

# セグメントベースステレオによる自由曲面体の認識

3N-8

角 保志 河井良浩 富田文明

電子技術総合研究所

## 1 はじめに

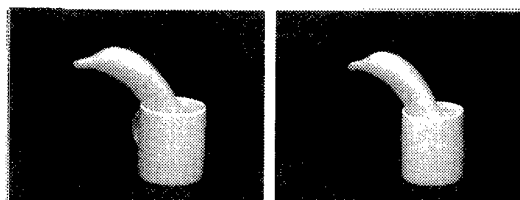
本報告では、セグメントベースステレオによって復元した、シーンの輪郭線に関する3次元情報と、予め登録しておいた自由曲面体のモデルとを照合し、モデルに対応する物体の位置と姿勢を求める手法について述べる。自由曲面体の輪郭線は、観測方向によって見かけの形状が変化するため、認識に用いることは困難であった。本手法では、まず、輪郭線に関する幾何特徴を利用し、自由曲面体のおよその位置姿勢についての仮説を立てる。この仮説を、モデルから予測される輪郭線を用いて検証するとともに、より正確な物体の位置姿勢を推定する。

本手法は、先に提案した fixed edge を含む物体の認識手法 [1, 2] の、自由曲面体への拡張である。

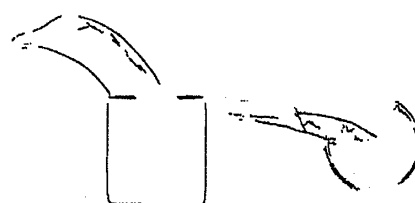
## 2 3次元情報の復元

3次元情報は、基本的に [1, 2] と同じ手法を用いて復元する。

復元された3次元情報は、屈曲点や変曲点などの特徴点でセグメントに分割された“データ点”の集合である。また、隣接する二つのセグメントによって構成される“データ頂点”，セグメントにあてはめられた円弧からなる“データ円弧”を含む。データ頂点/円弧は、自由曲面体の輪郭線形状を反映した幾何特徴であり、1点と2ベクトルを情報として含む。図1に、入力ステレオ画像の例と復元された3次元情報を示す。



Stereo images



3D data

図1: 3次元情報の復元

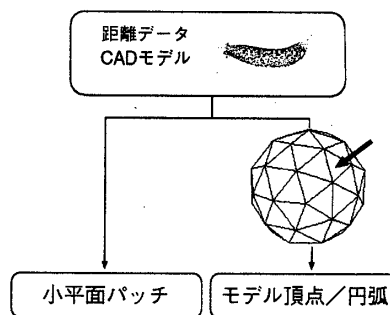


図2: 自由曲面体モデルの生成

## 3 自由曲面体モデル

自由曲面体のモデルは、CADモデルや距離データとして表現された自由曲面体表面を適当に分割して得られる小平面パッチからなる。また、“モデル頂点”，“モデル円弧”を含む。

モデル頂点/円弧は、データ頂点/円弧に対応する幾何特徴であり、任意の方向から観測される自由曲面体の輪郭線より、データ頂点/円弧と同じ手法で生成する。実際のシステムでは、図2に示すように、観測方向を離散的に設定し、それぞれの方向からの輪郭線より生成したすべての頂点/円弧をモデルとして登録する。

図3には、自由曲面体モデルの例を、小平面の重心と法線によって示した。

## 4 自由曲面体の位置決め

### 4.1 初期照合

物体の位置姿勢は、モデルを移動させる  $3 \times 3$  回転行列  $R$  と平行移動ベクトル  $t$  で表現できる。

初期照合は、データ頂点/円弧とモデル頂点/円弧を照合し、自由曲面体のおよその位置姿勢についての仮説を生成する処理である。このとき、頂点については角度を、円弧については半径を比較し、その差が閾値以下である全ての組み合わせを候補とする。ここで、図4に示すように、データ頂点/円弧の点  $P_m$  とベクトル  $V_{m1}$ ,  $V_{m2}$  を、モデル頂点/円弧の点  $P_d$  とベクトル  $V_{d1}$ ,  $V_{d2}$  に移動させる  $R'$ ,  $t'$  を算出することができる。

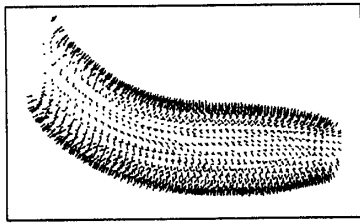


図 3: 自由曲面体モデルの例

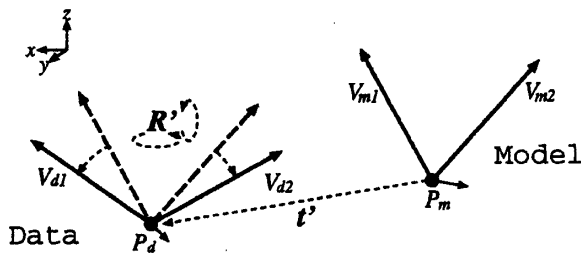


図 4: 頂点/円弧による初期照合

## 4.2 微調整

微調整は、初期照合で得られた仮説を検証するとともに、認識精度を向上させる処理である。

$R'$ ,  $t'$  によってモデルを移動させる。ここで、移動後の小平面パッチの重心を  $S$ 、法線を  $N$  とすると、

$$(S - O) \cdot N \leq 0 \quad (1)$$

を満足する小平面は、観測位置  $O$  から観測可能である。したがって、式 (1) を満足する小平面パッチ領域の境界が、自由曲面体の輪郭線に対応するとみなすことができる。

こうして選んだ小平面の近傍にデータ点が存在するとき、その小平面とデータ点をそれぞれ  $M_i, D_i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) と表す。ここで、 $n$  は小平面とデータ点の組の総数である。このとき、データ点位置  $P_D$  から小平面に下ろした垂線の足を  $P_M$  とすると、 $P_M$  を  $P_D$  に一致するように移動させる最適な  $R''$ ,  $t''$  を、

$$\epsilon^2 = \sum_{i=1}^n |R'' P_{M_i} + t'' - P_{D_i}|^2$$

を最小にする最小自乗法によって算出する。 $R = R'' R'$ ,  $t = t'' + t'$  が微調整後の物体位置を表す。精度が十分でない場合は、 $R' = R$ ,  $t' = t$  として処理を繰り返す。

初期照合で得られたすべての仮説について上記の処理を行い、最大の  $n$  が得られた仮説を最終的な認識結果とする。

図 5 に、微調整の過程を 2 次元座標に投影して示した。図中  $\circ$  は、近傍にデータ点を持つ小平面を表す。実際の

処理では、まず初期照合に使ったモデル頂点近傍の小平面のみによる微調整 (1) を行い、その後すべての小平面による微調整 (2) を行うことで、処理効率を高めている。

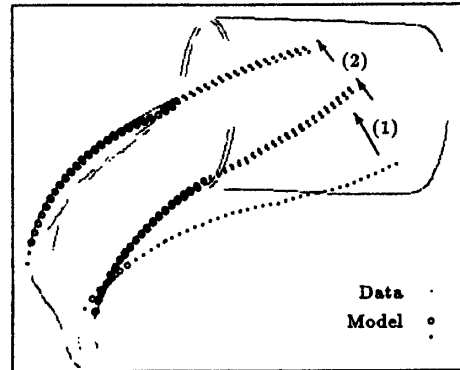


図 5: 微調整の過程

## 5 実験結果

認識結果の例を、図 6 に示す。 $R$ ,  $t$  によってモデルを移動させ、輪郭線に対応するモデル小平面の重心を連結した折れ線を図 1 のステレオ画像 (左) 上に投影した。

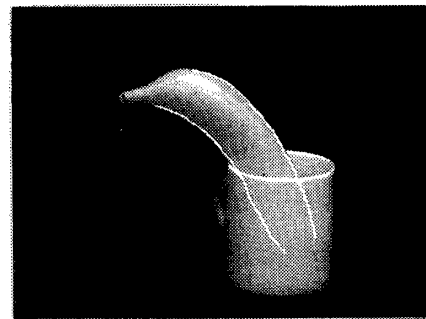


図 6: 実験結果の例

## 6 まとめ

本手法と、[1, 2] の手法を組み合わせることにより、あらゆる形状の物体に対応することが可能となった。

今後の課題としては、柔軟物体への対応や、観測環境に応じた処理の動的な制御などがあげられる。

## 参考文献

- [1] 角, 富田: “ステレオビジョンによる 3 次元物体の認識”, 情処研報, CV95-2 (1995).
- [2] 角, 富田: “ステレオビジョンによる円錐複合体の認識”, 情処研報, CV98-7 (1996).