



Title	フレーザー・ウィルコックス錯視の近年の研究動向
Author(s)	松下, 戦具
Citation	大阪大学大学院人間科学研究科紀要. 2015, 41, p. 213-228
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/57257
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

フレーザー・ウィルコックス錯視の近年の研究動向

松 下 戦 具

目 次

1. はじめに
2. フレーザー・ウィルコックス錯視と周辺ドリフト錯視
3. 輝度とコントラスト
4. 錯視的運動の二つの成分
5. 眼球運動の効果
6. 今後の論点

フレーザー・ウィルコックス錯視の近年の研究動向

松 下 戦 具

1. はじめに

フレーザー・ウィルコックス錯視は、静止画であるにもかかわらず運動を知覚させる錯視の一種である。オリジナルのフレーザー・ウィルコックス錯視 (Figure 1) は、1979年に発表されたが (Fraser & Wilcox, 1979), その後 20 年間ほとんど注目されることはなかった。しかし, Faubert and Herbert (1999) や Naor-Raz and Sekuler (2000) が視覚研究の観点から取り上げはじめ, さらに Kitaoka and Ashida (2003) が錯視の強さ (錯視量) を増幅させたデモンストレーションをおこなったことで, 多くの関心を集めるようになった。(本稿で単にフレーザー・ウィルコックス錯視と言うときは, Fraser and Wilcox のオリジナルの錯視と同じ原理と想定される他の錯視も含む。詳細は後述。)

フレーザー・ウィルコックス錯視研究の興味の中心は, 明るさ (輝度) に勾配をもった単なる静止画がなぜ運動情報を発生させるのかという点にある。観察者の中にはこの運動が知覚されない人もいるが (e.g., Fraser & Wilcox, 1979), 知覚される場合には, ありありと動いているように見える (Conway, Kitaoka, Yazdanbakhsh, Pack, & Livingstone, 2005; 特に輝度パターンや着色によって錯視量が強化された場合)。そのときの脳内活動を調べた研究では, 実運動する物体を観察している時に特徴的な脳領域が活性化していることもわかっている (Ashida, Kuriki, Murakami, Hisakata, & Kitaoka, 2012; Kuriki, Ashida, Murakami, & Ashida, 2008)。フレーザー・ウィルコックス錯視は, 人の視覚系が外界の輝度やコントラストをどのように処理し, また運動をどのように抽出しているのかといったメカニズム解明のための格好の材料といえる。

この錯視メカニズムの研究が始まってから実質 10 数年の間に様々なことが明らかになったが, 言い方を変えれば, 様々な知見が混み入ってきたとも言える。また, 研究が始まった当初と今日とでは, 解釈の異なる概念も存在する。本稿では, それらの知見を整理するためにフレーザー・ウィルコックス錯視の近年の研究動向を概観する。

2. フレーザー・ウィルコックス錯視と周辺ドリフト錯視

フレーザー・ウィルコックス錯視には派生型も含めて複数のタイプがある。それらは

すべて、図の明るさの勾配が錯視的運動を引き起こすという点で共通はしている。しかしながら、それらの中には同一の錯視かどうか線引きの難しいものもある。特に、後述する「周辺ドリフト錯視」の扱いには注意が必要である。はじめにそれらの錯視とその名称を整理しておくことは、要らぬ混乱を回避するために必要である。

Fraser and Wilcox (1979) は、暗い色から明るい色へのグラデーションをらせん状に繰り返し配置した図 (Figure 1) がゆっくりと回転して知覚されることを発表した。これがフレーザー・ウィルコックス錯視のオリジナルである。Fraser and Wilcox の論文の中ではその錯視は「escalator illusion」と呼ばれている。しかしこの名称が後に使われることは少なく、使われるとしても Fraser and Wilcox のオリジナルの図を指すときのみである (e.g., Faubert & Herbert, 1999)。

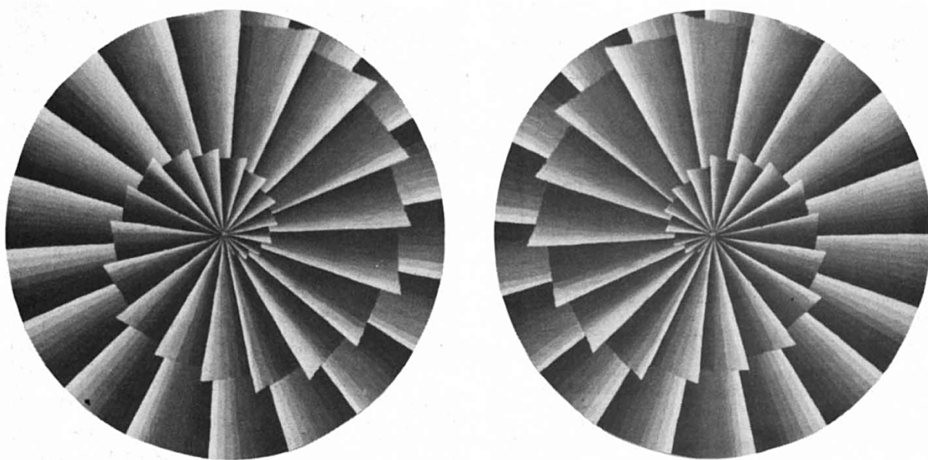


Figure 1 オリジナルのフレーザー・ウィルコックス錯視 (または escalator illusion)。輝度に勾配がついており、多くの観察者にはグラデーション上の暗い部分から明るい部分の方向へゆっくりとした回転運動が知覚される。その錯視的運動は主に、図を直視せず、視野の周辺部で観察したときに現れる。A. Fraser, and K. J. Wilcox, 1979, *Nature*, 281

フレーザー・ウィルコックス錯視 (Fraser-Wilcox illusion) という名称をはじめに用いたのは Naor-Raz and Sekuler (2000) のようである。彼らのフレーザー・ウィルコックス錯視は、オリジナルの「escalator illusion」のらせん構造を廃し、単純な放射状のパターンにした図であった (Figure 2)。

その数年後、Kitaoka and Ashida (2003) は錯視量を強めた輝度勾配パターン (Figure 3) を発表した。Kitaoka は後にこのパターンを「最適化型フレーザー・ウィルコックス錯視 (optimized Fraser-Wilcox illusion)」と呼んでいる (e. g., Kitaoka, 2012; ただし、この錯視のメカニズムが不明な限りはそれが「最適」であるかは不明なため、「modified」などと呼び変える例 [Tomimatsu, Ito, Sunaga, & Remijn, 2011] もある)。その後さらに、

Kitaoka (2006, 2012) は、フレーザー・ウィルコックス錯視と同じ錯視的運動を知覚させる、他の輝度パターンを発見した。それらは2012年の段階でタイプⅠからタイプⅤに分類されている。彼はこれらを総称して「フレーザー・ウィルコックス錯視族」または「最適化型フレーザー・ウィルコックス錯視族」と呼んでいる (e.g., Kitaoka, 2012)。最適化型フレーザー・ウィルコックス錯視の一つのデモとして北岡によって作成された「蛇の回転」(Figure 4) は非常に錯視量が強く、そのユニークな知覚体験から、今では一般向け書籍やインターネットを通じて、研究者のみならず広く知られる錯視図形となっている¹⁾。

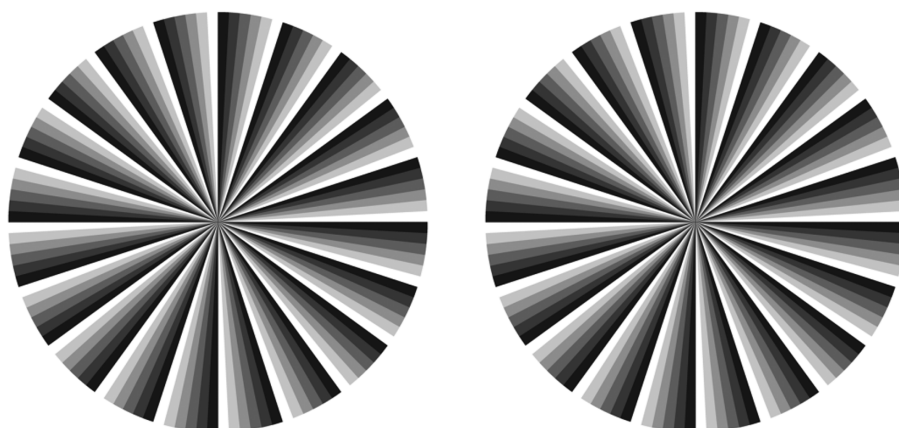


Figure 2 簡略化されたフレーザー・ウィルコックス錯視。

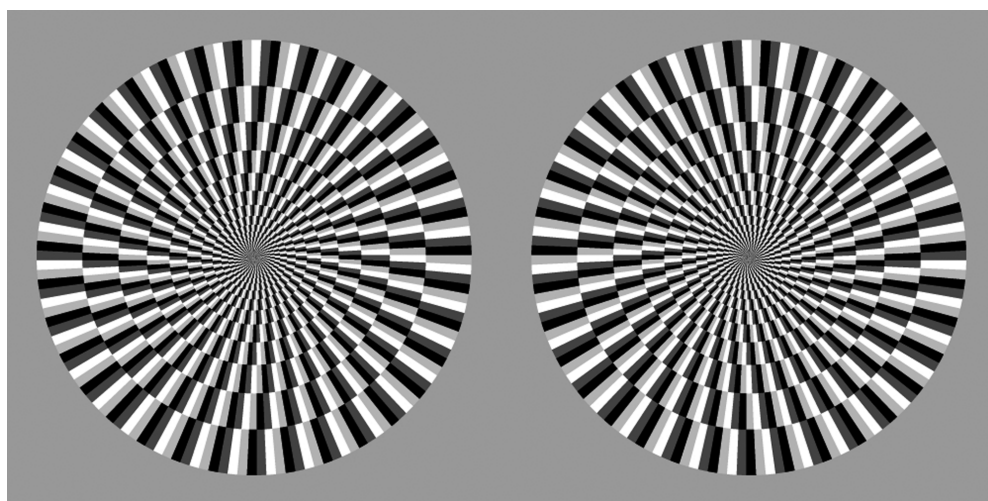


Figure 3 最適化型フレーザー・ウィルコックス錯視 (タイプⅡ)。オリジナルのフレーザー・ウィルコックス錯視との違いとして、最高輝度(白)と最低輝度(黒)とが隣り合っていないという点が挙げられる。領域が同心円状に分割されているのも錯視量を高めるためである。

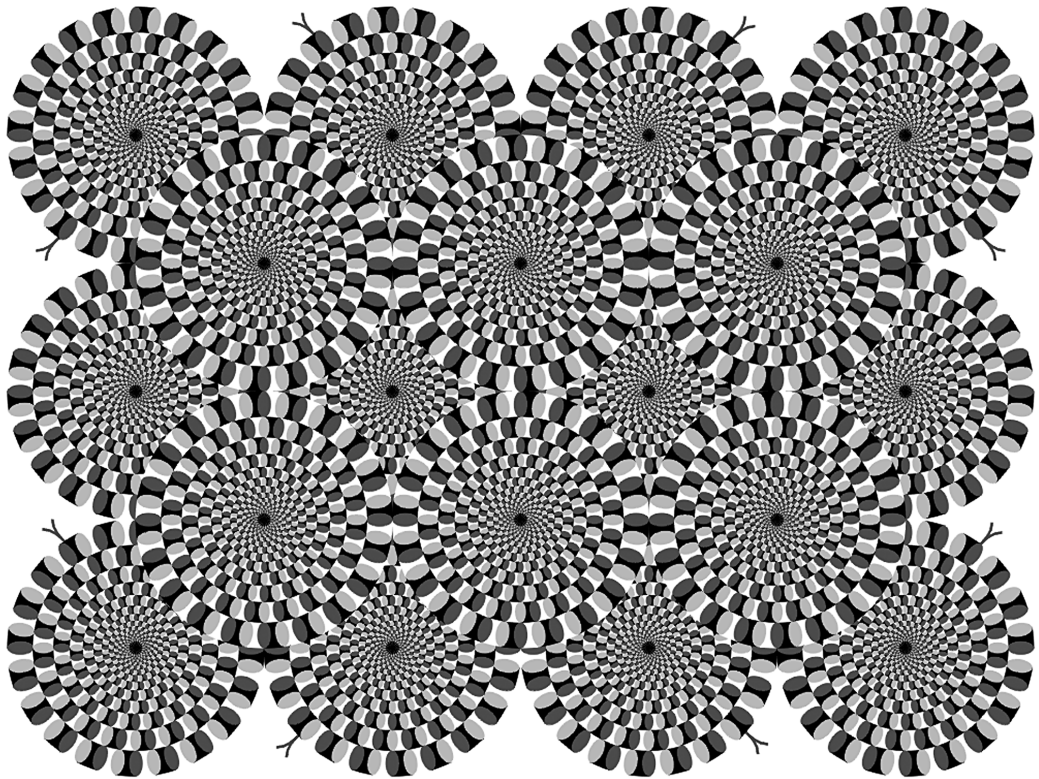


Figure 4 北岡による「蛇の回転」²⁾。最適化型フレーザー・ウィルコックス錯視・タイプIIを応用して作られている。実際の作品は黒・青・白・黄で構成されている。(上の図は印刷の都合上、グレースケール化されており、サイズも小さく輝度も低いため、錯視量が低くなってしまっている。) 北岡から許可を得て掲載。

ここで留意すべき名称として、「周辺ドリフト錯視 (peripheral drift illusion)」がある。周辺ドリフト錯視は、フレーザー・ウィルコックス錯視と同一視される場合と、別の錯視と見なされる場合がある。元々の周辺ドリフト錯視は、Fraser and Wilcox (1979) の約20年後、Faubert and Herbert (1999) によって発表された一つの錯視である。それは、ノコギリ波状の輝度プロファイルを円盤型に配置した図で (Figure 5)、フレーザー・ウィルコックス錯視と同じく回転運動が知覚されるというものであった。その錯視は、中心視よりも周辺視で顕著に生じるために (つまり、錯視図形を直視するのではなく、少し視線を外し、視野の周辺部分で錯視を観察したときに運動を知覚しやすい) このように命名されたようである。彼らはFraser and Wilcoxの錯視との類似性を指摘したが、明確な同一視はしなかった。しかしながら、周辺ドリフト錯視の光学的な特徴がフレーザー・ウィルコックス錯視のそれとほとんど同じであり、周辺視で動いて見えるという特徴はフレーザー・ウィルコックス錯視にも当てはまるため (Fraser & Wilcox, 1979; Hisakata

& Murakami, 2008; Naor-Raz & Sekuler, 2000), 両者を指して周辺ドリフト錯視と呼ぶ例や (e.g., Backus & Oruç, 2005; Billino, Hamburger, & Gegenfurtner, 2009), 区別が一貫しない例 (Fermuller, Ji, & Kitaoka, 2010) などがある。さらに, Kitaoka and Ashida (2003) も, 最適化型フレーザー・ウィルコックス錯視を発表した当初は, 周辺ドリフト錯視と呼んでいたため, 北岡による最適化型のパターンを周辺ドリフト錯視と呼ぶ例もある (Beer, Heckel, & Greenlee, 2008, Fermuller, Ji, & Kitaoka, 2010)。

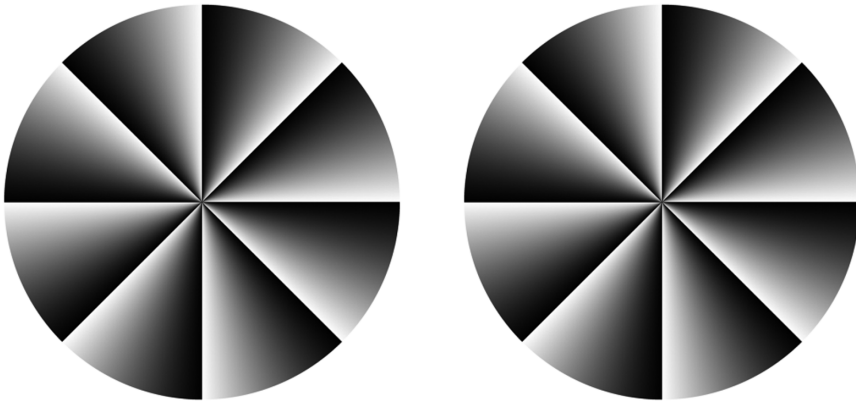


Figure 5 Faubert and Herbert (1999) による周辺ドリフト錯視。

その一方で北岡は, 2003 年時点では自身の「最適化型」も含めて周辺ドリフト錯視と総称していたが, 2005 年以降はフレーザー・ウィルコックス錯視 (族) と称するようになっている (北岡, 2005)。その理由として彼は, 「周辺ドリフト錯視とは, まばたきする時に瞬間的に起こる錯視的運動のことであって, ゆっくり動いて見える錯視とは別物」だからと述べている (北岡, 2005)。つまり, 図形としての光学的な構造は本質的に同じであるが, 知覚される運動の様相が異なっているため分けるべきだという意見である。

しかしながら, 周辺ドリフト錯視を発表した Faubert and Herbert (1999) 自身は, その錯視の様子として “a slowly turning fan” (p. 620) のようだと記述しており, 必ずしも瞬発的な動作のみを指しているわけではない点には注意が必要である。また彼らは瞬きだけでなく, 周辺で眼球を動かしたときにも運動錯視が観察される旨も述べている。[彼らが瞬発的な運動とゆっくりとした運動とを区別していなかった可能性がある。]

このような複雑な経緯から, 最近の研究では, 周辺ドリフト錯視という単一の言葉でフレーザー・ウィルコックス錯視を総称することは避けられているように見える。その代わりに, 周辺ドリフト錯視をフレーザー・ウィルコックス錯視の変形版と位置づける例が見られる (e.g., Conway et al., 2005; Otero-Millan, Macknik, & Martinez-Conde, 2012)。また, 研究対象としても, 「北岡の蛇の回転」というように, 個別の錯視図形に焦点を当てた研究がおこなわれているようである。

なお本稿では、一連の錯視をレビューする便宜上、フレーザー・ウィルコックス錯視という総称を用いている。そこには、オリジナルのフレーザー・ウィルコックス錯視も、最適化型などの派生型も含めている。また周辺ドリフト錯視の扱いに関しては、錯視図形はフレーザー・ウィルコックス錯視図形の一つと見なし、知覚される現象もフレーザー・ウィルコックス錯視の一様相（「4. 錯視的運動の二つの成分」参照）と見なしている。

3. 輝度とコントラスト

フレーザー・ウィルコックス錯視図形の主要素は輝度の勾配である。この勾配がなぜ運動を知覚させるのか詳細は未だ不明であるが、その説明を試みるいくつかのモデルはすでに提唱されている。

フレーザー・ウィルコックス錯視の視覚メカニズムを説明しうるモデルをはじめに示したのは **Faubert and Herbert (1999)** である。正確には、彼らのモデルは、彼らが独自に発表した「周辺ドリフト錯視」のメカニズムを説明するモデルであった。しかしながら前述の通り本研究では周辺ドリフト錯視をフレーザー・ウィルコックス錯視の一部と見なすため、および、彼らの説はフレーザー・ウィルコックス錯視を説明する示唆に富んでいるためここで取り上げる。彼らのモデルの要点は、輝度の高い（明るい）部分は輝度の低い（暗い）部分よりも早く視覚系で反応されるため (e.g., Roufs, 1963), その時空間的なズレが運動信号に変換されるというものであった。つまり、明るい部分から暗い部分へ向かう運動信号が発生するというものである。ただしグラデーションのなだらかな部分は局所的にみれば弱い運動信号しか発生せず、むしろグラデーションが切り替わる部分（輝度の差が大きな部分）で強い運動信号が発生する。従って、**Figure 5** を例に取るなら、白と黒が隣り合った箇所の、白い部分から黒い部分へ方向へ回転することになる（この方向は、グラデーション上では黒から白へ方向と言える）。実際に彼らの簡易な実験結果でもそのような回転方向が観察されている。

しかしながら後の研究で、円盤の回転方向は、輝度グラデーションの方向だけではなく、背景の明るさによっても規定されることが明らかになっている (**Kitaoka, 2012**)。つまり、輝度勾配の周囲を明るくすれば（例えば白）、勾配部分の暗い部分から明るい部分の方向へ運動して知覚される一方、周囲を暗くすれば（例えば黒）、逆に勾配部分の明るい部分から暗い部分へ方向へ運動して知覚されやすくなるのである。このような現象は、単純な輝度の処理順序だけを考慮した **Faubert and Herbert (1999)** の説では説明しきれない。[むしろ **Faubert and Herbert** は、背景とのコントラストは影響しないようだと述べた。]

Conway et al. (2005) は、コントラストに応じた神経応答の時間差をその錯視の要因であると主張した。つまり彼らのアイデアは、単純に明るい部分ではなく、図の平均的な輝度に対するコントラストの高い部分がより早く視覚系に反応され、それが運動情報を発生させるというものである。彼らは、心理物理学実験と合わせて、マカクザルの脳の

V1 および MT の神経発火を記録する実験もおこなった。それにより、コントラストへの応答に時間差があることを確認し、コントラストの変化は方向選択性のあるニューロンを活性化させることを示した。彼らのようにコントラストを考慮すれば、背景の輝度によって運動方向が反転する現象をうまく説明することができる。

輝度の勾配は、スムーズなグラデーションであっても、各輝度をステップ状に配置したものであっても運動知覚を生じさせることができる。Fraser and Wilcox(1979) によるオリジナルの図 (Figure 1) は、よく見るとステップ状の配置になっているが、Faubert and Herbert の周辺ドリフト錯視の図 (Figure 5) はスムーズなグラデーションを採用している。これらの違いは本質的ではない。ただし、Kitaoka and Ashida (2003) は、ステップ状の勾配の方が錯視量が強いと主張している。ステップ状の方が錯視量が強くなる原理は不明である。しかしながら、ステップ状の輝度勾配は各領域の輝度コントラストの知覚をより顕著にする効果があるのかも知れない。なお、勾配領域内のコントラストが高いほど錯視量が強いことは Naor-Raz and Sekuler (2000) によっても報告されている。

4. 錯視的運動の二つの成分

フレーザー・ウィルコックス錯視の運動知覚は瞬きや眼球運動をきっかけに生じ始め、その後眼球を動かさなくても数秒間、長い場合は 10 秒間程度持続する (Backus & Oruç, 2005; Tomimatsu, Ito, Sunaga, & Remijn, 2011)。明るさやコントラストごとの神経応答の時間差が運動知覚を喚起するというモデルは先に述べた。しかしながら、コントラストの低い部分が高い部分にくらべて何秒も遅れて知覚されるとは考えられない (Backus & Oruç, 2005)。従って、神経応答の時間差がフレーザー・ウィルコックス錯視の原理の一つであるにせよ、それだけでこの錯視が成り立っているとは考えにくい。

Backus and Oruç (2005) は、フレーザー・ウィルコックス錯視で知覚される動きには、二つの段階があると指摘している。彼らは実験により、刺激提示後の初動約 250 ミリ秒間は素早く動いて知覚され、その後はゆっくりと動いて知覚されることを示したのである（彼らが実験に使用した刺激は、「dual-gradient」と呼ばれるパターン [Ashida & Kitaoka, 2003] である）。この錯視的運動に二つの様相があるということ自体は、素朴な観察からも知ることができる。基本的にフレーザー・ウィルコックス錯視はゆっくりとした動きと表現されることが多い。しかしながら、その図を瞬きして観察したときには、瞬き直後に比較的速い回転が知覚されることに気づく。

Backus and Oruç (2005) の主張は、持続的な成分が発生する理由は、コントラストへの順応の過程が反映されているため、というものである。彼らは、明るさやコントラストへの反応開始時間が関連しているのはおそらく初動の素早い錯視的運動であり、コントラストへの神経系の慣れの時間差が持続的な運動知覚を起こすと主張している。彼らの説は、Tomimatsu, Ito, Seno, and Sunaga (2010) の結果に間接的に支持されるかも知れ

ない。Tomimatsu et al. は錯視図形全体をコンピュータ画面上でスムーズに移動して提示する条件で実験をおこない、その錯視量が非常に小さいことを明らかにした。この結果は、錯視図形は網膜上で一定時間静止しなければならない可能性を示唆している。もし視覚系の順応過程がこの錯視に必要なだとすれば、彼女らの結果のようになるのは自然である。Backus and Oruç のモデルは順応の過程を考慮している点でユニークである。他の多くの研究では、視覚神経系の任意のユニットが活性する瞬間のことは考慮されているが、活性状態の経時変化に関してはほとんど扱われていないようである。

例外的に、フレーザー・ウィルコックス錯視族の中にも、ゆっくりとした運動成分を知覚させないものがある。それは、Kitaoka (2012) がフレーザー・ウィルコックス錯視・タイプ V と呼ぶパターンで、赤を基調としており、青の変調がかけられたものである³⁾。このパターンは、瞬きや眼球運動の直後に素早く動いてすぐに止まるという錯視的運動を知覚させる。しかし、この錯視が色に依存している点には留意すべきである。一般的にフレーザー・ウィルコックス錯視は輝度の勾配による錯視であるが、この錯視はグレースケール化すると（つまり輝度情報だけにすると）もはやその特徴的な運動は生じなくなる。従って、これが一般的なフレーザー・ウィルコックス錯視と同じ原理なのかという点にはさらなる検討も必要である (Kitaoka, 2012)。そうではあっても、このパターンは、二つの運動成分のうち素早く動く成分だけを抽出している可能性がある。そのため、今後フレーザー・ウィルコックス錯視の運動成分を分けて調べる際には、フレーザー・ウィルコックス錯視・タイプ V が有力な手がかりになることは十分考えられる。

研究者は、フレーザー・ウィルコックス錯視の運動に複数の成分があるという指摘を軽視すべきではない。その指摘は、フレーザー・ウィルコックス錯視が必ずしも単一の原理で起こっているわけではないことを示唆している。つまり、フレーザー・ウィルコックス錯視の運動原理を説明するためにこれまでに提出された複数の説が、必ずしも背反であるとは限らないのである。しかしながら、初動の素早い成分と後続のゆっくりの成分を別の錯視であると分けることが適切かどうかはわからない。おそらくは、少なくとももう少しばらくの間は、どちらの成分もフレーザー・ウィルコックス錯視の一部であると思なして研究を進める方が現実的であろう。

5. 眼球運動の効果

フレーザー・ウィルコックス錯視の運動は、眼球運動の直後に顕著になる。この現象は当初から知られているし (e.g., Faubert & Herbert, 1999), 眼球運動とこの錯視との関連を否定する研究は皆無である。しかしながら、眼球運動がどのように錯視的運動を生起させるかについては、大きく分けて二つの意見がある。一つは、眼球運動に伴って起こる、視覚系の「リフレッシュ」が影響しているという意見で、もう一つは眼球運動に伴う網膜像の移動が影響しているという意見である。

視覚系のリフレッシュに原因を求める意見では、眼球運動による網膜像の移動は必要とされない。人が瞬きをしたときや、ある一点から他の一点へ視線を素早く移動（サッカード）させたとき、視覚系での信号処理にリフレッシュが生じる。おおざっぱに言えば、瞼を閉じる前と後、あるいは眼球が動く前と後で、視覚系に再描画が生じるようなものである。この過程で錯視が起こる可能性があるのである。Faubert and Herbert (1999) の説、つまり輝度の高い場所から順に処理されるために動いて知覚されるというモデルを思い出してみよう。彼らのモデルでは、網膜に投影される錯視図形の位置が（網膜上で）固定していても錯視は生じることになる。そのほか、コントラストへの反応速度の時間差や (Conway et al., 2005), コントラストへの順応速度の時間差 (Backus & Oruç, 2005) を錯視の原因と考えるモデルも、基本的には視覚系のリフレッシュがきっかけになっているという意見であって、眼球運動で生じる網膜像の移動自体は重要視していない。

その一方で、Murakami, Kitaoka, and Ashida (2006) は眼球運動で生じる網膜像の移動自体に着目している（彼らが実験に使用したのは、最適化型フレーザー・ウィルコックス錯視である）。人間の目は、ある一点を固視している間も実際には微少な運動を繰り返している。この眼球運動は固視微動と呼ばれる。Murakami et al. は実験参加者の固視微動と錯視量との相関を調べた。その結果、固視微動の中でも、跳躍的にかつ単発的に運動する固視微動（マイクロ・サッカード）は錯視量に相関しなかったが、眼球が徐々にかつ持続的に動く固視微動（ドリフト）が生じやすい参加者ほど、より強く錯視的運動が知覚されるという相関が明らかになった（しかし Otero-Miran et al., 2012）。これらの結果から彼らは、マイクロ・サッカードによるリフレッシュではなく、網膜上での像の連続的な移動に着目したのである。彼らのアイデアの要点は、網膜上の任意の点に入力される像が高コントラスト領域から低コントラスト領域へ移動する場合に、コントラストの変化が増強され、移動速度も増強して知覚されるというものである。フレーザー・ウィルコックス錯視図形のコントラスト変調はその方向が非対称であるから、それが網膜上で移動した時に生じる運動信号の強さにも非対称性が生じる。その結果として一定方向の運動が増強されて知覚されるというのが彼らの意見である。少なくとも、輝度勾配の方向と網膜像の移動方向の組み合わせは、刺激の輝度の知覚に影響することは Ashida and Scott-Samuel (2014) によって明らかにされている。彼らの実験はあくまで輝度知覚の実験であり、それによって知覚された錯視的運動に関しては測定されていないが、彼らはこの現象が、「蛇の回転」（最適化型フレーザー・ウィルコックス錯視の一つ）の原理を説明する可能性がある」と指摘している。

フレーザー・ウィルコックス錯視の要因として、眼球運動による視覚系のリフレッシュの効果と、固視微動の効果を上に掲げたが、これらは背反ではない。したがってこれらのうちどちらが正しいかを議論することは無意味である。先にも述べたように、フレーザー・ウィルコックス錯視には複数の運動成分が確認されており、その事実は複数のメカニズムの存在を示唆している。例えば、眼球運動に関しても、リフレッシュは始めの

素早い運動錯視と関連し、固視微動はその後のゆっくりとした持続的な運動錯視と関連している可能性も十分考えられる。

6. 今後の論点

フレーザー・ウィルコックス錯視には、興味深い現象でありながら、まだ詳しくは解っていない現象がいくつもある。例えば、色の効果である。フレーザー・ウィルコックス錯視は、着色することで錯視量を増強できる場合があることが知られている。また、先にものべた Kitaoka (2012) のフレーザー・ウィルコックス錯視・タイプ V の運動様相は特定の色でしか観察されない。現在のところ、色がフレーザー・ウィルコックス錯視に影響する理由はほとんど解っていない。色の効果の脳内機序はとりわけ興味深い。なぜなら、人の脳内では、物体の運動情報と色情報とは異なる回路で並列処理されており、影響し合わないと一般的に考えられているからである。もちろん最終的な「認知」の段階では統合されることになるが、それまでは運動情報は背側系回路、色情報は腹側系回路で処理されるのである。今後は色情報と運動情報を統合する脳内機序に関しても明らかにされることが期待される。

眼球運動に関しても解っていないことがまだ多い。これまで眼球運動が錯視を引き起こすきっかけになっているであろうことは多く論じられてきたが、意外なことに、眼球運動の方向を統制した実験はほとんどない。現在のところ、輝度勾配の方向と平行する方向に意図的にサカードをすると、実は錯視量が抑制されることが解っている程度である (Matsushita, Muramatsu, & Kitaoka, 2013, Matsushita, Muramatsu, & Kitaoka, 2014)。それらの結果は、輝度勾配の方向と眼球運動の方向とは相互に関連していることを示している。今後、眼球運動の方向や速度なども実験手続として操作し、その効果を検討することで、フレーザー・ウィルコックス錯視のあらたな側面が明らかになるかも知れない。

個人差の要因も、フレーザー・ウィルコックス錯視における、興味深いながらも未解明な点である。この錯視は、健常な視覚機能を持っている人であっても、数パーセントから数十パーセントの割合で運動が知覚されない人がいることが解っている。例えば Fraser and Wilcox (1979) によるオリジナルの論文では、678 名の対象者のうち 24.9% の人々は全く動きを知覚しないか、またはスムーズでないほんのわずかな動きを時々知覚しただけであった。遺伝学者であった Fraser and Wilcox は、血縁者間の類似性から、この錯視の見え方には遺伝的要因が影響している事を示した。また、色に依存した錯視であるフレーザー・ウィルコックス錯視・タイプ V に関しても、運動が知覚されるかどうかや、その運動方向に個人差があることが報告されている (Kitaoka, 2014)。さらには、「蛇の回転」の錯視量と年齢との間には負の相関があるというデータもある (北岡, 2009)。これら、運動が見える人と見えない人とで何が違うのかを突き止めることができ

れば、フレーザー・ウィルコックス錯視を引き起こすメカニズムも明らかになってくるであろう。実際、固視微動の不安定性と錯視量との関連を調べ、フレーザー・ウィルコックス錯視の原理をモデル化した Murakami et al. (2006) も、個人差に着目した研究であると言える。しかしながら現在のところ、そのような研究は多いとは言えない。

また、成人以外を対象にした比較研究もメカニズムの解明に有用であろう。最近の研究では、蛇の回転は6から8ヶ月児にも動いて知覚されているらしいことが明らかになっている (Kanazawa, Kitaoka, & Yamaguchi, 2013)。さらには、猫 (Bååth, Seno, & Kitaoka, 2014) や魚 (Gori, Agrillo, Dadda, & Bisazza, 2014) にも知覚されているというデータまで提出され始めている。このように、様々な対象者あるいは被検体による比較研究は、フレーザー・ウィルコックス錯視の神経・生理基盤を明らかにするものと考えられる。

謝辞

「蛇の回転」の掲載にご快諾くださった北岡明佳先生に感謝の意を申し上げます。なお本研究は JSPS 科研費 26780416 の助成を受けました。

注

- 1) 一般書籍のリストは北岡のウェブページで確認できる。また、彼のページの閲覧者数を見ても、よく知られているであろうことがうかがえる。<http://www.ritsume.ac.jp/~akitaoka/>
- 2) 明るいコンピュータ画面上のカラー版は、紙面での縮小白黒版よりもはるかに強い錯視を引き起こす（元々フレーザー・ウィルコックス錯視を知覚しない人は除く）。これまで観察したこのない読者は、上記 URL から彼のウェブサイトにはアクセスし、ぜひカラー版を観察して欲しい。
- 3) このパターンは色依存のため、印刷の都合上本稿では省略する。上記 URL から確認されたい。

引用文献

- Ashida, H., Kuriki, I., Murakami, I., Hisakata, R., & Kitaoka, A. (2012). Direction-specific fMRI adaptation reveals the visual cortical network underlying the "Rotating Snakes" illusion. *NeuroImage*, 61(4), 1143-1152.
- Ashida, H. & Kitaoka, A. (2003). A gradient-based model of the peripheral drift illusion. *Perception*, 32, 106.
- Ashida, H., & Scott-Samuel, N. E. (2014). Motion influences the perception of background lightness. *i-Perception*, 5, 41-49.
- Bååth, R., Seno, T., & Kitaoka, A. (2014). Cats and illusory motion. *Psychology*, 5, 1131-

1134.

- Backus, B. T., & Oruç, I. (2005). Illusory motion from change over time in the response to contrast and luminance. *Journal of Vision*, 5, 1055-0169.
- Beer, A. L., Heckel, A. H., & Greenlee, M. W. (2008). A Motion Illusion Reveals Mechanisms of Perceptual Stabilization. *PLoS ONE*, 3(7), e2741---e2741.
- Billino, J., Hamburger, K., & Gegenfurtner, K. R. (2009). Age effects on the perception of motion illusions. *Perception*, 38(4), 508-521.
- Conway, B. R., Kitaoka, A., Yazdanbakhsh, A., Pack, C. C., & Livingstone, M. S. (2005). Neural Basis for a Powerful Static Motion Illusion. *The Journal of Neuroscience*, 25(23), 5651-5656.
- Gori, S., Agrillo, C., Dadda, M., & Bisazza, A. (2014). Do fish perceive illusory motion? *Scientific Reports*, 4:6443, 1-6.
- Faubert, J., & Herbert, A. M. (1999). The peripheral drift illusion: A motion illusion in the visual periphery. *Perception*, 28(5), 617-621.
- Fermuller, C., Ji, H., & Kitaoka, A. (2010). Illusory motion due to causal time filtering. *Vision Research*, 50(3), 315-329.
- Fraser, A., & Wilcox, K. J. (1979). Perception of illusory movement. *Nature*, 281(5732), 565-566.
- Hisakata, R., & Murakami, I. (2008). The effects of eccentricity and retinal illuminance on the illusory motion seen in a stationary luminance gradient. *Vision Research*, 48(19), 1940-1948.
- Kanazawa, S., Kitaoka, A., & Yamaguchi, M. K. (2013). Infants see illusory motion in static figures. *Perception*, 42(8), 828-834.
- 北岡明佳 (2005, August). 周辺ドリフト錯視からわかること . 2005 年度日本基礎心理学会公開シンポジウム , 東京大学教養学部学際交流ホール . Retrieved from <http://www.psy.ritsumei.ac.jp/~akitaoka/todaisympo2005.html>
- Kitaoka, A. (2006) Anomalous motion illusion and stereopsis. *Journal of Three Dimensional Images (Japan)*, 20, 9-14.
- 北岡明佳 (2009, May 23). 錯視ニュース 1 2 [Personal post]. Retrieved from <http://www.psy.ritsumei.ac.jp/~akitaoka/illnews12.html>
- Kitaoka, A. (2012). The Fraser-Wilcox illusion group: Its phenomena and models. *IEICE Technical Report*, 112(68), NC2012-24, 57-60.
- Kitaoka, A. (2014). Color-dependent motion illusions in stationary images and their phenomenal dimorphism. *Perception*, 43(9), 914-925.
- Kitaoka, A., & Ashida, H. (2003). Phenomenal characteristics of the peripheral drift illusion. *VISION*, 15, 261-262.

- Kuriki, I., Ashida, H., Murakami, I., & Kitaoka, A. (2008). Functional brain imaging of the Rotating Snakes illusion by fMRI. *Journal of Vision*, 8(10), 1-10.
- Matsushita, S., Muramatsu, S., & Kitaoka, A. (2013). Influence of saccade direction on illusory motion. *Perception* 42, 39.
- Matsushita, S., Muramatsu, S., & Kitaoka, A. (2014). Your eyes want to see the illusion: Directional asymmetry of eye movements increases illusory motion. *i-Perception*, 5(4) 325.
- Murakami, I., Kitaoka, A., & Ashida, H. (2006). A positive correlation between fixation instability and the strength of illusory motion in a static display. *Vision Research*, 46(15), 2421-2431.
- Naor-Raz, G., & Sekuler, R. (2000). Perceptual dimorphism in visual motion from stationary patterns. *Perception*, 29(3), 325-335.
- Otero-Millan, J., Macknik, S. L., & Martinez-Conde, S. (2012). Microsaccades and blinks trigger illusory rotation in the "rotating snakes" illusion. *Journal of Neuroscience*, 32(17), 6043-6051.
- Roufs, J.A.J. (1963). Perception lag as a function of stimulus luminance. *Vision Research*, 3(1-2), 81-91.
- Tomimatsu, E., Ito, H., Seno, T., & Sunaga, S. (2010). The 'rotating snakes' in smooth motion do not appear to rotate. *Perception*, 39(5), 721-724.
- Tomimatsu, E., Ito, H., Sunaga, S., & Remijn, G. B. (2011). Halt and recovery of illusory motion perception from peripherally viewed static images. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 73(6), 1823-1832.

A contemporary review of the Fraser–Wilcox illusion

Soyogu MATSUSHITA

The stimulus of the Fraser–Wilcox illusion, which is composed of stationary repeated luminance-gradient patches, elicits anomalous motion perception. Although the original version of the Fraser–Wilcox illusion was published in 1979 by Fraser and Wilcox, it is only recently that there have been studies investigating the visual mechanism of the illusion.

When we investigated the history of the studies into the Fraser–Wilcox illusion, we noticed that the studies in this domain had varying definitions and were inconsistent. This was found to be especially confusing in discussions about the border between this illusion and the peripheral drift illusion. It is recommended that researchers of this domain use the consistent definition.

The Fraser–Wilcox illusion and its variants have a common structure in the luminance gradients. There are two groups of models that explain how luminance influences the motion detector. One group is concerned with the absolute luminance value, while the other with luminance contrasts. Although the luminance contrast models seem to be the most examined and cited, both models are still considered valid.

There is a possibility that this illusion is induced by more than one visual mechanism. An experimental study demonstrated that there are two phases of motion in the illusion. This implies that the two phases are induced by different mechanisms. In that case, comparing the validities of the models might not be helpful in some cases because the models are not necessarily mutually incompatible.

While some researchers emphasize the influence of refreshing of the visual process accompanying the eye movements, some emphasize the effect of motion on the retinal image with the eye movements. At present, both opinions seem plausible, and possibly, they are both simultaneously valid.

There are many interesting topics waiting to be explored in this domain such as color factor, direction of eye movements, and individual differences. Further studies are necessary to comprehensively understand the Fraser–Wilcox illusion and the human visual system.