

Action Unit の組み合わせを用いた快感情抑圧表現アニメーションの生成

Generation of facial animations to express suppressed positive emotion using action units

大道 博文*1
Hirofumi Omichi

林 柚季*2
Yuzuki Hayashi

目良 和也*1
Kazuya Mera

黒澤 義明*1
Yoshiaki Kurosawa

竹澤 寿幸*1
Toshiyuki Takezawa

*1 広島市立大学大学院情報科学研究科

Graduate School of Information Sciences, Hiroshima City University

*2 広島市立大学情報科学部

School of Information Sciences, Hiroshima City University

Expressing emotion is important for communication on the Internet, and some avatars can express their facial expressions. However, it is difficult to create facial animations of an avatar to express complicated emotional states (e.g. happy but embarrassed) for non-expert creators because there is no formulated method proved scientifically. This paper proposes a method to create facial animations to express “suppressed positive emotion” so called “Tsundere” by using combination of action units. In order to apply two types of suppression methods, “neutralized” and “masked,” the action units are chosen by considering “suppressing or suppressed emotion” and “controllable or uncontrollable unit.” 18 facial animations are created and evaluated by Sheffé’s method. As a result, a combination of slight-happy action units and blushing and that of anger-shaped eyebrows and blushing were the most effective to express “suppressed positive emotion.”

1. はじめに

近年, Virtual Reality (VR) ゲームや Virtual Youtuber といった CG アバターを介した他者とのコミュニケーションが普及しつつある。そしてこのようなアバターを通じてユーザの心理状態を伝達させるためには、特定の感情を示す表情をアバターに付与する方法や、自身の表情や動作をアバターと同期させる方法などが用いられている。

アバターに表情を付与するには、アバターの作者が表情・動作のパターンをあらかじめ設定する必要がある。喜びや悲しみ、怒りなど単純な感情を示す表情の生成はこれまでも多く行われており、各感情における典型的な特徴を誇張して表現することで、アバターを見る側との共通認識に基づく感情推定が比較的容易に行われている。しかし、複数の感情が含まれた表情やある感情を抑圧しているような表情を表現するための典型的な特徴や統一された指標は無く、各モデルの作成者の経験や感覚に依るところが大きい。そのため、非熟練者や表情モデルからの自動合成手法による表情モデルの作成は現状困難である。

そこで本研究では、Facial Action Coding System (FACS) [Ekman 02a] で用いられる各表情の部分的表出 (Action Unit (AU)) の組み合わせに基づいて複数の表情アニメーション動画を作成し、Sheffé の一対比較法を用いて表出したい感情に対する各 AU の効果について分析を行う。本研究では所謂「ツンデレ」と呼ばれる「快感情の抑圧表情」を対象とするため、Ekman の知見に基づき「表情表出の程度を弱める」**中立化**と、「他の表情を意図的に表出する」**隠蔽**の二種類の抑圧表現について実験を行う。

2. 抑圧表情の表現方法

2.1 感情表情の偽装方法

表情分析入門 [Ekman 87] では、偽りの顔の顔面統御の技法として「メッセージの偽装」という方法が示されている。偽装における顔面統御には、「顔の形態」、「表情のタイミング」、「会話中に表れるその表情の位置」、「中断に起因する微表情」の 4 つの側面がある。「顔の形態」は、特定の感情に応じて顔の特定

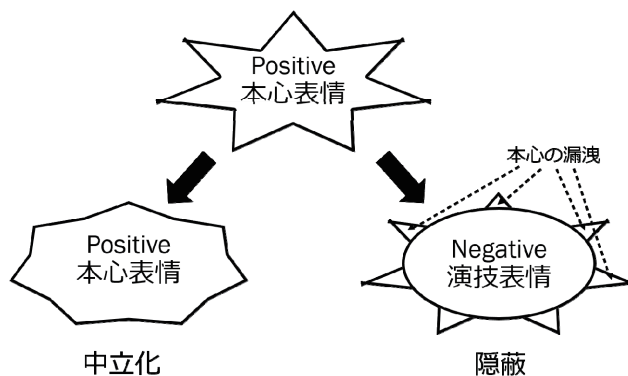


図 1: 中立化と隠蔽を用いた快感情の抑圧表現

の部分は別の特定の部分より偽装がされやすいことや、どこに着目すれば実際に感じている感情と偽りの感情を知ることができるかなどを示す。「表情のタイミング」は、表情が消えるまでにかかる時間などを示す。「会話中に表れるその表情の位置」は、表情のタイミングと綿密に関連があり、その表情が言葉との関係でどこに表れるのかを示す。そして「中断に起因する微表情」は、実際に感じている感情を反映する表情が妨害されたその中断の結果を示す。これらのうち本研究では「顔の形態」に着目し、偽装における顔面統御された表情を演技表情として扱う。

演技表情による偽装方法は以下の 3 種類に分けられる。

- 擬態: 何も感じていないのに、ある感情表情が示される
- 中立化: 実際には特定の感情を感じているのに、表情には何も表されない
- 隠蔽: 実際には感じている感情の代わりに感じていない感情の顔貌を示す

本研究では快感情の抑圧表現を対象としているため、これらの偽装方法のうち「**中立化**」と「**隠蔽**」の 2 種類を用いる。中立化と隠蔽を用いた快感情の抑圧表現のイメージを図 1 に示す。「快感情を抑圧している」という状態を表現する場合、本心である感情の兆候が完全に消えてしまっているのは本心感情が存在することに気づいてもらえない。そのため、中立化や隠蔽を行う際には本心感情の兆候を残しておく必要がある。そこで図 1 の上部に位置する本心表情の特徴を基準とし、中立化では本心

連絡先: 目良和也, 広島市立大学大学院情報科学研究科,
mera@hiroshima-cu.ac.jp

表情の特徴が弱く表れることで本心が抑圧されている状態を表現する。一方、隠蔽では演技表情の特徴でカバーできていない本心表情の特徴が一部漏洩することで抑圧された感情の存在を表現する。

2.2 快感情の抑圧表現に用いる Action Unit

Facial Action Coding System (FACS) [Ekman 02a]は、視認可能な顔の動きを包括的に測定するために開発された分析ツールかつ表情理論である。FACS には 41 の基本動作が定義されており、その基本動作の組み合わせによって様々な顔の動きがコード化されている。Action Unit (AU) とは FACS の基本動作の 1 つであり、個々の筋肉または筋肉群の基本的な行動の行動単位である。各表情の動きに番号が当てられており、動きの名称や特徴、その動きを行うために動かされる筋肉などが定められている。

本研究では“ツンデレ”と呼ばれる快感情の抑圧状態を表現するため、「快感情の中立化」及び「快感情の怒り表情による隠蔽」の二種類の複合表情の生成を行う。そのためには AU を使って“幸福”、“怒り”、“平静”の表情を表現する必要がある。表 1 に FACS Investor's guide [Ekman 02b]において“Happy”及び“Anger”に関連するとされている AU の一覧を示す。なお平静表情はいずれの AU も作動していない状態であるため、対応する AU を記載していない。

複数の感情を含む表情を生成する研究として、檜山[檜山 08]では複数の感情を表現する際に強い感情を複数の AU で表現し、その中に弱い感情として単一 AU を加える方式を取っている。しかし、本研究で対象としている感情の抑圧においては、“抑圧される本心の表情”と“抑圧に用いる演技の表情”の二種類が存在する。そこで本研究では、意図的にコントロールしやすい/コントロールしづらいという観点から抑圧表情の生成に用いる AU を選定する。

表情分析入門 [Ekman 87]では、一般的に顔は全体を通して顔の上半分より顔の下半分のほうが偽装しやすいとされている。また、中立化と隠蔽それぞれの偽装において、中立化における顔の形態として、筋肉が収縮しないように顔の筋肉をリラックスさせておくことや、顔の筋肉を無表情なポーカフェイスの状態に固定させること、顎をこわばらせること、唇をきつく締め付けずに閉じること、前方を凝視するが瞼を緊張させないことなどがあげられる。怒りを隠蔽に使用するときの顔の形態では、怒りの特徴は顔の下半分だけでなく眉や額の両方にあらわれ、瞼にだけは本心が漏洩する。また、幸福に関して眼輪筋の意図的な収縮は難しいとされている。

これらをふまえて FACS Manual [Ekman 02a]に掲載されている各 AU の説明を調査した結果、AU6(頬を上げる)は意図的にコントロールしづらく、AU12(口角をつり上げる)、AU4(両眉を中央に寄せる)、AU5(目を見開く)、AU7(瞼に力を入れる)は意図的に動作させやすいことが分かった。

また、本研究ではアバターへの応用を想定しており、ユーザの発言にシンクロして口の形状が大きく変化することがあること、口の AU である AU10, 17, 22, 23, 24, 25, 26 はいずれも Anger に関連するが必須要素ではないことから、本研究では AU10, 17, 22, 23, 24, 25, 26 を抑圧表情の作成には使用しない。しかし口の AU である AU12 は Happy 表情の認識にとって影響が大きいとされているため抑圧表情の作成に用いる。これらより、本研究では表 1 の AU のうち、幸福の AU として AU6 及び 12、怒りの AU として AU4, 5, 7 を選定し、これらの組み合わせにより快感情の抑圧表現を実現する。

表 1: Happy 及び Anger に関連する Action Unit の一覧

感情	AU number	動作の説明
Happy	6	頬を上げる
	12	口端を上げる
Anger	4	眉を下げる
	5	上瞼を上げる
	7	瞼を緊張させる
	10	上唇を上げる
	17	顎を上げる
	22+25	唇を漏斗型にする
	23	唇を閉じる
	24	唇を上下から圧する
	25	唇を開く
	26	顎を下げる

表 2: 中立化及び隠蔽による快感情抑圧表情に用いる AU

偽装方法	本心表情	演技表情
中立化	幸福	平静 (AU 無し)
隠蔽	(AU6, AU12)	怒り (AU4, 5, 7)

さらに幸福を表すユニットとして、従来の快感情抑圧表情のイラストでよく用いられる赤面(頬の紅潮)を追加する。赤面は快不快の指標ではなく活性度の指標とみなすことができ、興奮、緊張、怒り、照れの意図的にコントロールできない指標と考えられる。そこで、本研究では隠蔽において「意図的にコントロールしやすい眉で怒りを演じているが、意図的にコントロールできない赤面として照れの本心が漏洩している」ことを仮説として提案する。表 2 に中立化及び隠蔽による快感情抑圧表情の作成に用いる AU の一覧を示す。

3. 快感情の抑圧表情アニメーションの作成

3.1 Live2D を用いた表情アニメーションの作成

本研究で使用する表情アニメーションの生成には Live2D Cubism [Live2Da]と呼ばれる一枚の原画をもとにアニメーションを作成するツールを用いる。また、感情を表出するキャラクターとして、Live2D が提供しているサンプルモデル [Live2Db]より“しずく”を使用する。“しずく”は各表情パーツの細かい分割が行われているため AU 単位での表情作成に適しており、作成した表情を評価者に評価してもらう際にも、眉、目、口といった表情パーツが明確に識別しやすい。

Live2D Cubism では、眉、目、口などの各パーツの形状をある状態から異なる状態に徐々に変化していくようなアニメーションを生成できる。そのため、初期状態を平静、変化後状態を AU が動作した後のパーツの形状と設定することで、アニメーション上は平静状態から表情が表出したように見える。例えば AU12 のみが表出する表情アニメーションを作成する場合、変化後状態の表情において AU12 の動作により口端が上がった形状になった口を描画し、それ以外の顔パーツは初期状態と同じにして Live2D Cubism を適用する。なお、評価時に他の要因が絡まないように、アニメーション全体の時間及び表情変化にかかる時間をすべて統一している。また、表情変化のみに注目させるため、肩から上のみからなるアニメーションを提示する。

評価用の表情アニメーションは、中立化と隠蔽それぞれについて表 2 の AU を組み合わせることで作成した。作成した全 28 件のアニメーションについて予備評価実験を行い、不自然と評定されたアニメーション 10 件を除外した 18 件を本評価実験で用いる。本研究で評価対象とした AU の組み合わせ表情を表 3

表 3: 中立化における AU の組み合わせ

	N1	N2	N3	N4	N5	N6
幸福(AU6+12)	○	○	△	△	×	×
赤面	×	○	×	○	×	○

表 4: 隠蔽における AU の組み合わせ

	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12
眉(AU4)	○	○	×	×	×	○	○	○	○	×	×	×
目(AU5+7)	○	○	×	×	○	×	×	×	×	○	×	×
目(AU6)	×	×	○	○	×	○	○	○	○	×	○	○
口(AU12)	×	×	×	×	×	×	○	○	○	○	○	○
赤面	×	○	×	○	○	×	○	×	○	×	×	○

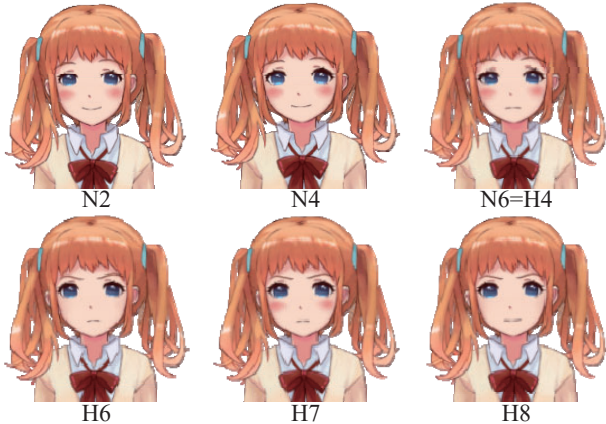


図 2: 作成した表情アニメーションの静止画(一部)

及び表 4 に示す。表中の○は当該 AU が動作している、△は弱く動作、×は動作せず平静であることをそれぞれ示す。ただし表 4 の目については、AU5+7か AU6のいずれかが動作している。また、表情アニメーションにおける変化後状態の表情の一部を図 2 に示す。

3.2 評価実験の手順

本研究では、作成した表情アニメーションについて、それらがどれだけ本来の感情及び“本来の感情を抑圧しようとしていること”の知覚に影響を与えるかについて分析を行うため、Sheffé の一対比較法浦の変法[高木 14][浦 59]を用いて、主観評価実験を行う。この一対比較では、2 枚の表情アニメーションを左右に同時に表示し、以下の 3 種類の質問を行う。

- ① 喜んでいるように見えるのはどちらか
- ② 怒っているように見えるのはどちらか
- ③ 喜びを隠そうとしているように見えるのはどちらか

中立化のアニメーション評価では①、③の質問、隠蔽のアニメーション評価では①、②、③の質問を行う。評定者は以下の 5 項目から一つ選択して回答する。

- 左がよりそのように見える
- 左がそのように見える
- どちらも同じくらいに見える、または、どちらもそのように見えない
- 右がそのように見える
- 右がよりそのように見える

評定者は 21 歳～26 歳までの男子大学生及び大学院生 6 名、21 歳～24 歳までの女子大学生及び大学院生 6 名である。

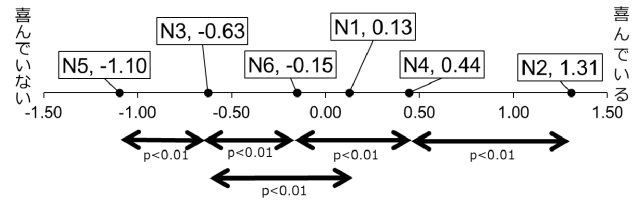


図 3: 喜び度合の多重比較結果(中立化)

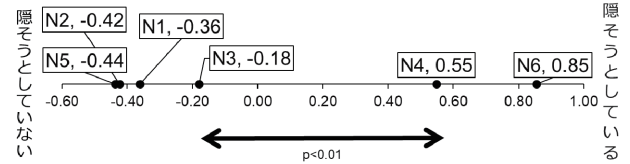


図 4: 喜びを隠そうとする度合の多重比較結果(中立化)

なお評定の際は順序効果[高木 14][浦 59]を考慮してグループ分けした評定者に異なる順序で評定作業を行ってもらった。また、異なる項目の評価作業を行う際は、作業の間に最低 2 時間の休憩を入れるよう指示した。

3.3 中立化による抑圧表現の評価実験結果

中立化による喜び度合の多重比較結果を図 3、喜びを隠そうとする度合の多重比較結果を図 4 にそれぞれ示す。数直線の下部にある矢印は $p < 0.01$ の有意差がある区間を表している。

分析の結果、「喜びを隠そうとしている」という印象について各 AU の組み合わせが与える効果について以下のことが明らかになった。

- AU6+12(幸福の目、頬、口の動作)が表出している時は喜んでいるように見える
- 赤面単体が表出している時は喜んでいるように見えない。一方、AU6+12(幸福の目、頬、口の動作)と同時に表出することで強く喜んでいるように見える。これは 2.2 節で述べたように赤面は快不快ではなく活性度が高いことを表す指標であるため、幸福の指標と同時に表れることで幸福の度合の高さを表すことができる
- 喜びを隠そうとしているように感じられるのは、AU6+12 が△または×で、かつ赤面が表れている表情(N4, N6)であった。これは AU6+12 で感情生起があまり観察されないにも関わらず赤面で何か活性度の高い心理状態にあるという食い違いの状況が「何らかの感情を隠しているのではないか」という感覚を与えているものと推察できる。そのため、AU6+12 が○、つまり目や口に明確に幸福の表情が見られるならば赤面があっても「素直に喜んでいる」と解釈され(N2)、また赤面の無い微弱な幸福の表出(AU6+12=△)では、「たださほど喜んでいない」と解釈された(N3)と考えられる

以上のことから、中立化によるツンデレ表現に最も適している AU の組み合わせは、AU6+12(幸福の目、頬、口の動作)が弱いか無い、かつ赤面が起こっている状態(N4, N6)であることが明らかになった。

3.4 隠蔽による抑圧表現の評価実験結果

隠蔽による喜び度合の多重比較結果を図 5、怒り度合の多重比較結果を図 6、喜びを隠そうとする度合の多重比較結果を図 7 にそれぞれ示す。

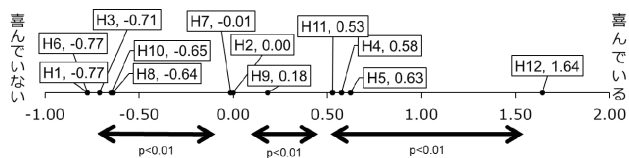


図 5: 喜び度合の多重比較結果(隠蔽)

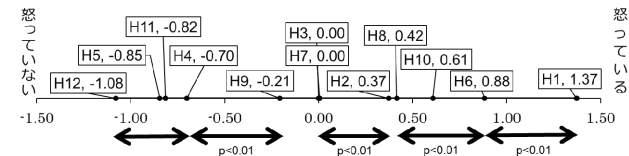


図 6: 怒り度合の多重比較結果(隠蔽)

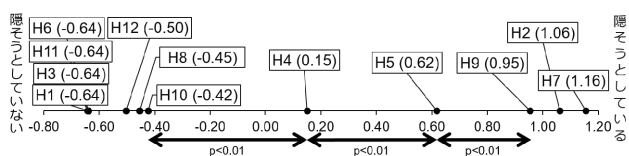


図 7: 喜びを隠そうとする度合の多重比較結果(隠蔽)

分析の結果、「喜びを隠そうとしている」という印象について各 AU の組み合わせが与える効果について以下のことが明らかになった。

- 赤面が表出している時は喜んでいるように見える。一方 AU4(怒りの眉)が表出している時は喜んでいるように見えないように見える
- AU4(怒りの眉)が表出している時は怒っているように見える。一方、赤面や AU12(幸福の口)が表出しているときは怒っていないように見える
- 目の AU の違い(AU5+7(怒り), AU6(幸福))は喜び、怒り、喜びを隠しているのいずれの項目においても回答に有意差は無かった
- 喜びを隠そうとしているように感じられるのは、AU4(怒りの眉)かつ赤面が表出している表情(H2, H7, H9)であった。これは、2.2 節で述べた仮説に合致する結果である。しかし、赤面の代わりに AU6(幸福の目)で本心を表現した組み合わせ(H6)や、AU12(幸福の口)で本心を表現した組み合わせ(H10)では単なる怒りとして解釈されていた

以上のことから、隠蔽によるツンデレ表現に最も適している AU の組み合わせは、AU4(怒りの眉)かつ赤面が表出している表情(H2, H7, H9)であることが明らかになった。

4. おわりに

本研究では、アバターの表情の生成において複数の感情を含むものや感情の抑圧のような複雑な表情の生成を行うことを目的として、心理学的見地に基づいて表情パーツの合成を行った表情アニメーションを作成し、どのパーツの組み合わせが感情抑圧表現として有効であるかの調査を行った。

本研究では複雑な表情の事例として快感情の抑圧表情である“ツンデレ”を対象として、中立化と隠蔽による快感情の抑圧状態を表現した。表情アニメーションの構成パーツとして、AU6(頬を挙げる)、AU12(口角をつり上げる)、AU4(両眉を中央に寄せる)、AU5(目を見開く)、AU7(瞼に力を入れる)に赤面を加えた 6 種類を用いた。

明確に不自然なアニメーションを除外した中立化 6 種、隠蔽

12 種のアニメーションに対して Sheffé の一対比較法を用いて、「喜んでいるか」、「怒っているか」、「喜びを隠そうとしているか」の 3 項目について評価者 12 名が評定を行った。その結果、中立化によるツンデレ表現に最も適している AU の組み合わせは、AU6+12(幸福の目、頬、口の動作)が弱いか無い、かつ赤面が起こっている状態(N4, N6)であることが明らかになった。また、隠蔽によるツンデレ表現に最も適している AU の組み合わせは、AU4(怒りの眉)かつ赤面が表出している表情(H2, H7, H9)であることが明らかになった。この結果は、「意図的にコントロールしやすい眉で怒りを演じているが、意図的にコントロールできない赤面として照れの本心が漏洩している」という提案手法の仮説に合致する。

今後は、生成したアニメーションのモデルにリップシンク機能を用いて発話音声が付与した場合の印象評定と、表情のタイミングや継続時間による影響について分析する予定である。

謝辞

本研究の一部は国立研究開発法人科学技術振興機構(JST)の研究成果展開事業「センター・オブ・イノベーション(COI)プログラム」の支援によって行われています。また本研究を行うにあたり、Live2D(株)からアニメーション作成ツール Live2D Cubismをご提供頂いています。

参考文献

- [Ekman 87] Paul Ekman, Wallace V. Friesen, 工藤力(訳): 表情分析入門—表情に隠された意味をさぐる, 誠信書房, 1987
- [Ekman 02a] Paul Ekman, Wallace V. Friesen, and Joseph C. Hager: Facial Action Coding System The Manual, Network Information Research Corp, 2002
- [Ekman 02b] Paul Ekman, Wallace V. Friesen, and Joseph C. Hager: Facial Action Coding System Investigator's Guide, Network Information Research Corp, 2002
- [檜山 08] 檜山洋一, 中坪祐介, 羽倉淳, 樽松理樹, 藤田ハミド: FACSを用いた複数感情の表情合成手法, 2008 年電子情報通信学会総合大会講演論文集, AS-7-7, 2008
- [Live2Da] Cubism 3 | Live2D, 株式会社 Live2D, <https://www.live2d.com/ja/products/cubism3/>, (2019 年 2 月 7 日アクセス)
- [Live2Db] サンプルデータ集 - Live2D Cubism 2 マニュアル, 株式会社 Live2D, <http://sites.cybernoids.jp/cubism2/samples/>, (2019 年 2 月 7 日アクセス)
- [高木 14] 高木英行: 使える!統計検定・機械学習—III—主観評価実験のための有意差検定, Institute of Systems, Control and Information Engineers, システム/制御/情報, Vol.58, No.12, pp.514-520, 2014
- [浦 59] 浦昭二: 一対比較実験の解析, 品質管理, Vol.16, pp.78-80, 1959