

Pantonの方法に基づく自動図化法の精度向上

岡山大学

岡山大学

ハ雲建設コンサルタント

正 森 忠次

正 服部 進

正 ○岸根 泰三

1. はじめに

実体空中写真対から地物の標高を自動的に測定するステレオマッチングの方法としては、PantonとMurphyが精密な手法を発表している。¹⁾ 本研究は、彼らのアルゴリズムが、どの程度うまく機能するかを主として実験的に検証し、さらにいくつかの考察を加えたものである。特に対応点の精度検定を行なうアルゴリズム制御の機構に重点を置いて実験を行なった。アルゴリズム制御の機構は、信頼性基準と迷走した対応点の修正からできている。

2. Pantonのステレオマッチング法の概略

Pantonの方法では、図-1に示すように地形の再現に、基準点を左画像上の格子点上に置いている。処理は、左画像の格子点を各Xについて、Y方向に走査して、各基準点の対応点を探索する。Pantonの対応点探索は、以下に示す(1)-(8)のステップで行なわれる。

1) 左画像の格子上に、次に対応させる基準点を決定する。2) エピポーラ幾何の関係式を用いて、各基準点の交差点を通るエピポーラ線の方程式を計算する。3) 右画像上のエピポーラ線上に、交差点の予測位置を求める。ここで、予測関数として次式を用いる。

$$U_{ij} = U_{i,j-1} + [W_1 \times (\frac{\Delta U}{\Delta X})_{j-1} + W_2 \times (\frac{\Delta U}{\Delta X})_j + W_3 \times (\frac{\Delta U}{\Delta X})_{j+1}] \times \Delta X \quad (W_1 + W_2 + W_3 = 1)$$

4) エピポーラ線上の予測位置の両側に探索範囲 $\pm r$ を

決定する。5) 左画像上の基準点を中心として、相関窓 $L \times L$ をとる。6) 右画像の探索窓を地形に適合するように予測して、形状形成を行なう。7) 相関窓内の相互相関係数を計算し、探索範囲内での最大相関点を決定する。8) 信頼性基準をもとに、対応点の信頼度を求め、信頼性に乏しい対応点は修正を行なう。

さらにY方向の探索が完了した時点で、迷走した対応点の修正を行なう。

8) はPantonの方法の特徴であって、信頼性基準として、次の5つが設定され、外生的に与える基準値(添字Tで表わす)以内にあるかをチェックする。

① 相関窓内の濃度値の標準偏差 $\sigma_1 < \sigma_T$ 。および σ_1 と探索窓内の標準偏差 σ_2 との差 $|\sigma_1 - \sigma_2| < \Delta \sigma_T$

② 最大相関係数の値 $< COR_T$ ③ 最大相関点が探索範囲の端点にあるか。④ 地形勾配にもとづく投影歪 $\Delta U / \Delta X$

$INF_T < \Delta U / \Delta X < SUP_T$ ⑤ 相関関数の勾配 ① に対して、

対応点の迷走が起りやすい山地では、 σ_1 の値は相関窓の大きさに関係なくどこでもほぼ同一であること、⑤ に対して、一般的には、安定した対応点ほど、相関関数の勾配はなだらかなので、これらは、現実には無意味である。また、迷走した対応点を修正するアルゴリズムも、パラメータによつてどのような地形にでも対応できるため、用いるべきでないと考え、以後の実験では、アルゴリズム制御の機構として、上記の信頼性基準のうち

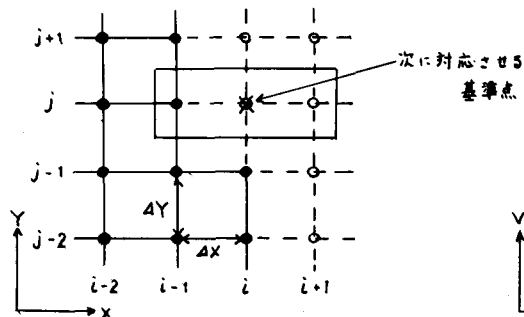
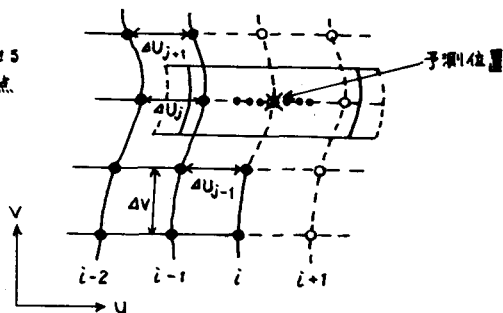


図-1 マッチング方法



2~4を検討することにする。

3. Pantonの方法に従うマッチングの実験

実験に使用した実体空中写真対は、RMK 15/23で撮影された、縮尺25,000分の1の写真であつて、これを50 μ m間隔で数値化し、さらにγ-視差のない画像に偏位修正した。Pantonの方法の有効性を検証するため、示されている方法についてはこれを踏襲し、示されていないものについては代替案を比較検討した。実験領域の地形図を図-2に示す。実験では、格子間隔を $\Delta X = \Delta Y = 9$ 画素とし、以下のパラメータを変化させて、対応点の位置精度を検討した。

1) 探索窓の形状形成： 未知点での標高を既知点での標高と等しいと置く、標高等置の方法と、勾配を等しいと置く、勾配等置の方法、および形状形成をしない方法（正方窓と呼ぶ）

2) 相関窓の大きさ： $L \times L$ 3) 探索範囲： $\pm Y$

4) 信頼性基準： COR_T , INF_T , SUP_T

その結果、以下のことが明らかになった。

1) 相関窓の大きさが比較的小さい場合（ $L \leq 21$ ）に、対応点の迷走が発生し、しかもこれは、信頼性基準による修正では、パラメータによらず、修正されなかつたばかりか、これらの制限によって悪化した。2) 安定した対応点探索には、比較的大きな相関窓（ $L \geq 31$ ）が必要であつたが、ここでも信頼性基準によって制限が加えられると悪影響が出た。

したがって、信頼性基準を各点ごとに適用することは既対応点の信頼性が充分高くないため好ましくないといえる。例として、次のパラメータを用いて行なった結果を図-3に示す。1) 標高等置 2) $L = 21$ 3) $r = 5$ 4) $COR_T = 0.1$, $INF_T = 0$, $SUP_T = 2$ （地形勾配 $\leq 45^\circ$ に相当）

結論的に言えば、処理を3段階に分けて以下の手法で行なうのが最も良い結果であつた。(1) 相関窓の大きさを大きくし、かつ高周波雑音を除去するために画像を3 $\times$ 3画素でスムージングを行ない、相関窓を3画素ごとに点を抽出する。パラメータとして、1) 正方窓 2) $L = 43$ 3) $r = 5$ 4) 用いない を用いる。(2) (1)の結果得られたγ-視差には大きな迷走はないが微少振動が数回のために移動平均を行なう。(3) さらにもとのスムージングしない画像を用いて、探索窓の形状形成を行ない、 $L = 21$ で再度マッチング処理をする。

この結果を図-4に示す。

参考文献

1) Pantan, Dale, J.; A Flexible Approach to Digital Stereo Mapping, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol.44, No.12, December, 1978, pp.1499~1512

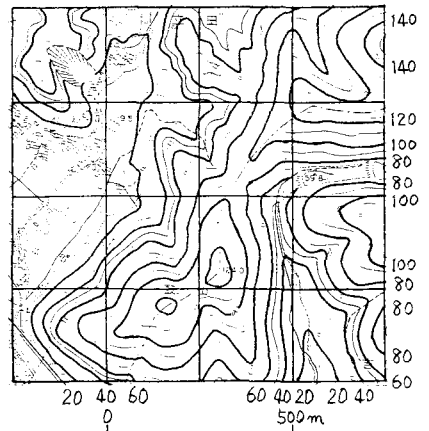


図-2 実験領域

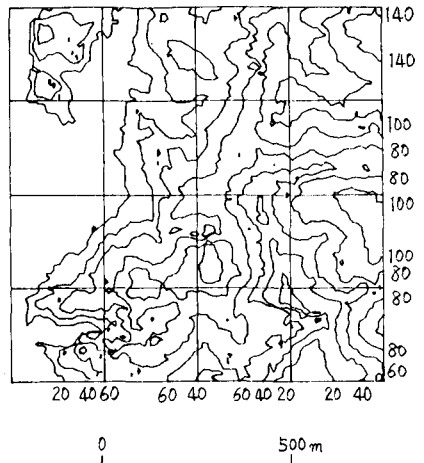


図-3

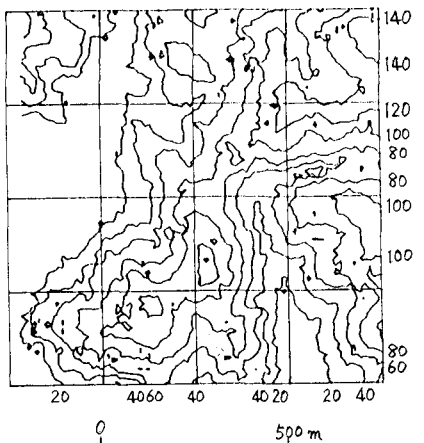


図-4