

# 曲率を用いた人体形状モデルのマッチング

5U-5

川端 章裕† 福嶋 茂信‡ 美濃 導彦¶

† 京都大学大学院工学研究科

‡ 京都大学大学院法学研究科

¶ 京都大学総合情報メディアセンター

## 1 はじめに

人体計測はマルチン計測法など人手でにより行われているが、計測者による誤差が大きいという問題がある。そこで、三次元形状計測装置を利用して自動計測することを考える。このためには、計測点の情報をもつ予め用意された標準モデルと、計測データ間での対応が得られればよい。本稿では、形状の情報を用いて二つの人体形状モデルの対応点を探索する手法を提案する。

人体は構造が定まっているので、まず大局的な特徴点を抽出する。このため、Heat Flow[1][2]を用いてモデルの表面を順次平滑化し、数段階のモデルを生成する。そして、各モデルごとにモデル表面の曲率を特徴量として特徴点を抽出し、なめらかなモデルの特徴点を優先して二つのモデルの特徴点どうしの対応付けを行う。なお、対象とする人体の姿勢は直立とし、モデルの表現形式は任意の形状を表現しやすいことからパッチモデルを用いる。

## 2 曲面の曲率の近似

次のように、曲面の形状を放物線を用いて近似することにより、パッチモデルの頂点  $V$  における曲面の曲率を近似する。

1. 頂点  $V$  の各隣接頂点  $V_i$  ごとに、頂点が  $V$ 、軸が  $V$  における法線ベクトル方向で、 $V_i$  を通る放物線が一意に決定されるので、その頂点の曲率を求める。(図1)
2. 頂点  $V$  のすべての隣接頂点  $V_i$  に対する、1. で求めた曲率の最大値と最小値を頂点  $V$  の主曲率  $\kappa_1, \kappa_2$  とし、平均曲率  $H = (\kappa_1 + \kappa_2)/2$ 、ガウス曲率  $K = \kappa_1 \kappa_2$  を求める。ただし  $\kappa_1, \kappa_2$  の符号は凸のとき負である。

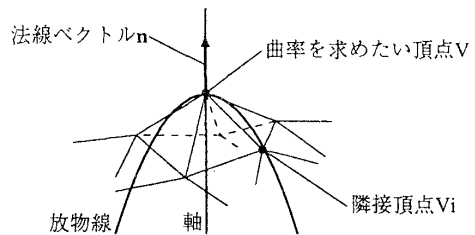


図 1: 曲率の近似

なお、頂点の法線ベクトルは、その頂点を共有する面の法線ベクトルの、頂点の角度によって重み付けした平均とした。

## 3 Heat Flow

パラメータ  $u$  で関数表現された閉曲線  $C(u)$  に対して Heat Flow を適用して得られる曲線を  $F(u, t)$  とすると

$$F(u, 0) = C(u), \quad \frac{\partial F(u, t)}{\partial t} = \kappa n$$

となる。ただし、 $t$  はスケール、 $\kappa, n$  はそれぞれ  $F(u, t)$  における曲率及び単位法線ベクトルである。 $\kappa$  の符号は凸のとき負、 $n$  の向きは閉曲線の外向きである。

ここでは対象が閉曲面  $S(x)$  であるが、閉曲線のときの曲率  $\kappa$  の代わりに平均曲率  $H$  を用いて、Heat Flow を適用して得られる曲面  $F(x, t)$  を表す式を

$$F(x, 0) = S, \quad \frac{\partial F(x, t)}{\partial t} = Hn$$

と考える。ただし  $n$  の向きは閉曲面の外向きである。そしてこれを、差分方程式を用いて

$$F(x, 0) = S, \quad F(x, t + \Delta t) = F(x, t) + Hn\Delta t$$

と近似して計算する。

この方法では隣接頂点どうしが近づくことにより曲率の絶対値が大きくなり、離散計算をしているために差分幅  $\Delta t$  に対して頂点の移動量が大きくなる場合がある。そこで、隣接頂点どうしがある閾値  $l_0$  より近接したときはこれらの頂点を1つの頂点に統合する。

“Matching of Human Shape Models using Curvature”  
KAWABATA Akihiro†, FUKUSHIMA Shigenobu‡,  
MINOH Michihiko¶

† Graduate School of Engineering, Kyoto University

‡ Graduate School of Law, Kyoto University

¶ Center for Information and Multimedia Studies,

Kyoto University

E-mail: akihiro@kuis.kyoto-u.ac.jp

URL: http://www.imel1.kuis.kyoto-u.ac.jp/

## 4 点の対応の取得

### 4.1 特徴点の抽出

凸型で平均曲率が極小値をとる頂点及び凹型で平均曲率が極大値をとる頂点を特徴点として用いる。しかし、ほとんど平面に近いところでは曲率は安定して抽出できない。そこで、ある閾値  $H_0 > 0, K_0 > 0$  に対して  $|H| > H_0, |K| > K_0$  を満たす頂点だけから特徴点を選ぶ。

### 4.2 特徴点の対応付け

対応付けの前に各モデルをそれぞれ、身長が一定値  $h_0$  になるように大きさを正規化し、次いですべての頂点についての水平方向の重心をとり、各頂点と重心との水平方向の距離の平均値を求め、これが一定値  $w_0$  になるように水平方向の大きさを正規化する。また位置についても、鉛直方向は最大値と最小値が一定値になるように、水平方向は頂点の重心が原点にくるように正規化する。

対応付けは、スケール  $t$  の大きいモデルの特徴点を優先し、スケール  $t$  が同じなら平均曲率の絶対値  $|H|$  の大きい特徴点を優先して行う。モデル  $M_1$  上の特徴点  $V_1$  とモデル  $M_2$  上の特徴点  $V_2$  が次の条件を満たすとき、 $V_1$  と  $V_2$  を対応付ける。

- $V_1$  と  $V_2$  ともにまだ対応付けされていない。
- $V_1$  と  $V_2$  及びそれらの隣接頂点のすべてが Heat Flow の処理において頂点の統合の対象となっていない。
- $V_1$  と  $V_2$  における凹凸 (平均曲率  $H$  の符号) が同じ
- $V_1$  と  $V_2$  の座標間のユークリッド距離がある閾値  $d_0$  以下
- $V_1$  と  $V_2$  の単位法線ベクトルのなす角がある閾値  $\theta_0$  以下
- すでに対応付けられた特徴点の組  $(V'_{1i}, V'_{2i})$  に対して、 $V_1$  から  $V'_{1i}$  へのベクトルと  $V_2$  から  $V'_{2i}$  へのベクトルのなす角を求める。この角がすべて特徴点の組  $(V'_{1i}, V'_{2i})$  に対してある閾値  $\phi_0$  以下

## 5 実験

Heat Flow の適用の様子を図 2 に、得られた対応の例を図 3 に示す。閾値などの定数はそれぞれ経験的に、 $l_0 = 5\text{mm}, H_0 = 0.005, K_0 = (0.005)^2, h_0 = 1300\text{mm}, w_0 = 130\text{mm}, d_0 = 100\text{mm}, \theta_0 = 60^\circ, \phi_0 = 15^\circ$  とした。図 3 より形状の特徴をとらえた対応がとれていることがわかる。

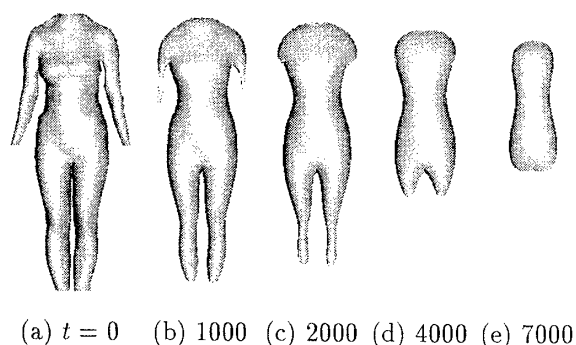


図 2: Heat Flow

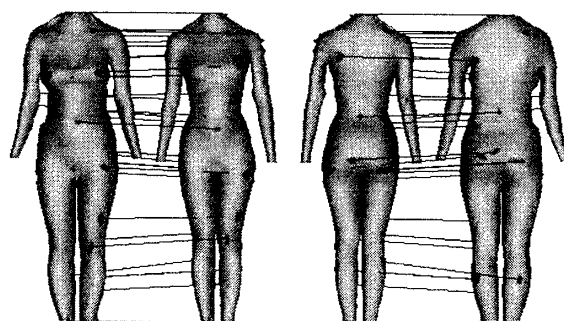


図 3: 対応の例

## 6 おわりに

本稿では Heat Flow を利用し、曲率を特徴量に用いて二つの人体形状モデルのマッチングを行った。今後の課題として、本手法で対応付けされた点をもとに一方のモデルからもう一方のモデルへ変形することで、任意の点の対応付けを得ることが考えられる。これによって人体の自動計測を行い、人手による計測データと比較、評価する予定である。

人体モデルを提供頂いた人間生活工学研究センターに感謝する。

## 参考文献

- [1] M. Gage and R. S. Hamilton: "The Heat Equation Shrinking Convex Plane Curves", J. Differential Geometry, 23, pp.69-96, 1986.
- [2] Matthew A. Grayson: "The Heat Equation Shrinks Embedded Plane Curves To Round Points", J. Differential Geometry, 26, pp.285-314, 1987.