

領域マッチングと転送色信頼度に基づくカラー画像参照型カラリゼーションの性能改善

Performance Improvement of Color Transfer Algorithm based on Region Matching and Reliability Function

長友 陽介† 関 拓巳‡ 王 冀† 平野 那由他† 八島 由幸†
Yosuke Nagatomo Takumi Seki Ji Wang Nayuta Hirano Yoshiyuki Yashima

1. はじめに

カラリゼーションとは、モノクロ画像にコンピュータ処理によって色を付ける技術であり、これまで色転送方式[1]、種画素散布方式[2]、走り書き方式[3]などが提案されている。このうち色転送方式は、ターゲットとなるモノクロ画像と画面構成が類似しているカラー画像をインターネットや画像データベース検索によって取得し、取得された参照カラー画像（ソース画像）とターゲットとなるモノクロ画像の局所的類似性を利用して色転送を行うもので、基本的に全自動でのカラリゼーションが可能である。一方、種画素散布方式と走り書き方式は、色付与の基となるカラー画素を手によってモノクロ画像上に散布し、隣接画素の輝度差と色度差を制約条件とすることで画面全体に色を拡散するもので、あらかじめ適切に色を散布しておけば比較的良好な結果が得られる。

色転送方式は自動転送が可能手法ではあるが、適切な領域から色が取得されない場合には誤着色が目立つことがある。これに対して筆者らはこれまでに、ターゲット画像とソース画像の間で領域マッチングを行って、対応する領域ごとに色転送する手法を提案してきたが[4]、本稿では、領域マッチングにより転送された色の信頼度を計測し、信頼度の低い画素を脱色した後、信頼度の高い画素を種画素とした色拡散手法を適用する手法を提案し、カラリゼーションの性能改善が図れることを示す。

2. 処理の流れ

図1に提案手法によるカラリゼーションの流れを示す。処理手順の詳細は以下のとおりである。

2.1 領域の対応付け

まず、対象となるモノクロ画像（ターゲット画像）に対して、GIST特徴等により画面構成が類似しているカラー画像(YUV)をインターネットや画像データベースから検索し、これをソース画像とする。ターゲット画像およびソース画像を領域分割し、それぞれの領域の特徴量を算出する。特徴量としては、各領域内で画素値 L_i を持つ画素およびそこから変位 $\delta=(r,\theta)$ だけ離れた画素の画素値 L_j に対して、領域全体での (L_i, L_j) の同時生起確率行列 $P_\delta(L_i, L_j)$ を用いて、相関(CRR)および局所一様性(IDM)の2つを計算する[5]。

$$CRR = \frac{\sum_{L_i=0}^{L-1} \sum_{L_j=0}^{L-1} L_i L_j P_\delta(L_i, L_j) - \mu_x \mu_y}{\sigma_x \sigma_y} \quad (1)$$

$$IDM = \sum_{L_i=0}^{L-1} \sum_{L_j=0}^{L-1} \frac{1}{1 + (L_i - L_j)^2} P_\delta(L_i, L_j) \quad (2)$$

領域毎に算出した上記特徴量によって、ターゲット画像とソース画像の間で領域マッチングを行う。CRRおよびIDMを-1~+1の範囲に正規化し、ソース画像とターゲット画

像の各領域の間で、これらの特徴量間の距離を求めることで対応領域を算出する。ターゲット画像およびソース画像の領域数をそれぞれ P, Q とし、ターゲット画像の p 番目($p=0,1,2,\dots,P-1$)の領域の特徴量を $CRR_t(p)$, $IDM_t(p)$ 、ソース画像の q 番目($q=0,1,2,\dots,Q-1$)の領域の特徴量を $CRR_s(q)$, $IDM_s(q)$ で表すと、任意の2つの領域間の類似度を以下の値 $d(p,q)$ で評価する。

$$d(p,q) = \sqrt{(CRR_t(p) - CRR_s(q))^2 + (IDM_t(p) - IDM_s(q))^2} \quad (3)$$

図2に示すようにターゲット画像中の各領域 p に対して、 $d(p,q)$ が最小となるソース画像中の領域 q を対応付ける。

2.2 色信号の転送

あるターゲット領域に対応付けられたソース領域内の輝度信号に対して、その平均値と分散をターゲット領域にそろえる輝度補正を行う(Luminance Mapping)。ソース領域内を適度な間隔でサンプリングして候補点 $Y_s(m,n)$ を決定する(Pixel Sampling)。ターゲット領域内輝度信号の各画素 $Y_t(i,j)$ に対してその近傍領域を含んだウィンドウを構成し、ソース領域に設定した候補点 $Y_s(m,n)$ とマッチングを行う。マッチング規範には(4)式のSADを利用する。

$$SAD_{mn} = \sum_{k=-W}^W \sum_{l=-W}^W |Y_t(i+k, j+l) - Y_s(m+k, n+l)| \quad (4)$$

SADが最小となる位置 (m,n) の色信号 $U_s(m,n)$, $V_s(m,n)$ をそれぞれ $U_t(i,j)$, $V_t(i,j)$ に転送する。

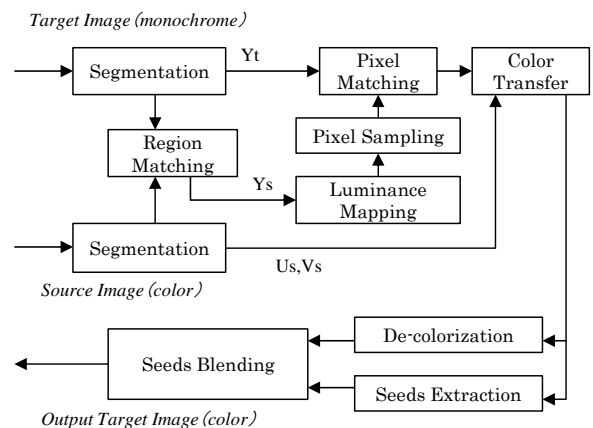


図1. 処理の流れ

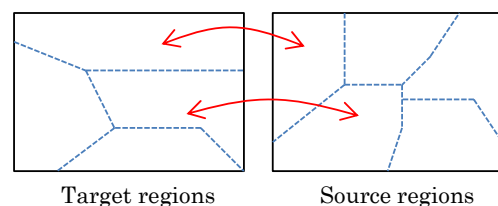


図2. 領域マッチング

† 千葉工業大学大学院 情報科学研究科

‡ 現オリンパスソフトウェアテクノロジー株式会社

2.3 デカラリゼーションと種画素拡散による再着色

転送された色信号の信頼度を画素ごとに算出する。信頼度 D_{ij} は $N \times N$ 近傍領域の色信号 U, V の分布により求める。

$$D_{ij} = \sum_{(k,l) \in N(i,j)} \sqrt{|U_{ij} - U_{kl}|^2 + |V_{ij} - V_{kl}|^2} / (N^2 - 1) \quad (5)$$

D_{ij} があらかじめ定めた閾値よりも大きい場合には信頼度が低いとみなして転送された色をリセットして脱色する (デカラリゼーション)。脱色されなかった画素を種画素として文献[2]による種画素散布方式を適用し、脱色された画素に色拡散を行う。このとき、種画素の影響力はそれが存在する領域内に限定し、異なる領域には拡散を行わないように制御する。

3. 実験結果と考察

提案方式のシミュレーション実験を行った。処理対象のモノクロ画像に対して、類似カラー画像をソース画像として用意する。本実験では、ソース画像の選定は人手により行っている。これらの実験画像に対し、Welsh らによる従来の色転送方式 (方式1)、領域マッチングを導入した方式 (方式2)、領域マッチングに加えデカラリゼーションと種画素拡散再着色を導入した方式 (方式3、提案方式) を比較した。図3に各方式でのカラリゼーション結果の例を示す。領域マッチングにより処理結果が大幅に改善され、さらに再着色処理を導入することで細部の不自然な着色が改善されることがわかる。図4には6種類のテスト画像に対する主観評価結果を示す。主観評価は12名の被験者に対して、着色が極めて自然(5点)~極めて不自然(1点)までの5段階方式で評価した。領域マッチングを用いることですべての画像で評価値が大きく向上し、また再着色処理を導入すればそのうち3種類についてさらに評価値が向上することがわかった。

4. まとめ

本稿では色転送方式と種画素拡散方式を組み合わせた領域マッチングカラリゼーション手法を提案した。色の転送を領域ごとに行うとともに、転送された色の信頼度によりデカラリゼーションと種画素拡散による再着色を行うことで、細部の不自然な色付けが解消して、提案方式の有効性が明らかとなった。今後の課題としては、よりよい信頼度関数に関する考察や、信頼度閾値の自動設定が挙げられる。

[参考文献]

- [1] T. Welsh, M. Ashikhmin, and K. Mueller, "Transferring Color to Greyscale Images," Proc. ACM SIGGRAPH, Vol.20, No.30, pp.227-280, 2002.
- [2] T. Horiuchi, "Estimation of Color for Gray-level Image by Probabilistic Relaxation," Proc. IEEE 16th ICPR 2002, Vol.3, pp.867-870, 2002.
- [3] A. Levin, D. Lischinski, Y. Weiss, "Colorization using Optimization," Proc ACM SIGGRAPH, vol.21, No.5, pp.34-41, 2001.
- [4] 関拓巳, 八島由幸, "領域マッチングを用いたカラリゼーションの性能改善," 電子情報通信学会画像工学研究会, IE2012-171, pp.187-192, 2013.
- [5] R.M. Haralick, "Statistical and Structural Approaches to Texture," Proc. IEEE, vol.67, No.5, pp.786-804, 1979.

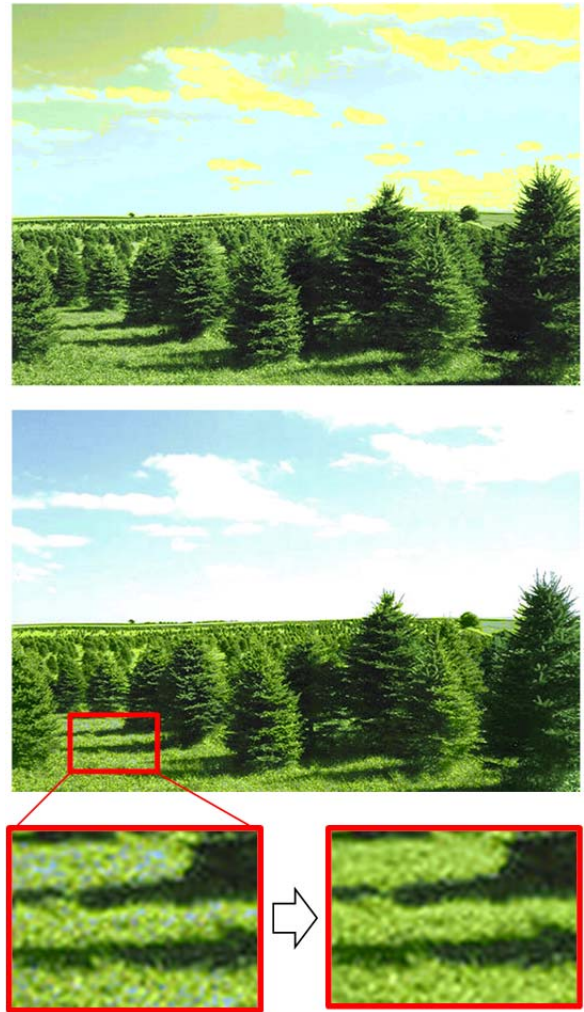


図3. 処理結果の例. (上)方式1, (中)方式2, (下左)方式2の拡大, (下右)方式3による改善

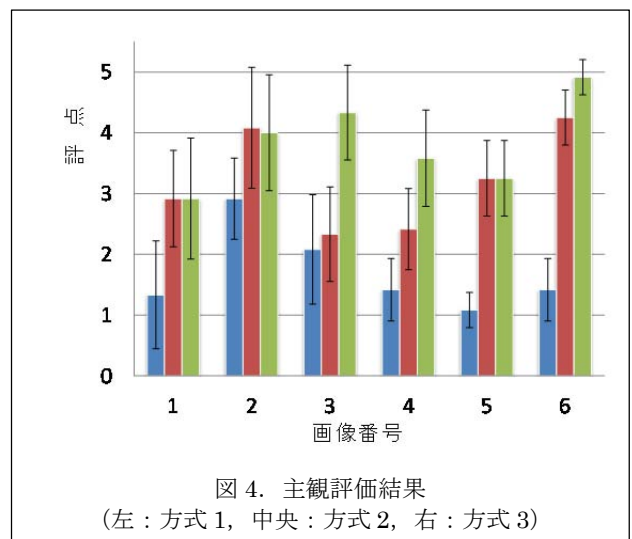


図4. 主観評価結果
(左: 方式1, 中央: 方式2, 右: 方式3)