

氏名	井 戸 啓 介
学位(専攻分野)	博 士 (人間・環境学)
学位記番号	人 博 第 94 号
学位授与の日付	平成 12 年 3 月 23 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	対 比 ・ 同 化 現 象 の 解 析 に よ る 運 動 視 機 構 の 研 究

論文調査委員 (主 査)  
 教 授 江 島 義 道 教 授 鯨 岡 峻 教 授 船 橋 新 太 郎

### 論 文 内 容 の 要 旨

網膜に映った画像は2次元である。それにも拘わらず、我々が3次元世界を見ることができるのは、視覚系が3次元構造を網膜像から再構築しているからである。この再構築過程には、さまざまの手がかりが利用されているが、対象の動き、あるいは観察者自身が動くことによって生じる網膜像の変化も大きく寄与している。たとえば、ドットを散らした透明な円筒形を回転させ、それを影絵スクリーンに投影した像を眺めている状態を考えてみよう。このとき、網膜上には、多くのドットの水平方向の往復運動が映っているだけである。しかし、我々は、このような2次元運動の分布から、回転する円筒という奥行きを持った構造を知覚することができる。この過程は、運動からの構造復元と呼ばれている。構造復元のための情報の処理は階層的になされると考えられている。すなわち、初期段階では運動対象の局所的な情報が空間的に局在された運動検出器によって抽出され、後段ではその局所的な情報が比較・統合され、視野内での対象物体の動きがとらえられる、というものである。そして、この比較・統合の過程で、近接した運動対象間に対比・同化といった相互作用が生じる。

本論文は、対比・同化現象を解析することによって、運動知覚における比較・統合過程の情報処理様式を解明したものである。論文は6章から構成されている。

第1章では、運動情報の相互作用を検討するにあたって、その背景となる局所的な運動情報の検出過程について概説し、次いで、その相互作用の重要性と実際に生じる現象について論じた。

第2章では、従来の研究で運動の対比現象が報告されてきた刺激布置において、刺激を2フレーム(2コマ)事態とすることによって、同化現象が生じることを新たに示した。すなわち、中央にテスト刺激(正弦波グレーティング)、その上下に誘導刺激(正弦波グレーティング)を配置した刺激布置で、テスト刺激を静止させながら誘導刺激を多フレーム事態で一方何に移動させると、テスト刺激が誘導刺激とは逆方向に運動して知覚される(運動の対比現象が得られる)。しかし、これと同一の刺激の空間的布置で、テスト刺激・誘導刺激を2フレーム刺激事態として誘導刺激を急峻に移動させ、同時にテスト刺激をフリッカーさせると、テスト刺激が誘導刺激と同方向の運動として知覚される(運動の同化現象が得られる)。後者は従来の研究では見られなかった新しい現象である。そこで、同化現象の時間要因依存性を詳細に分析し、その発現機構を考察した。

第3章では、空間周波数選択的チャンネルという概念(空間サイズの記述概念)を採用し、第2章で得られた同一の空間布置での対比現象と同化現象の空間周波数依存性を明らかにした。次いで、その結果をもとに、空間周波数選択的な局所的運動検出器間の相互作用に関するモデルを提案し、その妥当性を実験的に検討した。さらに、運動の同化現象はさまざまな空間周波数選択性を持った局所的運動検出機構間の相互作用によって媒介され、他方、運動の対比現象は同じ空間周波数選択性を持った局所的運動検出機構間の相互作用によって媒介されると論じた。

第4章では、同一の空間布置で得られる対比現象と同化現象を統一的に説明するために、運動情報の相互作用に関する従来のモデルの拡張を行った。すなわち、運動情報の相互作用に関して、(1)空間的に狭い範囲内で生じる同化現象を引き起こす相互作用、(2)空間的にやや離れた領域間で生じる運動の対比現象を引き起こす相互作用、及び、(3)同じく空間的

にやや離れた領域間についての運動の同化現象を引き起こす相互作用、の3種類を仮定し、確率的ランダムドット刺激を用いてそれぞれの相互作用の分離を行った。その結果、運動の対比・同化現象を説明するために従来から提案されていた「運動方向に関して空間的に拮抗した作用を持つ機構」の他に、「空間的に非拮抗的な作用を持つ機構」が存在することを明らかにした。さらに、この空間的に拮抗的な機構と非拮抗的な機構の時間周波数特性をそれぞれ明らかにした。

第5章では、2～4章の実験の結果をふまえた新たな運動情報の相互作用のモデルを提案するとともに、今後この問題をさらに深く検討するうえで必要とされる研究について、「フィルタリングとマッチングという局所的運動検出の2過程の相互関係」、「運動情報処理の多重性と階層性」、「相互作用の空間的な広がり」、及び「同一の空間位置での運動情報の相互作用」といった観点から検討し、将来を展望した。

以上のように、本論文では、同一の空間布置の刺激で得られる対比現象と同化現象の特性を心理物理学の実験によって解析することにより、視覚的な運動情報が空間的に比較・統合される過程のメカニズムを明らかにするとともに、視覚的な運動情報処理の流れの中で、そのような相互作用の位置づけについて考察を行った。

### 論文審査の結果の要旨

運動誘導現象には、周囲の物体の運動と逆方向へ知覚が移行する「対比現象」と周囲の物体の運動と同じ方向へ知覚が移行する「同化現象」がある。このような運動誘導現象は、従来の研究では、興奮・側抑制神経機構によって説明できるとされてきた。すなわち近接した運動物体は同化現象を生じ、離れた運動物体は対比現象を生じるとするものである。

本論文において、申請者は、従来の運動誘導モデルでは説明できない新しい運動誘導現象を発見するとともに、その現象の性質を詳細に検討し、従来のモデルを修正し、新しい運動誘導モデルを提案した。

本論文の第1章では、運動情報の相互作用を検討するにあたって、その背景となる局所的な運動情報の検出過程について概説し、次いで、その相互作用の意味と実際に生じる現象について論じている。

第2章では、従来の研究で運動の対比現象が報告されてきた刺激布置を、2フレーム(2コマ)刺激に変更することによって、同化現象が生じることを新たに示した。同一の刺激空間的布置で、ある時間条件では同化現象が生じ、別の時間条件では対比現象が生じるという申請者の発見は、従来の運動誘導モデルである興奮・側抑制機構では説明できない。申請者は、さらに、新たに発見した同化現象の時間要因依存性を詳細に検討し、その発現機構について考察した。ここで得られた研究成果は、運動誘導現象を説明する従来のモデルに修正を迫るもので、高く評価できる。

第3章では、空間周波数選択的チャンネルという概念(空間サイズの記述概念)を採用し、同一の空間布置で生じる対比現象と同化現象のそれぞれの空間周波数依存性を分析し、特性に大きな違いがあることを明らかにした。また、その結果を基に、同化現象は異なる空間周波数選択性を持った局所的運動検出機構間の相互作用によって媒介され、他方、運動の対比現象は同じ空間周波数選択性を持った局所的運動検出機構間の相互作用によって媒介されると論じた。この研究成果は、2つの点で、重大な意味をもつ。第一は、運動誘導現象に空間周波数選択機構がどのように関与するかを明らかにしたことで、第二は、同化現象と対比現象の違いが空間周波数選択機構間の相互作用の違いに起因することを明らかにしたことである。

第4章では、同一の空間布置で生じる対比現象と同化現象を統一的に理解するために、運動情報の相互作用の様態を実験的に分離した。その結果、3種の相互作用機構が存在することを明らかにした。すなわち、(1)空間的に狭い範囲内で生じる同化現象を引き起こす相互作用、(2)空間的にやや離れた領域間で生じる運動の対比現象を引き起こす相互作用、及び(3)同じく空間的にやや離れた領域で生じる同化現象が存在することを示した。また、相互作用の時間、空間要因依存性を明らかにした。これらの研究成果は、三つの点で高く評価できる。第一は、運動誘導現象に関与する機構には、従来の研究で示されていた「空間的に拮抗した作用を持つ機構」の他に、「空間的に非拮抗的な作用を持つ機構」が存在することを示したことである。第二は、これらの機構の時間・空間特性を明らかにしたことで、第三は、運動誘導現象の統一モデルの概念的枠組の基礎を作ったことである。

第5章では、以上の実験的結果を踏まえて、運動情報の相互作用の新たなモデルを提案するとともに、今後この問題をさらに深く検討するうえで必要とされる研究について検討し、将来を展望した。申請者がここで行った新たなモデルの提案は、従来の拮抗型運動誘導モデルの修正であり、高く評価できる。

以上のように、本論文では、同一の空間布置の刺激で得られる対比現象と同化現象の特性を心理物理学の実験で解析する

ことにより、視覚的運動情報が空間的に比較・統合される過程の情報処理様式を解明するとともに、比較・統合過程の運動情報処理の流れの中での情報論的位置づけを行った。これは、運動知覚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添ったものである。

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2月17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。