

氏 名	おか 岡 さん 紀
学位(専攻分野)	博士 (人間・環境学)
学位記番号	人 博 第 155 号
学位授与の日付	平成 14 年 3 月 25 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	視覚誘発電位 (VEP) 計測によるヒトの形態知覚過程の研究

論文調査委員	(主 査) 教授 江 島 義 道	教授 大 東 祥 孝	教授 船 橋 新 太 郎
--------	---------------------	------------	--------------

論 文 内 容 の 要 旨

本学位申請論文は、物体を背景から分離して認識する視覚的機能に内在する形態知覚過程を視覚誘発電位 (Visual Evoked Potentials, 以下 VEP と略す) の計測により分析したものである。論文は 5 章から構成されている。

第 1 章では、誘発電位により明らかにできるニューロン活動の側面および知覚的側面について考察し、本研究の目的を述べている。すなわち VEP が視覚誘発電位ニューロンの発火頻度や、心理学的実験における弁別閾値・反応時間といった心理的指標とどのように関わるかを示し、形態知覚過程を視覚誘発電位で分析する研究の意義を述べている。

第 2 章では、ヒトを対象として形態処理に対応する誘発電位を計測し、その応答の時間特性を分析している。まず、視覚刺激の構成要素にランダムドット刺激を用いることで、平均輝度、平均ドット間距離といった局所的な統計量を統制した形態刺激 (同心円, 放射, 平行パターン) を作成し、これらに対する VEP 測定を行い、形態性を持たない刺激 (ランダムドットパターン) に対する VEP 特性と比較した。その結果、有意な差を示す応答が同心円パターンに対して得られた。差の顕われる時間帯は、200~400ms であった。また、応答差は、時間とともに減衰する順応性を持ち、刺激呈示後 2 秒で消失するものであった。これらの時間特性は、視覚第 1 野 (V1) で見られる線要素に選択性をもつニューロンの応答や線要素に対する知覚の時間特性とは異なるが、サル第 4 次視覚野 (V4) における同心円パターンに選択性をもつニューロンの時間特性とは類似していた。また、本研究で得られた同心円構造をもつ刺激に対する VEP 特性は、特定の脳波の電極位置に局在化しないものであり、「空間的注意」課題のとき示される広範な神経回路網の活動特性と似た性質をもつことを示した。

第 3 章では、図形の対称性と VEP の関係を分析した。Tonder ら (2000) が提案した対称性検出モデルに基づいて対称性の大きさを変化させた 5 種類の視覚刺激を作成し、これらに対する VEP を測定し相互に比較した。その結果、視覚刺激が呈示されてから約 180ms 後に誘発される VEP 成分 (第 2 成分) のピーク潜時が、図形の対称性の強さに大きく依存することを明らかにした。すなわち、図形の対称性が大きいほど VEP 成分の第 2 成分のピーク潜時が短くなることを示した。この事実は対称性検出機構が存在することを示唆するとともに、その機構の情報処理が刺激呈示後、200ms 近傍であることを示すものである。

第 4 章では、形態知覚の形成と VEP 波形の関係を解析した。視覚刺激呈示の条件 (呈示時間の長さとテスト刺激の前後に呈示するランダム刺激の有無) を操作することによって形態知覚が可能な条件と不可能な条件を作り、両条件で VEP 波形がどのように異なるかを分析した。その結果、潜時 180ms 近傍に誘発される VEP 成分の波形が、形態知覚が可能か否かで大きく変容することを明らかにした。

第 5 章では、第 2 章~4 章で示した知見を踏まえ、形態知覚研究における本研究の位置付けを行うとともに、残された課題を述べ、本研究で得られた結果をまとめた。

論文審査の結果の要旨

視覚的物体認識に関わる特徴抽出過程については、従来までに、(1)視覚第1野における空間周波数・方位選択性機構の性質と、(2)高次過程における顔・物体(道具・動物等)選択機構の性質が詳細に分析されているが、視覚第1野から高次過程に至る中間段階の機構の性質については、先行研究が少なくまだ不明の点が多い。

本研究は、この中間段階の情報処理過程、すなわち線要素検出からパターン認識にいたる処理過程を視覚誘発電位(Visual Evoked Potentials, 以下 VEP と略す)の計測により分析したものである。

本論文の最も重要な研究成果は、形態知覚過程とその根底にある神経活動との関係を「神経活動」、「VEP 特性」、「知覚特性」の関係において明らかにしたことである。

まず、形態処理に対応する誘発電位をヒトを対象として計測し、その応答の時間特性を分析した。すなわち、同心円、放射、平行パターン及びランダムドットパターンに対する VEP を測定し、相互に比較した。その結果、知覚的に形態性のもっとも大きい視覚刺激である同心円パターンに対する VEP 応答特性が、形態性の小さい刺激に対する応答特性と著しく異なること、違いが顕われる時間帯は刺激呈示後 200~400ms であること、またこの応答特性の違いは順応性が高く 2 秒以内で減衰することを明らかにした。この特徴は、同心円パターン刺激に強い選択性をもつサル第4次視覚野(V4)のニューロンの特性と類似し、ヒトもサルと同じような特徴抽出機構をもつことを示唆するものである。VEP の特性分析で明らかにされたこれらの知見は、ヒトの形態知覚形成過程(中間特徴抽出過程)を理解する上で、大きく貢献するものである。

次に、形態性の量的指標の一つとして提案されている「図形対称性」と VEP の関係を分析した。その結果、視覚刺激呈示後約 180ms に誘発される VEP 成分(第2成分)のピーク潜時が、図形の対称性の強さに大きく依存することを明らかにした。すなわち、図形の対称性が大きいほど VEP の第2成分のピーク潜時が短くなることを示した。この事実は、視覚系のある段階に対称性検出機構が存在することを示唆する重要な発見であり、高く評価できる。この成果は、すでに視覚分野の権威ある国際誌に公表されている。

さらに、形態知覚の形成と VEP 波形の関係を分析した。視覚刺激の呈示条件を操作することによって形態が知覚できる刺激条件と形態が知覚できない刺激条件をつくり、両条件で VEP 波形がどのように異なるかを比較分析した。その結果、VEP 波形の違いは、潜時 180ms 近傍に顕われること、この時間帯の情報処理が形態の知覚と深く関係することを明らかにした。

以上のように、申請者の研究はヒトの形態知覚過程を、「神経活動-VEP 特性-知覚特性」の関係において解析した点に独創性と大きな特徴があり、いくつかの重要な事実を明らかにしている。また、「心理物理学的知見」と「神経生理学的知見」が、ヒトの形態知覚過程の理解に役立つことを具体例で示し、大きな成果を得ている。これらは、この分野の研究の進展に大きく貢献するものである。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14年2月18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。