

平成21年 5月 27日現在

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2007～2008

課題番号：19700178

研究課題名（和文） ユーザの色覚特性に応じたウェブの色表示適応システム

研究課題名（英文） Web color control system for users with color defective vision

研究代表者

目黒 光彦 (MEGURO MITSUHIKO)

日本大学・生産工学部・講師

研究者番号：20323884

研究成果の概要：

色弁別の困難な色覚特性を有している色覚異常者向けに、ユーザがインタラクティブにシステムを操作することにより、色覚特性の型を簡易に判定する JAVA アプレットベースのシステムの構築と判定結果の検証、及び、色覚異常者において視認が困難な色の組合せを Web から検出し、見やすい色に変換することで、視認しやすい色使いの Web に変更する手法を実現した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,200,000	0	1,200,000
2008年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,700,000	150,000	1,850,000

研究分野：画像信号処理、メディア情報処理

科研費の分科・細目：情報学、知覚情報処理・知能ロボティクス

キーワード：感性情報学、色覚バリアフリー、画像認識、カラー画像処理

## 1. 研究開始当初の背景

白人男性の8%、黒人男性の4%、そして、日本人を含む黄色人の男性の5%は、特定の範囲の色について差を感じにくいという色覚特性を有している。この色覚特性は俗に「色盲」ないし「色弱」と呼ばれている。人間は、光の波長に対する感度の異なる三種類の錐体を網膜上に有する。色は、それら三種類ある錐体の反応値の相対比により知覚さ

れる。「色盲」である人は、三種類の錐体のうち、いずれか一つの錐体を欠き、二色型色覚と分類される。「色弱」は、光の波長に対する感度特性が大きく変化している錐体を有した、異常三色型色覚として分類されている。そのため、二色型色覚者、異常三色型色覚者にとって色の弁別が難しい色の組み合わせが存在する。すでに研究代表者は、色覚異常者と呼ばれる色覚特性を有する人々にとって、色の弁別のつきやすい色のカラー画

像に変換する手法の研究をしてきている。これらの色覚特性を有する人々は、元々異なる色であるが同系色として知覚される、色の弁別の難しい混同色となる色の組み合わせを有する。本研究の目的は、色覚異常者、加齢により色の弁別がつきづらい高齢者や、色覚正常者においても視認が困難な色の組み合わせを、個々のユーザにより異なる色覚特性に沿って、視認しやすいように Web 中の色を変換し、視認しやすい色使いに変更する手法の実現を目的とする。

## 2. 研究の目的

### (1) 本研究に関連する国内・国外の研究動向及び位置づけ

既に国内外で行われている色覚異常者の色覚に関する研究は、1) 二色型色覚者の錐体上で知覚する色覚特性のモデルに関する研究、2) Web ページ製作における色の組み合わせ方の検討、3) 二色型色覚者のための色変換技法、等がある。1) に関して、色覚特性を数式によるモデル化が H. Brettel(1997)らにより研究されている。このモデルを利用して、カラー画像から、二色型色覚者の色覚特性により観測されるカラー画像を生成することができ、二色型色覚者の視覚をシミュレート可能となっている。本研究においても、このモデルを採用している。2) は、インターネットにおける Web ページの色使いを、色覚バリアフリーに沿って作成する指針を検討したものであり、メーカや個人らの成果を、Web 上で公表している状況である。Web の場合、基本的な 216 色のみを Web セーフカラーとして使用を奨励しており、それらの色のうち、背景色と文字色の組み合わせとして、どのような組み合わせが見やすいかを検討している。さらに、立命館大学篠田博之教授のグループは、Web 上における色使いにおいて、混同色である領域を検出し、色修正の候補を修正するソフトウェアを公開している。3) では、本研究と同様に、スタンフォード大における二色型色覚者の見やすいように色変換を施したカラー画像を生成する研究や、静岡県立大の勝矢教授らによる弁別しやすいモノクロ画像に変更する方法が、既に研究されている。しかしながら、既存のカラー画像作成法に関しては、変換後の画像の見易さを考慮に入れておらず、モノクロ画像への変換では、真の色覚バリアフリーとはいえない。

### (2) これまでの研究成果を踏まえ着想にいたった経緯

研究代表者がこれまで遂行してきた、色覚異常者向けに見やすい色へカラー画像を変換する研究は、色覚異常者の中で、色覚特性の

モデル化が容易な、二色型色覚（いわゆる色盲者）を対象を限定していた。これは、二色型色覚を有する色覚異常者が観測する色の値を推測する数式モデルが導かれており、色覚異常者の見え方に沿って、色の弁別が向上したのかが検証しやすいことによる。しかしながら、異常三色型色覚（いわゆる色弱者）の場合、色覚正常者から比べた色覚特性の違いに個人差がある。そのため、個人個人の色覚特性を調べた上で色変換を施さないと、適切な色変換が実現されない。そのため、色覚のタイプにより異なる混同色をディスプレイ上で表示させることにより、どちらのタイプの色覚特性かを検出する仕組みを考案した。これは、被験者に、同一色の二つのパッチを並べてディスプレイ上に表示させたものを見せ、それぞれのパッチの色を、異なるタイプの混同色として表示させることで、色の差異に気づくことにより色覚特性を検出するシステムである。本システムを用いることで、個人の色覚特性を測定することができ、個々のユーザの色覚特性に応じた色変換が可能となる Web システムが構築可能となる。

## 3. 研究の方法

### (1) ユーザのインタラクティブ操作による色覚特性の簡易判定

一般色覚者が弁別可能である色の組み合わせも、二色型色覚者や異常三色型色覚者には弁別困難な色の組み合わせである混同色がある。二色型色覚者にとって弁別が困難となる組み合わせは、混同色線とよばれる線の同一直線上に存在する色の組み合わせである。xy 色度図における二色型 P 型色覚、及び、二色型 D 型色覚の混同色線をそれぞれ、図 1、図 2 に示す。

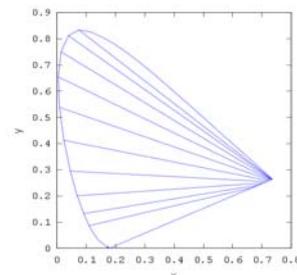


図 1 : 二色型 P 型色覚の混同色線

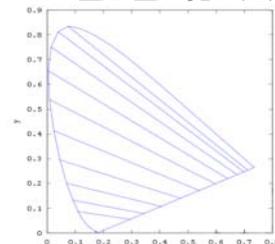


図 2 : 二色型 D 型色覚の混同色線

本研究では、ユーザにディスプレイ上で色を提示させ、色の類似評価を行うことによって色覚特性の判定を行う手法を提案する。Java アプレットによる色覚判定システムの実現の様子を図3に示す。本検査法ではディスプレイにおいて提示するため、表示色は *sRGB* の範囲内の色に限定される。いくつかのステップに分け、*xy* 色度図の混同色線を利用した本検査法を説明する。



図3:色覚判定システム

開始ボタンが押されると、まず、*sRGB* の赤の原色  $R(x;y)=(0.64;0.33)$ , 緑の原色  $G(x;y)=(0.30;0.60)$  と青の原色  $B(x;y)=(0.15;0.06)$ のうち、*sRGB* の *G* と *B* を結んだ線分 *GB* 上の一点をランダムに点 *O* (*x* 座標を  $x_{min}$ ) を選択する。次に、二色型 *P* 型色覚の混同色線中心  $(x;y)=(0.747;0.253)$  を  $\alpha$ , 二色型 *D* 型色覚の混同色線中心  $(x;y)=(1.08;0.08)$  を  $\beta$  とすると、点 *O* と二色型 *P* 型色覚の混同色線中心  $\alpha$  を結んだ直線  $f(x)$  と、点 *O* と二色型 *D* 型色覚の混同色線中心  $\beta$  を結んだ直線  $g(x)$  を求める。 $f(x)$  は二色型 *P* 型色覚の点 *O* を通る混同色線を表し、同様に  $g(x)$  は二色型 *D* 型色覚の点 *O* を通る混同色線を表している。ただし、ディスプレイ上で表示させながら実験を行うため、表示が可能な色は、*sRGB* の三角形の内側に限定される。

直線  $f(x)$  上にあり、かつ、点 *O* から始まり直線 *BR* との交点の *x* 座標が 0.5 以下なら、その交点を *P* とする。さもなければ、 $x=0.5$  の直線との交点を *P* とする。直線 *OP* 間の *x* 座

標を  $x_1$  とする。同様に、直線  $g(x)$  上にあり、かつ、点 *O* から始まり直線 *BR* との交点の *x* 座標が 0.5 以下なら、その交点を *Q* とする。さもなければ、 $x=0.5$  の直線との交点を *Q* とする。直線 *OQ* 間の *x* 座標を  $x_2$  とする。

以上の処理を *xy* 色度上に図示したものを図4に示す。

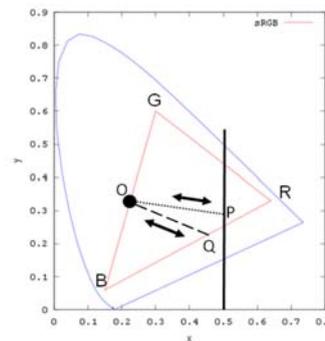


図4: OP,OQ 直線

二色型 *P* 型色覚の混同色線である線分 *OP* 上の色と、二色型 *D* 型色覚の混同色線である線分 *OQ* 上の色を図3の色1, 色2それぞれの窓に表示する。一方の窓に二色型 *P* 型色覚の混同色線上の色, もう一方の窓に二色型 *D* 型色覚の混同色線上の色を表示させる。毎回、同一窓に同じ色覚の混同色線上の色を表示せず、二色型 *P* 型色覚と二色型 *D* 型色覚のどちらの混同色を左右に表示させるかはランダムに提示させる。さらに、各スクロールバーの範囲を  $x_1$  と  $x_2$  の範囲に設定する。提示する色をスクロールバーで操作することで混同色線上を移動させ、スクロールバーから新しい *x* を取得し、そのときの色を対応する窓に表示する。

二色型 *P* 型色覚, 二色型 *D* 型色覚の混同色線を変化する色の様子を被験者に提示し、どちらが色の変化が大きいかを選択させる。選択された混同色線上の色は弁別が容易である。また、選択されなかった混同色線の色は弁別が困難であるといえる。

以上の操作を複数回繰り返す。終了ボタンが押されると、下のテキストボックスに、各回での選択結果と、各回における選択結果を総合して判断し、二色型 *P* 型色覚であるか、または、二色型 *D* 型色覚であるかの可能性を表示する。この可能性は、検査回数に対する各混同色線の選択された割合である。ただし、

本検査法はユーザ操作による簡易判定なので、最終的な色覚の特定は医師による診断が必要であることを申し添えておく。検査結果の表示例を図5に示す。



図5:結果の表示例

(2) Web の色表示修正

(1)において、ユーザの色覚特性がD型かP型かを判定したのち、判定された色覚が見やすいような色づかいのWebに表示するシステムを構築した。まず、Webのhtmlファイルから、背景色と文字色を抽出しておき、均等色空間として知られる $L^*a^*b^*$ に色情報を変換しておく。次に、P型、D型色覚者が混同色として見えるか否かを判定し、色修正が必要と判断された場合、P型、D型色覚者の混同色線を $L^*a^*b^*$ に写像した線において、直交する直線のいずれかの別の色に $\Delta C$ のみ修正する。さらに、輝度においても修正を認める。これにより、混同されない色に修正が可能となる。色修正の様子を図6、図7に示す。

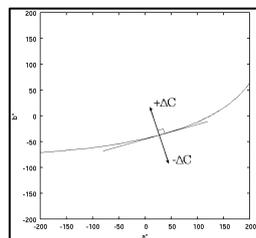


図6:P型色覚特性における色修正

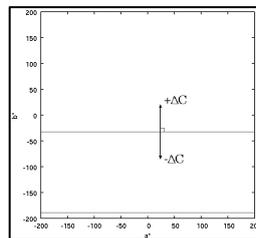


図7:D型色覚特性における色修正

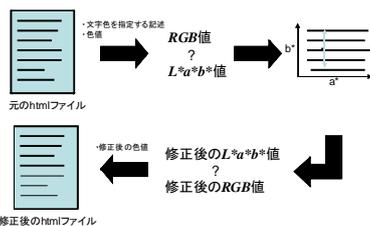


図8:Web色修正システム

色修正後、htmlファイルの色情報を修正後のものとして反映させることで、視認しやすい色使いのWebに修正する。以上、図8で示した処理に基づくシステムを実現した。

4. 研究成果

(1) ユーザのインタラクティブ捜査による色覚特性の簡易判定

提案システムを一般色覚の被験者に提示し、実験を行う。本システムのフィルタを用い、二色型P型色覚、および二色型D型色覚者の見え方をシミュレートしたうえでの検証、および、二色型P型色覚者の見え方、および二色型D型色覚者の見え方をリアルタイムに表示可能な色覚シミュレーションソフトウェア「UniColor Pro」を搭載するナナオ製の色覚シミュレーションモニター「Flex Scan SX2461W-U」において、二色型P型色覚者の見え方、および二色型D型色覚者の見え方をシミュレートしたうえで検証し、結果を比較した。「FlexScan SX2461W-U」は色覚バリアフリーを目指している団体、CUDO(カラーユニバーサルデザイン機構)の認証を取得しており、色覚シミュレーション表示の信頼性が高い。24人の一般色覚者に協力してもらい、一般のディスプレイで色覚判定システムのフィルタをかけたうえでの検証と、「SX2461W-U」でシミュレートをしたうえでの検証を行った結果を表1、2に示す。各々の表は、二色型P型色覚者の見え方、二色型D型色覚者の見え方のシミュレートをして検証をした結果を表す。

表1で、一般ディスプレイで本システムのフィルタによって二色型P型色覚をシミュレートしたうえでの検証結果では、二色型P型である可能性が80~100%と判定された被験者は21人(24人中)、60~80%と判定された被験者は3人(24人中)となった。表2で、一般ディスプレイで色覚判定システムのフィルタによって二色型D型色覚をシミュレートしたうえでの検証結果では、二色型D型である可能性が80~100%と判定された被験者は22人(24人中)、60~80%と判定された被験者は2人(24人中)となった。表1、2の一般ディスプレイで色覚判定システムのフィルタを使用した結果から、色覚特性がおおむね正しく判定されていることがわかる。また、

「SX2461W-U」の「UniColor Pro」で二色型 P 型色覚のシミュレートをして検証をした結果では、二色型 P 型である可能性が 80~100%と判定された被験者は 22 人(24 人中), 60~80%と判定された被験者は 2 人(24 人中)となった。「SX2461W-U」の「UniColor Pro」で二色型 D 型色覚のシミュレートをして検証をした結果では、二色型 D 型である可能性が 80~100%と判定された被験者は 22 人(24 人中), 60~80%と判定された被験者は 2 人(24 人中)となった。各々の色覚でシミュレートをしたうえでの一般ディスプレイでの検証結果と、ナナオ製の色覚ディスプレイでの検証結果を比較すると、ほぼ等しい検証結果が得られたことがわかる。このことから、提案した検査法での検査結果は信頼性のある結果である。

表 1: P 型色覚における検証結果

P型である可能性(%)	一般ディスプレイ(人)	色覚ディスプレイ(人)
100-80	21	22
80-60	3	2
60-0	0	0

表 2: D 型色覚における検証結果

D型である可能性(%)	一般ディスプレイ(人)	色覚ディスプレイ(人)
100-80	22	22
80-60	2	2
60-0	0	0

## (2) Web の色表示修正

Web の色修正処理前を図 9 に、処理後の結果を図 10 に示す。視認しやすい Web 表示が実現された。



図 9 : 色修正前の Web 表示



図 10 : 色修正後の Web 表示

今後の展開として、Web 上に挿入されている画像に対する色修正処理が望まれる。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計 3 件)

①小川剛史, “ユーザのインタラクティブ操作による色覚特性の簡易判定”, 動的画像処理実利用化ワークショップ 2009, 2009.03.05.

日本大学工学部、郡山市.

②日原洋平, “組合せ最適化による色覚特性を考慮した色弁別しやすい画像への変換”, 動的画像処理実利用化ワークショップ 2009, 2009.03.05.

日本大学工学部、郡山市.

③Meguro Mitsuhiro,

“Color Conversion Method to Perceptible Images for Color Vision Deficiencies by using combinatorial optimization”, NCSP'09 (Int. Workshop on Nonlinear Circuits and Signal Processing), 2009.03.02.

Waikiki, Hawaii, USA

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

目黒 光彦 (MEGURO MITSUHIKO)

日本大学・生産工学部・講師

研究者番号: 20323884