

笑顔のリズムが創る印象空間の可視化と化粧効果の測定

秋田県立大学システム科学技術学部機械知能システム学科

佐藤 和人

This paper presents a framework of tempos and rhythms to clarify the relevance between psychological states and facial expressions, particularly addressing repetitive operations of intentional facial expressions after giving a stress stimulus. By acquiring image datasets of facial expressions under the states of pleasant-unpleasant stimulus for 20 subjects, we extracted expressive tempos for respective subjects. Consequently, averages of extraction rates show that the pleasant state was 81.1%. The unpleasant state was 77.8%. Regarding effects of pleasant-unpleasant stimulus on the expressive tempos, particularly addressing the variation of the number of frames constituting one tempo, the variation in unpleasant stimulus became greater than that in the pleasant stimulus. The results show that the analysis using expressive tempos and rhythms is valid as an indicator for estimating the psychological state.

1. 緒言

魅力的な笑顔は人を惹きつけ、相手の心を和ませる幸福のシンボルであり、コミュニケーションの潤滑剤として有効である。魅力的な笑顔が有する幾何学的特徴を分析した研究¹⁾によると、男女共に最も魅力的に感じる笑顔の部位は目、次いで魅力ある部位は口の順で、目尻や口元など目と口に付随する部位も笑顔の魅力要因として大きいことが報告されており、魅力的な笑顔には目と口を構成要素とする表情矩形のアスペクト比に黄金比が認められている。また、顔パーツから形成される印象と顔の全体印象との関連性について調べた山田らは²⁾、目は他者の印象を形成する際に変重要な役割を果たしており、各パーツから形成される印象を加算結合することにより全体印象をある程度説明可能であるとしているものの、どのパーツからの情報を相対的に重視しているかについては個人差が存在する可能性を示唆している。笑顔の表出に着目して男女別の視点で捉えたと、女性は男性よりも良く笑顔を表出する規則があるとされており³⁾、男性に比べて笑顔であることが自然で笑顔を創ることに長けている。特に、女性はポジティブ情動表出の調整に優れており、自然な表出と変わらず、受け手にポジティブな影響をもたらすことができる。しかしながら、意図的に表情表出を創り出す場合、自然な表情表出とは異なる表情筋が動くと言われており⁴⁾、表出過程に焦点を当てると、笑顔を創り出す顔パーツの変形程度や動作するタイミングが微妙に異なることが予想される。

一方、人間は動いているもの、音を発しているものなど身の回りのもの全てにリズムを感じることができる。また、人間は会話や生活のリズムというように日常生活を営む上で何らかのリズムを感じており^{5,6)}、これらのリズムはパーソナルテンポに基づいている。パーソナルテンポとは、個人固有の生体リズムのことであり、特に制約のない自由な行動場面で自然に表出される個人固有の速さを表す。会話における表情の表出は日常的な生活行動の一つであることから、パーソナルテンポに基づく固有なリズムが存在すると考えられる。

我々は、これまでに表情と心理状態との関連性を明らかにするために、表情空間チャートという枠組みを用いて、ストレスと表情表出の関係性を検証した結果、ストレスの蓄積程度の違いが表情の種別や表出プロセスに影響することを明らかにした^{7,8)}。また、ストレス刺激後の意図的表出を繰り返し表出するプロセスに着目した表出テンポとリズムという枠組みを提案した⁹⁾。表出テンポとリズムは、表情の表出程度をラベル化した時系列変化⁶⁾において、無表情から表情表出を経て無表情に戻る区間を1テンポ、テンポを複数回繰り返したものを1リズムと位置付け、快刺激時に比べて不快刺激時の方が、「喜び」表情の1テンポを構成するフレーム数のばらつきが大きいことを示した。更に、ベイジアンネットワーク (Bayesian Networks: BNs) を用いて、心理的ストレスの蓄積程度と表情表出の相互関係をグラフィカルに表現したストレスモデルを構築し、心理的ストレスの影響が現れ易い表情が「喜び」と「悲しみ」表情であることを明らかにすると共に、表情の種別によって現れ易い顔部位(目元や口元など)が異なる可能性を示した¹⁰⁻¹²⁾。

本研究では、情動喚起ビデオによる快・不快刺激後の「喜び」表情の表出過程に着目し、顔部位が刻む表出リズムを相互情報量の観点から定量的に解析することにより、人間の心理状態に起因する表情表出時の複雑性や曖昧性を客観的に表現することを試みる。さらに、接客支援ツール (Smile



Measurement of Cosmetic Effect and Visualization of Impression Space by Rhythm of Smile Expression

Kazuhito Sato

Department of Machine Intelligence and Systems Engineering Faculty of Systems Science and Technology Akita Prefectural University

Learning) の試作開発を通して、化粧効果と他者に与える印象変化の相関関係について、受け手の視線誘導効果の定量的解析を基に検証する。

2. 実験方法

顔という対象の形状が人物それぞれで異なるように、表情表出の仕方、例えばある感情をどの程度の大きさの顔面変形として表情に表出するかについては個人差がある。このため、赤松は、個々人の表情表出の特性に応じて修正していく適応的な学習メカニズムが必要と述べている¹³⁾。したがって、本研究では、被験者が意図的に表出した表情を対象として、時間軸方向への圧縮による正規化と表情表出における位相変化を抽出するためにSOMs (Self Organizing Maps) を用いて表情パターンの分類を行う。さらに、SOMsにより分類した表情画像を、安定性と可塑性を併せ持った適応的学習アルゴリズムであるFuzzy ARTを用いて再分類する。SOMsは、予め決められた写像空間の中で相対的にカテゴリ分類を行うが、Fuzzy ARTは、ビジランスパラメータで制御された一定の粒度のもとでカテゴリ分類を行うため、長期間に及ぶ時系列データに対しても、同じ基準で分類することができる。提案手法の処理手順を図1に示す。以下では、表出強度の時系列変化の抽出、相互情報量による表情表出リズムの定量化について個別に説明する。

2.1. 表出強度の時系列変化の取得

前処理として、時系列表情画像に対して輝度値の正規化を行い、照明条件などによる濃淡値の影響を軽減する。また、ヒストグラムの平滑化によって、画像の明瞭化とコントラストの調整を行う。さらに、特徴表現法としてGabor Wavelets特徴の方位選択性により、目、眉、口、鼻といった表情のダイナミクスを特徴づける顔パーツを強調する。Gabor Wavelets変換した時系列表情画像に粗視化処理を行うことで、情報量の圧縮と顔画像を撮影する際に発生する微少な位置ずれの影響を緩和する。

次に、表出強度の時系列変化を取得する手順の詳細を図2に示す。はじめに、粗視化処理を施した時系列表情画像の輝度値情報をSOMsにより学習し、表情の位相変化が類似する顔画像ごとに15個の写像ユニットに分類する。次に、これら15個の写像ユニットの中でも類似したユニットをFuzzy ARTで同一のカテゴリに統合する。さらに、Fuzzy ARTによって統合されたカテゴリを無表情(真顔)から最大表出まで並べ替えることで、表情の表出程度を定量的にラベル化した表出強度を取得する。最後に、時系列表情画像の各フレームと表出強度の対応付けを行い、表出強度の時系列変化を生成する。図2は、「顔全体」を対象領域とした場合を示しており、眉や目を含む「顔上部」と口などの「顔下部」についても同様の手続きで表出強度の時系列変化を求める。

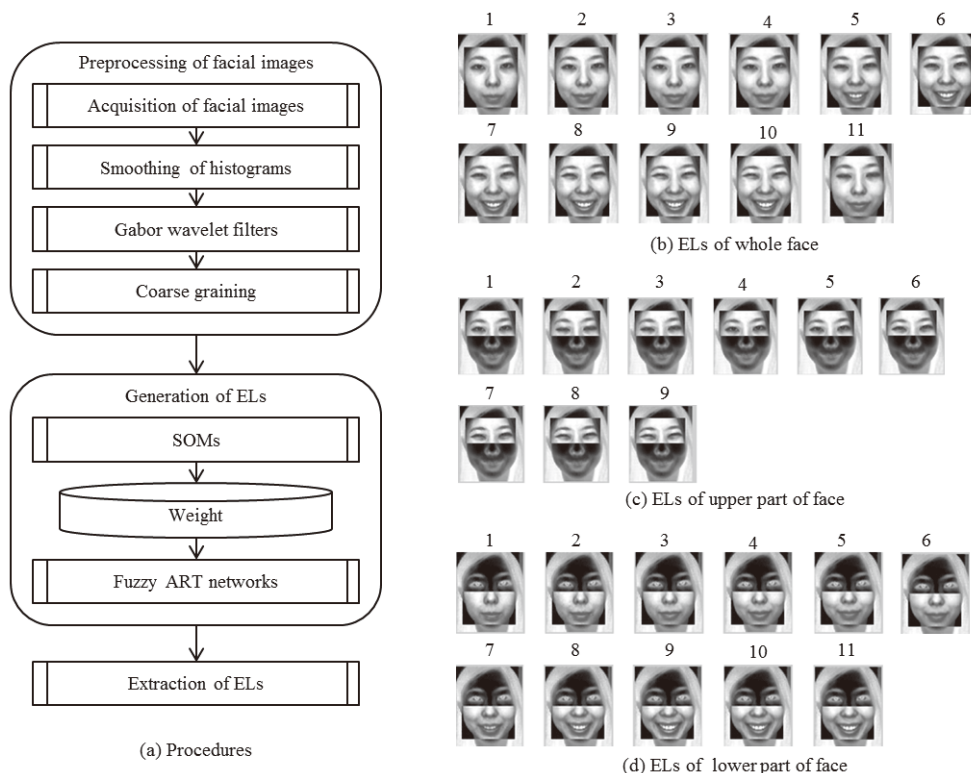


Fig. 1 Overview of the procedures used for our proposed method.

2. 2. 相互情報量による表情表出リズムの定量化

相互情報量^{14,15)}は、信号間の変化の同期性や絡み合いを表現可能であり、2つの時系列データ間の線形・非線形依存度を表す量として捉えることができる。2つの信号間の情報の流れや動力的なカップリングを表しており、観測対象の2つのシステムが完全に異なる独立なものであれば、この2つの信号間の相互情報量はゼロになる。これを表情表出過程に適用すると、各顔部位間の同期性や機能的な連結度を数値化することができる。2.1. で求めた「顔全体」「顔上部」「顔下部」における表出強度の時系列変化の1例を図3に示す。本研究では、表情表出過程における顔部位間の相互情報量として、次に示す3つの関心領域を対象に算出する。

表情表出過程における顔全体、顔上部、及び顔下部の表出強度の時系列変化をそれぞれ、

$$R_w=R_w(t), R_u=R_u(t), R_d=R_d(t)$$

とすると、各関心領域の相互情報量は以下のように求められる。

- ・ 顔全体と顔上部の相互情報量

$$I(R_w; R_u) : I(R_w; R_u) = H(R_w) + H(R_u) - H(R_w, R_u) \quad (1)$$

- ・ 顔全体と顔下部の相互情報量

$$I(R_w; R_d) : I(R_w; R_d) = H(R_w) + H(R_d) - H(R_w, R_d) \quad (2)$$

- ・ 顔上部と顔下部の相互情報量

$$I(R_u; R_d) : I(R_u; R_d) = H(R_u) + H(R_d) - H(R_u, R_d) \quad (3)$$

ここで $H(R_w), H(R_u), H(R_d)$ はそれぞれ $R_w(t), R_u(t), R_d(t)$ のエントロピー、 $H(R_w, R_u), H(R_w, R_d), H(R_u, R_d)$ はは両者の結合エントロピーである。なお、導出手順の詳細は割愛する。

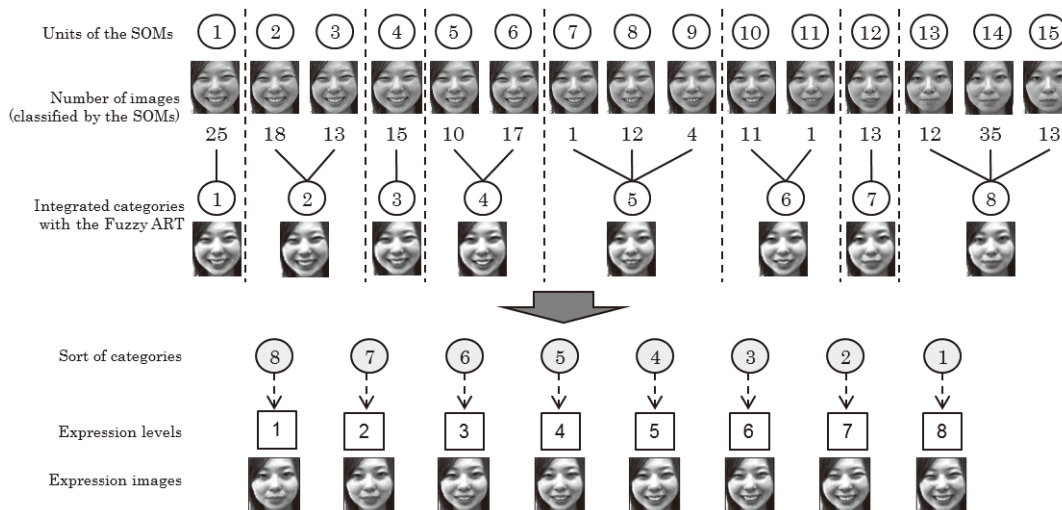


Fig. 2 Procedure details for acquiring a time-series variation of ELs.

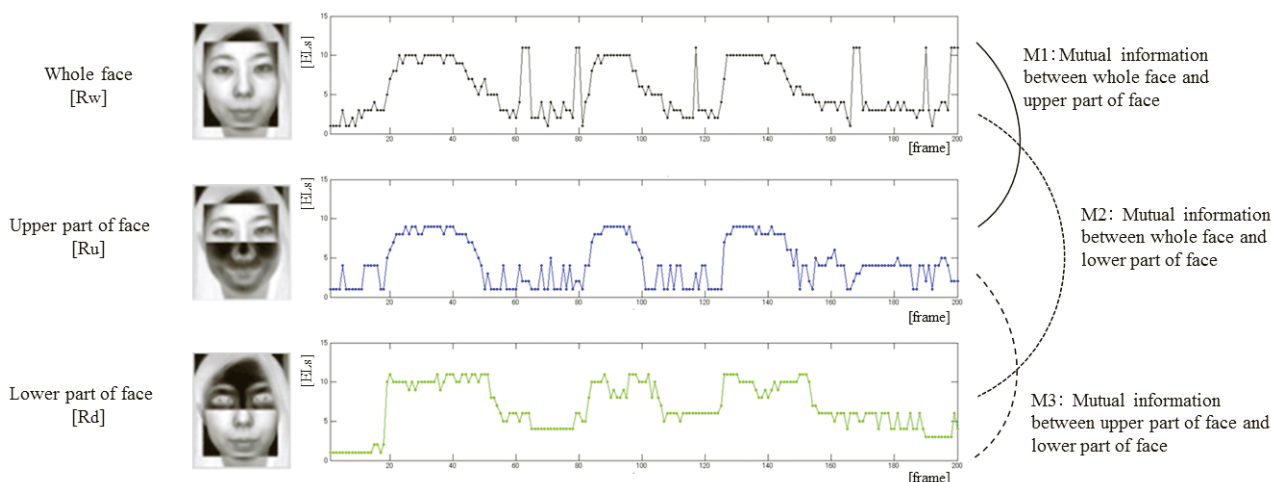


Fig. 3 Each mutual information among time-series changes of facial parts.

3. 実験データセット

本研究では、長期間に渡る表情変化を扱うために、独自のデータセットを構築した。1回の実験は、平常時のstep1、快ビデオ視聴時のstep2および不快ビデオ視聴時のstep3で構成される。快・不快状態を引起す情動喚起ビデオを視聴するタスクを被験者に与え、一過性のストレス状態を測定するために唾液アミラーゼ試験によるストレス測定を行った。また、情動喚起ビデオは、視聴時間が約3分の快ビデオ(3種類の漫才映像)と不快ビデオ(2種類の残酷映像とインプラント手術映像)を用意し、視聴した際の主観評価(5段階評価)も実施した。なお、全ての被験者に対して、研究倫理規定に基づき事前に実験内容を十分説明し、被験者の自由意志により書面により実験参加の同意を得た。さらに、特定の被験者からは、実験参加の同意と併せて顔画像掲載の許諾に関する同意も得ている。

基本6表情の中で、自発的に最も表出しやすいと考えられる「喜び」の表情に注目し、快状態時の「喜び」、不快刺激状態時の「喜び」を対象として、20名の被験者に対して表情画像を取得した。各被験者は事前に選定した情動喚起ビデオを視聴した直後に表情表出を行った。被験者の内訳は、男子大学生10名(J=20歳, B, G, H, I=21歳, A, E, F=22歳, C, D=23歳)、女子大学生10名(K, M, O, P=20歳, L, Q, R, S, T=21歳, N=23歳)である。撮影期間は全ての被験者において3週間(1週間間隔)とした。撮影環境は、室内の一角にカーテンで仕切られた表情撮影用スペースにおいて、被験者の頭部がフレーム中に含まれる状態で正面顔画像を撮影した。あらかじめ被験者には、頭部をあまり動かさないで表情を表出するように指示して撮影したため、一定の範囲内に顔領域が収まっているが、微少な変動に対しては、テンプレートを画像上で移動させながら表情画像と比較し、次いで画像間の差分情報を利用することによる、テンプレートマッチングによって補正した。被験者には20秒間を目安に自分のタイミングで表情表出を3回繰り返し、3回表出し終えたら無表情を継続するように指示した。カメラのサンプリングレートは毎秒10フレームに設定し、1セット200フレームの画像列から構成されるよう設定した。

4. 結果および考察

はじめに、各顔領域が刻む表出強度の時系列変化における相互情報量の算出結果を基に男女別の傾向を分析する。次に、快・不快刺激が表情の表出リズムに与える影響を相互情報量の観点から考察する。

4.1. 女性被験者の分析

各顔領域が刻む時系列変化の相互情報量を算出した結果

を図4に示す。女性被験者5名を対象に図4の(a)に快刺激時、図4の(b)に不快刺激時の算出結果を示している。女性被験者の全体的な傾向として、「領域1:顔全体と顔上部」「領域2:顔全体と顔下部」「領域3:顔上部と顔下部」の順に相互情報量の値が減少する被験者(K, O, L, P)と「領域2:顔全体と顔下部」の値が他の値に比べて突出して大きい被験者Mが存在する。被験者K, M, Oは、快刺激及び不快刺激によって各相互情報量の傾向に大きな変化は見られない。一方、被験者LとPは、快刺激と不快刺激で各相互情報量の傾向に特異的な変化が見られる。特に、被験者Lはその傾向が顕著で、快刺激時では「領域1:顔全体と顔上部」「領域2:顔全体と顔下部」「領域3:顔上部と顔下部」の順に相互情報量の値が減少するが、不快刺激時では「領域2:顔全体と顔下部」が大きな値を示す。被験者Pは、不快刺激時で「領域1:顔全体と顔上部」「領域2:顔全体と顔下部」「領域3:顔上部と顔下部」の順に相互情報量の値が減少するが、快刺激時では「領域1:顔全体と顔上部」の値が減少し相互情報量の順序関係が被験者Lと逆転する傾向を示す。

次に、快刺激及び不快刺激共に同じ傾向ではあるが、各顔領域における相互情報量の順序性が大きく異なる被験者KとMを比較する。被験者Kは、快刺激及び不快刺激共に「領域1:顔全体と顔上部」の値が「領域2:顔全体と顔下部」に比べて大きく、「領域3:顔上部と顔下部」の値も被験者Mに比べて大きい。一方、被験者Mは、快刺激及び不快刺激共に「領域2:顔全体と顔下部」の値が突出して大きく、「領域1:顔全体と顔上部」と「領域3:顔上部と顔下部」の値が被験者Kに比べて極めて小さい。被験者KとMの快刺激時における「喜び」表情の時系列変化を表したサムネイル画像を図5に示す。図5の(a)が被験者K、図5の(b)が被験者Mである。図5の各上部には、「喜び」表情を表出した際の特徴的な区間を拡大表示している。図4の各相互情報量の算出結果と図5の拡大表示したサムネイル画像を比べると、被験者Kは顔上部の眉や目元、及び顔下部の口元に「喜び」表情の変化が確認できるが、被験者Mは顔上部の眉や目元には表情変化が全く認められず、顔下部での口元の口角のみ大きく変化している。被験者Kは、表情表出時の顔上部と顔下部が共に同期して変化しており、実験者の主観的印象ではあるが、より自然な表情表出に見える。一方、被験者Mは、顔下部の口角のみ変化しており、不自然な「喜び」表情に見えると共に違和感が残る。

4.2. 男性被験者の分析

男性被験者5名の各顔領域が刻む時系列変化の相互情報量を算出した結果を図6に示す。図6の(a)に快刺激時、図6の(b)に不快刺激時の算出結果を示している。男性被験者の全体的な傾向として、「領域1:顔全体と顔上部」「領域2:顔全体と顔下部」「領域3:顔上部と顔下部」の順に

相互情報量の値が減少する被験者D及びFと、「領域2：顔全体と顔下部」の値が他の値に比べて突出して大きい被験者C、G及びJが存在する。被験者C、D、F、G及びJ共に、快刺激及び不快刺激によって各顔領域が刻む時系列変化の相互情報量の順序関係に変化は見られない。

次に、女性被験者と同様に、各顔領域における相互情報量の順序性が大きく異なる被験者DとJを比較する。被験者Dは、快刺激及び不快刺激共に「領域1：顔全体と顔上部」の値が「領域2：顔全体と顔下部」に比べて大きく、「領域3：顔上部と顔下部」の値も被験者Jに比べて大きい。一方、被験者Jは、快刺激及び不快刺激共に「領域2：顔全体と顔下部」の値が突出して大きく、「領域1：顔全体と顔上部」と「領域3：顔上部と顔下部」の値が被験者Dに比べて極めて

小さい。被験者DとJの快刺激時における「喜び」表情の時系列変化を表したサムネイル画像を図7に示す。図7の(a)が被験者J、図7の(b)が被験者Dである。図7の各上部には、女性被験者と同様に「喜び」表情を表出した際の特徴的な区間を拡大表示している。図6の各相互情報量の算出結果と図7の拡大表示したサムネイル画像を比べると、被験者Dは顔上部の眉や目元、及び顔下部の口元に「喜び」表情の変化が確認できるが、被験者Jは顔上部の眉や目元には表情変化が全く認められず、顔下部での口元の口角のみ大きく変化している。被験者Dは、表情表出時の顔上部と顔下部が共に同期して変化しており、より自然な表情表出に見える。一方、被験者Jは、顔下部の口角のみ変化しており、不自然な「喜び」表情に見えると共に違和感が残る。これら

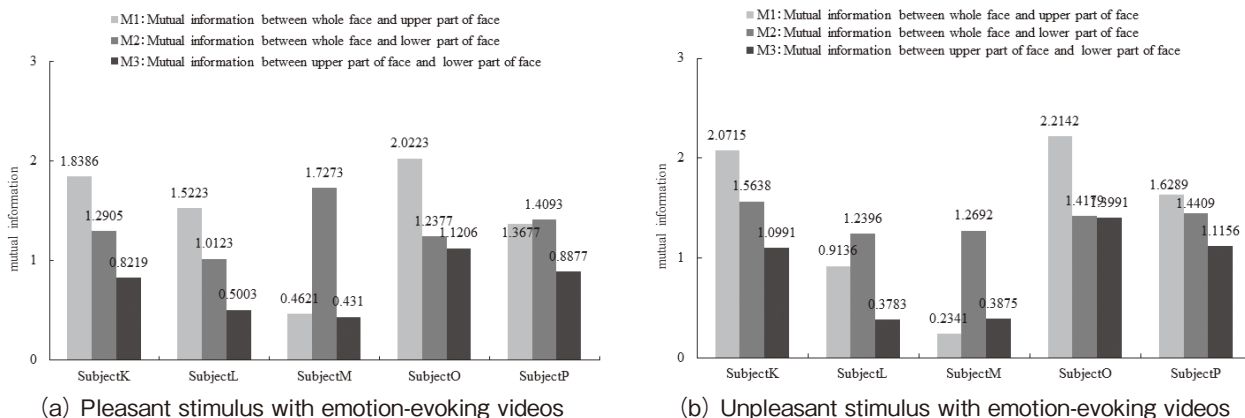


Fig. 4 Mutual information results among each facial part for female.

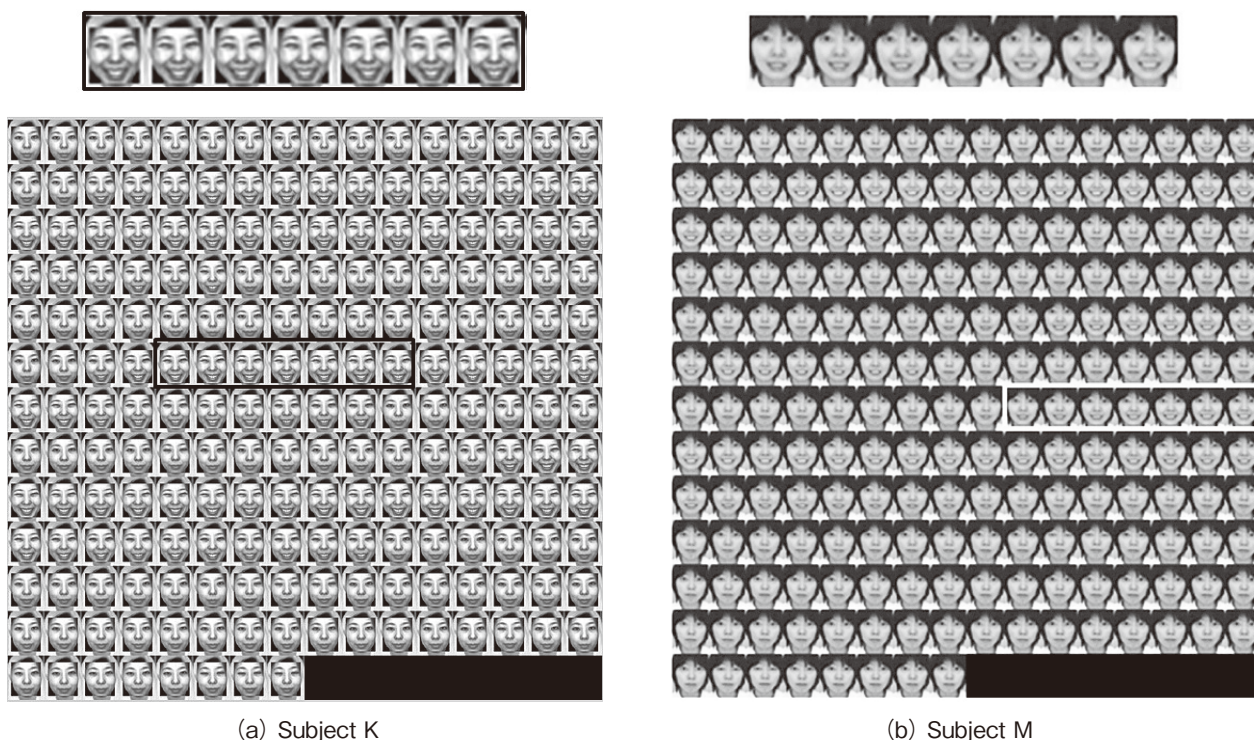


Fig. 5 Time-series changes of smile facial expression with pleasant stimulus for specified subjects of female.

の結果は、女性被験者と共通の傾向を示しており、各顔領域が刻む時系列変化の相互情報量から表情表出時の印象を定量化する新たな指標として期待できる。

4. 3. 快・不快刺激が相互情報量に及ぼす影響

表情表出における不一致表出とは、悲しい時にも笑顔を見せるなど、ある情動を経験した時、それとは一致しない情動を表出することを意味する。これまでの先行研究では、ネガティブ情動経験中にポジティブ情動を表出することは、表出者の交感神経活動の増幅³⁵⁾や、主観的情動経験の増大、情動経験時の記憶低下¹⁶⁾を招くことが明らかにされており、表出者に認知的負荷がかかり易く精神的健康に悪い影響を与えかねない。また、表情表出における表出抑制とは、

悲しい時に泣くのをこらえるなど、ある情動を経験した時に表情による情動表出を抑制することである。表出抑制が社会的サポートや他者との親密さ、社会的満足感の低下と関係していることが示唆されている¹⁷⁾。更に、女性は男性に比べて笑顔を創ることに長け、かつポジティブな情動表出の調整に優れ、受け手に対して自然な表出と変わらない影響を与えるとされている³⁾。

快ビデオ視聴後に「喜び」表情を表出する場合は一致表出であり、不快ビデオ視聴後に「喜び」表情を表出する場合は不一致表出に相当する。相互情報量の順序性が大きく異なる女性被験者KとMの表情表出リズムを図8に示す。4.1.の印象分析では、被験者Kの笑顔は自然な印象を与えるのに対して、被験者Mの笑顔には不自然さが感じられた。

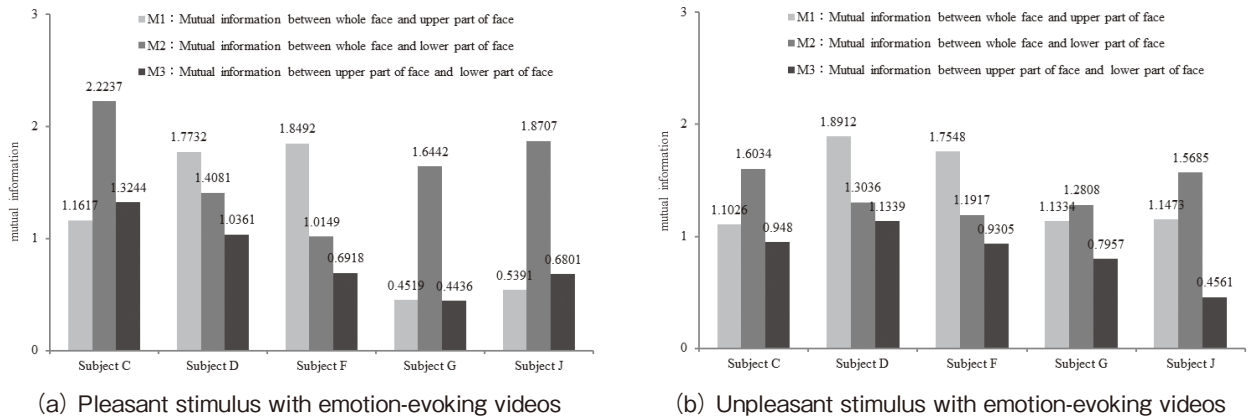


Fig. 6 Mutual information results among each facial part for male.

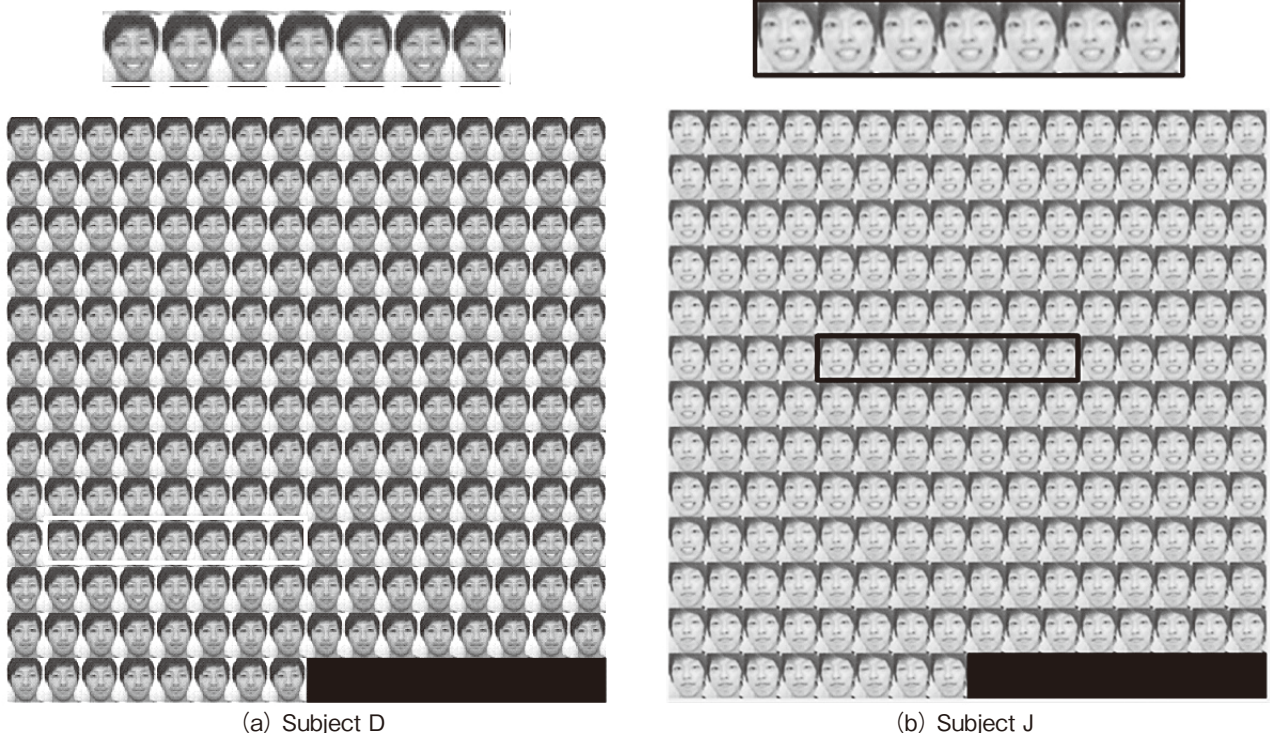


Fig. 7 Time-series changes of smile facial expression with pleasant stimulus for specified subjects of male.

各顔部位が刻む表出リズムに着目すると、被験者Kの表出リズムは、顔部位間で協調が取れた時系列変化を示している。一方、被験者Mの表出リズムは、顔上部と顔下部の時系列変化がバラバラで協調的な動きが認められない。各顔領域の相互情報量（領域1、領域2、領域3）は、顔部位が刻む表情表出リズムにおける信号波形の類似性や同期の程度を表現しており、顔全体から受ける印象形成に寄与

る顔上部(眉や目元)と顔下部(口元)の程度や同期を示すタイミング構造を定量化した値と解釈できる。4.1. 及び4.2. の分析結果を総合的に捉えると、領域1と領域2の相互情報量の大小関係に着目することで「目は口ほどに物を言う」という言葉の定量的解釈の可能性が窺える。また、顔上部と顔下部のタイミング構造を定量化した領域3の値を中心に、領域1と領域2の値の大小関係や順序関係に着目する

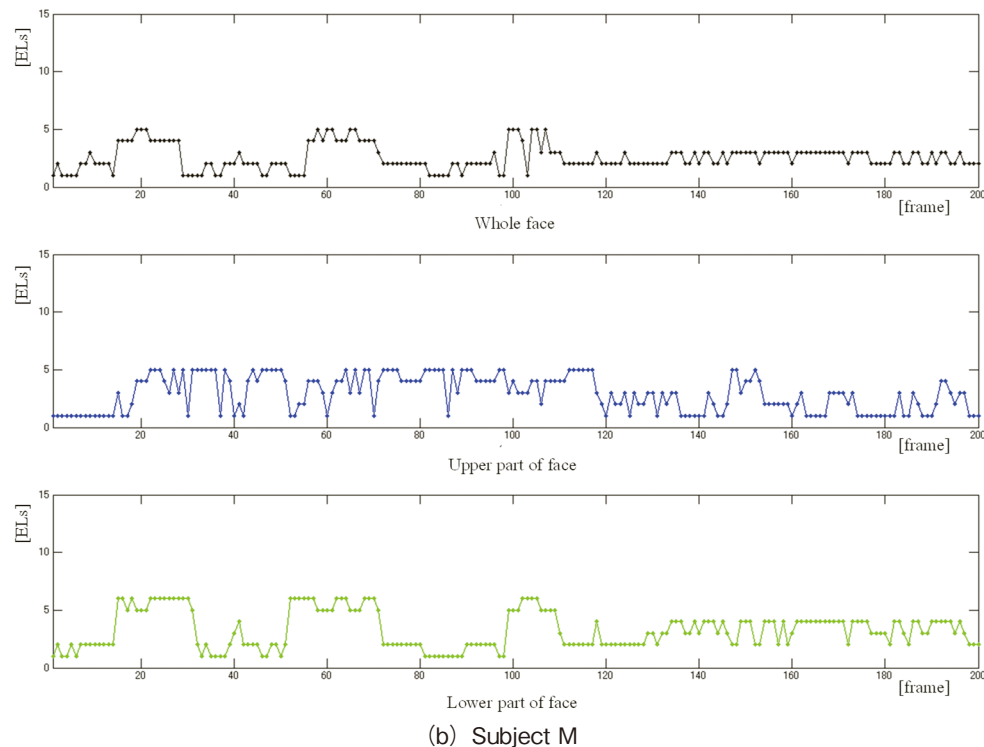
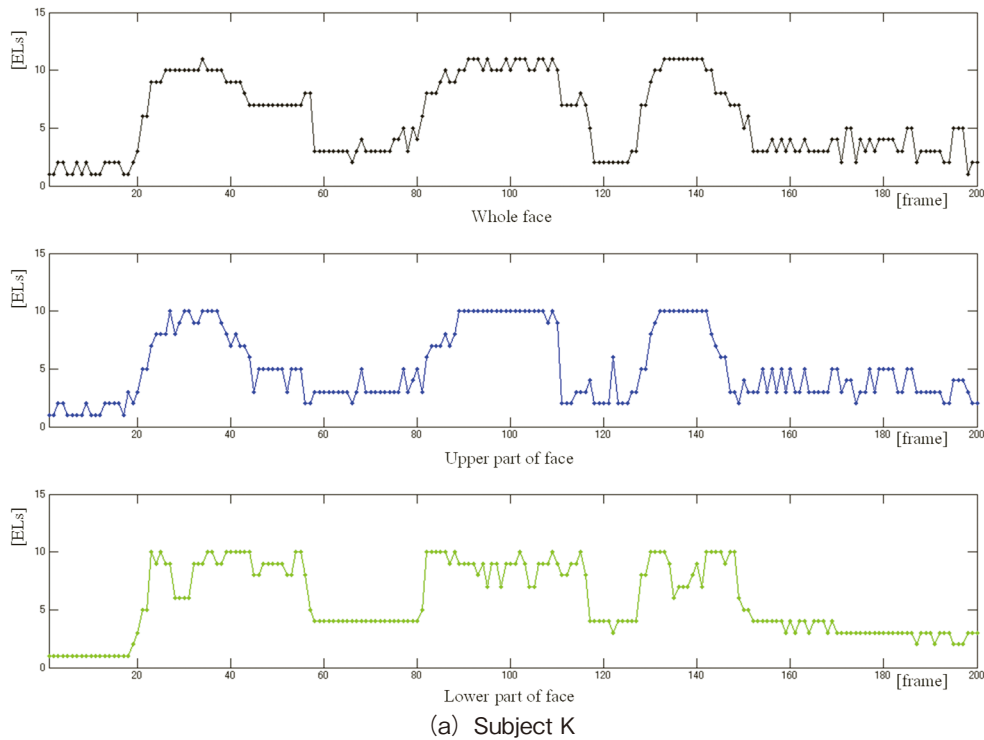


Fig. 8 Comparison of time-series changes of ELs with unpleasant stimulus.

ことは、表情表出時の自然さや不自然さの程度を定量化する指標として有効と考える。更に、男性被験者に比べて、女性被験者は、意図的に「喜び」表情を創ることが容易で、かつ不一致表出の影響を受け難いものと推察する。

4. 4. 化粧による視線誘導効果

試作した接客支援ツール(Smile Learning)の印象空間を通して、化粧前後(ベースメイク、アイメイク、アイブロー、リップメイク、チーク)における受け手の視線変化を定量的に解析する。検証実験では、8大接客用語の中から「①いらっしゃいませ」「②ありがとうございます」「③かしこまりました」を選択し、①から③の順番に繰り返した接客の様子(上半身)を動画撮影する。具体的には、「真顔」で「接客用語」を発話し、「1礼」した後、「笑顔」を表出するというプロセスを3種類の接客用語で繰り返すよう指示した。撮影した動画は、化粧前、ベースメイク後、アイメイク後、アイブロー後、リップメイク後、及びチーク後(化

粧後)の6種類である。その後、前方面面の大型液晶ディスプレイに6種類の接客映像を再生しながら、頭部視線追跡装置(FaceLab)を用いて、化粧前後における受け手の視線変化を計測した。

図9に視線誘導効果の1例を示す。図9の(a)～(f)は、化粧前から各化粧工程後の接客動画に対する受け手の視線誘導効果をヒートマップの形式で表現した結果である。図中、赤い部分は視線が集中した領域、青い部分は視線集中が疎の領域を表している。なお、各接客動画の先頭フレームの静止画上にヒートマップを重畳して結果表示している。図9の全体的な傾向として定性的ではあるが、化粧前(9の(a))に比べて、各化粧工程後の視線の分布が広がる傾向が見られる。また、視線の集中度を表す赤い領域も、リップメイク後(9の(e))やチーク後(9の(f))のように、少し拡大する傾向が確認できる。これらの結果は、接客時における化粧の有効性を支持するものと推察できる。



Fig. 9 Heat maps of eye-gaze movements each cosmetic process.

5. 総括

本研究では、被験者20名(男女各10名)に対して、平常状態、快・不快刺激を与えた状態の表情画像データセットを取得した。また、情動喚起ビデオによる快・不快刺激後の「喜び」表情の表出過程に着目し、顔部位が刻む表出リズムを相互情報量の観点から定量的に解析することにより、人間の心理状態に起因する表情表出時の複雑性や曖昧性を客観的に表現することを試みた。評価実験では、被験者10名(男女各5名)を対象に、各顔領域(顔全体、顔上部、顔下部)が刻む時系列変化の相互情報量を求め分析した結果、以下の点が明らかとなった。

- ・各顔領域が刻む表出リズムにおける相互情報量の大小関係や順序関係から表情の印象を推定可能
- ・表出リズムの相互情報量は表情表出時の自然さや不自然さの程度を測る指標として有効
- ・女性被験者は、男性被験者に比べて意図的に「喜び」表情を創ることが容易で、かつ不一致表出の影響を受け難い
- ・更に、Smile Learningの印象空間を通して、化粧前後における受け手の視線変化を解析した結果、接客時における化粧の有効性を支持する視線誘導効果を確認した。

今後は、印象形成に及ぼす顔部位における表出テンポのゆらぎを定量化し、そのタイミング構造を解析することにより、自然な表情と意図的な表情の発現パスの違いを明らかにすると共に、意思疎通の可視化へ挑戦する予定である。

謝辞

本研究は、平成25年度コスメトロジー研究振興財団の助成を受けて行われたものである。実験データの取得に際し、被験者として長期に渡り表情画像の撮影に協力して頂きました本学の20名の学生諸氏に深く感謝申し上げます。

(引用文献)

- 1) 井口竹喜, “魅力的な笑顔に表れる幾何学的特徴: 感性×技術=カンセイウエアの魅力づくり”, 電子情報通信学会技術研究報告. SIS, スマートインフォメディアシステム, pp. 51-56, 2007.
- 2) 山田 貴恵, 笹山 郁生, “顔のパーツから形成される印象と顔全体から形成される印象との関連“, 性の検討. 福岡教育大学紀要, vol. 48, no. 4, 229-239, 1999.
- 3) L. Ellis, “Gender differences in smiling: An evolutionary neuroandrogenic theory,” *Physiology and Behavior*, Vol. 88, pp.303-308, 2006.
- 4) K. M. Prkachin, “Effects of deliberate control on verbal and facial expressions of pain,” *Pain*, Vol. 114, pp.328-338, 2005.
- 5) 延谷直哉, 仲谷善雄, “パーソナルテンポを基とした音響リズム支援による会話支援システム,” 情報処理学会第71回全国大会, pp.4-227 ~ 4-228, Mar. 2009.
- 6) 大石周平, 尾田政臣, “話者間の精神テンポの差がコミュニケーションの円滑化に及ぼす影響,” 電子情報通信学会技術研究報告, pp.31-36, 2005.
- 7) 間所洋和, 佐藤和人, 門脇さくら, “表情の時系列変化を可視化する表情空間チャート,” 知能と情報(日本知能情報ファジィ学会誌), vol.23, No.2, pp.157-169, 2011.
- 8) H. Madokoro and K. Sato, “Facial Expression Spatial Charts for Representing of Dynamic Diversity of Facial Expressions,” *Journal of Multimedia*, Vol. 6, No. 1, pp. 1-12, Jan. 2007.
- 9) 佐藤和人, 間所洋和, 門脇さくら, “一過性のストレス刺激が意図的な表情に及ぼす影響”, 第11回情報科学技術フォーラム, RJ-005, pp.29-36, 2012.
- 10) 佐藤和人, 間所洋和, 門脇さくら, “意図的な表情表出に及ぼす心理的ストレス要因の分析”, 第12回情報科学技術フォーラム, RJ-002, pp.21-28, 2013.
- 11) K. Sato, H. Otsu, H. Madokoro and S. Kadowaki, “Analysis of Psychological Stress Factors and Facial Parts Effect on Intentional Facial Expressions,” *Proceedings of The Third International Conference on Ambient Computing, Applications, Services and Technologies*, pp.7-16, Oct. 2013.
- 12) K. Sato, H. Otsu, H. Madokoro and S. Kadowaki, “Analysis of Psychological Stress Factors by Using Bayesian Network,” *Proceedings of 2013 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation*, pp.811-818, Aug. 2013.
- 13) 赤松茂, “人間とコンピュータによる顔表情の認識[I - コミュニケーションにおける表情とコンピュータによるその自動解析 -,” 信学誌, Vol.85, No.9, pp.680-685, Sep 2002.
- 14) 池田徹志, 石黒浩, 浅田稔, “相互情報量最大化に基づく信号情報源の移動軌跡の推定“, 電子情報通信学会論文誌D, Vol. J90-D, No. 2, pp. 535-543, 2007.
- 15) 菊池登志子, 岸浩一郎, 宮道壽一, “相互情報量により学習パラメータを調整した効率的データ自動分割アルゴリズム”, 電子情報通信学会誌D, Vol. J82-D- II, No. 4, pp. 660-668, 1999.
- 16) W. Sato, M. Noguchi, and S. Yoshikawa, “Emotion elicitation effect of films in a Japanese sample,” *Social Behavior and Personality*, Vol. 35, pp.863-874, 2007.
- 17) S. Srivastava, M. Tamir, K. M. McGonigal, O. P. John, and J. J. Gross, “The social costs of emotional suppression: A prospective study of the transition to college,” *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol. 96, pp.883-897, 2009.