

E 1 最適なPOLARSAR画像分類パラメータの検討

柿崎創平 山田寛喜 山口芳雄

新潟大学工学部

1. まえがき

現在、地球環境を正確に把握するためにPOLARSAR画像解析が盛んに行われている。これまでPOLARSAR画像を分類識別する際に様々な分類パラメータが用いられてきた。基本的に分類パラメータを複数組み合わせれば分類精度は向上する。しかし、最適な分類パラメータの組み合わせについては明らかにされていない。そこで本研究では固有値解析を用いて高精度かつ効率の良い画像分類を行うための有効な分類パラメータの推定に関する定量的な検討を行った。

2. 分類パラメータ

2. 1 偏波と散乱行列

物体に対しアンテナからある偏波を送信すると、受信される偏波は一般には送信波とは異なったものとなる。Jones vectorを用いて表現すると式(1)のようになる。この時 2×2 の複素行列 $[S]$ は散乱行列と呼ばれ、物体の偏波散乱情報を含んだものとなる。

$$\begin{bmatrix} E_H^i \\ E_V^i \end{bmatrix} = [S] \begin{bmatrix} E_H^t \\ E_V^t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{HH} & S_{HV} \\ S_{VH} & S_{VV} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_H^t \\ E_V^t \end{bmatrix} \quad (1)$$

本研究で用いるパラメータは各偏波成分の振幅を次のように規格化した値を用いている。

$$|S_{rs}| = \frac{|S_{rs}|}{|S_{HH}| + 2|S_{HV}| + |S_{VV}|} \quad (2)$$

2. 2 三成分分解法

散乱行列は式(2)に示すような3つの基本ターゲットの散乱行列(Sphere, Diplane, Helix)の和に分解することができる[1]。 K_s は奇数回反射成分を表し、 K_d は偶数回反射成分を表し、また、 K_h は直線偏波を円偏波に変える成分の大きさを表している。

$$[S] = e^{i\phi} \left\{ e^{i\theta_s} K_s [S]_{sphere} + K_d [S]_{diplane} + K_h [S]_{helix} \right\} \quad (3)$$

本研究で用いる値は次のように規格化している。

$$K_r = \frac{K_r}{K_s + K_d + K_h} \quad (4)$$

2. 3 三成分散乱モデル分解

Freemanらは、散乱行列を物理的な散乱過程に基づいた三成分散乱モデル(表面散乱, 二回反射, 体積散乱)に分解してターゲットの特徴を捉える分解法を提案した[2]。 P_s は表面散乱を表し、 P_d は二回反射を、 P_v が体積散乱の散乱寄与をそれぞれ示している。

本研究で用いる値は次のように規格化している。

$$P_s = \frac{P_s}{P_s + P_d + P_v} \quad (6)$$

2. 4 Polarimetric Entropy, α

Polarimetric Entropyとはターゲットの散乱特性の複雑さを表す指標である[3]。 $0 \leq H \leq 1$ の値をとり、散乱特性が複雑である程1に近い値を示す。 α とは、ターゲットの偏波依存性を示す指標で $0^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ の値をとる。

本研究で用いる α は、次のように規格化している。

$$\alpha = \frac{\alpha}{90} \quad (7)$$

3. 固有値解析

3. 1 解析手法

まず、画像データから解析パラメータを抽出し、特徴ベクトル X を形成する。

$$X = [x_1 \ x_2 \ \dots \ x_k]^T \quad (8)$$

次に、相関行列 R を形成しその固有値を求める。

$$R = \langle XX^H \rangle = \left\langle \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_k \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1^* & x_2^* & \dots & x_k^* \end{bmatrix} \right\rangle = \left\langle \begin{bmatrix} x_1 x_1^* & \dots & x_1 x_k^* \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_k x_1^* & \dots & x_k x_k^* \end{bmatrix} \right\rangle \quad (9)$$

ここで、 H は複素共役転置、 $\langle \rangle$ はアンサンブル平均を表す。

解析に用いた画像データはL-bandのサンフランシスコ近郊のAIRSAR画像である。

本研究では、求めた固有値の分布と分散に注目した。固有値の分布から相関行列のランク、すなわち独立な成分の個数が分かる。本研究では図1のように画像データ全体を大きく分割し、その一つ一つの領域において平均化し、固有値を求めた。図1のように領域を分割すると、領域毎のクラス数は変化している。従って、固有値の値がばらついているほど、用いた解析パラメータが特徴量の変化に対して敏感に対応することを表し、画像分類は行いやすくなると言える。地図から推測すると、この画像データは3~4つの特徴を持つ分布をすることが予想される。

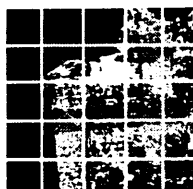


図1 解析領域

3. 2 解析結果

図2は縦軸が固有値、横軸が固有値番号の固有値分布のグラフである。(a)は全てのパラメータを用いたもので、(b)はその中から各偏波成分を除いたもの、(c)は3成分分解法を除いたもの、(d)は三成分散乱モデル分解を除いたもの、(e)はH、 $\bar{\alpha}$ を除いたものとなっている。それぞれ、第2固有値の分布にはっきりと違いが見られるので、そこに注目する。

図2(a),(b),(c)を見ると分布の仕方が主に3つに分かれて分布しているが、図2(d),(e)のグラフを見ると分布が2つに偏っている。このことから、(b)、(c)のグラフのパラメータは除いても影響の少ないパラメータ、つまり分類における重要性の低いパラメータと考えることができる。また、(d),(e)のパラメータは除いたら影響がでしてしまうパラメータ、つまり分類に重要な役割をはたすパラメータと考えることができる。

以上のことから、この画像データにおける分類に必要なパラメータは三成分散乱モデル分解とH、 $\bar{\alpha}$ であり、各偏波成分と3成分分解法は上記に比べると分類には寄与していないパラメータということがわかる。

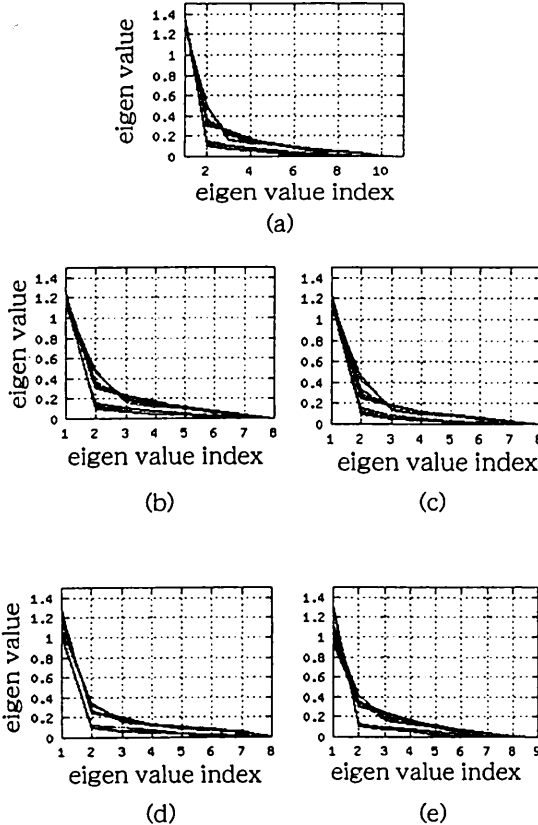


図2 固有値分布

4. 分類結果

解析の結果、この画像データにおける分類に必要なパラメータは三成分散乱モデル分解とH、 $\bar{\alpha}$ であり、各偏波成分と3成分分解法は分類において寄与の低いパラメータということがわかった。そこで、実際に画像分類を行い確認した。

図3(a)は全てのパラメータを用いた分類画像で、(b)はその中から各偏波成分と3成分分解法を除いた場合の分類画像である。図3(a)と(b)を比較すると各偏波成分と3成分分解法を除いても、ほとんど分類精度に影響は出ていないことがわかる。このことから、今回用いた画像データは三成分散乱モデル分解とH、 $\bar{\alpha}$ を用いれば少ないパラメータで高精度な分類が可能なが確認できた。

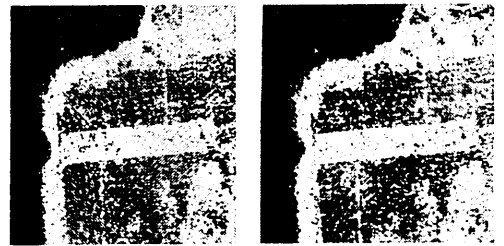


図3 分類画像

5. まとめ

本稿では、高精度かつ効率の良い画像分類を行うために有効な分類パラメータについて検討を行った。その結果、今回用いた画像データにおいては三成分散乱モデル分解とH、 $\bar{\alpha}$ の組み合わせが有効であることがわかった。今後、パラメータの数を更に増やし検討を行う。新たに得られた結果は当日発表する。なお、この研究の一部は文科省科研費によるものである。

参考文献

- [1]E. Krogager, and Z. H. Czyz, " Properties of the sphere, diplane, helix decomposition," *Proc. of the 3rd Int. Workshop Radar polarimetry*, vol. 1, p106-114., Mar. 1995.
- [2]A. Freeman, and S. L. Durden, "A three-component scattering model for polarimetric SAR data," *IEEE. Trans. Geosci. Remote Sensing*, vol. 36, no. 3, pp. 963-973, May 1998.
- [3]S. R. Cloude, and E. Pottier, "A review of target decomposition theorems in radar polarimetry," *IEEE. Trans. Geosci. Remote Sensing*, vol. 34, no. 2, pp. 498-518, Mar. 1996.