

# 線分ベクトル分布による3次元物体の記述 および認識

2V-2

永田 博                      中村 納                      南 敏

工学院大学

## 1. まえがき

画像中に投影された物体と、計算機内にある3次元モデルとの照合を行う場合、物体が3次元空間のどの位置にどのような姿勢で置かれているかが分からなければ、その探索空間は膨大になる<sup>1)</sup>。この問題を解決するための1つの方法として、まず簡単な照合によって候補モデルとその姿勢を絞り、選択されたモデルとの間でさらに詳細な照合を行うといった階層的な手法が考えられる。

本報告では、候補モデルおよび姿勢を決定することを目的として、ステレオ画像から観測された境界線の3次元情報を用いて物体を記述する一手法を提案する。

## 2. 線分ベクトル分布による物体の記述

従来より3次元物体の記述方法として、一般化円筒<sup>2)</sup>、winged-edge表現<sup>3)</sup>、領域間グラフ表現<sup>4), 5)</sup>、拡張ガウス像<sup>6)</sup>、などが提案されているが、これらの方法は入力として距離画像を用いるものが多く、能動的距離センサや照明条件に関する知識などを必要とする。

本手法では、エッジベースステレオによって得られる境界線の3次元情報のみから物体を記述する。基本的には、まず境界線を細かい線分ベクトルに分解し、各ベクトルに対してガウス写像を施す。そして変換されたベクトルとガウス球との交点を求め、この点にベクトルの長さを質量として累積する。このようにして得られたガウス球上の質量分布を線分ベクトル分布と呼ぶ(図1)。これは、拡張ガウス像<sup>6)</sup>における法線方向を線分方向、面積を総線分長に置き換えたものに相当する。本手法では、この線分ベクトル分布を用いて物体の姿勢および候補モデルを決定する。

## 3. 処理の概要

計算機内に記憶されている対象物体のソリッドモデルに対して仮の視点を設定し、そこから観測される線分に上記と同様な処理を行いモデルの線分ベクトル分布を作成する。対象とモデルとの間の照合は、両者の視線を一致させ、これを軸として質量の差が小さくなるように線分ベクトル分布を回転させることによって行う。ただし、すべての視点について回転照合を行ったのでは効率が悪いので、各視線方向における線分の投影率を求め、これを介した照合をパスしたもののみ回転照合を行う<sup>6)</sup>。

## 4. 線分ベクトル分布の作成

**4.1 線分方向および線分長の算出** 境界線上の1点の座標を $P_n(x, y, z)$ 、近傍点を $P_{n+1}$ としたとき、線分方向はベクトル $\vec{S}_n = \overrightarrow{P_n P_{n+1}}$ の方向、線分長は $|\vec{S}_n|$ として算出する。ここで、線分 $\overline{P_n P_{n+1}}$ は2通りの向きをもつが、逆向きのベクトル $\overline{P_{n+1} P_n}$ に対しても同様に処理を行う。

**4.2 ガウス写像** 求められたベクトル $\vec{S}_n$ に対してガウス写像を施し線分ベクトル分布を作成する。ここで作成された線分ベクトル分布は、正12面体を第2次分割まで行った測地ドーム<sup>6)</sup>を用いて方向を量子化し、1次元の配列 $m^{obj}(i)$ 、 $i=1\sim 240$ として記憶する。図2に入力された3次元情報の透視図と線分ベクトル分布による記述の一例を示す。

## 5. モデルの作成

すべての視点から観測されるモデルの線分ベクトル分布を登録しておくためには膨大な記憶容量を必要とする。そこで、本手法では1つのソリッドモデルを登録しておき、設定された視点に応じて可視線分の判定を行い線分ベクトル分布を作成する。

**5.1 曲面を含む物体のモデル化** ソリッドモデルで曲面を表現する方法としては、小三角形による近似、2次曲面、パラメトリック双3次曲面による表現などが

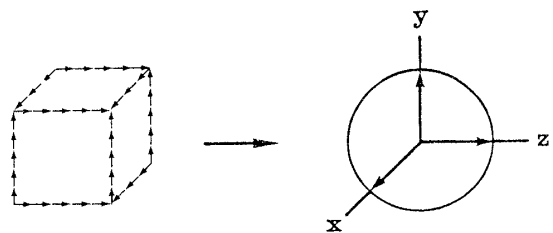


図1 線分ベクトル分布

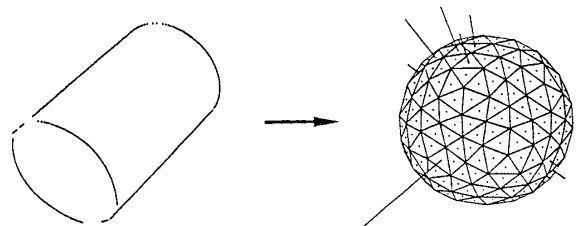


図2 円筒の記述例

Description and Recognition of 3-D Objects Using the Segment Vector Distribution (S.V.D.)

Hiroshi Nagata, Osamu Nakamura and Toshi Minami  
Kogakuin University



図3 円筒のモデル

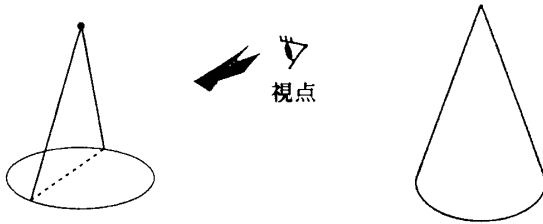


図4 円錐のモデル



図5 球のモデル

一般的であるが、線分ベクトル分布を作成する場合には面の形状に関する情報は必要なく、境界線、特に視点の移動によって変化する輪郭線の情報が重要になる。本手法では処理の高速化を目的として、正射投影を仮定し曲面を含む以下の3つの物体のモデルを単純化する。

(1) 円筒 2つの円と、その中心を結ぶ直線を軸として回転するポリゴンで表現する(図3)。ここで、円上の2直線は不可視線と定義し、図中では破線で示す。

(2) 円錐 1つの円と、頂点を固定点として移動するポリゴンで表現する(図4)。ここでも同様に、円上の1直線は不可視線とする。

(3) 球 中心を固定された円で表現する(図5)。すなわち、この円は法線方向と視線方向が常に一致するように回転する。

**5.2 隠線消去およびガウス写像** 生成されたソリッドモデルの線(不可視線は除く)を単位ベクトルに分解し、ガウス写像を施し線分ベクトル分布を作成する。このとき、各単位ベクトルのうち設定した視点から観測されないものは処理の対象から除外する。

**6. 照合**

**6.1 投影率照合** ここでは、まず次式により対象およびモデルの線分の投影率  $r$  を求め、その差がしきい値以下の場合にのみ回転照合を行う。

$$r = \sum_n (|\vec{S}n| \cdot \sin \phi) / \sum_n |\vec{S}n| \quad (1)$$

ただし、 $\phi$  は  $\vec{S}n$  が視線となす角度を表す。

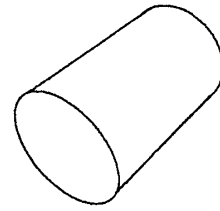


図6 決定された円筒の姿勢

**6.2 回転照合** まずモデルの視線を対象と一致させ、これを軸としてモデルを回転し線分ベクトル分布を作成し直す。このとき対象とモデルの線分ベクトル分布のセルは完全に一致し、照合は2つの1次元配列の間で行うことができる。また、物体の姿勢は視線方向およびモデルの回転量から決定される。

$m^{obj}(i)$ 、 $m^{mod}(i)$  を対象およびモデルの線分ベクトル分布としたとき、これより以下の式で線分長差  $D$  を求める。

$$d(i) = \sum_j m(i+j) \quad (2)$$

$$D = \sum_i |d^{obj}(i) - d^{mod}(i)| \quad (3)$$

ただし、 $m^{obj}(i) \neq 0.0$ 、 $distance(i, i+j) \leq Th$  とする。ここで、 $distance(i, i+j)$  は、 $i$  番目のセルと  $i+j$  番目のセルとの重心方向のなす角度である。以上の処理により、線分長差  $D$  の小さいモデルを候補モデルとして選択し、同時に物体の姿勢を決定する。図6に、図2の入力に対して決定された物体の姿勢を示す。

**7. むすび**

エッジベースステレオの出力として得られる3次元情報を解析し、物体の候補モデルおよび姿勢を決定する手法について述べた。本手法の特徴は、境界線の情報のみから3次元物体を線分ベクトル分布として記述することにある。今後は、1)本手法の有効性の検討、2)オクルージョンの検討、3)一般物体への拡張を行う。

**参考文献**

1)白井良明:“3次元モデルに基づくロボットビジョン”, 信学論(D), J68-D, 4, pp.449-455(1985).  
 2)T. O. Binford:“Visual perception by computer”, Proc. IEEE Conf. Systems and Control(1971).  
 3)B. G. Baumgart:“Winged edge polyhedron representation”, Stanford A.I. Lab. Tec. Rep., STAN-CS-320, AIM-179(1972).  
 4)大島, 白井:“3次元情報を用いた物体認識”, 信学論(D), J65-D, 5, pp.629-636(1982).  
 5)富田文明:“3次元物体の境界線に基づく記述の生成と認識”, 信学論(D), J71-D, 2, pp.343-349(1988).  
 6)池内克史:“拡張ガウス像に基づく被写体いがり表現像から観測者方向決定のための一手法”, 信学論(D), J66-D, 5, pp.463-470(1983).