

## ファジィ推論を用いた温度画像からの顔向き 3DCG表現

( 知能情報システム学 ) 山崎 真吾

### 1. 序論

現在、テレビ、映画、ゲーム、デザイン等様々な分野で人間の動作解析が行われている。その用途の増加に従って、より簡単でリアルな動作解析を得ようとする動きも活発化している。これまで行われてきた動作解析は主に可視光画像を用いたもので、動作対象に環境的制約(背景を一定にしたり、照明条件を一定にしたり)や物理的制約(身体にマーカーをつけたり)が課せられる。これらの制約がない一般的な環境において人間の動作を解析するアプローチの1つとして、温度画像を用いる方法があげられる<sup>[1]</sup>。

人間の多くの動作の中で特に顔の動きは人間同士のコミュニケーションにおいて、ノンバーバルランゲージの最も重要な要素の1つであり、人間とコンピュータのコミュニケーションにおいても重要な役割を持つと考えられる。本研究では、温度顔画像を用いて人間の顔の動作を温度画像処理とファジィ推論によって推定し、その推定結果を3次元CGによって作成した顔画像で表現する方法を検討した。

### 2. 処理概要

まず温度画像装置と3次元レーザースキャナによって、ファジィルール作成用の画像を撮影し、次に温度画像装置を用いて認識用の画像を撮影する。2次元温度画像の各特徴量と3次元画像における顔向きと回転を表す各ベクトルとの関係を用いて、ファジィルールを作成する。その後認識用2次元温度画像の各特徴量を測定し、それらの特徴量を入力としたファジィ推論によって認識用画像の顔向きと回転を表す各ベクトルを求め、これらのベクトルを用いて3次元顔画像のCGを作成する。

### 3. 画像作成

#### 3.1 温度顔画像の作成

赤外線温度画像装置(ニコン製サーマルビジョンシステム LARD-3ASH)を用いて人の皮膚のみを抽出した温度画像を作成し、8ミリビデオに録画する。その後、動画画像を Mpeg2 ファイルとし、所定の顔動作のタイミングで 240×360 ビットマップ静止温度画像を作成する。

#### 3.2 3次元顔画像の作成

3次元顔画像は、VRML(Virtual Reality Modeling Language)と FaceTool<sup>[2][3]</sup>を用いて作成した。図1のように2次元顔画像にフィッティングさせたワイヤーフレームの3次元座標を VRMLに取り込むと、図2のように表示される。



図1 2次元画像とワイヤーフレーム



図2 3次元顔画像

#### 4. ファジィによる顔向き推定

##### 4.1 ファジィルールの作成

温度画像装置と3次元レーザースキャナ(ミノルタ製 VIVID700)によって、16種類の顔向きを撮影する。図3のように座標系を定め、ファジィルールをつくるために、16種類の顔向きそれぞれについて、前件部では2次元温度画像から計測される顔向きの特徴量である4つのパラメータ(nod, up, rotate, lean) 後件部では3次元顔画像から計測される顔向きと回転の各ベクトル成分である計6つのパラメータ( $\theta_1, \theta_2, \phi_1, \phi_2, \psi_1, \psi_2$ )を各々用いる。これらのパラメータをファジィルールにおいてファジィ数として取り扱う。

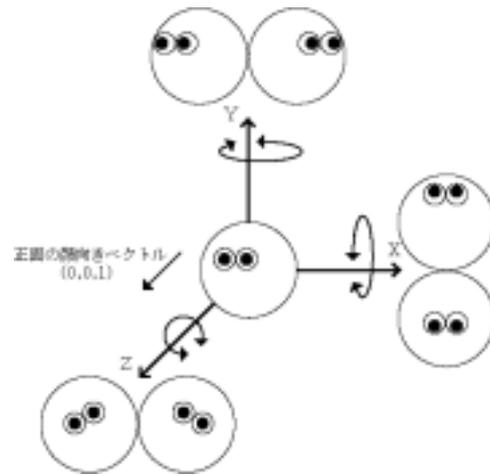


図3 3次元座標系

##### 4.1.1 パラメータ nod

パラメータ nod<sup>[4][5]</sup>はX軸回りの回転のうち、下向き回転の評価パラメータである。図4のように下を向いている顔では、顔の横幅に対して縦の長さが小さな値になる。そこで、フェレ径での縦の長さとの長さを測定し、縦の長さ÷横の長さを下向き回転の評価パラメータ nod とする。

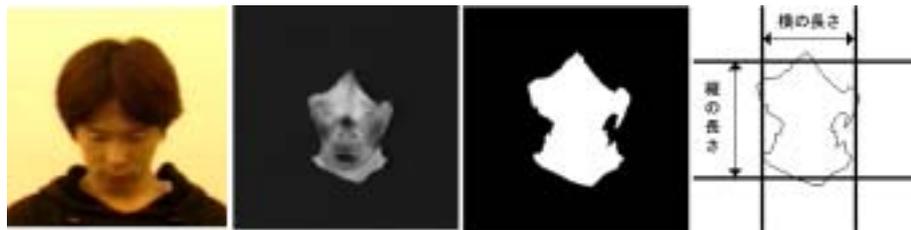


図4 下向き回転の図

##### 4.1.2 パラメータ up

パラメータ up<sup>[4][5]</sup>は上向き回転の評価パラメータである。上を向いている顔では、図5のように顔のまわりの矩形枠内の面積に対する顔以外の黒い部分の面積の比率が小さくなる。そこで、この枠内の面積に対する黒い部分の面積の割合を上向き回転の評価パラメータ up とする。



図5 上向き回転の図

##### 4.1.3 パラメータ rotate

パラメータ rotate<sup>[4][5]</sup>は横向き回転の評価パラメータで、3次元座標上ではY軸回転の評価に用いる。まず評価対象の画像上で、顔の左右の画素数がつり合う点を上下に結んで、曲線(以下では「補助曲線」と表記)を描く。次にその曲線の上端と下端を直線(以下では「補助直線」と表記)で結ぶ。ただし、髪型と襟元の影響を極力排除するために、曲線が顔の上下に突き抜け

ないように補助曲線の上端と下端を予め設定する。図 6 のように正面顔からの Y 軸回りの回転に伴い、補助曲線と補助直線が離れる傾向があるため、この回転の度合いを補助曲線と補助直線が囲む領域の面積の値として測定する。これを横向き回転の評価パラメータ rotate とする。しかし rotate は左向きと右向きで本質的に差が生じにくく、この 2 つの向きについて区別ができない。そこで後述する Z 軸回りの回転の評価で用いる角度が Y 軸回りの回転に応じて変化することを左右の区別に利用する。

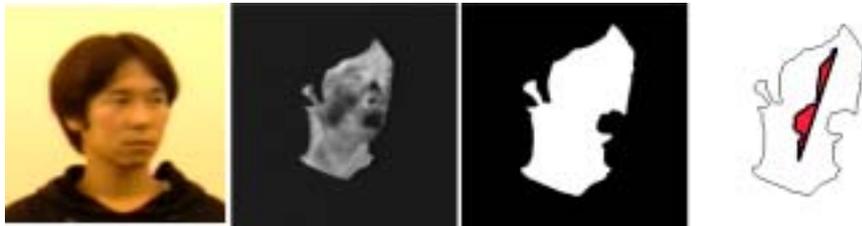


図 6 Y 軸回りの回転の図

#### 4.1.4 パラメータ lean

パラメータ lean<sup>[4][5]</sup>は首を横に傾げる動きの評価パラメータで、3次元座標上ではZ軸回りの回転の評価に用いる。Z軸回りの回転は、4.1.3節で記述した補助直線の傾きで評価できるので、回転の度合いをこの補助直線と水平線のなす角度として図 7 の一番右の図のように測る。このとき角度は、水平線から反時計回りに増加していき、0度から180度までをとる。これをZ軸回りの回転評価パラメータ lean とする。



図 7 Z 軸回りの回転の図

#### 4.1.5 パラメータ $n_1 = (x_1, y_1, z_1)$

温度顔画像の顔の向きを以下に示す3次元ベクトルで表現し、そのX成分を  $x_1$ 、Y成分を  $y_1$ 、Z成分を  $z_1$  とする。図 8 のように左右のこめかみと顎の点をマニュアルで指定し、この3点を頂点とする三角形の単位法線ベクトルを顔向きベクトル  $n_1 = (x_1, y_1, z_1)$  を求める。

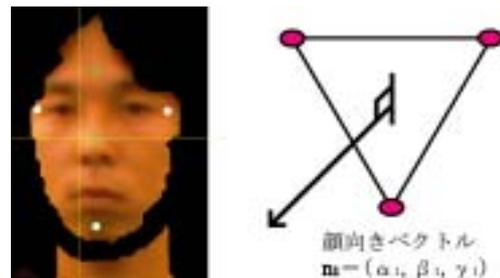


図 8 顔向きベクトル

#### 4.1.6 パラメータ $n_2 = (x_2, y_2, z_2)$

図 9 のように左右のこめかみと顎の3点を頂点とする三角形の重心から、顎の座標点に向かう単位ベクトルを顔回転ベクトル  $n_2 = (x_2, y_2, z_2)$  として定める。そして、この重心を通り  $n_1$  と平行な軸を顔の面内回転の軸とする。

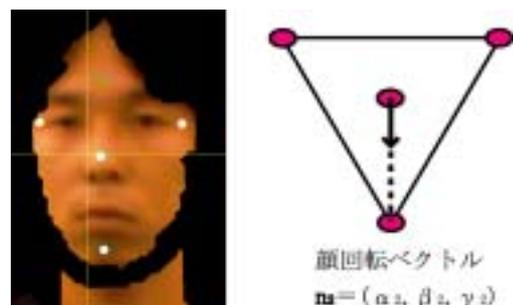


図 9 顔回転ベクトル

## 4.2 ファジィ推論

温度画像処理で求められる4つのパラメータ (up, nod, rotate, lean) の値を入力し、各パラメータの値を用いて前件部における4つのファジィ数のメンバーシップ関数との各適合度を求め、それらの適合度の最小値をそのルールでの適合度とする。各ルールに対する推論結果をメンバーシップ関数の和演算で統合し、重心法で推論結果 (確定値) を顔向きベクトルの各成分  $x_1, y_1, z_1$  と、顔回転ベクトルの各成分  $x_2, y_2, z_2$  について求める。この際各ルールの推論結果は、各ルールの前件部との適合度を後件部のメンバーシップ関数にかけることにより求める。

## 5. 実験

3人の被験者についてX軸回転関連の温度顔画像を8種、Y軸回転関連の温度顔画像を8種、そしてZ軸回転関連の温度顔画像を9種についてファジィ推論を行い、それぞれの顔向きと顔回転の各ベクトルを算出した。そしてその算出結果を用いて、VRMLで顔を3次元表示した。実験結果例を図10に示す。図13では各入力温度顔画像の下に出力3次元顔画像を掲載している。被験者1の温度顔画像では期待されるルールの顔向きに適合度が現れたのは、80% (入力画像25枚中20枚)、被験者2の温度顔画像では72% (入力画像25枚中18枚)、被験者3の温度顔画像では56% (入力画像25枚中14枚)であった。また赤外線温度画像装置と3次元レーザースキャナで同時に撮影したデータを用いて、ファジィ推論の精度検証を行ったところ、期待されるルールの顔向きに適合度が現れたのは、91.6% (入力画像12枚中11枚)であった。さらに人間の顔温度による影響を調べるため、擬似的に顔温度を変化させてファジィ推論を行いその精度を検証し、良好な結果を得ることができた。

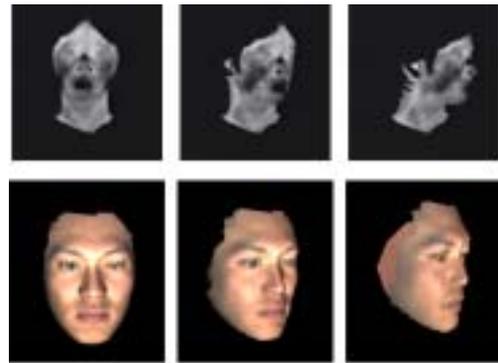


図10 実験結果例

## 6. 結論

温度顔画像特徴量と3次元顔向き及び回転を表すベクトルとのルールを作成し、ファジィ推論を用いて温度画像から顔向き及び回転を3次元CG表現する方法を提案した。

## 参考文献

- [1] 吉富：赤外線画像を用いた人間情報解析；システム／制御／情報，Vol.42，No10，pp.535-543，(1998)
- [2] 森島、八木、金子、原島、谷内田、原：顔の認識・合成のための標準ソフトウェアの開発；電子情報通信学会，信学技法，pp.129-136，(1998)
- [3] 八木、森島、金子、原島、谷内田、原、橋本：顔情報処理のための共通プラットフォームの構築；情報処理振興技術協会；研究報告、コンピュータビジョンとイメージメディア，No110-9，pp.65-72，(1998)
- [4] 土屋、吉富、富田：温度動画からの正面顔抽出と顔判別；情報処理学会九州支部研究会報告，pp.307-315，(1998)
- [5] Y.Yoshitomi, A.Tsuchiya and S.Tomita: Face Recognition Using Dynamic Thermal Image Processing, Proc. of 7th IEEE International Workshop on Robot and Human Communication, pp.443-448, (1998)