

## 色恒常性の色同定的側面からの評価

加藤一憲・内川恵二・氏家弘裕

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

色恒常性とは照明光の変化に影響を受けずに物体表面の色が安定して知覚される現象である。これまでも色恒常性に関する研究は数多く行われ、反射光の色の見え appearance color と物体表面の色の見え surface color を区別したマッチング実験も行われている<sup>1,2)</sup>。Surface color の知覚は日常経験する色恒常性に深く関係するものであるが、日常の色恒常性を考えたとき、マッチングという判断よりも、色同定つまり照明の影響を受けず誤りなく物体の色を同定できる能力について調べることが重要である。本研究ではこの色同定の側面から色恒常性をとらえた。特に、人間の高次色知覚メカニズムであるカテゴリカル色知覚に着目し、民族、言語的に普遍とされる基本11色(赤, 緑, 黄, 青, オレンジ, ピンク, 紫, 茶, 白, 黒, 灰)を使用したカラーネーミングを行い、照明によらず同じ色名が与えられたとき、色同定がなされた、すなわち色恒常性が成立したものとする。

### 2. 実験方法

#### 2.1 刺激

刺激には OSA 均等色尺度色票全 424 枚を用いた。これをマンセル N5 相当のグレーボード上に 106 枚ずつ配置し、8 種類の照明をする。照明光の色度は次の通りである。標準照明 w: (0.3104, 0.3632), テスト照明 r1: (0.4171, 0.3325), g1: (0.2605, 0.4096), b1: (0.2463, 0.2674), b2: (0.2146, 0.2022), y1: (0.4314,

0.4364), y2: (0.4766, 0.4497), y3: (0.4684, 0.4983), 照明光強度はそれぞれ OSA 色票 (-2, 0, 0) 上で輝度約 12.5 cd/m<sup>2</sup> になるよう規格化した。視距離 1 m, 各色票の大きさは視角約 2.8 × 2.8 deg, 刺激全体は約 66 × 71 deg の視野サイズとなる。

#### 2.2 手続き

被験者は 4 分間の暗順応の後、実験に使用する照明光の下で 3 分間の明順応をする。その後刺激ボードが呈示され、被験者は刺激 1 枚 1 枚について順番にカラーネーミングを行う。実験 1 では基本 11 色から 1 色のみを選び応答するカテゴリカルカラーネーミングを行った。実験 2 では基本 11 色の中から強く感じられる順に 3 色以内で応答し、これに応答色数、順番によって異なるポイントを与えることによって連続的な色の見えを評価するカテゴリ比率評価を行った。例えば「淡い青紫色」と感じたら被験者は「紫, 青, 白」と応答する。実験 1, 2 とも、各照明光に対して 2 回の応答をとった。被験者は男性 2 名, KK (23 才), YY (22 才) で、色覚正常である。

### 3. 実験結果

#### 3.1 実験 1

実験結果を xy 色度図上にプロットしたもののうち、例として標準照明 w とテスト照明 y2, y3, 輝度レベル 15-20 cd/m<sup>2</sup> の結果を図 1 に示す。各グラフ右上は照明光の種類である。ただし各照明下で 2 回の応答が一致したもののみを表した。各シンボルはそれぞれカテゴリを表

す。また、実験結果を OSA 座標 (j, g) 面上にプロットしたものを図 2 に示す。j 軸はおよそ黄-青軸, g 軸はおよそ緑-赤軸に対応している。ここでは L (明度) 軸方向は省略し, 各カテゴリで 2 回の応答が一致したもののうち最も外側を境界部分として線で結んだ。例として図 1 と同じ照明条件の結果を示す。図 1, 2 より, 多くの色票について, テスト照明下では

照明の変化により色度点が大きく変化したにもかかわらず, 標準照明下と同じ色名でネーミングされている。例えば図 1 のテスト照明 y2 下の結果を見ると, 標準照明 w 下では黄色に相当する領域で青や緑の応答が得られている。しかし, テスト照明 y3 については, カテゴリカルな知覚が得られにくくなっており, 応答は黄, 緑などが極端に増加し, 反対に青, 紫などが極端

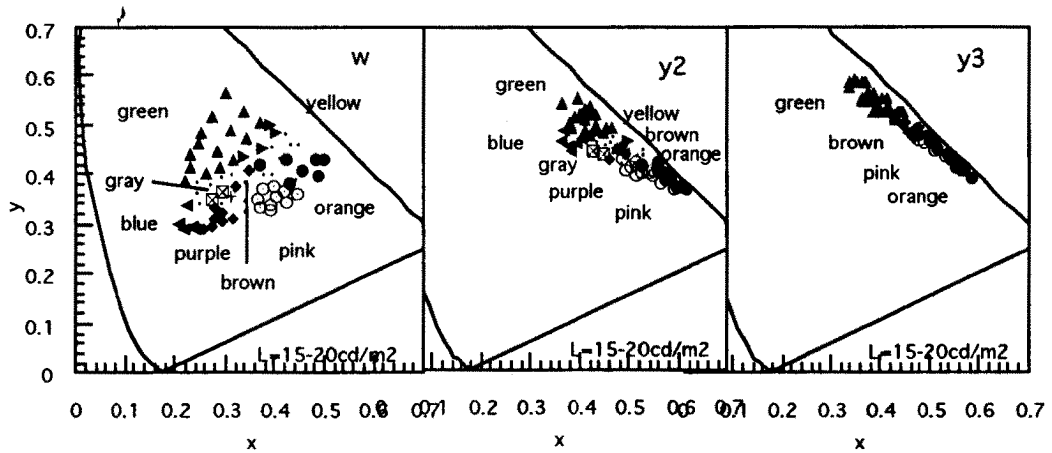


図 1 実験 1 の結果例 (xy 色度図)

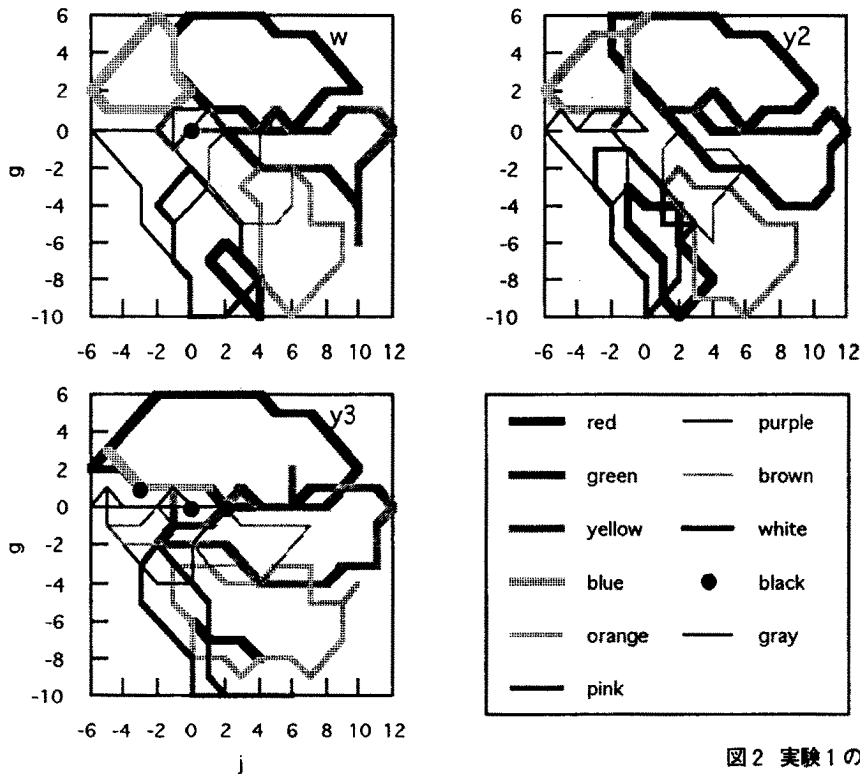


図 2 実験 1 の結果例 (OSA 座標)

に減少している。

実験結果を定量的に評価するため、標準照明w下での色名がテスト照明下で保存される割合を示す指標CI (constancy index)を導入した。これはたとえば、標準照明下とテスト照明下で4回の応答が全て「赤」の色票数をC2、標準照明下で2回の応答が全て「赤」の色票数をC1とすると、 $CI=C2/C1$ で表さる。もし、色恒常性が成立し $C2=C1$ ならば $CI=1$ となり、不成立で $C2=0$ ならば $CI=0$ となる。

テスト照明r1, g1, b1, b2, y1, y2に対しては全カテゴリーに対するCIは大きな差はなく、上記の6照明下で両被験者平均約0.72と、高いレベルでの色同定が行われた。しかし、カテゴリーカルな知覚が得られにくかったテスト照明y3

では、全カテゴリーに対するCIは両被験者平均0.49であった。以下では、同程度で色恒常性が成立する範囲でカテゴリー内の比較をするため、テスト照明y3の結果は除き、他の6種類の照明光で解析する。

CIをカテゴリー別に比較した結果を図3に示す。ただしallは全カテゴリー、chromaticは全有彩色カテゴリー、achromaticは全無彩色カテゴリーである。黒は標準照明w下で黒の応答は両被験者で1枚のみであったため評価の対象外とするが、白や灰のCI値が他に比べて小さく、全有彩色と全無彩色の比較からも、実験2では無彩色の知覚が照明に対して比較的不安定であることが示された。

また、色票1枚1枚について色恒常性の成立しやすい領域の分布を得るため、標準照明wを含む7照明で、応答が良く一致した色票を図4に表示した。ただし、それぞれの色度は標準照明w下の値を用いた。各シンボルは図1と同じくそれぞれのカテゴリーを表し、大シンボルは14応答全てが一致したもの、小シンボルは1回あるいは2回異なる応答があったものを表す。また“○”は各カテゴリーのフォーカル色(各カテゴリーの典型的な色)である。その結果、高彩度色において、特に各カテゴリー内のフォーカル色付近の色で同定レベルが高く、知覚が安定していることが示された。

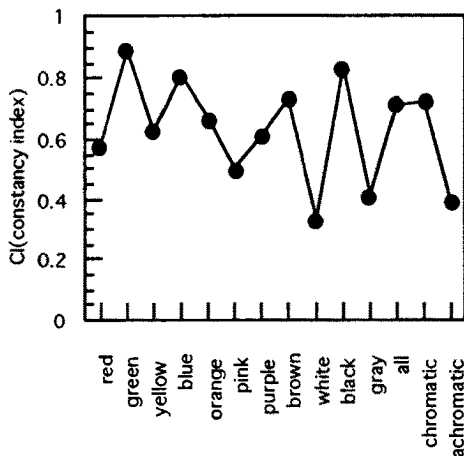


図3 CI (constancy index)

### 3.2 実験2

実験結果より、応答色数が1色の場合：6ポ

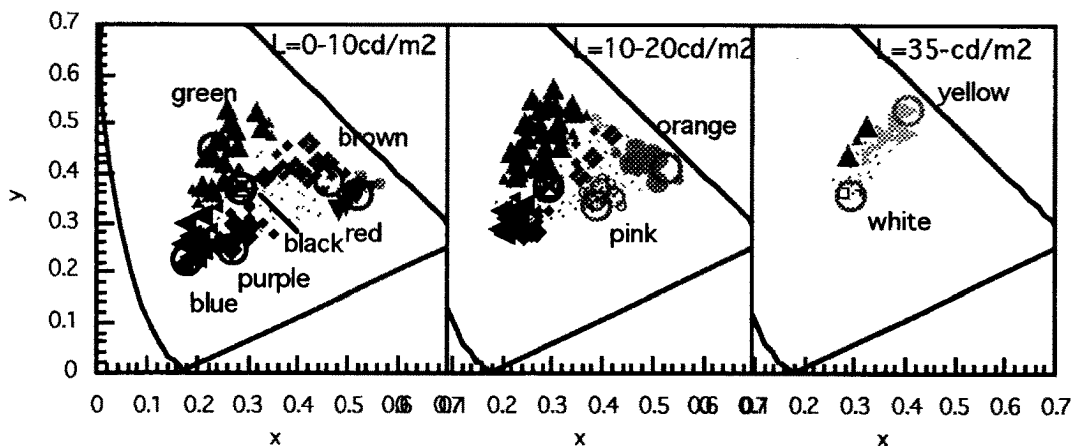


図4 同定レベルの高い色票の分布

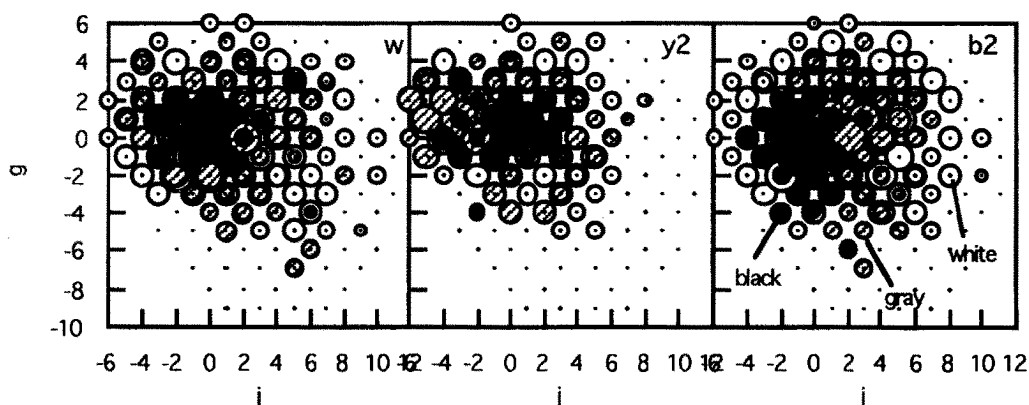


図5 実験2の無彩色に対する結果

イント、2色の場合：順に4，2ポイント，3色の場合：順に3，2，1ポイントを与え，各色票2回の応答について色みのポイントを合計した。そのポイントをシンボルの大きさで表し，プロットした。有彩色の実験結果については実験1と同様の傾向が得られたため省略し，無彩色の白，黒，灰についてのみ示す。各シンボルはそれぞれの色みを表す。無彩色については図5に示すように，知覚する領域は，実験1で得られた無彩色のカテゴリー領域に比べて非常に大きくなった。そしてその領域の大きさ，位置ともに照明光による変化があまり見られないことから，無彩色知覚の安定度は他の有彩色と差がないことがわかった。

#### 4. まとめ

以上より，カテゴリー内でフォーカル色は照明光の変化に対して最も安定しており，境界部分では最も恒常性が成立しにくいことが示された。また，無彩色カテゴリーについてはカテゴリーの領域が小さいため不安定であったが，色みの知覚に関しては安定していた。実験結果より，無彩色カテゴリーについては他の有彩色カテゴリーとは異なった知覚のされ方をしてることが示唆される。そして日常経験される白などの無彩色の色恒常性が良く成立するとの印象を考え合わせると，少なくとも無彩色についてはカテゴリーよりも色みの知覚が優勢であると考えられる。

最後に，ここでは照明光の分光強度分布と色票の分光反射率については広帯域であるとして詳しく議論しなかったが，色恒常性が成立する限界を求めようとする必要となってくる。色恒常性に対する照明の評価方法はこれからの最も重要な課題の1つであろう。

#### 文献

- 1) L. Arend and A. Reeves: Simultaneous color constancy. *Journal of the Optical Society of America A*, 3, 1743-1751, 1986.
- 2) 栗木一郎，内川恵二：色恒常性の照明光による限界. *VISION*, 4, 151-154, 1992.