

## 階調画像からペン画調画像への変換法 一点描, 線描一

中川大介, 山口恵介, 村岡一信, 千葉則茂  
岩手大学工学部

本報告では, 濃淡画像から, ペン画における基本的な描画法である線描と点描による絵画風画像への変換法を提案する. これまでにも, ペン画調画像の生成法について, 印象的な生成画像と共に多くの報告がなされているが, 技術の詳細が明らかにされているものは少ない. 本報告では, 細い線や点を表現する際のデジタル画像によるアーティファクトの発生を抑制する方法などを含め, 技術の詳細について報告する.

### Generating Pen and Ink Illustrations from Gray-scale Images – Stippling and Line Drawing Style –

Daisuke Nakagawa, Keisuke Yamaguchi, Kazunobu Muraoka and Norishige Chiba  
Faculty of Engineering, Iwate University

In this paper, we propose two algorithms for generating pen and ink illustrations from gray-scale images. One is for stippling style illustrations and the other is for line drawing style illustrations.

Recently, many techniques for generating pen and ink illustrations have been presented with impressive examples. However, most papers do not include the details of the techniques and do not mention the underlying artifact problems induced due to digital processing of images. In this paper, we describe the details of the proposed methods including the solution for the artifact problems.

#### 1. はじめに

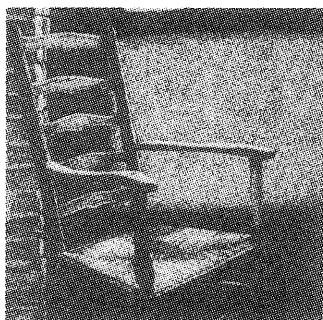
近年, ノンフォトリアスティックレンダリング研究として, ペン画調画像の生成法 [1, 2, 3] について印象的な生成画像と共に多くの報告がなされているが, 技術の詳細が明らかにされているものは少ない. ペン画のように細い線や点を表現する際のデジタル画像としてのアーティファクトの発生の問題など, 検討されなければならない問題も存在する.

ここでは, ペン画における基本的な描画法である点描と線描を取り上げる. 点描とは, ペンによって小さな点を打ち, その密度で濃淡を表現する描画法であり, 線描とは, ペンのストロークの密度で濃淡を表現する描画法である (図1参照).

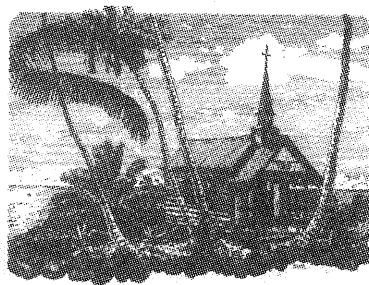
これらの表現は, 挿し絵, 漫画の背景, テクニカルイラストレーションなどによく用いられ, 水しぶきや雲, 陰影やひだの細かな物体, 砂のような繊細な質感, 経年変化した物体の質感, 動物の体毛などのテクスチャの表現, あるいは, 実際には存在しない流れのイメージ (例えば風の流れなど) の表現などに用いられている [4, 5].

本報告では, 濃淡画像から, ペン画における基本的な描画法である線描と点描による絵

画風画像へ変換する手法を提案する．さらに，細い線や点を表現する際のデジタル画像によるアーティファクトの発生を抑制する方法の詳細についても示す．



(a)点描



(b)線描

図1 実際のペン画

## 2. 点描風ペン画調画像への変換法

点描は濃淡画像のハーフトーンニングの手法と見なされるためか研究例は少ない．しかしながら，通常のオーダードディザ法や誤差拡散法などのハーフトーンニング法では，点のサイズは表示装置のピクセルサイズとなるため，格子状に配置された点による連結パターンなどのアーティファクトが発生することが多く，手描きの点描とは印象が異なる（図2参照）．そのため，ここで提案する点描パターンは，点の大きさが解像度に依存しない平滑化点と呼ぶ点を，ポアソン・ディスク・サンプリングにより配置し，必要な解像度の画像へ平滑化縮小して得ている．次節に本アルゴリズムを示す．



(a)オリジナル画像



(b)オーダードディザ法



(c)誤差拡散法

図2 ハーフトーンニングの例

### 2. 1. 点描化アルゴリズム

点描風画像を生成するアルゴリズムは以下のステップからなる．

- (1) 入力画像を読み込む
- (2) ポアソン・ディスク・サンプリングの候補点を生成する
- (3) 任意の分割数（ピクセルの分割数,すなわち拡大率）で入力画像を考え，それを実数座標平面对応させる
- (4) 実数空間上でポアソン・ディスク・サンプリングを行い，点を打つ座標を決定し，平滑化点を打つ．

(5) 必要な画像解像度へ平滑化縮小する。

候補点は分割された格子内に各1点配置され、座標に実数値を持つ。格子内への配置は乱数で決める(図3参照)。

平滑化点は図4に示すように、中心からの距離と濃度の関数で与えられる。なお、 $r$ は平滑化点の半径である。

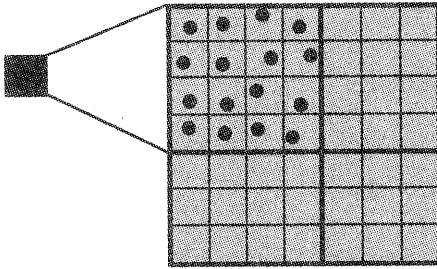


図3 候補点の初期配置(分割数=4)

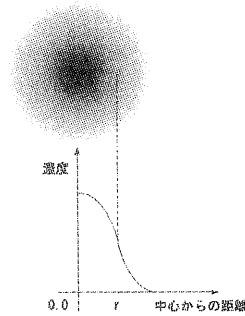


図4 平滑化点

ポアソン・ディスク・サンプリングの半径  $R$  は次式で求められる。

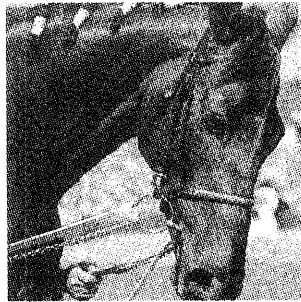
$$R = \sqrt{s / \sqrt{3}} \times d$$

ここで、 $s$  は点の面積、 $d$  は入力画像の濃淡値である。

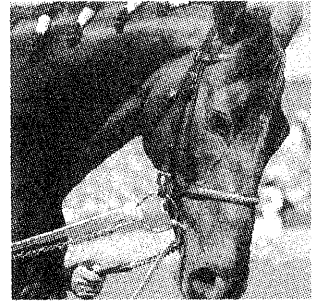
図5に生成画像例を示す。



(a) 分割数 = 1



(b) 分割数 = 2



(c) 分割数 = 4

図5 生成画像例

### 3. 線描風ペン画調画像への変換法

線描風画像生成のアルゴリズムは以下のステップからなる。

- (1) 階調テクスチャの準備： 適当な階調数を定め、その階調を表現するための線描風の階調テクスチャを用意する。
- (2) 変換(ここではマッピングと呼ぶ)段階： 全ての入力濃淡画像のピクセルについて、濃淡画像のピクセル値を読み取り、その値に対応した階調テクスチャの対応す

るピクセル値を出力画像のピクセル値とする。

次節以降に階調テクスチャの生成法とマッピングの方法を述べる。

### 3. 1. テクスチャの生成法

線描のための線分の生成は、単純には画像の解像度に依存するピクセル幅を持ったデジタル直線によって生成することが考えられるが、完全な直線となってしまうほか、固定されたピクセル幅のため、直線の粗密をうまく作ることができない。このため、自然な印象を与える手描き風の階調テクスチャを生成することは困難である。

これを解決するためには、十分に解像度の高い画像として（理想的には無限解像度のアナログ画像）、平滑化直線を用いて階調テクスチャを生成しておき、それを必要な解像度に平滑化縮小して用いることが考えられる。

この方法により生成した階調テクスチャを図6に示す。このままでは、

- ・デジタル画像のためのアーティファクトが発生する(モアレ状のパターンが発生する)、
- ・完全な直線のため手描き風の印象がない

という不都合が確認される。

本手法では、この問題を解決するため、線分に  $1/f$  ノイズによる揺らぎを与える。これにより、手書き風の印象の線分とすることができ、またモアレ状のパターンの発生も抑えることができる。

図7に直線に  $1/f$  ノイズを入れて生成した階調テクスチャを示す。

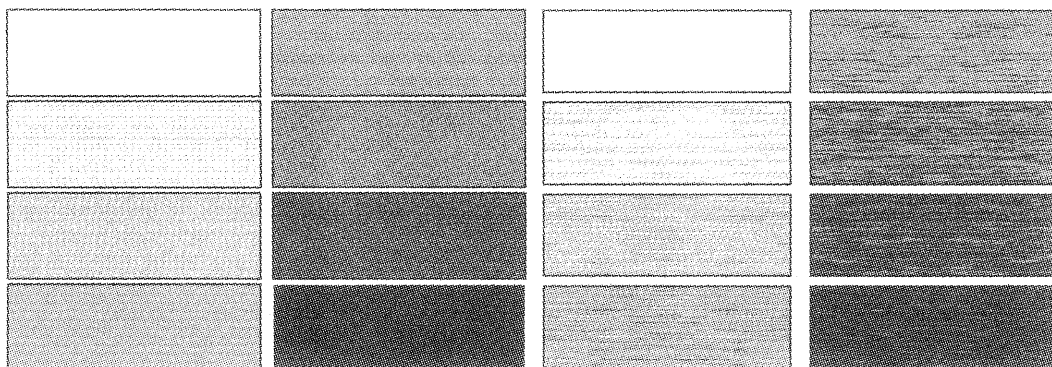


図6 平滑化縮小されたテクスチャ

図7 揺らぎ与えたテクスチャ

図8, 図9に, 図6, 図7のテクスチャを用いて生成した画像を示す。図9は図8に比較して, 手描き風の自然さが導入され, モアレ状のアーティファクトが解消されていることが確認できよう。

なお, 階調テクスチャは手描きの線分をスキャナなどで取り込むことにより生成することも可能である。そのテクスチャの大きさが出力画像のサイズより小さい場合は, テクスチャを繰り返し並べて利用すればよい。このとき, 単純に並べると線分のパターンが不連続となり, テクスチャの境界がはっきりと認識されてしまうため, 本手法では, テクスチャ

ヤを交互に左右あるいは上下に反転させながら並べ、境界が目立たないようにしている。  
図10に手描きの階調テクスチャを用いて生成した画像を示す。

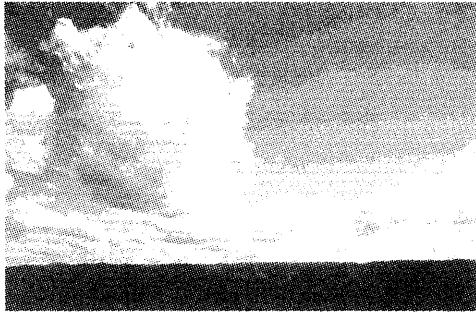


図8 図6のテクスチャを用いた生成例

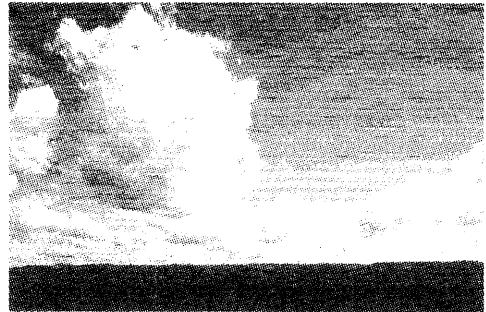
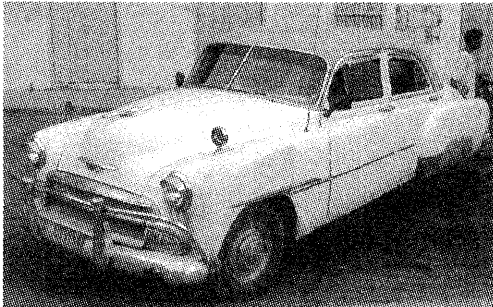
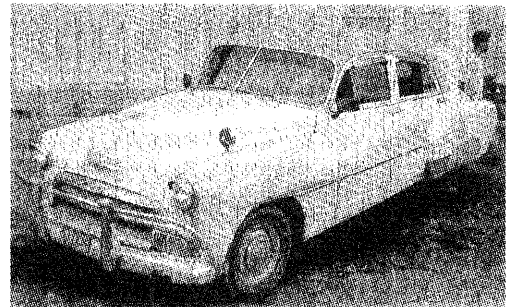


図9 図7のテクスチャを用いた生成例



(a)オリジナル画像



(b)生成画像

図10 手描きの階調テクスチャを用いた例

### 3. 2. モーフィングを利用したマッピング法

画家が線描画を制作する際に、対象の雰囲気強調するため、目で見ることにはできない流れ（風の流れなど）の線を引くことがある。ここでは、線描のためのマッピング法の拡張として、ユーザが指定した方向に沿ってマッピングする手法を提案する。

本手法は、表示されている濃淡画像（原画像）上にユーザがマウスで指定したベクトルをガイドラインとして、モーフィングに用いられているワーピング[6]を用いてテクスチャをマッピングするものである（図11参照）。図12に生成画像例を示す。

### 4. おわりに

本報告では、濃淡画像から、ペン画における基本的な描画法である線描と点描による絵画風画像へ変換する手法を提案した。さらに、細い線や点を表現する際のデジタル画像によるアーティファクトについて検討し、その抑制法を示した。

今後の課題としては、原画像のテクスチャの流れを解析し、その流れを反映したペン画調画像を得るための、描画アルゴリズムの拡張などが挙げられる。

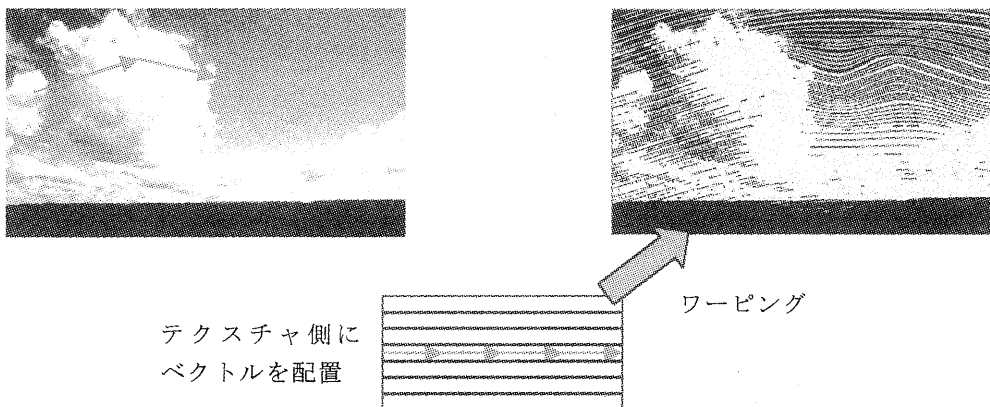


図11 モーフィングを利用したマッピング法

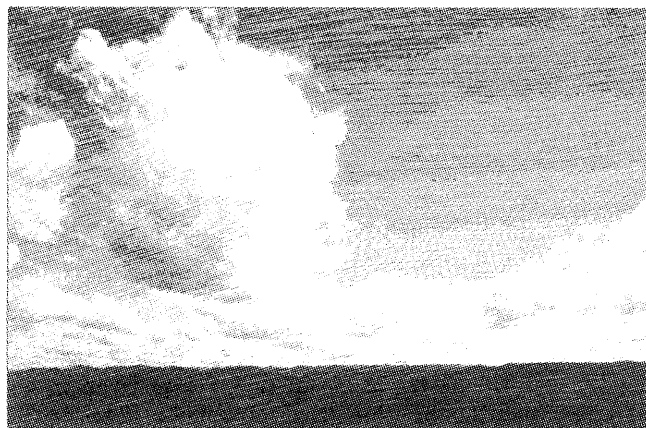


図12 モーフィングを利用したマッピング法による画像生成例

参考文献

- [1]Mike Salisbury, Corin Anderson, Dani Lischinski, David H. SAlesina, “Scale-Dependent Reproduction of Pen-and-Ink Illustrations”, SIGGRAPH 96.
- [2]L.Streit and J.Buchanan, “Inportance Draiven Halftoning”, EUROGRAPHICS '98.
- [3]Aaron Hertzman, “Painterly Rendering with Curved Brush Strokes of Multiple Sizes”, SIGGRAPH 98.
- [4]A. L. グブティル 著, “ペンで描く～スケッチから細密描写まで～”, マール社,1979.
- [5]クローディア・ナイス, “ペン&インク～動物・植物・人物・風景を描く～”,マール社. 1993.
- [6]Thaddeus Beier, Shawn Neely, “Feature-Based Image Metamorphosis”, SIGGRAPH 92.