

審査結果の要旨

論文題目「関節トルクのモデル化による身体運動の巧みさの定量的評価方法の提案とその検証」

学位申請者 長尾 秀行

身体運動に関する研究は、スポーツ科学、リハビリテーション、ロボット開発など様々な分野で活発に行われている。この身体運動は、「強さ」「速さ」「巧みさ」などの観点から評価されるが、「強さ」や「速さ」に関する先行研究は多数あるが、「巧みさ」を扱う研究事例は、評価手法が確立していないことから少ない。

本研究は、身体運動における関節インピーダンスの運動局面に応じた調節を身体運動の巧みさと考え、それを定量的に評価することを目的とした。その方法として、上位中枢神経により感度が調節される伸張反射活動によって変化する関節のインピーダンスを考慮したトルクモデルを構築し、その各項の係数を巡回型最小二乗法を用いて時系列的に算出するという斬新な手法を用いている。

第1章では、身体運動における研究の基礎を築いた Bernstein が述べた理論的考察を基礎として検討を加え、身体運動の巧みさを定義している。その過程で、身体運動の巧みさを考える際、伸張反射などによる関節のインピーダンス調節を考慮することが重要であることを示し、本研究の目的を導出している。さらに、本研究で扱う運動課題のパワークリーン（PC）について説明している。

第2章は、対象被験者20名についてその選定基準と、熟練者と未熟練者への群分け方法と共に、動作、筋活動と床反力の測定方法と測定装置について説明している。

第3章は、PCの熟練者と未熟練者の違いを運動学的分析、動力学的分析さらに筋電図を用いた運動生理学的分析により検討している。分析の結果より、熟練者においてはPC時に下肢筋群において伸張-短縮サイクル運動が発生し、それに伴い下肢関節筋群の共収縮によって関節剛性を増大させ、大きな下肢関節トルクおよびその急峻な立ち上がりを実現していることを明らかにした。これら熟練者のPC時の特徴から、熟練者および未熟練者への群分けが、本研究の目的を達成する上で妥当であることが厳密に示されている。また、筋電図を用いた関節の剛性値を測る新たな指標を提案したことは高く評価できる。

第4章は、関節のトルクモデルおよび、身体運動の巧みさを分析する新たな方法について述べると共に、分析結果ならびにその妥当性の検証を行っている。トルクモデルは関節のインピーダンスに影響する伸張反射等の機能を考慮して構成されており、それを数値化するインピーダンス係数（IC）を設けている。係数の計算手法には、係数の時系列算出が可能な巡回型最小二乗法を用いている。分析の結果、熟練者は未熟練者よりも統計学的に有意に大きなIC値を示し、熟練者と未熟練者の巧みさの違いを定量的に分析できることを示した。さらにICと、筋電図より推定した関節剛性との関係性を検討した結果、全被験者において負の相関があることが明らかとなり、モデルによる分析結果と運動生理学指標との整合性が示されており、これにより、申請者が提案した“運動の巧みさ”の評価方法の妥当性が客観的に示された。

第5章は結論であり本研究の成果の総括および今後の課題について述べている。

以上の内容から、本研究で示した新たな分析手法であるトルクモデルと巡回型最小二乗法による身体運動の定量化方法について、その妥当性と再現性が示された。さらに本手法は、運動学的データのみで分析が可能であり、他の様々な身体運動への応用が可能であり、今後の更なる研究で成果が期待できるものである。

以上の結果、本論文は学位論文として十分な内容を有するものと審査委員全員の一致で判断された。したがって、申請者 長尾秀行 は東海大学博士（工学）の学位を授与されるに値すると判断した。

論文審査委員

主査	Ph.D.	山本 佳男	工学部教授	(総合理工学研究科総合理工学専攻)
委員	工学博士	小金澤 鋼一	工学部教授	(総合理工学研究科総合理工学専攻)
委員	博士（工学）	菊川 久夫	工学部教授	(総合理工学研究科総合理工学専攻)
委員	博士（工学）	藤本 浩志	早稲田大学人間科学学術院	教授
委員	博士（学術）	藤井 範久	筑波大学体育系	教授