

## ジェスチャー入力による 3 次元図形描画インタフェース

田中 祐子<sup>†</sup>宮岡 伸一郎<sup>††</sup><sup>†</sup> 東京工科大学大学院 メディア学研究所<sup>††</sup> 東京工科大学 メディア学部メディア学科

## 1. はじめに

人間の身体動作を直接入力手段として用いるインタフェースの研究が盛んに行われている[1][2]。本研究では、複数のカメラでユーザの手動作を捉え 3 次元図形を描画するインタフェースの実現を目的とする。従来の 3D モデリングシステムと異なり、デザイン検討時など描画したい図形の座標値などが曖昧な段階で、手早く 3 次元図形を描画するシステムを提供する。日常のコミュニケーションにおいて立体図形を表現する際に用いるジェスチャーを利用することを特徴とする。

## 2. 3 次元図形描画インタフェース

本研究で提案する 3 次元図形描画インタフェースは、3 次元位置と形状の丸みの同時入力を実現し、感覚的な 3 次元入力機能の提供を目指す。ユーザは、意図する 3 次元形状の輪郭を手動作で表現する。その際、同時に掌の湾曲を用いて形状の丸みを示す。

ユーザの手動作を左右 2 台のカメラで撮影する。2 枚の動画像中から指先・手首の位置を検出し、それらの 3 次元位置を求める。求めた指先・手首の 3 次元位置から掌の湾曲度を推定する。指先・手首の 3 次元位置の軌跡と掌の湾曲度を用いて 3 次元図形を描画する。

## 3. 指先・手首の 3 次元位置検出

## 3.1 動画像中の指先・手首位置検出

5 本の指先と手首の 6 ヶ所にそれぞれ異なる色のマーカをつけた手袋を用いる。ノイズを軽減するために背景差分を行う。マーカの各色の色相と彩度の値を用いて閾値処理を行い、画像中から各マーカの色領域を抽出する。マーカには幅があるため、抽出された各マーカの色領域の座標の中央値をとり、その色領域の近似的な重心とする。この重心の座標値をカメラ画像中の各

指先の位置とする。以下に、マーカを施した手画像(図 1)と色領域抽出結果(図 2)および指先位置検出結果(図 3)の例を示す。



図 1

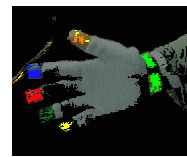


図 2

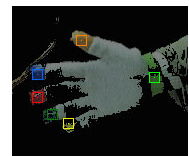


図 3

## 3.2 指先・手首の 3 次元座標復元

## (1) カメラキャリブレーション

座標が既知の 2 次元パターンを用いて各カメラのカメラパラメータを求める。求めるカメラパラメータは、レンズの焦点距離、世界座標系の原点を基準としたカメラの平行移動ベクトルの X、Y、Z 各成分、および X 軸、Y 軸、Z 軸各方向への回転角の計 7 つである。用いる 2 次元パターンは格子状で 9 つの格子点を持つ。パターンを撮影したカメラ画像中の 9 つの格子点の座標値と各格子点の真の座標値からカメラパラメータを算出する。

求めたカメラパラメータを用いて、平面パターンの 9 つの格子点の 3 次元座標を復元する実験を行った。その結果、最大誤差 0.7mm の精度で格子点の 3 次元座標を正しく復元できることを確認した。

## (2) 3 次元座標復元

マーカの色領域抽出により求めた 2 枚のカメラ画像中の各指先位置から、ステレオ視の原理を用いて 3 次元の指先位置を求める。各カメラは世界座標系の原点から X 軸方向に一定量平行移動したのち Y 軸回りに一定量回転させた位置に設置する。カメラ位置が既知であっても、実データによる復元ではレンズの歪みなどの誤差が生じる。そこで、画像上での指先位置と 3 次元空間中の指先位置の画像上への逆射影との距離の自乗和が最小となるように 3 次元座標を求める。

3 次元空間中に 6 ヶ所の検証点を設定し、各点の 3 次元座標を復元する実験を行った結果、最大誤差 3mm の精度で 3 次元座標を復元できることを確認した。

“Gesture Input Interface for 3D Drawing”

Yuko TANAKA, Shinichiro MIYAOKA

Graduate School of Media Science, Tokyo University of Technology, 1404-1 Katakura-machi, Hachioji-shi, Tokyo 192-0982 Japan

## 4. 掌の湾曲を利用した 3 次元図形描画

### 4.1 掌の湾曲度推定

検出した中指と手首の 3 次元位置を用いて湾曲度を推定する。掌を開いた湾曲のない状態での指先・手首位置の 3 次元距離を基準とする。フレームごとに検出した中指と手首の 3 次元距離との比により湾曲度を推定する。

手動作画像に対し湾曲度の推定を行った結果、画像中に見られる手動作の湾曲の様子と求めた湾曲度の変化を示すグラフが一致し、湾曲度を推定できることを確認した。また、指先・手首にオクルージョンが発生した場合にも、湾曲度の推定が可能であることを確認した。<sup>[3]</sup>

### 4.2 3 次元図形描画

#### (1) 描画方法

指先・手首の 3 次元位置と掌の湾曲を用いて、曲面からなる 3 次元図形を描画する。曲面の描画には 3 次のベジエ曲線を用いる。一組の指先・手首の座標に対し一つのベジエ曲線を描く。掌の湾曲度によりベジエ曲線の制御点座標を決定する。湾曲度を制御点と対応付ける方法は数種類あるが、以下ではその一つである端点固定モードの描画法を示す。湾曲度によってベジエ曲線の高さを変化させるモードである。

まず、ベジエ曲線の描画法を述べる。図 4 の  $P_0 \sim P_3$  はベジエ曲線の制御点である。そのうち端点  $P_0$ 、 $P_3$  の中点  $M$  を中指と手首の中点に対応付ける。 $P_0$  と  $P_3$  の距離  $L$  は一定にする。制御点  $P_1$ 、 $P_2$  は、軌跡の進行方向に垂直な位置に設定する。制御点  $P_1$ 、 $P_2$  の高さ  $H$  は掌の湾曲度按比例して変化させる。

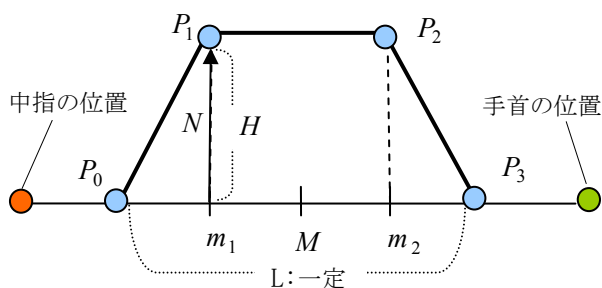


図 4 ベジエ曲線の制御点

次に、ベジエ曲線から曲面を生成する方法を示す。各ベジエ曲線を一定間隔に区切り、隣り合うベジエ曲線の対応する区切り点同士をつなぎ、曲面を生成する。図 5 に曲面の生成法を示す。図中の  $B_1$  がベジエ曲線、 $A$  が区切り点である。

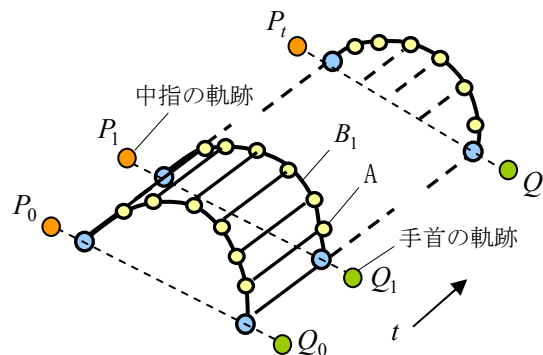


図 5 曲面の生成

#### (2) 3 次元図形描画結果

指先・手首の位置検出から 3 次元図形描画までの一連の手法を実装し、手動作の実データを用いて 3 次元図形の描画を行った。図 6 に描画結果の例を示す。

指先・手首の軌跡が正しく復元され、それぞれの軌跡および湾曲度の適用法に合致する描画結果が得られた。

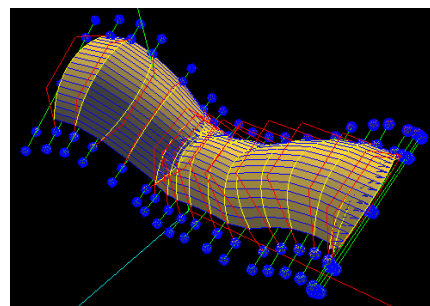


図 6 描画結果

## 5. おわりに

本稿では、指先・手首の 3 次元位置検出と掌の湾曲度により 3 次元図形を描画するインタフェースを提案した。指先・手首の 3 次元位置検出に関してインタフェースの実現に必要な精度が得られることを確認した。また、一連の手法を適用することで意図する 3 次元図形が描画できることを確認した。今後は、3 次元位置検出手法の精度改善による実時間処理の安定や描画機能の拡張などを課題とする。

### 参考文献

- [1] 舟橋, 保田, 横井, 鳥脇: “3 次元仮想空間における仮想手による物体操作モデルと一実現法”, 電子情報通信学会論文誌, D-II, Vol. J81-D-II, No. 5, pp. 822-831, 1998
- [2] 岡, 陳, 中西, 佐藤, 小池: “拡張机型インタフェースのための複数指先の追跡とその応用”, 情報処理学会研究報告, CVIM-6, pp. 74-83, 2003
- [3] 田中, 宮岡: ジェスチャー画像からの指先位置検出による掌の湾曲度推定, 第 66 回情報処理学会全国大会 2-415, 2004