

テンプレートマッチングを用いた カラリゼーションに関する基礎研究

迫間 健治^{a)}・森 翔太^{b)}・釜坂 岳人^{b)}・坂本 真人^{c)}

Basic Study on Colorization using Template Matching

Kenji SAKOMA, Shota MORI, Taketo KAMASAKA, Makoto SAKAMOTO

Abstract

The term colorization (colorization) is a term introduced by Wilson Markle in 1970. Colorization refers to the automatic coloring of uncolored black and white pictures and photographs. This technique is very important. This is because coloring gives us a lot more information from a single picture or picture. In this paper, as a basic research for developing a full-automatic colorization program of free software, a color image restoration from a black-and-white image with a luminance pattern similar to a color image lacking information by template matching using ZNCC is performed. Trial production of the sessionization program. In general, there are two types of coloring methods, which are all automatically performed, and two types in which a place and a color to be colored are specified to some extent. This paper focused on the former. In the ZNCC template matching, where a pattern similar to the template image exists in the entire image is searched, and then the color is processed by performing color propagation processing. Although the result was not bad, it is difficult to color a completely beautiful black and white image and restore it to a color image, and there are many problems, so I would like to improve it in the future.

Keywords: Computer graphics, Colorization, Zero-means Normalized Cross-Correlation, BMP image, HSV color space, Color Propagation

1. はじめに

カラリゼーション(カラライゼーション)という言葉は、1970年にWilson Markle氏が導入された用語である¹⁾。この言葉は白黒画像をカラー化するコンピュータ支援プロセスを意味する。

色を付けるということは重要である。例として絵の着色を想像してほしい。色を塗る前の絵には木がある、花がある、雲があるなどのいわば存在の情報しか与えられていない。しかし、着色をするとどうだろうか。空を赤く塗ると夕焼けになり、地面を緑色で塗れば草原になる。つまり存在のみならず背景をも表現することができる。これにより白黒だけではわからない情報を読み取ることができるのだ。昨今ではスマートフォン等のデジタルの発展に伴い、白黒の画像を目にする機会は少なくなっているが、現代でもX線画像やMRI画像、航空写真や定点観測など使われる機会は少なくはない。また、1800年代からカラー写真の開発は始まったが、日本で最初のカラー写真が開発

されたのは1940年である。つまりそれ以前の写真は白黒である。これらの画像をカラー化するためにカラリゼーションが使われている。他にも20世紀初頭では初めて白黒の映画の着色が行われている例もある[1]。

現在多くの研究者によりカラリゼーションの手法やプロセスの研究が行われており、処理時間やユーザーの負担は軽減されていっている。しかし完成度の高いカラリゼーションを行えるソフトウェアは高価であり、操作が複雑なものもある。

そこで本研究ではフリーソフトの全自動のカラリゼーションプログラム開発のための基礎研究として、ZNCCを用いたテンプレートマッチングによる情報の欠けたカラー画像と似た輝度パターンを持つ白黒画像からカラー画像の復元を行うカラリゼーションプログラムの試作を行った。

2. 着色方法

白黒画像の着色手法は大きく分けて2つあり、画像を読み取って自動で着色するものと、ユーザが着色する色と場所をある程度指定してそれを基に着色する方法がある。本研究は前者について行った。

本論文のプログラムは白黒画像の他に、「テンプレート画像」を用意する必要がある。テンプレート画像はテンプレ

a) 工学専攻機械・情報系コース大学院生

b) 情報システム工学科学部生

c) 情報システム工学科准教授

レートマッチングを行うための画像である。本論文のプログラムは白黒画像とテンプレート画像の2つの画像を使って着色画像を生成する。入力データとして白黒画像とテンプレート画像、出力データとして着色画像となっている。

着色のおおまかな流れは白黒画像とテンプレート画像のテンプレートマッチングを行い、色を転写、その後色が塗られていない箇所への色伝搬である。

3. BMP 画像と HSV 色空間

本研究で試作したプログラムは24bitカラーのBMP形式の画像のみを扱う^{2,6)}。プログラム実行時にBMP画像を1ピクセル単位で読み込んでいく。便宜的にするため、左から右へ、上から下の順で構造体にRGB情報を格納する³⁾。RGB情報とは色を赤(red)、緑(green)、青(blue)で表現したものである。しかし、RGB情報は人間には直感的には理解しづらいため本プログラムでは色を、色相(hue)、彩度(Saturation)、明度(value)で表現するHSV色空間に変換して色変換を行っていく⁴⁾。

4. 着色

4.1 ZNCC テンプレートマッチング

テンプレートマッチングとはテンプレート画像と似たパターンが全体画像のどこに存在するのかを探索することだ(図1参照)⁵⁾。

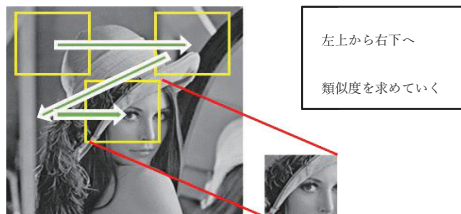


図1 テンプレートマッチングの動き。

ZNCCとは「Zero-means Normalized Cross-Correlation」の略で画像の相互相関係数で類似度を表し、入力画素値を $I(x, y)$ 、テンプレートの画素値 $T(x, y)$ 、走査位置を d_x, d_y で表すと式(1)で表現される

$$\text{ZNCC}(d_x, d_y) = \frac{(\sum \sum ((I(d_x + x, d_y + y) - \mu_I)(T(x, y) - \mu_T)))}{(\sqrt{(\sum \sum ((I(d_x + x, d_y + y) - \mu_I))^2)} * \sqrt{(\sum \sum ((T(x, y) - \mu_T))^2))}} \quad \text{式(1)}$$

$$\text{ただし } \sum \sum = \sum_{x=0}^w - 1 \sum_{y=0}^{h-1}$$

μ_I 、 μ_T は入力画像とテンプレート画像のそれぞれの画素値の平均値である。

ZNCCの値は-1.0~1.0に収まり、最大値1.0に最も近い走査位置が入力画像とテンプレート画像が最も類似する

部分の左上の座標になる⁶⁾。

4.2 色伝搬

色を転写したのち、色伝搬として白黒画像のV値からエッジ検出をし諧調数を変化させたものをフィルタとして作成し、色が転写されたピクセルに隣接した同V値にあるH値とS値を変化させる。

その後、色相が変化しなかったピクセルを対象としての周囲(最大3×3)のピクセルに色相が変化したピクセルがあるかを探索する。この際に図2のように対象ピクセルの外周となる正方形を内側から外側へと渦を描くように探索する。

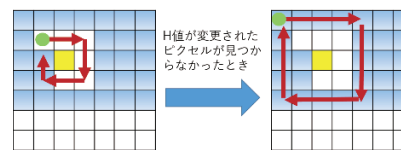


図2対象ピクセルを中心としたH値探索の動き。

色相が変化したピクセルを見つけられればそのピクセルのV値と対象ピクセルVの差を比較し、閾値以下なら対象ピクセルのH値とS値を変化させる

なお、H要素には黒、灰、白の概念がないためそれに応じた処理を行う必要がある。その処理はH変換する際に描画されたS値とV値で黒、灰、白を判断し、それらと判断された場合S値を0にする。さらに、白黒画像のV値は全体的に低いためすべてのピクセルに一定値を与える必要がある。本プログラムでは定数を与える。

5. 結果

開発環境は以下の通りである。

開発環境

OS: Microsoft Windows 10

環境: gcc (MinGW.org GCC-8.2.0-3) 8.2.0

プログラム言語: C

画像: BMP 画像 (24bit カラー)

図3、図5、図7にこのプログラムで着色した画像例を示す。

左上が白黒画像、右上がテンプレート画像、下が着色画像右下がとなる。図4には理想の画像を示す。

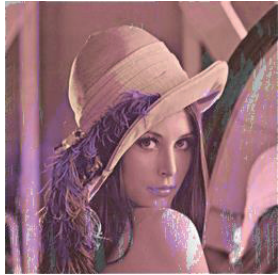
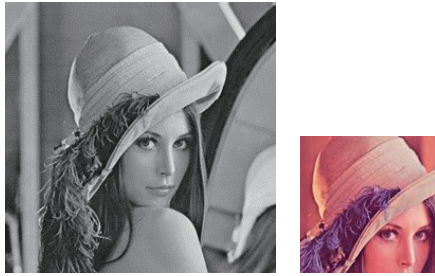


図3. 実行結果1. (左上:白黒画像 右上:テンプレート画像 左下:着色画像).



図4. 実行結果1の着色の理想とする画像.
実行時間は平均 5.64 秒 (10 回平均)



図5 実行結果2. (左上:白黒画像 右上:テンプレート画像 下:着色画像).



図6. 実行結果2の着色の理想とする画像.
実行時間は平均 3.55 秒 (10 回平均)



図7. 実行結果3. 左上:白黒画像 右上:テンプレート画像 左下:着色画像).

6. 考察

白黒画像とテンプレート画像の輝度情を使った、ZNCCを用いたテンプレートマッチングを行った。ZNCCの値が最も高く類似度が高かった始点の座標は、実行結果1では $(y,x)=(36,47)$ 、実行結果2では $(37, 48)$ と良い結果が得られた。そのためテンプレート画像付近の色伝搬はきれいに行えている。

しかしながら、図3、図5の着色画像と理想の着色画像を比較限りでは、ソーベルフィルタによるエッジ検出と輝度諧調変化用いた色伝搬方法は輝度の差が激しい箇所や色相と輝度似通った場所にあるエッジ点の領域分割を正しく行うことができなかった。そのためテンプレートから色を転写した画素から離れるほどきれいな色伝搬を行うことができなかった。

7. 終わりに

今回、画素が欠けたカラー情報から似た輝度値を持つ白黒画像を使った復元を行った。しかし場所によってはうまく色を付けることができない結果となってしまった。これにはよりよい領域のマッチング方法を試して行くことで改善されると考えている。

カラリゼーションにおいてユーザーの操作を減らす、負担を軽減するということは重要なことである。

今後の発展としては、画像の特徴量を用いた画素の領域マッチングや、類似のカラー画像2枚を使用した色の再着色、動画や漫画のカラー化などがある。さらに近年ではディープラーニングを用いたカラリゼーションの研究が盛んに行われている⁷⁾。

ほかに、カラリゼーションにより取得された画像がユーザの求めるものかの判断はユーザに依存する。ユーザが求めるカラリゼーション結果はどのような画像なのかとい

った評価尺度などもカラリゼーションが発展していくうえで避けられない問題である。

参考文献

- 1)衣松宏晃:カラリゼーションに関する基礎研究、平成 24 年度宮崎大学修士論文、 2012.
- 2)ビットマップ画像 [Online].
<http://ja.wikipedia.org/wiki/>
- 3)RGB [Online].
<http://ja.wikipedia.org/wiki/RGB>
- 4)HSV 色空間 [Online].
<http://ja.wikipedia.org/wiki/>
- 5)テンプレートマッチングについて理解する [Online].
<https://www.yukisako.xyz/entry/template-matching>
- 6)井上誠喜・八木伸行・林正樹・中須英輔・三谷公二・奥井誠人：C 言語で学ぶ実践画像処理，オーム社，1999.
- 7)雨車和憲 半谷精一郎：カラリゼーション-白黒画像・映像を自動でカラー化する - IEICE Fundamentals Review Vol.11 No.3 2017.