

## 色の拡散を用いた水彩画風画像の生成

橋本 良太 ヘンリー・ジョハン 西田 友是  
東京大学

### 1. はじめに

近年、画像の加工を行うことが身近になりつつあり、絵画のような印象的な画像を生成する研究分野の重要性が高まっている。絵画の中でも水彩は淡い色調で柔らかな雰囲気をもっており、印象に残りやすい画風であると言える。水彩画を描く技術として、水彩顔料の性質による色の塗りむらなどを利用するものがある。また、水彩画では画家が意図的に色を塗り残したり、筆づかい(ストローク)の跡を利用する技術があるが、これらは既存の研究では十分には考慮されていない。そこで本稿では写真などの画像を入力とし、これらの技術を考慮した水彩画風画像を生成する手法を提案する。提案法では描画規則を定め、これに従ってオブジェクトごとの「描き方」を決定する。描き方に応じてストロークが生成され、筆づかいや塗り残しの特徴が考慮されることになる。ストロークを生成するために、色をもったサンプリング点をいくつか配置し、与えられた方向性を考慮しつつその色を周囲に拡散させる。これによって色むらをもったストロークが生成できる。

### 2. 関連研究

入力画像を様々なスタイルに変換する研究は Non-Photorealistic Rendering (NPR) と呼ばれ、様々な論文が発表されている [2, 4]。Curtis ら [2] は紙の上での顔料の流れのシミュレーションを行うことで水彩画風の画像を生成する手法を提案した。Hertzmann ら [4] は教師データとなる画像を与えることで様々な画風の画像を生成できる手法を提案した。これらの手法は1枚の画像を生成するのに非常に時間がかかってしまい、ユーザが繰り返し実験を行ってパラメータの値を決定するのが困難である。

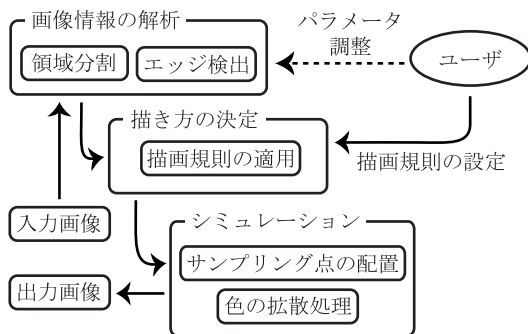


図1: 提案手法の処理の流れ

### 3. 提案手法

#### 3.1 概要

本研究では水彩画の特徴を大きくふたつに分類する。ひとつは水彩の顔料としての特徴であり、色の重なりや塗りむらなどがこれにあたる。もうひとつは画家による人為的な特徴であり、筆の配置や塗る色の選択、塗り残し部分の選択などが該当する。提案手法ではこれらの特徴を考慮し、

かつ対話的に出力画像の生成を行えるシステムを目指す。

提案手法のアルゴリズムは3つの段階に分かれている(図1)。まずは、与えられた入力画像の解析が行われ、画像情報が抽出される。続いて、解析情報をもとに描画規則が適用され、画像中の各オブジェクトの描き方、すなわち水彩画の人為的な特徴が考慮される。そして最後には、それらの情報をもとにしてストロークを近似するサンプリング点が配置され、サンプリング点の色の拡散のシミュレーションを行うことで水彩顔料による特徴が考慮された出力画像が生成される。各段階の詳細を以降で述べる。

#### 3.2 画像情報の解析

出力画像を生成するにあたり、描き方を決定するための情報を入力画像から取り出す必要がある。提案手法では、次のようにして入力画像の解析を行っている。

画家は対象物の輪郭に沿ってストロークを伸ばすことが多い。そこで、Canny[1]の手法でエッジ検出を行い、エッジ検出の結果に対し Hausner[3]の手法を用いることで、エッジに沿った方向場を計算する。

次に、画像領域を意味のあるまとまり(オブジェクト)に分割するため、入力画像を色によって領域分割する。画像の領域分割手法には様々なものが提案されているが、提案法では次のようにしている。まず、入力画像からランダムに1点を選んで開始領域とし、領域に隣接するピクセルのうち色の差がユーザの設定した閾値以内のものを次々に領域に加えていく。加えるべきピクセルがなくなったらランダムに次の1点を選び、新たな開始領域とする。この操作をすべてのピクセルがいずれかの領域に属するまで繰り返す。なお、人間の認識により近い領域分割を行うため、色差の計算はHSV色空間で行っている。この領域分割法は単純であり、場所によっては細かい領域が多く生成されてしまうので、後処理で、閾値より小さな領域を隣接する色の近い領域に併合している。その後、各領域に対してその平均色や面積を計算する。

これらの処理はほぼ自動化されているが、結果を改善したい場合などにユーザがパラメータの調整を行うことも可能である。

#### 3.3 描き方の決定

画家は対象物によって描き方を変える。どのような対象にどのような描き方を行うかは画家の個性に大きく依存しており、完全な自動化を行うことは非常に困難である。そこで、提案手法ではユーザの補助により描画規則を設定し、描画規則に従って描き方を決定する。

##### 3.3.1 描画規則の設定

描画規則は、

1. その規則が適用されるための「条件」
2. 適用される「描き方」

からなっており、入力画像の領域分割の結果に対し、各領域にひとつの規則が適用される。描画規則には優先順位が

定められており、ひとつの領域が複数の描画規則の条件を満たす場合には、最も優先順位が高いものが適用される。

規則の適用条件として、今回の実験では2種類の方法を用いた。ひとつは領域のいくつかの性質（本稿では領域の平均色と面積を用いた）に対して数値的に範囲を設定する方法である。このような形で適用条件を定めることにより、別の画像を入力とする場合に以前の描画規則を再利用することができる。もうひとつの方法はその規則を適用する領域を直接指定するものである。この方法はユーザが特別な描き方をやりたい部分がある場合に利用される。

描き方はストロークの方向、太さ、長さ、ストローク間の間隔、ストローク同士の間隔のばらつきを考慮し、パラメータとした。ストロークの方向は、(1) 指定された方向、(2) エッジの方向場に沿った方向、のいずれかを選べるようにした。各領域に対し、適用される規則のこれらのパラメータをもとにして描き方が決定される。

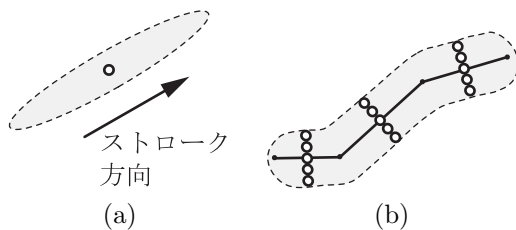


図 2: (a) ひとつのサンプリング点のおおよその拡散範囲 (b) ストロークのサンプリング点による近似。図中の白丸はサンプリング点を表す。

### 3.4 拡散のシミュレーション

水彩画の顔料による特徴を考慮するため、提案法では色情報をもったサンプリング点をいくつか配置し、その色を周囲に拡散させて出力画像を生成する。

#### 3.4.1 サンプリング点の配置

描画規則によって指定された描き方をもとに、次のようにして各領域に仮想的なストロークを生成する。

各ストロークは折れ線として考え、次のようにして生成する。まず、領域内からランダムに1点を開始点として選ぶ。開始点から描画規則によって定められる方向に一定間隔で点を進ませていき、指定された長さや領域の境界にぶつかったところでそのストロークを終了する。ストロークの色は、開始点のピクセルの色とする。

ストロークが生成されたら、それをサンプリング点で近似する。ひとつのサンプリング点の色のおおよその拡散範囲は図 2(a) のような楕円形をしており、図 2(b) のように、各線分の中点の位置にストロークの断面を近似するサンプリング点を配置することでストロークを近似できる。そして各線分を長方形に見立てることでストロークを囲む領域を考え、その領域内を禁止領域とする。以降、領域内が全て禁止領域となるまで、禁止領域でない部分にランダムにストロークを生成し、サンプリング点を配置するとともに周囲を禁止領域とする操作を繰り返す。これにより、サンプリング点の選択にその領域の描き方を反映させることができる。

#### 3.4.2 拡散処理

それぞれのサンプリング点に対し、その色を周囲に拡散させる処理を行う。拡散の基本的なアイデアは、各サンプリング点に対し、周囲のピクセルへ2種類の重みを分配す

るものである。

ひとつめは拡散範囲の形状を決定するための重みであり、サンプリング点からの距離に従って減衰するとともに、紙の凹凸（ハイトフィールドで表現する）の影響も受ける。サンプリング点からの距離を計測する際、与えられた方向性に垂直な成分と平行な成分とで重みが異なるような距離関数を使用する。また、拡散の際に入力画像のもつ特徴を損なわぬよう、色差の大きい領域同士の境界をまたぐような拡散の際には前者の重みに対して特別の減衰が考慮される。このようにして計算する重みが閾値以上である部分のみを有効な拡散範囲とする。

ふたつめの重みはストロークの色を決めるための重みであり、紙の凹凸のみに影響を受けて変化する。

それぞれのストロークに対し、ストロークを近似するサンプリング点すべてについてこの処理を行う。そして各サンプリング点の有効な拡散範囲の和をとったものをストロークの形状とし、形状内のそれぞれのピクセルに対し、ふたつめの重みの最大値を記録する。この重みをもとにストロークの色の RGB 値の加重平均をとり、対応する出力画像のピクセルの色とする。

## 4. 結果とまとめ

提案手法による実験結果を図 3 に示す。各段の左の画像が入力、右の画像が出力である。実行環境は Pentium III 1GHz、画像のサイズは入出力ともに  $320 \times 240$  であり、計算時間は画像 1 枚あたり 10 秒程度である。

本稿では写真などの入力画像から水彩画風画像を生成する手法を提案した。水彩画の顔料としての特徴と人為的な特徴の両面を考慮することで、提案法では水彩画の特徴をよくつかんだ画像を生成することができている。



図 3: 提案手法による実験結果

## 参考文献

- [1] J. Canny, "A Computational Approach to Edge Detection," *IEEE PAMI*, 8, 6, pp. 679-698, 1986.
- [2] C. J. Curtis et al., "Computer-Generated Watercolor," *ACM SIGGRAPH 97*, pp. 421-430, 1997.
- [3] A. Hausner, "Simulating Decorative Mosaics," *ACM SIGGRAPH 2001*, pp. 573-580, 2001.
- [4] A. Hertzmann et al., "Image Analogies," *ACM SIGGRAPH 2001*, pp. 327-340, 2001.