

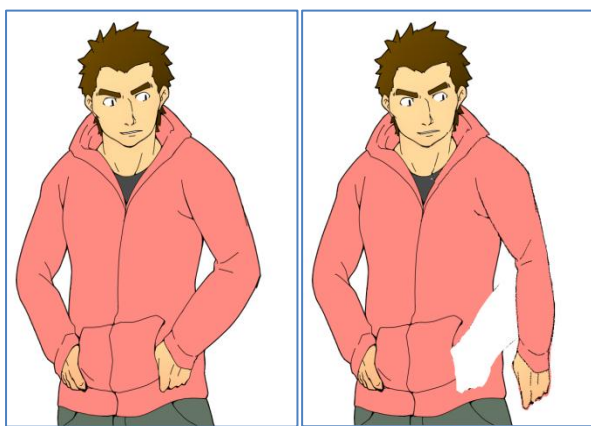
イラスト編集ツールにおける欠損補完処理手法の開発 Inpainting Method for Illustration Editing

鈴木啓晃[†] 渡辺賢悟[‡] 宮岡伸一郎[‡]
Hiroaki Suzuki Kengo Watanabe Shinichiro Miyaoka

1. はじめに

近年 PC 上でのイラストの制作が増えている。PC で制作することにより、色を塗り絵を描くだけではなく、変形や合成といった加工も行えるようになる。その加工のためのフィルタや変形など多くの技術が研究、開発されている。著者らも昨年、人物イラストのポーズを変形させるツールの開発を行い、人物イラストのポーズ変更をより簡単に行えるようにした^[1]。しかし画像に対して移動や変形処理を行うと、もともと部位があった部分の情報がなくなってしまう、穴が開くなど欠損領域が発生してしまう(図 1(b))。欠損補完機能としては、Image Inpainting^[2]や Photoshop の『コンテンツに応じる』^[3]といった欠損補完があるが、Image Inpainting は輪郭がぼける、コンテンツに応じる補完では見当違いの色を取ってくるなど、ユーザーの意図しない結果となることが多い。

これらの問題を解決するために本研究では Image Completion with Structure Propagation^[4](以下 ICSP)の技術を応用し、ユーザーが欠損領域に擬似的な輪郭線を指定することで、それを元に輪郭を生成しながらインペインティングを行うイラストのための欠損補完処理の開発を行った。



(a)元画像 (b)変形後・欠損発生
図 1 欠損領域の発生

[†]東京工科大学大学院バイオ・情報メディア研究科 Graduate School of Bionics, Computer Science and Media Science, Tokyo University of Technology

[‡]東京工科大学メディア学部メディア学科, School of Media Science, Tokyo University of Technology

2. 全体の処理の流れ

本研究では、自動的な欠損補完ではなく、ユーザーがインタラクティブに操作をすることで輪郭に沿った欠損補完を行う。

まずユーザーが欠損領域に対し、範囲選択を行う。この範囲選択は、ペンツールでユーザーが任意に範囲を決めることが可能である。次に輪郭線となる部分を指定する。輪郭線の生成には多くのペイントツールで使われているベジェ曲線を用い簡単に線を引けるようにしている。輪郭線を設定する際ユーザーは、選択範囲内ではなく選択範囲外にまで線の設定をする。この選択範囲外の輪郭線上でパッチを生成し、選択範囲内の輪郭線上にパッチを当てていく処理が ICSP の処理となる。ICSP に関しては次章で詳しく説明する。その後残った欠損領域に対しては、欠損領域周辺から新たにパッチを生成し、パッチと欠損領域周辺との色の類似度を求め、類似したパッチを当てていくことで補完を行なっている。

これらの処理を図 2 で表す。

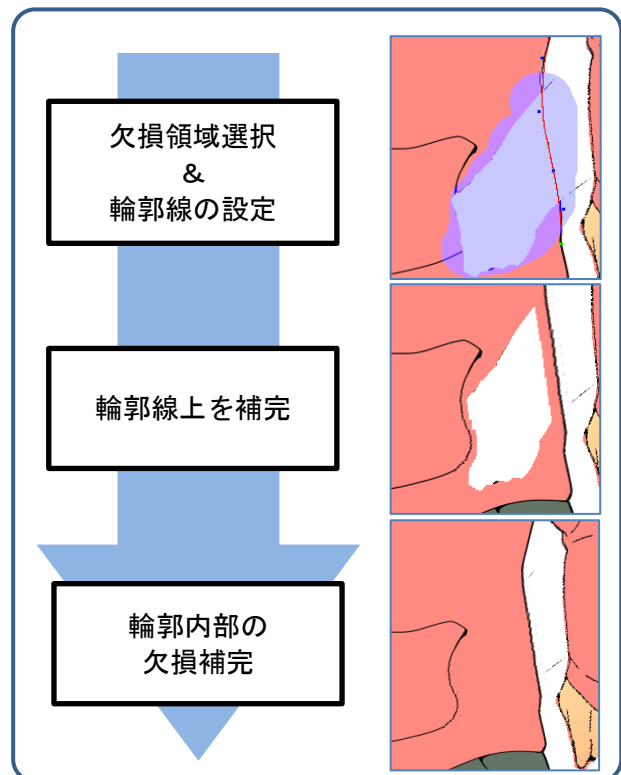


図 2 処理の流れ

3. ICSP を応用した欠損補完

ICSP による欠損補完では、まず選択範囲内に指定した輪郭線上にパッチを埋めていくアンカーポイント(以下 AP)の設定と選択範囲外の輪郭線上からパッチの生成を行い、生成したパッチを AP に当てはめていく処理を行う。それにより輪郭部分の欠損補完を行なっている。

当てはめるパッチは、AP とパッチが持つ輪郭の類似度計算と、前のパッチとの色の類似度計算を用いて決める。以下でそれぞれの処理について説明する。

3.1. 輪郭線の設定

まず初めに輪郭線の設定を行う。範囲選択した領域に対してユーザーが輪郭線の設定を行うが、選択範囲内のみ設定するのではなく、選択領域を超えるように輪郭線の設定を行う。このように輪郭線の設定を行うことで、選択領域外にはパッチを生成するポイント(以下 PP)、選択領域内には生成したパッチを当てはめるポイントの AP の設定を行うことができる(図 3)。選択範囲外に設定した輪郭線上でパッチの生成を行い、選択範囲に設定した輪郭線上の AP に対して PP 生成したパッチを当てはめていくことで、輪郭部分の補完を行う。どのパッチが AP に対して最適であるかは、輪郭の類似度計算と色の類似度計算によって求めることができる。

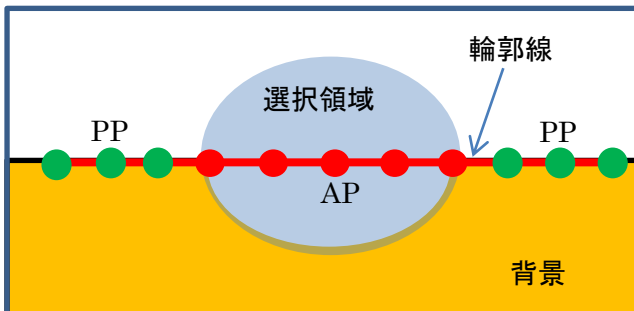


図 3 AP と PP の設定

3.2. 輪郭の類似度計算

輪郭の類似度計算とは AP とパッチがそれぞれ持っている輪郭線の座標情報から、似ている形状をしているかを判断するものである。AP を中心にパッチの大きさを切り取り、それをパッチの中心である PP と重ね合わせ、それぞれの輪郭の距離(Dist)の差(図 4)の総和を求める。AP の輪郭線とパッチの輪郭線の形状が大きく違い総和が大きければ似ていないパッチ、形状が似ており総和が小さければ似ているパッチと判断する。

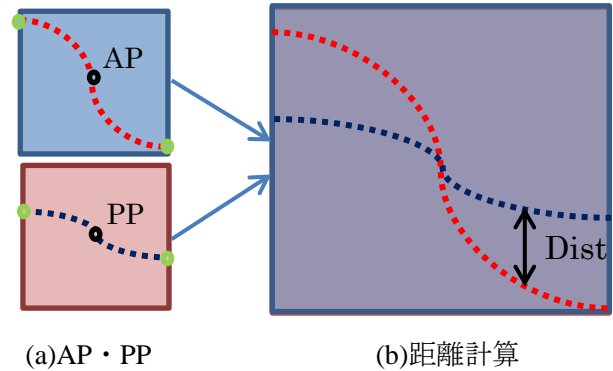


図 4 輪郭の類似度計算

3.3. 色の類似度計算

輪郭の類似度を求めると同時に、背景の色(図 5(a))や、前のパッチ(図 5(b))との色の類似度を求める。色の類似度を求めることで、似た色のパッチを当てることができ、色の変化を自然にすることができる。色の類似度は、背景の色や、前に当てたパッチと重なった部分で RGB の距離計算を行う。そのため、パッチの配置は新しいパッチを処理した後の領域に対し半分ほど重なるように配置をする。図 5 の場合、特に赤くなっている部分で類似度の計算を行なっている。

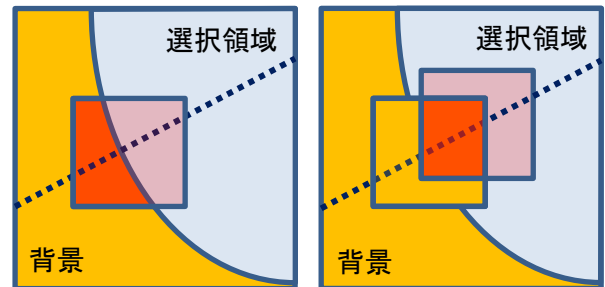


図 5 色の類似度計算

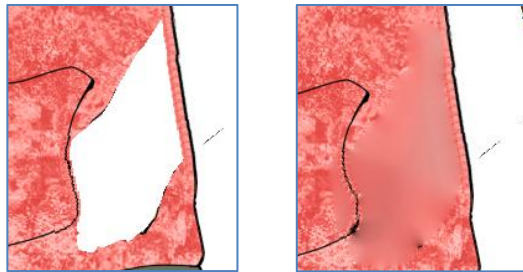
3.4. パッチの当て方

輪郭と色の類似度それぞれの計算を行い、それを元に最適なパッチを算出する。この計算は AP1 点に対しすべての PP で計算を行う。算出されたパッチを、AP に当てていくことで輪郭線上の欠損補完を行うことができる。本研究では、特にイラストを対象にしているため、パッチを当てていく際に線が綺麗につながるようにパッチを回転させている。また、パッチを当てはめていく際、背景や前のパッチに重なるように配置している。重なった部分を α ブレンドで合成することで、色の変化が目立たせなくし、より自然な補完を行なっている。

4. 輪郭内部の欠損補完

輪郭線を補完した後に、輪郭内部の欠損領域が残る。その欠損領域の補完について説明をしていく。

輪郭内部に対しての欠損補完も、輪郭線と同様にパッチベースによる処理を行っている。図 1 のような単純な色で塗り分けられた場合、Image Inpainting や、単純に描きなおしを行うだけで十分に効果は認められるが、欠損領域にテクスチャがあったと考えられる場合、上記の方法で補完を行うとテクスチャがうまく再現できないことが多い。図 6 は Image Inpainting による補完を行ったものだが、テクスチャ情報が消えている。そのため、テクスチャを再現するためにパッチによる処理が必要となる。



(a) 輪郭補完 (b) 欠損補完後
図 6 Image Inpainting による補完

欠損領域に当てはめるパッチは、欠損領域周辺から生成する。イラストは色が部位ごとに塗り分けられていることが多いため、欠損領域の周辺の色が欠損領域に当てはまるという場合が多い。そのため、欠損領域の周辺と範囲を限定することができ、それにより似たパッチをとることが可能となり、処理速度を早くすることも可能である。

欠損領域に対し、どのパッチが当てはまるかは、3.3 で述べた色の類似度計算と同様、背景や前のパッチと重なった部分の色の類似度を求める。これにより、背景や前のパッチと似たような色のパッチを持ってくるため、色の変化が自然な欠損補完を行うことが可能である(図 7)。

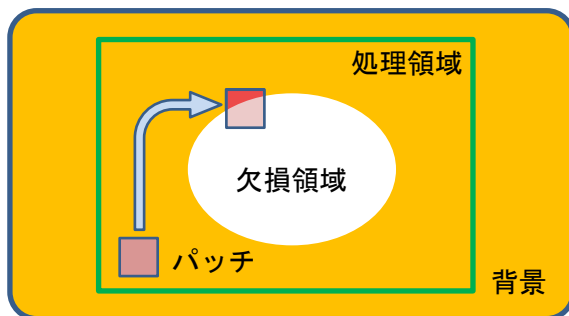
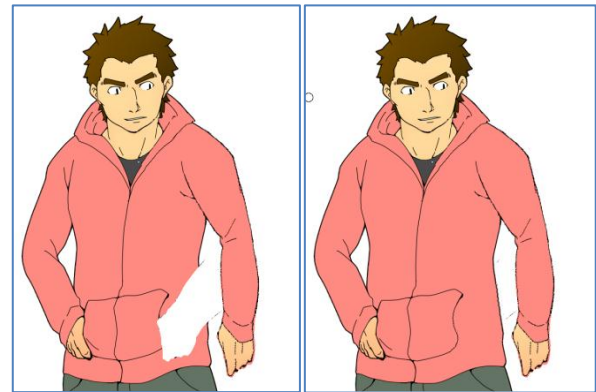


図 7 輪郭以外の欠損補完

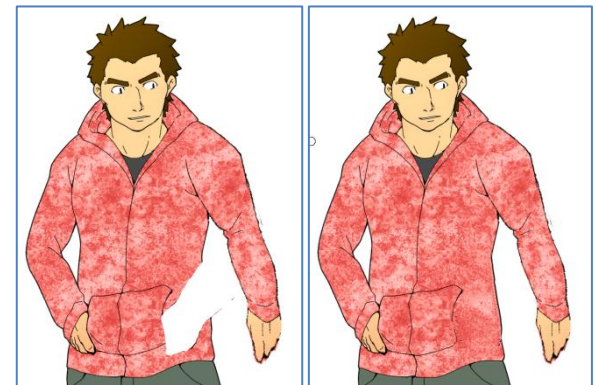
5. 実験と評価

本研究で述べた処理をツールに実装し、実験を行った。図 8 はそれぞれの元画像の欠損画像に対し補完を行った結果である。

図 8(a)のように、単純な色で塗り分け得られ、複雑な模様がない場合などは、かなり自然な欠損補完ができている(図 8(b))。また、図 8(c)のようにテクスチャのある画像に対しても、パッチベースの補完をしていることでテクスチャの再現することができ、周りとの違和感が少ない補完を行うことが可能である(図 8(c))。



(a) 元画像 (b) 欠損補完後



(c) 元画像(テクスチャあり) (d) 欠損補完後



(e) 元画像 (f) 欠損補完後

図 8 欠損補完の結果

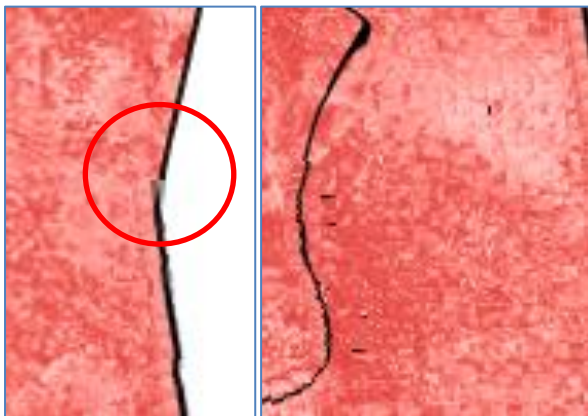
本研究ではユーザーが設定した輪郭線をもとに欠損補完を行っているため、図8(e)のように、欠損領域が直線的でなく、ひじのように大きく曲がる輪郭に対しても輪郭線が途切れたり、ぼけたりすることなく欠損補完をすることが可能である(図8(f))。

これにより、多くのツールのインペインティング機能では処理することが難しかった輪郭の補完をすることができ、線画のあるイラストなど特徴的な輪郭に対しても欠損補完をすることが可能となる。そのため、イラストを補完する際の作業の負担を軽減することが可能となる。

しかし、輪郭線の連続性が失われてしまったり、パッチ同士の合成に違和感が残る場合がある。イラストは特に輪郭線やテキストの連続性が重要であるため、少しでもずれると不自然で違和感のある画像になってしまう。

例えば輪郭線の補完では図9(a)のように、輪郭線が不連続になっている。原因は、輪郭線を設定する際、背景の輪郭に沿った設定が難しく、パッチの輪郭線と背景の輪郭線がずれてしまうためである(図10)。この問題を解消するために、ユーザーがより簡単に適した輪郭線の設定を行えるようにする、もしくは輪郭の補完を行った後に再度輪郭線の編集を行うことができるようにすることが必要となる。

また輪郭内部の補完では、パッチ同士のつなぎ目がはっきりしており、タイルのようになってしまう、ノイズが混ざってしまう(図9(b))などの問題が起こる。タイル状になる問題は、Image quilting^[5]などの手法を用いることで、パッチ同士のつなぎ目を消し、より自然なテキスト合成をすることで解消されると考えられる。ノイズに関しては、当てはめるパッチの判定をより厳密に行い、最適なパッチを選ぶことが必要となる。



(a) 不連続 (b) 繋ぎ目・ノイズ

図9 問題点

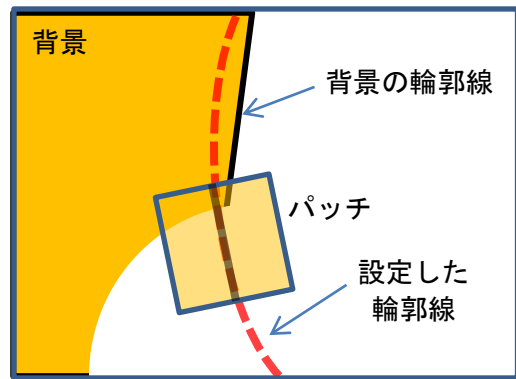


図10 輪郭線の不連続

6. おわりに

本研究では、ICSPの技術を応用し、イラストの欠損領域の補完手法を提案した。ユーザーが輪郭線を指定することで、特徴的な輪郭を補完することが可能となった。また、パッチベースの欠損補完を行うことで、テキストなどの再現をすることができるようになり、イラストに対しても自然な欠損補完を行うことを可能にした。今後は、前章で示した問題点の解決をすることでより欠損補完の完成度を高めていくと共に、補完後の歪んだ部分に対して再度編集を可能にすることでよりユーザーの思い通りの結果にすることができるよう、実用的な機能を整備していく予定である。

参考文献

- [1]鈴木啓晃、岡良祐、宮岡伸一郎、”人物イラストのポーズ変更ツールの開発”,情報処理学会第73回全国大会, 巻:73rd 号:2 頁:2.481-2.482,2011
- [2] Bertalmio, M., Sapiro, G., Ballester, C., and Caselles, V.,”Image inpainting”, SIGGRAPH '00, 417-424,2000
- [3]Adobe,”PhotoshopCS5 コンテンツに応じる”,<<http://www.adobe.com/>>,2010
- [4]Jian Sun, Lu Yuan, Jiaya Jia, Heung-Yeung Shum,” Image Completion with Structure Propagation”, SIGGRAPH'05, pp.861-868,2005
- [5]Alexei A. Efros, William T. Freeman,” Image quilting for texture synthesis and transfer”, SIGGRAPH'01, pp341-346, 2001