

## 第 17 回錯視・錯聴コンテスト応募作品

### ① 応募者:

福知山公立大学情報学部准教授

須志田 隆道

早稲田大学データ科学センター講師

森 将輝

岐阜大学工学部教授

近藤 信太郎

### ② 連絡先(at\_を@に置き換えてください):

須志田 隆道(sushida-takamichi\_at\_fukuchiyama.ac.jp)

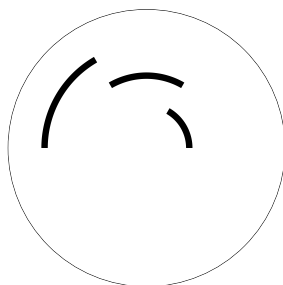
### ③ 作品タイトル:

瞬き誘導型主観色

### ④ 応募作品について:

無彩色の円板を回転させたときに有彩色を知覚するという現象は、主観色としてよく知られた現象であり、強い主観色を出現させる円板として、ベンハムの独楽が有名である。ベンハムの独楽は後述する解説に記載した通りに、白と黒の半円と白半円上の黒い円弧で構成されたものであり、黒い半円の存在とその大きさが主観色の出現に大きく影響している。

本応募作品は、画像 1 の円板を時計回りあるいは反時計回りに回転させたとき(作品 1\*)、意識的に瞬きを繰り返すことで、瞬間的に黒い円弧の後方に強い色味(黄色)を感じることができるという現象であり、「瞬き誘導型主観色」と名付けたものである。意識的な瞬きでなくても、黒いシートで短い時間帯だけ隠しても色味を知覚することができる。隠す色を黒から白にグラデュアルに変更すると、白に近づくにつれて色味が消失することも観察することができる。また、作品 1 を赤いシートで繰り返し隠す操作を行うと、全体として赤みが残るというわけではなく、黒円弧がある箇所の中に、瞬きでは感じるできない赤色を知覚することができるということも興味深い。



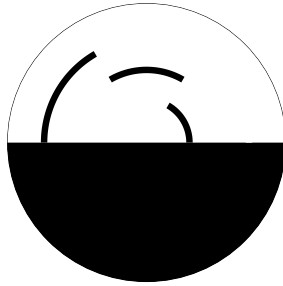
画像 1. 黒半円を取り除いた円板

---

\*作品 1(および作品 2)の円板に、CD 独楽アルミ軸(木のおもちゃ製作所・銀河工房)を使用している。

⑤ 応募作品の背景である回転円板の主観色について:

画像 2(作品 2、典型的なベンハムの独楽の例であり、応募作品ではない)はベンハムの独楽(文献[1])と呼ばれる無彩色の円板の典型的な例であり、円板を回転させることで有彩色を知覚することができる。画像 1 を構成する要素は、白色と黒色の半円と白半円上に配置された黒円弧のみである。黒円弧の配置依存的に、知覚される色味が変化することはよく知られている。しかし、どのような網膜ないし脳における細胞メカニズムで、色味が出現しているのかという根源的な問いに対する厳格な解答は未だ報告されていない。



画像 2. 典型的なベンハムの独楽の例(応募作品ではない)

応募者の研究チームでは、この単純な図形のどの部分が色味の出現に関与しているのかということを神経生理学的な知見をもとにした数理モデル解析によって明らかにすることに主眼を置いている。主観色の出現でよく指摘されるトリガーは、網膜の赤、緑、青の光受容細胞の応答速度の違いである(文献[2])。しかし、いつでも違いがあれば、応募作品として提示している画像 1(作品 1)のような場合でも、瞬きやシートによる遮蔽などの特別な観察方法をとることなく、鮮やかな色味が出現することが期待されるだろう。しかし、実際には画像 2 と同じような色味を観察することができない。すなわち、応答速度の違いを生み出すトリガーとして、別の細胞メカニズムが関与している可能性が極めて高いだろう。

画像 1 と画像 2 の大きな違いは、黒半円の有無である。文献[3]では、高速回転している円板に対して、私たちが知覚できる速度以上に私たちの神経細胞が応答可能であることを反対色のコマというものを提案して示唆している。また、文献[4]では、周囲の明るさ依存的に、赤、緑、青の光受容細胞の応答速度の違いが顕著になるということが、神経生理学分野の研究成果として報告されている。このことから、短い時間であっても網膜上に暗い状態が与えられれば、赤、緑、青の光受容細胞の応答速度の違いが生み出され、色味の知覚に影響しているということが予想できる。短い時間暗い状態を与えるためには、回転している画像 1 の円板を黒いシートなどで、一瞬隠すという方法など外的な要因を与えてもよいが、意識的に瞬きを繰り返すことで色味を知覚することができる。本応募作品は、画像 1 のように、瞬きなしでは色味を感じないものであっても、瞬きをすることで色味を知覚することができるという現象そのものである。さらに、画像 2 のようなものであっても瞬きを行うことで、瞬間的な網膜像とも考えられる色味(パターン)を観察することができる。

本応募資料には掲載しないが、報告済みの数理モデル(文献[5])では、非局所的な情報を得ることができる網膜水平細胞の細胞メカニズムに依存して、赤、緑、青の光受容細胞の応答速度の違いが生み出されることを仮定した微分方程式モデルを提案し、本応募資料で掲載している現象を説明することに成功している。とはいえ、私たちが最終的にどのような色味を知覚することができるのかという解答を示すためには、網膜だけではなく、最終的な視覚的印象を決定する脳の細胞メカニズムを考慮した議論を展開する必要があることは間違いない。本応募作品(瞬きによって誘導される主観色という現象)の報告は、色味の出現に関する本質的な要因が、網膜の細胞メカニズムに由来しているということを示唆したものであると考えている。

⑥ 参考文献:

- [1] von Campenhausen C, Schramme J. 100 years of Benham's top in colour science. *Perception*. 1995;24(6):695–717. doi: 10.1068/p240695. PMID: 7478909.
- [2] Pieron H, Le mécanisme d'apparition des couleurs subjectives de Fechner–Benham, *l'Année Psychologique*. 1922;23:1–49.
- [3] Fukuda H, Ueda K. Opponent colours induced by rotating discs. *Perception*. 2011;40(8):1012–4. doi: 10.1068/p6979. PMID: 22132517.
- [4] Baudin J, Angueyra JM, Sinha R, Rieke F. S-cone photoreceptors in the primate retina are functionally distinct from L and M cones. *Elife*. 2019 Jan 23;8:e39166. doi: 10.7554/eLife. 39166. PMID: 30672735; PMCID: PMC6344076.
- [5] 須志田 隆道, 近藤 信太郎, 森 将輝, 網膜処理機構を基盤とした数理モデルによる主観色の生起要因に関する検証, 錯覚の解明・モデリング・アート化とその応用: 第 19 回錯覚ワークショップ, 2025 年 3 月 3 日.