

擬似モルフォロジー演算を用いた 3 次元モーフィング

6M-6

手島 裕詞
大阪工業大学

小堀 研一
情報科学部

1. はじめに

近年、映画や CM、ゲームなどで CG を用いたアニメーションが用いられ迫力のある視覚効果をもたらしている。特に、二つの異なる形状に対して補間を行いアニメーション化するモーフィングが多用され、効果的に用いられている。従来のモーフィングは、2次元画像に対して行われてきたが、視点変更の制約などにより、近年は3次元画像に対してのモーフィングが注目されており、研究が活発に行われている。Lazarus[1]らは、モーフィング手法を境界表現ベースとボリュームベースに大別している。境界表現ベースでは、メッシュ間での対応付けが必要となる。この際、合成操作などの処理が必要となるが、道川[2]らは、合成操作の代わりに制御メッシュに対して、細分割を行い入力形状にフィッティングさせる事で補間形状の生成を行っている。ボリュームベースでは、Lerios[3]らが特徴要素を定義しワーピングによる変形を行っている。しかし、ボリュームベースの場合、精度が画像の解像度に依存することから高解像度になるに従って処理負荷が増大する。

本研究では、画像処理手法の一つであるモルフォロジーのミンコフスキー差演算を用いて、形状の対応付けを必要としないボリュームベースのモーフィング手法を提案する。また、実験により提案手法の有効性を検証する。

2. ミンコフスキー差

入力画像を、構造要素と呼ばれる画像の各々の位置ベクトルに従い平行移動させ論理積をとる処理がミンコフスキー差である。言い換えれば、構造要素が円の場合、円の中心を入力画像の表面に這わせ、重なる領域を削り取ってできた画像がミンコフスキー差の結果となる。

3. 提案手法

提案手法では、前処理と補間形状生成処理に分けて説明を行う。以下、説明の都合上2次元で説明を行う。提案手法の処理手順を以下に示す。

① 前処理

- (1)排他的論理和処理
- (2)閉領域ごとの区別
- (3)波発生源の指定

(4)波の伝播モデルによる距離変換

(5)距離値の正規化

② 補間形状生成処理

(1)半径の計算

(2)円の構造要素によるミンコフスキー差

③ <前処理>

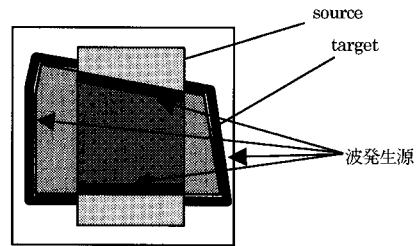
(1) source 画像（以下 S）と target 画像（以下 T）との排他的論理和をとり xor 画像（以下 X）を作成する。

その際、X のそれぞれの黒画素に対し、S が白画素かつ T が黒画素なら EXPANSION, S が黒画素かつ T が白画素なら CONTRACTION に識別する。

(2) X に対して、複数の閉領域が存在するが、これらの閉領域に対して塗りつぶし処理を行いながら識別する。

(3) X の黒画素に対して、波の伝播モデルを用い、距離変換を行う。ここで、波発生源は EXPANSION 領域の場合、X に対し表面白画素かつ T に対し同座標で白画素である場合、その画素を波発生源として保持する。また、CONTRACTION 領域では、T に対し同座標で黒画素である場合である。この処理をそれぞれの閉領域に対して行い波発生源を求める。その様子を図 1 の(a)に示す。

(4) (3)で求めた波発生源からそれぞれの閉領域に波を発生させて図 1 (b)に示す距離加算テーブルを用いて距離変換を行う。その様子を図 1 (c)に示す。



(a)

$\sqrt{2}$	1	$\sqrt{2}$
1	0	1
$\sqrt{2}$	1	$\sqrt{2}$

(b)

2	2	2.414
1	1	
波発生源		

(c)

図 1. 波の伝播モデルによる距離変換

(5) 距離変換によって求められた距離値をそれぞれの閉領域が持つ最大距離値とモーフィングを行う際にuserが指定したフレーム数を用いて正規化を行う。ここで、ある閉領域 A_i が持つ最大距離値を M_i 、 A_i に属する任意の画素の距離値 D 、フレーム数を $Frame$ とすると式(1)を用いて更新された距離値 D_m は

$$D_m = \frac{D \times Frame}{M_i} \quad (1)$$

この処理を全ての閉領域に対して行う。これにより閉領域の面積に関係なく一定の割合での変化が期待できる。

② <補間形状生成処理>

補間形状を生成する際に、X の黒画素に対し以下の処理を順に行う事でSからTに変形していく。

(1) 提案手法では、ミンコフスキー差を行う際に構造要素を円に限定して処理を行う。前処理によって求められた距離変換画像に対しその距離値を用いて半径を求める。半径を求める対象となるのはXの表面画素の近傍に1つでも波発生源ではない白画素が存在する画素である。半径を求める式は、式(2)で表される。

$$radius = \frac{localdist}{Frame - currentFrame} \quad (2)$$

ここで、 $localdist$ は対象となっている画素の距離値、 $Frame$ は user が指定したフレーム数、 $currentFrame$ は現在のフレーム数である。

(2) (1)で求めた半径を用いて、構造要素円でXの黒画素を削り取る。この際、EXPANSION領域の場合、Sに対して削り取った領域を黒画素に置き換え、またCONTRACTION領域の場合、白画素に置き換える。

(1)、(2)の処理を指定 $Frame$ 回繰り返す事で、順に補間形状が生成される。

4. 実験

提案手法を検証するために実験を行った。画像 S に bolt&nut, T に teapot を用いて、Frame を 50 に設定してモーフィングを行った。用いた画像 S, T を図2に示す。また、実験には $256 \times 256 \times 256$ の画像を用いた。

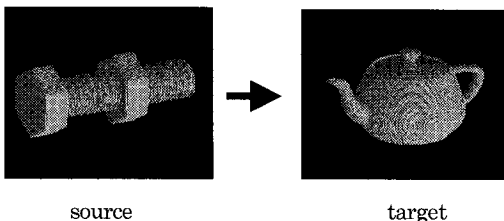


図2. source 画像と target 画像

次に 8, 16, 24, 32, 40, 48 frame 目の補間形状を図3に示す。

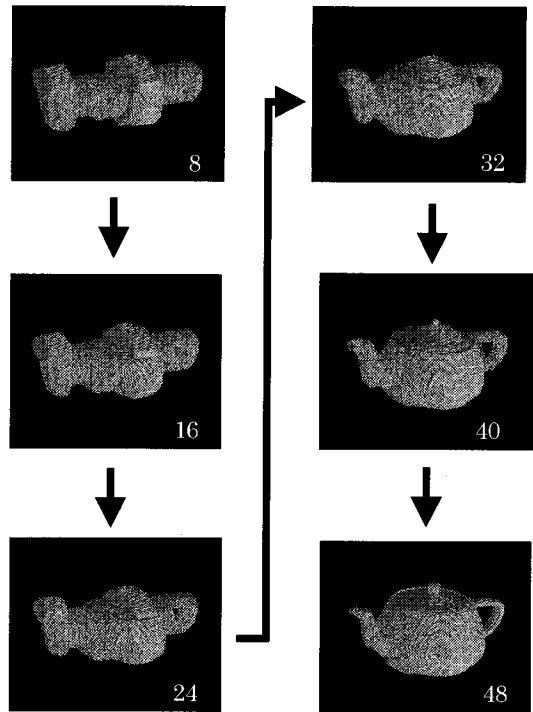


図3. 補間形状

図3より、フレームが進むに従って滑らかに変化していることがわかる。また Pentium4 1.7GHz の計算機を使用して処理時間を計測したところ、前処理が 13.5sec、補間形状生成処理が 1 ステップ平均 1.2sec であった。

5. おわりに

X に対して距離変換を行い、その距離値を用いてミンコフスキー差を行う事で、補間形状を得ることが出来た。しかし、S と T の位置座標が変わると補間形状の形が変わることから、今後は S と T の位置合わせのアルゴリズムを考案していきたい。

参考文献

[1] F.Lazarus and A.Verroust. "Three-dimensional metamorphosis: A survey". *The Visual Computer*, 14:373-389(1998)
 [2] 道川,金井,千代倉. "細分割接続性に基づく合成操作を必要としない三次元モーフィング", 第 16 回 NICORRAPH/MULTIMEDIA 論文コンテスト論文集,67-72,(2000)
 [3] A.Lerios, CD.Garfinkle, M.Levoy. "Feature-Based Volume Metamorphosis", *Computer Graphics (SIGGRAPH95 Proceedings)*,449-459(1995)