絵画風 CG 画像表現のための絵具モデル

鈴木崇史　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
E-mail: {*takashi,kenmochi,ikko*}*@jaist.ac.jp*

概要　ノンフォトリアルな絵画風 CG 画像生成に関するツールの研究や開発が盛んになってきている。絵画風の CG 画像を生成するためには、絵画で用いられる絵具や筆、支持体といった画材により生じる筆跡の表現手法の検討と、絵画を描くときに考慮する構図や配色といった描画プロセスに関する検討が必要である。本報告では、画材により生じる筆跡の表現手法の検討を行う。まず油絵で用いられる画材により生じる主な筆跡表現を整理し、これら筆跡表現に関して画材ごとに特徴をまとめる。次に、筆跡表現に関して油絵具の特徴に着目し、油絵具の粒子レベルでの振る舞いを考慮した油絵具挙動モデルを検討する。そして、この油絵具挙動モデルを用いて筆跡表現をするための筆モデルを構築し、筆跡表現への適用例を示す。

Oil Model for Digital Painting in Computer Graphics

Takashi SUZUKI　Yukiko KENMOCHI　Kazunori KOTANI

Graduate School of Information Science, Japan Advanced Institute of Science and Technology
E-mail: {*takashi,kenmochi,ikko*}*@jaist.ac.jp*

Abstract　This paper describes the digital painting CG image representation using the model of oils in the particle level. For the digital CG image representation, it is necessary to consider the painting techniques of painters. We first decompose a process of painting into two processes, such as the nessesary element for expressing the technique concerning the handwriting of the oil painting. We next present the oil paints model considering the behavior by the particle level. Moreover, we propose brush model which can express features of the writing brush using this oil paints model is proposed, and finally, we will show example of the handwriting.

1　はじめに

水墨画風表現や水彩画風表現、油絵風表現といったノンフォトリアルな絵画風の CG 画像を計算機内で生成するためにツールの研究や開発が盛んになってきている [1]-[8]。

これらの画像表現手法は、新たな絵画風の CG 画像表現の提供や、水彩画や油絵などを描く経験の少ない人が絵画的な表現を作り出す際の支援ツールなどへの応用が期待されている。

これまでの絵画風の CG 画像表現手法のアプローチは以下の 3 つに分類できる。

(1) CG における 3 次元幾何モデルを用いてレンダリングするもの [1]-[3]

(2) 対話的に絵を描くもの [4]

(3) 写真などの画像を入力とし計算機により自動生成するもの [5]-[8]

絵画風の CG 画像を生成するためには、絵画で用いられる絵具や筆、支持体といった画材により生じる筆跡の表現手法の検討と、絵画を描くときに考慮する構図や配色といった描画プロセスに関する検討が必要である。

本報告では、画材により生じる筆跡の表現手法の検討を行う。まず油絵で用いられる画材により生じる主な筆跡表現を整理し、これら筆跡表現に関して画材ごとに特徴をまとめる。次に、筆跡表現に関して油絵の特徴に着目し、油絵具の粒子レベルでの振る舞いを考慮した油絵具挙動モデルを検討する。そして、この油絵具挙動モデルを用いて筆跡表現のための筆モデルを構築し、筆跡表現への適用例を示す。

2　油絵の特徴

油絵風の CG 画像を生成するために必要な検討項目としては、大きく 2 つに分類できる。第一に、油絵で用いられる油絵具や筆、キャンバスといった画材の物理的な性質により生じる筆跡の表現手法の検討と、第二に、絵画を描くときに考慮する構図や配色といった描画プロセスに関する検討である。ただし、これらを同時に検討するのは困難であるために、本報告では、画材により生ずる筆跡の表現手法の検討を行う。

ここでは、油絵で用いられる画材により生じる主な筆跡表現を整理し、これら筆跡表現のために必要な特徴を画材ごとにまとめる。

2.1　油絵の画材により生じる主な筆跡表現

油絵の画材により生じる主な筆跡表現を表 1 に示す [9]-[15]。

表 1: 油絵の画材により生じる主な筆跡表現

筆跡表現	筆跡の特徴
インパスト (図 1(a))	盛り上がり
ドライブラシ (図 1(b))	かすれ
スグラフィート (図 1(c))	削り取り
ブレンディング (図 1(d))	混色による
グラシ (図 1(e))	重ね塗り

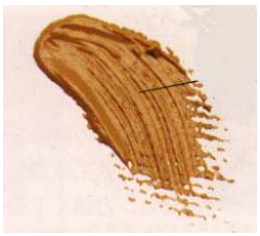
これら油絵の筆跡表現は、油絵具、筆、キャンバスといった画材により得られる。例えば、キャンバスの織り目による油絵具の残り方が異なることにより、様々な筆跡が表現される。また絵筆の穂先や長さといった形状の違いや油絵具を含ませた筆の毛の動き方により、様々な筆跡が表現される。そして、油絵具が、キャンバス上で絵筆により様々な振る舞いをすることにより、油絵の画材により生じる筆跡が表現される。

2.2　油絵の筆跡表現の主要な特徴

表 1 の油絵の筆跡表現に必要な各画材の特徴をまとめる。

- 油絵具
  - 形状
    - (A) 油絵具の盛り上がり
    - (B) 油絵具の部分的な削り取り
  - 色
    - (C) 絵具の重ね塗りによる混色
    - (D) 2 種類以上の絵具が混ざり合うことによる混色
- キャンバス
  - (E) キャンバス地の目の粗さによる筆跡の違い
- 筆
  - (F) 平筆、丸筆、フィルバート筆、ナイフといった絵筆による筆跡の違い
  - (G) 筆の硬さや太さ、筆圧や筆を動かす速さ、方向、筆に含む絵具の量による筆跡の違い

これら油絵具、筆、キャンバスの中で油絵具に着目することにより、多くの種類の絵筆やキャンバスにより表される筆跡表現が可能になると考えられる。



(a) インパスト

(b) ドライブラシ

(c) スグラフィート

(d) ブレンディング

(e) グラシ

図 1: 油絵の主な筆跡表現

本報告では、油絵具の振る舞いをモデル化し、それを筆やキャンバスのモデルに適用することにより、画材により生じる筆跡を表現することを目指す。まず油絵具の特徴の中で (A),(B) を表現するために、必要な絵具の振る舞いの特徴をまとめる。次に、この絵具の振る舞いの特徴を表現するために、絵具の 3 次元的な振る舞いを考慮した絵具挙動モデルを検討する。

3 油絵具挙動モデルの検討

3.1 油絵具の特徴

油絵具 (図 2) は主に顔料と乾性油を練り合わせたもので構成されており、これら顔料と乾性油の物理的な性質により油絵の様々な特徴が現れる [16]-[19]。

油絵具をチューブから絞り出し乾性油などにより粘度の調整をせずに描く場合、油絵具の粘度が高いために分厚く盛り上げて描くことができる。また、乾性油を加え粘度を下げることにより、なめらかな筆跡を描くことができる。

油絵具の乾燥は、乾性油が固化する過程で酸化重合する固化乾燥であるため、蒸発による減量はほとんどなく、筆跡における質量変化はほぼない。そして、油絵具が固化乾燥するためには、多くの時間を要する。

また、キャンバスに描かれた油絵具は、容易にペインティングナイフ等でこそげ取ることができ、前に描いた筆跡がぼんやりと残るが、もう一度描き直すことができる。

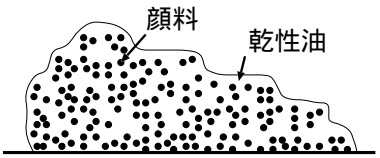


図 2: 粒子レベルでの油絵具

このような油絵具の粒子レベルでの振る舞いのモデル化には、以下のような油絵具の特徴を計算機内で実現する必要がある。

(a) 油絵具の質量が保存される。

(b) 粘度の違いによる筆跡の違いが表現できる。

(a) の質量の保存則が成り立つのは、インパストやドライブラシといった筆跡表現においてのみ成り立つ。スグラフィートやブレンディングといった筆跡表現においては、一つの筆跡表現の中でも油絵具の質量の増減が発生する。

(b) の粘度の違いは、乾性油の量の違いによるものだけを考え、温度による影響や、描いている間の短時間での変化はないものとする。温度や短時間の変化による影響は受けないものとする。また、一般に油絵具が固化乾燥するためには数日必要であり、描いている間は粘度の変化はほとんどないものと考える。

3.2 油絵具挙動モデル

キャンバス上に 3 次元ボクセル空間を考え、油絵具の粒子レベルでの振る舞いをボクセル間の油絵具の質量の移動と考えることで筆跡形状の表現を行う。また前節での (a)、(b) を実現するために油絵具の粒子レベルでの振る舞いに関して、絵具を粘性流体として考え油絵具挙動モデルを検討する。

油絵具挙動モデル構築手法として質量保存則が成り立つ 3 次元セルオートマトンの近傍形、3 次元マーゴラス近傍形 [20] を用いる。

3 次元ボクセル空間上において、油絵具の粒子が存在する対象セル (x, y, z) の奇数ステップの近傍 $N_{odd}(x, y, z)$ と偶数ステップの近傍 $N_{even}(x, y, z)$ は次のように定義される。

$$N_{odd}(x, y, z) = \{(x - e_1, y - e_2, z - e_3) : e_i = 0 or 1\} \quad (1)$$

$$N_{even}(x, y, z) = \{(x + e_1, y + e_2, z + e_3) : e_i = 0 or 1\} \quad (2)$$

セルの属性値 (ボクセル値) は油絵具の質量 $m(x, y, z)$ を持つ。$m(x, y, z)$ に対して閾値 T を設定して $m(x, y, z) \geq T$ である場合のみ状態遷移が起こる。すなわち、各近傍内で $m(x, y, z)$ を再分配する。T を変化させることにより、油絵具の粘性が調節できる。

$m(x, y, z)$ の再配分は以下のように行う。まず、奇数ステップとしてボクセル空間全体の全ての $N_{odd}(p, q, r)$ に対し、以下の計算を行う。

1 $B := \{(x,y,z) \in N_{odd}(p,q,r)$
$: m(x,y,z) \geq T\}$

2 各 $(x,y,z) \in B$ に対して
$m(x,y,z) := (1-\alpha)m(x,y,z)$ とする。
ただし $0 < \alpha < 1$。

3 $\Delta m := \alpha \sum_{(x,y,z)\in B} m(x,y,z)$

4 各 $(x,y,z) \in N_{odd}(p,q,r) \backslash B$ に対して
$m(x,y,z) := \Delta m/(8 - |B|)$
と置く。ただし $|B|$ は B の要素数とする。

同様に偶数ステップとして $N_{even}(p,q,r)$ のセルに対しても上記の $1 \sim 4$ の計算を行う。全てのセル (x,y,z) が $m(x,y,z) \leq T$ となるまで、ボクセル空間全体に対し、奇数・偶数ステップの計算を交互に繰り返す。

4 筆跡表現の検討

以上のような油絵具挙動モデルを用い、筆跡を計算機内に生成する。筆に油絵具を含ませて描く方法と油絵具を最初に置いてそれを筆で引き延ばすという方法がある。今回は、油絵具を最初に置いてそれを引き伸ばすことで筆跡の計算機内での表現を行う。そのための油絵具の初期状態と筆、キャンバスの簡易モデルの検討を行う。

4.1 画材の初期状態と簡易モデル

油絵具の初期状態として、3 次元的な盛り上がりのある油絵具をキャンバス上に置く。この初期状態の厚みや形を変えることにより、様々な筆跡の表現を試みる。

4.2 キャンバス

キャンバスには凹凸があり、その凹凸によって独特な筆跡が表現されることがある。今回は平面なキャンバス上に筆跡の表現を行い、凹凸による影響は今後の課題とする。

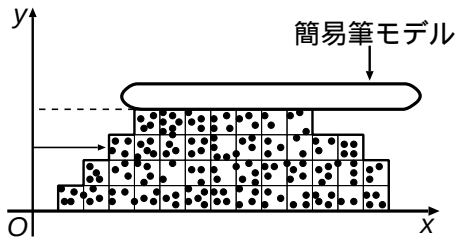
4.3 筆

油絵で用いられている筆には、丸筆、平筆、フィルバート筆といった様々な種類が多くあるが今回は簡易的な筆モデルを考える。

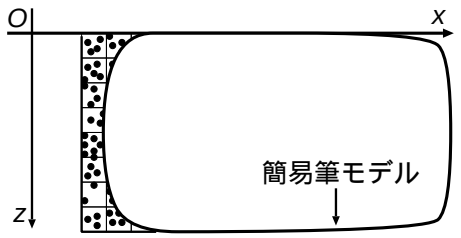
4.4 油絵具の盛り上がり表現

油絵具の盛り上がり表現とは、油絵具が筆により押されることにより周囲に盛り上がりができ、さらに油絵具が筆により引き伸ばされることにより表現される。本報告では、油絵具が筆により引き伸ばされる筆跡表現のモデルの検討を行い、油絵具が筆により押されることにより盛り上がる表現に関しては別に検討する。

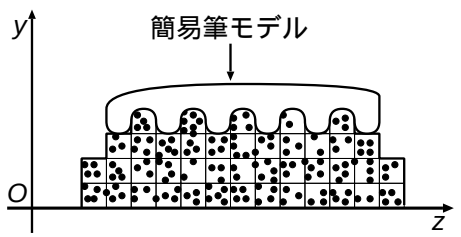
油絵具が筆により引き伸ばされることによる筆跡表現を行うために図 3 のような筆モデルを考える。初期状態として与えた油絵具を筆モデルで引き伸ばすことで筆跡の表現を行う。



(a) z 方向より見た図



(b) y 方向より見た図



(c) x 方向より見た図

図 3: 筆モデルによる筆跡表現

筆が動く方向には、油絵具は多く流れ、筆が動く方向とは垂直な方向には、油絵具は流れにくい。この筆を表現するために、油絵具モデルは筆の動く方向の方が垂直な方向より多く油絵具が移動するように、状態遷移を設定する。

油絵の特徴 (A) を実現するために油絵具挙動モデルが以下の条件を満たしている必要がある。

(c) 油絵具を追加する部分の質量を変更できる。

(c) を実現するためには、n ステップごとに位置 (x, y, z) をずらしながら $m(x, y, z)$ に新たな油絵具 k を加えることにより表現が可能となる。

すなわち

- 位置 (x, y, z) の $m(x, y, z)$ に対して、$m(x, y, z) := k + m(x, y, z)$.

4.5 油絵具の部分的な削り取り表現

油絵具の特徴 (B) を実現するために油絵具挙動モデルに対して、以下の処理が行なえる必要がある。

(d) 油絵具を削り取る部分において質量を変更できる。

ただし、油絵具を部分的な削り取る場合には、すでに油絵具は安定状態である、つまり油絵具がすでに固まった状態であることを仮定する。

油絵具の部分的な削り取りを表現するための処理 (d) を行なうためには、削り取る位置 (x, y, z) において、$m(x, y, z)$ を 0 にすることにより表現が可能となる。すなわち、全てのセル (x, y, z) に対し以下の処理を属性値が $m(x, y, z) \leq T$ となった後に行い、油絵具の部分的な削り取り表現をする。

- 位置 (x, y, z) の $m(x, y, z)$ に対して、$m(x, y, z) := 0$.

5 筆跡表現の適用例

実際の平筆を用いて描いた筆跡の例 (図 4) と比較するために、油絵具挙動モデルを用いた筆跡表現への適用例を図 5~7 に示す。図 5 は油絵具の盛り上がった筆跡表現あり、また、図 6 は図 5 を上から見た図である。図 7 は図 5 を部分的に削り取った筆跡表現である。

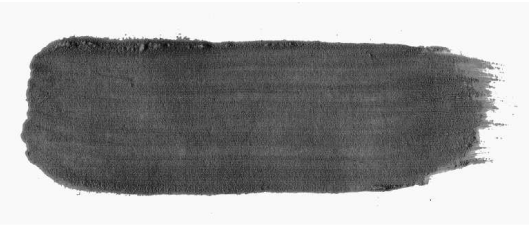


図 4: 実際の平筆の筆跡

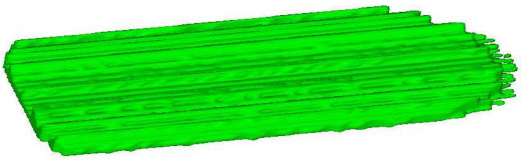


図 5: 盛り上がった筆跡表現

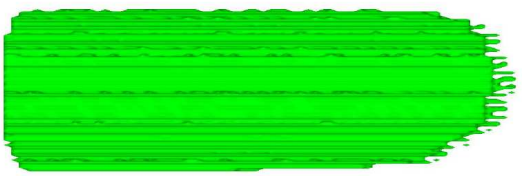


図 6: 図 5 を上から見た筆跡表現

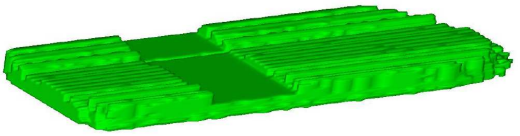


図 7: 部分的に削り取った筆跡表現

6 まとめ

本報告では、まず油絵で用いられる画材により生じる主な筆跡表現を整理し、これら筆跡表

現に関して画材ごとに特徴をまとめた。次に、筆跡表現に関して油絵の特徴に着目し、油絵具の粒子レベルでの振る舞いを考慮した油絵具挙動モデルを検討した。そして、この油絵具挙動モデルを用いて筆跡表現のための筆モデルを構築し、筆跡表現への適用例を示した。

今後の課題は、油絵具の初期状態の設定方法の検討し、キャンバスの凹凸の考慮したキャンバスのモデルと、筆跡表現をするための筆のモデルの検討を行う。そして実際に油絵風の CG 画像の生成とその評価方法について検討したい。

参考文献

[1] Barbara J. Meier: "Painterly Rendering for Animation", Proceeding of SIGGRAPH'96, pp.477-484, 1996.

[2] 張青、高橋淳也、村岡一信、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.

[3] 金子 満、中嶋正之: "次世代アニメーションシステムに関する研究 - ノンフォトリアスティックアニメーションの生成", 情報処理学会研究報告 95-CG-76, pp.23-30, 1995.

[4] 高木佐恵子、藤代一成: "水溶性色えんぴつ画における加水効果のＣＧモデリング", 情報処理学会研究報告 96-CG-80, pp.25-32, 1996.

[5] C. J. Curtis, S. E. Anderson, J. E. Seims, K. W. Fleischer, D. H. Salesin, "Comuter-Generated Watercolor", Proceedings of SIGGRAPH'97, pp.421-430, 1997.

[6] 笠尾敦司、中島正之: "シナージスティックイメージクリエータ—描画プロセスを重視した絵画作成システム—", 信学論 (D-II), vol.J81-D-2,no.4, pp.671-680, 1998.

[7] 白石路雄、山口泰: "実在する油彩画の特徴分析による油彩画風画像の生成手法", 情報処理学会研究報告 98-CG-91, pp.1-6, 1998.

[8] 福島範幸、小谷一孔: "手描き風グラフィッ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.

[9] 視覚デザイン研究所・編集室: "巨匠に教わる絵画の技法", 視覚デザイン研究所, 1998.

[10] Ｃ・ヘイズ編: "名画にみる絵の材料と技法", マール社.

[11] 斎藤雅之: "油絵入門", 梧桐書院, 1994.

[12] レイ・スミス: "油絵 用具と基礎知識", 美術出版社.

[13] 視覚デザイン研究所・編集室: "油絵ノート・基礎編", 視覚デザイン研究所, 1997.

[14] 視覚デザイン研究所・編集室: "油絵ノート・風景編", 視覚デザイン研究所, 1992.

[15] ジェレミー・ゴードン著、水沢 勉訳: "油彩の技法百科", グラフィック社, 1994.

[16] ホルベイン工業技術部: "絵具の科学", 中央公論美術出版, 1994.

[17] ホルベイン工業技術部: "絵具材料ハンドブック", 中央公論美術出版, 1997.

[18] ホルベイン工業技術部編: "絵具の事典", 中央公論美術出版, 1996.

[19] 桑原利秀、安藤徳夫: "顔料及び絵具", 共立出版.

[20] 荒田 秀樹、高井 昌彰、山本 強: "セル構造オートマトンによる仮想粘土モデリング", 情報処理学会研究報告 97-CG-124, pp19-24, 1997.