

プロ野球および大学野球選手の試合における
ピッチング動作の比較
—投球腕およびボールに着目して—

奈良隆章¹⁾, 川村 卓¹⁾, 島田一志²⁾, 馬見塚尚孝¹⁾

Comparison of pitching mechanics in baseball game
between professional pitcher and university pitcher

Taka-aki NARA¹, Takashi KAWAMURA¹
Kazushi SHIMADA², Naotaka MAMIZUKA¹

Abstract

The purpose of this study was to obtain the knowledge about the release position from comparing the first class professional pitcher with the amateur pitcher. Subjects were one professional pitcher (PP) and one amateur university pitcher (AP). Their pitching motions were recorded with two high-speed video cameras in each exhibition game, and release position and velocity of the ball were calculated.

There was a significant difference of release position between fast ball and slider in each pitcher. Release position of slider was located for third base compared with fast ball in PP. It was thought that there was not large influence in game to differ release position between fastball and others, and for slider, it was more important to match vector of the ball velocity after release between fastball and others.

Key words: release position, baseball game, pitching

1. 緒言

野球の試合において、投手が対戦チームの打者の出塁を防ぎ、失点をできるだけ減少させるためには、打者に安打を許さないこと、および

四死球を少なくすることが主に求められる。これらの打者の出塁を防ぐためには、投手はストライクと判定され、かつ打者の意図した打撃を防ぐことのできるボールを投球する必要がある。このような投球を行うための要素として

1) 筑波大学

2) 金沢星稜大学

は、スピードガンが普及した現在では球速に注目されることが多く、投球速度と投球動作の関連性について、バイオメカニクスの手法を用いた研究も数多く行われている（船渡，2000；Matsuo et al., 2001；高橋ら，2005）。しかし、野球の指導書において、「一流の投手になるためには、スピードよりもコントロールが不可欠だ」という指導者が多い。むしろ、どちらも備わっていることが一番なのだが、ストライクを投げなければ勝負すらできないのだから、まず制球力をアップさせることは間違っていないだろう。（江夏，2004）」や「ピッチャーの生命線はコントロールである。（伊藤，2007）」などの記述にもみられるように、従来から投手の能力として最も重要な要素のひとつに挙げられているのは、投球するボールを自分の意図するコースに投げることのできるコントロール能力である。一般にコントロール能力の優れた投手の特徴としては、水野（2001）が著書の中で「リリースポイントを一定にしないと、コントロールも不安定になる。」と述べているように、「リリースポイントが一定である」、あるいは「投球フォームが安定している」などが挙げられることが多い。しかし、ピッチング動作中の手指のキネマティクスに着目して分析を行った研究がいくつかみられる（Stevenson, 1985；Ahn, 1991；Pappas et al., 1995；高橋ら，2000）ものの、投球動作中のリリース位置について検討した研究はこれまでにほとんど行われてきていない。

「打撃レベルが上がった現在の野球では、変化球なくして打者を打ち取ることは不可能に近い。（JR 東日本硬式野球部監修，2009）」などの記述にみられるように、現代の野球において投手には打者のタイミングを外し、意図した打撃をさせないための変化球を投球する技能が求められる。また、上記の著書において「注意したいのは、腕の振りを直球のときと変えないこと。不自然な投げ方をすると、故障にもつながり、打者にも球種を読まれやすくなる。」と述べられているように、ストレートと変化球で投

球フォームや腕の振りを一致させることが重要であると指導の現場では一般的に考えられている。桑原ら（2000）は、このリリース位置に関してワインドアップおよびセットポジションなどの投球方法間、オーバーハンドスローやサイドハンドスローなどの投球フォーム間、球種間での分析を行った。その結果、ストレートが変化球に比べて高い位置でリリースされる傾向があることを明らかにしている。しかし、同研究は実験下の投球動作を分析したため試技数が少数であり、投球数の多い実際の試合における投球動作においては異なる可能性がある。さらに、競技レベルの異なる投手間、特にプロ野球投手とアマチュア野球投手とのリリース位置の相違について検討した研究を行うことで、指導書などでいわれるリリースへの定説に根拠を与えられるものと考えられる。

そこで、本研究の目的は3次元動作解析法を用いて、プロ野球およびアマチュア野球投手の複数の球種のリリース位置について検討し、リリースに関する指導への知見を得ることである。

2. 研究方法

2.1 実験および測定方法

本研究は横浜スタジアムで行われた日本野球機構所属のY球団対H球団のオープン戦（撮影1）とT大学野球場で行われた首都大学野球連盟一部所属のT大学対東京新大学野球連盟一部所属のG大学のオープン戦（撮影2）を撮影した。表1、表2は、本研究の投手を示したものである。本研究における投手は、日本野球機構セントラルリーグに所属するY球団の投手1名（投手P）および首都大学野球連盟に所属するT大学硬式野球部の投手1名（投手A）の計2名であった。投手Pは2001年に開催された第83回全国高等学校野球選手権大会で歴代最高球速（当時）を記録し、2007年シーズン終了時で28勝を記録したプロ実働6年目の投手であり、投手Aは夏の甲子園大会で優勝経験の

ある。大学2年間で公式戦通算1勝3敗の投手であった。なお、表1、表2に各投手の特徴を記載した。両チームの責任者および被験者となる投手には事前に本研究の目的や内容などを説明し、実験への協力の同意を得た。試技の撮影は高速度VTRカメラ（株式会社DKH製、PH-1414C）を球場のバックネット裏スタンドおよび三塁側スタンドにそれぞれ設置し、撮影速度毎秒250コマ、露出時間1/2000秒で撮影した。また、市販のデジタルビデオカメラを用い、

バックネット裏スタンド上段から試合の様子を撮影し、同時に野球の試合記録に熟練した記録者が作戦シート（T大学硬式野球部科学サポート班作成）を用いて試合の様子を記録した。

図1はDLT法によって各計測点の三次元座標を算出するためのキャリブレーションに用いた較正器をそれぞれ示したものである。本研究では図1に示したようなマウンド上で撮影範囲の前後方向および左右方向の水平を保つことができた較正器を作成し、これを用いてキャリブレーション

表1 投手Pのプロフィール

日本プロ野球通算 (2007年終了時)											
投手	投球腕	身長	体重	年齢	日本プロ野球実働年数	投球回数	奪三振	防御率	勝利	敗戦	セーブ
P	右	179	87	24	6	423 1/3	308	4.15	28	26	1

夏の甲子園大会で史上最高球速（当時）を記録したこともある速球派投手

表2 投手Aのプロフィール

大学通算 (2009年終了時)											
投手	投球腕	身長	体重	年齢	大学野球競技年数	投球回数	奪三振	防御率	勝利	敗戦	セーブ
A	右	178	78	20	2	57	45	2.53	1	3	

高校時代、夏の甲子園大会で優勝している投手

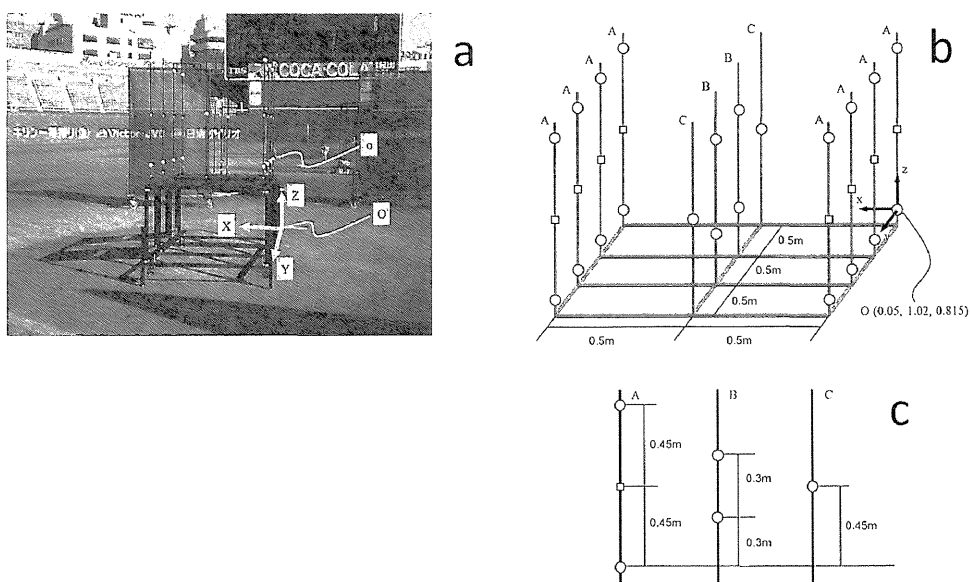


図1 較正器をマウンド上に設置した様子 (a)、較正器の寸法 (bおよびc)

ションを行った。撮影範囲はピッチャープレートからホームプレートに向かって前後1.5m、左右1m、上下0.9mとし、ピッチャープレートからホームプレートへ正対したときの左右方向をX軸(+;三塁方向, -;一塁方向), 前後方向をY軸(+;本塁方向, -;二塁方向), 鉛直方向をZ軸(+;上方向, -;下方向)とし、右手系静止座標系を定義した。また、ピッチャープレートの前縁中央から較正器の原点oまでの距離を計測し、静止座標系の原点がピッチャープレート上に位置するようにした。較正器の撮影は試合に先立って行った。撮影1のDLTパラメータ算出時の平均誤差は、X軸方向が1mm、Y軸方向が2mm、Z軸方向が2mmであった。撮影2のDLTパラメータ算出時の平均誤差は、X軸方向が3mm、Y軸方向が3mm、Z軸方向が2mmであった。

2.2 データ処理

図2に本研究における計測点を示す。計測点はボールの中心1点および投球腕上の身体分析点4点の計5点であったが、本研究ではボール、手、手首のみを分析の対象とした。デジタルサイズはFrame-DIAS II Ver.3(株式会社DKH製)を用いて行い、各カメラで撮影された計測点の

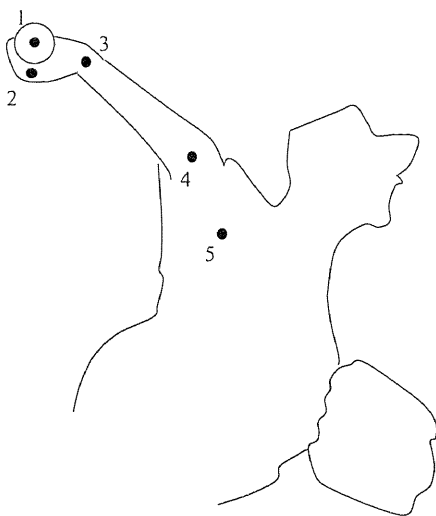


図2 計測点

二次元座標をコンピュータに取り込んだ。そして各カメラで算出した11個のDLTパラメータを用い、DLT法によって計測点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、Winter (1990)の方法により最適遮断周波数(15~30Hz)を決定し、パタワースデジタルフィルタを用いて平滑化した。

2.3 測定項目

1) ボールのリリース位置

本研究では、リリースはボールが指から完全に離れた時点と定義した。リリース時のボールの位置を静止座標系の各軸についてそれぞれ求めた。

2) リリース直前の手および手首の位置

本研究では、リリース時のボールの動きに影響する投球腕の指標として、リリース1コマ前の手および手首の位置を静止座標系の各軸についてそれぞれ求めた。

3) リリースパラメータ

図3に本研究における方位角と仰角の定義を示す。本研究では、リリース1コマ前とリリース1コマ後におけるボールの位置ベクトルからリリース時の速度ベクトルを求め、XY平面におけるY軸となす角を方位角とし、一塁側を正、三塁側を負とした。また上記の速度ベクトルがXY平面となす角を仰角とし、上方向を正、下

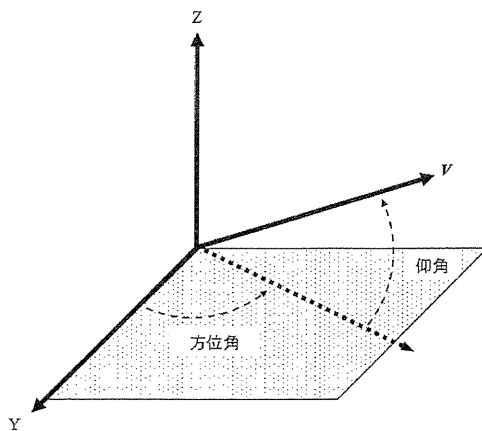


図3 方位角と仰角の定義

方向を負とした。

2.4 球種の判断

試合に先んじて、各々の投手に変化球の種類を資料調査および聞き取り調査し、実際の試合では熟練した記録者がある場で球種を判断した。さらに補助的に試合後においてハイスピードカメラの画像を用いて、ボールを保持する姿勢から球種の確認を行った。

2.5 統計処理

求められたボールのリリース位置およびリリース直前の手および手首の位置について、球種間で対応のないt検定を行った。有意水準は5%未満とした。

3. 結果

3.1 各投手の投球数

表3は各投手の試合中における投球数を示し

たものである。投手Pの試合における投球数は64球であり、ストレートが46球、カーブが4球、スライダーが10球、フォークが4球であった。投手Aの試合における投球数は28球であり、ストレートが13球、カーブが1球、スライダーが14球であった。両投手ともカーブとフォークの投球数が少数であったため、本研究では両投手の主戦球であるストレートとスライダーについて分析を行った。

表3 各投手の投球数

投手	ストレート	カーブ	スライダー	フォーク	合計
P	46	4	10	4	64
A	13	1	14	0	28

3.2 各球種のリリース位置

1) リリース時のボールの位置

図4は各選手のリリース位置を示したものである。投手Pについてみると、左右方向(+：三塁方向, -：一塁方向)ではストレートが0.625

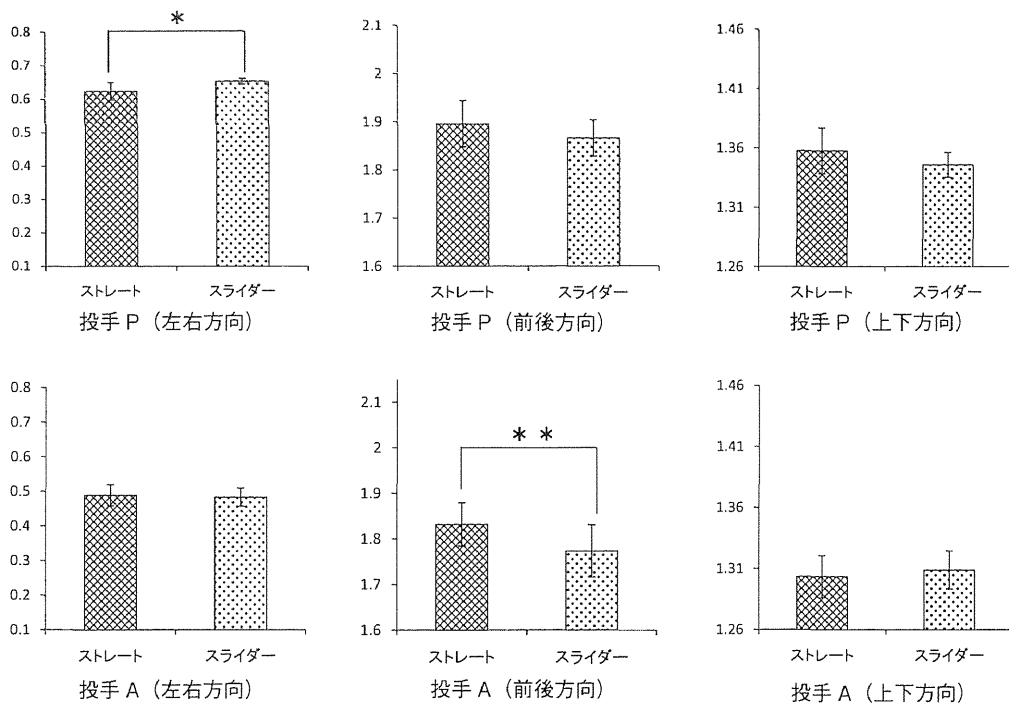


図4 リリース時におけるボールの位置 (単位はいずれも m)

**; $P < 0.01$

*; $P < 0.05$

± 0.026m, スライダーが0.655 ± 0.009mであり, ストレートとスライダーに有意な差がみられ ($p < 0.05$), スライダーはストレートよりも有意にリリース位置が三塁方向にあった。前後方向 (+ ; 本塁方向, - ; 二塁方向) では, ストレートが1.896 ± 0.048m, スライダーが1.866 ± 0.038mであり, 球種間で有意な差はみられなかった。上下方向 (+ ; 上方向, - ; 下方向) では, ストレートが1.358 ± 0.019m, スライダーが1.346 ± 0.010mであり, 球種間で有意な差はみられなかった。

投手 A についてみると, 左右方向ではストレートが0.489 ± 0.030m, スライダーが0.484 ± 0.026mであった。球種間で有意な差はみられなかった。前後方向では, ストレートが1.832 ± 0.047m, スライダーが1.773 ± 0.057mであり, ストレートはスライダーに比べリリース位置が有意に本塁方向にあった ($p < 0.01$)。上下方向では, ストレートが1.304 ± 0.017m, スライダーが1.309 ± 0.016mであり, 球種間で有意な差はみられなかった。

2) リリース 1 コマ前における手の位置

図 5 は各選手のリリース 1 コマ前の手の位置を示したものである。投手 P についてみると, 左右方向ではストレートが0.597 ± 0.026m, スライダーが0.633 ± 0.010mであり, スライダーはストレートに比べ, 有意に三塁方向に位置していた ($p < 0.01$)。前後方向では, ストレートが1.652 ± 0.046m, スライダーが1.656 ± 0.024mであり, 球種間で有意な差はみられなかった。上下方向では, ストレートが1.243 ± 0.038m, スライダーが1.230 ± 0.015mであり, 球種間で有意な差はみられなかった。

投手 A についてみると, 左右方向ではストレートが0.429 ± 0.024m, スライダーが0.427 ± 0.025mであり, 球種間で有意な差はみられなかった。前後方向では, ストレートが1.588 ± 0.029m, スライダーが1.565 ± 0.041mであり, 球種間で有意な差はみられなかった。上下方向では, ストレートが1.168 ± 0.015m, スライダーが1.159 ± 0.018mであり, 球種間で有意な差はみられなかった。

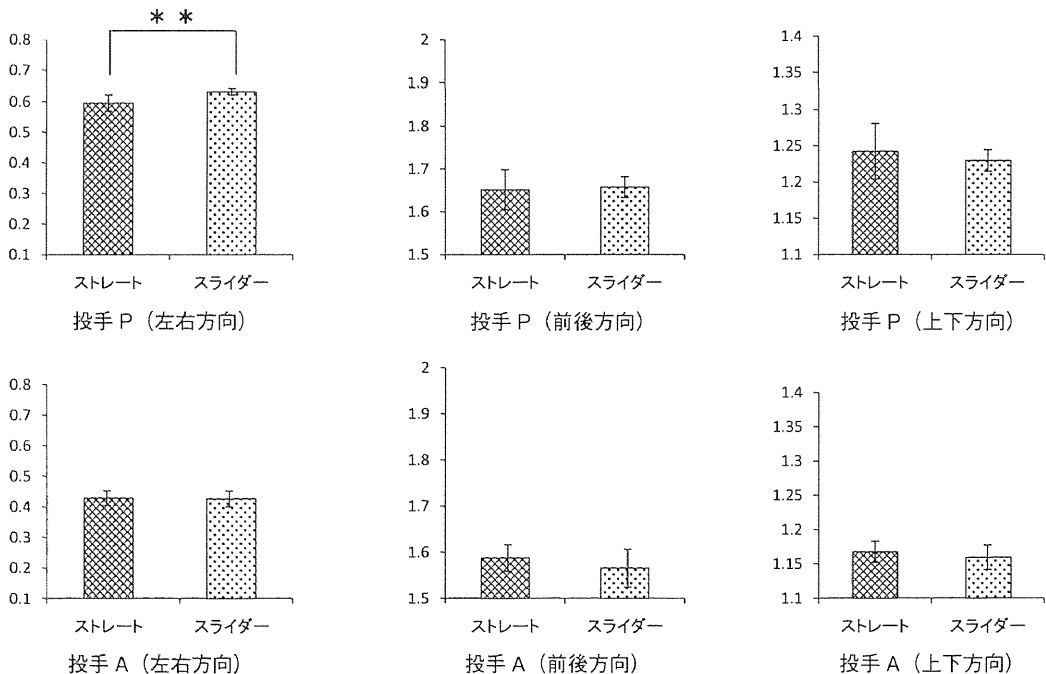


図 5 リリース 1 コマ前における手の位置 (単位はいずれも m)

***; $p < 0.01$

3) リリース1コマ前における手首の位置

図6は各選手のリリース1コマ前の手首の位置を示したものである。投手Pについてみると、左右方向ではストレートが $0.551 \pm 0.027\text{m}$ 、スライダーが $0.578 \pm 0.008\text{m}$ であり、スライダーはストレートよりも三塁方向に位置していた ($p < 0.01$)。前後方向では、ストレートが $1.638 \pm 0.042\text{m}$ 、スライダーが $1.636 \pm 0.020\text{m}$ であり、球種間で有意な差はみられなかった。上下方向では、ストレートが $1.205 \pm 0.029\text{m}$ 、スライダーが $1.182 \pm 0.012\text{m}$ であり、球種間で有意な差はみられなかった。

投手Aについてみると、左右方向ではストレートが $0.389 \pm 0.025\text{m}$ 、スライダーが $0.386 \pm 0.025\text{m}$ であり、各球種間で有意な差はみられなかった。前後方向では、ストレートが $1.559 \pm 0.026\text{m}$ 、スライダーが $1.537 \pm 0.038\text{m}$ であり、球種間で有意な差はみられなかった。上下方向では、ストレートが $1.148 \pm 0.015\text{m}$ 、スライダーが $1.140 \pm 0.017\text{m}$ であり、各球種間で有意な差はみられなかった。

4) 投手PおよびAのリリース角度

表4は各選手のリリース角度について示したものである。投手Pについてみると、方位角ではストレートが $2.25 \pm 0.88^\circ$ 、スライダーが $2.37 \pm 0.75^\circ$ であり、球種間で有意な差はみられなかった。仰角ではストレートが $-0.61 \pm 0.89^\circ$ 、スライダーが $-0.30 \pm 1.12^\circ$ であり、球種間で有意な差はみられなかった。

投手Aについてみると、方位角ではストレートが $2.63 \pm 0.82^\circ$ 、スライダーが $1.12 \pm 0.23^\circ$ であり、スライダーはストレートに比べ、有意に三塁方向に向いていた ($p < 0.001$)。仰角で

表4 投手PおよびAのリリース角度

	ストレート(St) 平均 ± S.D.	スライダー(Sl) 平均 ± S.D.	t-test
投手P			
方位角 (deg)	2.25 ± 0.88	2.37 ± 0.75	n.s.
仰角 (deg)	-0.61 ± 0.89	-0.30 ± 1.12	n.s.
投手A			
方位角 (deg)	2.63 ± 0.82	1.12 ± 0.23	***St > Sl
仰角 (deg)	-1.70 ± 1.27	-0.32 ± 1.14	**St < Sl

(** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$)

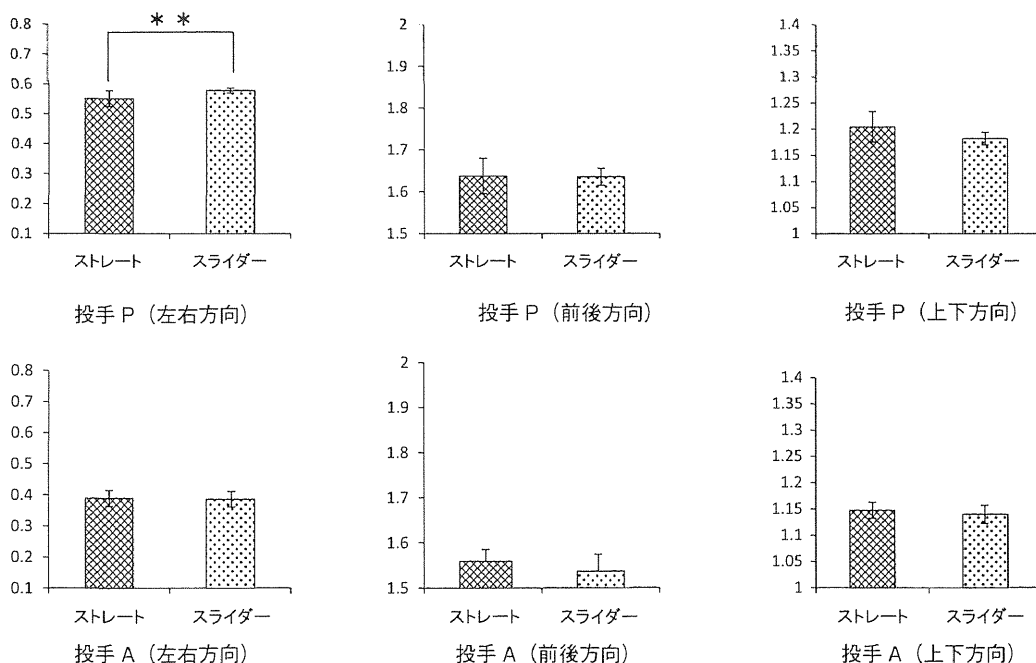


図6 リリース1コマ前における手首の位置 (単位はいずれも m)

** $p < 0.01$

はストレートが $-1.70 \pm 1.27^\circ$ 、スライダーが $-0.32 \pm 1.14^\circ$ であり、スライダーはストレートに比べ、有意に上方向に向いていた($p < 0.01$)。

4. 考察

4.1 球種間のリリース位置の違いについて

以下では、ストレートとスライダーにおけるリリース位置の相違を中心に検討していくこととする。本研究におけるいずれの投手もストレートとスライダーの間でリリース位置の相違がみられた。図4、図5および図6より、投手Pではリリース時のボールの位置、リリース1コマ前の手および手首の位置のいずれにおいても左右方向でスライダーの値がストレートよりも有意に大きかった。また、投手Aではリリース時のボールの位置において前後方向で有意な差がみられた(図4)。これらのことは、ストレートおよびスライダーのリリース位置が必ずしも同一ではないことを示唆すると考えられる。

日本国内において最も競技水準の高いプロ野球(NPB)で活躍する投手Pにおいて球種間の相違がみられたことを踏まえると、試合において球種間のリリース位置の相違が打者との対戦に与える影響は小さいことが考えられる。石垣ら(1996)は、「投球されたボールの到達位置は、リリース後ボールが本塁までの距離の1/3まで到達した時点ではほぼ判断できるが、実際にボールを打つためには、少なくとも4/5に到達するまでの情報が必要になるため、打者は1/3までの情報とその後加味された視覚情報をもとに打撃動作の調整を行っている。」と述べている。これらのことを併せて考えると、試合におけるストレートおよびスライダー間のリリース位置の違いは打者には認知できない、もしくは認知できても有益な情報として活用できないことが考えられる。これまでの野球の指導書は、ストレートと他の変化球の腕の振りやリリース位置などを一致させるべきだとするものが多かったが、本研究の結果を踏まえるとスト

レートおよびスライダー間では必ずしもそれらの記述が当てはまらないことが推察される。

4.2 プロ野球選手Pおよびアマチュア野球選手Aのスライダーについて

プロ野球選手である投手Pは、リリース時のボールの位置、リリース1コマ前の手および手首の位置のいずれにおいても左右方向で有意な差がみられた(図4、図5および図6)。しかし、これは約3cm程度の相違であり、投手および打者の間の距離(ピッチャープレートからホームプレートまで18.44m)を隔てた場合、認知することが難しいと考えられる。投手Aはリリース時のボールの位置において前後方向で有意な差がみられた(図4)が、投手Pのような左右方向の相違がみられなかった。そこで各投手のリリース角度に注目すると、球種間における方位角および仰角の比較において投手Pは方位角、仰角ともにスライダーとストレート間に有意な差はみられなかった。一方、投手Aは方位角についてはスライダーがストレートよりも有意に三塁方向を向いており、仰角についてはスライダーがストレートよりも有意に上方向を向いていた(表4)。方位角および仰角に有意な差がみられたことは、リリース後の軌道に相違があることを示している。投手Aのストレートとスライダーの投球角度の差はわずか $0.9 \sim 1.5\text{deg}$ であるが、ピッチャーからホームベースの距離を考えて計算すると、この角度の違いはホームベース上で30cm以上となるため、投手Aのリリース角度の違いは打者から見える投球の軌道が異なると考えられる。したがって、投手Pと投手Aの比較においてはリリース位置の差ではなく、投球角度の差に違いがあり、両者の競技レベルの差は球速や制球力などの差に加え、リリース後の投球の軌道が異なることによっても生じていると考えられる。指導書では球種間におけるリリース位置の一致が重要であると述べられているが、そのこと以上にリリース後の軌道の一致が打者との対戦に

において大きく影響することが本研究の結果から示唆された。しかし、本研究はプロ野球選手1名、アマチュア野球選手1名であったためサンプル数が十分ではなく、今後はサンプル数を増やして分析する必要があるだろう。

5. 結論

本研究では3次元動作解析法を用い、試合における一流プロ野球選手1名およびアマチュア野球選手1名のストレートとスライダのリリース位置について分析した。その結果、以下のことが示唆された。

- ①プロ野球投手はストレートと比較してスライダのリリース位置が有意に三塁方向に大きくなっていた。
- ②アマチュア投手はストレートと比較してスライダのリリース位置が有意に後ろ側に大きくなっていた。
- ③プロ野球投手はアマチュア投手にくらべて、ストレートとスライダのリリース位置が異なっていたが、リリース角度は同じであった。このことからリリース位置よりも角度による違いが競技レベルの差を生む要因となったと考えられる。

以上のことから指導現場において投手にスライダの投げ方を指導する際には、リリース位置がストレートとの相違が判別できない程度に一定であるかということだけではなく、リリース時の投球角度に大きな差がないか、投球の軌道が球種間で大きく異なっていないかということも指導上の観点として認識すべきであろう。

本研究は実際の試合においてデータを収集したため、投球数が必ずしも十分であったとはいえない。今後より多くのデータを収集する必要があるといえよう。また、今回はストレートとスライダのみを分析対象としたが、カーブやフォーク、チェンジアップといった他の球種についても同様の研究を行うことにより、また新たな知見を得られるであろう。

参考文献

- 1) Ahn, B.H.: A model of the human upper extremity and its application to a baseball pitching motion. [Ph.D. thesis] Michigan State University, 1991.
- 2) 江夏豊:江夏豊の超野球学. pp24-27, ベースボール・マガジン社, 2004.
- 3) 船渡和夫:野球の試合中における投手のボール速度の変化と動作分析. 日本体育学会大会号 (51), p251, 2000.
- 4) 石垣尚男, 福田和夫:野球における選球眼とバッティングの関係. 日本体育学会大会号 47, p209, 1996.
- 5) 伊藤栄治:ピッチング. pp6-7, 成美堂出版, 2007.
- 6) JR 東日本硬式野球部: 図解コーチ ピッチング. pp60-61, 成美堂出版, 2009.
- 7) 桑原邦寿, 村田厚生:投球フォームと球種からみた野球のピッチングにおけるリリースポイントの比較. 人間工学 36 (4), pp209-213, 2000.
- 8) Matsuo, T., Escamilla, R.F., Fleisig, G.S., Barentine, S.W., Andrews, J.R.: Comparison of kinematic and temporal parameters between different pitch velocity groups. Journal of Applied Biomechanics 17, pp1-13, 2001.
- 9) 水野雄仁:プロが教えるピッチング入門. pp30-31, 大泉書店, 2001.
- 10) Pappas, M., Morgan, WJ., Schulz, L.A., Diana, R.: Wrist kinematics during pitching; A preliminary report. American Journal of Sports Medicine 23, pp312-315, 1995.
- 11) Stevenson, J.M.: Finger release sequence for fastball and curveball pitches. Canadian Journal of Applied Sports Science 10:, pp21-25, 1985.
- 12) 高橋佳三, 阿江通良, 藤井範久, 島田一志, 尾碕哲郎: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, pp116-124, 2000.
- 13) 高橋圭三, 阿江痛良, 藤井範久ほか: 球速の異なる野球投手の動作のキネマティクスの比較. バイオメカニクス研究 9 (2), pp36-52, 2005.
- 14) Winter, D.A.: Biomechanics and motor control of human movement. Wiley, pp41-43, 1990.