

氏 名	おお ぐさ とも ひろ 大 草 知 裕
学位(専攻分野)	博士 (人間・環境学)
学位記番号	人 博 第 107 号
学位授与の日付	平成 12 年 7 月 24 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研究科・専攻	人間・環境学研究科 人間・環境学専攻
学位論文題目	脳磁場計測によるヒトの形態視知覚に関する研究

論文調査委員 (主 査)
教授 江島義道 教授 船橋新太郎 教授 大東祥孝 教授 高橋隆(情報学研究科)

論 文 内 容 の 要 旨

我々は格子の向こうにある物体を格子から分離して容易に認識することができる。このように背景から図を分離して「図形」を認識する優れたヒトの能力については、実験心理学的手法によって、これまでに詳細に分析されてきた。しかし、その情報処理が脳のどの部位で、どのような方法で行われるかに関してはまだ不明である。

本論文は、最近開発された脳磁計測器を使用して、「形の認識」に関与する神経機構の場所(脳内部位)を明らかにしようとしたもので、脳の活動部位の同定とその時間的特性の解明に成功している。本論文は4章から構成されている。

第1章では、まず新しい有力な計測器として登場してきた脳磁場計測器がどのような特徴を持つか、それによって脳活動のどのような性質が測定できるかを概説している。脳磁場計測器は、脳の活動によって発生する地球磁場の約10億分の1程度の微弱な磁場を頭部外のセンサーで1ミリ秒(ms)の時間精度で測定できる機器で、大脳皮質の活動を高い時間的分解能と高い空間分解能で記録解析できるという長所がある反面、活動源の推定能力の限界のため、限局された皮質活動以外は解析が困難であるという短所をもつと述べている。つぎに、このような脳磁場計測器を利用して、ヒトの視覚連合野における皮質活動の記録・解析を通して「形態の視覚情報処理過程」の研究を行うことの意義と本論文の具体的な目的を述べている。研究の目的は、形態知覚の脳内部位を同定すること、またその神経機構の特性を明らかにすることとしている。

第2章では、人がアルファベット文字(大文字)を観察している時の脳活動を測定・解析した結果を述べている。人間がモノを観察する場合、複数の場所の神経機構が活動すると考えられるので、その中から形の認識に特異的に反応する神経機構を取り出すには、特別の工夫が必要である。申請者は、ランダムドットによって図形刺激を構成し、これに対する脳活動を、同じ数のランダムドットで構成した無秩序な刺激に対する脳活動と比較すればその差分が形態性に関与する反応であるという仮説を設定して、実験を遂行している。その結果、形態知覚に関与する神経機構の脳活動を測定することに成功している。実際の実験では、刺激の提示時間を操作することによって形態性(図形らしさの程度)を3段階に変え、これら(3刺激+ランダム刺激)に対する脳磁場計測と図形識別性(知覚特性)を計測した。その結果、刺激の形態性が大きいときは、それに対する脳磁反応が刺激呈示後300msに振幅の頂点を持つ明瞭な誘発成分を持ち、その時刻での反応強度が図形の形態性の大きさ(被験者の文字識別成績)と密接に関係することを明らかにしている。その活動源は、単一等価電流双極子による信号源推定法(地震の震源地推定法に類似した推定法)により、側頭葉下面にあると推定している。これより、形の認識に関与する神経機構が側頭葉下面に存在すること、その反応潜時は300msであるという新しい知見を得ている。

第3章では、アルファベット文字図形とは異なる菱形図形と十字図形に対して、第2章の実験と同様の実験を行い、第2章での結果の一般性を検討している。ここでは、図形構成(背景と図の違いの表現形式)に、「時間周波数」、「輝度」または「テクスチャー」の変化を用いて実験を行っている。すなわち、図と背景で、「時間周波数」、「輝度」または「テクスチャー」の特性を変えた。このような刺激に対して脳磁反応を測定した結果、刺激呈示後200~400ms後に誘発反応が生じ、いずれの場合も、図形性が大きいほど反応が強く、反応潜時が短くなることを明らかにしている。また、他の実験セッション

ンで、図形検出に要する反応時間を測定し、この結果を脳磁反応の潜時と比較したところ、非常に強い相関関係があることを示している。さらに、ピーク潜時における活動源は、視覚の手がかりに関わりなくほぼ一致し、側頭葉下面にあると推定している。これにより、ピーク潜時での磁場反応は、視覚の手がかりに非依存的な図形処理に関連した活動を反映しているとしている。

第4章では、以上をまとめて結論とし、残された課題に言及している。

論文審査の結果の要旨

近年、脳機能画像化技術の進歩により、非侵襲的な手法により脳活動を測定することが可能になった。本研究は、そのような新しい技術の一つである脳磁場計測器（地球磁場の約10億分の1程度の微弱な脳磁場を、頭部外のセンサーで1ミリ秒（ms）の時間精度で測定できる機器）を利用して、健常なヒトを対象にして、形態知覚に関する研究を行ったものである。

従来の形態知覚に関する研究は、(1)ヒトを対象とし、視覚刺激とそれに対する形態知覚特性の関係解析を行う方法と、(2)ネコやサルを対象とし、視覚刺激とそれに対する神経細胞反応の関係解析を行う方法によって進められてきた。しかし、申請者は、新しい方法の導入により、「視覚刺激—脳活動—知覚反応」の3つの相互関係を解析し、形態知覚過程に関する新しい知見を得ることに成功した。

ヒトを対象としたこのような研究手法は、脳計測器が飛躍的に発達したことによって最近はじめて可能になったものである。したがって、申請者の研究はパイオニア的意義もある。申請者の研究結果は、以下のような独創性を有し、その学術的価値は高く評価できる。

1 視覚の情報処理を行う脳の領野は、大脳皮質後頭葉に広い領域を占める第一次視覚野（V1）とその前方に広がる視覚連合野（V2, V3, V4, VP（Ventral Posterior）など）で構成されている。視覚の情報処理が進行している時、このような多数の領野の活動は時間的には重なり合っていると考えられる。したがって、脳磁場計測器で特定の領野の活動特性だけを取り出すことは難しい。しかし、申請者は、刺激を工夫することにより、形態知覚には直接関与しない領野の影響を小さくして脳活動を計測する方法を見出し、図形に選択的に反応する領野の活動測定に成功した。

2 図形を構成する手がかりには、時間要因、明るさ要因、テクスチャーなどがある。申請者は、図形を構成する手がかり要因に関わりなく、図形が知覚される条件では側頭葉下面の紡錘状回付近の脳活動が大きくなること、また、その領野の反応潜時（刺激提示後、神経活動が生じるまでの時間）は約300msで、刺激の図形性が大きくなるほど短くなることを示した。さらに、その時刻での活動の大きさは形態的知覚反応（知覚的図形性）とよく対応することを明らかにした。図形の認識に関わる脳の領野が、側頭葉下面の紡錘状回付近にあるということは、他の測度による機能的磁共鳴画像法（脳磁場計測器に比較して時間解像度は劣るが空間解像度が優れているfMRIとよばれる方法）を用いた研究でも報告されているが、今回の申請者の結果は、これを別の測度で追認したことに意義がある。本論文で示された反応潜時に関する知見と脳磁反応と知覚特性との関連性は、申請者によって始めて明らかにされたものである。

3 マカク属のサルでは、腹側経路における視覚情報処理の流れ、すなわち、第一次視覚野（V1野）、V4野、IT野（Inferior Temporal Area）と進む情報の流れが形態知覚に関与する経路とされている。申請者の結果は、同様の視覚情報処理の流れがヒトにおいても存在すること、そしてそれが形態知覚に関与することを示唆している。サルとヒトの解剖学的な部位の関連はまだ完全には解明されていないので、申請者の研究結果が示唆するサルの神経経路との対応性は、今後の研究を俟たなければならない。しかし、脳磁場計測器を用いて形態知覚に関与する神経機構の活動を記録できたこと、これがサルの神経機構と類似性があること示したことは高く評価できる。

以上のように、申請者の研究は、非侵襲的脳磁場計測器という新しい手法を用い視覚刺激—神経活動—形態知覚判断の相互関係を解析することによって、形態知覚に関する新たな研究の局面を切り開いたものである。これは、この分野の研究に大きく貢献するものと高く評価でき、また環境の認識機構を総合的に考察するという人間・環境学専攻、環境情報認知論講座の目的に沿ったものである。

よって本論文は博士（人間・環境学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成12年6月22日、論文内容とそれに関連した事項について試問をおこなった結果、合格と認めた。