

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 5月31日現在

機関番号：12102

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2009～2011

課題番号：21650040

研究課題名（和文） 顔面の表情表出機能を支援・拡張するロボットマスクの研究

研究課題名（英文） A Study on Robot Mask to Support and Enhance Facial Expressions

研究代表者

鈴木 健嗣 (SUZUKI KENJI)

筑波大学・システム情報系・講師

研究者番号：30350474

研究成果の概要（和文）：本研究は、情報機械系技術の融合技術により、表情筋の随意運動機能を支援・拡張することで、人の意思、つまり脳からの指令により自由に自然な表情表出を実現することを目標としている。提案手法は、頭部装着型ロボットにより、人工筋肉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非侵襲の表情表出支援機構を実現するものであり、非線形性の高い形状記憶合金に基づく人工筋肉を用いた制御を実現するだけでなく、生体電位信号を利用して随意運動機能をロボット技術により支援・拡張を実現するものである。

研究成果の概要（英文）：This study presents a novel robotic technology based supporting device, the Robot Mask, to assist expressions on the face. It is mainly designed to assist the expressive function of facial paralyzed patients. The robot, namely the Robot Mask, is the wearable device, which has been developed to realize expression assistance for the face. The anatomy based exoskeletal device relies on mechanical manipulations to assist the facial expressiveness. In this study, new shape memory alloy based actuators were developed to power the Robot Mask. The designed actuators are equipped with embedded controllers to realize feedback position control. In the Robot Mask, bioelectrical signal based real time biorobotic control has been used to seamlessly control the assisted expressions according to the intentions of the wearer.

交付決定額

（金額単位：円）

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|-----------|---------|-----------|
| 2009年度 | 1,300,000 | 0 | 1,300,000 |
| 2010年度 | 1,000,000 | 0 | 1,000,000 |
| 2011年度 | 800,000 | 240,000 | 1,040,000 |
| 総計 | 3,100,000 | 240,000 | 3,340,000 |

研究分野：情報機械工学

科研費の分科・細目：情報学、知覚情報処理・知能ロボティクス

キーワード：人支援技術，知能ロボティクス，生体電位信号，表情生成，装着型ロボット

1. 研究開始当初の背景

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（全世界で年間0.5人/1,000人）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。代表的な症状は、顔半分が突然動かなくなり、顔貌の変形（非対称によるゆがみ）が現われる。患者は思い通りの表情を表出できず、感情をも押

さえる結果となり、社会生活を営む上での大変な障害となっている。従来の表情解析における研究では、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、表情筋の運動機能を支援する方法がほとんどない。

そこで本研究では、顔面神経麻痺患者の表情表出機能を支援・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新しいロボットシステム（ロボットマスク）の研究開発を行う。提案手法は、人工筋肉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非侵襲の表情表出支援機構を実現する新しい知能ロボット・人支援技術分野の研究である。

従来、定常的な顔面非対称への対応は、形成外科的な治療やFES（電気刺激療法）が代表的であるが、侵襲的であるため不快感や痛みを伴うだけでなく、その効果の持続性は個々の症例により、また運動機能支援は未だ困難である。これまで、顔面神経麻痺患者に対するリハビリテーションは、ボツリヌス治療（ボツリヌス毒素の注入による筋収縮の軽減）、バイオフィードバック療法（自分の意志のもとに表情筋をコントロールする訓練）、筋肉の萎縮を予防する電気刺激療法などに代表されるように、後遺症予防に留まっている。これらは、特定の筋肉が意思とは関係なく収縮する症状（病的共同運動）の予防を目的としており、麻痺状態については対応出来ない。また、顔面部の表情筋は関節を持っていないため、顔の運動は正確に行う事が非常に難しい。このため、正確な表情筋の運動を外から指導できないという課題があるが、本研究の成果により、顔面神経麻痺患者に対する新たな運動療法手法を提供することが期待できる。

2. 研究の目的

本研究は、情報機械系技術の融合技術により、顔面神経麻痺患者の表情筋の随意運動機能を支援・拡張することで、患者自身の意思、つまり脳からの指令により自由に自然な表情表出を実現することを目標としている。これは、麻痺患者の心身障害の回復、及び運動療法への応用を目指す、知能ロボット技術に関する研究開発である。

また本研究では、非線形性の高い形状記憶合金に基づく人工筋肉を用いた制御を実現するだけでなく、生体電位信号を利用して随意運動機能をロボット技術により支援・拡張を実現可能であることを示す。さらに、患者が拡張された自身の表情表出を鏡で見ることで、ロボットの支援を受けて自身の学習により新たな身体機能を獲得する過程の研究

という大変独創的かつ学術的な意義を持つ。

3. 研究の方法

計画年度内において、21年度はロボットマスクの構築、顔面表情解析のための計測装置の製作、及び健常者における検証を行った。また、22年度は、より自然な表情を生成するために自由度を追加し、生体電位信号による制御機構の実装を行うとともに、連携研究員とともに印象評価を実施した。23年度は、前年度の成果に基づき、実際の顔面神経麻痺患者へ適用し、実証実験を行った。

本研究では、顔表情生成において重要な部位であり、かつ比較的他の顔組織に影響の少ない口角周辺の表情筋の制御（参考図2）に着目して検討を行う。提案手法は、FES（電気刺激療法）のように直接表情筋を運動させるものとは異なり、表面の皮膚の部位を変位させるものであるが、顔面の表情筋は、骨格筋とは異なり筋肉の一方が皮膚で終わっている皮筋であるため、皮膚に直接的に変位を生じさせる提案手法は、自然な表情生成の観点から見ても妥当性があると考えている。

①顔面表情表出の定量解析技術：顔の表情生成を定量的に測定するために、3次元カメラを用いた顔面表情撮影装置及び定量化に関する研究を行った。マーカを用いずに画像抽出により顔部位の変位量を測定し、オプティカルフローにより口周辺領域の表情の時間変化を計測できるため、効率良く定量解析が可能になる。

②ロボットマスクの製作：ロボットマスクは、制御ユニット部、ワイヤチューブ部、顔表面接触部からなる。図1、2は、構想するロボットマスクの駆動部配置と設計概要であり、図に示す通り、片側3箇所6方向の駆動部にて実験を行う。これは、解剖学的知見に基づき、表情筋のうち頬筋・小頬筋・笑筋に沿った顔表面の皮膚を変位させるものである。図3に、開発したアクチュエータの概要図を示す。

4. 研究成果

平成21年度は、第一年度として、主にロボットマスクの構築、顔面表情解析のための計測装置の製作、及び健常者における検証を行った。特に他の顔組織に影響の少ない口角周辺の表情筋の制御に着目して研究を実施した。顔面表情表出の定量解析技術については、簡易的な顔面表情撮影支援装置を製作し、オプティカルフローにより口周辺領域の表情の時間変化計測を実施した。また、3次元撮影装置、及び顔面用のモーションキャプチ

ヤを併用することで、表情表出の定量解析を実施した。また、ロボットマスクの製作については、制御ユニット部、ワイヤチューブ部、顔表面接触部からなるロボットマスクを制作した。また、顔表面接触部は、マット加工した皮膚貼付用のポリウレタンフィルム製シートの開発を行い、表情表出に必要なトルクを担保しながら、表情筋にほとんど負担をかけない程度の駆動機構を実現した。

平成22年度は、顔面表情表出機能の定量的・心理的評価に注力し、簡便な装置を用いて顔面皮膚の変位を計測し、表情表出の定量的な3次元解析評価を行うとともに、印象の心理学的評価実験に着手した。また、ロボットマスクの設計と構築に関し、人工筋肉技術を応用した機械音のないほぼ無音の駆動機構により、表情筋の収縮運動方向を考慮したロボットマスクのプロトタイプを構築している。特に、複数の人工筋肉からなるアクチュエータを効率良く制御する手法を提案し、顔表面で動作させるといった具体的な成果を得た。

また、顔面神経麻痺患者に対するリハビリテーションを目指し、アレイ型電極を用いた顔面に対するFES（機能的電気刺激）への基礎的な検討を始めた。これまで、バイオフィードバック療法（自分の意志のもとに表情筋をコントロールする訓練）を利用して筋肉の萎縮を予防する電気刺激療法が知られているが、後遺症予防に留まっている。提案手法により、自身の表情表出意思に基づき、表情表出を支援するための電気刺激利用の可能性を示すことが出来た。

平成23年度は、昨年度に開発したロボットマスクシステムに基づき、複数筋を用いて開発したソフトアクチュエータの制御実験を行うとともに、ヒト顔面に貼付する皮膚保護シートの研究開発を実施した。また、実際の被験者による実証実験を開始した。ここでは、表情筋を制御する顔面神経系からの生体電位信号に基づき、ロボットの収縮機構を制御する生体ロボット制御、及び手動で動作させる手動制御のモードを準備し、複数の異なる表情変位を生じさせることが可能であることを確認した。

また、これまで行ってきたロボットマスク構築に加え、機能的電気刺激を用いた表情表出支援の研究を実施した。頬筋枝上にて2チャンネルで選択的電気刺激を行い、口角の上下を行う実験を行った。ここでは、モーションキャプチャによる顔表情変化の物理計測結果と比較することで、有効性の検証を行った。

研究全体の期間を通じ、顔面表情表出の定量解析技術及びロボットマスクの製作を行った。これは、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である。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た。

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である。

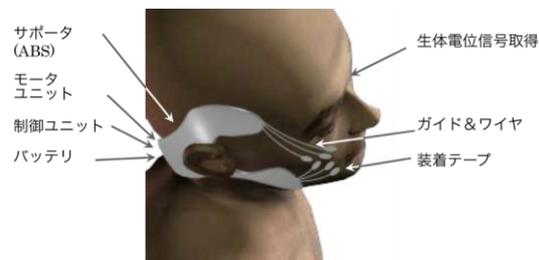


図1. 接触部位と駆動部配置



図2. ロボットマスク外観

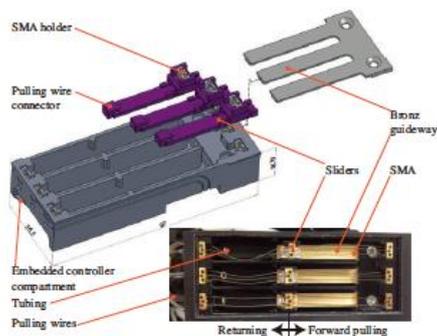


図3. SIAC アクチュエータ

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計4件)

- ① Jayatilake, D. and Suzuki, K., Robot Assisted Facial Expressions with Segmented Shape Memory Alloy Actuators, International Journal of Mechatronics and Automation, 1(3/4), 2011, pp. 224-235. (査読有)
DOI: 10.1504/IJMA.2011.045254
- ② Suzuki, K., Kadone, H., and Gruebler, A. Kinematic and Physiological Cues for Human System Interaction, Proc. of 4th International Conference on Human System Interactions, 2011, pp. 415-418. (査読有)
DOI: 10.1109/HSI.2011.5937402
- ③ Jayatilake, D., Suzuki, K., Kamibayashi, K: Selective Facial Nerve Stimulation with an Array Electrode, Proc. of the Biomedical Engineering 2011. (査読有)
DOI: 10.2316/P.2011.723-134
- ④ Jayatilake, D., Suzuki, K.: A Multiple SMA Hybrid Actuator to Generate Expressions on the Face, Proc. of 2010 IEEE Intl. Conf. on Robotics and Automation, 2010, pp. 2203-2208. (査読有)
DOI: 10.1109/ROBOT.2010.5509449
- ⑤ D. Jayatilake, K. Takahashi, K. Suzuki: An assistive mask with biorobotic control to enhance facial expressiveness, Proc. of IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, 2009, pp. 3568-3573. (査読有)
DOI: 10.1109/IROS.2009.5354124

〔学会発表〕(計4件)

- ① Suzuki, K., Kadone, H., and Gruebler, A. Kinematic and Physiological Cues for Human System Interaction, 4th International Conference on Human System Interactions, 2011年5月21日, 慶應義塾大学, 神奈川県
- ② Jayatilake, D., Suzuki, K., Kamibayashi, K: Selective Facial Nerve Stimulation with an Array Electrode, the Biomedical Engineering 2011. 2011年2月16日, Innsbruck, オーストリア
- ③ Jayatilake, D., Suzuki, K.: A Multiple SMA Hybrid Actuator to Generate Expressions on the Face, 2010 IEEE Intl. Conf. on Robotics and Automation, 2010年5月5日, Anchorage, Alaska, 米国

- ④ D. Jayatilake, K. Takahashi, K. Suzuki: An assistive mask with biorobotic control to enhance facial expressiveness, IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, 2009年10月14日, St. Louis, Missouri, 米国

〔図書〕(計1件)

- ① Jayatilake, D., Gruebler, A., and Suzuki, K., Robot Assisted Smile Recovery, Cutting Edge Robotics 2010 (Kordic, V. ed.), InTech, pp. 333-350, 2010.
DOI: 10.5772/10328

〔産業財産権〕

なし

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.ai.iit.tsukuba.ac.jp/research/005-j.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

鈴木 健嗣 (SUZUKI KENJI)
筑波大学・システム情報系・講師
研究者番号: 30350474

(2) 研究分担者 なし

(3) 連携研究者 なし