

ISSN 2185-1646

The Japan Journal of Coaching Studies

コーチング学研究

The Japan Society of Coaching Studies

日本コーチング学会

Vol. 31. No.2. 2018

投稿規程

1. 本誌に投稿できる者は日本コーチング学会会員（筆頭著者および共同研究者全員）とする。ただし、編集委員会（以下、委員会と称する）が会員以外に執筆を依頼したり、会員以外の投稿を認める場合もある。詳細は「投稿の手引き」に定める。
2. 投稿できる論文の種類はコーチング学に関する総説、原著論文、研究資料、実践報告（Case Report）、短報、書評、内外の研究動向、研究上の問題提起とする。
3. 投稿論文は未発表であり、他誌に投稿中でない論文に限る。ただし、日本コーチング学会などの学会大会における研究発表、あるいは、各種研究助成の交付を受けた後に助成団体に提出した報告をもとに内容を充実させた論文は投稿できる。
4. 筆頭著者として投稿できる論文は各号1人1編とする。ただし、短報はこの限りではない。
5. 投稿論文に対して委員会は審査を実施する。掲載の可否、および掲載の時期は委員会が決定する。
6. 発刊は年1回以上とし、時期は委員会が決定する。投稿論文の受付は随時とする。
7. 原稿は以下の通りに作成すること。詳細は「投稿の手引き」に定める。
 - 1) 本文はワードプロセッサで作成し、A4版紙に横書きで全角40字20行とする。原稿の下中央部にページ番号を、左余白に行番号を記入する。
 - 2) 総説、原著論文、研究資料、実践報告（Case Report）には抄録をつける。和文論文には250ワード以内の英文抄録、英文論文には300-400字程度の和文抄録をつける。あわせて、和文、英文とも4-6語のキーワードを記載する。なお、英文抄録には和訳文を添える。
 - 3) 総説、原著論文、研究資料、実践報告（Case Report）の原稿は刷り上がり12ページ以内、その他の論文は刷り上がり4ページ以内とする。これを超過した場合や、特別な印刷を要した場合には実費を投稿者負担とする。短報についてはページ超過を認めない。なお、1ページに掲載できる文字数は最大約1,600文字であり、図（写真を含む）表は刷り上がりの大きさから文字数を割り当てる。
 - 4) 図（写真を含む）は本誌に直接印刷できるように文字や数字を鮮明に書く。原則として白黒印刷とし、カラー印刷を必要とする場合は著者が実費負担とする。
 - 5) 図（写真を含む）や表は原稿1枚に1式を使用し、通し番号とタイトルを記し、本文とは別に番号順に一括する。本文中への挿入箇所はそれぞれの番号を明記する。
 - 6) 本文中の文献記述は著者・出版年方式（author-date method）とする。文献リストは本文の最後に著者名のABC順に一括して記載する。
 - 7) 原稿は、正本原稿1部、審査用原稿3部およびデジタル・データを提出する。審査用原稿では著者名、所属機関名、謝辞、付記を削除しておく。
8. 著者校正は原則として1回とする。掲載論文の抜刷りを希望する投稿者はこの際に申請する。費用は投稿者負担とする。
9. 原稿の送付先は「学会事務局内編集委員会」とし、封筒の表に「コーチング学研究投稿論文在中」と朱記し、簡易書留または配達記録郵便で郵送する。
10. 掲載論文の著作権は日本コーチング学会に帰属する。ただし、論文の内容に関する責任は著者が負うものとする。掲載論文を著者が学術活動に使用する場合は、本会に事前に承諾を求めること。詳細は「投稿の手引き」に定める。

付則

1. 1988年7月1日制定
1998年6月13日改正
1999年2月20日改正
2001年3月15日改正
2004年3月14日改正
2007年6月16日改正
2008年3月22日改正
2009年6月12日改正
2013年8月29日改正
2. 投稿論文送付先
〒274-8501 千葉県船橋市習志野台7-24-1 日本大学理工学部体育研究室内
コーチング学研究編集委員会事務局 重城 哲 宛
TEL・FAX：047-469-5518

コーチング学研究 (第31巻 第2号)

目次



【原著論文】

綿谷貴志

高校女子ソフトボール投手におけるウィンドミル投法中の重心速度と軸脚のキック動作との関係…………… 157

池田達昭

トレーニング課題と筋の適応の個人差を考慮した筋力トレーニングの効果……………165

前田 奎・大山下圭悟・広瀬健一・尾縣 貢

男子円盤投における記録と形態および体力要因との関係
—記録に応じた体力基準の推定—…………… 175

岡田成弘・坂本昭裕・川田泰紀・堀松雅博

遠征型キャンプが小中学生の自然に対する態度に及ぼす効果
—滞在型キャンプ及びキャンプ不参加者との比較—…………… 185

小屋菜穂子・北村 哲・高橋仁大・三橋大輔

男子エリートテニス選手におけるサービスパフォーマンスと体力との関連性
—サービススピードと回転量に着目して—…………… 197

中澤 翔・瀧澤一騎・厚東芳樹・山代幸哉・佐藤大輔・丸山敦夫

長距離選手の走行距離と有酸素性作業能の関係
—5000m走記録の追跡—…………… 209

升 佑二郎

バドミントン競技におけるフォア奥からのクリア, ドロップ, スマッシュによる
ストレートとクロス方向への打ち分け動作の比較…………… 219

植松伸之介・井口祐貴・楠本繁生・下河内洋平・大城 章・横手健太

女子ハンドボール選手におけるIMUを用いた試合中の動きに関する研究…………… 231

戸邊直人・林 陵平・苅山 靖・木越清信・尾縣 貢

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…………… 239

【研究資料】

本谷 聡・高橋靖彦・小島瑞貴・堀口 文

伸縮ロープを活用した体操の試案に関する実践研究
—心理変容および運動強度に着目して—…………… 253

コーチング学会に関する各スポーツ分野の専門学術雑誌の最新動向 (2017年)……………263

日本コーチング学会会則……………267

投稿の手引き……………270

論文審査委員……………276

2017年度日本コーチング学会賛助会員一覧……………276

The Japan Journal of Coaching Studies

Vol.31 No.2

CONTENTS

Original articles

Takashi Wataya

- Relationship between velocity of center of gravity and kicking motion of pivoting foot
in the windmill pitching of high school girl softball pitchers 157

Tatsuaki Ikeda

- Effect of the resistance training based on individual difference of a training objective and muscle adaptation 165

Kei Maeda, Keigo Ohyama Byun, Kenichi Hirose and Mitsugi Ogata

- Relationships between throwing distance and parameters about morphology and physical strength in male discus throw:
Estimating physical strength requirement corresponding to throwing distance 175

Masahiro Okada, Akihiro Sakamoto, Taiki Kawata and Masahiro Horimatsu

- The effects of expeditionary camp on attitudes toward nature of elementary and junior high school students;
Comparing with residential camp and nonparticipants 185

Nahoko Koya, Tetsu Kitamura, Hiroo Takahashi and Daisuke Mitsuhashi

- The correlation between service performance and physical fitness in elite male tennis players:
The speed and spin of the service 197

Sho Nakazawa, Kazuki Takizawa, Yoshiki Koto, Koya Yamashiro, Daisuke Sato and Atsuo Maruyama

- The relationship of running distance and aerobic capacity in long distance runner:
Follow-up of 5000m running performance 209

Yujiro Masu

- Patterns of motion when delivering forehand straight/cross-court clear, drop, and
smash shots from the backcourt in badminton 219

Shinnosuke Uematsu, Yuki Iguchi, Shigeo Kusumoto, Yohei Shimokochi, Akira Oshiro and Kenta Yokote

- Quantifying movement patterns in female handball players using Inertial Measurement Units 231

Naoto Tobe, Ryohei Hayashi, Yasushi Kariyama, Kiyonobu Kigoshi and Mitsugi Ogata

- The case study on the process of improved performance by a top high jumper 239

Research data

Satoshi Motoya, Yasuhiko Takahashi, Mizuki Kojima and Aya Horiguchi

- Apractical study regarding proposed gymnastics using elastic ropes:
focusing on psychological modification and exercise intensity 253

高校女子ソフトボール投手におけるウィンドミル投法中の 重心速度と軸脚のキック動作との関係

綿谷 貴志¹⁾

Relationship between velocity of center of gravity and kicking motion of pivoting foot in the windmill pitching of high school girl softball pitchers

Takashi Wataya¹⁾

Abstract

The purpose of this study was to clarify the characteristic of kicking motion of pivoting leg of softball pitchers who have great velocity of center of gravity during pitching. The study was subject to 19 high school girl softball pitchers who specialize in the windmill pitching and we calculated the kinematic variables concerning the maximum velocity of center of gravity and kicking motion to the pitching direction by two-dimensional motion analysis of their pitching motion. After that, we conducted a correlation analysis between the maximum velocity of center of gravity and the kinematic variables. Our findings through this study concerning the characteristic of pitchers who have a great velocity of center of gravity are as follows.

- 1) The height of center of gravity was kept to be low during pitching. In addition, forward lean angle of upper body and hip flexion angle were large at the beginning of kicking.
- 2) The average angular velocity of overall leg and the average angular velocity of hip joints were large. Especially, the average angular velocity of hip joints in the latter kicking was large.
- 3) The range of motion of thigh was large and the inclination of overall foot and thigh to the pitching direction at the end of kicking were large.

Including above, this study suggested a potential that it is effective for the instruction of the windmill pitching that we have them do a kicking motion by keeping their height of center of gravity to be lower during kicking and focusing on the extension motion of hip joints in order to enhance velocity of center of gravity.

Key words: softball, the windmill pitching, the velocity of center of gravity, the kicking motion
ソフトボール, ウィンドミル投法, 重心速度, キック動作

1. 緒言

ソフトボールのウィンドミル投法は、投球腕を大きく一回転することでボールを長く加速できること、ステップ動作（投球板を蹴ることによって前方へ身体を移動させる動作）によって得られる推進力も利用できることから、他の投法よりも球威が出るものであると考えられ、競技場面での主流な投法として多くの投手に用いられている（山本ほか, 1981；奥野, 2011；奥野, 2012）。

ウィンドミル投法中のステップ動作に関して、2011年度までの日本ソフトボール協会の競技規則では、

「投手の軸足は、踏み出した自由足が着地するまで、地面に触れていなければならない（投手板から離れても、地面に触れたまま引きずっていけばよい）」（2011競技規則6-3項の7）となっており、投球板を蹴った後に両脚が空中に浮くこと（投球方向へジャンプすること）は不正投球とみなされていた。しかし、2012年度の日本ソフトボール協会の競技規則から、投手のリーピング（Leaping）に関する内容が変更された。リーピングとは、投手板から蹴り出して身体が空中にある状態を指すが、2012年度のルール改変以降は、投手板を蹴った後にその勢いで前方へジャンプしても（両脚が空中に浮いても）不正投球は適用されないこ

1) 八戸学院大学健康医療学部
Faculty of Health and Medical Care Department of Human Science, Hachinohe-Gakuin University

とになった(2016競技規則6-3項の7)。このため現在では、投球時にダイナミックに前方へジャンプするようなステップ動作が多くみられるようになった。一般的なソフトボールの指導書の中でもステップ動作に関して述べられており、ソフトボール投手のパフォーマンス向上にとって重要な動作であると考えられる(宇津木, 2007; 佐藤, 2016)。

先行研究では、奥野ほか(1991)がソフトボール投手8名の投球動作をビデオカメラと筋電図を用いて分析したところ、投球速度が大きな熟練者は未熟練者よりも投球中の重心速度が大きく、軸脚の腓腹筋や大腿直筋に強い放電がみられたことから、ウィンドミル投法における後方へのキック動作の重要性を示唆している。綿谷(2016, p.434)は、高校女子ソフトボール投手16名を対象として、ウィンドミル投法中の重心速度と投球速度との関係を検討し、キック局面と踏み出し局面それぞれの重心平均速度は投球速度との間に有意な正の相関関係を有していたことから、投球動作では投球板を強く蹴って重心速度を高めることが重要であることを統計的に明らかにした。また、ウィンドミル投法中に前方へ踏み出した脚が発揮する地面反力の大きさと投球速度との関係性、投球中の重心速度減少量と投球速度との関係も検討されており、どちらも双方の間に強い関係性があることが示唆されている(Gretchen and Hillary, 2011; 綿谷, 2016, p.435)。このように、ウィンドミル投法で大きな投球速度を得るためには、軸脚のキック動作によって投球方向への重心速度を高める。その後、踏み出し脚によるリリース前の大きなブレーキ力を発揮することが重要であることから、まずは投球方向への重心速度を高めることが大きな重心速度減少量を発生させ投球速度を増大させるために重要視すべき点であるといえる。

しかしながら、ウィンドミル投法中の重心速度とそれを生み出す軸脚のキック動作との関係について、統計的手法によって検討したものは見当たらない。ウィンドミル投法中のキック動作を分析し、重心速度との関係性を検討することで、投球中の重心速度が大きな投手のキック動作の特徴を示すことができれば、ソフトボール指導の現場に有益な資料を提供できる可能性がある。

よって、本研究の目的は、ウィンドミル投法中のキック動作と重心速度最大値との関係を検討することにより、重心速度が大きな投手のキック動作の特徴を明らかにし、ソフトボール投手の指導上の有益な示唆を得ることである。

II. 方法

1. 被験者

本研究の被験者は、ウィンドミル投法を専門とする高校女子ソフトボール投手19名(年齢 15.9 ± 0.9 歳、身長 1.61 ± 0.05 m、体重 56.9 ± 7.3 kg、投手歴 6.3 ± 1.7 年、全員が右投げ)であった。なお、本研究は、綿谷(2016, p.431)で用いた被験者に新たに数名を加え、ウィンドミル投法中のキック動作に着目して分析と考察を行っているものである。

実験に先立って、各被験者に実験の内容と危険性、投球腕に関する障害の有無を確認し、実験参加への同意およびデータ使用の了承を得た。

2. 撮影方法

図1は、本研究における実験機器の配置図である。撮影は4か所のソフトボール球場で行われ、全ての球場は高体連の公式試合で使用されているものであった。動作分析に必要な較正マークは投手板から二塁方向に1m、投手板から本塁方向に2.5mの位置(3.5m間隔)に設置した。撮影方法は投球板と三塁ベースの延長線上に設置したハイスピードカメラ(CASIO社製EX-F1, 撮影速度300fps, シャッタースピード1/1000秒)による固定撮影であり、較正マーク4点と被験者の全身が映りこむように画角を調整した。また、キャッチャー後方に三脚で固定したスピードガン(MIZUNO社製, 2ZM-1035)によって各試技の投球速度を計測した。

3. 試技

各自に十分なウォーミングアップを行ってもらった後、実験試技を行った。試技はウィンドミル投法によるストレート5球であり、その中で投球速度が最も大きかった試技を分析対象とした。試技にはゴム製の公式ソフトボール3号球を使用した。試技の際には、プレートルール(投球前には両足を投球板の上に置き、両腰は一塁と三塁を結ぶ線に合わせ、身体の前または横で両手でボールを持たなければならない)と静止ルール(プレートルールで定められた姿勢をとってから投球動作を始めるまで、2秒以上5秒以内静止しなければならない)を適用し、試合を想定して全力で行うように口頭で指示をした。投球の際は、キャッチャーにはストライクゾーン中央に構ってもらい、ストライクゾーンから明らかに外れたと判断された場合には無効試技とし、分析対象からは除外した。

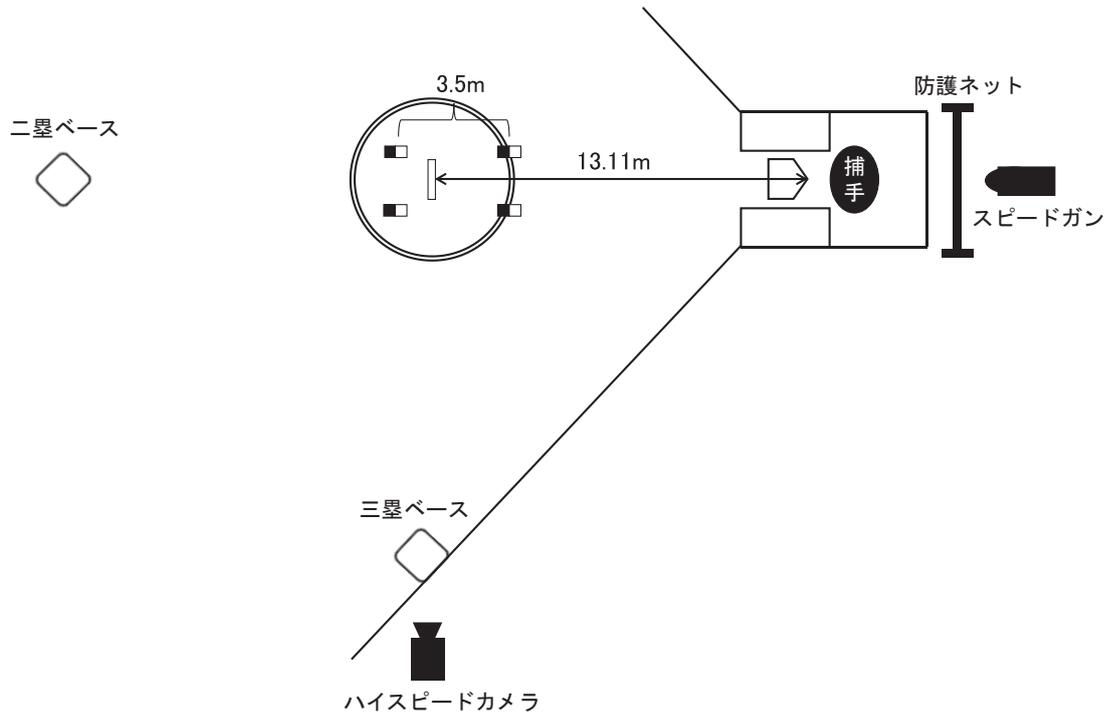


図1 実験配置図

4. 分析方法

分析対象となった動画をパーソナルコンピュータに取り込み、投球中の被験者の身体各部分23点と校正マーク4点をデジタル化した。なお、デジタル化作業にはMicrosoft Excel (Microsoft社製) に搭載されているプログラミング言語であるVBA (Visual Basic for Applications) を使用して作成した動作解析ソフトを用いた。校正マークの座標値をもとに4点実長換算法によって身体各部分の座標値を実長換算化した。それによって得られた身体各部分の二次元座標値をButterworth digital filterによって遮断周波数6Hzで平滑化した (Winter, 2011)。得られた座標値をもとに身体を14

部分からなるリンクセグメントにモデル化し、阿江 (1996) の身体部分慣性係数を用いて身体重心の座標値を求めた。なお、本研究ではボールの質量はないものとして身体重心の座標を算出した。

5. 分析項目

図2は、投球動作の局面および時点の定義である。綿谷 (2016, p.433) の報告を参考に投球動作をキック局面・踏み出し局面・リリース局面に分けた。さらに、キック局面のキック開始時 (踏み出し脚の離地時)、キック中間時 (キック局面の中間時)、キック終了時 (軸脚の離地時) の3つの時点を区分点として、

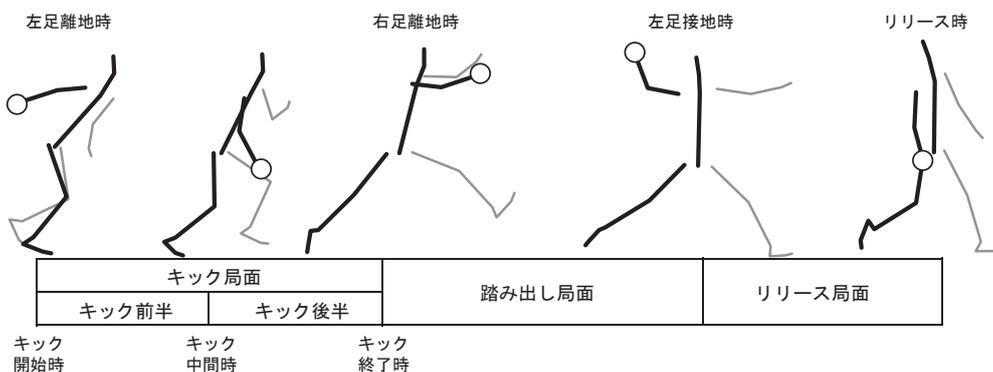


図2 局面の定義

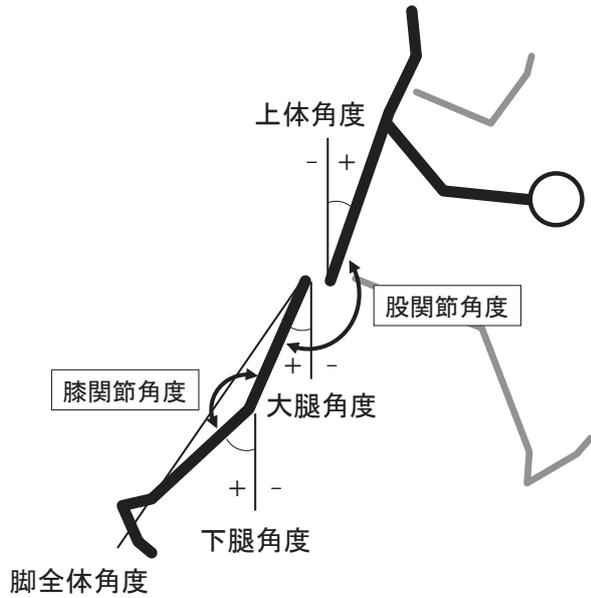


図3 角度の定義

キック局面をキック前半(キック開始時~中間時)とキック後半(キック中間時~終了時)に分割した。

図3は、本研究での身体各部位角度および下肢関節角度の定義である。身体部位では、上体(胸骨上端-左右股関節の中点)、脚全体(股関節-足関節)、大腿(股関節-膝関節)、下腿(膝関節-足関節)を、下肢関節では股関節と膝関節を分析対象とした。上体、脚全体、大腿、下腿が鉛直線となす角度をそれぞれの部分角度と定義し、上体角度では股関節よりも胸骨上端が前方に位置する場合を正(+), 後方に位置する場合を(-)とした。脚全体角度では股関節よりも足関節が、大腿角度では股関節よりも膝関節が、下腿角度では膝関節よりも足関節が前方に位置する場合を負(-), 後方に位置する場合を正(+)とした。下肢関節角度では、上体と大腿がなす角度を股関節角度、大腿と下腿がなす角度を膝関節角度とした。なお、全ての被験者が右投手であったことから、右脚を対象として後述の分析項目を算出した。

〈分析項目〉

- 1) 投球中の重心速度最大値
- 2) キック開始時・中間時・終了時それぞれの重心高(算出した重心高を各被験者の身長で除したもの)
- 3) キック開始時・中間時・終了時の身体各部位および関節の角度
- 4) キック局面全体・前半・後半の上体を除く身体各部位および関節の角変位と平均角速度(角変位をその要した時間で除したもの)

6. 統計処理

各分析項目と重心速度最大値との関係を検討するために、Pearsonの積率相関係数を用いて相関分析を行った。統計処理はMicrosoft Excel 2016 (Microsoft社製)で行い、本研究における有意水準は危険率5%未満を有意、10%未満を有意傾向とした。

Ⅲ. 結果

図4は、投球速度と投球中の重心速度最大値との関係性を示したものである。投球速度と重心速度最大値との間に有意な正の相関関係($r = 0.637$, $p < 0.01$)が認められた。

表1は、キック動作に関する分析項目の値と重心速度最大値との関係性を示したものである。キック開始時には、上体角度と重心速度最大値との間に有意傾向の正の相関関係がみられ($r = 0.406$, $p < 0.10$), 重心高と股関節角度は重心速度最大値との間にそれぞれ有意な負の相関関係を有していた($r = -0.461$, $r = -0.462$, ともに $p < 0.05$)。

キック中間時には、重心高と重心速度最大値との間に有意な負の相関関係が認められ($r = -0.550$, $p < 0.05$), 上体角度と重心速度最大値との間には有意な正の相関関係が認められた($r = 0.564$, $p < 0.05$)。

キック終了時には、重心高と重心速度最大値との間に有意な負の相関関係が認められた($r = -0.461$, $p < 0.05$)。また、キック終了時の脚全体角度および大腿角度と重心速度最大値との間にはそれぞれ有意傾向の正の相関関係がみられた($r = 0.393$, $r = 0.421$, ともに $p < 0.10$)。

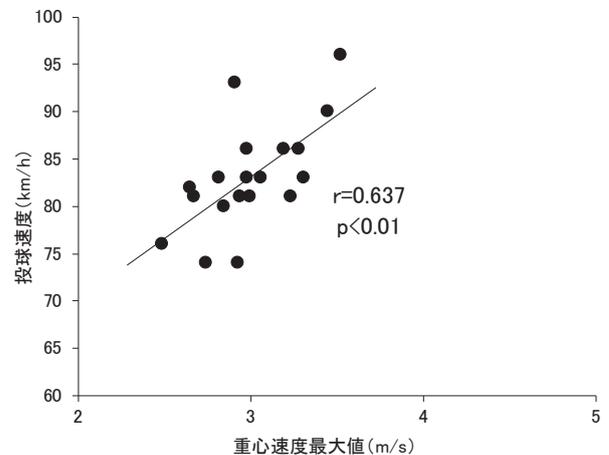


図4 投球速度と重心速度最大値との関係

表1 キック局面の分析項目と重心速度最大値との関係

従属変数	独立変数 (キック動作に関する項目)		相関係数
重心速度 最大値 (m/s)	キック開始時	重心高 (%)	-0.461 *
		上体角度 (deg)	0.406 #
		脚全体角度 (deg)	-0.254 n.s.
		大腿角度 (deg)	-0.192 n.s.
		下腿角度 (deg)	-0.125 n.s.
		股関節角度 (deg)	-0.462 *
		膝関節角度 (deg)	0.005 n.s.
	キック中間時	重心高 (%)	-0.550 *
		上体角度 (deg)	0.564 *
		脚全体角度 (deg)	0.104 n.s.
		大腿角度 (deg)	0.086 n.s.
		下腿角度 (deg)	0.097 n.s.
		股関節角度 (deg)	-0.324 n.s.
		膝関節角度 (deg)	-0.026 n.s.
	キック終了時	重心高 (%)	-0.461 *
		上体角度 (deg)	0.301 n.s.
		脚全体角度 (deg)	0.393 #
		大腿角度 (deg)	0.421 #
		下腿角度 (deg)	0.246 n.s.
		股関節角度 (deg)	0.022 n.s.
		膝関節角度 (deg)	0.071 n.s.
	キック局面全体	脚全体平均角速度 (deg/秒)	0.813 **
		大腿平均角速度 (deg/秒)	0.569 *
		下腿平均角速度 (deg/秒)	0.369 n.s.
		股関節平均角速度 (deg/秒)	0.548 *
		膝関節平均角速度 (deg/秒)	0.111 n.s.
		脚全体角変位 (deg)	0.446 #
		大腿角変位 (deg)	0.441 #
下腿角変位 (deg)		0.287 n.s.	
股関節角変位 (deg)		0.329 n.s.	
膝関節角変位 (deg)		0.054 n.s.	
キック前半	脚全体平均角速度 (deg/秒)	0.649 **	
	大腿平均角速度 (deg/秒)	0.291 n.s.	
	下腿平均角速度 (deg/秒)	0.318 n.s.	
	股関節平均角速度 (deg/秒)	0.295 n.s.	
	膝関節平均角速度 (deg/秒)	-0.008 n.s.	
	脚全体角変位 (deg)	0.390 #	
	大腿角変位 (deg)	0.288 n.s.	
	下腿角変位 (deg)	0.209 n.s.	
	股関節角変位 (deg)	0.219 n.s.	
	膝関節角変位 (deg)	-0.034 n.s.	
キック後半	脚全体平均角速度 (deg/秒)	0.680 **	
	大腿平均角速度 (deg/秒)	0.454 #	
	下腿平均角速度 (deg/秒)	0.194 n.s.	
	股関節平均角速度 (deg/秒)	0.523 *	
	膝関節平均角速度 (deg/秒)	0.164 n.s.	
	脚全体角変位 (deg)	0.385 n.s.	
	大腿角変位 (deg)	0.217 n.s.	
	下腿角変位 (deg)	0.161 n.s.	
	股関節角変位 (deg)	0.239 n.s.	
	膝関節角変位 (deg)	0.068 n.s.	

** $p < 0.01$, * $p < 0.05$, # $p < 0.10$

キック局面全体をみてみると、脚全体平均角速度と重心速度最大値との間に有意な正の相関関係が認められ ($r=0.813$, $p<0.01$)、大腿平均角速度および股関節平均角速度との間にもそれぞれ有意な正の相関関係が認められた ($r=0.569$, $r=0.548$, ともに $p<0.05$)。脚全体角変位と大腿角変位と重心速度最大値との間にはそれぞれ有意傾向の正の相関関係がみられた ($r=0.446$, $r=0.441$, ともに $p<0.10$)。

キック前半では、脚全体平均角速度と重心速度最大値との間に有意な正の相関関係が認められ ($r=0.649$, $p<0.01$)、脚全体角変位と重心速度最大値との間には有意傾向の正の相関関係がみられた ($r=0.390$, $p<0.10$)。

キック後半では、脚全体平均角速度と重心速度最大値との間に有意な正の相関関係が認められた ($r=0.680$, $p<0.01$)。また、大腿平均角速度と重心速度最大値との間に有意傾向の正の相関関係がみられ ($r=0.454$, $p<0.10$)、股関節平均角速度と重心速度最大値との間に有意な正の相関関係が認められた ($r=0.523$, $p<0.05$)。

IV. 考 察

本研究の結果から、ウィンドミル投法中の重心速度最大値は投球速度に影響を及ぼすことが明らかになった。その重心速度最大値はキック局面から踏み出し局面にかけて現れることが報告されている(綿谷, 2016, p.434)。踏み出し局面では身体が空中に浮いているため、投球方向への身体重心の加速はできないことから、重心速度最大値はキック局面による影響が大きいと考えられる。そこで、以下ではキック局面に着目し、身体重心速度の増加に寄与するキック動作について考察する。

キック局面全体、キック前半、キック後半の脚全体平均角速度と股関節平均角速度は重心速度最大値との間に有意な正の相関関係を有していた。ウィンドミル投法も短距離走の加速局面のように、重心速度がほぼゼロの状態から身体を前方へと加速させており、地面をキックすることによって身体を前方へ運ぶという点では共通した運動である(綿谷, 2016, p.434)。短距離選手の疾走中のキック動作に関する研究では、疾走中の重心速度と股関節伸展筋の働きによって発揮される脚全体スイング速度との間に強い関係があることが報告されている(伊藤ほか, 1998, p.266; 馬場ほか, 2000)。また、キック中の膝関節伸展動作は鉛直方向

への重心速度の増大を助長するため、走速度を獲得することに対して悪影響を及ぼすことが示唆されている。キック中の膝関節の伸展動作を少なくし、股関節伸展速度を脚全体スイング速度に効率的に変換できるキック動作(合理的なキック動作)を行うことが、大きな走速度を獲得するうえで有効である(伊藤ほか, 1998, pp.268-270)。したがって本研究においても、重心速度の大きな投手ほど股関節の伸展動作を素早く行うことで脚全体スイング速度を高めており、それが前方への素早い重心移動を可能にしている一要因であると考えられる。さらにキック動作を詳細にみみると、キック前半では重心速度最大値と脚全体角変位との間にのみ有意傾向の正の相関関係が認められ、キック後半では股関節平均角速度との間に有意な正の相関関係が認められた。キック前半では股関節と膝関節角度をあまり変化させずに下肢全体を投球方向へと回転させ、キック後半で股関節伸展速度を増大させていたことになる。このことから、重心速度が大きな投手は、キック前半では股関節と膝関節の角度を変えないように投球方向へと体重移動し、キック後半での股関節の素早い伸展動作によって身体を強く押し出すようにしていたと考えられる。

キック開始時、キック中間時、キック終了時の重心高と重心速度最大値との間に有意な負の相関関係が認められた。福田・伊藤(2004)は、短距離選手において最大走速度の高い選手ほど、加速局面において大きな加速力(進行方向への地面反力)を獲得していたことを報告している。小林ほか(2009)は、日本一流選手群は加速局面前半に大きな力積の水平成分を獲得する能力を有しており、そのことがその後の走速度の増加に貢献する要因のひとつであることを明らかにした。さらに、日本一流選手群は加速局面後半における短い接地時間の中で、必要な鉛直方向の力積を獲得する能力を有していることも示唆している。このように、キック動作によって進行方向への推進力を効果的に得るためには、鉛直方向への力積を獲得するとともに、地面反力の方向を進行方向へと傾けることによって、水平方向への力積も増大させる能力が求められる。もしも、進行方向へ地面反力をうまく傾けられない場合、身体重心を鉛直方向へ浮かび上がらせようとする作用は大きくなる。本研究では、重心速度が大きい投手ほどキック開始時から終了時まで重心高が低かったことから、重心速度が大きい投手はキック中に地面反力を進行方向へ傾け、キック開始時の低い重心高を保ちながら加速していたと推察される。

本研究では、重心速度最大値はキック開始時の上体角度との間に有意傾向の正の相関関係、キック開始時の股関節角度との間に有意な負の相関関係を有していた。上体の前傾角度は、短距離選手のスタート時の飛び出し（クリアランス局面）において、水平方向への力発揮に影響を及ぼすことが報告されており（篠原・前田, 2014）、重心速度をゼロから加速させなければならないウィンドミル投法においても地面反力の方向に影響を及ぼす要素であると思われる。股関節角度に関しては、投球前の時点で股関節角度が大きな場合、キック後半で大腿が後方へ動くスペースを減少させることにつながり、キック後半での股関節伸展速度の増大の妨げになる可能性がある。このことから、重心速度が大きな投手は、キック開始前にしっかりと上体を前傾させる、軸脚の股関節を屈曲位にしておくなど、投球前の時点で重心高の低い姿勢を意識していたと考えられ、これら投球開始前の初期姿勢も重心速度を増大させるうえでは重要であることが示唆される。

キック終了時の脚全体角度と大腿角度は、重心速度最大値との間に有意傾向の正の相関関係を有していた。さらに、キック局面全体の大腿角変位と重心速度最大値との間に有意傾向の正の相関関係が認められた。前述した股関節平均角速度と重心速度最大値との関係もあわせて考えると、重心速度が大きな投手はキック局面に股関節を素早く大きく伸展していたため、キック終了時には脚全体および大腿が投球方向へ大きく傾いた姿勢になっていたと考えられる。つまり、重心速度が大きな投手は、キック終了時において上体が軸脚のつま先からみてより前方に位置していることになり、これは投球方向に対して重心移動がしつ

かりできていたことを表していると推察される。このことから、キック終了時に脚全体および大腿が投球方向へしっかりと傾いているかをチェックすることは、その投手が重心を投球方向へスムーズに移動できているか、すなわち効率的なキック動作になっているか否かの確認に用いることができる可能性が示唆される。

V. まとめ

本研究の目的は、高校女子ソフトボール投手19名を対象にウィンドミル投法の動作分析を行い、投球中のキック動作と重心速度最大値との関係を検討することで、重心速度が大きな投手のキック動作の特徴を明らかにすることであった。本研究で得られた、重心速度最大値が大きかった投手のキック動作の特徴は以下の通りである（図5）。

- 1) キック中の重心高が低く保たれていた。また、キック開始時の上体角度が大きく、股関節角度は小さかった。
- 2) キック中の脚全体平均角速度と股関節平均角速度が大きかった。特に、キック後半の股関節平均角速度が大きかった。
- 3) 軸脚の大腿の動作範囲が大きく、キック終了時の脚全体と大腿の投球方向への傾きが大きかった。

これらより、ウィンドミル投法の指導においては、キック中の重心高を低く保ちつつ股関節の伸展速度を大きくすることが、重心速度を高めるうえで有効である可能性が示唆された。そのためには投球開始前の初

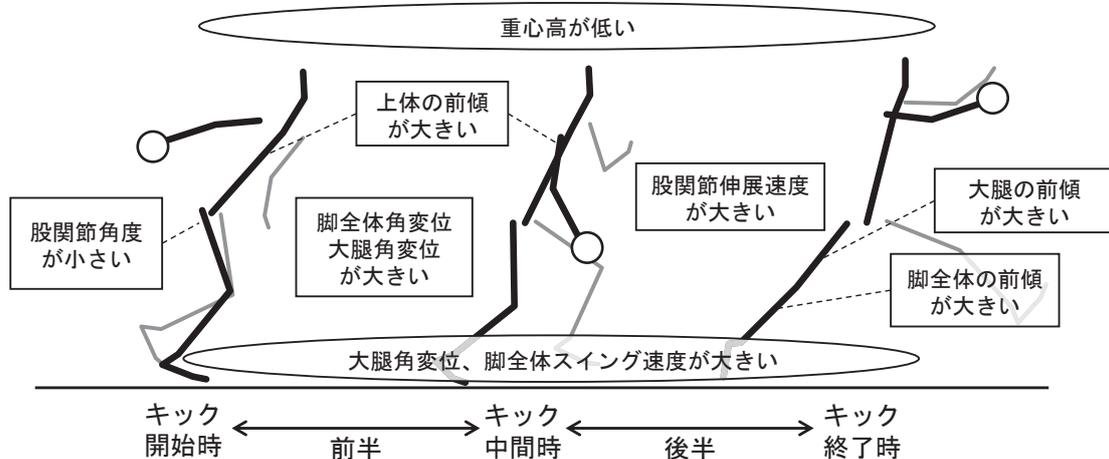


図5 重心速度が大きな投手のキック動作の特徴

期姿勢の段階で上体を前傾させ、軸脚の股関節角度を小さくしておくことも有効であると考えられる。また、重心速度が大きな投手の特徴として、キック前半では下肢関節をあまり動かさず、後半で急激に股関節伸展速度を高めていた。キック中の股関節伸展速度を大きくすることは重要であるが、キック前半に大きく動かしすぎると、キック後半で大腿が後方へ動くスペースが減少してしまい、キック終了時の股関節伸展速度の増大を妨げる可能性があるのかもしれない。キック前半ではいわゆる「タメ」を作り、後半で爆発的に股関節を伸展させるような意識が重要だと考えられる。その際には、短距離選手の「合理的なキック動作」のように、膝関節の伸展動作が大きくなるように意識しながら、股関節を伸展させることも有効であると考えられた。さらに本研究では、キック終了時の脚および大腿の傾きをチェックすることが、投手のキック動作の評価につながる可能性が示唆された。最近では、ハイスピード撮影機能を搭載したカメラが安価で購入できるようになり、スマートフォンにもその機能が搭載され始めている。それらを用いて撮影した動画をコマ送りするなどし、キック終了時の姿勢を確認することによって、「重心移動がスムーズにできているか」「投球方向への推進力を得られているか」などの点については一定の評価ができるのかもしれない。

ソフトボール投手に関する研究は、野球投手を対象としたものと比較すると不足しているのが現状である。本研究で得られた知見は、ソフトボールの指導現場において有益な資料のひとつになると考えられた。今後の課題として、本研究では投球中の足関節の動作に関しては検討できなかった。ウインドミル投法中の軸脚の足部は、投手によっては投球開始時点や開始後早期に大きく三塁方向（右投手の場合）を向くことがあり、大腿部や下腿部と異なり、矢状面上での分析が困難であると判断されたためである。今後は三次元動作分析を行うなど、足関節を含めた下肢関節の働きに関してさらに詳細に検討する必要がある。また、フォースプレートを用いて軸脚の発揮する地面反力や、投球速度に影響を及ぼすと報告されている踏み出し脚の地面反力についても検討していくことで、さらに有益な示唆を得ることができると考えられた。

参考文献

- 阿江通良 (1996) 日本人幼少年およびアスリートの身体部分慣性係数. *Jpn J Sports Sci*, 15 (3) : 155-162.
- 馬場崇豪・和田幸洋・伊藤 章 (2000) 短距離走の筋活動様式. *体育学研究*, 45 : 186-200.
- 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 : 29-23.
- Gretchen D. Oliver and Hillary Plummer (2011) Ground reaction forces, kinematics and muscle activations during the windmill softball pitch. *Journal of Sports Sciences*, 29(10): 1071-1077.
- 伊藤 章・市川博啓・齊藤昌久・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.
- 公益財団法人 日本ソフトボール協会編 (2011) 2011オフィシャル・ソフトボール・ルール. 公益財団法人 日本ソフトボール協会: 東京, pp.53-55.
- 公益財団法人 日本ソフトボール協会編 (2016) 2016オフィシャル・ソフトボール・ルール. 公益財団法人 日本ソフトボール協会: 東京, pp.57-59.
- 小林 海・土江寛裕・松尾彰文・彼末一之・磯 繁雄・矢内利政・金久博昭・福永哲夫・川上泰雄 (2009) スプリント走の加速局面における一流短距離選手のキネティクスに関する研究. *スポーツ科学研究*, 6 : 119-130.
- 奥野暢通・後藤幸弘・島田三千男 (1991) ウインドミル投法の筋電図的分析—競技レベルによる相違とボール速度の変化を中心にして—. *体育学研究*, 36 : 141-155.
- 奥野暢通 (2011) ソフトボールのウインドミル投法の高速度撮影による動作分析—指導法に関する基礎的研究—. *四天王寺大学紀要*, 52 : 185-192.
- 奥野暢通 (2012) 高速度撮影によるウインドミル投法における球種の違いによる相違について—変化球投法の指導法に関する基礎的研究—. *四天王寺大学紀要*, 53 : 265-274.
- 佐藤理恵監 (2016) パーフェクトレッスンブック ソフトボール 基本と戦術. 株式会社実業之日本社: 東京, pp.70-76.
- 篠原康男・前田正登 (2014) クラウチングスタートのブロッククリアランスにおける力発揮と動作の関係. *体育学研究*, 59 : 887-904.
- 宇津木妙子 (2007) いちばんわかりやすいソフトボール入門. 大泉書店: 東京, pp.8-9.
- 綿谷貴志 (2016) 高校女子ソフトボール投手におけるウインドミル投法のバイオメカニクスの分析—投球中の重心速度と投球速度との関係—. *スポーツパフォーマンス研究*, 8 : 429-437.
- Winter : 長野明紀・吉岡伸輔 訳 (2011) バイオメカニクス 人体運動の力学と制御 (原著第4版). 有限会社ラウンドフラット: 東京, pp.65-76.
- 山本英弘・北川 薫・松岡弘記・藤松 博 (1981) ウインドミル投法の動作分析的研究. *中京体育学研究*, 21 : 114-121.

平成29年3月20日受付

平成29年9月29日受理

トレーニング課題と筋の適応の個人差を考慮した筋力トレーニングの効果

池田 達昭¹⁾

Effect of the resistance training based on individual difference of a training objective and muscle adaptation

Tatsuaki Ikeda¹⁾

Abstract

The purpose of this study was to investigate an effect and utility of the resistance training for individual difference of a training objective and muscle adaptation. Sixteen healthy males were evaluated characteristics of one repetition maximum (1RM) and the total number of repetitions (Ntotal) loaded at 90%, 70% and 50%1RM of a knee extension exercise prior to this study (pre). Subjects carried out training of knee extension exercise for 12 weeks twice a week. In addition, the training accorded with a plan-do-check-act cycle (PDCA cycle). CSA (muscle cross-sectional area of a quadriceps femoris muscle), 1RM and Ntotal were measured every 3 weeks during a training period to evaluate a training effect. Based on these measurement results, subjects chose from two different training methods (strength · power-up type and bulk-up type) according to a personal training objective and degree of a training effect.

The major findings were:

- ①1RM, 1RM / CSA and Ntotal in all subjects increased significantly after training.
- ②Development transitions of 1RM and Ntotal differed greatly according to the individual difference of a training objective and muscle adaptation.
- ③There is a possibility that a significant increase of 1RM was affected by adaptation of a neuromuscular system.

These results suggest that the personalized resistance training incorporating a PDCA cycle may become more rational and effective practice, as compared with training which performs the same contents to all subjects.

Key words: knee extension exercise, 1RM, number of repetitions, CSA, PDCA cycle

膝伸展運動, 1RM, 繰返し回数, CSA, 課題解決型プロセス

I. 緒言

動的最大筋力 (1RM: one repetition maximum) を改善させていくためには、神経-筋機能の改善と筋断面積の増大が重要になることが知られている (Cureton et al., 1988; Moritani and Muro, 1987)。このことは、1RMの改善を目的とした筋力トレーニングにおいて、ねらいの異なる2つのトレーニング課題が存在することを示唆するものである (崔ほか, 1998a, 1998b)。しかし、個人の中で、神経-筋機能と筋断面積の発達程度および仕方はそれぞれ異なることが予想されるので、それに伴い上述した2つのトレーニング課題のうちどちらを優先的に改善していくのかについて検討しておくことが必要となる。このことは、個人差を考

慮した合理的な筋力トレーニングを実践する上で、十分に留意しておくべき問題の1つである。この問題を明らかにするためには、①個人のトレーニング課題を明確にするための評価法を準備すること、②評価法を用いて個人の課題および目標を明確にした上で、適切な筋力トレーニング法を用いてトレーニングプログラムを立案し、実践すること、③トレーニング中に見られる筋の適応の個人差に即して、トレーニングプログラムを柔軟に変化させていくこと、などが必要になると考えられる。すなわち、個人差を考慮した筋力トレーニングを実践していくためには、その中で「評価-計画-実践」のプロセスを循環させる課題解決型の手順を取り入れた一連の取り組みが必要になると考えられる。このようなトレーニングの方法は、既に競技

1) 国立スポーツ科学センター スポーツ科学部
Japan Institute of Sports Sciences, Department of Sports Science

スポーツおよび学校体育の現場において数多く用いられており、その重要性を示した報告もいくつか見られる(マトヴェーエフ, 2003; 渡邊・加藤, 2006)。しかし、このようなトレーニングに対する科学的な検証は、筋力トレーニングに限らず他の体力トレーニングの内容においても報告は少ない(坂井ほか, 2006)。これらのことを踏まえて、著者ら(池田・高松, 2005)は、個人のトレーニング課題を明確にするための評価法を新たに提案し、その活用法と目標設定の行い方について報告した。この研究では、1RMの改善を評価する上で、神経-筋機能および筋断面積の2つに着目することが一般的であることを述べた上で、実際の筋力トレーニングの評価では1RMおよび各種の相対的な負荷強度(%1RM)における繰返し回数に着目することが、より重要であることを指摘している。理由としては、実際のトレーニングにおける負荷強度の設定では%1RMおよび%1RMにおける繰返し回数が多用されること、それらはトレーニングの現場で簡易に測定評価できること、2つの負荷変数を計画的・合目的に組み合わせることによって1RMを効果的に改善できること、各種の%1RMにおける繰返し回数は1RMの優劣に影響を受けること、などをあげている。これらのことから、本研究では、1RMの改善を主なねらいとした筋力・パワーアップ法および各種の%1RMにおける繰返し回数の改善を主なねらいとしたバルクアップ法(崔ほか, 1998a, 1998b)を用いて、そのトレーニングプログラムの計画法と有用性について検証していく。なお、上記の筋力・パワーアップ法は神経-筋機能の改善により1RMを増大させること(Burke, 1981; Henneman and Mendell, 1981; 崔・高松, 1995; 崔ほか, 1998a)、バルクアップ法は各種の%1RMにおける繰返し回数、すなわち筋持久力の改善(Kraemer et al., 1987; 崔ほか, 1998a)に加え、筋肥大にも効果があること(崔ほか, 1998a, 1998b)が報告されている。これらのことから、本研究では1RMと各種の%1RMにおける繰返し回数に着目してトレーニングプログラムを実践していくが、補足的に神経-筋機能および筋断面積の変化を評価することによって1RM改善の諸要因について詳細な検討を加える。

以上のことから、本研究では、課題解決型の手順を取り入れて、個人差を考慮した筋力トレーニングを実践し、そのトレーニング効果と有用性について検討することを目的とした。

II. 方法

1. 被験者

被験者には、一般健常男性16名(年齢: 23.0 ± 2.0 歳, 身長: 176.5 ± 4.8 cm, 体重: 74.2 ± 10.5 kg)を用いた。実験を開始するにあたり、全ての被験者に本研究の目的、方法、危険性などを十分に説明し、いかなる時でも実験への参加を取り止めることができるという条件の下で参加の同意を得た。なお、本研究は、筑波大学体育科学系倫理委員会の承認を得た上で実施した。

2. トレーニングプロトコール

週2回の頻度で、1ステージ3週間からなる4ステージ(第I~第IVステージ)、計12週間の筋力トレーニングを実施した(Fig. 1)。トレーニングには、著者らの先行研究(池田・高松, 2005)と同様の筋力測定台を用いて、右脚の動的膝伸展運動(椅座位姿勢による膝関節角度屈曲位90度から伸展位0度までの運動)を実施した。被験者を実験で用いる運動に十分慣れさせるために、トレーニング開始前に2度の練習日を設けた。Fig. 2に、トレーニングで用いるねらいの異なる2つの筋力トレーニング法の負荷方法と各セットにおける負荷強度の調整のしかたを示した。本研究では、筋力・パワーアップ法とバルクアップ法を準備し、各セットで目標とする反復回数を設定する「RM法(repetition maximum method)」を用いた。筋力・パワーアップ法は、神経-筋機能の改善を主なねらいとし、3~6RM(おおよそ90~85%1RM)の負荷強度による最大反復法をレベティション方式で7セット実施した。一方、バルクアップ法は、筋肥大および繰返し回数の改善を主なねらいとし、6~15RM(おおよそ85~60%1RM)の負荷強度による最大反復法を短インターバル方式で7セット実施した。なお、挙上動作のテンポについては、筋力・パワーアップ法では特に規定を設けずバリスティックな反動動作を心がけさせ、バルクアップ法では2秒に1回とした。各セットにおける負荷強度の調整には、直前のセットにおける最大反復回数の結果に基づき、最大の目標回数を達成できた場合には負荷重量を2.5kg増大させ、最低の目標回数しか反復できなかった場合には負荷重量を2.5kg減少させた。この方法は、各セットにおける目標回数の達成を確実なものにすると同時に、トレーニング中における各被験者の疲労およびパフォーマンスレベルの変化に即した負荷重量を設定することに配

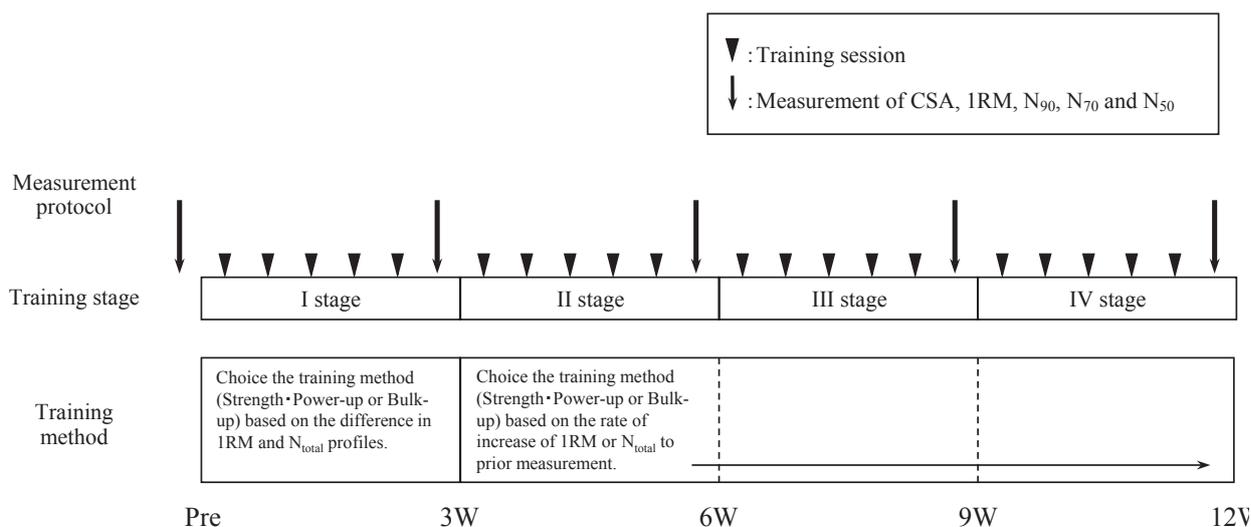


Fig. 1 Training protocol

Training method	Strength • Power-up	Bulk-up
Training aim	<ul style="list-style-type: none"> Improvement of neuromuscular system Increase of 1RM 	<ul style="list-style-type: none"> Muscular hypertrophy Increase of number of repetitions
1st set	3 → 5 times	6 → 10 times
2nd	3 → 5	6 → 10
3rd	3 → 5	6 → 10
4th	3 → 5	8 → 12
5th	3 → 5	8 → 12
6th	4 → 6	10 → 15
7th	4 → 6	10 → 15
Rest interval	180 sec.	60 sec.
Total number of sets	7 sets	7 sets
Tempo of exercise	Not define (ballistic movement)	1 times / 2 sec.

Adjustable method of load weight in each set
Ex.) In case of 6 → 10 (Bulk-up type method)

Maximum number of repetitions in prior set	Adjustment of load in next set
10 times	increase load weight (+2.5 kg)
9 - 7 times	keep load weight
6 - (7) times	decrease load weight (-2.5 kg)

Fig. 2 Two resistance training methods with different purpose (Strength • Power-up or Bulk-up), and setting method of load weight in each set.

慮したものである。

筋力トレーニングの実践に先立ち、各被験者のトレーニング課題を明確にするために、1RMと繰り返し回数の優劣をそれぞれ評価した(池田・高松, 2005)。1RMの評価には、右脚の動的最大膝伸展力を、繰り返し回数の評価には、3種の%1RM(90%, 70%, 50%1RM)における膝伸展運動の繰り返し回数(N_{90} , N_{70} , N_{50})の合計回数(N_{total})を測定した。なお、 N_{total} は、複数の負荷強度のセットから構成されるトレーニング実践を考慮して、3種の%1RMにおける総繰り返し回数を用いて総合的に繰り返し回数を評価する指標である。また、 N_{total} の特徴について著者らの先行研究では(池田・高松, 2005; 池田ほか, 2006; Ikeda and Takamatsu, 2007)、実際のトレーニングにおいて簡便に用いることのできる指標であること、1RMや神経-筋機能の影響を受けること、活動筋における筋酸素化レベル(oxy-Hb/Mbの最低値および低下率)と密接な関係があること、などを報告している。Fig. 3に、トレーニング開始前(Pre)における1RMと N_{total} との関係を示した。Preの図中の破線は、両者の関係に最も適合する指数関数方程式($Y = 52.47e^{-0.0076X}$, $R^2 = 0.1864$)を示し、この破線を境にして各被験者の繰り返し回数の優劣を評価した。この結果に基づき、第

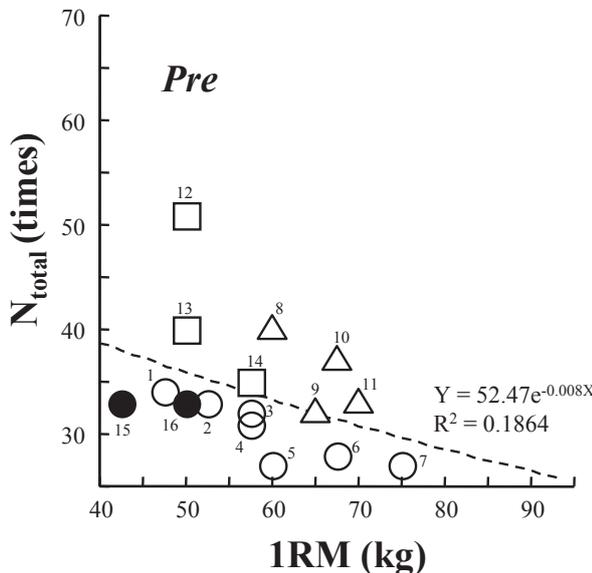


Fig. 3 Relationship between 1RM and N_{total} during knee extension exercise loaded at 90%, 70% and 50% of 1RM in each performance test.

Oblique dashed and solid lines indicate a least-squares regression to an exponential function in pre- and each performance test. Numbers (1-16) with mark indicates the subject ID. Two black circles (●) in Pre panel (subject ID : 15, 16) are drop out subjects in this experiment. ○ : SBSBgroup ($n = 7$), △ : SBSB group ($n = 4$), □ : SBSB group ($n = 3$).

Iステージのトレーニングでは、破線より上に位置し繰り返し回数に優れる被験者(被験者No. 8~14, $n = 7$)には筋力・パワーアップ法を、破線より下に位置し繰り返し回数に劣る被験者(被験者No. 1~7, 15~16, $n = 9$)にはバルクアップ法を選択させた。ねらいの異なる2つの筋力トレーニング法の選択のしかたについては、著者らの先行研究(池田・高松, 2005)の知見に基づいた。なお、2名の被験者(被験者No. 15, 16)は、実験の途中で体調不良となり、トレーニングへの参加を辞退したために、以後の検討では残りの14名(被験者No. 1~14)を対象に分析を行った。

トレーニング期間中の3週間ごと(各ステージの6回目のトレーニングセッション時)に1RMと N_{total} を測定した(Fig. 1)。第IIステージ以降は、これらの成績の変化に基づいて、次のステージで選択する筋力トレーニング法を個人ごとに決定した。前ステージでバルクアップ法を選択していた者は N_{total} の変化に、一方、筋力・パワーアップ法を選択していた者は1RMの変化に着目し、前回の成績に対する増加率がそれぞれ5%以上達成された場合には、次ステージにおいてもう一方の筋力トレーニング法を選択する方法を採用した。また、1RMと N_{total} の増加率が5%未満であった場合には、前ステージで採用した筋力トレーニング法を継続して選択した(Fig. 1)。2つの筋力トレーニング法の切り替える目安を、それぞれの効果の5%基準に設定した理由として、①一般に4~12週間の筋力トレーニングで10~50%の1RMの増大が見られるが、そのような大きな改善によって各種の%1RMにおける繰り返し回数を有意に減少させたくなかったこと、②各種の%1RMにおける繰り返し回数の増大は、筋の酸化代謝能に影響を受け、それに関わる筋内毛細血管の新生は、比較的長期のトレーニング期間を有するため、繰り返し回数の5%増大は十分なトレーニング効果であると判断したこと、③あえて2つの筋力トレーニング法の切り替える目安を小さく設定することにより、トレーニングによる遅延効果とその累積効果をねらう目的があったこと、などがあげられる。

3. 測定項目および測定方法

トレーニング経過に伴う筋の形態的・機能的な適応を評価するために、大腿四頭筋の筋断面積(CSA: cross sectional area)、1RM, N_{90} , N_{70} , N_{50} をトレーニング前後およびトレーニング期間中の3週間ごとに測定した(Fig. 1)。

1) 大腿四頭筋の筋断面積

CSAの測定には、磁気共鳴映像法(MRI:日立メディコ社製;ARIASmate)を用いた。本研究では、MRIから得られた右大腿部の縦断像より大転子および大腿骨最下端部を同定した後、Repetition time = 360ms, Echo time = 28ms, Slice thickness = 10mm, Slice interval = 20mm, Field of view = 240mm, Matrix = 256 × 256のプロトコールにより撮影した。大転子から遠位30%, 50%, 70%に相当する部位(順に上部, 中央部, 下部)のスライス像を2枚ずつコンピューター(Apple社製;PowerBook G4)に取り込み、その後、画像解析用ソフトウェア(NIH社製;NIH image, v1.61)によりCSAを算出した。CSAの代表値には、2枚のスライスにおける平均値を採用した。なお、CSAの級内相関係数は、 $r = 0.99$ であった。

2) 動的最大膝伸展力と3種の%1RMにおける繰り返し回数

1RMと N_{90} 、 N_{70} 、 N_{50} の測定には、著者らの先行研究(池田・高松, 2005)と同様の方法を用いた(1RM:椅座位姿勢による膝関節角度屈曲位90度から伸展位0度までの運動範囲での動的最大筋力、 N_{90} ・ N_{70} ・ N_{50} :1RMの90%, 70%, 50%1RMでの繰り返し回数)。なお、 N_{90} 、 N_{70} および N_{50} のデータから N_{total} を算出した(池田・高松, 2005)。

4. 統計処理

測定値は全て平均値±標準偏差で示した。本研究では、2つの筋力トレーニング法のトレーニング中の組み合わせ方の相違に基づき3つのグループに分類した。それらの各群の測定項目の平均値の差の検定には対応のないt-testを用いた。また、各群内のトレーニング期間による平均値の差の検定には一元配置の分散分析を用い、さらにF値が有意であった場合にはFisher法を用いて多重比較を行った。各測定項目間の関係についてはピアソンの相関分析を行った。各種回帰関数の中から最も適合度の高いものを判定する際には、回帰が有意なものの中から相関係数が最大になる関数を選択した。なお、統計処理の有意性は危険率5%未満で判断した。

III. 結果

1. 3種のトレーニングパターン

トレーニング課題と筋の適応の個人差に即してねらいの異なる2つの筋力トレーニング法を選択していつ

た結果、その組み合わせ方には以下に示す3通りのトレーニングパターンが見られた。

BSBS群:バルクアップ法→筋力・パワーアップ法→バルクアップ法→筋力・パワーアップ法($n = 7$)

SBSB群:筋力・パワーアップ法→バルクアップ法→筋力・パワーアップ法→バルクアップ法($n = 4$)

SBSS群:筋力・パワーアップ法→バルクアップ法→筋力・パワーアップ法→筋力・パワーアップ法($n = 3$)

2. トレーニング効果

Table 1に、トレーニング期間中におけるCSAの変化を示した。全被験者におけるCSAは、トレーニング前後で顕著な変化は認められなかった。

Table 2に、トレーニング期間中における1RM、1RM/CSAおよび N_{total} の変化を示した。

全被験者における1RMは、トレーニング後において有意に増大した。

全被験者における1RM/CSAは、トレーニング後において有意に増大した。各群における1RM/CSAの発達推移は、1RMとほぼ同様な変化を示す傾向にあった。

全被験者における N_{total} は、トレーニング後において有意に増大した。なお、 N_{90} は、トレーニング前後で顕著な変化は認められなかったが(4.0 ± 2.1 回→ 3.9 ± 2.2 回, ns)、 N_{70} および N_{50} は、トレーニング後においていずれも有意に増大した(N_{70} : 10.6 ± 2.1 回→ 15.1 ± 3.4 回, $p < 0.05$; N_{50} : 19.6 ± 3.1 回→ 28.3 ± 6.1 回, $p < 0.05$)。

Fig. 4に、各測定時期における1RMと N_{total} との関係の変化を個人別に示した。トレーニング経過に伴う1RMと N_{total} との関係は、用いた筋力トレーニング法に対応する効果として特異的な変化を示す傾向にあるが、その推移は個人によって大きく異なっていた。また、全体的に見ると図中右上の方向、すなわちトレーニングによって1RMと N_{total} の双方に増大が認められた。

Fig. 5に、1RM、1RM/CSAおよびCSAの変化率を示した。その結果、全被験者において、すべてのトレーニングステージで1RMと1RM/CSAは、ほぼ同様な変化を示すことが示された。一方、CSAは、全被験者において、わずかに変化するに留まった。

Table 1 Changes in training effect of cross-sectional area (CSA) of the quadriceps femoris muscle.

Training group		CSA					
		Upper level		Middle level		Lower level	
		cm ²	%	cm ²	%	cm ²	%
BSBS group (n=7)	Pre	68.7 ± 9.6		76.7 ± 10.7		58.0 ± 6.0	
	3 wks	69.8 ± 9.7	1.8 ± 3.6	77.8 ± 10.6	1.5 ± 1.9	60.2 ± 6.8	3.8 ± 3.7
	6 wks	70.6 ± 9.3	2.8 ± 2.7	77.2 ± 10.2	0.8 ± 1.9	60.4 ± 6.7	4.1 ± 4.1
	9 wks	72.3 ± 9.5	5.4 ± 3.8	79.4 ± 10.3	3.8 ± 3.2	61.6 ± 6.9	6.3 ± 5.5
	12 wks	71.5 ± 9.4	4.2 ± 3.5	78.9 ± 10.1	3.1 ± 3.3	60.9 ± 6.9	5.0 ± 5.5
	Difference	ns		ns		ns	
SBSB group (n=4)	Pre	82.3 ± 13.1		91.7 ± 15.5		72.1 ± 10.7	
	3 wks	82.9 ± 13.4	0.8 ± 1.2	91.5 ± 16.7	-0.3 ± 1.9	73.7 ± 11.6	2.1 ± 1.2
	6 wks	83.2 ± 13.6	1.1 ± 0.6	92.8 ± 17.0	1.0 ± 1.8	74.6 ± 12.7	3.1 ± 2.8
	9 wks	83.4 ± 13.6	1.3 ± 1.4	91.9 ± 16.0	0.2 ± 1.7	74.5 ± 11.7	3.2 ± 1.8
	12 wks	84.5 ± 12.7	2.8 ± 1.4	93.6 ± 15.8	2.1 ± 1.9	76.1 ± 12.2	5.3 ± 1.9
	Difference	ns		ns		ns	
SBSS group (n=3)	Pre	71.9 ± 6.8		78.2 ± 10.9		60.9 ± 9.1	
	3 wks	73.6 ± 8.0	2.2 ± 1.9	79.2 ± 12.9	1.2 ± 2.2	66.7 ± 9.1	9.9 ± 8.4
	6 wks	74.7 ± 8.0	3.8 ± 1.8	79.8 ± 13.9	1.9 ± 3.7	65.2 ± 10.6	6.9 ± 1.3
	9 wks	74.9 ± 9.9	3.9 ± 4.1	80.9 ± 14.2	3.3 ± 4.6	64.4 ± 10.6	5.6 ± 2.3
	12 wks	73.6 ± 7.4	2.3 ± 0.7	80.4 ± 13.5	2.6 ± 3.5	64.7 ± 10.1	6.2 ± 0.9
	Difference	ns		ns		ns	
ALL groups (n=14)	Pre	73.3 ± 11.2		81.3 ± 13.2		62.7 ± 9.8	
	12 wks	75.7 ± 11.0	3.4 ± 2.6	83.4 ± 13.3	2.7 ± 2.8	66.0 ± 10.8	5.3 ± 3.9
	Difference	ns		ns		ns	

1. Values are mean ± SD

2. % ; rate of increase to pre-training

3. ns ; no significant

IV. 考 察

1. トレーニング効果とそれに影響する要因

トレーニング課題と筋の適応の個人差を考慮した筋力トレーニングを実施した結果, 1RMおよびN_{total}は, トレーニング後においていずれも有意な増大を示した (Table 2). ここでは, これらの結果に影響した要因を3群のトレーニングパターンの相違と関連づけて考察を行った.

1) 1RM

BSBS群では第IIステージ, SBSB群では第IIIステージにおいて, 筋力・パワーアップ法を用いたトレーニング後に1RMの増大が認められ, その後はわずかな増大もしくは減少を示す傾向にあった (Table 2). 一方, 1RMを規定する要因となるCSAと神経-筋機能を示すパラメーター (1RM/CSA) のトレーニング経過に伴う発達推移を検討した結果, 1RM/CSAは1RMの増大が見られる時期と一致して同様に増大傾向を示したのに対し (Fig. 5), CSAは各群共に変化はなかった (Table 1). これらの結果から, 各群における1RMの発達推移には, 個人のトレーニング課題と関連した

トレーニングパターンの相違が影響を及ぼす可能性のあること, 各群のトレーニングの全期間に見られた1RMの増大には, CSAの増大を伴わない神経-筋機能の改善 (福永, 1983) の影響が大きく関与していた可能性があること, などが示唆された.

12週間以上の筋力トレーニングを実施しCSAの変化を検討した先行研究では, その大半においてCSAが増大することを報告している (Cureton et al., 1988; McCall et al., 1996; O'Hagan et al., 1995). しかし, 本研究では, トレーニングによってCSAの顕著な変化は認められなかった. その理由として, 次のようなことが考えられる.

第1の理由として, 本研究ではトレーニングステージのまとまりを3週間ごとに構成していたが, その期間が短いためバルクアップ法を用いたステージで筋肥大を引き起こすだけの十分なトレーニング刺激を与えることができなかったことが考えられる. また, トレーニングステージの全期間において, 1RMと1RM/CSAが同様な変化を示したことから (Fig. 5), 筋力・パワーアップ法とバルクアップ法の過負荷の相乗効果として, 神経-筋機能の改善, すなわち運動動作の改

Table 2 Changes in training effect of 1RM and 1RM / CSA and Ntotal during knee extension exercise

Training group		1RM		1RM / CSA		N _{total}	
		kg	%	kg / cm ²	%	times	%
BSBS group (n=7)	Pre	59.6 ± 9.2		0.78 ± 0.05		30.3 ± 2.9	
	3 wks	63.2 ± 8.6	6.3 ± 4.0	0.81 ± 0.04	4.6 ± 3.5	45.4 ± 4.9	51.1 ± 21.1
	6 wks	69.3 ± 9.5	16.4 ± 3.7	0.90 ± 0.05	15.4 ± 3.1	38.9 ± 3.8	29.2 ± 16.1
	9 wks	69.3 ± 10.4	16.3 ± 6.3	0.87 ± 0.08	12.0 ± 5.7	49.1 ± 6.6	62.3 ± 15.5
	12 wks	70.4 ± 11.6	17.9 ± 6.0	0.89 ± 0.07	14.2 ± 5.9	44.1 ± 11.0	45.3 ± 30.5
	Difference	Pre < 3 < 6・9・12		Pre < 9・12・6, 3 < 12・6		Pre < 6・3・9, 6 < 9	
SBSB group (n=4)	Pre	65.6 ± 4.3		0.73 ± 0.08		35.5 ± 3.7	
	3 wks	73.1 ± 8.5	11.2 ± 6.8	0.81 ± 0.10	11.5 ± 5.9	39.8 ± 4.9	12.7 ± 15.9
	6 wks	75.6 ± 7.2	15.1 ± 4.6	0.82 ± 0.07	13.9 ± 3.1	52.5 ± 12.6	48.9 ± 36.9
	9 wks	82.5 ± 7.4	25.6 ± 4.5	0.91 ± 0.07	25.4 ± 4.5	45.0 ± 10.5	28.9 ± 36.0
	12 wks	78.8 ± 9.2	19.7 ± 6.6	0.85 ± 0.06	17.2 ± 6.6	52.5 ± 11.5	50.8 ± 42.5
	Difference	Pre・3・6 < 9		Pre < 6・12・9, Pre・3・6 < 9		ns	
SBSS group (n=3)	Pre	52.5 ± 4.3		0.68 ± 0.11		42.0 ± 8.2	
	3 wks	63.3 ± 2.9	21.0 ± 8.5	0.81 ± 0.10	19.8 ± 6.6	42.0 ± 6.1	0.7 ± 6.8
	6 wks	63.3 ± 2.9	21.0 ± 8.5	0.81 ± 0.11	18.9 ± 4.5	57.0 ± 8.5	36.5 ± 8.8
	9 wks	64.2 ± 5.8	22.5 ± 10.9	0.80 ± 0.11	18.8 ± 7.7	44.3 ± 11.7	5.0 ± 17.0
	12 wks	69.2 ± 3.8	32.0 ± 7.2	0.87 ± 0.13	28.9 ± 3.5	47.7 ± 4.0	15.3 ± 15.0
	Difference	ns		Pre < 6・12		ns	
ALL groups (n=14)	Pre	59.8 ± 8.3		0.74 ± 0.08		34.3 ± 6.3	
	12 wks	72.5 ± 10.0	21.4 ± 8.3	0.87 ± 0.08	18.2 ± 7.9	47.3 ± 10.1	40.5 ± 32.8
	Difference	Pre < 12		Pre < 12		Pre < 12	

1. Values are mean ± SD
2. % ; rate of increase to pre-training
3. CSA : cross sectional area of the quadriceps femoris muscle
4. N_{total} : total number of repetitions loaded at 90%, 70% and 50% of 1RM
5. < ; P < 0.05
6. ns ; no significant

善が優先的に引き出されたものと推察される。

2) N_{total}

トレーニング期間中のN_{total}の変化は、いずれの群もバルクアップ法を用いたステージ後に増大し、筋力・パワーアップ法を用いたステージ後に減少する傾向にあった (Table 2)。先行研究では、バルクアップ法と同様なトレーニングによって無気的な持久力が改善されることが報告されており (Campos et al., 2002; 崔ほか, 1998a), 本研究の結果はこれらの知見を支持するものであると考えられる。また、トレーニング期間中のN_{total}の増減は、1RMと比較してより大きくなる傾向にあった (Table 2)。これらに影響した要因としては、筋力・パワーアップ法を用いたステージ後の1RMの増大に伴って%1RMにおける繰り返し回数が有意に減少すること (Berger et al., 1970; 櫻田ほか, 1998), また、繰り返し回数の測定時と同一の挙上テンポを用いたバルクアップ法では、運動に対する技術的な習熟が繰り返し回数の増大に影響したこと、など

の可能性が推察される。

2. 個人差を考慮した筋力トレーニングの効果と有用性

一般に、1RMと各種の%1RMにおける繰り返し回数との関係を検討した先行研究では、両者の間に有意な負の相関関係が認められることが報告されている (Berger, 1970; 櫻田ほか, 1998)。このことは、1RMの増大に伴い繰り返し回数が有意に減少する可能性を示唆するものである。また、Hickson et al. (1994) は、16週間の筋力トレーニングを実施し、1RMは有意に増大したものの、各種の%1RMにおける繰り返し回数はトレーニング前後で変化しなかったことを報告している。これらのことから、トレーニングによって1RMと各種の%1RMにおける繰り返し回数を同時に高めていくことはかなりの困難を要することが予想される。この問題を解決するために従来から行われてきた方法としては、一連のトレーニングにおいて期分け (マトヴェーエフ, 2003; 村木, 1994) を行い、ねらい

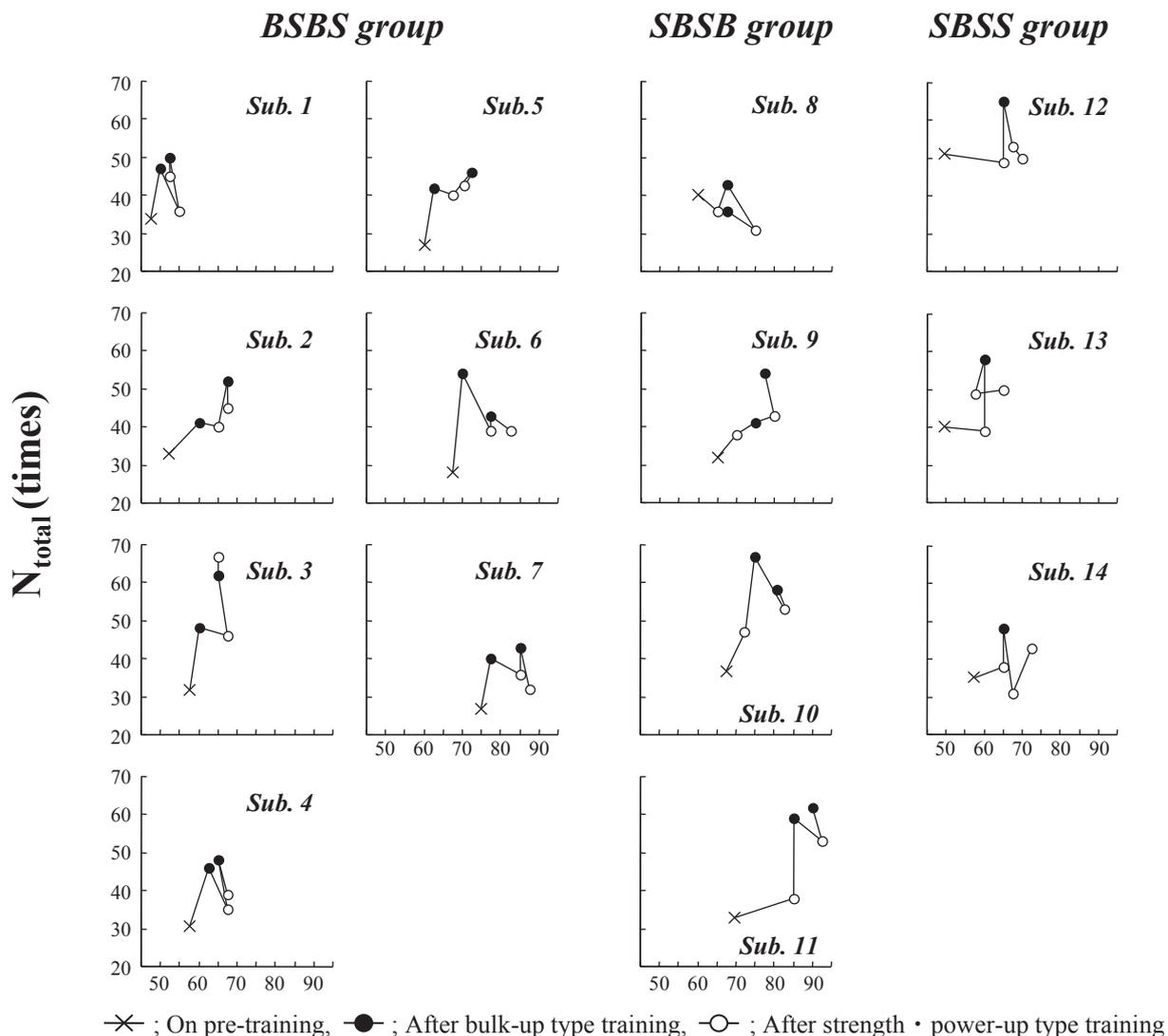


Fig. 4 Change in the relationship between 1RM and Ntotal in each subject during the training session.

の異なる筋力トレーニング法を比較的長期に組み合わせることによって、それぞれの筋力トレーニング法の効果を安定して引き出す試みがなされてきた (Zatsiorsky, 1995). しかし、ある1つの筋力トレーニング法を長期に採用した場合には、以前に獲得したトレーニング効果を消失してしまう可能性も同時に指摘されてきた (Zatsiorsky, 1995). 一方で、本研究では、12週間の筋力トレーニングによって、1RMと N_{total} の双方を同時に高めることができた。以上のことから、本研究の結果は、先行研究では見られない新規的な知見であると言える。

本研究では、今回用いた一連のトレーニングの中で1RMと N_{total} の両要因を同時に高めていくことができた理由を次のように推察している。①全被験者に対し同一のプログラムを提供するのではなく、トレーニン

グ課題や筋の適応の個人差に即して適切な筋力トレーニング法を選択したために、合理的なトレーニングの実践が可能となったこと、②ねらいの異なる2つの筋力トレーニング法を比較的短い周期(3週間)で組み合わせたために、それぞれのトレーニング効果が遅延的および相乗的に作用し、複合的な適応がもたらされたこと、などの可能性が考えられる。また、一連のトレーニングの中で効果的に作用した点として、①Fig. 3, 4などを用いて1RMと N_{total} の優劣を評価する際に、個人の成績の変化に加えて、全被験者における相対的な位置関係を把握させたために、トレーニングの課題とこれから実施するトレーニングの方向性を十分に理解させることができたこと、②トレーニングの評価に関して、1つのトレーニングステージ、1回のトレーニングセッションおよび1セットごとに随時フィード

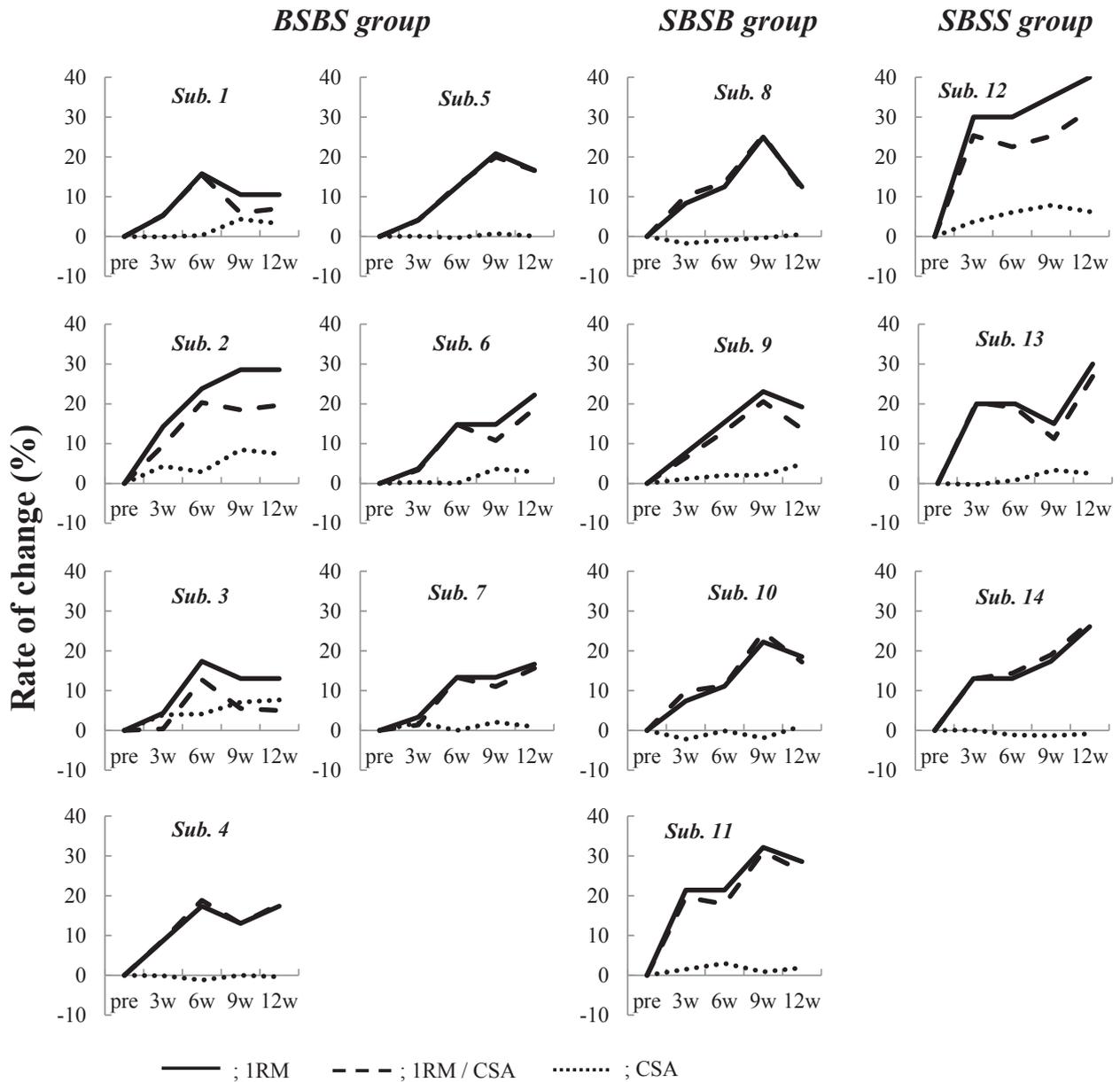


Fig. 5 Rate of change of 1RM, 1RM / CSA and CSA in each subject during the training session.

バックできる方法を採用していたために、被験者本人が常に自分のトレーニング状況を把握し、そのことがトレーニング実践への高いモチベーションの維持につながった可能性のあること、などがあげられる。これら一つ一つの要因に関しては、基礎研究における新たな知見を示すものではないが、一連のトレーニングの中に「評価-計画-実践」のプロセスを循環させながら行う課題解決型の手順を取り入れることによって、個人差を考慮した合理的で効果的な筋力トレーニングの実践が可能になることを示唆するものであると考えられる。

V. まとめ

本研究の目的は、トレーニング課題および筋の適応の個人差を考慮した個別対応の筋力トレーニングの効果と有用性を検討することであった。トレーニングを開始するに先立ち (pre)、16名の健常男性に対して、動的最大膝伸展力 (1RM) と3種の%1RM (90%, 70%, 50%1RM) による総繰り返し回数 (N_{total}) の特性を評価した。被験者は、週2回、12週間にわたる膝伸展運動のトレーニングを実施した。なお、そのトレーニングは、plan-do-check-actサイクル (PDCSサイクル) に即したものであった。トレーニング効果を評価する

ために, CSA (大腿四頭筋筋断面積), 1RMおよび N_{total} をトレーニング期間中, 3週間毎に測定した. これらの結果に基づき, 被験者は, 個人のトレーニング課題およびトレーニング効果の程度に即して2つの異なるトレーニング法 (バルクアップ型, 筋力・パワーアップ型) を選択した.

主な知見は:

- ①全被験者における1RM, 1RM/CSAおよび N_{total} は, トレーニング後に有意に増大した.
- ②1RMおよび N_{total} の発達推移は, トレーニング課題および筋の適応の個人差に応じて大きく異なっていた.
- ③1RMの有意な増大には, 神経-筋機能の適応が影響を及ぼした可能性がある.

これらの結果は, PDCAサイクルに即した個別対応の筋力トレーニングは, 全被験者に対して同一の内容を行うトレーニングと比較して, より合理的で効果的な実践となる可能性を示唆するものである.

文 献

- Berger, R.A. (1970) Relationship between dynamic strength and dynamic endurance. *Res. Q.*, 41: 115-116.
- Burke, R.E. (1981) Motor units: anatomy physiology and functional organization. In Brooks, V.B. (Ed.) *Handbook of physiology. The Nervous System. Sect. 1. Vol. II. American Physiological Society* : Baltimore, 345-422.
- Campos, G.E.R., Luecke, T.J., Wendeln, H.K., Toma, K., Hagerman, F.C., Murray, T.F., Ragg, K.E., Ratamess, N.A., Kraemer, W.J. and Staron, R.S. (2002) Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 88 : 50-60.
- 崔 鳥淵・高松 薫 (1995) パワーアップ型とバルクアップ型の筋力トレーニング手段の特性について. *体力科学*, 44 : 700.
- 崔 鳥淵・高橋英幸・板井悠二・高松 薫 (1998a) 「パワーアップ型」と「バルクアップ型」筋力トレーニング手段のトレーニング効果の相違—筋断面積, 筋力, 無氣的パワーおよび無氣的持久力に着目して—. *体力科学*, 47 : 119-129.
- 崔 鳥淵・増田和実・村岡 誠・下條仁士・高松 薫 (1998b) 「パワーアップ型」と「バルクアップ型」筋力トレーニング手段のトレーニング効果の相違 (2) —筋の組織化学的特性と毛細血管分布に着目して—. *体力科学*, 47 : 189-198.
- Cureton, K.J., Collins, M.A. Hill, D.W. and Mcelhannon, F.M.JR. (1988) Muscle hypertrophy in men and women. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 20: 338-344.
- 福永哲夫 (1983) 筋の活動性肥大と筋力. *Jpn. J. Sports Sci.*, 2 : 13-22.
- Henneman, E. and Mendell, L.M. (1981) Functional organization of motorneuron pool and its inputs. In Brooks, V.B. (Ed.) *Handbook of physiology. The Nervous System. Sect. 1. Vol. II. American Physiological Society: Baltimore*, 423-507.
- Hickson, R.C., Hidaka, K. and Foster, C. (1994) Skeletal muscle fiber type, resistance training, and strength-related performance. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 26: 593-598.
- 池田達昭・高松 薫 (2005) 動的筋力トレーニングにおける目標設定の行い方に関する研究. *体育学研究*, 50 : 425-436.
- 池田達昭・村岡 誠・向井直樹・高橋英幸・高松 薫 (2006) 1RMの個人差の大きさが1RMと%1RMにおける繰返し回数との関係の及ぼす影響.
- Ikeda, T. and Takamatsu, K. (2007) Effect of individual difference in maximal strength and number of repetitions at relative intensity on muscle oxygenation during knee extension exercise. *Int. J. Sport Health Sci.*, 5: 54-62.
- Kraemer, W.J., Noble, J.B., Clark, M.J. and Culver, B.W. (1987) Physiologic responses to heavy-resistance exercise with very short rest periods. *Int. J. Sports Med.*, 8: 247-252.
- McCall, G.E., Byrnes, W.C., Dickinson, A., Pattany, P.M. and Fleck, S.J. (1996) Muscle fiber hypertrophy, hyperplasia, and capillary density in college men after resistance training. *J. Appl. Physiol.*, 81: 2004-2012.
- マトヴェーエフ, L.P.: 渡辺 謙 監訳, 魚住広信 訳 (2003) トレーニング法の組み立て方 スポーツ競技学. ナップ: 東京, 221-258.
- Moritani, T. and Muro, M. (1987) Motor unit activity and surface electromyogram power spectrum during increasing force of contraction. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 56: 260-265.
- 村木征人 (1994) スポーツトレーニング理論. ブックハウス・エイチディ, 東京, 62-83, 102-193.
- O'Hagan, F.T., Sale, D.G., MacDougall, J.D. and Garner, S.H. (1995) Comparative effectiveness of accommodating and weight resistance training modes. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 27: 1210-1219.
- 坂井和明・伊藤竜兵・大高敏弘・高松 薫 (2006) 球技スポーツ競技者における個別性の原則を考慮した体力トレーニングの効果. *体育学研究*, 51 : 21-32.
- 櫻田淳也, 佐伯徹郎, 高松 薫 (1998) 動的筋力トレーニングにおける負荷設定に関する問題点—負荷の強度と繰返し回数との関係に着目して—. *東京女子体育大学紀要*, 33 : 29-35.
- 渡邊 聡・加藤謙一 (2006) 中学校の体育授業における短距離走の練習効果. *体育学研究*, 51 : 689-702.
- Zatsiorsky, V. (1995) Science and practice of strength training. *Human Kinetics* : Champaign, 125-127.

平成29年7月5日受付
平成29年9月30日受理

男子円盤投における記録と形態および体力要因との関係

— 記録に応じた体力基準の推定 —

前田 奎¹⁾ 大山卞圭悟²⁾ 広瀬健一³⁾ 尾縣 貢²⁾

Relationships between throwing distance and parameters about morphology and physical strength in male discus throw:

Estimating physical strength requirement corresponding to throwing distance

Kei Maeda¹⁾, Keigo Ohyama Byun²⁾, Kenichi Hirose³⁾ and Mitsugi Ogata²⁾

Abstract

The purposes of this study were to clarify the influence of physical strength on throwing distance, and to estimate strength requirement for each target throwing distance of discus. The questionnaire method was used to investigate parameters about morphology and physical strength for 114 male discus throwers. Pearson's correlation coefficient was calculated to investigate the relationships between the parameters and throwing distance. Then, multiple regression analysis was carried out to clarify influence of the parameters on throwing distance. As a result, all parameters correlated significantly to throwing distance. The parameters of morphology to have great influence on throwing distance were span of arm and body weight. The parameters of physical strength to have great influence on throwing distance were backward over head shot throw, snatch, standing five steps jump, 30m dash, in descending order. In addition, physical strength requirement corresponding to throwing distance of discus was gained by estimating the standard value of each parameter from the regression analysis. Strength requirement shown in this study has a high practicality for coaches and throwers in planning training programs and setting goals.

Key words: discus throw, throwing distance, physical strength, morphology, standard value

円盤投, 記録, 体力, 形態, 標準値

1. 緒言

円盤投は、陸上競技投てき種目の一つであり、直径2.5mのサークルから、規定の重量の円盤（一般男子：2.0kg、一般女子：1.0kg）を投てきし、その距離（以下、投てき記録とする）を競う種目である。円盤投を含めた投てき種目には、身長や体重などの体格が大きいこと、爆発的な力発揮能力および最大筋力が求められることが報告されてきた（ボンパ、2006；石河、1977；シュモリンスキー、1982；植屋ほか、1994；山崎、1993）。またHay and Yu (1995) は、円盤投は限られた空間の中で高速で複雑な動作を行うた

め、技術的に難しい種目であると述べており、優れた技術の習得が円盤投の記録向上のために必要であることがうかがえる。これらのことから、円盤投でより高いパフォーマンスを発揮するためには、体力および技術を高めることが不可欠であると考えられる。

一般的にスポーツでは、体力と技術を概念的に分けて捉えることが多いが、関子(2003)は体力要因、技術要因、集中力などのメンタルな要因の全てが、実施する一つの運動中に内在しており、そのいずれが変化しても、動きが変容することになると述べている。関子(2003)が体力と技術の関係について指摘しているように、円盤投の競技現場においても、体力が低いこ

1) 筑波大学大学院人間総合科学研究科
University of Tsukuba, Graduate School of Comprehensive Human Science

2) 筑波大学体育系
University of Tsukuba, Faculty of Health and Sport Science

3) 福岡大学スポーツ科学部
Fukuoka University, Faculty of Sports and Health Science

とが優れた技術を習得する上で制限要因となり、体力を向上させることで技術習得が可能となる事例もしばしば見受けられる。また、円盤投のように、限られた時間内に一定の質量を持った投てき物を加速させるためには、運動エネルギーの発生源となる身体の加速に対する要求も大きくなると考えられる。この要求を満たすために、投てき競技者には、大きな力やパワーを発揮することができる体力（以下、パワー系体力とする）が必要となることは自明であると言える。実際に、円盤投の投てき記録の良い競技者ほど、フルスクワットやベンチプレスなどの最大筋力が高い値であったこと（原ほか、1994）、ハイクリーン、スクワットの最大筋力、跳躍種目（立幅跳、立三段跳、および両足三段跳）において高い能力を有していたこと（畑山ほか、2011）が報告されている。このように、競技力の高い円盤投競技者ほど、パワー系体力が高い水準であることが明らかになっている。円盤投の競技現場において、競技者は、パワー系体力を強化するために、ウエイトトレーニング、走種目、跳躍種目、および投種目など、様々なパワー系のトレーニング手段を実施している。しかしながら、いずれの先行研究においても、多くの体力要因が並列で扱われており、各体力要因の投てき記録に対する影響度について明らかにした研究は見当たらない。さらに、Hommel and Kuhl (1993) は、投てき種目における、いくつかの体力要因の標準値を設定しているが、これらの値がどのようにして算出されたのかは明記されておらず、円盤投における各体力要因の標準値を示した研究は見当たらない。形態および体力要因の投てき記録に対する影響度を明らかにした上で、目標とする記録に応じて求められる体力基準を提示することができれば、より具体的なトレーニング計画の立案、目標設定および達成度評価の一助となり得ると考えられる。

そこで、本研究では、円盤投競技者を対象として、形態および体力要因の、投てき記録への影響度を明らかにし、投てき記録に対する各体力要因の標準値を提示することを目的とした。

Ⅱ. 方法

1. 対象者

円盤投 (2.0kg) における最高記録が30m以上である日本人男子円盤投競技者を対象に、後に示す項目について質問紙法による調査を行った。本研究では、質問紙を合計126部配布し、そのうち114部を回収した

(回収率90.5%)。質問紙には、研究の目的や内容などを記載し、文書によって研究参加の同意を得た。

2. 調査項目

先行研究およびトレーニング上の実用性を考慮して、以下に示す形態および体力要因について調査を行った。体力に関する項目は、ウエイトトレーニング種目（以下、WT種目とする）、走種目、跳躍種目、および投種目の4つの種目カテゴリ（以下、カテゴリとする）の中から調査項目を選択した。

形態に関する項目として、1.身長、2.体重、3.指極、体力に関する項目のWT種目として、4.フルスクワット、5.ベンチプレス、6.スナッチ、7.クリーン、8.デッドリフト、走種目として9.30m走、10.100m走、跳躍種目として、11.立幅跳、12.立三段跳、13.立五段跳、投種目として14.砲丸バック投げ、15.砲丸フロント投げ、16.鉄球投、17.円盤の立ち投げ（以下、立ち投とする）、18.円盤投公認最高記録（以下、記録とする）を調査した。

4のフルスクワットから8のクリーンまでの項目については、1回を挙上可能な最大の重量について、9の30m走から18の記録までの項目については、自己最高記録について回答を得た。

3. 調査項目の測定方法

スナッチおよびクリーンについては、バーベルを地面から一気に挙上する方法あるいはバーベルを大腿部の前で保持した状態から挙上する方法のどちらかによる1回最大挙上重量とした。30m走および100m走は、スターティングブロックを用いたクラウチングスタートあるいはスタンディングでのスタートによる全力疾走とし、手動で計測したタイムとした。立幅跳は、直立姿勢から助走をせずに身体の屈伸運動のみで反動をつけて両脚で跳躍し、踏み切った位置から着地した地点で踏み切り位置に最も近い位置までの距離とした。立三段跳および立五段跳は、直立姿勢から助走をせずに両脚で跳躍した後に、片脚ずつ交互に2歩あるいは4歩の水平跳躍運動を行った後に、両足で着地し、踏み切った位置から着地した地点で踏み切り位置に最も近い位置までの距離とした。砲丸フロント投げおよびバック投げは、砲丸投サークルに設置されている足留材の上から一般男子用の砲丸 (16lbs: 約7.26kg) を両手で前方および後方に投てきし (図1)、足留材の外側から砲丸の落下点までの距離を記録とした。鉄球投は、立ち投と同じ動作様式で、一般女子用の砲丸

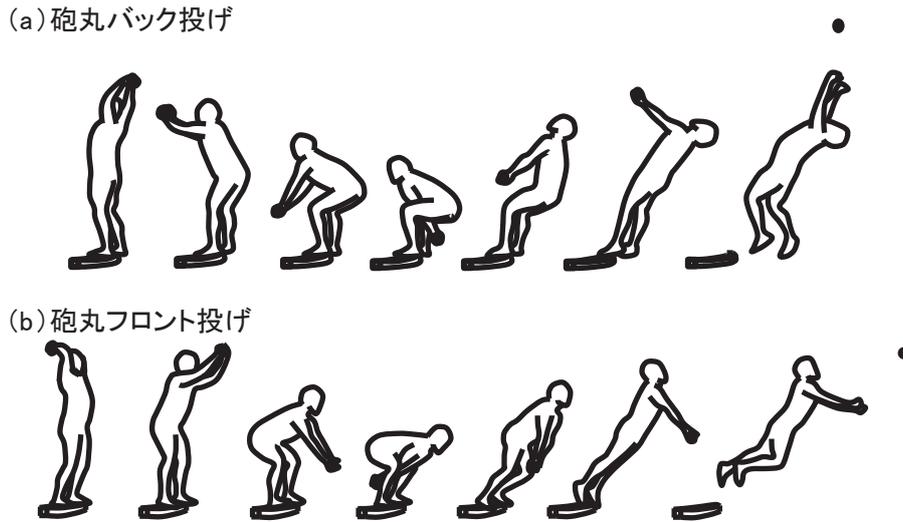


図1 砲丸バック投げおよび砲丸フロント投げの様式

(4.0kg) を投てきし、サークルの内縁から落下点までの距離とした。

4. 統計処理

全ての項目は、平均値と標準偏差 (Standard Deviation: 以下, SDとする) で示した。形態および体力に関する各項目と記録との関係を検討するために、Pearsonの積率相関係数を用いた。本研究では、各項目の記録に対する影響度を明らかにするために、各項目を独立変数、記録を従属変数としたステップワイズ法および強制投入法による重回帰分析を行った。重回帰分析を行うにあたって、動作様式が円盤投の投てき動作と極めて類似した鉄球投および立ち投げは除外した。また、形態に関する項目と体力に関する項目を、同次元で扱うべきではないと判断し、形態に関する項目と体力に関する項目を分けて重回帰分析を行った。

その後、各項目を従属変数、記録を独立変数とする単回帰式を求め、標準値を検討するための推定式とした。さらに、標準値から1SD差し引いた値も算出した。なお、有意水準は5%未満に設定した。統計解析ソフトウェアは、IBM SPSS Statistics 21.0 for Macを用いた。

Ⅲ. 結果

1. 各調査項目間との関係

各調査項目のサンプル数、平均値、標準偏差、最大値、最小値、および記録との相関係数を表1に、各項目

間との相関係数を表2に示した。全ての調査項目において、記録との間に有意な相関関係が認められた。

2. 各項目の記録に対する影響度

表3に、形態に関する項目を用いた、ステップワイズ法による重回帰分析の結果を示した。その結果、指極および体重が採用され、身長が除外された。重回帰方程式のF値は、危険率1%未満で有意であり、決定係数は0.390であった。標準化偏回帰係数は、大きい順に指極、体重であった。

表4に、体力に関する全ての項目を用いた、ステップワイズ法による重回帰分析の結果を示した。その結果、砲丸バック投げおよびスナッチが採用され、その他10項目は除外された。重回帰方程式のF値は、危険率1%未満で有意であり、決定係数は0.667であった。標準化偏回帰係数は、大きい順に砲丸バック投げ、スナッチであった。

表5に、各カテゴリ内で記録との間の相関係数が最も大きかった項目を用いた、強制投入法による重回帰分析の結果を示した。その結果、重回帰方程式のF値は危険率1%未満で有意であり、決定係数は0.670であった。標準化偏回帰係数は、大きい順に砲丸バック投げ、スナッチ、立五段跳、30m走であった。

3. 記録に対する体力の標準値の設定

各項目について、標準値の推定を試みた。表6に、記録に対する各調査項目の標準値を算出するための推定式を示した。表7は、得られた推定式から求めた、30mから65mに至るまでの各項目の標準値であり、

表1 各調査項目の平均値, 標準偏差, 最大値, 最小値, および記録との相関係数

項目	サンプル数	平均値	標準偏差	最大値	最小値	記録との相関係数
記録 (m)	114	44.74	6.11	60.10	32.53	—
身長 (cm)	114	178.3	5.5	190	161	.497**
体重 (kg)	114	94.1	11.0	124	67	.518**
指極 (cm)	89	183.4	8.3	203	160	.543**
フルスクワット (kg)	105	175.0	36.7	290	100	.612**
ベンチプレス (kg)	114	142.9	31.3	230	80	.662**
スナッチ (kg)	108	89.3	17.3	130	50	.741**
クリーン (kg)	111	126.0	21.4	180	60	.730**
デッドリフト (kg)	104	192.6	34.5	280	100	.602**
30m走 (秒)	59	4.29	.24	5.00	3.60	-.348**
100m走 (秒)	63	12.36	.77	14.90	10.93	-.336**
立幅跳 (cm)	107	280	.17	325	240	.555**
立三段跳 (m)	72	7.96	.70	9.50	6.00	.627**
立五段跳 (m)	99	13.82	1.21	16.75	11.00	.638**
砲丸バック投げ (m)	87	14.66	2.03	19.00	9.35	.788**
砲丸フロント投げ (m)	85	13.03	1.76	16.50	8.00	.761**
鉄球投 (m)	59	19.79	3.34	25.50	11.86	.742**
立ち投 (m)	110	37.79	4.73	52.00	26.00	.898**

** : $p < .01$

表2 各調査項目間の相関係数

	身長	体重	指極	フルスクワット	ベンチプレス	スナッチ	クリーン	デッドリフト	30m走	100m走	立幅跳	立三段跳	立五段跳	砲丸バック投	砲丸フロント投	鉄球投
体重	.419**															
指極	.649**	.397**														
フルスクワット	.199*	.623**	.258*													
ベンチプレス	.207*	.618**	.233*	.772**												
スナッチ	.271**	.612**	.258*	.750**	.799**											
クリーン	.240*	.570**	.218*	.765**	.790**	.912**										
デッドリフト	.197*	.482**	.243*	.744**	.677**	.659**	.713**									
30m走	-.147	.155	-.160	-.237	-.306*	-.272*	-.313*	-.398**								
100m走	-.198	.031	-.188	-.128	-.205	-.169	-.268*	-.439**	.576**							
立幅跳	.345**	.035	.452**	.315**	.377**	.442**	.426**	.393**	-.517**	-.504**						
立三段跳	.316**	.113	.315**	.362**	.396**	.506**	.513**	.493**	-.437**	-.538**	.699**					
立五段跳	.423**	.028	.490**	.300**	.408**	.517**	.517**	.432**	-.612**	-.632**	.790**	.835**				
砲丸バック投	.480**	.485**	.547**	.525**	.640**	.724**	.753**	.677**	-.521**	-.523**	.686**	.659**	.725**			
砲丸フロント投	.481**	.588**	.573**	.597**	.671**	.762**	.720**	.636**	-.381**	-.360**	.578**	.666**	.626**	.894**		
鉄球投	.406**	.498**	.504**	.313*	.496**	.502**	.480**	.492**	-.563**	-.405*	.545**	.486**	.622**	.696**	.586**	
立ち投	.512**	.508**	.490**	.552**	.667**	.722**	.705**	.588**	-.418**	-.327*	.561**	.602**	.614**	.807**	.768**	.763**

** : $p < .01$, * : $p < .05$

これらの値を「標準記録」として設定した。また表8は、標準値から1SDを差し引いた値を、最低限達成しなければならない記録として、「達成記録」とした

ものである。スナッチを例として、「標準記録」および「達成記録」のそれぞれの回帰直線を、図2内に直線および破線にて示した。

表3 形態に関する項目を用いたステップワイズ法による重回帰分析の結果

	B	SEB	β	VIF
(定数)	-28.062	11.248		
指極	.295	.067	.400**	1.187
体重	.200	.050	.359**	1.187
R	.635			
自由度調整済みR ²	.390			
SEE	4.775			

B：偏回帰係数，SEB：標準誤差， β ：標準化偏回帰係数，
VIF：分散拡大要因，R：重相関係数，R²：決定係数，
SEE：推定値の標準誤差，**： $p < .01$

表4 体力に関する全ての項目を用いたステップワイズ法による重回帰分析の結果

	B	SEB	β	VIF
(定数)	10.081	3.920		
砲丸バック投げ	1.596	0.384	0.530**	2.099
スナッチ	0.126	0.045	0.357**	2.099
R	0.826			
自由度調整済みR ²	0.667			
SEE	3.527			

B：偏回帰係数，SEB：標準誤差， β ：標準化偏回帰係数，
VIF：分散拡大要因，R：重相関係数，R²：決定係数，
SEE：推定値の標準誤差，**： $p < .01$

表5 各カテゴリを代表する項目を用いた強制投入法による重回帰分析の結果

	B	SEB	β	VIF
(定数)	-10.328	17.318		
スナッチ	.119	.044	.338**	2.175
30m走	2.518	2.741	.100	1.690
立五段跳	.977	.671	.194	2.517
砲丸バック投げ	1.371	.466	.456**	3.418
R	.836			
自由度調整済みR ²	.670			
SEE	3.542			

B：偏回帰係数，SEB：標準誤差， β ：標準化偏回帰係数，
VIF：分散拡大要因，R：重相関係数，R²：決定係数，
SEE：推定値の標準誤差，**： $p < .01$

表6 標準記録の推定式

項目	推定式
身長	$y = 0.446x + 158.29$
体重	$y = 0.9346x + 52.282$
指極	$y = 0.7327x + 150.02$
フルスクワット	$y = 3.614x + 12.18$
ベンチプレス	$y = 3.3826x - 8.4323$
スナッチ	$y = 2.0573x - 3.0184$
クリーン	$y = 2.559x + 11.105$
デッドリフト	$y = 3.4655x + 36.758$
30m走	$y = -0.013x + 4.8664$
100m走	$y = -0.0397x + 14.146$
立幅跳	$y = 1.5915x + 208.71$
立三段跳	$y = 0.0692x + 4.8035$
立五段跳	$y = 0.1247x + 8.2006$
砲丸バック投げ	$y = 0.2586x + 2.8605$
砲丸フロント投げ	$y = 0.2086x + 3.563$
鉄球投	$y = 0.4004x + 1.4083$
立ち投	$y = 0.6937x + 6.6333$

表7 標準記録

記録	身長 (cm)	体重 (kg)	指極 (cm)	フル スクワット (kg)	ベンチ プレス (kg)	スナッチ (kg)	クリーン (kg)	デッド リフト (kg)	30m走 (秒)	100m走 (秒)
65m	187.3	113.0	197.6	247.1	211.4	130.7	177.4	262.0	4.02	11.57
60m	185.1	108.4	194.0	229.0	194.5	120.4	164.6	244.7	4.09	11.76
55m	182.8	103.7	190.3	211.0	177.6	110.1	151.9	227.4	4.15	11.96
50m	180.6	99.0	186.7	192.9	160.7	99.8	139.1	210.0	4.22	12.16
45m	178.4	94.3	183.0	174.8	143.8	89.6	126.3	192.7	4.28	12.36
40m	176.1	89.7	179.3	156.7	126.9	79.3	113.5	175.4	4.35	12.56
35m	173.9	85.0	175.7	138.7	110.0	69.0	100.7	158.1	4.41	12.76
30m	171.7	80.3	172.0	120.6	93.0	58.7	87.9	140.7	4.48	12.96

記録	立幅跳 (cm)	立三段跳 (m)	立五段跳 (m)	砲丸 バック投げ (m)	砲丸 フロント投げ (m)	鉄球投 (m)	立ち投 (m)
65m	312.2	9.30	16.31	19.67	17.12	27.43	51.72
60m	304.2	8.96	15.68	18.38	16.08	25.43	48.26
55m	296.2	8.61	15.06	17.08	15.04	23.43	44.79
50m	288.3	8.26	14.44	15.79	13.99	21.43	41.32
45m	280.3	7.92	13.81	14.50	12.95	19.43	37.85
40m	272.4	7.57	13.19	13.20	11.91	17.42	34.38
35m	264.4	7.23	12.57	11.91	10.86	15.42	30.91
30m	256.5	6.88	11.94	10.62	9.82	13.42	27.44

表8 達成記録

記録	身長 (cm)	体重 (kg)	指極 (cm)	フル スクワット (kg)	ベンチ プレス (kg)	スナッチ (kg)	クリーン (kg)	デッド リフト (kg)	30m走 (秒)	100m走 (秒)
65m	181.8	102.0	189.3	210.4	180.2	113.4	156.1	227.5	4.26	12.33
60m	179.6	97.4	185.7	192.4	163.3	103.1	143.3	210.2	4.33	12.53
55m	177.4	92.7	182.0	174.3	146.4	92.8	130.5	192.9	4.39	12.73
50m	175.1	88.0	178.3	156.2	129.4	82.6	117.7	175.5	4.46	12.93
45m	172.9	83.3	174.7	138.1	112.5	72.3	104.9	158.2	4.52	13.13
40m	170.7	78.7	171.0	120.1	95.6	62.0	92.1	140.9	4.59	13.32
35m	168.4	74.0	167.4	102.0	78.7	51.7	79.3	123.6	4.65	13.52
30m	166.2	69.3	163.7	83.9	61.8	41.4	66.5	106.2	4.72	13.72

記録	立幅跳 (cm)	立三段跳 (m)	立五段跳 (m)	砲丸 バック投げ (m)	砲丸 フロント投げ (m)	鉄球投 (m)	立ち投 (m)
65m	294.7	8.60	15.10	17.64	15.36	24.09	46.99
60m	286.7	8.25	14.47	16.35	14.32	22.09	43.52
55m	278.8	7.91	13.85	15.05	13.28	20.09	40.06
50m	270.8	7.56	13.22	13.76	12.23	18.09	36.59
45m	262.9	7.21	12.60	12.47	11.19	16.09	33.12
40m	254.9	6.87	11.98	11.17	10.15	14.08	29.65
35m	246.9	6.52	11.35	9.88	9.11	12.08	26.18
30m	239.0	6.18	10.73	8.59	8.06	10.08	22.71

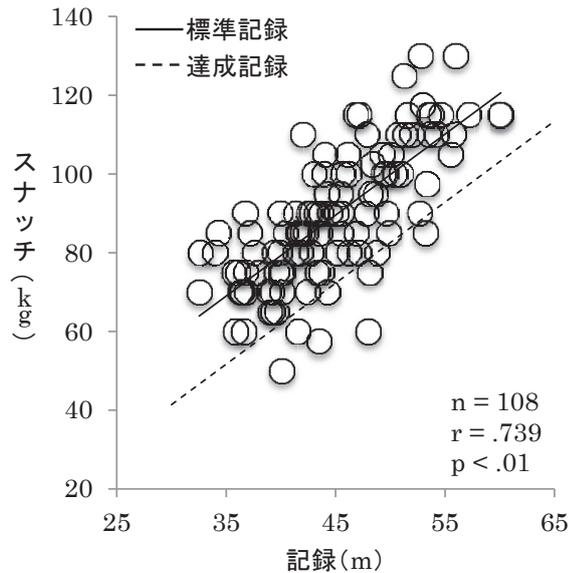


図2 スナッチと記録との相関関係

IV. 考察

1. 記録に対する形態および体力要因の影響度

まず、本研究において調査した体力に関する項目と、記録との関係を検討した結果、全ての項目との間に有意な相関関係が認められた(表1)。このことは、円盤投の投てき記録が高い競技者ほど、パワー系体力が高い水準にあると報告した先行研究(原ほか, 1994; 畑山ほか, 2011)の結果を支持しており、パワー系体力を高めることが、円盤投の投てき記録を向上させるための十分条件であることを示唆するものであった。また、形態に関する項目と記録との間にも有意な相関関係が認められた(表1)。このことは、円盤投の投てき記録が高い競技者が、大きな体格であることを報告した先行研究あるいは指導書(原ほか, 1994; シュモリンスキー, 1982; 山崎, 1993)を支持しており、円盤投競技者には身長および体重が大きく、指極が長いことが要求されることを示唆するものであった。

日常的な円盤投のトレーニングにおいては、走種目、跳躍種目、投種目、あるいは各種ウエイトトレーニングといったパワー系種目によって、大きなパワーを発揮する能力を高めようとしている。これまで、円盤投競技者における各体力要因は、それぞれが並列で扱われており、記録に対する影響度を検討した研究は見当たらない。そこで本研究では、次に各項目を独立変数、記録を従属変数とした重回帰分析を行い、記録

に関連する体力要因の、記録に対する影響度を明らかにすることを試みた。

1) 記録に対する形態に関する項目の影響度

形態に関する項目を用いて、ステップワイズ法による重回帰分析を行った結果、指極および体重が採用され、重回帰方程式の決定係数は0.390であった(表3)。このことから、形態に関する項目のみで記録を推定した場合、指極および体重によって、記録のおよそ39%を説明できることが示唆された。また、表3の標準化偏回帰係数の大きさから、記録に対する影響度は、大きい順に指極、体重であることが明らかとなった。

一般に、回転する物体の接線方向の速度は、回転半径と角速度の積によって求められるが、この回転半径に特に大きな影響を与える形態的要因として、指極が挙げられる。また、円盤投では、より重く、より力強い競技者の方が有利で、良い成績であるとされている(ハルトマンほか, 2013)。絶対的な筋量を増やし、体重を増加させることで、最大筋力が向上し、競技者が投てき動作で獲得できるエネルギーがより大きくなると考えられ、その結果、最終的には記録の向上へとつながることが予想される。これらのことが、指極および体重が、記録への影響度が高い項目であった要因であると考えられる。これまで、円盤投には高い身長が求められることが指摘されてきたが(ボンパ, 2006; 石河, 1977; 山崎, 1993)、本研究の結果から、身長が大きい、すなわち下肢や体幹の梃子が大きいことは、指極が大きい、すなわち回転半径が大きいことに比べて、記録に与える影響が大きいことが推察される。本研究において、身長が除外され、指極および体重が採用されたことも踏まえると、円盤投競技者に求められる形態的要因は、回転半径に大きな影響を与える指極、および最大筋力、競技者のエネルギー獲得に大きな影響を与える体重であることが示唆された。身長が高くなるほど、上肢長が長くなることは予想されるものの、本研究の対象者の中にも、身長では平均値を下回っているが、指極では平均値を大きく上回る競技者が存在していた(身長: 177 cm, 指極: 195 cm)。指極は、身長と同様に、四肢や体幹部の周径ほどトレーニングによる影響を受けにくいと考えられる。そのため、円盤投競技者のタレント発掘の際には、身長はもちろんであるが、指極にも目を向ける必要があると考えられる。

2) 記録に対する体力に関する項目の影響度

体力に関する全ての項目を用いて、ステップワイズ法による重回帰分析を行った結果、砲丸バック投げおよびスナッチ採用された。重回帰方程式の決定係数が0.667であった(表4)ことから、砲丸バック投げとスナッチのみで記録を推定した場合、およそ67%を説明できると解釈できる。このことは、円盤投の投てき記録には、パワー系体力の中でも砲丸バック投げとスナッチが、特に影響度が高いことを示唆するものである。ここで、表2の項目間の相関係数について見てみると、砲丸バック投げは他の全ての項目との間に、中程度～強い相関関係が認められた。すなわち、砲丸バック投げは、本研究で扱った体力に関する全ての項目との関係が比較的強く、様々な要素を総合して評価することのできる項目であると言えよう。したがって、円盤投競技者のパワー系体力を評価する際には、砲丸バック投げおよびスナッチを採用すれば良いと判断できる。しかしながら、そうした場合、競技者の個性、例えば走種目や跳躍種目は苦手であるがWT種目は得意である、WT種目は苦手であるが跳躍種目は得意である、などを見逃してしまう危険性が考えられる。そこで、本研究では、WT種目、走種目、跳躍種目、および投種目の各カテゴリの中で、記録との相関係数が最も高かった項目を選定し、強制投入法による重回帰分析を試みた。その結果、重回帰方程式の決定係数は0.670であり(表5)、スナッチ、30m走、立五段跳、および砲丸バック投げによって記録を推定した場合、およそ67%を説明できることが明らかとなった。このことは、強制投入法による重回帰分析でも、記録の推定の精度を下げることはならず、むしろ若干精度を上げる結果となったことを示している。わずかではあるが、各カテゴリから選択した4項目を用いた場合の決定係数の方が大きいことも踏まえると、砲丸バック投げおよびスナッチだけではなく、それぞれのカテゴリの項目を用いることによって、円盤投競技者の体力をより正確に評価することができる。同時に、トレーニング計画の立案および実践への多様なアプローチも可能になるだろう。また、表5の標準化偏回帰係数の大きさから、記録に対する影響度は、大きい順に砲丸バック投げ、スナッチ、立五段跳、30m走であることが明らかとなった。すなわち、投種目、WT種目、跳躍種目、走種目の順に、優先度が高いということが示唆された。

砲丸バック投げは、パワー系種目に必要な体力を評価するフィールドテスト「TEST QUADRATHLON

(Jones, 1987)」や、やり投競技者に必要とされる体力項目を測定するテスト「Testing the capacity of javelin throw (Borgstrom, 1989)」に含まれる項目であり、スナッチは、高負荷でのスピード筋力を必要とする競技のパフォーマンス向上に効果的な種目であるとされている(Hoffman et al., 2004; Stone et al., 1980)。これら2つの項目の動作は、体幹、股関節および膝関節の屈曲、伸展を伴うものであることから、体幹では腰背部の脊柱を伸展する筋群、股関節では伸筋群が、それぞれのパフォーマンスに大きく関与していることが推察される。これらの筋群は、いずれも円盤投の投てき動作において主働筋となるものである。さらに、砲丸バック投げは、下肢から体幹、そして上肢の連動による投射運動であり、スナッチは、下半身から上半身、そしてバーベルへと力を伝達し、バーベルを挙上するという出力形態である。このように、砲丸バック投げおよびスナッチは、他の項目と比べて、動作特性が円盤投の投てき動作と類似しており、円盤投に求められる、中程度から高い速度での力発揮能力を必要とする項目である。先述したように、これまで円盤投には爆発的な筋力発揮あるいは最大筋力といった体力要因が必要であることが報告されており(原ほか, 1994; 畑山ほか, 2011; シュモリンスキー, 1982)、爆発的な筋力発揮あるいは最大筋力に関連する全ての体力要因が並列で扱われてきた。本研究の結果から、パワー系体力の中でも、円盤投の投てき動作との類似度によって、投種目、WT種目、跳躍種目、走種目の順に、優先度を順位付けすることができ、円盤投と類似した種目におけるパワー発揮能力が重要であることが示唆された。本研究の結果は、円盤投における、より効率的な体力トレーニング計画を立案し、実践するための有用な知見であると考えられる。

2. 記録に対する体力の標準値の設定

本研究では、得られた結果から、記録との間に有意な相関関係の認められた項目について、それぞれの記録水準を達成するための標準値の設定を試みた。その結果、表6および7に示したような標準値が得られた。記録は、形態および体力要因による結果であるため、本来であれば、従属変数を記録、独立変数を各項目にすべきであるが、本研究では、“特定の記録を達成するための、各項目の標準値”を明らかにすることを目的としたため、各項目を従属変数、記録を独立変数とする単回帰式を用いた。図2に示したように、スナッチと記録との相関係数は0.739と有意であるもの

の、同程度の記録水準内での個人間の差もかなり大きかった。この傾向はいずれの調査項目においても認められた。そこで、「標準記録」から1SDを差し引いた値を、最低限達成しなければならない記録として、「達成記録」とした。

本研究で示した「標準記録」と、Hommel and Kühn (1993) が呈示した標準値の中から、どちらにも含まれている項目について比較したところ、WT種目については、本研究で示した「標準記録」がHommel and Kühn (1993) の報告を上回っていたが、跳躍種目については、本研究で示した「標準記録」がHommel and Kühn (1993) の報告を下回っていた。これらの違いには、本研究における対象者である日本人と、Hommel and Kühn (1993) が対象としたドイツ人との間の体格の差が影響していることが考えられる。実際に2009年世界選手権ベルリン大会から2013年世界選手権モスクワ大会にかけて3連覇を果たしたドイツ人円盤投競技者のRobert Harting選手は、身長201cm、体重130kg (陸上競技マガジン, 2012) と非常に大きな体格である。本研究の結果から日本人上位円盤投競技者の体格について確認すると、日本歴代2位 (調査当時) の記録を持つ競技者は、身長184cm、体重99kg、日本歴代3位 (調査当時) の記録を持つ競技者 (現日本記録保持者) は、身長184cm、体重107kgであり、世界上位のドイツ人円盤投競技者との間には、明らかな体格差があることがわかる。WT種目において、身長が低ければバーベルを挙上する範囲は小さくなるため、より高重量のバーベルを扱うことができると考えられる。また跳躍種目や投種目に関しては、身長が高いことによって、一步で獲得できる歩幅が大きくなることや動作のレバーアームが大きくなることで、より大きな重心移動や末端の速度を高めることが可能になり、記録の差を生み出す要因になっていると考えられる。このように、Hommel and Kühn (1993) の報告と本研究の結果には、いくつかの違いが見受けられたものの、対象者の体格が大きく異なることによる影響を受けていることが推察される。したがって、本研究で示した「標準記録」および「達成記録」は、日本人円盤投競技者が目標とすべき体力基準であると言える。先述したように外国人競技者との間に大きな体格の差がある中で、今後日本人円盤投競技者が国際大会に出場し、活躍するためにも、本研究で呈示した「標準記録」が重要な基準になり得るであろう。また、本研究で示した「標準記録」は、指導者および競技者がトレーニング課題を把握し、目標を設定する上で有益な

資料であると考えられる。

V. 要 約

本研究の目的は、円盤投競技者を対象として、形態および体力要因の、投てき記録への影響度を明らかにし、投てき記録に対する各体力要因の標準値を提示することであった。そのために、日本人男子円盤投競技者114名 (記録範囲: 32.53 – 60.10m) を対象に、形態および体力要因について、質問紙法による調査を行い、投てき記録との関係を検討した。

その結果、本研究における全ての調査項目と投てき記録との間に有意な相関関係が認められた。形態に関する項目を用いて、ステップワイズ法による重回帰分析を行ったところ、指極および体重が採用され、これら2項目で投てき記録のおよそ39%を説明できることが示唆された。投てき記録に対する影響度は、指極、体重の順に大きかった。体力に関する全ての項目を用いて、ステップワイズ法による重回帰分析を行ったところ、砲丸バック投げおよびスナッチが採用された。次に、各種目カテゴリの中で、投てき記録との相関係数が最も高かった項目を用いて、強制投入法による重回帰分析を行った結果、選択した4項目で投てき記録のおよそ67%を説明できることが示唆された。投てき記録に対する影響度は、砲丸バック投げ、スナッチ、立五段跳、30m走の順に大きかった。さらに、各項目の値を推定する単回帰式を算出し、目標記録を達成するための標準記録を示すことができた。

本研究の結果から、形態に関する項目では指極および体重、体力に関する項目では投種目、WT種目、跳躍種目、走種目の順に、投てき記録に対する優先度が大きく、円盤投の投てき動作と類似度が高い種目におけるパワー発揮能力が重要であることが示唆された。さらに、本研究で示した標準記録は、指導者および競技者がトレーニング課題や目標を設定する上で実用性が高く、種目選択やタレント発掘のためにも有益な示唆となるだろう。

謝辞

本研究における調査にご協力いただきました競技者および指導者各位に、心からお礼申し上げます。また、本誌審査員各位からは、数々の貴重なご教示を賜りました。ここに記し謹んで深謝申し上げます。

文 献

- ボンバ：尾縣 貢・青山清英監訳（2006）競技力向上のトレーニング戦略. 大修館書店：東京, p.216.
- Borgstrom, A. (1989) Javelin throwing in Sweden-training and methods of evaluation. *Thrower*, 46: 56-59.
- 畑山茂雄・高梨雄太・佐々木大志（2011）円盤投競技者の体力特性と競技力の関連性. *陸上競技研究*, 87: 17-26.
- 原 信一・有吉正博・繁田 進（1994）円盤投競技者の体格・体力に関する調査研究. *陸上競技研究*, 46: 36-39.
- ハルトマン・ミノウ・ゼンフ：高橋日出二ほか訳（2013）初歩の動作学—トレーニング学：金メダルへの道しるべ. 合同会社コレスポ：千葉, p.102.
- Hay, J. G. and Yu, B. (1995) Critical characteristics of technique in throwing the discus. *Journal of Sports Science*, 13: 125-140.
- Hoffman, J. R., Cooper, J., Wendell, M., and Kang, J. (2004) Comparison of Olympic vs. traditional power lifting training programs in football players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(1): 129-135.
- Hommel, H. and Kühl, L. (1993) *Rahmentrainingsplan fuer das Aufbautraining, Wurf*. Meyer & Meyer : Fachverlag, p.235.
- 石河利寛（1977）日本人体力とスポーツ体力. 杏林書院：東京, pp.278-295.
- Jones, M. (1987) *THROWING*. The Crowood Press: Wiltshire, pp.91-95.
- Leigh, S., Gross, M. T., Li Li, and Yu, B. (2008) The relationships between discus throwing performance and combinations of selected technical parameters. *Sports Biomechanics*, 7(2): 173-193.
- 陸上競技マガジン（2012）10月号. ベースボールマガジン社：東京, p.81.
- シュモリンスキー：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.11-424.
- Stone, M. H., Sanborn, K., O'bryant, S. H., Hartman, M. Stone, E. M., Proulx, C., Ward, B., and Hruby, J. (2003) Maximum strength-power-performance relationships in college throwers. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 17(4): 739-745.
- 高梨雄太・畑山茂雄（2010）日本国内における円盤投の競技力動向. *陸上競技研究*, 83: 31-39.
- 植屋清見・池上康男・中村和彦・桜井伸二・岡本 敦・池川哲史（1994）円盤投げのバイオメカニクス的研究. 日本陸上競技連盟強化本部バイオメカニクス研究班編, 佐々木秀幸ほか監, 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.257-271.
- 山崎祐司（1993）円盤投げ（最新陸上競技入門シリーズ12）. ベースボールマガジン社：東京.
- 関子浩二（2003）特集 動作の練習効果 スポーツ練習による動きが変容する要因—体力要因と技術要因に関する相互関係—. *バイオメカニクス研究*, 7(4): 303-312.

平成28年6月17日受付
平成29年10月2日受理

遠征型キャンプが小中学生の自然に対する態度に及ぼす効果

— 滞在型キャンプ及びキャンプ不参加者との比較 —

岡田成弘¹⁾ 坂本昭裕²⁾ 川田泰紀³⁾ 堀松雅博³⁾

The effects of expeditionary camp on attitudes toward nature of elementary and junior high school students; Comparing with residential camp and nonparticipants

Masahiro Okada¹⁾, Akihiro Sakamoto²⁾, Taiki Kawata³⁾ and Masahiro Horimatsu³⁾

Abstract

The purpose of this study was to determine the effects of expeditionary camp on attitudes toward nature of elementary and junior high school students. Scale of Attitudes toward Nature was administered three times (before camp, just after camp, and 1-month later) to students who participated in Expeditionary Camp (N=69) and Residential Camp (N=60). The scale was also administered two times (before camp and 1-month later) to students who did not participate in camp (N=91). The results were as follows:

1. Total scores of Attitudes toward Nature in Expeditionary Camp were significantly higher than those in Nonparticipants at 1-month later. Comparing each factor, there were significant differences in scores of "positive affect" factor and "camp" factor.
2. Total scores of Attitudes toward Nature in Expeditionary Camp showed significant increase at just after camp and sustained until 1-month later. The other hand, there was no significant change in Residential Camp. Also, total scores in Expeditionary Camp were significantly higher than those in Residential Camp at just after camp, and the difference tended to sustain until 1-month later. Comparing each factor, Expeditionary Camp was significantly higher than Residential Camp in scores of "camp" factor.

Key words: Attitudes toward Nature, Expeditionary Camp, Residential Camp, Mountain Hiking, Wilderness

自然に対する態度, 遠征型キャンプ, 滞在型キャンプ, 登山, 原生自然

I. はじめに

地球環境問題が深刻化している現代社会において、国民一人ひとりの環境保全に対する理解や意欲を高め、持続可能な社会をつくっていくため、平成24年に「環境教育等促進法」が施行された。その基本理念には、自然体験活動を通じて、生命を尊び、自然を大切にし、環境の保全に寄与する態度を養うことが含まれている。国民一人ひとりが、生活の中で環境に配慮するようになるためには、「自然を大切にしたい」、「森が好きである」といった心理的傾向で形成される「自

然に対する態度」を育成することが必要である。環境や自然を学習の対象や場として用いる環境教育・野外教育には、この自然に対する態度を育成することが期待され、様々な取り組みが進められているが、依然として課題は多い。例えば、日本学術会議は平成20年の「学校教育を中心とした環境教育の充実に向けて」の提言の中で、学校や教員に環境教育の興味・経験が少ない場合、体験的・発展的に教えることができず、教科書を用いてのみ指導する傾向があることを指摘している。同書には、子供が自然体験活動を通して自然への感性を育むことの必要性や、表面的な知識を理解し

1) 仙台大学体育学部
Faculty of Sports Science, Sendai University

2) 筑波大学体育系
Faculty of Health and Sports Science, University of Tsukuba

3) 仙台大学大学院スポーツ科学研究科
Graduate School of Sports Science, Sendai University

でも体験的に重要性が理解できなければ環境に配慮した行動には結びつかないといった問題点が指摘されている。また、平成32年から順次、小・中・高等学校で実施されていく次期学習指導要領では、「知識・技能」、「思考力・判断力・表現力」、「主体的に学習に取り組む態度」の三要素が重視され、「何を知っているか、何ができるか」だけではなく、「知っていること、できることをどう使い、どのように社会・世界と関わるか」という視点で児童生徒を育成することが求められ、アクティブ・ラーニング^{註1)}というアプローチが推奨されている。さらに、原(2011)は、体験的な学習は子供の意欲や態度・行動、考え方を変容させる効力が高いことを指摘している。間接体験や疑似体験の機会が圧倒的に多くなった現代社会の教育現場においては、上記のように、知識の習得だけではない直接体験を伴った深い学びが求められていると言える。

自然に対する態度を身につけるための体験的な学習方法として、自然の中で生活・活動するキャンプがあげられる^{註2)}。直接的な自然体験によって自然への感性を養い、自然の状況にあわせた生活を行うことで自然に対する倫理観や行動規範を育成することができるキャンプは、実践的な環境教育の場として有効であり、その成果は数多く発表されている(Ross and Driver, 1986; Dresner and Gill, 1994; 遠藤, 1994; 岡田ほか, 2008)。しかし、野外教育の実践者やキャンプ指導者が現場で必要な知見は、「どのようなプログラムを提供すれば、成果があがるのか」ということである。つまり、キャンプのどの要素が参加者の成長に寄与しているのかを明らかにすることが求められる。近年は、参加者の成長につながるキャンプ要因についての検討がされており、プログラムの内容(Hanna, 1995; 岡村ほか, 2000)やキャンプの期間(Shepard and Speelman, 1986; Bogner, 1998; Stern et al., 2008)が環境・自然に対する態度に影響を及ぼす要因であることが明らかにされている。また、キャンプや登山における原始性が自然に対する態度に影響を及ぼしているとし唆されている(Christy, 1982; Okada et al., 2013)。一方で、キャンプに参加しても環境・自然に対する態度が統計的に有意な向上を示さなかったという報告も多く見られる(Gillett et al., 1991; Yoshino, 2005; Lindley, 2005; Orren and Warner, 2007; Ewert et al., 2007)。つまり、キャンプと環境・自然に対する態度の因果関係はまだ明確であるとは言えず、キャンプ中の何が態度に影響を与えたのかという問いに対しては検討の余地がある。Yoshinoも指摘している通り、野外で行う

キャンプには天候や参加者の状態などの不確定要素が多いため、キャンプと態度変容についてはさらなる調査の蓄積が必要となる。

そこで本研究では、遠征型キャンプに着目し、自然に対する態度に及ぼす効果を検討した。本研究における遠征型キャンプは、キャンプ場での生活や活動を基盤として、途中に一定期間の遠征活動を行うキャンプとした。遠征活動とは、宿泊道具や食料を自分たちで運び、動力(エンジン)に頼らず、より自然度の高い場所への移動や生活を行う活動のことである。具体的なプログラムとしては、大きなリュックサックを背負って山頂から山頂を渡り歩く縦走登山や、手漕ぎのカヤックで海を渡って無人島で生活をするカヤックツアーなどがあげられる。自己・他者・自然についての成長を促す冒険教育においても原生自然への遠征(ウィルダネスエクスペディション)は重要視されており、アメリカにおいても遠征活動の持つ教育力は注目されてきた(林, 2014)。遠征活動を主としたキャンプの代表例としては、海外で行われているWilderness Experience Program(WEP)があげられる。Lindley(2005)はWEPが参加者の自然に対する態度を変容させる要因として、手付かずの原生自然に長時間滞在することや、自然や環境について学習すること、人間が実際に自然に与える影響を見ること(理解すること)、自然の美しさ、自然の中で生活するシンプルさ、仲間や指導者の存在などをあげている。同様に、Mazze(2006)は野外指導者養成コースの中で環境配慮へのモチベーションにつながった要因として、自然の中で過ごした時間や、指導者・仲間の存在、コース中に学んだ知識などをあげている。つまり、キャンプの中で遠征活動を行い、仲間と共に手付かずの自然の中で時間を過ごすことや自然に配慮しながら生活すること、自然の美しさにふれることをキャンプに取り入れることで、自然に対する態度を向上させることができると考えられる。これまでのWEPの研究では、大学生や成人を対象としたものが多く、小学生や中学生を対象としたものは少なかった。しかし、平成23年中央教育審議会スポーツ・青少年分科会においても、学校教育での自然体験活動の推進や青少年教育施設での調査研究の重要性が提言されており、我が国においても小中学生を対象とした遠征型キャンプの研究は必要であると言える。

そこで本研究では、遠征型キャンプが小中学生の自然に対する態度に及ぼす効果を明らかにすることを目的とした。遠征型キャンプの効果を明らかにするため

に、キャンプ不参加者との比較だけではなく、滞在型キャンプとの比較も行った。滞在型キャンプとは、キャンプ場での生活を基盤とし、キャンプ場及びその周辺の自然を利用して活動を行うキャンプのことである。自然の家などの国公立施設や多くの民間団体のキャンプがこの滞在型キャンプの形態をとっている。本研究では遠征型キャンプと滞在型キャンプのプログラムの要素のみを比較するため、キャンプの場所、参加者、指導者、遠征活動以外のプログラムはできる限り均等になるようにした。

II. 方法

1. 対象者

2015年及び2016年の8月前半に5泊6日で行われたEキャンプに参加した小中学生を、遠征型キャンプ参加者とした。2015年及び2016年の8月後半に5泊6日で行われたRキャンプに参加した小中学生を、滞在型キャンプ参加者とした。また、EキャンプとRキャンプの参加者の友人で、夏の期間に長期キャンプに参加していない者をキャンプ不参加者とした。各群の年ごとの人数を表1に示した。

2. キャンプの概要

両キャンプはA大学が主催し、公立のキャンプ場で

行われた。どちらのキャンプも、テント泊・野外炊事を基本とした5泊6日のキャンプであった(表2)。B県の複数の市町村教育委員会に依頼し、両キャンプの実施要項を掲載した募集チラシを、学校を通して配布した。キャンプ参加者は、生活班として約7名程度の班に分けられた。班編成の際には、学年や性別、キャンプ経験が均等になるように考慮した。各班には1名ずつ野外活動やレクリエーションを学ぶ大学生または大学院生が班付き指導者(キャンプカウンセラー)として配置され、生活や活動の指導にあたった。両キャンプにおける班付き指導者の経験や年齢構成はなるべく均等になるように配置した。キャンプディレクターは野外教育を専門とする大学教員が務めた。

遠征型キャンプでは、序盤に沢遊びやオリエンテーリング、野外炊事を行い、仲間との関係性を構築したり、自然に親しんだりした。オリエンテーリングでは、各ポイントを回りながら、Leave No Trace^{注3)}やハイキングテクニック、山の歴史や高山植物について楽しみながら学習できる活動を実施した。キャンプ中盤の遠征登山は、近隣の山域への縦走登山とし、テントや寝袋、食料などを全てリュックに詰めて歩き、山中でビバーク(野宿)を行うバックパッキングであった。登山1日目は早朝から登山を開始し、5~6時間の行程を歩き、昼過ぎに山中のビバーク地点に到着した。テント設営をした後は、山の中でゆっくり時間を

表1 各キャンプ参加者の学年及び人数

	遠征型キャンプ		滞在型キャンプ		キャンプ不参加	
	2015年	2016年	2015年	2016年	2015年	2016年
小学4年	10	8	10	6	13	11
小学5年	11	16	7	13	11	16
小学6年	4	10	11	13	9	15
中学1年	5	3	1	4	6	5
中学2年	2	2	0	1	2	3
中学3年	2	0	0	0	0	0
合計	34	39	29	37	41	50

表2 各キャンプの活動内容

	1日目	2日目	3日目	4日目	5日目	6日目
遠征型 キャンプ	テント設営、野外炊事、 ナイトハイク、沢遊び、 オリエンテーリング 等		遠征登山(1泊2日) 登山後は、温泉、片付け		登山のふりかえり、 キャンプファイヤー、 野外炊事、撤収 等	
滞在型 キャンプ	テント設営、野外炊事、 ナイトハイク、沢遊び、 オリエンテーリング 等		ネイチャークラフト、野外炊事、 ボート遊び、沢遊び、 料理コンテスト、温泉 等		個人別選択活動、 キャンプファイヤー、 野外炊事、撤収 等	

過ごし、夕食後は早めに就寝した。登山2日目は朝食を食べ、ビバーク地点の撤収を行い、登山を開始し、6~8時間の行程を歩き、正午から昼過ぎにかけてゴール地点に到着した。登山後は、温泉に入って疲れを癒した。キャンプ終盤は、登山のふりかえりやキャンプファイヤーなどを行った^{註4)}。

滞在型キャンプは、キャンプ場内やその周辺での自然体験活動を楽しむプログラムであった。キャンプ中盤の遠征活動以外は、できる限り遠征型キャンプと同様の活動になるようにした(表2)。キャンプ序盤は遠征型キャンプと同様に、オリエンテーリングや沢遊びを行った。キャンプ中盤のみ、滞在型キャンプではキャンプ場内でネイチャークラフトや料理コンテストなどを行った。キャンプ終盤は個人別選択活動やキャンプファイヤーなどを行った^{註4)}。遠征登山とそのふりかえり以外は、活動も、テント泊・野外炊事という生活スタイルも、参加者の構成も、指導者の構成や経験値も、大きな差はなかった。

3. 調査内容と尺度の検討

対象者の自然に対する態度を測定するため、Okada et

al. (2013) の作成した Scale of Attitudes toward Nature (キャンプ版自然に対する態度尺度) を利用した。この尺度は、キャンプ参加者に向上が期待される自然に対する態度を測定するために、Okada et al. が開発した尺度であり、自然を大切にしたい等の項目で構成される「自然配慮 (Pro-environment)」因子、山が好きである等の「Positive affect (肯定的感情)」因子、キャンプに行くようにしたい等の「Camp (キャンプ)」因子、人は自然に生かされている等の「環境倫理 (Environmental ethic)」因子という4因子12項目で構成されていた(表3)。織田 (1970) の程度量表現用語を参考として、各項目に対してどの程度あてはまるかの程度を、「1あてはまらない(1点)」から「8. ぜったいあてはまる(8点)」の8件法で回答を求めた。なお、この尺度の因子構造モデルを確認するため、事前に4つの遠征型キャンプ参加者(小学4年生~中学生)115名にキャンプ中毎日調査を行い(表4)、極端な回答や不備のある回答を除いた526件のデータに対して確認的因子分析を行ったところ、基準値(大石・都竹, 2009)を満たす適合度指標(CMIN = 116.22, CMIN/df = 2.421, GFI = .948, CFI = .966, RMSEA

表3 キャンプ版自然に対する態度尺度の因子名と項目

因子名 (α 係数)	項目
自然配慮 (.77)	自然を大切にしたい 環境に配慮することはいいことである 自然に対してなるべくダメージを与えないようにしたい
肯定的感情 (.82)	山が好きである 森が好きである 沢が好きである
キャンプ (.81)	キャンプが好きである キャンプはいいことである キャンプに行くようにしたい
環境倫理 (.63)	人は自然に生かされている 自然を必要以上に利用しすぎるのはよくない 人は自然を汚している

表4 事前調査を実施した遠征型キャンプの概要

	遠征型キャンプW	遠征型キャンプX	遠征型キャンプY	遠征型キャンプZ
参加者数	44	42	24	16
有効回答	35	42	22	16
期間	7泊8日	6泊7日	8泊9日	6泊7日
対象	小4~高校生*	小5~中学生	小5~中学生	小4~中学生
場所	宮城県	宮城県	富山県	群馬県

*分析では高校生6名のデータは除外した

=.063) が得られた。また、同データから Cronbach の α 係数を算出したところ (表 3), 概ね良好な数値が得られた。

4. 調査の手続き

遠征型キャンプと滞在型キャンプの参加者の自然に対する態度の測定は、キャンプ前 (2 週間前)、キャンプ直後、キャンプ 1 ヶ月後の 3 回行った。キャンプ前とキャンプ 1 ヶ月後については郵送法を用い、キャンプ直後は集団調査を行った。キャンプ不参加者に対する調査は、キャンプ前とキャンプ 1 ヶ月後の 2 回行った。キャンプ参加者に原則として同学年・同性の友人 1 名に依頼してもらうこととし、キャンプ不参加者本人が氏名、学年、性別、依頼者の名前を記入した調査用紙を、参加者の調査用紙と一緒に返送してもらった。キャンプ 1 ヶ月後の調査用紙の返送がない対象者には筆者が連絡をしたり、追加で質問紙を送付した結果、遠征型キャンプ 69 名、滞在型キャンプ 60 名、キャンプ不参加者 91 名から不備の無いデータを回収することができた。各項目における回答を、1 点から 8 点に換算して、因子及び全体の合計点を算出した。また、参加者の様子を把握したり、変化の要因を考察するため、キャンプ中は筆者が参与観察を行い、キャンプ後には自然に対する考え方や気持ちについての自由記述データを回収した。

5. 分析方法

遠征型キャンプとキャンプ不参加者を比較するため、時期 (2 水準) × 群 (2 水準) の二要因分散分析を行った。また、遠征型キャンプと滞在型キャンプを比

較するため、時期 (3 水準) × 群 (2 水準) の二要因分散分析を行った。交互作用が認められた場合は単純主効果の検定を行い、多重比較には Bonferroni 法を用いた。またキャンプ前の時点で群間に有意差が認められた場合は、キャンプ前の得点を共変量とした共分散分析を行った。

III. 結果

1. 遠征型キャンプとキャンプ不参加者の比較

遠征型キャンプとキャンプ不参加者の間で、自然に対する態度の比較を行ったところ (表 5~6), 合計点において交互作用が認められた ($F(1, 158) = 6.42, p < .05$)。単純主効果の検定を行ったところ、遠征型キャンプは 1 ヶ月後にかけて有意に向上していたが、不参加者は変化していなかった (図 1)。キャンプ前の時点で群間に有意差が見られたため、キャンプ前の得点を共変量として 1 ヶ月後の得点を比較したところ、遠征型キャンプの方が有意に高かった。

各因子においても同様の分析を行ったところ、肯定的感情因子についても遠征型キャンプにおいてのみ有意な向上が見られ、共分散分析による 1 ヶ月後の比較では不参加者より有意に高かった。キャンプ因子については、遠征型キャンプの向上が有意傾向にとどまったが、共分散分析による 1 ヶ月後の比較は遠征型キャンプが有意に高かった。一方、自然配慮因子については、両群における時期の有意な変化は見られず、共分散分析においても有意差は見られたものの平行性が仮定されない結果となった。また、環境倫理因子においては交互作用が認められず、共分散分析の結果も有意

表 5 遠征型キャンプと不参加者の自然に対する態度得点及び分散分析の結果

	キャンプ前		1 ヶ月後		交互作用 (F)	時期の主効果 (F)	群の主効果 (F)
	Mean	SD	Mean	SD			
自然に対する態度 (合計点)	77.29	13.67	80.98	11.90	6.42*	0.93	24.71***
	69.45	14.57	67.80	17.56			
自然配慮	20.07	3.82	20.91	3.29	4.33*	0.16	15.32***
	18.58	4.09	18.01	4.81			
肯定的感情	19.03	4.55	20.05	4.10	4.05*	0.97	27.06***
	16.13	5.06	15.78	5.26			
キャンプ	19.56	4.94	20.64	4.69	5.62*	0.10	18.19***
	17.13	5.93	16.30	6.22			
環境倫理	18.63	3.77	19.37	3.61	0.80	1.38	5.29*
	17.60	4.41	17.70	4.99			

上段：遠征型 下段：不参加者

* $p < .05$ *** $p < .001$

表6 遠征型キャンプと不参加者の比較におけるその後の検定結果

	単純主効果の検定				共分散分析 (F)
	群における時期 (F)		時期における群 (F)		
	遠征型	不参加	キャンプ前	1ヶ月後	
自然に対する態度 (合計点)	5.38*	1.42	11.98**	28.81***	15.61***
自然配慮	2.71	1.63	5.52*	18.45***	12.56*** ^a
肯定的感情	3.94*	0.61	14.01***	31.20***	15.89***
キャンプ	3.16 [†]	2.46	7.57**	23.40***	15.02***
環境倫理	—	—	—	—	3.33 [†]

a. 平行性は仮定されなかった [†]p<.10 *p<.05 **p<.01 ***p<.001

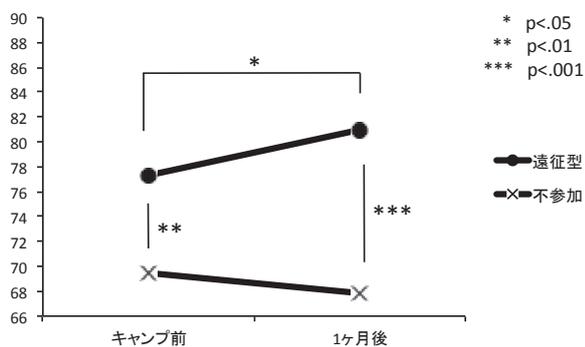


図1 遠征型キャンプと不参加者の自然に対する態度 (合計点)

傾向にとどまった。

以上の結果から、遠征型キャンプの参加者は、不参加者よりも、自然に対する態度 (全体得点) が向上することが明らかになった。その中でも特に、肯定的感情因子やキャンプ因子における差が顕著であった。ま

た、遠征型キャンプの参加者は、不参加者よりも、自然に対する態度得点がキャンプ前の時点で高いことも示された。

2. 遠征型キャンプと滞在型キャンプの比較

遠征型キャンプと滞在型キャンプの間で、自然に対する態度を比較したところ (表7~8) 合計点において、交互作用が認められた ($F(1.82, 230.89) = 3.27, p<.05$)。時期を要因とした単純主効果の検定を行ったところ、遠征型キャンプにのみ有意差が見られ、キャンプ前より、直後と1ヶ月後が有意に高かった。また、群を要因とした単純主効果の検定では、直後に有意差が見られ、1ヶ月後に有意傾向が見られた (図2)。

各因子においても同様の分析を行ったところ、キャンプ因子において交互作用が見られ、遠征型キャンプの得点のみ有意に向上し1ヶ月後まで維持された。またキャンプ直後には群間の有意差が見られたが、1ヶ

表7 遠征型キャンプと滞在型キャンプの自然に対する態度得点及び分散分析の結果

	キャンプ前		直後		1ヶ月後		交互作用 (F)	時期の主効果 (F)	群の主効果 (F)
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD			
自然に対する態度 (合計点)	77.29	13.67	81.29	11.13	80.98	11.90	3.27*	3.04 [†]	3.45 [†]
	76.26	11.62	75.43	12.89	77.13	13.98			
自然配慮	20.07	3.82	20.87	3.11	20.91	3.29	0.33	3.39*	1.72
	19.54	4.04	19.88	3.88	20.40	3.73			
肯定的感情	19.03	4.55	20.03	4.62	20.05	4.10	1.52	1.95	2.84 [†]
	18.50	4.84	18.25	4.53	18.89	4.60			
キャンプ	19.56	4.94	20.70	4.31	20.64	4.69	4.14*	0.74	1.09
	19.97	4.33	19.00	4.77	19.74	4.78			
環境倫理	18.63	3.77	19.70	3.07	19.37	3.61	1.39	1.41	3.19 [†]
	18.25	4.56	18.30	4.13	18.10	4.16			

上段：遠征型 下段：滞在型

[†]p<.10 *p<.05

表8 遠征型キャンプと滞在型キャンプの比較におけるその後の検定結果

	単純主効果の検定				
	群における時期 (F)		時期における群 (F)		
	遠征型	滞在型	キャンプ前	直後	1ヶ月後
自然に対する態度 (合計点)	5.92** 前<直後, 1ヶ月後	0.75	0.21	7.67**	2.85†
自然配慮	—	—	—	—	—
肯定的感情	—	—	—	—	—
キャンプ	3.23* 前<直後, 1ヶ月後	1.75	0.25	4.50*	1.16
環境倫理	—	—	—	—	—

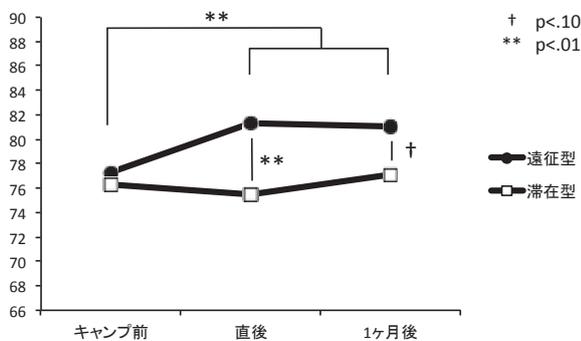
† $p < .10$ * $p < .05$ ** $p < .01$ 

図2 遠征型キャンプと滞在型キャンプの自然に対する態度 (合計点)

月後には有意差は見られなかった。他の3因子については、交互作用は認められず、肯定的感情因子と環境倫理因子において群の主効果に有意傾向が見られた。また、自然配慮因子には時期の主効果に有意差が見られ、多重比較ではキャンプ前と1ヶ月後の間に有意傾向が見られた。

以上の結果から、遠征型キャンプの参加者は、滞在型キャンプの参加者よりも、自然に対する態度(全体得点)が向上し、その差は1ヶ月後まで続く傾向にあることが明らかになった。中でも特に、キャンプ因子における差が有意であった。

IV. 考 察

1. 遠征型キャンプが自然に対する態度に及ぼした効果の特徴

本研究の結果から、遠征型キャンプが自然に対する態度得点を向上させることが明らかになった。キャン

プ不参加者の比較だけではなく、滞在型キャンプとの比較においても、遠征型キャンプの方が自然に対する態度得点を向上させており、遠征型キャンプの有効性を実証できたとと言える。また、遠征型キャンプ参加者は、キャンプ不参加者よりも、キャンプ前の時点で自然に対する態度得点が高いことも明らかになった。

Ewert et al. (2007) は、野外プログラムは、環境に対する態度を大きく向上させるよりは、本来の態度を強化することにおいて効果的であることを示唆している。本研究においても態度得点の上昇はそれほど大きいものではなかったが、キャンプ前との比較においては有意差が見られ、意味のある変化があったと言える。つまり、遠征型キャンプ参加者はキャンプ前の時点で自然に対する態度がある程度高く、キャンプに参加することでその態度が強化されたと言える。

因子ごとの特徴を見ると、キャンプ不参加者と比較して、遠征型キャンプ参加者は肯定的感情因子が有意に向上していた。自然豊かな野外での直接体験は感情に基づく環境への気づきに有効であるとされている(小池・小森, 2008)。また、自由記述からは、登頂したことによる達成感や、仲間と協力して登山ができたことに対する喜びの記述も見られた。身体活動を伴った遠征登山の中で、五感を通して様々な自然の魅力に触れ、多くの発見や驚き、感動を仲間と共に体験することが、自然に対する肯定的感情につながったと考えられる。この肯定的な感情が自然に対する態度に重要であることは、数多くの研究でも示唆されている(Christy, 1982; Orren and Werner, 2007; Okada et al., 2013)。遠征型キャンプでは、班の仲間と共に長い距

離を移動し、山の中で一泊するため、壮大な景色や珍しい高山植物、天候によっては満天の星空や山の端から登る朝日を見たり、その喜びや感動を仲間と共有することができる。このような体験によって自然に対する肯定的な感情を育むことが、遠征型キャンプの特徴的な効果の一つであると言える。

キャンプ因子においては、滞在型キャンプとの間に差が見られた。この差は、不参加者との間にも見られたが、滞在型キャンプよりも遠征型キャンプ参加者の方がキャンプ自体に対して肯定的な価値観を形成したということは、興味深い結果である。本研究で使用した尺度のキャンプ因子の項目は、好きであるという感情的態度、良いことであるという認知的態度、行くようにしたいという行動的態度という、態度の3要素を満たしていた。滞在型キャンプにおいても、キャンプ場周辺の自然環境を活かした活動や野外生活体験を行っていたが、それだけではキャンプに対する態度を総合的に向上させるには至らなかったのではないかと考えられる。それに対して、遠征型キャンプ参加者は、より多彩で、インパクトの大きい体験をしていたのではないかと考えられる。自由記述からも、キャンプ場での生活や沢遊び以外に、遠征登山を成功させたことに対する達成感や、遠征登山で得られたチームワークや友情、高山植物や湧き水、素晴らしい景色への感動など、遠征登山での体験に対する肯定的な評価が多かった。また、遠征型キャンプの中で、人間が自然に与える影響を実感したり、実際に自然に配慮しながら遠征登山を実施したことに対する満足感や充実感を得ている参加者もいた。このような遠征型キャンプでの体験が、キャンプに対する肯定的な価値観を形成したと考えられる。

一方で、遠征型キャンプと滞在型キャンプとの比較においては、自然に対する態度の合計得点においては有意な差が認められたが、キャンプ因子以外の3つの因子において有意差は見られなかった。キャンプ不参加者との比較では見られた肯定的感情因子における差も、滞在型キャンプとの間には見られなかった。これは、遠征活動というプログラムの違いだけでは、自然に対する態度の各因子得点に決定的な差を生じさせることはできないという可能性を示唆している。態度変容に影響を及ぼす要因としては、キャンプの生活スタイル (Christy, 1982) や指導者の関わり方 (Stern et al., 2008) などの要因も報告されている。また、2016年の遠征型キャンプでは台風の影響によって遠征活動を1日遅らせたことで、計画していたふりかえりを十分に

行うことができなかつたことも影響している可能性がある。今後は遠征活動以外の要因の影響力も検討していく必要がある。

2. 遠征型キャンプが自然に対する態度を向上させた要因

遠征型キャンプ参加者は、キャンプ不参加者や滞在型キャンプ参加者よりも自然に対する態度得点が向上していた。その要因として考えられるのは、「自然との直接的なふれあい」が非常に豊富だったことである。態度の対象と直接ふれあうことは、その対象の理解やイメージの変容につながるとされており (岩田, 2001)、青少年期における自然との直接体験の重要性も多く指摘されている (野田, 2001; 岡田ほか, 2008; 降旗ほか, 2009; Chawla and Derr, 2012)。遠征登山では高山植物が咲く登山道を歩き、人の気配のしない広大な草原でピバークをし、天然の湧き水を汲んで飲んだり調理したりした。また、ピバーク地点においては、2015年のキャンプでは早朝に霧がかかった幻想的な風景が広がり、2016年には綺麗な星空や山の端から登ってくる朝日を見ることができた。他にも、山頂や稜線からは、遠くの間まで見渡せる景色を見ることができた。自由記述からも、多くの参加者が自然への気づきや理解が得られたこと、自然の美しさや偉大さを感じていたことがうかがえる。これまで見たことや触れたことのない自然と接することで驚きや感動が得られ、それまでの自然に対する肯定的感情やイメージがより強くなったと推察される。

他の要因としては、「事前の環境学習」もあげられる。遠征型キャンプ2日目のオリエンテーリングでは、遠征先の山の歴史や植物、Leave No Trace^(註3)について、楽しく学べる活動を行った。そこで参加者は、修験道のことや、奇岩や高山植物のこと、自然へのダメージを減らす具体的な方法を学び、興味を持つことができたと推察される。そして、遠征登山において実際に岩や植物を見たり、事前学習した知識を用いてなるべく自然へのダメージを減らすよう仲間と協力したりする様子が見受けられた。環境教育プログラムの効果を高めるためには事前学習が有効であるとされており (Smith-Sebasto and Cavern, 2006)、本研究においても、事前に態度の対象である自然についての知識を習得したことで、態度の向上に影響したと考えられる。

さらに、遠征型キャンプの「自然と向き合わざるを得ない状況」も、自然に対する態度に影響を及ぼした

と考えられる。遠征活動中は自分たちが背負ってきた荷物だけで自然の変化に対応し、生活しなければならない。自分たちは自然と関わりながら生きている（生かされている）ということを実感することで、自然とのつながりを意識するようになったと推察される。自由記述にも、「人間は自然に生かされている」、「自然が近くに感じた」という記述が見られた。キャンプ場での活動であれば、悪天候になっても施設に逃げ込み、自然との物理的な接触を、一時的に断ち切ることができる。しかし、遠征活動中は、天候が崩れても、多少のトラブルがあっても、自然と向き合って対処しなければならない。「自然はこわいものだけど、美しいものだった」、「人間が勝てるものではないと思った」、「自然をなめていたけど、もうばかにしない」など、自然の厳しさや偉大さに触れ、自然に対する畏敬の念を感じているような自由記述も見られた。このような自然の厳しさと向き合う体験は、修験道と通じるものがある。井村(2006)は我が国の野外教育の源流は修験道にあると述べ、自然の中での修行を通して自然への畏敬の念を持つようになり、絶対的な自然と対峙する中で道徳観や倫理観が育成されると説明しており、これは本研究の参加者の体験や結果を説明する一助となり得る。人の手の及ばない自然と向き合い、畏敬の念を育むことは、滞在型キャンプではなかなかできるものではなく、遠征型キャンプならではの体験と言える。

3. キャンプの実践現場への示唆

本研究の結果から、遠征型キャンプは参加者の自然に対する態度を変容させる可能性があるとし唆された。そのため、自然に対する態度の向上をキャンプの目的に含める場合、綺麗な景色が望める山への登頂や、朝日や星空が見えるような場所での宿泊を伴う遠征活動を実施することが有効であると言える。宿泊ができない場合でも、景色のいい場所で休憩をとって、景色を楽しむ時間を持つなどの工夫によって、自然に対する態度への影響が期待される。日常では見ることのできない自然の美しさに出会えた時は、プログラムの進行に固執することなく、それらの自然をじっくり味わうような時間を持つようにしたい。

因子ごとの比較を見ると、遠征型キャンプは感情面への影響力が大きいと言える。自然の美しさや偉大さに驚いたり、仲間と共に達成感を味わったりするような体験によって、自然に対する肯定的な価値観を育成することにつながるだろう。指導者には、より魅力的

な遠征コースやスケジュールを設定したり、ただ黙々と歩くだけではなく参加者が自然とふれあえるように言葉がけをしたり、仲間と協力して目標を達成できるようにグループを支援したりすることが求められる。さらに、遠征型キャンプの特徴として、キャンプに対する肯定的な価値観が形成されることがあげられる。その成果をあげるためには、自然とのふれあいを「楽しい」と感じ、自然に配慮しながらのキャンプ生活が「良いことだ」と思い、「またこういうキャンプをやりたい」と思うようなプログラムを企画したい。例えば、遠征活動の前に沢遊びや焚き火を思う存分楽しんだり、キャンプ生活が自然に与える影響を調べたり考えたりする活動などがあげられる。遠征活動後には、キャンプでどのように自然と関わったかをふりかえって、仲間と共有したりすることもできるだろう。そのようなプログラムによって、参加者がキャンプの良さに気づき、キャンプに対する評価やイメージをよりよいものにすることができると期待される。

V. まとめ

本研究の目的は、遠征型キャンプが小中学生の自然に対する態度に及ぼす効果を明らかにすることであった。遠征型キャンプ参加者69名と滞在型キャンプ参加者60名を対象に、自然に対する態度尺度による調査を、キャンプ前、キャンプ直後、キャンプ1ヶ月後の3回実施した。またキャンプ不参加者91名を対象とした自然に対する態度の調査を、キャンプ前とキャンプ1ヶ月後の2回実施した。結果は下記の通りである。

- 1) 遠征型キャンプ参加者の自然に対する態度の合計点は、キャンプ不参加者と比べて、キャンプ1ヶ月後に有意に高くなった。因子ごとの比較では、肯定的感情因子とキャンプ因子の得点において、遠征型キャンプ参加者の方が有意に高くなった。
- 2) 遠征型キャンプ参加者の自然に対する態度の合計点は、キャンプ直後に有意に向上し、キャンプ1ヶ月後まで持続した。一方で、滞在型キャンプ参加者の自然に対する態度の合計点は有意に変化しなかった。また、遠征型キャンプ参加者の自然に対する態度の合計点は、滞在型キャンプ参加者と比べてキャンプ直後に有意に高くなり、その差はキャンプ1ヶ月後まで続く傾向にあった。因子ごとの比較では、キャンプ因子の得点において、遠征型キャンプ参加者の方が有意に高くなった。

以上の結果から、キャンプに対する価値観や自然に対する肯定的な感情などの自然に対する態度を向上させるためには、宿泊を伴った遠征活動をキャンプに導入していくことが有効であると示唆された。今後は、本研究とは異なった条件の遠征型キャンプが自然に対する態度やその因子に及ぼす効果や、遠征型キャンプのどの要因が自然に対する態度に影響を及ぼすかを検討する必要がある。

付記

本研究の一部は、科学研究費補助金(若手研究B課題番号15K16431)を受けて実施された。また、本研究は、仙台大学倫理審査会の承認を受けて実施された。

注記

- 1) 教員による一方的な講義形式の教育とは異なり、学習者の能動的な学修への参加を取り入れた教授・学習法の総称である。学修者が能動的に学修することによって、認知的、倫理的、社会的能力、教養、知識、経験を含めた汎用的能力の育成を図る。
- 2) キャンプ運営に関わるスタッフの位置づけや関係、仕事の役割などが教育的な目的を達成するために組織化されているキャンプを組織キャンプと呼んでいる。本論文におけるキャンプは、この組織キャンプを指す。
- 3) Leave No Traceは、「自然の中に人間の跡を残さないようにしましょう」という環境配慮の考え方である。本稿では、人間の行動が自然環境に与える影響を最小限にとどめるという理念やそのための技能を学ぶプログラムを指す。
- 4) Eキャンプの3~4日目に遠征登山を行う予定であったが、2016年については台風のため、安全を配慮し、プログラムを一部変更して、4~5日目に遠征登山を行った。また、Rキャンプにおいても2016年は台風のため、初日はキャンプ場近くの施設で宿泊し、プログラムも一部変更した。

文献

Bogner, F. X. (1998) The influence of short-term outdoor ecology education on long-term variables of environmental perspectives. *The Journal of Environmental Education*, 29(4): 17-29.

Chawla, L. and Derr, V. (2012) The development of conservation behaviors in childhood and youth. *The Oxford Handbook of Environmental and Conservation Psychology*, 527-555.

Christy, W. R. (1982) An assessment of the effects of two residential camp settings on environmental attitudes development. Doctoral dissertation, Virginia Polytechnic Institute and State University. (UMI No. 8312304)

Dresner, M. and Gill, M. (1994) Environmental education at summer nature camp. *The Journal of Environmental Education*, 25(3): 35-41.

遠藤 浩 (1994) キャンプ経験が小中学生の環境保全意識に及ぼす影響. 京都教育大学環境教育研究年報, 2: 43-48.

Ewert, A., Voight, A., Calvin, D., and Hayashi, A. (2007) Outdoor programs and environmental beliefs: Investigating the stability of outcomes and levels of salience [Electric version]. USDA Forest Service Proceedings RMRS-P-49, Science and stewardship to protect and sustain wilderness values: Eighth World Wilderness Congress symposium, 416-421.

降旗信一・宮野純次・能條 歩・藤井浩樹 (2009) 環境教育としての自然体験学習の課題と展望. *環境教育*, 19(1): 3-16.

Gillett, D., Thomas, G., Skok, R., and McLaughlin, T. (1991) The effects of wilderness camping and hiking on the self-concept and the environmental attitudes and knowledge of twelfth graders. *Journal of Environmental Education*, 22(3): 33-44.

Hanna, G. (1995) Wilderness-related environmental outcomes of adventure and ecology education programming. *The Journal of Environmental Education*, 27(1): 21-32.

原 郁雄 (2011) 開発教育における「体験的学習活動」の「意欲・態度」形成面への有効性を探る. 横浜市立大学論叢社会科学系系列, 62 (1-3合併号): 231-281.

林 綾子 (2014) 冒険教育の歴史. 星野敏男・金子和正監修 冒険教育の理論と実践. 杏林書院: 東京. pp. 8-18.

井村 仁 (2006) わが国における野外教育の源流を探る. *野外教育研究*, 10(1): 85-97.

岩田みどり (2001) ボランティア体験による障害児・者に対する学生の態度・認識への影響に関する研究. *日本赤十字武蔵野短期大学紀要*, 14: 73-78.

小池 太・小森伸一 (2008) 教員養成大学の野外教育実習における環境理解についての研究:主に感情的な気づきの観点から. *東京学芸大学紀要, 芸術・スポーツ科学系*, 60: 169-178.

Lindley, B. R. (2005) The influence of a wilderness experience program on students' attitude toward wilderness. Doctoral dissertation, University of Minnesota. (UMI No. 3167699)

Mazze, S. (2006) Beyond wilderness: Outdoor education and the transfer of environmental ethics. Unpublished master's thesis, University of Oregon.

野田敦敬 (2001) 初等教育における自然体験の重要性. *愛知教育大学教育実践総合センター紀要*, 4: 79-85.

織田揮準 (1970) 日本語の程度量表現用語に関する研究. *教育心理学研究*, 18(3): 166-176.

大石展緒・都竹浩生 (2009) Amosで学ぶ調査系データ解析. 東京図書: 東京. pp.196-200.

岡田成弘・岡村泰斗・飯田 稔・降旗信一 (2008) 少年期の組織キャンプにおけるSignificant Life Experiencesが成人期の環境行動に及ぼす影響—花山キャンプを事例として—. *野外教育研究*, 12(1): 27-40.

Okada, M., Okamura, T., and Zushi, K. (2013) The effects of in-depth outdoor experience on attitudes toward nature. *Journal of Outdoor Recreation, Education, and Leadership*, 5(3): 192-209.

岡村泰斗・飯田 稔・橘 直隆・関 智子 (2000) キャンプにおける環境教育・冒険教育プログラムが参加者の自然に対する態度に及ぼす効果の比較研究. *野外教育研究*, 3(2): 1-12.

Orren, P. M. and Werner, P. D. (2007) Effects of brief wilderness

- programs in relation to adolescents' race. *The Journal of Experiential Education*, 30(2): 117-133.
- Ross, D. M., and Driver, B. L. (1986) Importance of Appraising Responses of Subgroups in Program Evaluations: The Youth Conservation Corps. *The Journal of Environmental Education*, 17(3): 16-23.
- Shepard, C. L. and Speelman, L. R. (1986) Affecting environmental attitudes through outdoor education. *Journal of Environmental Education*, 17(3): 20-23.
- Smith-Sebasto, N. J., & Cavern, L. (2006). Effects of pre- and post-trip activities associated with a residential environmental education experience on students' attitudes toward the environment. *The Journal of Environmental Education*, 37: 3-17.
- Stern, M., Powell, R., and Ardoin, N. (2008) What difference does it make? Assessing outcomes from participation in a residential environmental education program. *The Journal of Environmental Education*, 39(4): 31-43.
- Yoshino, A. (2005) Environmental outcomes of wilderness-based programs of different lengths. *Journal of Experiential Education*, 27(3): 314-317.

平成29年5月15日受付

平成29年10月26日受理

男子エリートテニス選手におけるサービスパフォーマンスと体力との関連性 — サービススピードと回転量に着目して —

小屋菜穂子¹⁾ 北村 哲²⁾ 高橋仁大³⁾ 三橋大輔⁴⁾

The correlation between service performance and physical fitness in elite male tennis players: The speed and spin of the service

Nahoko Koya¹⁾, Tetsu Kitamura²⁾, Hiroo Takahashi³⁾ and Daisuke Mitsuhashi⁴⁾

Abstract

The service is the only shot in tennis that is 100% under control of the player, and the most potentially dominant shot in game. This study investigated the service speed and spin as an indicator of service performance and analyzed the correlation between service performance and physical fitness. Twenty-two male players playing at the elite level of each age in Japan, participated in this study. It was found that:

- 1) There was a significant correlation between the speed, both 1st and 2nd services, and physical fitness, while the service spin did not correlate with physical fitness.
- 2) Medicine ball throw, which is a test item of throwing type, was the item that we could predict the speed of the 1st service, compared to running and jumping items.
- 3) A significant regression in speed between the 1st service speed (Y) and medicine ball throw was found [$Y=1.16x+100.24$; x: medicine ball throw; $r=0.81$; $p<0.05$].

Key words: tennis, service speed, service spin, physical fitness, medicine ball throw

テニス, サービススピード, サービス回転量, 体力, メディシンボール投げ

1. 緒言

テニスにおいてサービスは、唯一相手の影響を受けず選手自ら放つショットであり、また最もパワフルで、ゲームを優勢に進めるための重要なショットである (Kovacs and Ellenbecker, 2011)。サービスの動作は、下肢から上肢へとパワーを伝える全身の運動連鎖を利用した多関節動作であり、最も複雑とされている。全身を利用しオーバーヘッドの体勢で腕を振るという観点から、投球動作との類似性を指摘されることが多い (Fleisig et al., 1999)。効果的なサービスは、下肢で得たパワーを、体幹を捻転、伸展させながら集約し、その際筋活動を運動連鎖と同調させている。伸

展させた体幹を戻す段階で、集約したパワーを上肢へ伝えながら、ラケットのスイングスピードを上げ、インパクトにつなげることで、サービスのボールスピードと回転量が定まる (Kibler, 2009)。このサービススピードとポイント取得率には有意な相関があり、試合結果にも影響を及ぼすことが報告されている (Ulbricht et al., 2015)。他の先行研究からも、サービススピードと競技レベルとの関連性を報告したものは多く、サービスパフォーマンスの重要性はテニス界では広く知られている (Fett et al., 2017; Girard et al., 2005; Sebolt, 1970)。

ハイレベルのテニス選手は1stサービスとして、フラットサービスやパワーサービス (スピード重視で回

1) 九州共立大学スポーツ学部
Faculty of Sports Science, Kyushu Kyoritsu University
2) びわこ成蹊スポーツ大学
Biwako Seikei Sport College
3) 鹿屋体育大学
National Institute of Fitness and Sports in Kanoya
4) 筑波大学体育系
Faculty of Health and Sports Sciences, University of Tsukuba

転量を減らす)を用い, 2ndサービスとしてスライスやスピンの用いるのが一般的である (Trabert and Hook, 1984; Douglas, 1992; Groppe, 1992). 1stサービスが入らなかった場合, 2ndサービスを打つ際には速度を落とし回転をかけ, 確実にコートに入れることが常識となっている. これはポイントを失わないために, 正確性を重視することによる (CHOW et al., 2003). スピードを重視したサービスを打つためには, ネットの高さ, サービスラインの位置を考えると, ベースライン上である程度の打点の高さが求められる. Trabert (1984) や Brody (1987) によれば, 引力やボールの流体力学を無視した場合, その高さは最低2.74mとされている. 高さの指標となる身長で劣りがちな日本人男子選手が世界で活躍するためには, サービスは克服すべき技術課題であり, それを支える体力課題も重要である.

サービスパフォーマンスを構成する要因として, スピード, 確率, コース, 球種, これらの組み合わせ等があげられる. 本研究では, そのうちスピードと回転量に着目し, サービスパフォーマンスの指標とした. サービススピードと体力要因との関連について述べた報告は多く, Seboltは, 上肢・下肢の等速性筋力との関連の高さを報告している (Sebolt, 1970). Perry et al.は同部位の等速性筋力に加え, 筋パワー, 最大換気量, 身長とサービススピードの関連性を述べている (Perry et al., 2004). また6週間という短期間であっても, コアを鍛え, エラスティックバンドとメディシンボールを用いたトレーニングを行った結果, サービススピードが有意に向上した報告もある (Fernandez-Fernandez et al., 2013). Ulbricht et al.はドイツのナショナルジュニアを対象とした研究の中で, 上半身の筋力, 筋パワーとサービススピードが互いに関連しており, かつ競技力との関連性の強さにも言及している. さらに打動作の観点から, 上半身のパワーだけではなく, 下半身から上半身への運動連鎖の中でパワーを伝達する重要性を示唆している (Ulbricht et al., 2015). 全身の運動連鎖に言及した報告として, Girard et al.は競技レベルの高い選手ほど, トスアップの際に下肢筋群の活動が早く始まることを示している (Girard et al., 2005). このようにサービススピードと体力要因との関連について述べた研究は多いが, 回転量と体力についての報告は現状ではみあたらない. サービスを題材に回転量の報告はあるが, 体力との関連については言及していない (Sakurai et al., 2007; 桜井ほか, 2007; 村松ほか, 2015; 村松ほか, 2010; 村

上ほか, 2016).

以上のことから本研究は, ナショナルレベルのジュニアからシニア男子選手を対象に, サービスパフォーマンスの指標となるスピードと回転量を測定し, 各体力要因との関連について検討することを目的とした.

II. 研究方法

1. 対象者

対象者は, 12~24歳のナショナル男子選手とユニバーシアード代表候補選手併せて22名とした (Table 1). グラフ上では16歳以上の12名をA群, 12~15歳の10名をB群として記した. ナショナルジュニア選手の測定の際には, 座高の記録よりPHVを推定しており, その平均値は 14.9 ± 1.0 歳であったため, 15歳を基準に分類した.

すべての対象者(保護者を含む)に対し, 研究目的・方法の事前説明を行い, 同意を得た上で測定に協力してもらった. また本研究は, 筆者所属機関の倫理審査委員会の審査を受け, 承認を得ている.

2. 測定項目

1) サービスパフォーマンスの測定

サービスの測定は, ボールの挙動(スピードと回転量)を簡便に測定可能な機器である, トラックマニテニスレーダー(アプライドオフィス社; 以下, トラックマン; Wilson, online)を使用した. トラックマンは放たれたボールの各種挙動を解析するために開発されたシステムで, 3Dドップラー効果による周波数を計測することにより, ボールの初速度や打球直後の回転数などの打球データ, ボールの軌道などの軌跡データ, 着地位置などの接地点データを算出できる. トラックマンによるスピードと回転数の測定精度については, 従来からのハイスピードカメラおよびスピード測定機器による結果と同等の制度であることが, 先行研究によって報告されている(村上ほか, 2016). トラックマンを, センターマーク後方約6mの位置に設置すれば, シングルスコート全体にレーダーを照射することが可能となる. 本研究では屋内コートで計測を実施し, トラックマンの中心をセンターマークの延長線上に, かつレーダーがサービスボックス全体を捕捉するよう, ベースラインから約4m後方に設置した (Fig. 1).

サービスは, 1stサービス(フラット)とセカンドサービス(スピン)の2種類のサービスを測定した.

Table 1 Physical characteristics and test results of players in each group

		all (22)	group A (12)	groupB (10)
characteristics	Age	16.6±3.1	18.8±2.5	13.9±0.9
	Height (cm)	170.28±7.09	171.46±5.52	168.87±8.72
	Weight(kg)	62.66±7.55	64.90±4.84	57.78±8.58
	Scheletal muscle (kg)	31.84±4.54	33.86±2.83	29.41±5.12
Physical test	Grip (kg)	45.48±10.01	51.13±6.02	38.70±9.84
	SQJ(cm)	35.23±6.22	38.33±5.66	31.50±4.77
	Vertical Jump (cm)	44.76±7.34	48.47±6.34	40.31±6.03
	RJ-index (m/sec)	2.04±0.38	2.30±0.23	1.76±0.27
	5m sprint (m/sec)	4.60±0.31	4.73±0.31	4.44±0.24
	20m sprint (m/sec)	6.27±0.34	6.47±0.22	6.02±0.30
	Medicine ball throw (m)	63.78±10.97	71.25±4.50	54.83±9.61
	(m/kg)	1.03±0.10	1.10±0.05	0.95±0.10
	CODS (m/sec)	3.78±0.17	3.87±0.13	3.68±0.17
	Stepping (n)	60.64±4.16	61.83±4.32	59.20±3.65
	Multistage Shuttle Run (n)	131.55±13.93	139.10±11.90	122.50±10.64
	Service	1st service speed (km/h)	173.88±15.56	181.86±11.84
1st service spin (rpm)		1595.31±448.56	1702.34±556.83	1466.87±238.56
2nd service speed (km/h)		139.51±13.98	144.73±12.77	133.26±13.30
2nd service spin (rpm)		3325.67±574.44	3455.01±585.10	3170.47±548.80

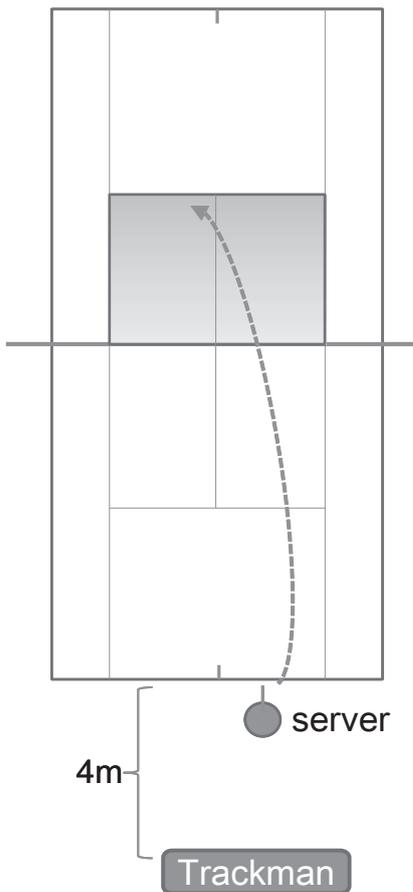


Fig. 1 Equipment set up for Service Performance Test (murakami et al., 2016)

ファーストサービスでは最大努力で速いサービスを、セカンドサービスでは最大限回転数の多いサービスを打つように指示した。それぞれの種類のサービスをデュースコートから3球、アドコートから3球の計6球、合計12球分のデータを収集した。

2) 体力測定

体力測定は、2008年から(公財)日本テニス協会で行っている項目を実施した(小屋ほか 2014; 小屋ほか, 2015)。一般的な身長、体重、握力の他、下記の項目を分析に用いた。メディシンボール投げ(以下MB投げ)と方向変換走(以下CODS)については、再テスト法によるテストの信頼性を確認した。

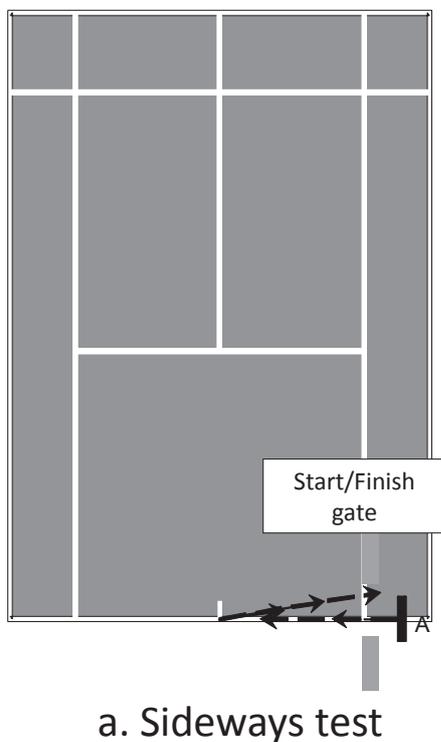
- ①骨格筋量：骨格筋量の計測は、体成分分析装置(In Body730, バイオスペース社製)を用い、インピーダンス法により計測した。
- ②スクワットジャンプ(SQJ)：手を腰に固定したスクワット姿勢からのジャンプをマットスイッチ(マルチジャンプテスタ・DKH製)で計測した。
- ③パーティカルジャンプ(VJ)：腕の反動を利用したジャンプをマットスイッチ(マルチジャンプテスタ・DKH製)で計測した。
- ④RJ-Index：手を腰に固定した状態から、連続6回リバウンドジャンプを実施した。跳躍高の最も高いジャンプ時の接地時間と滞空時間より、リバウンド

ジャンプ指数を算出し記録とした。測定時には最大限接地時間を短くし、かつ最大限高く跳躍することを口頭で指示した。測定はマットスイッチ（マルチジャンプテスト・DKH製）を用いた。

- ⑤ 5mスプリント：5m走のタイムを、光電管（Timing systems・Brower社製）を用い計測した。分析の際は、速度（m/sec）に換算し記録とした。
- ⑥ 20mスプリント：20m走のタイムを、光電管で計測した。分析の際は、速度（m/sec）に換算し記録とした。
- ⑦ MB投げ：前方向で3項目（上投げ、右投げ、左投げ）、後方向上投げ1項目の計4項目を実施した。前方向投げの際、両脚は肩幅よりやや広めに固定し、2kgのメディシンボールを両手で保持した。両脚は投げ終わるまで固定した。右投げ・左投げは、テニスのストロークの要領でフォアハンド・バックハンドのスイングでボールを投げた。スタンスはオープンスタンスとした。後方投げは、投方向を背に構え下から後方上へ投げた。
- ⑧ CODS (Change-of-Direction/ Acceleration Agility Test) (ASC, 2000)

下記4項目を合計し記録とした。

- a. Sideways (180度の切り返し)：Fig. 2aに測定方法



を示した。スタートからセンターマークへサイドステップで進み、センターマークを踏む、もしくは超えたら切り返し、A地点を走り抜けた。逆サイドからスタートの測定も同様に実施した。分析の際には速度（m/s）に換算した。この際、距離は8.3mで計算した。

- b. Forward (90度の切り返し)：Fig. 2bに測定方法を示した。スタートからセンターマークへサイドステップで進み、センターマークを踏む、もしくは超えたら切り返し、ネット方向へ走り抜けた。逆サイドからスタートの測定も同様に実施した。分析の際には速度（m/s）に換算した。この際、距離は8.3mで計算した。
- ⑨ ステッピング：最大努力で5秒間のステッピングを実施し、回数を記録とした。測定はマットスイッチ（マルチジャンプテスト・DKH製）を用いた。
- ⑩ 20mシャトルラン：文部科学省新体力テストの方法に準じ、測定した。

統計処理

各測定値はすべて平均値±標準偏差で示した（Table 1）。サービスパフォーマンス変数（スピード、回転量）と各体力測定変数（身体的特性含む）との関

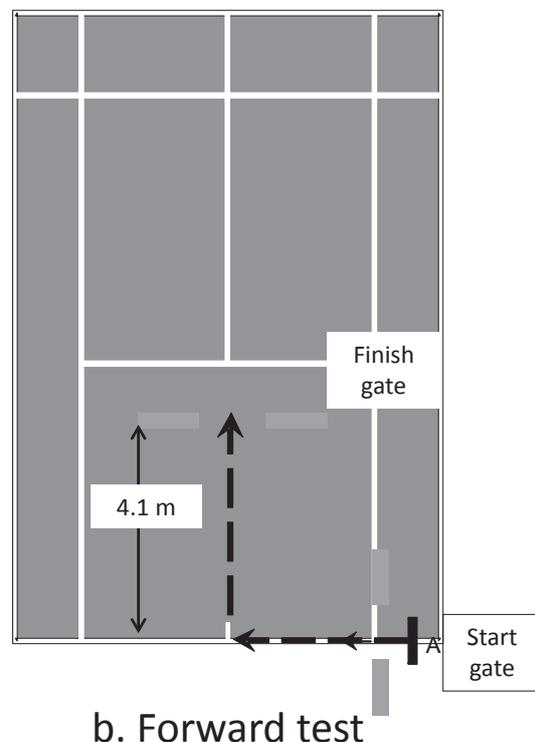


Fig. 2 Change-of-Direction/ Acceleration Agility Test (ASC,2000)

Table 2 Correlation and partial correlation coefficient between physical characteristics, physical tests and service performance

		r : Correlation coefficient				r_{xyz} : Partial correlation coefficient			
		1st service		2nd service		1st service		2nd service	
		speed (km/h)	spin (rpm)	speed (km/h)	spin (rpm)	speed (km/h)	spin (rpm)	speed (km/h)	spin (rpm)
characteristics	Age	.469*	.259	.455*	-.098	Control variable			
	Height (cm)	.588**	-.164	.746**	-.070	.515*	-.279	.705**	-.039
	Physical test	.745**	-.075	.598**	.260	.660**	-.273	.467*	.379
	Skeletal muscle (kg)	.776**	-.039	.684**	.197	.703**	-.218	.585**	.297
Physical test	Grip (kg)	.800**	-.196	.552**	.382	.742**	-.381	.425	.494
	SQJ (cm)	.634**	-.225	.606**	-.276	.485*	-.581	.453*	-.291
	Vertical Jump (cm)	.611**	.045	.537**	-.085	.445*	-.240	.331	-.017
	RJ-index (m/sec)	.502*	.067	.467*	.097	.278	-.162	.236	.230
	5m sprint (m/sec)	.596**	-.090	.457*	.039	.475*	-.258	.302	.100
	20m sprint (m/sec)	.736**	-.050	.634**	.026	.662**	-.395	.499*	.156
	Medicine ball throw (m)	.814**	.109	.682**	.308	.771**	-.106	.572**	.533
	(m/kg)	.516*	.282	.465*	.229	.350	.174	.289	.340
	CODS (m/sec)	.760**	-.201	.666**	.157	.683**	-.414	.562**	.248
	Stepping (n)	.244	.006	.309	-.063	.112	-.084	.194	-.034
	Multistage Shuttle Run (n)	.373	.143	.266	.071	.146	-.006	.010	.154

*,** : $p < .05$

連性を求めるため、Pearsonの相関分析を行い、各項目間の相関行列を算出した。その際に、年齢を制御変数として影響を除外した偏相関行列を算出した (Table 2)。

次に各選手の体力を総合的に評価するため、体力測定変数から主成分分析を行い、体力の総合指標となる第1主成分得点 (以下PCA1) を抽出した。PCA1に対する各項目の割合を示す因子負荷量を Table 3 に示した。PCA1とサービスパフォーマンスとの関連性を求めるため、Pearsonの相関分析を行った。さらにサービスパフォーマンスと関係の深い体力要因を検討するため、サービスパフォーマンス (スピード、回転量) を従属変数、各体力測定項目から走型の20m速度、跳型のVJ、投型のMB投げの3項目を独立変数とした重回帰分析を行った。併せて多重共線性を診断した。重回帰分析では、ステップワイズ法を選択した。

なお統計的有意水準はすべて5% ($p < 0.05$) とした。統計処理にはSPSSver.21.0を用いた。

Ⅲ. 結果

1. サービスパフォーマンスと体力との関連性

サービスパフォーマンス (スピード、回転量) と各体力測定項目 (身体的特性含む) の測定結果を Table 1 に示した。また各々の相関係数と偏相関係数を Table 2

Table 3 Factor loading in PCA1

		Factor loading
characteristics	Height (cm)	0.636
	Weight(kg)	0.791
	Skeletal muscle (kg)	0.865
Physical test	Grip (kg)	0.750
	SQJ(cm)	0.821
	Vertical Jump (cm)	0.873
	RJ-index (m/sec)	0.756
	5m sprint (m/sec)	0.697
	20m sprint (m/sec)	0.918
	Medicine ball throw (m)	0.892
	CODS (m/sec)	0.878
	Stepping (n)	0.403
	Multistage Shuttle Run (n)	0.698

に示した。相関行列からは、1st, 2nd共にサービススピードと各体力項目との間に有意な相関が認められたが、ステッピング、シャトルランには認められなかった。一方、1st, 2nd共にサービス回転量と各体力項目との間には相関が認められなかった。

年齢を制御変数として影響を除外した偏相関行列からは、1stサービススピードと各体力項目との間に有意な相関が認められたが、RJ-Index、体重あたりのMB投げ (m/kg)、ステッピング、シャトルランには認められなかった。2ndサービススピードにおいて

は, SQJ, 20m速度, MB投げ, CODSとの間にのみ有意な相関が認められた. 一方, 1st, 2nd共にサービス回転量と各体力項目との間には相関が認められなかった.

Fig. 3-1にサービススピード (km/h) と体力の第1主成分得点 (PCA1) からなる相関と回帰式, 年齢の影響を除外した偏相関係数を示した. 左側のグラフが1stサービススピードとのPCA1, 右側のグラフが2ndサービススピードとPCA1との関連を示している. グ

ラフ上には各選手の座標が示されており, 1stサービススピード (km/h) とPCA1の間には有意な相関が認められた ($r=0.81, r_{xy.z}=0.79, p<0.05$). 同様に2ndサービススピード (km/h) とPCA1の間にも有意な相関が認められた ($r=0.71, r_{xy.z}=0.63, p<0.05$). 一方で, 1stサービス回転量 (rpm) とPCA1, 2ndサービス回転量 (rpm) とPCA1の間には, どちらも相関は認められなかった (Fig. 3-2). 以上のことから, サービスパフォーマンスのうち, スピードと体力には有意

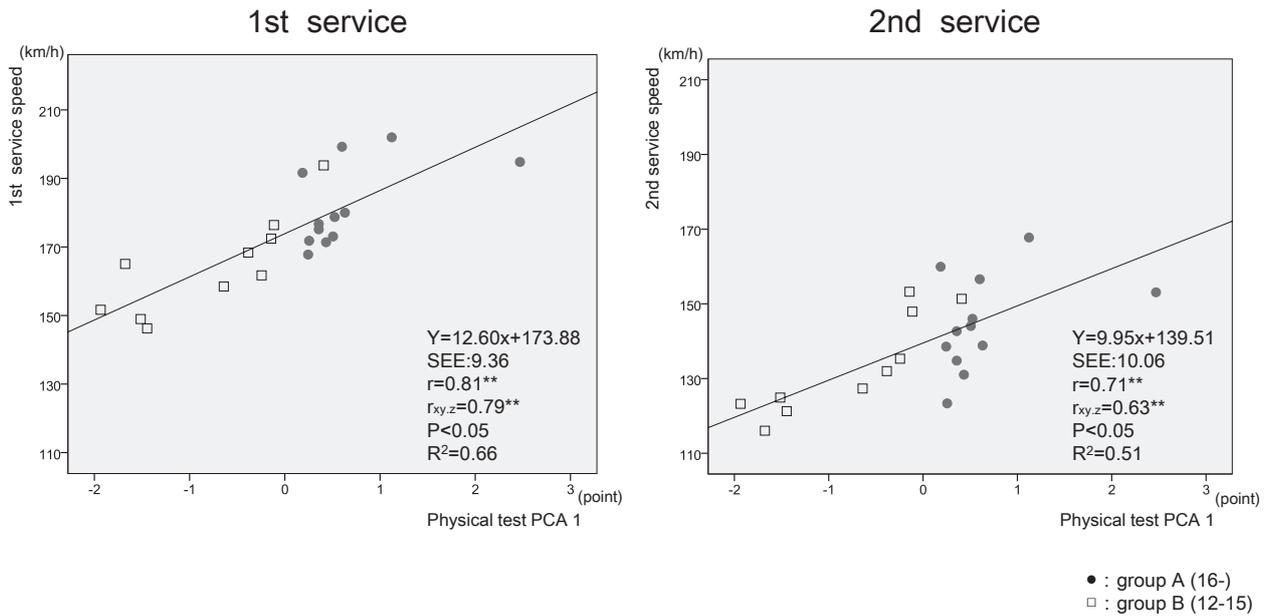


Fig. 3-1 Correlation and regression line between physical test PCA1 and service speed

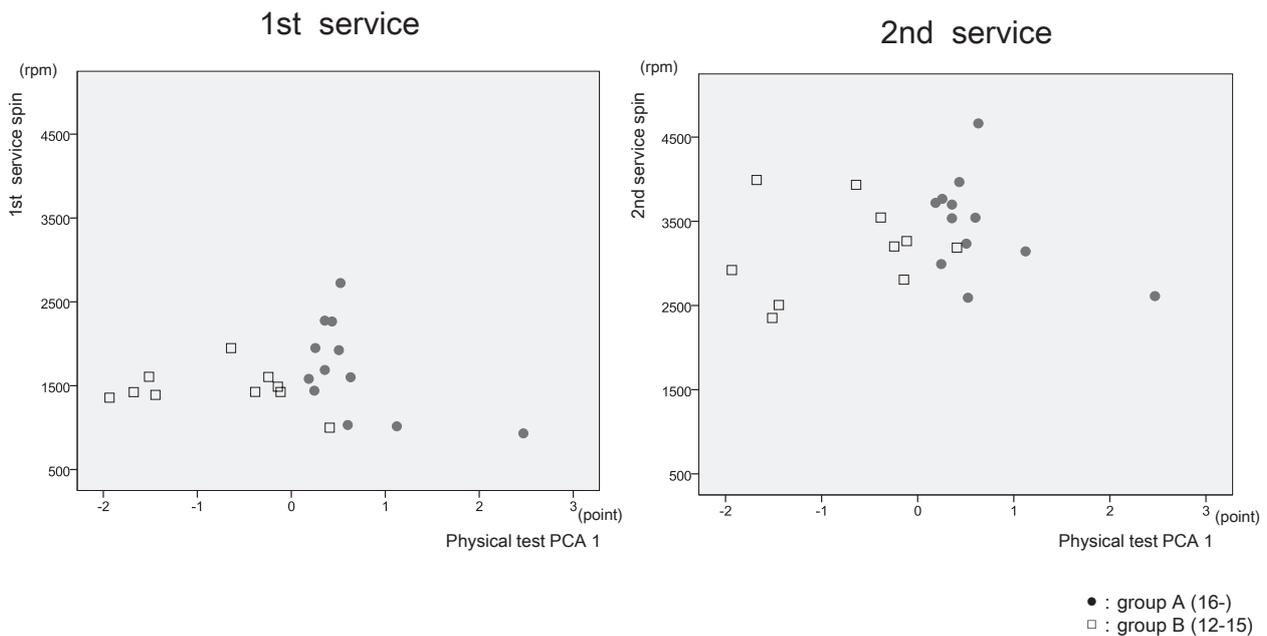


Fig. 3-2 Correlation between physical test PCA 1 and service spin

な相関が認められたが、回転量と体力には相関がないことが示唆された。

Fig. 4にサービスパフォーマンスと身長との相関を示した。1st, 2nd共に、サービススピードと身長の間には有意な相関が認められたが (1st : $r = 0.59$, $r_{xyz} = 0.52$, $p < 0.05$, 2nd : $r = 0.75$, $r_{xyz} = 0.71$, $p < 0.05$)、回転量と身長には相関が認められなかった。

Fig. 5にサービスパフォーマンスと1大会あたりのJTAランキングポイント (JTA RP/1tournament) との相関を示した。JTAランキングとは、過去52週間に開催されたトーナメントで獲得したポイントで順位づけされる。対象となるトーナメントはJTA (日本テニス協会) が定めており、国際大会も含まれる。また大会のランクによってポイントが異なる。今回、テニス競技力の指標としてランキングの利用を検討したが、ジュニア大会では年齢制限があり、全対象者共通のランキングはかなわなかった。本研究の対象者であるナショナルジュニアの選手は、15~16歳になるとシニアトーナメントに挑戦するため、JTA RP を保持しているA群の選手でJTA RP/1tournamentとの関連を分析

した結果、2ndサービススピードとの間に有意な相関を示した ($r = 0.74$, $p < 0.05$)。1stサービススピード (km/h) とJTA RP/1tournamentとの間に相関は認められなかった。

一方、1st, 2nd共に、サービス回転量 (rpm) とJTA RP/1tournamentの間には、相関は認められなかった。

2. サービスパフォーマンスに影響を与えた運動様式について

サービスパフォーマンスの指標となる1stサービススピードに影響を与えた体力測定項目の運動様式を抽出するために、テニス選手22名を対象に、ステップワイズ法を用いて重回帰分析を行った (Table 4)。その結果、MB投げ (4項目の合計値) の1変数を独立変数とする有意な回帰式が得られた ($Y = 1.16x + 100.24$ (x : MB投げ), $F = 39.18$, $p < 0.05$)。その寄与率は66.2% ($R = 0.81$) であり、推定値の標準誤差は9.27 km/hであった。つまり、MB投げ (4項目の合計値) の記録から1stサービススピード約66%が説明できる

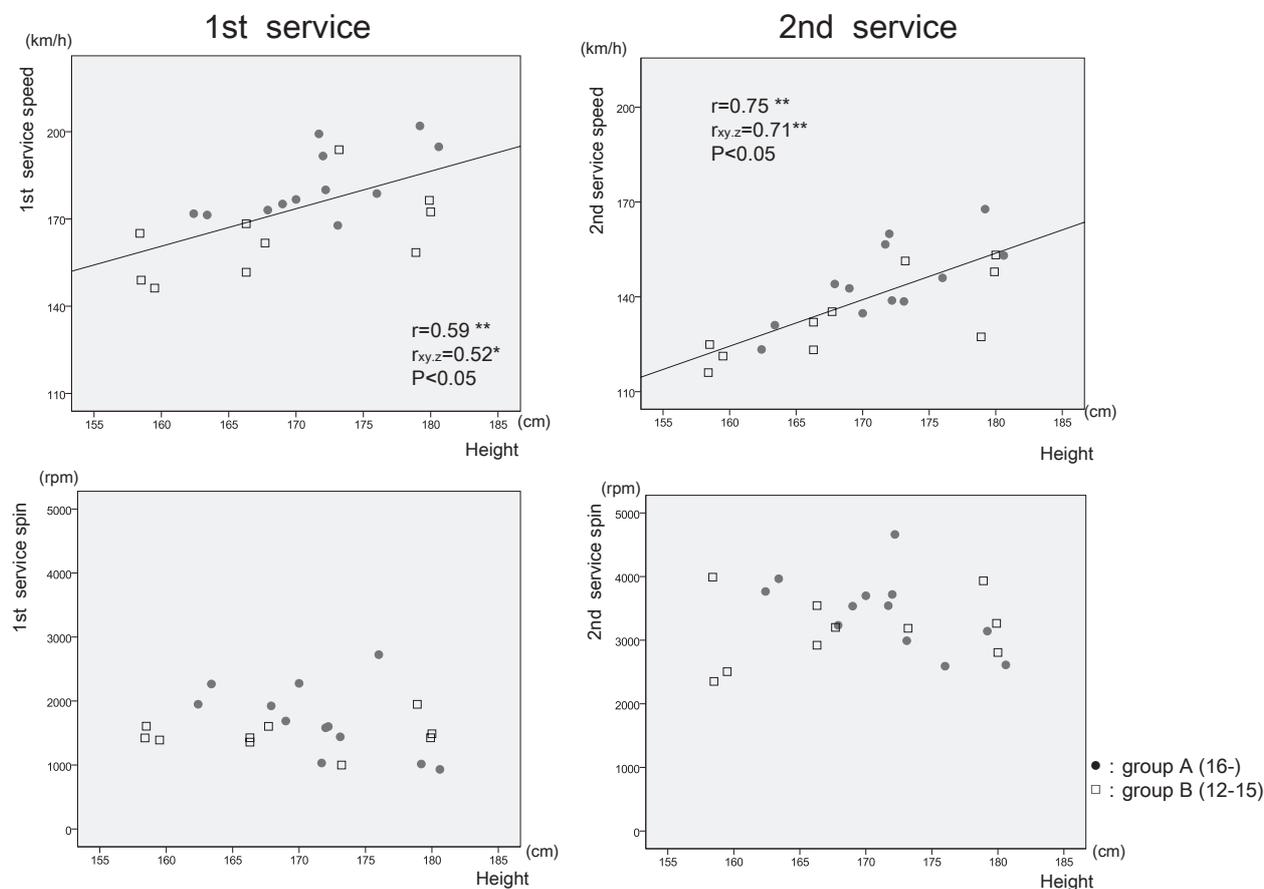


Fig. 4 Correlation between height and service performance

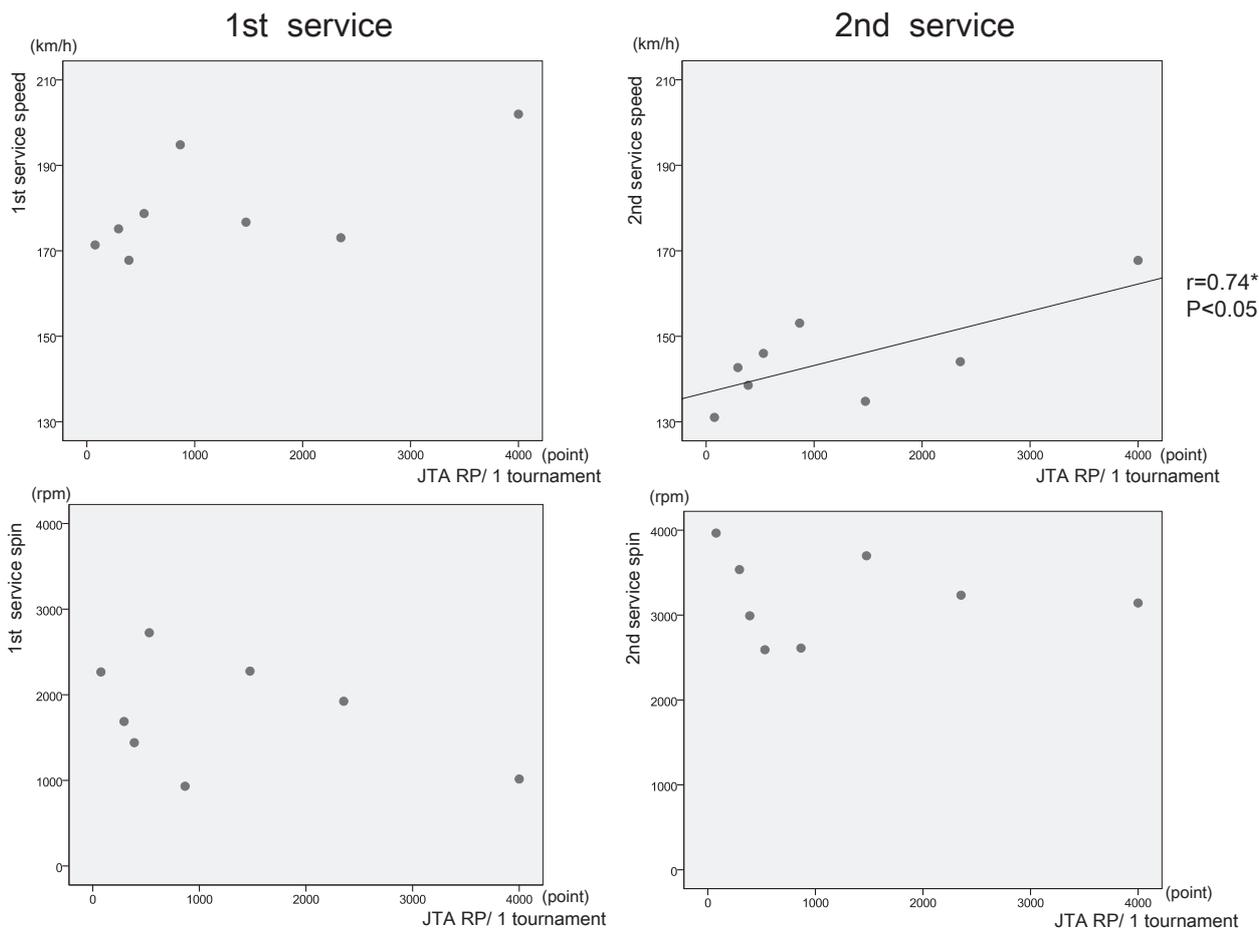


Fig. 5 Correlation between JTA ranking point/1tournament and service performance

Table 4 The Results of Stepwise Multiple Regression Analysis for Service Speed

Regression analysis of prediction the 1st service speed from tests				
Variable	B	SEB	β	r
Step 1				
MB throw	1.155	.184	.814*	.814
SEE	9.269			
R ²	.662			
Regression analysis of prediction the 2nd service speed from tests				
Variable	B	SEB	β	r
Step 1				
MB throw	.870	.208	.682*	.682
SEE	10.473			
R ²	.465			

B : Standard coefficient, SEB : Standard error of regression coefficient, β : Standard regression coefficient, r : Correlation coefficient, SEE : Standard error of estimate, R² : Coefficient of determination* : $p < 0.05$

ことが示唆された (Fig. 6).

同様に2ndサービススピードに影響を与えた体力測定項目の運動様式を求めステップワイズ法を用いて重回帰分析を行った結果, MB投げ(4項目の合計値)

の1変数を独立変数とする有意な回帰式が得られた ($Y = 0.87x + 84.03$ (x : MB投げ), $F = 17.42$, $p < 0.05$). その寄与率は46.5% ($R = 0.68$)であり, 推定値の標準誤差は10.47km/hであった. つまり, MB投

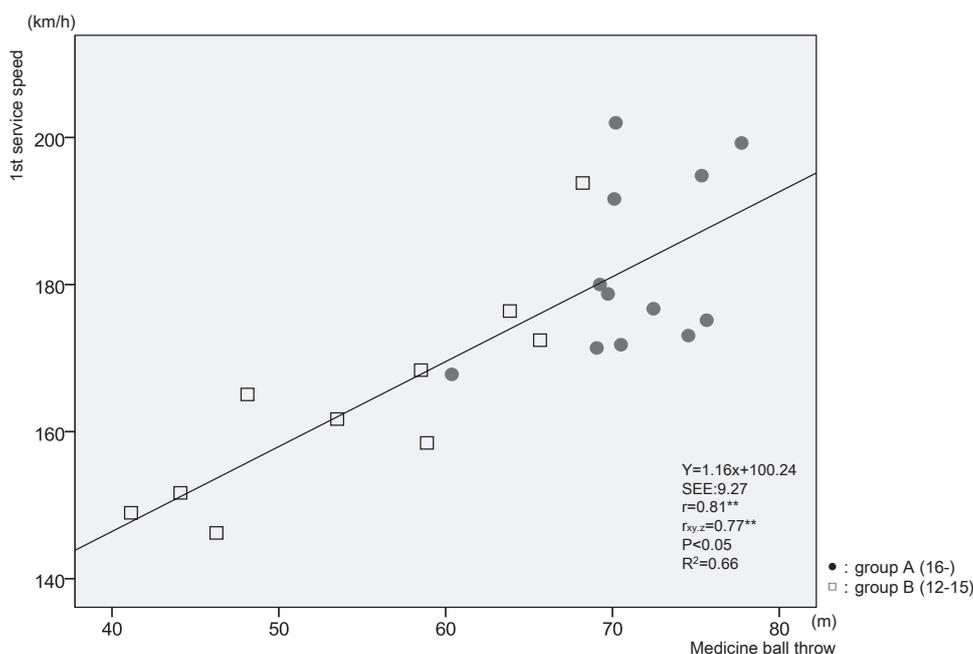


Fig. 6 Correlation and regression line between Medicine ball throw and 1st service speed

げ(4項目の合計値)の記録から2ndサービススピード約47%が説明できることが示唆された(Table 4)。本研究では共線性の診断を実施した結果、基準値を超えてないことから、共線性に問題はなかった。

回転量については、体力測定項目との相関が認められないため、分析が叶わなかった。

IV. 考 察

本研究は、ナショナルレベルのジュニアからシニア男子選手を対象に、サービスのスピードと回転量を計測し、各体力との関連性から、サービスパフォーマンス向上につながる体力課題を検討した。

1. サービスパフォーマンスと体力および競技力との関連性

サービスパフォーマンスの指標として本研究ではスピードと回転量に着目し、両者と体力との関連性を分析した。その結果、1st・2ndサービスともに、スピードと体力には有意な相関が認められたが、回転量と体力には相関が認められなかった。一般的に、回転量が増えるとボールスピードは減少する(Cross and Lindsey, 2005; 桜井ほか 2007)。本研究では1stサービスはフラットサービス、2ndサービスはスピンサービスという指示をしている。フラットサービスはスピードを重視するため、回転量は減少する傾向にある。村松ほか

(2010)の報告によると、世界トップレベルの選手が放つ1stサービスの回転量は概ね1,000~3,500rpm、同様に2ndサービスの回転量は3,000~5,000rpmであった。本研究の対象者のサービスも1st, 2ndともにこの範囲で回転量は分布していた。Fig.3-2からは、15歳以下のB群が、16歳以上のA群と遜色ない回転量でサービスを放っていることが示されている。一因として、本研究のジュニア選手はナショナルレベルの選手であり、サービスに回転をかける技術に長けていることが考えられる。またFig. 4から、16歳以上のA群に注目すると、身長の高い選手のサービスは回転量の多い傾向がみられた。サービス時に打点が低い選手は、回転量の少ないフラットサービスでスピードを重視するよりも、スピンサービスで回転量を増やし、ネットを超えて確実にコートに入れることが重要となる。身長の高い選手がより多くの回転をかけてサービスを打つことは当然のことと考えられる。

では15歳以下のB群の中でも身長の高い選手はどのようなサービスを打っていたのだろうか。B群には、身長180cm程度の選手が3名含まれていた。彼らは同程度の身長であるA群の選手に比べ、1st・2ndともにサービスの回転量は高値を示したが、サービススピードは低値であった(Fig. 4)。Brodyによると、ベースライン上2.67mの高さから打てば180km/hのフラットサービスは1°の誤差で済むという(Brody, 1987)。また引力やボールの流体力学を無視した場合、サービ

スを入れるためには最低2.74mの高さから打たなくてはならないという報告もある (Trabert and Hook, 1984; Brody, 1987). このようにスピード重視のフラットサービスは、ネットの高さや物理的な制約から、ある程度の身長がないと確率が下がってしまう。ラケットの長さは73.6cm未満という規定があり、2.74mの高さを基準に考えるとインパクト時におよそ2m程度の高さが求められる。サービスインパクト時に体幹に対する肩の位置は、外転位100°が合理的なフォームとされていることから (Fleisig et al., 2003), 180cm程度の身長はフラットサービスの確率を高めるためには必要条件と考えられる。以上のことから身長に恵まれた選手の場合、ある程度の回転量を与えれば、スピードを重視することが可能となる。これらを踏まえると、B群の中で身長の高い選手は、よりスピードを重視したサービスの打ち方をジュニア時代から身につけておくべきである。さらに先行研究から、身長の高いトップレベルの選手は1stサービスの回転量の変動幅が多いという報告がある (村松ほか, 2010)。回転量にバリエーションを与えることで、スピードや弾道に変化が生じるため、レシーバーは予測が困難になる。このことを踏まえると、B群で身長の高い選手は、現在の回転量を落とさずにスピードを向上させるサービスを目指すことが重要である。

本研究では、ラケットのスイングスピードは測定していないが、Chow et al.の報告によると、トップ選手の場合、2ndサービスと1stサービスのスイングスピードに有意差はないとされている (Chow et al., 2003)。スイングスピードが同じだとすると、スイングの方向でスピードに転化するか、回転量に転化するかを選手が選択していることになる。本研究では体力面と回転量に有意な相関がみられなかったことから、回転量に転化するスイングは、体力要因よりもむしろ技術的要因が関連すると考えられる。今後の課題として、スイングスピードの測定も検討しなくてはならない。

一方でサービスパフォーマンスの指標として代表的なスピードと体力との間には有意な相関が認められた。本研究の体力測定項目のうち、ステップングとシャトルランを除いた項目すべてが、サービススピードとの有意な相関を示し、総合的な体力指標であるPCA1との間にも有意な相関が認められた (Fig.3-1)。サービス動作は、下半身→体幹→上半身のコーディネーションが求められ (Bahamonde, 2000; Wong et al., 2014), 正しく主働筋を使わなければならない (Knudson

et al., 2004), 複雑である。これらの動作を身につけたうえで、さらにスピード向上のために関連部位の筋力、筋パワー、それらのコーディネーションを向上させていかななくてはならない。本研究結果でも、サービスにスピードを与えるためには、身体全体の筋量・筋パワーが必要であることが示唆された。

サービススピードと競技力との関連を報告した先行研究があるが、本研究でも2ndサービススピードと1試合あたりのJTAランキングポイント (JTA RP/1tournament) の間に有意な相関が認められた。実際のテニス競技力の指標としてランキングの利用を検討したが、テニスは年齢別のランキングシステムが適用されており、同じ指標で評価することは困難であった。JTA RPでは16歳以上のA群の選手のみであるが、同じ指標で最も多くの選手の比較が可能であったため、分析に利用した。今回1stサービススピードとJTA RPの間には相関が認められなかったが、今後は対象者数を増やしたうえでの再検討が必要である。ラケットとガットの改良に伴い、男子トップ選手のサービススピードは210km/hを超える時代になった (Kovacs, 2007)。競技力との関連性から、サービスは回転よりもスピードが重要だとすると (Fig. 5), 発育発達段階にあるジュニア選手のうちに、確実性を重視するスピンの技術だけではなく、スピードを重視するサービス技術を身につけておくことが望ましい。その後発育がおさまり筋力・筋パワーのトレーニング段階に入った時点でスピードにつながるサービスが打てるよう、サービス技術につながる身体の使い方を身につけておくことが、サービスパフォーマンス向上の一助となるだろう。

2. サービスパフォーマンス向上につながる運動様式について

サービススピードの向上には、身体全体の筋量・筋パワーが必要との示唆を得たが、走・跳・投のうち、どの運動様式による筋パワーが必要であるかについて、さらに検討を重ねた。重回帰分析の結果、1stサービススピードに有意な影響を与えた測定項目はMB投げであり、MB投げの記録がサービススピードに約66%貢献しているという結果であった。4種類の投げ方による合計記録から、1stサービススピードが予測可能という回帰式 ($Y = 1.16x + 100.24$ (x : MB投げ)) は、指導現場においても有用な情報になるのではないだろうか (Fig. 6)。例えばオンコートの課題を190km/hのサービスを打つことに設定した場合、オフコートで

のトレーニング課題をMB投げ4種類の合計が77.4mを超すことに設定するといった活用例につながる。実際にはサービスとMB投げとの相関が強いという結果だけで、必ずしもサービススピードの向上が約束されるわけではない。しかしオフコートでのトレーニングが、動作を洗練させ体力を向上させることを目的としているのであれば、このような課題設定はトレーニング現場において有用ではないだろうか。サービスとMB投げの動作を比較した場合、共通点として下半身→体幹→上半身への運動連鎖が挙げられる。テニスでは試合終盤にサービススピードの最速値が計測されることもめずらしくなく、全身を利用したサービス動作の重要性が理解されている (Kovacs and Ellenbecker, 2011)。したがって局所的な部位の強化やトレーニングというよりは、傷害予防の観点からも全身を利用したフォームの修得やトレーニング法が求められており、MB投げはトレーニング方法としては一般的なものである。本研究の結果は、このような実践現場に役立つ可能性が示唆される。以上のことをふまえ発育発達段階にあるジュニア時代から、下半身→体幹→上半身へのコーディネーションを利用した正しいMB投げのフォームを身に付け、その後、筋力・筋パワーへのトレーニングへと移行することが、間接的ではあるがスピードサービスの技術向上につながると考えられる。

本研究で使用したトラックマンは、選手の身体への侵襲的な負担が全くなく、かつ設置は簡易な測定機器である。サービスを打った直後にスピードと回転量が即座にフィードバックされ、測定機器でありながら、技術トレーニングへの利用価値が期待される。例えば主観的努力度の調整による回転量とスピードを客観的に測定することで、選手自身の感覚をチェックすることも可能である。また、選手が何%の努力度で放ったサービスが最も回転量とスピードを保っているか等、自身の努力度に対する効果を確認することも可能である。野球では、プロチームのスタジアムへの導入が進んでおり (読売新聞, 2017)、投球パフォーマンスのデータ蓄積が期待されている。テニスでも大会会場での設置やナショナルレベルの選手が練習で利用できるようにするなど、今後の利用拡大が期待される。

競技レベルとサービススピードとの有意な相関を示した報告は多々あるが (Ulbricht et al., 2015; Signorile et al., 2005; Mario and Marques, 2005)、本研究もこれらを支持する結果となった (Fig. 5)。体格で不利になることの多い日本人男子選手が世界で活躍するために

課題に挙げられることの多いサービスパフォーマンスであるが、スピードと体力との有意な関連性が明らかになった。特に、投動作の筋パワーとの関連が強いことから、正しいフォームでのMB投げを身に付け、そのうえでの筋力向上、筋パワーへの転化などが重要なステップであることが示唆された。また発育発達段階にあるジュニア選手であっても、スピード向上につながるサービスフォームの会得という技術トレーニングも検討すべきで、回転を与える技術とスピードを向上させる技術の両方をジュニア時代から身に付けておく観点が必要である。今後はラケットスイングスピードなどの計測も行い、回転を与える体力要因の検討も課題である。

V. 結論

本研究では、各年代トップレベル男子テニス選手を対象に、サービスのスピードと回転量を計測し、各体力との関連性から、サービスパフォーマンス向上につながる体力課題を検討した。主な結果は以下のとおりである。

1. 総合的な体力指標である第1主成分得点 (PCA1) とサービススピード (km/h) との間に有意な相関が認められた。一方で、回転量 (rpm) と体力には相関が認められなかった。
2. 走・跳・投型の測定項目のうち、1stサービススピードを予測できる項目は投型のMB投げであった。
3. MB投げ (4種目の合計値) の記録から、1stサービススピード (Y) を予測するための、 $Y = 1.16x + 100.24$ (x: MB投げ) という有意な回帰式が得られた ($r = 0.81, p < 0.01$)。

以上の結果から、体格で不利になることの多い日本人男子選手が世界で活躍するために課題に挙げられることの多いサービスパフォーマンスであるが、スピードと体力との有意な関連性が一層明らかになった。特に、投動作の筋パワーとの関連が強いことから、正しいフォームでのMB投げを身に付け、そのうえでの筋力向上、筋パワーへの転化などが重要なステップであることが示唆された。

謝辞

本研究には (公財) 日本テニス協会ナショナルジュニアチームの選手、コーチ・スタッフ (櫻井隼人様、池田亮様、染谷俊一様)、またユニバーシアード代表チームの選手、総監督右近

憲三様, 男子監督宮地弘太郎様, 女子監督道上静香様, 他コーチの皆様の多大なる協力をいただきました。ここに御礼申し上げます。

文 献

- Australian Sports Commission. (2000) Physiological Tests for Elite Athletes. *Human Kinetics*, 50-66, 128-144, 302-311, 383-403.
- Bahamonde RE (2000) Changes in angular momentum during the tennis serve. *Journal of Sports Science*, 18(8): 579-592.
- Brody, H. (1987). *Tennis Science for Tennis Players*. Philadelphia, PA: University of Pennsylvania Press.
- Chow J, Carlton L, Lim Y, Chae W, Shim J, Kuenster A and Kokubun K (2003) Comparing the pre- and post-impact ball and racquet kinematics of elite tennis players' first and second serves: a preliminary study. *Journal of Sports Sciences*, 21: 529-537.
- Cross R and Lindsey C (2005) *Technical tennis*. Racquet Tech Pub.
- Douglas, P. (1992). *The Handbooks of Tennis*. London: Pelhams Books.
- Fernandez-Fernandez J., Ellenbecker T, Sanz-Rivas D, Ulbricht A and Ferrauti A. (2013) Effect of a 6-week junior tennis conditioning program on service velocity. *Journal of Sports science of Medicine*, 12: 232-239.
- Ferrauti A and Baestaens K (2007) Short-term effects of light and heavy load interventions on service velocity and precision in elite young tennis players. *British Journal of Sports Medicine*, 41(11):750-753.
- Fett j., Ulbricht A, Wiewelhive T and Ferrauti A (2017) Athletic performance, training characteristics, and orthopedic indications in junior tennis Davis Cup players. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 12(1): 119-129.
- Fleisig GS, Nicholls R, Elliott B and Escamilla R. (2003) Kinematics used by world class tennis players to produce high-velocity serves. *Sports Biomechanics*, 2: 51-71.
- Girard O, Micallef JP and Millet GP. (2005) Lower-limb activity during the power serve in tennis: Effects of performance level. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37: 1021-1029.
- Groppe, J.L. (1992). *High Tech Tennis*. Champaign, IL: Leisure Press.
- Kibler WB. (2009) The 4000-watt tennis player: Power development for tennis. *Medicine and Science in tennis*, 14: 5-8.
- Knudson DV, Noffal GJ, Bahamonde RE, Bauer JA, Blackwell JR (2004) Stretching has no effect on tennis server performance. *Journal of Strength and Conditioning research*, 18(3): 654-656.
- Kovacs, M. (2007) *Tennis Physiology : Training the competitive athletes*. *Sports Medicine*, 37(3):189-198.
- Kovacs MS. and Ellenbecker TS. (2011) A performance evaluation of the tennis serve: implications for strength, speed, power and flexibility training. *Strength and Conditioning Journal*, 33(4):22-30.
- 小屋菜穂子・北村 哲・梅林 薫・宮地弘太郎・道上静香・細木祐子 (2014) テニス競技のナショナルジュニア選手に求められる体力評価の検討. *テニスの科学* 第22巻23-32.
- 小屋菜穂子・北村 哲・梅林 薫 (2015) 男子エリートテニス選手における体力・運動能力の発達に関する横断的研究. *コーチング学研究*, 28(2): 151-162.
- Mario A. Cardoso Marques (2005) Strength training in adult elite tennis players, *Strength and Conditioning Journal*, 27(5), 34-41.
- 村上俊祐・高橋仁大・村松 憲・佐藤文平・佐藤雅幸・小屋菜穂子・北村 哲・前田 明 (2016) ボール挙動測定器を用いたテニスのサービスのボール速度とボール回転数の解析の可能性. *スポーツパフォーマンス研究*, 8: 361-374.
- 村松 憲・高橋仁大・梅林 薫 (2015) 世界トップクラステニス選手のサービスにおける速度と回転量の関係について. *テニスの科学*, 23: 1-7.
- 村松 憲・池田 亮・高橋仁大・道上静香・岩嶋孝夫・梅林 薫 (2010) 世界ランキング50位以内のテニスプレーヤーの国際大会におけるサービス回転量について. *スポーツパフォーマンス研究*, 2: 220-232.
- Perry A, Wang X, Feldman B, Ruth T and Signorile J (2004) Can laboratory-based tennis profiles predict field tests of tennis performance? *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18: 136-143.
- Sakurai S, Jinji T, Reid M, Cuitenho C and Elliott B (2007) Direction of spin axis and spin rate of the ball in tennis service. *S197, Journal of Biomechanics*, 40(S2).
- 桜井伸二・神時 努・笹川 慶・塚田卓巳・山崎剛盛 (2007) ボールの回転と軌跡. *東海保健体育科学*, 29: 1-16.
- Sebolt, D.R. (1970) A stroboscopic study of the relationship of ball velocity and tennis performance. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 41: 182-188.
- Signorile, J.F., Sandler, D.J., Smith, W.N., Stoutenberg, M. and Perry, A.C. (2005) Correlation analyses and regression modeling between isokinetic testing and on-court performance in competitive adolescent tennis players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19, 519-526.
- Trabert, T. and Hook, J. (1984). *The Serve: Key to Winning Tennis*. New York: Dodd, Mead & Co.
- Ulbricht A, Fernandez-Fernandez J, Mendez-Villanueva A, Ferrauti A. (2015) Impact of Fitness Characteristics on Tennis Performance in Elite Junior Tennis Players. *Journal of Strength and Conditioning research*, 30(4): 989-998.
- Wilson (online) “トラックマン”とのコラボレーションで「ラケ」の威力& 効果が期待できる!
http://www.tennisclassic.jp/special/wilsonwebmagazine/products/s_racket/1404.html, (参照日2015年8月29日).
- Wong FK, Keung JH, Lau NM, Ng DK, Chung JW, Chow DH (2014) Effects of body mass index and full body kinematics on tennis serve speed. *Journal of Human kinetics*, 40(1): 21-28.
- 読売新聞 (2017) 一投一打レーダー分析. 3月18日朝刊.

平成29年6月21日受付
 平成29年11月30日受理

長距離選手の走行距離と有酸素性作業能の関係

— 5000m走記録の追跡 —

中澤 翔^{1,3)} 瀧澤一騎²⁾ 厚東芳樹³⁾ 山代幸哉¹⁾ 佐藤大輔¹⁾ 丸山敦夫¹⁾

The relationship of running distance and aerobic capacity in long distance runner: Follow-up of 5000m running performance

Sho Nakazawa^{1,3)}, Kazuki Takizawa²⁾, Yoshiki Koto³⁾, Koya Yamashiro¹⁾,
Daisuke Sato¹⁾ and Atsuo Maruyama¹⁾

Abstract

The purpose of this study was to clarify the relationship between running distance over an 8-month period and both 5000 m running performance and aerobic capacity ($\dot{V}O_2\text{max}$, $\dot{V}O_2\text{VT}$, running economy). The 8-month study period was divided into two segments of 4 months each. It was found that long-distance athletes could run 5000 m in about 15 min 30 s. The analysis also confirmed the following: (1) athletes that ran longer distances in the 8-month period had better 5000m times; (2) they had higher $\dot{V}O_2\text{VT}$; and (3) athletes whose distances were longer in the first half of the study period had better $\dot{V}O_2\text{VT}$ and 5000m records in the second half of the period. The anaerobic threshold reached a higher level in runners with greater training distance, resulting in an improvement in race results. Furthermore, based on the fact that the distance run in the first four months effects on $\dot{V}O_2\text{VT}$ and 5000 m running times in the latter four months, this study demonstrates the possibility of training effects occurring after a certain latency period. The results implicated that it was important to track running distances as an indicator of race performance.

Key words: running distance for 8 months, $\dot{V}O_2\text{VT}$, 5000m running performance

8ヶ月間の走行距離, 換気性閾値, 5000m走記録

I. 緒言

長距離走トレーニングは、走行距離を重視する持続トレーニングと走速度を重視するインターバルトレーニングとに大別できる(山地・橋爪, 1999)。長距離走トレーニングは、走行距離を重視すると走速度は遅くなりトレーニング強度は低くなるが、逆に走速度を重視するとトレーニング強度は高くなり走行距離は少なくなるというトレードオフの関係にある(瀧澤・山地, 2008)。

いずれにしても、トレーニング現場では走行距離と走速度のどちらを重視するかは指導者が選手の現状から判断・決定し行っている。こうした中で、走行距離

を重視したコーチングに関する研究が数多く報告されている。

野呂(2010)は、大学駅伝で活躍している長距離選手の場合、1年間の平均月間走行距離を約700-800kmに達するように行われていたことを報告している。松田ほか(2001)は、日本インカレ5000m2連覇や大学駅伝の全国大会で区間賞を何度も獲得した永田選手のトレーニング法について着目した。そこでは、大学4年間で年次毎に走行距離を増加しており、走行距離の増加に比例して競技成績が向上したと報告している。藤田(2000)は、自身のトレーニング内容をまとめ、長距離走トレーニングのあり方を事例的に検討した結果、走行距離の増加に比例して競技成績が向上したと

-
- 1) 新潟医療福祉大学健康科学部健康スポーツ学科
Department of Health and Sports, Niigata University of Health and Welfare
2) 一般社団法人 身体開発研究機構
Institute of Physical Development Research
3) 北海道大学大学院教育学院
Graduate School of Education, Hokkaido University

推察している。家吉ほか (2014, 2015) は、男女長距離選手を対象に1ヶ月間の走行距離 (470 ± 51km, 490 ± 66km) と5000m走記録との間に有意な関係があったことを認めている。これらの結果は、走行距離が選手の競技成績と密接に関係していることを示唆している。

一方、走速度を重視したコーチングに関する研究はほとんど認められていないのが現状である。このことは、いずれの研究者も走行距離を重視したトレーニングの方が競技成績が向上するという経験的な仮説を有していた可能性を示唆している。佐々木 (1984) も、long slow distance (以下「LSD」と略す)の方が走速度を重視したインターバルトレーニングよりも競技成績が向上する傾向にあり、こうした持続トレーニングの方が重要であるという知見を指導現場から獲得していた。

これらより、トレーニング現場では走行距離と走速度のどちらを重視するかの結論は出ておらず、経験的には前者の方が重要であると捉えられてきたことがわかる。しかしながら、いずれも長距離走と競技成績との関係にとどまっているが、それに加えて走行距離と生理的要因の関係を知ることはコーチング学的意義がある。その背景から、走行距離と有酸素性作業能との関係を検討した研究も行われている。

長距離走のトレーニング法と有酸素性作業能 (最大酸素摂取量: $\dot{V}O_{2max}$, 無酸素性作業閾値: AT, 走の経済性: RE) に関する研究として、長崎 (2001) は、LSD中心のトレーニング期とスピード練習中心のトレーニング期をそれぞれ1ヶ月間実施して $\dot{V}O_{2max}$ およびATを比較した。その結果、LSDトレーニング期のAT値はスピードトレーニング期の値よりも高くなると報告した。丸山と美坂 (1983) は、大学長距離選手を対象に7-8週間の持続トレーニングを行わせた結果、70% $\dot{V}O_{2max}$ 以上の強度で110km/週以上の距離を走行した選手の $\dot{V}O_{2AT}$ が約5%増加したことを報告した。Gorostiaga et al. (1991) は、トレーニング量が同等になる持続トレーニングとインターバルトレーニングの効果を有酸素性作業能や筋酵素活性の観点から比較した。その結果、持続トレーニングでは一定速度での酸素摂取量 (以下「 $\dot{V}O_2$ 」と略す) 低下と酸化系酵素活性増加が、インターバルトレーニングでは $\dot{V}O_{2max}$ 増大と解糖系酵素活性増加が起これ、トレーニング特性による生理的反応の違いを明らかにした。これらの研究結果は、トレーニング法の違いが代謝系への生理的反応を変えることを示している。しかし、

このようなトレーニング法と有酸素性作業能に関する研究 (丸山・美坂, 1983; Gorostiaga et al., 1991; 長崎, 2001) は、いずれも1-2ヶ月程度と比較的短期間であった。

長期の研究として、 $\dot{V}O_{2max}$, AT, REと5000m走記録等を8ヶ月-5年間にわたって追跡した研究はいくつか挙げられる (山地・宮下, 1975; 小原, 1990; 満園ほか, 1997; Jones, 1998)。3年間 (山地・宮下, 1975) あるいは5年間 (Jones, 1998) の追跡研究では、どちらも競技成績は有意に向上したが、 $\dot{V}O_{2max}$ に有意な増加は認められなかった。1年間のREの追跡ではREは有意に向上したが、5000mおよび10000m走記録は向上しなかった (満園ほか, 1997)。小原 (1990) は8ヶ月間のトレーニング期を通した $\dot{V}O_{2max}$ や換気性閾値 (以下「VT」と略す) の変化が競技成績と有意な関係があることを示した。この結果から、 $\dot{V}O_{2max}$ やAT (VT) 増大が競技成績の向上に貢献すると示唆された。一方、長期の追跡研究ではトレーニング内容について触れられていないことが多く、トレーニングと有酸素性作業能あるいは競技成績の関係については明らかでない。長期にわたるトレーニング内容と有酸素性作業能との関係を明確にすることは、コーチング学的意義が高く、その資料はトレーニング現場の指導に寄与する貴重なものとなりうる。

長距離選手は大部分を長時間継続できる中程度の強度でトレーニングし、高強度のトレーニング量は必然的に少なくなってしまうと指摘されている (荻田, 2009)。また、桑原ほか (1990) は、国内一流長距離、マラソン選手を対象にすると、1年間の全走行距離に対する71.3%はLSDやjog等の持続トレーニングであったと報告している。長距離走トレーニングは、時間走や距離走、LSDなどの走行距離を重視するトレーニングが多く、走行距離をトレーニングの目安としている傾向があり (藤田, 2000)、指導者はトレーニング内容の蓄積や競技記録の変化を把握している。先述したように、指導現場では走行距離が多い選手は競技成績が良いという経験的な仮説がある。その仮説を検証できるように、本研究ではトレーニング負荷の指標を走行距離のみとした。走行距離と有酸素性作業能さらに競技成績との関係を明確にすることは、指導者がトレーニングメニューを作成する際に有益になる。また、コーチング学の視点から、継続的なトレーニング内容の把握、特に走行距離と競技成績の関係、さらにそれを裏付ける走行距離と有酸素性作業能の関係を追跡することは重要である。そこで本研究は、大学男子

長距離選手を対象に8ヶ月間における走行距離が $\dot{V}O_{2max}$ 、VT出現時の $\dot{V}O_2$ (以下「 $\dot{V}O_2VT$ 」と略す)、REおよび5000m走記録とどのような関係にあるか検討することを目的とした。

II. 方法

1. 被験者

被験者は大学の陸上競技部に所属している男子長距離選手10名であった。このうち、3名の被験者が期間の途中で競技引退を理由にトレーニングを中断し、有酸素性作業能を測定することができなかった。そのため、3名を除外した7名を分析対象とした。被験者の身体的特性を表1に示した。被験者の5000m最高記録は14分55秒-16分20秒の範囲であったため、大学長距離選手の競技水準としては低-中程度であった。被験者には、リディアード (1993) が提示している160km/週の走行距離を目標としてトレーニングさせた。本実験はヘルシンキ宣言に基づく本学の倫理委員会の承認を得て実施された。

2. 実験期間と手順

走行距離および競技成績の追跡は2012年4-11月までの8ヶ月間とし、有酸素性作業能を6月と11月に測定した。また、トレーニング管理シートに走行距離を記入させた。走行距離はウォーミングアップ、クーリングダウンを含まないメイントレーニングのみ (朝練習などの副練習は含む) とした。ウォーミングアップ、クーリングダウンを含まなかった理由として、リディアード (1993) は本練習のみで160km/週の走行距離としていたため、本研究ではウォーミングアップやクーリングダウンは含めなかった。実験期間の8ヶ

月間にわたる総走行距離を8ヶ月間走行距離、4-7月までを前半期走行距離、8-11月までを後半期走行距離とした。競技成績は試合における5000m走記録を月ごとに記録していった。8ヶ月間の試合で最も良い記録をシーズン最高記録とし、4-7月までの最高記録を前半期5000m走記録、8-11月までの最高記録を後半期5000m走記録とした。 $\dot{V}O_{2max}$ 、 $\dot{V}O_2VT$ 、REは、6月の結果を前半期 $\dot{V}O_{2max}$ 、 $\dot{V}O_2VT$ 、RE、11月の結果を後半期 $\dot{V}O_{2max}$ 、 $\dot{V}O_2VT$ 、REとした。

3. 有酸素性作業能

$\dot{V}O_{2max}$ および $\dot{V}O_2VT$ の測定は、斜度1%のトレッドミル走による速度漸増負荷法で行った。8km/hの走速度で3分間走行した後に1分1km/hずつ速度を増加し被験者が疲労困憊に至るまで走行させた。走行中の $\dot{V}O_2$ 、二酸化炭素排出量 ($\dot{V}CO_2$)、換気量 ($\dot{V}E$) を呼気ガス分析装置 (呼気ガス代謝モニター-CPEX-1, breath by breath, インターリハ社製) で測定した。

$\dot{V}O_{2max}$ の決定には① $\dot{V}O_2$ のプラトー現象の発現、②呼吸商 (RQ) > 1.0-1.5、③心拍数 > 最大心拍数 - 10bpmを用いた。測定した $\dot{V}O_2$ を30秒ごとに平均し、30秒間あたりの $\dot{V}O_2$ の最高値を $\dot{V}O_{2max}$ とした。 $\dot{V}O_2VT$ は、1分平均によって求めた $\dot{V}O_2$ に対する $\dot{V}CO_2$ の関係をグラフにし、直線から非直線になった点とした (V-slope法)。

REの測定は、16km/h走速度で6分間の一定速度負荷法を行った。走行中の $\dot{V}O_2$ を測定し、 $\dot{V}O_2$ が定常状態になった走行開始の3-6分目を平均し $\dot{V}O_216km$ とした。走速度を16km/hに設定したのは、REを測定する時の代表的標準スピードが268m/min (= 16km/h) であるためである (勝田ほか, 1986; Jones, 1998; 丸山, 2004; 大下・満園, 2009)。

4. 統計

すべての値を平均値±標準偏差で示した。実験期間の8ヶ月間を前半期 (4-7月) と後半期 (8-11月) に分け、走行距離、5000m走記録、各有酸素性作業能の前半期および後半期において対応のある両側の student-*t* 検定を行った。また、走行距離 (前半期、後半期、8ヶ月間)、5000m走記録 (前半期、後半期、シーズン最高)、 $\dot{V}O_{2max}$ 、 $\dot{V}O_2VT$ 、RE (前半期、後半期) の相互関係を検討するために Pearson の相関係数および直線回帰を行った。すべての項目について、有意水準は5%未満 ($p < 0.05$) とした。

表1 被験者特性

	年齢 (y.o.)	身長 (cm)	6月体重 (kg)	11月体重 (kg)
A	21	168	57.4	57.8
B	21	166	56.0	55.4
C	21	169	61.0	60.8
D	20	169	54.6	55.6
E	20	170	58.1	57.4
F	20	174	57.0	56.0
G	19	173	59.1	59.6
平均	20.3	169.9	57.6	57.5
標準偏差	0.7	2.6	1.9	1.9

Ⅲ. 結果

1. 走行距離と $\dot{V}O_2VT$ の関係

後半期走行距離と後半期 $\dot{V}O_2VT$ の間に $r = 0.816$ ($p < 0.05$) の有意な相関が認められ (図1-A), 走行距離の多い選手ほど $\dot{V}O_2VT$ が高いことが示された. また, 前半期走行距離と後半期 $\dot{V}O_2VT$ に $r = 0.964$ ($p < 0.01$) と高い有意な相関が認められ (図1-B), 前半期走行距離が後半期 $\dot{V}O_2VT$ に影響を与えていた.

2. 走行距離と5000m走記録の関係

8ヶ月間走行距離と5000mシーズン最高記録の間に $r = -0.853$ ($p < 0.05$) の有意な相関が認められ (図2-A), 走行距離が多い選手ほど5000mシーズン最高記録が良いことが示された. また, 前半期走行距離と後半期5000m走記録に $r = -0.948$ ($p < 0.01$) の相関が認められ (図2-B), 前半期走行距離が後半期の5000m走記録に影響を与えていた.

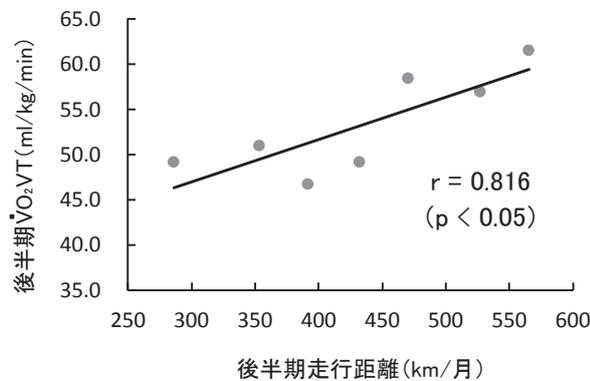
3. 走行距離, 5000m走記録, 有酸素性作業能の推移

前半期および後半期の走行距離 (前半期421.8km/月, 後半期432.3km/月), 5000m走記録 (前半期15分52秒, 後半期15分32秒), $\dot{V}O_2max$ (前半期65.3ml/kg/min, 後半期66.9ml/kg/min), $\dot{V}O_2VT$ (前半期52.4ml/kg/min, 後半期53.2ml/kg/min), $\dot{V}O_216km$ (前半期56.7ml/kg/min, 後半期53.6ml/kg/min) の各被験者の値と平均値を表2に示す. すべての測定項目において有意な差は認められなかった. また, 走行距離において被験者Dの8月 (106km/月), 被験者Fの9月 (58km/月) は障害によってトレーニングできなかった期間があり, 月間走行距離が極端に少なくなった.

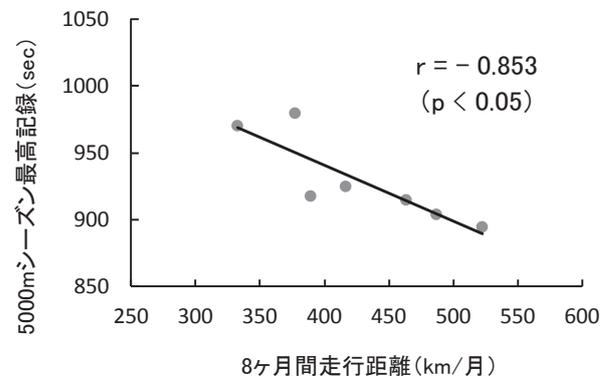
4. 6月測定以降の5000m最高記録と直近1-4ヶ月間の走行距離の関係

6月測定以降の5000m最高記録と直近1-4ヶ月間の走行距離の関係について表3に示した. 5000m走記録と2ヶ月間の走行距離に $r = -0.881$ ($p < 0.01$), 3ヶ月間の走行距離に $r = -0.879$ ($p < 0.01$), 4ヶ月間の走

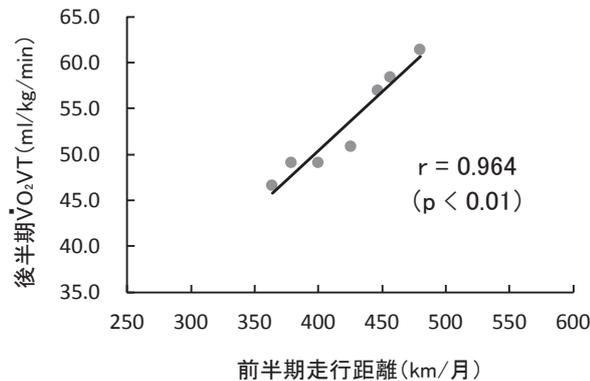
A. 後半期走行距離と後半期 $\dot{V}O_2VT$ の関係



A. 8ヶ月間走行距離と5000mシーズン最高記録の関係



B. 前半期走行距離と後半期 $\dot{V}O_2VT$ の関係



B. 前半期走行距離と後半期5000m走記録の関係

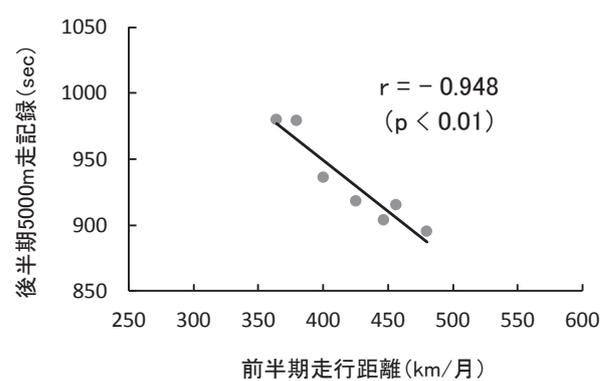


図1 走行距離と $\dot{V}O_2VT$ の関係

図2 走行距離と5000m走記録の関係

表2 走行距離, 5000m走記録, 有酸素性作業能の推移

	走行距離 (km/月)			5000m走記録 (sec)			$\dot{V}O_2\max$ (ml/kg/min)		$\dot{V}O_2VT$ (ml/kg/min)		$\dot{V}O_216km$ (ml/kg/min)	
	前半期	後半期	8ヶ月間	前半期	後半期	シーズン	6月	11月	6月	11月	6月	11月
A	480	565	523	924	895	895	70.3	72.5	59.8	61.4	55.5	58.0
B	447	527	487	911	904	904	65.3	62.3	55.9	56.9	54.8	49.8
C	457	471	464	953	915	915	69.5	73.4	57.6	58.4	57.2	56.1
D	426	354	390	955	918	918	65.4	71.0	51.8	50.9	54.8	56.1
E	401	432	416	925	936	925	60.1	62.9	46.3	49.1	54.0	51.5
F	379	286	333	970	979	970	68.5	63.9	51.5	49.1	59.6	56.3
G	364	391	378	1,027	980	980	57.8	62.5	43.6	46.6	60.7	47.5
平均	421.8	432.3	427.0	952.1	932.4	929.6	65.3	66.9	52.4	53.2	56.7	53.6
標準偏差	42.5	97.8	67.0	39.1	34.6	32.6	4.8	5.1	5.9	5.6	2.6	4.0

表3 6月測定以降の5000m最高記録と直近1-4ヶ月間の走行距離の関係

	6月測定以降5000m最高記録		
	r	p	
直近1ヶ月間の走行距離	-0.742	0.056	<i>n.s.</i>
直近2ヶ月間の走行距離	-0.881	$p < 0.01$	
直近3ヶ月間の走行距離	-0.879	$p < 0.01$	
直近4ヶ月間の走行距離	-0.757	$p < 0.05$	

走行距離に $r = -0.757$ ($p < 0.05$) の有意な相関が認められた。

5. 走行距離増減による5000m走記録, 各有酸素性作業能の変化値

走行距離や $\dot{V}O_2VT$, 5000m走記録の相関関係が成立したことから, 前半期から後半期にかけて走行距離が

増加, 減少した選手をグループに分け, より詳細に分析した。走行距離, 5000m走記録, 各有酸素性作業能の前後変化(後半期-前半期)について表4に示した。前半期から後半期にかけて走行距離が増加した5名(被験者A, B, C, E, G)の変化値は走行距離が 47.7 ± 32.8 km/月増加し, 5000m走記録が 22.0 ± 23.7 秒向上, $\dot{V}O_2VT$ は 1.8 ± 1.0 ml/kg/min向上が見られた。走行距離が減少した2名(被験者D, F)の変化値は走行距離が 82.5 ± 14.8 km/月減少し, 5000m走記録が 14.0 ± 32.5 秒向上, $\dot{V}O_2VT$ は 1.2 ± 0.4 ml/kg/min低下が見られた。

6. 4-6月から7-11月にかけての走行距離および各有酸素性作業能の変化量

4-6月から7-11月にかけての走行距離の変化量と各有酸素性作業能の変化量の関係について表5に示した。走行距離と各有酸素性作業能の間に有意な相関関係は認められなかったが, 相関係数には差が見られた。すなわち, 走行距離と $\dot{V}O_2\max$ ($r = -0.103$, *n.s.*)

表4 走行距離増減による5000m走記録および各有酸素性作業能の変化値

		走行距離 (km/月)	5000m走記録 (sec)	$\dot{V}O_2\max$ (ml/kg/min)	$\dot{V}O_2VT$ (ml/kg/min)	$v\dot{V}T$ (ml/min)	$\dot{V}O_216km$ (ml/kg/min)
		前半期→後半期	前半期→後半期	前半期→後半期	前半期→後半期	前半期→後半期	前半期→後半期
走行距離増加	A	85.3 ↑	29 ↑	2.2 ↑	1.6 ↑	5.8 ↑	2.5 ↑
	B	80.5 ↑	7 ↑	3.0 ↓	1.0 ↑	17.4 ↑	5.0 ↓
	C	14.0 ↑	38 ↑	3.9 ↑	0.7 ↑	1.7 ↓	1.1 ↓
	E	31.5 ↑	11 ↓	2.8 ↑	2.7 ↑	23.1 ↑	2.5 ↓
	G	27.3 ↑	47 ↑	4.7 ↑	3.1 ↑	30.6 ↑	13.2 ↓
平均	47.7 ↑	22.0 ↑	2.1 ↑	1.8 ↑	15.0 ↑	3.9 ↓	
標準偏差	32.8	23.7	3.9	1.0	13.0	5.9	
走行距離減少	D	72 ↓	37 ↑	5.6 ↑	0.9 ↓	8.1 ↑	1.2 ↑
	F	93 ↓	9 ↓	4.6 ↓	1.5 ↓	3.8 ↓	3.3 ↓
平均	82.5 ↓	14.0 ↑	2.8 ↑	1.2 ↓	2.2 ↑	1.1 ↑	
標準偏差	14.8	32.5	6.9	0.4	8.4	3.2	

表5 4-6月から7-11月にかけての走行距離および
各有酸素性作業能の変化量

	4-6月と7-11月の走行距離の変化量		
	<i>r</i>	<i>p</i>	
$\dot{V}O_2\text{max}$	-0.103	0.826	<i>n.s.</i>
$\dot{V}O_2\text{VT}$	0.752	0.051	<i>n.s.</i>
$\dot{V}O_2\text{16km}$	-0.248	0.592	<i>n.s.</i>

および $\dot{V}O_2\text{16km}$ ($r = -0.248$, *n.s.*) の間の相関係数は低かったが、 $\dot{V}O_2\text{VT}$ との間の相関係数は $r = 0.752$ ($p = 0.051$, *n.s.*) と比較的高い値を示した。

IV. 考 察

走行距離が多い選手は競技成績が良いという本研究の結果は, Scrimgeour et al. (1986), 家吉ほか (2014, 2015) の研究と同様であった。家吉ほか (2014, 2015) は, 1ヶ月間という比較的短い期間の走行距離と競技成績に相関が認められたと報告した。本研究では8ヶ月間という長期間での平均走行距離390-470km/月(97.5-117.5km/週)と5000mシーズン最高記録との間に密接な相関が認められ, 8ヶ月の間に多くの距離を走行できる能力は5000m走記録を決定する一要因になりうると示唆された。また, Scrimgeour et al. (1986) は, マラソンまたはウルトラマラソンの選手を対象に, 週間走行距離を①60km以下, ②60-100km, ③100km以上の3グループに分け9週間トレーニングさせた。その結果, 一番走行距離の多い100km/週以上のグループが他のグループよりも10-90km走の競技成績が良かったと報告した。リディアード (1993) は, 自身の指導経験からATよりやや低い強度で160km/週が有酸素能力を向上させると報告した。本被験者の走行距離はScrimgeour et al. (1986) のほぼ③に相当するが, リディアードが示す160km/週(640km/月)には及ばなかった。目標達成できなかった要因として, 被験者間で5000m14分55秒-16分20秒と競技レベルに差があったにもかかわらず全員に160km/週という目標を設定したことが挙げられる。リディアード (1993) は, 必ずしも160km/週の走行距離が良いというわけではないと述べており, リディアード方式の本質について述べた小松 (2005) は, 160km/週の数字に捉われすぎずに個々の体調等によって決定したほうが良いと指摘している。したがって, 指導者が選手の週間走行距離を規定する際には,

競技レベルや選手の体調によって個別に目標の走行距離を規定する必要があると推察される。目標の走行距離に達することはできなかったが, 本研究は実際に行われたトレーニングの追跡研究だったため, より実践現場に近い結果が得られたと言えるだろう。

本研究の結果, 走行距離が多い選手は $\dot{V}O_2\text{max}$ や $\dot{V}O_2\text{16km}$ よりも $\dot{V}O_2\text{VT}$ がより優れていることが認められた。5000m以上の種目において $\dot{V}O_2\text{VT}$ は $\dot{V}O_2\text{max}$ よりも競技成績との相関が高いことが報告されている(Tanaka et al., 1981; kumagai et al., 1982; 駒井ほか, 1991)。長崎 (2001) は, LSDのような低強度で走行距離を増加するトレーニングでAT (VT) が向上すると報告した。このことから, 走行距離を多くできる選手ほど $\dot{V}O_2\text{VT}$ の向上が認められることになるだろう。また, LT (VT) は, 筋の呼吸能力($\dot{Q}O_2$)や筋線維組成に占めるST線維の割合(%ST) (Ivy et al., 1980), ミトコンドリア量や毛細血管密度 (Tesch et al., 1981) などと密接に関係しており, 筋の酸化系要因と深く関わる。Gorostiaga et al. (1991) は, 持続トレーニングを行った結果, 一定速度での $\dot{V}O_2$ 低下と酸化系酵素活性増加を指摘した。筋の酸化系酵素活性増加も $\dot{V}O_2\text{VT}$ 向上に貢献している。また, 鍛錬者の競技成績は, $\dot{V}O_2\text{max}$ の伸びが止まってしまった後でも向上し続けることから, AT (VT) は $\dot{V}O_2\text{max}$ よりもトレーニングに対する感受性(変化)が高いと示唆されている(荻田, 2009)。したがって, 本研究の8ヶ月間の走行距離追跡からも $\dot{V}O_2\text{VT}$ 向上に向けた走行距離重視のトレーニングの意義は大きいと考えられる。

$\dot{V}O_2\text{max}$ と走行距離および5000m走記録との関係性は認められなかった。 $\dot{V}O_2\text{max}$ と競技成績の関係については3-5年にわたる長期間の研究においては, 競技成績は有意に向上したが $\dot{V}O_2\text{max}$ は変化しなかった(山地・宮下, 1975; Jones, 1998)。本研究の結果は先行研究と同様に, よくトレーニングされている選手ほど $\dot{V}O_2\text{max}$ が増加しにくいことを示している。

REと走行距離および5000m走記録との関係性は認められなかった。Billat et al. (2003) は, ケニア人長距離選手を $v\dot{V}O_2\text{max}$ ($\dot{V}O_2\text{max}$ が出現した時の走速度)以上のトレーニング群と $v\dot{V}O_2\text{max}$ 以下のトレーニング群に分けて比較したところ, $v\dot{V}O_2\text{max}$ 以上群の方が $v\dot{V}O_2\text{max}$ 以下群よりも10km走記録が良かった。この記録の違いはREの違いであると示唆している。REはバイオメカニクスの要因の貢献が大きいという報告もあることから (Williams and Cavanagh, 1987), REを向上するためには効率の良いランニングフォームを

するためのアプローチが有効であると推察される。したがって、REは走行距離との関係を検討するのが難しいと考えられる。

走行距離との相互関係を見ていくと、前半期走行距離と後半期 $\dot{V}O_2VT$ に $r=0.964$ ($p<0.01$)、前半期走行距離と後半期5000m走記録に $r=-0.948$ ($p<0.01$)と密接な関係が認められた。この結果は、前半期における走行距離のトレーニング効果が後半期の $\dot{V}O_2VT$ および5000m走記録に反映していることを示唆している。トレーニングの実践報告で、藤田(2000)は大学1年次の7月に639km/月、8月に659.6km/月の走り込みができたため秋の5000m、10000mで自己最高記録を大幅に更新したと回想した。7月および8月の走行距離の効果が、数ヶ月後の競技成績の向上に影響していると考えられる。同様に、日本トップ選手として活躍した永田も、大学4年次の7月に過去最高の1057km/月を走行することができたため、全日本インカレ5000m優勝やその後の大学駅伝で区間新記録達成につながったと報告した(松田ほか, 2001)。本研究の結果は、対象とする走行距離の違いはあるが、前半期走行距離の成果が後半期の $\dot{V}O_2VT$ と5000m走記録に影響を与えていると考えられる。

また、鍛錬期に入る8月を除けば、9-11月の走行距離が390.7-424.0km/月と低く、この時期に試合期のテーパリング調整の要素が含まれていると推察される。テーパリングの研究としてHoumard et al. (1990)は、長距離選手10名を対象に4週間のトレーニング(週81km, 月換算324km)の後に、走行距離を70%減少させた3週間のテーパリング(週24km, 月換算96km)を行った。その結果、5000m走記録に変化は見られなかったが、800mと1マイル走記録の成績が向上したと報告した。同様にHoumard et al. (1994)は、長距離選手を対象に7日間で走行距離を85%減少させたテーパリング後に、5kmの競技成績が向上した(テーパリング前17分16秒 2 ± 30.6 秒, テーパリング後16分46秒 8 ± 28.2 秒)。また、Tonnessen et al. (2014)は、世界トップレベルのクロスカントリースキー選手およびバイアスロン選手11名を対象にした実践報告で、6週間以前のトレーニング量(時間)を100%とした時、6-2週前に24%減少、2-1週間前に29%減少、最終週で35%減少のテーパリング調整を行い、その結果、メダル獲得につながったと指摘した。このように、テーパリング期間ではトレーニング量の減少が競技成績を高めることを指摘している。本研究においても前半期平均走行距離421.8km/月を基準にすると後半期

の変化分は9月3.5%および10月7.4%とわずかであるが減少した。この距離の減少がテーパリングに相当し、5000m走記録で約20秒向上し、後半期の競技記録との関係が密接になったのではないかと推察される。

個人別走行距離増減による5000m走記録、各有酸素性作業能の変化を見ていくと、走行距離増加の5名は $\dot{V}O_2VT$ が約3.4%増加した。一方、走行距離減少の2名はどちらも $\dot{V}O_2VT$ が低下した。7-8週間の長距離走トレーニングで $\dot{V}O_2AT$ は約5%増加し(丸山・美坂, 1983)、40週間のバイクトレーニングではVTが10%増加したと報告されていた(Denis et al., 1982)。このように本研究のような実践的なトレーニングでも、走行距離の増加分を抜き出してみると他の報告と同様な値がみられ、長期間の走行距離追跡が生理的に裏付けられ意義あるものと考えられる。以上のことから、前半期の走行距離が後半期 $\dot{V}O_2VT$ や競技成績に好影響を与えたと推察される。

走行距離減少の2名は、障害によってトレーニングできなかった期間があり、前半期よりも後半期の方が月間走行距離は少なくなってしまうが、被験者Dは前半期から後半期にかけて5000m走記録が37秒向上し、被験者Fは9秒低下に抑えていた。また、被験者Gは大学1年生で4月以降から本格的なトレーニングを実施した。したがって、トレーナビリティが高かったことが推察され、 $\dot{V}O_2$ 16kmは前半期60.7ml/kg/minから後半期47.5ml/kg/minと大きな改善が見られ、5000m走記録においても前半期から後半期にかけて47秒の大幅な向上が見られた。

4-6月から7-11月にかけての走行距離の変化量と各有酸素性作業能の変化量の間には統計的には有意ではなかったものの、走行距離の変化量と $\dot{V}O_2VT$ の変化量の高相関係数が認められた。この結果は、走行距離を増加させることによって $\dot{V}O_2VT$ が向上する可能性を縦断的データからも明らかにするものであり、今後、被験者の数を増やして再検討する必要がある。

また、本研究はいくつかの課題が挙げられる。まず、トレーニング負荷の指標は定量化しやすい走行距離のみであった。長距離走トレーニングにおける走行距離と走速度はトレードオフの関係にあることから、走行距離が多い選手は走速度が遅いLSDのようなトレーニングになることが予測される。したがって、今後は走速度との関係にも着目して走行距離と $\dot{V}O_2VT$ および競技成績の関係を分析する必要がある。また、本実験は10名の被験者で開始したが、競技引退の理

由により8ヶ月間のトレーニングを継続できた被験者は最終的に7名であった。このことから、競技現場における縦断的な追跡研究の困難さが窺われ、被験者確保も一つの課題となると考えられる。

V. コーチング学への貢献

本研究の結果から、走行距離と競技成績との間に関係性が認められた。しかし、走行距離を増加することだけを念頭においてトレーニングするのであれば、LSDのような低強度・長時間のトレーニングのみを行っていただければ良い。本研究の被験者は、トラック練習が組み込まれた同一のトレーニングメニューを実施した中で160km/週の走行距離を目標としてトレーニングを行っていた。したがって、トレーニング強度に多少のばらつきはあるものの、ある程度の強度を維持しつつ、走行距離を増加することで競技成績が向上することが示唆された。

また、前半期4ヶ月間の走行距離が後半期4ヶ月にトレーニング効果として現れることが示唆された。現場の指導者は、鍛錬期に走行距離を増やすような持続トレーニングで有酸素能力を向上させ、目標とする試合に近づくにつれ走速度を上げていくようなインターバルトレーニング等を増やしていくことを提唱している(リディアード, 1993)。このような現場サイドでの知見が研究サイドから証明できたことはコーチング学への貢献につながると推察される。また、指導者が1年間のトレーニング計画の中で期分けを明確にし、選手の走行距離を把握していることが競技成績向上に繋がると提案できる。

本研究において被験者の競技レベルは5000m走記録の平均で約15分30秒であり、大学長距離選手としては低-中程度の競技水準であった。この競技レベルの選手を対象にすると、走行距離の多い選手ほどAT(VT)が高く、その生理的背景から5000m走記録に影響を与えていたと考えられる。このレベルから、さらなる記録の向上へ繋げるには、月に600-800kmの走行距離が要求されるが、このレベルになるには選手の強い情熱と指導者の長期にわたるトレーニング計画の立案が必要となるだろう。

VI. 結論

本研究は、大学男子長距離選手を対象に8ヶ月間にわたり走行距離、5000m走記録、有酸素性作業能を

追跡的に記録し、走行距離と5000m走記録および有酸素性作業能との関係性について検討した。その結果、(1)8ヶ月間の走行距離が多い選手ほど5000m走記録が良いことが認められた。(2)走行距離が多い選手ほど $\dot{V}O_2VT$ が高いことが認められた。(3)前半期の走行距離が多い選手ほど後半期の $\dot{V}O_2VT$ および5000m走記録が良いことが認められ、走行距離が有酸素性作業能や競技成績に対する遅延効果として現れることが示唆された。以上の結果から、5000m平均記録が15分30秒のような低-中程度の競技レベルの選手を対象にすると、走行距離の多い選手ほど $\dot{V}O_2VT$ が高く、5000m走記録が良くなることが認められたため、走行距離はトレーニング評価の指標として有効である。

文献

- Billat, V., Lepretre, P.M., Heugas, A.M., Laurence, M.H., Salim, D., and Koralsztein, J.P. (2003) Training and bioenergetic characteristics in elite male and female Kenyan runners. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35(2): 297-304.
- Denis, C., Fouquet, R., Poty, P., Geysant, A., and Lacour, J.R. (1982) Effect of 40 weeks of endurance training on the anaerobic threshold. *International Journal of Sports Medicine*, 3(4): 208-214.
- 藤田敦史 (2000) 2つの学生新記録を樹立した4年間のトレーニング実績。陸上競技研究, 42(3): 22-43.
- Gorostiaga, E.M., Walter, C.B., Foster, C., and Hickson, R.C. (1991) Uniqueness of interval and continuous training at the same maintained exercise intensity. *European Journal of Applied Physiology*, 63(2): 101-107.
- Houmard, J.A., Costill, D.L., Mitchell, J.B., Park, S.H., Hickner, R.C., and Roemmich, J.N. (1990) Reduced training maintains performance in distance runners. *International Journal of Sports Medicine*, 11(1): 46-52.
- Houmard, J.A., Scott, B.K., Justice, C.L., and Chenier, T.C. (1994) The effects of taper on performance in distance runners. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 26(5): 624-631.
- 家吉彩夏・松村 勲・山本正嘉 (2014) 長距離走選手のトレーニング評価指標としての「ランニングポイント」の提案。ランニング学研究, 25(1): 29-37.
- 家吉彩夏・増本和之・森 寿仁・松村 勲・山本正嘉 (2015) 長距離走選手のトレーニング評価指標としての「ランニングポイント」の検討—生理応答および選手の感覚との対応性について—。ランニング学研究, 26(2): 21-29.
- Ivy, J.L., Withers, R.T., Van Handel, P.J., Elger, D.H., and Costill, D.L. (1980) Muscle respiratory capacity and fiber type as determinants of the lactate threshold. *Journal of Applied Physiology*, 48(3): 523-527.
- Jones, A.M. (1998) A five year physiological case study of an Olympic runner. *British Journal of Sports Medicine*, 32(1): 39-43.
- 勝田 茂・宮田浩文・麻場一徳・原田 健・永井 純 (1986)

- 中長距離選手におけるランニング効率とパフォーマンスとの関係について. 大学体育研究, 8: 45-52.
- 駒井説夫・本間聖康・白石龍生 (1991) 長距離走者の走パフォーマンスと有酸素性作業能のパラメーターとの関係. 高知大学学術研究報告自然科学編, 40: 169-179.
- 小松美冬 (2005) 日本に浸透しきれていないリディアド方式の核の部分. ランニング学研究, 17 (1): 14-16.
- Kumagai S., Tanaka K., Matsuura Y., Matsuzaka A., Hirakoba K., Asano K. (1982) Relationships of the anaerobic threshold with the 5 km, 10km, and 10 mile races. *European Journal of Applied Physiology*, 49: 13-23.
- 桑原仁史・繁田 進・有吉正博 (1990) 国内一流長距離・マラソン選手のトレーニング方法に関する分析的研究. 日本体育学会大会号, (41): 563.
- 丸山敦夫 (2004) 長距離走者の無酸素・有酸素性能力の特性, 平木場浩二編長距離走者の生理科学. 杏林書院: 東京, pp.51-52.
- 丸山敦夫・美坂幸治 (1983) Distance trainingが長距離選手の $\dot{V}O_2AT$, $\dot{V}O_2max$ およびPerformanceにおよぼす影響について. 体力科学, 32 (6): 614.
- 松田三笠・関子浩二・平田文夫・金高宏文・瓜田吉久 (2001) 永田宏一郎選手の実施した大学4年間のトレーニング事例. 陸上競技研究, 46 (3): 25-35.
- 満園良一・柚木孝敬・小宮秀一 (1997) 長距離ランナーにおける身体組成・走行経済性および走パフォーマンスの縦断的評価. 久留米大学保健体育センター研究紀要, 5 (1): 47-51.
- 長崎文彦 (2001) LSD (Long Slow Distance) trainingにより開発される有酸素運動能力の特徴とその長所 (Speed trainingとの比較から). 日本臨床スポーツ医学会誌, 9 (1): 93-96.
- 野呂 進 (2012) 箱根駅伝ランナーの練習方法およびコンディショニングに関する研究. 専修大学社会体育研究所報, 59: 33-38.
- 荻田 太 (2009) エンデュアランストレーニング研究のこれまでとこれから—無酸素性作業閾値(AT)—. トレーニング科学, 21 (2): 257-268.
- 小原達朗 (1990) トレーニングに伴う中長距離走の競技成績の変動と $\dot{V}O_2max$, 換気性閾値および乳酸性閾値の関連性. 長崎大学教育学部自然科学研究報告, 43: 35-45.
- 大下泰司・満園良一 (2009) 異なるストレッチングが長距離ランナーの関節可動域および走行経済性に及ぼす影響. 体力科学, 58 (3): 395-404.
- リディアドA: 小松美冬 訳 (1993) リディアドのランニング・バイブル. 大修館書店: 東京, pp.20-21.
- 佐々木功 (1984) ゆっくり走れば速くなる—佐々木功のマラソン®トレーニング—. ランナーズ: 東京, pp.160-163.
- Scrimgeour, A.G., Noakes, T.D., Adams, B., and Myburgh, K. (1986) The influence of weekly training distance on fractional utilization of maximum aerobic capacity in marathon and ultramarathon runners. *European Journal Applied Physiology*, 55(2): 202-209.
- 瀧澤一騎・山地啓司 (2008) エンデュアランストレーニング研究のこれまでとこれから—呼吸・循環器レベルでの適応—. トレーニング科学, 20 (4): 299-306.
- Tanaka, K., Matsuura, Y., and Moritani, T. (1981) A correlational analysis of maximal oxygen uptake and anaerobic threshold as compared with middle and long distance performance. *The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine*, 30(2): 94-102.
- Tonnessen, E., Sylta, O., Haugen, T.A., Hem, E., Svendsen, I.S., and Seiler, S. (2014) The road to gold: training and peaking characteristics in the year prior to a gold medal endurance performance. *Plos One*, 9(7): e101796.
- Tesch, P.A., Sharp, D.S., and Daniels, W.L. (1981) Influence of fiber type composition and capillary density on onset of blood lactate accumulation. *International Journal of Sports Medicine*, 2 (4): 252-255.
- Williams, K.R., and Cavanagh, P.R. (1987) Relationship between distance running mechanics, running economy, and performance. *Journal of Applied Physiology*, 63 (3): 1236-1245.
- 山地啓司・橋爪和夫 (1999) インターバル・トレーニングとコンティニューアス・トレーニングの有酸素的作業能への影響. 日本運動生理学雑誌, 6 (1): 17-25.
- 山地啓司・宮下充正 (1976) 3年間の全身持久性トレーニングが陸上中・長距離選手の呼吸・循環機能に及ぼす影響. 体育学研究, 21 (4): 181-189.

平成28年12月5日受付
平成29年12月1日受理

バドミントン競技におけるフォア奥からのクリア, ドロップ, スマッシュによる ストレートとクロス方向への打ち分け動作の比較

升 佑二郎¹⁾

Patterns of motion when delivering forehand straight/cross-court clear, drop, and smash shots from the backcourt in badminton

Yujiro Masu¹⁾

Abstract

This study compared the patterns of upper limb motion when delivering forehand (the hand holding the racket) straight/cross-court clear, drop, and smash shots from the backcourt in badminton.

Seven male badminton players, belonging to a team that was third in the All Japan Intercollegiate Badminton Championships, delivered these shots to record the pattern of motion in each case using MAC 3D System Cameras.

On comparison between straight and cross-court shots, the velocity of the wrist was significantly higher in the latter in all cases ($p < 0.05$). The shoulder horizontal flexion angle was also markedly greater in the latter in all cases ($p < 0.05$). On wrist motion trajectory analysis, the lateral (X-Z) plane at impact was shifted forward in the latter in all cases. Similarly, the frontal (Y-Z) plane was displaced inwards in the latter, while it was displaced outwards in the former from immediately before impact in all cases.

Based on the results, the velocity of the wrist may be higher at a greater shoulder horizontal flexion angle when delivering cross-court compared with straight shots. Furthermore, during the phase immediately before impact, the probabilities of straight and cross-court shots being delivered are high when the wrist moves out- (the distance from the trunk increases) and inwards (it decreases), respectively.

Key words: badminton, smash, clear, drop

バドミントン, スマッシュ, クリア, ドロップ

I. 緒言

バドミントン競技では、ネット前にシャトルコックを落下させるドロップ、コート後方にシャトルコックを落下させるクリア、下方向に鋭角な軌道で打ち放たれるスマッシュという軌道も速さも異なる3つのショットが、同一のオーバーヘッドストローク動作から生まれる。さらに前後方向のみならず左右方向に打ち放たれるショットにも瞬時に反応し、対応しなければならない。脳内の運動表象に関する研究において (Ehrsson et al., 2003 ; Naito et al., 2007), 実際に運動していなくても心的に動きを想像することにより、その運動に関わる一次運動野を中心とする運動関連領域が活動することが明らかにされている。一方、その動きを経験したことの無い人は、脳内に運動表象が獲得されてい

ないため想像しても運動関連領域は活動しない。この知見は、運動表象が獲得されているバドミントン選手は、相手の動作様式を観察し、その動きを脳内にて扱うことによりシャトルコックがどこに打ち放たれるのかを予測できる可能性を推察させる。相手のフォームを見て、どこにシャトルコックが飛んでくるのかをより早い段階で判断できれば、返球するための準備時間が長くなり、対応しやすくなることから (升ほか, 2017a), 予測能力はバドミントン競技におけるパフォーマンスの優劣に影響する極めて重要な能力であるといえる。

相手のフォームから打ち放たれるシャトルコックの軌道を予測する作業は、潜在記憶を基に行われることから情報の有益性を評価することが難しいものの (Masters, 1992), 異なるストロークにおける動作様式

1) 健康科学大学理学療法学科
Department of Physical Therapy, Health Science University

の違いについて探索的に検討することにより、無意識下で行われる予測作業を理解するための知見が得られる可能性がある。升ほか(2012)は、上級者と下級者のドロップおよびスマッシュの打ち分け動作について運動学的観点から検討し、下級者はスマッシュ動作に似せてドロップ動作を行うことはできるものの、上級者と比べるとより速くラケットを振るためのテイクバック動作が行えていないことを示唆した。さらに日本トップレベルの大学バドミントン選手を対象にスマッシュ、クリアおよびドロップ動作について検討された報告において(升ほか, 2017a)、手の位置が低くなった場合(肩関節外転角度の低下)はドロップショットを打ち、肩関節水平屈曲角度が小さい場合はスマッシュショットを打ち放つ可能性が高いということが示されている。これらの先行研究からオーバーヘッドストロークから打ち放たれるスマッシュ、クリア、ドロップを見分ける際に有益となりうる動作情報に関する知見が得られている。一方、実際の試合では、前後方向(ドロップ、クリア、スマッシュ)のみならず、左右方向(ストレートとクロス)へのショットに対しても対応しなければならない。しかしながら、バドミントン競技のストローク動作に関する先行研究は、いずれもストレート方向にシャトルコックを打ち放つ場合の動作様式の違いについて検討されたものであり、クロス方向にシャトルコックを打ち放つ場合の動作様式について検討された報告は見当たらない。また、各個人の動作様式の優劣や特徴を評価する際には、基準となる動作モデル(平均データ)が必要になる(阿江と小林, 2011)。従って、バドミントン競技においても個々のストローク動作の優劣を評価するためには、各ストロークに内在する共通した動作特性に関するデータを得る必要があると考えられた。

そこで本研究では、バドミントン競技におけるフォア奥からのクリア、ドロップ、スマッシュのストレートおよびクロス方向への打ち分け動作を比較し、各ストロークに内在する共通した動作特性を明らかにするとともに、シャトルコックの軌道を予測する際に有益となりうる上肢の動きに関する知見を得ることを目的とした。

II. 方法

1. 被験者

被験者は、2016年度全日本学生バドミントン選手権団体戦第3位のチームの団体戦メンバー男子選手7名

(全員右利き)とした(年齢: 18.3 ± 0.6 歳, 競技経験: 12.1 ± 0.8 年, 身長: 173.0 ± 7.2 cm, 体重: 66.4 ± 6.1 kg)。なお、全被験者には測定に関する目的及び安全性について説明し、任意による測定参加の同意を得た。

2. ストローク動作の撮影方法

ストレートおよびクロス方向へのクリア、ドロップ、スマッシュ動作は、バドミントンコートの周囲に、MAC3D System (Motion Analysis社製、フィルムスピード毎秒240コマ、シャッタースピード1/1500秒)8台を用いて撮影した。撮影範囲は、バドミントンコート右後方に位置するシングルスサイドラインとバックバウンダリーラインの交点から左方向に2m、前方向に2mとした(Fig. 1)。3次元座標について、X軸はセンターライン方向、Y軸はネットに対して平行方向、Z軸は床に対して垂直方向と設定した。

被験者は、上体は裸、下腿はハーフタイツ、バドミントンシューズを着用した状態で測定を行った。また、反射マーカーを身体の計29箇所につけた。反射マーカー貼付部位は、Helen Hayesマーカーセットに従い、頭部(1, 2, 3)、肩峰(肩関節: 4, 5)、右肩甲骨下角(6)、肘橈骨側(肘関節: 7, 8)、手関節(9, 10)、上前腸骨棘(11, 12)、第5腰椎(13)、大腿骨(14, 15)、大腿骨外側上顆(16, 17)、大腿骨内側上顆(18, 19)、脛骨(20, 21)、内踝(22, 23)、外踝(24, 25)、第2指中足骨(26, 27)、踵(28, 29)とした(Fig. 2)。

3. 分析試技および動作局面の定義

フィーダーは撮影範囲内にシャトルコックをフィードし、各被験者にはストレート方向およびクロス方向へのクリア、ドロップ、スマッシュを打たせた。ダブルスロングサービスラインとバックバウンダリーライン間にシャトルコックを落下させるショットをクリア(本研究では低く速い軌道で打ち放つ攻撃的なドリブンクリアと上方向に高く打ち放ち自身の態勢を立て直すための時間をつくるハイクリアの中間位の軌道のクリアを試行)、ショートサービスラインより手前にシャトルコックを落下させるショットをドロップ、最大努力で鋭角に打つショットをスマッシュとし、スタンディングの姿勢において各ストロークを行わせた。撮影範囲内においてシャトルコックを打ち、なおかつ明らかに打球態勢が崩れて不自然と判断されるものを除き、各ストローク2試技ずつ各被験者の動作を分析対象とした(各ストローク計14試技を分析)。シャト

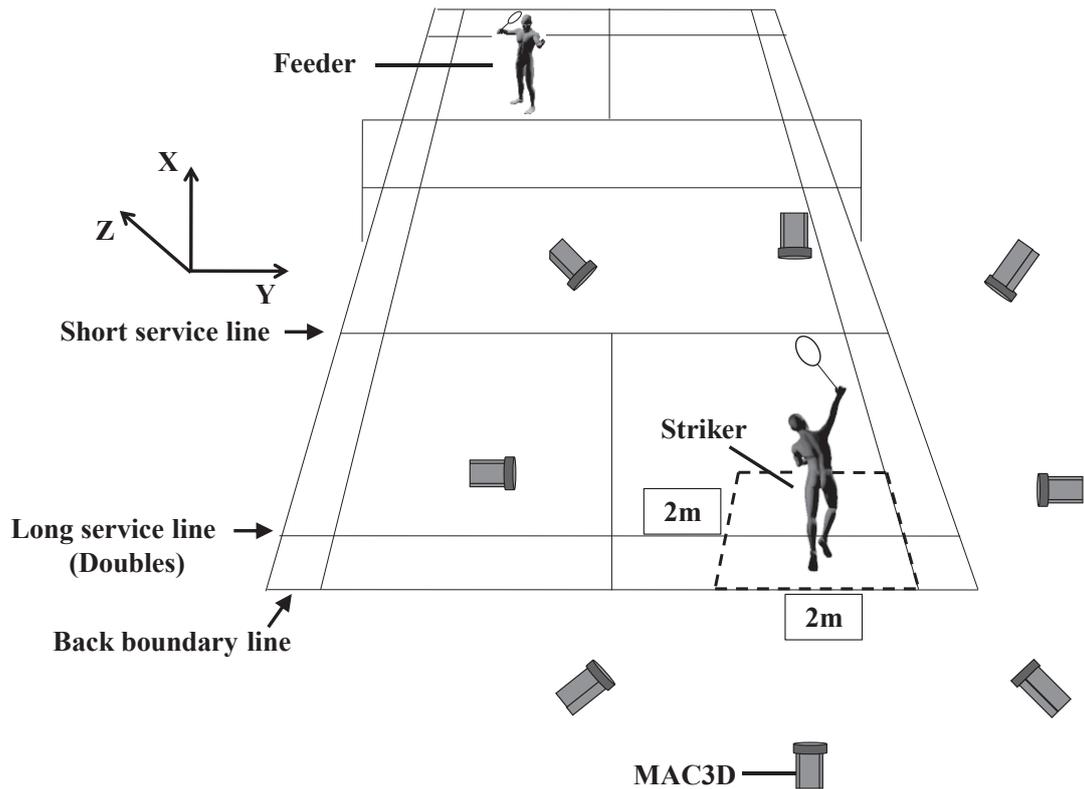


Fig. 1 Schematic drawing of experimental setup.

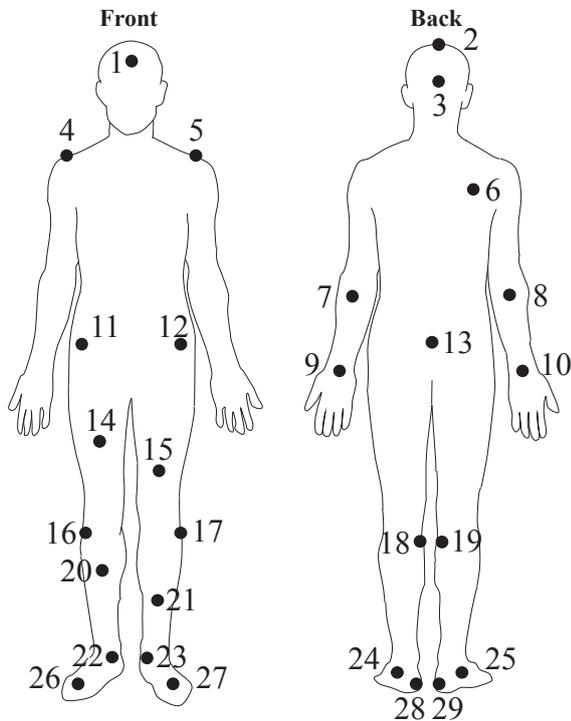
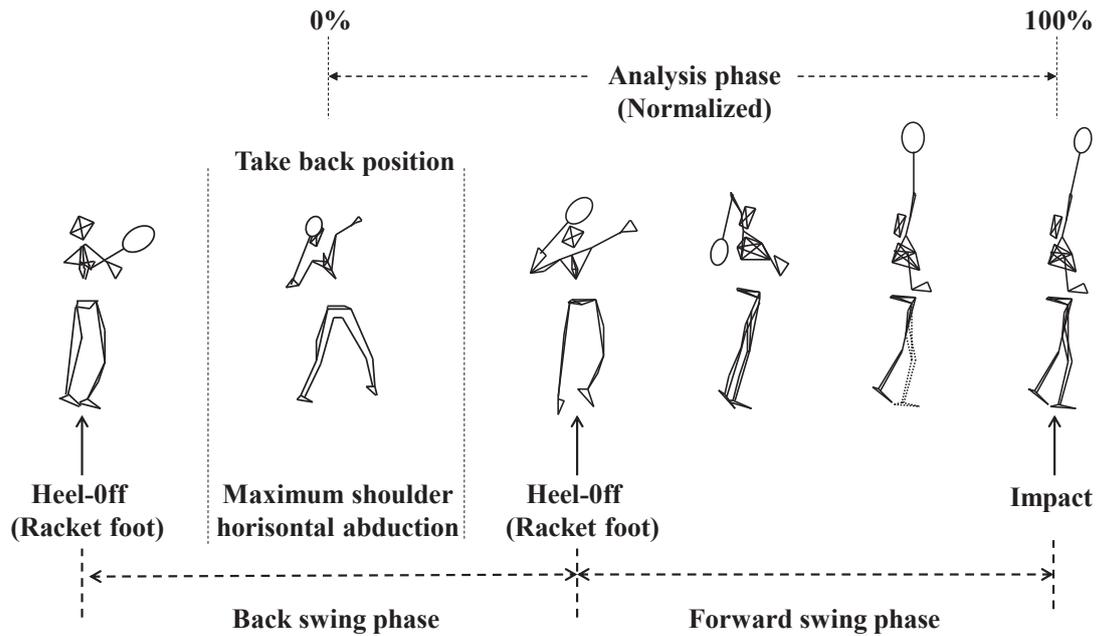


Fig. 2 The marker of the each body parts.

ルコックのコルク部分に反射テープを巻き、フィードされたシャトルコックの落下軌道が変わる時点をインパクト時として判断した。

本研究の分析試技であるオーバーヘッドストロークは、まず、非ラケット脚（ラケットを持っていない側の下肢）を軸にラケット脚（ラケットを持っている側の下肢）およびラケット腕（ラケットを持っている側の上肢）を後方に移動させ、体側をネット方向に向け、ネットに対して半身の姿勢を作った。その半身の姿勢から、落ちてくるシャトルコックにタイミングを合わせ、ラケット脚およびラケット腕を前方に移動させると同時にラケットを動かし、シャトルコックを打つといった動作様式が行われた。この一連の動作様式は、ストレートおよびクロス方向のクリア、ドロップ、スマッシュともに同様に行われた。

本研究では、バックスイングの姿勢をとるためにラケット脚の踵が離地したコマからバックスイングの姿勢後にラケット脚の踵が離地したコマまでをバックスイング局面、バックスイング局面終了時のコマからインパクトに至るまでをフォワードスイング局面とした (Fig. 3)。さらにバックスイング局面において、肩関節水平屈曲角度が最大値を示した時点をテイクバックポジションとして定義した。



Take back position : motion at maximum shoulder horizontal abduction

Back swing phase : heel-off on racket foot after take back position from heel-off on racket foot before take back position

Forward swing phase : shuttlecock impact from heel-off on racket foot after take back Position

Fig. 3 The analysis phase of the hitting motion.

4. 測定項目

1) 手の移動速度と関節角度の算出

手関節の移動速度は、各変位を時間微分することにより算出した。各関節角度は、身体各部位の座標値を基にベクトルがなす角度として求めた (Fig. 4)。肩関節水平屈曲角度について、左肩峰から右肩峰へ向かうベクトルをSD、左右上前腸骨棘を結ぶベクトルの中点を両腰の中心として両肩の中心から両腰の中心へ向かうベクトルをTR、SDとTRの外積をFRとし、SDとFRがなす平面への上腕部(UA)の投影(UA')とSDのなす角とした。そして、この2直線が直線上に並ぶ時を 0° とした。同様に、肩関節外転角度は、TRとUAとのなす角とした。この2直線が直列するときを 0° とした。肘関節屈曲角度は、前腕部(FA)と上腕部(UA)がなす角とし、この2直線が直列するときを 180° とした。

2) 手関節の移動軌跡の算出

ラケット腕側の手関節座標から肩関節座標を引くことにより、肩関節座標を原点とした手関節座標を得

た。得られた手関節座標のデータは分析局面において10%間隔において規格化し、各座標(平均値±標準偏差)を直線で結ぶことにより移動軌跡を求めた。X軸のプラス方向はネットに近づく方向、マイナス方向はネットから遠ざかる方向、Y軸のプラス方向はコート内の左方向、マイナス方向はコート内の右方向、Z軸のプラス方向は床から遠ざかる方向、マイナス方向は床に近づく方向とした。

5. データの規格化・平均化と統計処理

本研究の身体各部の速度、角度および移動軌跡のデータは、テイクバックポジションを 0% とし、シャトルコックをインパクトした時点を 100% として規格化した。

全ての測定項目における値は、平均値(Mean)±標準偏差(SD)で示した。各測定項目に対するストレートとクロスと比較には、対応のあるStudent, T-testを用いて検定した。有意水準は 5% 未満とした。

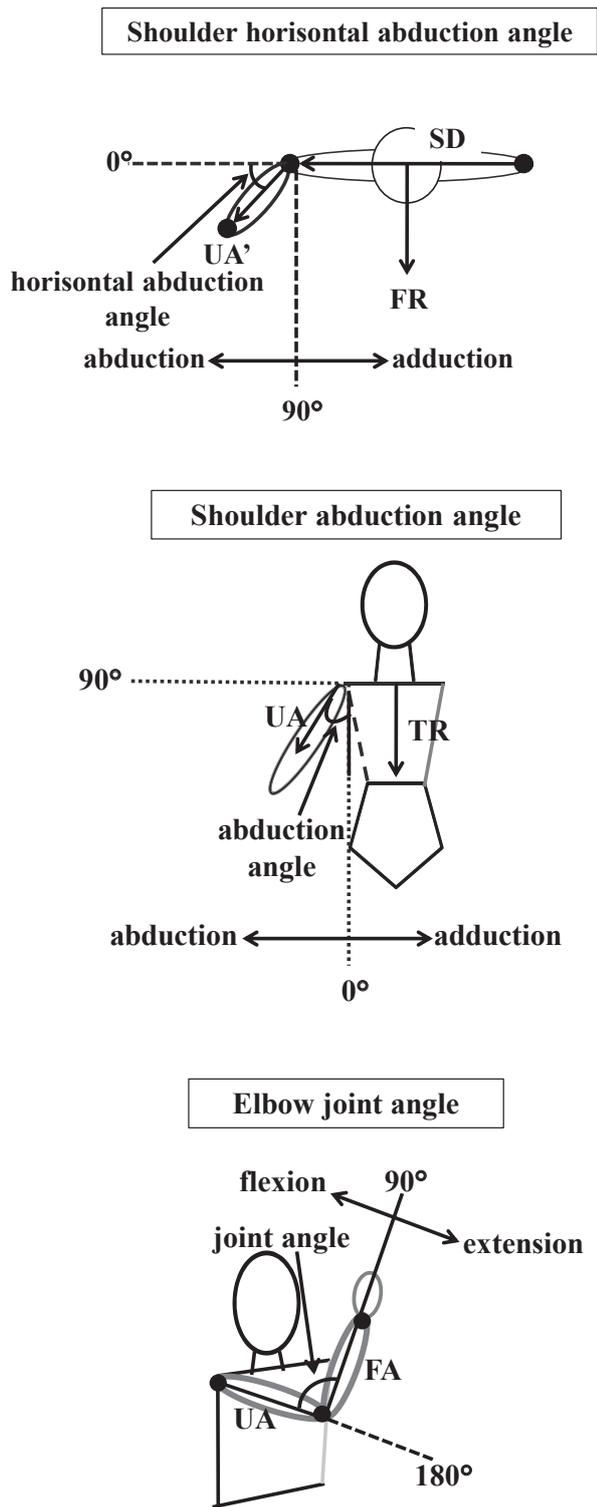


Fig. 4 The definition of the kinematic model for the calculation of shoulder angles.

Ⅲ. 結果

1. 手関節速度の変化

手関節速度の変化を Fig. 5 に示す。クリア (80% から 100%), ドロップ (80% から 100%), スマッシュ

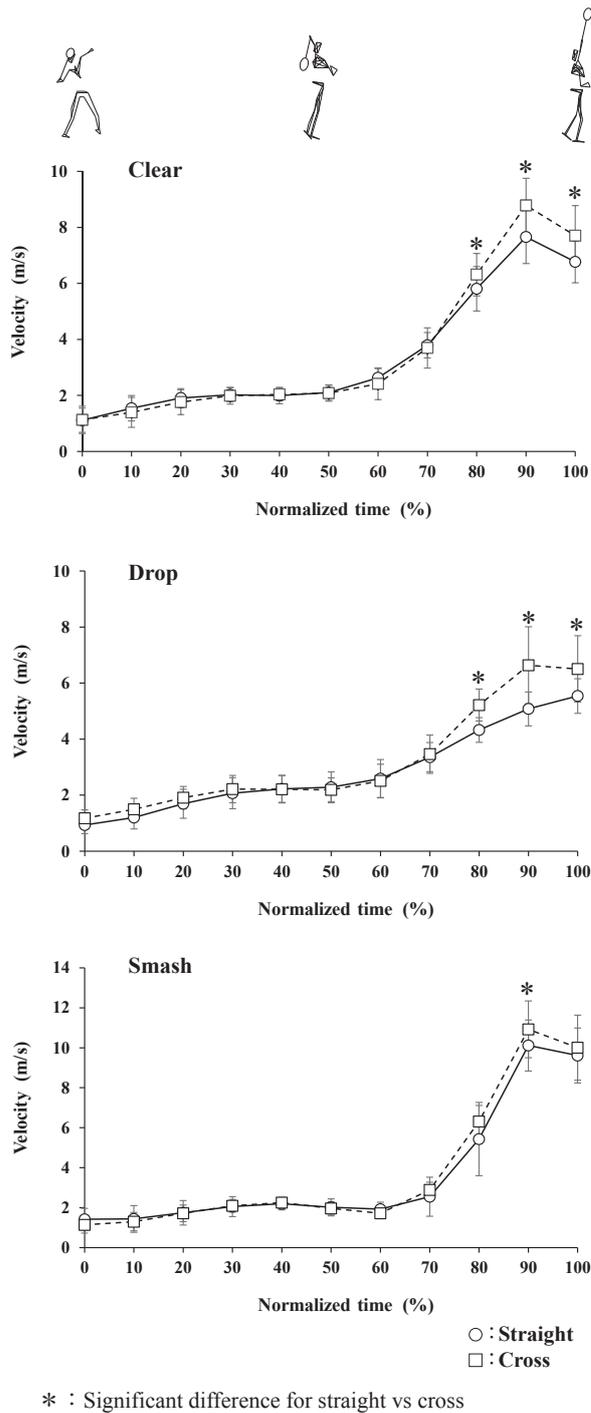


Fig. 5 Comparisons of change of velocity for wrist joint.

(90%) ともにクロスの方がストレートよりも有意に高い値を示した ($p < 0.05$).

2. 上肢各関節角度の変化

肩関節外転角度を Fig. 6 に示す。クリアとスマッシュにおいては、ストレートおよびクロス間に有意差は認められなかったものの、ドロップでは80%から100%に有意差が認められ、クロスの方がストレート

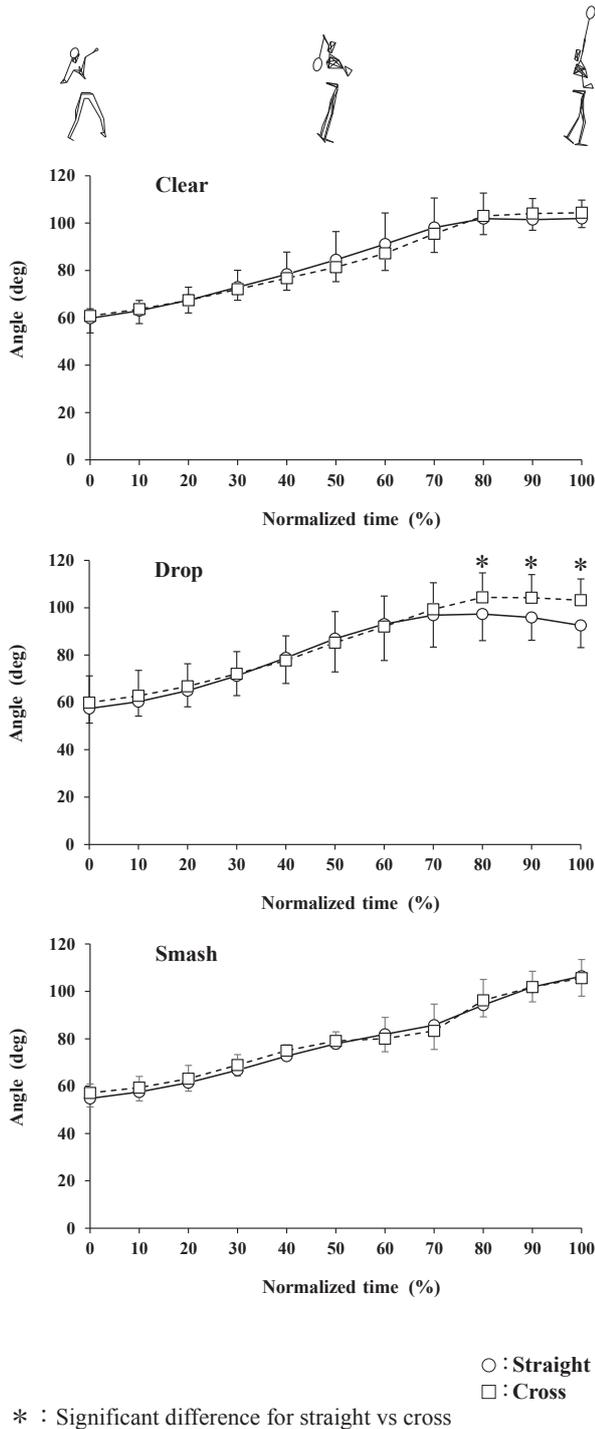


Fig. 6 Comparisons of change of angles for shoulder abduction.

よりも高い値を示した ($p < 0.05$).

肩関節水平屈曲角度をFig. 7に示す. クリア (90%から100%), ドロップ (90%から100%), スマッシュ (60%から100%) とともにクロスの方がストレートよりも有意に高い値を示した ($p < 0.05$).

肘関節屈曲角度をFig. 8に示す. クリアとスマッ

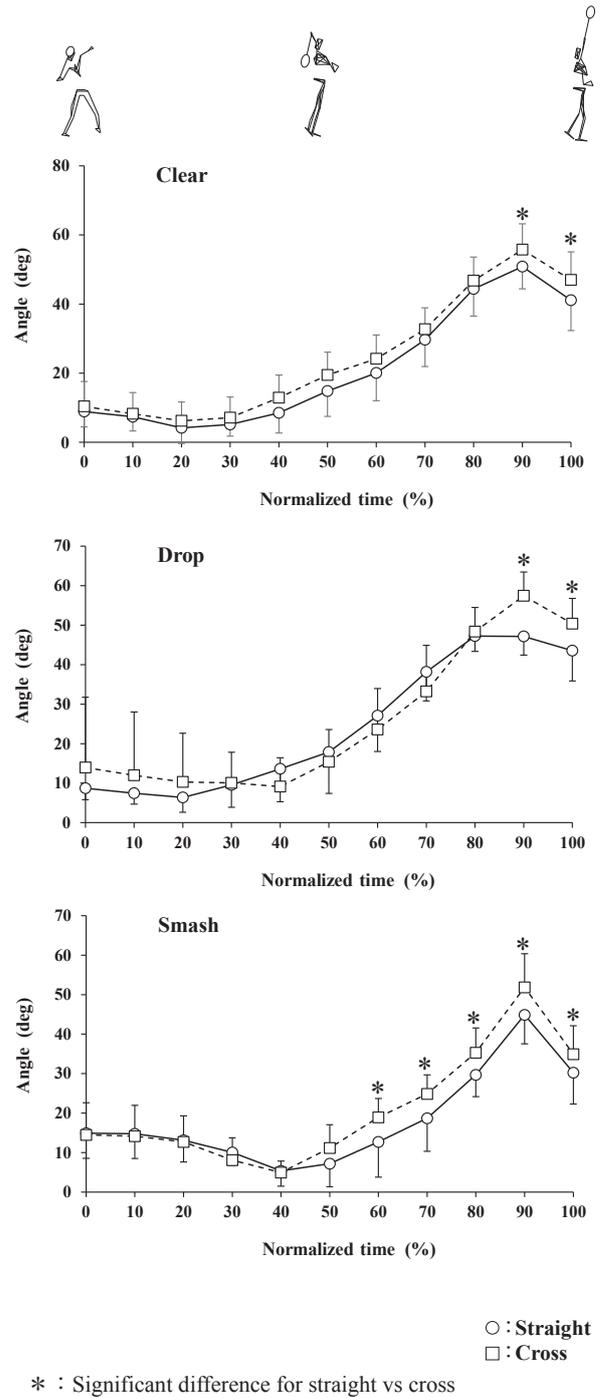
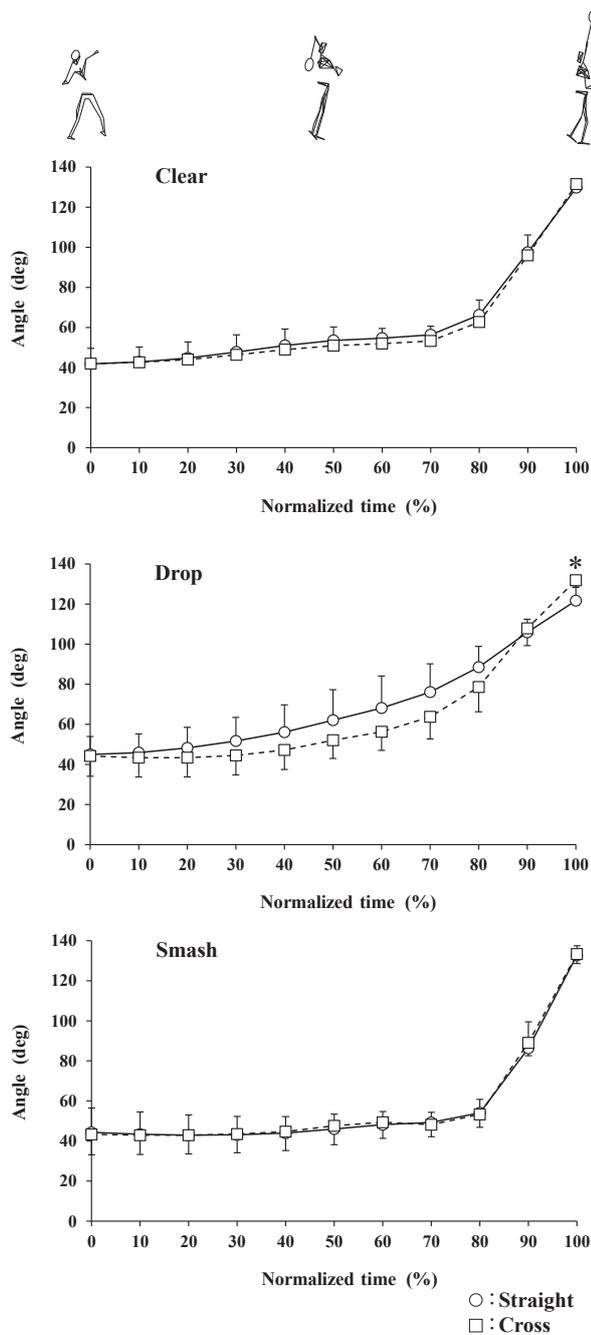


Fig. 7 Comparisons of change of angles for shoulder horizontal abduction.

シュにおいては, ストレートとクロス間に有意差は認められなかったものの, ドロップでは100%に有意差が認められ ($p < 0.05$), クロスの方がストレートよりも高い値を示した.

3. 手関節の移動軌跡およびスティックピクチャ

動作開始 (0%) からインパクト (100%) までの手関



* : Significant difference for straight vs cross

Fig. 8 Comparisons of change of angles for elbow joint.

節座標を10%ごとに抽出し、各座標点を直線で結んだ手関節の移動軌跡をFig. 9に示す。側面(X-Z面)は、クリア, ドロップ, スマッシュともにインパクト時にクロスの方がストレートよりも前方に位置していた。正面(Y-Z面)は、各ストロークともに90%から100%にかけてストレートは外側に移動していくのに対し、クロスは内側に移動していた。

代表的な被験者の正面からみたスティックピクチャをFig. 10に示した。クリアやスマッシュには違いが

みられないものの、ドロップの100%において、手の位置がストレートは体から遠い位置にあるのに対し、クロスは体に近い位置にあるといった動作様式の違いがみられた(矢印①)。Fig. 11には上からみたスティックピクチャを示した。ドロップ(80%), クリア(80%), スマッシュ(60%)ともに、肘の位置はストレートよりもクロスの方が後方に位置していた(矢印②)。

IV. 考 察

相手のフォームから打ち放たれるシャトルコックの軌道を早期に判断することは、ラリーを有利に展開していく上で重要になる。実際の試合場面では、シャトルコックの落下地点に移動する際のトラベリング動作とシャトルコックを打つストローク動作をみて、相手の打ち放つシャトルコックの軌道を予測する。本研究では、フォア奥に設定した測定エリア内に被験者を立たせ、ストレートとクロス方向への打ち分け動作を比較したため、トラベリング動作について評価することができない。また、バドミントン選手の予測能力について、Abernethy et al. (2008) はコンピュータのデスクトップ画面にストローク動作時の映像を呈示し、シャトルコックの軌道を予測する時間遮蔽課題時の注視点について検討している。その結果、初心者であっても熟練者と同様に対戦相手のラケットと前腕の動きをみていることが示された。さらにスマッシュレシーブ時のレシーバーの注視点について検討した報告によると(升と駒形, 2017b), レシーバーの注視点はストライカーがシャトルコックをインパクトする0.032 ± 0.004秒前に胴体であり、0.025 ± 0.004秒後にラケットを持つ手に移動することが示された。これらの報告から、打ち放たれるシャトルコックの軌道を予測する際には相手の体全体の動きを観察しているものの、インパクト前のラケット腕の動きが特に重要であると考えられ、本研究ではラケット腕に着目し、検討することにした。また、先行研究では、コート後方中央からのストレート方向へのクリア, ドロップ, スマッシュの動作様式について検討している(升ほか, 2017a)。一方、本研究では、フォア奥からのストレートとクロス方向への打ち分け動作について検討した。このことについて、実際の試合場面では相手の正面を避け、コート4隅を狙うように配球することが多く、フォア奥からの打ち分け動作について検討した方がより実践的であると判断した。また、升ほか(2017a)が算出したコート後方中央からのストレート方向へのクリア,

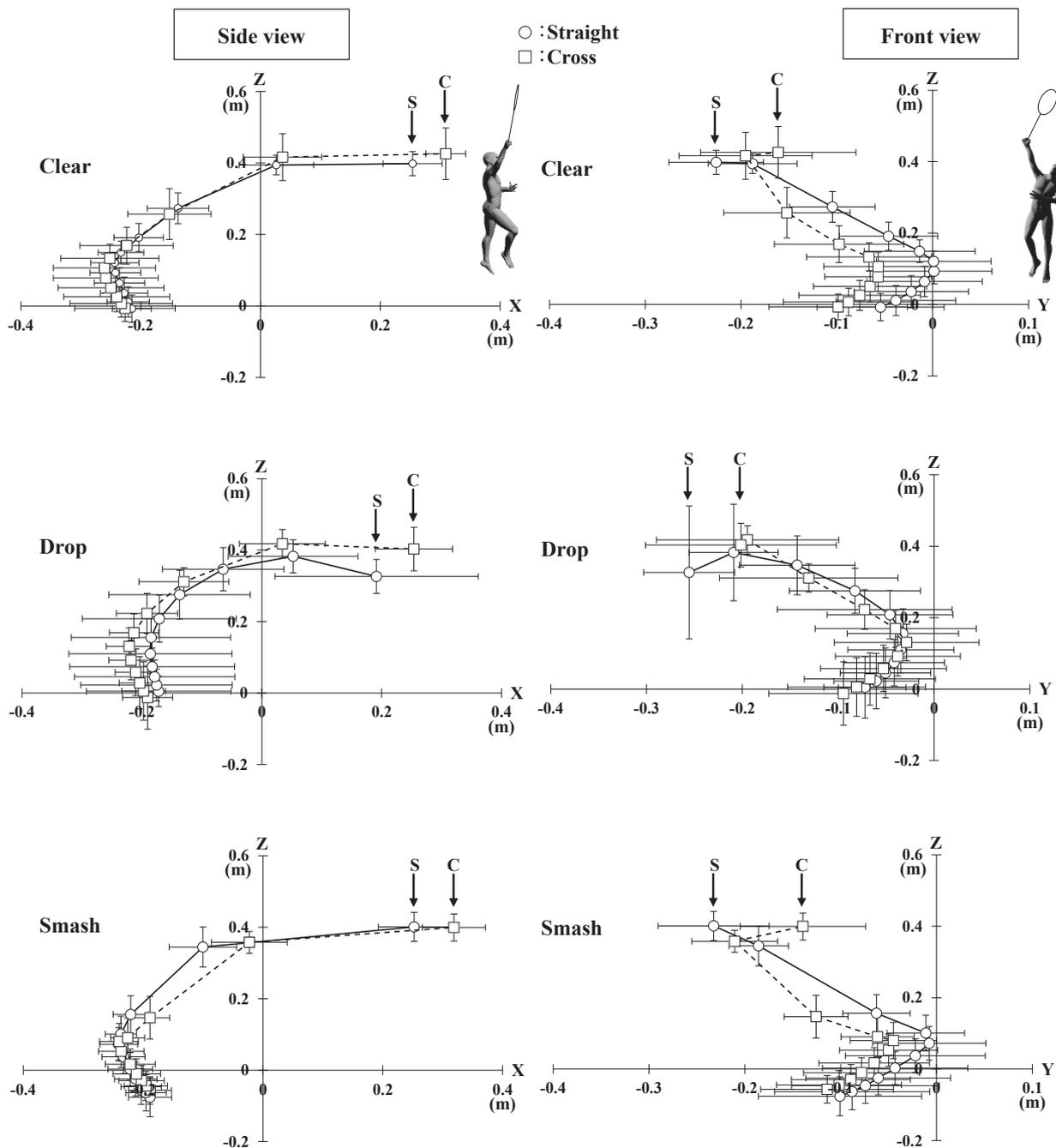


Fig. 9 Comparisons of wrist joint trajectory.

ドロップ、スマッシュ動作時のラケット腕側肩関節外転、肩関節水平屈曲および肘関節角度と、本研究のストレート方向への各関節角度はともに同程度の値であった。

瞬間的に大きな力発揮を行うクリアは、ドロップよりも前腕の筋活動が高い一方、棘下筋への負担はドロップと同程度であり、スマッシュよりも小さいことが示されている(児嶋ほか, 2014)。さらに、棘上筋の活動においてもクリアはスマッシュよりも小さく、ドロップと同程度であることが示されている(児嶋と

升, 2017)。これらのことから、クリアは手関節のスナップ動作をより活用することにより、シャトルコックを後方に飛ばすためのスイング速度を獲得し、ブレーキングマッスルとしての役割を担う棘上筋や棘下筋の活動はドロップと同程度であり、ローテータカフの筋群に対する負担が少ない動作様式であると考えられる。従って、スマッシュに近い前腕筋活動が行われる一方、ドロップに近い棘上筋および棘下筋活動も行われる動作様式であることから、早期にクリアを打つことを予測することが難しいストロークであると考え

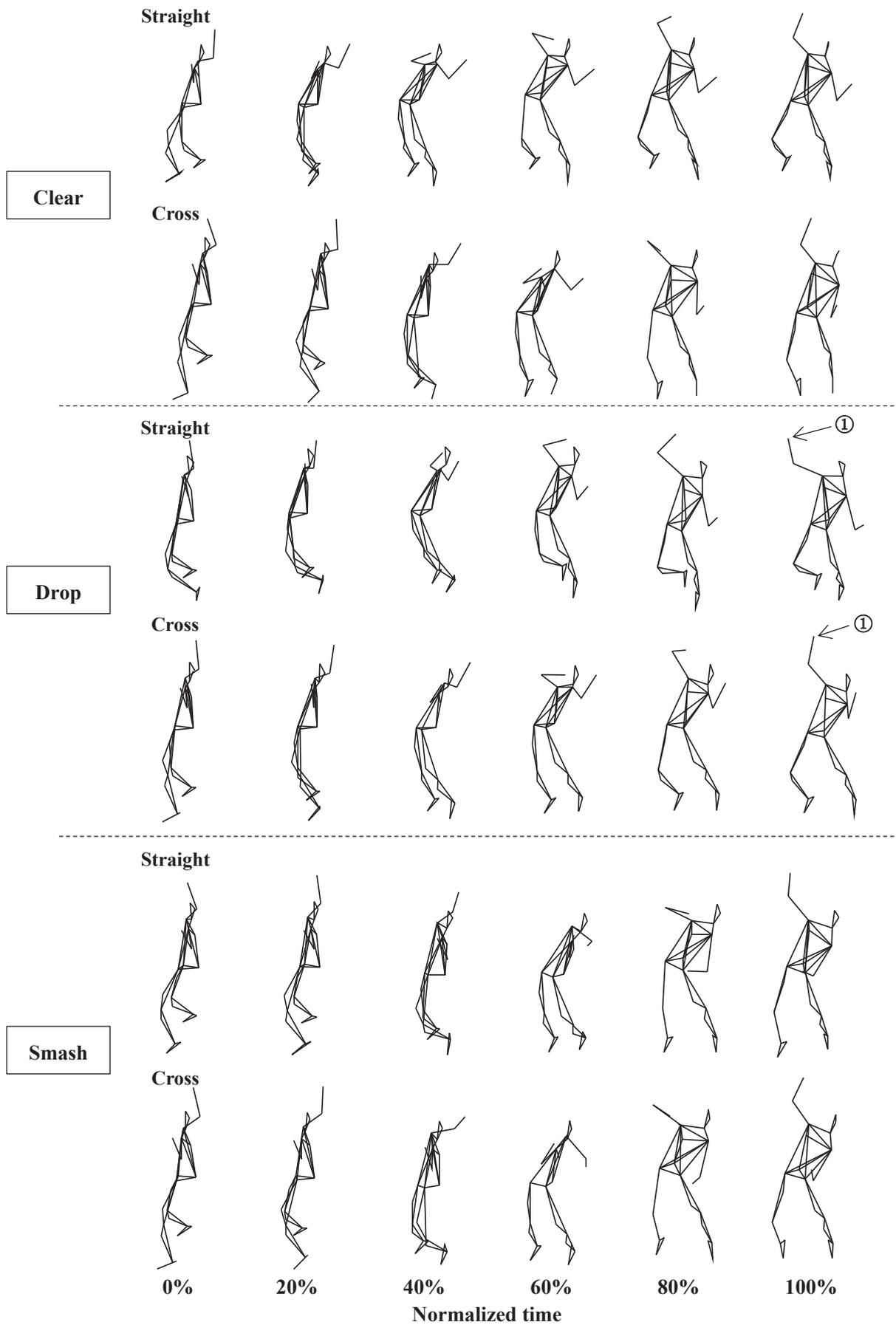


Fig. 10 Comparisons of stick-pictures on front view.

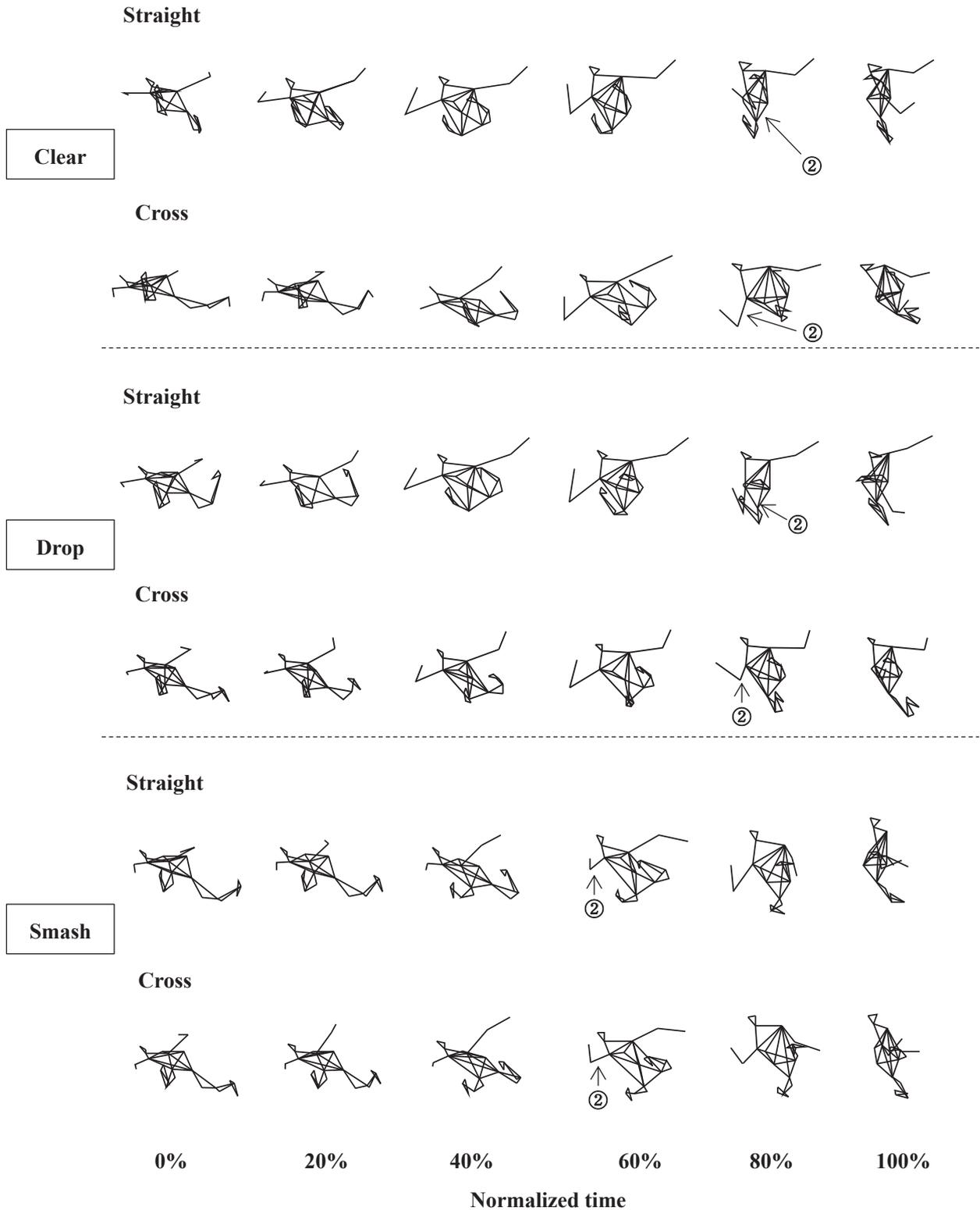


Fig. 11 Comparisons of stick-pictures on top view.

られる。本研究では、クリアのストレートとクロスへの打ち分け動作について検討し、クロスに打つ際には手関節速度が有意に高くなり、手関節の移動軌跡においてはインパクト時に内側に移動することが示され

た。従って、クリアにおけるストレートとクロスへの軌道を予測する際には、手関節の動きを基に判断することが有効であると考えられた。

コート前方にシャトルコックを落下させるドロップ

は、相手の態勢を崩す効果が期待される一方、スマッシュやクリアよりも発揮する力が小さい動作様式が行われることから、相手にシャトルコックの軌道を予測される危険性が高い。本研究において、ドロップの手関節速度は、クロスの方がストレートよりも有意に大きな値を示した。肩関節外転、肩関節水平屈曲および肘関節角度のいずれにおいてもクロスの方がストレートよりも有意に大きな値を示した。これらの結果から、ドロップはクリアやスマッシュよりもストレートとクロス間の有意差が各項目において生じやすい動作特性であることが示された。特に、ストレート方向への打点は体から遠くなるのに対して、クロス方向への打点は体に近くなりやすいといった違いが観察された。従って、上肢の動きに着目することにより、打点の違いからストレートとクロスを見分けることができる可能性があると考えられた。

クリアやドロップは手関節のスナップ動作により打ち放つことができるため、コンパクトなスイング動作において遂行することができるものの、スマッシュを打ち放つためにはラケットの加速距離を長くしたスイング動作を行うことが求められる。従って、スマッシュを打ち放つためにはシャトルコックの落下地点に素早く移動し、ラケットの加速距離を長くする動作様式が行われ(升ほか, 2010), 特に肩関節水平屈曲角度にクリアやドロップとの差が生じやすいことが示されている(升ほか, 2017a)。本研究においても肩関節水平屈曲角度に有意差が認められ、クロスの方がストレートよりも大きな値を示した。バドミントン選手の予測能力に関する報告では(Abernethy and Zawi, 2007), シャトルコックを打つ0.167秒前, 0.083秒前, インパクト時, 0.083秒後の映像およびシャトルコックの全軌道を見て、どこにシャトルコックが飛んでいるかを予測する能力について検討されている。その結果、各局面ともに上級者の方が初級者よりも予測誤差が小さく、特に優れた選手は0.167秒前の動作から予測することが可能であることが示唆されている。本研究におけるシャトルコックを打つ0.167秒前の局面は規格化時間60%付近である(Fig. 10参照)。このことから、フォワードスイング局面中間のラケットヘッドが背面を通り、インパクトに向かう局面に着目し(規格化時間60%以降), 肩関節水平屈曲角度(スマッシュ>クリア, ドロップ)(クロス>ストレート)を観察することにより(Fig. 11参照), スマッシュとクリア, ドロップの判別およびストレートかクロスのどちらに打つのかを判断しやすいと考えられた。

V. まとめ

本研究では、日本トップレベルの大学バドミントン選手7名を対象に、フォア奥(ラケットを持つ腕側のコート後方)からのクリア, ドロップ, スマッシュのストレートおよびクロス方向への打ち分け動作を3次元動作分析した。その結果、以下の知見が得られた。

手関節速度は、クリア, ドロップ, スマッシュともにクロスの方がストレートよりも有意に高い値を示した($p<0.05$)。肩関節水平屈曲角度においても、クリア, ドロップ, スマッシュともにクロスの方がストレートよりも有意に高い値を示した($p<0.05$)。また、手関節の移動軌跡において、各ストロークともに側面(X-Z面)はインパクト時にクロスの方がストレートよりも前方に位置しており、正面(Y-Z面)では90%から100%にかけてストレートは外側に移動していくのに対し、クロスは内側に移動していた。

これらのことから、クリア, ドロップ, スマッシュにおいて、クロスはストレートよりも手関節の移動速度および肩関節水平屈曲角度が大きくなることが示され、インパクト直前から手関節が外側に移動する(体から遠く)場合はストレートに打ち、内側に移動する(体に近づく)場合はクロスに打つ可能性が高いという共通特性があることが示唆された。

参考文献

- Abernethy, B., Zawi, K. (2007) Pickup of essential kinematics underpins expert perception of movement patterns. *Journal of Motor Behavior*, 39(5): 353-367.
- Abernethy, B., Zawi, K., Jackson, R. C. (2008) Expertise and attunement to kinematic constraints. *Perception*, 37: 931-948.
- 阿江通良, 小林育斗 (2011) 動作分析から動作の共通性と個性を考える. *バイオメカニクス研究*, 15(3): 88-95.
- Ehrsson, H. H., Stefan, G., and Naito, E. (2003) Imagery of voluntary movement of fingers, toes, and tongue activates corresponding body-part-specific motor representations. *Journal of Neurophysiology*, 90: 3304-3316.
- 兒嶋 昇・升佑二郎・上村孝司 (2014) 日本トップレベルの大学バドミントン選手におけるオーバーヘッドストロークの筋活動. *法政大学スポーツ健康学研究*, 5: 33-40.
- 兒嶋 昇・升佑二郎 (2017) 筋-骨格モデル解析法を用いたバドミントン競技のオーバーヘッドストローク時の推定筋活動. *法政大学スポーツ健康学研究*, 8: 19-31.
- Masters, R. S. W. (1992) Knowledge, knerves and know-how: The role of explicit versus implicit knowledge in the breakdown of a complex motor skill under pressure. *British Journal of Psychology*, 83: 343-358.
- 升佑二郎・田中重陽・熊川大介・角田直也 (2010) 日本トップレベルの大学生と高校生バドミントン選手におけるスマッ

- シュ動作の運動学的考察—ラケットヘッドの移動軌跡及び肩関節運動に着目して. *トレーニング科学*, 22 (3) : 257-268.
- 升佑二郎・田中重陽・角田直也 (2012) バドミントン競技におけるスマッシュ及びドロップ動作のキネマティクスの分析—テイクバック動作に着目して. *トレーニング科学*, 23 (4) : 305-320.
- 升佑二郎, 駒形純也, 藤野和樹 (2017a) バドミントン競技におけるスマッシュ, クリアおよびドロップの上肢動作様式の違い. *コーチング学研究*, 30 (2) : 193-204.
- 升佑二郎, 駒形純也 (2017b) バドミントン競技におけるレシーバーの注視点および前腕筋活動. *健康科学大学紀要*, Vol.13, 45-54.
- Naito, E., Nakashima, T., Kito, T., Aramaki, Y., Okada, T., and Sadata, N. (2007) Human limb-specific and non-limb-specific brain representations during kinesthetic illusory movements of the upper and lower extremities. *European Journal of Neuroscience*, 25: 3476-3487.

平成29年9月11日受付

平成29年12月22日受理

女子ハンドボール選手におけるIMUを用いた試合中の動きに関する研究

植松伸之介¹⁾ 井口祐貴¹⁾ 楠本繁生²⁾ 下河内洋平²⁾ 大城 章³⁾ 横手健太³⁾

Quantifying movement patterns in female handball players using Inertial Measurement Units

Shinnosuke Uematsu¹⁾, Yuki Iguchi¹⁾, Shigeo Kusumoto²⁾, Yohei Shimokochi²⁾, Akira Oshiro³⁾ and Kenta Yokote³⁾

Abstract

This study investigated the occurrence frequency of accelerations (Acc), decelerations (Dec), and changes of directions (CoD) during the actual handball game and their frequency under high intensity events (HIE) circumstances, using inertial measurement units (IMU).

Participants were female handball players in Japan. 10 players (Age: 24.7 ± 2.3 years old, height: 167.0 ± 8.1 cm, body weight: 65.2 ± 6.1 kg) belong to women's division of Japan Handball League (upper group), 10 top-level university players (Age: 20.6 ± 0.8 years old, height: 165.1 ± 5.9 cm, body weight: 61.0 ± 5.6 kg) from the division 1 of Japanese university handball league (middle group), and 8 university players (age: 20.0 ± 0.8 years old, height: 157.9 ± 5.8 cm, body weight: 54.3 ± 5.5 kg) from a team belong to division 2 of the league (lower group).

As a result, the upper group displayed the highest occurrence frequency in all items, the middle group was second highest, and lower group was the lowest. The result indicates that in competition sites, it is important to implement specializing training based on the understanding of the characteristics of handball as a sport and on the scientific knowledge that we could acquire from the actual games.

Key words: Female, Handball, Inertial measurement units
女子, ハンドボール, 慣性センサ

I. 緒言

昨今、世界トップレベルの女子ハンドボール選手を対象とした調査では、競技中に際し、選手に要求されるプレー速度および強度は向上していることが報告されており (Manchado et al., 2013, p.377), 国外のハンドボール強豪国では、このようなエビデンスをトレーニング立案へと活用し、選手強化を試みている。国内女子選手においても、国際競技力向上を掲げるのであれば、早急に指導現場にとって有益な資料の蓄積を行い、科学的エビデンスに基づいた選手育成・強化の可能性を追求することは極めて重要である。

ハンドボールの競技力は、技術、戦術、体力など様々な要因によって構成されており、すべての要因が相互に影響し合っている (Michalsik et al., 2013)。その中でも、体力的な要因は数値化することが可能であるため、競技能力を客観的に評価することに適していると言える。これまで、国内におけるハンドボール選手の体力要素に関する研究は、フィールドテストの結果をもとに検討したものが多く (明石ほか, 2014; 森口ほか, 2009), これらのエビデンスに基づくトレーニングを行うことが、いわゆる「科学的なトレーニング」とされてきた。しかし、上述の通り、ハンドボールの競技力は様々な要因が相互に影響し合うため、体

-
- 1) 順天堂大学大学院スポーツ健康科学研究科
Graduate School of Health and Sports Science, Juntendo University
2) 大阪体育大学体育学部
Osaka University of Health and Sports Science
3) ソニーセミコンダクタマニュファクチャリング株式会社
Sony Semiconductor Manufacturing Corporation

力面の準備は、他のチームスポーツと同様に、選手が競技中に際し、技術の発揮や、チーム戦術を遂行するためには必要不可欠であるものの、あくまでもハンドボールを構成する一要因にすぎない。宮森ほか(2008)は、ハンドボールと同様に高強度間欠的運動能力が要求されるサッカーにおいて、選手に必要な体力要素を検討する際には、実際の試合中から得られる情報の重要性を示唆している。つまり、ハンドボールにおいても同様に、体力的側面からハンドボールという競技を観るのではなく、ハンドボールという競技種目の特性から体力的な要素を抽出し、定量的に解明していくことこそ、数値化したものを現場に還元していく科学的トレーニングの一つのステップに繋がると考えられる。

近年、急速にウェアラブルデバイスの開発が進んだことで、様々なスポーツにおいて実際の試合中から、競技中に要求される体力要素、また競技特異的な動きを調査、分析することが可能となった。現在、小型GPSデバイスをはじめとするこれらのデバイスには慣性センサ(以下Inertial measurement units: [IMU])が内蔵されており、移動距離や移動スピードなど、衛星から得られる位置情報のみならず、加速や減速、方向転換の回数など、競技中の詳細な動きを数値化できることによって、より指導現場へと還元できる情報を得ることができる。また、IMUは衛星からの信号を必要としないため、屋内競技においても使用が可能である。そのため、すでに多くのチームスポーツでは、IMUを用いた調査研究が行われており、それは国外のハンドボール強豪国においても例外ではない(Jones et al., 2015; Montgomery et al., 2010; Luteberget and Spencer, 2017)。しかしながら、国内女子ハンドボール競技においてウェアラブルデバイスを使用し、実際の試合中に出現する現象について定量化を試みた研究、また競技レベル間で比較検討を行った研究は見当たらない。したがって、本研究は、女子ハンドボールの競技力向上を目指した指導現場におけるトレーニング立案の一助となるべく、IMUを用いて、女子ハンドボール選手の試合中における加速(以下Accelerations: [Acc]), 減速(以下Decelerations: [Dec]), 方向転換(以下Changes of directions: [CoD])の頻度、ならびにそれらの高強度での頻度(以下High intensity events: [HIE])を明らかにすることを目的とした。

II. 方法

1-1. 対象者

本研究の対象者は、国内トップリーグの日本女子ハンドボールリーグに所属する実業団チームの選手10名(年齢: 24.7 ± 2.3 歳, 身長: 167.0 ± 8.1 cm, 体重: 65.2 ± 6.1 kg)を上位群, 関西学生女子ハンドボールリーグ1部に所属する大学トップレベルの大学生選手10名(年齢: 20.6 ± 0.8 歳, 身長: 165.1 ± 5.9 cm, 体重: 61.0 ± 5.6 kg)を中位群, および関東学生女子ハンドボールリーグ2部に所属する大学生選手8名(年齢: 20.0 ± 0.8 歳, 身長: 157.9 ± 5.8 cm, 体重: 54.3 ± 5.5 kg)を下位群とした。尚, 測定時, 上位群のうち5名, 中位群のうち1名がナショナルチームに在籍する選手であった。

本研究を実施するに際し、順天堂大学スポーツ健康科学研究科倫理委員会の承認を得て、対象者および所属チームの指導者には測定趣旨、内容ならびに危険性について説明を行った後、対象者本人の意志により、本研究への参加の同意を得た。

1-2. 対象者の有する間欠的運動能力ならびにスプリント能力

本研究の目的を達成するため、まず対象者には、本研究の測定に先立ち、ハンドボールの競技中に際して、選手各々が有する能力において重要な体力要素であるとされている「間欠的運動能力」ならびに「スプリント能力」の測定を実施した(Souhail et al., 2010; Wagner et al., 2014)。本研究における間欠的運動能力の評価には、Yo-Yo間欠的回復能力テスト(以下Yo-Yo Intermittent Recovery Test Level 1: [Yo-Yo IR1])、スプリント能力の評価には、40mスプリントテスト(以下40m Sprint test: [40m ST])を実施した。その結果、上位群は、Yo-Yo IR1においては、 1248.0 ± 147.0 m, 40m STにおいては、 6.044 ± 0.196 秒, 中位群では、Yo-Yo IR1においては、 1488.0 ± 350.6 m, 40m STにおいては、 6.054 ± 0.216 秒, 下位群では、Yo-Yo IR1においては、 1062.9 ± 236.5 m, 40m STにおいては、 6.396 ± 0.306 秒であった。尚, 全ての対象者は測定対象試合と同日かつ測定前に40m STならびにYo-Yo IR1を行い、十分な休息を取った後に試合は実施された。全ての対象者における測定手順は各群共に同様のものであった。

本研究における対象者のYo-Yo IR1においては、上位群と中位群との間には有意差がなく、中位群と下位

群との間には有意差が認められた。また同様に40m STにおいては上位群と中位群との間には有意差がなく、上位群と下位群、中位群と下位群との間に有意差が認められた。本研究では、以上の特性を有する対象者において測定が実施された。

2. 測定項目および測定方法

1) 分析対象試合

平成28年9月8日から10月22日の期間に対象選手が所属する各チームにおいて保有するハンドボール専用コートにて実施した。上位群の選手を対象とした1試合、中位群の選手を対象とした1試合、ならびに下位群の選手を対象とした1試合の合計3試合とした。いずれも同一チーム内における7人対7人(ゴールキーパーを含む)の紅白戦を対象として測定を行った。本研究における分析では、ゴールキーパーは測定対象から除外し、紅白戦のチーム分けは、チーム力が均等になるよう、対象選手が所属するチームの各代表者に依頼した。試合時間は、前後半20分ハーフの合計40分で、前後半間のインターバルは10分とした。また、その他の試合ルールおよび条件は、ハンドボール競技規則に則り、実施された。尚、対象試合は、気温: 20.9 ± 5.3 °C、湿度: 61.5 ± 12.1 %の環境下で行われた。

2) 試合中におけるAcc, Dec, CoDの頻度の測定方法

対象者の試合中におけるAcc, Dec, CoDの頻度の測定には、ウェアラブルデバイスに内蔵されているIMU (OptimEye S5, Catapult Sports, Australia) を用いた。本研究に用いたIMUは、加速度計、ジャイロスコープ、磁力計が内蔵されており、これらが全て100Hzでデータを記録することができる。また、この測定デバイスでは、IMUにおいて測定された各情報を組み合わせることによって、ユニットの傾きや方向の検出を行い、加速や減速の頻度だけではなく、左右への移動頻度も計測することが可能である。本デバイスは、製造元のマニュアルに従い、専用のノースリーブインナーベストの上背部に縫い付けられているポケットの内側に装着した。尚、全対象選手において、ベストは、ユニフォームの下に着用することで統一し、測定を実施した。

3) データ抽出および分析方法

本研究におけるデータ抽出および分析には、専用ソフトウェアOpenField (Version 1.14.0, Catapult Sports,

Australia) を用いた。各方向の出現頻度 (Acc; 前方, Dec; 後方, CoD; 左右) は、ソフトウェア上において、各方向へデバイスが動いた速さ ($m \cdot s^{-1}$) の力方向を意味し、Acc, DecまたはCoDの頻度として分類された。本ソフトウェアにおける方向の定義は、デバイス装着時の選手の体の向き(正面)を 0° として、Accが -45° から 45° 、CoD(右方向)が 45° から 135° 、Decが 135° から -135° 、CoD(左方向)が -135° から -45° であった(Catapult sports, 2013)。また、Luteberget and Spencerの先行研究(2017, p.7)に従い、 $2.5m \cdot s^{-1}$ 以上で行われた各方向の出現頻度をHIEとして抽出し、集計を行った。

得られたデータの分析に際して、本研究の測定対象試合は、公式戦ではなく同一チーム内の紅白戦であり、前後半合わせて40分の試合を分析対象としている。また、試合に際しては、ファウルによる7mスローの際など、審判のタイムアウトにより、各試合の試合時間に若干の相違が生じた。従って、本研究における各項目の分析においては、試合時間の影響を最小限にするため、各対象者における各方向への動きの出現頻度を、対象者各々のプレー時間で割ることで、1分間あたりの出現頻度として換算し、定量化した上で分析を行った。

3. 統計処理

本研究で用いた数値は、全て平均±標準偏差で示した。三群間の平均値の差を比較するための検定は、一元配置分散分析を行い、Tukeyの多重比較検定を行った。統計的な有意水準は5%未満とした。

III. 結果

1. 試合中におけるAccの頻度

図1に各群の試合中におけるAcc頻度の平均値および標準偏差、ならびに各対象者の値を示した。試合中におけるAcc頻度においては、上位群が 2.29 ± 0.47 回/分、中位群が 1.89 ± 0.59 回/分、下位群が 1.24 ± 0.73 回/分であった。また、図2に各群におけるAccのHIE、ならびに各対象者の値を示した。AccのHIEにおいては、上位群が 0.91 ± 0.24 回/分、中位群が 0.80 ± 0.34 回/分、下位群が 0.51 ± 0.51 回/分であった。

試合中におけるAcc頻度においては、上位群と下位群との間に有意差が認められた($p < 0.01$)。また、AccのHIEにおいては、各群間に有意差は認められなかった。

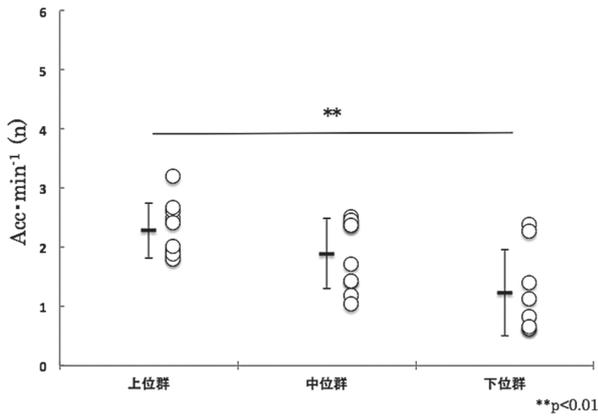


図1 各群のAcc頻度の平均値および標準偏差

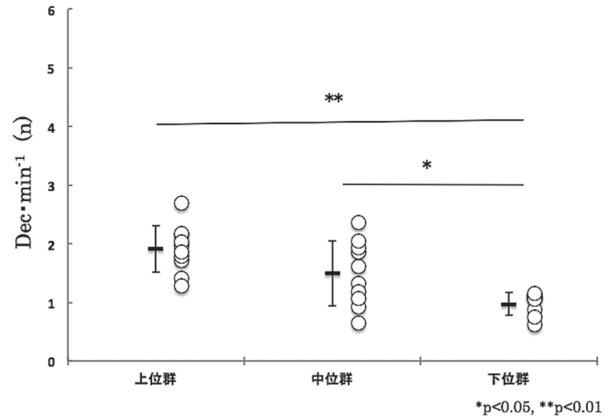


図3 各群のDec頻度の平均値および標準偏差

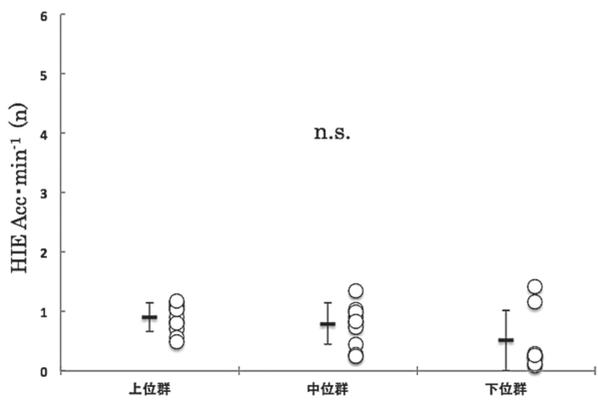


図2 各群のAccのHIEにおける平均値および標準偏差

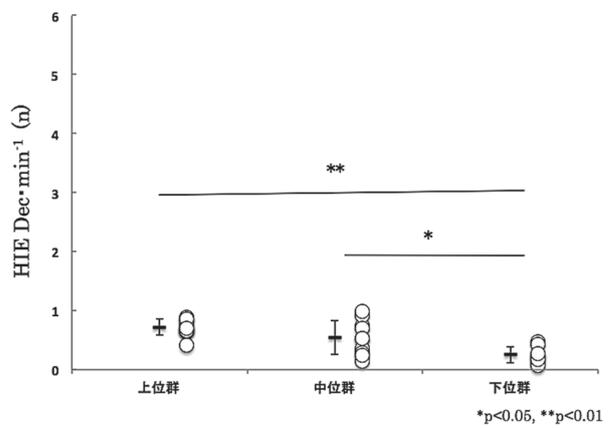


図4 各群のDecのHIEにおける平均値および標準偏差

2. 試合中におけるDecの頻度

図3に各群の試合中におけるDec頻度の平均値および標準偏差, ならびに各対象者の値を示した. 試合中におけるDec頻度においては, 上位群が 1.91 ± 0.40 回/分, 中位群が 1.50 ± 0.55 回/分, 下位群が 0.97 ± 0.20 回/分であった. また, 図4に各群におけるDecのHIE, ならびに各対象者の値を示した. DecのHIEにおいては, 上位群が 0.72 ± 0.14 回/分, 中位群が 0.55 ± 0.29 回/分, 下位群が 0.25 ± 0.14 回/分であった.

試合中におけるDec頻度およびDecのHIEにおいては, 上位群と下位群 ($p < 0.01$), 中位群と下位群 ($p < 0.05$) の間に有意差が認められた.

3. 試合中におけるCoDの頻度

図5に各群の試合中におけるCoD頻度の平均値および標準偏差, ならびに各対象者の値を示した. 試合中におけるCoD頻度においては, 上位群が 17.52 ± 3.44 回/分, 中位群が 8.82 ± 2.70 回/分, 下位群が 7.03 ± 2.14 回/分であった. また, 図6に各群におけるCoDのHIE, ならびに各対象者の値を示した. CoDのHIE

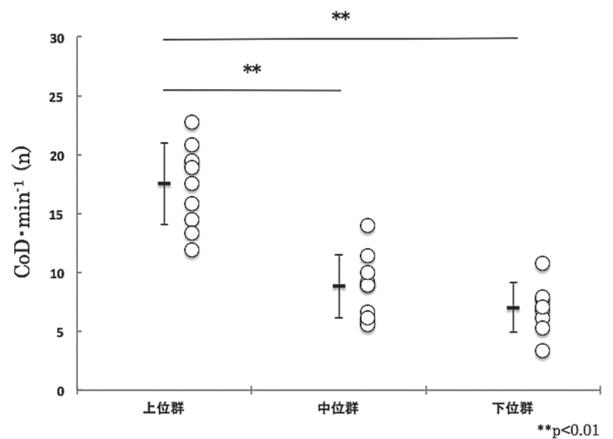


図5 各群のCoD頻度の平均値および標準偏差

においては, 上位群が 2.58 ± 0.49 回/分, 中位群が 2.13 ± 0.80 回/分, 下位群が 0.98 ± 0.45 回/分であった.

試合中におけるCoD頻度においては, 上位群と中位群 ($p < 0.01$), 上位群と下位群 ($p < 0.01$) の間に有意差が認められた. また, CoDのHIEにおいては, 上位群と下位群 ($p < 0.01$), 中位群と下位群 ($p < 0.01$) の

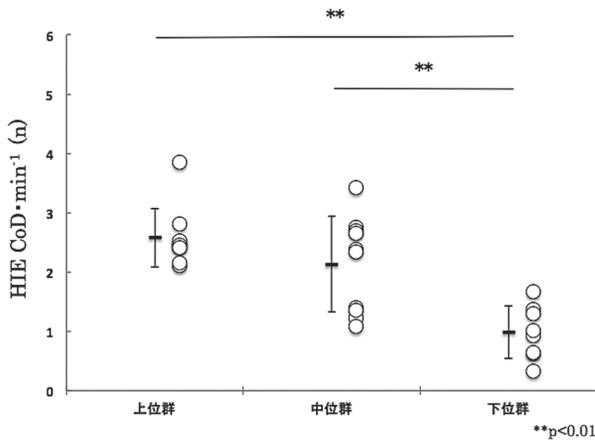


図6 各群のCoDのHIEにおける平均値および標準偏差

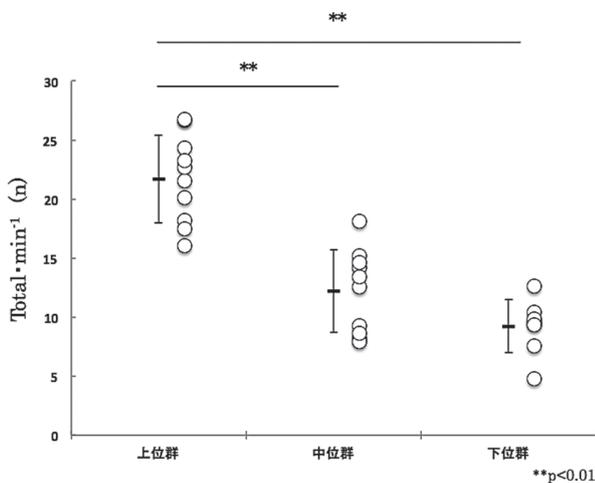


図7 各群のAcc, Dec, CoD全ての頻度の平均値および標準偏差

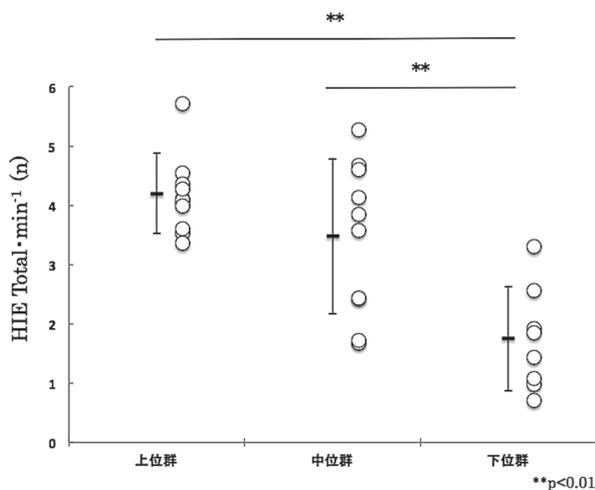


図8 各群のAcc, Dec, CoD全てのHIEにおける平均値および標準偏差

間に有意差が認められた。

4. 試合中におけるAcc, Dec, CoD全ての出現頻度

図7に各群の試合中におけるAcc, Dec, CoD全ての出現頻度の平均値および標準偏差, ならびに各対象者の値を示した。試合中におけるAcc, Dec, CoD全ての出現頻度においては, 上位群が 21.71 ± 3.72 回/分, 中位群が 12.21 ± 3.51 回/分, 下位群が 9.24 ± 2.26 回/分であった。また, 図8に各群の試合中におけるAcc, Dec, CoD全てのHIE, ならびに各対象者の値を示した。Acc, Dec, CoD全てのHIEにおいては, 上位群が 4.20 ± 0.67 回/分, 中位群が 3.48 ± 1.31 回/分, 下位群が 1.75 ± 0.88 回/分であった。

試合中におけるAcc, Dec, CoD全ての出現頻度においては, 上位群と中位群 ($p < 0.01$), 上位群と下位群 ($p < 0.01$) の間に有意差が認められた。また, Acc, Dec, CoD全てのHIEにおいては, 上位群と下位群 ($p < 0.01$), 中位群と下位群 ($p < 0.01$) の間に有意差が認められた。

IV. 考察

本研究は, 国内女子ハンドボール選手を対象として, ウェアラブルデバイスに内蔵されているIMUを使用し, 実際の試合中に出現する現象について定量化を行った最初の研究である。ハンドボール選手は競技中に際し, 短距離のスプリント, 方向転換, ジャンプ, フェイント動作などを60分間断続的に繰り返すことが要求される (Rannou et al., 2001)。IMUを用いることによって, サッカーやフットサル, バスケットボールなどと同様に, ハンドボールにおいても, 実際の試合中に選手が行っているこれらの詳細な動きを数値化することが可能となった。

本研究の結果から, 事前測定において行ったYo-Yo IR1および40m STのいずれの結果も, 上位群と中位群との間には差は見られなかった。これは, 本研究の対象者各々が有していた間欠的運動能力ならびにスプリント能力には, 差がなかったことを意味している。しかし, IMUを用いて実際の試合から得られた測定データを比較すると, すべての項目において, 上位群, 中位群, 下位群の順に頻度が多い傾向が見られた。ハンドボールの競技中における動作は, 多くの球技スポーツと同様, 単一方向への直線的な動きのみならず, 多方向への様々な動きが混在していることが特徴的である。田中ほか (1999) は, ハンドボール選手

を対象にフィールドテストを行った結果、直線走タイムには競技水準による差が見られなかったが、方向転換走タイムは競技水準の高い選手の方が速かったことから、走方向変換技術がハンドボール選手の競技水準を左右する要因の一つであることを示唆している。また、競技中に際し、選手に求められる方向転換を含む様々なHIEは、男子選手 (Póvoas et al., 2014 ; michalsik et al., 2015b) ・女子選手 (Manchado et al., 2013, p.386-387; michalsik et al., 2015a) とともに重要な要素であることが言われている。本研究において調査した試合中のHIEにおいても、競技レベルの高い群の方が、よりHIEが多いという結果を得た。先行研究と本研究とでは、用いた測定方法および項目が異なるため、直接的にHIEについての比較検討を行うことはできないものの、本研究で得られた結果は、これまでの先行研究の結果を支持するものであると考える。

このように、IMUを用いて得られたデータを競技レベル別に比較検討した結果、フィールドテストの数値においてはそれほど差が見られない対象選手同士であっても、実際の試合をIMUによって分析したデータの結果は異なることから、競技レベルの高い群の方が、試合中に際し、選手各々が有している身体的な能力を十分に発揮できている可能性があるかと推察する。実際のハンドボールの試合では、全員が同条件で行うフィールドテストとは異なり、選手は常に刻々と変化する状況に対応し、その上で自らもアクションを起こさなければならない。今回の結果は、ハンドボール特有の動作から鑑みると、ボールや相手の動きに対応するための動作、相手との駆け引きの中で緩急を織り交ぜ繰り出すフェイント動作、ボールを保持していない選手の細かいポジショニングの修正など、選手の競技レベルや経験値による動きの質・量の違いが反映されていると推察する。また、競技中の動きに関して、ハンドボールと類似点の多いサッカーの先行研究では、日本人女子選手の方向転換を含む疾走、すなわちアジリティ能力は海外選手と比較してもストロングポイントであるということが言われており (日本サッカー協会, 2010), 女子選手においては、方向転換を含む動作のパフォーマンスを改善することで、競技力向上に繋がることが示唆されている (Hirose et al., 2015)。本研究においては、上位群は、中・下位群と比較して、左右への方向転換の頻度が有意に多い結果となった。チームスポーツであるハンドボールの試合では、攻撃または守備時のシステムも含めたチーム戦術、ならびに当該チームにおける各選手、各ポジションの役

割も試合中に出現する現象に影響を及ぼすことが予想される。そのため、今後対象選手ならびにチーム数を増やした上で更なる検討を加えることは必須であるものの、競技レベルの高い実際の試合中に際し、頻度の多い方向転換のパフォーマンスを改善することが、日本女子ハンドボール選手における競技力向上、については日本人選手の特徴を活かした国際競技力向上のための有用な指標となり得る可能性は十分に考えられる。

本研究では、ハンドボールの競技特性を理解した上で、実際の試合から得られた科学的知見を共有することの重要性が示唆された。本研究において得られたデータを勘案すると、ハンドボール選手それぞれの競技パフォーマンス向上へ向けては、選手各々が本来有している身体的な能力を実際の試合形式のトレーニングから、より最大限に発揮してプレーを行う努力をすることで、よりハンドボール選手としての競技力向上に繋がると推察する。しかしながら本研究は、試合時におけるチームのデータを収集し、比較するに留まった。そのため、これは推測の域を出ないものの、本研究は今後、国内代表選手レベルにおけるデータ数の増加、ポジション間における比較、男子選手との比較、トレーニング効果の検討など更なるデータの蓄積を行うことと同時に、海外強豪国のデータと比較検討を行うことで、女子ハンドボール選手の指導現場におけるトレーニング立案の科学的根拠、ならびにタレント発掘における有用な一指標の構築に繋がるものである。

文 献

- 明石光史・田中 守・田中宏暁・檜垣靖樹 (2014) ハンドボール競技選手におけるボディコンタクトが走パワーへ及ぼす影響：漸増負荷運動と間欠運動に着目して。体育学研究。59 : 745-754.
- Catapult Sports. (2013) Sprint help. – Inertialmovement Analysis (IMA): For Sprint 5.8 and subsequent releases.
- Hirose, N. and Nakahori, C. (2015) Age differences in change-of-direction performance and its subelements in female football players. *Int J Sports Physiol Perform.* 10: 440-445.
- Jones, M, R., West, D, J., Crewther, B, T., Cook, C.J. and Kilduff, L, P. (2015) Quantifying positional and temporal movement patterns in professional rugby union using global positioning system. *Eur J Sport Sci.* 15(6): 488-496.
- 公益財団法人 日本サッカー協会 (2010) 日本女子サッカー選手のフィジカルパフォーマンスの特徴, JFAフィジカルフィットネスプロジェクト, テクニカルニュース. 39 : 42-43.
- Luteberget, L, S and Spencer, M. (2017) High intensity events in international female team handball matches. *Int J Sports Physiol Perform.* 12(1): 56-61.
- Manchado, C., Pers, J., Navarro, F., Han, A., Sung, E., and Platen.

- (2013) Time-motion analysis in women's team handball : importance of aerobic performance. *J Hum Sport Exerc.* 8(2): 376-390.
- Michalsik, L, B., Aagaard, P. and madsen, K. (2013) Locomotion characteristics and match-induced impairments in physical performance in male elite team handball players. *Int J Sportsmed.* 34: 590-599.
- Michalsik, L, B., Aagaard, P. and madsen, K. (2015a) Technical activity profile and influence of body anthropometry on playing performance in female elite handball. *J Strength Cond Res.* 29(4): 1126-1138.
- Michalsik, L, B., Madsen, K. and Aagaard, P. (2015b) Physiological capacity and physical testing in male elite team handball. *J Sportsmed Phys Fitness.* 55: 415-429.
- 宮森隆行・吉村雅文・青葉幸洋 (2008) サッカー選手の体力評価. *理学療法科学.* 23(5) : 685-690.
- 森口哲史・市村志朗・藤田 勉・永澤 健・前田雅人 (2009) ハンドボールに必要な間欠的運動能力に関するフィールドテストの検討. *鹿児島大学教育学部教育実践研究紀要.* 19 : 81-86.
- Montgomery, P, G., Pyne, D, B. and minahan, C, L. (2010) The physical and physiological demands of basketball training and competition. *Int J Sports Physiol Perform.* 5: 75-86.
- Póvoas, S, C, A., Ascensão, A, A, M, R., Magalhães, J., Seabra, A, F., Krstrup, P., Soares, J, M, C. and Rebelo, A, N, C. (2014) Physiological demands of elite team handball with special reference to playing position. *J Strength Cond Res.* 28(2): 430-442.
- Rannou, F., Prioux, J., Zouhal, H., Gratas-Delamarche, P. (2001) Physiological profile of handball players. *J Sportsmed Phys Fitness.* 41: 349-353.
- Souhail, H., Castagna, C., Mohamed, H, Y., Younes, H. and Chamari, K. (2010) Direct validity of the Yo-Yo intermittent recovery test in young team handball players. *J Strength Cond Res.* 24(5): 465-470.
- 田中 守・佐伯敏亭・西田寛文・田中宏暁・進藤宗洋 (1999) ハンドボール競技選手における方向転換走能力の研究—フィールドテストからの男女の検討—. *福岡大学スポーツ科学研究.* 30(1) : 1-18.
- Wagner, H., Finkenzeller, T., Würth, S. and von Duvillard, S, P. (2014) Individual and team performance in team-handball: a review. *J Sport Scimed.* 13 : 808-816.

平成29年1月31日受付

平成30年2月5日受理

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

戸邊直人¹⁾ 林 陵平²⁾ 荻山 靖³⁾ 木越清信⁴⁾ 尾縣 貢⁴⁾

The case study on the process of improved performance by a top high jumper

Naoto Tobe¹⁾, Ryohei Hayashi²⁾, Yasushi Kariyama³⁾, Kiyonobu Kigoshi⁴⁾ and Mitsugi Ogata⁴⁾

Abstract

This study aimed to present the practical knowledge and investigate effective techniques to improve performance in the high jump. The subject was a male Japanese top class high jumper whose personal record was 2 m31. Progress in high jump performance was shown by an increase from 2 m22 in 2012 to 2 m31 in 2014, and kinematics data were collected at competitions to assess the factors involved in achieving best record. The results were as follows.

1. The subject focused on high jump technique training during periods between competitions, and on improvement in strength training at without competition periods. Considering effects of training, this training protocol was logical.
2. The subject changed from single-arm action at takeoff to double-arm action and improved its techniques during this study. This change improved high jump performance by increasing force on takeoff.
3. The results of this study suggested different from general theory which is provided by previous study. It means that there is possibility to discover new theory by investigating individual case.

These results suggest the hints to improve high jump performance and indicating the importance of individual longitudinal investigation.

Key words: Practical knowledge, Account, Kinematics

実践知, 記述, キネマティクス

I. 緒言

陸上競技の走高跳はどれだけ高いバーを跳び越えることができるかを競う種目であり、他の跳躍種目と比較して、助走において曲線を描くことが大きな特徴である。選手はこの曲線走を利用することで、踏切準備局面において支持脚の屈曲だけではなく、曲線内側に身体を傾ける身体内傾動作にも依存して身体重心高を低下させることが可能となっている (Ae et al., 1986; Dapena, 2000; 関岡・栗原, 1978)。一方で、曲線助走の軌跡は助走速度やストライド長、選手の形態といった様々な要因によって変化し、それに応じて踏切準備局面から踏切局面における動作には選手間における大きなばらつきが存在することが報告されている (阿

江, 1996a; 阿江ら, 2008; Isoleto et al., 2007; 渡辺, 2012)。また、このばらつきは選手の個人内においても形態や体力的要因の変化などによって生じるものであると考えられ、従来の研究で行われてきた個人間の動作を比較検討することによって有効な技術を解明する取り組みには限界が存在する可能性が報告されている (渡辺・守田, 2012)。以上のことから、走高跳における有効な技術要因の解明のためには個人内での動作の縦断的比較検討と共に、トレーニング実践事例を提示することが重要であると考えられる。

特定の事例から実践知を提示するための研究は、近年、その重要性が盛んに叫ばれており (森丘, 2014; 坂入, 2011; 関子, 2012)、実践の主体者自身の学びを他者の学びとして役立てられることをその意義とし

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
2) 岐阜大学教育学部
Faculty of Education, Gifu University
3) 山梨学院大学スポーツ科学部
Faculty of Sport Science, Yamanashi Gakuin University
4) 筑波大学体育系
Faculty of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba

(會田, 2014), 事例研究においては実践知を普遍性のあるものとして提示することが重要である. 実際にこれまでのスポーツパフォーマンスを対象とした実践研究においても(林ら, 2016; 小倉ら, 2016; 凶子, 2013a), 主体者が獲得した実践知を他者の実践に役立て得るものとして提示されている. しかし, これまでには指導者を主体とした実践研究が多く, 競技者が研究の主体となり, パフォーマンスを高めるための取り組みにおける種々の課題やその解決過程などについて, 内的視点から記述した研究は極めて少ない. 指導者のコーチングに関する実践知も大変に有益なものであるが, 競技スポーツの現場において, パフォーマンスの改善を目的として行動し, 運動を遂行する主体者は競技者である. そのために, 競技者の視点からの内的記述によって, パフォーマンスの向上を目的とした取り組みの過程における思考や行動の変化を明らかにすることは非常に重要であると考えられる. さらに, 事例研究では内容が単なる事例の提示に終わらず, 個人を越えた普遍的な新知見を探求することが求められており(凶子, 2013b), この達成のためには客観性の担保されたデータをもとに知見を示すことが必要になると考えられる.

そこで本研究では, 世界トップレベルの高い競技力を有し, セルフコーチングを実施する1人の走高跳選手が記録を向上させた事例に着目し, その間の1年8か月に渡る記述によって, 記録向上過程における対象者の取り組みを明らかにすると共に, 定量的データによって, 記録向上に伴った体力的要因および技術的要因の変化を明らかにすることで, パフォーマンス向上のための実践知を提示することを目的とした.

II. 方法

1. 主体者および対象者

主体者および対象者は, 陸上競技および走高跳の競技歴が10年の男子走高跳選手である. この選手は中学から一般まで, 全ての年代カテゴリーにおける全国大会で優勝経験のあるトップ選手であった. なお, 2014年に記録した自己ベスト2m31は日本歴代3位, 2014年の世界ランキング12位に相当する記録であった. また, 対象者が所属するチームには, コーチやアシスタントコーチを始めとする指導スタッフが数名いたが, トレーニングの計画および実践, 評価は自身で行う, セルフコーチングを実施している競技者であった. セルフコーチングは大学入学と同時に開始し, 本

研究の対象期間の起始年である2012年はその3年目であった. ただし, 所属チームのコーチからは, 試合におけるコーチングやトレーニングに関する相談や, 月に3回程度と頻度は低いもののトレーニングにおける指導などのコーチングを受けていた.

2. 対象期間

対象期間は, 2012年のシーズン最高記録を達成した2012年9月10日から, 自己最高記録の2m31を達成した2014年5月11日までとした.

3. 競技活動に関する資料

1) トレーニング日誌

事例を回顧的に記述するために, 事例対象期間である2012年9月から2014年5月までのトレーニング日誌の内容を整理統合した. これらのデータの信頼性と妥当性を確保するために, トレーニング日誌の内容が作為的に変更されていないかについて, コーチが確認した. なお, 本研究においては対象者が実施したトレーニングを, スプリントトレーニング, ウェイトトレーニング, プライオメトリックトレーニング, テクニックトレーニングの4つに大別した.

2) 形態およびコントロールテストの記録計測

形態の変化における体組成はInbody770(Inbody社製)を用いて計測した. また, コントロールテストにおける30m加速走タイムは, 30mの加速区間を設けた30m走のタイムを光電管(Brower Timing社製)を用いて計測し, 垂直跳の跳躍高および6回連続リバウンドジャンプのRJ-index(跳躍高/接地時間: 凶子ら, 1993)は, マルチジャンプテスト(ディケイエイチ社製)を用いて計測した. さらに, ウェイトトレーニング種目におけるクリーンは, ハングポジションから実施しキャッチ動作までを完遂できた重量, スクワットは大腿と下腿のなす角が目測で90度になる姿勢までバーベルを下げ, その後立位まで挙上できた重量とした. なお, 対象者が実施したコントロールテストは, 陸上競技の跳躍種目を専門とする選手が体力的要因を評価するために一般的に用いられている種目であった(稲岡ほか, 1993; 凶子, 2013; 凶子・高松, 1996).

3) バイオメカニクスの動作分析

①対象競技会

本研究では, 対象者が2012年シーズン最高を記録した第81回日本学生陸上競技対校選手権大会(競技会

1), およびその後自己最高記録を樹立した第92回関東学生陸上競技対校選手権大会(競技会2), 第82回日本学生陸上競技対校選手権大会(競技会3), セイコーゴールデングラプリ陸上2014東京(競技会4)を対象競技会として, 競技会における最高パフォーマンスを記録した試技の動作を分析した. 競技会の開催日および記録は以下に示した.

- 競技会1: 2012年9月10日, 2m22 (シーズン最高記録)
 競技会2: 2013年5月18日, 2m25 (自己最高記録)
 競技会3: 2013年9月8日, 2m28 (自己最高記録)
 競技会4: 2014年5月11日, 2m31 (自己最高記録)

②分析方法および算出項目

2台のハイスピードカメラ(EXLIM-EX-F1, CASIO社製)を用い, 毎秒300コマ, 露出時間1/1000で各競技会における試技を撮影した. また, DLT法により3次元座標を算出するため, 試技前にキャリブレーションポールを立て撮影した. 撮影されたVTR画像から, 踏切接地の10コマ前から踏切離地10コマ後までの身体分析点をビデオ動作解析システム(FrameDias IV, ディケイエイチ社製)を用いて身体分析点23点をデジタル化した. 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軸とする右手系座標とした. 身体分析点の3次元座標はWells and Winter (1980)の方法を用いて分析点ごとに遮断周波数を決定し(X軸:

7.5~10.5Hz, Y軸: 6.0~10.5Hz, Z軸: 7.5~10.5Hz), 位相ずれのない4次のバターワースデジタルフィルターを用いて平滑化した. 平滑化した身体分析点の座標データから, 阿江(1996b)の身体部分慣性係数を用いて, 身体部分および全身の重心(身体重心)を算出した. また, 身体重心座標値を時間微分し, 静止座標系のX軸成分とY軸成分を合成することで身体重心速度を算出した. さらに, 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, これにZ軸を加えた移動座標系を定義し, 身体重心と接地足の足関節中心を結んだ線分をY'Z平面およびX'Z平面へ投影し, この線分がY'Z平面上でZ軸となす角を身体後傾角, X'Z平面上でZ軸となす角を体内傾角として算出した. また, 本研究では振込動作の評価変数を算出するために, 左大転子から右大転子へ向かうベクトルをX''軸, Z軸とX''軸の外積をY''軸, これにZ軸を加えた移動座標系を定義した. さらに, 振込脚側大転子と足関節中心を結んだ線分をY''Z平面上へ投影し, Z軸となす角を振込角度とし, さらに振込角度を微分することで角速度を算出した.

III. 結果

1. 対象期間におけるパフォーマンスの変化

表1には対象者が対象期間において出場した全試合

表1 対象期間における試合一覧

日付	大会名	場所	記録(m)	備考
2012年9月10日	第81回日本学生対校陸上競技選手権	国立競技場(東京)	2.22	シーズン最高記録
9月23日	第25回六大学対校陸上競技選手権	千葉市総合スポーツセンター(千葉)	2.16	
10月6日	第67回国民体育大会	岐阜メモリアルセンター(岐阜)	2.21	
2013年1月20日	Best Western Games	ヴェクショー(スウェーデン)	2.15	
1月27日	Plasspollen	マルメ(スウェーデン)	2.20	
4月14日	筑波大競技会	筑波大学(茨城)	2.15	
4月28日	2013日本選抜陸上和歌山大会	紀三井寺運動公園(和歌山)	2.20	
5月18日	第92回関東学生対校陸上競技選手権	国立競技場(東京)	2.25	自己最高記録
6月9日	日本陸上競技選手権	味の素スタジアム(東京)	2.20	
7月7日	Universiade 予選	カザン(ロシア)	2.20	
7月9日	Universiade 決勝	カザン(ロシア)	2.20	
7月28日	第10回トワイライト・ゲームス	織田フィールド(東京)	2.19	
8月10日	国民体育大会千葉県予選会	千葉市総合スポーツセンター(千葉)	2.23	
9月8日	第82回日本学生対校陸上競技選手権	国立競技場(東京)	2.28	自己最高記録
10月6日	第68回国民体育大会	味の素スタジアム(東京)	2.24	
10月19日	第53回実業団・学生対抗陸上競技選手権	Shonan BMW スタジアム平塚(神奈川)	2.20	
2014年1月27日	Ostravska latka	オストラヴァ(チェコ)	2.20	
2月2日	Russian Winter	モスクワ(ロシア)	2.24	
2月11日	Martin Kutman Memorial	タルトゥ(エストニア)	2.26	
2月15日	Müller Indoor Grand Prix	パーミンガム(イギリス)	2.20	
4月27日	2014日本選抜陸上和歌山大会	紀三井寺運動公園(和歌山)	2.20	
5月11日	セイコーゴールデングラプリ陸上東京2014	国立競技場(東京)	2.31	自己最高記録

の記録を示した。対象者は、2013年5月18日の関東学生対校選手権で2m25, 2013年9月8日の日本学生対校選手権で2m28, 2014年5月11日のセイコーゴールデングランプリで2m31の自己最高記録を達成した。

2. 対象期間におけるトレーニングとその評価

表2には対象期間における対象者のトレーニング概要をまとめた。対象者は、対象期間におけるトレーニング計画において、走高跳のパフォーマンスを構成する要因を最大筋力や力発揮能力などの体力的要因と、走高跳の動作における技術的要因の2つに大別し、これらを相互的または並行的に高めていくことによって走高跳のパフォーマンスを向上させることを目指した。体力的要因を高めるためのトレーニングとしては、走能力向上を目的とした100m~200mのスプリントトレーニング、主に最大筋力の向上を目的としたクリーンやスクワットといったウェイトトレーニング、力発揮能力の向上を目的としたボックスジャンプやハードルジャンプなどのプライオメトリックトレーニングを実施した。なお、ウェイトトレーニングでは、最大挙上重量の60~70%程度の重量を用いて疲労困憊まで挙上する筋肥大法、最大挙上重量に近い重量を用いて1セットあたり1~2回挙上する最大筋力法、非常に軽い重量を用いて可能な限り速く挙上する

最大スピード法を用いた(グロッサー・ノイマイヤー, 1995)。また、技術的要因を高めるためのトレーニングとして、走高跳の跳躍を行う跳躍練習と、その分習法としてのドリルを行うテクニクトレーニングを実施した。

図1, 図2は上記に示した各種トレーニングの実施回数とそれぞれの割合を月毎にまとめたものである。スプリントトレーニングは試合期における回数が少なく、ウェイトトレーニングは鍛錬期の11月から1月に高い頻度で実施された。また、プライオメトリックトレーニングは年間を通して安定した頻度で実施された。一方、テクニクトレーニングは2012年の11, 12月には1回も実施されず、試合期の1, 2月と4月から9月には多く実施された。なお、各年の10月は休養期間としたために、全てのトレーニングの頻度が低下している。

また、対象者は上記のトレーニングの成果の検証のために、形態の変化とコントロールテストの結果を記録した。表3は対象者の形態の変化を、表4は対象者が定期的実施したコントロールテスト記録の変化をまとめたものである。

形態の変化に着目すると、わずかではあるが身長が増加が認められた。また、体重は鍛錬期に増加し、試合期には減少した傾向が認められ、筋量および体脂肪

表2 月毎のトレーニング概要

月	Training Cycle	トレーニング目標	トレーニング日数	主なトレーニング内容	トレーニング拠点
2012年9月		跳躍技術の安定	15日	TT, PT, WT(最大スピード法)	
10月	試合期	筋量の増大, スプリント能力の向上	12日	TT, PT, WT(最大スピード法)	筑波大学
11月	鍛錬期	筋量の増大, スプリント能力の向上	15日	WT(筋肥大法), ST(100m~150m)	
12月		筋量の増大, スプリント能力の向上	20日	WT(筋肥大法), ST(100m~200m)	
2013年1月	試合期	最大筋力の向上, ダブルアームアクションの定着	20日	PT, WT(最大筋力法), ST(100m~200m)	筑波大学
2月	鍛錬期	最大筋力の向上, ダブルアームアクションの定着	16日	TT, PT, WT(筋肥大法, 最大筋力法)	スウェーデン(1月10日~2月3日)
3月	準備期	力発揮能力の向上, ダブルアームアクションの定着	18日	PT, WT(最大筋力法, 最大スピード法)	
4月	試合期	力発揮能力の向上, 助走から踏切局面にかけての動作の安定	15日	TT, PT, WT(最大筋力法, 最大スピード法)	
5月		力発揮能力の向上, 助走から踏切局面にかけての動作の安定	16日	TT, PT, WT(最大スピード法)	
6月		より素早い振り込み動作の習得	15日	TT, PT, WT(最大筋力法)	
7月		より素早い振り込み動作の習得	12日	PT, ST(100m~120m)	
8月		準備期	試合期前半で消耗した体力の改善, つぶれない踏切動作の習得	18日	TT, PT, WT(最大筋力法)
9月	試合期	力発揮能力の向上, つぶれない踏切動作の習得	17日	TT, PT, WT(最大スピード法)	
10月		つぶれない踏切動作の習得	12日	TT, WT(最大スピード法)	
11月	鍛錬期	筋量の増大	20日	WT(筋肥大法), スプリント(100m~200m)	
12月		筋量の増大	21日	WT(筋肥大法), スプリント(100m~200m)	
2014年1月		最大筋力の向上, 跳躍の感覚を取り戻す	19日	TT, WT(最大筋力法)	筑波大学
2月	試合期	力発揮能力の向上, 跳躍の感覚を取り戻す	12日	TT, PT, WT(最大スピード法)	エストニア(1月19日~2月18日)
3月	準備期	最大筋力の向上, 助走から踏切局面にかけての動作の安定	18日	TT, WT(最大筋力法)	
4月	試合期	力発揮能力の向上, 助走から踏切局面にかけての動作の安定	17日	TT, PT, WT(最大スピード法)	筑波大学
5月		力発揮能力の向上, 助走から踏切局面にかけての動作の安定	4日	TT, WT(最大スピード法)	

※TT: テクニクトレーニング, PT: プライオメトリックトレーニング, WT: ウェイトトレーニング, ST: スプリントトレーニング

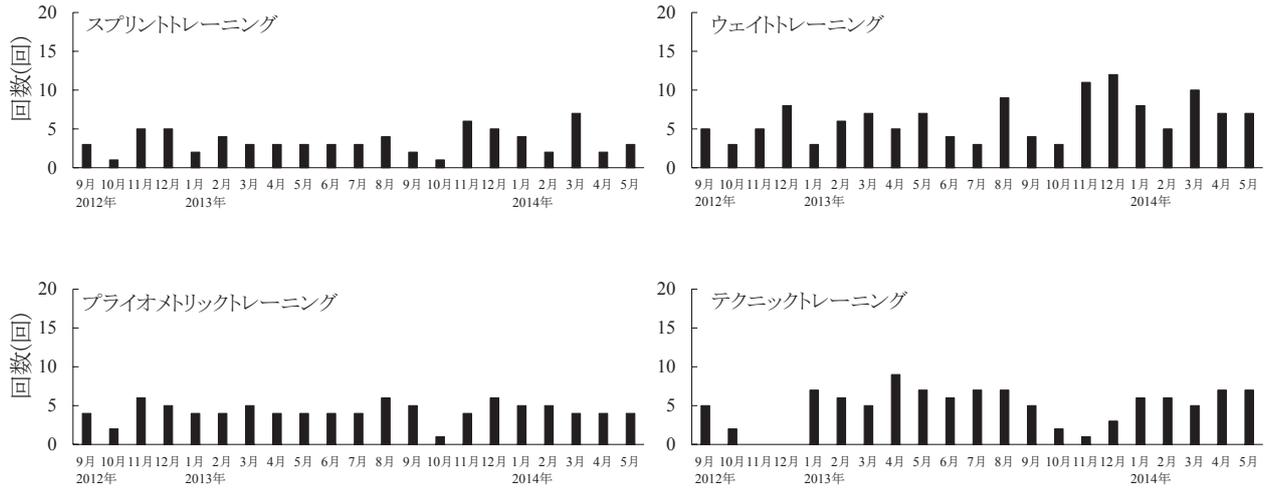


図1 各種トレーニングにおける月毎の実施回数

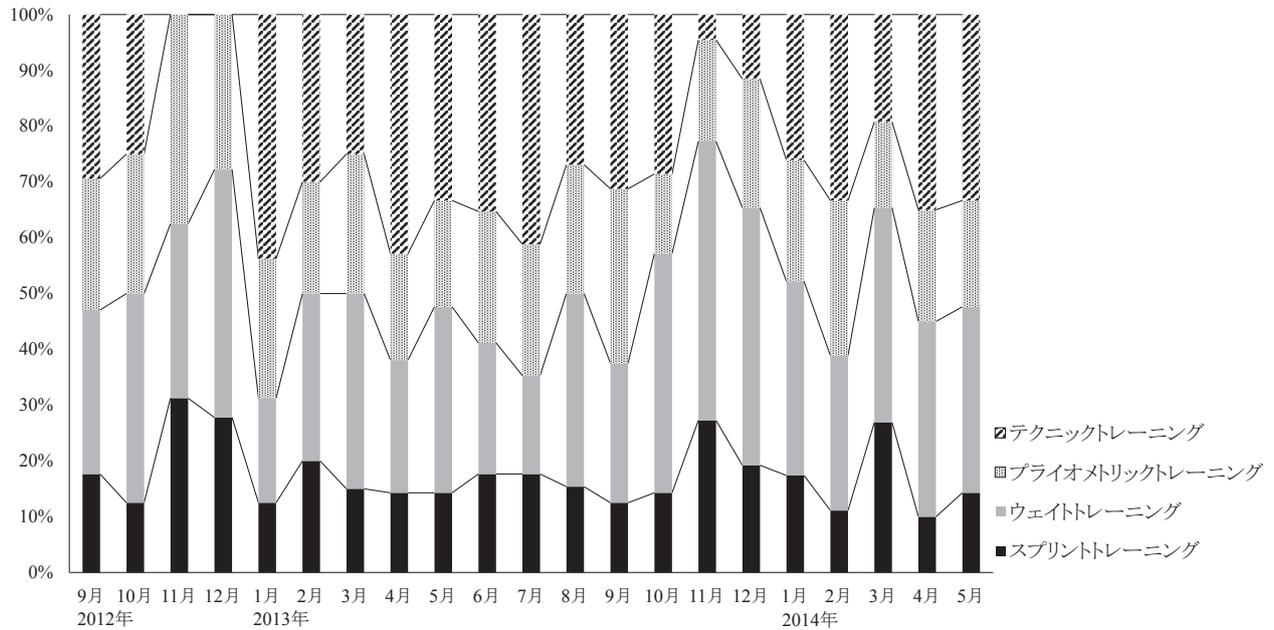


図2 月毎の各種トレーニング実施回数の割合の変化

表3 対象者の形態の変化

	2012年				2013年					2014年											
	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月
身長 (cm)	193.0	193.0	193.0	193.0	193.0	193.0	193.1	193.1	193.1	193.1	193.1	193.1	193.1	193.1	193.2	193.2	193.2	193.2	193.2	193.2	193.2
体重 (kg)	70.0	70.5	70.7	71.0	72.1	71.7	71.5	71.1	70.0	69.8	70.0	70.2	70.5	71.0	72.2	73.4	73.1	73.0	72.9	72.3	72.0
筋肉量 (kg)	36.8	36.8	37.0	37.3	37.6	37.1	37.2	37.0	36.9	37.0	36.9	37.2	37.4	36.9	37.5	38.1	37.9	38.0	37.7	37.8	37.6
体脂肪率 (%)	6.0	6.7	6.5	7.0	7.2	7.1	6.6	6.0	5.8	5.9	5.2	5.5	4.9	5.6	6.6	7.3	7.0	6.9	6.6	6.0	5.5

表4 対象者の各種コントロールテストにおける記録の変化

	2012年					2013年					2014年										
	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月
クリーン (kg)	85	90	90	95	95	100	100	100	105	100	95	95	105	-	95	110	115	110	115	120	110
スクワット (kg)	130	-	140	145	160	-	175	165	-	-	160	150	170	-	160	170	185	-	180	190	-
30m加速走 (s)	3.02	-	3.22	3.20	-	3.10	-	-	-	3.02	3.00	3.10	2.98	-	3.19	3.17	-	3.03	-	3.00	-
立五段跳 (m)	15.80	-	15.70	15.40	16.20	15.75	15.80	16.00	16.30	16.20	16.00	16.15	16.20	-	15.75	15.80	16.10	16.00	16.15	16.35	16.30
垂直跳 (m)	0.68	-	0.69	0.72	-	-	0.73	-	-	-	0.70	-	0.75	-	0.73	0.72	-	-	0.75	0.77	-
RJ-index (m/s)	3.68	-	3.70	3.75	-	-	3.69	-	-	-	3.82	-	3.83	-	3.69	3.75	-	3.89	-	-	-

競技会1 (2m22)



競技会2 (2m25)



競技会3 (2m28)



競技会4 (2m31)



図3 対象期間における踏切動作の変遷

率もおおむね体重と同様の变化傾向が認められた。一方、コントロールテストの記録では、全ての種目において、徐々に記録が向上した。なお、本研究の対象期間において、対象者にはトレーニングの中断やトレーニングメニューの変更を要する怪我や故障、疾病等はなかった。

3. 対象期間における走高跳パフォーマンスの定性的変化

図3は各ベストパフォーマンス試技の映像から、画像を切り出して作成した連続写真である。2012年9月10日の試技ではシングルアームアクションを用いて跳躍を行っているのに対して、2013年5月18日以降

にはダブルアームアクションを用いて跳躍を行っていることが認められた。

4. バイオメカニクス的動作分析による走高跳パフォーマンスの定量的評価

表5および表6は、踏切1歩前から踏切までのストライド長、踏切動作の接地時間、踏切接地時および離地時の身体重心高、身体重心の水平および鉛直速度、身体の内後傾角度と踏切角度、踏切局面における水平速度の減速量、振込角度および振込角速度を示した。

競技会1から2では、ストライド長が減少し、踏切接地時間は増大した。さらに、踏切接地時の身体重心水平速度、踏切離地時の身体重心鉛直速度、水平速度減速量が増大した。また、踏切接地時の身体の傾きは内傾角が減少し、後傾角は増大した。振込動作では、振込角度、振込角速度がともに減少した。

競技会2から3では、ストライド長が増大し、接地時間は減少した。さらに、踏切接地時の身体重心水平速度、水平速度減速量が減少し、踏切離地時の身体重心鉛直速度は増大した。また、踏切接地時の身体の傾きは内傾角が増大し、後傾角は減少した。振込動作では振込角度、振込角速度がともに増大した。

競技会3から4では、ストライド長は増大し、接地時間は減少した。さらに、踏切接地時の身体重心水平速度、踏切離地時の身体重心鉛直速度が増大し、水平速度減速量は減少した。また、踏切接地時の身体の傾

き角度では内傾角が増大し、後傾角は減少した。振込動作では振込角度、振込角速度がともに増大した。

5. 事例の提示

本研究の対象期間において、対象者は3度の自己最高記録の樹立を達成している。そこで、それぞれの新記録樹立への過程を整理するために、2012年9月10日から2013年5月18日までを第Ⅰ期、2013年5月19日から2013年9月8日までを第Ⅱ期、2013年9月9日から2014年5月11日までを第Ⅲ期として、その間の取り組みや所感を主観的に記述した。

1) 第Ⅰ期 (2012年9月10日～2013年5月18日)

対象者は2012年9月10日に開催された第81回日本学生陸上競技対校選手権大会(競技会1)において2m22の記録で優勝を達成した。この2m22は2012年のシーズン最高記録であり、優勝を確定させたのちに挑戦した自己最高記録となる2m25においても、成功には至らずとも惜しい跳躍ができたために、その後の試合で自己最高記録を更新するための手ごたえを得ていた。しかしながら、2012年のシーズンでは9月10日以後、10月6日のシーズン最終戦までに2試合に出場したものの、2m22を超える高さを跳ぶことはできず、「今後、自己記録を更新していくためには体力的要因、技術的要因の双方を高めることが必要である」と感じていた。そして、その後は10月を休養期間と

表5 踏切局面のバイオメカニクス的基礎パラメーター

	ストライド長 (m)	接地時間 (s)	身体重心高 (m)		身体重心水平速度 (m/s)		身体重心鉛直速度 (m/s)	
			接地時	離地時	接地時	離地時	接地時	離地時
競技会1	1.92	0.167	0.93	1.35	7.18	4.48	0.12	4.48
競技会2	1.81	0.173	0.93	1.36	7.85	4.15	-0.32	4.58
競技会3	1.87	0.160	0.91	1.37	7.70	4.47	-0.17	4.71
競技会4	2.12	0.153	0.92	1.34	8.01	4.47	-0.09	4.93

表6 踏切局面の各種動作評価パラメーター

	身体内傾角 (deg.)		身体後傾角 (deg.)		水平速度減速量 (m/s)	踏切角度 (deg.)	振込角度 (deg.)	振込角速度 (deg./s)
	接地時	離地時	接地時	離地時				
競技会1	-1.30	1.39	38.29	-7.33	2.70	44.39	51.31	-184.25
競技会2	-2.81	2.77	41.94	-6.38	3.70	48.07	54.56	-87.00
競技会3	-1.06	1.12	40.52	-3.50	3.23	46.27	51.34	-135.51
競技会4	2.79	0.24	36.74	-7.87	3.54	48.40	50.05	-247.26

して設定し、11月から2013年シーズンへ向けた鍛錬期のトレーニングを開始した。

2012年から2013年にかけての鍛錬期のトレーニングにおいては、2013年1月から約1ヶ月間、室内競技会への出場を目的としたスウェーデンへの遠征を計画していたために、遠征までの期間では走高跳のパフォーマンス向上に必要な体力的要因の向上に集中的に取り組み、遠征以後から徐々に技術的要因を高めるためのトレーニングを取り入れる計画を立てた。そのために、11、12月にはスプリントトレーニング、ウェイトトレーニング、プライオメトリックトレーニングを多く実施し、テクニクトレーニングは1度も実施しなかった。また、この時期は徐々に気温が低下していくことや、毎日のトレーニングで疲労が溜まっていたことから、コントロールテストやトレーニングにおけるパフォーマンスの顕著な向上はなかったものの、スプリントトレーニングにおける走タイムや総走距離、ウェイトトレーニングにおける重量や同じ重量あたりのレップ数、プライオメトリックトレーニングの強度や量は徐々に向上しており、順調にトレーニングを進められている手ごたえを感じていた。また、この時期にテクニクトレーニングを全く実施しなかったことに対して、はじめは不安に思う気持ちもあったが、体力的要因の向上が実感できたことで、不安感は徐々に消えていった。

2013年に入った直後の1月10日には、スウェーデンへの遠征に出発した。この遠征は2月3日までの25日間で、前半の13日間はオリンピック競技会アテネ大会における男子走高跳金メダリストの元走高跳選手およびその元コーチのもとでトレーニングを行い、移動日の1日を挟んで、後半の11日間は世界選手権ヘルシンキ大会における女子走高跳銅メダリストの選手が所属するチームと合流し、トレーニングを実施した。この時期のスウェーデンは室内競技会のシーズンで、それに合わせて対象者も試合期のトレーニングを実施したために、テクニクトレーニングやプライオメトリックトレーニングの頻度が増大した。遠征中は温暖な室内陸上競技場設備でトレーニングを実施したことから、日本でのトレーニングに比べて身体の動きも良く、トレーニング強度を高めることができた。また、テクニクトレーニングでは、コーチから踏切時の腕の振り込み動作（以下、アームアクション）を改善することを勧められ、走高跳を始めてからこの時点に至るまで継続して行ってきたシングルアームアクションから、ダブルアームアクションへの変更に挑戦した。

アームアクションの変更は走高跳選手では珍しい事例であるために、不安があったものの、ダブルアームアクションを採用した最初のテクニクトレーニングではシングルアームアクションよりも高く跳ぶことができたために、ダブルアームアクションへの変更を決意した。シングルアームアクションとダブルアームアクションでは、踏切動作だけではなく踏切準備動作から動きが大きく変わってしまう。例えば、ダブルアームアクションでは踏切2歩前から踏切1歩前の局面において、踏切動作における振り込みに向けて両腕を揃える動作が必要となる。対象者はその動作の違いによって、低い身体重心を維持すべき踏切準備局面で身体重心が高くなってしまったり、振り込みが遅れ、踏切動作とのタイミングを上手く合わせるができなかったりと、一連の動作に違和感を覚えた。しかし、アームアクションの変更から1週間後に出場した試合では、違和感を抱きながらも自己最高記録となる2m25に挑戦し、非常に惜しい跳躍ができたことから、「ダブルアームアクションを習熟させていくことで、自己記録を更新できる。」という確信を持った。

スウェーデン遠征からの帰国後は、出発前と同様に体力的要因の向上を目的としたトレーニングを集中して実施する鍛錬期を設けた。しかし、屋外の試合シーズンが近づいていることや、アームアクションを変更したことから、テクニクトレーニングも積極的に取り入れ、体力的要因と共に技術的要因も高めていくことを目指した。2月や3月の前半はまだ気温が低く、トレーニングの強度を上げることができなかったが、徐々に気温が上昇する3月後半からはトレーニング強度も向上し、また、徐々にダブルアームアクションの動作への違和感がなくなり、テクニクトレーニングでは何度もトレーニングでの最高記録を更新することができた。

2013年の試合期は4月中旬から始まり、4月には2つの試合に出場した。この時、テクニクトレーニングでの手ごたえから、自己最高記録への期待を持って試合に臨んだが、4月の試合ではいずれにおいても自己記録を更新することはできなかった。これらの試合を省察すると、助走局面から踏切局面にかけての動作の安定感がなく、踏切準備局面において身体重心が上がってしまっていると感じ、また、バーの高さが上がるにつれて助走に力みが出ることで助走速度が上がってしまい、それによって踏切動作における振込動作が間に合わなくなってしまっている感覚があった。そのために、4月の後半からは、5月18日に開催され

る第92回関東学生陸上競技対校選手権大会(競技会2)に向けて、助走と踏切動作における動きの安定を目的にテクニクトレーニングを多く実施した。そして、大会本番では課題としていた助走と踏切動作における動きを改善することができ、2m25の自己最高記録を達成した。しかし、腕の振り込み動作については依然として遅れが生じている感覚があった。

2) 第Ⅱ期(2013年5月19日~2013年9月8日)

関東学生陸上競技対校選手権大会の後には、6月に1試合と7月に3試合に出場した。これらの試合はいずれも2m20までの記録に留まった。この時期には日本選手権やユニバーシアード競技会などの重要度の高い試合が続いていたために、体力や技術を高めていくための強化トレーニングは実施せず、試合に向けた調整トレーニングを多く行っていた。そのために、7月終盤の試合では体力的要因の低下を感じ、踏切準備局面での身体重心を低下させるための沈み込み動作が上手く行えないことや、踏切動作で“つぶれ”が生じるなどの技術的課題も生じるようになっていた。

そのような状況の中、9月10日には日本国内の学生を対象とした最大規模の大会である日本学生陸上競技対校選手権大会が迫っており、当時、大学4年次だった対象者は、「この大会で何としても優勝と自己最高記録の樹立を達成したい」と考えていた。そして、この目標を達成するためには、先に挙げた課題の解決が必要であると考え、8月を鍛錬期として、前半を特に体力的要因の向上、後半を特に技術的要因の向上を目的としたトレーニングを実施する期間として設定した。この間のトレーニングは順調に実施することができ、9月の初めに実施したコントロールテストでは多くの種目で前月からの大幅な記録の向上が認められた。また、技術的要因の改善を目的としたトレーニングでは、「つぶれることなく適切な踏切動作をすることができれば、自己最高記録を跳ぶことができる」と考え、助走での力みをなくすことを意識した跳躍練習や、踏切動作の改善を目的としたテクニクトレーニングを多く実施した。これらによって、跳躍練習では助走の安定や、振り込み動作を素早く遂行できるようになっている実感があった。そして、迎えた第82回日本学生陸上競技対校選手権大会(競技会3)では2m28の自己最高記録で優勝し、大会前に掲げた目標を達成した。

3) 第Ⅲ期(2013年9月9日~2014年5月11日)

日本学生対校選手権大会の後には10月の3週目まで2つの試合に出場した。しかし、自己記録の更新には至らず、2013年の試合期を終了とした。2013年には2度の自己記録の更新を達成できたために、2014年の試合期に向けても、昨年と同様に体力的要因、技術的要因の双方を高めていくことを目標とした。試合期の終了後は11月10日までを休養期間として設定し、トレーニングを休止した。休養期間の後には、前年同様に11月から12月を鍛錬期、1月から2月にかけての期間はヨーロッパで遠征を実施する試合期とし、遠征以前の期間では体力的要因の向上に集中的に取り組み、遠征以後の期間は徐々に技術的要因を高めるトレーニングを実施していく計画を立てた。

11月、12月には、最大筋力の向上を目的にウェイトトレーニングを多く実施した。その結果、コントロールテストにおけるウェイトトレーニング種目の記録が短い期間で急激に向上し、それに伴って体重も増大していった。跳躍競技において選手の体重が増加することは、踏切で必要とされる力が増大し、パフォーマンスにネガティブな影響を与える可能性があるため、この時期に生じた体重の増加には不安を感じていた。しかし、プライオメトリクトレーニングやテクニクトレーニングにおける跳躍や、コントロールテストにおけるジャンプ系種目では、パフォーマンスの明らかな低下は認められなかったために、その後も継続してウェイトトレーニングを積極的に実施した。

11月から2か月余りの鍛錬期トレーニングを実施した後、1月の2週目にヨーロッパ遠征へと出発した。この遠征では、2013年に実施したスウェーデン遠征のように1か国に留まらず、いくつかの国を転戦することを目的とした。渡航の直後は、遠征出発前にテクニクトレーニングを十分に積んでいなかったことや、体力的要因が著しく向上したことから、助走から踏切まであらゆる動作に違和感があり、上手く跳躍することができなかった。そのため、渡航1週間後にチェコで出場した試合では記録が2m20に留まったが、テクニクトレーニングを継続して実施することで徐々に跳躍の感覚を取り戻し、ロシアで出場した遠征2試合目では2m24、渡航後3週目にエストニアで出場した遠征3試合目では、2m26を記録し、世界選手権において優勝経験のある選手に勝つこともできた。この遠征の約1か月の期間では上記の3試合に加えてイギリスでも試合に出場し、計4試合に出場した。いずれも非常にレベルの高い競技会であり、全て

の試合に2m30以上の自己記録を持つ選手が出場していた。しかし、時にはそういった選手に勝つことができたために、世界のトップレベルに近付いている実感を抱くことができ、屋外シーズンに向けてのモチベーションが高まった。また、この頃には振り込み動作の違和感や遅れがなくなり、特に意識せずとも振り込み動作を円滑に遂行できていると感じていた。

ヨーロッパ遠征からの帰国後も前年と同様に鍛錬期を設け、屋外での試合期に向けて体力的要因と技術的要因の並行した向上を目的としたトレーニングを計画、実施した。この間のトレーニングは極めて順調に実施することができ、体力的要因では各種コントロールテストの結果が徐々に向上し、技術的には助走から踏切に向かう動作を安定させることを目指した。

シーズンへ向けた準備を順調に進めることができ、2014年の試合期は4月27日に開催された2014日本選抜陸上和歌山大会を初戦とした。この試合では5m/sを超える強い向かい風が吹く悪コンディションであり、記録は2m19と低調だったものの、優勝を決めた後に挑戦した2m25では惜しい跳躍ができ、コンディションの悪さを鑑みると、とても好調であると感じていた。そして、2014年の2試合目として出場したセイコーゴールデングランプリ陸上東京2014(競技会4)では、風もなく、気温も高い良コンディションの中で試合が開催され、この試合で2m31の自己最高記録を達成した。

IV. 考 察

本研究の目的は、1人の走高跳選手が記録を向上させた過程に着目し、その間の記述によって、記録向上の過程における対象者の取り組みを明らかにすると共に、定量的データによって、パフォーマンス向上に伴った体力的要因および技術的要因の変化を明らかにすることで、パフォーマンス向上のための実践知を提示することであった。

対象者は対象期間を通して体力的要因と技術的要因を相互的または並行的に高めていくことを目的としてトレーニングを実施し、その結果、体力的要因は対象期間中に継続して向上していったことが認められた(表4)。また、技術的要因では踏切局面におけるアームアクションをシングルアームアクションからダブルアームアクションへと変える大きな技術変更を実施し、対象期間中にその技術が習熟していったことが記述された。体力的要因と技術的要因は相互に影響し合

いながらスポーツのパフォーマンスを形成しているために(グロッサー・ノイマイヤー, 1995)、対象者の走高跳のパフォーマンス向上は、本研究で示された体力的要因と技術的要因の相互関係による成果であると考えられる。本事例においてはアームアクションの変更とその習熟という大きな技術変化が行われたことから、このアームアクションに関する技術的要因と体力的要因の関係を中心にパフォーマンスに貢献した要因を検討する。

1. 対象者のパフォーマンスに影響を与えた技術的要因の検討

本研究の対象期間において対象者は、踏切時のアームアクションをシングルアームアクションからダブルアームアクションへと変更する大きな技術の変更を実施した。そこで、振込動作の定量的データに着目すると(表6)、競技会2では振込角度、角速度がともに最も低い値を示し、振込動作は小さくかつ遅く遂行されたことが認められた。これに対し、競技会3, 4と徐々に振込動作が改善され、競技会4では振込角度、角速度がともに最も高い値を示し、より大きく速い振込動作が遂行されるようになったことが認められた。これらのことは、変更直後には未熟であったダブルアームアクションが本研究の対象期間を通して習熟していったことを意味していると考えられる。

跳躍における振込動作は、反動動作や反作用として力積の獲得に貢献することが報告されており(阿江・藤井, 2002; Tellez, 1993; Tidow, 1993)、振込動作を片腕から両腕にし、さらにその動作を大きく速く遂行できるようになったことは、踏切動作においてより大きな力積の獲得に貢献したと推察される(奥山ら, 2003)。一方で、ダブルアームアクションでは振り込みに向けて両腕の動きを揃える動作が必要となり、踏切準備動作が複雑化することによって、助走速度の減少や身体重心の増大などのロスが生じてしまう可能性があり(Dapena, 2000)。本研究の対象者においてもダブルアームアクションの変更前後の競技会1と競技会2で、踏切接地時間の増大やストライド長の減少、振込動作の遅れなどのロスが生じていることが認められた。以上のことから、対象者が実施したアームアクションの変更は踏切準備動作におけるロスや振込動作の遅れを生じさせたものの、踏切局面ではより大きな力積の獲得に貢献し、パフォーマンスの向上に寄与したことが推察できる。なお、上記の技術の変更および習熟に伴う力積の増大によって、踏切動作では下肢や

体幹においてより大きな力発揮が要求されるようになったと考えられ、この技術変化は対象者の体力的要因の増大があったために、パフォーマンスの向上に貢献したと考えられる。

また、走高跳の踏切動作において身体の鉛直速度を獲得するためには、脚の伸展動作、振込動作、身体の起こし回転運動が貢献しており、中でも踏切接地時における後傾動作によって生じる身体の起こし回転運動によって、全体の70%もの鉛直速度が獲得されていることが報告されている(阿江, 1996a; Dapena, 2000; Tidow, 1993)。これらのことから、走高跳における記録向上の過程では踏切接地時の身体後傾角は増大することが推察できる。しかしながら、本研究の対象者は記録向上の過程において、踏切接地時における身体後傾角は記録の向上に伴った変化(増加)を示さなかった。このことは、身体後傾角が身体重心と足関節中心を結んだ線分が鉛直軸となす角度を示すものであるために、ダブルアームアクションへの変更を行ったことや、アームアクション変更後の技術の習熟によって振込動作がより速く遂行されるようになったことで、踏切接地時の腕の位置に変化が生じたことにより踏切接地時の身体重心の位置が変化し、身体の後傾角に影響を及ぼしたと考えられる。例えば、振込動作を行う腕を片腕から両腕に変更したことで、踏切接地時に両腕が身体の後方に位置する姿勢となるために(図4)、身体重心もより後方に移動し、身体の後傾角は増大したことが推察できる。

一方で、振込動作の習熟によって踏切接地時により前方まで腕を振り込むことができるようになったことで、身体重心も前方へと移動し、身体の後傾角は減少したと考えられる。以上のことから本研究では、個人内においてパフォーマンスと身体の後傾角は直接的な関係を示さず、先行研究で示された理論とは異なる変化が認められ、技術の変化によってパフォーマンスに影響を与える諸要因のそれぞれの貢献度は状況によ

って変化する可能性のあることを示すものである。さらに、上述のことはパフォーマンスの向上を目的とした取り組みの過程では、一般論として示されている有効な技術を追求することだけではなく、個人差や個人内における状況の変化に応じて、適した技術を発見し、獲得していくことの重要性を示すものであると考えられる。

2. 対象者のトレーニングプロトコルの検討

対象期間において対象者は、走高跳のパフォーマンスを構成する要因を体力的要因と技術的要因の2つに大別し、これらをもつて走高跳の記録向上を目指した。その間において、試合のない鍛錬期においては主に体力的要因を高めるためのトレーニングを中心としたプロトコルが実施され、一方で、試合期においては技術的要因を高めるためのトレーニングを中心としたプロトコルが実施された(表2, 図1, 2)。トレーニングによって、これら2つの要因が変化していく過程はそれぞれ異なっており、過負荷の原則に基づいて行われる体力トレーニングではトレーニングの実施からその効果が超過回復として出現するまでに遅延時間が必要となり、また、専門性の原則や特異性の原則に則って行われる技術トレーニングにおいては試行錯誤の結果、動きの感じやコツを体得した時には即時的にその効果が得られる(図子, 2003)。さらに、競技力を構成する諸要因には階層性が存在することを考慮すると(図子, 2016)、高度に身体を操作するための技術的要因は競技者が有する最大筋力やパワー発揮能力などの体力的要因の影響を多分に受けることが考えられる。これらのことから、対象者のように高いパフォーマンスの発揮が要求される試合期から逆算して、多くの時間資源を有する時点にある鍛錬期に集中して体力トレーニングを実施することで、高いパフォーマンス発揮のターゲットとする試合期に体力トレーニングの効果を獲得しつつ、試合期や、それに向けた専門準備

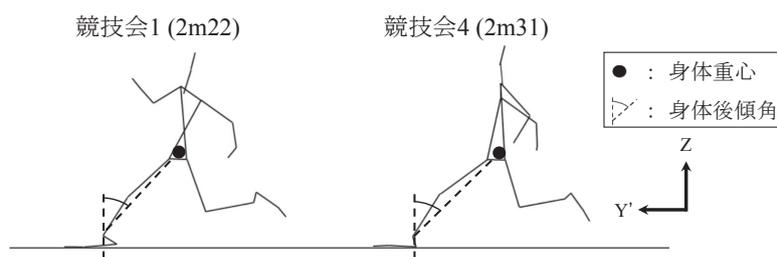


図4 アームアクションの変更による踏切接地時の姿勢の変化

期では技術トレーニングを多く実施することで、体力的要因の向上と併せて技術的要因の向上による効果が獲得されたと考えられる。また、体力的要因と技術的要因はそれぞれが独立したものではなく、相互に影響しながらパフォーマンスを形成しているものであると考えられ、特に、階層のより下層に位置する体力的要因は上層に位置する技術的要因に対してプライオリティーを持って向上させていく必要がある(図子, 2016)。このことから、試合シーズンに対してより早期に体力的要因を集中的に高めることを目指した対象者のトレーニングプロトコルがパフォーマンス向上に貢献した要因の1つであったと考えられる。また、上記のことは、体力的要因が技術的要因の制限因子となり得ることを示していると考えられ、体力的要因が大きく向上した本事例においては、技術的要因の変化に体力的要因の変化が大きく影響したと考えられる。なお、これら2つの要因の関係性については、様々な要因が複雑に絡まり合ったスポーツ実践の事例からの解明には限界があり、複雑さを可能な限り排除した実験的研究によって明らかにされる必要があると考えられる。

V. 結 論

本研究では、走高跳におけるトップレベルの選手が記録を向上させた過程に着目し、その間の記述によって、対象者の取り組みを明らかにすると共に、定量的データによって、記録の向上に伴った体力的要因および技術的要因の変化について検討した。本研究から得られた知見は以下の通りである。

1. 対象者は試合のない鍛錬期に体力的要因の向上を目的としたトレーニングを、試合期に技術的要因の向上を目的としたトレーニングを集中的に実施した。このトレーニングプロトコルはそれぞれの要因に対するトレーニング効果の特性上、パフォーマンスの向上に対して有効に機能したと考えられる。
2. 対象者がアームアクションを変更し、その技術を習熟させたことが踏切動作においてより大きな力積の獲得に寄与し、パフォーマンスの向上に貢献したと考えられる。また、この技術変化に伴うパフォーマンスの向上には体力的要因の向上が有効に働いたと考えられる。
3. 本研究の事例におけるパフォーマンス向上過程では、身体の後傾動作について先行研究で示された

理論とは異なるパラメーターの変化が生じた。このことから、希少事例を分析することで、多くの対象を用いた分析では検討できない理論を明らかにすることができる可能性が示唆された。

競技実践の現場では、様々な要因が複雑に絡み合い、競技者のパフォーマンスが形成されている。本研究ではその一部に焦点を当て、定性的記述と定量的分析から記録の向上に貢献した要因を検討した。本研究で示された知見は走高跳選手の記録の向上に役立てられることに加えて、走高跳のパフォーマンス獲得の機序の解明に貢献し得る、有益なものであると考えられる。さらに、スポーツパフォーマンスの向上過程を主体者の定性的記述と定量的分析によってひも解いた本研究の取り組みと、それによって得られた知見はコーチング学の発展に寄与するものであると考えられる。

謝辞

本研究の構想から執筆に至るまで、筑波大学体育系図子浩二教授(当時、2016年6月逝去)から多大なるご指導を賜りました。ここに深謝の意を表します。

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・藤井範久 (2002) スポーツバイオメカニクス20講. 朝倉書店:東京, pp.49-50, 113-115.
- 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.
- 會田 宏 (2014) コーチの学びに役立つ実践報告と事例研究のまとめ方. コーチング学研究, 27 (2) : 163-167.
- Dapena, J. (2000) The high jump. In V. Zatsiorsky (Ed.), Biomechanics in sport. Blackwell Science, Published:Oxford, pp.246-261.
- グロッサー, マンフレート・ノイマイヤー, アウグスト (1995) 選手とコーチのためのスポーツ技術のトレーニング. 朝岡正雄・佐野 淳・渡辺良夫訳, 大修館書店:東京, pp.139-142.
- 林 陵平・金井 瞳・図子浩二 (2016) “ある初心者コーチ”が経験したコーチング開始当初数ヶ月間の学びに関する事例—大学跳躍チームのアシスタントコーチ経験を省察するこ

- とからみえる初心者コーチの学び—。コーチング学研究, 29 (2) : 229-238.
- 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.
- Isoleto, J., Virravirta, M., Kyröläinen, H., and Komi, P. V. (2007) Biomechanical analysis of the high jump at the 2005 IAAF World Championships in Athletics. NSA., 22 (2) : 17-27.
- 森丘保典 (2014) コーチング学における事例研究の役割とは? : 量的研究と質的研究の関係性。コーチング学研究, 27 (2) : 169-177.
- 坂入洋右 (2011) コーチング学における新たな応用的研究の可能性—包括的媒介変数を活用した実践的研究法—。コーチング学研究, 24 (2) : 169-173.
- 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. NSA., 8 (1) : 31-44.
- 小倉 圭・野本堯希・川村 卓 (2016) 大学野球内野手におけるゴロ処理に関するコーチング事例。コーチング学研究, 29 (2) : 221-228.
- 奥山良樹・横澤俊治・村木有也・小山宏之・藤井範久・阿江通良 (2003) 走高跳の振上脚の効果に関するバイオメカニクス的研究。日本体育学会第54回大会号, 1 : 371.
- 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.
- 渡辺輝也 (2012) 走高跳におけるスポーツ運動学的技術分析の研究動向の批判的検討。体育学研究, 57 (1) : 159-176.
- 渡辺輝也・守田俊啓 (2012) 走高跳の技術トレーニングに関する運動学的一考察: 男子大学生選手における技術修正プロセスの1例を対象として。体育学研究, 57 (2) : 683-698.
- 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 bi-annual conference of the Canadian Society of Biomechanics). pp.92-93.
- 関子浩二 (2003) スポーツ練習による動きが変容する要因—体力要因と技術要因に関する相互関係。バイオメカニクス研究, 7 (4) : 303-312.
- 関子浩二 (2012) 体育方法学研究およびコーチング学研究が目指す研究のすがた。コーチング学研究, 25 (2) : 203-209.
- 関子浩二 (2013a) 筋力・パワー集中負荷方式およびプライオメトリクス強調方式のトレーナビリティに関するトレーニング学的研究—跳躍競技者のプレシーズンにおけるトレーニング経過を手がかりにして—。陸上競技学会誌, 11 (1) : 39-49.
- 関子浩二 (2013b) コーチング学研究投稿規定および投稿の手引きの改訂に関するお知らせ。コーチング学研究, 27 (1) : 0.
- 関子浩二 (2016) パフォーマンスの構造を理解しトレーニングサイクルを循環させる—特集: パフォーマンスを評価する—。コーチングクリニック, 30 (6) : 4-7.
- 関子浩二・高松 薫 (1996) “ばね”を高めるためのトレーニング理論。トレーニング科学, 8 (1) : 7-16.
- 関子浩二・高松 薫・古藤高良 (1993) 各種スポーツ選手における下肢の筋力およびパワー発揮に関する特性。体育学研究, 38 (4) : 265-27.

平成29年11月27日受付

平成30年3月10日受理

伸縮ロープを活用した体操の試案に関する実践研究

— 心理変容および運動強度に着目して —

本谷 聡¹⁾ 高橋靖彦²⁾ 小島瑞貴³⁾ 堀口 文⁴⁾

Apractical study regarding proposed gymnastics using elastic ropes: focusing on psychological modification and exercise intensity

Satoshi Motoya¹⁾, Yasuhiko Takahashi²⁾, Mizuki Kojima³⁾ and Aya Horiguchi⁴⁾

Abstract

The purpose of this study is to explore the possibilities of exercises using elastic ropes by proposing an exercise program and set of gymnastics utilizing the characteristics of elastic ropes and verifying the effects of these exercises. 146 university students were the subjects of the study, and the items of the study were examination of the exercise program using the visual analog scale, psychological modification before and after the gymnastics using the two-dimensional mood scale, and the subjective and objective exercise intensity during the gymnastics. As a result: (1) The overall average values on the visual analog scale for all subjects of the study were $78.6 \pm 21.4\%$ for attainment, $75.5 \pm 20.2\%$ for interest, and $29.1 \pm 26.2\%$ for danger. In particular, high values were displayed for interest, similarly to the study using elementary school students as the subjects. (2) Through research using the two-dimensional mood scale, a significant difference ($p < .001$) was confirmed in all items of the study before and after the gymnastics for all subjects of the study, for which vitality, pleasure, and arousal increased, while stability decreased. (3) For exercise intensity during the gymnastics, the rating of perceived exertion was 8.9 ± 1.6 , and the average heart rate, which served as the subjective index for gymnastic intensity, was 102.1 ± 11.4 bpm, resulting in similarly low values for both. As described above, it was found that the proposed gymnastics can be performed by university students with interest, and a positive effect of psychological improvement can be obtained, even though the exercise intensity values were low.

Key words: elastic ropes, proposed gymnastics, visual analog scale, two-dimensional mood scale, rating of perceived exertion, heart rate

伸縮ロープ, 体操の試案, VAS法, 二次元気分尺度, 主観的運動強度, 心拍数

I. 緒 言

体操^{註1)}領域では、実施者の多様なねらいや目的に合わせた運動を実践するために、様々な用具ならびにそれらを活用した運動プログラムや体操の試案が行われてきた(荒木ら, 2014)。また、それらを指導する際には、実施者にとって義務的ではなく、心地よく楽しみながら運動を継続的に実践できるようにすることが求められている。そのため、日本体操学会第13回大

会(2013年)のテーマにもなった「人、物、音との関わり」にあるように、これらの3つの要素を積極的に活用することによって豊かな実践を展開することが重要であると考えられている。

近年では、これらの要素のひとつである「物」との関わりにおいて、体操ボール、ロープ、フープや棒といった従来の用具に加え、Gボールや立体網上構造体などといった新しい用具を活用した運動プログラムやそれらの心理的・身体的効果に関する研究が行われて

1) 筑波大学体育系

Faculty of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba

2) 法政大学非常勤講師

Part-time Lecturer, Hosei University

3) 東京藝術大学教育研究助手

Educational Research Assistant, Tokyo University of the Arts

4) 愛国学園保育専門学校非常勤講師

Part-time Lecturer, Aikoku Gakuen Nursery Professional Training College

いる(深瀬ら, 2001; 長谷川ら, 2001; 板谷, 2007; 池田ら, 2010). これらの運動プログラムの特徴は, 用具が有している弾力性や伸縮性などといった特性を最大限活用することで, 実施者は浮遊感や爽快感を得ることができる点である. その結果, 運動プログラムに対する主体的な取り組みを促すなど, 実施者の高い愛好的態度を引き出すことが報告されており(長谷川ら, 2006; 板谷, 2007), 運動実践を習慣化させる際の重要なポイントのひとつと考えられる. そこで, 本研究ではこれらの用具に共通する特性を有している伸縮ロープに着目した.

本研究で活用した伸縮ロープ(図1)は, 直径1mmほどのゴム素材でつくられた円柱材を束ね, それらの周りを特殊織りした糸で覆ったものである. また, ロープには直径5・7・10mmなどと異なる太さのものがあリ, その太さによって伸縮性の強度が異なる. そのため, 運動の目的や実施者の体力・運動能力などに応じて適切な太さのロープを選択することが可能である. 次に, ロープが伸び縮みするといった伸縮性に着目すると, 回旋させたり跳んだりするなど従来のロープの運動プログラムに加え, 引き伸ばしたり飛ばしたりといったユニークな運動プログラムを実施することができる. また, ロープ自体にクッション性が備わっていることから, 体の各部位や関節へ一過性の過度な力が加わることを防ぎ, 体への衝撃を緩和する効果が期待できる.

これまで, 本谷ら(2016a・2016b)は学校体育において伸縮ロープを活用した運動プログラムや体操を実践し, 体づくり運動の教材としての可能性を検討してきた. また, 各種体操講習会においては, 受講者がこれらの運動プログラムや体操を楽しみながら実践したり主体的な取り組みをしたりすることが報告されている. しかしながら, 伸縮ロープを活用した運動実践による心理的・身体的効果に関する科学的検証は, ほとんど行われていないのが現状である.

本研究では, 伸縮ロープの伸び縮みするといった用

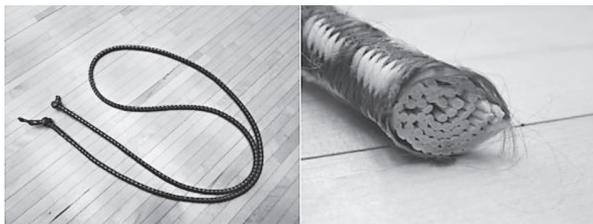


図1 伸縮ロープ(左図)とその断面(右図)

具特性を活用した運動プログラムならびに体操を試案するとともに, 実施した際の心理変容ならびに運動強度を検証することによって, 伸縮ロープを活用した体操の可能性を探ることを目的とした.

なお, 本研究では下記用語を次のように定義した.

- i) 運動プログラム; 回旋跳びやV字バランスといったひとつひとつの運動.
- ii) 体操; 運動プログラムを組み合わせた一連の総称.

II. 研究方法

1. 運動プログラムならびに体操の試案

本研究では直径10mmの太さの伸縮ロープを活用し, この用具特性である伸縮性を活用するため, 「引き伸ばす」といった運動形態に着目した7つの運動プログラムを試案した. さらに, それらを活用して組み合わせた体操(表1)を構成した. その際, 定められた長さのユニット毎に運動内容を構成し, 順番に実施するユニット方式^{註2)}を採用した. また, 伴奏音楽にはChange of Emotion(♩=168 bpm, 120 bpm, 3分4秒; 体操音楽集Fit Exercise Vol.5)の曲を利用した. この曲は, 速いテンポ(♩=168 bpm)とゆっくりしたテンポ(♩=120 bpm)のユニットが交互に繰り返して配置されており, 前者の速いテンポのユニットでは間奏としてペアでの回旋跳びまたは次の準備に, 後者のゆっくりとしたテンポのユニットでは試案した運動プログラムを実施するように体操を構成した. なお, 本研究では調査対象者である大学生が快適に動くことができるように, 曲の速度を10%テンポアップしたもの(♩=151 bpm, 108 bpm, 2分45秒)を使用した.

2. 試案した運動プログラムならびに体操の調査

1) 調査対象者

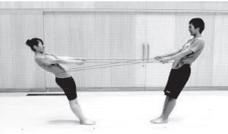
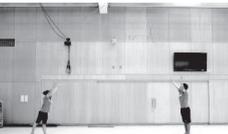
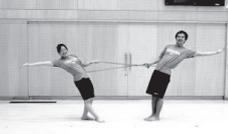
調査対象者は, 大学生146名(20.5±1.3歳)であった. 内訳については, 性別は男性101名(20.6±1.5歳), 女性45名(20.4±0.8歳)であった.

2) 調査項目・方法

(1) 運動プログラム調査

伸縮ロープを活用した体操に関する内省調査を実施後(Post)に行った. その際, 体操の全体に対する全体評価と試案した運動プログラム①から⑦に対する部分評価を実施した. 調査項目は, 達成度・興味度・危険度の3項目で, Visual Analogue Scale法(数直線の

表1 伸縮ロープを活用した体操

No.	運動プログラム名	図	運動方法	音楽 (網掛け;速いテンポユニット, それ以外;ゆっくりしたテンポユニット)
1	回旋跳び(ペア)		お互いのロープの端を持ち、ペアで回旋跳びを行う。	00秒～14秒 (20呼間;4・8呼間×2)
2	運動プログラム① 背負い伸ばし		お互いのロープの端をしっかりと握り、背負い投げの動きでロープを3回引き伸ばす。他方は、バランスを保持しながら、ロープをしっかりと固定する。	14秒～29秒 (16呼間;8呼間×2)
3	No.1と同様			29秒～40秒 (16呼間;8呼間×2)
4	運動プログラム② 背負い伸ばし(逆)		運動プログラム①と同様の運動を役割を変えて行う。	40秒～55秒 (16呼間;8呼間×2)
5	No.1と同様			55秒～1分05秒 (16呼間;8呼間×2)
6	運動プログラム③ V字バランス (向かい合わせ)		お互いのロープの端をしっかりと握りながら後方へ離れていき、頭から足までまっすぐに体を伸ばし、ペアでV字の姿勢でバランスを保持する。	1分05秒～1分20秒 (16呼間;8呼間×2)
7	No.1と同様			1分20秒～1分30秒 (16呼間;8呼間×2)
8	運動プログラム④ V字バランス (背中合わせ)		背合わせの状態でお互いにロープの端をしっかりと握り、前方へ離れていき、ペアでV字の姿勢になりバランスを保持する。	1分30秒～1分45秒 (16呼間;8呼間×2)
9	準備		次の運動の準備をする。	1分45秒～1分55秒 (16呼間;8呼間×2)
10	運動プログラム⑤ 腰バランス		お互いのロープの中心部分を相手の腰に引っ掛ける。その状態から後方へ離れていきバランスを保持する。その後、ロープの反発力を利用して、同時にお互いの場所を入れ替わるように移動する。	1分55秒～2分10秒 (16呼間;8呼間×2)
11	準備			2分10秒～2分20秒 (16呼間;8呼間×2)
12	運動プログラム⑥ 発射		ロープの端をしっかりと握り、そのロープの中心を足で踏んで固定し、可能な限りロープを引き伸ばす。その後、タイミング良くロープを放し、上方へ飛ばし、交換する。	2分20秒～2分35秒 (16呼間;8呼間×2)
13	準備			2分35秒～2分44秒 (16呼間;8呼間×2)
14	運動プログラム⑦ ポーズ		お互いのロープを相手の腰や脚、腕に巻き引っ掛けたりしてバランスを保持しながらポーズをとる。	2分45秒 (1呼間)

左端を0%「全くそう思わない」、右端を100%「とてもそう思う」として算出；以下、VAS法と記述)で調査した。

(2) 実施前後における心理変容

体操実施前後 (Pre-Post) における心理状態の変化について、坂入ら (2009) が開発した二次元気分尺度 (Two-dimensional Mood Scale；以下、TDMSと記述) を使用して調査した。この尺度は、調査対象者の気分を表す8項目に6件法で回答を求め、快適な興奮状態を示す活性度と快適な沈静状態を示す安定度 (2因子4項目)、およびその合成変数である快適度 (快-不快) と覚醒度 (興奮-沈静) の4種類の心理状態を測定するものである。

(3) 実施中の運動強度

試案した各運動プログラムならびに体操の運動強度を検討するため、体操実施中の主観的ならびに客観的運動強度について調査した。主観的運動強度の調査には、Borg (1982) の主観的カテゴリー・スケール (rating of perceived exertion；以下、RPEと記述) を使用し、体操実施後 (Post) に調査を行った。一方、客観的運動強度の調査には、腕時計型 (胸部ベルト式) 心拍計 (Polar社, RS400) を使用し、記録間隔は1秒で測定した。また、体操実施前には十分な準備運動の後に心拍計を装着し、5分間の仰臥姿勢での安静状態を設けて心拍を安定させた。この安静状態における開始後4分目から5分目までの1分間の平均心拍数を安静心拍数 (HRrest) として算出した。

なお、運動強度に関する本調査項目のみ全調査対象者から11名 (男性6名； 22.0 ± 1.3 歳/女性5名； 20.6 ± 0.9 歳) を抽出して実施した。この11名の調査対象者を抽出した理由は、体操部に所属していることから、様々な手具を活用した運動プログラムに慣れており、試案した運動プログラムを理解し、適切に実施できる可能性が高いと判断したためであった。

3. 分析方法

実施後に行った体操に関するVAS法を用いた全体ならびに部分評価の調査では、各調査項目 (達成度・興味度・危険度) の結果について、全調査対象者ならびに性別の群において単純集計を行った。また、TDMSによる心理変容の調査では、全調査対象者ならびに性別の群内における体操実施前後の各調査項目 (活性度・安定度・快適度・覚醒度) を比較するため、対応のある *t* 検定を実施した。

なお、統計解析ソフトはIBM SPSS Statistics バー

ジョン24 (日本IBM社) を用い、有意水準は5%未満とした。

4. 倫理的配慮

運動プログラムの実施ならびにデータの収集に関しては、調査対象者に対して、研究の目的、方法やプライバシーの保護を厳守する旨を説明し、書面にて同意を得た。また、本研究は筑波大学体育系研究倫理委員会による審査ならびに承認 (体28-136) を受け実施した。

III. 結果

1. 運動プログラム調査

表2は、試案した体操に関するVAS法を用いた達成度・興味度・危険度の調査結果について、全調査対象者ならびに性別群でまとめたものである。

全調査対象者における全体評価の平均値について、達成度は $78.6 \pm 21.4\%$ 、興味度は $75.5 \pm 20.2\%$ 、危険度は $29.1 \pm 26.2\%$ であった。次に、部分評価における各調査項目の平均値が最も高かった運動プログラムについて、達成度は運動プログラム①・②で $88.0 \pm 13.6\%$ 、興味度と危険度は運動プログラム⑤でそれぞれ $82.5 \pm 18.0\%$ と $43.1 \pm 27.9\%$ であった。逆に、各調査項目の平均値が最も低かった運動プログラムについて、達成度は運動プログラム⑥で $66.6 \pm 26.1\%$ 、興味度と危険度は運動プログラム⑦でそれぞれ $68.6 \pm 23.9\%$ と $12.2 \pm 17.9\%$ であった。

続いて、性別群でみると、全体評価の達成度は男性が $77.8 \pm 21.8\%$ 、女性が $80.5 \pm 20.4\%$ 、興味度は男性が $74.6 \pm 20.6\%$ 、女性が $77.5 \pm 19.4\%$ 、危険度は男性が $29.2 \pm 25.8\%$ 、女性が $28.9 \pm 27.1\%$ であり、性別群で大きな差異は確認できなかった。次に、部分評価における各調査項目の平均値が最も高かった運動プログラムについて、達成度は男性と女性ともに運動プログラム①・②で、男性が $88.3 \pm 13.9\%$ 、女性が $87.2 \pm 13.1\%$ 、興味度は男性と女性ともに運動プログラム⑤で、男性が $81.2 \pm 17.8\%$ 、女性が $85.5 \pm 18.3\%$ 、危険度は男性が運動プログラム⑤で $44.7 \pm 26.8\%$ 、女性が運動プログラム⑥で $41.5 \pm 28.6\%$ であった。逆に、部分評価における各調査項目の平均値が最も低かった運動プログラムについて、達成度は男性と女性ともに運動プログラム⑥で、男性が $67.9 \pm 25.0\%$ 、女性が $63.6 \pm 28.4\%$ 、興味度は男性と女性ともに運動プログラム⑦で、男性が $66.8 \pm 24.7\%$ 、女性が $72.6 \pm 21.7\%$ 、危

表2 試案した体操のVAS法による全体・部分評価

		全調査対象者		性別				
		<i>n</i> = 146		男性 <i>n</i> = 101		女性 <i>n</i> = 45		
		<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	
全体評価	達成度	78.6	21.4	77.8	21.8	80.5	20.4	
	興味度	75.5	20.2	74.6	20.6	77.5	19.4	
	危険度	29.1	26.2	29.2	25.8	28.9	27.1	
部分評価	運動プログラム ①・②	達成度	88.0	13.6	88.3	13.9	87.2	13.1
		興味度	73.8	20.2	73.1	21.2	75.3	18.1
		危険度	17.2	19.6	17.4	20.3	16.8	18.3
	運動プログラム ③	達成度	82.5	15.7	81.5	16.6	84.9	13.5
		興味度	76.3	18.5	74.6	19.4	80.1	15.9
		危険度	28.6	22.9	28.6	22.5	28.6	23.9
	運動プログラム ④	達成度	79.1	18.8	78.3	19.2	81.1	18.1
		興味度	73.7	17.7	73.1	18.3	75.2	16.2
		危険度	34.9	25.6	34.3	25.2	36.3	26.8
	運動プログラム ⑤	達成度	81.6	19.6	80.3	20.0	84.5	18.5
		興味度	82.5	18.0	81.2	17.8	85.5	18.3
		危険度	43.1	27.9	44.7	26.8	39.3	30.2
	運動プログラム ⑥	達成度	66.6	26.1	67.9	25.0	63.6	28.4
		興味度	78.1	20.0	78.9	18.5	76.6	23.1
		危険度	38.8	26.7	37.5	25.8	41.5	28.6
	運動プログラム ⑦	達成度	74.0	25.2	70.5	27.1	81.7	18.3
		興味度	68.6	23.9	66.8	24.7	72.6	21.7
		危険度	12.2	17.9	12.8	18.1	11.0	17.5

単位 %, *M*; 平均値, *SD*; 標準偏差

表3 体操実施前後におけるTDMSの調査結果

		全調査対象者		性別						
		<i>n</i> = 146		男性 <i>n</i> = 101		女性 <i>n</i> = 45				
		<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>			
活性度	Pre	0.2	3.6	***	-0.1	3.4	***	0.9	3.9	***
	Post	5.3	3.1		5.2	3.0		5.4	3.2	
安定度	Pre	4.0	3.8	***	3.6	4.0	*	5.2	3.0	*
	Post	2.9	2.6		2.5	2.5		3.8	2.7	
快適度	Pre	4.3	6.0	***	3.5	6.1	***	6.1	5.3	***
	Post	8.2	4.4		7.7	4.3		9.2	4.5	
覚醒度	Pre	-3.8	4.3	***	-3.7	4.3	***	-4.2	4.4	***
	Post	3.6	3.6		2.7	3.5		1.6	3.9	

M; 平均値, *SD*; 標準偏差, *; $p < .05$, ***; $p < .001$

危険度は男性と女性ともに運動プログラム⑦で男性が $12.8 \pm 18.1\%$ 、女性が $11.0 \pm 17.5\%$ であった。これらの結果から、危険度の最も高かった運動プログラムにおいて性別群で差異が確認されたものの、その他については男性と女性の各群において全調査対象者と同様の結果が認められた。

2. 実施前後における心理変容

表3は、体操実施前後におけるTDMSの調査結果をまとめたものである。体操実施前後で比較した結果、全調査対象者のすべての調査項目において有意な差が確認され、活性度、快適度ならびに覚醒度が上昇した一方で、安定度は低下した（活性度・安定度・快

適度・覚醒度, $p < .001$). また, 男性と女性の各群でも全調査対象者と同等の有意な差が確認され, 活性化度, 快適度ならびに覚醒度が上昇した一方で, 安定度は低下した.

3. 実施中の運動強度

1) 主観的運動強度

Borg (1982) のRPEを使用して調査した結果, 8.9 ± 1.6 であった(表4).

2) 客観的運動強度

図2は体操実施中の平均心拍数における時間的变化を, 表5は各ユニットにおける平均心拍数を示したも

のである. 11名の調査対象者における体操実施中の平均心拍数は 102.1 ± 11.4 bpmで, 各ユニットでは運動プログラム⑥の実施中が 115.8 ± 17.7 bpmでもっとも高い値を記録した. また, 時間的变化をみると, 体操開始から運動プログラム①にかけて心拍数が大きく上昇し, その後は $100 - 120$ bpmの範囲で安定して推移した.

なお, 11名の調査対象者における安静心拍数の平均値は 58.8 ± 5.9 bpmであった(表6). そのため, 試算した体操実施による安静心拍数に対する変化率((実施中の平均心拍数 $\times 100$ / 安静心拍数) - 100)は73.6%であった.

表4 主観的運動強度の調査結果

調査対象者	RPE
1	9
2	8
3	9
4	9
5	13
6	9
7	10
8	7
9	8
10	8
11	8
$M \pm SD$	8.9 ± 1.6

表5 各ユニットにおける平均心拍数

No.	運動プログラム名	心拍数 (bpm)	
		M	SD
1	間奏	77.2	12.9
2	運動プログラム①	86.1	11.7
3	間奏	97.6	11.6
4	運動プログラム②	100.1	11.4
5	間奏	102.9	12.5
6	運動プログラム③	102.6	13.0
7	間奏	105.8	10.1
8	運動プログラム④	105.9	11.6
9	間奏	106.9	11.2
10	運動プログラム⑤	107.5	13.0
11	間奏	113.5	18.6
12	運動プログラム⑥	115.8	17.7
13-14	間奏	110.1	15.7
	運動プログラム⑦		
平均値		102.1	11.4

($n = 11$)

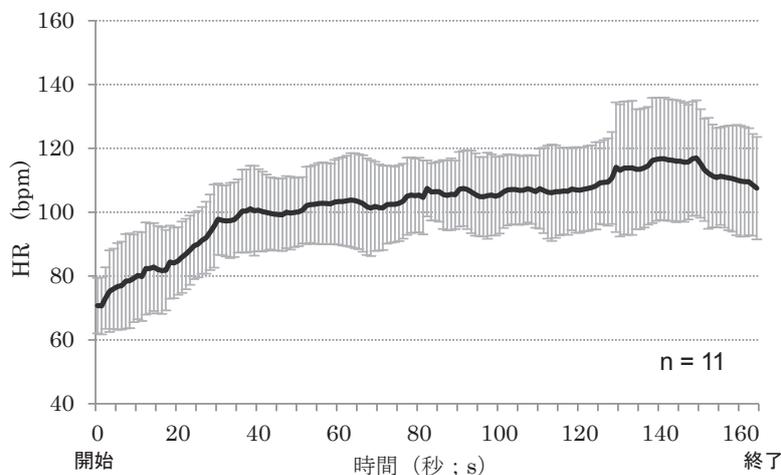


図2 体操実施中における平均心拍数の時間的变化

表6 安静心拍数の測定結果

調査対象者	HRrest (bpm)	
	M	SD
1	60.2	0.9
2	53.2	6.0
3	60.3	4.6
4	60.1	2.2
5	60.2	3.6
6	64.3	2.9
7	68.4	3.3
8	53.6	0.6
9	58.8	1.5
10	51.6	5.9
11	56.3	3.2
平均値	58.8	5.9

IV. 考 察

1. 運動プログラム調査

VAS法による3項目の調査結果より、全体評価の達成度と興味度がともに8割弱であったことから、本調査対象者は試案した体操をほとんど達成できたと同時に、伸縮ロープを活用した運動プログラムを楽しみながら実施していたことが確認できた。また、性別群でも大きな差異は確認できなかった。この主な理由として、(1)体操実施中に運動プログラム③・④・⑤のようなバランスを保持する際には、伸縮ロープが伸びたり縮んだりすることによって揺れが誘発され、より不安定な環境下において運動プログラムを実施することが求められること、(2)これまでに伸縮ロープを活用した運動プログラムを実践したことがなく、用具の扱いに不慣れで目新しさを感じるなどが考えられた。これらの点について、運動プログラムを実践する際に用具から誘発される不安定さや不慣れな動きの感覚が実施者の興味度を高めるといくつかの研究で報告されている(板垣, 1990; 春山, 2002; 木塚ら, 2006; 池田ら, 2010)。そのため、本研究でも伸び縮みする伸縮ロープの特性によって、より不安定な環境下において引き伸ばしたりバランスを保持したりすることが求められたことが本調査対象者の興味度を高めた要因のひとつであると推察された。さらに、小学生を対象とした伸縮ロープを活用した運動プログラムや体操の研究(本谷ら, 2016b)においても、実施者における高い興味度が報告されていることから、小学生や大学生以外の対象者においても楽しみながら実施できる可能性が推察された。



図3 安全対策の具体例(左図:結び目,右図:巻き付け)

一方で、全調査対象者における全体評価の危険度が3割弱で、特に運動プログラム⑤が他の運動プログラムより高値(43.1±27.9%)であったことから、それらに対する安全対策の必要性が示された。具体的には、急激に伸縮ロープを引き伸ばす際に伸縮ロープが手からすり抜けて相手に勢いよく当たってしまうことなどが予測されるため、図3に示すように伸縮ロープの端に結び目を作ったり、手に巻き付けたりしながら実施する安全対策が考えられた。

最後に、本研究で試案した体操はユニット方式を採用して構成した。そのため、実施初期においては同じユニットを繰り返して実施したり、慣れてきたら実施者が飽きないようにするためユニットの順番を組み替えたりするなど、誰にでも創意工夫することが容易である。つまり、試案した体操は運動の目的や実施者の体力・運動能力に応じて再構成が可能であることから、継続的に実施できる体操のひとつとしての可能性が推察された。また、他の運動プログラムより興味度が低値であったものの、運動プログラム⑦のようにバランスを保持しながらポーズする際に、伸縮ロープを相手に引っ掛ける部位を自由に選ばせるなど、実施者自身にも動きを選択させたりすることもできる。その結果、考える楽しさやその考えた動きが実践できたときに得られる達成感などを経験することによって、主体的かつ継続的な活動を促す可能性も推察された。

2. 実施前後における心理変容

体操実施前後における活性度をみると、全調査対象者ならびに性別の各群すべてにおいて有意な上昇が確認された。つまり、試案した体操を実施したことによって、本調査対象者はよりイキイキして活力がある心理状態になったことが示された。一方、安定度をみると、有意な低下が確認されたことから、体操実施後にはゆったりと落ち着いた状態から緊張した心理状態になったことが示された。

次に、体操実施前後におけるこれらのTDMSの結

果を二次元グラフ上にある座標軸の項目（活性度・快適度）に結果をプロットしたものが図4である。その結果、全調査対象者において、坂入ら（2009）が示す「平常心エリア」から「活動に適したエリア」へ心理状態が移行する傾向が確認された。また、性別の各群においても変化の方向が同等であった。このポジティブな心理的改善効果は、本研究と同じ大学生を調査対象者とし、Gボールを活用した運動プログラムの実施による心理的効果を検討した研究（鞠子ら、2013）でも同等の傾向が確認されている。このGボールは年齢に関係なく実施者の動く意欲を引き出しながら多様な体力を高めることができる用具のひとつといわれている（本谷ら、2000；深瀬ら、2001；池田ら、2010）。また、Gボールは弾力性や伸縮性といった用具特性を有していることから、実施者はGボール上での様々な姿勢におけるバランスやバウンドをする際、前後左右に揺れが生じるため、より不安定な環境下において運動プログラムを実施することが求められる。このように、本研究で取り上げた伸縮ロープは、Gボールを活用した運動プログラムを実施する際に生じる特性において共通点が多いことから、実施者にとって魅力的な用具となる可能性が推察された。ただ、試案した体操は豊かな運動実践を展開するため、(1) ペアでの実施、(2) 伸縮ロープを活用したオリジナルな運動プログラム、(3) 音楽の使用といった「人、物、音」の要素を活用して構成されており、本調査結果はこれらの複合的な要素による影響が大きく関係しているといえ

る。そのため、本研究においては各要素における影響などについては特定されていないため、今後さらなる検討を加える必要性が考えられた。

3. 実施中の運動強度

試案した体操実践における平均心拍数は102.1 ± 11.4 bpmであった。この結果は、山地（1997）が作成したRPEと年齢別HRの区分によると、本調査対象者と同等の区分である20歳代における「8」から「9（かなり楽である；105 ± 5 bpm）」に該当しており、RPEの本調査の結果と同等の結果であった。これらの結果について、本調査で客観的運動強度の指標とした心拍反応には喜怒哀楽に代表されるような人の情動が影響することが報告されており（Sternbach, 1962；山地, 2013）、さらに心拍数が比較的低い段階ではその影響が顕著になることが示されている（大野ら, 2001）。そのため、運動プログラムを楽しみながら実施していたと仮定すると、客観的運動強度である心拍数に影響を与えることによって、主観的運動強度の調査結果との間に差異がみられると予測したが、本調査において確認されなかった。

次に、厚生労働省（2013）は、健康づくりの為の運動指針の中で運動強度について「楽である（20歳代；135 bpm）」から「ややきつい（20歳代；150 bpm）」と感じる程度の強さを提唱している。この基準と比較すると、本調査における主観的ならびに客観的運動強度の調査結果はともに低値であった。この点について、

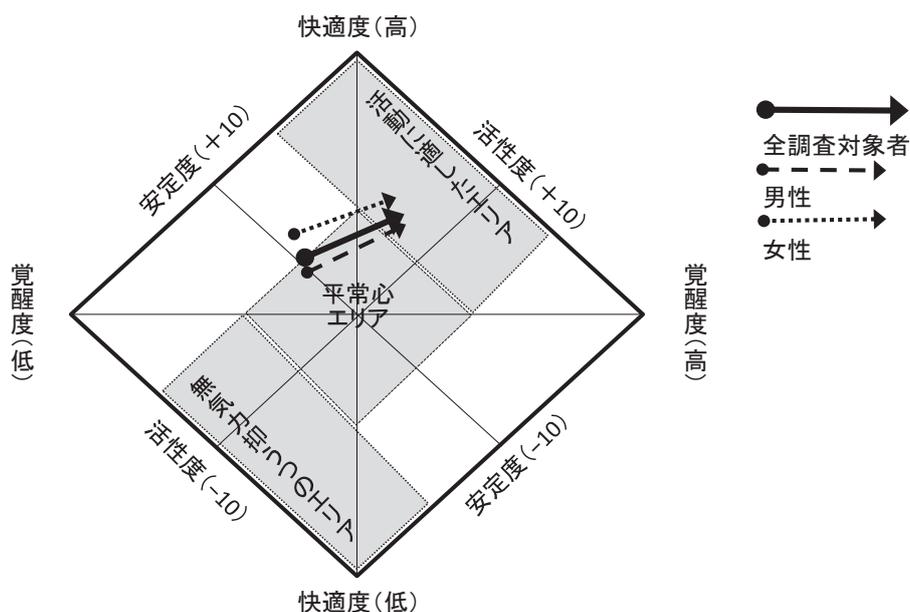


図4 体操実施前後における心理変容

(1) 試案した体操は、主に引き伸ばしたり、引き伸ばした状態でバランスを保持したりといった比較的運動負荷の軽い運動プログラムで構成したこと、(2) 日々、強い負荷のトレーニングを行っている体操部に所属する大学生が調査対象者であったことが主な要因と推察された。ただ、試案した体操はユニット方式を活用して構成していることから、より負荷の強い跳躍系や移動系運動を部分的に取り入れたり、伸縮性の強度の高いより太いロープを選択したりするなど、運動の目的や実施者に合わせて体操を工夫することで運動の負荷を調整することが可能と言える。

V. 結 論

本研究は、伸縮ロープの用具特性を活用した運動プログラムならびに一連の体操を試案するとともに、実施した際の心理変容ならびに運動強度を検証することによって、伸縮ロープを活用した体操の可能性を探ることを目的とした。調査対象者は大学生146名で、調査項目はVAS法による運動プログラム調査、体操実施前後におけるTDMSを使用した心理変容、ならびに体操実施中の主観的ならびに客観的運動強度であった。なお、運動強度に関する調査項目のみ全調査対象者から11名を抽出して実施した。

主な結果は下記の通りであった。

・VAS法による運動プログラム調査の結果、全調査対象者における全体評価の平均値について、達成度は $78.6 \pm 21.4\%$ 、興味度は $75.5 \pm 20.2\%$ 、危険度は $29.1 \pm 26.2\%$ であった。そのため、本調査対象者にとって試案した体操はほとんど達成することができ、小学生を対象とした研究(本谷ら, 2016b)と同様に楽しみながら実施していたことが確認された。

・二次元気分尺度(TDMS)による調査の結果、体操実施前後における全調査対象者のすべての調査項目において有意な差が確認され、活性度、快適度ならびに覚醒度が上昇した一方で、安定度は低下し(活性度・安定度・快適度・覚醒度, $p < .001$)、ポジティブな心理改善効果が示された。

・11名の調査対象者における体操実施中の運動強度について、主観的運動強度(RPE)は 8.9 ± 1.6 で、客観的運動強度の指標とした平均心拍数は 102.1 ± 11.4 bpmでともに低値であり、これらの間に差異は確認されなかった。なお、各ユニットでは運動プログラム⑥の実施中において 115.8 ± 17.7 bpmでもっとも高い値を記録した。また、全調査対象者の安静心拍数

(HRrest)は 58.8 ± 5.9 bpmであったことから、試案した体操実施による安静心拍数に対する変化率は73.6%であった。

以上の通り、本研究で試案した体操は大学生が興味を持って動くことができ、実施中の運動強度は低値であるものの、ポジティブな心理的改善効果が得られることが示された。今後は、大学生だけでなく子どもから高齢者といった様々な世代を対象とした本体操の心理的・身体的効果について検証を進めるとともに、運動の目的や実施者の体力・運動能力に合わせたさらなる運動プログラムを試案して、伸縮ロープを活用した魅力ある運動プログラムの構築を目指していきたい。

注 記

- 1) 本論文で示す体操とは、動きづくりや体づくりなどの教育的・社会的・文化的課題を持ち、からだの働きや動きを高めながら心を解放するなど健康づくりをねらった身体運動のことを指す。公益財団法人日本体操協会では一般体操と、国際体操連盟(F.I.G.)ではGymnastics for Allと示されている。
- 2) ユニット方式とは、32呼吸間などの定められたまとまりにおいて、ねらいを持った運動プログラムを構成し、そのまとまりを繰り返したり、順番を組み替えたりして実施するなど、いろいろな組み合わせで実施できる方式のことである。

付 記

本研究の一部は、科学研究費補助金(基盤研究(C)課題番号15K01514)を受けて実施されたものである。

文 献

- 荒木達雄他(2014)一般体操教本, 公益財団法人日本体操協会, 14-19.
- Borg, G. (1982) Psychophysical bases of perceived exertion, *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 14(5), 377-381.
- Borg, G. et al. (1983) A category-ratio perceived exertion scale: relationship to blood and muscle lactates and heart rate, *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 15(6), 523-528.
- 深瀬吉邦, 本谷 聡編(2001)おとなのためのGボール運動あそび, ギムニク, 1-3・7-135.
- 長谷川聖修, 高松 薫, 本谷 聡, 藤瀬佳香, 粟野まゆ子(2001)体ほぐし, 体力向上および姿勢改善からみたGボール運動の効果, *体育科学*, 30: 102-114.
- 長谷川聖修, 本谷 聡, 池田陽介, 鞠子佳香, 柳下浩一郎, 板谷 厚, 檜皮貴子(2006)Gボールを用いた児童の姿勢づくりの試み—座位バウンド運動による即時的効果に着目して—, *スポーツコーチング研究*, 5(1): 13-21.
- 春山文子(2002)日常生活で「導具」を使った健康体操—オリジナル手具体操のすすめ—, *文芸社*, 16-19.
- 檜皮貴子, 板谷 厚, 本谷 聡, 長谷川聖修(2012)女性高齢

- 者における動的バランス能力の測定法に関する試案—ファンクショナルリーチ後に踏み出し動作を加えて—, コーチング学研究, 25-2: 167-176.
- 池田延行, 長谷川聖修 (2010) 乗って, 弾んで, 転がって! ちゃれんGボール—楽しく・なかよく・動きの基礎を身につける体育の授業—, 明治図書出版, 9-12.
- 板垣了平 (1990) 体操論, アイオーエム, 261-265.
- 板谷 厚 (2007) JPクッションを用いた体操が下肢の筋電図と運動感に及ぼす効果, 体操研究, 4.
- 木塚朝博, 鈴木寛康, 飯島裕美, 長谷川聖修 (2006) 弾性動揺体を用いた新しい児童用運動能力テストの試案, 日本体育学会第57回大会号, 162.
- 小林寛道, 春山国広 (1994) おもり体操エクササイズ: やさしいレジスタンス・トレーニング, アイオーエム, 13-17.
- 厚生労働省 (2013) 運動基準・運動指針の改定に関する検討会報告書, 18.
- 鞠子佳香, 金子嘉徳, 長谷川千里 (2013) 大型ボールを使用した運動の心理的効果に関する研究—二次元気分尺度測定による運動前後の気分変化に着目して—, 体操研究, 10: 1-8.
- 本谷 聡, 長谷川聖修, 春山国広 (2000) 体操ボールの効果に関する研究, スポーツ方法学研究, 13-1: 185-196.
- 本谷 聡, 古屋朝映子 (2016a) 伸縮 (バンジー) ロープの用具特性を活用した体操試案, 筑波大学体育系紀要, 39: 39-42.
- 本谷 聡, 高岡綾子, 小島瑞貴 (2016b) 児童を対象としたオリジナル体操の試案に関する実践的研究—伸縮ロープを活用して—, 日本体操学会第16回大会号, 16.
- 大竹佑佳, 金子嘉徳, 鞠子佳香, 長谷川千里 (2017) 大型ボールの新しい利用方法の開発—高齢者も安全に利用できるダイナミックボール—, 体操研究, 13: 1-10.
- 大野秀樹ら編 (2001) 運動生理・生化学事典, 大修館書店, 290.
- 小野寺孝一, 宮下充正 (1976) 全身持久性運動における主観的強度と客観的強度の対応性—Rating of perceived exertionの観点から—, 体育学研究, 21: 191-203.
- 坂入洋右, 徳田英次, 川原正人, 谷木龍男, 征矢英昭 (2003) 心理的覚醒度・快適度を測定する二次元気分尺度の開発, 筑波大学体育科学系紀要, 26:27-36.
- 坂入洋右, 征矢英昭, 木塚朝博 (2009) TDMS (Two-dimensional Mood Scale) 手引き: 二次元気分尺度, アイエムエフ株式会社.
- Sternbach RA (1962) Assessing differential autonomic patterns in emotions, Journal of Psychosomatic Research, 6: 87-91.
- 山地啓司 (1997) 心拍数 (脈拍数) の測定意義・方法と主観的運動強度, ランニング学研究, 8: 15-35.
- 山地啓司 (2013) ころとからだを知る心拍数, 杏林書院, 22-26・283-285.

平成29年10月6日受付
平成30年3月12日受理

コーチング学会に関する各スポーツ分野の専門学術雑誌の最新動向（2017年）

一般コーチング学の発展のためには、個別コーチング学の発展が不可欠である。ここでは個別コーチング学を標榜する学会の研究誌に掲載されている研究論文等を紹介する。これらの学術誌の内容は、本学会の目指すものと車の両輪と位置づけられる。会員の皆さまにおいては、自分の専門種目の研究動向以外にも目を向ける資料としていただければ幸いである。

今回は2017年度に出版された学術誌に掲載された論文等を紹介している。なお、本稿執筆時点で紹介することが出来なかったものに関してはご了承いただきたい。

青山清英（日本大学）

●水泳・水中運動学会：水泳水中運動科学，第20巻1号，2017

【原著論文】

The Relationship between Buoyancy and Airborne Weight in Synchronized Swimmers

Miwako HOMMA

【その他】

飛込競技ナショナルジュニア選手における肩甲帯柔軟性と腰部傷害発生の関係について

—平成26年度飛込科学サポート—

谷口 徹，成田崇矢，野村孝路，坂田和也，
内藤直樹，茶木康寛，安田千万樹，金岡恒治

【日本水泳連盟科学委員会報告】

平成27年度エリート小学生研修合宿（競泳）における科学サポート

村松愛梨奈，浅井泰詞，松田有司，岩原文彦，
松井 健

●日本陸上競技学会：陸上競技学会誌，第15巻，2017

【原著論文】

競技レベルが異なる男子ジュニア走幅跳競技者の踏切動作の特徴

柴田篤志，清水 悠，小山宏之

短距離走スタートにおける第1歩目への着地からみたブロッククリアランスと加速様態に関する研究

篠原康男，前田正登

円盤投における並進運動に関するパラメータと円盤の初速度との関係

前田 奎，大山卞圭悟，広瀬健一，尾縣 貢

最大下努力度でのリバウンドジャンプにおける下肢筋群の負荷特性

関慶太郎，村越雄太，青山清英

【研究資料】

試合期における100mレース中のストライドおよび

ピッチの個人内変動

内藤 景，苅山 靖，山元康平，宮代賢治，
谷川 聡

走高跳の助走における視線行動

東中友哉，河村剛光，越川一紀，中田 学，
青木和浩

【陸上競技 Round-up】

現代のトップ選手の競技力形成に関するプラトーノフの思想

青山亜紀

パラ陸上競技におけるコーチングに求められる省察的実践について

近藤克之

【キーノートレクチャー】

新しいスポーツ栄養ガイドライン“Nutrition and Athletic Performance”の解釈と陸上競技選手への応用

鈴木いづみ，田口素子

●ランニング学会：ランニング学研究第28巻2号，2017

【原著論文】

ランニング愛好者における過去のランニングへの意識に関する調査研究

三本木温，綿谷貴志，中垣内真樹，佐藤伴行

大学生ランナーにおける3年間の有酸素性能力と走パフォーマンスの変化の関係

丹治史弥，鍋倉賢治

わが国の20代から40代ランニング大会参加経験者のランニング大会選好に関する研究

～ライフスタイルに着目して～

赤石京子，古川拓也，上林 功，間野義之

【資料】

トレイルランニング練習中のWBGTの違いが脱水率と水分補給率に与える影響

中村和照, 半田佑之介

●ランニング学会：ランニング学研究第29巻1号，
2017

【原著論文】

持久性運動後の血糖変動から糖尿病リスクを検出できるか？

安達 暢, 小原 繁, 山口鉄生

体育における持久走・長距離走に対する小中高生の態度
小磯 透, 西嶋尚彦, 岡出美則, 鍋倉賢治

●日本バレーボール学会：バレーボール研究第19巻
第1号, 2017

【原著論文】

ママさんバレーにおけるスポーツ・コミットメントモデルの検討 — 中断経験に着目して —

福田 誉, 上林 功, 古川拓也, 間野義之,
増山光洋

コンビネーション攻撃, 2 段トスからの攻撃に対する
一流男子チームの守備隊形

吉田康成, 西 博史, 福田 隆, 遠藤俊郎

バレーボールのV・プレミア・チャレンジリーグにおける観戦者の特徴

廣 美里, 天野雅斗, 安藤健太郎, 江藤直美,
金子美由紀, 神田翔太, 後藤浩史, 縄田亮太,
山田雄太, 石垣尚男

【実践論文】

バレーボールにおける一流センタープレイヤーのブ
ロックのコツに関する研究

五十嵐元, 中西康己, 秋山 央, 西田 誠

【研究資料】

バレーボールコート内の既知点を用いた3次元座標空間の再構築方法の精度とその特徴

中井 聖, 村本名史, 栗田泰成, 高根信吾,
瀧澤寛路, 塚本博之, 河合 学

大学女子バレーボールゲームにおけるコンビネーション攻撃に対するファーストランジッションに関する研究 —ファーストテンポとセカンドテンポのスパイクについて—

箕輪憲吾, 今丸好一郎, 松本勇治

チャレンジシステムの分析によるバレーボールのレ
フェリーにおける判定の正確性に関する研究

國部雅大

●日本ハンドボール学会：ハンドボールリサーチ, 第
6巻, 2017

【原著論文】

ハンドボール指導者による選手の主観的プレー能力評
価は選手の絶対的体幹固定筋力およびスクワット最大
挙上重量を反映する

楠本繁生, 井川貴裕, 下川真良, 下河内洋平

ハンドボール競技におけるオフェンスプレーを観察する
着眼点：卓越した指導者の観察記述を手がかりとして

伊東裕希, 井上元輝, 會田 宏

事象の生起様相および相手チームとの関係性に着目し
たゲーム分析方法の開発

橋詰 謙, 小笠原一生

【実践研究】

ハンドボールにおける基本プレイ・アルゴリズム構築
に関する研究：1 対 1 突破局面におけるステップスキ
ル体系化の試み

清水宣雄, 東 俊介

【研究資料】

日本人大学女子ハンドボール選手のACTN3及び
UCP2 遺伝子多型と形態・体力との関連性

位高駿夫, 笠原朋香, 花岡美智子, 栗山雅倫,
町田修一

ハンドボール競技におけるトレーニング後の皮膚表面
の変化

山田盛朗, 枝 伸彦, 曾根良太, 伊藤大永,
渡部厚一, 赤間高雄

ハンドボール競技におけるサイドシュートに対する
ゴールキーピング動作：世界女子トップレベルにおけ
る同一身長ゴールキーパーを対象に

下拂 翔, 永野翔大, 山田永子,
ネメシュ ローランド, 會田 宏

ハンドボールにおけるステップシュートの指導法に関
する事例：国際レベルのコーチ資格を有する卓越した
指導者の語りから

井上元輝, 藤本 元, 會田 宏

【症例報告】

Handball goalie's elbow の 1 例

桂 健生, 大西信三, 村上浩平, 鎌田浩史,
山崎正志

【事例報告】

前十字靭帯損傷を防ぐための環境整備：受傷時動画の
検証から

村上浩平, 大西信三, 桂 健生, 鎌田浩史,
山崎正志

【翻訳】

ハンドボールにおけるゲーム中の負荷に関する検討：
時間帯別のボールポゼッションの分析に基づいて
船木浩斗, 井上元輝, 伊東裕希, 禿 隆一,
富田恭介, 新井翔太, 高橋豊樹, 山下純平
センタープレーヤーとピヴォットプレーヤー：世界レ
ベルの中心プレーヤーと有望な若手プレーヤーのコン
ピを比較した現代の傾向
山本達也

●日本フットボール学会：Football Science,
Vol.13, 2017

【Paper】

Comparison of Attacking Plays in Soccer Games
between Japanese and Spanish U12 Players

Masao Nakayama, Toshihiro Ogata,
Midori Haranaka and Yusuke Tabaei

Lean Body Mass Index is an Indicator of Body
Composition for Screening Prospective Young Adult
Soccer Players

Yohei Takai, Tomohiro Kai, Kyosuke Horio,
Miyuki Nakatani, Miki Haramura, Toru Aoki,
Katsuyuki Shiokawa, and Hiroaki Kanehisa

Physical Demands of Elite Rugby Union Match-play
Using Global Positioning System

Hayato Yamamoto, Masanori Takemura,
Mitsuharu Kaya and Junzo Tsujita

Change in Ball Continuity Situations in Breakdown in
World-Class Rugby —Focusing on the Number of Players
Involved and Time Required to Get the Ball out —

Tatsuya Shimasaki, Go Chiba,
Takuo Furukawa and Akira Nakagawa

Effects of Scouting Videos on Electroencephalogram
during Motor Imagery in Football Players — Changes in
Alpha Power —

Takahiro Matsutake, Susumu Kadooka,
Takayuki Sugo and Takesi Asai

●日本武道学会：武道学研究, 第49巻1号, 2016-
2017

【総説】

武道史における神授の思想について

酒井利信

【原著論文】

武道・スポーツの基礎となる棒の力学：特に慣性力の

重要性

坂井伸之, 牧 琢弥, 竹田隆一

男子大学柔道トップアスリートにおけるミドルパワー
とACTN3及びACE遺伝子多型との関連性

上水研一朗, 位高駿夫, 廣川彰信, 有賀誠司,
町田修一

【実践研究】

柔道授業を初めて履修する中学生を対象とした単元計
画の検討

與儀幸朝

【研究資料】

大学女子柔道選手における合宿時の心理的コンディ
ション評価：POMSを用いた検討

鈴木なつ未, 渡辺涼子, 目崎 登

●武道学研究, 第49巻2号, 2016-2017

【原著論文】

タスクゲームとスキルアップドリル・ゲームを効果的
に結びつける剣道の授業展開に関する研究

立野龍太郎, 本多壮太郎

松江藩における直信流柔道の職制と役割に関する史的
研究：藩主給帳調査から

久保山和彦

日中戦争以降における武道の戦技化の起源とその背
景：武道振興委員会の審議過程の分析

中嶋哲也

剣道初心者に対する指導手順の違いが短期間における
正面打突の動作習得に与える影響

竹中健太郎, 下川美佳, 有田祐二, 前阪茂樹,
前田 明

近代における空手道（唐手）の型の創造に関する一考
察：船越義珍の著作における「型の構成」を手がかり
にして

嘉手苺 徹

●武道学研究, 第49巻3号, 2016-2017

【原著論文】

柔道授業における受講生の意識変容：N工業高等専門
学校を対象として

石川美久, 横山喬之, 久保田浩史, 坂本道人,
三宅恵介, 小林優希

ランジトレーニングが剣道選手の打突動作に及ぼす影響

椿 武, 前阪茂樹, 下川美佳, 竹中健太郎,
前田 明

【研究資料】

中学校における弓道授業の実態と教員の意識に関する調査：全日本弓道連盟が把握している実施校に着目して
鼻岡美里, 栗田昇平, 柿山哲治

柔道指導現場における「体罰」・「ハラスメント」ならびに「ドメスティックバイオレンス」の実態調査：大学生柔道選手を対象として

川戸湧也, 岡田弘隆, 増地克之, 小野卓志

【事情報告】

精神障害者・知的障害者に対する柔道療法の事例研究：社会医療法人清和会西川病院の取り組みから見えた柔道療法の新たな可能性

中村和裕, 高阪勇毅, 日比野幹生

中学校武道領域における弓道授業の教育効果：F県K市立K中学校を対象とした意識調査

鼻岡美里, 栗田昇平, 柿山哲治

●日本バスケットボール学会：バスケットボール研究, 第3号, 2017

【原著論文】

「バスケットボールのゲームにおけるリバウンドボール獲得に影響する要因と獲得プレイヤーの類似型化」

八板昭仁, 青柳 領, 大山泰史, 野寺和彦

「大学バスケットボールにおける得失点差とディフェンスプレイの因果分析」

田方慎哉, 青柳 領, 小牟礼育夫, 大山泰史,
木村和希

「加藤廣志監督にバスケットボールを手ほどきした女

性教師—桂田サキ略伝—」

水谷 豊

「大学女子バスケットボール選手における方向変換走能力の特徴」

山崎紀春, 河村剛光, 青木和浩, 中嶽 誠

【研究資料】

「統計的レーティング手法に基づくBリーグの制度設計に関する考察」

小中英嗣

「バスケットボール日本男子代表チームの個人技術の特徴 —日本, 中国, アメリカの3国間のゲーム分析比較から—」

張 東超, 岡本直輝

【翻訳】

「バスケットボールコーチのメンタリングの分析」

ポール・G・シェンプ (翻訳=佐良土茂樹)

●日本体操学会：体操研究, 第13巻, 2017

【研究ノート】

ラート運動におけるDoppelknieumschwungの技術に関する発生運動学的考察

堀口 文, 佐野 淳, 本谷 聡, 高橋靖彦

幼児の主體的な運動活動を支える指導者の役割 —保育所における体操教室からの一考察—

古屋朝映子, 長谷川聖修

大型ボールの新しい利用方法の開発～高齢者も安全に活用できるダイナミックボール～

大竹佑佳, 金子嘉徳, 鞠子佳香, 長谷川千里

日本コーチング学会会則

平成 2 年 3 月 18 日制定
 平成 6 年 3 月 13 日改正
 平成 7 年 3 月 12 日改正
 平成 8 年 3 月 10 日改正
 平成 10 年 3 月 22 日改正
 平成 11 年 3 月 14 日改正
 平成 13 年 3 月 18 日改正
 平成 14 年 3 月 17 日改正
 平成 16 年 3 月 14 日改正
 平成 18 年 3 月 26 日改正
 平成 20 年 3 月 22 日改正
 平成 22 年 3 月 20 日改正
 平成 23 年 4 月 1 日改正
 平成 24 年 8 月 23 日改正
 平成 27 年 3 月 8 日改正
 平成 27 年 8 月 26 日改正
 平成 29 年 3 月 22 日改正

◆ 第 1 章 総則

第 1 条 本会は日本コーチング学会（The Japan Society of Coaching Studies）と称する。

第 2 条 本会は体育・スポーツの指導実践に関する科学的研究とその発展に寄与し、体育・スポーツの指導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、次の事業を行う。

- 1 学会大会の開催
- 2 日本体育学会体育方法専門領域として行う事業
- 3 機関誌「コーチング学研究」、その他の出版
- 4 研究会・講演会の開催および研究情報の収集・紹介
- 5 学会賞・奨励賞の授与
- 6 他の研究団体およびスポーツ関係団体との連絡・提携
- 7 その他、本会の目的に資す事業

◆ 第 3 章 会員

第 4 条 会員の種別は次の通りとする。

- 1 正会員
 本会の目的に賛同しコーチング学の研究に関心を持つ者。
 日本体育学会会員、あるいはこれに関連する諸科学の研究者。
- 2 名誉会員
 本会に貢献のあった者で、理事会が推薦し、総会の承認を得た者。
- 3 賛助会員
 本会の目的に賛同する法人、団体および個人で、理事会の承認を得た者。
- 4 臨時会員
 本会の事業に限定的な参加を希望し、理事会が承認した者。

第5条 正会員として入会する場合は、ホームページの入会申込フォームより申し込むこと。

第6条 会費の納入額と納入方法はつぎの通りとする。

1 会費

- (1) 正会員 年額5,000円
- (2) 学生会員 年額2,000円
- (3) 名誉会員 不要
- (4) 賛助会員 年額 1口 (30,000円) 以上 振り込み
- (5) 臨時会員 事業毎に定める

2 会費支払方法

- (1) 日本体育学会体育方法専門領域所属の正会員の会費は、日本体育学会年会費と共に預金口座振替・自動払込みとする。(支払先：日本体育学会事務局)
- (2) 上記以外の会員と賛助会員は、預金口座振替・自動払込みとなる(支払先：日本コーチング学会事務局)。
- (3) 学生会員は現金振込とする。

第7条 当該年度会費を納入した正会員は、本学会大会の発表および機関誌への投稿資格を有する。

第8条 会員は以下の事由によって資格を喪失する。

- 1 退会したとき
- 2 死亡したとき
- 3 会費を2ヵ年度にわたり滞納したとき
(2ヵ年度とは当該会計年度およびその直前の会計年度のことを言う)
- 4 本会の名誉を傷つけ、またはその目的に反する行為があったとき

第9条 正会員で退会しようとする者は、事務局あてにEメールまたはFAXにて退会届を提出しなければならない。

第10条 既納の会費はいかなる理由があってもこれを返還しない。

第11条 いったん退会した正会員が再び入会を申し込む場合は第5条を適用する。

◆ 第4章 役員

第12条 本会に次の役員をおく。

- 1 1) 会長 2) 副会長 3) 理事長 4) 理事 5) 監事 6) 幹事

第13条 役員を選出は、「日本コーチング学会役員選出規定」に基づくものとする。

第14条 役員の仕事は次の通りとする。

- 1 会長は本会を代表し、会務を総括する。
- 2 副会長は会長を補佐し、会長の職務遂行に支障が生じたとき、これを代行する。
- 3 理事長は理事会を招集し、会務を総括する。
- 4 副理事長は理事長を補佐し、理事長の職務遂行に支障が生じたとき、これを代行する。
- 5 理事は理事会を構成し、会務を処理し、本会運営の責にあたる。
- 6 監事は本会の会務を監査する。
- 7 幹事は本会の会務を補佐し、事務処理にあたる。

第15条 役員の仕事は1期(2年)とし、再任は妨げない。ただし、会長、副会長、理事長は最長3期(6年)までとする。

第16条 理事会は次の委員会を設置する。

- 1 常置委員会として以下の委員会を設置する
 - 1) 運営委員会 2) 庶務委員会 3) 編集委員会 4) 学会大会委員会 5) 企画委員会
 - 6) 広報委員会

- 2 運営委員会は、会長、副会長、理事長および上記の各委員会委員長で構成する。
- 3 理事会は必要に応じて臨時の委員会を設置することができる。

◆ 第5章 会議

第17条 本会の会議は総会および理事会とする。

- 1 総会は本会の最高議決機関であり、少なくとも年1回開催し、次の事項を審議・決定する。
 - (1) 事業計画および収支予算
 - (2) 事業報告および収支決算
 - (3) 会則および役員選出規定の改正
 - (4) その他、理事会が必要と認める事項
- 2 総会および臨時総会は会長が招集し、原則として各1回開催する。
- 3 総会の議事は出席者の過半数の賛成により決定する。ただし、会則の改正は出席者の3分の2以上の賛成により決定する。
- 4 総会の議長は正会員の出席者の過半数の賛成により選出された正会員がつとめる。
- 5 理事会は理事長が招集し、議長となる。
- 6 理事会の成立には、委任状を含めた理事総数の3分の2以上の出席を必要とする。
- 7 理事会の議事は出席者の過半数の賛成により決定する。

◆ 第6章 会計

第18条 本会の経費は次の収入によってまかなう。

- 1 会員の会費
- 2 事業収入
- 3 他団体よりの助成金および寄附金

第19条 本会の会計年度は毎年3月1日より翌年2月末日までとする。

◆ 第7章 名誉会長

第20条 本会に名誉会長を置くことができる。名誉会長は理事会の推挙により、総会において決定する。

◆ 第8章 事務局

第21条 本会は、事務を処理するために、事務局を置くことができる。

- 1 本会の事務局の設置期間は原則として同一機関に1期(2年)として最長3期(6年)までとする。当面は事務局を以下に設置し、本会の所在地とする。
〒305-8574 つくば市天王台1-1-1 筑波大学体育系 長谷川 聖修
- 2 事務局の組織及び運営に関し必要な事項は、理事会において定める。

付則 1 本会則は平成29年3月22日より施行する。

投稿の手引き

1. 投稿資格

- 1) 会員または入会手続きを済ませた入会予定者は、全ての論文種別に対して投稿資格を有する。
- 2) 会員については、所定の年度会費手続きを行っている者、もしくは会費納入済みの者が投稿できる。新入会員については、会費納入済みの者が投稿できる。

2. 論文種類など

- 1) 本誌に掲載される論文の種類は、総説、原著論文、研究資料、実践報告 (Case Report)、短報、書評、内外の研究動向、研究上の問題提起のいずれかで、それぞれの特徴は以下の通りである。

①総説

コーチング学における一定範囲の研究視座について、文献総覧を中心に当該研究視座の体系を論考し、コーチング学の発展に直接的に寄与する論文。

②原著論文

・論考

コーチング学における種々の問題に対して、明快な論理展開を内在させながら新しい視点を導き出し、コーチング学の発展に直接的に寄与する論文。

・実践論文

スポーツ実践や関連事象について、実験や各種調査などによる仮説検証を通して、新規性と普遍性の高い原理や原則を明らかにし、コーチング学の発展に直接的に寄与する論文。

・事例研究

コーチング学における種々の問題に対して、事例をもとにして、新規性と普遍性の高い原理や原則を明らかにし、コーチング学の発展に直接的に寄与する論文。

③研究資料

上記の原著論文に該当するものであり、新規性と普遍性の高い原理や原則を必ずしも明らかにしたものではないが、コーチング学の発展に直接的に寄与する論文 (原著論文に一步及ばない内容のもの)。または、コーチング実践との直接的関連は薄いですが、基礎科学領域の知見として有用性が示唆される論文。

④実践報告 (Case Report)

コーチング学における種々の問題に対して、現場で実際に行った事例として正確に記述し報告したレポートであり、新規性と普遍性は担保されてなくてもよいが、コーチや選手の学びに直接役立つもの。

⑤短報

原著論文として完成したものではないが、速報性を重んじ、コーチング学の発展に直接的に寄与する小論。

⑥書評

コーチング学に関する単行本について、その内容を概説するとともに、スポーツ実践またはコーチング学に対する影響などを提示した小論。

⑦内外の研究動向

スポーツ実践またはコーチング学の発展に寄与すると考えられる、国内外のコーチング学に関連する研究動向を提示した小論。

⑧研究上の問題提起

コーチング学の研究に際し、新たに組み入れる必要のある研究視座や研究仮説を提示した小論。

- 2) 原則として、上記①②③は1編につき、刷り上がり12ページ以内、また、④⑤⑥⑦⑧は1編につき、刷り上がり4ページ以内とする。なお、1ページに掲載できる文字数は最大約1,600文字であり、図 (写真を含む) 表はその大きさから文字数を推定すること (例えば、「1ページの4分の1程度の大きさであれば400文字相当」など)。

- 3) 委員会の判断により、上記の論文種別の他、学会大会の報告などを掲載する場合があるが、この際の書式など

は委員会が定める。

3. 執筆に際する注意

1) 人権擁護および動物愛護についての配慮

被験者や被験動物の取り扱いについては、人権擁護および動物愛護の立場から、十分に配慮するとともに、実際に配慮した点を論文中に明記する。

2) 「コーチング学への貢献」の記述

論文中には必ず得られた知見をもとにした「コーチング学への貢献」の内容が記述されていなければならない。

4. 本文中での文献引用の仕方

1) 文献引用の方式

論文中で文献を引用する場合には、基本的な文献を厳選し、正確に引用する。なお、本文中の記載は、原則として、「著者・出版年方式 (author-date method)」とする。なお、引用した文献は、すべて文献リストに掲載する。

2) 具体的な記述方法

語句や文章を引用する場合、和文ならば「」, 欧文ならば“ ”でくくる。著者が2名の場合、和文ならば中黒丸 (・), 欧文ならば“and”を用いてつなく。

①一般的な形式

〈記入例〉

「専門的トレーニング開始期が低年齢化している」(山口, 1998) という視点は, …

“Effects of exercise habits …” (Eisenhower, 1998) という視点は, …

「低年齢期に複数の種目を体験させるべき」(秋田・千葉, 1998) という結論は, …

“The elite players are …” (Kennedy and Johnson, 1998) という結論は, …

②著者が3名以上の場合

筆頭著者の姓を記し、その他の著者名は、和文ならば「ほか」、欧文ならば“et al.”を用いて略す。

〈記入例〉

「選手の精神的自立を促す必要がある」(奈良ほか, 1998) という結論は, …

“The coaches must to …” (Washington et al., 1998) という結論は, …

③複数の文献を引用する場合

引用した文献をセミコロン (;) でつなく。

〈記入例〉

「運動がストレス調整要因になる」という報告 (Taylor et al., 1978; 宮崎, 1980)

④同じ文献を2回以上引用する場合

本文中に著者とページ数を () をつけて記入する。

〈記入例〉

「若手コーチの進出が遅れている」(山口, 1998, p.21) という主張は, …

“Development of skill …” (Kennedy, 1980, pp.101-102) という主張は, …

⑤参考文献の記載

語句や文章を本文中に引用はしていないが、論文執筆に際して参考とした文献を記述する場合、著者名と年号を記入する。

〈記入例〉

福岡・岡山 (1999) の報告によれば, …

Reagan and Carter (1988) の報告によれば, …

徳島ほか (1995) によれば, …

Bush et al. (1977) によれば, …

⑥同一著者の文献が複数ある場合

括弧内の年号をコンマ（「,」）でつなぐ。また、同一著者の同一年に発行された複数の論文は、年号の後ろに“a, b, c, …”をつける。

〈記入例〉

富山（1990, 1992a, 1992b）による一連の研究では、…

Clinton（1995, 1997a, 1997b）による一連の研究では、…

⑦翻訳書の著者を表記する場合

著者名はカタカナ表記とする。

〈記入例〉

ニクソン（1972）によれば、…

5. 文献リストの執筆要領

1) 文献リストの概要

リストへの記載順序は、筆頭著者のABC順、同一著者の場合は発表年順とする。文献リストの見出し語は「文献」とする。

2) 定期刊行物（雑誌）の記載方法

①一般的な形式

原則として、以下のように記載する。著者名は、共著の場合、和文の場合には中黒丸（・）、英文の場合には“and”で続ける。ただし、欧文で3人以上の共著者の場合にはコンマ（,）でつなぎ、最後の著者の前だけに“and”を入れる。

著者名（発行年）論文名. 誌名, 巻（号）：開始ページ-終了ページ.

〈記入例〉

新宿太郎・渋谷次郎・品川三郎（2003）コーチの言語表現能力の向上方策について. スポーツ方法学研究, 16（1）：10-18.

Jefferson, T., Lincoln, A., and Johnson, A. (1990) The controversy about athletic scholarships. *Journal of Sport Education*, 35:28-40.

②同一著者の同発行年の複数の論文を引用した場合

発行年の後に“a, b, c, …”をつける。なお、論文名は、欧文の場合、題目の最初の文字だけを大文字にする。誌名は、原則として、正式名称を記述する。省略する場合は、その雑誌に指定された略記法、または広く慣用的に用いられている略記法にしたがう。

〈記入例〉

高田隆史・馬場浩志（1998a）イギリスのパブリック・スクールにおけるスポーツ教育について. 山手大学紀要, 20（1）：50-58.

高田隆史・馬場浩志（1998b）19世紀のイギリス市民のスポーツ活動について. 山手大学紀要, 20（2）：30-40.

Roosevelt, F. (1995a) Statistic analysis of basketball team performance. *Basketball Quarterly Review*, 15(1):105-112.

Roosevelt, F. (1995b) Transition play in team performance of basketball. *Basketball Quarterly Review*, 15(2):94-105.

3) 単行本の記載方法

①一般的な形式

原則として、以下のように記載する。なお、著者名、書名の記述は定期刊行物にしたがう。また、同じ文献を2回以上引用した場合には、総ページ数を記載する。

著者名（発行年）書名（版数, 初版は省略）. 発行所：発行地, 引用ページ.

〈記入例〉

天王寺孝史（2003）コーチングにいかすバイオメカニクス研究. 西日本出版：大阪, pp.75-85.

Buchanan, J. (2002) The history of the Olympic marathon. Sports and Leisure Published : Boston, pp.220-250.

②編集書や監修書の場合

和文では「編」または「監」と表記する。欧文では編集者が一人の場合は“Ed.”，複数の場合は“Eds.”をつける。

〈記入例〉

コーチング研究会編 (2001) ジュニア・アスリートのための体力トレーニング法 (第2版). 神田書房: 東京, pp.35-55.

Adams, J., Madison, J., and Ford, G. (Eds.) (1990) Sports coaching concepts. Longbeach University Press: Los Angeles, pp.220-250.

③引用部分の著者が明らかな編集書や監修書の場合

当該箇所の著者、論文名(章の題名)の後に、編集または監修者名と「編」、「監」をつる。欧文の場合、“In:”をつけた後、編集(監修)者名と“Ed.”，または“Eds.”をつける。

〈記入例〉

伏見美子 (1998) 骨粗鬆症の予防. 尾張千種ほか編 中高年女性の健康づくり. 中日本出版: 名古屋, pp.355-385.

Truman, H. (1988) Fund raise for professional sport. In: Roosevelt, T. et al. (Eds.) Foundations of Sport Management. Sports and Leisure Published: Boston, pp.259-282.

④翻訳書の場合

原著者の姓をカタカナ表記し、その後にコロン(:)をつけて訳者の姓名を記入する。訳者が3人以上の場合は、「:…ほか訳」と省略して筆頭訳者だけ記入する。なお、原典の書誌データは執筆者が必要性を判断して、最後に〈 〉内に付記する。

〈記入例〉

ウイルソン:千歳雪夫ほか訳 (1994) 陸上競技コーチング教本. 北日本書房: 札幌, pp.50-65. (Wilson, T. (1992) The complete coaching guide of track and field coaches. Manhattan Press: New York.)

⑤その他

引用箇所が限定できない場合や、同じ文献を2回以上引用する場合にはページ数を記入しない。

6. 提出原稿の構成

1) 用紙および提出部数

原稿は、ワードプロセッサで作成し、A4判縦置き横書き、全角40字20行(欧文綴りおよび数値は半角)で、上下左右に2-3cmの余白をとって印刷する。頁番号を下中央に記入し、行番号も入れる。

原稿は、正本原稿1部、査読用原稿3部、デジタル・データ(文書ファイルや画像ファイルなど)を提出する。

2) 表紙

原稿の表紙(1枚目)には下記の事項を記入する。②と③については和文と欧文の両方を記入する。査読用原稿には②のみを記入する。

①論文の種類

②題目

③著者名および所属機関

④連絡先(住所、電話番号、電子メールアドレスなど)

題目に副題をつける場合には、コロン(:)を用い、主題に続ける。主題、副題ともに、英文タイトルの最初の単語は、品詞の種類にかかわらず第1文字を大文字にし、その他は、固有名詞など、特に必要な場合以外はすべて小文字とする。

なお、短報については、基となった学会大会の研究報告の題目を定める範囲で修正した場合、原題を題目の下部に付記すること。

所属機関名は、筆頭著者と共著者ともに、和文と欧文とも正式名称を記入する。大学の場合は学部名を、大学

院の場合には研究科名、官公庁や民間団体の場合は部課名まで記入する。

連絡先は、査読過程での諸連絡に用いる。緊急の際に確実に連絡をすることができる連絡先（電話番号、FAX番号、電子メールアドレス）を記入する。

3) 抄録

「総説」, 「原著論文」, 「研究資料」, 実践報告 (Case Report) には抄録を付ける。本文が和文の場合は250ワード以内の欧文抄録, 本文が英文の場合は300-400字程度の和文抄録とする。なお, 英文抄録には査読用に和訳を添える。

4) キーワード

キーワードは論文の内容や特色を的確に示すものを選定する。和文と英文とも3-5語を記載する。本文が和文の場合, 和文キーワードは本文の前, 英文キーワードは英文抄録の末に記載する。本文が英文の場合, 英文キーワードは本文の前, 和文キーワードは和文抄録の末に記載する。

5) 本文

ひらがな現代かな遣いとし, 当用漢字を使用する。外国語の訳語はカタカナを用いる。詳細は, 別項「7. 本文の体裁」を参照する。なお, 内容は十分に推敲し, 簡潔で, わかりやすいように記述する。

6) 図 (写真を含む) 表

原稿は, 本誌に直接印刷できるように, 文字や数字を鮮明に書く。原則として白黒印刷とし, カラー印刷を必要とする場合は著者が実費負担とする。原稿1枚に図表1式を使用し, 通し番号とタイトルを記し, 本文とは別に番号順に一括する。本文中への挿入箇所は, 本文中にそれぞれの番号を明記する。

図表の注記は, 各図表の下に記入し, 符号は, 上付ダガー (†) を用いる。なお, 統計学上の有意水準を示す場合はアスタリスク (*) を用いる。

7) 謝辞・付記

謝辞や付記は本文とは別け, それぞれ「謝辞」「付記」の見出し語を用いて記述する。なお, 公平な審査を期するため, 審査用原稿では謝辞および付記等は削除しておくこと。

7. 本文の体裁

1) 記号, 符号, 単位, 略語

次のような符号を用いることができる。

①句読点

句点 (終止符) はピリオド (.), 読点 (語句の切れ目) はコンマ (,) を用いる。

②中黒丸 (・)

密接に関係して一体となる文字や語句などを結ぶ際に中黒丸 (・) を用いる。

③ハイフン ([-])

対語や対句の連結, 合成語, ページの表記に用い, 半角とする。

④ダッシュ ([-])

1字分のダッシュは期間や区間を示すのに用いる。2字分のダッシュは注釈的な説明をするのに用いる。「〜」は原則として用いない。

⑤引用符

和文の場合には「」, 欧文の場合には“ ”を用いる。

⑥省略符

引用文の一部あるいは前後を省略する際, 3点リーダー (「…」) を用いる。

⑦数字

原則として, アラビア数字を用いる。

⑧単位

原則として, 国際単位系 (SI単位系) とする。

⑨略語

論文中において高い頻度で使用される用語に対して、著者が便宜的に省略した語を用いる場合は、初出時に略さずに明記し、(以下「…」と略す)と添え書きをしてから、以後その略語を用いるようにする。

2) 章立て

原則として、下記の通りとし、それぞれ見出し語を付ける。

I. II. III. … → 1, 2, 3, … → 1) 2) 3) … → ① ② ③ …

3) 注記

注記をつける場合、文中の当該箇所「注1」「注2」のように上付文字を用いて連番号をつけ、本文と文献との間に、一括して番号順に記載する。なお、見出し語は「注記」とする。なお、注記は本文あるいは図表で説明するのが難しく、明らかに必要なときだけに用いる。

4) 特殊字体

見出し語はゴシック体とする。これ以外、統計法や数式などを除いて、文意や特定語句を強調するための特殊字体(イタリック、アンダーライン、傍点など)は、原則として使用しない。

8. 著作権について

1) 掲載論文の著作権

掲載論文の著作権は日本コーチング学会に帰属する。ただし、論文の内容に関する責任は著者が負うものとする。論文中で引用を行うに際し、他者に著作権が帰属する著作物を使用する場合は、著者の責任において使用許可を得ること。

2) 掲載論文を著者が使用する場合

掲載論文を著者が学術活動に使用する場合、編集委員会を通じて本会に事前に承諾を求めること。ただし、これは暫定的な措置とし、他学会の動向などを勘案しながら、学術活動における機関誌掲載論文の利用制度の確立を図ることとする。

付則

1) 日本体育学会体育方法専門分科会会員の投稿資格

日本体育学会体育方法専門領域会員は投稿資格を有する。

- 2) 1. 2003年5月10日 制定
2. 2007年6月16日 改正
3. 2008年3月22日 改正
4. 2010年6月12日 改正
5. 2013年4月1日 改正
6. 2013年8月29日 改正

論文審査委員

會田 宏	阿江数通	青木和浩	青山清英
麻場一徳	池田 浩	石崎聡之	植田恭史
大嶽真人	大塚 隆	岡田英孝	尾縣 貢
亀井良和	川村 卓	来田宣幸	北村勝朗
木庭康樹	楠堀誠司	小坪昭仁	小林育斗
坂井和明	佐藤雅幸	佐藤 進	榊原 潔
志賀 充	進矢正宏	谷川 聡	千足耕一
千葉 剛	津田龍佑	中村泰介	野村照夫
日高正博	福士徳文	増村雅尚	松井知之
村越 真	森丘保典	八百則和	山本 巧
横矢勇一	吉岡利貢	芳田哲也	

2017年度日本コーチング学会賛助会員一覧

- 大修館書店
<http://www.taishukan.co.jp/>
- 株式会社サス・スポーツプロダクト
<http://www.sas-sports.co.jp/>
- 株式会社ディケイエイチ
<http://www.dkh.co.jp/>
- 株式会社文成印刷
<http://www.bunsei.com/>
- あどあど
<http://www.adad.co.jp/>
- 株式会社フォーアシスト
<http://www.4assist.co.jp/>
- 株式会社ベルテック・ジャパン
<http://bertec.co.jp/>
- 株式会社ダートフィッシュ・ジャパン
<http://www.dartfish.co.jp/>
- 株式会社 スポーツセンシング
<http://www.sports-sensing.com/>

コーチング学の土台となる一般理論を提案!

コーチング学への招待

Coaching Theory

日本コーチング学会[編]

●A5判・384頁 定価=本体2,700円+税

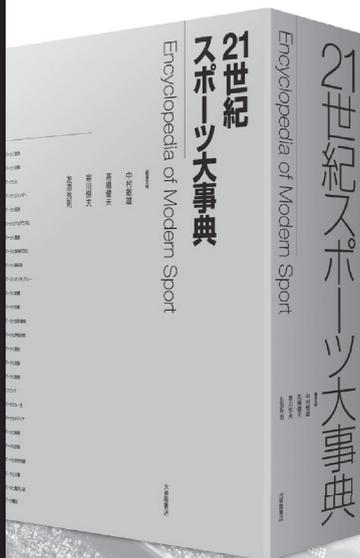


スポーツ種目の数だけ、指導に関する体系が存在しているが、すべてのスポーツに共通・通底しているコーチングの一般理論をまとめた。「コーチングとは? 競技力とは?」「トレーニング計画とは?」「試合にむけた準備とは?」といったコーチが直接携わる内容や、「組織マネジメント」や「医・科学、情報による支援」といったコーチをサポートすることにかかわる内容を、研究・実践で活躍される第一線の執筆者が論じた、コーチング分野のこれからの定本。

【主要目次】

- 第1章 コーチングとは何か
- 第2章 コーチング学とは何か
- 第3章 競技力とトレーニング
- 第4章 競技力の養成
- 第5章 競技トレーニングの計画
- 第6章 試合への準備
- 第7章 コーチングにおけるマネジメント
- 第8章 スポーツ医・科学、情報によるコーチング支援

ENCYCLOPEDIA OF
MODERN SPORT



21世紀 スポーツ 大事典

ルール、技術・戦術、歴史、オリンピックはもとより、人種、ジェンダー、障がい者から、メディア、経済、政策、法、倫理、芸術にいたるまで

スポーツの全知識が、ここに結実!

[編集主幹]

中村敏雄、高橋健夫、寒川恒夫、友添秀則

●B5判・上製・函入1378頁

定価=本体32,000円+税

スポーツの“いま”を網羅!

大修館書店

ご注文は▶ ☎03-3868-2651 (販売部) <https://www.taishukan.co.jp>

スポーツを みんなのものに

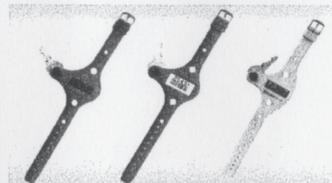
(株)サス・スポーツプロダクトは、
スポーツ用品・体育衣料・学校制服の
販売、スポーツ施設の施工、スポーツ
イベントのサポートなどを中心に、
みなさまのスポーツライフや学校生活
のパートナーとして、あらゆるニーズに
お応えしています。

サス・スポーツオリジナルブランド



マスゲーム用品

パラバルーン



キーウォーカー

ロッカーキーバンド



株式会社 サス・スポーツプロダクト

〒101-0048 東京都千代田区神田司町2-17

TEL 03-3233-3711

FAX 03-3233-3716

info@sas-sports.co.jp

http://www.sas-sports.co.jp

- 日本大学高等学校・中学校店
- 日本大学豊山高等学校・中学校店

マルチジャンプテストⅡ

PTS-2400A

リニューアルにより、更に使いやすくなりました！

マットスイッチ上でジャンプ計測

様々な種類のジャンプ計測に対応

- ・スクワットジャンプ
- ・カウンタームーブメントジャンプ
- ・ドロップジャンプ
- ・連続リバウンドジャンプ
- ・ハードルジャンプ
- ・フットワーク測定
- ・ステッピング測定



(電源不要,USB 一本でPCと簡単に接続)

〈主な算出データ〉

跳躍高 / 接地時間 /
ジャンプ指数 / パワー

マルチジャンプテストⅡの新機能

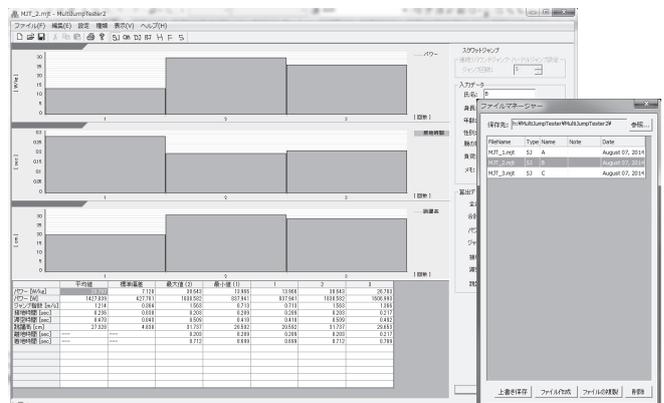
シンプルモード

- ・タブレットPCを使った直感的な操作
- ・携帯型レシートプリンタによる印刷
- ・フィードバックが容易に



フルモード

- ・前バージョンの操作性を継承
- ・多人数の連続計測が容易に
- ・試技間の比較など詳細な解析が可能

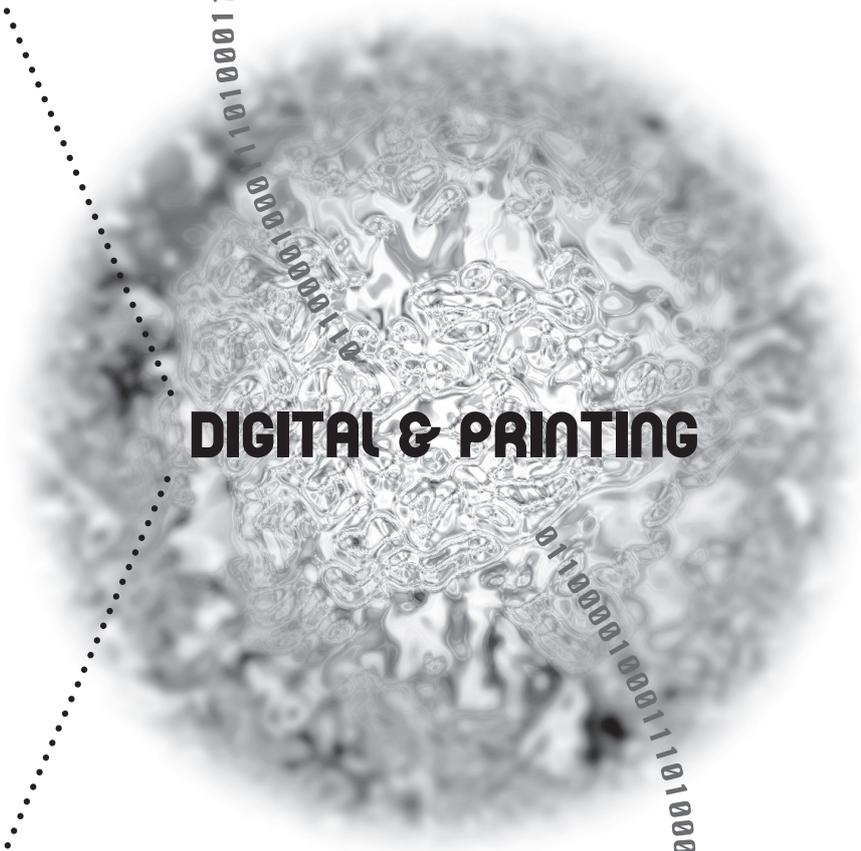


業務内容

企 画
デザイン
印 刷
情報処理

取扱品目

書 籍
学 会 誌
自 分 史
カ タ ロ グ
チ ラ シ
パ ン フ レ ッ ト
社 内 報
伝 票



DIGITAL & PRINTING

湧き出す情報を、
さまざまな形に創造する。

先進のデジタルシステムで、ハイクオリティーをお約束します。



Bunsei Printing

株式会社 **文成印刷** 代表取締役 林 幹 雄

本社・工場 〒168-0062 東京都杉並区方南1-4-1 TEL.03-3322-4141 FAX.03-3322-4144

渋谷事務所 〒151-0073 東京都渋谷区笹塚2-45-2

e-mail : bp@bunsei.com

各種学会・研究室・教育機関のウェブ活用に特化したシステム開発・提供で縁の下の力持ちになりたい



**学会ホームページ
会員管理・文献管理**

**イベントエントリー
決済・査読**

学会ホームページ・・・大会サイト
▼
Member DB
▼
文献 DB 収納・公開

学会参加申し込み
▼
My Page
▼
カード決済・抄録投稿
▼
査読・文献 DB 収納・公開



評価・集計アプリ

タブレットで、スマホで
期間記録・行動記録をタップして
自動集計

あったらいいな?・・・を広げる
adad
あ ど あ ど

**調査集計・動画管理
ストリーミング**

**履修・報告・指導
カルテ管理**

研究室ホームページ
▼
ストリーミング管理・授業評価
▼
アンケート・集計・評価シート・成績管理

履修カルテシステム
▼
授業履修
▼
履修結果報告
▼
履修状況把握

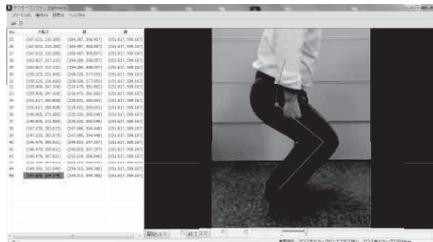
管理者
▼
授業登録
▼
状況確認
▼
指導・呼び出し

- 使用サーバ・データセンター : NTT-Communications Cloud-n・NTT-VERIO 国内 IDC
- HP 構築主要システム : Wordpress
- プラグインデータベース各種 : Wordpress 用オリジナルプラグインデータベース ADABL
- 主な開発言語など : MySQL・PHP
- リセラー資格 : NTT-Communications Cloud-n Partner GMO Altus Cloud

〒305-0045 茨城県つくば市梅園 2-31-27 URL : http://www.adad.co.jp
TEL : 029-855-3303 FAX : 029-855-3304 Mail : info@adad.co.jp

デジタイズソフト G-Dig

動画ファイルから簡易にマニュアルデジタイズできるソフトです



デジタイズソフト G-Dig ¥ 53,000- (税抜)

【仕様】

- AVI、MPEG4フォーマットに対応
- デジタイズ範囲の指定
- 最大ポイント 512ポイント
- スティックピクチャー指定、表示可能
- スティックピクチャー(画像)のエクスポート
- 出カデータはCSVフォーマット
- 出カデータの再表示、修正が可能
- ドングルでライセンス管理

自動デジタイズや、2次元解析の機能追加もできます。

レーザ速度計

高速レートで距離・速度を計測

LDM301S

¥980,000- (税抜)

【構成】 本体、スコープ、バッテリー、充電器、接続ケーブル、解析ソフトウェア



- ◇ 競技者の背面からレーザ光をあて距離と速度を計測。
- ◇ 最高2KHzの高速レートで計測。
- ◇ 距離・速度、時間・速度グラフがすぐにみれる。
- ◇ 同時に5データまで重ねて表示が可能。
- ◇ パソコンとUSB接続の簡単接続。

スタートトリガ出力ボックス FLM-SW01



¥150,000- (税抜)

外部機器との同時計測に使用します。

- 【仕様】
- サンプリング：100Hz、2KHz
 - 入出力：TTL (High)
 - スタート、ストップボタン

マルチタイム計測システム

1台のタイムカウンターでタイム計測、ジャンプ計測、全身反応計測が可能！

<3chタイムカウンタ>



		基本セット	BNC出力付	全身反応用端子付
3chタイムカウンタ	FMT-TC03J	¥ 98,000	¥ 108,000	¥ 118,000
5chタイムカウンタ	FMT-TC05J	¥ 148,000	¥ 163,000	¥ 168,000

計測用ドングル	FMT-SWDN	¥10,000	リバウンドジャンプソフト FMT-SWRJ	¥10,000
タイム計測ソフト	FMT-SWBA	¥50,000	ドロップジャンプソフト FMT-SWDJ	¥50,000
垂直ジャンプソフト	FMT-SWVJ	¥30,000	全身反応対応ソフト FMT-SWBR	¥30,000

<マットスイッチ>



<センサ>

マットスイッチ(50×70×0.3cm)	¥32,000	<刺激>	
マットスイッチ(50×100×0.3cm)	¥39,000	1ch全身反応	¥20,000
光電センサ(投受光器一体、1m)	¥25,000	2方向LED表示器(5m)	¥23,000
光電センサ(投受光器一体、3m)	¥38,000	4方向LED表示器(5m)	¥28,000
光電センサ(投受光器別)	¥28,000	8方向LED表示器(5m)	¥38,000
ボタンスイッチ	¥8,000	音刺激	¥40,000
		画像刺激装置(ドングル付)	¥150,000

お気軽にお問い合わせください。



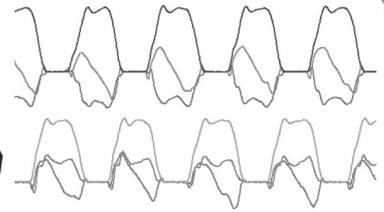
株式会社 フォーアシスト
スポーツの発展のため全力でアシストします

〒101-0054 東京都千代田区神田錦町 3-17-14 北の丸ビル 2F
TEL 03-3293-7555 E-mail info@4assist.co.jp
FAX 03-3293-7556 URL http://www.4assist.co.jp



最新のワイヤレス筋電計。ケーブルレスに少ない拘束での測定と、高品質な筋電図の取得、測定準備の時間と手間の節約が可能。プローブ内蔵メモリにより通信障害でもデータの損失なし。開発者向けSDKあり。

無線プローブ式筋電計 ¥2,230,000.~



連続歩行中の床反力(6成分)を左右分離して計測。急停止・急加減速などの振動制御や傾斜モジュールとの組み合わせによる斜面歩行中の床反力計測も可能。

6成分計測用ダブルベルトトレッドミル



歩行や重心動揺計測に便利な可搬型(高さ:5cm、重量:8kg)からスポーツ科学でのダイナミック計測にも対応した高剛性型(固有振動数:740Hz)まで、豊富なモデルをラインナップ。

可搬型フォースプレート ¥1,800,000.~



一般的な訓練や負荷試験のためのトレッドミルからダブルベルト、床反力センサ内蔵、大型、超高速など特殊仕様に対応した各種計測用トレッドミル。

各種計測用トレッドミル



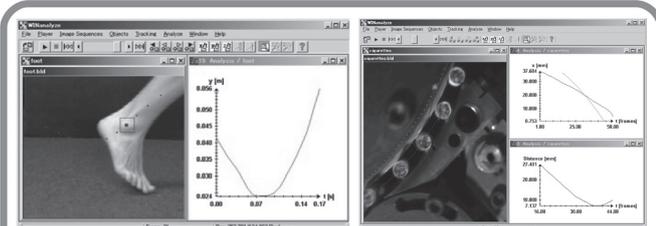
携帯型呼気ガス分析装置の決定版。圧倒的な性能と機能は既の実証済み。GPS モジュールを搭載。トップアスリートのフィールド計測に加えて、安静時に特化した

携帯型呼吸代謝計測システム ¥3,900,000.



ブレスバイブレスとミキシングチャンバ(オプション)に対応。安静時代謝から最大酸素摂取量まで簡単に高精度な測定。各社の自転車エルゴメータ、トレッドミルに対応。

据置型呼吸代謝計測システム ¥2,600,000.



記録済の動画中で任意の追跡部位を指定し、それを独自のパターン認識に基づく画像処理で自動追尾します。マーカーレスで手動に替わるソリューションとして高速度カメラの分析に最適。隠れた区間のデータの人工知能補間機能を搭載。

ビデオ式動作分析ソフトウェア WINalyze2D/3D



赤外線反射マーカー方式の3次元動作分析システム。太陽光下でも使用可能なマーカー検出性能と高精度マーカー位置を高精度に検出可能なアルゴリズムを搭載。

光学式3次元動作解析装置 BTS Smart-D

カタログ・見積・デモをご依頼ください。



株式会社ベルテック・ジャパン

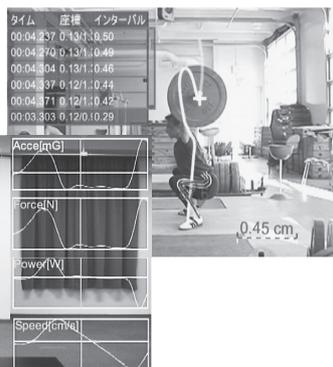
〒231-0023 神奈川県横浜市中区山下町194番地 横浜ニューポートビル8F
TEL/FAX:(045)228-8111/(045)228-8123
MAIL: info@bertec.co.jp WEB: http://www.bertec.co.jp

ナショナルチームやトップアスリートなども愛用。
メダリスト育成から、ジュニア育成まで幅広く活用されています。

世界各国で特許を取得した映像処理技術を駆使し、スポーツ界のみならず様々な分野からご好評頂いている充実した機能を搭載。映像の取り込み、分析、共有まで誰もが簡単に扱えるシンプル操作、インターネットを利用した情報共有機能なども備えたトータルシステムです。
ぜひ、dartfish・ソフトウェア & dartfish TV を体感してください。

DARTFISH
Software

視覚化
動作分析



Visual
Feedback
System

フィードバック
情報の伝達



Dartfish.TV
ダートフィッシュTV



株式会社ダートフィッシュ・ジャパン

TEL 03-5457-3205 FAX 03-5457-0182

WEB <http://www.dartfish.co.jp/>

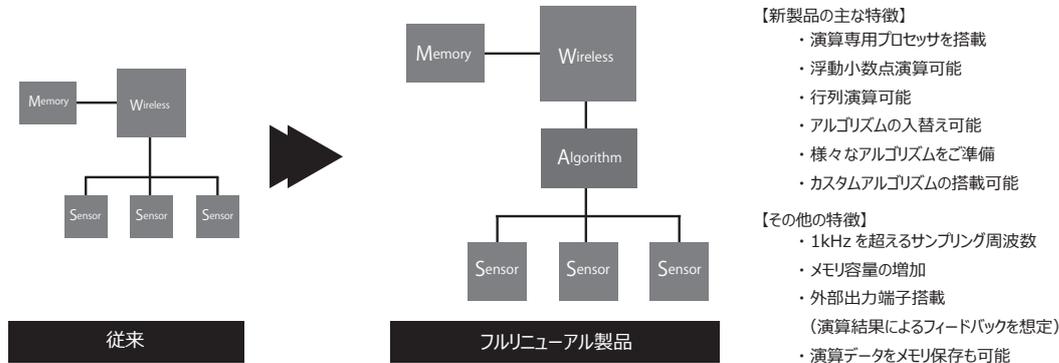


SPORTS SENSING

～ 無線技術の様々な分野への適用/導入をお手伝いすることで、イノベーション創出に貢献 ～

素晴らしい研究成果を競技の現場で役立つツールへ !!

～ ワイヤレスセンサ製品を全製品フルリニューアル ～



これまでワイヤレスセンサ製品の多くは、センサで計測された波形データを無線で送信したり、メモリへロギングするだけのものがほとんどでした。スポーツセンシング社の新製品は、高度な演算用プロセッサを搭載し、様々な競技の現場で必要な評価値（アルゴリズム）を搭載可能となりました。必要な演算結果を無線送信 / ロギングすることができる他に類を見ないのワイヤレスセンサ製品です。

2016年12月発売開始予定!! (ご予約受付中)

ワイヤレス身体運動計測



身体運動の詳細を計測しながらリアルタイムにモニタリング。内部メモリにロギングされたデータを用いて詳細解析が可能です。

加速度、角速度、地磁気を計測する9軸ワイヤレスモーションセンサシリーズに、GPS付き、完全防水型などのラインナップが加わりました。

- ・小型9軸ワイヤレスモーションセンサ
- ・GPS+9軸ワイヤレスモーションセンサ
- ・防水型9軸ワイヤレスモーションセンサ

スポーツコーチングカム



「タギング」「無線による遠隔操作」機能搭載。ゲーム分析 / 行動観察 / コーチングの効率を劇的に改善する新機軸ビデオカメラ。最大600fps高速撮影、可変シャッタースピード、外部バッテリー接続による長時間撮影。

計測データ活用アプリケーション



計測されたデータをの活用をお手伝い致します。解析値算出から3D可視化、聴覚フィードバック等。研究からコーチングまで、幅広くご利用頂けるラインナップをご準備。

- ・3D可視化アプリケーション
- ・姿勢値推定アプリケーション
- ・角度算出アプリケーション
- ・筋電信号解析アプリケーション

スポーツセンシングは計測からデータの解析～評価～コーチングまで

No Science without Measurement

ワイヤレス生体信号計測



無線通信による非拘束なワイヤレス筋電計測聞きを安価にご用意。

様々な生体信号計測を容易に導入することが可能です。

- ・ワイヤレス筋電センサ (乾式)
- ・ワイヤレス筋電センサ (乾式 / 加速度付)
- ・ワイヤレス筋電センサ (湿式)
- ・ワイヤレス筋電センサ (湿式 / 加速度付)
- ・ワイヤレス ECG ロガー
- ・ワイヤレス GSR ロガー

様々なニーズを満たす製品を拡充

- ・ワイヤレスひずみロガー
 - ・ワイヤレス8chロガー
 - ・ワイヤレスゴニオロガー
 - ・ハイパワーデータ送受信装置
 - ・同期パルス発生装置
 - ・同期発光装置
 - ・プログラマブルリモコン
 - ・WLANコンバータ
 - ・フォースプレート
- スポーツセンシングでは、お客様から頂いたニーズを満たすための製品開発を常に続けております。無線を活用したセンサやロガーだけではなく、現場でのトレーニング等と連動した計測を行うためのオプション機器まで、皆様のニーズを満たすことに尽力致します。

ダートフィッシュ・ソフトウェア

世界中のトップアスリートに愛用されているダートフィッシュ・ソフトウェア。高度なプロ向け映像を容易に作成することが可能です。クラウドを用いた映像共有もご準備。

また、センサによる計測データを映像に読み込む機能を有したエディションもあり、正規販売代理店となったロジカルプロダクトでは、計測データと映像の併用をご提案することができます。

お気軽にご相談下さい

既存のものではニーズを満たすことが出来ない場合、特注製作から既存製品のカスタマイズまで、ハードウェア / ソフトウェア / 機構設計共に、幅広く対応させていただきます。お気軽にご相談下さい。

<http://www.sports-sensing.com/>

TEL : 092-408-1203

FAX : 092-510-7336

E-Mail : support@sports-sensing.com

編集委員会

青山清英 (委員長)・尾懸 貢 (副委員長)
會田 宏・大嶽真人・小坪昭仁・坂井和明
中村泰介・野村照夫・横矢勇一
重城 哲 (事務局)

編集後記

第31巻第2号では10編の論文を掲載することができました。投稿いただいた会員の方々と審査を担当いただいた先生方、そして編集委員の先生方には心より感謝申し上げます。

さて、日本コーチング学会では昨年、学会の念願であったコーチングに関する一般理論書「コーチング学への招待」を上梓することができました。我が国ではわずかな翻訳書を除けば、一般理論としてのコーチング学を体系化した理論書はこれがはじめてといえるでしょう。「コーチング学への招待」は、「競技構造論」、「トレーニング論」、「マネジメント論」に暴力問題に端を発して求められた「コーチ論」を加えて、それぞれの観点からスポーツの現場で獲得された個別的・経験的知見を帰納的に集約することによってまとめられたものです。したがって、「コーチング学への招待」はコーチング学として進めて行くべき研究テーマの「道しるべ」ともいえるものでしょう。会員諸氏におかれましては、ぜひこの点をご理解いただくとともに、「コーチング実践に資する知」を研究論文としてまとめていただき、「コーチング学研究」へ投稿していただきたいと考えております。

コーチング学研究編集委員長 青山清英

コーチング学研究 第31巻 第2号 (Vol.31, No.2)
発行年月 平成30年3月 (March, 2018)
発行責任者 中川 昭
発 行 日本コーチング学会
学会事務局 〒305-8574 つくば市天王台1-1-1
筑波大学体育系 長谷川 聖修
E-mail: office@jcoachings.jp
印 刷 株式会社文成印刷
〒168-0062 東京都杉並区方南1-4-1
Tel 03-3322-4141

コーチング学研究 (第31巻 第2号)

目次



【原著論文】

綿谷貴志

高校女子ソフトボール投手におけるウィンドミル投法中の重心速度と軸脚のキック動作との関係…………… 157

池田達昭

トレーニング課題と筋の適応の個人差を考慮した筋力トレーニングの効果……………165

前田 奎・大山下圭悟・広瀬健一・尾縣 貢

男子円盤投における記録と形態および体力要因との関係

—記録に応じた体力基準の推定—…………… 175

岡田成弘・坂本昭裕・川田泰紀・堀松雅博

遠征型キャンプが小中学生の自然に対する態度に及ぼす効果

—滞在型キャンプ及びキャンプ不参加者との比較—…………… 185

小屋菜穂子・北村 哲・高橋仁大・三橋大輔

男子エリートテニス選手におけるサービスパフォーマンスと体力との関連性

—サービススピードと回転量に着目して—…………… 197

中澤 翔・瀧澤一騎・厚東芳樹・山代幸哉・佐藤大輔・丸山敦夫

長距離選手の走行距離と有酸素性作業能の関係

—5000m走記録の追跡—…………… 209

升 佑二郎

バドミントン競技におけるフォア奥からのクリア, ドロップ, スマッシュによる

ストレートとクロス方向への打ち分け動作の比較…………… 219

植松伸之介・井口祐貴・楠本繁生・下河内洋平・大城 章・横手健太

女子ハンドボール選手におけるIMUを用いた試合中の動きに関する研究…………… 231

戸邊直人・林 陵平・苅山 靖・木越清信・尾縣 貢

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…………… 239

【研究資料】

本谷 聡・高橋靖彦・小島瑞貴・堀口 文

伸縮ロープを活用した体操の試案に関する実践研究

—心理変容および運動強度に着目して—…………… 253

コーチング学会に関する各スポーツ分野の専門学術雑誌の最新動向(2017年)……………263

日本コーチング学会会則……………267

投稿の手引き……………270

論文審査委員……………276

2017年度日本コーチング学会賛助会員一覧……………276