

令和 3 年 6 月 23 日現在

機関番号：12102

研究種目：挑戦的研究（開拓）

研究期間：2017～2020

課題番号：17H06290・20K20312

研究課題名（和文）表情表出による社会性の機能再生を支援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 the Recovery of Social Functions through Facial Expressions

研究代表者

鈴木 健嗣（Suzuki, Kenji）

筑波大学・システム情報系・教授

研究者番号：30350474

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 19,900,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、他者及び社会と共感・協調の心でつなぐ社会的な側面を有する顔面表情に注目し、「表情表出による社会性の機能再生支援」という新たな分野開拓を目指し、臨床医学・看護分野と連携しながらロボット工学・生体信号処理技術の高度化により笑顔を中心とした表情表出を支援する一連の研究を行った。ここでは、ロボットの支援を受けて自身の残存機能と学習により新たな社会性機能を獲得する過程について研究を行い、疾患や障害を持つ方々をいかにして自然な顔表情を表出するように支援できるかという重要な問題に取り組み、実際に顔面神経麻痺患者の課題解決に資するロボットマスクを試作し、臨床研究によりその有効性を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ここでは、専門家の知識を必要とする顔の定量的評価に寄与する幾何学および時系列の特徴を明らかにするとともに、専門家の評価と整合性ある評価モデルを構築した。さらに、動作不全といった指標における定量評価の基盤となる新しい知見を提供するとともに、対象者らの詳細解析により専門家の評価特性を明らかにした。また、ロボットマスクの構築・実証を通じ、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等、学術的に大きな成果を得た。

研究成果の概要（英文）：In this study, we focused on facial expressions, which have a social aspect of connecting with others and society through empathy and cooperation. We tried to develop a new field of "Regeneration of social functions through the facial expression" with the aid of robotics technology. We investigated the process of acquiring new social functions by learning and using the residual functions, and addressed the important question of how to support people with diseases/disabilities to express natural facial expressions. We have developed a prototype of a robotic mask to help solve the problem of patients with facial nerve palsy, and clarified its effectiveness through clinical research.

研究分野：情報機械工学

キーワード：人支援ロボティクス 生体信号処理 顔面神経麻痺 コミュニケーション 表情生理計測

### 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。提案手法は、物理的な動作を柔軟組織である顔面の皮膚に伝達する非侵襲的表情表出支援機構を実現するものであり、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・拡張する人支援ロボット技術の新たな試みである。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残存機能と学習により新たな社会性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。これに加え、医学・看護分野と連携し、疾患や障害を持つ方々をいかにして自然な顔表情を表出するように支援できるか、という大変重要な問題に取り組む挑戦的な課題である。

### 2. 研究の目的

情動表出行動である表情は、社会的なインタフェースとして人々のコミュニケーションに極めて重要な役割を果たしている。特に笑顔は、他者及び社会と共感・協調の心でつなぐ社会的な側面を有しており、世界的にも共通な重要な表情である。本研究では、「表情表出による社会性の機能再生支援」という新たな分野開拓を目指し、臨床医学・看護分野と連携しながらロボット工学・生体信号処理技術の高度化により笑顔を中心とした表情表出を支援するロボットマスクの実現に挑戦する。

### 3. 研究の方法

(1) 表情表出の意志抽出技術 (生体電位信号に基づく装着型機器による表情表出の意志抽出) : 表情表出に特徴的な症状・障害を持つ方々 (顔面神経麻痺患者, パーキンソン病, 遷延性意識障害者) を対象とし, 表情筋活動から, 快・不快に関する表情表出の意志を抽出する技術に挑戦する。

(2) 表情表出の形態的変位計測 (誘電体である顔面皮膚上を媒体として形態的な変位を取得) : 表情表出とは, 顔面の皮膚の形態的变化と位置付けられる。これまで行われてきた画像計測や筋活動からの表情計測に加え, 電気インピーダンス・トモグラフィー (EIT) 技術を利用して, 形態的变化から表情表出を定量化する新たな手法を試みる。

(3) 表情表出の物理的動作支援技術 (ロボット技術を応用した装着型表情支援装置) : 顔面のような柔軟な運動を行う部位に対し, 従来のモータ等を用いたロボット支援技術を応用することは困難である。ここでは, 頭部にロボットを装着し, 本人の意思に基づき物理的に表情表出を支援するロボットを開発し, 顔面神経麻痺患者のリハビリテーションへ応用する実証研究や, 表情が表出できない人々の機能代替としての表情表出支援技術へ応用する。

### 4. 研究成果

#### (1) 表情表出の意志抽出技術に関する研究

(1-1) ここでは, 病院及び在宅環境における生体電位信号計測とともに, 医療従事者・家族らから質的な表情評価データを取得する。これらの計測実験を通じて個人毎の表情筋活動と本人の意思との相関関係を見出すことで, 音響や光のフィードバックを用いて本人の表情表出に関する意志を代替・補完する情動系意思伝達装置の実現を目指す。

本研究では, 大阪警察病院の協力を得て, 顔面神経麻痺患者 20 名を対象とした画像計測実験を行った。急性期, 回復期, 生活期の方々を対象とし, 笑顔を構成する大頬骨筋・小頬骨筋を中心とする口角付近, 開眼・閉眼に係る眼輪筋・前頭筋に加え, 顔側・前額部から計 8 箇所にあたる注目点を参照し, データを集積した。

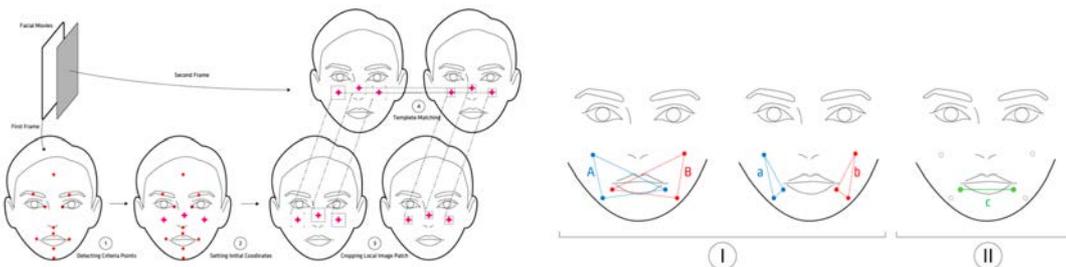


図1. 顔面のテクスチャ動作トラッキング法

(1-2) 表情の中でも笑顔は通常、ポジティブな感情の手掛かりとなるが、自発的のみならず作り笑顔がある。またこれらは、自然な笑顔を理解するための観点から重要な取り組みである。自動診断に資するための検出方法の開発は、笑顔の種類の違いを識別するという点で、人間の知覚を補完する有望な手段である。本研究では、コンピュータビジョン (CV) や顔面遠位筋電図 (EMG) を比較することで、作り笑顔と自然な笑顔の測定性能を明らかにした。これより、筋活動の解析により視覚では得られない隠微な行動を識別できるという利点が明らかになった。本成果は情報系のトップカンファレンスにその成果を発表した。

### (2) 表情表出の形態的変位計測に関する研究

(2-1) 表情表出とは、顔面の皮膚の形態的変化と位置付けられる。ここでは、麻痺状態といった表情表出に関する課題について、局所的な画像の判別に基づく顔貌改善のための定量評価を支援する手法を提案した。専門家による評価に対する理論的な考察を行うだけでなく、医学研究者と連携し実際の実証現場でも利用可能な手法の開発に成功した。

(2-2) これまで行われてきた画像計測や筋活動からの表情計測に加え、電気インピーダンス・トモグラフィー (EIT) 技術を利用して、形態的変化から表情表出を定量化する新たな手法を試みている。ここでは、基礎的な実験を行うことで、簡便な回路で EIT を実現することが可能になった。本成果については、今後論文発表を行っていきたい。

### (3) 表情表出の物理的動作支援技術に関する研究

(3-1) 顔面神経麻痺による主な後遺症として、開眼・閉眼動作及び病的共同運動の障害がある。角膜乾燥の二次被害は、放置すると失明に至る場合があるが、現状では眼帯などの対処療法しかない。また病的共同運動は、随意的な運動時に不随意運動が伴うものであり、不適切な回復過程で生じる。特に、口唇動作と開眼・閉眼が連動する症例が多く、長期間の適切な理学療法が必要である。これよりまず、開眼・閉眼動作を支援するメガネ型のインタフェース開発を行う。健常側の動作をトリガーとして、麻痺側の開眼・閉眼動作を支援するものであり、まぶたの開閉にあわせたゴム上の柔軟素材を動作させる機構を構成した。ここでは、本機構に関する特許を申請するとともに、国際会議において当該成果を発表することができた。

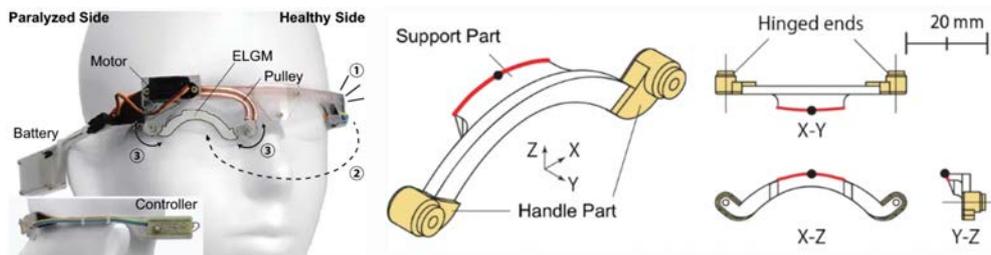


図2. 装着型開眼・閉眼支援メガネ型インタフェース

(3-2) 一連の検証を踏まえ、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、眼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した。特に、残存機能を利用した閉眼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、健側の閉眼動作を起因として患側の閉眼動作を支援する「アイウェアロボット」という新しい方法論を明らかにした。

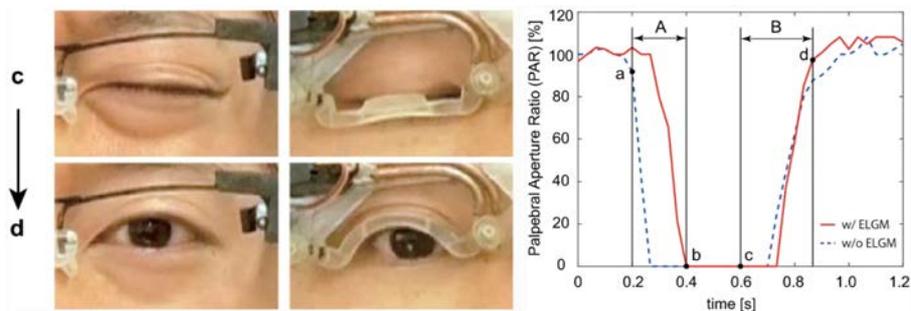


図3. エンドユーザによる実験の様子 (左) と提案機構の有無による動作検証 (右)

(3-3) さらに、大阪警察病院の協力を得て、顔面神経麻痺患者を対象とした臨床研究を実施した。ここでは、実際のエンドユーザからのフィードバックに応じて、機構をさらに改善するとともに、臨床研究に適したデザインとした。開発したデバイスを適用することでその有効性を明らかにするとともに、閉眼機能の性能について検証を行った。臨床研究の結果については今後学術論文にまとめ発表していきたい。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 10件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 石切山 順一、鈴木 健嗣	4. 巻 22
2. 論文標題 口紅塗布唇の状態提示に基づく視覚障害者のための化粧支援インタフェース	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ヒューマンインタフェース学会論文誌	6. 最初と最後の頁 317-328
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11184/his.22.3_317	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Ikeda Tomoka, Hirokawa Masakazu, Suzuki Kenji	4. 巻 12377
2. 論文標題 A Multimodal Communication Aid for Persons with Cerebral Palsy Using Head Movement and Speech Recognition	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Lecture Notes in Computer Science	6. 最初と最後の頁 429-436
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-58805-2_51	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Perusqua-Hernandez Monica, Ayabe-Kanamura Saho, Suzuki Kenji	4. 巻 14
2. 論文標題 Human perception and biosignal-based identification of posed and spontaneous smiles	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 PLoS One	6. 最初と最後の頁 e0226328
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0226328	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Perusqua-Hernandez Monica, Ayabe-Kanamura Saho, Suzuki Kenji, Kumano Shiro	4. 巻 149
2. 論文標題 The Invisible Potential of Facial Electromyography	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems	6. 最初と最後の頁 1-19
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1145/3290605.3300379	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 M. Perusqua-Hernandez, S. Ayabe-Kanamura and K. Suzuki	4. 巻 -
2. 論文標題 Posed and spontaneous smile assessment with wearable skin conductance measured from the neck and head movement	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc. of 2019 8th International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction	6. 最初と最後の頁 199-205
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ACII.2019.8925451	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kozaki Yuta, Matsushiro Naoki, Suzuki Kenji	4. 巻 5
2. 論文標題 A wearable soft robot for movement assistance on eyelid closure	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ROBOMECH Journal	6. 最初と最後の頁 30
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s40648-018-0126-6	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kozaki Yuta, Matsushiro Naoki, Suzuki Kenji	4. 巻 -
2. 論文標題 Design of Soft Robotic Actuation for Supporting Eyelid Closure Movement	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc.	6. 最初と最後の頁 2760-2763
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/EMBC.2018.8512819	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kim SunKyoung, Hirokawa Masakazu, Matsuda Soichiro, Funahashi Atsushi, Suzuki Kenji	4. 巻 11357
2. 論文標題 Smiles of Children with ASD May Facilitate Helping Behaviors to the Robot	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Lecture Notes in Computer Science	6. 最初と最後の頁 55-64
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-05204-1_6	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ishikiryama, J., and Suzuki, K.	4. 巻 -
2. 論文標題 An Interactive Virtual Mirror to Support Make-up for Visually Impaired Person	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proc. of IEEE International Conference on System, Man and Cybernetics	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/SMC.2017.8122808	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kozaki, Y., and Suzuki, K.	4. 巻 -
2. 論文標題 A Facial Wearable Robot for Supporting Eye Opening and Closure Movement	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proc. of IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/IR0S.2017.8205995	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------