

学位記番号	※ 甲 第 54 号
-------	------------

主 論 文 の 要 旨

論文題目

連続フラッシュ抑制を用いた知覚されない運動残効に関する
基礎的研究

氏 名 本居 快

論 文 内 容 の 要 旨

我々が知覚している視世界は，明暗や色，形，奥行き感などで構成されているが，中でも「視覚運動」は重要な情報源として用いられている．運動の検出は生態学的に重要な視機能であり，静止画像の認識よりも生態学的に古い．視覚心理学においても，古くから研究対象として注目されてきた．しかし，視覚運動の詳細で広範な研究は，17世紀に眼屈折学が精緻化されるまで注目されず，運動視現象についての議論がされる前は，同一物体でも異なる環境下で（運動させて etc.）見ると，何らかの矛盾が生じるという程度の報告しかない．19世紀になるとようやく，視覚運動の研究が盛んとなる．その中でも，運動残効は古典的な運動現象として位置づけられており，視覚の機能心理学者の Addams (1834) がネス湖畔にある Foyers の滝で報告した滝の錯視は，運動残効 (Motion aftereffects) の最初の報告であるといえる (George, Frans, & Stuart, 1998)．運動残効は，一方向に運動する輝度変調である順応刺激を一定時間見続けると，その後に呈示される静止した輝度変調刺激が，順応刺激の運動方向と逆方向に観察される現象である．運動残効の存在は，視覚系が運動に対して選択的に順応するという点で，視覚運動機能の独立性を示す証拠として位置づけられている．

上記の報告は，全て意識的な視知覚による処理の報告である．意識的な視知覚現象を探ることは，根本的な視覚処理機能について検討するには有効ではあるが，我々人間の視覚処理は，全ての視覚刺激を意識上で処理しているのだろうか（本論文上での意識は主観的に知覚されていることを指す）．この問いに対して，入力された情

報は、完全に無視されているわけではなく、その知覚の有無に関わらず潜在的に処理されていると考えられており (Tsuchiya & Koch, 2005)、情報の取捨選択が生じていると考えるのが妥当であろう。当然、運動を知覚する際にも、何らかの法則に基づいて情報の取捨選択が行われているはずである。では、知覚されない運動視覚情報は、どのようなシステムによって情報の取捨選択が行われているのだろうか。

こうした根本的な疑問に基づいて、本研究では、知覚されない運動視情報処理について検討する。運動を知覚させないために連続フラッシュ抑制現象 (Continuous flash suppression (以下 CFS); Tsuchiya & Koch, 2005) という実験手法を用いた。この手法によれば、他眼に CFS 刺激を同時呈示することで、片眼に呈示した視覚刺激の知覚を抑制することができる。本論文では、運動刺激が知覚されない場合の運動視処理機構の特性について、その全体像を探るために、運動順応と運動残効を用いたアプローチを用いた。運動残効の存在は、視覚系が運動に対して選択的に順応するという点で、視覚運動機能の独立性を示す証拠として位置づけられており、CFS によって知覚されない運動の運動残効が生じた場合、視覚運動処理機能が潜在的にも機能していることを示す証拠となる。他方、運動残効が完全抑制された場合、知覚されない運動の処理は全く処理されないことを示唆する。

CFS により知覚されない視覚運動処理に関する報告は、2021 年現在において Maruya, Watanabe, & Watanabe. (2008) の 1 報告のみである。彼らは、視覚運動の低次処理段階においては、知覚されない運動順応では残効量が減弱することから、知覚されない運動処理は減弱が生じるものの処理系が機能していること、また、視覚運動の高次処理段階においては、CFS 刺激によって運動残効が完全抑制され、知覚されない視覚運動は、高次処理段階では処理が完全抑制されていることを示した。視覚運動処理は、ある 1 つの処理機構で 1 元的な処理が行われているわけではなく、低次処理・高次処理といった段階的な脳内処理モデルが提案されている (Nishida & Ashida, 2000)。Maruya et al. (2008) の結果は、視覚運動の低次処理段階と高次処理段階における処理について、運動の知覚の有無の持つ効果が異なることを示唆している。本研究では、CFS 刺激により知覚されない運動順応刺激による運動残効を測定することで、知覚的に抑制された運動の処理について検討する。

本論文は 5 章からなり、第 1 章を序論とし、前半は、運動順応に

よる運動残効を用いた視覚運動現象の処理特性についてまとめ、後半は、ターゲットとなる刺激を知覚させないための実験的手法の違いについてまとめ、最後に、本実験で用いた CFS 刺激がどのような刺激特性を含んでいるかについて検討した。

第 2 章では、CFS 刺激により知覚されない運動順応刺激による運動残効の検討を行うにあたって、Maruya et al. (2008) が残した問題、すなわち CFS 刺激によって運動が知覚的に抑制されたとき、空間周波数のような低次処理段階における刺激成分は、どのように処理が行われるのかについて詳しく検討した。Maruya et al. (2008) は高次処理段階について着目しており、低次処理段階での処理機構については看過されている。そこで、本研究では運動視の低次処理段階の処理が反映される静止運動残効 (Static MAE) を用いて、輝度運動による運動検出器の知覚されない運動処理について刺激の空間周波数効果の観点から検討した。結果として、CFS 刺激を呈示し、運動刺激が知覚されない条件で順応した場合にも、空間周波数選択的な順応効果が認められ、空間周波数特性の処理が、CFS によって運動順応刺激が知覚されない場合にも維持されることが示唆された。また、CFS 刺激による知覚されない運動現象は、縞刺激が低空間周波数の方が高空間周波数刺激を呈示した時よりも、Static MAE の持続時間が短く、運動順応刺激が知覚されていない条件下では、処理の優先度が低いことが示された。これらの結果をもとに、運動速度や空間周波数など、後に行う実験設定に反映させた。

第 3 章では、相対的な運動を検出する機構が、CFS によって運動順応刺激が知覚抑制された場合に運動検出機構として機能するのか否か検討した。相対運動検出器については、対象となる刺激が運動していない場合にも、周辺領域において運動現象が生じていれば、相対的な速度差から対象となる刺激に対しても運動現象が検出される現象である。相対運動については、相対運動検出器モデル (塩入, 1992) において、単純運動をもとに検出される 2 段階目の処理として定義されているが、本研究において CFS によって運動順応刺激が知覚されない場合の運動処理においても、処理の違いがあることが確認された。運動残効の対象となるターゲットが運動していない相対運動順応の場合、単純運動と比較して、運動残効の抑制効果が低いことが示された。これは、相対運動の処理の場合、運動知覚の有無が運動処理に影響を及ぼさない可能性があることを示すものである。本結果は、相対運動順応における知覚されない運動の処理ルートが存在を示唆する。

第4章では、2次運動検出器に着目し、以下の2実験によって知覚される運動とCFSによって知覚されない運動との処理の比較を行った。2次運動はコントラストの移動による運動で、1次の運動検出器では2次運動を検出することができないことから (Chubb & Sperling, 1988; Cavanagh & Mather, 1989)、2次運動に特化した処理機構が存在すると考えられている。本章では、CFSによって運動が知覚されない場合に、2次運動検出器が1次運動検出器のような処理特性を示すのか検討した。実験3.1では、CFSによる特徴選択的抑制効果を用いた2次運動の処理過程の検討を行った。その結果、1次運動検出器と同様に、CFSによって2次運動のMAEが抑制されるものの、完全には抑制されないことが示された。Maruya et al. (2008)が報告した、CFSによる抑制が高次処理段階を完全に抑制するのであれば、高次運動と定義されている2次運動も完全抑制されるはずである。しかし上記の結果はこの仮定を棄却するものであり、2次運動を処理に低次処理段階での処理が反映されることを示唆する結果である。また、1次運動における順応時には、CFSの刺激種類と順応刺激種類の組み合わせが一致した場合 (1次運動CFS刺激と1次運動順応1次テスト刺激) に運動の特徴選択的な抑制効果が生じ、組み合わせが不一致の場合 (2次運動CFS刺激と1次運動順応1次テスト刺激) のときには、順応刺激は知覚されていないにも関わらずCFSの抑制効果が減弱した。この結果は、1次運動と2次運動が別の処理機構によって処理されている既存のモデルを支持する結果であった。

次に、低次処理段階における1次運動と2次運動の処理が統合される段階とされている高次処理段階内において、運動の種類によって処理段階の違いがあるのか否か検討した。実験3.2では、1次運動順応2次テスト刺激と2次運動順応1次テスト刺激のように、1次運動と2次運動の相互順応の効果について検討した。この条件操作を行うことで、運動残効に反映される処理段階を高次処理段階に局限することができた。その結果、各順応とテスト刺激の組み合わせによってMAE持続時間が変動した。すなわち、CFSにより運動が知覚されないとき、1次運動順応2次テスト刺激の時のMAEはある程度生じるが、2次運動順応1次テスト刺激の時のMAEは抑制され、その持続時間は短かった。高次処理段階内では、1次運動と2次運動というような刺激特性は存在せず、運動視現象として統合されるというモデルが報告されているが、本結果から、高次処理段階内でも、1次運動と2次運動が細分化されている可能性が指摘でき、運動統合される段階が、1次運動と2次運動で異なる可能性が示唆された。

最後に、視覚運動処理過程について、CFSによって知覚されない運動との相互作用について総合的な考察を行い、知覚されない運動処理の意義について考察した。また、CFSと運動検出器の相互作用の検討から、現在提案されている運動残効を用いた運動視処理における視覚運動処理段階モデルに対し、新たな知見を追加し、当該分野の今後の展望についても考察した。