

主論文の要約

How the Non-attending Brain Hears Its Owner's Name

〔 注意を向けていない脳は、いかに自分の名前を聞くのか 〕

名古屋大学大学院医学系研究科 総合医学専攻
高次医用科学講座 量子医学分野

(指導：長縄 慎二 教授)

中根 俊樹

【背景・目的】

脳機能画像の研究において、大脳の内側前頭前野（mPFC: medial prefrontal cortex）を含む大脳皮質正中内側部構造（CMS: cortical midline structures、前頭葉から頭頂葉の内側部に相当）が自己に関連する認知において活動することが報告されている。被験者自身の名前（以下、自己名）の音声提示は、覚醒した健常者のみならず、意識レベルの低下した最小意識状態や遷延性植物状態の被験者においても、mPFC を活性化することが報告されており、これは mPFC が自己名の検出に関与する可能性を示唆している。しかしながら、意識レベルの低い被験者における自己名提示に対する mPFC の反応は一貫しておらず、たとえば睡眠中における自己名提示は mPFC の活性化を引き起こさないことが報告されている。これは、自己名の提示がいつでも mPFC の反応を引き起こすわけではなく、ある種の条件が満たされる必要があることを示唆する。そこで私は次のような仮説を立てた。まず、CMS の前頭葉領域にあたる mPFC は、計算や内省など注意を要する他の認知課題においても活動が認められるそもそも多機能な領域であって、自己名に対する反応はそのような雑多な高次認知機能の一つとして表れるに過ぎない。次に、自然な社会的環境下における自己名に対する反応の意義を考えると、それは名前が呼ばれた直後に生じるであろう対人コミュニケーションに対する認知的準備作用、例えば声の主は誰かの推定、用件は何かの推定、声の感情的な側面の評価、およびそれらに対する適切な反応の準備などを挙げることができる。以上の二つの前提から、mPFC は自己名に反応しているというよりは、むしろ自己名を聞いた直後に生じる社会的相互作用に対する準備および処理として活動しているのではないかと推測できる。この仮説を検証するためには、実験において同一の刺激に対し異なる指示、つまり聞こえる自己名が課題関連である状況と課題非関連である状況の二つにおける脳活動を計測し、それらの差分を検討すればよい。もし mPFC が社会的相互作用の認知的準備の反映であるにすぎないならば、自己名が課題非関連の時には活動が抑制されるであろう。また、この mPFC の反応を分離することで、自己名刺激に対するより低次で本質的な反応を新たに探索することも可能であろう。しかしながら、これまで課題非関連な自己名に対する mPFC の活動を明示的に検討した研究は報告されていない。そこで私は、自己名に予め注意が向けられている課題と向けられていない課題を作成し、脳活動を対比することによってこの問題を検討した。

【方法】

被験者は健常な成人 30 名（女性 15 名、平均年齢 21.6 ± 1.54 、年齢範囲 20-27）であった。音声刺激として、自己名（S）、自己名の提示回数と同数反復される自己名とは異なる特定の個人名（R）、S 及び R と異なる対照となる名前（C）を準備した。自己名条件として S と C の組み合わせ、反復名条件として R と C の組み合わせ、統制条件として C に属する互いに異なる名前の組み合わせの 3 条件を作成した。これら 3 条件の半数ずつに高音もしくは低音どちらかのビーブ音を割り振り、上記の条件で名前を両耳に同時に提示し、600ms 後にビーブ音を提示した。

以下2つの課題を被験者の半数ずつに異なる順で遂行するよう指示を与えた。課題(A) (自己名が課題関連である状況) : 被験者は提示された名前に自己名もしくは反復名が含まれているかを判断し、ボタン押しで応答した。課題(B) (自己名が課題非関連である状況) : 被験者はビープ音の高低を判断し、ボタン押しで応答した。被験者はヘッドフォンをつけた上でヘッドコイルを装着し、これらの音声課題を行った(図1)。

課題は事象関連デザインで行った。被験者の行動データはボタン押しによって記録した。脳機能画像の収集に3T MRI装置によるGRE-EPI法を用いた($TR = 2900\text{ms}$, $TE = 30\text{ms}$, $FA = 90$, $Slices = 39$, $Thickness = 3\text{mm}$, $Gap = 0.75\text{mm}$, $FOV = 192\text{mm}$, 64×64)。脳機能画像はSPM8を用いて前処理し、各コントラスト画像を検討した(RFX, $p < 0.05$, cluster-level FWE correction)。

【結果】

行動データ : 平均反応時間は課題Aで自己名: 823.2ms 、反復名: 853.1ms 、統制: 1026.6ms 。課題Bで自己名: 506.7ms 、反復名: 508.6ms 、統制: 520.2ms であった。課題Aにおける統制条件のみで有意に遅延していた(自己名条件、反復名条件に対し、それぞれ $t(29) = -10.2$, $P < 0.001$ 、 $t(29) = -9.8$, $P < 0.001$)。

脳機能画像 : 自己名条件と反復名条件とで脳活動を反映する画素のBOLD信号の差分の画像($p < 0.05$, cluster-level FWE correction)を作成し、自己名による脳活動を評価した。課題Aでは両側前頭葉内側($[-4, 46, -4]$, $z = 5.24$)、及び両側側頭葉(一次聴覚野主体)~島背側($[36, -25, 10]$, $z = 6.31$, $[-32, -25, 12]$, $z = 6.33$)、視床、楔前部の活動が見られた。課題Bでは両側側頭葉~島背側($[48, -27, 5]$, $z = 6.54$, $[-57, -19, 3]$, $z = 7.03$)、視床、楔前部で活動が見られた(図2)。前頭葉内側の活動は課題Aのみで見られ、両側の側頭葉や視床、楔前部の活動は課題AとBで共通に見られた。

【考察】

CMSの活動は、その前部であるmPFCについては被験者に対し自己名刺激を与えた際に常に認められるのではなく、自己名に対し注意を向け、そして自己名刺激を与えた際にのみ現れる事を示した。この知見はCMS前部における自己名認知と注意の関係を明確に示している。CMSの活動は意識障害の患者において意識レベルを示す一つの指標になると考えられており、CMSの前部の活動を診断に用いた研究も報告されているが、本研究の知見は自己名に対する前部CMSの反応が意識レベルの評価に有益であることを支持した。次に、CMSの後部に相当する楔前部は、前部に相当するmPFCが能動的な注意と関連して活動するのと異なり、自動的な注意に関与する部位に相当する可能性があると考えられた。

また、自己名への注意の状態に無関係な、自己名提示に対する聴覚野から島背側へと連続する活動が見られた。音声への注意による聴覚野の活動を見ていると思われたが、島背側については最近自動的な感覚情報の変化の検出や音声の情動的側面を構成

するネットワークとしての働きが報告されており、自己名を他の音声情報と差別化する機序が考えられた。

視床は特に自己名に注意を向けていない状況で活動が認められた。同部は網様体の最吻側とも考えられており、名前を呼ばれることで覚醒や注意が促されている可能性が示唆された。

【結論】

本研究は、CMSの前部の活動は被験者に自己名刺激を与えた際に常に認められるのではなく、被験者側の自己名に対する注意の下でのみ認められることを明らかにした。同部の活動に注目した意識障害の研究報告もあり、その背景となる注意の関与を示した。また、自己名への注意の状態に依存しない、自己名に対する低次で自動的な反応を示す関連領域として、CMSの後部や聴覚野、島背側、視床および脳幹網様体という皮質―皮質下ネットワークの関与が新たに明らかとなった。