

京都大学大学院 学生員 ○児島利治 京都大学防災研究所 正員 宝 肇
京都大学防災研究所 正員 岡 太郎

1. はじめに

本研究では、低分解能化アルゴリズムを用いて、6.25mという高空間分解能をもつ航空機MSS画像から任意の分解能をもつ疑似リモートセンシング画像を生成し、分解能が土地被覆分類精度に与える影響を調べた。

2. 使用データと対象地域

対象地域は、愛知県矢田川流域の長久手町、長久手東小学校周辺の約3km四方の領域とした。航空機MSS画像は、1992年に実施された矢田川航空機実験¹⁾において取得されたもので、6.25mの空間分解能と12の波長帯をもつ。分類精度評価のため、この実験において取得された航空写真を基に、2mグリッドの領域全体のグランドトゥルースマップを生成した。また、低分解能化アルゴリズムによって生成した低分解能画像と比較するため、この実験において航空機MSS画像とは同時期に取得されたLandsat-5 TM 画像を使用する。

3. 低分解能化アルゴリズム

i) 周囲の画素の値を平均化する方法²⁾³⁾

周囲の画素の値を算術平均する。この手法は元となる画像の分解能に依存し、例えば分解能5mの画像からは、分解能10m、15mといった5mおきの分解能の画像でなければ生成できない。

ii) 内挿法を用いたアルゴリズム

3次畳み込み内挿法などの内挿手法で低分解能の画像を生成する。この手法では任意の画素サイズの画像が生成できる。しかし、例えば分解能5mの画像を30mに内挿したとき、分解能30mの一つの画素は、地表面の30×30mの領域ではなく、その中心部の5×5mの領域から得た情報を基にしており、生成された画像は、地表面の情報を離散的にしか利用していない。

iii) MTF補正を応用した低分解能化アルゴリズム⁴⁾

リモートセンシング画像 $i(x, y)$ は、地表面の状態を表す関数 $g(x, y)$ と点像分布関数 $p(x, y)$ のコンボリューションと考えられる。 $i(x, y)$ 、 $g(x, y)$ 、 $p(x, y)$ のフーリエ変換をそれぞれ $I(f_x, f_y)$ 、 $G(f_x, f_y)$ 、 $P(f_x, f_y)$ とす

ると $G(f_x, f_y)$ は次のように表現できる。ここで f_x 、 f_y はそれぞれ、 x 方向、 y 方向の空間周波数である。

$$G(f_x, f_y) = I(f_x, f_y) / P(f_x, f_y) \quad (1)$$

この $P(f_x, f_y)$ は、MTF (Modulation Transfer Function) と呼び、このような手法でリモートセンシング画像から地表面の真の状態を復元する手法をMTF補正と呼ぶ。

これを利用して、ある分解能 d_1 とそれと異なる分解能 d_2 の $P(f_x, f_y)$ をそれぞれ $P_1(f_x, f_y)$ 、 $P_2(f_x, f_y)$ とし、分解能 d_1 の $I(f_x, f_y)$ を $I_1(f_x, f_y)$ とすると、次式で分解能 d_2 のリモートセンシング画像 $i_2(x, y)$ が得られる。

$$I_2(f_x, f_y) = I_1(f_x, f_y) \times \frac{P_2(f_x, f_y)}{P_1(f_x, f_y)} \quad (2)$$

$P(f_x, f_y)$ は、そのセンサーの分解能、電気的性質、大気の影響等に依存する関数であるが、最も影響が大きいセンサーの分解能だけを考慮すると、以下のような簡単な式で近似可能である⁵⁾。ここでは簡単化のために1次元で考えると、 $P(f_x, f_y)$ は次式で表現できる。

$$P(f_x) = \frac{\sin(\pi f_x d)}{\pi f_x d} \quad (3)$$

この手法では、地表面の情報を連続的に利用した画像が生成できる。

本研究では3次畳み込み内挿法とMTF補正を用いた低分解能化アルゴリズムを用いて、分解能6.25mの航空機MSS画像から分解能10mから30mの低分解能画像を生成する。

4. 土地被覆分類手法と分類精度評価手法

分類クラスは、(1)森林、(2)水田、(3)草地、(4)裸地、(5)都市域、(6)水域の6クラスとする。河川は水面のほかに、砂州、河川敷の裸地、雑草など異なる土地被覆を含むので、河川というクラスは設定せず、分類対象外とした。分類手法には最尤法を用い、トレーニングデータは、各画像で同じ領域から取得した。

分類精度評価には判別効率表とそれに基づく精度評価指標である、overall accuracy (OA)、kappa coefficient (KC)を用いた⁶⁾。

5. 低分解能画像の分類と精度評価

Table 1 にCCとMTFによる低分解能画像の最尤分類結果をOAとKCで示す。分解能12mの画像が最も精度が良く、分解能が粗くなるにつれ精度が低下することが確認できた。また、低分解能化した画像は、すべてCCよりMTFによる低分解能画像の方が常に分類精度が若干良く、また、高分解能画像よりも低分解能画像の方がCCとMTFによる低分解能画像の分類精度の差が大きいことが分る。CCによる低分解能画像は1画素の値が、常に画素の中心部の6.25×6.25mの領域のみから得た情報を基にしていることにに対し、MTFによる低分解能画像は分解能10mなら10×10mの領域から情報を得ている。そのため、MTFによる低分解能画像の方が常に1画素の情報量が多いため、常に分類精度が良いという結果となる。また、分解能が粗くなるほど1つの画素の情報量の差は大きくなるため、分解能が粗くなるにしたがってCCとMTFによる低分解能画像の分類精度の差が大きくなっている。

6. TM, AVNIR画像の模擬発生と分類・精度評価

Landsat-5 TM画像と航空機MSS画像から模擬発生させた疑似TM画像の分類精度の比較を行った。疑似TM画像は、MTFによって分解能30mに低分解能化し、TM画像の各波長帯に対応する波長帯を選択して生成した。最尤法で分類した結果、TM画像は、OAが57.00%、KCが44.60%であった。MTFによって生成された疑似TM画像の方は、OAが57.82%、KCが44.38%という値であった。OA、KCともに差が1ポイント未満であり、MTFによって生成された低分解能画像の妥当性が証明されている。

次に、航空機MSS画像からADEOS AVNIRの波長帯に近い波長帯を選択し、MTFによって分解能16mの低分解能画像を生成した。この疑似AVNIR画像も最尤法で分類したところ、OAで60.25%、KCで46.09%という値を示した。上述のLandat-5TM画像と比較すると、OAで3ポイント、KCで2ポイント精度が向上した。航空機MSS画像から生成した疑似AVNIR画像の波長帯は、実際のAVNIRの持っている波長帯とは微妙に異なるが、単純に最尤法を用いた場合、OAで60%程度、KCで46%程度の精度を示すことが期待できる。

7. おわりに

本研究では、6.25mの元画像から低分解能化アルゴリズムによって生成した10mから30mの分解能をもつ

低分解能画像の分類結果を比較することで、2m刻みという細かく分解能が変化する際の分類精度の変化を検討することができた。おおよそ10mより少し粗い分解能が最も精度が良く、分解能が粗くなるにしたがって分類精度は低下していく様子が確認できた。最も精度が良かった分解能12mの画像と分解能30mの画像と比較するとOA、KCで約6ポイント程度向上することが確認できた。また、6章の結果から、1996年度に打上が予定されているADEOS AVNIR画像を6分類クラスで単純に最尤分類した場合、OAで60%、KCで46%程度の精度を示し、従来高分解能のリモートセンシング画像としてよく用いられてきたTM画像に比べて、OAで3ポイント、KCで2ポイント程度向上することが期待できる。

Table 1 Comparison of accuracies of the 6.25-m AMSS image and degraded images resampled from CC and MTF.

Resolution		6.25m	10m	12m	14m	16m	18m
CC	OA	64.30	64.50	65.18	64.40	63.64	63.33
	KC	51.05	51.08	51.85	50.91	50.15	49.45
MTF	OA	64.30	64.58	65.28	64.66	63.80	63.80
	KC	51.05	51.20	51.98	51.23	50.35	50.09

Resolution		20m	22m	24m	26m	28m	30m
CC	OA	63.30	60.45	62.57	62.24	60.96	58.49
	KC	49.43	45.82	48.29	47.94	46.84	44.61
MTF	OA	63.61	60.80	62.96	61.47	61.37	59.22
	KC	49.82	46.30	48.86	47.73	47.49	45.58

(unit: %)

【参考文献】

- 1) 宝 馨・立川康人ほか、水文・水資源学会誌, Vol. 6, No. 1, pp. 71-75, 1993.
- 2) 竹内章司・富田強, 写真測量とリモートセンシング, Vol. 27, No. 2, pp. 6-15, 1988.
- 3) 張子珏・河西由美ほか, 写真測量とリモートセンシング, Vol. 27, No. 3, pp. 4-15, 1988.
- 4) C. O. Justice, B. L. Markham, J. R. G. Townshend and R. L. Kennard, International Journal of Remote Sensing, Vol. 10, No. 9, pp. 1939-1561, 1989.
- 5) NASDA 地球観測センター編：地球観測データ利用ハンドブックーランドサット編・改訂版, RESTEC, pp. 6-11 - 6-12, 1990.
- 6) Russell G. Congalton, Remote Sensing of Environment, Vol. 37, pp. 35-46, 1991.