

令和元年6月20日現在

機関番号：34412

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K04437

研究課題名(和文) 自然な表情出現頻度に基づく確率的表情認知モデルの構築

研究課題名(英文) A spatio-temporal probabilistic modeling of dynamic facial expressions

研究代表者

小森 政嗣 (Komori, Masashi)

大阪電気通信大学・情報通信工学部・教授

研究者番号：60352019

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：表情は本来的に動的なものである。先行研究では動的に変化する顔の形状自体が、他者から見た顔のパタンの知覚および感情カテゴリーのラベリングにおいて重要な役割を果たしていると考えられることを示唆している。この研究では、自発的で動的な表情の時空間的構造を、階層的な確率モデリングにより明らかにすることを目指した。研究では、自発的な顔表情表出時の顔形状の時系列変化と本人の感情状態の関係を実験的に検討した。その結果、自然な表情の表出時には、様々な時間的特性を持つ動的な成分が表情に動的に現れていること、およびそれらの組み合わせが感情状態と対応していることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

従来表情研究で対象とされてきた「表情」の研究では、顔面形状の変化が最大となる瞬間の顔面形状が、感情カテゴリーと対応する典型的な表情として利用されてきた。すなわち、多くの従来研究は暗黙に静的な表情表象の存在を前提としていたといえる。一方、本研究ではより自然な表情に着目し、感情状態と動的な顔面形状変化の関係を記述する確率的表情表出モデルの構築を目指したものであった。これまでの研究の結果から、表情表出時の顔面形状には、時空間的な特徴が異なる複数の要素が重畳し、急速に変化する成分と持続的に変化する成分が同時に現れることが示された。

研究成果の概要(英文)：Affective facial expressions are dynamic in nature. Several researchers have claimed that dynamically changing facial configurations plays an important role in the perception of facial patterns and in the attribution of emotional category labels. This study aimed at finding the spatio-temporal structures of spontaneous dynamic facial expressions based on hierarchical Bayesian modeling. We empirically examined the relationship between the sequential configurations of the spontaneous facial expressions and the emotional state of the facial owners. The results suggest that multiple dynamic components with various temporal characteristics appear simultaneously in the natural facial expressions and that the combination of them corresponded to the emotion states.

研究分野：実験心理学

キーワード：表情表出 感情 モーションキャプチャ

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

従来、表情研究で用いられてきた「表情」刺激の多くは、予め決められた顔面の動作(例えば指定された FACS(Ekman & Friesen, 1978)の AU(Action Unit)の動作)や、俳優による特定の典型的な感情カテゴリーの演技を撮影したものが用いられてきた。また、(2) 顔面形状の変化が最大となる瞬間をとらえた写真や線画のイラストが、感情カテゴリーと対応する典型的な顔面形状としてしばしば利用されてきた。これら二つの意味において、従来の表情研究で対象とされてきた「表情」は、我々が日常的に接するような表情とは大きく異なっていると言える。現実において現れることは稀である顔面形状が表情研究で用いられてきた背景には、表情の計測・分析技術がこれまで不十分であったことだけでなく、暗黙に静的な表情のプロトタイプ表象の存在を前提としていたと考えられた。

一方、日常的に観察される自発的表情や微細表情に対する感情推定においては、顔面形状の時空間特性、すなわち動きこそが中心的な役割を果たしていることが指摘されてきた。しかしながら、従来一般的であった FACS のような手法では表情の動的な性質を扱うことが極めて難しかった。

本計画では、非実験室環境における長時間かつ非拘束の顔面形状の連続的な計測を行い、動的顔面形状変化がどのような確率分布で現れるかを検証し、これに基づいて確率的表情表出モデルの構築を目指すものであった。

2. 研究の目的

本計画では、階層的な構造を持つ表情認知モデルを提案することを目的としていた。ここで E は感情(感情の次元説をとるかカテゴリー説をとるかは本モデルにおいては重要な問題ではない)、 F は顔面形状の時空間パターン(以下表情素とする)、 X は顔面形状変形の時系列信号とする。表情表出においては感情 $p(E)$ が表情の要素の出現分布 $p(F|E)$ を決定し、さらにそれが顔面形状の時空間的分布 $p(X|F)$ を決定する。一方、表情認知はこの逆問題に対する解として与えられる。すなわち顔面形状信号 X からその特徴空間の類似性により $p(F|X)$ を推定し(これを表情モデルとする)、さらにこれから感情 $p(E|F)$ を推定すること(これを感情モデルとする)が表情認知過程であると考えた。表情認知の統合的理解にはこの表情モデルと感情モデルをともに解明することが必要となることを前提に、本計画では、生態学的妥当性が高い日常場面における実証的な研究を行い、主に表情モデル(顔面形状信号 X と表情認知の潜在変数 F の関係)の解明を目指した。

3. 研究の方法

本計画では、マーカレスフェイシャルモーションキャプチャシステムを表情研究に援用することで、非実験室環境における長時間かつ非拘束の顔面形状の連続的な計測を行い、これにより我々の様々な動的顔面形状変化がどのような確率分布で現れるかを検証することを目指した。当初、本研究では赤外線深度カメラを用いたマーカレスモーションキャプチャ技術がより進展し、一般化することを念頭に置いていた。しかし本研究期間に、赤外線深度カメラを用いたマーカレスモーションキャプチャ技術に代わり、技術的な発展の中心は機械学習に基礎を置くカメラ画像を用いた標識点の推定へと変化した。カメラ画像に基づく標識点の推定は、手軽である一方、その信頼性は一般的なモーションキャプチャシステムと比較するとかなり低く、その測定値の妥当性を検証することが非常に困難であるという問題がある。そのため当初の予定を変更し、マーカを用いた据え置き型のモーションキャプチャシステムを用いて研究を行った。このため、当初目指していた日常場面での顔面形状計測については、十分に検討することができなかった。

この研究では、確率的表情認知モデルの構築を試みている。まず、動的な顔面形状の状態を大まかに分類するため、顔面標識点座標の時系列変化のデータを幾何学的形態測定学の手法に基づいて整列し、整列後の標識点座標に対して隠れマルコフモデル(HMM)を適用した。その結果、感情状態と顔面形状の状態遷移との一定の対応関係が認められた。しかし、各状態における標識点座標の変化パターンを精査した結果から、ある状態が継続する時間長は標識点によって大きく異なるため、この方法では適切に状態の分類ができていないことが示唆された。このことは、所与の状態が継続する時間長が標識点によって異なる、すなわち顔面のある部分については状態変化が瞬間的に現れ、また別の部分については状態変化が長く継続することを意味している。

上記の問題を解決するためには、顔面の形状変化を構成する要素を抽出した上で、各要素の状態遷移を明らかにする必要があると考えた。そこで、整列された標識点座標データを予め主成分分析などの方法で次元縮約を行い、各次元に対してそれぞれ HMM を適用することで、顔面形状変化を構成する要素間の関係を明らかにしようと試みた。

4. 研究成果

(1) 感情ごとの顔面形状の状態遷移の検討

10 名の実験参加者に情動喚起映画データベースに含まれる各感情カテゴリー内のランクが高いもの 12 作品 13 シーンを選定し提示した。刺激映像提示中の顔形状の変化をモーションキャプチャ装置により計測した。このうち、表情が表出されている区間の候補を発見するため、モ

ーションキャプチャデータの区間分割を行った上で解析対象区間の候補を選定した．さらに選定された対象区間から実験参加者自身の主観的な感情状態の評価をもとに感情が表出されている区間を抽出しこれらを解析対象とした．標識点座標は一般化プロクラステス分析(GPA)により位置, 向き, 大きさの規格化を行った．隠れマルコフモデルにより各区間の顔面形状の状態を下記のモデルに従って7クラスに分類した．表情クラス数は Ekman の基本 6 表情および真顔から構成されると考え $k=7$ とした．パラメタの推定には MCMC を用い, 各フレームにおけるクラスは Viterbi アルゴリズムによって推定した．各クラスと顔面形状の関係を検討し, さらに, 全体的な状態遷移回数と, 特定の感情状態のときの状態遷移を比較し, 感情状態に特有の状態遷移パターンがあることを見出した(図 1)．しかし, 各クラスにおける標識点座標の変化パターンを精査した結果から, ある状態が継続する時間長は標識点によって大きく異なることが示唆された．このことは, 本研究計画が当初掲げていた仮説である「表情素」の客観的な実在性自体に疑義を呈するものであった．

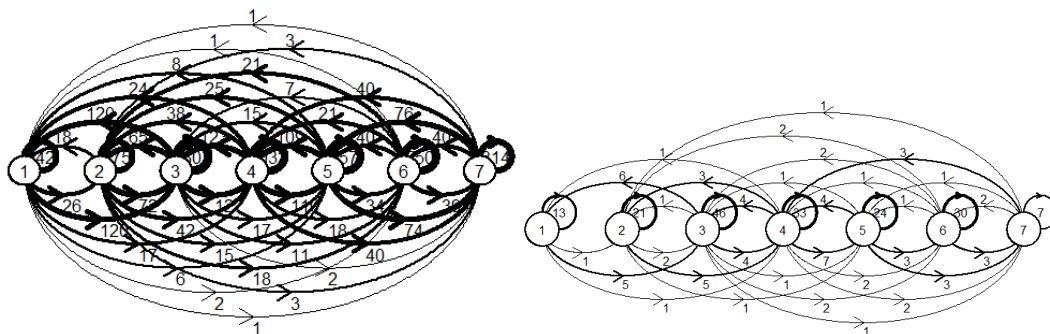


図 1 表情表出時の顔面形状の状態遷移 (7 クラス分類時)．(a) 全体の表情遷移の回数, (b) ポジティブ感情表出時の表情遷移回数

(2) 動的な顔面形状変化の要素ごとの時間的特徴の検討

上記の研究から, 顔面形状変化はいくつかの動的な要素が重ね合わされていることが示唆された．したがって, 表情を構成する要素を分解し, 各要素の動的な特徴を明らかにする必要がある．表情を構成する複数の動的な要素を直接的に抽出することは方法論的に困難であったため, ここではまずモーションキャプチャデータ解析対象区間のフレームごとの標識点座標を主成分分析で次元圧縮した (PC3 まで)．さらに, 各主成分得点に対して HMM で分析を行った．このときの各主成分における各クラスと, 実験参加者の感情状態の関係を検討した．その結果, 高い覚醒状態は顔面形状のうち特に顎や眉周辺の瞬間的な変化と関連していること, 低い覚醒状態は主に口周辺のゆっくりと持続的な顔面形状の変化と関連していることが示された．また, 快感情はゆっくりとした口の開きと, 不快感情は急速な口の閉じと眉上げに特に関連していることが示唆された．また, 快感情, 不快感情ともに, 急速に顔面形状が変化する成分と, ゆっくり持続的に変化する成分がともに含まれていることがわかった．

本研究は, 自発的な表情表出を分析し表情の時空間的特性と感情の関係を明らかにすることを目指した．表情表出時の顔面形状は, 急速に変化する成分と持続的に変化する成分が同時に現れ, 時空間的な特徴が異なる複数の要素が重畳したものであることが明らかになったと言える．今後, 感情と顔面形状の時空間パタンの関係を明らかにするためには, 様々な時間幅をもって同時に現れる顔面形状の複雑な時系列的な変化を分離・抽出する分析手法を今後構築していく必要があるだろう．

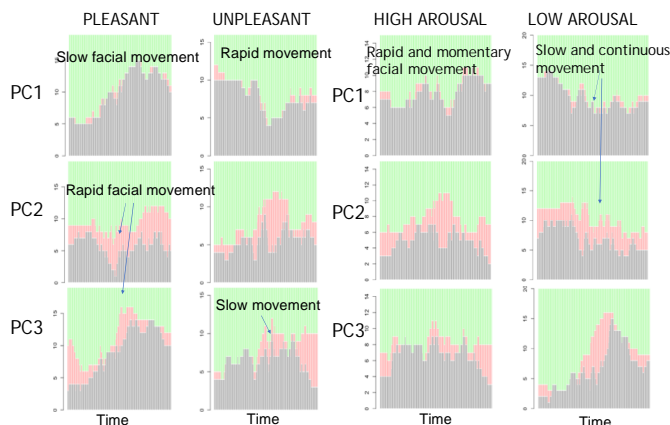


図 2 感情状態と顔面形状クラス出現比率の時系列的な関係

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計0件)

〔学会発表〕(計1件)

Komori, M., & Onishi, Y. (2019). Analysis of Temporal Features of Facial Expressions Using Motion Capture and Hidden Markov Model, International Convention of Psychological Science (ICPS2019), The Palais des Congrès de Paris, Paris, France, 7-9 Mar. 2019.

〔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〕

ホームページ等

無し

6 . 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名： 池田 功毅

ローマ字氏名： Koki Ikeda

所属研究機関名：中京大学

部局名：心理学部

職名：助教

研究者番号(8桁): 20709240

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。