

# 曲率を用いた3次元顔モデルの解剖学的特徴点位置推定

井芹大智<sup>†</sup> 矢原弘樹<sup>†</sup> 西原清一<sup>†</sup> 福井幸男<sup>†</sup> 持丸正明<sup>‡</sup> 河内まき子<sup>‡</sup>  
筑波大学 電子・情報工学系<sup>†</sup> 産業技術総合研究所デジタルヒューマン研究ラボ<sup>‡</sup>

## 1. はじめに

従来、身体に身に付ける製品は、製品設計の手法により、大きく2つに分けられる。その一つは大量生産製品である。この場合、製造コストを抑えられ、製品提供が容易である。しかし、大まかなサイズ分類に基づく製品設計のため平均的な体型から大きくはずれた身体への適合性が良くない。もう一つは、オーダーメイド製品である。この場合は身体寸法を測り製品を作るため、身体への適合性が良いものが出来上がる。しかし、人手による身体寸法を測る手間と製造コストがかかってしまう。近年、低コストで身体への適合性の良い製品設計の手法として身体の形状データを用いた手法が注目されている。3次元計測技術の発展により容易に身体の形状データが得られるようになり、仮想空間上に3次元の身体形状モデルを生成することで製品設計ができる[1][2]。

そこで、本研究では身体形状モデルとして3次元顔モデルを扱い、製品設計に必要な解剖学的特徴点の位置推定法を考える。顔は凹凸の曲面が多いことから、曲率情報を利用した解剖学的特徴点の位置推定の方法を提案する。

## 2. 3次元顔モデル

3次元顔モデル(以下、顔モデル)は2種類のデータを持つ(図1)。その一つが3次元スキャナで表面形状を直接計測した身体形状データ(形状点データ、数万点)である。もう一つが、製品と身体に対応付けに用いられる解剖学的特徴点データ(211点)がある。これは、人体の骨格から定められているため、人手による計測が必要となる。

今回、形状点と4つの解剖学的特徴点を扱う。4つの解剖学的特徴点は、顔モデルの座標系を決める「基準点」とする。基準点を用いることで、顔モデルを解剖学的に「正面を向いた状態」にできる。また、曲率情報を用いて位置推定を行なう点として、基準点の一つで鼻根の正中線上で最も窪んだ所にある点を取り上げる。その点を解剖学用語でセリオン(selion)と呼ぶ。顔モデルの座標系の原点を決めるために使用される。

## 3. システムの概要

簡単に全体の処理の流れを図2に示す。入力顔モデルは形状点と基準点(セリオン以外の3点)に関するデータを持つ。以下、各処理の説明をしていく。

Automatic Detection of Anatomical Landmark of 3D Human Face Model Using Curvature Map

Daichi Iseri<sup>†</sup>, Hiroki Yahara<sup>†</sup>, Seiichi Nishihara<sup>†</sup>, Yukio Fukui<sup>†</sup>, Masaaki Mochimaru<sup>‡</sup>, Makiko Kouchi<sup>‡</sup>

<sup>†</sup>Institute of Information Sciences and Electronics, University of Tsukuba

<sup>‡</sup>Digital Human Laboratory, The National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

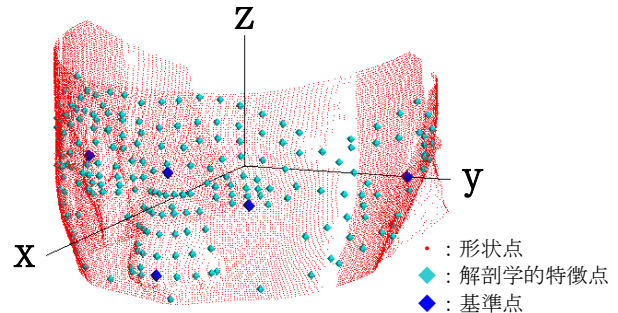


図1: 3次元顔モデル

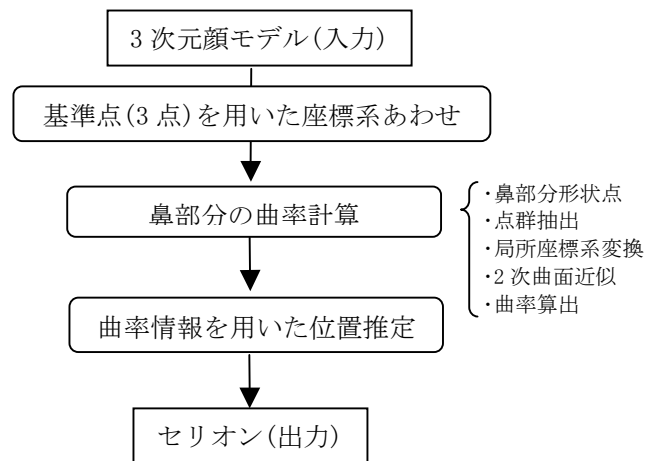


図2: 全体の処理の流れ

### 3. 1 顔モデルの座標系

処理を行なう時には、各モデル間の対応がなされていることが必要となる。そこで、基準点を用いてモデルを「正面を向いた状態」に揃える。3つの基準点を通る平面が  $xy$  平面、左右の耳にある基準点を結び、顔の右→左を正方向とした  $y$  軸が決まる。そして、顔の正面方向を正方向とし、 $y$  軸と直交する直線を  $x$  軸とする。また、 $z$  軸は  $xy$  平面に直交し、額が正方向になるようにする。

### 3. 2 鼻部分の形状の曲率

- 1) 鼻部分の形状点: 基準点を用いて鼻の先端・尾根を見つけて、曲率を求める点を数万点の形状点の中からセリオン付近の点を取り出す。
- 2) 点群抽出: 曲率を求める点を中心とした球を考え、範囲内に含まれる形状点を抽出する。球の半径を「抽出半径」とする
- 3) 座標変換: 抽出した点群を局所座標系に座標変換する(図3)。曲率を求める点を原点、点群の固有値計算から固有ベクトルを算出し、第一・第二固有ベクトルをそれぞれ  $x'$  軸・ $y'$  軸方向とする。また、 $x'$  軸と  $y'$  軸の法線ベクトルを  $z'$  軸とする。法線ベクトルは、3次元顔モデルで見たときに顔表面から

内側に向くようにした。

4) 2次曲面への近似：抽出した点群が、式(1)で表されるような2次曲面の式を求める。

$$z' = Ax'^2 + By'^2 \quad (1)$$

5) 曲率算出：式(1)で2次曲面が表される場合、そのx'軸方向・y'軸方向が主曲率・副曲率になる。そこで、式(2)へ式(1)を代入することで、2つの曲率 $\rho_x \cdot \rho_y$ が算出される。

$$\rho_x = \frac{\left(\frac{d^2z'}{dx'^2}\right)_{x'=0}}{\sqrt{1 + \left(\frac{dz'}{dx'}\right)_{x'=0}^2}} = 2A, \quad \rho_y = \frac{\left(\frac{d^2z'}{dy'^2}\right)_{y'=0}}{\sqrt{1 + \left(\frac{dz'}{dy'}\right)_{y'=0}^2}} = 2B \quad (2)$$

### 3.3 セリオンの位置推定

セリオンの位置推定を行なう際、顔モデルの鼻部分の形状を考える。セリオンの定義からy'軸方向から見た時、z'軸の正方向に凸、x'軸方向から見た時z'軸の負方向に凸な形状と考えられる(図3)。このような2次曲面の時、曲率 $\rho_x \cdot \rho_y$ は、局所座標系の軸方向から、式(3)のように考えられる。

$$\rho_x \leq 0, \quad \rho_y \geq 0 \quad (3)$$

図4は顔モデルの鼻部分をy軸方向から見たものである。局所座標系のx'軸・y'軸を曲率の絶対値の値に応じて表示させている。なお、顔表面から内側に向かう局所座標系のz'軸は長さ一定で表示させてある。図4から、セリオン付近で線分が密集していることから、その辺りには曲率の大きな点が多いと分かる。そこで、まず、形状点の曲率から、セリオンの候補点の一つを選び出すことを行なう。それから、曲率を利用し候補点を通る円を3次元顔モデルのxy平面・xz平面に描き、点を補間してセリオンの座標を求める。このとき描く円の半径は、曲率半径を利用する。曲率半径は曲率の逆数なので容易に算出できる。点補間により、セリオンの位置推定の誤差が、形状点の密度に依存しないようにする。

## 4. 評価実験

以上の手法によりセリオンの位置推定を行い、予め専門家により計測されたデータとの誤差を調べた。

### 4.1 実験方法

鼻の高い人・鼻頭の丸い人など、57人分の3次元顔モデルの計測データを用いて実験を行なった。曲率を求める時に形状点を抽出する範囲による誤差の変化をユークリッド距離誤差で調べた。また、各軸方向へのずれについても調べた。

### 4.2 実験結果と考察

表1は、実験を行なった結果、最も誤差が少なかった場合における、予め専門家によって与えられたセリオンの位置と、本手法で算出した位置とのユークリッド距離誤差、および、x軸方向・y軸方向・z軸方向の誤差のアンサンブル平均である。

図6は顔モデルのユークリッド距離誤差で昇順に並べてある。図からは誤差の大きいモデルは、主に

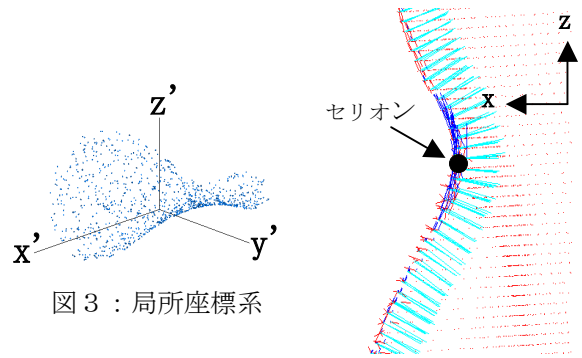


図3：局所座標系

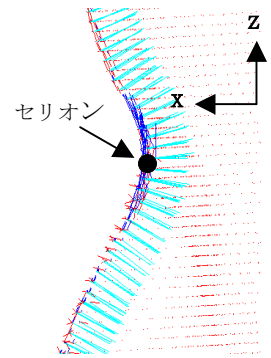


図4：セリオン付近の曲率

表1：平均誤差(mm)

ユークリッド距離	x軸方向	y軸方向	z軸方向
1.24	0.237	0.663	0.838

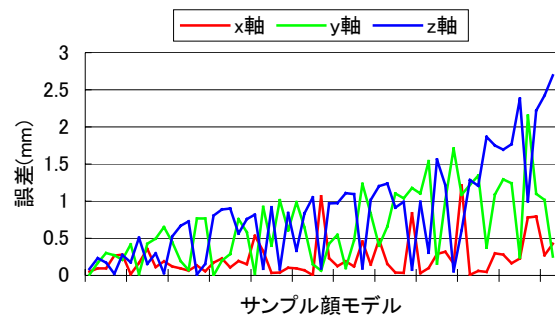


図5：各軸方向のずれ

z軸方向誤差が原因に見える。実際に、誤差の大きなモデルの形状点と基準点を表示し、位置推定した点と計測データのセリオンとを調べた。結果、y軸方向誤差が大きなモデルはセリオン付近が平面に近い形状になっていた。また、z軸方向誤差が大きいのは、与えられた計測データに入っている誤差が原因と見られた。そのため、正確なセリオンとの誤差は得られた結果より少ないと考えられる。

## 5. まとめ

曲率を用いて解剖学的特徴点の一つであるセリオンの位置推定の手法を提案し、実験を行なった。セリオンが手計測により取られること、また、許容誤差範囲(2.0mm以下)を考えれば良い結果が得られたと考えられる。今後、曲率情報を用いて位置推定可能な他の解剖学的特徴点に対しても、本手法を応用していくつもりである。

## 参考文献

- [1] Dekker L, Khan S, West E, Buxton B, Treleaven P : "Models for Understanding the 3D Human Body Form", Proc. IEEE Workshop on Model-Based 3D Image Analysis, pp 65-74, 1998.
- [2] 持丸正明, 河内まき子 : "適合メガネフレーム開発を目的とした3次元顔形状分類", バイオメカニズム, 16 : pp. 87-99, 2002.