

WMDLに基づくステレオマッチング

4 A B - 1

倉林和代 松代信人 田中公幸

(株)沖データ 第1研究所

1. はじめに

左右ステレオ画像の各画素の対応関係から、三角測量の原理により各点の奥行き情報を得ることができる。対応点探索のひとつの方法として、基準とする画像の各探索画素の周辺領域(ウィンドウ)と、もう一方の画像の同サイズの領域との画素濃度値などの比較によって行う方法¹⁾があり、広く一般に使用されている。

本稿では、この方法におけるモデル選択に情報量基準の1つである WMDL (Weighted Minimum Description Length) 基準²⁾を用いる手法について述べる。

2. ウィンドウ領域比較による対応点探索の問題点

ウィンドウ領域比較の対応点探索には2つの問題点がある。1つはウィンドウサイズを選択基準、もう1つはウィンドウ内全画素の視差を一定とする仮定である。

まずウィンドウサイズを選択についてであるが、探索に用いるウィンドウサイズは探索の精度に大きく影響するため適切なサイズを選択する必要があるが、探索に適したウィンドウサイズは画像の性質により異なり、画像の部分によりの確に選択する必要がある。しかし、ウィンドウサイズが異なるということはモデルが異なることであり、一般的な2乗誤差平均値を基準とする枠組みでは異なるウィンドウサイズの良し悪しを直接比較することはできない。

次にウィンドウ内視差を一定とする仮定であるが、注目画素からの距離が大きいウィンドウの外側ほどその仮定の不確かさは増加し、これが誤対応の原因にもなる。

この2つの問題を解決するために、我々は WMDL 基準を用いる手法について検討した。

3. ウィンドウ領域比較モデルの情報量

WMDL 基準は観測系を一般化した場合の MDL 情報量基準である。情報量基準の枠組みにより、ウィンドウサイズが異なるという異なるモデルの比較が可能となり³⁾、画像の部分により適切なウィンドウサイズを選択できる。また、ウィンドウ内画素情報の重みづけ観測系により、ウィンドウ内で視差が一定であるという仮定の不確かさを吸収できる。

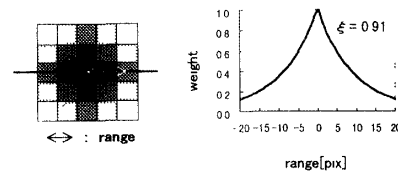


図1 ウィンドウ内の重みづけ

ウィンドウ領域比較モデルの確率分布を左右画像間の予測誤差の確率分布とし、ガウス分布を仮定する。この場合の WMDL 基準値は以下の式で表される。

$$WMDL = \frac{-\sum_{i=1}^n w_i \log_e q_i + \frac{1}{2} K \log_e W_n}{W_n} \quad (1)$$

ここで、

K : モデルパラメータ数

n : ウィンドウ内画素数

$q_i = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left(-\frac{\epsilon_i^2}{2\sigma^2}\right)$: モデルの確率分布

$\epsilon_i = Y_{L_i} - Y_{R_i}$: 左右ウィンドウ間の予測誤差

Y_{L_i}, Y_{R_i} : 左右ウィンドウ内位置 t の画素濃度値

$\sigma^2 = \overline{\epsilon_k^2}$: 分散(平均値=0)

$w_R = \xi^R$: 重み(ξ : 減衰係数、 R : 画素間距離)

$W_n = \sum_{i=1}^n w_i$: 見かけのウィンドウ内画素数

(1) 式の分子の第1項は予測誤差の情報量、第2項はモデル自身の情報量を表す。基準画像の各画素

について候補となるウィンドウサイズ毎の WMDL 基準値を(1)式により計算し、その値が最小となるウィンドウサイズを用いて領域の比較を行う。

4. シミュレーション実験

計算機により作成した各画素の対応点が既知のステレオ画像を用いて、LSM、WMDL 基準を用いる2種類の方法について対応点探索シミュレーションを行った。LSM(Least Squared Meaning)は対応点探索に一般に用いられるウィンドウ内画素の2乗誤差平均値である。

シミュレーションに用いた画像を図2に、その他の条件を表1に示す。また、対応点探索の条件は、探索範囲を 20pix、WMDL の減衰係数 ξ は 0.91 とした。またウィンドウは、幅 3、5、7、9、11、13、15、17の8種類で、WMDL では8種類の切替え、LSM では8種類それぞれの固定で実験を行った。



図2(a) 左画像 図2(b) 右画像

表1 シミュレーション条件

画像サイズ	160×160 [pix]
基線長(左右視点間距離)	20 [pix]
光源	点光源

図3より、WMDL 基準による対応点探索誤差は、各ウィンドウサイズを用いた LSM の誤差と比較してウィンドウサイズにより10~40%減少することがわかる。

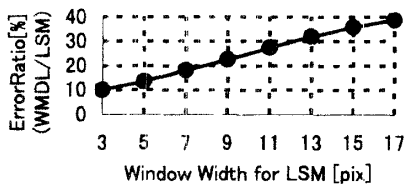


図3 WMDL の対 LSM 誤差減少率

LSM(ウィンドウサイズ 11x11)、WMDL 基準による対応点探索結果である視差とその誤差を図4 (b)~(e) に示す。図から画像のエッジ付近で誤差が軽減されていることがわかる。

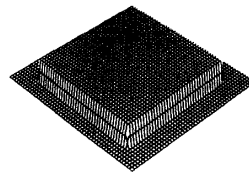


図4(a) 原画像の視差

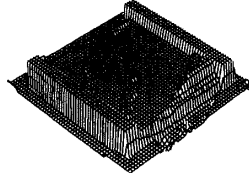


図4(b) LSMによる視差

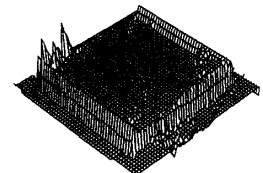


図4(c) WMDLによる視差

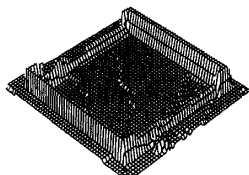


図4(d) LSMによる誤差

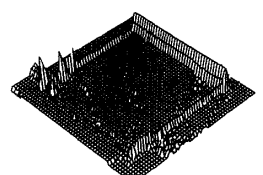


図4(e) WMDLによる誤差

対応点探索精度の差はウィンドウサイズによるもので、WMDL 基準により適切なウィンドウサイズ選択が行われることが確認された。

5. おわりに

本稿では、WMDL 基準を用いたステレオマッチングについて述べた。また、シミュレーション実験を行い、本手法では一般的な LSM を基準とした手法より探索精度がよいことを確認し、本手法の有効性を示した。

今後はウィンドウ内情報の重みづけを、ウィンドウ内画素情報により変化させ、より適切な比較ウィンドウ設定を行える方法について検討する予定である。

参考文献

- 1) T.Kanade and M.Okutomi : "A Stereo Matching Algorithm with an Adaptive Window : Theory and Experiment", IEEE Trans. Pattern Analysis And Machine Intelligence, vol.16, NO.9, pp920-932, Sept.1994.
- 2) 松代信人 : "忘却重み係数を含むMDL基準に関する性質", テレビジョン学会誌 vol.50, No.4, pp483-490, 1996.
- 3) N.Matsushiro and K.Kurabayashi, : "Stereo Matching by Using MDL based SSD Method", Proc. IS&T's 50th Annual Conference, pp645-647, 1997.