

脳磁を用いた日本語文字認知過程の研究

Neural pathway of reading in Japanese language: A magnetoencephalographic study

代表研究者 岡崎国立共同研究機構生理学研究所統合生理研究施設 助手 小山幸子
Department of Integrative Physiology, National Institute for Physiological Sciences

Magnetoencephalograms (MEGs) were recorded from six healthy Japanese subjects to investigate the areas in the cortices involved in reading Japanese language (Kanji and Kana). Forty-four Kanji (morphograms) and 44 Kana (syllabograms) and 20 alphabets were used as stimuli. They were presented in a random order and the subjects were required to count the number of alphabets. The magnetic responses to Kanji and Kana were quite similar and consequently the locations of equivalent current dipoles (ECDs) to Kanji and those to Kana did not differ in all the recording sites. In all the subjects, ECDs were found in the posterior inferior temporal areas (PITs) corresponding Brodmann area 37 in the latency range of 150-300 ms. These activities were found in the both hemispheres without consistent laterality. Bilateral PITs were thus suggested to play an essential role in reading Japanese language.

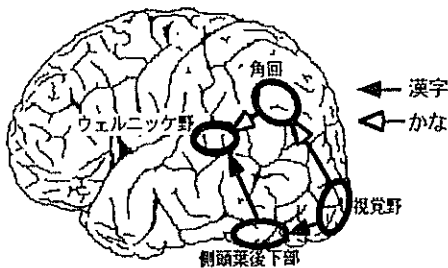
研究目的

優位側の角回の損傷によって失読・失書が生じることから、文字認知の座は優位側、すなわち、左側角回であるとされてきた (e.g., Benson, 1985)。日本語の表記には形態素文字である漢字と表音文字 (音節文字) である‘かな’が用いられる。表音文字だけを用いる欧米人と同様に日本人においても左角回の損傷によって失読失書が生じる。加えて、Iwata (1984) は、漢字の処理経路と

して視覚野→左側頭葉後下部→Wernicke野 (左側頭回後部) という経路を、‘かな’の処理経路として視覚野→左角回→Wernicke野という経路を提唱し (図1)。一方、Sugishita et al. (1992) は損傷部位と文字の選択的障害との対応は明確ではないと報告した。

これらの報告を踏まえて本研究では健常者から脳磁場計測 (Magnetoencephalography, MEG) を行い、文字認知に関与する脳部位を検討した。MEGでは超伝導干渉素子 (SQUID) を用いて、脳の神経活動に伴って生じる磁場を頭部表面から計測する (Hamalainen et al, 1993)。MEGは高い空間分解能 (数mm程度) と時間分解能 (1ms以下) を兼ね備えており、脳活動を非侵襲的に精度よく計測することが可能である。

1. Iwata (1984) の仮説



- I 庄以右永王下化加可火丸兄月元公号才山仕史子示
- 失手収処少心申水寸川代大内反比日不付弁方予用
- II あいうえおかきくけこさしすせそたちつてとなに
- ぬねのはひふへほまみむめもやゆよりるれるわ
- III ABCDEFGHJKLMNPRSTVYZ

2. Sugishita et al(1992) の仮説

脳損部位と漢字‘かな’の選択的障害との対応は明確ではない

図2 刺激として用いた漢字44文字 (I)、かな44文字 (II) およびアルファベット20文字 (III)

図1 漢字、‘かな’の読みの経路に関する仮説

研究経過

1. 対象と方法

右手利き健常者6名(男性4名、女性2名:年齢29~40才)を対象とした。刺激として漢字44文字(画数3~5)、ひらかな44文字、アルファベット20文字を用いた。各試行1文字を提示した(提示時間、600ms; 提示間隔、1.8~2.0s、図2)。刺激をランダムな順番で提示し、被験者にはアルファベットの提示回数を数えさせた。1ブロック36試行とし、15ブロックを1セッションとして実験し、のべ194セッション行った。各ブロックの終了時に被験者はアルファベットの提示回数を報告させた。

脳磁場は左右の後頭部、頭頂部、側頭部から記録した(bandpass; 0.1~50 Hz, sampling rate; 1024Hz)。記録には37チャンネルの1次微分型脳磁場計2基(Magnes, Biomagnetic Technologies Inc., San Diego, CA、図3)を用いた。得られた誘発脳磁場は刺激別に加算平均を行い、刺激提示前150ms間の磁場の平均値を0レベルとした。信号源として単一ダイポールまたは2ダイポールを想定し、加算平均波形の各タイムポイントごとに電流等価双極子(Equivalent Current Dipole, ECD)の位置、方向、大きさの推定し、活動源を求めた。

2. 結果

- (1) 近接した部位から記録された脳磁界波形は個人内で高い再現性を示した。
- (2) 全ての被験者で、漢字と‘かな’との間に得られた誘発磁場波形パターンには一貫した差はなかった(図4)。
- (3) 全ての被験者で、漢字、かなに対して主として刺激後約150~300msの潜時帯に紡錘状回側頭葉後下部(Brodmann37野に相当)にECDが推定された。ECDの大きさ、位置に一貫した左右半球差、漢字と‘かな’間の差はなかった(図5)。これらのECDの推定位置は潜時と共に前方にシフトした(1人の被

験者を除く)。

- (4) 左右のシルビウス裂周辺に潜時200~250msを中心にECDが推定された。2名の被験者では両側半球に、2名の被験者では左側のみ、1名の被験者では右側だけに推定され、一貫した左右半球差はなかった。これらのECDは1次聴覚野の周辺で、ECDが推定された。
- (5) 角回周辺部からは一人被験者を除いてECDは認められなかった。

3. 考察

すべての被験者で、刺激後150~300msの潜時帯を中心に紡錘状回、下側頭回後部

(Brodmann37野に相当)にECDが推定された。1名の被験者では左側のみ、残りの5名の被験者では両側半球に推定された。ECDの位置、大きさ、方向に漢字‘かな’間の一貫した差はなかった。アルファベットに対しても紡錘状回にECDが推定された。以上より、文字処理にはBrodmann37野が役割を果たすことが示唆された。この結果は漢字と‘かな’の処理経路に明確な差はないと結論つけたSugishita et al.(1992)の報告とよく一致する。

脳損傷例を対象とした研究では左の紡錘状回が漢字の読み書き障害の責任病巣とされてきた。本研究では紡錘状回の活動は両側性に認められた。半視野瞬間提示法を用いた行動実験では、漢字1字の認知は右半球優位であること(e.g., Hatta, 1992)、PETを用いた研究では文字認知時の左右両紡錘状回の活動が報告されている(Sakurai et al., 1992; 1993)。サルを対象とした研究から視覚のventral pathway、すなわち、視覚野→視覚前野→側頭葉後部という処理経路は形態視(object vision)あるいはボタン認知を担っていることが明らかにされている(Desimone & Ungerleider, 1989)。これらのことから、文字の形態的な処理、あるいは文字の視覚的イメージの貯蔵には両側の



図3 37チャンネル脳磁束計の外観

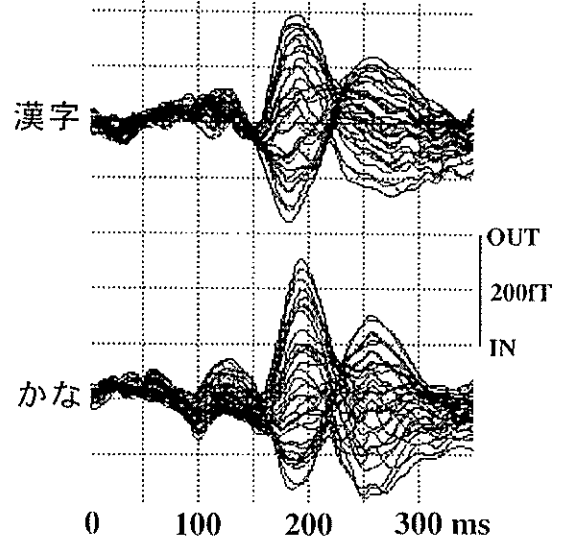
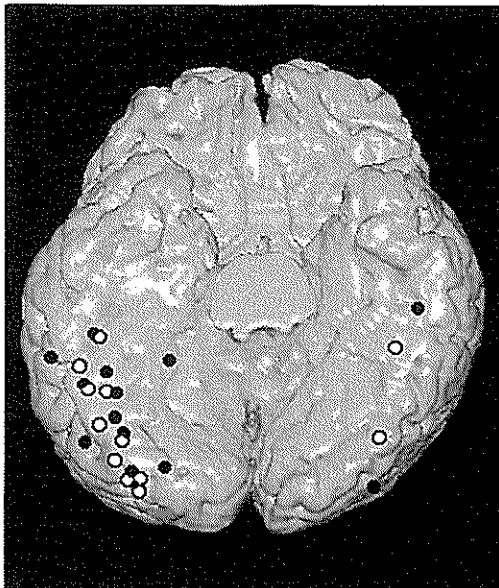


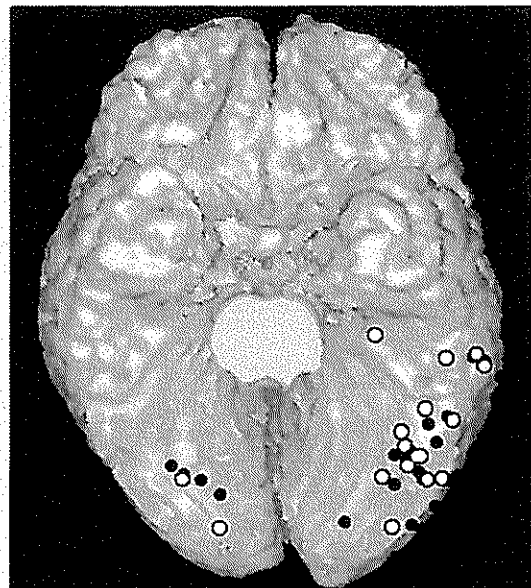
図4 漢字、'かな'に対する誘発脳磁場
被験者2の左後下側頭部上においた37チャンネルの
センサから得られた誘発脳磁場を重ね描いた。0は
刺激の提示時点を示す。漢字、'かな'に対する磁場の
パターンは類似しており、潜時190msおよび240msの
成分の推定活動源の位置も近接していた。

被験者1



右 ● 漢字
○ かな

被験者2



左

図5 MRI画像(スライス厚、1.5mm)から3次的に再構築した脳表上に示した
推定活動源。小脳は取り除いてある。被験者1(総セッション数34回)では
右側優位に、被験者2(総セッション数29回)では左側優位に推定されたが、
両者とも漢字、'かな'の推定位置は近接している。

37野が中心的な役割を果たしていると考えられる。刺激提示からの時間の経過に伴って、ECDの位置の前進が認められた。これは視覚経路を時間経過と共に情報が伝達され、より高次の処理を受けるといふ仮説と確認する結果である。最近、サル(Young, 1992)においてもヒト(Tusa & Ungerleider, 1985)においても、後頭部からの下側頭部の線維連絡は近接領域間をつなぐ段階的なものであると報告されており、視覚情報の段階的処理という考え方は解剖学的な裏付けを得ている。

1人を除く被験者においてシルビウス裂後部の周辺にECDが推定された。それらのECDが得られた潜時帯は下側頭野後部で得られたECDの潜時帯と比較して遅かった。また、一次聴覚野よりも1~2 cm後上方であった。Iwata(1984)は漢字の処理は下側頭野後部から上側頭回後部に情報が流れると述べ、彼の仮説に従うならば、シルビウス裂後部周辺では音韻的な処理が行われている可能性がある。

研究成果

健常者を対象として脳磁場を計測することによって日本語文字認知に関して以下の点を明らかにした。

- 1.文字認知(漢字、かな、アルファベット)には、左側の角回よりもむしろ両側の視覚野→視覚前野→側頭葉後下部という処理経路(ventral pathway)が主要な役割を果たす。大脳の両側半球が関与している部位では損傷時に機能の代償が生じるため、側頭葉後下部(Brodmann37野に相当)の文字認知への関与が過少評価されてきたと考えられる。
- 2.計数の対象となったアルファベットと漢字および‘かな’との間の波形パタンの違いから、文字の弁別に必要な時間は文字提示から150~200 msと推察した。

3.視覚野→視覚前野→側頭葉後下部という処理経路(ventral pathway)において、神経活動源が時間経過を追って、前進していくことを明らかにし、視覚情報の段階的処理を裏付ける結果を得た。
今後の課題と発展

- 1.側頭葉後下部が単語認知など意味処理への関与を明らかにする。また意味処理に特異的に活動する部位を検討し、単語認知の基盤となる心的辞書(mental lexicon)の脳内部位を検索する。
- 2.上側頭回後部では音韻的処理が行われている可能性が示唆されたが、両者の関係についてさらに検討を加える。
- 3.本研究では漢字、‘かな’に対する左角回の活動は認められなかった。計数の対象となったアルファベットに対して潜時300ms以降に左角回の活動が認められた被験者が2名いた。このことから、左角回は課題遂行に必要な知覚段階よりも遅い処理に関与している可能性がある。左角回の機能を明らかにし、これまで報告されてきた読み書き障害との関連を再検討したい。

発表論文リスト

- 1.Koyama, et al: Are 'Kanji' and 'Kana' recognized in different way?: a magnetoencephalographic study, Visualization of information processing in the human brain: recent advances in MEG and functional MRI, Abstract, P3, 1995.
- 2.Koyama, et al: Event-related magnetic fields during a character discrimination task, Xth international congress of electromyography and clinical neurophysiology, Abstract, S124, 1995.
- 3.小山他2名: 文字認知に伴う脳磁場: 漢字と‘かな’は異なった経路で処理されるのか? 第11回日本生体磁気学会大会論文集, pp. 28-31, 1996.