

# 画像処理を用いた距離画像から3次元形状の再構成法

3 T-7

西尾 孝治 小堀 研一 久津輪 敏郎

大阪工業大学

## 1. まえがき

近年、実形状を計算機に入力する技術の発達に伴い、計算機上で3次元形状を再構成する要求が強まっている。そこで、実形状を測定して得られるデータとして、一般的な距離画像<sup>1)</sup>から3次元形状を再構成する手法を提案する。距離画像とはX-Y面上の2次元画像の各点にZ値を持たせたもので、Z-mapと呼ばれる。本手法では、Z-mapから形状の特徴を表す2次元濃淡画像を作成する事で、従来から知られている2次元画像処理の手法を適用して、3次元形状を再構成する。

## 2. Z-map-3次元形状変換

本手法は、次の3つの処理で構成される。まず、Z-mapをもとに、2次元の画像処理を用いて平面領域の抽出を行う。この面領域を面素と呼ぶ。次に最小2乗法を用いて面素の平面方程式を求め、最後に各面素を成長させることで隣接する面素間の整合を行い、ポリゴン化して3次元形状を再構成する。

### (1)法線ベクトル作成

入力データであるZ-mapの点列を用いて局所的な法線ベクトルを作成する。図1に示すように、Z-mapの点 $p(i,j)$ の法線ベクトル $n(i,j)$ は式(1)を用いて求める。ここで、 $p(i-1,j)$ から $p(i+1,j)$ へ向かうベクトルを $v_h(i,j)$ 、 $p(i,j-1)$ から $p(i,j+1)$ へ向かうベクトルを $v_v(i,j)$ とする。

$$n(i,j) = \frac{v_h(i,j) \times v_v(i,j)}{|v_h(i,j) \times v_v(i,j)|} \quad (1)$$

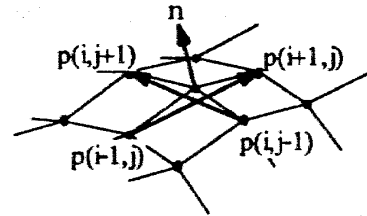


図1 法線ベクトル

### (2)境界強調

Z-mapの各点の法線ベクトルのZ成分を濃度値として2次元の濃淡画像Gを作成する。Z-mapを濃淡画像として扱うことにより、従来用いられている画像処理の手法を適用することが可能となる。次に、濃淡画像Gに対してエッジ強調をおこなう。本手法では、エッジ強調オペレータとしてRobertsのオペレータ<sup>2)</sup>を用いた。さらに、得られた画像に対してあらかじめ設定した閾値を用いて2値化を行う。この結果、得られる2値画像の白画素が3次元における面領域を表すことになる。

### (3)面素のラベル付け

作成した2値画像に対し、面領域に対応させたラベル付けを行うことで、面領域のもととなる面素を作成する。

図2(a)に示すように濃淡画像で白画素であって、まだラベル付けが行われていない任意の画素 $g(i,j)$ を探索し、ラベル $m$ を付ける。この画素をseed画素と呼ぶ。

次に、同図(b)に示すように画素 $g(i,j)$ の4近傍の画素のうち白画素であり、かつまだラベル付けがされていないものに対し、seed画素と同じラベル $m$ を付ける。以下、同様にラベル付けされた画素の4近傍の画素に対して再帰的にラベル付けを行い、同図(c)に示すように連続する白画素の領域に対し同一のラベル付けを行う。さらに、seed画素を探索し、同様にラベル $(m+1)$ のラベル付けを行

う。これらの処理をラベル付けが行われていない白画素が無くなるまで繰り返す。

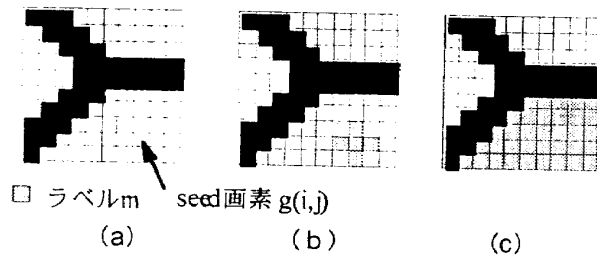


図2 面素のラベル付け

#### (4)面素の整形

ラベル付けを行うことにより抽出した面素は、形状再構成後の単一面を表現している。そこで、これらの面素の画素に対応するZ-mapの点列から最小2乗法を用いて平面方程式を求める。

#### (5)面素の成長

これまでの処理で面素の平面方程式と大まかな面の輪廓を得られる。しかし、本手法では面素の境界を近似的な法線ベクトルから得られる濃淡画像から求めているため、面素は実際の面に比べて少し収縮した面になっている。このため、これまでに得られた面素を本来の面に近づけるために面素の成長を行う。

まず、ラベル $m$ をもつ面素 $s$ に4近傍で隣接する黒画素 $g(i,j)$ を見つける。次に、画素 $g(i,j)$ が以下の2つの条件を満たす場合に、この黒画素にラベル $m$ を付ける。

(i)面素 $s$ が持つ平面方程式より、 $g(i,j)$ に対応するZ-mapの点 $p(i,j)$ から面素への距離 $d(i,j)$ を求める。この距離 $d(i,j)$ が設定した許容誤差 $D_{th}$ より小さい。

(ii)画素 $g(i,j)$ がまだラベル付けされていない。

この画素を新たな輪廓画素として同様のラベル付けを行うことで、面素の成長を行う。

#### (6)面素のポリゴン化

生成した面素の境界から閉ループを作成し、直線近似を行う。この直線を稜線とする三角形ポリゴンを生成する。

### 3. 実験

本手法の有効性を考察するためにZ-mapから3

次元形状を再構成する実験を行った。まず、図3(a)に示す形状からZ-mapを作成し、これを本手法への入力データとして用いる。また、Z-mapから3次元形状を再構成した結果を同図(b)に示す。

つぎに、入力データとして図3(a)に示す形状から、 $32 \times 32$ から $128 \times 128$ までの解像度のZ-mapを作成し、変換に要する時間、および処理後に得られる面素数を計測した。この結果を表1に示す。

なお、実験にはシリコングラフィクス・クレイ社のグラフィック・ワークステーション (CPU : R8000, 90MHz)を使用した。

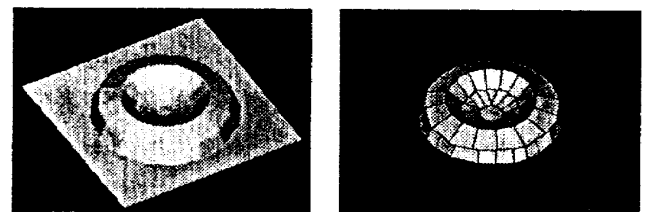


図3 実験結果

表1 処理時間と面素数

		処理時間 (sec)			面素数
		2値画像生成	平面作成	面素作成	
解像度	32	0.01	0.00	0.02	30
	48	0.01	0.01	0.05	71
	64	0.03	0.01	0.11	52
	80	0.03	0.03	0.19	56
	96	0.05	0.03	0.29	63
	112	0.08	0.04	0.35	69
	128	0.11	0.06	0.76	74

### 4. まとめ

Z-mapの3次元データを2次元画像に対応させる事で、従来から知られている画像処理アルゴリズムを適用して3次元形状を再構成する手法を提案した。

#### 参考文献

- 1) 安居院 猛, 長橋 宏: 知的画像処理, 昭晃堂 (1994) .
- 2) 安居院 猛, 中嶋 正之: 画像情報処理, pp.18-19, 昭晃堂 (1991) .