

氏名	蔭山 雅洋
学位の種類	博士（体育学）
学位記番号	第37号
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
学位授与年月日	平成27年3月24日
学位論文題目	野球投手における下肢のはたらきが投球速度に及ぼす影響
論文審査委員	主査 前田 明 副査 平野 裕一 副査 中本 浩揮

## 論文概要

野球では、投手が果たす役割は大きく、投手の能力として、どれだけ速い球を投げることができるかは、勝敗を左右するうえで重要な要素の一つとなる（功力，1991，稲尾・吉村，2001）。野球の投球動作では、下肢のはたらきは、投球速度を高めるうえで重要な役割をもつため、下肢の動きは指導上の着眼点として重要性が指摘されてきた（Myers and Gola, 2000；荒木，2003；与田，2005；高橋ほか，2005；高橋，2006a；2006b；松尾ほか，2014）。例えば、投球動作中の下肢の役割として、軸脚は体幹などを捕手方向に移動する、いわゆる「体重移動」を生み出すために、そして踏込脚はそれを支えるために重要である（高橋，2006b）とされている。また元プロ野球投手と熟練指導者の投球動作の指導に関する知識を整理および分類した研究（松尾ほか，2014）によると、投球速度の向上には、「踏込脚膝の最大高から踏込脚接地時までの軸脚への加重」と「踏込脚接地からボールリリースまでにかけての踏込脚への加重」といった下肢動作が重要であることが指摘されている。そして投球動作は、下肢によって生み出された力、エネルギー、速度などがタイミングよく順次に加算・伝達されて末端へ伝わり、末端のエネルギーや速度を大きくできるという運動連鎖の原則が成り立つ（Kreighbaum and Barthels, 1985；阿江・藤井，2002a）。したがって、投手を専門とする野球選手を対象に、投球動作中の下肢のはたらきと投球速度との関係を明らかにすることは、高い投球速度を獲得するための指導の方法やトレーニングが明確になると考えられる。

そこで、本論文は、大学野球投手を対象に、投球動作中の下肢のはたらきが投球速度に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。その結果、以下の知見が得られた。

### 研究Ⅰ：地面反力と投球速度との関係（第2章）

軸脚および踏込脚の地面反力の経時的な変化および力積と投球速度との関係について検討した結果、1)Y成分の地面反力は、軸脚では76-90%timeにおいて、投球速度と有意な正

の相関関係 ( $p<0.05$ ) が、踏込脚では 124-154%time において、投球速度と有意な負の相関関係が示され、2)投球動作中の Y 成分の力積は、軸脚では投球速度と有意な正の相関関係 ( $p<0.01$ ) が、踏込脚では投球速度と有意な負の相関関係 ( $p<0.05$ ) が示された。また、3)踏込脚に作用する X 成分の地面反力は 164-190%time, Z 成分の地面反力は 173-199%time, 合成成分の地面反力は 172-196%time において、投球速度と有意な相関関係 ( $p<0.05$ ) が示された。

#### 研究Ⅱ：下肢および体幹のキネマティクスとの関係 (第3章)

投球動作中の下肢および体幹のキネマティクスと投球速度との関係について検討した結果、1)軸脚では、股関節は SFC 前後において最大の外転角度を示し、89-104%time, MAP 時および SFC 時の動作時点において、投球速度と有意な負の相関関係 ( $p<0.05$ ) が示された。2)踏込脚では、膝関節が第二局面の中盤から終盤にかけて伸展動作を行い、膝関節伸展角度は 178-200%time において、膝関節伸展角速度は 159-177%time において、投球速度と正の相関関係 ( $p<0.05$ ) が示された。3)体幹の角度では、上胴および下胴の角度は 174-200%time, 前傾角度は 127-195%time において投球速度と有意な正の相関関係 ( $p<0.05$ ) が示された。体幹の角速度では、上胴角速度は 147-187%time, 下胴角速度は 133-168%time, 捻転角速度は 162-185%time, 前傾角速度は 92-136%time において、投球速度と有意な正の相関関係 ( $p<0.05$ ) を示した。さらに、上胴, 下胴, 捻転の最大角速度は、投球速度と正の相関関係 ( $p<0.05$ ) を示した。

#### 研究Ⅲ：下肢関節の力学的仕事量と投球速度との関係 (第4章)

下肢関節の力学的仕事量と投球速度との関係について検討した結果、投球動作中の下肢の力学的仕事量は、絶対仕事では両股関節が膝関節や足関節よりも大きく、その中でも軸脚では正の仕事、踏込脚では負の仕事が大きかった。また各関節の仕事量と投球速度との関連性を検討したところ、1)軸脚では股関節の外転および膝関節の伸展による正仕事が、2)踏込脚では股関節の内転および膝関節の伸展による正仕事が、投球速度と有意な正の相関関係 ( $p<0.05$ ) を示した。さらに、下肢の各関節のトルク, 角速度, トルクパワーにおける経時的な変化を投球速度との関連から検討すると、3)軸脚では股関節外転トルクが 74-94%time において、股関節内旋トルクが 76-89%time において、投球速度と有意な正の相関関係 ( $p<0.05$ ) を示した。4)踏込脚では、股関節内転トルクが 96-114%time において、膝関節伸展トルクが 109-125%time において、投球速度と有意な正の相関関係 ( $p<0.05$ ) を示した。そして、踏込脚膝関節では、伸展角速度は 158-189%time において、伸展トルクパワーは 156-174%time において、投球速度と有意な正の相関関係 ( $p<0.05$ ) が示された。

#### 研究Ⅳ：マウンドを用いた真下投げトレーニングの有効性 (第5章)

マウンドを用いた真下投げトレーニングが野球の投球動作中に作用する地面反力および投球速度に及ぼす影響を検討した結果、1)マウンドを用いて行う (Mound) 群および平地にて行う (Flat) 群の投球速度は、両群ともに、トレーニング後は有意に高い値を示し (Mound 群 ;  $p<0.01$ , Flat 群 ;  $p<0.05$ )、トレーニング後の変化率は Mound 群が Flat 群に比べ有意に高い値を示した ( $p<0.05$ )。またトレーニングによって、2)Mound 群は踏込脚の地面反力が、肩関節最大外旋位前からリリースにかけて有意に増大した ( $p<0.05$ )。キネマティクスについて、3)Mound 群は、上脛最大角速度および捻転最大角速度が有意に増大し ( $p<0.05$ )、Flat 群は負の捻転最大角速度が有意に増大した ( $p<0.05$ )。

これらの知見をまとめると、投球速度が高い投手は、軸脚では踏込脚が接地する直前まで股関節の外転動作を小さくし、股関節の外転および内旋による力発揮を行うことで、投球方向へ上半体が突っ込まないように体幹を軸脚側に維持しながら体重移動を行っていることと示唆された。また踏込脚では、第二局面の序盤に、股関節内転および膝関節伸屈の力発揮を行い、投球方向とは逆向きの地面反力を大きくすることで、軸脚で得られた進行方向への身体重心の運動量を急激に減少させ、体幹の前傾動作および下脛の回旋動作を増大させることが示された。さらに第二局面の中盤から終盤にかけては、踏込脚に作用する鉛直方向と三塁方向への地面反力を大きくすることともに、踏込脚膝関節の伸展動作による角速度およびパワーを大きくすることで、体幹の回旋動作と捻転動作を増大させていることが示唆された。そして、投球速度を増大させるトレーニングの一つとして、マウンドを用いた真下投げトレーニングの有効性が示された。

本論文で得られた結果は、高い投球速度を獲得するためのキネマティクス要因に対し、下肢のキネマティクス要因を加えた新たな知見であり、野球投手の投球速度を増大させる技術指導やトレーニング処方を考案するための重要な基礎資料になると考えられる。

## 論文審査の要旨

本研究は野球投手の投球速度を高めるために下肢がどのような役割を果たしているかバイオメカニクスの観点から明らかにしようとした。先行研究でも野球の投球動作は多くの分析が行われているが、それらは主に動作、床反力の最大値をもとに議論しているのに対して、本研究は光学式モーションキャプチャーのデータから投球中の動作を連続データとして分析し投球速度が高くなる動作の特徴をまとめている (研究 I ~ III)。また得られた結果を現場にフィードバックするために、マウンドを用いた真下投げトレーニングを実行しその効果を検証している (研究 IV)。これら一連の内容は、投球動作の研究のこれまでにない成果と言える。