

## 参照位置補正による画像ベースの線画彩色結果の改善

## Improvement of image-based line drawing coloring result by reference position correction

佐藤 毅彦<sup>†</sup> 東海林 健二<sup>†</sup> 外山 史<sup>†</sup> 森 博志<sup>†</sup>  
 Takehiko Sato Kenji Shoji Fubito Toyama Hiroshi Mori

## 1. はじめに

絵画は主に線画の作成から線画の彩色を行うことで描かれる。線画の彩色は、作成した線画に対して色の情報を与えることで絵画の完成度を大幅に上げる事ができる重要な作業であるけれども、線画の作成と比べて技術や手間を要するため、絵画初心者では満足のいく完成度のものを作るのは難しいといった問題点がある。それに対し、彩色の手間を省くことを目的とし画像を用いて線画の自動彩色を行う研究がある[1]。画像を用いた線画の自動彩色は、参照画像(図 1 左上)を基にして描いた手描き線画(図 1 右上)に対して、線画の線の上にサンプリング点を置き、サンプリング点を頂点とした三角形分割を行うことで画像を三角形領域に分割する(図 1 左下)。分割された各領域に対応する参照画像のピクセルから色を抽出し彩色結果を生成する(図 1 右下)。

しかしこの手法では、線画が参照画像のエッジから逸脱した場合、満足のいく彩色結果を得ることができない問題点がある。図 2 を参照画像として線画を手描きして作成した線画を図 3、図 3 を基に作成した彩色結果を図 4 に示す。図 4 中の花の茎部分について比較すると、彩色を行った場合、背景部分のピクセルから色を取るため色相が変化し、結果として茎が十分に表現できていない。

そこで、線画を作成後に、色の抽出の改善を目的とした補正後線画を作り、補正後線画を用いた画像領域分割を行って色を抽出し、補正前の線画を用いた領域分割結果に補正後線画から抽出した色を適用する手法を提案する。線画の補正手法として、参照画像を用いて線画補正を行うトレース支援の研究[2]で提案された輪郭線吸着手法を用いる。この手法を用いることで、色相が異なる部分から色を取らなくなるため従来の手法よりも鮮やかな彩色結果が期待できる。

## 2. 先行研究

先行研究[1]として画像を用いた線画の自動彩色が挙げられる。先行研究では、上記の通り線画を用いて三角形分割を行い参照画像の対応する領域から色を抽出することで自動彩色を行う。この方法で彩色した場合、彩色した各三角形領域がはっきりと浮き出てしまい、違和感のある彩色結果となってしまう。これを解消するために、彩色後に各三角形で隣り合う三角形の色をその三角形の面積で重み付けして足し込み、色の変化を緩やかにする平滑化処理を行う。先行研究では、サンプリング点を用いた画像の領域分割に対し、制約付きドロネー三角形分割を行っている。ドロネー三角形分割は点群から三角形群を一意に決定する手法であり、すべての三角形の外接円内に点群の点が入らないように三角形分割を行う

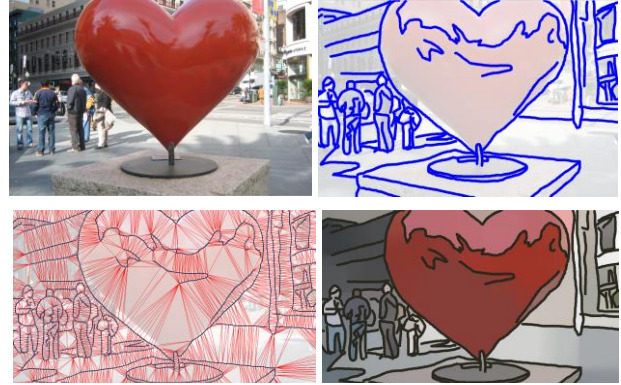


図 1 先行研究の流れ



図 2 参照画像



図 3 入力線画



図 4 彩色結果

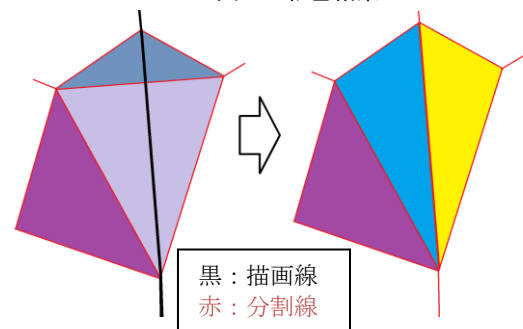


図 5 制約付きドロネー三角形分割

<sup>†</sup> 宇都宮大学大学院 工学研究科

手法である。

ドロネー三角形分割後に、すべての手描き線画の線に対してどの三角形の辺も重ならない状態（たとえば図 5 左）の場合、局所的に分割をやり直し、新たに辺が線と重なる三角形を作る（図 5 右）。この処理を行うドロネー三角形分割は制約付きドロネー三角形分割と呼ばれる。

### 3. 提案手法

本研究では、先行研究に対し彩色時の色の抽出の際に補正後線画を用いて色を抽出し、その色を補正前の線画の領域分割に適用することで、ユーザの個性を反映させつつ、先行研究の手法では色が上手く表現できていない箇所に対して改善を行う。

#### 3.1 提案手法概要

本手法のフローチャートを図 6 に示す。本研究では、参照画像を画面上に薄く表示させてその上にユーザが線画を描く。これを補正前線画とする（図 7）。この線画入力と同時に補正後線画を計算し（図 8）、補正前線画と補正後線画に分けて保存される。

線の入力後、補正後線画に対して制約付きドロネー三角形分割を行う（図 9）。分割後、三角形領域の各ピクセルに対応する参照画像のピクセルすべてから色を抽出し、平均値を求めて三角形領域を塗りつぶすことで補正後線画の彩色結果を作成する（図 10）。補正後線画の彩色結果は、補正前線画の色を決める色マップとして利用するため平滑化処理を行わない。

作成した補正後線画の彩色結果を基に補正前線画を使った彩色結果を作成する。初めに補正前線画に対して制約付きドロネー三角形分割を行う（図 11）。画像領域の分割後、各三角形領域に色を付けることで彩色結果を作成する。そのために、各領域の重心ピクセルと対応する補正後線画の彩色結果のピクセルから色を抽出し（図 12）、最後に平滑化処理を行うことで補正前線画の彩色結果を得る。

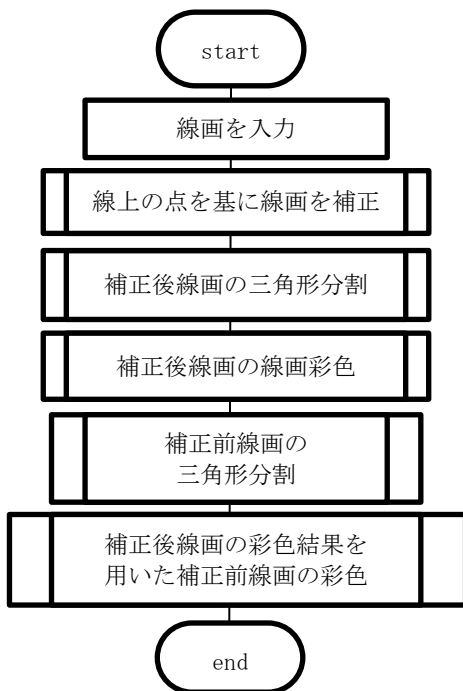


図 6 本研究のフローチャート

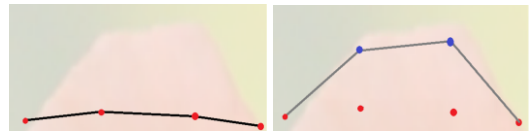
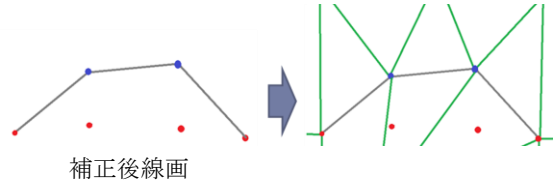


図 7 補正前線画

図 8 補正後線画



補正後線画

図 9 補正後線画の三角形分割

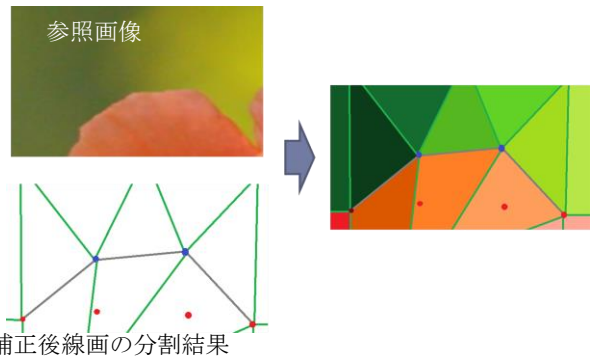


図 10 補正後線画彩色

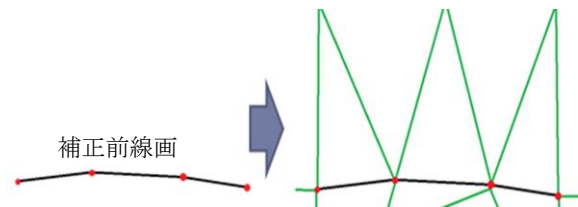
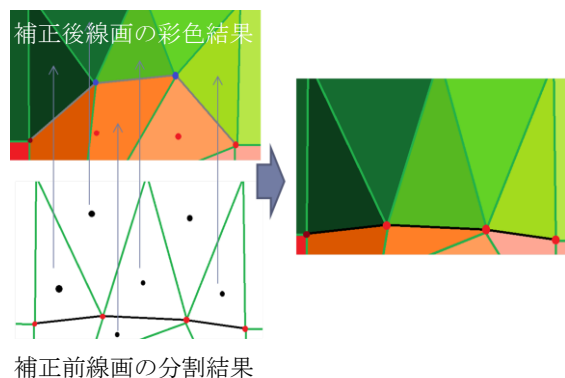


図 11 補正前線画の三角形分割



補正前線画の分割結果

図 12 補正前線画彩色

### 3.2 線画の補正

先行研究の手法では線が参照画像のエッジから外れた時、色を抽出する際に描こうとした物体とは別の部分から色を抽出してしまうため、満足のいく結果が得られなかった。そこで本研究では、参照画像を基に線画を補正することで色の参照する位置を補正し描こうとした物体の色を抽出する。

入力描画線の補正には、参照画像上に描いた線画に対してリアルタイムでの補正を目的とした文献[2]の輪郭吸着手法を用いる。この手法は snakes のエネルギー評価関数の最小化問題を参考としている。線画上に一定間隔で制御点を配置し、制御点をエネルギー  $E_{correction}(v(s))$  が最小になる座標に移動することで線画をエッジに寄せている。

定義したエネルギー関数は式 (1) である。内部エネルギー項  $E_{int}(v(s))$  は入力描画線を滑らかにする制御を行い、滑らかなほど内部エネルギーは小さくなる。画像エネルギー項  $E_{image}(v(s))$  は入力描画線を参照画像の輪郭線に引き寄せる制御を行い、画像の濃度勾配  $\nabla I(v(s))$  が大きければ大きいほど画像エネルギーは小さくなる。尚、 $\alpha$ 、 $\beta$  は重みパラメータである。

$$E_{correction}(v(s)) = \int \{E_{int}(v(s)) + E_{image}(v(s))\} ds \quad (1)$$

$$E_{int}(v(s)) = \alpha |v_{ss}(s)|^2 \quad (2)$$

$$E_{image}(v(s)) = -\beta |\nabla I(v(s))|^2 \quad (3)$$

### 3.3 補正後線画の彩色結果を用いた彩色

補正前と補正後の線画でサンプリング点数が異なる場合補正前の三角形と補正後の三角形で対応が取れない。そこで本研究では、初めに補正後の線画で三角形分割を行った後に彩色結果を作り、その彩色結果を補正前線画の彩色時に使う色マップとする。その後、補正前の線画で三角形分割を行った際に各三角形の重心を計算し、その重心に対応する補正後の線画の彩色結果のピクセル上から色を抽出する。この手法により、補正前と補正後のサンプリング点数の違いや補正による形状の違いに関わらず補正後の彩色結果で補正前線画の彩色を行うことが出来ると考えられる。

## 4. 実験

先行研究との比較実験を行った。参照画像を図 13 とし、参照画像のエッジ画像を図 14、補正前の線画を図 15、補正後の線画を図 16、先行研究の手法を用いた彩色結果を図 17、彩色補正用の色マップとする補正後線画の彩色結果を図 18、本手法を用いた補正前線画の彩色結果を図 19 とする。

エッジの補正の際に描画面素を中心とした  $7 \times 7$  画素の正方形範囲を走査し、エッジとの距離を計算し補正を行った。平滑化回数は 100 回である。

線画の補正について比較する。図 15 と図 16 を比べた時、図 16 の花の茎が若干細くなっているが、エッジと綺麗に重なる結果にはならなかった。これは、今回の線画補正時の走査範囲が狭かったためであり、範囲を広げること綺麗に重なる結果になると考えられる。

補正結果について比較する。図 17、図 19 の図中に十字で示されている茎に当たるピクセルの座標 (270, 400) の彩度を計算したところ、図 17 では彩度 96 に対し、図 19 では彩度 100 であった。彩度に関しては提案手法の方が大



図 13 参照画像



図 14 エッジ画像



図 15 補正前線画



図 16 補正後線画



図 17 先行研究の彩色



図 18 補正後線画彩色

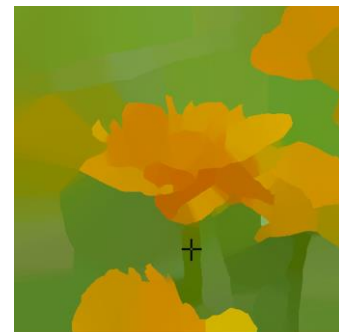


図 19 提案手法の彩色

きな値となり、従来の手法と比べ鮮やかな彩色結果となった。また図 17 に比べ図 19 では茎の色と背景の色の差が大きく、描きたいものをより表現できている。これは、補正

後線画を用いた彩色結果の茎部分の色が図 17 の茎部分の彩色結果よりも適切な参照画像のピクセル上から色を抽出し、彩色結果に反映されたためだと考えられる。

## 5. おわりに

本研究では、先行研究である参照画像を利用した手描き線画への彩色の、線画が参照画像のエッジから外れた場合に意図した彩色結果が出ないという問題点に対して、彩色時の色の抽出の際に補正した線画を用いることで色の彩色位置を適切にし彩色結果を修正する手法を提案した。

実験結果から二本の線に挟まれている細長い箇所に対して、先行結果と比べてきれいな色が出ることが確認できた。

本手法では、色の抽出方法として補正前線画から作った三角形分割の各三角形の重心ピクセルと対応する補正した線画から作った彩色結果の色を取ったが、この手法では線画が大きく補正される時意図した色が塗られない場合があると考えられる。この問題に対して、補正前線画から作成した三角形分割と補正後線画から作成した三角形分割で対応が取れている場合、三角形の対応を基に彩色が行えるため線の補正の度合いに関係なく綺麗な彩色が行えると考えられる。そのため、補正前線画と補正後線画の点数の差や配置に関係なく三角形を補完し対応付けを行う手法を考えることが今後の課題である。

## 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] 倉田沙織, 石山雄也, 森博志, 外山史, 東海林健二, “参照画像を利用した手描き線画への彩色”, 映像情報メディア学会誌, vol.68, no.8, pp.381~384 (2014)
- [2] 田谷康多, 森博志, 外山史, 東海林健二, “オンライン線画入力でのトレース支援”, 情報通信学会 2015 総合大会 情報・システムソサエティ特別企画学生ポスター予稿集, p.25 (2015)