

陸上競技ハンマー投げ選手におけるターン動作と 投擲能力との関係

田中 透¹⁾, 吉本隆哉²⁾, 瓜田吉久³⁾

Relationship between turn movement and throw performance in hammer throw athletes

Toru TANAKA¹⁾, Takaya YOSHIMOTO²⁾, Yoshihisa URITA³⁾

Abstract

This study aimed to elucidate the relationships between hammer throw distance kinematics of body axis defined as connection between jugular notch and center of pressure, and kinetics of turn movements in senior hammer thrower. The hammer throw motions were recorded with 3 high speed cameras (250 Hz) for three-dimensional analysis. Vertical, mediolateral and anteroposterior component ground reaction force was measured using a force platform (1000 Hz). Jugular notch and center of pressure were calculated from motion analysis soft. As the results, the hammer thrower with smaller changes in maximal inclination angle of body axis during double legs support phase at 2nd turn had the greater hammer throw distance. In addition, the results indicate that reduced time from 1st turn to 2nd turn and increase peak ground reaction force from 1st turn may be important for high performance in hammer throw.

キーワード: motion of body axis, long axis of body, support time, ground reaction force

1. 緒言

ハンマー投げは、運動開始からピボットフットとフリーフットの踏み替えによってターン動作を遂行し、ハンマーヘッドの速度を高めてからその後リリースすることで、遠くにハンマーを投擲する競技である。ハンマーヘッドの投擲距離を規定する要因には、リリース時のハンマーヘッド速度、投射角、投射高、空気抵抗の4点がある。特に、リリース時のハンマーヘッド速度が投擲距離に最も重要な要素となる(室伏ら, 1982; Dapena, 1984, 1985; 池上ら, 1994; 岡本ら, 1997; 水谷ら, 1997; Hunter et al., 2003)。そのようなことから、投擲動作中のハンマーヘッド速度を高めることが、競技パフォーマンスの向上に重要な要素となる。

ハンマーヘッド速度を生み出すターン動作は、サークルに両足が接地している両足支持期と軸足のみが接地している片足支持期に分けられる。競技現場では両足支持期を積極的加速局面、片足支持期を消極的加速局面と呼び、両足支持期では、ハンマーヘッド速度が増加し、片足支持期ではハンマーヘッド速度が減少する(室伏, 1994; Depena et al., 1989)。これまでの先行研究(Black, 1980; Simonyi, 1980; Woicik, 1980)では、両足支持期にハンマーヘッド速度が増加することから、両足支持期が長い投法が良い投法とされており、より長い時間、地面に対して力発揮を行うことがパフォーマンスに重要であることが示唆されている。

他方、指導書(室伏, 1994)においてハンマーヘッドを回転毎にスムーズに加速させるためには、回転軸をしっかりと保ち、姿勢をキープする必要があると述べられており、回転動作を素早く行うためには、身体軸が重要な要素となる。しかしながら、先行研究を概観しても、ハンマー投げにおける身体軸の挙動と競技パフォーマンスとの関連を明らかにした報告は見当たらない。近年、スポーツにおける身体運動を、身体重心と足先もしくは圧力中心を繋いだ簡易モデルを作成し、その挙動を評価する取り組みが陸上競技短距離種目および跳躍種目を中心に行われている(McMahon et al., 1990; 図子ら, 2007; 荻山ら, 2013)。それらの研究では、身体重心と足先もしくは圧力中心を結線し、その挙動によって身体がどのように運動しているのかを明らかにしている。さらに、田内と藤井(2009)は、ハンマー投げにおいて片

1) 岐阜経済大学 Gifu Keizai University

〒503-0019 岐阜県大垣市北方町5丁目50

2) 国立スポーツ科学センター Japan Institute of Sports Sciences

〒115-0056 東京都北区西が丘3-15-1

3) 鹿屋体育大学 National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

〒891-2393 鹿児島県鹿屋市白水町1

足支持期の接地脚と胸骨上縁を結ぶ線を身体軸と定義し、その挙動を確認する取り組みを実施しており、著者ら（2011）は、その方法を用いて身体軸の傾斜角度と投擲記録との関係を明らかにしている。その中では、競技レベルの高い選手はターン動作の2回転目において身体軸を傾けず、反対に低い選手は身体軸を傾ける傾向にあることを示しており、2回転目における身体軸の傾斜角度の抑制が競技パフォーマンスの向上に寄与する可能性を示している。しかしながら、先行研究では2回転目の空ターンおよびハンマー投げのターン動作の両足支持期における身体軸の最大傾斜角度と競技パフォーマンスとの関連についてのみ言及しており、ハンマー投げの動作開始から、フリーフットが離地し、その後初めて接地する1回転目の身体軸の挙動の変化とパフォーマンスとの関連を明らかにしていない。また、競技スポーツ現場では、ターン動作中に身体軸の傾斜角度を変容させないことが安定したターン動作を生み出すと考えられているが、著者ら（2011）の研究では両足支持期中の傾斜角度の変化量については検討しておらず、先行研究で明らかにされているものに加え、上記に示した要因についても検証することができれば、より競技スポーツ現場に役立つ有用な知見になるものと考えられる。さらに、Murofushi et al. (2007) は、ハンマー投げ投擲時の地面反力について検討を行った結果、リリース時を除く垂直成分の地面反力が、回転毎に著しい変化を示さないが、ハンマー投げアジア記録保持者の選手は、ピボットフットとフリーフットで同程度の地面反力を獲得する一方、競技力の劣る選手にはそのような力発揮がみられないことを示している。このように、地面反力においても、競技パフォーマンスの優劣によって、特徴的な力発揮がみられる可能性があるが、地面に対しての力発揮とパフォーマンスとの関係について明らかにした研究はない。このような視点からも検証を行うことができれば、ハンマー投げにおいて高い競技パフォーマンスを獲得するための有用な知見を得ることができると考えられる。

そこで本研究では、男子ハンマー投げ選手を対象に、

ハンマー投げ時のターン動作における両足支持期中の身体軸の挙動、支持時間および地面反力と投擲距離との関係について明らかにすることを目的とした。

2. 方法

2.1 被検者

被検者は、1年以上の競技経験を有する陸上競技男子ハンマー投げ選手7名（年齢：23.5 ± 4.0 歳，身長：177.5 ± 7.3 cm，体重：96.8 ± 10.4 kg，自己記録 60.58 ± 9.16m）とした。被検者の中には、測定を実施した年度の日本ランキング3, 4, 5, 6 および8位の選手が含まれていた。本研究ではすべての被検者において投擲動作時の回転数が4回転、動作開始の片足接触部位がつま先入りの選手であった。

2.2 データ収集

本研究は、田中ら（2011）と同様のデータセットを用い、ターン動作中の両足支持期における身体軸の挙動に加え、支持時間および地面反力と投擲能力との関係について追加の分析を実施して行った。また本研究では、ハンマー投げの競技経験が1年未満の選手は、ハンマー投げ動作の熟達度が低いと判断し、分析対象から除外した。

(1) 形態および身体組成

身長は身長計を用いて0.1cm刻みで計測した。体重は、単周波生体電気インピーダンス方式の体脂肪率計（DC-320, Tanita 社製）で測定した。

(2) 実験の手順

本実験では、ハンマーを保持しながらターン動作を行い投擲する「実投」を、最大努力で10試技行わせた。

(3) 計測方法

3台の高速度カメラ（HSV-500C3, サンプリング周波数 250Hz, Nac 社製）を、ハンマーサークルの中心から15メートル離れた位置に、囲うように設置した。第1カメラは、投擲方向に向かって逆方向、第2および第3カメラは、第1カメラに対して、左右方向に120度の角度に設置し、ターン動作を撮影した（図1）。また、投

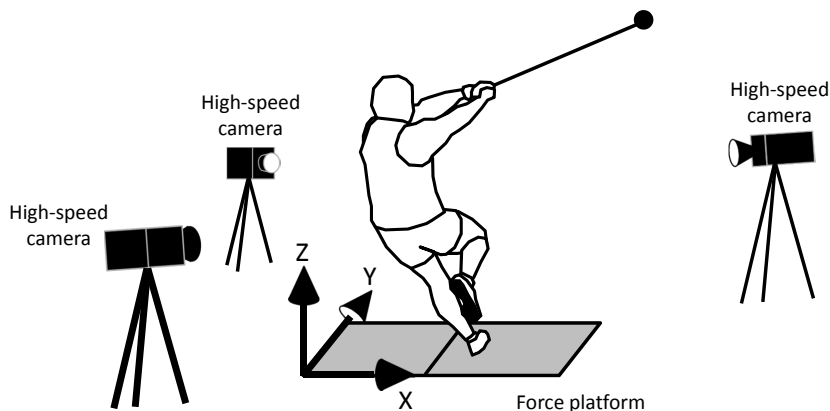


Fig 1. The experimental set-up

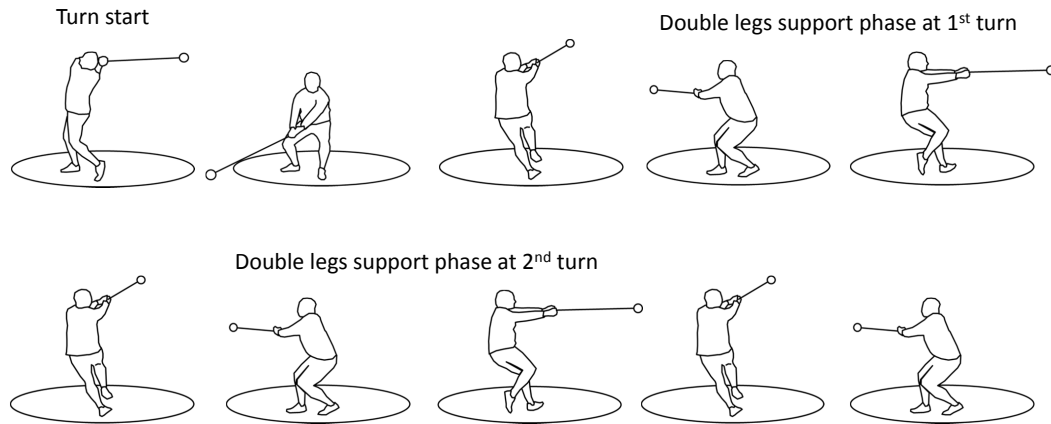


Fig 2. Analysis phase of turn motion

擲サークルを模した直径 2.135m の円形を作成し、多成分フォースプラットフォーム (Z15907, サンプリング周波数 1000 Hz, Kistler 社製) をサークル床部分に埋没させ、床反力のデータの取得を行った。高速度カメラとフォースプレートの同期には、同期ランプを使用した。なお、それぞれのカメラの画角に同期ランプが映り込む様に配置し、ランプの点灯と同時にフォースプレートの測定が開始されるように設定することで、3 台のカメラおよびフォースプレートの同期を行った。キャリブレーションは、実験試技に先立って、210 点のコントロールポイントを 3 次元座標値として撮影し、実施した。

本研究では、両脚のターン開始からフリーフットが離地し、その後接地した瞬間からの 2 回転における両足支持期を分析対象とした (1 および 2 回転目と定義) (図 2)。このことから校正に用いたコントロールポイント数は 54 点であった。本研究では、試技の中から各被検者の最も記録の良かった 1 試技を採用し、ターン動作中にフォースプレートから片足がはみ出した試技は除外した。

(4) ハンマー投げの投擲距離

ハンマー投げの投擲距離は、ハンマー頭部の落下による痕跡のサークルにもっとも近い地点から、サークルの中心をつなぐ線上のサークルの内側までをメジャーを用いて測定した (試技記録)。ハンマー投げの自己記録は、日本陸上競技連盟で定められた規定に準ずる公式大会での記録を採用した。

(5) データ処理

3 次元動作解析ソフト (Flame-DIAS IV, DKH) を用いて、3 台の高速度カメラによって撮影された映像上の胸骨上縁をデジタル化し、DLT 法 (Abdel-Aziz and Karara, 1971) によって 3 次元座標を取得した。高速度カメラで撮影した実験試技分析点の座標は、Butterworth low-pass digital filter (10Hz) を用いて平滑化し、映像中のコントロールポイントから静止座標系 (Y, X および Z) を定義した。Y を投擲方向へのベクトル、X を投擲方向

に対して左から右に直行するベクトル、Z を鉛直上向きのベクトルとした。このときの 3 次元座標再構成の誤差は 0.454 ~ 1.294cm であった。

A/D 変換ソフト (Trias, DKH) を用いて、三軸における床反力データを取得し、両足圧力中心 (center of pressure: COP) を算出した。両足圧力中心の算出に際し、各フォースプレートの中心に座標の原点を設定した。床反力データは、Butterworth low-pass digital filter (10 Hz) を用いて平滑化した。

本研究における身体軸の定義は、先行研究 (田内ら, 2009) を参考に、地面反力のデータをもとに算出された両足支持期における圧力中心と胸骨上縁座標を結線したものとした (図 3)。

1 および 2 回転目における身体軸の傾斜角度、回転毎の傾斜角度の変位量および接地時間と、鉛直成分における最大および平均地面反力、力積、またそれらを体重で除した値を分析項目とした。

2.3 統計処理

データ解析は、統計処理ソフト (SPSS Statistics 19, IBM) を用いて各分析項目と投擲距離との相関関係を検討した。また、統計処理は、それぞれの分析項目にお

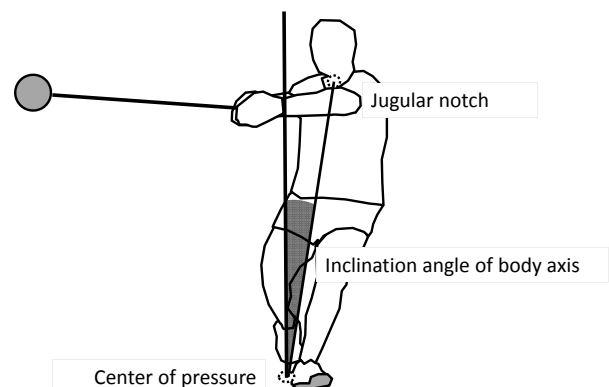


Fig 3. Definition of body axis

る因子間の相関をピアソンの相関係数をもとに算出し、危険率5%未満をもって有意とした。

3. 結果

本研究における各被検者の身体特性、自己記録、試技記録、自己記録に対する試技記録のパフォーマンス発揮率、キネマティクスおよびキネティクスデータを表1および2に示す。被検者の本実験の試技記録は、自己記録の90%以上(92%～96%)の発揮率であった。本研究の被検者における自己記録と試技記録との相関関係を図4に示す。両者の間には有意な正の相関関係が認められた($r = 0.98$, $P < 0.05$)。

1および2回転目の両足支持期における最大傾斜角度と試技記録との関係を図5に示す。1回転目の最大傾斜角度と試技記録の間には有意な相関関係が認められなかったが、2回転目において両者の間には有意な負の相関関係が認められた($r = 0.82$, $P < 0.05$)。

1および2回転目の両足支持期における傾斜角度の変位量と試技記録との関係を図6に示す。1回転目の傾斜角度の変位量と試技記録の間には有意な相関関係が認められなかったが、2回転目において両者の間には有意な負の相関関係が認められた($r = 0.82$, $P < 0.05$)。

1および2回転目の両足支持時間と試技記録との関係を図7に示す。1および2回転目における接地時間と試技記録の間には有意な相関関係が認められた($r = 0.87 \sim 0.95$, $P < 0.05$)。

1および2回転目の最大地面反力、平均地面反力および力積と試技記録との関係を表3に示す。1回転目における最大地面反力と試技記録の間には有意な相関関係が認められた($r = 0.79$, $P < 0.05$)が、それ以外の項目には有意な相関関係は認められなかった。

4. 考察

本研究では、ハンマー投げの競技スポーツ現場で重要とされている身体軸の挙動、支持時間および地面反力について検討を行った。本研究の対象者は、ハンマー投げにおける自己記録が50.95mから71.58mであり、7名中5名が実験を行った年の日本ランキングで8位以内であった。このことから、本研究はハンマー投げにおける国内のトップレベルの選手のターン動作の特徴を明らかにした数少ない知見となる。

本研究の被検者における自己記録と試技記録の間には、有意な正の相関関係が認められた。また、本実験での自己記録に対する実験試技のパフォーマンス発揮率は92%～96%であり、すべての被検者が自己記録の90%を超えるパフォーマンスを発揮していた。このことから、本研究における試技記録は、各被検者の競技レベルを適切に反映していたと捉えられ、ターン動作についても競技会で遂行する動作に近い動きを実施できたといえ

る。

本研究の結果、1回転目のターン動作における身体軸の最大傾斜角度と試技記録の間には有意な相関関係が認められなかったが、2回転目におけるターン動作では、両者の間に有意な相関関係が認められた。このことから、ハンマー投げの投擲距離が大きな選手ほど、2回転目のターン動作において最大傾斜角度が小さく、身体軸を直立に近い状態でターン動作を遂行していたことが窺え、先行研究(田中ら, 2011)と同様の結果であった。さらに、1回転目のターン動作において身体軸の傾斜角度の変位量と試技記録の間には有意な相関関係が認められなかったが、2回転目のターン動作においては両者の間に有意な相関関係が認められた。これまで、指導書(室伏, 1994)の中でハンマーヘッドを回転毎にスムーズに加速させるためには、身体軸をしっかり保つことが重要であると報告されている。身体軸を保つことは、すなわち軸の傾きの変化が少ない動きであることが想定される。本研究の結果から、投擲能力が優れている者ほど、特に2回転目のターン動作において身体軸の傾きの変化が少なかったことから、2回転目以降の身体軸の傾斜角度の変化を抑制することが高いパフォーマンスの獲得に重要な要素となることが示唆される。

また2回転目においてのみ、そのような関係性がみられた要因については、回転数が増えるにつれて遠心力も増すため、パフォーマンスの低い選手ではその力と釣り合いをとるため、身体軸の傾斜角度を増大させざるを得ない可能性がある。競技スポーツ現場では、ハンマー投げの加速技術として「倒れこみ」という動作が重視されているが、これは意図的に身体軸を後方に倒して、ハンマーと釣り合いを取ろうとする技術である。この点については、前述したようにパワーの小さい選手ほど、釣り合いをとるために、より身体軸を倒す必要があり、その一方で、パワーの大きい選手は、意図的に身体軸を後方

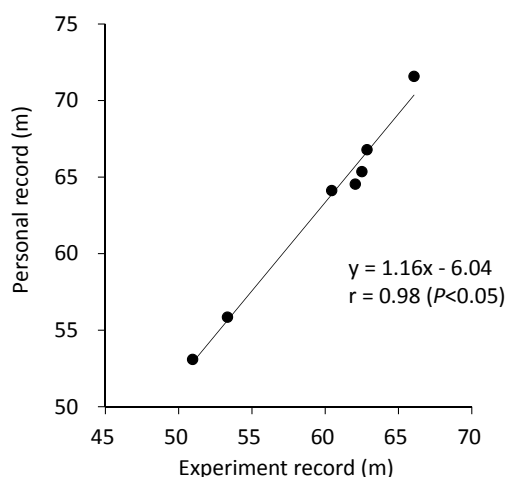


Fig 4. Relationship between personal and experimental record

に倒さなくとも、ハンマーとの釣り合いを取ることが可能となり、結果的に身体軸の傾斜角度が小さくなったものと推察される。ハンマー投げでは、ターン動作の際に、より遅い角速度で回転することで、地面に対し大きな力を発揮することができ、前半のターン動作では、両足支持期にターン速度を高め過ぎず、時間をかけて力発揮することが求められる (Dapena and Feltner, 1989)。ハンマー投げでは、「肩で釣り合う」、「腰で釣り合う」という呼称が存在し (Payne, 1969)、肩ではなく腰で釣り合いを取ること、上体を後方に倒さないターン動作を遂行でき、結果的に回転半径を増大させ、地面に対し大きな力発揮を行うことができると考えられている (Dapena

and Feltner, 1989)。前述した本研究の結果と先行研究を併せ考えた場合、競技力の高い選手ほど、上体の後方への傾斜が小さく、腰で釣り合う動作を遂行していたことが想定され、回転半径の大きなターン動作を行っていたことが示唆される。このような要因が投擲能力の優れている者ほど、上体の傾斜角度が小さかった要因と推察される。

また、競技スポーツ現場でハンマー投げのコーチング活動を実施している著者らは、身体軸が後方に倒れてしまうとハンマーが大きく上下動し、いわゆる縦振り（しゃくり上げ）を引き起こすと考えている。この縦振りは身体軸が安定しないことに繋がると想定され、身体軸を垂

Table 1. Physical characteristics and personal/experimental record

Subject	Age (yrs)	Body height (cm)	Body mass (kg)	Personal record (m)	Experimental record (m)	Experimental/Personal (%)
A	27	176.3	110.1	71.58	66.06	92
B	24	184.6	106.3	66.79	62.85	94
C	23	185.2	95.3	65.36	62.5	96
D	26	177.7	106.7	64.54	62.05	96
E	30	184.8	96.2	64.12	60.44	94
F	20	167.1	88.8	55.85	53.33	95
G	19	177.3	91.7	53.09	50.95	96
Mean	24.1	179.0	99.3	63.0	59.7	95
SD	3.9	6.5	8.3	6.4	5.5	1

Table 2. Kinematics and kinetics data

Variable	Mean (SD)		Range
First turn			
<i>Kinematics</i>			
Maximal inclination angle, deg	10.9	(1.8)	8.5-13.8
Change of inclination angle, deg	9.5	(2.7)	5.0-13.3
Contact time of double support phase, ms	392	(64)	344-504
<i>Kinetics</i>			
Peak ground reaction force, N	1486	(153)	1299-1725
Average ground reaction force, N	1184	(113)	1042-1402
Impluse, N·s	428	(55)	338-514
Peak ground reaction force relative to body mass, N/kg	15.0	(1.3)	13.2-16.8
Average ground reaction force relative to body mass, N/kg	11.9	(0.7)	11.0-12.7
Impluse relative to body mass, N·s/kg	4.3	(0.6)	3.2-4.8
Second turn			
<i>Kinematics</i>			
Maximal inclination angle, deg	12.2	(4.0)	7.0-17.6
Change of inclination angle, deg	7.5	(3.7)	2.6-14.8
Contact time of double support phase, ms	270	(36)	244-348
<i>Kinetics</i>			
Peak ground reaction force, N	2201	(287)	1669-2587
Average ground reaction force, N	1442	(115)	1314-1613
Impluse, N·s	310	(49)	254-377
Peak ground reaction force relative to body mass, N/kg	22.2	(3.2)	18.2-26.9
Average ground reaction force relative to body mass, N/kg	14.6	(1.0)	12.4-15.5
Impluse relative to body mass, N·s/kg	3.1	(0.6)	2.4-3.9

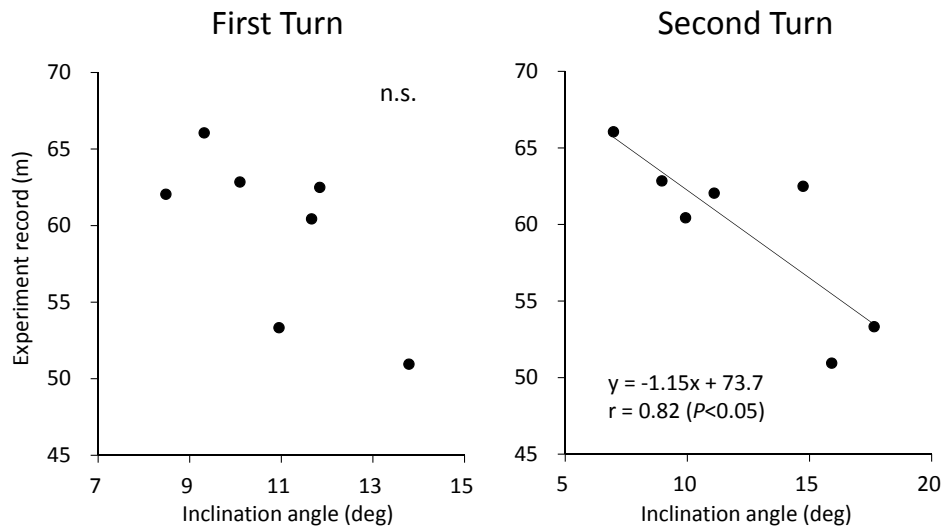


Fig 5. Relationship between experimental record and maximal inclination angle

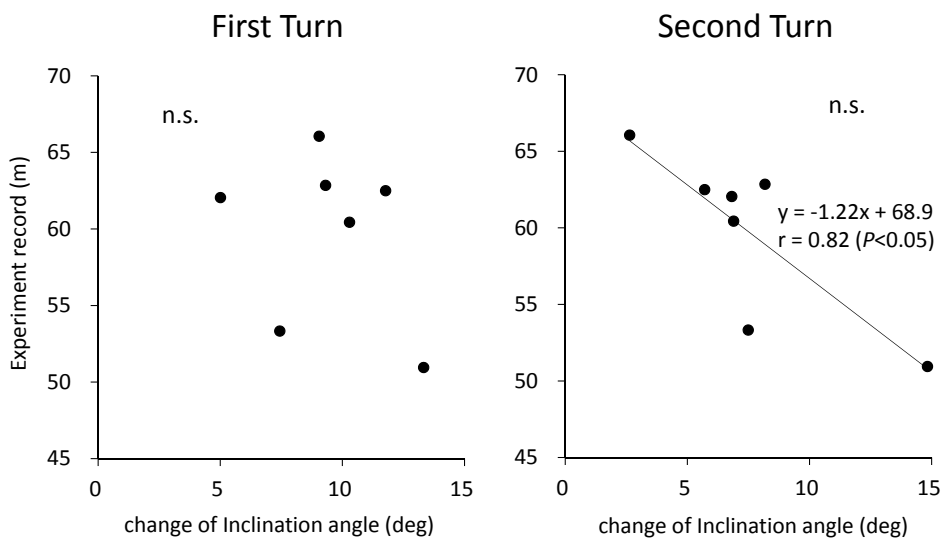


Fig 6. Relationship between experimental record and change of inclination angle

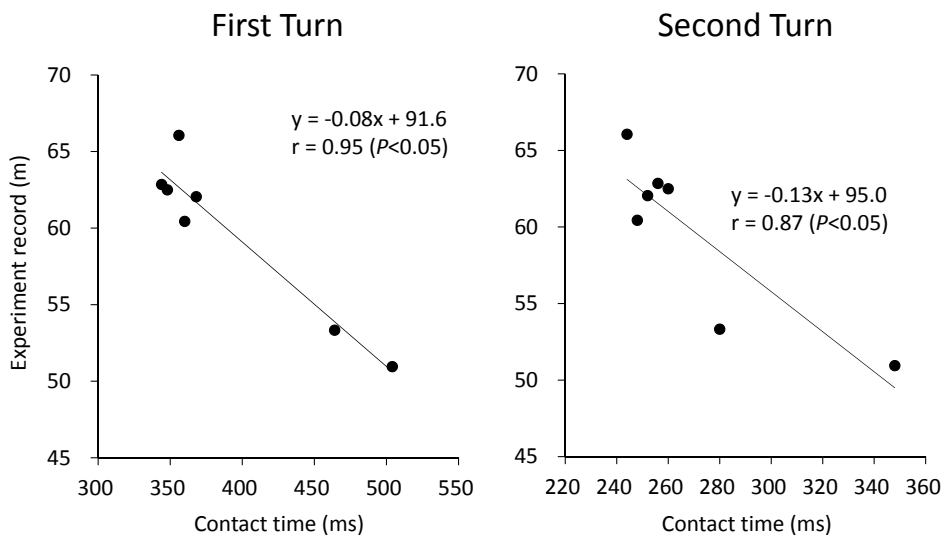


Fig 7. Relationship between experimental record and contact time

直に近くすることで縦振りを抑制し、ハンマーの上下動を抑えたターン動作を遂行することができると考える。本研究で得られた結果は、その考えを支持するものであり、身体軸の傾きの変化を小さくすることが縦振りの抑制に寄与する可能性がある。一方で、本研究では、ハンマーの挙動については検討を実施しておらず、実際に上下動があったか否かを明らかにすることはできない。今後、ターン動作の挙動に加え、ハンマーの軌道についても検討する必要がある。

本研究では1回転目および2回転目のターン動作における両足支持時間と試技記録との間に有意な負の相関関係が認められた。これまでの先行研究 (Black, 1980 ; Simonyi, 1980 ; Woicik, 1980) では、ハンマーヘッド速度が増加する局面は、両足支持期とほぼ一致することから (Dapena et al., 1989), 両足支持期が長い投法が良い投法とされている。しかしながら、ハンマーヘッド速度の増大は、すなわちターン動作時間の短縮に繋がるものと考えられ、両足支持時間も短くなると考えられる。つまり、高いパフォーマンスを発揮する選手ほどターン中に地面に対して力発揮できる時間が短くなると想定され、パフォーマンスを大きく発揮するためには、短時間のうちに力発揮を遂行する能力が長けている必要があると考えられる。

本研究では、1回転目における鉛直成分の最大地面反力と投擲距離との間に有意な相関関係が認められた。これまで、3名のハンマー投げ選手におけるターン動作時の地面反力を明らかにした Murofushi et al. (2007) によると、アジア記録保持者は、1回転目における最大地面反力が他の2選手と比較して大きい傾向にあり、それ以降のターンでは大きな違いがみられないことを示している。1回転目のターンは、2回転目以降と比較してハンマーヘッド速度が低い (Brice et al., 2008) ことから、比

較的時間をかけて大きな力を地面に発揮できる可能性がある。つまり、高いパフォーマンスを発揮する選手は、2回転目と比較して大きな力を発揮できる1回転目において、高い地面反力を獲得しており、このことは運動の開始初期から高い加速を生み出すことにつながると考えられる。その加速をもって以降のターン動作に繋げることが可能となり、結果的に高い競技パフォーマンスを獲得できると推察される。

本研究における被検者は、ターン動作を4回転遂行し、その後リリースしていたが、本研究では床反力計の範囲の関係から1および2回転目までしか分析を実施することができなかった。ハンマー投げでは、回転が行われるにつれてハンマー速度が大きく加速していき、リリースを行う直前のターンで最高速度となる。本研究では、1回転目における最大地面反力および2回転目における身体軸の傾斜角度と投擲距離に関連がみられたが、今後、ハンマー速度が最高となる3～4回転目の挙動についても明らかにする必要がある。さらに、異なる回転数で投擲する選手や、運動開始の片足接触部位が踵入りであるといった回転数や動きの違いによる身体軸の挙動の変化についても明らかにすることが課題となる。また、アジア記録保持者は、両足支持期においてピボットフットでもフリーフットと同程度の地面反力を獲得しており、競技力の劣る選手にはそのような力発揮がみられなかったことが明らかにされている (Murofushi et al., 2007)。本研究では両足支持期における地面反力について検討を行ったが、左右の足を分けて分析しておらず、先行研究で検討されている要因については言及することができない。今後、左右の足を分けたうえで、パフォーマンスの優劣と地面反力の差異について追加の検討を実施し、競技パフォーマンスの高い選手の特徴を明らかにすることが必要となる。

Tabele 3. Relationships between experimental record and kinetics data

Variables	Correlation coefficient
<i>First turn</i>	
Peak ground reaction force	0.79*
Average ground reaction force	0.72
Impluse	0.18
Peak ground reaction force relative to body mass	0.15
Average ground reaction force relative to body mass	-0.05
Impluse relative to body mass	-0.35
<i>Second turn</i>	
Peak ground reaction force	0.50
Average ground reaction force	0.66
Impluse	-0.28
Peak ground reaction force relative to body mass	-0.22
Average ground reaction force relative to body mass	-0.24
Impluse relative to body mass	-0.55

* $P < 0.05$

5. 結論

本研究では、競技レベルの異なる男子ハンマー投げ選手を対象に、ハンマー投げのターン動作中の両足支持期における身体軸の挙動、支持時間および地面反力について明らかにすることを目的とした。その結果、2回転目における身体軸の最大傾斜角度、ターン動作中の身体軸の傾斜角度の変位量、1回転目および2回転目における接地時間、および1回転目の最大地面反力と試技記録との間に有意な相関関係が認められた。このことは、1回転目および2回転目の両足支持期では、短時間のうちに力発揮できる能力に加え、特に1回転目において爆発的な力発揮を遂行する能力が重要となることを示唆している。また、ターン動作の2回転目において、身体軸を鉛直に近い状態で安定した回転を行うことが必要不可欠となることが明らかとなった。本研究の結果は、ハンマー投げの競技スポーツ現場のトレーニング・コーチング活動に役立つ基礎資料となる。

6. 謝辞

本研究では、データ収集および分析において、鹿屋体育大学金高宏文教授、国立スポーツ科学センター石井泰光研究員、村田宗紀研究員および谷中拓哉研究員にご助力を賜りました。先生方、誠に有難うございました。

引用文献

- Abdel-Aziz YI and Karara HM (1971) Direct linear transformation from comparator coordinates into object space coordinates. American Society of Photogrammetry Symposium on Close-Range Photogrammetry, Falls Church, Virginia: USA. pp. 1-18.
- Black IS (1980) Hammer throw. Track and Field Quarterly Review 80: 27-28.
- Blice SM, Ness KF, Rosemond D, Lyons K and Davis M (2008) Development and validation of method to directly measure the cable force during the hammer throw. Sports Biomech 7: 274-287.
- Dapena J (1984) The pattern of hammer speed during a hammer throw and influence of gravity on its fluctuations. J Biomech 17: 553-559.
- Dapena J (1985) Factors affecting the fluctuations of hammer speed in a throw. In: Winter, D. A. (Eds.) Biomechanics IX-B. Human Kinetics: Illinois. pp. 499-503.
- Dapena J and Feltner ME (1989) A three-dimensional analysis angular momentum in the hammer throw. Med Sci Sports Exerc 21: 206-220.
- Hunter I and Kigore G (2003) Release velocity and angle

in men's and women's hammer throw. Track Coach 162: 5180-5181.

- 池上康男, 桜井伸二, 岡本 敦, 植屋清見, 中村和彦 (1994) ハンマー投げのバイオメカニクスの分析. 陸上競技連盟監修 世界一流競技者の技術. ベースボール・マガジン社: 東京. pp. 240-256.
- 荏山 靖, 図子浩二 (2014) 跳躍方向の異なるバウンディングにおける踏切脚の力発揮特性. 体育学研究. 59 : 397-411.
- McMahon TA. and Cheng GC (1990) The mechanics of running: how does stiffness couple with speed? J Biomech 23: 65-78.
- 水谷好考, 梅垣浩二 (1997) 両足支持期におけるハンマー頭部の移動距離の内訳. 中京大学体育学論叢 39 : 99-105.
- Murofushi K, Sakurai S, Umegaki K, Takamatsu J (2007) Hammer acceleration due to thrower and hammer movement patterns. Sports Biomech 6: 301-314.
- 室伏重信, 斉藤昌久, 湯浅景元 (1982) ハンマー投げのバイオメカニクスの研究: 投射時におけるハンマー頭部の初速度・投射角・投射高が飛距離に及ぼす影響. 中京体育学研究 23 : 38-43.
- 室伏重信 (1994) ハンマー投げ (最新陸上競技入門シリーズ). 初版, ベースボール・マガジン社: 東京. pp. 1-155.
- 岡本 敦, 桜井伸二, 池上康男, 若山章信, 宮西智久, 川村 卓, 只左一也 (1997) アジア大会におけるハンマー投げのバイオメカニクスの分析. 日本陸上競技連盟 アジア一流陸上競技者の技術: 第12回広島アジア大会陸上競技バイオメカニクス研究報告. 初版, 創文企画: 東京, pp. 183-190.
- Payne, H. (1969) Hammer Throwing. Amateur Athletic Association, London.
- Simonyi G (1980) Notes on the technique of hammer throwing. Track and Field Quarterly Review 80: 29-30.
- 田中 透, 中平圭祐, 石井泰光, 金高宏文, 瓜田吉久 (2011) ハンマー投げの空ターン練習における動作ポイントの解明—日本一流男子選手並びに大学男子選手による「空ターン」と「実投」の比較から—。スポーツトレーニング科学. 12 : 33-34.
- 田内健二, 藤井宏明 (2009) ハンマー投げ一回す力, 飛ばす力. 体育の科学 59 : 396-402.
- Woicik M (1980) The hammer throw. Track and Field Quarterly Review 80: 23-26.
- 図子浩二, 永原 隆, 石井泰光 (2007) スプリントパフォーマンスの向上に対するプライオメトリックスの可能性. スプリント研究. 17 : 21-31

男子走高跳選手の経年的な記録向上に伴う バウンディング能力の変化

熊野陽人¹⁾, 中嶋俊文²⁾, 松原 奨³⁾, 津田 将⁴⁾, 嘉屋千紘⁵⁾, 大沼勇人⁶⁾, 植田恭史⁷⁾

Changes in male high jumpers' bounding ability with improvements
in their high jump records

Akihito KUMANO¹⁾, Toshifumi NAKAJIMA²⁾, Sho MATSUBARA³⁾, Sho TSUDA⁴⁾, Chihiro KAYA⁵⁾,
Hayato OHNUMA⁶⁾, Yasushi UETA⁷⁾

Abstract

We examined changes in the bounding ability of male high jumpers, whose high jump records had improved over the past few years. We also analyzed the relationship between their personal bests and bounding ability during the same season to determine appropriate target bounding results for individual high jumpers, according to their high jump records.

We evaluated the bounding ability of 35 male high jumpers (Personal Best: 2.05 ± 0.11 m), based on their results of 5 bounds from a standing position (distance covered) and 30-m bounding (number of steps $\times$ time).

The results are summarized below:

1. The best high jump records showed a significant positive correlation with the results of 5 bounds from a standing position ($r=0.608$, $p<0.05$) and a significant negative correlation with 30-m bounding results ($r=-0.681$, $p<0.05$) during the same season.

2. On comparing bounding results before and after improvements in high jump records (before: 2.00 ± 0.10 m, after: 2.07 ± 0.11 m, $p<0.05$), the results of 5 bounds from a standing position (before: 14.58 ± 0.74 m, after: 15.05 ± 0.78 m, $p<0.05$) were markedly more favorable after such improvements, whereas there were no significant differences in 30-m bounding results (before: 36.61 ± 4.43 [step $\times$ time], after: 34.86 ± 3.78 [step $\times$ time]).

3. To determine appropriate target results of both bounding events, we performed single regression analysis, and obtained a valid regression equation in both cases. These equations enabled us to calculate appropriate target bounding values for individual high jumpers, according to their high jump records.

Based on the results, it may be feasible to improve high jump

records by enhancing bounding ability, specifically by lengthening the distance reached in 5 bounds from a standing position. The target results of 5 bounds from a standing position and 30-m bounding we calculated may be useful reference values to proceed with systematic training while confirming progress.

キーワード：立五段跳, 30m バウンディング, シーズン最高記録, 目標値

1. 緒言

陸上競技の跳躍種目の踏切では、約 0.1 秒の踏切時間の間に、鉛直方向の最大力は 8000N を越えるとともに水平方向の最大力も 3000N に到達すると言われ、踏切 1 歩前においても鉛直方向の最大力は踏切とほぼ同じ大きさになり、踏切脚だけでなく非踏切脚にも極めて大きな力がかかるとされる(図子, 2006)。よって、跳躍種目において優れたパフォーマンスを達成するためには下肢が短時間にできるだけ大きな力を発揮することが重要となり、この力発揮能力を向上させるための手段として、プライオメトリック・トレーニング(又は、プライオメトリクスとも言う)が挙げられる(荻山・図子, 2013a)。プライオメトリック・トレーニングの代表的な

-
- 1) 大阪成蹊大学 Osaka Seikei University
〒 533-0007 大阪府大阪市東淀川区相川 3 丁目 10 番 62 号
 - 2) SRC ジャパン SRC JAPAN LTD.
〒 102-0076 東京都千代田区五番町 1-9MG 市ヶ谷ビル 7F
 - 3) 作新学院大学 Sakushin Gakuin University
〒 321-3295 栃木県宇都宮市竹下町 908 番地
 - 4) 神奈川大学 Kanagawa University
〒 259-1293 神奈川県平塚市土屋 2946
 - 5) 大阪商業大学堺高等学校 Osaka university of commerce sakai high school
〒 599-8261 大阪府堺市中区堀上町 358
 - 6) 国立スポーツ科学センター Japan Institute of Sports Sciences
〒 115-0056 東京都北区西が丘 3-15-1
 - 7) 東海大学 Tokai University
〒 259-1292 神奈川県平塚市北金目四丁目 1 番 1 号

トレーニング手段としては、片脚で水平方向へ跳躍するバウンディングがトレーニング現場では多用されており、荻山・図子（2013b）は、バウンディングでの跳躍距離に表されるバウンディング能力の向上が跳躍種目のパフォーマンス向上に繋がるという階層構造モデルを示している。

バウンディングは、ある程度の踏切時間を確保することで大きな力積を獲得し、より遠くに跳ぶことを目的とする立三段跳や立五段跳などが代表的な手段である（青木ほか，2007a）。一方、助走をつけて加速した状態からバウンディングを行い、意図的にあるいは結果的に接地時間が短縮された状態で遠くへ跳ぶことを目的とした助走五段跳など、スピード・バウンディング（森長ほか，2010）と呼ばれるものも存在する。バウンディング、スピード・バウンディングともにその遂行能力（以下、両者を併せてバウンディング能力とする）は跳躍種目のパフォーマンスと類似性があり、下肢筋の伸張と短縮が極めて短時間にバリスティックに遂行される伸張－短縮サイクル運動（図子・高松，1995）という点で、プライオメトリック・トレーニングであるバウンディングやスピード・バウンディングと陸上跳躍種目は共通していると考えられる。また、バウンディングや跳躍種目における踏切中の身体重心と接地点を結んだ線分（質量－ばねモデル）の挙動に着目すると、ばねモデルの短縮－伸張運動に加えて、接地点を中心に前方回転しながら行われている（荻山・図子，2013b；図子，2006）という共通点も挙げられる。これらのことから、バウンディング能力と跳躍種目のパフォーマンスは密接に関連しており、特に走幅跳・三段跳の記録とバウンディング能力の間に有意な正の相関関係が存在することが報告されている（青木ほか，2007a；稲岡ほか，1993；熊野，2014；熊野ほか，2018；戸田ほか，1993；植田・広川，2001）。また、熊野・植田（2015）は走幅跳・三段跳選手の同一シーズンにおける走幅跳・三段跳の記録とバウンディング能力（立五段跳の跳躍距離，30m バウンディングに要した時間と歩数の積）の関係を検討し、経年的に走幅跳・三段跳の記録が向上した場合、バウンディング能力も有意に向上していたことを報告しており、走幅跳・三段跳の記録に応じたバウンディング能力の目標値を推定して提示している。

前述したように、バウンディング能力と走幅跳・三段跳選手の記録には相関関係が認められることが既に報告されている。一方、走幅跳や三段跳だけではなく鉛直方向に跳躍する走高跳においてもバウンディング能力は重要であると考えられる。前述したばねモデルにより踏切中の身体を捉えた際の挙動から（荻山・図子，2013b）、ばねモデルの短縮－伸張運動に加えて、接地点を中心に前方回転しながら行われているバウンディングは、走高跳のパフォーマンスの下位構造に位置し、バウンディン

グ能力をさらに高度に発展させることが走高跳のパフォーマンスへと繋がると考えられる。稲岡ほか（1993）や植田・広川（2001）は、走高跳の自己ベスト記録と立五段跳の最高跳躍距離との間に有意な相関関係がみられたことを報告している。しかし、これらの報告は、同一選手の最も良かった競技成績とバウンディング能力の関係を検討しており、経年的に走高跳の記録が向上した場合、同時にバウンディング能力も向上しているのかどうかについては明らかとなっていない。また、先行研究において、選手が自己記録を跳躍した時点とバウンディング能力を測定した時点は同時期であるとは限らず、その記録をマークするために必要なバウンディング能力を反映していない可能性がある。走幅跳・三段跳選手だけではなく、走高跳選手にとってもバウンディングはトレーニング・プログラムにおいて重要な要素であるため（Schiffer, 2012）、経年的な記録向上に伴うバウンディング能力の変化を検討することや、目標とする走高跳の記録に応じたバウンディングの目標値を提示することは、トレーニングの目標設定や計画の作成、トレーニングの到達度評価などの一助になると考えられる。

そこで本研究では、男子走高跳選手を対象に、経年的に走高跳の記録が向上した場合のバウンディング能力の変化について検討することを目的とした。さらに、同一シーズンにおける走高跳のシーズン最高記録とバウンディング能力の関係を検討し、走高跳の記録に応じたバウンディング能力の目標値を提示することを第二の目的とした。

2. 方法

2.1 対象者

本研究の対象者は、大学陸上競技部に所属する男子走高跳選手 35 名（年齢：20.5 ± 1.0 歳，身長：1.79 ± 0.04 歳，体重：65.9 ± 3.1kg，走高跳の自己最高記録：2.05 ± 0.11m，自己最高記録の範囲：1.75-2.25m）とした。分析に用いた走高跳の記録とバウンディング能力データは、対象者が陸上競技部に在籍した 2005 ～ 2016 年の間に測定されたものであった。走高跳のシーズン最高記録とバウンディング能力の関係の検討には、対象選手 35 名の同一シーズンにおける走高跳記録とバウンディング能力データ（35 名の複数シーズン分のデータ延べ 94 個，ただし、対象者 1 人あたり 1 シーズンのデータは 1 個）を用いた。また、走高跳の記録向上とバウンディング能力の関係の検討には、2 シーズン以上の走高跳の記録およびバウンディング能力データがあり、且つ走高跳の記録が向上した選手 22 名（年齢：20.7 ± 1.0 歳，身長：1.80 ± 0.04 歳，体重：66.2 ± 3.0kg，走高跳の自己最高記録：2.08 ± 0.10m）を対象とした。

2.2 分析項目

(1) シーズン最高記録

本研究では、1シーズンを3~11月までとし、シーズン中に最も高かった走高跳の記録をシーズン最高記録とした。

(2) バウンディング能力

本研究ではバウンディング能力として、熊野・植田(2015)の分析項目を参考に、ある程度の踏切時間を確保することで大きな力積を獲得し、より遠くに跳ぶことを目的とするバウンディングとして立五段跳を採用し、助走をつけた状態から出来る限り踏切時間を短縮しながら遠くへ跳ぶことを目的としたスピード・バウンディングとして30mバウンディングを採用した。

立五段跳の評価は、その跳躍距離とした。立位で両足を揃えた状態のつま先から、五段跳躍（両脚踏切・右脚踏切・左脚踏切・右脚踏切・左脚踏切・両脚着地、または左右脚の順が反対の踏切）を行った後の着地痕までの最短距離（m）とした。

30mバウンディングの評価は、10mの助走から30mのバウンディングを行うのに要した歩数（歩）と時間（秒）の積（以下、30mバウンディング値、とする）とした。10mの助走から30mのバウンディングの開始ライン上に足を接地して踏み切った場合を成功とし、開始ラインに触れていない場合（ラインに届いていない、あるいは踏み越した場合）は失敗とし、記録を測定しなかった。時間については、各測定時内で日本陸上競技連盟公認の陸上競技B級公認審判員資格を有する測定者1名がストップウォッチを用いて手動計測し、100分の1秒以下は全て切り上げて10分の1秒までの値を記録した。なお、20m以上の区間で同一測定者による測定であれば、ストップウォッチによる手動計測は高い妥当性と再現性があると報告されている（今西ほか、2017）。歩数につい

ては、各測定時内で日本陸上競技連盟公認の陸上競技B級公認審判員資格を有する測定者1名が目視において計測した。歩数は、最後の1歩を10分割して計測し、例えば5.8歩というように記録した。

立五段跳および30mバウンディングの測定は、走高跳のシーズン最高記録がマークされた同一シーズン内でのコントロールテスト（3月、8月、11月の全3回）にて実施し、日本陸上競技連盟による認定を受けた第3種公認陸上競技場で、全天候舗装された走路、助走路、砂場を用いて行った。被験者は測定に際し、任意で十分なウォーミングアップを行った後、任意のスパイクシューズを着用して跳躍した。各コントロールテストにおいて、立五段跳、30mバウンディングともに3試技の記録が残るまで測定し、3回全てのコントロールテストにおいて最も良かった値を、立五段跳の跳躍距離および30mバウンディング値の代表値として分析を行った。

2.3 統計処理

走高跳の記録とバウンディング能力の関係を検討するために、Pearsonの積率相関係数を用いた。走高跳の記録とバウンディング能力の経年的な変化を検討するために、対応のあるt検定を用いた。走高跳の記録に応じたバウンディング能力の目標値を推定するために、単回帰分析を用いた。なお、全ての統計処理において、有意水準を危険率5%とした。

3. 結果

図1は、走高跳のシーズン最高記録と立五段跳の跳躍距離の関係を表したものである。走高跳のシーズン最高記録と立五段跳の跳躍距離の間において、有意な正の相関関係がみられた。図2は、走高跳選手のシーズン最高記録と30mバウンディング値の関係を表したものであ

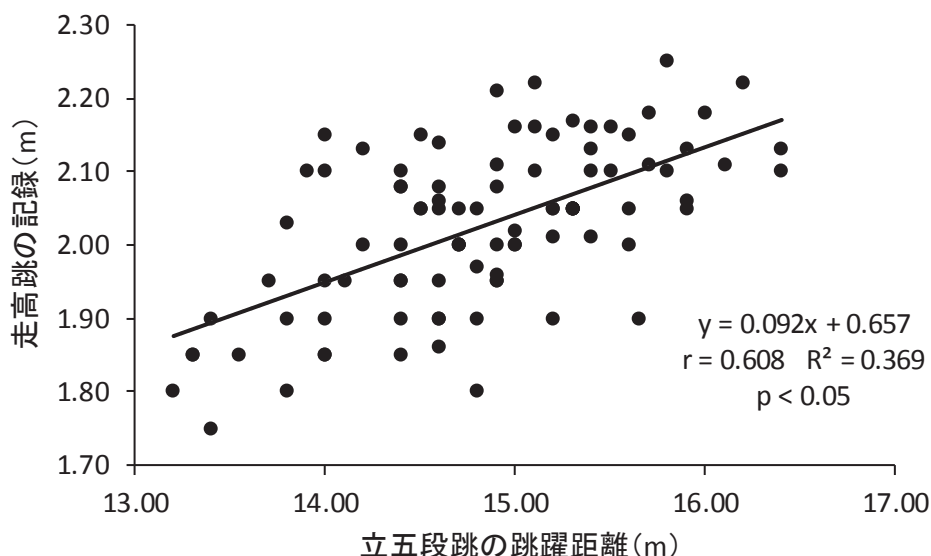


図1 男子走高跳のシーズン最高記録と立五段跳の跳躍距離の関係 (n=94)

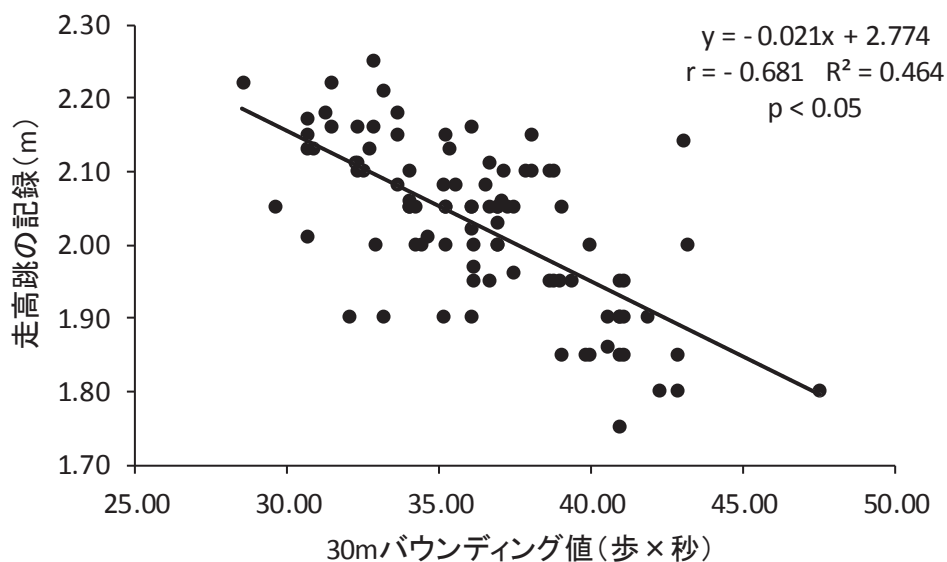


図2 男子走高跳のシーズン最高記録と30mバウンディング値の関係 (n=94)

る。走高跳のシーズン最高記録と30mバウンディング値の間において、有意な負の相関関係がみられた。

表1は、経年的に走高跳の記録が向上した走高跳選手22名における走高跳の記録とバウンディング能力の変化を表したものである。走高跳の記録と立五段跳の跳躍

距離は、走高跳の記録向上前よりも記録向上後の方が有意に大きな値を示した。30mバウンディング値は、走高跳の記録向上前と記録向上後において有意な差はみられなかった。図3は、走高跳の記録変化率と立五段跳の跳躍距離変化率の関係を表したものであるが、これらの

表1 男子走高跳の記録とバウンディング能力の経年的な変化

項目	向上前	向上後	t	p	d
走高跳 (m)	2.00±0.10	2.07±0.11	10.153	0.000	0.68
立五段跳 (m)	14.58±0.74	15.05±0.78	4.046	0.001	0.60
30mバウンディング (歩×秒)	36.61±4.43	34.86±3.78	1.972	0.063	0.43

Mean±SD

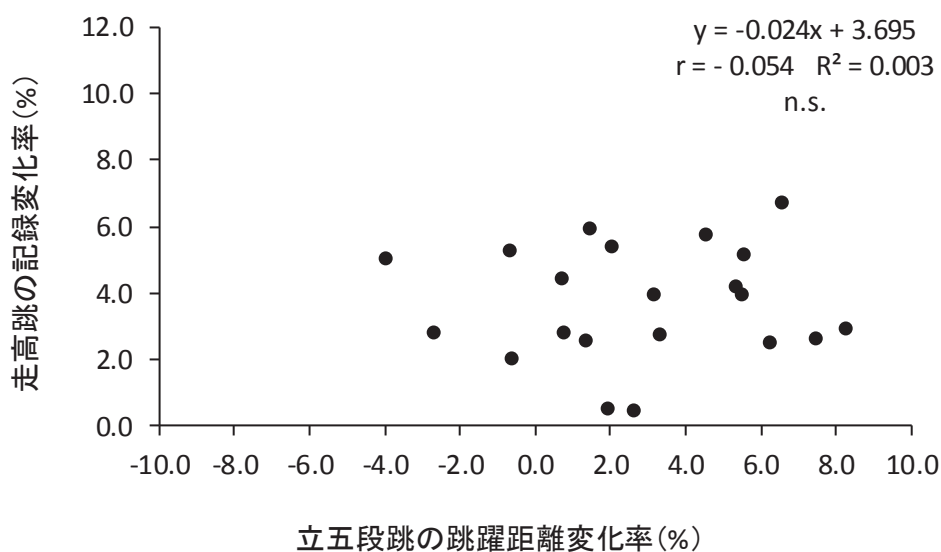


図3 男子走高跳の記録変化率と立五段跳の跳躍距離変化率の関係 (n=22)

間に有意な相関関係はみられなかった。図4は、走高跳の記録変化率と30mバウンディング値変化率の関係を表したものであるが、これらの間に有意な相関関係はみられなかった。

また、目標とする走高跳の記録に応じた立五段跳の跳

躍距離および30mバウンディング値の目標値を算出するために単回帰分析を行った結果、いずれも有意な回帰式が得られたため(表2)、走高跳の記録に対応した立五段跳の跳躍距離および30mバウンディング値の目標値を算出した(表3)。

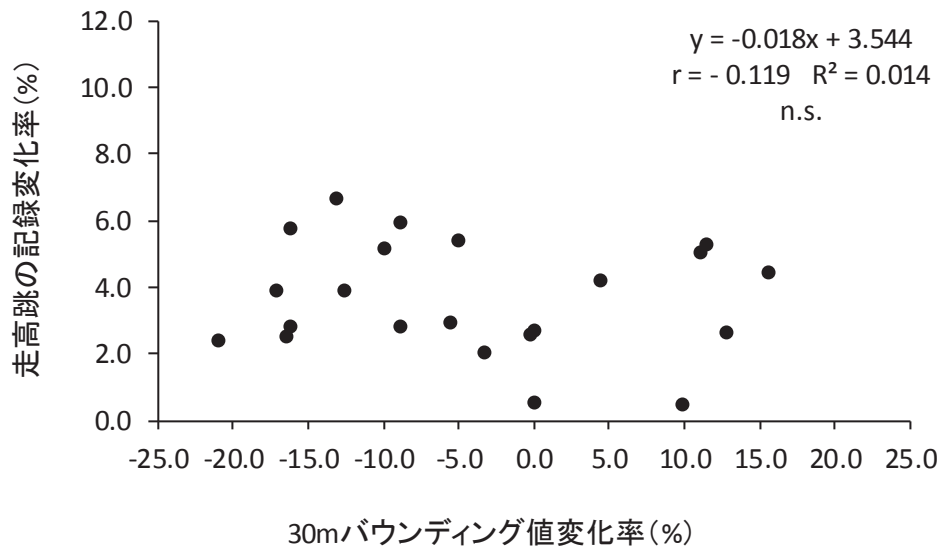


図4 男子走高跳の記録変化率と30mバウンディング値変化率の関係 (n=22)

表2 単回帰分析の結果

n = 94					n = 94				
立五段跳の跳躍距離から走高跳の記録を予測する回帰分析					30mバウンディング値から走高跳の記録を予測する回帰分析				
変数	B	SEB	SEE	r	変数	B	SEB	SEE	r
立五段跳	0.092 *	0.013	0.089	0.608	30mバウンディング	-0.021 *	0.002	0.082	-0.681
定数(切片)	0.657				定数(切片)	2.774			

B : 非標準化係数, SEB : 回帰係数の標準誤差

SEE : 推定値の標準誤差

* : $p < 0.05$

表3 男子走高跳における立五段跳, 30mバウンディングの目標値

走高跳(m)	立五段跳(m)	30mバウンディング(歩×秒)
1.75	11.88	48.76
1.80	12.42	46.38
1.85	12.97	44.00
1.90	13.51	41.62
1.95	14.05	39.24
2.00	14.60	36.86
2.05	15.14	34.48
2.10	15.68	32.10
2.15	16.23	29.71
2.20	16.77	27.33
2.25	17.32	24.95

4. 考察

4.1 走高跳のシーズン最高記録とバウンディング能力の関係について

これまでに、走幅跳・三段跳のシーズン最高記録と同一シーズンにおける立五段跳の跳躍距離および30mバウンディング値の間に有意な相関関係がみられたことが報告されているが(熊野・植田, 2015), 本研究結果も同様に走高跳のシーズン最高記録と同一シーズンにおける立五段跳の跳躍距離および30mバウンディング値の間に有意な相関関係がみられた(図1, 図2). バウンディングは、選手の競技的状态を把握することを目的としたコントロールテスト項目として広く用いられており(木越ほか, 2012), 跳躍パフォーマンスを予測する指標(植田・広川, 2001), あるいは競技において必要となる特異的な体力を評価するテスト(青木ほか, 2007b)としての有効性が報告されている. 先行研究で報告されている走幅跳や三段跳だけではなく, 走高跳のシーズン最高記録とバウンディング能力の間にも有意な相関関係がみられたため, 立五段跳や30mバウンディングは走高跳選手のシーズン中のトレーニング状態やパフォーマンスの状態を確認することのできる指標であると言えるだろう. なお, バウンディング能力と跳躍パフォーマンスとの関係性が疑似的なものであるとは考えにくく, これらの相関関係は疑似相関ではない可能性がある(荻山・図子, 2013b)ことに留意する必要がある.

4.2 経年的な走高跳の記録向上とバウンディング能力の変化について

本研究では、経年的に走高跳の記録が向上した走高跳選手22名におけるバウンディング能力の変化を検討したところ, 走高跳の記録の有意な向上に伴い, 立五段跳の跳躍距離は有意に向上していた(表1). 跳躍選手の記録向上に関係する要因を検討したものとして, 図子ほか(1997)は, 3ヶ月間の冬季練習後に, 最大筋力と立五段跳及びリバウンドジャンプパワーの伸び率を評価し, この値と春先のテスト試合における記録率(中助走を用いた試技の記録/昨年の最高記録 [%])との関係を検討したところ, 最大筋力の伸び率と記録率との間には有意な相関関係はなかったが, 立五段跳及びリバウンドジャンプパワーの伸び率と記録率には有意な相関関係があったと報告している. 図子(2002)は, ある女子三段跳選手の4年間において跳躍力と同時に三段跳の記録が向上していった事例を報告している. さらに, 熊野・植田(2015)は, 経年的に走幅跳・三段跳の記録が向上した走幅跳選手15名・三段跳選手15名におけるバウンディング能力の変化を検討したところ, 走幅跳・三段跳の記録の有意な向上に伴い, 立五段跳の跳躍距離は有意に向上していたことを報告している. これらの理由とし

ては, 立五段跳やリバウンドジャンプが典型的なSSC運動であり, 筋の収縮様式や運動時間, あるいは運動様式などの特性が目指す実際の跳躍運動に類似しており(図子, 2005), 跳躍選手のパフォーマンスには, 最大筋力よりもリバウンド型跳躍運動や立五段跳を遂行する能力が大きく反映する(図子, 2006)ことが考えられる. また, バウンディング能力の向上により跳躍パフォーマンスが向上するという時間的先行性は成立し妥当であると考えられる(荻山・図子, 2013)ため, 立五段跳の遂行能力が向上したことによって走高跳の記録が向上した可能性が示唆された.

一方, 本研究で対象とした走高跳選手において, 走高跳の記録の有意な向上に伴って立五段跳の跳躍距離は有意に向上していたが, 30mバウンディング値に有意な変化はみられなかった(表1). この理由としては, 跳躍種目やバウンディングにおける踏切の力発揮特性が影響していることが考えられる. 走高跳の踏切時間は0.14~0.19秒程度だが, 走幅跳では0.12~0.13秒程度, 三段跳ではホップ局面で0.11~0.13秒程度, ステップ局面で0.13~0.16秒程度, ジャンプ局面で0.15~0.18秒程度(Nicholson et al., 2018; Tucker et al., 2018a; Tucker et al., 2018b)と, 走幅跳・三段跳と比べて走高跳の方が踏切時間は長い傾向にある. また, バウンディングにおいても, 立五段跳のように接地時間をある程度長くして跳躍距離を獲得しようとするバウンディングの踏切時間は0.16~0.22秒程度であり, 30mバウンディングのように跳躍距離を獲得しつつも速度を強調したスピード・バウンディングの踏切時間は0.12~0.16秒程度(木越ほか, 2012)と, 踏切時間の特徴が異なる. そのため, 走高跳選手においては, 走高跳の力発揮の特性として踏切時間の長さが類似している立五段跳の方が, 踏切時間の比較的短い30mバウンディングよりも走高跳の記録と強く関係している可能性が考えられる. 本研究結果にあるように, 立五段跳の跳躍距離と30mバウンディング値ともに走高跳のシーズン最高記録と有意な相関関係がみられており, 立五段跳だけではなく30mバウンディングも走高跳の記録のレベルを反映する指標の一つであると言える. しかし, 選手個人内での走高跳の記録向上を考えると, 30mバウンディングの遂行能力よりも, 立五段跳の遂行能力を向上させることを目的とする方が有効な可能性が示唆された.

また, 走高跳の記録変化率と立五段跳の跳躍距離および30mバウンディング値変化率の関係を検討したところ, いずれも有意な相関関係はみられなかった. 走高跳の記録の有意な向上に伴って立五段跳の跳躍距離は有意に向上していたため, 立五段跳の遂行能力を向上させることが走高跳の記録向上に有効である可能性が示唆されたが, 立五段跳の遂行能力を向上させればさほど走高跳の記録も向上するわけではないことが示された.

これは、立五段跳の遂行能力を走高跳の記録に結び付けることのできる能力、つまり転移能力には個人差があり、必ずしも走高跳の記録の向上に直結するわけではないことを表していると考えられる。また、走高跳の記録変化率と30mバウンディング値変化率の間には有意な相関関係はみられなかったが、これは、走高跳の記録の有意な向上に伴って30mバウンディング値が有意に向上していなかったことと同様に、走高跳の力発揮の特性として踏切時間の長さが類似している立五段跳の方が、踏切時間の比較的短い30mバウンディングよりも走高跳の記録と強く関係している可能性が理由として考えられる。

4.3 走高跳の記録に応じたバウンディング能力の目標値について

男子走高跳選手のシーズン最高記録と立五段跳の跳躍距離および30mバウンディング値に有意な相関関係があることが明らかになったところで、目標とする走高跳の記録に応じた立五段跳の跳躍距離および30mバウンディング値の目標値を算出するために単回帰分析を行った。その結果、いずれも有意な回帰式が得られたため(表2)、この回帰式から推定値を算出することには意味がある(出村, 2007)が、標本データの存在しない範囲での推定は誤差が大きくなるため、標本データでほぼカバーできている範囲(存在するデータは1.75-2.25mの範囲)での走高跳の記録に対応した立五段跳の跳躍距離および30mバウンディング値の目標値を算出した(表3)。これまでに報告されている稲岡ほか(1993)のデータは、同一選手の走高跳の自己最高記録とコントロール・テストにおいて測定した立五段跳の跳躍距離の関係を検討しており、選手が走高跳の自己最高記録を跳躍した時点と立五段跳の跳躍距離を測定した時点は同時期であるとは限らず、その記録をマークするために必要な立五段跳の能力を反映していない可能性がある。しかし本研究では、同一シーズンにおける走高跳の最高記録と立五段跳の跳躍距離の関係を検討したため、先行研究よりも比較的適切に、ある走高跳の記録をマークするために必要な立五段跳の能力を提示できていると考えられる。なお、標本データの存在する範囲での推定であっても必ず推定誤差が存在し、目標値の最低記録は実際の測定値から相対的に低く、目標値の最高記録は実際の測定値から相対的に高く算出されている傾向があるため、表3に示した目標値はあくまでもトレーニングやコントロールテストによってバウンディング能力を評価診断する上での目安として考えるべきであろう。以上のことを鑑みても、男子走高跳選手が走高跳の記録向上を目指す上で、走高跳の各記録に対応した立五段跳の跳躍距離および30mバウンディング値の目標値は、進捗状況を確認しながら計画的にトレーニングを行うための参考資料となり得ると考

えられる。日本のトップレベルに相当する、走高跳2.25m以上(2018年日本ランキング4位相当:2018年11月時点)(株式会社ベースボールマガジン社, 2018)を目指すためには、表3の推定した値より、立五段跳の跳躍距離で17.32m以上、30mバウンディング値で24.95以下をマークするバウンディング能力が必要になることが推察される。

5. まとめ

本研究では、男子走高跳選手を対象に、経年的に走高跳の記録が向上した場合のバウンディング能力の変化について検討することを目的とした。さらに、同一シーズンにおける走高跳のシーズン最高記録とバウンディング能力の関係を検討し、走高跳の記録に応じたバウンディング能力の目標値を提示することを第二の目的とした。

本研究で得られた主な結果は、以下の通りであった。

1. 走高跳のシーズン最高記録と立五段跳の跳躍距離の間において、有意な正の相関関係がみられた。走高跳のシーズン最高記録と30mバウンディング値の間において、有意な負の相関関係がみられた。
2. 走高跳の記録と立五段跳の跳躍距離は、走高跳の記録向上前よりも記録向上後の方が有意に大きな値を示した。30mバウンディング値は、走高跳の記録向上前と記録向上後において有意な差はみられなかった。
3. 目標とする走高跳の記録に応じた立五段跳の跳躍距離および30mバウンディング値の目標値を算出するために単回帰分析を行った結果、いずれも有意な回帰式が得られたため、走高跳の記録に対応した立五段跳の跳躍距離および30mバウンディング値の目標値を算出した。

以上の結果から、バウンディング能力、特に立五段跳の跳躍距離の向上を目指すことが走高跳の記録向上に繋がる可能性は高いと考えられる。また、本研究で算出した立五段跳の跳躍距離および30mバウンディング値の目標値は、進捗状況を確認しながら計画的にトレーニングを行うための参考資料となり得ると考えられる。

文献

- 青木和浩・河村剛光・越川一紀・吉儀 宏(2007a) 大学跳躍選手におけるバウンディング能力と体力の関係およびその性差。陸上競技研究, 71(4):10-15.
- 青木和浩・河村剛光・中丸信吾・越川一紀・吉儀 宏(2007b) 大学男子跳躍選手における競技パフォーマンスとテストバッテリーの関連。陸上競技学会誌, 5(1):12-18.
- 出村慎一(2007) 健康・スポーツ科学のための研究方法ー研究計画の立て方とデータ処理方法ー。杏林書院: 東京, pp.232-237.

- 今西 平・魚田尚吾・稲葉 聡・梅林 薫 (2017) 手動ストップウォッチによるテニス選手の疾走・敏捷性測定の妥当性と再現性. ストレngths&コンディショニングジャーナル, 24 (10) : pp.20-26.
- 稲岡純史・村木征人・国土将平 (1993) コントロールテストからみた跳躍競技の種目特性および競技パフォーマンスとの関係. スポーツ方法学研究, 6 (1) : 41-48.
- 株式会社ベースボール・マガジン社 (2018) 陸上競技ランキング. <https://rikumaga.com>
- 荻山 靖・図子浩二 (2013a) プライオメトリックトレーニング手段としての各種リバウンドジャンプの用い方. 陸上競技研究, 92 (1) : 2-14.
- 荻山 靖・図子浩二 (2013b) 陸上競技跳躍種目のパフォーマンス向上に対するバウンディングとリバウンドジャンプの用い方に関するトレーニング学的研究. トレーニング科学, 25 (1) : 41-53.
- 木越清信・磯部 慶・加藤彰浩 (2012) 特徴の異なるバウンディング運動における力およびパワー発揮の特異性. 陸上競技学会誌, 10 : 1-10.
- 熊野陽人 (2014) 陸上競技跳躍選手における助走五段跳および立五段跳の跳躍距離と競技レベルの関係. 東京工芸大学工学部紀要, 37 (1) : 36-39.
- 熊野陽人・植田恭史 (2015) 走幅跳・三段跳選手の経年的な記録向上に伴うバウンディング能力の変化. 陸上競技学会誌, 13 (1) : 11-20.
- 熊野陽人・大沼勇人・相馬 聡・松原 奨・植田恭史 (2018) 男子学生走幅跳・三段跳選手における助走五段跳の跳躍距離の目標値. 陸上競技研究, 115 (4) : 印刷中.
- 森長正樹・鬼澤範子・澤野大地・本道慎吾 (2010) バウンディングとスピードバウンディングの跳躍動作の相違に関する研究. 陸上競技研究, 82 (3) : 20-25.
- Nicholson, G., Bissas, A. and Merlino, S. (2018) Men's High Jump - 2017 IAAF World Championships Biomechanical report. 2017 IAAF World Championships Biomechanics Study: 1-30.
- Schiffer, J. (2012) Plyometric Training and the High Jump. New Studies in Athletics, 27 (3): 9-21.
- 戸田次郎・鎌田 貴・植田恭史 (1993) 三段跳のコントロールテストに関する研究 - コントロールテスト点検基準とトレーニング指標について -. 東海大学紀要, 体育学部 22 : 33-44.
- Tucker, C., Nicholson, G., Cooke, M., Bissas, A. and Merlino, S. (2018a) Men's Long Jump - 2017 IAAF World Championships Biomechanical report. 2017 IAAF World Championships Biomechanics Study: 1-25.
- Tucker, C., Nicholson, G., Cooke, M., Bissas, A. and Merlino, S. (2018b) Men's Triple Jump - 2017 IAAF World Championships Biomechanical report. 2017 IAAF World Championships Biomechanics Study: 1-20.
- 植田恭史・広川龍太郎 (2001) 跳躍競技のパフォーマンス及びコントロールテストとスクワット動作の等速性筋力の関係. 東海大学紀要, 体育学部 30 : 95-101.
- 図子浩二・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.
- 図子浩二・永松幸一・瓜田吉久・平田文夫 (1997) ジャンパーにおける筋力・スピード・ジャンプ力の発達過程の相互関連性 - 冬期プレシーズン中におけるトレーニング事例を手がかりにして -. 第9回トレーニング科学研究会抄録 : 12.
- 図子浩二 (2002) 体力測定 I : 競技スポーツの場合. 臨床スポーツ医学, 19 (12) : 1461-1472.
- 図子浩二 (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 (1) : 2-17.
- 図子浩二 (2006) 跳躍動作とその指導・トレーニング - プライオメトリックトレーニングに注目して -. トレーニング科学, 18 (4) : 297-305.

走高跳の曲線助走における踏切準備動作の検討

戸邊直人¹⁾, 荏山 靖²⁾, 林 陵平³⁾, 木越清信⁴⁾, 尾縣 貢⁴⁾

The investigation of preparatory motion for take-off during curved run up in the Fosbury flop

Naoto TOBE¹⁾, Yasushi KARIYAMA²⁾, Ryohei HAYASHI³⁾, Kiyonobu KIGOSHI⁴⁾, Mitsugi OGATA⁴⁾

Abstract

The run up used to perform the Fosbury flop high jump technique includes a curved section. The curved approach is better than a straight approach as there is less decrease in running velocity during the preparation for take-off. In general, the curved section of the run up begins four steps prior to take-off. The motions performed in this phase may be necessary to achieve a good take-off. However, the details of the motions performed during the four steps prior to take-off are unknown. The aim of this study was to investigate the curved part of the high jump run up. Seven male high jumpers performed a high jump. The motions between the four steps prior to take-off were filmed using an infrared camera (Vicon motion System, 250 Hz). The results of analyses were as follows:

1) The motion of the descending center of gravity of the whole body (C.G.), height, and horizontal C.G. velocity was attained during the four steps prior to takeoff; thus, the motion of these elements was maintained after this phase to take-off.

2) High jumpers lower their C.G., making the body lean inwards by placing the foot at the external side of the curve between the last three steps and the final step of the run up, prior to take-off. High jumpers lower their C.G. to make the body lean backwards by placing one foot in front of the body at the point of take-off.

These results suggest that the curving run up is an effective preparation for take-off.

キーワード：背面跳, 身体重心高, 身体内傾, 身体後傾, 膝関節屈曲

1. 緒 言

今日の走高跳では、ほぼ全ての競技者が背面跳を用いている (Dapena, 1995)。背面跳を用いた走高跳の技術特性として、助走がアルファベットの「J」の字の様に、前半は直線、後半は曲線の軌跡を描くことが挙げられる

(Tellez, 1993)。また、背面跳の踏切動作では、主に身体の起こし回転運動、身体の屈曲伸張運動によって跳躍高を獲得しており (阿江ほか, 1983)、これらの要素を活用するために、踏切接地時には、低い身体重心高、十分な助走速度、身体の後傾動作が必要であると考えられる (阿江, 1996a)。したがって、踏切動作に向かう助走路面では、助走速度の低下を抑えつつ身体重心高を低下させること、並びに踏切に向けて身体の後傾角を獲得することが主要な技術課題の1つであると言える。身体重心高を低下させる方法には大きく、身体の傾き (内傾と後傾)、膝関節に代表される下肢関節の屈曲が挙げられるが、後傾動作や膝関節の屈曲は助走速度の低下に影響する (関岡・栗原, 1978)。これに対して曲線助走を用いることの利点を考えると、曲線助走によって、身体の後傾や膝関節の屈曲を抑えながら身体の内傾を生じさせることができるために、助走速度の減少を抑制しつつ、身体重心高を低下できることが挙げられる (Ae et al., 1986; 関岡・栗原, 1978)。Tidow (1993) は曲線助走において身体内傾角度 30 度の場合に 13%, 35 度の場合で 18%, 実際の距離にして 12-18cm 身体重心高の低下が可能となることを報告している。これらのことから、走高跳では、より高く跳ぶという目的の達成に向けて、直線助走よりも曲線助走を用いることが有効であるとされている (Dapena, 1995)。他方で、助走速度の減速に繋がる身体後傾角が、踏切動作に向けてどの様に獲得されているかについて検討した研究は見当たらず、未解明である。

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) 山梨学院大学スポーツ科学部 Faculty of Sport Science, Yamanashi Gakuin University
〒400-8575 山梨県甲府市酒折 2-4-5

3) 岐阜大学教育学部 Faculty of Education, Gifu University
〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸 1-1

4) 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

また、背面跳の助走では、おおよそ踏切 4 歩前から曲線走が開始されることが報告されており (Dapena, 1995; 飯干ほか, 1993; Leite, 2013; 関岡・栗原, 1978; Schiffer, 2012), 身体の内傾動作および、それに伴う身体重心高の低下は踏切 4 歩前から開始されていると考えられる。走高跳では跳躍高を獲得する踏切局面がパフォーマンスの獲得に対する主要局面であるが (阿江ほか, 2008), そこで要求される動作は、それ以前の局面における動作の影響を強く受けていることが推察される。したがって、曲線走と共に踏切動作の準備が開始される踏切 4 歩前から踏切にかけての踏切準備局面も、走高跳のパフォーマンスに大きな影響を与える局面であると考えられる。

以上のことから、踏切 4 歩前から踏切にかけての局面を分析し、身体重心高や身体の傾き角の変化を明らかにすることで、走高跳のパフォーマンス向上に役立つ有益な知見を提示することができると推察される。一方で、これまでに行われてきた走高跳の助走に関する研究では、助走の軌跡について検討したものや (飯干ほか, 1993; Dapena, 1995; Tidow, 1993), 踏切 2 歩前もしくは 1 歩前から踏切にかけての動作を分析したもの (Ae et al., 1986, 2008; Isolehto et al., 2007; Panoutsakopoulos and Kollias, 2012; 関岡・栗原, 1978) が多いものの、曲線走が開始される踏切 4 歩前からの身体重心高や身体の傾き角、膝関節角度の変化について 3 次元的に動作分析した研究は見当たらず、未解明な部分が多い。

そこで本研究では、背面跳を用いた走高跳の踏切 4 歩前接地から踏切接地までの局面を踏切準備局面と定義し、この局面を 3 次元的に動作分析することで、身体内傾角、身体後傾角および膝関節角度、さらには身体重心高の変化について検討し、踏切準備動作の特性を明らかにすることを目的とした。

2. 方 法

2.1 対象者

大学陸上競技部またはクラブチームに所属している左脚踏切を専門とする男子走高跳選手 7 名 (表 1) を対象

表 1 対象者の特性

対象者	年齢 (歳)	身長 (m)	体重 (kg)	自己最高記録 (m)	分析試技 (m)
A	23	1.70	64.83	2.05	1.80
B	18	1.71	65.20	2.06	1.85
C	19	1.65	58.59	2.13	2.05
D	20	1.77	71.32	2.10	1.85
E	20	1.76	68.01	1.90	1.80
F	22	1.82	79.86	2.08	1.95
G	25	1.93	71.10	2.31	2.15
平均値	21±2.44	1.76±0.09	68.41±6.17	2.09±0.12	1.92±0.13

とした。実験を開始するにあたり、すべての対象者に本研究の目的、方法および実験に伴う安全性を十分に説明し、実験への参加のための同意を得た。なお、これらの手順は、筑波大学体育系研究倫理委員会の承認を得て行われた。

2.2 実験試技

本研究では全助走を用いた試合形式での走高跳を実験試技として、対象者には全力で跳躍するよう指示し、成功試技はバーを落とさずに跳び越えることができた跳躍とした。また、バーの高さの設定は、各対象者の指定した任意の高さから開始し、成功の度に 5cm 間隔で上昇させ、試合と同様に、同じ高さでの連続 3 回の失敗があるまで試技を行わせた。なお、分析試技については、成功試技のうちの最も記録が高いものとした。

2.3 測定項目および測定方法

光学式自動動作分析装置 (Vicon motion System, 250 Hz) を用いて、成功試技における助走から着地までの身体各部位 (47 点) の座標データを収集した (荻山ほか, 2013)。静止座標系は、地面と平行でかつバーと垂直に交わる軸を X 軸、地面と平行でかつバーと平行の軸を Y 軸、鉛直軸を Z 軸とする右手座標系と定義した。また、本研究では、踏切 4 歩前から踏切にかけての各歩の接地時における身体重心速度ベクトルの水平成分を Y' 軸、水平でかつ Y' 軸に直交する軸を X' 軸、鉛直を Z 軸とする右手系の移動座標系を対象者ごとに定義した。

得られた身体各部位の座標は、座標成分ごとに最適遮断周波数を Wells and Winter (1980) の方法にもとづいて決定し、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 6 – 12Hz の範囲であった。

2.4 算出項目

本研究では、運動自由度を 3 として、14 の関節によって連結された 15 の剛体セグメントモデルを用いて全身をモデル化した。測定によって得られた身体の 3 次元座標から、阿江 (1996b) の身体部分慣性係数を用いて、部分および全身の重心、慣性モーメントを算出した。また、身体重心の変位を時間微分することによって身体重心速度を算出した。身体の内傾角度および後傾角度については、身体重心と踏切脚足関節を結んだ線分を X'-Z 平面および Y'-Z 平面に投影し、X'-Z 平面上で Z 軸となす角を身体の内傾角、Y'-Z 平面上で Z 軸となす角を身体の後傾角とし、それぞれ正の値を内傾と後傾、負の値を外傾と前傾とした (戸邊ほか, 2018)。身体に貼付したランドマークをもとに、下肢 3 関節の関節中心を算出し (股関節：倉林ほか, 2003)、関節座標系 (荻山ほか, 2013) を設定することで膝関節の屈曲伸展角度を算出し

た. なお, 以下では接地時身体重心高を重心高, 接地時身体重心水平速度を水平速度, 接地時身体内傾角度を内傾角, 接地時身体後傾角度を後傾角, 接地時膝関節角度を膝関節角度と表記する.

2.5 統計処理

各変数は平均値±標準偏差で示した. また, 全ての統計処理には, 統計パッケージ (SPSS ver. 22, IBM 社製) を用いた. 各変数間の関係性の有無については相関係数を Pearson の方法を用いて算出した. さらに, 各変数の差の検定には, 1 要因分散分析を用い, F 値が有意であると認められた場合には, Turkey の方法を用いて多重比較を行った. なお, 有意性は危険率を 5%未満で判定した.

3. 結果

図 1 には踏切 4 歩前から踏切までの各歩の重心高の変位をグラフで示した. また, 同様に図 2 には内傾角, 図 3 には後傾角, 図 4 には膝関節角度の変位をグラフで示した. さらに, 表 2 にはこれらを一覧で示すとともに, 各歩の水平速度および膝関節角度, さらに, 各変数内で局面ごとの値を比較した結果について示した. 重心高の局面間における差は認められず ($F = 2.11$, n.s.), 水平速度の局面間における差も認められなかった ($F = 3.57$, n.s.). 一方で, 内傾角 ($F = 57.20$, $p < 0.05$), 後傾角 ($F = 149.69$, $p < 0.05$), および膝関節角度 ($F = 7.39$, $p < 0.05$) では有意な差が認められた. 内傾角では, 踏切 4 歩前よりも踏切 2 歩前および踏切 1 歩前が有意に大きく, 踏切よりも踏切 4, 3, 2, 1 歩前が有意に大きいことが

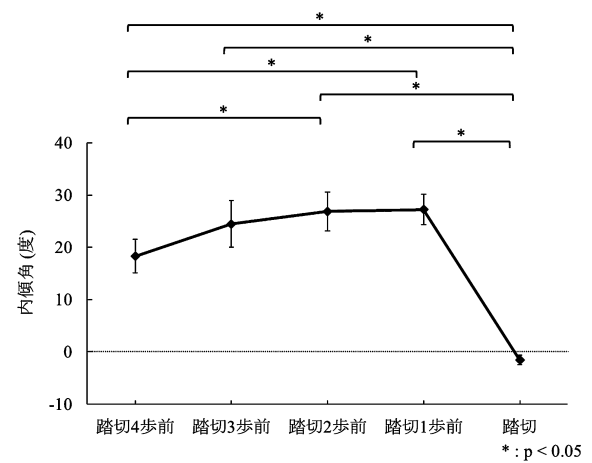


図 2 各局面における内傾角

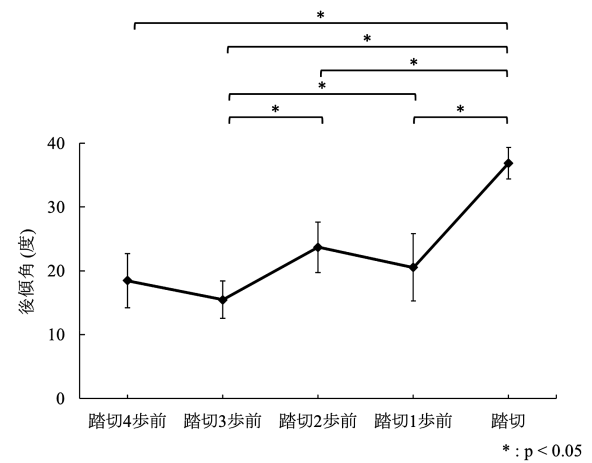


図 3 各局面における後傾角

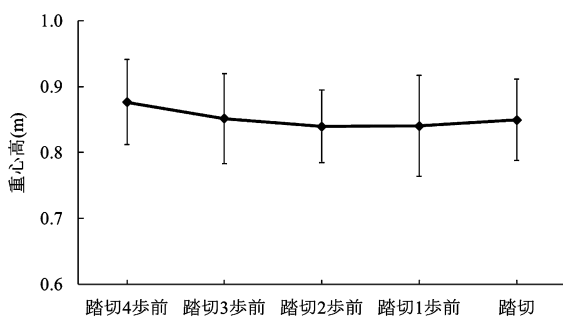


図 1 各局面における重心高

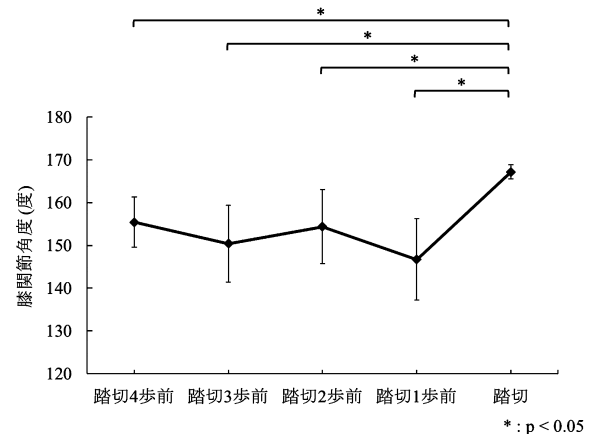


図 4 各局面における膝関節角度

表 2 各局面における各種変数の一覧と多重比較

	踏切4歩前	踏切3歩前	踏切2歩前	踏切1歩前	踏切	分散分析 (F値)	多重比較検定
重心高 (m)	0.88 ± 0.06	0.85 ± 0.07	0.84 ± 0.05	0.84 ± 0.08	0.85 ± 0.06	2.11	n.s.
水平速度 (m/s)	6.61 ± 0.36	6.73 ± 0.31	6.88 ± 0.32	6.87 ± 0.27	6.84 ± 0.35	3.57	n.s.
内傾角 (度)	18.31 ± 3.25	24.47 ± 4.44	26.86 ± 3.73	27.25 ± 2.92	-1.57 ± 0.89	57.20*	1歩前, 2歩前 > 4歩前 4歩前, 3歩前, 2歩前, 1歩前 > 踏切
後傾角 (度)	18.45 ± 2.94	15.45 ± 2.94	23.69 ± 3.96	20.52 ± 5.28	36.90 ± 2.46	149.69*	1, 2歩前 > 3歩前 踏切 > 4歩前, 3歩前, 2歩前, 1歩前
膝関節角度 (度)	155.42 ± 5.87	150.39 ± 8.99	154.38 ± 8.65	146.72 ± 9.48	167.19 ± 1.65	7.39*	踏切 > 4歩前, 3歩前, 2歩前, 1歩前

* : $p < 0.05$

認められた。また、後傾角では、踏切3歩前よりも踏切2歩前および踏切1歩前が有意に大きく、踏切4、3、2、1歩前よりも踏切が有意に大きいことが認められた。さらに、膝関節角度は、踏切4、3、2、1歩前と比較して踏切の値が有意に大きいことが認められた。

図5には各歩における内傾角と重心高との間の相関係数を示した。内傾角では踏切3、2、1歩前で重心高との間に有意な負の相関関係 ($p < 0.05$) が認められた。続いて、図6には各歩における後傾角と重心高との間の相関係数を示した。後傾角では踏切において重心高との間に有意な負の相関関係 ($p < 0.01$) が認められた。また、図7には各歩における膝関節角度と重心高との間の相関係数を示した。膝関節角度はいずれの局面においても重心高との間に有意な相関関係は認められなかった。

4. 考 察

走高跳の助走の動作を分析した従来の研究では、助走の軌跡について検討したものや、踏切1歩前もしくは踏切2歩前から踏切にかけての局面を動作分析したものが多いが、走高跳の特徴とも言える曲線走が開始される踏切4歩前からの身体重心高や身体の傾き角、膝関節角度

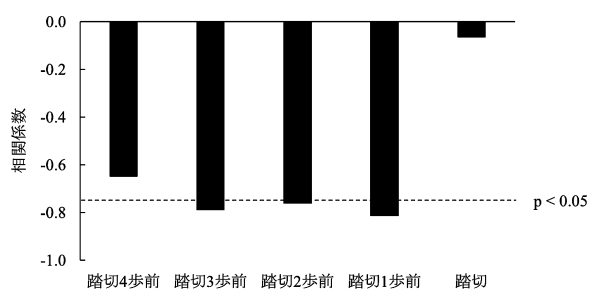


図5 各局面における内傾角と重心高の相関係数

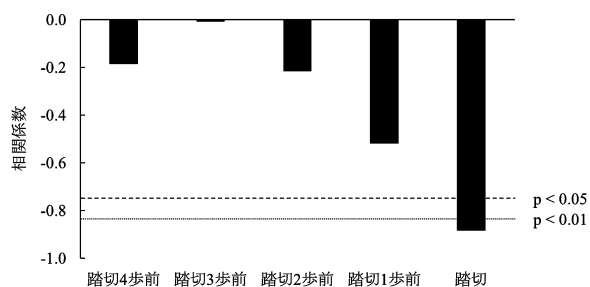


図6 各局面における後傾角と重心高の相関係数

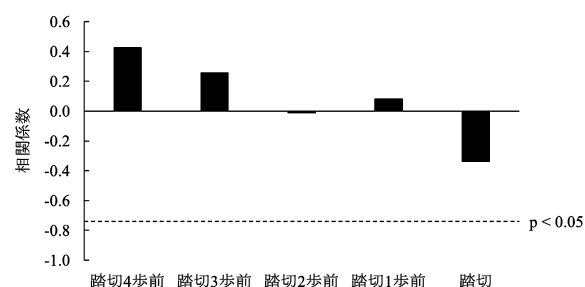


図7 各局面における膝関節角度と重心高の相関係数

の変化について3次的に動作分析した研究は見当たらない。そこで本研究では、踏切4歩前から踏切にかけての踏切準備局面における動作の特性を明らかにすることを目的に、男子走高跳選手を対象とした3次的動作分析を行った。

4.1 踏切準備局面における重心高および水平速度の変化

より高く跳ぶことは、踏切動作でより大きな身体重心鉛直速度を獲得することであると言い換えることができ、そのために、踏切動作中の重心高の上昇幅はより大きいことが望ましい。したがって、踏切接地時の重心高をより低くすることがパフォーマンスの獲得に有効であると考えるのが自然である (Isolehto et al., 2007)。一方で、本研究の結果では、踏切4歩前から踏切にかけての踏切準備局面で重心高の有意な減少が見られなかったことは (図1, 表2)、踏切4歩前接地の時点ですでに重心高が十分に低下しており、それ以降では低下した重心高の維持が行われていることを意味していると考えられる。

また、水平速度についても、踏切4歩前から踏切にかけて有意な増大は認められなかった (表2)。このことは、踏切4歩前接地の時点で十分な水平速度が獲得されており、それ以降ではその維持が行われていることを意味するものであると考えられる。走高跳と同じ陸上競技の跳躍種目である走幅跳や三段跳は、助走速度がパフォーマンスの決定に深く関与することが報告されており (Koh and Hay, 1990a, b; 太田ほか; 2010)、これらの種目では、踏切時に大きな水平速度を有していることで高いパフォーマンスの獲得が期待できる。しかしながら、走高跳では効果的に踏み切ることのできる至適な助走速度が存在し、(Alexander, 1990; Tellez, 1993)、その速度は走幅跳や三段跳 (木野村ほか, 2012; 太田ほか, 2010; 志賀・尾縣, 2004) よりも低い。これらのことから、走高跳では、踏切4歩前までに効果的に踏み切ることのできる至適な助走速度を獲得しておくことが重要であると考えられる。

以上のことから、踏切時に必要な重心高および水平速度は踏切4歩前の時点ですでに獲得されていること、つまり踏切準備局面ではこれらを維持しながら効果的な踏切動作へ移行することが課題になると考えられる。

4.2 身体の傾きと膝関節角度からみた踏切準備動作

ここでは、上述した走高跳の踏切準備局面における効果的な踏切動作への移行について、身体の傾き (内傾、後傾) と膝関節に代表される下肢関節の屈曲 (Ae et al., 1986, 関岡・栗原, 1978)、から検討していく。

まず、膝関節角度に着目すると、踏切準備局面における各歩の膝関節は踏切時よりも有意に屈曲しているものの (図4, 表2)、いずれにおいても重心高との間に有意

な相関関係は認められなかった（図7）。踏切準備局面における重心高の低下に対する膝関節角度の影響について Ae et al. (1986) は、身体の傾きに依存するタイプと下肢の屈曲に依存するタイプの2種類が存在することを報告している。これらのことから、膝関節の屈曲は踏切準備局面における重心高の低下に影響するものの、その程度は個人差が大きいと考えられる。

次に内傾角についてみると、先行研究において、身体の内傾動作による内傾角の獲得は、踏切1歩前および2歩前で、水平速度の低下を抑えつつ重心高を低下させる役割を有していることが報告されている（Ae et al., 1986; 関岡・栗原, 1978）。これに対し本研究では、内傾角は踏切4歩前と比較して踏切1歩前および踏切2歩前の値が有意に大きいことが認められ、また、踏切3歩前から踏切1歩前において重心高との間に有意な負の相関関係が認められた（図2, 5, 表2）。これらの結果は、内傾角は踏切3歩前から踏切1歩前にかけて増大し、この局面で重心高に影響していることを示唆するものであると考えられる。一方で、内傾角は踏切1歩前から踏切にかけて有意に減少して負の値に転じており（表2, 図2）、踏切接地時には重心高との間の相関関係も認められなかった（図5）。以上のことから、内傾角は踏切3歩前から踏切1歩前にかけて増大し、同局面における重心高に影響しているものの、踏切時には消失し、重心高にはあまり影響していないことが示された。

最後に、後傾角に着目すると、後傾角は踏切2歩前および1歩前が踏切3歩前よりも有意に大きいものの（図3, 表2）、同時点において重心高との間に有意な相関関係は認められなかった（図6）。踏切準備局面における後傾動作は助走速度の減少に繋がる可能性のあることから（関岡・栗原, 1978）、踏切準備局面では後傾角が小さいことが望ましいと考えられる。一方で、踏切接地時における後傾角は最も大きく、さらに重心高との間に有意な負の相関関係が認められた（図3, 表2）。このことについて、上述した内傾角の結果と合わせて考えると、踏切準備局面における重心高は内傾動作による影響を受けるものの、踏切接地時には後傾動作による影響を受けることが考えられる。さらに、踏切接地時において後傾角が大きいことは起こし回転運動を促進し、跳躍高の獲得に貢献することが推察される（Dapena and Chung, 1988）。以上のことから、踏切準備局面では水平速度の減少を抑えるために身体の後傾を抑え、続く踏切接地時には跳躍高を獲得するために大きな後傾角を獲得していると考えられる。

4.3 現場への示唆

本研究では、踏切1歩前から踏切にかけて内傾角と後傾角は対照的な変化を示した（図2, 3, 表2）。このような変化を生み出す要因について、身体の傾きに影響を

及ぼすと考えられる足部の接地位置から検討した。図8には最も自己記録の高い対象者Gの身体重心の軌跡と、各歩接地時の身体重心および接地足つま先の座標をX-Y平面上に投影したものを示した。踏切4歩前から踏切1歩前にかけては、身体重心の軌跡が描く曲線の外側に足を接地している傾向がみられ、これによって内傾角が生じていると考えられる。一方で、踏切接地時には身体重心に対しより前方へ足を接地し、大きな後傾角を獲得している傾向が見て取れる。この大きな後傾角を生み出す前方への足部接地は、踏切接地時において膝関節がより伸展している（図4, 表2）ことも影響していると考えられる。なお、上述の傾向は、全ての対象者に認められた。

以上のことから、踏切1歩前から踏切にかけての内傾角と後傾角の対照的な変化は、踏切に向けて身体重心の進行方向に対する足部の接地位置が変化したことによる影響が大きいと考えられる。したがって、踏切準備局面から踏切局面にかけては、足部接地位置に着目して身体の傾き角をコントロールすることが有効であると推察される。

本研究の結果をまとめると、背面跳を用いた走高跳の踏切準備局面では、その開始時にすでに十分な助走速度の獲得と重心高の低下がなされており、踏切4歩前から踏切1歩前にかけては足部を進行方向の外側に接地することで内傾角を大きくし、後傾角の増大を抑えながら重心高を低下させ、一方で、踏切接地時には膝関節を伸展させ、足部をより前方に接地することで後傾角を大きくしつつ重心高を低く保つという戦略が有効であると考えられる。

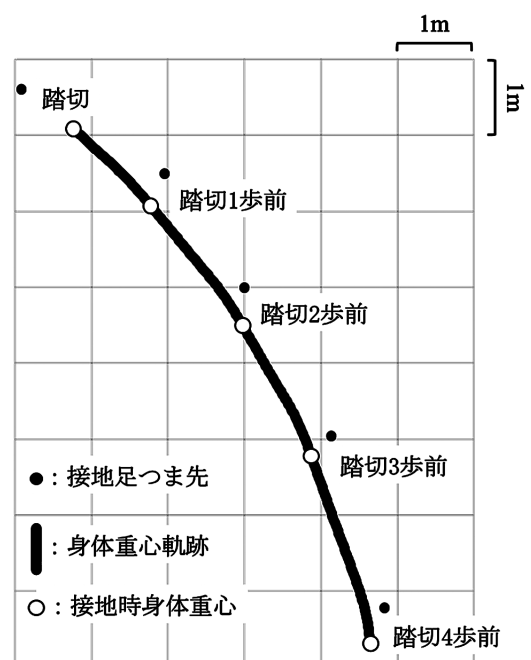


図8 対象者Gの身体重心の軌跡と各歩の接地位置

4.4 研究の限界と今後の課題

本研究では、走高跳の踏切4歩前から踏切にかけての局面を動作分析し、踏切準備動作について重心高および身体の傾き、膝関節角度に着目して検討した。その結果、踏切4歩前から踏切にかけての局面では重心高の有意な減少は認められなかったことから、踏切4歩前以前の局面で重心高を低下させるための動作が遂行されている可能性が示された。したがって、今後は踏切に向けた準備動作のより詳細な解明に向けて、踏切4歩前以前の局面についても分析を行うことが必要であると考えられる。

また、本研究では対象者の重心高を絶対値で評価し、対象者の身長や下肢長といった形態の差異については考慮していない。内傾動作や後傾動作による重心高の低下は上述のような形態の差異が影響することが推察されるため、このことについて留意する必要があると考えられる。

5. 要 約

本研究では走高跳の助走の曲線部における身体重心高や身体の傾き角、膝関節角度の変化について検討し、踏切準備動作の特性を明らかにすることを目的に、走高跳の踏切4歩前接地から踏切接地にかけての踏切準備局面を3次元的に動作分析した。本研究から得られた走高跳の踏切準備動作に関する知見は以下の通りである。

- ①各歩の接地時における重心高および水平速度に有意な変化は認められなかったことから、踏切時に必要な重心高および水平速度は踏切4歩前の時点ですでに獲得されていること、つまり踏切準備局面ではこれらを維持しながら効果的な踏切動作へ移行することが課題となると考えられる。
- ②踏切3歩前から踏切1歩前にかけては、足部を身体重心の外側に接地することで、大きな内傾角を作り出して低下した重心高を維持し、続く踏切接地時には膝関節を伸展させ、足部を身体重心に対してより前方に接地し、後傾角を大きくすることで重心高を低く保つという戦略が有効であると考えられる。

以上の結果は、走高跳のより良い踏切準備動作を行うために役立つ、有益な知見であると考えられる。

文献

阿江通良 (1996a) 陸上競技の高く跳ぶ動作と遠く跳ぶ動作 - How they jump - . バイオメカニズム学会誌, 20 (2) : 57-62.

阿江通良 (1996b) 日本人幼少年およびアスリートの身体部分係数. J. J. Sports Sci., 15 (3): 155-162.

阿江通良・永原 隆・大島雄二・小山宏之・高本恵美・柴山一仁 (2008) 世界選手権男子走高跳上位入賞者の跳躍動作のバイオメカニクスの分析—トーマス選手の

跳躍は新しい技術のヒントになるか— . バイオメカニクス研究, 12 (2) : 134-139.

Ae, M., Sakatani, Y., Yokoi, T., Hashihara, T., and Shibukawa, K. (1986) Biomechanical analysis of the Preparatory Motion for Takeoff in the Fosbury Flop. Int. J. Sport Biomech., 2 (2): 66-77.

阿江通良・渋川侃二・石島繁・橋原孝博 (1983) 高さをとねらいとする跳のバイオメカニクスの特性：垂直跳、バレーボールのスパイクジャンプおよび走高跳の踏切の比較. バイオメカニクス学会編, 身体運動の科学V：スポーツ・バイオメカニクスへの挑戦. 杏林書院：東京, pp. 182-188.

Alexander, R. (1990) Optimum take-off techniques for high and long jumps. Philos. Trans. R. Soc. B-Biol. Sci., 329 (1252): 3-10.

Dapena, J. (1995) How to design the shape of a high jump run-up. Track coach, 131: 4179-4181.

Dapena, J., Chung, C., S. (1988) Vertical and radial motions of the body during the take-off phase of high jump. Med. Sci. Sports Exerc., 20 (3): 290-302.

飯干 明・阿江通良・結城匡啓・高松潤一・長沢光雄・湯 海鵬 (1993) 走高跳における世界一流ジャンパーの助走と踏切準備について. 日本体育学会第44回大会号, 410.

Isolehto, J., Virmaavirta, M., Kyröläinen, H., and Komi, P. V. (2007) Biomechanical analysis of the high jump at the 2005 IAAF World Championships in Athletics. New Stud. Athlet., 22 (2): 17-27.

荻山 靖・藤井宏明・森 健一・図子浩二 (2013) 片脚および両脚リバウンドジャンプにおける3次元的な力発揮特性の相違. 体育学研究, 58 (1): 91-109.

木野村嘉則・村木征人・図子浩二 (2012) 走幅跳における助走歩数を増やして踏切するための踏切動作：短助走跳躍から長助走跳躍に至る踏切動作等の変化率に着目して. 体育学研究, 57 (1): 71-82.

Koh, T. J. and Hay, J. G. (1990a) Landing leg motion and performance in the horizontal jumps I: the long jump. Int. J. Sport Biomech., 6: 343-360.

Koh, T. J. and Hay, J. G. (1990b) Landing leg motion and performance in the horizontal jumps II : the triple jump. Int. J. Sport Biomech., 6: 361-373.

倉林 準・持丸正明・河内まき子 (2003) 股関節中心推定方法の比較・検討. バイオメカニズム学会誌, 27: 29-36.

Leite, W. (2013) Biomechanical analysis of running in the high jump. Pedagog. psychol. med.-biol. probl. phys. train. sports, 17 (2): 99-105.

太田洋一・中村 力・浦田達也・伊藤 章 (2010) 簡易な測定法を用いた走幅跳におけるパフォーマンスと助

- 走・踏切速度の関係. コーチング学研究, 24 (1) : 27-33.
- Panoutsakopoulos, V. and Kollias, A. (2012) 3D Biomechanical Analysis of Women's High Jump Technique. *New Stud. Athlet.*, 27 (3): 31-44.
- Schiffer, J. (2012) Plyometric Training and the High Jump. *New Stud. Athlet.*, 27 (3): 9-21.
- 関岡康雄・栗原崇志 (1978) 走高跳における曲線助走の効果に関する研究. 筑波大学体育紀要, 1: 77-86.
- 志賀 充・尾縣 貢 (2004) 走幅跳競技者の下肢筋力と踏切中のキネマティクス及びキネティクスの関係ー膝関節と股関節に着目してー. 体力科学, 53 (1) : 157-166.
- Tellez, K. (1993) Elements of the high jump. *Track Coach*, 125: 3987-3990.
- Tidow, G. (1993) Model technique analysis sheets. Part VIII: The Flop High Jump. *New Stud. Athlet.*, 8 (1): 31-44.
- 戸邊直人・林 陵平・菊山 靖・木越清信・尾縣 貢 (2018) 一流走高跳選手のパフォーマンス向上過程における事例研究. コーチング学研究, 31 (2) : 239-251.
- 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*, 1: (Proceedings of the first biannual conference of the Canadian Society of Biomechanics). pp. 92-93.
-

リレーにおける渡し走者と受け走者の疾走能力の違いと バトンパス方法の関係：体育授業の場合

比留間浩介¹⁾，渡邊信晃²⁾

Relationship between the difference the sprint ability of incoming runner and outgoing runner
in sprint relays and baton pass methods: In the case of a physical education class

Kosuke HIRUMA¹⁾, Nobuaki WATANABE²⁾

Abstract

The purpose of this study was to examine the effectiveness of Up sweep pass (Under) and Down sweep pass (Over) in physical education classes and to clarify the relationship between the sprint ability of the incoming runner and the outgoing runner by the baton pass method.

As a result, from the viewpoint of “reliability”, Under was effective in any combination. However, “Gain time” suggested that the advantageous baton pass method might be different depending on the difference between the sprint ability of the incoming runner and the outgoing runner and the order of running.

Specifically, when the incoming runner was higher in sprint ability than the outgoing runner, Over was advantageous. On the other hand, when the incoming runner had a higher sprint ability than the outgoing runner, there was a tendency that the Under was more advantageous.

From the above, in the physical education classes, when students with different sprint ability differ among relatives, it is thought that promoting learning based on these information would lead to better relay lesson making.

キーワード：オーバーハンドパス アンダーハンドパス 利得時間 確実性

1. 緒言

学校体育におけるリレーの学習内容の取り扱いをみると、既に小学校低学年の段階から「走の運動遊び」の中で位置づけられており、その後の小学校中学年から高等学校までの学習指導要領解説に記されている内容を見ると、主にバトンパスの技術について、計画的・系統的に示されている(文部科学省, 2008a, 2008b, 2009)。例えば、小学校中学年では、「テークオーバーゾーン内で、減速の少ないバトンパスをすること」、中学3年生、高校入学年時では、「次走者のスピードが十分高まったところでバトンの受け渡しをすること」が示されている。これ

らは、中学校や高校のリレーチームが競技大会に出場するときに求められる技能でもあり、これらの技能を洗練したものが日本代表チームに要求されるものである(尾縣, 2011)。このことから、最終的には体育の授業の延長線上に競技スポーツである陸上競技が位置づけられている(尾縣, 2011)。なお、平成29年3月に公示された新学習指導要領解説(文部科学省, 2017a, 2017b)においても、小学校高学年で「テークオーバーゾーン内で、減速の少ないバトンの受渡しをすること」、中学3年で「次走者はスタートを切った後スムーズに加速して、スピードを十分に高めること」といったことが例示として示されている。

陸上競技の4×100mリレーでは、個々の走力が高いことに越したことはないが、バトンのパスワークの成否が競技成績に大きく影響するため、この技術を高めることで記録の向上を目指すことが可能である(日本陸上競技連盟編, 2014)。このことや前述した学習指導要領解説の内容を鑑みると、体育授業でリレーを取り扱う場合には、バトンパスの技術を適切に指導していくことが求められる。陸上競技におけるリレー種目のバトンパス方法は、主にバトンを受ける走者が伸ばした手に、上からバトンを渡すオーバーハンドパス(以下、オーバー)、バトンを受ける走者が下向きにして出した手に、下からバトンを渡すアンダーハンドパス(以下、アンダー)の2種類(尾縣, 2007)に分けられ、これまでの研究でそれぞれの特徴が明らかにされている(Carr, 1992; 宮下, 2005; 佐久間, 2005; Thomson, 1991)。オーバーの特徴は、利得距離は大きいですが、受け走者が腕を斜め後方に伸ばすのでやや走りにくい体勢になることなどが挙げら

1) 山形県立米沢女子短期大学社会情報学科

Faculty of Social Information Science, Yamagata Prefectural Yonezawa Women's Junior College
〒992-0025 山形県米沢市通町 6-15-1

2) 山形大学地域教育文化学部 Yamagata University, Faculty of Education, Art and Sciences

〒990-8560 山形県山形市小白川町 1-4-12

れ、アンダーの特徴は、利得距離は小さいが、受け走者がバトンを受け取るために手を出した時の体勢に無理がないため、スピードを出しやすいことなどが挙げられる(尾縣, 2007)。また、近年の男子日本代表 4 × 100m リレーチームの活躍により、代表チームが採用しているアンダーが注目され、それに伴い競技者を対象としたアンダーとオーバーの比較研究が行われるようになった(福島ほか, 2010; 佐久間ほか, 2008)。これらの研究では、いずれもアンダーの有効性が示唆されている。

一方、体育授業では、高校生の指導内容の例示に「受け手と渡し手の距離を長くして、バトンの受け渡しをすること」といった記載(文部科学省, 2009)があることから、オーバーが主流であることがうかがえる。体育授業における陸上競技の目的である「記録の向上や競争の楽しさや喜びを味わい、各種目特有の技能を高めることができるようにする」(文部科学省, 2009)といった内容を考慮すると、体育の授業においてもオーバーおよびアンダーを取り入れ、それぞれの有効性について検討する必要があると考えられるが、このことに着目した実践や研究は極めて少ない(比留間ほか, 2013)。比留間ほか(2013)は、リレー授業の中で、疾走能力が同程度の者同士でペアを組ませ、アンダーとオーバーの比較を行ったところ、疾走能力が高い者同士では、アンダーが有利であったが、それ以外では、オーバーの方が有利であったと報告している。

しかし、体育授業では疾走能力に大きな差がある児童や生徒同士でリレーを組むことが考えられるため、これまでの研究だけでは、体育授業で受け走者と渡し走者の疾走能力の差を考慮した指導を展開していくための十分な情報があるとはいえない。また、「アンダーの場合だと、両者の走力が均等であることが望ましく、走力差が大きいとうまく行かないことが多い」といった指摘(荏部, 2017)もあることから、疾走能力が異なる者同士で組ん

だ場合のアンダーやオーバーの有効性について検討する必要があるが、この点については今のところ明らかにされていない。

そこで、本研究では、体育授業におけるリレーのバトンパスにおいて、疾走能力が異なる者同士で組んだ場合のアンダーおよびオーバーの有効性について検討し、渡し走者と受け走者の疾走能力の違いとバトンパス方法の関係について明らかにする。なお、本研究におけるバトンパス方法の「有効性」については、リレーの前提条件となる次走者にバトンを確実に渡す「確実性」とバトンパスの巧拙を評価する際に幅広く用いられている「利得時間」の2点から評価する。

2. 方 法

2.1 対象者および授業計画

対象者は、高等専門学校2,3年生で、陸上競技のリレーの授業を受けた男子学生201名(5クラス)であり、そのうちすべての授業に出席した170名を対象とした。授業時間は全7時間とし、各クラスそれぞれ3時間ずつオーバーとアンダーの学習を行い、クラスごとにオーバーからアンダーの順で学習するクラス(3クラス)、アンダーからオーバーの順で学習するクラス(2クラス)に分類した。学習計画および内容は、指導書(尾縣, 2007)を参考に段階的な学習ができるように作成し(表1)、リレーの形式は、4 × 100m リレーの導入段階として用いられている直線路の2 × 50m とし、最終的に実際の4 × 100m リレーに繋がられることを考慮して、第1走者(渡し走者)は右手にバトンを持ち、静止した状態からスタートし、第2走者(受け走者)の左手にバトンパスを行うようにした。また、本研究は2018年度のルール変更以前に実施したため、20mのテークオーバーゾーン内でバトンパスを完了させるように指示し、受け走者は、テークオーバーゾーン手前5mからス

表1 学習計画および内容

	時間	1(4) 時間目	2(5) 時間目	3(6) 時間目	7 時間目
本時の目的		それぞれのバトンパスに慣れる(正確に渡す) ・後ろを振り向かない ・テークオーバーゾーン内でバトンパスを行う	渡し走者と受け走者のスピードが十分に高まったところでバトンを渡す ・ゴーマークの調整 ・掛け声および走り出しのタイミングの調整		ベストタイムを更新する, 競争を楽しむ
	10分		あいさつ、本時の説明、準備運動、チーム決め 静止状態でのバトンパス		
	20分	歩行でのバトンパス ジョギングでのバトンパス(100m × 2本)	ジョギングでのバトンパス(100m × 2本) ゆっくり走って(流し)のバトンパス(100m × 2)	チームごとに練習およびバトンパス方法の選択	
	30分	ゆっくり走って(流し)のバトンパス(100m × 2)	通常より短い距離(それぞれ30mほど)で通し練習 ゴーマークの設定		リレー大会 予選
	40分	通常より短い距離(それぞれ30mほど)で通し練習 ゴーマーク*の設定	タイムトライアル2本		決勝
	50分	クーリングダウン、学習のまとめ			
指導者所見		・オーバーでは受け走者の手に問題が多い(固定できない、手の平を渡し走者に向けられない、横に出してしまう)。後ろを振り向いてバトンを受ける者が見られる ・アンダーではバトンの先を握ってしまう者が多く見られた ・ゴーマークの調整に時間がかかる	・オーバーではバトンパスに時間がかかる(一回で渡せない)場合やオーバーゾーンあるいはゾーンギリギリでバトンを渡す場面が見られる ・アンダーでは受け走者が加速しきれていない状態でのバトンパス(ゾーンのかなり手前で渡す)場合や渡し走者がバトンパス時に減速してしまう場面が見られた ・アンダーではバトンが渡らないことがほとんどない	・ 前回のタイムトライアルよりもゴーマークを短くする者が多い ・ まずは渡すこと、受けることを優先する者が多い	

* 受け走者がスタートする際の目安

タートするように指示した。なお、通常の加速区間（ブルーゾーン）は、10mであるが、指導書（日本陸上競技連盟編, 2014）によると10mのブルーラインの使用は、互いに高いスプリント能力を持つ上級者レベルとされており、中級者または初級者は、ブルーラインとゾーン入り口の間点を立ち位置の目安にしていることから、本研究ではバトンゾーンまでの加速区間を10mではなく5mとした。

上述のように、本研究は2018年度のルール変更以前（加速区間（ブルーゾーン）がなくなり、テークオーバーゾーンが20mから30mに変更）に実施したためこのような記載になっている。しかし、何れにせよ、30mのテークオーバーゾーンの利用は互いに高いスプリント能力を持つ上級者レベルであると考えられるため、30mのテークオーバーゾーンをすべて活用することは一般の生徒を対象とした場合には現実的ではないと推測される。したがって、新ルールの変更に伴い記載を変更するのであれば「20mのテークオーバーゾーン内でバトンパスを完了させるように指示し、受け走者は、テークオーバーゾーン手前5mからスタートするように指示した」は、「テークオーバーゾーンは25mとし、受け走者はゾーンの入口からスタートするように指示した」となる。

授業では、2人の50m走の合計タイムをどのくらい短縮させることができるか（記録の向上、利得時間の獲得、バトンパスの技能習得）、合計タイムが優れているペアよりも速く走れるか（競争の楽しさ）を学習目標に掲げて取り組ませた。

なお、7回目の授業時に実施したリレー大会での結果を本研究の調査対象とした。リレー大会はクラスごとに実施し、バトンパス方法については、レース前に各チームで戦略を考えさせ、練習を行わせたうえで選択させた。また、大会の方式は4グループまたは5グループに分けて予選を行い、各予選を勝ち抜いたチームが決勝で優勝を決めるといった形式で行ったが、調査対象は予選でのレースとした。

2.2 ペアの選定方法

疾走能力が異なる者同士でペアを組ませるために、単元前の授業で測定した50m走のタイムを基に、クラスごとに上位群、中位群、下位群に分類し、それを基にペアを選定した。例えば、40人のクラスの場合は、50m走タイムの上位12名を上位群（以下High）、下位12名を下位群（Low）、その間の16名を中位群（Mid）とし、その後、二人の合計タイムに差がでないよう疾走能力に差があるHighとLowのペア（以下High-Low）と疾走能力に差がないMid同士のペア（以下Mid-Mid）を選定した。なお、授業時の走順は、各ペアごとに選択させ、渡し走者がHighで受け走者がLowのペアを「High→Low」、渡し走者がLowで受け走者がHighのペアを

「Low→High」、渡し走者および受け走者ともにMidのペアを「Mid→Mid」と表記した。

なお、単元を通して基本的には同じペアで練習を実施させた。しかし、欠席者が出た場合は、ペアがいない者同士でペアを組ませたり、別のペアに入れてもらい3人で練習等を行わせた（そのため授業の始めに毎回チーム決めの時間を取った）。

本研究のデータの中には、一度でも欠席者が出たペアや3人で練習したことがあるペアは含まなかった。そのため、実際に授業を受けたのは201名であるが、170名分のデータのみを使用した。

2.3 撮影方法

撮影は4台のデジタルカメラ（CASIO社製、EXILIM EX-F1, 300fps）を使用し、バトンパスを行うテークオーバーゾーン（20m）を撮影できるように設置した（図1）。また、各レーンにポールを設置し、カメラ1で1レーン、カメラ2で2レーン、カメラ3で3レーン、カメラ4では4レーンのレースをパンニング撮影した。その後、撮影した映像にビデオ編集ソフト（EDIUS 6, グラスバレー社製）を用いてタイマーを挿入することで1コマごとの時間がわかるように編集し、後述するテークオーバーゾーン所要時間の算出に用いた。

2.4 測定項目

（1）選択したバトンパス方法および確実性

選択したバトンパス方法は、撮影した映像を基にそれぞれカウントした。また、「確実性」を評価するために、テークオーバーゾーン内で①バトンが渡らない場合、②バトンを落とした場合、③受け走者が明らかに減速した場合を失敗¹⁾とし、その数をカウントした。加えて、選択されたそれぞれのバトンパス方法に対する失敗数から失敗率を算出した。

なお、この一連の作業は、著者および陸上競技のスプリント種目（リレーも含む）の指導経験のある指導者がすべてのレースを観察し、バトンパス方法についてはオーバーおよびアンダーの定義、確実性については①～③の失敗事例を基に判断した。

（2）利得時間およびテークオーバーゾーン所要時間

利得時間は、リレータイム（2×50mリレーのタイム）をストップウォッチを用いて測定し、2人の50m走の合計タイムとリレータイムの差から算出した²⁾。

テークオーバーゾーン所要時間（以下ゾーン所要時間）については、前述したタイマー入りの映像を用い、渡し走者がテークオーバーゾーン入口を通過し、受け走者がテークオーバーゾーン出口を出るまでに要した時間とし、渡し走者のトルソーがテークオーバーゾーン入口を通過してから受け走者のトルソーがテークオーバーゾーン出口を通過する時間を読み取ることで算出した

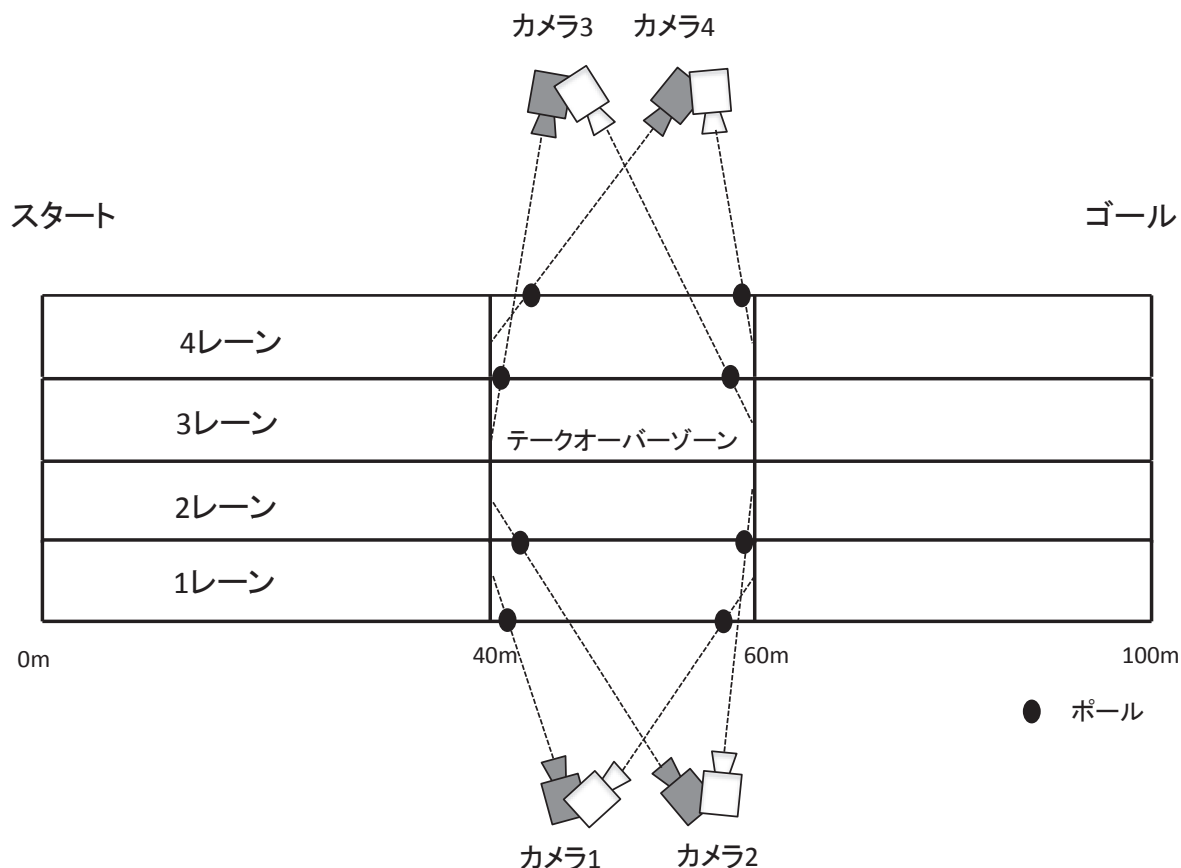


図1 カメラ設置位置

(Vonstein,1990：佐久間ほか，2008)．

なお，結果に示す利得時間及びゾーン所要時間には，前述した失敗事例に該当するペアの値は含まなかった．

また，前述したように本研究では，利得時間の算出にはストップウォッチ，ゾーン所要時間の算出にはデジタルビデオカメラで撮影したデータを基に行った．しかし，リレーのタイムとゾーン所要時間のタイムはそれぞれ別々に処理しており，また，比較することはしていないので測定方法が異なっても問題はないと考えられる．

2.5 統計処理

選択したバトンパス方法の数および失敗数の比較は，1変量の χ^2 検定を行った．また，2群間の平均値の比較には，対応のないt検定，3群間の比較には一元配置分散分析を行い，その後，F値が有意であった場合は，Bonferroniの多重比較を行った．なお，すべての検定に

おける有意水準は5%未満とした．

3. 結果

表2には，50m走タイムを基に3群に分類した際の50m走タイムの平均値を示した．

High, Mid, Lowの順でタイムが優れており，統計的な有意差も認められた．

表3には，分類したペアごとの合計タイムと2人の50m走タイムの差を示した．合計タイムに有意差は見られなかったが，タイム差は，High-Lowの方が統計的に有意に大きかった ($p<0.01$)．

表4には，各ペアが選択したバトンパス方法の数を示した．合計でみるとオーバーよりアンダーの方が統計的に有意に多かった ($p<0.05$)．

表5には，バトンパスの失敗数および失敗率を示した．失敗数はいずれにおいてもオーバーの方がアンダーより

表2 3群に分類した際の50m走タイムの平均値

	High群(n=54)	Mid群(n=62)	Low群(n=54)	有意差	多重比較
50mタイム(秒)	6.83±0.19	7.34±0.15	7.97±0.29	**	H<M<L

** $p<0.01$
< $p<0.01$

表3 分類したペアごとの合計タイムと2人の50m走タイムの差

	High-Low群(n=54)	Mid-Mid群(n=31)	有意差
合計タイム(秒)	14.8±0.28	14.7±0.14	
タイム差(秒)	1.14±0.50	0.25±0.22	**

表4 選択したバトンパス方法の数

	アンダー	オーバー	χ ² 値	有意確率
High → Low	18	9		
Low → High	15	12		
Mid → Mid	21	10		
合計	54	31	6.22	0.014*

*p<0.05

表5 失敗数および失敗率

	アンダー	オーバー	χ ² 値	有意確率
High → Low	3 (16.6)	3 (33.3)		
Low → High	0 (0.0)	5 (41.6)		
Mid → Mid	1 (4.7)	4 (40.0)		
全体	4 (7.4)	12 (38.7)	4.00	0.046*

*p<0.05

も統計的に有意に多く (p<0.05), 失敗率もオーバーの方が高い傾向がみられた。

図2には, 渡し走者がHigh, 受け走者がLowでアンダーを選択したペアとオーバーを選択したペアの利得時間をそれぞれ示した。その結果, アンダーの利得時間は0.36 ± 0.29 秒, オーバーの利得時間は0.64 ± 0.26 秒であり, オーバーの方が有意に利得時間が大きかった (p<0.05)。

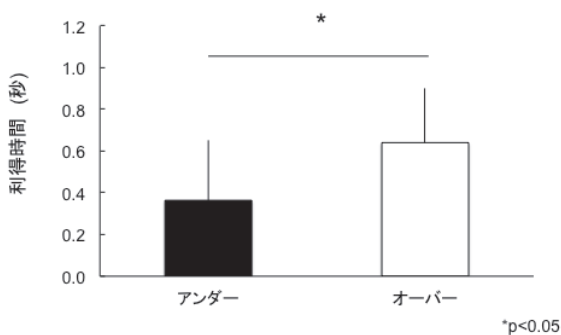


図2 High-Lowにおけるアンダーおよびオーバーの利得時間

図3には, 渡し走者がLow, 受け走者がHighでアンダーを選択したペアとオーバーを選択したペアの利得時間をそれぞれ示した。その結果, アンダーの利得時間は0.77 ± 0.34 秒, オーバーの利得時間は0.43 ± 0.27 秒であり, アンダーの方が有意に利得時間が大きかった (p<0.05)。

図4には, 渡し走者, 受け走者ともにMidでアンダーを選択したペアとオーバーを選択したペアの利得時間をそれぞれ示した。その結果, アンダーの利得時間は0.46

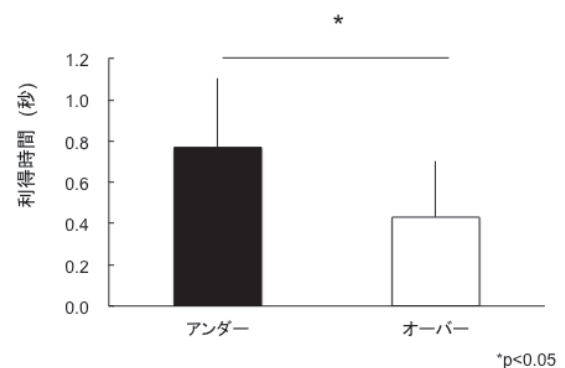


図3 Low-Highにおけるアンダーおよびオーバーの利得時間

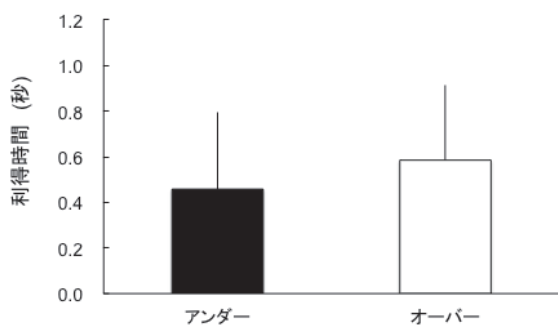


図4 Mid-Midにおけるアンダーおよびオーバーの利得時間

± 0.44 秒、オーバーの利得時間は 0.59 ± 0.33 秒であり、統計的な有意差は見られなかった。

表6には、各ペアのバトンパス方法の違いによるゾーン所要時間を示した。その結果、渡し走者が High、受け走者が Low の場合はオーバー、渡し走者が Low、受け走者が High の場合はアンダーの方が有意に短かった。

4. 考察

4.1 バトンパス方法の選択と確実性について

本研究では、オーバーおよびアンダーの授業をそれぞれ3時間ずつ行い、最後のまとめとして、リレー大会を実施した。リレー大会では、それまでの実践や学習(オーバーおよびアンダーの特徴)から得られた知見を基にバトンパス方法を選択させた。その結果、いずれの組み合わせにおいても、オーバーよりアンダーを選択したペアが多く、全体でみると、アンダーを選択したペアの方が統計的に有意に多いという結果となった。宮下(2005)は、アンダーはバトンパスによる利得距離は小さいが、その分確実性が高いことを指摘しており、また、佐久間ほか(2008)は、競技者を対象にオーバーおよびアンダーの渡し易さと受け易さに関するアンケート調査を行ったところ、アンダーを支持した者の方が多かったことを報告している。加えて、福島ほか(2010)は、学校体育におけるリレー種目の取り組みについて、オーバーは利得距離を活かすことのできるタイミングで正確なスタートを切ることは非常に難易度が高いため、スタートのタイミングを安定させる練習として、まずはアンダーを採用することを推奨している。これらのことから、本研究の対

象者は、オーバーおよびアンダーともに経験がほとんどなかったため、アンダーの確実性や渡し易さ、受け易さを優先して選択していたものと推察される。実際に、失敗率をみるといずれの組み合わせにおいても、アンダーよりもオーバーの方が高い傾向であった。これは、宮下(2005)のオーバーは、疾走中の腕振り動作を多少変容させてパスをしなければならないため、習熟を要するといった指摘を支持するものであると考えられる。したがって、「次走者に確実にバトンを渡す」あるいは「バトンパスの確実性」といったことのみに着目すると、同じ授業時間数では、渡し走者および受け走者の疾走能力の差に関わらず、アンダーの方が有利であることが示された。

4.2 利得時間について

リレーでは、次走者に確実にバトンを渡すことが前提条件になるが、リレーの醍醐味である「競走」や「記録の向上」といったことを考慮すると、「確実性」だけでなくバトンパスによる利得時間を得るための技術を追求していく必要がある。本研究において、その利得時間に着目すると、渡し走者と受け走者の疾走能力が異なる場合で、渡し走者が High、受け走者が Low ではオーバー、渡し走者が Low、受け走者が High ではアンダーの方が利得時間が有意に高かった。また、バトンパスの巧みさを示すゾーン所要時間(Vonstein, 1990)も同様の傾向がみられた。アンダーは走力差が大きいとうまく行かないことが多いといった指摘(荻部, 2017)もあるが、本研究の結果から、受け走者と渡し走者の走力差が大きい場合、アンダーを利用してうまくいかないこともあるが、受け走者と渡し走者およびバトンパス方法の組み合わせによっては、走力差があってもアンダーの方が有利になる組み合わせが存在することが明らかになった。その一方で、オーバーの方が有利になる組み合わせも存在することが示された。

一般的に4×100mリレーでは、チームでバトンパス方法を統一しているチームがほとんどである(杉浦・沼澤, 1994)。しかし、本研究の結果から、オーバーとアンダーの両方を取り入れたリレーの授業を実施する場合、疾走能力に差(本研究では50m走のタイムで最大2秒以上)がある児童・生徒同士でバトンをつなぐ時は、

表6 テークオーバーゾーン所要時間

	アンダー	オーバー	有意差
High→Low	2.92±0.20	2.71±0.24	*
Low→High	2.68±0.23	2.91±0.17	*
Mid→Mid	2.78±0.17	2.73±0.09	

*p<0.05

渡し走者と受け走者の疾走能力の差を考慮し、区間ごとにバトンパス方法を選択させることが学習指導要領で掲げられている「チームのタイムを短縮する」(文部科学省, 2008b) ことや「記録の向上」(文部科学省, 2009) に繋がる可能性が示唆された。すなわち、渡し走者の方が受け走者より疾走能力が高い場合はオーバー、その逆で受け走者の方が渡し走者よりも疾走能力が高い場合はアンダーの方が有利であることを考慮して学習指導を展開していくことが望ましいと考えられた。なお、走順のみに着目した場合、オーバー、アンダーに関わらず渡し走者が Low, 受け走者が High の方が渡し走者が High, 受け走者が Low よりも利得時間が大きい傾向が見られた ($p < 0.10$)。つまり、受け走者の疾走能力が利得時間に影響を及ぼしていた。今回は2人によるリレーであったが、今後人数を増やしていく場合、戦略によっては渡し走者が High, 受け走者が Low の組み合わせになることも十分に考えられる。したがって、今後はこれらのことも考慮して走順やバトンパス方法を選択していく必要があると考えられた。

本研究では、利得時間とゾーン所要時間しか測定していないため、渡し走者と受け走者における疾走能力の差によって、アンダーおよびオーバーの優位性が異なる要因については明確にすることはできなかった。福島ほか(2010)は、バトンパスにおける受け走者がスタートを切るタイミングの重要について言及しており、また、本授業実践では、指導書(日本陸上競技連盟編, 2014: 織田監, 1979)を参考に、渡し走者の方が疾走能力が優れている場合は、なるべくテークオーバーゾーンの出口付近で、逆に渡し走者の疾走の能力が劣る場合はテークオーバーゾーンの入口付近でバトンを渡すことを目指していたため、受け走者のスタートのタイミングやバトンを渡す位置が関係していると推察される。すなわち、疾走能力の差やバトンパス方法の違いにより、タイミングを合わせ易い、または難しい組み合わせがある可能性が考えられる。実際に、渡し走者が Low で受け走者が High の場合、利得時間はアンダーの方が統計的に有意に大きかったが、失敗率は圧倒的にオーバーの方が高かった(アンダー 0%, オーバー 41.6%)。したがって今後は、受け走者のスタートを切るタイミングやバトンパスが完了した位置なども関連づけて検討していく必要があるだろう。

4.3 研究の限界と実践への示唆について

本研究では、表1に示すように段階的にバトンパスの技能を高められるようにまずは「それぞれのバトンパスに慣れる」ことから始め、最終的には「渡し走者と受け走者のスピードが十分に高まったところでバトンを渡す」ことを身に付けて実際のレースでタイムの向上や他のチームと競い合うことを目的とした。また、実際の授

業で起きたことについては指導者所見の中で示したが、その中でオーバーについては、受け走者の手や腕に問題がある(固定できない、手の平を渡し走者に向けられない、腕が上がらない等)ことが散見され、それ故バトンがうまく渡せない場面が見られた。2回目以降の授業でもアンダーに比べてオーバーの場合はバトンパスに時間がかかったり、バトンを渡せない場面が見られた。これは実際のレース時の失敗数及び失敗率(表5)でも表れているが、オーバーの技能をある程度習熟させるためには3回の授業では少なかった可能性がある。この点については宮下(2005)もオーバーは習熟を要すると指摘している。このことから、今後、本研究と同様の授業数またはより少ない授業数で計画を立てる場合には、オーバーの技能を十分に習得させることができない可能性があるため、オーバーの技能を習得させるためには少なくとも本研究よりも授業数や練習時間を増やす必要があると考えられた。

アンダーについては、受け走者がバトンの先端を握ってしまう場面が多々見られた。今回は2人でのリレーであったが、実際には4人で継なぐため、先端を握ってしまうと次走者に渡すことが困難になってしまう。本授業においても前述した内容を伝え、渡し走者の手を握るか手に近い部分を握るように提示したが実施には先端を握ってしまうことが多かった。この点について、今後の授業で、3人以上に増やしたり、より受け方(手に近い部分で受ける)を徹底した場合に、失敗率が增えることは否定できない。

以上のように、今後、発展的に授業を進めていく上で起きうる課題や研究の限界があるものの、今後の授業への示唆として、オーバーとアンダーを分けて授業を進めていくのではなく、アンダーから段階的に手を上げていきオーバーに近づけていく方法が有効であると考えられる。前述したように、オーバーでは受け走者が手を上げて固定することや腕を上げて伸ばすことが難しく、実際に失敗も多いため、導入段階で取り入れるには難易度が高いと考えられる。したがって、比較的失敗率の少ないアンダーでバトンを渡すタイミングやスタートのタイミング等を学習し、徐々にオーバーの位置に近づくように腕を上げていき、渡し走者と受け走者の疾走能力の違いに応じて受け渡ししがし易く尚且つできるだけ利得距離を獲得できる位置を探すことが有効かもしれない。体育授業では時間が限られ、陸上競技(陸上運動)にはリレー以外にも取り組むべき種目が多くある。そのため、以上の内容を踏まえ、今後より効率的にリレーの授業を実施するための方法について検討していく必要がある。

最後に、本研究では、失敗率については、オーバーよりアンダーの方が低いこと、利得時間については受け走者の疾走能力が少なからず影響するものの、渡し走者と受け走者の疾走能力の違いにより、利得時間を獲得し

やすいバトンパス方法があることが明らかになった。したがって、本研究の結果及び前述した実践への示唆を鑑みると渡し走者と受け走者の疾走能力の違いに応じて受け手の位置を調整していくことで、失敗率を減らし、より利得時間を獲得できるのでないかと考えられた。

5. まとめ

本研究の目的は、体育授業におけるリレーのバトンパスにおいて、疾走能力が異なる者同士で組んだ場合のアンダーおよびオーバーの有効性について検討し、渡し走者と受け走者の疾走能力の違いとバトンパス方法の関係について明らかにすることであった。

その結果、「確実性」に着目した場合はいずれの組み合わせにおいてもアンダーの方が有利であったが、「利得時間」に着目した場合は、渡し走者と受け走者の疾走能力の差および走順の違いにより、有利なバトンパス方法が異なる可能性が示唆された。具体的には、渡し走者の方が受け走者より疾走能力が高い場合はオーバー、その逆で受け走者の方が渡し走者よりも疾走能力が高い場合はアンダーの方が有利である傾向がみられた。

以上のことから、体育授業において、疾走能力に差がある児童・生徒同士でリレーを組む場合は、これらの情報を踏まえた上で学習を進めていくことが、より良いリレーの授業作りに繋がると考えられる。

注

- ①②③以外に「渡し走者が明らかに減速する場合」も失敗事例と考えられる。本研究においても受け走者のスタートが遅くなり、「渡し走者が明らかに減速する場合」の事例もあった。しかし、その場合、激突することを回避するためにバトンパスを放棄して減速するケースや受け走者を交わして追い抜いてしまうといったケースがみられた。これらのケースは①の「バトンが渡らない場合」として処理した。
- 事前に計測した 50m 走のタイムの測定方法（計測時期、静止した状態からのスタートか加速付きのスタートか）や、50m 記録測定時とリレー大会時の体調の違いは、本実験でタイムに少なからず影響することも考えられる。

しかし、実際にこれまでのリレーの分析においても競技者の場合は、100m 走のシーズンベストタイム（静止した状態からのスタート）、体育授業の場合には単元前の 50m 走のタイム（静止した状態からのスタート）を基準に利得時間を評価している（伊藤ほか、1994；宮下、2006；杉浦ほか、1994 など）。この場合も 100m 走のシーズンベスト時や 50m 走の測定時とリレー時の計測時期は異なり、また、体調の違いについても明確な答えを出す事はできない。このような研究の限界もあるが、本研究におい

ても先行研究を参考に単元の直前の授業で実施した 50m 走のタイムを基準とした。

文献

- Carr, G. A. (1992) Sprint relays. Fundamentals of Track and Field, 1st, published Leisure Press : Illinois, pp. 29-44.
- 福島洋樹・黒住久徳・堀田朋樹（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—。人間発達科学部紀要, 5 (1) : 65-72.
- 荻部俊二（2017）リレーの魅力に迫る体育授業を。体育科教育, 65 (3) : 12-15.
- 比留間浩介・森 健一・尾縣 貢（2013）体育授業におけるリレーのバトンパス方法の違いが学習成果に及ぼす影響。体育学研究, 58 (2) : 699-706.
- 伊藤克仁・後藤幸弘・辻野 昭（1994）陸上運動としてのリレー学習の適時期について—一中・高学年児童を対象として—。日本教科教育学会誌, 17 (1) : 11-20.
- 宮下 憲（2005）オーバーハンドパスとアンダーハンドパスについて。スプリント研究, 15 : 20-26.
- 文部科学省（2008a）小学校学習指導要領解説 体育編。東洋館出版社。
- 文部科学省（2008b）中学校学習指導要領解説 保健体育編。東山書房。
- 文部科学省（2009）高等学校学習指導要領解説 保健体育編。東山書房。
- 文部科学省（2017a）小学校学習指導要領解説 体育編。東洋館出版社。
- 文部科学省（2017b）中学校学習指導要領解説 保健体育編。 http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2017/07/25/1387018_8_1.pdf. (参照日 2018 年 4 月 2 日)
- 日本陸上競技連盟編（2014）レベルアップの陸上競技。大修館書店, pp.10-16.
- 織田幹雄監（1974）短距離。ベースボールマガジン社。
- 尾縣 貢（2007）ぐんぐん強くなる陸上競技。ベースボールマガジン社, pp. 54-61.
- 尾縣 貢（2011）陸上運動・競技 学校体育と競技の接点を考える。陸上競技学会誌, 9 (1) : 25-28.
- 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.
- 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。陸上競技研究, 72 (1) 14-21.
- 杉浦雄策・沼澤秀雄（1994）世界一流の 4 × 100m リレーにおける時間分析。日本陸上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.240-256.

Thomton, B. (1991) Sprint relays. Track and Field Quarterly review, 91 (1) : 20-21.

Vonstein, W. (1990) Time-analysis in 4 × 100M relays by

video-timing. In : Bruggemann, G. P. and Ruhl, J. K. (Eds.), Technique in athletics Vol.2, Sports und Buch Strauss : Koeln, pp466-469.

女子 400m 走におけるタイプを考慮した モデルレースパターンの作成

山元康平¹⁾, 宮代賢治²⁾, 内藤 景³⁾, 白木駿佑⁴⁾, 梶谷亮輔^{4) 5)},
大山卞圭悟¹⁾, 木越清信¹⁾, 尾縣 貢¹⁾

Development of type-specific model race pattern for the female 400-m sprint

Kohei Yamamoto¹⁾, Kenji Miyashiro²⁾, Hikari Naito³⁾, Shunsuke Shiraki⁴⁾, Ryosuke Kajitani^{4) 5)},
Keigo Byun Ohyama¹⁾, Kiyonobu Kigoshi¹⁾, Mitsugi Ogata¹⁾

Abstract

This study aimed to investigate the relationship between the race pattern and performance in the female 400m sprint. Based on previous study date and video date, 179 female 400-m sprinters (49-50s: n=30, 51-52s: n=30, 53-54s: n=49, 55-56s: n=70) in official competitions were analyzed. Running speed, segment time, the ratio of the segment time and the rates of decrease in running speed were calculated. The main results were as follows: (1) There were strong positive correlation among the 400m sprint time and the segment time of 0-100m, 100-200m, 200-300m and 300-400m ($r=0.874-0.982$, $p<0.05$). (2) There were poor correlation among the 400m sprint time and the ratio of segment time of 0-100m ($r=-0.268$, $p<0.05$), 100-200m ($r=0.242$, $p<0.05$) and 200-300m ($r=0.327$, $p<0.05$), the rates of decrease in running speed of 300-400m segment ($r=-0.305$, $p<0.05$), and the time difference between the 1st and 2nd 200m ($r=0.199$, $p<0.05$). (3) By using regression analysis, type-specific model race pattern for female 400-m sprint were developed. The results suggest that the race patterns are similar among different performance levels (in the range of 49-56s). Additionally, the type-specific model race pattern may assist with the planning of training programs for the female 400-m sprinters.

キーワード：走スピード, 前後半差, スピード低下,
個人差, コーチング

1. 緒言

400m 走は、陸上競技短距離走種目において、最も走行距離および運動時間が長い種目である。400m 走における走スピードの変化パターンは、高い最高走スピードが出現した後にレース後半で走スピードが大きく低下する典型的な漸減型ペース (positive pacing strategy) を示す (Abbiss and Laursen, 2008; Hanon and Gajer, 2009; 山元, 2017)。そして、400m 走において高いパフォーマンスを達成するためには、高い最高走スピードの達成と走スピード低下の抑制という相反する二つの戦略を実現させることが必要となり、そのためには、適切なペース配分が重要となる (Hart, 1981; Schiffer, 2008)。そして、ペース配分は、競技者のレース中の走スピードの変化パターンである「レースパターン」をもとに評価が行われている (山元, 2017)。

レースパターンは、400m 走パフォーマンスの最も基本的な評価の観点であるため、コーチや競技者からの関心も高く、これまでも国内外の主要な競技会において、組織的な調査が行われている (Ferro et al., 2001; 持田・杉田, 2010; 山元ほか, 2015a, 2016)。男子を対象とした研究では、山元ほか (2014) および山元 (2017) により、パフォーマンスの高い競技者のレースパターンの特徴や、目標記録を達成するためのペース配分の目安であ

-
- 1) 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
 - 2) 日本文化大学 Nihon Bunka University
〒192-0986 東京都八王子市片倉町 977
 - 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
 - 5) 環太平洋大学体育学部 International Pacific University, Department of Physical Education
〒709-0863 岡山県東区瀬戸町観音寺 721

るモデルレースパターンが明らかとされている。一方、女子 400m 走のレースパターンとパフォーマンスとの関係について検討を行った研究は、我々の知る限りわずかに Hanon and Gajer (2009) および山元ほか (2018) の研究が見られる程度である。Hanon and Gajer (2009) は、世界トップレベル、ナショナルレベルおよび国内一般レベルの競技者を比較し、世界トップレベルの競技者の特徴として、レース前半から中盤の走スピードの高さとレース終盤の走スピード低下の大きさを挙げている。一方、山元ほか (2018) は、世界レベル、日本シニアトップレベルおよび日本ジュニアトップレベルを比較し、世界トップレベルは、レース前半から中盤の走スピードが高く、日本ジュニアトップレベルは、レース終盤の走スピードの低下が小さい傾向が見られるものの、パフォーマンスレベルによるレースパターンの差は小さく、いずれのパフォーマンスレベルでも類似していたことを報告している。Hanon and Gajer (2009) の研究は、単一のレースを対象とした極めて対象者が少ない報告であり、山元ほか (2018) の研究は、世界トップレベル競技者や日本ジュニアトップレベル競技者の特徴を示すことを目的としており、パフォーマンスとレースパターンの関係やモデルレースパターンを提示するには至っていない。このように、女子 400m 走のレースパターンとパフォーマンスとの関係に関する報告は男子と比較して少なく、幅広いパフォーマンスレベルを対象に、パフォーマンスとレースパターンとの関係や、記録を達成するためのモデルレースパターンを明らかにできているとは言い難い。男子と女子とでは、運動時間が日本選手権入賞レベルでも 10 秒以上異なる場合があり、このような運動時間の違いによって、レースパターンとパフォーマンスとの関係が男子とは異なる可能性が考えられる。一方で、例えば運動時間が異なっても、男女でレースパターンが類似している可能性も考えられ、女子 400m 走のレース分析データをもとに、レースパターンとパフォーマンスとの関係について、男子の先行研究とも対比させながら検証する必要があると考えられる。具体的には、パフォーマンスレベルによるレースパターンの相違を明らかにすることや、レースパターンの目安を提案することは、女子 400m 走競技者のトレーニングおよびコーチングを実践するための基礎的な知見として必要であると考えられ

る。そして、モデルレースパターンを作成する上では、男子において指摘されている「レースパターンのタイプ」(山元, 2017) を考慮したモデルを作成することが有効であろうと考えられる。

これらのことから、本研究では、女子 400m 走競技者のレースパターンとパフォーマンスとの関係について検討し、パフォーマンスレベルによるレースパターンの相違を明らかにするとともに、目標記録を達成するためのタイプ差を考慮したモデルレースパターンを作成することで、女子 400m 走のコーチングに資する基礎的知見を得ることを目的とした。

2. 方法

(1) データ収集

①分析対象者

分析対象者は、国内外の公式競技会に出場した女子 400m 走競技者 179 名とした。公式記録が 57.00 秒以内、かつ年度内自己最高記録に対する達成率が 98% 以上を記録した競技者のみを分析対象とした。

パフォーマンスレベル別の比較を行うため、分析対象者を、公式記録をもとに、49 秒台から 2 秒毎に群分けした。以下、49 秒台および 50 秒台群 (n=30) を G49-50, 51 秒台および 52 秒台群 (n=30) を G51-52, 53 秒台および 54 秒台群 (n=49) を G53-54, 55 秒台および 56 秒台群 (n=70) を G55-56 とする。表 1 は、対象者の 400m 走タイムを示したものである。400m 走タイムは、全ての群間に有意な差が認められた。各群の競技レベルは、G49-50 は、2018 年世界ランキングでは 20 位以内に相当する世界トップレベル、G51-52 は、同 20-200 位程度に相当する五輪および世界選手権出場レベル、G53-54 は、2018 年日本ランキングで 30 位以内程度に相当する日本トップレベル、G55-56 は、同 200 位以内程度に相当する日本サブトップレベルである。

なお、本研究では、複数の公式競技会におけるレースを対象としたため、競技者が走行するレーンや、風向風速や気温などの気象条件を統一することはできなかった。これらの外的条件がパフォーマンスやレースパターンに影響を及ぼす可能性は考えられるものの、方法上の限界として、本研究ではそれらの影響を考慮したデータの補正等は行わなかった。

表 1 対象者の 400m 走タイム

	G49-50	G51-52	G53-54	G55-56	分散分析	多重比較
n	30	30	49	70		
400mタイム (秒)	50.10 ± 0.41 (49.26-50.89)	51.85 ± 0.51 (51.07-52.98)	54.15 ± 0.56 (53.05-54.99)	55.88 ± 0.51 (55.00-56.88)	*	G49-50<G51-52<G53-54<G55-56

*, >, <: p<0.05

() 内は最小値-最大値

(2) データの収集

本研究では、公式競技会においてデータの収集を行った。さらに、先行研究 (Ferro et al., 2001; 持田・杉田, 2010; Mueller and Hommel, 1997; 山中ほか, 2017; 山元ほか, 2015a, 2015b, 2016) において報告されている 50m 毎の通過タイムのデータを利用した。複数の対象レースに出場している競技者は、記録が高いデータを採用し、同一競技者が重複することがないようにした。競技会におけるデータの収集および分析方法は以下のとおりである。競技会におけるデータの収集は、競技会主催者に研究の目的および方法を説明し、研究実施の許可を得た上で行った。

1) レースの撮影

2-4 台のデジタルビデオカメラ (SONY 社製, DCR-VX2000 または Panasonic 社製, Lumix FZ200, 59.94fps) をスタンドに設置し、レースを撮影した。スタートピストルの閃光または発煙を撮影した後、競技者を追従撮影した。主な撮影場所は、第1曲走路、バックスタンド中央付近、第4曲走路、ホームスタンドのフィニッシュラインの付近であった。後述する Overlay 分析 (持田ほか, 2007) における距離較正のために、同じ位置から 400m ハードルのハードルが設置された映像を撮影した。

2) レースの分析

400m ハードルのハードル設置位置 (45m, 80m, 115m, 150m, 185m, 220m, 255m, 290m, 325m および 360m) の通過タイムを Overlay 方式 (持田ほか, 2007; 山元ほか, 2014) を用いて算出した。表計算ソフト (MS-Excel 2010) の Visual Basic for Application を用いて開発した専用の映像分析プログラムを用い、分析対象の 400m 走のレース映像と距離較正用のハードル画像を合成表示し、競技者が各地点を通過したタイムを読み取った。映像の合成表示は、グラウンド上のラインや観客席などを手掛かりに、2つの映像を重ね合わせることで行った。

50m 毎の各地点の通過タイムを、各地点を挟む前後2地点の通過タイムをもとにした直線回帰により求めた (持田ほか, 2007; 山元ほか, 2014)。

(3) 分析項目

山元ほか (2014, 2018) を参考に、レースパターンを評価するための以下の項目を算出した。

1) 走スピードおよび相対走スピード

50m 毎の各地点の通過タイムから、50m 毎の各区間に要した時間を算出し、区間距離 (50m) を各区間に要した時間で除すことにより、区間平均走スピード (以下、走スピードとする) を算出した。また、走スピードを、レース平均走スピードに対する割合 (%) で示した相対走スピードを算出した。相対走スピードは、走スピードの絶対値の大きさの違いを取り除いた走スピードの変化のパターンを評価することができる。

2) 100m 毎および 200m 毎の通過タイムおよび区間タイム

各地点の通過タイムをもとに、100m, 200m および 300m 地点通過タイム, 100-200m 区間, 200-300m 区間, 300-400m 区間および 200-400m 区間タイムを算出した。さらに、レース全体の走スピード低下の評価指標となるレース前半と後半の 200m のタイム差 (以下、前後半差とする。山元ほか, 2015a) を算出した。

3) 100m 毎の通過タイム比および区間タイム比

相対的なペース配分の指標として、2) の各通過タイムおよび区間タイムについて、フィニッシュタイムに対する割合 (%) を算出した。

4) 100m 毎の区間走スピード低下率

100-200m 区間, 200-300m 区間および 300-400m 区間について、前の区間からの走スピード低下率を算出した。なお、100-200m 区間については、前の区間である 0-100m 区間がスタートからの加速を含む区間であるため、100m 毎の平均走スピードの変化では走スピードの低下を適切に評価できない。そのため、50-100m 区間の走スピードから 100-200m 区間の走スピードへの低下率を算出し、100-200m 区間の走スピード低下率とした。

(4) レースパターンをもとにした対象者のタイプ分け

前後半差と 400m 走タイムとの単回帰分析を行い、得られた回帰直線 ($y = 0.0691 \cdot 400\text{m 走タイム} - 0.9979$) の残差の $\pm 0.5\text{SD}$ (± 0.3775) をもとに、対象者を3つのタイプに分類した。すなわち、各対象者について、400m 走タイムをもとに回帰式を用いて前後半差を推定し、推定値と実測値の誤差を算出したのち、実測値が推定値より 0.5SD 以上大きい者を 400m 走タイムに対して前後半差が大きいタイプ、同様に 0.5SD 以上小さい者を前後半差が小さいタイプ、 $\pm 0.5\text{SD}$ 以内の者を前後半差が平均的なタイプと判定した。各タイプについて、前後半差が大きいタイプは、レース前半の走スピードが高く後半の走スピードの低下の大きい「前半型」、前後半差が小さいタイプは、レース後半の走スピードの低下が小さい「後半型」、前後半差が平均的なタイプは、両タイプの中間的なタイプである「中間型」とであると判断した (山元, 2017)。

(5) 統計処理

各測定項目の平均値および標準偏差 (SD) 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。群間の有意差検定には、一元配置の分散分析を行い、F 値が有意であった項目については Scheffe 法により多重比較を行った。また、後述するように、400m 走タイムと前後半差との単回帰分析を行い、得られた回帰式の残差の $\pm 0.5\text{SD}$ を基準に、対象者をタイプ分けし、タイプ毎に、400m 走タイムを独立変数、

50m 毎の各地点の通過タイムを従属変数とし、単回帰分析を行なった。いずれも、統計処理ソフト (IBM 社製, SPSS Statistics 25.0 for MacOS X) を用いて行い、有意性は危険率 5%未満で判定した。

3. 結果

図 1 は、各群の走スピードの変化を示したものである。走スピードは、全ての群が、50-100m 区間において最高走スピードに到達し、以降フィニッシュまで低下した。全ての区間において、パフォーマンスの上位の群が下位の群に比して走スピードが有意に高かった。

表 2 は、各群のレースパターンに関する測定項目の平均値、標準偏差、最小値および最大値を示したものであ

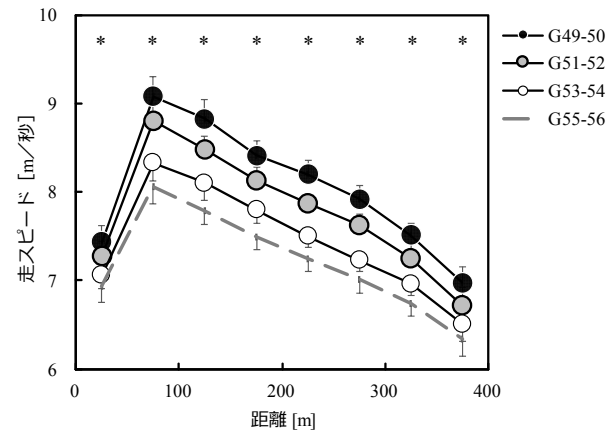


図 1 400m 走における各群の走スピードの変化
*: $p < 0.05$ G49-50 > G51-52 > G53-54 > G55-56

表 2 各群のレースパターンに関する分析項目

項目	地点・区間	G49-50	G51-52	G53-54	G55-56	分散分析	多重比較
通過タイム	100m (秒)	12.24 ± 0.27 (11.46-12.63)	12.55 ± 0.23 (12.06-13.02)	13.09 ± 0.26 (12.36-13.83)	13.43 ± 0.31 (12.75-14.37)	*	G49-50<G51-52<G53-54<G55-56
	200m (秒)	23.85 ± 0.40 (22.98-24.61)	24.60 ± 0.36 (23.85-25.31)	25.68 ± 0.47 (24.44-26.86)	26.52 ± 0.48 (25.51-27.90)	*	G49-50<G51-52<G53-54<G55-56
	300m (秒)	36.27 ± 0.40 (35.34-37.21)	37.50 ± 0.39 (36.66-38.24)	39.27 ± 0.53 (38.19-40.39)	40.56 ± 0.50 (39.17-41.96)	*	G49-50<G51-52<G53-54<G55-56
区間タイム	100-200m (秒)	11.61 ± 0.19 (11.18-12.05)	12.04 ± 0.20 (11.61-12.40)	12.59 ± 0.26 (12.08-13.19)	13.09 ± 0.23 (12.57-13.56)	*	G49-50<G51-52<G53-54<G55-56
	200-300m (秒)	12.42 ± 0.20 (12.04-12.77)	12.91 ± 0.15 (12.47-13.24)	13.59 ± 0.21 (13.25-14.04)	14.04 ± 0.27 (13.58-14.91)	*	G49-50<G51-52<G53-54<G55-56
	300-400m (秒)	13.83 ± 0.28 (13.44-14.63)	14.35 ± 0.36 (13.35-15.08)	14.88 ± 0.33 (14.16-15.73)	15.32 ± 0.38 (14.42-16.13)	*	G49-50<G51-52<G53-54<G55-56
	200-400m (秒)	26.25 ± 0.41 (25.48-27.35)	27.26 ± 0.45 (26.03-28.32)	28.47 ± 0.39 (27.48-29.35)	29.36 ± 0.54 (28.36-30.67)	*	G49-50<G51-52<G53-54<G55-56
	前後半差 (秒)	2.40 ± 0.70 (1.31-4.36)	2.66 ± 0.62 (0.82-4.12)	2.79 ± 0.66 (1.05-4.26)	2.84 ± 0.88 (1.04-5.15)	ns	
通過タイム比	100m (%)	24.4 ± 0.5 (23.0-25.1)	24.2 ± 0.4 (23.3-25.4)	24.2 ± 0.4 (23.3-25.3)	24.0 ± 0.5 (22.7-25.3)	*	G49-50>G55-56
	200m (%)	47.6 ± 0.7 (45.7-48.7)	47.4 ± 0.6 (46.1-49.2)	47.4 ± 0.6 (46.0-49.0)	47.5 ± 0.8 (45.4-49.1)	ns	
	300m (%)	72.4 ± 0.5 (70.9-73.1)	72.3 ± 0.6 (71.3-73.9)	72.5 ± 0.6 (71.2-73.6)	72.6 ± 0.6 (70.9-73.9)	ns	
区間タイム比	100-200m (%)	23.2 ± 0.4 (22.5-24.1)	23.2 ± 0.3 (22.6-23.9)	23.2 ± 0.4 (22.6-24.2)	23.4 ± 0.4 (22.5-24.4)	*	G49-50<G55-56
	200-300m (%)	24.8 ± 0.3 (24.0-25.4)	24.9 ± 0.2 (24.4-25.3)	25.1 ± 0.3 (24.4-26.1)	25.1 ± 0.4 (24.3-26.5)	*	G49-50<G53-54,G55-56 G51-52<G55-56
	300-400m (%)	27.6 ± 0.5 (26.9-29.1)	27.7 ± 0.6 (26.1-28.7)	27.5 ± 0.6 (26.4-28.8)	27.4 ± 0.6 (26.1-29.1)	ns	
走スピード 低下率	100-200m (%)	5.1 ± 1.9 (2.9-13.0)	5.6 ± 1.8 (2.0-13.0)	4.5 ± 1.8 (0.8-9.5)	5.1 ± 1.9 (1.3-10.3)	ns	
	200-300m (%)	6.4 ± 2.3 (2.8-10.2)	6.7 ± 1.7 (2.1-9.8)	7.4 ± 2.0 (2.0-12.1)	6.7 ± 2.3 (1.5-14.6)	ns	
	300-400m (%)	10.2 ± 1.7 (6.9-13.9)	10.0 ± 2.0 (5.0-13.3)	8.6 ± 2.4 (3.9-14.1)	8.4 ± 2.3 (3.3-15.5)	*	G49-50>G53-54,G55-56 G51-52>G55-56

*, >, <: $p < 0.05$

ns: not significant

() 内は最小値-最大値

る。通過タイムおよび区間タイムは、全ての地点および区間において、パフォーマンスの上位の群が下位の群に比して有意に短かった。前後半差は、いずれの群間にも有意な差は認められなかった。通過タイム比は、100m 地点において、G49-50 が G55-56 より有意に高値を示した。区間タイム比は、100-200m 区間において、G49-50 が G55-56 に比して有意に低値を、200-300m 区間において、G49-50 が G53-54 および G55-56 に比して有意に低値を、G51-52 が G55-56 に比して有意に低値を、それぞれ示した。走スピード低下率は、300-400m 区間において、G49-50 が G53-54 および G55-56 に比して有意に高値(低下が大きい)を、G51-52 が G55-56 に比して有意に高値を、それぞれ示した。

図2は、400m 走タイムと区間タイム、区間タイム比、前後半差および区間走スピード低下率との関係を示したものである。区間タイム(図2a-d)は、全ての区間において、400m 走タイムとの間に有意な正の相関関係が認められた($r=0.874-0.982$, $p<0.05$)。区間タイム比は、0-100m 区間(図2e)では400m 走タイムとの間に有意な負の相関関係($r=-0.268$, $p<0.05$)、100-200m 区間(図2f) および 200-300m 区間(図2g)においては有意な正の相関関係が認められた($r=0.242$ および 0.327 ,

$p<0.05$)。前後半差(図2i)は、400m 走タイムとの間に、有意な正の相関関係が認められた($r=0.199$, $p<0.05$)。走スピード低下率は、300-400m 区間において、400m 走タイムとの間に有意な負の相関関係が認められた($r=-0.305$, $p<0.05$)。

レースパターンをもとに対象者をタイプ別に分類し、タイプ別のモデルレースパターンの作成を試みた。図3はタイプ分けの方法を示したものである。前半型($n=55$, 400m 走タイム: 54.08 ± 2.07 秒)、中間型($n=68$, 同 53.40 ± 2.20 秒)および後半型($n=56$, 同 53.88 ± 2.32 秒)の400m 走タイムに、有意な差は認められなかった($F=2.861$, $p=0.060$)。図4は、各タイプの相対走スピードの変化を示したものである。150-200m 区間までは、前半型の走スピードが、他のタイプに比して有意に高く、250-300m 区間以降は、後半型の走スピードが他のタイプに比して有意に高かった。中間タイプは、いずれの区間においても、前半型および後半型の中間的な値を示した。また、表3は、タイプ毎に、400m 走タイムから50m 毎の各地点の通過タイムを求める回帰式、回帰式の決定係数(R^2)、回帰式による推定の標準誤差を示したものである。回帰式の決定係数はいずれも有意であり($R^2=0.57-0.99$)、多くの区間において0.7以上の

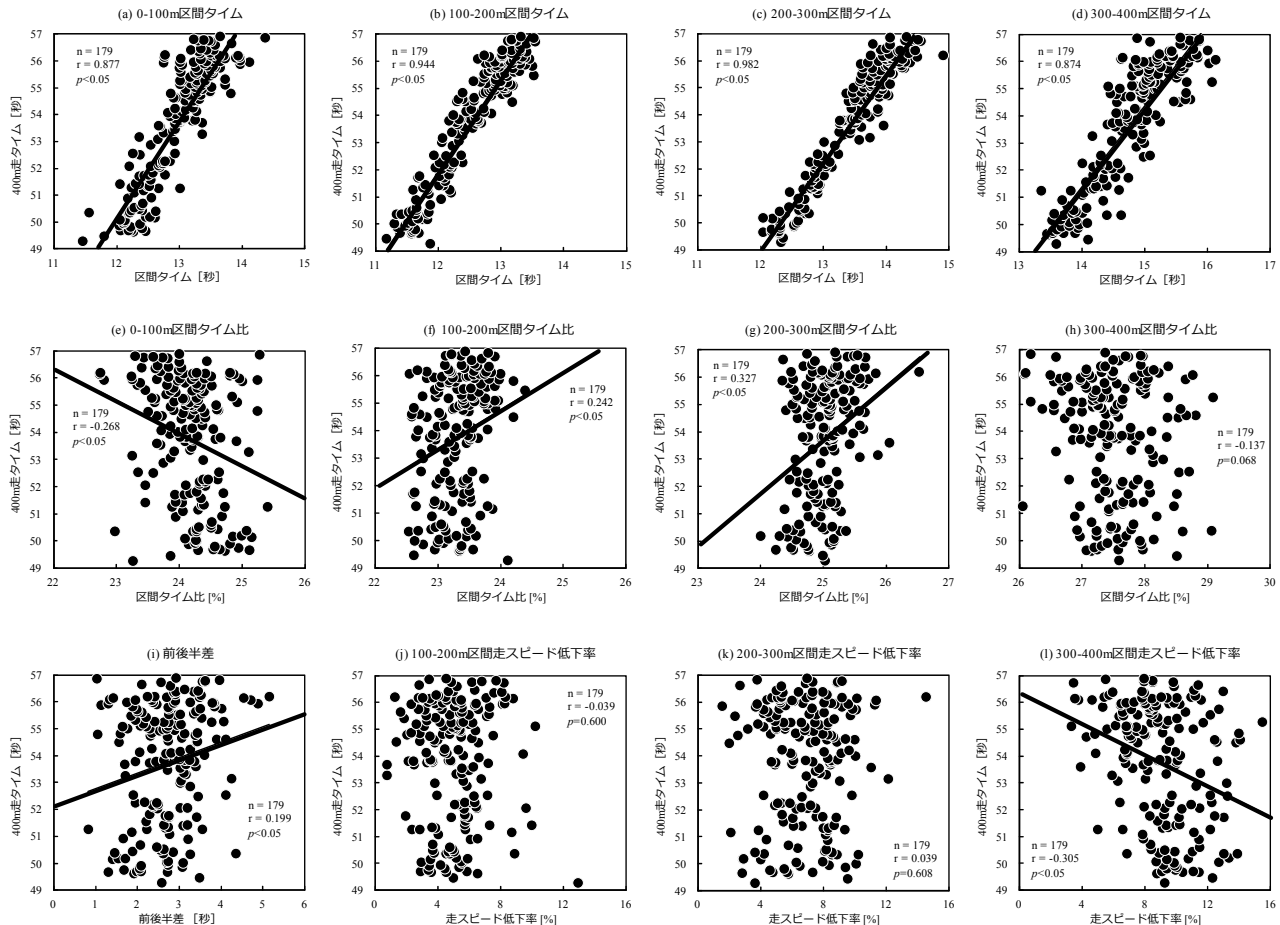


図2 400m 走タイムとレースパターンに関する分析項目と関係

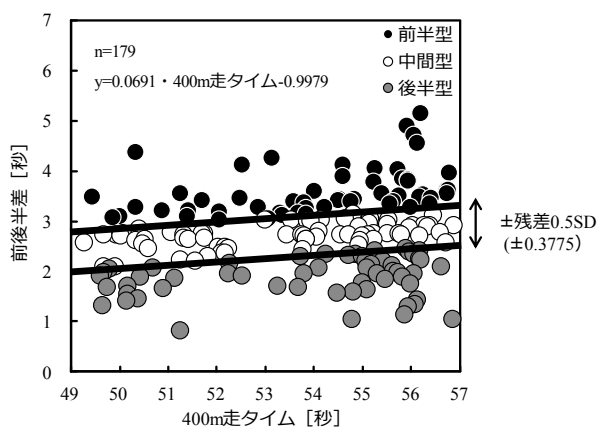


図3 前後半差をもとにした対象者のタイプ分け

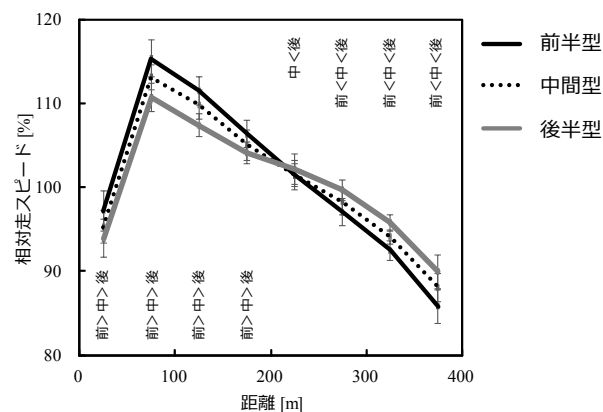


図4 各タイプの400m走における相対走スピードの変化
>, <: $p < 0.05$

表3 タイプ別の各地点の通過タイムの推定式

タイプ	地点	推定式	決定係数 [R^2]	推定誤差 [秒]
前半型	50m	$Y = 0.080 x + 2.612$	0.58	0.14
	100m	$Y = 0.205 x + 1.722$	0.80	0.20
	150m	$Y = 0.327 x + 1.211$	0.87	0.24
	200m	$Y = 0.458 x + 0.455$	0.94	0.23
	250m	$Y = 0.596 x - 0.339$	0.96	0.22
	300m	$Y = 0.748 x - 1.566$	0.98	0.23
	350m	$Y = 0.882 x - 1.509$	0.99	0.18
中間型	50m	$Y = 0.087 x + 2.346$	0.76	0.12
	100m	$Y = 0.210 x + 1.681$	0.93	0.14
	150m	$Y = 0.339 x + 0.892$	0.97	0.14
	200m	$Y = 0.465 x + 0.499$	0.99	0.11
	250m	$Y = 0.603 x - 0.285$	0.99	0.14
	300m	$Y = 0.744 x - 1.038$	0.99	0.16
	350m	$Y = 0.876 x - 0.975$	0.99	0.14
後半型	50m	$Y = 0.091 x + 2.276$	0.69	0.14
	100m	$Y = 0.221 x + 1.339$	0.89	0.19
	150m	$Y = 0.352 x + 0.592$	0.95	0.20
	200m	$Y = 0.481 x + 0.108$	0.97	0.19
	250m	$Y = 0.622 x - 0.893$	0.98	0.22
	300m	$Y = 0.758 x - 1.462$	0.99	0.21
	350m	$Y = 0.884 x - 1.243$	0.99	0.16

† Y:各地点の通過タイム [秒] , x:400m走タイム [秒]

高い値を示した。推定の標準誤差は、0.11-0.24であり、これは各地点の通過タイムの0.3-2%程度に相当するものであった。表4は、得られた推定式をもとに、400m走タイム1秒毎に求めた各地点の通過タイムや区間タイムを、タイプ別にまとめたモデルレースパターンの早見表を示したものである。また、表5は、本研究で作成し

たモデルレースパターンと、先行研究の男子のモデルレースパターン（山元，2017）との比較を、100m、200mおよび300m地点について、異なるパフォーマンスレベル（49.0秒、54.0秒および57.0秒）を例に示したものである。100m地点では、中間型および後半型において、パフォーマンスレベルが低くなるほど、男女の

表4 タイプ別のモデルレースパターン

タイプ	400m走タイム [秒]	通過タイム [秒]							区間タイム [秒]				
		50m	100m	150m	200m	250m	300m	350m	100-200m	200-300m	300-400m	200-400m	前後半差
前半型	49.0	6.5	11.8	17.2	22.9	28.9	35.1	41.7	11.1	12.2	13.9	26.1	3.2
	50.0	6.6	12.0	17.6	23.4	29.5	35.8	42.6	11.4	12.4	14.2	26.6	3.2
	51.0	6.7	12.2	17.9	23.8	30.1	36.6	43.5	11.6	12.8	14.4	27.2	3.4
	52.0	6.8	12.4	18.2	24.3	30.7	37.3	44.4	11.9	13.0	14.7	27.7	3.4
	53.0	6.9	12.6	18.5	24.7	31.2	38.1	45.2	12.1	13.4	14.9	28.3	3.6
	54.0	6.9	12.8	18.9	25.2	31.8	38.8	46.1	12.4	13.6	15.2	28.8	3.6
	55.0	7.0	13.0	19.2	25.6	32.4	39.6	47.0	12.6	14.0	15.4	29.4	3.8
	56.0	7.1	13.2	19.5	26.1	33.0	40.3	47.9	12.9	14.2	15.7	29.9	3.8
	57.0	7.2	13.4	19.9	26.6	33.6	41.1	48.8	13.2	14.5	15.9	30.4	3.8
中間型	49.0	6.6	12.0	17.5	23.3	29.3	35.4	41.9	11.3	12.1	13.6	25.7	2.4
	50.0	6.7	12.2	17.8	23.7	29.9	36.2	42.8	11.5	12.5	13.8	26.3	2.6
	51.0	6.8	12.4	18.2	24.2	30.5	36.9	43.7	11.8	12.7	14.1	26.8	2.6
	52.0	6.9	12.6	18.5	24.7	31.1	37.7	44.6	12.1	13.0	14.3	27.3	2.6
	53.0	7.0	12.8	18.9	25.1	31.7	38.4	45.5	12.3	13.3	14.6	27.9	2.8
	54.0	7.0	13.0	19.2	25.6	32.3	39.1	46.3	12.6	13.5	14.9	28.4	2.8
	55.0	7.1	13.2	19.5	26.1	32.9	39.9	47.2	12.9	13.8	15.1	28.9	2.8
	56.0	7.2	13.4	19.9	26.5	33.5	40.6	48.1	13.1	14.1	15.4	29.5	3.0
	57.0	7.3	13.7	20.2	27.0	34.1	41.4	49.0	13.3	14.4	15.6	30.0	3.0
後半型	49.0	6.7	12.2	17.8	23.7	29.6	35.7	42.1	11.5	12.0	13.3	25.3	1.6
	50.0	6.8	12.4	18.2	24.2	30.2	36.4	43.0	11.8	12.2	13.6	25.8	1.6
	51.0	6.9	12.6	18.5	24.6	30.8	37.2	43.8	12.0	12.6	13.8	26.4	1.8
	52.0	7.0	12.8	18.9	25.1	31.5	38.0	44.7	12.3	12.9	14.0	26.9	1.8
	53.0	7.1	13.1	19.2	25.6	32.1	38.7	45.6	12.5	13.1	14.3	27.4	1.8
	54.0	7.2	13.3	19.6	26.1	32.7	39.5	46.5	12.8	13.4	14.5	27.9	1.8
	55.0	7.3	13.5	20.0	26.6	33.3	40.2	47.4	13.1	13.6	14.8	28.4	1.8
	56.0	7.4	13.7	20.3	27.0	33.9	41.0	48.3	13.3	14.0	15.0	29.0	2.0
	57.0	7.5	13.9	20.7	27.5	34.6	41.7	49.1	13.6	14.2	15.3	29.5	2.0

注) 通過タイムは少数第2位で四捨五入

表5 モデルレースパターンの男女比較

400m (秒)	地点	前半型			中間型			後半型		
		女子モデル (秒)	男子モデル (秒)	差 (女子-男子) (秒)	女子モデル (秒)	男子モデル (秒)	差 (女子-男子) (秒)	女子モデル (秒)	男子モデル (秒)	差 (女子-男子) (秒)
49.0	100m	11.77	11.76	0.01	11.97	12.08	-0.11	12.17	12.04	0.13
	200m	22.90	22.91	-0.01	23.28	23.38	-0.10	23.68	23.67	0.01
	300m	35.09	35.17	-0.08	35.42	35.52	-0.10	35.68	35.92	-0.24
54.0	100m	12.79	12.73	0.06	13.02	13.26	-0.24	13.27	12.83	0.44
	200m	25.19	25.01	0.18	25.61	25.72	-0.11	26.08	25.79	0.29
	300m	38.83	38.87	-0.04	39.14	39.14	0.00	39.47	39.53	-0.06
57.0	100m	13.41	13.31	0.10	13.65	13.97	-0.32	13.94	13.30	0.64
	200m	26.56	26.27	0.29	27.00	27.13	-0.13	27.53	27.07	0.46
	300m	41.07	41.08	-0.01	41.37	41.32	0.05	41.74	41.69	0.05

女子モデル：本研究 男子モデル：山元 (2017)

モデルによる差が大きくなる傾向が見られた。200m 地点では、前半型および後半型において、パフォーマンスレベルが低くなるほど、男女のモデルによる差が大きくなる傾向が見られた。

4. 考察

本研究の目的は、女子 400m 走競技者のレースパターンとパフォーマンスとの関係について検討し、パフォーマンスレベルによるレースパターンの相違を明らかにす

るとともに、目標記録を達成するためのタイプ差を考慮したモデルレースパターンを提案することで、女子 400m 走のコーチングに資する基礎的知見を得ることであった。179 名の女子 400m 走競技者を対象に、公式競技会において測定されたデータをもとに検討を行なった。400m 走の公式記録は、全対象者の平均値で 53.76 ± 2.22 秒であり、49.26 秒から 56.88 秒の範囲であった。この記録範囲は、2018 年度の世界および日本ランキングに照らすと、世界トップレベルから、高校生のインター

ハイ出場レベルに該当していた。また、年間最高記録に対する達成率が高いレースのみを分析対象としており、これらのことから本研究では、幅広いパフォーマンスレベルにある多数の競技者の十分に実力を発揮したレースのデータを収集できたと考えられる。以下では、(1) レースパターンに関する各種指標と 400m 走タイムとの関係からみた、レースパターンとパフォーマンスとの関係、(2) 目標記録を達成するためのタイプ別のモデルレースパターンについて考察する。

(1) 女子 400m 走におけるレースパターンとパフォーマンスとの関係

走スピードの変化をみると (図 1), パフォーマンスの上位の群は、下位の群に比して、スタート後いずれの地点においても、高い走スピードを発揮していた。また、100m 毎の全ての地点および区間のタイムにおいて、群間に有意な差が認められるとともに (表 2), 400m 走タイムとの間にも、有意な高い正の相関関係が認められた (図 2a-d, $r=0.8-0.9$)。これらのことは、絶対的なスピードでみると、パフォーマンスの高い競技者は、レース全体にわたって高い走スピードで疾走していることを示している。一方、相対的なペース配分の指標である通過タイム比、区間タイム比および走スピード低下率をみると、(図 2e-f, j-l), 100m 通過タイム比、100-200m および 200-300m 区間タイム比、300-400m 区間走スピード低下率に、群間の有意差および 400m 走タイムとの間に有意な相関関係が認められたが、相関係数は極めて小さかった ($r=\pm 0.2-0.3$ 程度)。群間の有意差もパフォーマンスレベルが大きく異なる群間に認められたのみであった (表 2)。男子を対象とした報告や (山元ほか, 2014; 山元, 2017), 世界レベル, 日本トップレベル, 日本ジュニアトップレベルを比較した先行研究においても (山元ほか, 2018), 自己記録に近い記録を達成したレースにおけるレースパターンは、パフォーマンスレベルが異なっても類似していることが報告されている。これらのことは、女子 400m 走において、本研究の対象レベルの競技者が自己記録に近い記録を達成した際のレースパターンは、パフォーマンスレベルに関わらず類似していることを示唆している。

なお、群間の有意差および 400m 走タイムとの間に有意な相関関係が認められた項目から、パフォーマンスの高い競技者のレースパターンの傾向を整理すると、スタート後 100m の通過が相対的に遅く (図 2e), 100-300m 区間の走スピードが相対的に高く (図 2f,g), レース終盤の走スピードの低下が大きい (図 2l) といえる。このような、パフォーマンスの高い競技者がレース中盤の走スピードが高いという特徴は、世界トップレベル競技者の特徴 (Hanon and Gajer, 2009; 山元ほか, 2018), 男子を対象とした研究 (山元ほか, 2014), その他の 60

秒前後で終了する高強度持久的運動における効果的なペース戦略に関する先行研究 (金原ほか, 1971; 森丘ほか, 2000; 森丘ほか, 2005; 山本ほか, 2009) と一致しており、400m 走のような 60 秒前後の高強度持久的運動において高いパフォーマンスを達成するための効果的なペース戦略である可能性がある。

これらのことから、女子 400m 走におけるレースパターンとパフォーマンスとの関係は、①競技者が自己記録に近い記録を達成した際のレースパターンはパフォーマンスレベルに関わらず類似している、②その中で、パフォーマンスの高い競技者はレース中盤の走スピードが高い傾向がある、という点において、男子を対象とした先行研究 (山元ほか, 2014; 2018) の傾向と類似していることが示された。

また、レース全体の走スピード低下量の指標である前後半差は、400m 走タイムとの間に極めて弱い正の相関関係が認められたにとどまり (図 2i, $r=0.199$, $p<0.05$), 群間にも有意な差は認められなかった (表 2)。男子を対象とした先行研究においても、400m 走タイムとレース全体の走スピード低下量との間には有意な相関関係が認められなかったことが報告されている (山元ほか, 2014; 山元, 2017)。前後半差は、散布図および各群の平均値と標準偏差を見ると、いずれのパフォーマンスレベルでも 1-3 秒程度の範囲でばらついており、パフォーマンスレベルに強く依存しない個人差が大きいパラメータであると考えられる。上述したように、パフォーマンスレベルが異なってもレースパターンは比較的類似しており、400m 走タイムと通過タイムとの関係から、目標記録を達成するためのモデルレースパターンを作成することができると考えられる。さらに、前後半差がいずれのパフォーマンスレベルでも同程度にばらついていることから、スピード低下量の大小からみたレースパターンのタイプが存在すると考えられ、モデルレースパターン作成においては、タイプによるレースパターンの違いを考慮する必要がある。

(2) 女子 400m 走におけるタイプ別のモデルレースパターン

次に、目標記録を達成するためのペース配分の目安であるタイプ別のモデルレースパターンについて考察する。先行研究の方法を参考に (宮代ほか, 2013; 山元ほか, 2014), レース全体の走スピードの低下量の指標である前後半差をもとに (山元ほか, 2015a), 対象者を「前半型」「中間型」「後半型」にタイプ分けし (図 3), タイプ毎に 400m 走タイムと各地点の通過タイムとの回帰式を作成することで (表 3), タイプ別のモデルレースパターンの作成を試みた。タイプ間の 400m 走タイムに有意な差は認められず、さらに、各タイプは、タイプの特徴を顕著に反映したレースパターンを示していた (図

4). 指導現場においても、スピードの低下量に着目した「前半型」「後半型」という分類が行われることが多い(荻部, 2009). これらのことから、本研究では、指導現場での実践状況も踏まえた、定量的なタイプ分けが行えたと考えられる. 推定式のあてはまりのよさを示す決定係数は概ね高い値を示しており ($R^2 > 0.7$), 男子の推定式の決定係数および推定誤差と同程度であった(山元, 2017). これらの推定式を用いることで、タイプ別に各地点の通過タイムを推定することができると考えられる. なお、推定の標準誤差は0.1-0.2秒程度であるため、コーチング実践で利用する際には誤差の程度を考慮して利用する必要がある.

表4をもとに、タイプによるレースパターンの違いについて検討すると、例えば400m走タイムが54.0秒の場合、中間型では、200mの通過が25.6秒、300mが39.1秒となるが、前半型ではそれぞれ25.2-38.8秒、後半型では26.1-39.5秒となる. このように、400m走タイムが同じであっても、タイプによってペース配分が異なることがわかる. また、本研究で作成した女子のモデルレースパターンの特徴について検証するために、先行研究で示されている男子のモデルレースパターン(山元, 2017)との比較を行った(表5). その結果、タイプ、パフォーマンスレベル、地点によって、男女のモデルによる差の程度は異なるものの ($\pm 0.0-0.6$ 秒), 中間型および後半型の100m地点、前半型および後半型の200m地点では、パフォーマンスレベルが低くなるほど、男女のモデルによる差が大きくなる傾向が見られた. 本研究は、世界トップレベルから日本一般レベルの競技者を対象としており、本研究の対象者の中では下位のレベルに相当する53-56秒台群も、我が国の現状では日本代表レベルから高校生のインターハイ出場レベルに該当し、実際のコーチング対象として想定される競技レベルである. このレベルにおいても、男女のモデルに差が生じていることから、本研究では、「男子モデルの延長線上」ではなく、女子競技者のデータをもとに、女子競技者のレースパターンの実態を反映したモデルレースパターンを作成したことに意義があると考えられる.

さらに、実際のレースパターンとモデルレースパターンとを比較してみると、2016年リオデジャネイロ五輪において、Shaunae Miller選手が49.44秒で金メダルを獲得した際の通過タイムは、100m11.80秒、200m22.98秒、300m35.34秒であったと報告されている(山元ほか, 2016). 本研究で作成したモデルレースパターンでは、Miller選手と同じ49.44秒の前半型の通過タイムは、100m11.86秒、200m23.10秒、300m35.42秒であり、いずれの地点も、実際の通過タイムと0.1秒程度の差である. このことから、本研究で作成したモデルレースパターンは、実際の400m走レースにおける通過タイムを精度よく推定することが可能であり、レースパターンの

評価およびトレーニング目標の設定に活用できることが期待できる. またその際、本研究では前後半差に着目したタイプ分けを行なっているため、前後半差を手掛かりに、競技者のレースパターンのタイプの評価や、当該レースのレースパターンの特徴を把握することができる可能性がある.

最後に、本研究の限界と今後の課題について確認する. 限界として、本研究では、世界トップレベルから日本のサブトップレベル(高校生インターハイ出場レベル)を対象としたデータであり、パフォーマンスレベルがより劣るレベル(高校生一般レベルなど)の競技者に適応できるかは明らかでないこと、競技会において測定されたデータであり、レーンや気象条件については統一できていないため、それら外的要因の影響は明らかでないことがある. また、今後の課題として、本研究で明らかとなったタイプによるレースパターンの相違に影響を及ぼす技術、戦術、体力などの各種要因について究明する必要がある. さらに、本研究で作成したモデルレースパターンを利用したコーチングの実践事例を蓄積することで、モデルレースパターンのコーチングにおける有用性について検証することが必要である.

5. 要約

本研究の目的は、女子400m走競技者のレースパターンとパフォーマンスとの関係について検討し、パフォーマンスレベルによるレースパターンの相違を明らかにするとともに、目標記録を達成するためのタイプ差を考慮したモデルレースパターンを提案することで、女子400m走のコーチングに資する基礎的知見を得ることであった. そのために、公式競技会において収集された女子400m走競技者179名(53.76 $\pm$ 2.22秒, 49.26-56.88秒)のレースパターンに関するデータをもとに、400m走パフォーマンスとの関係について検討を行った.

主な結果は、以下のとおりである.

- 1) パフォーマンスの高い競技者は、スタートからレース全体にわたって走スピードが高い傾向にあり、全ての区間タイムと400m走タイムとの間に、有意な正の相関関係が認められた.
- 2) 400m走タイムと100m通過タイム比、100-200mおよび200-300m区間タイム比、300-400m区間走スピード低下率、および前後半差との間に有意な相関関係が認められたが、相関係数は小さかった ($r = \pm 0.2-0.3$).
- 3) 前後半差と400m走タイムの回帰直線の残差の $\pm 0.5SD$ をもとに、対象者を「前半型」「中間型」「後半型」にタイプ分けし、400m走タイムと各地点の通過タイムとの回帰式を算出することで、タイプ別のモデルレースパターンを作成した.
- 4) モデルレースパターンは、男女によって相違が認め

られ、特に中間型および後半型の 100m 地点、前半型および後半型の 200m 地点では、パフォーマンスレベルが低くなるほど、男女のモデルによる差が大きくなる傾向が見られた。

これらのことから、女子 400m 走において、本研究で対象とした競技レベルでは、競技者が自己最高記録に近い記録を達成した際のレースパターンは、パフォーマンスレベルが異なっても類似していることが示唆された。また、本研究で作成した、タイプ別のモデルレースパターンをもとに、女子 400m 走競技者のレースの評価および目標設定を行うことができると考えられる。

謝辞

本研究の一部は、平成 27 年度科学研究費助成事業（課題番号：15J00839）の助成を受けて行われたものである。また、データ収集に際し、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には、多大なご理解とご協力を頂いた。ここに記して深謝申し上げます。

文献

- Abbiss, C. R. and Laursen, P. B. (2008) Describing and understanding pacing strategies during athletic competition. *Sports Med.*, 38 (3): 239-252.
- Ferro, A., Rivera, A., Pagola, I., Ferreruela, M., Martin, A., and Rocandio, V. (2001) Biomechanical analysis of the 7th World Championships in Athletics Seville 1999. *New Studies in Athletics*, 16 (1): 25-60.
- Hanon, C. and Gajer, B. (2009) Velocity and stride parameters of world-class 400-meter athletes compared with less experienced runners. *J. Strength Cond. Res.*, 23 (2): 524-531.
- Hart, C. (1981) 400 meters training. *Track & Field Quarterly Review*, 93 : 23-28.
- 菊部俊二 (2009) レースタイプを知り、必勝パターンを持つ。陸上競技マガジン, 59 (10) : 139.
- 金原 勇・高松 薫・辺土名博司・阿江通良 (1971) ハイスピードの持続能力が高まるペースとフォームに関する実験的研究。昭和 46 年度日本体育協会スポーツ科学研究報告 No. II ハイスピードの持続能力の研究—第一年研究— : 30-46.
- 宮代賢治・山元康平・内藤 景・谷川 聡・西嶋尚彦 (2013) 男子 100m 走における身長別モデルステップ変数。スプリント研究, 22 : 57-76.
- 持田 尚・松尾彰文・柳谷登志雄・矢野隆照・杉田正明・阿江通良 (2007) Overlay 表示技術を用いた陸上競技 400m 走レースの時間分析。陸上競技研究紀要, 3 : 9-15.
- 持田 尚・杉田正明 (2010) 2007 世界陸上競技選手権大阪大会における決勝 400m 走レースのバイオメカニ

クス分析。日本陸上競技連盟バイオメカニクス研究班編 第 11 回世界陸上競技選手権大会 日本陸上競技連盟バイオメカニクス研究班報告書 世界一流陸上競技者のパフォーマンスと技術。財団法人日本陸上競技連盟 : 東京, pp. 51-75.

森丘保典・杉田正明・松尾彰文・岡田英孝・阿江通良・小林寛道 (2000) 陸上競技男子 400m ハードル走における速度変化特性と記録との関係 : 内外一流選手のレースパターンの分析から。体育学研究, 45 : 414-421.

森丘保典・榎本靖士・杉田正明・松尾彰文・阿江通良・小林寛道 (2005) 陸上競技男子 400m ハードル走における一流男子選手のレースパターン分析。バイオメカニクス研究, 9 (4) : 196-204.

Mueller, H. and Hommel, H (1997) Biomechanical research project at VIth World Championships in Athletics, Athens 1997: preliminary report. *New Studies in Athletics*, 12 (2/3): 43-73.

Schiffer, J. (2008) The 400 metres. *New Studies in Athletics*, 23 (2): 7-13.

山中 亮・高橋恭平・小林 海・広川龍太郎・松尾彰文・柳谷登志雄・渡辺圭佑・吉本隆哉・大沼勇人・岩山海渡・丹治史弥・山本真帆・松林武生 (2017) 2017 年主要競技会における男女 400m 走のレース分析。陸上競技研究紀要, 16 : 174-182.

山元康平・宮代賢治・内藤 景・木越清信・谷川 聡・大山卞圭悟・宮下 憲・尾縣 貢 (2014) 陸上競技男子 400m 走におけるレースパターンとパフォーマンスとの関係。体育学研究, 59 (1) : 159-173.

山元康平・高橋恭平・広川龍太郎・松林武生・小林 海・松尾彰文・柳谷登志雄 (2015a) 2015 年主要競技会における男女 400m 走のレース分析。陸上競技研究紀要, 11 : 128-134.

山元康平・高橋恭平・広川龍太郎・松林武夫・小林 海・柳谷登志雄・松尾彰文 (2015b) 2015 年第 15 回世界陸上競技選手権大会北京大会 400m 走のレース分析—男子準決勝および女子予選レースに着目して—。陸上競技研究紀要, 11 : 100-105.

山元康平・高橋恭平・広川龍太郎・松林武生・小林 海・松尾彰文・柳谷登志雄 (2016) 2016 年主要競技会における男女 400m 走のレース分析。陸上競技研究紀要, 12 : 98-103.

山元康平 (2017) 陸上競技男子 400m 走におけるレースパターンの特性。陸上競技研究, 110 : 2-12.

山元康平・広瀬健一・前田 奎・大山卞圭悟・木越清信・尾縣 貢 (2018) 競技レベルの異なる 400m 走競技者のレースパターンの特徴—世界トップレベル, 日本シニアトップレベル, 日本ジュニアトップレベルの比較—。陸上競技研究, 113 : 10-19.

山本昌三・金高宏文・松村 勲・井上修平・桃原 亮(2009)
400m 走を模した 50 秒間のペダリング運動における

効果的なペース配分. 陸上競技研究, 76 (1) : 20-24.

血中乳酸濃度を指標としたウォーミングアップの強度の違いが 30 秒間全力ペダリング運動パフォーマンスに及ぼす影響

三本木 温¹⁾

Influence of differences in warm-up intensity, indicated by blood lactate concentration, on performance of 30-second maximum effort pedalling exercise

Yutaka SAMBONGI¹⁾

Abstract

[Purpose] This study investigated the influence of different warm-up intensities as indicated by the blood lactate concentration on the performance 30-second maximum effort pedalling exercise.

[Method] The subjects were seven male university students specializing in short-distance running events. They first used a bicycle ergometer and repeatedly performed a pedalling exercise at 100 rpm for 20 seconds, taking rests of 100 seconds, gradually increasing the load in 1 kp steps starting from 1 kp until either exhaustion or 10 kp was reached. From the results of this test, the exercise load at which blood lactate concentration reached 4 mmol/L (low), 8 mmol/L (medium), and 14 mmol/L (high) for each subject was obtained. Next, at low intensity, medium intensity, and high intensity, the pedalling exercises were performed at 100 rpm for 20 seconds, including a rest of 100 seconds; this was performed out three times, following which a maximum-effort pedalling exercise was carried out for 30 seconds, with a load of 7.5% of body mass (the Wingate Anaerobic Test) to measure power and number of revolutions.

[Results] Average power in the Wingate Anaerobic Test reached high values in the medium-intensity exercise (640.3 ± 62.9 watt; mean value $\pm$ standard deviation), the low-intensity exercise (629.9 ± 54.1 watt), and the high-intensity exercise (618.6 ± 52.7 watt); the medium-intensity exercise was associated with greater numbers of statistically significant high values than high intensity. The results of comparing the average power during the Wingate Anaerobic Test every 5 seconds, based on the three conditions of warm-up, were that in the period between 5–10 seconds, medium-intensity exercise had significantly greater results than low-intensity exercise; and in the period between 10–15 seconds, medium-intensity exercise had significantly results than either low intensity or high intensity.

[Conclusion] The results of this study suggest that, when warm-up for 30-second maximum effort pedalling exercise in the condition of this study, exercise intensity for which the blood lactate concentration is 10 mmol/L, and the rate of perceived exertion (RPE on the Borg scale) is 15 (“hard”) is more effective than exercising at either higher or lower intensities.

キーワード：短距離種目, エネルギー供給系, 疲労, 主観的運動強度, 至適運動強度

1. 緒言

スポーツ競技において高い競技力を発揮するために準備運動（ウォーミングアップ）を行うことは重要であり、多くの研究がウォーミングアップの有効性を報告している。Fradkin et al. (2010) は、32 編の文献レビューを通してウォーミングアップが瞬発的な運動から持続的運動まで各種運動に及ぼす効果について検討したところ、79%の文献においてパフォーマンスの改善が認められた。そのうえで、ウォーミングアップではその後の主運動で使う同じ部位を用いること、運動強度を高め過ぎないことを実践上の注意点として挙げている。

陸上競技の短距離種目におけるウォーミングアップは、ジョギング、ストレッチング、テンポ走およびスピード練習から構成されることが多いとされるが（ゲラルドマック, 1982）、それらの運動の強度については明示されることは少なく、指導者や競技者自身による経験に基づいているものと推察される。麻場と谷口（1994）は、1991 年に東京で開催された第 3 回世界陸上競技選手権において上位に入った世界トップクラスの短距離競技者を対象にして、競技前のウォーミングアップを観察した。その結果、概ねジョギング（ウォーキング）、準備体操（ストレッチ、マッサージを含む）、スプリントドリル、スプリント、スタートダッシュの順で行われていたが、それぞれに費やす時間、強度などは個人差が大きかったとしている。

ウォーミングアップの効果について生理学的見地からみると、筋温や深部体温の上昇（Febbraio et al., 1996; Stewart et al., 2003）、運動開始後の酸素摂取量の上昇率の増加（瀧澤ほか, 2005）、神経伝達速度の増加（Stewart et al., 2003）および運動終了後の血中乳酸濃度の抑制（後藤・池上, 1987）などが挙げられる。これらの報告では

1) 山梨学院大学スポーツ科学部 Faculty of Sport Science, Yamanashi-Gakuin University
〒400-8575 山梨県甲府市酒折 2-4-5

ウォーミングアップの運動と主運動ともに有酸素性エネルギー供給系に依存する持久的運動に主眼を置いたものが多く、短時間高強度運動を含むスポーツ種目に着目した研究は少ない。その中で高澤ほか（2002）は、30秒間の全力自転車ペダリング運動を主運動とし、ウォーミングアップの運動強度と運動時間が主運動のパフォーマンスに及ぼす影響について検討した。その結果、中強度から高強度での15-30分間のウォーミングアップが、主運動のピークパワーと平均パワーを高めるのに効果的であったと報告した。ただし、短距離種目のウォーミングアップでは、ジョギングのような長時間低強度運動とともにテンポ走、スプリントおよびスタートダッシュといった短時間高強度の運動を行うため、それらをどの程度の運動強度で行えばよいのかを明らかにすることは有益であると考えられる。短距離種目をはじめとする短時間高強度運動では主に解糖系によるエネルギー供給が行われ、その結果として血中乳酸濃度が上昇すること（Hirovonen et al., 1987）、またその強度が高くなるほど血中乳酸濃度は上昇することから（Nummela et al., 1996）、運動強度の指標としては血中乳酸濃度が適当であると考えられる。

そこで本研究では、短距離種目におけるウォーミングアップの至適強度を決定する基礎的資料を得るため、血中乳酸濃度を指標としてウォーミングアップにおける運動強度の違いが自転車エルゴメーターを用いた短時間高強度運動のパフォーマンスに及ぼす影響について検討することを目的とした。

2. 方法

2.1 被験者

被験者は、陸上競技短距離種目を専門とする男子大学生7名であった。表1には被験者の身体的特性、専門種目および自己最高記録を示した。被験者に対しては、事

前に研究内容や実験に伴う危険性について説明をしたうえで文書による同意を得た。本研究における実験運動はすべて著者が所属する大学校舎内において、学校医と養護教諭が在勤する時間帯に実施して、被験者の体調不良や事故などに対応できるようにした。なお本研究は著者の手続き不備により研究倫理審査を受けることができなかった。このため「ヘルシンキ宣言」（人間を対象とする医学研究の倫理的原則）に記された内容を研究協力者と確認しながら研究を実施した。

実験中の気温と湿度は計測しなかったが、本実験を実施した所在地における気象台の観測によると、期間中の最高気温の平均は16.3度で11.4-19.8度の範囲であり、湿度の平均は70%で58-83%の範囲にあった。

2.2 実験手順

(1) 実験運動1

被験者ごとの運動負荷と血中乳酸濃度との関係を求めるために、自転車エルゴメーター（Powermax-VII, Combi社製）を用いて20秒間、100rpmのペダリング運動と100秒間の休息を負荷1kpから始めて1kpずつ負荷を漸増し、疲労困憊に至るか10kpまで繰り返し行わせた。運動前および各負荷での運動終了後に指尖より採血し、血中乳酸濃度を測定した。血中乳酸濃度の測定には携帯型乳酸分析器（ラクテート・プロ、アークレイ社製）を用いた。得られた結果から、被験者ごとに運動負荷と乳酸濃度の関係をプロットし、連続する2点間を直線回帰することにより内挿した運動負荷と乳酸濃度との関係を求め（Nummela et al., 1996）、血中乳酸濃度が4mmol/L（低強度）、8mmol/L（中強度）および14mmol/L（高強度）になると予測される運動負荷を求めた。これらの運動負荷の設定については、OBLAとして用いられることの多い4mmol/Lから始めて、負荷値が比較的均等な間隔になるように配慮した。

表1 各被験者の身体的特性、専門種目および自己最高記録

被験者	年齢 (歳)	身長 (cm)	体重 (kg)	専門種目	自己最高記録
TK	20	165	64.3	400m	51秒82
HY	20	168	58.0	100m	11秒21
NR	20	178	74.8	100m	11秒21
KT	20	179	70.0	100m	11秒42
KS	18	171	60.5	400mハードル	56秒48
YT	19	170	69.0	4x400mリレー	3分25秒10
YH	19	168	72.0	4x100mリレー	43秒53

(2) 実験運動2

安静時の血中乳酸濃度を測定した後、被験者に対してウォーミングアップとして、低強度、中強度、高強度のいずれかの負荷で20秒間、100rpmのペダリング運動を100秒間の休息をとりながら3回行わせた。ウォーミングアップ後には、血中乳酸濃度およびBorg Scaleによる主観的運動強度(RPE)を測定した。

ウォーミングアップ終了後、20分間の休息を取った後に血中乳酸濃度を測定し、体重の7.5%の負荷による30秒間の全力ペダリング運動(Wingate Anaerobic Test; WAnT: Bar-Or, 1987)を行わせた。WAnTにおける5秒ごとの平均パワーを測定するとともに、30秒間の平均パワー、ピークパワー、ピーク回転数および運動終了3分後の血中乳酸濃度を測定した。これらの実験手順は、テンポ走、スプリントおよびスタートダッシュなどの短時間高強度運動を複数回行った後に招集所での休息を取ってから競技に臨む短距離種目のウォーミングアップを再現するように設定した。また20分間の休息を取った理由は、競技会におけるウォーミングアップ後の招集所でのコールから競技開始までに要する時間を考慮したことによる。

実験運動2は1日に1回ずつ同じ時間帯に行うようにし、被験者7名のうち2名が低強度→中強度→高強度、2名が高強度→中強度→低強度、3名が中強度→高強度→低強度の順で行った。

本研究におけるペダリング回転数の設定については、直立姿勢と前傾姿勢での60rpmおよび90rpmのペダリング運動を比較した結果から前傾姿勢での90rpmによるペダリング運動においてハムストリングスの活動が活発に行われて長距離走における筋活動に近かったとする吉岡ほか(2016)の報告に基づき、短距離競技者は長距離競技者よりもウォーミングアップやトレーニングにおける走速度が高いと考えられること、走速度の増加に伴

いピッチは加速度的に増加すること(松尾と福永, 1981)を考慮して100rpmで行わせることとした。本研究では被験者に対してペダリング時の姿勢について明確な指示は行わなかったが、ハンドルの位置を操作盤よりも下の位置で固定したため前傾姿勢を取りやすかったと考えられる。また本研究ではウォーミングアップとして20秒間のペダリング運動を3回行わせた。これは世界陸上競技選手権において短距離競技者のウォーミングアップを観察した麻場と谷口(1994)の報告において日本人選手が130-150mのスプリントを複数回行っていたことから、150m程度のスプリントを徒歩あるいは完全休息をはさんで行う運動を模して上記の条件を設定した。

2.3 統計処理

実験運動1における被験者ごとの運動負荷と血中乳酸濃度との関係の算出にはピアソンの積率相関分析を用いた。実験運動2におけるウォーミングアップの条件の違いによるウォーミングアップ後のRPEおよびWAnTにおけるパフォーマンスの比較には一元配置分散分析を用い、主効果が有意であった場合にはHolmの方法によって多重比較を行った。また、実験運動2におけるウォーミングアップ前後とWAnT前後で測定した血中乳酸濃度およびWAnTにおける5秒ごとの平均パワーの比較については、ウォーミングアップの条件、と血中乳酸濃度の測定時点あるいはWAnT中の運動時間との2要因による繰り返しのある分散分析を行った。これらの分析において交互作用が有意であった場合には単純主効果検定(Holmの方法による多重比較)を行った。統計的有意性については5%水準で判定した。

3. 結果

表2には、被験者における実験運動1で求めたウォー

表2 各被験者におけるウォーミングアップ時とWingate Anaerobic Testの負荷値

被験者	ウォーミングアップ時の負荷(kp)			WAnTの負荷(kp)
	低強度	中強度	高強度	
TK	3.3	7.0	9.5	4.8
HY	4.0	5.6	9.2	4.4
NR	4.5	6.6	9.4	5.6
KT	3.6	5.0	7.7	5.3
KS	5.0	6.8	8.7	4.5
YT	3.3	5.8	7.4	5.2
YH	3.0	4.7	6.0	5.3

WAnT; Wingate Anaerobic Test

ミングアップ時の負荷, および被験者の体重から求めた WAnT の負荷を示した. ウォーミングアップ時の負荷は, 低強度が 3.0-5.0kp, 中強度が 4.7-7.0kp および高強度が 6.0-9.5kp の範囲であった. また, 実験運動 2 において行った WAnT の負荷は 4.4-5.6kp の範囲であった.

表 3 には, 実験運動 2 における 3 つの条件によるウォーミングアップ後の RPE および WAnT のパフォーマンスを示した. RPE においては 3 つの条件間に有意な主効果が認められた. 多重比較の結果, 全ての条件間に有意な差が認められ, 高強度, 中強度, 低強度の順で高い値を示した. WAnT の平均パワーにおいても 3 つの条件間に有意な主効果が認められ, 多重比較の結果から中強度と高強度との間に有意な差が認められた. 平均値でみると, 中強度が最も高く, 次いで低強度, 高強度の順で高い値を示した. ピークパワーとピーク回転数に有意な差は認められなかった.

表 4 には, 実験運動 2 における 3 つの条件によるウォー

ミングアップ前・後および WAnT 前・後に測定した血中乳酸濃度を示した. 2 要因の分散分析の結果, 有意な交互作用が認められた ($F=15.30$, $p<0.05$). ウォーミングアップの条件について単純主効果を検定した結果, ウォーミングアップ後と WAnT 前で有意な主効果が認められ, 多重比較の結果, いずれも高強度, 中強度および低強度の順で有意に高い値が認められた. また血中乳酸濃度の測定時点について単純主効果を検定した結果, 3 つのウォーミングアップの条件全てにおいて有意な主効果が認められた. 多重比較の結果, 低強度では WAnT 後がそれ以外の測定時点よりも有意に高く, ウォーミングアップ後がウォーミングアップ前と WAnT 前よりも有意に高かった. またウォーミングアップ前と WAnT 前との間に有意な差は認められなかった. 中強度では WAnT 後, ウォーミングアップ後, WAnT 前およびウォーミングアップ前の順に有意に高かった. 高強度では WAnT 後, ウォーミングアップ後および WAnT 前が

表 3 3 つの条件によるウォーミングアップ後の主観的運動強度および Wingate Anaerobic Test のパフォーマンス

	低強度	中強度	高強度	F 値	多重比較
主観的運動強度	10.4 ± 0.9	14.7 ± 1.4	18.6 ± 0.7	85.1 ※	低<中<高
Wingate Anaerobic Test					
平均パワー (watt)	629.9 ± 54.1	640.3 ± 62.9	618.6 ± 52.7	6.39 ※	中>高
ピークパワー (watt)	848.9 ± 81.7	867.3 ± 88.7	852.9 ± 91.3	1.78	
ピーク回転数 (rpm)	172.9 ± 12.1	176.4 ± 10.0	173.9 ± 13.1	1.52	

1. 表中の値は平均値±標準偏差を示す
2. ※, <, > ; $p<0.05$
3. 低; 低強度, 中; 中強度, 高; 高強度

表 4 3 つの条件によるウォーミングアップ前・後および Wingate Anaerobic Test 前・後の血中乳酸濃度

	低強度	中強度	高強度	F 値	多重比較
			(交互作用)	15.30 ※	
Wup 前	1.9 ± 0.4	2.8 ± 0.9	2.7 ± 0.9	1.60	
Wup 後	6.2 ± 1.2	10.7 ± 1.9	13.4 ± 3.1	20.52 ※	低<中<高
WAnT 前	3.2 ± 1.5	8.1 ± 2.6	13.9 ± 1.4	64.18 ※	低<中<高
WAnT 後	14.2 ± 3.2	16.0 ± 0.5	15.3 ± 0.9	1.20	
F 値	71.27 ※	67.66 ※	61.90 ※		
多重比較	Wup 前, WAnT 前 < Wup 後<WAnT 後	Wup 前<WAnT 前 < Wup 後<WAnT 後	Wup 前<Wup 後, WAnT 前, WAnT 後		

1. 表中の値は平均値±標準偏差 (mmol/L) を示す
2. ※, <, > ; $p<0.05$
3. 低; 低強度, 中; 中強度, 高; 高強度
4. Wup; ウォーミングアップ, WAnT; Wingate Anaerobic Test

ウォーミングアップ前よりも有意に高く、ウォーミングアップ後, WAnT 前・後の間に有意な差は認められなかった。

表5には、3つの条件によるウォーミングアップ後に行った WAnT における5秒ごとの平均パワーを示した。いずれの条件においても5-10秒のパワーが最も高くなり、その後漸減する傾向が認められた。ウォーミングアップの運動強度と運動時間の2要因について繰り返しのある分散分析を行った結果、交互作用は有意ではなかった。ウォーミングアップの条件について主効果を検定した結果、5-10秒と10-15秒の区間で有意な主効果が認められ、多重比較の結果、5-10秒の区間においては中強度が低強度より有意に高く、10-15秒の区間においては中強度が低強度、高強度よりも有意に高かった。運動時間について主効果を検討した結果、3つの条件全てにおいて有意な主効果が認められ、多重比較の結果、3つの条件ともに、5-10秒が0-5秒と10秒以降の4つの区間よりも有意に高く、0-5秒と10-15秒との間には有意な差は認められなかった。

4. 考察

本研究では、ウォーミングアップ中の運動強度の違いがその後に行う短時間高強度運動のパフォーマンスに及ぼす影響について検討した。ウォーミングアップが主運動のパフォーマンスを高める要因としては、筋温や深部体温の上昇 (Febbraio et al., 1996; Stewart et al., 2003)、運動開始後の酸素摂取量の上昇率の増加 (瀧澤ほか, 2005)、神経伝達速度の増加などが挙げられている (Stewart et al., 2003)。また、多くの研究によってウォーミングアップの最適な運動強度が検討されている (高澤ほか, 2002; 瀧澤ほか, 2005)。しかしそれらの多くは最大酸素摂取量や乳酸性閾値を基準として比較的長時間

の持続的な運動を用いた場合について検討している。陸上競技の短距離種目におけるウォーミングアップでは、テンポ走、スプリントおよびスタートダッシュなど短時間高強度の運動を行っており (麻場と谷口, 1994; ゲラルドマック, 1982)、その運動強度の設定については指導者や競技者本人の経験や感覚に頼っていると推測される。そこで本研究では陸上競技のウォーミングアップにおいて一般的に取り入れられているテンポ走やスプリントを模して行わせた20秒間のペダリング運動の運動強度の違いが、その後に行った30秒間の全力ペダリング運動 (WAnT) のパフォーマンスに及ぼす影響について検討した。その際に本研究では短時間高強度運動を用いることから血中乳酸濃度を運動強度の指標として用いることとし、実験条件については実際の短距離種目においてみられるウォーミングアップをできるだけ再現するよう考慮した。

その結果、WAnT における平均パワーに3つの条件間で有意な差が認められ、中強度が高強度よりも有意に高いことが認められた。このことから、20秒間の運動を3回繰り返した後に20分間の休息を取り、その後主運動を行うという本研究での条件では、ウォーミングアップ後に血中乳酸濃度が10mmol/L前後、RPEが15(きつい)前後となる運動強度が、それ以上高い強度でのウォーミングアップよりも効果が高いことが示唆された。またウォーミングアップの条件と血中乳酸濃度の測定時点との2つの要因による分散分析を行った結果、有意な交互作用が認められ、多重比較の結果から WAnT 開始前に測定した血中乳酸濃度が高強度、中強度および低強度の順に有意に高い値を示したことから、ウォーミングアップの運動強度の違いがその後の身体のコンディションの違いに影響を及ぼしていたと考えられる。

本研究で主運動として用いた WAnT は30秒間の全力

表5 3つの条件によるウォーミングアップ後に行った Wingate Anaerobic Test における5秒ごとの平均パワー

	低強度	中強度	高強度	F値	多重比較
			(交互作用)	1.73	
0-5秒(a)	689.9 ± 80.5	690.3 ± 105.0	668.9 ± 102.8	1.34	
5-10秒(b)	790.6 ± 80.3	819.0 ± 85.6	798.1 ± 81.3	4.98 ※	低<中
10-15秒(c)	673.1 ± 68.8	708.0 ± 80.1	675.6 ± 66.0	6.73 ※	低, 高<中
15-20秒(d)	597.1 ± 60.5	607.6 ± 67.5	587.7 ± 72.1	2.00	
20-25秒(e)	536.6 ± 46.8	539.4 ± 54.6	520.3 ± 39.3	1.99	
25-30秒(f)	494.1 ± 39.6	479.6 ± 49.7	463.0 ± 36.0	3.09	
F値	89.43 ※	77.55 ※	50.13 ※		
多重比較	b>a,c>d>e>f	b>a,c>d>e>f	b>a,c>d>e>f		

1. 表中の値は平均値±標準偏差(watt)を示す

2. ※, <, >; p<0.05

3. 低:低強度, 中:中強度, 高:高強度

ペダリング運動である。このような運動でのエネルギー供給における無酸素性代謝と有酸素性代謝との割合はおおよそ70%と30%とされていることから (Duffield et al., 2004), ATP-CP 系および解糖系による無酸素性エネルギー供給が大きな割合を占めると考えられる。筋内や血中乳酸濃度の上昇を起こす高強度の運動を行うことによって、筋細胞内における無機リン酸の増大、グリコーゲンの減少および活性酸素種濃度の上昇などが起こり、その後に行う運動中に発揮されるパワーの低下を引き起こすとされている (和田ほか, 2006)。したがって、本研究における運動後の血中乳酸濃度が10mmol/Lを大きく上回るような高強度のウォーミングアップでは、上述の要因などによって主運動におけるパフォーマンスを低下させたと考えられる。またWAnTにおける平均パワーについて5秒ごとにみると、ウォーミングアップの強度と運動時間の2要因による分散分析において2要因とも有意な主効果が認められ、多重比較を行った結果、5-10秒の区間において中強度が低強度より有意に高く、10-15秒の区間において中強度が低強度と高強度よりも有意に高かった。上述したウォーミングアップの効果に加えて、組織内と血中での乳酸濃度の上昇は筋張力低下を抑制すること (Nielsen et al., 2001)、末梢での酸素供給量の増大を引き起こすこと (Koga, 2013) が指摘されている。これらのことを考慮すると、一定水準まで血中乳酸濃度の上昇を引き起こす強度でのウォーミングアップが、短時間高強度運動における運動初期のパワーを高めるとともに、全体の30%を占めると考えられる有酸素性のエネルギー供給量を高めるなどの効果によって平均パワーを高める可能性が示唆される。これらのことから、ウォーミングアップとして行う短時間高強度運動には、その運動強度が高過ぎると疲労の影響が出ること、また低過ぎると主運動における無酸素性 (解糖系) および有酸素性エネルギー供給を十分に高められないことから、至適な運動強度が存在する可能性が示唆される。なお上述した分散分析の結果、WAnTの5秒ごとの平均パワーについてはウォーミングアップにおける3つの条件すべて5-10秒のパワーがそれ以降のパワーより有意に高かった。このことから、ウォーミングアップの条件はWAnTにおけるパワー発揮動態には大きく影響しないことが示唆される。

本研究の結果に基づくと、運動時間が30秒前後すなわち200m走をはじめとする短距離種目において、ウォーミングアップではRPEが「きつい」と感じて血中乳酸濃度が10mmol/L前後まで高まるような運動強度とすることが、それよりも高い強度でのウォーミングアップに比べて高いパフォーマンスにつながる可能性があるとともに、それよりも低い強度でのウォーミングアップでは十分にパフォーマンスを高められない可能性が示唆される。ただし本研究で得られた結果は、ペダリ

ング運動の時間、繰返し回数および回転数の各条件を変えることによって変化する可能性も考えられる。今後、上記の各条件の変動が短時間高強度運動のパフォーマンスに及ぼす影響について検討する必要がある。またウォーミングアップから主運動までの休息時間の長さが主運動のパフォーマンスに影響することもあると考えられるため、短距離種目における競技会でのウォーミングアップの実態を詳細に観察するとともに、より実際の場面に近い条件を検討する必要がある。さらに本研究では、気象条件等の影響を考慮して実験運動を室内での自転車ペダリング運動としたため、本研究の結果を走運動に適用することには一定の限界がある。今後、気温や気候などの条件を極力同一にした条件下での走運動を用いた実験により、ウォーミングアップの至適強度についてさらに検証する必要がある。

謝辞

本研究の実施にあたり多大なるご助力を頂いた武部真幸氏 (八戸大学人間健康学部 (当時)) に感謝申し上げます。

文献

- 麻場一徳・谷口裕美子 (1994) スプリンターとジャンパーのウォーミングアップ. 日本陸上競技連盟強化本部バイオメカニクス研究班 (編) 世界一流競技者の技術 (第3回世界陸上競技選手権大会バイオメカニクス研究班報告書). ベースボール・マガジン社: 東京, pp.272-283.
- Bar-Or, O. (1987) The wingate anaerobic test an update on methodology, reliability and validity. *Sports Med*, 4 (6): 381-394.
- Duffield, R., Dawson, B., and Goodman, C. (2004) Energy system contribution to 100-m and 200-m track running events. *J Sci Med Sport*, 7 (3): 302-313.
- Febbraio, M., Carey, M., Snow, R., Stathis, C., and Hargreaves, M. (1996) Influence of elevated muscle temperature on metabolism during intense dynamic exercise. *Am J Physiol*, 271 (5): R1251-R1255.
- Fradkin, A., Zazryn, T., and Smoliga, J. (2010) Effects of warming-up on physical performance: a systematic review with meta-analysis. *J Strength Cond Res*, 24 (1): 140-148.
- ゲラルドマック: 佐々木秀幸 (構成) (1982) マック式短距離トレーニング. 講談社: 東京, pp.134-136.
- 後藤真二・池上晴夫 (1987) 運動中の血中乳酸動態に対するウォーミング・アップの影響. *体力科学*, 36 (2): 78-84.
- Hirovonen, J., Ruhunen, S., Rusko, H., and Härkönen, M. (1987) Breakdown of high-energy phosphate compounds

- and lactate accumulation during short supramaximal exercise. *Eur J Appl Physiol*, 56 (3): 253-259.
- Koga, S., Wust, R., Walsh, B., Kindig, C., Rossiter, H., and Hogan, M. (2013) Increasing temperature speeds intracellular PO₂ kinetics during contractions in single *Xenopus* skeletal muscle fibers. *Am J Physiol*, 304 (1): R59-R66.
- 松尾彰文・福永哲夫 (1981) 走運動の外的エネルギー出力からみた短・長距離選手の特性. 東京大学教養学部紀要, 15 : 47-57.
- Nielsen, O., dePaoli, F. and Overgaard, K. (2001) Protective effects of lactic acid on force production in rat skeletal muscle. *J Physiol*, 536: 161-166.
- Nummela, A., Mero, A., Stray-Gundersen, J. and Rusko, H. (1996) Important determinants of anaerobic running performance in male athletes and non-athletes. *Int J Sports Med*, 18 (Suppl.2): s91-s96.
- Stewart, D., Macaluso, A. and De Vitto, G. (2003) The effect of an active warm-up on surface EMG and muscle performance in healthy humans. *Eur J Appl Physiol*, 89: 509-513.
- 高澤 元・石井好二郎・瀧澤一騎・木目良太郎・米澤一也 (2002) 常温環境下におけるウインゲートアネロビックテスト前の至適ウォーミングアップについて. *日本運動生理学雑誌*, 9 (2) : 77-84.
- 瀧澤一騎・石井好二郎 (2005) ウォーミングアップ強度が高強度運動のパフォーマンスと酸素摂取動態, 筋活動へ及ぼす影響. *日本運動生理学雑誌*, 12 (2) : 41-49.
- 瀧澤一騎・石井好二郎 (2009) 暑熱環境下における短時間激運動のパフォーマンス向上に向けた至適ウォーミングアップ強度と時間の検討. *トレーニング科学*, 21(1) : 87-96.
- 吉岡利貢・森 健一・白井祐介・品田貴恵子・鍋倉賢治 (2016) 疲労困憊に至る高強度ペダリング運動における姿勢および回転数の相違が大腿部筋活動に及ぼす影響. *ランニング研究*, 27 (2) : 37-46.
- 和田正信・坂本 誠・杉山美奈子・松永 智 (2006) 高強度運動における筋疲労の要因. *体育学研究*, 51 : 399-408.

オーバーハンスローにおけるステップの類型化とその特徴に関する横断的研究

比留間浩介¹⁾, 渡邊信晃²⁾, 森 健一³⁾

A cross sectional study on classifying in patterns and characteristic of step motion in overhand throw

Kosuke HIRUMA¹⁾, Nobuaki WATANABE²⁾, Kenichi MORI³⁾

Abstract

The purpose of this study was classifying in patterns of the step and preliminary action of the overhand throws from a primary school child to a university student, and clarifies characteristic in each generation and gender differences. The results are summarized as follows.

1) Step patterns could be classified, it could be classified into three kinds (Type I: No step, TypeII: Step of one leg, TypeIII: Step of both legs). And more each were classified according to the type, it was possible to classify it into eight kinds (No step : I-1, Pitcher style : I-2, Hop step : II-1, Front hop step : II-2, Running step : III-1, Side step : III-2, Front cross step : III-3, Back cross step : III-4).

2) It became clear a typical step from the third and fourth grades of elementary school to a college student was Side step (III-2) in the male, and that development is advancing towards the stage near the adult from schoolchild's time.

3) Female had a high percentage of Type I at the stage of the schoolchild compared with the male. And, the step (Running step) that can catch the tendency of the female existed, and the throwing distance of the person who belongs there was small compared with other steps.

4) Back cross step is the pattern with experience in sport in a long period puts on for male and female, and it's matured step movement compared with other steps. Further, the throwing distance of a person belong to Back cross step were larger than the other steps. Therefore, it was thought that who belonged to Back cross step were in the state that the whole throwing motion was almost completed.

From the above, since gender differences are seen in the steps, it is necessary to devise learning methods and coaching methods for overhand throw skill acquisition in consideration of their respective characteristics in the future.

キーワード：男女差，投距離，発達

1. 緒 言

人間の基本的な動作として走，跳，投動作が挙げられるが，そのうち投動作は技術的な構造が複雑であるため，

適切な時期にある程度の経験や練習を積まないと上達が見られないとされている（桜井，1992）．そのため，投動作を習得するためには学習の機会の提供や適切な指導が必要であり，特に，近年の投能力の低下により，発育発達期の児童や生徒を対象としたオーバーハンドによる投運動学習の必要性が指摘されている（陳ほか，2015；宮崎・尾縣，2009；小笠原ほか，2007）．このことに関連して，高本（2010）は，多くのやり投選手は，高校に入ってから専門種目としてやり投に取り組むまでに野球やソフトボールなどで「投げ」の経験をしていると述べ，現在の日本に見られる投能力の低下という課題の解決が陸上競技投てき界の将来を担う選手の育成につながると指摘している．

ところで，投動作の構造は準備動作と主動作にわけられるが，特に投能力と関連が高い主動作に関する研究は，国内に限定しても数多くなされており，合理的な動作や系統性が明らかにされている（石田，2014；加藤ほか，2016；宮丸，1980；宮崎ほか，2013；尾縣ほか，1995；桜井，1992；高本ほか，2003）．例えば，腕のみの動作から脚や体幹の捻りを伴った動作に成熟していくことや，投能力が高い者はムチ角度や体幹および下肢の動作範囲が大きくなることなどが示されており，それらをもとにした指導方法や学習方法についても数多く提示されている（赤羽根ほか，2008；細井ほか，2004；深代，1988；宮崎・尾縣，2009；桜井，1992）．

準備動作については，尾縣・市村（1995）が，オーバーハンスロー動作の運動構造をもとに動作要因間の因果関係を検討し，準備動作中のステップ（本研究では尾縣・

-
- 1) 山形県立米沢女子短期大学社会情報学科
Faculty of Social Information Science, Yamagata Prefectural Yonezawa Women's Junior College
〒992-0025 山形県米沢市通町 6-15-1
 - 2) 山形大学地域教育文化学部 Yamagata University, Faculty of Education, Art and Sciences
〒990-8560 山形県山形市小白川町 1-4-12
 - 3) 武蔵大学 Musashi University
〒176-8534 東京都練馬区豊玉上 1-26-1

市村（1995）を参考に、両足が空中に浮いている局面がある準備動作をステップと定義し、それ以外の足を高く上げて勢いをつける準備動作などを予備動作と定義した）が体幹の動作や上肢の動作を介して、間接的、直接的に投射初速度の増大に影響を及ぼしていることを報告している。同様に、石井（2001）も準備動作における助走やステップの利用が、投のパフォーマンスを高めるために有効であると指摘しており、実際に小学生および中学生の男女や16歳から25歳の男性を対象にステップの効果について検討した研究（奥野ほか、1989；渡辺ほか、2005）においても、ステップを用いることで投距離が増大することが明らかにされている。そのような中で、成人女性を対象とした尾縣ほか（1996）の研究は、準備動作中の脚動作（ステップ）から系統立てて指導することで、投動作の改善や投距離の増大に有効であることを明らかにしている。

しかし、ステップについての研究は、その重要性については明らかにされているものの、主動作に着目した研究と比べて少ない。発育発達期の児童を対象としたステップに関する研究として、國土（2012）は小学1～4年生の男女を対象とした投動作の評価の観点を検討し、ステップ動作の評価の観点として、「ステップしていない」、「ステップ」、「サイドステップ」、「クロスステップ」の4つを挙げ、それぞれ1～4点の動作得点を与えている。また、成人女性の投動作におけるステップの評価の観点を示した尾縣・市村（1996）の研究においても、最も未熟な「足の踏み出しがなく、構えたままの足の位置で投げる」から最も成熟した「完全なステップから投げる」までの4つの段階に分類している。さらに、小学校2・3年生を対象にオーバーハンドスローの学習プログラムを作成した尾縣ほか（2001）の研究では、準備動作の完成形としてサイドステップをあげている。しかし、新井・山西（2003）は小学3年生の男女児童21名を対象にステップの類型化を行い、「ランニングステップ」、「フロントステップ」、「ホップステップ」、「バッククロスステップ」

の4種類に分類できることを報告している。そして、男子では、右利きの場合、右足を左足の前にクロスして出すステップであるフロントクロスステップが多く、女子では、上体を正対したままで走る動作をしたままであるランニングステップが多いことを明らかにしている。このことは、ステップの種類は「クロスステップ」や「完全なステップ」のように一括りに分類することはできず、例えば「クロスステップ」の中に「フロントクロスステップ」や「バッククロスステップ」があるなど、多岐に渡って様々な動作パターンが存在する可能性を示唆するものである。しかし、これまでの先行研究では、対象者や年齢、および習熟度等が限定された中での調査であることから、児童期から成人に至るまでのステップの種類について十分に捉えているとはいえない。したがって、指導方法を検討するための第一段階として、まずは年代や性別の違いによってどのような種類のステップや予備動作が存在し、その各々がどのような特徴を持っているのかを幅広い年代を対象に調査し、整理する必要がある。

そこで、本研究の目的は、小学生から大学生までのオーバーハンドスローを対象としてステップおよび予備動作の類型化を行い、各年代における特徴および男女差について明らかにすることとした。

2. 方 法

2.1 対象者

対象者は、小学校1年生から6年生までの児童（1・2年生を低学年、3・4年生を中学年、5・6年生を高学年として分類）、中学生（2年生）、高校生（2年生）、大学生（1年生）および体育専攻大学生（1年生）の男女計427名であった。それぞれの人数や身体的特性を表1に示した。なお、実験を開始するにあたり、学校長およびすべての対象者とその保護者に本研究の目的、方法および安全性などを十分に説明し、実験参加に対する同意を得た。

表1 対象者の人数および身体的特性

		低学年	中学年	高学年	中学生	高校生	大学生	体育専攻大学生
n (名)	男子	31	47	51	31	25	25	17
	女子	35	35	45	23	25	18	29
身長(m)	男子	1.24 ± 0.04	1.35 ± 0.06	1.49 ± 0.07	1.59 ± 0.05	1.70 ± 0.07	1.71 ± 0.10	1.73 ± 0.08
	女子	1.20 ± 0.05	1.33 ± 0.05	1.46 ± 0.07	1.51 ± 0.06	1.56 ± 0.05	1.60 ± 0.09	1.62 ± 0.06
体重(kg)	男子	25.3 ± 3.9	33.4 ± 5.8	43.5 ± 8.8	55.5 ± 6.8	62.1 ± 4.3	63.0 ± 5.8	66.3 ± 4.2
	女子	23.6 ± 4.8	29.9 ± 5.5	38.4 ± 9.8	44.5 ± 5.9	51.6 ± 5.7	49.3 ± 4.7	50.9 ± 3.8

2.2 実験試技

本研究では、片手で握れるボールを対象としたため、文部科学省の新体力テストにあるソフトボール投げの方法に準じて、「できるだけ遠くに投げなさい」という指示をした後、小学生は検定1号のソフトボール、中学生以降は検定3号のソフトボールを直径2mのサークル内から、オーバーハンスローにて投球させた。試技は2回行い、メジャーで記録を1cm単位で計測し、記録の良い方を評価対象とした。

2.3 ビデオ撮影

投動作の撮影はビデオカメラ（Sony 社製、DCR-VX2000）を用い、投射方向に向かって右側方（左利きの場合は左側方）25m地点に設置し、毎秒60コマ、シャッタースピード1/1000秒で撮影した。

2.4 ステップの観察と類型化

撮影された投動作のステップや予備動作を通常再生、スロー再生、コマ送りおよび静止画で観察し、先行研究（新井・山西，2003；尾縣・市村，1995）を参考にしながらステップの有無、ステップの仕方に着目して類型化を行った。具体的な手順は以下の通りである。

- (1) 映像を観察しながらステップの「あり」、「なし」について分類した。その過程で、「あり」の場合には、「片足のみのステップ」、「両足を利用したステップ」の2種類の存在があることを確認できた。これにより、第一段階として「ステップなし」、「片足のみのステップ」、「両足を利用したステップ」の3種類（基本類型）に分類した。なお、ステップがみられても投動作の前に中断する等、明らかに投動作と分離している場合は、「ステップなし」として分類した。
- (2) 第二段階として、(1)で3種類（「ステップなし」、「片足のみのステップ」、「両足を利用したステップ」）に分類したものを先行研究を参考に、さらに類型化する作業を行った。例えば、尾縣・市村（1995）の

先行研究で示されている「投げ手と反対側の膝を高く引き上げる」は「ステップなし」、新井・山西（2003）の先行研究で示されている「軸足のみで地面を蹴って一歩進むステップ（ホップステップ）」は、「片足のみのステップ」、「右足を左足の前に出す（右投げの場合）ステップ（フロントクロスステップ）」は「両足を利用したステップ」に分類した。この一連の作業により、「ステップなし」は2種類、「片足のみのステップ」は1種類、「両足を利用したステップ」は4種類に分類できることが示され、合計7種類に分類することができた。その後、実際の映像を観察しながら、被検者のステップおよび予備動作を7種類に類型化する作業を行ったところ、どれにも当てはまらないステップ（片足のみのステップ）が1種類存在することが明らかになった。そのため、新たに確認できたステップ（右足を左足の前に出した後に軸足のみで地面を蹴って一歩進むステップ）を追加し、合計8種類に分類した上で、類型化の観点とカテゴリー表（表3）および典型例（図1～8）を作成した。

なお、ここまでの作業は、大学の保健体育教員1名と保健体育を専攻する大学院生1名の計2名による合議の上で行った。

- (3) 第三段階として、(2)で作成された類型化の観点とカテゴリー表および典型例を基に、大学の保健体育教員1名と保健体育を専攻する大学生2名および大学院生2名の計5名で、撮影された映像を観察し、類型化を行った。類型化は、5名中3名以上の判断結果を採用したが、判断結果の一致が3名を下回ることにはなかった。

なお、投動作の類型化を実施した先行研究（加藤・添野，2014）では、観察者間の一致率を6割以上としていることから、本研究においても同様の基準を用いた。

表2 学年ごとの遠投距離の比較

	低学年	中学年	高学年	差
男子	15.61 ± 6.74	20.80 ± 8.25	32.51 ± 13.06	低<中<高
女子	7.14 ± 2.66	12.14 ± 4.27	16.28 ± 7.14	低<中, 高
差	女子<男子	女子<男子	女子<男子	

	中学生	高校生	大学生	体育専攻大学生	差
男子	38.12 ± 11.35	45.06 ± 13.39	43.92 ± 11.54	59.94 ± 8.05	中<高<体, 大<体
女子	22.58 ± 6.51	23.48 ± 9.07	29.32 ± 7.83	40.94 ± 10.23	中<大<体, 高<大<体
差	女子<男子	女子<男子	女子<男子	女子<男子	

< : p<0.05

表 3 ステップ類型とタイプ分類

基本類型	タイプ
I 型：ステップなし	1 足を踏み出すのみ、または数歩の歩行（ノーステップ） 2 投げ手と反対側の膝を高く引き上げる（ピッチャースタイル）
II 型：片足ステップ	1 軸足（右投げであれば右足）のみで地面を蹴って一歩進む（ホップステップ） 2 右足を左足の前に出した後、軸足のみで地面を蹴って一歩進む（フロントホップステップ）
III 型：両足ステップ	1 上体を投げる方向に正対したままで、走る動作をしながらのステップ（ランニングステップ） 2 両足を前後にクロスさせないステップ（サイドステップ） 3 右足を左足の前にクロスさせるステップ（フロントクロスステップ） 4 右足を左足の後ろにクロスさせるステップ（バッククロスステップ）

*いずれも右投げの場合



図 1 ノーステップ（I -1）の典型例



図 2 ピッチャースタイル（I -2）の典型例



図 3 ホップステップ（II -1）の典型例



図4 フロントホップステップ(Ⅱ-2)の典型例



図5 ランニングステップ(Ⅲ-1)の典型例



図6 サイドステップ(Ⅲ-2)の典型例



図7 フロントクロスステップ(Ⅲ-3)の典型例



図8 バッククロスステップ(Ⅲ-4)の典型例

2.5 アンケート調査

対象者のスポーツ歴を調査するためにアンケートを行い、現在及び過去に体育の授業以外（部活動やスポーツクラブ等）で経験した運動種目を記述させた。

2.6 統計処理

男女間および学年間の投距離の差を検定するために2要因分散分析を行った。交互作用が有意であった場合は、Bonferroni法を用いて単純主効果の検定を行った。なお、有意水準は5%未満とした。

3. 結果

3.1 投距離

表2には、ソフトボール投げの投距離の平均値と標準偏差を示した。なお、本研究では、体力や体格差を考慮し、小学生までは検定1号のソフトボール、中学生以降は検定3号のソフトボールを使用したため、それぞれ分けて示している。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（小学生： $F=6.48$, $p<0.01$ 、中学生以降： $F=3.42$, $p<0.05$ ）。

その後、下位検定を行ったところ男女間についてはすべての年代において男子の方が女子よりも有意に大きかった（ $p<0.001$ ）。学年間においては、小学生の男子では、中学年および高学年が低学年と比較して、高学年が中学年と比較して有意に大きかった（ $p<0.05$ ）。女子では、中学年および高学年が低学年と比較して有意に大きかった（ $p<0.05$ ）。次に中学生以降の男子では、高校生および体育専攻大学生が中学生と比較して、体育専攻大学生が大学生および高校生と比較して有意に大きかった（ $p<0.05$ ）。女子では、大学生および体育専攻大学生が中学生と比較して、体育専攻大学生が大学生および高校生と比較して有意に大きかった（ $p<0.05$ ）。

3.2 ステップの類型化

ステップの有無およびステップの仕方に着目して類型化を行ったところ、大きく分ける（基本類型）とステップなし（Ⅰ型）、片足のみのステップ（Ⅱ型）、両足を利用したステップ（Ⅲ型）に分類できた。さらにそれぞれをタイプ別に分類（表3）すると、小学生から体育専攻大学生に至るまでのステップおよび予備動作は、足を踏み出すのみ、または数歩の歩行から投動作に移行するノーステップ（Ⅰ-1）、投げ手と反対側の膝を高く引き上げてから投動作に移行するピッチャースタイル（Ⅰ-2）、軸足（右投げであれば右足）のみで地面を蹴って一歩進んでから投動作に移行するホップステップ（Ⅱ-1）、右足を左足の前に出した後、軸足のみで地面を蹴って一歩進むフロントホップステップ（Ⅱ-2）、上体を投げる方向に正対した状態で、走る動作をしながらステップして投動作に移行するランニングステップ（Ⅲ-1）、

両足を前後にクロスさせないステップから投動作に移行するサイドステップ（Ⅲ-2）、右足を左足の前にクロスさせるステップから投動作に移行するフロントクロスステップ（Ⅲ-3）、右足を左足の後ろにクロスさせるステップから投動作に移行するバッククロスステップ（Ⅲ-4）の8種類に分類できることが明らかになった。図1~8にはその典型例を示した。

3.3 学年ごとの各ステップの出現率

図9には、基本タイプの出現率を示した。男女ともに学年の進行にともないⅠ型の割合が減少していき、Ⅲ型の割合が上昇していく傾向がみられた。Ⅲ型の割合が50%を超える時期は、男子では中学年（56.4%）、女子では高学年（53.2%）であったが、中学生以降の割合は男女で大きな差はみられなかった。

図10には、全8種類の出現率を示した。Ⅰ型については、ノーステップが学年の進行とともに減少していく傾向は男女で同様であり、ピッチャースタイルの出現率も男女ともに低い傾向（3.2~8.6%）がみられた。

Ⅱ型については、男女ともにホップステップ（1.9~8.6%）、フロントホップステップ（3.2~11.7%）の出現率は低く、ホップステップがみられたのは男子のみであった。

Ⅲ型は、男子では、小学校低学年から大学までサイドステップの出現率が最も高く（31.3~52.0%）、体育専攻大学生では、バッククロスステップの出現率が最も高かった（70.5%）。女子は、中学年ではランニングステップが最も高く（31.4%）、高学年から高校生まではフロントクロスステップが最も高かった（24.4~34.7%）。その後の大学生、体育専攻大学生ではサイドステップの出現率が最も高かった（それぞれ56.0%、44.4%）。

3.4 ステップ別にみた各学年の投距離

表4と表5にはそれぞれ男子と女子におけるステップ別にみた各学年の投距離の平均値および最大値を示した。平均値が最も大きかったのは、男子では低学年および中学年がサイドステップ（低学年： 21.48 ± 6.25 m, 中学年： 25.61 ± 8.85 m）、高学年以降ではバッククロスステップ（高学年： 50.44 ± 13.38 m, 中学生： 51.39 ± 4.96 m, 高校生： 58.51 ± 8.96 m, 大学： 51.82 ± 8.64 m, 体育専攻大学生： 61.54 ± 8.10 m）であった。一方、女子では、低学年がノーステップ（ 6.95 ± 2.53 m）、中学年がフロントホップ（ 17.05 ± 9.87 m）、高学年（ 21.63 ± 8.38 m）、中学生（ 30.44 ± 2.06 m）および大学生（ 33.63 ± 8.50 m）がサイドステップ、高校生（ 40.04 ± 2.85 m）と体育専攻大学生（ 47.39 ± 2.56 m）がバッククロスステップであった。

次に最大値が現れたのは、男子では低学年および中学年がサイドステップ（低学年： 32.45 m, 中学年： 46.45 m）、高学年以降ではバッククロスステップ（高学

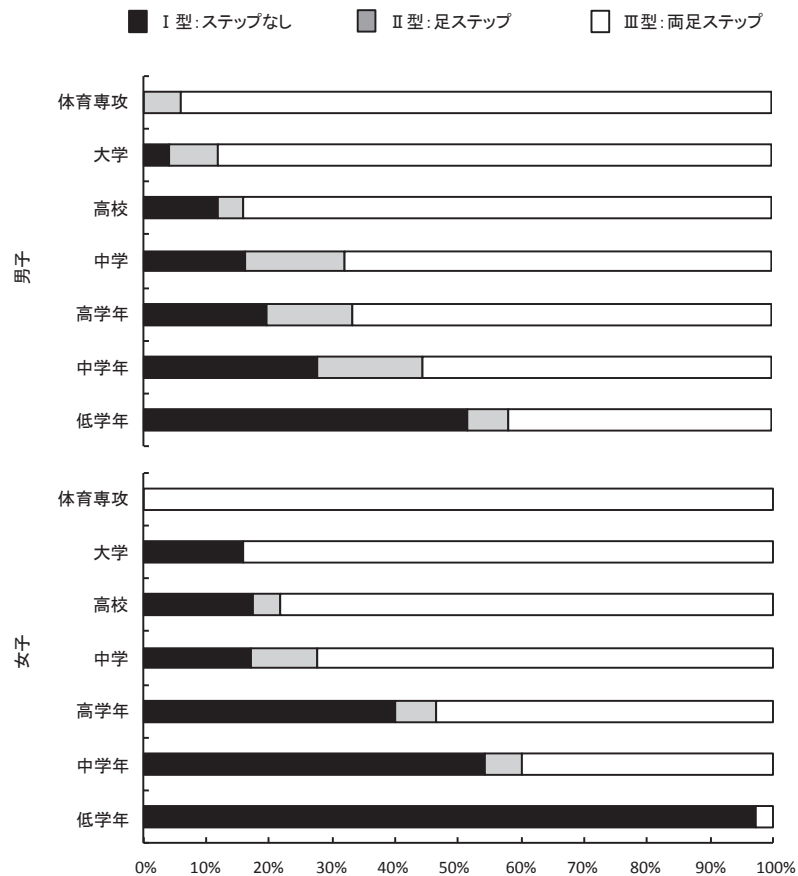


図9 各年代における基本類型の出現率

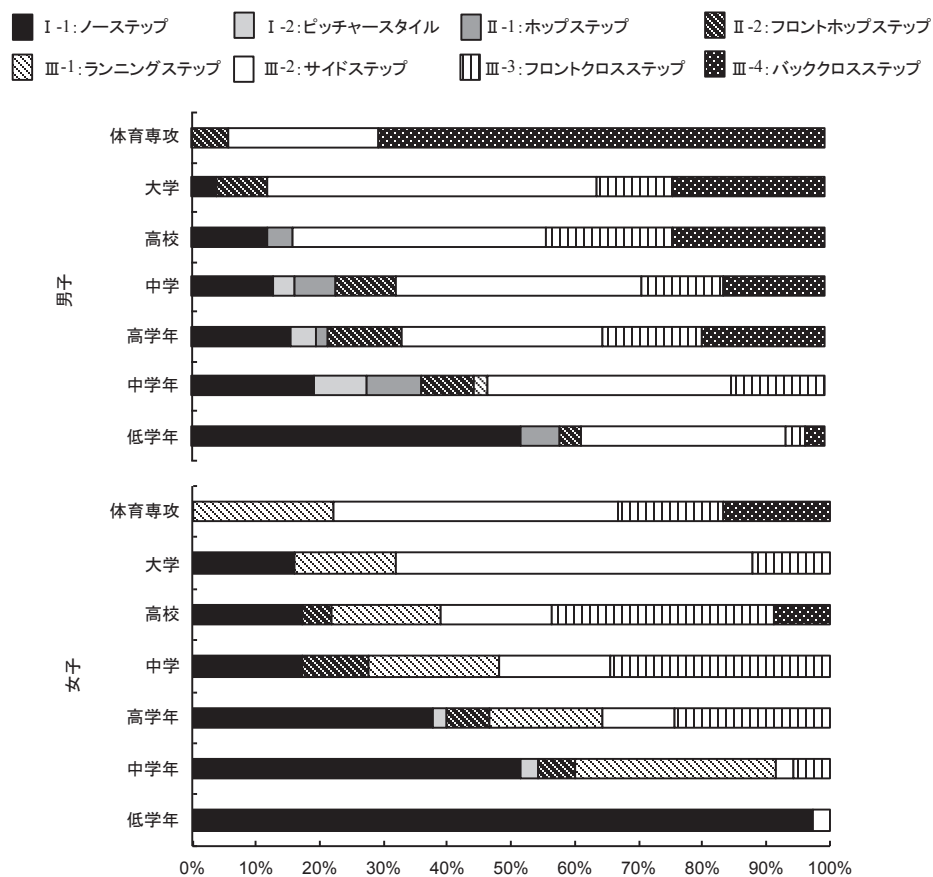


図10 各年代における全8種類の出現率

表 4 ステップ別にみた各学年における投距離の平均値および最大値（男子）

	低学年	中学年	高学年	中学	高校	大学	体育専攻
I-1 ノーステップ	9.09 ± 2.73 14.54	13.30 ± 5.58 22.29	18.62 ± 6.62 28.33	21.49 ± 2.90 25.74	27.12 ± 3.14 29.92	18.33	
I-2 ピッチャースタイル		15.74 ± 2.09 18.07	30.02 ± 5.65 34.32	32.04			
II-1 ホップステップ	18.05 ± 1.03 18.82	20.23 ± 5.91 26.44	34.95	24.75 ± 3.83 27.49	24.55		
II-2 フロントホップステップ	19.79	17.50 ± 6.48 26.26	23.32 ± 5.60 30.06	28.93 ± 8.63 36.68		39.06 ± 16.95 51.44	48.37
III-1 ランニングステップ		15.05					
III-2 サイドステップ	21.48 ± 6.25 32.45	25.61 ± 8.85 46.45	31.43 ± 10.63 56.14	43.73 ± 6.60 55.57	48.04 ± 7.59 60.73	44.83 ± 10.17 59.09	54.02 ± 6.67 61.21
III-3 フロントクロスステップ	22.66	24.03 ± 4.99 32.28	35.64 ± 8.20 44.80	36.44 ± 5.51 43.03	38.04 ± 11.77 53.45	34.63 ± 6.84 40.49	
III-4 バッククロスステップ	25.19		50.44 ± 13.38 68.17	51.39 ± 4.96 58.22	58.51 ± 8.96 68.69	51.82 ± 8.64 63.18	61.54 ± 8.10 76.08

空欄部分は該当者なし、最大値のみの表示は該当者1名

上段：平均値±標準偏差 (m) □ 各年代における最も高い平均値
下段：最大値 (m) ■ 各年代における最大値

表 5 ステップ別にみた各学年における投距離の平均値および最大値（女子）

	低学年	中学年	高学年	中学	高校	大学	体育専攻
I-1 ノーステップ	6.95 ± 2.53 13.02	11.31 ± 3.27 21.29	12.74 ± 5.64 29.51	17.29 ± 4.40 23.77	18.30 ± 5.16 21.56	26.54 ± 4.49 32.71	
I-2 ピッチャースタイル		11.19	23.49				
II-1 ホップステップ							
II-2 フロントホップステップ		17.05 ± 9.87 24.48	17.31 ± 2.56 20.94	18.33 ± 2.51 21.20	19.94		
III-1 ランニングステップ		11.77 ± 4.65 18.86	12.64 ± 2.23 17.09	16.38 ± 4.03 21.26	16.16 ± 2.85 20.44	23.73 ± 5.18 31.09	28.02 ± 7.06 34.81
III-2 サイドステップ		20.01	21.63 ± 8.38 33.38	30.44 ± 2.06 33.87	29.02 ± 13.39 41.93	33.63 ± 8.50 50.03	34.74 ± 8.83 46.88
III-3 フロントクロスステップ	13.39	13.44	20.92 ± 7.57 36.27	26.33 ± 3.77 30.48	23.30 ± 4.67 31.41	30.72 ± 8.54 42.32	31.73 ± 2.04 36.63
III-4 バッククロスステップ					40.04 ± 2.85 42.69		47.39 ± 2.56 50.26

空欄部分は該当者なし、最大値のみの表示は該当者1名

上段：平均値±標準偏差 (m) □ 各年代における最も高い平均値
下段：最大値 (m) ■ 各年代における最大値

年：68.17m, 中学生：58.22m, 高校生：68.69m, 大学生：63.18m, 体育専攻大学生：76.08m)であった。一方、女子では、低学年および高学年がフロントクロスステップ(低学年：13.39m, 高学年：36.27m), 中学年がフロントホップステップ(24.48m), 中学生と大学生がサイドステップ(中学生：33.87m, 大学生：50.03m), 高校生と体育専攻大学生がバッククロスステップ(高校生：42.69m, 体育専攻大学生：50.26m)であった。

4. 考 察

本研究では、小学校1年生から大学生までの男女計427名を対象に、投動作におけるステップの類型化を行ったところ8種類に分類することができた。なお、投動作や投距離はこれまでの先行研究(尾縣・関岡, 1995; 桜井・宮下, 1982; 豊島, 1980)において男女差があることが示されており、本研究においても、すべての学年において投距離に男女差がみられたことから、ステップ動作においても男女差がみられることが考えられるため、男女それぞれの特徴について考察する。

4.1 男子について

男子における学年ごとの基本類型の割合をみると、低学年では、I型が最も多かった(51.6%)。このことは、ステップがみられなかったり、ステップが行われていても、ステップと投動作が分離しており、運動の組み合わせがうまく出来ていないという児童が半数以上いたということである。Meinel, K (1981)は、5歳までには、走と投をスムーズに組み合わせることに成功する子どもはならず、助走が遠投のために役立つような合目的な組み合わせは、6歳ぐらいから個々にみられる程度であると報告している。このことから、I型、特にタイプ1は、最も未熟な動作として設定できると考えられ、実際に投距離の平均値や最大値を見ても他と比べて値が小さかった。また、本研究における低学年の段階(6~8歳)では、ステップを有効に使えていない児童(I型)が半数以上みられたため、この段階においても、投のために役立つような合目的な走+投の組み合わせが未熟な者が多いと考えられる。尾縣・関岡(1995)は、準備動作における脚の動作を4段階で評価し、最も評価が高い「評価4」を「完全なステップ」として設定し、遠投距離も評価1~3に比べて大きく、習熟した準備動作であることを示している。本研究において、この「完全なステップ」に該当するパターンは、サイドステップ、フロントクロスステップ、バッククロスステップであると考えられ、そのパターンに属する者の割合は、低学年38.6%, 中学年54.3%, 高学年66.5%, 中学67.7%, 高校84.0%, 大学88.0%, 体育専攻大学生94.0%であった。小学校高学年と中学生、高校生と大学生は、ほぼ同程度であるが、小学生から高校生、大学生にかけて徐々に割合が増加し

ているため、ステップが習熟していく傾向にあると考えられる。この点に関して、ソフトボール投げの投距離と関連づけてみると、高校と大学では投距離の平均値に統計的に有意な差はみられなかったが、低学年から高校にかけて統計的に有意に向上している。逆にI型の割合は学年の進行にともない減少している。したがって、学年の進行に伴いステップを利用した動作へと習熟していくことが考えられる。ただし、I型からⅢ型までに系統性があるかについては、本研究のデータのみでは判断することはできない。Ⅱ型はタイプ1(ホップステップ), 2(フロントホップステップ)ともに他と比べて割合が低く、特殊なステップである可能性があるため、今後さらに検討していく必要がある。

中学年以降は、Ⅲ型の割合が高くなっているが、その内訳をみるとサイドステップの割合が最も高く、このような傾向は大学生まで続いた。また、低学年において、準備動作の未熟な児童が多いことを述べたが、ノーステップ(51.6%)の次に多いステップは、サイドステップ(32.2%)であった。このことからサイドステップは、小学生から大学生に至るまでの、標準的なステップ動作として位置づけられることが考えられる。加えて、投動作におけるステップは、比較的早い段階で、成人と同等の動作パターンを獲得していることが示唆された。

前述したように、中学年以降は、サイドステップの割合が最も高かったが、高学年以降になるとバッククロスステップの出現率が増加(16.1~24.0%)し、体育専攻大学生になると70.5%と大幅に増加した。荒井・山西(2003)は、バッククロスステップは、上体だけでなく、腰を回転させるために有効なステップであり、高い技能が必要であると述べている。また、投距離の平均値や最大値を見ても、他と比べて大きな値を示している。本研究において、バッククロスステップを利用する者の運動歴をみると、大学生までは、全員がオーバーハンスローを多用する野球やソフトボールの経験者であったことから、長い期間の投運動経験や指導により、獲得される動作である可能性が推察される。

4.2 女子について

女子における学年ごとの出現率をみると、小学生の時期に、多くみられるステップはI型であり、低学年から中学年までは半数以上を占め、高学年においても40%であった。その後、中学年以降、Ⅲ型の割合が大きくなり、その中でもランニングステップおよびフロントクロスステップの割合が大きくなった。ランニングステップについては、高学年以降、体育専攻大学生までの間にそれぞれ16.0~22.2%の範囲内で存在した。フロントクロスステップについては、高学年、中学および高校で最も多かったが、その後の大学生をみるとサイドステップが最も多かった。これらのことから、まず考えられること

は、男子に比べて小学生女児のステップは未熟なものの割合が高く、男子の特徴とは異なる傾向にあるということである。本研究では、小学校以前のデータは持ち合わせていないため、いつ頃から性差が生じるかは言及できないが、投動作の主動作だけでなくステップにおいても、少なくとも低学年の段階から明確な性差がみられ、それは高校生まで続くことが明らかになった。

全体を通して継続的にみられたランニングステップは、上体が投方向に正体し、体幹の捻り動作がみられない（新井・山西，2003）ことから、男子に比べて投方向に対して横向きの構えができてにくい女子（桜井，1999）にとっては、主動作へ移行しやすいステップ動作であった可能性が考えられる。また、小学3年生の男女のステップ動作を調べた新井・山西（2003）の調査でも、女子はほとんどがランニングステップであったが、男子にはみられなかったと報告している。本研究においても男子では中学年で1名（2.2%）みられただけであった。加えて、投距離の平均値と最大値を見ても他のステップと比べて小さかった。このことから、ランニングステップは、女子の未熟なステップ動作の特徴としてとらえることができ、それは小学生から大学生まで継続的にみられる可能性が示された。

次に、高学年、中学、高校で最も多かったフロントクロスステップについて、ランニングステップ、フロントクロスステップ共に左足に対して右足を投方向に出していく（右投げの場合）ステップであり、上体が投げる方向に向いているのがランニングステップで、投げる方向に対して上体が横を向いているのがフロントクロスステップである。図11には、女児（6年生）におけるランニングステップ、フロントクロスステップおよびサイドステップの典型例を示した。それぞれを比較するとサイドステップが最も投げる方向に対して横を向き、上体を後方に捻りながら主動作に移行していることが確認できる。この点については、今後より詳細に検討する必要があるが、男子ではサイドステップの割合が多いことや中学生以降ランニングステップやフロントクロスステップよりサイドステップの方が投距離（平均値および最大値）が大きくなることを考えると、ランニングステップやフロントクロスステップよりもサイドステップの方が、投動作で重要な横向きの構えや上体の捻れ（桜井，2007）を導きやすいと考えられる。したがって、主動作で横向きの構えを作ったり、上体を捻ることに焦点をあてる場合は、ランニングステップやフロントクロスステップは避けるべき準備動作である可能性がある。しかし、この点については、本研究のデータのみでは推論の域を脱することができないので、今後、主動作と関連づけて検討する必要があるだろう。

バッククロスステップについては、高校に2名（8.6%）、体育専攻大学生に3名（16.6%）いたが、いずれもソフ

トボールの経験者であり、投距離の平均値や最大値も大きく、男子と同様に投動作全体がほぼ完成に近い状態にあると考えられる。

今後の課題としては、男女ともにそれぞれの系統性について縦断的に明らかにしていくことが挙げられる。例えば、男子については、サイドステップを経由してからバッククロスステップとなるのか、女子については、ランニングステップやフロントクロスステップ→サイドステップ→バッククロスステップといった系統性があるかについて検討する必要がある。また、前述したようにステップと主動作との関係についても調査する必要があるだろう。

4.3 実践への示唆

男子について、高橋ほか編（2010）では、オーバーハンドスローのステップ動作として、右足を左足の後ろでクロスさせて前に運ぶバッククロスステップ（Ⅲ-4）を推奨している。一方、尾縣ほか（1996）は、特別な投運動経験のない成人女性を対象とした投動作のステップの指導の中で、まずは空中で後足を前足の方に十分に引きつけることを指導し、十分に引きつけられている者には、後足を前足の後方で交差させる指導をしたとしている。本研究の結果から、バッククロスステップは、他と比べて高度なステップであることが考えられるため、第一段階として、小学生から大学生を通して最も出現率の高かったサイドステップ（Ⅲ-2）を小学生の段階から積極的に指導し、その後、児童・生徒の投動作の習熟や運動経験等を考慮した上でバッククロスステップ（Ⅲ-4）を指導の対象にすることが有効であると考えられる。

女子は、男子と比べて主動作で投方向に対して横を向けない傾向があり（桜井，1999）、本研究の結果から、準備動作であるステップの段階からそのような傾向がみられた。したがって、ランニングステップやフロントクロスステップを利用する者は、横を向いた構えができていない可能性が考えられるため、まずはステップを用いず、主動作で横に構える姿勢を作る練習を行い、その後サイドステップを導入することが有効であると考えられる。

その一方で、宮丸（1980）が示した投動作の発達段階を考慮すると、特に低学年などでは、投運動の経験や体力的な要因により、投方向に対して横を向いた状態からの投動作自体が困難な状況も考えられる。福富ほか（2013）は、投動作が未熟な者に対する指導の初期段階では、下肢や体幹の指導よりも上肢を勢いよく振る感覚を身に付けることの重要性を指摘している。したがって、ランニングステップやフロントクロスステップを利用して投げる者に対しては、そのままそれぞれのステップを利用させたうえで、上肢を勢いよく振る感覚を身につかせ、体力的な要因や主動作が習熟してきた段階を見極



図 11 女児におけるランニングステップ（上段）、フロントクロスステップ（中段）、サイドステップ（下段）の比較

めてからサイドステップやバッククロスステップ等を指導していくことも一つの方法であると考えられる。

4.4 本研究の限界

本研究では助走の距離を2mに設定した。その理由として、幅広い年代を対象としているため、それぞれの年代や習熟度にあった適正な助走距離の設定をすることは困難であったためである。したがって、ある程度条件を揃えるために、スポーツテストなどで比較的使用頻度（経験）が多いと考えられる2mといった短い助走距離を設定した。このことから、2m以上の助走距離を利用した場合は、本研究の結果と異なることも予想される。

また、主動作の習熟度や体力に応じたステップがある可能性も考えられるが、今回は、体育授業に還元していくことも視野に入れていたため、まずはそれぞれの学年区分（学習指導要領を参考にした区分）でどのようなステップがみられるのかを調査した。加えて、今回は片手で握れるボールを対象としたため、より大きなボール（片手で握れない）を投げる場合、ステップ動作に影響を及ぼす可能性は否定できない。

したがって、今後は本研究で得られた基礎的な資料を基に、助走距離やボールの大きさを変更した場合および体格や習熟度を考慮したステップ動作について検討していく。

5. 要 約

本研究の目的は、小学生から大学生までのオーバーハンドスローを対象としてステップおよび予備動作の類型化を行い、各年代における特徴および男女差を明らかにすることであった。主な結果は以下の通りである。

- (1) ステップの有無、ステップの仕方に着目して類型化を行ったところ、大きく分ける（基本類型）とステップなし（Ⅰ型）、片足ステップ（Ⅱ型）、両足ステップ（Ⅲ型）に分類でき、さらにそれぞれをタイプ別に分類すると、8種類に分類することができた。
- (2) 男子は、小学校中学年から大学生にかけての典型的なステップはサイドステップであり、小学生の時期から成人（大学生）にかなり近い段階まで習熟していることが明らかになった。
- (3) 女子は、男子と比べて特に小学生の段階でⅠ型の割合が高かった。また、女子の傾向をとらえることができるステップ（ランニングステップ）が小学生から成人にいたるまで継続的に確認でき、そこに属する者の投距離は他のステップと比べて投距離が小さいことが明らかになった。
- (4) バッククロスステップは、男女共に長い期間の運動経験を有するものが身につけているパターンであり、他のステップと比べて、成熟したステップ動作であると考

えられた。加えて、バッククロスステップに属する者の投距離は、他のステップと比べて大きいことから、投動作全体がほぼ完成に近い状態にあると考えられた。

以上のことから、ステップには男女差がみられるため、今後、それぞれの特性を考慮しながらオーバーハンドスローの技能習得のための学習方法や指導方法を立案していく必要がある。

文献

- 赤羽根直樹・澤田 浩・黒岩奈穂子・荻原朋子・高橋健夫 (2008) 投能力向上をめざしたターゲット型教材の開発とその有効性について. スポーツ教育学研究 28 (1) : 25-34.
- 新井利治・山西哲郎 (2003) 小学生の投動作における動きの組み合わせ (走+投) について. 日本体育学会第 54 回大会号, p.522.
- 陳 洋明・池田延行・中山孝晃 (2015) 陸上運動領域における投運動を含めた授業づくりに関する研究: 2 種競技の実践を通して. 陸上競技学会誌, 13 : 33-44.
- 深代千之 (1988) 幼少年期の投げ動作と指導. 体育の科学, 38 (2) : 86-92.
- 福富恵介・春日晃章・内藤 譲 (2013) 満 4 歳を迎える年少児における投動作の指導ポイントの検討: 投能力別の 3 次元動作分析の比較から. スポーツパフォーマンス研究, 5 : 163 -175.
- 細井 誠・岡村泰斗・若吉浩二 (2004) めんこ投げ遊びや紙てっぽう遊びが児童の投動作に及ぼす効果. 奈良教育大学紀要 (自然科学), 53 (2) : 41-50.
- 石田和之 (2014) 子どもの投動作の発達と指導. バイオメカニクス研究, 18 (1) : 18-22.
- 石井喜八 (2001) 「投げる」. 浅見俊雄他 (編) 身体運動学概論. 大修館書店, pp.226 - 249.
- 加藤謙一・添野好正 (2014) 小学生におけるドッジボール投動作の発達に関する研究. 発育発達研究, 60 : 14-23.
- 加藤謙一・館岡雄太・平塚昭仁・林田浩二・阿江通良 (2016) 小学生におけるソフトボール投動作の特徴. 陸上競技研究, 104 (1) : 14-25.
- 國土将平 (2012) 動作の因果関係を考慮した児童のボール投げ動作の評価観点の検討. 発育発達研究, 55 : 1-10.
- Minel, K (1981) マイネルスポーツ運動学. 金子明友訳, 大修館書店, pp.328-336.
- 宮丸凱史 (1980) 投げの動作の発達. 体育の科学, 30 (7) : 464-471.
- 宮崎明世・尾縣 貢 (2009) 高校生の体育授業における走・投能力向上の可能性 - 動作改善に着目して. スポーツ教育学研究, 28 (2) : 11-23.
- 宮崎明世・小林育斗・阿江通良 (2013) 優れた投能力を持つ女子児童の投動作の特徴: 全国小学生陸上競技交流大会ソフトボール投げ出場者の動作分析から. 体育学研究, 58 (1) : 321-330.
- 尾縣 貢・関岡康雄 (1995) 特別な投運動学習経験のない成人女性のオーバーハンドスロー動作の特徴. 体育学研究, 39 (5) : 350-362.
- 尾縣 貢・市村操一 (1995) パス解析を用いたオーバーハンドスロー動作の検討: 成人女性を対象として. 体育学研究, 40 (3) : 170-180.
- 尾縣 貢・関岡康雄・飯田 稔 (1996) 成人女性における投能力向上の可能性. 体育学研究, 41 (1) : 11-22.
- 尾縣 貢・高橋健夫・高本恵美・細越淳二・関岡康雄 (2001) オーバーハンドスロー能力改善のための学習プログラムの作成: 小学校 2・3 年生を対象として. 体育学研究, 46 : 281-294.
- 小笠原重光・岩田 靖・黒岩浩平・三條俊彦 (2007) 中学校体育における陸上競技の教材づくりとその検討 - グループ対抗戦を導入した三種競技の実践 -. 教育実践研究: 信州大学教育学部附属教育実践総合センター紀要, 8 : 83-92.
- 奥野暢通・後藤幸弘・辻野 昭 (1989) 投運動学習の適時期に関する研究: 小・中学生のオーバーハンドスローの練習効果から. スポーツ教育学研究 9 (1) : 23-35.
- 桜井伸二・宮下充正 (1982) 子どもにみられるオーバーハンド投げの発達. Jpn. J. Sports Sci. 1 : 152-156.
- 桜井伸二 (1992) 投げる科学. 大修館書店.
- 桜井伸二 (2007) スポーツバイオメカニクスの現在. 体育科教育, 55 (12) : 24-27
- 高橋健夫・松本格之祐・尾縣 貢・高木英樹 (2010) すべての子どもが必ずできる体育の基本. 学研教育みらい, pp.106-107.
- 高本恵美・出井雄二・尾縣 貢 (2003) 小学生児童における走, 跳, および投動作の発達: 全学年を対象として. スポーツ教育学研究, 23 (1) : 1-15.
- 高本恵美 (2010) 投能力を高めるために - 陸上競技投てき界の将来を担う子どもたちにできること. 陸上競技研究, 82 (3) : 2-7.
- 豊島進太郎 (1980) ボール投げと体幹のひねり. 体育の科学, 30 (7) : 478-482.
- 渡辺靖康・杉山喜一・佐藤 和 (2005) 遠投における助走の有効性 (第一報). 北海道教育大学紀要, 55 : 13-18.

学生短距離選手における 100m 走との比較からみた 200m 走の疾走速度変化

篠原康男¹⁾, 前田正登²⁾

Changes in running speed in the 200-m sprint compared with
the 100-m sprint in college sprinters

Yasuo SHINOHARA¹⁾, Masato MAEDA²⁾

Abstract

In this study, we examined changes in running speed in the 200-m sprint compared with the 100-m sprint. Fourteen male college sprinters ran both 200-m and 100-m sprints under typical sprint race conditions. Four video cameras (60 Hz) were used to record the motion of each sprinter during both sprints. The main results are as follows. 1) In both the 200-m and 100-m sprints, there was a significant correlation between the running time and maximum running speed. For the 200-m sprint, there was a significant correlation between running time and the time difference due to deceleration after maximum speed. Also, for the 200-m sprint, there was a significant correlation between running time and the percent time increase due to deceleration after maximum speed. 2) Maximum running speed was significantly lower in the 200-m sprint than in the 100-m sprint, and the maximum running speed occurred significantly earlier in the 200-m sprint than in the 100-m sprint. The speed endurance phase was about six times longer in the 200-m sprint than in the 100-m sprint. Additionally, the amount of decrease in running speed, the percent running speed decrease relative to maximum running speed, and the duration of deceleration were significantly greater in the 200-m sprint than in the 100-m sprint. However, the percent running speed decrease per second was significantly lower in the 200-m sprint than in the 100-m sprint. 3) No significant relationship was found between the running time of the 200-m sprint for individual runners and the ratio of maximum running speeds in the 200-m and 100-m sprints. Separating the runners into those with a high ratio of maximum running speeds and those with a low ratio of maximum running speed, no differences were found between these groups in any of the following quantities measured for the 200-m sprint: running time, maximum running speed, distance and duration of each phase, and all running speed items. Taken together, these results indicate that running speed endurance affects the running time more strongly in the 200-m sprint than in the 100-m sprint. It is assumed that the runners adjusted their maximum running speed in the 200-m sprint so as to prevent a sharper deceleration than in the 100-m sprint.

キーワード：疾走速度変化, 加速, 疾走, 維持, 最大速度比率

1. 緒 言

陸上競技の短距離走に関する研究は、疾走動作（伊藤ほか, 1998；Nagahara et al., 2014a）や地面反力（福田・伊藤, 2004；Morin et al., 2015；Nagahara et al., 2018；Rabita et al., 2015）、ストライドやピッチ（Nagahara et al., 2014b；内藤ほか, 2013；豊嶋ほか, 2015）、疾走速度変化（阿江ほか, 1994；Slawinski et al., 2017；Volkov and Lapin, 1979）などの観点からより速く走るための知見が報告されている。特に疾走速度変化については、レースにおける疾走速度の最大値（最大疾走速度）が出現した地点や、出現した時刻に関する情報を得ることができるだけでなく、最大疾走速度を基準として、疾走全体を加速疾走局面・全速疾走局面・全速維持局面（または減速局面）の3つの局面（加藤ほか, 2002；Mero et al., 1992；シュモリンスキー, 1982）に分けることができる。これらの情報は、世界や日本の一流競技者のレースがどのようなものであったかを明らかにする上で重要な観点（阿江ほか, 1994；松尾ほか, 2008, 2010）となるだけでなく、多くの競技者にとって、日々のトレーニングや競技力向上のための指針として有用なものであるといえる。しかし、疾走速度変化に関する報告は、100m 走に代表される直走路での走種目に関するものが他の走種目に比べて多い。これは、疾走速度変化の測定にはレーザー速度測定器を用いられることが多いことによるものと考えられる。レーザー速度測定器は、直走路を疾走する選手の位置を時々刻々と測定することができ、疾走速度の変化が連続的に得られることから、選手のレース内容を詳細に検討できる。そのため、100m 走におけるレース

1) 立命館大学共通教育推進機構 Institute for General Education, Ritsumeikan University
〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1

2) 神戸大学大学院人間発達環境学研究科 Kobe University, Graduate School of Human Development and Environment
〒657-8501 兵庫県神戸市灘区鶴甲 3-11

パターンに関しては、目標タイムに対する通過タイムや最大疾走速度の大きさが明らかにされてきた(松尾ほか, 2010)。また、疾走速度変化をもとに算出された瞬間加速度や速度逓減率のデータから、個々人のレース特性や傾向を比較検討することも試みられている(松尾ほか, 2018)。

一方、200m 走については、疾走区間に曲走路が含まれていることで、競技会での測定やデータ収集が困難となり、100m 走に比べて疾走速度変化やレースパターンに関する報告が少ないのが現状である。200m 走のように曲走路での疾走が含まれる種目では、レーザー速度測定器を用いることは困難であり、走路上の特徴的なマークをもとに 10m や 20m, 50m といった一定区間ごとに各区間の平均速度を算出して、疾走速度変化の検討が行われている(沼澤・杉浦, 1994; 土江ほか, 2002, 2010; 高橋ほか, 2012, 2018)。このように算出された区間平均速度では、各地点の通過タイムを用いて速度を算出することから、疾走速度の最大値が出現した地点は出現区間としてしか捉えることができず、疾走速度変化を距離と時間の両方から詳細に検討することができない。

元来、200m 走は 100m 走の 2 倍の距離設定であり、最後まで全力で走りきることが難しく(阿部, 2004)、最大疾走速度をセーブすることで後半の走速度の減少を抑えることが、より高いパフォーマンスを得る方法であるとされている(村瀬ほか, 1978)。貴嶋ほか(2005)は、200m 走の当時の日本記録保持者と高校生の一流短距離選手の 100m 走と 200m 走を比較し、日本記録保持者は 200m 走において、100m 走の最大疾走速度に比較的近い疾走速度を長く維持できたことが好成績を収めた要因の一つであったことを報告している。しかし、貴嶋ほか(2005)の報告のように、100m 走における最大疾走速度を基準に 200m 走の疾走速度変化やレースパターンを検討した研究はほとんどみられない。各選手が到達し得る最大疾走速度が疾走中に出現すると考えられる 100m 走とその最大疾走速度に達しない可能性がある 200m 走の疾走速度変化を比較検討することで、200m 走の競技特性を明らかにし、200m 走のパフォーマンス向上に有益な知見を得ることができるものと考えられる。

本研究では、同一被験者による 200m 走と 100m 走の疾走速度変化を比較し、疾走速度変化の差異およびそれ

らの特性を明らかにすることを目的とした。

2. 方 法

2.1 被験者

被験者は、大学の陸上競技部に所属する男子学生短距離選手 14 名とした(身長: 173.4 ± 4.0 cm, 体重: 63.8 ± 3.8 kg)。また、被験者の 200m 走および 100m 走の公認最高記録について、表 1 に示した。なお、被験者には実験前に研究の目的、実験方法及び測定時の危険性などについて十分に説明を行った後、実験参加の了解を得た。実験は、「神戸大学大学院人間発達環境学研究科における人を直接の対象とする研究に関する規程」に則り行われた。

2.2 実験方法

実験はオールウェザートラックの競技場にて、十分なウォーミングアップの後に実施した。実験試技は、競技会を想定したスターティングブロックからの 200m 走および 100m 走とし、試技数は各 1 本とした。試技を行う際の走路は第 2 レーンとし、1 人ずつ試技を行わせた。試技前には、各被験者が競技会および日常のトレーニングで通常用いているスターティングブロックの配置と同じ位置に設定した。また、疲労の影響が無いように、被験者には試技間に十分な休息を与えた。なお、被験者の発走の合図は日本陸上競技連盟競技会規則第 162 条に準拠(「On your marks」と「Set」)し、発走の合図にスタート信号器(JESTAR, ニシ・スポーツ社製, 以下「JESTAR」とする)を用いた。被験者には発走のスタート音がピストル音とは異なることを説明し、十分に練習して発走の合図に慣れさせた上で実験試技を行わせた。

スタート音が鳴ってから被験者がフィニッシュするまでの疾走の一部始終について、4 台のビデオカメラ(DXC-200A: SONY 社製; 2 台, XC-009: SONY 社製; 2 台)を用いてパニング撮影した(図 1)。撮影速度は 60fps, シャッタースピードは 1/250 秒であった。その際、第 2 レーン外側にリファレンスマークとしてハードルを 5m ごとに設置し、疾走中の被験者とともに撮影した。4 台のビデオカメラは図 1 のように配置し、それぞれトラックから 37.85m 離れた位置に設置した。また、フィニッシュラインの延長線上に Camera 4 を設置し、残り 3 台のカメラを 26.67m の間隔で設置した。なお、200m

表 1 被験者の 200m 走と 100m 走における公認最高記録と試技における疾走タイム

	公認最高記録 (s)		試技における疾走タイム (s)	
	200m 走	100m 走	200m 走	100m 走
全体 (n=14)	22.78 $\pm$ 0.89	11.34 $\pm$ 0.42	23.67 $\pm$ 0.88	11.65 $\pm$ 0.42
最高値	21.41	10.67	22.43	10.95
最低値	23.96	11.80	24.92	12.46

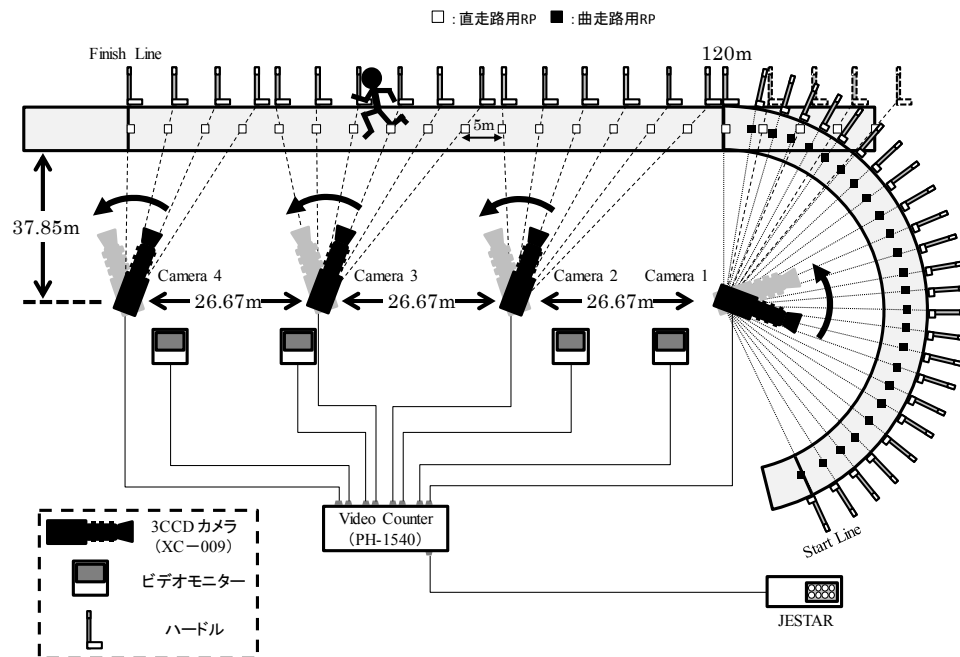


図1 実験構成図

走における各カメラの撮影範囲は、Camera 1が被験者のスタートから120m付近、Camera 2が120m付近から150m付近、Camera 3が150m付近から180m付近、Camera 4が180m付近からフィニッシュライン付近までとした。また、100m走における各カメラの撮影範囲は、Camera 1が被験者のスタートから25m付近、Camera 2が25m付近から50m付近、Camera 3が50m付近から75m付近、Camera 4が75m付近からフィニッシュライン付近までとした。撮影に用いたこれらの4台のカメラはビデオカウンター（PH-1560, DKH社製）によって完全に同期されており、JESTARのスタート信号によってフレームカウンターがリセットされるように接続および設定した。

2.3 分析および算出項目

土江ほか（2002）の方法を参考に、パソコンに取り込んだ映像をもとに、5mごとに設置されているリファレンスマークを疾走中の被験者のトルソーが横切った時間（ビデオに映しこまれたビデオカウンターにより記録）を求め、5mごとの通過タイムを算出した。なお、スタート直後の5m地点においては、発走の合図への反応時間も含めて通過タイムを算出した。その後、各地点の通過タイムを実測値として、Prendergast（2001）の手法により、各被験者がスタートしてからフィニッシュするまでの時間—位置変化および時間—速度変化を数式化した（図2参照）。この手法は、疾走速度変化を時間—速度変化の数式として表すことで、各区間の平均速度ではなく、スタートしてからフィニッシュするまでの連続した速度変化として捉えるものである。図2に示した式①および式②は、それぞれPrendergast（2001）の手法で用いら

れる数式である。この手法は、スタートからの経過時間に伴って疾走速度がどのように変化したのかを2つの指数関数からなる数式①（図2）で表現するものである。数式には、スタートからの経過時間を表す変数である t と4つの定数が含まれており、これらの定数はそれぞれ、 A が最大疾走速度に関する定数、 k が加速に関する定数、 F がレース終盤の減速の大きさに関する定数、そして、 ℓ は減速が始まる時点に関する定数とされている（Prendergast, 2001）。これら A 、 k 、 F 、 ℓ の4つの定数はいずれも未知数であり、個々人または各レースによって異なる。これらの定数については、時間—速度変化を表す数式①を微分した時間—位置変化を表す数式②（図2）に、実測した各地点の通過タイムを当てはめ、最小二乗法によって定数の値を算出することによって求められる。そして、算出された各定数の値を時間—速度変化の数式①に当てはめることで、各レースの疾走速度変化を検討することができる。また、この手法を用いること

$$V(t) = A(1 - e^{-kt}) + F(1 - e^{\ell t}) \quad \dots \textcircled{1}$$

$$S(t) = (A + F)t - (A/k)(1 - e^{-kt}) + (F/\ell)(1 - e^{\ell t}) \quad \dots \textcircled{2}$$

- V : 疾走速度 (m/s)
- t : スタートからの経過時間
- A : 最大疾走速度に関する定数
- e : 自然対数の底
- k : 加速に関する定数
- F : レース終盤の減速の大きさに関する定数
- ℓ : 減速が始まる時点に関する定数
- S : 位置 (m)

(Prendergast, 2001)

図2 時間—位置変化および時間—速度変化の数式と各項目、定数（Prendergast, 2001）

により、最大疾走速度に関する項目の値を、一定の距離区間の平均値ではなく時点や地点の値として示すことが可能となる。さらに、疾走全体を連続する速度変化として捉えることで、最大疾走速度を基準とした局面分けも、一定区間の刻みではなく、細かい時間および距離間隔で分けることも可能となる。なお、疾走区間全体を数式化する手法については、Prendergast (2001) の提案する手法以外にも、Volkov and Lapin (1979) や Morin et al. (2006) の手法も挙げられる。しかし、Prendergast (2001) の提案する手法は先に挙げた数式に比べて、加速と減速をそれぞれ異なる指数関数で表現するだけでなく、加速と減速の指数関数ごとにそれぞれ定数が設けられており（数式①；A, F が相当）、疾走区間全体をより実測値の変化に即して数式化することが可能となっている。以上のことから、本研究では、Prendergast (2001) の提案する手法を用いた疾走速度変化の数式化によって、200m 走と 100m 走の疾走速度変化を詳細に比較検討することができるものと考えた。本研究では、Prendergast (2001) の先行研究で解析例として挙げられている各定数の値を仮の値として最初に式②に代入し、各試技における 5m ごとの通過タイムの実測値を式②に代入して、最小二乗法により各定数の値を求めた。各試技の時間—位置変化を数式化したのち（図 3 上）、算出された 4 つの定数値を式①に代入することで、各試技の時間—速度変化を数式化した（図 3 下）。これらの手続きの後、以下の分析項目を算出した。なお、図 3 にみられるように、実測した時間—位置変化をもとにして数式化（数式②）を行ったが、いずれの被験者および試技においても、疾走区間全体の変化を数式化することができていた。

(1) 疾走タイム (s)

各試技の疾走タイムについて、200m 走であれば $S(t)=200$ となる t の値、100m 走であれば $S(t)=100$ となる t の値を式②により求めた。以下、各試技の疾走タイムについては、「200m 走タイム」および「100m 走タイム」とする。

(2) 最大疾走速度 (m/s) と最大疾走速度出現時刻 (s), 最大疾走速度出現地点 (m)

式①における時間—速度変化において、最大疾走速度が出現した時刻（以下、最大疾走速度出現時刻： $t_{\max}$ とする）は、下記の式③によって表される（Prendergast, 2001）。

$$t_{\max} = (\log_e Ak = -\log_e F\ell) / (\ell + k) \quad \dots \textcircled{3}$$

式③に、各試技の時間—位置変化を数式化する際に求めた A, k, F, ℓ の 4 つの値を代入し、最大疾走速度出現時刻 ($t_{\max}$) を算出した。そして、得られた最大疾走速度出現時刻 ($t_{\max}$) を式①に代入することで最大疾走速度を、式②に代入することで最大疾走速度が出現した地点（以下、最大疾走速度出現地点とする）をそれぞれ算出した。

(3) 各局面の距離 (m) および時間 (s)

本研究では、式①により数式化した各被験者の 200m 走および 100m 走の時間—速度変化を用いて、疾走全体の局面分けを行った。短距離走は、疾走全体を加速疾走局面・全速疾走局面・全速維持局面（または減速局面）の 3 つの局面に大別されることが知られている（加藤ほか, 2002；Mero et al., 1992；シュモリンスキー, 1982）。これらの局面の分け方については、先行研究（伊藤,

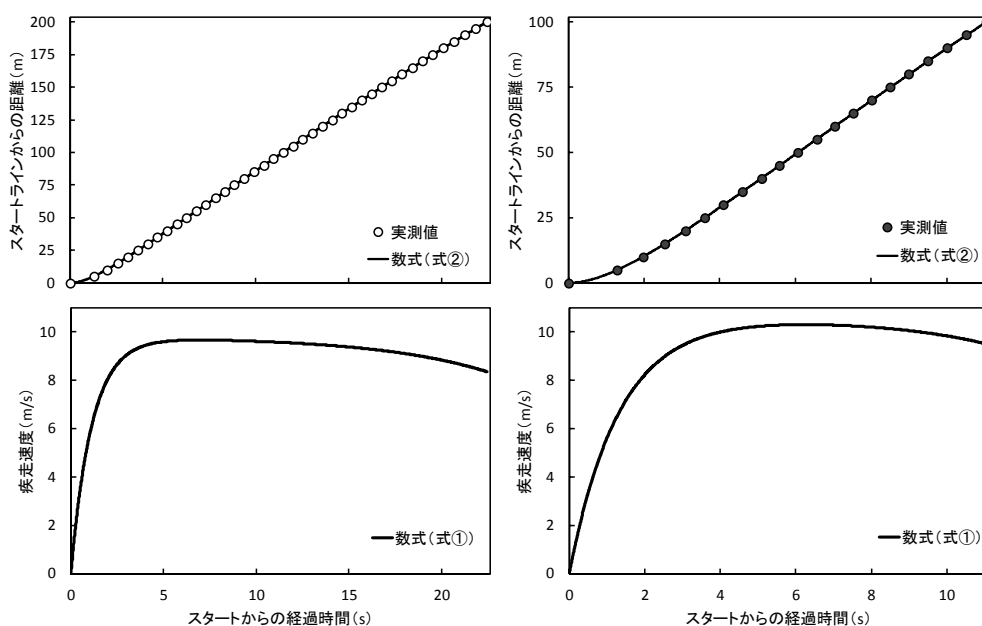


図 3 時間—位置変化と時間—速度変化の数式化の一例（左：200m 走、右：100m 走）

2007；加藤ほか，2002）では最大疾走速度の98％を基準に局面分けがなされており，本研究においても，これらの報告を参考に，スタートから最大疾走速度の98％に到達するまでを加速疾走局面（以下「加速局面」とする），最大疾走速度の98％に到達してから最大疾走速度に至った後，最大疾走速度の98％を下回るまでを最大疾走局面（以下「疾走局面」とする），最大疾走速度の98％を下回ってから200m地点または100m地点に到達するまでを最大疾走速度維持局面（以下「維持局面」とする）として局面を分けた．具体的には，各被験者の200m走および100m走の時間—速度変化（式①）を用いて，スタートから最大疾走速度の98％に到達した時点，および最大疾走速度に至った後で最大疾走速度の98％を下回った時点と求め，各局面に要した時間（以下「加速時間」，「疾走時間」，「維持時間」とする）を算出した（図4b参照）．また，これら2つの時点の時刻を各被験者の200m走および100m走の時間—位置変化（式②）に代入することで，スタートから最大疾走速度の98％に到達した地点，および最大疾走速度に至った後で最大疾走速度の98％を下回った地点と求め，各局面に要した距離（以下「加速距離」，「疾走距離」，「維持距離」とする）を算出した（図4a参照）．

(4) 速度逓減によるタイム差（s），タイム増加率（％）

土江ほか（2010）を参考に，最大疾走速度に達してからフィニッシュするまでの残りの距離（各試技の距離とその試技における最大疾走速度出現地点の差分）において，最大疾走速度に達して以降もフィニッシュするまで最大疾走速度を維持したと仮定したときの推定フィニッシュタイムを算出した．その後，実際の走タイムとの差を算出し，速度逓減によるタイム差とした（図4b参照）．また，個々の選手によって最大疾走速度が異なることから，土江ほか（2010）と同様に，推定フィニッシュタイムに対する実際の走タイムの増加率（それぞれのフィニッシュタイムを用いて疾走全体の平均疾走速度を算出した後，これらの速度差を推定フィニッシュタイムにより算出した疾走全体の平均疾走速度で除す）をタイム増加率として求めた．

(5) 速度逓減量（m/s），速度逓減率（％），速度逓減時間（s），時間あたりの平均速度逓減度（％/s）

式①における時間—速度変化を用いて，フィニッシュ時の疾走速度を求め，最大疾走速度との差分を速度逓減量として算出した．また，速度逓減量を最大疾走速度で除すことによって，速度逓減率を算出した．さらに，最大疾走速度出現時刻からフィニッシュ時まで要した時間を速度逓減時間とし，速度逓減率を速度逓減時間で除すことによって，時間あたりの平均速度逓減度（以下，「平均速度逓減度」とする）を算出した（図4c参照）．

(6) 最大速度比率（％）

100m走における最大疾走速度を基準として，200m

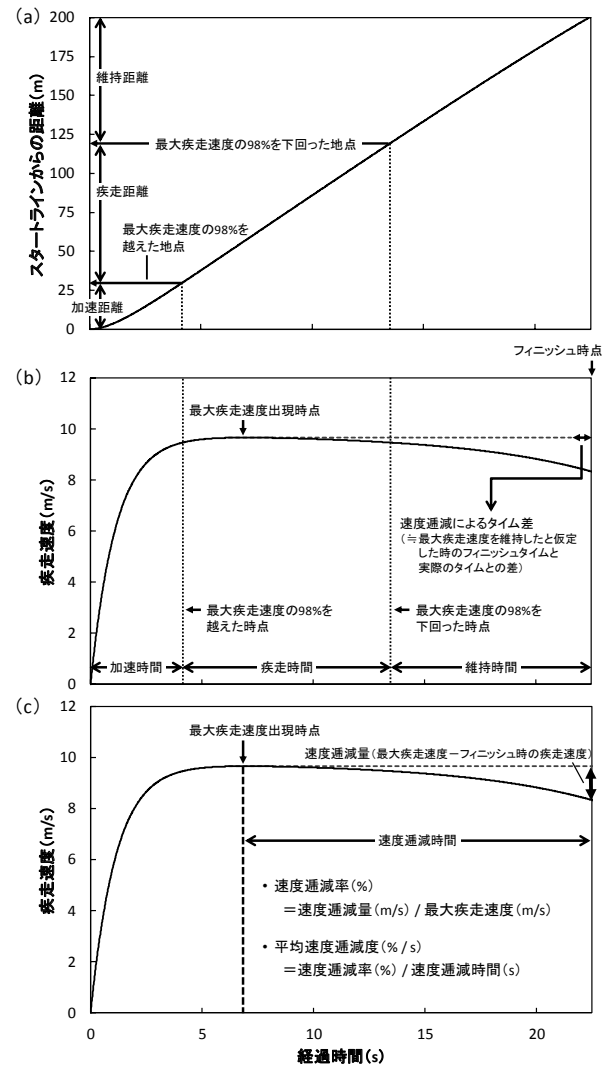


図4 分析項目の説明図

走における最大疾走速度を百分率で算出し，100m走に対する200m走の最大速度比率（以下，「最大速度比率」とする）とした．

2.4 統計処理

各分析項目の値は，試技種別に平均値±標準偏差で示した．各分析項目の200m走および100m走間の分析については，対応のあるt検定を用いた．また，最大速度比率の大きさと200m走における疾走速度変化の関係を検討する際には，最大速度比率の平均値を基準として，最大速度比率がそれらの平均値よりも高い（200m走における最大疾走速度の値が100m走における最大疾走速度の値に近い）選手群を「速度比率高」群，最大速度比率が平均値よりも低い（200m走における最大疾走速度の値が100m走における最大疾走速度の値から離れている）選手群を「速度比率低」群の2群に分け，対応のないt検定を用いて比較した．さらに，分析項目間の関係を検討する際には，Pearsonの積率相関係数を用いて検討した．すべての検定の有意水準は5%未満とした．

3. 結 果

表1に被験者の200m走と100m走の試技における疾走タイムを示す。200m走の疾走タイムは 23.67 ± 0.88 sで、その範囲は22.43 ~ 24.92 sであった。また、100m走の疾走タイムは 11.65 ± 0.42 sで、その範囲は10.95 ~ 12.46 sであった。

図5に200m走と100m走における疾走タイムと最大疾走速度、速度逡減によるタイム差、タイム増加率の関係を示す。200m走において、200m走タイムと最大疾走速度、速度逡減によるタイム差、タイム増加率の間にはいずれも有意な相関関係が認められた(最大疾走速度： $r = -0.987$, $p < 0.01$; 速度逡減によるタイム差： $r = 0.850$, $p < 0.01$; タイム増加率： $r = 0.786$, $p < 0.01$)。100m走では、

100m走タイムと最大疾走速度との間に有意な負の相関関係が認められたが($r = -0.975$, $p < 0.01$)、速度逡減によるタイム差およびタイム増加率との間には有意な相関関係は認められなかった。

表2に200m走と100m走における疾走速度変化に関する各変量を比較した結果を示す。200m走は100m走に比べて、最大疾走速度が有意に小さかった($p < 0.01$)。また、200m走における最大疾走速度出現時刻および出現地点は、100m走に比べて、スタートして以降どちらにも有意に早期に出現していた(最大疾走速度出現時刻： $p < 0.01$; 最大疾走速度出現地点： $p < 0.01$)。各局面の時間については、200m走は100m走に比べて、加速時間が有意に短く($p < 0.01$)、疾走時間が有意に長く($p < 0.01$)、維持時間が長かった($p < 0.01$)。各局面の距離について

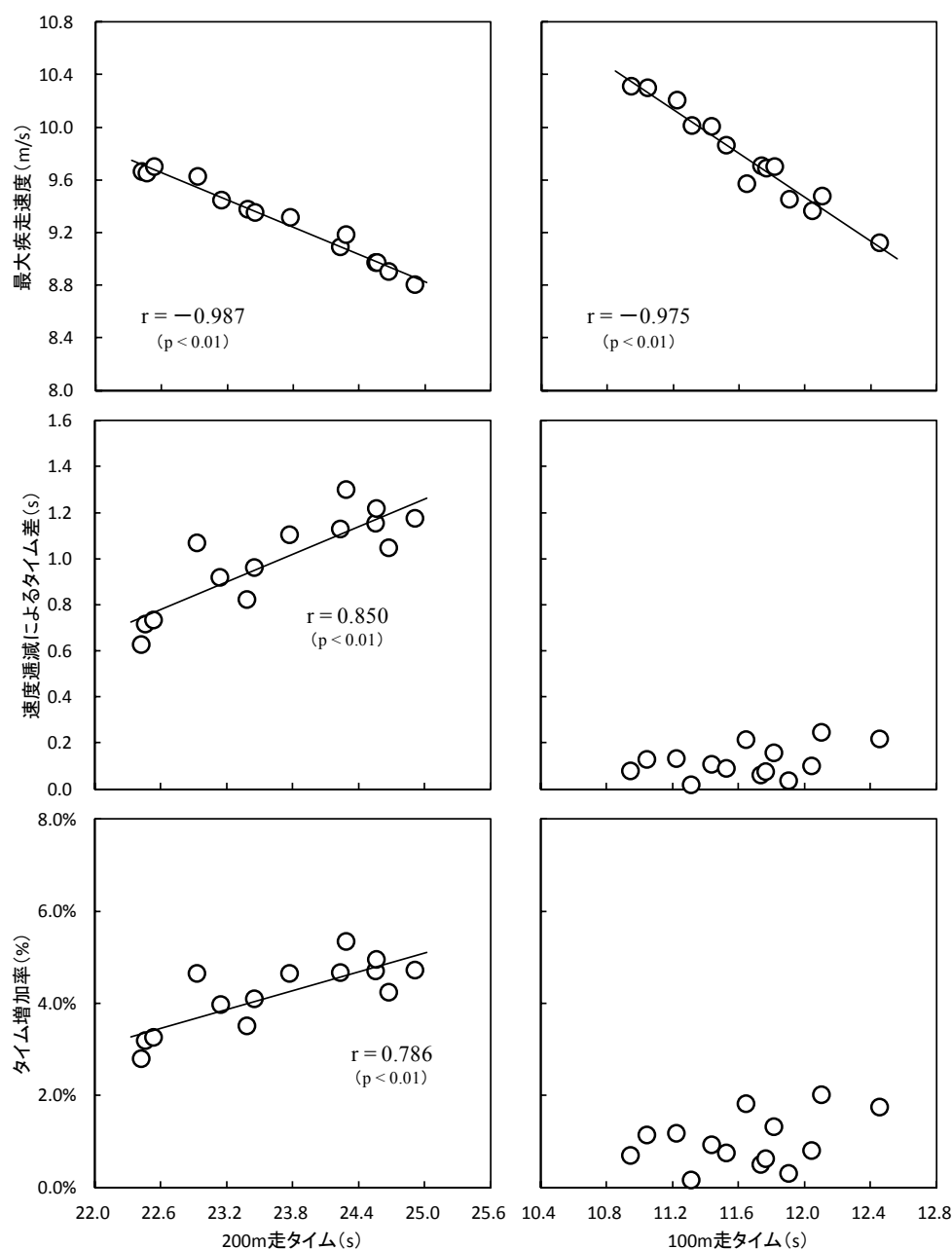


図5 200m走と100m走における疾走タイムと最大疾走速度、速度逡減によるタイム差、タイム増加率の関係

表2 200m走と100m走における疾走速度変化に関する各変量の比較

	200m 走	100m 走	比較
最大疾走速度 (m/s)	9.28 ± 0.31	9.77 ± 0.36	200 < 100 **
最大疾走速度出現時刻 (s)	6.17 ± 0.46	6.87 ± 1.00	200 < 100 **
最大疾走速度出現地点 (m)	47.00 ± 4.64	54.63 ± 9.67	200 < 100 **
加速時間 (s)	4.03 ± 0.24	4.59 ± 0.39	200 < 100 **
疾走時間 (s)	6.68 ± 1.15	5.00 ± 0.76	200 > 100 **
維持時間 (s)	12.96 ± 1.77	2.21 ± 1.01	200 > 100 **
加速距離 (m)	27.17 ± 2.02	32.49 ± 3.28	200 < 100 **
疾走距離 (m)	61.63 ± 11.53	48.51 ± 7.46	200 > 100 **
維持距離 (m)	111.20 ± 12.72	20.46 ± 8.82	200 > 100 **
速度逡減量 (m/s)	1.27 ± 0.18	0.62 ± 0.28	200 > 100 **
速度逡減率 (%)	13.70 ± 2.20	6.38 ± 2.94	200 > 100 **
速度逡減時間 (s)	17.50 ± 1.11	4.78 ± 1.12	200 > 100 **
平均速度逡減度 (%/s)	0.78 ± 0.12	1.28 ± 0.41	200 < 100 **

** : p<0.01

は、200m走は100m走に比べて、加速距離が有意に短く ($p<0.01$)、疾走距離が有意に長く ($p<0.01$)、維持距離が長かった ($p<0.01$)。速度逡減量および速度逡減率は、200m走の方が100m走に比べて、どちらも有意に大きかった ($p<0.01$)。また、速度逡減時間は200m走の方が100m走に比べて長かったが ($p<0.01$)、平均速度逡減度は100m走の方が200m走に比べて、有意に大きかった ($p<0.01$)。

図6に200m走と100m走における最大疾走速度の関係を示す。200m走における最大疾走速度と100m走における最大疾走速度の間には有意な正の相関関係が認められた ($r=0.944$, $p<0.01$)。

図7に最大速度比率と200m走タイムの関係を示す。最大速度比率と200m走タイムの間には有意な相関関係は認められなかった。本研究で対象とした選手の最大速

度比率は93.62%から96.83%の範囲であり、平均値は $95.09 \pm 1.19\%$ であった。

表3に最大速度比率の異なる選手群における200m走の疾走速度変化に関する各変量を比較した結果を示す。最大速度比率は速度比率高群と速度比率低群とで有意な差が認められたが ($p<0.01$)、その他の項目については、速度比率高群と速度比率低群の間に有意な差は認められなかった。

4. 考 察

4.1 同一選手の200m走と100m走の疾走速度変化の比較とその特性

図5より、200m走と100m走ともに疾走タイムと最大疾走速度の間には有意な負の相関関係が認められた (200m走 : $r = -0.987$, $p<0.01$; 100m走 : $r = -0.975$,

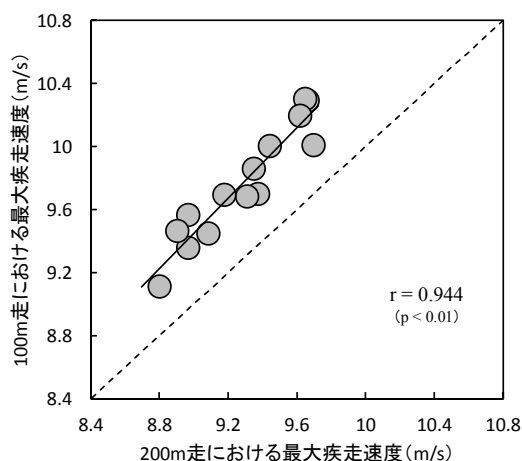


図6 200m走と100m走における最大疾走速度の関係

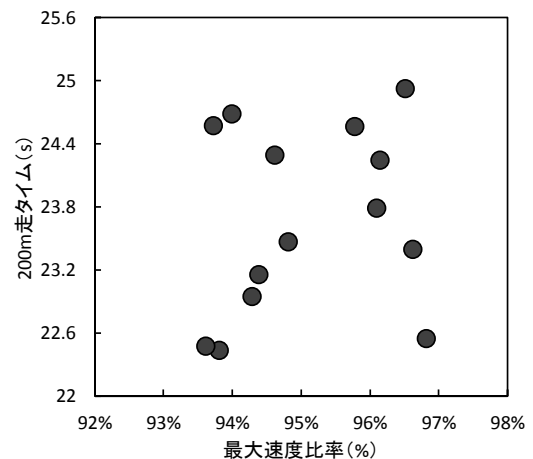


図7 最大速度比率と200m走タイムの関係

表 3 最大速度比率の異なる選手群における 200m 走の疾走速度変化に関する各変量の比較

	速度比率高群 (n=8)	速度比率低群 (n=6)	比較
最大速度比率 (%)	96.33 ± 0.39	94.16 ± 0.44	比率高 > 比率低**
200m 走タイム (s)	23.91 ± 0.86	23.50 ± 0.91	n.s.
最大疾走速度 (m/s)	9.20 ± 0.32	9.34 ± 0.30	n.s.
最大疾走速度出現時刻 (s)	6.24 ± 0.46	6.12 ± 0.49	n.s.
最大疾走速度出現地点 (m)	47.01 ± 4.69	46.99 ± 4.93	n.s.
加速時間 (s)	4.10 ± 0.28	3.98 ± 0.21	n.s.
疾走時間 (s)	6.61 ± 0.82	6.73 ± 1.40	n.s.
維持時間 (s)	13.19 ± 1.47	12.79 ± 2.04	n.s.
加速距離 (m)	27.42 ± 2.66	26.99 ± 1.55	n.s.
疾走距離 (m)	60.36 ± 7.87	62.58 ± 14.44	n.s.
維持距離 (m)	112.22 ± 9.61	110.43 ± 15.27	n.s.
速度逡減によるタイム差 (s)	1.02 ± 0.19	0.98 ± 0.23	n.s.
タイム増加率 (%)	4.23 ± 0.68	4.14 ± 0.86	n.s.
速度逡減量 (m/s)	1.27 ± 0.26	1.26 ± 0.12	n.s.
速度逡減率 (%)	13.90 ± 3.04	13.55 ± 1.54	n.s.
速度逡減時間 (s)	17.67 ± 1.19	17.37 ± 1.11	n.s.
平均速度逡減度 (% /s)	0.79 ± 0.16	0.78 ± 0.09	n.s.

** : p<0.01, n.s. : no significant

p<0.01). このことから, 200m 走と 100m 走ともに疾走タイムが速い者ほど高い最大疾走速度で疾走していたといえる. 先行研究をみても, 200m 走と 100m 走ともに疾走タイムが速いほど最大疾走速度は大きいことが明らかになっている (松尾ほか, 2008, 2010; 土江ほか, 2002, 2010). 本研究の結果は先行研究と合致するものであり, 200m 走のパフォーマンスには, レース中の最大疾走速度が重要となるといえる.

一方, 200m 走は 100m 走に比べて最大疾走速度が有意に低かった (表 2). 貴嶋ほか (2005) は同一選手による 200m 走と 100m 走を比較して, 100m 走を基準とすると, 200m 走における最大疾走速度は日本記録保持者で 95%, 高校生スプリンターで 90% であったことを報告している. また, 2007 年に開催された世界選手権において 100m 走と 200m 走の両種目で優勝したタイソン・ゲイ選手の 200m 走の最大疾走速度は, 100m 走の最大疾走速度の 98% (200m 走: 11.65m/s, 100m 走: 11.83m/s) であり (土江ほか, 2010; Matsuo et al., 2009), 200m 走の最大疾走速度が 100m 走のそれを上回ってはいない. このことは, 図 6 の 200m 走と 100m 走の最大疾走速度の関係からもわかる. 図 6 のグラフ中にある破線は, 200m 走と 100m 走の最大疾走速度が同値である場合を示しており, すべての点は破線よりも上側に集まっていた. これは, いずれの被験者においても, 200m 走における最大疾走速度が 100m 走における最大

疾走速度より低かったことを示している. また, 最大疾走速度が出現した時刻および地点では, 200m 走の方が 100m 走に比べて, 有意に早期に出現していた. さらに, 加速時間および加速距離はいずれも, 200m 走の方が 100m 走に比べて有意に短かった (表 2). これらの結果から, 200m 走では各選手が到達可能である最大疾走速度に達することなく, それよりも低い速度までで加速を終え, 疾走しているものと推察される. 言い換えれば, 200m 走と 100m 走で加速の立ち上がりを大きく変えていたのではなく, 200m 走においてどこまで高い疾走速度に達するかを選手は調整していたものと推察される.

200m 走は 100m 走に比べて最後まで全力で走りきることが難しく (阿部, 2004), 200m 走のより高いパフォーマンスのためには, 最大疾走速度を抑えて後半の疾走速度の減少を最小限にとどめること (村瀬ほか, 1978) や, ペース配分を考えて大きく減速しないこと (土江, 2011) が重要といわれている. 本研究においても, 200m 走の速度逡減量および速度逡減率は 100m 走に比べて有意に大きく (表 2), 200m 走タイムと速度逡減によるタイム差およびタイム増加率との間には有意な正の相関関係が認められていた (速度逡減によるタイム差: $r=0.850$, $p<0.01$; タイム増加率: $r=0.786$, $p<0.01$; 図 5). これらの結果は, 100m 走に比べて 200m 走では, 最大疾走速度に到達して以降フィニッシュ地点まで, 大きく

減速することなく疾走することが重要であることを示している。一方で、200m 走における維持局面の時間および距離は疾走全体の半分以上を占めており、100m 走に比べて約 6 倍であった（表 2）。また、最大疾走速度に達して以降フィニッシュするまでの走行距離および時間（速度逓減時間）も 200m 走の方が 100m 走に比べて有意に長かった（表 2）。加速距離および加速時間の結果と合わせて考えると、疾走全体に対する局面構成は 200m 走と 100m 走で大きく異なり、疾走速度が逓減する局面の割合が疾走全体に対して大きいことから、200m 走の速度逓減量および速度逓減率は 100m 走に比べて大きかったものと推察される。しかし、速度逓減率を速度逓減時間で除すことによって算出した、時間あたりの平均速度逓減度をみると、200m 走の方が 100m 走に比べて有意に値が小さかった（表 2）。これは、100m 走に比べて、速度逓減時間が長いにも関わらず、時間あたりの疾走速度の低下が緩やかであったことを意味している。仮に 100m 走と 200m 走の時間あたりの疾走速度の低下が同じであれば、200m 走は速度逓減時間が長い分、より大きく減速することになる。この結果は、選手は 200m 走において、100m 走とは異なるペース配分で走っていることを示すものである。最大疾走速度に関する結果も踏まえると、200m 走においては、選手は大きな疾走速度の低下を生じさせないように自身が到達し得る最大疾走速度を調節しているものと推察される。また、200m 走における疾走局面の距離および時間は、いずれも 100m 走に比べて有意に長かった（表 2）。このことから、選手は 200m 走において、200m を走りきるために自身が到達し得る最大疾走速度を調節して、最大疾走速度に近い疾走速度で走る距離と時間（疾走距離および疾走時間）も長くしつつ、大きな疾走速度の低下を生じさせないように走っていたものと推察される。

これらのことには、200m 走の前半区間（0～120m）が曲走路となっていることも少なからず影響しているものと推察される。曲走路と直走路の 100m 走における疾走速度変化を比較した大沼ほか（2016）の報告によると、曲走路での 100m 走の方が直走路に比べて、20m 区間以降で有意に疾走速度が低く、最大疾走速度も有意に低かったことが明らかとなっている。このことに関して、曲走路での疾走では左右方向への力積が増大し（Ohnuma et al., 2018）、曲走路における疾走速度の低下に影響を及ぼすといわれている（Tukuafu and Hunter, 2010）。また、大沼ほか（2016）は、曲走路での 100m 走では直走路に比べて 100m 走後半の速度低下が低かったことを報告しており、その要因として、左右方向への力積の発揮により最大疾走速度が低下し、最大下の速度での走行となっていたことを挙げている。本研究においても、曲走路が含まれる 200m 走では直走路のみの 100m 走に比べて、最大疾走速度が低く、加速局面の距離および時間が短く、

疾走後半における時間あたりの疾走速度の低下は緩やかであった（表 2）。大沼ほか（2016）の報告は曲走路と直走路での 100m 走の比較であり、本研究と同等に比較することはできないが、200m 走の疾走速度変化の特性には、疾走する距離の違いに伴うペース配分だけでなく、疾走区間の前半で曲走路を疾走することも少なからず影響している可能性が考えられる。ただし本研究の結果からは、疾走区間が曲走路であることと疾走する距離の違いのどちらがより影響しているかは判断できない。200m 走の疾走速度変化や最大速度比率にみられるペース配分は、疾走区間の前半が曲走路であることの影響も含めて、200m を走りきるための各選手の方略とみることもできるであろう。

4.2 最大速度比率にみる 200m 走のパフォーマンス

図 5 より、200m 走のパフォーマンスを向上させるには 200m 疾走中に達する最大疾走速度を大きくする必要がある。また、200m 走の最大疾走速度が高い者は 100m 走においても最大疾走速度が高かったことから（図 6）、200m 走のパフォーマンスを高めるには、選手自身が出し得る最大疾走速度を高めることが重要となるといえる。しかし前節で述べたように、200m 走では 100m 走に比べて疾走速度に大きな減速が生じないように、200m 走での最大疾走速度は自身が出し得る最大疾走速度を調節して疾走しているものと推察される。したがって、200m 走において最大疾走速度をどの程度にまで上げるかの出力を調節する度合いは、パフォーマンスに少なからず影響するものと予想される。しかし、最大速度比率は 200m 走タイムとの間に有意な相関関係が認められず（図 7）、最大速度比率が異なる選手間で 200m 走の疾走速度変化を比較した結果でも、いずれの変量も群間で有意な差が認められなかった（表 3）。これらのことは、最大速度比率の大きさが異なる選手間で、200m 走における走タイムや最大疾走速度、疾走全体の局面構成、速度逓減の大きさが大きく異なるわけではないことを示している。表 2 の平均速度逓減度の結果を踏まえると、本研究で対象とした学生短距離選手は 100m 走での速度逓減と比べて、自身の 200m 走では速度逓減が緩やかとなるように、200m 走での最大疾走速度を個々に調節していたと考えられる。ただ、100m 走での平均速度逓減度の標準偏差は 200m 走に比べて値が大きく、変動係数も 100m 走（0.32）の方が 200m 走（0.15）よりも大きかったことから、100m 走での速度逓減は選手間でばらつきがあるものと推察される。そのため、自身の 100m 走を基準として 200m 走で速度逓減を緩やかにするための最大速度比率は、個々の選手によって異なっていた可能性が考えられる。その結果、最大速度比率の異なる被験者間で疾走全体の内容に大きな差異がみられなかったものと推察される。このことは、個々の選手とし

ては、最大速度比率、つまり、レースの戦略を変えることで、現在の疾走能力のままで200m走のパフォーマンスを改善できる可能性が残されているものと示唆できる。

今後は、個々の選手の100m走での最大疾走速度や速度逓減を踏まえた上で、選手個人内で最大速度比率を変えた際の走パフォーマンスおよび疾走全体の局面構成への影響やそれらの関係を検討する必要がある。また、本研究で対象とした選手の200m走の自己記録は 22.78 ± 0.89 秒、100m走の自己記録は 11.34 ± 0.42 秒であり、200m走を疾走中の最大疾走速度としては、先行研究（土江ほか、2002, 2010）で報告されている値と比べて低かった。そのため、本研究で対象とした学生男子短距離選手よりも競技レベルの高い一流短距離選手を対象にして、最大速度比率と疾走速度変化との関係をさらに検討する必要もあろう。そして、これらの検討を積み重ねることで、200m走のパフォーマンスをより高めるためのレース戦略の解明につながるものと考えられる。

5. まとめ

本研究の目的は、学生短距離選手における200m走および100m走について、同一被験者による200m走と100m走の疾走速度変化を比較し、疾走速度変化の差異およびそれらの特性を明らかにすることであった。本研究で得られた結果を以下にまとめる。

- 1) 200m走と100m走ともに走タイムと最大疾走速度の間には有意な負の相関関係が認められ、走タイムが速い者ほど最大疾走速度は高かった。また、200m走タイムと速度逓減によるタイム差およびタイム増加率との間には有意な正の相関関係が認められ、200m走タイムが速いほど速度逓減によるタイム差およびタイム増加率は小さかった。
- 2) 200m走は100m走に比べて最大疾走速度が有意に低く、最大疾走速度出現時刻および出現地点も有意に早期に出現していた。また、200m走は100m走に比べて、維持局面が約6倍長く、速度逓減量および速度逓減率、速度逓減時間も有意に長かったが、平均速度逓減度は有意に小さかった。
- 3) 100m走に対する200m走での最大疾走速度の比率（最大速度比率）と200m走タイムとの間には有意な相関関係は認められず、最大速度比率が異なる選手間で200m走における走タイムや最大疾走速度、疾走全体の局面構成、速度逓減に有意な差は認められなかった。

以上の結果から、200m走では、100m走よりも疾走速度が逓減する局面の割合が疾走全体に対して大きく、疾走速度の維持に関する能力が疾走タイムに対して大きく影響することが明らかとなった。また、選手は200mを走りきるために自身が到達し得る最大疾走速度を調節

して、最大疾走速度に近い疾走速度で走る距離と時間を長くしつつ、大きな疾走速度の低下を生じさせないように走っていたものと考えられた。したがって、200m走のパフォーマンス向上には、自身の100m走での最大疾走速度と速度逓減を踏まえた上で、最大疾走速度をどの程度発揮するかといったレース戦略を検討することが重要であると考えられた。

文 献

- 阿部征次（2004）改訂版スプリント・トレーニング・マニュアル（第1版）．ベースボール・マガジン社：東京，pp.176-178.
- 阿江通良・鈴木美紗緒・宮西智久・岡田英孝・平野敬靖（1994）世界一流スプリンターの100mレースパターンの分析—男子を中心に—，世界一流競技者の技術．第3回世界陸上競技選手権大会バイオメカニクス班報告書．日本陸上競技連盟強化本部バイオメカニクス班編．ベースボール・マガジン社：東京，pp.14-28.
- 福田厚治・伊藤 章（2004）最高疾走速度と接地期の身体重心の水平速度の減速・加速：接地による減速を減らすことで最高疾走速度は高められるか．体育学研究，49：29-39.
- 伊藤 章・市川博啓・斉藤昌久・佐川和則・伊藤道郎・小林寛道（1998）100m中間疾走局面における疾走動作と速度との関係．体育学研究，43：260-273.
- 伊藤 宏（2007）小学高学年の望ましい短距離疾走距離についての研究．スプリント研究，17：32-40.
- 加藤謙一・佐藤里枝・内原登志子・杉田正明・小林寛道・岡野 進（2002）小学生スプリンターにおける短距離走の適正距離の検討．体育学研究，47：231-241.
- 貴嶋孝太・福田厚治・伊藤 章（2005）末續慎吾選手の200m走の特徴．陸上競技学会誌，3：10-14.
- 松尾彰文・広川龍太郎・柳谷登志雄・松林武生・高橋恭平・小林 海・杉田正明（2018）2017シーズンにおける男女100mのレース分析および瞬間速度と瞬間加速度．陸上競技研究紀要，13：154-164.
- 松尾彰文・広川龍太郎・柳谷登志雄・杉田正明（2010）2009年シーズンにおける直走路種目のスピードとストライドの分析．陸上競技研究紀要，6：63-71.
- 松尾彰文・広川龍太郎・柳谷登志雄・土江寛裕・杉田正明（2008）男女100mレースのスピード変化．バイオメカニクス研究，12（2）：74-83.
- Matsuo, A., Tsuchie, H., Yanagiya, T., Hirokawa, R., Sugita, M., Ae, M. (2009) Analysis of speed patterns in 100-m sprints. 陸上競技研究紀要，5：97-101.
- Mero, A., Komi, P.V., Gregor, R.J. (1992) Biomechanics of sprint running. Sports Medicine，13（6）：376-392.
- Morin, J. B., Jeannin, T., Chevallier, B., Belli, A. (2006) Spring-mass model characteristics during sprint running:

- Correlation with performance and fatigue-induced changes. *International Journal of Sports Medicine*, 27: 158-165.
- Morin, J. B., Slawinski, J., Dorel, S., Sàez-de-Villarreal, E., Couturier, A., Samozino, P., Brugherelli, M., Rabita, G. (2015) Acceleration capability in elite sprinters and ground impulse: Push more, brakeless? *Journal of Biomechanics*, 48: 3149-3154.
- 村瀬 豊・安田矩明・蘇 文和・池上康男 (1978) Sprint Running のスピード変化に関する研究. *体育の科学*, 28 (1) : 42-47.
- 内藤 景・苅山 靖・宮代賢治・山元康平・尾縣 貢・谷川 聡 (2013) 短距離走競技者のステップタイプに応じた 100m レース中の加速局面の疾走動態. *体育学研究*, 58 : 523-538.
- Nagahara, R., Matsubayashi, T., Matsuo, A., Zushi, K. (2014a) Kinematics of transition during human accelerated sprinting. *Biology Open*, 3: 689-699.
- Nagahara, R., Mizutani, M., Matsuo, A., Kanehisa, H., Fukunaga, T. (2018) Step-to-step spatiotemporal variables and ground reaction forces of intra-individual fastest sprinting in a single session. *Journal of Sports Sciences*, 36 (12) : 1392-1401.
- Nagahara, R., Naito, H., Morin, J. B., Zushi, K. (2014b) Association of acceleration with spatiotemporal variables in maximal sprinting. *International Journal of Sports Medicine*, 35: 755-761.
- 沼澤秀雄・杉浦雄策 (1994) 200m, 400m レースの時間分析, *世界一流競技者の技術* : 50-56.
- 大沼勇人・立 正伸・熊野陽人・平野裕一 (2016) 直走路と曲走路における 100m 走の疾走速度とステップ頻度およびステップ長の差異. *陸上競技学会誌*, 14 : 33-40.
- Ohnuma, H., Tachi, M., Kumano, A., Hirano, Y. (2018) How to maintain maximal straight path running speed on a curved path in sprint events. *Journal of Human Kinetics*, 62: 23-31.
- Prendergast K. (2001) A mathematical model of the 100m and what it means. *New Studies in Athletics*, 16 (3) : 31-36.
- Rabita, G., Dorel, S., Slawinski, J., Sàez-de-Villarreal, E., Couturier, A., Samozino, P., Morin, J. B. (2015) Sprint mechanics in world-class athletes: a new insight into the limits of human locomotion. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 25 (5) : 583-594.
- Slawinski, J., Termoz, N., Rabita, G., Guilhem, G., Dorel, S., Morin, J. B., Samozino, P. (2017) How 100-m event analyses improve our understanding of world-class men's and women's sprint performance. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 27 (1) : 45-54.
- シュモリンスキー編 : 成田十次郎・関岡康雄訳 (1982) ドイツ民主共和国の陸上競技教程. ベースボール・マガジン社 : 東京, pp.145-153.
- 高橋恭平・広川龍太郎・小林 海・大沼勇人・松林武生・松尾彰文・山中 亮・渡辺圭佑 (2018) 2017 年シーズンにおける 200m 走パフォーマンス分析. *陸上競技研究紀要*, 13 : 165-173.
- 高橋恭平・松尾彰文・広川龍太郎・柳谷登志雄・貴嶋孝太・松林武生・山本真帆・綿谷貴志・渡辺圭佑 (2012) 2011 年世界および日本トップスプリンターの 200m における走パフォーマンス分析. *陸上競技研究紀要*, 8 : 25-34.
- 豊嶋陵司・田内健二・遠藤俊典・磯 繁雄・桜井伸二 (2015) スプリント走におけるピッチおよびストライドの個人内変動に影響を与えるバイオメカニクスの要因. *体育学研究*, 60 : 197-208.
- 土江寛裕 (2011) 陸上競技入門ブック 短距離・リレー. ベースボール・マガジン社 : 東京, pp.48-49.
- 土江寛裕・小林 海・持田 尚・杉田正明・柳谷登志雄・広川龍太郎・松尾彰文 (2010) 世界選手権 Osaka2007 における男子 200m の走速度およびピッチ・ストライドの分析. *陸上競技研究紀要*, 6 : 72-84.
- 土江寛裕・中川博文・矢澤 誠・佐々木秀幸 (2002) 200m 競走における 10m 毎の疾走速度とピッチ, ストライド変化. *陸上競技紀要*, 15 : 30-38.
- Tukuafu, J. and Hunter, I. (2010) The effects of indoor track curve radius on sprint speed and ground reaction forces. *Conference Proceedings of the Annual Meeting of the American Society of Biomechanics*: 936-937.
- Volkov, N. I. and Lapin, V. I. (1979) Analysis of the velocity curve in sprint running. *Medicine and Science in Sports*, 11 (4) : 332-337.

110m ハードル走におけるパフォーマンス変動の要因分析

—支持および滞空時間に着目して—

大橋祐二¹⁾, 宮代賢治²⁾, 吉田孝久³⁾

The analysis of factors changing the performance in the 110 m hurdles
: Focusing on support and airborne time

Yuji OHASHI¹⁾, Kenji MIYASHIRO²⁾, Takahisa YOSHIDA³⁾

Abstract

The purpose of this study is to clarify the factors that determine performance by analyzing the races which showed various performances. One Japanese elite 110 m hurdler (personal best: 13.55 s) participated in this study. Thirty-five races were recorded by two or three high speed video cameras at a sampling rate of 299.7 Hz. The time and average running speed between hurdles, support and airborne time, and step frequency were calculated. The main results were as follows. In the high performance races, the time between the 2nd and 3rd hurdle was shorter than the 1st and 2nd hurdle by shortening the support time of the 1st step and the airborne time of the 2nd, 3rd, and 4th steps. In addition, the step frequency of each 2nd step between the 2nd and 10th hurdle was high, and the step frequency of each 4th step between all hurdles was also high by shortening the airborne time.

キーワード：タッチダウンタイム, 区間タイム, 支持時間, 滞空時間, ピッチ

1. 緒 言

110m ハードル走 (以下, 110mH 走) では, スタートラインから 1 台目のハードルまでが 13.72m, その後 10 台目までのハードル間が 9.14m と等間隔に設置されていることから, ハードルの着地瞬間を捉えたタッチダウン (以下, TD) タイムを中心としたレース分析が多く行われてきた (貴嶋ほか, 2013). また, 宮下 (1993) や宮代ほか (2013) は, 多くのレース分析からモデル TD タイムの作成を試みている. これらの研究により, パフォーマンスの高い選手のレースパターンは明らかになり, 目標とすべき TD タイムも示され, トレーニングに活用されている. 一方, 競技者の TD タイムの個人内

変動に関する研究は, 事例報告がわずかにみられる程度である (一川ほか, 2002; 貴嶋ほか, 2013). 貴嶋ほか (2013) は, 2011 年 4 月から 2013 年 6 月までに国内で開催された 110mH 走について, 国内一流 110mH 走選手 5 名を対象にレース分析を実施している. その結果, 年次記録の変化にはインターバルランタイムの変化が寄与したことを示す選手が多かったことを報告している. しかし, 各個人の分析レース数は多くても 15 レースであり, 一個人のレースをより多く分析することで, 新たな知見を得られる可能性がある.

近年, 安価なハイスピードカメラの出現により, 100m 走の分析では簡易的な測定でストライドとピッチの算出が可能になっている (土江, 2017). 110mH 走のレース分析に目を向けると, 上述した貴嶋ほか (2013) や宮代ほか (2013) の分析はハイスピードカメラを用いて行われているものの, ハードル間の各ステップの支持および滞空時間にまでは言及していない. その理由として, 多くの分析対象者を用いた研究では, 高いパフォーマンスを発揮するための適切な支持および滞空時間は個人差が大きく, 個人間で比較することが難しいことが考えられる. しかし, 個人内の様々なパフォーマンスにおける支持および滞空時間を分析することで, パフォーマンスを左右する要因を明らかにできる可能性がある. 唯一, 広川ほか (2010) は, 110mH 走における一歩毎の分析から, 13 秒台前半および後半, 14 秒台前半および後半, 15 秒台前半および後半の計 6 グループに分けて, モデル TD タイムの作成を試みているものの, 被験者数が少ないことから, 考察を述べるまで至っていない.

1) 帝京平成大学健康医療スポーツ学部

Faculty of Health Care and Medical Sports Department of Medical Sports, Teikyo Heisei University
〒290-0193 千葉県市原市うのいど南 4-1

2) 日本文化大学法学部 Department of Law, Nihon Bunka University

〒192-0986 東京都八王子市片倉町 977

3) 日本女子体育大学体育学部 Faculty of Sports and Health Sciences, Japan Women's College of Physical Education

〒157-8565 東京都世田谷区北烏山 8-19-1

そこで本研究は、国内トップ 110mH 走選手 1 名を対象に、2009 年から 2013 年までの 5 シーズンにわたる様々なパフォーマンスを発揮したレースを分析し、TD タイムと支持および滞空時間から、パフォーマンスを左右する要因を明らかにすることを目的とした。

2. 方 法

2.1 分析対象者と分析レース

表 1 は、分析対象者の特性を示したものである。また、表 2 は、分析レースの基本情報を示したものである。本研究では、撮影した 110mH 走レースの中で、①分析対象者に努力度を確認し最大努力で走破したレース、②撮影映像から分析対象者の全てのステップの接地と離地が判定できるレース、の両方の条件を満たすレースを分析対象とした。また、撮影映像からハードルに接触して明らかに減速しているレースは、分析対象から除外した。なお、分析対象者には本研究の趣旨と内容についてあらかじめ説明し、参加の同意を得た。

2.2 110mH レースの撮影

公認競技会における男子 110mH 走レースを、2 台もしくは 3 台のハイスピードカメラ（CASIO 社製 EXILIM EX-F1、フレームレート 299.7fps、露出時間 1/500—1/2000s）を用いて、レースの大よそ 40m 地点および 70m 地点（3 台の場合は、100m 地点を追加）の側方（観

客席）から、分析対象者の全てのステップの接地と離地が判定できるようにカメラを調整した後、追従撮影した。

2.3 算出項目と算出方法

公認競技会の公式記録を記録とした。区間タイムは、宮下 (1993) と宮代ほか (2013) の先行研究を参考に、レースのスタートから第 1 ハードル着地までのタイムをアプローチ（以下、App）タイム、第 1 ハードル着地から第 2 ハードル着地までの区間タイムを第 1 インターバル（以下、1I）タイムとし、以後同様に第 9 インターバル（以下、9I）タイムまで算出し、第 10 ハードル着地からフィニッシュまでのタイムをランイン（以下、R-in）タイムとした（図 1）。最速区間タイムは、各レースの 1I タイムから 9I タイムまでで最も小さな値を示したものとした。また、最遅区間タイムは、各レースの 1I タイムから 9I タイムまでで最も大きな値を示したものとした。

各区間タイムを距離で除することによって、各区間の平均速度を算出した。その際、尾縣 (1999) を参考に、スタートから 1 台目ハードルまでの App 区間は着地側の距離を考慮し 1.6m を加えた 15.32m、ハードル間は 9.14m、10 台目ハードルからフィニッシュまでの R-in 区間は 1.6m を減じた 12.42m として平均速度を算出した。

ハードル間のステップは、着地を 1 歩目とし、踏切を 4 歩目とした（図 1）。

支持時間は、撮影映像において分析対象者の支持脚が接地し離地する瞬間までとした。滞空時間は、分析対象者の支持脚が離地し反対側の脚が接地する瞬間までとした。

ピッチは、接地から次の接地までに要した時間の逆数とした。

区間タイムの増加および減少量は、1I から 9I において、ある区間とその前の区間のタイムの差とした。

なお、撮影は 2 台以上のハイスピードカメラを用いたため、予めすべてのカメラの映像における同一の接地瞬間を同時刻とし、各カメラの映像を同期した。

表 1 分析対象者の特性

身長 (m)	体重 (kg)	110mHの 自己記録 (s)	備考
1.85	73.0	13.55	日本選手権 入賞8回

表 2 分析レースの基本情報

	平均 ± 標準偏差	最小値	最大値
記録 (s)	13.940 ± 0.151	13.68	14.24
風速 (m/s)	0.33 ± 1.45	-3.7	2.7

レース数：n = 35

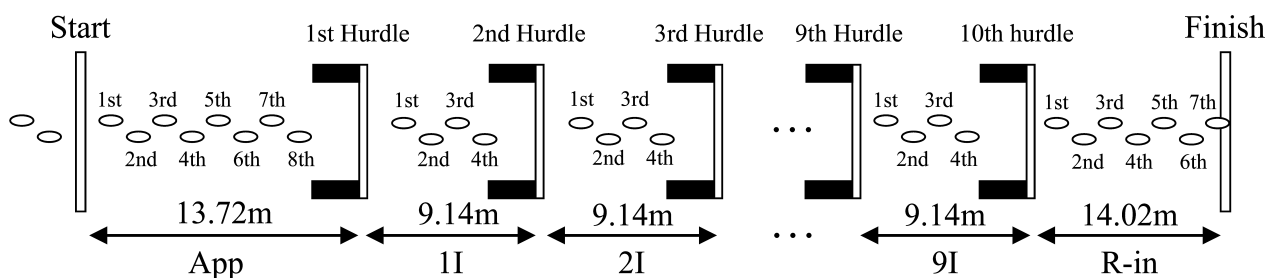


図 1 区間とステップの定義

2.4 統計処理

各算出項目は平均値±標準偏差で示した。110mHパフォーマンス（記録と区間タイム）と区間タイムの増加および減少量、支持時間、滞空時間およびピッチとの相関関係の検討には、Pearsonの積率相関係数を用い、統計処理の有意性は危険率5%未満で判定した。

3. 結果

3.1 分析対象者のレースパターン

分析対象者は、全てのレースで、App区間を8歩、各ハードル間を4歩、R-in区間を7歩で走破していた。また、全てのレースで、R-in区間7歩目（総計51歩目）支持期に胴体がフィニッシュラインを通過していた。

表3に、分析レースの区間タイムおよび平均速度を示した。スタートから加速して4Iで最高速度を示し、その後フィニッシュまで緩やかに減速するレースパターンであった。最速区間タイムの出現が最も多くみられたのは4Iであった（35レース中17レース）。

3.2 記録と区間タイムの関係

図2に、分析レースにおける記録と各区間タイムの関係を示した。記録と全ての区間タイムの間には、有意な正の相関関係が認められた（ $p<0.05$ ）。また、記録と3Iタイム（ $r=0.808$ ）、4Iタイム（ $r=0.833$ ）、5Iタイム（ $r=0.900$ ）、6Iタイム（ $r=0.892$ ）、7Iタイム（ $r=0.923$ ）および8Iタイム（ $r=0.867$ ）の間には、非常に強い関係性が認められた。

3.3 記録と最速および最遅区間タイムの関係

図3に、分析レースにおける記録と最速および最遅区間タイムの関係を示した。記録と最速および最遅区間タイムとの間に有意な正の相関関係が認められた

（ $p<0.05$ ）。また、記録と最速区間タイム（ $r=0.886$ ）の間には、非常に強い関係性が認められた。

3.4 記録と区間タイムの増加および減少量の関係

表4に、分析レースにおける区間タイムの増加および減少量と記録との相関係数を示した。記録と1I-2Iの増加および減少量との間に有意な正の相関関係が認められた（ $p<0.05$ ）。

3.5 区間タイムと支持時間、滞空時間およびピッチの関係

表5に、分析レースにおけるステップの支持時間、滞空時間およびピッチと各区間タイムとの相関係数を示した。区間タイムと支持時間において、Appと5歩目（ $r=0.398$ ）、1Iと1歩目（ $r=0.351$ ）および3歩目（ $r=0.382$ ）、2Iと1歩目（ $r=0.398$ ）、3Iと1歩目（ $r=0.393$ ）、2歩目（ $r=0.582$ ）、3歩目（ $r=0.364$ ）、および4歩目（ $r=0.340$ ）、4Iと1歩目（ $r=0.545$ ）および2歩目（ $r=0.482$ ）、5Iと1歩目（ $r=0.722$ ）および2歩目（ $r=0.403$ ）、6Iと1歩目（ $r=0.464$ ）および2歩目（ $r=0.463$ ）、7Iと1歩目（ $r=0.560$ ）、2歩目（ $r=0.614$ ）および4歩目（ $r=0.508$ ）、8Iと1歩目（ $r=0.819$ ）、2歩目（ $r=0.548$ ）および4歩目（ $r=0.359$ ）、9Iと1歩目（ $r=0.550$ ）、3歩目（ $r=0.337$ ）および4歩目（ $r=0.498$ ）、R-inと6歩目（ $r=0.387$ ）および7歩目（ $r=0.773$ ）に有意な正の相関関係が認められた（ $p<0.05$ ）。区間タイムと滞空時間において、Appと0歩目（ $r=0.733$ ）、1Iと4歩目（ $r=0.386$ ）、2Iと2歩目（ $r=0.500$ ）、3歩目（ $r=0.473$ ）および4歩目（ $r=0.585$ ）、3Iと4歩目（ $r=0.559$ ）、4Iと1歩目（ $r=0.372$ ）、2歩目（ $r=0.529$ ）および4歩目（ $r=0.527$ ）、5Iと2歩目（ $r=0.614$ ）、3歩目（ $r=0.561$ ）および4歩目（ $r=0.587$ ）、6Iと2歩目（ $r=0.538$ ）、3歩目（ $r=0.488$ ）および4歩目（ $r=0.656$ ）、

表3 分析レースの区間タイムおよび平均速度

	区間タイム (s)				区間平均速度 (m/s)	
	平均 ± 標準偏差	最小値	最大値		平均 ± 標準偏差	
App	2.649 ± 0.026	2.593	2.747		5.78 ± 0.06	
1I	1.088 ± 0.009	1.060	1.100		8.40 ± 0.07	
2I	1.067 ± 0.013	1.043	1.093		8.56 ± 0.10	
3I	1.065 ± 0.014	1.040	1.093		8.58 ± 0.11	
4I	1.064 ± 0.016	1.033	1.100		8.59 ± 0.13	
5I	1.070 ± 0.017	1.037	1.103		8.54 ± 0.13	
6I	1.080 ± 0.018	1.047	1.117		8.47 ± 0.14	
7I	1.091 ± 0.016	1.067	1.127		8.38 ± 0.12	
8I	1.104 ± 0.018	1.073	1.137		8.28 ± 0.14	
9I	1.121 ± 0.016	1.097	1.153		8.15 ± 0.12	
R-in	1.538 ± 0.030	1.470	1.587		8.08 ± 0.16	

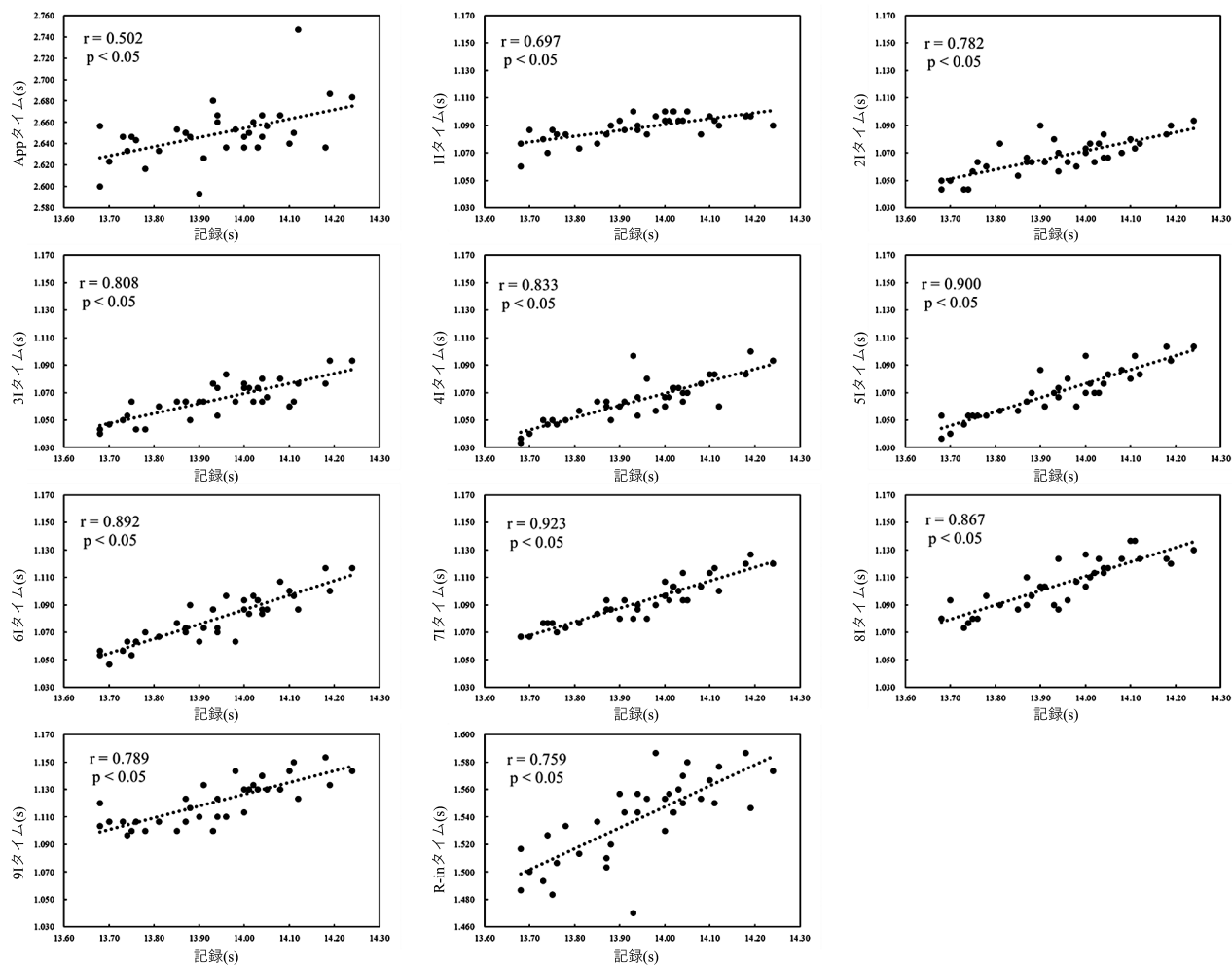


図2 分析レースにおける記録と各区間タイムの関係

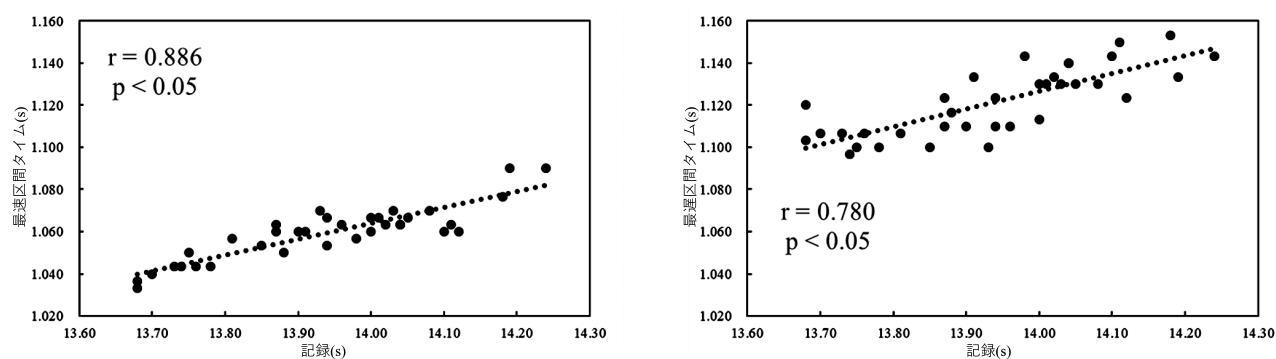


図3 分析レースにおける記録と最速および最遅区間タイムの関係

表4 分析レースにおける区間タイムの増加および減少量と記録との相関係数

区間	増加および減少量 (s)	記録との 相関係数
	平均 ± 標準偏差	
1I-2I	-0.021 ± 0.010	0.384 *
2I-3I	-0.002 ± 0.010	0.076
3I-4I	-0.001 ± 0.009	0.262
4I-5I	0.006 ± 0.011	0.177
5I-6I	0.010 ± 0.010	0.063
6I-7I	0.011 ± 0.010	-0.092
7I-8I	0.013 ± 0.010	0.075
8I-9I	0.017 ± 0.011	-0.277

*: p < 0.05

7Iと2歩目 (r=0.624) および4歩目 (r=0.677), 8Iと2歩目 (r=0.526) および4歩目 (r=0.778), 9Iと2歩目 (r=0.610) および4歩目 (r=0.638) に有意な正の相関関係が認められた (p<0.05). 区間タイムとピッチにおいて, Appと1歩目 (r=-0.379) および5歩目 (r=-0.350), 1Iと3歩目 (r=-0.339) および4歩目 (r=-0.470), 2Iと1歩目 (r=-0.364), 2歩目 (r=-0.594), 3歩目 (r=-0.478) および4歩目 (r=-0.507), 3Iと2歩目 (r=-0.626), 3歩目 (r=-0.354) および4歩目 (r=-0.636), 4Iと1歩目 (r=-0.688), 2歩目 (r=-0.728), 3歩目 (r=-0.452) および4歩目 (r=-0.615), 5Iと1歩目 (r=-0.610), 2歩目 (r=-0.748), 3歩目 (r=-0.562) および4歩目 (r=-0.586), 6Iと1歩目 (r=-0.529), 2歩目 (r=-0.705), 3

表5 分析レースにおけるステップの支持時間, 滞空時間およびピッチと各区間タイムとの相関係数

区間	ステップ	総ステップ数	平均±標準偏差			区間タイムとの相関係数		
			支持時間 (s)	滞空時間 (s)	ピッチ (Hz)	支持時間	滞空時間	ピッチ
App	0	0		0.561 ± 0.021			0.733 *	
	1st	1	0.189 ± 0.012	0.055 ± 0.011	4.11 ± 0.20	0.236	0.150	-0.379 *
	2nd	2	0.158 ± 0.010	0.079 ± 0.008	4.22 ± 0.18	-0.039	-0.006	0.037
	3rd	3	0.151 ± 0.008	0.079 ± 0.009	4.36 ± 0.17	0.130	-0.130	0.025
	4th	4	0.138 ± 0.009	0.100 ± 0.008	4.20 ± 0.17	0.141	-0.118	-0.061
	5th	5	0.124 ± 0.006	0.099 ± 0.006	4.48 ± 0.17	0.398 *	0.058	-0.350 *
	6th	6	0.119 ± 0.005	0.114 ± 0.008	4.29 ± 0.15	-0.129	-0.004	0.097
	7th	7	0.110 ± 0.005	0.082 ± 0.006	5.20 ± 0.21	0.109	0.193	-0.231
1I	8th	8	0.121 ± 0.005	0.368 ± 0.007	2.05 ± 0.04	0.153	0.199	-0.258
	1st	9	0.090 ± 0.004	0.072 ± 0.004	6.19 ± 0.20	0.351 *	0.004	-0.274
	2nd	10	0.123 ± 0.003	0.121 ± 0.006	4.10 ± 0.10	0.277	0.097	-0.245
	3rd	11	0.109 ± 0.004	0.088 ± 0.006	5.09 ± 0.18	0.382 *	0.126	-0.339 *
2I	4th	12	0.119 ± 0.003	0.367 ± 0.008	2.06 ± 0.03	0.237	0.386 *	-0.470 *
	1st	13	0.086 ± 0.003	0.074 ± 0.004	6.28 ± 0.20	0.398 *	0.115	-0.364 *
	2nd	14	0.116 ± 0.003	0.119 ± 0.008	4.26 ± 0.14	0.178	0.500 *	-0.594 *
	3rd	15	0.106 ± 0.005	0.085 ± 0.005	5.22 ± 0.17	0.109	0.473 *	-0.478 *
3I	4th	16	0.118 ± 0.003	0.363 ± 0.007	2.08 ± 0.03	-0.221	0.585 *	-0.507 *
	1st	17	0.085 ± 0.004	0.072 ± 0.006	6.38 ± 0.22	0.393 *	-0.096	-0.142
	2nd	18	0.116 ± 0.004	0.121 ± 0.006	4.22 ± 0.12	0.582 *	0.330	-0.626 *
	3rd	19	0.103 ± 0.004	0.087 ± 0.006	5.26 ± 0.21	0.364 *	0.215	-0.354 *
4I	4th	20	0.118 ± 0.005	0.363 ± 0.007	2.08 ± 0.04	0.340 *	0.559 *	-0.636 *
	1st	21	0.084 ± 0.004	0.074 ± 0.003	6.34 ± 0.20	0.545 *	0.372 *	-0.688 *
	2nd	22	0.116 ± 0.004	0.120 ± 0.007	4.24 ± 0.13	0.482 *	0.529 *	-0.728 *
	3rd	23	0.104 ± 0.004	0.085 ± 0.005	5.29 ± 0.16	0.326	0.288	-0.452 *
5I	4th	24	0.119 ± 0.004	0.362 ± 0.007	2.08 ± 0.03	0.266	0.527 *	-0.615 *
	1st	25	0.085 ± 0.004	0.074 ± 0.004	6.32 ± 0.21	0.722 *	0.149	-0.610 *
	2nd	26	0.118 ± 0.003	0.121 ± 0.008	4.20 ± 0.15	0.403 *	0.614 *	-0.748 *
	3rd	27	0.106 ± 0.004	0.088 ± 0.006	5.17 ± 0.19	0.233	0.561 *	-0.562 *
6I	4th	28	0.119 ± 0.003	0.361 ± 0.005	2.08 ± 0.03	0.124	0.587 *	-0.586 *
	1st	29	0.087 ± 0.004	0.074 ± 0.003	6.21 ± 0.15	0.464 *	0.114	-0.529 *
	2nd	30	0.118 ± 0.003	0.121 ± 0.009	4.19 ± 0.15	0.463 *	0.538 *	-0.705 *
	3rd	31	0.107 ± 0.005	0.089 ± 0.006	5.12 ± 0.21	0.304	0.488 *	-0.555 *
7I	4th	32	0.121 ± 0.003	0.363 ± 0.007	2.07 ± 0.04	0.123	0.656 *	-0.621 *
	1st	33	0.088 ± 0.003	0.076 ± 0.004	6.08 ± 0.17	0.560 *	-0.138	-0.250
	2nd	34	0.120 ± 0.004	0.125 ± 0.007	4.09 ± 0.15	0.614 *	0.624 *	-0.773 *
	3rd	35	0.108 ± 0.004	0.088 ± 0.004	5.08 ± 0.14	0.193	0.235	-0.318
8I	4th	36	0.123 ± 0.004	0.363 ± 0.006	2.06 ± 0.04	0.508 *	0.677 *	-0.755 *
	1st	37	0.090 ± 0.004	0.078 ± 0.004	5.97 ± 0.18	0.819 *	-0.061	-0.586 *
	2nd	38	0.121 ± 0.004	0.127 ± 0.007	4.04 ± 0.13	0.548 *	0.526 *	-0.749 *
	3rd	39	0.109 ± 0.004	0.090 ± 0.006	5.03 ± 0.16	0.330	0.068	-0.312
9I	4th	40	0.125 ± 0.005	0.366 ± 0.008	2.04 ± 0.04	0.359 *	0.778 *	-0.754 *
	1st	41	0.092 ± 0.004	0.078 ± 0.004	5.86 ± 0.18	0.550 *	-0.176	-0.313
	2nd	42	0.122 ± 0.004	0.131 ± 0.008	3.96 ± 0.12	0.032	0.610 *	-0.650 *
	3rd	43	0.109 ± 0.004	0.094 ± 0.005	4.93 ± 0.16	0.337 *	0.166	-0.318
Run-in	4th	44	0.126 ± 0.003	0.369 ± 0.009	2.02 ± 0.04	0.498 *	0.638 *	-0.710 *
	1st	45	0.098 ± 0.005	0.083 ± 0.006	5.53 ± 0.21	0.084	-0.116	0.047
	2nd	46	0.130 ± 0.004	0.134 ± 0.007	3.80 ± 0.13	0.142	0.189	-0.208
	3rd	47	0.118 ± 0.005	0.120 ± 0.006	4.19 ± 0.11	-0.031	0.099	-0.062
	4th	48	0.124 ± 0.005	0.132 ± 0.008	3.92 ± 0.12	0.131	-0.021	-0.078
	5th	49	0.114 ± 0.007	0.118 ± 0.006	4.31 ± 0.17	0.175	0.023	-0.139
	6th	50	0.125 ± 0.007	0.156 ± 0.018	3.56 ± 0.20	0.387 *	-0.109	-0.022
	7th	51	0.086 ± 0.033			0.773 *		

*: p < 0.05

歩目 ($r=-0.555$) および 4 歩目 ($r=-0.621$), 7I と 2 歩目 ($r=-0.773$) および 4 歩目 ($r=-0.755$), 8I と 1 歩目 ($r=-0.586$), 2 歩目 ($r=-0.749$) および 4 歩目 ($r=-0.754$), 9I と 2 歩目 ($r=-0.650$) および 4 歩目 ($r=-0.710$) には有意な負の相関関係が認められた ($p<0.05$).

4. 考 察

4.1 パフォーマンスを左右する要因

100m 走において, 最大スピード局面における疾走スピードが, パフォーマンスを決定する主要な要因である (阿江ほか, 1994). また, 110mH 走においても, レース中の最高疾走速度は記録に大きく影響することが報告されている (森田ほか, 1994; 柴山ほか, 2010). 本研究において, 記録と最速区間タイムは有意な正の相関が認められたことから (図 3), 先行研究を支持するものであった. また, 記録と最遅区間タイムにも有意な正の相関が認められたことから (図 3), 減速局面においても速度を維持できた方が好記録であったといえよう.

記録と各区間タイムの増加および減少量の関係をみると, 記録と 1I-2I の増加および減少量に有意な正の相関関係が認められることから (表 4), 1I に比べ 2I で大きく加速できたレースにおいて記録が良かったと考えられる. そこで, 2I のステップ時間に着目すると, 区間タイムと 1 歩目支持時間の間に, さらに, 区間タイムと 2 歩目, 3 歩目および 4 歩目滞空時間の間に, 有意な正の相関関係が認められた (表 5). つまり, 記録が良かったレースでは, 2I のハードル着地 (1 歩目) の支持時間は短いものの, 2 歩目, 3 歩目および 4 歩目では支持時間を短くするのではなく, 滞空時間を短くすることによって区間タイムを短くしていたといえる. 運動量と力積の関係から, 疾走速度を増加させるためには, 力積を大きくする必要があり, 疾走動作においては地面反力と時間のいずれか, あるいは両方を大きくすることが求められる. 2 歩目と 3 歩目は加速型のステップであることから, レース序盤かつ加速局面でもある 2I において, 支持時間を短くして区間タイムを短縮させるよりも, ある程度の支持時間を確保しつつ, 大きな力積を獲得することが, 疾走速度獲得に影響してくると思われる. 一方, 区間タイムと 4 歩目支持時間に有意な相関関係が認められなかったことから, 疾走速度が変化しても 4 歩目支持時間 (踏切時間) は個人内で大きく変化しないことが推察される. Mann and Herman (1985) と山田・宮下 (1990) は, 踏切時間を短縮することが記録短縮に繋がることが示唆しているが, 本研究では異なる結果を示した.

柴山ほか (2011) は, 一流 110mH 走選手の 1 サイクル区間の動作を分析し, 「2 歩目では, 疾走速度の大きい選手ほど支持期における踏切脚の大腿の動作範囲が小さく, 高いピッチで疾走していた」と報告している. レー

ス全体のピッチをみると, 2I から 9I の 2 歩目のピッチが大きい方が区間タイムは短かった (表 5). 本研究のように, 同一競技者が異なるパフォーマンスを発揮した場合においても, 柴山ほか (2011) の報告と同様に, 記録が良かったレースでは 2 歩目のピッチが高いといえる. また, 区間タイムと 4I から 6I の全てのステップのピッチに有意な負の相関関係が認められたことから (表 5), レース中盤に全てのステップでピッチを高めることのできたレースで記録が良かったといえる. さらに, レース全体の支持および滞空時間をみると, 全てのハードル間で区間タイムと 4 歩目滞空時間に有意な正の相関関係が認められた (表 5). 一方で, 区間タイムと 4 歩目支持時間に正の相関関係が認められたのは, 3I, 7I, 8I および 9I だけであった (表 5). このことから, 4 歩目滞空時間 (ハードリング) を短くし, 4 歩目のピッチを高めることで好記録に結び付いたと考えられる. 言い換えれば, レース前半から中盤は, 4 歩目支持時間 (踏切時間) が短いことで記録が短縮するわけではない. 上述したように, ここでも Mann and Herman (1985) と山田・宮下 (1990) の報告とは異なり, 疾走速度が変化しても 4 歩目支持時間 (踏切時間) は大きく変化しない結果を示したといえる.

4.2 競技現場への示唆

本研究の分析対象者は 1 名であることから, 結果から導かれる示唆が一般化できるとはいえない. そこで, 分析対象者のみに適応できる示唆として, 以下に示すこととする.

本研究では, 1I に比べ 2I で大きく加速できたレースにおいてパフォーマンスが高いことと, 2I である程度の支持時間を確保しつつ加速することで高いパフォーマンスに結び付くことが明らかになった. この結果をトレーニングに応用すると, スターティングブロックからハードルを跳ぶ「App 練習」において, TD タイムを計測することで 1I よりも 2I で区間タイムが短くなっているか確認すべきであろう. また, 大橋ほか (2017) は, 110m ハードル走のハードル設置条件を変化させ, ハードル間の動きの変化をバイオメカニク的に分析することで, ハードル間距離を短縮したトレーニングではハードル間のピッチ向上が期待され, ハードル高を低くしたトレーニングではハードル間での高い疾走速度獲得が期待されることを報告している. このことから, 1I と 2I のハードル設置条件を変化させ, 1I よりも 2I で区間タイムが速くなるようにしてトレーニングすることも有効であると考えられる.

4.3 研究の限界

本研究では, 撮影方法の都合により各ステップのストライドおよび疾走速度を算出することができなかった.

そのため、各ステップの接地と離地から算出した項目をもとに考察を進めたことは、本研究の限界である。また、山元ほか（2016）は、「縦断的研究は、競技者のパフォーマンスが実際に向上する際に生じる変化を示すという点において、競技スポーツのコーチング実践に資する専門的な知見を得る上で重要である」とその重要性を説いている。今後は、本研究の結果と年次ごとのパフォーマンス変動やトレーニング過程を照らし合わせた縦断的研究から、より実践的な知見を得る必要がある。

5. 結 論

本研究の目的は、国内トップ110mH走選手1名を対象に、2009年から2013年までの5シーズンにわたる様々なパフォーマンスを発揮したレースを分析し、TDタイムと支持および滞空時間から、パフォーマンスを左右する要因を明らかにすることであった。主な結果は、以下のようにまとめられる。

- 1) 記録が良かったレースでは、1Iに比較して2Iで大きく加速していた。
- 2) 2Iでは、1歩目支持時間、2歩目、3歩目および4歩目滞空時間を短くすることによって、区間タイムを短くしていた。
- 3) 2Iから9Iでは、2歩目のピッチを高めることによって、区間タイムを短くしていた。
- 4) 1Iから9Iでは、4歩目滞空時間（ハードリング時間）を短くすることで4歩目のピッチを高め、区間タイムを短くしていた。

文献

阿江通良・鈴木美佐緒・宮西智久・岡田英孝・平野敬靖（1994）世界一流スプリンターの100 m レースパターンの分析—男子を中心に—。世界一流競技者の技術。第3回世界陸上選手権大会バイオメカニクス班報告書。日本陸上競技連盟強化本部バイオメカニクス班編。ベースボールマガジン社：東京，pp.14-28。

広川龍太郎・杉田正明・森丘保典・持田 尚・松尾彰文・柳谷登志雄（2010）110m ハードル，100m ハードルのレースパターン・標準モデルの作成の試み—第一報・2009年度グランプリでの110m ハードルタッチダウタイム—。陸上競技研究紀要，6：85-86。

一川大輔・宮下 憲・谷川 聡・横澤俊治・金子公宏（2002）110m ハードル選手の競技力向上に関する事例的研究～日本人13秒台選手を対象として～。陸上競技研究，48（1）：26-33。

貴嶋孝太・谷川 聡・櫻井健一・安井年文・浅見公博・荻部俊二・青戸慎司・綿谷貴志・柴山一仁・森丘保典

（2013）日本一流男子110m ハードル選手のレース分析—2011年から2013年までのレース分析結果について—。陸上競技研究紀要，9：71-86。

Mann, R. and Herman, J. (1985) Kinematics Analysis of Olympic Hurdle Performance Women's 100meter, Int. J. Sport Biomech. 1：163-173.

宮下 憲（1993）110m ハードルレースに於けるモデルタッチダウタイムに関する研究。陸上競技研究，14：10-20。

宮代賢治・山元康平・内藤 景・谷川 聡・西嶋尚彦（2013）110mH レースにおけるモデルタッチダウタイムの再検討：13.71s-14.59s の競技者を対象として。筑波大学体育学紀要，36：59-67。

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

尾縣 貢（1999）T&Fサイエンス講座ハードルレース中のスピード変化。陸上競技マガジン，49（13）：196-197。

大橋祐二・門野洋介・藤井範久（2017）110m ハードル走におけるハードル間距離およびハードル高の変化が走動作に及ぼす影響。トレーニング科学，28（4）：215-225。

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

柴山一仁・藤井範久・阿江通良（2011）一流110m ハードル走選手の1サイクル動作に関するキネマティクス的研究：疾走速度および脚長と動作の関連から。体育学研究，56：75-88。

土江寛裕（2017）日本人トップスプリンターのバイオメカニクスの特長とその変化～桐生祥秀選手の事例的研究～。東洋法学，60（3）：23-40。

山田憲政・宮下 憲（1990）ハードル走における踏切時間を短縮する要因。体育学研究，35：53-61。

山元康平・内藤 景・宮代賢治・関慶太郎・上田美鈴・木越清信・大山卞圭悟・宮下 憲・尾縣 貢（2016）400m 走におけるパフォーマンス向上に伴うレースパターンの変化。陸上競技学会誌，14（1）：9-18。

ウクライナにおける上級コーチ養成教育

青山 清英・青山 亜紀（日本大学）

1. はじめに

現在、我が国においては日本スポーツ協会を中心にコーチ養成のための教育プログラムが整備されつつある。2013年2月に文部科学省は、スポーツ現場において相次いで発生した暴力を日本スポーツ界における重大な危機と捉え、『スポーツ指導における暴力根絶へ向けて』というメッセージを発表した。このなかで①スポーツ指導から暴力を一掃すること、②新しい時代にふさわしいスポーツの指導法を確立することに全力を尽くすことが表明された。さらに、同年4月には文部科学副大臣（スポーツ担当）の下に、「スポーツ指導者の資質能力向上のための有識者会議（タスクフォース）」が設置され、報告書として『私たちは未来から「スポーツ」を託されている―新しい時代にふさわしいコーチング―』がまとめられた。これを受けて2015年には日本スポーツ協会がコーチ育成のための「モデル・コア・カリキュラム」をまとめた。

また、日本コーチング学会は2017年に『コーチング学への招待』を刊行し、コーチ養成のための中核的理論領域である一般コーチング学の体系化を進めている。このような状況において、コーチ養成のさらなる発展のためには、さまざまな国のコーチ養成プログラムに関する情報を確認しておくことは重要なことであろう。特に英語圏の情報に偏りがちな我が国においてはロシア語圏を中心とした東ヨーロッパの情報は特に重要となるであろう。

本稿では今後の我が国におけるコーチ養成システムを考える際の資料として、ウクライナが取り組んでいるコーチ養成プログラムを紹介したい。

2. ウクライナにおけるエリートスポーツのコーチ養成に関する基本的な考え方

ウクライナでは、オリンピックスポーツの重要性とオリンピック大会での勝利は、国家的な威信をかけたものであり、純粋なスポーツ活動としてだけでなく、政治的、社会的及び経済的な観点から重要な役割を担っている。国際スポーツ競技会における競争は高度に多様化し、米国やロシアといったスポーツ大国のみならず、さまざまな国が台頭してきた。1960～80年代、エリート選手の養成システムはソ連と東ドイツで誕生し、新しい科学的な成果を取り入れながら、今日に至るまで大きな発展を遂げてきた。しかしながら、ウクライナでは世界のエリー

トスポーツのコーチ養成は1970～80年代のレベルに止まっているという認識のもと、新たなコーチ養成システムを大学院修士課程レベルで実施している。問題意識の中心は、エリートスポーツのコーチ達が現代の高度に発展した競技の選手におけるトレーニング及び競技活動のプロセス、それとこのプロセスにおけるさまざまな精神的・身体的な健康リスク要因に関する基本的知識が不十分であるということにある。

以上をふまえて、まず教育プログラムの概要を見ておきたい。

教育プログラムは以下の分野を60単位のコースワークとしている。

- ①古代ギリシャのオリンピックとオリンピック大会の復活についての最新の知識（3単位）
- ②近代オリンピックの発展、問題、矛盾（3単位）
- ③オリンピック大会に向けたナショナルチームと選手のマネジメントの準備と組織における現代的アプローチ（3単位）
- ④オリンピックスポーツの選手に関する各一般理論の動向（3単位）
- ⑤身体の機能システムと準備過程における適応（4単位）
- ⑥選手の技術的、戦術的、心理的な準備（4単位）
- ⑦選手の身体的準備における運動能力とその方法（4単位）
- ⑧選手の長期的で現代的な準備システムと人間の発育発達（3単位）
- ⑨選手の年間トレーニングにおける最新のピリオダイゼーション（4単位）
- ⑩ウォームアップ、トレーニング課業、ミクロサイクル及びメゾサイクルの構築に関する現在の傾向と問題（4単位）
- ⑪試合の準備における現代システムの予測と選択、方向付け、制御、モデリング（4単位）
- ⑫選手の準備のための医学的および生物学的支援の現状（6単位）

このコースワークは1年間続き、フルタイム（全日制）学習が遠隔学習の2回のセッションで修学することができ、最終的には試験（面接）と修士論文を提出することで完了する。

以下、各項目の内容を概略的に見ていきたい。

3. プログラム内容の概略

(1) 古代ギリシャのオリンピックとオリンピック大会の復活についての最新の知識

この講座の内容は大きく①古代オリンピックに関するもの、②オリンピック大会の復興に関わるものに大別される。前者では古代ギリシャ文明の発展の歴史と特徴、古代ギリシャの体育、古代ギリシャの陸上競技の起源、古代オリンピックの時代ごと（古代、ヘレニズム期等）の特徴、古代オリンピックの種目構成、古代オリンピックの発展と衰退などが講義内容となっている。後者では、古代ギリシャの遺産と復興、17～19世紀におけるオリンピック大会復活のための様々な試み、クーベルタンによるオリンピックの復興、オリンピックに関わる国際会議とムーブメント等が取り扱われている。

(2) 近代オリンピックの発展、問題、矛盾

この講座では、大きく①近代オリンピックの発展、②オリンピックにおけるアマチュアリズムとプロフェッショナリズム、③オリンピックの政治化とイデオロギー化、④オリンピックスポーツにおける女性、⑤施設と環境保護が取り上げられる。①ではオリンピック憲章の内容、国際オリンピック委員会を中心としたオリンピックに関わる組織の構造及び役割が、②ではオリンピックスポーツの「専門化」の問題、プロ化、選手の社会における地位と役割、選手に関わる様々な危機が、③では政治的、思想的目的のためのオリンピックの使用、選手の政治目的化への抗議の歴史、オリンピックとテロリズムの関係、オリンピックと情報戦争の関係などが、④では女性スポーツの形成とオリンピックムーブメントにおける女性の関与、オリンピックスポーツにおける女性種目の開発、女性種目の開発を巡る医学的・生物学的要因に関する研究、オリンピック関連組織における女性などが、⑤ではオリンピック大会のための施設に関わる様々な要件、大会終了後の施設使用のあり方について、施設と環境の関係などがテーマとなっている。

(3) オリンピック大会に向けたナショナルチームと選手のマネジメントの準備と組織における現代的アプローチ

この講座ではオリンピック大会における「競争」に関わる問題とオリンピックに向けたナショナルチームの準備システムにおける組織的管理の基礎的な問題が取り上げられる。前者ではオリンピック大会前におけるチーム状態を非公式な順位等を参考に検討し、適切なアプローチをするための基礎について論じられる。後者ではナショナルチームとしてオリンピック大会への準備が成功した様々な事例について分析し、準備システムを検討する際の基礎を学ぶ。

(4) オリンピックスポーツの選手に関する各一般理論の動向

この講座では、①オリンピックスポーツの分類論②試合システム③競技力の構造④選手の準備における目標、目的、手段⑤準備システムにおける一般的・専門的トレーニングの原則が取り上げられる。①では夏季・冬季のオリンピックスポーツの分類が論じられる。②では試合分類論、試合におけるルール、試合における様々な管理、選手の競技力に影響を及ぼす試合における様々な要素、試合と準備システムの関係、試合の評価などが論じられる。③では試合構造、試合における様々なマネジメント、パフォーマンス分析、試合における戦略、戦術、技術の問題が取り上げられる。④では選手の準備における目標と目的、そしてそのための準備方法論が論じられる。⑤では最高の結果を達成するための選手の準備システムにおけるトレーニングの原則や障害・疾患の予防との関係などがテーマとなる。

(5) 身体の機能システムと準備過程における適応

この講座では、①選手の生体適応②骨格筋のメカニズム③エネルギーシステム④ストレス、疲労、回復、超過回復及びトレーニング効果といった生理学的な内容が講義される。

(6) 選手の技術的、戦術的、心理的な準備

この講座では、①運動制御②技術論③戦術論④優れた選手の性格特性⑤トレーニングの効率性と競技力を決定する総合的精神力⑥選手のための心理教育が論じられる。つまり、ここでは技術・戦術に関する基礎理論とトレーニング方法論が、それに関連する運動制御系と人格に関する問題をふまえながら心理学的な立場から講義される。

(7) 選手の身体的準備における運動能力とその方法

この講座では、①スピード能力②柔軟性③持久力④筋力と筋力トレーニング⑤コーディネーション能力といった、いわゆる体力に関わる問題が論じられる。

(8) 選手の長期的で現代的な準備システムと人間の発達

この講座では、①人間の発達発達と適応形成に関する基礎理論をふまえて、各発達段階におけるトレーニングプログラムの内容やユースオリンピックなどの若い選手の大きな試合の位置づけなどを考慮した②長期にわたるトレーニング構造の基礎を学習する。それらをふまえて、競技力の発達の段階性を考慮した③長期的なトレーニング周期の現代的システムについて学ぶ。

(9) 選手の年間トレーニングにおける最新のピリオダイゼーション

この講座では、①年間トレーニング周期の基礎②東ヨーロッパの年間トレーニング周期の実績③アメリカとオーストラリアの年間トレーニング周期の実績④年間トレーニング周期に関する現代的モデル⑤試合のための直接的準備が取り上げられる。①では、長期的に競技力を向上させるためのピリオダイゼーション理論の基礎が講

義される。②では、旧ソ連と旧東ドイツの、③ではアメリカとオーストラリアにおける様々なトレーニングサイクルモデルの実績が紹介され論じられる。④では、試合結果に最も大きな影響を与える「直接的試合準備」について、テーバリングとの相違をふまえ、トレーニングの強度、量など様々な観点から論じられる。

(10) ウォームアップ、トレーニング課業、マイクロサイクル及びメゾサイクルの構築に関する現在の傾向と問題

この講座では、①ウォームアップのプログラム②トレーニング課業とウォームアップ③マイクロサイクルのプログラム④メゾサイクルのプログラムなどが取り上げられる。①および②ではウォームアップの構造、内容、主たるトレーニング課業との関係が論じられる。③および④では、マイクロ・メゾそれぞれのトレーニングサイクルの構造と実際のプログラム方法論が論じられる。

(11) 試合の準備における現代システムの予測と選択、方向付け、制御、モデリング

この講義では、①種目選択の基本原則②種目選択のための長期にわたる方向付け③競技活動の教育的コントロール④競技活動のための生活管理⑤競技活動のモデリング⑥競技活動の中長期的予測が論じられる。①②は選手の生物学的特性や発育発達段階をふまえた種目適正の基礎が論じられる。③④⑤では教育的な観点から選手の競技活動の全体をどのようにコントロールするかが論じられる。⑥では選手の競技力の中長期的な予測の方法を学ぶ。

(12) 選手の準備のための医学的および生物学的支援の現状

この講義では、①概日リズム障害の問題②栄養補助食品・エルゴジェニックとトレーニング③ドーピング④オーバートレーニング⑤心的外傷について論じられる。この講義では全体として、選手の競技力に大きな影響を与える身体的・心的な要因について栄養学や医学的な観点から学ぶ。

4. プログラム内容の特徴

プログラムの個別内容を見てみると、ウクライナにおける上級コーチの養成プログラムでは、①オリンピック教育②体力学③技術、戦術、体力、精神力のトレーニング論④ピリオダイゼーション理論⑤スポーツ医学的な支援の5つに大別できるであろう。

ナウル (2016, pp.105-107) の指摘や我々の実地視察からウクライナはオリンピック教育の先進国といえる。小中学校の一般教育はもとより、1993年から『オリンピックスポーツとスポーツフォーオール国際会議』(Олимпийский спорт и спорт для всех) を立ち上げたり、『オリンピックスポーツの科学』(НАУКА в олимпийском спорте) といった学術雑誌を刊行している。したがって、

学校教育における体育やさまざまなタイプのスポーツ活動とオリンピックの関連性が極めて強いといえよう。このような文化的な土壌がこのプログラムにも反映されているといえる。

次の大きな特徴としては、我が国では技術、戦術、体力、精神力のトレーニングに関わる内容が並立的に学習されるのに対して、このプログラムでは、あくまでピリオダイゼーション理論のなかのひとつの部分という位置づけになっているということである。つまり、選手の「試合のための準備」という大きな枠組みからそれぞれのトレーニング論が構築されているので、「トレーニング論のためのトレーニング論」はありえない。つまり、本来の意味での実践に役立つトレーニング論が志向されているといえるであろう。

最後に、選手の準備のための医学的および生物学的支援に大きな単位が割かれていることに注目しておきたい。今日の競技スポーツでは、ドーピングの問題は極めて大きな問題である。したがって、この課題が講義でも重要視されていることは容易に首肯できる。栄養補助食品やエルゴジェニックの効果も広く理解されているし、これらとドーピングも関連する問題なので重要であることに異論はないだろう。さらに、講義では上級コーチ向けの講座ということもあり、概日リズムの問題など長期にわたる海外遠征などから生じる身体的問題や試合やトレーニングにおける心的問題だけでなく、競技活動の全体から生じる心的外傷について注目しているような実践性も指摘しておきたい。

5. 国際コーチングエクセレンス評議会 (International Council for Coaching Excellence ; ICCE) との比較

表1はICCEのプログラム内容を示したものである。これは必ずしも上級コーチ向けの内容とは限らないが、国際的な観点からの比較対象として検討したい。

ICCEのプログラムでは、スポーツ指導者に必要な知識が、①専門的知識 (Professional knowledge)、②対他者の知識 (Interpersonal knowledge)、③対自己の知識 (Intrapersonal knowledge) に分類され、さらに細項目があげられている。ここでの「専門的知識」とは、スポーツのトレーニングや指導に関わるスポーツ科学の専門的知識が意味され、「対他者の知識」ではスポーツ活動に存在する様々な人間関係を構築していくための知識とスキルが意味されている。さらに、「対自己の知識」は自分自身のものの見方に関する自己認識を高めるための知識と自分自身の指導実践を振り返りながら省察していくための知識を意味している。ICCEが求めているスポーツ指導者に必要な能力を知識面からみると、自己自身や他者とのあいだで行なわれる様々な活動を客観的に理解し、省察を通して反省的に実践していくことができるた

表1 ICCEの求めるスポーツ指導者の専門的知識
(International Sport Coaching Framework Ver.1, p.28より引用改変)

専門的知識	スポーツ	政策、ルールと規則 技術と戦術 施設と設備
	アスリート	アスリートの能力と発達段階 アスリートのモチベーション
	スポーツ医・科学	発達発育 バイオメカニクス 医学・栄養学・応急処置と外傷予防 生理学 アンチドーピング(含・Coach True) スポーツのビジネス 心理学と社会学
	基礎的スキル	言語スキル(話す・書く・読む) 基礎的な計算能力や科学技術に関する知識
対他者の知識	社会的状況	マクロ・ミクロのコーチング文化 関係者・仲裁人・エージェント 倫理、参加者の福祉 クラブ・学校・連盟 保護者と親族 政府機関 コーチ仲間 メディア
	関係	コミュニケーション 適切な行動 共感と共振 アスリートとグループの管理 積極的な聞き取りと質問 アスリートとグループの教育
	コーチングの方法	学習の理論と方法論 観察、評価とフィードバック 計画・組織化・発信 示範と説明 積極的な学習状況の作成 教育と促発
対自己の知識	コーチング哲学	アイデンティティ 信念 価値観 リーダーシップ
	生涯学習	学習コンピテンシー 自己省察 自律と責任 的確な思考と全体性 マインドセット 知識のイノベーションと生成

めの知識とスポーツ科学に関する知識であると理解することができる。とりわけ、スポーツ医・科学については、「発達発育」、「バイオメカニクス」、「医学・栄養学・応急処置と外傷予防」、「生理学」「心理学と社会学」等が取り上げられていることから、自然科学を中心とした様々なスポーツ医・科学に関する理論知が学びの対象となっていることが分かる。

以上のことから、両者のプログラム内容を比較検討し

てみると、以下のような相違がわかるであろう。

- ①オリンピック教育の有無
- ②ピリオダイゼーション理論を中心とした包括的なスポーツ科学の取り扱い
- ③コーチング哲学といったコーチの思想・信条にかかわる内容の有無
- ④コミュニケーションスキルなどの対人関係スキルの有無

①については、前述したようにウクライナではトップレベルの競技スポーツがオリンピックを中心に位置づけられていることに起因していると考えられる。②については、ICCEのプログラムがアメリカを中心としたスポーツ科学の学問体系によって形成されているのに対して、ウクライナのプログラムは、もともとソ連を構成する共和国であったこともあり、ピリオダイゼーション理論を生み出したソ連のスポーツ科学の考え方が大きく影響していると考えられる。③④の相違も興味深い。いわゆる西側諸国を中心としたICCEのプログラムでは、コーチの人格面で求められていることに多くの時間が割かれている。我が国においては、2013年2月に文部科学省は、スポーツ現場において相次いで発生した暴力を日本スポーツ界における重大な危機と捉え、「スポーツ指導における暴力根絶へ向けて」というメッセージを発表した。これを受けて2014年日本体育協会は、文部科学省委託事業「コーチ育成のためのモデル・コア・カリキュラム作成」に着手することになる。このような事情から、我が国においても「人間力」といったコーチングの理念・哲学に係る内容は重要視されている。

これに対して、ウクライナのプログラムではそのようなテーマについては触れられていない。これはウクライナが人権意識に薄いということの意味しない。それはウクライナのパラリンピックスポーツの発展を見ても明らかであろう。このことが意味することは、コーチのコーチング理念や哲学は重要であるが、それは相対的なものであり一般化できないという考え方に基づいていると考えられる。また、このようなテーマはスポーツのコーチに特別なものではなく、さまざまな民主的な社会ではどのような職種や社会においても自由に尊重されるものだからであろう。ある選手にとっては素晴らしいコーチが、別の選手にとっては酷いコーチであるといったことはよくある現実であろう。

6. 日本スポーツ協会『モデル・コア・カリキュラム』, 日本オリンピック委員会(JOC)『ナショナルコーチアカデミーカリキュラム』との比較

表2, 3は日本スポーツ協会『モデル・コア・カリキュラム』, JOC『ナショナルコーチアカデミーカリキュラム』の内容をまとめたものである。

表2 日本体育協会「モデル・コア・カリキュラム」
(平成27年度コーチ育成のための「モデル・コア・カリキュラム」作成事業 報告書, p.40より引用改変)

資質能力区分		領 域	主 な 内 容
人間力	思考・判断	コーチングの理念・哲学	プレーヤーと共に学び続けるコーチ コーチング及びコーチとは コーチに求められる資質能力 スポーツの意義と価値 コーチの倫理観・規範意識 コーチの役割と使命（職務）
知識・技能	態度・行動	対自分力	多様な思考法 コーチのセルフ・コントロール コーチのキャリア・デザイン
		対他者力	コミュニケーション 人的環境（関係者との信頼関係）の構築 プレーヤーのキャリア・デザイン
	共通	トレーニング科学	スポーツトレーニングの基本的な考え方と理論体系 体力トレーニング 技術トレーニング メンタルトレーニング
		スポーツ医・科学	スポーツと健康 外傷と障害の予防 救急処置 アンチ・ドーピング スポーツと栄養 スポーツの心理
	専門	現場における理解と対応	ライフステージに応じたコーチング プレーヤーの特性に応じたコーチング コーチングにおけるリスクマネジメント クラブ・チームの運営と事業 コーチング現場の特徴
	実 習	現場実習	コーチングの実践と評価

表3 平成26年度 JOC ナショナルコーチアカデミーカリキュラム

高度競技コーチング	コーチング論	ナショナルコーチの経験等を基に、ナショナルチームの指導に携わるコーチ及びスタッフがもつべき哲学、倫理観、役割、責任、リーダーシップ等について講義・演習を行う。また、スポーツにおける暴力行為の根絶について論じる。
	運動観察／指導実践	他競技のトレーニングや指導者養成の視察、他競技のトレーニングプログラムの体験等を行う。受講者が自身のコーチングを実践する。
	オリンピック論	フェアプレーや非暴力等を提唱する「オリンピズム」「オリンピックムーブメント」について理解を深めるとともに、オリンピックの意義について講義・演習を行う。
高度競技マネジメント	マネジメント論	競技力向上に必要な様々なマネジメント能力について論じる。競技団体における事例を紹介するとともに、コーチに求められるマネジメントスキルについて講義・演習を行う。
	スポーツ情報戦略	コーチングと情報戦略の関連を論じるとともに、受講者間でディスカッションを行う。また、情報分析や映像処理の手法について講義・演習を行い、強化現場での活用を考察する。
	医・科学サポート論	医・科学の各分野におけるトップ選手に対するサポートのケーススタディについて、講義・演習を行う。
	キャリアコーチング	アスリートに対してコーチがとるべきキャリアコーチングの考え方や具体的な支援方法について講義・演習を行う。
	メディア論	選手や指導者等に対するメディアの視点をもとに、メディアとのコミュニケーションについて講義・演習を行う。
	スポーツと法	紛争事例（選手選考、暴力（体罰）事件、セクシュアル・ハラスメント、ドーピング紛争等）を基に、指導者の法的及び社会的責任について講義・演習を行う。
	スポーツビジネス	企業もしくはスポーツ団体におけるスポーツに対する取り組みについて、担当者による講義等により、スポーツマーケティングについて演習を行う。
コミュニケーション	ビジネスシミュレーション研修	ビジネスシミュレーションを通じて、コミュニケーションスキル、交渉力、戦略思考、経営マネジメント等の考え方やスキルについて実習する。
	ロジカルコミュニケーション	言語技術を通して、分析的・批判的な情報の取り出し方法、論理的で分かりやすい情報伝達の手段を身につけ、競技者やチーム・組織へのアプローチの核となるコミュニケーションスキルについて実習する。
	ディベート実習	論理的思考、論理的コミュニケーション、プレゼンテーションスキル、質問力、論理構築力の考え方やスキルについて実習する。
	アッセンブリ	本アカデミーで習得したこと、課題、現場研修の報告等、受講者が設定したテーマについて、ディスカッションを行う。
	プレゼンテーション実習	伝えたいことを選手やチーム、組織のステークホルダー等に確実に理解させられるようにプレゼンテーション力を高めるため、受講者自身が行う。
	野外研修（ASB）	野外実習を通して、コミュニケーションやリーダーシップ等の重要性を再認識するとともに、受講者間の連帯意識の醸成を図り、今後のチーム指導に役立つスキルを習得する。
	アセスメント	本アカデミーのプログラムを振り返り、プログラム及び自身に対する評価・分析を行う。
	現場研修	所属チーム等においてOJT（On the Job Training）を行い、本アカデミーで習得した知識やスキルを実践する。

両者のプログラムとウクライナのプログラムを比較してみると、次のことがそれぞれ指摘できるであろう。

日本スポーツ協会の『モデル・コア・カリキュラム』とは、ICCEのプログラムと同意に①オリンピック教育の有無②ピリオダイゼーション理論を中心とした包括的なスポーツ科学の取り扱い③コーチング哲学といったコーチの思想・信条にかかわる内容の有無④コミュニケーションスキルなどの対人関係スキルに関する内容の有無などがあげられてであろう。これは、日本スポーツ協会のプログラムが、ICCEや暴力問題の影響を大きく受けていることに起因しているからであろう。これに対して、JOCのプログラムとの相違は、プログラム内容の具体的な内容が定かではないので明確なことを言及することはできないが、『モデル・コア・カリキュラム』の場

合と同様に、①ピリオダイゼーション理論を中心とした包括的なスポーツ科学の取り扱い②コーチング哲学といったコーチの思想・信条にかかわる内容の有無③コミュニケーションスキルなどの対人関係スキルに関する内容の有無などがあげられるであろう。また、JOCのプログラムでは、ナショナルコーチの養成を目指していることもあり、その多くはコーチ自身に求められる能力のなかでも選手に対するコーチング活動そのものよりも、マネジメントに関するものが多いことも特徴的な相違といえるであろう。

7. おわりに

本稿では、ウクライナの上級コーチ養成プログラムについてICCE、JOCのプログラムと比較することでその

特徴を見てきた。その結果、西側諸国と東欧的な上級コーチ養成の考え方の違いが見えてきた。特に、コーチの能力として決定的に必要な技術、戦術、体力のトレーニングのプランニングやその方法論については大きな差異があるといえる。それは、結局のところピリオダイゼーション理論のとらえ方にあるといえる。西側諸国では、競技力を構成する各要素や栄養など補助的な要素の個別的なピリオダイゼーションが採用されているのに対して、東欧ではそれらを帰納的・統合的にとらえてピリオダイゼーションが構成され、それらを個別諸科学の知見がサポートするシステムになっている（ボンパ, 2006; Платонов, 2013）。今後、我が国においてもこのような観点をコーチ教育に取り入れる必要があるのではないかと。

本研究はJSPS 科研費（課題番号 17K01738）の助成を受けたものです。

文献

ボンパ；尾縣・青山漢訳（2006）競技力向上のトレーニング戦略，大修館書店，pp.158-160.

公益財団法人 日本オリンピック委員会（2014），平成26年度JOC ナショナルコーチアカデミー実施要項。

公益財団法人 日本体育協会（2015），「平成27年度コーチ育成のための「モデル・コア・カリキュラム」作成事業 報告書」，<http://www.japan-sports.or.jp/Portals/0/data/fikusei/doc/curriculum/modelcore.pdf#search>.

Магистерская программа “Тренерская деятельность в олимпийских видах спорта” Киев・2015 2016

文部科学省（2013），「スポーツ指導者の資質能力向上のための有識者会議（タスクフォース）報告書 私たちは未来から『スポーツ』を託されている—新しい時代にふさわしいコーチング—」，http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/sports/017/toushin/1337250.htm.

ナウル；筑波大学オリンピック教育プラットフォーム，つくば国際オリンピックアカデミー監訳（2016）オリンピック教育，大修館書店，pp.105-106.

Платонов, В.Н. (2013) Периодизация спортивной тренировки. Общая теория и её практическое применение. Олимпийская литература. : Киев.

基調講演

2018 ジャカルタアジア大会報告

麻場 一徳（日本陸上競技連盟強化委員長／山梨学院大学教授）

第 18 回アジア競技大会は、8 月 18 日～9 月 2 日にインドネシアの首都、ジャカルタで開催された。陸上競技は大会後半の 8 月 25 日～30 日の 6 日間、ゲロン・ブン・カルノスタジアムで行われ、日本代表選手団は、男子 35 名、女子 23 名、合計 58 名で臨んだ。2020 年東京オリンピックを 2 年後に控え、同じように高温多湿な環境下で実施されることもあり、暑熱対策等、これまで準備してきたことを試すリハーサルの意味でも、非常に重要な大会と位置づけられた。

チームマネジメント

6 日間の大会を振り返って、個々に見ると物足りない選手もいたかもしれないが、全体としては、選手たちは自身の力を非常によく発揮した。また、選手の頑張りはもちろんだが、情報共有や共通理解、共通認識など、スタッフ間の横の連携がとてもうまく機能していた。この大会は、運営面においてこれまでになく、さまざまな場面で問題が多発したが、そのような状況の中でもうまく対応していくことができた。これはチームとして戦う上では非常に大切なことであり、その背景にスタッフの連携があった。

成果と課題

当初、4 つの金メダルを目標に掲げて臨んだが、結果は 6 つとなった。このうちで想定されていたのは、男子のマラソン、50km 競歩、十種競技、4 × 100mR。これらは代表選考時点でのランキング 1 位の種目であった。だからと言って、どの種目も簡単に金メダルを獲得できたわけではなく、周到な準備の結果としての金獲得であった。

これらに加えて、男子 200m と男子棒高跳で金を獲得した。男子 200m に関しては、最近進境著しい小池祐貴選手（ANA）がこの大舞台でも力を発揮して結果を残した。彼の今後にとっても大きな収穫だったと思う。棒高跳の山本聖途選手（トヨタ自動車）に関しては、2013 年モスクワ世界選手権で入賞を果たして以来、伸び悩んでいるところがあったが、今シーズンは海外に積極的に出て修行を積んだことが功を奏し、今回の成果につながった。

メダルの総数についていえば、前回の仁川大会は金 3、銀 12、銅 8 だったが、今回は金 6、銀 2、銅 10 という結果となった。メダル全体の数としては減っているが、アジアのレベルが非常に上がっていることが理由の一つとして挙げられる。もともと強かった中国のほか、中東だけでなく、インドなどもパフォーマンスを上げているし、タイやベトナム、インドネシア、韓国、台湾などにも良い選手が出てきており、簡単に勝たせてはもらえなくなっている。その中で金メダル 6 というのは、評価に値するのではない。ただし、「世界大会でメダル・入賞」ということを考えたときには、アジアの大会では「金」というレベルで力をつけなければならない。その意味においては、前回よりも 3 つ増えたということは、2019 年の世界選手権、そして 2020 年の東京オリンピックに向けての第 1 ステップとして、良い形で踏み出せたのではないかと考えている。

一方で、メダルにあと一步となる 4 位、5 位が多く見られたことは、今後の課題の 1 つになる。また、銅メダルを 10 個獲得したが、その銅メダルの中にも、健闘して 3 位までもっていくことができたものもあれば、逆に本当は金や銀が獲れたのではないかとしたものもあった。いずれにしても、今回到達したレベルを基準にして、来シーズン、再来シーズンといかに積み上げていけるかが課題となる。

また、女子の最高成績はマラソン野上恵子選手（十八銀行）の銀メダルであった。男子に比べて全体的に結果が出せていない。前回、前々回で金・銀複数のメダルを獲得している福島千里選手（セイコー）が今回は故障の影響で結果が出せなかった。また、2010 年広州大会優勝など、これまでエースとして成果を残してきたやり投の海老原有希選手（スズキ浜松 AC）が昨年引退したことも影響しているのではない。彼女らに続く、あるいは代わる女子の柱が育っていない点は否めない。今後、福島選手とともに日本女子トラック&フィールド部門の柱となるべき選手を育成していくことが重要であろう。また、新たなタレントの発掘、斬新な強化施策等も必要であろう。

サポート体制

今大会に向けたサポートとして、体調管理とパフォーマンス支援の両面から、東京オリンピックにつながる体制を敷き、取り組んだ。

新たなものとして、ジャカルタでの生活環境を考慮して、免疫力低下抑制の取り組みを行った。具体的には、日本陸連オフィシャルスポンサーである大塚製薬さんの力を借りて、免疫低下抑制の重要性を選手、コーチにレクチャーするとともに、大会3週間前からサプリメントを摂取することによってサポートを行った。おかげで、大会期間中体調を崩す者が皆無であった。

一方で、故障などで思ったように力を出せない選手が何名か見られた。コンディションチェックには継続して取り組んできているし、問題を抱えた選手へのアプローチも医事委員会のドクターに協力を仰ぎ、かなりの成果をあげている。しかしながら、正確な情報を提出していない選手もみられることから、代表決定後のコミュニケーションをもう一度見直していく必要はある。

東京オリンピックの環境条件を考えたときに、今回は、

それに近い気象条件下での競技会となった。マラソン及び競歩に関しては、暑熱対策において一定の成果が上がっている。全体の傾向は大体つかめてきているので、今後は、一人一人の個性にどうアジャストさせていくかが課題となってくる。

東京オリンピックに向けて

今回のアジア大会で得られた成果と課題を踏まえ、日本陸連強化委員会として図に示されるような目標及び戦略を掲げるに至った。特に、目標においては2本の柱で強化を推進していきたい。つまり、メダルや入賞の獲得を目指すのは当たり前だが、それだけでなく、一人でも多くのアスリートにその舞台に立ってもらいたい。それが、オリンピックを、そして陸上競技を盛り上げる大きな要因になると考えている。そのためにも、女子アスリートの活躍は必須であり、新たな女子リレー特別対策プロジェクトが起爆剤となり、好循環をもたらすことを期待している。

いずれにしても、残された歳月をどのようなプロセスで歩んでいくかが重要である。

2020東京オリンピックに向けて

目標 2つの柱

- 1) メダル・入賞を一つでも多く
- 2) 舞台に立つ者（出場者）を一人でも多く

戦略 今後の具体的取り組み

- 1) 3本柱（男子リレー、男子競歩、男女マラソン）を中心としたメダル獲得プロセスの強化
- 2) 個人をターゲットにした具体的強化プロセス
- 3) 強化プロセスに直結する選考方法の立案（ex. MGC）
- 4) ワールドランキング制の研究と利用（戦略の構築）
- 5) 東京につながる2019年シーズンの取り組み
- 6) 女子リレーの特別対策プロジェクト

図 2020 東京オリンピックに向けた目標と戦略

《パネリストプロフィール》

麻場 一徳（あさば かずのり）

1960 年生まれ

現 職：山梨学院大学スポーツ科学部教授・学部長補佐

公益財団法人日本陸上競技連盟理事・強化委員長

学 位：体育学修士（1985 年）

専門（研究）分野：

競技スポーツ・マネジメント論

競技スポーツ・トレーニング論

陸上競技方法論

指 導 歴：筑波大学陸上競技部アシスタントコーチ（1985 年 4 月～1987 年 3 月）

都留文科大学陸上競技部監督（1987 年 4 月～2016 年 3 月）

山梨学院大学陸上競技部部長（2016 年 4 月～現在）

シンポジウム①

「複合競技における身体リテラシーについて考える」 十種競技者としての身体リテラシーが 400mH に及ぼす影響

司 会 眞鍋 芳明（国際武道大学）
演 者 中村 明彦（スズキ浜松 AC）

私は大学 1 年次となる 2009 年から十種競技を専門として取り組んできたが、同時に十種競技には含まれない 400mH にも、いわゆるサブ種目として取り組んできた。そして十種競技の記録が向上するとともに、400mH の記録も向上し、2012 年にはロンドンオリンピックに十種競技ではなく 400mH の日本代表選手として選出された（2016 年リオデジャネイロオリンピックには十種競技で出場）。

このように、十種競技者が十種競技に含まれない 400mH において、400mH を専門とする競技者達に打ち勝って日本代表に選出されるというのは、一見すると異色に映るかもしれない。しかしながら、混成競技者が 400mH においても成功を収める、もしくは 400mH へ専門種目を移行するという例は、実際には数多く認められている。直近では宇都宮絵莉選手（長谷川体育施設）が七種競技において日本歴代 4 位となる 5821 点を記録した後、2018 年の日本選手権において 400mH で優勝し、アジア大会出場を果たしている。同様に松下祐樹選手（ミズノトラッククラブ）は十種競技で日本学生陸上競技対校選手権大会を制覇した後、400mH に転向し、リオデ

ジャネイロオリンピックに出場している。

その一方で、逆の事例として 400mH を専門とする競技者が混成競技に転向して成功を収めるという例は、少なくとも近年では見当たらない。つまり、混成競技のトレーニングのなかで高められた「何か」が、400mH の競技パフォーマンスに大きく関与しているのではないかと推察できる。この点において、双方の競技においてオリンピックに出場した経験をもとに、身体リテラシーをテーマに私見を述べる。

まず、最初に考えられるのは混成競技者特有の疲労耐性である。400mH は欧米では Kill Event と表現されるほど過酷な競技ではあるが、十種競技では常に疲労が残った状態で 400m や 110mH に取り組まねばならないため、400m を走りながらハードルを越えるという競技特性に対して耐性が十分に出来ている可能性が考えられる。こうした混成競技者としての疲労耐性が 400mH における成功には大きく影響を与えていると考えている。

次に考えられるのが、十種競技者として取り組んできた身体操作能の向上による影響である。表 1 は 2008 年からロンドンオリンピックが開催される 2012 年までの、

表 1 各種目における 2008 年～2012 年の記録推移

		2008	2009	2010	2011	2012
		London Olympic				
400mH	(sec.)	53.42	51.44	50.66	50.04	<u>49.38</u>
Dec.	(pt.)	6450	7058	7480	7675	<u>7710</u>
100m	(sec.)	-	10.79	10.73	<u>10.73</u>	10.75
400m	(sec.)	49.25	48.03	47.57	47.76	<u>47.17</u>
1500m	(m.s.ms.)	4.20.98	-	4.14.63	<u>4.13.39</u>	4.14.09
110mH	(sec.)	15.05	14.80	14.26	14.20	<u>14.06</u>
Long Jump	(m)	7.13	-	7.27	<u>7.47</u>	7.37
Pole Vault	(m)	2.90	-	4.40	4.50	<u>4.70</u>

400 m H と十種競技および単独種目の記録を記載した。十種競技の記録向上と比例して 400mH の記録も向上しており、身体そのものが持つ能力全般が向上していると読み取れるが、興味深いのは 100m の記録と 1500m の記録はこの 5 年間で大きく変化していない点である。一方で 400m の記録と 110mH、さらに走り幅跳び、棒高跳びの記録は大きく向上している。このことは最大疾走速度発揮能力と、有酸素系の持久力は大きく変化していないが、筋持久力と、ハードリング技術や跳躍能力が向上していることを示している。400m の記録に表れる筋持久力の向上が 400mH の記録向上に大きく影響を与えているのは明らかであると考えられるが、それに加え、110mH で鍛えられた踏切技術と、跳躍種目において踏切位置を調整する技術の向上も 400mH を専門とする競技者に対してアドバンテージとなっているはずである。なお、補足すれば、400mH よりも速い助走速度で踏切

位置を合わせる能力は、400mH のレース中においてハードルに対して足を合わせる能力に直結していると考えている。

そして、最後に追記しておきたいのが精神面のアドバンテージである。私にとっての 400mH はいわゆるサブ種目であるため、400mH を専門とする競技者よりもレースに対するプレッシャーが少なく、チャレンジャーとして挑めたというメリットが挙げられる。事実、他の 400mH を専門とする競技者からは「何をしてくるかわからない」「不気味な存在」と言われることが多く、私の存在そのものが相手に対するプレッシャーの一つとして作用していたことが伺える。

以上が、私が考える十種競技者としての身体リテラシーが 400mH に及ぼす影響である。今後、混成競技を専門とする競技者が 400mH に挑戦する際におけるアドバンテージを再認識するキッカケとなれば幸いである。

《司会プロフィール》

眞鍋 芳明（まなべ よしあき）

1977 年生まれ

現 職：国際武道大学 体育学科 准教授

学 位：博士（体育科学）（筑波大学）

専門（研究）分野：トレーニング科学、コーチング学

指導歴：国際武道大学陸上競技部監督、

日本陸上競技連盟トレーナー委員

関東学生陸上競技連盟強化委員、医事委員

日本学生陸上競技連合強化委員、調査研究委員

《演者プロフィール》

中村 明彦（なかむら あきひこ）

1990 年生まれ

現 職：スズキ浜松アスリートクラブ

学 位：中京大学 体育学士

競技歴：陸上競技 十種競技・400H

2012 ロンドンオリンピック 400H

2016 リオオリンピック十種競技

2014,18 アジア大会十種競技 3 位

2015,17 世界選手権十種競技

シンポジウム①

「複合競技における身体リテラシーについて考える」 混成競技における身体的リテラシー

司 会 眞鍋 芳明（国際武道大学）
演 者 松田 克彦（名古屋学院大学）

今回のテーマである「リテラシー」とは、読解力、応用力など、物事を理解し、表現する能力といわれている。競技における身体的リテラシーは、結果を出すために、効率よく身体をコントロール出来ることであると考え

る。
我々が取り組んでいる混成競技は、様々な要素を求められる競技であるが、全ての種目を同じように取り組むことは、時間を要する割には効果がない。また2日目は、疲労が残る中の試技になるため、専門的な技術に偏りすぎると練習時と試合時のバランスやイメージが逸脱する結果となり、思うようなパフォーマンスが出来ない種目である。そこで、日頃から自分の身体を効率よく動かすにはどうすれば良いか考えることが多い。考える内容は、重さがあるものをどちらの方向に、どの位の運動時間を、どの位の強さや加える長さをすれば良いかという点である。

混成競技はほとんどの種目が走ることが含まれているため、当然スプリント種目に重点をおくことが重要であるが、力む練習を繰り返しては、試合において更に力む結果となる。正しい姿勢や、理にかなった動作を先ずは理解した上で練習に取り組むことが大切である。

そのヒントを模索する方法として、結果を出す人を観察していると、上下動が少ない、頭の位置が安定している、姿勢が良いなどの共通点がある。反対にただ強い人の個人を参考にしてしまうと、身長や体重、筋力や手足の長さなど注目すべき点が対象により異なってしまうため、自分に必要なことを見失ってしまうことが生じることがある。従って背格好が似ている人の動きを探して見ることが大切であり、自分や他の選手のメリットやデメリットを理解することにより、動きを理解することが出来ると思う。また、なぜ頭が動くのか、なぜ動かないのかという原因を明確にするには、自分の種目以外にも目を向けると良いと思う。現役時代から、速く動くことを探るために動物園に猿を観察しに行く、頭や姿勢が安定している能や歌舞伎、クラシックバレエなどしなやか

に動く種目を見に行くことをしていた。表現する種目とパワー種目の違いがあるが、効率よく身体を動かすことには変わりはない。そして、その動きを真似したり、その種目の準備運動等をみると、基礎的な動きを理解でき、そこにまた共通的な項目を見いだすことも出来る。直接陸上競技の何に関係があるかと思われるかも知れないが、身体を動かすことの理解は各自に深まっていった。

更にスピードスケートのトップ選手と話す機会があった時、スケーティング姿勢時に身体で一番重いのは頭なので、頭を進む方向にいかに移動させて行くかという話を聞いた。どのようにコントロールするのかと聞いたところ、首から下はないものと考えて、首から手や脚が伸びていて頭の近いところで動かすイメージをすると答えが返ってきた。実際に実行してみるととても効率的に動かすことが出来た。

人それぞれ表現は違うと思うが、いろいろな情報から自分の身体を効率よく動かすことや、与えられた状況や情報をいち早く理解していく能力は、普段の生活から探すという意識を持たなければならない。

今回、競泳、トライアスロンのコーチの話を聞いている中で、水面を捉えに行くのではなく「待つ」、「少し余裕を持った設定」、「少しの能力以上の刺激」などという話が出て来た。今回のような他種目の方々の話を聞くことは、非常に貴重な時間であり、自己の考え方の確認や頭の中の整理をすることが出来た。

また、十種競技の中村選手の十種と400mHとの関連性で、ハードルを効率よくクリアして行くには、走高跳びや棒高跳、走幅跳などの迫ってくる物に合わせるといった能力や回数が専門の選手より優れているかも知れないという話は「なるほど」と思った。

今回、「身体的リテラシー」というテーマでディスカッションを行い、良い「気づき」と改めて基本の大切さを実感し、その情報を共有できたことは非常に有意義であった。またこのような企画をお願いしたい。

《演者プロフィール》

松田克彦（まつだ かつひこ）

1965年生まれ

現 職：名古屋学院大学 スポーツ健康学部

学 位：体育学士

専門（研究）分野：健康科学 コーチング

指 導 歴（競技歴）：

JOC 強化コーチ

リオデジャネイロオリンピック日本代表コーチ

ジャカルタアジア大会日本代表コーチ

日本陸上競技連盟十種競技強化コーチ

日本学生陸上競技連合 強化委員

平成国際大学 陸上競技部監督

（2000年7月～2013年3月迄）

関東学生競技連盟 1部校

（2005・2006・2008・2010・2014）

第77回箱根駅伝出場 13位 ※往路5位

競 技 歴：第4回世界陸上競技選手権大会 十種競技

日本代表 20位

アジア選手権 3位

十種競技元日本記録保持者

シンポジウム①

「複合競技における身体リテラシーについて考える」 トライアスロン

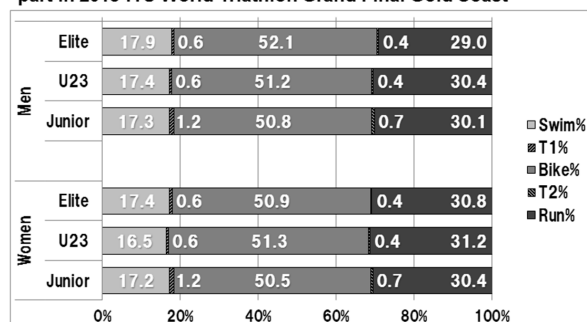
司 会 眞鍋 芳明（国際武道大学）
演 者 富川 理充（専修大学）

2012 年より公益社団法人日本トライアスロン連合 (JTU) において、パラリンピック対策チームのリーダーを仰せつかっているため、最近ではパラトライアスロンに関する活動が主となっている。パラトライアスロンは障がいの程度などによってクラスが分けられていたり、バイクの改造が認められていたり、パラスポーツ特有の特徴を持っている。それらの紹介は、ここでは割愛させていただき、改めてトライアスロンの特徴を紹介することとしたい。

トライアスロンの正式な競技距離は、スイム 1.5km、バイク 40km、ラン 10km の総距離 51.5km である。種目を変える過程はトランジションと呼ばれ、これも競技時間に含まれる。バイクではドラフティング走行が認められている。競技タイムはコース、環境、展開等に非常に大きく影響を受けるが、最近の世界のエリートレースでは男子で 1 時間 50 分を、女子は 2 時間を切ってくる。ロンドン 2012 オリンピック大会では、男子で優勝したイギリスのアリスター・ブラウンリー選手は 1 時間 46 分 25 秒で、スイムを 17 分 04 秒、ランを 29 分 07 秒で完走している。女子の優勝はスイスのニコラ・スピリグ選手で 1 時間 59 分 48 秒、スイムは 19 分 23 秒、ランは 33 分 41 秒であった。リオデジャネイロ 2016 大会では、男子はアリスター・ブラウンリー選手がスイム 17 分 24 秒、ラン 31 分 09 秒の 1 時間 45 分 01 秒で連覇をし、女子はアメリカのグウェン・ジョーゲンセン選手がスイム 19 分 12 秒、ラン 34 分 09 秒の 1 時間 56 分 16 秒で優勝した。特に男子は、個々の種目でも非常に高いパフォーマンスでなければ勝つことが難しくなっている。

トライアスロンを構成する各種目の距離配分は、スイム 2.9%、バイク 77.7%、ラン 19.4% となる。これを 2018 年の世界選手権の各種目の競技時間の割合で示すと Figure1 の通りとなる。エリート、U23、ジュニアの各カテゴリー上位 10 選手の平均となるが、それらの中に各種目の時間の割合の違いはほとんどみられない。唯一、ジュニアのトランジションが他と比較し約 2 倍と大きな相違がみられた。エリート、U23 の競技距離は 51.5km であり、前者の男子優勝者の競技時間が 1 時間

Figure 1 Top 10 triathletes averages of rap time ratio for each part in 2018 ITU World Triathlon Grand Final Gold Coast

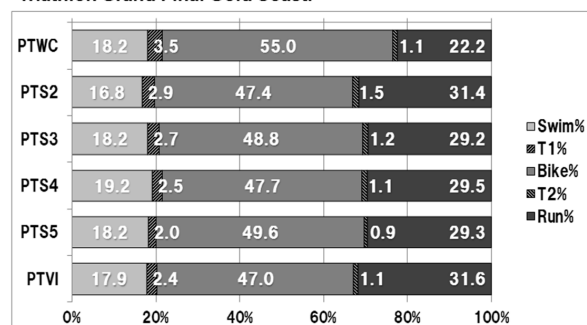


Elite; Elite race (total distance is 51.5km), U23; the race from ages 18 to 23 (total distance is 51.5km), Junior; the race from ages 16 to 19 (total distance is 25.75km).

T1; Transition 1 (swim to bike), T2; Transition 2 (bike to running).

44 分 34 秒、ジュニアの競技距離は全ての種目が半分で構成される 25.75km となり、同優勝者の競技時間は 52 分 49 秒であった。これらの競技時間より、ジュニアでは各種目ともエリートの約半分の時間で遂行できていたと仮定すると、実際のトランジションの時間は同じであってもその全体の競技時間に対する割合は約倍となる。それが今回の結果が得られた理由と考えられる。補足情報として、同世界選手権のパラトライアスロンの時間的レース構造の図を、男子は Figure 2 に、女子は

Figure 2 The averages of rap time ratio for each part for each paratriathlon sport classes in male triathletes in 2018 ITU World Triathlon Grand Final Gold Coast.



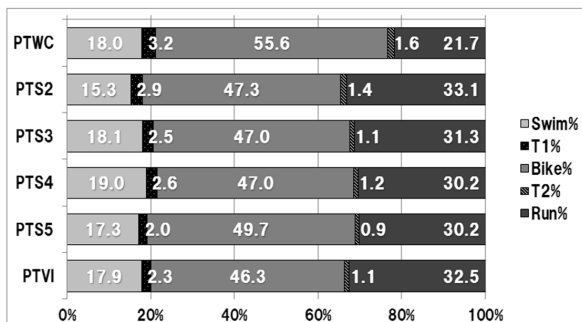
PTWC; n=11, PTS2; n=12, PTS3; n=6, PTS4; n=13, PTS5; n=11, PTVI; n=13

T1; Transition 1 (swim to bike), T2; Transition 2 (bike to running).

Figure 3に示す。パラトライアスロンは、コース設定は異なっていたが、競技距離はジュニアと同じ25.75kmである。

2018年の世界選手権の結果のみではあるが、トライアスロンの各年代間におけるレース構造の差がほとんど見られない。ジュニアからシニアまで、各種目とも高い競技力を有していることが、世界の上位で戦うこと条件となっていることが伺える。本日は、陸上競技、水泳競技の専門家から、トライアスロンの競技力向上のヒントとなる示唆を、是非持って帰りたいと思っている。

Figure 3 The averages of rap time ratio for each part for each paratriathlon sport classes in female triathletes in 2018 ITU World Triathlon Grand Final Gold Coast.



PTWC; n=10, PTS2; n=9, PTS3; n=3, PTS4; n=6, PTS5; n=7, PTVI; n=9
T1; Transition 1 (swim to bike), T2; Transition 2 (bike to running).

《演者プロフィール》

富川 理充 (とみかわ まさみつ)

1972年生まれ

現職：専修大学(商学部)教授

学位：博士(体育科学)専門(研究)

分野：スポーツ科学(トレーニング科学、コーチング)

指導歴(競技歴)：

1994年 日本学生選手権 200m個人メドレー 6位、400m個人メドレー 8位

日本短水路選手権 200m個人メドレー 8位

国民体育大会 成年男子 200mフリーリレー 3位

2001年 日本トライアスロン選手権 17位

2003年 トライアスロンワールドカップ石垣島大会 44位

2000年 公益社団法人日本トライアスロン連合(JTU)ジュニア担当支援コーチ(スイム)

2001年 アジアトライアスロン選手権、世界トライアスロン選手権ジュニア担当コーチ

2011年 JTU情報戦略・医科学委員

2012年～ JTUパラリンピック対策チームリーダー

2013年～ パラトライアスロン日本代表チームヘッドコーチ

2015年～ アジアトライアスロン同盟パラトライアスリート委員会副委員長

2016年～ 国際トライアスロン連合パラトライアスロン委員会メンバー

[日本陸上競技学会第 17 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

「複合競技における身体リテラシーについて考える」 競泳

司 会 眞鍋 芳明（国際武道大学）
演 者 仙石 泰雄（筑波大学）

近代 4 泳法は、バタフライ・背泳ぎ・平泳ぎ・クロール泳からなり、この 4 泳法を続けて泳ぐ種目が個人メドレーである。オリンピックにおいては、各泳法を 50m および 100m ずつ泳ぐ 200m と 400m の 2 種目が競われる。選手個々で得意とする種目が異なり、レース展開が目まぐるしく変化する点において、レース観戦者にとっても魅力のある種目と言える。リオデジャネイロオリンピックでは、男子 400m 個人メドレーにおいて萩野公介選手が金メダル、瀬戸大也選手が銅メダルを獲得しており、日本人が活躍する種目と現在なっている。

競技現場において、ある泳法を単体でレースする時と個人メドレーの中で同一の泳法を泳ぐ際には、選手自身を感じる泳感覚が異なるという言葉をよく耳にする。実際、私が指導していた選手は（ロンドンオリンピック選考会・200m 個人メドレー 5 位）、従来背泳ぎを専門として競技していたが、専門種目を個人メドレーに変更した後にも最も課題となったのがその背泳ぎであった。4 泳法を連続してつないで泳ぐ際には、特殊な身体リテラシーが必要となる可能性が考えられる。

2008 年の北京オリンピックにおいて 8 冠を達成したアメリカのマイケル・フェルプス選手が登場して以来、4 泳法の中で苦手種目のある選手は世界のトップで戦うことが難しい状況となっている。その中、個人メドレーの選手は年間トレーニングの中で特定の種目に特化して強化を実施するのではなく、強化の重点は置きつつもシーズンを通して 4 泳法を総合的に強化する傾向にある。

4 泳法の強化を平行して実施する上で、各々の泳法を個別の技能ととらえるのではなく、4 泳法に共通した技術を高めることで各泳法のパフォーマンス改善を促すことができるかと私は考えている。具体的には、水中において推進力の発揮を開始する「キャッチ局面」がその技術

に該当する。近年の科学研究において、手部周りに働く流体力を圧力分布計測法によって推定が可能となっており、各泳法における推進力の発揮メカニズムが共通する可能性が指摘されている。このキャッチ局面において「水をとらえる感覚（水感）」が競技力を高める上で重要であると言われており、各泳法において水をとらえることに対する身体リテラシーの獲得が、競泳の個人メドレー種目における成功の鍵となる可能性が考えられる。

《演者プロフィール》

仙石 泰雄（せんごく やすお）

1976 年生まれ

現 職：筑波大学体育系助教

学 位：博士（体育科学）

専門（研究）分野：

水泳競技コーチング論

指導歴：

1999 年～2007 年

筑波大学水泳部アシスタントコーチ

2008 年～2010 年

平成国際大学水泳部ヘッドコーチ

2010 年～

筑波大学水泳部ヘッドコーチ

2016 年 世界選手権（25m）・日本代表コーチ

2017 年 ユニバーシアード競技大会・日本代表コーチ

指導成績：

2013 年 第 27 回ユニバーシアード競技大会 諸貴瑛美

2014 年 男子 200m 背泳ぎ短水路日本新記録 金子雅紀

2014 年 男子 200m メドレーリレー短水路日本新記録 金子・林・佐藤・鏡味

2015 年 第 16 回世界水泳選手権大会 金子雅紀

2016 年 第 31 回オリンピック大会 金子雅紀

2016 年 第 13 回世界選手権（25m）金子雅紀・諸貴瑛美・小林明日香

2017 年 第 29 回ユニバーシアード競技大会 大久保琳太郎・平山友貴奈・岡野圭穂

ジュニア期のスポーツパフォーマンスと相対年齢効果

司 会 青木 和浩（順天堂大学大学院）
演 者 渡邊 将司（茨城大学教育学部）

1. はじめに

学校を始め、多くのスポーツ場面では、学年で区別されることが多い。民法第 143 条によると、満年齢は起算日に相当する前日をもって満了する、とある。つまり、同一学年では 4 月 2 日生の者が最も月齢が高く（older）、4 月 1 日生の者が最も低い（younger）。つまり、学年の前半に誕生した者と後半に誕生した者との間には約 1 年もの成長期間に差が生じることになり、特に子ども期には必然的に体格差や体力差が生じる。これを相対年齢効果という。ここでは、同一学年またはカテゴリーの前半 1/4 生まれを Q1、次の 1/4 を Q2、その次の 1/4 を Q3、最後の 1/4 を Q4（いわゆる早生まれ者）と定義してジュニア期のスポーツパフォーマンスと相対年齢効果に関する話題を紹介する。

2. 相対年齢効果・生物学的成熟とパフォーマンス

陸上競技における全国大会出場者および日本代表選手の誕生月分布をみると、全国小学生大会の出場者の約 45%は Q1 で、Q4 は約 7%であった。全国中学校、高校総体と年齢が高まるにつれて相対年齢効果は小さくなっていくが、高校生段階でも偏りがある。しかし日本代表選手には相対年齢効果は認められない（日本陸上競技連盟, online）。

全国小学生大会の 100m で 1～4 位に入賞した男子選手（小学 6 年）の暦年齢は 12.39 歳であったが、骨年齢は 15.75 歳であった（宮丸, 2001）。最近行われた井筒ら（2012）の研究でも同様に、上位に入賞した選手は生物学的に早熟であることが報告されている。学年や年齢カテゴリーでみると、体格や体力には生物学的成熟に加えて相対年齢効果も関係すると思われる。つまり、生物学的に早熟で Q1 に誕生した子どもと、晩熟で Q4 に誕生した子どもを比較した場合、暦年齢差以上の差が生じることになる。一方で、早熟だが Q4 に誕生した子どもと、晩熟だが Q1 に誕生した子どもの生物学的年齢はあまり差がないかもしれない。オーストリアにおけるアルペンスキーの全国大会決勝進出とサッカーの Elite

Youth Development Center に選抜された選手（平均 11 歳）の誕生月分布をみると、明らかに Q1 が Q4 よりも多かった。そこに生物学的成熟の要素も加味してみると、Q4 で選抜された者のうち約 40%は早熟者で、他のカテゴリーよりも高い割合であった（Müller et al. 2017）。つまり、Q4 でも生物学的に早熟な選手がより選抜されていたことを意味している。

3. 早生まれでも活躍する選手の特徴

相対年齢効果はジュニアサッカー選手の選抜にも認められた。フランスのエリートアカデミーに所属する 14～16 歳の選手には明らかな偏りがあった。ところが最終的にプロ選手になった選手の割合をみると、Q1～Q3 の選手では 40%ほどであったが、Q4 の選手は 70%であった（Carling et al. 2009）。人数は少ないが、15 歳前後である程度高いレベルに到達した Q4 の選手はプロ選手になる確率が高いことを意味する。さて、それはなぜだろうか？その謎を解く鍵となるのが“mental toughness”である（McCarthy et al. 2016）。精神的な強さを指すのだが、カテゴリーの後半に誕生した子どもは体格や体力が劣っていて、スポーツ場面で優位な経験が少なかったかもしれない。しかし、相手に勝ちたいという思いで諦めなかったり、より工夫もしたのかもしれない。そこで培った精神的な強さが後々の活躍につながっているのではないかという考えである。それを裏付けるような研究結果がある。イギリスサッカー（U15）で、ある時から年齢区分の方法が変更になり、その前後での選抜された選手の誕生月分布が調査された（Simmons et al. 2001）。年齢区分が変更になる前は相対年齢効果が強く現れており、最も前半である 9～10 月生者だけで約 50%を占めていた。年齢区分の変更後は、最も前半となった 1～2 月生者で約 35%を占めたが、後半になった 9～10 月生者も 30%ほど選抜されていた。その背景には、前のカテゴリーでの優位な経験で高いスキルや自信・有能感を獲得していたことが影響していることを示唆している。つまり、劣った体格や体力の要素を優れたスキルやメンタルで補って、高いスポーツパフォーマンスを獲

得できる可能性があることを示している。

4. 長く競技を続けるために

このように、選手に自信や有能感を感じさせることは、長く競技を続けていくにあたって重要な要素と言える。では、子ども達を取り巻く環境や仕組みをどのようにすればよいのだろうか。そこで以下の観点を提言したい（渡邊，2018）。

1) 体格別の競技会

柔道やボクシングのようなイメージで、身長あるいは体重別で行う。体格の影響を除外できるが、大会当日に身長や体重を計測する必要があるため現実的には不可能であろう。

2) パフォーマンスの規格化

記録を年齢や体格に応じた換算表に当てはめて競う。走高跳の頭上記録のようなイメージである。記録と順位が一致しないことが予想され混乱を招きそうである。

3) 区分期間の変更

多くの競技会が学年（つまり1年）で区切られているため半年区分にする。入賞者が多くなるため自信や有能感を持つ選手が増えるかもしれない。記録情報の面では煩雑になるが、競技会運営には大きな影響がないと思われる。最も現実的に実施できる方法であると考えられる。

4) 選手選抜の時期を遅らせる

小学校、中学校の全国大会にQ4の選手が出場しにくいことは明らかであるため廃止するというアイデアである。また、若い選手への過熱指導や教員の働き方改革もあるため、“全国大会への出場・入賞”を目指さない。その代りは通信陸上が担う。

5) 大人の意識改革

相対年齢効果が生じていることを、親、コーチ、そして選手も知ることである。選手のバーンアウトや自信喪失を避けることが目的である。

6) 種目トランスファーを意識した指導

高校から種目が増えることをチャンスととらえる。小～中学生期に様々な種目を経験させることがトランスファーを促す。

5. まとめ

- 1) 学年前半生まれや早熟者は、その時点で活躍する傾向にある。過度なトレーニングによる怪我や周囲からのプレッシャーなどで早くにバーンアウトさせないように注意したい。
- 2) 学年後半生まれや晩熟者は、その時点でパフォーマンスが低い傾向にある。陸上競技は早期のタレント選手発掘が非常に難しいスポーツなので、長く競技を続けるよう方向付けすべきである。
- 3) 相対年齢効果以外の要因もパフォーマンスに影響する。自信や有能感の獲得に加えて様々な体の使い方（身体リテラシー）を獲得し、トランスファーを意識した指導をするべきである。

文献

- Carling C, le Gall F, Reilly T and Williams AM (2009) Do anthropometric and fitness characteristics vary according to birth date distribution in elite youth academy soccer players? Scand J Med Sci Sports. 19: 3-9.
- 井筒紫乃，繁田 進，渡部 誠（2012）小学生陸上競技優秀選手の形態・体力調査－第27回全国小学生陸上競技交流大会入賞者を対象として－。陸上競技研究紀要，8：9-140.
- McCarthy N, Collins D and Court D (2016) Start hard, finish better: further evidence for the reversal of the RAE advantage. J Sports Sci., 34: 1461-1465.
- 宮丸凱史（2001）疾走能力の発達。杏林書院：東京。
- Müller L, Gonaus C, Perner C, Müller E and Raschner C. (2017) Maturity status influences the relative age effect in national top level youth alpine ski racing and soccer. PLoS One, 12(7): e0181810.
- 日本陸上競技連盟（online）タレントトランスファーガイド。（<http://www.jaaf.or.jp/development/ttmguide/>，参照日：2019年2月21日）
- Simmons C and Paull GC (2001) Season-of-birth bias in association football. J Sports Sci., 19:677-686.
- 渡邊將司（2017）若年競技者育成と相対年齢効果。陸上競技研究紀要，13：74-83.

《司会プロフィール》

青木 和浩（あおき かずひろ）

1969年生まれ

現 職：順天堂大学大学院 スポーツ健康科学研究科
教授

学 位：博士（スポーツ健康科学）

専門（研究）分野：コーチング学、体力学

社会的活動：日本陸上競技学会 副理事長、日本コーチ
ング学会 理事長
日本陸上競技連盟 強化委員会 強化・情
報戦略委員
日本オリンピック委員会強化スタッフ
（コーチング、マネジメント、情報戦略ス
タッフ）
日本学生陸上競技連合 強化委員・調査研
究委員 ほか

《演者プロフィール》

渡邊 将司（わたなべ まさし）

1978年生まれ

現 職：茨城大学教育学部 准教授

学 位：博士（体育科学）

専門（研究）分野：発育発達学

社会的活動：日本陸上競技連盟普及育成委員会委員、
茨城陸上競技協会理事、
茨城県教育委員会体育授業アドバイザー

[日本陸上競技学会第 17 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

日本陸上競技連盟・競技者育成指針の策定プロセスについて

－中長期的な視点での競技者育成の重要性－

司 会 青木 和浩（順天堂大学大学院）
演 者 森丘 保典（日本大学スポーツ科学部）

1. はじめに

日本陸上競技連盟（以下「日本陸連」という。）は、2017 年 5 月に発行した「JAAF VISION 2017」において、「国際競技力の向上」と「ウェルネス陸上の実現」という 2 つのミッションを掲げるとともに、「2028 年までに世界のトップ 8、2040 年までに世界のトップ 3 を目指した競技者の育成・強化を推進する」、「アスレティックファミリー（競技会参加者、審判および指導者）を 2028 年までに 150 万人、2040 年までには 300 万人に拡大させる」などの具体的な数値目標を設定した（日本陸上競技連盟、online 1）。また、2018 年 9 月には、上記の目標達成に向けて、陸上競技の普及と競技者の育成・強化の両面を見据え、中長期的展望に立った競技者育成の方向性を具体的に示した「日本陸上競技連盟・競技者育成指針（以下「指針」という。）」を策定した（日本陸上競技連盟、online 2）。

日本陸連は、これまでジュニア競技者の育成に焦点化し、機関誌である陸上競技研究紀要（日本陸上競技連盟、online 3）において「陸上競技のタレントトランスファー（2014 年）」、「陸上競技における体罰・暴力の課題と解決の方向性（2015 年）」、「若い競技者の育成モデルをめぐる世界の動向（2016 年）」、「ジュニア競技者育成と相対年齢効果（2017 年）」などのテーマによる特集を組んで議論を深めてきた。また、2014～2017 年にかけて、中学生・高校生を対象とする「陸上競技ジュニア選手のスポーツ外傷・障害調査（日本陸上競技連盟、online 4）」を実施し、ジュニア競技者におけるスポーツ傷害の実態把握に努めるなど、指針の作成に資する基礎的資料を積み重ねてきた。

これらのエビデンスを踏まえて、指針では、ジュニア期の競技者を取りまく現状と課題として、「国内外の競技会の高度化・低年齢化の影響」、「発育発達の遅速の影響と競技実施・継続率」、「早期に才能（タレント）を見極めることの難しさ」、「普及・育成・強化プロセスの問題」などを指摘するとともに、今後の競技者育成の方向性として「陸上競技に接する幅広い機会の提供」、「基礎的な運動能力を適切に発達させるための活動支援」、「多

様なスポーツおよび複数種目の実施を奨励」、「長期的展望に立った質の高いコーチングの提供」などを示している。また、ジュニア競技者の育成過程において身体的および精神的（知的）な成長の最適化を図るために、年齢（学年）や発育発達段階を考慮した以下のような 6 つのステージ別の具体的な留意点を提示している。

- ステージ 1 （0 歳～6 歳；幼稚園・保育所など）：楽しく元気に体を動かす（身体リテラシーの育成スタート）
- ステージ 2 （6～12 歳；小学校期）：楽しく陸上競技の基礎をつくる（身体リテラシーの継続的な育成）
- ステージ 3 （12 歳～15 歳；中学校期）：陸上競技を始める・競技会に参加する
- ステージ 4 （15 歳～18 歳；高校期）：競技会を目指す & 楽しみのための陸上競技
- ステージ 5 （18 歳～；大学・社会人期）
 - ①ハイパフォーマンス陸上：高い（究極の）競技パフォーマンスを目指す
 - ②ウェルネス陸上：陸上競技を楽しむ
- ステージ 6 （～生涯）：アクティブアスレティックライフに向けて

また、日本陸連では、この指針の策定プロセスにおいて、2012 年からオリンピック・世界選手権代表選手を対象とする「陸上競技におけるトップアスリートの軌跡調査（アンケートおよびインタビュー調査）」を実施し、その成果物として 2016 年に「タレントトランスファーガイド（以下「ガイド」という。）」を作成している（日本陸上競技連盟、online 5）。以下では、このガイドに挙げられた 4 つのテーマに沿って、指針の内容に関連するエビデンスを提示する。

2. タレントトランスファーガイドの4つのテーマ

2-1 小学校・中学校期の競技成績にこだわり過ぎいてませんか？

同じ学年における誕生月の違いが、学業やスポーツなどの成績に与える影響のことを「相対年齢効果」と呼ぶ。サッカーJリーグのユースチームに所属する選手や高校野球の甲子園に出場した選手においては、この相対年齢効果が顕著に認められ、その影響はシニア（プロ）世代まで残存する傾向にあることが指摘されている。

図1は、オリンピックや世界選手権に出場した陸上競技の日本代表選手（以下、「日本代表」と呼ぶ）および小学校期以降の全国大会出場者の誕生月分布を示したものである。小・中学校期の全国大会出場者における相対年齢効果は大きく、高校期以降にもその影響が残る傾向がみられるが、日本代表にはその影響が認められなかった（森丘, 2014）。これらのことは、発育発達の遅い“晩熟型”の子どもの「運動有能感」が育ちににくい状況や、発育発達の速い“早熟型”の子どもの早期専門化による弊害などを想起させるとともに、将来性のある子どものドロップアウトやバーンアウト（燃え尽き症候群）の誘因になることも懸念される。運動有能感は、「運動行動に対する有能さの感覚」と定義され、運動・スポーツをする機会の増大や継続に影響すると考えられているが、その高低は、運動・スポーツ活動における達成・失敗経験や、そのことに対する大人からの社会的評価などに大きく影響を受けるといわれている。この点について、小学生の全国大会をはじめとする競技会の高度化やセレクション（選抜）の低年齢化などに伴う指導者や保護者の過剰な競技指（志）向化が、子ども達の身体的、心理的負荷の増加に拍車をかけている可能性も看過できない。中学校期から高校期にかけて陸上競技を継続する割合が30～40%にとどまるという現状（日本陸上競技連盟, online 5）には、これらのことが少なからず影響しているといえるだろう。

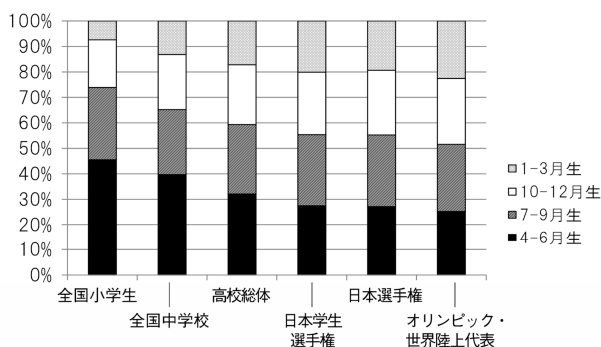


図1 2012年の全国大会出場者および日本代表選手の生まれ月分布

本来、相対年齢効果は、年齢を重ねるにつれて小さくなって最後は消失するはずであるが、現状では多くのスポーツにおいて、特に進学時に継続するか否かの判断を含む「動機づけ」に影響を及ぼしていると考えられる。したがって、ジュニア期においては、競技成績（順位や記録など）に一喜一憂することなく、陸上競技の継続に導くための環境整備や活動内容を最適化することが求められる。

2-2 日本代表選手は、子どものころからトップレベルだったのでしょうか？

日本陸連では、指針の策定に資するエビデンスを収集することを目的として、日本代表の競技歴に関するアンケート調査を実施した（渡邊ほか, 2014; 2015）。

表1は、日本代表の小学校期から高校期までの陸上競技実施率および全国大会出場・入賞率を示したものである。小学校期は、日本代表のほとんどが陸上競技を専門的に行なっておらず、複数競技実施者を含めた陸上競技の実施率は約1割半、陸上競技のみ実施していたのは1割未満であった（表1）。また、約9割が運動遊びを「よくした」と回答（男女とも“鬼遊び”が1位）しており、全体的に“運動有能感”が高い傾向にあった。また、中学校期では、日本代表の約6割が全国レベルの大会に出場していなかった。また、陸上競技を中心的に実施していたのは約7割、約2割が別競技または複数競技を実施し、約1割は組織的なスポーツ活動（運動部活動・クラブ）を行っていないかった。さらに、高校期に入ると、ほぼ全員が陸上競技を中心的に実施しており、約8割が全国レベルの大会に出場、約6割が入賞していた。また、日本代表は、ジュニア期を通して指導者への満足度は高く、「環境に恵まれた」と回答する選手が多い傾向にあった。

また、他競技から陸上競技へ参入する「競技間トランスファー」については、小学校～中学校で約9割、中学校～高校で約3割、陸上競技内の「種目間トランスファー」については、中学校～高校で約半数、高校～学生・実業団で約3割であった（表2）。種目間トランス

表1 日本代表選手の陸上競技実施率および全国大会出場・入賞率

	実施率	全国大会	
		出場	入賞以上
小学校期	16.3%	3.8%	1.9%
中学校期	79.8%	40.4%	20.2%
高校期	98.1%	79.8%	61.5%

※実施率＝複数競技実施者を含む

表2 日本代表選手の競技間・種目間トランスファー

	競技間	種目間
小→中	92%	-
中→高	30%	55%
高→学生・実業団	2%	32%

ファーには、高校期から導入される種目（例えば 400m ハードルや三段跳など）への移行や歩・走種目における距離変更なども含まれているが、いずれにせよトランスファーを経験している日本代表は少なくないといえる。

以上のことから、これまでの日本代表の多くは、小学校期に高い運動有能感に支えられていること、中学校期から本格的に陸上競技を開始するものの全国レベルの大会の出場者は半数以下に留まること、高校期以降の種目間トランスファーを経て日本代表に至る傾向にあることなどが示唆された。

2-3 トップレベル競技者は、何歳頃に自己ベスト記録を達成し、何歳くらいまで維持しているのでしょうか？

森丘（2014）は、男子 100m の日本歴代 20 傑選手（日 100m）および世界歴代 30 傑選手（世 100m）のシーズンベスト（SB）記録の推移が、世 100m がピークを迎えて以降 30 代前半までハイパフォーマンスを維持する傾向にあるのに対して、日 100m はピークを迎えて以降は徐々にパフォーマンスが低下する傾向がみられることや（図 2）、PB 記録に対する達成率の推移が、日 100m が高校期からシニア期前半にかけて急激にパフォーマンスを高め、以降は徐々に低下する“山型”を示したのに対して、世 100m は緩やかにパフォーマンスを高めながら 30 歳代に至るまで高い達成率を維持する“丘形”を示すこと（図 3）などを指摘している。このような世界と日本の相違が何に起因するのか、その相違がピークパ

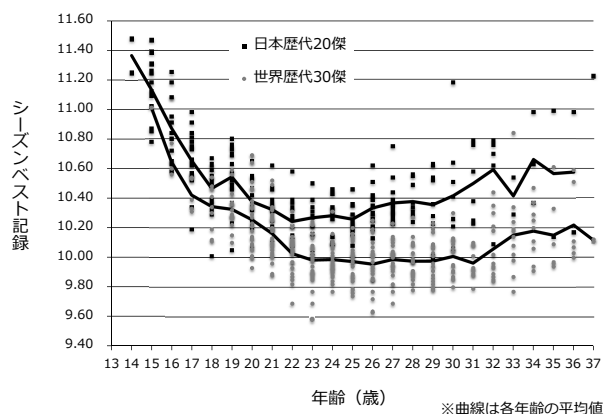


図2 一流男子 100m 選手のシーズンベスト記録の推移

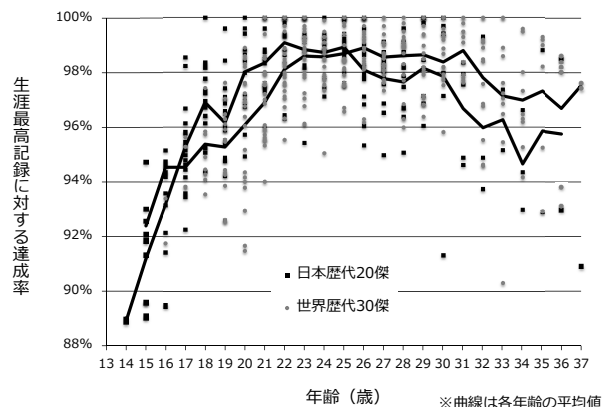


図3 一流男子 100m 選手の記録達成率の推移

フォーマンスのレベルやハイパフォーマンスの維持年数にどのような影響を及ぼすのかについては、さらなる検証を進めながら、種目間トランスファーのタイミングやジュニア種目の負荷（距離）設定などの最適化につなげていくことが求められる。

日本一流短距離選手の中学校期、高校期（18 歳）およびシニア期の 100m の PB 記録について事例的に検討してみると、現日本記録保持者の桐生祥秀選手は、中学校期（15 歳）に 10.87 秒、高校期（18 歳）に 10.01 秒、そしてシニア期（22 歳）に 9.98 秒と、中学校期から常に各カテゴリーのトップレベルのパフォーマンスを達成しているのに対して、山縣亮太選手は、中学校期（15 歳時）に 11.24 秒、高校期（18 歳）に 10.30 秒、そしてシニア期（24 歳）に 10.00 秒というプロセスを辿っていることから、桐生選手よりも少し長い時間をかけてパフォーマンスを向上させてきた選手であるといえる。また、高瀬慧選手は、中学校期（15 歳）に 11.8 秒、高校期（18 歳）には 200m でインターハイに出場しているが、この時点では桐生選手の中学校期（21.61 秒）よりも遅い PB（21.76 秒）であり、その後の種目トランスファー（200m・400m から 100m・200m）を経て社会人 5 年目（27 歳）に 10.09 秒に至るなど、上記二人の選手に比べてさらに長い時間をかけてパフォーマンスを向上させてきた、いわゆる“晩熟型”の選手であるといえる。Ericsson (1993) は、熟練者（エキスパート）の育成に必要な要素として、①動機づけ（長期のトレーニングに継続的に取り組むための高いやる気の継続）、②努力（質の高い練習に取り組むための集中力や心身のコンディショニング）、③環境（よりよい人的物的支援体制の整備）を挙げている。今後は、このような多様な競技プロセスを示す選手達の共通点や相違点などについて、質的なデータ分析法に基づく動機づけ（意欲）要因、努力要因および人的・物的（環境）要因の検討により、多様な競技プロセス（モデル）を提示していく必要がある。

2-4 一人でも多くの競技者に、少しでも長く陸上競技を続けてもらうために

図4は、小学校期からシニア期にかけてのパフォーマンス発達曲線を概念的に示したものである。小学校期から中・高校期にかけては、成長因子（身体の形態・機能）やトレーニング因子（技術・スキル）の変化（向上）が容易に起こる時期であることから、競技パフォーマンスは著しく発達する傾向にあるが、この時期の競技パフォーマンスの優劣に発育発達の遅速が大きく影響することは、上記の相対年齢効果の影響をみても明らかである。一方、シニア期は、成長因子の変化が停止し、トレーニングによる変化も容易には起こらなくなるが、それでも様々な工夫や努力を重ねながら競技を継続し、パフォーマンスを高めていかなければ、日本代表レベルにまで至らない。この概念図と、本稿で示してきたエビデンスとを重ね合わせれば、陸上競技選手としての将来性の予測は、少なくとも高校期以降でなければ難しいこと、そして高いパフォーマンスに至るためには20歳代中盤以降までの競技継続が必要であることが示唆されたといえる。

前出の高瀬慧選手は、指針がプレスリリースされた翌日（2018年12月4日）に自身のTwitterアカウント（@Kei_Takase）で、「小学生中学生の頃は身体が小さくて、回りの選手は成長期で、記録にどんどん差ができました。高校、大学に進学して徐々に身体も大きくなっていて、大学3年の時に初めて全国大会で上位入賞をすることができました。（…）結果が出ていない時は、「君はオリンピック選手になれる」という小学生の頃の指導者の方の言葉が支えになっていて、自分もオリンピックにでられるという根拠のない自信を持っていました。（…）指導者や仲間から恵まれて走る楽しさを感じる事ができた事と自分を信じる事ができた事で、走り続けられているので、一人でも多くの子が走る事の楽しさを感じて欲しいですし、伝えたいと思います。」とコメントしている。前述した運動有能感は、身体的有能さの認知（自身の能力や技能に対する自信）、統制感（努力をすればできるようになるという自信）および受容感（指導者や仲間から

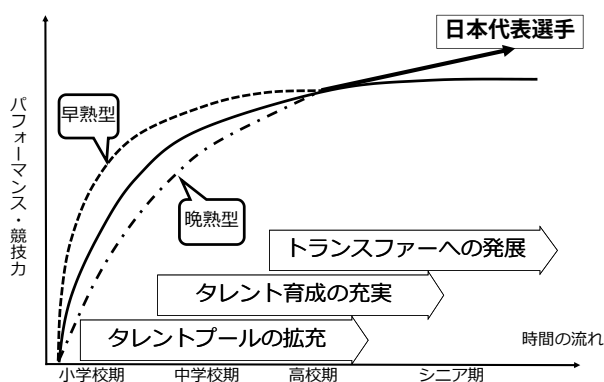


図4 パフォーマンス発達曲線（概念図）

受け入れられているという自信」という3因子で構成されると考えられている（岡澤，1996）。高瀬選手のコメント（特に下線部）には、ジュニア期には主に「統制感」と「受容感」によって運動有能感を保ち続けながら、競技歴全般にわたって「走ることが楽しい」という内発的動機づけによってドロップアウトやバーンアウトを回避してきたこと、言い換えれば競技レベルを超えたスポーツへの「動機づけ」の本質が含まれているように思われる。

以上のことから、日本陸連は、「運動有能感を高める指導」や「多様な種目の経験」をベースとする小・中学校期の「タレントプール（実施者数）の拡充」、中・高校期の「タレント育成（指導者・指導法）の充実」、そして高校期以降の「タレント・トランスファー（競技・種目変更）への発展」という連続性を意識した競技者育成システムの構築を目指すことになるが、そのために指針の内容を実践的かつ有効に機能させるための仕組み（ガバナンス）を構築することが喫緊の課題になる。

文献

- Ericsson, K., Krampe, R. and Tesch-Romer, C. (1993) The role of deliberate practice in the acquisition of elite performance. *Psychological Review*, 100: 363-406.
- 森丘保典（2015）タレントトランスファーマップという発想—最適種目選択のためのロードマップ—. 陸上競技研究紀要, 10, 51-55.
- 日本陸上競技連盟（online 1）JAAF VISION 2017. <https://www.jaaf.or.jp/pdf/about/jaaf-vision-2017.pdf>. 2019年2月14日閲覧.
- 日本陸上競技連盟（online 2）競技者育成指針. <https://www.jaaf.or.jp/pdf/development/model/150dpi.pdf>. 2019年2月14日閲覧.
- 日本陸上競技連盟（online 3）陸上競技研究紀要. <http://www.jaaf.or.jp/rikuren/kiyo.html>. 2019年2月13日閲覧.
- 日本陸上競技連盟（online 4）陸上競技ジュニア選手のスポーツ外傷・障害調査. <https://www.jaaf.or.jp/about/resist/medical/>. 2019年2月14日閲覧.
- 日本陸上競技連盟（online 5）タレントトランスファーガイド. <https://www.jaaf.or.jp/pdf/development/transferguide.pdf>. 2019年2月14日閲覧.
- 岡澤祥訓, 北真佐美, 諏訪祐一郎（1996）運動有能感の構造とその発達及び性差に関する研究. *スポーツ教育学研究*, 16（2）: 145-155.
- 渡邊将司, 森丘保典, 伊藤静夫, 三宅 聡, 森 泰夫, 繁田 進, 尾縣 貢（2014）オリンピック・世界選手権日本代表における青少年期の競技レベル—日本代表

選手に対する軌跡調査－。陸上競技研究紀要，9：1-6.

渡邊將司，森丘保典，伊藤静夫，三宅 聡，森 泰夫，山崎一彦，榎本靖士，遠藤俊典，木越清信，繁田 進，尾縣 貢（2015）日本代表選手における種目トランスファーの特徴－日本代表選手に対する軌跡調査－。陸上競技研究紀要，10：13-21.

《演者プロフィール》

森丘 保典（もりおか やすのり）

1969 年生まれ

現 職：日本大学スポーツ科学部 教授

学 位：修士（体育学）

専門（研究）分野：

コーチング学、トレーニング科学

社会的活動：

日本スポーツ協会国民体育大会委員会競技者育成部会委員、日本オリンピック委員会強化（コーチング）スタッフ、日本陸上競技連盟科学委員会副委員長、強化委員会および普及育成委員会委員、日本アンチ・ドーピング規律パネル、日本コーチング学会理事、日本陸上競技学会理事ほか

[日本陸上競技学会第 17 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

ジュニア期における望ましい競技者育成のあり方とは

ーシニア期に活躍する競技者を増やすためにー

中学生競技者の事例にみる競技者育成

司 会 青木 和浩（順天堂大学大学院）
演 者 森 健一（武蔵大学）

1. はじめに

日本陸上競技連盟（以下、日本陸連とする）のホームページによると、2017 年度の日本陸連への会員登録者数は、全体で 424,365 人であり、その内訳は、一般が 89,050 人、大学が 20,786 人、高校が 114,409 人、中学が 200,120 人である。すなわち、中学生期における登録者数から各カテゴリーに上がるに連れ、登録者数は減少していることを示している（図 1：なお、図 1 は 2016 年度の登録者数とその内訳である）。今回のシンポジウムのテーマが「ジュニア期における望ましい競技者育成のあり方とはーシニア期に活躍する競技者を増やすためにー」である。上述した登録者数の推移は、全体の傾向を示しているものであるが、陸上競技人口の減少という点は、タレントプールの拡充、タレント育成の充実を図っていく上で解決すべき重要な課題であるといえる。2016 年には、「一人でも多くの競技者に、少しでも長く陸上競技を続けてもらいたい」というスローガンをもってタレントトランスファーガイドが作成されており、中長期的な競技者育成について示されている。

この中長期的な競技者育成という観点から、日本陸連は、2010 年度から中学 1 年生および 2 年生を対象にトップトレーニングキャンプ（2016 年度の名称は全国研修合宿）を実施してきた。このトップトレーニングキャン

プは、各都道府県における優秀選手を中央に集め、タレント発掘と将来において一流選手になるための意識付けを行うこと、さらに、指導者に対しても教育および競技者育成プログラムの啓蒙活動を行うことを目的に実施されてきた。そして、トップトレーニングキャンプのプログラムでは、専門とする種目の専門的トレーニングのみならず、中学生年代の多様な可能性を広げるために専門種目以外の種目のトレーニングおよび経験を行うトランスファープログラムも実施されており、まさに、中長期的な競技者育成に関する内容に富んだプログラムが実施されてきた。そして、第 1 回目の合宿に参加した中学生が、現在、大学 4 年生にあたる年代になっている。今回は、このトップトレーニングキャンプに参加した競技者を追跡し、競技キャリア（競技継続率や専門種目）をどのように形成しているのかについて検討しつつ、今後の競技者育成の方策について考えてみたい。

2. 対象者

2010 年度のトップトレーニングキャンプに参加した中学生陸上競技者 96 名（男子 48 名、女子 48 名）を対象とした。このトップトレーニングキャンプの参加資格は、全国中学生陸上競技選手権大会の入賞者、ジュニアオリンピック競技会 B および C カテゴリー優勝者（800m 走以上の距離の種目、リレー種目は対象外）、あるいは、都道府県陸上競技協会推薦者である。すなわち、全国の中学生陸上競技者の中でもトップクラスの競技者が参加している。なお、参加者はいずれも、1 年生および 2 年生であった。2010 年度に参加した競技者は、2018 年現在において大学 4 年生にあたる年代の参加者がほとんどである（参加当時の年代が中学 2 年生であった競技者は 68 名、中学 1 年生は 28 名であり、中学 1 年生だった競技者は、現在、大学 3 年生の年代になる）。そして、競技パフォーマンスの追跡は、陸上競技マガジン記録集計号に掲載されている記録を参考にした。

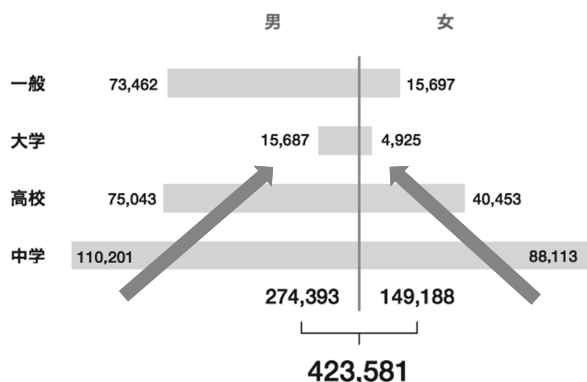


図 1 2016 年度日本陸連会員登録者数
(JAAF VISION 2017 を改変)

3. 競技継続率と競技成績

大学生においても陸上競技を継続している者の割合

めの道標となるであろう。これらのことは、タレントトランスファーガイドや競技者育成指針にも述べられているように、タレントを見極めることは非常に困難であることの一例を示しているといえよう。

4. 競技者育成に向けて

日本陸連は、小中学校期における「運動有能感を高める指導」や「多様な種目の経験」をベースとするタレントプール(競技者数の拡充)、中高校期のタレント育成(指導者・指導法)の充実、そして高校期以降のタレントトランスファー(最適種目の選択)への発展という、普及・育成・強化の連続性を意識した競技者育成を中心的課題としている。中学生年代に優秀な成績を収めている競技者の競技継続率は非常に高く、一定の競技者は種目間トランスファーを実施している。なお、タレントトランスファーガイドに示されている日本代表選手の種目間トランスファー(中→高:55%, 高→大・実業団:32%),あるいは、競技間トランスファー(小→中:92%, 中→高:30%, 高→大・実業団:2%)の実施率は高く、もっと積極的に他種目に触れ、多種目を実施し、自身の可能性を広げるプログラムを展開していくことが求められると考えられる。そして、競技成績にとらわれ過ぎないように配慮するとともに、競技力のピーク年齢を想定した長期的展望に立った育成計画が必要となる。それには、すべての人が「普及・育成・強化」の全体像を理解する

ことが最も重要であろう。

これまで、2010年から2016年にトップトレーニングキャンプに参加した競技者は延べ603名になる。その内、世界ユース(2013年、ドネツィク)出場者は5名、世界ジュニア(2014年、ユージーン)出場者は4名、ダイヤモンドアスリート認定者は6名と各カテゴリーにおいてさらに優秀な競技成績を収め、活躍している競技者もいる。その後の、より高い(究極の)競技パフォーマンスを目指していく上で、競技者育成指針が目指す、特に若い競技者への育成の一貫した道筋(あり方)について十分に理解し、「一人でも多くの人が陸上競技を楽しみ、そして関わり続けるために」陸上競技に関わる全ての人への理解を促す必要がある。

《演者プロフィール》

森 健一(もり けんいち)

1983年生まれ

現職: 武蔵大学 基礎教育センター 准教授

学位: 博士(コーチング学)

専門(研究)分野: コーチング学、体力学

社会的活動: 日本陸上競技連盟 普及育成委員会委員、
全国大学体育連合 編集出版部委員

[日本陸上競技学会第 17 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

テクニカルセミナー

映像を用いた陸上競技のコーチング

演 者 藤井 透 (株式会社ダートフィッシュ・ジャパン)

I. はじめに

近年、高解像度の映像記録がスマートフォンやタブレット端末でも可能になり、演算処理や通信速度、転送容量の向上により、スポーツ専用のアプリも開発や普及が進んでいる。

撮影した映像を用いた映像の即時フィードバック、入手した映像から動作分析もコーチングに役立つツールとして機能も多様化されるなか、スマートフォンのアプリに関しては、より適切な操作方法を共有できていない現状もある。

今回のテクニカルセミナーでは、映像を記録する方法、アプリを使った分析結果のフィードバック、分析映像の共有方法を紹介する。

II. コーチングに役立つアプリ

代表される iOS, Android の 2 種類の OS から、共通機能が類似した下記 3 つのアプリを紹介する。

- ・ myDartfish Express
- ・ Hudl Technic
- ・ Coach's Eye

これらは、主に 3 つの機能として、CAPTURE (映像保存)、ANALYZE (動作分析)、SHARE (共有) が可能である (図 1)。

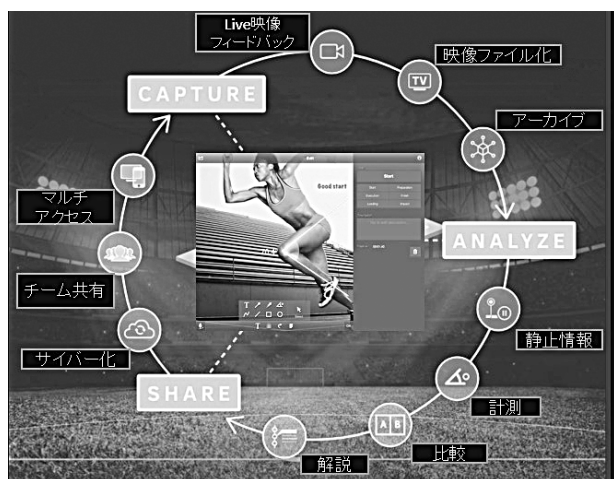


図 1 キャプチャーから共有までの分析サイクル

1. 分析アプリ 3 つの機能構成について

1) CAPTURE (映像保存)

- ① Live キャプチャー
- ② 映像ファイルとして保存 (H.264, Mpeg4)
- ③ ファイルを分類してアーカイブ

2) ANALYZE (動作分析)

- ① キーとなる動作へタグの挿入、静止情報。
- ② 計測、角度、距離、2 画面比較、基準線などを映像に描画。
- ③ 解説コメント、音声を加える。

3) SHARE (共有)

- ① サーバーへアップロード URL 生成
- ② メール、URL 共有、SNS、クラウド同期
- ③ マルチデバイスでアクセス

III. アプリ myDartfishExpress 活用事例とネットワークカメラの活用

1. 導入事例

陸上競技三段跳び、トップ選手と数々のメダリストを育成しているコーチの導入例を、Triple Jump Technique with Olympic Champion Christian Taylor | Gillette World Sport よりで説明する (図 2)。

上記タブレット端末 iPad mini でコーチがトレーニングを撮影、選手が、トレーニングの合間にフィードバック。操作性は、ジョグダイヤルにより、コマ送り、コマ



図 2 myDartfishExpress

戻し、一時停止、スロー再生を容易に操作している。

2. ネットワークカメラの活用

近年ではネットワークカメラの記録映像が、ビデオカメラの能力に近い高解像度で撮影可能になっている。特に、練習施設環境に合わせた環境が整備されている(図3、図4)。

ネットワーク環境を介して、スマートフォンやタブレット端末にリアルタイムに映像を表示記録することも可能。コーチングが撮影しながらスマートフォンやタブレット端末を構える必要がないというメリットがある。

IV. 分析の実演

ネットワークカメラからの映像の表示および映像を取り込み機能の紹介(図5)。

1. スティルショット機能でキーポジションを静止画登録
2. 角度、距離、ライン、ラップタイム
3. 2画面比較
4. コメント情報の入力

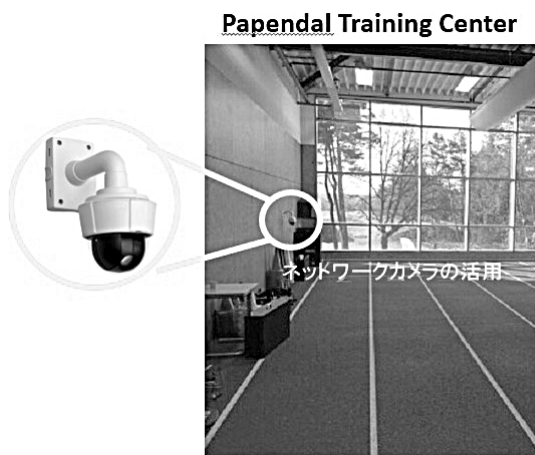


図3 Papendal Training Center ネットワークカメラ



図4 2視点映像を保存しながら遅延再生

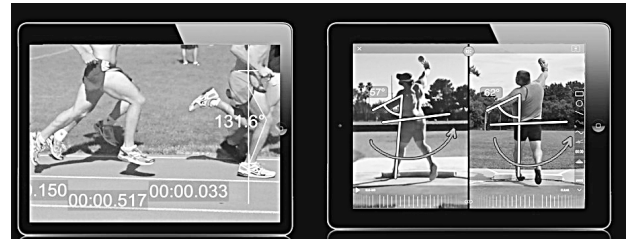


図5 ANALYZE 機能を用いて分析

V. クラウドを活用した遠隔コミュニケーション

1. 映像共有クラウドシステム

分析処理した映像を、動画再生専用のクラウドサーバーへ保存、スマートフォンやタブレット端末からは、インターネットを閲覧するブラウザで保存した映像を確認できる(図6)。

ブラウザでは、映像の再生、再生のコントロール、コメント、音声、写真を共有が可能である。

映像にはコメント欄が設けられ海外や遠方地域でインターネット接続環境があれば、容易に映像と指導内容を閲覧、送受信できる。

2. 映像コンテンツの管理

管理者、閲覧者管理として、映像の閲覧制限、検索、ダウンロードなどを管理できる。

VI. おわりに

スマートフォンやタブレット端末での撮影を動画の保存だけでなく、1つの「価値ある分析映像コンテンツ」としてアーカイブできるように、開発を進め、機能充実とセミナーなどを積極的に開催していきたい。

VII. 引用・参考

Triple Jump Technique with Olympic Champion Christian Taylor | Gillette World Sport

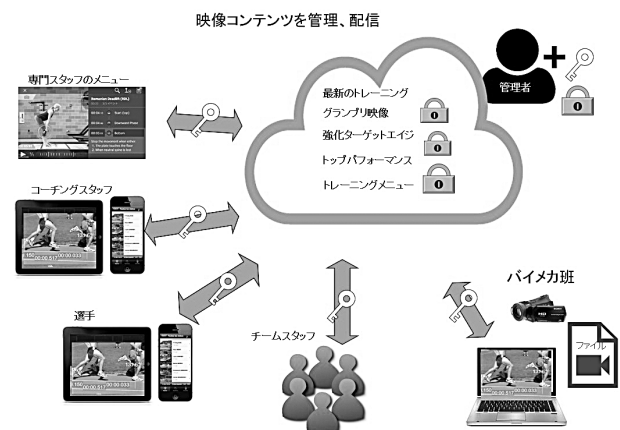


図6 映像コンテンツの管理と配信構造

テクニカルセミナー

映像を用いた陸上競技のコーチング

事例報告：ダートフィッシュ TV を用いた競歩種目における遠隔指導

演 者 三浦 康二（日本スポーツ振興センター）

1. 背景

1) 種目特性

陸上競技・競歩種目は競技規則第 230 条第 2 項において「両足がグラウンドから離れることなく歩くことをいう（ロス・オブ・コンタクトにならない）。前脚は、接地の瞬間から垂直の位置になるまで、まっすぐに伸びていなければならない（ベント・ニーにならない）。いずれも目視で判定する。」と定義され、競技規則に逸脱する場合には競技から除外されるという特性がある（公益財団法人日本陸上競技連盟，2018）。このことは技術的側面の重要性が高い種目として、コーチング上の大きな課題となる。

2) トレーニング環境とコーチング上の制約

一方、競歩種目の競技者、専門コーチは、両方とも陸上競技の他の種目と比較して少数であり、わが国の中で偏在している状況にある。このことは全国大会が実施されている高校生年代以降のどの年代においてもみられる。

2001 年の全国高校総体への競歩種目の採用以降、高校、大学、実業団といった高校以降の各年代カテゴリーにおける競歩種目への参加者は大きく増大したものの、高校、大学、実業団の登録団体の中で、競歩種目の専門的指導が可能な公認 JAAF コーチ、公認 JAAF ジュニアコーチなどのスポーツ指導及びコーチングに関する有資格者等が在職または在籍している団体は極めて少数で、反対に、コーチ有資格者等が学校等に在職していても職務分掌上、現場指導が困難であるケースが多い。その他、学校や実業団などに在籍しない「外部コーチ」として各登録団体に登録していても、コーチの職務上の都合や、コーチ居住地の地理的条件などから定期的な指導が困難なケースも多い。

このような問題は国内競技会で上位の成績を収める競技者の所属においてはさらに顕著で、国際競技会での活躍を目指す競技者の多くは専門コーチ不在の環境で日常のトレーニングを積んでいるというのが実情である。

3) 制約条件の解決に向けた方策

(1) 解決策①：練習会・長期合宿などによる集合トレーニング・コーチング

上述のようなコーチング上の制約は、日本の競歩種目のトレーニングにおいては古くからあった問題であり、このような問題の解決のために「月（週）例練習会」という形で、首都圏・関西圏・中京圏などの大都市圏では古くから自然発生的に行われ、1964 年東京オリンピック前後の 1960 年代から 1990 年代にかけて我が国における競歩種目の普及に大きな役割を果たしてきた。その他、「普及合宿」という形で学校の春休み、夏休みなどの長期休業の期間に各地で行われ、同様に普及に向けた大きな役割を果たしてきた。

コーチング上の制約に対するこういった練習会、合宿といった直接・対面コーチングによる解決は、我が国の代表選手を目指す層においても行われ、現在でも 2-3 週間から数週間に及ぶ長期合宿が夏期、冬期の強化合宿の軸となっている。このような長期合宿には専門指導が可能なコーチ有資格者等が指導に当たり、そのようなコーチが在籍しない実業団・大学の競技者に対する技術指導はこのような場が中心となっている。

しかし、このような合宿は夏期及び冬期が中心で、それ以外の時期に行う「練習会」などで制約条件の解決を図る場合には競技者の身体的移動負担があつてコンディション維持上の問題が発生する。また、長期合宿は長期休業が可能な場合に限定されることから、実業団登録団体に所属する競技者であっても勤務上の制約がある場合には合宿期間が限定される他、大学生の場合には授業が実施されない休業期間に限定されるなどの問題がある。

(2) 解決策②：遠隔指導システムによる「通信教育」

本報で紹介する「遠隔指導システム」は長期合宿への参加が限定される場合や、練習会参加への負担が大きい場合のコーチング制約の問題の解決のために、技術上の課題に対応する手法として検討したもので、そのような競技者に対して遠隔地から技術指導を行うためのシステムを構築した。概要を次項にて述べる。

2. 遠隔指導システム概要

本システムの構築と運用は、日本スポーツ振興センターより公益財団法人日本陸上競技連盟が受託した「次世代ターゲットスポーツの育成支援事業」の活動として実施したもので、その概要を図1に示した。

1) 機器等の構成

システムでは技術指導を行うコーチを技術コーチとして、各拠点でトレーニングを行う競技者、チームコーチ、マネージャーと技術コーチとの間でダートフィッシュ社が提供するクラウドサービス「ダートフィッシュTV」を介して動画ファイルのやりとり、コミュニケーションを行うものとした。

技術コーチ・競技者双方に対して事業費で購入したタブレット端末にダートフィッシュTV用の画像閲覧・加工用アプリケーション「ダートフィッシュエクスプレス」をインストールした上で配布し、以下に示すステップによって動画によるコミュニケーションを行うシステムとした。

2) システムによる動画ファイルを介したコミュニケーション

コミュニケーションは以下のステップで行われた(図1)

① トレーニング動画アップロード

各競技者が所属し日常のトレーニングを行う拠点において、チームコーチまたはマネージャーがトレーニング中の動画を撮影し、タブレット端末上のアプリケーションによってダートフィッシュTVに動画をアップロードする。

② トレーニング動画閲覧

トレーニング拠点からの動画アップロードが行われると、管理者登録をした技術コーチに通知メールが送信される設定が行われているため、技術コーチはアップロードされた動画をその直後に閲覧可能となる。

③ コメント付与・映像加工

技術コーチは閲覧画像に対して、端末上のアプリケーション上でコメントを付与する他、指導上に必要な描画を画像上の必要な各コマに対して行う。

④ 加工後画像アップロード

技術コーチは画像加工後、同じアプリケーションから加工後画像をダートフィッシュTVにアップロードする。

⑤ 加工後画像閲覧

技術コーチからの加工後画像のアップロードが行われると、該当する競技者には通知メールが送信される設定が行われているため、競技者は加工された動画をその直後に閲覧可能となる。

3) 動画コミュニケーションの補完

このような動画コミュニケーションのステップにおいては、競技者側が「コーチング」の一環として技術コーチによる動作の評価、フィードバックを受けるまでのタイムラグがあるため、実際の直接・対面のコーチングと比較して即時性は大きく劣ることになる。そのため、大きな技術上の課題がある場合や、対面でのコーチングが適しているような課題に対しては補完的なコーチングが必要となる。

そのため、このシステムの対象とした競技者に対しては可能な限り短期合宿・練習会のような場を設定し、直

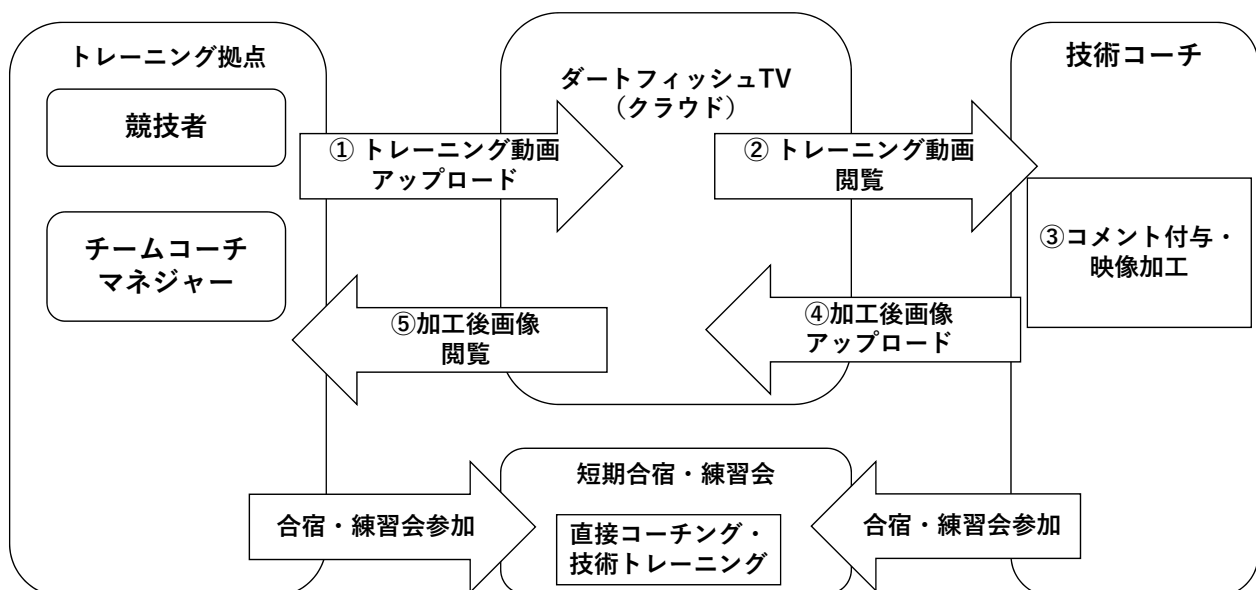


図1 遠隔指導システム概要

接・対面型のコーチングによる技術トレーニング指導を行うよう努めた。

3. システム構築・運用上の課題

本システムの実際の運用にあたっては以下のような課題が見られた。

1) 公的強化活動での運用におけるコーチング内容

本システムの運用にあたっては、「次世代ターゲットスポーツの育成支援事業」の対象とした「ターゲットアスリート」のうち、拠点に専門コーチが不在あるいは長期合宿への参加への制約が比較的多い競技者を対象とした。そのため、公的なコーチングとして動画に付与するコメント内容及び加工するコーチング内容も公的なものとしてオーソライズする必要がある、ダートフィッシュTV内に陸連強化スタッフ（競歩種目）用のアカウントを設けて、図1における技術コーチからの「④加工後画像アップロード」の前に、陸連強化スタッフ全員によるインターネットブラウザを介したダートフィッシュTV画像閲覧とコーチング内容の確認を受けられるような設定を行った。このことで、各強化スタッフにはタブレット端末の配布がなくても、各自のPCおよびスマートフォンなどからコーチング内容の確認ができるようにした。

競技者用のアカウントへのアップロードは、強化スタッフアカウントへのアップロードから1日程度のタイムラグを設ける形で運用を行った。

2) チームコーチ・パーソナルコーチとの情報共有

本システムの運用にあたってはタブレット端末を競技者に配布した。そのため、各拠点におけるチームコーチ・

パーソナルコーチとの情報共有はシステム構築当初からの課題であった。そこで、各競技者のダートフィッシュTV上のアカウントに競技者、技術コーチのどちらからでも画像アップロードがあった場合には通知メールが各チームコーチ、パーソナルコーチに配信される設定を行い、各自のPC、スマートフォンなどからインターネットブラウザを介してダートフィッシュTV上の画像閲覧ができるような設定を行った。

3) 機器・システム運用上の課題

上記のようなシステム上の設定によって解決可能な課題のほか、本システムの運用においては、システム運用・構築上の問題にとどまらない根本的な問題の存在も明らかにした。

本システムの考案にあたっては、技術上のコーチングが不十分な拠点の支援を念頭におき、そのような支援が必要な拠点到在籍する競技者を対象として想定していた。しかし、そのような拠点の多くはトレーニング全体における支援体制が不十分なケースが多く、持久系種目において必要となる計時・給水などの支援が不十分であるため、トレーニング中の動画撮影の頻度が非常に低いケースが多く見られた。

そのため、図らずも本システムの構築・運用によって、競技レベルが比較的高い競技者においてもトレーニング上の支援が不十分な拠点多く、競技レベルアップのためにはこれらの課題解決も合わせて考えることの必要性が浮かび上がった。その解決は本報の目的を超えており、他の機会に譲るものとする。

文献：

公益財団法人日本陸上競技連盟（2018）陸上競技ルールブック 2018 年度版、ベースボール・マガジン社

《演者プロフィール》

藤井 透（ふじい とおる）

1977 年生まれ

現 職：株式会社ダートフィッシュ・ジャパン（取締役常務）

指導歴（競技歴）：

東京学芸大学教育学部生涯スポーツ専攻スポーツコーチ専修を卒業し、株式会社ソニー・クリエイティブプロダクツに入社。高校から始めた陸上競技では、混成競技で、インターハイ入賞、東京学芸大学時代、混成十種競技デカスロンでは、全日本ジュニア大会3位、全日本選抜混成で入賞を果たした。2003年 株式会社ダートフィッシュ・ジャパンの設立スタッフとして入社、映像分析、映像分析ソリューション営業として、オリンピック、パラリンピックの選手、スタッフ、国立スポーツ科学センター、ナショナルトレーニングセンター、プロ野球、Jリーグ、大学などの教育機関を担当している。

《演者プロフィール》

三浦 康二（みうら こうじ）

1969 年生まれ

現 職：独立行政法人日本スポーツ振興センター ハイパフォーマンスサポート事業 映像・バイオメカニクス分野 契約職員

学 位：博士（体育科学）

専門（研究）分野：

スポーツバイオメカニクス

指導歴（競技歴）：

[2004-07] 青森陸協強化部スタッフ；

[2005-08] 秋田陸協アドバイザーコーチ；

[2011-2016] 日本陸連強化委員会強化育成部 U23 委員；

[2017-2018] 日本陸連強化委員会男女競歩ナショナルチームコーディネーター・医科学スタッフ

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 10 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** 役員の職務は次の通りとする。
- (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** 役員の任期は次の通りである。
- (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) 役員の選定
 - (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 豊田キャンパス

日本陸上競技学会編集委員会事務局

眞鍋芳明

TEL：0565-46-1270（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 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に 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.

ー例ー

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.

ー例ー

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, その後にコロンの(:)
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.

ー例ー

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.

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 国際武道大学
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

※ 50 音順, 敬称略

編集後記

男子 100m の 9 秒台に沸いた昨年度, 今年はその対極にある男子マラソンで 2 度も日本記録が更新されました。実に 16 年ぶりに日本新記録を樹立した設楽悠太選手(ホンダ)の活躍は日本実業団陸上競技連合からの 1 億円という報奨金とともに大きな話題となりました。そして驚くべきは, そこから 1 年に満たない間に大迫傑選手(ナイキ・オレゴン・プロジェクト)が 2 時間 6 分を切る日本新記録を樹立したことです。こうした現実を目の当たりにすると, 私はかつて 1 マイル 4 分の壁に挑んだアスリート達の物語を思い出します。人間の限界と考えられていた 1 マイル 4 分切りをロジャー・バニスター氏が突破してから, 僅か 1 年の間に 23 人も競技者が 1 マイル 4 分を切ったのです。我々人間が勝手に作り出してしまう壁を打ち破る精神の重要性について語られる物語ですが, 東京オリンピック・パラ

リンピックの直前に, 陸上競技で最も短い距離と最も長い距離において壁を打ち破ってくれたことは 2020 年に対して大きな期待を抱かせるに十分な実績となりました。

また, 本学会誌におきましても原著論文が 5 編, 研究資料が 3 編, 事例報告が 1 編, そしてラウンドアップが 1 編と過去最大級のボリュームとなりました。さらに現状に則した投稿規定の改定, ならびに著作権ならびに COI に関する規定も追記させて頂き, 今後に向けて益々の発展を遂げようとしている次第です。

2020 年に向けて現場のみならず研究分野においても猪突猛進の勢いで突き進んで参ります。学会員の皆様におかれましても, さらなるご投稿をお待ちしております。

(編集委員長 眞鍋芳明)

陸上競技学会誌 第 17 巻 (Vol.17, 2019)

2019 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
