

岡山大学 正 森 忠次
岡山大学 正 服部 進
奥村組 伊藤 杉太郎

1. はじめに

一対のステレオ空中写真から、画像分解機と電子計算機とを結合した処理装置で、両写真上の対応点を組織的に見出し、DTMや正射投影図を自動的に製作する手法が、各国で研究され、Gestalt Photomapperのような専用機も開発された。しかしこれまでの手法では、地形、地物の比高が急変している部分の対応はうまくつかない。縮尺が大きい写真では、とくに建築物の比高が主問題になる。ここでは、この解決の一助に、カラー写真の「色差」を対応点の微小ピクセルの同定に使えるかと調べるため、ステレオカラー空中写真のデジタル画像を用いて、写真の色補正、および色差による対応点探索を行って得られた指針を述べる。

2. 実験の方法と結果

岡山大学周辺の宅地、道路、田畑が混在する部分のカラー空中写真を使った。その諸元を表-1に示す。これをオートゲンシトメータによりス方向 $109\mu\text{m}$ 、Y方向 $219\mu\text{m}$ に三色分解した。これは、実用の観点からあまりにも大きなピクセルで、フォトメトリの安定性から $25\sim 40\mu\text{m}$ が適当な大きさであるので、縮尺は約 $1/4000$ に相当して考える必要がある。左右画像の同定を、色差によって行おうとすると、両画像の色ずれが問題である。色ずれの起こる原因は、(1)地物の分光方向反射量の異なり、とくにハレーション、(2)レンズ系の周辺露光落ち、(3)写真処理条件の異なり、があるが、(2)、(3)は等頻度階調変換で補正できる。これは右画像濃度を左画像濃度の累積分布に等しくなるよう階調変換することであって、図-1を参照すれば、右写真画像濃度 D_2 は、次のように D_2' に階調変換される。

$$D_2' = \frac{D_{1b} - D_{1a}}{D_{2b} - D_{2a}} (D_2 - D_{2a}) + D_{1a}$$

折れ線近似の節点は11~15点で、各R、G、B濃度について、新しい変換曲線を得た。図-2に変換前の左右の写真の頻度分布を各色素濃度R、G、Bについて示す。

画像の対応点探索は、理想的には1ピクセルずつ行えばいいが、これは困難なので、探索点のまわりを、たとえば 3×3 ピクセルのパッチをとって、これに似た右写真のパッチを求めるため、右写真の $2/12/1$ ピクセルの領域内を動かして色差の動きを調べる。ここに、色差 dS を、

$$dS = \sum_j \left\{ \left(\sum_k (D_{ijk} - D_{2jk})^2 \right)^{\frac{1}{2}} \right\}$$

j : ピクセルの番号 k : 3色濃度 R、G、B

で定義する。また画像の類似度の尺度として、通常の相関係数を使ったときの結果と比較のため、同時に挙げておく。ここで、相関係数 ρ は、

$$\rho = \gamma_{12} / \sigma_1 \sigma_2$$

$$\gamma_{12} = \left\{ \sum_j (D_{1j} - \bar{D}_1)(D_{2j} - \bar{D}_2) \right\} / n$$

表-1 写真諸元

撮影時間	S.50.2.24.12.09
撮影高度	1950m
写真縮尺	1:12,000
使用カメラ	WILDCR10/14/23
画面距離	153.05mm
使用画面面積	20mm $\times$ 20mm

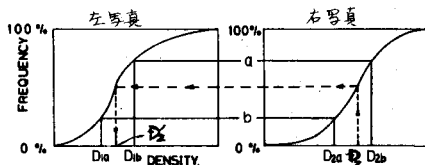


図-1 等頻度階調変換

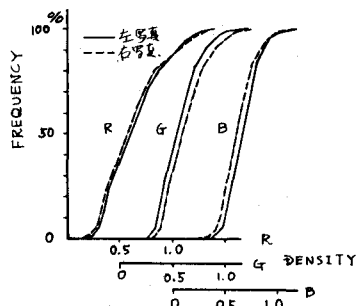


図-2 3色濃度値の頻度分布

$$\sigma_1 = \left[\frac{1}{n} \sum_j (D_{1j} - \bar{D}_1)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

D_{1j} : 左画像、オプティカル濃度値; $\bar{D}_1$: 左画像平均濃度値

$\bar{D}_2$: 右画像平均濃度値

$$\sigma_2 = \left[\frac{1}{n} \sum_j (D_{2j} - \bar{D}_2)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

n : パッチ内ピクセル数

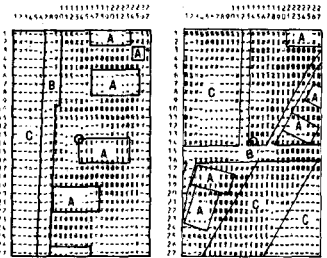
ここでは、正しく探索された例と、失敗した例の2点のみを、3×3パッチの場合について図示する。図-3は探索の参考点1, 2の右側グレイマップであり、図-4は、参考点1, 2の相関係数、変換前色差、変換後色差による探索結果である。いずれも図の中心が参考点の位置を示す。図-4は、相関係数、色差の等値線であって、色差は10000倍した数値である。相関係数はB濃度値で計算した。3.0の9以上は黒く塗りつぶしてある。多くの参考点について計算した結果、次のことが云える。

(1) 比高が急変している部分の点探索は小さなパッチで行わねばならないが、その場合には、モノクロ画像の相関係数によるよりも色差を使う方がかなり有利な結果が出た。

(2) 大きなパッチ(7×7以上)では両者の差は無かった。すなわち、パッチのみの比較と同じであった。

(3) 階調変換をした効果はほとんどなかった。(しかし今回の実験では、写真のカラーバランスが非常に良かったのがその原因であろうと思われる。

(4) 相関係数によると1~2ピクセル対応がずれた点か、色差によれば、正しく対応がついた場合が1箇所あった(図4-1)。(しかし、相関係数で全く対応がずれた点、やはり色差を使っても同様であった(図4-2)。これはパッチを大きくすると(7×7以上)正しく対応がついた。



(a) 参考点1 (b) 参考点2
A: 建物 B: 道路 C: 草地

図-3 参考点のグレイマップ

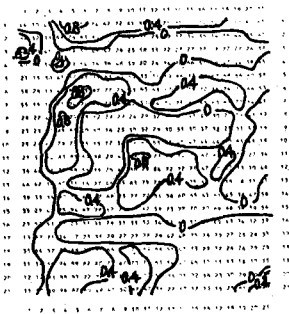


図4-1(a) 参考点1の相関係数

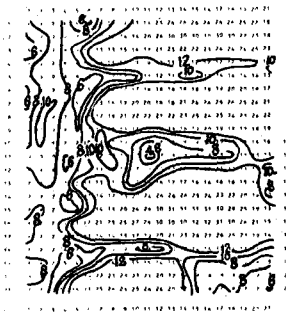


図4-1(b) 参考点1の変換前色差

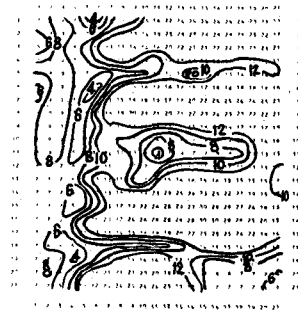


図4-1(c) 参考点1の変換後色差

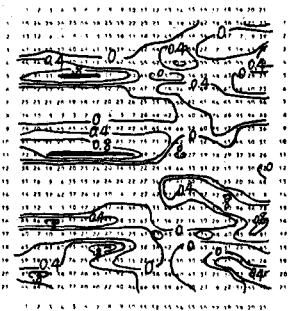


図4-2(a) 参考点2の相関係数

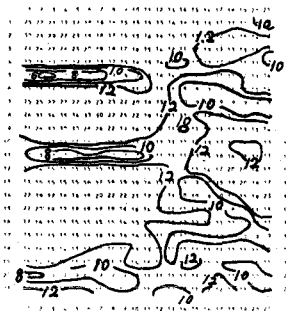


図4-2(b) 参考点2の変換前色差

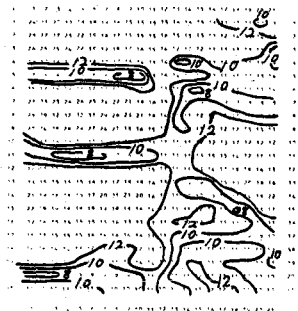


図4-2(c) 参考点2の変換後色差

図-4 相関係数と色差を用いた探索結果