minami special school
〒 918-8034 福井県福井市南居町 82

3) 福井工業大学スポーツ健康科学部 Department of Sports and Health Sciences, Fukui University of Technology
〒 910-8505 福井市学園 3 丁目 6-1

4) 日本大学文理学部 College of Humanities and Sciences, Nihon University
〒 156-8550 東京都世田谷区桜上水 3-25-40

したもの（白木ほか，2017）のみのようである。白木ほか（2017）の報告では，アプローチ区間において7歩を用いる競技者のアプローチ区間におけるステップ長は，スプリント走の加速区間（アプローチ区間において用いる歩数と同じ歩数までの区間）におけるステップ長と比較して，2歩目から6歩目において有意に大きい値（ステップ長が長い）を示している。そして，それにもかかわらず，疾走速度には両者の間に有意な差は認められていない。このように，男子スプリントハードルのアプローチ区間における加速の様相は，スプリント走と比較して特徴的であると言える。一方，女子のスプリントハードルにおけるアプローチ区間のステップパラメータの変化を検討した研究は，スタート後5歩目以降のもの（杉本ほか，2012）のみであり，アプローチ区間のすべてを対象として一歩ごとのステップパラメータの変化を検討した研究は行われていない。

そこで，本研究では，女子スプリントハードルとして60mHを用い，60mHにおける加速の様相を，60m走の加速の様相を比較対象として検討し，女子スプリントハードルのアプローチ区間における加速の様相をステップパラメータから明らかにすることを目的とした。

II. 方法

1. 被験者

被験者は大学陸上競技部において100mHを専門としている女子競技者7名と，混成競技を専門としている女子競技者4名の計11名（年齢：20.2 ± 1.8歳；身長：167.2 ± 4.1cm；身体質量：54.6 ± 3.9kg；シーズンベスト記録：13.89 ± 0.45秒）とした。なお，全被験者のシーズンベスト記録は，実験を実施したシーズンの4月から実験を実施した8月末までの期間であり，シーズンベスト記録の範囲は，13.22秒から15.10秒の間であった。

計測に先立って研究の目的，方法，実験に伴う安全性に関して十分な説明を行った後，実験参加の同意を得た。なお，被験者の全員が，スプリントハードルのアプローチ区間において8歩アプローチを採用していたが，スターティングブロックの前後脚およびハードル踏切脚の左右については，統一することができなかった。これは，スターティングブロックの前後脚がハードル走とスプリント走とで異なる被験者も認められたためである。

2. 実験試技およびデータ処理

十分なウォーミングアップの後，スターティングブロックからの60mスプリント走（以下，スプリント走と略す）と，正式規格のハードルを6台設置した60mハードル走（以下，ハードル走と略す）をいずれも全力で行わせた。ハードル走は，スプリント走と比較して技術的要素が加わることから，分析対象試技の選定にあたっては数本の試技を行わせて，その中から分析対象試技とし

て適切な試技を選択する必要がある。一方で，試技を重ねることによって被験者の負担は増大する。これらのことを考慮して，本研究では，スプリント走は1本，ハードル走は2本を行わせ，ハードル走ではフィニッシュタイムの良かった試技を分析対象とした。試技の間は十分な休憩をとらせ，各被験者のタイミングで試技を開始し，試技の順番は被験者ごとにランダムに行わせた。なお，このような実験条件によって，試技の再現性や試技間の公平性は可能な限り担保することができたものと考えられる。

撮影は，スタートラインから5mの地点，第1ハードルの地点，および60m地点のそれぞれ30m側方にハイスピードカメラ（Exilim EX-F1，CASIO社製，露出時間1/2000秒）を1台ずつ，計3台設置し，300fpsでパニング撮影した。また，実長換算するために，スタートラインから2mの地点からフィニッシュラインまでのレーン両端に2m間隔で較正マークを置いた。

撮影した映像をもとに，身体分析点23点（頭頂，耳珠点，胸骨上縁，左右の手部，左右の手首，左右の肘，左右の肩峰，左右の大転子，左右の腓骨頭，左右の外果，左右の踵，左右の拇指球および左右のつま先）と較正マークを動作分析ソフト（Frame-DIAS IV，DKH社製）を用いて100Hzでデジタイズした。デジタイズによって得られた身体分析点の二次元座標値を較正マークの座標値から数値解析ソフトウェア（Matlab，Mathworks社製）にて，4点実長換算法を用いて実長換算した。実長換算した座標値は，分析点の座標成分ごとに最適遮断周波数をWells and Winter (1980)の方法に基づいて決定し，Butterworth Low-pass Digital Filterを用いて平滑化した。なお，決定された最適遮断周波数は4.0-9.0Hzの範囲であった。実長換算したデータから，阿江 (1996)の身体部分慣性係数を用いて全身の重心座標を算出した。なお，カメラの配置およびアプローチ局面における歩数とステップの定義を図1に示した。

3. 算出項目および算出方法

本研究では，300fpsで撮影された映像を基に，スプリント走ではフィニッシュタイム，ハードル走では，フィニッシュタイムおよびアプローチタイムを算出した。フィニッシュタイムは，スタート用雷管の煙が発せられた瞬間からフィニッシュまでの全区間タイム（スタートから60mまでに要した時間であり，以下フィニッシュタイムと略す）とし，アプローチタイムは，スタート用雷管の煙が発せられた瞬間から第1ハードルを越えた後の足部の接地までに要した時間とした。

デジタイズによって得られたつま先の位置座標を基に，ステップ長は，左右いずれかの足の接地時から逆足の接地時まで（1ステップ）に身体重心が水平移動した距離とした。また，デジタイズに用いた100Hzの動画

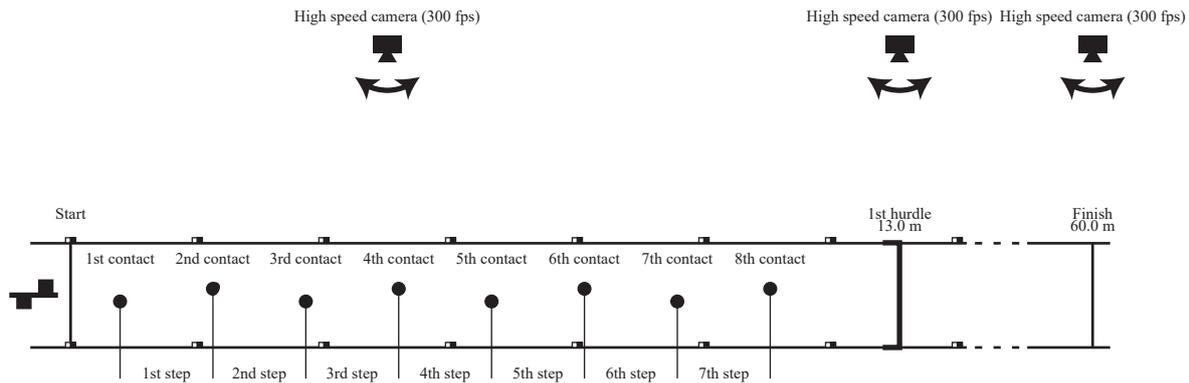


Figure 1 Definition of contact and step, and camera setting.

ファイルから1ステップに要した時間を算出し、これに要した時間の逆数をステップ頻度とした。そして、1ステップ毎の疾走速度はステップ長とステップ頻度の積とした。また、支持期距離はいずれかの足が接地してから離地するまでに身体重心が水平移動した距離とし、滞空期距離はいずれかの足が離地してから逆足が接地するまでに身体重心が水平移動した距離とした (Hunter et al., 2004)。さらに、接地距離はいずれかの足が接地した瞬間の接地した足の拇指球から身体重心までの水平距離とし、離地距離はいずれかの足が離地する瞬間の離地した足の拇指球から身体重心までの水平距離とした。一般的にステップ長という用語は、右(左)足のつま先または拇指球から、左(右)足のつま先または拇指球までの距離とされるが、本研究では、1ステップ中の身体重心の水平移動距離と定義した。前述のように、支持期距離と滞空期距離とは身体重心の水平移動距離であり、両者の和がステップ長と同意であることを考えると、ステップ長を右(左)足のつま先または拇指球から、左(右)足のつま先または拇指球までの距離とすると、ステップ長と支持期距離および滞空期距離とで示す内容が異なってしまう。このため、本研究では、支持期距離および滞空期距離の算出方法とステップ長の算出方法とで整合性を取るために、ステップ長を1ステップ中の身体重心の水平移動距離とした。

第1ハードルのハードリング距離は、ハードルに対する踏切足つま先から着地足つま先までの距離とした。また、踏切側距離は踏切足つま先から第1ハードルまでの距離とし、着地側距離は第1ハードルから着地足つま先までの距離とした。ハードル走における踏切脚とは8歩目であり、スプリント走においても8歩目のつま先の位置を動作分析によって得られた位置座標から読み取った。

本研究では、疾走速度、ステップ長、ステップ頻度、滞空期距離および滞空時間を1ステップごとに7ステップまで算出し、支持期距離、接地距離、離地距離、接地

時間を1支持期(以下、1歩と略す)ごとに8歩目まで算出した。スプリント走における加速区間とは、8歩目までと定義した。

4. 統計処理

値はすべて平均値 ± 標準偏差で示した。スプリント走およびハードル走における1ステップごとの各変数の有意差検定には、繰り返しのある二元配置分散分析(歩数と試技の要因)を行った。そして、交互作用が有意であった場合には単純主効果検定を行い、単純主効果が有意であった項目についてはBonferroni法により多重比較を行った。また、交互作用が有意ではないが、主効果が有意であった場合には、Bonferroni法により多重比較を行った。本研究はハードル走のアプローチ区間、スプリント走の加速区間を対象としたことから、歩数の増加に伴ってステップパラメータは漸増もしくは漸減することが推察され、これは先行研究(白木ほか, 2017)においても認められていた。したがって、本研究では、統計的な有意差として、同一試技における歩数間の差については示さず、同一歩数もしくは同一ステップにおける試技間の差についてのみ示すこととした。加えて、歩数の増加に伴うステップパラメータの変化は、グラフから読み取れる傾向のみを記述することとした。

歩数の結果をハードル走タイムと100mHのシーズンベストタイム、スプリント走タイム、アプローチタイムとの間の関係は、Pearsonの積率相関係数を算出して検討した。なお、いずれも有意水準は5%未満とした。

Ⅲ. 結果

1. タイムおよび疾走速度

実験試技のスプリント走およびハードル走のフィニッシュタイムはそれぞれ、 8.29 ± 0.34 秒、 9.31 ± 0.53 秒であった。ハードル走におけるアプローチタイムは、 2.88 ± 0.12 秒であった(表1)。被験者のシーズンベストタイムと実験試技におけるハードル走のタイムとの間

Table 1 Results of finish time and approach time in hurdle and sprint running.

	Hurdle running	Sprint running
Finish time	9.31 ± 0.53	8.29 ± 0.34
Approach time	2.88 ± 0.12	-

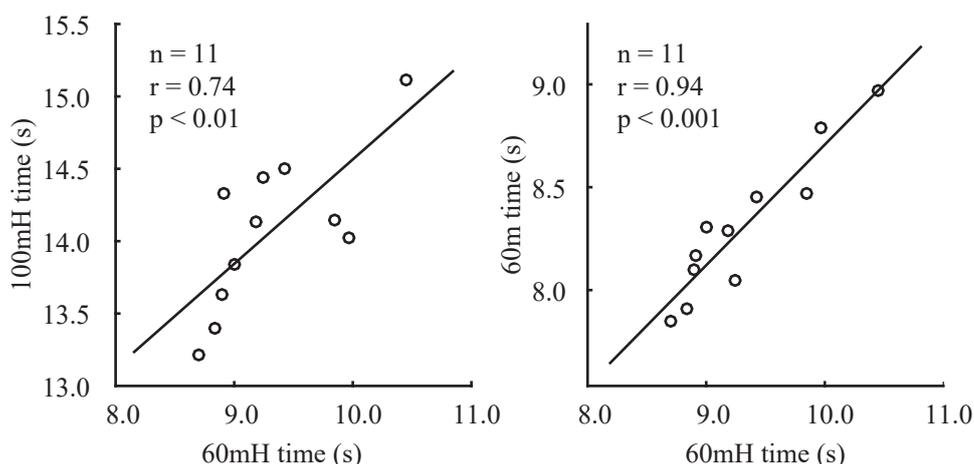


Figure 2 Relationships between 60mH time and 100mH time, and 60m time.

には、有意な正の相関関係が認められた ($r=0.74$; $p<0.01$)。また、ハードル走タイムとスプリント走タイムとの間にも、有意な正の相関関係が認められた ($r=0.94$; $p<0.001$)。さらに、ハードル走タイムとハードル走のアプローチタイムとの間にも有意な正の相関関係が認められた ($r=0.95$; $p<0.001$)。なお、100mH シーズンベストとハードル走 (60mH) タイムとの関係、スプリント走 (60m 走) タイムとハードル走 (60mH) タイムとの関係を図 2 に示した。

2. 第 1 ハードルにおけるハードリング距離

ハードル走の第 1 ハードルにおけるハードリング距離は $3.11 \pm 0.13\text{m}$ 、踏切側距離は $1.75 \pm 0.10\text{m}$ 、着地側距離は $1.36 \pm 0.15\text{m}$ であった。また、ハードル走における踏切足つま先のスタートラインからの距離は、 $11.24 \pm 0.09\text{m}$ であったのに対し、スプリント走における 8 歩目つま先のスタートラインからの距離は、 $10.44 \pm 0.32\text{m}$ であった。

3. スプリント走の加速区間およびハードル走のアプローチ区間における 1 ステップごとの各パラメータ

図 3 は、スプリント走の加速区間およびハードル走のアプローチ区間における 1 ステップごとの疾走速度、ステップ長およびステップ頻度の変化を示している。ハードル走およびスプリント走ともに、疾走速度はステップ

数の増加に伴って増大する傾向がみられた。疾走速度は分散分析の結果、有意な交互作用が認められ ($f=3.72$; $p<0.05$)、多重比較の結果から 1 ステップから 6 ステップまで、スプリント走と比較してハードル走で有意に大きい値を示した。

ステップ長は、スプリント走において、ステップ数の増加に伴って長くなる傾向がみられた。ハードル走においても 6 ステップまでは同様の傾向がみられたものの、7 ステップではそれまでの傾向とは異なり短くなる傾向がみられた。ステップ長は分散分析の結果、有意な交互作用が認められ ($f=6.43$; $p<0.001$)、多重比較の結果から 1 ステップから 6 ステップまで、スプリント走と比較してハードル走が有意に大きい値を示し、7 ステップのステップ長はスプリント走と比較してハードル走が有意に小さい値を示した。

ステップ頻度は、スプリント走において、ステップ数の増加に伴って緩やかに増える傾向がみられた。ハードル走においても、ステップ数の増加に伴って、6 ステップまで緩やかに増える傾向がみられたが、7 ステップではそれまでの傾向とは異なり、急激に増える傾向がみられた。ステップ頻度は分散分析の結果、有意な交互作用が認められ ($f=5.20$; $p<0.01$)、多重比較の結果から 2 ステップから 5 ステップまでのステップ頻度は、スプリント走と比較してハードル走が有意に小さい値を示した。

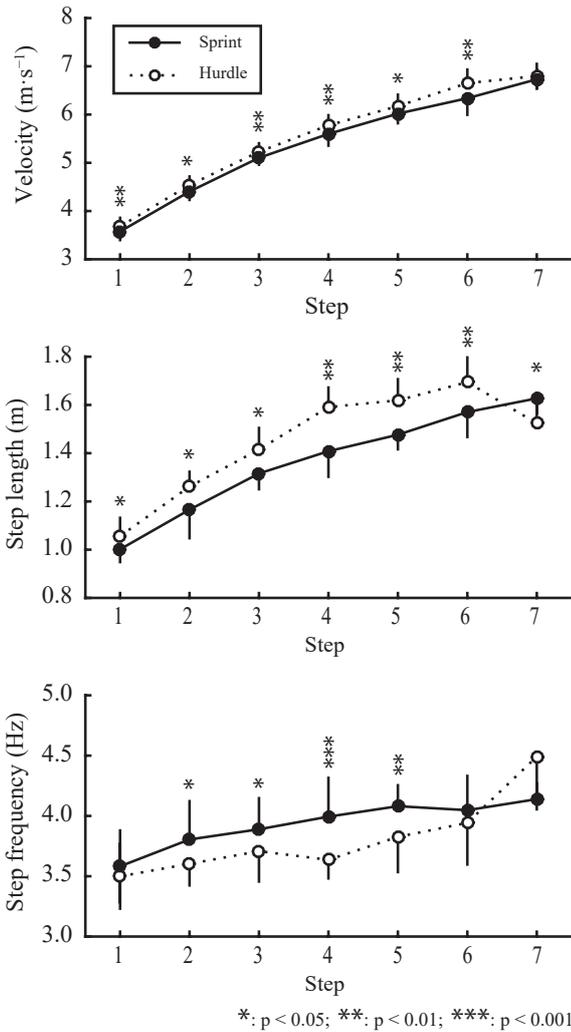


Figure 3 Changes in velocity, step length and step frequency.

図4は、アプローチ区間における1歩ごとの滞空期距離、支持期距離、接地距離および離地距離の変化を示している。滞空期距離は、スプリント走においてステップ数の増加に伴って長くなる傾向がみられた。ハードル走においても6ステップまでは同様の傾向がみられたものの、7ステップではそれまでの傾向とは異なり、短くなる傾向がみられた。滞空期距離は分散分析の結果、有意な交互作用が認められ ($f=10.04$; $p<0.001$)、多重比較の結果から3ステップから6ステップまで、スプリント走と比較してハードル走が有意に大きい値を示し、7ステップではスプリント走と比較してハードル走が有意に小さい値を示した。

支持期距離は、ハードル走およびスプリント走ともに、歩数の増加に伴って緩やかに長くなる傾向がみられた。支持期距離は分散分析の結果、有意な交互作用が認められなかった ($f=0.87$; n.s.). そこで、主効果に着目すると、試技間に有意な主効果が認められ ($f=7.41$; $p<0.05$)、スプリント走と比較してハードル走が有意に

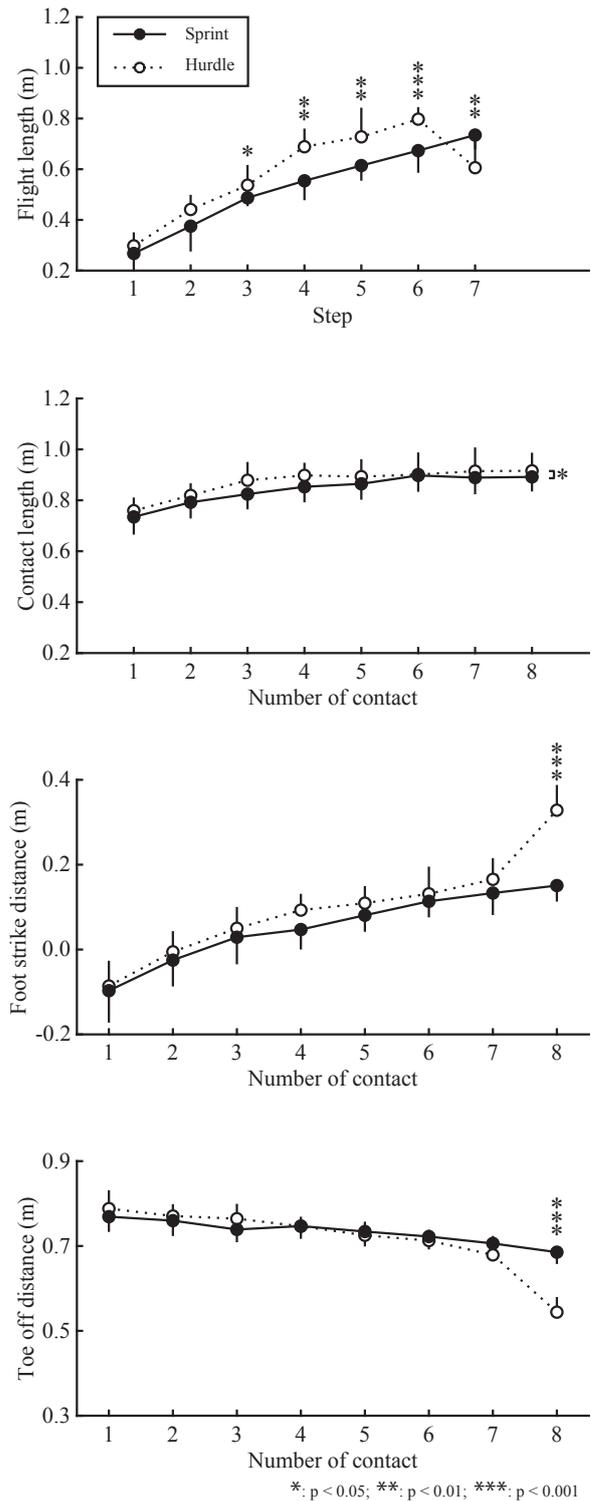


Figure 4 Changes in flight length, contact length, foot strike distance, and toe off distance.

大きい値を示した。

接地距離は、スプリント走において、歩数の増加に伴って緩やかに長くなる傾向がみられた。ハードル走においては、歩数の増加に伴って、6歩目まで緩やかに増える傾向がみられたが、7歩目ではそれまでの傾向とは異なり、急激に長くなる傾向がみられた。接地距離は分

散分析の結果、有意な交互作用は認められ ($f=8.25$; $p<0.01$), 多重比較の結果から 8 歩目の接地距離は、ハードル走がスプリント走と比較して有意に高い値を示した。

離地距離は、スプリント走において、歩数の増加に伴って短くなる傾向がみられた。ハードル走においても 6 歩目までは同様の傾向がみられたものの、7 歩目ではそれまでの傾向とは異なり、急激に短くなる傾向がみられた。離地距離は分散分析の結果、有意な交互作用が認められ ($f=33.26$; $p<0.001$), 多重比較の結果から 8 歩目の離地距離はスプリント走と比較してハードル走が有意に小さい値を示した。

図 5 は、アプローチ区間における 1 歩ごとの接地時間と滞空時間の変化を示している。接地時間は、ハードル走およびスプリント走ともに、歩数の増加に伴って短くなる傾向がみられた。接地時間は分散分析の結果、有意な交互作用が認められなかった ($f=0.30$; n.s.). そこで、主効果に着目すると、試技間に有意な主効果も認められなかった ($f=1.12$; n.s.).

滞空時間は、スプリント走において、ステップ数の増加に伴って長くなる傾向がみられた。ハードル走においても 6 ステップまでは同様の傾向がみられたものの、7 ステップではそれまでの傾向とは異なり、急激に短くなる傾向がみられた。滞空時間は分散分析の結果、有意な交互作用が認められ ($f=5.39$; $p<0.001$), 多重比較の結果から 4 ステップから 6 ステップまでの滞空時間はスプリント走と比較してハードル走が有意に大きい値を示し、7 ステップの滞空時間はスプリント走と比較して

ハードル走が有意に小さい値を示した。

IV. 考 察

1. ハードル走タイムとスプリント走タイムとの関係

本研究の実験試技におけるハードル走 (60mH) タイムと、各被験者における 100mH のシーズンベストタイムとの間に有意な正の相関関係が認められた (図 3). このことから、本研究における実験試技は、十分に各被験者の能力を反映しているものであると言える。また、スプリント走 (60m) タイムとハードル走 (60mH) タイムとの間にも、有意な正の相関関係が認められた。これまでに、スプリントハードルにおいて高い競技力を獲得するためにはスプリント走能力が重要であるということが多数指摘されてきたが (森田ほか, 1994; Stain, 2000; 杉浦ほか, 2006), 実際に個々人のスプリント走能力とハードル走能力との相関関係を検討した研究は見当たらない。したがって、本研究の結果から、ハードル走のパフォーマンスには、スプリント走 (60m 走) 能力が影響することが客観的に裏付けられた。さらに、アプローチタイムとハードル走タイムの間にも有意な正の相関関係が認められたことから、アプローチ区間における加速はスプリントハードルのパフォーマンスに大きく影響することが示唆され、これも先行研究 (沼澤ほか, 1992; 杉浦ほか, 2006) の結果を裏付けるものであった。つまり、スプリントハードル種目におけるゴールタイムの向上に向けて、スプリント能力の向上は不可欠であることが示唆された。

2. スプリントハードルのアプローチ区間における加速の様相

疾走速度について、ハードル走におけるアプローチ区間の各ステップとスプリント走におけるスターティングブロックからの同じステップを比較した (図 4). その結果、疾走速度は 7 ステップ目を除く全てのステップにおいてハードル走がスプリント走と比較して有意に高い値を示した。

疾走速度の構成要因の一つであるステップ長について検討したところ、ハードル走ではスプリント走と比較して、7 ステップ目を除く全てのステップにおいて高い値を示した。ハードル走において特異的に長いステップ長が観察されたことは、第 1 ハードルまでの距離が決まっているというハードル走特有の運動課題によるものと推察される。

ハードル走での踏切歩数にあたるスプリント走の 8 歩目つま先のスタートラインからの距離は $10.44 \pm 0.32\text{m}$ であり、これは第 1 ハードルから約 2.5m から 2.6m 程度である。一方で、先行研究において報告されているハードル走における適切な踏切側距離、つまりハードル走における踏切足つま先と第 1 ハードルとの距離は

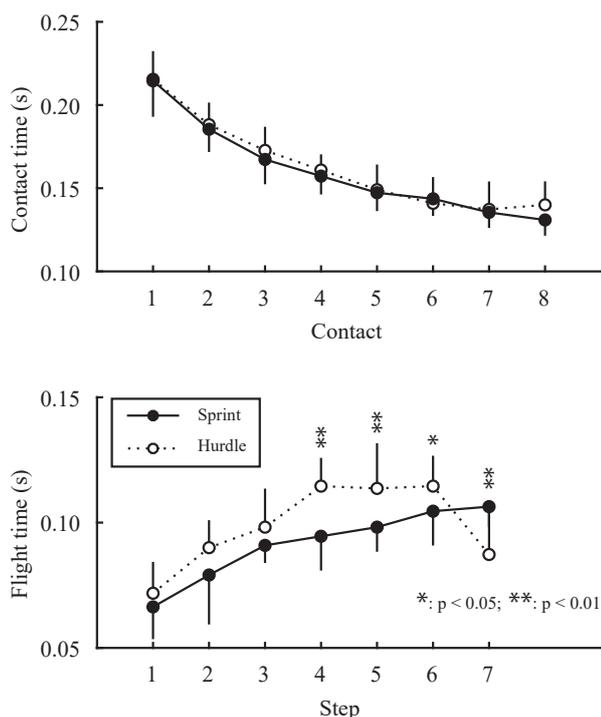


Figure 5 Changes in contact time and flight time.

1.95m から 2.0m (宮下, 1991) であるとされている。そして、本研究におけるハードル走における踏切足つま先と第1ハードルとの距離は約 1.76m であったことから、先行研究において報告された値と同程度であった。このように、本研究におけるスプリント走の8歩目つま先から第1ハードルまでの距離(約 2.5m から 2.6m 程度)と、ハードル走における適切な踏切側距離との差は大きく、ハードル走のアプローチ区間では、スプリント走の加速区間と比較して長いステップ長で加速していたことが示された(図3)。一方で、ハードル走において第1ハードルの踏切にあたる7ステップ目のステップ長は、6ステップ目までとは大きく異なり、スプリント走と比較して有意に小さい値を示した(図3)。このような、踏切前にステップ長を短くする動作は、陸上競技の跳躍種目である走幅跳の踏切前にも見られ(Hay et al., 1986)、踏切準備の特徴的な動作であるといえる。そして、ステップ長を構成する接地距離、離地距離、両者の和である支持期距離、および滞空期距離に着目したところ、接地距離は7歩目まではハードル走とスプリント走との間に有意差は認められないものの、8歩目ではハードル走がスプリント走と比較して有意に長かった。また、離地距離も7歩目まではハードル走とスプリント走との間に有意差は認められないものの、8歩目ではハードル走がスプリント走と比較して有意に短かった(図4)。さらに、滞空期距離はハードル走において7ステップ目において著しく減少し、スプリント走と比較して有意に小さい値を示していた(図4)。つまり、ハードル走では、スプリント走と比較して、第1ハードルの踏切に向けて、滞空期距離を著しく短くして、踏切において身体重心位置よりも前方に着地し、加えて短い離地距離で踏切を完了していたことが推察される。

さらに、疾走速度のもう一つの構成要因であるステップ頻度について検討したところ、ハードル走ではスプリント走と比較して2ステップ目から5ステップ目の間で有意に低い値を示した(図4)。2ステップ目から5ステップ目の間では、ハードル走においてスプリント走と比較してステップ長が長かったことが認められていることから、ステップ長が増加すればステップ頻度が低下することを示した先行研究の報告(Hunter et al., 2004)と一致する事象が観察された。

接地時間と滞空時間についてみると、接地時間はスプリント走とハードル走との間に有意な差が認められず、滞空時間はハードル走においてスプリント走と比較して4歩目から6歩目の間で有意に高い値を示し、7歩目では有意に低い値を示した(図6)。ハードル走ではスプリント走と比較してステップ長が長く、4歩目から6歩目の間で滞空時間も長かったことから、これらを可能にするためにハードル走においては接地時間を長くしていることも推察されたが、本研究ではそのような事象

は観察されなかった。また、スプリント走とハードル走との間にみられた滞空時間の長短は、ステップ長の長短およびステップ頻度の高低との間で対応する関係がみられた。

このように、ハードル走におけるアプローチ区間の加速の様相は、スプリント走の加速の様相と比較して特異的であり、その差は、疾走速度、ステップ長、ステップ頻度および滞空時間において顕著であった。これに加えて、ハードル走の踏切にあたる7ステップ目および8歩目のステップパラメータも、ハードル走のそれまでの加速の様相およびスプリント走の加速の様相と比較して特異的であった。

V. 要約

本研究の目的は、女子スプリントハードル種目として60mHを用い、60mHにおける加速の様相を、60m走の加速の様相を比較対象として検討し、女子スプリントハードルのアプローチ区間における加速の様相をステップパラメータから明らかにすることであった。被験者は、大学陸上競技部において100mHを専門としている女子競技者7名と、混成競技を専門としている女子競技者4名の計11名とした。

主な結果は以下のとおりである。

1歩目から6歩目までの疾走速度は、スプリント走と比較してハードル走で有意に大きい値を示した。また、1歩目から6歩目までのステップ長は、スプリント走と比較してハードル走が有意に大きい値を示し、2歩目から5歩目までのステップ頻度は、スプリント走と比較してハードル走が有意に小さい値を示した。一方、7ステップ目のステップ長および滞空時間は、ハードル走がスプリント走と比較して有意に小さい値を示した。また、8歩目における接地距離は、ハードル走がスプリント走と比較して有意に大きい値を示し、離地距離は、ハードル走がスプリント走と比較して有意に小さい値を示した。

以上のことから、女子60mHのアプローチ区間における加速の様相は、スプリント走の加速の様相と比較して大きく異なる可能性が示唆され、その差は、疾走速度、ステップ長、ステップ頻度、滞空時間において顕著であった。これに加えて、ハードル走の踏切にあたる7ステップ目および8歩目のステップパラメータも、ハードル走のそれまでの加速の様相およびスプリント走の加速の様相と比較して特異的であった。

文献

- 阿江通良 (1996) 日本人幼少年およびアスリートの身体部分慣性係数. *Jpn. J. Sports. Sci.*, 15: 155-162.
 天野秀哉 (2012) 100m 走の疾走速度変化と局面構造によるレース分析. 宮下 憲 編著 *スプリント&ハー*

- ドル. 陸上競技社:東京, pp.41-46.
- Hay, J. G., Miller, A. and Canterna, R. W. (1986) The techniques of elite male long jumpers. *J. Biomech*, 19: 855-866.
- Huchlekemkes, J. (1990) Model technique analysis sheets for the women's 100meter hurdles. *IAAF Journal New Studies in Athletics*, 5 (4) : 33-58.
- Hunter, J. P., Marshall, R. N., and Mcnair, P. J. (2004) Interaction of step length and step rate during sprint running. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 36: 261-271.
- 磯 繁雄 (2006) 110m ハードル走のコーチング視点—14 秒台から 13 秒台中盤の選手を対象として—. *スプリント研究*, 16: 41-43.
- 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.
- 宮下 憲 (1991) 最新陸上競技入門シリーズ4 ハードル. ベースボール・マガジン社. pp.63.
- 森田正利・伊藤 章・沼澤秀雄・小木曾一之・安井年文 (1994) スプリントハードル (110mH・100mH) および男女 400mH レース分析. 佐々木秀幸ほか監 日本陸上競技連盟強化本部バイオメカニクス研究班編 世界一流陸上競技者の技術. ベースボール・マガジン社, pp.66-92.
- 沼澤秀雄・杉浦雄策・松尾彰文・阿江通良 (1992) 第3 回世界陸上競技選手権大会における女子 100m ハードルレースの時間分析. *日本体育学会大会号*, 43B: 78L.
- 繁田 進・山元亜紀・有吉正博 (1990) 女子 100m ハードルレースにおける疾走速度推移に関する研究. *日本体育学会大会号*, 41B: 555.
- 白木駿佑・間處将太・梶谷亮輔・眞鍋芳明・櫻井健一・尾縣 貢・木越清信 (2017) 110m ハードル走における 7 歩アプローチと 8 歩アプローチの特徴—スプリント走との比較から—. *陸上競技研究*, 110: 20-27.
- 杉浦絵里・宮下 憲・安井年文・一川大輔 (2006) 女子 100m ハードル走における 13 秒台競技者のレースパターンに関する一考察. *陸上競技研究*, 64: 12-21.
- 杉本和那美・榎本靖士・森丘保典・貴嶋孝太・松尾彰文 (2012) 100m ハードル走におけるハードルサイクルおよびステップごとにみた疾走速度の変化. *陸上競技研究紀要*, 8: 1-8.
- Wells, R. P. and Winter, D. A. (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), 92-93.

学生棒高跳競技者における試合パフォーマンスの 動態に関する研究

三木圭太¹⁾, 青山亜紀²⁾, 青山清英³⁾

A study on the competence of sport performance among student pole vault athletes

Keita MIKI¹⁾, Aki AOYAMA²⁾, Kiyohide AOYAMA³⁾

Abstract

This study was conducted to analyze performance achievement in major competitions among student pole vault athletes. The purpose of this study is to obtain basic knowledge of peak appearing in major competitions.

The results were as follows:

- Based on the performance achievement degrees among the athletes, it became clear that it is necessary to reconsider the evaluation criteria of sport-form of pole vaulting.
- Based on the performance achievement degrees, we found that the preparation process for major competitions must be examined according to athletes' levels of competence in pole vaulting.
- The peak occurrence ration among Level B athletes in the National Intercollegiate Championship was high. Therefore, they were able to establish a preparation process, resulting in attaining peaks in major competitions.

キーワード：スポーツフォーム, 競技力, 競技会配置,
棒高跳選手

1. 緒言

測定スポーツに分類される競技スポーツである陸上競技の勝敗は、運動の結果を客観的に計量化することによって得られる時間または距離といった指標（記録）を用いて決定される（荻山, 2017）。そのような陸上競技選手の目標は、最重要試合における勝利と自己最高記録や年間最高記録の達成にある。この目標の達成のためには、各自に適したトレーニングをピリオダイゼーション理論に基づき立案されたトレーニング計画に従い、適切に実施し、試合のために準備することが重要である（青山, 2017）。

トレーニングピリオダイゼーションを立案するにあたっては、「競技力の状態が試合に臨むための万全な準備状態」、すなわちスポーツフォームの発達周期特性を

考慮することが求められる（青山, 2017）。スポーツフォームは競技力を構成する要素（体力面、技術面、戦術面、精神面）が個々に独立して高い状態で機能するのではなく、有機的に作用し、複合的なまとまりとして機能した状態を意味している。目標とする競技会で最高の競技パフォーマンスを達成するためにはスポーツフォームの獲得が必要不可欠とされる（青山, 2015）。

スポーツフォームの分析・評価は競技記録そのものが競技力の総合的指標としてとらえることができるという理由から、主に測定種目を対象に行われてきた（村木, 1994）。このような観点から陸上競技については村木（1994）が、オリンピック大会や世界選手権等の最重要試合におけるトップアスリートの記録分析を行い、種目特性を考慮したスポーツフォームの判定基準を作成した。具体的には、トラック種目では自己最高記録のマイナス2%、比較的技術性の高いフィールド種目の跳躍種目ではマイナス3%、投てき種目ではマイナス4%とされた。これまで、この判定基準を用いて世界のトップレベル選手や日本国内学生競技者を対象とした研究が行われてきた（MATBEEB, 1965; 村木, 1987, 1989; 青山, 2010; 藤光ら, 2011; 川口ら, 2016）。

青山（2008, 2009a, 2009b, 2009c）は、学生競技者を対象として2つの主要試合（地区インカレ、日本インカレ）の間隔と競技パフォーマンスとの関係性について研究を行った。その結果、競技会配置の間隔が4週間であった場合、2つ目の主要試合における競技パフォーマンスが低下したことなどから、主要試合の配置間隔の相違が競技パフォーマンスに影響を与えていることを報告している。

1) 日本大学大学院文学研究科 Graduate School of Literature and Social Sciences, Nihon University
〒156-8550 東京都世田谷区桜上水 3-25-40

2) 日本大学スポーツ科学部 College of Sports Sciences, Nihon University
〒154-0002 東京都世田谷区下馬 3-34-1

3) 日本大学文理学部 College of Humanities and Sciences, Nihon University
〒156-8550 東京都世田谷区桜上水 3-25-40

さらに青山 (2011, 2013) は、学生競技者は競技カレレベルの差が大きいことから、学生競技者における2つの主要競技会の競技パフォーマンスについて、競技カレレベルが及ぼす影響について研究を行った。その結果、競技カレレベルの相違によって主要試合における競技パフォーマンスの発揮レベルに違いがみられたことを報告している。

これらの日本国内学生競技者を対象としたトレーニングピリオダイゼーションに関する先行研究のうち、青山 (2009a, 2011) の研究は体力、技術要素の要求が大きい跳躍種目を対象とした競技パフォーマンスの動態を追跡調査した研究である。しかし、日本インカレにおいて、女子の棒高跳が正式種目として採用されたのが2002年であったことから、跳躍種目のうち棒高跳を除いた走高跳、走幅跳、三段跳の3種目を対象としている。陸上競技は競技種目間で競技特性が異なり、陸上競技のトレーニングピリオダイゼーションに関する研究では競技特性に留意することが求められることから、跳躍種目のトレーニングピリオダイゼーションについて検討する際には、種目毎に調査する必要があると考えられる。しかしながら、これまで学生棒高跳競技者を対象とした研究は行われていない。よって本研究では棒高跳の学生競技者を対象に、近年の主要競技会における競技パフォーマンスの動態を分析し、主要競技会において競技パフォーマンスのピーク形成に関する基礎的知見を得ることを目的とした。

2. 研究方法

2.1 分析対象種目

本研究では男女学生棒高跳競技者の競技パフォーマンス動態を検討すべく、分析対象種目を棒高跳とした。

2.2 分析対象競技会

本研究では、学生競技者が参加する多くの競技会のうち、地区インカレと日本インカレを重要な競技会として位置づけた。その理由は以下の通りである。

(1) 各地区の学生陸上競技対校選手権大会(地区インカレ)

地区インカレは競技会自体には競技カレレベルの差が認められるが、シーズン初めに各大学が対校して各地区の

頂点を決定する競技会であるという意味においては、学生競技者にとって重要な競技会と位置づけられる。なお、西日本地区では西日本インカレという競技会が開催されているが、同様の位置づけとなる競技会が他の地区にはないことから、各地域で、ほぼ一律に5月に行われている地区インカレを本研究の分析対象競技会とした(青山, 2008, 2009a, 2009b, 2009c, 2011, 2013)。

(2) 日本学生陸上競技選手権大会(日本インカレ)

オリンピック大会、世界陸上選手権大会など国際的な競技会を目標としている学生競技者も存在するが、日本の大学の頂点を決定する日本インカレは、「学生」という枠組みでのチャンピオンを決定するものであるため、重要な競技会と位置づけられる(青山・石塚, 2009a)。当然、日本陸上競技選手権大会(以下;日本選手権)は国内において最も重要な競技会である(村木, 1994)と考えられており、日本トップアスリートとして活躍している学生競技者にとっても大変重要な競技会として位置づけられていると推察できる。しかし、本研究においては学生競技者の競技カレレベルの相違によるパフォーマンスの達成レベルを検討するため、各競技カレレベルの競技者が共通して出場している主要競技会である、地区インカレ・日本インカレの2つの競技会を本研究の分析対象競技会とした。

2.3 分析者の競技カレレベル

本研究においては青山 (2011, 2013) に倣い、競技者のレベルの相違による競技パフォーマンスに及ぼす影響を検討するため、下記の通り競技カレレベルを3つに分類した(表1参照)。

(1) レベルA

各年度の地区インカレにおいて8位以内に入賞していること、各年度の日本インカレにおいて8位以内に入賞していること、日本選手権に出場し、記録の有無に関係なく参加していること、の3つの条件を満たしている学生競技者をレベルAとした。

(2) レベルB

各年度の地区インカレにおいて8位以内に入賞していること、各年度の日本インカレにおいて8位以内に入賞していること、の2つの条件を満たしている学生競技者

表1 競技カレレベルの分類について

		地区インカレ	日本インカレ	日本選手権	対象者合計(名)
競技カレレベル	レベルA	8位以内入賞	8位以内入賞	参加	80
	レベルB	8位以内入賞	8位以内入賞		51
	レベルC	8位以内入賞	記録あり		157

をレベルBとした。

(3) レベルC

各年度の地区インカレにおいて8位以内に入賞していること、各年度の日本インカレに出場し、入賞はしなかったが記録を残していること、の2つの条件を満たしている学生競技者をレベルCとした。

上記のレベル分けに基づいて2008年度から2018年度までの分析対象競技会とした2つの主要競技会に出場した男女学生競技者において、上記の条件を満たした計288名(レベルA:80名, レベルB:51名, レベルC:157名)を分析対象とした。

なお、分析対象競技記録は分析対象者の競技者の地区インカレ、日本インカレの競技記録とした。

本研究の分析に用いた競技記録は陸上競技マガジン(ベースボール社)および社団法人日本学生陸上競技連盟が運営する公式サイトに掲載されたものを利用した。また、研究の限界として先行研究(Krüger, 1973; 青山, 2008, 2009a, 2009b, 2009c, 2011, 2013)に倣い、ここでの検討は競技成績(記録)のみであり、そのときのコンディション(天候, 風速など)や各競技者の要素(トレーニング内容など)は考慮しない。

2.4 分析項目

本研究では分析対象の競技記録をもとに、先行研究(青山・石塚, 2009b)の定義に従い以下の項目について分析した。

(1) 記録達成率

主要競技会において発揮された競技パフォーマンスのレベルについて検討するため、年間最高記録に対する主要な2つの競技会における記録の割合を次式により算出し、記録達成率とした。

分析対象競技会における競技記録 / 年間最高記録 × 100 = 記録達成率 (%)

(2) ピーク出現率

主要競技会における競技パフォーマンスのピークの成否について検討するため、分析対象競技会での年間最高

記録および自己最高記録の出現の割合を次式により算出し、ピーク出現とした。

分析対象競技会での年間最高記録出現の人数 / 被験者 × 100 = ピーク出現 (%)

2.5 統計処理

各主要競技会の競技パフォーマンスの発揮レベルについて、競技カレベルの相違による影響の有無を検討するため、各競技会の記録達成率について2要因分散分析(競技会(地区インカレ・日本インカレ) × 競技カレベル(レベルA, レベルB, レベルC))を行った。交互作用(競技会 × 競技カレベル)が認められた場合には、単純主効果検定を行い、有意であった場合にはBonferroni法で多重比較を行った。

また、2つの主要競技会の競技パフォーマンスのピーク出現の可否について競技カレベルの相違による影響の有無を検討するため、各競技会のピーク出現率の競技カレベル内での比較の差の検定について、 χ^2 検定を用いて行った。なお、各項目とも統計処理の有意性は危険率5%の水準で判断した。

3. 結果

表2は2008年度から2018年度までの学生競技者における2つの主要試合(地区インカレ, 日本インカレ)および日本選手権の日程を示したものであり、地区インカレが5月, 日本選手権が6月, 日本インカレが9月に行われる競技配置であった。また地区インカレから日本選手権まで競技会間隔の日数は男子の場合では25日, 女子は30日, 日本選手権から日本インカレまでは男女共に83日であった(図1を参照)。そして本研究では、表1の通りに各主要競技会における競技成績から競技カレベルを3つに分類した。その結果、地区インカレ, 日本選手権, 日本インカレに出場した競技カレベルAは80人, 地区インカレ, 日本インカレに出場した競技カレベルBは51人, 競技カレベルCは157人の合計288人が分析対象者となった。

表2 主要競技会日程

年度	地区インカレ	日本選手権	日本インカレ
2018	5/26(5/24)	6/23(6/23)	9/7(9/6)
2017	5/27(5/25)	6/23(6/24)	9/8(9/10)
2016	5/21(5/19)	6/24(6/25)	9/2(9/4)
2015	5/16(5/14)	6/27(6/26)	9/13(9/11)
2014	5/25(5/16)	6/7(6/6)	9/7(9/5)
2013	5/26(5/18)	6/7(6/8)	9/8(9/6)
2012	5/20(5/12)	6/8(6/9)	9/12(9/9)
2011	5/22(5/14)	6/11(6/10)	9/11(9/9)
2010	5/23(5/15)	6/5(6/4)	9/12(9/10)
2009	5/24(5/16)	6/27(6/25)	9/6(9/4)
2008	5/25(5/17)	6/28(6/25)	9/12(9/14)

注) 各主要試合は男子の日程, ()内は女子のものであり, 地区インカレについては関東インカレの日程を示した。

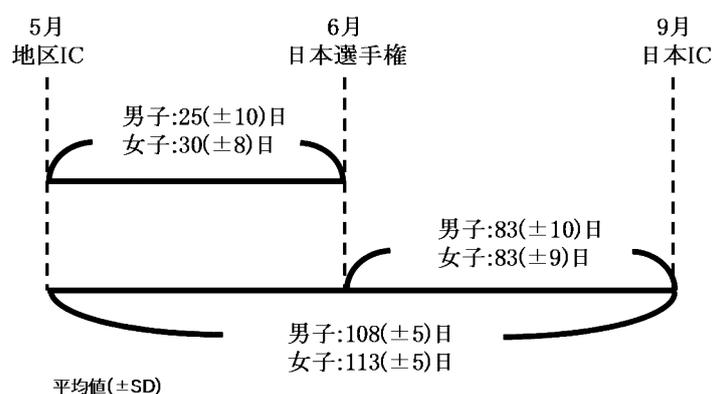


図1 各競技会間隔日程

表3は学生競技者における競技カレベル別の地区インカレ、日本インカレでの記録達成率として平均値および標準偏差で示した。本研究の結果、競技カレベルAは地区インカレにおいて96.33(±3.28)%, 日本インカレでは97.15(±2.24)%であった。競技カレベルBは地区インカレにおいて95.97(±2.97)%, 日本インカレでは98.72(±1.95)%であった。競技カレベルCは地区インカレにおいて96.17(±4.21)%, 日本インカレでは95.84(±3.08)%であった。2要因分散分析を行った結果、有意な交互作用が認められた($F(2,285) = 8.759, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.058$)。各要因の水準毎に単純主効果の検定を行ったところ、競技会要因の日本インカレにおいて有意な単純主効果が認められた($F(2,285) = 23.43, p < 0.001$)。多重比較では、競技カレベルB、レベルA、レベルCの順に高かった(すべて $p < 0.05$)。競技カレベル要因では、競技カレベルBに有意な単純主効果が認められ($F(1,285) = 18.06, p < 0.001$)、日本インカレは地区インカレと比較して有意に高いことが明らかとなった($p < 0.05$)。

表4は競技カレベル別の地区インカレ、日本インカレにおいて年間最高記録および自己最高記録を達成した人数と、その割合であるピーク出現率を示し、 χ^2 検定にて分析を行った結果を示したものである。その結果、競

技カレベルBとCで各主要競技会のピーク出現率に有意差($\chi^2 = 14.184, df = 2, p = 0.001$)が認められた。この結果と残差を見ると、競技カレベルBにおける日本インカレは地区インカレと比較して有意に高く、競技カレベルCでは地区インカレは日本インカレと比較して有意に高かった。

4. 考察

4.1 各主要競技会における記録達成率について

本研究では、棒高跳学生競技者の各主要試合における記録達成率から、これまでのスポーツフォーム獲得の判定基準(村木, 1994)を用いて競技パフォーマンスの発揮度合いを検討した。

青山(2011)は学生競技者を対象とした競技カレベルと主要競技会における記録達成率の関係性について、地区インカレは各地区のチャンピオンを決定する競技会であるため、精神負荷が高く、競技カレベルの低い選手は競技会当日で競技パフォーマンスの低下を引き起こす可能性がある競技会であると仮説を立て検討した。その結果、仮説に反して地区インカレでは競技カレベル間で記録達成率に関して相違は認められず、また全ての学生競技者がスポーツフォーム獲得の判定基準を満たしたことから、地区インカレは競技カレベルに関係なくある一定

表3 各競技会における競技カレベル別の記録達成率

	地区IC 記録達成率(%)	日本IC 記録達成率(%)	各パターン の平均(%)	単純主効果	多重比較
レベルA(A) n=80	96.33 (±3.28)	97.15 (±2.24)	96.74	n.s.	
レベルB(B) n=51	95.97 (±2.97)	98.72 (±1.95)	97.35	*	地区IC<日本IC*
レベルC(C) n=157	96.17 (±4.21)	95.84 (±3.08)	96.00	n.s.	
競技会の平均	96.18 (±3.76)	96.72 (±2.90)			
単純主効果	n.s.	*			
多重比較		IC < 1A < 1B*			

Mean±SD, 交互作用 < .01

* $p < .05$, n.s.: not significant

表4 各競技会における競技力レベル別のピーク出現率の関係

競技力レベル	ピーク出現率		
	地区インカレ	日本インカレ	ピークなし
レベルA	19 23.75 .5	18 22.50 -.5	48 60.00
レベルB	8 15.69 -3.7	29 56.86 3.7	18 35.29
レベルC	47 29.94 2.8	33 21.02 -2.8	86 54.78

上段：出現数
 中断：%
 下段：調整済み残差

$\chi^2=14.184, df=2, p=0.001$

程度の高い記録達成率を達成可能な競技会であると報告している。

本研究における地区インカレの記録達成率の値は競技力レベル間で先行研究同様、有意差は認められなかった。しかしながら、すべての競技力レベルの競技者における記録達成率の値は跳躍種目におけるスポーツフォーム獲得の判定基準である97%未満であった。この結果は、棒高跳では他の跳躍種目とは異なりスポーツフォームのこれまでの判定基準を再考する必要があるのではないかと考えられる。その理由として、先行研究(青山, 2011)で指摘されているような競技会当日の精神負荷の影響が考えられるが、最も競技力レベルの低いレベルCの選手だけでなく、日本インカレにおいて8位入賞に該当する競技力レベルの高いレベルA, Bの選手も同様に記録達成率が低かったことから、多くの選手が競技会当日の精神負荷の影響を受けたことは考えにくい。そして棒高跳は跳躍種目の中で唯一器具(ポール)を用いる種目であるため、身体操作としての技術だけではなくポールを操作する技術も要求される(河波ら, 2013)。このことから、他の跳躍種目と比較してより高い技術要素が求められると考えられる。さらに棒高跳では、走高跳と同様に高さやパスの選択が戦術となるため、技術のみならず戦術にも大きな影響をうける。スースロフ(2010)が述べているように、試合当日の競技力の発揮は心的能力と戦術力に大きな影響をうけるので、棒高跳のスポーツフォームの判定基準は他の跳躍種目より低くなることが推察できる(青山, 2017)。村木(1994)によって設定された跳躍種目におけるスポーツフォームの判定基準は、ソウル・オリンピック大会に出場した選手のデータを用いて作成されているが、種目毎の検討はされていない。よって、今回の結果は地区インカレにおける全ての学生棒高跳競技者がスポーツフォームの形成に失敗したと単純にとらえるのではなく、棒高跳のスポーツフォー

ムの判定基準そのものを再検討する必要があることを示唆しているといえよう。

次に日本インカレについて、競技力レベルBの記録達成率の値は地区インカレの値と比較し有意に高い値であった。一方、競技力レベルAの日本インカレにおける記録達成率の値は、地区インカレの値と比較して有意差は認められず、競技パフォーマンスの低下はみられなかったが競技力レベルBよりも有意に低い値であった。このことは、競技力レベルBは地区インカレと比較して日本インカレでの競技パフォーマンスをさらに引き上げることに成功したことを示している。この要因について競技力レベルBは日本インカレに向け地区インカレ出場後から日本インカレまでの約4か月の間で、地区インカレで生じた疲労を回復させ、専門的な準備を行うに十分な期間である(青山, 2011)。そして、競技力レベルAはBと異なり、日本選手権に出場後に日本インカレに出場している選手が多いため(80名)、大きく競技パフォーマンスの引き上げには至らなかったと考えられる。このことから競技力レベルBとは異なる準備プロセスが必要であることが示唆された。

競技力レベルCの日本インカレにおける記録達成率の値は、他の競技力レベルのものと比較して最も低い値であった。棒高跳以外の跳躍種目において競技力レベルC相当の競技者が日本インカレにおいて高い競技パフォーマンスを発揮できなかった現象について、青山(2011, 2013)は以下2つの要因があると報告している。

1つ目は、日本インカレという競技会は日本の学生競技者のチャンピオンを決定するものであるため、地区インカレと比較して参加するために設定されている標準記録の基準が高く、レベルCの競技者にとってその参加標準記録を突破することの困難性があると推察できる。本来であれば、日本インカレまでの約4ヶ月という長い期間は日本インカレに向けて十分なトレーニングを行う

必要があるが、競技カテゴリーCの競技者はこの間日本インカレに出場するための参加標準記録を突破するために数多くの試合に繰り返し出場しなければならず、その結果として2つの主要競技会間にスポーツフォームの維持が困難となり、日本インカレ出場時にはスポーツフォームが喪失し、競技パフォーマンスの発揮レベルが低下したと推察できる。

2つ目の要因は、主要試合における精神的負荷の影響があげられる。競技カテゴリーCの学生競技者は地区インカレにおいて入賞経験があるとはいえ、日本インカレでの試合における精神的負荷はそれと比較して高くなり、日本インカレでの競技パフォーマンス発揮が困難であったと推察される。

4.2 各主要競技会におけるピーク出現率について

ピーク出現率はその競技会において年間最高記録および年間最高記録を達成した競技者の割合を示している。ここではピーク出現率の値から、分析対象者の主要競技会におけるピーク達成の成功の有無を検討する。

主要試合において自己最高記録および年間最高記録を達成することが困難であることは、これまでの様々な研究によって示されている。MATBEEB (1965) の世界陸上競技選手権大会 (以下;世界選手権)、オリンピック大会等に出場した陸上競技、重量挙げ、水泳のトップアスリートを対象にした研究では、その年の最高記録を達成した選手は全体の15~25%であったと報告している。この割合はスポーツ科学が飛躍的に進歩した現代であっても変わらない (村木, 1994; 藤光, 2013) ことから、最重要試合において最高の競技成績を達成することは非常に困難な課題であり、この現象は国際的に競技力の高いトップアスリートに限ったことではなく、我が国の学生競技者についても同様の問題として存在している (青山, 2010)。

青山 (2009) は、跳躍種目の学生競技者を対象に、地区インカレ、日本インカレにおける競技パフォーマンスの動態に関する研究を行った。このなかで青山 (2009) は、5月に地区インカレ、9月に日本インカレとなる競技会配置の場合、4月の記録会をはじめとするシーズンインから10月の国民体育大会までを試合期間とした時の約7か月という期間は、2つのピークを形成するための準備期間として2つの競技会の間にある中間段階が短すぎることから、日本インカレにおける競技パフォーマンスの低下を引き起こす可能性がある (村木, 1975) と仮説を立てた。その結果、仮説に反して地区インカレと比較し日本インカレにおいてピークの形成に成功していたことから、この試合配置がシングルサイクルのなかで2つのピークを形成できることを報告している。

本研究の結果、競技カテゴリーAのピーク出現率の値は地区インカレで23.75%、日本インカレで22.50%であり、先行研究 (青山, 2011) と同様の結果であった。競

技カテゴリーBの日本インカレのピーク出現率の値は地区インカレと比較し高い56.86%であった。この値は先行研究 (青山, 2011) の棒高跳以外の跳躍種目におけるレベルB相当の競技者のものと比較しても高く、競技カテゴリーBは日本インカレにおいてピーク形成に成功したと判断できることから、競技カテゴリーBは年間のトレーニングプロセスにシングルサイクルの2つのピーク形成に成功している可能性が高い。

これに対して競技カテゴリーAは地区インカレと比較して日本インカレにおけるピーク出現率の値が高くなることはなく、日本インカレでピーク形成に失敗していたと判断できる。競技カテゴリーAの年間のトレーニングプロセスではシングルサイクルのなかで地区インカレ、日本選手権、日本インカレに合わせた3つのピークを形成することが求められる (青山, 2011) が、日本選手権出場後から日本インカレまでの期間におけるトレーニング準備が不十分であったことが日本インカレでピーク形成に失敗した原因であると推察される。

競技カテゴリーCにおける日本インカレのピーク出現率の値は、先行研究同様、地区インカレと比較して低い値であった。地区インカレではピーク形成に成功している選手もいたが、日本インカレではピーク形成に失敗していたと判断できる。

5. まとめ及び実践への示唆

本研究の目的は、棒高跳の学生競技者を対象に、近年の主要競技会における競技パフォーマンスの動態を分析し、主要競技会において競技パフォーマンスのピーク形成に関する基礎的知見を得ることであった。分析の結果、以下のことが明らかとなった。①記録達成率の結果から、棒高跳のスポーツフォームの評価基準を再考する必要性が明らかとなった。②記録達成率の結果から、棒高跳においては競技力のレベルに応じて試合への準備プロセスを検討する必要があることが明らかとなった。③ピーク出現率の結果から、ピーク出現率は競技カテゴリーBの競技者において高い値を示した。つまり、競技カテゴリーBの競技者はピークの形成に成功した試合への準備プロセスを構築できたといえる。

さらに本研究の結果から、競技カテゴリー別に以下のようなコーチング実践への示唆ができる。

①最も競技力の高い競技カテゴリーAの選手においては、地区インカレと日本インカレの間に配置されている日本選手権の取り扱いが問題となる。両インカレは対抗戦でもあるので、大学の名誉をかけた試合となる。しかし、競技カテゴリーから考えれば、日本選手権と日本インカレをシングルサイクルのなかで2ピークを形成する準備プロセスかダブルサイクルで対応することが重要であろう。地区インカレのための準備は、日本選手権への準備プロセスのなかに1週間程度のテーパリング的な対応を

することで対応することが現実的と考えられる。②競技力レベルBの選手に対しては、地区インカレと日本インカレを対象としたシングルサイクルの2ピークもしくはダブルサイクルの導入が有効であることは明らかである。したがって、競技力レベルBのなかでも日本選手権での入賞などが目指せる可能性のある選手については、別途対応が必要となるであろう。③競技力レベルCについては、まず地区インカレでの入賞がもっとも重要となる。したがって、シーズンインから地区インカレの準備プロセスを十分留意する必要がある。また、日本インカレの標準記録突破については、試合選択を十分に検討し、短期間の集中パワーブロック(Верхошанский, 2020; 村木, 1985)の導入時期を見極める必要がある。

文献

- 阿波陽一・廣瀬健一・木村友哉・柳谷登志雄・加納 實・青木和浩 (2013) 棒高跳の踏切局面におけるボール操作に関する研究. 陸上競技研究, 第93巻 (2), : 23-33.
- 青山亜紀 (2008) 学生上級競技者の主要競技会におけるパフォーマンスの動態に関する研究—陸上競技のスピード・筋力運動系種目における近年の動向から—. 陸上競技研究, 第74号 (3) : 11-17.
- 青山亜紀・石塚 浩 (2009a) 学生上級競技者の主要競技会におけるパフォーマンス達成に関するスポーツトレーニング学的研究—跳躍種目における近年の動向から—. 陸上競技研究, 第78号 (3) : 10-20.
- 青山亜紀・小山裕三 (2009b) 学生上級競技者の主要競技会におけるパフォーマンス達成に関するスポーツトレーニング学的研究—投てき種目における近年の動向から—. 陸上競技研究, 第79号 (4) : 39-50.
- 青山亜紀 (2009c) 学生上級競技者の主要競技会におけるパフォーマンス達成に関するスポーツトレーニング学的研究—トラック種目における近年の動向から—. 陸上競技学会誌, 第7巻 (1) : 1-7.
- 青山亜紀 (2010) 学生上級競技者の主要競技会におけるパフォーマンス達成に関するスポーツトレーニング学的研究. 陸上競技学会誌, 第8巻 (1) : 12-21.
- 青山亜紀 (2011) 陸上競技・跳躍種目の主要競技会でのパフォーマンス達成と競技会配置との関係に関するスポーツトレーニング学的研究—学生競技者の競技力レベルに着目して—. コーチング学研究, 第25巻 (1) : 21-32.
- 青山亜紀・澤野大地・本道真悟 (2013) 短距離走種目の主要競技会でのパフォーマンス達成と競技会配置との関係に関するスポーツトレーニング学的研究—学生競技者の競技力レベルに着目して—. 陸上競技研究, 第92巻 (1) : 21-29.
- 青山亜紀 (2015) 最重要試合での達成力形成における今日的課題. 陸上競技学会誌, 第13巻, 50-62.
- 青山亜紀 (2017) トレーニングピリオダイゼーション. 日本コーチング学会 (編) コーチング学への招待. 大修館書店 : 東京, pp.218-220.
- 青山清英 (2017) 試合の一般的特徴と構造. 日本コーチング学会 (編) コーチング学への招待. 大修館書店 : 東京, pp.238-241.
- Верхошанский Ю. В. (2020) Программирование и организация тренировочного процесса. Москва: Спорт, pp.157-167.
- Суслов, Ф. П. (2010) О структуре (периодизации) годичного цикла подготовки и спортивной формы в современном спорте. Теория и практика физической культуры, 4: 11-15.
- 藤光健司・青山亜紀・青山清英 (2013) 陸上競技スピード筋力系種目の世界選手権大会におけるパフォーマンス動態に関するトレーニング学的研究—オリンピック競技大会の前後大会に着目して—. 陸上競技学会誌, 第13巻, 51-59.
- Krüger, A. (1973) Periodization, or peaking at the right time. Track Technique 54: 1720-1724.
- 川口逸人・青山亜紀・青山清英 (2016) 世界一流陸上競技者におけるオリンピック対岡井のパフォーマンス発揮に関するトレーニング学的研究. 日本体育学会第67回大会号, pp.266.
- 荻山 靖 (2017) トレーニングピリオダイゼーション. 日本コーチング学会 (編) コーチング学への招待. 大修館書店 : 東京, pp.72-74.
- МАТВЕЕВ, Л. П. (1965) : Проблема периодизации Спортивной Тренировки. Москва, pp. 10-97.
- 村木征人 (1975) トレーニングの周期構造とトレーニング計画. 陸上競技マガジン, 25 (14) : pp.24-35.
- 村木征人 (1985) 上級ジャンパーのトレーニングの合理化—筋力集中方式トレーニングの理論と実際—. 日本バイオメカニクス学会, 第4巻 (11) : 797-802.
- 村木征人 (1987) エリートスポーツ選手のデータ比較—陸上競技スプリンター・ジャンパー—. 体育の科学, 第37巻 (12) : 912-913.
- 村木征人 (1989) オリンピック大会 (陸上競技) での競技達成に関するトレーニング論的考察. 日本体育学会第40回大会号, pp.584.
- 村木征人 (1994) スポーツトレーニング理論. 有限会社ブックハウス・エイチディ : 東京, pp.62-86.

4 × 100 mリレー・パフォーマンス向上のための アンダーハンドパス技術と戦略

杉浦雄策¹⁾, 佐久間和彦²⁾, 杉田正明³⁾

Modified upsweep pass and strategies to improve performance in the 4 × 100 meter relay

Yusaku SUGIURA¹⁾, Kazuhiko SAKUMA²⁾, Masaaki SUGITA³⁾

Abstract

In the 4 × 100 m relay, tactical modifications and adoption of strategies that save split seconds can be the difference between victory and defeat. In this, it is important to employ a scheme that would allow runners to carry out baton passes that enable them to sprint at the highest speed possible in the exchange zone and on their individual sprint legs. In the 4 × 100 m relay, an important challenge is to transfer the baton without loss of speed (especially at the time of exchanging the baton) as it reduces the exchange zone time. Furthermore, runners need to acquire management for errors that occur due to baton pass work. Using the modified upsweep pass, completing the baton pass in the second half of the exchange zone reduces the exchange zone time and smooth acceleration reduces the 100-m interval time. Extending the checkmark distance ensures smooth acceleration and a reliable baton passing performance. Consequently, adopting the modified upsweep pass and implementing strategies achieve significant success at the highest level in the 4 × 100 m relay.

キーワード : upsweep pass, 4 × 100 m relay, performance, tactics, strategy

1. 緒言

4 × 100m リレーにおいて、疾走能力に圧倒的優位を保てない日本が“世界と戦う”には、バトンパスの技術が優れていなくてはならない。その結果、30年以上前のわが国は、個々の疾走能力、バトンパスに関係する種々の要素を“主観的に判断”し、4 × 100m リレーのパフォーマンス向上を試みていた。その結果、1990年当時の男子4 × 100m リレーの日本記録は38秒90、世界記録は37秒79と1秒以上の差があり、個人種目(100m)においても、世界とは大きく離れている状況にあった(1990年当時：日本記録10秒27、世界記録9秒92)。外国選手と比較して体力(形態と機能)で劣る日本人選手が主観(感覚・感性)に頼って、パフォーマンスを向上させ

ていくことには、限界があったといえる。また主観的であったが故、わが国の短距離走種目(100m・4 × 100m リレー)におけるパフォーマンス向上のためのトレーニング・競技実践方法も、現在と比較すると決して効果的でなく、非合理的な部分もあったと推察される。新たな発想と独創性に基づく変革がなければ、日本人選手が“世界”との差を縮めることは難しいことであった。

1990年代半ばになるとテクノロジーの発達も伴って、競技スポーツに対して科学的サポートが充実し、体系化(客観化)されていった^{8,14)}。“世界基準”を目指した日本人選手のパフォーマンス向上のためには、スポーツ科学を活用し、個々の選手は特性に応じた合理的な技術(戦術)を習得し、それらを活かしたプラン(戦略)を構築していくことが必須の状況であった。

近年、わが国では、選手やコーチによる「主観(感性・感覚：芸術)的なパフォーマンス発揮方法」に、スポーツ科学者が提示する「客観的な事実」を融合させていくことを実践し、成果を上げてきている。

わが国におけるリレー・パフォーマンス強化策は、“Science and Art”であり、いまもなお継続されている。すなわち、科学者、指導者、実践者(選手)が協働し、リレー・パフォーマンス向上のための戦法(戦術・戦略)を“Thinking outside the box”で思考し²⁵⁾、理論と実践の両面からバトンパスワークに改良を重ねるということである。

そこで本研究は、エビデンスに基づいたバトンパスに関連する戦術・戦略の考え方とその具体的な取り組み(トレーニング・競技会での実践)を概説するとともに、今後の4 × 100m リレーの競技力向上のための示唆を提示す

1) 明海大学 Meikai university
〒279-8550 千葉県浦安市明海1丁目
2) 大韓陸上連盟 Korea Association of Athletics Federation
〒05402 Dasung Bldg 3F 199, Gandong-daero, Gandon-gu, SEOUL, Korea
3) 日本体育大学 Nippon sport science university
〒158-8508 東京都世田谷区深沢7-1-1

ることを目的とする。

2. 4 × 100m リレー強化と科学的サポート

トラック1周(400m)を4つの疾走区間(100m)に分けて、3箇所あるバトンゾーン(20m:2018年度より日本陸上競技連盟ルール改正により、30m)で走者がバトンを引き継ぎ、4人で要したタイムを競う競技が、4 × 100m リレーである。4人でバトンを継走することから、日本では「4継」とも呼ばれている。世界大会(オリンピック、世界陸上)では、4人の走者がバトンを引き継ぎ、国の威信をかけて“世界一速い国”を決めている。4 × 100m リレーでは、選手個々の疾走能力とともに3箇所のバトンパスの巧拙が記録、順位に少なからず影響を与える²⁵⁾。疾走能力の劣るチームにとっては、バトンパスに関する種々の要素で時間短縮^{33), 35)}を図ることが戦略上極めて重要となる。

日本代表の100m走種目における世界大会(オリンピック、世界陸上)での戦績は、1932年ロサンゼルスオリンピックでの吉岡隆徳選手の6位入賞以来、長い間“世界で戦えない”状態が続いている¹¹⁾。いつの日か、オリンピックの100m決勝で、日本代表選手が世界の強豪選手らと肩を並べてゴールまで勝負できたら、どれほどエキサイティングなことであろうか。

しかし、2016年リオデジャネイロ・オリンピック4 × 100m リレー決勝では、アンカーのケンブリッジ飛鳥選手がバトンを受けた後、ウサイン・ボルト選手(ジャマイカ:100m・200m・4 × 100m リレー世界記録保持者)とわずかな区間であったが、並走した。その後引き離されはしたが、日本チームはアメリカチーム(その後、失格)の猛追をかわし、銀メダル(37秒60:アジア新記録)を獲得した。その瞬間は、5年経過したいまでも鮮明に脳裏に焼き付いている。

いまから30年以上前、「日本(短距離)選手は世界の強豪選手にかなうはずがない¹¹⁾」ということが“常識”とされる感覚が選手のみならず指導者にもあったことは、否定できない。当時、「短距離を強くするためには、まずリレーを派遣すること」という日本陸上競技連盟・青木半治会長の方針で、1987年ローマ世界選手権と1988年ソウルオリンピック(20年ぶり)にリレー出場を果たした¹¹⁾。

1987年ローマ世界選手権から4年後の1991年に、第3回世界陸上大会が東京で開催された。この大会を機に、わが国の短距離走種目における「スプリント革命」が始まった^{1), 8), 14)}。すなわち、科学委員会(元委員長:小林寛道・前委員長:阿江通良)が主導した科学的手法を用いた分析結果から、スプリントパフォーマンスを向上させるための合理的な走り方の究明とそのトレーニング実践法の導入である。

これによって、100m走選手の個々の疾走能力が飛躍

的に向上していくことになる。1991年当時の100m走日本記録10秒20(井上悟選手)は、2020年までの29年間で9秒97(サニブラウンハキーム選手)までに短縮された。そして現在、わが国は9秒台の自己記録をもつ現役選手が複数存在(桐生祥秀・小池祐貴選手:9秒98)するまでになった。また、これに次ぐ10秒0台の若手やベテラン選手も入り乱れ、現在、男子短距離界は“群雄割拠”の時代を迎えている。これは、選手の“不断の努力”のみならず、指導者と科学者の協働による“成果の証”ともいえる。

代表選手らの疾走能力が躍進していくにしたがって、世界大会における日本代表4 × 100m リレーでの戦績も向上していくことになる。4 × 100m リレーでは、「個々の疾走能力の向上」且つ「高いバトンパス技術の獲得」が、より高いパフォーマンスを発揮する(世界大会で勝つ)ための十分条件となる。わが国は、選手個々の疾走能力がリレー強豪国(ジャマイカ、アメリカ、イギリス)の選手らと比較して必ずしも高くない¹⁷⁾ので、高いバトンパス技術の獲得に、より“力”をいれてきた。

わが国の4 × 100m リレーに関するバトンパス研究の草創は、1991年に遡る。杉浦と沼澤³⁰⁾およびSugiura et al.³¹⁾は、同年に開催された世界陸上東京大会での4 × 100m リレー予選・決勝の時間分析を行い、「リレー・パフォーマンス向上には、可能な限り高い疾走速度でバトンを受け渡すことのできるアンダーハンドパスの導入を検討する必要がある」ことを示唆した。その後1998年シーズン当初から、4 × 100m リレーでは、「バトンの移動速度」をいかに低下させずに走れるかが、最も重要である」と考えていた佐久間(前順天堂大学・元強化委員会短距離コーチ)²³⁾が、その示唆(エビデンス)に基づいたアンダーハンドパス技術を、自身が指導する大学のスプリントチームに導入し、成果を上げていった^{5), 25)}(Fig. 1)。そして、佐久間が改良したアンダーハンドパスは国内外の主要競技会において、大学のみならず日本代表チームの4 × 100m リレーのバトンパス技術・パフォーマンス向上に大きな影響を与えていくことになる²⁵⁾。しかしこの間、「吐故納新」を図るにあたっては、トレーニング・競技会での実践の場で、選手・コーチらのさまざまな想いが交錯することになる¹⁵⁾。

1992年のバルセロナオリンピックで日本代表チームは、6位入賞(38秒77:日本記録)を果たす。これに先立つオリンピック直前の南部忠平記念大会で、深代ら(科学委員会)⁷⁾は、代表チームのバトンパスについてのバイオメカニカルチェックを実施した(Fig. 2)²⁸⁾。3箇所のバトンゾーン(20m)における2m毎の走者(バトン受け/渡し)の通過タイムを分析すること(Fig. 3)で、ロスの少ない“理想的なバトンパス”を究明し、バトン受け走者のチェックマークの設定距離やバトンゾーン所要時間短縮のための明確な数値(客観的基準)を導

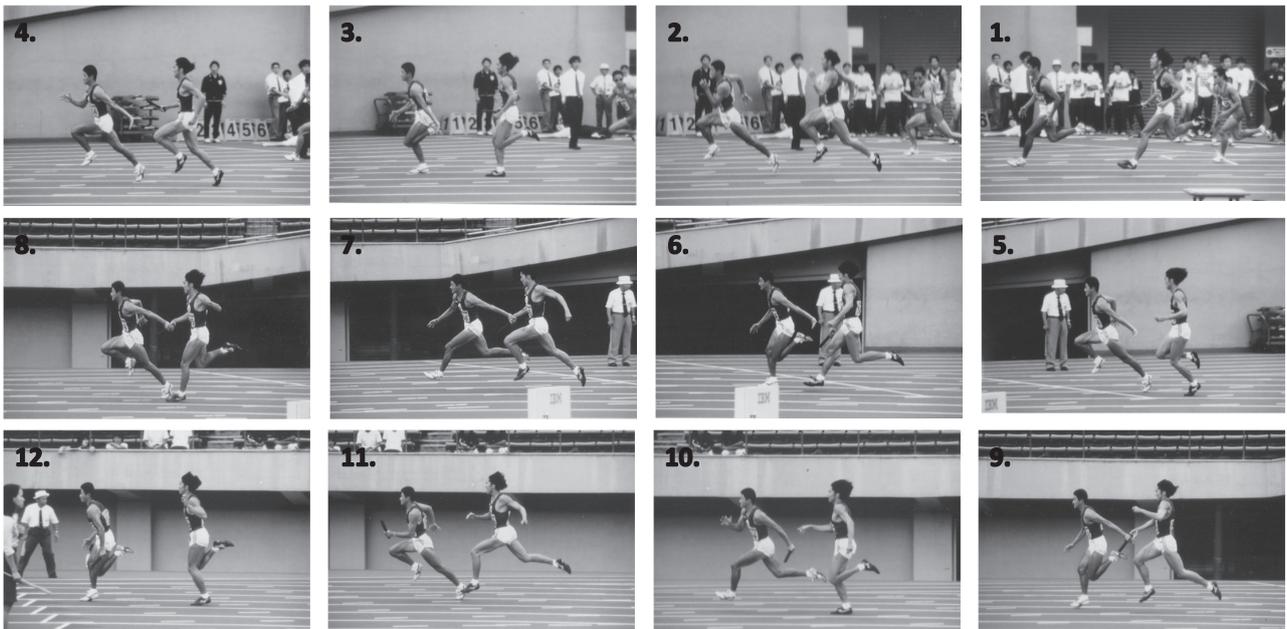


Figure 1: Sequence of good modified upsweep pass demonstrated by Juntendo University Sprint Team in 1998 (Japan Inter-University Athletics Championships) photos by getsuriku

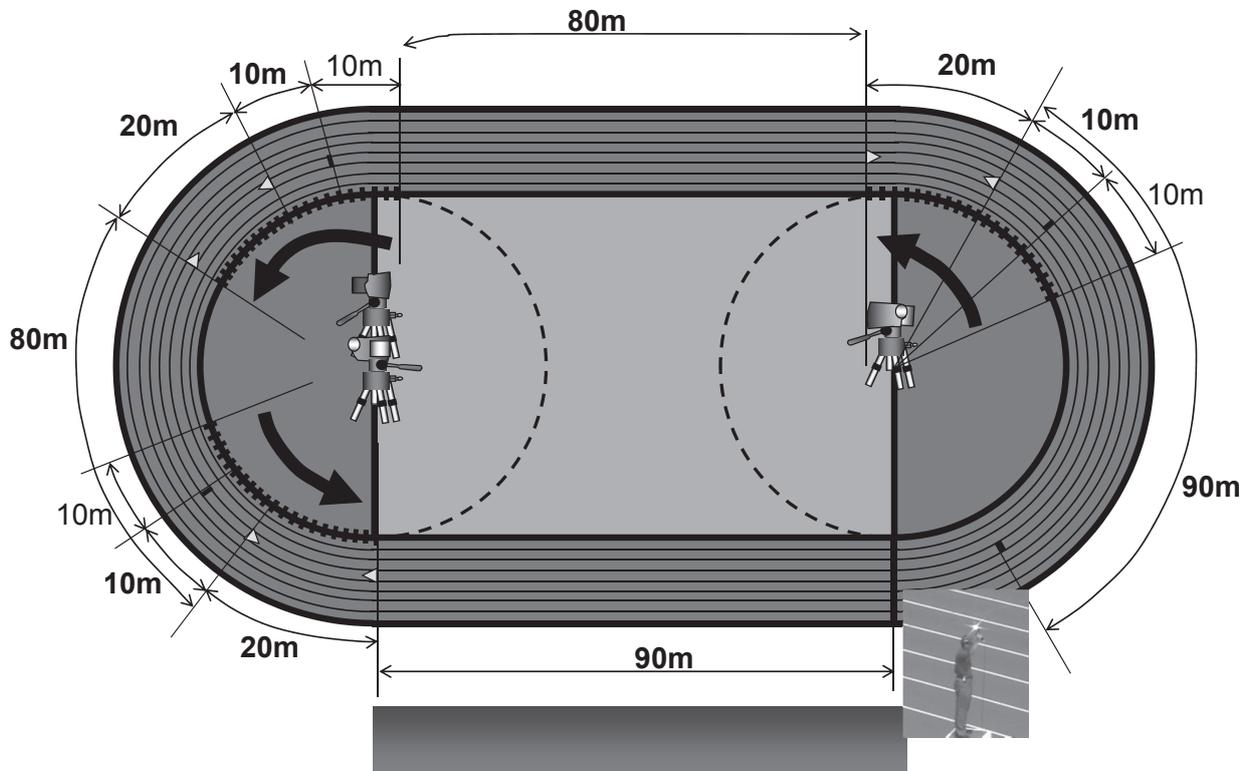


Figure 2: Schematic of videotaping the three baton pass points of the 4 x 100m Relay

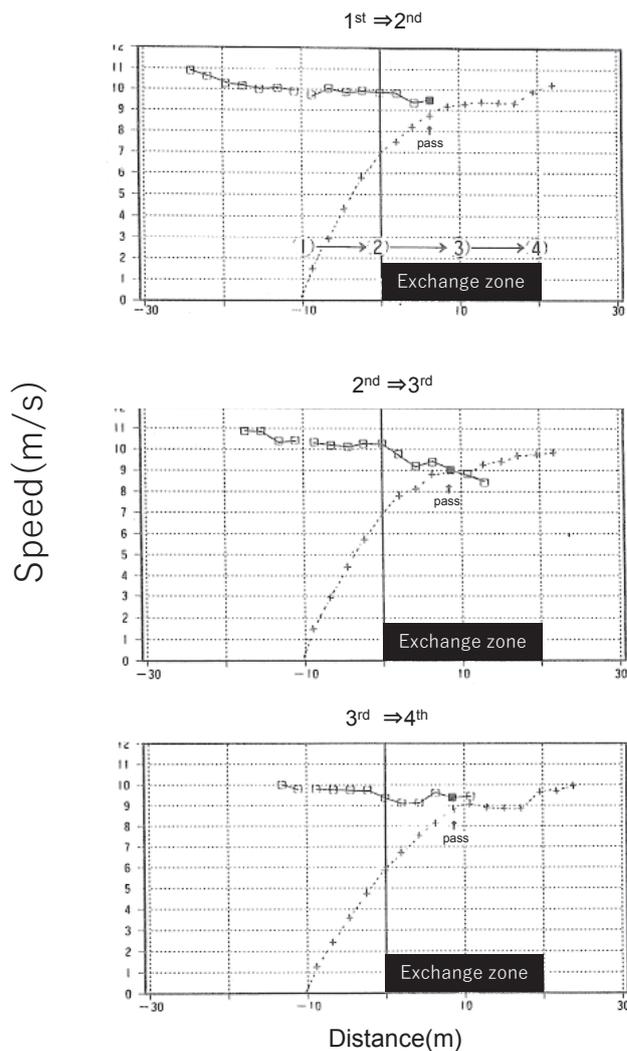


Figure 3: Changes in the speed of the incoming runner and the outgoing runner of the exchange zone

き出した。さらに、杉浦と沼澤の分析結果³¹⁾を参考に、バトンパスのロスタイムを除いた代表チーム・メンバーによるバルセロナオリンピックでの達成可能タイムは38秒73と試算した。この試算は、オリンピック決勝タイム(38秒77)とほぼ一致した。その後、科学委員会¹⁸⁾は1994年のアジア大会(39秒37：金メダル)においても、その直前のTOTOスーパー陸上で同様の分析を行い、バトンパステクニックの巧拙を客観的に提示し、“理想的なバトンパス”が可能であれば、代表チームには38秒7台の“潜在的な力”があることを示した。

2001年になると、強化委員会(元強化委員長・短距離部長 高野進)³⁶⁾が理論(科学)と実践(戦績)に基づいたアンダーハンドパスの実効性に着目し、その技術を日本代表チームに採用・導入するプロジェクトを決断する¹¹⁾。科学委員会は2001年から再び、南部記念陸上、スーパー陸上、大阪グランプリ大会などで、バトンゾーンの選手の通過タイム分析からゾーン所要タイム・個人タイムを算出し、積極的な科学サポートを行った²⁷⁻³⁰⁾。この頃から、4×100mリレー分析結果のフィードバック(科

学委員会→強化委員会)フォームがフォーマット化された(Table 1)。2004年のアテネオリンピックでは、科学委員会が直前の大会での代表チームのバトンパスに関する分析を行い、バトンパスのロスタイムが無ければ、38秒19のタイムが可能になると試算した²⁹⁾。結果、日本代表チームは38秒49で4位入賞を果たす。科学・強化委員会プロジェクトが、成果として現れることになったのである。

その後も代表チームの選手とコーチ(前短距離部長 苅部俊二・現短距離部長 土江寛裕)の精力的な取り組み³⁷⁾と科学委員会(現委員長：杉田)による合宿および大会サポート等¹⁷⁾によって、バトンパス技術の改良・継承が積み重ねられていった。その成果は、オリンピック(アテネ：4位、北京：銀メダル、リオデジャネイロ：銀メダル)や2001年以降の世界選手権の好成績に如実に現れている。2016年リオデジャネイロオリンピックの男子4×100mリレーで、日本が銀メダルを獲得した際には、U.ボルト選手(ジャマイカ)が記者会見で、「日本はチームワークがいい。この数年、彼らを見てきたが、

Table 1: 2004 Grand Prix series in Osaka. (2004.5.4)
Men 4 × 100 m relay result of analysis

'04大阪A (38秒35. 1走: 朝原、2走: 末續、3走: 吉野、4走: 大前)
'04大阪B (39秒07. 1走: 土江、2走: 宮崎、3走: 高平、4走: 石倉)
'01南部 (39秒09. 1走: 土江、2走: 末續、3走: 藤本、4走: 安井)
'02南部 (40秒13. 1走: 土江、2走: 菅野、3走: 伊藤、4走: 大前)
'02スーパー (39秒07. 1走: 宮崎、2走: 末續、3走: 奥迫、4走: 朝原)

ゾーン入口、出口のタイム

	'04大阪A	'04大阪B	'02スーパー	'02南部	'01南部
1→2走 入口	9.50	9.57	9.65	9.87	9.71
1→2走 出口	11.40	11.52	11.63	11.82	11.66
2→3走 入口	18.65	19.05	18.91	19.54	18.84
2→3走 出口	20.60	21.02	20.92	21.62	20.76
3→4走 入口	28.10	28.50	28.64	29.31	28.29
3→4走 出口	30.02	30.48	30.70	31.42	30.41
フィニッシュタイム	38.35	39.07	39.07	40.13	39.09

(単位: 秒)

ゾーン (20m) 所要タイム

	'04大阪A	'04大阪B	'02スーパー	'02南部	'01南部
1→2走	1.90	1.95	1.98	1.95	1.95
2→3走	1.95	1.97	2.01	2.08	1.92
3→4走	1.92	1.98	2.06	2.11	2.12
バトンタイム	5.77	5.90	6.05	6.13	5.99
疾走タイム	32.58	33.17	33.02	34.00	33.10

(単位: 秒)

個人タイム

	'04大阪A	'04大阪B	'02スーパー	'02南部	'01南部
90m.....1走	9.50	9.57	9.65	9.87	9.71
30+80m 2走	7.25	7.53	7.28	7.72	7.18
30+80m 3走	7.50	7.48	7.73	7.69	7.53
30+90m 4走	8.33	8.59	8.37	8.71	8.68

(加速距離+疾走距離)

(単位: 秒)

彼らのバトンパス (アンダーハンド) はいつも素晴らしい。われわれよりはるかにたくさんの (バトンパス) 練習をしていて、チームメートを信頼している」と日本チームを称賛した (毎日新聞オンライン, 2016年8月20日)。

リオデジャネイロオリンピックで銀メダルを獲得した日本代表チームの今後の目標は、2020東京オリンピック

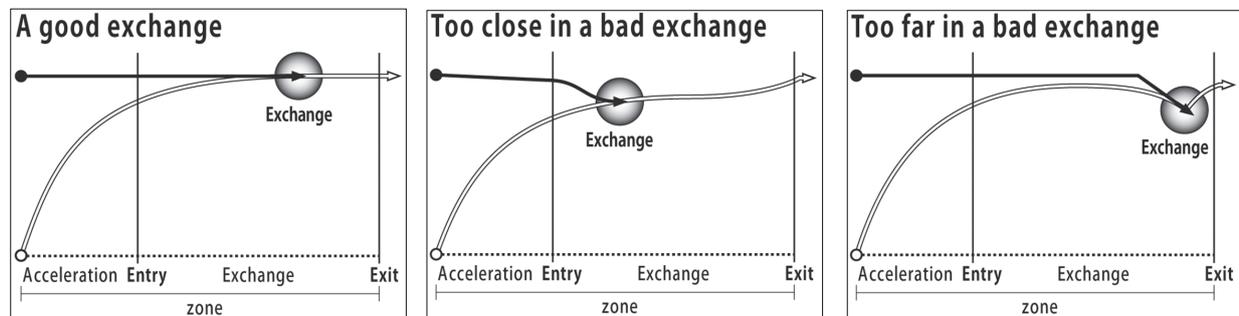
ク (2021年開催予定) での金メダルとなった。さらなる選手個々の疾走能力の向上、バトンパス精度の維持・向上が図られれば、日本代表男子4×100mリレーでの「センターポールに日の丸」は、決して不可能な目標でないだろう³⁷⁾。

3. アンダーハンドパスの戦術

1) オーバーハンドパスとアンダーハンドパス

バトンパスは、オーバーハンドとアンダーハンドに大別できる^{5),24)}。一般的に、オーバーハンドパスは肩の高さの位置で、アンダーハンドパスは臀部の後方の位置で、それぞれバトンの受け渡しを行う。アンダーハンドパスはオーバーハンドパスと比較して、バトンパス所要時間 (受け走者の受け手が自身の腰部を通過したときから、バトンを受けとるまでに要した時間) が短いといわれてきた。しかし、実際に両パスの所要時間には差が認められていない²⁴⁾。高速且つ、さまざまな要因 (動作・心理) が複雑に関与する実際のバトンパスは、理論がそのまま適用されるわけではないことを認識しておくべきであろう^{21),39)}。実践において、バトンゾーンで受け/渡し走者の疾走速度が同調し、パス動作が同期する“理想的な”バトンの受け渡しが行われることは難しい。オリンピックや世界選手権の決勝では、尚更である²⁵⁾。

“理想的なバトンパス”は、バトン渡し/受け走者両者ができる限り高い疾走速度でバトンを受け渡すことにある^{19),25)} (Fig. 4)。4×100mリレーでは、如何にバトンの速度を落とさずに移動させるかが課題となる。杉浦と沼澤³¹⁾ および Sugiura et al.³²⁾ は、1991年世界陸上東京大会男子4×100mリレーにおいて、オーバーハンドパスを用いて世界新記録で優勝したアメリカチームと、走力でアメリカに劣るがアンダーハンドパスを用いて2位となったフランスチーム (1990年に世界記録樹立) の時間・速度分析を行い、アンダーハンドパスの優位性を明らかにした。



● Incoming runner ○ Outgoing runner

Figure 4: Speed pattern of runners in a good and bad exchange

しかし、今もなお世界的に主流となっているバトンパスは、オーバーハンドである。オーバーハンドパスがアンダーハンドパスより好まれる理由は、いくつかある^{21),25)}。

- ・バトン渡し走者は、手首や肘関節を用いることで、より小さな慣性動作によってバトンを受け走者の手のひらに押し込む（渡す）ことができる
- ・バトン渡し走者は、受け走者の手のひらを視認しやすいので、バトンを渡しやすい
- ・バトン渡し走者と受け走者の利得距離が長いので、両者がバトンを保持して疾走する距離は、短くなる
言い換えれば、これらの事由の逆説がアンダーハンドパスの短所となる。加えて、旧来から多くのコーチが指摘しているアンダーハンドパスの最大の短所は、
- ・バトン受け走者は、渡し走者の握るバトンの残り部分を掴むため、パスを繰り返すごとに（バトンゾーン第2・3区間で）握るスペースが徐々に狭くなる

り^{16),24),25)}、時に握り直しが必要になる（Fig.5）。バトンの握り直しは、バトンを落とす要因にもなり得る¹⁶⁾。また第4走者でのバトンの握り替えも、疾走速度の低下を引き起こすことになる⁶⁾。

アンダーハンドパスの短所は、バトン渡し走者および受け走者それぞれに観察される。われわれは、これらの短所を解決するために、理論と実践の両面からアンダーハンドパスに改良を重ねてきた。

2) バトンの受け渡し

バトン渡し走者は、バトンパス直前に受け走者の手の位置を確認した後、手首の掌屈動作によって（Fig. 6）、受け走者の手のひらに自身の手のひらを合わせるようにして^{5),24),25)}、バトンを渡す（Fig. 7）。これらの動作の改良によって、アンダーハンドによる“バトンパスワーク”は確実になり、またバトンの握り直し（替え）もなくなる。

3) 利得距離



Figure 5: Traditional upsweep pass
The grasp space of outgoing runner is reduced in subsequent pass.
The palm of the incoming runner's is facing down when passing the baton.



Figure 6: Modified upsweep pass #1
The incoming runner, after confirming the position of the palm of the outgoing runner's, passes the baton though volar flexion, or palmar flexion, of the wrist.

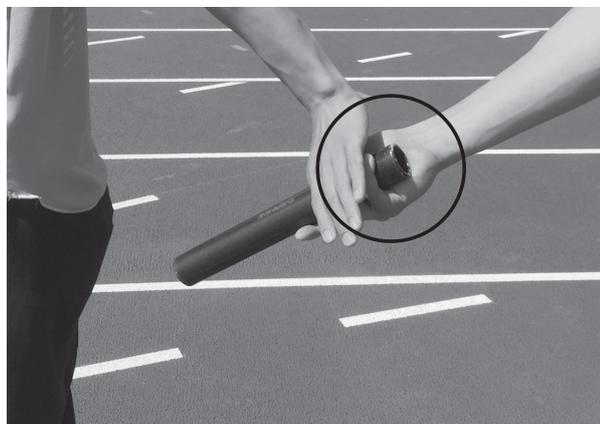


Figure 7: Modified upsweep pass #2
The ingoing runner coordinate his or her own palm with that of outgoing runner.
The palm of the incoming runner is facing up when passing the baton.

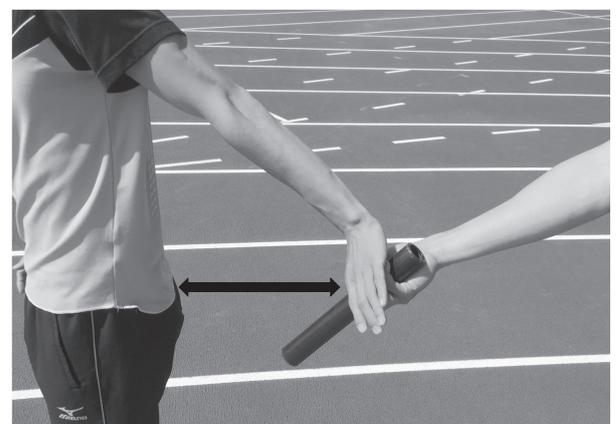


Figure 8: Modified upsweep pass #3
Maintain distance from the hip.

バトン受け走者は自然な腕振り動作を崩さず^{5),38)}、前腕を肘関節の伸展動作によって臀部のより後方に差し出すことで、いくらか利得距離を確保できる (Fig. 8)。しかし利得距離は、それほど重要ではない^{25),38)}。近年のオリンピックや世界選手権の決勝において、オーバーハンドパスを用いているジャマイカやアメリカチームも、十分な利得距離は確保できていない。実際、プレッシャーのかかる状況でオーバーハンドパスによる利得距離がアドバンテージになることは、難しい²⁵⁾。杉浦と沼澤³¹⁾および Sugiura et al.³²⁾は、オーバーハンドパスによる利得距離を確保するよりも、アンダーハンドパスのより良い技術を習得するほうが望ましいことを示唆している。

大学生の短距離選手（高校生までオーバーハンドパスを使用）を対象に、改良したアンダーハンドパスを導入し、バトンパスの選好性について観察したところ、80%以上の選手が改良したアンダーハンドパスを選択した^{24),34)}。その理由は、改良したアンダーハンドパスはオーバーハンドパスと比較して、疾走動作が大きく崩れないため、バトンを渡しやすいことであった。この知見は、バトン渡し走者が受け走者の手のひら（ターゲット）を視認しやすいことよりも、疾走動作が崩れにくいことを選択したことを意味する。

改良されたアンダーハンドパスは、自然な腕振り動作を崩さず、疾走速度の低下を抑え、確実なバトンの受け渡しが可能であり、リレー・パフォーマンス向上に有効に機能するといえる (Fig. 9)。改良したアンダーハンドパスには、不利な要素が見当たらない。



Figure 9: The upsweep passing technique and the downsweep passing technique (the upsweep allows natural running motion while the downsweep involves an unnatural running motion) photo by New Studies in Athletics

4. 4 × 100m リレーの戦略

1) チェックマークの延長とバトン受け走者のスムーズな加速

バトン受け走者のチェックマークの長さの違いが、加速方法や疾走速度に及ぼす影響について明らかにした研究は少ない。Mach は¹⁶⁾、バトン受け走者の加速方法を intensive と smooth に区分している。smooth な加速方法では、受け走者が制御しながら徐々に速度を高めていくため、バトンを受け取るまでの間に無駄なエネルギーを消費しないことから、100m 区間を最大努力で疾走することができる。さらに佐久間²²⁾は、バトン受け走者の2種類のスタート法について検討している。その結果、スロースタート (smooth) な加速は、クイックスタート (intensive) な加速と比較して、疾走最高速度を高くし、速度減速率を低くすることで、100m 区間タイムを短縮 ($p < 0.01$ 平均値の差: 風速 0m; 0.10 秒, -1.0m ~ -3.0m; 0.15 秒) させるとしている。さらに、チェックマーク距離延長の重要性についても言及している^{22),23),25)}。一般的なチェックマークの距離は、25 ~ 30 足長程度であり、バトン渡し走者のチェックマーク通過時の疾走速度は、10m/秒を超える高速である¹⁹⁾。したがって、バトン受け走者は、渡し走者のチェックマークの通過時に、加速・スタートのタイミングを調整 (アジャスト) することは難しく、バトン渡し走者がチェックマークを“通過するや否や”の受け走者の加速・スタートの反応 (時間) は、個人内変動が大きい⁹⁾。この事実は、バトンパスのミス (詰まった・間延びした) を誘発する要因にもなる (Fig. 10)。

このミスを少なくするためには、チェックマークを10足長程度長くし35 ~ 40足長に延長すると良い²⁵⁾。バトン受け走者は渡し走者がチェックマークを“通過したことを確認してから”スタートし、徐々に加速していく²⁵⁾。これによって、“理想的な”バトンパスが可能になる。この“ゆとり (確認してから)”は、心理的プレッシャーでバトン受け走者のスタートのタイミングが遅くなったり、早くなったりすることを抑制し、バトンパスの確実性を高めることにつながる²⁵⁾ (Fig. 10)。バトン受け走者は、加速し100m 区間を疾走する。チェックマークを35 ~ 40足長にすることで、バトン受け走者の確実且つスムーズな加速が可能となり、区間 (バトンゾーンおよび疾走) のより速いタイムに寄与するのである²⁵⁾。

2) バトンゾーン後半区間におけるバトンパス完了位置

バトンパスの完了位置は、「バトンの速度を落とさずに移動する^{19),23),25)}」という課題に対して重要な示唆を与える。なぜなら、バトンゾーンにおけるバトン渡し/受け走者の疾走速度は、バトンパスの完了区間 (前半・後半) に大きな影響を及ぼすからである。

この典型的な例は、1991年世界陸上東京大会男子4 × 100m リレー決勝でアメリカとフランスチームのバト



Smooth acceleration method (4-6)
 A long check-mark (35-40 foot-length)
 allows smooth start.
 It ensures certain start of outgoing
 runner.



Intensive acceleration method (1-3)
 A short check-mark (25-30 foot-length)
 demands intensive start.
 It may trigger uncertain start of
 outgoing runner.

Figure 10: Two acceleration methods

ンゾーン第3区間で観察されている⁸⁾ (Fig. 11). アメリカは、バトンパスがバトンゾーン前半区間で、一方フランスは、バトンパスが後半区間で、それぞれ完了した。アメリカのバトン渡し走者 Mitchell は、バトンパス完了区間（前半）を 9.90m/秒で、受け走者 Lewis は 8.33m/秒で疾走した。アメリカは、バトン受け走者が十分に加速できず、渡し走者の疾走速度（高速）に同調できなかったため、バトンパスの完了がバトンゾーン前半区間と

なった。一方、フランスのバトン渡し走者 Trouabal は、バトンゾーン完了区間（後半）を 9.71m/秒で、受け走者 Meria-rose は 9.80m/秒で疾走した。フランスは、バトン受け走者が十分に加速できたため、渡し走者の疾走速度（高速）に同調し、バトンパスの完了がバトンゾーン後半区間となった。

バトンゾーン前半区間でのバトン渡し走者の疾走速度は、10m/秒超である^{10,19)}。バトン受け走者がこれと同

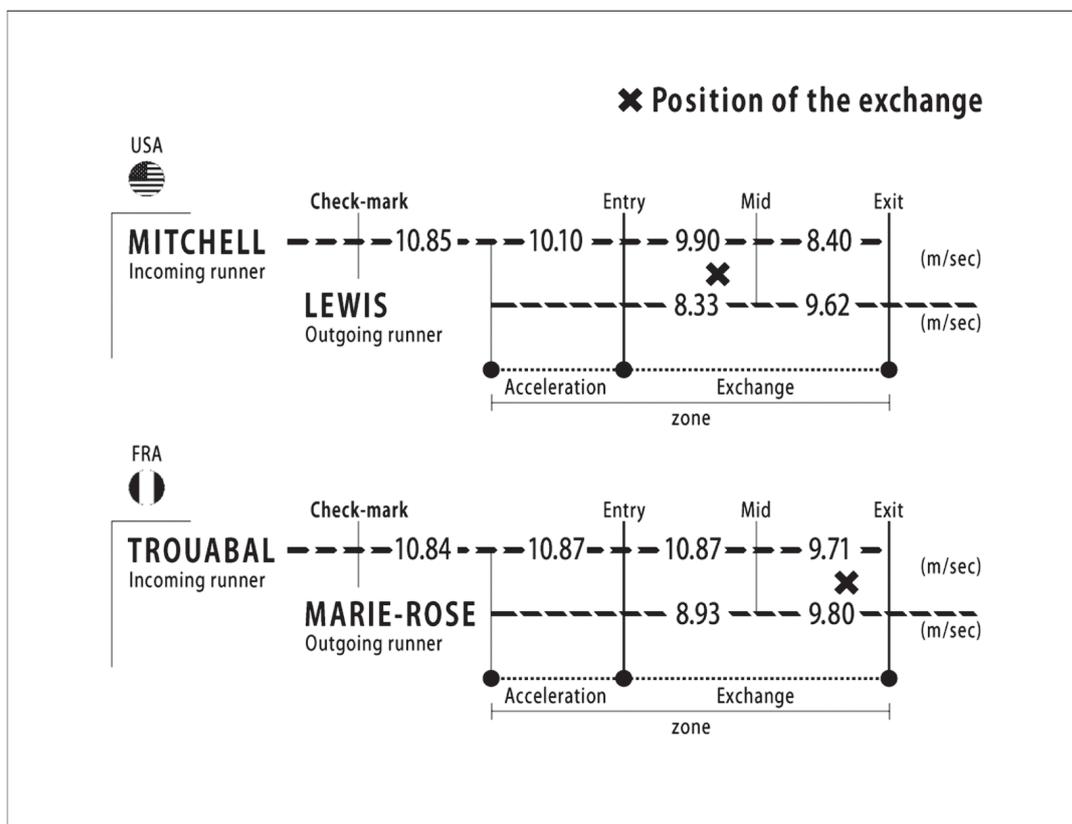


Figure 11: Different exchange position and the speed of runners

程度 (10m/秒超) の疾走速度に達するためには、速度—距離関係からみて^{2),12)}、少なくとも20m以上の助走距離が必要になる。バトン受け走者が渡し走者の疾走速度と同調するためには、バトンゾーンの中央より後方区間でのバトンパスが求められる。バトンパスの完了位置は、バトンゾーンを1/3に分けた場合、その最終区間で完了することが望ましい^{20),26)}。バトンゾーン後半区間でバトンパスを完了すれば、高い疾走速度でのバトンの受け渡しが可能となる。

5. アンダーハンドパス技術と戦略による効果

4選手の走力が高いことは、4×100mリレーのレースタイムに間違いなく有利に働く。しかし、走力が劣るチームであっても、戦術を確立し戦略を駆使すればリレー・パフォーマンスが向上し、良い成績を収めることが可能である。具体的には、4×100mリレーでは、選手が3箇所のバトンゾーンおよび4箇所の100m区間をできる限り高速で疾走できる戦法を用いることである。また選手は、バトンパスワークで起きるミスに対するマネジメントについても習得しておくべきであろう。

1) バトンゾーン所要時間の短縮

3箇所のバトンゾーンの総計距離は、60mである。4×100mリレーでは、60m区間でのバトン渡し/受け走者の疾走速度の低下を抑え、バトンゾーン所要時間を短縮することが課題となる。

われわれの知る限り、オリンピックや世界選手権において計測されたバトンゾーン所要時間の最も短い数値は、1991年世界陸上東京大会男子4×100mリレーでアンダーハンドパスを採用していたフランスチームによる1.79秒である。さらにフランスは、同大会において、3箇所のバトンゾーン所要時間の総計も最も短かった^{31),32)}。また大学生短距離走者を対象にした実験走では²⁴⁾、アンダーハンドパスのバトンゾーン所要時間がオーバーハンドパスと比較して、短かった ($p<0.01$, 平均値の差: 0.09秒)。

自然な腕振り動作からの変容が大きいオーバーハンドパスと比較して、アンダーハンドパスは、動作変容が小さく済む⁹⁾。そのためアンダーハンドパスは、疾走速度の低下を抑えたバトンの受け渡しを可能にし、バトンゾーン所要時間を短縮するのである。

バトンゾーン所要時間の短縮には、バトンパス完了位置も大きく影響を与える。バトンゾーン所要時間は、バトンパスが前半区間で完了すると長くなり、逆に後半区間で完了すると短くなる^{31),32)}。この事実は、国内外の主要競技会で得られたデータからも証明されている^{33),34)}。1991年世界陸上東京大会では、男子4×100mリレー決勝における上位3チーム(アメリカ、フランス、イギリス)のバトンパス完了位置とバトンゾーン所要時間には、明確な傾向が観察された^{31),32)}。それぞれのチームで

最も長いバトンゾーン所要時間は、2.02秒、1.88秒、1.91秒であった。いずれも、バトンパスはバトンゾーン前半区間で完了していた。一方、バトンパスをバトンゾーン後半区間で完了した事例では、1.79秒~1.85秒であった。また、日本国内の学生対校選手権³⁵⁾でも、バトンゾーン所要時間は、後半区間でのバトンパス完了のほうが前半区間での完了よりも、短かった ($p<0.05$, 平均値の差: 0.07秒)。

バトンゾーンの中央より後方区間でバトンを受ける走者は、渡し走者の疾走速度と同調することができるため、バトンゾーン後半区間でのバトンパス完了は、バトンゾーン所要時間を短縮できるのである。

2) 疾走区間タイムの短縮

4×100mリレーでは、それぞれの走者(第一走者を除く)がバトンゾーンでバトンを受けとり、区間を疾走する。パス時の疾走速度の低下を抑えてバトンを受けとり、バトン受け走者がバトンゾーン出口をできる限り高い速度で通過していくことは、その後の疾走区間タイムの短縮に貢献するだろう。

近年、バトン受け走者の加速をそがない(緩めない)バトンパスの優位性を論じるとき、バトンパス完了後のバトン受け走者の疾走時間が、その指標として用いられている^{13),17),24)}。大学生短距離走者を対象とした実験走において²⁴⁾、バトンパス完了位置から20m前方位置までに要したバトン受け走者の疾走時間は、改良されたアンダーハンドパスがオーバーハンドパスよりも短かった ($p<0.001$, 平均値の差: 0.09秒)。また2016年リオデジャネイロオリンピックの男子4×100mリレー決勝における上位3チームの40m(ブルーゾーン+バトンゾーン+10m)所要時間の3箇所の総計は、アンダーハンドパスを用いた日本が11.27秒で、オーバーハンドパスを用いていたジャマイカおよびカナダは、それぞれ11.41秒、11.33秒であった。3チームのなかで走力が最も劣る日本ではあるが、40m所要時間は最も短かったのである^{13),17)}。

これらの事実は、パス時の疾走速度の低下を抑え、バトン受け走者の加速をそがない(緩めない)アンダーハンドパスの優位性を示唆する結果である。アンダーハンドパスは、自然な疾走動作を大きく崩すことなくバトンパスを完了させるので⁹⁾、バトン受け走者の疾走区間タイムを短縮することに貢献している。

バトン受け走者の疾走区間は、おおよそ120mになる^{4),23)}。100m走の自己記録が高ければ、その区間をできる限り短時間で疾走できる可能性は、高い。しかし、疾走距離が長くなるので、100m走のようにスタートから最大努力で疾走することは、難しい^{23),25)}。100m走におけるintensive or explosiveなスタートによる加速法は、適さない。バトン受け走者は、スムーズな加速によって120mを疾走していくことが望ましい^{23),25)}。

スムーズな加速方法は、バトンを受けとるまでの20mに無駄なエネルギーを使わないため¹⁶⁾、疾走区間後半で疾走速度を維持しやすくなる²²⁾。したがってスムーズな加速は、バトン受け走者の疾走区間における疾走タイム短縮²²⁾に貢献する。またバトン受け走者の疾走速度が疾走区間後半で維持できれば、“間延びした”バトンパスを減らすことができる。

3) バトンパスにおけるリスクマネジメント

4×100mリレーで起こり得るミスの多くは、バトン受け走者のスタートのタイミングに起因する²⁶⁾。バトン受け走者のスタートのタイミングが早いと“間延びした”バトンパスに、遅いと“詰まった”バトンパスになる²⁶⁾。

“間延びした”バトンパスでは (Fig. 4), バトン受け走者が明らかに失速し、バトンを受けとることになる。時には、オーバーゾーンによる失格も観察される。したがって、“間延びした”バトンにならないためにはチェックマークの距離を延長し^{23),25)}、バトン受け走者は、渡し走者のチェックマーク通過を“確認したら”加速することに、最大の注意を払うべきである²⁵⁾。

“詰まったバトンパス”では (Fig. 4), バトンパス方法の違いにより、その受け渡しの難易度が異なる。オーバーハンドパスは、最大の利得距離を獲得するために、バトン受け/渡し走者の肩の高さの位置で行う。しかし両者が適切な利得距離よりも接近してしまうと、バトンの受け渡しが困難になる (Fig 12)。一方、アンダーハンドパスは、オーバーハンドパスと比較して、利得距離が0.5m短い^{20),21),39)}ため、その影響を受けにくい。

また、バトン渡し走者の手が上下にぶれることによって、受け走者の手にバトンを収めることができず、パスの完了に時間を要することがある。この時バトン受け走者が減速しないと、バトンゾーン出口付近でバトンを受けとることになる。この実態は、1991年世界陸上東京

大会では、男子4×100mリレー決勝のアメリカおよび2016年リオデジャネイロオリンピックの男子4×100mリレー決勝の日本のバトンゾーン第1区間でそれぞれ観察された。しかし、いずれもバトンゾーン所要時間^{31),32)}あるいは40m (ブルーゾーン+バトンゾーン+10m) 所要時間^{13),17)}が延長されることはなかった。したがって、バトンパス完了に時間を要したとしても、受け走者が疾走速度を落とさずにバトンを受けとることができれば、ミスとはいえない。

6. トレーニング・競技実践への示唆

4×100mリレーのさらなるパフォーマンス向上には、改良した「アンダーハンドパス」という戦術を用いることを提案したい。また、「チェックマークの延長」、「スムーズな加速」および「バトンゾーン後半区間でのバトンパス完了」による戦略は、「バトンパスの高い確実性」、「疾走区間タイムの短縮」および「バトンゾーン所要時間の短縮」をもたらすことにつながるであろう (Fig.13)。

戦術・戦略に関する留意点は、以下の通りである。

- ① バトン渡し走者は、バトンパス直前に受け走者の手のひらの位置を確認した後、手関節の掌屈動作によって、バトンを渡す。パスはこの動作によって、確実に1回の機会ですべて完了できる。掌屈動作を用いなくて、肘関節を伸展位にし、肩関節の屈曲動作によって(腕を支点にした“スイング”動作)バトンを渡そうとすると、パスの際“空振り”することがある。
- ② バトン渡し走者は、受け走者の手のひらに自身の手のひらを合わせるようにして、バトンを渡す。これによって、バトンの握り直しや握り替えの必要がなくなる。
- ③ バトン受け走者は、自然な腕振り動作を崩さず、前腕を肘関節の伸展動作によって臀部のより後方に差し出す。この一連の動作を意識しすぎると、自然な



Figure 12: Too close in a bad exchange with modified upsweep pass and downsweep pass
Upsweep pass is able to minimize the risk of incomplete pass.

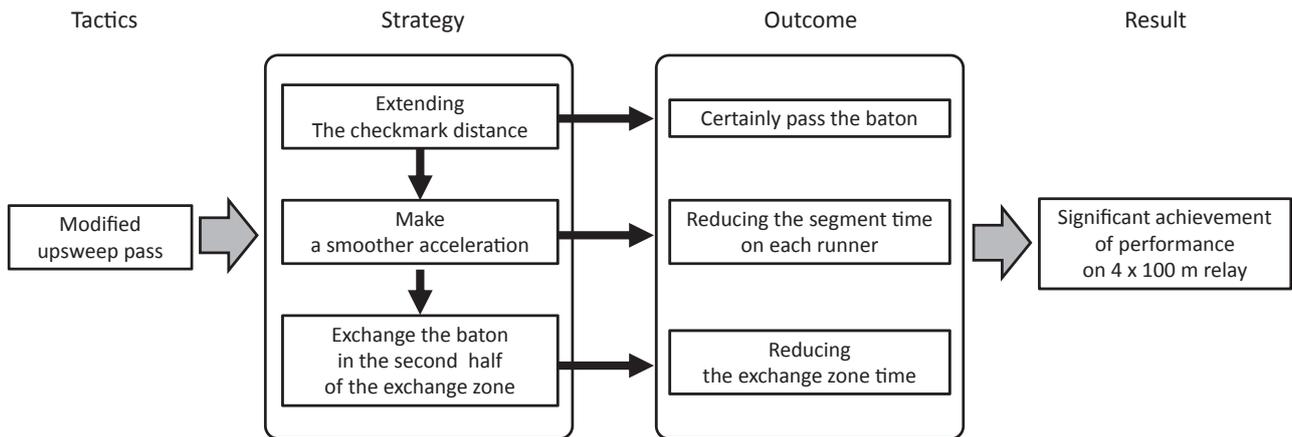


Figure 13: Concept for high performance on 4 x 100 m relay

腕振り動作が損なわれ、疾走速度を低下させる要因にもなりかねない。

- ④ 両走者は、十分な利得距離を確保するよりも、アンダーハンドパスを短時間で完了するための技術（疾走動作に近い自然な腕振り動作）を習得することが望ましい。
- ⑤ チェックマークの延長は、バトンパスを確実にする。
- ⑥ チェックマークの延長およびスムーズな加速は、バトン受け走者の疾走区間後半での速度低下を抑制（疾走区間タイムの短縮）する。第2, 3, 4走者は、約120m疾走するため、いかにスピードを落とさずに走るかを考えなければならない。
- ⑦ チェックマークの延長、スムーズな加速およびバトンゾーン後半区間でのパスの完了は、バトンゾーン所要時間を短縮する。

7. 今後の展望

既に世に広く浸透し、定着している認識や考え方の枠組み（既存概念）を疑うことは、時に必要なのかもしれない。既存概念（アンダーハンドパスの劣位性）は、科学者、選手、コーチの協働によって突破された。また、一流コーチならではの感性（感覚と勘）に立脚している概念（高い“バトン移動速度”の維持）が正しかったことを、科学者と一流選手らが証明したともいえる。感性と創造力に科学的要素を加え、既存概念を見直すことで、アンダーハンドパスの実践は、4×100mリレー・パフォーマンス向上のための合理的な方法として確立され、いまに至っている。

本研究も時が経てば、過去の“産物”となる。科学的思考による高いパフォーマンス発揮への示唆は、研究者らの「熱意と根気」から導き出された。またその示唆の確かさは、一流の指導者・選手の「勇気と決断」による実践（高いパフォーマンス発揮）が証明してくれた。いま“当たり前”のように行われている科学的データの

測定・分析・処理は、過去の“ノウハウ”の蓄積によって構築された手法であり、この後も更に進化した科学サポートとして継承されていくことが期待される。

今後、本研究で示したアンダーハンドパスの技術とその戦略は、より一層の高みへと改変されていくと予想される。それは、「科学の進歩と人類の進化（飽くなき記録への挑戦）」への能動的な挑戦が続く限り、達成され得ると考えられるからである。科学者が数値に“隠されている”真実を見抜き、コーチ・選手が感性（感覚と勘：主観）を信じ、客観的事実（数字：科学）との“ズレ”を修正していくことは、競技パフォーマンスを高みに引き上げる協働作業である。理論と実践の統合とは、「トレーニング・競技現場での経験・情報・観察・問題提起・仮説をもとに合理的な事象を追求し、エビデンスとして確認する。このサイクルを繰り返すことで、新たな理論を打ち立てパフォーマンスの向上を誘うこと」である。これからも科学者と実践者（選手・コーチ）の協働作業による「非常識を常識にする」ことで、世界一を目指し、そう遠くない日にこれを達成してくれることを期待したい。

引用・参考文献

- 1) 阿江通良 (1992) 陸上競技—第3回世界陸上競技選手権大会における日本陸連バイオメカニクス研究特別班の活動について—。体育の科学。42:410-413.
- 2) Ae, M., Ito, A. & Suzuki, M. (1992) The men's 100 metres. New studies in Athletics. 7(1):47-52.
- 3) 有川秀之 (2005) アテネオリンピック4×100mリレーの軌跡。スプリント研究。15:4-10.
- 4) Dick F.W. (1991) Sprints and Relays. Reedprint Ltd.: Windsor, Berkshire, pp.43-49.
- 5) 遠藤俊典 (2011) ～日本の陸上競技の革新的発展を考える～ シンポジウム I 「陸上競技における技術選択」リレーにおけるバトンパス方法の選択について

- て。陸上競技学会誌 9. 38-43.
- 6) Embling, S. (1978) Relay racing. In Jarver, J. (Ed.) *Sprint and Relays*. Tafnews Press: Los Altos, California. pp.113-116.
 - 7) 深代千之・松尾彰文・小林寛道・若山章信・杉浦雄策 (1993) 4 × 100mR バトンパスのバイオメカニクス研究. 平成 4 年度日本オリンピック委員会スポーツ医・科学研究報告, No. II 競技種目別競技力向上に関する研究. 第 16 報: 179-182.
 - 8) 深代千之 (1996) スポーツ科学への招待. ベースボール・マガジン社: 東京. pp.85-102.
 - 9) 福島洋樹・黒住久徳・堀田朋基 (2010) 陸上競技 4 × 100m リレーにおけるバトンパス方法の特徴—アンダーハンドパスとオーバーハンドパスの動作比較—. 富山大学人間発達科学部紀要. 5:65-72.
 - 10) Hay, J.G. (1981) The sprint relays. *Track & field quarterly review*. 81 (2) Summer: 36-45.
 - 11) 石井 信 (2009) つなぐ力—4 × 100m リレー銅メダルへの“アンダーハンドパス”プロジェクト. 集英社: 東京. pp.22-43.
 - 12) Graubner, R. & Nixdorf, E. (2011) Biomechanical Analysis of the Sprint and Hurdles Events at the 2009 IAAF World Championships in Athletics. *New studies in Athletics*. 26(1/2):19-53.
 - 13) 小林 海 (2017) リオデジャネイロオリンピック 4 × 100mR 銀メダル獲得への軌跡. ~科学的データからみた銀メダル獲得への軌跡~. *スプリント研究*. 26:7-9.
 - 14) 小林寛道 (2004) 運動神経の科学 誰でも足は速くなる. 講談社現代新書: 東京. pp.126-169.
 - 15) 小谷実可子 (2004) 小谷実可子の一筆啓上~スポーツ見て歩記~. 中日新聞社: 愛知. pp.72-74.
 - 16) Mach, G. (1991) The 4 × 100 metres relay with the push-forward pass. *New studies in Athletics*. 6(1): 67-73.
 - 17) 松尾彰文・広川龍太郎 (2020) 国際級トップスプリンターのバイオメカニクス分析とチームへのサポートについて. *生体の科学*. 71(3): 187-192.
 - 18) 松尾彰文・杉浦雄策・阿江通良・小林寛道 (1995) 日本代表 4 × 100m リレーのオメカニクスの分析. 平成 6 年度日本オリンピック委員会スポーツ医・科学研究報告, No. II 競技種目別競技力向上に関する研究. 第 18 報: 241-244.
 - 19) Maisetti, G. (1996) Efficient baton exchange in the sprint relay. *New studies in Athletics*. 11(2-3): 77-84.
 - 20) McNab, T. (1980) *The complete book of Track & Field*. Bookthrift Inc.: New York. pp.53-58.
 - 21) Oberste, W. & Wiemeyer, J. (1992) The regulation of manual aiming movements using the example of baton passing in the 4 × 100 metres relay. *New studies in Athletics*. 6(1):53-66.
 - 22) 佐久間和彦 (1984) 4 × 100m リレーにおけるバトン受け走者のスタート方法の検討. *順天堂大学保健体育紀要*. 27: 105-111.
 - 23) 佐久間和彦 (2005) アンダーハンドパスについて. *スプリント研究*. 15: 16-19.
 - 24) 佐久間和彦・柳谷登志雄・杉浦雄策・杉田正明 (2008) 陸上競技 4 × 100m リレーにおけるオーバーハンドパスとアンダーハンドパスの特性の比較. *陸上競技紀要*. 72(1): 14-21.
 - 25) Sakuma K & Sugiura Y. (2017) Improving 4 × 100 metres relay performance. *New studies in Athletics*. (1./2.): 83-93.
 - 26) Schreiner, K. (1982) Sprint relay baton exchanges. *Athletic Journal*. January. 64-67.
 - 27) 杉田正明・杉浦雄策・林 忠男・持田 尚・石井好二郎 (2002) 2001 南部記念陸上 男子 4 × 100m リレーのバトンパス分析. 日本陸連科学委員会研究報告. 第 1 巻 1 号: 49-51.
 - 28) 杉田正明・広川龍太郎・松尾彰文・川本和久・高野進・阿江通良 (2007) 4 × 100m, 4 × 400m リレーについて—日本チームの挑戦—. *陸上競技学会誌*. (6): 21-26.
 - 29) 杉田正明・広川龍太郎・高野 進・有川秀之・川本和久・阿江通良・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. *陸上競技研究紀要*. 1: 121-123.
 - 30) 杉田正明・杉浦雄策・林 忠男・持田 尚・石井好二郎・阿江通良・小林寛道 (2003) 南部記念陸上 4 × 100m リレーのバトンパス分析. 日本陸連科学委員会研究報告. 第 2 巻 1 号. 101-106.
 - 31) 杉浦雄策・沼澤秀雄 (1994) 世界一流選手の 4 × 100m リレーにおける時間分析. 佐々木秀幸・小林寛道・阿江通良 編者. *世界一流陸上競技者の技術*. ベースボール・マガジン社: 東京. pp.57-65.
 - 32) Sugiura, Y., Numazawa, H. & Ae, M. (1995) Time analysis of elite sprinters in the 4 × 100 metres relay. *New studies in Athletics*. 10(3): 45-49.
 - 33) 杉浦雄策・吉儀 宏・佐久間和彦・松永成旦 (1995) 陸上競技 4 × 100m リレーにおける個々の疾走能力, バトンパスに関係する種々の要素の時間、速度分析. 第 46 回日本体育学会. 508.
 - 34) 杉浦雄策・佐久間和彦・花岡 大・吉儀 宏・土江寛裕 (1998) 4 × 100m リレーのアンダーハンドパスの有効性の検討. 第 1 回陸上競技の医科学・コーチング国際会議. 247.
 - 35) 杉浦雄策・吉儀 宏・佐久間和彦・松永成旦・花岡大 (1998) 国内一流選手のバトンパス局面における

- 時間・速度および疾走能力が4×100mリレーのレースタイムに及ぼす影響. 陸上競技研究. 33: 36-46.
- 36) 高野 進 (2005) アテネオリンピックに向けてのリレー戦略. スプリント研究. 15:1-3.
- 37) 土江寛裕 (2017) 日本男子4×100mリレー 銀メダルへのプロセス ～バトンパス精度向上の具体的な取り組み～. スプリント研究. 26: 1-5.
- 38) Tozer, M.D.W. (1978) A comparison of relay exchange methods. In Jarver, J. (Ed.) Sprints and relays. Tafnews Press: Los Altos, California. pp.120-123.
- 39) Wiemeyer, J. & Oberse, W. (1993) Kinematic analysis of three 4×100 baton passing techniques. Track Technique. 125 Fall: 3995-3998, 4000.
-

「数えきれないほど叩かれて」の世界の反響

市村 操一（筑波大学・東京成徳大学 専門スポーツ心理学）

2020年7月20日、東京オリンピック2020の開会式の予定されていた日の3日前、日本のスポーツにおける子供の虐待の実態調査の結果が、世界中に発信された。「数えきれないほど叩かれて」という表題の調査結果の報告書をまとめたのは、ニューヨークに本部を置く国際的な人権監視NGOで、世界各地の人権侵害と弾圧を止め、世界中すべての人々の人権を守ることを目的にして、世界90か国で人権状況をモニターしている団体である。その名前はヒューマン・ライツ・ウォッチ（英語：Human Rights Watch）で、1997年には、対人地雷禁止条約の締結に貢献したとして、ノーベル平和賞を受賞している。

数えきれないほど叩かれました。……集合の際に呼ばれて、みんなの目の前で顔を。血が出てたんですけど、監督が殴るのは止まらなかったですわ。ちょっと鼻血が、と言ったんですけど止まらなかったです。—ダイキ・Aさん（23歳、福岡県、2020年2月）

2020年1月から6月にかけて、ヒューマン・ライツ・ウォッチの調査員らは、現在スポーツをしている子ども及び子どもの頃スポーツをしていた人たち56人にインタビュー調査を実施した。内訳は、男性44名、女性12名、少なくとも16競技と16都道府県であった。並行して実施されたオンラインアンケート調査では、757件の回答を得た。少なくとも50競技、45都道府県からの回答があった。年齢層は10歳から73歳で、うち381人（50%）が25歳未満だった。

日本のスポーツでの子どもの虐待の実態の調査が、このようにして国際的人権監視団体によって調査されていたのである。冒頭に引用した「数えきれないほど叩かれた」事例を巻頭に記したA4版57頁（日本語版）および調査報告書が、英語版とともに世界各国のメディアをはじめIOCを含む世界のスポーツ団体に発信された。

本稿ではヒューマン・ライツ・ウォッチの報告書の要約を紹介し、その報告書についての日、英、独のオンライン報道を比較したい。

日本のスポーツでの虐待の調査広告書「数えきれないほど叩かれて」の要約

・日本のスポーツ界の暴力性

スポーツへの参加は、子どもがスポーツの楽しさを経験するとともに、心身の発達と成長の機会であるべきだ。しかしながら日本では、子どもがスポーツのなかで、暴力等の虐待を経験することがあまりにも多い。その結果、あまりに多くの子どもにとって、スポーツが痛みや恐怖、苦痛をもたらす経験となってしまっている。

暴力は、一種の指導方法として、日本のスポーツ界に深く根付いており、試合や競争で勝ち、個人の人格を向上させるためには不可欠だと、受け止められてきた。この危険な慣習は、スポーツにおける暴力を根絶する上で、大きな壁となっている。指導者や保護者、さらには選手の間ですら、スポーツにおける体罰には意味があるという誤った考えが蔓延している。そして結果的に、子どもたちが苦しんでいる。

本報告書で取り上げた暴力的な指導方法には、バットや竹刀で殴る、顔をビンタする、顔を水面に押しつけて溺れかけさせる等がある。子どもの虐待（本報告書で、「暴行・暴言等の虐待」という場合も含める）とは、身体的暴力、性的暴力、暴言等の精神的暴力及びネグレクトをいう。

・2012年の2つの事件とスポーツ界の対応

大きな注目を集めた事件としては、大阪府の高校バスケットボール部の男子生徒（当時17歳）が2012年、顧問から繰り返し暴力を受け、自ら命を絶った事件がある。その数カ月後には、女子柔道日本代表監督が、2012年ロンドン五輪の強化選手らに暴力を振るったとの告発を受け、辞任した。

これらの事件を受け、また2020年東京オリンピック・パラリンピック競技大会の招致と準備を進めるなかでの圧力から、日本政府と主要なスポーツ団体は、一連の改革に取り組んだ。とくに注目すべきは、「スポーツ界における暴力行為根絶宣言」（2013年）と、中央競技団体向けと一般スポーツ団体向けである「スポーツ団体ガバナンスコード」（2019年）である。前者は、スポーツ団

体に対し、スポーツをする人への暴力行為の実態把握と、被害者のための通報相談窓口設置等の体制整備を促す文書である。後者は、全スポーツ団体に対するガイドラインだ。しかし、この2つの文書はどちらも、スポーツをする子どもの暴力等の被害を適切かつ具体的に取り上げてはならず、法的な拘束力もないことから、これまでそして今後の実効性について疑問がある。

日本では子どもの虐待は法律で禁止されているが、これがスポーツにも及ぶことを明示する法律はない。日本政府とスポーツ団体は近年、子どもへの暴力の対策に取り組んでいるが、これまでのところ、スポーツ団体を対象とする子どもの保護に関する既存の枠組みには拘束力がなく、遵守を徹底させるためのしっかりした仕組みを伴っていない。

・不十分な虐待防止策

スポーツにおける子どもの虐待（そしてあらゆる子どもの虐待）には、司法による責任追及と救済も必要だ。本報告書の焦点ではないが、日本の刑事司法制度も、スポーツにおける子どもの虐待を捜査・訴追する責任を十分果たしておらず、改善が求められる。しかしスポーツ団体もまた、必ずしも犯罪に該当しない事案も含め、スポーツをする子どもへの虐待に対処し、子どもたちを守る、一義的な責任を負っている。スポーツ庁（JSA）からも、日本スポーツ協会（JSP）及び日本オリンピック委員会等の統括組織からも、明確かつ包括的な子どもの保護に関するプロトコル（基準及び手続）が示されないなかで、各スポーツ団体は、スポーツをする子どもへの暴力の防止・通報・調査・処分を行う体制づくりを任されている。このような分断され不明確な権限構造により、スポーツをする子どもの保護の制度は、一貫性に欠ける不十分なものとなっている。

ヒューマン・ライツ・ウォッチが調査した各スポーツ団体の通報相談窓口のあり方にはかなりのばらつきがあった。そもそも窓口を設置していないところもあった。相談件数のうち何件調査がされたかを示す公開データはなく、ヒューマン・ライツ・ウォッチが行ったスポーツ団体へのデータ提供依頼により、多くの団体がそうした情報を把握していないことがわかった。また、指導者からスポーツをする子どもへの暴力・暴言等が認定された場合の処分の基準については、全競技間での統一がなされていない。加害者である指導者の多くが、子どもが自死に至ったとしても、今なお指導を続けている。

このように制度が不十分なため、スポーツをする子どもは暴力・暴言等を受けやすい状況にある。ヒューマン・ライツ・ウォッチが2020年3月から6月に実施したオンラインアンケート調査では、現在スポーツをしている子ども及び子どもの頃スポーツをしていた人425人が

ら、スポーツにおける暴力等の実体験に関する声が寄せられた。これらの回答者のうち、25歳未満は175人で、近年の慣行やそのような体験による影響が、その人たちの回答から分かる。回答には、45都道府県の少なくとも50競技に参加するスポーツをしている子ども及び子どもの頃スポーツをしていた人の経験が含まれている。

インタビュー調査を通して、ヒューマン・ライツ・ウォッチは、こうした経験の内容及びその被害の詳細を明らかにできた。例えば、高校球児だったショウタ・Cさん（23歳、仮名）は、埼玉県の高校で野球部の監督から暴力を振るわれていたことをこう語った。

「あごを殴られて、口の中が血だらけになりました。シャツの襟をつかまれ、身体を持ち上げられました。」野球部ではよくあることだったという。「部員の9割が暴力を振るわれていました。『まだ殴られてないのか。いつになったらお前の番なんだ』と冗談を言っていたものです。」

スポーツをしてきた人たちは、インタビュー調査のなかで、加害者の責任が問われない不処罰の文化について指摘した。子どもの頃にスポーツをしていたインタビュー回答者のうち、指導者が処分されたと答えたのは1人だけだった。

・スポーツをする子供を保護する専門機関の設立の提案

国際法は、政府に対し、子どもが遊ぶ権利・スポーツをする権利、そして、子どもが暴力や虐待を受けない権利を保障する義務を課している。スポーツをする子どもへの暴行・暴言等の虐待を日本でなくすには、明確な権限と基準に基づいた統一的な対応を国として確立しなければならない。まず政府は、スポーツの指導方法としてのあらゆる形態の虐待を明示的に禁止するとともに、スポーツにおける子どもの虐待に対応する独立した専門機関として「日本セーフスポーツ・センター」（仮称）を設立するべきだ。この機関は、スポーツをする子どもの保護基準の作成・維持を担う。また、暴行・暴言等の虐待の申立てを調査し、加害者に適切な処分を下すための中央行政機関としての役割を果たす。犯罪行為を伴う虐待事案は、犯罪捜査のため、警察や検察に通報されなければならない。

東京オリンピック・パラリンピック競技大会の開催が2021年夏に延期された。日本には、大会開催前に確かな対応策をとるまでに1年の猶予が与えられた。スポーツをする子どもに配慮する姿勢を世界に示し、あらゆる人にとってスポーツを安全なものとする動きを主導する、またとない機会が日本には訪れている。

7月20日に公表された報告書の全文の日本語版はつぎのサイトで読むことができる。

『「数えきれないほど叩かれて」：日本のスポーツにお

ける子どもの虐待」

<https://jp.hrw.org/wp-content/uploads/2020/07/japan0720jp.pdf>

公表に先立って、世界のメディアには報告書が送られていたようで、報告書の内容の紹介とそれについてのコメントが同日に Web 上に現れた。その中から「朝日新聞」、イギリスの「ザ・ガーディアン」、ドイツの「フランクフルター・アルゲマイネ」の記事を紹介する。

「朝日新聞」オンライン 7月20日の記事

「監督に殴られ血だらけ」回答も
スポーツ中の暴力調査

国際人権団体ヒューマン・ライツ・ウォッチ (HRW) が20日、オンラインで記者会見を行い、日本で子どもがスポーツ活動中に暴力に遭っているという調査報告書を発表。

「スポーツにおける暴力に反対する五輪憲章にも反している。来年の東京五輪・パラリンピックまでに、状況を変える責任がある」と指摘した。

HRWは3月から6月にかけて、国内でアンケートとインタビューを実施。アンケートでは、スポーツ経験のある25歳未満381人のうち、19%が「殴られた」「蹴られた」などの経験があると回答したという。

報告書には、埼玉県の高校の元野球部員(23)の「監督からあごを殴られて、口の中が血だらけになった」という指導者の暴力のほか、上級生からの暴力、罰としての過剰なトレーニング、髪を切らされた精神的苦痛、性虐待などの実態が書かれている。

国内では、2012年に大阪・桜宮高男子バスケットボール部主将が、顧問から受けた暴力などを理由に自死した事件以降、競技団体は暴力根絶に向けた動きをみせてきた。だが、HRWは「これまでの改革は、順守必須のルールではなく任意のガイドライン」とし、児童虐待防止法を改正し、児童虐待の定義にスポーツでの暴行、暴言を含めるべきだと提言。日本政府に、スポーツにおける虐待問題のみを扱う独立機関の設立などを求めた。

HRWは1978年に設立され、ニューヨークに本部を置く。09年に東京オフィスが開設された。

イギリスの新聞「ザ・ガーディアン」オンラインの記事
The Gurdian: 20.07.2020. : この新聞は日本で言えば、朝日、毎日、読売などにあたる大手一般紙の一つで、高級紙(Quality paper)の一つである。

ヒューマン・ライツ・ウォッチは報道で選手の虐待が明らかになった日本を批判

身体的および性的虐待は、競技者の何人かを死に追いやった。

スポーツはあまりにも多くの人にとって痛みや恐怖と苦痛の原因となっている。

日本のスポーツに関する驚くべき新しい調査研究は、子供のアスリートが日常的にコーチから身体的、性的、言葉による虐待を受けており、数人が自分の命を奪うことを発見した。

2020年のオリンピックが東京で始まる予定だった週に発表されたヒューマン・ライツ・ウォッチの報告書には、暴行や性的暴行や嫌がらせなどの虐待を報告した50人以上の日本のスポーツ選手からの証言が含まれており、その結果、多くの人がうつ病、身体障害、生涯にわたるトラウマに苦しんでいることが記されている。

「数え切れないほどの叩かれて」と題し、3月から6月にかけて調査に参加したオリンピックやパラリンピアンを含む800人以上の元子どもアスリートからの回答が含まれており、50人以上が直接インタビューを受け、残りはオンラインアンケートに回答している。

「スポーツへの参加は、子供たちに遊びの喜びを与え、身体的および精神的な発達と成長の機会を提供する必要がある」と、レポートが始まる。「しかし、日本では、暴力や虐待は子どものアスリートの経験の一部であることが多すぎる。その結果、スポーツはあまりにも多くの日本の子供たちにとって苦痛、恐怖、苦悩の原因となっている。

「ヒューマン・ライツ・ウォッチのインタビューを受けた選手たちは、虐待を受けたコーチに対する免責の文化を述べた。最近、虐待を経験した子どもアスリートでインタビューを受けた人のうち、一人を除く全員が虐待したコーチがその後どのように処分されたかを知らない」と報告した。

報告書によると、2012年に大阪の17歳の高校バスケットボール選手は、コーチの手で繰り返し身体的虐待を受けた後、自ら命を絶った。数ヶ月後、日本のオリンピック女子柔道チームのヘッドコーチは、2012年ロンドンオリンピックに向けて選手を身体的に虐待したとの非難の中で辞任した。

これらの事例と日本の2020年大会への招致は、日本語で taibatsu と呼ばれる慣行を根絶することを目的としたいくつかの改革の導入につながった。2013年にスポーツにおける暴力の排除に関する宣言が出され、アスリートの虐待を監視し、被害者のための報告システムを確立するように、諸スポーツ団体に促がされた。ヒューマン・ライツ・ウォッチの研究者たちは、様々なスポーツ団体や全国連盟の報告システムを調べたが、報告書の中では「アクセス不能」(返事がなかった)と結論づけた。

HRW は日本の多くのスポーツ連盟に対し、虐待調査に関するプロセスとデータの報告を求める手紙を書いたが、いくつかの例外を除いて対応を拒否されたことが分かる。

「日本の子どもアスリートの虐待を終わらせるためには、明確な義務と基準に従って統一されたアプローチが必要です」と報告書は付け加える。「まず、スポーツにおけるコーチング技術としてのいかなる形態の虐待も、政府は明示的に禁止し、スポーツにおける児童虐待に対する責任を負う独立機関である「安全なスポーツのための日本センター」を設立すべきである。この機関は、子どもアスリート保護の基準を作成し維持する責任を負うべきであり、虐待の申し立てを調査し、虐待的なコーチに対して適切な制裁を加えるための中心的な行政当局として機能する必要がある。犯罪行為となる虐待事件は、犯罪捜査のために警察と検察官にも照会されるべきである。

2018年以降にも自殺の事例がある。17歳のアラヤ・ツバサはコーチから口頭や身体的虐待を受けたとされた後、「バレーボールが最も辛い」というメモを残した。自殺のケースは他にもある。報告書はまた、昨年茨城県の15歳の中学校卓球選手が自ら命を絶った様子を説明し、コーチが常に彼女を「殴る」または「殺す」と脅していたとメモに書いた。2020年大会は、Covid-19のパンデミックのために1年間遅れたので、HRWは日本に「決定的な行動」を取るよう呼びかけた。

「日本には、子どものアスリートのケアの方法を世界に示し、すべての人にとってのスポーツを安全にするチャンスがある」とレポートは述べている。「その際、日本は国連の『暴力を終わらせるためのグローバル・パートナーシップ』の加盟国として先駆的な働きをして、子どもに対する暴力を終わらせることに貢献した栄誉を与えられるだろう。子どもアスリートを守るために断固として行動を起こすことは、日本の子どもたちに健康と幸福の大切さを伝え、虐待を受けたコーチをその行動がもはや容認されないということを知らせ、他国がスポーツにおける児童虐待を終わらせるための模範となる役割を果たす」

国際オリンピック委員会は声明の中でつぎのように述べている。「私たちは、日本の子どもアスリートの虐待について『私は数え切れないほど叩かれた』と題するヒューマン・ライツ・ウォッチの報告書を確認した。嫌がらせや虐待は残念ながら社会の一部にあり、スポーツの中でも起こる。IOCは、あらゆる種類の虐待がスポーツのすべての人の尊重を求めるオリンピズムの価値観に反すると考え、あらゆる選手の側に立っている。すべての選手が安全なスポーツ環境（公正で公平で、あらゆる形態の嫌がらせや虐待から解放されたもの）を受ける権利を有するのと同様に、社会の全てのメンバーは尊重と

尊厳を受ける権利において平等である」

ドイツの新聞「フランクフルター・アルゲマイネ」オンラインの記事

FAZ 20. 07.2020.: この新聞は「南ドイツ新聞」とともにドイツを代表する高級全国紙である。

日本のスポーツ：平手打ち、キック、飢餓、嫌がらせ

オリンピックが始まるはずであったまさにその週に、悲惨な報告書が発表される。その報告書で、ヒューマン・ライツ・ウォッチは、日本のスポーツにおける虐待を非難している。

その柔道教師は少年を二度窒息させて床に投げつけ、重度の脳出血を引き起こした。緊急手術でその15歳の子供は救われたが、彼は永久的な脳の損傷を受けた。

彼の「罪状」というのは、彼が、柔道の先生が特に勧めた学校に行きたがらなかったことだった。

少年の母親である小林恵子は、月曜日（20日）のオンライン記者会見で、そのように説明し、そのことが今日でも強く心を苦しめていると語った。警察は告訴を受け付けたが、検察は操作を止めてしまった。その理由は、柔道場では、通常の柔道の技の練習と犯罪行為の区別は難しいかったことだと母親は語った。

教育委員会と日本柔道協会は不幸な事故について口を開いた。それは2004年12月のことでした。その先生はまだ柔道を教えている、と小林は言った。

このような事件以来、日本のスポーツの状況は変わったのだろうか？ 民間の人権団体ヒューマン・ライツ・ウォッチは月曜日の報告書で、スポーツの中で子どもや青年は依然として身体的および口頭で虐待され、時には性的虐待を受けていると国を非難した。この報告は、東京オリンピックが予定されていた週に出された。パンデミックのため、オリンピックは来年の夏まで延期された。

ヒューマン・ライツ・ウォッチ報告書の中で、殴打、平手打ち、蹴り、物体による殴打、強制、過食や減食の無理強いなど、特定の虐待を文書化している。その組織のグローバル・イニシアチブ担当ディレクター、ミンキー・ワーデン氏は、「日本は、オリンピックの遺産として、この状況を変えるためにもう一年の猶予を持っている」と述べた。ヒューマン・ライツ・ウォッチは、報告書に含まれる約760人の参加者に対する数十回のインタビューとインターネット調査を引用している。回答者の約半数は24歳以下で、報告された虐待は最近発生したことを意味している。

この組織によると、日本には虐待の程度と頻度の年次変化を明らかにしている信頼できる統計は存在しない。2013年の日本オリンピック委員会の2,000人の選手を対

象に行った調査では、11.5%が身体的虐待を含む権力乱用を報告した。同年に実施された調査では、学校運動部で生徒の回答者4,000人の20.5%が身体的虐待を報告した。当時、日本は2020年のオリンピック招致に成功はしたものの、若いバスケットボール選手の自殺や、オリンピック女子代表のメンバーを虐待していた柔道指導者のスキャンダルの渦中にあった。国内スポーツ組織の5つは、スポーツにおける暴力と虐待を根絶することを公約した。しかし、これはまったく成功しなかったようである。日本スポーツ協会によると、協会は過去6年間に619件の身体的虐待の訴えを受けており、そのうち約400件は生徒からのものであった。

ヒューマン・ライツ・ウォッチはまた、この報告書の中で最近の自殺の事例を紹介している。2018年、17歳のバレーボール選手が自殺した。「バレーボールも生きることが嫌になりました」という言葉が遺書に残されていた。先生はその選手を、試合での失敗を理由にクラスの前で侮辱していたということだ。昨年には、15歳の卓球選手が自殺したが、その原因はコーチによる身体的虐待であった。日本では、クラスメートや教師から嫌がらせを受けた生徒の自殺が数年前から問題となっていた。ヒューマン・ライツ・ウォッチは、2013年以降に開始された改革にもかかわらず、スポーツにおける虐待の被害者の声は受け入れられず、違反を報告する可能性も閉ざされている事実を批判している。トレーナーは十分な教育を受けていないようで、タフネス（厳しくやること）の伝統的な観念に固執している、とも批判されている。

報告書の著者たちの見解によると、日本のスポーツ連盟間の混乱は、日本には子供と青年を守るための包括的な方針が存在しないという事実を生み出している。

報告書の内容についての内外のメディアの報道の比較

ヒューマン・ライツ・ウォッチの報告書の発表を伝える「朝日新聞：朝日」「ザ・ガーディアン：GD」「フランクフルター・アルゲマイネ：FAZ」の三紙の記事を並べて紹介した。英文と独文はいずれも原文を直訳的に翻訳したものである。その上で、三紙の記事の長さを一行40文字に揃えたうえで比べると、朝日（17行）、GD（59行）、FAZ（44行）となる。

朝日の記事はよくまとまっており、報告書の概要を素早く知ることができる。しかし、57ページにおよぶ報告書の全文を読んだあとに、朝日の記事を読み返すと「日本のスポーツ界の虐待の知られたくない事実」のいくつかが触れられていないことが分かる。朝日が触れていないにも関わらず、GDもFAZもが取り上げている問題の一つは、虐待行為を行ったコーチの責任を追及せずに許してしまう、日本の免責の文化である。GDはこの文

化を(culture of impunity for abusive coaches)と表現しており、虐待を受けたと報告した子どもの競技者のうち一人を除く全員が、コーチがその後どのように処分されたかを知らないことを紹介している。FAZはこの報告書の発表当日のオンライン記者会見に出席した一人の母親が、その子供が柔道の教師の暴力によって永久的な脳の損傷を受けたにも関わらずに、まだ柔道を教えていると語ったことを紹介している。

2012年には日本のスポーツでの2つの虐待事件が世界のメディアに大きく取り上げられた。桜の宮高校のバスケットボール部の事件と、ロンドン五輪に向けた全日本女子柔道チームのコーチによる暴力・暴言は、写真入りで大きく報道された。この事件の後、2013年には各スポーツ団体が「暴力根絶宣言」を出したが、そのような取り組みだけでは不十分であることを報告書は厳しく指摘しており、改善策を提言している。朝日はそのことを紹介はしているが、海外2紙に比べれば強い論調ではない。GDは日本の「暴力根絶宣言」は単なる作文、あるいはその場しのぎの言い訳、という論調で批判している。批判された一つの例は、ヒューマン・ライツ・ウォッチが体罰を含む虐待があった場合の報告システムの整備状況を、さまざまなスポーツ団体や全国連盟に問い合わせたときに、返事さえ出さなかった団体が数多くあったことである。GDは日本のスポーツ団体は「アクセス不能」(inaccessible)と断じている。FAZは「日本のスポーツ組織は、スポーツにおける暴力と虐待を根絶することを公約した。しかし、これはまったく成功しなかったようである」と書いている。その証拠として、過去6年間にも619件もの身体的虐待の訴えが日本スポーツ協会にあった事実を上げている。

報告書に関するJOCとIOCの電話会談

IOCが「数えきれないほど叩かれて」という報告書をヒューマン・ライツ・ウォッチから受け取って確認した、という事実は朝日には出ていない。GDはIOCが報告書を受け取り、その内容について述べられたコメントを紹介している。これは取材能力の差なのだろうか、新聞社の事態の重大性の判断の違いなのかは分からない。報告書の公表の7月20日から2週間以上経った8月6日に、IOCとJOCそれぞれのホーム・ページに、バツハ会長と山下会長がスポーツでの虐待をなくすための電話会談を先週持ったということが発表された。下に示すURLで電話会談の双方の覚書をみることができる。IOCのホーム・ページには、「IOCが世界中でこの重要な問題に取り組む中で、双方の専門家がIOCセーフスポーツイニシアチブが示している指針に従って協力し始めるという合意に達した」という文言があるが、JOCのホーム・ページには「IOCはさまざまな国の優れた実践の情報を共有することを約束した」となっている。「IOCセーフ

スポーツ・イニシアチブ」というのは2004年にIOCが設定した「スポーツにおける暴力やハラスメントを防止する指針」のことであり、IOCの言わんとするところは、「日本もこの指針に従って行動せよ」ということであろう。JOCはIOCに対して、日本も虐待防止に努力していることを説明しているが、JOCはヒューマン・ライツ・ウォッチの報告書をよく読んだ上で説明しているのかどうか疑わしくなる。ドイツの新聞FAZが報じているように、HRWの報告書では日本のやってきた施策は成功していないと結論づけられているのである。虐待防止の施策がうまくいっていないという指摘に対して、JOCのみならず、日本のスポーツ界全体が真摯に答えるためには、「暴力を根絶します」と宣言することだけでは十分ではない。日本のスポーツ指導者の努力によって、若者のスポーツの指導における身体的・性的虐待、ハラスメント、ネグレクトなど、「IOCセーフスポーツ・イニシアチブ」が指摘する安全なスポーツの実践を脅かす不祥事が減少した証拠を示す必要がある。

IOCのホーム・ページに掲載された電話会談の内容
<https://www.olympic.org/news/ioc-and-joc-discuss-measures-to-eradicate-harassment-and-abuse-in-japanese-sport>

JOCのホーム・ページに掲載された電話会談の内容
https://www.joc.or.jp/english/aboutjoc/statement/pdf/JOC_statement_20200806.pdf

青少年のスポーツ・コーチングでの虐待をなくすためには、スポーツ団体の宣言やポスター作りだけでは十分な効果は期待できないであろう。そのことも報告書では指摘されている。それに代わって強く勧められていることはコーチ教育の充実である。FAZは記事の最後に近い箇所ですべて「トレーナーは十分な教育を受けていないようで、タフネス（厳しくやること）の伝統的な観念に固執している、とも批判されている」と、報告書の内容を正しく引用している。（注：英語圏でのコーチをドイツ語圏ではトレーナーという）

日本のコーチ養成教育は各スポーツ種目の技術や体力の向上に重点が置かれてきたが、スポーツ先進国のコーチ教育では、他者を理解する方法、円滑なコミュニケーション、コーチ自身の自己理解能力の向上などの人間科学的内容が強調されるようになってきている。日本スポーツセンターが中心になって行ってきたコーチ教育制度の内容も2016年に変更され、コーチの「人間力」育

成にも力点を置くようになった。しかし、いま日本のコーチ教育関係者に期待されることは、その成果を実証的に世界に向かって示すことである。

世界のメディアはヒューマン・ライツ・ウォッチの報告書を簡単には忘れていないようで、Associated Press (AP) 通信の東京支社は10月9日に日本の学校での柔道の死者の多さに関する記事を世界に発信した。全国柔道事故被害者の会の統計では、1983—2016年の間の学校柔道での死者が121名であった。柔道連盟の会長の山下泰裕はインタビューの中で、「(暴力や事故防止の)メッセージが現場の指導者の全員にはいきわたっていなかったことが問題だ」と語った。同じ記事の中には、フランスのポルドー大学の柔道家であったブルーゼ7段が「日本の柔道教師の問題は、柔道の腕前はまずまずだが、若者の身体的条件や心理的欲求に対応することができないことだ」と述べていることが紹介されている。この(AP)通信社の記事は、アメリカのUSA Today紙をはじめ、インドのCNN-News 18の電子版にまで中継されて世界に広がっている。

2021年の東京オリンピックが開催されるか否かに関わらず、日本のスポーツ界はオリンピック・ファミリーのメンバーとして世界のスポーツの健全な発展に寄与するためには、謙虚な努力をしなければならない。

「陸上競技学会誌」からのご依頼の原稿をここで終わり。念のためと思いHuman Rights Watchのホームページをのぞいて驚いた。1月28日3:26PMにアップロードされた見出しはこのようなものだった。

Pressure Builds on Japan to Protect Child Athletes
Ensure Safe Sport Ahead of Tokyo' 2021 Summer Olympics

「子どものアスリートの保護のプレッシャーが日本にかかる」

「2021 Tokyo 夏季五輪に先立ってセーフ・スポーツの保証をせよ」

この記事の中で注目すべきことは、昨年9月に、IOCは「数えきれないほど叩かれて」という報告書を検討し、コーチ教育の中に「Safeguarding Certificate」（安全保護資格者証明）を授与できるような訓練を組み入れるような考えを、各種目のIFに伝達したことである。このIOCの動きは、日本の連盟と傘下のコーチの人権侵害を防ぐためにいっそうの訓練を受けることへの期待を意味している、とこの記事は続いている。

日本の陸上競技界も率先してSafe Sportの実現へのリーダーシップを発揮していただきたい。

本邦における陸上競技棒高跳のバイオメカニクスに関する文献レビュー

榎 将太 (中京大学大学院体育学研究科)

倉持梨恵子 (中京大学大学院体育学研究科, 中京大学スポーツ科学部)

1. 緒言

陸上競技の種目の1つである棒高跳は、棒(ポール)を使うことによって超えることのできる高さを競う競技種目である。2020年12月現在、男子棒高跳の世界記録はスウェーデンのArmand Duplantis選手が樹立した6.18m、日本記録は澤野大地選手が樹立した5.83mである(日本陸上競技連盟, 2020; World Athletics, 2020)。また、女子棒高跳の世界記録はロシアのYelena Isinbaeva選手が樹立した5.06m、日本記録は我孫子智美選手が樹立した4.40mである。近年の本邦における棒高跳競技者の国際大会の成績を見ると、2013年世界陸上において山本聖途選手が5.75mで6位に入賞、2016年リオデジャネイロ五輪において澤野大地選手が5.50mで7位に入賞するなど、国際大会において好成績を残している。また、日本陸上競技連盟は男子棒高跳を東京五輪のメダルターゲットに指定しており、世界トップレベルにおける活躍が期待されている(日本陸上競技連盟, 2019)。

本邦における棒高跳に関する研究は、ポールの材質や類縁運動に関する研究など様々な視点において行われており、その中でもパフォーマンスとの関連についてバイオメカニクスの観点による検討が多く報告されている。これらの研究による成果は、トレーニング現場における指導に用いられており、競技力向上の一助となっていることが考えられる。Frère et al. (2010)は、海外論文を対象として棒高跳のパフォーマンスを局面ごとにキネティクス、キネマティクス、エネルギーの観点からレビューしている。しかしながら、本邦において出版された棒高跳の競技パフォーマンスに関する研究はこれまでにレビューされておらず、本邦における棒高跳に関する研究の実態を整理することで更なる研究の発展に寄与することが期待される。

よって本レビューは、本邦における棒高跳に関するバイオメカニクスの研究をレビューし、エビデンスの整理、英語論文で検討された結果との比較、および研究の現状を把握することを目的とした。本レビューにより、将来における棒高跳に関する研究や現場におけるパフォーマンス向上に対する指導の一助となる。

2. 方法

文献検索にはCiNii ArticlesおよびPubMedを使用し、日本語および英語論文を対象とした。「棒高跳」または「pole vault」というキーワードにて検索を行ったところ、320件の文献が該当した。320件のうち重複する論文、学会抄録、特集、解説、連載記事、英語論文の翻訳、バイオメカニクス以外の研究、日本人が対象として含まれていない研究を除外し、論文全文が入手可能であった文献を採用した。2020年12月20日に最終の検索を行った。また、検索エンジンにおいて検出されなかったが、採用された論文の参考文献に共通する2本の論文を採用文献として追加した。

3. 結果および考察

3.1 採用文献

文献検索条件に該当した320件のうち、採用された文献は37件であった。採用された文献は、1998年から2020年に発表されたものであり、36件が日本語、1件が英語で執筆されたものであった。採用された文献のうち原著論文は18件であった(陸上競技研究, 5件; 体育学研究, 4件; 中京大学体育学論叢, 2件; 陸上競技学会誌, 2件; 陸上競技研究紀要, 2件; バイオメカニクス研究, 1件; 日本アスレティックトレーニング学会誌, 1件; International Journal of Sport and Health Science, 1件)。また、研究資料や研究報告などの文献は19件であった(陸上競技研究紀要, 14件; 陸上競技研究, 3件; 陸上競技学会誌, 1件; スポーツパフォーマンス研究, 1件)。

3.2 競技動作別の分析

バイオメカニクスの研究における競技動作に対して用いられているイベントの定義を表1に、実際の動作との対応を図1に示した。映像分析を行っていたバイオメカニクスの研究(表2および3)は、37件中30件であり、レーザー式速度測定装置を用いた助走速度分析を行った研究(表4)は、37件中7件であった。

映像分析を行っていたバイオメカニクスの研究は、30件中27件の研究が踏切局面以降の分析項目とパフォー

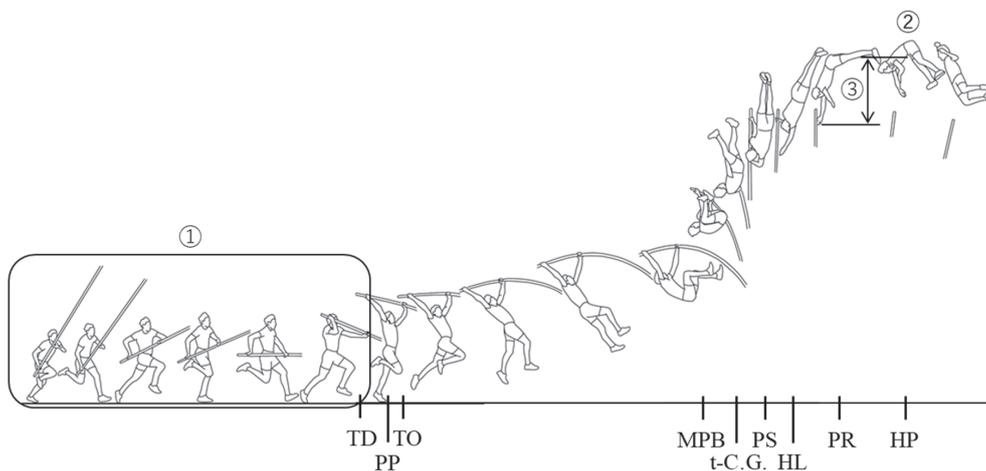


図1 棒高跳の競技動作

表1 採用された文献で用いられた棒高跳における各イベントの定義

時点	用語の定義	引用元
TD Touch Down	踏切足が接地した瞬間	Frère et al, 2010
PP Pole Plant	ポールをボックスに突っ込んだ瞬間	
TO Take Off	踏切足が離地した瞬間	
MPB Maximm Pole Bending	ポール湾曲率が最大となった瞬間	
t-C.G. top hand - Center of Gravity	上の手と身体重心の距離が最短の瞬間	柿崎ら, 2005
PS Pole Straight	ポール湾曲率が0%に最も近くなった瞬間	Frère et al, 2010
HL Hand Leave	ポールから下の手が離れた瞬間	柿崎ら, 2005
PR Pole Release	ポールから上の手が離れた瞬間	Frère et al, 2010
HP Peak Height of CGv	身体重心が最高地点に到達した瞬間	

表2 男子選手を対象に動作分析を行った論文における設定一覧

年	筆頭著者	対象者	(n数)	実座標換算	カメラ台数	サンプリング周波数(Hz)	分析区間	平滑化に用いた周波数	競技会研究
1998	高松	大学生男子棒高跳選手 十種競技選手	(n=5) (n=4)	身体: 3次元バンニングDLT ポール: 3次元DLT	4	60	TO - PR	最適遮断周波数 2.4 - 6.6 Hz	研究
2000	高松	大学生男子棒高跳選手 十種競技選手	(n=9)	身体: 3次元バンニングDLT ポール: 3次元DLT	4	60	TO - PS	最適遮断周波数 2.4 - 6.6 Hz	研究
2002	木越	大学生男子十種競技選手	(n=7)	記載なし	1	カメラ: 60 Laveg: 50	助走0mから25m	記載なし	研究
2003	柿崎	大学生男子棒高跳選手	(n=2)	3次元DLT	2	60	TD - PR	記載なし	研究
2003	木越	大学生女子棒高跳選手	(n=2)	2次元バンニング	1	60	TD - 振り上げ動作終了 (股関節の伸展開始前)	最適遮断周波数 2 - 10 Hz	研究
2005	柿崎	大学生男子棒高跳選手	(n=9)	3次元DLT	4	60	記載なし	3点移動平均法	研究
2005	林	2003年度日本選手権上位選手	(n=3)	3次元DLT	2	250	踏切局面	10 Hz	競技会
2005	武田	国内外の一流男子競技者 男子学生競技者	(n=10) (n=5)	2次元DLT	1	60	踏切2歩前の離地 - PS後15コマ	最適遮断周波数 X軸: 4.2 - 8.4 Hz Y軸: 4.8 - 8.4 Hz	競技会
2005	武田	国内外の一流男子競技者 男子学生競技者	(n=10) (n=5)	2次元DLT	1	60	踏切2歩前の離地 - PS後15コマ	最適遮断周波数 X軸: 4.2 - 8.4 Hz Y軸: 4.8 - 8.4 Hz	競技会
2006	武田	国内外の一流男子競技者 男子学生競技者	(n=18)	2次元DLT	記載なし	記載なし	踏切2歩前の離地 - PS後15コマ	最適遮断周波数 X軸: 4.2 - 8.3 Hz Y軸: 4.7 - 8.5 Hz	競技会
2007	武田	国内外の一流男子競技者 男子学生競技者	(n=44)	2次元DLT	1	60	TO - PS	記載なし	競技会
2007	武田	国内外の一流男子競技者 男子学生競技者 高校生競技者	(n=44)	2次元DLT	1	60	踏切1歩前 - クリアランス	最適遮断周波数 X軸: 4.2 - 8.4 Hz Y軸: 4.2 - 8.6 Hz	競技会
2008	澤野	男子棒高跳日本記録保持者 大学生男子棒高跳選手	(n=1) (n=5)	4点実長換算	1	60	踏切1歩前の接地 - TO	6 Hz	競技会
2009	小林	大学生男子棒高跳選手	(n=9)	記載なし	1	60	踏切2歩前離地 - 踏切離地後15コマ	5 Hz	研究
2012	田村	男子棒高跳選手	(n=10)	助走: 2次元バンニングDLT 踏切: 3次元DLT	助走: 1 踏切: 2	60	助走開始 踏切1歩前 - 助走終了 踏切終了	6 Hz	競技会
2013	青山	日本記録保持者	(n=1)	記載なし	5	60	助走局面	記載なし	研究
2013	河波	大学生男子競技者 陸上競技部OB	(n=11) (n=1)	記載なし	3	300	踏切8歩前 - ポール曲げ動作	記載なし	研究
2013	木越	高校生男子棒高跳選手 大学生男子棒高跳選手	(n=12)	4点実長換算	1	60	踏切1歩前接地 - PR	最適遮断周波数 2 - 6 Hz	研究
2016	柴田	トップ高校生男子選手	(n=3)	2次元DLT	1	120	踏切1歩前接地 の10コマ前 - 身体がバーを 越えた時点	最適遮断周波数 3.6 - 6.0 Hz	競技会
2020	榎	大学生男子選手	(n=9)	2次元DLT	1	撮影: 300 デジタイズ: 100	TD - 0.4秒後(明らかにスイング 局面へと移行した点)	6 Hz	研究
2020	景行	日本人男性競技者	(n=8)	記載なし	27 (Vicon)	250	TO - PS	最適遮断周波数 15 - 20 Hz	研究
2020	景行	日本人男性競技者	(n=8)	記載なし	27 (Vicon)	250	PP - HP	最適遮断周波数 15 - 20 Hz	研究
2020	Kageyuki	日本人男性競技者	(n=8)	記載なし	27 (Vicon)	250	TO - PS	最適遮断周波数 15 - 20 Hz	研究

表3 女子選手を主な対象として動作分析を行った論文における設定一覧

年	筆頭著者	対象者	(n数)	実座標換算	カメラ台数	サンプリング周波数(Hz)	分析区間	平滑化に用いた周波数	競技会/研究
1998	高丸	国内上位女子棒高跳選手	(n=2)	3次元DLT	2	60	記載なし	6 Hz	研究
2005	吉原	国内一流女子棒高跳選手 女子学生選手	(n=3) (n=2)	2次元DLT	1	60	踏切1歩前 - クリアランス手前	記載なし	競技会
2005	林	インバエワ選手	(n=1)	3次元DLT	3	撮影: 60, 500 デジタル: 60, 250	記載なし	記載なし	競技会
2006	吉原	国内外の一流女子競技者 女子学生競技者	(n=12)	2次元DLT	1	60	踏切1歩前接地5コマ前 - PS後5コマ	最適遮断周波数 2.4 - 5.4 Hz	競技会
2016	有川	世界トップレベル女子選手 男子大学生選手	(n=11) (n=8)	3次元DLT	世界選手権: 2 地方競技会: 3	60	踏切1歩前接地 - 身体がバーを越えた時点	最適遮断周波数 2.22 - 6.96 Hz	競技会
2018	青柳	大学生女子選手	(n=1)	2次元DLT	1	60	踏切1歩前接地5コマ前 - HP後5コマ	最適遮断周波数 X軸: 4.3 - 6.9 Hz Y軸: 2.94 - 6.9 Hz	競技会 研究
2020	青柳	世界トップレベル女子選手 日本人女子競技者	(n=1) (n=8)	2次元DLT	1	60	踏切接地時5コマ前 - 身体がバーを越えた時点	最適遮断周波数 X軸: 3.72 - 6.96 Hz Y軸: 2.82 - 6.72 Hz	競技会

表4 レーザー式速度測定装置を用いた助走速度分析を行った分析論文一覧

年	筆頭著者	対象者	(n数)	測定機器	試合
2005	小山	国内外一流男子棒高跳選手 国内一流女子棒高跳選手	(n=2) (n=3)	Laveg	男子: 静岡国際、大阪GP、日本選手権、スーパー陸上 女子: 水戸国際、日本選手権
2006	小山	国内一流男子棒高跳選手 国内一流女子棒高跳選手	(n=3) (n=3)	Laveg	男子: 静岡国際、日本選手権 女子: 日本選手権、スーパー陸上
2007	小山	国内一流男子棒高跳選手 国内一流女子棒高跳選手	(n=7) (n=7)	Laveg	男子: 2006年静岡国際 女子: 2006年織田記念
2010	松林	国内トップレベル十種競技選手	(n=5)	Laveg ハイスピードカメラ2台	和歌山GP、群馬RC
2014	小山	2014U20世界選手権上位選手 U20日本選手	(n=9) (記載なし)	Laveg 100Hz	2014U20世界選手権 2007-2014IHおよび2014日本ジュニア・ユース選手権
2018	小山	2018U20世界選手権上位選手 2014U20世界選手権上位選手 U20日本選手	(n=10) (n=9) (記載なし)	Laveg 100Hz	2018U20世界選手権 2014U20世界選手権 小山ら2014に加えて2015年以降で科学委員会の活動で測定した8試合
2019	小山	2019世界選手権上位選手 2019世界選手権日本選手 2015世界選手権 2014/2018U20世界選手権	(n=8) (n=3) (記載なし) (記載なし)	LDM301C 100Hz	2019世界選手権 2015年世界選手権 2014/2018U20世界選手権

マンスとの関連を検討しており、助走局面について検討した研究は3件のみであった。また、男性競技者を対象とした研究は23件、女性競技者を対象とした研究は6件、両者を対象とした研究は1件であり、女子競技者を対象とした研究の割合が少なかった。さらに、30件中15件が研究環境において、14件が競技会において、1件が両方において映像の収集を行っていた。収集された映像のサンプリング周波数について、30件中21件が60Hz、8件が100Hz以上であり、1件は記載がなかった。サンプリング周波数が100Hz以上の研究は、2013年以降に行われた研究が6件とほとんどであった。

採用された37件の研究において統計的な検討がなされたパフォーマンスと関連する結果について、主な項目別に下記にまとめた。さらに、各項目において英語で執筆された先行研究における知見と合わせて考察した。

(1) 助走 (図1-①)

助走局面におけるパフォーマンスと関連がある要因について、田村ら(2012)と木越ら(2002)が映像分析において検討を行っている。

田村ら(2012)は、公認の室内棒高跳競技会に出場した男子棒高跳選手10名を対象に、助走局面におけるストライドの調整様式に着目し、自己最高記録の上位群と下位群におけるステップパターンの比較と算出した要因

間の相関関係を検討している。各試技間の助走の接地位置のばらつき(Standard Deviation of Toe-Box distance: SDTB)の最大値(SDTB_{max})出現地点において、記録下位群(踏切1歩前から5歩前:平均8.25m)が上位群(踏切5歩前から14歩前:平均23.45m)に比べて有意に踏切に近かったと報告している。また、SDTB_{max}出現後から踏切2歩前までの累積ストライド調整率(SDTB_{max}出現後の各ストライドにおけるSDTBの変化の割合の和)において、記録上位群は67%を行っているのに対して、下位群は8.1%と有意に低い値であったと報告している。つまり、記録下位群は上位群と比較して、助走の終盤における踏切位置の調整の割合が高いことを示している。さらに、SDTB_{max}出現地点と自己最高記録($r=-0.78$)、踏切速度($r=-0.72$)、踏切2歩前までの累積ストライド調整率($r=-0.85$)との間に有意な負の相関関係が認められた。その他に、踏切速度において、記録下位群(7.42 ± 0.18 m/sec)が上位群(7.9 ± 0.17 m/sec)に比べて有意に小さく、自己最高記録との間に有意な正の相関関係($r=0.80$)が認められた。更なる分析として、SDTB_{max}が出現した位置で3グループ(Early Adjuster[踏切10歩以前], $n=3$; Medium Adjuster[踏切5~9歩前], $n=3$; Adjacent Adjuster[踏切4歩前以降], $n=4$)に群分けおよび比較を行い、踏切速度においてEarly Adjuster(7.98 ± 0.23)がAdjacent Adjuster(7.44 ± 0.16)に比

べて有意に高かったと報告した。

木越ら (2002) は、大学生混成競技者 7 名を対象に、トラックにおける 30m の助走を用い、ポール保持角度の変化と速度勾配の変化との関係を以下の条件で検討している。助走開始時のポール保持角度については、地面とポールがなす角が 45 度の試技 (45 度試技) とほぼ水平の試技 (水平試技) の 2 条件、助走における速度勾配については、助走開始地点から 15m 付近において最大速度を出現させてそのまま維持するように指示した試技 (急加速試技) と 25m 付近 (突っ込み動作を行わせた地点) において最大速度を出現させるように指示した試技 (平均加速試技) の 2 条件でそれぞれ行わせた。助走開始時のポール保持角度について指示した検証において、助走開始地点より 15m から 25m の助走後半の区間のポール保持角度の変化量について 45 度試技が水平試技に比べて有意に高かったことを報告している。助走速度勾配について指示した検証において、急加速試技は平均加速試技に比べて 25m 地点のポール保持角度が有意に高かったこと、および平均加速試技が急加速試技に比べて 10m から 25m の区間における速度変化量およびポール保持角度の変化量が有意に高かったことを報告している。

さらに、レーザー式速度測定装置 (Laveg または LDM301C) を用いた助走におけるスピード分析を行った研究を表 4 に示した。小山ら (2014; 2018; 2019) は、世界ジュニア出場男子選手および日本男子ジュニアトップ選手を対象に分析を行っている。世界ジュニア選手および日本選手における助走最高スピードと跳躍高との間に有意な正の相関関係が認められた ($r=0.55 - 0.73$)。また、世界ジュニア選手と日本選手を比較し、助走最高スピードにおいて群間で有意な差はなかったが、跳躍高において世界ジュニア選手が日本選手と比べて有意に高かった。そのため、日本選手は世界ジュニア選手と比較しても十分な助走速度を獲得しているのにもかかわらず、踏切局面以降の技術不足により、効率の良いエネルギー変換ができておらず、跳躍高を獲得できていない可能性があると考えられている。

国外における助走に関する研究では、ポールを保持して助走することにより腕振りが制限され、通常の疾走よりも 0.8 から 1.2m/s (7.5 から 11% ; Frère et al., 2010) または 0.5m/s (4.5% ; Linthorne, 1994 ; 2000) の水平速度が減少していること、水平速度の減少に伴いストライドが減少すること (Frère et al., 2009) が明らかになっている。また、通常の疾走と比較することで、ポールを持つことが助走の力 (F_0) および速度 (V_0) のどちらにも負の影響を与えることを示している (Frère et al., 2017)。さらに、助走速度とクリアしたバーの高さとの間に男性 ($r=0.69$; Adamczewski and Perlt, 1997) と女性 ($r=0.77$; Frère et al., 2010) のどちらにおいても有意な正の相関

関係が報告されており、本邦における検討 ($r=0.55 - 0.80$; 田村ら, 2012 ; 小山ら, 2014 ; 2018 ; 2019) と同程度の相関関係にあると考えられる。その他に、選手の最大重心高は助走速度 1m/s の上昇につき直線的に 0.54m 増加し、この増加は握り高 (ポールを握る上の手の高さ) と突き放し動作による高さの増加によって達成されることが明らかとなっている (Linthorne et al., 2012)。しかしながら、助走局面における研究は少なく、各研究における対象者数も少ないことから結果が一般化可能であるかは不明である。そのため、実際の跳躍動作時における速度勾配やポール操作に関する更なる研究や先行研究の追試が求められる。

(2) 最大重心高 (図 1-②)

競技動作中に競技者の重心が最大となる高さである最大重心高と各要因との関連の検討が行われている。握り高 ($r=0.61 - 0.96$)、抜きの高さ (握り高と最大重心高の差, $r=0.98$)、助走速度 ($r=0.76$)、踏切速度 ($r=0.72$)、重心水平速度 ($r=0.61 - 0.97$)、最大鉛直速度 ($r=0.84 - 0.91$)、ポール最大湾曲率 ($r=0.54 - 0.86$)、ポール弾性エネルギー ($r=0.78, 0.94$)、Maximum Pole Bending (MPB) 時のポール弦反力 ($r=0.72$)、最大 A_{PB} (握り高とポール弦長の最大差, $r=0.87$)、慣性半径 (ポールの先端とポール・競技者の質量中心との距離, $r=0.93$) の 11 項目において、最大重心高との間に有意な正の相関関係が認められた (青柳ら, 2018 ; 2020 ; 景行ら, 2020a ; 2020b ; Kageyuki et al., 2020 ; 高松ら, 1998 ; 武田ら, 2007a ; 2007b)。また、跳躍角と最大重心高との間に有意な負の相関関係 ($r=-0.66 - -0.77$) が認められた (青柳ら, 2018 ; 武田ら, 2007a ; 2007b)。最大重心高との相関係数が最も高かった要因は抜きの高さ ($r=0.98$) であった (青柳ら, 2018)。

これらの要因に加えて英語論文においては、最大重心高と Peak Height (HP) 時における競技者の最大力学的エネルギーとの間に有意な正の相関関係 (男性, $r=0.88$; 女性, $r=0.86$) が報告されている (Schade et al., 2004)。また、本邦における報告では 15.7 から 27.6 度における跳躍角と最大重心高との間に有意な負の相関関係が報告されているが (武田ら, 2007a ; 2007b)、他の文献においては 18 度が最適と報告されている (Linthorne, 2000)。このように競技パフォーマンスと強く関連すると考えられる最大重心高に関する検討は多くなされているが、どの要因が最大重心高に強く影響を与えているかは不明である。そのため、今後の研究では、これらの要因の追試とより多くの競技者を対象に多重回帰分析を行うことでパフォーマンスに対する各要因の影響度を検討する必要がある。

(3) 競技会における試技の記録

競技会における試技の記録において、Touch Down (TD) および Take Off (TO) 時における重心水平速度 ($r=0.75 - 0.98$), 踏切局面における重心水平速度減速率 ($r=0.58 - 0.83$), ポール最大湾曲率 ($r=0.54, 0.62$) との間に有意な正の相関関係が認められた (澤野ら, 2008; 武田ら, 2005; 2006; 吉原ら, 2006). また, 跳躍角と競技会における試技の記録との間に有意な負の相関関係 ($r=-0.75 - -0.80$) が認められた (武田ら, 2005; 2006; 吉原ら, 2006). 競技会における試技の記録との相関係数が最も高かった要因は TO 時の重心水平速度 ($r=0.98$) であった (澤野ら, 2008).

これらの要因は, 最大重心高との間に有意な相関関係が認められた要因とほぼ同様である. 実際の競技会における試技の分析は, 全力のパフォーマンスを撮影できることや競技者が集まりやすいことなどの利点があるが, 試技を成功させるにはポールの選択, バーの奥行き, 順位などの競争的要因が介在し, 収集できる試技数が制限される. 実際の競技会の試技における跳躍と研究環境による跳躍のそれぞれの利点を理解し, 映像収集の場面を選択する必要がある.

(4) 抜きの高さ (図 1-③)

棒高跳のパフォーマンスにおいて, 記録上の最終的要因となるのは, 握り高と抜きの高さである (広田, 1989). 抜きの高さと関連する要因について柿崎ら (2005) が検討を行っている. 抜きの高さと有意な正の相関関係が認められた要因は, TO 時の身体重心水平速度 ($r=0.87$), 助走速度 (TD 直前の身体重心水平速度, $r=0.86$), TO, t-C.G, Pole Straight (PS), Hand Leave (HL), Pole Release (PR) 時および最大時における身体重心垂直速度 ($r=0.70 - 0.95$), t-C.G および HP 時におけるポール伸展速度 ($r=0.77, 0.86$), MPB から PS 時までの平均ポール伸展速度 ($r=0.74$) の 11 項目であった. 抜きの高さと相関係数が最も高かった要因は HL 時の身体重心垂直速度 ($r=0.95$) であった.

Frère et al. (2012) は表面筋電図と映像分析により, PS から HP 時において採用された筋の協調性 (突き放し動作) が最大重心高に大きな影響を与えないことを報告している. そのため, 抜きの高さには抜きの動作を行う PS から HP 時における動作ではなく, 高い身体重心垂直速度を得るための要因を改善する必要があると考えられる. 景行ら (2020a) は, ポール伸展局面 (MPB - PS 時) における鉛直速度変化量とポール湾曲局面 (TO - MPB 時) における体幹セグメント角変位 ($r=0.78$), スウィング局面における踏切足側の股関節角変位 ($r=-0.72$) との間に有意な相関関係があることを報告している. そのため, 踏切を行うことで股関節が伸展した後に, 股関節と体幹の屈曲動作を高い速度で行うことで, 高い

鉛直速度や最大重心高, 抜きの高さを獲得すると考えられる.

(5) ポール最大湾曲率

ポール最大湾曲率について, エネルギー変換率 ($r=0.46$), ポール弾性エネルギー ($r=0.86$), 身体重心鉛直速度比 (ポール伸展局面の平均身体重心鉛直速度 / ポール湾曲局面の平均身体重心鉛直速度, $r=0.92$), TD 時の重心水平速度 ($r=0.83$), 踏切局面における重心水平速度減速率 ($r=0.49$), Δv_{y1} (TO から MPB 時における身体重心の助走進行方向への速度変化量, $r=0.88$), 右手 - 重心角度 (右手先から重心までの線分と右手先から下ろした鉛直線のなす角, $r=0.75$), MPB 時の体幹角度 (胸骨上縁から右大転子までの線分と胸骨上縁から下ろした鉛直線のなす角, $r=0.86$), TD 時の右手先 - 右肩角度 (右手先から右肩までの線分と右手先から下ろした鉛直線のなす角, $r=0.73$) の 9 項目との間に有意な正の相関関係が認められた (青柳ら, 2018; 景行ら, 2020b; 武田ら, 2006; 2007a; 2007b; 吉原ら, 2006). また, 跳躍角 ($r=-0.62 - -0.84$), $\Delta Z_{\text{脚}}$ (TO から MPB 時における上グリップの鉛直方向への変位, $r=-0.83$), $\Delta \theta$ (上のグリップと下のグリップを結ぶ線分が助走進行方向と鉛直方向の平面における助走進行方向の軸となす角, $r=-0.70$), MPB 時の右腕 - 右大転子角度 (右手先から右肩までの線分と右肩から右股関節までの線分となす角, $r=-0.90$) の 4 項目とポール最大湾曲率との間に有意な負の相関関係が認められた (青柳ら, 2018; 景行ら, 2020b; 武田ら, 2006; 2007a; 2007b; 吉原ら, 2006). ポール最大湾曲率との相関係数が最も高かった要因は身体重心鉛直速度比 ($r=0.92$) であった (吉原ら, 2006).

ポール最大湾曲率は, 最大重心高または競技会における試技の記録との間に有意な正の相関関係 ($r=0.54 - 0.86$) が認められており (青柳ら, 2018; 景行ら, 2020b; 武田ら, 2005; 2006; 2007b), この結果は, 大きくポールを曲げることでより高い握り高における跳躍を可能にしていることと関連していると考えられる. また, Kageyuki et al. (2020) は, 考察において, ポールの曲がりを獲得するために必要な力が握り高を高くすることで小さくなると述べており, 相互的な関係にあることも考えられる. しかしながら, ポールが大きく曲がりすぎると折れてしまう可能性があるため, 握り高と共にポールの硬さを上げていかなければならない. そのため, ポール最大湾曲率には適正な値の範囲が存在し, パフォーマンスとの関連は逆 U 字型の関係にある可能性が考えられる. したがって体重や握り高, 踏切速度などのポール最大湾曲率に関連のある要因を考慮した追加検証が必要である. また, Kageyuki et al. (2020) は, ポールの硬さと握り高を考慮するためにポールの弾性エネルギーを算

出し、MPB時のボールの弾性エネルギーと最大重心高との間に有意な正の相関関係 ($r=0.94$) が認められたことを報告した。加えて、ボール湾曲率や最大 A_{PB} と比較して、MPB時のボールの弾性エネルギーが最大重心高との間に高い相関係数を示したことから、ボールを曲げる能力をより効果的に評価できると結論付けている。しかしながら、この結果は対象者8名における検証によるものであり、棒高跳選手全体に当てはまるか不明であることから、より多くの対象者における検証が求められる。そのため、今後のパフォーマンスに関する研究では、ボール最大湾曲率とボールの弾性エネルギーのどちらにおいても評価すべきかもしれない。

(6) エネルギー変換率

武田ら (2007a; 2007b) は、同程度の記録水準の競技者を対象に、エネルギー変換率において上位群と下位群に群分けし、比較している。エネルギー変換率は、競技者のHP時の位置エネルギーを踏切離地時の運動エネルギーで除することで算出されている。エネルギー変換率の上位群が下位群に比べて有意に大きかった項目として、ボール最大湾曲率、MPB時のボール弦反力、ボール弾性エネルギーの3項目が報告された。また、エネルギー変換率上位群が下位群に比べて有意に小さかった項目として、TDおよびTO時の重心水平速度が報告された。これらの結果は、エネルギー変換率の上位群は、下位群に比較して、ボールを湾曲させる技術に優れていることでエネルギー変換率を高め、TDおよびTO時の重心水平速度が小さくても同程度の最大重心高を獲得していたことを示していると考察されている。

Frère et al. (2010) のレビューでは、競技者は (1) 必ず起こるエネルギーの減少を補うために踏切離地時に多くの運動エネルギーを生成することと (2) 身体におけるエネルギーの消失を制限するために肩、腕、体幹の筋を発揮させ、よりボールに弾性エネルギーを蓄積しなければならぬと提言している。また、踏切後に力学的エネルギーを増加させるために大胸筋の筋発揮が関連している可能性を示唆した (Frère et al., 2012)。これらの報告からパフォーマンス向上のためには、踏切までに絶対的な力学的エネルギーを獲得し、エネルギー変換を行う際に変換率が高くなるように技術を高める必要があると考えられる。

3.3 その他の研究

(1) 女子世界トップレベル選手と同程度の記録を有する男子選手の比較

有川ら (2016) は、女子世界トップレベル選手 (Female world-class vaulters, FW 群) と同程度の記録を有する男子選手 (Male varsity vaulters, MV 群) を比較することで、女子競技者のパフォーマンス向上のために技術レ

ベルを向上させるべきか、身体能力を向上させるべきか検討している。体重、助走速度、踏切速度、握り高において、FW 群が MV 群に比べて有意に低く、抜きの高さ、Pole Plant 時のボール角度、踏切時重心高、PR 時における右手と身体重心との鉛直距離において、FW 群が MV 群に比べて有意に高かったと報告している。

シドニーオリンピックにおける男子選手と女子選手を比較した Schade et al (2004) は、踏切1歩前とTD時との間の総エネルギー (E-initial)、MPB時のエネルギー、およびHP時のエネルギー (E-final) は、男子選手が有意に高く、一方で、跳躍中に選手によって生成されたエネルギー (E-final から E-initial を減じた値) は、有意な差を示さなかったと報告した。そのため、女子エリート選手の技術は、低い跳躍高における男子エリート選手の技術を投影したものではなく、むしろ違う跳び方やボールの作用であり、更なる改善の余地を残していると結論付けている。また、Frère et al. (2017) は、男女共に踏切速度が最もパフォーマンスに貢献しているが、女子よりも男子において貢献度が高いことを報告している (男性 vs. 女性, 74.4% vs. 58.4%)。以上の結果から、有川ら (2016) が述べている様に、棒高跳の女子世界トップレベル選手は、同程度の記録を有する男子選手と比較して、使用しているボールが短く、助走速度が遅いにもかかわらず、それらをより優れた跳躍動作によって補っていることが示唆され、日本の女子棒高跳選手が記録の向上を目指すためには、同程度の記録を有する男子選手の動作ではなく、女子世界トップレベル選手の動作を参考にすべきであると考えられる。

(2) ボールドリル

小林ら (2009) は、6歩の助走で行われるボールドリルを分析し、ボール操作と算出した各要因との関連を検討している。その結果、自己最高記録と踏切速度減速率 ($r=0.75$) との間、踏切脚離地後のボール角速度とボール-重心角 (ボールの先端-上方のグリップ位置-身体重心がなす角, $r=0.83$) および水平方向相対速度 (TO時の水平方向のグリップ速度から身体重心速度を引いた値, $r=0.88$) との間、ボール-重心角 (グリップ位置と身体重心を結んだ線分がボールとなす角度) と鉛直方向相対速度 ($r=0.83$) および踏切距離 ($r=0.79$) との間に有意な正の相関関係が認められたと報告している。また、自己最高記録とボールドリル時の跳躍角との間に有意な負の相関関係 ($r=-0.71$) が認められた。

ボールドリル時の踏切速度減速率と跳躍角において自己最高記録との間に有意な相関関係が報告されており、ボールの曲げを伴う跳躍においても踏切速度減速率と跳躍角は分析した試技の記録や最大重心高との有意な相関関係が報告されている。そのため、ボールドリル時の踏切速度減速率と跳躍角を改善することで通常の跳躍にお

けるパフォーマンスも向上する可能性が考えられ、今後の研究において検討する必要がある。

3.4 本研究の限界

本研究にはいくつかの限界が存在する。第一に、本研究で用いた文献検索エンジンにおいて検出されなかった論文が存在する可能性があり、検出されたが論文全文が入手不可能であった論文が存在した。第二に、本研究の結果には統計的な検討がなされた項目のみを取り上げており、選択バイアスが存在する。最後に、本研究の検索対象は日本語および英語において出版された論文であり、他の言語における研究の結果は不明である。

4. 結論

本研究の結果より、本邦において行われている棒高跳に関するバイオメカニクス的研究の多くが日本陸上競技連盟の出版物である陸上競技研究紀要による報告であることが明らかとなった。また、採用された文献のうち原著論文は18件であった。学術的に一定以上の評価が得られている原著論文は限られており、今後の研究において更に質の高い研究が求められる。

高速度カメラを用いた動作分析は、踏切以降の区間における分析結果とパフォーマンスとの関連を検討しており、サンプリング周波数60Hzにおいて撮影・分析されている報告がほとんどであった。競技パフォーマンスと関連していると報告された項目は、握り高、抜きの高さ、助走速度、踏切速度、跳躍角、TDおよびTO時の重心水平速度、踏切局面の重心水平速度減速率、最大鉛直速度、ポール最大湾曲率、ポール弾性エネルギー、MPB時のポール弦反力、握り高とポール弦長の最大差、慣性半径、助走における接地位置のばらつきが最大値となった地点であった。しかし、いずれの項目においても競技パフォーマンスとの関連を報告している文献は少なく、追試が必要であると考えられた。

文献

Adamczewski, H., and Perlt, B. (1997) Run-up velocity of female and male pole vaulting and some technical aspects of women's pole vault. *New Studies in Athletics*, 12 : 63-76.

青柳 唯・金高宏文・小森大輔・加藤忠彦. (2018) 大学女子棒高跳競技者における異なるポール湾曲率を導いた踏切・フォロースルー動作の事例分析—動作改善の取組過程及び動作分析を通して—. *スポーツパフォーマンス研究*, 10 : 127-144.

青柳 唯・金高宏文・山口大貴・田川浩子・小森大輔・濱中 良. (2020) 女子棒高跳におけるポールの挙動と踏切・フォロースルー動作との関係：世界トップ女子競技者と日本人女子競技者の比較から. *陸上競技研*

究, (3) : 24-33.

青山清英・澤野大地. (2013) 国内一流棒高跳選手の助走に関する成功試技と失敗試技の比較. *陸上競技研究*, (4) : 19-23.

有川星女・遠藤俊典・塚田卓巳・豊嶋陵司・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 : 651-662.

榎 将太・倉持梨恵子・村田祐樹・鈴木雄貴. (2020) 大学生男子棒高跳選手における慢性腰痛の有無による踏切動作時の関節角度の比較—肩関節屈曲と股関節伸展に着目して—. *日本アスレティックトレーニング学会誌*, 5 (2) : 141-149.

Frère, J., Chollet, D., and Tourny-Chollet, C. (2009) Assessment of the influence of pole carriage on sprint kinematics: A case study of novice athletes. *International Journal of Sports Science and Engineering*, 3 : 3-10.

Frère, J., Gopfert, B., Slawinski, J., Tourny-chollet, C. (2012) Effect of the upper limbs muscles activity on the mechanical energy gain in pole vaulting. *J Electromyogr Kinesiol*, 22 (2) : 207-214.

Frère, J., L'Hermette, M., Slawinski, J. and Tourny-Chollet C. (2010) Mechanics of pole vaulting: a review. *Sports Biomech*, 9 (2) : 123-138.

Frère, J., Sanchez, H., Homo, S., Rabita, G., Morin, J. B., Cassirame, J. (2017) Influence of pole carriage on sprint mechanical properties during pole vault run-up. *Comput Methods Biomech Biomed Engin*, 20 (1): 83-84.

林 忠男・小林史明. (2006) 2005 スーパー陸上におけるインシバエワ選手の動作分析. *陸上競技研究紀要*, 1 : 152-154.

広田哲夫. (1989) 最新陸上競技入門シリーズ6: 棒高跳. ベースボール・マガジン社：東京, pp.9-44.

景行崇文・松林武生・浅井 武・大山下圭悟・木越清信. (2020a) 棒高跳における身体重心の最大鉛直速度へ影響を及ぼす力学的要因. *陸上競技学会誌*, 18 (1) : 17-26.

景行崇文・松林武生・浅井 武・大山下圭悟・木越清信. (2020b) 棒高跳におけるポールの曲がりとの関係. *体育学研究*, 65 : 415-426.

Kageyuki, T., Matsubayashi, T., Yamamoto, T., Kobayashi, F., Asai, T., Ohyama-Byun, K., Kigoshi, K. (2020) Mechanical Factors Influencing Bending of Pole in Pole Vault. *International Journal of Sport and Health Science*, 18: 134-143.

柿崎繁信・湯浅景元. (2003) 棒高跳びにおける開く動作により生じる跳躍中のポールの動き. *中京大学体育学論叢*, 45 (1) : 49-62.

柿崎繁信・湯浅景元. (2005) 棒高跳びにおける“抜き”

- の高さに影響を及ぼす要因. 中京大学体育学論叢, 46 (2) : 45-57.
- 加藤弘一・澤野大地・森長正樹・村上幸史・本道慎吾・田端健児・重成 哲. (2006) 棒高跳の主観的技術内容に関する基礎的研究. 陸上競技研究, (3) : 37-44.
- 河波陽一・廣瀬健一・木村友哉・柳谷登志雄・加納 實・青木和浩. (2013) 棒高跳の踏切局面におけるポール操作に関する研究. 陸上競技研究, (2) : 23-33.
- 木越清信・遠藤俊典・羽田雄一・高本恵美・眞鍋芳明・尾縣 貢. (2002) 棒高跳の助走におけるポール操作と助走速度勾配の相互関係. 陸上競技研究, (4) : 2-8.
- 木越清信・加藤隆之・尾縣 貢. (2003) 棒高跳未経験女性競技者における競技力発達過程に関する研究—自由踏切獲得を目標とした場合—. 陸上競技学会誌, (1) : 39-45.
- 木越清信・丹羽みなみ・澤野大地・下嶽進一郎・小林史明. (2013) 棒高跳びにおける力学的エネルギーからみた適切なポールセッティングの検討. 陸上競技学会誌, (11) : 19-27.
- 小林史明・黒須雅弘・下嶽進一郎. (2009) 棒高跳の技術的ドリルにおける突っ込み動作と踏切動作の特徴. 陸上競技研究, (2) : 17-23.
- 公益財団法人日本陸上競技連盟 (2019) 競技者育成プログラム—Accelerating JADM—. https://www.jaaf.or.jp/pdf/development/program/A4_2019.pdf, (参照日 2020 年 12 月 20 日).
- 公益財団法人日本陸上競技連盟 (2020) 日本記録. <https://www.jaaf.or.jp/record/japan/?segment=1>, (参照日 2020 年 12 月 20 日).
- 小山宏之・村木有也・阿江通良. (2005) 競技会における一流男女走幅跳, 三段跳および棒高跳選手の助走速度分析. 陸上競技研究紀要, 1 : 128-136.
- 小山宏之・村木有也・武田 理・阿江通良・伊藤信之. (2006) 競技会における一流男女走幅跳, 三段跳および棒高跳選手の助走速度分析. 陸上競技研究紀要, 2 : 129-143.
- 小山宏之・村木有也・武田 理. (2007) 競技会における一流男女棒高跳, 走幅跳および三段跳選手の助走速度分析 (日本陸連科学委員会研究報告 第 6 卷 (2007) 陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2006). 陸上競技研究紀要, 3 : 104-122.
- 小山宏之・広川龍太郎・清水 悠・榎本靖士. (2014) 助走スピードから見た世界ジュニア男子棒高跳選手と日本ジュニア選手の比較 (日本陸連科学委員会研究報告 第 13 卷 (2014) 陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2013). 陸上競技研究紀要, 10 : 109-112.
- 小山宏之・柴田篤志・山中 亮・高橋恭平・松林武生・渡辺圭佑. (2018) 男子棒高跳における U20 世代の助走スピードと記録の関係: U20 世界選手権と国内大会出場者の比較. 陸上競技研究紀要, 14 : 197-200.
- 小山宏之・菊山 靖・広川龍太郎. (2019) 第 17 回世界陸上競技選手権大会における跳躍種目のパフォーマンス分析~男子棒高跳, 男子走幅跳, 男女三段跳について~. 陸上競技研究紀要, 15 : 243-250.
- Linthorne, N. P. (1994) Mathematical model of the takeoff phase in the pole vault. *Journal of Applied Biomechanics*, 10 : 323-334.
- Linthorne, N. P. (2000) Energy loss in the pole vault take-off and the advantage of the flexible pole. *Sports Engineering*, 3 : 205-218.
- Linthorne, N. P., Weetman, A. H. (2012) Effects of run-up velocity on performance, kinematics, and energy exchanges in the pole vault. *J Sports Sci Med*, 11 (2) : 245-254.
- 澤野大地・本道慎吾・田端健児・安住文子・村上幸史・青山清英・小山裕三・澤村 博. (2008) 棒高跳の踏切動作に関する研究—身体重心の速度変化を中心に—. 陸上競技研究, (1) : 22-31.
- Schade, F., Arampatzis, A., Bruggemann, G. P., Komi, P. (2004) Comparison of the men's and the women's pole vault at the 2000 Sydney Olympic Games. *J Sports Sci*, 22 (9) : 835-842.
- 柴田篤志・小山宏之・清水 悠・村木有也・久保理英. (2016) 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. 陸上競技研究紀要, 12 : 4-10.
- 高丸 功・有吉正博・繁田 進. (1998) 女子棒高跳競技者の跳躍技術に関する分析的研究. 陸上競技研究, (33) : 12-17.
- 高松潤二・阿江通良・藤井範久. (1998) 棒高跳に関するバイオメカニクス的研究: ポール弦反力から見た最大重心高増大のための技術的要因. *体育学研究*, 42 : 446-460.
- 高松潤二・阿江通良・藤井範久. (2000) 棒高跳におけるポルターとポール間の力学的エネルギーの伝達. *バイオメカニクス研究*, 4 (2) : 108-115.
- 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. (2007a) 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 (日本陸連科学委員会研究報告 第 6 卷 (2007) 陸上競技の医科学サポート研究 REPORT

- 2006). 陸上競技研究紀要, 3: 123-126.
- 武田 理・小山宏之・吉原 礼・阿江通良. (2007b) エネルギー変換率からみた男子棒高跳選手の跳躍技術に関するバイオメカニクスの分析. 陸上競技研究紀要, 3: 16-24.
- 田村雄志・湯浅景元・石村和博・磨井祥夫. (2012) 棒高跳びの助走におけるストライド調整様式: ストライド調整開始位置に着目して. 体育学研究, 57 (1): 47-57.
- 林 忠男・小林史明. (2005) 2003年度日本選手権における棒高跳上位入賞者の動作分析. 陸上競技研究紀要, 1: 152-154.
- 松林武生・持田 尚・松尾彰文・松田克彦・本田 陽・阿江通良. (2010) 十種競技選手の走幅跳, 棒高跳での跳躍パフォーマンス分析 (日本陸連科学委員会研究報告 第9巻 (2010) 陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2009). 陸上競技研究紀要, 6: 137-147.
- World Athletics. (2020) World Records. <https://www.worldathletics.org/records/by-category/world-records>, (参照日 2020年12月20日).
- 吉原 礼・武田 理・村木有也. (2005) 女子棒高跳のバイオメカニクスの分析. 陸上競技研究紀要, 1: 159-162.
- 吉原 礼・武田 理・小山宏之. (2006) 女子棒高跳選手の跳躍動作のバイオメカニクスの分析. 陸上競技研究紀要, 2: 147-150.
-

基調講演

「ウィズコロナ時代のロードレース駅伝のあり方」

登壇者 上田 誠仁（山梨学院大学，関東学生陸上競技連盟 駅伝対策委員会委員長）

【要旨】

先頃開催されました第 97 回東京箱根間往復大学駅伝競走（箱根駅伝）に駅伝対策委員長，そして箱根駅伝実行委員の一員として関わらせていただきました。その時折々に経験したことやスタッフの連携，サポート体制などをここではお話しさせていただこうと思います。

2020 年はどこにいかうと，新型コロナウイルス感染拡大防止のため，「自粛」を選択しなければならない行動規範がついてまわりました。そのような中であっても選手は望む競技レベルの獲得を目指しております。日々，研さんを重ねている指導者の皆様方の気持ちとともに寄り添った時，私たちも箱根駅伝についてもまずは開催を目指すべきと考えました。

開催に向けては誰しもが我慢や不自由を強いられます。しかし一番大切なのは人命であり，安心安全の担保をどのように構築するかにかかっていることは言うまでもありません。ただ過去 30 年余りを振り返っても，阪神大震災や東日本大震災をはじめとした地震被害，台風や集中豪雨など人々の暮らしを引き裂くような災害に我々はたびたび見舞われてきましたが，インターハイや国体，箱根駅伝が中止に追い込まれた事はありません。箱根山の噴火の時には危うく箱根駅伝中止の決断を迫られそうになりましたが，その時も噴火規模が減少し，無事に開催できています。競技会は，「する・みる・支える」というそれぞれの立場が一体となって運営され，スポーツ文化が醸成されてゆくものだと私は信じています。（図 1）最も重要なのは人命であり，それを守るべく感

染を防止する対策が講じられなくてはならない事は十分承知しています。ただ箱根駅伝の実施決定に至るまで，各所から「競技会の中止」という発表を聞くにつけ，選手たちの慟哭の叫びが聴こえてくるようでもあり，中止の決断を迫られた関係者の無念も背に感じるのです。進むも引くも最善であると胸を張れない消化不良感を私はずっともどかしく思っていました。

忘れてはならないのは，どんなに我々が開催を願ってもすべての人が箱根駅伝を理解し応援しているわけではないということです。迷惑なイベントと思っている人もいますし，開催にあたり 1 月 2 日，3 日に不便や被害を受けている地域の方々もいるでしょうし，競技そのものに魅力を感じない人も多くいることでしょう。ただそうした方たちにも主催者としては少しでも理解を深めいただく努力が必要であり，常にその姿勢を持つ必要があることを胸に動き出しました。

準備は日本陸連が策定した「ロードレース再開についてのガイダンス」にそって進められました。ここには，

1. 緊急事態宣言が解除されていること
2. 開催地の自治体から開催が認められコースを通過する自治体に対しても大会開催の周知がされていること
3. 開催都市もしくは地域において新型コロナウイルス感染症に関する診療体制が整っている・緊急時の広報支援病院がある
4. ロードレースに関わる全ての人の連絡先を把握し健康状態の管理体制が整えられていること
5. 主催者は新型コロナ感染症対策室を設置し感染者，濃厚接触者，感染疑い者が発生した場合の手順を定めた「感染症予防対策マニュアル」を作成していること
6. 陸上競技活動再開のガイダンス「競技会開催について」に沿った競技会運営を行い，大会終了後に指定の報告書を提出すること

上記 6 つの前提条件が示されており，これらをクリアしないと開催に向けての光が見えてきません。厳しい条件ですが，主催者としては克服すべき課題であると言えます。そして実際の箱根駅伝ではスタートもフィニッシュも観客は少ない状況を作り上げることができまし

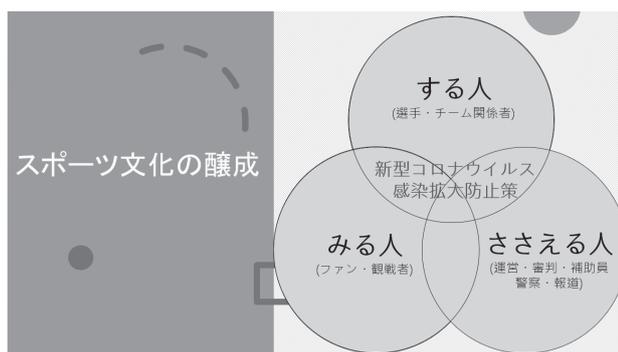


図 1

た。場所によっては多少の観客がいる状況でしたが、例年であれば何重もの人垣ができていたことを考えると、大幅に減少したことは事実です。大会本部の調べによると箱根駅伝往復 10 区間 217.1km のコース沿道の観戦者数は昨年の大会が 121 万人に対し、今回は 85% 減の 18 万人でした。(写真 1)

感染症という目に見えないリスクへのマネジメントは想像するよりもはるかに厳しく、いかなる専門家のアドバイスを反映させようとも、完全完璧が達成される保証はどこにもありません。この状況の中、我々が再認識した事は、何事も個人の責任を果たすべく行動することと、人々の連携と協力なくして感染症対策は完結しないという至ってシンプルな人としての行動規範でした。

「する・みる・支える」の視点から今回の箱根駅伝をそれぞれの立場で見直してみます。レースの目的は実力を競う「競走」です。それを支えるための審判や補助員をはじめ、大会開催に向けて様々な準備を推し進める連盟の学生幹事などがあります。する側と支える側との関係性は、協力しながら新たな形を作り上げる「協創」になります。また今回は大学関係者や保護者には応援自粛、沿道の観戦はご遠慮頂くなどと併せて取材方法や行動範囲の縮小と限定などで実施させていただき、ファンや OB の皆様にはテレビなどの観戦で見守っていただきました。共に汗を流した陸上部員にも自粛してもらいました。それでも互いの心象風景は共有されていたと思うのです。これも、「する・みる」の互いが協力して新しい形を作り上げた「協創」であったと感じました。準備から退場・機材撤収完了まで粛々と滞りなく終了出来たのも「協創」の賜物と言えるでしょう。これらのすべての輪を重ね合わせると、共に新たな形を作り出そうとする心のつながりとして「共創」というものが生まれた気がするのです。ウィズコロナの新時代こそ、新たなスポーツ文化や価値観を生み出すことが望まれるとすれば、競走、協創、共創へと、思いと行動を一致させることにあると思います。

新聞の紙面やテレビコマーシャル、ラジオ、交通広告もそのことを踏まえて作成して頂き、箱根駅伝公式サイトなどを通して、出来る限り多くの皆様方の協力を得ら

れるよう啓蒙活動に協力いただきました。大会当日はコース沿道に警備スタッフを増強して配置し、学生補助員は「沿道での観戦はご遠慮ください」と書かれたプラカードを掲げるなど、立ち止まっただけの観戦を控えていただくよう呼びかけました。特に混雑が予想される東京・大手町、箱根・芦ノ湖のスタート、フィニッシュ地点、各中継所では立ち入りを規制しました。駅伝ファンの皆様、粛々と指示に従って頂いたことには本当に感謝しております。そして全ての関わる人が大会の成功と安全を願って共に協力し合う状況を作り出す「共創」が新たなスポーツ文化として定着してほしいと願っています。(図 2)

運営面に関して振り返りますと、日本陸連策定の「ロードレース再開についてのガイダンス」の順守、大会運営条項に応じた行動指針の決定、即応的知見の活用と関係部署との連携の 3 つが必須条件だったと思います。これらの実施についてリーダーシップを執り連携の要となるのが関東学生陸上競技連盟内に設けられた新型コロナ感染症対策委員会です。役割は以下の 3 つです。(図 3)

1. コロナウイルス感染拡大防止策作成と通達・実施（共通理解の獲得）
2. 大会開催及びチーム・選手・大会関係者の参加可否の判断
3. 行政・医療機関との連携と即応体制の構築

今回は 3 名の感染症専門のドクターの意見を聞き、実行に移したことも大会が滞りなく実施された大きな要因

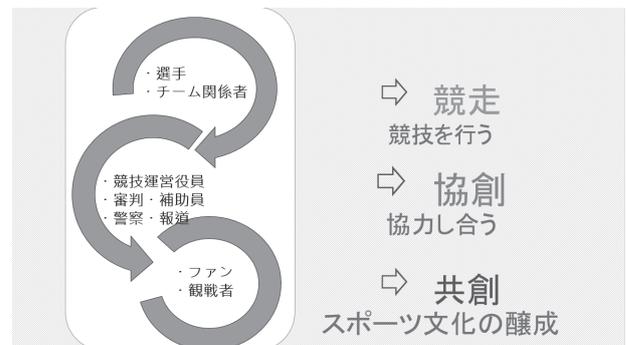


図 2



写真 1

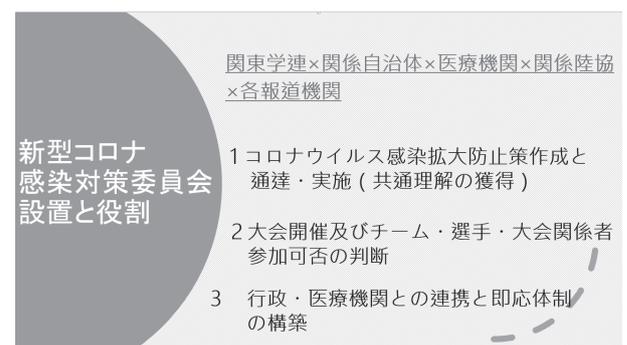


図 3

だったと思います。これらの獲得のためには波及的な協力体制の構築も重要です。例えば、依頼していなくても東京消防庁にはそれぞれの管轄がありますが、その管轄を超え横の連携で選手が通過するコースを救急車が通過しなくても済む体制を作っていたいただいております。

開催に向けては徹底した感染症対策に加え、3つの対策を考えました。それは

- ・情報の集約と判断⇒啓蒙の方法と時期
- ・共通理解の獲得⇒フローの作成
- ・決定系統の確立⇒判断基準の策定

です。(図4)

感染症対策とは当日の検温、アルコール除菌液の準備、感染者やその疑いのある者への隔離スペースの設置、歩道の規制などです。また共通理解を得るために「する」立場である加盟校には9月から様々な形で事務文書を発信しました。「支える」立場である関東学連や関係者には危機管理マニュアルなどあらゆる形のマニュアルを策定しています。特に「感染予防マニュアル」は170ページ以上にも及ぶ膨大なものです。それに沿って大会当日には定点での給水担当者は手袋、ゴーグルマスクを着用し手渡しと回収を行い、うがいもボトルの投げ捨ても禁じました。選手にも負担だったことと思います。また運営管理車に乗る人員数を削減し、どんなに寒くても5cm以上、窓を開けておくこと、そして声かけのマイクを使うたびに消毒するようにルール化し、実行しました。

そして重要なのが「みる」立場に向けた広報計画です。箱根駅伝は公道を走るため、競技場のようにゲートで閉

め切った中で行うわけにはいきません。沿道観戦のコントロールが開催最大の課題です。ファンの皆様の理解と協力をお願いするための情報発信として報道機関との連携を行いました。スポーツの中でもとりわけ箱根駅伝は、心象風景を共有できるスポーツイベントです。前区間の走者の思いをタスキに託して走り、次区間の選手へ自分の思いを乗せてつなぐ。チームのために歯を食いしばり、エントリーされなかったチームメイトの無念もタスキに感じながら走る。故障やスランプ、それらを乗り越えて来た過程やチームメイトと過ごした時間が選手の走りと共ににじみ出てきます。これらはTVの画面を通して也十分心象風景を共有できると思うのです。

今回、「応援したいから応援にいかない」という心象に訴えるコピーを見て頂く皆様へ自己判断を促すメッセージとして作成して頂きました。またじっくり読むと心にしみる表現のメッセージも発信してもらっています。これらが観客としての皆様が沿道での応援をお控えいただくのに効果があったと考えています。表現についても「自粛」という言葉を加盟校の部員や関係者には使用しました。これは主催者や関わる者として自分たちが襟を正し、大会運営のために最大限に努力する姿勢を示しています。一方で観戦者、ファン、地域の皆様には協力のお願いと安心安全を担保するための行動指針として、「応援のための外出をお控えいただき、特に沿道やスタート・フィニッシュ、中継所などでの観戦や応援行為はご遠慮くださいますようお願い申し上げます。」との言葉を選びました。これも箱根駅伝を今後も継承しつつ皆様方に育てて頂くために「共創」が不可欠であり、周りの方々から暖かく見守って頂きたいとの思いからです。

繰り返しになりますが、今回の大会が成功かどうかは私には判断ができません。しかし毎年、沿道に出て頂いている方々のうち100万人以上が協力してくれた事実は素直に受け止めたいと考えています。反省点や改善点は振り返ってみると多々あったかもしれませんが、開催にあたってこんなことを配慮すればいいと示す大会にはなったのではないのでしょうか。ウィズコロナの時代、今回このような形で運営に携わらせて頂きました。今後もスポーツの果たす力を信じ、できることを最大限に努めていきたいと考えております。

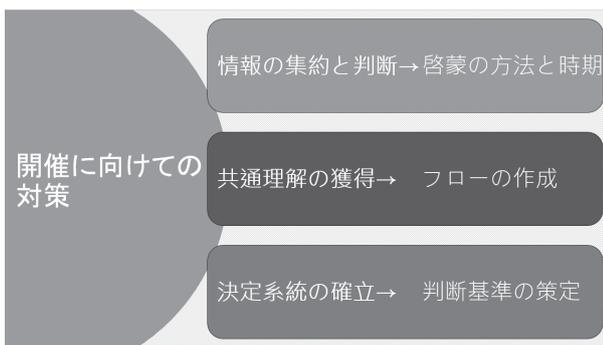


図4

《登壇者プロフィール》

上田 誠仁（うえだ まさひと）

1959 年生まれ

現 職：山梨学院大学 スポーツ科学部教授・陸上競技部監督

社会的活動：関東学生陸上競技連盟駅伝対策委員長
箱根駅伝実行委員会渉外委員長

競技歴：1973 年 全日本中学放送陸上競技大会
2000m 優勝（中学日本新記録）

1976 年 全国高校総体 5000m 準優勝（大会新記録）

1977 年 ハーフマラソン 1 時間 4 分 15 秒の
高校最高記録樹立

順天堂大学 2～4 年にかけて 3 年連続箱根駅
伝 5 区に出場（区間 1 位, 1 位, 2 位）.

指導歴：1987 年 第 63 回箱根駅伝に創部 2 年目で初
出場.

以後優勝 3 回, 準優勝 5 回, 3 位 2 回.

出雲大学駅伝優勝 6 回

全日本大学駅伝準優勝 10 回

オリンピック代表選手として柳沢哲（男子競歩）、三森由佳（女子競歩）、尾形剛（男子マラソン）、大崎悟史（男子マラソン）、藤沢勇（男子 20 k 競歩）、世界選手権代表選手として中村祐二（男子マラソン）、井上大仁（男子マラソン）など、アジア大会代表選手として松村康平（男子マラソン）などを輩出。中距離部門でも 2020 年日本陸上選手権大会男子 800m において瀬戸口大地が優勝。

[日本陸上競技学会第 19 回大会]

共催：公益社団法人日本学生陸上競技連合・関東学生陸上競技連盟

シンポジウム①

「駅伝からマラソンへ」

シンポジスト 佐藤 敏信 (トヨタ自動車陸上長距離部監督)
酒井 俊幸 (東洋大学陸上競技部・長距離部門監督)
服部 勇馬 (トヨタ自動車陸上長距離部)

コーディネーター 上田 誠仁 (山梨学院大学、関東学生陸上競技連盟 駅伝対策委員会委員長)

〈概要〉 箱根駅伝はいまや国民的なイベントに成長したが人気の高さゆえにその功罪も論じられており、また実業団においても駅伝は非常に重要な大会となっている。シンポジウム 1 では東京五輪男子マラソンに内定した服部勇馬氏とその大学時代の指導者である酒井俊幸氏、そして現在の指導者、佐藤敏信氏が登壇し、駅伝から何を学び、今のマラソンに生かしたのか、そして駅伝と両立しながらどのようにマラソンで世界を目指したのか、それぞれの立場と言葉で語った。

佐藤敏信 (トヨタ自動車陸上長距離部監督)

私がトヨタ自動車に呼ばれたのは 2008 年。「駅伝を立て直して欲しい」という要望を受けての監督就任だった。それもあり当初は春のトラックシーズンから「駅伝」についての話題を投げかけられることが多く、違和感を覚えたほどである。確かにタスキー一本で喜べたり、悲しんだりと会社全体で盛り上がるのが駅伝の良さではある。しかし「駅伝」という種目は日本にしかないもの。トラック、そしてマラソンで世界を目指すという目標を忘れてはならないと思いながら指導を開始した。

当初、会社はマラソンへの理解は乏しかったが 2011 年に就任後、初めて全日本実業団対抗駅伝(ニューイヤー駅伝)で優勝を果たし、同年 2 月の東京マラソンで尾田賢典が日本人トップとなりテグ世界選手権の出場権を獲得した頃から少しずつ理解が深まっていたと思う。2015 年には再度、ニューイヤー駅伝で優勝し、「駅伝+マラソン」という流れが作られ、2019 年 9 月のマラソングランドチャンピオンシップで服部勇馬が 2 位に入り、東京五輪男子マラソン代表に内定し、今に至る。

私の方針は「駅伝を外さない中で個々の能力を上げていく」というところにある。誰もがいきなりマラソンを走れるものではなく、段階を踏んで強化を進める必要があり、その過程で駅伝をしっかり走ろうというものだ。今は大学の指導者がレベル高く指導していることもあり、そのうえに指導を積み重ねていくイメージを持っている。服部勇馬も入社 1 年目は東洋大、酒井俊幸監督と

情報交換を繰り返し、「大学ではどんな練習をしてきたか」、「どの部分の能力が足りていないのか」を確認しながら強化を進めていった。こうした関係は非常に重要だと考えている。

今でも駅伝は会社にとって外せないものであることは言うまでもない。しかしその中でどうマラソンを走るのは常に考え続けなければならないテーマだ。私は「駅伝があるからマラソンを走れない」というレベルでは世界と戦えないと思う。むしろ駅伝はマラソンに向けたスピード練習の一環であり、注目されながらも試合でしっかり走り切れる強さを備えてこそ、本物だと感じている。服部にも 2018 年 12 月の福岡国際マラソンを 2 時間 7 分 27 秒で制した後、1 カ月後のニューイヤー駅伝も 5 区で区間賞を取っている。2020 年も福岡を走った後、ニューイヤー駅伝もエース区間 4 区を任し、区間賞争いすることを求めた。実際は故障のため福岡は欠場し、駅伝も 5 区に回ったがそこでしっかりと区間賞を獲得している。

両立という意味で言えば、大学生が走る箱根駅伝を見る際にもマラソンでの適性を常に考えながら見るようにしている。近年はエースの集まる 2 区もスピード化が進んでいる。そこで上りや終盤など厳しい局面でいかに粘り切れるのか、そこがマラソンにつながると考えている。

〈概要〉 酒井俊幸 (東洋大学陸上競技部・長距離部門監督)

私も佐藤敏信監督と同様に駅伝での優勝をミッションとして東洋大学に招聘されており、当初は箱根駅伝を第一に強化のプランニングをしていた。しかし預かる学生は大学 4 年間で競技を終える者だけでなく、実業団に進む者も多くいる。現在は在学中から、競技者としてどこを目指すのか、選手と考えるのすり合わせをしながら指導するようになった。

現在、本学では短距離種目や競歩まで含め、「世界への挑戦」をテーマとして掲げている。2012 年、20 キロ競歩で西塔拓己がロンドン五輪に出場したがそこで 25 位に終わった経験から、五輪の舞台で戦うことを想定しながら出場権を取りにいかなければ、本番で勝負になら

ないことを痛感した。それもあり服部勇馬も在学中から2016年のリオデジャネイロ五輪を目指し、プランニングしてきた。関東インカレ、日本インカレ、学生三大駅伝、そして日本選手権と過密スケジュールではあったが、その経験が東京五輪代表内定につながったのではないかと考えており、今後も東洋大では引き続き、駅伝とマラソンの両立といった路線で強化を進めていきたいと考えている。

駅伝とマラソンの両立といっても抑えるべきポイントはいくつかあると考えている。それはどのレベルのマラソンを目指すのかということだ。完走するレベルでよければ箱根駅伝の延長で十分に辿りつける。サブテンや8分台、7分台、そして日本記録まで狙うとなれば、それぞれに取り組みは変わってくるだろう。

いずれにせよ大学指導者として、選手が現時点でどんなフィジカル特性を持っているのが重要と考え、更に自己理解、他者理解を図ることが大切であると考えている。体力、筋力、柔軟性、故障歴なども分析し、フォームや接地の癖も見抜くことが求められる。そのうえでメンタル面も含め、多角的なアプローチをしていかなければならない。

現実を考えれば東洋大学で駅伝の主力選手はインカレや学生三大駅伝があるため、在学中のマラソンアプローチは難しい。服部のマラソン出場は4年の最後だったが、彼は同時に10000mで27分台を目指す取り組みも行ってた。それは学生時代からスピードとマラソン準備の両方をしなければ、日本代表になっても通用しないという私なりの持論があったからに他ならない。そして駅伝がロード適性を伸ばす舞台にするなど、成長のきっかけとして考えればマラソン準備として有効な手段だ。またマラソンはひとりで挑むものだが、駅伝には仲間がいる。仲間がいるから気づけることもあるだろう。学生時代ならではの青春を送り、また箱根駅伝特有の達成感も競技者として成長するうえで必要な要素ではないかと考えている。

「駅伝とマラソン」の両立は学生を指導するうえでの考え方としては不可能ではない。常に高速マラソンへの対応を根底とし、それをいかに学生駅伝に落とし込んでいくか、それが指導の考えの軸だ。そのつながりを意識し続けることが重要なのではないだろうか。

〈概要〉服部 勇馬（トヨタ自動車陸上長距離部）

私は箱根駅伝に出場し、活躍して優勝したいという思いで東洋大学に入学した。だが1年目で出場を果たし、2年目で総合優勝できた時点で一時的に目標を失ってしまった。その時に酒井俊幸監督と相談し、決めた次の目標がマラソンである。そこからは「駅伝」という短期的な目標と「マラソン」というその先の目標の2つを目指して取り組んできた。2年生の終わりに30kmで学生記録

を作り、4年目でマラソンに初出場とステップアップができたが、それは監督がしっかりサポートしてくれたためであり、環境面では大変に恵まれていたと思う。

だがトヨタ自動車に入社してからは結果がでずに苦労をした。初マラソンではそれなりに走り込んで臨んだが、レース1週間前に調子を落とし、終盤で失速。それを私は「疲労を残したままレースに挑んだから」と受け止めた。それを受け、入社後の2回目のマラソンでは練習の効率性を求めたのだがやはり同じ結果になってしまった。

酒井監督、佐藤監督が綿密な連携をとり、指導してくれたのだが、2人の話のうち、自分に都合のいい面だけを受け入れ、本当の意味で課題に向き合っていなかったのだと思う。そのひとつがスタミナ強化のトレーニングに取り組むということであり、当時私はそれを受け入れていなかった。

実業団3年目に日本陸連の主宰するボルダー合宿において井上大仁選手（三菱重工）の練習を見たことが私にとっての変化のきっかけだった。すべてにおいて私が勝っているところはなく、また井上選手は練習が試合でどうつながっているかを考えて取り組んでいた。スタミナ強化の練習に向き合い始めたのはここからだ。土台作り、ジョグから見直した結果、3戦目からマラソンでの結果を出すことができた。こうした気づきの機会を作ってくれた佐藤監督には感謝している。

箱根駅伝はハーフの距離までは3分ペースで余裕をもって走れることが理解できるためマラソンに挑戦するにしてもポジティブな気持ちで向かえるメリットがある。事実、私は30キロまでそれより速いペースで走り、学生記録を作ることができた。一方で私が示した通り、マラソンに向かううえでの土台作りを疎かにしてしまうリスクもはらんでいる。ハーフを走れたから、マラソンを走れると思わない方がいい。

駅伝とマラソンは同じ時期に行われるため、両方でいい結果を望むことが難しいのは事実だ。しかし私は2020年の福岡国際マラソンでは2時間5分台の日本記録を狙っており、それが果たせば区間賞争いはできると考えていた。マラソンで結果を求める練習ができていれば、駅伝ではそれなりの結果が出せるはずという感覚は持っている。

また私は実業団選手でありプロではない。会社に恩返しする場として駅伝は重要であり、マラソンだけやっていたらいいという考えではいけないと考えている。そしてその両立ができてこそ、本当の意味で強い選手になれると信じている。



《コーディネータープロフィール》

上田 誠仁（うえだ まさひと）

98 頁参照ください

《シンポジストプロフィール》

酒井 俊幸（さかい としゆき）

1976 年生まれ

現 職：東洋大学 陸上競技部 長距離部門監督

指導歴：全日本大学駅伝対校選手権 優勝 1 回
出雲全日本大学選抜駅伝 優勝 1 回
東京箱根間往復大学駅伝競走（箱根駅伝）優勝 3 回

2012 年ロンドン五輪 20km 競歩代表として西塔拓己、2021 東京五輪 20km 競歩代表に池田向希、同 50km 競歩代表に川野将虎を輩出するなど、OB まで含めると 7 名の五輪代表選手を育成している。

《シンポジストプロフィール》

佐藤 敏信（さとう としのぶ）

1962 年生まれ

現 職：トヨタ自動車陸上長距離部監督

指導歴：コニカミノルタ（ヘッド）コーチとして
全日本実業団対抗駅伝（ニューイヤー駅伝）優勝 6 回

トヨタ自動車監督として

全日本実業団対抗駅伝（ニューイヤー駅伝）優勝 3 回

2011 年 9 月 テグ世界選手権

2 時間 18 分 40 秒（29 位）尾田 賢典

2018 年 12 月 福岡国際マラソン

優勝 2 時間 07 分 27 秒 服部 勇馬

2019 年 9 月 マラソングランドチャンピオンシップ

2 位 2 時間 11 分 36 秒 服部 勇馬

※東京オリンピック マラソン日本代表

【論文】男子長距離選手における合宿および大会後の血液性状 東京都立大学体育学研究 第 23 号 1998 年

《シンポジストプロフィール》

服部 勇馬（はっとり ゆうま）

トヨタ自動車陸上長距離部

1993 年生まれ

競技歴：東洋大学

第 90 回箱根駅伝（2 区・区間 3 位）総合優勝

第 91 回箱根駅伝（2 区・区間賞）総合 3 位

第 92 回箱根駅伝（2 区・区間賞）総合 2 位

第 58 回熊日 30 km ロードレース 優勝

1 時間 28 分 52 秒 = 日本学生記録

第 47 回全日本大学駅伝（1 区・区間賞）優勝

福岡国際マラソン 優勝 2 時間 7 分 27 秒

マラソングランドチャンピオンシップ

2 位 2 時間 11 分 36 秒

[日本陸上競技学会第 19 回大会]

共催：公益社団法人日本学生陸上競技連合・関東学生陸上競技連盟

シンポジウム②

「短距離系種目における低酸素トレーニング」

シンポジスト 山崎 一彦 (順天堂大学, 日本陸上競技連盟 強化委員会トラック&フィールドディレクター)
前村 公彦 (筑波大学, 日本陸上競技連盟 強化委員会 オリンピック強化コーチ)
鈴木 康弘 (国立スポーツ科学センター)

コーディネーター 麻場 一徳 (山梨学院大学, 日本陸上競技連盟 強化委員会委員長)

〈概要〉 長距離種目・マラソンでは一般的に行われている低酸素トレーニングも近年では短距離種目, 主にロングスプリントでも実践されている。シンポジウム 2 ではナショナルマイルリレーチームの東京五輪に向けた取り組みの中で行われた「5 日間の低酸素トレーニングが日本トップレベル女子 400m 走者の無酸素性及び有酸素性能力に及ぼす影響 (前村)」、「400m ハードルにおける高所トレーニングの実践」(山崎), そして「短距離競技者のための低酸素トレーニング」(鈴木)が紹介された。

「5 日間の低酸素トレーニングが日本トップレベル女子 400m 走者の無酸素性及び有酸素性能力に及ぼす影響」(前村)

2019 年 1 月に女子リレープロジェクトが発足した。その第 1 期強化スケジュールである同年 1 月から 8 月の間に 2 回, 低酸素合宿を行った。5 日間, 6 セッションの短期のプロトコルであり, 標高 3000m 相当 (酸素濃度 14.5%) で実施。プレテストは乳酸カーブテスト, 漸増負荷で $\dot{V}O_2\max$ (最大酸素摂取量) を測定。また無酸素能力の指標として MAOD (最大酸素借) も測定した。午前にはスプリントトレーニング, 午後に持久性トレーニングを合計 5 日間, 6 セッション行った後に, 1 週間の休息を経てプレテストと同じ内容のポストテストを行った。スプリントトレーニングは 30 秒の全力ペダリング運動を 5 セット, セット間休息 4 分間。1 セット目の負荷は 7.5% B.W からスタートし 1% ずつ負荷を落としていく。午後の持久性トレーニングはトレッドミルでの 5 分ごとに走速度を漸増していくランニングを 30 分, 加えてエアロバイクでの定常負荷ペダリング (2.5% B.W, 80rpm) を行った。結果としては有酸素性能力への効果として運動持続時間と最高血中乳酸濃度がトレーニング前後で有意な改善を示した。 $\dot{V}O_2\max$ は 7 人中 6 人が向上したが, 平均的にみると有意な変化は見られなかった。 $\dot{V}O_2\max$ の変化量と縦軸に運動持続時間の変化量の間では有意な正の相関関係が認められた。平均的に見ると

$\dot{V}O_2\max$ に有意な改善は見られなかったが, その向上の程度に伴い, 有酸素能力テストにおける運動持続時間が延長した可能性があると考えられている。無酸素性能力への効果も運動持続時間が 15 秒程度伸び, 最高血中乳酸酸素濃度も 2 から 3mmol/l 多く出せるようになった。MAOD もトレーニング前後で有意な増加が認められ, その変化量と運動持続時間の変化量も正の相関関係が見られた。

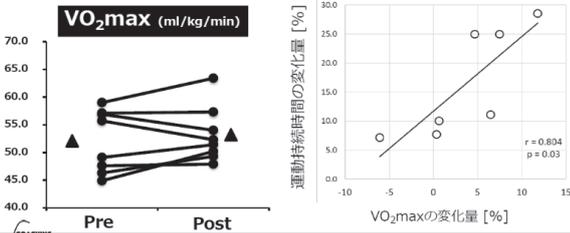
ここからは先行研究をもとにした考察だが, 低酸素環境下で 70 秒の全力ペダリング時における換気量と酸素摂取量を調べた時, 低酸素環境では換気量は高くなるが, 酸素摂取量は少なくなることが分かっている。また同様に低酸素環境では酸素摂取量は低くなるが, 最高血中乳酸濃度は高くなる。これらのことから有酸素エネルギー供給が少なくなり, 無酸素性エネルギー供給が多くなるのではないかと考えられる。つまり同じ運動強度に対する必要なエネルギー量は常酸素環境も低酸素環境も同じ。しかし低酸素環境は酸素が少ないため, 酸素摂取量が少なくなる。そのため低酸素環境では, 常酸素環境と同じ運動強度でも無酸素性エネルギー供給量が多くなる事がメカニズムのひとつとして考えられ, 低酸素環境での高強度トレーニングは, 無酸素性エネルギー供給に高い刺激を与えられることになる。その他の要因としては低酸素環境下における全カスプリント運動後の筋グリコーゲン低下は常酸素と比べて大きいこと, さらに筋の動員数も多いという研究結果がある。こうした事例からロングスプリント選手に低酸素効果があるものと考えられる。

コントロール条件 (常酸素トレーニング) 条件を実施できなかったこと, また冬季だったこともあり 400m のパフォーマンスを評価していないなどの限界はあったが, 選手の内省として「力を出し切ることができるようになった」と感想を述べた選手が多く出る結果となった。

Result : 有酸素性能力への効果

	Pre	Post
運動持続時間 (min)	5.2±0.5	5.8±0.4**
最高血中乳酸濃度 (mmol/l)	13.5±0.8	15.4±0.9*

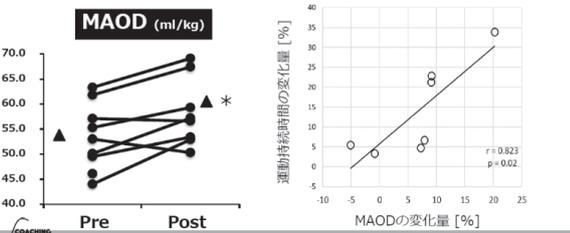
*:p<0.05, **:p<0.01



Result : 無酸素性能力への効果

	Pre	Post
運動持続時間 (sec)	132.3±5.8	146.1±6.1*
最高血中乳酸濃度 (mmol/l)	19.0±0.8	21.2±0.9*

*:p<0.05



「400m ハードルにおける高所トレーニングの実践」(山崎)

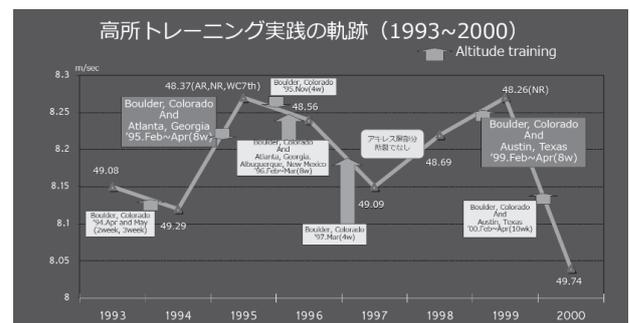
私は20数年前、1994年、95年から高所トレーニングを実施し始めた。背景として1980年代まで日本人選手の場合として低身長でかつ持久(有酸素)系能力が高く、また日本人の性質から、前半抑えてラストで上げていくレースパターンが一般的に唱えられていた。しかし私は前半からある程度のスピードに乗ってからなだらかに落ちていくことでフィニッシュで代謝エネルギーをゼロまで出し切るのではないかと仮説(イメージ)を立て、そのために高強度の有酸素トレーニングが有効ではないかと考えた。1994年からスタートし、以来、7回実施し、2回が成功。1995年の実施は偶然の産物として48秒37の日本記録と世界選手権決勝進出へとつながったが、それを整備して取り組んだ1998年から99年にかけての実施後は再度の48秒26の再度の日本記録樹立につなげることができた。

95年は米国コロラド州で2月後半から4月前半まで実施した。この間はストレングスコーチをつけた筋力強化を行うだけでなく、高所では低温で練習の質を高められない日もあるため高所と低所を繰り返すコンバインドにして組んだ。全体として通常トレーニング期間と高所トレーニング期間を比較すると高所では走行距離は約2

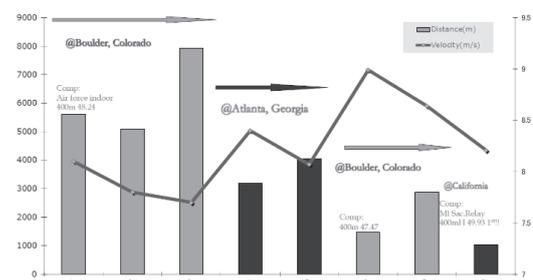
分の1に減らした。そのスケジュールはまず3週間、高所でトレーニングを行う。ここでは走行距離を少し増やし、質を落とす有酸素系優先のトレーニングを実施した、その後、低所のアトランタに下り、高強度の短いインターバルトレーニングなどを行った。そして2週間後、再度、コロラドの高地に戻り、シーズンを海外で迎えた。このシーズンは48秒37の大幅な自己ベストと世界選手権決勝進出を果たしている。有酸素性トレーニングを高める取り組みではあったが、結果的にレースパターンも前半のスピードが上がり、後半も緩やかに落ちていくレースパターンとなった。有酸素性能力を高めるトレーニングの結果、スピードも上がったと感じている。

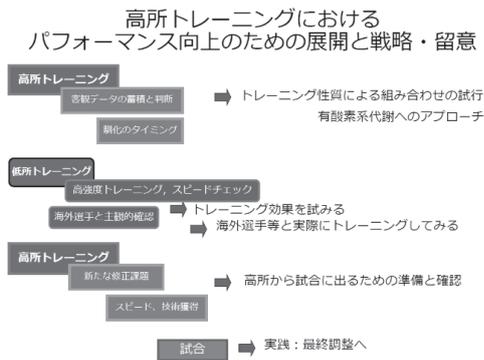
ここまでの取り組みにより、これまで仮説からトレーニング戦略の整理をした際、代謝系の向上は実感でき、かつ高所では空気抵抗の減少により暖かい日であれば、走速度を上げ技術の向上も図ることができる。また酸素分圧が低いため、トレーニング量を制御し、故障の予防も図ることができることが分かった。ただ独りよがりなトレーニングにしないために途中でのチェックが必要であり、低所に下り、対人でのスピードチェックも入れた。

高地には簡易的な器具を持ち込み、起床時の心拍数、血中酸素飽和度、ヘモグロビンなどを計測。私は高強度のトレーニングの2日後に心拍数が上がる傾向があり、その値を見ながら、練習計画を再考するようにしていた。私の高所トレーニングにおけるパフォーマンス向上のための展開と戦略・留意は高所では客観データを蓄積し、そこからトレーニング性質による組み合わせの試行、有酸素性代謝へのアプローチをし、つぎに低所で高強度トレーニングとスピードチェック。そして再度、高地で新たな課題を修正し、スピード技術を獲得し、試合に向かう流れを作るといった形となった。



高所⇔低所トレーニング時の走行距離, 平均速度





「短距離競技者のための低酸素トレーニング」(鈴木)

低酸素トレーニングの理論的な効果や今後どうあるべきかについてお話していきたい。当初、高地(低酸素)トレーニングは持久性パフォーマンス向上のため、自然高地環境での「長期滞在型・長時間・低強度」トレーニング方法として発展してきた。しかし1990年代後半からは低酸素室を用いた「短期滞在型・短時間・高強度」トレーニング方法としてスプリントや球技でも有効な手段となっている。JISSを利用する選手は1週間程度の合宿を繰り返すことが多いことから、短期間で効果を上げられる方法に関する研究を進めている。低酸素トレーニングで用いられる運動様式は低酸素室内の広さが限られるため、短距離選手であれば下肢が主動筋となる自転車エルゴメーターやトレッドミルが使われる。動きは似せてはいるものの特異的なトレーニングにならないことは事実だ。そのため私はウェイトトレーニング同様、週2～3回定期的に行うこと。そしてエネルギー基質およびエネルギー供給量を増やす目的で短期的に行い、種別、種目の専門的な強化は高地環境で実施するのが効果的だと考えている。

私はかつて山崎氏らと共に「低酸素トレーニングによる緩衝能の改善が高強度運動パフォーマンスに及ぼす影響」に関する研究を行っている。さきに山崎氏が発表した通り、400mハードルのラストで速度の低下を抑えることに貢献するのが緩衝能であり、2週間の高地トレーニングで緩衝能が上がるという先行研究があったことからそれをヒントに実験を行った。週に2回、8週間、30秒ペダリングを行うものであり2週目までは7.5% B.W.で1本、3週目からは2本目に5.0% B.W.を加えた。これにより常酸素群と比較しピークパワーも平均パワーも向上させる結果となった。世界的に低酸素スプリントトレーニングの最初の論文は2013年に公開されたが、定期的な低酸素スプリントトレーニングが無酸素性パフォーマンスを向上させるデータを我々は2001年から持っていたことになる。

2008年より400m選手を対象とした低酸素合宿の検討を開始した。麻場氏とともにスプリント力と持久力の

両方の向上を目指し、競泳選手のトレーニングも参考に大学生で実験的にスタートした。400m走における無酸素性エネルギー代謝の割合は57%、残りは有酸素性エネルギー代謝であるため、パフォーマンス向上にはその両方の改善が必要である。高強度インターバルトレーニング(High-intensity Interval Training=HIT)は無酸素性能力および有酸素性能力両方の向上に有効であり、30秒間の全力ペダリング4～7セットを2週間で合計6回によりそれが可能となる。またこのトレーニングは90～120分ペダリングを同様に週3回、2週間行うことと同じ効果を得られることから時間効率が良いトレーニング方法であることも報告されていることから、HIT低酸素環境で実施することにした。

しかし自転車エルゴメーターだけでは陸上選手が現場でのトレーニングとして受け入れるのは難しい。そのためトレッドミルを用いた持久性トレーニングを組み合わせることを考え、短期間で効果を得るための高強度のトレーニングプロトコルを作った。低酸素合宿群と常酸素合宿群を用いて午前中にスプリントトレーニング、午後には持久性トレーニングを行ったところ、最大無酸素性ランニングテスト(MART)の最大パワーは低酸素合宿群の運動持続時間では有意に向上したが、常酸素群では認められなかった。しかしこの研究では、低酸素合宿群は低酸素環境下での宿泊も伴っていたため、宿泊とトレーニングのどちらの効果が高いかを検証するため、宿泊とトレーニングを低酸素、トレーニングだけ低酸素、宿泊だけ低酸素、ともに常酸素の4群を作って同様の研究を実施したところ、MARTは低酸素環境下でトレーニングした群のみ有意に増加した。 $\dot{V}O_{2max}$ はすべての群で変化は見られなかった。ただし4ml/l時(OBLA)の走速度は低酸素でトレーニングをしている群で有意に増加した。このことから低酸素合宿はトレーニングを低酸素環境で行うことが効果的だと分かった。

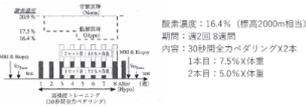
低酸素トレーニングの課題としては明確な答えが出ていないことが多い。トレーニングの適切な期間や強度については一応の答えとしてBrocherieによって提示されているが、我々としてはこれがすべてではなく種目の特異性によって変えていくべきだと考えている。トレーニング効果がどれくらい続くかについても、トレーニング終了2日後より7日後の方がパフォーマンスが高く、それ以降も続くこともあるがこれも明確な答えは今のところでない。適切な標高や酸素濃度についても一般的に標高3000m相当(14.5%)で行われることが多いが科学的な明確な根拠はない。レジスタンストレーニングや持久性トレーニングで負荷は個別に設定するのが常識であることを考えると、選手ごとに SpO_2 を基準とした標高/酸素濃度を設定していくことが必要だろう。

陸上競技短距離選手に対する低酸素スプリントトレーニング

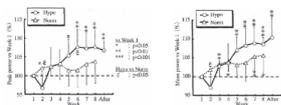
低酸素トレーニングによる筋耐性の改善が
高強度運動パフォーマンスに及ぼす影響

高尾圭一、伊藤 健
(茨城大学) 熊倉 大、熊倉 隼也
(大阪大学) 白根 一彦
(大阪大学) 高松 寛

The Influence of Improved Muscle Buffer Capacity due to Hypoxic Training on High Intensity Exercise Performance



酸素濃度：16.4% (標高2000m相当)
期間：週2回 8週間
内容：30秒間全カベダリダングX2本
1本目：7.5%X体重
2本目：5.0%X体重



定期的な低酸素スプリントトレーニングは無酸素性パフォーマンスを向上させる。

HP
SC

伊藤ら, デザントスポーツ科学 (2001)

スプリントトレーニングと持久性トレーニングを組み合わせた低酸素トレーニングの効果

対象者：女子大学生陸上競技400・800m選手15名

低酸素合宿群 (7名) vs 常酸素合宿群 (8名)

トレーニング：14.5% vs トレーニング：20.9%
宿泊：16.4% vs 睡眠&滞在：20.9%

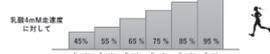
AM: スプリントトレーニング

・ 30秒間全カベダリダング×5セット セット間休息4分間
(高強度インターバルトレーニング)

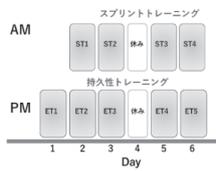


PM: 持久性トレーニング

・ トreadミルでの漸増負荷ランニング 30分間
5分ごとに走速度を漸増



・ エアロバイクでの定常負荷ペダリング 30分間
体重の2.5%kp 80 rpm



HP
SC

Orloughi et al. J Strength Cond Res (2018)

《コーディネーター・シンポジストプロフィール》

麻場 一徳 (あさば かずのり)

1960年生まれ

所属：山梨学院大学スポーツ科学部

学位：修士(体育学)

社会的活動：日本オリンピック委員会 ナショナルコーチ、選手強化本部委員

日本陸上競技連盟強化委員会 委員長

リオデジャネイロ・オリンピック陸上競技監督 (2016)

ジャカルタ・アジア競技大会陸上競技監督 (2018)

世界陸上競技選手権ドーハ大会監督 (2019)

日本陸上競技学会 理事

日本スプリント学会 副会長

《シンポジストプロフィール》

山崎 一彦 (やまざき かずひこ)

1971年生まれ

所属：順天堂大学スポーツ健康科学部

学位：修士(体育学)

社会的活動：日本オリンピック委員会 専任コーチングディレクター

日本オリンピック委員会 ナショナルコーチアカデミーワーキングメンバー

日本陸上競技連盟 強化委員会 ディレクター

学会理事 日本スプリント学会, 日本スプリント学会, 日本トレーニング科学会, 日本コーチング学会

競技歴：1992, 1996, 2000年オリンピック出場 (400mH)

1995年世界選手権 7位 (400mH) 日本記録 2回更新 (1995, 1999), アジア記録 (1995)

指導歴：福岡大学 陸上競技部 (2003-2014)

順天堂大学 陸上競技部 (2014～) 2018年より監督

オリンピック出場者 河村英昭 (1996, 2000),

吉澤賢 (2004), 北川貴理 (2016)

世界選手権出場者 吉形政衛 (2007)

日本選手権優勝者 櫻井里佳 (400mH), 田中千智 (400m), 北川貴理 (400m)

2019年日本学生対校陸上競技選手権大会男子総合優勝

《シンポジストプロフィール》

鈴木 康弘 (すずき やすひろ)

所属：国立スポーツ科学センター スポーツ研究部

学位：博士(体育科学)

主な著書・論文：鈴木康弘, 鈴木栄子, 千葉夏実, 西村徳恵, 高橋佐江子. 日本人エリート競技者のリハビリテーション中における乳酸性作業閾値強度での持久性トレーニングの効果. J High Perform Sport. 6: 109-117, 2020.

Yamanaka R, Ohnuma H, Ando R, Tanji F, Ohya T, Hagiwara M, Suzuki Y. Sprinting Ability as an Important Indicator of Performance in Elite Long-Distance Runners. Int J Sports Physiol Perform. 15: 141-145, 2019.

Katayama K, Goto K, Ohya T, Iwamoto E, Takao K, Kasai N, Sumi D, Mori H, Ishida K, Shimizu K, Shiozawa K, Suzuki Y. Effects of Respiratory Muscle Endurance Training in Hypoxia on Running Performance. Med Sci Sports Exerc. 51(7): 1477-1486, 2019.

社会的活動：蔵王坊平アスリートヴィレッジ 医・科学サポートプロジェクトメンバー

飛騨御嶽高原高地トレーニングエリア 医・科学サポートプロジェクトメンバー

競技歴：国民体育大会水泳競技大会 出場 15回, 入賞 9回

(1990～2000年, 2002年, 2005～2007年)

指導歴：JISS・ハイパフォーマンスジム エネルギー代謝系トレーニング担当 (2015年～現在)

筑波大学体育会水泳部 ストレngth&コンディショニングコーチ (1997～2002年)

《シンポジストプロフィール》

前村 公彦 (まえむら ひろひこ)

1977年生まれ

所属：筑波大学

学位：博士(体育科学)

社会的活動：日本オリンピック委員会 強化スタッフ

日本陸上競技連盟強化委員会 オリンピック強化コーチ

日本陸上競技学会 理事

日本スプリント学会 理事

指導歴：環太平洋大学 陸上競技部 監督 (2007～2018)

筑波大学 陸上競技部 コーチ (2018～現在)

第16回世界陸上競技選手権大会 (2017)

木村和史 男子4×400mR 出場

第17回アジア競技大会 (2014) 青木益未

女子100mH 出場

第18回アジア競技大会 (2018) 青木益未

女子100mH 銅メダル

日本陸上競技学会会則

平成14年10月26日制定

平成16年8月8日改正

平成20年8月31日改正

第1章 総則

- 第1条** 本会を日本陸上競技学会と称する。
(英文名: Japan Society of Athletics).
- 第2条** 本会は、陸上競技に関する理論的・実践的研究の発展をはかり、会員相互の交流を促し、これによって実践に資することを目的とする。

第2章 事業

- 第3条** 本会は、第2条の目的を達成するために、次の事業を行う。
- (1) 学会大会の開催
 - (2) 学会誌「陸上競技学会誌」(英文名: Japan Journal of Studies in Athletics) 及び会員名簿の刊行
 - (3) 研究会、講演会、講習会の開催
 - (4) 研究の国際的交流
 - (5) その他本会の目的に資する事業
- 第4条** 学会大会は、毎年1回以上開催する。

第3章 会員

- 第5条** 会員の種別は次の通りとする。
- (1) 正会員: 陸上競技、あるいはこれに関連する諸科学の研究者、指導者で正会員が推薦し、理事会で承認された者
 - (2) 名誉会員: 本会に多大な貢献のあった個人で、理事会が推薦し、総会で承認された者
 - (3) 賛助会員: 本会の目的に賛同する個人あるいは団体で、理事会で承認を受けた者
- 第6条** 会員は会費を納入しなければならない。
- (1) 正会員: 年額5,000円
 - (2) 名誉会員: 徴収しない
 - (3) 賛助会員: 年額1口2万円以上
- 第7条** 会に入会を希望するものは、所定の手続きを経て、入会申込書、会費を添えて本会事務局に申し込むものとする。
- 第8条** 会員は、本会の学会誌「陸上競技学会誌」その他研究情報に関する刊行物の配布を受けることができる。
- 第9条** 原則として2年間会費を滞納したものは退会したものとみなす。なお退会に際しては、滞納分の会費を支払うものとする。

第4章 役員

- 第10条** 本会に次の役員をおく。
- | | |
|-----|-----|
| 会長 | 1名 |
| 副会長 | 若干名 |
| 理事長 | 1名 |
| 理事 | 15名 |
| 監事 | 2名 |

- 第11条** 役員は次の各項により選任される。
- (1) 会長、副会長、理事長は理事の互選により選出し、総会において決定する。
 - (2) 理事は正会員の投票により決定する。
 - (3) 理事につきさらに若干名は会長が推薦することができる。
 - (4) 監事は会長が委嘱する。

- 第12条** 役員の仕事は次の通りとする。
- (1) 会長は本会を代表し、会務を総括する。
 - (2) 副会長は、会長を補佐し、会長事故ある時はこれを代行する。
 - (3) 理事長は理事会を招集し、会務を統括する。
 - (4) 理事は理事会を構成し、会務を処理して本会運営の任にあたる。
 - (5) 監事は本会の会務を監査する。

- 第13条** 役員の仕事は次の通りである。
- (1) 会長・副会長・理事長・理事・監事は1期3年とし、再任を妨げない。

第5章 会議

- 第14条** 本会の会議は、総会及び理事会とする。
- 第15条** 総会は本会の最高議決機関であり、会長が招集し、次の事項を審議決定する。
- (1) 役員を選定
 - (2) 事業報告及び収支決算
 - (3) 事業計画及び収支予算
 - (4) 会則及び諸規定の改正
 - (5) その他の重要事項
- 第16条** 理事会は、理事長が招集し、会務を処理し、本会運営の任にあたる。
- (1) 会長及び副会長の推薦
 - (2) 総会に対する提案事項の審議
 - (3) 総会から委任された事項の審議・処理
 - (4) 運営の効率化を図るために専門委員会を置くことができる。
 - (5) その他本会の目的に資する事業の運営

第6章 会計

- 第17条** 本会の経費は次の収入による。
- (1) 会員の会費
 - (2) 事業収入
 - (3) 助成金及び寄付金
- 第18条** 本会の会計年度は毎年4月より翌年3月までとする。

第7章 顧問

- 第19条** 本会に顧問及び参与をおくことができる。

第8章 付則

- 第20条** 事務局は当分の間、順天堂大学に置く。
- 第21条** 本会則は平成20年8月31日より施行する。

陸上競技学会誌 投稿規程

〈投稿資格〉

- ・本誌に投稿できるのは、原則として日本陸上競技学会会員とする。
- ・大学院生の投稿に際しては、投稿の前後いずれかにおいて本学会での発表を原則とする。
- ・編集委員会が認めた場合には、会員以外へ投稿を依頼する場合がある。

〈著作権〉

- ・会員の権利保護のため、掲載された原稿の著作権は本会に属するものとする。
- ・投稿論文において他者の著作権に帰属する資料等を引用するときは、著者がその許可申請手続きを行う。

〈原稿の送付〉

- ・原稿は付則に記された日本陸上競技学会編集委員会事務局宛に電子メールに原稿ファイルを添付して投稿する。受諾決定後には電子メールにて完成原稿電子媒体を提出する。

〈原稿の種類と内容〉

- ・原稿の内容は、陸上競技の理論と実践に関するものとする。
- ・本会誌の読者は陸上競技に関する広い分野にわたるので、高度な専門的知識のない読者にも理解できるよう配慮する。
- ・原稿の種類は、「原著論文」、「事例報告（ケース・レポート）」、「研究資料」、「解説」、「陸上競技 Round-up」、「キーノートレクチャー」、「その他」とし、それぞれ以下のようなものである。

①「原著論文」

陸上競技およびこれに関連する分野の学術上および指導・実践上価値のある新しい研究成果を記述した原著論文。

②「事例報告（ケース・レポート）」

陸上競技の実践において、現場で実際に行った事実（コーチングやトレーニングの活動）を事例として正確に記述し報告したレポートであり、指導者や選手の活動実践に直接役立つもの。

③「研究資料」

陸上競技に関連する理論的、実践的、事例的な問題について、原著論文としての体裁になるほどまとまっていないが、新規性があり早く発表する価値のある論文。または、コーチング実践への示唆の無い基礎的な研究論文。

④「解説」

陸上競技に関連する新知見、他の競技種目やトレーニング法など、多数の学会員にとって未知であり、これを知らせることの意義のある記事。論文紹介や指導法

の提示などもこれに含まれる。

⑤「陸上競技 Round-up」

陸上競技に関連する国内外の情報、学会員相互の問題提起や話題の提供、対談など。

⑥「キーノートレクチャー」

陸上競技の指導者、選手として身につけておきたいスポーツ科学における各専門領域に知見を分かりやすくまとめた依頼原稿。

⑦「その他」

学会大会における研究発表抄録、学会および学会誌の運営や内容などに関する自由な意見、希望など。

〈倫理規定〉

- ・ヒトを対象とする医学的・生物学的研究はヘルシンキ宣言の趣旨に則り、また、動物実験は各所属機関の規定に従い、適切に対応する。

〈掲載の採否〉

- ・原稿の掲載の採否は、本会誌編集委員会が決定する。
- ・原稿の選択、校正、追加・短縮、掲載順序などは、編集委員会が決定する。
- ・著者に承認を求めた上で、原稿の種類を変更する場合がある。

〈著作権〉

本誌に掲載された論文の著作権の一切（著作権法第27条及び第28条の権利を含む）は、本学会誌に帰属又は譲渡されるものとする。ただし、論文の内容に関する責任は当該論文の著者が負う。

〈利益相反について〉

筆頭著者は当該論文にかかる著者全員のCOI状態に関して、所定の書式（様式1）にて論文投稿時に自己申告し、記載内容について責任を負う。

〈その他〉

- ・原稿執筆にあたっては、「執筆要項」にしたがって作成する。
- ・投稿についての問い合わせは、付則に記した問い合わせ先まで連絡する。

〈付則〉

原稿の送付先、問い合わせ先は、下記の通りである。

〒470-0393 愛知県豊田市貝津町床立101
中京大学
スポーツ科学部 競技スポーツ科学科
眞鍋芳明
TEL: 0565-46-1211（代表）
E-mail: manabe@sass.chukyo-u.ac.jp

1. 原稿の作成

原稿はワードプロセッサで作成するものとし、A4版縦置き横書きとし、全角40字30行（英文綴りおよび数値は半角）で、上下左右に約3cmの余白をとり、フォントは10.5ポイントとする。本文は現代かなづかいとし、外国語をかな書きする場合は、カタカナで表記すること。本文および文献表にはページ下部中央に通し番号をつけること。また、審査員が要修正事項や照会事項を指摘しやすくし、また著者が修正対応表（回答コメント）で修正・対応箇所を明示するために、本文および文献表の左側に行番号（ページごとに振り直し）を付加すること。

原稿の長さは、刷り上がり8ページを超過しないように配慮すること。原稿2枚が刷り上がり約1ページに相当する。なお、このページ数には、表紙や要旨、図表など一切含むものとする。

また、原稿ファイルはファイル展開の不具合を防ぐために下記の拡張子を持つファイル形式とする。

- (1) 表紙, 要旨, 英文抄録, 本文, 文献: doc, docx および pdf
- (2) 図表: ppt, pptx, xls, xlsx, jpg, tiff, gif および pdf

いずれも原稿ファイルと pdf 形式のファイルの2種類を送付すること。

2. 原稿の構成

2.1 表紙

原稿の1枚目に、下記のものを記入する。

- ①原稿の種類（原著論文、事例報告（ケース・レポート）、研究資料、解説、陸上競技 Round-up、キーノートレクチャー、その他）
- ②題目
- ③著者名
- ④所属機関
- ⑤所在地
- ⑥連絡先電話番号（および E-mail）
- ⑥キーワード（5個程度）

上記のうち、題目、著者名、所属機関については、日本語と英語の両方を書くこと。

2.2 要旨

「原著論文」、「事例報告（ケース・レポート）」、「研究資料」には、和文もしくは英文の要旨を付す。英文原稿の場合には、和文および英文の要旨を付す。

2.3 本文

本文は理解しやすいように章立てする。本文には、表題、著者氏名、所属、および所在地は記入しない。

2.4 図表

- (1) 図表は1つずつA4用紙または原稿用紙に配置し、それぞれに通し番号を付して図1、表1などと記す。また、これにタイトルや説明文をつける
- (2) 図表は提出された原図をそのままオフセット印刷するので、図表の大きさは刷り上り寸法の2倍程度で印刷するのが望ましい。
- (3) 写真は図に含めるものとし、濃淡のはっきりしたものとする。
- (4) 図表を原稿に挿入する個所は、本文の右側余白に図表番号によって明示する。
- (5) 図表の数は、刷り上り2ページ以内を目安とする。

2.5 文献

見出し語は「文献」とする。本文中での文献引用時の記載は、原則として著者・出版年方式（author-date method）とする。文献一覧はファースト・オーサーのアルファベット順とし、下記の形式で本文の末尾にまとめて記載する。

(1) 定期刊行物（雑誌）

原則として、次に示す形式で記載する。

著者名（発行年）論文名. 誌名, 巻（号）: 始ページ-終ページ.

共著の論文について、著者名が漢字の場合には中黒（・）でつなぎ、英字の場合には and で続ける。ただし、英字で3人以上の場合にはカンマ（,）でつなぎ、最後の著者の前のみ to and を入れる。発行年は西暦で記入するものとし、同一著者で同じ発行年の複数の論文を記載する場合には年号の後に a, b, c, … を付ける。雑誌名の省略方法は、原則として和文は「日本医学雑誌略名表」、欧文は「Index Medicus」に従う。

—例—

陸上太郎・跳躍二郎 (2001) 100km ランニング中のβエンドルフィン濃度変化. 日本陸上競技学会誌, 12 (2): 56-61.

Lewis, C., Johnson, B., and Johnson, M. (1999) Problems of traditional sprint techniques. *New Studies in Track and Field*, 35(3): 135-142.

(2) 書籍

原則として、次に示す3つのいずれか当てはまる形式で記載する。書籍では、引用個所が特定できない場合には引用ページの部分を省略する。

①単行本の場合

著者名(発行年) 書名(版数). 発行所: 発行地,
引用ページ.

—例—

小野勝次(1963) 陸上競技の力学(第7版). 同文書院:
東京, pp.76-78.

O'Brien, D. (1998) Dan O'Brien's Ultimate Workout.
Hyperion: New York, pp.3-11.

日本陸上競技連盟編(1992) 陸上競技指導教本(基礎
理論編). 大修館書店: 東京, pp.22-26.

②編著の一部の場合

著者名(発行年) 表題. 編集者名(編) 書名(版数).
発行所: 発行地, 引用ページ

英文の場合には, "In:" をつけたあと編集(監修)者名と
(ed.) もしくは "(eds.);" をつける.

—例—

尾縣貢(1990) 混成競技の学習指導. 関岡康雄 編
著 陸上競技の方法. 同和書院: 東京, pp.167-
176.

Lundberg, A. (1997) Functional Anatomy. In: Allard, P.,
Cappozzo, A., Lundberg, A., and Vaughan, C.L. (Eds.)
Three-dimensional analysis of human locomotion.
John Wiley & Sons: New York, pp.27-48.

③翻訳書の場合

著者名(発行年) 書名(版数). 発行所: 発行地,
引用ページ. <英文書誌データ>

原著者の姓をカタカナ表記し, その後にコロン(:)
をつけて訳者の姓名を記入する. 訳者が3人以上の場合,
筆頭訳者のみ記入して「・・・ほか訳」と略記する. 原
著の書誌データは執筆者が必要性を判断して < > 内に
付記する.

—例—

エッカー: 澤村博監訳(1999) 基礎からの陸上競技
バイオメカニクス. ベースボール・マガジ
ン社: 東京. < Ecker, T. (1985) Basic track & field
biomechanics. Tafnews Press: Los Altos. >

3. 原稿の書き方

原稿は, 十分推敲し, 簡潔かつわかりやすいように重
点を強調して記述する. 謝辞, 付記などは原稿の採択決
定後に書き加えること. なお, 英文の場合には, ダブル
スペースで原稿を作成する.

(1) 原稿の言語

原稿は日本語を用いることを原則とするが, 英語を用
いてもよい. 以下, 日本語を用いる場合の規定であるが,
英語を用いる場合はこれに順ずるものとする.

(2) 用語・単位・記号

文章は「である調」の現代文表記とし, 原則として当
用漢字・新かなづかいを用いる. 文章中の外国語は原語
表記またはカタカナを用いる.

単位は国際単位系(SI)に従うものとする. 量および
単位をあらわす記号は, なるべくJIS規格で制定された
ものを用い, 必要があれば記号一覧表をつける.

(3) 章立てと見出し

本文は, 章, 節, 項に区切る. 章の見出し番号は, 1.,
2., ..., 節の見出しは, 1.1, 1.2, ..., 項の見
出しは (1), (2), ... とし, 行の左端から書く. 本文は
これと行を変えて書く.

(4) こまどり

本文は, 書き出しおよび改行後の書き出し部分を1こ
まあける. また, 見出し番号の次も1こまあける. 句点
は「.」, 読点は「,」とし, 1こまを占める.

(5) 脚注

脚注は, 文末に一覧表としてまとめる. 本文では,
右側に(注1)などをつける.

(6) 文字指定

本文, 数式, 図, 表などに記入される文字は, 字体が
明確にわかるように書く. 紛らわしい文字は, 赤字で字
体を指定する.

大文字, 小文字で紛らわしいもの(例えば, Cとc,
Kとk, Oとo), 混同の恐れがあるもの(例えば, rと
γ, kとκ, wとω), その他, O(オー)と0(ゼロ),
1(エル)と1(イチ)などは, その区別を赤字で添書
きする. 上付き文字, 下付き文字などの文字飾りにつ
いても赤字で添書きして指示する.

英字の変数は, 原則としてイタリックとし, 「イタ」
を○で囲んだ赤字で添書きする. その他の英字, すなわ
ち単位(kgなど), 演算子(sinなど), 一般用語, 固
有名詞はローマンとする.

(7) 数式

数式は改行して2行取りとし, 上付き, 下付きなどを
赤字で添書きする. 分数式は, 原則として, $\frac{a}{b}$ のよう
に書くが, 簡単な数式などを本文中に入れる場合には,
 $(a-1)/(b+2)$ のようにして1行に書く.

4. 掲載料と別刷り

掲載料は当分の間無料とするが, 特殊な印刷を必要と
したり, ページ数の超過などがある場合には, 別途著者
負担額を申し受けることがある.

別刷りが必要な場合は, 著者校正の際に必要な部数を申
し出る. これに要する費用は著者負担とする.

(様式1)

日本陸上競技学会誌 COI自己申告書

著者名: _____

論文題目: _____

(著者全員について、投稿時から遡って過去2年間以内での発表内容に関する企業・組織または団体とのCOI状態を記載)(本COI自己申告書は論文掲載後2年間保管されます)

項目	該当の状況	有であれば、著者名：企業名などの記載
① 報酬額 1つの企業・団体から年間100万円以上	有・無	
② 株式の利益 1つの企業から年間100万円以上、 あるいは当該株式の5%以上保有	有・無	
③ 特許使用料 1つにつき年間100万円以上	有・無	
④ 講演料 1つの企業・団体からの年間合計50万円以上	有・無	
⑤ 原稿料 1つの企業・団体から年間合計50万円以上	有・無	
⑥ 研究費・助成金などの総額 1つの企業・団体からの研究経費を共有する所属部局（講座、分野あるいは研究室など）に支払われた年間総額が200万円以上	有・無	
⑦ 奨学（奨励）寄付などの総額 1つの企業・団体からの奨学寄付金を共有する所属部局（講座、分野あるいは研究室など）に支払われた年間総額が100万円以上	有・無	
⑧ 企業などが提供する寄付講座 (企業などからの寄付講座に所属している場合に記載)	有・無	
⑨ 旅費、贈答品などの受領 1つの企業・団体から年間5万円以上	有・無	

誓約:私の利益相反に関する状況は上記のとおりであることを相違ありません。なお、本申告書の内容は、社会的・法的な要請があった場合は、公開することを承認します。また本申告書を電磁的に本学会事務局にて保管することに承認し、電磁的に保管されたものを正本とすることに同意します。

(申告日)西暦 年 月 日

論文筆頭者(署名): _____

日本陸上競技学会 学会賞・優秀発表賞規程

本規程は、日本陸上競技学会（以下「本学会」という）が、本学会会員（以下「会員」という）のより一層の研究・実践活動を奨励し、本学会の質的向上をはかるため、会員の顕著な研究・実践活動等の業績に対し顕彰をおこなうための事項を取り決めたものである。

第1条（名称）本賞は、優れた論文・著書等に対して授与する「学会賞」および学会大会における優れた一般発表に授与する「優秀発表賞」とする。

第2条（学会賞の選考）本会に「学会賞」に関する選考委員会（以下「学会賞委員会」という）を設ける。

- 1.（学会賞委員会の設置）学会賞委員会は、会長が委嘱する編集委員長および副委員長を含む本会理事若干名をもって構成される（委員の任期は3年とし、再選は妨げない）。委員会は、互選により委員長を選出する。
- 2.（学会賞の選考基準）学会賞は、筆頭著者が会員で、原則としてその前年度に刊行された「陸上競技学会誌」に掲載された論文および学術・啓蒙的著書等を対象として、最も優れた論文・著書等に対して授与する。
- 3.（受賞対象者）受賞対象者は、筆頭著者及びその共著者すべてとする。なお、筆頭著者以外は、会員、非会員を問わない。
4. 本学会賞制定後、数年は創立年度まで遡った業績も対象とする。
- 5.（学会賞候補の推薦）会長、副会長および理事は、学会賞の候補となりうる論文・著書等一篇を推薦することができる。また、会員は、2名以上の連名により、学会賞の候補になりうる論文・著書等一篇を推薦することができる。候補論文・著書等の推薦は、毎年度第1回の理事会より大会前1ヶ月までの期間とし、会長宛に文書で提出する。

第3条（優秀発表賞の選考）本会に「優秀発表賞」に関する選考委員会（以下「発表賞委員会」という）を設ける。

- 1.（発表賞委員会の設置）発表賞委員会は、当該大会に出席している、大会会長から委嘱された理事若干名をもって構成する。なお、委員長は大会会長とする。
- 2.（優秀発表賞候補の選考基準と推薦）発表賞委員会は、当該大会における一般発表（口頭およびポ

スター発表）において優れた発表一件を、所定の様式にしたがって記名式での推薦を行うよう会員に依頼する。

- 3.（受賞対象者）受賞対象者は、満35歳未満（当該年度4月1日現在）の会員（筆頭著者）で、受賞は1人に対して原則1回とする。

第4条（受賞候補者の決定）各委員会は、推薦された論文等・著書および一般発表を参考にしながら、「学会賞」候補論文・著書等を各一篇および「優秀発表賞」候補一件を決定し、理事会に報告する（ただし「該当なし」も可）。

第5条（受賞者の決定と表彰）受賞者の最終決定は、理事会において行う。なお、表彰は、筆頭著者へのみとし、「学会賞」については総会時、「優秀発表賞」については当該大会の閉会宣言時に授与する。

第6条（受賞者の貢献）受賞者は、次のいくつかの方法により、本学会会員の相互啓発に協力することとする。

- 1) 論文等の寄稿（本学会誌に未掲載の場合）
- 2) 本学会での講演等

第7条（規程改廃）本規程の改廃は、理事会において決定する。

附則

- 1 本規定は、平成21年11月14日から施行する。

陸上競技学会誌編集委員会 委員名簿

委員長 眞鍋 芳明 中京大学
副委員長 伊藤 信之 横浜国立大学
委員 鯉川なつえ 順天堂大学

※敬称略

編集後記

コロナ禍に翻弄された一年。こんなにも健康の大切さと、スポーツができる喜びを噛みしめたことはなかったかも知れません。

2020年度、自粛生活が続く中、多くの関係者のご尽力によって開催できた競技会において、その努力に報いるがごとく、アスリートたちが好記録を連発してくれました。女子1500m 田中希実選手（豊田自動織機AC）、1万m 新谷仁美選手（積水化学）、相澤晃選手（旭化成）、そしてマラソン鈴木健吾選手（富士通）の4人が3種目で素晴らしい日本記録が誕生しました。東京五輪・パラリンピック延期というピンチをチャンスに変えたアスリートたちの活躍は、日本陸上界を明るく照らしてくれました。

研究においては、実験や調査もままならない状況下ではありましたが、スポーツ科学の発展の歩みを止め

ることなく、日本陸上競技学会をオンラインで開催することができましたことをご報告させていただきます。また本学会誌におきましても、原著論文が3編、研究資料が4編、事例報告が1編、解説が1編、陸上競技Round-upが1編、キーノートレクチャーが1編と、多種多様な論文を掲載することができました。ありがとうございました。学会員の皆様には、さらなるご投稿をお待ちしております。

最後に、2021年度には東京五輪・パラリンピックが開催される予定です。無観客、コロナワクチンの接種など、「With コロナ五輪」になることが予想されますが、世界のアスリートたちの最高のパフォーマンスを表現する舞台が用意されることを切に願います。

（編集委員長 眞鍋芳明）

陸上競技学会誌 第19巻 (Vol.19, 2021)

2021年3月31日発行

発行人 澤村 博
編集人 青山清英
発行所 日本陸上競技学会
〒305-8574 茨城県つくば市天王台1-1-1
筑波大学体育系
日本陸上競技学会事務局
TEL: 029-853-6321
E-Mail: info@jsa-web.com

製作 株式会社 文成印刷
印刷 株式会社 文成印刷
