

H-010

カラーユニバーサルデザインのための色変換手法 Color Rendering Method with Intent to Realize The Color Universal Design

小野内 達也[†] 中野仁貴^{††} 中内茂樹^{†, †††}
Tatsuya Onouchi Yoshiki Nakano Shigeki Nakauchi

1. 目的

現在、高齢者や身体の不自由な人に対する社会インフラ整備の重要性が注目されているにも関わらず、日本人男性の約5%、女性の約0.2%を占めるといわれる色覚異常者に対する考慮は未だ十分とは言えない。色覚正常者・異常者の色の見え方は著しく異なることが知られているが[1]、公共表示や印刷物のほとんどは色覚正常者のみを対象にデザインされている[2]。例えば、自治体の作成するハザードマップのように極めて重要な印刷物の中に、色覚正常者には容易に区別できて色覚異常者にとっては区別するのが困難な「混同しやすい配色」が使用されている場合があり、社会問題となっている。

これまでに色覚異常者の混同色に関する研究[3]や、色覚異常者の知覚する色を予測する試みはあるものの[4][5]、カラーユニバーサルデザイン画像を生成する、という最も必要とされている技術については未だ確立されていない。

そこで、本研究では画像中から色覚異常者にとって混同しやすい配色を検出し、さらにそれらを色覚正常者・異常者のいずれに対しても区別しやすい色に変換する手法を提案する。

2. 混同しやすい配色の検出と変更

提案法では、まず、画像中から色覚異常者にとって混同しやすい配色を検出し、その後、その色を色覚正常者・異常者いずれもが区別しやすくなるように変更する。

2.1 混同しやすい配色の検出

混同しやすい配色を検出するため、まず、原画像で用いられている色を抽出するとともに、色覚異常者の知覚する色をシミュレートする[4]。その後、これら全ての色の組み合わせについて色覚正常者が知覚する色差 ΔE_n と色覚異常者が知覚する色差 ΔE_d を求める(CIELUV色差)。なお、計算時間の短縮のため画像に対しあらかじめ減色操作を行う。このとき、色覚異常者の知覚する色差 ΔE_n と、色覚正常者の知覚する色差 ΔE_d の比率が $r(0 < r \leq 1)$ 以下となり、なおかつ、その配色が色覚異常者にとって区別が困難となる場合を「混同しやすい配色」として検出する(図1)。すなわち、以下の2条件を満足する配色を「混同しやすい配色」として検出する。

$$\begin{cases} \Delta E_d \leq r\Delta E_n \\ \Delta E_d \leq \Delta E_{dmax} \end{cases}$$

ここで、 ΔE_{dmax} は色覚異常者がその2色を充分区別できる色差量である。

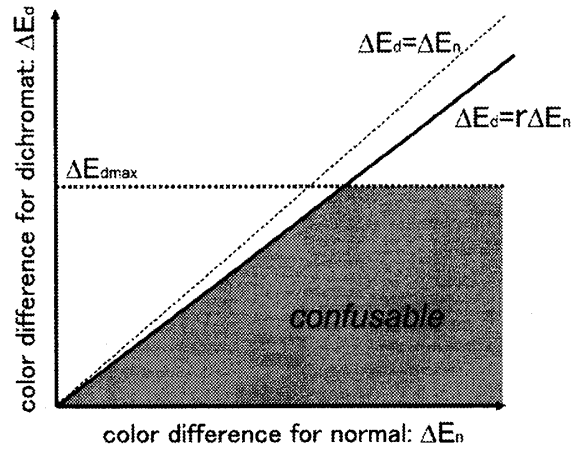


図1 「混同しやすい配色」の検出方法の概念図

2.2 混同しやすい配色の変更

混同しやすい配色を原画像の印象を損なわないように変更するために、検出された配色のうち使用頻度の少ない方の色を変更対象とする。次に、色覚異常者にとっての区別しやすさと、元の色からの変更量を定量的に記述するため、混同度 φ_1 、変更度 φ_2 を以下のように定義する。

混同度 φ_1 ：色覚異常者にとっての混同しやすさを表し、この値が小さいほど色覚異常者にとって区別しやすい配色であることを表す。

$$\varphi_1(C_i) = \sum_{k \neq i} \frac{1}{\|C_i - C_k\| + \delta}$$

変更度 φ_2 ：原画像からの色の変更量を表し、この値が小さいほど元の色からの変更が少ないことを表す。

$$\varphi_2(C_i) = \lambda \|C_i - C_i^o\|$$

ここで、画像中の配色を評価する評価関数 φ を混同度 φ_1 、変更度 φ_2 の和として定義する。

$$\begin{aligned} \varphi(C_i) &= \varphi_1(C_i) + \varphi_2(C_i) \\ &= \sum_{k \neq i} \frac{1}{\|C_i - C_k\| + \delta} + \lambda \|C_i - C_i^o\| \end{aligned}$$

なお、 C_i^o は変更対象色(変更前)、 C_i は変更対象色(変更後)、 C_k は変更しない色、 λ は正の定数、 δ は関数値の発散を防ぐ正の数である。ただし、 C_i^o 、 C_i 、 C_k は色覚異常者の知覚する色をシミュレートしたものを用いる。

色の変更は評価関数 φ を最小とする色 C を求めることにより実現する。すなわち、CIELUV色空間内で変更対象色から半径D以内の色を総当りで検索する。

[†] 豊橋技術科学大学 工学部 情報工学系
^{††} 東洋インキ製造株式会社 デジタルメディア研究所
^{†††} 豊橋技術科学大学 インテリジェントセンシングシステムリサーチセンター

2.3 結果・考察

まず、石原総合色盲検査表や防災マップ等の画像に対し提案法を適用し色変更を行い、画像中の配色が色覚異常者にとっても色覚正常者と同様に区別可能となることをシミュレーションレベルで確認する。石原総合色盲検査表の例を図2に示す。(a)は原画像に対する色覚異常者(第二)の知覚画像を、(b)は変換画像に対する色覚異常者(第二)の知覚画像である。原画像では知覚できなかった‘5’が、変換画像では色覚正常者と同様に知覚可能であることが確認できる。

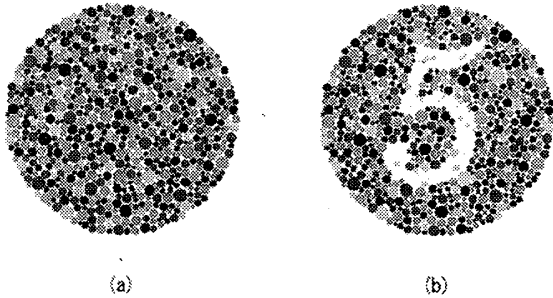


図2 提案法を用いた画像変更例

(a)原画像に対する色覚異常者(第二)の知覚画像、(b)変換画像に対する色覚異常者(第二)の知覚画像。原画像では知覚できなかった‘5’が、変換画像では色覚正常者と同様に知覚できることが確認できる。

4. 評価実験

シミュレーションレベルで確認された提案法の効果を、さらに定量的に評価するため、色覚異常者を被験者として以下に述べる実験を行った。

4.1 実験環境

実験条件 評価実験はオフィス環境を想定した照度589[lx]の部屋で行った。ディスプレイは解像度1280×1024[pixel]、表示色解像度は32[bit]であった。

被験者 被験者は、D65光源ライトブース内で行ったFarnsworth Munsell 100 hue testにより第二色覚異常者と判断された成人男子1名である。

4.2 実験方法・結果

実験は石原総合検査表や防災マップ等の画像を用いて行った。石原総合色盲検査表の場合は被験者に、×印から×印まで線を辿るよう教示しその軌跡をPCにより記録した結果を図3に示す。(a)は原画像、(b)は提案画像を表し、画像中の白い線は被験者が辿った線を表している。原画像では最後まで線を辿れなかったのに対し、提案画像では色覚正常者と同様に最後まで線を辿ることができ、提案法により元の画像が色覚異常者を考慮したカラーユニバーサルデザイン画像へ変更されていると考えられる。

また、防災マップに関して、被験者に原画像と変換画像を比較し原画像の方が区別しやすい箇所、変換後の方が区別しやすい箇所を示すよう教示した。その結果、被験者は提案法により色変更された箇所を示した。すなわち、提案法により混同しやすい配色が改善され、原画像

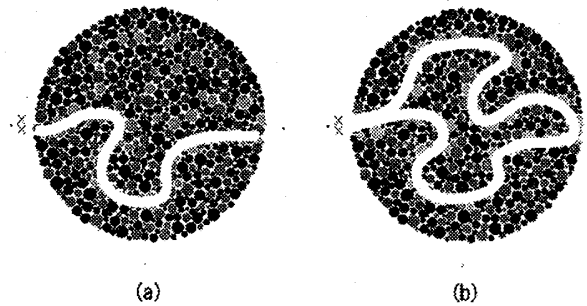


図3 評価実験結果

(a)は原画像、(b)は提案画像を表し、画像中の白い線は被験者が辿った線を表している。原画像では最後まで線を辿れなかったのに対し、提案画像では色覚正常者と同様に最後まで線を辿ることができ、提案法により元の画像が色覚異常者を考慮したカラーユニバーサルデザイン画像へ変更されていると考えられる。

では区別できなかった配色が区別できるようになることが確認できた。なお、今回の例では原画像の方が区別しやすい箇所は存在しなかった。他の画像においても同様に評価実験を行ったところ、提案法により画像を変更することで色覚異常者にも区別しやすくなることを確認できた。

5. まとめ

本研究では、色覚正常者には充分区別可能であるにも関わらず、色覚異常者にとっては区別することが困難な混同しやすい配色を検出、変更する手法を提案し、その有用性を色覚異常者の知覚シミュレーションと評価実験により確認した。なお、本提案法は色数に依存するものの図2(350×350pixel、16色)に対して3~5秒程度で変更可能で、なおかつ、色変換に使用した評価関数φは特定の色覚異常、あるいは複数の色覚異常に平均的に対応するよう設計することが可能である。

今後、提案法を身近な防災マップや地下鉄路線図、医用画像等の公共表示や印刷物へ応用することで、カラーユニバーサルデザイン社会の発展に貢献できると考える。

参考文献

- [1] 池田光男, 中島芳雄, “色覚のメカニズムと色覚異常”, 眼科Mook No. 16, 78-87(1982)
- [2] 伊藤啓, 橋本知子, 岡部正隆, “色のバリアフリー化に向けた基礎研究”, 日本展示学会 第22回研究大会 補足資料(2003)
- [3] Glenn A. Fry, “Confusion Lines of Dichromats”, Color research and application 17, 379-383(1992)
- [4] H. Brettel, et al., “Computerized simulation of color appearance for dichromats”, J. Opt. Soc. Am. A, Vol. 4, pp. 2647-2655(1997)
- [5] A. Stockman, D. I. A. MacLeod, N. E. Johnson, “Spectra sensitivities of human cones”, J. Opt. Soc. Am. A, Vol. 14, pp. 2647-2655(1997)