

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 6 日現在

機関番号：34504

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2014～2015

課題番号：26880026

研究課題名(和文) 表情知覚における顔色手がかりの機序 多人種を対象とした脳活動・遺伝子からの検討

研究課題名(英文) Mechanism of facial color effect on facial expression perception

研究代表者

中島 加恵 (Nakajima, Kae)

関西学院大学・理工学研究科・博士研究員

研究者番号：50733408

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究はこれまで申請者らが進めてきた表情知覚における顔色の効果に関する研究を発展させ、顔色効果の特異性とその神経基盤を明らかにすることを目的とした。

表情知覚における顔色と背景色の影響について調査した心理物理実験により、顔色と背景色の両方が表情知覚に影響を与えるが、背景色に比べ顔色の方が効果が大きく、表情知覚における顔色の重要性を示した。顔色効果の神経基盤を明らかとするために実施したfMRI実験では、表情の処理に関係する脳領域(紡錘状回顔領域、後頭顔領域、扁桃体など)を被験者毎に特定し、それらの脳領域における顔色による活動の違いを検討した。

研究成果の概要(英文)：This study aimed to reveal facial color effect on a perception of facial expressions and its neural mechanism. In the psychophysical experiment, we compared the face and background (BG) color effects on the facial expression identification. Our results showed that expression identification was influenced by both face and BG colors. Facial color effects were significantly greater than those in the BG condition. These results suggested that facial color is intimately related to the perception of facial expression in excess of simple color. In the fMRI study, we investigated the neural basis of facial effect.

This study marks an essential first step toward to reveal the mechanisms of facial effect on a perception of facial expressions.

研究分野：認知神経科学

キーワード：顔色 表情 心理物理実験 fMRI

1. 研究開始当初の背景

ヒトの顔色はその表出者の感情状態を反映して変化する(Drummond and Quah, 2001 など). また, ヒトは顔の色を識別する高い能力を有し(Tan and Stephen, 2013), ヒトの色覚は「肌の色」の変調を見分けるために進化したとも言われている(Changizi et al., 2006). この色覚の進化は, 他者の肌の色, とりわけ顔色からその人物の健康状態や感情などの社会的シグナルを識別するためのものだと考えられている. 実際に, Stephenら(2009)は健康状態の知覚に顔色が影響を与えることを示した. しかしながら, 顔色が表情の知覚に影響を及ぼすことを実証した研究は少なく, その作用機序の多くが不明であった. そこで研究代表者らは, これまでの研究で表情の知覚に顔色が影響を及ぼすか否か(例えば, 赤い顔は怒っているように見えるか?)を心理物理実験により検討した. その結果, 顔の表情が全く同じ場合でも, 赤みがかった顔色は怒り表情と知覚されやすく, 青みがかった顔色は恐怖表情と知覚されやすいことを明らかにした.

2. 研究の目的

上述の研究代表者らの研究では, 表情を表出する人物(実験刺激の顔画像), 表情を知覚する人物(実験被験者)ともに日本人とし, 日本人間の表情知覚において, 顔色が寄与することを示した. ヒトの色覚の進化的観点から, 顔色は日本人に限らず, ヒトに共通する情報源であると考えられる. その一方で, 顔認識において「他人種効果」と呼ばれる民族や人種が異なる顔の認識や識別が困難となる現象が存在する. また, 顔色への感受性に対しても民族や人種間の差異が存在する可能性が考えられる. ヒトの感情の特性に関係すると言われているセロトニントランスポーター遺伝子多型は, その遺伝子型を持つヒトの割合が国や民族によって異なることが知られており(Lesch et al., 1996), 感情傾向の民族性にこの遺伝子多型が関係すると考えられる.

こうした背景を受け, 本研究では fMRI を用いて表情知覚における顔色効果の神経基盤を明らかにするとともに, 表情知覚における顔色効果とセロトニントランスポーター遺伝子多型の関係を明らかにする.

3. 研究の方法

(1) 表情知覚における顔色と背景色の影響

上述したように研究代表者らはこれまでの研究で, 実際に表情知覚に顔色が影響することを示した. 一方で, 単純な色(背景色)が表情知覚に影響を及ぼす(赤色が怒り表情知覚を促進する)ことがYoungら(2013)によって報告された. 研究代表者らが示した表情知覚における顔色の効果が, Youngら(2013)が示した単純な色の効果の範疇なのか, それとも顔色特有の効果なのかを検討す

る心理物理実験を実施した. 恐怖, 怒り表情画像をモーフィングし, 表情が段階的に変化した表情画像群(11段階)を作成した. 顔画像はATR Facial Expression Image Database(DB99)から日本人の男女各4名, 計8名の2種類の表情画像(恐怖(F0), 怒り(A0))を選出し, 使用した. 表情画像のモーフィングはフリーソフトウェアのSmart-Morph(<http://meesoft.logicnet.dk/SmartMorph/>)を使用して, 同一人物の恐怖100%と怒り100%の顔画像をモーフィングすることにより作成した. 表情画像を顔色と背景色を組み合わせた5条件(①赤みがかった顔色×グレー背景, ②青みがかった顔色×グレー背景, ③自然な顔色(肌色)×赤色背景, ④自然な顔色(肌色)×青色背景, ⑤自然な顔色(肌色)×グレー背景)で呈示した. ①②は顔色条件, ③④は背景色条件, ⑤はコントロール条件である. 顔色の操作はLab表色系で行い, 画像の元画像の色を基準に, 赤みがかった顔色はa軸+12, 青みがかった顔色はb軸-12とした. 顔色と背景色の色の設定(ab色度図上)を図1に示す. なお, 色の操作は目と歯の領域は除外して行った. 12名(女性6名)の被験者は, 呈示された画像の表情が, 怒り表情であるか恐怖表情であるかを出来る限り早く正確に回答した(図2).

怒り応答率を条件毎にロジット関数(二項分布の一般線形モデル)でフィッティングし, 応答率が50%となる主観的等価点(PSE: point of subjective equality)を被験者毎に求めた. 色(顔色または背景色)の効果指標を, 条件①-④と色の影響がないコントロール条件である⑤のPSEの差分として定義し, 算出した. 色効果指標は, 値がゼロ付近では色の効果が小さく, 正方向に大きいと恐怖判別率が, 負方向に大きいと怒り判別率が高くなることを示す. 色効果指標に対して, 色操作箇所(顔, 背景色)と色(赤, 青)を要因とした2要因の反復測定分散分析を行った. また, 顔色, 背景色条件それぞれの100%表情に対する応答時間に対して, 色(赤, ニュートラル, 青)と表情(恐怖, 怒り)を要因とした2要因の反復測定分散分析を行った.

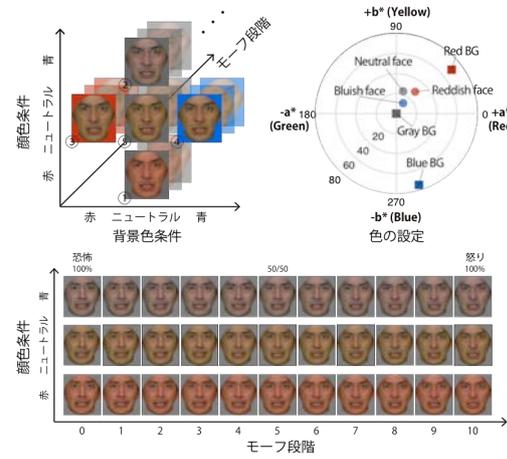


図1 実験刺激

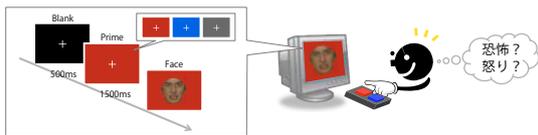


図2 実験手続き

(2) 顔色効果の神経基盤の解明

日本人間で生じる顔色効果の神経基盤を調査するため fMRI を用いた実験を行った。

実験には健康な日本人の成人 34 名(女性 6 名)が参加した。実験条件は表情 3 種類(恐怖 100%, 恐怖/怒り 50/50%, 怒り 100%) × 顔色 3 種類(赤みがかった, 通常, 青みがかった) の 9 条件とした。顔画像は ATR Facial Expression Image Database (DB99) から日本人の男女各 4 名, 計 8 名の 2 種類の表情画像(恐怖 (F0), 怒り (A0)) を選出し, 使用した。恐怖/怒り 50/50% の画像はフリーソフトウェアの Smart-Morph (<http://meesoft.logicnet.dk/SmartMorph/>) を使用して, 同一人物の恐怖 100% と怒り 100% の顔画像をモーフィングすることにより作成した。顔色の操作は Lab 表色系で行い, 画像の元画像の色を基準に, 赤みがかった顔色は a 軸+12, 青みがかった顔色は b 軸-12 とした。なお, 色の操作は目と歯の領域は除外して行った。コントロール刺激として, 同画像データベースの無表情 (NE) を使用した。合計で 80 枚の顔画像(3 表情 × 3 顔色 + コントロール刺激) × 8 モデル) を使用した。各画像の平均輝度と RMS 輝度コントラストはすべての画像間で等しくなるように統制し, ニュートラルグレーの背景の中心に顔画像を配置した。

セッション開始直後, 固視点(ニュートラルグレー背景)が 12.5 秒間呈示された。SOA (第一刺激の開始から第二刺激の開始までの時間間隔) を 2.5, 5.0, 7.5, 10.0 秒(mean SOA=4.1sec) として, 各顔刺激は 0.3 秒間呈示された。各セッションにおいて, 80 枚の顔画像が 2 回ずつランダムな順番で呈示された(160 試行/セッション)。実験全体で 4 セッションを行った。被検者は呈示された顔画像の表情が恐怖と怒りのどちらの表情かを, 可能な限り早く正確に回答する表情判別タスクを行った。回答は右手の人差指と中指で行い, ボタンと表情の割り当ては被験者間でカウンターバランスを取った(ある被験者は右ボタンが恐怖, 左ボタンが怒り, ある被験者はボタンと表情の対応がその逆)。

3 テスラ MR スキャナ (Verio, シーメンス社) を用いて, 4 セッション (各約 12 分) の脳機能画像と安静時の脳構造画像を取得した。

顔選択的領域を定義するために, 上述のメイン実験とは別にローカライズスキャンを行った。被験者は顔, 体, 風景, 車の 4 種類の画像を観察した。被験者は 15 秒ごとに各種類の画像を注視し, 2 回呈示される赤い固視点に対してボタン押しで反応した。この呈示条

件(ブロック)を 4 回繰り返した。15 秒の安静条件をセッションの最初と最後, そして繰り返しの間に設定した。安静条件の間にも赤い固視点は 2 回呈示され, それに対してボタン押しで反応した。

表情 顔色	恐怖 100%	恐怖/怒り 50/50%	怒り 100%	無表情 (コントロール)
赤みがかった				
通常				
青みがかった				

図3 fMRI 実験の実験刺激

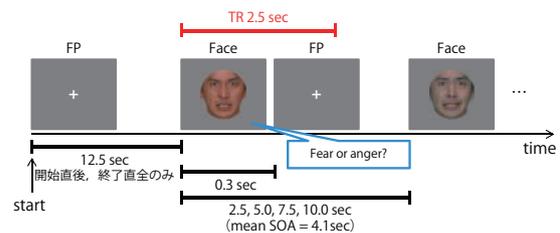


図4 fMRI 実験の実験手続き

4. 研究成果

(1) 表情知覚における顔色と背景色の影響

顔色, 背景色どちらの条件においても, 青色の場合には恐怖判別率が, 赤色の場合には怒り判別率がコントロール条件に比べて高かった(図 5)。色効果指標に対して, 2 要因の反復測定分散分析の結果(図 6), 色の主効果が有意であった [$F(1, 11)=21.587$; $p=.001$]。さらに重要なことには, 色操作箇所と色の交互作用が有意であった [$F(1, 11)=8.552$; $p=.014$]。この交互作用について下位検定を行ったところ, 各色条件における色操作箇所の単純主効果がいずれも有意であった(赤: $p=.017$, 青: $p=.021$)。この結果は赤, 青どちらの色の場合においても, 背景色条件よりも顔色条件で表情知覚に対する色の効果が強いことを示す。

応答時間においては, 顔色条件において色と表情の交互作用が有意であった [$F(2, 22)=7.19$; $p=.004$] (図 7)。下位検定の結果, 有意な表情の単純主効果が認められ, 顔色が赤の場合には恐怖表情に比べて怒り表情の応答時間が有意に短く ($p=.014$), 顔色が青の場合には怒り表情に比べて恐怖表情の応答時間が短い傾向があった ($p=.084$)。色の単純主効果も有意であり, 恐怖表情の場合に顔色赤, 顔色ニュートラルに比べて顔色青の応答時間が有意に短かった(赤: $p=.02$, ニュートラル: $p=.013$)。一方, 背景色条件では統計的有意な効果はなかった(図 8)。

これらの結果は, 顔色と背景色の両方が表情知覚に影響を与えるが, 顔色の方がより強い効力を持つことを示す。したがって, 表情知覚における顔色の効果は, 単純な色の効果の

範疇を超えた、顔色特有のものであることが示唆された。この成果は、霊長類の色覚は感情などの社会的シグナルを読み取るために、同種の肌色を識別するために最適化されたという Changizi ら (2006) の説をサポートし、顔色の重要性を示すものである。

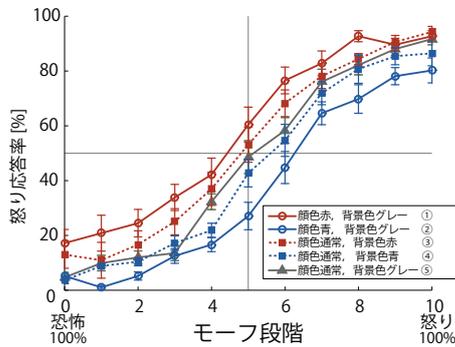


図5 各条件の怒り応答率

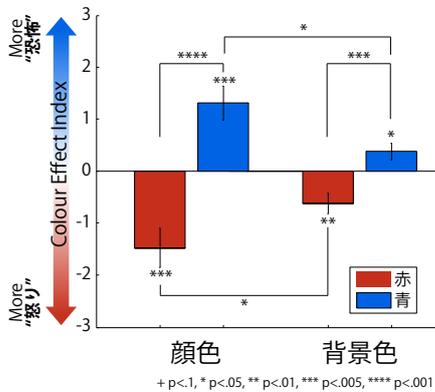


図6 色効果指標

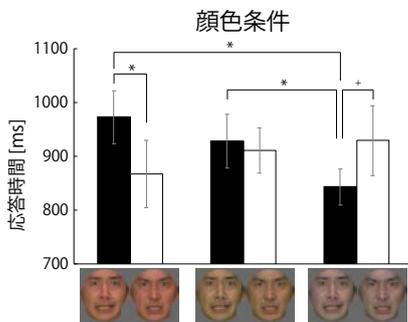


図7 顔色条件の応答時間

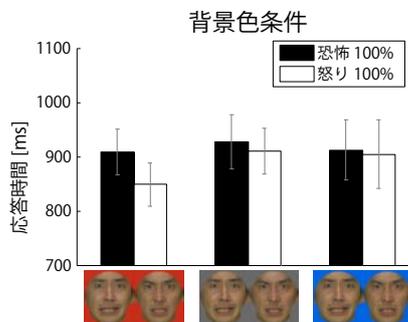


図8 背景色条件の応答時間

(2) 顔色効果の神経基盤の解明

被験者 34 名中男性 1 名は無回答確率が 10% を超えるセッションがあったため除外し、33

名のデータに対して解析を行った。

得られた表情判別率(怒り応答率)を図9に示す。赤みがかった顔色は青みがかった顔色、通常顔色に比べ怒り応答率が高く、これまでの実験結果と一致する顔色の効果が見られた。表情判別率に対して、表情(恐怖 100%, 恐怖/怒り 50/50%, 怒り 100%)と顔色(赤みがかった, 通常, 青みがかった)を要因とした2要因の反復測定分散分析を行った結果、有意な表情の主効果が認められ $F(2, 64)=120.13; p<.0001$, 3種類の表情すべての中で有意差があった(恐怖 100% < 恐怖/怒り 50/50%, 怒り 100%; 恐怖/怒り 50/50% < 怒り 100%; すべて $p<.0001$)。顔色の主効果 $F(2, 64)=16.81; p<.0001$ も有意であり、青みがかった顔色に比べて、赤みがかった顔色と通常顔色が有意に高い怒り応答率であった(どちらも $p<.0005$)。さらに有意な表情と顔色の交互作用も認められた $F(4, 128)=7.49; p<.0001$ 。下位検定の結果、すべての顔色条件において有意な表情の単純主効果が認められ、どの顔色条件においても3種類すべての表情条件間に有意差があった(すべて $p<.0001$)。顔色の単純主効果は表情が恐怖 100%, 恐怖/怒り 50/50%で有意であった。恐怖 100%条件では、青みがかった顔色、通常顔色に比べて赤みがかった顔色に対して怒り応答が高かった(どちらも $p<.0005$)。恐怖 100%条件では、青みがかった顔色、通常顔色に比べて赤みがかった顔色に対して怒り応答が高かった(どちらも $p<.0005$)。

ローカライゼーションで取得した脳画像データを用いて、表情の処理に関する脳領域(紡錘状回顔領域, 後頭顔領域, 扁桃体など)を被験者毎に特定した。

今後は特定した脳領域の活動に顔色がどのように作用するかをメイン実験のデータを使用して検討することにより、表情知覚における顔色効果の神経基盤を明らかにする。

申請時には予定していなかった背景色を検討する実験を実施する必要性が生じたため、人種による顔色効果の違いを検討する実験までは実施できなかった。しかし、背景色の実験を行ったことにより、表情知覚における顔色効果の特異性、頑健性を裏付けることができた。このことは今後、人種の違いを検討する上でも非常に重要であり、この裏付けを基に、人種についての検討を進めていく。

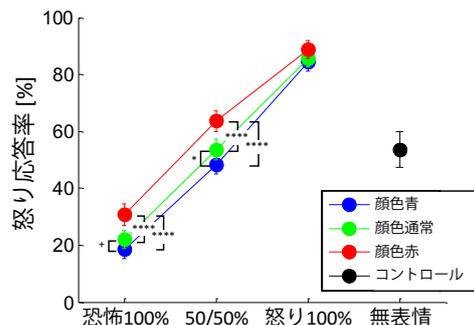


図9 fMRI 実験の怒り応答率

5. 主な発表論文等

[学会発表] (計 2 件)

- ① 中島 加恵, 南 哲人, 中内 茂樹, “表情知覚に及ぼす顔色の効果:背景色の効果と比較して”, 第 20 回日本顔学会大会フォーラム顔学 2015, 2015 年 9 月 13 日, 中京大学(愛知県・名古屋市).
- ② Nakajima, K., Minami, T. and Nakauchi, S., “Face and background colour effect on facial expression perception”, 38th European Conference on Visual Perception (ECPV2015), 2015 年 8 月 24 日, Liverpool (UK).

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中島 加恵 (NAKAJIMA, Kae)

関西学院大学・理工学研究科・博士研究員
研究者番号 : 50733408

(2) 研究分担者

(3) 連携研究者

(4) 研究協力者

中内 茂樹 (NAKAUCHI, Shigeki)

豊橋技術科学大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号 : 00252320

南 哲人 (MINAMI, Tetsuto)

豊橋技術科学大学・エレクトロニクス先端融合研究所・准教授

研究者番号 : 70415842