

# EMSmile: EMSを用いた自然な笑顔支援システム

島田麻飛<sup>1,a)</sup> 塚田浩二<sup>1</sup>

**概要:** 本研究では、自然に見える笑顔「デュシェンヌスマイル」の表出を支援するシステムを提案する。一般的に、作り笑顔では口角だけが上がるのに対し、デュシェンヌスマイルでは、口角と頬が同時に挙上することに着目した。表情の変化を OpenFace を用いて定量的に判定しつつ、電気筋肉刺激 (EMS) を用いて頬の筋肉を駆動するシステムを構築する。応用例として、普段の笑顔/システムで作出した笑顔がデュシェンヌスマイルにどの程度近いかを判定する事例や、デュシェンヌスマイルの表出を苦手とするユーザーを支援するために、口角の挙上を検出したら EMS で頬の筋肉を駆動するトレーニング手法等の構築を目指す。

## 1. 背景と目的

笑顔は、大きく作り笑顔と、自然に見える「デュシェンヌスマイル」に分けられる。一般的に、作り笑顔では口角だけが上がるのに対し、デュシェンヌスマイルでは、口角と頬が同時に挙上する。P. エクマンらによると、デュシェンヌスマイルは他者にポジティブな心理的效果をもたらし、心理的なつながりを強化するとされる [1]。よって、笑顔の際にデュシェンヌスマイルを作れる方がコミュニケーションが円滑に進むと思われる。しかし、笑顔を苦手とする人は自然な笑顔を形成することが難しく、コミュニケーションの際に苦痛を感じることもある。

そこで、本研究では、EMS を用いてデュシェンヌスマイルにみられる筋肉の動きを再現することで、笑顔を苦手とする人々が自然な笑顔を作るための支援システムの EMSmile を提案する。

なお、本論文ではデュシェンヌスマイルのことを自然な笑顔/真の笑顔と記すことがある。また、作り笑顔のことを偽の笑顔と記すことがある。

## 2. 関連研究

笑顔には無意識に表れる自然な笑顔と、意識して作るものがある。前者は一般的に「デュシェンヌスマイル」(19世紀のフランスの神経学者デュシェンヌに由来) と呼ばれる [2]。図 1 にデュシェンヌスマイルと作り笑いの例を示す。自然な笑顔では、目の周りの筋肉活動が活発で、「目が笑っている」とも表現される。本研究は、自然な笑顔に観察される筋運動を EMS (Electrical Muscle Stimulation)

等を用いて人為的に再現する。

EMS は筋力の向上や筋肉の活性化を促進する効果から特に美容やスポーツ分野で注目されている。例えば、金子 [3] らは、35 歳以上 59 歳以下の女性を対象に、家庭用 EMS ローラー美容器と通電用ゲルを用い、マッサージを併用した際の美容効果を検証し、シワ・肌弾力・顔のサイズ・顎角度等が有意に改善されたと報告している。また、安藤ら [4] は、骨格筋への電気刺激は筋肥大をもたらし、筋機能を向上させ、血管内皮機能を向上させる可能性があることを研究により示唆している。

Gruebler ら [5] は、顔の表面筋電位 (EMG) を利用して、表情を実時間で記録/識別可能なウェアラブルデバイスを開発している。一方、玉城 [6] は、腕部に EMS を装着することで手指を物理的に動かし、VR 空間上での仮想物体との接触体験を再現している。このように、表情を筋電計測する研究、手指などを EMS で稼働させる研究は存在するが、自然な笑顔を EMS で作り出すシステムは調べた限り存在せず、独自性があると考えられる。

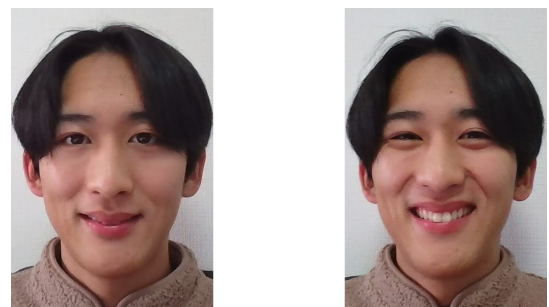


図 1: 作り笑い (左) とデュシェンヌスマイル (右)

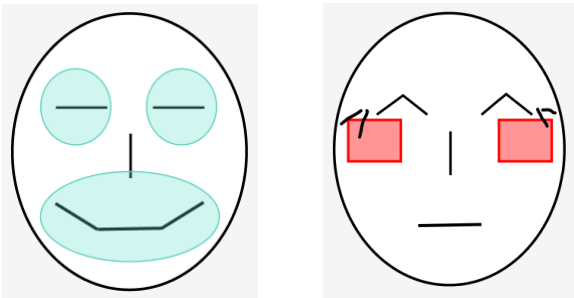
<sup>1</sup> 公立はこだて未来大学

<sup>a)</sup> b1021163@fun.ac.jp

### 3. 提案

本研究では、カメラで顔を撮影し、目や口の特徴点を用いて、口角や頬の挙上等の表情の変化を検出する。次に、頬の表情筋上に電極を配置し、EMS を用いて通電することで表情筋を駆動し、デュシェンヌスマイルの表出を支援する。

用途に応じた複数の動作モードを用意する予定である。例えば、(a) 画像認識で目や口の特徴点から偽の笑顔／自然な笑顔を判定し、(b) 偽の笑顔の場合 EMS で頬の筋肉を刺激して真の笑顔に近づけるような動作を行う。図 2 に提案システムの概要を示す。



(a) 画像認識で目や口の特徴点から、偽の笑顔／自然な笑顔を判定  
(b) 偽の笑顔の場合、EMS で頬の筋肉を刺激して自然な笑顔に近づける

図 2: 本研究の概要

### 4. 実装

提案システムは、カメラを用いた表情認識機能と、EMS 制御機能を中心に構成される。表情認識には、オープンソースの顔認識ライブラリ OpenFace[7] を利用した。リアルタイムに顔画像を撮影し、顔の向きや視線、表情運動要素 (Action Unit) を推定することができる。EMS の制御には、オープンソースハードウェアである Let Your Body Move ToolKit[8] を利用した。市販の EMS 装置と組み合わせて、Arduino を介して複数の電極を同時に制御できる。次に、OpenFace と Let Your Body Move ToolKit の実装の詳細を示す

#### 4.1 OpenFace

本研究は、「口角」と「頬の筋肉」の変化に注目し、口角のみが挙上した場合は「作り笑顔」、口角と付随して頬の筋肉が挙上した場合は「自然な笑顔」と判定する。

OpenFace で検出可能な Action Unit (AU) を用いて、これらの動作を検出する。各 AU の強度は 0~5 の数値で表現され、17 種類の AU が存在する。本研究では、AU12 (Lip-corner Puller) と AU06 (Cheek Raiser) に着目して、適切な閾値を設定することで作り笑顔と自然な笑顔を識別

する。なお、適切な閾値はユーザ毎に異なるため、閾値を調整できる機能を用意している。

実際に、作り笑顔と認識している様子を図 3 に、自然な笑顔と認識している様子を図 4 に、笑顔と認識していない様子を図 5 に示す。

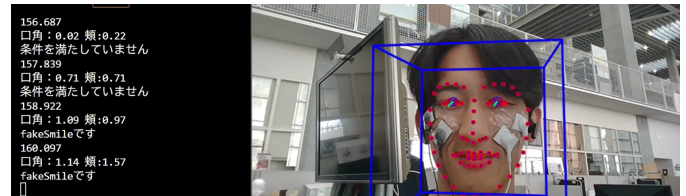


図 3: 作り笑顔を認識する様子



図 4: 自然な笑顔を認識する様子

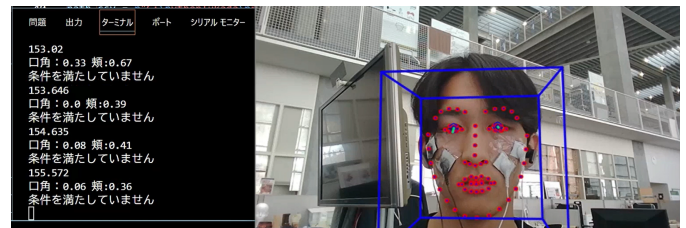


図 5: 笑顔と認識していない様子

OpenFace は自作の Python プログラムから制御しており、ノート PC (CPU: Core i7-1065G7, メモリ:16GB, Windows 11 Home) 上で動作する。カメラは PC に内蔵されている物を用いた。

なお、検討段階では複数の表情認識サービス／ライブラリを検討した。Emotion API\*1は AU に相当する情報を取得できず、笑顔と判断する根拠が判断できない課題があった。Py-Feat\*2は 22 個の AU を検出可能だが、本研究で重要な「頬の挙上」に関する AU が存在しない課題があった。こうした点も踏まえて、OpenFace を用いた実装を行った。

\*1 <https://learn.microsoft.com/ja-jp/azure/ai-services/computer-vision/overview-identity>

\*2 <https://py-feat.org/pages/intro.html>

## 4.2 Let Your Body Move Toolkit

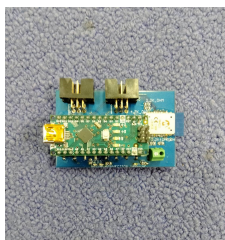
Let Your Body Move Toolkit は、既存の EMS 装置と接続することで、最大2つの電極を用いた電気刺激を生成できる。本研究では、両頬に電極を装着し、適切なタイミングで電気刺激を発生させることで、自然な笑顔を人為的に作ることを目指す。本ツールキットは仕様や基板データのみが公開されているため、著者らが部品を購入／基板を外注して製作した(図7)。

EMS 装置としてはツールキットの事例としても利用されている Sanitas SEM 43 を利用した。この装置は流す電流の持続時間や周波数を細かく設定できる特徴がある。図8に EMS 装置と制御基板を接続した様子を示す。電極としては、Sanitas SEM 43 の付属品のジェルパッドを用いた。ジェルパッドは、特定の筋肉だけを動かせるように 2cm × 3cm の長方形の大きさに切り取ったものを使用している。図6に、電極を頬に張り付けた例を示す。

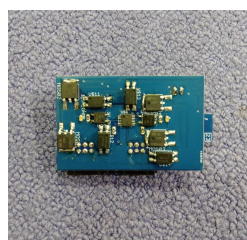
ツールキットには Arduino Nano が組み込まれており、Arduino プログラムから EMS 刺激の強さを PWM (Pulse Width Modulation) を用いて段階的に制御できる。



図 6: 電極の装着例



(a) 表面



(b) 裏面

図 7: EMS 制御基板の外観

## 5. まとめと今後の計画

本研究では、表情の変化を画像認識を用いて定量的に判定しつつ、電気筋肉刺激(EMS)を用いて頬の筋肉を駆動することで、自然な笑顔の表出を支援するシステム EMSmile を提案・試作した。作り笑顔では口角だけが上がるのに対し、自然な笑顔では、口角と頬が同時に挙上することに着目している。

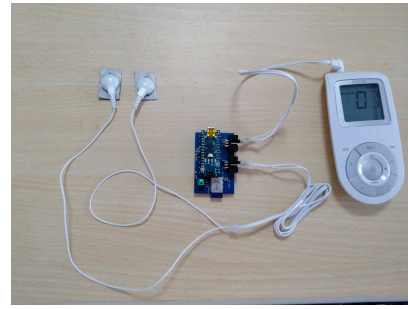


図 8: EMS 装置と制御基板を接続した様子

現状の課題として、顔の表面に貼る電極が大きすぎて、収縮させたい筋肉の周りの筋肉も収縮させる可能性があるため、パッドのサイズや取付位置を工夫する必要がある。また、市販の EMS 装置を用いることで一定の安全性は担保しているが、人によっては電気刺激を強すぎると感じる可能性があるため、事前に最大電流を調整できる機能を準備している。

さらに、表情認識機能が適切に機能するかという性能評価や、EMS で表出される笑顔が自然な笑顔に見えるかという印象評価を通して、本研究の有効性を検証していく。

## 参考文献

- [1] Paul Ekman, Richard J Davidson, and Wallace V Friesen. The Duchenne smile: emotional expression and brain physiology: II. *Journal of personality and social psychology*, Vol. 58, No. 2, p. 342, 1990.
- [2] 難波修史, 鏡原崇史, 宮谷真人, 中尾敬. 「真の笑顔」と「偽の笑顔」の違い: 動きの順序が他者の情動認知に及ぼす影響. *対人社会心理学研究*, Vol. 17, pp. 45–51, 2017.
- [3] 金子剛, 宮田晃史, 山岩男, 山貴三代. 金子剛・宮田晃史・山岩男・山貴三代. 家庭用 EMS ローラー美容器を用いたマッサージ併用による美容効果. *対人社会心理学研究*, Vol. 56, pp. 310–317, 1964.
- [4] 安藤創一, 岡本孝信, 橋本佑斗. 骨格筋への電気刺激はどこまで運動の代替となるか? 応用可能性の検証. *デサントスポーツ科学*, Vol. 45, pp. 3–11, 2024.
- [5] Anna Gruebler and Kenji Suzuki. Design of a wearable device for reading positive expressions from facial EMG signals. *IEEE Transactions on affective computing*, Vol. 5, No. 3, pp. 227–237, 2014.
- [6] 玉城絵美. VR 環境における体性感覚刺激の提示方法. *バイオメカニズム学会誌*, Vol. 43, No. 1, pp. 3–9, 2019.
- [7] Tadas Baltrusaitis, A Zadeh, YC Lim, and LP Morency. Openface 2.0: Facial behavior analysis toolkit. en 2018 13th IEEE international conference on automatic face & gesture recognition (fg 2018), 2018.
- [8] Max Pfeiffer, Tim Duenke, and Michael Rohs. Let your body move: a prototyping toolkit for wearable force feedback with electrical muscle stimulation. *Proceedings of the 18th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services*, 2016.