

ロバスト統計を用いたステレオ視による空間の識別

5G-1

高橋 裕信

末広 尚士

新情報処理開発機構

1 はじめに

自由空間の認識はコンピュータビジョンの重要なテーマの一つである。物体認識において対象物を識別したりその機能を知るためには、物体の表面を正確に記述することが不可欠である。移動ロボットにおいても経路探索のために移動可能な自由空間を知ることが必要である。この問題についてレンジファインダ等の能動的な手法では投影光の反射から対象物の表面が直接観測できるので有利とされ、ステレオ法では受動的な方法であるために汎用性の面で優れているにもかかわらずこの点では遅れている。これまでいくつかの方法が提案されているが明確なエッジを持たない濃淡画像やテクスチャの多い画像等で汎用的に使用できる方法はない。

ここでは濃淡画像からすでにエッジベースのステレオ法によって3次元空間中のエッジの位置がわかっている場合に、そのエッジが囲む部分に面がどのように存在しているかを識別する方法について報告する。対象とする部分について仮説を立てその中からロバスト統計によって最も確からしいものを選択する。また同時に左右のカメラの明るさの違い、鏡面反射、および対応位置の誤差が吸収できるので安定した結果が得られている。

2 アルゴリズム

2.1 仮説の生成

ステレオの各画像からエッジを抽出し、従来報告している手法によって対応付けを行い空間中の3次元位置が得られているものとする[1]。それらのうちで同一平面上にあるものを選択し、これらを結んで閉じた領域を構成するようにする。この領域の近傍に図1のように錐体の側面を構成するエッジが見られる場合には次の仮説を置いて検証をする。

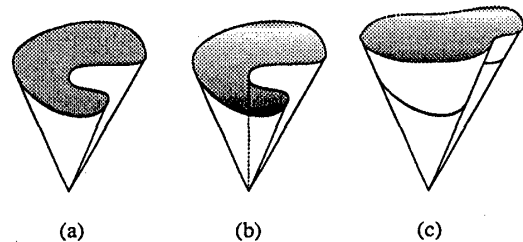


図1: 仮説

1. 錐体の底面に物理的に面があってカメラから見えている [図1a].
2. 錐体の底面は自由空間で、錐体の側面が見えている [図1b].
3. 錐体の側面が手前まで続いている [図1c].

錐体の側面となるエッジがない場合には、領域が構成する面の垂直方向に側面がある柱体と仮定し、錐体の頂点が無限遠点にあるとして同様に仮説を生成する。

2.2 対応点の探索

次に各仮説ごとに画像の対象領域内について、画像間での対応点を求める。左カメラの画像の領域内の点を P として、その点が右画像上に見える位置は各仮説ごとに Q_1, Q_2, Q_3 として求める (図2)。

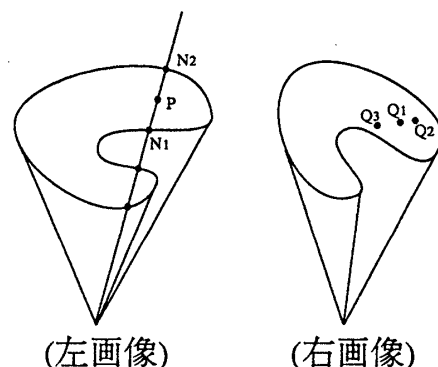


図2: 対応点

Recognition of Free Space by Stereo Vision Using Robust Statistics

Hironobu Takahashi, Takashi Suehiro

Real World Computing Partnership

Mitsui Bld. 13F, 1-6-1 Takezono Tsukuba-shi, Ibaraki 305

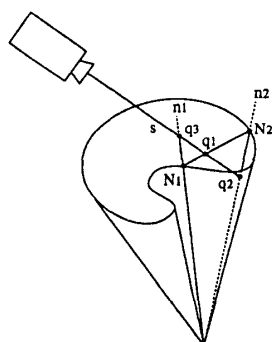


図 3: 点の選択

1. 錐体の底面が見えている場合には、底面上と同じ平面上にすべての対応点があるのでカメラパラメータと面の位置から決まる同次変換によって Q_1 が求められる。
2. 錐体の底面が自由空間になっている場合にはまず左画像上で点 P と錐体の頂点を結ぶ線を求め、その輪郭線との交点を求める。複数の交点の中から P から見て頂点側に最も近い点 N_1 と反対側の点 N_2 を求める。またそれぞれと頂点を通る直線を n_1, n_2 とする。これらを側面から見ると図 3 のようになっているので、 n_1 および n_2 のうち観測する左カメラから遠い方の直線と、カメラ焦点と P を通る直線の交点を q_2 とする。これを右画像上に投影したものが対応点 Q_2 となる。
3. 錐体の手前側面が見えている場合は 2 と同様に頂点を結ぶ線との交点を求める。 n_1 と n_2 のうちで観測しているカメラに近い直線を用いて同様に q_3 を求め、その右画像上の投影点が Q_3 となる。

2.3 仮説の検証

それぞれの各仮説 ($i = 1, 2, 3$) における対応点の組 (P_n, Q_{in}) についてその画素の明るさの対を (I_{Ln}, I_{Rin}) とする。仮説 i が正しくかつ対象物の表面が理想的なランバート面であれば等しくなる。カメラ間での設定による明るさの誤差を許容するため a_i, b_i を定数として次の式が各対応点について成立する。

$$D_{in} = I_{Ln} - aI_{Rin} + b \equiv 0$$

正しい仮説であっても鏡面反射や位置の誤差によって極端に値の異なる対も含まれることがあるので最小二乗法等による最小化では正しい結果が得られない。そのためロバスト統計によって a, b を求める。ここでは連続的手法である M-推定法 (ψ 関数は biweight 法)[2]を用いた。収束後の a_i, b_i の値を用いて各仮説毎に $D_{i1}, D_{i2}, \dots, D_{in}$ の中間値 M_i を求め最も小さな値を持った仮説を採用する。



図 4: 例 1: 底面が見えている場合



図 5: 例 2: 側面が面を通して見えている場合

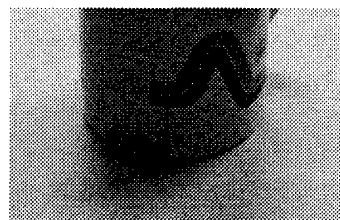


図 6: 例 3: 手前の側面が見えている場合

3 実験結果

図 4-6 に示したカップの各円はそれぞれの仮説 1, 2, 3 の画像例 1, 2, 3 となっている。これらの円について統計を求めた結果、その中間値は次のようになり、正しく選択できていることがわかる。

表 1: ロバスト統計による中間値

	例 1	例 2	例 3
仮説 1	5.1	12.3	11.9
仮説 2	7.2	6.6	54.2
仮説 3	9.3	41.4	6.0

謝辞

本研究にあたって有益な助言をいただく電子技術総合研究所知能システム部と新情報処理開発機構の諸兄に感謝する。

参考文献

- [1] H. Takahashi, F. Tomita: Primitive-based Stereo Vision for Can Picking Robot: Int. Conf. of Machine Vision and Applications (1992).
- [2] 佐藤: 画像処理における統計モデル利用に関する最近の動向: Medical Imaging Technology, 12-1, pp48-58 (1994).