

令和 6 年 5 月 21 日現在

機関番号：15401

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2023

課題番号：20K14257

研究課題名（和文）視覚情報に基づく快・不快感の生成機序：心理物理実験と脳活動計測による検討

研究課題名（英文）Underlying mechanisms of visual comfort and discomfort: A study using psychophysical experiments and brain activity measurements

研究代表者

吉本 早苗 (Yoshimoto, Sanae)

広島大学・人間社会科学研究所（総）・助教

研究者番号：80773407

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、心理実験と脳活動計測から視覚情報による感情喚起の機序解明を目的とした。まず、2色が時間的に変化するフリッカ刺激への不快感を測定した。その結果、見かけの色差が大きくなるほど不快感が上昇する傾向がみられた。ただし、2色のうち1色が彩度の高い赤色である場合には、色差に依存せず一貫して強い不快感が喚起された。続いて、刺激観察時の脳活動をfMRIで計測したところ、視覚野を含む脳の後頭部の脳活動と不快感に正の相関がみられた。以上の実験結果は、色知覚に関与する視覚情報処理過程で生じた脳活動の強さが不快感情を喚起することや、時間的に変化する鮮やかな赤色は不快感情と特異的に結びつくことを示唆する。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究から、感情喚起に関わる視覚刺激の特徴の一端を明らかにした。とりわけ健常者に対し不快感情を喚起する視覚刺激は、光過敏性発作を誘発する可能性があることが知られている。日本放送協会と日本民間放送連盟による「アニメーション等の映像表現に関するガイドライン」では、子ども向けのアニメ番組が光過敏性発作を引き起こした事例に基づき、鮮やかな赤色の使用を避けるよう注意喚起されている。本研究結果は、人間の視覚特性と感情の繋がりに関する理解を深めるだけでなく、例えばガイドラインにおいて使用を避けるべきとされている「鮮やかな赤色」に明確な基準を設けるなど、映像の安全性の向上に寄与すると期待される。

研究成果の概要（英文）：In this study, we aimed to reveal the underlying mechanisms of visual comfort and discomfort using psychological experiments and brain activity measurements. For this purpose, we measured the discomfort elicited by flickering stimuli with two changing colors over time. We found that discomfort level increased as the perceived chromatic contrast increased. However, when one of the two colors was a highly saturated red, strong discomfort was consistently induced regardless of chromatic contrast. Meanwhile, brain activity during stimulus observation measured using fMRI showed a positive correlation between activity in the posterior part of the brain, including the visual cortex, and discomfort. These results suggest that the strength of brain activity on visual processing involved in color perception induces discomfort, and that vivid red colors changing over time are specifically associated with discomfort.

研究分野：実験心理学

キーワード：視覚 情動 感性 フリッカ 不快感 色覚 脳活動 fMRI

## 1. 研究開始当初の背景

幾何学模様や光の点滅(フリッカ)といった単純な視覚パターンが快感情や不快感情を喚起することがある。とりわけ健常者が不快に感じる視覚パターンは、眼精疲労や頭痛、めまいといった症状を引き起こすことがある。深刻なケースでは、痙攣や意識障害を伴う光過敏性発作を誘発するおそれがある。1997年にテレビで放映された人気アニメ番組「ポケットモンスター」では、赤色と水色が高速で切り替わるフリッカ効果が演出に用いられたエピソードがあり、その視聴者が光過敏性発作と思しき症状を訴えて病院に搬送された事件があった。病院に搬送された視聴者は全国で約700名にも上った。このような事件を未然に防ぎ、映像の安全性を確保するためにも、感情喚起に関わる視覚刺激の特徴を明らかにすることは重要である。

不快感をもたらす視覚刺激の特徴に関する従来の研究では、主に静止画像に対する主観的な不快感が測定されてきた。その結果、自然画像がもつ空間構造(1/f フーリエ振幅スペクトル)から離れる画像ほど不快に感じられることが明らかになった(Fernandez & Wilkins, 2008; Juricevic et al., 2010)。人間の視覚系は自然画像を少ない神経活動で効率的に処理すると考えられていることから(Field, 1987)、自然画像の特徴から離れるほど視覚情報処理に要する神経活動が増大し、それが不快感情をもたらすと説明されている(Wilkins, 2016)。実際に、Haigh et al. (2013) は、2色の格子パターンの色差が大きくなるほど不快感が強まり、同時に視覚野を含む脳の後頭部の神経活動(NIRSによる脳血流動態反応)が増大することを見出した。

光の明滅(フリッカ)のような時間的に変化する視覚パターンについても、静止画像と同様の機序で不快感が生じることが示唆されている(Yoshimoto et al., 2017, 2019)。しかしながら、静止画像に比べると知見が蓄積されていない。特に色が時間的に変化するフリッカパターンは、上述のような有害な影響をもたらすうるが、感情喚起に関するシステムティックな研究は国内外ともに行われていない。

## 2. 研究の目的

(1) フリッカ刺激の色を操作し、快・不快感に関与する刺激特徴を心理実験によって特定することを目的とした。

(2) 心理実験から特定した快・不快感をもたらす刺激観察時の脳活動を計測し、感情喚起に関わる色情報処理のレベルを脳活動から検証することを目的とした。

## 3. 研究の方法

(1) 時間次元において快・不快感に関与する刺激の特徴を特定するため、まずは強い不快感を喚起しうる2色の有彩色フリッカを用いて実験参加者の主観的な不快感を測定した。2色の選定には、色覚の標準モデル(De Valois, De Valois, Switkes, & Mahon, 1997)に基づき、色情報処理の異なる段階を反映する複数の色空間を用いた。高次の色情報処理を反映する色空間としては、均等色空間のひとつであるCIE L\*a\*b\*色空間を用い、低次の色情報処理を反映する色空間としては、反対色メカニズムを反映するDKL色空間(Derrington, Krauskopf, & Lennie, 1984)を用いた。L\*a\*b\*色空間から選定した色は、マンセル表色系で基本色相とされる5色(赤, 黄, 緑, 青, 紫)とその中間色(黄赤, 黄緑, 青緑, 青紫, 赤紫)の計10色とした。一方で、DKL色空間から選定した色は、L-M軸上とS軸上にある計4色とした。いずれの色も彩度が最大となるよう設定した。実験に用いた刺激の色の一例を図1に示す。不快感の評定には、従来のリッカートスケールを用いた。

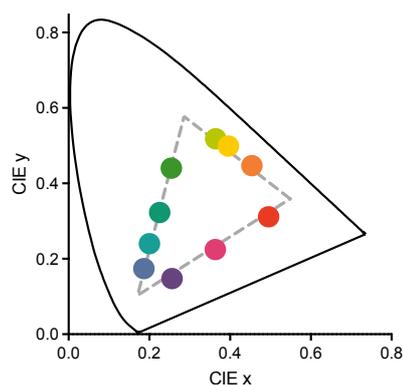


図1 刺激に使用した色の一例

(2) 続いて、心理実験で特定した不快感に影響を与える刺激の特徴を操作し、刺激観察時の脳活動をfMRI(機能的磁気共鳴法)で計測した。視覚情報処理過程で生じた脳活動の大きさが不快感に結びつくという従来の説明が支持される場合、刺激観察時に脳活動を増大させる刺激に対して不快感が強まると考えられる。

#### 4. 研究成果

(1) フリッカを構成する2色を  $L^*a^*b^*$  色空間から選定した条件では、不快感は色の組み合わせにより異なった。一方で、DKL 色空間から選定した条件では、不快感に変化はみられなかった。以上の結果から、有彩色フリッカが喚起する不快感は、色の知覚に関与する色情報処理の高次の段階で生じていることが示唆された。

$L^*a^*b^*$  色空間で色を操作した実験結果の一部を図 2a に示す。2色のうち1色を赤、緑、青、黄のいずれかで固定したところ、赤で固定した条件では一貫して不快感が強かった。それ以外の条件では、2色の色差が大きくなるほど不快感が強まる傾向がみられた。しかしながら、それぞれの不快感のピークは、色差が最も大きい組み合わせ（図内の矢印で示した条件）ではなく、赤色との組み合わせ（図内の赤い破線で囲った条件）で観測された。図 2a から、フリッカに赤色を含む条件と含まない条件で不快感をまとめた結果を図 2b に示す。赤色を含むフリッカに対する不快感は、赤色を含まないフリッカに対する不快感よりも強いことがわかった。この結果は、赤色の彩度が高い条件でのみ観察された。以上の結果は、フリッカ刺激がもたらす不快感に見かけの色差が影響するだけでなく、鮮やかな赤色の時間的な変化が不快感と特異的に結びつくことを示唆する。

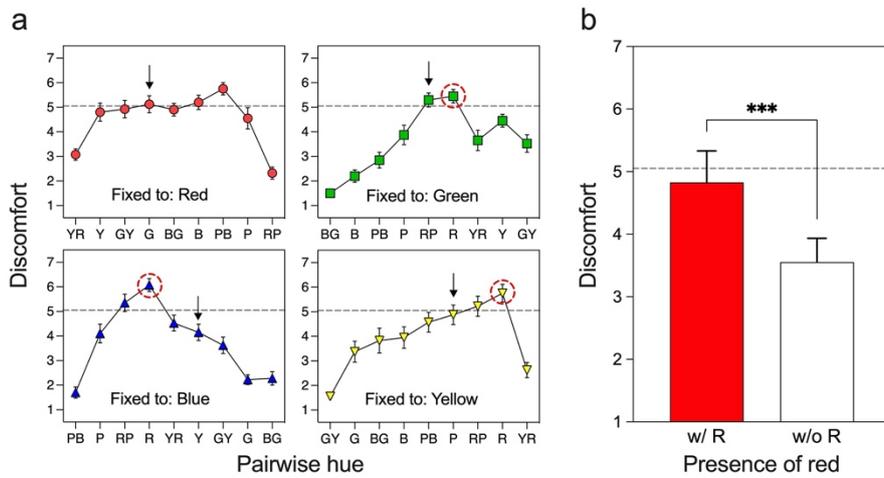


図 2 (a) 固定した色条件毎に示した不快感, (b) 赤色を含む条件と含まない条件の不快感

(2) 心理実験で得られた結果に基づき、赤、緑、青、黄の4色から2色を組み合わせたフリッカ刺激を生成し、刺激観察時の脳活動を fMRI で計測した。同時に、刺激に対する不快感を測定した。実験の結果を図 3 に示す。刺激に赤色を含まない場合には不快感と色差に正の相関がみられることや (図 3a)、刺激に赤色を含む条件では赤色を含まない条件よりも不快感が強いことを確認した (図 3b)。また、視覚野を含む脳の後頭部において、不快感の評定値と脳活動に正の相関がみられた。さらに、赤色を含む刺激観察時の脳活動のほうが赤色を含まない刺激観察時の脳活動よりも統計的に有意に大きかった脳部位を探索したところ、後頭部で有意な活動の差がみられた (図 3c)。

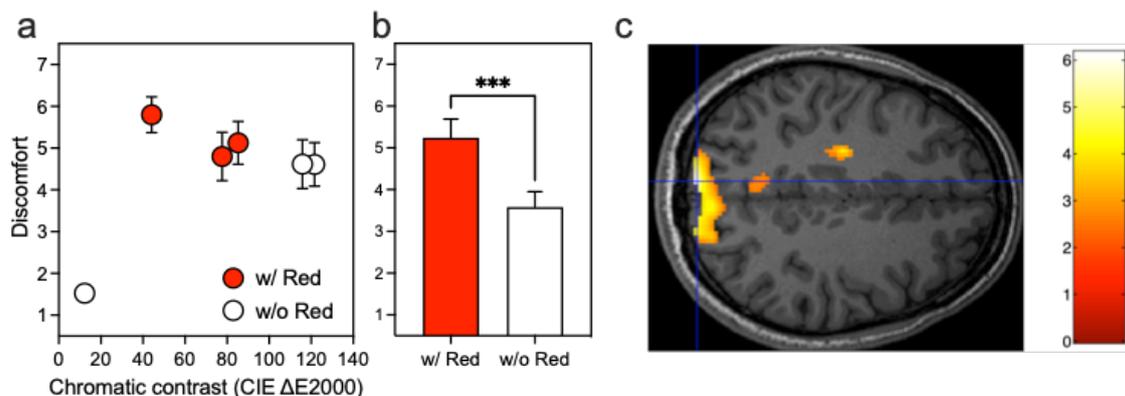


図 3 (a) 色差毎にプロットした不快感, (b) 赤色を含む条件と含まない条件の不快感, (c) 赤色を含む刺激観察時に脳活動が大きくなった脳部位

本研究で得られた成果は、視覚情報処理過程で生じた脳活動の強さが不快感を喚起するという従来の説明 (Wilkins, 2016) を支持する。色の選好は、視覚野ではなく PMC (posterior midline cortex) における脳活動に影響を及ぼすことが示唆されていることから (Racey et al., 2019), 色に対する不快感は快感情とは異なる機序で生じると考えられる。この点については、今後さらなる検討が必要である。

<引用文献>

- Derrington, A. M., Krauskopf, J., & Lennie, P. (1984). Chromatic mechanisms in lateral geniculate nucleus of macaque. *Journal of Physiology*, 357, 241-265. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.1984.sp015499>
- Fernandez, D., & Wilkins, A. J. (2008). Uncomfortable images in art and nature. *Perception*, 37(7), 1098-1113. <https://doi.org/10.1068/p5814>
- Field, D. J. (1987). Relations between the statistics of natural images and the response properties of cortical cells. *Journal of the Optical Society of America A*, 4(12), 2379-2394. <https://doi.org/10.1364/JOSAA.4.002379>
- Haigh, S. M., Barningham, L., Berntsen, M., Coutts, L. V., Hobbs, E. S. T., Irabor, J., Lever, E. M., Tang, P., & Wilkins, A. J. (2013). Discomfort and the cortical haemodynamic response to coloured gratings. *Vision Research*, 89, 47-53. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2013.07.003>
- Juricevic, I., Land, L., Wilkins, A., & Webster, M. A. (2010). Visual discomfort and natural image statistics. *Perception*, 39(7), 884-899. <https://doi.org/10.1068/p6656>
- Wilkins, A. J. (2016). A physiological basis for visual discomfort: Application in lighting design. *Lighting Research and Technology*, 48(1), 44-54. <https://doi.org/10.1177/1477153515612526>
- Yoshimoto, S., Garcia, J., Jiang, F., Wilkins, A. J., Takeuchi, T., & Webster, M. A. (2017) Visual discomfort and flicker. *Vision Research*, 138, 18-28. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2017.05.015>
- Yoshimoto, S., & Takeuchi, T. (2019) Effect of spatial attention on spatiotopic visual motion perception. *Journal of Vision*, 19(4):4, 1-19. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2019.04.010>

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Yoshimoto Sanae, Hayasaka Tomoyuki	4. 巻 22
2. 論文標題 Common and independent processing of visual motion perception and oculomotor response	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Vision	6. 最初と最後の頁 1~20
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1167/jov.22.4.6	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 -
1. 著者名 吉本 早苗	4. 巻 -
2. 論文標題 照明とのストレスフリーな付き合い方	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 証明知識	6. 最初と最後の頁 26~27
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
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 -
1. 著者名 吉本 早苗	4. 巻 64
2. 論文標題 フリッカによる不快感と視覚特性	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 心理学評論	6. 最初と最後の頁 175~188
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Yoshimoto, S., Jiang, F., Takeuchi, T., Wilkins, A. J., Webster, M. A.	4. 巻 173
2. 論文標題 Visual discomfort from flicker: Effects of mean light level and contrast	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Vision Research	6. 最初と最後の頁 50-60
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.visres.2020.05.002	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 該当する

1. 著者名 和崎 夏子、竹内 龍人、吉本 早苗	4. 巻 32
2. 論文標題 地下鉄路線図の探索における視線パターンに対する色情報の影響	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 VISION	6. 最初と最後の頁 93～106
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.24636/vision.32.4_93	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 -

1. 著者名 吉本 早苗、竹内 龍人	4. 巻 73
2. 論文標題 特集「目」の神経学 錯視を生み出す視覚のメカニズム-目から脳へ	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 BRAIN and NERVE	6. 最初と最後の頁 1243～1248
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11477/mf.1416201924	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計10件(うち招待講演 2件/うち国際学会 0件)

1. 発表者名 飯塚 日向子、吉本 早苗、竹内 龍人
2. 発表標題 有彩色フリッカと視覚的不快感
3. 学会等名 日本基礎心理学会第41回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 未永 遥和、吉本 早苗
2. 発表標題 パッケージデザインと視覚的注意の向きやすさ
3. 学会等名 日本基礎心理学会第41回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 原田 泰彦、吉本 早苗
2. 発表標題 低色温度光が認知パフォーマンスに与える影響
3. 学会等名 照明学会2022年度（第55回）全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 吉本 早苗、吉田 昌弘、原田 泰彦
2. 発表標題 「エビデンス・ベースド・デザイン」について考える - 光で、人が感じる快・不快とは？
3. 学会等名 株式会社遠藤照明オンラインセミナー（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 吉本 早苗、高野 莉緒
2. 発表標題 アイシャドウの色と明るさが目の大きさ知覚に与える影響
3. 学会等名 日本基礎心理学会第40回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 三輪 響、吉本 早苗
2. 発表標題 ぼけの知覚における色と輝度の相互作用
3. 学会等名 日本視覚学会2021年冬季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉本 早苗, 早坂 智幸
2. 発表標題 運動視の同化・対比と眼球運動の関係
3. 学会等名 日本視覚学会2021年冬季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉本 早苗, 三輪 響
2. 発表標題 色情報がエッジの認識に与える影響
3. 学会等名 日本基礎心理学会第39回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 原田 泰彦, 吉本 早苗
2. 発表標題 照明の色温度が対人コミュニケーションに与える影響
3. 学会等名 照明学会2023年度(第56回)全国大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 吉本 早苗
2. 発表標題 視覚と感情 - 光がもたらす快・不快 -
3. 学会等名 慶應義塾大学環境情報学部「知覚・認知モデル論1」特別講義(招待講演)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 有彩色フリッカの不快感評価方法及び不快感評価装置	発明者 吉本 早苗	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2023-203875	出願年 2023年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

第15回錯視・錯聴コンテスト入賞 作品名：舞い落ちる花びら錯視 作者名：吉本 早苗, 竹内 龍人 <a href="https://www.ritsumei.ac.jp/~aki.taoka/sakkon/sakkon2023x.html">https://www.ritsumei.ac.jp/~aki.taoka/sakkon/sakkon2023x.html</a>
---

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
---------	---------