絵具の粒子レベルでのモデルを用いた絵画風ＣＧ画像表現に関する研究

On Painting-like Image Generation by Particle Modeling of Pigments

鈴木 崇史　剣持 雪子　小谷 一孔
Takashi SUZUKI　Yukiko KENMOCHI　Kazunori KOTANI
北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科
School of Information Science, JAIST

Abstract: This paper describes the digital painting CG image representation using the result of modeling the pigment by the particle level. In order to express features of the oil painting, we first summarize the necessary element for expressing the technique concerning the handwriting of the oil painting. We next present the oil paints model which can express these. 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

計算機上で水墨画風や水彩画風、油絵風といったノンフォトリアルな絵画風の CG 画像表現に関するツールの研究や開発が盛んであり [1] ∼ [5]、水彩画や油絵などの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) ３次元幾何モデルをレンダリングするもの [2]

(2) 対話的に絵を描くもの [3]

(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 [4][5]

油絵風の画像表現をするためには、油絵の筆跡に関連する技法や描き方に関連する技法、構図、下地、配色といったものが表現できる必要がある。その中でも、本研究では、(1) ∼ (3) 全てのアプローチに必要な油絵の筆跡に関連する主な技法 [6] (インパスト、ドライブラシ、点描、こそげ落し、スグラフィート、ブレンディング、グラシなど) が表現できる油絵風 CG 画像表現システムを構築することを目指す。

2 筆跡に関連する技法の特徴

油絵で用いられる筆跡に関連する技法が表現できる油絵風の画像表現システムを構築するためには、以下の要素が必要である。

油絵の筆跡に関連する技法を実現する要素としては、油絵具、キャンバス、筆の３つがある。まず、キャンバスの織り目の上の部分と谷間の部分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、油絵の筆跡に関連する技法が表現される。絵の筆跡に関連する技法の特徴表現に必要なものを挙げると以下のようになる。

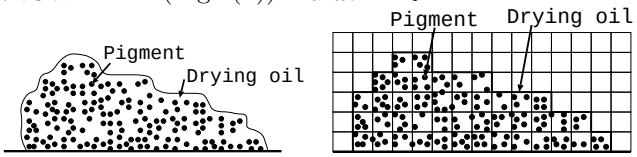
- 油絵具
  - 形状
    - (A) 油絵具の盛り上がり
    - (B) 油絵具の部分的な削り取り
  - 色
    - (C) 絵具の重ね塗りによる混色
    - (D) ２種類以上の絵具が混ざり合うことによる混色
- キャンバス
  - (E) キャンバス地の目の粗さによる筆跡の違い
- 筆
  - (F) 平筆、丸筆、フィルバート筆、ナイフといった絵筆による筆跡の違い
  - (G) 筆の硬さや太さ、筆圧や筆を動かす速さ、方向、筆に含む絵具の量による筆跡の違い

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る油絵で用いられる筆跡に関連する技法が表現できると考えられる。

本研究では、油絵具の粒子レベルでの振る舞いをモデル化し、それを筆やキャンバスに適用することにより、油絵の筆跡に関連する技法を表現する。そこで、まず油絵具の要素の中で (A),(B) を表現するために、油絵具の粒子レベルでの挙動のモデル化について検討する。そして筆の要素の中で平筆の簡単なモデルへの適用を検討する。

3 油絵具挙動モデル

油絵具 (Fig.1(a)) は顔料を乾性油で練り合わせたものであり、顔料の粒子は乾性油の中に均等に分散している [7]。この油絵具の Physical based のモデリングを行なうための前段階として Image based のモデリングを行なう。このようなモデリング手法に関して、水墨画風の画像生成するために、墨の粒子レベルでのモデル化を行なう研究 [2] が、油絵具の特徴である盛り上がりなどは表現できない。油絵具を粒子が集合した粘性を持った流体とみなせば、流体解析で用いられるセルオートマトンによる３次元モデル化は有効な手法であろう。そこで、まず油絵具が存在する３次元ボクセル空間においてセルオートマトンを用いて、油絵具の盛り上がり表現や油絵具の振る舞いを表現するための油絵具挙動モデル (Fig.1(b)) を検討する。



(a) (b)

Figure 1: (a) Oil painting and (b) its model

油絵具の要素 (A),(B) を実現するための油絵具挙動モデルには、以下のような特性を持たなければならない。

(a) 油絵具の質量が保存される。

(b) 乾性油の量を変えることにより油絵具の粘性が調節できる。

油絵具の特性 (a),(b) を表現するために、油絵具形状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 [8] を用いる。

ボクセル空間上で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。そしてセルの属性値 (ボクセル値) は油絵具の質量 $m(x, y, z)$ を持つ。

$$N_{odd}(x, y, z) = \{(x - e_1, y - e_2, z - e_3) : e_i = 0or1\}$$
$$N_{even}(x, y, z) = \{(x + e_1, y + e_2, z + e_3) : e_i = 0or1\}$$

セルの状態遷移においては、セルが保有する油絵具の量に対して閾値 T を設定してブロック内で $m(x,y,z) \geq T$ である場合のみ状態遷移が起こり、ブロック内で油絵具を再分配する。この T を変えることにより、油絵具の粘性が調節できる。

油絵具の粒子レベルでの振る舞いの表現は、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。

3.1 油絵具の盛り上がり表現

油絵具挙動モデルを平筆の簡単なモデルへ適用し、油絵具の要素 (A) を実現する。本報告では、平筆で筆圧力一定の一定速度で描く場合を考える。Fig.2 に示すように移動する筆から油絵具をキャンバス上に放出することにより油絵の筆跡は表現される。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、状態遷移を変える。

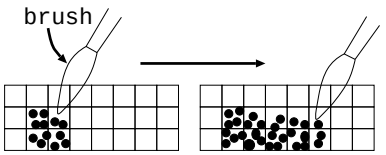


Figure 2: Model of painting with brush

油絵具の要素 (A) 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。

(c) 油絵具を追加する部分の質量を変更できる。

油絵具の盛り上がりを表現するための処理 (c) を行なうためには、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 k を加えることにより表現が可能となる。

よって油絵具挙動モデルに対して以下の処理を n ステップごとに行ない、油絵具の盛り上がり表現をする。

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

3.2 油絵具の部分的な削り取り表現

油絵具の要素 (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。ただし、油絵具の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。

(d) 油絵具を削り取る部分の質量の変更ができる。

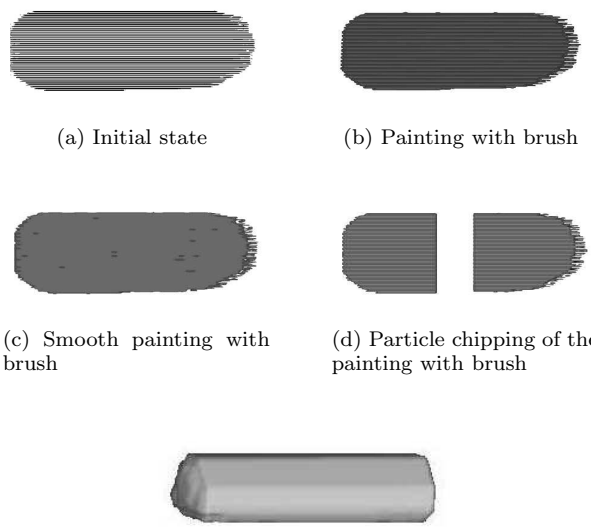
油絵具の部分的な削り取りを表現するための処理 (d) を行なうためには、削り取る位置 (x,y,z) において、$m(x,y,z)$ を 0 にすることにより表現が可能となる。

よって以下の処理を全てのセルの属性値が $m(x,y,z) \leq T$ 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、
$m(x,y,z) := 0$

4 油絵挙動モデルを用いた筆跡の例

油絵具挙動モデルを用いた平筆の筆跡の例を示す。平筆の毛先の束を移動させることによって出来る軌跡を初期状態 Fig.3(a) とすると、Fig.3(b) の平筆の筆跡が得られる。閾値を低くすることにより Fig.3(c) の滑らかな筆跡が得られる。そして Fig.3(d) は筆跡の一部分を除去したものである。また Fig.3(e) は、平筆の毛先の軌跡による絵具が盛り上がった筆跡を横からみたものである。



(a) Initial state

(b) Painting with brush

(c) Smooth painting with brush

(d) Particle chipping of the painting with brush

(e) Swelling expression

Figure 3: Examples of the painting with brush

5 まとめ

3 次元セルオートマトンを用いて油絵具挙動モデルを検討し単純な平筆への適用を行なった。今後は、セルオートマトン以外の状態遷移プロセスの検討を行ない、また、キャンバスと筆の要素 (E),(F),(G) が表現できるように、この油絵具挙動モデルのキャンバスや筆への適用の検討を行なう。また油絵具挙動モデルを油絵具の要素 (C),(D) が表現できるように改善することにより、油絵風ＣＧ画像表現ができるシステムの構築を目指す。

参考文献

[1] 大野義夫: “フォトリアルでないＣＧ画像表現の手法について”, 情報処理学会研究報告 95-CG-76,pp.1-7,1995.

[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] 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.

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

[5] 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.

[6] 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.

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

[8] 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.

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 1–1
Phone 0761–51–1231　E-mail takashi@jaist.ac.jp