

氏名	上原 皓			
学位の種類	博士（工学）			
学位記番号	博甲第9410号			
学位授与年月日	令和2年3月25日			
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当			
審査研究科	システム情報工学研究科			
学位論文題目	側方揺動と体幹伸展へ介入可能な装着型システムによるパーキンソニズム患者のための歩行機能支援手法			
主査	筑波大学 教授	工学博士	山海 嘉之	
副査	筑波大学 教授	Ph. D.（工学）	堀 憲之	
副査	筑波大学 教授	博士（工学）	中内 靖	
副査	筑波大学 准教授	博士（工学）	河本 浩明	
副査	筑波技術大学 教授	博士（医学）	鮎澤 聡	

論文の要旨

パーキンソニズムは、大脳基底核、小脳、脳幹といった運動の調整や実行を担う脳神経系の機能不全によって引き起こされる運動障害である。パーキンソニズム患者は原因疾患の進行に伴って立位や歩行が困難となり、顔面強打や頻繁に膝をつくことによる慢性的な打撲をきたす。そのためADLの低下のみならず、転倒への恐怖や不安といった心理的な影響によるQOLの大きな低下が招かれている。パーキンソニズム患者に対する歩行機能改善に向けた取り組みは、これまでに様々な方法が個別に試みられているものの未だ研究途上であり、支援方法が確立されていない未解決問題となっている。本研究は、歩行障害の軽減・抑制を実現するために、パーキンソニズム患者の歩行機能改善に対する支援手法の開発を目的としている。本研究の目的を達成するために、歩行に関連する体幹・姿勢制御系の複数筋群を介して脳神経系の機能不全部位へ介入可能な装着型システムを新たに提案・研究開発し、歩行障害を呈するパーキンソニズム患者による実証試験を通じて歩行機能改善の支援に対する実現可能性を確認している。

システムを開発するために、パーキンソニズム患者の特徴を考慮した簡易物理モデルを新たに構築し、上半身に左右方向の周期的な力を作用させて側方揺動を支援することで体幹・姿勢制御系の複数筋群へ介入する手法の提案、およびその妥当性を検証している。また、装着者を考慮したシステムの外形、制御方法、強度解析、安全対策を検討し、これらをもとに、腰部背面のパワーユニットがリンクを介して胸部のベルトに水平方向の支援力を伝達する構成の装着型システムを新たに提案・開発し、健常者による動作検証によって、開発したシステムが側方揺動に対して基本的な性能を有していることを確認している。提案手法の即時的な介入効果を確認するために、ふらつき歩行、小刻み歩行、加速歩行、すくみ

足を呈するパーキンソニズム患者 5 名に対して実証試験を実施している。システムの介入による歩行機能の変化を評価した結果、全ての試験協力者に対してシステム介入時に歩容が改善できることが示唆されていたことから、各歩行障害の即時的な改善に対する提案手法の実現可能性を明らかにしている。また、提案手法の継続的な介入効果を確認するために、システムを外した介入直後においてもその効果の維持がみられていたパーキンソニズム患者 1 名に対し、期間を設けて複数回介入する実証試験を実施し、システムの介入による歩行機能の変化を評価した。その結果、短期的な期間の後では歩容改善が維持できたこと、および長期的な期間が経過して歩容が悪化していた患者に対しても当該システムの介入後には即時効果として歩容が再び改善できたことが示唆（確認）されていた。また、試験協力者からはシステムの使用による歩行動作の変化や歩行機能の低下抑制を示唆する主観的なコメントが得られていた。

以上のことから、本研究で提案する手法および提案するシステムは、すくみ足などを抱えるパーキンソニズム患者の歩行機能改善を支援する新たな手法となりうることを確認できたことを明らかにしている。提案する当該手法および当該システムは従来にない新たな支援手法としてパーキンソニズムの機能改善に寄与することが期待される。

審 査 の 要 旨

【批評】

本論文では、すくみ足などを抱えるパーキンソニズム患者独特の脳神経系の疾患に対して、歩行機能改善に寄与する脳神経系の信号経路に介入し機能改善を促す方法として、複数筋群への介入に着目した手法およびシステムを提案・開発し、患者への適用を通して、提案手法・提案システムがすくみ足を改善できる新たな手法となりうる可能性があること示している。人間医工学、サイバニクスなどの学術的観点からも、社会的観点からも、有益な研究であると評価される。

【最終試験の結果】

令和 2 年 2 月 4 日、システム情報工学研究科において、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（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。