

論文提出者氏名 久方 瑠美

本論文は、人間の視覚系のメカニズムについて2方向から解明を迫った実験心理学研究に関するものである。第1に、運動処理が空間処理に影響を与える事例に関する実証研究、第2に、空間処理が運動処理に影響を与える事例に関する実証研究である。

本論文の最初の章では、それらの事例を取り上げた研究動機として、先行知見から明らかになっている視覚情報処理の階層性と並列性を概説したうえで、それらの多段階処理の中でいかなる責任中枢がいかなる処理を行うのかを心理物理学の手法で明らかにするための方法を論じてから、具体的な研究動機の記述を詳細に行い、扱った視知覚現象の紹介をした。心理物理学においては、呈示された刺激によって惹起された心的過程に基づいて観察者が行った判断から、入力と出力の間の関係をデータ化し、間に存在する視覚情報処理過程においてどのような計算が行われているのかを推定する。視知覚の複数処理過程の相互作用を調べるには唯一といってもよい研究パラダイムであり、今回の研究テーマには最適の方法であるといえる。

第1の研究では、「運動による位置ずれ」現象をとりあげた。運動による位置ずれ現象とは、静止輪郭内に運動情報が存在する場合、その輪郭が内部の運動方向へずれて知覚される現象である。本現象は視覚情報処理のどの段階に責任中枢があるかはまだ明らかではない。そこで、パターン運動と呼ばれる、複雑な計算過程を経て生じるとされる運動によって位置ずれが生じるかを調べた結果、画像中に含まれる単純な運動によって予測されるよりはるかに大きな錯視量の位置ずれが生じ、その量はパターン運動による予測と一致した。次に、運動による位置ずれが統合運動によって引き起こされるのか調べた。統合運動は、パターン運動と同じように複数の異なる運動方向の要素運動から成り立つが、それぞれの要素運動が空間的重なりをもたないものである。調べた結果、やはり位置ずれの錯視量は局所的な運動からは説明がつかず、知覚される統合運動から予測される大きさとなった。

さらに別の研究動機として、網膜中心から環境中心へと座標変換が行われる前と行われた後のどちらの運動情報が位置ずれに重要なのかを明らかにするため、追跡眼球運動をさせた状態で位置ずれ量を測定した。このことにより、刺激輪郭の運動、刺激内部の運動、眼球運動の3つの要素をそれぞれ独立に操作することができた。その結果、基本的には位置ずれは輪郭と内部刺激との間の相対運動が主な決定要因となっていること、それに加えて網膜上で刺激輪郭の運動がある場合には、刺激内部の運動が輪郭と逆方向に運動する時により大きな位置ずれが発生することが明らかになった。したがって座標変換前後のいずれかという問いには明確な解答が与えられないものの、環境内の運動でなく網膜上の運動の寄与することは確かに認められた。これらの実験結果から、空間知覚へ影響を与える運動処理段階は運動が統合される後期以降であり、相対運動が錯視の方向を決定し、網膜中心座標をもつ領野の神経活動が重要であるという結論に到った。

第2の研究では、「蛇の回転」錯視をとりあげた。蛇の回転錯視とは、静止画である刺激図形が動いて知覚される錯覚現象である。蛇の回転錯視に重要な視覚系の空間特性を調べる実験を行った。刺激の呈示位置を視野中心から離すにつれて錯視量が多くなることを申請者は修士論文で明らかにした。この偏心度効果が空間スケーリング可能であるということを新たに発見した。空間スケーリングとは、偏心度ごとの測定データの違いが単に実効的な刺激サイズの違いに帰すのであれば、大きい偏心度の刺激は小さい偏心度の刺激よりも脳の受容する刺激サイズが実効的に小さくなるので、そのような刺激

サイズの偏心度依存性を反映させて測定データを説明するかできるかをみるという解析方法である。刺激サイズと偏心度を独立に操作して錯視量を測定し、空間スケーリング可能性をみた結果、刺激サイズを操作することにより偏心度による見かけの錯視量の違いはなくなった。スケーリング係数を求め、先行研究で得られたさまざまなスケーリング係数と比較した結果、錯視に対するスケーリング係数の偏心度依存性の傾きは初期の視覚処理が関与すると思われる知覚課題において推定されたスケーリング係数やV1野・V2野など大脳視覚領野の初期視覚野の受容野サイズの偏心度依存性と一致する傾向にあった。これらの結果から、蛇の回転錯視に関わる視覚処理は初期に存在する可能性が示唆された。

次に、網膜照度の減少に伴って蛇の回転錯視の量が減るという効果を申請者は修士論文において見出していたが、その内部メカニズムを推定するために、ダブルパルス法にて調べた網膜照度ごとの視覚系の時間インパルス応答関数を時間ローパス型と時間バンドパス型の応答関数の混合として解析し、網膜照度の減少に伴いバンドパス型の相対的寄与率が下がること、その相対的寄与率の変化と錯視量の変化が同じ形状の網膜照度依存性を示すことを見出した。これらのことから、視覚系初期過程に存在する過渡系応答成分が蛇の回転錯視に重要であることが示された。

本論文の最終章ではこれらの実証研究の成果を踏まえて視覚系の階層性・並列性に加えて相互作用がどのようなかを議論した。視覚系の空間処理・運動処理の相互依存性について、今回とりあげた例だけでなくより俯瞰的な視点から議論を展開し、また現象的意識や視覚的注意が成立するために必要な計算過程とそれらの情報処理過程がどのような関係をもつのかを論じて、本論文が締めくくられた。

本論文は大部な実験研究群を抱えていながら、空間処理と運動処理の相互依存性というキーワードを基軸に論旨が組み立てられているせいで、一貫性を損なわない論文構成に仕上がっている。それぞれの実験研究に関しても、明確な研究動機の下に注意深い手続きで実験が行われ、明解な意味をもつ実験データが示されて、錯視研究として有意義であるだけでなく、視覚系内部の情報処理メカニズムについて意義深い提案がなされた新たな知見といえる。本審査会においては、文字通り視覚に訴えるプレゼンテーションとともに論旨が明解に説明され、審査委員の試問に対してすべて適切な返答がなされた。審査委員からは本論文の成立可否にかかわる重大な論点の指摘はなく、本論文の完成度をさらに高めるための助言がいくつかあった。

本審査会の口頭試問にて提起された問題は概略以下のごとくである。

- 一、統合運動を刺激として採用したことの利点をもっと詳しく知りたい、また特定の刺激パラメータを選らんだことの根拠が書かれていない。
- 一、試行数などの具体的な数字が書かれていない。
- 一、研究の大きな目的と今回選んだ錯視との関係性をより明確にしてほしい。
- 一、錯視量の個人差や結びつけ問題のような、今回の実験のスコープから外れる内容も最終章でふくらませて論じてもよい。
- 一、今回主張した処理段階の生理的実体について想像できることを記述してもよい。
- 一、図註の誤植、引用文献リストの書式の不整合など、字句の修正が必要である。

これらの問題点を総合判断した結果、マイナーな改稿を要求したところ、すべての点について本文・図版・引用文献リスト等において必要十分な改稿がなされたのを最終確認するに到った。

したがって、本審査委員会は博士（学術）の学位を授与するにふさわしいものと認定する。