

# 仮想ペインティングナイフを用いたインタラクティブな 油彩画描画シミュレーション

岡市 直人<sup>†</sup> 今給黎 隆<sup>†</sup> Henry Johan<sup>‡</sup> 西田 友是<sup>‡</sup>

東京大学 大学院新領域創成科学研究科<sup>†</sup> 南洋理工大学 コンピュータ工学科<sup>‡</sup>

## 1. はじめに

近年, NPR(Non-Photorealistic Rendering)の研究分野において, 油彩画や水墨画などの既存の描画技法をシミュレーションする研究が盛んに行われている. しかし, 3次元筆のモデリングと筆による描画のシミュレーションは行われているが, その他の描画道具については殆ど研究されていない. デジタルペイントツールを使用した描画において, さまざまな描画道具が実装されていれば, それぞれの描画道具の特性をいかにして描画を行うことができ, 絵肌の表現が豊かになるため, 筆以外の描画道具をモデリングする必要性は高い. そこで, 本研究では絵具を盛り上げて塗る(厚塗り)ことができ, 筆とは異なるフラットな絵肌を生成できる描画道具であるペインティングナイフを用いた油彩画描画シミュレーションを行う. 具体的には, ペインティングナイフのモデリングと, ペインティングナイフによる厚塗り表現に適した絵具のモデリングを行い, インタラクティブな油彩画描画シミュレーションを行う.

## 2. 関連研究

既存の描画技法のシミュレーション, 特に仮想的な3次元筆を用いたインタラクティブな描画の研究として, Baxterら[1]の研究(油彩画・アクリル画)やChuら[2]の研究(水墨画)が挙げられる. しかし, 描画道具のモデリングについては, 筆のモデリング手法しか提案されておらず, 絵肌の表現の多様に乏しい.

## 3. ペインティングナイフのモデリング

ペインティングナイフは, 刃部が柔軟性のある鋼鉄, あるいはステンレスで作られていて, キャンバスに押し付けると自然なカーブを描いてしなる性質があり, この性質をシミュレーションする必要がある. しなりは, 1方向(面に

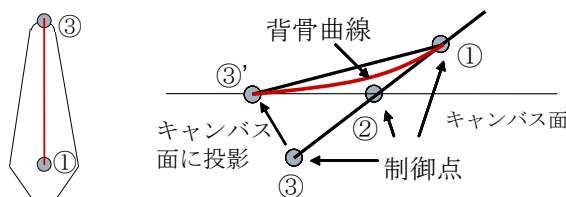


図1:背骨の配置 図2:制御点の配置と背骨曲線の計算

垂直な方向)からの寄与が主なため, しなりの方向を1方向に限定し, 背骨曲線とその周りをメッシュで覆う単純で計算負荷の軽いモデリング手法で刃部のしなりを再現する.

図1のように, 背骨を刃部の中央に1本配置し, キャンバスに刃部が接触した際, 背骨をキャンバスからの抗力の方向に滑らかな曲線(背骨曲線)で曲げる. 背骨曲線は3つの制御点による2次のベジエ曲線で表現する(図2). 図1と図2の背骨の端点①, ③は対応する. 1つ目の制御点(①)は, しなりを許す範囲を決める点として指定する. 2つ目の制御点(②)は, 刃部が曲がらないとした時の背骨とキャンバス面とが交わる点とする. この点は押し付ける角度が垂直に近い場合, 先端のしなりが極端になるため, 押し付ける角度に依存した大きさで1つ目の制御点方向に移動する修正を行う. 3つ目の制御点(③')は, 刃部がキャンバス面で曲がらないとした場合の刃部の先端(③)をしなる方向に曲げ, キャンバス面に投影した点とする(③の計算は, 入力デバイスが, 刃の先端ではなく柄の先端の位置を制御するため行う. ユーザーは, 刃の先端を見てしなり具合を予測しながら, 手で柄を制御するという実際の描画行為と同じ体験ができる.). ここで, しなる方向とは刃部の面に垂直なキャンバス側の方向を指す. 以上3つの制御点によってベジエ曲線を定義し, 背骨曲線とする.

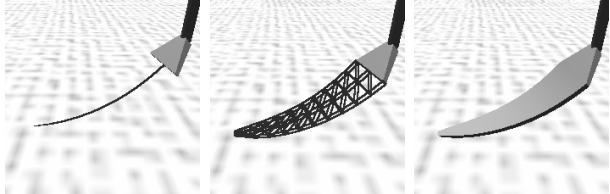
ただし, ペインティングナイフはしなりによって背骨の長さが変わらないようにする必要がある. まず3つ目の制御点を決める際, ①と③の間, ①と③'の間の長さが同じになるようにする. この際, 投影点③'と制御点②の間の直線上

Interactive Oil Painting Simulation with Virtual Painting Knives

<sup>†</sup>Naoto Okaichi, Takashi Imagire, Tomoyuki Nishita  
Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo

<sup>‡</sup>Henry Johan  
School of Computer Engineering, Nanyang Technological  
University

に、背骨の長さが変わらないような制御点が存在する．そこで、最初の投影点③'と制御点②の間で二分法により投影点③'を移動し、ベジエ曲線の長さとして背骨の長さの差が閾値以下になるまで計算を行い最終的な投影点③'を決定する．刃部のしなりのモデリングの結果を図3に示す．



(a)背骨曲線 (b)メッシュ表示 (c)シェーディング  
図3:刃部のしなりのモデリング

#### 4. 絵具のモデリング

キャンバス上の絵具を、高さをもつセルの二次元配列（ハイトフィールド）で表す．絵具にペインティングナイフを押し付けた時、刃部の面の周縁は、押された絵具の移動により盛り上がる．その盛り上がりを実現するために尾上ら[3]の提案した地面の変形のモデルを適用する．

以下に手法の流れの概略を記す．

- 1) Zバッファ法を用いてペインティングナイフとキャンバス上の絵具の衝突判定を行い、衝突範囲の輪郭線からの離散的な距離（輪郭値）を格納した輪郭マップを生成する（図4）．
- 2) 衝突範囲の絵具を輪郭値の大きいセルから小さいセルへ境界線に向かって押し出す．
- 3) 境界線から輪郭値の大きいセルへと傾斜がなだらかになるように絵具を移流する．

なお、押された絵具は圧縮されず、完全に移流されるものとした．

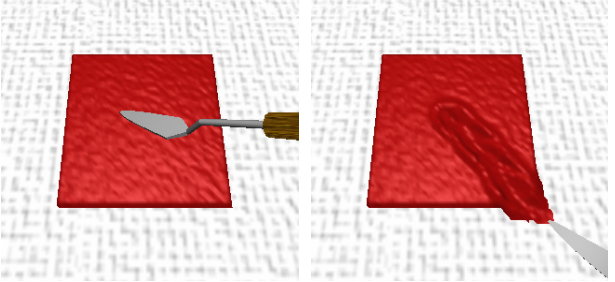
		3	2	2	2	3	3										
		3	2	1	1	1	2	2	3								
		2	1	0	0	0	1	1	2	3	3						
		1	0	1	1	0	0	1	2	2	3	3					
		1	0	2	2	2	1	0	1	1	2	2	3				
		1	0	1	2	3	2	2	1	0	0	1	1	2	3		
		2	1	0	1	2	3	3	2	1	1	0	0	1	2	3	
		3	2	1	0	1	2	3	3	2	2	1	1	0	1	2	
			3	2	1	0		2	3	3	3	2	1	0	1	2	
				3	2	1	0	1	2	3	3	2	1	0	1	2	
					3	2	1	0	1	2	2	2	1	0	1	2	
						3	2	1	0	1	1	1	1	0	1	2	
							3	2	1	0	0	0	0	0	1	2	3
								3	2	1	1	1	1	1	1	2	3
									3	2	2	2	2	2	2	3	

図4:輪郭マップの例（灰色部がペインティングナイフと絵具の衝突範囲．数字は輪郭値．）

#### 5. 結果

入力デバイスとして、Wacom の intuos3（intuos3 マーカー）を使用し、タブレットの xy 値、z 値（筆圧値を割り当てる）、ペンの傾き、方向、回転の合計 6 自由度の入力をペインティングナイフの柄部に対応させ、入力デバイスのペンの動きと画面上の仮想ペインティングナイフの動きを同期させる．キャンバス上の絵具にペインテ

ィングナイフのストロークの跡をつけた結果を図5に示す．また、りんごと花の描画例（キャンバス上に各色の絵具を置き、ペインティングナイフで延ばすことにより作成）を図6に示す．ストロークの周縁部分が盛り上がるという特徴が再現されており、厚塗りによる描画が可能であることが分かる．シミュレーションの計算速度は、ハイトフィールドのサイズを 512×512 にした場合、18fps であった．計算には、Core 2 Duo 2.13GHz CPU、2GB RAM マシンを用いた．



(a)押し付ける前 (b)ストロークの跡  
図5:キャンバス上の絵具にペインティングナイフのストロークの跡をつけた結果



(a)りんご (b)花  
図6: 描画例

#### 6. まとめと今後の課題

刃部のしなりを持つペインティングナイフのモデリングとペインティングナイフによる厚塗りに適した絵具のモデリングを提案した．今後の課題としては、ペインティングナイフの刃部とキャンバス上で絵具が双方向に移動するような絵具のモデリング、力覚デバイスによる入力などが挙げられる．

#### 参考文献

[1]William V. Baxter *et al.*, “DAB: Interactive Haptic Painting with 3D Virtual Brushes”, *Proc. SIGGRAPH 2001*, pp.461-468, 2001.  
 [2]Nelson S.-H. Chu and Chiew-Lan Tai, “MoXi: Real-Time Ink Dispersion in Absorbent Paper”, *Proc. SIGGRAPH 2005*, pp.504-511, 2005.  
 [3]Koichi Onoue and Tomoyuki Nishita, “An Efficient Method for Displaying Marks on Soft Grounds Created by Objects”, *Journal of IEEEJ Vol.32 No.4*, pp.328-335, 2003.