

養育者の育児行動を支える神経基盤

則内 まどか^{1,2)}, 菊池 吉晃²⁾

子どもに対する養育者のかかわりは、親と子の愛着関係や子どもの心身の発達に影響を与える。多様な育児行動に関する神経基盤の解明は極めて重要であるが、そのメカニズムはよく知られていない。本稿では、定型発達の乳幼児（16.5±3.8 ヶ月齢）をもつ健康で右利きの母親13名を対象としたfMRI研究を紹介する。自分の子どもと見知らぬ子どもの動画（母親を求める「泣き」、母親に向けた「笑い」）を提示刺激として脳活動を計測し、さらに母親の抱いた感情（幸せ、母性、愛情、不安、心配など）について5段階評価を行った結果、母親の愛情に関する脳領域は、眼窩前頭皮質（OFC）、中脳水道周囲灰白質（PAG）、前島皮質、被殻であった。また、自分の子どもの「笑い」に比べて「泣き」で有意に賦活した脳領域は、尾状核、前帯状回、視床、上側頭溝、前頭前野などであった。以上より、わが子の存在を動機づけとして、的確に子どもを守ろうとする母親の育児行動の神経基盤が示唆された。

<索引用語：fMRI, 育児行動, 愛情, 乳幼児, 脳>

はじめに

乳幼児期における見と養育者とのかかわりは、定型発達のみならず発達障害のような非定型発達の子どもの心身の発達やその後の心理・社会的発達に大きな影響を与える。自閉症のような遺伝要因の高い発達障害においても、子どものニーズに対して感受性の乏しい養育環境は、学齢期の問題行動、思春期以降の様々な精神医学的障害や反社会的行動、パーソナリティの歪みの危険因子の1つとなる。一方で、自閉症スペクトラム児の障害特性は、親の養育行動を難しくする環境要因になり得るため、親を含めた支援は自閉症児の治療の重要なパートである^{4,8,11)}。

多様な育児行動に関する神経基盤の解明は極めて重要であるが、そのメカニズムは健常者においてもいまだ詳細は不明である。そこで本稿では、健常な親子を対象にした「母親の愛情」とそれに支えられる「育児行動」の神経基盤に関する筆者

らの最新の知見を紹介する^{5,9,10)}

1. 母親のfMRI研究

愛着を形成した乳幼児は、愛着対象への接近を維持し、それに対する接触を求める「愛着行動」（愛着対象を求める泣き、愛着対象に向けた微笑、後追いなど）を示すようになる。愛着行動は、生後6ヶ月ごろからみられ、1, 2歳ごろ活発にあらわれる。この愛着行動は、母親の養育行動を誘発する主要な刺激となる^{1,2)}。筆者らは、この愛着行動が明瞭である1, 2歳の子どものもつ母親13名（31.1±2.2歳）を対象にfMRI撮像を行った。さらに、より自然で確かな刺激となるように、fMRI撮像中に子どもの動画（「わが子」または「見知らぬ子」の「分離により母親を求める泣き」「遊び場面で母親に向けた笑顔」）を見てもらった（図1）。そして、母親が動画に対して抱いた感情（幸せ、母性、愛情、喜び、興奮、心配、不安など）を5

著者所属：1) 東京都医学総合研究所認知症・高次脳機能研究分野

2) 首都大学東京人間健康科学研究科

段階で評価してもらった。

fMRI データは、SPM2を用いて変量効果による集団解析を行った ($p < 0.001$ uncorrected)。主観評価データは、SPSSを用いて対応のある T 検定 ($p < 0.05$) および Bonferroni の多重比較検定を行った ($p < 0.05$)。さらに、有意な賦活が認められた全ての脳領域の賦活量と主観評価の得点との相関解析を行った ($p < 0.05$)。

II. 母親の愛情の脳メカニズム

多くの母親は、見知らぬ子どもに比べて、より親密な関係を築いたわが子に愛情を抱き、それは子どもの状況に左右されることなく不変であろう。この考えに基づき、筆者らが行った fMRI 解析データと主観評価を整理した結果、母親のわが子に対する愛情に関する脳領域は、眼窩前頭皮質 (orbitofrontal cortex : OFC)、中脳水道周囲灰白質 (periaqueductal gray : PAG)、被殻、前部島

皮質の4領域に限局された。

OFCは、ドーパミン経路にあり報酬の制御に関し中枢的な役割を果たす脳領域である。さらにこの領域は左右差がみられ、左 OFC の賦活量は「喜び」「幸せ」というポジティブな感情と正の相関を示し、右 OFC は「心配」という感情と正の相関があった (図2)。つまり、OFC の賦活は、わが子の存在そのものが母親にとっての報酬であることを示し、育児を続けるうえで重要と思われる感情と関係していることを示唆している。

島皮質は、内受容性情報 (主に自律神経系の情報) や様々な認知・情動情報が統合される場所であり、生体の恒常性 (ホメオスタシス) の制御において重要な役割を果たす。基本的には意識下で処理される内受容性情報は、島の後部から前部へと処理のステージが上がるにつれて、認知・情動など様々な情報とともに統合的に処理され意識化されるようになっていく。そして、それはさらに OFC などの行動を決定するための動機づけに関与する領域へ送られていく。

また、PAGも遠心性の内受容性情報処理系に属しており、交感神経系による内臓や身体コントロールに関与して、恒常性維持性情動 (生体のホメオスタシスをコントロールするための情動) を形成するうえで重要な役割を果たしている³⁾。さらに、PAGは母性ホルモンであるオキシトシンの受容器が密に存在する領域であり、母親ラットの PAG を破壊すると育児行動がとれなくなると

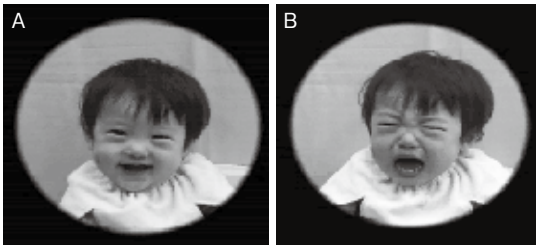


図1 動画刺激サンプル
A : 母親に向けた笑顔, B : 母親を求める泣き

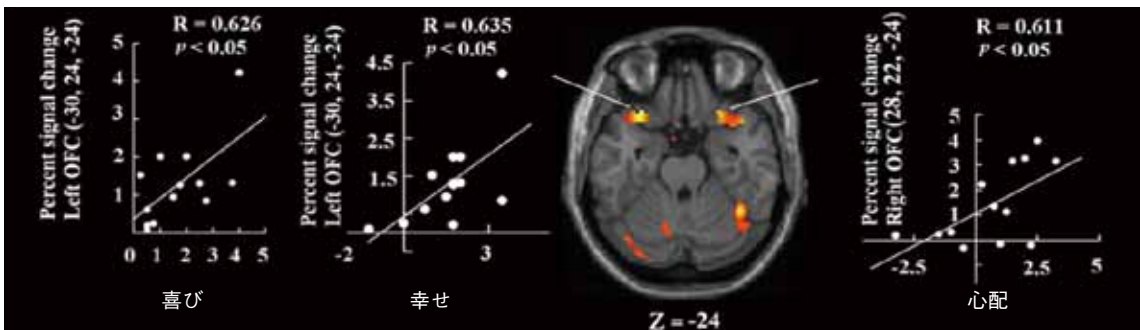


図2 わが子に対する母親の脳活動
眼窩前頭皮質 (OFC : orbitofrontal cortex) の活動および主観評価 (「喜び」「幸せ」「心配) との相関

いう報告もある^{6,7)}。このことは、人間の母親が育児をするうえでも PAG が重要な役割を果たしている可能性を示している。

大脳基底核の一部である被殻は、中脳の黒質からドーパミン神経が豊富に投射している。被殻を含む線条体のニューロンは、単に運動そのものではなく、運動の結果得られる報酬を予測することに関係している。

以上から「母親の愛情」は内受容性情報処理系と報酬処理系を主な神経基盤としていることがわかる。すなわち、わが子の存在そのものが、母親自身のホメオスタシスにとって本質的なものであり、育児行動を動機づけるものであることが示唆される。さらに母親が、他人の子どもと比べて自分の子どもに対して有意に高い得点を示したのは、「母性」と「愛情」の感情であった。このように、わが子に対して特別な反応を示す脳領域は、わが子を愛しているという温かな感情で母親を満たす特別なメカニズムを作りだしているのである。

Ⅲ. 子どもを守る母親の脳メカニズム

人間の母親は、子どものサインや状況にあわせて適切な行動を示す。子どもが楽しそうに母親に微笑みかければ、母親も一緒に笑い喜びを共有するだろう。子どもが不安な表情で泣いていれば母親は子どもの苦痛を取り除くために抱き上げてあやすだろう。ごく自然に対応しているように見える母親の迅速な応答は、どのような脳活動に支えられているのだろうか。ここでは、前述の母親の fMRI 研究のうち、わが子の「分離により母親を求める泣き」場面と「遊び場面で母親に向けた笑顔」場面の比較、つまりわが子の状況による母親の反応の違いを紹介する⁹⁾。

わが子の笑顔に対する母親の主観は、「母性」「愛情」に加え「喜び」「幸せ」などのポジティブな感情を示した。賦活が認められた脳領域は、快情動に関する視床下部や視覚情報処理に関する楔部、動きの認知に関する中側頭回、表情を作る前中心回などであり、自分と楽しげに遊ぶわが子に注意を向け、喜びの表情や快の情動を共有してい

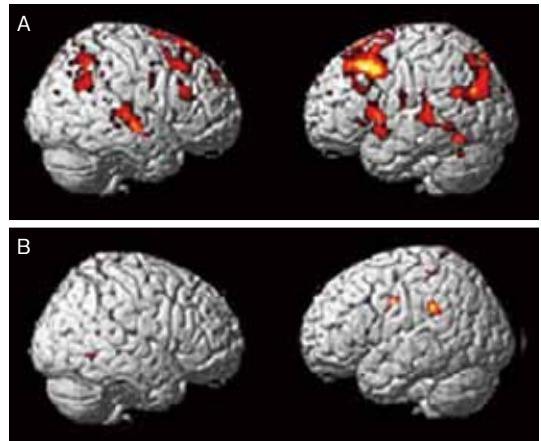


図3 わが子の状況に応じた母親の脳活動
A:「母親を求める泣き」に対する脳活動, B:「母親に向けた笑顔」に対する脳活動

ることが示された。

一方で、泣いているわが子の画像に対する主観は、「不安」「心配」を伴う「母性」「愛情」という特徴を示した。実験後のインタビューで母親たちは、わが子の「泣き」を見て、“子どもの苦痛を感じて自分も苦しくなる”“苦痛を取り除いてあげたい”“可愛いくて笑っちゃうような愛おしさを感じる”など、わが子に対する共感や危機的状況への警戒・養護、そしてわが子への愛情を口にした。この主観評価やインタビューからもうかがえるように、母親を求めて泣く子どもを見ているときの脳は、笑顔を見たときに比べて複雑な処理をしていることが明らかになった(図3)。つまり、わが子を共感的に正しく理解するための認知情報処理系、警戒情報の処理系、母親自身の情動コントロールのための系、そしてこれらに基づき適切な母性行動をコントロールするための運動実行系の活性化が認められたのである。

相手の動きから意図を感じることに関与する上側頭溝 (superior temporal sulcus: STS) は、わが子の表情や動きから意図を読み取ることに関係したと考えられる。特に STS の賦活量と「興奮」「愛情」の感情が正の相関を示したことは(図4)、この領域がわが子の苦痛場面に対する“警戒的な興奮”と自分を求める“わが子への愛情”と関係

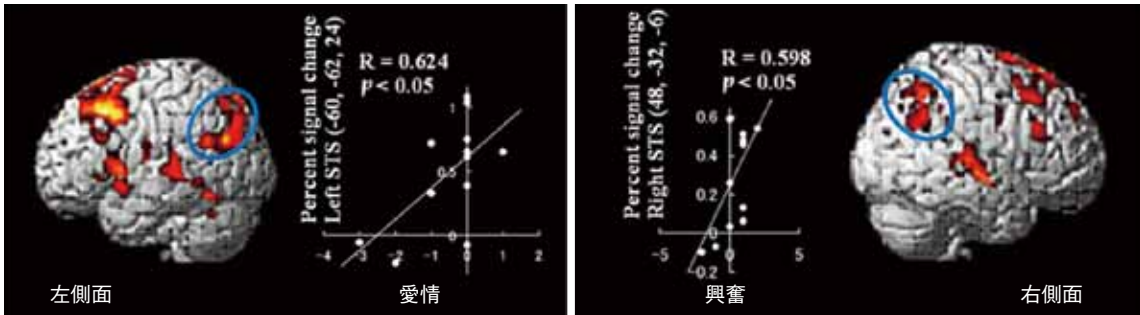


図4 わが子の泣き場面に対する上側頭溝 (STS) の活動と主観評価との相関

しているといえるかもしれない。

泣きながら自分を呼ぶわが子を見た母親は、その表情から子どもの情動を理解し、親子の相互の関係性から生じる双方の情動や心的状態を推測し、警戒情報を処理する。表情から情動を理解することに関与する右下前頭回、相手とのかかわりにおいて自分や他人の情動状態を評価する背内側前頭前野や警戒システムにかかわる前帯状回、情動的な視覚課題で反応する後帯状回は、このプロセスに重要な役割を果たしていたと考えられる。さらに、感情や思考のモニタリングや調整に関与する背外側前頭前野皮質は、わが子に対する愛情や心配などの母親自身の複雑な情動状態をモニタリングし、子どもへの的確な情動反応を調節していると思われる。

眼窩前頭皮質の背側領域は、新たな行動に向けて、現在の戦略を調整することに関与し、尾状核は、認知に基づく運動のプログラミングに関与する。“母親を求めるわが子”を認知した母親は、これらの領域でわが子の苦痛を減らすための行動戦略を調整し、適切な運動プログラムにつなげていく。

おわりに

母親は子どものサインを素早く読み取り、的確に反応する必要がある。子どもの苦痛を取り除くための瞬時の反応は、前頭前野を中心とした多くの脳領域の活動によることが明らかになった。思考・意欲・情操の中心となり、高次な機能を司る

前頭前野は、哺乳類の中でもとくに人間で発達した領域である。ここで感慨深いのは、わが子の苦痛な状況に対する複雑な脳活動もまた、前述の“母親の愛情に関する脳メカニズム”に支えられているということである。それは、社会における複雑な人間関係を築きながら、わが子への豊かな愛情を生み出し、長い期間育児行動を続ける人類の最大の特徴でもある。

なお、本発表に関連して開示すべき利益相反はない。

文 献

- 1) Bell, S.M., Ainsworth, M.D.: Infant crying and maternal responsiveness. *Child Dev*, 4 ; 1171-1190, 1972
- 2) Bowlby, J.: *Attachment and Loss : Volume 1- Attachment*. Basic Books, New York, 1969
- 3) Craig, A. D.: How do you feel-now? The anterior insula and human awareness. *Nat Rev Neurosci*, 10 ; 59-70, 2009
- 4) Dabrowska, A., Pisula, E.: Parenting stress and coping styles in mothers and fathers of pre-school children with autism and Down syndrome. *JIDR*, 54 ; 266-280, 2010
- 5) 菊池吉晃, 則内まどか: 「幸せ」を感じる脳 脳機能イメージング研究から見える「幸せ」の神経基盤. *化学と工業*, 64 ; 135-137, 2011
- 6) Lonstein, J. S., Stern, J. M.: Site and behavioral specificity of periaqueductal gray lesions on postpartum sexual, maternal, and aggressive behaviors in rats. *Brain Res*, 804 ; 21-35, 1998

7) Miranda-Paiva, C. M., Ribeiro-Barbosa, E. R., Canteras, N. S., et al.: A role for the periaqueductal grey in opioidergic inhibition of maternal behaviour. *Eur J Neurosci*, 18 ; 667-674, 2003

8) Mori, K., Ujiie, T., Smith, A., et al.: Parental stress associated with caring for children with Asperger's syndrome or autism. *Pediatr Int*, 51 ; 364-370, 2009

9) Noriuchi, M., Kikuchi, Y., Senoo, A.: The functional neuroanatomy of maternal love : Mother's response

to infant's attachment behaviors. *Biol Psychiatry*, 63 ; 415-423, 2008

10) 則内まどか : 子どもを愛する母の脳—育児行動を支える愛の力—. *カラダの百科事典* (日本生理人類学会編). 丸善出版, p.249-252, 2009

11) Phetrasuwan, S., Shandor, M. M.: Parenting stress in mothers of children with autism spectrum disorders. *J Spec Nurs*, 14 ; 157-165, 2009

Neural Basis of Maternal Behavior

Madoka NORIUCHI^{1,2)}, Yoshiaki KIKUCHI²⁾

1) *Department of Dementia and Higher Brain Function, Tokyo Metropolitan Institute of Medical Science*

2) *Division of Human Health Sciences, Graduate School of Tokyo Metropolitan University*

Maternal love, which may be the core of maternal behavior, is essential for the mother-infant attachment relationship and is important for the infant's development and mental health. However, little has been known about these neural mechanisms in human mothers. We examined patterns of maternal brain activation in response to infant cues using video clips. We performed functional magnetic resonance imaging (fMRI) measurements while 13 mothers viewed video clips, with no sound, of their own infant and other infants of approximately 16 months of age who demonstrated two different attachment behaviors (smiling at the infant's mother and crying for her). We found that a limited number of the mother's brain areas were specifically involved in recognition of the mother's own infant, namely orbitofrontal cortex (OFC), and periaqueductal gray, anterior insula, and dorsal and ventrolateral parts of putamen. Additionally, we found the strong and specific mother's brain response for the mother's own infant's distress. The differential neural activation pattern was found in the dorsal region of OFC, caudate nucleus, right inferior frontal gyrus, dorsomedial prefrontal cortex (PFC), anterior cingulate, posterior cingulate, posterior superior temporal sulcus, and dorsolateral PFC. Our results showed the highly elaborate neural mechanism mediating maternal love and diverse and complex maternal behaviors for vigilant protectiveness.

< Authors' abstract >

< **Key words** : fMRI, maternal behavior, love, infant, brain >