

## コラージュ画像を用いた自動彩色システムの表現力向上 An Improvement of the Expression Capability in the Automatic Colorization System by using the Collage Image

宇佐美 翔平<sup>†</sup> 倉田 沙織<sup>†</sup> 森 博志<sup>†</sup> 外山 史<sup>†</sup> 東海林 健二<sup>†</sup>  
Shohei Usami Saori Kurata Hiroshi Mori Fubito Toyama Kenji Shoji

### 1. はじめに

ペイントソフトの普及により、デジタル上で行う絵画制作が盛んになっている。先行研究では、デジタル上での絵画制作の支援を行うシステムが、倉田ら[1]によって提案されている。このシステムでは、ユーザがカラー写真などの参照画像を下敷きとしてなぞり描きを行い、その線画に対して参照画像を基に自動で彩色を行う。しかし、画像の位置がキャンバス上で固定されており、また、参照画像の加工処理を行わないシステムであるため、描ける絵が写真などの参照画像 1 枚の構図に制限されてしまう問題点がある。

コラージュとは、ばらばらの素材をつなぎ合わせることで、独特な表現をしたり、新たな構図を表現したりする絵画の表現技法の 1 つである。この技法は、素材として画像を利用することで、デジタル上での絵画制作でも再現できる。その際には、Photoshop や Fotor といった画像編集ソフトを利用し、画像を並べたり、重ねたりすることで作品を作り上げる。コラージュは画像を組み合わせて 1 つの作品を作るため、同じ画像群を用いてもユーザによって多彩な表現を行うことができる。

本研究では、複数枚の画像を使い、コラージュの要領で参照画像を作成できるシステムの提案を行う。これにより、参照画像の自由度が増し、ユーザの意図した参照画像で絵画制作ができる。また、コラージュにより、絵画の表現の幅が向上すると考えられる。

### 2. 先行研究

本章では、ユーザの描いた手描き線画に対して自動彩色を行う倉田らの手法[1]について説明する。

#### 2.1 自動彩色システム概要

このシステムでは、データベースにある画像を下敷きとし、ユーザになぞり描きで線画の入力を行う。入力された線画に対し、使用した画像から画素値を参照し自動で彩色を行うことで絵画制作を行う。

##### 2.1.1 入力線画

ユーザは、選択した画像を参照画像として下敷きにし、なぞり描きで線画を入力する。入力情報として、線画の連続した座標列を格納している。線画入力の際は、参照画像は図 1 のように半透明で表示される。線画の入力には赤と黒の 2 色のペンが用意されている。図 2 は黒ペンと赤ペンを入力画像で、図 3 は彩色結果である。彩色結果の図 3 を見ると入力した線画によって色領域が分けられ、参照画像の色にしたがって彩色されていることが分かる。また、黒ペンは彩色後に黒い輪郭線として残るが、赤ペンは彩色結果には描画線残らない。

<sup>†</sup> 宇都宮大学大学院工学研究科



図 1 線画入力画面



図 2 入力線画



図 3 彩色結果

##### 2.1.2 彩色手法

ユーザが入力した線画に自動彩色を行う方法について説明する。入力された線画上にサンプリング点を取る。サンプリング点は一定レートで取得した座標列を基本としているが、連続する点が一定以上離れる場合サンプリング点を挿入する。ここでは 10 ピクセル以上離れるとサンプリング点を挿入している。また、サンプリング点が重複して存在する場合は削除する。この点群に対し、制約付きドロネー三角形分割を行い、キャンバス内部を小さな三角形領域に分割する。図 4 の入力に対して、分割を行った結果が図 5 である。この結果を利用して、各三角形の重心位置の画素値を求める。



図 4 入力線画 2

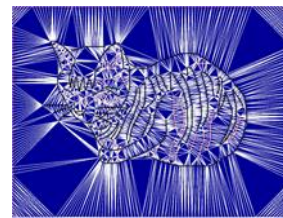


図 5 三角形分割結果

##### 2.1.3 平滑化

2.1.2 項の方法で彩色を行うと図 6 のように、隣り合った三角形の間で画素値に大きな差が生じてしまい、三角形が目立つ彩色結果となってしまふ。そこで、隣接三角形間で画素値の平滑化を行い画素値の差を小さくする。

ここで、平滑化の計算方法を示す。図 7 の三角形  $i$  に平滑化を行う。隣接三角形をそれぞれ  $i_1, i_2, i_3$  とする。三角形  $i$  の RGB 値を  $V_i$ 、面積を  $A_{i_j} (j = 1, 2, 3)$  とすると、平滑化後の  $V_i$  は、以下の式(1),(2)で求められる。

$$V_i = (A_i V_i + \sum_{j=1}^3 A_{ij} V_{i_j}) / S_i \quad (1)$$

$$S_i = A_i + \sum_{j=1}^3 A_{ij} \quad (2)$$

図 7 のように、 $i_3$  の三角形が入力線画をまたいでいる場合、その三角形の面積  $A_{i_3}$  を 0 として扱う。

図 6 に対して平滑化を 100 回行った結果が図 7 である。三角形が目立った塗り方が解消され、滑らかに彩色されていることが分かる。



図 6 平滑化前の彩色結果

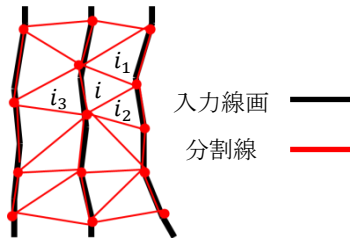


図 7 隣接三角形



図 8 平滑化後の彩色結果

### 3. 提案手法

本章では、カラージュ画像を利用した自動彩色システムについて説明を行う。なお、彩色手法は先行研究による方法[1]を利用している。

先行研究に基づくシステムでは、参照画像の位置が固定されており、未加工の画像を利用していたため、描ける絵が制限されてしまう問題点があった。そこで、本研究では、参照画像をカラージュでユーザに作成してもらうことで、ユーザの意図した参照画像を利用できるシステムを提案する。また、カラージュを利用することで、ユーザの独創性により参照画像の自由度が増し、自動彩色システムの表現力の向上が期待できる。

以下に、本手法の基本的な使い方のフローチャートを図 9 に示す。

#### 3.1 ユーザインターフェース

本システムの画面構成を図 10、図 11 に示す。図 10 の画面左は編集画面です。中央はツールバーという画面構成になっています。また、図 11 の左画面は線画の入力を行う

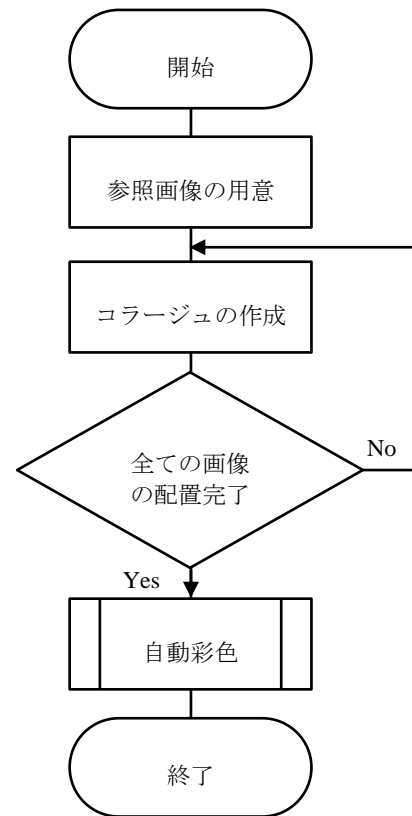


図 9 システムのフローチャート



図 10 システムの画面構成 1



図 11 システムの画面構成 2

入力画面、中央は同じくツールバー、右画面は彩色結果を表示する。本システムでは 2 つのモードを切り替えて絵画制作を行うため、画面構成が 2 種類存在する。

##### 3.1.1 カラージュモード

システム起動時には、図 10 の画面を使うカラージュモードとなっている。このモードでは、画面左側を使い、参照画像をカラージュで作成する。この際に使用する画像はデータベースに保存しておく。

### 3.1.2 描画モード

カラーズ完成後、ツールバーの機能から自動彩色を行う描画モードに切り替えることができる。この時の画面構成が図 11 である。画面左側に参照画像が薄く表示されるので、線画を入力することで、その彩色結果が右画面に表示される。

## 3.2 コラーズによる参照画像作成

ユーザは画像を 1 枚、または、複数枚用意し、データベースに保存しておく。システムを起動すると、図 10 のように赤い枠で囲まれたキャンバスが表示される。画面上でドラッグを行うとデータベースの画像が呼び出されるので、キャンバス上の好きな位置に配置する。その後、ツールバーから画像に対して施したい処理を行う。位置と処理が決定したら、キーボードの入力で 2 枚目以降の画像に移り、同じ手順を進める。データベースにある画像を全て配置したら描画モードに移る。

### 3.2.1 編集機能

ここでは、現在使えるツールバーの機能を説明する。ツールバーを図 12、その機能をまとめたものを表 1 として載せる。

GrabCut の処理では、ユーザが画像に対して矩形を描画することで、その矩形範囲内にある前景物体を取り出せる。しかし、GrabCut は画像から前景を取り出すことができるが、背景部分が残ってしまうことや、前景の一部が欠けてしまうことがある。また、画像の拡大を行うと解像度が低くなってしまふ。こういった問題に対し、自動彩色を行うことで、GrabCut でうまく切り取れない部分の補完や、解像度に差のある画像を使ってもその差は彩結果にほとんど影響を与えないという利点がある。

[リセット] [描画]	
Size	1
Rotate	0
Return	
GrabCut	
ImageAdd	
ImageDel	
ImageSwap	
Shift	
Line Draw	
[X]	Pen Color
Auto Color	

図 12 ツールバー

表 1 ツールバーの機能一覧

ボタン	機能	範囲
Size	画像のサイズを縦横に等倍する	0.5~3
Rotate	画像を回転させる	-180~180
Return	ひとつ前の画像の処理に戻る	
GrabCut	画像にGrabCutを施し、切り取る	
ImageAdd	追加の画像の読み込みを行う	
ImageDel	画像の削除を行う	
ImageSwap	画像の前後の位置を入れ替える	
Shift	指定した画像を前の位置に移す	

### 3.3 入力線画

先行研究では手描き線画のみであったが、本手法では 3 次のベジェ曲線を利用し線画を描くことができる。ベジェ曲線を利用することで、滑らかな曲線を描くことができ、線画のデータ量が減らせる。また、本手法では拡大、縮小を行うので、その際にベクタ形式の線画を使うことで劣化を防げる。

ベジェ曲線は制御点を  $\{P_0, P_1, P_2, P_3\}$  とすると以下の式(3)で求められる。ただし、 $p_0, p_1, p_2, p_3$  は制御点の座標を示すベクタである。

$$p(t) = p_0(1-t)^3 + p_13t(1-t)^2 + p_23t^2(1-t) + p_3t^3 \quad (3)$$

以下では、本手法でのベジェ曲線の描画手順を記載する。

1. マウドラッグを行う。その始点が制御点  $P_0$  (図 13)
2. そのままドラッグし、 $P_0$  を中心にマウスの位置と点对称な位置を制御点  $P_1$  (図 13)
3. 1, 2 と同様の操作を行い、制御点  $P_2, P_3$  の位置を決める (図 14)
4. 4 点の制御点からベジェ曲線を描画する (図 14)

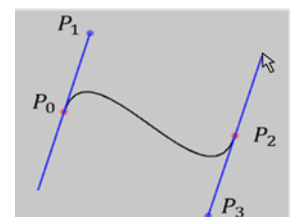
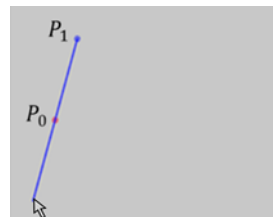


図 13 ベジェ曲線の入力 1 図 14 ベジェ曲線の入力 2

### 3.4 本手法の使い方の流れ

ユーザはまず、使用する画像をデータベースに保存する。システムを起動すると、カラーズモードになっているため、3.2 節で説明した手順で参照画像の作成を行う。参照画像の完成後、ツールバーから描画モードに変更する。参照画像が、画面左側に薄く表示され、右側には自動彩色結

果が表示される。手描き線画，ベジェ曲線の好みの方で線画を加えていくことで，彩色結果が画面右側に表示される。

以下に，本手法を用いた実行例を示す。図 15 の 4 枚の画像をコラージュに使用し，作成した参照画像が図 16 である。入力線画を図 17 のように与えたとき，その彩色結果として図 18 が得られた。先行研究と違い，写実的な風景だけでなく，ユーザの創造性によって絵画の表現の幅が上げられる。



図 15 コラージュに用いた画像群



図 16 コラージュ画像



図 17 入力線画



図 18 本手法を用いた彩色結果

#### 4. おわりに

本研究では先行研究である，カラー画像を参照して手描き線画の彩色を行う手法をもとに，コラージュを利用して参照画像を作成する機能を実装した。これにより，参照画像の自由度が増し，自動彩色システムの表現力の向上が期待できる。

今後の課題としてデータベースに存在する画像の視覚的な UI の実装，GrabCut のユーザ補助情報による性能向上を行い，システムの改善を行うことが挙げられる。その後，評価実験を行い，表現力についてアンケートでどのような結果が出るか調べる必要があると考えられる。

#### 謝辞

本研究の一部は，JSPS 科研費 JP17K00376，JP17H02249，JP18H03458，および，宇都宮大学研究拠点創成ユニット「とちぎの伝統工芸産業の振興を目的とした感性的コミュニケーション技術の開発拠点」の助成を受けた。

#### 参考文献

- [1] Saori Kurata, Fubito Toyama, Hiroshi Mori, Kenji Shoji, "Auto-matic coloring to freehand line drawings in online", Electronic Imaging2015, Visual Information Processing and Communication VI, 9410-25 (7pages), San Francisco, USA (2015-02)