

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

宮木 理恵[†] 山下 淳[†] 金子 透[†]

[†] 静岡大学工学部 〒432-8561 静岡県浜松市中区城北 3-5-1

E-mail: [†] {f0510137, tayamas, tmtkane}@ipc.shizuoka.ac.jp

あらまし 色覚には個人差があり、中でも、眼球内で色を感じる3種類の錐体のうち、いずれかが欠損している場合、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がある。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。本方式では、実物体と投影画像の位置合わせが必要となるが、プロジェクタで投影したマーカーを用いて行う。

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 with a Projector-Camera System Based on Registration of Projection Image and Real Object Using Projected Markers

Rie MIYAKI[†] Atsushi YAMASHITA[†] and Toru KANEKO[†]

[†] Faculty of Engineering, Shizuoka University 3-5-1 Johoku, Naka-ku, Hamamatsu-shi, Shizuoka 432-8561, Japan

E-mail: [†] {f0510137, tayamas, tmtkane}@ipc.shizuoka.ac.jp

Abstract There are individual differences in color vision. It is difficult for a person with defective cones in the retina to recognize the difference of specific colors. We propose a presentation method of color information by using a projector-camera system. The system projects border lines or color names on real objects when they have specific color combinations. Registration of projected images and real objects is made by using projected markers.

Keyword Projector Camera System, Color Vision Assistance, Barrier Free

1. 序論

色覚（色の感じ方）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3種類の錐体のうち、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、緑色を感じる錐体が欠損している状態を2型色覚と呼ぶ。

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、色で路線を区別している路線図を3色覚者が見た場合、図1(a)のように緑色と橙色や青色と紫色の路線などの区別がつく。それに対し、図1(a)を2型色覚者が見た場合をシミュレーションした結果である図1(b)では、緑色と橙色や青色と紫色の路線の区別が付きにくい。ここで、色覚シミュレーションには、東洋インキ製造株式会社製のUDing Simulatorを使用した。

近年では、ユニバーサルデザイン（誰もが利用することができる製品や施設のデザイン）やバリアフリー（社会生活弱者が生活の支障となる物理的な障害や精

神的な障壁を取り除くこと）などにより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して区別をする、見分けやすい色の組み合わせ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。



(a) 3色覚



(b) 2型色覚シミュレーション

(全錐体に欠損無)

(緑錐体に欠損有)

図1. 色覚の個人差の例（路線図）

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、田中ら[1]や鈴木ら[2]などの文字情報の抽出に関する研究や田所[3]の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

究の中で色覚特性に対応した研究は少ない。

色覚特性に対応する支援では、筒井ら[4]の研究が挙げられる。文献[4]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。しかし、色情報の提示方法が境界線表示のみでは、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。

また、HMDを用いる場合、光の影響を受けない、情報を個人のみで保持できるなど、野外や多数の観測者がいる環境下における利点があるが、使用者に拘束感を与え長時間の使用に不向きなどの欠点がある。中里ら[5]のHMDを用いた研究などでは、実物体と表示画像の位置合わせに使用者やカメラの位置・姿勢推定に事前に実物体に添付したマーカーを用いているため、使用場所が限定される。

それに対し、プロジェクタを用いて実物体に直接情報を提示する手法が提案されている。プロジェクタを用いる場合には、HMDのような拘束感がなく、マーカーを事前に実物体に添付する必要がないため使用場所が限定されないという利点がある。さらに、プロジェクタを用いることは、人間の視覚補助として有用であることが示されている[6]。

2. 研究目的

本研究では、プロジェクタ・カメラシステムを用いることで、使用場所を限定されず個人の色覚特性に対応したシステムを提案する。カメラは色情報を取得するために用い、プロジェクタは実物体に光を投影することで色情報を提示するために用いる(図2)。

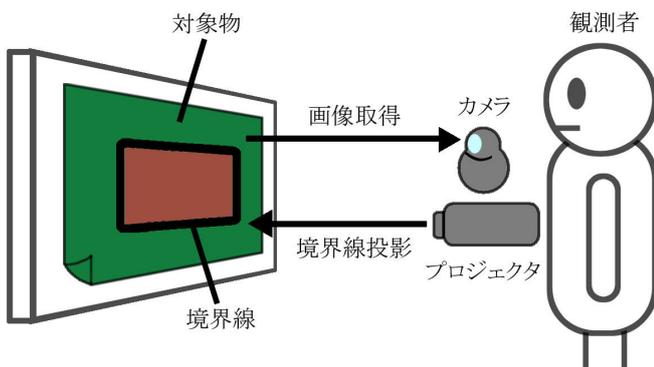
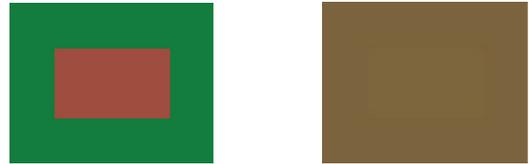


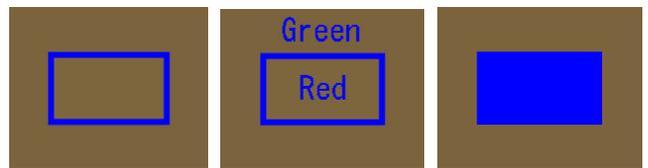
図2. システムのイメージ図

緑色の中に赤色の四角形が描かれている様子を図3(a)に示す。図3(a)に対し2型色覚の見え方をシミュレーションすると図3(b)のように緑色と赤色の判別がつきにくくなる。そこで、本研究で提案する手法は、

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。



(a) 3色覚 (b) 2型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型色覚シミュレーション)

3. 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を用いて実物体と投影画像の位置合わせを行う。

手順としては、まず、投影面にプロジェクタを用いてマーカーを投影する。次に、投影されたマーカーをカメラで撮影し、取得されたカメラ画像からマーカーを検出する。そして、検出されたマーカーのカメラ画像中の位置を用い実物体と投影画像の位置合わせのための射影変換行列を算出する。最後に、算出された射影変換行列で投影画像全体を射影変換し、対象物と投影画像の位置を合わせる。

3.1. 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、差分を用いてマーカーを検出し、その後マーカーの重心をマーカー位置として算出する。

差分によりマーカーを検出するため、プロジェクタを用いて一定の時間間隔でマーカーを投影し、マーカーが投影されているときのカメラ画像と投影されていないときのカメラ画像を得る。そして、得られた2枚のカメラ画像の各画素値の差をとる。画素値の差が一定以上の画素をマーカーの一部とし、ラベリングを行い各ラベル領域を各マーカー領域とする(図5)。各マーカー領域の重心を算出し、マーカー位置とする。

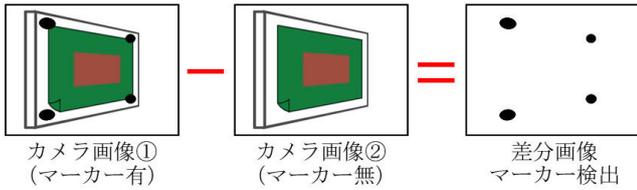


図 5. 差分画像を用いたマーカー検出

3.2. 射影変換

算出されたカメラ画像中での各マーカー位置 $(x'_i, y'_i, 1)^T$ と投影画像中での各マーカー位置 $(x_i, y_i, 1)^T$ の対応関係から式(1)を用いて 3×3 の射影変換行列 \mathbf{H} を算出する.

$$\begin{pmatrix} x'_i \\ y'_i \\ 1 \end{pmatrix} = \mathbf{H} \begin{pmatrix} x_i \\ y_i \\ 1 \end{pmatrix}, \quad \mathbf{H} = \begin{pmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} \\ h_{31} & h_{32} & 1 \end{pmatrix} \quad \dots \quad (1)$$

ここで、 i はマーカー番号である.

4. 色情報提示

事前に判別が困難な配色 2 色を登録する. そして, 色情報提示の対象となる実物体を撮影し, 取得したカメラ画像から登録された 2 色の領域を検出する.

ここで, カメラ画像から色情報を取得する際には, 明るさの影響を受けにくくするため, カメラ画像を RGB 色空間から HSI 色空間に変換し, 色相のみを用いて色を決定する. そして, カメラ画像の各画素の色相が登録された色であるか判断し, 色を検出する.

本研究では 2 章で述べたように, 色情報提示方法として, 境界線表示, 色名表示, 塗潰し表示を用いる. 境界線表示, 色名表示, 塗潰し表示については, それぞれ 4.1 節, 4.2 節, 4.3 節で詳しく述べる. 提示方法は, 使用者がそのときの状況に合わせて選択する. また, 表示色は使用者の色覚特性に合わせて, 対象物に存在しない色を使用する.

4.1. 境界線表示

境界線を表示するために, カメラ画像より登録された 2 色をそれぞれ検出し, 文献[4]の色の隣接判断の手法を用いて隣接判定を行う. 具体的には, 注目画素が登録された色的一方の色であるとき, 注目画素の周辺を探索し, 登録された色の他方の色が検出された場合, 2 色が隣接していると判定する. そして, 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.

4.2. 色名表示

色名を表示するために, カメラ画像より登録された 2 色をそれぞれ検出し, 色名の表示位置を算出する. 具体的には, 検出された 2 色それぞれの領域にラベル

付けを行い, 各ラベル領域の重心を算出し, そのラベル領域の登録色の色名の表示位置とする. そして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.

4.3. 塗潰し表示

塗潰しを行うために, 事前に使用者は登録した 2 色のうちどちらの色を塗潰すか入力する. 処理としては, 登録された色を検出し, 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.

5. 実験

5.1. 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 6 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.

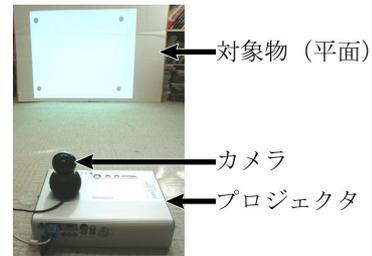


図 6. 実験装置

実験に用いる対象物として, シンボルマーク (図 7(a)) が印刷された紙, 色による対応表示 (図 8) が印刷された紙, 路線図 (図 9) が印刷された紙を用い, それぞれ境界線・色名・塗潰し表示による色情報提示を行う. 図 7(a)では図 7(b)のように赤色と緑色で構成され, 図 8 では上から順に赤色・緑色・水色の四角形が並び, 路線図では赤色と緑色の路線が含まれている. 前述の赤色と緑色は, 2 型色覚では判別が難しい色の組み合わせである.

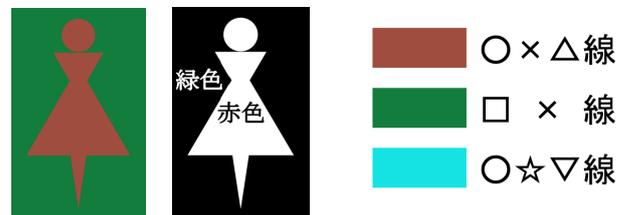


図 8. 色による対応表示
図 7. シンボルマーク

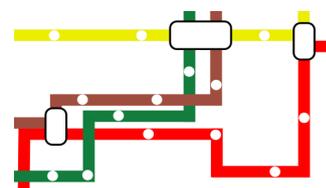


図 9. 路線図

5.2. 実験結果

実物体にプロジェクタを用いて色情報を投影する実験を行った。

左側が緑色、右側が赤色の対象物を使用し、図 10(a)のマーカ非投影時のカメラ画像と図 10(b)の投影時のカメラ画像を取得した。図 10(a)と図 10(b)の差分結果が図 10(c)である。

図 10(c)で検出された各マーカ領域の重心を算出した結果がカメラ画像中でのマーカ位置となる。算出されたカメラ画像中のマーカ位置とマーカ投影に用いた投影画像中のマーカ位置の関係から式(1)を用いて射影変換行列を算出した。算出された射影変換行列を用いて、投影画像全体を射影変換し、実物体と投影画像の位置合わせを行った。

図 11(a)が位置合わせを行わずに境界線を投影した結果であり、図 11(a)中の破線が2つの領域の実際の境界線である。図 11(b)が射影変換により位置合わせを行った後に境界線を投影した結果である。

図 11(a)では2つの領域の実際の境界線(破線)と投影した境界線にずれが生じているのに対し、図 11(b)では両者が一致している。

以上の処理を随時行い実物体と投影画像の位置合わせを行いながら色情報を投影した結果が、図 12, 図 13, 図 14 である。



(a)マーカ非投影 (b)マーカ投影 (c)差分結果
図 10. 差分によるマーカ検出結果



(a) 位置合わせ無 (b) 位置合わせ有
図 11. 位置合わせ結果

図 12 が境界線表示の結果, 図 13 が色名表示の結果, 図 14 が塗潰し表示の結果である。

図 12(b)では緑色と赤色の境界に線が投影され, 図 12(a)で見づらかったシンボルマークが見やすくなっている。図 13(b)では緑色の部分に Green の文字, 赤色の部分に Red の文字が投影され, 図 13(a)では区別が付きにくかった上段と中段の区別が付きやすくなっている。図 14(b)では緑色の部分が青色に塗潰され, 図 14(a)で見分けづらかった路線が見分けやすくなっている。

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。



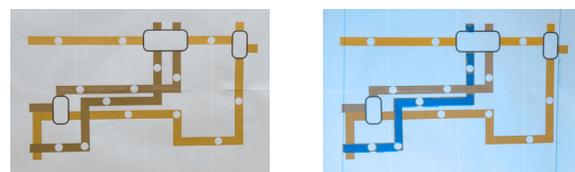
(a) 投影前 (b) 投影後

図 12. 境界線表示結果 (2 型色覚シミュレーション)



(a) 投影前 (b) 投影後

図 13. 色名表示結果 (2 型色覚シミュレーション)



(a) 投影前 (b) 投影後

図 14. 塗潰し表示結果 (2 型色覚シミュレーション)

6. 結論

投影マーカ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, 色の検出手法の改善による正確な色情報の提示, 塗潰し表示において塗潰し対象領域が塗潰し色と同じ色の領域と接していた場合の問題解決が挙げられる。

文 献

- [1] 田中誠, 後藤英昭: “視覚障害者用のウェアラブルな文字認識デバイス”, 情報処理学会研究報告 コンピュータビジョンとイメージメディア, 2008-CVIM-165, pp.125-130, (2008)
- [2] 鈴木悠司, 平岩裕康, 竹内義則, 松本哲也, 工藤博章, 山村毅, 大西昇: “視覚障害者のための環境内の文字情報抽出システム”, 電気学論文誌 C, vol.124, no.6, pp.1280-1287, (2004)
- [3] 田所嘉昭: “画像処理による視覚障害者歩行支援システム”, 画像ラボ, vol.13, no.6, pp.1-5, (2002)
- [4] 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)
- [5] 中里祐介, 神原誠之, 横矢直和: “不可視マーカを用いたウェアラブル AR システム”, 画像の認識・理解シンポジウム 2005 予稿集, pp.1614-1615, (2005)
- [6] 天野敏之, 加藤博一: “プロジェクタカメラフィードバック系によるアピアランス強調”, 画像の認識・理解シンポジウム 2008 予稿集, pp.79-86, (2008)