

## 文生成の脳内過程-fMRI による検討

今泉敏(いまいずみ さとし)<sup>1</sup>、林良子<sup>2, 3</sup>、平田直樹<sup>3</sup>、森浩一<sup>3</sup>

広島県立保健福祉大学コミュニケーション障害学科<sup>1</sup>

東京大学医学系研究科<sup>2</sup>、国立身体障害者リハビリテーションセンター研究所<sup>3</sup>

(要旨) 視覚的に呈示した3漢字を材料にして、語と語の関連性を判断する課題や、語を連結して意味・音韻系列・文構造を生成する課題を行ったときの脳活動を fMRI を用いて観測・解析し、文生成の脳過程を考察した。文生成は、左下側頭後部、左背外側前頭前野、左下前頭回(Broca area)、左補足運動野、右小脳などの広範囲な神経回路網による分散処理に依存していること、文生成過程のどこにどんな負荷を置くかによってこれらの部位の寄与が異なることが示された。

Key words: 文生成、漢字、語彙連結、音韻系列生成、fMRI

### 1. はじめに

文の生成には適正な語彙の選択、複数語彙の連結による意味の生成、音韻系列の生成、発声・発語運動の生成と制御など多くの要素的過程が協調する必要がある。これらの要素過程を具現化する脳機能の研究は多くなく[1,2]いまだ十分には明らかにされていない。本論文では、視覚的に呈示した3漢字を材料にして、語と語の関連性を判断する課題(漢字語の諸属性を検索する課題)や、複数語彙の連結による意味生成、音韻系列生成、文構造生成などの諸課題を行ったときの脳活動を fMRI を用いて観測・解析し、文生成の脳過程を考察した。

### 2. 方法

**実験1**: 視野中央部に固視点を、さらに漢字3個または擬似漢字3個を固視点上部の視野中央部に呈示して、以下の課題を行った。

A1(休止課題): 頭を空にして固視点を凝視する、A2(非言語的形態課題): 中央の擬似漢字に注目してそれと同じ形態をもつ擬似漢字は左か右かを判断する。A3(言語的形態課題): 中央の漢字と同じ文字素(grapheme)をもつ漢字が左か右かを判断する。例えば、「話読書」では左を正解とする。A4(音課題): 音読みに限定して中央の漢字と同じ音価をもつ漢字が左か右かを判断する。例えば、「話書初」では右が正解とする。A5(動詞の意味

課題): 提示漢字を動詞に限定して、中央の漢字と同じ動詞の意味をもつ漢字が左か右かを判断する。例えば、「奪与贈」では右が正解とする。A6(名詞的意味課題): 提示漢字を具象名詞に限定して、中央の漢字の名詞的意味を属性として持つ漢字語が左か右かを判断する。例えば「牛角馬」では左を正解とする。A7(動詞活用音課題): 提示漢字を動詞に限定して過去形で訓読した場合に最後の音節が中央と同じになる漢字が左か右かを判断する。「行死読」では右を正解とする。

実験1では予め指定された属性を素早く心的辞書から検索する過程を調べるのが目的なので、課題実行に必要な最小時間毎、具体的には3秒毎に刺激を提示した。被験者は実験参加に署名同意した右利き健常者18名とした。fMRIの計測では休止課題とA2-A7課題のどれか一つを組にしてそれぞれ30秒ごとに5回繰り返すブロック設計で行った。目は出来るだけ動かさないよう指示した。

**実験2**: 実験1と同様に固視点と漢字3個を視覚提示して以下の課題を行った。

G1(休止課題): 頭を空にして固視点を凝視する、G2(非言語的連結課題): 擬似漢字3字を視覚的に操作して6種類の順序を構成する。G3(音連結課題): 漢字3個を6種類の順序で声を出さずに音読する。G4(文連結課題): 漢字3個をすべての順序で声を出さずに訓読

する。必要なら活用と機能語を用い文法的に正しい和文を構成する課題である。G5 (意味連結課題): 漢字 3 個の意味的論理和を計算してその心像を描く。G6 (自発語による説明課題): 漢字 3 個の意味的論理和に対応する心像を自発語を用いて説明する。

実験 2 では語を連結して文構造や音韻構造、意味構造を生成する課題であるので、10 秒毎に刺激を提示し、10 秒間で可能だけ多くの語連結を行うよう指示した。刺激語には顔の部位を表す名詞と色、形を表す形容詞を用いた。G1、G2 とそれ以外の 1 課題を 30 秒毎に交代して 10 分間繰り返したものを 1 実験セッションとした。たとえば G3 に対する脳活動を観測するのに、G1-G2-G1-G3 を 5 回繰り返すセッションを行った。この組み合わせを G3-G6 に対して計 4 実験セッション行った。実験参加に署名同意した右利き健常者 18 名(実験 1 と部分的に重複する)を被験者とした。

6 秒毎に脳の全体を含む領域を fMRI で画像化した。SPM99 の fixed effect model に基づいて各被験者の脳活動部位を検出し、さらに被験者群に共通の賦活部位を random effect model で解析した。有意レベルは脳全体で多重比較補正を行い  $pc < 0.05$  とした。

### 3. 結果

実験 1 では左下側頭後部と左背外側前頭前野が漢字の属性に依存せず共通に活動した。判断の対象となる属性に依存した活動として、意味属性に関連して左下前頭回、左補足運動野、右小脳の有意な活動が観測された。これらの活動は動詞的意味課題で最も大きく、ついで動詞活用音課題で大きかった。言語的形態課題では左下頭頂葉に有意な活動が観測された。

実験 2 では音連結課題で左下前頭回に活動が限定されたのに対して、文連結課題、意味連結課題、自発語による説明課題では左運動前野、左補足運動野の活動が顕著であった。この傾向は意味連結課題で最も大きかった。意味連結課題、自発語による説明課題ではさ

らに左前補足運動野から前帯状回、背外側前頭前野に活動が広がり、また頭頂葉や側頭葉の一部にも有意傾向が観測された。しかし、左下側頭後部は語連結課題では有意レベルを超える活動は観測されなかった。

### 4. 考察・結論

心的辞書項目の高速索引を必要とする課題では左下側頭後部と左背外側前頭前野が語の属性に依存せず活動した。左下側頭後部は読みと綴りの関係が 1 対 1 でない英語や漢字の読みに関与しているという先行研究も参考に考えると、前者は心的辞書項目の格納ないし送出に関与し、後者は辞書項目の引き出しと一時格納 (working memory)、および課題遂行に関与するものと考えられる。左下側頭後部が語連結課題で全く活動しなかったのは、実験 2 では辞書検索の負荷が連結の負荷より小さいためと考えられる。実験 1 で意味属性の比較に関連して活動した左下前頭回と左補足運動野は実験 2 の語連連結課題にも関与しており、文生成における意味操作に重要な寄与を果たしていると考えられる。特に左下前頭回後部は意味操作の負荷が大きくない音連結課題や動詞活用課題でも有意な活動を示したことから、文生成の音韻操作に関わると考えられる。また動詞の意味操作、動詞の活用に関与して活動した右小脳は動詞の脳内表現に関与する可能性を示唆するものと考えられる。

文生成は、左下側頭後部、左背外側前頭前野、左下前頭回、左補足運動野、右小脳などの神経回路網による分散処理に依存していることが示された。

### 文献

- 1) S. Imaizumi, R. Hayashi, N. Hirata and K. Mori (2001). Neural processes in sentence generation, *Speech Motor Control IV*.
- 2) R. Muller et al. (1997). Receptive and expressive language activations for sentences: a PET study. *Neuroreport*, 8, 3767-3770.