

樹木の水墨画調レンダリング

張 青⁺, 高橋 淳也⁺, 村岡 一信⁺⁺, 千葉 則茂⁺

+ 岩手大学工学部

++ 盛岡短期大学

あらまし

筆者らは、3次元CGの枠組みの中で、水墨画調の画像(山水画)を生成するCG技法を確立するため、筆と紙に関する墨の移動・拡散モデルの構築と、樹木を例としてレンダリングアルゴリズムについて検討を行っている。本文では、まず水墨画の表現に要求される墨の振る舞いの特徴をまとめる。次に、現在開発している墨の移動・拡散モデルについて述べ、これに基づく筆および紙のモデルを提案する。さらに、樹木の骨格モデルをストロークへ分割する方法について述べ、筆と紙のモデルの適用例を示す。

India-ink-painting-like Rendering of Trees

Qing ZHANG⁺, Jun-ya TAKAHASHI⁺, Kazunobu MURAOKA⁺⁺ and Norishige CHIBA⁺

+ Iwate University

++ Morioka Junior College

ABSTRACT

We are trying to construct a transfer and diffusion model of india-ink in/on a paint brush and painting paper, and to design a rendering algorithm employing the model for producing india-ink-painting-like images of trees according to the three-dimensional computer graphics paradigm. In this paper, we first summarize the behavior of india-ink needed to be implemented the india-ink-painting algorithm. We next discuss the transfer and diffusion model of india-ink and we present the models of paper and a brush based on the model. Moreover, we describe the way of decomposing the skeleton model of a tree into strokes, and finally we will show several examples of images produced by applying the our methods.

1. はじめに

本研究の目的は、3次元CGの枠組みの中で、水墨画調の画像(山水画)を生成するCG技法の確立である。これまでのレンダリング技法は、いわゆるフォトリアリスティックな表現を目的に光の物理シミュレーション法という立場で開発され、多くの成果をあげてきている。一方、“非写實的”な表現法に関する研究も最近活発になってきている。これらの中には、3次元CGの枠組みの中でより理解しやすい画像を生成しようというもの[Saito90, 神原92, 島田94, Win94]や絵画調の画像を生成しようというものが含まれる。この後者の絵画調の表現には、これまで2次元CGや画像処理手法によるものが多く[Str86, Hae90, Nis93, 斎藤95], 3次元CGの枠組みの中でおこなった例は少ない。本研究は、3次元CGとして対象物体の幾何モデルから水墨画調の画像を生成するレンダリング法の開発を試みるものである。水墨画に関連する研究例としては、これまでフォント生成を目的としたもの[張憲86, 張憲93, 石亀94]や、2次元CGのための筆の開発を行ったもの[西田92, 張家93]などがある。ただし、墨の筆や紙の中での振る舞いをシミュレーションした例は少ない[Guo91]。筆者らは、樹木を例として水墨画調のレンダリングアルゴリズムについて検討を行っている。本文では、まず水墨画の表現に要求される墨の振る舞いの特徴をまとめる。次に、現在開発している墨の移動・拡散モデルについて述べ、これに基づく筆および紙のモデルを提案する。さらに、樹木の骨格モデルをストロークへ分割する方法について述べ、筆と紙のモデルの適用例を示す。

2. 水墨画の特徴

水墨画は、基本的には黒一色の墨の線および濃淡の調子のみによって、景物、心境を表現する絵画であり、筆、墨、紙、硯を用いて描かれる。この水墨画の表現には筆の運び(筆法)と用墨法が重要である[伊藤93, 関92]。

(a) 筆法 筆法には、主に直筆(中鋒)と側筆(側鋒)の2種類がある。直筆は、紙に対して筆軸を垂直に立てて描く運筆法である。穂先は描かれる線の中央を通るので、筆圧と筆速の変化による力強い線や太さの変化がある線を描き分けることができる。側筆は、筆軸を傾けて筆の腹を使って描く方法である。軸を手前に傾けたり、前方に傾けたり、応用範囲の広い描き方である。また、側筆の線は柔らかく、調墨による濃淡変化やにじみの表現ができる。

(b) 用墨法 墨と水を適当な割合で割合すると、様々な濃淡をもつ墨が得られる。この墨をうまく筆に含ませると、いろいろな階調、かすれ、にじみなどの表現ができる。このかすれやにじみは紙質によっても異なるので、表現内容によって紙質を選択することもある。

以上のことを考慮すると、水墨画の生成技法には以下のような水墨画の特徴を実現する機能が要求される。

- (1) 墨の濃度変化、にじみ、かすれが表現できる。
- (2) 紙の種類の違いによるにじみ、かすれが表現できる。
- (3) 直筆、側筆、渴筆などの筆法が表現できる。
- (4) 筆圧や運筆の速さによる筆跡の変化が表現できる。

以下では(1)を実現する一般的な墨の移動・拡散モデルを示し、これを用いて紙および筆のモデルを提案する。提案手法により(2)～(4)の性質が表現できる。ただし、(2)において現在紙の種類については考慮していない。しかし、紙の上の墨のにじみ、かすれは表現できる。

3. 墨の移動・拡散モデル

本節では墨の濃度変化、にじみ、およびかすれを表現するための墨の移動・拡散モデルを示す。“墨”を水粒子および墨粒子から構成されるとする。筆や紙を仮想的なセルの配列でモデル化し、墨の振る舞いをセル間の移動・拡散としてシミュレーションする。

墨の移動・拡散のシミュレーションは以下の計算を適当な回数繰り返すことで行う。

(1) それぞれのセルから隣接セルへの水の移動量を計算する。

(2) それぞれのセルから隣接セルへの墨粒子の拡散を計算する。

水は保水量を越えた分について水量の少ない近傍セルへ分散移動させる。墨粒子は、やはり墨の保有量を越えた分について、濃度勾配に従って近傍セルへ拡散させる。詳細は以下のようなになる。

(1) について:セル C からその近傍セル C_j $1 \leq j \leq 8$ への移動量 dW_j は以下のように計算する。

$$dW_j = kw(W - \max\{W_{min}, W_0\})(W - W_j)/W_s$$

ただし、 W はセル C の水量、 W_j $1 \leq j \leq 8$ は近傍セルの水量をあらわし、 W_0 はセル C の保水量とする。また、 kw は水の移

動係数で、

$$W_{min} = \min\{W_j\}$$

$$W_s = \sum_{j \in \{1 \leq j \leq 8 | W - W_j > 0\}} (W - W_j)$$

とする。

(2) について:セル C からその近傍セル C_j $1 \leq j \leq 8$ への墨の移動量 dI_j は以下のように計算する。

$$dI_j = ki(I - \max\{I_{min}, I_0\})(I - I'_j)/W_s$$

ただし、 I はセル C の水量、 I_j $1 \leq j \leq 8$ は近傍セルの水量をあらわし、 I_0 はセル C の墨粒子の保有量を I_0 とする。また、 ki は墨の移動係数で、

$$I_{min} = \min_{1 \leq j \leq 8} \{I'_j\}$$

$$I'_j = d \cdot W$$

$$d = (I + I_j)/(W + W_j)$$

$$I_s = \sum_{j \in \{1 \leq j \leq 8 | I - I'_j > 0\}} (I - I'_j)$$

とする。また、水を保有していないセルへの墨粒子の拡散は行わない。

4. 紙および筆のモデルの検討

以上のようなセルオートマトンとしてモデル化された墨の移動・拡散モデルを用い、紙および筆での墨の伝搬をシミュレートする。

[紙のモデル]

紙は繊維の間に毛細管現象により吸水性や保水性をもつ。墨のにじみやかすれの印象には紙の繊維の分布が大きく効いてくる [Guo91]。これを実現するためには、セルの解像度を高くし、繊維の方向を表すように移動係数と拡散係数を定め

るとよいと考えられる。今回はこれを行わず均等な係数としている。

[筆のモデル]

筆のモデルとしては、直接的に現象（墨跡）を表現する方法 [Hae90, Nis93, 張93, 石亀94] と、筆と墨の振る舞いからシミュレーションする方法が考えられる。筆者らは、かすれやにじみ、乱れた穂先による濁筆の表現のために、後者のタイプのモデルを開発を目指している。現在は、図1に示すように、セル列で表現された剛毛の集合上の墨の移動として筆をモデル化している。

筆の場合は、剛毛の接線方向で水の流れが流暢であり、法線方向では流れにくい。したがって筆における墨の移動・拡散のシミュレーションでは、接線方向と法線方向の値を変えておくとよい。筆の表現のためには、さらに筆先端に向かって墨が流れやすく、先端の方に溜まるようにする必要がある。そのためには、筆の先端に向かって小さくなるような水量に関するバイアスを持たせると良い。

このような筆と紙のセルオートマトンを用いて、筆から紙への移動・拡散をシミュレーションするためには以下のようにすればよい。図1に示すように、筆のセルと紙のセルを接触させ、接触部において、筆と紙のセル間の移動・拡散の計算を含めて、筆と紙全体に亘る計算を行う。適当な回数の繰り返し計算の後、筆と紙の接触位置を変更するというステップを繰り返し、筆跡を形成する。筆の速度に応じて繰り返し回数を制御するとよい。すなわち、速いときは少なく、遅いときは多くする。このことより、かすれも実現される。図2に、筆と紙の総合的な

シミュレーション例をいくつか示す。(a-1) から (a-4) は筆の水および墨の伝搬係数や保有量は一樣にしており、(b-1) から (b-4) はこれらの値を筆の中心ほど大きくなるように線形変化させている。また墨と水の配合比は、(a-1), (a-2), (b-1) および (b-2) は 1:1, (a-3) および (b-3) は 3:1, (a-4) および (b-4) は 1:3 としている。筆の速度は、(a-1) および (b-1) が等速の場合、その他の例は始点と終点でおそく、途中を速くした場合である。それぞれの変化の違いにより墨の拡散による濃淡、およびにじみやかすれの違いが見られる。

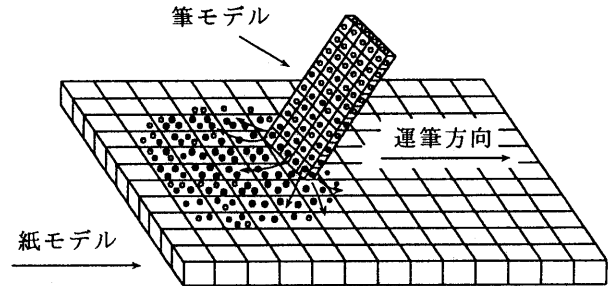


図1 筆と紙のモデル

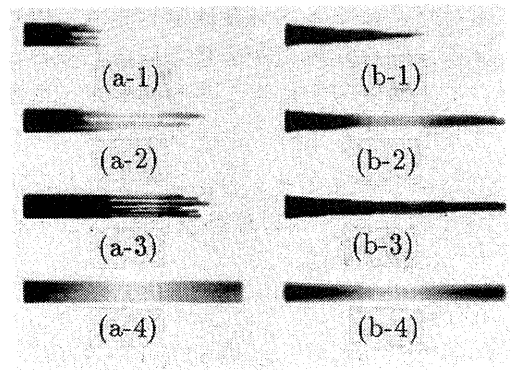


図2 シミュレーション例

5. 樹木の幾何形状データからストロークの生成

本研究では、樹木の水墨画を描くために、筆者らの一部が開発した樹木の生長シミュレーションにより得られる3次元骨格データを用いている。以下ではこの骨格データから筆ストロークの生成方法を述べる。樹木の生長シミュレーションの出力として骨格データ、すなわち枝の端点の3次元座標、親枝から小枝への分枝角および枝の太さが得られる。これらのパラメータを用いてストロークの生成を以下のように行う。

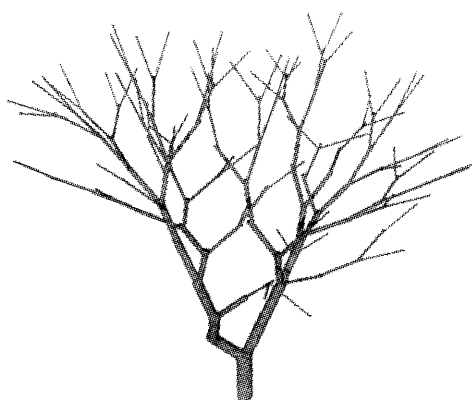
1. 枝が存在する限り以下の処理を行う。
2. 最も根元に近い枝から先端に向かって太い方の子をたどっていく。ただし、太さが同じ場合は手前にある枝を優先する。また、方向距離が同じ場合には親枝の方向ベクトルにより近いベクトルを持つ小枝を優先する。
3. 先端までたどり終わるか、枝の列を平行投影したとき、定められた閾値以上の角度をなす子を持つ枝が現れたら、その列を1つのストロークとして登録し骨格データより削除する。

水墨画において奥行き感を表現するために、枝の前後関係により濃淡を与えたり、奥の枝から手前の枝を描くというような筆順を定める必要がある。そのために、本研究では各ストロークの先端の奥行き座標の昇順にソートし筆順を定める。墨の濃淡は筆順によって変化させる。以上の手法で生成した樹木の水墨画調の画像例を図3に示す。

(a) が使用した骨格データによる樹木のCG画像で、(b) がこれを水墨画調表現したものである。

6. おわりに

本報告では、水墨画調の画像生成に必要なとされるシミュレーションの機能をまとめた。次に必要な機能の1つである墨のにじみ、かすれなどの表現を実現するための墨の移動・拡散モデルを検討し、樹木の水墨画調の画像を生成した。今後の課題として、モデルの樹木に限らない対象物へと適用範囲を広げることが挙げられる。



(a)



(b)

図3 画像生成例

謝辞

本研究の一部は、文部省科学研究費補助金（一般研究(B)06452406）および(財)電気通信普及財団・研究助成金の補助による。

参考文献

- [石亀 94] 石亀昌明, 三浦望, 松尾広, 筆のモデルによる毛筆文字生成アルゴリズムの検討, 平成6年度第3回情報処理学会東北支部研究会資料, 94-3-16, 1994
- [神原 92] 神原章, 近藤邦彦, 佐藤尚, 島田静雄, 3次元形状表現のための高品位白黒画像の描画法, 情報処理学会研究会報告・グラフィックスとCAD, 56-3, pp.11-16, 1992
- [斎藤 95] 斎藤豪, 中嶋正之, FFTを用いた写真からの手書き風画像の自動生成, 情報処理学会研究会報告・グラフィックスとCAD, 74-3, pp.11-16, 1995
- [島田 94] 島田繁広, 近藤邦彦, 佐藤尚, 島田静雄, 神原章, ドットラインシェーディングによる白黒画像のための強調描画手法, 情報処理学会グラフィックスとCADシンポジウム論文集, pp.41-47, 1994
- [張家 93] 張家鈞, 大野義夫, スケルトン方式による墨跡の表現に関する研究, 情報処理学会研究会報告・グラフィックスとCAD, 61-1, pp.1-8, 1995
- [張憲 86] 張憲栄, 真田英彦, 手塚慶一, 計算機による様々な書体生成に適合する筆触パターンの提案, 電子通信学会論文誌, Vol. J 69-D, No. 6, pp.885-892, 1986
- [張憲 86] 張憲栄, 李華妹, 真田英彦, 手塚慶一, 自由連筆の可能な毛筆書き平仮名の生成, 電子通信学会論文誌, Vol. J 76-D-II, No. 9, pp.1868-1877, 1993
- [西田 92] 西田友是, 田北普一, 中前栄八郎, Bezier関数を用いた墨絵の表現, 情報処理学会・グラフィックスとCGシンポジウム'92論文集, pp.153-160, 1992
- [Hae90] P. Haerberli, Paint By Numbers: Abstract Image Representations, Vol.24, No.4, 1990
- [Guo91] Q. Guo and T.L.Kunii, Modeling Diffuse Painting of 'Nijimi', Proceedings of the IFIP WG 5.10 Working Conference, Tokyo, Japan, pp.329-338, 1991.
- [Nis93] T.Nishita, A Display Algorithm of Brush Strokes Using Bezier Functions, Communicating with Virtual Worlds, pp.244-257, 1993
- [Saito90] T. Saito and T. Takahashi, Comprehensible Rendering of 3-D Shapes, Computer Graphics, Proc. of SIGGRAPH 90, pp.197-206, 1990
- [Str86] S.Strassman, Hairy Brushes, Computer Graphics, Vol.20, No.4, 1986
- [Win94] G. Winkenbach and D. H.Salesin, Computer-Generated Pen-and-Ink Illustration,

Computer Graphics, Proc. of SIGGRAPH 94, pp.91-100, 1994

[関 92] 関, 水墨画テキスト, 日貿出版社, 1992

[伊藤 93] 伊藤, 水墨画入門, 梧桐書院, 1993