

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 13 日現在

機関番号：23903

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2013

課題番号：24700174

研究課題名(和文)多原色ディスプレイを用いた色覚バリアフリー画像表示システムの開発

研究課題名(英文)Development of Color Barrier-Free Display Methods Using Multi-Primary Color Display

研究代表者

田中 豪(TANAKA, Go)

名古屋市立大学・その他の研究科・講師

研究者番号：30609805

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,000,000円、(間接経費) 600,000円

研究成果の概要(和文)：色覚異常者にとって見やすい配色とすることを色覚バリアフリーという。カラー画像のモノクロ変換は色覚バリアフリー化色変換のための要素技術と考えることができる。本研究では、新規モノクロ変換及びそれを応用した色覚バリアフリー化色変換を提案した。色覚バリアフリー化色変換では、視認性の改善と自然さの保持が問題となる。提案手法は、適用可能な画像に制限はあるものの、視認性の改善と自然さの保持を両立した色変換手法である。

研究成果の概要(英文)：The color barrier-free conversion is studied and it is the conversion to arrange colors in an image for color vision deficiencies. The color-to-gray conversion can be considered as an elemental technology of the color barrier-free conversion. New color-to-gray conversions and a color barrier-free conversion are proposed in this study. In the color barrier-free conversion, visibility improvement and naturalness preservation should be considered. Although the proposed color barrier-free method has restriction on object images, it simultaneously achieves visibility improvement and naturalness preservation.

研究分野：総合領域

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：色覚バリアフリー モノクロ変換

1. 研究開始当初の背景

ヒトは網膜上に錐体細胞を有しており、光刺激に対して錐体が反応することにより色を感じている。正常色覚者は3種類の錐体を有している。一方、1種類以上の錐体が欠けているか、あるいは錐体の反応が正常でない場合を異常色覚という。正常色覚では異なる色と認識される光刺激が、異常色覚では同じ色と認識される場合がある。すなわち、色の違いによって表現されている情報が色覚異常者には正しく伝達されない場合がある。例えば、正常色覚者にとっては誘目的な色の組み合わせ(文字と背景の色の組み合わせ)で宣伝文が書かれていたとしても、色覚異常者には文字が読み取れないといったことが起こる。

2. 研究の目的

異常色覚を有する人は、特定の組合せの色を見分けにくく、表示された画像の内容把握が困難な場合がある。色覚異常者にとって見分けやすい色とすることを「色覚バリアフリー化色変換」といい、これを実現することが本研究の目的である。

3. 研究の方法

本研究は、当初、画像表示方法を多原色化することで「正常色覚においては同じ色に見える、異常色覚においては異なる色に見える」光刺激対を構成することを目指した。この光刺激対を用いることで色覚バリアフリー画像表示を実現しようとするものである。

多原色ディスプレイとして、4原色ディスプレイであるシャープ株式会社の「クアトロン」があるが、そこでは従来のRGB(赤・緑・青)の3原色に加えてY(Yellow:黄)が4番目の原色として採用されている。一方、通常使用されているデジタルカラー画像はRGBの3原色で記録されており、Y成分は存在しない。クアトロンでは、既存のRGB成分から独自の演算によりY成分を生成し表示している。このように、従来の3原色カラー画像を多原色表示しようとした場合、新しく追加した原色のデータを生成する必要がある。この自由度を利用して色覚バリアフリー色表示を目指した。しかし、原色RとGから作られる黄色と原色Yから作られる黄色の分光分布の独立性は低く、これを利用した色覚バリアフリー色表示は難しいようであった。

そこで、次善策として配色を変更することで色覚バリアフリー色表示を実現することを目指した。この研究では、要素技術としてカラー画像のモノクロ変換を考えることができる。通常モノクロ変換では、カラー画像の明度成分のみを使ってグレーレベルを構成する。しかし、この場合、色相や彩度が異なるが明度が等しい色には同じグレーレ

ベルが割り当てられ、モノクロ画像において識別できなくなってしまう。そこで、カラー画像における色の違いを反映したモノクロ画像を得る手法が必要となる。これはカラー画像における異なる色には異なるグレーレベルを割り当てることで、モノクロ画像における識別容易性を確保するものであり、色覚バリアフリー色表示と同様の目的の色変換である。なお、色覚バリアフリー化色変換では、正常色覚において異なる色が異常色覚においても異なる色に見えるように配色を変更する。

4. 研究成果

(1) Color2Gray アルゴリズムの改良1: 画素対の重要度を考慮した。

カラー画像における色の違いを反映したモノクロ画像を得る手法としてGoochらによって提案されたColor2Grayアルゴリズムがある。この手法では、色の違いをモノクロ画像に反映させるための目的関数が定義され、それを最小化することで出力モノクロ画像が得られる。

その最小化問題では、入力画像中の画素の対について色の違いを考えるが、どの画素対も等しい重要度で考慮される。これに対し、本手法では画素対の色の組み合わせに応じて考慮する重要度(重み)を変化させる。

図1はモノクロ変換の例である。左上のカラー画像を通常の方法(明度のみを使用)でモノクロ変換したものが右上であるが、コントラストが低いことが分かる。左下は従来のColor2Grayによるモノクロ変換である。コントラストは改善されているが、右下に示した提案Color2Grayの方が、黄色の部分の細かな様相等、入力カラー画像の印象をより良く反映しているといえる。

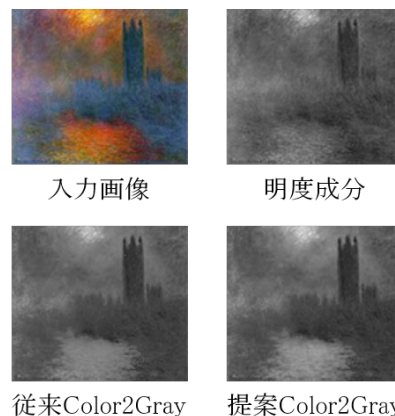


図1 モノクロ変換例1

本手法は、考慮する画素対によって重みを変化させることで、無駄な評価を減らし、カラー画像の印象を良く反映したモノクロ画像を得るところに特長がある。

(2) Color2Gray アルゴリズムの改良 2 : 新しい符号付き色距離を定義した。

Color2Gray では、色の違いを定量的に表した「符号付き色距離」という概念を用いる。本手法では、新しい符号付き色距離を定義した。図 2 左上の太陽は、右上に示した明度成分画像では判別できない。左下の Color2Gray 出力では太陽は判別できるが、その上部の朝焼けの色の違いは失われ、一様なグレーレベルになってしまっている。それに対し、右下に示した本手法では、太陽が判別でき、朝焼けの様子もグレーレベルの濃淡で表現されており、良好な結果であるといえる。

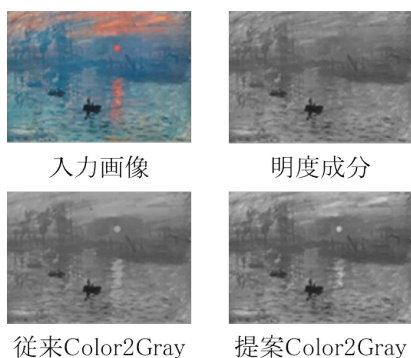


図 2 モノクロ変換例 2

新しい符号付き色距離を定義することで細やかな色変化を反映できるようになった。本手法は、連続的な色の変化をグレーレベルに反映しやすいという特長がある。

(3) 頂点彩色アルゴリズムによるモノクロ変換：地図のように、領域が明確に分かれており、各領域内が単色で構成されている画像を対象としたモノクロ変換手法である。

本手法では、隣接する領域に必ず異なるグレーレベルを割り当てる。また、元々の色の明度とかけ離れたグレーレベルを割り当てると不自然な印象になる場合もあるので、各領域のグレーレベルは入力画像における明度成分になるべく近いものとする。本手法の使用例としては、Web ページをモノクロ印刷するときなどが挙げられる。

本手法では、まず、単純グラフとなるように入力画像をグラフ化する。図 3 は画像のグラフ化の例である。黒丸は各領域を代表する点であり「頂点」と呼ぶ。点線は各領域の隣接関係を表したものであり「辺」と呼ぶ。

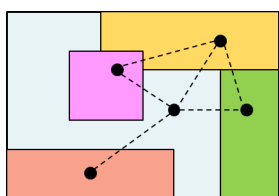


図 3 画像のグラフ化

グラフ理論の分野に頂点彩色という問題

がある。これは、隣接する頂点を異なる色で塗り分けることを考える問題である。全ての単純平面グラフは 5 色で塗り分けられることが知られており、塗り分けるための簡単なアルゴリズムも知られている。この彩色アルゴリズムを使い、各頂点（各領域）を 5 段階のグレーレベルで塗り分けることにすれば、「隣接領域を見分けることができる」モノクロ画像を得ることができる。

しかし、上記の方法では、自然なモノクロ画像が得られるとは限らない。カラー画像における明度と大きく異なるグレーレベルが割り当てられるかもしれないからである。そこで、カラー画像における明度から大きく外れず、しかし隣接頂点には異なるグレーレベルを割り当てる方法を考案した。

図 4 はカラー画像のモノクロ変換例である。左上が入力カラー画像であり、通常のモノクロ変換（右上）では 2~4 の領域が判別できなくなってしまう。Color2Gray によるモノクロ変換結果（左下）では、2~4 は判別できるが、2 と 5 が判別できなくなっている。目的関数の意味では最適な結果であるが、実際には良いモノクロ変換結果であるとはいえない。右下に示した本手法による結果では、隣接領域に異なるグレーレベルが割り当てられている。また、元の明度成分（右上）と比べて（黒が白になるような）大きな違いはなく、元のカラー画像の印象を反映した自然なものであるといえる。

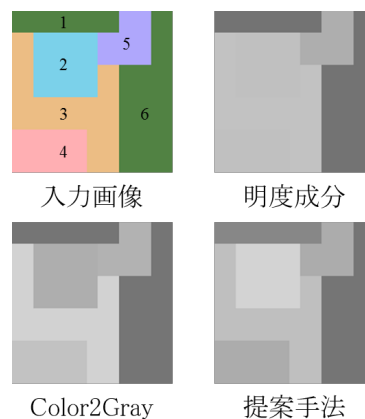


図 4 モノクロ変換例 3

従来の色の違いを考慮したモノクロ変換手法は、目的関数を設計し、最適化問題を解くことによって出力モノクロ画像を得るものが多かったが、この方法では、図 4 左下の例のように、隣接領域に十分異なったグレーレベルが割り当てられる保証はない。本手法は隣接領域に十分異なるグレーレベルを与えることが保証されている点において新規かつ重要なものである。

(4) 頂点彩色アルゴリズムによる色覚バリアフリー化色変換：頂点彩色アルゴリズムによるモノクロ変換（(3)の手法）を応用した

色覚バリアフリー化色変換手法である。

(3)の手法は、隣接する領域に異なるグレーレベルを割り当てるものであった。これを応用することで、2色覚者にとって視認性の良い画像を提供するアルゴリズムを構成した。2色覚とは、3種類の錐体のうち一つを欠いた異常色覚である。どの錐体が失われているかによって3種類の型があるが、2色覚者のほとんどは1型あるいは2型である。

1型及び2型2色覚では、CIE $L^*a^*b^*$ 色空間で考えたときに、 a^* 軸方向の色の違いを識別しにくい、 L^* 軸と b^* 軸方向の色の違いは識別できる。そこで、図5に示すように、 b^*L^* 平面を十字型の領域に分割する。黒丸は代表点を表し、その間隔を λ とする。十字型の領域はその内部に五つの代表点を含む。

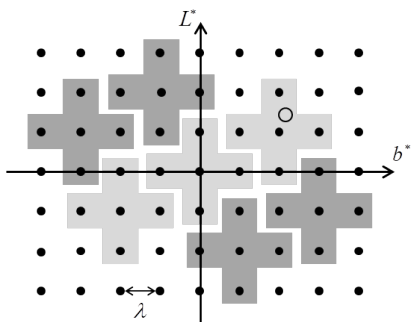


図5 b^*L^* 平面の分割

十字型領域内の五つの代表点を「中央・上・右・下・左」と呼ぶことにし、頂点彩色で彩色に用いる5色を記号的に「中央・上・右・下・左」と呼ぶことにする。入力画像を(3)の手法と同様にしてグラフ化する。各頂点の色 (b^*L^* 値) は図5のいずれかの十字型領域に含まれる。例えば、ある頂点の色が図5の白丸であったとし、頂点彩色結果が「下」であったとする。本手法では、同一十字型領域内の「下」の代表点 (b^* 軸上の代表点) の色を色変換結果とする。このようにすることで、隣接領域の色差は少なくとも になる。

本手法は、対象画像に制限があるものの、自然かつ十分な視認性を保証した色覚バリアフリー化色変換である。ただし、手法の性質上、非隣接の同色領域が同じ色に変換される保証はない。例えば、図4の領域1と6は同じ色であるが、右下では異なるグレーレベルに変換されている。これと同じことが本手法でも起こりうる。この問題の解決は今後の課題である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

Shi Bao and Go Tanaka, "Color removal method of considering distance in color space," *Optical Review*, Vol.21, No.2, pp.127-134, 2014. (査読有)

〔学会発表〕(計7件)

石 宝, 田中 豪, "Color2Gray アルゴリズムへの新しい符号付き色距離の導入," 平成25年度電気関係学会東海支部連合大会 2013年9月24日(静岡大学).

田中 豪, "頂点彩色アルゴリズムを用いた2色覚者のための色変換," 第12回情報科学技術フォーラム, 2013年9月6日(鳥取大学).

田中 豪, "頂点彩色アルゴリズムを用いたグレースケール変換の一提案," 電子情報通信学会スマートインフォメディアシステム研究会, 2013年6月13日(鹿児島県文化センター).

石 宝, 田中 豪, "色の違いの重要度を考慮したカラー画像のモノクロ変換," 電子情報通信学会スマートインフォメディアシステム研究会, 2012年12月13日(日本大学).

6. 研究組織

(1)研究代表者

田中 豪 (TANAKA, Go)

名古屋市立大学・大学院システム自然科学研究科・講師

研究者番号: 30609805