原著論文

顔部位の変化の不随意性に基づく 本心感情を隠蔽している表情アニメーションの生成 —ツンデレ表情を事例として—[†]

目良 和也*・青山 正人*・大道 博文*・黒澤 義明*・竹澤 寿幸*

CG アバターによる遠隔コミュニケーションにおいてユーザの気持ちを的確に伝えるには、言語情報だけでなく、口調、表情、動作などのノンバーバル情報も重要である。CG アバターに基本感情を付与する研究はこれまでも行われているが、皮肉や照れ隠しのような本心を隠そうとしている表情を表現するための手法は確立されていない。そこで本論文では、顔部位の変化の随意不随意性に注目し、本心感情を不随意的な顔部位の変化、演技感情を随意に動かせる顔部位の変化によって表現することで、外面と内面の感情を選択的に表現する手法を提案する。本論文ではツンデレ表情を想定し、本心感情を喜び、演技感情を平静あるいは怒りとした事例を用いて説明する。提案手法に基づいて作成した表情アニメーションについて印象評定を行った結果、不随意的な喜び顔部位である「頬の紅潮」が表出していることが「喜びを隠蔽しようとしている」という印象を強くしていた。一方、頬の紅潮の代わりに目や口など随意的な喜び顔部位を用いたところ、逆に「喜んでいるふりをしている」という印象を強くしていた。このことより、本心感情を不随意的な顔部位の変化によって表出することで、内面の感情を選択的に表現できることが確認できた。

キーワード：本心隠蔽表情, Facial Action Coding System, Action Unit, ツンデレ, 不随意的な顔部位の変化

1. はじめに

近年、インターネットを介したユーザ間コミュニケーションや Virtual YouTuber など CG アバターを介した他者とのコミュニケーションが急速に普及しつつある。このような CG アバターによる遠隔コミュニケーションにおいてユーザの気持ちを的確に伝えるには、言語情報だけでなく、口調、表情、動作などのノンバーバル（非言語）情報も重要である。

CG アバターに表情を付与するには、アバターの作成者があらかじめそのアバターに合った表情や動作のパターンを作成しておく必要がある。一般的な表出感情としては、喜怒哀楽や Ekman の基本 6 感情（怒り、嫌悪、恐れ、喜び、悲しみ、驚き）[1] といったクラスがよく用いられている。このような基本的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、比較的感情を認識されやすい表情が作成されている。一方、皮肉や照れ隠しなど、本来の感情がそのまま表出されないことが特定の心理状態を表す状況も存在するが、現在このような複数の感情が含まれた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ほとんど無いため、各モデル作成者の経験や感覚に依るところが大きい。

「感情 A の生起を感情 B の表情を演じることで隠蔽しようとしている状態」が伝わる表情」を再現するうえで、どのように「隠蔽している状態を表現する」のかは単純ではない。図 1 に「内面の喜び感情を隠すために、怒っているように演技する」場合の事例を示す。図の右に示すように、100% 完全に内面の喜び感情が隠蔽されれば、それは単なる怒り表情となる。一方、図の左に示すように、あまりに隠蔽の度が少なすぎるとそれは隠蔽する気のない単なる喜び表情にみえてしまう。とはいえ、単純に「怒りと喜びの中間となる表情」を作成すればよいわけではない。図 2 に示すように、両方の感情表情の特徴を平均化しても単にどちらともつかない表情になると考えられるため、それぞれの表情の特徴を共存させつつ表情を合成する必要がある。ただしその際も、単純に 2 つの感情表情の特徴を混在させるのではなく、どちらが内面（本心）の感情で、どちらが隠蔽のための演技（外面）の感情であるかが正しく伝わなければならない。

そこで本研究では、顔部位の変化の随意不随意性に注目し、本心感情を不随意的な顔部位の変化、演技感情を随意に動かせる顔部位の変化と対応付けることで、外面と内面の感情を選

図 1 怒り表情による喜びの隠蔽

[†] Facial Expression Generating Method to Express Suppressed Positive Emotion Considering Involuntary of Facial Actions – A Case Study on Tsundere –

Kazuya MERA, Masahito AOYAMA, Hirofumi OMICHI, Yoshiaki KUROSAWA, and Toshiyuki TAKEZAWA

* 広島市立大学大学院情報科学研究科
Graduate School of Information Sciences, Hiroshima City University

図2 喜びと困惑の混じった表情のバリエーション

折的に表現する手法を提案する。各感情における表情の部分的表出とその随意性については、Facial Action Coding System (FACS) [2] に基づいて定義する。なお本稿ではツンデレを対象として扱うため、本心の喜びを隠蔽するための演技感情表情として平静表情と怒り表情を用いた手法について述べる。

以下、関連研究のまとめと本研究の位置づけについて2章で述べ、提案手法である本心感情を隠蔽している表情アニメーションの生成手法について3章で述べる。そして4章で評価実験とその結果について、5章でまとめと今後の課題について述べる。

2. 関連研究のまとめと本研究の位置付け

複数の感情を表す表情を合成する手法として、Breazeal [3] は、ソーシャルロボット Kismet の表情表出機構のパラメータ設定により9つの感情 (anger, accepting, unhappy, tired, surprise, disgust, content, fear, stern) を作成し、それらの表情を valence (快—不快), arousal (活性—非活性), open/closed stance (態度) の3次元空間に配置することで、表現したい感情が3次元空間のどこに対応するかによってパラメータ値を決定する手法を提案している。また、砂時計型ニューラルネットワークを用いて情報圧縮することで感情空間を自動構築する手法も提案されている。砂時計型ニューラルネットワークは入力ニューロンの数と出力ニューロンの数が等しく、これらに比べて中間ニューロンの数が極端に少ないという特徴を持つため、このネットワークに入力パターンと同じパターンを出力するように学習させることで、中間ニューロンに入力情報の特徴が出現すると考えられている [4]。この中間ニューロンの値を感情空間の次元に対応させることで、各感情に対応する学習データが感情空間にプロットされる。こうして構築された感情空間において合成したい複数感情の中間の座標値を人為的に中間層に入力することで、出力層に対応するデータが出力される。市村 [5] では学習データとして各感情に対応する表情画像を、後藤 [6] ではロボットの表情表出機構のパラメータを合成する手法を提案している。しかし、これらの手法はいずれも複数の感情表情の中間状態を複数の感情を併せ持つ表情としているため、単に感情特徴のばやけた表情が生成される傾向がある。図3は市村 [5] において中間層に構築された感情空間、図4は図3の感情空間の点線で囲んだ部分から再現された顔表情画像であるが、各感情の間の領域では各感情表情の特徴が混ざった表情が合成

図3 中間層に構築された感情空間 (市村 [5] より)

図4 再現された顔表情画像 (市村 [5] より一部抜粋)

されており、明確な感情特徴が薄れている様子がみられる。

複数の感情を表現する表情を生成する際に、全ての顔部位の特徴を平均化するのではなく、顔部位ごとに異なる感情を表現することで、複数の感情の特徴を併せ持つ表情を作成する手法も提案されている。永井 [7] では、眉、スキンカラー、目、口の顔パーツに対して主観評価を行い、各顔パーツの valence (快—不快) と arousal (活性—非活性) の分布を求めることで、それらを組み合わせて作成した顔の感情値分布を推定する実験を行っている。加納 [8] では、感性会話型ロボット ifbot の表情表出機構において、涙や紅潮といった生理系機構と、口の形状のような筋肉系機構に分けて表情を作り出している。そ

表 1 本心と演技の組み合わせと対応する心理状態の例

心理状態	本心感情	演技感情
ツンデレ	嬉しい	平静
ツンデレ	嬉しい	怒り
お世辞	つまらない	楽しい
やせ我慢	苦しい	平静
照れ隠し	恥ずかしい	平静

の際、生理系ネットワークと筋肉系ネットワークそれぞれを用いて各系の表情制御値を算出し、それらの合成によって混合感情表情を生成している。檜山 [9] では、強い感情を複数の Action Unit（顔全体）で表現し、その中に弱い感情として単一の Action Unit（一部分）を加える手法を提案している。

しかし、ある感情を別の感情表出によって隠蔽する場合、複合される感情のどちらが本心でどちらが演技なのかまで伝わらないと、アバターで表現したい本当の心理状態が正しく伝わらない。図 2 の (B) も (C) も喜びと困惑が複合した表情であるが、(B) は「本心の困惑を演技の笑顔で隠蔽」しようとしており、逆に (C) は「本心の喜びを困惑の演技で隠蔽」しようとしている。

このような本心と演技を区別させるため、本研究では随意に制御できるか否かという観点から顔部位の変化を分類することで、「演技で隠せない本心の感情が随意に制御できない顔部位に漏洩する」という仮説のもと本心感情を隠蔽している状態の表情を作成する。手法の詳細については 3 章で述べる。

なお、モーションキャプチャを用いることでユーザの顔部位の変化に追従してアバターの表情を変化させる技術も存在するが、実際の人間の表情はアニメーションのようにおおげさに顔の部位が動くことは少ない。すると感情の表出度合も少なくなるため、アバターで模倣した場合には感情が伝わりにくくなると考えられる。

最後に提案手法の有用性について、本論文で提案する“本心感情を不随意な顔部位の変化、演技感情を随意に動かせる顔部位の変化と対応付けることで外面と内面の感情を選択的に表現する”手法は、本心感情と演技感情の組み合わせを変えらることで表 1 に示すような様々な心理状態を表す表情の作成にも応用可能である。

3. 本心感情を隠蔽している表情の表現

3.1 用語の定義

本節では、本論文で用いる各用語の定義について説明する。

本心感情：実際にエージェントの内面に生起している感情

演技感情：実際には生起していないが、あたかもその感情を生起していると相手に思わせるように演じている感情

感情表情：ある感情において一般的に表出される表情

本心感情表情：本心感情において一般的に表出される表情

演技感情表情：演技感情において一般的に表出される表情

本心隠蔽表情：本心感情を隠蔽するために偽装された表情、本研究における生成対象

Action Unit (AU)：表情の一時的な変化を構成する個々の筋肉または筋肉群の基本的な行動の行動単位 [2]

physiological Action Unit (pAU)：頬の紅潮、涙、冷や汗など

の生理的な表出を AU と同様の行動単位とみなしたもの。

本論文では pAU も AU の一種であるものとして論述する

平静表情：感情表情に関連するどの AU も動作していない表情

3.2 本心感情を隠蔽していることが伝わる表情

表情分析入門 [1] では、“顔の表情の統御技法”として、実際に感じている感情の表出を“修飾”したり、その感情の表出を“調節”したり、そのメッセージを“偽装”することなどが可能としている。そしてそのような統御が行われている表情には、“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”、“中断に起因する顔の微表情”の 4 つの側面があるとしている。“顔の形態”は、顔のある部位は別の部位より偽装されやすいことや、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区別できるかなどを示す。“表情のタイミング”は、顔に表れるまでの時間、継続時間、表情が消えるときの時間を示す。“会話中に表れるその表情の位置”は表情のタイミングと密接に関連しており、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“中断に起因する顔の微表情”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。本研究ではこれらのうち“顔の形態”に着目して、偽装における顔面統御された表情の生成手法を提案する。

また表情分析入門 [1] では、形態に基づく顔表情の統御において、表情を演じることによる偽装方法は以下の 3 種類に分けられるとしている。

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“快感情の表出を別感情の表情によって偽装している”状態であるツンデレ表情の事例について実験を行うため、これらの偽装方法のうち“中立化”と“隠蔽”の 2 種類を対象とする。なお本研究では中立化も「平静表情による隠蔽」とみなし、隠蔽と同じ手法によって実現する。

提案手法によって本心感情の表出を隠蔽している表情のイメージを図 5 に示す。「本心感情の表出を別の感情表情によって隠蔽している」という状態を表現する場合、図 1 に示したように本心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、隠蔽状態を表現する際には本心感情の兆候を残しておく必要がある。そこで、提案手法では演技感情表情を表出する際に隠しきれていない本心感情表情の特徴が一部漏洩することで隠蔽された感情の存在を表現する。

3.3 顔部位ごとの本心感情と演技感情の表出傾向

提案手法では、“ツンデレ”を表現するために“快感情の怒り表情あるいは平静表情による隠蔽”による本心隠蔽表情の生成を行う。そのためには、本心である喜び、演技である怒りおよび平静それぞれの表情についてどの顔部位にどのように表出するかを分類する必要がある。表 2 に FACS Investor's Guide [10] に掲載されている Happy および Anger における最も一般的な

図5 本心感情の表出を隠していることが伝わる表情

表2 Happy および Anger における AU の組み合わせ

感情	AUの組み合わせ			
Happy	6+12			
	12			
Anger	4+5+7+10	+22+23	+25 or 26	
	4+5+7+10	+23	+25 or 26	
	4+5+7	+23	+25 or 26	
	4+5+7	+17	+23	
	4+5+7	+17	+24	
	4+5+7	+23		
	4+5+7	+24		

表3 Happy および Anger に関連する AU の一覧

感情	AU number	動作の説明	演技の難しさ
Happy	6	頬を引き上げる	困難
	12	口端を上げる	容易
Anger	4	眉を下げる	容易
	5	上瞼を引き上げる	困難
	7	瞼を固くする	困難
	10	上唇を引き上げる	容易
	17	顎を引き上げる	容易
	22†	唇を漏斗型にする	容易
	23	唇を固くする	容易
	24	唇を上下から圧する	容易
	25	唇を開く	容易
	26	顎を下げる	容易

†:AU22単体で「唇を漏斗型にする」動作だが、通常AU25を伴う

AU の組み合わせ、表3に表2で用いられている各 AU の説明を示す。なお表3中の AU6 “頬を引き上げる” とは、図6のように「眼輪筋の下側が収縮して下まぶたが上がり、目が細くなる。一方、上まぶたは動かない。」[11] という状態を表す。また平静表情はいずれの AU も動作していない状態であるため、表2には対応する AU を記載していない。

表情分析入門 [1] では一般的に顔の上半分より顔の下半分の部位のほうが演技しやすいとしている。そして、怒りに関しては瞼にだけ本心が漏洩し、喜びに関しては眼輪筋の意図的な収縮は難しいとされている。この知見および FACS Manual [2] に掲載されている各 AU の演じやすさに基づいて、本研究では目の周りの AU (AU6: 頬を引き上げる, AU5: 上瞼を引き上げる, AU7: 瞼を固くする) の演技は困難、それ以外の眉や顔の下半分に関する AU は演技が容易と定義する。

図6 AU6 “頬を引き上げる” による目の変形 [11]

表4 本手法で用いる喜びおよび怒りの AU の一覧

感情	AU number	動作の説明	演技の難しさ
喜び	AU6	頬を引き上げる	困難
	AU12	口端を上げる	容易
	pAU1	頬の紅潮	演技不可
怒り	AU4	眉を下げる	容易
	AU5	上瞼を引き上げる	困難
	AU7	瞼を固くする	困難

なお、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から、本研究では口の AU である AU10, 17, 22, 23, 24, 25, 26 を使用しない。ただし、「感情表情の隠蔽において最も一般的に使われるのが AU12 である [12]」ことから、本研究では口の AU である AU12 も使用する。さらに、表2で提示した AU は筋肉系ネットワークに属する表現であるため、生理系ネットワークに属する pAU として “頬の紅潮” を追加する。そして本論文では AU は全て随意的なユニット、pAU は全て不随意的なユニットと定義する。表4に、提案手法で用いる喜び表情および怒り表情の AU と演技の難しさについてまとめる。

3.4 本心隠蔽表情の作成手法 (提案手法)

提案手法では、本心感情を不随意的な顔部位の変化、演技感情を随意に動かせる顔部位の変化と対応付けることで外面と内面の感情を選択的に表現する。そのために前段階として、本心感情表情および演技感情表情を構成する顔部位の変化を不随意的なものとする。随意的なものに分類しておく (3.3 節参照)。提案手法の処理の流れを図7に示す。はじめに、演技表情を意図的に表出するために随意的な AU を動かして表情を作る。しかし不随意的な AU は意図的に動かすことができないため表出できない。一方、本心感情表情の AU の表出は抑制されなければならないのだが、こちらも不随意的な AU の表出を意図的に抑制できないため、表情に漏洩してしまう。そこで、演技感情表情の随意的な AU と本心感情表情の不随意的な AU を組み合わせることで、“意図的に表出しようとした演技感情表情のなかに不随意的な本心感情表情の痕跡が残る” という状態を表現する。

図7 提案手法の処理の流れ

図7の例では、本心感情を表す表情のAUとして頬が引き上げられることによる目の形状の変化（ V_1 ）、口端が上がる（ V_2 ）および頬が紅潮する（ I_1 ）、演技感情を表す表情のAUとして上瞼が引き上げられることによる目の形状の変化（ V'_1 ）および顎を引き上げる（ V'_2 ）が想定されており、そのうち、 V_1 、 V_2 、 V'_1 、 V'_2 は随意的、 I_1 は不随意的と定義されている。そのため、演技表情による隠蔽を行おうとした場合、 V'_1 と V'_2 は意図的に表出、 V_1 と V_2 は表出が抑制され、 I_1 はそのまま表出してしまふといった状態となり、図7下部の表情が合成される。

4. 評価実験

4.1 評価実験用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 [13]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 [14]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、作成した表情を実験参加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。各表情パーツのモデリングは手作業で行い、ツール内に存在するパラメータ割り当て機能を用いてAUごとの変形動作パラメータを作成する。

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、初期状態をどのAUも動作していない無感情な表情（図8のN5）、変化後状態をAUが動作した後の表情と設定することで、アニメーション上は平静状態から感情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、提案手法では顔表情の統御技法（3.2節）のうち“顔の形態”にのみ注目して実験を行うため、アニメーション全体の時間および表情変化にかかる時間をすべて3秒に統一している。また、ジェスチャの有無などを考慮せず表情のみの変化であるため、実験参加者には肩から上からなる顔表情画像を提示する。

図8 作成した表情アニメーションの静止画（平静）

表5 平静による本心隠蔽表情のAUの組み合わせ

	喜びAU		
	pAU1	AU6	AU12
	頬の紅潮	目	口端上げ
	演技不可	困難	容易
n1	×	強	
n2	○	強	
N1	×	中	
N2	○	中	
N3	×	弱	
N4	○	弱	
N5	×	無し	
N6	○	無し	

評価用の表情アニメーションは、平静による本心隠蔽表情および怒りによる本心隠蔽表情それぞれについて表4のAUを組み合わせることで作成した。平静表情による隠蔽についてはAU6+12の強度4通り（強、中、弱、無し）×頬の紅潮の有無2通りの組み合わせである計8パターンの表情アニメーションを作成した。怒り表情による隠蔽についてはAU4の有無2通り×目の形状2通り（AU5+7 or AU6）×AU12の有無2通り×頬の紅潮の有無2通りの組み合わせである計16パターンの表情アニメーションを作成した。なお怒り表情による隠蔽におけるAU6およびAU12の生起度合は作成した表情の自然さを考慮して平静表情による隠蔽の強度弱と同じとした。平静による本心隠蔽表情アニメーションのAUの組み合わせを表5、表情表出時の画像を図8、怒りによる本心隠蔽表情アニメーションのAUの組み合わせを表6、表情表出時の画像を図9にそれぞれ示す。

なお、本実験では一対比較による評価を行うため、評価項目が1つ増えるだけで必要となる評価対象ペアの数は大幅に増加してしまう。そこで、表5においてはAU6とAU12がいずれも随意的な顔部位の変化であることからひとまとめで強度を設定し、表6においてはFACS The Manual [2]で微妙な違いしかないとされているAU6とAU7の違いを評価しなくて済むようにAU6とAU5+7が同時に生起する組み合わせを除外している。

4.2 評価実験用表情アニメーションの選定

本論文では表情アニメーションの印象評価実験を一対比較法

表6 怒りによる本心隠蔽表情の AU の組み合わせ

	喜びAU			怒りAU	
	pAU1	AU12	AU6	AU5+7	AU4
	類	口端	目	眉	
	不可	容易	困難	困難	容易
H1	×	×	×	○	○
H2	○	×	×	○	○
H3	×	×	○	×	×
H4	○	×	○	×	×
h1	×	×	×	○	×
H5	○	×	×	○	×
H6	×	×	○	×	○
H7	○	×	○	×	○
h2	×	○	×	○	×
h3	○	○	×	○	×
H8	×	○	○	×	○
H9	○	○	○	×	○
H10	×	○	×	○	○
h4	○	○	×	○	○
H11	×	○	○	×	×
H12	○	○	○	×	×

図9 作成した表情アニメーションの静止画（怒り）

によって行うため、評価対象アニメーション数が増えるにつれて実験参加者が評価すべきペアの個数も大幅に増加してしまう。そこで4.1節で作成した表情アニメーション（平静8種類、怒り16種類）から、印象評定がしづらい不自然に感じられる表情アニメーションを除外することで実験参加者が評価するペアの個数を減らす。

4.3節の評価実験に先立ち、作成した表情アニメーションの不自然さを評価するための予備実験を行った。提示する表情アニメーションは図8および図9の計24種類から重複（N3 = H11, N4 = H12）を除いた22種類と、あえて不自然と感じられる

ように作成したダミーアニメーション6種類を合わせた28種類である。これらの表情アニメーションを56名の実験参加者（19歳～21歳までの男子大学生45名及び女子大学生11名）に1枚ずつ提示し、各表情アニメーションが自然であれば○、不自然であれば×を記入してもらった。そしてその後、以下の手順で評価対象アニメーションの選定を行った。

1. 56名の回答から以下の条件いずれかに当てはまる実験参加者（8名）の回答を除外する

- 未回答がある評価者（1名）
- 4.2節で作成した表情アニメーション22枚について自然であるという評価が5個以下の実験参加者（3名）
- ダミーアニメーション6枚について自然であるという評価が4個以上の実験参加者（4名）

2. 手順1で除外されなかった48名の回答において、自然であると回答した人数が15名以下である表情アニメーション6枚を除外する。（ダミーアニメーション6枚に対して自然であると回答した人数の平均 = 9.7, 標準偏差 = 6.0）

予備実験の結果、図8のn1およびn2、図9のh1, h2, h3およびh4を除く表情アニメーション（平静6種類、怒り12種類）を本実験に用いることとした。次節の本実験では平静表情の評価を3回、怒り表情の評価を4回行うことから、この削減により実験参加者が評価すべき表情アニメーションのペアの数は $8P_2 \times 3 + 16P_2 \times 4 = 1,128$ 対から $6P_2 \times 3 + 12P_2 \times 4 = 618$ 対まで減少し、評定作業の負担と慣れによる影響を軽減できる。

4.3 評価実験の手順

提案手法に基づいて作成した表情アニメーションが“本心感情の表出を別感情表情によって隠蔽しようとしていること”の知覚に与える影響について分析を行うため、Shefféの一对比較法（浦の変法）[15, 16]を用いて主観評価実験を行った。本実験では、2枚の表情アニメーションを左右に同時に表示し、どちらの表情アニメーションがより質問項目に当てはまるかを回答する。実験参加者に提示される画面を図10に示す。

本評価実験における質問項目を以下に示す。

- 喜んでいるように見えるのはどちらか（喜び度）
- 怒っているように見えるのはどちらか（怒り度）
- 喜びを隠そうとしているように見えるのはどちらか（喜び隠蔽度）
- 喜んでいるふりをしているように見えるのはどちらか（喜び擬態度）
- 怒りを隠そうとしているように見えるのはどちらか（怒り隠蔽度）

平静による本心隠蔽表情の評価では喜び度、喜び隠蔽度、喜び擬態度の質問、怒りによる本心隠蔽表情の評価では喜び度、怒り度、喜び隠蔽度、怒り隠蔽度の質問を行った。各質問項目において実験参加者は以下の選択肢から1つ回答した。

- 左の画像の方が○○に見える
- 左の画像の方がやや○○に見える
- どちらも同じくらいに見える
- 右の画像の方がやや○○に見える

比較画像 (左)   比較画像 (右)

以下の5つから該当するものを1つ選んでください*

☐ 左の画像の方が喜んでいるように見える

☐ 左の画像の方がやや喜んでいるように見える

☐ どちらも同じくらいに見える

☐ 右の画像の方がやや喜んでいるように見える

☐ 右の画像の方が喜んでいるように見える

戻る   次へ   2/83 ページ

図 10 評価システムの画面表示

- 右の画像の方が ○○ に見える

順序効果の影響を考慮して一対比較を行うため、平静と怒りそれぞれについて以下の4種類の並びのデータセットを作成した。作成されたペアの個数は平静 15 対、怒り 66 対である。

甲正順：評価対象となる表情アニメーションの組み合わせを作成し、ランダムに並べたもの

甲逆順：甲正順のペアの提示順を逆にしたもの

乙正順：甲正順の各ペアにおいて提示される表情アニメーションの表示位置を左右反転して、ランダムに並べたもの

乙逆順：甲逆順の各ペアにおいて提示される表情アニメーションの表示位置を左右反転して、ランダムに並べたもの

実験参加者は 21 歳～24 歳までの大学生および大学院生 12 名（男性 8 名、女性 4 名）であったため、男性 2 名と女性 1 名からなる 4 グループを作成し、各グループに表 7 の順番で評価するよう指示した。これにより同じ実験参加者が甲順と乙順の両方を評価することになるため、表情アニメーション提示の左右による効果を考慮した評価が可能となる。なお各質問において使用する表情アニメーションが同じであることから、表情アニメーション間の独立性を保つために各質問は日を分けて行い、同日内の評価作業は 1 時間以上空けて行うよう指示した。

各質問項目における表情アニメーションの平均評価値は式 (1) を用いて算出する。式中の t は評価対象である表情アニメーションの数、 n は実験参加者数、 x_{ijl} は第 l 番目の実験参加者が第 i 番目の評価対象を左、第 j 番目の評価対象を右に提示して一対比較した評価値を表している。この評価値は一対比較において回答した選択肢から、「左の画像の方が…… = +2, 左の画像の方がやや…… = +1, どちらも同じくらい…… = 0, 右の画像の方がやや…… = -1, 右の画像の方が…… = -2」とする。なお、表情アニメーションの表示位置が評価に影響を及ぼす可能性を考慮して同じペアの表示位置を左右反転したものについても一対比較評価を行っているが、 $x_{ijl} = -x_{jil}$ が必ずしも成り立っているとは限らない。

表 7 Sheff é の一対比較法に基づく評定

	1日目	2日目	3日目	4日目
グループA	平静 : 怒り	平静 : 怒り	平静 : 怒り	平静 : 怒り
	喜び度	×	怒り度	喜び隠蔽度
	甲正順	×	甲正順	甲正順
	乙正順	×	乙正順	乙正順
グループB	平静 : 怒り	平静 : 怒り	平静 : 怒り	平静 : 怒り
	喜び度	×	怒り度	喜び隠蔽度
	乙逆順	×	乙逆順	乙逆順
	甲逆順	×	甲逆順	甲逆順
グループC	グループA 2日目と同じ	グループA 1日目と同じ	グループA 4日目と同じ	グループA 3日目と同じ
グループD	グループB 2日目と同じ	グループB 1日目と同じ	グループB 4日目と同じ	グループB 4日目と同じ

$$\left\{ \begin{array}{l} \hat{\alpha}_i = \frac{1}{2tn} (x_{i..} - x_{.i.}) \\ x_{i..} = \sum_{l=1}^n \sum_{j=1}^t x_{ijl} \\ x_{.i.} = \sum_{l=1}^n \sum_{j=1}^t x_{jil} \end{array} \right. \quad (1)$$

4.4 平静による本心隠蔽表情の評価結果

平静による本心隠蔽表情の妥当性について評価するため、4.2 節で選定した表情アニメーション 6 枚について主観評価実験を行った。本節の実験では「本心の喜びを演技の平静によって隠蔽する」という事例を用いており、喜び表情の AU は $AU6 + 12 = \text{中}$ と $pAU1 = \text{○}$ 、平静表情の AU は $AU6 + 12 = \text{無し}$ と $pAU1 = \text{×}$ となっている。これらの AU の組み合わせにおいて、単に顔部位ごとに異なる感情を表現している従来手法（顔部位混合手法）に対し、提案手法では「本心を不随意的な顔部位の変化、演技感情を随意に動かせる顔部位の変化」のように顔部位混合手法から条件をより限定している。また本実験ではもう 1 つの従来手法である平均化による表情生成手法（平均化手法）との比較も行うため、 $AU6 + 12 = \text{弱}$ という表出強度の顔部位を作成し、これを用いた表情を平均化手法による表情とした。これより、表 5 に示す本心隠蔽表情は以下のように分類される。

- 全て喜び AU からなる表情 : N2
- 全て平静 AU からなる表情 : N5
- 顔部位混合手法によって作成される表情 : N1, N6
  - うち提案手法 ($AU6 + 12 = \text{無し}$ & $pAU1 = \text{○}$) : N6
  - うち not 提案手法 ($AU6 + 12 = \text{中}$ & $pAU1 = \text{×}$) : N1
- 平均化手法によって作成される表情 ($AU6 + 12 = \text{弱}$) : N3, N4

図 11 平静による本心隠蔽表情の評定結果

各表情アニメーションに対して実験参加者 12 名が評定した喜び度、喜び隠蔽度、喜び擬態度の平均評価値を図 11 に示す。図中のエラーバーは標準誤差を表している。なお図中では喜び度の順に各表情アニメーションの評定結果を示している。

図 11 より、喜び度は pAU1 と AU6 + 12 が共に表出していない表情 (N5) が最低、pAU1 と AU6 + 12 が共に表出している表情 (N2) が最高となっており、どちらかの表出が抑制されている表情 (N1, N3, N4, N6) がそれらの中間の評価値となっている。これらの表情では、喜び隠蔽度と喜び擬態度の間に負の相関 (相関係数 -0.97) がみられた。

これらのうち頬の紅潮がある表情 (N4, N6) では喜び隠蔽度が高く、頬の紅潮が無い表情 (N1, N3) では喜び擬態度が高かった。これらはいずれも喜びの兆候が部分的に表出している表情であるが、不随意的な AU である頬の紅潮による喜び表現は本心と解釈される一方、不随意的ではない AU である目や口の形状変化による喜び表現は不随意的喜び表現を伴わない限り本心と思ってもらえないことが判明した。

これらの結果に基づき提案手法に相当する表情 (N6) と従来手法である顔部位混合手法に相当する表情 (N1, N6) 及び平均化手法に相当する表情 (N3, N4) を比較したところ、提案手法による表情 (N6) は喜び隠蔽度の平均評価値が最も高く、喜び擬態度の平均評価値が負値となっていた。一方、顔部位混合手法による表情 (N1, N6) のうち提案手法では作成されない N1 の喜び隠蔽度の平均評価値は負値、喜び擬態度の平均評価値は正値となっており、意図した本心隠蔽状態とは逆の状態 (本心 = 平静、演技 = 喜び) であるとの印象を与えていた。このことより、顔部位混合手法では意図した本心隠蔽状態が必ずしも正しく表現できるわけではないということが確認された。一方平均化手法による表情 (N3, N4) では、pAU = ○である N4 の喜び隠蔽度と喜び擬態度は N6 の評価を全体的に弱くした傾向、pAU = ×である N3 の喜び隠蔽度と喜び擬態度は N1 の評価を全体的に弱くした傾向であった。このことより、2 節で述べたように平均化手法による表情は「単に感情特徴のほやけた表情である」という印象を与えていることが確認された。それに対して提案手法は、意図した本心隠蔽状態 (本心 = 平静、演技 = 喜び) を正しく伝達できていることが確認できた。

図 12 怒りによる本心隠蔽表情の評定結果

4.5 怒りによる本心隠蔽表情の評価結果

次に、怒りによる本心隠蔽表情の妥当性について評価するため、4.2 節で選定した表情アニメーション 12 枚について主観評価実験を行った。提案手法が表出を目指すツンデレ表情に相当するのは、“本心感情表情 (喜び) とそれを隠蔽するための演技感情表情 (怒り) において、随意的かつ演技が容易な怒り AU (AU4) を表出し、喜び AU (AU12) は抑制できているが、不随意的な喜び AU (pAU1) が漏洩している表情 (H2, H7)”である。このうち演技が困難な目において怒り (AU5 + 7) が演技出来ている表情が H2、怒りの演技が出来ず本心の喜び (AU6) が漏洩している表情が H7 に相当する。表 5 に示す本心隠蔽表情の分類を以下に示す。

- 全て怒り AU からなる表情：H1
- 全て喜び AU からなる表情：H3, H4, H11, H12
- 顔部位混合手法によって作成される表情：H2, H5, H6, H7, H8, H9, H10

うち提案手法 (pAU1 と怒り AU を含むもの)：H2, H5, H7, H9

うち not 提案手法 (pAU1 を含まないもの)：H6, H8, H10

各表情アニメーションに対して実験参加者 12 名が評定した喜び度、怒り度、喜び隠蔽度、怒り隠蔽度の平均評価値を図 12 に示す。図中のエラーバーは標準誤差を表している。なお図中では喜び度の順に各表情アニメーションの評定結果を示している。

図 12 より、喜び隠蔽度の高い表情は、平静表情による隠蔽と同様に喜び度および怒り度が比較的 0 に近い傾向があった。そして、明らかな喜び表情 (H12) を除き、喜び隠蔽度が正値と評定された表情には全て頬の紅潮が表出していた。一方、怒り隠蔽度については喜び隠蔽度との間に相関関係はみられず、怒り度との間に正の相関がみられた (相関係数 0.77)。

喜び隠蔽度が高かった表情は、不随意的な喜び AU と演技が容易とされる怒り眉が同時に表出している表情 (H2, H7, H9) であった。一方、頬の紅潮の代わりに目や口端など随意的な喜び AU と怒り AU を混合した表情 (H6, H8, H10) は、いずれも喜び隠蔽度が負の値と評価された。

これらの結果に基づき、顔部位混合手法のうち提案手法に相当する表情 (H2, H5, H7, H9) と提案手法に相当しない表情 (H6, H8, H10) を比較したところ、提案手法の 4 表情は喜び

表 8 平静による本心隠蔽表情における頬の紅潮（pAU1）の有無の影響

頬の紅潮有り	頬の紅潮無し	頬の紅潮以外の AU		紅潮有り表情－紅潮無し表情		
		AU6+12の強度		喜び度	喜び隠蔽度	喜び擬態度
N6	N5	無し		+1.04**	+1.26**	+0.25
N4	N3	弱		+1.40**	+0.49**	-0.78**
N2	N1	中		+1.24**	+0.22	-0.93**

**: $p<0.01$, *: $p<0.05$ （表9～表12も同様）

表 9 怒りによる本心隠蔽表情における頬の紅潮（pAU1）の有無の影響

頬の紅潮有り	頬の紅潮無し	頬の紅潮以外の AU			紅潮有り表情－紅潮無し表情			
		AU4	AU5+7 or AU6	AU12	喜び度	怒り度	喜び隠蔽度	怒り隠蔽度
H2	H1	○	AU5+7	×	+0.81**	-0.89**	+1.73**	+0.24
H7	H6	○	AU6	×	+0.91**	-0.85**	+1.64**	-0.03
H4	H3	×	AU6	×	+1.26**	-0.51**	+1.11**	-0.75**
H9	H8	○	AU6	○	+0.91**	-0.78**	+1.17**	-0.14
H12	H11	×	AU6	○	+1.09**	-0.13	+0.51**	-0.35**

表 10 平静による本心隠蔽表情における喜び AU（AU6+12）の強度の影響

喜びAUの強度			pAU1	喜び度		喜び隠蔽度		喜び擬態度	
中	弱	無		中－弱	弱－無	中－弱	弱－無	中－弱	弱－無
				中－無		中－無		中－無	
N1	N3	N5	×	+0.73**	+0.49**	-0.21	+0.18	+0.17	+1.28**
				+1.21**		-0.03		+1.45**	
N2	N4	N6	○	+0.58**	+0.84**	-0.47**	-0.59**	+0.02	+0.25
				+1.42**		-1.06**		+0.27	

隠蔽度の平均評価値が総じて高い正值であった。一方、提案手法でない 3 表情はいずれも喜び隠蔽度の平均評価値が負値であった。このことより、単に本心感情と演技感情の顔部位を組み合わせただけでは意図した本心隠蔽状態が必ずしも正しく表現できるわけではないということが確認できた。

4.6 AU の表出が印象に与える影響

4.4 節および 4.5 節では、各隠蔽手法における平均評価値の差異について述べた。本節では、前述の評価実験結果を各 AU の影響という観点から考察する。表 8、9 に頬の紅潮の有無による印象の違い、表 10 に喜び AU の表出強度による印象の違いを示す。なお表中で示している 2 つの対象アニメーションの統計的有意差は高木 [15] の手法によって判定している。

まず、頬の紅潮が与える影響について表 8 および表 9 に示す。表の各行では、頬の紅潮以外の AU が同じである表情について頬の紅潮が有る場合と無い場合の平均評価値の差分を示している。なお H5 と H10 についてはそれぞれペアになる h1 および h4 が予備実験で除外されているため、表 9 には記載していない。

喜び隠蔽度は、喜びを隠すつもりが無い表情（N2、H12）以外の全表情において頬の紅潮があるときに統計的に有意に増加していた。喜び隠蔽度とは逆に喜びを演技とみなしている喜び擬態度は頬の紅潮があるときに減少していた。一方、怒り隠蔽

表 11 怒りによる本心隠蔽表情における怒り眉（AU4）の有無の影響

AU4		AU4以外 AU			AU4有り表情－AU4無し表情			
有り	無し	AU5+7 or AU6	AU12	pAU1	喜び度	怒り度	喜び隠蔽度	怒り隠蔽度
H6	H3	AU6	×	×	-0.16	+1.47**	+0.15	+0.35**
H8	H11	AU6	○	×	-0.77**	+1.24**	+0.31**	+0.87**
H2	H5	AU5+7	×	○	-0.82**	+1.34**	+0.72**	+1.04**
H7	H4	AU6	×	○	-0.51**	+1.14**	+0.67**	+1.08**
H9	H12	AU6	○	○	-0.95**	+0.59**	+0.97**	+1.08**

度については AU の組み合わせによる違いが大きく、一般的傾向はみられなかった。

次に平静表情による隠蔽における目と口の喜び AU の表出強度の影響について表 10 に示す。喜び度は頬の紅潮の有無に関わらず表出強度に比例して高くなる。しかし、喜び隠蔽度は頬の紅潮があるときのみ喜び AU の表出強度に反比例している。これは喜び AU と頬の紅潮が両方表出している状況は「喜びを隠すつもりが無い」と解釈されたと考えられる。逆に喜び擬態度は頬の紅潮が無いときのみ喜び AU の表出強度に正比例している。これは「不随意的な喜び表出を伴わない随意的な喜び表出は嘘くさい」と解釈されたためと考えられる。さらに、頬の紅潮がある N4 と N6 はいずれも喜び隠蔽度が正值となっているが、N6 の喜び度は負値、N4 の喜び度は正值であることから、同じツンデレでも N6 は「比較的上手に本心を隠そうとしているツンデレ」、N4 は「隠そうとしている本心が筒抜けになっているツンデレ」というような印象の違いを与えることができた。

怒りによる本心隠蔽表情における眉の形状の違いの影響について表 11 に示す。喜び隠蔽度については目の形状以外に喜びが表出していない表情（H3、H6）以外のどの表情でも AU4 があるほうが大きく増加していた。そして怒り隠蔽度については全ての AU の組み合わせにおいて大きく増加していた。提案手法では、「表出の難易度＝抑制の難易度」との仮定のもとで随意的なユニットと不随意的なユニットを定義していたが、一部の AU では“表出は容易だが抑制は困難”であることも想定される。表 11 の場合、「怒り眉の形状を表出するのは容易なため演技の怒りにおいては随意的だが、不意な怒りによる瞬間的な表出（micro expression）のように本心の怒りにおいては不随意的である」という状況を表しているとも考えられるため、AU の随意性の非対称性については今後調査する予定である。

怒りによる本心隠蔽表情における目の形状の違いの影響について表 12 に示す。こちらは目の形状が喜びであっても怒りであっても、喜び度、怒り度、喜び隠蔽度に違いはみられなかった。このことから表情から感情推定を行う際には、眉とは違って目自体の形状は重視されていないといえる。

4.7 提案手法の応用

4.4 節で示したように、ツンデレを事例とした評価実験の結果、表出を抑制している本心感情（喜び）が漏洩している状態を表す際に、随意的にコントロールできない頬の紅潮を用いることが有効であることがわかった。そのため、喜び以外の感情

表 12 怒りによる本心隠蔽表情における目の形状 (AU5 + 7 or AU6) の違いの影響

目の形状		目の形状以外の AU			AU6表情 - AU5+7表情			
AU6	AU5+7	AU4	AU12	pAU1	喜び度	怒り度	喜び隠蔽度	怒り隠蔽度
H6	H1	○	×	×	+0.04	-0.27*	+0.02	+0.40**
H8	H10	○	○	×	+0.01	+0.00	+0.06	+0.32**
H7	H2	○	×	○	+0.14	-0.22	-0.07	+0.13
H4	H5	×	×	○	-0.17	-0.02	-0.02	+0.10

表 13 感情に伴う pAU の例

感情	pAU
喜び	頬の紅潮, 瞳孔が開く
怒り	青筋を立てる, 赤面
悲しみ	涙, 鼻や頬の充血
驚き	瞳孔が開く
恐怖	震え, 顔に影を落とす, 血の気が引く, 目が充血

表 14 マルチモーダルな本心感情隠蔽状況の事例

演技表出	本心表出	事例
言葉	表情	満面の笑顔で「お気の毒です」
表情	口調	冷静な表情だが声は震えている
表情	挙動	冷静を装いながらもそわそわしている
言葉	口調	甘えた声で「やめてよ, 馬鹿」

についても、従来のイラスト描画技法において一般的に用いられる pAU を用いることが有効であると考えられる。表 13 に感情とそれに伴う pAU の例を示す [11]。このようなシンボル化された pAU を本心感情の漏洩として用いることで、二種類の感情が複合された表情において、本心感情と演技感情の違いを伝えることが出来る。図 2 の例では喜びと困惑の混じった感情を例としているが、困惑の pAU を冷や汗で表現したものが (B)、喜びの pAU を頬の紅潮で表現したものが (C) であり、それぞれどちらの感情が本心であるかが伝わるイラストとなっている。

しかし、実写画像のようなリアルな表情画像においてこのようにイラストとしてシンボル化された表現を用いた場合は不自然だったり分かりにくかったりするという状況も発生する。そのような場合は、表情とは異なるモダリティによる感情表現を組み合わせることによって、生理的反応と意図的な演技を同時に表現できる。表 14 にマルチモーダルな本心感情隠蔽状況の事例を示す。発話される言葉は比較的演技が容易、口調や挙動には比較的本心が漏洩することがあるといった特徴を踏まえて感情表出状況を組み合わせることで、提案手法を応用した形で本心感情と演技感情の違いを表現することが可能になることが期待できる。

また、3.2 節で述べたように“表情のタイミング”と“会話中に表れるその表情の位置”によっても、心理状態を表現することができる。微表情 (micro expression) は本心感情表情が表出してすぐ中断隠蔽された状態 [1] で、表出時間は 40~200 ミリ秒と非常に短い。これにより「一瞬眉をひそめるがすぐに笑顔に戻る」といった表現が可能になるため、微表情を本心感情

に対応づけることで本心感情の表出を隠蔽しようとしている状態を表現できる。

さらに難波 [17] では、最終的に同じ笑顔になる動画において、唇の端に引っ張りが先に起きるものと開口が先に起きるものについて比較評価を行い、後者の笑顔がより作為的な笑顔と感じられるという結果を示している。このことから、AU の動作タイミングをずらすことで演技であると印象づける手法も有効である。

5. おわりに

本論文では、顔部位の変化の随意不随意性に注目し、本心感情を不随意な顔部位の変化、演技感情を随意に動かせる顔部位の変化と対応付けることで、外面と内面の感情を選択的に表現する手法を提案した。組み合わせる顔部位の随意性と相手に与える印象の違いについて検証するため、快感情を隠蔽している表情である“ツンデレ”を対象として評価実験を行った。

実験の結果、不随意的な喜び顔部位である“頬の紅潮”が表出していることが「喜びを隠蔽しようとしている」という印象を強くすることが明らかとなった。一方、頬の紅潮の代わりに目や口など随意的な喜び顔部位を用いたところ、逆に「喜んでいるふりをしている」という印象を与えることがわかった。この結果より、「不随意的な顔部位は隠しきれない本心を表している」という提案手法の思想が有効であることが確認できた。また、コントロールが容易であると想定していた眉の形状によって、「喜びを隠蔽しようとしている」だけでなく「(喜び表情によって) 怒りを隠蔽しようとしている」という印象を与えることができることもわかった。

今後は、4.7 節で述べたように頬の紅潮以外の不随意的な顔部位表現を用いてツンデレ以外の本心隠蔽表情についても検証する予定である。また、実写に近い表情画像においても提案手法を適用することも検討している。

謝辞

本研究を行うにあたり、多大なご協力を頂いた林柚季氏に厚く御礼申し上げます。また本研究は、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」グラント番号 JPMJCE1311 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] P. Ekman and W. 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.
- [2] P. Ekman, W. V. Friesen, and J. C. Hager: *Facial Action Coding System The Manual*, Network Information Research Corporation, 2002.
- [3] C. Breazeal: “Regulation and Entrainment in Human – Robot Interaction,” *The Int. J. of Robotics Research*, Vol.21, Nos.10-11, pp. 883-902, 2002.
- [4] 入江文平, 川人光男: “多層パーセプトロンによる内部表現の獲得,” 電子情報通信学会論文誌, Vol.J73-D-II, No.8, pp. 1173-1178, 1990.
- [5] 市村匠, 石田与志, 目良和也, 大枝真一, 杉原亮宏, 山下利之: “並列砂時計ニューラルネットワークと情緒生起手法を用いた感情指向型インタフェースの応用,” ヒューマンインタフェース

- 学会論文誌, Vol.3, No.4, pp. 225-238, 2001.
- [6] 後藤みの理, 加納政芳, 加藤昇平, 國立勉, 伊藤英則: “感性ロボットのための感情領域を用いた表情生成,” 人工知能学会論文誌, Vol.21, No.1, pp. 55-62, 2006.
- [7] 永井有希, 高山伸也, 徐建鋒, 酒澤茂之: “パーツの組合せによるアニメ調表情の感情推定 (I 分野: グラフィクス・画像, 一般論文),” 情報科学技術フォーラム講演論文集, Vol.13, No.3, pp. 163-164, 2014.
- [8] 加納政芳, 後藤みの里, 加藤昇平, 中村剛士, 伊藤英則: “ロボットの混合感情表出のための表情制御手法,” 知能と情報, Vol.17, No.2, pp. 250-255, 2005.
- [9] 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,” 電子情報通信学会総合大会講演論文集, pp. S.74-S.75, 2008.
- [10] P. Ekman, W. V. Friesen, and J. C. Hager: *Facial Action Coding System Investigator's Guide*, Network Information Research Corporation, 2002.
- [11] スタジオ・ハードデラックス: デジタルツールで描く! 感情があふれ出るキャラの表情の描き方, マイナビ出版, 2015.
- [12] P. Ekman and W. V. Friesen: *Unmasking the Face: A Guide to Recognizing Emotions from Facial Clues*, Malor Books, 1975.
- [13] Live2D: Cubism 3, Live2D, <https://www.live2d.com/> [accessed Feb. 3, 2020]
- [14] Live2D: サンプルデータ集 - Live2D Cubism 2 マニュアル, <http://sites.cybernoids.jp/cubism2/samples/> [accessed Mar. 5, 2020]
- [15] 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,” システム/制御/情報, Vol.58, No.12, pp. 514-520, 2014.
- [16] 浦昭二: “一対比較実験の解析,” 品質管理, Vol.16, pp. 78-80, 1959.
- [17] 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.

(2020 年 5 月 19 日 受付)

(2020 年 8 月 27 日 採録)

[問い合わせ先]

〒731-3194 広島県広島市安佐南区大塚東 3-4-1

広島市立大学大学院情報科学研究科

目良 和也

TEL: 082-830-1677

E-mail: mera@hiroshima-cu.ac.jp

あおやま まさひと
青山 正人 [非会員]

1996 年岡山大学大学院自然科学研究科博士課程修了。博士 (工学)。同年, 広島市立大学情報科学部助手, 2007 同大学院情報科学研究科講師, 2010 年同准教授。現在に至る。2000 年シカゴ大学放射線科カートロスマン放射線像研究所客員研究員 (文部省在外研究員)。コンピュータ診断支援, コンピュータビジョンなどの研究に従事。電子情報通信学会, 情報処理学会, 日本医用画像工学会, 日本放射線技術学会各会員。

おおみち ひろふみ
大道 博文 [非会員]

2019 年広島市立大学情報科学部知能工学科卒業。同年 4 月広島市立大学大学院情報科学研究科知能工学専攻入学, 現在に至る。主としてマルチモーダル感情推定, 深層学習を用いたクロスモーダル表情生成の研究に従事。

くろさわ よしまさ
黒澤 義明 [正会員]

1994 年京都大学大学院人間・環境学研究科修士課程修了。修士 (人間・環境学)。1994 年広島市立大学情報科学部助手。2007 年より広島市立大学情報科学研究科助教。現在に至る。自然言語処理の研究に従事。言語処理学会会員。

たけざわ としゆき
竹澤 寿幸 [非会員]

1984 年早稲田大学理工学部電気工学科卒業。1989 年同大学大学院理工学研究科博士後期課程修了。工学博士。1987 年早稲田大学情報科学研究教育センター助手。1989 年 (株) ATR 自動翻訳電話研究所研究員。音声対話翻訳の研究開発に従事。2007 年より広島市立大学大学院情報科学研究科教授。現在に至る。音声対話や観光情報学の研究と教育に従事。観光情報学会, 電子情報通信学会, 情報処理学会, 人工知能学会, 日本音響学会, 言語処理学会各会員。

— 著 者 紹 介 —

めら かずや
目良 和也 [正会員]

1996 年九州工業大学大学院情報工学研究科博士前期課程修了。同年広島市立大学情報科学部助手。2003 年東京都立科学技術大学大学院工学研究科インテリジェントシステム専攻博士課程修了。博士 (学術)。2007 年広島市立大学大学院情報科学研究科助教, 2020 年同講師, 現在に至る。感情音声分析, マルチモーダル感情推定, 感情を考慮したコミュニケーションシステムの研究に従事。人工知能学会, 日本音響学会, 言語処理学会, 情報処理学会, IEEE 各会員。

Facial Expression Generating Method to Express Suppressed Positive Emotion Considering Involuntary of Facial Actions – A Case Study on Tsundere –

by

Kazuya MERA, Masahito AOYAMA, Hirofumi OMICHI, Yoshiaki KUROSAWA, and Toshiyuki TAKEZAWA

Abstract:

In order to convey user's feeling through his/her avatar on remote communication, not only verbal information but also non-verbal information such as tone of voice, facial expression, and gesture are important. Although some studies propose methods to express basic emotions on avatar, no method has been established to create facial animation that expresses complicated emotional states like "happy but embarrassed" yet. This paper proposes a method to create facial animation expressing complicated emotional state by combining involuntary facial actions of suppressed real emotion and voluntary facial actions of suppressing fake emotion. The proposed method is explained in a case of "Tsundere" that consists of real happiness and fake calm/anger. 18 facial animations were created and evaluated by Sheffé's method. The experimental results revealed that blushing, an involuntary action for happy, enhanced impression that the avatar sincerely felt happy. On the contrary, smiling faces without involuntary blushing gave impression that the avatar pretended to be happy with fake smile. It indicates that the proposed method that expresses real emotion by involuntary action unit can express real emotion selectively.

Keywords: suppressed positive emotion, Facial Action Coding System, Action Unit, Tsundere, involuntary facial action

Contact Address: **Kazuya MERA**

Graduate School of Information Sciences, Hiroshima City University

3-4-1 Ozuka-higashi, Asa-minami-ku, Hiroshima 731-3194, Japan

TEL: +81-82-830-1677

E-mail: mera@hiroshima-cu.ac.jp