

令和元年9月12日現在

機関番号：34315

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2015～2018

課題番号：15H01984

研究課題名（和文）錯視の多面的研究 実験心理学・脳機能画像・数理解析・生物学の手法を用いて

研究課題名（英文）Multiphasic studies on visual illusions with experimental psychology, brain function imaging, mathematical analyses and biological approaches

研究代表者

北岡 明佳 (Kitaoka, Akiyoshi)

立命館大学・総合心理学部・教授

研究者番号：70234234

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 35,100,000円

研究成果の概要（和文）：本研究においては、心理学の初心に立ち返り、視覚そのものを知るツールとしての錯視の地位を確立するため、いろいろなアプローチで総合的に研究することを目的とした。実験心理学的研究によって、新しい錯視がいくつか発見あるいは同定された。今回の研究において特筆されることは、色の錯視の研究が革新的に進歩したことである。並置混色には2種類あることの発見、それに伴う「白と黒の錯視」（同じ色の縞模様が白に見えたり黒に見えたりする錯視デモ）の開発、強力な色の錯視であるムンカー錯視と並置混色の連続性、加算的色変換による色の錯視の位置づけの確立などである。その他のアプローチにおいても、一定の研究の進展が見られた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、錯視の研究である。錯視を研究することは、視覚そのものを研究することである。本研究においては、色の錯視の研究から、我々はモザイク（並置混色）を知覚する際に、加法混色と減法混色を区別していることがわかった。加法混色と減法混色の区別は産業的な仕様と考えられてきたが、脳の仕様でもあるということがわかった。このことは、視覚の本質を探り、それらの知識のさらなる社会的応用に向けての重要な一歩となったと考えられる。

研究成果の概要（英文）：We examined visual illusions using several approaches including experimental psychology, fMRI studies, mathematics, and animal experiments. A great progress was made in the study of color illusions. We found two different types of spatial color mixture, accompanied by the proposal of an impressive color illusion image in which observers can see either white or black in the same pattern depending on the types of spatial color mixture. Moreover, the Munker illusion, one of the strongest color illusions, can be explained in this context. Other approaches also made a progress in the study of visual illusions.

研究分野：知覚心理学

キーワード：錯視 色覚・色彩 運動視 fMRI 動物実験

1. 研究開始当初の背景

19世紀後半の心理学成立以降、錯視は視覚を知る有力な手がかりとして期待されていながら、いわば期待を裏切り続け、「おもしろいが変な知覚」の地位に甘んじてきた。しかしながら、21世紀に至ると、ICT技術の発展によって、錯視研究も大きな変革期を迎えるようになった。すなわち、PCとプリンタによって、特別な美術スキルを持たない普通の研究者が誰でも錯視を作れる時代が到来し、これによって新しい錯視の発見が急増したのである。新しい錯視と称するものの中には、「変な知覚」ではなく「正しい知覚」と考えるべきものも多く混じるようになり（例えば、色の恒常的な色の錯視）錯視は必ずしも「変な」視覚ではなく、視覚そのものを理解するツールの一つとして位置づけることができるのではないかと、我々は考えるようになった。

2. 研究の目的

本研究においては、心理学の初心に立ち返り、視覚そのものを知るツールとしての錯視の地位を確立するため、いろいろなアプローチで総合的に研究することを目的とした。すなわち、通常の実験心理学的アプローチに加え、脳機能研究、数理的研究、動物実験研究（生物学的研究）による多面的アプローチによって、錯視の知見を再評価するとともに、新しい視座を切り開くことを目指した。

3. 研究の方法

実験心理学的研究としては、通常の実験計画に基づく要因分析の手法を用いて、いろいろな錯視現象の本質を分析的に明らかにした。さらに、実験心理学の一種ではあるが応用実験美学的研究とも言うべき方法を用いて、具体的には、錯視が持つ「美しさ」という性質を手がかりとして利用することで、錯視の探索的研究すなわち新しい錯視の発見を試みた。脳機能研究としては、fMRIを用いて、錯視に応答する脳領域の探索的研究を行なった。数理的研究については、既に浮遊錯視の数理的な生成原理（新井・新井，2011）が得られているが、更に錯視効果を高めるための錯視促進要素について、かざぐるまフレームレットの方法を用いて研究を行った。動物実験研究としては、マウスに錯視が見えることが確実と見なせる実験環境を確立し、その状態で特定の遺伝子をノックアウトすることで、特定の錯視が見えなくなるかどうかを調べるといった方法を用いた。

4. 研究成果

実験心理学的研究によって、新しい錯視がいくつか発見あるいは同定された。今回の研究において特筆されることは、色の錯視の研究が革新的に進歩したことである。並置混色には2種類あることの発見、それに伴う「白と黒の錯視」（同じ色の縞模様が白に見えたり黒に見えたりする錯視デモ）の開発、強力な色の錯視であるムンカー錯視と並置混色の連続性、加算的色変換による色の錯視の位置づけの確立などである。さらに、加算的色変換による色の錯視の研究において、その現象を包括的に説明できる原理として「ヒストグラム均等化」説を提唱した（Shapiro, Hedjar, Dixon and Kitaoka, 2018）。この考え方により、静脈が青く見える錯視を問題なく説明することができるようになった。これらの成果は、2019年3月の国際学会における講演で発表したが（Kitaoka, 2019）、2019年夏に刊行予定の学術書籍（北岡, 2019）において平易に解説する。

静止画が動いて見える錯視の進展としては、2014年に学術論文（Kitaoka, A. (2014). Color-dependent motion illusions in stationary images and their phenomenal dimorphism. *Perception*, 43(9), 914-925）を出して以来あまり注目を集めてこなかった色依存のフレーザー・ウィルコックス錯視の研究に、急展開が見られた。この錯視は環境の照度が重要ということがわかっているが、環境の色温度も関係しているらしいことがわかり、解明は今後の研究で行なう。

脳機能研究としては、渦巻き錯視に反応する脳領域を調べた。結果としては、脳のどの領域においても、錯視的渦巻きへの反応とみなせる信号を統計的に有意なレベルでは検出できなかった。研究方法の再検討を考えているが、信号そのものが弱い（たとえば、渦巻きを知覚することに関わる神経細胞が少ない）可能性も考えられる。

運動残効錯視を用いた脳機能研究においては、新しい知見が得られた。これまでの研究では、回転する縞模様（色/白黒）に平均12秒順応した後で順応と同じか逆方向に3秒間回転する縞（色/白黒）を検査刺激として示し脳活動を計測したところ、色に順応し白黒で検査した場合のみ顕著な脳活動が生じ、しかも通常の運動残効から予想されるのと逆の傾向を示した（任・栗木・松宮・塩入, 2017）。この原因を解明するため、順応を3秒、検査刺激を1秒に短縮した実験を行なったところ、通常予想される脳活動が生じた。さらに心理物理実験の結果を考慮すると、長い順応時間の時に計測された「通常と逆の脳活動」は、色の情報から「動き」の情報を抽出する神経情報処理の過程を捉えた可能性が示された。

数理的研究としては、数理的方法を用いて具体的事例としていくつかの錯視作品を作成した。錯視促進要素の一般的な数理的理論を作ることは今後の研究課題である。

動物実験的研究は、かなりのリソースをつぎこんで調べたが、マウスがフレーザー・ウィルコックス錯視に応答するという証拠はついに得られなかった。いろいろな動物で錯視が見える証拠はいくつも提出されており、マウスだけ錯視は見えないとは考えにくいので、刺激あるいは検出系が適切でない、ということかもしれないと考察している。このように難航しているが、「マウスが見える錯視」が特定できれば、想定される関連遺伝子を欠損させることにより、視覚イメージを相対的に捉える視覚系の仕組みを明らかにできる可能性があるから、引き続き研究を継続するつもりである。

そのほか、高周波成分によって低コントラスト成分がマスクされる現象(消える錯視の一種)を検討した。この錯視は、簡便な視力検査に応用できる可能性があると考えられたので、今後実用化を検討する。

消える錯視に関係した知見として、以下、村上グループからの報告を記しておく。網膜上には視細胞が一切存在しない視神経円板という部位があり、そこに直接当たった光は見ることができず、この場所は視野上でいう盲点である。ところが盲点に光を当てると、その光自体は見えないのに、ほかの場所の光刺激の明るさが暗く感じられてしまうということがわかった。盲点に照射される光は「無駄なもの」ではなく、何らかの仕組みで受容され、私たちの視覚世界に影響を与えるということが示唆された。

5 . 主な発表論文等

[雑誌論文](計 17 件)

Bertamini, M., and Kitaoka, A. (2018). Blindness to curvature and blindness to illusory curvature. *i-Perception*, 9(3), 1-11. (査読あり)
<https://doi.org/10.1177/2041669518776986>

Watanabe, E., Kitaoka, A., Sakamoto, K., Yasugi, M., and Tanaka, K. (2018). Illusory motion reproduced by deep neural networks trained for prediction. *Frontiers in Psychology*, 9 (345), 1-12. (査読あり)
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00345>

Shapiro, A., Hedjar, L., Dixon, E., and Kitaoka, A. (2018). Kitaoka's tomato: Two simple explanations based on information in the stimulus. *i-Perception*, 9(1), January-February, 1-9. (査読あり)
<https://doi.org/10.1177/2041669517749601>

Yamasaki, D., Miyoshi, K., Altmann, C. F., and Ashida, H. (2018). Front-presented looming sound selectively alters the perceived size of a visual looming object. *Perception*, 47(7), 751-771. (査読あり)
<https://doi.org/10.1177/0301006618777708>

Scott-Samuel, N. E., Ashida, H., Lovell, P. G., Meese, T. S., and Schwarzkopf, D. S. (2018). Stacking Chairs: Local Sense and Global Nonsense. *i-Perception*, 9(1). (査読あり) doi: 10.1177/2041669517752372

Saito, M., Miyamoto, K., Uchiyama, Y., and Murakami, I. (2018). Invisible light inside the natural blind spot alters brightness at a remote location. *Scientific Reports*, 8:7540, 1-9. (査読あり) doi:10.1038/s41598-018-25920-9

Kuriki, I. (2018). A novel method of color-appearance simulation using achromatic point locus with lightness dependence. *i-Perception*, 9(2), 1-16. (査読あり)
doi: 10.1177/2041669518761731

藤本花音・蘆田宏 (2018). 座位姿勢下と立におけるオブティクフローへの異なる姿勢反応 信学技報, 118 (493, HIP2018-87), 25-28. (査読なし)

Kitaoka, A. (2017). The Fraser-Wilcox illusion and its extension. A. G. Shapiro and D. Todorović (Eds.), *The Oxford Compendium of Visual Illusions*, Oxford University Press, pp. 500-511. (査読なし)

Ashida, H., Ho, A., Kitaoka, A., and Anstis, S. (2017). The "Spinner" Illusion:

More Dots, More Speed? i-Perception, 8(3), 1-16. (査読あり)
<https://doi.org/10.1177/2041669517707972>

任薇静・栗木一郎・松宮一道・塩入諭 (2017). fMRI 順応を用いた色運動情報と輝度運動情報の相互作用に関する検討 映像情報メディア学会技術報告, 41(9), 33-36.(査読なし)

新井仁之 (2016). 錯視アートの新技術とその販促グッズ ,パッケージ利用 包装技術 ,54, 58-62. (査読なし)

Kitaoka, A. and Anstis, S. (2015). Second-order footsteps illusions. i-Perception, 6(6), 1-4. (査読あり)
<https://doi.org/10.1177/2041669515622085>

Kitaoka, A. (2015). Slope illusion (Magnetic Hills) in Radan. in ART AND ITS ROLE IN THE HISTORY: BETWEEN DURABILITY AND TRANSIENT -ISMS: Dedicated to the Memory of prof. Miodrag Jovanović, Ph.D (1932-2013) (ISBN 978-86-6349-034-5), pp. 751-760. (査読なし)

[学会発表](計 32 件)

Kitaoka, A. (2019). Two types of spatial color mixtures and color illusions. EIP19 (Empirical Research in Psychology) (招待有)
<http://www.psy.ritsumei.ac.jp/~akitaoka/serbia2019.html>

北岡明佳 (2019). Color illusion and histogram equalization. 第13回錯覚ワークショップ (招待有)

北岡明佳 (2019). 錯視を含む閾上視覚の知見を応用した視野欠損を発見する新しい方法の模索 第4回視覚生理学基礎セミナー ~ 視野と視覚生理学のコラボレーション ~ (主催 日本視野画像学会) (招待有)

Ashida, H. and Hattori, M. (2018). The anti-barberpole illusion on the slanted surface. ECV2018

北岡明佳 (2018). 2つの視覚的文法から見た色の知覚の再検討 70周年特別企画「Future of Color design」・第1部基調講演・日本色彩学会第49回全国大会[大阪]'18 (招待有)

北岡明佳 (2018). 色陰現象、静脈が青く見える錯視、および加算的色変換による色の錯視の同一性 日本視覚学会 2018年夏季大会

新井仁之 (2018). 脳内の視覚情報処理の数値モデルと錯視アート 数学と芸術の交流シンポジウム (招待有)

齋藤真里菜・宮本健太郎・内山雄佑・村上郁也 (2018). 盲点内部と盲点周辺への青色光刺激が明るさ知覚に与える影響は異なる 日本神経科学学会

Yamashita, W. Matsumoto, A., Larkins, G., Kitaoka, A., and Tsujimura, S. (2017). Investigation of the Fraser-Wilcox illusion based on photoreceptor stimulations. 13th AIC

北岡明佳 (2017). 加算的色変換による変換画像の色の恒常性 日本視覚学会 2017年夏季大会

Kitaoka, A. (2016). Motion illusions in stationary images. Invited Address, 31st International Congress of Psychology (ICP2016) (招待有)
<http://www.psy.ritsumei.ac.jp/~akitaoka/ICP2016.html>

Kitaoka, A. (2016). Visual phantoms and perceptual transparency. in Thematic Session entitled "The visual phantom illusion revisited" organized by Jiro Gyoba, 31st International Congress of Psychology (ICP2016)
<http://www.psy.ritsumei.ac.jp/~akitaoka/ICP2016-phantom.html>

松元明子・北岡明佳・辻村誠一 (2016). 多原色光源表示装置を用いた色依存のフレーザ
ー・ウィルコックス錯視の検証 日本視覚学会 2016 年冬季大会

Kitaoka, A. (2015). Color constancy and the vein color illusion. 38th European
Conference on Visual Perception (ECPV)

北岡明佳 (2015). 錯視について 毛髪科学技術者協会 (MGK) 第 140 回学術大会

〔図書〕(計 2 件)

北岡明佳 (2019). イラストレイティド錯視の科学 (予定) 朝倉書店 (印刷中)

北岡明佳 (2017). おもしろサイエンス 錯視の科学 日刊工業新聞社 (総ページ数 132
ページ)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年：
国内外の別：

取得状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等
<http://www.ritsumei.ac.jp/~akitaoka/>

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：新井 仁之
ローマ字氏名：Hotoshi Arai
所属研究機関名：早稲田大学
部局名：教育・総合科学学術院
職名：教授
研究者番号 (8 桁)：10175953

研究分担者氏名：栗木 一郎
ローマ字氏名：Ichiro Kuriki
所属研究機関名：東北大学
部局名：電気通信研究所
職名：准教授
研究者番号 (8 桁)：80282838

研究分担者氏名：蘆田 宏

ローマ字氏名：Hiroshi Ashida
所属研究機関名：京都大学
部局名：文学研究科
職名：教授
研究者番号（8桁）：20293847

研究分担者氏名：村上 郁也
ローマ字氏名：Ikuya Murakami
所属研究機関名：東京大学
部局名：大学院人文社会系研究科（文学部）
職名：教授
研究者番号（8桁）：60396166

研究分担者氏名：小池 千恵子
ローマ字氏名：Chieko Koike
所属研究機関名：立命館大学
部局名：薬学部
職名：教授
研究者番号（8桁）：80342723

研究分担者氏名：辻村 誠一
ローマ字氏名：Seeichi Tsujimura
所属研究機関名：鹿児島大学
部局名：理工学域工学系
職名：教授
研究者番号（8桁）：10381154

(2)研究協力者

研究協力者氏名：
ローマ字氏名：

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。