

# 野球捕手の素早いスローイング動作を導く体幹と下肢に関する運動学的要因

Characteristic of the trunk and limbs movements during throwing in baseball catchers

竹林 和史 (国士舘大学大学院スポーツ・システム研究科)  
升 佑二郎 (国士舘大学大学院スポーツ・システム研究科)  
田中 重陽 (国士舘大学大学院スポーツ・システム研究科)  
手島 貴範 (国士舘大学大学院スポーツ・システム研究科)  
高橋 佑輔 (国士舘大学体育学部)  
宮崎 光次 (桜美林大学健康福祉学群)  
角田 直也 (国士舘大学大学院スポーツ・システム研究科)

## 抄録

本研究は、捕手の二塁へのスローイング動作中における体幹・体肢に着目し、運動学的観点から検討することを目的とした。被検者は、捕手経験のある大学野球選手14名とした。捕球時から二塁到達までの時間が2秒以下のものを上位群、それ以上を下位群とした。スローイング動作は、高速度カメラを用いて撮影し三次元解析を行った。ボール速度は上位群と下位群の間に有意な差は認められなかったが、捕球時からリリース時までの動作時間は上位群が有意に短かった。捕球時から二塁到達までの時間の短縮には、捕球時からリリース時までの動作時間が関係しており、特に、捕球時からピボット脚接地までの動作が影響していることが明らかとなった。捕球時からピボット脚接地時までの局面における右膝関節角度および角速度において、上位群は下位群よりも急激な屈曲を伴う運動が確認されたことから、動作時間の短縮には、脚を素早く引きつけるようなステップ動作の重要性が示唆された。また、上位群は動作中の腰の高さを、身長に対して約30～35%の高さに保った動作であった。これらの結果から、野球捕手のスローイング動作の時間短縮には、下肢における素早いステップ動作を行うことに加え、捕球時からリリース時まで腰の高さを一定に保つことの重要性が示唆された。

## 1. 研究目的

野球は、「投げる」、「打つ」、「走る」、「捕る」などといった動作から成り立っているものであり、それぞれの能力が勝敗を大きく左右する。このことから個人における「投げる」、「打つ」、「走る」、「捕る」などの能力の向上がチームとしての勝利に繋がると考えられる。石田(1996)は、ボールを投げることは野球においてどのポジションの選手にも必要な動作であり、その能力の優劣はゲームに影響を与えると指摘している。従来の野球に関する研究では、投動作について検討したものが数多く見受けられる。

一方で、野手を対象に投動作を検討した報告はその数が少ない。櫻井ほか(2009)による野手のクイックスローの研究によると、野手の送球動作は、球速の増加、正確性の向上、加えて、捕球してから投球するまでの動作時間が短いことが要求されると報告されている。捕球動作について検討した研究もその数は少なく、数少ない研究の大半が内野手や外野手を対象としたものである。試合において、投動作が重要視されるのが投手であるならば、投手のボールを捕球する捕手についてもそのポジションの重要性は伺える。

捕手の役割の一つに、盗塁を阻止することが挙げられる。盗塁阻止には捕手の肩の強さよりも送球する動作の素早さや、正確な送球が求められる。しかしながら、捕手のスローイング動作について運動学的に検討した研究はほとんど見当たらない。したがって捕手のスローイング動作を明らかにすることで、捕手の競技力向上および捕

Kazushi TAKEBAYASHI (Graduate School of Sport System, Kokushikan University)  
Yujiro MASU (Graduate School of Sport System, Kokushikan University)  
Shigeharu TANAKA (Graduate School of Sport System, Kokushikan University)  
Takanori TESHIMA (Graduate School of Sport System, Kokushikan University)  
Yusuke TAKAHASHI (Wwwwwwww, Kokushikan University)  
Koji MIYAZAKI (Wwwwwwww, Obirin University)  
Naoya TSUNODA (Graduate School of Sport System, Kokushikan University)

手の指導において重要な資料の提供が可能になるものと考えられる。

そこで本研究では、捕手の二塁へのスローイング動作中における体幹・体肢の動作に着目し、運動学的観点から動作の特性を明らかにすることを目的とした。

## II. 研究方法

### 1. 被検者

被検者は、捕手経験のある大学硬式野球部に所属する男子野球選手4名および大学準硬式野球部に所属する男子野球選手10名の計14名とした。被検者の身体的特性を表1に示した(表1)。また、捕球時から二塁到達時までの時間が2秒以下のものを上位群、2秒を超えるものを下位群とした。なお、全ての被検者には、測定に関する目的および安全性について説明し、任意による測定参加の同意を得た。本研究は、国士舘大学体育学部研究倫理委員会の承認を受けて実施した。

表1 被検者の身体的特性、野球歴およびスローイング時間

群	被検者	年齢(歳)	身長(cm)	体重(kg)	野球歴(年)	スローイング時間(sec)
上位群	7	20.1±1.2	174.5±2.5	74.6±3.7	12.0±1.4	1.92±0.05*
下位群	7	19.7±1.6	175.2±2.4	73.0±7.7	10.9±1.7	2.09±0.04

\*:p<0.05 平均値±標準偏差

### 2. 測定方法

#### 1) スローイング動作の測定

スローイング動作の測定は、2台の高速カメラ(デジモ社製:VCC-H1000)を同期させて、シャッタースピード毎秒250コマ、シャッタースピード1/2000秒で捕手の

側面と後方から撮影した。動作撮影前にキャリブレーションフレーム(2m×2m×2m)を設置し、フレーム撮影を行った。キャリブレーションの中心延長線上の側面から両方のカメラまでの距離は10mとした(図1)。フレーム画像を保存した後、動作の撮影へと移行した。また、ボール捕球時から二塁到達時までの時間(以降:スローイング時間)の計測には、デジタルビデオカメラ(ソニー社製DCR-PC110)を用いて、シャッタースピード毎秒60コマで、試技全体を確認できる位置から撮影した(図1)。全被検者には、分析の対象となる部位を肩峰点(以下:肩関節)、上腕遠位端背側面(以下:肘関節)、前腕尺骨茎状突起部(以下:手関節)、上前腸骨棘(以下:腰)、膝関節および両足関節外踝(以下:右足関節、左足関節)とし、白いマーカーを7個取り付けた(図2)。また、スローイング動作の測定により得られた画像の分析には、専用の解析ソフト(画像処理解析システム swallow シリーズ 2D-PTV:デジモ社製)を用いて2次元座標値を算出した後、DLT法を用いて3次元座標を算出した。

スローイング動作は、先行研究(高橋ら2005)を参考にして、捕球時をa、ピボット脚接地時をb、ストライド脚接地時をc、リリース時をdとした。a-bまでを1<sup>st</sup>局面、b-cまでを2<sup>nd</sup>局面、c-dまでを3<sup>rd</sup>局面と定義した。また、捕球時からピボット脚接地時までの長さをピボット長、ピボット脚接地時からストライド脚接地時までの長さをストライド長として示した。なお、分析対象は1<sup>st</sup>、2<sup>nd</sup>、3<sup>rd</sup>局面の動作とし、捕球からピボット脚接地までの動作をステップ動作とした。また、被検者は18.44m先のピッチャーマウンドから投球された時速110km前後のストライクボールのみを捕球し、スローイングを行った。投球は直球のみに限定し、測定を行った。

本研究では、手関節(WJ)、肘関節(EJ)、肩関節(SJ)、

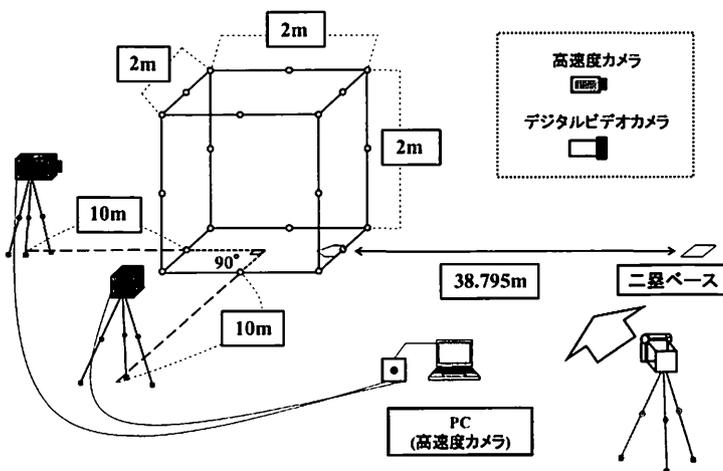


図1 スローイング動作時のカメラ設定とキャリブレーションフレーム

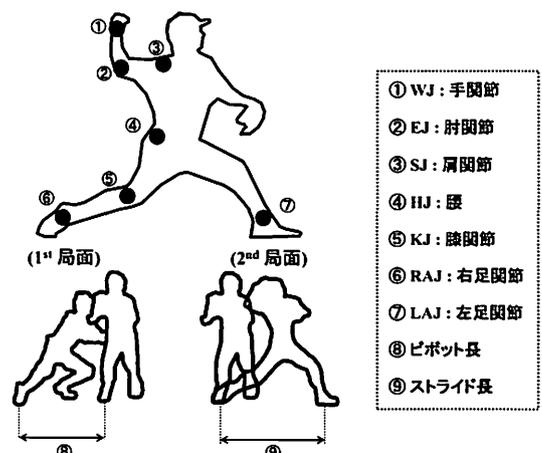


図2 測定部位

腰 (HJ), 膝関節 (KJ), 足関節 (AJ) に着目し, 構築した 3次元座標から各関節の合成線速度を算出した. 膝関節角度は, 身体各部位の座標値を基にベクトルがなす角度として求めた. 桜井ら (1990) の方法を参考にし, 肘および膝関節の伸展および屈曲角度を算出した. 関節角度の表示法 (0度, 符号) については, 日本整形外科学会・日本リハビリテーション学会により制定された「関節可動域表示ならびに測定法」(1973) を参考に示した. また, 本研究では伸展方向への運動をマイナス, 屈曲方向への運動をプラスとした. また, 身長に対するピボット長の割合 (以下: ピボット長/身長) および身長に対するストライド長の割合 (以下: ストライド長/身長) も算出した. 腰と足関節の座標から高さを算出し, 腰の高さとした. 同時に, 身長に対する腰と足関節の距離 (以下: 腰の高さ/身長) を算出した.

### 3. データの分析方法

本研究の身体各部の移動速度および角度, 角速度, 腰の高さは, 各被検者の各局面に要した時間をそれぞれ 100% としてデータを規格化し, データの平滑化には 3 次スプライン関数を用いて行った. なお, 本研究では, 高橋ら (2000) の先行研究を参考にし, 1<sup>st</sup>局面を 0 ~ 100%, 2<sup>nd</sup>局面を 100 ~ 200%, 3<sup>rd</sup>局面を 200 ~ 300% とする規格化時間で示した (図3).

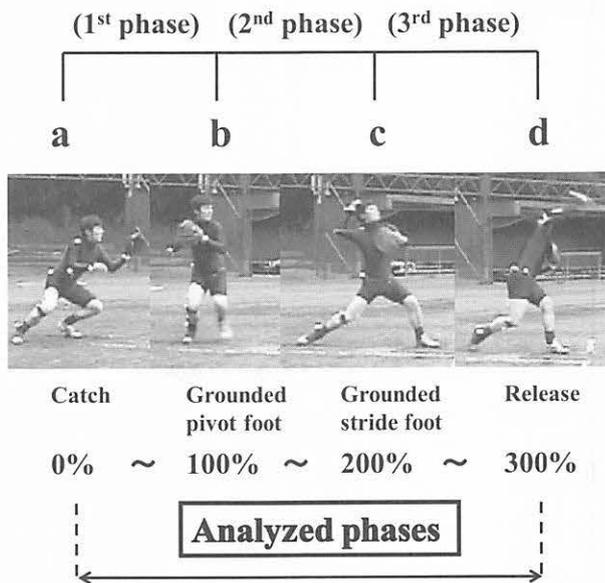


図3 分析局面

### 4. 統計処理

検定したい項目 (角度, 角速度, 高さ) における値は, 平均値 ± 標準偏差値で示した. 二群間の比較には, 二元配置の分散分析を用いて調べ, 要因に有意な効果が認

められた場合には, Bonferroni法による post-hoc test により有意差検定を実施した. 有意水準はいずれも 5% 未満 ( $p < 0.05$ ) とした.

## III. 結果

### 1. 上位群と下位群のボール速度

図4は, 両群のボール速度を示したものである. 上位群のボール速度は  $32.4 \pm 1.6$  m/sec, 下位群は  $31.5 \pm 0.7$  m/sec であり, 有意な差は認められなかった.

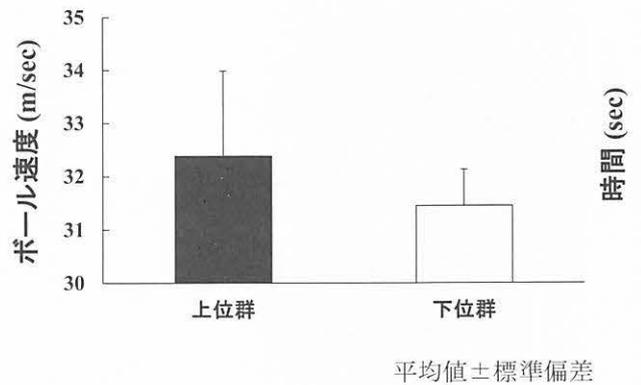


図4 上位群と下位群のボール速度

### 2. 体幹・体肢の移動速度, 角度および角速度

#### 1) 腰, 膝関節, 足関節の移動速度

図5は, 腰, 膝関節, 足関節の移動速度を示したものである. 腰は 0 ~ 25% の間で, 膝関節では 25 ~ 40% の間で, 一方, 足関節では 25 ~ 65%, 100 ~ 110% の間で, 群間に有意な差が認められ, 上位群が下位群よりも有意に大きな値を示した.

#### 2) 膝関節の角度と角速度

図6には, 捕球時からリリース時における膝関節角度および角速度を示した. 膝関節角度においては 0 ~ 35% の間で上位群は下位群よりも有意に伸展していたことが確認された. また, 膝関節角速度においては 35 ~ 60% の間で, 両群間に有意な差が認められた. 上位群は 20% 付近から急激に屈曲が認められ, 60% で最大に達した. 一方, 下位群では 40% 付近から急激に屈曲が始まり, 70% と上位群より遅れて最大に達する様相が確認された.

### 3. スローイング動作中の下肢の動作特性

#### 1) 腰の高さの変位

図7は, 腰の高さの変位および腰の高さ/身長を示したものである. 1<sup>st</sup>局面における腰の高さの変位および腰

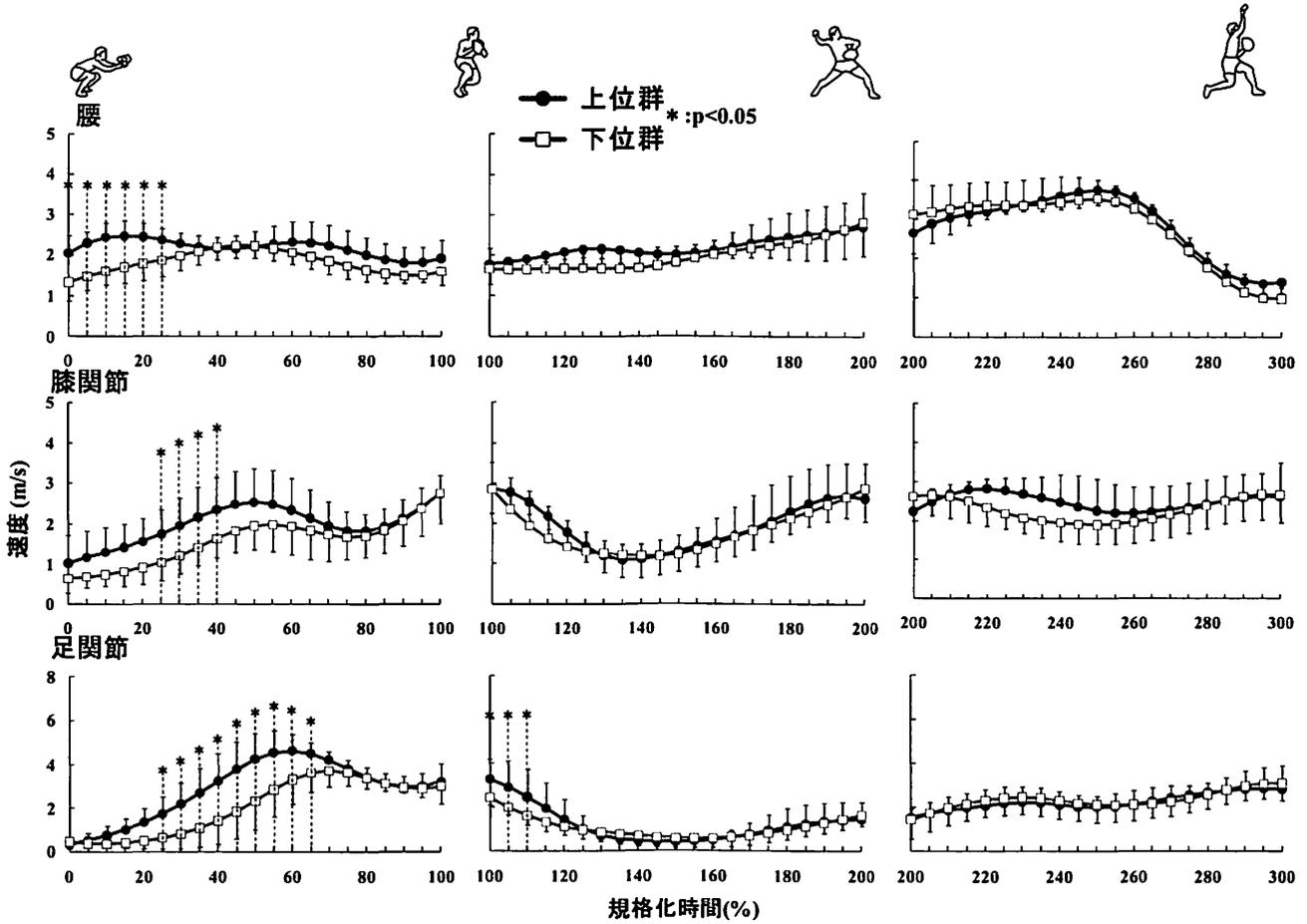


図5 上位群と下位群における腰、膝関節、足関節の移動速度

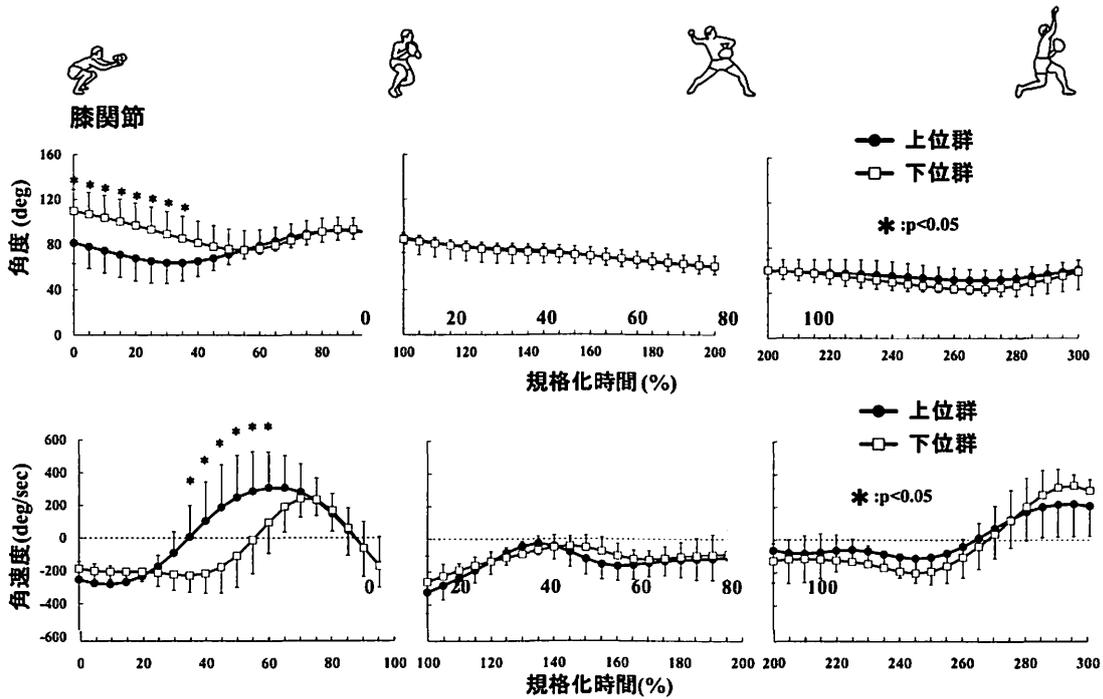


図6 上位群と下位群における膝関節角度および角速度

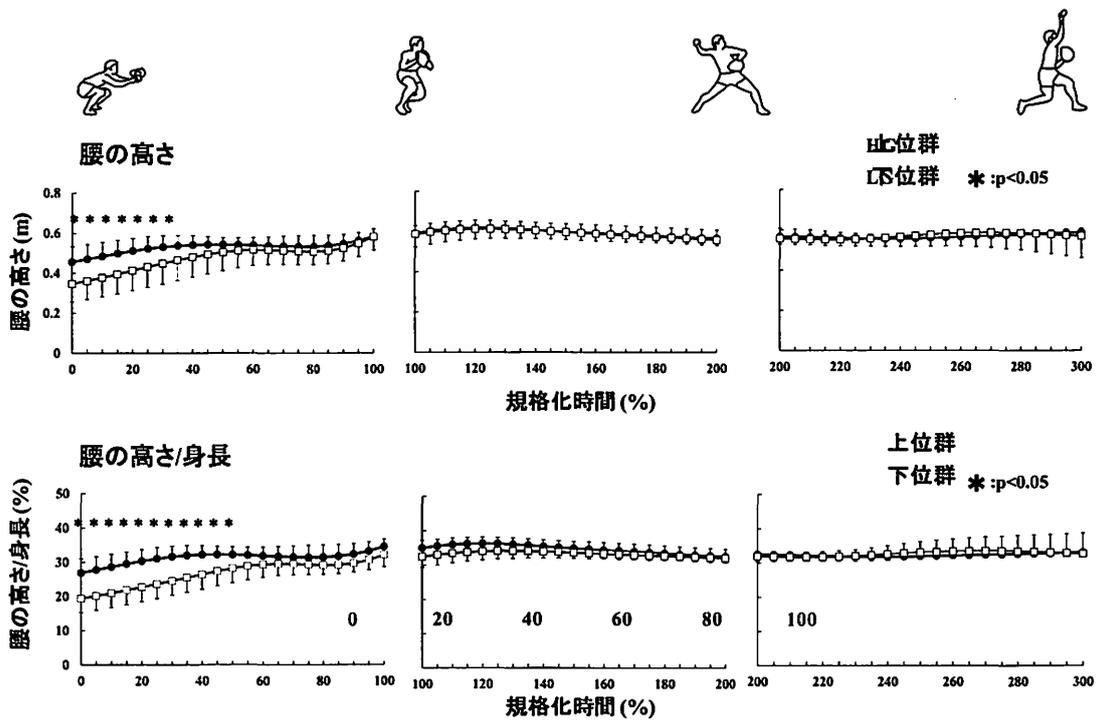


図7 上位群と下位群における足関節から腰関節までの距離および身長に対する足関節から腰関節までの距離の割合

表2 上位群と下位群における局面ごとの動作時間、ピボット長、ストライド長の長さ

	群	1 <sup>st</sup> 局面	2 <sup>nd</sup> 局面	3 <sup>rd</sup> 局面	合計
各局面時間 (sec)	上位群	0.27±0.06	0.21±0.03	0.19±0.04	0.67±0.04
	下位群	0.35±0.05	0.22±0.04	0.19±0.03	0.76±0.05
各局面時間/スローイング時間 (%)	上位群	14.2±3.6	10.8±1.7	9.7±2.0	34.8±2.5
	下位群	16.7±2.6	10.6±1.8	8.9±1.4	36.2±1.7
ピボット長 (m)	上位群	0.52±0.24	-	-	-
	下位群	0.42±0.15	-	-	-
ストライド長 (m)	上位群	-	1.13±0.12	-	-
	下位群	-	1.11±0.05	-	-
ピボット長/身長およびストライド長/身長 (%)	上位群	29.8±14.3	65.0±7.2	-	-
	下位群	23.9±9.0	63.6±2.8	-	-

\*: p<0.05 平均値±標準偏差

の高さ/身長には有意な差が認められ、腰の高さにおいては0～30%の間で、腰の高さ/身長においては0～50%の間で、上位群は下位群よりも有意に高い値を示した。一方、2<sup>nd</sup>局面および3<sup>rd</sup>局面では有意な差は認められなかった。

2) ストライド長の比較

表2は、動作時間および局面ごとの動作時間、動作時間/スローイング時間、局面ごとの動作時間/スローイング時間、ピボット長、ストライド長、ピボット長/身長およびストライド長/身長を示したものである。動作時間/スローイング時間、局面ごとの動作時間/スローイング時間、

ピボット長、ストライド長、ピボット長/身長およびストライド長/身長において、両群間に有意な差は認められなかった。一方、動作時間および1<sup>st</sup>局面の動作時間において、両群間に有意な差が認められ、上位群は下位群よりも有意に小さい値を示した。

#### IV. 考察

##### 1. 動作時間

本研究では、スローイング時間を基準に上位群と下位群の二つの群による群分けを実施し、両群におけるスローイング動作の動作特性について検討することを目的とした。その結果、スローイング時間およびそのスローイングまでに要する動作時間においては、上位群が下位群よりも短く、有意な差が認められた(表1および表2)。しかしながら、ボール速度においては両群間に有意な差は認められなかった(図4)。これらの結果は、スローイング時間において、ボール速度よりも動作時間が重要であることを意味するものである。宮西ら(1995)は、野球の送球動作では、打者走者との時間を考慮して投げなければならず、そのためには捕球してから送球するまでの動作時間が短いことが要求されると報告している。このことから、動作時間の短縮がスローイング時間の短縮に影響を及ぼすことが示唆された。

##### 2. スローイング動作と体幹・体肢の運動学的特性

本研究において捕手のスローイング動作時における各関節の移動速度は、上位群と下位群で比較した結果、3<sup>rd</sup>局面において有意な差は認められなかったものの、1<sup>st</sup>局面の各関節および2<sup>nd</sup>局面の足関節において両群間に有意な差が認められた(図5)。これらの結果から、両群間におけるスローイング動作時間の違いは、捕球からスローイング開始までといったスローイング動作の初期段階における下肢各関節の移動速度に起因する可能性があるものと推察される。本研究におけるスローイング動作を定義した局面において1<sup>st</sup>局面および2<sup>nd</sup>局面で行われる動作は、捕球からスローイング動作を行うためのステップ動作およびストライド動作である。これまで野球の投球動作に関する研究において、星川(1982)が、オーバーハンドスロー時の身体各部の速度増大が下肢から投球腕上肢へ順に起こること、さらには末端部に近いほどその速度の最大値が大きくなり、リリース付近に出現する事を明らかにしている。一方、投球動作において、速いボール速度を得るためには、体幹から投球腕各部へのエネルギー伝達(宮西ら、1997)や、下肢から体幹へのエネルギー伝達により投球腕へ及びボールに伝達される力学的エネルギーを増加させること(鳥田ら、2004)が重要であると指摘されている。し

かしながら、本研究の結果において上位群は下位群よりも速いボール速度を示したものの、両群の間には有意な差は認められなかった。したがって、捕手のスローイング動作においては、上述したこれらの先行研究において指摘されている速いボールを投げるための下肢から体幹そして投球腕へのエネルギー伝達のみならず、下肢各関節を腰から足部へと素早く動かすことにより下半身の投球方向への素早い移動が可能となったものと考えられた。即ち、捕手における捕球からスローイング開始までの動作時間の短縮はボール速度の増大には大きな影響を与えないものの、素早いスローイング動作を行う上で重要な役割を果たすものと考えられた。

本研究における下肢各関節の移動速度と角速度の変化について細かくみた場合、移動速度においては1<sup>st</sup>局面では、腰が0～25%の間で、膝関節では25～40%の間で、足関節では25～65%の間及び2<sup>nd</sup>局面の100～110%の間においてそれぞれ上位群が下位群よりも有意に高い値を示した。また角速度においては、膝関節の1<sup>st</sup>局面で、35～60%の間において両群間に有意な差が認められた。また、上位群では捕球時に膝関節を有意に屈曲させた状態から急激な伸展が認められたことから、上位群は下位群よりもピボット脚を屈曲させた状態から身体を前方に移動させることで素早い動作を行っているものと推察された(図6)。この動作は、捕球時からピボット脚接地時までの間において、ピボット脚を投球方向へ素早く引きつけてステップする動作である。投球動作におけるピボット脚の役割について鳥田(2000)は、ストライド局面(ストライド脚接地まで)では伸展トルクを発揮して身体を支持し、ひねり局面(ストライド脚接地後)では股関節の伸展トルクにより可動を回旋させることで体幹の捻りを生み出す働きをしていると述べている。このことを考慮して本研究の結果を併せて考えた場合、捕手のスローイング動作において捕球からスローイング開始までの動作においてピボット脚を投球方向に素早く引きつける事により、素早い身体の移動とスムーズな下肢から体幹そして投球腕へのエネルギー伝達が可能となるものと考えられた。しかしながら、本研究における角速度変化は、膝関節のみを対象としたため、腰及び足関節の角速度の影響については明らかにする事が出来ない。したがってこれらの関節角速度については今後、検討する必要があるものと考えられた。

##### 3. スローイング動作を素早くする要因

腰の高さの変位においては0～30%の間で、腰の高さ/身長においては0～50%の間で、上位群は下位群よりも有意に高い値を示した。これらの結果から、上位群はスローイング動作の際に、捕球時の高い位置をリリースまで一定に保ちながら送球を行っているのに対し、下

位群は捕球時の姿勢を低い姿勢で行い、そこから徐々に高くなる傾向にあることを示している。このことは、上位群において、下位群よりもピボット脚を屈曲させた状態で、前方に移動させながら着地させていたために生じたものと考えられた。したがって、本研究ではスローイング動作時において、腰の高さを一定に保つことが重要であると考えられた。腰の高さ/身長では1<sup>st</sup>局面において、上位群では30%付近から動作が始まっているのに対し、下位群では20%付近から動作を開始していた。また、2<sup>nd</sup>局面、3<sup>rd</sup>局面では上位群の腰の高さの平均値がそれぞれ34.7%、32.4%であった。つまり、この結果からスローイング動作を行う際には、腰の高さを身長の30～35%に保つことが必要であるものと考えられた。

本研究では、ピボット長/身長およびストライド長/身長において、ピボット長/身長では30%前後を、ストライド長/身長では65%前後を示していた(表2)。吉田ら(2008)は投手の投球動作において、ストライド長/身長が65～70%を示したと報告している。したがって、捕手においても投手と同様にストライド長/身長を65%前後にすることが重要であると考えられた。一方、捕手のスローイング動作においては、可能な限り素早く投げる事が求められるにもかかわらず、投手と同様、捕手においてもストライド長を短縮して時間を短くすることは行われていなかった。この理由として、通常、動作時間を短縮させるためには、動作自体を小さくすること、または動作する速度を上げることが考えられた。本研究で対象とした捕手のスローイング動作では、上位群でストライド長を短くするという現象は見られなかった。すなわち、捕手のスローイングにおいて、時間を短縮するためにはピボット脚の動作が重要であると推察された。

#### IV. 総括

本研究は、捕手の二塁へのスローイング動作中における体幹・体肢の動作に着目し、運動学的観点から動作の特性を明らかにすることを目的とした。その結果、以下のような知見が得られた。

1. 上位群と下位群でボール速度に有意な差は認められなかったものの、スローイング時間およびそのスローイングまでに要する動作時間においては、上位群が下位群よりも早く、有意な差が認められた。捕球時から二塁到達時までのスローイング時間を短縮させる要因として、捕球からリリースまでの動作時間を短縮させる必要があることが明らかとなった。
2. 上位群は捕球時からピボット脚接地時までの局面で、膝関節角度および角速度の変化が大きく、急激

な屈曲を伴う運動が確認され、脚を素早く引きつけるようなステップ動作の重要性が示唆された。

3. スローイング動作時の腰の高さは、ピボット脚を屈曲させた状態で、前方に移動させながら着地させる動作によって、身長に対して約30～35%の高さを保持することが可能となり、より早い動作を行うために重要であることが明らかとなった。

以上のことから、野球捕手のスローイング動作において、捕球時から二塁到達時までの時間の短縮には、捕球時からリリース時までの動作時間が関係しており、特に、捕球時からピボット脚接地時の動作が影響していることが明らかとなった。そして、動作時間の短縮には、下肢における素早いステップ動作を行うことに加え、捕球時からリリース時まで腰の高さを一定に保つことの重要性が示唆された。このことから、スローイング動作において、ボール速度を高めるよりも、素早いステップ動作や腰の高さを一定に保つことといった動作改善を行うことが、全体の時間短縮に繋がると考えられた。

#### V. 参考文献

- 1) 星川保：大きさと重さの異なるボールの投げ, J. J. Sports Sci.1, 1982: 104-109.
- 2) 石田和之：投球スピードを高める, スポーツ科学, 1996; 15 (5): 297-300.
- 3) 宮西智久：野球の投球スナップのメカニズム, バイオメカニクス研究, 2000; 4: 2.
- 4) 宮西智久, 藤井範久, 阿江通良, 功力靖雄, 岡田守彦：大学野球選手における速投および遠投動作の3次元比較研究, 体育学研究, 1995; 40: 89-103.
- 5) 宮西智久, 藤井範久, 阿江通良, 功力靖雄, 岡田守彦：野球の投球動作における体幹および投球腕の力学的エネルギー・フローに関する3次元解析, 体力科学, 1997; 46: 55-68.
- 6) 日本整形外科学会身体障害委員会・日本リハビリテーション医学会評価基準委員会編「関節可動域表示ならびに測定法」リハビリテーション医学, 1973: 119-23, 10.
- 7) 桜井伸二, 池上康男, 矢部京之助, 岡本敦, 豊島進太郎：野球の投手の投動作の3次元動作解析, 体育学研究, 1990; 35: 143-156.
- 8) 櫻井直樹, 宮西智久：野球内野手のクイックスローに関するバイオメカニクス研究——中学・高校・大学生の動作の特徴, 仙台大学大学院スポーツ科学研究科修士論文集, 2009; 10: 79-86.
- 9) 島田一志, 阿江通良, 藤井範久, 結城国啓, 川村卓：野球のピッチング動作における体幹および下肢の役割に関す

- るバイオメカニクスの研究, バイオメカニクス研究, 2000; 4(1): 47-60.
- 10) 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, 2000; 4(2): 116-124.
  - 11) 高橋佳三, 阿江通良, 藤井範久, 島田一志, 川村卓, 小池関谷: 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, 2005; 9(2): 36-52.
  - 12) 植屋清見, 洪川侃二, 吉本修, 石田俊丸, 桐生武夫, 藤江学, 水田拓道, 松永尚久, 藤巻公裕: 投げにおけるスナップの力学的研究, 体育学研究, 1969, 15(5): 122.
  - 13) 吉田俊介, 高橋佑輔, 熊川大介, 田中重陽, 宮崎光次, 山下陽一郎, 池田延行, 角田直也: 発育期の野球選手における投球動作と投球速度の関係, 東京体育学研究2008年度報告, 2008

---

連絡責任者

住所: 〒206-8515 東京都多摩市永山7-3-1

国士舘大学体育学部 身体運動学教室

氏名: 竹林 和史

電話番号: 042-339-7224

E-mail: santa3@yg7.so-net.ne.jp