

平成 2 6 年 6 月 1 1 日現在

機関番号：1 2 1 0 2

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2011～2013

課題番号：2 3 6 8 0 0 0 9

研究課題名（和文）実世界における表情表出の識別と情動表現の拡張

研究課題名（英文）Facial Expression Reading for Describing and Augmenting Interaction

研究代表者

鈴木 健嗣（Suzuki, Kenji）

筑波大学・システム情報系・准教授

研究者番号：3 0 3 5 0 4 7 4

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 20,700,000 円、（間接経費） 6,210,000 円

研究成果の概要（和文）：本研究では、表情を表出する過程で生じる表情筋活動の日常的・継続的な計測に基づき、表情表出を特定し表情の拡張を可能にする装着型インタフェースを実現し、被験者実験を通じて、その識別精度と頑健性に対する評価を行い、その有効性を明らかにした。ここで開発したインタフェースは、表情表出を阻害せずに識別が可能であるため、表情の定量的な計測のみならず、言語を用いずともロボットに継続的に教示を行うという新しいインタラクションの手法を提供するとともに、デバイスに備えたLEDの光提示による視覚刺激を利用し、表情表出に加えて相手の注意を引きつけるなど、表情の拡張という新たな応用への展開についても可能性を示した。

研究成果の概要（英文）：In this study, we investigated the design of a wearable device that reads positive facial expressions using physiological signals. We can detect EMG signals with high amplitude on areas of low facial mobility on the side of the face, which are correlated to ones obtained from electrodes on traditional surface EMG capturing positions on top of facial muscles on the front of the face. Based on this analysis, we design and implement an ergonomic wearable device with high reliability. Because the signals are recorded distally, the proposed device uses Independent Component Analysis and an Artificial Neural Network to analyze them and achieve a high facial expression recognition rate on the side of the face. The recognized emotional facial expressions through the wearable interface device can be recorded during therapeutic interventions and can be used for a novel method of human robot interaction.

研究分野：情報機械工学

科研費の分科・細目：情報学 メディア情報学・データベース

キーワード：表情計測 人支援技術 拡張生体技術 装着型インタフェース 感性情報処理

## 1. 研究開始当初の背景

表情は最も身近な情動表出行動の一つである。表情は個人固有のメディアとして、また同時に社会的なインタフェースとして、コミュニケーションに大変重要な役割を果たしている。近年、機械系による表情識別技術が進展し、画像計測に基づくスマイルシャッターなど一部は実用化されているが、被写体が適切な距離でカメラ正面にほぼ正体する必要性や、オクルージョンがなく、望ましい光源下といった、被写体が動作可能な範囲を限定する特定の環境において有意な識別が可能になるものである。つまり、実環境・日常生活・対人コミュニケーションの場において、日常行動を行うある個人の表情を継続的に記録、さらに識別することは未だ大変困難である。一方、EEG や NIRS など脳中枢系からの生理信号取得は、アーチファクトや表情筋からの影響などが大きいため、日常生活での取得は難しい。また、BMI においても定められた指令に基づく脳活動の取得に留まるなど、現状の装着型機器では、感情・情動という高次脳機能の計測は困難である。

## 2. 研究の目的

これまで可能な限り自然な表情表出を阻害しない顔側における電気生理学的計測法を応用して、顔表面中に伝搬される表面筋電位 (distal EMG) から表情を推定する手法について検討を行って来た。ここでは統計的手法と信号処理、及び機械学習法を利用して、顔側から得られた生体電位信号を用いた実時間表情識別に成功している。特に、笑顔識別 (笑顔がそれ以外の表情の識別) では、眼球運動・瞬き・頭部動作、咬筋の活動 (咬む動作) や発話動作に対しても頑健性を示しているだけでなく、例え発話中であっても笑顔の表出を識別することが可能であるなど、高い識別率を得ている。さらに、これを小型・軽量でかつ対人親和性の高い装着型表情推定装置を開発して実装し、検証を行っている。

本研究では、顔側面からの生体電位信号に基づく実時間表情識別の基盤技術の確立、及び対人親和性の高い装着型表情推定装置の開発といった装置開発、画像計測では困難な状況・現場における表情計測を実証する実証実験、また情報環境への接続や対人コミュニケーションの解析実験といった応用展開に挑戦し、実環境における自然な表情表出の計測・記録・解析・提示を実現する。このように、装着することにより実環境下で表情の取得及び実時間識別を可能とするまったく新しい技術の確立を目指す。これにより、表情表出に関する物理・生理・認知的特性の理解だけでなく、介護や医療の現場における応用と人々の生活の質の向上、また子供たち、青少年が笑顔により豊かな社会性を築く社会形成のために貢献する。

## 3. 研究の方法

本研究は、以下の通り 4 つのサブテーマ課題に基づき研究を実施する。

(1) 実時間表情認識技術：顔表面からの電気生理信号に基づく実時間表情認識技術の確立。信号処理技術の改良による認識率の向上とともに、複数表情、笑顔強度の計測を試みる。

(2) 表情推定装置の改良：対人親和性の高い装着型表情推定装置の開発。独自に構築する小型乾式電極の精度検証、及びデバイス形状と対人親和性の評価実験の実施。

(3) 表情計測実証実験：実環境下における長期・継続的な表情計測と解析。発達障害児の療法前後の表情変化の計測を実現する実証実験、体育教育評価への応用、及び複数人の同時表情計測による笑顔の社会的役割の検証実験を実施。

(4) 装着型表情計測応用：生体電位信号処理の高度化、及びインタフェース応用技術ネットワークを通じた情報環境との接続による情動表現の拡張や、心理評価実験・認知実験用のインタフェースとして応用可能なシステム構築を行う。

## 4. 研究成果

表情筋の筋活動の計測には、表情を表出する際に随意運動を行う皮膚表面での筋電図を計測する。一般的な表情筋活動の計測には、口輪筋・大頬骨筋・眼輪筋・皺眉筋等を用いることが想定されるが、日常的・継続的な場面での計測を考えた場合、従来の計測位置では顔の正面に電極を張り付ける必要があることから自然な表情表出を阻害するため、装着の煩わしさや表情表出の制限という観点から適切でないと考えられる。我々は、咬筋上の領域とともに、側頭筋・前頭筋上の領域における生体信号の計測により、装着性と表情表出時の問題を改善し、簡便に日常生活での表情計測可能な頭部装着型インタフェースの開発を行っている。これにより、日常生活空間において、空間的な制約がなく、また計測が表情表出に与える影響を低減した自然な表情筋活動計測が可能となる。

(1) 実時間表情認識技術については、本研究期間中に、信号処理技術の改良による笑顔の強度、また怒顔、中立顔、緊張顔、弛緩表情といった複数表情の認識率の向上のための基礎実験を実施し、複数の表情が認識出来ることを見出した。また、生体信号処理技術のうち、機械学習部分の改良を行い、より制度の高い表情認識技術を見出している。

(2) 表情推定装置の改良：小型乾式電極の利用と精度検証、及び精度を保ちつつ小型の乾式電極の開発による対人親和性の高い装着型表情推定装置の開発を行った。これにより、精度を保ちつつ小型の乾式電極の開発へと発展し、対人親和性の高い装着型表情推定装置の開発が可能になっている。特に、新たに前額部での表情計測が可能になった。

(3)表情計測実証実験：療法評価への応用として、発達障害児の表情計測へ応用し、療法前後の表情変化計測による療法効果計測支援に取組んだ。また、体育科学との連携により、運動中・前後の表情計測実験を実施し、笑顔表出とタイミングといった定量的な評価尺度導入の基礎検討を実施した。

(4)装着型表情計測応用：ロボットの動作指示へ応用し、ネットワークを通じた情報環境との接続に関する研究を実施した。特に、このようなロボットへの指示に表情を用いることで、言語発達が十分出ない小児へも適用可能であることを見出し、パイロット実験により良好な成果を得ている。

本研究から派生した研究として、このような表情表出をロボット指示に応用するために必要である、実世界で自身のセンサ情報に基づき動作する認知ロボットのための行動

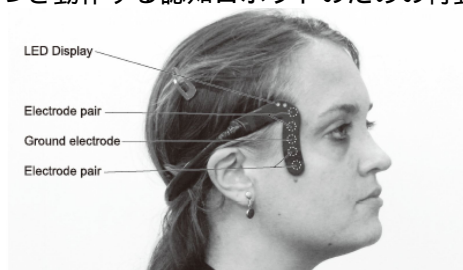


図 1．実時間表情推定デバイスの実装例．



図 2．表情表出時における 3 次元顔形状計測（発表論文）

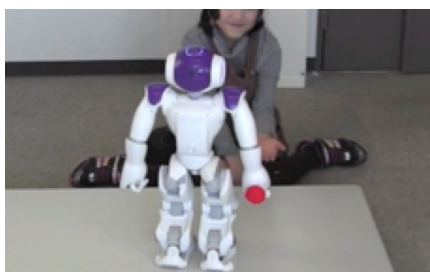


図 3．表情表出に基づき学習するロボット（発表論文 ほか）

制御のためのロボットアーキテクチャに関する研究が大きく進展した（業績 他）。ここで提案するソフトウェアシステムは、工程に基づき命令的に記述する従来の方式ではなく、情報の共有と複合的動作を実現するた

めの宣言的な記述方式によりロボットの行動制御を実現するものである。このように関連するロボット制御の研究が同時に伸展したため、課題（４）による応用研究が大きく進展したものと考えている。

このような一連の研究を通じ、表情を表出する過程で生じる表情筋活動の日常的・継続的な計測に基づき、表情表出を特定し表情の拡張を可能にする装着型インタフェースを開発が大きく進展した。ここでは、被験者実験を通じて、その識別精度と頑健性に対する評価を行い、その有効性を明らかにしている。ここで開発した頭部装着型インタフェースは、バッテリー駆動かつ無線接続によって空間的制約を受けずに動作することが可能であり、また表情表出を阻害せずに識別が可能であるといえる。表情筋の筋活動のパターンを表情識別に用いることにより、個人による固有の表情に対して識別が可能となることを示している。さらに、言語を用いずともロボットに継続的に指示を行うという新しいヒューマン・ロボット・インタラクションの手法を提供するとともに、デバイスに備えた LED の光提示による視覚刺激を利用し、表情表出に加えて相手の注意を引きつけるなど、表情の拡張という新たな応用への展開についても可能性を示して来た。

上記の個別テーマを通じ、装着することにより実環境下で表情の取得及び実時間識別を可能とするまったく新しい技術の確立が大きく伸展したと言える。特に、生体電位信号に基づき顔面の表情表出を認識する全く新規な装着型デバイスについては、関する顕著な研究成果を挙げている。本研究により、基礎的な研究が大きく進展したことで、情動情報分野で最も有力な国際論文誌にその成果を報告している。このような顔表面の生体電位信号を、統計解析・信号処理・機械学習により実時間で識別し、笑顔を識別する世界初の技術であり大変高い評価を得ており、社会的表情表出に関する基礎研究とともに、今後も様々な応用分野へ展開していきたい。

## 5．主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 5 件)

Gruebler, A., and Suzuki, K., Design of a Wearable Device for Reading Positive Expressions from Facial EMG Signals, IEEE Transactions on Affective Computing, 査読有、(2014)、印刷中

Berenz V., Suzuki K., Targets-Drives-Means: A Declarative Approach to Dynamic Behavior Specification with Higher Usability, Robotics and Autonomous Systems, 62(4)、査読有、(2014)、545-555.

Funahashi, A., Gruebler, A., Aoki, T., Kadone, H., Suzuki, K., The Smiles of a Child with Autism Spectrum Disorder

During an Animal-assisted Activity May Facilitate Social Positive Behaviors - Quantitative Analysis with Smile-detecting Interface, Journal of Autism and Developmental Disorders, 44(3)、査読有、(2014)、685-693.

Grüneberg, P. and Suzuki, K., An Approach to Subjective Computing: a Robot that Learns from Interaction with Humans, IEEE Transactions on Autonomous Mental Development, 6(1)、査読有、(2014)、5-18.

Gruebler, A., Berenz, V., and Suzuki, K., Emotionally Assisted Human-Robot Interaction using a Wearable Device for Reading Facial Expressions, Advanced Robotics, 26(10)、査読有、(2012)、1143-1159.

〔学会発表〕(計10件)

鈴木 健嗣、(招待講演)"Smiles May Facilitate Social Positive Behaviors," Humascend 2013 Workshop, 2013/10/10、英国・マンチェスター.

鈴木 健嗣、(招待講演)"Smiles May Facilitate Social Positive Behaviors," First Symposium on Computational Behavioral Science, 2013/09/26、湘南国際村センター、神奈川.

鈴木 健嗣、`行動と情動の理解を目指す行動科学とリハビリテーション応用', 行動リハビリテーション研究会、2013/06/16、慶応義塾大学三田キャンパス、東京.

Suzuki, K., Gruebler, A., Berenz, V., "Coaching robots with biosignals based on human affective social behaviors," Proc. ACM/IEEE Intl. Conf. on Human-Robot Interaction, (2013)、pp. 419、日本科学未来館、東京.

Gruebler, A., and Suzuki, K., "Analysis of Social Smile Sharing Using a Wearable Device that Captures Distal Electromyographic Signals," Proc. of Third International Conference on Emerging Security Technologies, (2012)、pp. 178-181、英国・マンチェスター.

Berenz, V. and Suzuki, K., "Usability Benchmarks of the Targets-Drives-Means Robotic Architecture," Proc. of 2012 12th IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots, (2012)、pp. 514-519、大阪産業創造館、大阪.

Berenz, V., Suzuki, K.: "TDM: A Software Framework for Elegant and Rapid Development of Autonomous Behaviors for Humanoid Robots," Proc. of IEEE-RAS International Conference

on Humanoid Robots, (2011)、pp. 179-186、スロベニア・ブレド.

Gruebler, A., Berenz, V., Suzuki, K.: "Coaching robot behavior using continuous physiological affective feedback," Proc. of IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots, (2011)、pp. 466-471、スロベニア・ブレド

Isezaki, T., Suzuki, K., "Depth Image based Analysis of Facial Expressions and Head Orientation," Proc. of IEEE International Conference on System, Man and Cybernetics, (2011)、pp. 2537-2542、米国・アンカレッジ.

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、慶応義塾大学、神奈川.

〔図書〕(計2件)

Sankai, Y., Suzuki, K., and Hasegawa, Y. (eds.), Cybernetics, ISBN: 978-4431541585, (2014)、全290頁、pp. 111-131.

鈴木 健嗣, 高野ルリ子, 表情を測る技術と装う技術, 顔を科学する: 適応と障害の脳科学(山口真美, 柿木隆介 編), 東京大学出版会、(2013)、pp. 307-328.

〔その他〕

ホームページ:

<http://www.ai.iit.tsukuba.ac.jp/research-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・准教授

研究者番号: 30350474