

論文審査の結果の要旨

氏名 垣本 悠太

視覚認知過程は多くの生物にとって基本的かつ不可欠な能力である。外界の情報は感覚器官を通して脳神経系に伝達され、その情報が処理され知覚や行動が生み出される。視覚刺激に対する行動的、神経的応答とともに、主観的な知覚の生成は大変興味深い重要な研究課題である。

本論文では、数理モデル及び脳機能計測によって、主観的な視覚知覚の生成機構を明らかにすることを目的としている。第 2 章において両眼視野闘争についての数理モデル研究について述べ、第 3 章、第 4 章では視覚認知過程における脳活動の変化を捉えるための脳波計測実験について述べている。第 1 章は導入、第 5 章で本論文全体に関して議論を行い、結論が述べられている。

第 2 章では、主観的な知覚の生成過程についての数理モデル研究として、多安定両眼視野闘争の数理モデル化について述べている。両眼視野闘争とは、左右の眼に異なる 2 つの画像を呈示した際に、それらを重ね合わせた画像ではなく左右眼に呈示されたそれぞれの画像が交互に知覚される現象である。この両眼視野闘争の特別な場合として、左右眼の呈示画像が適当な組み合わせのとき、3 つ以上の安定な知覚状態が存在することが知られている。この多安定な両眼視野闘争においては、同じ図形的特徴を有する知覚の間での交替が起きやすくなるという報告がなされている。この報告から、図形的特徴という高次の情報を処理する脳内部位が知覚交替に影響を与えていることが示唆される。この多安定両眼視野闘争における知覚交替の偏りのモデルとして、階層型のカオスニューラルネットワークによるモデルを提案している。このモデルは多安定両眼視野闘争に見られる特徴をよく再現するもので、この現象に高次領野から低次領野へのフィードバックが重要な役割を果たすこと、またカオス的な状態遷移が知覚遷移のメカニズムとして働いている可能性があることを議論している。

第 3 章では、視覚認知過程における脳活動の時空間的变化、とくに同期現象に着目した脳波計測実験について述べている。本研究では二値画像を被験者に呈示し、能動的な視覚認知過程における脳活動の変化を観測している。二値画像とはモノトーン画像を適当な閾値で白と黒に二値化した画像である。この画像は一見では画像内容を把握することが困難であるが、適切な解釈のもとでは容易かつ頑強に画像内容を認知することができる。二値画像の内容認知に対応

する神経活動はこれまで報告されていないが、本研究によって前頭、側頭、後頭を相互に結ぶシータ波の同期現象が重要な役割を果たしていることが示唆された。また、上記の同期活動に先行して、側頭と頭頂、後頭と頭頂をそれぞれ結ぶシータ波の同期現象が同時に起きることを明らかにしている。この同期現象の機能的役割に関して、頭頂領野において外部入力と内的に保持された情報との対応付けを行っている可能性を考察している。

第4章では、第3章と同様に二値画像を呈示刺激として用いた脳波計測実験について述べている。本研究では被験者に二値画像を間欠的に呈示し、視覚刺激がない状況において、内的に保持された情報がどのように処理されるかを検討している。その結果、間欠呈示に特有の脳活動として、右頭頂葉にアルファ波を観測した。このアルファ波は二値画像刺激を呈示していないマスク期間にのみ観測され、被験者が内容認知の報告をする3秒程度前から続くものである。このアルファ波の機能的役割として、視覚刺激の一時的な保持のための短期記憶としての役割を検討している。アルファ波と認知過程との対応については、非常に多数の報告がなされており、知覚、注意、記憶など幅広い機能へのアルファ波の関わりが示唆されている。また顕著なアルファ波の観測が休息状態に対応するという報告もある。しかし比較のための実験の結果、マスク期間中に観測されたアルファ波が二値画像の内容把握に積極的な役割を果たしていることを本論文中で示している。

以上のように、本論文では視覚認知過程、特に主観的な知覚という未知なことの多い現象について、数理モデル及び脳波計測実験によって新たな知見を獲得することに成功している。特にそれぞれの研究において脳神経活動の時空間ダイナミクスに焦点を当て、各領野間での相互作用の時間変化を明らかにしている。これらの研究により、視覚認知メカニズムの解明について理論的、実験的両面から貢献することが期待できる。

なお、本論文第2章は合原一幸と、第3、4章は川崎真弘、山口陽子及び合原一幸との共同研究であるが、論文提出者が主体となって解析、実験及び検証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（科学）の学位を授与できると認める。