

影響力マップ用いた任意表情モデル上での表情合成

Facial Expression Synthesis on Any User Defined Face Model

Using a Geometry Movement Map

祖川 慎治 四倉 達夫 森島 繁生

成蹊大学工学部

〒180-8633 東京都武蔵野市北町 3-3-1

E-mail { s-s, yotsu, shigeo }@ee.seikei.ac.jp

1. はじめに

本稿では、任意形状かつ格子点の異なるモデルを容易かつ短時間で表情の生成を可能にする手法を紹介する。従来の表情合成技術[1]はモデルの依存性が強く、基本的には詳細な表情変形ルールが定義された特定のワイヤフレームモデルを用いて表情合成する必要があったが、レンジセンサから無表情から表情変形までの顔の移動量の3次元実測データをマップ化した影響力マップを用いて、特定のモデルと影響力マップを整合させ、この結果から自動的に特定モデルの表情変形ルールの算出を行うことにより、モデル依存性を解消することが可能となった。本手法は次に述べる3つのプロセスが存在する。

- 1) 影響力マップ生成プロセス
- 2) 影響力マップ・特定モデル整合プロセス
- 3) 特定モデルによる変形ルール決定プロセス

1)では基準となる影響力マップの生成を行う。影響力マップは基本表情変形の3次元の移動量を縦512×横512[pixel]の2次元格子に移動ベクトルとして収納される。また、影響力を視覚化させるために移動ベクトルのスカラー量をグレースケール値に変換させた512×512[pixel]のBitmap画像が表出可能である。このマップは特定のモデルから任意表情を生成する為の基準となる影響力マップと一致した顔画像もまた用意する。2)において、先に制作したマップを特定のモデルへ正しく整合させるため、放射基底関数(Radial Basis Function: 以下RBF)を用いて、基準の顔モデルの顔画像と特定のモデルの顔画像にアンカー点を配置し、画像変換を行うことで特定モデルに特化した影響力マップを生成する。最後の3)のプロセスでは2)で求めた影響力マップをもとに顔モデルの表情変形ルールの対応付けを自動的に行うことで、モデル格子点毎の各表情変化時における移動ベクトルの定義が可能

となる。またユーザがそれぞれのツールを使用できるようにGUIツールも構築している。

この3つのプロセスにより、格子点数の異なる多種多様なモデルを制作したとしても、表情合成は予め定義した影響力マップを使うことで容易に表情変形ルールが構築可能であるため、CGによる顔表情合成およびアニメーションを用いた研究[2]を実現するためのアバタ表情の構築に有効であると考えられる。

2. 影響力マップ生成

影響力マップは基本表情を定義した数だけ存在し、これらは特定のモデルの表情を生成する際の重要な指標となる。マップ生成の際は表情変化を撮影する被験者の顔画像、レンジセンサで測定した表情変化前、変化後の3次元形状データを用意する。また、表情変化の移動量を追うために、ワイヤフレームモデルを用意して、形状データとワイヤフレームモデルとが正しく整合するようモデルを操作し、対応付けを行うことでマップの移動量を獲得している。本章では形状データ獲得、整合、マップ生成方法と順に追って説明する。

2.1. 3次元形状データの獲得[3]

特定のモデルに表情変形ルールを適応させる際、影響力マップ内の移動ベクトルが詳細かつ精密に存在すれば、モデルの表現力は向上する。そこで、本稿では忠実な表情変化の計測を行うためにNEC製のレンジファインダ:Danae-Rを用いた。

表情はFACS(Facial Action Coding System)[5]に基づく基本表情全てを撮影した。FACSは解剖学的に分類された44種類の運動単位AU(Action Unit)から成り立っている。

2.2. 整合

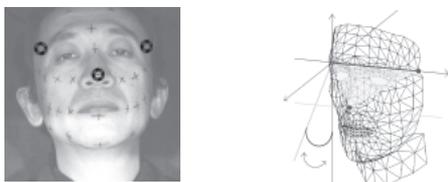
次に計測した変化前、変化後のデータの対応付け

を行う必要がある。まずレンジファインダで撮影したデータは、その撮影状況によって取得できる顔の大きさや傾きが異なる可能性があるためデータ正規化を行う。手法として、左右のコメカミの2点とAUを表した時の不動の点である鼻の頂点の点、合計3点を選択し特徴点とした(図1(a))。まず図1(b)のように無表情のワイヤフレームを基準として各AUのモデルに対しアフィン変換を施し、特徴点3点からなる三角形が同一となるように移動、回転させてワイヤフレームの正規化を行った。次に正規化したワイヤフレームと対応しているレンジデータに対しても同様に正規化を行った。

計測した各々のデータは顔部位の位置関係が明確ではない為、本稿ではワイヤフレームモデルを用意しワイヤフレームモデルと表情変化前・後の計測データそれぞれと整合を行うことでデータの対応付けを行う。整合の際は専用のGUI整合ツール[4]を用いてマニュアルでマーカの配置を利用して整合を行う。図2に正規化を行った3次元データとGUIツールでの整合後のワイヤフレームモデルを示す。

2.3. 影響力マップの作成

影響力マップの移動ベクトルは微少な2次元の格子毎に定義される。つまり、マップの解像度が上がれば忠実な表情変化が可能となる。今回、コンピュータシステムメモリ・処理速度の便宜上512×512[pixel]の格子を各マップに適応した。また、本システム利用者がマップの移動量がわかるよう、移動ベクトルのスカラー量をグレースケールで表現したBitmap形式の画像ファイル(512×512[pixel])も用意した。移動ベクトルの算出方法のフロー



(b) 正規化手法 (a) 特徴点の位置
図1 レンジデータの正規化

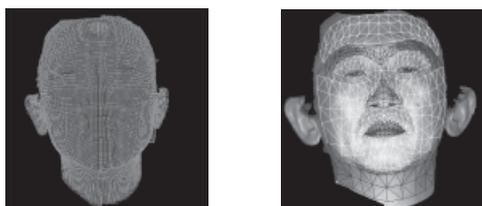


図2 レンジデータと整合結果

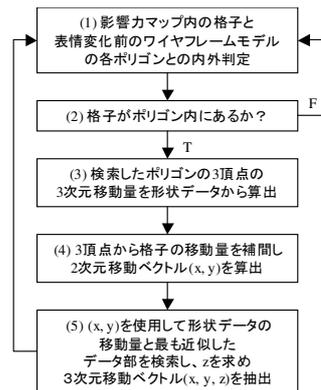
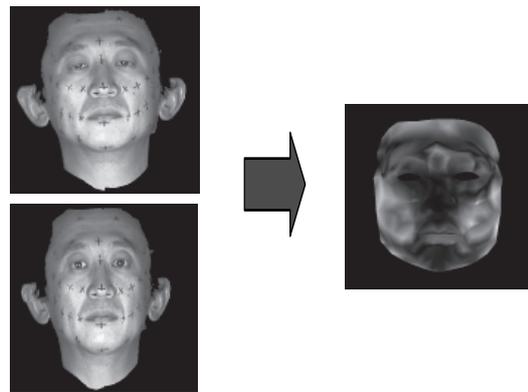


図3 マップ生成におけるフローチャート



無表情とAU14(笑窪を作る)との比較

図4 影響力マップ

チャートは図3の通りである。

フローチャートからわかるとおり過程(4)は一般的にCGのレンダリングにおけるグローシェーディングを求める手法であり、過程(5)で奥行き方向を実データから求めることで、3次元移動ベクトルを算出することが可能である。図4に影響力マップを視覚化した顔画像の一例を示す。

3. 影響力マップとモデルの整合

前章では影響力マップの生成方法について述べたが、モデルの形状や格子点数の異なる表情変化を行わせたいモデル(以下、ターゲットモデル)のルールを構築する際、これらマップの形状とターゲットモデルの顔形状が正確に対応付けする必要がある。

変換手法として影響力マップを生成時に撮影した無表情時の正面顔画像とターゲットモデルの正面顔画像を用意し、2枚の画像の各顔器官周囲にアンカー点を同数配置し、これら2次元座標の点群を使用し、RBFを用いて影響力マップの画像変換を行った。本章ではこれら2つの顔画像を用いたマップの変換手法、およびアンカー点の指定方法を述べる。

3.1. 2次元放射基底関数変換

2次元画像の変形技術は画像を複数の三角形領域に分割し、各三角形に重心座標を使って変形する重心写像変形、線群を画像に対し特徴の対を作り変形する手法[5]やメッシュ状のスプライン曲線を張り巡らせ、曲線群の移動によって画像の変形を実現する手法[6]など多くの手法が存在するが、本稿では2画像に対して、点を配置し、点の周りに場を定義して場を歪めることで定義する手法[7][8]を用いた。この手法は2次元放射基底関数変換(Radial Basis Function Transformation: 以下RBFT)と呼ばれ、以下のような式1に示すことができる。

$$W(\mathbf{p}) = A(\mathbf{p}) + R(\mathbf{p}) \quad (1)$$

ただし $W(\mathbf{p}) = \mathbf{p}'_i$ ($i = 1, 2, 3, \dots, N$) である。 \mathbf{p}_i は変化前、 \mathbf{p}'_i は変化後のアンカー点 (N 点)、そして \mathbf{p} は画像上の1点を示す。

$A(\mathbf{p})$ は式2に示す2次元アフィン変換を表す。

$$A(\mathbf{p}) = M\mathbf{p} + \mathbf{b} \quad (M: 2 \times 2 \text{ 行列}) \quad (2)$$

$R(\mathbf{p})$ は放射変換である(式3)。

$$R(\mathbf{p}) = (R_x(\mathbf{p}), R_y(\mathbf{p})) \quad (3)$$

R_x および R_y は双方とも式4に示すようなRBFで表される。

$$\begin{aligned} R_x(\mathbf{p}) &= a_{ix} g(\|\mathbf{p} - \mathbf{p}_i\|) \\ R_y(\mathbf{p}) &= a_{iy} g(\|\mathbf{p} - \mathbf{p}_i\|) \end{aligned} \quad (4)$$

また、基底関数とした。これら式の未知数 M 、 \mathbf{b} 、 a_i を解くことでRBFTを決定した。

3.2. アンカー点の配置

アンカー点は顔器官の動きが顕著に表出する箇所に設定する。目輪郭部(左右各16点)、眉輪郭部(左右各16点)、鼻部(4点)、唇部(16点)、また、顔の輪郭の整合を行うため顔輪郭部(16点)、首輪郭部(10点)、合計110点配置した(図5)。むやみに2画像のアンカー点を配置するとRBFTを用いる際、変換結果に影響を及ぼす恐れがあるため、次のようなルールを設け、配置方法を明確化した。

まず、顔輪郭のアンカー点の配置方法は図6に示

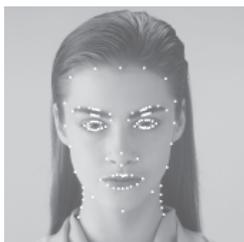


図5 アンカー点配置

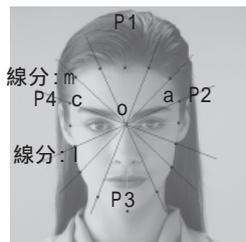


図6 アンカー点配置法

した番号P1からP4まで(順に左こめかみ部、顎下部、右こめかみ部、額上部)の点を配置する。配置後線分 l 、 m および l 、 m の交点がなす角を4等分した6本の補助線が登場する。そして線分 m が瞳 a 、 c に交わるよう、また l 、 m の交点 o が眉間中心部で交差するよう再配置を行う。さらに補助線と顔輪郭の交点を番号通り配置することで顔輪郭の配置は終了する。

目、眉、唇も同様のルールを適用し、配置を行う。鼻に関しては4点のみを配置、首輪郭に関しては首最上部左、首最下部左、首最下部右、首最上部右を順に配置し、補助線6本中、首輪郭と交差する3本の線分上に点を6点配置した。

3.3. 整合結果

影響力マップで定義した正面顔画像および、ターゲットモデルの顔画像にアンカー点の配置後、式(1)~(4)を用いて、RBFTの未知数を解き、マップデータの変換を行う。図7(a)にマップデータの変換前、変化後のイメージを、(b)には変換の過程がわかりやすいよう、影響力マップで定義した正面画像をRBFTで変換させた結果を示す。また変換した画像をターゲット画像と50:50の比率の比率でブレンドした画像を右下図に示す。この図から顔輪郭、眉、目、鼻、唇、首輪郭が、変換後とターゲット画像が一致していることがわかり、RBFTを用いた変換の有効性を確認できた。

4. ターゲットモデルの変形ルール決定

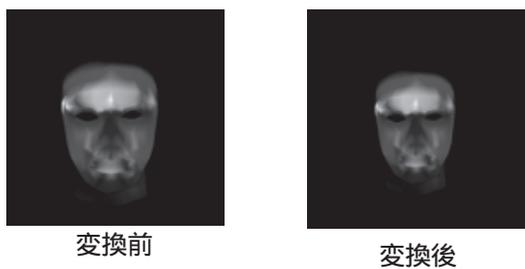
ターゲットモデルに最適な各基本表情に対応した影響力マップの生成後、実際にモデル自体の表情変形を行うために、マップデータとモデルとの対応付けを行う。その結果、各頂点にマップデータから得られた移動ベクトルが割り当てられ、自動かつ簡単に表情変形が可能となる。この処理を経て全ての影響力マップからターゲットモデルの頂点の移動ベクトルを求める。無論、ターゲットモデルは格子点数や形状の制限は一般的になく、この手法は単純に各頂点に対応したマップデータを獲得するだけなので、あらゆるモデルデータで生成可能となる。

求めた移動ベクトルを各基本表情で単独AUおよびAUのコンビネーションを読み込み表情変形を行う。表情変形はGUIツール内のスライダを動かすことで各AUの強度が決定される。図8は実際の使用

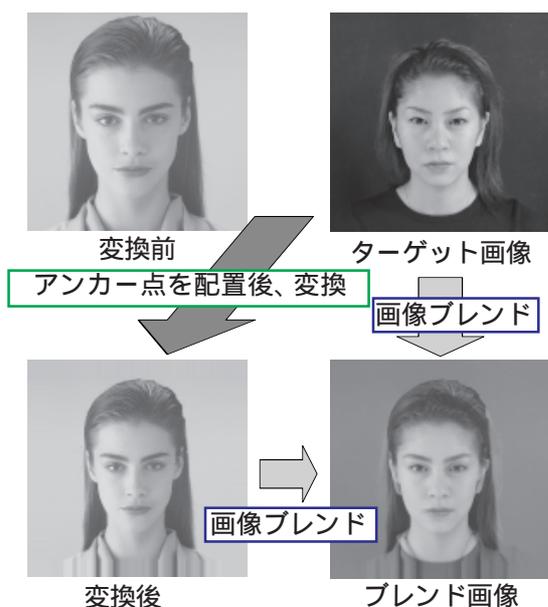
した動作画面を示しており、a)は適応した影響力マップ、b)は表情変化後の合成画像を示す。このように単純な形状の2次元の正方形で構成されたモデル(格子点数：4600ポリゴン)であったとしても忠実に表情変形がなされていることが確認できる。

5 . おわりに

本稿では影響力マップ用いた任意形状で、なおかつ格子点の異なったモデルへの顔画像整合及び表情合成の手法を提案した。これにより基準となる人の無表情の顔画像と、任意表情の顔画像の実測値データさえあれば影響力マップを生成し、ユーザが定義した人への顔整合と任意表情を高精度で、しかも簡単に合成可能となった。先に述べたようなCGによる顔における表情合成及びそのアニメーションの研究において、非常に有効な手法と考えられる。



(a) 影響力マップの整合結果



(b) 正面画像の整合およびターゲット画像のブレンド結果

図7 整合結果



a) 無表情 b) 表情合成結果

図8 表情合成例 (表情：怒り)

現在、影響力マップはレンジスキャンの実測値データをもとに制作しているが、今後これらのデータ処理方法の改良を行い、皺等の複雑な表情表出が可能なマップ生成を目指す。さらに3次元へのマップ概念の拡張、それに伴う新たな特定モデルとの整合手法についても検討していく。

参考文献

- [1] Shigeo Morishima, "Face Analysis and Synthesis", IEEE Signal Processing Magazine, Vol.18, No.3, pp.26-34, May 2001.
- [2] 四倉達夫, 藤井英史, 森島繁生, "サイバースペース上の仮想人物による実時間対話システムの構築", 情報処理学会論文誌, 第40巻, 第2号, pp.677-686, February 1999.
- [3] 大橋俊介, 杉崎英嗣, 伊藤圭, 森島繁生, "レンジファインダを用いた表情変形ルールと表情編集ツールの構築", 電子情報通信学会技術報告書, HCS2001-33, VOL.101, No610, pp.1-7, January, 2002.
- [4] 伊藤圭, 森島繁生, "複数アングル画像とレンジファインダを用いた3次元顔モデルの生成とその表情合成", 電子情報通信学会2002年総合全国大会, A-15-5, March 2002.
- [5] T. Beier and S. Neely. "Feature-based Image Metamorphosis." SIGGRAPH '92 Proceedings, pp. 35-42, 1992
- [6] D.B.Smithe. "A Two-pass Mesh Warping Algorithm for Object Transformation and Image Interpolation". Technical memo #1030, Industrial Light and Magic, 1990.
- [7] N. Arad and D. Reifeld. "Image warping using few anchor points and radial functions.", In Computer Graphics forum, volume 14-1, pages 35-46. Blackwell Publishers, Oxford, UK, 1995.
- [8] P. Lewis, Matt Cordner, Nickson Fong, Pose space deformation: a unified approach to shape interpolation and skeleton-driven deformation, Proceedings of the 27th annual conference on Computer graphics and interactive techniques, p.165-172, July 2000