

リアルワールドパラダイムと脳機能イメージングによる 顔印象認知の神経基盤の検討

東北大学大学院教育学研究科

伊藤 文人

Previous studies have identified the neural substrates of facial impression formation using neuroimaging techniques such as functional magnetic resonance imaging (fMRI). In the present study, we combined fMRI with speed-dating, in which participants engaged in three-minute short conversations, to determine whether facial impressions of conversation partners displayed on a computer screen could predict the impressions formed during direct interactions with those partners. The results showed that ratings of trustworthiness and activity of the left amygdala obtained before the speed-dating event predicted the ratings of trustworthiness obtained during the event. In addition, ratings of dominance obtained before the speed-dating event predicted the ratings of dominance obtained during the event. These results suggest that first impression of face photograph predicts person impressions formed through direct conversation.

1. 緒言

人にとって他者の存在は不可欠なものであり、他者の顔に対する印象形成のメカニズムについて多様な検討がなされてきた。昨今のデータ解析技術の発展も相俟って、多くの知見が蓄積されている¹⁻³⁾。過去の心理学的研究は、顔がどのような認知メカニズムにより処理されているかという基礎的な知見を明らかにするだけでなく、「魅力的な顔は全般的に信頼されやすく生涯年収も高くなりやすい (Beauty Premium)」、「有能そうに見える顔の人物は選挙で当選しやすい傾向がある」といった社会生活に密接に関連する事実も明らかにしてきた¹⁾。2008年に発表された研究では、顔印象の二次元モデルが提唱されている⁴⁾。この研究では、数多くある顔印象表現の中でも信頼度(どれくらいその顔が信頼できそうか)と支配性(どれくらいその顔が支配的か)の情報が、顔の印象を包括的に規定する二次元平面をなし、魅力度や有能さといった顔から推測される他の様々な印象を、これらの2つの軸である程度説明できる(変化させることができる)ことが示唆されている。しかしながら、こうした研究は「顔」に注目しているため、例えば「信頼度が高いと判断した顔の人物と実際に会話をした際、その人物の信頼度は高いと判断するか」、つまり顔に対する印象評価が実際にその顔の人物と社会的相互作用を行った場合と(どの程度)一致するか、という点について明らかにすることが難しい。そこで本研究では、参加者同士が1) 将来会話をすることになる人物の顔写真を呈示さ

れ、その際の機能的磁気共鳴画像法(以下、fMRI)による脳活動測定および印象評価を行うセッション、2) 顔が呈示された人物と実際に会話をを行う(会話課題)セッションを実施し、顔に対する印象(以下、顔印象)とその顔の人物と実際に会話をした後に抱く印象(以下、会話印象)の関連について検証することを目的とした。

2. 方法

2.1. 参加者

本研究には、精神疾患および神経疾患の既往がなく異性愛者である健常若年成人73名(女性36名、男性37名、平均年齢20.9歳、年齢範囲19-26歳)が参加した。全参加者に対し、ヘルシンキ宣言に基づいた本研究の主旨・内容・実験の安全性および被験者の権利に関する説明を行い、書面による参加の同意を得た。なお、本研究は高知工科大学倫理委員会の承認を得て、北海道大学のMRI施設を利用し実施したものである。参加者は事前に顔写真の撮影を行った。この顔写真撮影に先立ち、参加者全員に対し写真撮影の趣旨・内容・プライバシーの保護について説明を実施し、同意を取得した。顔写真の撮影は顔が正面を向いた状態で、DSC-WX300およびPIXPRO FZ43を使用し行った。また、撮影時にはフラッシュを使用し、解像度は1920 × 1080とした。参加者にはナチュラルなリラックスした表情で撮影に臨むように教示した。

2.2. セッション1

セッション1では、fMRI撮像中の顔呈示課題および印象評価課題(別室にてfMRI撮像後に実施)を行った。fMRI撮像は、約10分間のスキャンを2run実施した。刺激呈示および行動データの記録はPresentation (Neurobehavioral Systems, Albany, CA)を用いて行った。fMRI撮像中、被験者にはプロジェクターから後日実施する会話課題において実際に会話をする相手の顔写真が鏡を介して呈示された



Neural correlates of facial impression formation: real world paradigm and functional magnetic resonance imaging

Ayahito Ito

Graduate school of education, Tohoku University

(図1A)。刺激呈示時間は2.0秒であり、各刺激間には固視点として白い十字を呈示した。固視点の呈示時間は3.0-9.0秒間であった。被験者は、顔写真が呈示されたら、できるだけ早く人差し指でボタン押しをするよう教示された。

fMRI撮影終了後、参加者は別室に移動し、fMRI撮影中に呈示された顔写真を改めてPC画面上に呈示され、それぞれの顔の信頼度と支配性について7段階で印象評定を行った。

2. 3. セッション2

後日、参加者は会話課題に参加した(図1B)。fMRI参加者は、fMRIの数日後に会話課題に参加し、セッション1

で顔が呈示された人物一人一人と3分間の会話を行った(図1B)。会話課題は計2回行われ、1回目は同性セッション(同性との会話)、2回目は異性セッション(異性との会話)を行った。セッション1からセッション2までの期間は3日～34日であった。会話課題は、200名以上が収容可能な会議施設で行われ、同性セッション、異性セッションともに約3時間を要した。参加者は会場到着後、ID番号とワークシート(質問票)を受け取り、自分のIDが貼られた椅子に座るように指示された。実際の会話課題では、参加者はそれぞれの相手と3分間の自由な会話をした。各3分間の会話の後、参加者はセッション1と同様に相手についての印象を7段階で評価した(表1)。なお、その際参

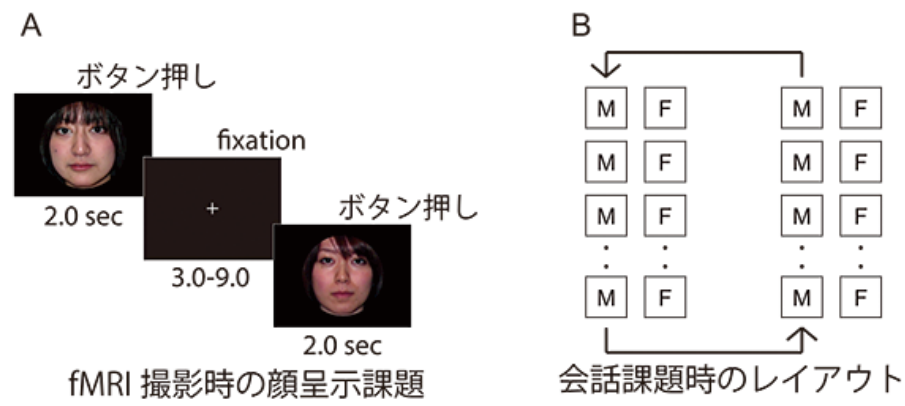


図1 (A) 被験者はfMRI撮影中に、後日会話課題において実際に会話をする相手の顔写真を呈示され、顔が呈示されたらできるだけ早く人差し指でボタン押しをするよう教示された。(B) 会話課題では会話相手と対面する形で座席が配置され、それぞれの相手と3分ずつ会話を行った。会話終了後、一方の参加者は隣の席へ移動した。感染対策として、参加者は口元が見えるクリアマスクを着用し、参加者同士の間に飛沫防止パネルを設置した。また、左右の参加者との間隔も十分に空け、空気の入れ替えを頻繁に実施した。なお、この図は異性セッション時様子を模式的に表したものである(M：男性、F：女性)。

表1 本研究で使用した評定項目一覧。参加者はfMRI撮影終了後に別室へ移動し、それぞれの顔写真を改めて呈示され、各項目について評定を7段階で行った。会話課題で各パートナーとの会話を終えた時点でも同様の評定項目について7段階で評定を行った。

評定番号	評定項目
1	どれくらい信頼できそうか
2	どれくらい支配的そうか
3	どれくらい近寄りやすいか
4	どれくらい魅力的か
5	どれくらい温かそうか
6	どれくらい有能そうか
7	どれくらい攻撃的そうか
8	どれくらい思いやりがありそうか
9	どれくらい知的そうか
10	どれくらい女性的か
11	どれくらい若い
12	どれくらい好きか
13	どれくらい話したいか
14	この相手は自分をどれくらい魅力的と思いきそうか
15	この相手は自分をどれくらい好きだと思いきそうか

加者は相手と面識があるかどうかとも回答した。参加者が相手を知っていると答えた場合、該当データはすべて解析から除外された。各会話の後、一部の参加者は、隣の席へ移動した(図1B)。全ての会話課題終了後、参加者は事前に作成した研究用のGmailアドレスを交換したい相手を選択した。後日、互いに連絡先を交換したいと一致が見られた参加者について、この事前に作成した研究用のGmailアドレスを交換した(研究担当者が相手のGmailアドレスを該当者に送付した)。なお、その後のトラブル等について研究者は一切関知しないことを事前に説明し、同意を得ている。

2. 4. 脳機能画像データ取得および前処理

3.0 Tesla MRI スキャナー (MAGNETOM Prisma, Siemens, Germany) を用いて全脳イメージングを実施した。T2*-weighted echo planar imaging (EPI) シーケンスを用い、パラメータは以下の通り設定した：繰り返し時間 (TR) = 2,500ms、エコー時間 (TE) = 30ms、フリップ角 = 90°、撮影行列 = 80 × 80、FOV = 240mm、解像度 = 3 × 3mm、スライス数 = 42、スライス厚 = 3mm、スライス間ギャップ = 0.5mm。磁化率による副鼻腔の信号損失を回復するために、前交連-後交連線 (AC-PC line) に対して 30° 傾けた撮影シーケンスを用いた⁵⁾。また、高分解能(空間分解能 1 × 1 × 1mm)の構造画像は、MP-RAGE 取得した。被験者の頭の動きは、頭を囲むパッドで制限された。脳画像データの前処理と統計解析は、Statistical Parametric Mapping (SPM) (Wellcome Department of Imaging Neuroscience, London, UK) を用いて実施した。各被験者の EPI 画像は、スキャン間で発生した小さな動きを補正され (Realign)、次にスライス取得時間について補正された (Slice Timing Correction)。各被験者の T1 強調画像は、EPI 画像の平均値にコレジストレーションされ (Coregistration)、灰白質を分離するためにセグメント化された (Segmentation)。次に、EPI 画像を MNI テンプレートに正規化し (Normalisation)、8mm 全幅半値ガウスカー

ネルを使用して平滑化した (Smoothing)。

2. 4. データ解析

行動データの解析では、セッション1で取得した会話相手の顔に対する1)信頼度評定、2)支配性評定とセッション2で取得した会話相手の顔に対する1)信頼度評定、2)支配性評定との関連をそれぞれ検討し、顔印象と会話印象の関連を検討した。脳機能画像の解析では、それぞれの会話相手の顔に対する扁桃体と背外側前頭前野の活動量を MarsBaR (<http://marsbar.sourceforge.net/>) にて取得し、セッション2で取得した会話相手の顔に対する1)信頼度評定、2)支配性評定との関連をそれぞれ検討した。背外側前頭前野と扁桃体のマスク画像は anatomical automatic labeling (AAL) atlas^{6,7)} を使用して作成した(図2)。統計解析には MATLAB2018a を使用し、線形混合効果モデルによる解析を行った。

3. 結果

はじめにセッション1で取得した会話相手の顔に対する信頼度評定および扁桃体の活動量が、セッション2で取得した信頼度評定を予測するか検討を行った。従属変数はセッション2の信頼度評定とし、独立変数は1)セッション1の信頼度評定、2)左扁桃体の活動量(% signal change)、3)右扁桃体の活動量とした (Model 1)。また、ランダム効果には、参加者および刺激の情報を用いた(図3)。

その結果、セッション1の信頼度評定および右扁桃体の活動量は有意にセッション2の信頼度評定を予測することが明らかとなった(信頼度評定: $p < 0.001$, $\beta = 0.08$ [0.05, 0.10]; 右扁桃体の活動量: $p < 0.05$, $\beta = 0.11$ [0.007, 0.20])。左扁桃体に有意な予測力は認められなかった ($p = 0.07$, $\beta = -0.08$ [-0.17, 0.006])。Model 1 における AIC は 7080.6, BIC は 7127.8 であった。Model 2 として、セッション1の信頼度評定のみを独立変数として用い、解析を行った結果、AIC は 7079.2, BIC は 7108.7 であった。Model 3 として、左右の扁桃体の活動量を独立変数として

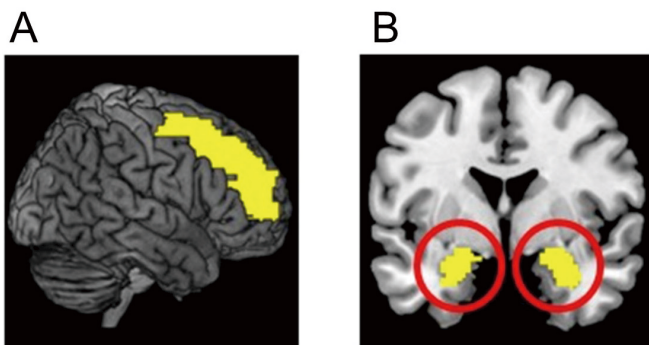


図2 (A) 背外側前頭前野のマスク画像。(B) 扁桃体のマスク画像。

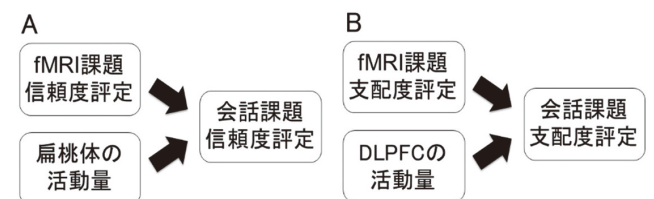


図3 本研究における線形混合モデルの模式図。(A) 会話課題(セッション2)における信頼度評定をfMRI課題(セッション1)時の信頼度評定および扁桃体の活動量から予測。(B) 会話課題(セッション2)における支配度評定をfMRI課題(セッション1)時の支配度評定および背外側前頭前野(DLPFC)の活動量から予測。

用いて解析を行った結果、AICは7103.2、BICは7138.6であった。以上より、Model 2が最も適合度の高いモデルであることが示唆された。

支配性については、セッション1で取得した会話相手の顔に対する支配性評定および背外側前頭前野の活動量が、セッション2で取得した支配性評定を予測するか検討を行った。従属変数はセッション2の支配性評定とし、独立変数は1) セッション1の支配性評定、2) 左背外側前頭前野の活動量(% signal change)、3) 右背外側前頭前野の活動量とした(Model 1)。また、ランダム効果には、参加者および刺激の情報を用いた。その結果、セッション1の支配性評定は有意にセッション2の信頼度評定を予測することが明らかとなった(支配性評定: $p < 0.001$, $\beta = 0.09$ [0.06, 0.12], 左背外側前頭前野: $p < 0.05$, $\beta = -0.30$ [-0.56, -0.05])。一方、右背外側前頭前野に有意な予測力は認められなかった($p > 0.05$)。Model 1におけるAICは7886、BICは7927.3であった。Model 2として、セッション1の支配性評定のみを独立変数として用い、解析を行った結果、AICは7889.4、BICは7918.9であった。Model 3として、左右の背外側前頭前野の活動量を独立変数として用い、解析を行った結果、AICは7924.9、BICは7960.3であった。以上より、Model 1が最も適合度の高いモデルであることが示唆された。

4. 考 察

本研究では、「リアルワールドパラダイム」として、参加者同士が実際に会話を行う課題(会話課題)を用い、顔印象が会話印象を予測するか検討を行った。顔印象の二次元モデルでは、信頼度と支配性が顔印象における中心的な評価軸となると考えられてきたが、この信頼度と支配性の二軸が、他者と実際に会話を行った際の印象、すなわち会話印象においても適用可能であるかについては、十分に明らかにされていなかった。本研究結果は、顔写真に対する信頼度・支配性評定値が、会話時の信頼度・支配性評定をそれぞれ有意に予測することを明らかにした。この結果は、顔印象の二次元モデルが会話印象においても適用可能であることを示唆する直接的なエビデンスを提供するものであった。またこの結果は、人間が他者との関係を築く際に、第一印象がその後の評価に大きな関連していることを示唆するものと考えられる。

信頼度評定については、セッション1の信頼度評定と右扁桃体の活動量が、セッション2の信頼度評定を有意に予測することが明らかとなった一方、左扁桃体の活動量は予測力が認められなかった。これらの結果は、右扁桃体が信頼度の評価に関与していることを示唆している。また、モデルの適合度を比較すると、Model 2がModel 1および3よりも適合度が高いことが明らかとなった。これは、セッ

ション1の信頼度評定が、セッション2の信頼度評定を予測する上で重要であることを示唆している。なお、扁桃体の活動量に関する本研究の知見は今後の更なる追試・検討が必要と考えられる。過去の研究^{8, 9)}は扁桃体が信頼度の低い顔に対して、より活動することを報告している一方、本研究では信頼度の高い顔に対して右扁桃体のより大きな活動が予測力をもつことが明らかとなった。一方、有意差は認められなかったものの、左扁桃体は反対の傾向を示した。これらの知見は、扁桃体の信頼度処理に関わる左右差を示唆するものである可能性があるが、扁桃体の機能については未だ議論の余地があり、今後のさらなる検討が重要であると考えられる。

支配性評定については、セッション1の支配性評定がセッション2の支配性評定を有意に予測することが明らかになるとともに、左背外側前頭前野の活動量に予測力を認めた。モデルの適合度を比較したところ、Model 1がModel 2および3よりも適合度が高いことが明らかとなった。これらの結果は、支配性評定の予測においては、支配性評定だけでなく背外側前頭前野も重要であることを示唆している。

本研究結果は、信頼感や支配感を向上させるための化粧方法の開発につながる可能性が考えられる。すなわち、本研究で明らかにされた「顔印象の二次元モデルが実際の会話場面でも適用可能であり、脳情報が実際の会話印象の予測に寄与する」との知見は、支配性に着目した「社会的戦略としての新たな化粧文化」の開拓に貢献できる可能性がある。「魅力」は信頼度と近い概念であるため「魅力」を操作する化粧は自ずとその人物の信頼度を高めることにつながるが、社会的責任の大きい立場の人物に特に必要となる「有能さ」は信頼度と支配性の中間に存在する概念と考えられており、支配性の操作も必要となる。これまでの化粧文化は魅力度を高め、結果として“Beauty Premium”を勝ち取ることに主眼が置かれてきた。この方策は極めて大きなインパクトをもたらしたが、支配性に着目した責任ある立場を勝ち取るための化粧技術は第二のインパクトをもたらす可能性がある。すなわち、化粧により支配性を操作して「有能さ」を演出することで、責任ある立場を勝ち取るチャンスが増加する可能性は極めて高い。信頼度と支配性を心理・脳の側面から定量的に評価する技術を応用し、「有能さ」に着目した新たな化粧文化が確立できれば、女性の社会進出・活躍推進のさらなる後押しとなることが期待できる。

(引用文献)

- 1) A. Todorov, A. N. Mandisodza, A. Goren & C. C. Hall. Inferences of competence from faces predict election outcomes. *Science*, 308, 1623-1626, 2005.
- 2) A. Ito et al. Distinct neural correlates of the

- preference-related valuation of supraliminally and subliminally presented faces. *Hum Brain Mapp*, 36, 2865–77, 2015.
- 3) S. T. Fiske, A. J. C. Cuddy & P. Glick. Universal dimensions of social cognition: warmth and competence. *Trends Cogn Sci*, 11, 77–83, 2007.
- 4) N. N. Oosterhof & A. Todorov. The functional basis of face evaluation. *Proc Natl Acad Sci USA*, 105, 11087–92, 2008.
- 5) R. Deichmann, J. A. Gottfried, C. Hutton & R. Turner. Optimized EPI for fMRI studies of the orbitofrontal cortex. *NeuroImage*, 19, 430–41, 2003.
- 6) N. Tzourio-Mazoyer et al. Automated anatomical labeling of activations in SPM using a macroscopic anatomical parcellation of the MNI MRI single-subject brain. *Neuroimage*, 15, 273–89, 2002.
- 7) L. Yoon, L. H. Somerville & H. Kim. Development of MPFC function mediates shifts in self-protective behavior provoked by social feedback. *Nat Commun*, 9, 3086, 2018.
- 8) J. S. Winston, B. A. Strange, J. O'Doherty & R. J. Dolan. Automatic and intentional brain responses during evaluation of trustworthiness of faces. *Nat Neurosci*, 5, 277–283, 2002.
- 9) A. D. Engell, J. V. Haxby & A. Todorov. Implicit trustworthiness decisions: automatic coding of face properties in the human amygdala. *J Cogn Neurosci*, 19, 1508–1519, 2007.