

高次元モーフィングによる複数の表情間における表情合成 Facial Expression Synthesis by High Dimensional Morphing among Multiple Expressions

野瀬 英明[†] 趙 晋輝^{†,‡}
Hideaki Nose Jinhui Chao

1. 序論

人間の顔表情は基本 6 表情と無表情の 7 表情とされているが [1], 実際の顔表情は、これらのみならず、多数の表情が複雑に混ざり合った複合表情の連続分布である。

表情研究の中では、これらの複合表情の合成が重要であるが、今まで基本 6 表情画像と無表情画像の 7 表情画像に対してモーフィングを行うことにより、二つの表情の複合表情の合成が行われている。従来のモーフィングの欠点として、二表情間の線形補間のみで、複数表情が寄与するモーフィングや、凸結合でないモーフィングを作ることができないといった問題が存在する。本研究ではそれらの問題を解決するための手法として、ベジエ曲線に基づいたモーフィング手法と単体補間法に基づいたモーフィング手法を提案する。

2. モーフィング

モーフィングとはある物体の画像を別の物体の画像へと滑らかに変形させる技術である。二つの表情画像に対してモーフィングを行うことで、それらの中間画像を合成することができ、細やかで多彩な表情を作ることが可能である。図 1 は基本 6 表情の一つである、怒り表情画像から嫌悪表情画像へのモーフィングである。



図 1: 怒りから嫌悪へのモーフィング

表情画像のモーフィング手順

表情画像のモーフィングの作成方法として、第一に顔に特徴点を設定する。特徴点は手動で設定する方法と、画像処理により自動で行う方法がある。第二に画像同士で対応を取ることで、対象の大きさ、位置、傾き、照度、などを画像処理によって調整する。第三に二つの顔に設定された特徴点と形状割合を用いることで、合成画像の特徴点を計算する。第四に合成画像の特徴点を利用することにより、メッシュ分割を行い、顔のパーツを取得する。メッシュ分割の方法としては、ドロネーの三角形分割などがある。第五にメッシュ分割により得られた顔のパーツに対してアフィン変換を行うことで、合成画像のメッシュへのテクスチャ変形をする。第六に、アフィン変換によって得られた二つの表情のアフィン変換後の対応するパーツ画像同士の合成をテクスチャ割合を用いて行う。アフィン変換

[†] 中央大学大学院理工学研究科情報工学専攻
Department of Information and Systems Engineering,
Graduate School of Science and Engineering, Chuo
University

[‡] 中央大学理工学部情報工学科 Department of
Information and Systems Engineering, Faculty of Science
and Engineering, Chuo University

によって二つの画像の形状は一致しているため、画像の画素同士の重ね合わせを行うことにより合成画像を得ることができる。二つの表情画像の合成割合とテクスチャ割合の比率を徐々に変化させて、それに対応する中間画像を合成することで、表情画像のモーフィングを作成する。

3. 主成分分析

主成分分析 (PCA) とは、多次元のデータを少ない情報の損失で低次元のデータへと縮約する手法の一つである。

PCA による表情空間への射影

PCA を用いることで表情を二次元あるいは三次元の主成分空間に射影し、表情空間を可視化することが可能である (図 2)。モーフィングによって二つの表情画像の中間画像を合成することで、表情空間上における二つの表情間の点を線形的に補間することが可能である。

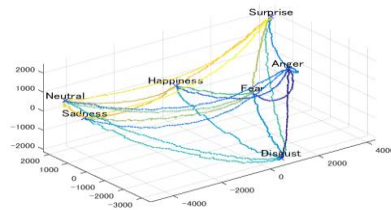


図 2: PCA によって射影される 3 次元の表情空間

4. 提案手法

複数表情間において単体補間法に基づいたモーフィングを行うことによる表情空間上の任意の方向へのモーフィングと、複数表情間においてベジエ曲線に基づいたモーフィングを行うことによる表情間の中間画像を非線形的に補間する方法を提案する。

4.1 単体補間法に基づいたモーフィング

3 次元表情空間上において、ある始点表情からある方向へのモーフィングを 3 次元単体を用いることで考える。始点表情に対応する点 A 、それ以外の任意の 3 表情に対応する点 I_k と点 A からのベクトル e の実数倍ベクトル te を与えた時、点 A がベクトル te によって移される座標を以下の線形結合の式で表す。

$te + A = w_1 I_1 + w_2 I_2 + w_3 I_3 + (1 - w_1 - w_2 - w_3) A$
このとき、係数 w_k の制約条件を正と定めないことにより、非凸結合の画像合成も可能となっている。係数 w_k は単体補間法を用いることで、一意に定めることができる。求めた係数 w_k をモーフィングの合成割合とし、 t を 0~1 まで変化させていき、 t に対応する中間画像を合成することで、始点表情からベクトル e 方向へのモーフィングが得られる。従来のモルフィンでは終点画像が必要だが、本手法では、各表情の寄与率のみを指定するだけで、複合表情が合成可能となる。

4.2 二次ベジエ曲線に基づいたモーフィング

表情画像の中間画像を二次ベジエ曲線に基づいてモーフィングを行うことで、表情間の中間画像を非線形的に補間する。まず制御点 A_1, A_2, A_3 を持つ二次ベジエ曲線は以下の式で表される。

$$X = t^2A_1 + 2t(1-t)A_2 + (1-t)^2A_3$$

ベジエ曲線では一つの曲線しか定まらないため、始点と終点に対する中間点の距離を変動させたベジエ曲線を、中間点の距離の割合を表す媒介変数 u を用いて以下の式で表す。

$X = (ut^2 - ut + t)A_1 + 2ut(1-t)A_2 + (ut^2 - ut - t + 1)A_3$
この中間点の距離を変動させた 2 次ベジエ曲線の係数を始点の表情画像、中間点の表情画像、終点の表情画像、それぞれのテクスチャ割合および形状割合として設定する。

始点: $ut^2 - ut + t$, 中間点: $2ut(1-t)$, 終点: $ut^2 - ut - t + 1$
 t を 0~1 まで変化させていき、 t に対応する中間画像を合成することで、モーフィング画像を得る。

ベジエ曲線によって、通常モーフィングにはできない表情間の中間画像を非線形的に補間することができる。

5. 実験

本研究におけるモーフィング画像の合成の際の実験環境を列挙する。

- ・使用プログラム:MATLAB
- ・表情データベース:The Japanese Female Facial Expression (JAFPE) Database の KANA の基本 7 表情画像 [2].

また事前準備として、FUTON System アプリケーション [3] の一部による画像の正規化および特徴点の設定を行った。

5.1 実験 1

3 次元表情空間上において、怒りの表情画像を始点として目標点(1000,-1000,-500)へのベクトルで単体補間法に基づいたモーフィングを行った。



図 3:怒り表情画像から単体補間法によるモーフィング
またモーフィングの中間画像の終点は(1122,-1472,-1154)へと射影された。

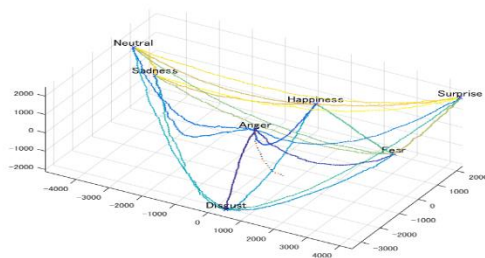


図 4:表情空間への射影

5.2 実験 1 考察

3 次元表情空間における、おおまかなベクトル方向を指定できるモーフィングを構成可能のことが確認できる。

5.3 実験 2

嫌悪の表情画像を始点、無表情の表情画像を中間点、驚きの表情画像を終点として、始点と終点に対する中間点の距離割合を変動させたベジエ曲線に基づいたモーフィングを行った(図 5,6,7,8)

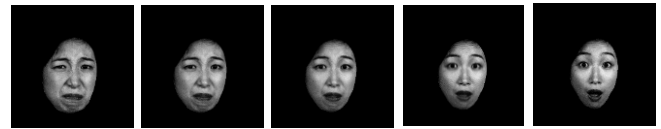


図 5:従来のモーフィング

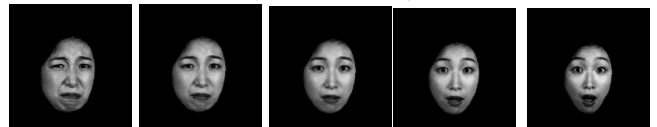


図 6:中間点の距離割合 0.5 倍のベジエ上のモーフィング



図 7:通常のベジエ上のモーフィング

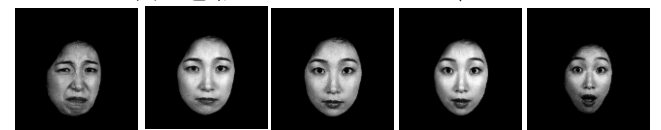


図 8:中間点の距離割合 2 倍のベジエ上のモーフィング

5.4 実験 2 考察

距離割合を変えることで、ベジエモーフィングはそれぞれ別の表情変化を示している。また距離割合を上げることで極端な表情の変化が表れている。

6. 結論と今後の課題

複数の画像を用いた高次元モーフィングにより画像合成を行うことで、より多彩な表情の表現が可能になった。

今後の課題として、特徴点不足による、モーフィングの不自然な箇所が見受けられたので、特徴点を増やす必要がある。また基本 6 表情と無表情画像以外の画像によるモーフィングにおいて表情合成が可能であるか検討する。

謝辞

本研究を進めるにあたり、日頃より様々な面で協力して下さった研究室の皆様へ感謝いたします。

参考文献

- [1] Michael J. Lyons, Shigeru Akamatsu, Miyuki Kamachi, Jiro Gyoba. Coding Facial Expressions with Gabor Wavelets, 3rd IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, 1998, pp. 200-205.
- [2] 竹原卓真, "顔の表情と認知", 「顔」の最先端, 竹原卓真, 野村理朗 編, 大北路書房, 2004, pp.62-83.
- [3] 向田茂, 蒲池みゆき, 赤松茂, et al, 操作性を考慮した顔画像合成システム: FUTON: 顔認知研究のツールとしての評価(デジタルデータ付き論文特集), 電子情報通信学会論文誌. A, 基礎・境界 J85-A(10), 1126-1137, 2002-10-01.