

社会能力の発達過程:脳機能画像法によるアプローチ

定藤規弘¹

自然科学研究機構生理学研究所

脳機能画像法は、ある心的過程と特定の脳構造を非侵襲的に対応付ける（脳定位）有力な手法である。社会能力発現機構とその発達の理解は、心理学モデルの構成と検証にかかっている。脳機能画像法は、脳という場を制限条件として与えることにより、心理モデルの構成と検証に寄与する。通常心理モデルは、ある心的過程（ならびに付随する行動）を説明するために形成されるが、その心的過程に対応する脳構造から得た情報を用いてモデル形成が可能となる。この際、その脳構造に関する現在の脳科学全般の知識を利用することができる。この点で、脳機能画像法は、現在膨大な知見の集積しつつある脳科学領域の情報を、人間の発達心理学に結びつけるための接点を形成し、脳科学を基盤とした発達コホート研究において重要な役割を果たす。

Keywords: 脳血流、functional MRI、社会能力、発達、コホート研究、向社会行動

問題・目的

我々はいかにして社会的存在となるのか？この発達社会心理学的な問いは、急激な少子化、学級崩壊、引きこもり多発などから、大きな社会的関心を集めている。社会能力とは、他人の性質や意図を正確に認知するための情報処理過程(Brothers 1990)と定義され、その発達は、他者との関係において子どもの示す行動パターン、感情、態度ならびに概念と、それらの経時的な変化として観察される。その神経基盤および発達期における獲得過程については不明の点が多い。近年、機能的磁気共鳴画像（機能的MRI）による非侵襲的脳機能画像の発達が、神経活動の空間的分布とその連関状態をヒト脳で観測することを可能にし、社会能力を含む高次脳機能の解明には欠かせない手段とみなされている。本稿では、向社会行動の発達理解へ向けた、機能的MRIを用いた我々の取り組みを紹介する。

向社会行動の神経基盤

心理学は個体と環境の相互作用を研究する学問である。発達心理学においては、そのダイナミクスに発達という時間軸が加わるが、いずれにしても相互作用（心的過程）は脳で起こると想定されており、脳機能画像法は、ある心的過程と特定の脳構造を非侵襲的に対応付ける有力な手法である。その際に、脳構造に関する現在の脳科学全般の知識を利用することができることから、脳機能画像法は、現在膨大な知見の集積しつつある脳科学領域の情報を、人間の発達心理学に結びつけるための、重要な接点を形成する。社会能力発現機構とその発達の理解は、心理学モデルの構成と検証にかかっている。すなわち、社会能力の発達過程を理解するために、個体と環境の相互作用を心的過程として捉え、発達という時間軸を含めた動的過程をモデ

ル化し、それを検証することが必要である。脳機能画像法は、ある心的過程と特定の脳構造を非侵襲的に対応付ける（脳定位）有力な手法であり、脳という場を制限条件として与えることにより、心理モデルの構成と検証に寄与する。また、その心的過程に対応する脳構造から得た情報を用いてモデル形成が可能となる。

向社会行動の神経基盤

ヒトの社会は、遺伝的に無関係な個体の間での役割分担と協同により成立している。他者を利するための自発的な行為（向社会行動・利他主義）がその本質であり、ヒト以外の動物には見られない特徴である。向社会行動はヒト固有の脳機能に由来すると考えられる一方で、生物としてのヒトには、他の生物と共通な、個体保存を目的とする利己的な行動原理が存在する。遺伝子に基づく進化論的モデルでは利他主義の獲得は説明できず、文化的な進化および遺伝子-文化の共存的進化を考える必要がある。つまり、ヒトの向社会行動の本質を理解するためには、その神経基盤、発達過程、病態、文化影響を、ヒトにおいて調べることが必須である。

ヒトの向社会行動の発達においては、行動にいたるまでの認知・情動を切り離して考えることはできない。従来、ヒトの向社会行動は、他者視点取得

(perspective taking) と共感 (empathy) により説明されてきた。他者視点取得は、他者の思考感情、視点を理解する能力であり、広義の心の理論 (mentalizing、以後心の理論) ともいわれる。共感とは他者の感情あるいは他者の置かれている状況を認知して、同じ方向の感情を共有することをさし、代理的情動反応とも呼ばれる。発達心理学的には、共感を元にした援助の主要な目的は、犠牲者の苦痛を和らげることから、共感的苦痛の回避が状況に際しての内因的動機であると説明されている (Hoffman 2000)。共感の発達においては、他人に起きていることと自分自身におきていることの区別できることが必須であり、自他についての感覚が共感の発達的变化に大枠を与えている (Hoffman, 2000)。

心の理論の神経基盤は、機能的MRIでよく研究されており、内側前頭前野、後部帯状回、ならびに頭頂側頭連合の関与が報告されている(Frith and Frith, 2003)一方、共感の神経基盤として、mirror neuron system,および辺縁系の関与が示されてきた(Iacoboni and Dapretto, 2002)。mirror neuronとは、他個体の目標志向的な動作の観察、ならびに自らの同様な動作の両方に反応する神経細胞のことで、サル単一ニューロン計測により前頭葉F5領域に存在することが記載された(Rizzolatti and Craighero, 2004)。その後、人間の脳機能イメージング研究により、同様な振る舞いを示す領域が、頭頂葉と前頭前野に存在することが示された。他者の運動の知覚と、自己の運動を同一領域で符号化していると目され、mirror neuron systemと名づけられた。

他方、ヒトの向社会行動の発達においては、共感が必要であるが、必ずしも十分ではないとされている。社会交換理論によると、利他行動も、社会報酬を最大にするような行動として選択されるのであり、経済行動と同一の枠組みで説明できるとしている。実際、他者からの良い評判という社会報酬と金銭報酬は、共に得られることによって報酬系として知られる線条体を賦活すること、さらに、他者からの良い評判は、寄付という利他行為の動機を増強し、その際線条体の活動が増加することが機能的MRI実験により明らかとなった(Izuma et al. 2008, 2010)。これらは、他者からの良い評判は報酬としての価値を持ち、脳内において金銭報酬と同じように処理されていることを示している。この結果は、様々な異なる種類の報酬を比較し、意思決定をする際に必要である「脳内の共通の通貨」の存在を強く示唆する。他方、社会的報酬に特有な活動として、内側前頭前野の活動がみられたことから、他者から見た自分の評価は、内側前頭前野により表象され、さらに線条体により社会報酬として「価値」付けられることが想定された。すなわち、社会的報酬には、線条体を含む報酬系と、心の理論の神経基盤の相互作用が関与していることが明らかとなった(Izuma et al. 2008)。

以上の知見から、共感にはmirror neuron systemの関与が、社会的報酬においては、報酬系の関与が、そして両者に共通して心の理論の関与が想定される。いずれの系も、その神経基盤に関する脳科学的な知見が急速に蓄積しつつある。機能的MRIを初めとする、人間の脳機能イメージング技術の急速な進展により、向社会行動の発達を、生物学的基盤に立ってモデル化し検証する機は熟している。以上から、「向社会行動は、

共感的苦痛の回避なる内在的動機と、他者から見た自分の評価という心の理論により価値付けられた社会報酬なる外来的動機により誘導される行動であり、共感と心の理論の共存的発達を必要とする」とのモデルを発想した。このようなモデルを検証するためには、追跡観察手法としての発達コホートが必須である。

結論

教育問題、社会不適応等、喫緊の社会的要請に応えるためには、人間における社会能力の発達過程を解明することが必須であり、脳科学研究が重要な役割を果たすと期待される。脳科学領域の進展は急速であるが、その知見の大部分は動物実験等に基づいているため、その結果を社会に適応するためには人での検証研究が必須である。さらに社会的必要性に直面することによって基礎研究が飛躍的变化を遂げることも考えられる。つまり、実社会で実証しつつ、その結果を基礎研究にフィードバックするという連携研究を推進するための枠組みの整備が急務である。応用と基礎の連携研究を実現するプラットフォームとして脳科学を基盤とした発達コホート研究を進めることによって、社会能力をはぐくむ過程の理解が飛躍的に進むこと、さらに学際架橋の場として諸学問の発展に資することが期待される。

引用文献

- Frith, U., & Frith, C.D. 2003 Development and neurophysiology of mentalizing. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 358,459-473.
- Hoffman, M.L. 2000 Empathy and moral development. Cambridge: Cambridge University Press.
- Iacoboni, M., & Dapretto, M. 2006 The mirror neuron system and the consequences of its dysfunction. *Nat Rev Neurosci* 7, 942-951.
- Izuma, K., Saito, D.N., & Sadato, N. 2008 Processing of social and monetary rewards in the human striatum. *Neuron* 58, 284-294.
- Izuma, K., Saito, D.N., Sadato, N. 2010 Processing of the incentive for social approval in the ventral striatum during charitable donation. *J Cogn Neurosci* 22, 621-631.
- Rizzolatti, G., Craighero, L. 2004 The mirror-neuron system. *Annu Rev Neurosci* 27, 169-192.