

# プロジェクタ・カメラシステムを用いた色覚特性者への色情報提示

宮木 理恵<sup>†</sup> 山下 淳<sup>†</sup> 金子 透<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 静岡大学工学部 〒432-8561 静岡県浜松市中区城北 3-5-1

E-mail: <sup>†</sup> {f0510137, tayamas, tmtkane}@ipc.shizuoka.ac.jp

**あらまし** 色覚には個人差があり、一部の色覚特性者は、特定の色の組み合わせにおいて色の判別が困難となることにより、日常生活で不自由を感じることもある。本研究では、プロジェクタとカメラで構成したシステムを用いて、実物体に判別が困難な色の組み合わせが存在したとき、その配色を自動検出し、配色部分に境界線や色名などを投影することで色の判別を可能とする方式について検討する。

**キーワード** プロジェクタ・カメラシステム, 色覚支援, バリアフリー

## Color Information Presentation for Color Vision Defectives by Using a Projector Camera System

Rie MIYAKI<sup>†</sup> Atsushi YAMASHITA<sup>†</sup> and Toru KANEKO<sup>†</sup>

<sup>†</sup> Faculty of Engineering, Shizuoka University 3-5-1 Johoku, Naka-ku, Hamamatsu-shi, Shizuoka 432-8561, Japan

E-mail: <sup>†</sup> {f0930064, tayamas, tmtkane}@ipc.shizuoka.ac.jp

**Abstract** Color perception varies from individual to individual. It is difficult for a person with defective cones in the retina to recognize the difference between specific colors. In this case, he or she may face difficulties in daily life. This paper proposes a method for presenting color information by using a projector camera system. The system automatically detects if there are color combinations of difficult discrimination in the scene. The system, it projects border lines or color names on real object surfaces which have those specific colors so that color vision defectives can discriminate the colors.

**Keyword** Projector Camera System, Color Vision Assistance, Barrier Free

### 1. 序論

色覚には個人差がある。特に顕著な色覚の個人差は、眼球内で色を感じる L, M, S 錐体のうち、いずれかが欠損している場合である。全ての錐体に欠損がない状態を 3 色覚と呼び、M 錐体が欠損している状態を 2 型 2 色覚と呼ぶ。

錐体が欠損している場合、特定の色同士を見分けることが困難になり、日常生活で不自由を感じることもある。例えば、色で路線を区別する路線図を 3 色覚者が見た場合、図 1(a)のように赤色と緑色の路線などの区別がつく。それに対し、図 1(a)を 2 型 2 色覚者が見た場合をシミュレーション<sup>1</sup>した結果である図 1(b)では、赤色と緑色の路線の区別がつきにくい。

近年では、障害者や高齢者への自立支援が進められている。色覚に関しても、色のみで区別せずに形状や色名などを併用する、見分けやすい色を組み合わせるなどの方法で支援が進められている。しかし、このような支援は、一部の路線図や街中の看板・ポスターな

どで配備が不完全である。

画像処理を用いた視覚障害者支援の研究は多く存在する。例えば、文字情報の抽出に関する研究や歩行の支援に関する研究などがあげられる。しかし、視覚障害者支援の研究の中で色覚特性者に対する支援の研究は少ない。

色覚特性に関する研究では、筒井ら[1]の研究が挙げられる。文献[1]では、カメラ、HMD、PC から構成される装置を用い、取得したカメラ画像から判別が困難な配色を検出し、HMD により判別が困難な配色部分に境界線を表示することで、色情報を提示する。他にも、天野らの研究[2]では、プロジェクタを用いるが人間の視覚補助に有用であることが示されている。文献[2]



(a) 3 色覚 (b) 2 型 2 色覚シミュレーション

図 1. 色覚の個人差の例 (路線図)

<sup>1</sup>本研究では、色覚シミュレーションに東洋インキ製造株式会社製の UDing Simulator を使用している。

では、プロジェクタ、カメラ、PCから構成される装置を用い、取得したカメラ画像から判別困難な色を推定する。そして、実物体と投影画像の色が重なった時に判別がしやすくなる補正画像を作成し、投影することで色情報を提示する。しかし、色情報の提示方法が境界線表示のみや配色の変更のみでは、実際に何色であるのかわからず、会話で色名を用いる必要がある場合などに問題が生じる可能性がある。

## 2. 研究目的

本研究では、使用場所を限定せず、かつ個人の色覚特性に対応したシステムを提案する。プロジェクタ・カメラシステムは使用者が手に持って用いる。色情報を取得するためにカメラを用い、実物体に光を投影することで色情報を提示するためにプロジェクタを用いる(図2)。

暗緑色の中に暗赤色のシンボルマークが描かれている様子を図3(a)に示す。図3(a)に対し2型2色覚の見え方をシミュレーションすると図3(b)のように暗緑色と暗赤色の判別が付きにくくなる。そこで、図3のように判別が困難な配色が存在した場合、判別が困難な配色部分を検出し、境界線表示(図4(a))または色名表示(図4(b))や別の色での塗潰し(図4(c))を行うことで、色情報を提示する。色情報の提示方法は、使用者が自身でそのとき必要とする情報に合わせて選択する。

## 3. 処理の流れ

処理は大別して位置合わせ、色情報提示がある。位置合わせ処理については4章、色情報提示処理につい

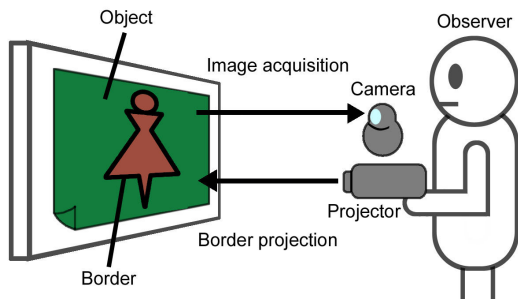
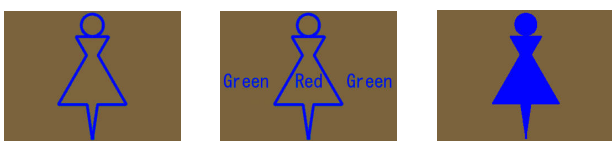


図2. システムのイメージ図



(a) 3色覚 (b) 2型2色覚シミュレーション

図3. 判別が困難な配色の例



(a) 境界線 (b) 色名 (c) 塗潰し

図4. 色情報提示方法(2型2色覚シミュレーション)

ては5章で詳しく説明する。処理の大まかな流れは以下の通りである(5図)。

最初に、プロジェクタを用いてマーカーを投影するとともに、カメラを用いて対象物を撮影し、画像を取得する。次に、カメラ画像から判別が困難な配色を検出する。そして、判別が困難な配色が存在した場合は色情報提示のための処理を行う。さらに、マーカーの検出を行い、投影画像と実物体の位置合わせを行う。そして、色情報を投影する。最後に、新たにカメラ画像を取得し、オプティカルフローを用いてシステムと対象物の相対的な位置関係の変化を算出する。変化が微小であれば、先ほど得られた投影画像を投影し続ける。変化が大きければ、新たに投影画像を作成するために色情報提示処理と位置合わせ処理を行う。

## 4. 実物体と投影画像の位置合わせ

本研究では、ポスターなどを想定して対象物を平面に限定し、プロジェクタで投影したマーカーの位置より、射影変換を用いて実物体と投影画像の位置合わせを行う。

### 4.1. マーカー位置算出

射影変換のためにマーカーを検出し、マーカー位置を算出する必要がある。

本研究では、最初に、差分を用いてマーカーの領域を検出する。具体的には、マーカーを投影していない時のカメラ画像とマーカーを投影した時のカメラ画像の差分画像を作成し、差の大きい部分をマーカー領域として検出する。そして、検出されたマーカー領域の重心をマーカー位置とする。

差分によりマーカーを検出した後は、色相および明

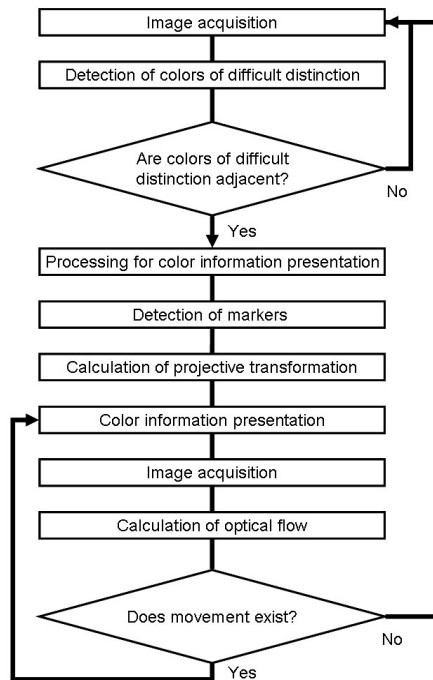


図5. 処理の流れ

度を用いてマーカーの領域を追跡する．ここで，フレーム間ではマーカーが微小量しか移動しないことを利用し，前フレームにおけるマーカー位置の周辺のマーカー色を探索する．そして，検出されたマーカー色の領域の重心をマーカー位置とする．この処理を繰り返すことで，画像中でのマーカー位置を追跡する．

#### 4.2. 射影変換

算出されたカメラ画像中での各マーカー位置と投影画像中での各マーカー位置の対応関係からホモグラフィ行列を算出する．この行列を用いて投影画像を射影変換し，位置合わせを行う．

#### 5. 色情報提示

まず，使用者にとって対象物中のどの配色が判別困難であるかを推定する．その後，各種色情報提示のための処理を行う．

##### 5.1. 判別困難な配色推定

本研究では，まず，取得画像の各画素値を RGB 値から xy 色度値に変換し，ISODATA アルゴリズム[3]を用いたクラスタリングを行う．そして，取得画像の画素の色と混同色中心点を結んだ直線を混同色線として用いて，判別困難な配色の推定を行う．

具体的には，2色の混同色線のなす角  $\theta$  が閾値  $\theta_{\max}$  以下であり，かつ xy 色度図上での正規化された距離  $d$  が閾値  $d_{\min}$  以上の場合，判別が困難な配色であると推定する．xy 色度図上での距離が近い場合は，色相が似ており判別する必要がないものとし本研究においては判別困難な配色としない．

2色の混同色線のなす角  $\theta$  は，それぞれの色の混同色線の傾きを  $\theta_1, \theta_2$  とし，式(1)を用いて算出する．

$$\theta = |\theta_1 - \theta_2| \quad \dots(1)$$

また，xy 色度図上での正規化された距離  $d$  は，式(2)を用いて算出する．同式において， $(x_1, y_1), (x_2, y_2)$  はそれぞれの色の xy 色度値であり， $l$  は式(3)で与えられる．式(2)において， $(x_{s1}, y_{s1}), (x_{e1}, y_{e1}) (i=1,2)$  はそれぞれ  $(x_i, y_i)$  の混同色線と xy 色度図上の純紫軌跡，スペクトル軌跡<sup>2</sup>との交点であり (図 6)，交点間の距離の長い方を  $l$  とする．

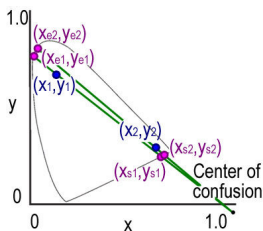


図 6. 距離の正規化

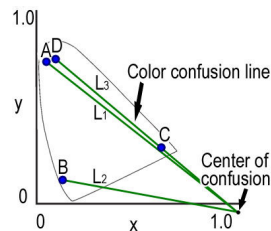


図 7. 判別困難な配色検出例

$$d = \frac{\sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}}{l} \quad \dots(2)$$

$$l = \max\left(\sqrt{(x_{s1} - x_{e1})^2 + (y_{s1} - y_{e1})^2}, \sqrt{(x_{s2} - x_{e2})^2 + (y_{s2} - y_{e2})^2}\right) \quad \dots(3)$$

例えば，取得されたカメラ画像中のある画素の色が図 7 の点 A として与えられた場合，混同色線は直線  $L_1$  のようになる．同様に点 B の混同色線は  $L_2$ ，点 C と点 D の混同色線は  $L_3$  のようになる．点 A と点 B の場合，直線  $L_1$  と直線  $L_2$  のなす角が大きいため，点 A と点 B の色は判別が困難な配色と判定されない．直線  $L_1$  と直線  $L_3$  はなす角が小さく，点 A と点 C は xy 色度図上での距離が遠いため，点 A と点 C の色は判別困難な配色と判定される．一方，点 C と同じ混同色線上の点 D では，点 A との xy 色度図上での距離が近いため，判定不要な配色とする．

##### 5.2. 色情報提示手法

###### 5.2.1. 境界線表示

最初に，判別が困難な配色が隣接しているかを判定する．具体的には，ある画素に注目したとき，注目画素の周辺を探索し，判別が困難な配色の色がそれぞれ 1 画素以上検出された場合，判別が困難な配色が隣接していると判定する．そして，これを取得画像の全画素に対して行う．最後に，隣接していると判定された画素に対応する実物体の場所に使用者が判別できる色を投影する．

###### 5.2.2. 色名表示

最初に，取得画像を等分割し，分割した各領域において最も画素数の多い色をその領域の色とする．次に，判別困難な配色の各領域において色名の表示位置を算出する．最後に，算出された表示位置に対応する実物体の場所に使用者が判別できる色で色名を投影する．

###### 5.2.3. 塗潰し表示

最初に，取得画像中に存在する判別困難な配色を使用者に提示する．次に，使用者がどの色を塗潰すかを指定する．そして，使用者が指定した色の領域を検出する．最後に，検出された色の領域に対応する実物体の場所に使用者が判別できる配色となるよう別の色を投影して塗潰す．

#### 6. 実験

##### 6.1. 実験条件

実験装置は，プロジェクタ，カメラ，コンピュータから構成され，図 8 のように配置した．実験は，蛍光灯による照明のある室内で行った．

実験には，シンボルマーク (図 9(a)) が印刷された対象物，路線図 (図 10) が印刷された対象物，色による対応表示 (図 11) が印刷された対象物を用い，それぞれ境界線・塗潰し・色名表示による色情報提示を行

<sup>2</sup> xy 色度図の境界線のうち，釣鐘状に湾曲している部分を「スペクトル軌跡」と呼び，直線上の部分を「純紫軌跡」と呼ぶ．

った．図 9(a)では左に暗緑色地に暗赤色のシンボルマーク，右に黄緑色地に橙色のシンボルマークが描かれており，図 10 および図 11 では暗赤色と暗緑色，紺色と紫色の路線が含まれている．図 9(a)において複数の色の組合せを使用しているのは，5.1 節で述べた判別困難な配色の検出手法が有効であるかを検討するためである．

実験における判別困難な配色の条件は， $\theta_{\max} = 1\text{deg}$ ， $d_{\min} = 0.1$ とする．

## 6.2. 実験結果

境界線表示，塗潰し表示，色名表示を行った結果をそれぞれ図 12，図 13，図 14 に示す．

図 12(b)では暗緑色と暗赤色との境界および黄緑色と橙色との境界に線が投影され，図 12(a)で見づかったシンボルマークが見やすくなっている．

図 13(b)では暗緑色の部分が青色に，紺色の部分が赤色で塗りつぶされ，図 13(a)で見分けづかった暗緑色と暗赤色，紺色と紫色の路線が見分けやすくなっている．

図 14(b)では暗緑色の部分に Green，暗赤色の部分に Red の文字，紺色の部分に Blue，紫色の部分に Purple の文字が投影され，図 14(a) では区別が付きにくかった暗緑色と暗赤色，紺色と紫色の区別が付きやすくなっている．

以上の結果より，境界線・色名・塗潰し表示が色覚特性に合わせた色情報提示方法として有効であることが示された．

## 7. 結論

投影マーカーによる実物体と投影画像の位置合わせを用いたプロジェクタ・カメラシステムによる色情報提示の手法を提案し，実験によりその有効性を確認した．

今後の課題として，対象物の反射特性を考慮することにより正確な色情報を提示すること，立体の対象物に対応することなどが挙げられる．

### 謝 辞

本研究の一部は，日本学術振興会科学研究費補助金基盤研究 (C) 21500164 及び財団法人日揮・実吉奨学会の補助を受けた．

### 文 献

- [1] 筒井崇洋，青木公也：“ウェアラブル式色バリアフリーシステム”，動的画像処理利用化ワークショップ 2008 予稿集，pp.282-285，(2008)
- [2] Toshiyuki Amano and Hirokazu Kato: “Appearance Control by Projector Camera Feedback for Visually Impaired”, Proceedings of the 7th IEEE International Workshop on Projector-Camera Systems (PROCAMS 2010), pp.1-7, (2010)
- [3] Paul M. Mather: Computer Processing of Remotely-Sensed Images: An Introduction, Wiley, (2004)

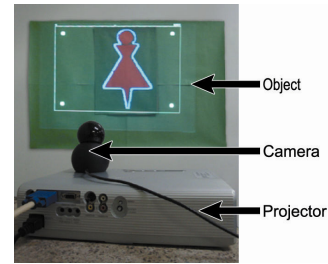
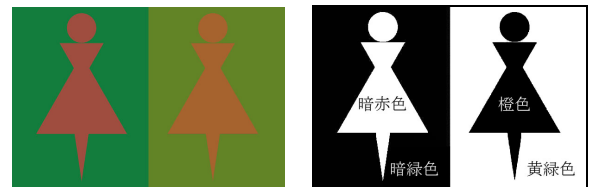


図 8. 実験装置



(a) シンボルマーク (b) 配色図

図 9. シンボルマーク

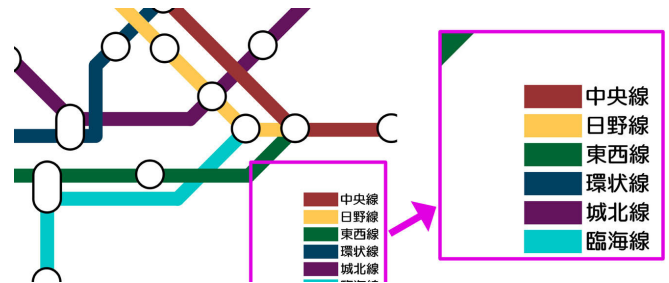
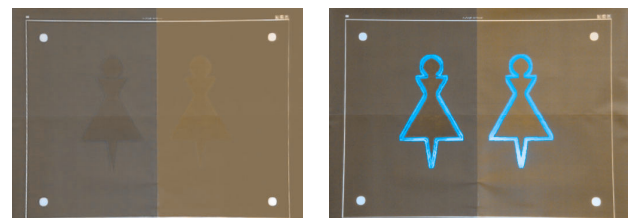


図 10. 路線図

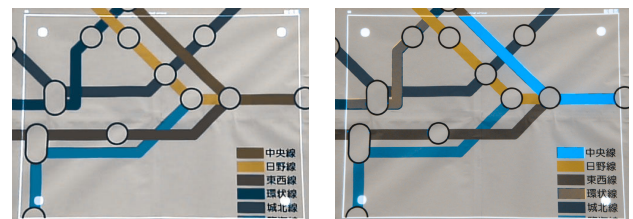
図 11. 色による対応表示



(a) 投影前

(b) 投影後

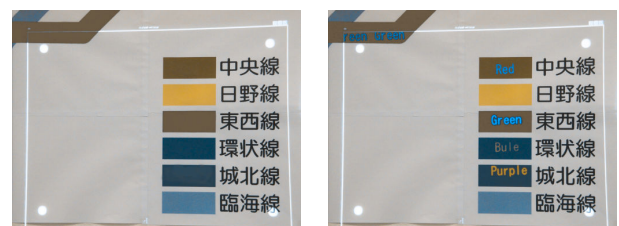
図 12. 境界線表示結果 (2 型 2 色覚シミュレーション)



(a) 投影前

(b) 投影後

図 13. 塗潰し表示結果 (2 型 2 色覚シミュレーション)



(a) 投影前

(b) 投影後

図 14. 色名表示結果 (2 型 2 色覚シミュレーション)