

# 共感覚色が明るさ知覚に与える影響

宇野 究人  
横澤 一彦

東京大学大学院人文社会系研究科

東京大学大学院人文社会系研究科

色字共感覚とは文字を見たときに特定の色（共感覚色）が喚起される現象である。共感覚色は物理的な明るさの変化に依らず不変であることが示されてきたが、明るさの処理が共感覚色から受ける影響については未検討であった。本研究ではグレースケールの文字刺激を用いて物理的な明るさの比較課題を行い、上記の可能性について検討した。高明るさの共感覚色を励起する文字、低明るさの共感覚色を励起する文字を共感覚者ごとに選出し、標準刺激に対する明るさの主観的等価点を恒常法によりそれぞれ測定した。その結果、各共感覚者と同じ文字刺激を用いて課題を行った非共感覚者と比べ、共感覚者は2条件間の主観的等価点の差が有意に大きく、共感覚色の明るさが高い文字の方がより明るいと感じられた。共感覚色の励起には初期視覚野の活動は影響しないと考えられてきたが、本研究では新たに、励起した共感覚色により低次の視覚情報処理が変容する可能性が示された。

Keywords: Grapheme-color synesthesia, Synesthetic color, Brightness

## 問題・目的

共感覚とは、ある刺激入力に対して、一般的に喚起される感覚に加えて別の感覚も喚起される現象である。その中でも文字を見ると色を感じる現象を色字共感覚と呼び、このとき感じられる色を共感覚色という。

共感覚色は実際の色とは様々な性質が異なっているが、その1つとして、明るさや色の対比効果を受けず、高い恒常性をもつことが示されている (McErlean & Banissy, 2017)。一方で、共感覚色が励起することで低次の色や明るさの処理に影響を与える可能性については、これまで検討されていなかった。共感覚色はV4野の活性化に伴って励起すると考えられているが (Brang, Hubbard, Coulson, Huang, & Ramachandran, 2010)、V4野からはより低次の視覚皮質へのフィードバック経路が存在することが示されており (Gilbert & Li, 2013)、このことを踏まえると共感覚色が低次の色や明るさの処理に影響する可能性は十分に考えられた。

上記の可能性について調べるため、共感覚色が明るさ知覚に与える影響について検討した。もし共感覚色が明るさ知覚に影響するならば、同じ明るさの文字でも、暗い共感覚色を励起する文字より明るい共感覚色を励起する文字の方が明るく知覚されると考えられた。

また、共感覚色の感じ方には共感覚者間で個人差があり、色が文字上に視覚的に投影される投射型と、色が頭の中で浮かぶ連想型に区別される (Skelton, Ludwig, & Mohr, 2009)。色字共感覚の生起に関与する神経基盤には投射型と連想型で差異があることが示唆されており (Van Leeuwen, den Ouden, & Hagoort, 2011)、共感覚色が明るさ知覚に与える影響も異なる可能性が考えられたため、本研究ではいずれの共感覚者でも上記の影響が見られるのか否かも同時に検討した。

## 方法

**参加者** 21名の共感覚者と、32名の非共感覚者が実験に参加した。アンケート調査 (Skelton et al., 2009) に

よって、共感覚者の11名が投射型、10名が連想型と判定された。

**事前課題** 共感覚者は本課題を行う前に、画面上部に示される単独の文字刺激に対して感じられる共感覚色を、RGBカラーパレットを用いて回答する課題を行った。文字刺激は大文字のアルファベット26文字と、0から9のアラビア数字からなり、1回ずつランダムな順番で呈示された。回答された共感覚色は均等色空間であるCIE L\*a\*b\*表色系での値に変換された。CIE L\*a\*b\*表色系におけるL\*は明るさを表し、0から100の値をとる（値が大きいほど明るさが高い）。このL\*の値をもとに本課題の文字刺激が決められた。

**文字刺激** 事前課題で回答された文字の中から、本課題で用いる「標準刺激」「高明るさ刺激」「低明るさ刺激」を1つずつ、共感覚者ごとに選出した。非共感覚者は、投射型1名と同じ文字刺激で1回、連想型1名と同じ文字刺激で1回、計2回本課題を行った。標準刺激と高明るさ刺激はともに共感覚色のL\*の値が78以上であり、標準刺激と高明るさ刺激のL\*の値の差は15未満であった。低明るさ刺激はL\*の値が20以下であり、標準刺激とのL\*の値の差は75以上であった。

**本課題の手続き** 参加者は、画面中央に連続して呈示される文字刺激について、後に呈示された文字が前に呈示された文字と比べて明るいと感じるか暗いと感じるかをキー押しで回答した。文字刺激は一方が標準刺激、もう一方が高明るさ刺激あるいは低明るさ刺激であり、500msのブランク画面を挟んで500msずつ呈示された。また、文字の同定を行わせるため、輝度のみが異なる同じ文字刺激を呈示するダミー試行が混ぜられた。ダミー試行においては文字刺激の明るさの比較を行わず、明るさ判断とは異なるキーを押すことが求められた。

背景の輝度は13.5cd/m<sup>2</sup>、標準刺激の輝度は27.8cd/m<sup>2</sup>で固定されており、高明るさ刺激・低明るさ刺激は標準刺激の輝度±8.1cd/m<sup>2</sup>の間でそれぞれ10種類の輝度の条件が設けられた。

**分析** 実験を中断した非共感覚者2名、ダミー試行の誤答率が平均よりも3SD以上大きかった投射型の共感覚者1名を分析から除外した。高強度刺激・低強度刺激のそれぞれについて、標準刺激に対する明るさの主観的等価点を算出した。なお、連想型の共感覚者1名は、低強度刺激の最大輝度の条件でも標準刺激よりも明るいと判断された割合が50%未満であったため、同じ文字刺激を用いて行われた非共感覚者の本課題（計2回）と合わせて以降の結果の分析から除外した。

## 結果

参加者のタイプと比較刺激の種類ごとの、標準刺激に対する明るさの主観的等価点を表1に示す。

まず、共感覚の有無（共感覚者/非共感覚者）・比較刺激の種類（高強度刺激/低強度刺激）の2変数およびこれらの変数の交互作用を固定効果、用いた文字刺激・参加者の2変数を変量効果とする線形混合モデルを用いて明るさの主観的等価点に関する分析を行った。その結果、交互作用項が有意な予測変数となり、共感覚者では高強度刺激よりも低強度刺激の方が明るさの主観的等価点の値が大きくなることが示された ( $t = 3.38, p = .001$ )。

次に、参加者のタイプに関する2つのダミー変数・比較刺激の種類3変数およびこれらの変数の組み合わせによる交互作用を固定効果、用いた文字刺激・参加者の2変数を変量効果とする線形混合モデルを用いて明るさの主観的等価点に関する分析を行った。2つのダミー変数 [dummy1, dummy2] の値は、投射型共感覚者・連想型共感覚者・非共感覚者の順に、それぞれ [1, 0]・[0, 1]・[0, 0] であった。その結果、dummy2と比較刺激の種類の交互作用項が有意な予測変数となり、連想型の共感覚者では高強度刺激よりも低強度刺激の方が明るさの主観的等価点の値が大きくなることが示された ( $t = 3.12, p = .002$ )。dummy1と比較刺激の種類の交互作用項は有意な予測変数とはならず、投射型の共感覚者では比較刺激の種類による明るさの主観的等価点の値の差はみられなかった ( $t = 1.84, p = .069$ ; 有意傾向)。

表 1. 標準刺激に対する明るさの主観的等価点

	高強度条件	低強度条件
共感覚者	-0.187	0.602
(投射型)	-0.102	0.324
(連想型)	-0.282	0.910
非共感覚者	0.424	-0.007

## 考察

上記の結果は、同じ明るさの文字でも共感覚者では暗い共感覚色を励起する文字より明るい共感覚色を励起する文字の方が明るく知覚されるという仮説を支持

しており、共感覚色が低次の明るさの処理に影響することを示している。このことは、V4野からより初期の視覚皮質へのフィードバックが、色字共感覚の励起に伴って起こることを示唆している。

一方で、共感覚色の感じ方の個人差を要因に含めて検討した結果、連想型の共感覚者では共感覚色の影響が見られたものの、投射型においては比較刺激の種類による影響が有意傾向にとどまった。投射型と連想型の直接比較を行っていないため解釈には注意が必要だが、少なくとも、共感覚色が外部空間に感じられていなくても明るさ知覚に影響を与えられられる。

「バナナ=黄色」といったような物体の記憶上の色が、その物体から知覚される色に影響するという知見 (Hansen, Olkkonen, Walter, & Gegenfurtner, 2006) を踏まえると、共感覚色が外部空間にあるとは感じない連想型で共感覚色が明るさ知覚に影響するのは、共感覚色が記憶上の色と同様の性質を持つからであるという可能性が考えられる。連想型の共感覚者では投射型と比べて、共感覚色の励起に伴い記憶に関連する領域 (海馬・海馬傍回) がより活性化することが示唆されており (Rouw & Scholte, 2010)、共感覚色が記憶色とメカニズムを共有している可能性もある。共感覚色と記憶色の性質については、今後さらなる検証が必要である。

## 引用文献

- Brang, D., Hubbard, E. M., Coulson, S., Huang, M., & Ramachandran, V. S. (2010). Magnetoencephalography reveals early activation of V4 in grapheme-color synesthesia. *NeuroImage*, *53*, 268-274.
- Gilbert, C. D., & Li, W. (2013). Top-down influences on visual processing. *Nature Reviews Neuroscience*, *14*, 350-363.
- Hansen, T., Olkkonen, M., Walter, S., & Gegenfurtner, K. R. (2006). Memory modulates color appearance. *Nature Neuroscience*, *9*, 1367-1368.
- McErlean, A. B. J., & Banissy, M. J. (2017). Color processing in synesthesia: What synesthesia can and cannot tell us about mechanisms of color processing. *Topics in Cognitive Science*, *9*, 215-227.
- Rouw, R., & Scholte, H. S. (2010). Neural Basis of Individual Differences in Synesthetic Experiences. *Journal of Neuroscience*, *30*, 6205-6213.
- Skelton, R., Ludwig, C., & Mohr, C. (2009). A novel, illustrated questionnaire to distinguish projector and associator synaesthetes. *Cortex*, *45*, 721-729.
- Van Leeuwen, T. M., den Ouden, H. E. M., & Hagoort, P. (2011). Effective connectivity determines the nature of subjective experience in graphemecolor synesthesia. *Journal of Neuroscience*, *31*, 9879-9884.