

九州体育・スポーツ学研究

第29巻 第2号

〈原 著〉

自己調整学習と体育授業に対する適応との関連 須崎康臣・杉山佳生 1

野球のピッチングが筋硬度に及ぼす影響 長谷川 伸 13

大学野球投手における投球動作中の地面反力の経時的変化および

力積が投球速度に及ぼす影響

..... 蔭山雅洋・鈴木智晴・岩本峰明・杉山 敬・前田 明 21

〈研究資料〉

バスケットボールのフェイント動作予測に対する同時模倣学習効果の検討

..... 畝中智志・中本浩揮・幾留沙智・森 司朗 33

〈事務局ニュース〉 43

「九州体育・スポーツ学研究」投稿規定

1. 本誌への投稿は、共同研究者も含め原則として九州体育・スポーツ学会会員で、年度会費納入者に限る。但し、編集委員会が必要と認めた場合には、会員以外にも寄稿を依頼することがある。
2. 投稿論文の種類は、総説、原著論文、実践研究、研究資料、短報、研究上の問題提起のいずれかとし、完結した未発表のものであり、他誌に投稿中でないものに限る。
3. 投稿論文の掲載可否および掲載時期については、編集委員会において決定する。
4. 本誌に掲載された論文の著作権は、九州体育・スポーツ学会に属する。
5. ヒトを対象とする研究は、ヘルシンキ宣言の精神に沿ったものでなくてはならない。
(「http://www.med.or.jp/wma/helsinki08_j.html」参照)
6. 原稿の作成は下記の要領による。
 - 1) 原稿の表紙には、(1) 題目、(2) その論文の内容が主として関係する研究領域、(3) 総説、原著論文、実践研究、研究資料、短報、研究上の問題提起の別を明記する。
 - 2) 和文原稿と英文原稿のいずれも、ワードプロセッサで作成し、A4版縦型横書き、40字20行とする。フォントの大きさは10.5ポイントとし、英文および数値の表記には半角を使用する。なお、計量単位は、原則として国際単位系(SI単位系)とする。
 - 3) 和文原稿には、別紙として、英文による題目と抄録(300語以内)、5語以内のキーワードを添える。さらに、抄録の和文訳と和文キーワードを添付する。
 - 4) 英文原稿には、別紙として、和文による題目と抄録(600字以内)を添付する。
 - 5) 総説、原著論文、実践研究、研究資料は、原則として1編につき、刷りあがり10ページ以内とする(図表・抄録などを含めてワードプロセッサ使用の場合約15枚、400字原稿用紙約30枚で、英文原稿の場合は刷り上がり1ページが約600語である)。短報、研究上の問題提起は、刷り上がり4ページ以内とする。
規定ページ数を超過した場合や特殊文字の印刷を必要とする場合は、その実費を投稿者が負担する。
 - 6) 図や表には、通し番号とタイトルをつけ、本文とは別に番号順に一括する。図表の挿入箇所は、本文原稿の行間に、それぞれの番号を朱書きして指示する。挿図は、図中の文字や数字が直接印刷できるように、原則として白黒で鮮明に作成する。写真は原則として白黒の鮮明な画面のものとする。なお、カラー図表や写真などで特別な費用を要した場合には、その実費を投稿者が負担する。
 - 7) 文中での文献の記載は、原則として著者・出版年方式(author-date method)とする。また、引用文献は、本文の最後に著者名のABC順に一括し、定期刊行物の場合の書誌データの表記は、著者名(発行年)論文名、誌名巻(号): ページの順とする。詳細は、(社)日本体育学会「体育学研究」の「投稿の手引き」に準ずる。
((社)日本体育学会ホームページ「<http://taiiku-gakkai.or.jp>」を参照)。
 - 8) 提出する原稿はPDFファイルにし、図表および写真(以下、図表等)は、原稿の最後にまとめて挿入するか、別途、PDFファイルにする。なお、図表等が多い場合には、複数のファイルに分けて投稿してもよい。
 - 9) 提出する原稿は、公正な審査を期するため、謝辞および付記等は原稿受理後に書き加えることとする。
7. 掲載論文の別刷りは、所定の部数を寄贈するが、それ以上の部数を希望する者は、著者校正の際、その必要部数をゲラ刷りの表題のページに明記する。この場合の実費は全額投稿者負担とする。
8. 原稿と図表等のファイルは、九州体育・スポーツ学会事務局にEメールで送付する。なお、Eメールには、氏名、所属機関、連絡先を明記する。

〒891-2293 鹿屋市白水町1番地 鹿屋体育大学内

九州体育・スポーツ学会事務局長 山崎利夫

Eメールアドレス: kyutaijim@nifs-k.ac.jp

付 則

本規程は、2008年8月31日より施行する。

(2012年9月8日一部改正)。

自己調整学習と体育授業に対する適応との関連

須 崎 康 臣 (九州大学大学院人間環境学府)

杉 山 佳 生 (九州大学大学院人間環境学研究院)

Relations between self-regulated learning strategies and adjustment to physical education class

Yasuo Susaki¹⁾ and Yoshio Sugiyama²⁾

Abstract

The purpose of this study was to develop measures for self-regulated learning strategies in physical education and to examine the relation between self-regulated learning strategies and adjustment to physical education class. Analysis was conducted on 420 university students (male = 248, female = 172; mean age = 18.70, SD = 1.23). First, exploratory factor analysis of self-regulated learning strategies showed a factor structure consisting of one factor in the forethought phase: "goal setting"; of six factors in the self-control phase: "self-monitoring," "effort," "image," "self-talk," "help-seeking to teacher" and "help-seeking to classmate"; and of two factors in the self-observation phase: "evaluation" and "reflection." The reliability was assured by Cronbach's α and the test-retest method, and the criterion-related validity was also supported by comparing the scale score with the adjustment to physical education class scale developed by Sasaki (2003), with satisfying results for both. This study seeks next to examine the relationship between use of self-regulated learning strategies and adjustment to physical education classes. The following results were obtained: (a) university students who had adapted themselves to physical education classes comprised about 60% of the whole, and (b) this adaptation was related to their use of self-regulated learning strategies in physical education.

Key words: self-regulation, types of adaptation, physical education, three phase model

はじめに

学習者が、学習課題に対して高く動機づけられていたとしても、効果的に取り組む方法を知らなければ、効果的な学習が行うことができず、望むような学習成果は得られない。また、学習者が効果的な取り組み方を知っていたとしても、学習に対する動機づけが低いと、学習に対して適切に学習に取り組まないため、高い学習成果を得ることは難しい。そのため、教師は学習者の動機づけと学習の取り組み方に関する知識の有無について把握し、それらを考慮した指導を行うことが重要である。

この学習者の動機づけと学習の取り組み方を統合した

概念として、自己調整がある(伊藤, 2009)。自己調整とは「学習者が、メタ認知、動機づけ、行動において、自分自身の学習過程に能動的に関与している」(Zimmerman, 1986, 1989) ことであり、このような過程を通して行われる学習が自己調整学習である。

この自己調整学習に関する研究は様々な学習場面を対象に研究が行われており、体育授業を対象にした検討も行われている(Budiana, 2014; Goudas et al., 2013; Kolovelonis & Goudas, 2013; Kolovelonis et al., 2010, 2011, 2012; Kolovelonis et al., 2013; Zimmerman & Kitsantas, 1996, 1997)。例えば、Zimmerman & Kitsantas (1996) は、目標設定とモニタリングの自己調整の介入効果について女

1) Graduate School of Human-Environment Studies, Kyushu University, 6-1 Kasuga-koen, Kasuga-city, Fukuoka 816-8580

2) Faculty of Human-Environment Studies, Kyushu University, Kasuga-Koen, Kasuga-city, Fukuoka 816-8580

子高校生を対象に検討しており、目標設定とモニタリングを行った群は、統制群に比べて、高いパフォーマンスと動機づけを示していた。また、Kolovelonis et al. (2010) は、フィードバックや目標設定とセルフモニタリングの自己調整の介入効果について小学5年生と6年生を対象に検討を行っている。その結果、6年生は、全ての自己調整学習を行った群は、他の群に比べて、高いパフォーマンスを発揮しており、5年生において、いずれかの自己調整学習と全ての自己調整学習を行った群は、行わなかった群に比べて、高いパフォーマンスを示していた。そして、自己調整学習を行った群は、高い満足感と課題への興味を示していた。さらに、Budiana (2014) は、自己調整学習に依拠した体育授業が、学習に関する認知と動機づけに及ぼす影響について検討している。その結果、自己調整学習に依拠した体育授業は、スポーツの楽しさに主眼をおいた体育授業に比べて、学習に関する認知と楽しさを有意に高めていた。このことから、自己調整学習は、体育授業において学習者のパフォーマンス及び認知、動機づけを高めるための有効な理論であることが考えられる。

このように体育授業における自己調整学習の研究は多くなされているが、これらの研究は、Zimmermanの社会的認知モデル（ジーマーマン，2007）に依拠して行なわれている。この社会的認知モデルでは、自己調整学習の過程について、学習サイクルの段階モデル（以下、学習段階モデルと記す）が提案されている（ジーマーマン，2007）。この学習段階モデルでは、予見と遂行コントロール、自己考察の3つの段階を循環して学習が行われると考えられている（図1）。予見段階は、活動の下準備をする段階であり、遂行コントロール段階は、活動中に生じ、

活動に直接影響を与える段階であり、自己考察段階は、遂行後に生じ、自らの努力に対して反応する段階とされている。この学習段階モデルの各段階にはそれぞれ自己調整学習方略と動機づけから成る下位カテゴリーが想定されており、各段階の自己調整学習方略と動機づけが関連しながら学習が進められる。ここで言う自己調整学習方略とは、「学習の効果を高めることをめざして意図的に行う心的操作あるいは活動」（辰野，1997）である。予見段階においては、具体的な学習成果を決める目標設定（Locke & Latham, 1985; ジーマーマン，2007）とその設定した目標を達成するために必要な方略を選択する方略プランニング（ジーマーマン，2007; Zimmerman & Martinez-Pons, 1990）がある。そして、これらの目標設定や方略プランニングの過程は、「ある計画されたレベルの学習あるいは遂行能力についての個人の信念」である自己効力感（Bandura, 1997）、「有能さを求めるための手段的活動を規定する目標」である目標志向性（上淵，2004）、学習課題に対する価値や興味を意味する興味・価値（ジーマーマン，2007）によって影響を受けている。また、遂行コントロール段階においては、対象とする行動や関係する出来事の記述の過程（Kirschenbaum, 1984）と自分の行動のいくつかの側面に慎重な注意（Schunk, 1983）を含む自己モニタリングと課題に集中して取り組もうとする注意の集中（ジーマーマン，2007）、学習の課題をどのように進めるか自分に対して言語化して指導する自己指導（ジーマーマン，2007）、身体運動を伴わない課題の認知的リハーサルであるイメージ（Driskell et al., 1994）がある。そして、この段階では、自己モニタリングや注意の集中、イメージ、自己指導以外にも他者に援助を求める援助要請の自己調整学習も重要である（Nye, 2008; Ommundesen,

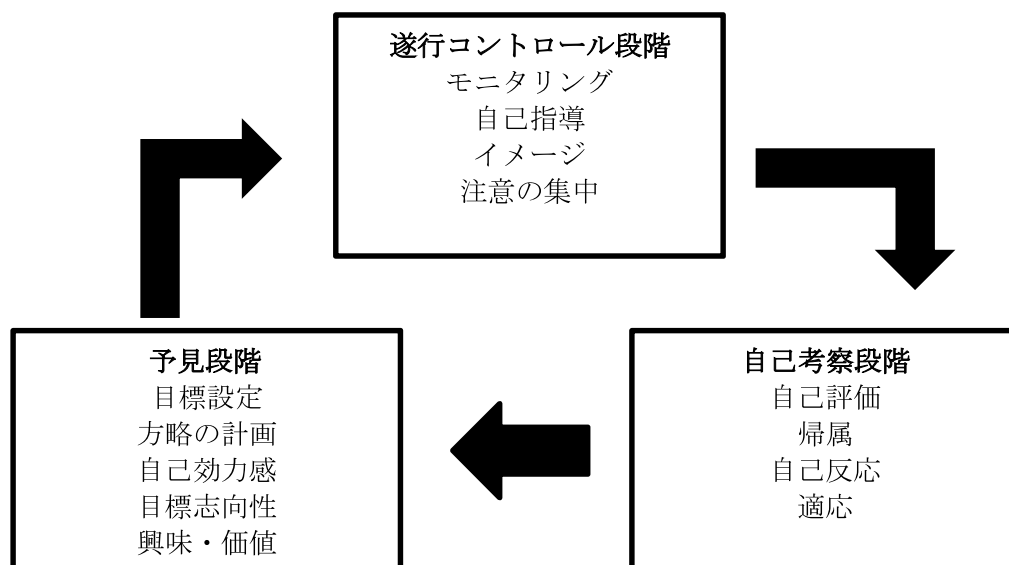


図1 Zimmermanの学習サイクル段階モデルを改変

2003; Zimmerman & Martinez-Pons, 1990). この援助要請は、学業場面において積極的に行う生徒は、効率的に学習を進めることが可能になり、高い学業成績と関連しているが、援助要請を行わない生徒はわからない問題を棚上げしてしまい、学業成績を損ねてしまうことが示されている (Zimmerman & Martinez-Pons, 1990). 自己考察の段階には、自己の遂行結果を何らかの基準や目標と比べる自己評価 (ジーマン, 2007) とその自己評価によって成功と失敗の原因を能力や努力に帰属する原因帰属 (Weiner, 1992) が想定されている. そして、これらの結果から上機嫌とふさぎこみのような遂行の満足と不満足を示す自己反応 (ジーマン, 2009) と次の学習に対して学習をより効果的にするために方略の修正を行うといった適応 (ジーマン, 2009) を行う. また、この自己考察段階は、次の学習の取り組みである予見段階に影響を及ぼす.

この学習段階モデルに準拠して、スポーツ場面における自己調整学習についての検討が行われている (Cleary & Zimmerman, 2001; Kitsantas & Zimmerman, 2002). Cleary & Zimmerman (2001) は、学習段階モデルに準拠して、バスケットボールの熟達者と非熟達者、初心者を対象に、フリースローを課題として用いた自己調整学習の違いについて検討を行っている. その結果、熟達者は、非熟達者と初心者に比べて、具体的な目標を設定し、具体的な技術的な方略を選択し、方略への帰属を行い、高い自己効力感を示していた. そして、目標設定は使用する方略の選択に影響を及ぼしており、また、フリースローが2本失敗した時の帰属によって、用いる方略が異なることを示していた. また、Kitsantas & Zimmerman (2002) は、バレーボールの熟達者と非熟達者、初心者を対象に、サーブを課題に用いた自己調整学習について検討を行っている. その結果、熟達者は、非熟達者と初心者よりも具体的な目標を設定し、具体的に考えられた準備を行い、具体的な技術に関する方略を選択し、技術と結果に対するモニタリングを行い、結果に関する評価を行い、具体的な技術に帰属し、適応的な行動を行っていた. さらに、Kolovelonis & Goudas (2013) は、体育場面における自己調整学習のレビューを行い、Zimmerman の学習段階モデルが、スポーツ場面での共通した学習過程と自己調整学習方略を含むため、体育・スポーツ場面での学習者の自己調整学習の介入と実践が容易であり、学習者の自己調整学習を明らかにするのに適していると述べている. これらのことから、体育・スポーツ場面における学生の自己調整学習を検討する視点として、Zimmerman の社会的認知モデルで提案されている学習段階モデルが有効であると考えられる. そして、学習段

階モデルに準拠して学習過程を検討することで、学習者の学習過程でどのようなつまづきがあるか明確になり、その段階での適切な援助が可能になる.

ところで、体育授業場面において、学習者の自己調整学習方略を測定する尺度は作成され、検討が行われている (小橋川, 2000; 小橋川ら, 1998; 伊藤ら, 2013; 伊藤, 2001; 伊藤ら, 2011; Ommundsen, 2003, 2006; 玉木・伊藤, 2003, Theodosiou & Papaioannou, 2006). 例えば、Theodosiou & Papaioannou (2006) は、Schraw & Dennison (1994) の尺度を体育授業場面に修正して検討しており、「情報整理」「プランニング」「セルフモニタリング」「調整方略」「評価」「条件的知識」「宣言的知識」「手続き的知識」の8つの下位尺度から、学習者の自己調整学習を測定している. また、Pintrich et al. (1993) は、「精緻化方略」「メタ認知自己調整」「努力の調整」「援助要請」から構成される尺度を作成しており、この尺度をOmmundsen (2003, 2006) は体育授業場面で用いている. さらに、玉木・伊藤 (2003) は、体育授業で用いる学習方略について小学生を対象に自由記述で調査を行い、その調査で得られた項目を用いて尺度作成を行っている. その結果、「認知的方略」「動機づけ方略」「人的リソース方略」「めあて方略」の4つの因子が抽出されている. このように、体育授業場面における学習者の自己調整学習方略を測定する尺度は作成されているが、学習段階モデルに準拠して、各学習段階における自己調整学習方略を測定するための尺度は作成するには至っていない. 学習者の自己調整学習方略について、学習過程を考慮して測定することは、各学習段階での学習者の自己調整学習方略の問題点を明らかにすることができ、学習者に対して適切な指導や援助が可能になる.

また、学習者の自己調整学習方略について検討する際には、動機づけを考慮する必要がある. なぜなら、自己調整学習において動機づけは重要な要因であり (ジーマン, 2007, 2009)、動機づけが自己調整学習方略の使用に影響を及ぼすことが明らかにされているためである (伊藤, 2001; 伊藤ら, 2013; 小橋川, 2000; Ommundsen, 2006; Zimmerman & Kitsantas, 1997; Zimmerman & Martinez-Pons, 1990). そのため、体育授業において自己調整学習方略と動機づけがとの関連について検討を行うことは、学習者に対する自己調整学習の指導や援助に関する知見を得るためにも重要なことである.

そこで、本研究では、動機づけとして、体育授業に対する適応を取り上げる. 体育授業に対する適応は、「意欲や態度、達成に向けた動機づけなどの諸機能が統合され一つの心理的能力として運動やスポーツの実践に活かされ、学習の目的や目標、また個々人の目指す目標に沿っ

ていきいきと活動できる状態」のことである（佐々木，2003）。つまり，この体育授業に対する適応とは，動機づけを含む統合的な概念であり，学生の体育授業での状態をより多面的に把握することができる。また，生徒の体育授業に対する適応から類型化が行われ，生徒の体育授業に対する適応の状態の多様性を示し，そのタイプでの心理的特徴が異なること（佐々木，2003）や社会的スキルの違い（佐々木，2004）について明らかにされている。このことから，体育授業に対する適応と自己調整学習方略との関連を検討することによって，学生の体育授業に対する適応の状態を考慮して，学生に自己調整学習を定着させるための介入についての知見を得ることが期待できる。

以上のことから，本研究では，学習段階モデルに準拠して，体育授業場面における自己調整学習方略を測定する尺度を作成し，自己調整学習方略の使用と体育授業に対する適応との関連について検討を行うことを目的とする。

方 法

1. 被調査者及び調査時期

大学体育を受講する大学1年生420名（男性248名，女性172名：年齢 18.70 ± 1.23 歳）が被調査者となり，2013年6月に調査が実施された。調査を実施した授業は，健康に関する諸問題とトレーニング原理に関する講義およびスポーツ実践の演習から構成されており，全ての調査対象者は同じ授業内容を受講した。

2. 手続き

調査は体育授業時の時間を利用した集合法により実施し，調査票は回答後に回収した。また，調査票の配布に関しては，事前に調査目的や個人情報管理などに関する説明を書面と口頭で行い，調査協力に対して同意が得られたものを対象に行った。

3. 調査内容

3.1. 自己調整学習方略尺度

学習段階モデル（図1）で想定されている自己調整学習方略に準拠して，自己調整学習方略尺度の作成を行う。まず，学習段階モデルから自己調整学習方略の整理を行い，体育授業における自己調整学習方略を抽出した。学習段階モデルで想定されている自己調整学習方略は，予見段階では，目標設定と方略プランニングである。遂行コントロール段階の自己調整学習方略は，自己モニタリング，自己指導，イメージ，注意の集中である。自己考察段階の自己調整学習方略は，自己評価と適応の2

つである。また，遂行コントロールの段階では，援助要請を追加した。援助要請に関する運動・スポーツ場面において，自分の課題に対して上手くできない時に，教師やクラスメイトからアドバイスやヒントをもらうことで，自己の学習を最適化することが可能になることが予想されるためである。このことから，体育授業における自己調整学習として，予見段階は「目標設定」「方略プランニング」，遂行コントロール段階は「モニタリング」「自己教示」「援助要請」「イメージ」「注意の集中」，自己考察段階は「自己評価」「適応」を下位因子として想定した。次に，各下位因子に関する項目の収集を行い，各下位因子6項目の計54項目から構成される調査票を作成した。各項目に対する回答は，1（全くあてはまらない）から5（非常によくあてはまる）までの5件法により行い，分析には下位尺度ごとに算出した平均値を用いた。

3.2. 体育授業に対する適応尺度

体育授業に対する適応を測定するために佐々木（2003）が作成した体育の授業に対する適応の状態を把握するための尺度（以下，体育授業に対する適応尺度）14項目を用いた。この尺度は，連帯志向（8項目）と体育適応（6項目）の下位尺度から構成されている。回答は5件法で，1（全くあてはまらない）から5（非常によくあてはまる）で求め，分析には下位尺度ごとに算出した平均値を用いた。この尺度は，中学生を対象に作成されたものであるため，尺度の信頼性を検討するためにクロンバックの α 係数を算出した。その結果，体育適応は.78を示し，連帯志向は.81を示していた。信頼係数も満足のできる値を示していたことから，大学生の体育授業に対する適応状態を測定する尺度として用いることに問題はないと考えられる。

4. 統計処理

分析にはSPSS Statistics19.0を使用し，有意水準は5%とした。

結果および考察

自己調整学習方略の項目に対する分析として，各段階で因子分析を行い，因子構造の確認を行った。その理由は，学習段階モデルが，それぞれの段階を通して学習が行われると想定されているモデルであるため，自己調整学習方略を検討する際は，段階ごとに想定されている自己調整学習方略を検討していく必要があると考えられるからである。そのため，本調査では，予見，遂行コントロール，自己考察の各段階で，自己調整学習方略の因子構造を検討した。

また、因子分析では主因子法・プロマックス回転を行い、因子の抽出は初期固有値1.0以上を基準とし、因子の下位尺度はパターン行列の因子負荷量が.40以上の項目内容に基づいた。なお、因子の解釈では、複数の因子に.35以上の因子負荷量をもつ項目、また、因子負荷量が.40未満の項目は除外した。

予見段階における因子分析を行った結果、1因子構造が確認された。この因子には、「どのように課題に取り組むか計画している」「課題を解決するための流れを注意深く計画している」といった項目から構成されており、この因子を「目標設定」因子と命名した。この段階では、目標設定と方略プログラミングの2因子を想定していたが、目標設定と方略プログラミングと一緒に構成されたと考えられる。これは、それぞれの自己調整学習方略は独立した関係ではなく、目標を設定してそれを達成するための方法を考えることは、一連のプロセスであるため、本調査において1因子として抽出されたと考えられる。

遂行・コントロール段階における因子分析を行った結

果、6因子が抽出された。第1因子は「すべての課題にできるだけ一生懸命に行っている」「課題に最大限の努力で取り組んでいる」といった項目から構成されており、「努力」因子と命名した。第2因子は、「目標とする動きをイメージしている」「動きや感覚を具体的にイメージしている」といった項目から構成されており、「イメージ」因子と命名した。第3因子は、「気持ちを落ち着かせるために自分に語りかけている」「集中するために自分に語りかけている」といった項目が含まれており、「自己教示」因子と命名した。第4因子は、「自分の課題

表1 予見段階における因子分析結果（主因子法；因子負荷行列）

因子1：目標設定	因子1
どのように課題に取り組むか計画している	.76
課題を解決するための流れを注意深く計画している	.73
目標を設定してから、課題に取り組んでいる	.72
課題に取り組むための計画を立てている	.67
課題の達成のために必要なことは何か考えている	.62
目標を達成するために必要な方法を考えている	.61

表2 遂行段階における因子分析結果（主因子法プロマックス回転；因子負荷行列）

	因子1	因子2	因子3	因子4	因子5	因子6
因子1：努力						
すべての課題にできるだけ一生懸命に行っている	.84	-.13	-.01	-.08	-.05	.16
課題に最大限の努力で取り組んでいる	.82	.00	.13	.05	.03	-.19
課題が嫌いでも良くできるように一生懸命に取り組んでいる	.71	-.05	-.14	.11	-.02	.08
課題が重要でもなくとも一生懸命に練習してる	.69	-.07	-.07	-.04	.03	.22
課題に集中して取り組んでいる	.66	.11	.02	.00	.01	-.03
課題が難しくてもあきらめていない	.62	.21	.03	.02	-.01	-.17
因子2：イメージ						
目標とする動きをイメージしている	-.04	.84	.05	-.07	.03	.01
動きや感覚を具体的にイメージしている	-.07	.82	-.04	.12	-.06	.06
目標とする動きの感覚を想像している	.06	.80	.03	-.02	-.04	-.04
いつも目標とする動きをイメージしている	-.01	.71	-.01	-.02	.09	.10
過去にうまくできた動きの感覚をイメージしている	.06	.48	-.06	-.03	-.02	.22
因子3：自己教示						
気持ちを落ち着かせるために自分に語りかけている	-.06	-.01	.90	-.01	-.01	-.04
集中するために自分に語りかけている	-.06	.01	.87	.00	-.05	.03
やる気を高めるために自分に語りかけている	.11	-.05	.70	.01	.01	.07
課題のポイントを確認するために自分に言い聞かせている	.01	.09	.59	.08	.02	.03
因子4：先生への援助要請						
自分の課題について、先生にアドバイスやヒントを求めている	-.06	-.01	.05	.88	.00	.03
授業の取り組み方について、先生にアドバイスやヒントを求めている	.04	-.02	.03	.87	.01	.03
うまくできなかったら、先生にアドバイスやヒントを求めている	.07	.03	-.04	.82	-.03	-.02
因子5：クラスメイトへの援助要請						
自分の課題について、クラスメイトにアドバイスやヒントを求めている	.00	.00	-.05	-.13	.86	.04
うまくできなかったら、クラスメイトにアドバイスやヒントを求めている	.06	.15	.00	.12	.71	-.19
授業の取り組み方について、クラスメイトにアドバイスやヒントを求めている	-.08	-.19	.04	.20	.59	.19
因子6：モニタリング						
記録や結果を参考にして、動きの良し悪しを確認している	.00	.09	-.04	.07	-.04	.63
課題に取り組んでいる時、自分のやり方を確認している	.00	.22	.04	-.02	.03	.60
行っていることが適切かどうか確認しながら練習している	.04	.08	.12	.13	.03	.44
自分の課題について、進歩したかどうかを確認しながら取り組んでいる	.17	.02	.16	-.13	.05	.43
因子間相関	因子1	.47	.41	.39	.42	.54
	因子2		.59	.42	.42	.54
	因子3			.64	.47	.60
	因子4				.66	.51
	因子5					.56

表3 自己考察段階における因子分析結果（主因子法プロマックス回転；因子負荷行列）

	因子1	因子2
因子1：自己評価		
取り組み方が良かったか振り返りや見直しをしている	.81	-.07
取り組み方が適切であったか確認するために課題を振り返っている	.78	.02
うまくできたか確認するために評価している	.71	.06
前回の授業の取り組み方と比較している	.68	-.07
正しい手順で行えたか見直している	.58	.15
授業の目標が達成できたかを評価している	.57	.10
因子2：適応		
どうすれば上達できるか過去の経験を参考にしている	-.05	.73
どのような工夫をすれば次にうまくできるか考えている	.01	.66
今までの経験から自分の長所と短所について考えている	-.01	.62
新しい課題に取り組む時、過去の経験と結びつけている	.05	.58
次までにどのようにすればよくなるか考えるようにしている	.26	.43
因子間相関		因子1 .70

について、先生にアドバイスやヒントを求めている」「授業の取り組み方について、先生にアドバイスやヒントを求めている」といった項目から構成されていたことから、「先生への援助要請」因子と命名した。第5因子は、「自分の課題について、クラスメイトにアドバイスやヒントを求めている」「うまくできなかったら、クラスメイトにアドバイスやヒントを求めている」といった項目が含まれていたことから、「クラスメイトへの援助要請」因子と命名した。第6因子は、「記録や結果を参考にして、動きの良し悪しを確認している」「課題に取り組んでいる時、自分のやり方を確認している」といった項目から構成されていることから、「モニタリング」因子と命名した。

自己考察段階における因子分析を行った結果、2因子が抽出された。第1因子は「取り組み方が良かったか振り返りや見直しをしている」「取り組みが適切であったか確認するために課題を振り返っている」といった項目から構成されていることから、「自己評価」因子と命名した。第2因子は「どうすれば上達できるか過去の経験を参考にしている」「どのような工夫をすれば次にうまくできるか考えている」といった項目が含まれていることから、「適応」因子と命名した。

信頼性の検討において、クロンバックの α 係数を算出した結果、.78から.90の値を示していた。また、本調査者の56名を対象に2回（2013年6月と2013年8月）行い、再テスト法の信頼性係数を求めた。再テスト法の間隔は2カ月間であった。結果は2つの自己調整学習方略を除いて.51以上の値を示していた。また、イメージは.31、モニタリングは.29で弱いながらも相関関係を示していたことから、信頼性は満足できる範囲にあると考えられる。これらの結果は、表4に示す。

基準関連妥当性を検証するために、体育授業に対する適応尺度の下位尺度得点と自己調整学習方略尺度の下位尺度得点との相関係数を求めた。体育授業に対する適応尺度とは、体育の学習活動に対する適応状態を表す「体育適応」と体育の授業に取り組む仲間との人間関係の適応を表す「連帯志向」の2つの下位尺度から構成されている。自己調整学習方略の使用には動機づけが重要な要因であり、動機づけの統合的な概念である体育授業に対する適応尺度を用いて自己調整学習方略尺度の基準関連妥当性の検討を行った。結果は表4の通りである。

分析の結果、自己調整学習方略尺度と体育授業に対する適応尺度とは全ての下位尺度で有意な正の相関係数が得られた。自己調整学習方略は、学習者が目標を達成するために必要な行動や動機づけ、思考を調整するための方略であり、学習者が学習に対して高く動機づけられていることによって、自己調整学習方略を用いた自己調整学習が可能になる。つまり、学習者の体育に対する動機づけの程度を示す体育適応が高い状態で、学習者は自己調整学習方略を用いた学習が可能になると考えられる。このことから、自己調整学習方略尺度と体育適応と連帯適応が有意な正の相関を示したことは妥当な結果と考えられる。また、自己調整学習方略の使用には、体育での仲間関係での適応よりも、授業に意欲的に取り組むといった学習活動に対する適応と強く関連していることが考えられる。したがって、体育適応が連帯志向に比べて自己調整学習方略との高い相関を示したことは妥当な結果と考えられる。

以上のことから、体育授業に対する適応尺度を用いて、自己調整学習方略尺度の基準関連妥当性を検討した。各下位尺度同士で相関係数を求めたところ、想定される相互関連を説明できる結果を得ることができた。こ

表4 尺度の信頼性及び妥当性の検討結果

	信頼性		妥当性	
	α 係数	再テスト法	体育適応	連帯志向
目標設定	.84	.63 **	.48 **	.23 **
努力	.88	.65 **	.54 **	.31 **
イメージ	.88	.31 *	.38 **	.27 **
自己教示	.87	.58 **	.37 **	.15 **
先生への援助要請	.90	.68 **	.43 **	.16 **
クラスメイトへの援助要請	.79	.64 **	.40 **	.29 **
モニタリング	.81	.29 *	.45 **	.21 **
自己評価	.86	.51 **	.47 **	.18 **
適応	.78	.54 **	.42 **	.27 **

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

これらのことから、自己調整学習方略尺度の基準関連妥当性は満足できる水準にあると考えられる。

体育授業に対する適応の類型化によって、自己調整学習方略の使用が異なるか検討を行うため、体育授業に対する適応の類型化を行った。体育授業に対する適応の類型化は、佐々木（2003）を参考に、体育適応と連帯志向の各平均値でそれぞれを上下2群、全体で4群に類型化した。第1象限は各下位尺度得点がいずれも平均値以上の学生群である。この象限は、連帯志向が強く仲間と一緒に積極的に授業に取り組み、体育授業の意義をよく理解して運動やスポーツでの自己実現に向け前向きに取り組むことができていない学生とされており（佐々木，2003），この学生群の適応のタイプを連帯群とする。次に、第2象限は、連帯志向は平均値以上であるが体育適応は平均値未満の学生群である。この学生群は仲間との協調的な行動には積極的であるが、学習としての運動実践や教師との相互関係の構築や活動には消極的で授業そのものには適応できていない学生群とされており（佐々木，2003），遊び型とする。さらに、第3象限は両下位尺度とも平均値未満の学生群である。この学生群は仲間とは没交渉的で、同時に、運動やスポーツの実践にも消極的な生徒群とされており、脱連帯型とする（佐々木，2003）。最後に、第4象限は連帯志向が平均値未満で、体育適応は平均値以上の学生群である。この学生群は仲間との協調的活動には消極的だが、運動やスポーツの実践あるいは教師との相互関係の構築や活動には前向きで、自分の考えに基づき積極的に授業に取り組んでいる学生群とされており（佐々木，2003），マイペース型とした。これらの適応タイプとして、連帯型とマイペース型は、体育授業に適応しているタイプであり、遊び型と脱連帯型は体育授業に不適応の状態にある（佐々木，2003）。

まず、男女別に、それぞれのタイプに類型された学生数を比較した（ χ^2 検定）。分析の結果、男女ともに各タイプに類型された学生数は偏っており、その差は有意であった（表5）。また、男女ともにマイペース型（男子31%，女子32%）に類型された学生が最も多くおり、

表5 適応タイプの学生数比較（ χ^2 検定）

	連帯型	遊び型	脱連帯型	マイペース型	χ^2 値
男子(247)	66	49	55	78	10.18**
女子(172)	50	34	33	55	9.83**

**p<.01

それに次いで、連帯型（男子27%，女子29%）に類型された学生がいた。これらの学生を合わせると全体の半数を超えており（男子58%，女子61%），これは中学生を対象に検討を行った佐々木（2003）の結果に比べて、体育授業に適応できている学生が多いことが明らかにされた。

しかしながら、体育授業に適応できていない学生は約4割（遊び型：男子20%，女子20%；脱連帯型：男子22%，女子19%）もあり、これらの学生は生涯スポーツに自律的・自発的に親しむ態度の育成（佐々木，2003）や他の学習者のやる気を阻害する学習態度（佐々木，1998）といった問題を含んでいる。このことから、体育授業に不適応な学生に対して、体育授業への適応を意図した授業展開は、生涯スポーツに対する態度の育成及び他の学習者の学習に対するやる気への阻害の観点から重要であると考えられる。

次に、各適応タイプによって自己調整学習方略の特徴を明らかにするために、自己調整学習方略の下位尺度得点を従属変数とし、適応タイプを独立変数とした一要因分散分析を行った。分析結果は、表6と図2に示す。

分析の結果、すべて主効果が有意であったため、Bonferroni検定を用いた多重比較を行った。その結果、目標設定では、連帯型とマイペース型が遊び型と脱連帯型に比べて、得点が有意に高かった。努力では、連帯型とマイペース型が遊び型と脱連帯型に比べて、得点が有意に高く、遊び型は脱連帯型に比べて高かった。イメージでは、連帯型と遊び型、マイペース型は脱連帯型より得点が高かった。自己教示では、連帯型とマイペース型は脱連帯型より得点が高く、連帯型は遊び型より得点が高かった。先生への援助要請では、連帯型とマイペース型が遊び型と脱連帯型に比べて、得点が有意に高かった。クラスメイトへの援助要請では、連帯型とマイペース型は脱連帯型より得点が高く、連帯型は遊び型より得点が高かった。モニタリングでは、連帯型とマイペース型は脱連帯型より得点が高く、連帯型は遊び型より得点が高かった。自己評価では、連帯型とマイペース型が遊び型と脱連帯型に比べて、得点が有意に高かった。適応では、連帯型と遊び型、マイペース型は脱連帯型より得点が高く、連帯型は遊び型より高かった。これらのことから、連帯型とマイペース型に類型される学生は、脱連帯型に分類される学生に比べてすべての自己調整学習方

表6 自己調整学習方略尺度得点の適応タイプ間の比較

	標準得点平均 (標準偏差)				F(3,412)	多重比較
	連帯型	遊び型	脱連帯型	マイペース型		
目標設定	0.44 (0.99)	-0.27 (0.90)	-0.41 (0.87)	0.16 (0.98)	21.08 **	2,3<1,4
努力	0.52 (0.85)	-0.22 (0.89)	-0.57 (1.01)	0.24 (0.76)	36.13 **	2,3<1,4; 3<2
イメージ	0.34 (1.00)	0.03 (0.92)	-0.47 (0.94)	0.11 (0.91)	16.46 **	3<1,2,4
自己教示	0.34 (1.10)	-0.17 (0.91)	-0.32 (0.79)	0.09 (1.03)	11.00 **	3<1,4; 2<1
先生への援助要請	0.34 (1.04)	-0.26 (0.90)	-0.37 (0.86)	0.26 (0.98)	16.02 **	2,3<1,4
クラスメイトへの援助要請	0.40 (0.90)	-0.18 (0.92)	-0.38 (0.91)	0.11 (1.13)	16.11 **	3<1,4; 2<1
モニタリング	0.38 (0.98)	-0.19 (0.98)	-0.39 (0.92)	0.15 (0.91)	15.83 **	3<1,4; 2<1
自己評価	0.36 (1.01)	-0.28 (0.96)	-0.37 (0.86)	0.27 (0.95)	17.10 **	2,3<1,4
適応	0.39 (0.96)	-0.07 (0.88)	-0.45 (0.98)	0.10 (0.95)	17.61 **	3<1,2,4; 2<1

連帯型：1, 遊び型：2, 脱連帯型：3, マイペース型：4

**p<.01

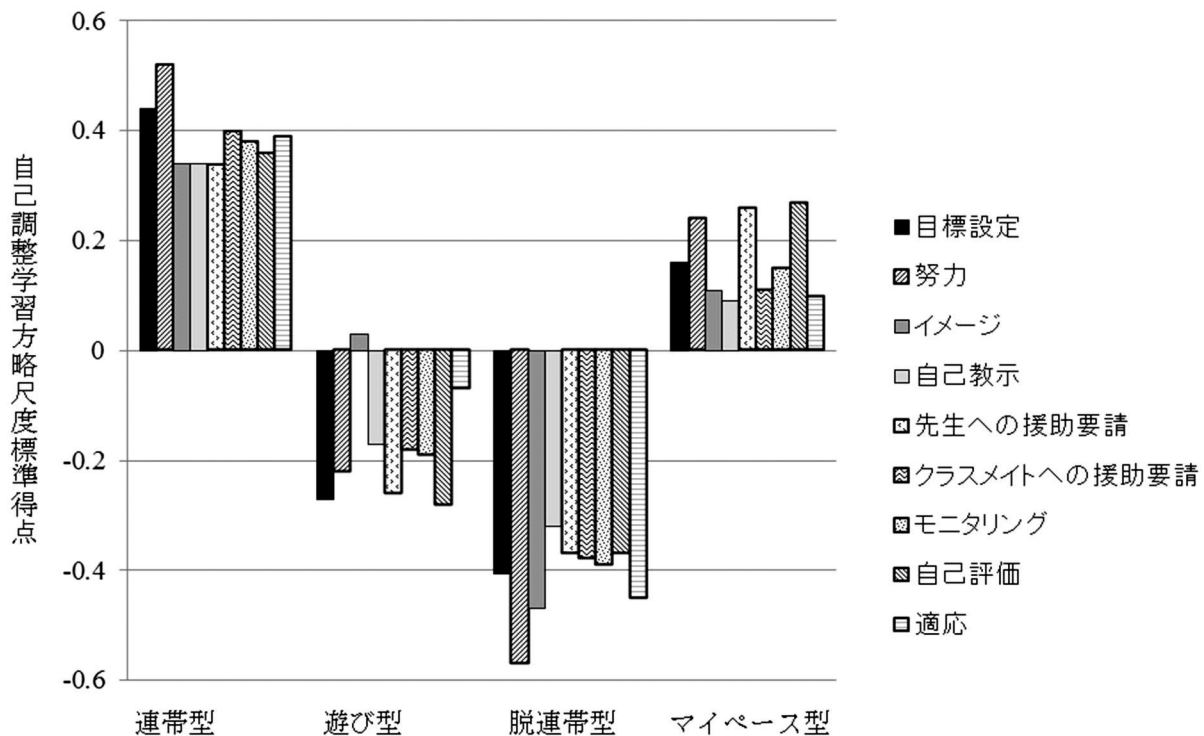


図2 自己調整学習方略得点からみた各適応タイプの特徴

略得点が高く、自己調整学習方略を用いて体育授業に取り組んでいることが示された。また、連帯型の学生は、遊び型の学生に比べて、イメージを除くすべての自己調整学習方略得点が高く、マイペース型の学生は、遊び型の学生よりも目標設定、努力、先生への援助要請と自己評価において高い得点を示していた。さらに、遊び型の学生は、脱連帯型の学生に比べて努力とイメージの得点が高かった。

連帯型に分類される学生は、クラスメイトといった仲間と協力して取り組み、体育授業の意義を理解し前向きに取り組んでいる。また、マイペース型は、仲間との協調的活動は消極的であるが、体育授業に対して積極的に取り組んでいる。この適応型とマイペース型のタイプは体育適応が高い象限にあり、体育授業に適応できている

と捉えることができる(佐々木, 2003)。これらの適応タイプに類型される学生は、体育授業に積極的に取り組んでいるため、その学習の中で自己調整学習方略を用いていることが考えられる。

自己調整学習方略の使用を促す要因として、動機づけが挙げられる。この動機づけと自己調整学習との関連に関する研究が行われており、動機づけが自己調整学習方略の使用に影響を及ぼすことが明らかにされている(伊藤, 2001; 伊藤ら, 2013; 小橋川, 2000; Ommundsen, 2006; Zimmerman & Kitsantas, 1997; Zimmerman & Martinez-Pons, 1990)。そして、体育授業に対する適応は、動機づけを含む統合的な概念であるため、体育授業に対して動機づけられている学習者は、体育授業に適応していると考えられる。このことから、体育の学習活動

に対して積極的に取り組んでいる体育適応の高い学生は、自己調整学習方略を用いて学習を行っていることが考えられる。

また、遊び型と脱連帯型に類型される学生は、連帯型とマイペース型に分類される学生に比べて自己調整学習方略を使用して学習を行っていないことが明らかにされた。この遊び型と脱連帯型は、体育授業への不適応を示すタイプであるため（佐々木, 2003）、体育授業に対して意義を見出せず、消極的に授業に取り組んでいるため、自己調整学習方略の使用が低かったと考えられる。

さらに、遊び型に類型される学生は、脱連帯型に分類される学生に比べて自己調整学習方略を用いて体育授業に取り組んでいた。遊び型に類型される学生は、脱連帯型に分類される学生に比べて、仲間との関係に適応できている状態である（佐々木, 2003）。この対人関係と自己調整学習方略の関係について、玉木・伊藤（2003）は、教師や友人との対人関係が自己調整学習方略の使用に影響を及ぼしていることを明らかにしている。このことから、遊び型は脱連帯型に比べて、良好な対人関係が構築されることで、授業を効果的に取り組むための自己調整学習方略に関する情報を得ることができ、授業中での自己調整学習方略の使用が促されていることが考えられる。しかしながら、本研究結果は、遊び型は連帯型とマイペース型に比べて自己調整学習方略得点が低い傾向にあることを示しており、自己調整学習方略の使用には、体育授業における対人関係への適応より、授業への適応が関係していることが考えられる。本結果は、遊び型の高い仲間意識が、体育授業に対する適応を促す仲間関係への適応の高さと捉えることはできないと述べた佐々木（2003）の結果を支持するものであった。これらのことから、対人関係には適応できているが授業には適応できていない遊び型に類型される学生に対する自己調整学習のための支援には、学生同士の関係性を高めることを意図した授業づくりではなく、学生が体育授業に積極的に取り組めるような授業づくりを行いながら、自己調整学習方略の獲得に関する援助が重要になると考えられる。

加えて、脱連帯型に類型される学生は、良好な友人との関係の構築ができていない状態で、授業に対するやる気も低い状態である（佐々木, 2003）。また、この脱連帯型はストレスを強く認知しており（佐々木, 2003）、対人関係に関する社会的スキルを有していないことが明らかにされている（佐々木, 2004）。そして、本結果からは、脱連帯型は他の群に比べて、体育授業において自己調整学習方略を用いずに取り組んでいることが示された。自己調整学習方略の使用には、動機づけ（伊藤, 2001；伊藤ら, 2013；小橋川, 2000；Ommundsen, 2006；Zimmerman

& Kitsantas, 1997；Zimmerman & Martinez-Pons, 1990）と教師およびクラスメイトとの良好な対人関係が影響を及ぼしている（玉木・伊藤, 2003）。また、教師やクラスメイトといった他者の存在は、自己調整学習方略の獲得にも関係していることが明らかにされている（伊藤, 2002）。このことから、授業に対する動機づけが低く、良好な対人関係が構築できていない脱連帯型の学生に対して自己調整学習の獲得の援助のためには、学生が積極的に授業に取り組めることと良好な対人関係を構築することを意図した授業を行い、その中で自己調整学習方略の使用を促す援助が重要になると考えられる。

ま と め

本研究は、学習段階モデルに準拠して、予見、遂行コントロール、自己考察の各段階における自己調整学習方略尺度を作成し、その信頼性と妥当性の検討を行った。また、学生の体育授業に対する適応から類型化を行い、そのタイプで自己調整学習方略の使用について検討を行った。

その結果、各段階における自己調整学習方略の因子としては、予見段階では目標設定が示され、遂行・コントロール段階では努力とイメージ自己教示、先生への援助要請、クラスメイトへの援助要請、モニタリングが明らかになり、自己考察段階では自己評価と適応が抽出された。そして、これらの尺度の信頼性と妥当性を検討し、信頼性と妥当性が確かめられた。また、学生の体育授業に対する適応と自己調整学習方略の使用は関係しており、特に、体育授業に適応できるタイプに類型される適応型とマイペース型の学生は、自己調整学習方略を使用して授業に取り組んでいた。

引用文献

- Bandura, A. (1997) Self-efficacy: The exercise of control. New York: Freeman: pp.3.
- Budiana, D. (2014) The influence of self regulated and traditional learning model on the development of students' cognitive process and sport enjoyment in basketball learning process. *Asian Social Science*, 10 (5): 123-129.
- Cleary, T. J., & Zimmerman, B. J. (2001) Self-regulation differences during athletic practice by experts, non-experts, and novices. *Journal of Sport Psychology*, 13: 185-206.
- Driskell, J. E., Copper, C., & Moran, A. (1994) Does mental practice enhance performance?. *Journal of Applied Psychology*, 79 (4): 481-492.
- Goudas, M., Kolovelonis, A., & Dermitzaki, I. (2013) Implementation of self-regulation interventions in

- physical education and sports contexts. In H. Bembenuity, T. Cleary, & A. Kitsantas (Eds.), *Applications of self-regulated learning across divers disciplines: A tribute to Barry J. Zimmerman*. Greenwich, CT: Information AGE. pp.383-416.
- 伊藤崇達 (2002) 学習経験による学習方略の獲得過程の違い — 4年制大学生と短期大学生を対象に —. *日本教育工学雑誌*, 26: 101-105.
- 伊藤崇達 (2009) 自己調整学習の成立過程 — 学習方略と動機づけの役割 —. 北大路書房, 東京. pp.1-34.
- 伊藤豊彦 (2001) 小学生における体育の学習動機に関する研究: 学習方略との関連および類型化の試み. *体育学研究*, 46: 365-379.
- 伊藤豊彦・横田禎明・畑田竜也 (2011) 体育授業における学習環境の認知と動機づけとの関係について. *島根大学教育学部紀要*, 45: 27-36.
- 伊藤豊彦・磯貝浩久・西田保・佐々木万丈・杉山佳生・洪倉崇行 (2013) 小学生の体育学習における動機づけモデルの検討: 動機づけ雰囲気認知, 学習動機, および方略使用の関連. *体育学研究*, 58: 567-583.
- Kirschenbaum, D. S. (1984) Self-regulation and sports psychology: Nurturing and emerging symbiosis. *Journal of Sports Psychology*, 6: 159-183.
- Kitsantas, A., & Zimmerman, B. J. (2002) Comparing self-regulatory processes among novice, non-expert, and expert volleyball players: A microanalytic study. *Journal of Applied Sport Psychology*, 14: 91-105.
- 小橋川久光 (2000) 体育の授業における学習方略, 自己効力感, 成果の認識の関係. *琉球大学教育学部紀要*, 57: 107-117.
- 小橋川久光・大城譲次・謝花初美・村上雅彦 (1998) 中学生の水泳の授業に於ける学習方略と自己効力感の関係. *琉球大学教育学部教育実践研究指導センター紀要*, 6: 15-27.
- Kolovelonis, A., & Goudas, M. (2013) The development of self-regulated learning of motor and sport skills in physical education: A review. *Hellenic Journal of Psychology*, 10: 193-210.
- Kolovelonis, A., Goudas, M., & Dermitzaki, I. (2010) Self-regulated learning of a motor skill through emulation and self-control levels in a physical education setting. *Journal of Applied Sport Psychology*, 22: 198-212.
- Kolovelonis, A., Goudas, M., & Dermitzaki, I. (2011) The effect of different goals and self-recording on self-regulation of learning a motor skill in a physical education setting. *Learning and Instruction*, 21: 355-364.
- Kolovelonis, A., Goudas, M., & Dermitzaki, I. (2012) The effects of self-talk and goal setting on self-regulation of learning a new motor skill in physical education. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, 10 (3): 221-235.
- Kolovelonis, A., Goudas, M., Dermitzaki, I., & Kitsantas, A. (2013) Self-regulated learning and performance calibration among elementary physical education. *European Journal of Physical Education*, 28: 685-701.
- Locke, E. A., & Latham, G. P. (1985) The application of goal setting to sport. *Journal of Sports Psychology*, 28: 35-56.
- Nye, S. B. (2008) Students' Help seeking during physical education. *Journal of Teaching in Physical Education*, 27: 368-384.
- Ommundsen, Y. (2003) Implicit theories of ability and self-regulation strategies in physical education classes. *Educational Psychology*, 23 (2): 141-157.
- Ommundsen, Y. (2006) Pupils' self-regulation in physical education: the role of motivational climates and differential achievement goals. *European Psychological Review*, 12 (3): 289-315.
- Pintrich, P. R., Smith, D., Garcia, T., & McKeachie, W. (1993) 'Predictive validity and reliability of the motivated strategies for learning questionnaire (MSLQ)'. *Educational and Psychological Measurement*, 53: 801-813.
- 佐々木万丈 (1998) 体育の授業における中学生用心理的ストレスレベル測定尺度の開発. *スポーツ心理学研究*, 24 (1): 17-26.
- 佐々木万丈 (2003) 体育の授業に対する適応: 中学生の場合. *体育学研究*, 48: 153-167.
- 佐々木万丈 (2004) 中学生の体育授業における社会的スキルの分析: 性, 学年, 体育授業への適応感に着目して. *体育学研究*, 49: 423-434.
- Schraw, G., & Dennison, R. (1994) Assessing metacognitive awareness. *Contemporary Educational Psychology*, 19: 460-475.
- Schunk, D. H. (1983) Progress self-monitoring: Effects of children's self-efficacy and achievement. *Journal of Experimental Education*, 51: 89-93.
- 玉木史朗・伊藤豊彦 (2003) 体育授業における小学生の学習方略に関する研究. *山陰体育学研究*, 18: 15-25.
- Theodosiou, A., & Papaianou, A. (2006) Motivational climate, achievement goals and metacognitive activity in physical education and exercise involvement in out-of-school settings. *Psychology of Sport & Exercise*, 7: 361-380.

- 辰野千尋 (1997) 学習方略の心理学 ― 賢い学習者の育て方 ―. 図書文化社：東京：pp.11.
- 上淵寿 (2004) 達成目標理論の最近の展開. 上淵寿 (編) 動機づけ研究の最前線. 北大路書房：東京：pp88-107.
- Weiner, B. (1992) Human motivation: Metaphors, theories, and research. Newbury Park, CA: Sage.
- Zimmerman, B. J. (1986) Becoming a self-regulated learner: Which are the key subprocesses? Contemporary Educational Psychology, 11: 307-313.
- Zimmerman, B. J. (1989) A social cognitive view of self-regulated academic learning. Journal of Educational Psychology, 81: 329-339.
- ジーマン：塚野州一編訳 (2007) 自己調整学習の実践. 北大路書房：東京：pp.1-19. <Zimmerman, B. J. (1998) Developing self-fulfilling cycles of academic regulation: an analysis of exemplary instructional models. In Schunk, D. H. & Zimmerman, B. J. (Eds.), Self-Regulated Learning: From Teaching to Self-Reflective Practice. New York: The Guilford Press.>
- ジーマン：塚野州一編訳 (2009) 自己調整学習と動機づけ. 北大路書房：東京：pp.221-243. <Zimmerman, B. J. (2007) Goal Setting: A Key Proactive Source of Academic Self-Regulation. Schunk, D. H. & Zimmerman, B. J. (Eds.), Motivation and self-regulated learning: Theory, research, and applications. Taylor & Francis Group: LLC.
- Zimmerman, B. J., & Kitsantas, A. (1996) Self-regulated learning of a motoric skill; The role of goal setting and self-recording. Journal of Applied Sport Psychology, 8: 29-36.
- Zimmerman, B. J., & Kitsantas, A. (1997) Developmental phases in self-regulation: Shifting from process goals to outcome goals. Journal of Educational Psychology, 89: 29-36.
- Zimmerman, B. J., & Martinez-Pons, M. (1990) Student differences in self-regulated learning: Relating grade, sex, and giftedness to self-efficacy and strategy use. Journal of Educational Psychology, 82: 51-59.

(平成26年6月11日受付)
(平成26年10月8日受理)

野球のピッチングが筋硬度に及ぼす影響

長谷川 伸 (九州共立大学)

The effect of baseball pitching on muscle hardness.

Shin Hasegawa¹⁾

Abstract

The purpose of this study was to investigate the changes in muscle hardness after baseball pitching, and to examine the relation between the ball speed and the rate of changes in muscle hardness. Ten male college baseball pitchers threw 100 pitches and ball speed was measured. Measurements of muscle hardness were performed in 36 points before, immediately after, 24 hour after, and 48 hour after pitching.

In dominant side, muscle hardness was significantly increased in the gluteus medius immediately after pitching, in triceps, gluteus medius, and vastus lateralis at 24 hours after pitching, and in vastus lateralis at 48 hours after pitching. In relation to the average ball speed and the rate of changes in muscle hardness, a significant positive correlation has been shown in abdominal oblique muscle ($r=0.675$, $p<0.05$), and a significant negative correlation has been shown in biceps femoris ($r=-0.813$, $p<0.01$) in dominant side. In addition, a significant negative correlation has been shown in pectoralis major ($r=-0.713$, $p<0.05$), vastus medialis ($r=-0.798$, $p<0.01$), and gastrocnemius ($r=-0.736$, $p<0.05$) in the non-dominant side.

These results suggest that the changes in muscle hardness after baseball pitching were remarkable in the extensor muscle of the lower and upper limbs in dominant side, and the magnitude of the physical stress caused by the pitching motion does not necessarily affect the rate of change in muscle hardness.

Key words: muscle hardness, baseball pitching, ball speed

I. 緒 言

野球投手が1試合を完投する場合、試合中に100球から150球程度の投球数を要し、試合前やイニング間の投球練習を併せると、1試合の投球数は200球近くにも達する。肩や肘の筋疲労や機能低下は投球障害と関係することから、試合を想定した100球以上の投球をストレスとして加えた際の身体諸機能への影響が報告されてきた。バイオメカニクス的研究ではパフォーマンスの指標である投球速度の低下に加え、上肢では投球動作の加速期における上腕二頭筋や機側手根屈筋の積分筋電図の低下といった局所的な筋疲労(高田ら, 2003)、下肢・体幹部では股関節伸展トルクによる仕事量の低下と足関節底屈トルクによる仕事量の増加にみられる筋疲労に伴う代

償作用(平山ら, 2010)、リリース時の体幹の前傾角度の低下などの投球動作の変容が報告されている(Escamilla et al., 2007)。また、生理学的研究では投球腕の血流量の低下(Bast et al., 1996)、肩関節の回旋腱板筋における水分変化や浮腫を示すMRI画像のT2値、筋横断面積や筋厚の増加(Yanagisawa et al., 2003; 杉本ら, 1999)、骨格筋の損傷を示す血中のクレアチンキナーゼや乳酸脱水素酵素の増加や筋痛の発生等が報告されており(Potteiger et al., 1992)、投球後の筋疲労や筋損傷は上肢ばかりではなく、全身に起こることが示唆されている。

筋硬度(muscle hardness)は筋を皮膚表面から押したときの反発力を示すものであり(木下ら, 2006)、採血や画像撮影を行わずに非侵襲的で簡便に筋疲労や筋損傷など筋機能を定量化する手法として用いられている。これ

1) Department of Sports Science, Faculty of Sports Science, Kyusyu Kyoritsu University, 1-8 Jiyugaoka, Yahatanishi-ku, Kitakyushu City, Fukuoka, 807-8585

までの研究において、筋硬度は運動に関与した筋で運動後に上昇することや、マッサージやストレッチングにより低下が見られることが報告され (Murayama et al., 2000; 肥田ら, 2010; 梨本ら, 2012), スポーツ活動の影響についても、サッカー選手の試合後における非利き脚 (軸脚) の大腿四頭筋の筋硬度の増加や、陸上長距離選手の強化合宿中における腓腹筋内側頭の筋硬度の増加などが報告されている (孫ら, 2008; 塩田, 2014)。

野球の投球動作は下肢、体幹、上肢が関与し、身体各部位において伸張性筋収縮を伴う全身運動である。高強度の伸張性運動の後には筋損傷、浮腫、筋痛など筋の機能低下が生じることが知られており、投球動作による力学的ストレスを受けた後、数日に渡り肩関節の筋にも機能低下が示されることが報告されている (Yanagisawa et al. 2003)。また、投球における投球側と非投球側の動作は非対称的であることから、長期間にわたり投球による力学的なストレスを受け続けた野球投手では、投球側と非投球側の間には筋量の一側優位性が存在することも報告されている (長谷川ら, 2012)。これらのことから、投球動作に伴う力学的ストレスの大きさは部位による差があり、投球後に生じる筋疲労や筋損傷の程度には違いが見られるものと考えられる。また、投球速度の違いによる力学的なストレスの大きさも筋硬度の増加率に影響を及ぼすことが考えられる。しかし、投球後にみられる筋疲労や筋損傷など筋の機能低下に関して、その発生する身体部位、時間経過、程度などに関する知見は得られていない。

そこで本研究では、筋硬度を筋疲労や筋損傷の指標としてとらえ、100球の投球がもたらす野球投手の身体各部の筋硬度を部位別、時間別に定量化するとともに、投球速度と筋硬度の増加率の関係を明らかにすることを目的とした。

II. 方 法

A. 対象

対象は大学生野球投手10名 (身長 174.1 ± 6.2 cm, 体重 70.7 ± 5.4 kg, 年齢 20.4 ± 1.2 歳, 競技歴 11.7 ± 4.5 年, 右投げ8名, 左投げ2名) であった。いずれも高校、大学を通して投手を専門に競技を継続しているが全国大会出場の経験はなく、上肢、下肢、体幹に障害や外傷の既往を持たない者であった。被験者には本実験の目的及び危険性を説明し、書面により参加の同意を得た。なお、本研究は九州共立大学倫理委員会の承認を得て実施した。

B. 実験手順

被験者には事前に実験前の3日間と実験期間中には投

球練習およびウエイトトレーニングを行わないこと、実験期間中はアイシング、ストレッチング、マッサージを行わないことを指示した。

筋硬度の測定は100球の投球 (以下、投球試行) に対して、投球前、投球直後、投球24時間後、投球48時間後の4回実施した。投球試行を行う前には通常の練習において実施している統一されたウォーミングアップとキャッチボールを行わせた。キャッチボールは「全力投球が可能となる最小の球数」と規定し、検者の監視の下、ブルペンにて実施した。全ての被験者がキャッチボールに要した投球数は20~30球の間であった。投球試行における球種は全て直球とし、1分間に5球のペースで連続100球の投球を行わせた。その際、捕手の後方3m、高さ1mの位置に設置したスピードガン (MST-1, ATLAS社製) を用いて投球速度を計測し、1球ごとに被験者にフィードバックすることにより、全力投球の維持に努めさせた。

C. 筋硬度の測定

筋硬度の測定には筋硬度計 (NEUTONE TDM-NA1DX, TRY-ALL 社製) を使用した (図1)。同筋硬度計を用いた研究では、同一測定者による測定において高い再現性 ($ICC=0.94 \sim 0.98$) が認められることが報告されていることから (肥田ら, 2010), 測定は事前に訓練を積んだ同一検者1名が実施した。

筋硬度の測定では、被験者には体に力を入れずリラックスして測定に臨むように指示を与え、検者は筋硬度計の測定子を測定部位の表面に垂直に当て、押圧ハンドル底部がストッパーに接するまで押圧し、その際の筋硬度を記録した。筋硬度の測定は1部位につき5回行い、最大値と最小値を除いた3回の平均値を記録とした。本実験に使用した筋硬度計は押圧ハンドルにより1.5kgの荷重を与えた際の被測定物 (筋など) の反力を目盛に表すものであり、反力 (N) $= 0.0238 \times$ 目盛の値 $+ 0.532$ により近似値を得ることができる。従って目盛の値が大きいことは硬度が高いことを示している。本研究では筋硬度の記述に際しては、反力への変換は行わず、先行研究 (肥田ら, 2010; 梨本ら, 2012) と同様に目盛の値 (TRY ALL 社が定める任意の単位トーン [T] に相当するもの) を使用した。

測定部位は投球側、非投球側の各18部位の合計36部位であり (図2)、下肢についても軸脚 (右投手の右脚) を投球側、ステップ脚 (右投手の左脚) を非投球側とした。全ての測定を毎回同じポイントで行うため、油性マジックにより被験者の皮膚表面に印をつけた。測定姿勢は円回内筋、上腕二頭筋、三角筋前部、大胸筋は仰臥位・肩



図1 筋硬度計

関節90度外転位、三角筋中部、腹直筋、腹斜筋、中殿筋、大腿直筋、内側広筋、外側広筋は仰臥位・肩関節中間位、上腕三頭筋、三角筋後部、棘下筋、脊柱起立筋、大殿筋、大腿二頭筋、腓腹筋（内側頭）は腹臥位とした。事前に3名の被験者を対象として行った筋硬度測定における筋別の変動係数を表1に示した。

D. 統計分析

全てのデータは平均値±標準偏差で表した。各測定時における筋硬度の比較、投球中に見られる20球ごとの投球速度の比較には一元配置の分散分析を用い、有意性が認められた場合には、筋硬度では投球前の値、投球速度では1-20球目の値を基準としたDunnett法による多重比較を行った。また、投球試行における平均投球速度（以下、投球速度）と筋硬度の増加率 $[(\text{投球直後}-\text{投球前})/\text{投球前} \times 100]$ との関係についてはピアソンの相関係数を求めた。いずれも有意水準は5%未満とした。

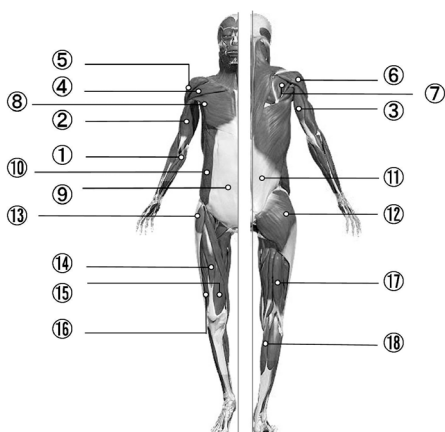
Ⅲ. 結 果

A. 投球試行後の筋硬度の変化

投球側と非投球側における投球試行前と投球試行直後、24時間後、48時間後の筋硬度を表2、3に示した。投球側では、投球試行直後の中殿筋、24時間後の上腕三頭筋、中殿筋、外側広筋、48時間後の外側広筋において投球前の筋硬度に対して有意に高い値が示された。一方、非投球側では、いずれの筋においても投球前の筋硬度との間に有意な差は認められなかった。

表1 筋硬度の変動係数

(単位:%)			
部 位	筋 名	最小値	最大値
前腕部	円回内筋	2.4	3.7
上腕部	上腕二頭筋	0.0	2.5
	上腕三頭筋	0.0	7.4
肩 部	棘下筋	1.7	2.7
	三角筋前部	1.7	2.0
	三角筋中部	0.0	2.5
	三角筋後部	0.0	5.6
胸 部	大胸筋	2.0	6.4
背 部	脊柱起立筋	2.8	6.7
腹 部	腹直筋	3.5	5.1
	腹斜筋	0.0	6.9
臀 部	大殿筋	0.0	5.0
	中殿筋	2.4	3.9
大腿部	大腿直筋	2.8	5.4
	内側広筋	0.0	3.1
	外側広筋	0.0	4.0
	大腿二頭筋	2.0	2.3
下腿部	腓腹筋	0.0	4.4



筋	測定部位	測定肢位
① 円回内筋	内側上顆と上腕二頭筋腱を結ぶ線分の中点から3~4指遠位	仰臥位
② 上腕二頭筋	上腕中央の筋腹	仰臥位
③ 上腕三頭筋	後腋窩壁より4横指遠位	腹臥位
④ 三角筋前部	肩峰前縁より3横指下方	仰臥位
⑤ 三角筋中部	肩峰先端と三角筋粗面を結んだ線分の中央	仰臥位
⑥ 三角筋後部	肩峰後縁より2横指下方	腹臥位
⑦ 棘下筋	肩甲棘中央より2横指下方	腹臥位
⑧ 大胸筋	前腋窩壁	仰臥位
⑨ 腹直筋	腹直筋の上から3番目の筋腹において白線と外側縁の中間点	仰臥位
⑩ 腹斜筋	肋骨と上前腸骨棘の中点	仰臥位
⑪ 脊柱起立筋	第3腰椎と第4腰椎の高さ	腹臥位
⑫ 大殿筋	大転子と仙骨を結んだ中間点	腹臥位
⑬ 中殿筋	腸骨稜の中点より2.5cm遠位	仰臥位
⑭ 大腿直筋	膝蓋骨上縁と上前腸骨棘を結んだ中点	仰臥位
⑮ 内側広筋	膝蓋骨上内側縁より4横指近位部	仰臥位
⑯ 外側広筋	膝蓋骨上縁より5横指近位部で、大腿外側面	仰臥位
⑰ 大腿二頭筋	腓骨頭と坐骨結節を結んだ線分の中点	腹臥位
⑱ 腓腹筋	膝窩皮線より5横指遠位で、ふくらはぎの内側(内側頭)	腹臥位

図2 筋硬度の計測部位

表2 投球側における筋硬度

(Arbitrary unit)

		投球前	投球直後	24時間後	48時間後
上肢	円回内筋	27.4 ± 3.1	27.2 ± 3.8	28.3 ± 4.5	28.3 ± 3.1
	上腕二頭筋	23.1 ± 6.3	24.1 ± 5.3	24.8 ± 5.2	22.5 ± 4.7
	上腕三頭筋	19.0 ± 4.5	21.0 ± 4.1	24.7 ± 3.4 *	22.3 ± 4.4
	三角筋前部	35.6 ± 5.9	37.4 ± 6.7	38.2 ± 6.0	37.9 ± 4.5
	三角筋中部	22.7 ± 3.4	23.9 ± 3.8	25.3 ± 4.2	25.2 ± 4.0
	三角筋後部	20.7 ± 4.3	22.3 ± 5.9	20.9 ± 4.1	22.2 ± 4.8
	棘下筋	28.1 ± 4.7	30.0 ± 6.7	29.6 ± 4.1	29.8 ± 3.9
体幹	大胸筋	28.5 ± 8.2	27.7 ± 7.2	30.0 ± 8.7	28.9 ± 8.1
	腹直筋	16.9 ± 5.7	17.6 ± 5.0	15.6 ± 5.2	18.4 ± 5.5
	腹斜筋	9.5 ± 4.1	10.6 ± 6.2	9.4 ± 4.3	12.1 ± 5.6
	脊柱起立筋	11.8 ± 4.5	11.6 ± 3.8	12.6 ± 4.7	11.9 ± 4.9
下肢	大殿筋	19.1 ± 5.9	18.3 ± 5.4	24.1 ± 4.9	22.6 ± 5.3
	中殿筋	20.8 ± 4.4	27.3 ± 4.8 *	28.8 ± 6.0 *	24.5 ± 6.4
	大腿直筋	20.0 ± 4.7	22.1 ± 3.3	21.9 ± 3.7	22.8 ± 2.8
	内側広筋	20.4 ± 3.2	21.7 ± 4.9	21.7 ± 3.6	22.0 ± 3.7
	外側広筋	24.3 ± 3.5	25.5 ± 3.2	28.7 ± 3.2 *	28.0 ± 2.2 *
	大腿二頭筋	25.4 ± 5.0	28.5 ± 3.6	28.0 ± 5.0	27.9 ± 3.4
	腓腹筋	21.7 ± 4.1	24.3 ± 3.8	25.4 ± 4.3	24.8 ± 3.4

* $p < 0.05$

表3 非投球側における筋硬度

(Arbitrary unit)

		投球前	投球直後	24時間後	48時間後
上肢	円回内筋	25.3 ± 3.7	27.2 ± 3.9	27.3 ± 4.1	26.8 ± 4.6
	上腕二頭筋	22.0 ± 4.3	23.7 ± 4.5	23.3 ± 4.8	22.3 ± 3.2
	上腕三頭筋	19.0 ± 3.1	22.1 ± 3.8	19.0 ± 3.3	19.5 ± 2.9
	三角筋前部	35.2 ± 8.1	36.7 ± 6.7	38.3 ± 9.3	33.4 ± 7.3
	三角筋中部	21.6 ± 4.3	22.5 ± 5.2	24.8 ± 4.0	23.0 ± 5.4
	三角筋後部	16.6 ± 3.9	20.5 ± 4.3	18.9 ± 2.8	19.8 ± 3.4
	棘下筋	31.7 ± 6.7	34.5 ± 8.3	33.4 ± 7.5	35.0 ± 7.1
体幹	大胸筋	24.2 ± 5.4	26.2 ± 5.8	25.5 ± 6.4	25.5 ± 7.3
	腹直筋	15.6 ± 6.0	16.6 ± 5.4	16.8 ± 5.4	17.2 ± 5.8
	腹斜筋	10.5 ± 4.8	11.5 ± 2.9	11.8 ± 4.8	11.7 ± 2.8
	脊柱起立筋	11.8 ± 3.3	9.8 ± 2.7	11.6 ± 3.5	11.3 ± 3.3
下肢	大殿筋	20.9 ± 5.2	22.6 ± 7.1	24.5 ± 4.9	22.2 ± 3.4
	中殿筋	25.0 ± 6.0	24.0 ± 4.3	27.3 ± 6.0	24.4 ± 4.9
	大腿直筋	21.2 ± 2.8	22.4 ± 2.0	23.2 ± 2.4	23.4 ± 1.7
	内側広筋	19.5 ± 3.8	21.5 ± 4.0	22.7 ± 4.2	21.7 ± 3.5
	外側広筋	26.2 ± 3.9	26.8 ± 2.9	27.9 ± 3.1	27.7 ± 2.5
	大腿二頭筋	26.3 ± 4.0	27.8 ± 3.7	28.3 ± 4.0	27.7 ± 4.3
	腓腹筋	22.4 ± 6.4	22.8 ± 4.7	25.3 ± 4.9	24.6 ± 3.8

B. 投球速度と筋硬度の増加率の関係

本研究における10名の被験者の投球速度は $34.5 \pm 1.5 \text{ m/s}$ であった。投球試行中における20球ごとの投球速度の推移をみると、本研究においては初期値（1-20球目）との比較において、21-40球、41-60球、61-80球、81-100球のいずれの段階においても投球速度の有意な低下は見られなかった。

投球速度と投球直後の筋硬度の増加率との関係では、投球側において投球速度と腹斜筋の筋硬度の増加率との間に有意な正の相関 ($r=0.675, p<0.05$)、大腿二頭筋の筋硬度の増加率との間に有意な負の相関が見られた ($r=-0.813, p<0.01$)。また、非投球側において投球速度と大

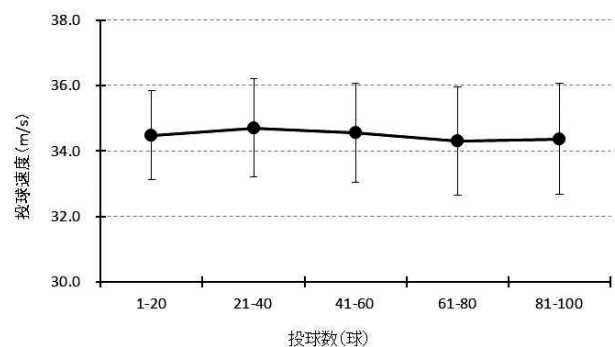


図3 投球側の側腹筋筋硬度と投球速度の関係

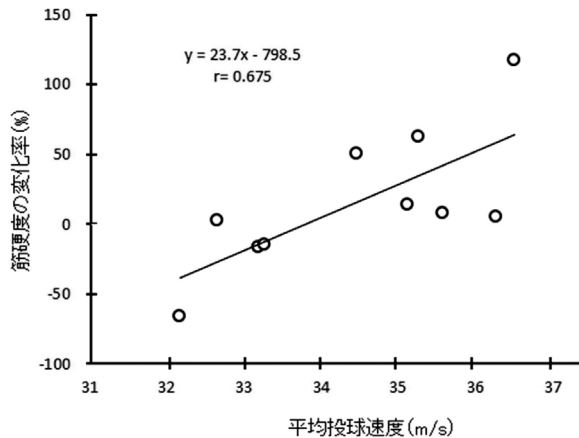


図4 腹斜筋の筋硬度と投球速度の関係（投球側）

胸筋 ($r = -0.713$, $p < 0.05$), 内側広筋 ($r = -0.798$, $p < 0.01$), 腓腹筋 ($r = -0.736$, $p < 0.05$) の筋硬度の増加率との間に有意な負の相関が見られた。

IV. 考 察

A. 投球試行後の筋硬度の変化

筋硬度計を使用した研究において生体の筋硬度は筋の硬さを反映する指標として用いられ、筋疲労に関する研究が多く行われている（孫ら, 2008; 塩田, 2014）。一方、伸張性筋収縮を伴う運動の後、筋硬度の増加は運動後3日間では示されず、4日後から見られたとする報告もあり（Murayama et al. 2000）、筋損傷など筋疲労とは異なる機序に基づいた筋の機能低下も反映することが示唆されている。このため、筋硬度のみにより筋の質的な変化の機序を明らかにすることは難しいが、筋疲労や筋損傷は筋収縮力の低下を伴うものであることから、本研究において筋硬度は筋の収縮力を反映する指標として用いた。

本研究では投球試行前に対する筋硬度の増加は投球側のみに見られ、上腕三頭筋（24時間後）、中殿筋（投球直後～24時間後）、外側広筋（24時間後～48時間後）に示された。野球の投球動作において上肢の主たる関節運動は肩関節の水平内転と内旋、肘関節の伸展、橈尺関節の回内、手関節の掌屈であり、下肢の主たる関節運動は軸脚、ステップ脚ともに股関節の伸展、内転、膝関節の伸展であることが報告されている（桜井ら, 1990; 島田ら, 2000）。本研究において筋硬度の増加が見られた上腕三頭筋は投球動作では加速相において最大の筋活動を示し、肘の伸展に作用する筋である（DiGiobine et al., 1992）。また、中殿筋は股関節の外転作用を持つ単関節筋であり、その後部線維は股関節の伸展や外旋にも作用することが知られている（河上ら, 2013）。外側広筋も膝関節の伸展に作用する単関節筋であるが、中殿筋との間に筋

線維の先端同士が筋膜を介して接続する筋連結が存在することが報告されており（河上ら, 2013）、中殿筋と外側広筋は軸脚の伸展に際して共同して働く筋であると考えられる。このように投球後の筋硬度の増加はいずれも膝関節、股関節、肘関節の伸筋群において顕著に示された。投球動作の前期コッキング期では軸脚の股関節と膝関節を屈曲させてから伸展する動作、後期コッキング期から加速期では投球側の肘関節を屈曲させてから伸展する動作に伴い筋の伸張－短縮に関連した伸張ストレスが生じる。これらの部位に投球直後ではなく、24時間後、48時間後に遅れて筋硬度の増加が生じた背景には伸張ストレスによる筋損傷や浮腫など組織の変化が影響していることが考えられる。

B. 投球速度と筋硬度の増加率との関係

投球速度は投球が身体に及ぼす力学的ストレスの大きさに影響すると考えられることから、投球速度が高いほど筋硬度の増加率が大きい場合を正の相関、投球速度が高いほど筋硬度の増加率が低い場合を負の相関として投球速度の大きさと筋硬度の増加率の関係をみた。投球速度と筋硬度の増加率に正の相関が見られたのは投球側の腹斜筋のみであった。腹斜筋の測定部位において筋は表層より外腹斜筋、内腹斜筋、腹横筋の3層で構成されるが、本研究の手法では各筋の筋硬度を個別に評価することはできない。体幹の回旋運動において外腹斜筋は反対側への回旋、内腹斜筋は同側への回旋に作用するため、投球動作では非投球側の内腹斜筋と投球側の外腹斜筋が共同して働くこととなる。蔭山ら（2014）による投球速度の高球速群は体幹捻転の伸張－短縮サイクルの効果が大きいとの報告より、投球速度の高い投手では投球側の外腹斜筋により大きな伸張ストレスが生じる可能性があり、筋の損傷やそれに伴う浮腫等により、顕著な筋硬度の増加が見られたことも考えられる。

一方、投球速度と筋硬度の増加率との間に有意な負の相関を示した筋は複数見られ、下肢では投球側の大腿二頭筋と非投球側の内側広筋、腓腹筋、体幹では非投球側の大胸筋、腹斜筋の5つの筋に示された。これらの筋は投球速度が高い者ほど筋硬度の増加率が低い結果を示しており、筋硬度の増加率を身体への運動ストレスの大きさを説明することは難しい。投球速度の低い選手に特有な身体の使い方や筋活動も筋硬度増加の1つの要因と考えられる。高球速群と低球速群の投球動作を比較した研究において、高球速群は軸脚の股関節や膝関節の屈曲角度が低球速群よりも大きく、股関節や膝関節を大きく屈曲して軸脚にためを作る特徴があることが報告されている（高橋ら, 2005）。大腿二頭筋は股関節の伸展とともに

膝関節の屈曲にも作用する二関節筋である。二関節筋は筋の両端が骨に付着した状態での筋長は比較的短く、一方の関節において短縮する間、他方の関節において伸張する状況が起こりやすいことや(山下, 2007)、ハムストリングスが膝関節の能動的なヒモ(active sling)として単関節性の膝伸筋から股関節に力を伝達する経路として働き、膝関節の伸展力を股関節の伸展力に変換する役割を持つことが報告されている(Richard, 2013)。高球速群では、軸脚(投球側)の股関節を大きく屈曲して筋を伸張させるため、大腿二頭筋を介してステップ動作で生じる膝関節の伸展力を股関節の伸展力に変換するのに有利であるが、低球速群は股関節の伸展を股関節伸筋のみに依存せざるをえず、大腿二頭筋への負担が大きく筋硬度が増加したことが考えられる。

ステップ脚(非投球側)の内側広筋、腓腹筋は、それぞれ膝関節、足関節の伸展に作用する筋である。試合を想定した9イニングの投球を行わせた際の関節トルクの変化を調べた研究において、股関節伸展トルクによる負の仕事が減少し、膝関節と足関節の伸展トルクによる負の仕事が増加したことが報告されている(平山ら, 2010)。同研究は経時的な変化を示したものであるが、球速の低下に伴いこのような代償作用が生じることは、球速の低い者はステップ脚の接地後に大きな股関節伸展トルクを発揮することができず、膝関節や足関節の伸展トルクに依存する傾向を持つことを示唆しており、このような傾向が内側広筋、腓腹筋の筋硬度の増加をもたらしている可能性がある。

投球速度と体幹部の動きの関係を調べた研究は少なく、投球速度と非投球側の大胸筋、腹斜筋における筋硬度の増加率が負の相関を示した理由は明らかではない。しかし、Murata(2001)は投球動作中の非投球側の肩の動きが小さいほど球速が高いことを報告し、技能レベルの低い投手は投球中に一塁側、三塁側へ大きく動くことを指摘している。このことから、非投球側のグラブをはめた腕の使い方や体幹の捻り方など、投球速度に関連した体幹部の投球動作の特徴が筋活動や筋硬度に反映されているものと考えられる。

一方、投球側の上腕三頭筋、中殿筋、外側広筋は筋硬度の増加を示した筋であるが、投球速度との関係では有意な相関を得ることができなかった。腕のスイングや脚のステップ動作の重要性は指摘されており、投球速度の高い者も低い者も共通して筋硬度の増加を示したものと解釈できるが、本研究の競技レベルの選手では腹斜筋など体幹の捻転運動に関わる筋の筋硬度に投球速度との相関が示されることから、体幹筋の使い方が投球速度の決定において重要な役割を果たしていることが示唆され

た。

本研究において100球の投球試行中における20球ごとの投球速度は、初期値(1-20球)に対する低下を示さなかった。多くの先行研究が投げ込みの終盤に投球速度の低下を報告しているのと相違が見られた点については、本研究において投手が日常的に練習の中で同程度の球数の投込みを行っていたことや、ウォーミングアップにおける投球数を少なく設定したことが主な原因と考えられる。また、投球動作において投球速度への貢献度が高いことが報告されている肩関節内旋、肘関節伸展に関わる筋には投球速度と筋硬度の増加率との間に有意な相関が示されなかったことから、本研究の対象者のように投球速度が130km/h(36.1m/s)程度の野球投手の場合、投球動作に伴う身体的ストレスの大きさは必ずしも筋硬度の増加率に影響しないことが示唆された。

V. 結 論

本研究では100球の投球行わせ、投球試行前、投球試行後、24時間後、48時間後における全身36カ所の筋硬度を測定することにより、以下のような結論を得た。

- 1) 投球側では、投球直後に中殿筋、24時間後に上腕三頭筋、中殿筋、外側広筋、48時間後に外側広筋の筋硬度が投球前に対して有意に高い値を示した。
- 2) 投球側では投球速度と腹斜筋の筋硬度の増加率と間に有意な正の相関が示され、大腿二頭筋の筋硬度の増加率との間に有意な負の相関が示された。
- 3) 非投球側では投球速度と大胸筋、内側広筋、腓腹筋の筋硬度の増加率との間に有意な負の相関が示された。

これらのことから、投球後の筋硬度の増加は上肢や下肢の伸筋群で顕著であること、また、投球後の筋硬度の変化の大きさは、必ずしも投球動作に伴う身体的ストレスの大きさに影響されないことが示唆された。

VI. 参考文献

- Bast, S. C., Perry, J. R., Poppiti, R., Vangsness, C. T. and Weaver, F. A. (1996) Upper extremity blood flow in collegiate and high school baseball pitchers. *Am J Sports Med.*24(6): 847-851.
- DiGiovine, N. M., Jobe, F., Pink, M. and Perry, J. (1992): An electromyographic analysis of the upper extremity in pitching. *J Shoulder Elbow Surg.* 1: 15-25.
- Escamilla, R. F., Barrentine, S. W., Fleisig, G. S., Zheng, N., Takada, Y., Kingsley, D. and Andrews, J. R. (2007) Pitching biomechanics as a pitcher approaches muscular fatigue during a simulated baseball game. *Am J Sports*

- Med.35(1): 23-33.
- 長谷川伸, 小野高志 (2012) 野球投手の筋厚の非対称性とボールスピードの関係. 体力科学, 61(2): 227-235.
- 肥田朋子, 天野幸子 (2010) 筋硬度計による生体の硬さ測定. 名古屋学院大学論集, 46(2): 55-61.
- 平山大作, 藤井範久, 小池関也, 阿江通良 (2010) 野球投手の投球数の増加による下肢関節の力学的仕事量の変化. 体力科学, 59(2): 225-232.
- 河上敬介, 磯貝香 (2013) 骨格筋の形と触診法. 大峰閣: 東京, 276-411.
- 蔭山雅洋, 岩本峰明, 杉山敬, 水谷未来, 金久博昭, 前田明 (2014): 大学野球投手における体幹の伸張-短縮サイクル運動および動作が投球速度に与える影響. 体育学研究, 59(1): 189-201.
- 木下裕光, 宮川俊平 (2006) 筋のタイトネスとストレッチ. 体育の科学, 56(9): 710-713.
- Murata, A. (2001) Shoulder joint movement of the non-throwing arm during baseball pitch-comparison between skilled and unskilled pitchers. J Biomech. 34(12): 1643-1647.
- Murayama, M., Nosaka, K., Yoneda, T., Minamitani, K. (2000) Changes of hardness of human elbow flexor muscles after eccentric exercise. Eur J Appl Physiol. 82(5-6): 361-367.
- 梨本智史, 渡辺博史, 松岡潤, 地濃勇介 (2012) 筋硬度計を用いた静的ストレッチング時間とその効果についての検討. スポーツ傷害, 17(1): 37-39.
- Potteiger, J. A., Blessing, D. L. and Wilson, G. D. (1992) Effects of varying recovery periods on muscle enzymes, soreness, and performance in baseball pitchers. Journal of Athletic Training, 27(1): 27-31.
- Richard, L.L. (望月久監訳) (2013) 骨格筋の構造・機能と可塑性. 初版, 医歯薬出版: 東京, 105-156.
- 桜井伸二, 池上康男, 矢部京之助, 岡本敦, 豊島進太郎 (1990) 野球の投手の投動作の3次元動作解析. 体育学研究, 35(2): 143-156.
- 塩田徹 (2014) 陸上競技選手における強化合宿中のコンディショニング指標としての筋硬度測定の可能性. スポーツ健康科学紀要, 11(1): 29-38.
- 島田一志, 阿江通良, 藤井範久, 結城匡啓 (2000) 野球のピッチング動作における体幹および下肢の役割に関するバイオメカニクス的研究. バイオメカニクス研究, 4(1): 47-60.
- 孫崗, 宮川俊平, 木下裕光, 白木仁, 竹村雅裕, 向井直樹 (2008) 成長期女子サッカー選手における大腿四頭筋の筋硬度の試合前後の変化. 日本臨床スポーツ医学会誌, 16(1): 68-71.
- 杉本勝正, 倉上啓介, 所忠, 久崎慎治, 早川克彦, 中根高志 (1999) 投球動作における肩関節の変化—MRI及びDynamic MRIによる検索—. 肩関節, 23(3): 441-444.
- 高田義弘, 岡田修一 (2003) 試合を想定した投球中の上肢筋電図変化. 教育医学, 3: 283-291.
- 高橋圭三, 阿江数通, 藤井範久, 島田一志, 川村卓, 小池関也 (2005) 球速の異なる野球投手の動作のキネマティクスの比較. バイオメカニクス研究, 9(2): 36-52.
- Yanagisawa, O., Niitsu, M., Takahashi, H. and Itai, Y. (2003) Magnetic resonance imaging of the rotator cuff muscles after baseball pitching. J Sports Med Phys Fitness. 43(4): 493-499.
- 山下謙智 (2007) 多関節運動学入門. 第2版, ナップ: 東京, 1-22.

(平成26年8月29日受付)
(平成27年1月7日受理)

大学野球投手における投球動作中の地面反力の経時的変化および力積が投球速度に及ぼす影響

蔭 山 雅 洋 (鹿屋体育大学大学院)

鈴木 智 晴 (鹿屋体育大学大学院)

岩 本 峰 明 (鹿屋体育大学大学院)

杉 山 敬 (鹿屋体育大学大学院)

前 田 明 (鹿屋体育大学)

The influence of change in the ground-reaction forces and impulse during pitching on ball velocity in university baseball pitchers

Masahiro Kageyama¹⁾, Chiharu Suzuki¹⁾, Mineaki Iwamoto¹⁾,
Takashi Sugiyama¹⁾ and Akira Maeda²⁾

Abstract

The purpose of this study was to clarify the influence of ball velocity on ground-reaction forces and impulse during pitching motion in 30 university baseball pitchers. Pitching motion was assessed using the ground-reaction forces (GRF), impulse and joint angles in the lower limbs using a three-dimensional motion system. Pitching motion was divided into two phases: phase 1 was defined as the duration from the knee of the stride leg reaching maximal height (MKH; 0%) to the stride foot making contact with the ground (SFC; 100%), while phase 2 was defined as the duration from SFC to the ball being released (REL; 200%).

In terms of the obtained results, 1) F_y (in the throwing direction) force at 76 – 90% of phase 1 ($r = 0.366 - 0.553$, $p < 0.05$) and 124 – 154% of phase 2 during pitching motion ($r = -0.533 - -0.363$, $p < 0.05$) significantly correlated with ball velocity, and 2) F_y impulse on pivot ($r = 0.633$) and stride legs ($r = -0.401$) during pitching significantly correlated with pitched ball velocity ($p < 0.05$). In addition, 3) F_z (vertical) force at 173 – 199% ($r = 0.363 - 0.499$, $p < 0.05$), resultant force at 172 – 196% ($r = 0.362 - 0.473$, $p < 0.05$) and stride knee angle at 178 – 200% ($r = -0.439 - -0.374$, $p < 0.05$) of phase 2 during pitching motion significantly correlated with ball velocity.

These results indicate that, in pitchers throwing balls at high velocity, 1) the ground-reaction force increases in the forward direction of pivot leg movement before and in the backward direction of stride leg movement after stride foot contact. 2) The forward impulse on the pivot leg before and the backward impulse on the stride leg after stride foot contact also increase; the latter is to reduce the forward momentum of the center of gravity, produced through acceleration. In addition, 3) the pitchers can support the trunk by stride knee extension and force in the vertical direction just before ball release at the same time. That is, pitchers throwing at high velocity can generate greater momentum of the lower limbs during baseball pitching in order to increase the energy of trunk and arm.

Key words: Lower limbs, Kinetics, Kinematics, Open kinetic chain, Three-dimensional motion analysis

1) Graduate School of Education, National Institute of Fitness and Sports in Kanoya, 1 Shiromizu, Kanoya, Kagoshima 891-2393

2) National Institute of Fitness and Sports in Kanoya, 1 Shiromizu, Kanoya, Kagoshima 891-2393

I. 緒 言

野球の投手は、試合において果たす役割が大きく、投手の能力として、高い投球速度のボールを投げることができるかは、勝敗を左右するうえで重要な要素の一つとなる(功力, 1991, 稲尾・吉村, 2001)。野球の投球動作において、下肢の動きは投球速度を高めるために重要な役割を持つ(Myers and Gola, 2000; 荒木, 2003; 与田, 2005)。そのため、投手に対する投球動作の指導においては、球速の向上だけでなく、制球力の向上、傷害予防のためには「踏込脚膝の最大高から踏込脚接地時までの軸脚への加重」と「踏込脚接地からボールリリースにかけての踏込脚への加重」といった下肢動作が重要であること(松尾ほか, 2010)が指摘されている。さらに、投球動作中の下肢の役割として、軸脚は体幹などを捕手方向に移動する、いわゆる「体重移動」を生み出すために、踏込脚は軸脚によって得られた体重移動を支えるために重要であると述べられている。このようなことから、大きな投球速度を獲得するためには、投球動作中の下肢のはたらきが重要な役割をもつと言える。

投球動作は、下肢によって生み出された力、エネルギー、速度などがタイミングよく順次に加算・伝達されて末端へ伝わり、末端のエネルギーや速度を大きくできるという運動連鎖の原則が成り立つ(Kreighbaum and Barthels, 1985; 阿江・藤井, 2002a)。投球速度を増大させる下肢の重要性については、Mac Williams et al. (1998)が、アメリカ人の高校生と大学生の投手7名を対象に投球動作中の両脚に作用する地面反力を計測し、投球方向への前後方向(軸脚は前方方向、踏込脚は後方方向)の成分の最大値は、ボール速度と相関性の高かったボールリリース時の手首の速度と高い相関関係を示したと報告している。このように、軸脚や踏込脚に作用する投球方向の前後方向の成分の大きな地面反力を発揮することは、投球速度が大きい投手の特徴であると考えられる。しかしながら、投球速度に影響する力積および投球動作中の地面反力の変化について検討した研究は見当たらない。身体を動かすには、いくら大きな力を発揮しても、力を加えている時間が短ければ、大きな速度は得られないことになる(阿江・藤井, 2002b)。つまり、大きな力を発揮し、かつ長い時間を発揮すれば、投げ出される物体の速度を大きくすることができると考えられる。したがって、投球速度に影響する下肢の役割を明確にするには、地面反力の最大値だけの評価でなく、投球動作中に作用する軸脚および踏込脚の地面反力の経時的な地面反力の変化や力を加えている時間を考慮した力積について検討する必要がある。

そこで本研究は、大学野球投手を対象に、投球動作中に作用する軸脚および踏込脚の地面反力の経時的な変化および力積が投球速度に及ぼす影響を明らかにすることとした。

II. 方 法

1. 被検者

被検者は、オーバースローによって投球動作を行う、男子大学生野球投手30名(右投手25名および左投手5名、年齢 19.6 ± 0.9 歳、身長 177.4 ± 5.2 cm、体重 73.9 ± 10.7 kg、野球歴 11.2 ± 1.8 年、投手歴 7.6 ± 3.2 年、投球速度 127.1 ± 6.4 km/h)を対象とした。本研究は鹿屋体育大学倫理審査小委員会に倫理審査申請書を提出して承諾を受けた。被検者には、事前に本研究の目的や測定内容、測定時の危険性について説明し、書面にて実験参加の同意を得た。

2. 投球動作

1) 投球試技の実験手順

測定に先立ち、被検者にはストレッチを含むウォーミングアップを十分に行わせた後、簡易マウンド(後述)にて投球練習を行わせた。投球練習終了後、休息を挟み、被検者の疲労感がないことを確認した後に、被検者には18.44m先のストライクゾーン^{注)}を想定させた的(縦66.6cm×横43.2cm)に対して、ストレート10球の全力投球を行わせた。そのなかで、ストライクゾーン内に投球し、投球速度が最も大きかった試技を分析の対象とした。

2) 実験の概要

実験は、室内にて簡易マウンド(Fig. 1)を設置し、18.44m先の的に投球を行わせた。マウンドは、公認野球規則(2014)によると、本塁の高さよりも25.4cm高いところにあり、投手板の前方15.2cmの地点から、本塁に向かって182.9cmの地点まで、約4.8°の傾斜とされている。そのため、本研究で使用した簡易マウンドは、投手板から踏込脚(右投手は左脚、左投手は右脚)が接地した際のつま先までの距離を、高さ15cm、ストライド幅180cm、傾斜角4.8°と想定し作成した。また2台のフォースプラットフォームは、水平面上に平行に設置した。なお、簡易マウンドは、設営の都合上、実際のマウンドより5.4cm高いものとなった。それゆえ、約5.4cm高く設置した。なお、本研究では右投手の場合は、右脚を軸脚、左脚を踏込脚とした(左投手の場合は逆とした)。

測定は光学式三次元動作解析システム(Mac3D, Motion Analysis社製)の12台の専用高速度カメラEagle

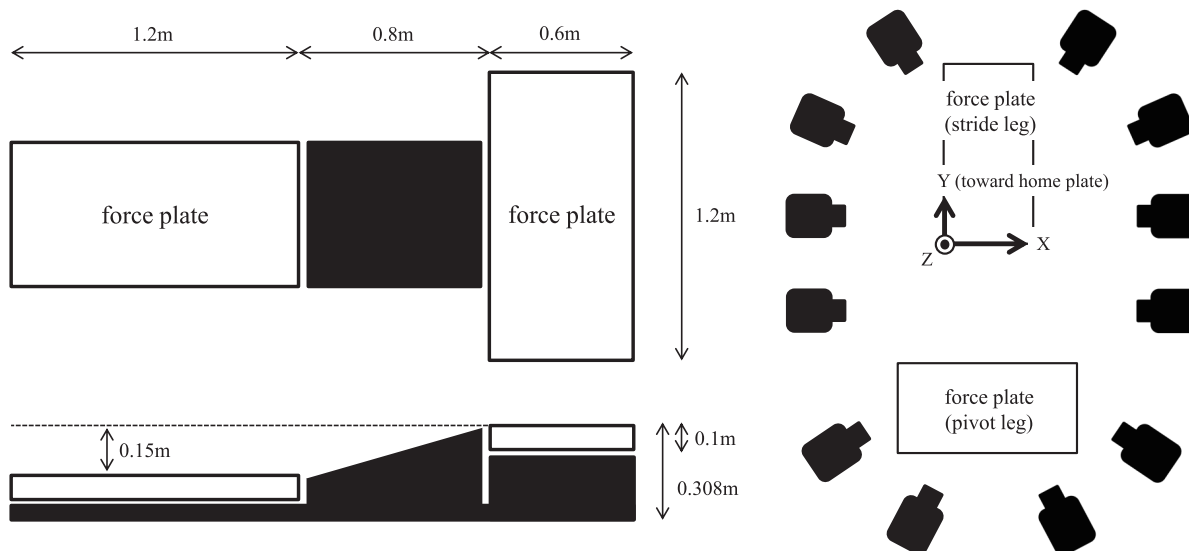


Figure 1. Experimental set-up.

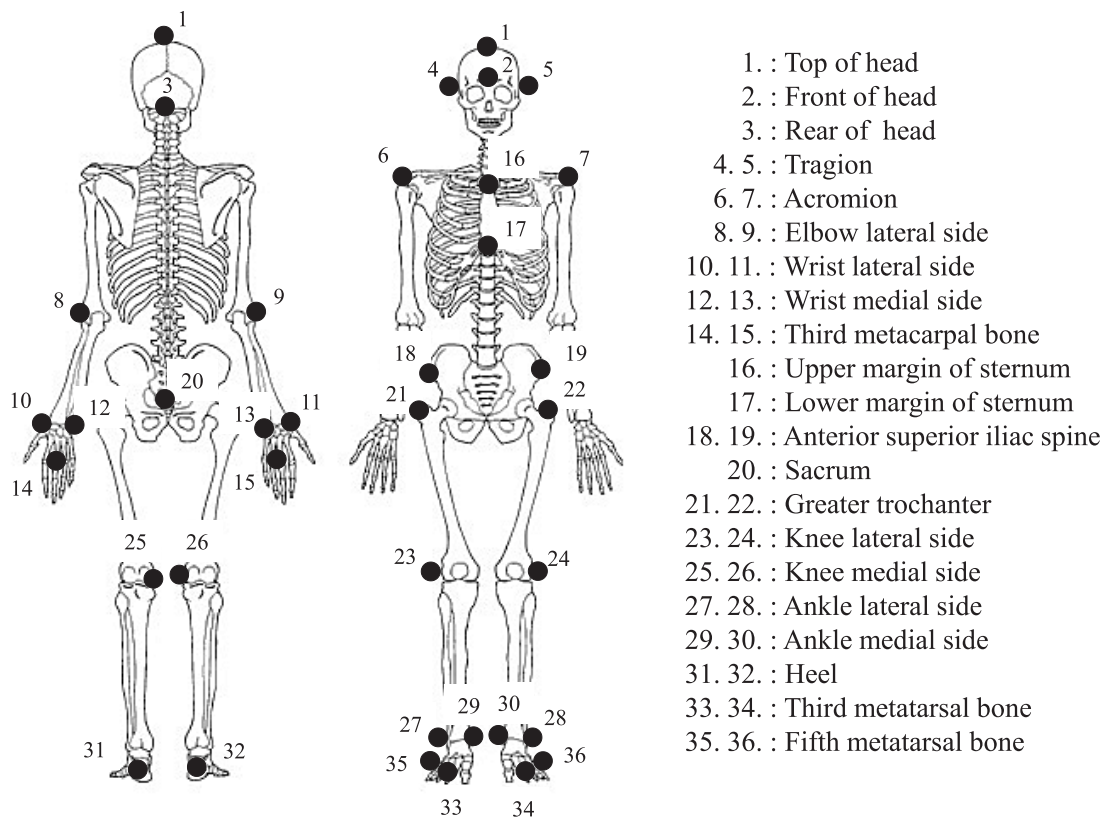


Figure 2. Placement of reflective markers on the body segment.

と2台のフォースプラットフォーム (Z15907, Kistler 社製) を使用した。投球速度は、スピードガン (2ZM-1035, Mizuno 社製) を用いて計測した。スピードガンは測定誤差が少ない投球方向に配置 (宮西ほか, 2000) し、照準を被検者のボールリリース位置に向けて測定を行った。

光学式三次元動作解析システムによる測定 (Fig. 1) では、身体部位36点 (Fig. 2) に反射マーカ (直径13mm)

を貼付し、撮影速度毎秒500コマ、シャッタースピード 1/2000秒で身体各部位の三次元座標を計測した。Mac3Dのキャリブレーションによるカメラ12台の較正点の実測3次元座標値と算出された3次元座標値の平均誤差は、1.0mm以下であった。身体部位36点は、頭部5点 (頭頂、頭部前部、頭部後部、左右の耳珠点)、上肢10点 (左右の肩峰、肘外側、橈骨茎突点、尺骨茎突点、第三中手指節

関節), 体幹部5点(胸骨上縁, 胸骨下縁, 左右の上前腸骨棘, 仙骨), 下肢16点(左右の大転子, 大腿骨外側上果, 大腿骨内側上果, 外果, 内果, 踵点, 第三中足骨頭, 第五中足骨頭)とした。身体各部位の三次元座標は, MAC3D モーションキャプチャーシステムの制御ソフトウェア(Cortex 1.1.4.368, Motion Analysis 社製)を用いて, DLT法(Direct Linear Transformation Method)により算出した。また身体各部位の三次元座標は, 数値解析ソフトウェア MATLAB R2010b(The Math Works)を用い, 遮断周波数13.4Hzによる位相ずれなしの4次のButterworth型デジタルフィルタによって平滑化した(Fleisig et al., 1999)。投球動作中の両脚に作用する地面反力は, フォースプラットフォームにより計測し, 専用アンプを介して, サンプリング周波数2000Hzでパーソナルコンピュータに取り込んだ。なお, 三次元座標と地面反力のデータは, 光学式三次元動作解析システムに付属するA/Dボードを介して同期した。そして, これらのデータから各関節の角度, 地面反力の各成分および力積を算出した。静止座標系は, ピッチャープレートからホームプレートに向かうベクトルをY軸, 鉛直方向のベクトルをZ軸, YおよびZ軸に垂直で三塁方向へ向かうベクトルをX軸とした(Fig. 3)。

3) 3次元データの解析方法

本研究では, 下肢の各関節の角度は, Nakamura et al. (2005)のモデルによって作成された筋骨格モデル動作解析ソフト(nMotion muscular 1.51, Motion Analysis 社製)を用い算出した。筋骨格モデル動作解析ソフトは, 光学式三次元動作解析システムから得られた三次元座標と地面反力のデータから計算されるものである。

下肢の各関節における角度(Fig. 4)は, 解剖学的な可動域制限に基づき, 股関節では屈曲・伸展, 内転・外転および内旋・外旋, 膝関節では屈曲・伸展, 足関節では底屈・背屈と定義した。各関節の角度定義は, 日本整形外科学会ならびに日本リハビリテーション医学会が1995年に制定した「関節可動域表示ならびに測定法」に則った。関節の角度における符号の正負については, 股関節では屈曲, 内転および内旋を正, 伸展, 外転および外旋を負, 膝関節では屈曲を正, 伸展を負, 足関節では背屈を正, 底屈を負とした。なお, 膝関節は内外旋, 内外転, 足関節は内外転, 内外反といった下肢の動作は, 投球動作中の動きがほとんど生じていないため, 本研究では割愛した。

投球動作中の軸脚および踏込脚の力積は, 踏込脚の膝関節が最も高く上がった時点(以下, MKH時)からボールリリース(以下, REL時)までの地面反力のデータを時間積分することで算出した。なお, 地面反力および力

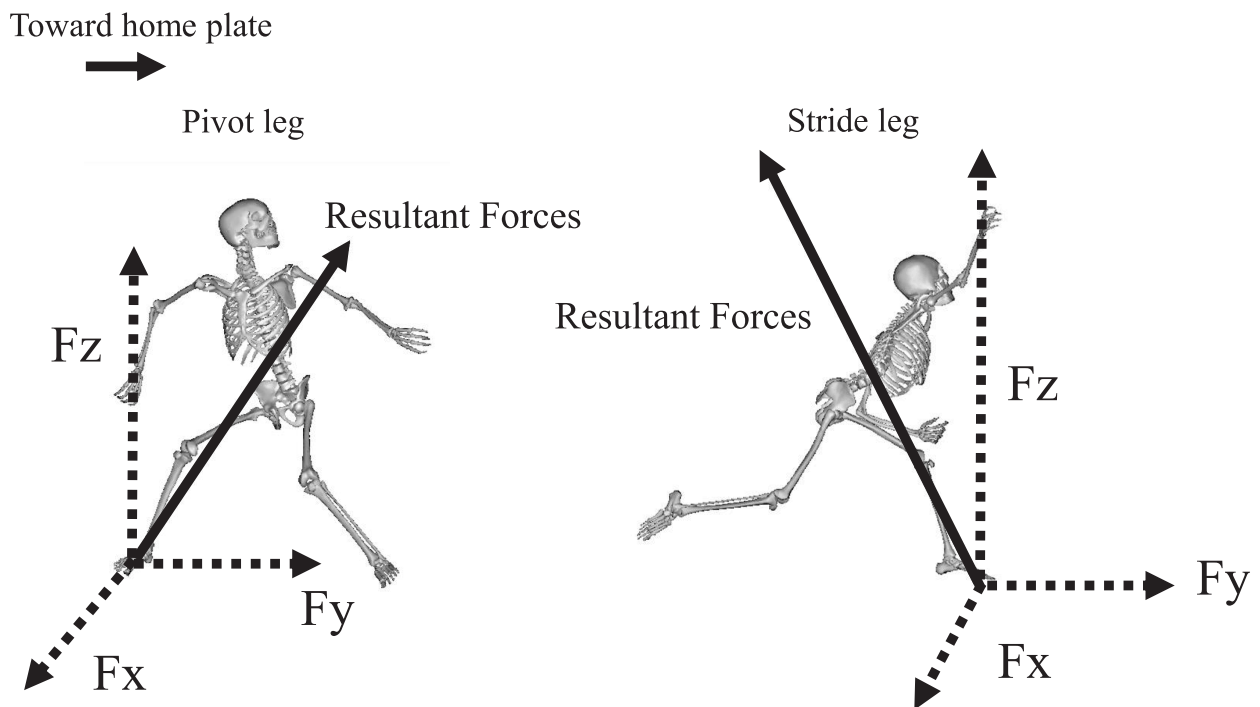


Figure 3. Definition of three-dimensional coordinates of GRF: Y-axis, throwing direction; Z-axis, vertical axis; X-axis, third-base direction, perpendicular to the Y- and Z-axes. The X-axis was reversed between right- and left-handers; the first-base direction for a left hander was defined as “+”.

Hip

X: flexion (+) / extension (-)

Y: internal (+) / external rotation (-)

Z: adduction (+) / abduction (-)

Knee

X: flexion (+) / extension (-)

Y: internal (+) / external rotation (-)

Z: adduction (+) / abduction (-)

Ankle

X: plantar flexion (+) / dorsiflexion (-)

Y: adduction (+) / abduction (-)

Z: internal (+) / external rotation (-)

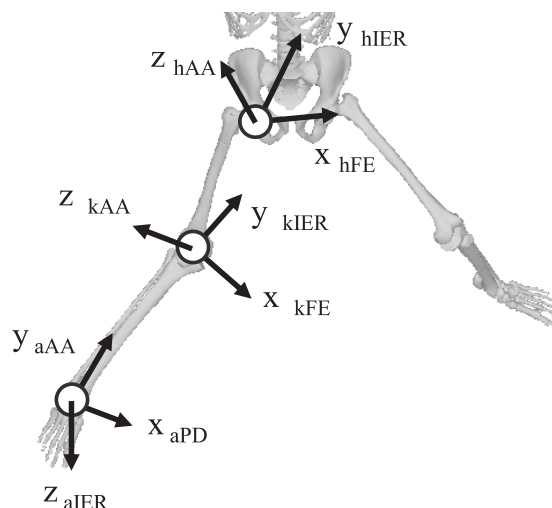


Figure 4. Definition of coordinate system fixed at the hip, knee and ankle joints to calculate the angle of each joint.

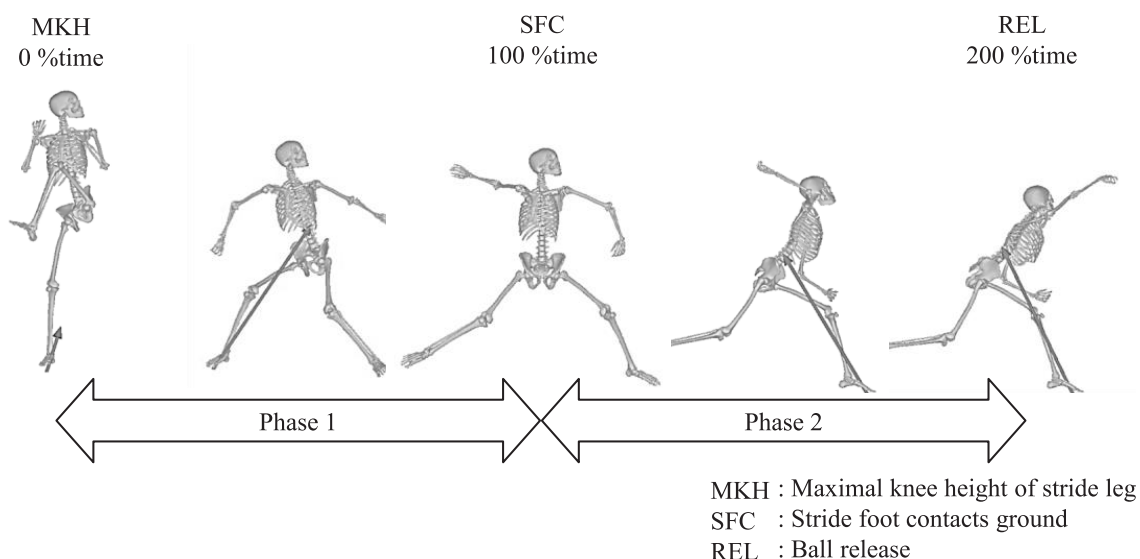


Figure 5. Phases of pitching motion.

積は、体重あたりの相対値として算出した。

4) 動作の局面分けとデータ処理

本研究では、Fleisig et al. (1999) にならい、投球動作を2つの局面に分けた (Fig. 5)。第一局面は、MKH から踏込脚が接地する (以下、SFC 時) までとし、第二局面はSFC時からREL時までとした。各局面については、要した時間をそれぞれ100%とし、3次のスプライン関数を用いて、全てのデータを規格化した。したがって、各局面の100%時間の実時間は異なる。なお、データ時間の表記は、第一局面を0-100%time、第二局面を100-200%timeとした。そして、規格化したデータは、1%毎

に平均値を求めた。なお、投球動作中の地面反力は、軸脚が第一局面に作用し、踏込脚が第二局面に作用している (第二局面では、軸脚はほとんどの時間がフォースプレートから離れている) ため、第二局面での軸脚の地面反力は分析の対象としなかった。

3. 統計処理

基本統計量は平均値 ± 標準偏差 (SD) により示した。投球速度に関わる測定項目間の関係はピアソンの相関分析により検討した。本研究では、すべてのデータと投球速度との関係を検討するため、各局面の規格化時間1%ごとに、投球速度との相関係数をそれぞれ算出した。本

研究では、すべての検定において有意水準を5%未満とした。なお、すべての検定は統計処理ソフト IBM SPSS Statistics 19 (IBM 社製) を用いた。

Ⅲ. 結 果

本研究における大学野球投手の投球速度は、 127.1 ± 6.4 km/h (116.0~140.0 km/h) であった。

Fig. 6は、軸脚における各関節の角度変化およびそれらの項目と投球速度との有意な相関関係を示した地点を

それぞれ動作局面別に示したものである。軸脚の股関節は、SFC 前後において最大の外転角度を示し、その後はRELにかけて内転した。そして89~104%time および160~200%time における内外転の角度は、投球速度と有意な正の相関関係 ($r = 0.363 - 0.545$, $p < 0.05$) を示した。

Fig. 7は、踏込脚における各関節の角度変化およびそれらの項目と投球速度との有意な相関関係を示した地点をそれぞれ動作局面別に示したものである。踏込脚の膝関節は、膝関節の屈曲伸展の角度は、178~200%time に

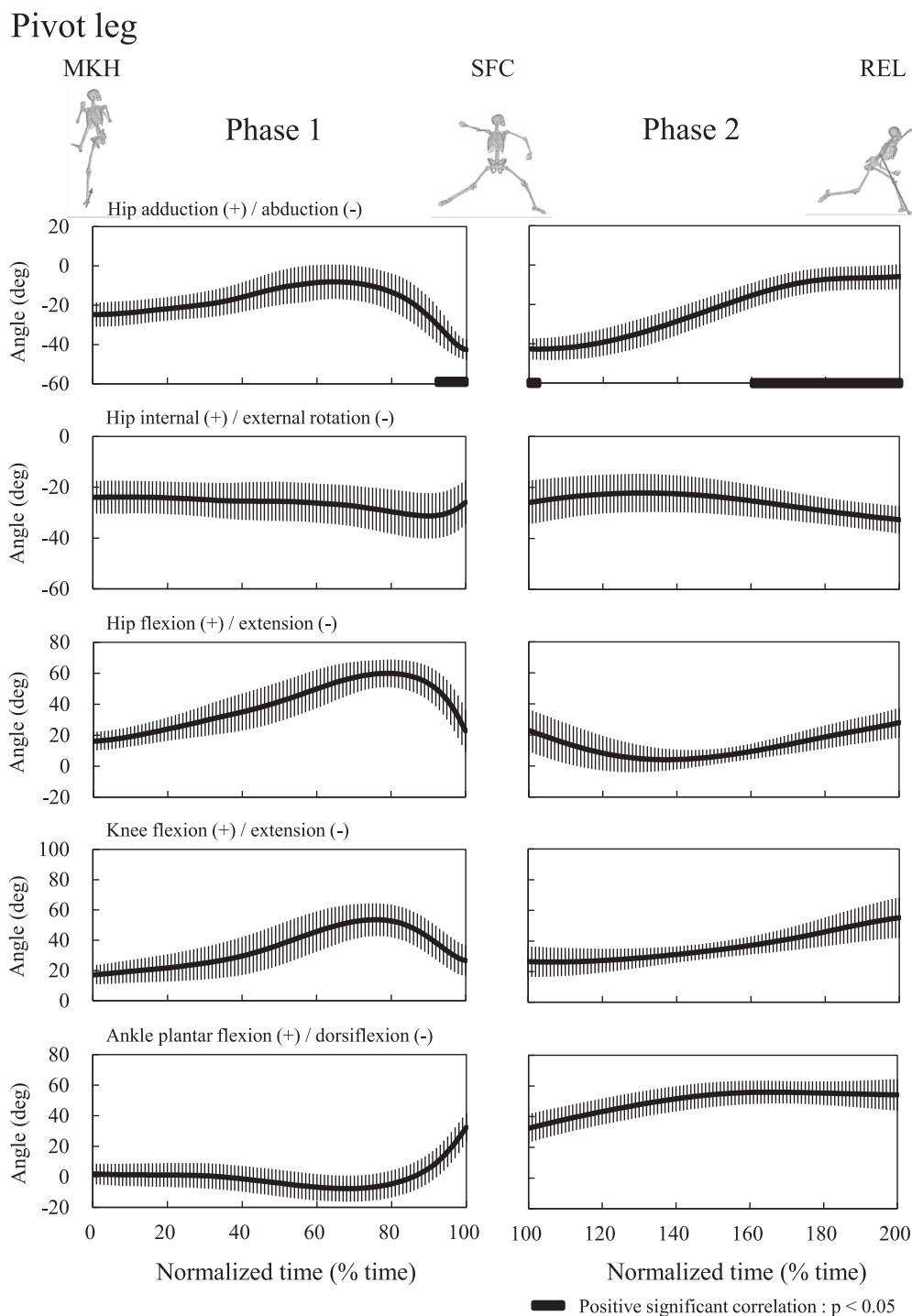


Figure 6. Relationship between joint angle of pivot leg and ball velocity.

において、投球速度と有意な負の相関関係 ($r = -0.439 - -0.374$, $p < 0.05$) を示した。

Fig. 8は、投球動作中における各成分の地面反力の変化および投球速度との有意な相関関係を示した地点を示したものである。踏込脚に作用する X 成分の地面反力は、164–190%time ($r = 0.361 - 0.466$) において、投球速度と有意な正の相関関係 ($p < 0.05$) が示された。Y 成分の地面反力は、軸脚では76–90%time ($r = 0.364 - 0.553$) において、投球速度と有意な正の相関関係

($p < 0.05$) が、踏込脚では124–154%time ($r = -0.533 - -0.363$) において、投球速度と負の相関関係 ($p < 0.05$) が示された。Z 成分の地面反力は、軸脚では82–83%time ($r = 0.365, 0.368$) において、投球速度と有意な正の相関関係 ($p < 0.05$) が、踏込脚では173–199%time ($r = 0.363 - 0.499$) において、投球速度と有意な正の相関関係 ($p < 0.05$) が示された。合成成分の地面反力は、軸脚では79–87%time ($r = 0.375 - 0.473$) に、踏込脚では134–147%time および172–196%time ($r = 0.362 - 0.473$) にお

Stride leg

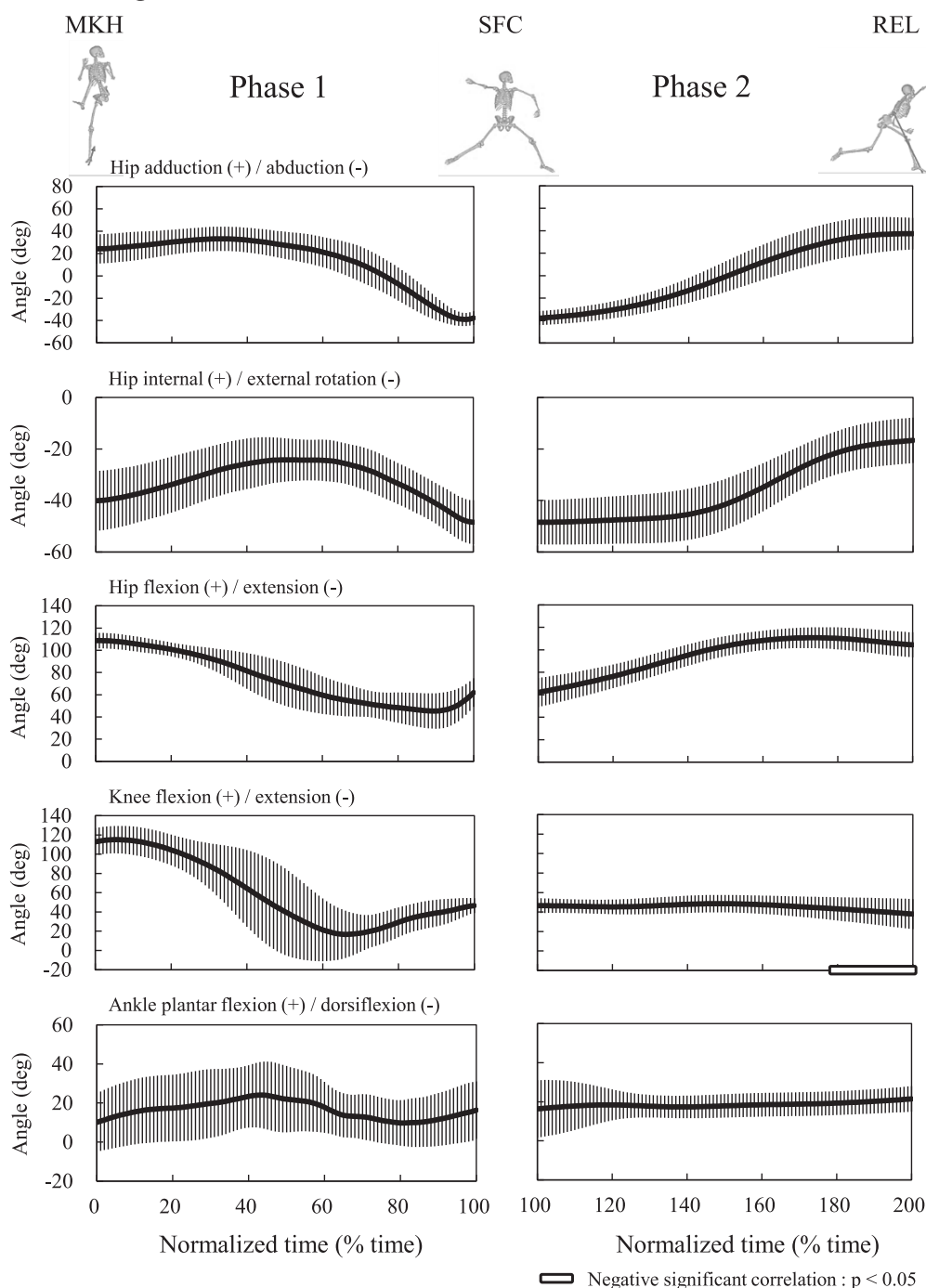


Figure 7. Relationship between joint angle of stride leg and ball velocity.

いて、投球速度と有意な正の相関関係 ($p < 0.05$) が示された。

Fig. 9は、投球動作中における両脚の各成分の力積と投球速度との関係を示している。軸脚における X 成分 ($0.38 \pm 0.14\text{Ns/kg}$)、Y 成分 ($2.94 \pm 0.49\text{Ns/kg}$) および踏込脚における合成成分の力積 ($2.55 \pm 0.26\text{Ns/kg}$) は、投球速度と有意な正の相関関係 ($p < 0.05$) が示された。また踏込脚における Y 成分の力積 ($-1.36 \pm 0.21\text{Ns/kg}$) は、投球速度と負の相関関係 ($p < 0.05$) が示された。

IV. 考 察

本研究の投球速度は、 $127.1 \pm 6.4\text{km/h}$ ($116.0 \sim 140.0\text{km/h}$) であり、この測定値は、野球投手を対象とした先行研究 (Fleisig et al., 1999; 高橋ほか, 2005) と類似する値であった。投球動作中に作用する軸脚および踏込脚の地面反力の経時的な変化および力積と投球速度との関連を検討した結果、1) Y 成分の地面反力は、軸脚では76–90%time において、有意な正の相関関係を、踏込脚では124–154%time において、投球速度と有意な負の相関関係を示し (Fig. 8)、2) 投球動作中に作用する Y 成分の力積は、軸脚では投球速度と有意な正の相関

関係が、踏込脚では投球速度と有意な負の相関関係が示された (Fig. 9)。また、3) 踏込脚に作用する Z 成分の地面反力は173–199%time (Fig. 8)、合成成分の地面反力は172–196%time (Fig. 8) および踏込脚膝関節の角度は178–200%time (Fig. 7) において、投球速度と有意な相関関係が示された。これらの結果は、投球速度が大きい投手は、1) 踏込脚接地直前に、軸脚の進行方向への地面反力、および踏込脚接地後に踏込脚の後方方向への地面反力を大きくすることで、2) 踏込脚接地直前に軸脚によって進行方向への重心加速の力積、および加速により生じた進行方向への重心の運動量を止めるために、踏込脚接地直後の踏込脚による後方への減速の力積を大きくし、3) ボールのリリース直前に膝関節伸展動作と鉛直成分の地面反力を同時に大きくすることで、体幹部を支えていることを示唆するものである。つまり、投球速度が大きい投手は、下肢によって身体重心の運動量の変化を大きくすることで、体幹部や末端部の進行方向へのパワーを大きくする能力に優れていると考えられる。以下に、投球動作中の軸脚および踏込脚の役割について詳細に示す。

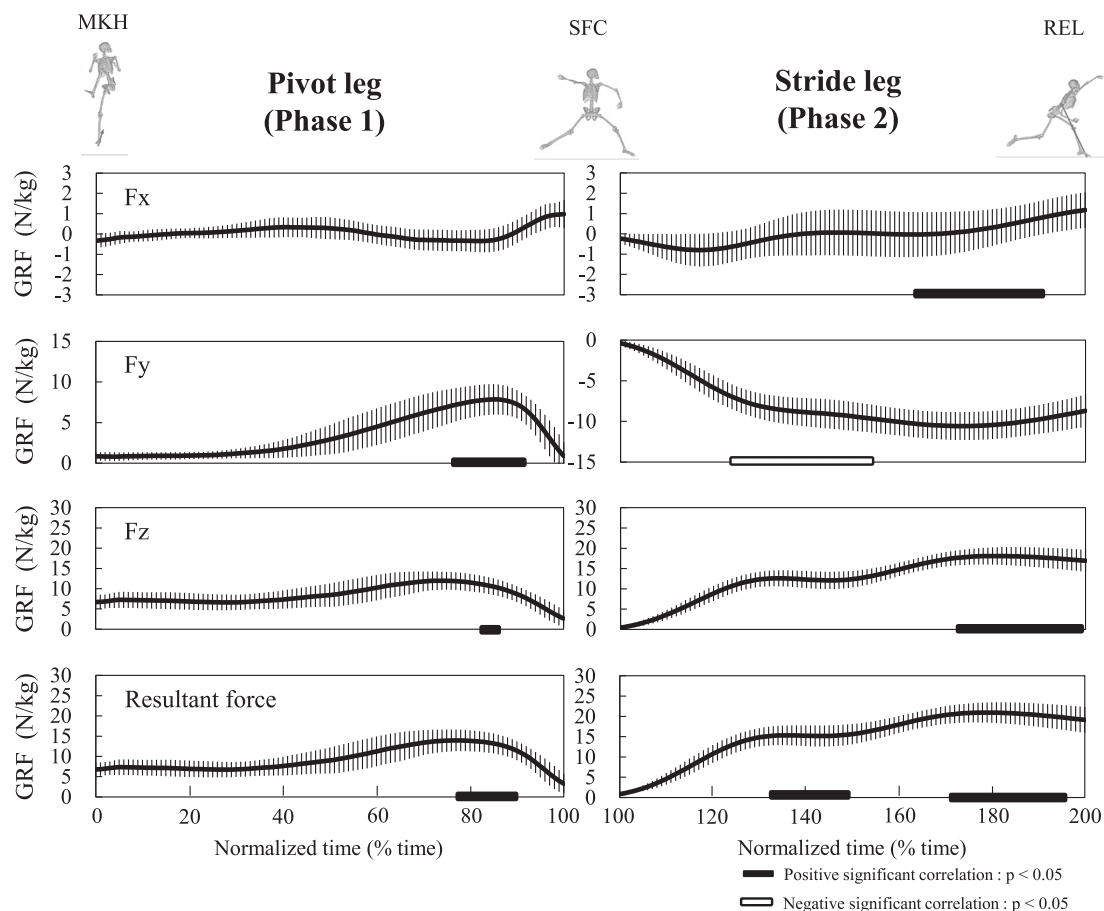


Figure 8. Changes in ground-reaction force on pivot and stride legs.

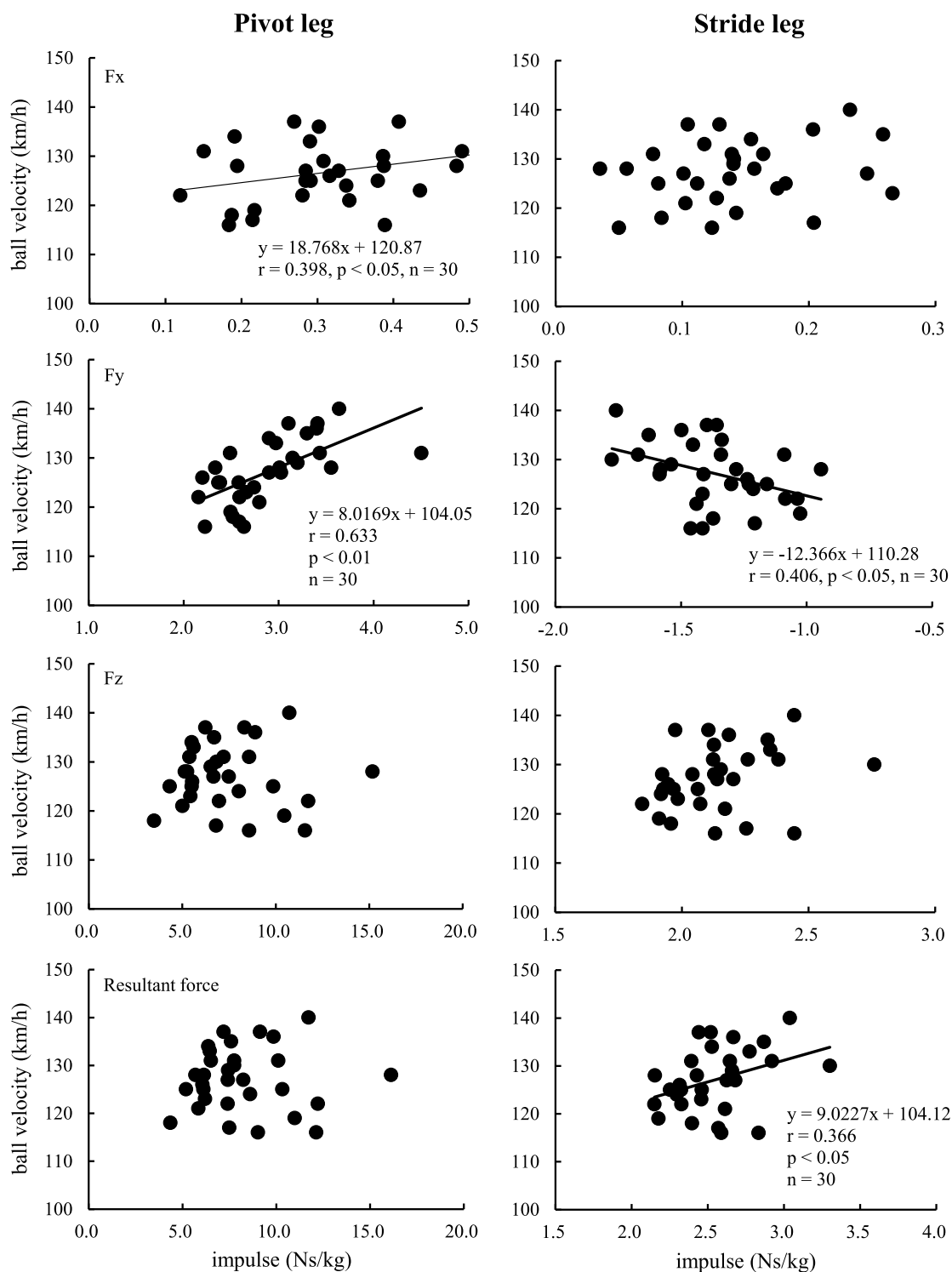


Figure 9. Relationship between impulse on pivot and stride leg and ball velocity.

1. 軸脚の役割

投球動作中の軸脚に作用する力積は、Y成分において投球速度と有意な正の相関関係が示され (Fig. 9), Y成分および合成成分の地面反力は、第一局面終盤に投球速度と有意な正の相関関係が示された (Fig. 8). また第一局面終盤における軸脚の動作は、約60%time 付近から股関節と膝関節が屈曲し、約80%time 付近から伸展動作を

行っている (Fig. 6). 投球動作中の軸脚の役割は、体幹などを捕手方向に移動する、いわゆる「体重移動」を生み出すために重要である (高橋, 2006) とされている. Mac Williams et al. (1998) によると、投球動作中の軸脚に作用する投球方向への地面反力の最大値は、ボールリリース時の手首の速度と高い相関関係を示したと報告されている. また島田ほか (2000) によると、ストライド

局面（本研究のMKHから体幹結合部の後ろ捻り開始時まで）における軸脚は、いずれの関節（股関節、膝関節、足関節）においても比較的大きな伸展トルクがみられたが、トルクパワーは小さく、この局面における軸脚は、大きな速度で伸展して身体を投球方向に押し出すというよりも、身体を支持することであると報告されている。これらの知見を踏まえると、軸脚は大きな速度で伸展するというよりも大きなトルクを発揮することで、身体を支持しながら投球方向へ移動する役割を持ち、軸脚に作用する投球方向への地面反力を大きくすることにより、投球速度を増大させていると考えられる。つまり、踏込脚接地直前の地面反力を大きくすることによって進行方向への重心加速の力積を大きくすることは、投球速度の大きな投手の特徴であると示される。

よって、投球速度が大きい投手は、身体を投球方向へ移動するために、軸脚の伸展動作による力発揮によって進行方向への身体重心の運動量を大きくする能力に優れていると示唆される。

2. 踏込脚の役割

踏込脚膝関節は、第二局面の終盤において、投球速度と負の相関関係を示した（Fig. 7）。投球動作中の踏込脚の役割は、軸脚によって得られた体重移動を支えるために重要である（高橋, 2006）とされている。Matsuo et al. (2001)によると、ボール初速度の大きい投手は、踏込脚接地からリリース（本研究の第二局面）での時間の約60%付近（本研究の160%time）から踏込脚膝関節が伸展するものが多いのに対し、ボール初速度の小さい投手では屈曲するものが多いと報告されている。また本研究では、Matsuo et al. (2001)の定義に従い、踏込脚膝関節の動作パターンについて検討したところ、膝が伸展する者は24名、膝が屈曲する者は6名であった。また投球速度の上位10名（高速群：134.5 ± 2.9km/h）と下位10名（低速群：119.8 ± 2.8km/h）を比較すると、膝が伸展した者は、高速群が9名、低速群が5名であった（膝が屈曲した者は、高速群が1名、低速群が5名）。このことから、本研究の結果は、Matsuo et al. (2001)の知見と一致するものであり、投球速度が大きい投手は、踏込脚を接地させてから、第二局面の中盤から膝関節の伸展動作を行うことによって身体を支えていると考えられる。そして、島田ほか（2004）は、投球速度の大きい投手は、後期コッキング期（ボール速度最小時から肩関節最大外旋位時；本研究における第二局面の中盤）において踏込脚膝関節角度の変化が小さく、踏込脚股関節の速度ベクトルが上方を向き、“踏込脚で体幹を支えられていた”のに対して、投球速度の小さい投手は踏込脚膝関節の屈曲が

大きく、踏込脚股関節の速度ベクトルが下方を向き、“踏込脚が体幹を支えきれずに腰が沈んでしまった”動作をしていたと述べている。このように、投球速度が大きい投手は、踏込脚が接地した後は、踏込脚膝関節の角度変化を小さくすることで、踏込脚股関節の速度ベクトルを上向きにし、体幹を支えていると考えられる。さらに投球速度を増大させる投球動作については、ボール加速局面での体幹の回旋動作（Fleisig et al., 1999; Stodden et al., 2001；高橋ほか, 2005；蔭山ほか, 2014）や捻転動作（島田ほか, 2000；宮西・櫻井, 2009；蔭山ほか, 2014）の重要性が指摘されている。したがって、投球速度が大きい投手は、踏込脚の股関節や膝関節の伸展動作によって体幹を支えることで、回旋動作や捻転動作を増大させていると考えられる。

投球動作中の踏込脚に作用する力積は、Y成分では投球速度と有意な負の相関関係を示し、合成成分では投球速度と有意な正の相関関係が示された（Fig. 9）。また踏込脚のY成分の地面反力は、第二局面序盤に投球速度と有意な負の相関関係を、Z成分および合成成分の地面反力は第二局面の終盤に投球速度と有意な相関関係を示した（Fig. 8）。投球動作は、下肢によって生み出された力、エネルギー、速度などがタイミングよく順次に加算・伝達されて末端へ伝わり、末端のエネルギーや速度を大きくできるという運動連鎖の原則が成り立つ（Kreighbaum and Barthels, 1985；阿江・藤井, 2002a）。そして、先に述べたMac Williams et al. (1998)は、ボールリリース時における踏込脚の投球方向の成分（本研究のY成分）、鉛直成分（本研究のZ成分）および合成成分は、ボールリリース時の手首の速度と有意な相関関係があったと報告している。これらの知見より、踏込脚は軸脚によって得られた体重移動を支える役割を持ち、踏込脚に作用する地面反力の増大は、投球速度を増大させるために重要なエネルギーであると考えられる。また、宮西ほか（1997）、投球時の力学的エネルギーは、体幹から上腕、前腕、手そしてボールへと位相がずれながら順次増大し、近位部から遠位部へとエネルギーが伝達されることで、末端部の進行方向への関節パワーが大きくなっていることを報告している。このことから、第二局面の序盤に投球方向とは逆向きの地面反力と後方方向への力積を大きくし、軸脚床反力の力積によって得た進行方向への身体重心の運動量を急激に減少させることは、体幹と投球腕へのエネルギーを順次増大させ、進行方向への末端部のパワーを大きくさせていると示唆される。さらに、動作との関連から踏まえ、踏込脚は軸脚によって生じた進行方向への重心加速の運動を止めるために、踏込脚膝関節角度の変化を小さくすることで投球方向と

は逆向きの地面反力を大きくする必要があると考えられる。また第二局面の終盤に、膝関節が伸展したことでZ成分および合成成分の地面反力が増大したことを踏まえると、踏込脚の伸展動作と鉛直成分の地面反力を同時に大きくすることによって体幹を支え、末端部のパワーを増大させている可能性が考えられる。

よって、投球速度が大きい投手は、踏込脚膝関節の角度変化を小さくすることによって、進行方向とは逆向きの力積を増大させ、軸脚床反力の力積によって得た進行方向への身体重心の運動量を急激に減少させており、ボールのリリース直前に踏込脚膝関節の伸展動作と鉛直成分の地面反力を同時に大きくする能力に優れていると示唆される。

V. 結 論

本研究は、大学野球投手を対象に、投球動作中に作用する軸脚および踏込脚の地面反力および力積が投球速度に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。その結果、1) Y成分の地面反力は、軸脚では第一局面の終盤において、投球速度と有意な正の相関関係が、踏込脚では第二局面の序盤において、投球速度と有意な負の相関関係が示され、2) 投球動作中の力積は、軸脚では投球速度と有意な正の相関関係が、踏込脚では投球速度と有意な負の相関関係が示された。また、3) 第二局面終盤に踏込脚に作用するZ成分および合成成分の地面反力は、投球速度と有意な相関関係を示した。これらの結果は、投球速度が大きい投手は、1) 踏込脚接地直前に、軸脚の進行方向への地面反力、および踏込脚接地後に踏込脚の後方方向への地面反力を大きくすることで、2) 踏込脚接地直前に軸脚によって進行方向への重心加速の力積、および加速により生じた進行方向への重心の運動量を止めるために、踏込脚接地直後の踏込脚による後方への減速の力積を大きくし、3) リリース直前の膝関節伸展動作と鉛直成分の地面反力を同時に大きくすることで、体幹部を支えていると示唆される。

したがって、大きな速度で投げる投手は、軸脚では身体を投球方向へ移動するために、軸脚の伸展動作による力発揮によって進行方向への身体重心の運動量を大きくし、踏込脚では膝関節の角度変化を小さくすることによって、進行方向とは逆向きの力積を増大させ、ボールリリース直前に踏込脚膝関節の伸展動作と鉛直成分の地面反力を同時に大きくする能力に優れていると示唆される。換言すると、投球速度が大きい投手は、下肢によって身体重心の運動量の変化を大きくすることで、体幹部や末端部の進行方向へのパワーを大きくする能力に優れていると考えられる。

注 記

公認野球規則(2014)によると、ストライクゾーンは、「打者の肩の上部とユニフォームのズボンの上部との中間点に引いた水平のラインを上限とし、ひざ頭の下部のラインを下限とする本塁上の空間」と定められており、「バッターが打つための姿勢で決定されるべきである」とされている。またストライクは、打者が打たなかった投球のうち、ボールの一部分がストライクゾーンのどの部分でもインフライン(打球、送球、投球が、地面かあるいは野手以外のものにまだ触れていない状態を指す)の状態で通過したものを言う。つまり、ストライクはボールが本塁上を通過した際の位置および打者の姿勢に影響されると言える。

そのため、本研究では、事前に大学野球選手22名(年齢 20.5 ± 1.2 歳、身長 173.1 ± 4.8 cm、体重 69.9 ± 5.3 cm)を対象に、ストライクゾーンの高さについて検討した。その結果、踏込脚接地時における打撃動作の姿勢(構え)は、地面から上限までの距離は 105.5 ± 5.1 cm、地面から下限までの距離は 38.9 ± 2.0 cmであった。したがって、事前に調べたストライクゾーンの高さは 66.6 ± 4.4 cmであったことから、本研究ではストライクゾーンの高さを66.6cmと規定した。

一方、ストライクゾーンの横幅は、本塁(ホームベース)の横幅(17インチ、約43.2cm)に、ボールの直径(7.29-7.48cm、ボールの周囲は9インチないし9¼インチ[22.9-23.5cm]とされている)を加えた横の長さ(57.78-58.16cm)である。しかしながら、ボールが通過した際、ベースラインをかすめたかについて判断することは難しい。したがって、本研究ではストライクゾーンの横幅をベースの横幅である43.2cmと規定した。

以上のことから、本研究のストライクゾーンは、縦66.6cm×横43.2cmと規定した。

参考文献

- 阿江通良・藤井範久(2002a) スポーツバイオメカニクス 20講. 朝倉書店, 東京. pp.13-14.
- 阿江通良・藤井範久(2002b) スポーツバイオメカニクス 20講. 朝倉書店, 東京. pp.53-56.
- 荒木大輔(2003) トッププロに学ぶ野球上達テクニック ピッチング, 成美堂出版社, 東京.
- Fleisig, G. S., Barrentine, S. W., Zheng, N., Escamilla, R. F., and Andrews, J. R. (1999) Kinematic and kinetic comparison of baseball pitching among various levels of development. J. Biomech., 32 (12): 1371-1375.
- 稲尾和久・吉村正(2001) 勝つための投球術 生まれ変わる

- るピッチング, 新生出版社, 東京.
- 蔭山雅洋・岩本峰明・杉山敬・水谷未来・金久博昭・前田明 (2014) 大学野球投手における体幹の伸張—短縮サイクル運動および動作が投球速度に与える影響, 体育学研究, 59 (1): 189-201.
- Kreighbaum, E., and Barthels, K. M. (1985) Biomechanics: A qualitative approach for studying human movement 2nd ed. Burgess Pub. Co., Minneapolis, MN, pp.585-616.
- 功力功雄 (1991) アマチュア野球教本 I, ベースボールマガジン社, 東京, pp.27.
- MacWilliams, B. A., Choi, T., Perezous, M. K., Chao, E. Y., and McFarland, E. G. (1998) Characteristic ground-reaction force in baseball pitching. Am. J. Sports Med., 26: 66-70.
- Matsuo, T., Escamilla R. F., Fleisig, G. S., Barrentine S. W., and Andrews, J. R. (2001) Comparison of kinematic and temporal parameters between different pitch velocity groups. J. Appl. Biomech. 17: 1-13.
- 松尾知之・平野裕一・川村卓 (2010) 投球動作指導における着眼点の分類と指導者間の意見の共通性: プロ野球投手経験者および熟練指導者による投球解説の内容分析から, 体育学研究, 55: 343-362.
- 宮西智久・藤井範久・阿江通良・功力靖雄・岡田守彦 (1997) 野球の投球動作における体幹および投球腕の力学的エネルギー・フローに関する3次元解析, 体力科学, 46 (1): 55-68.
- 宮西智久・向井正剛・川口鉄二・関岡康雄 (2000) スピードガンと画像計測によるボールスピードの比較, 仙台大学紀要, 31: 72-77.
- 宮西智久・櫻井直樹 (2009) 野球の投・打動作の体幹捻転研究—SSC理論に着目して—. バイオメカニクス研究, 13: 149-169.
- Myers, D., and Gola, M. (2000) The Louisville Slugger complete book of pitching. McGraw-Hill, New York.
- Nakamura, Y., Yamane, K., Fujita, Y., and Suzuki, I. (2005) Somatosensory Computation for Man-Machine Interface From Motion-Capture Data and Musculoskeletal Human Model. IEEE Trans. Robot., 21 (1): 58-66.
- 日本プロフェッショナル野球組織・日本野球連盟・日本学生野球協会・全日本大学野球連盟, 日本高等学校野球連盟・全日本軟式野球連盟 (2014) 公認野球規則, ベースボールマガジン社, pp 121-132.
- 日本整形外科学会 (1995) 関節可動域表示ならびに測定法. 日本整形外科学会誌 69, 240-250.
- 日本リハビリテーション医学会 (1995) 関節可動域表示ならびに測定法. リハビリテーション医学 32, 207-217.
- 島田一志・阿江通良・藤井範久・結城匡啓・川村卓 (2000) 野球のピッチング動作における体幹および下肢の役割に関するバイオメカニクス的研究. バイオメカニクス研究, 4: 47-60.
- 島田一志・阿江通良・藤井範久・川村卓・高橋佳三 (2004) 野球のピッチング動作における力学的エネルギーの流れ, バイオメカニクス研究, 8 (1): 12-26.
- Stodden, D., Fleisig, G., McLean, S., Lyman, S., and Andrews, J. (2001) Relationship of Pelvis and Upper Torso Kinematics to Pitched Baseball Velocity. J. Appl. Biomech., 17: 164-172.
- 高橋佳三 (2006) 投動作を助ける脚のはたらき, 体育の科学, 56 (3): 174-180.
- 高橋佳三・阿江通良・藤井範久・川村卓・小池関也・島田一志 (2005) 球速の異なる野球投手の動作のキネマティクスの比較. バイオメカニクス研究, 9: 36-53.
- 与田剛 (2005) トッププロに学ぶ野球上達テクニックピッチング, 成美堂出版社, 東京.

(平成26年8月27日受付)
(平成27年1月26日受理)

バスケットボールのフェイント動作予測に対する 同時模倣学習効果の検討

畝 中 智 志 (鹿屋体育大学大学院)
 中 本 浩 揮 (鹿屋体育大学体育学部)
 幾 留 沙 智 (鹿屋体育大学体育学部)
 森 司 朗 (鹿屋体育大学体育学部)

Effects of concurrent imitation learning on anticipating feint action in basketball

Satoshi Unenaka¹⁾, Hiroki Nakamoto²⁾, Sachi Ikudome²⁾ and Shiro Mori²⁾

Abstract

The present study aimed to determine the effects of concurrent imitation learning on the accuracy of anticipating feint actions in basketball. Twenty-nine male collegiate basketball players judged whether a model action performed using the dominant (right) and non-dominant (left) hands was a shoot or a feint. Anticipation accuracy was lower in response to action with the non-dominant than the dominant hand. We then selected twelve players whose anticipation accuracy clearly differed between actions using the dominant and non-dominant hands. And we divided into groups who learned by either concurrent imitation (visual and motor experience, VME) or observation (visual experience, VE). During the learning phase, the VME group concurrently imitated, whereas the VE group viewed all model actions performed using the non-dominant hand. Anticipation accuracy in both groups was facilitated from pre- to post-learning. In addition, the μ rhythm of brainwaves during action observation, which indicates mirror neuron activity, was reduced in both groups after each learning period. The lowered anticipation in response to action by the non-dominant compared with the dominant hand indicates that motor experience is important for anticipation in sports. However, no differences were observed in the acute effects of motor and visual experience on anticipation performance.

Key words: Anticipation, Mirror Neuron System, Concurrent imitation learning, Feint, Basketball

I. はじめに

バスケットボールにおいて、オフェンス側の選手がシュートを打とうと見せかけ、相手をかわす場面がよくみられる。人は、開始した運動を実行し終わってから新しい運動を開始するために、数百ミリ秒の付加的な時間(心理的不応期)を要するため(Pashler, 1998)、ディフェンス側の選手は、一度フェイント動作に反応してしまうと、後続する動作に対応することが困難になるとされて

いる(シュミット, 1994; 杉原, 2003)。したがって、競技者はフェイント動作に反応しないようにする必要があり、そのためには早い段階で相手の行為を正確に予測することが求められる。フェイントに関する先行研究では、フェイント動作が明確に現れる以前の段階で、熟練者は初級者に比べて、行為を正確に予測できることが示されている(Canal-Bruland and Schmidt, 2009; Canal-Bruland et al., 2010; Ripoll et al., 1995; Sebanz and Shiffrer, 2009)。たとえば、ビーチバレーにおいて、アタッカーが

1) Graduate School of Physical Education, National Institute of Fitness and Sports in Kanoya, 1 Shiromizu, Kanoya, Kagoshima, Japan 891-2393

2) National Institute of Fitness and Sports in Kanoya, 1 Shiromizu, Kanoya, Kagoshima, Japan 891-2393

強いスマッシュを打つのか、フェイントをかけて弱く打つのかを判断する場合、初級者はアタッカーの手がボールに当たる段階で、熟練者はアタッカーがジャンプのために踏み込む段階で、どちらを打つのかを予測することができる (Güldenpenning et al., 2013). このように、早い段階で正確な予測ができる熟練者は、予測の手掛かりとなる相手の身体動作の識別に優れていることが明らかにされている (Abernethy and Zawi, 2007; Abernethy et al., 2008; 福原ほか, 2009; Wright et al., 2011). すなわち、フェイント動作を早い段階で正確に予測するためには、早期に現れる相手の動作のわずかな違いを識別する能力が必要といえる。

このような動作の識別に基づく予測をうまく行えるようにするために、従来より、異なる行為の観察を繰り返すことで視覚経験を積み、動作の識別精度を向上させる知覚トレーニングが行われてきた (Abernethy et al., 1999; Hagemann et al., 2006; 中本ほか, 2005; Savelsbergh et al., 2010; 田中・関矢, 2010; Williams and Grant, 1999; Williams et al., 2003). しかしながら、近年の研究では、動作の識別精度を向上させるには、視覚経験よりも、実際に競技を行った経験を持つなどの運動経験が重要であることが示され始めている (Aglioti et al., 2008; Tomeo et al., 2012; Urgesi et al., 2012). たとえば、Urgesi et al. (2012) は、バレーボールのサーブ方向を動作の識別に基づいて予測する能力の獲得には、繰り返してサーブを観察するよりも、実際にサーブの練習を行う方が有効であることを示している (同様に、Mulligan and Hodges, 2013). また、多く運動経験を積み、自らが高い技能を発揮できる競技者ほど、動作の識別精度が高いことが示されている (Aglioti et al., 2008; 大島・山田, 2010; Tomeo et al., 2012).

運動経験が動作の識別精度を向上させることを主張する先行研究 (e.g., Aglioti et al., 2008) は、その背景に、ミラーニューロンシステム (Mirror Neuron System; 以下、MNS と略す) の関与を指摘している。MNS は、運動関連領域を含む神経ネットワークを指し、自ら運動を実行するとき、他者が同様の運動を実行するのを観察するときの両方で同じ領域が活性する特徴を持つ (Rizzolatti, 2005; Rizzolatti and Craighero, 2004). 動作の観察時に運動関連領域が活性することで、観察者は、自身がその動作を行っているかのような感覚を持つことができるとされている (Rizzolatti, 2005). このとき観察者の脳内では、観察した他者の動作のシミュレーションが行われ、そのシミュレーションを通じて動作を解釈し、動作へのより深い理解を得ていると考えられている (Gallese and Goldman, 1998; Olsson and Nyberg, 2011; 嶋田, 2009;

Springer et al., 2012). また、この MNS が活性するためには、観察している動作の直接的な運動経験が必要であり (Calvo-Merino et al., 2005), さらに、スポーツの予測において、初級者よりも熟練者のほうが、MNS に高い活性が認められることが明らかにされている (Aglioti et al., 2008; Tomeo et al., 2012; Wright and Jackson, 2007). すなわち、MNS は視覚経験ではなく運動経験によって獲得され、その活性は、熟練者が示す動作の識別に基づく予測に関与していると考えられる (Yarrow et al., 2009). 以上から、フェイント動作の識別精度を向上させるには、視覚経験のみを積む学習でなく、運動経験によって MNS の活性を高める学習が有効である可能性が示唆される。

このような MNS の活性を高める方法として、スポーツ以外の領域では、動作を観察した後に、同じ動作を繰り返して行う模倣学習が有効とされている (Buccino et al., 2004; Vogt et al., 2007). Catmur et al. (2007) は、人差し指が動く映像を見ながら、自ら同時に小指を動かす学習を行うと、本来小指が動く映像の観察時に活性していた領域が、人差し指が動くのを観察する際にも活性するようになることを報告している。この結果は、動作を観察しながら動作を行う同時模倣学習を行うことで、運動と観察の両方で活性するという MNS の機能が獲得されることを示している (Catmur, 2013; Catmur et al., 2009; Heyes, 2010).

しかしながら、スポーツにおける動作の識別に基づく予測に、運動経験から得られる MNS の機能が関与していることが指摘されている (Yarrow et al., 2009) にも関わらず、動作の識別精度の向上を目指す学習において、MNS の活性を高めるとされている同時模倣学習の効果を検討した研究は見当たらない。仮に、視覚経験に加えて、観察時に運動経験を積みさせる同時模倣学習を実施することにより、MNS の活性および動作の識別精度に向上が認められれば、運動経験を重視する新たな学習方法となる可能性がある。

そこで本研究は、同時模倣学習がバスケットボールのフェイント動作の識別精度および MNS の活性を向上させるかについて明らかにすることを目的とした。この目的を達成するために、課題としてシュートあるいはシュートフェイントの映像を呈示し、予測させる課題を用いた。シュートフェイントは、実際の競技場面で頻繁に行われるものであり、この識別はディフェンスの状況判断において最も重要なもののひとつである。一方で、この課題では、対象とする競技者がシュートフェイントの運動経験を豊富に持つため、運動経験が動作の識別精度へ与える影響を検証する本研究にとって、妥当な課題

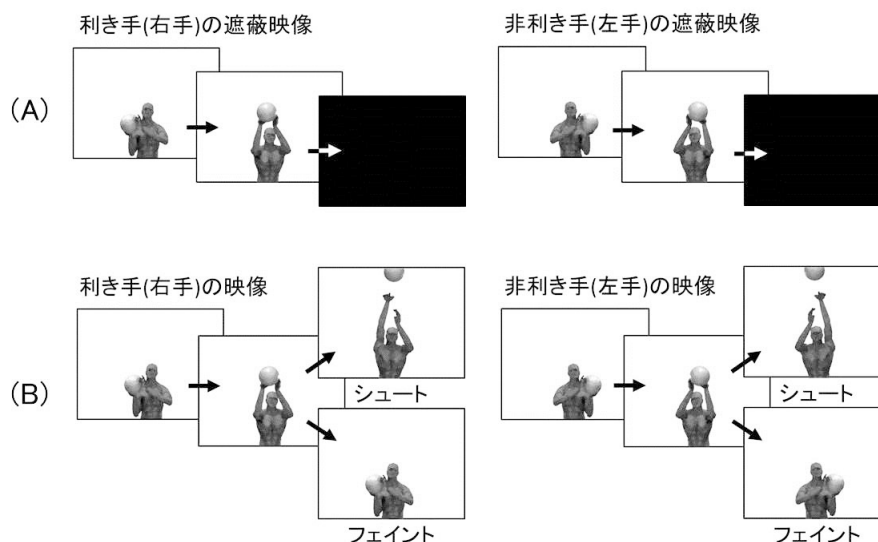


図1 (A) 予測テスト用映像のモデル図 (B) 観察用映像のモデル図

と成り得ない。そこで、呈示映像として、左右反転処理を施した映像を用いることとした。たとえば、右利きの競技者にとって、右手のシュートフェイントは、視覚経験も運動経験も豊富であるが、左手のシュートフェイントは、視覚経験は豊富であるにも関わらず、運動経験は少ない動作となる。また、同映像を反転することによって、右手と左手で行われる動作の呈示映像に含まれる情報は等価となる。Calvo-Merino et al. (2006) は、視覚経験が豊富でも自らの運動経験が少ない動作を観察する場合は、MNSの活性が低くなることを報告している。すなわち、運動経験が動作の識別に重要であるならば、通常映像（利き手）と反転映像（非利き手）で動作の識別精度を比較したときに、映像に含まれる視覚的な予測手掛かりが全く同じにもかかわらず、反転映像（運動経験が少ない）の方が、通常映像（運動経験が豊富）よりも識別精度が低くなるはずである。また、運動経験が非利き手のフェイント動作の識別精度に影響しているのであれば、非利き手の同時模倣学習を行うことで、シュートかシュートフェイントかといった行為に含まれる動作の識別精度が向上すると考えられる。

II. 研究方法

1. 実験参加者

実験参加者は、バスケットボールの長期的な競技経験を持つ体育系大学バスケットボール部員29名（20.5 ± 1.64歳、競技歴9.1 ± 2.19年）とした。すべての実験参加者は、正常な視機能を有し、片手でセットシュートを打つ際には必ず右手を使用する者であった。実験の実施前に、実験手順および個人情報の保護について書面および口頭で説明し、十分な理解を得た上で実験参加の同意を

得た。

2. 呈示映像

実験参加者に呈示する映像を作成するために、実験参加者と面識がないバスケットボール競技歴10年の右利きの男性競技者をモデルとした。モデルには、ボールを身体の前で持った状態から頭上に掲げ、①シュートを打つ（シュート動作）、②シュートを打たずにボールを頭上から下ろす（フェイント動作）の2種類の動作を各10試技ずつ行うよう要求した。撮影にはビデオカメラ（SONY社製、DCR-HC62）を使用し、モデルの正面から每秒60コマで上半身を撮影した。撮影した映像は、動画編集ソフト（Adobe社製、Premiere Elements 2.0）を用いて編集した。非利き手（本研究では左手）の動作の映像は、利き手（本研究では右手）の動作の映像に左右反転の処理を施すことで作成した。学習前後の予測テストに使用するすべての映像は、モデルがボールを身体の前で持った状態から開始され、ボールを頭上に掲げた時間で遮蔽された（図1A）。また、MNSの活性を評価するための脳波測定（詳細は後述）および学習時の観察に使用する映像は、シュート動作の場合は、ボールが手から離れるリリースが確認できるまで、フェイント動作の場合は、腰の位置までボールを下げるのが確認できるまでの映像が呈示されるよう編集を行った（図1B）。

3. 予測テスト

各実験参加者のシュート動作とフェイント動作における動作の識別精度を測定するために、予測テストを実施した。実験参加者は、椅子から50cm離れた距離に置かれた縦27.5×横43.5cmのカラーコンピュータディスプレイ

(MITSUBISHI 社製, Diamondcrysta RDT203WM) に呈示される刺激映像を観察することが要求された。予測テストは、映像が遮蔽された時点で動作の結果（シュートまたはフェイント）を予測して口頭で回答する課題であった。予測テストは25試行を1ブロックとし、利き手および非利き手の映像をそれぞれ2ブロックで構成し、実験参加者ごとにランダムな順序で合計4ブロックの100試行を実施した。1ブロック内では、シュート動作の映像が12試行（または13試行）、フェイント動作の映像が13試行（または12試行）ずつランダムな順序で呈示された。撮影された映像は、シュート動作、フェイント動作がそれぞれ10試行分であったため、ブロック内で不足した2あるいは3試行分の映像に関しては、10試行分の中からランダムに選定し、同一映像を繰り返し使用した。

4. 脳波測定（MNSの活性の評価）

映像観察中のMNSの活性を評価するために、学習の前後で脳波を測定した。測定は、電気ノイズが遮断されたシールドボックス内で行われた。脳波の測定時に使用した映像は、運動経験が少ない非利き手のシュート動作が繰り返し呈示される映像であった。1ブロックを60試行で構成し、合計2ブロックの120試行を実施した。なお、ブロック内では撮影した10試行すべての映像を6回ずつランダムな順序で繰り返し使用した。各ブロックでの呈示映像および脳波の記録時間は、100秒であった。ベースラインとなる安静時の測定は、各ブロックの映像を呈示する前に行った。脳波の記録には、NeuroScan社製のNuAmpsを使用した。電極には銀/塩化銀電極を用い、これらを国際10-20法に基づいて32チャンネル配置した。基準電極は両耳朶におき、基準導出法で記録した。インピーダンスは10k Ω 以下になるようにし、500Hzのサンプリング周波数で記録した。

5. 実験手続き

まず、運動経験が豊富な動作と比較して、少ない動作に対する識別精度が低いことを検証するために、全参加者に対して、予測テストを行った。これらの参加者の中には、予測テストの正答率が利き手の映像と非利き手の映像で差が小さい者や等しい者、あるいは非利き手の映像の方が高い者がいた。本研究では、運動経験を積む同時模倣学習が、非利き手のフェイント動作の識別あるいはMNSの活性を向上させるのかについて検証することが目的であるため、利き手の映像に比べて、非利き手の映像に対する予測の正確性が顕著に低い者を対象とする必要があった。そこで、利き手の映像と非利き手の映像で、予測正答率に差のあった12名（全予測試行の中での

正答の割合において、利き手および非利き手の映像で5ポイント以上の差がある者）を選定し、6名を同時模倣群（20.7 $\pm$ 1.51歳、競技歴9.3 $\pm$ 1.63、正答率の差10.9 $\pm$ 3.69%）、6名を映像観察群（20.3 $\pm$ 2.50歳、競技歴9.7 $\pm$ 2.25年、正答率の差9.2 $\pm$ 2.78%）に割り当てた。選定した12名の予測テストをプレテストとし、その7日以内に、両群に対して脳波測定（ブレ測定）を行った。その後、同時模倣群は、運動経験が少なく、動作の識別精度の低い非利き手でのシュートおよびフェイント動作に関して、呈示映像を観察しながら、同時にモデルと同様の動作を行う同時模倣学習を行った。学習時には、非利き手のシュート動作およびフェイント動作が、それぞれ異なるブロック内で繰り返し呈示される映像が用いられ、60試行を1ブロックとし、合計4ブロックの240試行を実施した。一方、映像観察群は、動作は行わず、座位姿勢のまま映像を観察する学習を行った。この際、同時模倣群および映像観察群に対して、「実際に映像のモデルの動作を真似しながら、映像を観察して下さい」または「映像を観察して下さい」という教示をそれぞれに与えた。なお、実施順序による影響を相殺するために、各ブロックの実施順序は実験参加者ごとにカウンターバランスを行った。同時模倣または映像観察の実施後、実施前と同様に予測テストのポストテストおよび脳波のポスト測定を行った。

6. データ分析

予測の正確性を示す指標として、プレテストおよびポストテストにおける回答の正答率を求めた。この正答率は、映像と回答が一致した試行を正答試行とし、利き手および非利き手の映像それぞれに関して、正答試行が全試行数に占める割合として算出された。

MNSの活性について脳波を用いて検討した研究では、自ら動作を実行する時と他者の動作を観察する時の両方において、感覚運動皮質上から導出される脳波のうち、8-13Hzの帯域を持つ μ 波の出現量が抑制されることが明らかにされている（Pineda, 2005）。この μ 波の抑制は、MNSの活性を間接的に捉えることができる妥当な指標とされている（Muthukumaraswamy et al., 2004）。そこで本研究においても、動作の観察時に起こる μ 波の抑制をMNSの活性の評価指標とした。また、映像観察時の μ 波の抑制の評価については、観察時の μ 波の出現量を、ベースラインとなる安静条件時の振幅値で除した割合をlog変換した値（log [観察時 μ 波出現量 / 安静時 μ 波出現量]）を用いた（森ほか, 2013; Oberman et al., 2008; Pineda et al., 2008）。これは、頭骨の厚さや電極のインピーダンスなどに個人差が生じるため、その変動差

を抑えるために使用されており、0以下の値は μ 波の抑制を示し、0以上の値は抑制されていないことを示している (Oberman et al., 2008)。なお、本研究では、運動経験が少ない動作として非利き手である左手の動作を対象としており、また同時模倣においても同様の動作を繰り返し行うため、右側の感覚運動皮質上に配置された電極 (C 4) から導出された脳波を分析対象とした。

7. 統計処理

本研究においては全実験参加者の試行数が一定であったため、正答率の平均値の比較には算術平均を用いた。まず、予測テストに参加した29名の全実験参加者の利き手の映像と非利き手の映像の予測正答率を比較するために、対応のあるt検定を行った。

前述の基準により選定した12名の実験参加者 (同時模倣群または映像観察群) の学習前後での予測正答率を比較するために、群 (同時模倣群, 映像観察群) $\times$ 映像の種類 (利き手の映像, 非利き手の映像) $\times$ テスト (プレテスト, ポストテスト) の3要因分散分析を行った。次に、C4から導出された8-13Hzの脳波のlog変換値に関して、群 (同時模倣群, 映像観察群) $\times$ 測定 (プレ測定, ポスト測定) の2要因分散分析を行った。主効果の検定にはBonferroni法を用い、交互作用が有意であった場合には単純主効果検定を行った。

本研究の統計処理にはSPSS (IBM社製, SPSS for windows 22) を用い、統計的有意水準はいずれも危険率5%以下とした。

Ⅲ. 結 果

1. 予測テストについて

全実験参加者29名の予測テストの正答率を図2に示した。利き手の映像と比較して、非利き手に対する映像の予測正答率が有意に低かった ($t=3.33, p<.01$)。この結果は、仮説と一致して、映像に含まれる視覚的な予測手掛かりが全く同じにもかかわらず、運動経験が少ない非利き手の映像の方が、運動経験が豊富な利き手の映像よりも識別精度が低いことを示している。

選定した12名の実験参加者 (同時模倣群または映像観察群) のプレテスト, ポストテストの予測正答率を映像の種類別に図3に示した。分析の結果、群の主効果 ($F_{(1,10)}=8.31, p<.05, \eta^2=.45$)、および映像の種類の主効果が有意であった ($F_{(1,10)}=45.24, p<.01, \eta^2=.82$)。さらに、映像の種類 $\times$ テストの交互作用が有意であった ($F_{(1,10)}=37.37, p<.01, \eta^2=.79$) ため、単純主効果検定を行ったところ、プレテストにおいて、非利き手の映像 (69.3 $\pm$ 11.22%) が利き手の映像 (84.3 $\pm$ 10.71%) に比

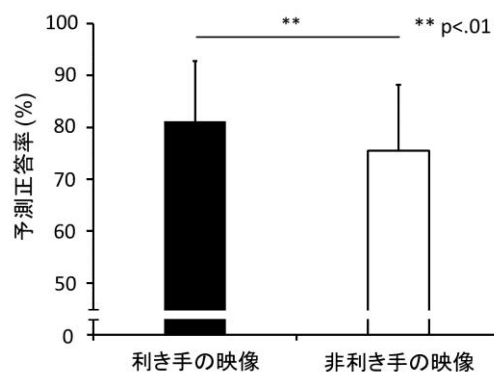


図2 全実験参加者の予測テストの正答率

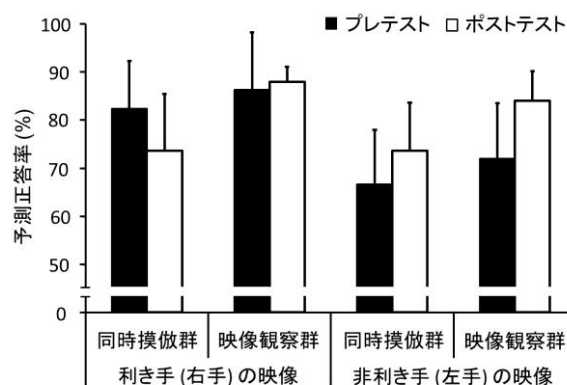


図3 各群の予測正答率

べ、有意に低い値を示した ($p<.01$) が、ポストテストにおいては、利き手の映像 (80.8 $\pm$ 11.13%) と非利き手の映像 (78.8 $\pm$ 9.59%) の間に有意な差はみられなかった。また、非利き手の映像において、ポストテスト (78.8 $\pm$ 9.59%) がプレテスト (69.3 $\pm$ 11.22%) に比べて高い傾向を示し ($p=.063$)、一方で、利き手の映像において、プレテスト (84.3 $\pm$ 10.71%) とポストテスト (80.8 $\pm$ 11.13%) の間に統計的に差はなかった。

これらの結果は、動作の識別に関して、両群ともにプレテストにおいて、非利き手の映像に対する予測正答率は、利き手の映像に比べて低かったが、非利き手の動作を対象に同時模倣および映像観察を行うことにより、ポストテストでの非利き手の映像における予測正答率が向上する傾向がみられたことを示す。また、群 $\times$ テストの有意な交互作用が認められなかったことより、予測の正確性においては、同時模倣と映像観察の効果に違いがみられないことが明らかとなった。さらに、利き手の映像に関しては有意な変化がみとめられなかったことから、利き手の映像に対する予測正答率は、学習の前後で変わらなかったといえる。

2. 脳波の測定について

各群における同時模倣および映像観察前後での脳波の log 変換値を図 4 に示した。分析の結果、測定の主効果 ($F_{(1,10)}=8.83, p<.05, \eta p^2=.47$) が有意であった。一方で、群 × 測定に関する交互作用は認められなかった。

これより、両群において、プレ測定と比較して、ポスト測定で脳波の log 変換値が有意に低くなっていることが明らかになった。これは、両群とも μ 波が学習前に比べて学習後でより減衰していることを示している。

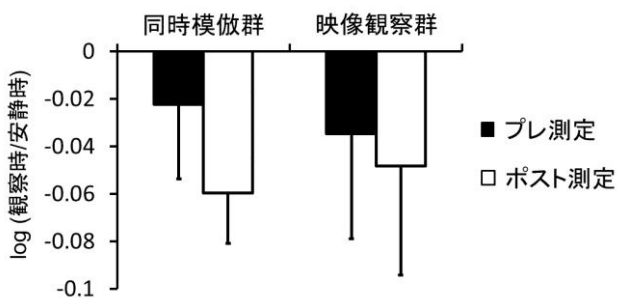


図4 映像観察時(非利き手映像) μ 波の減衰の log 値

IV. 考 察

本研究の目的は、同時模倣学習がバスケットボールのフェイント動作の識別精度および MNS の活性を向上させるかについて明らかにすることであった。そこで本研究は、最初に競技者29名にシュートおよびシュートフェイント動作の識別課題を予測テストとして実施した。その結果、非利き手の映像に対する予測正答率は、利き手の映像に対する予測正答率よりも有意に低かった。次に、利き手と非利き手の映像に対する予測正答率の差が顕著な12名を選定し、同時模倣群と映像観察群に分けて、それぞれの学習が予測の正確性および MNS の活性に与える影響を検討したところ、学習後の非利き手の映像に対する予測正答率は、群に関係なく向上する傾向がみられ、 μ 波の減衰の程度に関しては、群に関係なく有意に向上した。

事前の予測テストにおいて、右利きの全実験参加者29名の非利き手の映像の予測正答率は、利き手の映像と比較して有意に低かった。これは、シュートおよびシュートフェイントに関して、視覚経験も運動経験も豊富な利き手による動作と比較して、視覚経験はあるが運動経験が少ない非利き手による動作の識別が困難であることを示している。フェイント動作が明確に現れる以前の段階で、行為の結果を正確に予測するためには、より早い段階で相手の身体の動きの違いを見分ける能力が必要である (Güldenpenning et al., 2013)。また、動作の識別を行

うためには、その動作に対する視覚経験よりも運動経験が重要であるとされている (Aglioti et al., 2008; Tomeo et al., 2012; Urgesi et al., 2012)。右利きの本実験参加者にとって、非利き手である左手の動作は、競技の中で見ること(視覚経験)はあるが、自身で行うこと(運動経験)が少ない動作である。本研究で使用した映像は、右手のシュートおよびシュートフェイントの映像に左右反転処理を行い、左手の動作の映像としたため、動作の識別に利用できる視覚情報が全く同じであった。したがって、事前の予測テストにおける識別精度の差は、非利き手の動作の運動経験が少ないことが影響したと考えられ、動作の識別には運動経験が重要であると述べている先行研究 (e.g., Aglioti et al., 2008) と一致する結果であった。

また、選定した12名の実験参加者(同時模倣群または映像観察群)が行った非利き手の映像のポストテストの予測正答率は、群に関係なく、プレテストから向上する傾向を示した。また、プレテストでみられた利き手および非利き手の映像に対する予測正答率の差が、ポストテストではみられなかったことから、同時模倣または映像観察を行った結果、運動経験の少ない非利き手によるシュートおよびシュートフェイントの動作の識別精度が、どちらの方法でも向上する傾向にあることを示している。 μ 波の減衰の程度に関しては、群に関係なく、プレ測定と比較してポスト測定で有意に減衰している結果となった。 μ 波の減衰は、MNS の活性を反映している (e.g., Pineda, 2005) ことから、両群とも学習前よりも学習後に MNS の活性が高くなったことを示唆している。磁気共鳴機能画像法や経頭蓋磁気刺激法を使った研究では、動作の識別精度の高い競技者は、他者の身体動作を基に予測を行う時に、MNS が高い活性を示すことが報告されている (Aglioti et al., 2008; Tomeo et al., 2012; Wright and Jackson, 2007)。つまり、本研究において、動作の識別精度が向上する傾向を示した背景には、MNS の活性が高くなったことが影響していると考えられる。すなわち、スポーツ場面における同時模倣または映像観察は、観察時の MNS の活性を向上させる手段と成り得ると考えられ、運動経験の少ない動作に対する識別精度を向上させる可能性があるといえる。

本研究では、運動経験を積むことで、運動を伴わない観察時にも運動関連領域が活性するようになるという MNS の特性が獲得される (e.g., Catmur, 2013) ことから、映像観察によって視覚経験のみを積んだとしても、MNS の活性および動作の識別精度は向上しないと考え、映像観察群を設定した。しかしながら、いずれの群も μ 波がプレ測定よりもポスト測定で減衰したことは、視覚経験が豊富であっても運動経験が少ないと、観察時の

MNSの活性が低くなるとした先行研究(Calvo-Merino et al., 2006)と一致しない結果であった。つまり、本研究において、非利き手の映像を連続して観察することは、自ら運動を実施することと同様の効果を得ることができたと考えられる。その原因として、本研究の実験参加者がプレ測定の段階で、非利き手の動作に対してもMNSを活性させていたことが影響した可能性がある。本研究では、 μ 波の減衰の程度に関して、プレ測定時においてもlog値が0以下を示していた。このことは、学習前にも非利き手の映像に対してMNSが全く活性していないということではなく、活性のレベルが低い状態であったことを示唆する。MNSは、観察のみにおいても運動関連領域を活性化させ、観察動作のシミュレーションを行う働きを持つ(Gallese and Goldman, 1998; Olsson and Nyberg, 2011; Rizzolatti, 2005)。また、視覚経験のみによって予測精度が向上することは、知覚トレーニングの有効性を示した多くの先行研究によって報告されてきた(Abernethy et al., 1999; Hagemann et al., 2006; 中本ほか, 2005; Savelsbergh et al., 2010; 田中・関矢, 2010; Williams and Grant, 1999; Williams et al., 2003)。さらに、運動学習は観察のみによっても生じることが知られている(杉原, 2003)。したがって、映像観察群は、連続した観察のなかで運動を実際に行った際と共通する運動関連領域が活性し、運動経験を積む同時模倣群と同様の効果を得ることができた可能性がある。

この点に関して、スポーツ場面において運動経験が予測能力の向上に寄与することを示した研究(Aglioti et al., 2008; Tomeo et al., 2012; Urgesi et al., 2012)では、実験参加者は競技そのものの経験が少なかったが、本研究の実験参加者は、長い競技歴を有していた。このことが、視覚経験のみでは予測正答率が向上しないという仮説に反して、同時模倣群との違いが得られなかった要因の一つと考えられる。新奇な運動を獲得するには、学習期間が必要となり、獲得した結果として、熟練者と初級者の間で動作の識別精度(大島・山田, 2010; Urgesi et al., 2012)やMNSの活性に差(Aglioti et al., 2008; Tomeo et al., 2012; Wright and Jackson, 2007)がみられると考えられるが、競技としての運動経験を積んでいた場合、本研究のような非利き手の動作といった類似した運動の識別は、視覚経験を積むだけで向上する可能性がある。

このことから、競技の熟練者であっても運動経験の少ない動作に対する予測精度は低く、短時間の同時模倣または映像観察を行う学習を通じて予測精度が高められることが明らかとなったが、今後、同時模倣学習の効果をより厳密に明らかにするためには、予測対象となる運動経験の有無に加え、その運動に対する遂行能力を考慮し

た習熟レベル別での検討が求められる。

また、視覚経験を積む知覚トレーニングでは、野球の投球に関する球種、コース、およびボールの到達タイミングについてのトレーニング実施後に、実際の競技場面における打者の打撃パフォーマンスが向上したと報告されている(中本ほか, 2005)。すなわち、視覚経験と同時に運動経験を積む同時模倣学習においても、予測の際に運動を伴ったフィールドパフォーマンスでの効果(実際の競技場面で、シュートフェイント動作の予測精度が上がり、オフENSEの選手に抜かれる回数が減少するなど)がみられる可能性が考えられる。そのため、知覚トレーニング群や学習を行わない統制群との比較を行い、映像による予測テストの他に、実際にOFFENSEの選手と対峙して反応するなど、より競技場面に近づけたフィールドパフォーマンスのテストを実施する必要があると考えられる。

V. まとめ

本研究は、スポーツの動作の識別精度に対する同時模倣学習の効果について、動作の識別精度とMNSの活性の点から検討を行った。バスケットボールのシュートおよびシュートフェイントの予測を課題とし、競技者を対象に利き手の映像と非利き手の映像に対する予測正答率を比較したところ、非利き手の映像に対する正答率が低かった。そこで非利き手のシュートおよびシュートフェイント動作に対して、観察と同時に運動を繰り返す同時模倣群と、映像の観察だけを繰り返す映像観察群に分けてそれぞれの学習を実施したところ、どちらの群も学習前より予測正答率が向上し、MNSの活性を示す μ 波が減衰した。すなわち、本研究では、視覚経験と運動経験の結果が類似したことから、視覚経験を越えた運動経験の有効性を明らかにすることができなかった。しかしながら、学習前の予測テストにおいて、運動経験が少ない非利き手による動作で、その識別精度が低くなっていたことは、運動経験の重要性を示唆するものであったといえる。さらに、学習後にMNSの働きが向上していたことから、今後、初級者も含めた検討や対象となる運動への習熟レベルを考慮して研究を進めることで、同時模倣運動の予測に対する有効性が明らかになると考えられる。

文 献

- Abernethy, B., Wood, J. M., and Parks, S. (1999) Can the anticipatory skills of experts be learned by novices? *Res. Q. Exerc. Sport*, 70 (3): 313-318.
- Abernethy, B. and Zawi, K. (2007) Pickup of essential kinematics underpins expert perception of movement pat-

- terns. *J. Mot. Behav.*, 39: 353-367.
- Abernethy, B., Zawi, K., and Jackson, R. C. (2008) Expertise and attunement to kinematic constraints. *Perception*, 37: 931-948.
- Aglioti, S. M., Cesari, P., Romani, M., and Urgesi, C. (2008) Action anticipation and motor resonance in elite basketball players. *Nat. Neurosci.*, 11 (9): 1109-1116.
- Buccino, G., Vogt, S., Ritzl, A., Fink, G. R., Zilles, K., Freund, H. J., and Rizzolatti, G. (2004) Neural circuits underlying imitation learning of hand action: An event-related fMRI study. *Neuron*, 42: 323-334.
- Canal-Bruland, R. and Schmidt, M. (2009) Response bias in judging deceptive movements. *Acta. Psychol.*, 130 (3): 235-240.
- Canal-Bruland, R., van der Kamp, J., and van Kesteren, J. (2010) An examination of motor and perceptual contributions to the recognition of deception from others' actions. *Hum. Mov. Sci.*, 29 (1): 94-102.
- Calvo-Merino, B., Glaser, D. E., Grèzes, J., Passingham, R. E., and Haggard, P. (2005) Action observation and acquired motor skills: An fMRI study with expert dancers. *Cereb. Cortex*, 15 (8): 1243-1249.
- Calvo-Merino, B., Grèzes, J., Glaser, D. E., Passingham, R. E., and Haggard, P. (2006) Seeing or doing? Influence of visual and motor familiarity in action observation. *Curr. Biol.*, 16 (19): 1905-1910.
- Catmur, C. (2013) Sensorimotor learning and the ontogeny of the mirror neuron system. *Neurosci. Lett.*, 540: 21-27.
- Catmur, C., Walsh, V., and Heyes, C. (2007) Sensorimotor learning configures the human mirror system. *Curr. Biol.*, 17 (17): 1527-1531.
- Catmur, C., Walsh, V., and Heyes, C. (2009) Associative sequence learning: The role of experience in the development of imitation and the mirror system. *Phil. Trans. R. Soc. B: Biol. Sci.*, 364: 2369-2380.
- 福原和伸・井田博史・石井源信 (2009) コンピュータ・グラフィックス (CG) の身体モデル表示によるテニスサーブの予測判断. *スポーツ心理学研究*, 36 (2): 115-125.
- Gallese, V., and Goldman, A. (1998) Mirror neurons and the simulation theory of mind-reading. *Trends Cogn. Sci.*, 12 (2): 483-501.
- Güldenpenning, I., Steinke, A., Koester, D., and Schack, T. (2013) Athletes and novices are differently capable to recognize feint and non-feint actions. *Exp. Brain Res.*, 230 (3): 333-343.
- Hagemann, N., Strauss, B., and Canal-Bruland, R. (2006) Training perceptual skill by orienting visual attention. *J. Sport Exerc. Psychol.*, 28: 143-158.
- Heyes, C. (2010) Where do mirror neurons come from? *Neurosci. Biobehav. Rev.*, 34 (4): 575-583.
- 森司朗・中本浩揮・水落洋志・荒武祐二・幾留沙智・畝中智志・平川忠敏 (2013) 自閉症の対人関係改善のための運動介入の効果 — ミラーニューロンの機能改善を通して —. *スポーツパフォーマンス研究*, 5: 64-73.
- Mulligan, D., and Hodges, N. J. (2013) Throwing in the dark: Improved prediction of action outcomes following motor training without vision of the action. *Psychol. Res.*, 1-13.
- Muthukumaraswamy, S. D., Johanson, B. W., and McNair, N. A. (2004) Mu rhythm modulation during observation of an object-directed grasp. *Cog. Brain Res.*, 19: 195-201.
- 中本浩揮・杉原隆・及川研 (2005) 知覚トレーニングが初級打者の予測とパフォーマンスに与える影響. *体育学研究*, 50: 581-591.
- Oberman, L. M., Ramachandran, V. S., and Pineda, J. A. (2008) Modulation of mu suppression in children with autism spectrum disorders in response to familiar or unfamiliar stimuli: The mirror neuron hypothesis. *Neuropsychol.*, 46: 1558-1565.
- Olsson, C. J., and Nyberg, L. (2011) Brain simulation of action may be grounded in physical experience. *Neurocase*, 17 (6): 501-505.
- 大島浩幸・山田憲政 (2010) 運動技術レベルと運動観察能力の関連. *スポーツ心理学研究*, 37 (2): 65-74.
- Pashler, H. E. (1998) *The psychology of attention*. MIT press: Cambridge, MA.
- Pineda, J. M. (2005) The functional significance of mu rhythms: Translating "seeing" and "hearing" into "doing". *Brain Res. Rev.*, 50: 57-68.
- Pineda, J. A., Brang, D., Hecht, E., Edwards, L., Carey, S., Bacon, M., Futagaki, C., Suk, D., Tom, J., Birnbaum, C., and Rork, A. (2008) Positive behavioral and electrophysiological changes following neurofeedback training in children with autism. *Res. Autism Spectr. Disord.*, 2 (3): 557-581.
- Ripoll, H., Kerlirzin, Y., Stein, J. F., and Reine, B. (1995). Analysis of information processing, decision making, and visual strategies in complex problem solving sport situations. *Hum. Mov. Sci.*, 14: 325-349.
- Rizzolatti, G. (2005) The mirror neuron system and its function in humans. *Anat. Embryol.*, 210: 419-421.

- Rizzolatti, G., and Craighero, L. (2004) The mirror-neuron system. *Annu. Rev. Neurosci.*, 27: 169-192.
- Savelsbergh, G. J., van Gastel, P. J., and van Kampen, P. M. (2010) Anticipation of penalty kicking direction can be improved by directing attention through perceptual learning. *Int. J. Sport Psychol.*, 41: 24-41.
- シュミット：調枝孝治ほか訳 (1994) 運動学習とパフォーマンス. 大修館書店：東京, pp.15-40.
- Sebanz, N., and Shiffrar, M. (2009) Detecting deception in a bluffing body: The role of expertise. *Psychon. Bull. Rev.*, 16: 170-175.
- 嶋田総太郎 (2009) 自己と他者を区別する脳のメカニズム. 開一夫・長谷川寿一編, ソーシャルブレインズー自己と他者を認知する脳. 東京大学出版会：東京, pp.59-77.
- Springer, A., Hamilton, A. F., and Cross, E. S. (2012) Simulating and predicting others' action. *Psychol. Res.*, 76: 383-387.
- 杉原隆 (2003) 運動指導の心理学 運動学習とモチベーションからの接近. 大修館書店：東京. pp. 26-74.
- Tomeo, E., Cesari, P., Aglioti, S. M., and Urgesi, C. (2012) Fooling the kickers but not the goalkeepers: Behavioral and neurophysiological correlates of fake action detection in soccer. *Cereb. Cortex*, 23 (11): 2765-2778.
- 田中ゆふ・関矢寛史 (2010) 投球予測における顕在的・潜在的知覚トレーニングの効果. *体育学研究*, 55: 499-511.
- Urgesi, C., Savonitto, M. M., Fabbro, F., and Aglioti, S. M. (2012) Long- and short-term plastic modeling of action prediction abilities in volleyball. *Psychol. Res.*, 76: 542-560.
- Vogt, S., Buccino, G., Wohlschläger, A. M., Canessa, N., Shah, N. J., Zilles, K., Eickhoff, S. B., Freund, H. J., Rizzolatti, G., and Fink, G. R. (2007) Prefrontal involvement in imitation learning of hand actions: Effects of practice and expertise. *Neuroimage*, 37 (4): 1371-1383.
- Williams, A. M., and Grant, A. (1999) Training perceptual skill in sport. *Int. J. Sport Psychol.*, 30: 194-220.
- Williams, A. M., Ward, P., and Chapman, C. (2003) Training perceptual skill in field hockey: Is there transfer from the laboratory to the field? *Res. Q. Exerc. Sport*, 74 (1): 98-103.
- Wright, M. J., Bishop, D. T., Jackson R. C., and Abernethy, B. (2011) Cortical fMRI activation to opponents' body kinematics in sport-related anticipation: Expert-novice differences with normal and point-light video. *Neurosci. Lett.*, 500: 216-221.
- Wright, M. J., and Jackson R. C. (2007) Brain region concerned with perceptual skills in tennis: An fMRI study. *Int. J. Sport Psychol.*, 63: 214-220.
- Yarrow, K., Brown, P., and Krakauer, J. W. (2009) Inside the brain of an elite athlete: The neural processes that support high achievement in sports. *Nat. Rev. Neurosci.*, 10: 585-596.

(平成26年7月25日受付)
(平成26年10月17日受理)

九州体育・スポーツ学会事務局ニュース（2014年度第2号）

九州体育・スポーツ学会事務局

◆九州体育・スポーツ学会第64回大会について◆

本年度の学会は、9月11日（金）～13日（日）で西九州大学を会場に開催されます。今回大会より会期が3日間となります。総演題数120以上を目標としております。多数のご参加をお待ちしております。

1. 期日 平成27年9月11日（金）～13日（日）
2. 会場 西九州大学 佐賀キャンパス（佐賀市内）

大会委員長 福本 敏雄

◆会費納入について◆

日本体育学会会員の会費は自動引き落としになっていますが、本学会のみの会員の会費は個別に振り込んでいただくことになっています。本年度会費をまだ入金されていない方は、早急に下記の学会口座まで振込をお願いします。

●ゆうちょ銀行からの振り込み受取口座

ゆうちょ銀行総合口座

口座名：九州体育・スポーツ学会事務局
口座番号：17060-16499461

●他行からの振込み受取口座

ゆうちょ銀行

口座名：九州体育・スポーツ学会事務局
店名：708 店番：708
預金種目：普通預金 口座番号：1649946

◆会員情報の変更について◆

所属の移動や転居などに伴い、会員登録情報に変更のあった方は速やかに学会事務局までメールにてご連絡ください。変更手続きは基本的にメールで行っています。また、退会される場合もご連絡ください。4月以降に会員情報の調査・整理作業を予定しております。特に卒業、修了後の学生を対象とした情報を把握したいと考えておりますので、ご協力のほどよろしくお願い申し上げます。

九州体育・スポーツ学会事務局

〒905-8585 沖縄県名護市字為又1220-1 名桜大学内 九州体育・スポーツ学会事務局

事務局代表 高瀬 幸一

E-mail kyutaijim@mail.meio-u.ac.jp

事務局長：高瀬 幸一 庶務担当：田原 亮二 会計担当：遠矢 英憲

編集後記

本年度から編集委員を務めさせていただいております。九州体育・スポーツ学研究第29巻第2号をお届けすることができました。本号には、4編の論文が掲載されておりますが、内3編が大学院生による執筆で、九州における若手の研究者育成に本誌が寄与していることを大変嬉しく思っております。掲載論文は、スポーツ心理学分野における自己調整学習と体育授業に対する適応との関連、並びに同時模倣学習の動作予測に関する有効性について、また、対象を同じ大学野球投手としたピッチングの身体各部位の筋硬度への影響、地面反力および力積の投球速度に及ぼす影響という興味深い内容となっております。

多くの人命を奪い、未曾有の原発事故を引き起こした東日本大震災からもうすぐ4年となります。震災によって私たちは、本当に大切なものは何かということ突きつけられたように思います。3月のこの時期は、体育・スポーツの持つ力、また教育や研究のあり方を省みる機会にしたいと思います。

最後になりましたが、これからも本機関誌へご投稿くださいますようお願いするとともに、お忙しい中、査読や編集にご協力いただきました先生方に深く感謝申し上げます。

(坂下 玲子)

編集委員会

熊谷 秋三 (委員長)	青柳 領	高橋 るみ子	坂下 玲子
田中 宏暁	田中 守	森 司朗	

Editorial Board

S.Kumagai (Editor-in-Chief)	O.Aoyagi	R.Takahashi	R.Sakashita
H.Tanaka	M.Tanaka	S.Mori	

平成27年 3月26日 印刷
平成27年 3月30日 発行

非売品

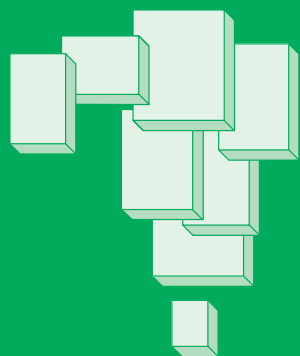
発行者 磯貝 浩久

発行所 九州体育・スポーツ学会

所在地 〒905-8585 沖縄県名護市字為又1220-1
名城大学内
九州体育・スポーツ学会事務局
事務局代表者 高瀬幸一
Fax 0980-52-4640
E-mail kyutaijim@mail.meio-u.ac.jp

郵便振替 1. ゆうちょ銀行からの振り込み受取口座
ゆうちょ銀行総合口座
番号 17060-16499461
名称 九州体育・スポーツ学会事務局
2. 他行からの振り込み受取口座
ゆうちょ銀行普通預金
(店名708、店番708) 預金種目：普通預金
番号 1649946
名称 九州体育・スポーツ学会事務局

印刷所 城島印刷株式会社
〒810-0012 福岡市中央区白金2-9-6
電話 092-531-7102



Kyushu Journal of Physical Education and Sport

Contents

Original papers

Yasuo Susaki and Yoshio Sugiyama:

Relations between self-regulated learning strategies and
adjustment to physical education class 1

Shin Hasegawa:

The effect of baseball pitching on muscle hardness. 13

Masahiro Kageyama, Chiharu Suzuki, Mineaki Iwamoto, Takashi Sugiyama
and Akira Maeda:

The influence of change in the ground-reaction forces and
impulse during pitching on ball velocity in university baseball pitchers 21

Material

Satoshi Unenaka, Hiroki Nakamoto, Sachi Ikudome and Shiro Mori:

Effects of concurrent imitation learning on anticipating feint action in basketball 33

News 43