様　式　Ｃ－１９、Ｆ－１９、Ｚ－１９　（共通）

科学研究費助成事業　　研究成果報告書

平成 ２６ 年　 ４ 月 ２２ 日現在

機関番号：１３９０１
研究種目：新学術領域研究（研究領域提案型）
研究期間：2008～2013
課題番号：２０１１９００４

研究課題名（和文）成人における顔認知メカニズムの解明

研究課題名（英文）Face perception and recognition in adults

研究代表者
飯高　哲也（Iidaka, Tetsuya）

名古屋大学・医学（系）研究科（研究院）・准教授

研究者番号：７０３２４３６６

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費）　　37,300,000円、（間接経費）　　11,190,000円

研究成果の概要（和文）：ヒトの顔を認識し性別、年齢、人物、感情などを判断することは、日常生活で極めて重要なことである。顔認知の脳内活動を調べ、その働きが上手くいかない時に生じる問題を解明することが研究目的である。そのため健常成人被験者と機能的磁気共鳴画像による脳賦活検査を用い、顔画像を用いた課題を遂行中の脳活動を計測した。主な結果として、ネガティブな顔を見ている時の扁桃体活動、見知らぬ顔を誤って知っていると判断する虚記憶と扁桃体の関連、笑いと悲しみ表情の共感に特異的な脳領域の同定などの結果が得られた。また遺伝（先天）性相貌失認の質問紙を日本語訳し、日本人被験者多数例による調査を行った。

研究成果の概要（英文）：Perception and recognition of human face are critical cognitive function in humans. Aim of the present study is to investigate brain mechanisms of face perception and recognition using normal human subjects and functional magnetic resonance imaging. We conducted brain activation studies involving processing of negative expressions, false memory of faces, and emotional empathy for happy and sad expressions. We also translated English version of "Hereditary Prosopagnosia Questionnaire" to Japanese. The results indicate that transient activity in the amygdala is critical when the subjects recognize negative emotion. False memory of faces involved neural activity in the amygdala and medial prefrontal cortex. Emotional empathy for happy and sad expressions is subserved by activation in distinct and common brain regions. We provided data of prosopagnosia questionnaire obtained from a large sample of Japanese university students.

研究分野：神経科学

科研費の分科・細目：脳神経科学・神経科学一般

キーワード：顔認知　表情　共感性　脳賦活検査　扁桃体　白質　拡散テンソル画像

１．研究開始当初の背景
顔認知は人物や親近性の判断だけではなく、他者の感情や信頼性などを判断するうえで重要な役割を果たしている。その神経基盤は後頭・側頭葉から扁桃体、前頭前野など広範にわたっている。従って fMRI などの非侵襲的脳機能計測法を用いて、全脳をカバーした実験が必須である。本研究課題では成人における顔認知の脳内機構を複数の視点から解明することを目指した。

従来の研究では、顔認知は側頭葉の紡錘状回で顔としての認識が行われ、扁桃体において表情の中でもネガティブな感情が認識されると考えられている。視線を含めて顔の変化するパーツの認識には、上側頭回の活動が関連しているとされている。他者の表情認識は、観察者自身にも類似した感情を惹起させる「感情的共感性」と関連がある。これは他者の行動を理解する「認知的共感性」と合わせて、ヒトが社会の中で他者の心の働きを理解し行動する上で重要な要素である。

近年は社会で暮らしている人々に中に、顔認知に障害を持った人がいることが報告されるようになった。これは「先天性相貌失認」と呼ばれ、明確な脳神経系の障害がないにもかかわらず生下時から顔の認識がうまくいかない人々を指す。この病態はまだ医学的にも良く知られていないが、その早期発見やリハビリテーションの重要性が指摘されている。

２．研究の目的
このような背景のもとで、以下の 3 点について目標を定めて研究を行った。
（1）ストレス脆弱性と顔認知
相手がネガティブな表情を呈している場面では、われわれは心理的に強いストレスを受けることになる。部分的条件付け課題を用いて顔と不快な音声を関連付け、このような状況で脳内にどのような反応が生じるかを検証した。またこのような場合には、相手に対するネガティブな印象が形成されることになる。その過程を fMRI を用いて調べることを目的とした。

（2）顔の記憶の脳内機構
日常生活では見知った人物に良く似た人物に対して、顔を誤認することがある。このような顔に関する虚記憶は単語や図形と異なり、ほとんど研究されていない。本研究ではモーフィングにより類似した顔を多数作成し、それらをエピソード記憶実験の刺激として用いた。これにより日常でしばしば生じる顔の虚記憶の脳内機構を検証することが目的である。さらに短期記憶の領域においても、顔の虚記憶が生じることが指摘されている。上と同様に類似顔刺激を用いた fMRI 実験を、短期記憶の領域で行った。

われわれは良く知った顔に対しては、顔の向きが異なっていても人物を同定することが可能である。このような記憶の働きが、脳のどの領域に関連しているか fMRI を用いて検討した。

（3）顔認知の文化差・個人差
一般社会で生活している人々の中で、脳神経系に明らかな異常がないにもかかわらず顔の認識がうまくいかない人が存在している。欧米ではこの「先天性相貌失認」を、簡単な質問紙でスクリーニングする方法が提唱されている。この質問紙の日本語版を作成することが研究の目的である。

（4）社会的行動と顔認知
感情的共感性はヒトが社会の中で生活する上で、極めて重要な心の働きである。ここでは相手の表出する感情に対する共感性の脳内機構を検討し、感情の種類によって関係する脳領域が異なるかどうかを調べることが目的である。笑いと悲しみの表情を動画で呈示し、その同じ人物の真顔に対して反応する脳領域を検討した。

３．研究の方法
一連の fMRI 実験はすべて健常成人被験者を対象として行った。課題には事象関連型実験を用い、データ解析は SPM を用いた標準的な方法で行っている。

（1）ストレス脆弱性と顔認知
被験者に対して 2 種類の顔刺激（CS+と CS-）を呈示した。次いで CS+の一部に対しては不快な音声刺激を同時に呈示し、CS-には音声刺激を加えなかった。これにより CS＋に対する嫌悪条件付けが可能であった。CS+up は CS+の中でも不快音声を付加されない条件である。CS+up と CS-の差分を取ることにより、不快な情動を伴う顔に対する被験者の反応を調べた。次いで同様の顔刺激と不快な音声刺激を用いて、特定の顔に対するネガティブな印象が形成される過程を fMRI を用いて検討した。

（2）顔の記憶の脳内機構
モーフィングで作成した類似顔の再認判断を行っている時に、fMRI で脳活動を計測した。虚記憶実験で一般的に用いられている、Deese-Roediger/McDermott（DRM）課題を用いてエピソード記憶実験を行った。さらに類似顔の再認判断を呈示数秒後に行う短期記憶版の実験課題を作成し、同様に fMRI 実験を行った。

6 方向から撮った顔写真と抽象図形の関連対を学習させ、その後に再認判断を行っている時の脳活動を計測した。再認判断時には 6 個のうち 3 個（0, 45, 90 度）の顔写真を呈示して、抽象図形とマッチするかどうか判断した。fMRI では顔の角度によって反応が異なる領域と、角度とは無関係な領域を検討した。

（3）顔認知の文化差・個人差

既に欧米で用いられている遺伝性（先天性）相貌失認質問紙（Kennerknecht I, et. al., Journal of Human Genetics 52:230-236, 2007）を用いた。日本語訳と英語への逆翻訳を経て、原著者に最終確認を得た上で日本語版を作成した。これを用いて多数例の日本人被験者を対象とした調査を行った。

（４）社会的行動と顔認知

本研究では動画による表情認知を行ったことが特徴である。2 秒間の笑顔または悲しみの動画をみて、その直後に同じ人物の中性顔写真を見る。感情を表出した人物と表出していない人物との間で、脳活動を比較検討した。これにより笑顔と悲しみの表情における、感情的共感性に関わる脳内機構の相違点と共通点について検討した。

４．研究成果

（１）ストレス脆弱性と顔認知

CS+に対する学習相の扁桃体の活動は一過性に亢進した後に低下することが分かった。（図 1 画像左）またこの領域の活動は、内側前頭前野の活動と平行していることが分かった。消去相では海馬、扁桃体、側座核などに CS+で CS-より有意に活動が亢進している領域を認めた。これらの結果はヒトが社会的活動を行っている間において、情動的なストレス刺激が脳内の活動に変化を与えている可能性を示唆するものである。次の実験でも不快な音声を付加された顔に対する印象の悪化の程度が、扁桃体の活動と相関することが示された。さらに内側前頭前野や上側頭回などの、いわゆる「社会脳」領域の活動が印象形成にかかわっていることが分かった。

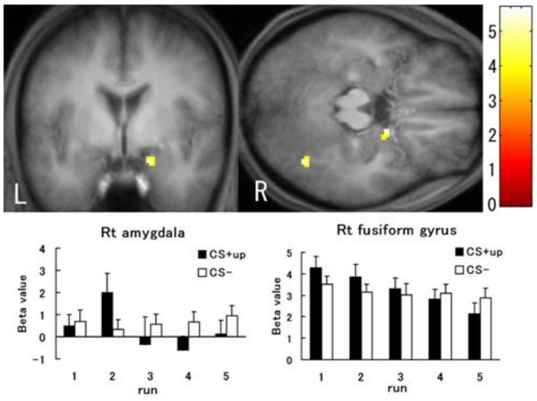

図 1：左は 5 回の試行における扁桃体の活動を示しており、特に 2 回目の試行の CS+up 条件（黒棒）で活動が亢進していることが分かる。右は紡錘状回の活動で、試行が進むにつれて漸次低下している。

（２）顔の記憶の脳内機構

行動指標の結果は、学習した顔（OLD）に良く似た顔（LURE）は新奇な顔（NEW）よりも虚再認率が有意に高かった。これにより fMRI 実験でも、顔の虚記憶が生じていることが確認された。fMRI では扁桃体の活動が顔の虚記憶に関係していることが分かった。すなわち左扁桃体の活動は、STUDY と NEW に対して、それぞれ正答した場合に最も亢進していた。またそれぞれの顔に対して不正解の場合には、扁桃体の活動は低かった。重要なことは虚記憶条件（LURE）では、扁桃体の活動はその丁度中間を示したことである。（図 2）この結果は扁桃体の活動が顔刺激のエピソード記憶における顕著さによって左右されている可能性を示したものである。短期記憶実験の結果においても、エピソード記憶と同様に顔の虚記憶が生じることが確認された。またその時に扁桃体の活動がエピソード記憶実験と類似していることが分かった。

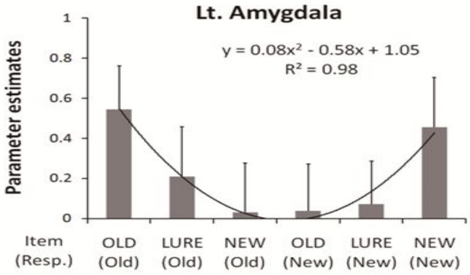

図 2：扁桃体の活動を刺激と反応ごとに分けて示している。両端は OLD と NEW に対する正答であり、活動が上昇している。真中の 2 つは不正解であり、活動がほとんどない。LURE 条件はその中間の値を示し、全体として U 型の反応曲線を示している。

顔認知に関わる紡錘状回や上側頭回などは、顔の向きによる活動の差はなかった。一方で嗅周囲皮質は正面顔にだけ特異に強い反応を示した。（図 3）この結果は嗅周囲皮質に、憶えた顔の情報が表象されている可能性を示唆している。

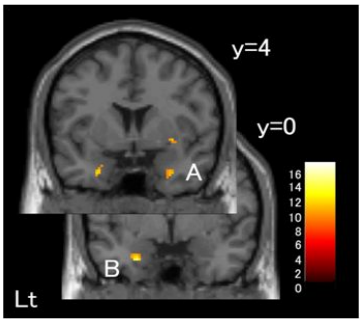

図 3：顔の向きによって反応が異なる領域を示している。A と B が嗅周囲皮質に当たる。

（３）顔認知の文化差・個人差

大学生に遺伝（先天）性相貌失認質問紙を配布し、662 名（男；女、472；190、平均年齢 19.2 歳、SD、1.6）より有効回答を得た。さらに再調査信頼性に関するデータを、81 名（男；女、49；32、平均年齢 21.4 歳、SD、

4.1）から得た。総得点の平均は 35.8、SD は 8.1 であった。日本語版の平均得点は海外の報告と比較して、やや高い値を示している。例えば平均点は中国人とは 5 点、インド人とは 7.5 点、ドイツ人とは 9.5 点程高くなっている。日本人の総得点に Cronbach のα係数による信頼性分析を行ったところ、α=0.75 であった。信頼性の検討のため 2 回の調査の相関係数を算出したところ、r=0.91、p＝0.001 であった。これらの結果から、本質問紙は遺伝（先天）性相貌失認のスクリーニングの方法として一定の役割を果たすと考えられた。

（4）社会的行動と顔認知

相手の真顔を見ている場合に、その人物が実験中に感情を表出していれば右前頭前野を含むミラー・ニューロン・ネットワークが賦活することが分かった。この領域は笑顔と悲しみの表情に共通していた。一方で、感情の種類により活動が異なる領域も同定された。笑いの感情は内側前頭前野を賦活し（図 4 左）、悲しみの感情では上側頭回や紡錘状回などの活動が上昇した（図 4 右）。

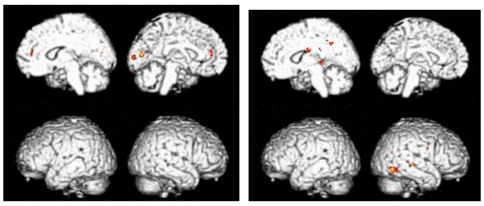

図 4：左は笑顔を見た場合の中性顔に対する反応が、悲しみの顔を見た場合の中性顔に対する反応より大きい領域（内側前頭前野など）を示す。右はその反対の条件であり、悲しみの顔を見た場合に強く活動する領域（上側頭回など）を示す。

（5）まとめ

顔や表情の認知を通じて受ける心理社会的ストレスには、扁桃体の過活動が関連していた。また顔による人物誤認にも、扁桃体の活動が関連していることが示された。表情から受ける視覚情報が、社会脳と呼ばれる脳領域の活動を自動的に引き起こしていることも分かった。これらの研究を通じて、日常的でかつ自然な活動としての顔認知が、社会の中で生活するヒトのこころの働きに大きな影響を与えていることが分かった。さらにこの機能が生得的に低下している人々の早期発見や、認知リハビリテーションも重要な課題である。

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 9 件）

1) Iidaka T: Role of the fusiform gyrus and superior temporal sulcus in face perception and recognition: An empirical review. Japan Psych Res, 56: 33-45, 2014. 査読有

2) Miyahara M, Harada T, Ruffman T, Sadato N, Iidaka T: Functional connectivity between amygdala and facial regions involved in recognition of facial threat. Soc Cogn Affec Neurosci 8: 181-189, 2013. 査読有

3) Iidaka T, Harada T, Kawaguchi J, Sadato N: Neuroanatomical substrates involved in true and false memories for face. NeuroImage 62: 167-176, 2012. 査読有

4) Iidaka T, Harada T, Eifuku S, Nakata R, Sadato N: Distinct human face representations in the perirhinal cortex and fusiform gyrus. Brain Res 1452: 119-129, 2012. 査読有

5) Iidaka T, Miyakoshi M, Harada T, Nakai T: White matter connectivity between superior temporal sulcus and amygdala is associated with autistic trait in healthy humans. Neurosci Lett 510 : 154-158, 2012. 査読有

6) Iidaka T, Harada T, Sadato N: Forming a negative impression of another person correlates with activation in medial prefrontal cortex and amygdala. Soc Cogn Affect Neurosci 6: 516-525, 2011. 査読有

7) 金山範明、大隅尚広、大平英樹、飯高哲也、開一夫：顔認知能力の個人差に関する検討：日本語版先天性相貌失認尺度，行動反応，脳波を用いた検討．認知科学 18：50-63, 2011. 査読有

8) Miyakoshi M, Kanayama N, Iidaka T, Ohira H: EEG evidence of face-specific visual self-representation. NeuroImage 50: 1666-1675, 2010. 査読有

9) Iidaka T, Saito DN, Komeda H, Mano Y, Kanayama N, Osumi T, Ozaki N, Sadato N: Transient neural activation in human amygdala involved in aversive conditioning of face and voice. J Cogn Neurosci 22: 2074-2085, 2010. 査読有

〔学会発表〕（計 9 件）

1) Iidaka T, et. al., A role of amygdala in false memory of face in the short-term memory range. 43rd Annual Meeting of the Society for Neuroscience, Nov 10, 2013, San Diego, CA, USA

2) Iidaka T, et. al., Neural correlates of empathy for happy and sad facial expressions: An fMRI study. 42nd Annual Meeting of the Society for Neuroscience, Oct 15, 2012, New Orleans, LA, USA

3) Iidaka T, et. al., Face recognition and perception: Understanding another person's emotional state. Symposium: Social Neuroscience: Multidisciplinary approach and development, 35th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society, September 18, 2012, Nagoya Congress Center, Nagoya, Japan

4) Iidaka T. 43rd NIPS International Symposium. "Face Perception and Recognition". Distinct

neural correlates of empathy for happy and sad emotions - 3T fMRI study - November 1, 2012, National Institute for Physiological Sciences, Okazaki Japan

5) Iidaka T, et. al., Neural correlates of understanding another person's happy emotion. 18th Annual Meeting of the Organization for Human Brain Mapping, June 12, 2012, Beijing, China

6) Iidaka T, et. al., White matter connectivity between superior temporal sulcus and amygdala is associated with empathetic ability in normal humans. 41th Annual Meeting of the Society for Neuroscience, November 16, 2011, Washington D.C., USA

7) Iidaka T, et. al., Effects of face angle on neural activity of the inferior temporal cortex and superior temporal sulcus, -A 3T fMRI study in human-, 40th Annual Meeting of the Society for Neuroscience, November 15, 2010, San Diego, CA, USA

8) Iidaka T, et. al., Neural responses to face with similar appearance as revealed by event-related fMRI. 16th Annual Meeting of the Organization for Human Brain Mapping, June 9, 2010, Barcelona, Spain

9) Iidaka T, et. al., Aversive learning of face and voice elicited neural activation in the medial prefrontal cortex during extinction as revealed by fMRI. 39th Annual Meeting of the Society for Neuroscience, 2009, Oct 19, 2009, Chicago, IL, USA

〔図書〕（計 3 件）

1）飯高哲也．脳画像で見る精神疾患　「それぞれの画像検査法と臨床応用：fMRI（BOLD）」監修：山内俊雄，編集：松田博史，pp. 46-58，新興医学出版，2013

2）飯高哲也．顔を科学する：適応と障害の脳科学，第 9 章「顔は脳のどこで処理されているのか？」　編集、山口真美/柿木隆介、pp155-170、東京大学出版会、2013

3）飯高哲也.社会脳科学の展望　脳から社会を見る：社会脳シリーズ１、顔認知の発達と情動･社会性」 編集､苧阪直行､pp 63-86､新曜社、2012

〔その他〕

研究会開催

1) 脳とソシアル：Dialogues between Masters, 第 36 回日本神経科学学会 サテライトシンポジウム, 2013 年 6 月 20 日, 京都市

2) 第 3 回社会感情神経科学研究会　シンポジウム：顔認知の発達と社会性　2010 年 9 月 25 日　東京

ホームページ

http://www.med.nagoya-u.ac.jp/seisin/staff/iidaka_hp/IidakaTop.html

６．研究組織

(1)研究代表者

飯高　哲也（IIDAKA TETSUYA）
名古屋大学・大学院医学系研究科・准教授
研究者番号：70324366

(2)研究分担者なし

(3)連携研究者なし