

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 4 月 21 日現在

機関番号：14401

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2015

課題番号：26780416

研究課題名(和文) 静止画が動いて見える「フレーザー・ウィルコックス錯視族」の知覚メカニズムの解明

研究課題名(英文) The investigation of the mechanism of the Fraser-Wilcox illusion

研究代表者

松下 戦具 (Matsushita, Soyogu)

大阪大学・人間科学研究科・助教

研究者番号：00528367

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究はフレーザー・ウィルコックス錯視(静止画であるにもかかわらずグラデーション模様が動いて知覚される錯視)の発生メカニズムを調べ、(a)眼球運動や瞬きに伴う網膜像の実際の運動は必須では無いこと、(b)眼球運動によって錯視的運動信号自体が抑制されるらしい場合があること、(c)知覚される運動方向は視野の中心部と周辺部とで異なる場合があることを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：This study investigated the mechanism of the Fraser-Wilcox illusion in which stationary gradation patches appear to move, and revealed that (a) the actual motion of retinal images caused by eye movements was not necessary to this illusion, (b) the eye movements of certain direction might inhibit the motion signal of this illusion, (c) in some cases, the perceived direction of the illusory motion varied with the visual eccentricity.

研究分野：知覚心理学

キーワード：錯視 運動知覚 眼球運動

## 1. 研究開始当初の背景

フレーザー・ウィルコックス錯視は単純なグラデーションの静止画であるのに、まるで運動しているかのように知覚される錯視図形である(図1)。これまでのところ、なぜそのような図形が動いて見えるのか、その知覚メカニズムはほとんど解っていなかった。この錯視メカニズムの解明は、人が視覚場面からどのように運動信号を検出しているかなど、様々な視覚機能を解明する上で重要な役割を果たすと考えられる。

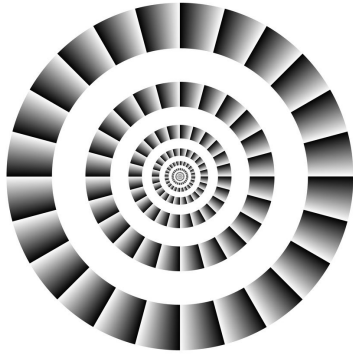


図1. フレーザー・ウィルコックス錯視の単純な例。この図は、時計回りの錯視的運動を知覚させる。特に、眼球運動や瞬きの直後に動きを感じる人が多い。また明るいディスプレイに大きく表示し、周辺視で観察すると強い錯視が起こる。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、フレーザー・ウィルコックス錯視の生起メカニズムを解明することであった。そのために、次の3つの下位テーマを設けてアプローチした。

### (1) 神経発火時間差説と運動信号差分説の切り分け

第一の検討事項として、コントラストに対応した神経発火タイミングのズレだけでもこの錯視が起こるかどうかを検討した。フレーザー・ウィルコックス錯視族が動いて知覚されるメカニズムとして主に二つの仮説が知られていた。一つは神経の発火タイミングのズレによって起こるとする説である(たとえば Backus & Oruç, 2005)。これは、輝度コントラストが高い部分は早く処理され、輝度コントラストが低い部分は遅く処理されるため、その時間差が動きとして知覚されるとする説である。二つ目は、輝度コントラストの違いによって運動信号の強さに勾配ができるとする説である(Murakami, Kitaoka & Ashida, 2006)。これは、眼球運動に伴う網膜像の(実際の)運動のうち、輝度コントラストの高い部分と低い部分では異なる強さの運動信号が発生し、それら両信号の差(余剰)が知覚されるとする説である。

これら両仮説は互いに背反ではなく、同時に成り立ちうる。そのため、これまでの研究

結果はどちらの仮説によっても説明が可能なが多く、それぞれの仮説の妥当性は曖昧であった。そこで本研究では、両仮説を実験心理学的手法で切り分け、神経発火の時間差だけでも運動知覚が生じるかを検討した。

### (2) サッカードにおける錯視運動抑制効果の発生要因の検討

第二の検討事項として、サッカードにおける錯視運動抑制効果の発生要因を検討した。フレーザー・ウィルコックス錯視は、眼球運動の後に強く知覚されることが知られている。眼球運動の中でも特に、ある点から他の点へ跳躍的に動くタイプの眼球運動(サッカード)の後で顕著に現れることは従来から知られていた。しかしながら、錯視運動の方向と平行する方向にサッカードした場合には運動が弱く感じられるという、抑制のような現象が近年明らかにされた(Matsushita, Muramatsu, Kitaoka, 2013)。この抑制要因を特定することで、逆に運動錯視に決定的な要因を突き止められる可能性があった。

そのために本テーマでは、この抑制現象における、色、グラデーション、およびサッカード中の図形の識別率の影響を調べた。抑制現象はこれまで、色のついたグラデーション図形(図2)でしか実証されていなかったため、抑制現象を発生させる図形の最小要件が不明であった。また、眼球運動に伴う抑制という点を考えると、サッカード抑制(サッカード中の網膜像が知覚に上らない現象)の様相の一種であるとも考えられた。従って、この抑制が、運動情報の抑制であるのか、たんに網膜像の入力自体の抑制であるのかを調べるために、サッカードに伴う像の識別率と運動知覚量との関連も調べた。

本来であれば、この研究期間には、サッカードではなく、スムーズな眼球運動(パーシユート)と運動錯視との関連を明らかにする予定であった。しかし申請後に、その研究目的の主要な部分に関する結果を他の研究グループが先んじて発表したため、上記の研究テーマに変更をした。

### (3) 中心視における錯視効果の検証

第三の検討事項として、中心視における錯視効果を調べた。静止画が動いて見える錯視のほとんどは、周辺視野で運動が知覚される。これは元々運動知覚に適した大細胞系が中心視野よりも周辺視野に多いことを考えれば不思議なことではない。しかしながらこれらの錯視に中心視が関与していないとは言いきれない。たとえば Kitaoka (2004) は、視野の中心付近でも錯視的運動が知覚される「中心視ドリフト錯視」も発表している。ただしこれらが本当に中心視で錯視を起こしているとは判断することはできない。たとえば中心視ドリフト錯視も、視野何度で錯視が発生しているのかを厳密に検討したデータはなかった。また、実際には周辺視でのみ運

動信号が発生し、その相対運動として（誘導運動のように）中心部の図形が動いて知覚されている可能性も疑われた。

本テーマでは、まず基礎データとして、中心視ドリフト錯視および周辺視ドリフト錯視が運動を知覚させる視野範囲を測定した。ついで、中心視だけでも輝度勾配による運動情報が発生しているのか、またその情報だけによっても運動が知覚されるのか、周辺視の運動との相対的な運動知覚に過ぎないのかを明らかにした。

### 3. 研究の方法

#### (1) 神経発火時間差説と運動信号差分説の切り分け

神経発火時間差説の妥当性を検討する方法として、本研究では残像に着目し、その錯視的運動を調べた。具体的には、PC画面上で刺激画像を一定時間眺めた後、瞬時にブランク画面に切り替え、そこに知覚される陰性残像上の錯視を測定した（図2）。

残像は網膜状では固定されており、その像にずれは生じない。そのため、もしも残像に動きが知覚されれば運動信号差分説の要因を排除した上で、神経発火時間差説の要因によって錯視を観察することとなる。



図2. 残像を用いた実験の概要。初めに錯視図形を数秒間提示し、凝視する。次に画面を一様な画面（誘因刺激）に切り替えると、錯視図形の残像が誘因刺激上に知覚される。その動きを観察する。

#### (2) サッカードにおける錯視運動抑制効果の発生要因の検討

サッカードによる錯視運動抑制効果の概要を把握するため、まずは錯視図形の物理的特性を操作し、同効果が観察されるかを調べた。この効果が観察された先行研究では、色のついたグラデーションパッチが用いられていたため（図3）、ここでは、グレースケール化した刺激を用いた。もしこの抑制現象が色依存の現象であれば、グレースケール化された刺激では抑制現象が観察されないはずであった。さらに本研究では、静止画が動いて見える錯視でありながらグラデーション要素を含まない刺激（矢印型図形；図4）も使用した。もしこの抑制現象がグラデーションに依存した効果であれば、矢印型図形では抑制現象は起こらないことになる。あるいは、もしどちらの刺激においても同効果が観察されるならば、サッカードが網膜像の物理的側面に影響しているのではなく、より抽象

的な運動情報に影響していると予想された。

さらに本研究では、サッカード中に図を提示し、その識別率を調べた。一般的にサッカード中は網膜像が意識にほとんど登らないことが知られている（サッカード抑制）。もし、錯視運動の方向とサッカード方向の組み合わせによって、図形を識別しやすい場合とそうでない場合が存在すれば、ここで調べている抑制現象はサッカード抑制の様相の一つであると推察されるためであった。

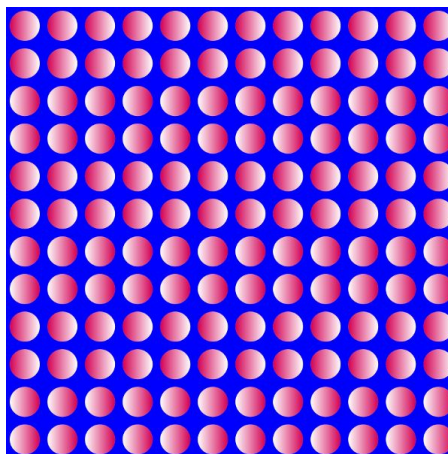


図3. 錯視運動の抑制に関する先行研究で使用された図形。この図形では、円形のパッチが横方向に動いて知覚される。この場合、縦方向にサッカードすると良く動いて知覚されるが、横方向にサッカードすると動きは少なく知覚される。

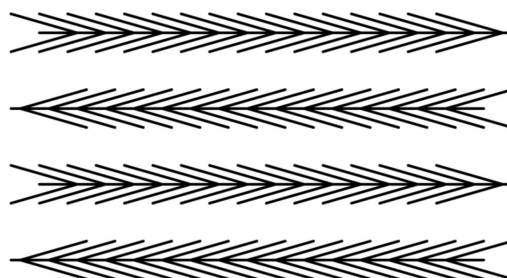


図4. 矢印型の錯視図形。グラデーション要素を含まないが横方向に動いて知覚される。

#### (3) 中心視における錯視効果の検証

中心視ドリフト錯視のメカニズムを解明するために、まずは基礎データとして、それがどの視野範囲で運動を知覚させているのかを測定した。刺激は、二つの小さなグラデーションパッチであった。このパッチをさまざまな視野偏心度の位置の提示し、その動きを観察した。ここでは単に運動が知覚されるか否かを調べただけではなく、その運動の方向もデータとして取得した。

### 4. 研究成果

#### (1) 神経発火時間差説と運動信号差分説

本研究の結果、神経発火の時間差だけでも錯視的運動を知覚させることが示された。陰性残像を用いた実験でも、錯視的運動が知覚されたからである。残像は網膜上で固定であるため、網膜上の運動なくして錯視的運動が発生したのである。言い換えれば、この錯視現象には、眼球運動に伴う網膜像の運動は必要ではないことが示されたのである。

さらに、その時間差は、刺激の単純な輝度ではなく、コントラストに反応する神経応答であることが示された。継時対比による錯視的運動の方向は、グラデーションの方向だけでは決定されず、グラデーション輝度と背景とのコントラスト、さらには背景と誘因刺激（錯視図形の後に提示されて残像を引き起こす刺激）とのコントラストに規定されていたためである。

### (2) サッカーにおける錯視運動抑制効果の発生要因

本研究の結果、サッカーによる錯視的運動の抑制効果は、抽象的な運動信号に対して起こっているらしいことが示された。これは、2つの段階を経て明らかにされた。まず、グレースケール化された図形や、線で構成された矢印様の図形においても同様にこの抑制現象起こることが示された(図5)。つまり、色やスムーズなグラデーションは必須でなく、図の特性とはやや独立した現象であることが示された。

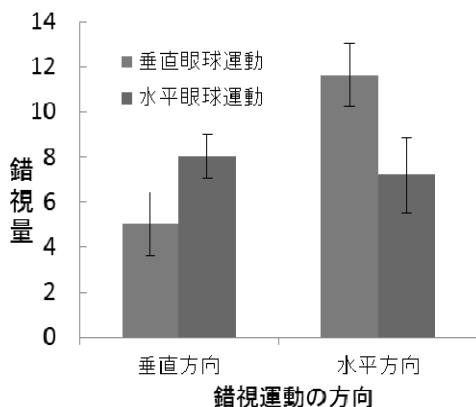


図5. サッカーによる錯視運動の抑制。錯視運動の方向とサッカーの方向が平行しているときは、直交しているときに比べて錯視量が小さい。この図は矢印型刺激を用いた実験のデータ。

次に、サッカー中の図の識別率は、錯視図形の方向の影響を受けないことが示された。つまり、サッカー中に特定の方向の錯視図形だけが見えにくくなっているわけではなかった。

これらのことを総合的に考えるなら、図が入力される時点でサッカーが影響しているのではなく、入力後に発生する運動信号に対して影響していることを示唆している。これらの知見は、フレーザー・ウィルコックス錯視の発現機序そのものを同定するもので

はないが、その解明の手掛かりになるであろう。

### (3) 中心視における錯視効果

本研究の結果、グラデーションは中心視でも錯視的運動を知覚させること、さらに、その運動方向は周辺視での運動と逆方向であることが明らかにされた。確かに中心視での錯視的運動を起こす錯視図形も過去に知られてはいたが、それは特殊な図形であると考えられていた。しかしながら本研究では、単一の図形で両方の運動がおこることを明確に示したのである。

フレーザー・ウィルコックス錯視は周辺視で起こりやすいため、これまでの研究では、周辺視に重みづけをする要因に着目されがちであった。しかしながら今後の研究では、中心視と周辺視とでその方向を逆転させる要因を究明してゆくべきであろう。

本研究全体を通して得られた知見は、フレーザー・ウィルコックス錯視の発生メカニズムの全容解明に大きく寄与するであろう。特に、この錯視が網膜像の運動に依存しないことを明らかにした点と、中心視では周辺視とは逆の錯視が起こっていることを明らかにした点の学術的意義は大きい。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 1件)

— 松下戦具, フレーザー・ウィルコックス錯視の近年の研究動向, 大阪大学大学院人間科学研究科紀要, 41 巻, 2015, 213 - 228 (査読無)

〔学会発表〕(計 6件)

Soyogu Matsushita, Effect of eccentricity on the direction of gradation-induced illusory motion, The 39th European Conference on Visual Perception (ECPV), August 28 - September 1, 2016, Barcelona (Spain).

藤道宗人, 松下戦具, 森川和則, サッカーによる錯視運動の抑制に色やグラデーションは必須か, 日本認知心理学会第14回大会, 2016年6月18日 - 2016年6月19日, 広島大学(広島)

Soyogu Matsushita, Akiyoshi Kitaoka, The role of blur in the motion illusion induced by the luminance gradient in stationary images, 31st International Congress of Psychology (ICP 2016), July 24-29, 2016, PACIFICO Yokohama (Kanagawa, Japan)

Soyogu Matsushita, Illusory motion in an afterimage formed by gradation patches and the stimulus luminance as the determinant of the motion

direction, August 26, 2015, The 38th European Conference on Visual Perception (ECVP), Liverpool(UK).

Soyogu Matsushita, Shigeru Muramatsu, Akiyoshi Kitaoka, Your eyes want to see the illusion: Directional asymmetry of eye movements increases illusory motion, The Asia-Pacific Conference on Vision (APCV) 2014, July 7, 2014, Kagawa International Conference Hall (Kagawa, Japan).

松下 戦具, 輝度の勾配を持つ静止画の残像が動いて見える錯視 継時対比の検討, 日本視覚学会 2015 年冬季大会, 2015 年 1 月 23 日, 工学院大学 (東京)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

松下 戦具 (MATSUSHITA, Soyogu)  
大阪大学・人間科学研究科・助教  
研究者番号: 00528367

### (2) 研究協力者

北岡 明佳 (KITAOKA, Akiyoshi)  
立命館大学・文学部・教授  
研究者番号: 70234234

森川 和則 (MORIKAWA, Kazunori)  
大阪大学・人間科学研究科・教授  
研究者番号: 70312436

藤道 宗人 (FUJIMICHI, Munendo)  
大阪大学・人間科学部・学生