

野球の打撃における指導者の主観的評価に対する キネマティクスの研究： 下肢および体幹部に着目して

金堀 哲也¹⁾ 山田 幸雄²⁾ 會田 宏²⁾
島田 一志³⁾ 川村 卓²⁾

Tetsuya Kanahori¹, Yukio Yamada², Hiroshi Aida², Kazushi Shimada³ and Takashi Kawamura²: Analysis of the objective viewpoint of well-experienced baseball coaches when evaluating batting skills using kinematics indices. *Japan J. Phys. Educ. Hlth. Sport Sci.* 59: 133-147, June, 2014

Abstract : The purpose of this study was to clarify the viewpoint of a well-experienced baseball coach when evaluating batting skills using kinematics indices.

Method: First, three baseball coaches evaluated sixteen baseball players in their own teams. The players were divided subjectively into a first superior (FG) group and a second superior (SG) group according to batting ability. Next, the hitting motion of all sixteen players was captured using a VICON system (9 cameras, 250 Hz). We measured the speed of the batted and pitched ball, or the timing of release by the pitcher, using three synchronized high-speed cameras (250 Hz). From these kinematics data, we calculated several kinematics indices for each batter, focusing especially on the indices for motion of the lower extremities and trunk. In contrast, a well-experienced expert coach who had never met these players evaluated the hitting motion of each player using only motion films without the above kinematics indices, and similarly divided them into FG and SG. The evaluation of fourteen players agreed between the team coaches and the expert coach. The FG and the SG each comprised seven players. We analyzed these fourteen players using the kinematics indices, and clarified objectively the differences in hitting motion between the two groups.

Results & Conclusions: The speed of swing, batted ball speed and physical index were approximately the same in the two groups. However, players in the FG group showed a significantly longer distance of center of gravity migration in step than those in the SG group. This might have been attributable to the hip abduction movement on the pivot side on the basis of kinematics indices ($p < 0.05$). Moreover, players in the FG group took more time in step, and swung in a shorter time after landing on the stepped foot, relative to the players in the SG group ($p < 0.05$). These results suggest that the well-experienced expert coaches paid particular attention to the above hitting motion rather than the speed of swing, batted ball speed and physical index as coaching points.

Key words : coaching, coaching point, hitting motion, subjective evaluation

キーワード : コーチング, 着眼点, 打撃動作, 主観的評価

- 1) 筑波大学大学院人間総合科学研究科
〒305-8574 茨城県つくば市天王台 1-1-1
 - 2) 筑波大学体育系
〒305-8574 茨城県つくば市天王台 1-1-1
 - 3) 金沢星稜大学人間科学部
〒920-8620 石川県金沢市御所町丑10番地 1
- 連絡先 金堀哲也

1. *Graduate School of Comprehensive Human Sciences, University of Tsukuba*
1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki 305-8574
2. *Faculty of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba*
1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki 305-8574
3. *Faculty of Human Sciences, Kanazawa Seiryō University*
10-1 Ushi, Goshō-machi, Kanazawa, Ishikawa 920-8620

Corresponding author golddig1984@yahoo.co.jp

1. 緒 言

スポーツにおけるパフォーマンスの評価は、陸上競技のようにタイムや距離で決まるクローズドスキルでは客観的な指標が可能となる一方で、球技などにみられる外的状況の変化や予測不能な条件下で対応力が求められるオープンスキルでは、その客観的な評価は難しいとされている (Poulton, 1957). ゆえに、これまでオープンスキルの研究では、研究対象を評価しやすいように単純化された運動課題を設定 (川口, 2004) するなどして、検証されてきた. 代表的なオープンスキルの課題である野球の打撃においては、スイング速度の上位群と下位群を比較した研究や、獲得要因に関する研究 (川村ほか, 2008) や、投球のコースや高さの違い (田子ほか, 2006 ; Rafael et al., 2009), 投球の速度の違い (高木ほか, 2010) など行われてきた. これらの研究は、明確な課題設定による動作の比較により、競技レベルや運動課題が明らかに異なる対象の特徴を評価してきた. しかし、実際の指導現場では、競技レベルや課題が明らかに異なる状況で評価することは少ない. その結果、指導現場との課題設定が異なってしまう、実践的示唆が得られ難いという問題が生じており (関口・村木, 2006), 実践的な知見を獲得するために現場に則した研究法が求められる (坂入, 2011). 一方、実際の指導現場では、選手の動作の微妙な差を見抜いて指導法の選択を行い、選手の評価がなされている. では、熟練の指導者は選手のどのような違いを評価しているのだろうか. このような、選手のわずかな違いや指導者の経験的な視点を抽出するために、近年では質的手法を用いた研究が行われるようになってきた (會田, 2008 ; 松尾ほか, 2010). しかし、質的手法のみを用いた研究は、指導者の経験や感覚に偏りやすく、指導者の感覚と運動者の感覚、さらには実際の動作との一致がみられたり、また、みられなかったりと一貫性がない場合がある. また、評価した選手個人への解釈は可能であるが、集団への評価が困難になるというデメリットもあ

る. 以上のことから、打撃の技術を評価するためには、従来の量的な評価に加えて、指導現場の意見を含めた総合的な評価を行う必要がある.

このことを参考に、特に同チームで体格やその他の条件が近似する、もしくは他の選手よりも劣るメンバーからレギュラーを決めていく優れた指導者の選択能力がどの点にあるかを明らかにすることは指導者として興味深い. しかし、その選択を行う際に明確に言語化できる部分もあるが、微妙な差異を感覚的に選別することもあると考えられる. そのような指導者の感覚的な差異を客観的に量的に明らかにすることができれば指導現場の課題に沿った研究デザインが構築でき、指導現場と研究の融合を図ることができると考えられる. さらに、選手にとっても指導者の観点が客観的に明らかとなれば、「なぜ、レギュラーになれないのか」と感覚的に捉えられていた課題が具体的に量的な課題設定ができるようになり、選手の技能向上にも大変有益になると考えられる.

そこで、本研究の目的は1つの大学野球チームに所属する大学野球選手を対象として、指導者が選手の打撃動作を評価する際の着眼点をバイオメカニクスの手法を用いてキネマティック的に明らかにすることである.

2. 方 法

2.1 研究デザイン

本研究は、第1段階として現場の指導者によって選手を主観的に評価する印象分析を行った. この作業により、現場の指導者が被験者の打撃動作を観察し、パフォーマンスの優劣に関してなんらかの着眼点をもって評価したと仮定できる. なお、本研究は指導者が被験者を評価する際、評価を分けた着眼点に関する詳細な語りは一切調査しなかった. これは言語化することで先に着眼点が指導者内に定着してしまうことを避けるためである. つまり、着眼点を言語化することでその点を先に見てしまうようなバイアスを避けるためであって、語りをしないで評価してもらった.

次に、第2段階として量的手法を用い、指導

者によって選定された被験者の動作に関する差異を客観的に評価した。これらの方法を混合させることで、指導者の評価を左右した動作について帰納的に明らかにすることができる。

このように指導者の主観的な評価も加味したデータを量的な手法で分析することで、双方の弱点を克服し、客観的かつ実践的で現場が受け入れやすい理論構築を目指す。

2.2 被験者の選出

はじめに、対象となる選手のことを熟知していることは重要だと考えられる。よって、T大学硬式野球部に専属の指導者として3年以上指導に携わっている指導者（以下「チーム指導者」と略す）3名により被験者を選出してもらった。T大学硬式野球部は部員が130人以上で、その中で投手専門やマネージャーなどのスタッフ部門にいる者を除くと80名程になる。その中で左打者は51名と多く、そこで本研究では左打ちのみ対象とし、その中で打撃において優れ、試合での活躍が期待される選手20名を選出してもらった。これらの選手をさらに2群に分けてもらい、チーム内で最も打撃の優れていると評価された選手10名をFirst superior group（以下「FG」と略す）として、それに準じて打撃の優れていると評価された選手10名をSecond superior group（以下「SG」と略す）として選出してもらった。この際に選手個々の心理的な評価はしないように抽出を行ってもらった。その結果、FG群およびSG群それぞれ8名の選手においてチーム指導者の意見が100%一致したため、これらの計16名の選手を実験対象とした。ただし、対象チームを熟知した指導者に限られた選出では、傾向の偏った選考になることが危惧される。そこで、対象となるT大学野球部の選手をまったく知らないうえで、選手および指導者としても10年以上の経験をもち、大学野球の日本代表チーム監督の実績のある指導者（以下「第三評価者」と略す）に、ランダムに並び替えた選手の実験映像を観察してもらうことでトライアンギュレーションを行い、対象となる選手を選出した。なお、評価する際の指

導者の着眼点を言語化することは、あらかじめ分析点を絞ることにつながり、客観性を損なう危険性がある。そこで本研究は、指導者が主観的に評価した際の動作の違いをバイオメカニクスの手法を用いて定量的に明らかにするという目的から、すべての評価者には特定の着眼点は他者に話すことはせずに、起用する場合を想定してFG群とSG群に分けてもらった。その結果、FG群7名、SG群7人がチーム指導者の選出と一致した。よって、これらの過程で選出された14名をFG群およびSG群とし、分析対象とした。

2.3 被験者

被験者は、18—21歳までの首都大学野球連盟1部リーグに所属する大学硬式野球部員16名（身長： 173.8 ± 2.4 cm、体重： 71.2 ± 5.8 kg、競技歴： 13.2 ± 2.3 年）であり、いずれも左打ちの選手であった。実験に際し、被験者に実験の目的および方法、危険性、個人情報の取り扱いなどを十分に説明し、実験参加の同意を書面で得た。

2.4 実験試技

実験において被験者には、正規の距離（18.44 m）から投げられたボールを試合と同じ意識で安打を打つように指示した。なお、実験前に十分にウォーミングアップを行い、打撃練習も行わせた。打球に関しては、全試技において同一の投手が行い、投手には同じピッチングフォームで、なるべく同じ球速で真中周辺に投げるように指示した。なお、被験者全員が日頃よりこの投手を相手に打撃練習を行っていた。

被験者は、試技を少なくとも6回行ったが、被験者には1試技毎に5段階評価で内省を報告してもらい、5点が最も高い評価として4点以上の打球が出なかった被験者ではそれ以上行った者もいた。分析試技は、各被験者の全ての試技において、内省が高かった試技（成功試技）のうち、指導歴の長い指導者が捕手側のバッティングゲージの外から観察し、最もベルト付近の高さで、コースはほぼ真ん中のストライクゾーンにきていた1試技を選定した。

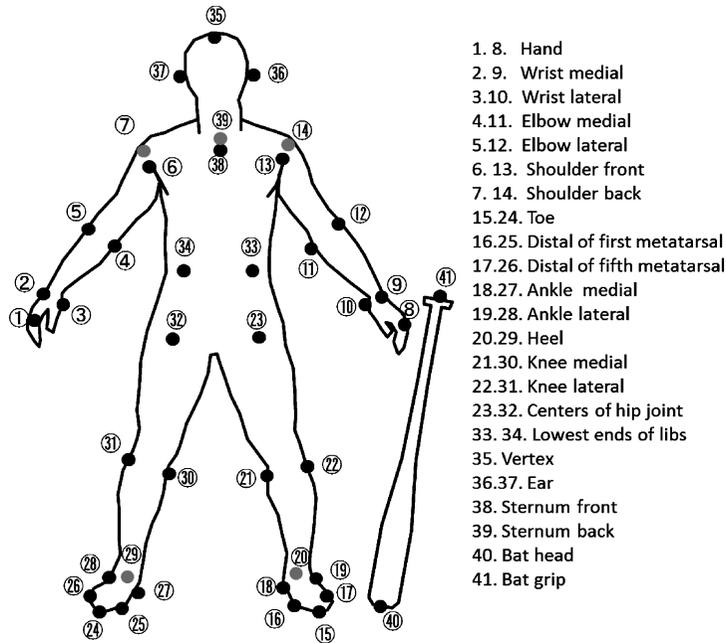


Fig. 1 Point of marker on the body segment and bat.

2.5 データ収集

赤外線カメラ9台（サンプリング周波数：250 Hz）を用いた光学式3次元自動動作分析システム（VICON MX, VICON MOTION SYSTEMS 社）により、身体計測点39点およびバット計測点2点、計41点の3次元座標データを収集した（Fig. 1）。投手のリリースの瞬間と、インパクト直前および直後のボール速度を計測するため、3台の高速度VTRカメラ（HSV-500C3, NAC 社）を設置した（撮影速度：250フレーム/秒、シャッター速度：1/2000秒）。3台の高速度カメラの時間的同期には、カメラIとカメラIIではカメラ内蔵のフェイズロック・システムにより行った。さらに、カメラIとカメラIIIおよび3次元自動動作分析システムでは、発光ダイオード（LED）を利用した同期装置（DKH 社, PH-100）からパルス光を映しこむことと、PCへ電気信号を取りこむことにより行った。本研究の被験者は全員が左打ちであったため、打者から投手へ向かう方向をY軸、鉛直方向をZ軸、Y軸およびZ軸に直交し、かつ左打席から右打席へ向かうベクトルをX軸として左手系の静止座標系を設定し

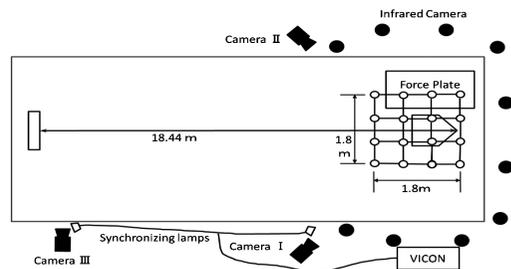


Fig. 2 The experimental set up.

た。なお、試技の撮影前にキャリブレーションボール（高さ2.3 mで4個の較正点を取り付けたボール）を撮影範囲の16箇所に垂直に立て、順に撮影した（Fig. 2）。実験では、長さ0.84 m、質量0.9 kgの木製バットを使用した。

2.6 座標データの平滑化

得られた3次元座標値は、残差分析法（Winter, 1990）により最適遮断周波数を決定し、Butterworth digital filterにより座標データを平滑化した。実際に用いた遮断周波数は2.5—17.5 Hzであった。

2.7 分析範囲

分析範囲は、左打者の左脚を軸脚、右脚を踏出脚とし、踏出脚離地の時点からインパクトまでを分析範囲とした。金堀ほか（2012）は、指導書の記述内容を収集・整理した結果、打撃指導において指導者は、「構え」、「テイクバック」、「トップ」、「ステップ」、「アプローチ」、「インパクト」、「フォロースルー」の7局面に区別して指導を行っていると報告している。ここでの局面は、打者が踏出脚を捕手方向に引き上げる動作を「テイクバック」とし、それ以前を「構え」、踏出脚を投手方向へ踏出していく動作を「ステップ」、踏出脚着地後バットをボールへ目がけてスイングしていく動作を「アプローチ」、「テイクバック」から「ステップ」への切り替わりの局面として「トップ」、ボールとバットが衝突する瞬間を「インパクト」、「インパクト」後の動作を「フォロースルー」としている。

これらの内容と対応させるため、動作時点を以下のように定義した。踏出脚が地面から離れた直後の時点を Foot Release（以下「FR」と略す）、Y 軸成分における踏出脚のつま先の速度と身体重心速度の差が 1 m/sec 以上になった時点を Foot Start（以下「FS」と略す）、ステップ動作後に踏出脚のつま先が地面に設置した時点を Foot Contact（以下「FC」と略す）、ボールにバットが接触する直前の時点を Impact（以下「IM」と略す）とした。また、打者の動作と投手のリリースの瞬間との対応関係を計測するため、投手がボールをリリースした時点を Release（以下「R」と略す）とした。さらに、打者の動作の局面における変容を評価するために、FR から FS までを Backswing 局面、FS から FC までを Step 局面、FC から IM までを Approach 局面として 3 つの局面に分けた。

2.8 測定項目と算出方法

2.8.1 評価項目

客観的に選手のパフォーマンスを評価する指標として、スイング速度および打球速度、スイング時間（バットグリップの Y 方向速度が 1 m/sec

以上になった瞬間からインパクトまで（重田ほか、1956）を算出した。

身体の重心位置は、阿江（1996）の身体部分係数を用いて求めた。なお、重心の移動距離は、上記の手順で求められた身体重心を XY 平面に投影し、2 時点間の距離を身長で除することで算出した。

関節角度は、両脚股関節の屈曲伸角度度、内転外転角度、内旋外旋角度、両膝関節の屈曲伸角度度、両足関節の底屈背屈角度を算出した。

本研究において分析対象とする動作部位は、下肢および肩、腰の体幹とした。その理由として、上肢の動作に関しても分析したものの、上肢の動作は下肢の動作に比べて偏差が大きかったこと。また、それらの結果および下肢の動作における違いを上肢の動作に関連付けるには紙面の関係上、十分な考察ができないと判断されたこと。以上のことから、上肢の動作に関しては、分析対象としなかった。

2.8.2 股関節の屈曲伸および内外転

下胴座標系は、両股関節の midpoint から体幹結合部へ向かうベクトルを z_{lt} 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 a_{lt} と定め、 z_{lt} 軸と補助ベクトル a_{lt} の外積から y_{lt} 軸ベクトルを、 y_{lt} 軸と z_{lt} 軸の外積から x_{lt} 軸ベクトルを定めた (Fig. 3(a))。

屈伸の角度は、下胴座標系の yz 平面において $-z$ 軸に対して股関節から膝関節へ向かうベクトルがなす角度とした。左右のいずれの股関節も、屈曲が正、伸張が負と定義した (Fig. 3(b))。

内外転の角度は、下胴座標系の yz 平面に対して股関節から膝関節へ向かうベクトルがなす角度とした。左右のいずれの股関節も、外転が正で内転が負と定義した (Fig. 3(c))。

2.8.3 股関節の内外旋

右大腿座標系は、右足関節から右膝関節へ向かうベクトルを補助ベクトル a_{rth} と定め、右膝関節から右股関節へ向かうベクトルを z_{rth} 軸とし、補助ベクトル a_{rth} と z_{rth} 軸の外積から x_{rth} 軸ベクトルを、 z_{rth} 軸と x_{rth} 軸の外積から y_{rth} 軸を定めた。内外旋の角度は、右大腿座標系の xy 平面上

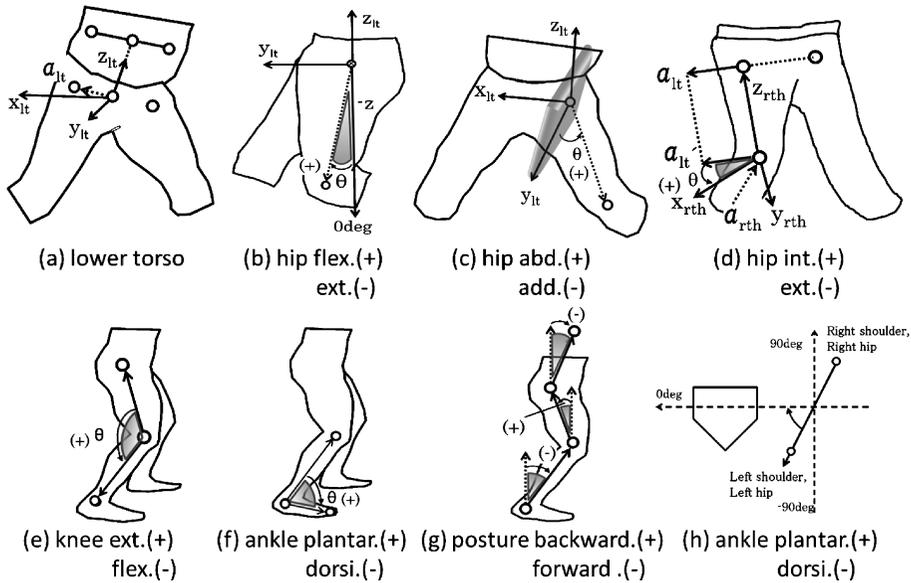


Fig. 3 Definitions of the moving coordinates and joint angles.

で、左股関節から右股関節へ向かうベクトルに対して x_{rth} 軸がなす角度とした。

左大腿座標系は、左足関節から左膝関節へ向かうベクトルを補助ベクトル a_{lth} と定め、左膝関節から左股関節へ向かうベクトルを z_{rth} 軸とし、補助ベクトル a_{lth} と z_{rth} 軸の外積から x_{lth} 軸ベクトルを、 z_{lth} 軸と x_{lth} 軸の外積から y_{lth} 軸を定めた。内外旋の角度は、左大腿座標系の xy 平面上で、左股関節から右股関節へ向かうベクトルに対して x_{lth} 軸がなす角度とした。左右いずれの股関節も、内旋を正、外旋を負とそれぞれ定義した (Fig. 3(d))。

2.8.4 膝関節

膝関節から股関節へ向かうベクトルと膝関節から足関節からへ向かうベクトルがなす角度とした (Fig. 3(e))。

2.8.5 足関節

足関節から膝関節へ向かうベクトルと足関節からつま先からへ向かうベクトルがなす角度とした (Fig. 3(f))。

2.8.6 下胴、大腿および下腿の姿勢角

身体座標系は、静止座標系の Z 軸ベクトルを移動座標系の Z_{bd} 軸ベクトルとし、 Z_{bd} 軸と左股

関節から右股関節へ向かう補助ベクトル a_{bd} の外積から y_{bd} 軸ベクトルを、 y_{bd} 軸と z_{bd} 軸の外積から x_{bd} 軸ベクトルを定めた。このように定義した身体座標系の yz 平面において、 Z_{bd} ベクトルに対して両股関節の midpoint から両肋骨下端の midpoint へ向かうベクトル、膝関節から股関節へ向かうベクトル、足関節から膝関節へ向かうベクトルがなす角度を、下胴、大腿および下腿の姿勢角とした。いずれも後傾を正、前傾を負とした (Fig. 3(g))。

2.8.7 バット、肩、骨盤の回転角度

バットグリップからバットヘッドへ向かうベクトル、左肩から右肩へ向かうベクトル、左股関節から右股関節へ向かうベクトルが、静止座標系の Y 軸に対してなす角度と定義した。角速度は、上記の手順によって求められた角度を時間で数値微分することにより算出した。いずれも時計回りを正、反時計回りを負と定義した (Fig. 3(h))。

2.9 統計処理

統計処理は、各時点における測定項目について両群間の比較を行うため、先行研究 (川村ほか, 2008; 高橋ほか, 2005) の方法を用いて、まず、繰り返しのある二元配置分散分析を行い、群間の

主効果および交互作用（群間×経時変化）に有意性がみられるかを検定した。しかし、群内の経時変化の要因については本研究の目的と異なるため検討しなかった。群間の主効果および交互作用のみられた場合は、測定項目の各時点および各局面の局面変位について、対応のないt検定により両群間の差を検定した。なお、有意水準は5%および1%未満とした。

3. 結 果

3.1 身体特性およびスイング項目、投球速度の比較

Table 1は、各被験者の身体特性および評価項目と投球速度の平均値と標準偏差を示したものである。

スイング速度の平均値を比較すると、FG群は32.7(±2.1) m/secに対し、SG群は32.7(±1.4) m/sec とほぼ同じ値を示し、スイング時間についてもFG群は0.18(±0.03) secに対し、SG群は0.17(±0.02) secで、両群に有意な差は認められなかった。また、打球速度についても、FG群が38.7(±2.9) m/secであったがSG群は38.0(±2.6) m/secで、ここでも有意な差はみられなかった。

投球速度については、FG群が25.0(±0.2) m/

sec、SG群は25.2(±0.6) m/secで有意な差はみられず、Leveneの等分散性の検定を行った結果、F=0.000で、そのときの有意確率は0.993(p<0.05)で有意ではなかったことから、等分散性が成立していたと判断した。

3.2 動作時点の出現時間と局面時間

Fig. 4—Fig. 9において、実線はFG群の平均値を、点線はSG群の平均値を示し、エラーバーは標準偏差を示している。また、*印は両群間に有意差のあった部分である。

Fig. 4は、被験者全体におけるインパクトの直前からみた各動作時点の出現時間の平均値と標準偏差を示したものである。平均値で見ると、FG群のRの出現時刻は-0.63(±0.01) sec、SG群は-0.61(±0.01) secであった。次にFSの出現時刻をみると、FG群の平均値は-0.62(±0.09) sec、SG群は-0.47(±0.22) secであり、Rより

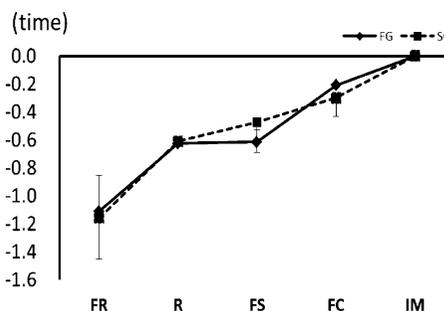


Fig. 4 Analysis of variance for time of each event.

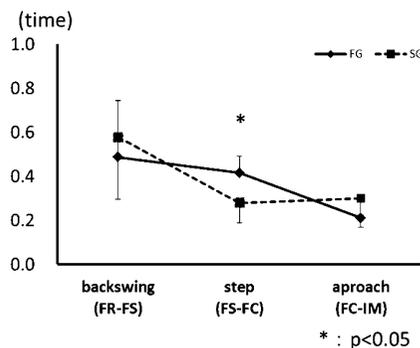


Fig. 5 Analysis of variance for time of phase.

Table 1 Specification of the subjects, and item of swing and ball speed

Variable	FG (n=7)	SG (n=7)	defference
Age (yr)	19.9 ± 1.1	20.1 ± 0.6	n.s
Height (cm)	172.7 ± 2.6	174.9 ± 2.0	n.s
Body mass (kg)	69.5 ± 6.6	72.8 ± 5.3	n.s
Swing speed (m/sec)	32.7 ± 2.1	32.7 ± 1.4	n.s
Swing time (sec)	0.18 ± 0.0	0.17 ± 0.0	n.s
Batted ball speed (m/sec)	38.7 ± 2.9	38.0 ± 2.6	n.s
Pitched ball speed (m/sec)	25.0 ± 0.2	25.2 ± 0.6	n.s

Mean ± SD

* : p<0.05

も遅いタイミングに位置した。

各動作時点の間に要する時間である局面時間について両群を比較してみると、Step局面において、FG群は $0.42(\pm 0.08)$ secを要したのに対し、SG群は $0.28(\pm 0.09)$ secで、FG群のほうが長い時間を要しており、その差は有意であった ($p < 0.05$)。しかし、その他の局面については、どの局面においても有意な差はみられなかった (Fig. 5)。

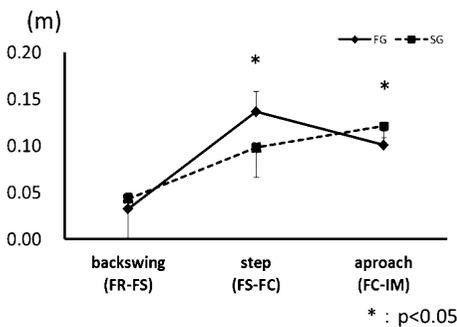


Fig. 6 Analysis of variance for length of CG-migration in each phase.

3.3 身体重心の移動距離と肩および腰の角度・角速度

Fig. 6は、各動作局面におけるXY平面上に投影した身体重心の移動距離を身長で除した値の平均値と標準偏差を示したものである。Backswing局面において両群に有意な差はみられなかったが、Step局面ではFG群は $0.14(\pm 0.02)$ mであったのに対し、SG群は $0.10(\pm 0.03)$ mで、FG群のほうが有意に大きかった ($p < 0.05$)。いっぽう、Approach局面においては、FG群は $0.10(\pm 0.02)$ mに対し、SG群は $0.12(\pm 0.01)$ mで、SG群のほうが有意に大きい値を示した ($p < 0.05$)。

Fig. 7は、各動作時点での肩と腰の角度および角速度の平均値と標準偏差を示したものである。肩の角度についてみると、各時点において両群にほとんど差がみられず、腰の角度においても、FS時点においてFG群が $-25(\pm 5)$ deg、SG群は $-30(\pm 4)$ degで、FG群のほうが5 degほど投手方向へ向いているものの、有意な差はみられなかった。一方、角速度についてみると、どの時点においてもほとんど差はみられなかったが、FC時点における腰の角速度ではFG群が $211(\pm 102)$ deg/secであったのに対し、SG群が $72(\pm 86)$ deg/secで、FG群のほうが有意に大きい値

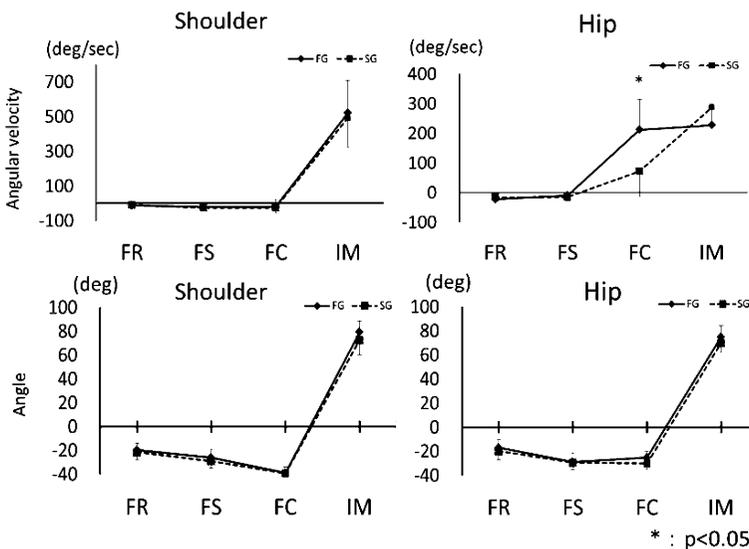


Fig. 7 Angular velocity and angles of shoulder and hip.

を示した ($p < 0.05$).

3.4 下肢の関節角度および姿勢角

Fig. 8 および Fig. 9 は、各動作時点での下肢の関節角度とその局面変位、および姿勢角の平均値と標準偏差を示したものである。

動作時点ごとにとみると、FR 時には両群に有意な差がみられなかった。FS 時についてみると、軸足側では両群に有意な差がみられなかったが、踏出脚側では股関節屈伸角度において、FG 群は $81 (\pm 19)$ deg であったが SG 群は $59 (\pm 17)$ deg

で、FG 群のほうが有意に屈曲していた ($p < 0.05$)。股関節内外転角度においては、FG 群は $6 (\pm 7)$ deg に対し SG 群は $17 (\pm 9)$ deg で、SG 群のほうが約 11 deg 外転位にあり、有意な差がみられた ($p < 0.05$)。また、姿勢角において踏出脚大腿の傾きが、FG 群は $57 (\pm 14)$ deg であったのに対し SG 群は $39 (\pm 15)$ deg で、FG 群のほうが大きく傾いており、有意な差がみられた ($p < 0.05$)。

FC 時の軸脚側では、股関節内外転角度において FG 群は $18 (\pm 5)$ deg であったのに対し SG 群

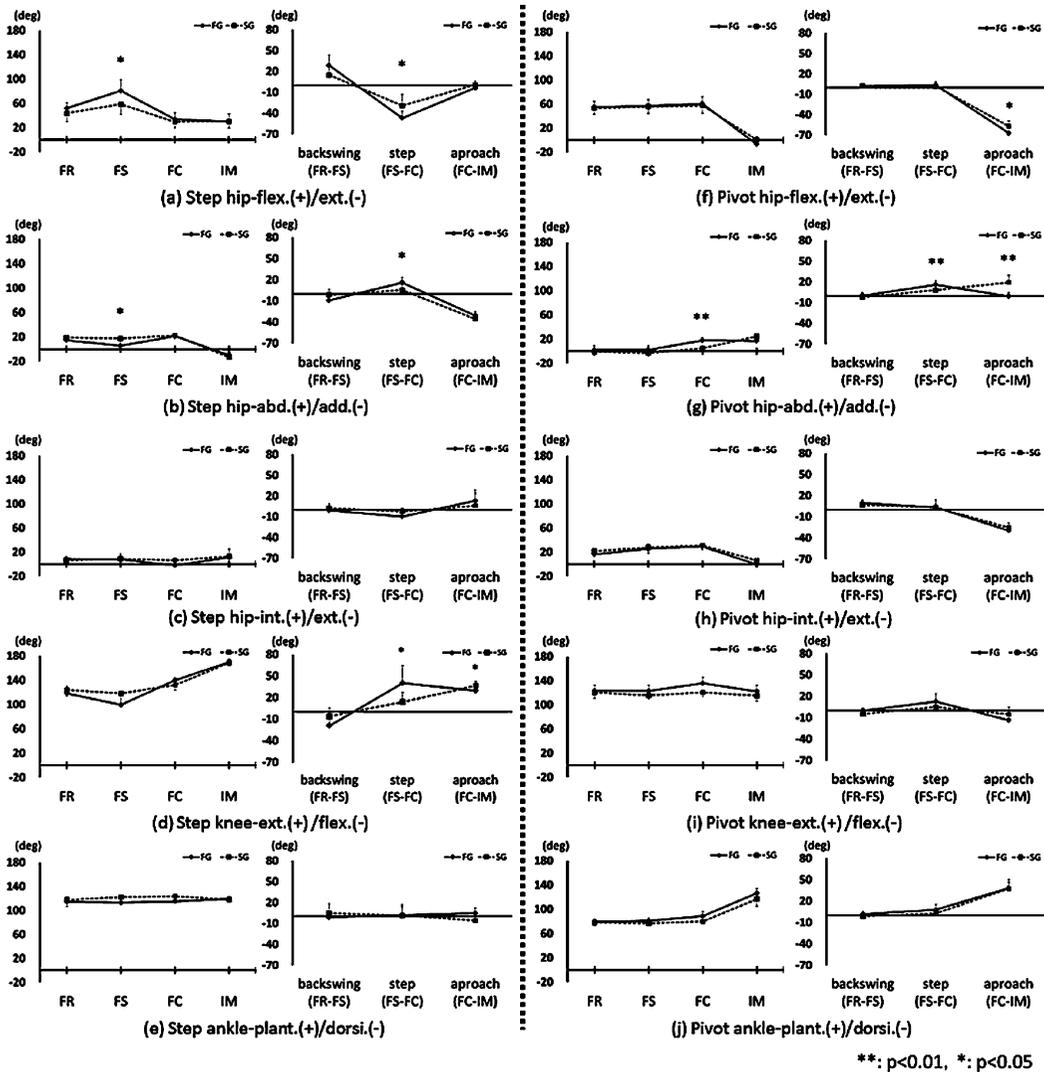


Fig. 8 Joint angle at each events, and amount of change in the phases.

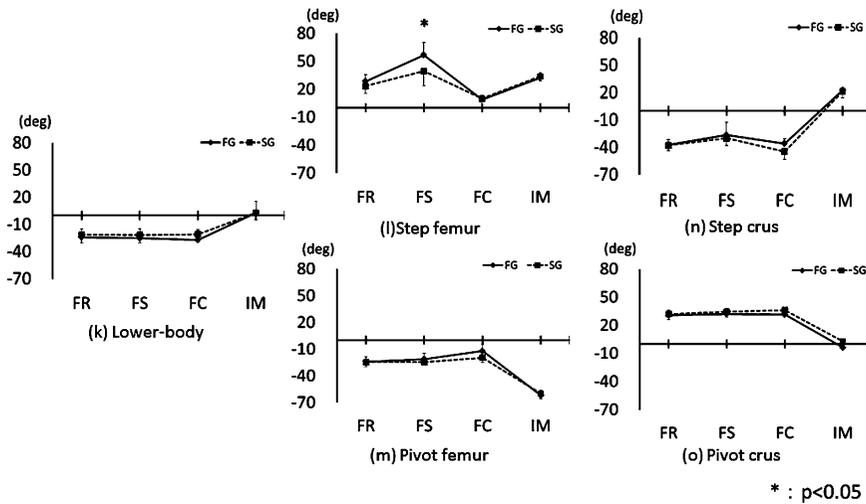


Fig. 9 Segment angle at each event.

は $5(\pm 8)$ deg で、FG 群のほうが約 13 deg 外転位にあり、有意な差がみられた ($p < 0.01$)。踏出脚側においては、FC 時以降で両群に有意な差はみられなかった。

各動作局面での角度変位についてみると、Backswing 局面では両群に有意な差はみられなかった。

Step 局面についてみると、踏出脚側では股関節屈伸角度変位において、FG 群は $-47(\pm 10)$ deg であったのに対し、SG 群は $-29(\pm 16)$ deg で、FG 群のほうが約 18 deg 大きく伸展しており、有意な差がみられた ($p < 0.05$)。股関節外転角度変位においては、FG 群は $16(\pm 7)$ deg であったのに対し、SG 群は $5(\pm 8)$ deg で、FG 群のほうが約 11 deg 大きく外転しており、その差は有意であった ($p < 0.05$)。膝関節屈伸角度変位においては、FG 群は $40(\pm 24)$ deg であったのに対し、SG 群は $14(\pm 13)$ deg で、FG 群のほうが約 26 deg 大きく伸展しており、その差は有意であった ($p < 0.05$)。軸脚側では、股関節外転角度変位においてのみ、FG 群は $16(\pm 6)$ deg であったのに対し、SG 群は $8(\pm 9)$ deg で、FG 群のほうが大きく外転しており、その差は有意であった ($p < 0.01$)。

Approach 局面についてみると、踏出脚側では

膝関節屈伸角度変位においてのみ、FG 群は $30(\pm 5)$ deg であったのに対し、SG 群は $37(\pm 6)$ deg で、SG 群のほうが約 7 deg 大きく伸展しており、有意な差がみられた ($p < 0.05$)。軸脚側では、股関節屈伸角度変位において、FG 群は $-67(\pm 8)$ deg であったのに対し、SG 群は $-57(\pm 8)$ deg で、FG 群のほうが約 10 deg 大きく伸展しており、有意な差がみられた ($p < 0.05$)。股関節外転角度変位においては、FG 群は $-1(\pm 5)$ deg であったのに対し、SG 群は $19(\pm 10)$ deg で、FG 群はほとんど変位していなかったのに対し、SG 群は外転しており、その差は有意であった ($p < 0.01$)。

4. 考 察

4.1 指導者の評価に関する考察

本研究は、指導者によって選定された打者の動作をバイオメカニク的に評価することで、現場の指導者が感覚的に捉えている評価指標を客観的かつ具体的に明らかにするために、選手を 2 段階に分けて選定した。はじめにチーム指導者 3 名によって選出された FG 群 8 名、SG 群 8 名の計 16 名の選手を、さらに第三評価者に選定してもらった結果、両群 7 名 (87.5%) が実験の映像、

すなわち打撃動作の観察のみでチーム指導者の意見と一致した。このことから、現場の指導者が打者を評価する際には、選手の従来の実績など打撃動作以外の様々な要因を加味しなくとも打者の動作のみを観察するだけで、高い水準で打者を評価できることがわかった。ただし、本研究は対象者の母数が非常に少ないため一般化するには不十分ではあるが、ここでの対象者は指導者が主観的判断により評価した場合、打撃動作にパフォーマンスの優劣に関わる何らかの違いがみられる集団だといえる。よって、これらの2群の動作を比較することで、指導者が選手を主観的に選定した観点を客観的指標として明らかにできると考えられる。

4.2 スイング項目の比較

はじめに、大学野球選手のインパクト直前のスイングの平均速度は25—33 m/sec (小田ほか, 1991b; 平野, 1984; 宮西, 2005) と報告されている。本研究の結果は、Table 1 に示すように、FG 群および SG 群の平均値が両群ともに32.7 m/sec であったことから、これらの被験者は大学野球選手の中でも上位に属する選手だといえる。

また、本研究では同じチームに属する被験者を、チームコーチおよび第三評価者の主観的評価により群分けを行った。従来の研究では、スイング速度と打球速度は相関が高いという報告がなされている (小田ほか, 1991a; 児玉・中山, 1997) ため、これらの数値は打撃のパフォーマンスと直結しやすい指標として扱われることが多い (高木ほか, 2010)。よって、選手を質的に分けた本研究においても、FG 群と SG 群の間にこれらの値に差がみられることが予想された。しかし、指導者が同一チームに所属する大学野球選手を競技レベルが異なると判断した FG 群と SG 群において、スイング速度および打球速度、体格要因について両群の間に有意な差はみられなかった。これは、指導現場では選手のパフォーマンスを評価する要因として、スイング速度や打球速度といったスイングに起因する要因よりも、選手のタイミングのとり方や動作の変容などを評価していること

が示唆される。

4.3 各動作局面における下肢動作の比較

打者の動作は主に、踏出脚を軸脚側に引き寄せる動作を行う Backswing 局面、軸脚側に引き寄せた脚を投手方向に踏出していく Step 局面 (これらの動作を行わないノーステップ打法もあるが本研究では全員が踏出脚を拳上させていた)、踏出脚接地後スイングを行っていく Approach 局面に分けて指導が行われている。そこで、本研究は実戦に則して動作を分析することが目的であるため、これらの局面を踏まえて考察していく。

4.3.1 Backswing (FR-FS) 局面

Backswing 局面についてみると、Fig. 8 に示すように、FR 時では、今回計測したどの測定項目にも、両群において有意な差はみられなかったことから、Backswing に入る段階では大きな差はなかったといえる。FS 時の踏出脚についてみると、FG 群のほうが股関節の屈曲が大きく (Fig. 8-(a))、内外転においても外転位から約10 deg ほど内転させていた (Fig. 8-(b))。これは指導書 (若林, 2002) でいう「踏出脚の引き付け」を、FG 群のほうが股関節中心に大きく行っていることを示しており、この動作が踏出脚大腿の大きな後傾に起因していると考えられる。Backswing 動作について平野 (1992) は、スイングと反対方向に身体を引くことで力強いスイングを可能にすると述べているように、FG 群は踏出脚を軸脚側に引き付ける動作を大きく行うことでスイングのためのエネルギーを大きくしていると考えられる。一方、指導書では「テイクバックの小さい動作は、動きが少ない分パワーは小さいがバランスは安定する (関根, 2004)」と述べている。このことから指導者は、踏出脚の引き付け動作の大小は、パワーとバランスのトレードオフの関係にある課題として捉えていることが示唆される。よって、本研究において指導者は、FG 群が Backswing 局面において踏出脚の引き上げ動作を大きくしていることを評価していると考えられる。

軸脚側についてみると、Backswing 局面にお

いてどの項目にも両群に差はみられなかった。踏出脚の動作において有意な差が認められたにも関わらず、角度変位をみても軸脚側の各関節角度や姿勢角にほとんど変位がなかった。指導書では「バックスイングでバランスを崩すと力を発揮できない（仲沢，2006）」と述べられていることから、Backswing局面における軸脚は固定することで安定化を図っていると示唆される。

4.3.2 Step (FS-FC) 局面

Step局面では、Fig. 6に示すように、両群ともに身体重心の移動距離が大きいものの、その差はFG群のほうが有意に大きかった。そこで両群の動作を比較すると、軸脚側股関節の外転 (Fig. 8-(g)) 動作がFG群のほうが有意に大きかった。また、軸脚膝関節の伸展 (Fig. 8-(i)) および足関節の底屈 (Fig. 8-(j)) においても、両群に有意差はなかったものの、FG群のほうが動作を大きく行っていた。先行研究において平野 (1984) は、打動作における軸脚の伸展動作が重心の移動距離を担っていると報告している。さらに、指導書において宇野 (2002) は、「軸脚が折れないように蹴り上げることで、体重を踏出脚へ少しずつ移動させる」と述べている。本研究の結果においても、FG群はステップ局面から軸脚の伸展動作を行うことで、身体重心を大きく移動させていることが示唆される。

踏出脚側についてみると、角度変位においてFG群は股関節の伸展 (Fig. 8-(a)) および外転 (Fig. 8-(b))、膝関節の伸展 (Fig. 8-(d)) が有意に大きかった。しかし、これらの角度はFC時には両群に大きな差がなく、むしろほぼ等しい値を示した。その要因は、FG群はFS時において股関節の屈曲が大きく、股関節の外転および膝関節の伸展が小さい姿勢をとっていたからであり、その後ステップ局面において股関節の伸展および外転、膝関節の伸展動作を大きく行った結果、FC時には同等の角度になったのである。その結果、指導者の目にはFG群のほうが踏出脚を大きく動かしているように映ったと考えられる。

また、有意差はなかったものの、FG群はFC時の股関節内外旋角度が中立位であるのに対し、

SG群は内旋位であった (Fig. 8-(c))。角度変位をみると両群とも外旋しているが、有意差はないもののFG群のほうが約7 degほど変位が大きかった。また、腰および肩の角速度についても、両群ともFC時において肩の投手方向への回転動作はみられないものの、腰の角速度は投手方向へ変動しており、その差はFG群のほうが有意に大きかった (Fig. 7)。これらのことから、FG群のほうがStep局面において下半身における投手方向へスイング開始の準備のような動作をとっており、指導者は打者のこのような動作を重要な着眼点としていることが示唆される。しかし、指導現場では、「腰を開かずに (林, 2001)」や「踏出脚の膝を割らない (股関節を外旋しない) ように (若林, 2002)」などの指導も多くなされてきた。それらの動作についてはSG群の方が忠実に再現できていたものの、指導者の評価を得られなかったのは、指導の着眼点として優先順位が低いのか、もしくはこのように下半身が先行してスイングされていく動作の方が重要であるのかは推測の域を出ないが、今後詳細な検討が期待される着眼点だといえる。

4.3.3 Approach (FC-IM) 局面

Approach局面においては、各関節の角度変位では軸脚側股関節の屈伸 (Fig. 8-(f)) や内外転 (Fig. 8-(g))、踏出脚膝関節の屈伸 (Fig. 8-(i)) に有意な差があったものの、IM時を比較すると両群に大きな差はみられなかった。これは、本研究の対象である大学野球選手は、IM時の姿勢は同様の姿勢をとっているものの、それを迎えるまでの過程が異なっているといえる。よって指導者は、IM時の打者の姿勢ではなく、それ以前のApproach局面における動作の変容を重要な着眼点としていと考えられる。そこで詳細に角度変位をみると、軸脚側股関節の内外転 (Fig. 8-(g)) においてFG群は外転位を維持した状態であるのに対し、SG群は外転させながらインパクトを迎えていた。これは、FG群はStep局面において大きく外転させることで、既にFC時では大きく外転位をとっていたが、SG群はStep局面での外転動作が小さかったことから、Approach局面

で大きな外転動作を伴ったものと考えられ、この外転動作が SG 群の重心の移動距離の大きさに起因していると示唆された。Approach 局面は、並進運動で得たエネルギーを回転運動に変える局面である(平野, 1984)。また、指導書において田尾(2006)は、「スイング中にボールに向かっていくとボール速度が速く感じ、ミート率が下がる」と述べていることから、アプローチ局面での投手方向への並進運動の大きさは、指導者の評価を左右した要因の1つであると考えられる。

4.4 指導者が優れた打者と判断する要因

本研究は、指導者の視点から振り分けられた選手の打撃動作を比較した結果、指導者が次のような違いから、選手を評価していることがわかった。

各動作の出現時間を比較した結果、ステップ動作を開始するタイミングについては、有意差はなかったものの FG 群の方が早く、投手のリリースの瞬間とはほぼ同時であった。また、ステップ時間は FG 群の方が有意に長く、有意差はなかったものの FC 時以降は SG 群よりも短い時間で IM 時を迎えていた (Fig. 4, 5)。一方、スイング時間については両群が同等の値を示したため、FC 時の肩、腰の回転角度および角速度についてみると、肩の角度および角速度は両群とも同等の値を示したのに対し、腰においては、角度は同等の値を示したものの、角速度は FG 群の方が約3倍も大きい値を示した (Fig. 7)。そこで、IM 時からみた肩および腰が投手方向へ回転を始めた時点^{注1)}の平均値を比較してみた (Fig. 10)。その結果、肩の回転において FG 群は、 -0.19 sec (± 0.03) で、SG 群は -0.21 sec (± 0.02) であった。一方、腰の回転は FG 群が -0.32 sec (± 0.10) で FC 時よりも早いタイミングであったのに対し、SG 群は -0.28 sec (± 0.04) で FC 時よりも遅いタイミングで投手方向への回転を始めており、その差は有意であった ($p < 0.05$)。以上のことから、本研究における FG 群は、Step 局面において腰を投手方向へ回転させておくことで、Approach 局面に要する時間を短くしていると示唆される。また、肩よりも腰が投手方向へ先行し

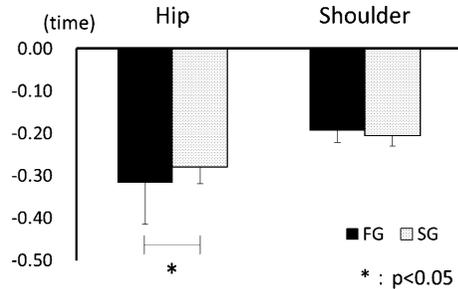


Fig. 10 The event that the hip and shoulder start to rotate.

て回転する動作は、指導現場において「割れ(西井, 2006)」と呼ばれる動作と一致していると考えられ、指導者は FG 群のこのような下半身の一連の動作を評価していると考えられる。

また、両群の動作を比較した結果から、身体重心の移動距離変位が FG 群は Step 局面において最も大きかったが、SG 群は Approach 局面において最も変位するという違いがみられた (Fig. 6)。そこで重心の移動距離の変化に最も影響を与える動作として、軸脚股関節の外転 (Fig. 8-(g)) および踏出脚膝関節の伸展 (Fig. 8-(d)) の影響が示唆された。この2つの動作の角度変位は、FG 群は Step 局面でピークを迎えたのに対し、SG 群は Approach 局面でピークを迎え、重心の移動距離の変位と同様の傾向を示した。すなわち、FG 群は Step 局面で、SG 群は Approach 局面で主に、軸脚股関節を外転させることで身体を投手方向へ運ぶ役割を果たしており、踏出脚膝関節の伸展動作はその移動を制御および静止するための準備動作として行われていると考えられる。

本研究の結果をまとめると、指導者はスイング動作に移行する以前の下肢が起こす動作のタイミングの違いを、選手を評価する要因の1つとして捉えていると考えられる。しかし、本研究では上肢を加えた身体全体の動作を検討できなかったため、今後は上肢の動作に関して指導者の評価を左右した点についても詳細に検討する必要があるだろう。

5. 結 論

本研究は、野球の打撃において現場の指導者が選手のパフォーマンスを評価する際の着眼点を明らかにするために、指導者の主観的評価によって振り分けられた選手の動作をバイオメカニクスの比較した結果、以下のことが明らかになった。

- ① 大学野球のFG群とSG群において、スイング速度や打球速度、体格要因などに大きな差はみられなかった。
- ② 身体重心の移動距離において、FG群はStep局面で最も大きく変位したが、SG群はApproach局面で最も大きく変位し、その差は有意であった。また、軸脚股関節の外転動作においても同様の傾向がみられた。
- ③ ステップ時間は、FG群のほうが有意に長かった。
- ④ 有意差はなかったもののステップ動作の開始時刻はFG群のほうが早く、ほぼ投手のリリースと同時であり、Approach局面の時間はSG群よりも短かった。
- ⑤ 腰の角速度において、両群ともにFC時以前から投手方向に回転していたものの、FC時の値はFG群のほうが有意に大きかった。

以上の結果より、本研究における指導者は、打者のスイング速度や打撃結果、体格などの項目よりも投手との時間的要因、いわゆるタイミングやそれに伴う動作を評価していることが示唆された。また、重心の移動距離変位において、FG群とSG群は異なるパターンを示し、それには軸脚股関節の外転動作が大きく関与していることが示唆された。さらに、FG群はステップの始動を早め、ステップ時間を長くすることでボールを引き付け、踏出脚接地後は短時間でスイングを行っていた。なお、FG群はこのような動作をFC時には腰を投手方向に回転をさせるスイング開始の準備動作のようなことを行うことで可能にしており、これらの動作の変容を指導者は重要な着眼点としていることが示唆された。

注

注1) 肩および腰が投手方向へ回転を始めた時点の算出法は、ほとんどの被験者が角速度の値が正負を前後する局面を経て、投手方向へ加速していたため、最終的に1 deg/sec以上で大きく増加した時点とした。

文 献

- 阿江通良 (1996) 日本人幼少年およびアスリートの身体部分慣性係数. *Jpn. J. Sports Sci.*, 15: 155-162.
- 會田 宏 (2008) ハンドボールのシュート局面における個人戦術の実践知に関する質的研究—国際レベルで活躍したゴールキーパーとシューターの語りを手がかりに—. *体育学研究*, 53(1): 61-74.
- 林 裕幸 (2001) レベルアップ野球. 西東社: 東京, pp. 9-52.
- 平野裕一 (1984) バットによる打の動作. *Jpn. J. Sports Sci.*, 3: 199-208.
- 平野裕一 (1992) 打つ科学. 大修館書店: 東京, pp. 20-27.
- 金堀哲也・川村 卓・松尾知之・朝岡正雄・山田幸雄・會田 宏 (2012) 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—. *コーチング学研究*, 25(2): 149-156.
- 川口鉄二 (2004) スポーツの運動研究に関する問題性—スタートの反応スピードの研究について—. *スポーツ運動学研究*, 17: 1-17.
- 川村 卓・島田一志・高橋佳三・森本吉謙・小池関也・阿江通良 (2008) 野球の打撃における上肢の動作に関するキネマティクスの研究: ヘッドスピード上位群と下位群のスイング局面の比較. *体育学研究*, 53(2): 423-438.
- 児玉公正・中山梯一 (1997) プロ野球選手の本塁スイング速度と膝関節等速性筋力. *体育科学*, 46(6): 785.
- 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(2): 343-362.
- 宮西智久 (2005) 野球の打撃動作の角運動量. 第18回日本バイオメカニクス学会大会論集: 鹿屋体育大学, pp. 160-161.
- 仲沢伸一 (2006) 基礎からマスター—野球—. ナツメ社: 東京, pp. 5-40.

- 西井哲夫 (2006) 野球技術—打撃編—. 舵社: 東京, pp. 5-69.
- 小田伸午・森谷敏夫・田口貞善・松本珠希・見正富美子 (1991a) 地面反力からみた野球のティーバッティング技術. 体育学研究, 36(3): 255-262.
- 小田伸午・森谷敏夫・田口貞善 (1991b) 野球のティーバッティングにおける地面反力-レギュラー選手と非レギュラー選手の比較. Jpn. J. Sports Sci., 10: 80-88.
- Poulton, E.C. (1957) On prediction in skilled movements. Psychological Bulletin, 54(6): 467-478.
- Rafael F. Escamilla., Glenn S. Fleisig, Coop DeRenne, Marcus K. Taylor, Claude T. Moorman, Rodney Imamura, Edward Barakatt, and James R Andrews (2009) A comparison of age level on baseball hitting kinematics. Journal of Applied Biomechanics, 25: 210-218.
- 坂入洋右 (2011) コーチング学における新たな応用的研究の可能性—包括的媒介変数を活用した実践的研究法—. コーチング学研究, 24(2): 169-173.
- 関口隆司・村木征人 (2006) 球技における移動運動の運動課題. スポーツ方法学研究, 19(1): 7-20.
- 関根 淳 (2004) 少年野球コーチング—バッティング—. 西東社: 東京, pp. 8-90.
- 重田定正・石河利寛・広田公一・谷岸 博 (1956) 野球のバッティングに関する研究. 体育学研究, 2: 9-17.
- 田子孝仁・阿江通良・藤井範久・小池関也・高橋佳三・川村 卓 (2006) 野球における打撃ポイントの高さが打撃動作に及ぼす影響. JJBSE, 10(1): 2-13.
- 高木斗希夫・藤井範久・小池関也・阿江通良 (2010) 異なる投球速度に対する野球の打撃動作に関する下肢および体幹部のキネティック的研究. バイオメカニズム学会誌, 34(3): 216-224.
- 高橋佳三・阿江通良・藤井範久・島田一志・川村 卓 (2005) 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.
- 田尾安志 (2006) 野球 バッティング. 成美堂出版: 東京, pp. 10-133.
- 宇野 勝 (2002) 21世紀の野球理論—もっと上手になる野球の鉄則—. 神戸新聞総合出版センター: 神戸, pp. 48-79.
- 若林憲一 (2002) めざせホームラン王—野球バッティング入門—. 成美堂出版: 東京, pp. 20-32.
- Winter, D.A. (1990) Biomechanics and motor control of human movement. John Wiley and Sons, New York, pp. 41-43.

(平成25年5月31日受付)
(平成25年12月2日受理)

Advance Publication by J-STAGE
Published online 2014/1/23