

# 熟練野球指導者の投手指導における不変項の抽出

Invariant variables in coaching of pitching: extracting experiential knowledge from expert coaches

松尾知之<sup>1</sup>

Tomouyuki Matsuo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>大阪大学医学系研究科

<sup>1</sup>Graduate school of Medicine, Osaka University

**Abstract:** This study was conducted to obtain some invariant variables in coaching of pitching from seven expert coaches and four former professional baseball pitchers. They were requested to expound their views on movement of pitching of some pitchers who was videotaped, and answered questionnaire on movement of pitching and psychometric tests by means of a paired comparison method using computer graphics. The followings were representative of invariant variables: 1) whole body coordination including rhythm and timing, 2) pressing and twisting of standing leg, 3) weight shift, 4) pelvis and trunk rotation during transfer phase from linear movement to rotational movement 5) movement and trajectory of throwing arm. Expert high school coaches more paid attention to the throwing arm. On the other hand, the former professional baseball players more paid attention to the trunk and the lower extremities. On shoulder horizontal abduction/adduction during take-back phase, both groups had different opinion.

## 1 はじめに

指導者認定制度が未だ整備されていない野球競技では、指導者の指導レベルは千差万別である。特に、少年野球では経験不足、知識不足の者が指導にあたる場合が少なくない。また、資金不足、時間不足、人材不足のために専門家からの助言を受ける機会も少なく、十分な指導体制を敷けるチームは数少ない。そのため、稚拙な指導に起因する受傷等により、不幸にも小学生や中学生の頃から競技を断念せざるを得ないような状況をも生んでいる。

一方で、少年野球に限らず、プロ野球や社会人野球などの高レベルにあっても、指導者間で意見が異なることも少なからずあり、選手がどちらの指示に従うべきか迷ってしまうケースも多々生じている。

筆者らは、このような現状を打破すべく、Webをベースとした指導者育成システムの開発に着手した。このシステムでは、まずは投手育成に焦点を絞り、投球動作に関する形式知のみならず、熟練指導者の持つ経験知をうまく伝えることを狙っている。

本研究は、そのコンテンツの一部とすべく複数の熟練指導者に対して投球解説、アンケート調査、心理実験を実施したので、その結果を報告する。投球解説は、熟練指導者の指導のポイントを探ることを目的に、アンケート調査は指導者間の意見の相違を

把握するため、心理実験は動作の選好度を定量化することを目的に実施した。

## 2 方法

被験者は、全国野球振興会（日本プロ野球OBクラブ）、日本野球連盟、日本高等学校野球連盟より投手指導に定評のある者として推薦された元プロ野球一軍投手4名（コーチ経験者含む）、元全日本代表投手コーチ1名、高校野球指導者5名（現大学指導者1名含む）、豊富な野球経験及び野球指導経験のあるスポーツ科学者1名の計11名である（以下、解説者）。投球解説、アンケート調査、心理実験の組み合わせから成る1対1の面接形式のインタビューは、適宜休憩を挟み1回2～3時間で、4回に分けて実施した。1回目は投球解説のみ、2回目と3回目は投球解説と心理実験、4回目は心理実験とアンケート調査を実施した。尚、4回目のインタビューでは、3回目までに投球解説を終わってない解説者に関しては、4回目も引き続き投球解説も実施した。

### 投球解説

中学生11名、高校生8名、大学生6名の投手25名の投球動作を2方向（図1参照；捕手側と右投手の場合は3塁側）から撮影したビデオ映像を、静止、

コマ送り、スロー再生を含め、何度でも自由に観察し、気付いた点をできる限り詳細に解説するよう解説者に依頼した。尚、以下の点は必ず含むように指示した。

- 1) 投手の長所、短所
- 2) 短所があれば、その正しい動き方
- 3) 短所があれば、矯正またはトレーニングの方法
- 4) 短所が複数あれば、矯正の優先順位



図 1. 投手モデルの 1 例

録音した発話記録をインタビュー後にテキスト化し、類似項目をカテゴリー化した。

## アンケート調査

上記の投球解説の結果を元に、出現頻度及び動作の各相への配分を考慮して選定した 50 項目のアンケート調査を実施した。各質問肢に対し、非常に強く賛成できる場合は+3、非常に強く反対するのであれば-3、どちらでもない中立な意見あるいは全く拘らないという意見を持っていれば 0 点とする、7 段階評価での回答を依頼した。

## 心理実験

某プロ野球投手の映像を元にコンピュータ・グラフィックスによる投球動作映像（以下 CG）を作成し、その上肢関節動作を変更することにより幾つかの動作変更 CG を作成した。そのうちの 2 つの CG について、一対比較法により優劣を 3 件法にて判断させた。一対比較法は以下の 4 つのシリーズを実施した。1) バックスイングから加速期にいたる肘関節屈曲伸展角度を系統的に変更した 5 動作の比較。提示順を入れ替えたものも含めて計 25 対の比較。2) バックスイングから加速期にいたる肩関節内外転角を系統的に変更した 4 動作、16 対の比較（図 2）。3) バックスイングから加速期にいたる肩関節水平内外転角を系統的に変更した 5 動作、25 対の比較、4) 上記の組み合わせによる 7 動作、49 対の比較を行った。3 件法で回答した結果を 100 点満点として得点化し、一元配置の分散分析を行った。平均値間に有意差があった場合、Bonferroni 法による多重比較を実施した。尚、比較の順序はランダムに実施した。

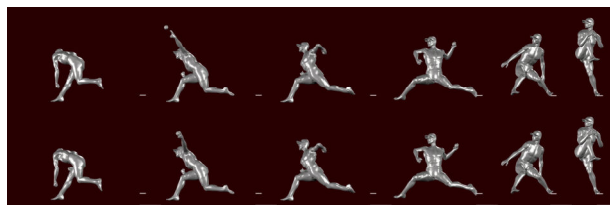


図 2. 肩関節内外転角を変更した CG

## 3 結果

### 投球解説

コメント数及びカテゴリー数

発話の総意味単位数は 3765 個、投手モデル一人が受けた総意味単位数の平均値は  $150 \pm 27$  個（範囲：101~214 個）だった。

類似した意味単位を 1 つのカテゴリーにまとめた結果、76 種類のカテゴリーにまとめられた。投手モデル一人が解説者一人から受けるコメントは 2~26 種類のカテゴリーからであった。平均カテゴリー数の範囲は  $7.5 \pm 3.1$  個~ $14.4 \pm 5.8$  個だった。

解説者の各投手モデルに対するコメントの平均カテゴリー数は、 $11.0 \pm 4.6$  種類で、最も多い解説者で  $17.3 \pm 5.0$  種類、最も少ない解説者で  $6.1 \pm 1.5$  種類だった。

投手モデルの動作特徴

11 名の解説者のうち過半数の 6 名の解説者が同じカテゴリーのコメントを言った場合に、そのカテゴリーを当該投手の動作特徴と定義した。動作特徴数の範囲は、0~7 個で、平均値は  $3.7 \pm 1.8$  個であった。

上記で求めた投手モデルの動作特徴を頻度順で示すと、

1. 投球リズムや全身の協調性に関する項目（13 名/25 名、例：「フォーム的にバラバラで、リズム、バランス、タイミングができていない」、「動きにメリハリ、緩急があって良い」、「割と全身の力を使えている」、「全体の動きに淀みがなく、スムーズ」など）。
2. 加速期の体幹部の動きに関する項目（11/25、例：「腰切りが不十分」、「腰を開くタイミングが早く、外回りしている」、「体幹ドライブ時の胸の張りは良い」、「軸がぶれない」など）。
3. 着地時の体重移動に関する項目（9/25、例：「着地時に、着地脚が外に流れずにピタッと止まっている」、「着地してからの下半身の粘りが無い」、「フォロースルーで体重が着地脚の上に乗っているが、その体重移動をもっと早く」、「軸脚から着地脚に体重を乗せるタイミング

と乗せ方が良い」など)。

4. 着地時の体幹の姿勢に関する項目 (9/25、例: 「着地時に少し肩が開いている」、「着地時の体幹の捻りが不十分」、「着地時に軸を回そうという姿勢、(体幹が) 真っ直ぐに立っている状態は良い」、「クローズドに着地し、フロントサイドがある程度ブロックされている」など)。

#### 各解説者特有の指導項目

各投手モデルに対するコメントのうち、上記で求めた「投手モデルの動作特徴」に関するコメントを除き、全投手モデルの40%以上(10名/25名)の投手に同一カテゴリーのコメントをした場合、そのカテゴリーを当該解説者特有の指導項目と定義した。

各解説者の平均特有指導項目数は、 $3.4 \pm 3.6$ 個で0~12個の範囲にあった。

指導項目のカテゴリーは、解説者によってさまざまであるが、熟練高校指導者5名中4名に、投球腕のしなやかさに関する項目(例: 「肩関節最大外旋前後の投球肘の使い方が柔らかい」、「投球腕の畳み方が良い」、「投球腕のしなりがない」、「投球手が頭から離れすぎ、投球腕が身体に巻きつかない」など)が見られた。

一方、プロ投手経験者4名中2名に、ストライド中の軸足での加重に関する項目(例: 「軸足の粘りが無い。軸脚に溜めてジワジワと出て行く感じが欲しい」、「膝の屈伸の反動で投げてしまう」、「流れの中で軸脚に十分な加重を与えようという意識が見られる」など)が見られた。

## アンケート調査

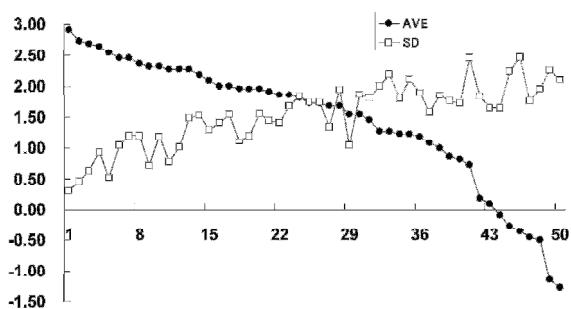


図3. 各アンケート項目の平均値と標準偏差

投球解説の結果を元に作成した50項目のアンケート調査の結果、平均値が3に近く標準偏差の小さい項目、すなわち、ほとんどすべての解説者が非常に強く賛成と回答した項目が見つかった(図3)。以下にそのうちの幾つかを列挙する。

- ・足を上げた際に軸脚の膝が外(三塁手方向)を向

いてはならない ( $2.64 \pm 0.92$ )、

- ・足を挙げてから前に出る際に軸足がずれてはいけない ( $2.91 \pm 0.3$ )、
  - ・ストライド中の両腕の動きはやや内側に捻るようにして(内旋・回内)肘を上げるべきである ( $2.68 \pm 0.64$ )、
  - ・リリース時の肘の高さは両肩を結ぶライン上にあるべきである ( $2.55 \pm 0.52$ )、
  - ・上手投げの場合、投球手の軌道はできるだけ身体を中心線の近くを通るべきで、身体から離すべきではない ( $2.73 \pm 0.47$ )、
- 逆に、解説者間で意見が異なり、大きなバラツキが見られた項目の幾つかを以下に示す。
- ・スピンを十分に利かすために、リリース後の投球腕は回内→回外を一瞬で行い、フォロー時には手の甲が上を向くようにすべきである ( $-0.36 \pm 2.46$ )、
  - ・投球腕を対角の脚に力強く近づけるような動きをすべきである ( $0.73 \pm 2.45$ )、
  - ・プレートへの足の置き方は、スパイクの内側をプレート内側にかけるように置くべきである ( $-1.14 \pm 2.26$ )、
  - ・軸足の踵を踏み込むのと振り上げ脚を上げるタイミングを同期させるべきである ( $-0.27 \pm 2.24$ )
  - ・投球手首も背屈させて肘を上げるべきである ( $-0.50 \pm 1.96$ )、
  - ・視線は打者に向ける必要はなく、捕手のミットから絶対に離すべきではない ( $0.18 \pm 1.83$ )。

## 心理実験

CGによる心理実験の結果、肘関節の最小角度が $80^\circ$ 未満の投球動作を好み、 $100^\circ$ 以上になると選好度が急激に低下することがわかった(図4-a)。

また、肩関節外転角度 $110^\circ$ 以上では高い選好度を示したが、 $90^\circ$ 以下では極めて低くなった(図4-b)。標準偏差も極めて小さく、解説者間のばらつきはほとんどなかった。

一方、肩関節水平内外転角の選好度は、前2者の動作比較と比べて解説者間のバラツキが大きかった(図4-c)。特に、水平外転角の小さい(水平内転角の大きい)動作に関しては、5名の熟練高校野球指導者のすべてが最も選好度が高かったのに対して、それ以外の解説者のうちの4名は最も低い選好度を示すという両極端な意見を持っていたことが原因であった。

動作変更規準の異なる混合型の比較を行った結果においても、上記の結果と類似した結果となった(図4-d)。図4-dにあるAは肘関節 $60^\circ$ の動作であるが、肩外転 $110^\circ$ (図4-bと図4-dのE)と肩水平外転 $-10^\circ$ (図4-c)とも類似した動作である。これらを基に図

4-d の B~G の選好度を見ると、図 4-(a)~(c)に類似している。ただし、肘関節 100° の選好度は、図 4-(a)のものよりも著しく低い値を示した。

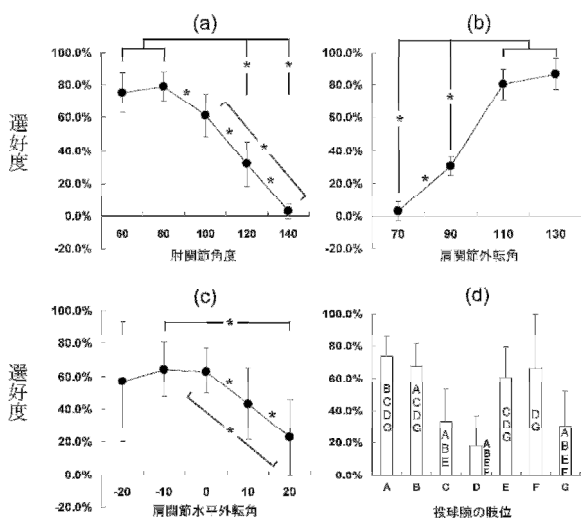


図 4. 心理実験における選好度の比較. (a)は肘関節最大屈曲時の肘関節角度が、60, 80, 100, 120, 140° の選好度、(b)はボールリリース時の肩関節外転角度が、70, 90, 110, 130° の選好度、(c)はボールリリース時の肩関節水平外転角度が-20, -10, 0, 10, 20° の選好度（ただし、CG 映像観察時にはボールリリース時よりもバックスイング期の肢位で判断する機会が多い）、(d)は上記の混合型で A=肘 60, B=肘 80, C=肘 100, D=外転 90, E=外転 110, F=水平外転-20, G=水平外転=20。バーの中あるいは横にあるアルファベットは多重比較の結果、有意差のあった動作。

## 4 考察

### 不変項

アンケート調査により、投手指導における不変項と言える幾つかの項目が抽出できた。これらの項目は、投手指導の必須項目といえよう。Kuniyoshi ら (2004) や Yamamoto ら (2002) は、ロボットを用いた起き上がり動作の学習において、起き上がり成功するために必ず通る関節軌道が幾つかあることを報告しており、これが「コツ」や「ツボ」にあたるのではないかと推察している。アンケート調査によって抽出された不変項は、長年の経験によって得られた膨大な情報から「コツ」に関わる情報が縮約された結果であると考えられる。

そのうちの 1 つである「上手投げの場合、投手の手の軌道はできるだけ身体を中心線の近くを通るべきで、身体から離すべきではない」という項目は、

所謂「アーム式」と呼ばれる肘の浅い屈曲角によって生じる「外回りの投球」とは対極にある意見である。肘伸展角度を変更した CG の心理実験の結果は、上記の軌道を取るためには、少なくとも鋭角に曲がる必要があることを示している。

また、「リリース時の肘の高さは両肩を結ぶライン上にあるべきである」という項目は、肩外転角 90° の状態を示し、これまで長年に亘って多くの野球指導者にも載っている「常識」のようなものである。しかしながら、CG による心理実験の結果は、90° ではまだ不十分で、肩外転角 110° や 130° の選好度の半分以下であった。Matsuo ら (2002) は、プロ野球投手の投球腕の肩外転角度が、加速期の上肢関節のトルク変化の総量や躍度の総量が最小になるような肩外転角と極めてよく一致することを報告しており、またそのような最適肩外転角度は体幹の動きに左右することも明らかにしている (Matsuo, 2006)。これらのことから考えると、肩外転角度 90° は最低限の条件であり、体幹の動き次第で、さらに上げた方がよい場合があると考えられる。本研究の CG 映像はそのケースに当てはまったのかもしれない。この点に関しては、さらに検討する余地がある。

投球解説で頻度の多い動作特徴として抽出されたカテゴリーは、多くの投手が持つ特徴であるとともに、投手指導の不変項としても考えることができる。それは、多くの解説者が共通に指導上の重要なポイントであると考えているからである。具体的には、投球全体のリズムや全身の協調性に関する項目と着地から加速期にいたる体幹や体重移動に関する項目である。後者に関しては、投球動作の動作分析を行った松尾ら (2003) の実証研究の結果を支持する結果といえる。すなわち、彼らは、プロ選手を含む高速投手群 (平均初速度 140±2km/h, N=12) と同年齢層の中速投手群 (平均初速度 123±2km/h, N=12) および少年投手群 (平均初速度 85±8km/h, N=12) という特色のある 3 群において、投球中の動作パターンを比較した結果、上肢の動作パターンはどの群も類似していたが、下肢において高速投手群のみに共通して見られる動作パターンがあることを報告している。その動作は、着地後の軸足膝関節の継続的な伸展、着地後の軸足股関節の継続的な外旋、ボールリリース直前の踏み出し脚の膝関節伸展である。つまり、踏み出し脚の着地からボールリリースにかけて脚の動きによって体幹が加速、回転する相であり、本研究において抽出された頻度の多い動作特徴と一致する。

### 変動項と類型化

投球解説の結果は、これまで現場で言われて来た

問題を浮き彫りにもした。つまり、同一選手の同じ動作を観察しても、指導者により長所や短所の捉え方が異なることがあるという点である。今回の解説者はいずれもかなりの高レベルにあるといえるが、そのレベルの者でさえも意見がかなりばらつくことは予想外であった。最も顕著な例を挙げると、計 149 個（解説者一人当たりの平均カテゴリー数  $10.0 \pm 4.6$  個）のコメントをもらっているにもかかわらず、過半数の解説者から同じカテゴリーに属するコメントを受けた項目は 1 つもないケースがあった。すなわち、この投手は、指導者が変わるたびに異なる指導を受けてしまうことになる典型例と言える。所謂、「クセ」のない投手に該当すると考えられるが、「クセ」のない投手ほど指導者に左右されやすいと言う皮肉な結果となった。選手が戸惑うことなく練習に励むために、今後、何らかの対策を施す必要がある。

解説者間で意見が異なる理由の一つとして、解説者のバックグラウンドが挙げられる。すなわち、選手としてのレベルや指導対象のレベルが、投手指導に影響を与えている可能性がある。各解説者にはその人特有の指導項目が見つかったが、高校野球指導者では投球腕に関する項目が多く、プロ野球経験者では軸足の使い方に関する項目が多く見られた。また、CG による心理実験の中で大きな分散が見られた肩関節水平内外転の大きさに関しては、高校野球指導者はバックスイングの際に投球腕をあまり後方に引かない（小さな水平外転）動作を好み、高校野球指導者以外の解説者の多くはその小さなバックスイングを嫌う傾向にあった。このように、意見のばらつきを利用して、指導法を類型化できる可能性が示唆された。

## 謝辞

本研究の一部は日本学術振興会科学研究費補助金（課題番号：18500482）の助成によって行われた。

また、本研究の投手モデルの選定にあたって、大阪府中体連軟式野球競技部専門委員長の上野喜一郎氏、解説者の選定にあたって全国野球振興会（プロ野球 O B クラブ）の菅谷齊事務局長、砂原元事務局次長、日本野球連盟の崎坂徳明事務局次長、日本高等学校野球連盟の田名部和裕参事に多大なるご協力をいただいた。ここに深謝いたします。

尚、本研究の一部は、日本体育学会第 58,59 回大会、第 17,18 回運動学習研究会において発表された。

## 参考文献

- [1] Y. Kuniyoshi, Y. Ohmura, K. Terada, et al.: Embodied basis of invariant features in execution and perception of whole-body dynamics actions-knacks and focuses of Roll-and-Rise motion, *Robotics and Autonomous Systems*, 48, 189-201, (2004)
- [2] T. Yamamoto, Y. Kuniyoshi: Stability and controllability in rising motion: a global dynamics approach, *Proceedings of the 2002 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, 2467-2472, (2002)
- [3] T. Matsuo, T. Matsumoto, Y. Mochizuki, et al.: Optimal shoulder abduction angles during baseball pitching from maximal wrist velocity and minimal kinetics viewpoints, *Journal of Applied Biomechanics*, 18, 306-320, (2002)
- [4] T. Matsuo, GS. Fleisig, N. Zheng, et al.: Influence of shoulder abduction and lateral trunk tilt on peak elbow varus torque for college baseball pitchers during simulated pitching. *Journal of Applied Biomechanics*, 22, 93-102, (2006)
- [5] 松尾知之: 「じょうずに投げる」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, 355-359, (2003)