



野球投手における投球腕の動作がボールの回転に及ぼす影響

大岡, 昌平
前田, 正登

(Citation)

体育・スポーツ科学, 21:41-47

(Issue Date)

2012-06

(Resource Type)

journal article

(Version)

Version of Record

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/90002690>



野球投手における投球腕の動作がボールの回転に及ぼす影響

大岡 昌平¹⁾, 前田 正登¹⁾

Effects of arm movement on pitched baseball spin

Shohei Ohoka, Masato Maeda

Abstract

The purpose of the present study was to investigate the effect of pitching arm movements on the initial conditions of baseball spin at release. Alternating every 15 pitches to approximate the pitch count of a half-inning, two pitchers threw a total of 135 fastballs. Only odd-numbered pitches, the trajectory of the pitched ball was videotaped with two standard-speed video cameras, the pitching motion was videotaped with two high-speed cameras, and the initial conditions of ball spin at release were videotaped with a high-speed camera. Parameters of ball flight and pitching motion were analyzed by three-dimensional direct linear transformation. The velocity and trajectory of the ball and the each joint angle of the upper limb were measured, and the ball's spin rate and spin axis angle were also calculated based on the equations with the points on the ball surface. The results were as follows;

- 1) The spin axis angle and the spin rate at release affected the movement of the ball after release. For both participants, the azimuth affected ΔX .
- 2) For Subj.R.S, the spin rate and azimuth of pitched ball affected ΔZ and the final ball velocity.
- 3) The arm movement that affected spin axis angle was different between participants. For both participants, however, the forearm posture at release and the trajectory of the ball to release affected elevation.
- 4) For Subj.R.S, the upperarm posture at release and the trajectory of the ball to release affected azimuth.
- 5) In each participant, the arm movements that affected the initial ball velocity and the spin rate were not closely related to mutually.

Key words : spin axis, spin rate, ball trajectory, arm movement, pitch count

キーワード : ボールの回転, 投球軌道, 投球腕動作, 投球数

I. 緒言

野球の試合において、カーブやフォークボールなどの変化球を武器に打者を打ち取る投手もみられるが、全ての投手に共通して、投球の主となる球種は直球であるといえる。

バイオメカニクスの手法を用いた野球投手の研究においては、ボール速度が大きな投手ほど優れた動作を獲得していると考えられることが多い(宮西ら, 1996; 村上ら, 2002)が、投手が投じる直球には、例え同じ球速であっても個人間、または個人内においても様々な違いが見られる。その違いは球質とも呼ばれ、「キレ」「ノビ」「ハシリ」などの言葉を用いて形容されることが多く、一般的にはボールの回転軸の傾きや回転量の影響を受ける(Jinji and

Sakurai, 2006; 前田と白井, 2008)とされている。このことから、投球されたボールの球質を評価するには、初速度だけでは不十分であると考えられ、「キレ」、つまり回転軸の傾きや回転量は投手が打者を打ち取るためには重要な要素の一つであるとみることができる。

Jinji and Sakurai (2006) や前田と白井 (2008) は、ボールの回転軸の傾きが投球軌道に影響を与えると報告している。また、ボールの回転に密接に関係する投球動作について、永見ら (2010) や神事ら (2006) の研究がある。これらの研究では手指およびリリース時の手の方向について言及されているが、投手の立場で考えると、実際の投球において、手指など微細な末端部の動作を意識的に変えることは容易ではない。パフォーマンス向上のためには、むしろ、投球の際に意識的に変化させることができる投球腕全

1) 神戸大学大学院人間発達環境学研究所
2) 〒657-8501 兵庫県神戸市灘区鶴甲3-11

Graduate School of Human Development and Environment, Kobe University
3-11 Tsurukabuto, Nada, Kobe, Hyogo, 657-8501, Japan

体の動作との関連性を明らかにすることが必要であると考えられる。投球の指導においても「腕を上から振り下ろす」や「腕全体をしならせて」のように、投球腕全体の使い方を指した言葉が用いられることが多く（土橋ら, 2009; 前田, 2010), 投球腕の末端部である手部や手指よりも投球腕全体に意識を置く方が、投球腕の動作を容易に調節しやすいとも言われている。

本研究では、野球投手の投球において、ボールの投球軌道に影響を与えると考えられるボールの回転量や回転軸の傾きに、投球腕の動作が与える影響を明らかにすることを目的とした。

II. 方法

1. 被験者

被験者は大学硬式野球部に所属し、公式リーグ戦の出場経験を持つ左投げ投手2名とした。被験者の身長、体重および年齢を表1に示す。なお被験者には、本実験の主旨、内容、および危険性について、あらかじめ説明し同意を得た上で実施した。

表1 被験者

| 被験者 | 身長 (cm) | 体重 (kg) | 年齢 (歳) |
|-----|---------|---------|--------|
| S.O | 170.1 | 71.0 | 22 |
| R.S | 166.0 | 64.0 | 18 |

2. 投球実験

ホームベースの左右斜め後方10m 高さ1m の位置に、完全に同期された2台のビデオカメラ (XC-009, SONY 社 :

カメラ間の距離は10m) を設置し、投球されたボールの軌道を60fps で撮影した。また、ホームベースの真後ろ5m 高さ1.5m の位置に高速度ビデオカメラ (FASTCAM-NetC, PHOTRON 社) 1台を設置し、250fps でボールリリース付近のボールの状態を撮影した。さらに、被験者の左側方10m 高さ1.5m の位置に、完全に同期された2台の高速度ビデオカメラ (FASTCAM-Rabbit, PHOTRON 社 : カメラ間の距離は7.5m) を設置し、投球動作を240fps で撮影した。なお、本研究で用いた座標系は、投球方向を y 軸、鉛直方向の上向きを z 軸、被験者の左右方向で y 軸と z 軸に垂直な、三塁に向かう方向を x 軸とした (図1)。

3. 実験試技

実験試技として、被験者にマウンドから捕手方向に向けて最大努力で直球を投球させた。投球は、15秒~20秒間隔で15球投げることを1イニングとし、1イニング毎に被験者を交代しながら、9イニング分の計135球の投球を行った。135球の実験試技のうち、各イニングに相当する15球の2球に1球 (1, 3, 5, ..., 13, 15球目), 計72球分の投球軌道および投球動作を撮影し、それらすべてを分析対象とした。

4. 分析項目

本研究では、以下の項目を分析項目とした。

① 投球軌道

2台のビデオカメラで撮影した画像をコンピュータに取り込み、三次元動作解析ソフトウェア (MoveTr32, ライブラリー社製) を用いて分析を行った。コントロールポイントとして、被験者の左右方向には1m 毎に3箇所、被験者の前後方向には2m 毎に10箇所、および鉛直方向に5箇所の計150点を撮影した。較正の結果、本測定によ

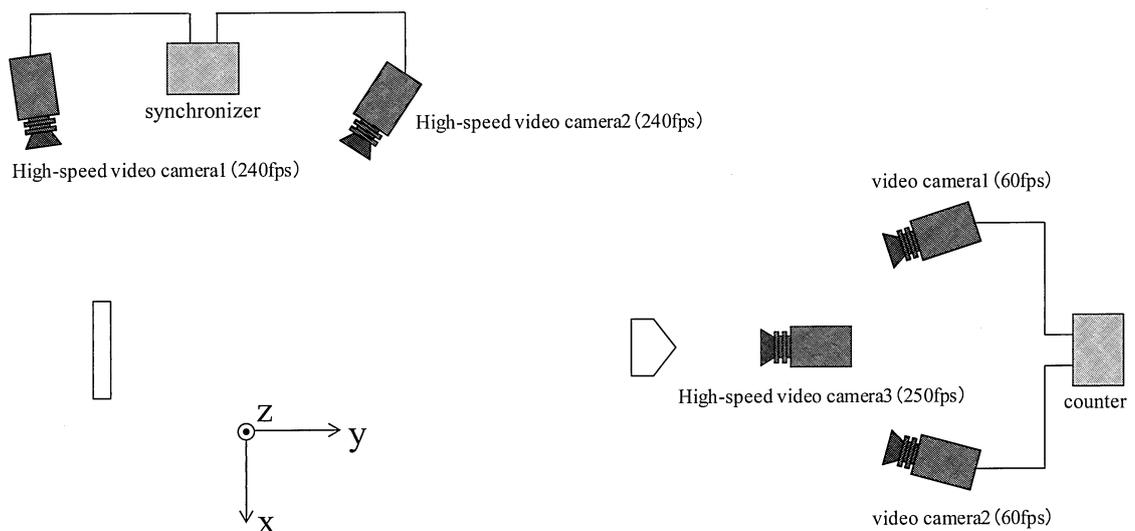


図1 本研究の実験構成

る誤差は、最小誤差0.20cm、最大誤差5.60cm、平均誤差2.97cm、標準誤差1.59cmであった。1/60秒より短い時間間隔でボールの位置座標を算出するために、デジタイズによって得られたボール中心の各座標の時系列データに最小2乗法による2次の多項式近似を適用し、x、yおよびz方向の時系列データを算出した。

② ボールの初速度および終速度

ボールの各座標の時系列データに適用した2次の多項式を用いて、ボール初速度はボールリリース時の各座標の位置座標を時間微分することで算出し、x成分、y成分およびz成分の合成をボール初速度とした。ボール終速度も同様に、ボールがホームベース（投手板からの距離が18.44mの地点）を通過した時刻を求め、その時刻における速度をボール終速度とした。また、ボール初速度とボール終速度との差をボール速度差とした。

③ X成分変化量

まず、初速度のy成分およびリリース時におけるボールのy座標より、ボールが空気の影響を受けずにy方向へ等速運動をしたと仮定した時のホームベース通過（投手板からの距離が18.44mの地点）時刻tを算出した。初速度のx成分およびリリース時におけるボールのx座標より、時刻tにおける理論到達位置のx座標を算出し、①で求めた実際のボールの軌道から算出されるホームベース（投手板からの距離が18.44mの地点）でのx座標から理論到達位置のx座標を減じた差分をX成分変化量とした。なお、この算出方法ではX成分変化量はマイナスの値となるが、比較し易いようにX成分変化量は絶対値で表した。この値を、ボールのシュート量を表す指標とし分析に用いた。

④ Z成分変化量

ボールが空気の影響を受けずに放物運動をしたと仮定し、初速度のz成分およびリリース時におけるボールのz座標より、時刻tにおける理論到達位置のz座標を算出し、①で求めた実際のボールの軌道から算出されるホームベース（投手板からの距離が18.44mの地点）でのz座標から理論到達位置のx座標を減じた差分をZ成分変化量とした。この値を、ボールのノビの程度を表す指標とし分析に用いた。

⑤ ボールの回転量および回転軸の傾き角度

本研究では、ボールの回転量および回転軸の傾き角度を Jinji and Sakurai (2006) の方法を参考に算出した。

ボールは回転しながら移動していくので、ボールの回転量を算出するために、ボールリリース付近のボールの状態を撮影した映像を基にデジタイズによって得られるボール表面上の各点（図2における点Pおよび点Q）の座標は、ボール中心を原点とする運動座標系に変換する必要がある。

なお、この運動座標系は、得られた映像の右方向をx'軸、鉛直上方向をz'軸、それらに垂直で本塁方向をy'軸とした。

図2のように、回転軸上のベクトル \overrightarrow{GT} はPおよびP'、QおよびQ'の運動座標系における3次元座標をもとに算出される。点P'およびQ'は、点PおよびQがそれぞれ次のコマに移動した点である。

点T (T_x, T_y, T_z) は回転軸上でボール表面にある点であるので、ボールの半径をrとすると、

$$T_x^2 + T_y^2 + T_z^2 = r^2 \quad \dots (1)$$

と表すことができる。また、 \overrightarrow{GT} と $\overrightarrow{PP'}$ や $\overrightarrow{QQ'}$ は互いに垂直の位置関係にあり、次式が成り立つ。

$$\overrightarrow{GT} \cdot \overrightarrow{PP'} = 0 \quad \dots (2)$$

$$\overrightarrow{GT} \cdot \overrightarrow{QQ'} = 0 \quad \dots (3)$$

式(1)～(3)の3元連立2次方程式から点T (T_x, T_y, T_z)、つまり、 \overrightarrow{GT} を求めることができる。

次に、 \overrightarrow{GT} 上の点G'を求めることで、回転角 Ψ が算出される。G'は \overrightarrow{GT} 上にあり、 $k\overrightarrow{GT}$ と表すことができ、 \overrightarrow{GT} と $\overrightarrow{G'P}$ は垂直の位置関係となることから、

$$T_x(P_x - kT_x) + T_y(P_y - kT_y) + T_z(P_z - kT_z) = 0 \quad \dots (4)$$

が成り立ち、式(4)を解くことでkを求めることができ、G'の座標が得られる。

回転角 Ψ は、

$$\Psi = \cos^{-1} \frac{\overrightarrow{G'P'} \cdot \overrightarrow{G'P}}{|\overrightarrow{G'P'}| \cdot |\overrightarrow{G'P}|} \quad \dots (5)$$

によって求めることができ、 Ψ をPからP'まで推移するのに要した時間で除して、ボールの単位時間あたりの回転量 ω を算出できる。

また、ボールの回転軸の傾きは方位角 θ および仰角 ϕ で定義した (図2). すなわち、方位角 θ は回転軸上の \overline{GT} をボールの運動座標系における $x'y'$ 平面に投影したベクトルと x' 軸とのなす角度、仰角 ϕ は \overline{GT} と $\overline{G\hat{T}}$ を $x'y'$ 平面に投影してできたベクトルとのなす角度とした.

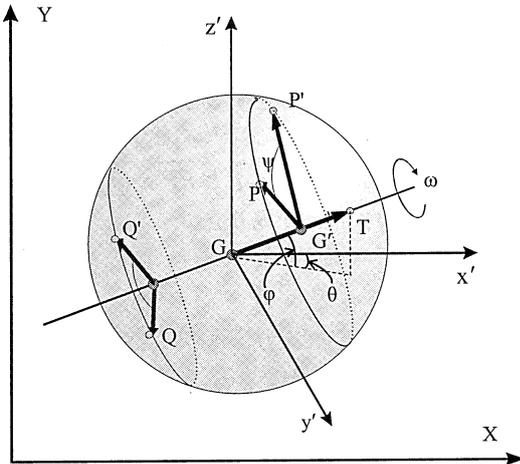


図2 回転軸角度の定義

ボールの表面上には、特定の点を識別できるように模様を描き、映像に連続して2コマ以上写っている点を最低3点用いて、各組み合わせより算出される値を時刻ごとで平均し分析に用いた。このようにして得られるボールの回転量 ω 、ボールの回転軸の傾き角度である方位角 θ および仰角 ϕ は、リリース後5コマ分の平均値を算出し分析に用いた.

⑥ 投球腕の姿勢および動作

2台の高速度ビデオカメラで撮影した動画をコンピュータに取り込み、三次元動作解析ソフトウェア (MoveTr32, ライブラリー社製) を用いて分析を行った. コントロールポイントとして、被験者の左右方向には1m毎に3箇所、被験者の前後方向には1m毎に4箇所、および鉛直方向に5箇所の計60点を撮影した. キャリブレーションの結果、本測定による誤差は、最小誤差0.04cm, 最大誤差3.89cm, 平均誤差1.90cm, 標準誤差1.20cmであった.

本研究では、リリース時における投球腕の姿勢を評価した. またリリース時は、指先からボールが離れる瞬間を高速度ビデオカメラの動画像から判断した. 投球腕の姿勢を評価するために、以下の値を算出した (図3).

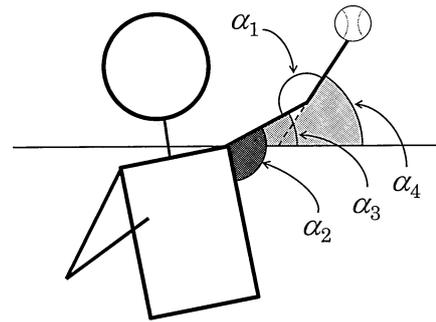


図3 投球腕の姿勢角度

肘関節角度 (α_1): 左肘関節から左肩峰へ向かうベクトルと左肘関節から左手関節へ向かうベクトルがなす角度

肩関節外転角度 (α_2): 左肩峰から左肘関節へ向かうベクトルと左肩峰から左肋骨下端へ向かうベクトルがなす角度

上腕部姿勢角度 (α_3): 左肩峰から左肘関節へ向かうベクトルが xy 平面となす角度

前腕部姿勢角度 (α_4): 左肘関節から左手関節へ向かうベクトルが xy 平面となす角度

また、投球腕の動作を評価するため、被験者の踏出し足である右足が接地した瞬間以降、ボールの y 方向速度が最小となった時点からリリース時までにおけるボールの移動距離を1コマ毎に x, y, z の各方向について求め、それらを積算して x 方向の移動距離 Dx , y 方向の移動距離 Dy および z 方向の移動距離 Dz を算出した. さらに、前後方向の移動距離 Dy に対する左右方向の移動距離 Dx の比 I_{xy} , Dy に対する上下方向の移動距離 Dz の比 I_{yz} もそれぞれ算出した. I_{xy} の値が大きいほど、リリース直前にボールが左右に大きく動いたこと、つまり左右方向に腕を振ったことを意味し、 I_{yz} の値が大きいほど、ボールが上下に大きく動いたこと、つまり上下方向に腕を振ったことを意味する.

5. 統計処理

本研究では、算出した各項目の値についてピアソンの積率相関係数を用い、危険率5%未満を有意とした.

Ⅲ. 結果

各被験者の投球腕の姿勢角度を表2に示した.

被験者 S.O の $\alpha_1 \sim \alpha_4$ はそれぞれ、 149.5 ± 9.4 度、 99.0 ± 19.1 度、 29.3 ± 6.5 度および 53.9 ± 5.8 度であり、被験者 R.S ではそれぞれ、 154.9 ± 8.6 度、 80.5 ± 14.6 度、 13.6 ± 5.1 度および 36.5 ± 7.2 度であった.

表2 各被験者における投球腕の姿勢角度の平均値と標準偏差

| | 被験者 S.O | 被験者 R.S |
|-------------------|-------------|-------------|
| α_1 (deg.) | 149.5 ± 9.4 | 154.9 ± 8.6 |
| α_2 (deg.) | 99.0 ± 19.1 | 80.5 ± 14.6 |
| α_3 (deg.) | 29.3 ± 6.5 | 13.6 ± 5.1 |
| α_4 (deg.) | 53.9 ± 5.8 | 36.5 ± 7.2 |

各被験者における、ボールの投射初期状態とリリース後におけるボールの挙動の関係を表3-1、表3-2にそれぞれ示した。

両被験者において、ボール初速度とボール速度差との間（被験者 S.O : $r = 0.519$; 被験者 R.S : 0.432 , $p < 0.01$ ）および方位角と X 成分変化量との間（被験者 S.O : $r = 0.310$;

表3-1 ボールの投射初期状態とリリース後におけるボール挙動との関係（被験者 S.O）

| | 初速度 | | ボール回転量 | | 方位角 | | 仰角 | |
|--------|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|
| | 値 | 有意性 | 値 | 有意性 | 値 | 有意性 | 値 | 有意性 |
| 終速度 | 0.228 | n.s | 0.129 | n.s | 0.062 | n.s | 0.157 | n.s |
| ボール速度差 | 0.519 | ** | 0.047 | n.s | -0.190 | n.s | -0.052 | n.s |
| X成分変化量 | -0.195 | n.s | 0.098 | n.s | 0.310 | ** | 0.091 | n.s |
| Z成分変化量 | 0.115 | n.s | 0.098 | n.s | -0.055 | n.s | -0.117 | n.s |

(** : $p < 0.01$)

表3-2 ボールの投射初期状態とリリース後におけるボール挙動との関係（被験者 R.S）

| | 初速度 | | ボール回転量 | | 方位角 | | 仰角 | |
|--------|--------|-----|--------|-----|-------|-----|--------|-----|
| | 値 | 有意性 | 値 | 有意性 | 値 | 有意性 | 値 | 有意性 |
| 終速度 | 0.856 | ** | 0.252 | * | 0.209 | n.s | 0.076 | n.s |
| ボール速度差 | 0.432 | ** | 0.027 | n.s | 0.019 | n.s | 0.130 | n.s |
| X成分変化量 | 0.082 | n.s | -0.198 | n.s | 0.318 | ** | 0.322 | ** |
| Z成分変化量 | -0.042 | n.s | 0.012 | n.s | 0.353 | ** | -0.102 | n.s |

(** : $p < 0.05$, * : $p < 0.01$)

表4-1 ボールの投射初期状態とリリース時における投球腕の姿勢および動作との関係（被験者 S.O）

| | 初速度 | | ボール回転量 | | 方位角 | | 仰角 | |
|------------|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|
| | 値 | 有意性 | 値 | 有意性 | 値 | 有意性 | 値 | 有意性 |
| α_1 | 0.116 | n.s | -0.193 | n.s | 0.016 | n.s | 0.145 | n.s |
| α_2 | -0.098 | n.s | -0.221 | n.s | -0.200 | n.s | -0.011 | n.s |
| α_3 | -0.207 | n.s | -0.172 | n.s | -0.233 | n.s | -0.146 | n.s |
| α_4 | -0.304 | * | 0.013 | n.s | -0.120 | n.s | -0.440 | ** |
| I_{xy} | 0.199 | n.s | -0.101 | n.s | 0.077 | n.s | 0.426 | ** |
| I_{yz} | 0.069 | n.s | 0.029 | n.s | -0.168 | n.s | -0.125 | n.s |

(** : $p < 0.05$, * : $p < 0.01$)

表4-2 ボールの投射初期状態とリリース時における投球腕の姿勢および動作との関係（被験者 R.S）

| | 初速度 | | ボール回転量 | | 方位角 | | 仰角 | |
|------------|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|
| | 値 | 有意性 | 値 | 有意性 | 値 | 有意性 | 値 | 有意性 |
| α_1 | 0.052 | n.s | -0.026 | n.s | 0.045 | n.s | 0.200 | n.s |
| α_2 | -0.110 | n.s | 0.144 | n.s | -0.174 | n.s | 0.156 | n.s |
| α_3 | 0.159 | n.s | 0.273 | * | 0.349 | ** | -0.334 | ** |
| α_4 | 0.072 | n.s | 0.183 | n.s | 0.122 | n.s | -0.466 | ** |
| I_{xy} | -0.138 | n.s | -0.202 | n.s | -0.181 | n.s | 0.440 | ** |
| I_{yz} | 0.091 | n.s | 0.220 | n.s | 0.237 | * | -0.492 | ** |

(** : $p < 0.05$, * : $p < 0.01$)

被験者 R.S : 0.318, $p < 0.01$) に有意な相関関係が認められた。被験者 R.S においては、ボール初速度とボール終速度との間 ($r = 0.856$, $p < 0.01$), ボール回転量と終速度との間 ($r = 0.252$, $p < 0.05$), 方位角と Z 成分変化量との間 ($r = 0.353$, $p < 0.01$) および仰角と X 成分変化量との間 ($r = 0.322$, $p < 0.01$) にも有意な相関関係が認められた。

各被験者における、ボールの投射初期状態とリリース時の投球腕姿勢および投球動作との関係を表4-1, 表4-2にそれぞれ示した。

両被験者において、仰角と前腕部姿勢角度 α_4 (被験者 S.O : $r = -0.440$; 被験者 R.S : -0.466 , $p < 0.01$) および I_{xy} (被験者 S.O : $r = 0.426$; 被験者 R.S : 0.440 , $p < 0.01$) との間に有意な相関関係が認められた。被験者 S.O においては、ボール初速度と前腕部姿勢角度 α_4 との間にも有意な相関関係 ($r = -0.304$, $p < 0.05$) が認められた。被験者 R.S においてはボール回転量と上腕部姿勢角度 α_3 との間 ($r = 0.273$, $p < 0.05$), 方位角と I_{yz} ($r = 0.237$, $p < 0.05$) および上腕部姿勢角度 α_3 ($r = 0.349$, $p < 0.01$) との間、仰角と上腕部姿勢角度 α_3 ($r = -0.334$, $p < 0.01$) および I_{yz} ($r = -0.492$, $p < 0.01$) との間にも有意な相関関係が認められた。

IV. 考 察

1. ボールの投射初期状態と投球軌道の関係

Jinji and Sakurai (2006) によれば、ボールの並進速度ベクトルと角速度ベクトルが垂直の時にマグナス効果が最大となるため、投球軌道は大きく変化するという。本研究における方位角および仰角は運動座標を基準に算出しており、算出されたボール回転量や回転軸の傾きが同じであっても投射方向が異なることにより、ボールに生じるマグナス効果も異なることがあり得る。しかし、本研究の結果はリリース時のボールの投射方向の試技間の差が非常に小さく、投射方向の違いによる影響は無視できる程度であると考えられ、試技間の投射方向のバラつきは考慮せずに分析を行った。なおリリース時の投射角度は、被験者 S.O では上下方向 (ボール速度ベクトルと xy 平面がなす角度で上方方向が正) が -0.5 ± 0.9 度、左右方向 (ボール速度ベクトルと yz 平面がなす角度で三塁方向が正) が 3.3 ± 0.9 度、被験者 R.S では上下方向が 1.2 ± 0.8 度、左右方向が 3.5 ± 0.9 度であり、被験者間の差も非常に小さい値であった。

本研究において X 成分変化量は、被験者 S.O の仰角との間には有意な相関関係が認められなかったものの、被験者 S.O の方位角、被験者 R.S の方位角および仰角との間に有意な相関関係が認められ、ボールの回転軸の傾きは X 成分変化量に影響を及ぼす要因の一つであると言える結果

となった (表3-1, 表3-2)。また、被験者 R.S の方位角には Z 成分変化量との間にも有意な相関関係が認められた。前田と白井 (2008) は、仰角と本研究における X 成分変化量に相当する値との間に有意な正の相関関係があり、方位角が投球軌道に少なからず影響すると報告しており、本研究の結果はこれを支持するものであった。

また、被験者 S.O においては有意ではなかったものの、被験者 R.S においてボール回転量と終速度との間に有意な相関関係が認められた (表3-2)。このことから、特に被験者 R.S においては、方位角とともにボール回転量を大きくすることが、ボールの「ノビ」を大きくするためには必要であることが示唆される。

2. ボールの回転と投球動作

方位角について、被験者 R.S において上腕部姿勢角度との間に有意な正の相関関係が認められた (表4-2) が、被験者 S.O では方位角との間に有意な相関関係が認められたパラメータはなかった (表4-1)。しかし、ボールの回転は何らかの動作要因により決定されると推察できることから、被験者 S.O においては、本研究で算出した投球動作とは異なる要因が方位角に影響を及ぼしていると考えられる。神事と桜井 (2008) は、第三中手骨の速度が最大になった時点における、手の回内・回外角度がボールの方位角と深い関係にあることを報告しており、被験者 S.O における方位角が、手関節の回内・回外運動に、より影響を受けていた可能性が考えられる。一方、被験者 R.S では I_{yz} と方位角との間にも有意な相関関係が認められたことから、リリースに向けてボールの上下方向の移動距離を調節することによって、方位角に影響を与えていたと考えられる。しかし、方位角と I_{yz} との相関係数は $r = 0.237$ ($p < 0.05$) であり、上腕部姿勢角度 ($r = 0.349$, $p < 0.01$) と比べるとやや弱い相関であることから、被験者 R.S が投じたボールの方位角は I_{yz} より上腕部姿勢角度に、より大きく影響を受けているものと考えられる。

仰角については、両被験者に共通して、リリース時の前腕部姿勢角度および I_{xy} との間に、有意な相関関係が認められた (表4-1, 表4-2)。被験者 R.S においては、リリース時の上腕部姿勢角度および I_{yz} との間にも有意な相関関係が認められており、上肢の姿勢、特に前腕部の姿勢をどのようにしてボールをリリースするかによって、仰角も変わり得ることが判明した。具体的には、リリースに向かってボールを上から投げおろすようにしながら、上腕部及び前腕部を立たせた状態を維持してボールをリリースすることにより、仰角が小さく、かつ回転軸が水平位に近い投球となるものと考えられる。

高橋ら (2000) や神事ら (2006) は、被験者間において

ボール速度とボール回転量との間に有意な相関関係があったことを報告しており、ボールの速度を大きくする動きとボールの回転量を大きくする動きには密接な関係があることを示唆している。しかし一方で、竹内と花岡（2005）は「スナップを効かせる」という表現を用いて、特にボール回転速度のみを速くする投げ方について述べており、ボール初速度を大きくする投球動作とボールの回転量を大きくする動作とが同一とはならない可能性がある。本研究において、投球腕の姿勢および動作には、ボール初速度およびボール回転量との間に有意な相関関係が認められたものもあったが、それらは被験者内において同一のパラメータではなかった。このことから、ボール初速度を大きくする投球動作とボール回転量を大きくする投球動作は、個人内においては密接な関係にはないことが推察できる。

V. 総括

本研究では、リリース後のボールの挙動に影響を与えると考えられる、ボールの回転量および回転軸の傾きに注目し、それらに投球腕の動作が与える影響を明らかにすることを目的とした。

2名の被験者に、15秒～20秒間隔で15球投げることを1イニングとし、イニング毎に交代しながら9イニング、計135球の投球を行わせた。そして、ボールの回転量および回転軸の傾きに、投球腕の姿勢やボールの動かし方が与える影響について検討した。結果は、以下の通りである。

1. 回転軸の傾きが、X成分変化量に影響することが明らかとなった。
2. 被験者RSにおいては、ボールの回転量および方位角がボールのノビに影響している可能性が示唆された。
3. 両被験者に共通して、ボールリリース時における前腕部姿勢角度および I_{xy} は仰角に影響していた。
4. 被験者RSにおいては、ボールリリース時における上腕部姿勢角度および I_{yz} が方位角に影響していた。
5. ボール初速度を大きくする投球動作とボール回転量を大きくする投球動作は、個人内において密接な関係は見られなかった。

文献

- Jinji, T. and Sakurai, S. (2006) Direction of spin axis and spin rate of the pitched baseball. Sports Biomechanics Vol.5 (2) : 197-214.
- 神事努・近田彰治・森下義隆・桜井伸二 (2006) 投球されたボールの回転を決定している投球腕の動き. 第19回日本バイオメカニクス学会大会論文集 : 113.

- 神事努・桜井伸二 (2008) 投球されたボールの球質はどのような動作によって決定されるのか. バイオメカニクス研究12 (4) : 267-277.
- 前田健 (2010) ピッチングメカニズムブック理論編-ピッチングの仕組み. ベースボールマガジン社 : 東京
- 前田正登・白井信幸 (2008) 野球投手における投球数の増加が投球軌道に及ぼす影響. トレーニング科学20 (3) : 183-193.
- 永見智行・樋口貴俊・諸星順・矢内利政・彼末一之 (2010) 野球投手の手指の動作-ボール回転-軌道の解析. スポーツ・アンド・ヒューマン・ダイナミクス 2010講演論文集 : 36-39.
- 高橋圭三・阿江通良・藤井範久・島田一志・尾崎哲郎 (2000) 野球のピッチングにおける手および指の動きとボール速度増加の関係. バイオメカニクス研究4 (2) : 116-124.
- 竹内久外志・花岡美智子 (2005) 150キロのボールを投げられる！. ナツメ社 : 東京.
- 土橋恵秀・小山田良治・小田伸午 (2009) 野球選手なら知っておきたい「からだ」のこと-投球・送球編. 大修館書店 : 東京.