

令和 3 年 6 月 7 日現在

機関番号：34504

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2019～2020

課題番号：19K23362

研究課題名（和文）色字共感覚における共感覚色と物理色の脳内表象の比較

研究課題名（英文）Comparison of neural representations between synesthetic and physical colors in grapheme-color synesthesia

研究代表者

濱田 大佐（Hamada, Daisuke）

関西学院大学・理工学部・助教

研究者番号：70851236

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,000,000円

研究成果の概要（和文）：色字共感覚とは、文字の認知によってある特定の色（共感覚色）の体験を生じさせる現象である。本研究では、共感覚色の選択・決定に物理色感度が寄与する可能性に着目し、共感覚色になり易い色となり難い色に区別して物理色感度との対応関係を検討した。実験の結果、共感覚色と物理色感度が対応することが明らかとなった。この結果は、物理色の弁別特性が、共感覚色になる色とならない色の選択・決定を調整していることを示唆する。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の学術的意義は、共感覚色の規定因の検討に際して知覚特性に着目した点にある。共感覚色の決定に関するほとんどの先行研究は文字要因からアプローチしている。例えば、文字の形態や音韻の類似性が共感覚色の類似性に影響することが示されている。しかし、文字要因からの検討だけでは共感覚色の決定のメカニズムを説明することは困難である。本研究では、共感覚色と物理色感度に対する対応関係があることを明らかにした。この結果は、物理色感度が共感覚色になる色とならない色の選択・決定を調整する可能性を示す。

研究成果の概要（英文）：Grapheme-color synesthesia is a condition in which visual perception of letters induces simultaneous perception of a specific color. Synesthetic colors are found to be concentrated in multiple regions of the color space, forming “synesthetic color clusters” (Hamada, Yamamoto, & Saiki, 2016). The present study investigated whether color sensitivity corresponding to synesthetic color clusters (clustered colors) is higher than color sensitivity that does not correspond to synesthetic color clusters (non-clustered colors). We also investigated whether the color sensitivity is dependent on the synesthetic experience (associators and projectors). We found that the greater the tendency toward associator characteristics, the greater the sensitivity for clustered colors compared to that for non-clustered colors. Our findings suggest an association between synesthetic colors and physical color sensitivity that is modulated by synesthetic experience.

研究分野：認知心理学

キーワード：色字共感覚 共感覚色 物理色

1. 研究開始当初の背景

色字共感覚者は、文字の視認によって色知覚に重要な色覚領域(V4)が活性化することが確認されている(Hubbard et al., 2005)。つまり、色字共感覚は、通常の物理刺激の入力を介さずに、文字の知覚によって色の経験を成立させる。このことは、従来の色覚研究だけでは、色知覚が成立する仕組みの全てを説明できないことを示している。したがって、色知覚の成立に必要な条件を特定していくためには、どのようにして文字知覚から色の体験が生じるのかを明らかにする必要がある。しかし、色字共感覚の知覚特性を捉える上で、共感覚色と通常の物理刺激の物理色が、知覚特性と神経基盤の観点からどのような点で共通しているのかは不明なままである。知覚特性について、共感覚色には、色字共感覚者によって細かく区別されるという特徴があり、物理色に関しても、色字共感覚者は非共感覚者よりも弁別感度が高い(Arnold et al., 2012; Banissy et al., 2013; Barnett et al., 2008; Gimmetstad, 2010; McCarthy & Caplovitz, 2014; Yaro & Ward, 2007)。これは、弁別特性において両者が共通する可能性を示唆する。神経基盤については、共感覚色に関わる領域として、色覚領域(V4)(Hubbard et al., 2005)や頭頂葉(Rouw et al., 2010)などが示されている。また研究代表者はこれまでの研究で、共感覚色が色空間上で特定の色領域に集中する特徴、つまり共感覚色クラスターが存在することを示している。この共感覚色クラスターの発見によって、共感覚色と物理色をより正確に比較するための土台が形成されている。

2. 研究の目的

弁別特性における共感覚色と物理色の共通性について、弁別感度の高い物理色が共感覚色になる色と対応するのかまでは明らかにされていない。より正確な共通性を明らかにするために、心理実験と脳測定を用いて「共感覚色のクラスターの位置と物理色感度が対応するのか」を検討する。

3. 研究の方法

まず予備実験を行い、色字共感覚者ごとの共感覚色クラスターの位置を確認した。共感覚色クラスターに対応する色は共感覚色になりやすい色、一方、共感覚色クラスターに対応しない色は共感覚色になりにくい色であることを示している。次に、研究1では、クラスターの位置と物理色の感度が対応するのかを心理実験により検討した。共感覚群と統制群を対象に、ケンブリッジカラーテストを用いて、共感覚色になりやすい色とになりにくい色の物理色感度を測定した。参加者は、提示されたランドルト環のギャップ(図1)が4ヶ所のうちどの方向に見えたかを、手元(利き手)のコントロールボックスを用いて回答した。ランドルト環と背景の色差は参加者の回答が正解すると小さくなり、不正解であると大きくなった。また、共感覚色に対する主観経験の違いが色感度に影響するかどうかを検討するためにISEQ(Skelton et al., 2009)を用いた。ISEQの得点が高いほど共感覚色を連想的に捉えるアソシエーターであることを示し、得点が低いほど共感覚色を視覚的に捉えるプロジェクターであることを示す。

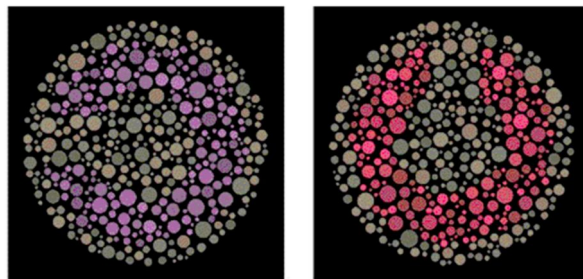


図1 ランドルト環の例

4. 研究成果

本研究計画では、初年度に共感覚色と物理色に共通する知覚特性にアプローチして、それらの知見を踏まえて最終年度では神経基盤にアプローチする予定であった。しかしコロナ禍の影響で実験の実施が制限されたことにより、共感覚色と物理色の脳内表象の比較の実験が実施困難となった。しかし、初年度に行った共感覚者の色感度に関する研究の成果はconsciousness and cognition誌に論文投稿され最終年度で採択されるに至った。本研究では主に以下の3つの知見が得られた。

(1) 本研究では、共感覚色と物理色感度の対応関係を明らかにした。先行研究では、共感覚色の規定因に関して文字要因の影響を報告している。例えば、文字同士の形態の類似性(Brang et al., 2011)、文字の順序性(Eagelman, 2010)、文字の出現頻度(Beeli et al., 2007)などが共感覚色に影響することが示されている。しかし、文字要因の共感覚色への影響は複雑であり、文字要因だけではなぜ共感覚色はその色になったのかを説明することは困難である。本研究では、共感覚色クラスターを利用して色条件を明確に区別して、主観的経験の個人差を考慮して分析した結果、アソシエーターは共感覚色になりやすい色になりにくい色よりも弁別感度が高かった。逆に、プロジェクターは共感覚色になりにくい色になりやすい色よりも弁別感度が高かった。このことは、アソシエーターは感度の高い物理色が共感覚色になり、一方、プロジェクターは感

度の低い物理色が共感覚色になる可能性を示唆する。

(2) 共感覚色クラスターに基づいて共感覚者の物理色感度を測定した点に本研究の新規性がある。先行研究では、共感覚者は共感覚色と対応するかどうかに関係なく非共感覚者よりも色感度が高いことが示されている。しかし先行研究ではアルファベットと数字の36文字程度の色データしか集められていないので、共感覚色と非共感覚色の正確な条件分けが出来ていない可能性がある。本研究では、共感覚色クラスターを利用することで、共感覚者ごとに共感覚色と非共感覚色をより正確に区別することを可能にした。

<引用文献>

1. Arnold, D. H., Wegener, S. V., Brown, F., & Mattingley, J. B. (2012). Precision of synesthetic color matching resembles that for recollected colors rather than physical colors. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *38*, 1078.
2. Banissy, M. J., Tester, V., Muggleton, N. G., Janik, A. B., Davenport, A., Franklin, A., ... Ward, J. (2013). Synesthesia for color is linked to improved color perception but reduced motion perception. *Psychological Science*, *24*, 2390-2397.
3. Barnett, K. J., Foxe, J. J., Molholm, S., Kelly, S. P., Shalgi, S., Mitchell, K. J., & Newell, F. N. (2008). Differences in early sensory-perceptual processing in synesthesia: A visual evoked potential study. *Neuroimage*, *43*, 605-613.
4. Beeli, G., Esslen, M., & Jäncke, L. (2007). Frequency correlates in grapheme-color synaesthesia. *Psychological Science*, *18*, 788-792. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2007.01980.x>.
5. Brang, D., Rouw, R., Ramachandran, V. S., & Coulson, S. (2011). Similarly shaped letters evoke similar colors in grapheme-color synesthesia. *Neuropsychologia*, *49*, 1355-1358. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2011.01.002>.
6. Eagleman, D. M. (2010, March). What has large-scale analysis taught us. *In Meeting of the UK Synaesthesia*. Brighton, UK: Association.
7. Gimmetstad, K. D. (2010). Behavioral assessment of synesthetic perception: Color perception and visual imagery in synesthesia (Doctoral dissertation. University of Missouri, Kansas City, USA).
8. Hubbard, E. M., Arman, A. C., Ramachandran, V. S., & Boynton, G. M. (2005). Individual differences among grapheme-color synesthetes: Brain-behavior correlations. *Neuron*, *45*, 975-985. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2005.02.008>.
9. McCarthy, J. D., & Caplovitz, G. P. (2014). Color synesthesia improves color but impairs motion perception. *Trends in Cognitive Sciences*, *18*, 224-226.
10. Rouw, R., & Scholte, H. S. (2010). Neural basis of individual differences in synesthetic experiences. *Journal of Neuroscience*, *30*, 6205-6213.
11. Skelton, R., Ludwig, C., & Mohr, C. (2009). A novel, illustrated questionnaire to distinguish projector and associator synaesthetes. *Cortex*, *45*, 721-729.
12. Yaro, C., & Ward, J. (2007). Searching for Shereshevskii: What is superior about the memory of synaesthetes? *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *60*, 681-695.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Hamada Daisuke, Yamamoto Hiroki, Saiki Jun	4. 巻 83
2. 論文標題 Association between synesthetic colors and sensitivity to physical colors changed by type of synesthetic experience in grapheme-color synesthesia	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Consciousness and Cognition	6. 最初と最後の頁 102973 ~ 102973
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.concog.2020.102973	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 （ローマ字氏名） （研究者番号）	所属研究機関・部局・職 （機関番号）	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------