

氏名	遠山 弘晃		
学位の種類	博士(工学)		
学位記番号	博甲第 10265 号		
学位授与年月日	令和 4 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	片上肢機能障害者の新たな腕となって協調作業を行うサイバニックロボットアーム		
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(情報科学)	望山 洋
副査	筑波大学 教授	博士(工学)	相山 康道
副査	筑波大学 准教授	博士(工学)	河本 浩明
副査	筑波大学 教授 (人間総合科学研究科)	医学博士	山崎 正志

論文の要旨

片上肢機能障害者は、使える腕が片腕だけとなることで、生活現場の様々な場面・環境において困難・不可能な作業を抱えている。また、健腕への負荷集中は疲労につながり、1日に可能な作業量の減少を招く。本研究では、片上肢機能障害者が抱えるこれらの困難の解決に向けて、生活現場での使用の中で必要な支援動作を獲得することが可能であり、意思に応じた健腕との協調作業を可能とするサイバニックロボットアームを提案・研究開発し、片上肢機能障害者による試験を通して本提案手法の実現可能性・有用性を確認することを目的としている。

麻痺腕の生体電位信号や音声、健腕の動作に応じて身体の一部のように機能するサイバニック化されたロボットアームを日常生活で使用できる技術として実現するために、これらの人の意思・動作に関する情報を取得するためのセンサ系を備えた小型軽量のサイバニックシステムを研究開発している。またその構成要素として、把持力に加え、把持物を介して健腕の動作を捉えられる触力覚センサを新たに提案・研究開発している。さらに、健腕を必要としない操作機能によって実際に協調作業を行う中で、作業支援を構成する動作フェーズとそのフェーズへの遷移条件を人の意思・動作に関するセンサ情報から学習することで、意思に応じ健腕と協調したスムーズな作業支援を様々な作業に対して実施可能とする学習・制御機能を研究開発している。デフォルトの学習では健腕の動作情報を主とした遷移条件の学習が行われ、さらに、使用者の状態に応じて音声や生体電位信号を遷移条件に対応可能なフレームワークとなっている。

提案手法の実現可能性・有用性を確認するために、片上肢機能障害者3名の協力のもと、従来困難とされる3つの作業を対象としたデフォルトの学習による実証試験を実施している。なお、システムの操作には音声に加え、意思に応じた信号が計測できる場合に麻痺腕の生体電位信号を用いていた。試験の結果、使用者の操作によってシステムが健腕と協調作業を行う中で作業支援の学習を行えるこ

と、学習後に意思に応じ健腕と協調した作業支援と対象作業のよりスムーズな実施が可能となったことから、健腕と協調した作業支援の学習と実施の実現可能性・有用性を示している。さらにアンケートより、学習時の操作に生体電位信号を用いた試験協力者が、システムと身体の感覚的な一体化を知覚していることが発見された。また、麻痺腕において意思に応じた生体電位信号が確認された試験協力者の協力のもと、学習後の制御系に生体電位信号による状態遷移機能を付加した随意制御系によって、麻痺腕の動作意思に応じた作業支援が行えることを明らかにしている。さらに、日常的作業支援への取り組みとして、試験協力者1名の協力のもと、実際に日常生活で困難とする計7種の作業にシステムを適用し、使用者の日常生活における様々な作業の支援が可能であることを確認している。

以上の片上肢機能障害者を対象とした試験を通して、研究開発したサイバニッケロボットアームによる意思を反映した様々な協調作業・作業支援の実現可能性・有用性を示している。本サイバニッケロボットアームを片上肢機能障害者の日常生活に適用していくことで、自立した作業の幅が広がり、社会参加の促進、社会保障費の大幅な削減が期待される。

審 査 の 要 旨

【批評】

本論文では、片上肢機能障害者を対象として、日常生活での使用が可能で、麻痺腕の生体電位信号や音声、健腕の動作に応じて身体の一部のように機能するサイバニッケロボットアームを研究開発している。基礎研究、プロトタイプ開発、倫理委員会の承認を経た実際での適用試験、そして、その評価などを実施し、片上肢機能障害者の新たな腕となって協調作業を行うサイバニッケロボットアームという新たなシステムの実現可能性・有効性を示している。人体と分離した状態で人体の一部として機能する人間・ロボット融合技術として、新分野を開拓する研究として評価できる。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4年1月28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。