

# 色弱者のためのカラーUDチェックシステムの試作

前川満良\* 伊藤啓\*\*

カラーユニバーサルデザイン(カラーUD)が浸透していく一方で、デザインの中で色弱者が分かりづら  
いと感じる部分を知ることは容易でない。そのために開発された色覚擬似変換は、色の見分けにくさを主  
観的に判断できるが、客観性に欠け、色弱者にとって不都合な個所を客観的に判断する要望が高まってき  
ている。そこで、まず、色覚擬似変換の精度向上と色弱者の色差特性を明確にした。次に、この色差特性を反映し  
た均等色平面を作った。この平面の距離を基準とすることで色の見分けにくさを評価する「カラーUD チェックシス  
テム」を試作したので報告する。

キーワード: カラーユニバーサルデザイン, 色弱者, 色覚擬似変換, 色差特性, チェックシステム

Development of a Verification System for Color Universal Design for Color-Blind People

Mitsuyoshi MAEKAWA and Kei ITO

Although Color Universal Design is widely in use, it is not easy to determine the parts of the design that are indistinguishable to  
color-blind people. A number of color-blind simulations were subsequently developed. However, they do not allow one to objectively  
judge what an image will look like for color-blind people. An objective verification system is therefore required. First, we improved the  
accuracy of the simulation and examined the color difference characteristics of color-blind people. Next, we defined the uniform color  
plane. Using these results, we made a prototype “Color UD Verification System” that used the distance of colors in the plane.

Keywords : color universal design, color-blind people, color-blind simulation, color difference, verification system

## 1. 緒言

日本人男性の20人に1人が色弱者<sup>1)</sup>といわれていることから、近年は色弱者に配慮したモノ作りが求められている。しかし、色弱でない人には色弱者がどのような配色を分かりにくいと感じているかを理解しにくかったため、その具体的な対応が遅れていた。そこで、ケンブリッジ大のモロンらにより色弱者の色の見分けにくさを擬似体験できる色覚擬似変換が開発された<sup>2)</sup>。この理論に基づいて工業試験場でも(株)ナナオと共同でこの色覚擬似変換を搭載した液晶モニターを開発した<sup>3)</sup>。この色覚擬似変換モニターにより主観的ではあるが色の見分けにくさの判断が可能となり、色弱者に配慮した製品が作られるようになってきた。

しかし、色弱者とそうでない人との間で色差の感じ方が異なっていれば、色の見分けにくさの判断基準が異なり、色弱でない人が色覚擬似変換後の画像だけで行う判断は不十分といえる。そこで、色弱者の色差の特性を考慮した上で見分けにくさを判断するシステム

の開発が求められるようになってきた。

本報では、色弱者のタイプとして代表的なP型とD型の2タイプの色差特性を調査し、その結果に基づき見分けにくいと感じる色を客観的にチェックする「カラーUD チェックシステム」を試作したので報告する。

## 2. システムの概要

開発したカラーUDチェックシステムは、色弱者が配色によって分かりにくいと感じるデザイン画像上の不具合箇所を指摘するものである。本システムの概要を図1に示す。本システムでは、まず評価したいデザイン画像を色弱者の見え方に色覚擬似変換する(図1(b))。次に変換したデザインの中で隣接する色が色弱者にとって十分な色差であるかを判断し、色差が不十分な箇所を指摘する(図1(c))システムである。この開発には、大きく2つの課題がある。1つは色弱者の見え方に高精度で色覚擬似変換する技術であり、もう1つは色弱者の感じる色差の特性を明確にし、見分けにくさの判断基準を作ることである。

\*企画指導部 \*\*東京大学

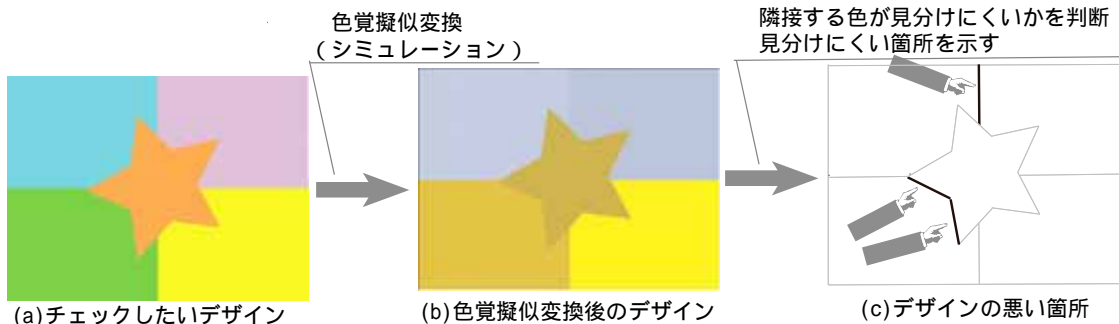


図1 システムの概要

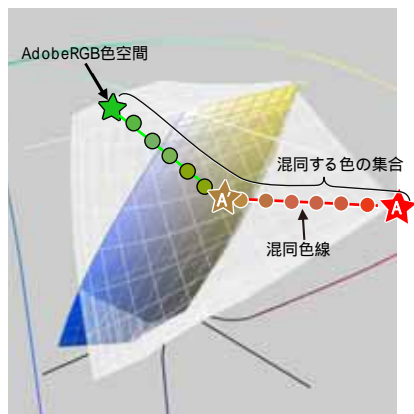


図2 色覚擬似変換

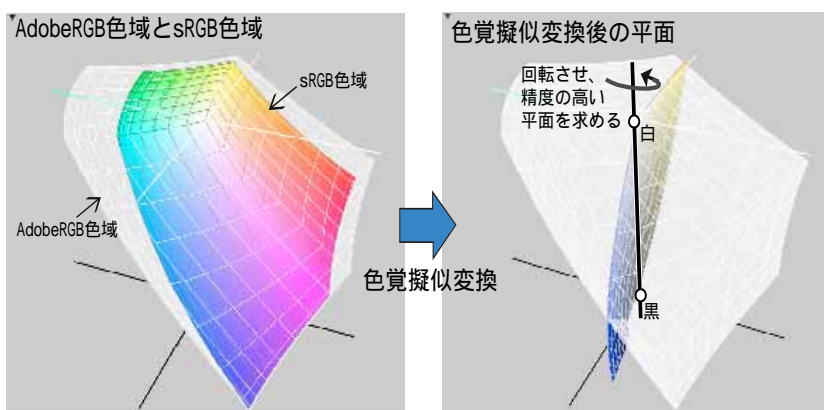


図3 色覚擬似変換前後の色域

### 3. 色覚擬似変換精度の向上

#### 3.1 色覚擬似変換と課題

図2に示すように色弱者が見分けられない色には連続性がある<sup>4)</sup>。これを繋げたものを混同色線といい、強度の色弱者の場合はこの線が色空間内を途切れることなく連続する。このことから、任意の色Aに対する色覚変換後の色A'は、混同色線のいずれの色でも構わないことになる。現在の色覚擬似変換方法は、ある平面(投影平面)と混同色線が交差する点(色)を混同色線の代表色として変換している。このような色覚擬似変換は、これまでは図2に示すようにsRGB色域の色を対象とした平面であった。しかし、モニターで表示できる色域やデジタルカメラで扱う色域がsRGBからAdobeRGBへ拡大しており、AdobeRGB色域に適した平面が求められるようになってきた。

#### 3.2 実験方法

AdobeRGB色域へ対応するために、これまでの投影平面を黒と白を通る軸を中心に回転させ(図3)、各平面における色覚擬似変換精度を評価する実験を行なった。色覚擬似変換精度は、AdobeRGB色域を均等に分割した729色に対して擬似変換前後の色を表示させ、変換前後で色の差を認識できない色の割合で決定した。被験者は、P型色弱者5人、D型色弱者5人である。

表1 P型の各平面の色覚擬似変換の精度

平面決定パラメータ	-0.1	0	0.1	0.2	0.3	0.4
正当率(%)	92.1	96.5	97.2	95.8	90.6	79.0

#### 3.3 実験結果

P型色弱者の実験結果は表1に示すとおり0.1平面が最も高い正答率であり、AdobeRGB色域では0.1平面を採択すべきであることが分かった。これはD型においても同様の結果であった。

### 4. 色弱者の色差特性

#### 4.1 色弱補正色空間の考え方

一般的に2つの色の差(色差)は、均等色空間と言われる $L^*a^*b^*$ 色空間内の距離 Eで比較・評価されている。ここで $L^*$ は明度( $L^*=0$ は黒, $L^*=100$ は白)を示し、 $a^*$ 、 $b^*$ は色の方向を示し、 $a^{*+}$ は赤方向、 $a^{*-}$ は緑方向、 $b^{*+}$ は黄方向、 $b^{*-}$ は青方向を示しており、数値が大きくなるにつれてその色が鮮やかになる。したがって $a^*=b^*=0$ であれば色味のない無彩色となる。

しかし、この $L^*a^*b^*$ 色空間は微小な色差を比較・評価するために考案されたものであり、大きく色が変化する場合の有効性は示されていない。また、色弱者についての評価実験がなされていないことから、

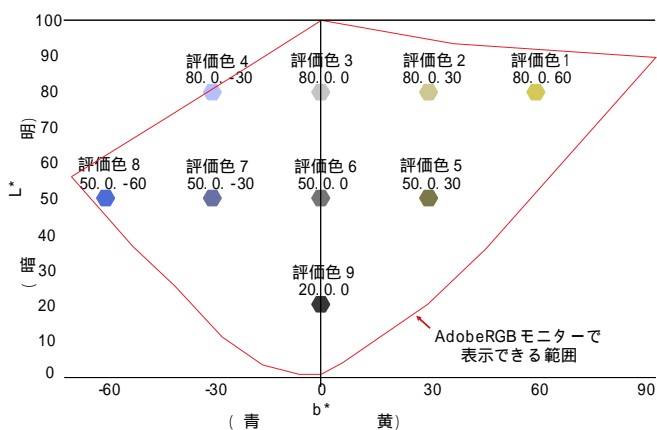


図4 色差評価する平面と評価する色

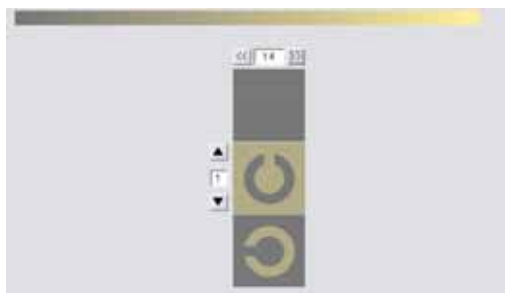


図5 色差評価画面

L\*a\*b\*色空間の距離を色弱者の色差の評価に用いることは適切ではない。そこで、このL\*a\*b\*色空間を色弱者の色差特性に合致するように補正するために、色弱者の色差特性を調査する実験を行なった。

#### 4.2 実験方法

色弱者が見分けにくいと感じる色差領域の調査を3次元のL\*a\*b\*色空間内でくまなく行うことは、色弱被験者の負担を考えると難しい。そこで色弱被験者の負担を軽減するために、調査する色数を少なくする必要があるが、色数が少なすぎると精度が悪くなる。そこで、精度を落とさず調査する色数を少なくする方法を検討した。

3章で求めた投影平面はL\*a\*b\*色空間上の $a^*=0$ で示される平面の近傍であり、混同色線の連続性からL\*a\*b\*色空間のいずれの点(色)も図4に示す $a^*=0$ 平面に混同色があることになる。したがって、色弱者の場合はこの $a^*=0$ 平面上の色についての色差を評価すればL\*a\*b\*色空間全体を評価したことに相当する。この理論に基づき、L\*a\*b\*色空間の $a^*=0$ で示される平面上から図4に示す9点(色)を選び、その色を中心に4方向( $b^*$ 軸方向とL\*軸方向)についてどこまでが見分けにくい色であるかを調査した。

被験者は、P型色弱者3人、D型色弱者3人である。

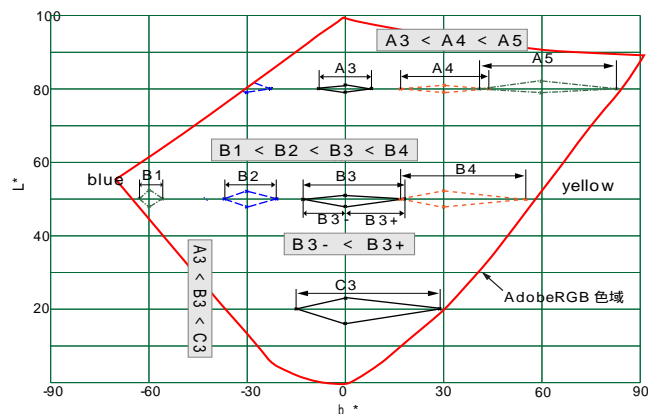


図6 P型、D型に共通した色差特性の傾向

比較のために色弱でないC型3人にも同じ実験を行なった。実験では、見分けにくいという主観的な評価を客観的な評価にするために、図5で示すような視力検査で用いられるランドルト環を利用した。ランドルト環と背景の色を変化させながら、視力検査と同様に環の開いている向きを答え、不正解になる色差を記録した。実験は、(株)ナナオ製液晶モニター Color Edge CG221W(AdobeRGB96%カバー)を用いてモニターの色温度を6500Kに設定して行った。

#### 4.3 実験結果

実験結果は図6に示すように、9つの各評価色から $b^+$ 、 $b^-$ 、 $L^+$ 、 $L^-$ の4方向において、ランドルト環の向きが分からなくなった点(色)を記し、その4点を頂点とした四角形を描いて示した。つまりこの四角形の形状が見分けにくさの特性を示し、四角形内部の色は見分けにくい色に相当する。

この表示方法によりP型、D型のいずれの色弱者にも共通な色差特性の傾向をまとめると図6のようになる。どの評価色についても青方向より黄方向の方が見分けにくくなる色差が大きくなる(図6中 $B3 < B3+$ )。評価色のL\*が等しい場合、黄が強くなるにつれて見分けにくくなる色差が大きくなる(図6中 $A3 < A4 < A5$ や $B1 < B2 < B3 < B4$ )。また、明度が高く(L\*が大きくなる)につれて、どの方向にも見分けにくくなる色差が小さくなる。この傾向は、色弱でない人(C型)にも見られるが、色弱者の方がその差は顕著であった。

#### 5. チェックシステムの試作

4章の結果より、平面上の任意の2点間距離と色弱者の色差が同じになるように、平面の座標軸を変換する補正式をP型、D型の各タイプについて求めた。この式により、色弱者にとって均等になるように補正した

色差平面を導きだすこと可能となった。導きだした補正色差平面のD型の例を図7に示す。

各タイプの色差を均一にする補正変換式が求まったことで、任意の色であっても色覚擬似変換で $a^*=0$ 平面の対応色を求め、さらに補正変換式で変換することで、各色の距離により各タイプの色弱者の色の見分けづらさを判断することが可能となる。

この手順に従い、まず、3章の精度を向上させた色覚擬似変換技術と4章の色差特性による補正色空間への変換技術を基礎に、画像からカラーエッジ(色の境界)を抽出する技術を組み合わせることで、色弱者が見分けにくいと感じるデザイン上の箇所を指摘するカラーUDチェックシステムを試作した。このシステムによるチェック事例を図8に示す。図8では色の境界は薄い色で示し、その中でチェック結果として悪い箇所を濃い色で示している。

## 6. 結 言

本研究では、色弱擬似変換の精度の向上と色弱者の色差特性を明らかにすることによって、デザインの中で色弱者が見分けにくいと感じる配色箇所を客観的に見つけ出すカラーUDチェックシステムを開発した。

今後、チェックシステムの信頼性を十分に検証し、実用化を目指す予定である。

なお、本研究の一部は(財)放送文化基金の助成援助事業として実施した。

## 謝 辞

本研究を遂行するに当たり、被験者実験にご協力頂いた NPO 法人カラーユニバーサルデザイン機構 (CUDO) および被験者の皆様に感謝します。また、終始適切なお助言を頂いた(株)ナナオの小野正貴氏、米光潤郎氏、出山敦祥氏に感謝します。

## 参考文献

- 1) 岡部正隆, 伊藤啓. 色覚の多様性と色覚バリアフリーなプレゼンテーション - 色覚の原理と色盲のメカニズム -. 細胞工学. 2002, vol. 21, no. 7, p. 763-745.
- 2) F. Vienot, H. Brettle, J. D. Mollon. Digital video colourmaps for checking the legibility of display by dichromats. COLOR research and application. 1999, vol. 24, no. 4, p. 243-252.

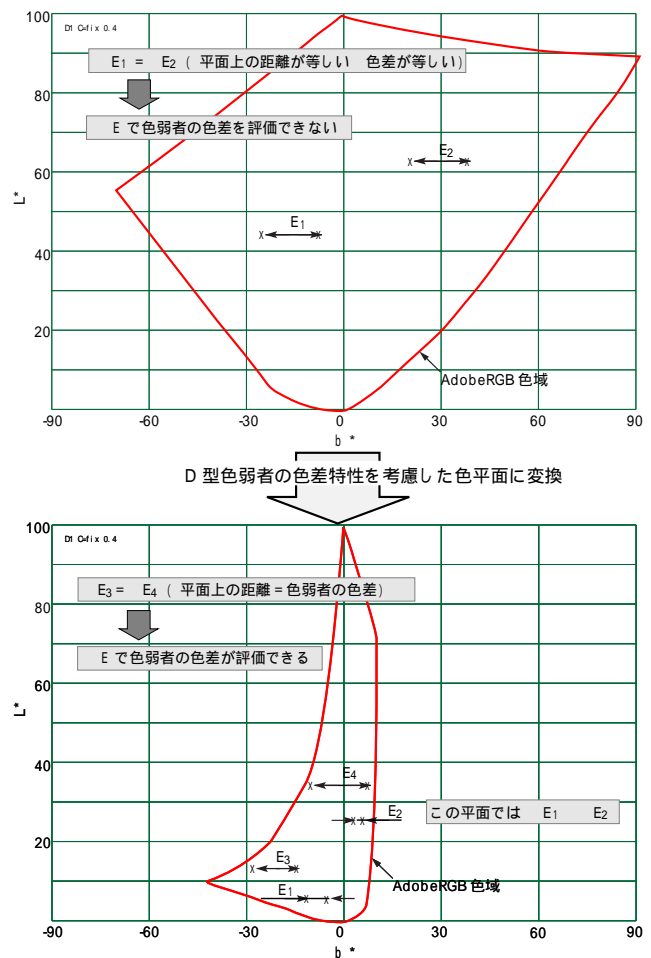


図7 色弱者にとって均等な色差平面への変換

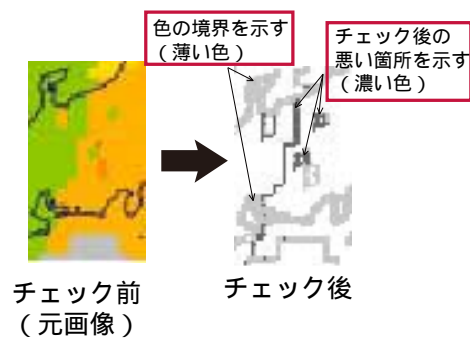


図8 チェックシステムによるチェック

- 3) 前川満良, 米光潤郎, 小野正貴, 伊藤啓, 田中陽介, 高橋哲郎. “色覚バリアフリーのためのチェックモニターの開発”. 第31回感覚代行シンポジウム講演論文集. 東京, 2005-12-01/02. 感覚代行研究会, 2005, p. 59-63.
- 4) K.Ito, M.Maekawa. “Analysis of the colors that are confused by colorblind people in the three dimensional color space”. Abstracts of the 31th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society. Tokyo, 2008-07-09/11. Japan Neuroscience Society, 2008, p2-k04.