新しいモーフィング手法

4R－7

厳栄華　徳田尚之　宮道壽一
宇都宮大学

１．　始めに

ある画像から全く別の形状へと連続的に画像を変貌させる画像モーフィング技術はその視覚効果のためテレビやアニメーションで最近注目を浴びている[1,2,3]。このモーフィングで要求される技術としては、(1)与えられた形状への滑らかな変形(2)効率のよい変換計算法(3)画像の特徴点、特徴線の指定のしやすさが考えられる。この三つの条件を満たす新しいモーフィング技術として、本研究では薄板の曲げエネルギーを最小にする空間変換理論[4]を提案する。この解の特徴は倍調和関数の基本解をもとに選んだ特徴点の数だけの線形結合とした表されることであり、元画像の形状の連続性を保ったまま滑らかな形状補間が可能であり、計算量も特徴点の数に比例するので全画像のピクセル数より大幅に少ない点でその形状を表せ、対話的な環境にも十分対応できる。

２．　形状の変形モデル

薄板平面上の画像を表すn点の集合$\{\mathbf{p}_i\}$を別のn点$\{\mathbf{p}_i'\}$に変形したときの変位量を$\mathbf{f}$とする、薄板中の変形の曲げエネルギーの和は

$$I_f = \iint_{R^2}\left[\left(\frac{\partial^2 f}{\partial x^2}\right)^2 + 2\left(\frac{\partial^2 f}{\partial x \partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial^2 f}{\partial y^2}\right)^2\right]dxdy$$

で表せる。

変分法から、I_fを最小にする解は、倍調和方程式$\Delta^2\mathbf{f}=0$の基本解

$$U(r) = r^2 \log r^2 \qquad (r=\sqrt{x^2+y^2})$$

の線形結合として求められる。拘束条件$\mathbf{f}(\mathbf{p}_i)=\mathbf{p}_i'$を満足する変形変換は、

$$\mathbf{f}(\mathbf{p}) = \mathbf{a} + \mathbf{a}_p\mathbf{p} + \sum_{i=1}^{n}\mathbf{w}_i U(|\mathbf{p}_i - \mathbf{p}|).$$

$\mathbf{a}$，$\mathbf{a}_p$，$\mathbf{w}_i$　は式

$$\begin{pmatrix}\mathbf{p}_1' \\ \vdots \\ \mathbf{p}_n' \\ 0 \\ 0\end{pmatrix} = \begin{pmatrix} U(|\mathbf{p}_1-\mathbf{p}_1|) & \cdots & U(|\mathbf{p}_1-\mathbf{p}_n|) & 1 & \mathbf{p}_1 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ U(|\mathbf{p}_n-\mathbf{p}_1|) & \cdots & U(|\mathbf{p}_n-\mathbf{p}_n|) & 1 & \mathbf{p}_n \\ 1 & \cdots & 1 & 0 & 0 \\ \mathbf{p}_1 & \cdots & \mathbf{p}_n & 0 & 0 \end{pmatrix}\begin{pmatrix}\mathbf{w}_1 \\ \vdots \\ \mathbf{w}_n \\ \mathbf{a} \\ \mathbf{a}_p\end{pmatrix}$$

より求める[4]。

３．　画像モーフィングへの応用

我々は文字ＦをＴに変形する問題を例とし、この方法の特長について説明する。図１は原画像である。特徴点を文字の輪郭線上に置き、変形させる。図２はその変形した結果を示す。メッシュは、変形の効果を表している。本方法は、全空間変換であるが、局部だけを変換したい時に、新たな特徴点を加えることによって、局部に限定することもできる。図３は、その局所性を示すものである。

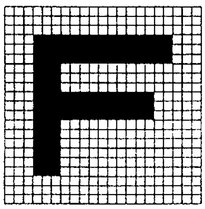

図１原画像

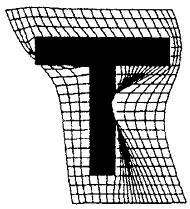

図２目標画像

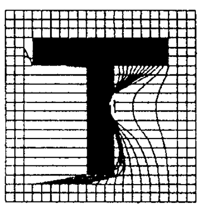

図３局所性

A New Image Morphing Method
RongHua YAN, Naoyuki TOKUDA,
Juichi MIYAMICHI
Utsunomiya University

変換関数から見ると、本方法は、原形状の微分連続性を保つことが明らかである。計算効率の面からBeier and Neely[1]の方法とLeeら[3]の方法と比べ、特に特徴点の数が少ない場合には速度が速い。複雑な形状に対しては、Bezier法[3]より特徴点の指定や修正などがしやすいといった長所がある。

4. 実験

対話的な手法によって、元画像と目標画像から対応する形状の特徴点をそれぞれ抽出し、前述の方法を使ってその形状のマッピングができる。対応する形状の変化が時間とともに元の画像から目標画像へ変化させ、その過程をディゾルブによって画像のモーフィングが完成する。図4、5は実例として使った二枚の画像とその変換に使った特徴点を示す。図6はモーフィングの中間画像である。568x432カラー画像、56特徴点に対して、indigo^2(R4000)では、計算時間が26秒である。

5. おわりに

本研究では、曲げエネルギー最小に基づく空間変換理論が効率的な画像モーフィングアルゴリズムになることを示した。2に述べた倍調和関数の三次元の基本解$U(r)=|r|$を使って三次元への拡張も可能だが、二次元の微分連続性に対して、三次元への拡張では、特徴点上でのC^1連続性が保障されない。この問題を克服するには、最小にする関数族の再検討が必要と思われる。

参考文献

[1]T.Beier, S.Neely: "Feature-Based Image Metamorphosis", Computer Graphics. 26(2), pp35-42(1992)

[2]T.Nishida,T.Fujii,E.Nakamae: "Metamorphosis Using Bezier Clipping", Proceedings of the First Pacific Conference on Computer Graphics and Applications, pp162-173(1993)

[3]S.Y. Lee et al.: "Image Morphing Using Deformable Surfaces", to be published in Computer Animations'94(1994)

[4]R.H.Yan, N.Tokuda: "Analysis and Recognition of Medical Images: 1. Elastic Deformation Transformation", In: Thalmann NM, Thalmann D (Eds.) Communicating with Virtual Worlds, Springer-Verlag, pp580-593(1993)

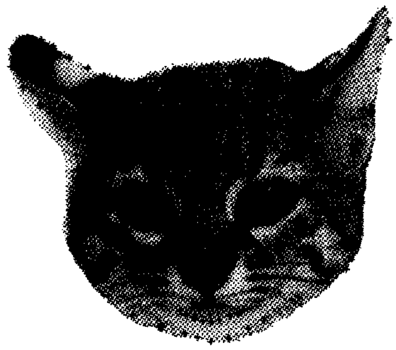

図4　原画像1

図5　原画像2

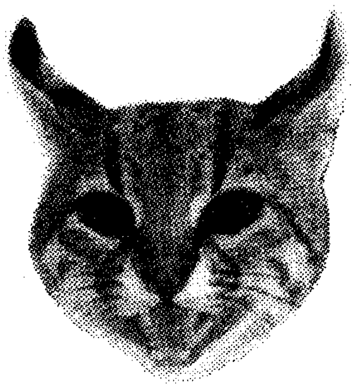

図6　中間画像