

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 HSV色空間における着物の地と柄の領域分割 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

画像の色合い変換の手法として、筆ら [1] は PCA を用いた色合い変換を提案している。従来手法の画像色合い変換手法は画像全体を対象とするために、着物の染め直し補助のための着物画像の色合い変換には、不適切である。なぜなら、着物の地の部分のみを色合い変換する必要があるからである。また、筆者 [2] は HSV 表色系へ変換した上で、S 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したが、地の部分を抽出するマスクングの精度に課題があった。そこで、本研究では S 成分に対して判別分析法を用いて二つのクラスに一旦分割し、その後、H 成分と S 成分の2つの特徴量を用いて地のクラスの重心を求め、楕円状に切り取ることで地の部分を抽出する方法を提案する。

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領域分割

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着物画像を地の部分と柄の部分に分割する。HSV 表色系では、彩度(Saturation)成分において、着物画像の地の部分と柄の部分とで彩度が異なり、大まかに二分できると考える。そこで、S 成分のヒストグラムから、式(1)の判別分析法のクラス間分散 σ_B^2 が最大となる閾値 T を求めることで、 T 以下の値のクラスと T より大きいクラスの2つのクラスに分割する。

$$\sigma_B^2 = \frac{\omega_1 \omega_2 (S_1 - S_2)^2}{(\omega_1 + \omega_2)^2} \quad (1)$$

ここで ω_i は各クラスの画素数を、 S_i は各クラスの平均値をそれぞれあらわす。

2.2. 重心を用いた地と柄の領域分割

つぎに H 成分と S 成分の重心を計算し、地の部分を楕円状に切り取る領域分割を行う。まず、式(1)の判別分析法によって2つに分割したクラスのうち、着物の地に相当するクラスの H 成分と S 成分の重心をそれぞれ μ_H, μ_S とし、それぞれの標準偏差を σ_H, σ_S とする。さらに、マスクングに用いるマスク画像を $\{M[m, n]\}$ と定義し、式(2)で着物の地にあたるクラスでは1を、それ以外では0と定義することにより、マスク画像 $\{M[m, n]\}$ を生成する。

$$M[m, n] = \begin{cases} 1, & \left(\frac{H[m, n] - \mu_H}{\sigma_H} \right)^2 + \left(\frac{S[m, n] - \mu_S}{\sigma_S} \right)^2 \leq 1 \\ 0, & \text{elsewhere} \end{cases} \quad (2)$$

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、求めたマスク画像 $\{M[m, n]\}$ を図

2(a),(b)にそれぞれ示す。さらに、画像の H 成分と S 成分のヒストグラムを図3(a),(b)に示す。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。

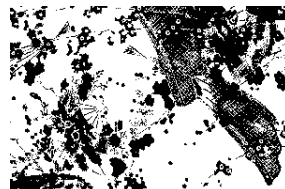


(a) 対象画像

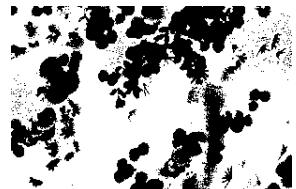


(b) 参照画像

図 1: 実験対象画像

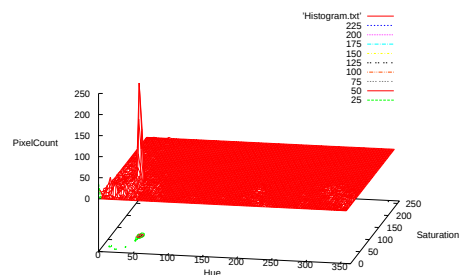


(a) 対象画像

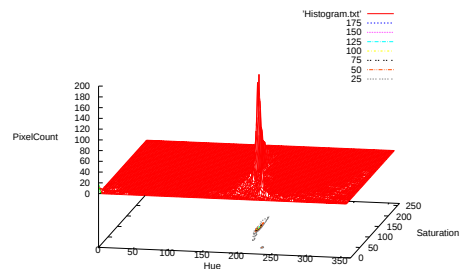


(b) 参照画像

図 2: マスキング結果



(a) 対象画像



(b) 参照画像

図 3: ヒストグラム

[†] 龍谷大学大学院理工学研究科

[‡] 京都府計量検定所

2.3.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を用いた色合い変換[1]を行う。これは $M[m, n]$ でマスキングをおこなった状態でPCA変換を行う。対象画像の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 $\mathbf{R}_x$ を式(3),(4)で定義する。

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

$$\mathbf{R}_x \equiv \frac{1}{K} \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} (\mathbf{x}[m, n] - \boldsymbol{\mu}_x)(\mathbf{x}[m, n] - \boldsymbol{\mu}_x)^T M[m, n] \quad (4)$$

$$K = \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} M[m, n] \quad (5)$$

ここで K は地の部分の画素数である。つぎに、自己共分散行列 $\mathbf{R}_x$ に対する固有値問題を考える。

$$\mathbf{R}_x \mathbf{u}_x[i] = \lambda_x[i] \mathbf{u}_x[i] \quad (i = 0, 1, 2) \quad (6)$$

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 $\Lambda_x, \mathbf{U}_x$ 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。

$$\Lambda_x \equiv \text{diagonal}(\lambda_x[0], \lambda_x[1], \lambda_x[2]) \quad (7)$$

$$\mathbf{U}_x \equiv (\mathbf{u}_x[0], \mathbf{u}_x[1], \mathbf{u}_x[2]) \quad (8)$$

$$\mathbf{X}[m, n] \equiv \begin{cases} \Lambda_x^{-\frac{1}{2}} \mathbf{U}_x^T (\mathbf{x}[m, n] - \boldsymbol{\mu}_x), & M[m, n] = 1 \\ \mathbf{0}, & M[m, n] = 0 \end{cases} \quad (9)$$

対象画像と同様に、参照画像についても定義する。

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 $\mathbf{x}_\rho[m, n]$ を求める。マスク値 $M[m, n]$ が0の画素には対象画像の画素値ベクトル $\mathbf{x}[m, n]$ を、1の画素には、色合い変換した結果の画素値ベクトルとすることで、着物の地の部分のみの色合い変換を行う。

$$\mathbf{x}_\rho[m, n] = \begin{cases} \mathbf{U}_{x'_\rho} \Lambda_{x'_\rho}^{\frac{1}{2}} \mathbf{X}[m, n] + \boldsymbol{\mu}_{x'_\rho}, & M[m, n] = 1 \\ \mathbf{x}[m, n], & M[m, n] = 0 \end{cases} \quad (10)$$

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 $\mathbf{U}_{x'_\rho}$ を内挿する。

$$\boldsymbol{\mu}_{x'_\rho} = (1 - \rho) \boldsymbol{\mu}_x + \rho \boldsymbol{\mu}_y \quad (11)$$

$$\Lambda_{x'_\rho} = (1 - \rho) \Lambda_x + \rho \Lambda_y \quad (12)$$

$$\mathbf{U}_{x'_\rho} = (1 - \rho) \mathbf{U}_x + \rho \mathbf{U}_y \quad (13)$$

3.実験結果

図4(a)を対象画像に図4(c),(e)を参照画像とし、 $\rho=1$ として式(10)を用いて色合い変換を行なった結果を図4(b),(d)に示す。また、図4(a)を対象画像とし、図4(b)を参照画像とし、 ρ の値を0.25～1まで0.25ずつ変化させ、色合い変換の調整を行なった結果を図5に示す。

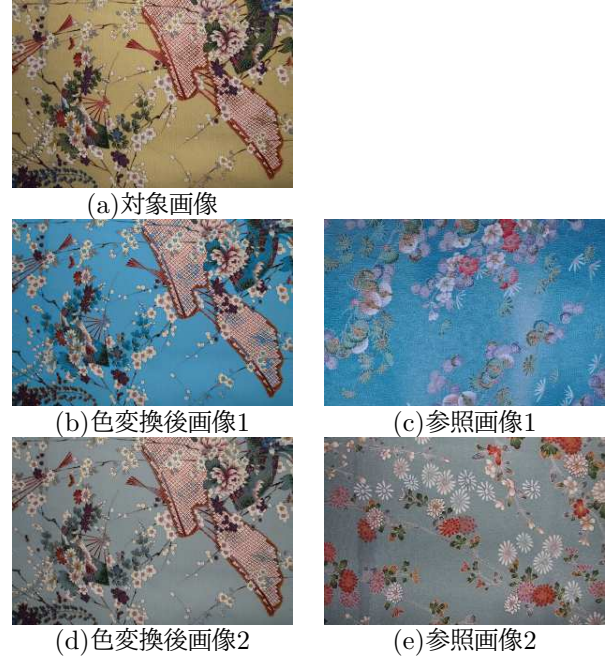


図 4: マスク画像を用いた色合い変換

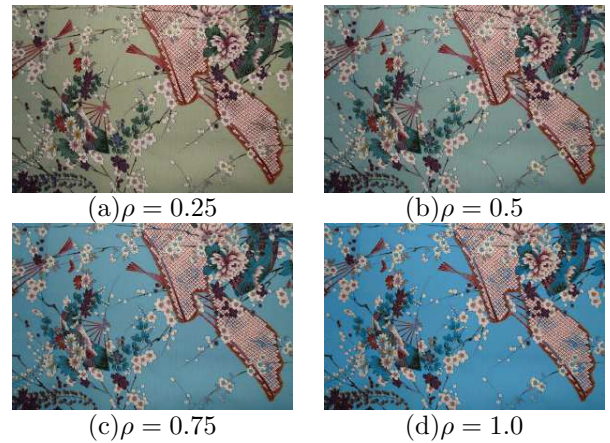


図 5: 中間の色合い変換

4.考察

本提案手法は、画素値のRGB値をHSV値に変換し、S成分を用いて2つのクラスに分割し、地に相当するクラスに対してH成分とS成分を用いて重心から楕円状に切り取ることで着物の地の部分を抽出し、色合い変換が望まれる着物の地の部分のみの色変換する手法を提案した。また、パラメータ ρ を用いることで中間の色合いに変換できることを確認した。

参考文献

- [1] 篁 直樹, 藤田 和弘, 桶谷 新也, 中森 伸行: “ICAを用いたデジタル画像の色合い変換”, 映像情報メディア学会年次大会, 2012年8月.
- [2] 中山 仁, 桶谷 新也, 藤田 和弘: “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”, FIT2014, 2014年9月.