

Bezier Clippingを用いたモーフィング

1 L-7

藤井 利久 西田 友是
(福山大学)

中前 栄八郎
(広島県立大学)

1 はじめに 最近、エンターテイメント分野において、2次元画像の自由変形の技術が魅力的な技法として注目を浴び、映画やテレビの商業などに用いられるようになってきた。この技術はモーフィングまたはメタモルフォーシスと呼ばれているが、ここではモーフィングとする。モーフィングを行なうには元の画像にメッシュを重ね、そのメッシュの格子点を移動することにより画像を変形する方法が用いられる。提案法は、メッシュをBezierパッチまたはB-splineパッチの格子点として処理し、総てのアフィン変換が可能であり、変形後も1次微分まで連続な図形となる変形が行なえる。著者は既に、Bezierパッチと直線との交点を求める方法としてBezier Clipping法を提案しており[1]、この方法を適用し、変形を精度よく行なうアニメーション技法について提案する。

2 提案法の基本的考え方 以下に、対象とするモーフィングの種類、従来法の問題点、提案手法、変形指定の手順、について説明する。

2.1 モーフィングの種類 モーフィングには、同一画像が変形するものと、ある画像から他の画像へ変形するものの2つがある。すなわち、前者は画像AからA'、後者はAからBへの変形である。なお、画像はCG画像あるいは写真画像を考える。

2.2 モーフィングの従来法 従来法の主なものは、画像上にメッシュを重ね、その格子点を移動させて画像を変形させる方法(warp meshing法)[2]、画像上に任意の線分を指定しそれらを適当に移動させることで場が変位し(線分で場を生成)画像が変形する方法[3]である。前者の方法は、スクリーンの4辺上の格子点を固定させておく必要から、スクリーン周辺部の変形が制限され、アフィン変換の総てが行えるとは限らない(拡大・縮小、回転など)。一方後者は操作性はかなり良いが、線分の位置によっては期待したものとはかなり異なる画像となり、前者と同様にアフィン変換の総てが可能とは限らない。

2.3 提案法 提案法は、任意の位置にメッシュを指定でき、メッシュをBezierパッチで構成することによって総てのアフィン変換が可能で、1次微分まで連続な変形画像が得られる。画像Aから画像Bへ変換する場合(例えば、大人の顔から子供の顔)には、AおよびBの画像の特徴を表す部分(変形が明確に現れるのは一般に図形輪郭部)に沿って格子点が配置されるようにマウスを使って移動する。なお、スムーズな変形画像を得るようにするため、格子点はBezierパッチの制御点とみなす。

2.4 アクティブネットの適用 従来、変形の指定方法は、2.3で説明したようにマウスを用いて行なっていた。この方法は、複雑な形状の図形を変形させる場合、大変な手作業となる。そこで、アクティブネットを適用すること

により、モーフィングを行なおうとする図形の輪郭を抽出し、メッシュの格子点を自動的に移動する方法[4]を採用した。これにより変形を指定する手間が軽減できる。

2.5 変形指定の手順 変形途中の、あるステップの画像の生成手順について四角から三角に変形する場合を例に、図1を用いて説明する(ただし、画像A, Bの座標系を(x, y)、メッシュの座標系を(u, v)とする)。

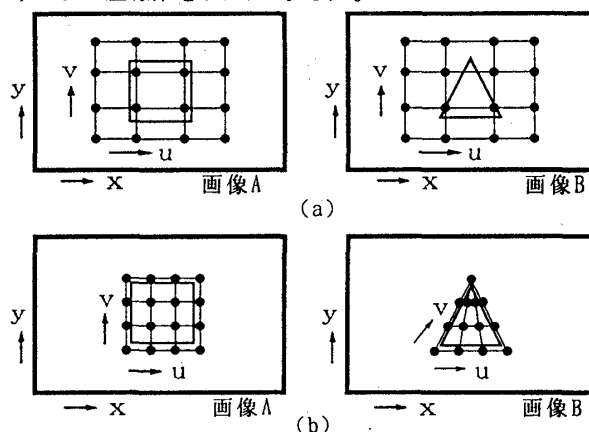


図1. メッシュの指定方法

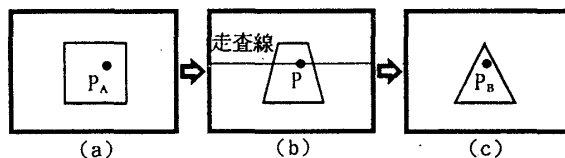


図2. 中間画像の生成法

1) 画像A, Bにそれぞれメッシュを重ねる。このメッシュ内はパラメータ u, v 座標で表現(式(1)参照)し、各格子点は3次Bezierパッチの制御点とする(図1(a))。2) 格子点が画像Aの輪郭に沿うように配置し、それらの輪郭に対応する点がBの画像の輪郭に沿うように置く(図1(b))。3) 両者のメッシュ間を線形補間して、指定ステップでのBezierパッチ位置を求める。4) Bezierパッチを走査し、各点において次の処理を行なう。①走査線上の点 $P(x, y)$ (図2(b))に対応する (u, v) 座標を求める。② (u, v) に対応する画像A, Bそれぞれでの (x, y) 座標(図2(a), (c))の P_A, P_B を求め、それらの点での色を抽出し、補間(Aから次第にBに重みが増す)により指定ステップでの P の色を計算。処理3)において、Bezierパッチどうしのスムーズな接続は容易でないので、格子点はB-splineパッチの制御点として入力し、内部処理としてBezierパッチに変換する。アニメーションの際は、3)、4)の処理が繰り返される。本稿では、4)の処理について議論する。

3 逆マッピング 本稿では、1次微分まで連続(すなわちC¹接続)な変形画像を得るため3次Bezierパッチ(図3参照)を考える。スクリーン座標の(x, y)空間からパラメータ空間への逆写像を考える。対象画像上にはメッシュ状の複数のBezierパッチが存在するが、ここでは1つのBezierパッチについて説明する。3次Bezierパッチ内のある点P(x, y)はパラメータ(u, v)を用いて、次式によって表現される。

$$P(u, v) = \sum_{i=0}^3 \sum_{j=0}^3 P_{ij} B_i^3(u) B_j^3(v) \quad (1)$$

ここで、P_{ij}(x_{ij}, y_{ij})はBezierパッチの制御点(すなわち格子点)の座標で、BはBernsteinの多項式である。

走査線上の総ての画素についてパラメータ座標を計算(逆写像)するのではなく、数点おきに求め、それらの間は補間する方式とし

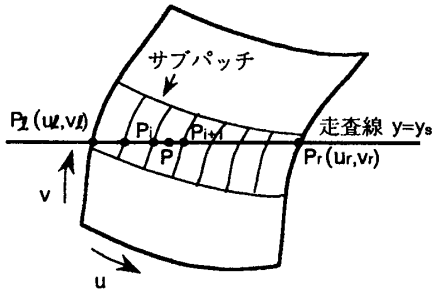


図3. 逆マッピング

た。まず走査線上に存在するサブパッチを抽出し、次にサブパッチの境界曲線と走査線との交点を求める。走査線をy=y_sとすると、式(1)のy座標が走査線上に存在する条件から、サブパッチは次式によって求められる。

$$\sum_{i=0}^3 \sum_{j=0}^3 y_{ij} B_i^3(u) B_j^3(v) = y_s \quad (2)$$

ここで、式(2)を満たすu, vの区間はBezier Clipping法[1]によって求めることができるので、この区間以外を切り捨てる。この際、切捨てたことによって生じた境界線とは決して交差しないので、他の境界線(一般に2曲線)のみとの交差判定をすればよい。サブパッチの交点をx_l, x_r、それらの交点でのパラメータを(u_l, v_l), (u_r, v_r)とすると、u_r-u_lとv_r-v_lの大きい方の成分を等分割する。例えば、u成分が大きい場合、du間隔でu_i (=u_{i-1} + du)の等パラメータ曲線を求め、この曲線と走査線との交点を求める。なお、duはサンプリング間隔が2, 3画素程度になるように、

(x_r-x_l)から算出する。等パラメータ曲線は3次Bezier曲線であるから、走査線と等パラメータ曲線との交点でのvは次式を解くことにより求まる。

$$\sum_{j=0}^3 d_j B_j^3(v) = 0 \quad (3)$$

ここで、d_j=y_j-y_sであり、y_jは等パラメータ曲線の制御点のy座標である。式(3)を満たすvはBezier Clipping法によって求められる。ここで、サブパッチは元のパッチより小さくなっているから、等パラメータ曲線は直線に近くっており、交点計算の繰り返し数は少なくてもよい(図4の例では2.2~2.4回)。交点でのvを用いて、x座標を式(1)から求める。これをv_iとし、その交点をx_iすると、x_iとx_{i+1}との間の点xの(u, v)座標値は次式の線形補間によって求められる。

$$\begin{aligned} u &= u_i + t(u_{i+1} - u_i), \\ v &= v_i + t(v_{i+1} - v_i) \end{aligned} \quad (4)$$

ただし、t=(x-x_i)/(x_{i+1}-x_i), 0<t<1

この方法によって、18次式の問題が3次の問題に低減できる。

4 おわりに 本稿では、モーフィングにBezier Clippingを適用する方法を提案し、滑らかな変形を行なうことが可能であることを示した。図4(a),(b)は、同一オブジェクトの変形例で、旗を変形させ、風に揺られる様子を表現している。(c)~(e)は、異なるオブジェクトへの変形例で、ハンディタイプの掃除機から自動車への変形である。(f)~(h)は、馬から虎への変形である。馬の頭部が虎に変化し、前足、胴体の順に前から後ろに徐々に変形させている。

参考文献 1) T.Nishita, T.Sederberg, M.Kakimoto, Raytracing Trimmed Rational Surface Patches, Computer Graphics, Vol.24, No.4, pp.337-345 (1991)
2) G.Wolberg, Digital Image Warping, IEEE Computer Press, (1990)
3) T.Beier, S.Neely, Feature-Based Image Metamorphosis, Computer Graphics, Vol.26, No.2, pp.35-39 (1992)
4) 坂上勝彦, 山本和彦, 動的な網のモデル Active Net とその領域抽出への応用, テレビジョン学会誌, Vol.45, No.10, pp.1155-1163(1991)

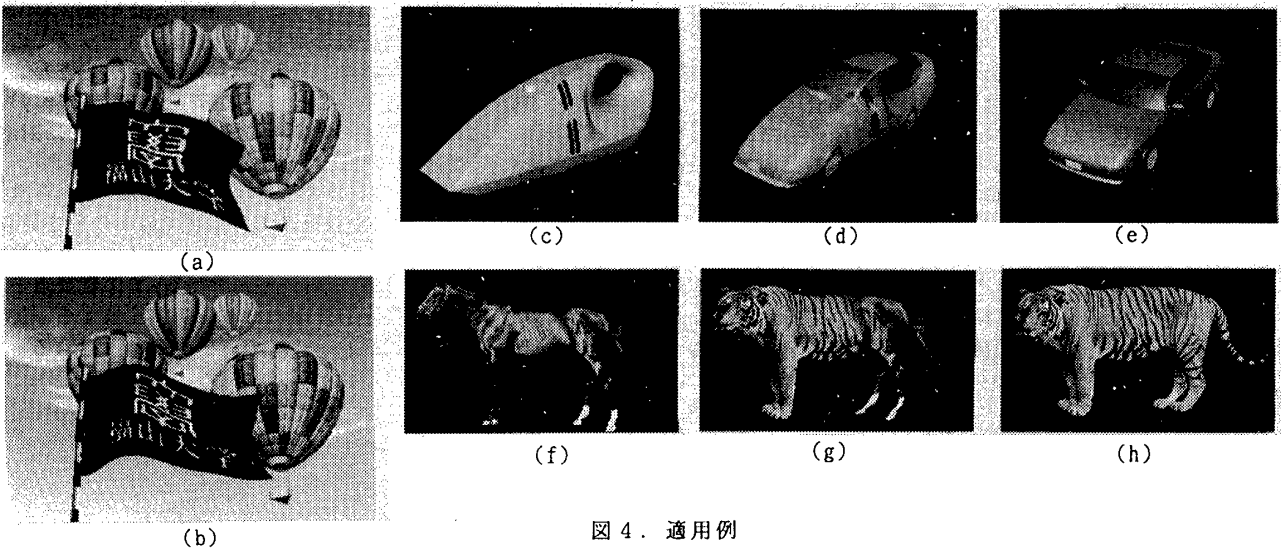


図4. 適用例