

氏名(本籍)	ジャヤティラカ ムディヤンセラーゲー プラバット ドウシャンタ ジャヤティラカ (スリランカ)			
学位の種類	博士(工学)			
学位記番号	博甲第6307号			
学位授与年月日	平成24年7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	<b>A Study on a Wearable Robot Mask for Assisting Facial Expressions</b> (表情表出を支援する装着型ロボットマスクに関する研究)			
主査	筑波大学教授	工学博士	山海嘉之	
副査	芝浦工業大学教授(特任)	工学博士	油田信一	
副査	筑波大学准教授	博士(工学)	長谷川泰久	
副査	筑波大学准教授	博士(医学)	江口清	
副査	筑波大学准教授	博士(工学)	鈴木健嗣	

### 論文の内容の要旨

我が国は、外骨格型ロボットを代表とする人間の身体生理機能を回復・拡張する人支援ロボット技術において世界をリードしており、超高齢社会が到来する次代の社会を支える科学技術の一つとして大きく期待されている。本研究で対象とする末梢性顔面神経麻痺は、脳神経系の麻痺のうち高い頻度で発生する、顔面表情筋の活動低下を示す神経障害である。人間にとって「顔」は心理社会的に大変重要でありこれまでに多くの表情解析研究があるが、麻痺患者に限らず自身の意思により表情を表出できない人が多くいるにもかかわらず、物理的に表情筋の運動機能を支援する方法はほとんどない。

そこで本論文の著者は、情報機械技術により人の顔面表情の表出機能を支援・拡張するため、顔の皮膚を直接変位させることで表情表出を実現するロボットシステム(ロボットマスク)を提案している。これは、小型軽量で実装された頭部装着型ロボットであり、駆動機構である形状記憶合金の収縮を微細ワイヤと微細管を通じて顔面の皮膚に伝達する、世界初のロボットシステムである。ここでは、形状記憶合金に基づく駆動機構、生体電位信号に基づく制御機構、人の行動を識別する知覚機構をあわせて実装している。さらに、開発したロボットを用いて行った被験者実験を通じ、表情表出支援に関する物理的特性の解析、ロボットシステムの性能検証に関する一連の研究を行うことで、表情筋の運動機能支援について新たな知見を得るとともに、実際に表情表出が困難な被験者による実証実験を通じ、リハビリテーション応用へ活かすことを目的としている。

本論文は英文で全6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、及び研究目的を述べている。

第2章では、表情表出支援に関し、ヒト表情の物理的特性と顔面神経麻痺、さらに人支援ロボティクス及びリハビリテーションロボティクスに関する背景及び関連研究を紹介している。

第3章では、表情表出の形態学的な解析について述べている。提案するロボットマスクを設計するために

必要な要件を見出すため、健常者を対象として自然な表情表出の際の表情変位に関する空間的・時間的特性が示されている。ここでは、人の自発的な表情表出の際における計測実験に加え、神経筋電気刺激を用いた表情変位についてもあわせて研究成果が述べられている。

第4章では、開発したロボットマスクに関する研究成果が述べられている。まず設計と必要な技術要件について詳しく述べた後、駆動機構及び制御手法について提案するとともに、複合的な形状記憶合金アレイの双方向制御や生体電位信号に基づく制御手法についてその有効性を示している。

第5章では、ケーススタディとして、実際に表情表出が困難な方に本ロボットを適用した実証実験について述べている。まず、リハビリテーション支援のためのロボットマスクの開発及びその評価について詳細に説明している。特に、実験中の様子を3次元カメラシステムにより計測することで、ロボットマスク着用時における被験者の表情変化に関する空間的・時間的な観点から定量的評価を行っており、これに関する研究成果がまとめられている。

第6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。

## 審査の結果の要旨

本論文は、ロボット及び情報機械系の融合技術により、表情筋の随意運動機能を支援・拡張することで、ヒトの意思により自由に自然な表情表出を支援する人支援ロボットを提案している。ここでは、顔の皮膚を直接変位させることで表情表出を実現する新しいロボットシステムを工学的に実現するとともに、開発したロボットを実際にヒトに適用することで、ロボットとしての性能評価を行い、また表情表出に関するヒトの物理・認知特性の詳細な分析を行っている。このように特定の対象に限定しているが、生体電位信号に基づき表情表出を支援する全く新しい装着型ロボットにより、非侵襲の表情表出支援機構を実現することが可能であることを見出している。これまで適用されていなかった表情表出支援という分野において、顔面神経麻痺患者を対象とした非侵襲の表情表出支援機構を実現し、かつ医療従事者との共同研究を通じて表情表出に関する理解を深化させる研究手法の有効性を示すなど、知能ロボット・人支援技術の新しい応用の可能性を拓くものとして高く評価できる。

これらの成果は、ロボット工学のみならず、サイバニクスおよび生体医工学の発展に資すること大である。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として相応しいものであると認める。

平成24年6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。

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。