

大学野球投手における球速と足趾把持筋力の関係

青田圭弘* 原 丈貴**

Yoshihiro AOTA・Taketaka HARA

Relationship between Pitching Ball Speed and Toe Flexor Strength in College Baseball Pitchers.

要旨

投球動作は、捕手の方へ向かって体幹の重心を移動させながら行われる動作であり、前方への体重移動やボールをリリースする際には足趾で地面を捉える筋力、いわゆる足趾把持筋力も重要な役割を果たしていると考えられる。本研究では、野球部の投手経験者と野球以外の種目を専門とする者を対象に、足趾把持筋力を含めた筋力と投球速度の関係について明らかにすることを目的とした。対象は、大学の野球部に所属する投手経験者12名（野球部投手群）、野球以外の種目を専門とする大学生12名（一般学生群）の計24名である。球速は、ピッチャーマウンドからホームベースに向かって投球した際の球速を、スピードガンを用いて計測した。筋力の指標として、スクワット、ベンチプレスの最大挙上量、および握力（利き腕）、背筋力、足趾把持筋力の最大値を計測した。野球部投手群においては、球速と足趾把持筋力に有意な相関関係が認められ（ $r=0.663$, $p=0.019$ ）、その他の筋力の項目については、球速と有意な相関関係は認められなかった。一方、一般学生群では全ての筋力の項目において球速と有意な相関関係は認められなかった。また、軸足と踏み出し足のそれぞれの足趾把持筋力と球速の関係を検証したところ、野球部投手群において、軸足の足趾把持筋力と球速に有意な相関関係が認められた（ $r=0.758$, $p=0.004$ ）。以上の結果から、野球投手における軸足の足趾把持筋力は、球速に影響する一要因であることが示唆された。

【キーワード：野球投手、足趾把持筋力、球速、軸足】

I. 緒言

野球は様々な国で行われており、世界では約3500万人の競技人口があるとされている。日本でも野球は幅広い年齢層を対象に行われており、最近では、東京オリンピックで日本が金メダルを取り注目されたのは記憶に新しいところである。野球の魅力として、攻撃と守備がはっきり分かれた攻防の中で繰り広げられるゲーム性、打者の豪快なホームラン、投手の種々の変化球やスピードボールを駆使したバッターとの対峙などが挙げられる。野球では相手チームより多くの得点をあげた方がその試合の勝者となるため、攻撃時にはより多く得点すること、守備時には失点をできる限り防ぐことを目的としてプレーが行われる。その守備の際に失点を防ぐ上で重要なのが、投手の競技力である。

投手の多くは、変化球よりむしろ速球を中心に配球（球速、球種、コースなど）を組み立てるため、投球速度が高まることで、相手のバッターはタイミングを合わせづらくなり安打の確率が減る。安打数が減ることによって得点率が下がることから投手の投球速度は野球の勝敗において重要であると言える。これまで野球選手を対象として筋力と投球速度の関係についていくつかの研究がされて

おり、球速には大腿四頭筋、大腿二頭筋など下肢の最大筋力が大きく関与していること¹⁾、投球時の軸足（利き腕側の脚）の足関節背屈筋力および踏み込み足（非利き腕側の脚）の足関節底屈筋力が、それぞれ投球速度と正の相関関係にあること²⁾などが報告されている。また、野球投手が連続して投球を続けた際のボールスピードの低下は、握力の低下³⁾や、踏み込み足の伸展筋群の筋力低下⁴⁾と関係していることも報告されており、このように投球速度と筋力との関係は多様な観点から検討されている。

投球動作は、捕手の方へ向かって体幹の重心を移動させながら行われる動作であることから、投球速度を向上させるためには、軸足で体を支えつつ、ボールに対してできるだけ効率よく下肢や体幹の力を伝えながら体重移動することが重要である⁵⁾。その際、地面と接している部分は足部のみであり、前方への体重移動やボールをリリースする際には、足趾で地面を捉えて蹴る動作がみられることから、投球速度に対して足趾が地面を捉える筋力、いわゆる足趾把持筋力も影響していると考えられる。足趾把持筋力は歩行機能⁶⁻⁸⁾、バランス機能^{9,10)}、疾走能力¹¹⁻¹³⁾、跳躍能力^{11,12)}など基礎的な運動能力との関係が示されており、また、野球だけに限らず、相撲、柔道などのスポーツにおいても、「足趾で地面を掴む」、「地面を噛む」と

* 愛知県立名古屋西高等学校

** 島根大学教育学部保健体育科教育専攻

いう表現で競技における足趾の重要性を表すことも多い。野球の投球では、投球速度を向上させる上で、軸足に加重した状態からの体重移動の局面が重要であることが指摘されており⁵⁾、その動作をスムーズ且つ力強く遂行するためには、バランス機能や跳躍能力と関連する足趾把持筋力も関与していると考えられる。

しかし、投球速度と足趾把持筋力との関係については十分に検討されていないのが現状である。また、投球動作では軸足から踏み出し足への体重移動があり、左右非対称の動作を行うことから、左右の足の足趾把持筋力の関わり方も異なると考えられるため、投球動作における足趾把持筋力の影響については、左右別に検討する必要がある。さらに投球動作における足趾把持筋力の関わりをより明確にするためには、投球技術の差にも着目して検討する必要があると考えられる。従って、投げる動作の習熟度合の異なる集団を対象とすることで、足趾把持筋力を含め、筋力が投球速度に影響する要因をより詳細に検討することが可能となると考えられる。

そこで本研究では、野球部の投手経験者と野球以外の種目を専門とする者を対象に、足趾把持筋力を含めた筋力と投球速度の関係について明らかにすることを目的とした。

II. 方法

A. 対象

大学の硬式野球部に所属する投手経験者11名、準硬式野球部に所属する投手1名(野球部投手群)、保健体育を専攻する大学生12名(一般学生群)、計24名を対象とした。対象には、研究の趣旨や内容、およびデータの扱い方など倫理的配慮に基づき説明を行い、参加の同意を得た。対象の身体的特性は表1に示した。

表1. 対象者の身体特性

		野球部投手群	一般学生群
n		12	12
年齢	yrs	21.3 ± 1.2	21.8 ± 1.6
身長	cm	175.0 ± 5.2	170.9 ± 4.7
体重	kg	74.7 ± 8.9*	66.7 ± 7.2
BMI	kg/m ²	24.3 ± 1.7*	22.7 ± 2.0

*p<0.05 (vs. 一般学生群)

B. 球速

球速の測定は、超音波速度計(スピードガン)、SPEED-MAX II (ゼット株式会社)を用いて行った。対象には十分なウォーミングアップを行わせた後、投球動作は軸足の位置を規定し、ノーステップスローでwindアップ、ノーwindアップ、セットポジション等の投球動作の制限は設けず行った。スピードガンは、設定誤差の少ない正面の位置¹⁴⁾にネットを挟んで設置した(写真1)。対象は、マウンドから18.44m先のホームにあるネットに向かって5球投げ、5球の球速の平均値を記録とした。



写真1. スピードガンによる球速の測定

C. 筋力測定

1) スクワット

スクワット動作は、足を肩幅に開いて立たせ、膝関節が90度になるところまで屈曲させ、腰背部の姿勢を崩さずに開始姿勢まで立ち上げるハーフスクワットを行わせた。ハーフスクワットによる最大挙上値を記録した。

2) ベンチプレス

ベンチ台に仰向けの状態で肘関節が90度になる位置でバーベルを握り、胸につくまでバーベルを下ろした後、元の位置まで戻す動作を行わせ、その際の最大挙上値を記録した。

3) 背筋力

背筋力の計測は、デジタル背筋力計T.K.K5402(竹井機器工業)を使用した。腰角がおよそ30度となる長さにチェーンの長さを調節し測定を行った。背筋力は2回測定し、良い方の記録を採用した。

4) 握力

握力の測定は、文部科学省の新体力テスト実施要領に準じた方法で行った。握力は、デジタル握力計T.K.K.5401(竹井機器工業)を用いて利き腕側を2回測定し、良い方の記録を採用した。

5) 足趾把持筋力

把持筋力の測定は、足趾筋力測定機II T.K.K.3364(竹井機器工業)を用いて実施した。測定は、座位で股関節角度、膝関節角度、足関節角度がそれぞれ90度になる位置とし、全足趾の趾節間関節が可能な限り足趾バーにかかるように踵の位置を調節して左右2回ずつ行った。それぞれ良い方の記録を使用し、あわせて両足の平均値も求めた。

D.統計処理

結果は全て平均±標準偏差で示した。2群間の身体特性と筋力測定データの比較は、Mann-WhitneyのU検定を用いて行った。投球速度と各筋力との相関関係については、ピアソンの積率相関係数を算出して分析した。それぞれ有意水準は $p<0.05$ とした。

Ⅲ.結果

1.球速および筋力の比較

両群の球速および筋力の測定結果を表2に示した。球速についてみると、野球部投手群は 124.6 ± 5.3 km/hであったのに対して、一般学生群は 86.7 ± 8.5 km/hであり、野球部投手群の球速が有意($p<0.001$)に速いことが示された。筋力については、スクワット($p=0.002$)および背筋力($p=0.006$)において、野球部投手群が有意に高い値を示した。

表2. 球速および筋力の群間比較

		野球部投手群	一般学生群
球速	km/h	$124.6 \pm 5.3^{**}$	86.7 ± 8.5
ベンチプレス	kg	75.4 ± 16.2	66.3 ± 15.2
スクワット	kg	$134.2 \pm 16.9^*$	110.8 ± 14.4
背筋力	kg	$178.7 \pm 26.1^*$	149.6 ± 18.6
握力(利き腕)	kg	49.8 ± 8.1	50.3 ± 6.0
足趾把持筋力	kg	32.6 ± 5.0	32.9 ± 6.5

* $p<0.01$, ** $p<0.001$ (vs. 一般学生群)

2.球速と筋力の関係

球速と各筋力との関係についてみると、野球部投手群においては球速と足趾把持筋力との間に有意な正の相関関係($r=0.663$, $p=0.019$)が認められた。その他の筋力の項目については、球速と有意な相関関係は認められなかった。一方、一般学生群では、全ての項目において球速と有意な相関関係は認められなかった。

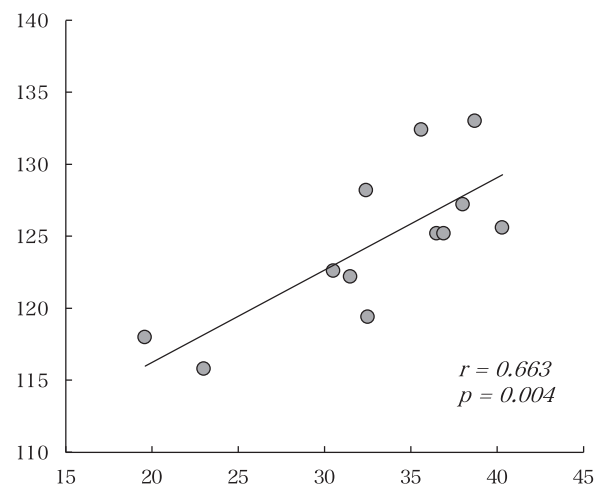
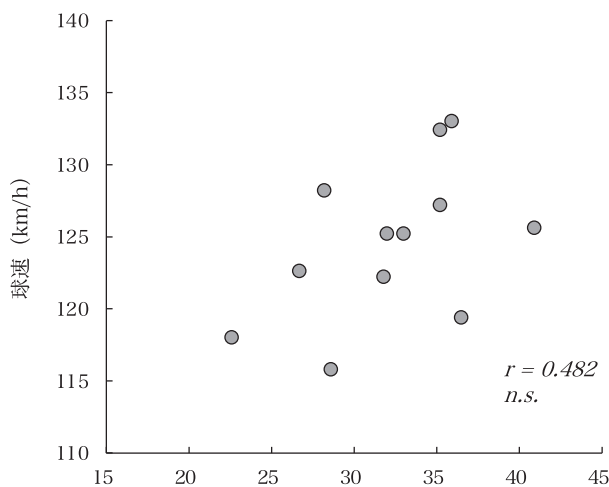
3.軸足および踏み出し足の足趾把持筋力と球速の関係

軸足と踏み出し足のそれぞれの足趾把持筋力と球速の関係を検証したところ、野球部投手群においては、踏み出し足の足趾把持筋力と球速に有意な相関関係はみられなかったが、軸足の足趾把持筋力と球速には有意な正の相関関係($r=0.758$, $p=0.004$)が認められた(図1)。一方で、一般学生群においては、軸足、踏み出し足ともに、球速との有意な相関関係は認められなかった。

Ⅳ.考察

球速と筋力の関係について検討した結果、野球部投手群においては球速と足趾把持筋力(左右平均値)に正の相関関係が認められ、さらに、球速と足趾把持筋力の関係を軸足と踏み出し足に分けて検討を加えたところ、軸足の足趾把持筋力と球速に有意な正の相関関係が認められた。一方、一般学生群ではすべての筋力項目と球速に有意な相関関係はみられず、また、軸足と踏み出し足ごとに球速との関係を検討した場合においても、有意な相関関係はみられなかった。

投球動作中の軸足は、体幹や踏み出し足を捕手の方へ向かって移動させるための体重移動を生み出す役割を担っている。球速を高めるためには、投球動作において軸足および踏み出し足の両方にしっかりと加重することが重要である¹⁵⁾。また、投球動作局面における軸足の役割は、大きな速度で伸展して身体を投球方向に押し出すことよりも、身体を支持することで地面反力を大きくし、投球速度を増大させることである¹⁶⁾。さらに、投球動作中の軸足に作用する投球方向の地面反力の最大値は、ボールリリース時の手首の速度と高い相関関係を示すことが報告されている¹⁷⁾。投球動作中は、足趾も含めた軸足の足底で地面を捉えながら前方への体重移動が行われるが、その局面では、踵部が浮いた状態でバランスを保ちながら



足趾把持筋力：踏み出し足 (kg)

足趾把持筋力：軸足 (kg)

図1. 野球部投手群における踏み出し脚および軸足と足趾把持筋力の関係

全身を支えることになる。その状態で軸足の地面反力を大きくするためには、地面を捉えるために足趾の把持筋力の発揮が求められると考えられることから、軸足の足趾把持筋力の高さや球速に有意な相関関係が認められたのではないだろうか。一方で、光井ら¹⁸⁾は投手の軸足における足趾把持筋力と球速に有意な関係性を認めておらず、その要因として、投球時の姿勢と足趾把持筋力の測定姿勢の違いが影響しているのではないかと考察している。球速と足趾把持筋力の関係については更なる検証が必要である。

野球部投手群と一般学生群の足趾把持筋力に差はみられなかったものの、一般学生群では足趾把持筋力と球速に有意な相関関係はみられなかった。この結果は、単に足趾把持筋力を高めることが球速の向上に繋がるわけではないことを示唆するものである。筋力と球速の関係を認めている先行研究では、本研究も含めその対象の多くが野球熟練者であるため、それらの研究対象者は、それまでのトレーニングによって専門的な投球技術を身につけていると推測される。従って、投球動作からの球速を高めるためには、足趾把持筋力を含め各部位の筋力を効率よく動員できる投球フォームの構築が重要であると考えられる。

野球経験者を対象として行われた先行研究では、大腿四頭筋、大腿二頭筋の最大筋力¹⁾や、足関節の底背屈筋力²⁾などの下肢筋力も、それぞれ球速と関係することが報告されている。しかし、本研究では、一般学生群だけでなく野球部投手群においても、下肢筋力の指標として用いたスクワットの最大挙上量と球速に有意な相関関係はみられなかった。光井ら¹⁸⁾は、両足でのレッグパワー（膝関節伸展筋力）の測定値と球速に有意な相関関係を認めておらず、一方で、勝亦ら¹⁾は、軸足と踏み出し足のそれぞれで脚伸展筋力を測定し、踏み出し足においてのみ、球速との有意な相関関係を認めている。本研究は両足とも動員したスクワットの動作で脚筋力を評価しており、軸足、踏み出し足の区別をしていない指標で検討を行った。球速と下肢筋力との関係については、軸足と踏み出し足を区別した上で検証する必要があると考えられる。

また、本研究では握力と球速にも有意な相関関係は認められず、勝亦ら¹⁾や光井ら¹⁸⁾も同様の結果を報告している。一方で、投球を継続した際にみられる球速の低下は、握力の低下と関係していることが認められていることから³⁾、最大の投球速度と握力の関連性は低いものの、球速を維持する上では、握力が重要な役割を果たしていることが示唆される。

本研究の限界として、まず、大学生を対象とした横断的な視点からの検証であることが挙げられる。野球部投手群では球速と軸足の足趾把持筋力の関係性が示されたが、今後のトレーニングによって球速が向上した際に、足趾把持筋力も同様に改善されるかどうかは不明である。また、球速と足趾把持筋力の関係性は、野球部投手群と一般学生群で異なる結果であったが、その要因については本研究の結果からは言及できない。足趾把持筋力

を含む各部位の筋力を、球速に効率よく変換できる投球フォームについて明らかにすることが必要である。さらに、野球は幅広い年齢層や競技レベルでプレーされている種目であるが、他の年齢層においても本研究と同じ結果が得られるかどうか、加えて、本研究の対象者よりもさらに競技レベルの高い集団に着目した検討も求められる。

V. まとめ

本研究では野球部投手群12名と一般学生群12名を対象とし、足趾把持筋力が球速におよぼす影響について検討した。その結果、野球部投手群の足趾把持筋力と投球速度には正の相関関係が認められ、さらに、軸足と踏み出し足のそれぞれにおいて検討したところ、軸足の足趾把持筋力と球速に有意な正の相関関係が認められた。従って、野球投手の球速に対して、軸足の足趾把持筋力も重要な役割を果たしていることが示唆された。

VI. 参考文献

1. 勝亦陽一, 長谷川伸, 川上泰雄, 福永哲夫. 投球速度と筋力および筋量の関係. スポーツ科学研究, 3, 1-7, 2006.
2. 蔭山雅洋, 鈴木智晴, 杉山敬, 和田智仁, 前田 明. 大学野球投手における下肢関節の力学的仕事量と投球速度との関係. 体育学研究, 60(1), 87-102, 2015.
3. 二瓶智樹, 佐藤祐, 野球投手のボールスピード低下に及ぼす握力の影響. 仙台大学大学院スポーツ科学研究科研究論文集, 4, 3, 2003.
4. 平山大作, 藤井範久, 小池関也, 阿江通良. 野球投手の投球数の増加による下肢関節の力学的仕事量の変化. 体力科学, 59(2), 225-232, 2010.
5. 高橋桂三. 投動作を助ける脚のはたらき. 体育の科学, 56(3), 174-180, 2006.
6. 二階堂素子, 安彦鉄平, 阿波邦彦, 足立愛実, 井上椋太, 山川瑠奈, 窓場勝之, 白岩加代子, 堀江淳, 村田伸. 地域在住の前期高齢女性と後期高齢女性の握力および足趾把持力が身体機能に及ぼす影響. ヘルスポモーション理学療法研究 6(2), 53-57, 2016.
7. 岩瀬弘明, 村田伸, 阿波邦彦, 松尾奈々. 高齢患者の最速歩行と最大低速歩行に及ぼす下肢筋力の貢献度. ヘルスポモーション理学療法研究, 2(4), 163-167, 2012.
8. 新井智之, 藤田博暁, 新井俊希. 域在住高齢者における足趾把持力の年齢, 性別および運動機能との関連. 理学療法学, 38(7), 489-496, 2011.
9. 村田伸. 開眼片足立ち位での重心動揺と足部機能との関連—健康常女性を対象とした検討—. 理学療法科学, 19(3), 245-249, 2004.
10. 竹井和人, 村田伸, 甲斐義浩. 足趾機能と静的・動的バランス機能との関連—内容的妥当性の検討—. 西九州リハビリテーション研究, 2, 13-19, 2009.
11. Morita, N., Yamauchi, J., Kurihara, T., Fukuoka, R., Otsuka, M., Okuda, T., Ishizawa, N., Nakajima, T., Nakamichi, R., Matsuno, S.,

- Kamiie, S., Shide, N., Kambayashi, I., Shinkaiya, H. Toe flexor strength and foot arch height in children. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 47, 350-356, 2015.
12. Hashimoto, T., Sakuraba, K. Strength training for the intrinsic flexor muscles of the foot: effects on muscle strength, the foot arch, and dynamic parameters before and after the training. *J. Phys. Ther. Sci.*, 26, 373-376, 2014.
 13. 山田健二, 須藤明治, 足把持力と疾走速度との関係. *理学療法学*, 30(4), 519-521, 2015.
 14. 宮西智久, 向井正剛, 川口鉄二, 関岡康雄. スピードガンと画像計測によるボールスピードの比較. *仙台大学紀要*, 31, 72-77, 2000.
 15. 松尾知之, 平野裕一, 川村卓. 投球動作指導における着眼点の分類と指導者間の意見の共通性—プロ野球投手経験者および熟練指導者による投球解説の内容分析から. *体育学研究*, 55(2), 343-362, 2010.
 16. 島田一志, 阿江通良, 藤井範久, 結城匡啓, 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的研究. *バイオメカニクス研究*, 4, 47-60, 2000.
 17. MacWilliams, B. A., Choi, T., Perezous, M. K., Chao, E. Y., McFarland, E. G. Characteristic ground-reaction force in baseball pitching. *Am. J. Sports Med.*, 26, 66-70, 1998.
 18. 光井信介, 甲斐裕一. 野球投手の軸脚と踏込み脚の足趾筋力が投球速度に及ぼす影響及び一側優位性に関する研究. *日本経大論集*, 48(2), 117-124, 2019.