

## イラスト画像からの一筆書きアート生成システム Picture drawing system for unicursal art from illustrations

阿部 貴大<sup>†</sup> 高井 昌彰<sup>‡</sup> 高井 那美<sup>††</sup>  
Takahiro ABE Yoshiaki TAKAI Nami TAKAI

### 1. はじめに

複数の直線または曲線から構成される線画において、描画面から筆記具を一度も離さずに重ね描きなく描画する方法を「一筆書き」という。最近では、複雑なイラスト作品を一本の曲線で描き上げるという「一筆書きアート」が注目されている。

与えられた画像から一筆書きアートを作成するためには、基本的な一筆書きのグラフ理論を適用するだけでなく、画像における形状のデフォルメや部分的省略など、アートセンスによるところが大きいと言える。どのような順序で輪郭線を辿れば一筆書きが可能であるかに加え、人によって自然な一筆書きに感じられるよう対象の特徴を捉え、どの部分を強調あるいは省略するかという形状再現の度合いがポイントとなる。

そこで本研究では、イラスト画像を形成する曲線群を一筆で繋ぐ際に、人から見て違和感のない滑らかな繋がり方を考慮しながら一筆書き化する手法を検討し、輪郭線全体の形状的な複雑さを調整可能な一筆書きアート生成システムの開発を目指す。

### 2. 関連研究

よく知られた一筆書きアートの一つに TSP アートがある。これは任意のイラストを点描画化し、その全ての点を通る最短ハミルトン路でイラストを再構成し、濃淡を表現するアート作品である。関連研究[1],[2]では、TSP アートを生成する際に、入力画像の濃淡の再現をより高めるための最短ハミルトン路の形成方法について述べている。

これに対し本研究は、線画イラストの一筆書き化において、描線の密集度合いによる濃淡表現は行わず、基本的に輪郭線のみを用いた形状的な複雑さを調整可能な一筆書き化した画像の生成を目指すものである。

### 3. システムの概要

本システムに入力されるイラスト画像は、輪郭が明瞭な線のみで構成されているものとし、ある閉曲線部分を一つのパーツと見なす。この前提のもとに、一筆書き化された画像を生成する基本的なアプローチとして本システムの動作の流れを Fig.1 に示す。

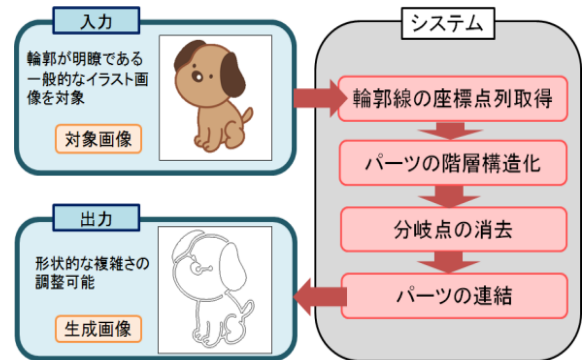


Fig.1 一筆書きアート生成システムの概要

#### 3.1 輪郭の座標点列取得

与えられたイラスト画像を二値化し、その二値化画像から座標点列を取得する。座標点列間がある閾値以上の場合には、中間点列を追加する。

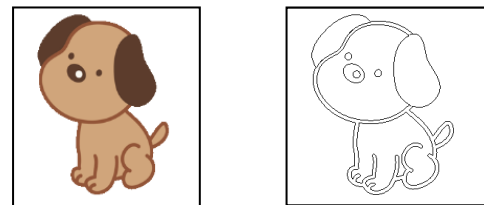


Fig.2 対象画像の二値化

#### 3.2 パーツの階層構造化

与えられたイラスト画像を形成するパーツ間の包含関係をもとに、パーツの階層構造を求める。Fig.3 に示すように、一番外側となる輪郭線のパーツを木構造の親、その内側のパーツを子とする階層構造を再帰的に求めていく[3]。

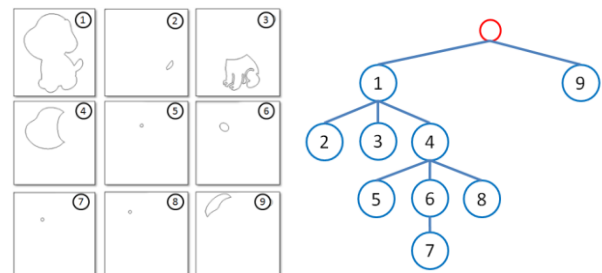


Fig.3 パーツの階層構造化

<sup>†</sup> 北海道大学大学院情報科学研究科, Graduate School of Information Science and Technology, Hokkaido University  
<sup>‡</sup> 北海道大学情報基盤センター, Information Initiative Center, Hokkaido University  
<sup>††</sup> 北海道情報大学経営情報学部, Hokkaido Information University

### 3.3 分岐点の消去

あるパーツの輪郭線において一筆書きが理論的に困難な場合、局所的な輪郭線の書き換えを行うことでこの問題を解消する。一筆書きが困難なパーツ形状としては、輪郭線が分岐している場合が考えられる(Fig.4 参照)。

また書き換えのために新たに追加する線は入力として与えたイラスト画像にない線である。そこで、本来の輪郭線の形状をできるだけ変形させないように、より自然に見える書き換えを行うため、以下に示す手順に従って局所的な輪郭線の修正を行う。

- (1) パーツの座標点列で分岐する輪郭線の重複点列の取得
- (2) 重複部分を縁取る形で重複輪郭線の一定範囲を、分岐する近傍箇所へ平行移動
- (3) 重複部分に連なるように輪郭線を接続及び部分削除

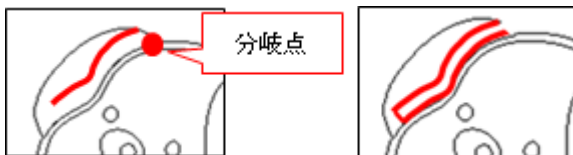


Fig.4 分岐点における輪郭線の書き換え

### 3.4 パーツの連結

パーツ間の橋渡し部分となる経路を追加する事で、全てのパーツの輪郭線を辿ることを可能とする一筆書き化の処理を行う(Fig.5 参照)。

パーツの階層構造をもとに、同階層および一つ下の階層を対象とし、各パーツ間の距離が短くなるような座標点列を探索し、橋渡し部分の経路を形成する。探索された座標点列に対しパーツ間を連結するよう輪郭線を接続・削除する。この時、パーツと橋渡し部分の交差を防止した一筆書き化を可能とするために、連結したパーツを一つのパーツとして扱う。これを階層構造のパーツを全て走査するまで繰り返す。



Fig.5 橋渡し部分の探索

なお、単純にパーツ間の最短距離に基づく橋渡し部分の探索を行うと Fig.6 のように橋渡し部分の重複や、橋渡し部分の追加による不自然な突起が生じる可能性がある。そこで重複部分の排除や連結場所の調整を行う探索処理が必要となる。

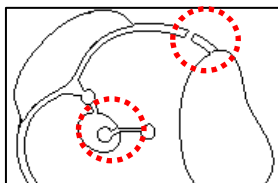


Fig.6 橋渡し部分の重複,不自然な突起の例

### 4. 形状的な複雑さの調整手法

ユーザが形状の複雑さの度合いをシステムに与えることで一筆書き形状の調整を行う。ある一つのパーツを対象とした形状調整の例を Fig.7 に示す。

パーツの階層関係をもとに、親子パーツ間を連結する橋渡し部分の座標点列に対して、それらのパーツを構成する各座標点列の配置を調整する。橋渡し部分の座標点列と、連結されているパーツを構成する各座標点列の間を平行移動させるだけでは子パーツの形状を単に縮退させているだけの状態となるため、座標点列の平行移動と同時に、複雑さの度合いを考慮してパーツを構成する座標点列の一部を省略し、形状の簡略化を行う。

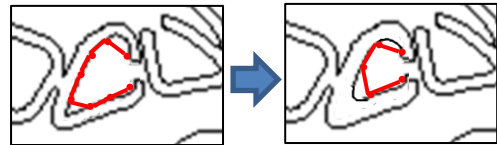


Fig.7 パーツに対する形状調整の例

### 5. 実行結果

本システムを用いて線画イラストを実際に一筆書き化した結果を Fig.8 に示す。

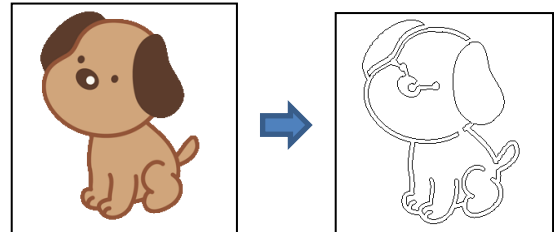


Fig.8 一筆書き化画像

### 6. まとめと今後の課題

線画イラストを一筆書き化する基本的手法とシステムによる実行結果、また形状的な複雑さを調整する手法の概要について述べた。形状調整機能については現在システム実装の途上にある。パーツの階層構造の深さを考慮した複雑さの調整を実現することは今後の課題である。

#### 参考文献

- [1] 井上光平, 浦浜喜一: “TSP アートの明度補正”, 電子情報通信学会論文誌 D, J91-D(6), pp.1676-1678, (2008)
- [2] 胡 忠英, 浦浜喜一: “バイラテラル距離に基づく非等方 TSP アート”, 電子情報通信学会論文誌 D, J94-D(4), pp.746-749, (2011)
- [3] 阿部貴大, 高井昌彰, 高井 那美: “線画イラストからの一筆書きアート生成システム”, 情報処理学会第 78 回全国大会論文集, vol.4, pp.719-720, (2016)