

## 調和配色・不調和配色における脳活動の差異

### Differences in brain activity between color harmony and disharmony

池田尊司	Takashi Ikeda	大阪大学	Osaka University
松吉大輔	Daisuke Matsuyoshi	大阪大学	Osaka University
澤本伸克	Nobukatsu Sawamoto	京都大学	Kyoto University
福山秀直	Hidenao Fukuyama	京都大学	Kyoto University
苧阪直行	Naoyuki Osaka	京都大学	Kyoto University

**Keywords:** 機能的磁気共鳴画像法 (fMRI), 色彩調和, 神経美学, 内側前頭前野, 扁桃体.

#### 1. はじめに

「美しさ」とは何かというテーマに対し実験的に検討を行う実験美学は、近年では神経科学的手法を用いてその神経基盤を探求する神経美学と呼ばれる領域へと発展している。本研究では美的な印象をもたらす色彩調和に着目し、調和している配色を観察しているときと不調和な配色を観察しているときの脳活動の違いを、非侵襲的に脳活動を計測できる機能的磁気共鳴画像法 (fMRI) を用いて検討を行った。本研究ではニュートラルな配色と比較したときに調和配色、および不調和配色で強く活動する領域を探索することを目的とした。

なお本研究では色彩調和を規定する要因を絞り込むため、観察される配色刺激には同一面積を持つ抽象的な2色配色を用いた。また、調和・ニュートラル・不調和配色の決定に関しては実験者が事前に定めるのではなく、各実験参加者の主観的な評価に基づいた。

#### 2. 手続き

##### (1) 予備調査

実験参加者は健常成人 18 名(男性 12 名・女性 6 名, 19-30 歳)であった。全員右利きで、視力は正常(矯正含む)であった。色覚は石原式学校用色覚異常検査表を用いて検査し、全員が正常であることを確認した。

視覚刺激は液晶ディスプレイに提示され、実験参加者は約 80cm の距離から観察した。刺激の輝度および色度の計測には色彩輝度計(ユニカミノルタ社製 CS-100A)を使用した。反応取得にはキーボードを用いた。実験は暗室内で行われたが、色覚検査時には色評価用 D65 蛍光灯を使用した。

刺激に用いた色は6色相(赤・オレンジ・黄・緑・青・紫)4トーン(vivid・pale・light grayish・dark)に3つの無彩色(白・灰・黒)を加えた全27色で、予備調査ではこれらを全て組み合わせた351通りの2色配色を用いた。刺激の色度はPCCSに基づいて設定したが、fMRI実験に用いたプロジェクタの色域および輝度レンジを考慮し、CIELAB色空間を用いて同じ色度を再現できるように作成した。刺激には視角8°の正方形で、中に4つの正方形(1辺は4°)が含まれていて対角線上に同じ色が配置されたパターンを用いた。刺激は中央に提示され、背景はニュートラルな灰色(120.7 cd/m<sup>2</sup>)であった。予備調査では9段階で調和感の評定を求めた(1: 不調和, 9: 調和)。

予備調査の結果より、fMRI実験では全実験参加者に同じ刺激を適用せず、予備調査の結果に基づいて実験参加者ごとに30個ずつ効果的な刺激を選定する方法を採用した。

##### (2) fMRI 実験

予備調査に参加した18名の実験参加者に対してfMRIによる脳機能計測実験を行った。

視覚刺激は液晶プロジェクタを用いて、ヘッドコイル上に固定されたスクリーンに提示された。実験参加者には目の前方に設置された鏡を通して約30cmの距離から観察させた。頭部運動を抑制するために実験参加者の頭を左右からフォームパッドで固定した。MRI装置内の騒音を軽減するため、実験参加者には耳栓を装着させた。刺激の輝度および色度の計測には前述の色彩輝度計を使用し、予備調査で用いた刺激と同等になるように調整した。反応取得にはMRI用の4ボタン反応ボックスを用いて右手で操作させた。

実験は試行ごとの脳活動の変化をとらえる事象関連(event-related)デザインを採用した。実験開始後、黒色の注視点が提示され、次に配色刺激または白色注視点が2500ms提示された。配色刺激が提示された場合、実験参加者には3段階(不

調和-ニュートラル-調和)で評定を求めた。不調和だと感じたら人差し指, ニュートラルでは中指, 調和では薬指に対応するボタンを, できるだけ速く押すように教示を行った。また, 白色注視点が提示された場合にはキャッチ試行となり, これはいずれかのボタンを押すだけの課題であった。試行間間隔は 2000・2500・3000ms のうちからランダムに選ばれた。この間は常に黒色注視点が提示されていた。同様の判断が長期間連続することを防ぐため各カテゴリーに対応する試行の出現順序はランダムとした。ただしこの予備調査によるカテゴリー分類は各条件でほぼ同数の反応が得られることを期待するものであり, データ解析においてはスキャナ内での実験参加者のボタン押しによる反応に従った。1セッションは約10分であり, 約1分の休憩を挟んで2セッション行った。

データの取得には 3 テスラの MRI スキャナ (Siemens 社製 Trio) を使用した。機能画像は EPI 法で撮像した (TR = 2500ms, TE = 30ms, Flip Angle = 90°, Voxel Size = 3mm × 3mm × 3mm, 36 slices)。頭部の空洞と接する領域の歪みを抑えるために AC-PC ラインに平行な線分に対して 30° 傾けてスライス平面を設定し, 信号の欠損を抑えた<sup>1)</sup>。この操作により一部の実験参加者の頭頂領域が撮像範囲から外れた。また, 実験セッション後に T1 強調構造画像を取得した (Voxel Size = 0.94mm × 0.94mm × 1mm, 208slices)。

### 3. 結果と考察

条件ごとの反応数に対して分散分析を行ったところ, 18名分の条件ごとの反応数には有意な差はみられなかった [ $F < 1$ ]。反応時間に対して行った分散分析は有意であり [ $F(3, 51) = 83.65, p$

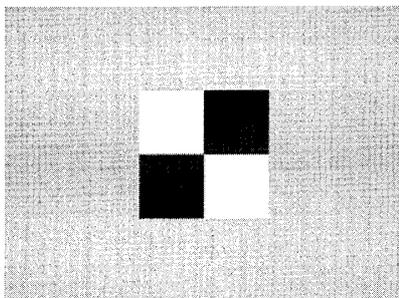


図1 2色配色刺激の例  
対角線上には必ず同じ色が割り当てられた。

<.001], 多重比較の結果, 最も短いのはキャッチ試行であり, 調和・不調和条件が次いで同程度, そしてニュートラル条件が最も長いことが示された。

脳活動の解析には MATLAB 上で動作するソフトウェアである SPM8 を使用し, 頭部運動の補正・MNI テンプレートへの標準化・空間的平滑化を行った。その後スキャナ内での実験参加者の反応に従って事後的に分類された調和・ニュートラル・調和条件に対して解析を実施し, 有意な活動を示した領域を同定した (uncorrected,  $p < .001$ )。活動領域の解剖学的同定は MNI からの座標変換を行った後に Talairach アトラス<sup>2)</sup>を用いた。

脳活動解析の結果, ニュートラル条件と比較して調和条件では, 左内側前頭前野で有意な活動増加がみられた。対して, 不調和条件では両側の扁桃核で有意な活動増加がみられた。内側前頭前野は報酬関連, 特に二次報酬のような高次機能に関する報告が多くなされている領域であり, また, 扁桃核は「美しさ-醜さ」という次元のみならず生存等に関わるより低次の刺激にも反応することから, 不調和配色の観察とそれに続く判断は調和時とは異なった様式で処理がなされている可能性が考えられる。

### 参考文献

- 1) R.Deichmann, J.A.Gottfried, C.Hutton and R.Turner: Optimized EPI for fMRI studies of the orbitofrontal cortex. Neuroimage 19 (2003) 430-441
- 2) J.Talairach and P.Tournoux: Co-Planar Stereotaxic Atlas of the Human Brain: 3-Dimensional Proportional System: An Approach to Cerebral Imaging. Thieme (1988)

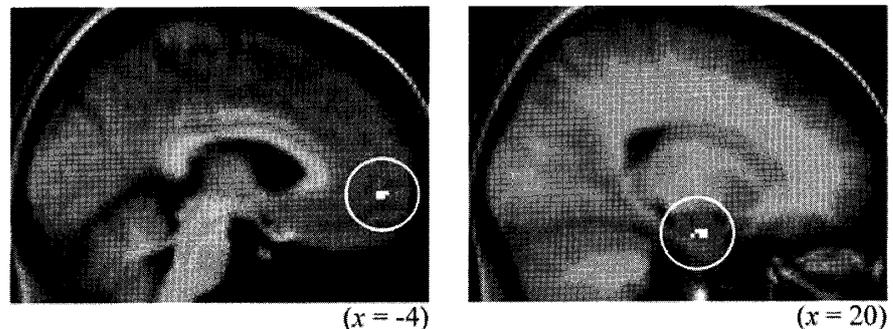


図2 各条件間の比較による有意な活動領域  
(左: 調和>ニュートラル, 右: 不調和>ニュートラル)  
x 座標は Talairach and Tournoux (1988) に準ずる。