

## 表面色モード知覚に対する輝度分布の影響

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 横浜市緑区長津田町4259

### 1. はじめに

色の見えのモードには表面色モードと開口色モードがあり、周辺刺激の条件によりそれらの見えのモードは変化する<sup>1)</sup>。これまでに、周辺刺激に複数色の色票を配置し、中央に設けたテスト刺激を観察する方法により、テスト刺激の見えが表面色モードから開口色モードへと移行するテスト刺激の強度を調整法により求めると、テスト刺激の輝度等価反射率が100%以下で見えのモードが表面色から開口色へ移行してしまうこと<sup>2)</sup>、表面色モードの限界として感じられた時の刺激の明るさは、色によらずほぼ一定となり、その明るさは周辺刺激の中の最も明るい刺激を超えないこと<sup>3)</sup>が報告されているが、これまでに用いた刺激は、同一の色票では均一の輝度・色度となるように設定されていた。

本研究では周辺刺激とテスト刺激とに輝度勾配を設けることで、表面色モード知覚に対する空間的な輝度分布の影響を調べた。均一輝度条件と輝度勾配条件の結果の差が、設定した輝度勾配によって生じた周辺刺激の明るさの変化とほぼ同じであれば、刺激内で最も明るいものが基準となって表面色モードの知覚が決定されているし、そうでなければ何か別の基準によって表面色モード知覚の限界が決定されていることになる。

### 2. 実験方法

#### 2.1 原理

色の見えのモードは、対象とするテスト刺激とその周辺の刺激を適切な条件に設定することにより決めることができる。本実験では、全刺激をCRT上に呈示する。複数色の色票を模擬した周辺刺激に囲まれた中央部にテスト刺激を呈示し、テスト刺激の輝度のみ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。輝度がこの中間の値の時は、両モードが混在したような見えになる。本実験では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として求めた。

#### 2.2 装置

実験装置は被験者の入るブースと、CRTが置かれているブースの2カ所からなる。両方のブースの境界には視角67 deg × 38 degの開口部が設けられ、そこに開閉自在なシャッターが取り付けられている。被験者は実験者の要請に応じてシャッターの開閉を行い、刺激を観察する。被験者用ブース内はD<sub>65</sub>模擬蛍光灯で照明されており、照度は被験者の手元で90 lxである。また、CRTの置かれているブースは暗黒であり、CRT前部に開口を設けた暗幕を設置することによりCRT上の刺激呈示部だけが見えるようになっている。

被験者は両眼で自由に刺激を観察することができる。刺激までの視距離は120 cmとし

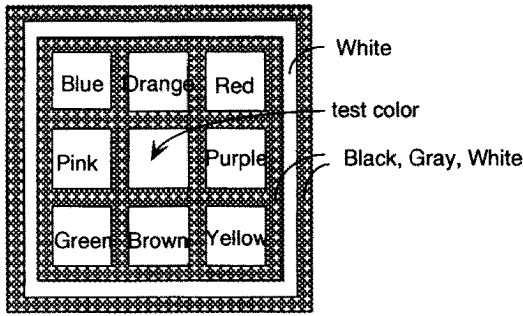


図1 実験に用いた刺激

た。被験者は手元のトラックボールでCRT上のテスト刺激の輝度を調整する。

### 2.3 刺激

刺激はCRT上に呈示されるが、図1に示すように、灰色の背景上に3×3の格子状に配置された8色（青，黄，赤，緑，ピンク，紫，オレンジ，茶）の色票と白色の枠を模擬した周辺刺激と格子の中央のテスト刺激から構成されている。周辺刺激のxy色度を図2(a)に示す。

中央のテスト刺激は輝度に応じて表面色モードと開口色モードの2つのモード知覚を得た。周辺刺激とテスト刺激の大きさは2 deg × 2 deg，刺激の間隔及び白枠の幅は0.5 degである。テスト刺激はCRTの色再現域を網羅するように16個選び、そのxy色度は図2(b)に示す通りである。なお、テスト刺激に付された番号は便宜的につけたものである。

刺激の輝度勾配は、周辺刺激に対しては、刺激の上下方向に勾配を設ける2条件（下→

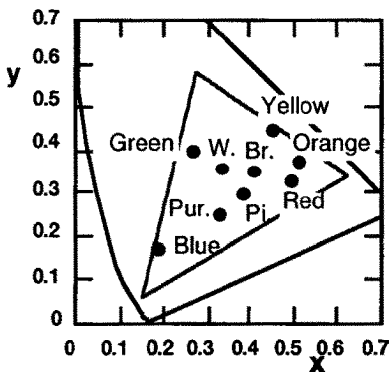
上，上→下）を設定した。図3に均一輝度条件に対する輝度値の比を示す。この値によって刺激の各位置の輝度値が定められる。テスト刺激に対する輝度勾配としては、(1)周辺刺激と勾配が同じ場合、(2)逆勾配になる場合、(3)輝度勾配がない場合、の3条件を設定した。

### 2.4 手続き、および被験者

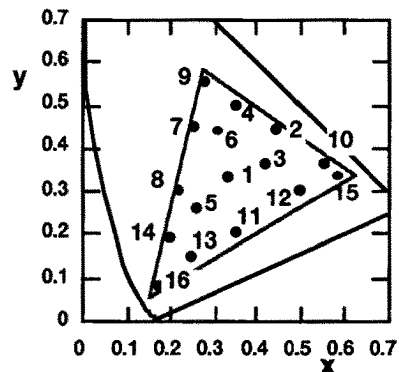
被験者は実験を始める前に被験者用ブース内で3分間順応し、その後シャッターを開き開口部を通じて刺激の置かれている空間を観察する。その後、被験者は、開口部を通じて刺激全体を見ながら、刺激中央に呈示されているテスト刺激が表面色モードの限界になるようにテスト刺激の輝度を調整する。周辺刺激の輝度勾配は変わらずに、テスト刺激の輝度勾配（3種類）とテスト色（16個）の組み合わせの中から1つがテスト刺激として呈示される。全組み合わせである48回の調整が1セッションである。全ての被験者が5セッションを行った。全刺激に輝度勾配を設けない参照条件も同様に5セッション行った。被験者は色覚正常な3名（男性2名，女性1名）である。

### 3. 結果

図4左に輝度勾配が上から下方向の条件での、各テスト刺激に対する表面色モードの限界輝度値の全被験者の平均値を示す。シンボルの違いがテスト刺激の輝度勾配の違いを示



(a) 図2 周辺刺激の色度(a)とテスト刺激の色度(b)



(b)

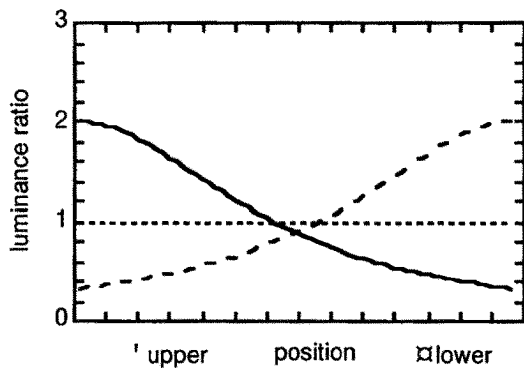


図3 周辺刺激に設定した輝度勾配. 均一輝度条件を1として正規化してある. 横軸は, 刺激の上下方向の位置を示す. 実線, 破線がそれぞれ上→下, 下→上条件を表す.

し, □: (周辺刺激の輝度勾配と) 同一方向, ●: 輝度勾配なし, △: 逆方向, ×: 参照条件, である. 図4右に8個の周辺刺激, 背景 (灰色) と枠 (白) の輝度値を示す. 輝度勾配を有しているためにそれぞれの刺激の最大値と最小値, また参照条件での輝度値をそれぞれ●, □, ◇シンボルで示した.

輝度勾配が下から上方向の条件での結果を図5に示す. 各シンボル, 及び図の右に示した周辺刺激の条件は図4と同じである.

以上の結果から,

- 1) 表面色モードの限界輝度値はテスト刺激の色度により異なる,
- 2) 輝度勾配を設けた条件では, 均一輝度条件よりもテスト刺激の表面色モード限界輝度値が低くなる傾向がある,

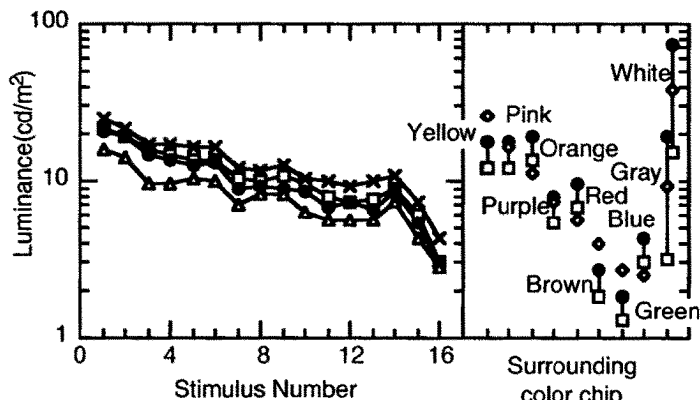


図4 輝度勾配を上→下方向に設定した条件での各テスト刺激の表面色モードの限界輝度値 (全被験者の平均値) と周辺, 背景刺激の輝度 (●: 最大輝度, □: 最小輝度, ◇: 参照条件の輝度). シンボルはテスト刺激の輝度勾配の違いを表し, □: 周辺刺激の輝度勾配と同じ方向, ●: 輝度勾配なし, △: 周辺刺激の輝度勾配と逆方向, ×: 参照条件 (刺激に輝度勾配なし) である.

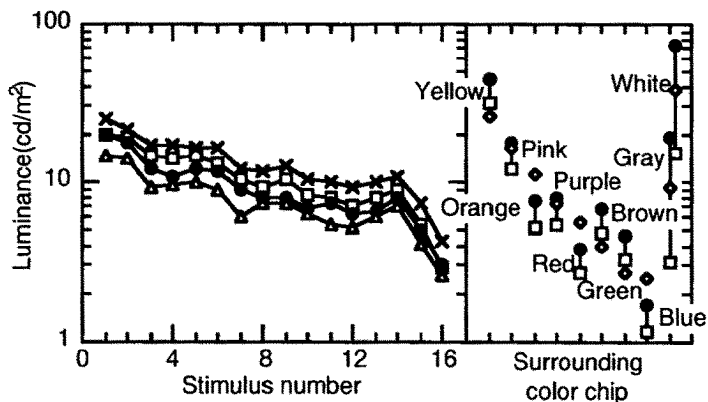


図5 輝度勾配を下→上方向に設定した条件での結果. 図のシンボルと説明は図3と同じである.

3) テスト刺激と周辺刺激の両者の輝度勾配の差が大きくなるほど、低い輝度で表面色モードの限界となる傾向がある、

4) 輝度勾配の方向は限界輝度値への影響がない、  
ことが分かる。

#### 4. 考察

本実験の結果は、これまでの実験<sup>2)</sup>とほぼ同じものとなっている。刺激の明るさ効率(B/L)を測定し、表面色モードの限界となる明るさを求めればほぼ等しい明るさで表面色モードの限界となっている。

輝度勾配を設けたことにより、刺激内に含まれる周辺刺激の輝度の範囲は広がった(図4, 5の右)。特に最大輝度値は白枠で参照条件の約2倍の輝度値となったが、各テスト色度の表面色モードの限界輝度は均一条件よりも逆に低くなっている。周辺刺激の中の最も明るいものが基準となって見えのモードが決定されるのであれば、最大輝度値の変化に伴って表面色モードの限界輝度値も高くなるはずである。これから、周辺刺激の最も明るいものだけで表面色モードの知覚が決定されているのではないことがわかる。

今回の条件では、各被験者から、照明条件によって輝度勾配が生じたように知覚されたという報告が得られた。例えば輝度勾配が上下の条件では、刺激上部の被験者が見えないところから刺激が照明されているような知覚である。刺激の輝度勾配が照明によって生じ、刺激自体は図1に示したような均一な輝度を有するものであると被験者が判断し、照明の影響を除去した上で表面色モードの判断をしたと考えると、均一輝度条件と輝度勾配条件とがほぼ同じ結果となったことが説明できる。その際に、照明条件の評価が完全ではなかったために、両者の結果が完全に等しくはならなかった可能性もある。

テスト刺激と周辺刺激の輝度勾配の差が大きい方が、低い輝度で表面色モードの限界と

なっていた。両者の輝度勾配の方向が異なる場合、テスト刺激と周辺刺激の境界でのコントラストが等しくならないため、不自然な見えとなり、余計にテスト刺激が表面色モードとして観察されにくくなったとも考えられる。また、両者が別照明で照明されているように知覚され、テスト刺激が不自然な見えを呈し、表面色モードで知覚されにくくなったと考えることもできる。

#### 5. まとめ

本実験から刺激に空間的な輝度勾配を設けた条件と、輝度勾配を設けない条件での表面色モードの限界輝度を測定することにより、周辺刺激の最も明るいものだけが表面色モードとしての判断の基準となっているのではなく、照明条件を考慮した上で、表面色モードの判断を行っている可能性が示唆された。

被験者が刺激内の輝度勾配を観察して、「均一照明下での輝度勾配を有する刺激」と「照明に起因して輝度勾配が生じた刺激」のどちらに判断するか、については現在のところはまだ分かっていない。灰色の背景や白枠といった連続的に輝度が変化する同一刺激が手がかりとなっている可能性がある。

今回の刺激サイズは視角10 deg程度であったが、刺激サイズを変化させた条件でも更にも実験を行っていく必要がある。また、見えのモードを決定するメカニズムに関しても、照明条件の判断までを含めて今後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: 色の見えのモード変化のための等価反射率条件. *VISION*, 8, 245-248, 1996.
- 3) 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.