

5M-10

輝度エッジ情報を利用した 距離データの不連続保存型平滑化法

松井恵一, 金子俊一, 本多庸悟
東京農工大学工学部

1. まえがき 正則化に基づく距離データの平滑化の手法について述べる。距離データと視線方向が一致している濃淡画像から抽出した輝度エッジの情報を用いて奥行きの不連続性を推定し、それを用いて平滑化を局部的に制御することにより奥行き本来の不連続部分を保ちながら平滑化するための手法と実験結果を示す。

2. 平滑化処理 図1に平滑化処理の流れを示す。
2.1 評価関数の定式化 正則化を用いた平滑化のための評価関数 E を次式で定義し、観測された距離データ d から平滑化した距離データ u を得る。

$$E = P + S$$

$$P = \frac{1}{2} \alpha \sum (u[i, j] - d[i, j])^2$$

$$S = \frac{1}{2} (1 - \alpha) \sum \{ (\beta_1[i, j] u_{xx}^2[i, j] + 2\beta_2[i, j] u_{xy}^2[i, j] + \beta_3[i, j] u_{yy}^2[i, j]) + (\gamma_1[i, j] u_x^2[i, j] + \gamma_2[i, j] u_y^2[i, j]) \}$$

$$\beta_x[i, j] + \gamma_x[i, j] = 1 \text{ if } \beta_x[i, j] \neq 0, \gamma_x[i, j] \neq 0$$

P は観測された距離データからの隔たりの許容範囲, S はスプラインのような平滑化効果を与える。

α は両者を調節するパラメタ, $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \gamma_1, \gamma_2$ は2次微分または1次微分の平滑化効果を適用するか否かを調節する $[0, 1]$ のパラメタを表す。従来はパラメタを微分の階数によって変更していたが[1][2], 微分の方角をも考慮して変更できるようにすることで, 局部的に制御できる平滑化を可能にした。

2.2 輝度エッジの検出 画素ごとに Sobel フィルタで方向微分をとり濃度勾配を求める。しきい値を超える画素をエッジ近傍として抽出する。この近傍内の画素に $\nabla^2 G$ フィルタを施し, 符号の変化する画素と画素の間に輝度エッジ (ゼロ交差) を設定する。

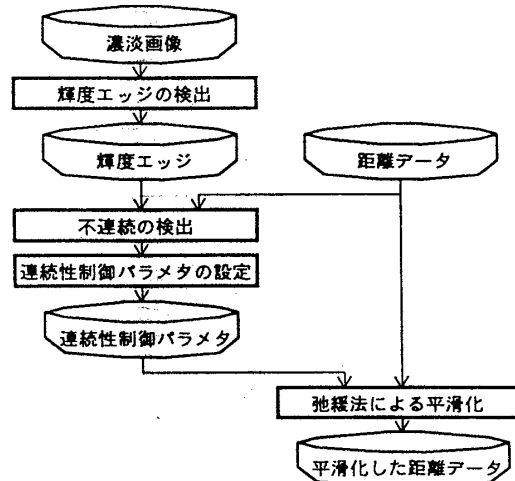


図1 平滑化処理の流れ

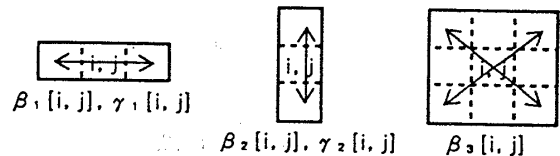


図2 平滑化のパターン

2.3 不連続の検出 不連続は輝度エッジに対応して検出する。これにより距離データに含まれるノイズによる誤検出を軽減できると考えられる。不連続には次の二つを考える。一つは隣接する画素に奥行き値の差が生じているもので, 「奥行きの不連続」と呼ぶ。エッジに直交する位置の奥行き値 d_1, d_2 を用いて, 次式により検出する。

$$|d_1 - d_2| > \delta$$

もう一つは隣接する画素間に対象物の稜線が形成されているもので, 「方向の不連続」と呼ぶ。エッジの近傍にゼロ交差勾配の出力値に基づいた二つの近似平面を定義し, これらの法線ベクトル n_1, n_2 を最小自乗法により求め, ベクトル間の角度に関する次式により検出する。

$$\frac{n_1 \cdot n_2}{|n_1| |n_2|} > \varepsilon$$

ここで δ, ε はしきい値である。

A Method for Smoothing Range Data with Preserved Discontinuities by Use of Intensity Edge Information
Keiichi Matsui, Shunichi Kaneko, Tsunenori Honda
Tokyo University of Agriculture and Technology
2-24-16 Nakamachi, Koganei, Tokyo 184, Japan

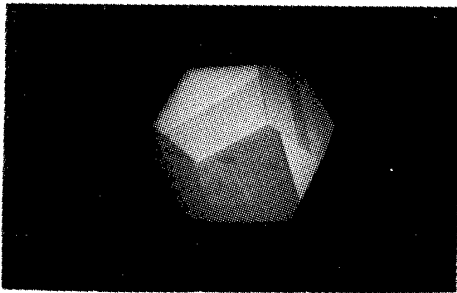


図3 3色光を投影した正12面体の濃淡画像

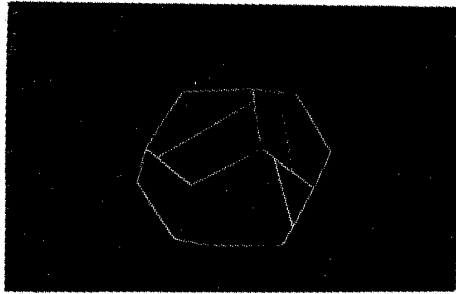


図4 濃淡画像から検出した輝度エッジ

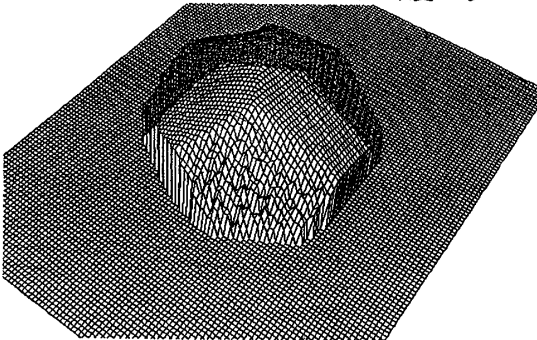


図5 正12面体の距離データ (97×128点)

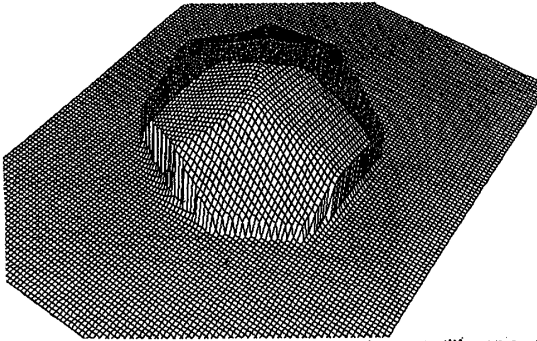


図6 本手法で平滑化した結果 (繰返し数 100 回)

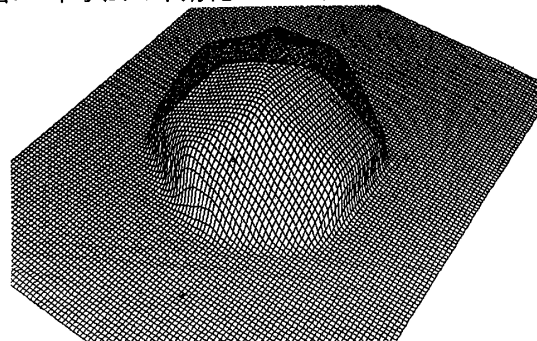


図7 一様な平滑化の例 (繰返し数 100 回)

2.4 連続性制御パラメタの設定 本手法では2次元格子状に配置した距離データを扱う。そこで点 $[i, j]$ における平滑化の要素に対応する図2に示す三つのパターンを用いる。それぞれのパターンの破線部に不連続が存在するときにはこの点での平滑化を禁止するために連続性制御パラメタを0に設定し、存在しないときには平滑化を行うために非零に設定する。その最適値については実験的に定める。

2.5 平滑化 平滑化には点 $[i, j]$ における Jacobi 型の弛緩法演算式として次式を用いる。

$$u[i, j]^{(k+1)} =$$

$$u[i, j]^{(k)} - \omega \left(\frac{\partial P}{\partial u[i, j]} + \frac{\partial S}{\partial u[i, j]} \right)^{(k)}$$

ここで k は反復回数, ω はスケールパラメタを表す。偏微分は中心差分で近似する。初期値には観測された距離データ d を用いる。

3. 実験 実験には3色光の同時照明による照度差ステレオ法[3]の実験データを用いた。対象物は色付きの正12面体である。図3に3色光を対象物に投影し、撮像した濃淡画像を示す。図4は検出した輝度エッジ, 図5は算出した距離データである。

図6は不連続性を保ちながら平滑化した結果である。不連続部分では、わずかに不適切な平滑化が行われているものの、照度差ステレオ法固有のノイズに対して有効な平滑化の効果がみられる。図7は一樣な平滑化を行った例であるが、不連続部分に顕著な変形が確認される。

4. まとめ 奥行きの不連続性を輝度エッジに基づいて推定し、奥行き本来の不連続部分を保ちながら平滑化する手法を提案した。今後は、より一般的な実験データについて検討する予定である。

参考文献

- [1] 松井, 金子, 本多: 不連続性を保持した距離データの平滑化, ワークショップ「外観検査の自動化」(第5回)講演論文集, pp.25-30 (1993).
- [2] Terzopoulos, D.: The Computation of Visible-Surface Representations, IEEE Trans., Vol.PAMI-10, No. 4, pp.417-438 (1988).
- [3] 金子, 富田, 本多: 3色光の同時照明による照度差ステレオ法, 電子情報通信学会論文誌 D-II, Vol. J76-D-II, No.10, pp.2243-2246 (1993).