

投動作は多くのスポーツ場面で用いられている動作である。特に、野球やハンドボールなどのスポーツではその能力が勝敗を左右する重要な要因となり得る。このようなスポーツ場面における投動作では、投射物の速度生成と調節の双方が要求される。本博士論文では、投射物の速度生成および調節メカニズムについて明らかにしており、その内容は以下にまとめられる。

[研究 1] 投球動作における上胴の回転に関する力学的機序

これまでの野球の投球動作に関する研究は、主に投球速度の生成について多くの洞察を与えてきた。とりわけ、速度を生成する上では、上部体幹(上胴)の上下軸まわりの回転が重要であると知られている。しかしながら、この上胴の上下軸まわりの角速度の生成機序については検討されてこなかった。そこで、研究 1 では投球動作における上胴の上下軸まわりの角速度の生成機序について検討することを目的とした。その結果、投球動作時における上胴の角速度の増大は、主に骨盤の角速度の増大によるものであったことが示された。具体的には、体幹内部の胸部と腰部の仮想関節で発揮された捻転トルクが力学的エネルギーを発生することで上胴の角速度を増大させているというよりはむしろ、骨盤の力学的エネルギーを上胴へ伝達することで上胴の角速度を増大させていたことが明らかとなった(腰部仮想関節の伝達量: 1.52 ± 0.42 J/kg、胸部仮想関節の伝達量: 1.25 ± 0.33 J/kg)。

[研究 2] 投球動作における骨盤の回転に関する力学的機序

研究 1 によって、上胴の角速度は主に骨盤の角速度に起因することが示された。そのため、上胴の角速度を増大させるためには下肢の力発揮により生じる骨盤の角速度を増大させる必要があると考えられる。そこで研究 2 では、投球動作における骨盤の上下軸まわりの角速度の生成機序について力学的エネルギーの観点から検討することを目的とした。その結果、軸脚の股関節外旋トルクが力学的エネルギーを大腿部から骨盤へ伝達することで骨盤の力学的エネルギーが増大していた(伝達量: 0.48 ± 0.12 J/kg)。また、踏み出し脚の股関節内転トルクが力学的エネルギーを発生および伝達することによっても骨盤の力学的エネルギーが増大していた(発生量: 0.18 ± 0.08 J/kg、伝達量: 0.20 ± 0.07 J/kg)。つまり、これらのトルクが骨盤の角速度を増大させる上で重要であることを示している。

[研究 3] 投射物の到達位置を安定させる関節間の協調関係

投動作では、投射物の速度を増大させることに加えて、目的とする標的に対し極力誤差が出ないよう投射物の到達位置の正確性を高めることも重要である。その際、投射物の到達位置を一定にするような関係性を維持しながら関節の動作同士が共変動することで投射物の到達位置の正確性を高めることができ、このような原理に基づく各関節の変動は関節間の協調的な共変動として注目されている。投球動作において上下方向のボール到達位置は手部速度に応じて変化することから、研究 3 では最大努力における座位での投球動作を対象に手部速度を調節する上でどの関節間の共変動が協調的な関係にあるのかについて検討した。その結果、肩関節の内外旋軸まわりの角度と他の動作との共変動が手

部速度のばらつきを抑える上で協調的な関係にあることが示された。このことは、手部速度のばらつきを抑える上で肩関節の内外旋軸まわりの角度が重要な動作であることを示している。

[研究 4] 投球速度の変化に応じた関節間の協調関係

研究 3 では、最大努力での投球動作を研究対象としていた。しかしながら、実際には一定の速度でボールを投げ続けることは少なく、様々な速度でボールを投げている。その際、どのような速度条件下であっても正確な投球を行うことが要求される。では、投球速度を変化させた場合に関節間の協調的な共変動も変化するのだろうか。そこで研究 4 では、異なる投球速度 (Fast 条件、Medium 条件、Slow 条件) においてどの関節間の共変動が協調的な関係にあるのかを検討した。その結果、Fast 条件では肩関節の内外旋軸まわりの角度と、Medium 条件では肩関節の水平屈曲伸展軸まわりの角速度と他の動作との共変動が手部速度のばらつきを抑える上で協調的な関係にあることが示された。一方で、Slow 条件では Fast 条件や Medium 条件でみられたような関節の動作同士の共変動は見られなかった。これらの結果は、投球速度に応じて関節間の協調関係が異なることを示している。

木村新氏の研究は、以下のように総括できる。身体末端部の速度の生成と調節の双方が求められる投動作では、下肢の関節で発生した力学的エネルギーを体幹および上肢が伝達することで手部速度を生成すると共に、上肢の各関節の動作同士が協調することで手部速度を調節していることが明らかとなった。その中で、野球の投球動作においては、主に軸脚の股関節外旋トルクが力学的エネルギーを伝達することで (伝達量: 0.48 ± 0.12 J/kg)、また踏み出し脚の股関節内転トルクが力学的エネルギーを発生および伝達することで (発生量: 0.18 ± 0.08 J/kg、伝達量: 0.20 ± 0.07 J/kg) 骨盤の力学的エネルギーを増大させていたことが示された。また、体幹の胸部と腰部の仮想関節で発揮された捻転トルクが骨盤の力学的エネルギーを伝達することで上腕の力学的エネルギーは増大していたことが示された (腰部仮想関節の伝達量: 1.52 ± 0.42 J/kg、胸部仮想関節の伝達量: 1.25 ± 0.33 J/kg)。上肢は、上腕の力学的エネルギーを伝達することで手部速度の生成に寄与すると共に、肩関節の内外旋軸まわりの角度や水平屈曲伸展軸まわりの角速度を他の関節の動作と協調させることで手部速度の調節にも寄与していたことが示された。以上のように、木村新氏の研究は投動作における速度生成および調節メカニズムについて力学的な観点から明らかにしようとした点で先駆的であり、身体運動科学の分野における意義は非常に大きい。したがって、本審査委員会は博士 (学術) の学位を授与するにふさわしいものと認定する。