

手指認識による形状変形の一手法

金谷 孝之* 手島 裕詞† 西尾 孝治‡ 小堀 研一§
 広島国際大学* 静岡理工科大学† 大阪工業大学‡ 大阪工業大学§

1. はじめに

近年、インタラクティブな形状変形手法が活発に研究されている。その中には、曲面の微分量を保持する手法も提案されている。この微分量を保持する手法は形状を構成するメッシュの編集過程において、ハンドルの頂点や固定頂点が境界条件として扱われ、変更後の前後で微分量ができる限り満たされるように曲面の座標を変形するものである。

一方、Web カメラなどが安価に手に入るようになったため、実時間での動画処理も手軽に行えるようになった。そこで本研究では、ユーザが直感的に形状の変形操作するために Web カメラによって撮影された手指を画像処理によって認識し、その動作によって形状を変形するための手法を提案する。

2. 提案手法

2. 1 手指画像の入力環境

実際の手の画像を取得するために、実カメラシステムを用いた。3次元形状を操作するためのインターフェイスをターゲットしているため、手が動く領域はあまり広くする必要はない。そこで図1のように410×420×410mmの市販のミニスタジオに市販のメタルラックを支柱として使い、その支柱にWebカメラ(1/4インチCCDセンサ, 最大フレームレート30fps, 最大解像度640×480ピクセル)を取り付けて利用した。カメラの台数は必要な処理速度・精度によって増減可能である。

2. 2 形状変形モデル

本稿が扱う形状は3次元のメッシュモデルである。3次元のメッシュモデルの形状変形を対象

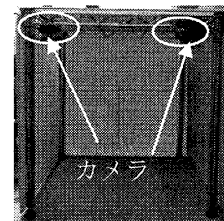


図1. 入力環境 (カメラ2台の場合)

とした研究には離散ラプラシアンを用いた手法が提案されている¹⁾。この手法は形状の内部骨格となるグラフ構造を必要とせず、任意に形状変形をおこなえるという特徴がある。本稿では、初期形状に意図がなく、ユーザが任意に形状変形をおこなうことを目的としているため、この形状変形アルゴリズムを適用した。

離散ラプラシアンによる手法について述べる。三角形メッシュ1辺 $\overline{PP_i}$ を共有する二つの三角形において $\overline{PP_i}$ 以外の2辺の角度をそれぞれ α_i と β_i を用いることにより平均曲率法線 $H(p)$ は式(1)のように表すことができる。

$$H(p) = w \frac{1}{A_i} \sum_{i=0}^{n-1} (\cot \alpha_i - \cot \beta_i)(p_i - p) \quad (1)$$

なお、 A_i はボロノイ面積、 w は重みであり、 n は頂点数である。形状を構成するすべての頂点において、図2のように形状を変形させない固定領域 f や変形時に把持するハンドル領域 h を指定し、頂点の平均曲率法線と座標により式(2)を生成し、頂点 p について最適解を求めることで形状を変形する。

$$\begin{pmatrix} H(p) \\ 0 & I_f & 0 \\ 0 & 0 & I_h \end{pmatrix} \begin{pmatrix} p \\ f \\ h \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ f \\ h \end{pmatrix} \quad (2)$$

I_f, I_h は単位行列を表す。

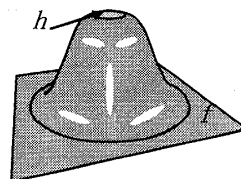


図2. 形状変形の例

"A Method for Shape Deformation using Finger Motion Recognition"

* Takayuki Kanaya, Hiroshima International University

† Yuji Teshima, Shizuoka Institute of Science and Technology

‡ Koji Nishio, Osaka Institute of Technology

§ Kenichi Kobori, Osaka Institute of Technology

2.3 手指による形状変形の流れ

手指による形状変形の全体の流れを図3に示す。なお、キャリブレーションにおいては、複数のカメラそれぞれをピンホールカメラモデルとして、事前にカメラの内部変数・外部変数を求め、中心射影行列を算出しておく。

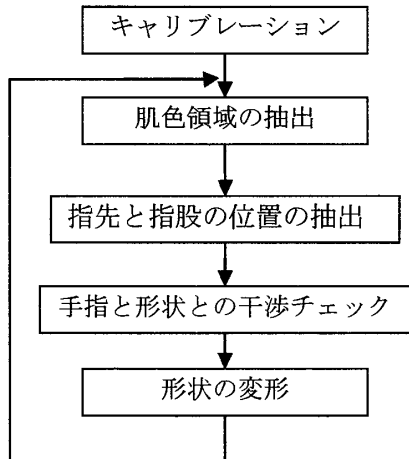


図3. 手指による形状変形の流れ

2.4 肌色領域の抽出

肌色領域の抽出では下記の手順1)～2)を行うことによって、図4に示すような手指のシルエット画像を得る。

- 1) RGB表色系からHSV表色系に変換し、H, S, Vのそれぞれの閾値を設定し、シルエット画像を得る。
- 2) 欠損領域に対し、DilationとErosionを行うことによって補間する。

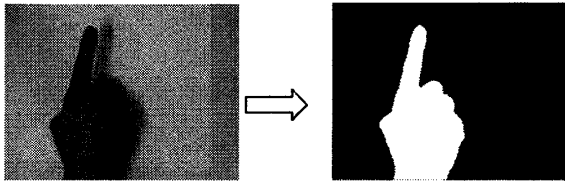


図4. 肌色領域の抽出

2.5 指先と指股の位置の抽出²⁾

まず、2.4で得られた肌色領域のシルエット画像の輪郭となる画素を求め、この各画素を $C(i)=(x(i), y(i))$ のように表現する。ただし、入力画像の左上から走査したときに最初に検出される画素をスタートとして、反時計回りに $i=0, 1, 2, \dots, n-1$ とする。次に輪郭画素の各画素での曲率をベクトル $[C(i-k), C(i)]$ と $[C(i), C(i+k)]$ のなす角度 θ とする。ここで、 k は一定の値である。この θ を画素すべてについて求め、任意に定めた閾値と比較することによって、図5に示すように指先、指股、またはそ

れ以外と判定する。また、この指先や指股の数によって、グー、パーのような手のジェスチャも判別することもでき、ジェスチャの違いによる変形操作も可能となる。

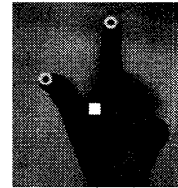


図5. 指先と指股の抽出

求められた指先 $C(i)$ から輪郭画素に沿って反時計・時計回りに同じ距離 d の画素 $C(i+d)$, $C(i-d)$ の中点 e を求め、 $C(i)$ を出発点とし、 e を通る半直線を求め、手指形状のスケルトンとする。さらにキャリブレーションで求めた中心射影行列で3次元化し、このスケルトンを中心として球形状を充填することによって、手指形状を生成する。

3. 実験

表1に示す環境下において、2台のWebカメラで画像を取得してから仮想3次元空間内の手指形状が動作する時間の計測結果は69.1ミリ秒であった。

表1. 実験環境

OS	Windows XP Pro. SP3
CPU	Pentium 4 3.0GHz
メモリ	1.0GB
Webカメラ	ELECOM UCAM-L1D30MNSV

4. おわりに

本稿では、仮想3次元空間の形状を変形操作するとき、人間の手指をWebカメラで撮影し、それを画像処理することによって形状変形する手法を提案した。今後の課題としては、精度の向上を図りたい。また、形状の変形操作においてさらに複雑な処理に対応させたい。

参考文献

- 1) Sorkine, O., et al. "Laplacian surface editing," Proceedings of the 2004 Eurographics/ACM SIGGRAPH symposium on Geometry processing, (2004), pp.175-184.
- 2) J. Segen, S. Kumar, "Human-computer interaction using gesture recognition and 3D hand tracking," 1998 International Conference on Image Processing (ICIP'98) - Volume 3, (1998), pp.188-192.