

# LJ-3 3次元的な傾斜を用いた絵画風画像モーフィング Painterly Morphing with Strokes Inclined in 3D Space

白石 路雄 山口 泰  
Michio Shiraishi Yasushi Yamaguchi<sup>†</sup>

## 1 はじめに

計算機によって生成されるアニメーションの課題の一つは、映像表現の幅を広げることである。絵画風の効果を伴ったアニメーションは、現実世界を撮影したものとは異なった、新たな表現手法である。たとえば、3次元モデルを絵画風にレンダリングする手法 [1] やビデオカメラで撮影した映像に絵画風の効果を加える手法 [2][3] などがある。

絵画風画像モーフィング [4] は、画像モーフィングに絵画風の効果を加えたものである。通常の画像モーフィングはある画像から別の画像へと連続的に変化する効果である。2枚の入力画像とその画像間で位置的な対応関係を与えると、それぞれの画像を変形し重ね合わせることで連続的な変化が実現できる。絵画風画像モーフィングでは、フレーム間のコヒーレンスを維持しながらそれぞれのフレームが絵画風にレンダリングされ、モーフィングと同様に連続的に変化するシーケンスを生成する。

## 2 絵画風画像モーフィングの課題

白石ら [4] が提案した絵画風画像モーフィング手法では、長方形のブラシストロークを用いている。すなわち、ブラシストロークの属性として、

- 位置 (キャンバスにおける座標) :  $(x, y)$
- 大きさ (長方形の長辺と短辺の長さ) :  $(l, w)$  ( $l > w$ )
- 向き (キャンバスの  $x$  軸と長方形の長辺がなす角) :  $\theta$
- 色 :  $(r, g, b)$

を持つ。

次に、それぞれの入力画像におけるブラシストロークを決定し、ブラシストロークの対応関係を与える。すなわち、最初と最後のフレームにそれぞれ  $n$  個のブラシストロークを配置する。最初のフレームにおけるブラシストロークは連続的に属性を変えながら、最後のフレームで対応するブラシストロークとなる。

ブラシストロークを塗り重ねると、後から塗られたブラシストロークが、前に塗られたブラシストロークを覆ってしまうために、塗り重ねる順序によって絵画風画像の結果が大きく影響される。ブラシストロークを塗り重ねる順序として、3D モデルを入力としない場合には、ブラシストロークの大きさの順に塗り重ねる方法が一般的である [5][6]。この方法では、大きいブラシストロークで概略を描き、詳細部分を小さいもので描く。しかしながら、単純

<sup>†</sup>東京大学大学院総合文化研究科

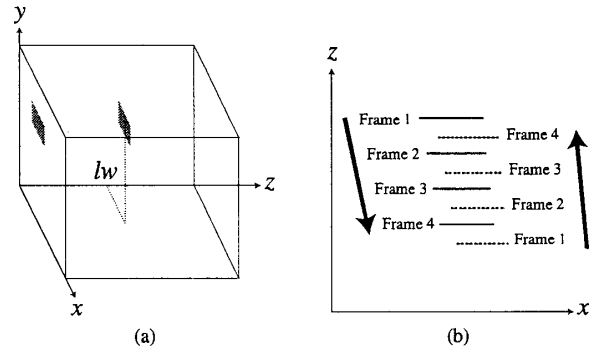


図 1: (a) 3次元空間に配置されたブラシストローク. (b) 徐々に小さくなるブラシストローク (実線) と徐々に大きくなるブラシストローク (破線).

に各フレームごとにブラシストロークの大きさでソートして描画すると、フレーム間の各ストロークの描画順序が異なるために、突然出現するように見えるものが頻発してしまう。このような現象を「ポップアップ」と名付けた。

この現象の解決法として、白石らの手法 [4] では、ポップアップを起こすブラシストロークの組を検出し、ブラシストロークの対応関係を入れ替えて、大きさの変化によって生じるポップアップを改善していた。しかしながら、ブラシストロークの対応関係が空間的な連続性を持たなくなる、という問題点があった。一般に、最初のフレームで隣り合っていたブラシストローク群が、最後のフレームでは全く離れてしまう。

## 3 手法

### 3.1 3次元空間でのブラシストローク配置

本手法では、ブラシストロークのレンダリング方法に着目した。従来の手法では、ブラシストロークを大きさの順にソートして2次元平面上に塗り重ねていた。これと同様の手法として、3次元空間にブラシストロークを配置してレンダリングする手法を考える。すなわち、図 1(a) に示すように、中心が  $(x, y, lw)$  である  $xy$  平面に平行な長方形を配置する。視線方向を  $(0, 0, 1)$  とした平行投影を行い、 $z$  バッファ法を用いてレンダリングする。このようにすることで、小さいブラシストロークは手前に配置され、大きいブラシストロークを隠す。

このように空間に配置されたブラシストロークは、時間とともに大きさが変化すると、 $z$  座標も変化していく。たとえば、図 1(b) に示すような、実線で示す徐々に小さくなる

るブラシストロークと破線で示す徐々に大きくなるブラシストロークを考える。この場合、Frame 2 では破線のブラシストロークの方が小さいが、Frame 3 では順序が入れ替わっている。この結果、実線で示したブラシストロークが急にキャンパス上に出現することになる。

### 3.2 ブラシストロークの傾斜

ポップアップはそれぞれのブラシストロークの3次元空間での奥行きが変化することで、突然ブラシストローク全体が他のブラシストロークを覆って前に表示されることで起こることを述べた。そこで、図2(a)あるいは(b)に示すように、ブラシストロークの各頂点をz軸方向にずらし、xy平面と平行ではなく傾けて配置することを考える。ブラシストロークのレンダリングにあたっては平行投影を行うので、キャンパス上でのブラシストロークの大きさは変化しない。

このようにブラシストロークを傾けて配置すると、図2(c)に示すように、大きさの近いブラシストロークは空間的に干渉する。この結果、大きさが小さくなるブラシストロークが手前に出てくる際に、キャンパス上にブラシストローク全体がある瞬間に出現する可能性が低くなる。ポップアップは大きい面積のものが突然描かれると目立つので、このようにすることでポップアップは軽減できる。

ブラシストロークの頂点のz軸方向へのオフセット量 $d$ は、各ブラシストロークにあらかじめ設定した値を用いた。すなわち、それぞれのブラシストロークの傾きはフレームによらず一定である。

ここで、 $d$ は $[-\alpha s_{\max}, \alpha s_{\max}]$ の範囲となるランダムな値を用いた。ここで、 $s_{\max}$ はブラシストロークの取りうる最大の大きさである。 $d$ が正の値と負の値では逆側に傾くことになる。

$\alpha$ の値を変えた例を図3に示す。図3(a)に示すように、 $\alpha$ が大きくなるとブラシストロークの傾きが大きくなり干渉の効果が強く現れるため、本来のブラシストロークの大きさよりも小さいブラシストロークが描かれてしまう。そのため、絵画風の特徴であるブラシストロークのタッチが失われてしまうという問題点が生じる。実験では、図3(b)に示すように、 $\alpha = 0.01$ 程度の小さな傾きでポップアップ除去の十分な効果が得られることが分かった。

また、前述したように傾ける方向には長辺方向と短辺方向と2種類考えられるが、小さな $\alpha$ では、あまり違いは見られなかった。

## 4 まとめ

本論文では絵画風モーフィングにおけるポップアップの解消法として、3次元空間にブラシストロークを傾けて配置する方法を示した。この結果、ブラシストロークが部分的に浮かび上がることになる。ブラシストローク全体が突然浮かびあがる可能性は低くなるため、ポップアップの除去に効果があることを実験で確認した。

### 参考文献

- [1] Barbara J. Meier, Painterly Rendering for Animation, SIGGRAPH 96 Conference Proceedings, 1996.
- [2] Peter Litwinowicz, Processing Images and Video for an Im-

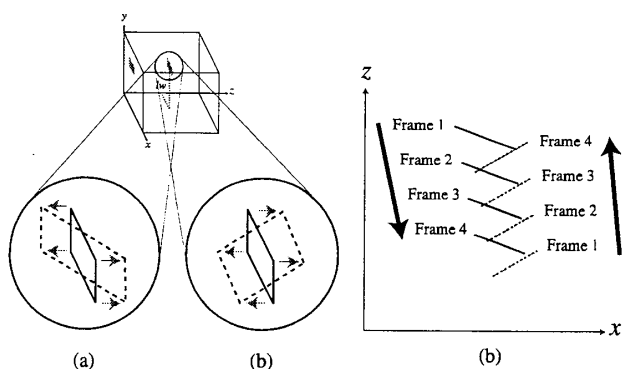


図2: (a) 3次元空間に配置されたブラシストロークを長辺方向に傾けた例. (b) 短辺方向に傾けた例. (c) ブラシストロークを傾けることで、ブラシストロークが一度に出現する可能性が低くなる。

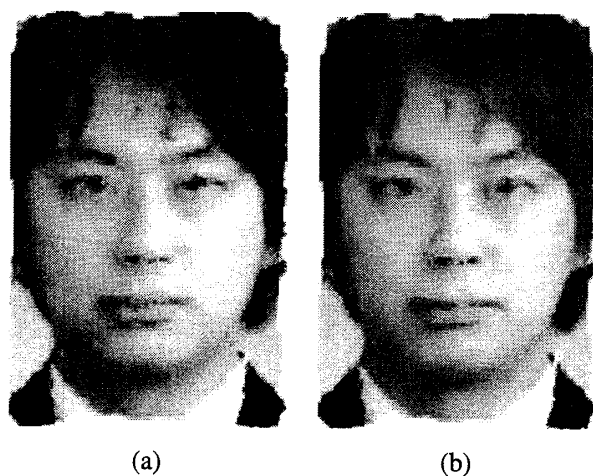


図3: (a)  $\alpha = 0.1$  の例. (b)  $\alpha = 0.01$  の例.

pressionist Effect, SIGGRAPH 97 Conference Proceedings, 1997.

- [3] Aaron Hertzmann, Painterly Rendering with Curved Brush Strokes of Multiple Sizes, SIGGRAPH 98 Conference Proceedings, 1998.
- [4] 白石 路雄, 山口 泰, 絵画風画像モーフィング, グラフィクスとCAD/Visual Computing 合同シンポジウム, 2002年6月.
- [5] Aaron Hertzmann and Ken Perlin, Painterly rendering for video and interaction, Proceedings of First International Symposium On Non Photorealistic Rendering and Animation (NPAR2000), 2000.
- [6] Michio Shiraishi and Yasushi Yamaguchi, An Algorithm For Automatic Painterly Rendering Based On Local Source Image Approximation, Proceedings of First International Symposium On Non Photorealistic Rendering and Animation (NPAR2000), 2000.