

色覚異常者のための色の組み合わせ

吉満 麻菜美 西尾 孝治 小堀 研一

大阪工業大学

1. はじめに

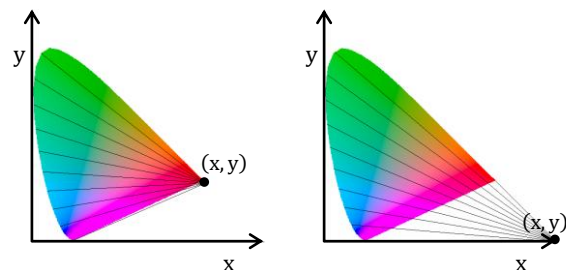
現代では、様々な場面で情報を伝達する重要な手段として色が用いられている。例えば、地図は、施設ごとに色分けされて誘導されている。このような場面で使用されている色は、「正常色覚者が色を区別できるか」という点しか考慮されないことが多い。しかし、色覚異常者が、色を正しく読み取れず、情報を誤って理解してしまうことがある。そのため、なるべく多くの人に情報が正確に伝わるように配慮し、正常色覚者だけでなく色覚異常者にも区別できる色を用いる必要がある。

そこで、本研究では、正常色覚者が区別できる色の組み合わせから少ない変化で、色覚異常者にも区別できる色の組み合わせに変更する手法を提案する。そのため、 $L^*a^*b^*$ 色空間で色をノードとしてバネモデルをつくる。具体的には、正常色覚者が見ている入力色と入力色を変更した色、変更した色を色覚異常者が見ている色に変更した色同士をバネで接続する。そして、バネモデルのエネルギーが低くなるように色を変更する。それにより、正常色覚者にとって比較的違和感が少なく、色覚異常者にも区別できる色の組み合わせに変更する。

2. 色覚異常者の色の見え方^[1]

正常色覚者の網膜には、L 錐体、M 錐体、S 錐体があり、3種類の錐体の働きにより色を知覚している。しかし、錐体を3種類持たない人や、一部の錐体の機能が低下している人は、色が正常色覚者とは異なる色に見える。本研究では、存在する割合が高い、2色型第1色覚異常者と2色型第2色覚異常者を対象とする。2色型第1色覚異常者は、色覚異常者全体の約25%存在し、2色型第2色覚異常者は、色覚異常者全体の約75%存在するといわれている。

2色型色覚異常者は、 xy 色度図にある混同色中心という座標から放射線上に伸びる線上の色を同じ色のように見えるという特徴を持つ。この線を混同色線という。図1(a)に2色型第1色覚異常者の混同色線、同図(b)に2色型第2色覚異常者の混同色線を示す。



(a) 第1色覚異常者 (b) 第2色覚異常者
図1 2色型色覚異常者の混同色線

3. 色覚異常者のための色の変換処理

3.1 概要

正常色覚者と色覚異常者が共に区別しやすい色を選ぶためには、正常色覚者の $L^*a^*b^*$ 色空間での色差と、色覚異常者の $L^*a^*b^*$ 色空間での色差を考慮して色を選ぶ必要がある。

図2に本手法の処理手順を示す。本手法では、まず、色覚異常者が色を区別できるようにする。色覚異常者の $L^*a^*b^*$ 色空間で色をノードとしてバネモデルを定義し、色差が閾値 t_r 以上離れるように色を変更する。色覚異常者の $L^*a^*b^*$ 色空間で色差が閾値 t_r 以上ならば、色覚異常者が色を区別できると考える。次に、正常色覚者の $L^*a^*b^*$ 色空間上の色も含めてバネモデルを再定義する。このとき、複数の接続方法で再定義する。正常色覚者の $L^*a^*b^*$ 色空間で、変更色が、入力色の変更可能範囲の閾値 t_c 以内になるように色を変更する。正常色覚者が見ている色 C_i の変化を閾値 t_c 以下にし、正常色覚者への影響を少なくする。そして、最も色の変化が少ない接続方法での結果を最適解とする。

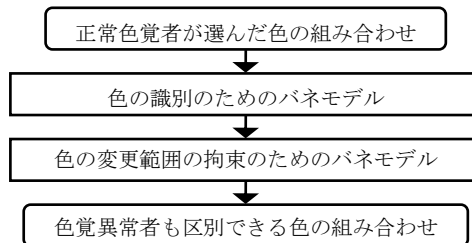


図2 処理手順

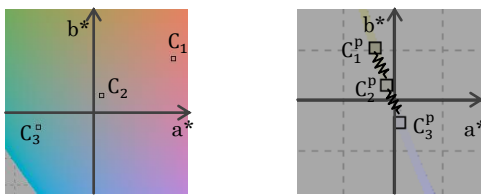
3.2 色の識別のためのバネモデル

バネモデルを用いて色覚異常者が区別できる色を求める処理について説明する。

図3(a)に、正常色覚者の $L^*a^*b^*$ 色空間に入力された色

The Color Set for Color Vision Defective
Manami Yoshimitsu, Koji Nishio and Ken-ichi Kobori
Osaka Institute of Technology

$C_i (i = 1 \sim 3)$ を示す. 同図(b)のように, 同図(a)の色 C_i を色覚異常者が見ている色 C_i^p に変換し, 色 C_i^p をノードとして b^* 値の順に色 C_i^p と色 C_{i+1}^p をバネで接続する.



(a) 正常色覚者 (b) 色覚異常者

図3 L*a*b*色空間でのバネモデルの定義

次に, バネから受ける色 C_i^p のエネルギー $E(C_i^p)$ を式(1)

$$E(C_i^p) = E_{r(C_i^p, C_{i-1}^p)} + E_{r(C_i^p, C_{i+1}^p)} \quad (1)$$

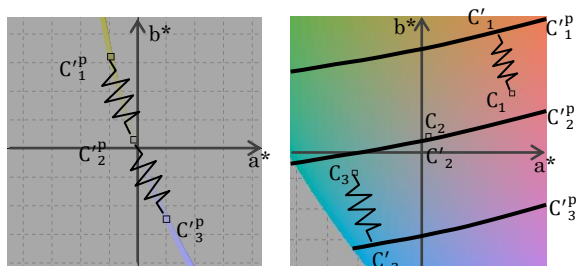
$$E_{r(C_i^p, C_j^p)} = \begin{cases} \left(\text{Dist}(C_i^p, C_j^p) - t_r \right)^2 & \left(\text{Dist}(C_i^p, C_j^p) < t_r \right) \\ 0 & \left(\text{Dist}(C_i^p, C_j^p) \geq t_r \right) \end{cases} \quad (2)$$

そして, 全ての色 C_i^p のエネルギー $E(C_i^p)$ が小さくなる方向に色 C_i^p を移動する. バネモデル全体のエネルギー和が, 最小になるまで処理を繰り返す.

3.3 色の変更範囲の拘束のためのバネモデル

正常色覚者のL*a*b*色空間も含めてバネモデルを再定義し, 変更色 C'_i が, 入力色 C_i の変更可能範囲の閾値 t_{c_i} 内に含まれるようにする処理について説明する.

図4(a)に, 色覚異常者のL*a*b*色空間での変更色 C_i^p の結果を示す. 同図(b)に, 色 C_i^p の混同色線を正常色覚者のL*a*b*色空間に射影した結果を示す. そして, 全ての組み合わせで, 入力色 C_i と, 入力色 C_i から最も近い混同色線上の色 C'_i をバネで接続する. 例えば, 入力色が3色の場合, 6種類の接続方法でバネモデルを再定義し, それぞれ処理を行う. 同図(b)に, 再定義したバネモデルの一例を示す.



(a) 色覚異常者 (b) 正常色覚者

図4 L*a*b*色空間でのバネモデルの再定義

次に, バネから受ける色 C'_i のエネルギー $E(C'_i)$ を式(3)~式(5)により定義する.

$$E(C'_i) = E_{r(C_i^p, C_{i-1}^p)} + E_{r(C_i^p, C_{i+1}^p)} + E_{a(C'_i)} \quad (3)$$

$$E_{r(C_i^p, C_j^p)} = \begin{cases} \left(\text{Dist}(C_i^p, C_j^p) - t_r \right)^2 & \left(\text{Dist}(C_i^p, C_j^p) < t_r \right) \\ -\left(\text{Dist}(C_i^p, C_j^p) - t_r \right)^2 & \left(\text{Dist}(C_i^p, C_j^p) \geq t_r \right) \end{cases} \quad (4)$$

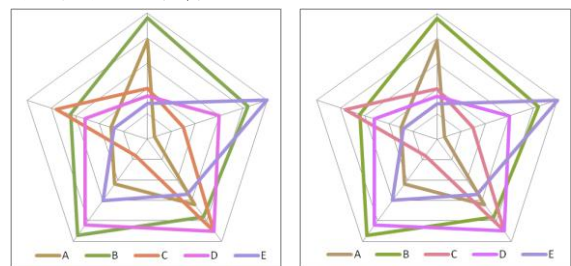
$$E_{a(C'_i)} = \begin{cases} 0 & \left(\text{Dist}(C_i, C'_i) \leq t_{c_i} \right) \\ \infty & \left(\text{Dist}(C_i, C'_i) > t_{c_i} \right) \end{cases} \quad (5)$$

そして, 全ての色 C'_i のエネルギー $E(C'_i)$ が小さくなる方向に色 C'_i を移動する. バネモデル全体のエネルギー和が, 最小になるまで処理を繰り返す.

処理終了時, エネルギー和が0以下となった接続方法から最適解を選択する. 接続方法の結果ごとに, 正常色覚者のL*a*b*色空間で, 入力色 C_i と変更色 C'_i 間の色差のうち, 最長の色差 $\text{Dist}(C_{\max}, C'_{\max})$ を求める. 最適解は, 色差 $\text{Dist}(C_{\max}, C'_{\max})$ が, 最も小さい接続方法での結果とする.

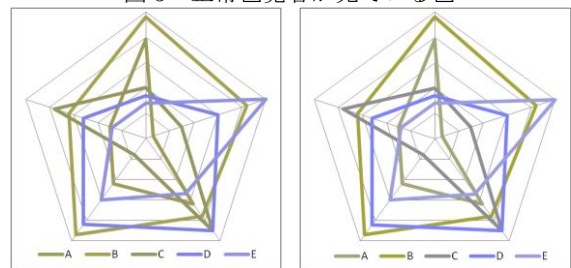
4. 実験と考察

入力色を5色とし, 正常色覚者が区別できる入力色を色覚異常者も共に区別しやすい色へ変換した. その色を用いてレーダーチャートを作成した. 図6(a)では判例とレーダーチャートの識別が難しいが, 同図(b)では分かりやすくなっている. また, 図5(a)と(b)を見比べると, 全体的に同系色の色に変化しているため, 色の変更による正常色覚者への影響も少ないと考えられる.



(a) 入力色 (b) 変更色

図5 正常色覚者が見ている色



(a) 入力色 (b) 変更色

図6 色覚異常者が見ている色

5. おわりに

本研究では, 正常色覚者が区別できる色の組み合わせから少ない変化で, 色覚異常者にも区別できる色の組み合わせに変換する手法を提案した. 実験結果より色覚異常者が区別できるだけでなく, 正常色覚者が元々見ていた色からの違和感が少ないことが確認できた.

<参考文献>

[1] カラーユニバーサルデザイン機構, <http://www.cudo.jp/sikumi/index.html>, 2005