

# 母子間における共感性の脳内表象機構 —機能的磁気共鳴画像法と心理尺度を用いて—

篠崎 淳<sup>1</sup> 澤本 伸克<sup>2</sup> 村井 俊哉<sup>3</sup> 花川 隆<sup>4</sup> 福山 秀直<sup>1</sup>

<sup>1</sup>京都大学大学院医学研究科附属高次脳機能総合研究センター <sup>2</sup>京都大学ナノメディシン融合教育ユニット  
<sup>3</sup>京都大学大学院医学研究科精神医学教室 <sup>4</sup>国立精神神経センター・神経研究所

## <要 旨>

共感性は円滑な社会的認知・行動をとるための最も重要な要素の一つである。発達心理学の分野において、共感の形成や強さには乳児期の肯定的な母子関係が関与していることが指摘されている。本研究では肯定的な母子間表現として母親の幸福表情を用い、それを子が見たときの脳活動と共感性との関連がある脳部位を同定することを目的とした。機能的磁気共鳴画像法を用いて各実験参加者に実の母親の笑顔を提示し、そのときの脳活動と各参加者の情動的共感性尺度との相関を調べた。その結果有意な正の相関が扁桃体において見られ、共感性という個人差と扁桃体の反応の個人差とが関連することがわかった。さらに、母子間において情動的共感性尺度の有意な正の相関が認められた。以上のことから遺伝子もしくは生育環境による個人差が扁桃体の反応差を生じ、このことが共感性の形成や強さに関連していることが示唆できる。

## <キーワード>

機能的磁気共鳴画像法 (fMRI)、表情、認知、母子関係、共感性

### 【目的】

複雑化した現代社会において、人に対して共感を持つことは社会的認知・行動を円滑に遂行するために重要である。発達心理学の分野において、共感の形成や強さには乳児期の肯定的な母子関係が関与していることが指摘されている(中川, 1999、澤田, 1995)が、このことは発育後の成人においてもあてはまるのであろうか。母子間の肯定的な表現の一つとして、幸福表情が挙げられる。私たちは母子関係という他にはない特殊な関係から、母親の幸福表情を子が見ることによりそれは自動的に子のこころ、すなわち脳内に表象されその活動に変化をもたらし、その変化は子における共感性と関連

があるであろうと考えている。では、そのような関連性は脳のどの部位が関与しているのだろうか。近年、機能的磁気共鳴画像法 (fMRI) が発達し、脳の働きを精密に測定できるようになった。本研究の目的は母親の幸福表情や他の刺激を子に提示し、そのときの脳活動と共感性との関連がある脳部位を同定することである。

### 【方法】

実験参加者 脳血管障害および精神障害の既往歴がない健康な大学生。提示刺激との性差がないようにするため、全員女性とした(11名、全員右利きで母親と同居、平均年齢 20.5 歳；

19 - 22 歳)。

**刺激** 刺激として合計 126 枚のカラーの顔写真 (640×480 ピクセル) を用いた。うち 63 枚は被験者自身の母親の幸福表情・真顔・怒り表情 (それぞれ 21 枚)、63 枚は 1 週間前にあらかじめ覚えてもらった他の被験者の母親の幸福表情・真顔・怒り表情 (それぞれ 21 枚) を用いた。顔写真はすべて実験者が撮影した。写真の背景は白で統一し、刺激の輝度がほぼ同程度になるよう調整した。視角は 10° 以内とした。

**心理尺度** 実験参加者の共感性の強さを評価するため、加藤・高木 (1980) による質問紙 (情動的共感性尺度) を用いた。これは Mehrabian and Epstein (1972) の 33 項目からなる情動的共感性尺度を元にして日本人にふさわしい内容に修正・変更されたものであり、3 因子性の計 25 項目からなる質問紙である。3 つの因子は「感情的暖かさ」「感情的冷淡さ」「感情的被影響性」と呼ばれ、Cronbach の  $\alpha$  係数はそれぞれ 0.75, 0.76, 0.60 (N = 677) とほぼ十分な内的整合性が得られている。本研究ではこの質問紙の点数から、各実験参加者の共感性の強さを評定した。

**皮膚電気抵抗** 脳活動によって惹き起こされる自律神経系の活動を評価するため、皮膚電気抵抗を測定した。アメリカ精神生理学会の勧告 (Fowles, et al., 1981) に基づき、さらに強磁場環境においても皮膚電気抵抗を測定可能にするための器具を作製した (図 1)。電極には直径 8mm の銀電極を用いた。電極ペーストと

してエレフィックス (日本光電工業株式会社) を用いた。一对の電極を左手の第 2 指と第 3 指の腹側部 (中節掌面) にテープ (シルキーポア; アルケア株式会社) で固定した。測定は 100Hz のサンプリングレートで行い、潜時 1 秒から 5 秒の間に現れた反応の最大振幅値を測定値とした。この測定値は個人差が大きく、これを補正するため、各参加者の 1 セッション中における反応の最大値が 100 になるように補正を行った。

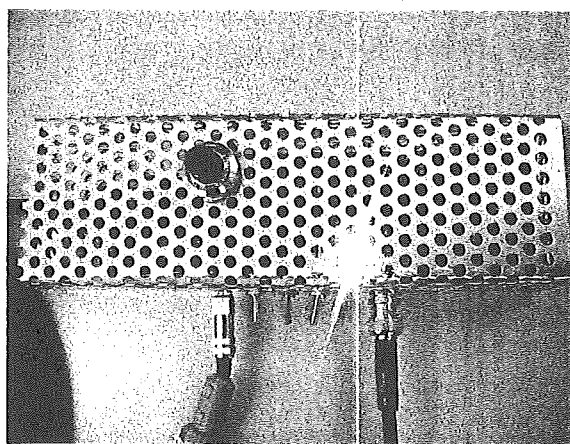


図 1

皮膚電気抵抗測定装置

**手続き** 実験参加者は上記の心理尺度の質問紙に答えた後、皮膚電気抵抗測定用の電極を装着した。装着前に装着部位の皮脂を落とした。MRI スキャナの中では 126 枚の顔写真を 1 枚ずつ 1 秒間ランダムな順番で提示した。それぞれの顔写真に対して表情を選択させる画面を提示し、参加者は提示された表情を判断してボタン押しにより答えた。顔写真提示による皮膚電気反応とボタン押しによる皮膚電気反応とが重ならないようにするため、顔写真提示と表情判断との間には 7 秒程度の間隔をおき、その間には顔写真から作成したモザイクパターンを提示した (図 2)。実験は 1 セッションで行

い、632 ボリュームの機能画像を撮像した（約 25 分）。刺激の提示には刺激提示用ソフトウェア Presentation (Neurobehavioral Systems Inc., San Francisco, CA) を用い、その動作は MRI スキャナからの光出力と同期させた。この課題の後、解剖画像を撮像した（約 10 分）。スキャン後、参加者はスキャナ外で同様の刺激に対し同じ課題を行いその結果を行動データとした。

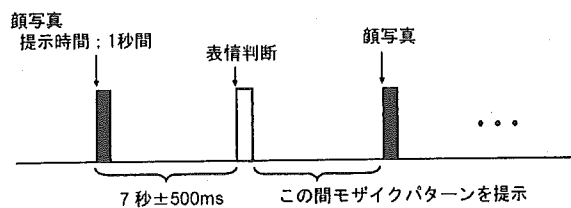


図 2

実験手続き

**MRI 撮像** シーメンス社製 3 テスラ MRI 装置を用いた。脳機能画像撮像にはエコー・プラナー法 (TR = 2500ms, TE = 30ms, FA = 90° , FOV = 192mm, matrix = 64×64, voxel size = 3×3×3mm) を用いて水平断画像を 40 枚撮像した。機能画像信号の不安定性による影響を考慮し、最初の 2 ボリュームの画像は解析に使用しなかった。解剖画像撮像には 3D の T1 強調法 (TR = 2000ms, TE = 4.38ms, FA = 8° , FOV = 240mm, matrix = 256×256, voxel size = 1×1×1mm) を用い、全脳を撮像した。実験参加者は右手にレスポンスボタンを持ち、DLP (Digital Light Processing) プロジェクター (プラスビジョン株式会社) から投影される刺激を見た。

**fMRI 解析方法** 解析には、一般線形モデルに基づき、SPM2 (Statistical Parametric

Mapping; Wellcome Department of Imaging Neuroscience, London, UK) を用いた。まずスライス間における撮像時間のずれを補正し、それからスキャン中に起こった頭部運動を推定・補正した。個々人の脳の形状は異なるため、グループ解析を適応できるように標準化し、さらに半値幅 12mm のガウシアン・フィルターで平滑化した。実験デザインに基づいて計画行列を作成し、撮像データに対する計画行列パラメーターの最小二乗推定を行った。グループ解析には変量効果モデルを適応し、各実験参加者の心理尺度の点数を共変量として解析を行った。有意な閾値を voxel level  $p < 0.005$  uncorrected に設定し、全脳で統計解析を行った。

### 【結果】

**心理尺度** 加藤・高木 (1980) によって作成された情動的共感性尺度のうち、下位尺度「感情的暖かさ」において、各母親の点数とその娘の点数との間に有意な正の相関が認められた ( $p < 0.05$ )。

**行動データ** 各条件における正答率の平均値は 92% 以上であった。2 (母親 / 他人) × 3 (幸福表情 / 真顔 / 怒り表情) の repeated measures ANOVA を用いて解析した。Greenhouse-Geisser の補正を用いた。母親 / 他人の主効果が  $p > 0.1$ 、表情による主効果は  $p > 0.05$ 、交互作用は  $p > 0.1$  であり、いずれにおいても有意差は見られなかった。

正反応における反応時間においても同様の解析を行った。母親 / 他人の主効果が  $p < 0.001$ 、表情による主効果が  $p < 0.05$  であり有

意であった。交互作用については有意であるとは言えなかった ( $p > 0.1$ )。被験者内対比の検定から、母親の顔認知における反応時間は他人のそれより有意に短かった。また、幸福表情の顔認知における反応時間は、真顔および怒り表情のそれより有意 (いずれも  $p < 0.05$ ) に短かった。

**皮膚電気抵抗** 実験参加者のうち 2 人は電気抵抗測定装置の断線などの理由により測定できなかったため、9 人の結果を  $2 \times 3$  の repeated measures ANOVA を用いて解析した。母親 / 他人の主効果が  $p > 0.5$ 、表情による主効果は  $p > 0.5$ 、交互作用は  $p > 0.1$  であり、いずれにおいても有意差は見られなかった。

**fMRI** 母親の幸福表情認知において、両側紡錘状回、両側上側頭溝の賦活が見られた。また、各参加者の情動的共感性尺度 (感情的暖かさ) の点数を説明変数として母親の幸福表情を見たときの各参加者の脳活動を解析した結果、左側扁桃体に有意な賦活が認められた。このような扁桃体の有意な賦活は母親の怒り表情をみたときでは認められなかった。

### 【考察】

心理尺度の結果から共感性のより強い母ほど、その娘の共感性もより強いことが示された。この結果から、共感性の高い母親を持つ幼児の方が共感性の低い母親を持つ幼児よりも共感性が高いという渡辺・瀧口 (1986) の研究が青年期にもあてはまることが示唆された。

行動データからは、反応時間において母親の顔認知の方が他人の顔認知より速く、また幸福

表情認知の方が他の表情認知より速いことがわかった。幸福表情は他の表情に比べて反応時間が速く (Kirouac and Dore, 1983)、再認の成績がよい (吉川, 1993) ことが知られている。本研究の結果は、顔認知システムはその表情と、それが自身の母親であるかどうかや親密度との両方による影響を受けていることを示していると言える。

皮膚電気抵抗測定の結果から、それぞれの条件に対してその反応に有意差がないことがわかった。皮膚電気反応は自律神経反応や覚醒度との相関が存在することが示されている (Lang et al., 1993)。したがって本研究では各条件間で刺激による自律神経反応や覚醒度に差があるとは言えなかった。

これまでの報告と同様に、母親の幸福表情認知によって顔認知に関連があるとされる紡錘状回 (Kanwisher et al., 1997)、表情認知に関連があるとされる上側頭溝 (Haxby et al., 2000) の賦活が確認できた。

また、共感性の強い人ほど自身の母親の幸福表情を見たときの扁桃体の活動が強くなることがわかった。扁桃体は、一般的に恐怖 (Breiter et al., 1996, Morris et al., 1996, Phelps et al., 2001, Wright et al., 2001) ・悲しみ (Blair et al., 1999) ・幸福 (Breiter et al., 1996) などの表情や、情動を喚起するような音 (Phillips et al., 1998) ・臭い (Zald and Pardo, 1997) ・食物 (O'Doherty et al., 2001) など多くの情動的刺激に反応する。また、外向性といった個人差と幸福表情を見たときの扁桃体の活動間に相関を見出した研究 (Canli et al., 2002) もあり、扁桃体の反応性に遺伝子による個人差があることも示されている (Hariri

et al., 2002)。損傷研究においては、扁桃体の損傷により顔表情認知に対する障害と自らの情動の発露低下とが同時に生じた例から共感性と扁桃体との関連を示唆した報告 (Sprengelmeyer et al., 1999) がある。Kiehl (2006) は共感性の乏しい psychopathy の患者とその扁桃体の機能低下との考察から、扁桃体や他の皮質が共感性に関与していることを示している。Preston and de Waal (2002) は損傷研究や健常人の脳機能研究から、共感性には扁桃体を含むネットワークが関与しているという仮説を提唱している。

本研究では母親の幸福表情認知に対して紡錘状回と上側頭溝の有意な賦活は見られたが、扁桃体の有意な賦活は見られなかった。扁桃体は課題が刺激の情動に対して直接的な場合(表情判断など)は間接的な場合(性別判断など)に比べてその反応が抑制されることが示されており (Lange et al., 2003)、本研究において有意な賦活が見られなかったことは課題として表情判断を用いたためであると推察できる。しかし、情動的共感性という個人差と扁桃体の反応には有意な相関が見られた。母子間において情動的共感性に相関があったことから遺伝子もしくは生育環境による個人差が扁桃体の反応差を生じ、このことが共感性の形成や強さに関連していることが示唆できる。

#### 【引用文献】

Blair, R. J. R., Morris, J. S., Frith, C. D., Perrett, D. I. and Dolan, R. J., Dissociable neural responses to facial expressions of sadness and anger. *Brain*, 122, 883-893,

1999.

Breiter, H. C., Etcoff, N. L., Whalen, P. J., Kennedy, W. A., Rauch, S. L., Buckner, R. L., Strauss, M. M., Hyman, S. E. and Rosen, B. R., Response and habituation of the human amygdala during visual processing of facial expression. *Neuron*, 17, 875-887, 1996.

Canli, T., Sivers, H., Whitfield, S. L., Gotlib, I. H. and Gabrieli, J. D., Amygdala response to happy faces as a function of extraversion. *Science*, 296, 2191, 2002.

Fowles, D. C., Christie, M. J., Edelberg, R., Grings, W. W., Lykken, D. T. & Venables, P. H. Committee report: Publication recommendations for electrodermal measurements. *Psychophysiology*, 18, 232-239, 1981.

Hariri, A. R., Mattay, V. S., Tessitore, A., Kolachana, B., Fera, F., Goldman, D., Egan, M. F. and Weinberger, D. R., Serotonin transporter genetic variation and the response of the human amygdala. *Science*, 297, 400-403, 2002.

Haxby, J. V., Hoffman, E. A. and Ida Gobbini, M. The distributed human neural system for face perception. *Trends in Cognitive Science*, 4 (6), 223-233, 2000.

Kanwisher, N. McDermott, J. and Chun,

- M. M., The fusiform face area: A module in human extrastriate cortex specialized for face perception. *The Journal of Neuroscience*, 17 (11), 4302-4311, 1997.
- Kiehl, K. A., A cognitive neuroscience perspective on psychopathy: Evidence for paralimbic system dysfunction. *Psychiatry Research*, 142, 107-128, 2006.
- Kirouac, G., and Dore, F. Y., Accuracy and latency of judgment of facial expression of emotions. *Perceptual and Motor Skills*, 57, 683-686, 1983.
- Lang, P. J., The three system approach to emotion. In N. Birbaumer and A. Ohman (Eds), *The Organization of Emotion*, Hogrefe-Humer. 18-30, 1993.
- Lange, K., Williams, L. M., Young, A. W., Bullmore, E. T., Brammer, M. J., Williams, S. C. R., Gray, J. A. and Phillips, M. L., Task instructions modulate neural responses to fearful facial expressions. *Biological Psychiatry*, 53, 226-232, 2003.
- Mehrabian, M. and Epstein, N. A measure of emotional empathy. *Journal of Personality*, 40, 525-543, 1983.
- Miller, P. A. and Eisenberg, N. The relation of empathy to aggressive and externalizing/antisocial behavior. *Psychological Bulletin*, 103 (3), 324-344, 1988.
- Morris, J. S., Frith, C. D., Perrett, D. I., Rowland, D., Young, A. W., Calder, A. J. and Dolan, R. J., A differential neural response in the human amygdala to fearful and happy facial expressions. *Nature*, 383, 812-815, 1996.
- O'Doherty, J., Rolls, E. T., Francis, S., Bowtell, R and McGlone, F., Representation of pleasant and aversive taste in the human brain. *Journal of Neurophysiology*, 85, 1315-1321, 2001.
- Phelps, E. A., O'Connor, K. J., Gatenby, J. C., Gore, J. C., Grillon, C. and Davis, M., Activation of the left amygdala to a cognitive representation of fear. *Nature Neuroscience*, 4, 437-441, 2001.
- Phillips, M. L., Young, A. W., Scott, S. K., Calder, A. J., Andrew, C., Giampietro, V., Williams, S. C., Bullmore, E. T., Brammer, M. and Gray, J. A., Neural responses to facial and vocal expressions of fear and disgust. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B: Biological Sciences*, 265, 1809-1817, 1998.
- Preston, S. D. and de Waal, F. B. M., Empathy: Its ultimate and proximate bases, *Behavioral and Brain Science*, 25, 1-72, 2002.
- Sprengelmeyer, R., Young, A. W., Schroeder, U., Grossenbacher, P. G., Federlein, J.,

Buttner, T., Przuntek, H., Knowing no fear. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B: Biological Sciences*, 266, 2451-2456, 1999.

Wright, C. I., Fishcer, H., Whalen, P. J., McInerney, S. C., Shin, L. M. and Rauch, S. L., Differential prefrontal cortex and amygdala habituation to repeatedly presented emotional stimuli. *Neuroreport*, 12, 379-383, 2001.

Zald, D. H. and Pardo, J. V., Emotion, olfaction, and the human amygdala: Amygdala activation during aversive olfactory stimulation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 94, 4119-4124, 1997.

加藤隆勝・高木秀明, 青年期における情動的共感性の特質, 筑波大学心理学研究, 2, 33-42, 1980.

澤田瑞也, 人間関係の発達心理学 1, 培風館, 1995.

中川香子, 幼児期に育てたい思いやりの心, 児童心理, 53 (13), 92-96, 1999.

吉川左紀子, 顔の記憶, 吉川左紀子・益谷真・中村真(編), 顔と心, サイエンス社, 222-245, 1993.

渡辺弥生・瀧口ちひろ, 幼児の共感と母親の共感との関係, 教育心理学研究, 34 (4), 36-43, 1986.