

研究ノート（実践報告）

縦断的な投球動作の評価と実践が 大学生投手のパフォーマンスに与える統合的検討

波戸 謙太^{* ****}, 梶田 和宏^{**}, 小野寺和也^{***}, 谷川 聡^{****}, 川村 卓^{****}

An Integrative Examination of Longitudinal Pitching Motion Assessment and Practice on the Performance of College student Pitcher

Kenta Hato^{* ****}, Kazuhiro Kajita^{**}, Kazuya Onodera^{***},
Satoru Tanigawa^{****}, Takashi Kawamura^{****}

要 約

本研究は、大学生投手の投球動作をバイオメカニクスの評価し、課題解決に向けて実践させるサイクルを循環させることが、1) 三次元的な投球動作と2) 内在的な運動感覚の変容に与える影響を縦断的調査から統合的に検討した一事例を報告することを目的とした。対象者は、リーグ戦出場経験のない大学生投手1名とし、3回の縦断的な動作分析を実施した。そこで得られた結果を基に、プロ野球投手47名分の平均動作モデルと比較を行い、課題の抽出と現状把握を試みた。その結果、大学生投手の投球動作に関する課題設定や現状把握ができ、投球動作を変容させることやパフォーマンスの向上に繋がった。動作をバイオメカニクスの評価するサイクルを循環させることで、対象者は自己観察的に選手自身の動きのイメージや意識をより客観的な情報に近い形で習得することができ、内在的な運動感覚と定量的なデータが一致するようになる傾向を示した。

キーワード：混合研究法、質的要因、量的要因、キネマティクス、三次元動作分析、ピッチングアセスメント

* 筑波大学大学院人間総合科学学術院
〒305-8574 茨城県つくば市天王台 1-1-1

** 京都先端科学大学健康医療学部
〒621-8555 京都府亀岡市曾我部町南条大谷 1-1

*** 仙台大学体育学部
〒969-1693 宮城県柴田郡柴田町船岡南 2-2-18

**** 筑波大学体育系
〒305-8574 茨城県つくば市天王台 1-1-1

注) 筆頭筆者の所属は、投稿時が*であり、現在は****である。

* Graduate School of Comprehensive Human Sciences, University of Tsukuba.

** Faculty of Health and Medical Sciences, Kyoto University of Advanced science.

*** Faculty of Sport Science, Sendai University.

**** Faculty of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba.

受付日：2022年12月21日

受諾日：2023年10月6日

Abstract

The purpose of this study was to investigate the effects of a cycle of biomechanically evaluating the pitching motion of college student pitchers and having them practice it toward solving problems on 1) three-dimensional pitching motion and 2) changes in intrinsic kinesthesia from a longitudinal study. The subject was one college student pitcher who had never played in the official league games, and three longitudinal motion analyses were conducted. Based on the results obtained, we attempted to identify problems and understand the current conditions by comparing the pitching motion models of 47 professional baseball pitchers. As a result, we could set problems and understand the current conditions of the pitching motion of college student pitchers. This led to changes in their pitching motion and improved performance. Furthermore, by repeating the cycle of biomechanical assessment of movement, the subject could acquire a self-observational image and awareness of their movement more closely resembling objective information. Furthermore, the intrinsic sense of movement and quantitative data tended to become more consistent.

Key words : mixed methods research, Qualitative data, Quantitative data, kinematics, 3-dimensional motion analysis technique, pitching assessment

I. はじめに

スポーツ技術を科学的に捉えることが主流となってきた昨今、野球の投手育成においては、コーチング方法やトレーニングに関する、数値化されたデータを含めた情報が錯綜していることに加え、これらの情報には矛盾する内容を含んでいるといった課題⁸⁾がある。さらに、SNSによるコーチやトレーナーなどからの独自の理論を基にした情報発信も増え、その傾向が強くなっていることが窺える。また、投球・打撃によるパフォーマンスデータを即時的に取得できる測定機器 (Rapsodo pitching・Rapsodo Hitting (Rapsodo 社製)、テクニカルピッチ (WHDC 社製)、Blast baseball (Blast motion 社製)) 等が登場し、コーチング現場においても選手のパフォーマンスを客観的な数値を用いて可視化することで、競技力の向上へ繋げていくことの重要性が徐々に浸透しつつある。このようなセンシングデータを使用し、競技力向上へ活かした事例・実践研究^{10, 14)}が増えつつあるものの、測定機器から算出された数値の解釈が現場では難しい¹⁴⁾といった指摘もあり、依然としてコーチング現場と研究者の間には乖離があると考えられる。上記課題を学術的な視点から解決していくためには、研究で得られた知見をコーチング現場で実践し、その効果を科学的に解明し検証する必要性が挙げられる。先行研究では、以上のような現状を打開するために、投球や打撃動作指導に関するコーチの着眼点を検討したもの^{14, 15, 20)}や定量的なデータを基にパフォーマンスの改善事例を報告したものの^{10, 21, 30)}があり、コーチング現場に役立つ知見が蓄積されつつある。

近年では、定性的データ (以下、「質的データ」とする) と定量的データ (以下、「量的データ」とする) の強みを統合させ、より深い理解を導き出す混合研究方法を用いた研究がスポーツ科学の分野においても徐々に実施されつつある^{1, 11, 12, 36)}。量的データは、件数や頻度、身長や体重などの数量的・客観的視点として示されるものであり、普遍性の高い理論の構築に役立つ。一方で、質的データは、現象や性質など数値で表すことができない選手の「語り」や「心理社会的背景」などの詳細な記述によるものであり、個性の明確化や仮説の生成に役立つものとなる。ただし、量的データと質的データには、どちらのデータにも長所と短所が存在する¹³⁾。量的データの場合、一般性や普遍性、規則性を生み出すことができるものの、個人の持つストーリーや意味を十分に調査することや、個人の視点を深く精査することができない^{13, 17, 28)}。一方、質的データは信頼性や妥当性、個人の経験に関する深い視点を調査できるものの、少数の人々から大きな母集団への一般化はできず、一般の人々が何を感じているのかを正確に測定することができない^{13, 26)}。混合研究法は、上記のような量的データと質的データから得られるそれぞれの強みを統合させることによって、より深い理解をもたらすことを促進させる研究手法となる^{13, 26)}。

スポーツ現場においても、プレーの精度を向上させるためには、選手・コーチの質的 (コツやカン、意識や意図)・量的 (測定データ) なアプローチを駆使していくことが必要である²⁵⁾。野球の投手育成においても、育成方法の体系化が指摘される中で一貫したコーチングを構築するためには、研究者とコーチが共通の認識を持つ技

術的ポイントを知る必要があり、質的データと量的データに関する具体的な活用法を検討することが重要な観点になると考えられる。しかし、野球に関する事例・実践研究を概観すると、その多くは量的データを基にパフォーマンスの改善について報告されたものばかりである^{21, 30)}。コーチング現場に求められているのは、「どうなっているのか」の説明ではなく、「どのようにすればいいのか」という知識としての技術であるため³⁷⁾、量的データの推移だけでなくその中で実施されたコーチのコーチング内容やそれに伴う選手自身の内在的な運動感覚の変容(=質的要因)を取り上げて検討することが重要である。さらに、バイオメカニクス的手法によって取得されたキネマティクスデータは、動作の結果(=現象)を示すことはできても、なぜその動作になったのかの原因を説明することが困難となる。したがって、インタビュー調査によって動作の変容に伴う選手の感覚(コツやカン)やコーチが実施したコーチング内容を聞き出し、量的データと紐づけることができれば、コーチング現場が求める「どのようにすべきか」に応える知見が提示できると考えた。

そこで本研究は、大学生投手の投球動作をバイオメカニクス的に評価し、課題解決へ向けて実践させるサイクルを循環させることが、1) 三次元的な投球動作と2) 内在的な運動感覚の変容に与える影響を縦断的調査から統合的に検討した一事例を報告することを目的とした。

II. 方法

A. 研究対象者

研究対象者は、X大学硬式野球部に所属するリーグ戦出場経験のない右投げ大学生投手1名(研究開始である2年生時の身体特性ならびに競技歴:身長176.0cm, 体重70.0kg, 年齢21歳, 競技歴14年, 以下「投手A」とする)であった。さらに、プロ野球投手(以下、「プロ投手」とする)の投球動作モデルを用いてコーチングを行う者は、同大学硬式野球部の監督1名(以下、「コーチB」とする)であった。投球動作の評価を実施する筆頭著者は、これまで投球動作の測定・分析において5年以上の経験を有しており、社会人野球企業のアナリストとして6年以上のデータを活用したコーチング経験を持ち、さらに当該大学のコーチとして指導に従事していた。

投手Aの所属するX大学硬式野球部は、C大学野球連盟1部リーグに所属しており、過去5年間で明治神宮大会出場1回、D地区大学野球選手権出場2回の実績を有する大学である。投手Aは、高校時代チームのエースとして全国高等学校野球選手権Z大会において準優勝の経験があるものの、プロ野球やトップレベルの大学からスカウトされることなく一般入試を経てX大学へ入学した。研究開始当初は、筆頭筆者による客観的な視点から見ると、入学して以降リーグ戦の出場経験がないこともあり、まずはリーグ戦へ出場して活躍するための競技力を獲得するべく成長を志向している段階であった。

実験の参加にあたり研究対象者には、本研究の目的と実験条件、個人情報の取り扱いについて説明を行った。また、その際に研究成果発表までの間、データ利用の同意を撤回できる旨を説明し、研究参加は研究対象者の自由意思に基づき、研究協力しない場合も一切の不利益を被らないことを保証した上で同意を得た。また、プロ投手の投球動作における平均動作モデルの作成、大学野球投手への活用および論文発表することにおいて、データを取得した各球団へ上記と同様の説明を口頭および書面で実施し、書面にて同意を得た。なお、本研究は筑波大学体育系研究倫理委員会(課題番号:体021-115)の承認を得て実施された。

B. 分析手順

図1に三次元動作分析による分析手順を示した。評価期間は、第1回の測定を春季C大学野球連盟リーグ戦終了時(2021年6月)に実施し、第3回の測定を翌年の春季C大学野球連盟リーグ戦開始時(2022年5月)とし、約10か月の期間を要した。その中で、投手Aは、合計3回におよぶ投球動作の三次元動作分析を実施することで投球動作を縦断的に評価し、そこで得られた課題をもとに実践(練習)するサイクルを循環させた。

混合研究法では、量的データを取得した後、量的データの結果を解釈するために質的データを取得する説明的順次デザインが用いられている^{13, 28)}。本研究は、説明的順次デザインを用いて、動作分析によって得られた結果に対して、なぜそのような動作になったのかの原因を探索するために、動作分析を実施した後、インタビュー調査を実施することで動作分析の結果を補完するための語

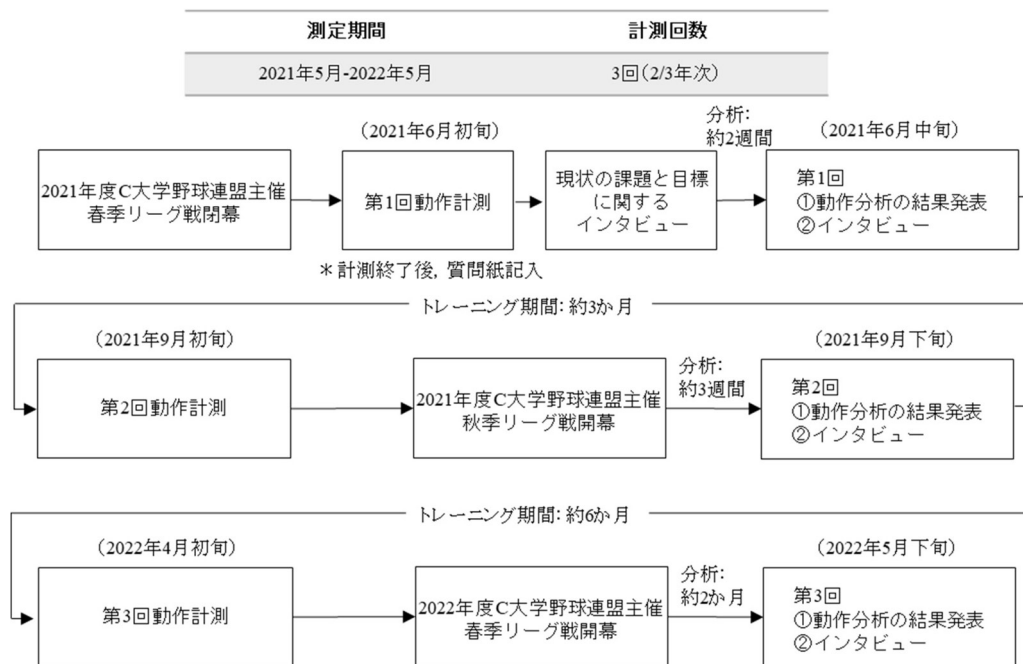


図1 本研究における分析手順

りの抽出を行った。したがって、①動作計測を実施、②動作分析の結果発表、③インタビュー調査（②と③は適宜交互に実施した）、④動作分析とインタビューの内容をもとに、大学生投手Aの実践（練習）、を一連のサイクルとし縦断的調査を実施した。

分析の観点として第1回の分析では、プロ投手における平均動作モデルとの比較を行い動作の改善点を把握した。第2回の分析は、第1回の結果と比較し改善された動作を検討した。さらに、プロ投手との比較から、さらなるパフォーマンスの発揮のための動作を検討した。第3回の分析は、第2回の結果とプロ投手の動作を比較し、動作の変容について検討した。

1. 量的データ分析

1) 測定試技および分析試技

大学生投手の測定試技は、投手板から18.44m離れた捕手に向かってストレートの全力投球を15球行った。分析試技は、対象者による5段階の内省報告（ストライクゾーンに投球され、スムーズな投球動作であること）に加え、ボールの球質を測定するTechnical Pitch（WHDC社製）を使用した15球の試技において、内省点と球速が最も平均値に近い3球とした。プロ投手の測定試技は、球数を制限せず最大努力によるストレートと

した。分析試技は、ストライクゾーンに投球された最も球速の大きい1試技とした。^{注1)}

2) データ収集およびデータ処理

投球動作の三次元座標を算出するために、完全に同期された2台の高速度VTRカメラ（スポーツセンシング社製：スポーツコーチングカム）を用い、撮影速度毎秒300コマ（露出時間1/2000秒）で撮影を行った（図2A）。また、試技の撮影前にキャリブレーションボール（DKH社製、高さ：2.0m、較正点：4個）を撮影範囲の12カ所へ垂直に立て順に撮影した。本研究で用いた静止座標系は、投球方向をy軸、鉛直方向をz軸、対象者の左右方向でy軸とz軸に垂直な、三塁に向かう方向をx軸とした。撮影範囲は、ホームプレートから見て前後方向を2.7m、左右方向を1.8m、上下方向を2.0mとした。本研究では、右投手の場合、右脚をピボット脚、左脚をストライド脚と定義した（左投手の場合は、それらを逆とした）。

分析範囲は、ストライド脚膝関節最大挙上5コマ前からボールリリース後5コマまでとした。ストライド脚膝関節最大挙上5コマ前からボールリリース後5コマにおける毎秒300コマの画像について、身体部位25点とボール中心1点の計26点（図2B）を動作解析システムFrame-DIASVを用いて手動でデジタイズした。デジタ

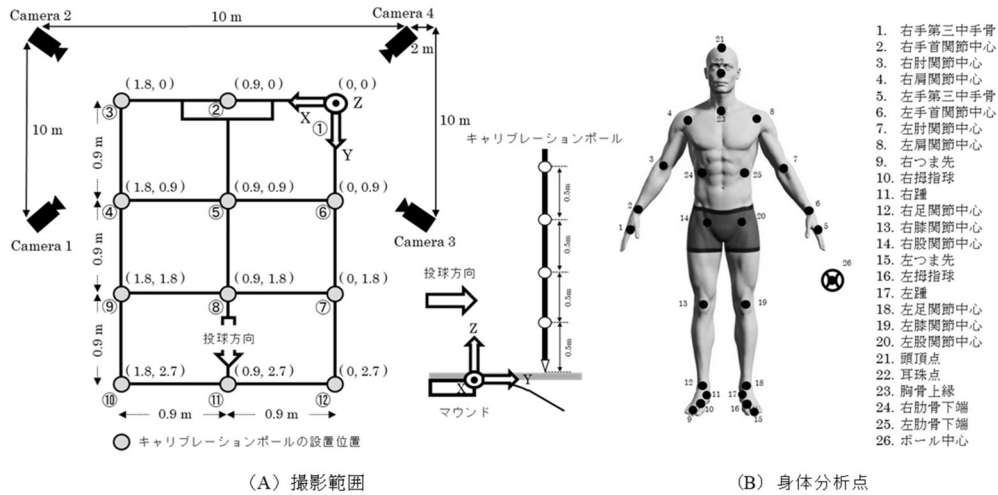


図2 本研究の撮影範囲と身体分析点

イズされた座標値を三次元 DLT 法により実長換算し、身体部位の三次元座標を算出した。算出した三次元座標の各成分は、Wells and Winter³⁸⁾の方法により三次元座標データの成分毎に最適遮断数 (5-30Hz) を決定し、位相ずれのない Butterworth digital filter を用いて平滑化した。合計 3 回実施した投手 A の測定と 2 回実施したプロ投手の測定において算出した三次元座標の平均誤差は、大学生投手の測定が両日程ともに X 軸方向 2.0mm, Y 軸方向 3.0mm, Z 軸方向 2.0mm, プロ投手の測定が両日程ともに X 軸方向 2.0mm, Y 軸方向 2.0mm, Z 軸方向 3.0mm であった。さらに、本研究は波戸ら⁸⁾の定義を基に動作の時点点を 5 つに分け、局面の定義分けには島田ら³³⁾の定義を基に示すこととした (図 2C)。投手 A における分析ごとと比較には、Maximum High Leg (MHL) ~Stride Foot Contact (SFC) を 100%, SFC~Ball Release (REL) までを 100% とし、3 次スプライン関数を用いて補間することで規格化し、時系列データとして比較を行った。

試合時における投手 A の球速は、スピードガン

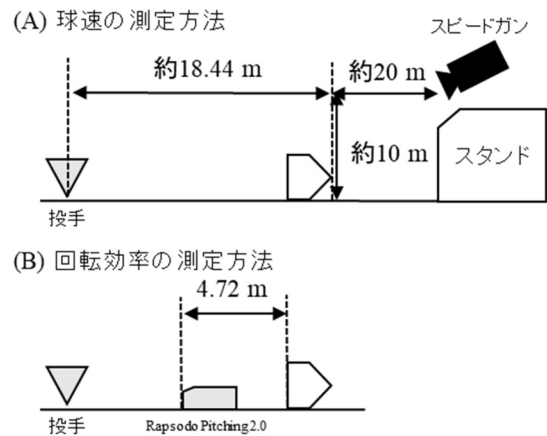


図3 球速と回転効率の測定方法

(1GJYM20000:ミズノ社製) を使用し取得した。スピードガンをホームベース捕手側先端から約 20m 程離れたバックネットを挟んだ捕手の真裏に来るような位置に設置し、測定を実施した (図 3A)。回転効率は、練習時に Rapsodo pitching 2.0 (Rapsodo 社製) を使用し取得した。Rapsodo pitching 2.0 をホームベース投手側先端

から 4.72m 離れた位置に設置し、測定を実施した (図 3B)。

3) 関節角度の定義

3-1) 下胴座標系

下胴座標系では、両股関節の midpoint から両肋骨下端の midpoint へ向かうベクトルを zlt 軸とし、左股関節から右股関節へ向かうベクトルを補助ベクトル alt と定め、 zlt 軸ベクトルと補助ベクトル alt の外積から ylt 軸ベクトルを、 ylt 軸ベクトルと zlt 軸ベクトルの外積から xlt 軸ベクトルと定めた。

① 股関節屈曲伸展角度

右股関節の屈伸角度は、下胴座標系の yz 平面において $-zlt$ と右股関節から右膝関節へ向かうベクトルのなす角度とした。 $-zlt$ を 0° として、屈曲を正 (+)、伸展を負 (-) と定義した。同様にして、左股関節の屈曲伸展角度を算出した。

② 股関節内外転角度

右股関節の内外転角度は、下胴座標系の yz 平面と右股関節から右膝関節へ向かうベクトルのなす角度とした。 yz 平面を基準 (0°) に、外転を正 (+)、内転を負 (-) と定義した。同様にして、左股関節の内外転角度を算出した。

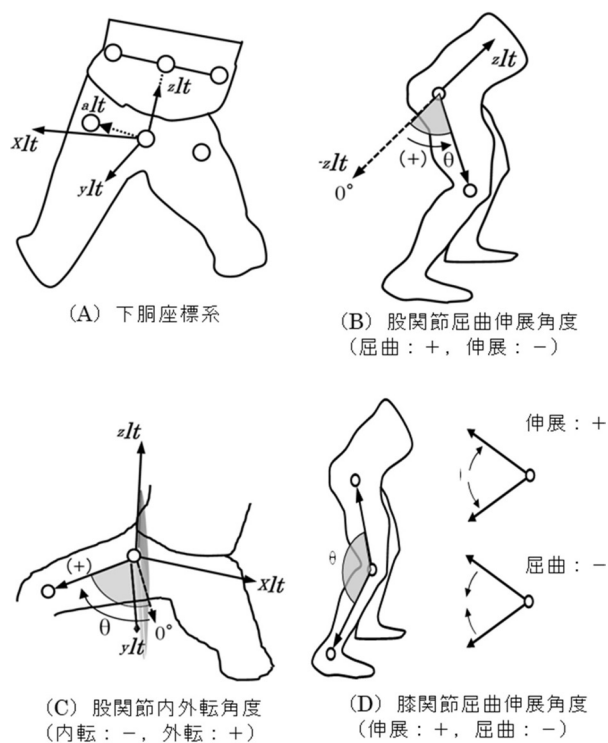


図4 下肢動作における関節角度の定義

③ 膝関節屈曲伸展

膝関節から股関節へ向かうベクトルを 0° とし、膝関節から足関節へ向かうベクトルのなす角度とし、伸展を正 (+)、屈曲を負 (-) とした。左股関節においても、右股関節と同様に算出した。なお、動作における解釈のしやすさを考慮し、完全伸展を 180° とした。

3-2) 上胴座標系

上胴座標系では、両肋骨下端の midpoint から両肩関節の midpoint へ向かうベクトルを Zut 軸とし、左肩関節から右肩関節へ向かうベクトルを補助ベクトル aut と定め、 Zut 軸ベクトルと補助ベクトル aut の外積から Yut 軸ベクトルを、 Yut 軸ベクトルと Zut 軸ベクトルの外積から Xut 軸ベクトルを算出した。

① 肩関節内外旋角度

上胴座標系の YZ 平面において、 zut ベクトルに対して右肘関節から右手関節へ向かうベクトルがなす角度を肩関節内外旋角度とした。なお、外旋を正、内旋を負とした。

② 肩関節内外転角度

上胴座標系の ZX 平面において、 $-Zut$ 軸に対して右肩関節から右肘関節へ向かうベクトルがなす角度を右肩関節の内外転角度とした。なお、外転位を正、内転位を負とした。

③ 肩関節水平内外転角度

上胴座標系の XY 平面において、 Xut 軸に対して右肩関節から右肘関節へ向かうベクトルがなす角度を右肩関節の水平内外転角度とした。なお、水平内転位を正、水平外転位を負とした。

④ 肘関節屈曲伸展角度

右肘関節から右肩関節へ向かうベクトルと右肘関節から右手関節へ向かうベクトルのなす角度を右肘関節の屈曲伸展角度とした。なお伸展を正、屈曲を負と定義する。

3-3) 上胴・下胴回旋角度

上胴・下胴回旋角度は、左肩関節および左股関節から右肩関節および右股関節へ向かうベクトルを作成し、静止座標系の y 軸に対する角度とした。そのため、本研究では、投球方向に回転した際を正 (+) の角度、その逆を負 (-) の角度と定義した。3塁に正対した角度を 0° とし、ホームベースに正対した角度を 90° とした。

3-4) 体幹傾斜角度

体幹前後傾斜角度は、 YZ 平面に対して下胴の midpoint (左

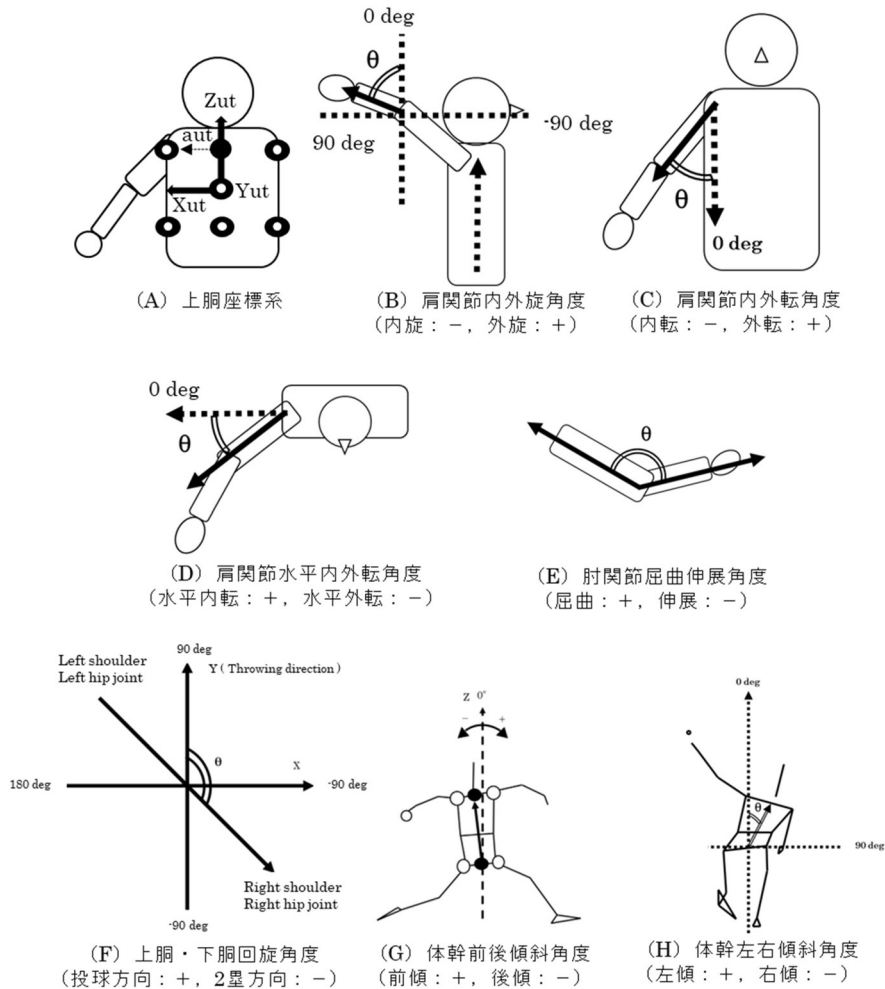


図5 上半身動作における関節角度の定義

右の上前腸骨棘を結んだ中心) から上胴の midpoint (左右の肩関節を結んだ midpoint) に向かうベクトルを作成し、静止座標系の Z 軸に対する角度とした。直立姿勢を 0° とし前傾位を正、後傾位を負とした。体幹左右傾斜角度は、ZX 平面において、下胴の midpoint (左右の上前腸骨棘を結んだ中心) から上胴の midpoint (左右の肩関節を結んだ midpoint) に向かうベクトルを作成し、静止座標系の Z 軸に対する角度とした。直立姿勢を 0° とし左傾位を正、右傾位を負とした。

4) 角速度

上記に記載した各関節角度、部分角度を五点微分法により数値微分することで、角速度を算出した。

5) モデルの作成ならびに投手 A との比較

大学生投手との比較を行うプロ投手 (日本野球機構所属) の平均動作モデルは、プロ投手 47 名 (身長 181.0 ± 5.1 cm, 体重 86.1 ± 8.4 kg, 年齢 26.0 ± 4.5 歳) の投球動

作を平均化したものである。また、本研究は、先行研究にて球速に貢献する動作^{4, 5, 16, 18, 35)} やプロ野球投手の投球動作のアセスメント項目^{8, 9)} として報告されている投球動作の要因を抽出し、プロ野球投手 47 名分の平均値と標準偏差を算出した。引用した先行研究は、本研究と同様な角度の算出方法であり、先行研究の角度定義が異なる場合は本研究の定義に合うように補正した (表 1)。ここで得られたキネマティックパラメータの平均値について、プロ投手と大学生投手 A の比較を行った (表 2)。

本研究では、投手 A の投球パフォーマンスにおける課題を設定する際の注意点として、インタビュー時に投手 A とコーチ B が課題と感じている動作を中心にプロ投手との比較を行うようにした。さらに、課題となる動作の原因を分析する際には、球速に貢献する動作^{4, 5, 16, 18, 35)} やプロ投手の投球動作のアセスメント項目^{8, 9)} として報告されている投球動作を手掛かりに、項目選択を行った。

表1 本研究のアセスメントとして抽出した項目と各種値

文献	競技水準	抽出項目	角度(deg)
			角速度(deg/s)
Fleisig et al. (1999)	プロ(n = 60)	最大下胴回旋角速度	620.0 ± 80.0
		最大上胴回旋角速度	1200.0 ± 80.0
		最大肩関節水平外転角度	85.0 ± 11.0
		最大肘関節伸展角速度	2320.0 ± 300.0
		最大肩関節内旋角速度	-7240.0 ± 1090.0
		REL時肩関節内外転角度	99.0 ± 10.0
Escamila et al. (2001)	プロ(n = 60)	最大肘関節伸展角度	109.0 ± 16.0
		REL時肘関節伸展角度	160.0 ± 7.0
Matsuo et al. (2001)	大学生・プロ(高速群, n = 29)	REL時スライド脚膝関節伸展角速度	243.0 ± 149.0
		最大肩関節水平内外転角速度	579.0 ± 166.0
		最大体幹前方回転角速度	406.0 ± 70.0
高橋ら(2005)	大学生・社会人(高速群, n = 10)	最大肩関節水平外転角度	-50.9 ± 10.3
		最大肩関節水平内外転角速度	749.4 ± 248.0
川村ら(2012)	大学生(高速群, n = 8)	最大ピボット脚股関節外転角度	-59.8 ± 8.2
		最大肩関節水平外転角度	-57.8 ± 9.1
		SFC時上胴回旋角速度	442.2 ± 274.3
		SFC時下胴回旋角速度	517.8 ± 244.3
		最大肩関節外旋角度	104.0 ± 7.5
		最大肩関節水平内転角速度	1035.3 ± 24.0
		最大体幹前方回転角速度	376.9 ± 28.1
		REL時スライド脚膝関節伸展角速度	315.3 ± 154.3
		REL時肘関節伸展速度	147.7 ± 320.2
波戸ら(2021)	プロ(Top群, n = 9)	SFC時下胴回旋角速度	643.8 ± 103.4
		REL時股関節伸展速度	-136.2 ± 120.5
波戸ら(2023)	プロ(Top群, n = 26)	最大肩関節水平外転角速度	-995.3 ± 301.5
		最大肩関節外旋角度	104.0 ± 9.9
		最大肩関節水平内転角速度	1358.5 ± 310.9
		REL時肩関節水平内転角速度	147.7 ± 320.2

2. 質的データ分析

1) 事前調査

インタビュー調査に先立ち、動作測定終了時に、調査内容に対して自由記述形式で回答を求めるアンケート調査票を投手AとコーチBに手渡し、記述してもらった。インタビュー調査時には、それを補助資料として用いた。質問項目は後述するインタビューガイドと同様なものであった。

2) インタビュー調査の方法および内容

インタビュー調査には、半構造化面接を用いた。あらかじめインタビューガイドを設定してインタビューの均一化を図るとともに、質問項目に関する詳細な情報を聞くために、会話の内容に応じた補足質問を随時追加し実施した。投手AとコーチBには、投球動作に関するインタビュー調査を4回実施した(図1)。インタビュー調査は、筆頭筆者が投手AとコーチBに対して、三次元動作分析の結果のフィードバックと並行しながら実施した。

投手Aに対する調査内容は、「測定時での動きの意識」

「測定時の出来栄えや感覚」「コツの獲得となった動きの具体例やプロセス」「動きの意識・コツの獲得に伴った競技への影響」とした。コーチBに対する調査内容は、「具体的なコーチング内容」「パフォーマンス発揮のための動きの長所・改善点」「動きの変化やそれに伴った競技への影響」などであった。それぞれのインタビューの詳細は、表3に示した。

本インタビュー調査の聞き手は、筆頭筆者本人(以下、「調査者」とする)であった。調査者は、インタビュー調査が初めての経験であったため、面接状況を想定した意見交換を共同研究者と行い、インタビュー調査の習熟をはかった。質的インタビューでは、聞き手の現場感覚および、生成的視点が重要となる²⁷⁾。実践知を聞き取る先行研究においては、聞き手が語り手と同様の経験をつんでいることが役立つとされている^{29, 32)}。本研究における聞き手は、投手AとコーチBが所属する大学の投手コーチを務めており、日ごろから投手AやコーチBと同じ環境下で練習を行い、コミュニケーションをとっていた。そのため、投手AやコーチBの語りを深く理解し、

表2 プロ野球投手と投手 A における3回分の分析結果に関する平均値の比較

Competition level		プロ野球投手平均 n=47	本研究の大学生投手		
			第1回 n=3	第2回 n=3	第3回 n=3
Number of subject					
Ball Speed	(km/h)	140.0 ± 6.5	136.0 ± 2.0	136.5 ± 3.8	136.4 ± 0.1
Ball Spin	(rpm)	2263.8 ± 25.7	2310.3 ± 33.2	2241.1 ± 43.4
ピボット脚最大股関節外転角度	(deg)	53.30 ± 12.00	54.08 ± 2.39	68.97 ± 7.95	57.97 ± 3.09
最大肩関節水平外転角度	(deg)	-55.10 ± 15.60	-61.80 ± 11.70	-63.26 ± 7.91	-59.86 ± 6.82
最大肩関節水平外転角速度	(deg/s)	-953.50 ± 301.50	-984.80 ± 50.40	-668.14 ± 187.23	-619.26 ± 67.40
SFC時上腕回旋角度	(deg)	-12.60 ± 18.00	1.86 ± 7.73	5.73 ± 3.90	22.99 ± 3.04
SFC時下腕回旋角度	(deg)	25.20 ± 13.70	45.59 ± 8.98	28.40 ± 1.81	44.67 ± 6.18
SFC時体幹捻転角度	(deg)	-37.80 ± 14.20	-43.72 ± 8.66	-22.67 ± 5.64	-21.69 ± 8.76
SFC時上腕回旋角速度	(deg/s)	652.60 ± 412.10	989.97 ± 126.50	1009.29 ± 365.08	1171.56 ± 162.90
SFC時下腕回旋角速度	(deg/s)	435.80 ± 291.50	493.42 ± 286.85	378.29 ± 214.17	591.55 ± 57.47
最大上腕回旋角速度	(deg/s)	1482.30 ± 276.60	1508.62 ± 181.45	1464.33 ± 114.07	1459.27 ± 99.23
最大下腕回旋角速度	(deg/s)	581.20 ± 163.90	705.17 ± 188.38	616.24 ± 163.93	713.86 ± 141.83
最大肩関節外旋角度	(deg)	103.90 ± 10.10	80.13 ± 2.24	95.66 ± 1.30	82.85 ± 5.37
MER時肩関節水平内外転角度	(deg)	8.00 ± 14.10	-16.38 ± 8.46	-1.61 ± 8.56	-20.10 ± 5.36
MER時体幹前後傾斜角度	(deg)	115.30 ± 9.10	110.88 ± 2.79	114.97 ± 3.10	114.74 ± 3.67
REL時肩関節内外転角度	(deg)	96.30 ± 11.80	74.40 ± 2.90	76.90 ± 1.40	98.20 ± 2.60
REL時肩関節水平内外転角速度	(deg/s)	163.40 ± 352.70	-117.30 ± 412.30	159.70 ± 234.20	222.20 ± 383.00
REL時肘関節屈伸角度	(deg)	158.10 ± 7.20	145.20 ± 6.10	145.50 ± 3.60	158.60 ± 4.70
REL時体幹左右傾斜角度	(deg)	46.40 ± 0.20	51.56 ± 6.39	50.16 ± 9.14	43.05 ± 3.48
REL時ストライド股関節伸展角速度	(deg/s)	-42.80 ± 173.40	22.93 ± 124.95	-125.49 ± 113.12	79.10 ± 106.82
REL時ストライド膝関節伸展角速度	(deg/s)	143.40 ± 213.20	-269.21 ± 206.65	-237.26 ± 21.62	-14.28 ± 238.53
REL時体幹前方回旋角速度	(deg/s)	81.10 ± 258.30	313.53 ± 173.97	183.91 ± 101.43	93.32 ± 33.18
最大体幹前方回旋角速度	(deg/s)	359.40 ± 271.00	436.27 ± 94.40	315.73 ± 27.29	291.92 ± 83.61
最大肩関節内転角速度	(deg/s)	-6530.10 ± 1350.20	-6036.81 ± 832.11	-5010.28 ± 539.29	-5956.00 ± 1573.90
最大肩関節水平内転角速度	(deg/s)	1437.30 ± 331.70	1458.70 ± 390.20	1062.19 ± 49.31	1097.44 ± 336.91
最大肘関節伸展角度	(deg)	158.50 ± 7.20	145.24 ± 6.12	145.52 ± 3.59	157.06 ± 4.70
最大肘関節伸展角速度	(deg/s)	2533.70 ± 431.20	1969.70 ± 442.92	2125.94 ± 317.87	1934.11 ± 288.69
エクステンション(身長比) ^{†1}	(%)	1.12 ± 0.20	1.22 ± 0.01	1.21 ± 0.06	1.18 ± 0.08
リリースの高さ(身長比) ^{†2}	(%)	0.75 ± 0.07	0.70 ± 0.01	0.70 ± 0.01	0.77 ± 0.00
ストライド長(身長比) ^{†3}	(%)	0.96 ± 0.16	0.96 ± 0.01	0.95 ± 0.01	0.93 ± 0.01

^{†1} リリース時1コマ前におけるボールのY座標を身長で除し、身長を100%とした際の百分率で算出した。^{†2} リリース時1コマ前におけるボールのZ座標を身長で除し、身長を100%とした際の百分率で算出した。^{†3} SFC時におけるストライド脚つま先のY座標からピボット脚つま先のY座標を引いた値を身長で除し、身長を100%とした際の百分率で算出した。

*なお、上肢関節運動は、すべて投球腕側上肢関節角度・角速度を示している。

語りにリアリティを感じる現場感覚および生成的視点を持っていたと考えられる。

インタビュー調査は、調査者と投手A、コーチBが1対1で対話できる静かな場所で実施し、主に、投手AとコーチBが所属する大学のセミナー室で実施した。調査者は、インタビューの場において、投手AとコーチBの語りに敬意と好奇心を持って臨むこと、語りに対して先入観を持たずに共感する態度を持ち合わせることを心がけた²⁷⁾。インタビューの内容は、すべてボイスレコーダーを用いて録音した。投手Aのインタビュー時間は各回約60分であり、コーチBのインタビュー時間は各回約30分だった。

「語り」の抽出およびその解釈の信頼性および内的妥

当性の保障については、逐語録を研究対象者本人と共同研究者で直接確認するとともに、それが発言の趣旨と異なっていないか、加筆および訂正箇所はないかを確認し、必要に応じて加筆修正した。これらの作業を終えたものを語りの内容とした。なお、投手Aのコメントは『』、コーチBのコメントは「」で示した。

3. 統計処理

基本統計量は、平均値±標準偏差で示した。試合時に取得した球速や練習時に取得した回転効率^{注2)}に関する各分析回間の比較には、一元配置分散分析を用いて比較を行った。分析には、SPSS ver.24 (IBM社製) 使用し、いずれの分析においても有意水準は5%未満とした。

表3 各回における大まかなインタビュー調査の内容

		時間	文字数	インタビューに関する主な概要
測定前	投手A	15分23秒	2223	① 投手としての長所と短所 ② 4年次を見据えた目標 ③ ②を解決するための動作的課題
	コーチB	10分33秒	1974	① 投手Aの印象 ② 4年次を見据えてどんな投手に成長して欲しいか ③ ②を解決するための動作的課題
第1回分析結果発表時	投手A	1時間47秒	9032	① 投球時に意識している動作のポイントや投球時の運動感覚は？ ② 映像(スティックピクチャー)を見て感じる投手Aとプロ投手の違いは？ ③ プロ投手と比較した際の動作的課題について(筆頭筆者からのフィードバック) ④ フィードバックした投球動作の分析結果についての質疑応答
	コーチB	30分36秒	4616	① 映像(スティックピクチャー)を見て感じる投手Aとプロ投手の違いは？ ② プロ投手と比較した際の動作的課題(筆頭筆者からのフィードバック) →動きの説明と改善策, コーチングのポイントについて
第2回分析結果発表時	投手A	1時間9分23秒	9320	① 投球時に意識している動作のポイントや投球時の運動感覚は？ ② 第1回の分析を踏まえて、取り組んできたこと・コーチBから受けたコーチング内容 ③ 主観的に変わったと感じる動作とコツの獲得プロセス ④ 動作分析結果発表(プロ投手・第1回の結果との比較) ⑤ 動きが変わったことによって感じる競技への影響
	コーチB	28分36秒	4680	① 主観的に感じている投手Aの動きや競技実践上の課題点 ② 具体的なコーチング内容 ③ 動作分析結果発表(プロ投手・第1回の結果との比較) ④ 動きが変容したことによって感じる競技への影響
第3回分析結果発表時	投手A	1時間16分16秒	10320	① 投球時に意識している動作のポイントや投球時の運動感覚 ② 第2回の分析を踏まえて取り組んできたこと・コーチBから受けたコーチング内容 ③ 主観的に変わったと感じる動作とコツの獲得プロセス ④ 動作分析結果発表(プロ投手・第2回の結果との比較) ⑤ 動きが変容したことによって感じる競技への影響 ⑥ バイオメカニクスと自己の運動感覚との一致度について ⑦ リーグ戦登板後の手ごたえ ⑧ バイオメカニクスの手法を用いて、自己の動作を評価することに対しての手ごたえ
	コーチB	33分18秒	5515	① 主観的に感じている投手Aの動きや競技実践上の課題点 ② 具体的なコーチング内容 ③ 動作分析結果発表(プロ投手・第2回の結果との比較) ④ 動きが変容したことによって感じる競技への影響 ⑤ バイオメカニクスと自己の主観的な見立てとの一致度について ⑥ 投手Aのリーグ戦での登板内容をみて感じる、良かった点と今後に向けての課題

Ⅲ. 結果および考察

A. 選手とコーチが掲げる目標像とそれらに向けた課題

第1回動作分析前にインタビュー調査を実施した。その際投手Aは、研究を開始した2年生時において自身の4年次を見据えて『球速を向上させる』ことを目標の一つに掲げていた。コーチBも同様な想いを語った。また、コーチBの語りから「コントロールがある程度まとまっている」との見解があり、投手Aは、概ね“球速が足りないものの、コントロールがまとまっている投手”と解釈できる。投球動作に関する現状の課題として、投手AとコーチBともに“SFC時以降の肩(上脛)の開きが早い”といった共通した意見を挙げていた。コーチBからは「胸が張れないため、肘が上がらない」との指摘もあり、“胸を張る”ことを球速発揮のポイントとして提示している。

さらに、今回比較するプロ投手47名分の平均球速は $140.0 \pm 6.5 \text{ km/h}$ であった。一方で、投手Aの第1回測定時の平均球速は $136.0 \pm 2.0 \text{ km/h}$ であり、実験条件下でのプロ投手との平均球速差が 4.0 km/h 程度ある。そのため、プロ投手の平均動作モデルは、投手Aが平均球速を向上させるためのモデルになりうると考えられた。

B. 第1回動作測定に関する結果および考察(課題の抽出と今後に向けての方策)

表2に、プロ投手の平均動作モデルと投手Aにおける各パラメータの値を示した。まず、投手AとコーチBが課題として挙げていた肩(上脛)の開きを検討するために、SFC時の上脛回旋角速度について着目した。その結果投手Aは、プロ投手よりも 337.4 deg/s 程度(プロ: $652.6 \pm 412.1 \text{ deg/s}$, 投手A: $990.0 \pm 126.5 \text{ deg/s}$)投球方向への回旋角速度が大きく、上脛回旋角速度が大きい特徴がみられた。すべての測定・評価が終わった後に、

SFC 時での体幹回旋角度について詳細に分析した。SFC 時の上胴回旋角度において投手 A は、プロ投手よりも 10.7 deg 程度（プロ： -12.6 ± 18.0 deg, 投手 A： 1.9 ± 7.7 deg）投手方向への回旋が大きかった。さらに、下胴回旋角度においては、プロ投手よりも 20.4 deg 程度（プロ： -12.6 ± 18.0 deg, 投手 A： 1.9 ± 7.7 deg）投手方向への回旋が大きかった。特に、下胴回旋角度は、プロ投手の平均値に対する標準偏差よりも下胴が投手方向へ回旋した動作であった。そのため、肩の開きよりも腰（下胴）の回旋を抑える必要性がみられた。以上のような結果から、投手 A やコーチ B が感じている「肩の開き」は、主に下胴回旋角度が大きいことが原因であると推察された。

川村ら¹⁶⁾ は、コーチ B が指摘する「胸の張り」について、最大肩関節水平外転角度と最大肩関節外旋角度（以下、「MER」とする）の 2 つのパラメータが該当するであろうと報告している。そこで、投手 A とプロ投手の最大肩関節水平外転角度と MER を比較すると、最大肩関節水平外転角度には差がなかったものの、MER はプロ投手と比較して、23.8 deg 程度（プロ： 103.9 ± 10.1 deg, 投手 A： 80.1 ± 2.2 deg）外旋角度が小さかった。肩関節水平外転角度や外旋角度に関わる肩関節（肩甲骨）の動作は、他動的に動いている²⁴⁾ 可能性が高いこともあり胸椎の伸展による影響も考慮する必要性が考えられ、MER 時の体幹前後傾斜角度について着目したが、プロ投手と大きな違いはなかった。したがって、3 つのキネマティクスパラメータをもとにした「胸の張り」の指標においては、肩関節の外旋角度を大きくすることが「胸の張り」を作り出し、球速を向上させるための課題であると推察された。さらに、すべての評価が終わった後にコーチ B が指摘した「胸が張れないことの原因

による肘下がり」について検討した。多くの先行研究は、REL 時に肩関節外転角度が 90 度以上になることがポイントである^{19, 23, 31)} と報告しているため、REL 時の肩関節内外転角度と肘関節屈伸角度に着目した。すると、投手 A は REL 時にプロ投手よりも、肩関節が内転（プロ投手： 96.3 ± 11.8 deg, 投手 A： 74.4 ± 2.9 deg, 21.9 deg 程度肩関節が内転位）し、肘関節も屈曲した姿位（プロ投手： 158.1 ± 7.2 deg, 投手 A： 145.2 ± 6.1 deg, 投手 A が 13.1 deg 程度屈曲位）でボールをリリースしていた。コーチ B の指摘する「胸の張り」と「肘が下がっている」との因果関係までは分からないものの、REL 時にプロ投手よりも肩関節が内転・肘関節が屈曲しており、リリースの高さが低かった。

次に、プロ投手の投球動作におけるアセスメント項目^{8, 9)} となる動作について検討した。波戸ら⁹⁾ によって、プロ 1 軍投手はプロ 2 軍・育成投手よりも体幹前方傾斜角速度を抑えることで、投球腕肩関節水平内転角速度と肘関節伸展角速度を大きくしていることが示されている。そこで、REL 時における同様のパラメータを投手 A とプロ投手で比較すると、投手 A はプロ投手より肩関節水平内転角速度・肘関節伸展角速度ともに小さく、かつ体幹前方傾斜角速度が大きかった（プロ投手よりも 232.4 deg/s ほど前傾の角速度が大きい）。そのため、投手 A は、プロ投手よりも上肢の角速度が小さく、体幹前方傾斜の動きに依存した動作だった（表 2）。投手 A が示した体幹前方回転や上肢動作は、下肢動作の影響を大きく受ける⁹⁾ ことが報告されている。そのため、下肢動作に着目すると、投手 A は SFC 時ストライド脚関節屈伸角速度が 0 deg/s に近く（図 6A）、かつ MER 時と REL 時においてピボット脚関節が屈曲方向へ関節が動いていた（図 6B）。以上のことから投手 A

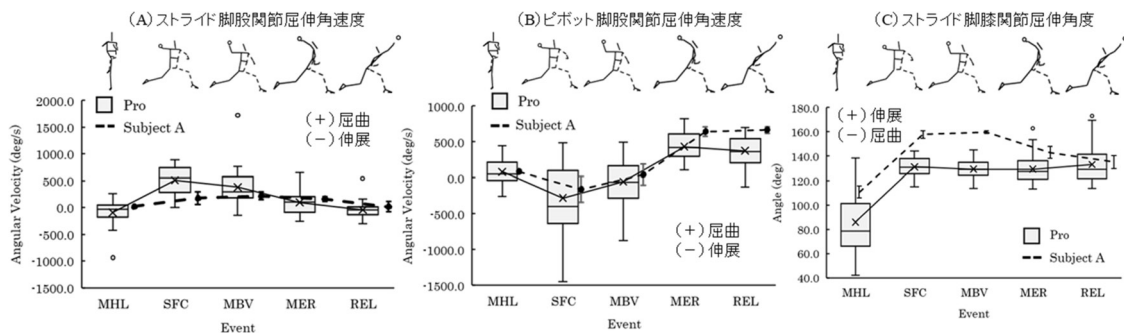


図 6 第 1 回の動作分析におけるプロ野球投手と投手 A との比較

は、SFC 時以降両脚股関節が屈曲するような動作であり、指導現場で指摘される股関節が“つぶれた”動作だった。したがって、体幹前方傾斜の動きに依存した動作を改善するために、まず SFC 時以降における股関節の動作改善を促す必要性が推察された。

以上の結果と考察を踏まえ、投手 A とコーチ B には、① SFC 時に上胴と下胴が“割れ”²²⁾を作れるようにすること（すなわち、SFC の際に、下胴は投球方向へ回旋しながらも、上胴は 2 塁方向への回旋が我慢されており捻転差のある状態）、② 最大肩関節外旋を大きくするために胸郭・肩甲骨周りの柔軟性を身につけること、③ SFC 時以降、股関節伸展が伴う動作（SFC 時以降股関節の姿勢を維持できるように）にすることを提示した。また、第 1 回では投手 A やコーチ B が課題と感じている動作（肩の開き）については、概ね量的データと質的データが一致する傾向がみられた。しかし、第 1 回の分析では、自身が課題と感じている動作の要因についての語りは得られず、投手 A 自身で何を修正すればいいのかわかっていない状態だった。

C. 第 2 回に関する結果および考察（第 1 回分析結果の比較と今後に向けての方策）

1. 第 2 回の動作測定までに投手 A が取り組んだこととコーチ B のコーチング内容

第 2 回の動作測定の結果を発表する前に、投手 A には第 2 回の動作測定までに取り組んできたことやその過程での運動感覚について、コーチ B には投手 A に対して実施したコーチング内容について聞き取りを行った。

投手 A は、SFC 時以降股関節がつぶれてしまう動作を改善するために、『ステップ幅が広いと感じていたので、ステップ幅を短くすることから始めました。』と語った。しかし、『短くした結果、いつも以上に上半身を使ってしまう感じがしてやめました。』と、手ごたえを感じられない期間があった。その後、『ピボット脚に体重を乗せ、ストライド脚が接地した時に体が沈み込むぐらい、ストライド脚に体重を乗せる意識でピッチングをしたら、自分的には感覚がよかったです。』と、SFC 時に一度重心を下げることを意識し継続的に投球練習へ取り組んでいた。また、投球練習以外は、肩関節外旋角度を大きくするために肩甲骨周りの柔軟を日頃から実施した。さらに、コーチ B から「ハンドボールを使用して、

担ぎ込むように投球してみなさい。』といった指導を受け、日々のウォーミングアップでハンドボールを使用した軽めのキャッチボールを継続的に実施した（図 9A）。このハンドボール投げについてコーチ B は、「外旋の距離を作るために、肩甲骨が後傾に入るような姿勢を作らせたかった。』との意図があった。さらに、投手 A は、股関節周りの筋群を鍛えるために、週 3 日の配分で中殿筋周りを鍛えるフリーウエイトを行った。加えて、日々のウォーミングアップでは、チューブを下腿に巻き付けた状態でサイドステップやバックスキップを継続的に実施し、中殿筋に“体重を乗せる”感覚を意識づけた。肩・腰の開きについて投手 A は、『踏み込み脚が着地するまでに、グラブ側の肩を止めた状態で、そのまま左胸を左肩にぶつけるような意識で投球しました。』と語った。また、コーチ B からは、肩の開きについての指導はされなかった。

コーチ B は、第 1 回の動作に対して「(両脚の) 大腿四頭筋に力が乗ってしまうような動作だった。」と後日指摘していた。そのため、コーチ B は大腿四頭筋を過度に使うような動作を改善させるために、フリーウエイトでのスクワットやリバウンドジャンプのトレーニングをする際には、「(両脚の) 膝がつま先よりも前に出ない姿勢」で実施するように注意を促していた（図 9B）。

2. 第 2 回の動作分析における投球動作と投手 A における運動感覚の変容

まず、コーチ B から指摘された「胸が張れない」動作について検討した。MER 時の体幹前後傾斜角度や最大肩関節水平外転角度は大きな変容がなかったものの、MER は 15.5 deg 程度（1 回：80.1 ± 2.2 deg, 2 回：95.7 ± 1.3 deg）大きくなった（表 2）。また、その後の REL 時における体幹前方回転角速度は -129.6 deg/s 程度前方回転角速度を抑えており、肩関節水平内外転角速度においても水平内転方向への角速度が大きかった（表 2）。第 1 回は、肩関節外旋角度が小さいことに加え、REL 時に体幹前方傾斜角速度と肩関節内旋角速度を大きくしボールをリリースしていた。それに対して第 2 回は、肩関節外旋角度が大きくなったと同時に、REL 時に体幹前方傾斜の速度を抑えながら水平内転方向への角速度を大きくした状態（肩甲骨を外転させる動作）でボールをリリースするように変容していた。ただし、上半身の動

作について改善がみられたものの、投手 A から『上半身の動きが良くなった感覚はない。』との語りがみられ、量的データと投手 A 自身の感覚の整合性はなかった。

次に、股関節の動作について検討した。第1回は、プロ投手と比較して、SFC 時以降両脚股関節伸展の伴った投球動作ではなかった。図7に示した両脚股関節屈曲伸展角速度は、MBV 時付近までピボット脚での伸展角速度を維持しながら、MBV 時以降ストライド脚での伸展角速度への変容がみられ、前回よりも股関節伸展が伴う動作に変容していた。投手 A も、『ピボット脚でまっすぐ立って、お尻で押す感じは強くなった。』と、運動感覚の変容もみられた。反対に、コーチ B は「ストライド脚股関節の“うけ”はできるようになったが、ストライド脚股関節が外転・外旋しながら着地するから粘りがない。内旋しながら着地をして欲しい。」と語り、前

回指摘された股関節伸展に関しては改善を実感していたものの、ストライド脚股関節での“粘り”をつけるための新たな課題を指摘した。

次に、肩・腰の開き（上胴・下胴回旋）について検討した。まず、SFC 時上胴回旋角速度を算出したところ、前回との差がなかった。（表2）。投手 A は、肩の開きを改善するための取り組みとして、『グラブ側の肩を止めた状態で、そのまま左胸を左肩にぶつけるような意識』（図9C）で投球を行った。しかし、『課題とは感じていたものの、上半身の動きはそこまで意識しないようにしました。』と、胸の張りを作ること（MER）や両脚股関節の動作を改善することを、最優先の課題として意識を置き換えていた。そのため、筆頭筆者も上胴回旋が大きいのは投手 A の特徴であり、その中で最適なパフォーマンスを発揮させることが現時点では重要だと考え、今



図9 3回の分析を通して投手 A が取り組んできた代表例

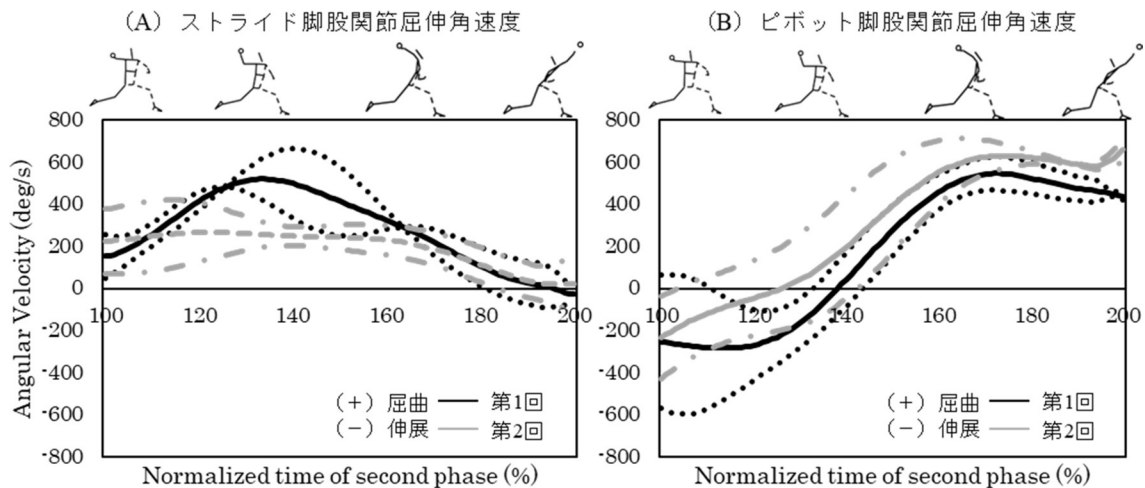


図7 投手Aにおける第1回分析結果と第2回分析結果の比較

後の課題として提示しないようにした。すべての評価が終わった後に、SFC時の肩・腰の開きについて詳細に分析した。SFC時下胴回旋角度は、前回よりも投球方向への回旋が小さくなっていったものの（1回： 45.59 ± 8.98 deg, 2回： 28.40 ± 1.81 deg）、SFC時上胴回旋角度は前回と比較して相違がなく、投球方向への上胴の回旋が大きかった（表2）。そのため、第2回の分析時には、特に肩の開き大きいことが特徴としてみられた。

さらに、コーチBから「肩関節内旋の動きはうまいけど、その代わりにRELのときに肘が上がってこない」と指摘があった。このような“肘下がり”の動作を多くの先行研究は、REL時に肩関節外転角度が90度以上になることで球速発揮や正確性、障害予防のポイントになる^{19, 23, 31)}と報告している。そこで、REL時の肩関節内外転角度と肘関節屈伸角度を算出したところ、プロ投手よりも肩関節が内転（プロ投手： 96.3 ± 11.8 deg, 投手A： 76.9 ± 1.4 deg, 20.0 deg程度肩関節が内転位）し、肘関節も屈曲した姿勢（プロ投手： 158.1 ± 7.2 deg, 投手A： 145.5 ± 3.6 deg, 投手Aが13.0 deg程屈曲位）でボールをリリースしていた。第1回の分析結果と比較しても差がなく、分析前から肘の下がった投球動作になっていたことが考えられる。このような姿勢は、肘関節内側障害の危険因子³¹⁾となるため、改善すべき動作として投手AとコーチBへ提示した。投手Aは、“肘下がり”の動作に関して『肩を上げようという意識はなくて、肘の高さというかそこにしか意識がなかったから、なんなら

肩はずっと脱力する感覚でやっていたので、そういうところもあるのかなって思います。』と語った。投球腕肩関節が内転位にあるのは、体幹左右傾斜の影響を受けることが考えられるため、すべての評価が終わった後にREL時の体幹左右傾斜角度を算出した。左右傾斜角度は、プロ投手より僅かな差ではあるものの、体幹が1塁側に側屈した姿勢（プロ投手： 46.40 ± 0.20 deg, 投手A： 50.16 ± 9.14 deg, 投手Aが3.76 deg程側屈位）だった。そのため、投手Aがプロ投手よりもREL時に投球腕の肩関節が内転位にあるのは、体幹が僅かに側屈した姿勢が原因であることが考えられる。投手Aは“肘の高さ”には意識があったものの、プロ投手と比較してリリース時の肩・肘の位置が低く、意識とデータには整合性がなかった。

パフォーマンスへの影響（球速やコントロール、障害発生と試合時における対打者への対戦結果）について聞き取りを行った。投手Aは、第1回の分析内容を基に練習した結果、『球速が上がった気がするし、ストレートの空振りやファールが増えた。』と語った。コーチBも「球速は速くなったと思う。」と同様の語りが得られた。試合時における平均球速は、第1回までが 132.1 ± 3.3 km/h、第1回から第2回までが 135.1 ± 2.0 km/hとなり、平均球速が3.0 km/h向上（ $F [1, 297] = 93.8, p < 0.01$ ）した。しかし、投手Aは『ボールがカットし始め、コントロールも悪くなり、ストレートが捉えられることが多くなった。』と、球速が向上したものの今までの長所であったコントロールが不安定となり、パフォーマンス

表4 分析期間における投手 A の試合成績

	平均球速	最高球速	打席	打数	投球回	球数	被打率	防御率	四死球率	奪三振率
第1回分析まで	132.1 ± 3.3	139.0	64	54	16 2/3	253	0.222	3.780	3.240	7.590
第2回分析まで	135.1 ± 2.0	140.0	79	64	18 1/3	303	0.234	3.436	6.382	7.869
第3回分析まで	134.3 ± 2.7	141.0	107	95	26 1/3	393	0.211	3.418	3.076	4.449

球速差: ①<②, ③<②, いずれもp<0.01

*球速表示はすべてストレートの投球に限定している。

への悪影響について語っている。さらに、コーチ B も「球速が上がったものの、回転効率や投手 A の良さであるコントロールが悪くなり、痛打される傾向にある。」と、球速が向上したものの、それに伴い球質やコントロールが悪くなったという課題を感じていた。練習時に Rapsodo pitching 2.0 (Rapsodo 社製) にて取得したストレートの回転効率は、第 1 回までの回転効率が 91.6 ± 4.3 ($n = 359$)、第 1 回から第 2 回までの回転効率が 90.2 ± 5.1 ($n = 131$) だった。その差は 1.4% 程度のごく小さな変化であり、実際の投球に対して大きな変化を与えるとは断言できないものの、ごくわずかに回転効率の値は低下していた ($F [1,488] = 8.8, p < 0.01$)。さらに、実際の試合成績に着目すると (表 4)、第 1 回までの投手 A における四死球率は 3.240、第 2 回までの四死球率は 6.382 であり、四死球率の割合が高くコントロールの精度が低下した。

第 2 回における動作分析の結果と考察をまとめると、① SFC 時以降両脚股関節伸展角速度が発揮され股関節の動作が改善された、② 体幹前方回転角速度や最大肩関節水平外転角度に変容がないまま、最大肩関節外旋角度が大きくなった。また、今後の課題として① REL 時の肘下がり、② コントロールの改善を提示した。

D. 第 3 回動作測定に関する結果および考察 (第 2 回の分析結果との比較と今後に向けての方策)

1. 第 3 回の動作測定までに投手 A が取り組んだこととコーチ B のコーチング内容

第 3 回の動作測定の結果を発表する前に、投手 A には第 2 回の分析後から今回の動作測定までに取り組んできたことやその過程での運動感覚について、コーチ B には投手 A に実施したコーチング内容について聞き取りを行った。

投手 A は、胸を張る動作改善のために、ウォーミン

グアップ時にハンドボールを使用した投球練習を継続的に実施していた。また、『重いボール (Weight-ball) を使って、胸を張る意識を強調するような練習を多めにした。』の語りから、新たなトレーニングにも取り組んでいた。このようなトレーニングに取り組む中で、投手 A は『ハンドボール投げは結構効果を感じていて、胸郭周りの動きのイメージが少しずつ分かってきて、回転効率とかそういういったところに変化が出てきたのかなって思います。』と手ごたえを感じていた。

コーチ B から「テイクバックを大きくして、トップ (MBV 時での手の位置) を高くつくるようにして、早めにトップをつくっておいて、リリースの瞬間だけ力を入れるように。」(図 9D-2) と指導された。投手 A はコーチ B からのコーチング内容を実践した結果『しっかりトップがつかれるので、リリースでも力が安定してコントロールがまとまるようになったと感じています。』と、パフォーマンスの変化に繋がった感覚があった。コーチ B から下肢動作について「SFC 時以降、ストライド脚股関節が外転しながらも内旋できるように我慢して欲しい。」と指導を受け、『ストライド脚に関しては、着地したときに内転筋とお尻をできるだけ使うようにネットスローやピッチング練習をしました。』と、投手 A の意識 (イメージ) の中で下肢動作の改善に務めていたことが窺える。

2. 第 3 回の動作分析における投球動作と投手 A における運動感覚の変容

まず、ストライド脚股関節と膝関節屈伸角度について検討した (図 8AB)。SFC 時以降の股関節と膝関節における最大屈曲角速度と最大伸展角速度の値を基に、変化量を算出した。第 2 回は、股関節が $-593.8 \pm 131.4 \text{ deg/s}$ の伸展角速度、膝関節が $493.4 \pm 160.2 \text{ deg/s}$ の伸展角速度だった。その一方で第 3 回は、股関節が $-272.8 \pm 114.6 \text{ deg/s}$ の伸展角速度、膝関節が $473.4 \pm 340.2 \text{ deg/s}$

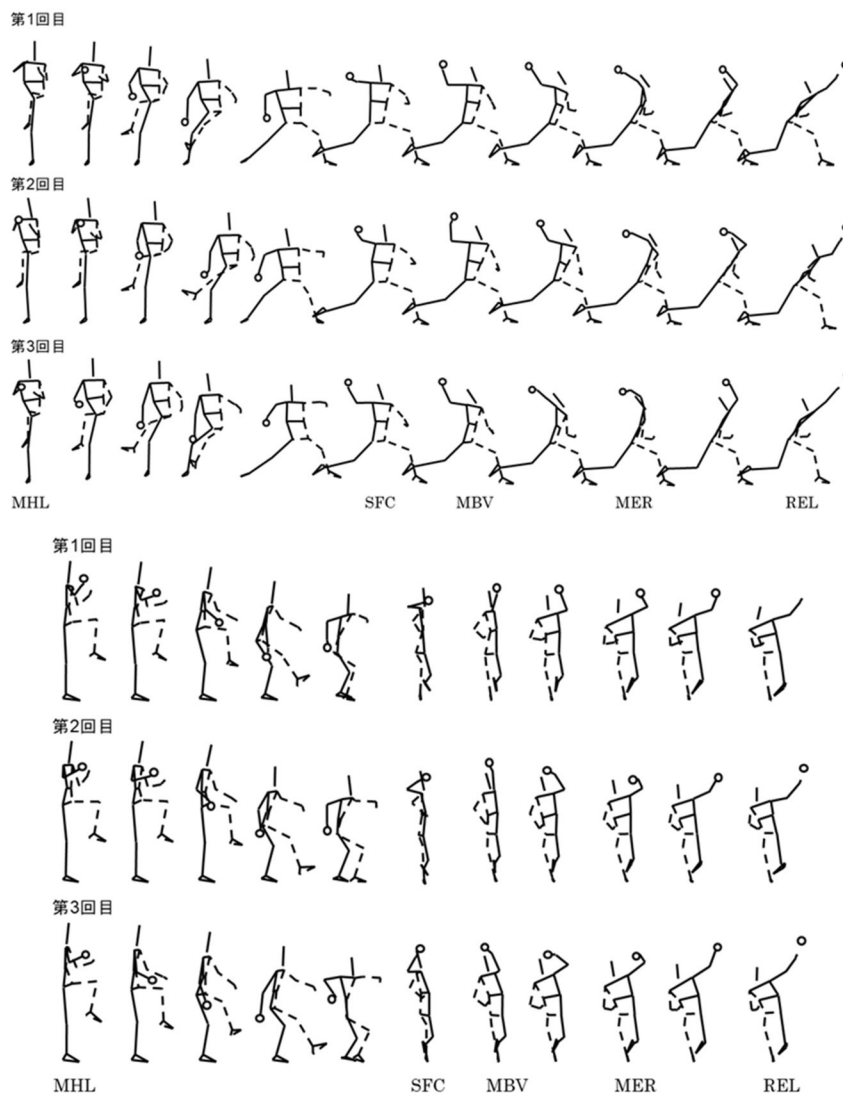


図 10 3回の分析時での投手 A による投球動作のスティックピクチャー

の伸展角速度であり、第2回よりもストライド脚股関節と膝関節の伸展角速度の変化量が小さくなった。本研究ではキネティクスによる分析をしていないため推測の域を出ないが、第2回はストライド脚の伸展によって“力を発揮”させようとした動作だったのに対して、第3回はストライド脚で“体を制御”するような動作に変容していたと考えられる。投手 A は、『前回(第2回)は、ストライド脚で発揮しようとしていたのは、自分もそうだと思っていて、実際に着地した時(ストライド脚が地面に)体重を沈めた後、(ストライド脚で)膝を伸展させて力を発揮させるイメージで投げていました。ただ、その時(第3回)は(ストライド脚の)膝の伸展を使わないようにというよりも、球速よりコントロール的ところで伸展が強すぎるとあまり良くないイメージがある

というか、なので、ストライド脚に関しては止めるだけのイメージに変えていました。』と語った。特に、第3回は膝関節よりも股関節での伸展角速度の減少が著しく、『ストライド脚は止める意識』で投球した結果が股関節の動作に繋がったと推察される。第2回は、投手 A 自身リーグ戦での出場機会もなく、球速を向上させることを目的にトレーニングや投球を実施していた。しかし、第3回の動作測定時は、投手 A がチームの主戦投手へと頭角を現しリーグ戦出場メンバーとして選出されたため、“リーグ戦で勝つための投球”が求められていた。SFC 時以降のストライド脚股関節および膝関節伸展動作は、球速発揮のポイントであることが複数の文献で指摘されているが^{5, 16, 18)}、投手 A の本来の持ち味であるコントロールを重視するために“ストライド脚は止

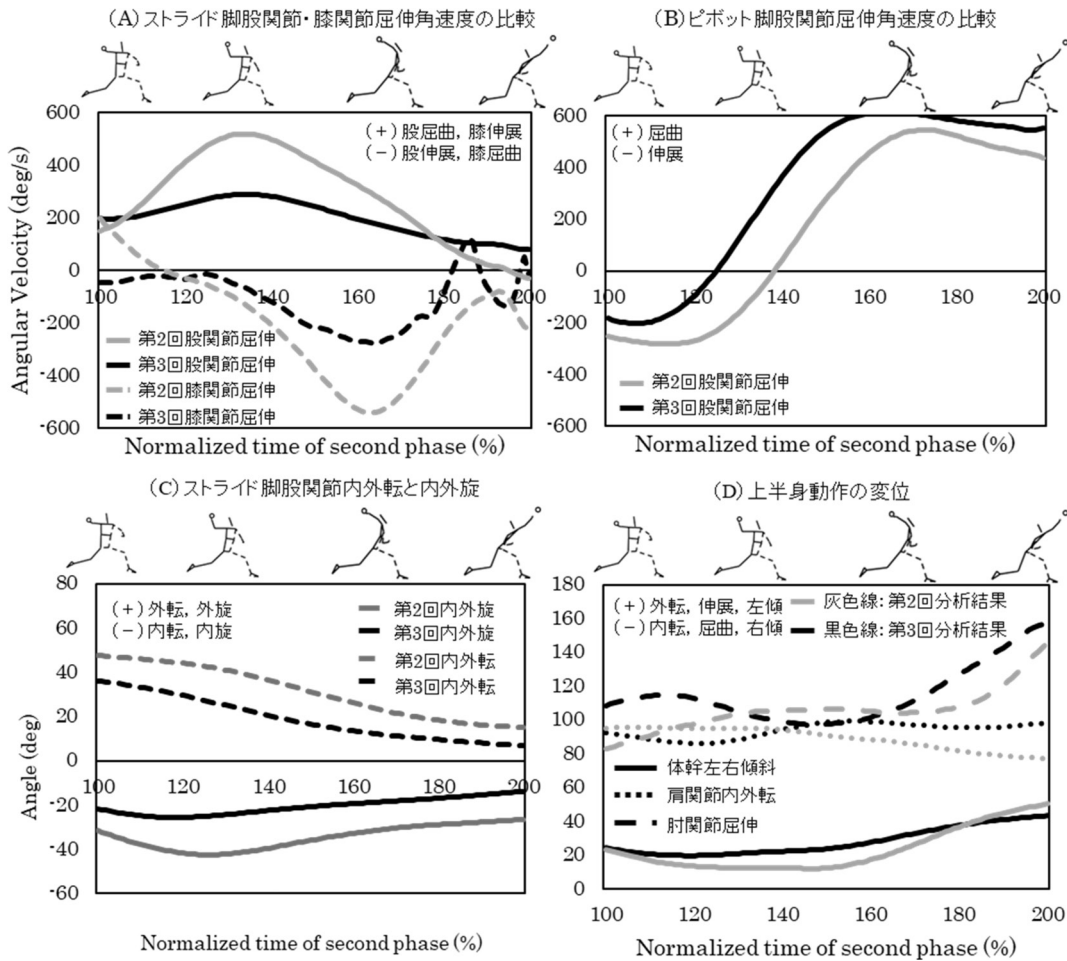


図8 投手 A における第 2 回分析結果と第 3 回分析結果の比較

める”イメージで投球することで、コントロール重視の動作に変容させていたことが考えられる。試合成績は(表4)、奪三振率が低下したものの、四死球率は前回より改善されており(第2回:6.382, 第3回:3.076)、長所であったコントロールが改善され、被打率も今までの成績で最も良い成果をあげていた。

次に、投手 A はコーチ B から「SFC 時以降、ストライド脚股関節が外転しながらも内旋できるように我慢して欲しい。」とのコーチング内容を基に、『(ストライド脚は)着地したときに内転筋とお尻をできるだけ使うような意識で投球練習をしたら、肩とか腰のばらつきが小さくなった気がします』と、手ごたえを語った。そのため、ストライド脚股関節内外転・内外旋の角度変位に着目した(図8C)。すると、SFC 時以降ストライド脚股関節内転の角度変位が大きくなったが、外旋への角度変位が大きくなっていた。また、すべての評価が終わった後、詳細に分析するために SFC 時上胴・下胴回旋角速

度の標準偏差に着目したところ、投球間での上胴・下胴回旋角速度のばらつきが小さくなっていた(第1回上胴: 1009.29 ± 365.08 deg/s, 第2回上胴: 1171.56 ± 162.90 deg/s, 第1回下胴: 378.29 ± 214.17 deg/s, 第2回下胴: 591.55 ± 57.47 deg/s)。プロ投手の1軍投手と2軍・育成投手の相違点について検討した波戸ら⁸⁾によると、プロ1軍投手はSFC時ストライド脚股関節内転角速度を大きくすることによって下胴回旋角速度も大きくしていたことを報告しており、ストライド脚股関節内転角速度と下胴回旋角速度は互いに影響し合っていることが考えられる。そのため、SFC時ストライド脚股関節内転角速度を算出すると(第2回: -253.40 ± 316.10 deg/s, 第3回: -252.86 ± 24.51 deg/s)、内転角速度の大きさには相違がないものの、投球間のばらつき(標準偏差)は第3回の方が小さかった。投手 A は、「着地したときに内転筋とお尻をできるだけ使うような意識”で投球を行った結果、ストライド脚股関節内転角度の変位が大き

くなったと同時に内転角速度のばらつきも小さくなったことが、結果的に下胴回旋角速度のばらつきが小さくなった要因として考えられる。

次に、前回指摘されたREL時の肘下がりの課題から、REL時の上肢動作について検討した。すると、REL時の肩関節内外転角度において22.0deg程外転位を示し(第2回:76.9±1.4deg, 第3回:98.2±2.6deg), 肘関節伸展角度も13.0deg程伸展位(第2回:145.5±3.6deg, 第3回:158.6±4.7deg)を示した。プロ投手の値と比較しても、ほぼ同等な値を示すまで変容していた。また、体幹の左右傾斜角度において、一塁側への側屈角度(第2回:50.16±9.14deg, 第3回:43.05±3.48deg, 第3回の方が-7.11deg直立位)が小さくなった。投手Aは『前回指摘頂いた時は、肘が肩のラインよりも上がっていません。体幹を側屈させるイメージで肘を上げようとしていました。前回の測定以降は、体幹を側屈させるイメージはなくなって、胸を張ってグラブ側の腕を戻す(投球方向に出したグラブ側の手を胸に向かって引き戻す)イメージで投球しようとしたら側屈が減って、肩甲骨をずらすような動作に変化したんだと思います。左肩は開くんじゃなくて、戻すようなイメージで投球するような感じです。』と、上肢動作が改善された要因について語った。

また、『テイクバックを大きくして、トップを高くつくるようにした』との語りから、MBV時の身長に対する投球腕側手関節の位置を算出した。すると、第2回は70.3±1.0%の位置だったのに対して、第3回は71.3±1.0%と僅かな差ではあるが手関節の位置が高かった。コーチBも「ハンドボール投げの効果だとも思っていて、ウォーミングアップで肩のラインよりも上がった状態を確認しておいて、その流れでキャッチボールに行っていたのがよかった。」と語り、第1回以降から実施していたハンドボール投げの効果を目指していた。

第3回の結果と考察をまとめると、①投手Aの運動感覚同様、上胴・下胴回旋角速度のばらつきが小さくなった、②SFC時以降ストライド脚は“止める意識”で投球した結果、股・膝関節伸展角速度の変化量が小さくなった、③体幹の側屈が小さくなったことで、肘下がりが修正したと推察される。上記に示した動作の変容との因果関係までは示すことができないが、第2回分析から第3回分析までに登板した試合での四死球率が減少しコントロールがまとまっていた。

以上のような取り組みの後に行われたC大学野球連盟春季リーグ戦で投手Aはリーグ戦初登板を果たし、春季リーグ戦で2勝を挙げた。本研究で行った一連の取り組みは、投手Aのパフォーマンス向上の一要因になったと考えられる。

IV. コーチング現場における実践面への示唆

本研究の結果および考察から、以下2つの観点をもとにコーチング現場における実践面への示唆を提示することができる。

A. バイオメカニクスの観点による平均動作モデルを用いた投手育成への示唆

プロ投手の平均動作モデルと比較をすることで、大学生投手の投球動作を評価し、目標達成に向けた課題抽出や現状把握に役立てた。そこで得られた課題を選手とコーチへフィードバックし、課題克服に向けた実践のサイクルを循環させた。その中で投手Aは、『短くした結果、いつも以上に上半身を使ってしまっている気がしてやめました。』や『球速よりコントロール的なところで膝の伸展が強すぎるとあまり良くないイメージがあるというか、なので、ストライド脚に関しては止めるだけのイメージに変えていました。』といったように、選手自身の“よくなかった感覚”を踏まえながら、動作を自己観察的³⁹⁾に振り返り、選手自身がイメージしている動きと一致するような動作改善に向けたサイクルを繰り返して循環させていた。谷川・内藤³⁴⁾は、「どのような意識で行った時にどのような感覚が現れ、正しいと言われる動作になったのか？」が運動学習をする際に重要な観点になることを述べている。そのため、選手自身は動作を変容させていくことで生じる内在的な運動感覚の変容と向き合い、目標とする動作に対して現状の運動感覚とをすり合わせながら、その時の最適な動作の中でパフォーマンスを発揮させることが重要となる。さらに、コーチはコーチ自身の視覚的な客観的情報を基に動作を評価し、選手自身の感覚と照らし合わせながら目標とする動作の獲得に向けた指導を行うことが必要となる。投手Aのように、選手はその時々コンディションや環境条件に応じて、発揮できる最大パフォーマンスと要求されるパフォーマンスは変化していくことが予想される。

したがって、その最適解をコーチと選手で意思疎通を取りながら動作の改善に努めていくことが重要な観点になると考えられる。

B. データ活用への示唆

定量的なデータと選手自身の内在的な運動感覚との一致度や、動作をバイオメカニクス的に評価してもらうことで感じたこと・手ごたえについて、投手 A は『感覚とデータは一致していて、一致しているというか自分の感覚を振り返りながらデータで振り返ってみると、実際にそうだなあって思っていました。最初の分析の時は、あまり自分の動きを意識することがなくて、けど分析を重ねていく中で、自分の動きを意識して投球するようになっていったので、そういう感覚というか、意識は養われてきている気がします。自分の動作をデータ化してもらって、データを示されただけでは自分自身もどう今後に繋げていけばいいのかわからないんですけど、データがあって分析者（筆頭筆者）にここをこういうふうにしていこうって話を頂けたので、自分でも動きを意識しながら、少しずつ改善していったのかなと思います。自分の動きが理解できたことで、悪い時もどこがよくなかったとか、よかったときもそうですけど、そういった会話がコーチやキャッチャーとブルペンの中でできるようになったというか、自分のどこが悪かったのかを感じれるようになりました。』と語っていた。第1回や第2回では、投手 A の運動感覚とバイオメカニクスのデータは、一致するものとそうでないものが混在していた。しかし、動作を縦断的に追跡し課題の抽出や改善された動作を評価し実践させるサイクルを循環させることによって、徐々に運動感覚とデータの一貫性が増してきた。谷川・内藤³⁴⁾は、「選手の感覚を持たせることが前提で、選手に動きを認知させることが技術の運動習得に大切なコーチングである。」と報告しているが、動作をバイオメカニクス的に評価するサイクルを循環させることで、自己観察的に選手自身における動きのイメージや感覚を醸成させることができると考えられる。

また、選手自身にとっては、データ自体が念頭にあるのではなく選手自身固有の投球感覚を踏まえた上で、データがどうなっているのかを意識していると解釈できる。したがって、バイオメカニクスによる評価・課題克服に向けた実践だけでは、運動感覚との一致は起きな

かったことが考えられる。インタビューで調査者からの質問に応えることやピッチング練習中にコーチやキャッチャーと会話をし、投手 A 自身の運動感覚を言語化するサイクルを循環させたことで、徐々にバイオメカニクスデータと運動感覚が一致するようになった可能性も考えられる。宮西ら²¹⁾や Fleisig ら⁶⁾の報告のように、バイオメカニクスによる評価・実践によって動作が変容していくことの価値は期待できる。しかし、運動の主体者である選手が自己の動作をより客観的に捉え競技力の向上に繋げていくためには、自己の運動感覚を言語化しデータとのすり合わせを実施していく過程が重要であると考えられる。昨今のスポーツ界では、データを基にスポーツパフォーマンスを捉えることが主流となっており、野球界においてもアナリストという名の職業がプロ野球や社会人野球を中心に増えてきている。情報（本研究で示す量的データ）を選手が自身の腑に落とそうとするとき、最終的な振り所となるのは自身の身体感覚（身体知）である²⁵⁾ため、データを前提とした指導や評価を重要視するのではなく、選手自身の運動感覚を踏まえた上でデータがどうなっているのかを提示することが、選手自身の感覚とデータとの関連を考慮したデータの活用方法であり、今後コーチやアナリストにとっての重要な視点になっていくと考えられる。

V. 本研究の課題および限界

本研究は、大学生投手1名を対象者とし事例的かつ縦断的調査によって行われたものである。量的データにおいては、キネマティクスのみとするため、測定項目においてもすべてのデータを網羅しておらず、典型的なものを取り上げたにすぎない。そのため、信頼性と妥当性を担保するためには、今後複数の縦断的な事例にあたり量的データと質的データの関係性について検討することで、一般性を持った事実が明らかになり、コーチング現場での実践に役立つ研究を発展させることができるといえる。

さらに、本研究は大学生投手とプロ選手の投球動作の測定には、互いに異なるマウンドで実施した。投球動作は、マウンドの硬度や傾斜、高さによって投球動作が異なる可能性も考えられる。そのため、互いに異なる環境下での投球であることは、比較するデータの質の妥当性

を担保する上で本研究の課題かつ限界として挙げられる。

本インタビュー調査の聞き手は、日ごろから投手 A との関わりをもっていた投手コーチ（筆頭筆者）であった。本来、質的研究のインタビューは、聞き手の現場感覚および生成的視点が重要である²⁷⁾ ことに加え、実践知を聞き取ることに限っては、聞き手が語り手と同様の経験をつんでいることが役立つとされている^{29, 32)}。反対に、本インタビュー調査は、日ごろから投手 A に対してコーチングを実施していたコーチが聞き手であったが故に、発言内容が投手 A 自身の利害（試合での起用等）に関わる可能性があったことは否定できない。ただし、あくまでもインタビュー内容は、「動きの意識や感覚」・「コツの獲得となった動きの具体例やプロセス」・「コツの獲得に伴った競技への影響」であり、試合での起用に関わるようなインタビューは一切実施していない。また、インタビュー内容や語りの透明性および信頼性を保証するために、逐語録の内容やインタビューの音声データを基に投手 A の監督であるコーチ B を含めた共同研究者と、インタビュー内容やインタビュー中における大学生投手 A との関わり方、大学生投手 A の発言内容の趣旨と異なっていないか、加筆および訂正箇所はないかを確認した。そのため、発言内容が利害関係に影響を及ぼしている可能性は極めて低いことが考えられる。

動きの変容をもたらす要因として、ハードウェア的な要因である“体力的要素”とソフトウェア的な要因となる動きの感じやコツといった“技術的要素”が挙げられる³⁹⁾。しかし、本研究では体力データを取得していないため、体格や機能面での変化と動作の変容との関係について言及することができない。動作の変容やそれに伴う内在的な運動感覚の変容に加え、体力データも追加取得することができれば、より詳細な動作の変容をもたらした要因について言及することができるといえる。

さらに、本研究ではプロ投手の投球動作をモデルにし、大学生投手の投球動作を評価し、育成へと繋げることを試みた。ただし、プロ投手のような一流選手は、個々の競技者の形態や筋力などの身体的特性が異なるため、一流選手との相違点そのまま個人の技術的課題であると考えるには注意が必要⁷⁾ であることも留意点として挙げられる。本研究では、課題を設定する際の注意点として、インタビュー時に投手 A とコーチ B が課題と感じてい

る動作を中心にプロ投手との比較を行うようにした。その結果、投手 A の投球動作の現状や課題の達成状況を把握することができ、大学生投手の競技力向上の一助となった。今後は、その選手にとってのモデルの妥当性を吟味し、比較する選手の特性を十分に把握した上で投球動作を評価し、実践のサイクルを循環させる取り組みが必要であると考えられる。

VI. まとめ

本研究は、大学生投手の投球動作をバイオメカニクスの評価し、課題解決へ向けて実践させるサイクルを循環させることが、1) 三次元的な投球動作と 2) 内在的な運動感覚の変容に与える影響を縦断的調査から統合的に検討した一事例を報告することを目的とした。本研究で得られた知見は、以下の通りである。

- 1) プロ投手の投球動作を基に大学生投手の投球動作を評価したことで、課題設定や特徴を把握でき、投球動作を変容させる一助となった。
- 2) バイオメカニクスの手法を用いて縦断的に投球動作を評価することで、内在的な運動感覚と定量的なデータが徐々に一致するようになった。また、動作をバイオメカニクスの評価するサイクルを循環させることで、自己観察的な選手自身の動きのイメージや意識が、より客観的な情報に近くなるような傾向がみられた。

本研究におけるプロ投手の投球動作モデルを基にした大学生投手の投球動作の評価および実践は、投球動作の個別課題と改善点を変容させることができ、それに伴い内在的な運動感覚も変容していく傾向がみられた。また、選手は感覚を基に動作を客観的に捉え修正していくことが必要であり、コーチは視覚的な情報を基に動作を評価し、選手の感覚を聞きながら動作を修正していくことが望まれる。以上のことから、本研究の知見は縦断的調査から統合的に検討した一事例であるものの、今後のエビデンスに基づく科学的な投手育成への一助となる知見になるだろう。

注 1) 大学生投手は、縦断的なデータ取得であるため、投手 A が発揮する平均的な動作を検討するために、分析試技を内省点と球速が平均値に近い 3 球とした。反対に、プロ投手は 47 名分の横断的なデータ取得で

あったため、分析試技を最も球速が発揮された1試技とした。したがって、大学生投手とプロ投手の分析試技はデータ取得の内容に相違がある。さらに、第1回のインタビュー時に投手Aの課題は、「球速を向上させること」が投手AとコーチBから挙げられたため、分析試技を投手Aの投球の中で球速の大きい試技を分析することも必要であったと考えられる。しかし、本研究は縦断的調査であるため、分析時に“内省が高かった試技”や“球速の大きい試技”を分析することよりも、投手Aが反復して実施できる平均的な動作を分析することが、投手Aの実態を反映した試技だと考え、内省点と球速が平均値に近い3球を分析試技としている。

注2) 投球したボールの1分間あたりの総回転数(=回転数)に対する、投球の変化(ボールの鉛直、水平方向の変化量)に直接影響を与える回転数(=True spin)の割合を示す²⁾。

注3) プロ投手と投手Aの比較には、投手Aの特性を把握するためにプロ投手の値の変動を箱ひげ図で示し比較を行った。また、プロ投手と大学生投手の値の変動をずらすことで表記しているが、動作時間の相違を示しているものではない。

注4) 本研究では、投球動作の三次元座標データ取得に伴う投球動作の撮影を“測定”とし、測定によって得られた諸々のデータ算出ならびにフィードバックまでを“分析”とする。さらに、“測定”“分析”の総称を“評価”と記述した。

謝辞

本研究は、日本野球機構(NPB)の某球団に所属する関係者の皆様に多大なご理解とご協力を賜り、研究が遂行できました。この場をお借りして、心より感謝申し上げます。また、研究対象者の投手Aには、長い期間にわたり多大なるご協力を賜りました。自ら掴み取った社会人野球の舞台での更なる躍進と活躍を心から期待しています。以上のご支援ご協力を賜りました皆様に、心より感謝申し上げます。

付記

本研究は、JST次世代研究者挑戦的研究プログラムJPMISP2124と日本コーチング学会学生助成による支援

を受けたものである。また、日本体育・スポーツ・健康学会第72回大会での発表内容に加筆修正を加え、論文としてまとめたものである。

参考文献

- 1) 青山清英, 越川一起, 青山和浩, 森長正樹, 吉田孝久, 尾縣 貢: 国内一流走り幅跳選手におけるパフォーマンスに影響に与える質的要因と量的要因の関係に関する事例的研究—選手の自己観察内容とバイオメカニクスの分析結果の関係から—, 体育学研究, 54: 197-212, 2009.
- 2) Baseball Pitch Design And Tracking Software – Rapsodo Japan (参照日: 2023年4月11日)
- 3) Creswell, J. W., Plano Clark, V. L.: Designing and conducting mixed methods research (2nd ed.). Thousand Oaks, CA: SAGE, 2011.
- 4) Escamilla, R., Fleisig, G. S., Zheng, N., Barrentine, S., and Andrews, J.: Kinematic comparisons of 1996 Olympic baseball pitches. J Sports Sci 19: 665-676, 2001.
- 5) Fleisig, G. S., Barrentine, S. W., Zheng, N., Escamilla, R. F., and Andrews, J.R.: Kinematic and kinetic comparison of baseball pitching among various levels of development. Biomech., 32(12): 1371-1375, 1999.
- 6) Fleisig, G. S., Deffender, A. Z., Brett Ivey & Aune, K. T.: Do baseball pitchers improve mechanics after biomechanical evaluations. Sports Biomechanics., 17(3): 314-321, 2017.
- 7) 藤井範久: 技術練習のバイオメカニクスの評価—身体運動を評価し、指導し、再評価する—, バイオメカニクス研究, 7(4): 280-290, 2003.
- 8) 波戸謙太, 金堀哲也, 谷川 聡, 梶田和宏, 奈良隆章, 川村 卓: 野球投手の一流競技者にみられる投球動作の特徴, コーチング学研究, 35(1): 1-17. 2021.
- 9) 波戸謙太, 金堀哲也, 蔭山雅洋, 八木 快, 谷川 聡, 川村 卓: 国内一流野球投手の投球動作に関する上半身のキネマティクスの特徴, コーチング学研究, 36(2): 159-176. 2023.
- 10) 波戸謙太, 梶田和宏, 小野寺和也, 川村 卓: 大学野球2軍選手の1軍昇格へ向けたコーチング事例: センシングデータとアスリート支援スマホアプリによる自己調整学習方略を用いた試み, 野球科学研究, 6: 41-59. 2023.
- 11) 五十嵐元, 宮内健嗣, 岩沢恭彦, 大久保茂和, 秋山 央, 中西康己: バレーボールにおける一流センタープレイヤーのハンズアップに関する研究: 量的および質的両側面からの複合的検討, 大学体育研究, 40: 19-31, 2018.
- 12) 五十嵐元, 宮内健嗣, 秋山 央, 中西康己: バレーボールにおける一流センタープレイヤーにおけるスパイクの打ち分け:Aクイックに着目して, コーチング学研究, 32(2): 211-232, 2019.
- 13) J. W. クレスウェル (抱井尚子訳): 早わかり混合研究法. ナカニシヤ出版, pp. 4-5, 2017.
- 14) 蔭山雅洋, 山本雄平, 田中成典, 柴田翔平, 鳴尾丈司: 野球における指導者の主観的評価による打者のスイング特性, 情報処理学会論文誌, 62(2): 747-760, 2021.
- 15) 金堀哲也, 川村 卓, 松尾知之, 朝岡正雄, 山田幸雄, 會田 宏: 我が国の指導書からみた野球の打撃指導における指導者の着眼点—動作局面における指導対象部位に着目

- して一, コーチング学研究, 25(2):149-156, 2012.
- 16) 川村 卓, 島田一志, 平野裕一, 松尾知之, 平山大作, 阿部太希, 小谷内和宏, 阿江数道: 時速 150 km/h を投げる投手の特徴について, バイオメカニクス研究, 16(1): 32-40, 2012.
 - 17) 鯨岡 峻: エピソード記述入門—実践と質的研究のために—, 東京大学出版会, 2005.
 - 18) Matsuo, T., Escamilla R. F., Fleisig, G. S., Barrentine S. W., and Andrews, J. R.: Comparison of kinematics and temporal parameters between different pitch velocity groups, *J. Appl. Biomech.*, 17: 1-13, 2001.
 - 19) 松尾知之: 上手に投げるためのバイオメカニクス・モデルの検討, バイオメカニクス研究, 7(4): 355-359, 2003.
 - 20) 松尾知之, 平野裕一, 川村 卓: 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, 2010.
 - 21) 宮西智久, 森本吉謙: 大学野球投手におけるピッチング動作の改善事例: 投球技術指導前後のトレーニング効果, 体育学研究, 52: 361-381, 2007.
 - 22) 宮西智久, 櫻井直樹: 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, 2009.
 - 23) 宮西智久: 野球投手のタイプ分けによるピッチング動作評価—オーバーハンドスロー, スリークォーターズスロー, サイドハンドスローとアンダーハンドスロー—, バイオメカニクス研究, 15(3): 108-118, 2011.
 - 24) 宮下浩二: 「肩甲骨, 胸椎, 胸郭」のユニットで捉え, 個々の動きをみる, *Sports medicine*, 25(10): 2-9, 2013.
 - 25) 森丘保典, 山崎一彦: 陸上競技男子 400m ハードル走における最適レースパターンの創発: 一流ハードラーの実践知に関する量的データおよび質的アプローチ, トレーニング科学, 20(3): 175-181, 2008.
 - 26) 森丘保典: 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, 2014.
 - 27) 無藤 隆, 山田洋子, 南 博文, 麻生 武, サトウタツヤ編: 質的心理学. 新曜社, p. 20, 152, 2004.
 - 28) 日本混合研究法学会(監), 抱井尚子, 成田慶一(編): 混合研究法への誘い, 遠見書房, 2016.
 - 29) 西村ユミ: 語りかける身体—看護ケアの現象学. ゆるみ出版, p. 218, 2001.
 - 30) 小倉 圭, 野本亮希, 川村 卓: 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, 2016.
 - 31) 坂田 淳, 中村絵美, 鈴川仁人, 赤池 敦, 清水邦明, 青木治人: 少年野球選手における肘内側障害の危険因子に関する前向き研究, 整スポ会誌, 36(1): 43-51, 2016.
 - 32) 桜井 厚, 小林多寿子編著: ライフストーリー・インタビュー. せりか書房, p. 264. 2005.
 - 33) 島田一志, 阿江道良, 藤井範久, 結城匡啓, 川村 卓: 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, 2000.
 - 34) 谷川 聡, 内藤景: スプリント・ハードルトレーニングのためのバイオメカニクス知見の活かし方, バイオメカニクス研究, 18(3): 157-168, 2014.
 - 35) 高橋佳三, 阿江道良, 藤井範久, 島田一志, 川村 卓, 小池関也: 球速の異なる野球投手の動作のキネマティック的比較, バイオメカニクス研究, 9(2): 36-52, 2005.
 - 36) 戸造直人, 林 陵平, 荻山 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, コーチング学研究, 31(2): 239-251, 2018.
 - 37) 結城匡啓: 私の考えるコーチング論: 科学的コーチング実践をめざして, コーチング学研究, 25(1): 13-20, 2012.
 - 38) Wells, R.P. and Winter, D.A.: Assessment of signal and noise in the kinematics of normal, pathological sporting gaits. *Human Locomotion*, 1: pp. 92-93, 1980.
 - 39) 関子浩二: 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, 2003.