

2 色覚における色弁別・色分類とカラーネーミングとの関係

小峰 央志*・篠森 敬三**・中内 茂樹*

* 豊橋技術科学大学 情報工学系

〒441-8580 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘 1-1

** 高知工科大学 情報システム工学教室

〒782-8502 高知県香美市土佐山田町宮ノ口 185

1. 背景・目的

ヒトは網膜の L, M, S の 3 種の錐体によって、様々な色を知覚することができる。しかし、主に遺伝的要因により、これらの錐体のうち 1 つが働かない場合がある¹⁾。3 錐体からなる一般的な 3 色覚に対し、2 錐体のみが働いている色覚は 2 色覚と呼ばれ、L, M, S 錐体のいずれが機能していないかにより、1 型・2 型・3 型に分類される。また、1・2 型 2 色覚は赤緑色弱とも呼ばれ、赤緑方向の色の弁別が困難な色覚特性として知られている。

しかしその一方で、2 色覚者の応答色名には、見分けにくいはずの赤や緑といった色名が、3 色覚者と類似した別々のカテゴリに分けられているという報告もある²⁾。なぜ、2 色覚者がこれらの色名を応答することができるのだろうか。これについては、2 つの可能性が考えられる。1 つは、2 色覚者の赤緑方向に対する色弁別能力が、2 色覚者のシミュレーション³⁾などで考えられているよりも高く、それらの色相を 3 色覚者のように知覚しているという可能性、もう 1 つは、色の見えと色名との対応関係が 3 色覚者とは異なっており、例えば 3 色覚者が茶と応答するような見えの色を、より細かくカテゴリ化して赤や緑、茶の色名を割り当てているという可能性である。本研究では、以上の可能性を検討するために、色分類実験およびカテゴリカ

ルカラーネーミング実験を行い、2 色覚者の色弁別・色分類とカラーネーミングとの関係を調査することを目的とした。

2. 方法

ヒトがどのような色を見ているかをうかがい知ることは非常に困難であり、2 色覚者の場合についてもそれは同様である¹⁾。そこで、本研究では 2 色覚者、3 色覚者に加え 2 色覚者の色弁別特性を高精度に模擬するフィルタを用いることで、色の見えと色名との対応関係は 3 色覚者のまま、色弁別特性が 2 色覚者となった場合の色覚特性についても検討した。

以下、3 色覚者 4 名、2 色覚者 4 名、および色弱模擬フィルタを着用した 3 色覚者 4 名に対し行った、色分類およびカテゴリカルカラーネーミングの結果について述べる。被験者として参加した 2 色覚者 4 名は Panel D15 テストと石原式色覚検査表により、強度の赤緑色弱であることが確認されている。

2.1 色分類実験

まず、各色覚タイプにおける色の類似度を調査するため、色分類実験を行った。実験は暗室内に設置したライトブース内で行い、ライトブース内壁は OSA 明度 L=1 に相当するニュートラルグレー、観測点における照度は 947 lx であった。

まず被験者は特定平面上の OSA 色票セットを受け取り、それらの色票を同時に観察できる状態で、類似した色同士の 2 つのカテゴリに分

類した。そして、分類された2つのカテゴリをまた同じ手続きで分け、最終的に8つのカテゴリになるまでこれを繰り返した。実験はOSA表色系の $L=0, j=3, g=-2$ の平面について各々3試行とした。

2.2 カテゴリカルカラーネーミング実験

各色覚タイプにおける色名応答を調査するため、カテゴリカルカラーネーミング実験を行った。実験時の環境は色分類実験と同様である。

被験者は全OSA色票を1枚ずつ観測し、基本11色名のいずれかで命名した。以上のタスクは3試行とした。また、観測の際に、色票以外の色刺激が視界に存在しないよう配慮した。

2.3 MDSによる解析

色分類実験で最初に分割された色票間の類似度が最小になるよう、類似度行列を作成し、これをMDS (Multidimensional Scaling)で解析し、色票間の類似度を2次元平面上にプロットした。また、プロットした色票に対応する各点のマークをカテゴリカルカラーネーミング実験の色名応答結果に対応させることで、色の類似度と色名応答との関係を可視化した。

3. 結果

3.1 色分類実験

色分類実験で、 $L=0$ の $j-g$ 平面を4つのカテゴリまで分類したときの代表的な結果を図1に示す。3色覚者(図1a)は縦横に延びる分割線で色票进行分类しており、色相に対応した色のまとまりを感じていることがわかる。一方で、フィルタ装着者(図1b)と2色覚者(図1c)は色弁別の困難な g 軸方向に延びるカテゴリに色票进行分类しており、両者が、弁別の困難な赤緑方向に色のまとまりを感じていることがわかる。

3.2 カテゴリカルカラーネーミング実験

$L=0$ の $j-g$ 平面に対する色名応答をまとめたものを図2に示す。図中のマークの大きさと、マーク右下の数値は一致度に対応している。ここで、一致度とは、ある色票に対する色名応答すべてに占める、最頻応答色名の割合である。

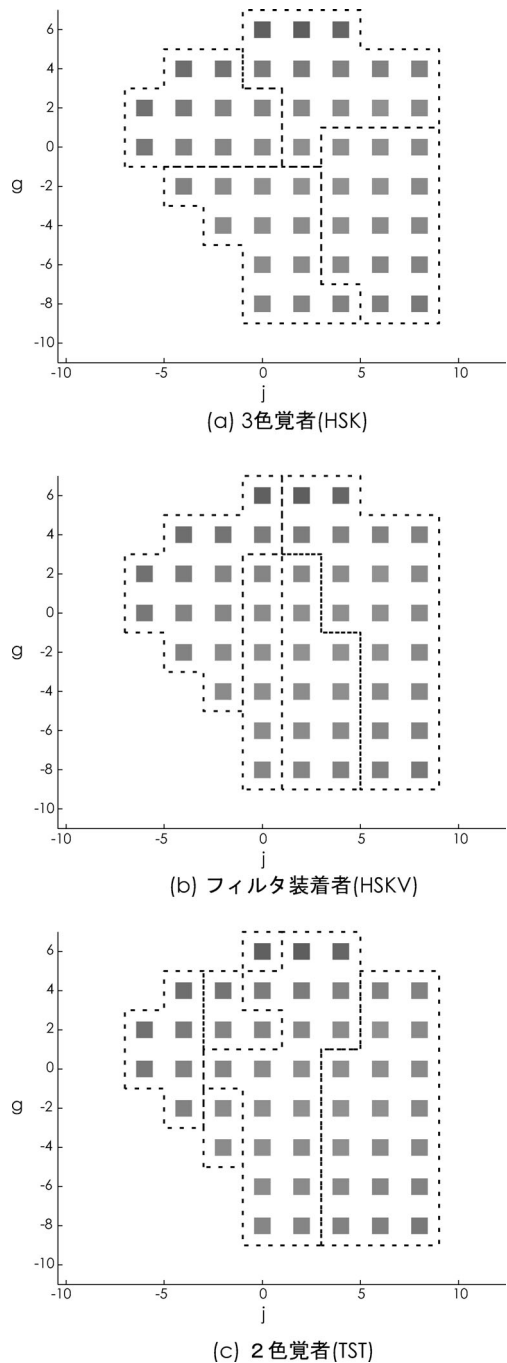
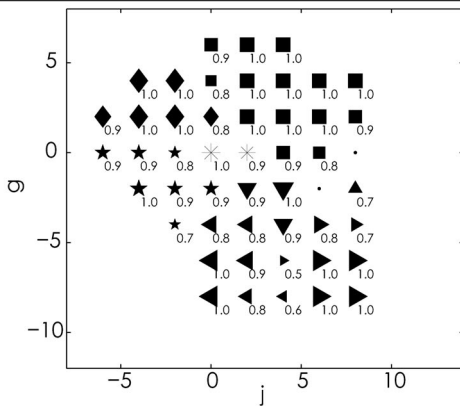
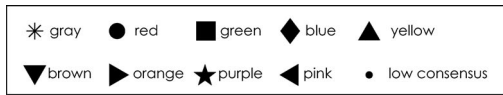
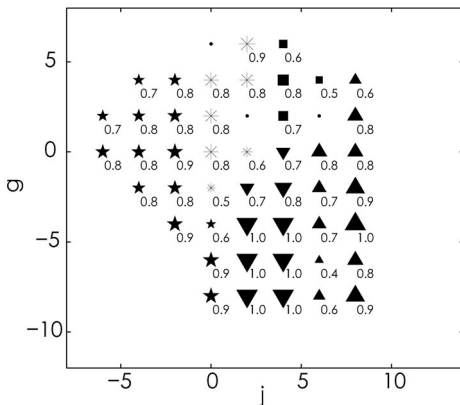


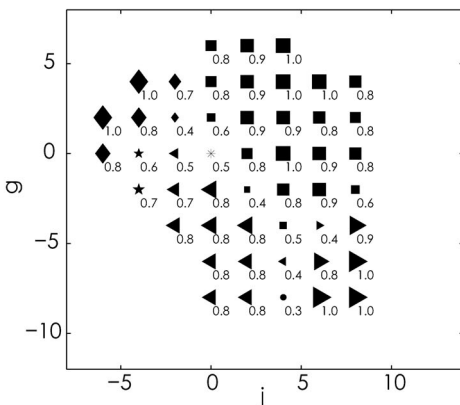
図1 $L=0$ の $j-g$ 平面における色分類実験結果。3色覚者は色相に応じた分類をしているが、2色覚者とフィルタ装着者は弁別の困難な赤緑方向に延びるカテゴリに色票进行分类している。



(a) 3色覚者



(b) フィルタ装着者



(c) 2色覚者

図2 L=0のj-g平面におけるカテゴリカルカラーネーミング実験結果。2色覚者が見分けにくいはずの赤や緑の色名を応答している。

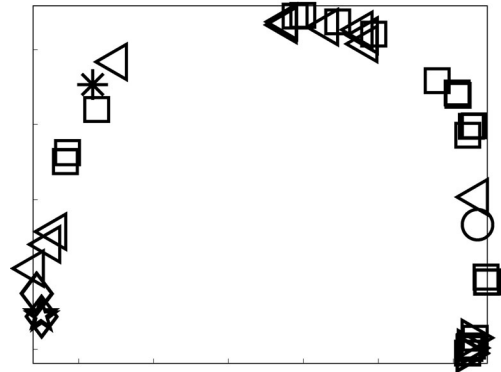


図3 L=0のj-g平面におけるMDS解析結果(2色覚者)。2色覚者では、本来色相の大きく異なるはずの色名が、類似した色として配置される。

最頻応答色名が一意に定まらない場合は、low consensus とした。

3色覚者(図2a)は色相に対応する色名をまんべんなく応答しているが、フィルタ装着者(図2b)は色弁別が困難になったことで、色名のバリエーションが著しく減るという結果になった。また、フィルタ装着者の色名カテゴリはg軸方向に延びており、この結果は色分類実験とよく対応している。しかし、2色覚者(図2c)はフィルタ装着者と似た色のまとまりを感じていることが色分類実験で示唆されたにもかかわらず、色名応答には赤や緑のカテゴリが含まれており、むしろ3色覚者に近い特性を示した。また一致度においても、2色覚者は3色覚者よりやや劣るものの、比較的安定していることがわかる。

3.3 MDSによる解析

2色覚者について、色分類実験で得られた類似度を、MDSによって2次元平面上に投影したものを図3に示す。マーカはカテゴリカルカラーネーミング実験での色名応答に対応している。

3色覚者とフィルタ装着者では、色相の大きく異なる色名の類似度は小さく、MDS後の平面上では遠くに配置されるが、2色覚者では赤・

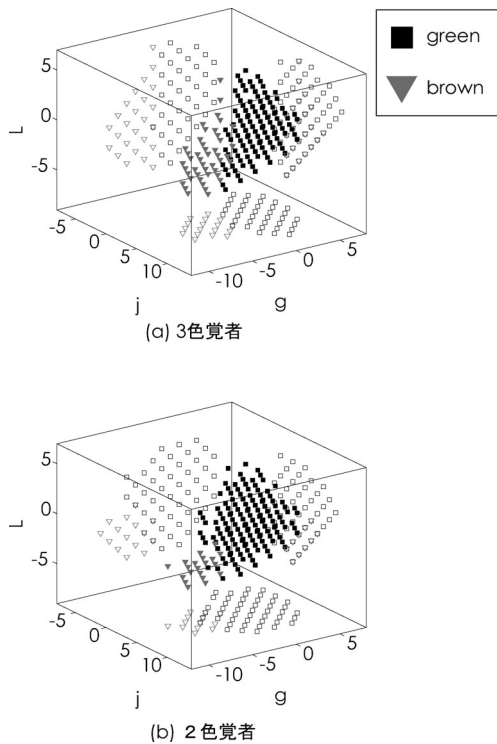


図4 OSA 表色系の緑・茶の色名応答の分布. 2色覚者では、暗い領域にしか茶のカテゴリが存在しない。

桃・橙と応答した色票と、緑と応答した色票が近くに配置される(図3)。このことから、本来大きく色相の異なるはずの色名が2色覚者にとっては極めて近い色として知覚されており、これらの色名の分類が細かい色の見えの違いを手がかりにしていることがわかる。

3.4 OSA 表色系での色名応答分布

OSA 表色系での緑・茶の色名応答分布を、3次元上にプロットしたものを図4に示す。3色覚者では、茶(下向三角)の領域がすべての明るさに渡って存在するが、2色覚者では茶の色名が暗い部分にしか存在せず、明るい茶は緑

(四角)の色名カテゴリに属している。

4. 考察・まとめ

色分類実験では、フィルタ装着者と2色覚者が似た色のまとまりを感じていることが示されたが、一方で、カテゴリカルカラーネーミング実験では、2色覚者の色名応答が3色覚者に近いという結果となった。これは、MDSによる解析の結果からわかるように、2色覚者が赤や緑を似た色として知覚していながらも、細かい色の見えの違いを用いて、異なる色名を割り当てているためではないかと考えられる。また、2色覚者における茶の色名カテゴリが暗い領域のみに分布していたことから、明るさ情報をも積極的に利用して色名を判断しているという可能性が示唆された。こうした3色覚者との相違点を、より詳細に調査することで、2色覚者の色知覚のメカニズムに関する新たな知見が得られるものと期待される。

文 献

- 1) L. T. Sharpe, A. Stockman, H. Jagle and J. Nathans: Opsin genes, cone photopigments, color vision, and color blindness. *K. R. Gegenfurtner and L. T. Sharpe (eds.): Color vision from genes to perception*. Cambridge University Press, 3-51, 1985.
- 2) V. Bonnardel: Color naming and categorization in inherited color vision deficiencies. *Visual Neuroscience*, **23**, 637-643, 2006.
- 3) H. Brettel, F. Vienot and J. D. Mollon: Computerized simulation of color appearance for dichromats. *Journal of the Optical Society of America A*, **14**, 2647-2655, 1997.