

零交差エッジに基づく両眼立体視計算

1C-7

金子俊一、大町洋正、本多庸悟
東京農工大学

1. 目的

3次元物体認識やロボットビジョンへ応用するために、人間の視覚特性に基づく両眼視機構の研究を行っている。多様な対象物を扱うための基本的特徴量として、零交差点により構成されるエッジ(零交差エッジ)を用い、その検出方法及び対応付け処理、視差計算などについて新たに検討したので報告する。

2. 方法

2.1 零交差エッジの検出

零交差点¹⁾は、視覚系における側抑制機構を表現する ∇^2G フィルタの出力を閾値処理して得られ、画像内の濃淡エッジに対応している。ここでは、図1に示すマスクによって、いわゆるWilsonのNチャンネル²⁾(受容野中心部: $4.38'$)に相当する ∇^2G フィルタを実現している。縦方向のエッジに注目して、予め設定した注視点座標を中心として上下方向に探索し次の2つの条件を満足する零交差点を連結する。

- ① 現在点(1つ前のエッジ点)からの横方向位置偏差が ± 1 画素以内である。
- ② 零交差勾配(濃度勾配)が、現在点での勾配値の $\pm 50\%$ の範囲内にある。

2.2 対応付け処理

左右2枚のステレオ画像(白黒濃淡)に対して独立に零交差エッジを検出する。左エッジを基準とし任意の右エッジを上下に1画素ずらして3回照合する。横座標値及び零交差勾配の差の積算値を評価関数とし、それら3つのうちの最小値をその組合せの評価値とする。次式に評価関数を示す。

$$J = \alpha J_s + (1 - \alpha) J_d \quad (0 \leq \alpha \leq 1)$$

$$J_s = \left(\sum_i^{NU^*} |SU2_i - SU1_i| + \sum_j^{NL^*} |SL2_j - SL1_j| \right) / (NU^* + NL^*)$$

$$J_d = \left(\sum_i^{NU^*} \left| \frac{DU2_i - DU1_i}{DU1_i} \right| + \sum_j^{NL^*} \left| \frac{DL2_j - DL1_j}{DL1_j} \right| \right) / (NU^* + NL^*)$$

ここで、 J_s 、 J_d はそれぞれ形状及び零交差勾配の評価関数であり、 NU^* (NL^*)は注視線より上(下)にあ

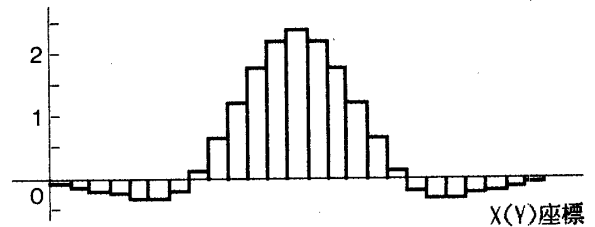


図1 ∇^2G フィルタマスク(中央断面)

る零交差点数、 $SU1$ 、 $SU2$ ($SL1$ 、 $SL2$)は、注視線との交点を原点としたときの相対横座標値である。記号 $U(L)$ は注視線より上(下)の部分を示し、数字1,2はそれぞれ左右画像を表す。 $DU1$ 、 $DU2$ ($DL1$ 、 $DL2$)は零交差勾配を示す。

2.3 奥行き計算

対応する零交差エッジ間の視差を、注視線上のエッジ点座標の差として定義する。注視点を中心とする横座標をそれぞれ p_1 、 p_2 、焦点距離を f とすると、

$$d = (p_1 - p_2) / f$$

となる。注視点及びエッジまでの距離をそれぞれ D 、 D_B とする。奥行き $D - D_B$ は、

$$D - D_B = \frac{2l}{\tan(\theta_1 + \theta'_1) - \tan(\theta_2 + \theta'_2)} - \frac{2l}{\tan \theta_1 - \tan \theta_2}$$

となる。ここで、上式の変形及び近似を行う。この際に、左右の視軸角の絶対値はほとんど等しいものとみなす。このとき、奥行きと視差の関係は次式のようになる。

$$D - D_B \approx A(1 + B)d$$

$$A = \frac{2l}{(\tan \theta_1 - \tan \theta_2)^2}$$

$$B = \tan 2\theta_2$$

3. 実験

表1に実験の基本仕様を、また図2に対象物及びカメラの配置を示す。実験として、ランダムな縦横からなるパターンを対象物の手前の面に貼り付けて行った。図3は原画像及び検出された零交差エッジである。原画像のエッジは全て検出された。それら

表1 実験の基本仕様

撮 像 系	焦点距離	16 mm
	量子化幅	26.8×26.0 μm
	画素数	256×384
	照 明	白熱電球
対 象 物	撮像距離	700 mm
	色	白・黒
	形 状	ランダムな縦縞

表2 対応付けの結果 (α=0.98)

左エッジ番号	右エッジ番号		
	推定	競合解消	真
0	7	×	/
1	0	0	0
2	1	1	1
3	0	×	2
4	3	3	3
5	0	×	4
6	5	5	5
7	6	6	6
8	7	7	7
9	2	2	/

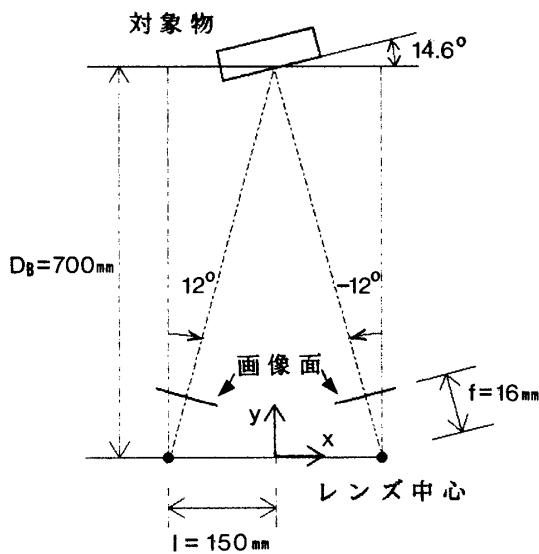


図2 実験装置の配置

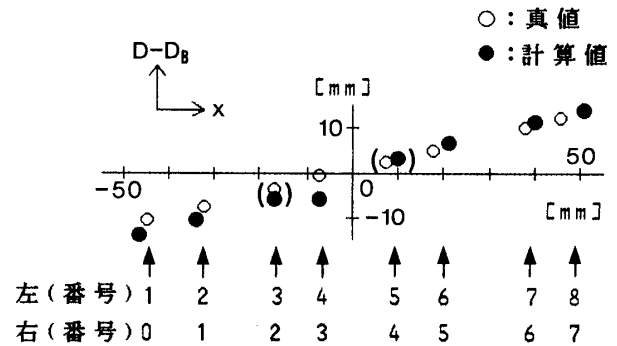


図4 算出した奥行き量

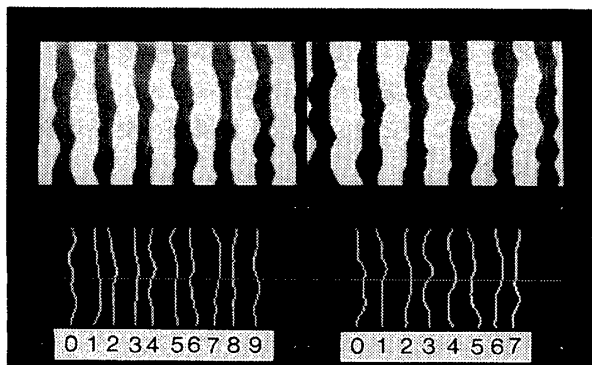


図3 原画像と零交差エッジ

の対応付けの結果は表2に示されているが、6個のエッジが正しく対応付けされた。誤まった対応が1つ(左9,右2)、見つからなかったものが3つとなった。図4は上記の例について、各々のエッジの奥行き量を計算した結果である。()は対応付けに失敗したものを参考までに計算したものである。表3に計算時間を示す。

表3 計算時間

処 理	計算時間
フィルタリング	4m 35 s (55 × 120) 画素
零交差エッジの検出	4 s
対応付け	8 s

4. まとめ

- (1) 縦向きの零交差エッジを抽出し、その対応付け処理を提示した。実験により有効性を確認した。
- (2) 奥行き量と視差の関係を近似式を用いて計算し、よい近似精度を得た。

参考文献

- (1) D.Marr: VISION, W.H.Freeman and Company, San Francisco (1982).
- (2) D.Marr: Smallest channel in early human vision, JOSA, Vol.70, No.7, pp.868-870 (1980).