JAIST Repository
https://dspace.jaist.ac.jp/

Title	絵筆の種類とキャンバスの表面状態を考慮した油絵風CG画像表現に関する研究
Author(s)	鈴木,裕紀; 剣持,雪子; 小谷,一孔
Citation	情報処理学会研究報告 : オーディオビジュアル複合情報処理, 99(107): 19-24
Issue Date	1999-12
Type	Journal Article
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/3289
Rights	社団法人 情報処理学会, 鈴木裕紀／剣持雪子／小谷一孔, 情報処理学会研究報告 : オーディオビジュアル複合情報処理, 1999(107), 1999, 19-24. ここに掲載した著作物の利用に関する注意: 本著作物の著作権は（社）情報処理学会に帰属します。本著作物は著作権者である情報処理学会の許可のもとに掲載するものです。ご利用に当たっては「著作権法」ならびに「情報処理学会倫理綱領」に従うことをお願いいたします。 The copyright of this material is retained by the Information Processing Society of Japan (IPSJ). This material is published on this web site with the agreement of the author (s) and the IPSJ. Please be complied with Copyright Law of Japan and the Code of Ethics of the IPSJ if any users wish to reproduce, make derivative work, distribute or make available to the public any part or whole thereof. All Rights Reserved, Copyright (C) Information Processing Society of Japan.
Description	

JAIST
JAPAN
ADVANCED INSTITUTE OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY

Japan Advanced Institute of Science and Technology

オーディオビジュアル複合情報処理　27－4
（1999. 12. 16）

絵筆の種類とキャンバスの表面状態を考慮した油絵風ＣＧ画像表現に関する研究

鈴木 裕紀　剣持 雪子　小谷 一孔
北陸先端科学技術大学院大学　情報科学研究科
923-1292 石川県能美郡辰口町旭台１丁目１番地
Tel: 0761-51-1231
E-mail: {h-suzuki, kenmochi, ikko}@jaist.ac.jp

あらまし

コンピュータグラフィックスによる油絵風画像の生成には、1. 筆やキャンバス、絵具によって生じる筆跡の再現、2. 構図やデッサンにしたがって筆を置く位置の決定という２つのプロセスが必要である。本稿では上記のプロセス１に着目する。まず、筆跡の特徴を分類し、筆の種類に応じて筆跡の形状についてモデル化する。そして、キャンバスの凹凸などの表面状態もモデル化して、油絵の筆跡に見られるかすれなどの油絵独特の特徴の表現を試みる。

キーワード　油絵風CG画像，　筆跡のアウトラインモデル，　キャンバスの凹凸モデル，　掠れ

Computer-Generated Oil Painting with Brush and Canvas Models

Hiroki SUZUKI　Yukiko KENMOCHI　Kazunori KOTANI
Schook of Information Science, Japan Advanced Institute of Science and Technology
1-1 Asahidai Tatsunokuti Nomi Ishikawa 923-1292 Japan
Tel: +81-761-51-1231
E-mail: {h-suzuki, kenmochi, ikko}@jaist.ac.jp

Abstract

In the generating CG images like oil paintings, two processes are necessary. The first is deciding the brush position according to the composition and sketch. The second is generating the brush stroke by using a paint brush, a canvas, and oil colors. We classify the type of brush strokes and make models to shape the brush strokes according to the brush types and the canvas. We show that the characteristics of oil painting brush strokes such as the scratchiness.

key words　CG images like oil paintings,　brush stroke model,　canvas model,　scratchiness

1 はじめに

コンピュータ上で水墨画風や水彩画風、油絵風といった筆や絵具などを用いて描いたようなノンフォトリアリスティックな画像を生成する研究が行われている [1][2][3]。このような研究はアーティストにコンピュータグラフィックス上で新たな表現手段を提供するだけでなく、絵画を描くことに不慣れな人がコンピュータ上で絵画を描くための支援ツールとしての役割が期待できる。

絵画は一般に筆を用い、その筆跡をキャンバスの上に残すという作業を繰り返すことによって生み出される。よってコンピュータ上で絵画風画像を生成するには

1. 筆やキャンバス、絵具によって生じる筆跡を再現する
2. 構図やデッサンにしたがって筆を置く位置や配色などを決定する

という 2 つのプロセスが必要になる。

上記の 1 のプロセスに関して、簡易的に矩形や円等の幾何図形 [4][5] や筆跡のテクスチャ [5] を用いるもの等があるが、一方で筆や絵具や紙などを考慮に入れて筆跡を生成する方法もある [6][7]。これらの研究では、油絵の筆跡についての検討が充分に行われておらず、油絵の筆跡の特徴を再現する事が難しい。そこで本研究では、まず筆とキャンバスが筆跡のどのような特徴に関係するのかを分類し、各々をモデル化して、油絵独特の特徴を表現できる筆跡の再現を目指す。

2 油絵における筆跡の特徴

以下に油絵における筆跡の特徴の代表的なものを挙げる。

1. 曲線や直線が描ける
2. 長い筆跡や短い筆跡が描ける
3. 太い筆跡や細い筆跡が描ける
4. 筆の型に応じた筆跡形状をなす
5. 掠れが生じる
6. 刷毛目が生じる
7. 盛り上がりが生じる

これらの特徴が表れる要因を考えると表 1に示す通りになる。筆やキャンバスや絵具といった画材などの要因が相互に影響し合って筆跡は生成される。本稿では、特徴 1 から 5 までを再現できるように、いわゆるストロークと呼ばれる筆跡のモデル化を行う。筆の毛の跡や乱れによる刷毛目 (特徴 6) やインパスト等の絵具の盛り上がり (特徴 7) については別途検討を行う。

表 1: 筆跡の特徴を表す要因

特徴	特徴を表す要因
1	筆の動かし方
2	筆の動かし方
3	筆の大きさ, 筆圧等
4	筆の型の種類
5	キャンバスの凹凸, 絵具の量や粘性
6	筆の堅さ, 毛の粗密と乱れ, 絵具の粘性等
7	絵具の量や粘性, 筆の動かし方等

3 筆跡生成モデル

前述した筆跡の特徴のうち 1 から 4 は筆跡の形状に関するものであり、特徴 5 に関しては筆跡内部の絵具の載り具合に関するものである。よって、コンピュータ上で筆跡を生成するには、

(a) 特徴 1 から 4 の筆跡形状を表現するために、筆跡のアウトラインを生成する

(b) 特徴 5 の掠れを表現するために絵具が載る部分と載らない部分を算出して筆跡内部の色を決定する

という 2 つの処理が必要になる。

3.1 筆跡のアウトライン生成

筆跡のアウトラインを生成する手順として、まず筆を動かす軌跡を筆跡の中心点として入力する。各中心点において筆跡の幅を計算し、アウトライン点を求める。そして、求めたアウトライン点を接続することにより、筆跡のアウトラインを出力として得る。筆跡のアウトライン生成の流れを図 1に示す。

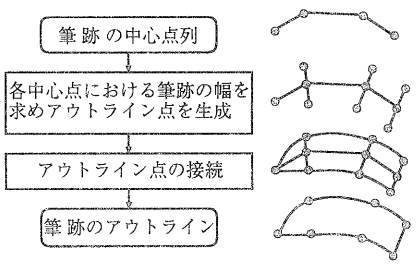


図 1: 筆跡のアウトライン生成の流れ

ここで、求めなければならない筆跡の幅は筆の型の種類、筆の太さ、毛の長さや毛の堅さ、筆圧、筆を動かす方向と筆先の方向の差等によって変わる。筆跡の幅を求めるにあたり、筆の型の種類に関して、代表的な丸筆と平筆について考える。

3.1.1 丸筆の筆跡の幅の算出

中心点 C_n における筆跡の幅 l_n を筆圧 p_n を用いて式 (3.1) で表す。

$$l_n = \begin{cases} \frac{m_n}{\sqrt{h}}\sqrt{p_n}, & p_n < h \\ m_n, & p_n \geq h \end{cases} \tag{3.1}$$

ここで、h は筆の堅さであり、m_n は筆跡の幅の最大値で式 (3.2) で与える。

$$m_n = \begin{cases} -2\frac{b_l + b_{w1}}{\pi}\alpha_n + 2b_l + b_{w1}, \\ \qquad 0 \leq \alpha_n < \frac{\pi}{2} \\ 2\frac{b_l + b_{w1}}{\pi}\alpha_n - b_{w1}, \\ \qquad \frac{\pi}{2} \leq \alpha_n < \pi \\ -2\frac{b_l + b_{w1}}{\pi}(\alpha_n - \pi) + 2b_l + b_{w1}, \\ \qquad \pi \leq \alpha_n < \frac{3\pi}{2} \\ 2\frac{b_l + b_{w1}}{\pi}(\alpha_n - \pi) - b_{w1}, \\ \qquad \frac{3\pi}{2} \leq \alpha_n < 2\pi \end{cases} \tag{3.2}$$

ここで、b_{w1} は筆の太さ、b_l は筆の毛の長さである (図 2参照)。α_n は筆を動かす方向と筆先の方向の差

図 2: 丸筆の太さ b_{w1} と毛の長さ b_l

であり、式 (3.3) で表される。

$$\alpha_n = \beta_n - \theta_n \tag{3.3}$$

β_n は筆先の方向と x 軸との角度、θ_n は筆を動かす方向と x 軸との角度である。

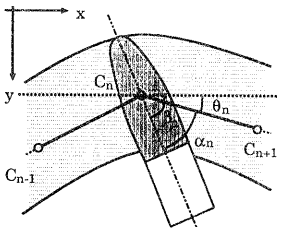


図 3: 筆を動かす方向と筆先の方向の差α_n

3.1.2 平筆の筆跡の幅の算出

平筆は口金が潰され、その形状は矩形をなしている。このような形状のために、平筆によって描かれる筆跡は、丸筆のそれとは異なり、

1. 筆圧が 0 付近でも、幅は 0 に近づかない

2. 筆の向きによって幅が変化する

という性質を持つ。これらの性質を表すために、予め筆の向きを表すパラメータ ε_n を導入する (図 4参照)。ε_n は x 軸と矩形の中心を通り矩形の短軸と平

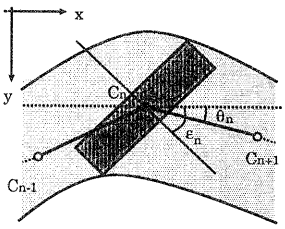


図 4: 筆の向きε_n

行な中心線とのなす角であり、また、b_l、b_{w1}、b_{w2} は図 5に示す通り、それぞれ筆の毛の長さ、平筆の太さ、平筆の厚さである。

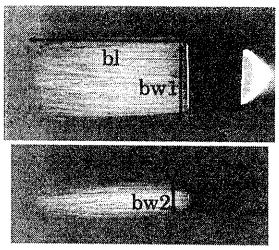


図 5: 平筆の太さ b_{w1} と厚さ b_{w2} と毛の長さ b_l

性質 1 を表せるように、中心点 C_n における筆跡の幅 s_n を筆圧 p_n を用いて式 (3.4) で表す。

$$s_n = \begin{cases} 0, & p_n = 0 \\ \sqrt{\frac{t_n^2 - b_{min}^2}{h}p_n + b_{min}^2}, & 0 < p_n < h \\ t_n, & p_n \geq h \end{cases} \tag{3.4}$$

ここで、h は筆の堅さ、b_{min} は平筆による筆跡の幅の最小値、t_n は平筆の筆跡の幅の最大値である。

性質 2 を表せるように、b_{min}を式 (3.5) で表す。

$$b_{min} = \begin{cases} r\sin(\delta_n + \gamma_n), & 0 \le \delta_n < \dfrac{\pi}{2} \\ r\sin(\delta_n - \gamma_n), & \dfrac{\pi}{2} \le \delta_n < \pi \\ -r\sin(\delta_n + \gamma_n), & \pi \le \delta_n < \dfrac{3\pi}{2} \\ -r\sin(\delta_n - \gamma_n), & \dfrac{3\pi}{2} \le \delta_n < 2\pi \end{cases} \tag{3.5}$$

ここで、rは平筆の幅b_{w1}と厚さb_{w2}がなす矩形の対角線の長さ、δ_nは筆を動かす方向と筆の向きの差、γ_nは矩形の中心線と対角線のなす角であり、各々式 (3.6)、式 (3.7)、式 (3.8) で表す。

$$r = \sqrt{b_{w1}^2 + b_{w2}^2} \tag{3.6}$$

$$\delta_n = \theta_n - \varepsilon_n \tag{3.7}$$

$$\gamma_n = \arctan\frac{b_{w1}}{b_{w2}} \tag{3.8}$$

また、筆跡の幅の最大値t_nは式 (3.9) で表す。

$$t_n = \begin{cases} -2\dfrac{b_l + b_{min}}{\pi}\alpha_n + 2b_l + b_{min}, & 0 \le \alpha_n < \dfrac{\pi}{2} \\ 2\dfrac{b_l + b_{min}}{\pi}\alpha_n - b_{min}, & \dfrac{\pi}{2} \le \alpha_n < \pi \\ -2\dfrac{b_l + b_{min}}{\pi}(\alpha_n - \pi) + 2b_l + b_{min}, & \pi \le \alpha_n < \dfrac{3\pi}{2} \\ 2\dfrac{b_l + b_{min}}{\pi}(\alpha_n - \pi) - b_{min}, & \dfrac{3\pi}{2} \le \alpha_n < 2\pi \end{cases} \tag{3.9}$$

ここで、α_nは筆を動かす方向と筆先の方向の差であり、丸筆と同様に式 (3.3) で表す。

3.1.3 アウトライン点の接続

式 (3.10) で示す 3 次 bezier 曲線を用いて、得られたアウトライン点O_{n+i} $(i = 0, 1, \cdots, 3)$ を接続してアウトラインを求める。

$$P_n(t) = \sum_{i=0}^{3} i^i (1-t)^{3-i} O_{n+i}, \quad 0 \le t \le 1 \tag{3.10}$$

3.2 筆跡内部の着色

筆跡内部には単純に塗りつぶされる部分と掠れの生じる部分が 2 つ存在する。ここで、掠れとは筆跡内部で絵具がキャンバス上に付着する部分と付着しない部分が現れることを指す。掠れが生じる原因として

(a) キャンバス表面の凹凸によって筆が触れない部位が存在する

(b) 油絵具の量が不十分なために、絵具がキャンバス上に行き渡らない

の 2 つが考えられる。絵具の量が十分な場合は、筆が直接キャンバスに触れない部分にも絵具が流れ込むが、不十分な場合には絵具の付着しない部分が現れて、これが掠れとなる。

よって、筆跡内部への色付けを行うには、

1. 色付けを行う地点での絵具の量が十分かどうかの判定
2. 絵の具が不十分な場合、その地点が筆の触れる部分かどうかの判定

を行わなければならない。この 2 つの判定を行うために、絵具の量を表すモデルとキャンバス表面の凹凸を表すモデルが必要になる。

3.2.1 絵具の量の減衰モデル

絵具の量は筆の移動距離に応じて減少する。よって、ある地点における絵具の量V_pは絵具の量の初期値qと粘度vと筆の移動距離dを用いて式 (3.11) で表わす。

$$V_p = \begin{cases} q\,(\cos(vd) + 1) & 0 < vd \le \pi \\ 0 & vd > \pi \end{cases} \tag{3.11}$$

3.2.2 キャンバス表面の凹凸モデル

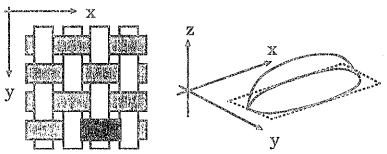
キャンバスは亜麻や大麻などを織って作られており、亜麻や大麻の糸が折り重なって織られることにより凹凸が生じる。また、キャンバスの粗さは用いられる糸の太さによって決定される。よって、キャンバス表面の凹凸状態は

(a) 織り方

(b) 糸の太さ

の 2 つによって決定される。

織り方に関しては、平織りや綾織りなど幾つかあるが、本稿ではもっとも一般的である平織り (図 6(a) 参照) に関してモデル化を行う。図 6(a) において、太枠で囲まれた横糸の一部分を立体的に表すと図 6(b) のような細長いドーム形状をなしている。平織りは縦糸と横糸が交互に交叉した織り方である



(a) 平織りのイメージ　　(b) 太枠内の形状

図 6: キャンバス表面の凹凸形状

ので、この細長いドーム形状が互いに$\pi/2$だけ回転した状態で並んでいると見なすことができる。よって、この形状をモデル化し、それを上記のように並べることにより、キャンバス全体の凹凸を表すことができる。

この細長のドーム形状を以下のようにして定める。図7のように、このドーム形状の中心に座標系の原点をとる。図6(a)における太枠で囲まれた部分を$-\frac{3}{2}r\pi \leq x \leq \frac{3}{2}r\pi$、$-r\pi \leq y \leq r\pi$の矩形範囲とする。この内部について高さ$h(x,y)$を求める。ここ

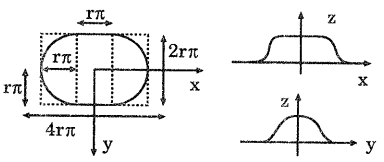


図 7: 横長ドーム形状

で、さらにこの矩形を図7の点線で示すように、x軸に関して$-\frac{3}{2}r\pi \leq x \leq -\frac{1}{2}r\pi$、$-\frac{1}{2}r\pi \leq x \leq \frac{1}{2}r\pi$、$\frac{1}{2}r\pi \leq x \leq \frac{3}{2}r\pi$の3つの領域に分けて考える。

まず、$-\frac{3}{2}r\pi \leq x \leq -\frac{1}{2}r\pi$の領域に関しては式(3.12)で表す。

$$h(x,y) = \begin{cases} r\left(\cos\dfrac{\sqrt{(x+r\pi/2)^2+y^2}}{r}+1\right), & x^2+2xr\pi+y^2 \leq 0 \\ 0, & x^2+2xr\pi+y^2 > 0 \end{cases} \tag{3.12}$$

$-\frac{1}{2}r\pi < x < \frac{1}{2}r\pi$の領域に関しては式(3.13)で表す。

$$h(x,y) = r\left(\cos\frac{y}{r}+1\right) \tag{3.13}$$

そして、$\frac{1}{2}r\pi \leq x \leq \frac{3}{2}r\pi$の領域に関しては式(3.14)で表す。

$$h(x,y) = \begin{cases} r\left(\cos\dfrac{\sqrt{(x-r\pi/2)^2+y^2}}{r}+1\right), & x^2-2xr\pi+y^2 \leq 0 \\ 0, & x^2-2xr\pi+y^2 > 0 \end{cases} \tag{3.14}$$

ここで、rは糸の太さを表すパラメータであり、キャンバス表面の粗さを決定する。

3.2.3 着色処理

ある地点pにおける絵具の量V_p、その地点における下地の色を(r', g', b')、筆跡の色を(r'', g'', b'')、キャンバス表面の高さをh_pとする。まず、塗りつぶされる領域を考えると、V_pが閾値T以上の場合、その地点の色(r_p, g_p, b_p)は式(3.15)から式(3.17)で表される。

$$r_p = r'' \tag{3.15}$$

$$g_p = g'' \tag{3.16}$$

$$b_p = b'' \tag{3.17}$$

次に掠れ領域を考えると、V_pが閾値T未満の場合、その地点の色(r_p, g_p, b_p)は式(3.18)から式(3.20)で表される。

$$r_p = \begin{cases} r'' & h_p \geq 2r(1-\frac{V_p}{T}) \\ r' & h_p < 2r(1-\frac{V_p}{T}) \end{cases} \tag{3.18}$$

$$g_p = \begin{cases} g'' & h_p \geq 2r(1-\frac{V_p}{T}) \\ g' & h_p < 2r(1-\frac{V_p}{T}) \end{cases} \tag{3.19}$$

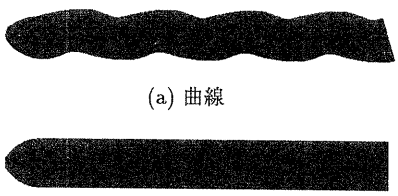
$$b_p = \begin{cases} b'' & h_p \geq 2r(1-\frac{V_p}{T}) \\ b' & h_p < 2r(1-\frac{V_p}{T}) \end{cases} \tag{3.20}$$

4 筆跡生成実験

これまでに与えたモデルを用いて生成した筆跡(ストローク)の例を示す。

- 特徴1

筆跡の中心点列を曲線上や直線上に配置することにより、特徴1を表現する。結果を図8に示す。



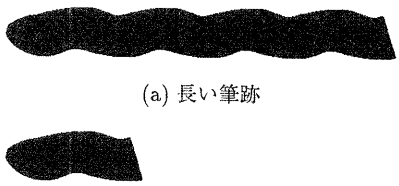
(a) 曲線

(b) 直線

図 8: 描き方の異なる筆跡

- 特徴2

筆跡の中心点列の数を変えることにより、特徴2を表現する。図9に結果を示す。



(a) 長い筆跡

(b) 短い筆跡

図 9: 長さの異なる筆跡

◦ 特徴 3

丸筆の毛の長さ b_l と丸筆の太さ b_{w1} を変えることにより、特徴 3 を表現する。図 10に結果を示す。

(a) 太い筆跡

(b) 細い筆跡

図 10: 太さの異なる筆跡

◦ 特徴 4

丸筆の筆跡の幅の算出法と平筆の筆跡の幅の算出法をそれぞれ用いることにより、特徴 4 を表現する。結果を図 11に示す。

(a) 丸筆の筆跡

(b) 平筆の筆跡

図 11: 筆の種類の異なる筆跡

◦ 特徴 5

絵具の量の初期値 q を減らすことにより、図 12に示すように掠れを表現する。刷毛目 (特徴 6) や筆の毛の乱れ、キャンバス表面の凹凸への絵具の付着の不確定性 (織り目に対して均一には絵具は付着しない) 等をまだ考慮に入れていないので不自然さはあるものの、キャンバス地が表れるような掠れが表れている。

(a) 本モデルを用いた平筆の掠れ表現

(b) 実際の平筆の筆跡

図 12: 筆跡の掠れ表現

5 まとめ

本稿ではコンピュータ上で油絵風画像を生成するために必要な筆跡 (ストローク) 生成手法について述べた。筆跡の特徴とその要因を分類し、筆跡の形状に関しては丸筆と平筆の特性を考慮して筆跡のアウトライン生成を行った。また、筆跡内部の着色に関してはキャンバスの表面状態と絵具の減衰のモデルを用いて掠れの表現を試みた。今後は、筆の毛の挙動を考慮に入れて刷毛目等の筆跡表現の実現を目指す。また、筆によって絵具が移動する等の絵具の挙動についても考慮して筆跡生成を行い、さらに構図やデッサンをもとに筆の置く位置や配色を決定する手法を検討して、油絵風 CG 画像の生成を目指す。

参考文献

[1] 張青, 高橋淳也, 岡村一信, 千葉則茂,“樹木の水墨画調レンダリング”, 情報処理学会研究報告,95-CG-76,pp45–50,1995

[2] Cassidy J. Curtis, Sean E. Anderson, Joshua E.Seims, Kurt W. Fleiischer David H. Salesin, “Computer-Generated Watercolor”, Proceedings of SIGGRAPH ’97, pp.421-430, August 1997

[3] 福島範幸, 小谷一孔,“手書き風グラフィクス生成におけるアウトライン筆モデルの構成”, 情報処理学会研究報告, 98-CVIM-109,pp.125-132,1998

[4] Paul Haeberli, “Paint By Numbers: Abstruct Image Representations”, Proceedings of SIGGRAPH ’90, pp.207-214, August 1990

[5] Peter Litwinowicz “Processing Image and Video for An Impressionist Effect”, Proceedings of SIGGRAPH ’97, pp.407-414, August 1997

[6] Jintae Lee,“Simulating Oriental Black-Ink Painging”,IEEE Compluter Graphics and Application,Vol.19,No.3,pp.74-81,1999

[7] 齋藤豪, 中嶋正之,“インタラクティブペイントツールのための筆モデル”, 情報処理学会研究報告, 99-CG-96,pp.79-84,1999