

氏名(本籍)	みやにしともひさ 宮西智久(宮城県)
学位の種類	博士(体育科学)
学位記番号	博乙第1676号
学位授与年月日	平成12年11月30日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
審査研究科	体育科学研究科
学位論文題目	野球の投球動作のバイオメカニクスの研究 —加速局面の上脛と投球腕の運動に着目して—
主査	筑波大学教授 理学博士 岡田守彦
副査	筑波大学教授 医学博士 宮永豊
副査	筑波大学教授 教育学博士 阿江通良
副査	筑波大学助教授 中田英雄

論文の内容の要旨

1. 研究目的

野球は、我が国では最も人気のあるスポーツのひとつである。投球動作は野球を構成する最も重要な動作であるが、身体各部が3次元的回転をとまなう運動であることに加え、投球腕が極めて高速度で動かされるため技術的制約が大きく、そのバイオメカニクスの研究は多くない。守備位置別にみると、投手にはストライクゾーンに直球や変化球を正確にかつ速く投げるのが、捕手、内野手、外野手には他の野手に素早い動作でボールを正確にかつ速く投げるのが要求される。しかしながら、これまで、これらの運動課題の観点から野球の投球動作のメカニズムを究明しようとした研究は見あたらない。これらのことから、本研究では、野球の投球動作のメカニズムを究明するに当たって、運動課題の観点から、野球の投球動作を「スピード投(ボールのスピードを重視する投げ方)」と「正確投(ボールを正確に的へ当てることを重視する投げ方)」の2つに分類し、さらに「スピード投」を「速投(水平投げ)」と「遠投(斜め上方投げ)」の2つに分類して、研究を開始した。

本研究の目的は、高速度ビデオカメラによる3次元運動解析法を用いて、野球の「スピード投」におけるボール加速局面の上脛および投球腕の運動のメカニズムをバイオメカニクスの観点から解明し、投球動作指導およびその筋力トレーニング方法について実践的示唆を引き出すことである。これらの目的を達成するために、3つの研究課題を設定した。

2. スピード投—速投と遠投動作の比較(研究課題1)

速投と遠投に着目し、両投におけるボール初速度(合成速度)や投射角度などを分析するとともに、これらの諸量が両投において異なるとすれば、それは体幹や投球腕のいかなる運動の相違によってもたらされるのかを3次元的に比較検討した。

その結果、遠投では、速投よりも全体的に上脛の後傾及び左傾、体幹の後方ひねり、肩関節の内転、外旋および水平進展運動が大きいこと、これらの相違は、遠投では速投よりもボールの鉛直速度を大きく、すなわち投射角度を大きくしてボールを投げ出す必要があるために生じたものであることなどが明らかとなった。

なお、ボール合成速度には速投と遠投間に統計的な差が認められず、さらに同一被験者における両投のボール合成速度に有意な高い正の相関関係が認められた。これらのことは、投射角度が異なることによってスピード投

のメカニズムそのものが相違することはないことを意味するものと考え、これにより、研究課題2および3では速投に着目して研究を行った。

3. 速投動作の運動学的研究—ボール速度への貢献度に着目して— (研究課題2)

速投におけるボール速度が各関節のどのような回転運動に起因しているのかを運動学的観点から明らかにするために、上腕および投球腕各関節における合計11の回転運動によって得られたボール速度を3次元的に算出する方法を考察し、ボール速度の増大に対するそれらの関節運動の「貢献度(率)」を検討した。

その結果、ボール速度の変化パターンは、加速局面において、1) ボール速度減少局面、2) ボール速度漸増局面、3) ボール速度急増局面に分けられること、これらのうち、ボール速度漸増局面では、上腕の左回旋および屈曲、肩の水平屈曲運動が、また引き続きボール速度急増局面では、肩関節の内旋、肘関節の伸展、手関節の掌屈運動がボール速度の増大に大きく貢献していることが明らかになった。

4. 速投動作の動力学的研究—力学的エネルギーフローに着目して— (研究課題3)

速投に着目し、剛体リンクモデルを用いて、上腕および投球腕各部分(関節)の力学的エネルギーフロー、力学的エネルギー、力学的仕事、合成関節力および合成関節トルクを3次元的に算出し、動力学的観点から速投における上腕および投球腕各部分の運動のメカニズムについて検討した。

その結果、力学的エネルギーの最大値は、踏出脚の接地前後からリリースにかけて、上腕、上腕、前腕、手、ボールの順に現れ、エネルギーが近位部から遠位部へと順に伝達されていた。さらに、これらのエネルギーの発生の由来を詳細に分析した結果、ボールや手部に発現するエネルギーは手や肘関節の筋群によるものではなく、その大部分は、主として体幹や肩関節において生み出されたエネルギーが、肘や手関節を介して伝達されることにより、もたらされていることが明らかになった。

6. 投球指導・トレーニングに対する実践的示唆

1) 投球指導について

野球の投球動作の加速局面における主要な関節運動は、体幹のひねり、上腕の屈伸、肩の内回旋および水平屈伸、肘の屈伸、手の掌背屈運動であった。したがって、投球指導では、これらの関節運動を理解させることが望ましい。一方、ボールや手部へ伝達されるエネルギーの大部分は、肘や手関節で発生したものではなく、体幹や肩の運動によって生み出されたものであった。このことは、投球動作の加速局面では、肘や手関節まわりの筋群を用いているのではなく、主として体幹や肩関節の筋群を用いていることを意味するので、投球指導では、投球腕よりも体幹や肩の運動を意識的に用いるよう指導することが重要であると考えられた。

2) 筋力トレーニングについて

筋力トレーニングを施すべき筋群として、体幹では側屈、屈伸および回旋運動を司るすべての筋群、肩では内旋および水平屈筋群、肘では屈筋群、手では掌背屈筋群が挙げられる。その場合、投能力を高めるためには、特に体幹の右屈、伸展および右回旋筋群、肩関節の内旋筋群、肘関節の屈筋群、手関節の掌背屈筋群をstretch-shortening cycle運動(収縮状態で強制的に伸張して短縮させる運動)を用いてトレーニングさせることが望ましいと考えられた。

7. 結論

- 1) 速投と遠投動作は、ボール速度を大きくするという意味で、そのメカニズムが本質的に相違するものではないが、ボール速度成分には相違がみられた。これらの相違は、主として体幹の運動によってもたらされていた。
- 2) 速投において、ボール速度漸増局面では、上腕の左回旋および屈曲、肩の水平屈曲運動が、また引き続きボー

ル速度急増局面では、肩関節の内旋、肘関節の伸展、手関節の掌屈運動が、ボール速度の増大に大きく貢献していた。

- 3) 速投において、力学的エネルギーは、上脛から投球側の上腕、前腕、手、そしてボールへと伝達されていた。これらのエネルギーは、主として体幹や肩関節において生み出されたエネルギーが、肘や手関節を介して伝達されるものであったことから、体幹部は主としてエネルギーの“発生・蓄積器”，肩関節は“発生・伝達器”，肘・手関節は“伝達器”として機能していると考えられた。
- 4) 野球の投球指導では、投球腕よりも体幹や肩の運動を意識的に用いるよう指導することが望ましい。また、筋力トレーニングでは、投球腕よりも体幹部や肩周辺の筋群を重点的にstretch shortening cycle運動を用いてトレーニングすることが望ましい。

審 査 の 結 果 の 要 旨

野球はわが国では最も人気のあるスポーツのひとつである。投球は野球を構成する最も重要な動作のひとつであるが、極めて高速で行われる上に、複雑な三次元的動作であるために、その機構は十分に解明されていない。このため、投球動作の指導やトレーニングも、経験や勘に依存しているのが実状である。本研究は野球における投球動作をとりあげ、そのボール加速局面（踏み出し脚の接地からボール・リリースまで）について、ビデオ撮影による三次元動作解析、剛体リンク・モデルによる動力的解析などの手法により、ボール・スピード付与の機構を明らかにし、さらに得られた知見に基づいて、野球の投球指導および筋力トレーニング方法について実践的示唆を引き出そうとしたものである。

まず、速投と遠投の動作学的比較から、ボール・スピード付与において両投が共通の機構を利用していることを確認したうえで、速投における上脛と投球腕の各関節の解剖学的回転運動が、ボール・スピードに締める比率とその時間経過を分析し、さらに剛体リンク・モデルを用いて、速投における上脛と投球腕各セグメントおよび関節の力学的エネルギー、エネルギー・フロー、力学的仕事、合成関節力および合成関節トルクを3次的に算出し、動力的観点から検討を加えている。その結果、ボール・スピード漸増局面では上脛や肩関節、同じく急増局面では肩、肘、手関節の運動がボール速度増大に貢献していること、ボールおよび投球腕末端部のエネルギーの増大は手関節や肘関節の筋群によるものではなく、体幹や肩で発生したエネルギーが肘や手の関節や筋・腱を通じて伝達されることによるものであることが明らかにされた。

これらの結果は、これまで解明が十分でなかった投球の生体機構に基盤的知見を加え、運動としての「投げ」に関する理解を深めるものとして、体育科学におけるその意義は少なからぬものがある。とくに、力学的エネルギーの発生、蓄積、伝達における体幹および投球腕の各セグメントと関節の役割を初めて詳細に明らかにしたことは高く評価できる。また、本研究により得られた知見は、学校体育や社会体育の場面において、合理的な投球指導や筋力トレーニングに活かされるものと期待される。

他方、投球能力における個人差やこれを高めるための方策がとり上げられていないこと、上脛のリンク・モデルが生体に比べかなり単純化されていること、下肢の役割が研究の視野から除外されていること、等の問題点が指摘された。しかし、これらはいずれも本研究の意義を本質的に損なうものではなく、今後の課題とみなすべきものと考えられた。

よって、著者は博士（体育科学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。