

社会脳を担う前頭葉ネットワークの解明

—微小電極からfMRIまでの垂直的統合研究—

Unveiling Social Brain by Analyzing Prefrontal Brain Network: Applying Methodological from Microelectrode to fMRI

菅阪 直行 (OSAKA NAOYUKI)

京都大学・大学院文学研究科・名誉教授



研究の概要

微小電極法からニューロイメージング法までを用いて前頭葉を包括的に調べることで、豊かで道徳的な社会生活を生み出す神経メカニズムを解明することを目指す。ワーキングメモリを支える前頭葉ネットワークによる社会脳諸領域の統御機構をとらえることで、社会脳の動作原理について新たな学説を提案するとともに、社会不適応や社会脳障害の原因を究明する。

研究分野：情報学

科研費の分科・細目：人間情報学・認知科学

キーワード：認知心理学・社会脳科学・ワーキングメモリ

1. 研究開始当初の背景

先端的な技術開発が、脳の進化の最先端にある前頭葉の機能を逆に低下させるという事態が生じている。例えば、携帯電話をはじめとする情報端末の進化によって外部記憶容量が無限に拡大されたために、人々は容量に厳しい制約のある前頭葉のメモ帳(ワーキングメモリ：以下 WM)を方略的に使う機会が減少してきた。その結果、若者の WM 容量の低下という驚くべき事態を招きつつある。WM を使う機会の低下が創造的思考や社会性を育む心の働きに歪みをもたらしている。従来の「生物脳」研究においては、我々の持つ「社会脳」が WM を基盤として動作し、豊かな社会性を育むことには注意されてこなかった。

2. 研究の目的

知の処理に優れた背外側前頭前野(DLPFC)、知と情をインターフェースする前部帯状回(ACC)、さらに情と意思(意図)を注意に結びつける上頭頂小葉(SPL)など、WM の実行系(制御系)ネットワークが社会性神経回路を制御すると想定し、この回路の円滑な制御によって我々の豊かな社会性が生み出されていることを、先端的脳研究の手法を用いて解明することを目的とする。また、うつ病、統合失調症、自閉症などの社会性障害の病理を WM の制御不全の立場から検討し、健常成人との比較を通して、社会性障害を豊かな社会脳に改善するための方策を考える。

3. 研究の方法

微小電極による単一神経細胞の実験からニ

ューロイメージング法を用いた全脳レベルの研究に至るまで、サルや人間を対象として垂直的、包括的に検討し、豊かな社会生活を生み出す神経メカニズムを解明する。サルを対象とする研究では、協調・競争課題遂行中の脳活動を調べる一方で、自己意識の礎となるメタ認知等についても神経・行動の両面から検討を進めている。ヒトを対象とする研究では、心理学や神経科学の手法を併用することで、他者の意図理解や経済活動における意思決定、文化間の脳活動の差異や顔認識を支える神経メカニズムの解明に取り組んでいる。さらに社会性障害の原因を究明するために、統合失調症患者や自閉症患者を対象とし、大脳白質の病理と社会認知障害のつながりを調べている。また、社会的適応を促す介入方法を探索すべく、経頭蓋磁気刺激(TMS)とリハビリテーション技術を用いて脳の可塑性を高める方法の開発に努めている。

4. これまでの成果

■ 社会認知を支える認知・神経基盤の解明
サルを対象とした対戦型ゲーム中に前頭連合野からニューロン活動を記録したところ、「勝ち・負け」に対して反応を示すニューロンが多数見出された(Hosokawa and Watanabe, 2012)。アカゲザル対象としたメタ認知(自身の認知状態をモニタするは働き)研究では、情報の確かさを自身で判定して行動選択する結果が得られた(Tanaka and Funahashi, 2012)。これは、サルの自己意識の芽生えを示している。ヒトを対象とした実験では、社

会的共感、協調やいじめにつながる認知・神経基盤を解明するために、幾何学図形によるアニメーションの観察中の脳活動を fMRI によって計測したところ、意図性の高いアニメーションでは上側頭溝、側頭極、ミラーニューロン領域の一部である下前頭回において活動の増加が認められた (Osaka et al., 2012)。これは運動パターンから意図を抽出する際に、側頭-前頭ネットワークが重要な役割を果たすことを示す。利他的ゲームを用いた実験では、正直な人ほど不公平に対する耐性が低く、これは脳幹線核背側部のセロトントランスポーターと関わることを突き止めた (Takahashi et al., 2012)。社会的コミュニケーションの基礎となる顔知覚・顔記憶では、顔の魅力が知覚と記憶に影響し、その影響には性差があることが明らかになった (Kuraguchi and Ashida, 2011)。

■ 社会性障害の病理と改善

社会性障害については、統合失調症にみられる社会性障害の神経基盤を MRI の解析により検討し、関連する心理学的指標としてアレキシミア (失感情症) と自閉症傾向に注目した結果、統合失調症にみられるこれらの傾向が同疾患の大脳皮質体積の減少と関連していることを報告した。前者は左下頭頂小葉体積との (Kubota, Murai et al., 2011)、後者は左上側頭溝周辺皮質体積との関連が認められている (Sasamoto, Murai et al., 2011)。脳の可塑性を向上させることによる社会的適応を実現すべく、繰り返し TMS による脳機能の抑制と従来のリハビリテーションを組み合わせによる運動関連皮質刺激法 (MRCS) を開発した。その効果を検討したところ、MRCS は時間依存性の運動付随的可塑性をもたらすことが示された (Thabit, Fukuyama et al., 2010)。

■ WM による社会脳の制御

他者の意図推定が求められると、心の理論を支える前頭前野内側部や上側頭溝に加えて WM ネットワークを形成する前頭前野背外側部の賦活が認められた (Osaka et al., 2012)。これは、高度な社会認知活動においては、社会脳ネットワークに加え WM ネットワークが重要な役割を果たすことを示している。また、社会性と深く結びつく情動が WM に与える影響についても検討を進め、ポジティブ感情は黒質等の活動を高め、ドーパミンの放出を誘発することで WM の制御を高める可能性が示された。一方で、ネガティブな感情は扁桃体の賦活により WM の制御機能を低下させることが分かった (Osaka et al., 2013)。

5. 今後の計画

サルや人間におけるメタ認知や共感を支える脳領域の特定や、人間を対象とした複数脳の同時計測を通して、社会認知を支える脳内メカニズムの解明を一層進める。また、統合失調症患者の WM 機能を詳細に調べ、社会脳

障害と WM 機能のつながりを明らかにする。さらに、脳刺激法と WM 訓練法を組み合わせることで、認知脳の働きを促進する方法の開発を進め、社会脳障害の克服へ向けて前進する。人文社会科学分野と理系 (医学・情報学・工学) との融合研究を通して、共感、文化、道徳、いじめや社会不適応などの諸問題の解決を考える融合的社会脳研究という新たな学問の創出へと発展させたい。また分担研究者等の執筆により、本課題の研究内容を紹介する一般向けの社会脳シリーズ (全 8 巻予定) を刊行中である (荻阪, 2012a, b)。

6. これまでの発表論文等

Hosokawa, T., & Watanabe, M. (2012). Prefrontal neurons represent winning and losing during competitive video shooting games between monkeys. *J. NEUROSCI.*, *32*, 7662-7671.

Tanaka, A., & Funahashi, S. (2012). Macaque monkeys exhibit behavioral signs of metamemory in an oculomotor working memory task. *BEHAV. BRAIN RES.*, *233*, 256-270.

Osaka, N., Ikeda, T., & Osaka, M. (2012). Effect of intentional bias on agency attribution of animated motion: An event-related fMRI study. *PLOS ONE*, *7*, e49053.

Takahashi, H., Murai, T., et al (2012). Honesty mediates the relationship between serotonin and reaction to unfairness. *P NATL. ACAD. SCI. USA*, *109*, 4281-4284.

Kubota, M., Fukuyama, H., Takahashi, H., Murai, T. et al. (2011). Alexithymia and regional gray matter alterations in schizophrenia. *NEUROSCI. RES.*, *70*, 206-213.

Sasamoto, A., Fukuyama, H., Takahashi, H., & Murai, T. (2011). Social impairment in schizophrenia revealed by Autistic Quotient correlated with gray matter reduction. *SOC. NEUROSCI.*, *6*, 548-558.

Thabit, M. N., Fukuyama, H., Mima, T. et al. (2010). Movement-related cortical stimulation can induce human motor plasticity. *J. NEUROSCI.*, *30*, 11529-11536.

荻阪直行編(2013)基盤(S)中間報告書 (業績集、全 301 ページ)。

荻阪直行編(2012a)「社会脳科学の展望—脳から社会をみる」(社会脳シリーズ第 1 巻)、新曜社

荻阪直行編(2012b)「道徳の神経哲学—神経倫理から見た社会意識の形成」(社会脳シリーズ第 2 巻)、新曜社。

ホームページ等

<http://www.social-brain.bun.kyoto-u.ac.jp/>