

## 水彩パース図風レンダリング法

中川 大介 藤本 忠博 村岡 一信 千葉 則茂  
岩手大学工学部

本報告では、建築等の完成イメージ図などに用いられるパース図を取り上げ、3次元幾何モデルから水彩画調パース図を自動生成する手法について提案する。実際のパース図の制作では輪郭線を描いた後に彩色するため、本手法では、まず、物体のエッジを検出して輪郭線を描き、次に幾何モデルのレンダリング情報を用いて彩色を行い、水彩画調のパース画像を生成する。

### Watercolor-Style Rendering of Perspective Drawings

Daisuke Nakagawa, Tadahiro Fujimoto, Kazunobu Muraoka and Norishige Chiba

Iwate University, Faculty of Engineering

We propose a method for automatically generating watercolor-style perspective drawings from three-dimensional geometric models for application in areas such as architectural design. In this non-photorealistic rendering process, object outlines are detected and drawn, and watercolor-style coloring is performed based on color data obtained by rendering the geometric model.

#### 1. はじめに

近年、コンピュータグラフィックス(CG)において非写実的なレンダリング法の研究が盛んに行われている[1,3-19]。本報告ではパース図を3次元幾何モデルから自動的に生成する手法を提案する。これまで非写実的なレンダリング法として水彩画、油絵、ペン画等の多くの研究が報告されてい

るが、パース図に注目したものは少ない。CGによる写実的なレンダリングが可能な現在においても、建築等の分野においては完成予想図などにパース図が好んで用いられている。パース図は手描きで制作されているが、これをCADデータなどから自動的に生成することができれば、時間と労力の軽減に役立ち、より手軽に利用されるようになるこ

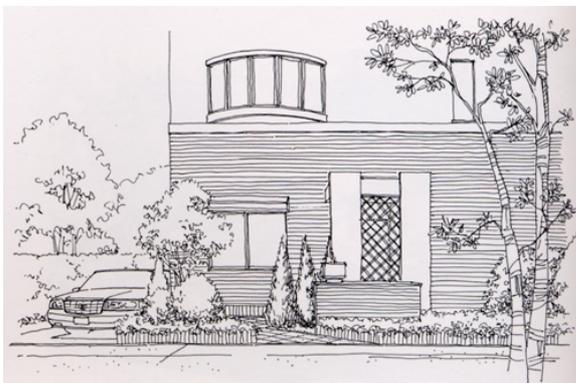


図1 実際のパース図[2]

とが期待できる。

実際のパース図は主に大きく分けて2つの描画法が用いられている。1つは対象物の輪郭線をペン等で描画するものであり、もう1つは対象物に彩色を施すものである(図1参照)。輪郭線は対象物を鮮明にする効果がある。彩色は暖かみのある印象を与えるため、一般的に淡い色が用いられることが多い。

本手法では、このようなパース図制作の特徴を踏まえ、輪郭線描画と彩色の2段階で画像生成を行う。

## 2. 水彩パース図風画像のレンダリング法

本手法は輪郭線の描画と彩色の2段階により画像生成を行う。

### 2.1 輪郭線の描画

輪郭線の描画は(1)輪郭ピクセルの登録、(2)輪郭ピクセルの線分化、(3)線の描画、の3ステップにより行う。

#### (1)輪郭ピクセルの登録

幾何モデルを、レイトレーシング法によってレンダリングしながら、次の2つの条件

- ・ 隣り合うピクセルの法線ベクトルのなす角が閾値以上である
- ・ 隣り合うピクセルが異なるオブジェクトが異なるのうちどちらかを満足するピクセルを検出し、それを輪郭線ピクセルとして登録する。輪郭線を登録した例を図2に示す。

#### (2)輪郭線ピクセルの線分化

登録した輪郭線ピクセルを以下の手順で線分化する。

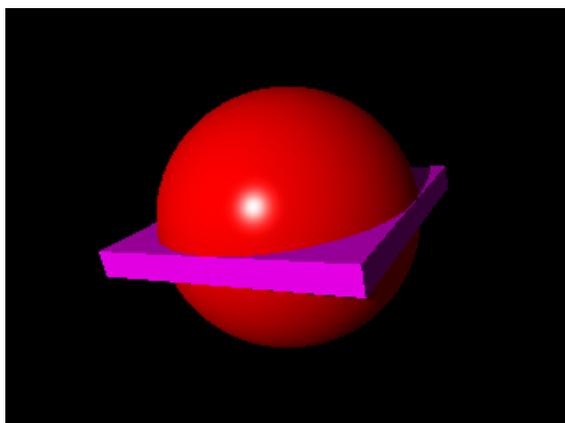
ステップ1:画像上のピクセルを左上から順にスキップする。

ステップ2:輪郭ピクセルなら次のステップへ。そうでなければステップ6へ。

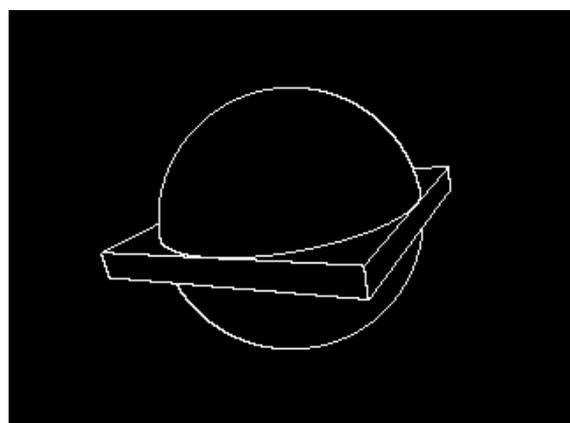
ステップ3:ステップ2の輪郭ピクセルを  $P_0$  とする(図3(a))。

ステップ4:ピクセルの8近傍を調べ、輪郭ピクセルがあればそれを  $P_n$  として次のステップへ(図3(b))。そうでなければステップ1へ戻る。

ステップ5:ピクセル  $P_n$  が、「それまでのピクセル列と同一直線上にない」とき、 $P_0$ を始点  $P_{n-1}$  を終点とする線分として登録し、 $P_0$



(a)シェーディング画像



(b)輪郭線

図2 輪郭線登録

から  $P_{n-1}$  までのピクセルを輪郭ピクセルから除外してステップ1へ戻る。そうでなければステップ4へ戻る。

ステップ6: 画像のすべてのピクセルをスキャンしたなら終わる。そうでなければステップ1へ戻る。

ここで、ステップ5の「それまでのピクセル列と同一線上にない」ときの判断について補足する。

ピクセル  $P_n(x_n, y_n)$  から始点  $P_0(x_0, y_0)$  に向けて仮想的に直線を引く。この直線の式は、

$$(y_n - y_0)x - (x_n - x_0)y - x_0y_0 + x_ny_0 = 0$$

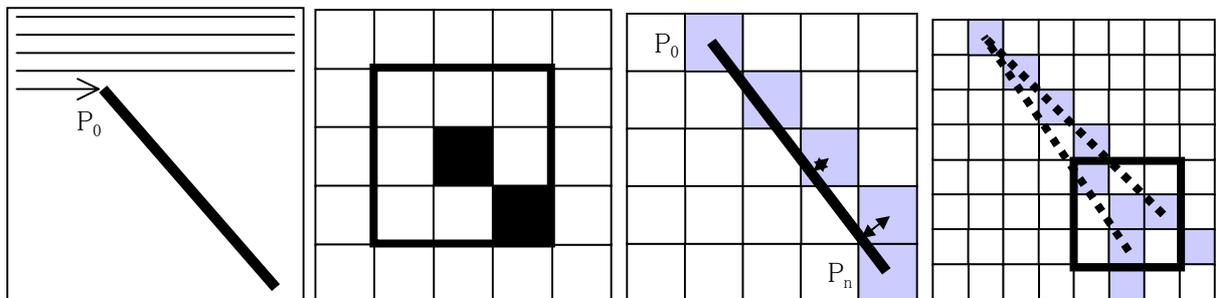
である。

始点を除くそれまでのピクセル列( $P_1(x_1, y_1), \dots, P_{n-1}(x_{n-1}, y_{n-1})$ )について、ピクセル  $P_i$  から直線までの距離  $d_i$  が誤差  $\varepsilon$  未満である場合、すなわち次式を全てのピクセルが満たしている場合、ピクセル  $P_n$  はそれまでのピクセル列と同一線状にあるとみなす。(図3(c))。

$$d_i = \frac{|(y_n - y_0)x_i - (x_n - x_0)y_i - x_0y_0 + x_ny_0|}{\sqrt{(y_n - y_0)^2 + (x_n - x_0)^2}} < \varepsilon$$

$$(1 \leq i \leq n-1)$$

なお、ステップ4において輪郭ピクセルが複数ある場合は、 $\varepsilon$  の値がもっとも小さいピクセルを選択する(図3(d))。



(a) 始点の探索

(b) 8近傍

(c) ピクセル列の線分化

(d) 複数

図3 線分化

### (3) 輪郭線の描画

輪郭線の描画には文献[1]の手法を用い、輪郭線のためのストローク  $S$  は次式で表される。

$$S = (P(u) + C_w(u)) * N(C_p(u))$$

ここで、 $P(u)$  は(2)で求められたストロークの通り道を表す関数で、ストロークの始点と終点はそれぞれ  $u=0, u=1$  で表される。 $N(p)$  はペン先の形を記す関数であり、 $p$  は筆圧を表すパラメタ、 $C_w(u)$  はストロークに揺らぎを与えるための関数、 $C_p(u)$  は筆圧関数である。図4に適用例を示す。

## 2.2 彩色処理

レンダリング画像と紙を表現するための画像を用意する。レンダリング画像はレイトレーシング法により輪郭線情報を検出する際に同時に生成する。この画像の各ピクセルはRGB値と不透明度 ( $O:0 \sim 1$ ) を持ち、不透明度の初期値は0とする。アルゴリズムは以下のようである。

ステップ1. 紙の画像(白色)を下層、レンダリング画像を上層のレイヤとして配置する。

ステップ2. 筆のストロークを生成する。

ステップ3. ステップ2で作成したストロークに従い一定の幅を持つ筆を移動し、筆が移動した領域の不透明度を高くする(図5参照)。

ステップ4. 紙( $P$ )とレンダリング画像( $I_{rend}$ )のレイヤを次式で合成し、彩色画像( $I$ )を得る。

$$I = I_{rend}O + P(1 - O)$$

ステップ2における筆のストロークの生成は次のように行う。

- (1) 画像のピクセルを左上から順にスキャンする。  
物体を構成するピクセルが見つかった場合は、これを筆ストロークの開始点とし(2)へ。そうでなければ(4)へ。
- (2) 開始点を筆ストロークの先端として、次の(2-1),(2-2)を繰り返しストロークの終了点を求める。
- (2-1) 先端の光源ベクトル  $L$  と、物体の法線ベクトル  $N$  との外積を求める。このベクトルをスクリーンに投影したベクトルの先端を、筆ストロークの新しい先端とする。



図4 輪郭の描画

- (2-2) 筆ストロークの先端が、物体の領域の外に出たか、不透明度が閾値 (Max\_Pressure) より高い場合、その直前までの先端を、筆ストロークの終了点とする。
- (3) 開始点から終了点までのベクトルの集合を、筆ストロークとして登録する。
- (4) 画像のすべてのスキャンを終えた場合は終了。そうでなければ(1)へ戻る。

なお、手書き風の印象を与えるため、上の手順で得られた筆ストロークにノイズを付加する(図6参照)。

筆のモデルは以下のパラメータを持つ。

- Brush\_Pressure

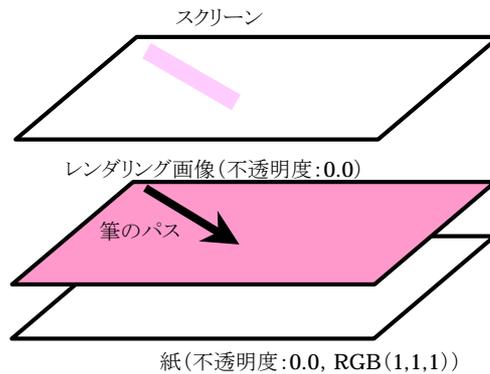


図5 彩色のモデル

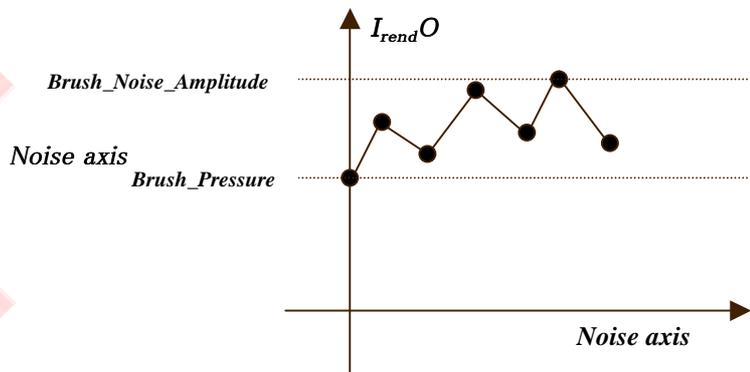
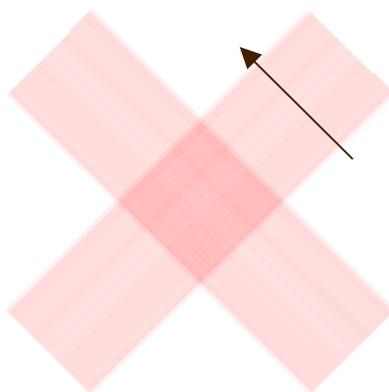


図6 ノイズの付加

筆を通過させた時、不透明度を上げる基本的な値.

- Brush\_Width  
筆の幅.
  - Brush\_Noise\_Amplitude  
Brush\_Pressure に加えるノイズの最大振幅.
- 図7に筆のモデルを適用した例を示す.

### 3. 画像生成結果

本手法による画像生成例を図8に示す. (a)は通常のレンダリングを行った画像であり, (b)は本手法により輪郭線と彩色のシミュレーションを行った画像である. (c)は(a)の画像において輝度値が0.2以下の領域(色が濃い領域)の不透明度を0.2増加し, ややコントラストを高くした画像である. 実際のパース図のように, 輪郭線と彩色からなる画像を生成できることが確認できる. しかしながら, 輪郭線にペンや鉛筆のような質感, また, 彩色のための筆の質感が十分とはいえないため, これらの改良が必要である.

### 4. おわりに

本報告では3次元幾何モデルから水彩パース図風画像を生成するための基本的な手法を提案した. 鉛筆や筆の質感を向上させるため, 今後は,

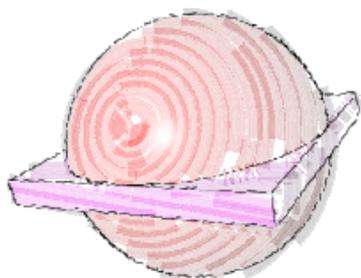
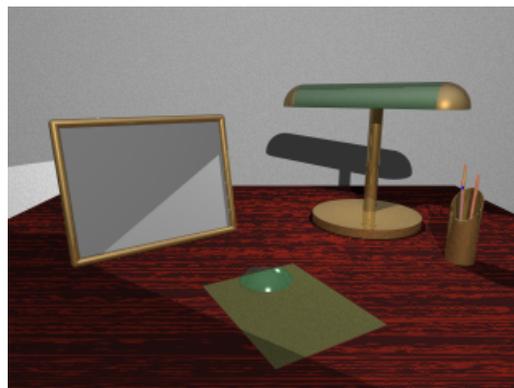


図7 筆モデルの適用

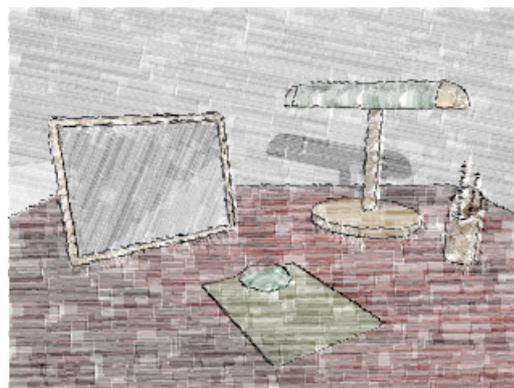
紙質等を考慮したモデルへ改良する予定である.

### [参考文献]

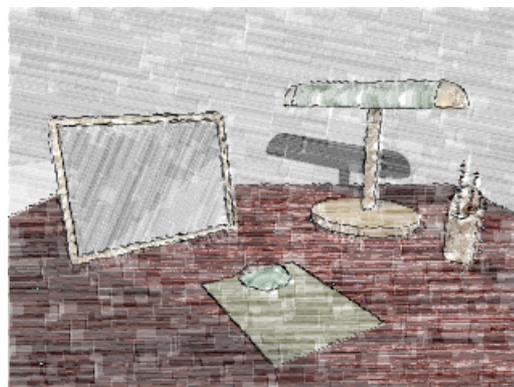
- [1] Georges Winkenbach and David H. Salesin. Computer-Generated Pen-and-Ink Illustration. In SIGGRAPH'94, pp.99-100.



(a)シェーディング画像



(b)生成画像



(c)if(輝度値<0.2) $I_{\text{rend}} O+0.2$

図8 生成画像例

- [2]宮後浩, “緑のプレゼンテーション-GREEN PRESENTATION-”, 学芸出版社, 2000.
- [3]中川大介, 山口恵介, 村岡一信, 藤本忠博, 千葉則茂, 濃淡画像からペン画調画像への変換法 -線描, 点描-, 画像電子学会誌掲載予定, 2001.
- [4]Barbara J. Meier. Painterly rendering for animation. In Holly Rushmeier, editor, SIGGRAPH 96 Conference Proceedings, pp.477-484. Addison Wesley, August 1996.
- [5]Hertzmann, A. 1998. Painterly rendering with curved brush strokes of multiple sizes. In Proc. ACM SigGraph, pp. 453-460.
- [6] L. Markosian, M. Kowalski, S. Trychin, and J. Hughes. RealTime Non-Photorealistic Rendering. In SIGGRAPH 97 Conference Proceedings, August 1997.
- [7]J. D. Northrup and Lee Markosian. Artistic silhouettes: A hybrid approach. In Non-photorealistic Animation and Rendering. ACM SIGGRAPH, June 2000.
- [8]Zelevnik, R.C., Herndon, K.P., Hughes, J.F., SKETCH: an interface for sketching 3D scenes. Proceedings of SIGGRAPH '96. 1996. ACM. pp. 163-70.
- [9]L.Streit, O.Veryovka and J.Buchanan. Non-photorealistic Rendering Using an Adaptive Halftoning Technique In Skigraph '99.
- [10]Oleg Verevka and John W. Buchanan. Halftoning with Image-Based Dither Screens. In GI'99, pp.167-174.
- [11]L.Streit and J.Buchanan. Importance Driven Halftoning. In EUROGRAPHICS'98, pp.C-207-C-217.
- [12]O. Veryovka and J.Buchanan. Comprehensive Halftoning of 3D Scenes, In EUROGRAPHICS'99, pp.C-14-C-22.
- [13]Michael P.Salisbury, Michael T.Wong, John F.Hughes, and David H.Salesin. Orientable Textures for Image-Based Pen-and-Ink Illustration. In SIGGRAPH '97, pp.401-406.
- [14]Georges Winkenbench and David H.Salesin. Rendering Parametric Surfaces in Pen and Ink. In SIGGRAPH '96, pp.469-476.
- [15]Oliver Deussen, Jorg Hamel, Andreas Raab, Stefan Schlechtweg and Thomas Strothotte. An illustration technique using hardware-based intersections and skeletons. In GI'99, pp.175-182.
- [16]Jorg Hamel, Stefan Schlechtweg and Thomas Strothotte. An Approach to Visualizing Transparency in Computer-Generated Line Drawings. Proceedings of Information Visualisation '98 , pp. 151-156, IEEE Computer Society, 1998.
- [17]Takafumi Saito and Tokiichiro Takahashi. Comprehensible Rendering of 3-D Shapes. In SIGGRAPH '90, pp.197-206.
- [18]J.Hamel and T.Strothotte. Capturing and Re-Using Rendition Styles for Non-Photorealistic Rendering. In EUROGRAPHICS '99, pp.C-173-C-182.
- [19]Gershon Elber. Interactive Line Art Rendering of Freeform Surfaces. In EUROGRAPHICS '99, pp.C-1-pp.C-12.