

平成 30 年 6 月 20 日現在

機関番号：21401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2017

課題番号：25330325

研究課題名(和文) 顔表情の表出テンポとリズムに基づく心理的内部状態の推定

研究課題名(英文) Psychological Internal State Estimation based on Expressive Tempos and Rhythms of Facial Expressions

研究代表者

佐藤 和人 (Sato, Kazuhito)

秋田県立大学・システム科学技術学部・教授

研究者番号：80390904

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：日常的に抱えている心理的ストレスの蓄積程度と表情表出の因果関係をグラフィカルに表現したストレスモデルを開発し、ストレスの影響が現れ易い顔表情として「喜び」と「悲しみ」表情で、かつ表情の種別によって目元や口元など現れ易い部位が異なることを明らかにした。更に、快・不快刺激後の「喜び」表情の表出過程と顔部位の協調度合いに着目することで、「作り笑い」や「自然な笑い」を識別できると共に、顔表情は心の健康状態を現す窓として実用性が高いことを示した。

研究成果の概要(英文)：In this study, we tried to develop a stress model graphically expressing the causal relationship between psychological stress levels on daily basis and facial expressions. As a result, we revealed that facial expressions easily affected by stress levels are "happiness" and "sadness" facial expressions, and facial parts easily appearing, such as eyes and mouth, differ depending on the type of facial expressions. Furthermore, particularly addressing the expressive process of "happiness" facial expression after giving a pleasant-unpleasant stress stimulus and the degree of mutual coordination among facial parts, "Unnatural smile" and "Natural smile" can be distinguished, and the analysis of facial expressions showed high practicality as a window of mental health for human.

研究分野：システム工学

キーワード：心理的ストレス 顔表情 機械学習 グラフィカルモデル 情動喚起ビデオ 表出テンポ 表出リズム

## 1. 研究開始当初の背景

申請者は顔表情の多様性や表情表出に係る微妙なタイミング構造を定量化する研究を進めてきた。顔は目、鼻、口の大きさやそれらの幾何学的配置の個体差が大きいため、顔表情の時間的変化は複雑な変形特性を示す。また、心理的内部状態の変化をどの程度の表情変化量で、かつ継続的に外部に出力するかについては個体差が顕著であるため、個体別に表情変化を扱うモデルを構築する必要があるとの考えに至った。しかしながら、顔表情と生体検査の相関関係や、顔表情と心理検査の因果関係など、それぞれが個別に行われているに過ぎず、学術的な視点からの総合的・複合的な解明が十分に成されていない。

申請者は、顔表情の表出ルートに関与する脳内部位とそれらの関係性に着目し、顔表情の時系列変化には特定の脳波が関与するという仮説の基、意図的な表情表出の繰り返しパターンに個体別の特徴が現われることを確認している。情動変化の程度に応じて顔表情を自発的に形作る「大脳基底核」、顔表情を修飾する「前頭前野」、表情筋を動かす「運動関連領野」の各脳部位が、周波数の異なる特定の脳波に合わせて協調動作することで様々な表情が表出される。そのため、表情の表出ルートには心理的内部状態の変化に基づく神経細胞が刻む固有なリズムが存在するものと考える。申請者は、被験者 10 名を対象に 7 週から 20 週の表情変化と心理検査（心理的ストレス反応）の関係性を解析し、表情の種類と慢性的ストレス値の経時変化に個人固有な因果関係の存在を確認したことから、人の心理的内部状態を顔表情の時系列変化から実験的かつ理論的に解明することができるとの着想に至った。

## 2. 研究の目的

本提案の目的は、人の情動変化に伴う顔表情と他指標（生体検査や心理検査）の関係性を解明し、顔表情の時系列変化から人間の心

理的内部状態を推定する技術を確立することである。顔表情と心理的内部状態の関係性をモデリングするためには、顔表情と他指標の変化を同期させてモデリングし、それを情動変化に伴う顔表情の時系列変化に反映させる必要がある。まず、顔表情の多様性を創出する目、眉、唇の協調動作の規則的な変化を表情のリズム、その基本単位を表情の表出テンポとして定式化する。次に、心理的内部状態の反応を表出テンポに基づくリズムのゆらぎを用いて個体差と性差の視点から解析することにより、顔表情と心理反応メカニズムを定式化する。顔表情が示すテンポとリズムの視点から人の心理的内部状態を推定する技術を確立することが、本研究の目的である。

## 3. 研究の方法

本提案では、(1)表情空間チャートの自動生成アルゴリズムの検証、(2)表情の表出テンポの抽出と心理的ストレスレベルの解析、(3)表情の表出テンポにおける個体差と性差の分析・評価、(4)心理的ストレス検知モデルの構築と実装評価という課題を進める。項目(1)では、時空間写像特性の異なる 3 つの NN をハイブリッド化した表情空間のモデル化手法の非線形写像特性を検証する。項目(2)では、HMM の状態数を最適化することで表情の表出テンポの妥当性を評価し、心理的及び生体的指標と同期した心理的内部状態のモデリングを試みる。項目(3)では、同期モデリングによる個体差と性差の解析結果を基に、自然な表情と意図的な表情の表出ルートの相違点を明らかにし、顔表情と心理反応メカニズムを定式化する。項目(4)では、項目(1)から(3)を統合することで心理的ストレス検知モデルを構築し、プロトタイプシステムを開発すると共にアルゴリズムの洗練化を行う。

(1) 表情空間チャートの自動生成アルゴリズムの検証

表情を記録した動画像から自動的に表情空間チャートを生成するアルゴリズムに関して、表情の複雑性や曖昧性を定量化する指標の分類精度を検証する。具体的には、無表情を基準とした表情の表出程度（顔パーツの幾何学的位相変化量）を分類する粒度とカテゴリ数の評価実験を基に 1次元SOMのマッピング層ユニット数と Fuzzy ART の警戒パラメータの最適化を検討する。これら2つパラメータの最適化で重要な点は、表出ルートに依存して覚醒変化する表情の表出程度を、近傍ユニットへ写像可能な非線形写像空間の確保と、時間軸上で変化する表情空間のダイナミクスを統一的に扱う指標の導出が挙げられる。

## (2) 表情の表出テンポの抽出と心理的ストレスレベルの解析

心理的ストレス反応の種類は、心理的ストレス反応測定尺度（以後 SRS18 と略記）や唾液アミラーゼ試験でチェック可能な慢性的ストレスと脳波計や心拍計でチェック可能な一過性ストレスとする。心理的ストレスの蓄積程度を示すレベルは、直流特性を持つ慢性的ストレスと外部刺激（情動喚起ビデオの視聴）によるインパルス状の一過性ストレスが重畳された値を示す。このインパルス状の外部刺激を受けて、意図的に繰返す表情の表出区間にゆらぎの発生が期待できる。ここでは、HMM の状態数を変化させた場合の表情の表出テンポの種類を検証し、意図的な表情の表出区間の検出に適した HMM の状態数を決定する。具体的には、表情の表出ルートに沿った中間表情の取り扱いを適切に制御するために HMM の状態数を 3 から 9 まで変化させ、抽出される表出テンポとその繰返しであるリズムのゆらぎを相互情報量で解析する。さらに、表出テンポとリズムを顔全体、顔上部（眉と目）、顔下部（鼻と口）の 3 つの関心領域で求め、各関心領域間の相互情報量を算出することにより、自然な表情の表出ルート

と意図的な表情の表出ルートの有無を検証する。

## (3) 表情の表出テンポにおける個体差と性差の分析・評価

上記(2)で得られる表情の表出区間を適切に抽出可能な Left-to-Right 型の HMM を用いて、秋田県立大学の学生男女各 10 例を対象に、以下の実験条件で研究課題の検討を進める。また、個体差と性差の分析は、テンポとリズムが有する相互情報量を用いて評価する。なお、ストレスチェックは、SRS18 を用いて表情画像の取得前、唾液アミラーゼ試験は取得前後、脳波や心拍の計測も同時に実施する。

)表情画像の種類：

人間の喜怒哀楽を素直に表現可能な「喜び」、「悲しみ」、「怒り」の 3 種類

)表情画像の取得：

1 表情につき無表情から表情表出を 5 回繰返した動画像 / 2 回 / 週 / 人

## (4) 心理的ストレス検知モデルの構築と実装評価

SRS18 を用いたストレスチェックの測定内容（抑うつ・不安、不機嫌・怒り、無気力の 3 因子）の得点、HMM の状態数を最適化して得られる表情の表出テンポと表情のリズムの尤度を基に、ベイジアンネットワーク（Bayesian Network）を用いて心理的ストレス検知モデルを構築する。また、ストレス検知モデルの妥当性を評価するために、検知モデルのアルゴリズムを組み込んだプロトタイプシステムを開発し、アルゴリズムの洗練化を実施する。

## 4. 研究成果

### (1) 表情の表出テンポにおける個体差と性差の分析・評価

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すると共に、唾液アミラーゼ試験によりビデオ視聴時における情

動喚起要因の有効性を検証した。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。なお、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

## (2) 心理的ストレス検知モデルの構築と実装評価

ストレスチェックの測定内容（抑うつ・不安、不機嫌・怒り、無気力の3因子）の得点、隠れマルコフモデルの状態数を最適化して得られる表情の表出テンポと表情のリズムの尤度を基に、ベイジアンネットワークを用いて男性モデル、女性モデル、及び全体モデルの3種類のストレス検知モデルを構築した。また、各ストレス検知モデルの妥当性を評価するために、検知モデルのアルゴリズムを組み込んだプロトタイプシステムを試作し、アルゴリズムの洗練化を実施した。更に、快・不快の情動喚起ビデオを用いて、一過性ストレス刺激に対するNIRSによる脳の賦活状態と注視行動の因果関係を分析し、慢性的ストレスに対する一過性ストレス刺激の相乗効果を定量化することにより、メンタルヘルスの可視化に向けた可能性を探求した。なお、快・不快の情動喚起ビデオを用いて、一過性

行動の因果関係を分析した結果、以下の点が明らかとなった。

- ・快ビデオ視聴時では、画面を「注視する行動」が多く発生し、かつ脳が賦活し易い被験者は、快ビデオに対する主観評価が高い
- ・一方、不快ビデオ視聴時では、画面から「視線をそらす行動」が多く発生し、かつ脳が賦活し易い被験者は、不快ビデオに対する主観評価が高い
- ・ストレス検知モデルの結果、「不機嫌・怒り度」に高い傾向が認められる被験者は、不快ビデオ視聴時に「視線をそらす行動」が多く発生し、かつ脳が賦活し易い

## (3) 快・不快ビデオ視聴時の表情と視線を融合した評価実験

顔領域（顔全体、顔上部、顔下部）が刻むリズムの相互情報量から表情変化の「自然さ」と「不自然さ」を識別し、かつサッケードによる「注視回数」と「視線をそらす回数」を融合することにより、メンタルヘルスの可視化に向けた可能性を探った。すなわち、快刺激に対する笑顔の表出形態からメンタルヘルスパターンを、視線の反応形態から注視反応パターンを抽出し、これら2種類の身体反応パターンの同期融合により心理反応メカニズムの定式化を試みた。日常的に抱える慢性的ストレスの蓄積程度をメンタルヘルスパターン、一過性ストレスの反応形態を注視反応パターンとして組織化し、快刺激に対する表情と視線の同時反応パターンをモデリングすることにより、心理的内部状態の推定技術に関して高精度化の見通しを得た。更に、心理的内部状態推定技術の具体的な応用展開として、運転時における注意散漫状態の検出に適用した結果、運転スタイルや運転負担感受性の違いにより、ドライバ固有な状態推定モデルの構築が可能であることを明らかにした。

快刺激に対する表情と視線の同時反応パターンを分析した結果，以下の点が明らかとなった．

・追跡眼球運動のセグメント化による注視反応パターンの抽出

メンタルヘルスの可視化には，心理的ストレスを外部刺激に対する一過性ストレスと日常的に抱えている慢性的ストレスに分けて定量化することが必要である．快刺激に対する注視形態を視線の集中度と単位時間当たりのサッケード数を用いて解析した結果，一過性ストレス反応を特徴付ける注視反応パターンの存在を確認した．

・笑顔度と表出リズムによるメンタルヘルスパターンの抽出

慢性的ストレスの蓄積程度を細分化するためには，蓄積反応が顕著に現れ易い笑顔の表出プロセスに着目し，笑顔度に寄与する表出リズムの相関関係を明らかにする必要がある．慢性的ストレスの蓄積程度を笑顔度と表出リズムの滑らかさを用いて解析した結果，慢性的ストレスの蓄積背景を特徴付けるメンタルヘルスパターンの存在を確認した．

##### 5．主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 3件)

- (1) K. Sato, M. Sawataishi, M. Ito, H. Madokoro, and S. Kadowaki, Modeling of Driver's Distraction State based on Body Information Analysis, International Journal On Advances in Life Sciences, Vol.10, No1&2, pp. ,(2018)
- (2) K. Sato, M. Ito, H. Madokoro, and S. Kadowaki, Facial Part Effects Analysis using Emotion-evoking Videos focused on Smile Expression Process, International Journal on Advances in Software, Vol.9, No1&2, pp.128-140 (2016)
- (3) K. Sato, H. Otsu, H. Madokoro, and S.

Kadowaki, Analysis of Relation between Psycho- logical Stress and Intentional Facial Expressions Based on Bayesian Networks, International Journal on Advances in Intelligent Systems, Vol.7, No.1&2, pp.194-207 (2014)

〔学会発表〕(計 7件)

- (1) K. Sato, M. Sawataishi, M. Ito, H. Madokoro, and S. Kadowaki, Basic Study for Distraction State Detection based on Driver Body Information Analysis, The Twelfth International Multi-Conference on Computing in the Global Information Technology (ICCGI2017) (2017)
- (2) K. Sato, M. Ito, H. Madokoro, and S. Kadowaki, Analysis of Facial Parts Effects by Emotion-evoking Videos focused on Smile Expression Process, Proc. Tenth International Multi-Conference on Computing in the Global Information Technology (ICCGI2015), pp.30-39 (2015)
- (3) 佐藤和人, 門脇さくら, 間所洋和, 笑顔の表出効果に着目した印象形成に及ぼす顔部位効果, 第13回情報科学技術フォーラム (FIT2014), RJ-002, pp.13-22, (2014.9)
- (4) K. Sato, T. Suto, H. Madokoro, and S. Kadowaki, Transient Stress Stimulus Effects on Intentional Facial Expressions - Estimation of Psychological States based on Expressive Tempos -, Proceedings of AMBIENT 2014: The Fourth International Conference on Ambient Computing, Applications, Services and Technologies, pp.72-81 (2014.8)
- (5) K. Sato, S. Kadowaki, and H. Madokoro, Analysis of Psychological Stress Factors and Facial Parts Effect on Intentional Facial Expressions, Proc. Third International Conference on Ambient Computing,

- Applications, Services and Technologies(AMBIENT), pp.7-16 (2013.9)
- (6) K. Sato, H. Otsu, H. Madokoro, and S. Kadowaki, Analysis of Psychological Stress Factors by Using Bayesian Network, Proc. IEEE International Conference on Mechatronics and Automation (ICMA), pp.811-818 (2013.8)
- (7) 佐藤和人, 大津宏亮, 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(FIT2013), RJ-002, pp.21-28 (2013.8)

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0件)

取得状況(計 0件)

〔その他〕

受賞(計 3件)

- (1) IARIA (International Academy, Research, and Industry Association) Best Paper Award,  
Analysis of Facial Parts Effects by Emotion-evoking Videos focused on Smile Expression Process, Proc. Tenth International Multi-Conference on Computing in the Global Information Technology (ICCGI2015) (2015.10)  
K. Sato, M. Ito, H. Madokoro, and S. Kadowaki
- (2) 第13回情報科学技術フォーラム FIT 奨励賞  
笑顔の表出効果に着目した印象形成に及ぼす顔部位効果, (FIT2014)(2014.9)  
佐藤和人, 門脇 さくら, 間所洋和
- (3) IARIA (International Academy, Research, and Industry Association) Best Paper

Award,  
Analysis of Psychological Stress Factors and Facial Parts Effect on Intentional Facial Expressions, Proc. Third International Conference on Ambient Computing, Applications, Services and Technologies (AMBIENT2013) (2013.9)

K. Sato, S. Kadowaki, and H. Madokoro

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

佐藤 和人 (Sato, Kazuhito)  
秋田県立大学・システム科学技術学部・教授  
研究者番号: 80390904

### (2) 研究分担者

( )

研究者番号:

### (3) 連携研究者

( )

研究者番号:

### (4) 研究協力者

門脇 さくら (Kadowaki, Sakura)