

論文

視覚障がい者支援のための衣類の色および模様提示システム

Presentation System of Color and Pattern on Clothes for Visually Impaired Person

三宅 正夫 Masao Miyake

奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科
Graduate School of Information Science, Nara Institute
of Science and Technology

眞鍋 佳嗣 Yoshitsugu Manabe

千葉大学大学院融合科学研究科
Graduate School of Advanced Integration Science, Chiba University

浦西 友樹 Yuki Uranishi

奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科
Graduate School of Information Science, Nara Institute
of Science and Technology

池田 聖 Sei Ikeda

奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科
Graduate School of Information Science, Nara Institute
of Science and Technology

千原 國宏 Kunihiro Chihara

奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科
Graduate School of Information Science, Nara Institute
of Science and Technology

Abstract

It is important in independent daily life of visually impaired people to know colors and patterns of clothes by themselves. Several researches and products have been proposed for supporting people with partial color blindness such as monochromatic or dichromatic vision. However, even though some of the systems are also suitable for the blind people, it is difficult for them to use these support systems, that only recognize and show colors of the clothes, not patterns.

This paper proposes a system for recognizing not only the colors of clothes but also patterns. Practical Color Coordinate System (PCCS) and categorical colors are introduced to show the colors without complexity, and the proposed system classifies the patterns as "vertical-striped", "horizontal-striped", "checkered", "unpatterned" and "others". The recognized colors and patterns are given as voice-feedback to the users.

Experimental results have demonstrated validity of the recognition method of the proposed system.

Keywords: visually impaired person, clothes, color, pattern, PCCS

要旨

近年、カラーユニバーサルデザインの概念のもと、色弱者のための研究や製品の開発が盛んである。しかし、視覚障がい者、特に全盲の人が利用できるものは少ない。視覚障がい者の自立生活と社会参加を促すには、身につける衣類の色と模様に関しても自ら認識できることが重要である。

本論文では、衣類の色と模様に関する情報を組み合わせて音声出力するシステムを提案する。色認識では、PCCS表色系にカテゴリカルカラーの概念を取り入れて、簡潔な色の出力表現を行い、全盲の人が理解しやすいように工夫した。また、大域的な色の把握のために、カメラで撮影した画像を色空間でクラスタリングし、限られた少数の色数での出力を可能とした。模様認識では、衣類によくあらわれる縦縞、横縞、チェックを主たる模様とし、これ以外の模様は、無地か無地でないかの認識を可能とした。

評価実験により、本システムの出力結果の妥当性を確認した。また評価実験の結果を踏まえて、認識精度向上のための対策について考察した。

キーワード: 視覚障害者, 衣類, 色, 模様, PCCS

1. はじめに

日本においては、男性の5%に色覚異常があるといわれており、地下鉄の路線の表示などに使われる色が判別できないなど、生活に不便をしいられる現状がある。そこで、デザイン段階で色の見えをシミュレーションする等、近年、色弱者のための研究や製品の開発^{[1][2]}^[3]が数多く行われている。一方、視覚障がい者のなかで、ほとんど全盲に近いとされる1級障がい者の数は、平成18年現在、113,700人にのぼる。糖尿病で年間3,000人以上の人が失明しているといわれており^[4]、後天的に視力を失う人が増えている。

視覚障がい者の自立生活と社会参加を促すには、気軽に外出できるという条件整備が必要である。歩道などの環境整備と歩行誘導システムなど物理的な条件整備のほかに、精神的な面での支援が重要である。そのひとつとして、身につける衣類の色や模様を自ら認識できるシステムが期待される。しかし、この分野の研究は少なく、前川らの研究^{[5][6]}にもとづき開発された(株)北計工業の“Color Talk PLUS”^[7]という装置があるのみである。

“Color Talk PLUS”は、本体に空いた直径6mmの穴をユーザが洋服などの対象物に当てると、当てたその部分の色名を音声で応答する。さらにボタンを押してスライドさせると、色の変化を5色の楽器音で伝える。ユーザ自身が装置を移動させることで、点で得られる色情報を総和して平面に拡張し、対象物全体の色を調べるといった方法がとられている。

しかし、模様を伴う複数の色で構成される衣類の場合、変化する楽器音をその都度、色名に変換して衣類の色と模様を想起するという作業は、色覚障がいや弱視の人にとっては実用上可能であっても、全盲の人にとってはきわめて困難である。全盲の人には、より作業負荷が少なく、瞬時に衣類の色認識が可能であるシステムが望まれる。そのため、我々は衣類の色と模様を、カメラを用いて平面の情報として一括入力し、認識結果を即時に音声出力できる情報提示システムを提案してきた^[8,9]。本システムは、図1に示すように、衣類を水平に広げた上、覆い付きカメラを当てて撮影すると、音声で「白地にあざやかな青の縦縞です」のように瞬時に衣類の色と模様を出力する。

本論文では、提案システムについて説明し、システムの評価実験および出力の妥当性を検証した上で、色と模様の認識精度の向上について考察する。なお、本論文では、衣類の織りによる模様や表面の凹凸など3

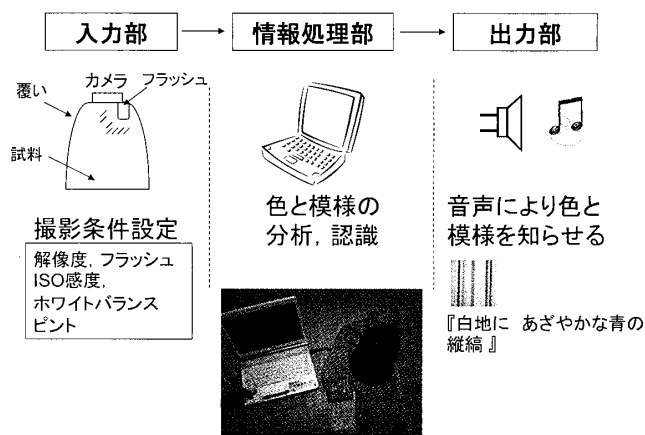


図1 システムの概要

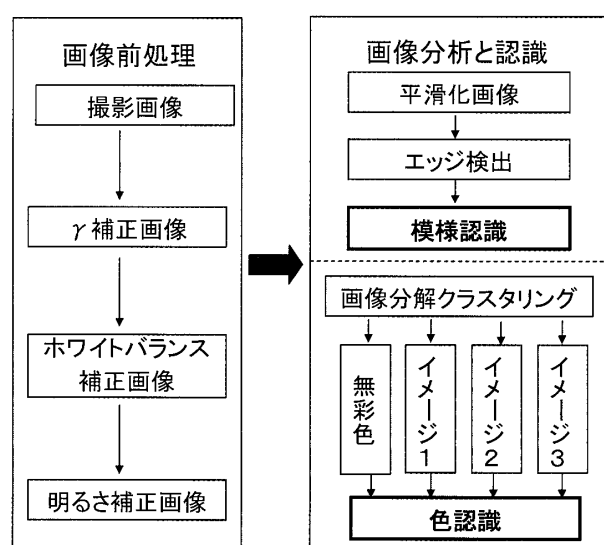


図2 情報処理部の概要

次元パターンは無視し、衣類を2次元パターンとして捉え、色と模様の2属性で表現可能であると仮定して議論する。

2. システムの概要

図1にシステムの概要を示す。本システムの入力部にはカメラを用いる。物体の色は、表面の物理的特性と照明で決定されるので、照明条件に依存した画像を使用することはできない。そのため、入力部には覆いを付けて外部の光を遮断し、フラッシュ撮影を行う。また、出力結果の定常性を保つために、色と模様の認識に最適な画像を得る解像度、フラッシュ光量、ISO感度、ホワイトバランスなどのカメラのパラメータを固定する。

図2に情報処理部の概要を示す。情報処理部は撮影画像の前処理部分と画像の分析・認識部分に分かれ

る。前処理では、 γ 補正、ホワイトバランスの調整、明るさ補正を行う。これらの補正は正しい色認識のために重要な処理である。

画像の分析・認識は模様認識と色認識に分かれる。模様認識では、まず、布地の織りが模様と認識されないように画像の平滑化を行う。つぎに垂直、水平エッジを検出し、検出画像についてx軸方向およびy軸方向に輝度値の分布を調べ、そのばらつきによって模様を認識する。

色認識では、簡潔な色の表現を行うために撮影画像を大まかな色に分ける。画像を色差にもとづいてクラスタに分解するため、2点間の色差が空間内の場所に依存せず、2点間の距離で決まる $L^*a^*b^*$ 色空間を利用する。具体的には、一定の彩度閾値を設け、この値によって画像を有彩色と無彩色に分ける。有彩色は3つ以内のクラスタに分割し、それぞれのクラスタについて $L^*a^*b^*$ 色空間にマッピングしたPCCS表色系の代表色に対応付けることによって色認識を行う。

出力部は、色と模様の認識結果を音声で出力する。

3. 出力表現

3.1 色の表現

全盲の人が、聴覚から入力された色情報を理解し、色イメージに変換しやすくするために、色の出力表現はなるべく簡潔なものが望ましい。たとえばマンセル表色系は明度、彩度、色相の3属性で色を表すのでわかりやすいが、一つの色を表現するのに3つの要素を必要とする。これに比べてPCCS表色系(Practical Color Coordinate System: 日本色研配色体系)^[10]はトーンと色相のみで色を表現できるため、2つの要素を提示するだけですむ。

トーンは有彩色では12トーンに、無彩色では5トーンに分けられている。色相は24に分けられているが、詳細な色情報の伝達は、全盲の人の色イメージ生成を困難とするため、大まかな色表現を出力に用いる。内川らの研究^[11]によると、「色は3次元空間内であらゆる方向に連続的に変化し、人間の色覚はこれら無数の色を細かく弁別できる能力があるだけでなく、色を大きくカテゴリカルにまとめて見る能力も備わっている」と述べている。また、色のカテゴリカル知覚に関して、「Berlin and Kay^[12]は100種近くの言語を調べて、11個の色名(赤、緑、黄、青、茶、紫、オレンジ、ピンク、白、黒、灰)を共通な語彙として抽出した」と紹介している。つまり、色のカテゴリ化は言語的要

因によらず、非言語的要因(知覚的・環境的な要因)の影響のもとにカテゴリカルされているという。本システムではこの基本11色を用いる。

表1に示すように、有彩色のうち赤、オレンジ、黄、緑、青、紫の6色は各トーンの24色相に割り当て、表2に示すように、茶、ピンクは色票付属資料を参考にして特定の色に割り当てる。無彩色は、明度に応じて白、グレー、黒とする。

3.2 模様の表現

本システムにおいて認識対象とする模様の例を図3に示す。日常身につける衣類の模様として、縦縞、横縞、

表1 PCCS24色相への基本色割り当て

略号	色相名	基本色	略号	色相名	基本色
1 pR	紫みの赤	赤	13 bG	青みの緑	緑
2 R	赤		14 BG	青緑	
3 yR	黄みの赤		15 BG	青緑	
4 rO	赤みの橙	オレンジ	16 gB	緑みの青	青
5 O	橙		17 B	青	
6 yO	黄みの橙		18 B	青	
7 rY	赤みの黄	黄	19 pB	紫みの青	紫
8 Y	黄		20 V	青紫	
9 gY	緑みの黄		21 bP	青みの紫	
10 YG	黄緑	緑	22 P	紫	赤
11 yG	黄みの緑		23 rP	赤みの紫	
12 G	緑		24 RP	赤紫	

表2 茶、ピンク等の割り当て

トーン	割り当て
v あざやかな	
b あかるい	b2 *ピンク b24 *ピンク
dp こい	
lt あさい	lt2 *ピンク lt4 *ピンク lt24 *ピンク
sf やわらかい	sf2 ピンク sf4 ピンク
d くすんだ	d4 *茶 d6 *茶
dk くらい	dk4 茶 dk6 茶 dk8 茶
p うすい	p2 ピンク p4 ピンク p24 ピンク
ltg あかるいハイミの	ltg6 △うすい茶
g ハイミの	g4 *茶 g6 *茶 g8 *茶
dkg くらいハイミの	dkg4 △こい茶 dkg8 △こい茶
neutral 無彩色	*白 *グレー *黒

*: トーンなし

△: トーン変更

チェックが多く見られる。その他に、点、水玉、菱形など同じ図形が繰り返し出現する規則的な模様と不規則に出現する模様がある。また、文字やキャラクタ、絵などで、繰り返しては出現しない模様もあり、これも不規則な模様で分類できる。そして、模様のないもの、つまり無地がある。衣類に複数の色が存在する場合、それらは何らかの幾何学的な模様を構成する。したがって、色を伝えるためには模様も合わせて伝える必要がある。衣類において色と模様は一体のものである。

本システムでは、衣類によくあらわれる模様を、縦縞、横縞、チェック、無地、およびその他の模様の5つのカテゴリーに分類する。そして、その他の模様は出力上簡潔に「模様」と表現する。

3.3 色と模様の出力表現

色認識と模様認識の結果を総合した出力表現法について述べる。無彩色クラスタをN、有彩色クラスタをC₁、C₂、C₃とする。それぞれのクラスタに_colorを付加して色名を表し、_ratioを付加して原画像に対する画素比率を表し、模様をpatternとする。

N_ratio, C₁_ratio, C₂_ratio, C₃_ratioを降順にソートし、先頭のクラスタの画素比率が0.5以上のときは、そのクラスタの色を布の「地の色」とする。そしてソートした順にクラスタ色名を出力し、最後に模様を出力する。

たとえば、C₂_ratio > C₁_ratio > N_ratioで、C₃は存在しないとする。C₂_ratio > 0.5の場合、出力結果は『C₂_color ちにC₁_color と N_color の pattern です』となる。この出力結果を合成音声によって出力する。

4. 色の分析と認識

4.1 色認識空間の構築

撮影画像のRGB値データをPCCS表色系に数学的に変換する式はないので、本システム独自の色認識空間をL*a*b*色空間に構築する。

色認識空間の構築方法は、図4に示すように本システムで使用するカメラでPCCS色票をすべて撮影し、画像の前処理のあとRGB値を取得し、L*a*b*値に変換する。この値をPCCS代表色としてL*a*b*色空間にマッピングする。一方、同一カメラを用いて同一条件で布の試料を撮影し、L*a*b*値に変換した画像をこの空間内にマッピングし、有彩色をクラスタに分割したあと、各クラスタを代表色と対応付けて色を認識する。

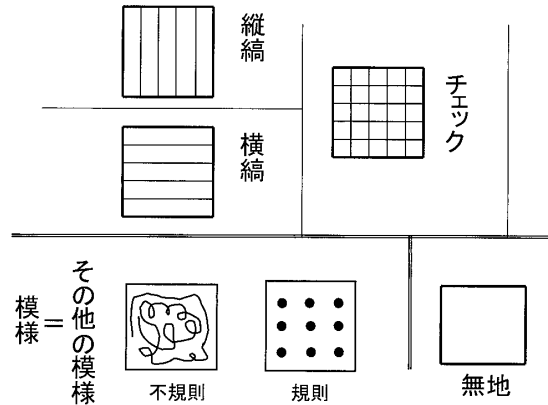


図3 模様の種類

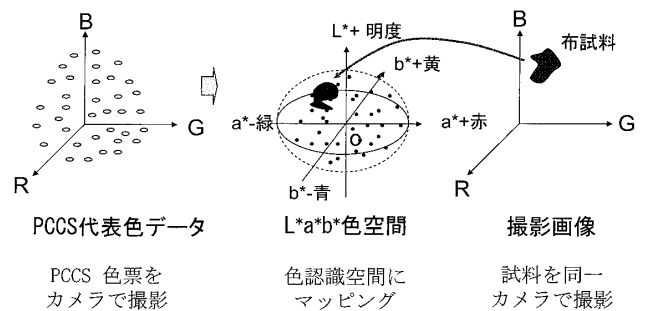


図4 色認識空間

4.2 色認識とクラスタリング

全盲の人に衣類の色情報を提示する場合、観測領域が大域的にどのような色で構成されているかを伝えることが重要である。そのために撮影画像を大まかな色に分解する。L*a*b*色空間において、彩度は原点からの距離 $\sqrt{a^{*2}+b^{*2}}$ で表すことができる。まず彩度閾値S_{min}を設定し、彩度がS_{min}以下の画素を無彩色として除外し、有彩色画素についてL*a*b*色空間でk-means法^[13]を用いてクラスタリングを行う。初期クラスタ数を3とし、初期中心を4通り与えて、最適化を行う。確定したクラスタについて、よく似た色は統合したほうが全盲の人にとってわかりやすいため、閾値D_{min}を設定し、各クラスタの中心間の距離がD_{min}未満であればクラスタを統合する。この場合、画素数の少ないほうのクラスタを多いほうのクラスタに統合する。

図5、図6にクラスタリングの具体例を示す。図5の左上の原画像を右上の無彩色画像と下段の3つの有彩色画像にクラスタリングした。図6に、図5に対応するクラスタのL*a*b*色空間における分布を示す。L軸に沿った白い部分がグレーのクラスタを表している。各クラスタは、空間的に連続的に分布しているため、

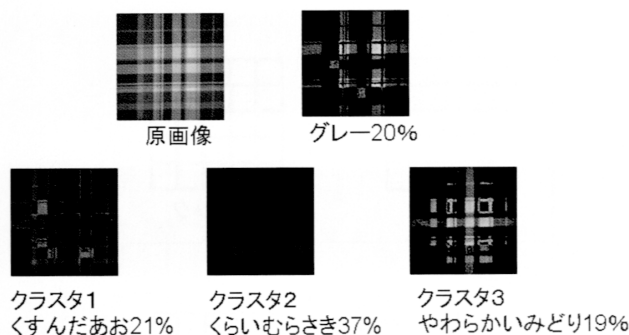


図5 クラスタリング画像

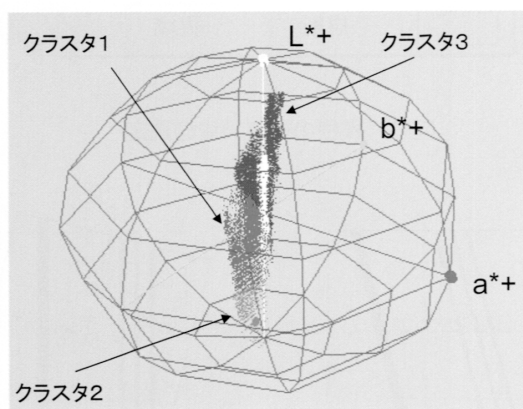


図6 L*a*b* 3次元クラスタリング-L軸2倍に拡大

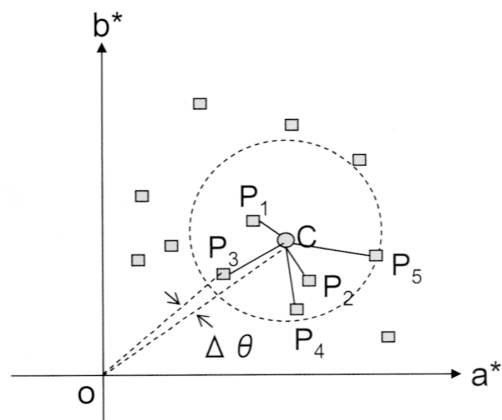


図7 PCCS代表色の決定

画像はクラスタリングによって切断される。したがって、クラスタリング方法や閾値 S_{min} 、 D_{min} は、色認識結果に大きな影響を与えるため、実験によって適切な設定を行う必要がある。

4.3 PCCS代表色の対応付けと色名の決定

クラスタの色認識は、つぎの3段階の探索により実行する。図7を用いて、

1. クラスタ中心Cを基点に近傍の代表色 $P_1 \sim P_5$ の5

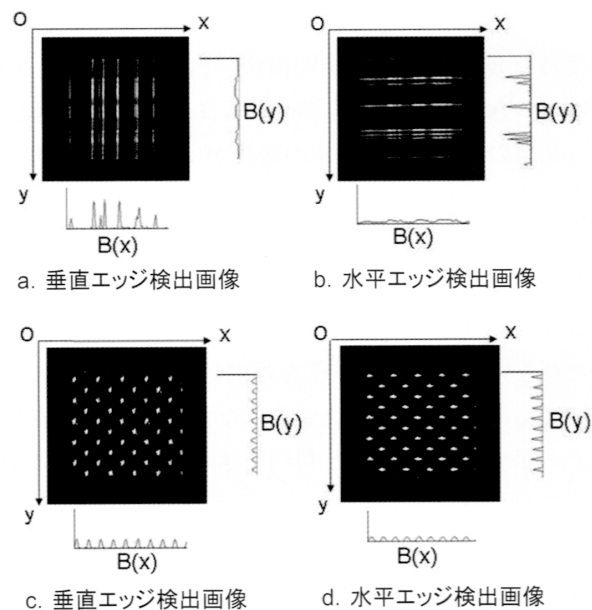


図8 エッジ検出画像

点を選ぶ。

2. 色相角を $\theta = \arctan(b/a)$ とし、5近傍代表色の色相角 θ_p とクラスタ中心の色相角 θ_c との角度差 $\Delta\theta = |\theta_p - \theta_c|$ が最も小さい代表色Pを選ぶ。図7の例で、距離は点 P_1 が最もCに近いが、色相角は P_3 が最も近いので、代表色は P_3 に対応付ける。
3. 色名対応表で、選ばれた代表色を検索し、対応する色名(トーン+基本色名)を決定する。出力色名は3.1で述べたPCCS表色系にカテゴリカルカラーの基本色を取り入れた簡潔な色表現を用いる。

5. 模様の分析と認識

5.1 エッジ検出と模様認識

模様認識の前処理として、布地の織りの影響を抑えるために平滑化を行う。高速フーリエ変換(Fast Fourier Transform [FFT])を用いて空間周波数領域で画像をフィルタリングし、逆変換によって平滑化画像を得る。ローパスフィルタは低域側 L_{pass} [%]とする。

つぎに模様認識の手法について述べる。Sobelオペレータを用いて画像の垂直エッジ、水平エッジを検出する。図8a, bはあるチェック模様に対するエッジ検出画像である。x方向、y方向それぞれに1ライン上の輝度値の加算平均を求め、加算平均を表す関数 $B(x)$ 、 $B(y)$ を求めると、縞の向きに応じてその値のばらつきが変る。ばらつきの指標としてそれぞれ標準偏差 σ_x 、 σ_y を用いると、縦縞では σ_x が大きな値となり、横縞では σ_y が大きな値となる。したがってチェックで

は σ_x , σ_y ともに大きな値となる。これ以外の「その他の模様」(規則模様, 不規則模様)では, 縞模様と比べてばらつきが少なく, σ_x , σ_y ともにやや小さい値となる。無地の場合は, 輝度値の変化がほとんどないので, さらに小さい値となる。したがって図9のように閾値 α , β を定め, 模様の認識領域を決定することができる。なお, σ_x 軸方向, σ_y 軸方向で α , β の値は共通と仮定する。

ただし, 図8c, dのような規則的な模様のエッジ検出画像では, σ_x , σ_y がやや大きな値となり, 閾値 β を超える場合, チェックと判別できなくなる。しかし, 同一エッジ検出画像において σ_x と σ_y の比を用いることによって, 判別することができる。縞の場合は, 一方の σ が大きく, 他方の σ が小さくなるため,

$r_{xy} = \sigma_x / \sigma_y$, $r_{yx} = \sigma_y / \sigma_x$ とし, 閾値 δ を定めて,

- $\sigma_x > \beta$ のとき, $r_{xy} > \delta$ ならば縦縞, $r_{xy} \leq \delta$ ならば横縞でない,
 - $\sigma_y > \beta$ のとき, $r_{yx} > \delta$ ならば横縞, $r_{yx} \leq \delta$ ならば縦縞でない,
- となる。

5.2 位置合わせと模様認識

本システムを用いて衣類の模様を調べる場合, 準備として衣類の上方向とシステム入力部のカメラの上方向とを, およそ一致させてもらうことを想定している。しかし, 縦縞または横縞がある場合, 撮影された画像中において縦縞・横縞が画像の垂直・水平に一致することはほぼあり得ない。もちろん, 衣類の模様そのものが斜めになっている場合もある。そこで, システム内部の処理により縞の位置合わせを行う。

位置合わせの方法は, 5.1で述べた σ_x を用いる。図10に示すように, 1辺がNピクセルの正方形垂直エッジ検出画像を, 画像の中心を回転中心として, 反時計回りに 1° ごとに 180° まで回転させ, 関数 $B(x)$ の標準偏差 σ_x を 1° ごとに計算する。この間に, σ_x が最大となる回転角 θ を求める。ただし, σ_x の計算範囲は, 垂直エッジ検出画像の内部にある1辺が $d = N/\sqrt{2}$ の正方形画像である。なぜなら, 1辺がNピクセルの正方形垂直エッジ検出画像が 45° 回転した場合, 有効な正方形画像の範囲が最も狭くなり, その1辺がdとなるからである。

ところで, 以上述べた処理は, 垂直エッジ検出画像から計算した σ_x が最大となる角 θ を求めたので, そのまま θ だけ回転させると, 縞がある場合は当然縦縞と

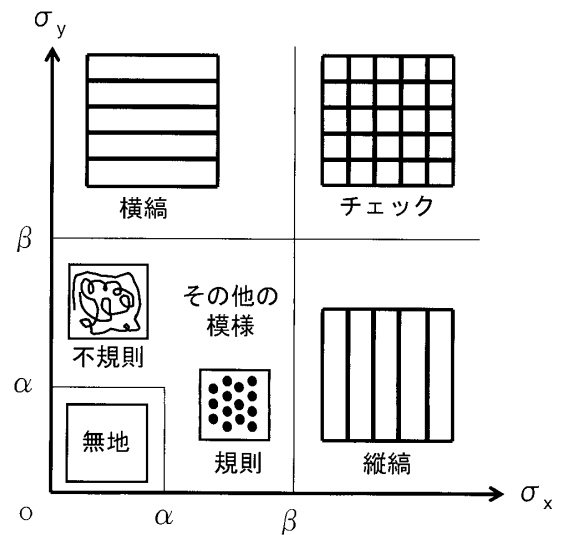


図9 模様の認識領域の決定

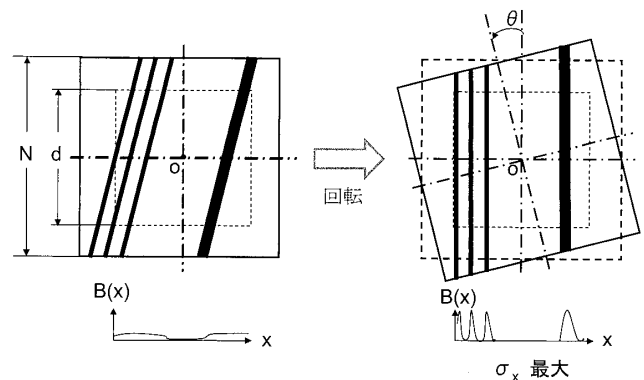


図10 模様の回転位置合わせ

なる。横縞の場合も正しく認識できるように, 縦基準線, 横基準線の近いほうに縞を回転位置合わせする。この回転位置合わせは, 実装上は5.1で述べた模様認識の処理に先立って行う。

6. 実験

6.1 実験試料

本システムが対象とする布地は, 織りの影響を抑えるため, 薄手の生地とする。実験試料として図11の38点の試料(カッターシャツ, ブラウス, ハンカチなど)の生地を用いた。試料番号1から3が「その他の模様(不規則)」, 4から9が「その他の模様(規則的)」, 10から17が「縦縞または横縞」, 18から30が「チェック」, 31から38が「無地」である。

色と模様の認識に必要な各種閾値は, これらの試料を用いた実験により調整した。

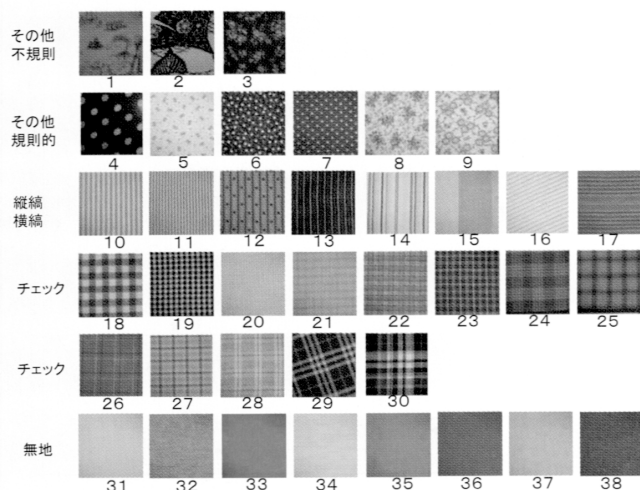


図11 実験用試料38点

6.2 システムの設定

実験システムの設定を、表3にまとめる。使用カメラの γ 値の推定は、Filmtools社製の‘Gray Scale Balance Card’^[14]を用いた。実験の結果 $\gamma = 0.478$ と推定され、この値を用いて γ 補正を行った。

正しい色認識を行うためには、RGB値が等しい白色照明光によって試料を照らす必要がある。フラッシュ光のRGB値の偏りを補正するには、カメラのホワイトバランス機能を利用することが効果的であることが実験によりわかった。ただし、最終的なホワイトバランス調整は情報処理部で行う。

画像の平滑化に用いるローパスフィルタは、 $L_{\text{pass}} [\%] = 25 [\%]$ とした。なお、音声はフリーソフト^[15]を利用して出力した。

6.3 色認識空間の構築

4.1で述べた色認識空間の構築のために、日本色研事業株式会社の「新配色カード199c」^[16]の色票のうち153枚を撮影し、PCCS代表色として $L^*a^*b^*$ 色空間にマッピングした結果を図12に示す。いずれもL軸は2倍に拡大表示している。 $(-127 \leq a \leq 127, -127 \leq b \leq 127, 0 \leq L \leq 100)$ 。ストロングトーンの色票はないため、有彩色は11トーンである。

図では、トーンの種類ごとにプロット点の大きさを変えて示した。(大きさの順は、ビビッド、ディープ、ダーク、パール、ライト、ブライト、ソフト、ダル、ライトグレイッシュ、グレイッシュ、ダークグレイッシュ、ニュートラル) 図12.aは3次元表示で、図12.bはa-b平面に投影した図、図12.cはa-L平面に投影した

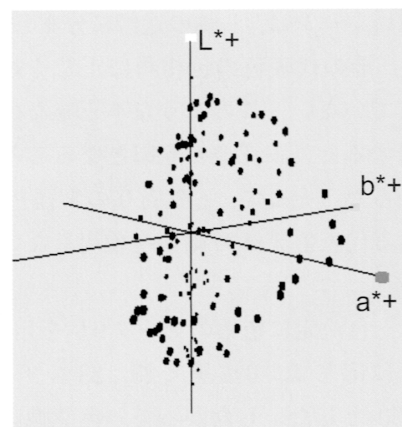


図12.a PCCS代表色のマッピング

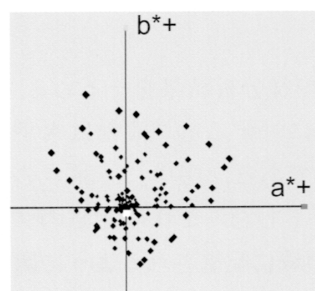
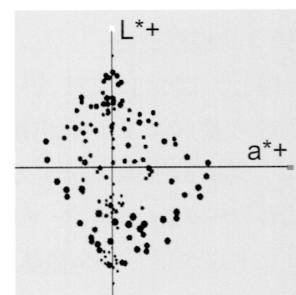
図12.b
PCCS a-b平面図図12.c
PCCS a-L平面図

表3 システムの設定

入力部の構成と設定値	
カメラ	CASIO EX-Z1050
撮影解像度	640×480[pixel]
計測範囲	中央部74×74[mm], 256×256[pixel]
解像度	約88[DPI]
覆いの仕様	プラスチック製 高さh=220[mm] 内径r=175[mm]
情報処理部の構成と設定値	
色認識設定値	ガンマ補正 : $\gamma = 0.478$ 無彩色彩度閾値 : $S_{\min} = 4/255$ クラスタ統合閾値 : $D_{\min} = 22/255$
$L^*a^*b^*$ 色空間	マッピングデータ数 : 153個
模様認識設定値	$L_{\text{pass}} = 25[\%]$

図である。

図12.bのマッピング結果では、 b^+ の黄色方向に値が大きく、 b^- の青方向に小さくなっている。これは色固有の彩度を反映したものと考えられる。また、図12.cでは、同一トーンでも明度に変化があり、 L^* 軸+方向にばらつきがあることがわかる。

彩度の低いトーンは、L軸の近傍に分布しているが、L軸周りに、その代表色の色相角に正しく対応した位置に分布していない。このような不正確な代表色を色認識に使用すると、誤認識の原因となることが実験によってわかった。そこで、L軸周りの半径 $P_{\min} = 3.5$ の円筒内にある代表色データ18個を使用しないこととした。

無彩色は、色決定に色票のデータ9個を用いなくて、明度Lの値に応じて、 $0 \leq \text{黒} < 23$, $23 \leq \text{グレー} < 70$, $70 \leq \text{白} \leq 100$ とした。したがって、色認識に使用する代表色データは126個となった。

6.4 模様認識

図13、図14に実験試料の模様分析結果をまとめる。横軸は垂直エッジ検出画像に対する σ_x 、縦軸は水平エッジ検出画像に対する σ_y である。図中に、38点の試料データ(σ_x , σ_y)をプロットした。これら38点のプロット点が正しい模様認識領域に配置されるように閾値 α , β を $\alpha = 3.5$, $\beta = 6.0$ と決定した。その上で、 β を超える点に関して、閾値 $\delta = 3.0$ と定めることにより、5.1で述べた縞か、縞でないかの判断を可能とした。

この結果、プロット点を○印で囲んだ7点は、縞ではなく「その他の模様」となった。なお、図14で、無地の領域に位置する△印で囲んだ試料は図11の番号15の試料である。この試料はコントラストが弱い縦縞であり、 σ_x の値が小さいために無地と認識された。

つぎに、閾値 α , β , δ は、図11の38点の試料を母集団として決定しているため、他の試料集団でもこの閾値が有効であるかどうかを確かめた。

あらたに、図15に示す11点の試料について、 $\alpha = 3.5$, $\beta = 6.0$, $\delta = 3.0$ の下で模様認識実験を行ったところ、9点で正解となった。試料番号1, 6, 7, 8は、母集団の試料には含まれていない、やや厚手の布地であるが、試料番号1以外はいずれも模様認識が正解となった。厚手の布地でも織りの影響が少ない場合は、正しく認識できることがわかった。不正解となった試料1, 4については、7.2で述べる。

6.5 評価実験

本システムで用いた色および模様の認識手法およびその出力結果が、全盲の人にどの程度有効であるかを検証する。評価実験の方法は、以下のとおりである。

被験者に実験の目的、システムの色と模様の表現方法、実験の方法、評価基準を説明し理解を得る。評価

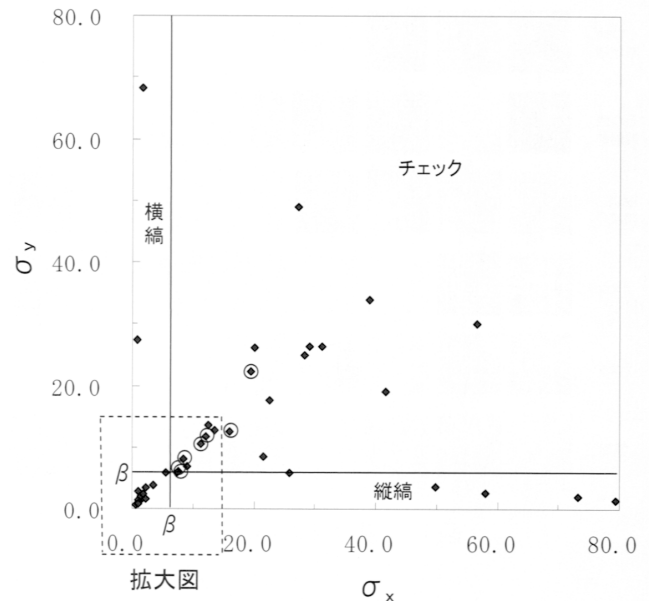


図13 模様認識領域の決定(全体図)

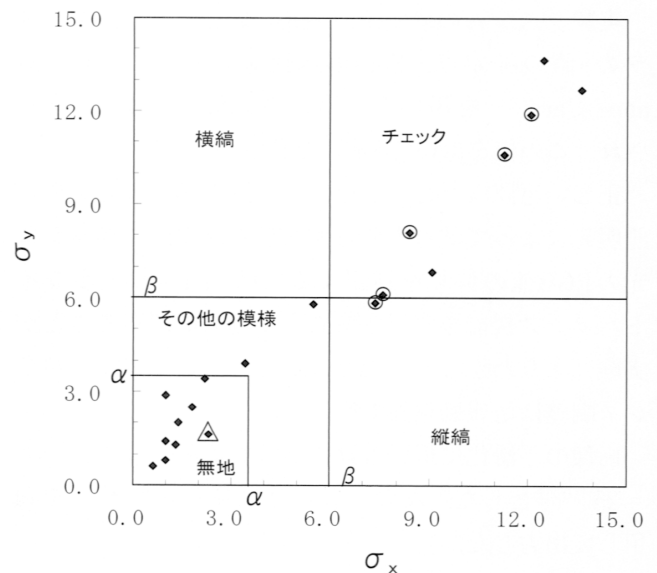


図14 模様認識領域の決定(拡大図)

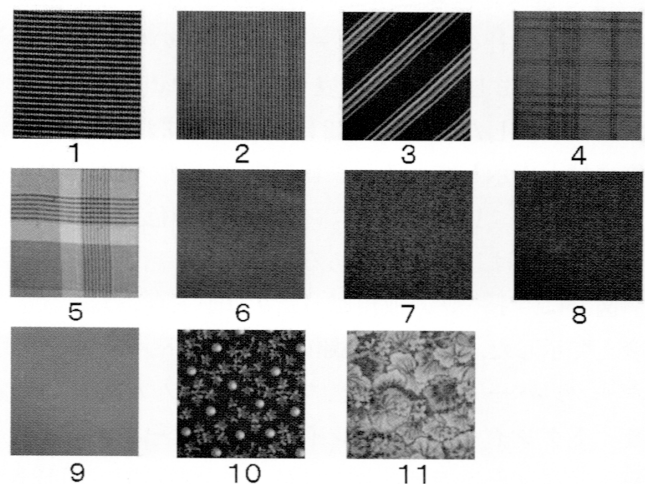


図15 追加実験試料

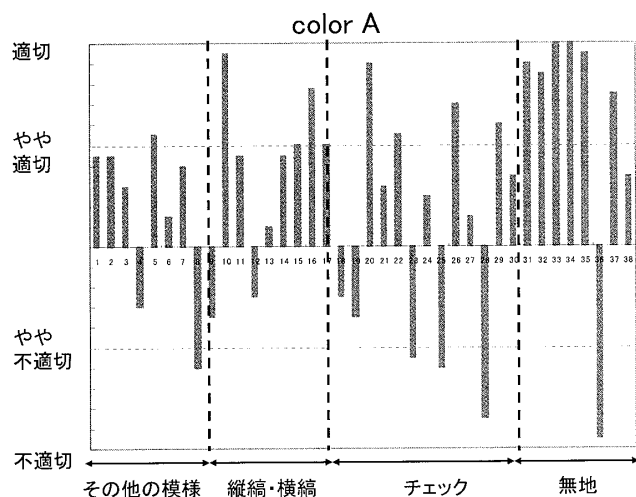


図16 評価実験A 色認識結果

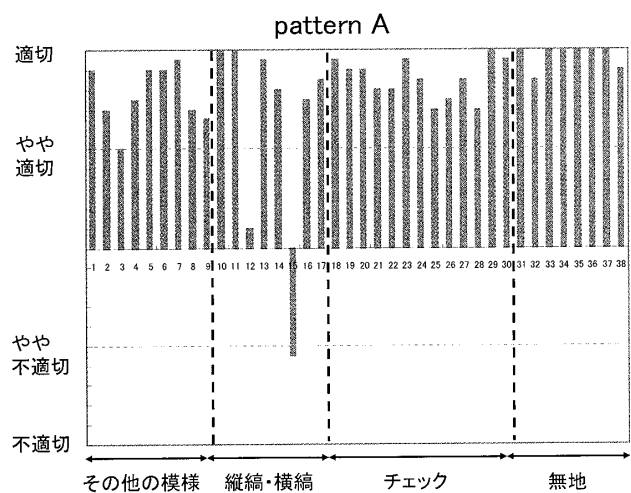


図17 評価実験A 模様認識結果

には音声ソフトの聴き取りやすさは含まず、決められた出力の範囲内での出力の妥当性を、色と模様に分けて「適切」、「やや適切」、「やや不適切」、「不適切」の4段階で評価を行ってもらおう。入力に用いた試料(一辺10cmの正方形)の直接観察と出力結果を記録した音声ファイルの再生を行い、両者を比較する。この場合、被験者がどちらを先に認識するかによって評価が変わる可能性があるため、2通りの実験A、Bを行う。実験終了後、色覚検査^[17]を行う。

実験の留意点は、38点の試料の評価の実施順は無作為であること、初めから試料が見えないように試料に扉を付けておく、被験者は、実験AまたはBのどちらか一方を実施する、同一人物の実験は1回限りとする、実験は直射日光の当たらない場所において、充分明るい白色蛍光灯下で行う、などである。

評価実験A

- 1) 布の試料を見て色と模様を観察する。大域的な色と模様を判断する。
- 2) 対応する音声出力ファイルを再生して、本システム実行結果を聞く。わかりにくい場合は再度再生して聞く。(再度、試料を見てもよい)
- 3) 評価用紙に評価結果を記入する。

評価実験B

- 1) 音声ファイルを再生して本システム出力結果を聞く。色と模様に関するイメージを描く。わかりにくい場合は、再度再生して聞く。
- 2) 対応する布の試料を見て、色と模様を観察する。(再度音声ファイルは再生しない)
- 3) 評価用紙に評価結果を記入する。

6.6 評価実験の結果

成人男子17名、女子3名の計20名に協力いただき、評価実験A、Bに、10名ずつ割り当てて実験を行った。いずれの被験者も色覚検査の結果、異常はみられなかった。

4段階の評価を、適切は+2、やや適切は+1、やや不適切は-1、不適切は-2として数値化し、試料ごとにその平均値を求めた。

評価実験Aの結果を、図16、図17に示す。色認識の結果は、縦縞・横縞、無地では評価が高いが、チェック、その他の模様では、評価が低い。模様認識の結果は、1点を除いていずれも評価が高い。

また、表4に、「適切」、「やや適切」を合わせて認識が正しいと仮定したときの正解率を模様の種類ごとに百分率で示す。実験Bの結果は、実験Aとはほぼ同様の傾向を示したが、表4で、数値データを比較したところ、色認識では、実験Aより評価値が少し低くなり、模様認識では、実験Aより評価値が少し高くなっている。これらの理由は、色を伝えるためには多くの情報が必要であり、音声から色イメージへの変換作業の困難さを示していると考えられる。また、模様は一つの要素で伝達可能であり、音声から模様イメージへの変換作業は容易であり、ある種の先入観が構築されて評価に至っている可能性があると考えられる。

色認識の評価値が実験A、Bともにマイナスとなった8点について調べてみた。

- (a) 2点は4.3で述べた、クラスタのPCCS代表色への対応付けが正しくできていなかったと考えられる。(図11の試料23、36)

- (b)2点は、無彩色を2色用いたいところを、システム上、1色しか表現できなかった。(試料4, 9)
- (c)クラスタリングが不適切であった。(試料19)
- (d)彩度の低い色が無彩色として扱われ、色を抽出できなかった。(試料28)
- (e)地と模様が逆転していた。(試料8)
- (f)撮影範囲不良で背景の黒が認識された。(試料25)となっていた。

つぎに、模様認識で1点のみ評価値がマイナスとなった図11の試料15は、6.4で述べたとおり、縞があるが無地と認識された。

表4において、評価が正解率75%以上を最低目標としたとき、色認識ではチェック、その他の模様で改善が必要であるが、無地、縞ではほぼ目標を達成している。模様認識では模様の全カテゴリーで目標を達成している。

6.7 色認識に関する追加実験

6.6で述べた色認識の評価値が低いケースを改善するために、つぎの(1)~(3)の改善策を施して追加実験を行った。

(1) PCCS代表色データの補間

色認識空間において有効な代表色データが126個と少ないために、正しい対応付けができない場合がある。色票の数は、ビビッドトーンでは色相の数に対応して24枚あるが、他のトーンは12枚である。そこで、ビビッドトーン以外は、色認識空間内で隣接する色相のマッピングデータの midpoint を補間によって作成する。使用した色票にはストロングトーンがないので、補間によって増えるデータ数は12個×10トーンの120個である。さらに、L軸周りの半径 $P_{min} = 3.5$ の円筒内にある代表色データ18個を使用しないこととしていたが、つぎの改善策(2)との関係で、これら18個と無彩色データ9個を使用することとし、代表色データを合計273個とする。

(2) 全画素クラスタリング

提案システムでは、画像のクラスタリングは有彩色のみを対象とし、無彩色は1色のみ表現できるしくみとなっていたが、例えば「白地にグレーの模様」のように、無彩色を2色用いないと正しい色を表現できない場合がある。そこで、有彩色と無彩色を区別しないで、全画素をクラスタリングする。

(3) クラスタリング初期値調整

クラスタリングの初期値の設定が不適切な場合、大

域的に見て、区別されるべき色がクラスタに分割されず正しく認識できない場合がある。提案システムでは、初期値を固定点に設定していたが、色認識空間内の画像の分布状態に適切に対応するために、初期値を、画像中心を基点とした近傍範囲内に設定する。

これらを実装した結果、

(1)により、(a)の試料36は、

「やわらかいピンク」⇒「ちゃいろ」と正しく色認識できた。(1)によっても試料23は、「ちゃいろ」⇒「ちゃいろ」のまま、正しく「みどり」とならなかった。この試料を色票と直接比較観察したところ、代表色対応付けは正しくg8(グレイッシュトーンの色相8)であったが、この色名は色票付属資料ではgrayish oliveとなっていた。基本色を用いた色相の統合および割り当てを調整することで解決すると考えられる。

(2)により、(b)の試料4は、「くろぢにこいちゃいろ」⇒「くろぢにグレー」となり、試料9は、「しろぢにうすいピンク」⇒「しろぢにグレー」とそれぞれ無彩色を2色正しく出力できた。

(3)により(c)の試料19は、「ちゃいろぢにグレー」⇒「グレーとあかるいハイミのちゃいろとくらいあお」となり、3色を表現できた。(d)の試料28は、「うすいちゃいろぢにグレー」⇒「あかるいハイミのちゃいろぢにやわらかいむらさき」となり、彩度の低い「むらさき」を抽出できた。(e)の試料8は、「うすいちゃいろぢにしろ」⇒「しろぢにあかるいハイミのちゃいろ」となり、地と模様の逆転が戻り、正しく出力できた。

表4 正解率まとめ

	実験A		実験B		
	color	pattern	color	pattern	
縞	75.0	82.5	67.5	86.0	
チェック	54.6	93.1	52.1	99.2	
無地	81.3	98.8	77.5	100.0	
その他	不規則	76.7	86.7	53.3	96.7
	規則	46.7	91.7	56.7	96.7
全体	65.0	91.3	61.5	96.0	

(単位: %)

7. 考察

7.1 色認識の考察

本システムでは、カメラのフラッシュ光を照明として用いたが、フラッシュ光のホワイトバランスは、カメラ側に用意されているマニュアルモードのなかで、フラッシュ光に適切とされる「太陽光モード」を使

用し、'Gray Scale Balance Card' [14] の white, gray, black の各部を撮影したところ、RGB 値はほぼ等しい値となり、情報処理部でのホワイトバランス処理はほとんど不要となった。

このフラッシュ光を、平均昼光を代表する D65 と仮定し、撮影画像の RGB 値を $L^*a^*b^*$ 値に変換することにした。そして、色認識の基準となる PCCS 色票と実際の衣類の試料を、ともに同じカメラで撮影し、同じ処理を行ったため、カメラ固有の色空間のなかで試料と PCCS 代表色の対応付けにより、色を正しく認識できるものと考えた。一方、評価実験においては、実際の試料を評価してもらう場合、照明環境が異なると色の見えが異なるので、オフィスや家庭でなじみのある白色蛍光灯の下で行うことが妥当であると考えた。ただし、今回の実験ではこれらの照明についての測色的データ(分光分布、色温度等)を得ておらず、今後、照明の色を計測し実験結果の妥当性の検証をさらに進める必要がある。

色認識の正解率は、表4に示したように無地(単一色)で比較的高く、チェックなど(複数色)で低い。単一色の正解率を上げることによって、複数色の正解率も向上すると考えられる。6.7の追加実験で明らかとなったように、クラスタリングの方法を工夫することによって、色認識の正解率が向上する余地は充分にある。

また、使用する表色系の妥当性についても、今後の検討課題としたい。

7.2 模様認識の考察

評価実験では、表4に示したように、模様を高い精度で正しく認識できた。6.4で述べたように模様認識は閾値 α , β , δ によって行う。その前提として、衣類の模様は平面パターンと定義しているため、本システムでは織りの影響の少ない薄手の布地を対象としている。閾値は試料の母集団の性質によって影響されるが、図11の38点から導いた閾値が、やや厚手の布地を含む図15の11点のうち、9点までが正解となった。

不正解となった図15試料1の白い横線は、織りによって作られた点の集まりで、システムでは縞と判断せず、「その他の模様」と認識した。布地の織りが模様と認識されないように画像を平滑化するとき、平滑化が強すぎると模様を消失させてしまい、エッジを検出できない。平滑化とエッジ検出との関係はトレードオフになっており、すべての布地に対する要求-正しい模様認識-を一定の閾値で満たすことは困難である。

図15試料4は、チェックであるが、縦縞と認識された。 $\sigma_y = 5.7 < \beta = 6.0$ であるために横縞を認識できなかった。例えば $\beta = 5.6$ とすることにより、正しい認識ができるようになるが、図11の38点の試料に関しては、 $\beta = 5.6$ と変更しても問題がないことを確認した。

以上のことから、本システムの模様認識閾値の設定は、概ね妥当であり、認識手法が正しいことを確かめることができた。

8. おわりに

本論文では、視覚障がい者が衣類の色と模様を即時に調べることができる情報提示システムを提案した。

カメラに覆いを付けて一定条件で撮影した衣類の画像について、 $L^*a^*b^*$ 色空間における3次元クラスタリングによる色認識および画像の垂直・水平エッジに基づいた模様認識により、衣類の色・模様のイメージを生成しやすくすることができた。

既存の手法では大域的な衣類の色を把握することが困難であったが、提案システムでは、これを可能とし、評価実験によって出力の妥当性と今後の改善の可能性を確かめることができた。今後、システムの実用化に向けては、装置の小型化、携帯化とユーザビリティの向上を検討する必要がある。

参考文献

- [1] 小村仁美, 眞鍋佳嗣, 千原國宏, 色覚バリアフリーのための没入型色覚シミュレータ, 日本色彩学会誌 Vol.30, Sup., pp. 38-39, 2006
- [2] 富士通株式会社, ColorAttendant, <http://jp.fujitsu.com/about/design/ud/ca/index.html>
- [3] 富士通株式会社, Color Doctor, <http://jp.fujitsu.com/about/design/ud/assistance/colordocor/>
- [4] 社団法人日本眼科医会, 報道用資料 糖尿病網膜症 働き盛りの約300万人が発症 毎年約3000人が失明, 2005. 9. 15
- [5] 前川満良, 橋爪慎哉, 當間安厚, 有谷秀明, 一二三吉勝, 関啓明, 視覚障害者用の携帯型色認識装置の開発, 一自動校正機能による測色安定性の向上, 精密工学会誌 Vol. 69, No. 11, pp. 1648-1653, 2003
- [6] 前川満良, 今井有希子, 橋爪慎哉, 関啓明, 神谷好承, 視覚障害者用の携帯型色認識装置の開発(第2報), 一色模様認識のための色と音のマッピング, 精密工学会誌 Vol. 70, No. 8, pp. 1117-

1121, 2004

- [7] 株式会社北計工業開発センター, 色彩音声案内装置 Color TalkPLUS, <http://www.amedia.co.jp/product/color-talk.htm>
- [8] 三宅正夫, 眞鍋佳嗣, 浦西友樹, 池田聖, 千原國宏, 視覚障がい者支援のための衣類の色と模様認識, 第4回色彩シンポジウムIN 長野2010, pp. 25-28 (2010)
- [9] 三宅正夫, 眞鍋佳嗣, 浦西友樹, 池田聖, 千原國宏, 視覚障がい者支援のための衣類の色および模様提示システムの評価, 平成22年度日本色彩学会関西支部大会, pp.20-21 (2011)
- [10] 日本色研 <http://www.sikiken.co.jp/pccs/>
- [11] 内川恵二, 栗木一郎, 篠田博之, 開口色と表面色モードにおける色空間のカテゴリカル色名領域, 照明学会誌 Vol.77, No.6, pp. 346-354, 1993
- [12] Berlin, B. and Kay, P. Basic Color Terms: Their Universality and Evolution, University of California Press, Berkley (1969)
- [13] 田村秀行, コンピュータ画像処理, オーム社, 2006
- [14] Film Tools 社, Gray Scale Balance Card, <http://www.lmtools.com/grcogrsbaca.html>
- [15] 作者: kurodango, ソフト名: おしゃべりテキスト, プログラム名: OsyaberiText.exe
- [16] 日本色研事業株式会社・新配色カード199c 12cm × 17.5cm
- [17] 石原 忍, 学校用色覚異常検査表, 株式会社半田屋商店, 1985.2.

(投稿受付日: 2011年3月29日)

(掲載決定日: 2011年12月9日)

著者紹介

みやけ まさお
三宅 正夫

2011年奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科博士前期課程修了。修士(工学)。1979年より学校法人天理大学天理高等学校数学教諭, 2004年より情報科教諭兼務現

在に至る

まなべ よしつぐ
眞鍋 佳嗣

1995年大阪大学大学院基礎工学研究科博士後期課程修了。博士(工学)。日本色彩学会, 電子情報通信学会, IEEE等会員。現在, 千葉大学大学院融合科学研究科教授, 奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科客員教授

うらにし ゆうき
浦西 友樹

2008年奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科博士後期課程修了。博士(工学)。電子情報通信学会, システム制御情報学会, IEEE各会員。現在, 奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科助教

いけだ せい
池田 聖

2006年奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科博士後期課程修了。博士(工学)。情報処理学会, 日本バーチャルリアリティ学会, 各会員。現在, 大阪大学基礎工学研

究科助教

ちはら くにひろ
千原 國宏

1973年大阪大学大学院基礎工学研究科博士後期課程修了。工学博士。電子情報通信学会, システム制御情報学会, 日本生体医工学会, 日本超音波医学会, 日本バーチャルリアリティ学会, IEEE等会員。現在, 奈良先端科学技術大学院大学名誉教授, 大阪電気通信大学教授