

色覚バリアフリーのための Web ページ色補正

Web-Page Color Modification for Barrier-Free Color Vision

市川 学* 田中 清* 近藤 昭治**
 Manabu Ichikawa Kiyoshi Tanaka Shoji Kondo
 廣島 康二† 市川 一夫† 田辺 詔子†† 深見 嘉一郎††
 Koji Hiroshima Kazuo Ichikawa Shoko Tanabe Kiichiro Fukami

1 はじめに

本稿ではインターネット上で色覚バリアフリーを実現することを目的に、HTML で記述された Web ページの色補正を行う一手法を検討する。まず、カラー画像を色情報によって領域分割した結果を記述する画像抽象化モデルを確立し、色の相互関係について定義する。次に、色覚異常 [1] の工学的モデル [2] による色の見え方に基づき、色補正を効果的に行うための評価関数の設計を行う。そして、画像抽象化モデルで定義した複数の相互関係を持つ色の最適化を、遺伝的アルゴリズム (GA) [3] を用いて解法する。色覚異常のシミュレーション [2] による結果を通して、色覚異常者にとって識別しやすい配色へと補正できることが確かめられる。

2 画像抽象化モデルと色補正

一般的なカラー画像は、同様な色をひとつの領域と考えると、複数の領域の組み合わせにより構成できる。本稿では、図 1 に示すような色について領域分割されたカラー画像を画像抽象化モデルと呼び、領域間の配色上の相互関係を以下のように定義する。

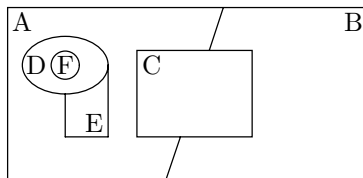


図 1: 画像抽象化モデルにおける色領域の分割例

包含関係とは、ある領域に別の領域が完全に囲まれている関係と定義する。囲んでいる領域を親領域、囲まれている領域を子領域と呼ぶ。図 1 の例では、領域 D は領域 F を包含しているため、 $D \supset F$ で記述する。一方、ある領域と別の領域が同一の親領域を持つとき、お互いの関係を対等関係と定義する。図 1 の例では、領域 D は領域 E と対等の関係であり、 $\{D, E\}$ で記述する。図 1 全体について領域間の関係を記述すると、 $\{A \supset \{D \supset F, E\}, B\} \supset C$ が得られる。

色により領域を識別する場合、領域間での色差を利用する。包含関係にある親領域と子領域は隣接しているため、領域間の色差を強調すると、領域を識別しやすくなる。対等関係にある領域間では、領域間の距離

も考慮しながら、同様に 2 つの領域間の色差を大きくする。本手法では、各領域を表す色情報について、このような相互関係を考慮した補正を行い、色覚異常者がより識別しやすい配色を実現する。

HTML では、背景、文字列とその一部、図表などの色をステートメントの中で指定できる。背景色と文字色は包含関係にあり、異なる文字色同士は対等関係にある。背景が親領域、文字列が子領域となるので、子領域はひとつの親領域を持つ。子領域 (文字列) は親領域 (背景) の上に存在し必ず接しているため、Web ページを識別しやすくするためには、親領域と子領域間の色差を強調すればよい。また、対等関係にある文字列間で相互関係を考慮しなければならないのは、リンク機能を明示するために、文字列の一部が部分的に異なる色で表示されている場合などで、この場合も色差を強調することで識別しやすくなる。

3 GA による配色の最適化

Web ページに n 種類の色 (C_1, C_2, \dots, C_n) が使われていた場合、視認性の観点から最適な配色 ($C_1^*, C_2^*, \dots, C_n^*$) に修正する。本手法では解空間を各色 $C_i (i = 1, 2, \dots, n)$ ごとに分割し、GA で進化させる個体の遺伝子情報個体を (R, G, B) それぞれ 8bit からなる 24bit バイナリー形式で表現する。

個体の評価は、その個体が表す色 C について、これと包含または対等関係にある色 C_B を基準として 2 色間で行う。準備として、評価対象の個体色を C 、これを色覚異常シミュレーション [2] した結果を C' 、同様に基準色を C_B 、これを色覚異常シミュレーションした結果を C'_B とする。また、オリジナル色とそれを色覚異常シミュレーションした結果をそれぞれ C_O, C'_O とする。評価は均等色空間のひとつである Luv 空間 [4] で行い、その上での色差および明度に関する正規化距離をそれぞれ d, b とする。

(1) 色度と明度の重み係数 明度が大きかったり小さかったりする場合には、色味による色差の調節が困難なため、明度を重視した色差強調を行う。中間的な明度の場合には、色味を重視した色差強調を行う。本手法では、両者を重み α を用いて線形結合する。

(2) 色度の評価 できるだけオリジナル色を保ちつつ色差を強調するために、 C' と C'_B 間の色差 $d_{(C', C'_B)}$ を正の要因として評価するとともに、 C と C_O の色差 $d_{(C, C_O)}$ を負の要因として

* 信州大学工学部, Faculty of Engineering, Shinshu University

** (株) 関東電子応用開発, Kanto Electronics & Research, Inc.

† 社会保険中京病院, Social Insurance Chukyo Hospital

†† 視覚研究所, Research Institute of Color Vision

$$f_c = d_{(C', C'_B)} \left[1 - \{d_{(C, C_O)}\}^{10 \{0.6\alpha + 0.4(1 - d_{(C'_O, C'_B)})\}} \right] \quad (1)$$

により評価する。

(3) 明度の評価 C' と C'_B の明度および明度差に適応して明度を調節するため、明度の評価を

$$f_b = 0.5 \left[1 - \cos \left\{ \pi b_{(C', C'_B)} \right\} \right] \times \left[1 - \left\{ b_{(C, C_O)} \right\}^{\tan \left(1 - 0.6b_{(C'_O, C'_B)} - 0.4\alpha \right)} \right] \quad (2)$$

により評価する。

(4) 評価関数 以上をまとめ、色度に関する f_c および明度に関する f_b を重み係数 α で線形結合した

$$f = \alpha f_c + (1 - \alpha) f_b \quad (3)$$

を評価関数とし、基準色 C_B に対する個体が示す色 C の評価値を決定する。

各色 $C_i (i = 1, 2, \dots, n)$ は包含や対等関係 (隣接) を有するので、相互関係を考慮した評価方法を行う。例えば、相互関係にある 2 色 C_1, C_2 について、 C_1 用の解集団 P_1 に属する個体は、 C_2 用の解集団 P_2 における $t-1$ 世代までのベスト解 $C_2^{*(t-1)}$ を基準として評価する。同様に、 C_2 用の解集団 P_2 には $C_1^{*(t-1)}$ を用いる。なお、複数の相互関係を有する場合には、複数の基準色を用いた評価値を平均する。本手法では、このように各色 $C_i (i = 1, 2, \dots, n)$ に対する集団 P_i の進化を同期させながら解探索を行う。

4 実験結果

図 2(a) に示す HTML で記述したテスト画像 (背景色 C_1 と 2 色の文字色 C_2, C_3 が $C_1 \supset \{C_2, C_3\}$ の関係にある) を用いた。これを色覚異常シミュレーション [2] した結果を図 2(b),(c) に示す。背景上の文字および文字間の色の違いが識別しにくいことがわかる。次に、本手法により配色補正を行った結果とその効果を図 2(d)~(g) に示す。補正前と補正後で比較すると、補正後の方が明らかに色差が強調され、背景上の文字および文字間の識別がしやすくなっている。これより、設計した評価関数が色差を調節する上で効果的に機能していることが確かめられた。

GA を用いた解探索について、本手法では、改良 GA (GA-SRM)[5] を用いた。その結果、少ない評価回数で信頼性の高い解探索が実現できることも確認できた。さらに Web ページ内の色数 n を増加したより複雑なサンプルデータについても検証を行った結果、同様に良好な配色結果が得られている。

5 まとめ

本稿では、インターネット閲覧における色覚バリアフリーを実現することを目的に、HTML で記述された Web ページの色補正を行う一手法を検討し、色覚異常のシミュレーションによる結果を通してその効果を確認できた。



(a) テスト画像



(b) 第 1 色覚異常のシミュレーション



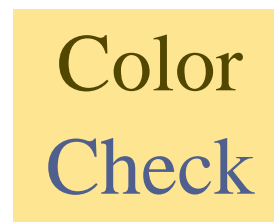
(c) 第 2 色覚異常のシミュレーション



(d) 第 1 色覚異常を考慮した補正結果



(e) 第 2 色覚異常を考慮した補正結果



(f) 第 1 色覚異常のシミュレーション (補正後)



(g) 第 2 色覚異常のシミュレーション (補正後)

図 2: 出力画像とその色覚異常のシミュレーション

今後の課題として、本手法を任意のカラー画像の配色を補正しうる方法へと拡張していく予定である。

参考文献

- [1] 深見嘉一郎, 色覚異常, 金原出版, 1998.
- [2] S. Kondo, "A Computer Simulation of Anomalous Color Vision", *Color Vision Deficiencies*, Kugler & Ghedini Pub., pp.145-159, 1990.
- [3] D.E. Goldberg, *Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning*, Addison-Wesley, 1989.
- [4] 日本色彩学会 (編), 新編色彩科学ハンドブック, 東京大学出版会, 1985.
- [5] H. Aguirre, K. Tanaka and T. Sugimura, "Empirical model with Cooperative-Competitive Genetic Operators to Improve GAs", *IPSSJ Journal*, Vol. 41(10), pp.2837-2851, 2000.