

論 文 内 容 要 旨

Visual imagery while reading concrete and abstract Japanese kanji words: An fMRI study

(日本語の漢字の具象語と抽象語を読んだ際の視覚イメージ：
機能的 MRI 研究)

Neuroscience Research, in press.

主指導教員：山脇 成人 教授

(応用生命科学部門 精神神経医科学)

副指導教員：栗栖 薫 教授

(応用生命科学部門 脳神経外科学)

副指導教員：岡本 泰昌 准教授

(応用生命科学部門 精神神経医科学)

林 敬子

(医歯薬学総合研究科 創生医科学専攻)

【背景】 視覚イメージとは単語が意味する事象を視覚的に想起することであり、具象性との相関が高い。近年、脳機能画像研究の進展に伴い、アルファベットを用いて具象語 (concrete word) と抽象語 (abstract word) の脳活動部位の違いが明らかになってきた。これらの違いは具象語には抽象語よりも視覚イメージが働くことで認知システムが関与していることを示唆している。しかしこれまでの研究において具象語と抽象語を同一被験者にイメージをさせた研究はなく、また日本語を用いた研究は行われていない。そこで、われわれは漢字刺激による視覚イメージにおいてもアルファベット刺激と同様に左紡錘状回 (Left fusiform gyrus; LFG) が賦活すること、さらに漢字の形のイメージや書字に重要な左中前頭回 (Left middle frontal gyrus; LMFG) が重要な働きをしていると仮説をたてた。この仮説を検証するために具象語と抽象語の漢字刺激を用いて視覚イメージをする際の脳活動の差異を functional Magnetic Resonance Imaging (fMRI) で検討した。さらに Psychophysiological interaction (PPI) 解析を用いて LMFG と LFG に機能的結合性のある部位を同定することとした。

【方法】 対象は右利きの日本人男性 16 名であった (平均年齢 26.1 ± 5.9 歳、20-36 歳まで)。性差の影響を除外するために男性に限定した。書面による説明をした後に、書面で同意を得た。プロトコルは広島大学と松田病院の倫理委員会から承認を得た。精神医学的、身体医学的異常のある者はいなかった。revised Wechsler Adult Intelligence Scale (WAIS-R) にて全 IQ=80 以上を対象とした。平均は全 IQ (FIQ) = 110.2 ± 11.7 、言語性 IQ (VIQ) = 115.9 ± 13.3 、動作性 IQ (PIQ) = 100.4 ± 11.5 、であった。刺激語は日本語の語彙より、漢字熟語 (2 文字) で心像性 (イメージしやすさ) の 7 段階評価のうち高心像性 (> 5 , mean 5.6 ± 0.4) の具象語 (例: 人参、椅子) 70 個、低心像性 (< 4 , mean 3.4 ± 0.3) の抽象語 (例: 代謝、偽善) 70 個を抽出し、コントロールはアスタリスク「**」とした。被験者は開眼したまま具象語と抽象語のブロックでは単語が表象するものの視覚イメージを作るように指示された。1 ブロックにつき 14 試行とし、2.5 秒提示され、続いて 0.5 秒の十字の固視点が出現した。ブロック間隔は 12 秒で固視点をただ見るようにした。各ブロックはランダムに 5 回提示され、カウンターバランスをとった。fMRI 施行前に 1 ブロックずつパソコン上で練習を行った。また fMRI 施行後に被験者は「どのくらいイメージできたか」と質問され 7 段階評価 (1: 全然浮かばなかった、7: 非常に浮かんだ) を行った。fMRI は Symphony 1.5T スキャナーを使用し、T2*-weighted gradient echo による echo-planar imaging (EPI) 法にて撮像した。fMRI 解析は Statistical Parametric Mapping (SPM8) software を利用した。最初に各被験者について 4 種類の比較を行った。1. 具象語対コントロール、2. 抽象語対コントロール、3. 具象語対抽象語、4. 抽象語対具象語を個人データで解析したのち、各条件で対象群の one sample t-test を行い、FIQ、PIQ、VIQ の得点で調整した。統計学的閾値は $p < 0.001$ (uncorrected)、クラスターサイズ(k)>5 を用いた。

【結果】 fMRI 施行後の行動評価は、具象語で平均 6.2 ± 0.9 、抽象語で平均 3.1 ± 1.2 ($p < 0.001$) という結果で、具象語が有意に高かった。脳機能画像解析の結果、具象語とコントロールを比較したところ、有意に高かった部位は左補足運動野 (Brodmann's area; BA6)、左下側頭回、左下前頭回三角部 (BA45)、左上頭頂小葉 (left superior parietal lobule; LSPL) であった。抽象語とコントロールを比較した結果、有意に高かった部位は左補足運動野 (BA6)、左下側頭回、左下前頭回三角部、LSPL であった。具象語と抽象語を比較した結果、有意に高かった部位は LMFG (BA9)、LFG、両側上前頭回であった。抽象語が具象語に比し有意に高い部位は左下前頭回三角部であった。PPI 解析の結果具象語に特異な成分において LMFG の活動性は LSPL の活動性の増加を伴い、LFG の活動性は LMFG の活動性増加を伴う機能的相互関係を認めた。

【考察】 本研究により、漢字の具象語と抽象語を読んだ際の視覚イメージに関連する脳機能活動の差異や機能的結合が初めて明らかになった。具象語と抽象語を比較した結果、具象語の方が LMFG、LFG、両側上前頭回の活動が有意に高かった。LFG はアルファベットの用いた先行研究に比べて活動部位はより前側にあり、このことから視覚イメージは FG の前側を賦活すると考えられた。PPI 解析では LMFG の活動は LSPL の活動増加を伴い、LFG の活動は LMFG の活動上昇を伴う相互関係があった。LMFG は背外側前頭前野皮質に属し、ワーキングメモリなどの機能があり、漢字に関する視覚イメージに中央遂行系として重要な働きをしていた。われわれは具象語が LMFG と LFG/LSPL の間に相互作用によって視覚イメージを喚起すると推測した。本研究で抽象語が具象語より活動していた部位は、左下前頭回三角部であり、この部位は言葉理解や処理に関係しており、抽象語の方がより言語システムが働くことが明らかになった。本研究は言語課題の性差により男性だけを対象としたが、より多くの被験者を対象とした研究によってさらに視覚イメージの神経基盤が明らかになると考えられた。