

氏名	TAN Chun Kwang		
学位の種類	博士（人間情報学）		
学位記番号	博甲第 9622 号		
学位授与年月	令和2年3月25日		
学位授与の要件	学位規程 第4条第1項該当（昭和28年4月1日文部省令第9号）		
審査組織	グローバル教育院		
学位論文題目	Analysis of body coordination with muscle synergies during robot-assisted exercise and therapy（ロボット支援運動および治療中の筋活動相乗作用による身体協調の分析）		
	（職名）	（学位）	（氏名）
主査	筑波大学 教授	博士（工学）	鈴木 健嗣
副査	筑波大学 教授	工学博士	山海 嘉之
副査	筑波大学 准教授	博士（工学）	井澤 淳
副査	筑波大学 教授	博士（医学）	羽田 康司
副査	筑波大学 准教授	博士（医学）	鶴嶋 英夫

論文の要旨

近年、外骨格ロボットに代表される人に装着して動作を支援するロボット技術に加え、人と一体となり動作する装着型サイボーグの研究が大きく進展しているが、個々の異なる残存機能に応じて個別性が高い人々の機能再生や改善を支援することは未だ大変困難である。これらの研究においては、歩行に関する臨床的な理解に加え、物理的・生理的理解が必要不可欠であり、これらに基づき身体運動を支援する手法の開発など、解決すべき多くの課題が残っている。また、外骨格ロボット・装着型サイボーグにより適切な運動負荷を生じさせながら運動刺激を提示するためには、運動様式や全身協調動作を考慮した上で、人を系内に含めた人間機械系における相互作用の理解が必要不可欠である。このような背景の下、本論文の著者は、装着型サイボーグ技術に基づく新しいロボット治療機器の実現を目指し、歩行動作支援および治療中の筋肉相乗作用（筋シナジー）に着目することで、高度な動作解析のための手法の探求と実証実験からなる一連の研究を行ってきた。提案手法は、医療現場における医師や患者とともに、医工融合分野における新たな手法を提供するものである。ここでは、腰部の支援による上体動作支援、脳卒中患者を対象としたロボットを介在した歩行機能改善の治療における左右対称性に関する研究を行った。ここでは、臨床歩行解析分野における研究を通じ、提案する動作解析手法の有効性を明らかにしている。本論文は英文で全7章からなり、これら一連の研究成果が纏められている。以下にその概要と評価を述べる。

第1章は序論で、本研究の位置づけと研究の背景を述べるとともに、研究目的、リサーチ・クエスチ

ョン及び本研究における学術的な貢献について明らかにしている。

第2章では、用語の説明とともに、従来から現在までの背景と代表的な関連研究を述べている。ここでは、ロボット治療機器における動作支援に加えて評価の果たす重要性とその役割を述べている。

第3章では、健常者を対象とした腰部動作支援のための外骨格ロボット介入に関する筋シナジーの役割について明らかにする研究について述べている。支援中・支援後の対象者について、提案手法による動作解析による新たな知見の提供を通じて提案手法の特徴と優位性を示している。

第4章では、亜急性期の脳卒中患者を対象としたロボット治療機器適用後の筋シナジーの左右対称性について述べている。身体的特性に加え、電気生理的手法による得られる筋活動に基づく左右対称性の評価を通じて提案手法の有用性を明らかにしている。

第5章では、4章と同様であるが、ロボット治療機器の介入と一般的な歩行支援療法による介入結果の比較について提案する筋シナジー解析の結果を述べている。

第6章、第7章では、全体としての考察と評価を行い、研究成果のまとめと将来展望を述べている。

審査の要旨

【批評】

本論文は、人の動作の本質的な特徴である上下肢の連動性や全身協調動作に着目し、これに基づく身体動作の評価を実現するため、数学的な次元圧縮の問題である身体シナジーに基づき、電気生理的指標である筋活動としてモデル化することで臨床歩行動作の評価法として活用する方法論という貢献について高く評価している。これらは、新しい外骨格ロボットの介入・制御手法の可能性を見出すものであり、人の有する機能特性を効果的に活用する新たな手法であるといえる。提案手法は、実際の患者から得られたデータに基づき、情報学的かつ臨床的意義のある知見を提供するものである。本質的な特性の理解を深化させるためには、さらなる対象者による検証が必要であると考えられるが、現段階の成果からもその有用性は明らかであるといえる。特に脳卒中患者においては、介入前後だけでなく一般的な療法との比較も行うなど、対象者らの行動を定量的に計測することで提案手法の有用性を明らかにしており、実践的な環境において、計測技術により利用者の機能を顕在化することで評価手法としての有効性を確認しており、先進的な研究であるとともにエビデンスベースの医療に資するものとして高く評価できる。このように、本研究は人を支援することで支援する側・支援される側双方をエンパワーする技術の進歩に寄与するものであり、サイバニクス及び医工融合学の分野における応用が大きく期待出来る。

一連の成果を通じて、ロボットによる動作介入下における人と機械との相互作用を記述する新たな方法論を提案し、次世代の医療技術への貢献と臨床動作解析の新たな分野を拓くものとして、その学術性を高く評価できる。これらの成果は、人間情報学、及びエンパワーメント情報学の発展に資すること大であるため、本論文は博士(人間情報学)の学位論文として相応しいものであると認める。

【最終試験の結果】

令和2年1月28日、専門委員会において、学位論文審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、学位論文審査委員全員によって、合格と判定された。

【結論】

上記の学位論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士(人間情報学)の学位を受けるに

十分な資格を有するものと認める。