

氏名	白石 僚一郎
学位の種類	博士（工学）
学位記番号	博甲第8359号
学位授与年月日	平成29年9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	運動機能改善と自立拡張が可能な 立ち座り型サイバニックシステム
主査	筑波大学 教授 工学博士 山海 嘉之
副査	筑波大学 教授 博士（工学） 葛岡 英明
副査	筑波大学 教授 博士（工学） 鈴木 健嗣
副査	筑波大学 准教授 博士（医学） 鶴嶋 英夫
副査	筑波大学 准教授 博士（工学） 河本 浩明

論文の要旨

審査対象論文は、下肢機能障害の運動機能改善と車いす使用者の自立拡張が可能な従来にない新しいシステムの提案・研究開発、および、実際の被験者を対象とした適用試験により当該システムによる機能改善と自立拡張の実現可能性について記述したものである。下肢機能障害を有する車いす使用者にとって立ち座り動作を日常的に行うことは、運動・生理機能の維持・改善だけでなく、自立した生活を送るための第一歩として非常に重要な役割を有すること、また車いす使用者の自立的な生活を実現するためには、立ち座り動作を基盤にした支援技術を用いた運動機能改善による車いすの使用機会の低減、専門家が介在しない自立的な立ち座り動作の学習の実施、車いす使用者の高さの方向の生活範囲の拡張が必要であることが述べられている。これらを研究背景・目的導出として、当該論文では、下肢機能障害を有する車いす使用者の自立した生活を実現するために、運動機能改善と自立拡張が可能な立ち座り型サイバニックシステムを新たに提案・研究開発することを目的としている。サイバニクスにおける運動機能改善の基本原理「人－機械－情報系の間での情動的・物理的なインタラクション」を用いた学習では、立ち座り動作中の動作意思が反映した床反力に基づいて座面を昇降移動させる物理的な動作補助による動作実現と末梢系から脳へ送られる情報を身体内外からフィードバックにより、脳神経系の可塑性を促すことが可能である。また当該システムを用いた立ち座り動作の学習は、座面を昇降させた状態で身体のバランスを制御させているため、これまでの静止姿勢でのバランス制御の学習とは異なり、下肢関節が屈伸する動的な姿勢変化におけるバランス制御能力を身に付けることが可能である。さらに当該システムによる簡便な立ち座り動作の支援手法は、使用者である下肢機能障害者と補助を行う専門家の両方の負担軽減を実現している。これらのことから、従来の立ち座り動作を支援するシステムよりも当該研究で開発したシステムの有用性や実用性が高いことを明らかにしている。基礎システムの動作検証

を経て、片麻痺者、不随意的筋肉の痙攣であるクローヌスを有する下肢機能障害者、両下肢麻痺者に対する適用試験では、当該システムを使用した自立的な立ち座り動作の学習が適用可能であることを示している。片麻痺者に対する試験では、麻痺側と非麻痺側を均等に使用させる立ち座り動作の学習を適用し、麻痺側と非麻痺側の継続的な運動機能改善効果を示している。クローヌスを有する下肢機能障害者に対する試験では、足部を外部から物理的に床反力センサに固定する足首装具とクローヌス発生を抑制させる立ち座り動作の学習方法を適用することで、立ち座り動作中のかかと床反力の増大だけでなく、クローヌスの発生回数の減少が可能であることを示している。また椅子引き動作が困難な車いす使用者に対して中腰姿勢でのバランス制御動作の学習方法を適用することで、今まで不可能であった椅子引き動作が可能になり、車いす使用機会の減少に対する実現可能性を示している。さらに下肢完全麻痺者に対する実証試験では、当該システムを使用することで医師や理学療法士などの専門家からの補助がない状態でも、当該システムが立位状態を実現することができ生活範囲の拡張が可能であることを示している。

基礎研究、研究開発、基礎的臨床試験に至る手順を体系的に整理し、医療施設と非医療施設で使用可能な身体機能改善システムの医療・福祉機器産業分野の新規開拓の重要性についても言及し、下肢機能障害者や車いす使用者の運動機能改善と自立拡張を実現する従来にない立ち座り型サイバニックシステムを新たに提案・研究開発できたことを結論としてまとめている。

審 査 の 要 旨

【批評】

当該博士論文は、下肢機能障害の運動機能改善と車いす使用者を対象として、自立拡張という観点から、身体機能の改善と日常生活における自立生活支援を両立させることができる従来にない立ち座り型サイバニックシステムを提案・開発している。また、クローヌスを有する下肢機能障害者・両下肢麻痺者に適用することで、学習システムとしての適用可能性・有用性を示すとともに、臨床的には従来はほぼ不可能とされたクローヌスを大幅に低減できる可能性があることを実例で示すことに成功している。更に、2次元移動に限定されている車いす利用者に対して、提案・開発された立ち座り型サイバニックシステムにより立位状態（3次元）での作業を可能とすることも実現している。工学的にも、医学的にも、社会的にも有用かつ学術的な研究として評価でき、人-機械-情報系の間での情動的・物理的なインタラクションに関するサイバニクス研究領域を拡充させる研究としても評価できる。

【最終試験の結果】

平成29年8月7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。