

32 多重解像度解析による衛星画像の テクスチャ解析

青柳一郎 菊池久和 山口芳雄 阿部淑人 佐々木重信 渡辺弘道

新潟大学工学部

1. まえがき

地球環境の監視、理解のため、人工衛星による地球の観測が行われるようになってきている^[1]。それにより、リモートセンシングが地球観測にとって重要な技術となってきた。そしてリモートセンシング画像の処理技術として様々なアルゴリズムが開発されてきている。一方、非定常信号の解析方法としてウェーブレット変換が注目されている^[2-3]。なかでも離散直交ウェーブレットを用いた多重解像度表現が、効率的な処理を可能にするものとして画像解析の分野で発展してきた。そこで本報告では、多重解像度表現を用いて、テクスチャという観点からリモートセンシング画像の分類を試みる。

2. 多重解像度表現

多重解像度空間とは、全体の空間が解像度の異なる複数の部分空間 V_j の和によって構成される空間である。

V_j には $V_j \subset V_{j+1}$ 、 $\phi(t) \in V_j \Rightarrow \phi(2t) \in V_{j+1}$ という特徴があり、これより空間 V_j は、 j とともに膨らみ、 j が1つ増えると2倍圧縮されて細くなった関数によって部分空間が作られることが分かる。よって、 j が解像度を表している。ある関数 $f(t)$ をこの空間 V_j に射影すれば多重解像度表現が得られる。つぎに、ウェーブレット $\psi(t)$ をつくるために、 $V_{j+1} = V_j \oplus W_j$ 、 $V_j \perp W_j$ で定義される部分空間 W_j を考えてみる。この W_j を張る直交基底がウェーブレット関数 $\{\psi_k(t) = 2^j \psi(2^j t - k) \in W_j\}$ であり、関数 $f(t)$ のウェーブレット変換は、ウェーブレット関数との内積 $Wf(j,k) = \langle \psi_k(t), f(t) \rangle$ で表される。 W_j と V_j の包含関係を図1に示す。

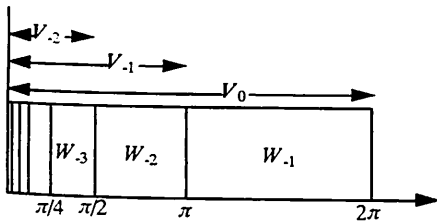


図1 W_j と V_j の包含関係

次に、2次元画像の多重解像度表現を図2に示す。

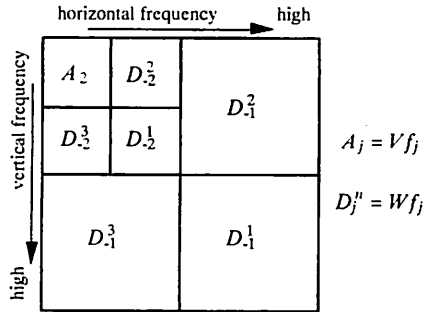


図2 2次元画像の多重解像度表現の帯域分割

ただし Vf_j はスケール関数 $\{\phi_{jk}(t) = 2^j \phi(2^j t - k) \in V_j\}$ と $f(t)$ との内積 $Vf(j,k) = \langle \phi_{jk}(t), f(t) \rangle$ である。

3. テクスチャ分類

画像をピクセル値だけで判別し分類することは難しい。そこで先に述べた多重解像度表現を用いてテクスチャの特徴量からリモートセンシング画像中の地形を分類する。分類・認識の方法としては、大きく分けると統計的手法と構造的技法があるが、パターンの分類・認識を行う場合にはたいてい統計的手法が使われる^[4]。本報告では、最尤法により分類を行う。最尤法とは、各ピクセルをクラス分けするとき、特徴ベクトル X の各分類クラス ω_i における分布を表す尤度関数 $g_i(X) = p(\omega_i|X) = p(\omega_i)p(X|\omega_i)$ が最大になるクラスに分類する方法である。

分類の手順を示す。まず、各ピクセルの特徴ベクトルを $X = [x_1, x_2, x_3, \dots, x_m]^T$ とする。 m はベクトルの次数で、これは分類プロセス中で使われるサブイメージの数を示す。すなわち、図2のように分割されたイメージの数である。ここで、 D_j^k 成分は詳細画像を、 A_j 成分は近似画像を表している。つぎに、各クラスの特徴ベクトルが正規分布 $p(X|\omega_i) = (2\pi)^{-m/2} \Sigma_i^{-1/2} \exp\{-\frac{1}{2}(X-U_i)^T \Sigma_i^{-1}(X-U_i)\}$ に従うと仮定して、分布の平均値 U_i と共分散行列 Σ_i を計

算し、分類に利用する。各クラスの平均値と共分散行列を求めるために、トレーニングエリアを指定する。原画像上で、各クラスのトレーニングエリアを決定し、そこからトレーニングサンプルを抽出する。また、各クラス ω_i の発生する確率 $p(\omega_i)$ はどれも等しいとする。

4. 分類結果

今回使用した画像は、SARによって1993年1月に撮影された新潟市周辺の画像（1024×1024pixels、実寸18km四方相当）である。これを次の4つのクラスに分類した。

- | | |
|--------------|------|
| 1) 海・河川 | 黒色 |
| 2) 農耕地 | 濃い灰色 |
| 3) 市街地 | 淡い灰色 |
| 4) 道路・港など建造物 | 白色 |

特徴ベクトルの作り方は下の3種類を行った。

- 1段のウェーブレット変換で
 $D_{1,1}^1, D_{1,2}^1, D_{1,3}^1, A_{1,1}$ の4次元ベクトル
- 2段のウェーブレット変換で低周波部分だけを使った
 $D_{2,1}^2, D_{2,2}^2, D_{2,3}^2, A_{2,1}$ の4次元ベクトル
- 2段のウェーブレット変換ですべてを使った
 $D_{1,1}^1, D_{1,2}^1, D_{1,3}^1, D_{2,1}^2, D_{2,2}^2, D_{2,3}^2, A_{2,1}$ の7次元ベクトル

図3に原画像を、図4 a)～c)にそれぞれ上の特徴ベクトルで分類を行った結果を示す。

- a)は(512×512pixels)の画像で、キメ細かく分類されているが、河川が市街地に分類されるなど誤分類が多い。
- b)は(256×256pixels)の画像で、分類が粗くなっている。
- c)は(512×512pixels)の画像で、a)の分類の細かさを保ち誤分類も少なく、この中ではもっともよい分類結果が得られた。また、c)に多数決フィルタをかけた結果を図4 d) (512×512pixels)に示す。



図3 原画像



図4 a)



図4 b)



図4 c)



図4 d)

図4 分類結果

5. まとめ

本報告では多重解像度表現を用い、最尤法によりリモートセンシング画像の地形分類を試みた。今回行った中では、2段のウェーブレット変換を行って7次元の特徴ベクトルを用いたものももっとも良好な結果が得られた。なお、今回はNASDA(宇宙開発事業団)のJERS-1(地球資源衛星1号)によるSAR画像データを使用した。

参考文献

- [1] 東京大学出版会, "画像解析ハンドブック" (1991)
- [2] Li-jen Du, Jong-Sen Lee, Karl Hoppel, and Stephan A. Mango, "Segmentation of SAR Images Using the Wavelet Transform", Int. J. Imaging Systems and Tech., Vol. 4, pp. 319-326 (1992)
- [3] 菊池久和, "ウェーブレット入門1-5", エレクトロニクス, 第39巻, 3-7号 (1994)
- [4] 田村秀行, "コンピュータ画像処理入門" (1985)