

プロジェクタ・カメラシステムを用いた テクスチャマッピングと点滅表示による色情報提示

牧野 海渡[†] 川上大樹[†] 小林 祐一[†] 金子 透[†] 山下 淳[‡] 浅間 一[‡]

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

[‡] 東京大学大学院工学系研究科 〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1

E-mail: [†] {f0910132, f0230023, tykobay, tmtkane}@ipc.shizuoka.ac.jp,

[‡] {yamashita, asama}@robot.t.u-tokyo.ac.jp

あらまし 色の見え方には個人差がある。中でも色覚障害者は眼球内で色を感じる錐体の機能の一部が働いていない。この場合、特定の色の組み合わせにおいて色の判別が困難となる。本研究では、色覚障害者が観測する対象に判別困難な色が存在するとき、その配色部分に色の変換、テクスチャマッピング、点滅表示を組み合わせを行い、色覚障害者が色の判別が可能となるように色情報を提示するプロジェクタ・カメラシステムを提案する。

キーワード 画像処理, プロジェクタ・カメラシステム, 色覚

1. 序論

1.1. 研究背景

色の見え方には個人差がある。特に色覚障害者は、眼球内で色を感じる錐体の機能が一部働いていない。この場合、特定の色同士を見分けることが困難になり、日常生活で不自由に感じることがある。

図1は全ての錐体が働いている状態の3色覚と、緑色を感じる錐体が働いていない状態の2型2色覚の色の見え方の違いを比較したものである。図1(a)の路線図に対する2型2色覚の見え方のシミュレーション結果が図1(b)である。この路線図では路線を色で区別しているため、色の区別が付きにくい。

近年では、ユニバーサルデザインやバリアフリーなどにより高齢者や障害者の自立支援が進められている。色覚障害に関しても、色のみで区別せずに形状や色名などを併用して区別する、見分けやすい色の組み合わせをするなどの支援が進められている。しかし、それは一部の路線図などにしか実施されており、どこでも使える個人に対応した色覚障害者用の補助システムが必要となる。



(a) 3色覚

(b) 2型2色覚

図1 色の見え方の違い

1.2. 従来研究

色覚障害者への補助システムの研究として文献

[1][2]などがある。しかし、これらはウェブページ上での補助を目的としているため、実環境では使用できない。実環境で使用できる研究には文献[3]がある。この文献では、プロジェクタ・カメラシステムにおける提示色フィードバックによって、色覚障害者が判別困難な色を判別可能な色に変換して色名を表示するシステムを提案している。しかし、この手法には判別困難な配色が複数組存在するときに対応できないという問題がある。

1.3. 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、色の変換に加えてテクスチャマッピングと点滅表示を組み合わせることで、判別困難な配色が複数組存在する場合にも対応可能な色情報提示システムを提案する。ここで、色情報の取得をカメラで行い、色情報の提示はプロジェクタで行う(図2参照)。

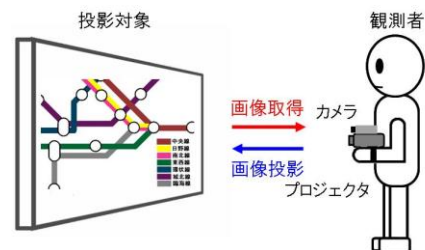


図2 システム概略図

2. 処理手順概要

本研究で提案する手法の処理手順を図3に示す。システムはカメラ取得画像から判別困難な色を検出し、その色の領域に光を投影することで投影対象中の他の色と十分な色差(色の見え方の違い)が得られるならば判別可能な色に変換し、十分な色差が得られない場合はテクスチャマッピングを行う。また、

細長い領域や面積の小さい領域など、テクスチャの判別が難しい領域は点滅表示することで色情報を提示する。

図 4(a)は判別困難な配色が複数組存在する投影対象の例である。図 4(b)は図 4(a)に対して 2 型 2 色覚のシミュレーションを行った結果である。図 4(b)を見ると分かるように、図 4(a)において赤と緑の組と青と紫の組とグレーとピンクの組の判別が困難になっている。図 5(a)は本研究で提案する手法により色情報を提示した例である。図 5(b)は図 5(a)の 2 型 2 色覚のシミュレーション結果である。青の領域に色変換、赤の領域にテクスチャマッピング、ピンクの領域に点滅表示を行っている。これにより互いの領域が判別可能となっていることが分かる。図 5(a)を目標の画像として投影画像を生成する。

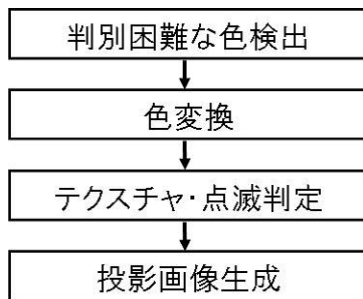


図 3 処理手順

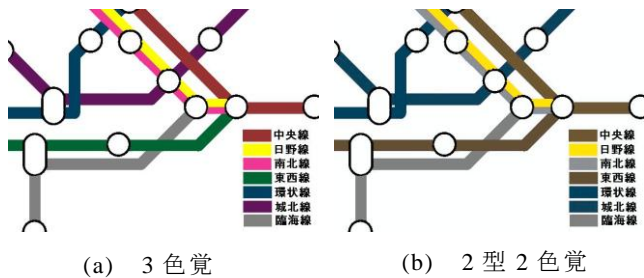


図 4 投影対象

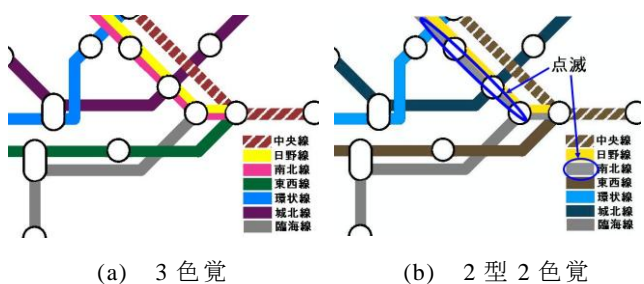


図 5 処理例

3. 判別困難な色の検出と変換

3.1. 判別困難な色の検出

本研究では判別困難な色の検出に混同色線を用いる。混同色線は色覚の種類により与えられる xy 色度図上の混同色中心と呼ばれる座標から放射状に伸びる直線である。図 6 に xy 色度図と xy 色度図におけ

る 2 型 2 色覚の混同色線を示す。

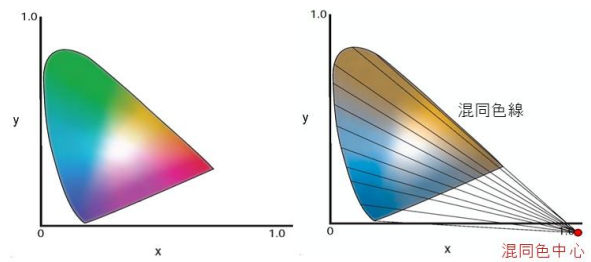


図 6 xy 色度図と混同色線

同一の混同色線上の色はその色覚の人にとって判別困難であることが分かっている。よって、文献[3]では判別困難な色の条件は混同色線同士のなす角が小さいとしている。しかし、xy 色度図上で同じ座標であっても明度が違えば色が異なる。そのため、混同色線のなす角だけでは正確に検出できない場合がある。正確に検出できない色の例を図に示す。図 7(b)は図 7(a)の 2 型 2 色覚シミュレーション結果である。図 7(a)の白とグレーは xy 色度図上では同じ座標であるが明度が違うため色が異なる。図 7(b)を見るとグレーはピンクと判別困難であるが、白は明度差が大きいため判別可能である。しかし、混同色線のなす角度のみで検出すると白も判別困難な色として検出されてしまう。白とピンクのように明度差があれば混同色線のなす角が小さくても色の判別が可能である。そこで、判別困難な色の条件に色同士の明度差が小さいという条件を加える。なお、本研究では一般色覚者であっても判別が困難な色は判別する必要がない色とする。そのため、一般色覚での色差が小さければ、判別する必要のない色として判別困難な色としては検出しない。

以上より判別困難な色は、混同色線同士のなす角が小さく、かつ色同士の明度差が小さく、さらに色同士の一般色覚での色差が大きい場合である。

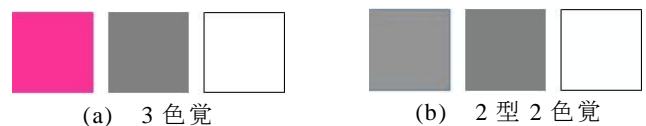


図 7 正確に検出できない色の例

3.2. 色変換

色の変換手法を述べる。まず取得した画像に対して ISODATA アルゴリズム[4]を用いて、取得画像中の各画素の xy 色度値でクラスタリングをして各色の領域に分割する。その色領域の代表色を算出し、代表色同士が判別困難になっている色領域の組を検出する。判別困難な配色が検出された場合、色領域

同士が判別可能になるように色変換を行う。色変換を行う色領域は、変換の影響をなるべく減らすため領域面積の小さい方とする。

色の変換を RGB や XYZ 等の表色系の表すパラメータを変えることで行うと、色覚障害者に判別可能な色を体系的に求めることができず、全探索的に求めることになり効率的でない。本研究では $L^*a^*b^*$ 表色系の表すクロマネティクス指数 b^* 、明度 L^* を変更することで色の変換を行う。図 8 に $L^*a^*b^*$ 表色系を示す。 L^* が色の明度を表し、 a^* が緑から赤へ、 b^* が青から黄への色相の要素を表している。

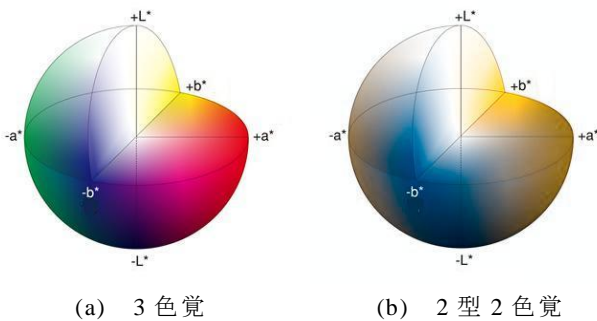


図 8 $L^*a^*b^*$ 表色系

色の変換方法を以下に示す。まず、変換する色領域の代表色の b^* を変化させたときの色差を文献 [5] より求め、それが閾値をこえるときの b^* の値を求める。そして b^* の変更のみで十分な色差が得られない場合、色差が閾値を超えるまで L^* を変化させる。 L^* を変更しても色差が十分に得られない場合はテクスチャマッピングまたは点滅表示を行う。

4. 色情報の提示

4.1. テクスチャ・点滅判定

テクスチャマッピングと点滅表示の条件判定手法を述べる。テクスチャマッピングには十分な面積が必要である。十分な面積が無い領域にテクスチャを投影すると、テクスチャの判別ができないという問題が生じる。しかし、面積のみで判定すると、細長い領域など特定の形状をした領域においてテクスチャの判別が困難になる。そこで、面積だけでなく形状も考慮する必要がある。

そこで本研究では以下に説明する手法を用いて判定を行う。まず取得画像に対してラベリングを行う。次に矩形領域を指定し、矩形領域を画像中で走査、探索して矩形領域がラベリングした領域に完全に入れば、テクスチャマッピングが可能な領域とする。また、矩形領域がラベリングした領域に入らなければ、テクスチャの判別が困難として点滅表示を行う。

図 9 にテクスチャと点滅の判定例を示す。図 9 に

は領域 0、領域 1、領域 2、領域 3 が存在する。ここで、領域 1、領域 2、領域 3 はテクスチャマッピングまたは点滅表示が必要な領域とし、領域 1 と領域 3 は同じ色とする。領域 1 は矩形領域が完全に入る位置があるためテクスチャマッピング可能な領域と判定する。領域 2 と領域 3 は矩形領域が完全に入る位置がないため点滅表示と判定する。但し、テクスチャマッピングと判定した領域と点滅表示と判定した領域が同じ色の場合、テクスチャマッピングと判定した領域に点滅表示を行う。これは同じ色で色情報の提示の仕方が違うと路線図などでは路線と色の対応が取れなくなってしまうためである。図 9 の場合は領域 1 と領域 3 は同じ色であるため、領域 1 も点滅表示となる。



図 9 テクスチャと点滅の判定例

4.2. テクスチャマッピング

テクスチャマッピングは 4.1 節でテクスチャマッピングと判定した領域に予め用意したテクスチャ画像を読み込み、判別困難な配色の組のうち面積の小さい領域に行う。

4.3. 点滅表示

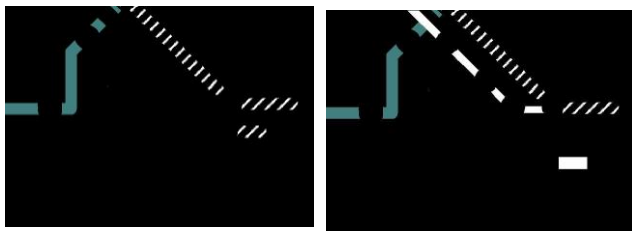
点滅表示を行う場合は点滅周期に気をつける必要がある。それは点滅により光感受性発作という発作が発生するからである。点滅周期を 3Hz 以下にすることで、光感受性発作の危険性を約 97% 削減できる [6]。そこで点滅周期を 3Hz 以下として 4.1 節で点滅と判定した領域を点滅させる。

4.4. 投影画像生成

目標画像を投影対象にそのまま投影しても観測される見かけは目標とする見かけにはならない。そのため、投影結果をフィードバックして目標の見かけとなるような投影画像を生成する必要がある。本研究ではフィードバックに文献 [7] の手法を用いる。反射率推定とモデル予測制御を用いることで、観測される見かけを目標とする見かけに制御することができる。

また、4.1 節の判定法で点滅表示と判定した領域がある場合、点滅表示用の投影画像を生成する必要がある。点滅表示用画像はフィードバックによって

生成した投影画像中の点滅と判定された領域に対応する部分の色を白に変換して生成する。点滅周期を決め投影画像を組み合わせて投影することで点滅表示を行う。図 10 に投影画像の例を示す。



(a) 投影画像 (b) 点滅用投影画像
図 10 投影画像例

5. 実験

5.1. 実験条件

実験装置はコンピュータ、プロジェクタ、カメラから構成され、投影対象に対して図11のようにプロジェクタとカメラを配置した。また、カメラから取得する画像サイズは640×480ピクセルとして実験は蛍光灯による照明のある室内で行った。投影対象は図4のような路線図を紙に印刷したものを用いて提案した手法により色情報提示を行った。



図 11 実験環境

5.2. 実験結果

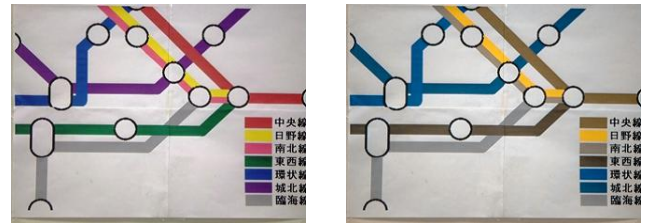
図12に処理前の画像を示す。図12(b)は図12(a)の3色覚に対して2型2色覚シミュレーションを行った結果である。図12(a)において赤と緑の組と青と紫の組とグレーとピンクの組の判別が困難であると判定された。図13(a)は図12(a)に対して提案手法により色情報を提示した結果である。図13(b)は図13(a)の2型2色覚シミュレーション結果である。ここで、4.1節に示した矩形領域の大きさは15×15ピクセルとした。図12, 13から分かるように、青の領域に色変換、赤の領域にテクスチャマッピング、ピンクの領域に点滅表示を行なっている。これにより投影対象中の全ての色が色覚障害者にとって判別可能になっている。

6. 結論

色変換にテクスチャマッピングと点滅表示を組み合わせることで、対象に色覚障害者の判別困難な配

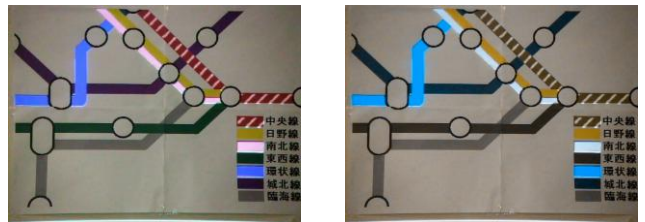
色が複数組存在する場合にも対応可能な色情報提示を達成した。また xy 色度図のみを用いる従来手法では検出できなかったピンクとグレーの組み合わせを判別困難な色として検出した。

今後の課題は立体物への色情報提示やテクスチャを投影する領域の形状に合わせて、判別しやすいテクスチャを自動で選択することである。



(a) 3色覚 (b) 2型2色覚

図 12 処理前



(a) 3色覚 (b) 2型2色覚

図 13 処理後

謝辞

本研究は日本学術振興会科学研究費補助金(24650093)の援助を受けた。

文献

- [1] L. Jefferson and R. Harvey: "An interface to support color blind computer users", In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing System, pp.1535-1538 (2007)
- [2] 下田雅彦, 横田一正: "色に応じた異なるハッチパターンを描画するプラグインの開発", 日本データベース学会論文誌, Vol.7, No.3 pp.37-42 (2008)
- [3] 川上大樹, 山下淳, 金子透, 浅間一: "プロジェクタ・カメラシステムを用いた情報提示における提示色フィードバック", 第18回画像センシングシンポジウム講演論文集, IS3-07, pp.1-7 (2012)
- [4] Paul M. Mather: Computer Processing of Remotely-Sensed Images: "An Introduction, 3rd Edition", Wiley (2004)
- [5] Sharma, Gaurav; Wencheng Wu, Edul N. Dalal : "The CIEDE2000 color-difference formula: Implementation notes, supplementary test data, and mathematical observations", Color Research & Applications, Vol.30, pp21-30 (2005)
- [6] G. F. A. Harding and P. M. Jeavons: "Photosensitive Epilepsy. New Edition.", MacKeith Press, London (1994)
- [7] 天野敏之, 加藤博一: "モデル予測制御を用いたプロジェクタカメラ系によるアピアランス制御", 電子情報通信学会論文誌 D, Vol.J94-D, No.8, pp.1368-1375 (2010)