

## 言語課題における意味処理と小脳の活動の関連

○小澤由嗣(おざわよしあき)、今泉敏

広島県立保健福祉大学コミュニケーション障害学科

(要旨)言語課題における意味的処理の必要性と小脳の活動レベルの関連を調べる目的で、以下の4種の課題を実施し、fMRIを用いて脳活動を観測した。実施した4課題条件は、(1)「動物」など提示した名詞の典型的属性を想起する属性想起条件、(2)提示した名詞の典型的な成員をできるだけ多く想起する基本語彙想起条件、(3)提示した仮名文字を頭文字とする単語をできるだけ多く想起する頭文字想起条件、(4)提示した仮名文字に別の仮名文字を組み合わせて2文字の語を次々に生成する文字組合せ条件である。実験の結果、意味処理の必要性が低いと考えられた条件(1)(2)に比べ、意味処理の必要性が高いと考えられた条件(3)(4)の方が、小脳の活動レベルは高かった。小脳が何らかの形で言語の意味処理過程に関与していることが示唆された。

**Key words:** 小脳(cerebellum)、意味処理(semantic processing)、属性想起(property retrieval)、語想起(verbal fluency)、音韻操作(phonological manipulation)、fMRI

### 【はじめに】

言語・認知活動への小脳の関与が指摘されているが、その役割については未だ不明な点が多い。Raichleら(1994)は、言語課題の遂行において、練習による習熟度の違いが小脳の活動に影響を与えることを示した。彼らは、提示した名詞に対して適切な動詞を見つける課題を、練習した場合と、しない場合の両条件で実施した。その結果、練習なしの条件下では、左前頭皮質、帯状回前部、左側頭葉後部、右小脳に有意な活動がみられた。一方、練習後に顕著な活動がみられたのは両側の島皮質であった。練習後条件で活動がみられた部位は、被験者が提示された名詞を単に音読した際の活動部位に近似しており、意味的処理の必要性の差が脳活動の違いを生じさせた可能性がある。これらの結果から、小脳は何らかの形で言語の意味処理過程に参加していることが示唆される。今回、われわれは意味的処理の必要性が異なる4つの課題を設定し、課題間の脳活動の差異を、小脳の活動レベルを中心に検討したので報告する。

### 【方法】

被験者は、健常成人14名(男6名、女8名、年齢平均 29.4 ± 7.9 歳)である。fMRI装置(Siemens, Magnetom Symphony)内に仰臥した被験者に、操作室からプロジェクタを用いて、名詞(乗り物、野菜、動物)もしくは日本語の仮名1文字(い、か、て)を提示した。視覚提示された語ないし文字を使って以下の4課題とコントロー

ル課題を行った。(1)属性想起条件:提示された具象名詞の典型的属性を表す単語を想起し、内言で列挙する。(2)基本語彙想起条件:提示された名詞の典型的な成員をできるだけ多く想起し、内言で列挙する。(3)頭文字想起条件:仮名文字を語頭音とする単語をできるだけ多く想起し、内言で列挙する。(4)文字組合せ条件:提示された仮名文字があらわす1モーラに、もう1文字を組み合わせて、2モーラ単語を次々に作り、内言で列挙する。組合せは五十音順に行った。この条件では無意味単語も生成される。コントロール課題では「お休み」という語を提示し、この語を内言で繰り返した。

課題条件の一つとコントロール条件とを30秒毎に3回繰り返し計3分間のブロックデザインとして、これを4課題それぞれに対して施行した。

撮像条件は、Interscan interval (TR): 6 秒、Acquisition time (TA): 4.4 秒、flip angleは90度とした。得られた画像データは、statistical parametric mapping (SPM99)を用いて解析した。

### 【結果】

いずれの条件においても、コントロール条件と比べ小脳に有意な賦活がみられたが、その活動レベルは異なり、文字組合せ条件、頭文字想起条件、基本語彙想起条件、属性想起条件の順で強い賦活が認められた。特に文字組合せ条件、頭文字想起条件に比べ、属性想起条件、基本語彙想起条件において顕著な活動が観測された。有意な賦活がみられたのはいずれも右小脳

で、属性想起、基本語彙想起、文字組合せの3条件では小脳後葉、頭文字想起および文字組合せ条件では小脳前葉に賦活がみられた( $p < 0.05$ , corrected)。

脳全体の活動についてみると、有意に賦活した領域は条件によって異なり、属性想起条件、基本語彙想起条件、頭文字想起条件、文字組合せ条件の順に多くなった。コントロール条件と比較したときに4条件とも共通に賦活した領域は、左中前頭回(ブロードマン6、10野、以下 BA6, BA10)であった。左下前頭回は属性想起条件、基本語彙想起条件、頭文字想起条件で有意に賦活したものの、文字組合せ条件では賦活しなかった。左大脳基底核のレンズ核、被殻は属性想起条件と頭文字条件で、左前障は属性想起条件と基本語彙想起条件で有意に賦活した( $p < 0.05$ , corrected)。

これらに対して、左上側頭回、上頭頂小葉(precuneus, BA7)、両側下頭頂小葉(BA40)は文字組合せ条件のみで、帯状回(BA32)は文字組合せ条件と頭文字条件で有意に賦活した。上頭頂小葉(BA7)は、頭文字条件(>コントロール条件)においても賦活傾向がみられた( $p < 0.001$ , uncorrected)。右上前頭回と右中前頭回は文字組合せ条件でのみ有意に賦活した。

条件間比較(cognitive subtraction)を行った結果、属性想起条件では他のどの条件と比較しても右小脳後葉に有意な賦活がみられた。また文字組合せ条件では他のどの条件と比較しても、両側頭頂葉(BA7)に有意な賦活がみられた。属性想起条件から文字組合せ条件を引き算して両条件を比較すると、左上・下前頭回に賦活がみられた。基本語彙想起条件では他の3条件と比較して有意な賦活はみられなかった。頭文字想起条件から文字組合せ条件の引き算では左下前頭回、文字組合せ条件—属性想起条件では右前頭葉(BA6)に有意な賦活がみられた( $p < 0.05$ , corrected)。頭文字条件と基本語彙想起条件の比較では有意な差異はみられなかった。文字組合せ条件と属性想起条件および頭文字条件の引き算では、両側頭頂葉(BA7)に加え、左上頭頂小葉にも賦活がみられた( $p < 0.05$ , corrected)。

#### 【考察】

本研究では4種の異なる言語性課題を実施した。文字組合せ条件は仮名2文字を組み合わせて次々に2モーラの無意味語を作っていく音韻操作課題である。実在する有意味語が生成されることもあるが基本的には言語の意味処理は最も少ない課題と考えられる。頭文字想起条件は

特定の文字で始まる有意味語を検索する課題で、脳内に貯蔵されている語をその意味とは全く無関係に回収することが求められる。従って、この課題においても有意味語を対象に検索が行われるという点を除いては意味的処理は行われていないと考えられる。基本語彙想起条件は提示された名詞カテゴリーに意味的に関係がある語のみを選択的に回収することを求めており、単語の意味の処理が不可欠といえる。属性想起条件は基本的語彙条件よりもさらに上位の概念をあらゆる単語を想起するものであり、基本語彙想起条件よりもさらに深い意味分析を要すると考えられる。したがって本研究の結果は、意味的処理の必要性が高い2課題で小脳の活動が強く、さらにその中でもより語の概念操作が必要な課題条件において小脳は顕著に活動することを示している。

上述の Raichle らの実験結果は、小脳の活性が課題の新奇性や困難度と関係していると解釈することも可能である。われわれの予備調査によれば、一般に基本語彙想起条件で想起される単語数よりも、頭文字想起条件で想起される単語数の方が少ない傾向があった。すなわち課題自体の困難度は頭文字想起条件の方が高いと考えることもできるが、実際に小脳の強い賦活がみられたのは困難度が比較的低いと考えられる基本語彙想起条件であった。したがって本研究でみられた小脳の活動は、課題の困難度によるものとは考えにくい。

言語・認知活動における小脳の賦活は、前頭葉の活動との組合せで報じられることが多い。本研究においてもこれらの2領域は同時に活動していた。しかし、小脳の活動レベルと連動した前頭葉の活動レベルの変化は見いだせなかった。

また本研究の結果は、語想起の仕方に応じて関与する脳部位に差があることを示唆している。属性想起条件で最も少ない領域が、最も形式的と仮定された文字組合せ条件で最も多くの領域が賦活された。前者で賦活された領域は左中前頭回、左下前頭回、左大脳基底核および右小脳後葉であり、一方、文字組合せ条件では左右頭頂葉領域の賦活が顕著であった。失語症の検査に用いられる基本語彙想起条件は前者に近く、頭文字想起条件は後者に近い活性化パターンを示していた。

#### 【文献】

Raichle, M.E., Fiez, J.A., Videen, T.O., et al.: Practice-related changes in human brain functional anatomy during non-motor learning, *Cereb. Cortex*, 4 (1994) 8-26.