

着物の染め直し補助のためのデジタル画像の色合い変換 Color Transfer of Digital Images for dyeing Kimono

中山仁[†]
Jin Nakayama

桶谷新也[‡]
Shinya Oketani

藤田和弘[†]
Kazuhiro Fujita

1. 緒言

近年、画像編集ソフトを用いることでデジタル画像の色合いを容易に変更できるようになってきている。また、桶谷ら[1]は加工に時間を要せず、個人の技術に影響を受けない色合い変換手法として、PCAを用いた色合い変換法を提案している。しかし、従来手法では着物全体を対象とすると、着物の中で望んでいない部分まで色合い変換がされてしまうという問題点がある。そこで、この問題を解決するために本研究では、HSV表色系へ変換した上で、H成分を用いて着物の地の部分を抽出し、それをマスクとしてRGB表色系でPCAを用いた色合い変換を行う方法を提案する。これにより、着物の柄の部分の色を変えずに、地の部分のみを色変換することを目標とする。

2. RGB-HSV変換を用いた色合い変換

2.1. 判別分析法を用いた着物の地のマスクング

着物の画像から地の部分のみを抜き出しマスクングするために、画像を地の部分とその他の部分に分割する。HSV表色系では、着物の画像は色相(Hue)成分のヒストグラムにおいてピークが、地の部分に相当すると考えられる。色相のヒストグラムのピーク値 P を求め、着物の地の部分 $[P-\Delta P, P+\Delta P]$ のクラスと、それ以外の値によるクラスの2つのクラスに分割する。値 ΔP は $0^\circ \leq \Delta P \leq 50^\circ$ と仮定し、式(1)のクラス間分散 σ_B^2 が最大となる ΔP を求める。

$$\sigma_B^2 = \frac{\omega_1 \omega_2 (H_1 - H_2)^2}{\omega_1 + \omega_2} \quad (1)$$

ここで ω_i は各クラスの画素数を、 H_i は各クラスの平均値をあらわす。この分割方法は、どちらか片方のクラスが両端に分割されてしまう事があるが、色相は周期 360° の周期的な統計量と考えて分割されたクラスを片方に繋ぎ合わせる。このようにして抜き出したマスク画像を $M[m, n]$ とし、着物の地にあたるクラスでは1を、それ以外では0とする。今回、実験の対象画像とする着物の画像を図1(a)に、参照画像を図1(b)に示す。また、図1(a),(b)の2枚の画像の色相のヒストグラムを図3(a),(b)に、求めたマスク画像 $M[m, n]$ を図2(a),(b)にそれぞれ示す。図2を見ると、着物の地の部分のみを抽出できていることがわかる。



図 1: 実験対象画像

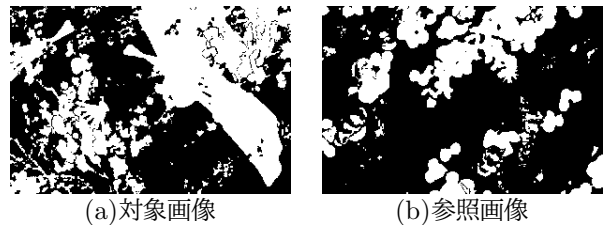


図 2: マスキング結果

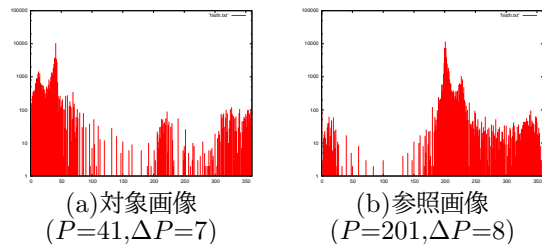


図 3: 色相のヒストグラム

2.2. RGB成分の無相関化

色合い変換が望まれる着物の地の部分だけを対象にしてPCAで色合い変換を行う。これは $M[m, n]$ でマスクングをおこなった状態でPCA変換を行う。マスクングをおこなった対象画像の位置座標 (m, n) における画素のRGB成分からなる画素値ベクトル $\mathbf{x}[m, n]$ の平均ベクトル $\boldsymbol{\mu}_x$ および自己共分散行列 R_x を式(2),(3)で定義する。

$$\boldsymbol{\mu}_x \equiv \frac{1}{K} \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} \mathbf{x}[m, n] M[m, n] \quad (2)$$

$$R_x \equiv \frac{1}{K} \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} (\mathbf{x}[m, n] - \boldsymbol{\mu}_x)(\mathbf{x}[m, n] - \boldsymbol{\mu}_x)^T M[m, n] \quad (3)$$

$$K = \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} M[m, n] \quad (4)$$

[†]龍谷大学大学院理工学研究科

[‡]京都府中小企業技術センター

つぎに、自己共分散行列 R_x に対する固有値問題を考える。

$$R_x \mathbf{u}_x[i] = \lambda_x[i] \mathbf{u}_x[i] \quad (i = 0, 1, 2) \quad (5)$$

ここで、 $\lambda_x[i]$ は固有値、 $\mathbf{u}_x[i]$ は固有ベクトルを表す。 $\lambda_x[i]$ 、 $\mathbf{u}_x[i]$ から成る行列 Λ_x, U_x を用いて平均0、分散1に無相関化したベクトル $\mathbf{X}[m, n]$ を次式で定義する。

$$\Lambda_x \equiv \text{diagonal}(\lambda_x[0], \lambda_x[1], \lambda_x[2]) \quad (6)$$

$$U_x \equiv (\mathbf{u}_x[0], \mathbf{u}_x[1], \mathbf{u}_x[2]) \quad (7)$$

$$\mathbf{X}[m, n] \equiv \begin{cases} \Lambda_x^{-\frac{1}{2}} U_x^T (\mathbf{x}[m, n] - \boldsymbol{\mu}_x), & M[m, n] = 1 \\ \mathbf{0}, & M[m, n] = 0 \end{cases} \quad (8)$$

対象画像と同様に、参照画像の画素値ベクトル $\mathbf{y}[m, n]$ 、平均ベクトル $\boldsymbol{\mu}_y$ および自己共分散行列 R_y を定義し、固有値 $\lambda_y[i]$ 、固有ベクトル $\mathbf{u}_y[i]$ を求め、それらからなる行列をそれぞれ Λ_y, U_y とする。

2.3. 色差成分に対する RotationPCA

無相関化したベクトル $\mathbf{X}[m, n]$ に対して、次式により色差成分の回転を行う。

$$\mathbf{X}'[m, n] = V_\theta \mathbf{X}[m, n] \quad (9)$$

$$V_\theta = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta & \sin \theta \\ 0 & -\sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \quad (10)$$

2.4. 色の線形変換

対象画像の画素値ベクトルに対するPCAによる無相関化後、色差成分に対する回転を利用した色合い変換を次式で行い、色合い変換後の画素値ベクトル $\mathbf{x}'_{e,\theta}[m, n]$ を求める。マスク値 $M[m, n]$ が0の画素には $\mathbf{x}[m, n]$ を、1の画素には $\mathbf{x}'_{e,\theta}[m, n]$ を出力することで着物の地の部分のみの色合い変換を行う。

$$\mathbf{x}'_{e,\theta}[m, n] = \begin{cases} U_{x'_\rho} \Lambda_{x'_\rho}^{-\frac{1}{2}} V_\theta \mathbf{X}[m, n] + \boldsymbol{\mu}_{x'_\rho}, & M[m, n] = 1 \\ \mathbf{x}[m, n], & M[m, n] = 0 \end{cases} \quad (11)$$

ここで、対象画像と参照画像の色合いの比率を決定するパラメータ ρ を用いて、平均ベクトル $\boldsymbol{\mu}_{x'_\rho}$ 、固有値 $\Lambda_{x'_\rho}$ 、固有ベクトル $U_{x'_\rho}$ を内挿する。

$$\boldsymbol{\mu}_{x'_\rho} = (1 - \rho) \boldsymbol{\mu}_x + \rho \boldsymbol{\mu}_y \quad (12)$$

$$\Lambda_{x'_\rho} = (1 - \rho) \Lambda_x + \rho \Lambda_y \quad (13)$$

$$U_{x'_\rho} = (1 - \rho) U_x + \rho U_y \quad (14)$$

3. 計算機実験結果

図1(a)を対象画像に図1(b)を参照画像とし、式(11)において ρ の値を0～1まで0.25ずつ、 θ の値を $0^\circ, 60^\circ$ と変化させ、色合い変換を行なった結果を図4に示す。また、桶谷ら[1]の色合い変換手法による結果および本研究の提案手法による結果を図5に示す。

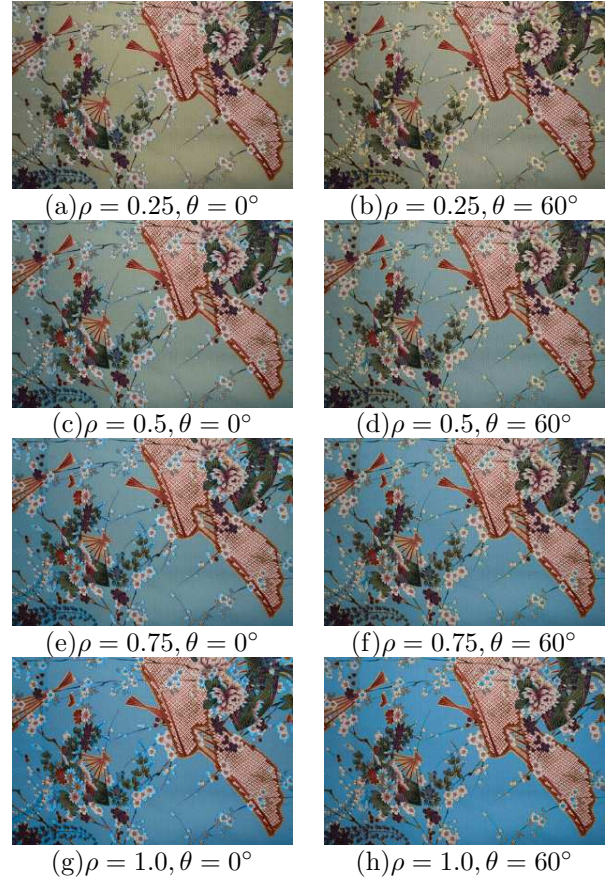


図4: 色変換後画像

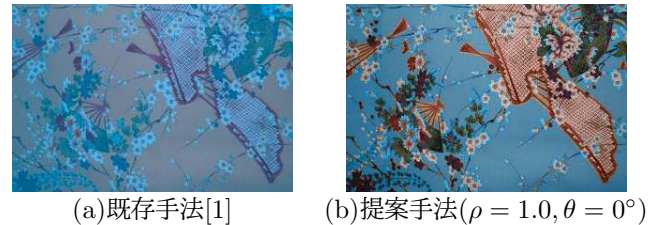


図5: 比較結果

4. 考察

本提案手法は、画素値のRGB値をHSV値に変換し、Hを用いて着物の地の部分を抽出することにより、色合い変換が望まれる着物の地の部分のみを色変換する手法を提案した。また、PCAを発展させた本研究で提案する2種類のパラメータを用いた色合い調整を行なうことで、色合いを調整できることを確認した。

参考文献

- [1] 桶谷 新也, 藤田 和弘, 四宮 康治, 中森 信行, 森本 一成, 杜 偉薇: “デジタル画像の色合い変換”, 信学技報IMQ研究会, 2010年10月.