

令和 2 年 5 月 28 日現在

機関番号：34310

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K00218

研究課題名(和文) 多角度回転した平均顔表情の認知ネットワーク構築とトポロジ解明に関する研究

研究課題名(英文) A study on construction of cognitive networks of rotated facial emotions and elucidation of their topology.

研究代表者

竹原 卓真 (Takehara, Takuma)

同志社大学・心理学部・教授

研究者番号：10347742

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、顔表情画像を正立で提示する条件と、倒立/横斜め30°/横斜め60°/上30°/下30°に回転させた状態で提示する条件において、その認知ネットワークのトポロジがどのような性質を有するのかを検証した。その結果、上記6条件すべてにおいて、認知ネットワークがスモールワールド・ネットワークになっていることを確認し、スモールワールド属性が認められた。具体的には、どの条件においても、短い直径、ノード間の短い平均距離、高いクラスタリング係数、1を超えるスモールワールド値が得られた。これは我々の表情認知ネットワークがランダムに接続されているのではなく、一定の規則に基づいていることを示している。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、これまでの表情認知研究では決して取り入れられて来なかった重要な点が2つある。1つは3次元平均顔の採用と、もう1つはネットワーク構造の導入である。研究の成果から、我々が正面以外の角度から表情を観察しても正確に感情を読み取ることができる現象に対して、ネットワークの観点から理論的基盤を付与することを可能にした点において大きな学術的意義がある。また、顔を様々な角度に回転させ、より生態学的妥当性の高い研究実施に対して先駆的な役割を担うことができた点において、社会的意義が大きいと考えている。

研究成果の概要(英文)：In this study, we investigated the topology of the network of facial emotion recognition in six conditions of rotation (upright, inversion, yaw-direction 30-degree rotation, yaw-direction 60-degree rotation, upward tilted 30-degree, and downward tilted 30-degree). In all conditions, facial emotion network constructed on the basis of similarity clearly forms a small-world network, which features an extremely short average network distance and network diameter, and close connectivity. Results suggest the existence of collective behaviors in the cognitive systems of facial emotions and also describe why people can efficiently recognize facial emotions in various angles.

研究分野：認知心理学

キーワード：表情認知 ネットワーク構造 スモールワールド・ネットワーク 3次元顔

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

(1) 私達が他人の表情を見て、そこからその人の感情を読み取るという、いわゆる表情認知研究は、正立・正面向きのスチール顔写真を提示して、何の表情に見えるかを尋ねるといった伝統的な研究方法に則って行われてきた。そして、あらゆる表情は6つの基本的カテゴリに分類されるというカテゴリモデルと、快/不快および覚醒度という2次元から構成される心理空間上にプロットされるという次元モデルが優勢であった。また、筆者は2つの表情を合成する「モーフィング」と呼ばれる技術を用いて中間表情を作成し、次元モデルがより確かである可能性が高いことを主張してきた。さらに、筆者はその研究を進展させ、表情認知の次元モデルには、自己相似性を有するフラクタル構造が内在していることを突き止め、表情認知において複雑系が絡むことを世界で初めて発見した。

(2) しかしながら、一連の研究でフラクタル属性が発見されたとはいえども、基本的には還元主義モデルの視点および研究パラダイムから検証されたものである。言い換えると、多数の表情全体を一つの系と見なす集団力学的な振る舞いには一切言及されてこなかった。私達が日常生活において他人の多種多様な表情を認識するためには、テンプレートや基準となるような表情と比較しているという考え方もあるが、多くの表情が互いに相互作用を及ぼし合う「ネットワーク」としての振る舞いに関する視点はこれまで存在しなかった。

(3) そこで、筆者は最も実験的に統制された正立/正面の表情に限定して、多様な表情の集団力学的振る舞いを測定するために、ネットワークとして表情認知を捉えることとした。具体的には、プロトタイプ6表情と、その総当たりの組み合わせから合成表情を作成し、合計81表情において、全てのペア表情間の類似度を一対比較によって測定した。その結果をネットワークとして表現したところ、正立/正面に限定してだが、どの表情も孤立することのない完全な表情認知ネットワークが構築された。それによると、表情認知ネットワークは複雑ネットワークの一種である、スモールワールド・ネットワークとしてのトポロジ属性(短い直径、短い平均距離、高いクラスタリング係数など)を有することが判明した。さらに、ネットワーク統合のためにはプロトタイプ表情ではなく、合成表情が重要であることも明らかになった。

(4) しかし、いくつかの問題点が浮上した。1つ目は表情刺激の人物が女性1名だった点である。表情刺激は表出者の性別によって異なることが知られており、性別という要因をできる限り中性化する必要があった。2つ目は正面顔しか扱わなかった点である。私達は日常生活で他人の表情を読み取る時、正面顔から読み取ることは稀で、然るべき角度だけ回転した顔から表情を読み取る。つまり、正面顔以外の表情を扱う必要があった。

### 2. 研究の目的

(1) 上述の問題点を解決するために、3次元顔画像を用いて男女1名ずつの顔表情を撮影して合成し、さらにそれを多様な角度に回転させた上で顔表情を評価させることを考えた。そして、評価結果を解析してネットワークを個別に構築し、スモールワールド属性をどの程度有するのかを検証することとした。

(2) 従って、本研究の目的は、正立・正面の表情画像(男女の表情を合成するため性別的には中性)に加え、倒立表情、横斜め30度、60度、上方向30度、下方向30度に回転させた合計6条件において表情評価を求め、個別にネットワークを構築することであった。さらに、それらのネットワークがスモールワールド属性を有するかどうかを確認することであった。結果の予測としては、倒立表情認知ネットワークは、スモールワールド属性を保ちつつもネットワークの直径や平均距離が若干延びると考え、斜め顔による表情認知ネットワークもスモールワールド属性を有する一方で情報処理効率がより高くなることが予想され、直径や平均距離が短くなると考えた。

### 3. 研究の方法

(1) まず、3次元カメラを用いて表情を撮影した。具体的には、複数名の男女に協力を募り、実験室で3次元カメラ(VECTRA M3)を用いて基本6表情を撮影した。そして、別の複数名の男女の協力を得て、それぞれの表情表出強度を測定し、最も表出強度が強かった男女1名ずつをピックアップした。その男女1名ずつの基本6表情を、合成ソフト(FACE RUGLE)を用いて個別に合成し、本実験刺激となる基本6表情を生成した。

(2) 続いて、同じく合成ソフトを利用して、本実験刺激の基本6表情を倒立、横斜め30度、60度、上方向30度、下方向30度に回転させた。そして、各条件において基本6表情の総当たりペアを設定し、その間を5枚の合成画像で中割した。従って、各6条件において、基本6表情と75枚の中割合成画像とで、合計81枚の提示表情刺激を用意した(図1参照)。

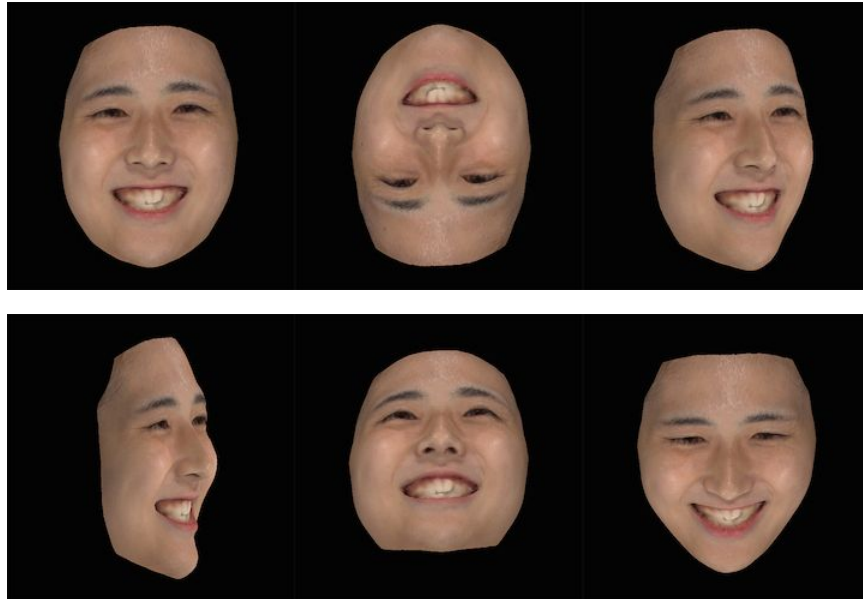


図1 . 各条件で準備した表情画像の例。上段左から正立・正面条件、倒立条件、横斜め30度条件、下段左から横斜め60度条件、上30度条件、下30度条件。全て喜びの表情を表出している。

(3) 別途、6条件ごとに15名の被験者を募り、81枚の表情刺激の総当たりペア(3240ペア)を横並びで提示して、その類似度を一対比較で評価させた。得られた類似度データを表情ペアごとに平均化し、その表情の類似度とした。ここで、一対比較時の測定値における中央値を境界とし、中央値よりも類似度が高ければその表情ペアが似ていると判断してリンクを張り、中央値よりも類似度が低ければその表情ペアは似ていないと判断してリンクを張らないという作業を、全ての表情ペアに対して実施した。そして、最終的に、ネットワーク描画ソフト(GEPII)を用いて6条件それぞれの表情認知ネットワークを構築し、ネットワーク統計量を算出した。

#### 4. 研究成果

(1) はじめに、本研究の主な成果をまとめる。6条件における表情認知ネットワークのネットワーク統計量を表1に示し、例示として倒立表情認知ネットワークのネットワーク図を図2に示す。図2は一見すると非常に複雑なネットワーク図であり、ランダムネットワークの一種として捉えられるかもしれないが、実際には隠れた規則性が内在していた。言い換えると、このネットワーク図はある規則に従って構築されているのである。その規則が表1のネットワーク統計量である。表1から見て取れることで重要なポイントは、6条件全てにおける表情認知ネットワークが、スモールワールド属性を有していることである。つまり、短い直径、短い平均距離、高いクラスタリング係数であり、当初の予想を裏付ける結果であった。また、倒立表情ネットワークにおける直径が正立のそれより1だけ長く、この点も予想と一致した。

(2) ところが、本研究の成果において予想に反する側面も明らかになった。それは、斜め顔におけるネットワーク統計量に大きな変化や差異が見られなかったことである。当初は、斜めに回転させた顔は奥行き情報を豊富に有しているため、情報処理効率が高くなってスモールワールド属性がより強固になると考えた。しかし、それとは反する結果が得られ、これは顔がどのように回転していたとしても、我々は効率的に表情を読み取っていることを示唆している。言い換えると、我々の表情認知ネットワークは顔の回転角度にかかわらず、高度・緊密に統合されていて、表情の認識処理は非常に効率的に行われているということである。

表1 . 各条件における各種ネットワーク統計量

	ノード数	リンク数	平均次数	直径	密度	クラスタ係数	平均距離	SW値
倒立	81	1040	25.679	4	0.321	0.746	1.945	2.249
正立	81	1024	25.284	3	0.316	0.726	1.889	2.282
横30度	81	974	24.049	3	0.301	0.733	1.903	2.376
横60度	81	1102	27.210	3	0.340	0.729	1.822	2.172
上30度	81	1003	24.765	4	0.310	0.751	1.925	2.314
下30度	81	1095	27.037	3	0.338	0.710	1.815	2.124

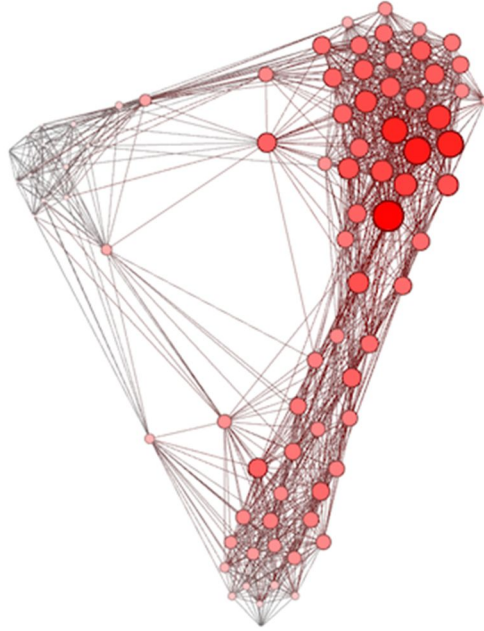


図2 . 倒立条件における表情認知ネットワーク図の例示。ノードの大きさはそのノードが有する次数を示している。

(3)本研究によって得られた成果には、大きなアドバンテージがあると確信している。まず、これまでの表情認知研究にネットワークという視点を取り入れた研究は、筆者による先行研究1件のみであり、本研究が世界で2例目にあたる。これまで表情認知研究はカテゴリモデルや次元モデルといった伝統的モデルが基準となっていたが、本研究によってネットワークモデルという第3軸の視点が提供された形になる。同時に、それらの伝統的モデルは要素還元モデルを基盤にするが、本研究のネットワークモデルはスモールワールド・ネットワークとなっていることから理解できるように、複雑系や複雑ネットワークを基盤にしているため、これまでの考え方とは全く異なる。これは認知心理学において新たな窓を開いたことと同義であり、日本国内外において極めて大きなインパクトとなる。

(4) 今後は、本研究の成果をベースにシミュレーションを行い、感情に関する情報処理の効率性や正確性を検証する必要がある。そのシミュレーションを重ねて深層学習や機械学習の研究に適用し、将来的には人工知能やロボットにおける表情認知研究に応用すべきであろう。総じて、詳細な表情認知のネットワーク図を手に入れたことは、ロボットと人間との円滑なコミュニケーションに大きく寄与し、今後の社会に対する有用な羅針盤になる可能性がある。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Takehara, T., Ochiai, F., & Suzuki, N.
2. 発表標題 A big data study on how Zipf's law governs multiplex emotion-associated words
3. 学会等名 International Non-linear Science Conference (国際学会)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----