

領域対応によるステレオ法

3 P-4

丹羽寛孝 桂井浩

千葉工業大学情報工学科

1. はじめに

ステレオ法は、異なる2方向から得られた画像の対応関係から情景の奥行きを求める方法である。ステレオ法において最も困難であるのは、2枚の2次元投影画像の部分毎の対応を求めることである。これについてはこれまで様々な手法が提案されている。最近では特徴ベースのステレオが注目されており、点やセグメント等の特徴を利用して対応付けを行う方法が提案されている。更にその拡張として領域特徴を利用する方法が提案されているが、この方法については未だ十分な研究が行われていない。領域特徴は点やセグメント等の特徴と比較し記述量が大い為、対応付けの成功率は高いと考えられる。本研究では対応付けの特徴として領域を用いるステレオアルゴリズムについて述べ、その有効性について検討する。

2. 領域分割

本研究では図2のような輻輳カメラモデルを用い、3次元対象の2次元中心投影画像対を得る。ただし3次元対象は各面が一樣な明るさの多面体とし、その各面は中心投影により一樣な明るさで2次元投影面に投影されるものとする。ここで領域の対応付けにおいて領域の形状を利用する場合、領域の境界が正確に保存される必要がある。その為、前処理として得られる中心投影画像の領域分割を行う。

3. 領域の対応付け

2枚の各投影画像において領域の対応付けを行うが、その為の領域の表現として図1に示すような重心、形状、濃度を各領域から抽出する。これらの

領域特徴の類似性から画像対の間の領域を対応付けるが、以下その方法について述べる。

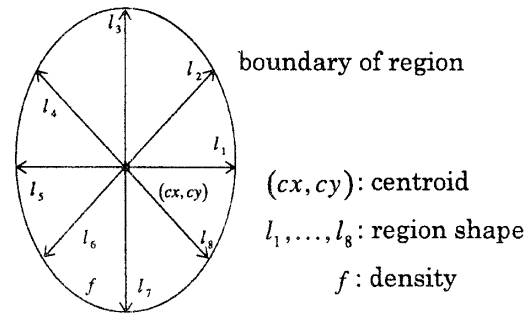


図1: 領域の特徴

いま、2つの領域が

$$R_i^{(1)} = \{cx_i^{(1)}, cy_i^{(1)}, \{l_{ik}^{(1)}; k=1, \dots, 8\}, f_i^{(1)}\}$$

$$R_j^{(2)} = \{cx_j^{(2)}, cy_j^{(2)}, \{l_{jk}^{(2)}; k=1, \dots, 8\}, f_j^{(2)}\}$$

で表わされる場合の類似度を、以下の式で定義する。

$$S_{ij} = w_1 \exp \left\{ -\frac{9 \left(cx_i^{(1)} - cx_j^{(2)} \right)^2 + \left(cy_i^{(1)} - cy_j^{(2)} \right)^2}{2 \tau_c^2} \right\} \\ + w_2 \exp \left\{ -\frac{9 \left(\sum_{k=1}^8 \left| l_{ik}^{(1)} - l_{jk}^{(2)} \right| \right)^2}{2 \tau_l^2} \right\} \\ + w_3 \exp \left\{ -\frac{9 \left(f_i^{(1)} - f_j^{(2)} \right)^2}{2 \tau_f^2} \right\}$$

ここで w_1, w_2, w_3 は各項の重みであり τ_c, τ_l, τ_f はそれぞれ重心、形状、濃度のしきい値を表わす。この計算を用い、左画像と右画像の全ての領域において類似度が最大となる対応を求め、これらの総合類似度が最大の組みを求める対応とする。

4. 3次元平面の復元

前節で得られた対応する領域の対より、対象となる3次元平面の復元方法について述べる。ここで、2つの領域の境界の点とそのエピポラー線との交点を求め、得られる対応点から3次元点を復元する。

図2のように左画像中の点 $P(X, Y)$ 及び右画像中の点 $P'(X', Y')$ が対応する場合、これらの点から3次元空間中の点 $p(x, y, z)$ は、

$$z = \frac{rz_a \{X(1 - \cos \phi) + r \sin \phi\}}{r(X - X') \cos \phi + (XX' + r^2) \sin \phi}$$

$$x = \frac{Xz_a \{X(1 - \cos \phi) + r \sin \phi\}}{r(X - X') \cos \phi + (XX' + r^2) \sin \phi}$$

$$y = \frac{z}{r} Y$$

となる。ここで ϕ は輻輳角、 r は焦点距離、 z_a は座標軸の回転中心の z 座標である。

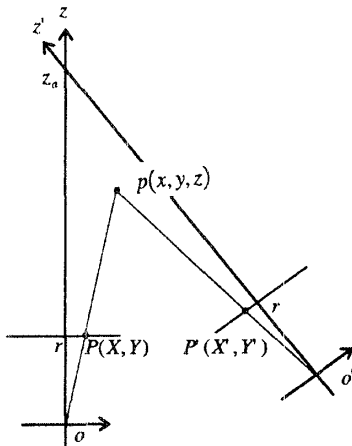


図2: 奥行き計算に伴う幾何学的関係

このようにして対応する2次元領域の全境界点において3次元点を復元し、得られる点群から対象となる3次元平面の方向と位置を求める。3次元平面を

$$ax + by + z + d = 0$$

とすると、最小自乗法から

$$a = \frac{(\bar{x}y - \bar{x}\bar{y})(\bar{y}z - \bar{y}\bar{z}) + (\bar{y}^2 - \bar{y}^2)(\bar{z}\bar{x} - \bar{z}\bar{x})}{(\bar{x}^2 - \bar{x}^2)(\bar{y}^2 - \bar{y}^2) + (\bar{x}\bar{y} - \bar{x}\bar{y})^2}$$

$$b = \frac{(\bar{x}^2 - \bar{x}^2)a + (\bar{z}\bar{x} - \bar{z}\bar{x})}{\bar{x}\bar{y} - \bar{x}\bar{y}}$$

$$d = -(\bar{a}\bar{x} + \bar{b}\bar{y} + \bar{z})$$

となる。これらの値から各座標軸に対する平面の方向余弦を求め、平面の方向を表す。また平面の位置は、同一平面上の復元した3次元点の平均から求める。

5. 実験と考察

コンピュータシミュレーションによる結果の1例を以下に示す。図3は2次元中心投影画像対である。ここで輻輳角 $\phi = 5^\circ$ 、回転中心の z 座標 $z_a = 400$ ピクセル、焦点距離 $r = 100$ ピクセルとしてある。また表1は復元した3次元平面の方向余弦及び位置の自乗誤差 DC-error、L-error を示す。

表1からわかるように、図3の例では領域の対応付けに成功している。また他の実験例においても領域の対応付けにおいては比較的良好な結果が得られた。3次元平面の復元結果は、領域4-4の対応を始めとする対応では誤差が小さく、精度の高い復元が行われていることが確認された。ただし幾つかの領域においては誤差が生じ、特に領域3-3の対応において顕著であるが、これは領域の境界線とエピポラ一線の勾配が平行に近い為、正確な対応点を求めることが困難であり、3次元点の復元精度が低いことが原因である。

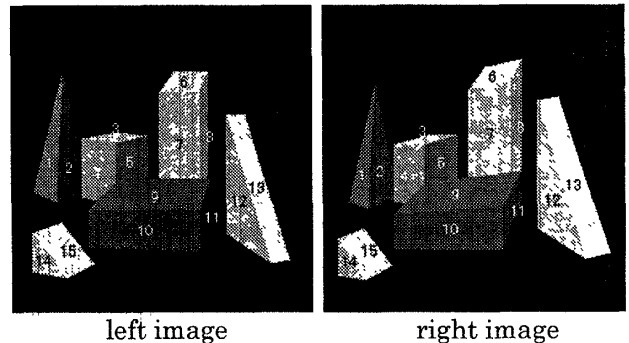


図3: 中心投影画像対

corresponded region nos.	DC-error	L-error	corresponded region nos.	DC-error	L-error
1-1	0.13	48	9-9	0.16	15
2-2	0.41	19	10-10	0.02	4
3-3	0.76	1908	11-11	0.07	16
4-4	0.04	10	12-12	0.65	53
5-5	0.03	16	13-13	0.13	62
6-6	0.06	261	14-14	0.19	3
7-7	0.10	10	15-15	0.16	11
8-8	0.08	14	average	0.20	163

表1: 復元計算の誤差