

発育期の野球選手における投球動作と投球速度の関係

Relationship between throwing movement and pitched ball velocity in baseball players during adolescence

吉田 俊介 (国士舘大学大学院スポーツ・システム研究科)
 熊川 大介 (国士舘大学大学院スポーツ・システム研究科)
 宮崎 光次 (桜美林大学健康心理学科)
 池田 延行 (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)
 田中 重陽 (国士舘大学大学院スポーツ・システム研究科)
 山下陽一郎 (職業能力開発総合大学校)
 角田 直也 (国士舘大学大学院スポーツ・システム研究科)

I 研究目的

野球の投動作に関する研究は、これまでに数多く行われており、熟練者の投球動作は、「腰-肩-肘-手関節-ボール」の順に、エネルギーが身体を中心部(脚及び体幹)から末梢部へ伝達されるとされている⁸⁾。さらに、大学野球選手の投動作において、体幹は、大きな回旋トルクやトルクパワーを発揮し、上腕の角速度を増加させ、リリース前では負のパワーを発揮し、体幹の過度な屈曲や前捻りを防ぐ。さらに下肢において、ピボット脚は、ストライド局面では各関節で伸展トルクを発揮して身体を支持し、捻り局面では股関節伸展トルク、投球局面では股関節内転トルクを発揮して下腕を回旋させることが報告されている¹¹⁾。このように、熟練者において各関節動作はボール速度を高める上で重要であり、年齢、発育及び競技年数によって各関節動作は変化し、投球速度に対する影響が異なることが考えられる。また、野球の投動作は発育・発達及び投トレーニングによって改善されることが報告されている²⁾⁴⁾。これらの先行研究から、ボールにエネルギーを伝達する上で、各関節の運動は重要であることが考えられ、発育及び投動作習得レベルに伴って身体各関節の運動特性が異なることが予想される。しかしながら、発育期の児童、生徒を対象に、投球動作時の運動特性について検討した研究は殆どみられない。また、上肢及び下肢の運動特性が投球速度にどのように影響しているのかについては、十分な知見が得られていない。年齢に伴う上肢及び下肢の運動特性を明らかにすることは、投動作の指導をする上で有意義な資料になると考えられる。

そこで本研究では、中学生から大学生野球選手までを対象として、年齢に伴う投球動作中の上肢及び下肢の動作の変化を明らかにし、それらが投球速度に及ぼす影響について検討することを目的とした。

II 研究方法

1. 被検者

被検者は、野球クラブに所属し定期的に野球のトレーニングを実施している12歳から21歳までの男子野球選手79名とした。身体発育が著しいと考えられる10歳代の被検者は歴年齢毎に(12G-19G)、20歳以降の被検者については一群(20G)として分類した。表1に各群における被検者数、競技経験年数、身長及び体重を示した。なお、全ての被検者及びその保護者には測定に先立って、測定内容を説明し、書面にて実験参加の同意を得た。また、本研究は国士舘大学研究倫理委員会の承認を受けて実施した。

表1 年齢群における身体的特性と野球経験年数

年齢群	n	野球経験 (年)	身長 (cm)	体重 (kg)
12G	7	4.6±1.9	155.9±6.8	46.4±10.9
13G	12	5.5±1.4	162.2±8.6	49.1±8.7
14G	18	6.7±1.6	164.7±7.0	51.5±9.1
15G	9	7.0±1.2	168.0±4.2	56.6±6.5
16G	6	9.5±0.6	170.8±6.3	64.8±6.0
17G	8	10.5±1.0	172.6±6.7	68.7±7.6
18G	4	10.3±1.9	170.5±1.9	65.7±2.5
19G	3	12.0±1.7	175.1±5.4	80.2±9.6
20G	12	11.8±1.9	173.0±3.6	70.3±5.6

平均値±標準偏差値

2. 投球速度の測定

投球速度の測定はスピードガン(ミズノ社製)を用いて測定した。投球距離は10mとし、全力での投球を2回行わせ、最も高い値を秒速に換算し、投球速度の個人値として採用した。

Shunsuke YOSHIDA (Graduate School of sport system, Kokushikan University)
 Daisuke KUMAGAWA (Graduate School of sport system, Kokushikan University)
 Mitsuji MIYAZAKI (College of health and welfare, Obirin University)
 Nobuyuki IKEDA (Graduate School of sport system, Kokushikan University)

Yusuke TAKAHASHI (Faculty of Physical Education, Kokushikan University)
 Shigeharu TANAKA (Graduate School of sport system, Kokushikan University)
 Yoichiro YAMASHITA (Polytechnic University)
 Naoya TSUNODA (Graduate School of sport system, Kokushikan University)

3. 動作解析

1) 投球動作の測定

投球動作の測定は、2台の高速度カメラ(デジモ社製 VCC-H1000)を同期させて、フィルムスピード250コマ、シャッタースピード1/2000で投球者の投球方向に対して正面と後方90度から撮影した。2台のカメラから得られた2次元座標を用いて、DLT法により3次元座標を算出した。動作撮影に先立ち、一辺2mの立方体を作成し、座標決定のためのキャリブレーション撮影を行った。立方体の中点には、球体のマーカーを取り付けキャリブレーションの精度を上げた。被検者には、十分なウォーミングアップを行わせた後、硬式野球ボール(145g)を10m前方のネット目掛けて、最大努力により2回投球させた。ネットの後方にスピードガン(PSK Professional、ミズノ社製)を設置し、投球速度を計測した。計測不能な試技は測定値から除外し、各被検者とも2球の計測値が得られるまで実施した。そこで得られた時速の速い試技を秒速に換算し、投球速度の個人値として採用した。全被検者には、白い球体のマーカーを左右の肩峰点、肘関節、手関節、腸骨棘、膝関節、足関節及び両腸骨棘の中心に計13個取り付けた。

2) 分析項目

手関節、肘関節、肩峰点(以後肩関節)、腸骨棘(以後腰関節)及び膝関節に着目し、投球動作時の投球方向に対して、投球腕の手首、肘、肩、腰、膝関節の移動速度を速度を算出した。それぞれの最大値を最大手関節移動速度(Wrist)、最大肘関節移動速度(Elbow)、最大肩関節移動速度(Shoulder)、最大腰関節移動速度(Hip)、最大膝関節移動速度(Knee)とした。分析区間は、踏み出し脚の膝が最も高く上がった時点からリリースまでとした。

3) 統計処理

各測定項目の値は、平均値±標準偏差で示した。各群間における測定値の有意差の検定は、一元配置分散分析を行い、要因に有意な効果が認められた場合には、Tukey-Kramer法によるPost-hocテストを実施した。また、各項目と投球速度の関係における相関係数は、年齢の影響を除去することによる、偏相関分析によって求めた。さらに、投球速度を従属変数、各関節最大移動速度を独立変数とする重回帰分析を行った。独立変数の投入方法はステップワイズ法とした。いずれも、有意水準は5%未満とした。

Ⅲ 結果及び考察

1. 年齢に伴う投動作の変化

年齢群毎の投球速度の平均値を図1に示した。投球速

度は年齢に伴い増大し、20Gが最も高い値(33.8±1.9m/s)を示した。各年齢群間の有意差は、12Gと15-20G、13Gと16-20G、14Gと16-20G及び15Gと20Gの間で認められた。また、16G以降は有意な差は認められず、ほぼ同様の値であった。10歳から20歳の野球選手の投球能力の発達について検討した田中ら¹³⁾は、10歳から16歳の間にかけて投球速度は有意に増大し、17歳以降ではほぼ同様な値であったことを報告している。本研究の結果は、先行研究の報告と同様であった。

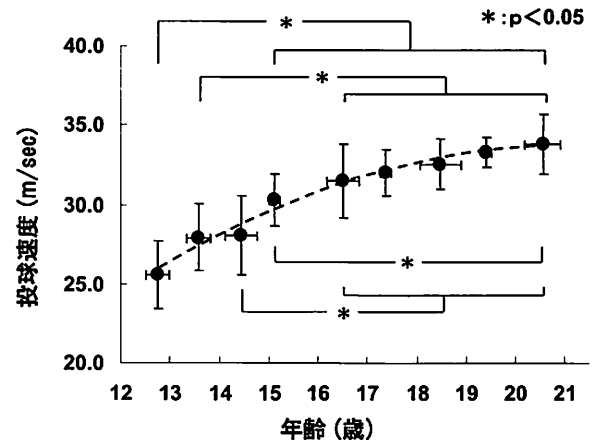


図1 年齢群毎の投球速度の平均値

図2に各年齢群における上肢各関節の最大移動速度を示した。Wristは年齢と共に増大し、12Gは、16G、17G、19G及び20Gより有意に低い値を示した。さらに13G及び14Gは、20Gよりも有意に低い値を示した。Elbowにおいて、12Gと15G、16G及び20Gとの間に有意な差が認められた。また、12G-15Gまでは、年齢に伴いElbowが増大する傾向を示したが、16G以降ではElbowの増大はみられなかった。Shoulderは、12Gと16Gの間に有意な差が認められた。さらに、16Gまでは年齢に伴い増大する傾向であったが、16G以降は有意な増大は認められなかった。上肢各関節の最大移動速度は、12歳から16歳の間で年齢の増加に伴って増大し、17歳以降では移動速度の増大はみられなかった。熊川ら⁷⁾は、スピードスケート選手の滑走能力について検討したところ、形態の著しい発育時期と競技能力の著しい発達時期が一致しており、形態発育が競技能力に影響を及ぼすことを指摘している。本研究においても、身長、体重といった形態的要素が12歳から16歳まで著しく発達しており、この時期は、形態的な発育が各関節移動速度を増大させたと推察される。

各年齢群における下肢各関節の最大移動速度を図3に示した。Hipにおいて、20Gは12G-17Gより有意に高い値を示した。また、Hipは12G-17Gまでに変化は見られ

ず、17G-20Gにかけて増大する傾向であった。Kneeでは、13Gと20Gとの間で有意な差が認められた。Kneeは年齢に伴って増大する傾向であった。下肢各関節の最大移動速度は、17歳以降で有意に増大する傾向を示した。島田ら¹¹⁾は投球動作において体幹および下肢の動きは、直接的にボール速度を増大させるというより、投球腕にエネルギーを伝達し、大きなトルクやパワーを発揮できる条件を作り出すという間接的な役割を果たしていると報告している。したがって、本研究の結果から、投動作中の下肢の動作は、17歳以降、投動作により目的なものとなり、移動速度の増大に貢献していると推察される。

2. 発育段階別投球動作と投球速度との関係

本研究における各群の年齢と身長との関係を図4に示した。本研究では、形態発育の著しい時期を含む児童・生徒を対象としていることから、身長といった形態の要素を十分に考慮する必要がある。そこで、各年齢での

身長の平均値を算出し、分散分析を実施したところ、15歳及び19歳が年齢に伴う身長変化の分岐点になることが明らかになった。そこで被検者を12～15歳(思春期中)、16～19歳(思春期後)、および20歳以降(成人)の3群に分類し、各測定項目間の関係を検討した。この分類は、先行研究³⁾¹⁰⁾での分類とほぼ同様の年齢間であった。同一の群内においても、年齢幅があるため、年齢を除去した偏相関係数を採用した。

図5は上肢各関節最大速度と投球速度との関係を示したものである。思春期中では、Wrist、Elbow及びShoulderと投球速度の間に有意な偏相関関係が認められた。また、思春期後においては、Wrist及びElbowと投球速度の間で有意な偏相関関係が認められた。さらに成人は、Wristと投球速度の間のみにおいて有意な偏相関関係が認められた。本研究では、手関節の最大移動速度は、すべての群で投球速度と有意な偏相関関係が認められた。さらに、重回帰分析の結果でも、投球速度の説明変数と

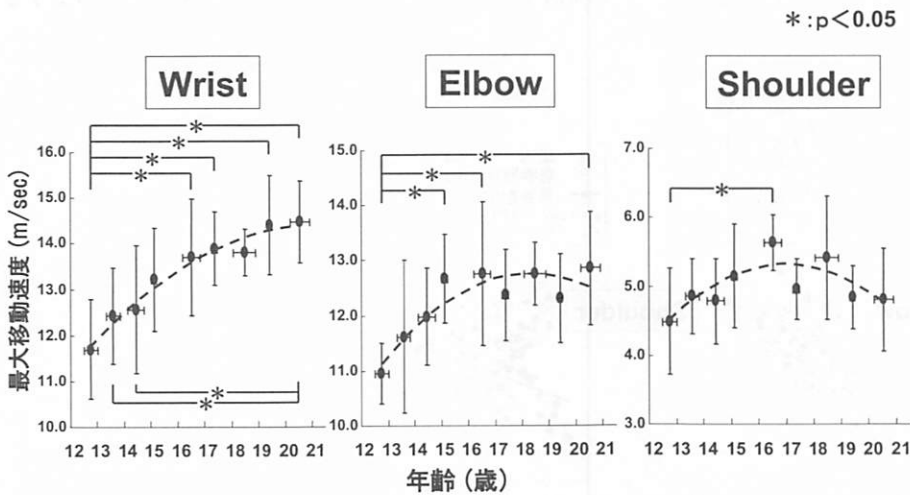


図2 年齢群毎の上肢各関節最大移動速度

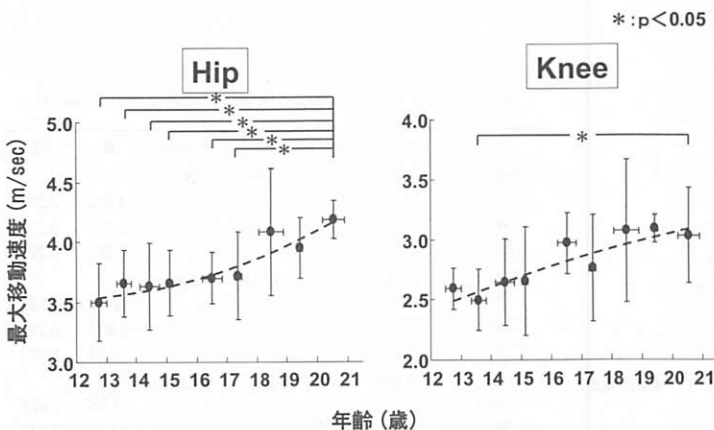


図3 年齢群毎の下肢各関節最大移動速度

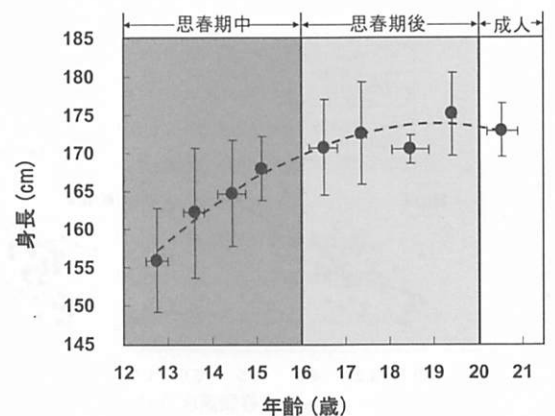


図4 各群における年齢と身長の関係

して、全ての群で手関節最大移動速度が選択された。高橋ら¹²⁾は、社会人及び大学野球投手を対象に手及び指の動きについて3次元解析したところ、最大手関節速度と投球速度との間に有意な相関関係が認められたことを報告している。本研究の結果で、どの年代においても、手関節の最大移動速度を増大させることが、投球速度を高める要因であることが示唆された。

下肢各関節最大速度と投球速度の関係を図6に示した。思春期中及び思春期後におけるHipと投球速度の間において、有意な偏相関関係が認められた。しかし、それ以外の項目では有意な偏相関関係は認められなかった。次に、投球速度を従属変数、身体各部の最大移動速度を独立変数とする重回帰分析を行った(表2)。その結果、全ての群でWristが投球速度の説明変数として選択され、思春期中では、Elbowも選択された。勝亦ら⁶⁾は、発育期の野球選手において、投球速度の説明変数として、肘関節伸展トルクが選択され、投球動作が未発達であることを報告している。本研究の結果は、測定変数に関節トルクと移動速度の違いはあるものの、勝亦ら⁶⁾の報告と一

致するものであり、思春期中では手関節、肘関節の働きに頼った投球動作であることが推察された。また、思春期跡では、投球速度の説明変数としてHipが選択され、成人においては、Wrist以外の変数は選択されなかった。これは、思春期後になると腰関節つまり下肢や体幹といった近位部を使った投球動作になり、成人においては、今回測定した項目以外の要因が関係していることが考えられる。先行研究において、投球腕の握力及び背筋力¹⁾、踏み出し脚の運動⁵⁾、手及び指の動き¹²⁾、合理的な姿勢や動作をとること⁹⁾が、投球速度の高低を決定する要因であることを指摘している。投球動作がほぼ成熟した思春期後からは、以上のような技術的要因が投球速度を高める要因として推察された。

IV 総括

本研究は、発育期の野球選手を対象に、投球動作時の上肢及び下肢の運動特性と投球速度に及ぼす影響について検討することを目的とした。その結果、以下のような

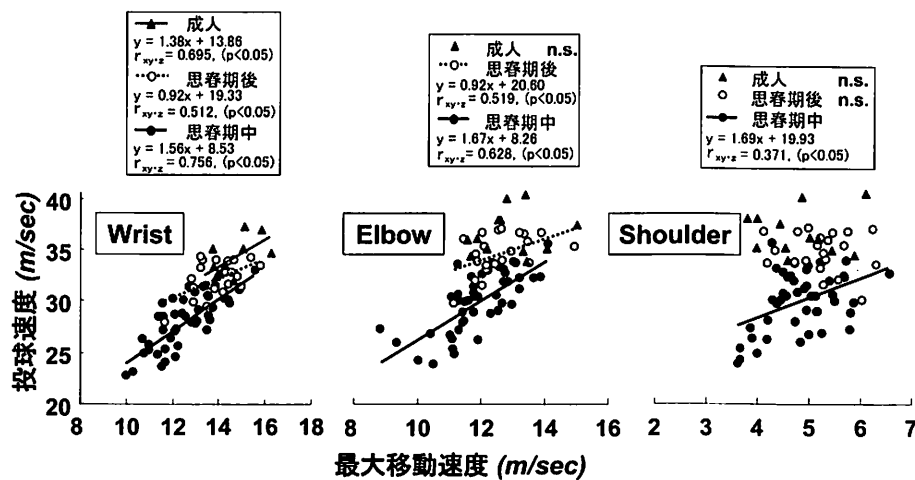


図5 上肢各関節最大移動速度と投球速度の関係

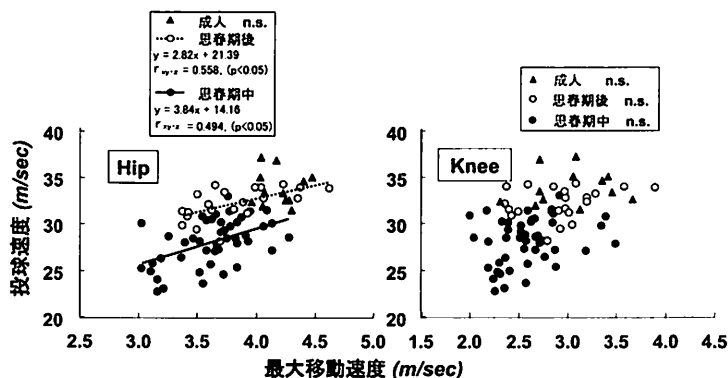


図6 下肢各関節最大移動速度と投球速度の関係

表2 各関節最大移動速度と投球速度の重回帰分析の結果

	r	r ²	F	P-value	B	SE
思春期中	0.819	0.671	43.905	<.0001		
定数					4.546	2.558
Wrist					0.527	0.231
Elbow					0.369	0.272
思春期後	0.727	0.529	10.098	0.0011		
定数					12.515	4.532
Wrist					0.422	0.286
Hip					0.524	0.777
成人	0.649	0.421	7.263	0.0225		
定数					13.859	7.429
Wrist					0.649	0.512

B:標準回帰係数, SE:標準誤差

知見が得られた。

1. 上肢各関節の最大移動速度は年齢の増加に伴って12歳から16歳の間で著しく増大することが明らかとなった。
2. 腰関節最大移動速度は、17歳以降で年齢の増加に伴って増大し、膝関節最大移動速度では、12歳から20歳の間で年齢の増加に伴って増大する傾向であった。
3. 全ての群において、手関節最大移動速度と投球速度との間に、有意な偏相関係が認められ、さらに、重回帰分析によって投球速度の説明変数として選択されたものは、手関節に加えて、思春期中では、肘関節、思春期後では腰関節最大移動速度であった。

以上のことから、投球動作時における上肢及び下肢の移動速度は、年齢に伴って増大するが、部位によってその年齢が異なることが明らかとなった。また、発育段階によって、投球速度に影響を及ぼす関節が異なることが明らかとなった。

V 参考文献

- 1) 後藤 実, 谷口有子, 山本正嘉, 百武憲一, 岩井美樹, 成澤三雄 (2000). 野球投手におけるボールスピードの低下と筋力、全身持久力との関係. *トレーニング科学* 12(2): 103-110.
- 2) Halverson L. E, Robertson M.A. (1982). Development of the overarm throw: Movement and ball velocity changes by seventh grade: *Research Quarterly for Exercise and Sport* 53(3): 198-205.
- 3) 井筒智也, 高橋佑輔, 北川由佳子, 吉田俊介, 伊原佑樹, 手島貴範, 田中重陽, 熊川大介, 宮崎光次, 角田直也 (2008). 年齢及び身長増加に伴う打撃動作の発達. *東京体育学研究2008年度報告*.
- 4) 石田和之 (2003). どうしたらじょうずに投げられるようになるか. *J.J.B.S.E.* 7(4): 368-372.
- 5) 神事 努, 望月智徳, 湯浅景元 (2001). 野球のピッチング動作時における踏み出し脚の運動がボール初速度に与える影響. *中京大学体育学論叢* 43-1: 23-28.
- 6) 勝亦陽一, 金久博昭, 川上泰雄, 福永哲夫 (2007). 年齢及び野球経験の有無が投球スピードと筋力との関係に及ぼす影響. *トレーニング科学* 19(2): 149-154.
- 7) 熊川大介, 角田直也 (2004). スピードスケート選手の発育発達に伴う筋形態と機能的特性が滑走能力に及ぼす影響. *子どもと発育発達* 2(1): 65-68.
- 8) 宮西智久, 藤井範久, 阿江通良, 功力靖雄, 岡田守彦 (1997). 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* 46: 55-68.
- 9) 宮西智久 (2003). 野球の投球動作のバイオメカニクス—どうしたらより速いボールを投げられるようになるか—. *J.J.B.S.E.* 7(4): 360-367.
- 10) 中塔大輔, 高橋佑輔, 北川由佳子, 吉田俊介, 伊原佑樹, 手島貴範, 田中重陽, 熊川大介, 宮崎光次, 角田直也 (2008). 発育期の野球選手における身体特性と投球能力の関係. *東京体育学研究2008年度報告*.
- 11) 島田一志, 阿江通良, 藤井範久, 結城匡啓, 川村 卓 (2000). 野球のピッチング動作における体幹及び下肢の役割に関するバイオメカニクスの研究. *J.J.B.S.E.* 4(1): 47-60.
- 12) 高橋佳三, 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. *J.J.B.S.E.* 4(2): 116-124.
- 13) 田中重陽, 角田直也 (2004). 野球選手の発育発達に伴う投球能力. *子どもと発育発達* 1(6): 432-435.

連絡責任者

吉田 俊介
 兵庫県三木市末広2-8-13
 国士舘大学体育学部身体運動学教室
 Tel: 090-9057-3409
 E-Mail: shunsuke927@yahoo.co.jp