

## 色刺激による輝度刺激由来の脳活動の抑制

## The suppression of luminance induced brain activity by chromatic stimuli

根岸一平 Ippei Negishi 高知工科大学  
 篠森敬三 Keizo Shinomori 高知工科大学

Kochi University of Technology  
 Kochi University of Technology

**Keywords:** 色覚, 脳情報, fMRI.

## 1. はじめに

色情報と輝度情報の相互作用の存在は過去に多く指摘されており, その中には色刺激による輝度情報の抑制を示唆する研究も存在する[1,2]. 我々は過去の研究において fMRI を用いて局所的に配置した色パッチの彩度の変化が輝度パターンに由来する脳活動に与える影響を fMRI を用いて測定し, V1 において色刺激によって輝度情報の抑制が行われているという結果を得た[3,4]. 本研究においては, この抑制効果がどのような機序によって発生しているのかを調べるため, 網膜上の色刺激位置に対応する脳部位とそうでない部位における抑制効果の有無について, 比較検討を行った結果を報告する.

## 2. 実験方法

## (1) 被験者

実験1および2では13名, 実験3では4名の被験者が実験に参加した. 被験者は全員視力正常または矯正視力正常で, 色覚正常であった.

## (2) 実験装置

MRI装置はシーメンス社のVerio(3T)を用いた. 被験者はMRI装置内で色彩輝度計によって校正済みの液晶プロジェクタからスクリーンに投影された画像を観察した. 観察距離は69cmで, 視野角は $31.5^{\circ} \times 25.2^{\circ}$ であった.

## (3) 実験手順

実験1~3において実験手順は共通であった. 15sの刺激フェーズとそれに続く15sの休憩フェーズを併せて1つのトライアルとした. 刺激フェーズでは視覚刺激とそれをピクセル単位でスクランブルしたパターンが1Hzで交互に呈示され, 被験者は中央の注視点を固視するように教示された. 休憩フェーズでは始めの5s間で被験者の覚醒状態の確認のため, 色覚とは無関係な中心窩での形状変化知覚タスクを行い, 残りの10s間

は何も行わなかった. 休憩フェーズの間は, 中心部呈示の知覚タスク刺激を除き, 黒背景を呈示した. 本実験では, fMRIを用いて刺激フェーズ中の脳活動の計測を行った.

## 3. 実験1

## (1) 視覚刺激

図1に視覚刺激の概要を示す. 無彩色の楕円を複数重ねた背景上に, 黒色のふちの付いた10個の色パッチを円周上に配置した(左図). この視覚刺激を, ピクセル位置をスクランブルしたものが右図である. 色パッチの色相(マンセル表色系におけるHue)は全て異なり, その位置はトライアルごとにランダムな場所に配置された. 彩度(マンセル表色系におけるChroma)はトライアル内では6, 4, 2, 0の4条件のいずれかに固定された. 明度(マンセル表色系におけるValue)は全トライアルを通して5であった. また, 刺激フェーズを通してスクリーンの中央に白色の注視点を呈示した.

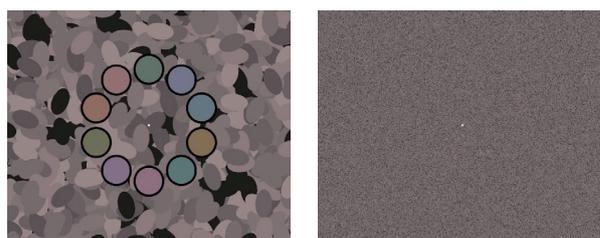


図1 視覚刺激 (実験1)

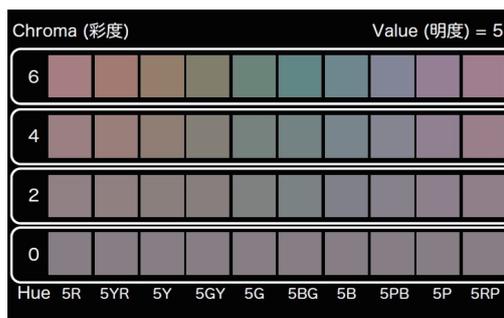


図2 色パッチの詳細 (実験1・2)

## (2) 実験結果

V1, V2, V3, V3A/B, hV4, LO1 の脳領域における各彩度条件観察時の脳活動を図3に示す. 被験者によって全体的な活動の大きさにばらつきはあったものの, 全ての領域で彩度0条件より彩度2条件での活動が有意に小さかった. また, 脳活動の大きさは彩度の高さと単純に相関せず. 無彩色 (彩度0) 条件での脳活動が全条件で一番大きく, 有彩色条件においては彩度が高いほど大きな脳活動がみられた.

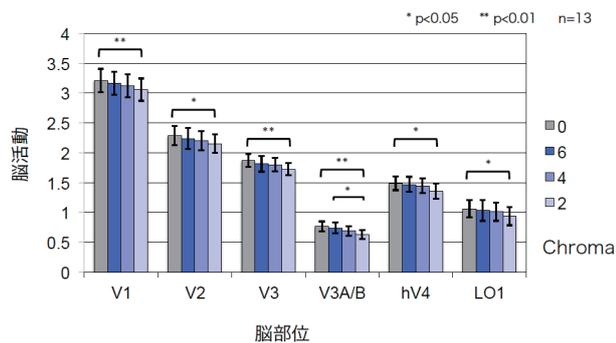


図3 彩度条件による脳活動 (実験1)

## 4. 実験2

実験1において彩度条件によって脳活動の大きさに違いが見られたが, この結果が色パッチによって輝度由来の脳活動が抑制によるものなのか色パッチそのものに対する脳活動の違いによるものなのかは区別ができない. そこで, 実験2では実験1で用いた視覚刺激から背景の輝度パターンを除去して実験を行った (図4). もし実験1の結果が色パッチに対する脳活動の違いであったならば実験2でも同様の結果が得られ, 実験1の結果が輝度湯隊の脳活動の抑制によるものであれば実験2では彩度条件による結果の違いはみられないことになる.



図4 視覚刺激 (実験2)

## (1) 視覚刺激

図4に視覚刺激の概要を示す. 実験2では, ピクセル位置をスクランブルした刺激について, そのピクセル存在範囲を色パッチの存在場所に限定した (右図).

## (2) 実験結果

実験2ではいずれの脳領域においても彩度条件による有意な脳活動の差はみられなかった. このことから, 実験1の結果は輝度刺激による脳活動が色パッチの存在によって抑制されたためと考えることができる.

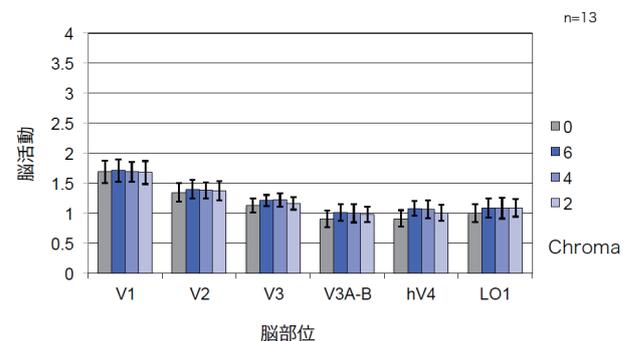


図5 彩度条件による脳活動 (実験2)

## 5. 実験3

実験1・2によって色刺激によって輝度刺激由来の脳活動が抑制されることが示された. しかし, 色パッチが視野の全方位に配置されていたために抑制が色パッチ付近の限られた領域で起こるのか, それとも全視野で起こっているのかの区別は付かなかった. そこで実験3では色パッチの呈示位置を左右視野のどちらかに限定した刺激条件を用いて, 色パッチを呈示した視野に対応する脳部位 (反側半球) とそうでない脳部位 (同側半球) における抑制の有無および大きさを比較することによって, 抑制がローカルな現象であるのかそれともグローバルな現象であるのかを明らかにする.

## (1) 視覚刺激

実験3では色パッチの数を4つに変更し, 左側の2つのみ有彩色のもの (図5左), 右側の2つのみ有彩色のもの (図5右), 全て無彩色のもの3条件で実験を行った. 有彩色パッチの彩度は2で, 色相は円方向に連続的に変化して全ての色相を含むものとした. 有彩色・無彩色パッチともに明度は実験1・2と同様に5に設定した.

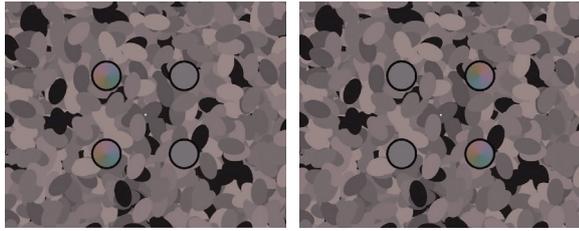


図6 視覚刺激 (実験3)

## (2) 実験結果

左側および右側有彩色条件における反側半球および同側半球の V1 における脳活動を図7に示す。縦軸は各被験者の無彩色（抑制なし）条件での脳活動で正規化しており、反側・同側半球ともに有意に1より小さいことからどちらの半球でも抑制が起こっていることがわかる。また、反側半球と同側半球での活動に有意な差が見られないことから全視野において同等に抑制がかかっていることが示唆される。

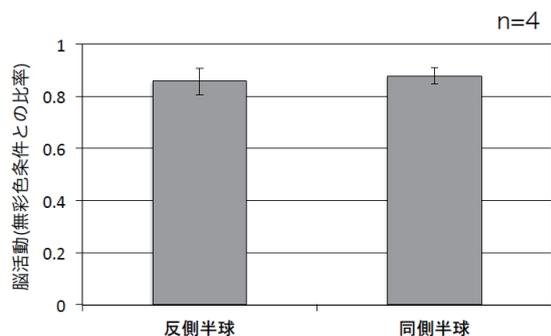


図7 片側有彩色条件における反側および同側半球の活動

## 6. まとめと考察

実験1・2の結果から、色刺激によって輝度刺激に由来する脳活動が抑制されることがわかった。また、色情報が強さ（彩度が大きい）と抑制の強さが比例するといった単純なものではなく、逆に色情報が強いほど抑制が弱くなるといった結果が得られた。このことから、はじめに抑制を行うかどうかを色情報の有無によって決定し、抑制を行う場合には色情報の強さによって抑制量を決定するという二段階の処理が行われていることが示唆される。抑制を行うかどうかを判断する際の色刺激の閾値の大きさや閾値付近での振

舞いに関しては未だわかっていないものの、この抑制により色情報を含まない刺激を観察している際には輝度に対する感度を最大化し、色情報を含む刺激を観察している際には輝度に対応する脳活動を抑制することによって色情報に対応する信号の S/N を必要なだけ向上させるというように輝度情報と色情報に対する感度の最適化を行っているのではないかと推測される。

また、実験3の結果から、抑制が視野全体で均一にかかっていることが示唆された。このことから、抑制の有無を決定する信号は視野依存性を持たない、または視野依存性の小さい腹側経路からのフィードバックではないかと推測される。このことは、色情報が主に腹側経路において処理されているという知見[5]とも一致する。

## 謝辞

本研究は科研費(24300085)の助成を受けたものである

## 参考文献

- 1) E. Switkes, A. Bradley and K. K. De Valois: Contrast dependence and mechanisms of masking interactions among chromatic and luminance gratings, *JOSA A* 5(7) (1988) 1149-1162
- 2) F. A. A. Kingdom, J. Bell, E. Gheorghiu and G. Malkoc: Chromatic variations suppress suprathreshold brightness variations, *Journal of Vision* 10(10) (2010) 1-13
- 3) I. Negishi and K. Shinomori: Low-Chroma Colors Suppresses Luminance-driven Brain Activity Measured by fMRI, *AIC 2015 Proceedings* (2015) 1132-1135
- 4) I. Negishi and K. Shinomori: Spatial property of luminous signal suppression by presentation of colour patches, *ICVS Abstract Book* (2015) 74
- 5) M. Goodale and A. Milner: Separate Visual Pathways for Perception and Action, *Trends in Neuroscience* 15(1) (1992) 20-25