

輝度勾配刺激の条件が表面色モード知覚に及ぼす影響

山内 泰樹・内川 恵二

東京工業大学 工学部 像情報工学研究施設

〒226-8503 横浜市緑区長津田町4259

1. はじめに

色の見えのモードは表面色モードと開口色モードに大別できるが、どちらのモードになるかは刺激の呈示条件で決まることが知られている¹⁾。刺激の輝度を増加させた場合、その刺激の色の見えは表面色モードから開口色モードへと変化する。これまでに、複数色の色票からなる周辺刺激中のテスト刺激の輝度を変化させ、その見えが完全な表面色モードである限界点を求めた。その結果、表面色モードの限界点はテスト刺激の色によらずほぼ一定の明るさとなり、周辺刺激中の最も明るいものを超えなかった²⁾。また、刺激に輝度勾配を設けて同様の実験を行ったところ、刺激の照明状況までを考慮して表面色モードの判断がなされた可能性を示す結果が得られた³⁾。

本研究では見えのモードの決定要因を調べるため、輝度勾配を有する刺激を用いて、表面色モード知覚の限界輝度を求めた。特に、テスト刺激の呈示位置を変化させた条件と、周辺刺激の形状を変化させた条件で表面色モードの限界輝度を測定し、表面色モード知覚に対するこれらの条件の影響を調べた。

2. 実験方法

2.1 原理

色の見えのモードは、テスト刺激とその周辺の刺激間の輝度条件を適切に設定することで決まる。刺激はCRT上に呈示される。周辺

刺激は複数色の色票を模擬した色刺激から構成され、テスト刺激の輝度を被験者が調整する。輝度が十分高ければテスト刺激は開口色モードに、また十分に低ければ表面色モードに見える。そして、テスト刺激の見えが、完全な表面色モードの見えから開口色モードの見えが混在し始める点を表面色モードの限界点として求めた。

2.2 装置

実験装置は被験者用ブースと刺激用ブースの2つからなり、両ブースの境界にはシャッタを有する14 cm×8 cmの開口が設けられている。被験者用ブース内はD₆₅模擬蛍光灯で照明されており、照度は被験者の手で90 lxである。一方、刺激用ブースは暗黒で、CRTが置かれている。CRTの前部には20 cm×20 cmの開口を有する暗幕が置かれ、刺激呈示部だけが観察できるようになっている。刺激までの視距離は120 cmである。

被験者は両眼で刺激を観察し、トラックボールでテスト刺激の輝度を調整する。

2.3 刺激

刺激の形状として1) 格子色刺激、2) 多色小片刺激の2種類を用いた。格子色刺激は、灰色の背景上に2 degの色刺激が3×3の格子状に0.5 degの間隔で置かれ、格子の外側には白色の枠が配置されている。9つの色刺激は8色(青、黄、赤、緑、ピンク、紫、オレンジ、茶)の刺激とテスト刺激から構成され、

テスト刺激は中列のいずれかに呈示される。各色刺激の xy 色度を図 1 (a) に示す。多色小片刺激は 0.75 deg の小片色刺激が刺激全面にすきまなく配置された形状である。刺激として用いられる全色数は格子色刺激と等しく、8 色に灰色、白色を加えた 10 色であり、同じ色刺激は並置されない。テスト刺激は 1.5 deg の正方形で、刺激中央部の上、中、下段のいずれかに呈示される。

テスト刺激の色は図 1 (b) に示すように CRT の色再現域を網羅するよう 16 個選んだ。

刺激内の輝度勾配の算出に際しては、光源が上方または下方から刺激全体を照明していると仮定し、光源として線光源を、刺激を完全拡散面とした。また、各色刺激の色度は一定として輝度だけを変化させた。また、小片色刺激条件では、各色刺激内は均一輝度と

し、刺激全体で輝度変化を有するよう定めた。格子色刺激条件でテスト刺激は周辺刺激と同じ輝度勾配にしたが、小片色刺激条件ではテスト刺激内は均一輝度とした。なお、これらの刺激に対して、被験者には見えない光源によって照明されている刺激を観察しているような知覚が得られた。

2.4 手続き、および被験者

被験者は実験を始める前に被験者用ブース内で 3 分間 D_{65} 照明に順応し、その後シャッタを開き開口を通じて刺激を観察する。実験開始後は、被験者は刺激全体を見ながら、刺激内のテスト刺激が表面色モードの限界になるよう、その輝度を調整する。実験の 1 セッションは、テスト刺激の呈示位置 (3 箇所) とテスト色 (16 個) の全組み合わせである 48

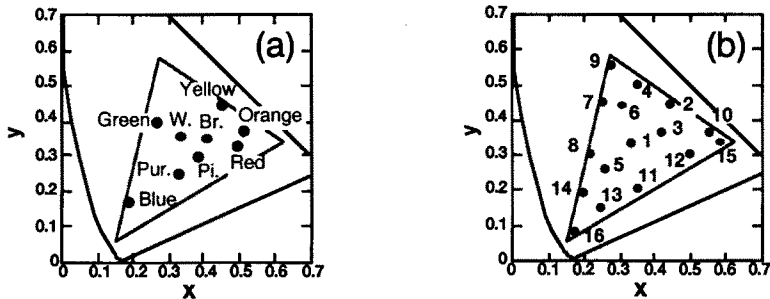


図 1 実験に用いた周辺刺激の色度(a)とテスト刺激の色度(b)

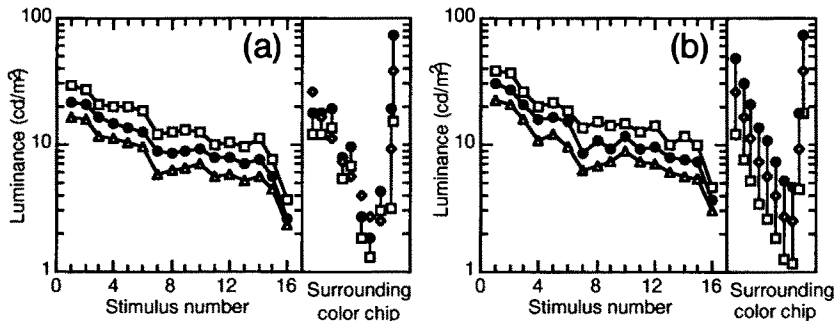


図 2 輝度勾配を上→下方向に設定した格子刺激条件での各テスト刺激の表面色モードの限界輝度値 (全被験者の平均値) と周辺、背景刺激の輝度 (●: 最大輝度, □: 最小輝度, ◇: 参照条件の輝度)。(a) が格子色刺激条件, (b) が多色小片刺激条件の結果を示す。シンボルはテスト刺激の呈示位置の違いを表し, □: 上段, ●: 中段, △: 下段である。横軸の番号は, 図 1 (b) で各テスト色に付された番号である。周辺刺激の輝度は左から順に, 黄, ピンク, オレンジ, 紫, 赤, 茶, , 紫, 緑, 灰色, 白色である。

回の調整から構成される。なお、同一セッションでは周辺刺激の輝度勾配は変化させない。各条件に対して被験者はそれぞれ5セッションを行った。また、刺激に輝度勾配を設けない参照条件についても同様な実験を行った。被験者は色覚正常な3名である。

3. 結果

図2に輝度勾配が上→下条件での各テスト刺激に対する表面色モードの限界輝度値を示す。この条件は、上方から刺激が照明されていることに相当する。これらの値は3名の被験者の平均値である。図2(a)が格子色刺激での結果、図2(b)が多色小片刺激での結果であり、横軸は図1(b)に示した各刺激に付した番号に相当する。各シンボルはテスト刺激の呈示位置の違いを示し、□：上段、●：中段、

△：下段である。図の右側は周辺刺激に含まれる色刺激の輝度値である。輝度勾配を設けたため、各刺激の輝度値は幅をもった。そのため、各刺激の最大値と最小値、また参照条件の輝度値をそれぞれ異なるシンボルで示した。

まず各テスト刺激で表面色モードの限界輝度値が異なることがわかる。これは、これまでと同様の結果であり、明るさに換算すると全刺激でほぼ等しい。また、周辺色刺激の輝度に変化するのに伴い、テスト刺激の表面色モードの限界輝度も変化している。これは両刺激条件に共通して見られる。輝度勾配が逆方向（下→上）の時も同様な結果が得られ、限界輝度値もほぼ等しかった。

図3は輝度勾配がない参照条件の結果である。図2と同様に全被験者の平均値であり、

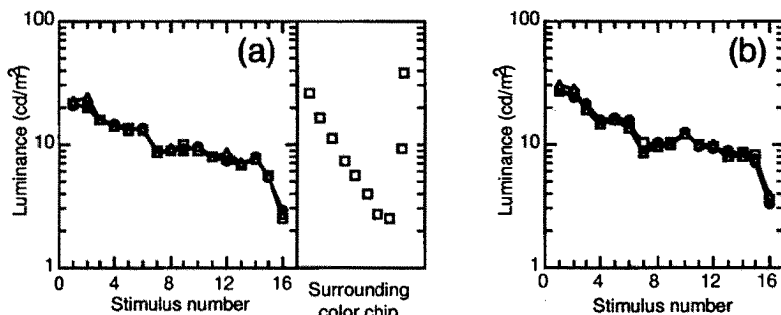


図3 参照条件での各テスト刺激の表面色モードの限界輝度値（全被験者の平均値）。(a)が格子色刺激条件の結果と周辺刺激の輝度を、(b)が多色小片刺激条件の結果を示す。図のシンボルと説明は図2と同じである。

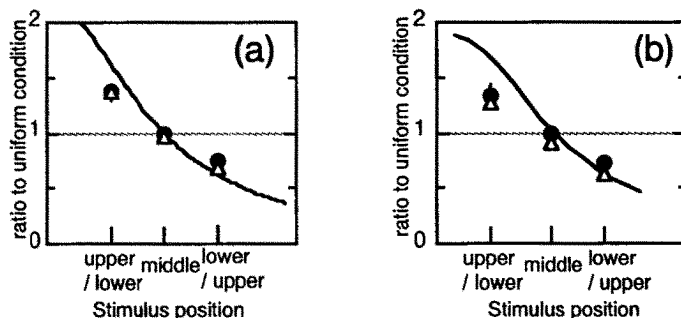


図4 輝度勾配条件における各刺激呈示位置での限界輝度値と、参照条件の結果との比。(a)が格子色刺激条件、(b)が多色小片刺激条件の結果を示す。シンボルは輝度勾配の方向の違いを表し、●：上→下、△：下→上方向である。また、実線は周辺刺激の輝度変化を参照条件の輝度との比で示したものである。

(a) が格子色刺激条件, (b) が小片色刺激条件である。図のシンボルは図2と同様である。(a)の右側には周辺刺激の輝度も示した。いずれの刺激条件でも, 表面色モードの限界輝度値は刺激の呈示位置によらずほぼ等しい値である。先に得られた結果が, 単にテスト刺激の呈示位置から生じたのではないことがわかる。

4. 考察

本実験では, 両刺激条件とも周辺色刺激の輝度勾配の影響が見られ, 刺激の呈示位置に応じて表面色モードの限界輝度値が変化した。格子色刺激条件では, 刺激内の灰色背景や白枠が連続的に輝度変化し, この変化が被験者に対して照明条件を与える手がかりとして作用していた可能性も考えられる。その一方で, 多色小片刺激条件では, 各色刺激内は一定の輝度値で全体としては輝度勾配が設けられた。輝度の連続的な変化が直接なくても, 結果は格子色刺激条件と同じ傾向が見られた。このことから, 刺激の見えや照明の判断となる手がかりが, 必ずしも刺激の幾何学的構成だけから与えられるのではないことがわかる。

次に, 各条件で得られた表面色モードの限界輝度値の変化が, それを取り囲む周囲の刺激の輝度だけで決定されたか, 輝度変化量から検討する。図4は各条件での限界輝度値を, 参照条件の結果を用いて正規化し, 全テスト刺激に関して平均した値である。(a)が格子色刺激条件, (b)が小片色刺激条件であり, それぞれのシンボルは輝度勾配方向の違いを表す。横軸は刺激呈示位置を示し, 輝度勾配の方向によって対応する位置は異なる。周辺刺激の輝度変化量も同様に計算し, 実線で図内に示した。テスト刺激の表面色モードの限界輝度値の変化量に対して, 輝度勾配の方向が影響していないことがわかる。また, その変化量が周辺刺激の輝度変化量に比べて小さいことがわかる。一方, 両条件ともテスト刺

激が中段に呈示された時, ほぼ参照条件と等しい結果(輝度比:約1)が得られた。

これらから, 以下のように表面色モードの限界に対する判断が行われた可能性が考えられる。すなわち, 刺激がもつ輝度勾配から照明条件を考慮して表面色モードの限界が定められ, それに基づいて見えのモードの判断がなされた。しかし, 輝度勾配から照明条件を正確に判断できず, 表面色モードとして許容される限界が低めに評価された可能性である。また, テスト刺激の各呈示位置で表面色モードの限界が設定され, その限界に従って見えのモードの判断が行われたが, その限界が刺激の輝度勾配の影響を受け, 正しく設定されなかった可能性も考えられる。

5. まとめ

本実験では, 刺激に輝度勾配を設けた条件で表面色モードの限界輝度を測定した。表面色モードの限界輝度と刺激呈示位置との関係は, 周辺刺激の幾何学的形状によらず, 刺激全体から照明条件を考慮して表面色モードの判断がなされていることを示唆する結果が得られた。しかし, 与えられた刺激からどのように見えのモードを決定する基準が定められるかは, 今回の結果からはわからなかった。

今回の実験は, 刺激だけが照明されているような知覚を与える呈示条件で行われたが, さらに別の手がかりを与えた条件においても実験を行い, 見えのモードの決定要因を調べていく予定である。

文 献

- 1) H. Uchikawa, K. Uchikawa and R. M. Boynton: Influence of achromatic surrounds on categorical perception of surface colors. *Vision Research*, 29, 881-890, 1984.
- 2) 山内泰樹, 内川恵二, 栗木一郎: 表面色モード知覚における周辺刺激の作用. *VISION*, 9, 69-72, 1997.
- 3) 山内泰樹, 内川恵二: 表面色モード知覚に対する輝度分布の影響. *VISION*, 9, 245-248, 1997.