

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 28 年 6 月 18 日現在

機関番号：32689

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2015

課題番号：25750307

研究課題名(和文) 野球投手の投じるボールの回転を決定する上肢・体幹の連動動作の解明

研究課題名(英文) Coordinative motion of the upper extremity and trunk as a determinant of the spin of thrown ball

研究代表者

永見 智行 (Nagami, Tomoyuki)

早稲田大学・スポーツ科学学術院・助手

研究者番号：10634371

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では野球投球時の上肢・体幹部の動作がボールの回転に与える影響を明らかにした。その結果、(1)直球との差異という観点からは、変化球は3つのグループに分類されること、(2)3つのグループのうち、直球と同程度の回転スピードのまま回転軸方向を変更する球種群(スライダー、カーブ等)では、リリース直前の肘関節回外角度を増大させることで直球と乖離するような回転軸方向に調節していること、(3)この回外角度の変化およびそれに伴うボール回転軸方向の変化は、同一球種投球時の日間変動としても起こること、が示唆された。これらの結果は、投手のトレーニング、コンディショニングに活用できる可能性がある。

研究成果の概要(英文)：In this study, we analyzed the motion of the upper extremity and trunk of baseball pitchers during pitching. We clarified the relationship between the pitching motion and the spin of the thrown ball. The analyzed data suggested; (1) in comparison with four-seam fastballs, breaking balls can be classified into 3 groups; (2) one of the 3 groups, which includes the types of pitches with different direction of spin axis, equivalent spin rate, and slower ball speed compared with four-seam fastballs (e.g., slider, cutter, and curveball), was thrown by adjusting the angle of forearm supination just before the release, and (3) the inter-day variability in forearm supination angle and the direction of spin axis was observed even when the pitchers threw the same pitch type. These findings would be applicable for the training and conditioning programs for baseball pitchers.

研究分野：スポーツバイオメカニクス

キーワード：スポーツバイオメカニクス 野球 投手 投球動作 ボール回転 肩 体幹

### 1. 研究開始当初の背景

野球の投手は相手打者を打ち取るため、様々な飛翔軌道のボールを投げ分けようとする。一般に、ボールに働く揚力の大きさ、向きは、回転するボールの性質、すなわち回転速度と回転軸方向によって決定する (Nathan, 2007, Bahill et al., 2007) ため、投手はこれらの要素を変えることを試みる。しかし現実には、理想通りの飛翔軌道のボールを投げることは非常に難しく、そのための効率の良い練習法も分かっていない。非効率な練習を繰り返すことで、肩・肘の慢性的な障害を発症することも少なくない。

申請者はこれまでに、実際に投手が投げるボールの回転スピード、回転軸方向を詳細に検討してきた。その結果、同じ球種であっても個人差や長期的練習による個人内変動が大きいこと、これらが投手の投球パフォーマンスを決定する重要な因子である可能性が明らかとなった。しかし未だどのような身体動作がボール回転を決定しているのか分かっておらず、ボールの回転を改善し、投球パフォーマンスを効率良く向上させる手段は不明である。

### 2. 研究の目的

本研究では前記の問題を解決するため、投球時の上肢・体幹部の動作がボールの回転に与える影響を明らかにし、個々の理想とするボール飛翔軌道を実現するための一助とすることを目的とした。なお本研究では主に以下の3つの実験を行った。

- (1) 球種毎のボール回転の特徴と、それによって生じる揚力の大きさ、方向の解明 (雑誌論文, 学会発表, 図書, 投稿中論文)
- (2) ボール回転スピードと回転軸方向を決定する上肢、体幹の動作の解明 (学会発表)
- (3) ボール回転の経時的な個人内変動を引き起こす上肢、体幹の動作の変容の解明 (学会発表, 投稿中論文)

### 3. 研究の方法

- (1) 球種毎のボール回転の特徴と、それによって生じる揚力の大きさ、方向

大学野球、社会人野球、プロ野球の各チームに所属する投手 84 名に、それぞれの投球可能な球種を数球ずつ投じさせ、リリース直後のボールの様子を高速ビデオカメラ (1000 コマ/秒) で撮影した。投球のうち、被験者本人の満足のいく投球であった各球種 1 試技について、特製のボール回転測定器 (Nagami et al., 2011) を用いて、ボールの角速度ベクトル (回転スピード及び回転軸方向; 方位角, 仰俯角) を算出した。各球種の持つ固有の運動学的特徴を明らかにするため、移動スピード、回転スピード、回転軸方向の3要因について、それぞれ一元配置分散分岐と事後検定によって球種間差を検討

した。

また大学投手 7 名の投げる 7 球種 75 球については、別の高速度ビデオカメラ (125 コマ/秒) で投手から捕手まで移動するボールの様子を撮影し、3次元 DLT 法によってボール中心位置座標を算出した。これから、ボールに生じた揚力を算出し、揚力の大きさと方向を決定するボール回転の要因を明らかにするため回帰分析を行った。またこの関係がツーシーム回転、フォーシーム回転と呼ばれる縫い目の向きに影響されるかどうかを明らかにした。

- (2) ボール回転軸角度を決定する上肢、体幹の動作の解明

大学、社会人投手、プロ投手に対し、それぞれの投球可能な球種を数球ずつ投球させた。この際、被験者の両側手首、上腕、肩峰上部、胸骨前部、仙骨後部には磁気センサー (240Hz) を取り付け、各身体セグメントの位置と方位を取得し、解剖学的な関節運動に対応するよう変換した。また研究(1)同様に高速ビデオカメラの映像からボールの角速度ベクトルを算出した。ストレート投球を基準とし、被験者毎に各球種での肘関節回内外角度の増減量と、回転軸方向の変化角度量との関係を相関分析によって検討した。測定は大学投手 34 名、社会人野球投手 14 名、プロ野球投手 5 名の計 53 名に対して行われたが、以下結果には、同一測定日に取得された大学投手 13 名のデータを記す。

- (3) ボール回転の経時的な個人内変動を引き起こす上肢、体幹の動作の変容

実験(2)同様の方法での測定、分析を2年間に渡り複数回行った。それぞれのチーム事情や選手の体調不良、引退等により、被験者数の減少があったものの、大学投手にはおよそ4か月おきに9度、社会人野球投手については1年おきに3度の測定を行った。

各群内における全被験者の直球について平均ボール移動スピード、回転スピード、方位角、仰俯角を測定回間で比較した。また直球の回転軸方向を示す方位角、仰俯角と肘関節回内外角度との関係を、各個人について相関分析によって検討した。以下結果には、複数回の測定に参加した大学投手 5 名について記す。

### 4. 研究成果

- (1) 球種毎のボール回転の特徴と、それによって生じる揚力の大きさ、方向

84 名の投じた 10 球種 364 球について、その移動スピード、回転スピード (図 1)、回転軸方向 (図 2) を分析した。直球、スライダー、カーブ、カットボールの 4 球種は、移動スピード、回転スピード、回転軸の向きのうち少なくとも1つで、他のすべての球種との有意差を認めた。一方で、チェンジアップとシンカー、フォークとスプリット、ツーシー

ムとシュートの組み合わせの間では、移動スピード、回転スピード、回転軸の向きすべてに有意差が認められず、運動学的特徴を区別できなかった。またこれらの特徴について、最も基本的な球種であるストレートと比較すると、移動、回転スピードが小さく、回転軸方向が異なる球種(フォークボール、チェンジアップ、シンカー、スプリット)、回転スピードは同程度で、移動スピード、回転軸方向が異なる球種(スライダー、カーブ、カットボール)、回転軸方向や移動スピードは同程度で、回転スピードのみ小さい球種(ツーシーム、シュート)の3種類に分類できた。特にこの球種は、直球の回転軸方向から離れるに従って、カットボール、スライダー、カーブと名称が変わるものと説明でき、直球の回転軸との角度差はカットボールで平均 54°, スライダーで平均 85°, カーブで平均 124°であった。

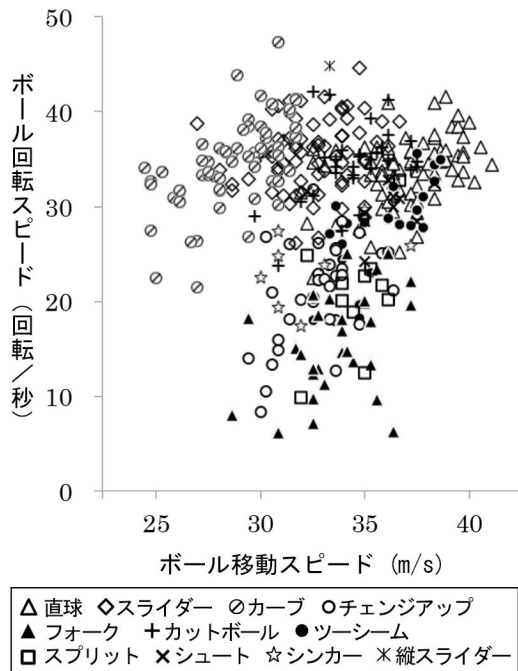


図1 様々な球種の移動スピードと回転スピードの関係

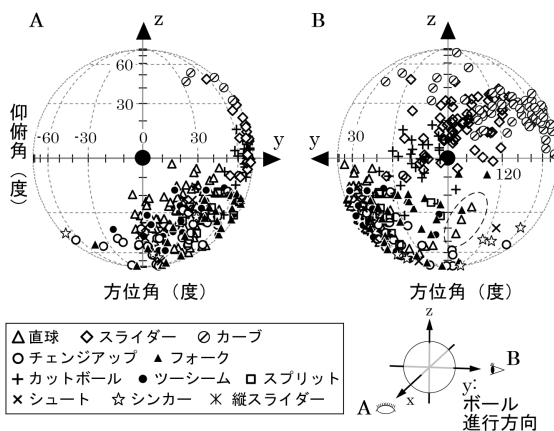


図2 様々な球種の回転軸方向

大学投手7名の投げる7球種75球についてその回転と揚力を分析した結果、揚力の大きさは進行方向と直交する角速度ベクトルの成分と移動スピードとの比 (Effective spin parameter; ESP) によって概ね説明でき(図3)、揚力の方向は概ね角速度ベクトルと進行方向ベクトルとの外積方向となること、またこれらの関係に縫い目の向きが与える影響は一定ではないことも明らかとなった。

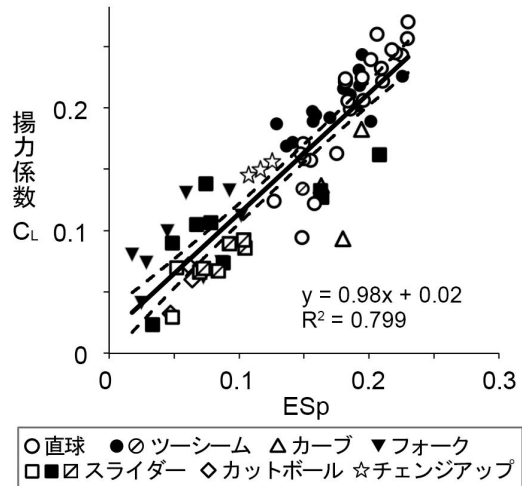


図3 Effective spin parameter と揚力係数の関係 (白塗り: フォーシーム回転, 黒塗り: ツーシーム回転)

(2) ボール回転軸角度を決定する上肢、体幹の動作の解明

上記研究(1)で分類された球種群 (直球と回転スピードは同程度で、移動スピード、回転軸方向が異なる球種; カットボール、スライダー、カーブ)について分析したところ、リリース直前の肘関節回外角度の直球投球時からの増加量によって、直球とのボール回転軸の角度差の70%程度を説明できた(図4)。すなわち投手は、最も基本的な球種である直球投球時と比べ回外角度を大きくすることで、直球と乖離するような回転軸方向に調節

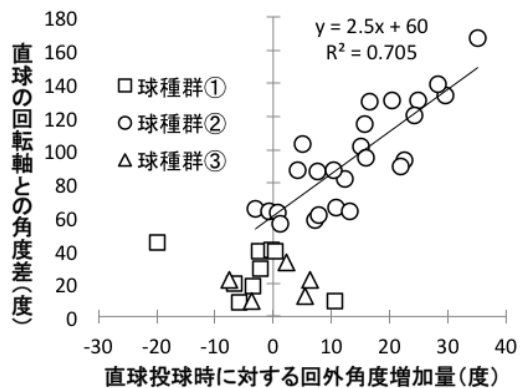


図4 直球と比した、リリース直前の肘関節回外角度増加量と回転軸角度差との関係

していることが明らかとなった。ただし、回外角度の増加量はカットボールで平均 7°、スライダーで平均 8°、カーブで平均 23°と、回転軸方向の変化量に比べて小さく、回外角度の増加分以上にボール回転軸方向が変化していることも分かった。

(3) ボール回転の経時的な個人内変動を引き起こす上肢、体幹の動作の変容

3年間計7回に渡って測定を行うことのできた大学投手5名について、全被験者の直球における平均ボール移動スピード、回転スピード、方位角、仰俯角を測定回間で比較した結果、いずれにも有意差は認められず、練習やトレーニングが全被験者に一樣な変化をもたらすわけではないことが分かった。一方で、この期間に継続して肩甲上腕関節周囲筋群に対するストレッチを行っていた被験者では、ボールリリース直前の肩甲上腕関節の可動性が総じて変化しており、ストレッチによって投球動作を改善できる可能性が示唆された。

それぞれの測定項目の経時的変動には個人差があったが、特に公式戦で活躍した大学投手Aに着目すると、同じ直球にも関わらず、回転軸方向の測定回間変動が顕著に見られた(図5)。そこでリリース直前の肘関節回外角度に着目すると、回外角度が大きい測定回での投球ほど、回転軸角度が進行方向に近づいている傾向にあった(図6)。研究(2)において見られた変化球の投げ分けと同様、回外角度の差異が同一球種での回転軸方向の経時的な変化をもたらす可能性を示すものと言えた。

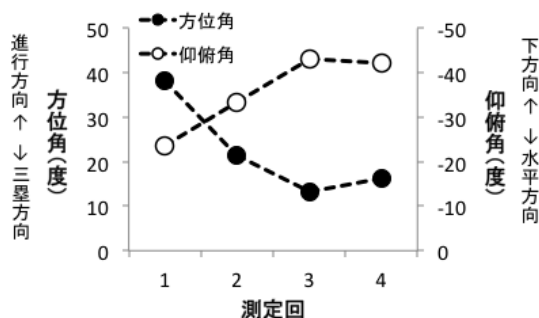


図5 投手Aの直球の回転軸方向(方位角、仰俯角)の経時的変化

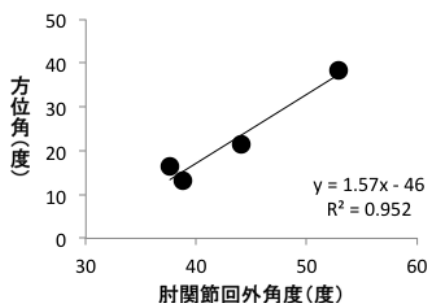


図6 4測定回における投手Aのリリース直前肘関節回外角度と直球の回転軸方位角の関係

(4) まとめ

本研究結果から、(1)直球との差異という観点からは、変化球は3つのグループに分類されること、(2)このうち直球と同程度の回転スピードのまま回転軸方向を変更する球種群では、リリース直前の肘関節回外角度が増大していること、(3)この回外角度の変化およびそれに伴うボール回転軸方向の変化は、同一球種投球時の日間変動としても起こることが示唆された。この結果は肘関節回内外筋群の柔軟性、筋力の維持向上の必要性に言及できうるものと言え、トレーニングやコンディショニングに活用できる可能性がある。また、本研究で明確な関連の見つからなかった体幹部、計測を行っていない手関節や指関節といった、より近位部、遠位部の動作を明らかにすることによって、より適切な指導法の確立につながるものと考えられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 1件)

Tomoyuki Nagami, Takatoshi Higuchi, Hiroki Nakata, Toshimasa Yanai, Kazuyuki Kanosue. Relation between lift force and ball spin for different baseball pitches. Journal of Applied Biomechanics. 32(2):196-204. 2016. <http://dx.doi.org/10.1123/jab.2015-0068> (査読あり)

[学会発表](計 7件)

永見智行, 矢内利政「投手が実現可能なボールの回転と投球フォームの関係」日本野球科学研究会第1回大会, 滋賀, 2013年8月

永見智行, 矢内利政, 彼末一之「投球動作におけるボールリリース位置の球種間差とボール回転の特徴」日本体育学会第64回大会, 05バ-30-口-21, 滋賀, 2013年8月

T. Nagami, S. Konda, T. Yanai, "Longitudinal changes in performance outcome and shoulder configuration of baseball pitching: A preliminary report" The 9th International Sport Science Symposium on Active Life, Tokyo, 11/2013

木村康宏, 永見智行, 矢内利政「野球の投手が投げる様々な変化球の特徴～ボール移動速度、回転速度、回転軸の向きに着目して～」東京体育学会第5回大会大会, 19, 東京, 2014年3月

近田彰治, 永見智行, 矢内利政「腱板筋群のストレッチによる投球動作における肩甲上腕リズムの変化～大学生野球投手を対象とした縦断的研究」第23回日本バイオメカニクス学会大会, 04-B4, 東京,

2014年9月

永見智行, 矢内利政「“キレがある”と評される直球の特徴～大学野球投手を対象として～」日本体育学会第66回大会, 05バ-26口-09, 東京, 2015年8月  
永見智行「投手が投じるボールの回転の実際～どう変えられるか～」,  
日本野球科学研究会第3回大会シンポジウムII: 変化球を科学する, 名古屋, 2015年12月

〔図書〕(計 1件)

Tomoyuki Nagami, Takatoshi Higuchi, Kazuyuki Kanosue. The spin on a baseball for eight different pitches thrown by an elite professional pitcher. In: Kanosue, K. et al. (eds.) Sports Performance. Springer, pp. 323-334. 2015

〔その他〕

ホームページ等

<http://tomonagami.parallel.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

永見 智行 (NAGAMI, Tomoyuki)

早稲田大学・スポーツ科学学術院・助手

研究者番号: 10634371