

氏 名 小崎 湧太
学位の種類 博士 (人間情報学)
学位記番号 博甲第 9620 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 An eyewear robot for supporting eyelid closure movement for facial palsy patients (顔面神経麻痺患者の閉瞼動作を支援するアイウェアロボット)

	(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 教授	博士 (感性科学)	山中 敏正

論文の要旨

近年、装着型ロボット・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生活支援に資するロボット支援技術の実現は未だ大変困難である。また、一般の骨格筋と異なり、柔軟な皮膚と一体となった筋肉である皮筋から顔面表情の支援の試みはほとんど行われていない。顔面神経が損傷したときに起こる神経疾患である顔面神経麻痺を有する人は、主に顔の片側で顔の筋肉を制御することができなくなる。このため、瞬きや口唇動作、表情表出ができないだけでなく、涙や唾液の分泌にも課題が生じるため、コミュニケーションを始め日常生活の多くの活動に影響を及ぼしている。顔にはこのような重要な機能があるにも関わらず、これら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。このためには、生体力学・生理学の理解とともに、病理学的な理解が必要不可欠である。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。このような背景の下で、本論文の著者は、顔面神経麻痺患者の閉眼・閉瞼動作を支援する新しい装着型ロボットの実現に向けて、支援手法の探求と患者を対象とした臨床研究からなる一連の研究を行ってきた。

本論文は英文で全8章からなり、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。また、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。

第2章では、用語の説明とともに、本研究で開発する支援機器の設計要件について述べている。

第3章では、提案する閉瞼動作支援の機構と、閉瞼検知手法について述べている。ここでは、異なる駆動方法による2種類の機構を提案し、その動作機序と制御について提案手法を明らかにしている。

第4章では、システム構成について述べている。提案手法を実現する装着型ロボットをアイウェアとして、眼鏡型の機器として実装する方法について詳細に記載している。

第5章では、提案する駆動機構及び検知手法に関する基本性能評価について述べている。提案手法により極めて少ない駆動で閉瞼支援が可能であることを示すとともに、その有効性を明らかにしている。

第6章では、顔面神経麻痺患者を対象とした臨床研究について述べている。実際のエンドユーザーに適用することでその有効性を明らかにするとともに、閉瞼機能の性能についてその優位性を述べている。

第7章、第8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、顔面神経麻痺患者の生活の質に大きく寄与する眼の開閉に着目し、瞼部の開閉動作の詳細な解析に基づき、柔軟特性を有する皮膚を操作するというソフトロボット技術、閉眼動作の意思を取得するためのセンシング手法を組み合わせ、装着型ロボットとして実現するために行った一連の研究について述べている。ここでは工学的な性能検証とともに、臨床研究により人の障害特性を考慮した支援方法の有効性を明らかにするとともに、提案する装着型ロボットによる支援手法の優位性を明らかにしている。特に、残存機能を利用した閉瞼動作の左右連動性に着目し、これに基づく身体動作の支援実現するため、健側の閉瞼動作を起因として患側の閉瞼動作を支援するという新しい方法論を明らかにしている。さらに、柔軟特性を活用して、異なる2軸の駆動により3次元的な瞼の支援動作を実現するというソフトロボット技術の進展にも大きく寄与するものである。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が、医工融合分野における研究を通じ、介入研究によりその可能性を示したことは十分に評価できる。特に通常では閉瞼動作ができない麻痺患者に対し、ほぼ全員の十分な閉瞼動作を実現するなど臨床的な意義も高く、先進的な取り組みとして高く評価できる。このように本研究は人をエンパワーする技術の進歩に寄与するものであり、その実応用が大きく期待出来る。

一連の成果を通じて、人の残存機能を活用して機械との相互作用による機能拡張を実現するとともに、新しいソフトロボット技術を利用した動作支援における方法論を提案することで、次世代の医療・生活支援技術への貢献と人と一体となり動作する支援機器という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2月7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。