

ターゲットの偏波散乱特性に基づく地表面の教師なし分類

Unsupervised Land Cover Classification based on Polarimetric Scattering Characteristics

SB-1-3

木村 晃治
Koji KIMURA山口 芳雄
Yoshio YAMAGUCHI山田 寛喜
Hiroyoshi YAMADA新潟大学工学部
Faculty of Engineering, Niigata University

1. まえがき 自然破壊、災害状況の把握、地図の作成などを行うためには、広範囲の領域の迅速な把握、ターゲットの詳細かつ正確な識別が必要となる。有効な手法として、教師なし分類法が考えられる。この手法の利点は、ターゲットの散乱特性を考慮することにより、アルゴリズムの自動化が可能であり、ground truth ができない領域に対して適用可能であることである。Coherency行列の直交分解により得られるpolarimetric entropy, alphabar, total powerを組み合わせたことにより、詳細かつ高精度の地表面の分類が可能であることを示す。

2. ターゲットの散乱特性 Monostaticレーダの場合、平均Coherency行列 $\langle T \rangle$ はCoherencyベクトル k_i を用いて次式のように表される。

$$\langle T \rangle = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n k_i k_i^T \quad (1)$$

$$k_i = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} S_{hh} + S_{vv} \\ S_{hh} - S_{vv} \\ 2S_{hv} \end{bmatrix} \quad (2)$$

なお、 n は平均ピクセル数である。Coherency行列の各要素は直接散乱メカニズム(表面散乱, 二回反射, 体積散乱など)を表現する。Coherency行列は次式のように直交分解される^{[1],[2]}。

$$\langle T \rangle = [U] \begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 & 0 \\ 0 & \lambda_2 & 0 \\ 0 & 0 & \lambda_3 \end{bmatrix} [U]^T \quad (3)$$

$$u_i = e^{\theta} \begin{bmatrix} \cos \alpha_i & \sin \alpha_i \cos \beta_i e^{\delta_i} \sin \alpha_i \cos \beta_i e^{\gamma_i} \end{bmatrix}^T \quad (i=1, 2, 3) \quad (4)$$

なお、 λ_i , u_i は固有値, 固有値ベクトルである。Polarimetric entropy H , alphabar $\bar{\alpha}$, anisotropy A , total power TP は固有値, 固有値ベクトルを用いて次式のように表される^{[1],[2]}。

$$H = \sum_{i=1}^3 P_i (-\log P_i), \quad P_i = \frac{\lambda_i}{\sum_{j=1}^3 \lambda_j} \quad (i=1, 2, 3) \quad (5)$$

$$\bar{\alpha} = \sum_{i=1}^3 P_i \alpha_i \quad (6)$$

$$A = \frac{\lambda_2 - \lambda_3}{\lambda_2 + \lambda_3} \quad (7)$$

$$TP = \sum_{i=1}^3 \lambda_i \quad (8)$$

H は散乱のランダム性, $\bar{\alpha}$ は平均散乱メカニズムを表す指標であり, $H - \bar{\alpha}$ 平面において全てのランダムな散乱メカニズムを表現することができる^[1]。 $\lambda_2 \neq \lambda_3$ の場合, H は一意の指標ではないという問題点があるが, A を用いることにより, 散乱メカニズム比が一意に定められる^[2]。また, TP は偏波基底に依存しない指標であり, この指標を用いることにより, 散乱メカニズムが類似する領域において, Radar Cross Section (RCS) の相違により, 両者の識別が可

能であると考えられる。 $H, \bar{\alpha}, A, TP$ は互いに独立する指標である。

3. 地表面の教師なし分類手順

本研究における教師なし分類の手順を図1に示す。

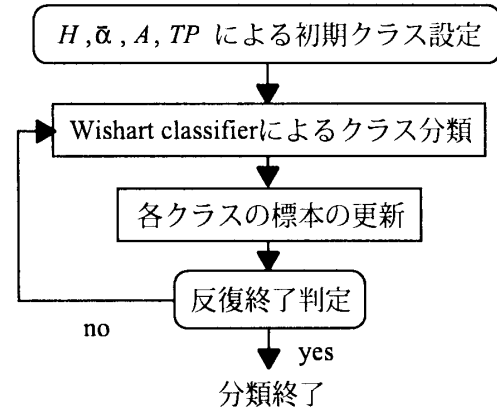


図1. 地表面の教師なし分類の手順

1) 初期クラス設定

$H - \bar{\alpha}$ 平面に基づく地表面分類の場合, 画像中の全画素をプロット可能である8つのゾーンに振り分け, 各ゾーンごとにクラスタ中心

$$V_i = \frac{1}{n_i} \sum_{j=1}^{n_i} \langle T \rangle_j \quad (9)$$

を設定するため, クラス数は8 ($i=8$) となる。 $H - \bar{\alpha}$ 平面を A , あるいは TP で分割する場合, 8つのゾーンにおいて, $A < 0.5$, $A \geq 0.5$ あるいは, $TP < ave$, $TP \geq ave$ (ave は画像全体での total power の平均値)のゾーンに振り分けるため, クラス数は16 ($i=16$) となる。また A, TP をともに用いる場合, 8つのゾーンを4分割するため, クラス数は32 ($i=32$) となる。

2) Wishart classifier によるクラス分類

1) で得られたクラスタ中心 V を用いて, 平均Coherency行列がWishart分布^[1]に従っていることに基づき, Wishart classifier^[1]

$$d(\langle T \rangle, V_i) = \ln |V_i| + \text{Tr}(V_i^{-1} \langle T \rangle) \quad (i=8 \text{ or } 16 \text{ or } 32) \quad (10)$$

により, 画像中の全画素を距離が最小となるクラス m に割り当てる。すなわち,

$$d(\langle T \rangle, V_m) \leq d(\langle T \rangle, V_i), \quad i \neq m \quad (11)$$

である。

3) 各クラスの更新

2) の分類処理により得られる分類画像を用いて, 各クラスのクラスタ中心の更新を行う。なお, 反復終了条件を満たすまで, 2), 3) を繰り返す。

4) 反復終了チェック

反復終了条件を満たしているかどうか判定を行い,

条件を満たしていれば、反復処理を停止し、満たしていなければ、2)に戻る。本報告では、10回目の反復処理後に、反復処理を停止している。なお、地表面分類の前処理として、speckle filtering 処理を施している^[3]。ウィンドウサイズは5×5である。

4. 分類結果 解析に用いる画像データは、2000年10月2日に観測されたL-Bandの新潟市西部のAIRSAR画像データである。表1に画像データの指標、図2、3に散乱パラメータ画像、地表面分類画像をそれぞれ示す。図2より、市街地、水田の一部を除き、各ターゲット間において、偏波散乱特性の明確な相違がなく、 H, α のレンジが非常に小さいことがわかる。特に、海岸沿いの植生、植生に隣接する大学周辺の住宅地では、 H, α, A の値がほぼ等しく、偏波散乱特性が非常に類似していることがわかる。このことから、偏波散乱パラメータのみを用いた場合、ターゲットの高精度の識別が、非常に困難であると考えられる。TP に関しては、偏波散乱特性が非常に類似している植生、住宅地など、各ターゲット間である程度相違が見られる。このことから、TP によるターゲットのRCSに関する情報を用いることにより、ターゲットの分類精度が向上すると考えられる。図3の分類結果より、 $H-\alpha, H/\alpha/A$ では、大学周辺の住宅地、植生、水田などにおいて、多くの誤分類が見られるが、 $H/\alpha/TP$ では、各ターゲット領域において、誤分類が減少し、水田も誘電率、surface roughness、稲の間隔、長さなどにより、多くのクラスに分類される。また、道路、畦道が他のターゲットから分離されており、詳細かつ高精度な分類が行われている。 $H/\alpha/A/TP$ に関しても比較的高精度な地表面分類が行われているが、 A の影響により、偏波散乱特性が類似しているため、 $H/\alpha/TP$ と比較し、大学周辺の植生、草地などにおいて、少し誤分類が増加しており、 $H/\alpha/TP$ の場合に最も良好な分類結果が得られていることがわかる。最終クラスター中心、 $H-\alpha$ 分布は、発表当日に示す。

謝辞 この研究を進めるにあたり、貴重なAIRSAR画像データを提供して頂いたNASA-JPLに感謝致します。この研究の一部は、JSPS科研費によるものである。

参考文献

- [1] J. S. Lee, et al., "Unsupervised classification using polarimetric decomposition and the complex Wishart classifier," *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing*, vol. 37, no. 5, pp. 2249-2258, Sept. 1999.
- [2] E. Pottier, et al., "Application of the $\langle H/A/\alpha \rangle$ polarimetric decomposition theorem for unsupervised classification of fully polarimetric SAR data based on the Wishart distribution," *Proceedings of Committee on Earth Observing Satellites SAR workshop*, CNES, Toulouse, France, 26-29 October 1999.
- [3] J. S. Lee, et al., "Polarimetric SAR speckle filtering and its implication on classification," *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing*, vol. 37, no. 5, pp. 2363-2373, Sept. 1999.

表1. AIRSAR画像データの各指標

観測日時	2000.10.2
入射角	39.5-43.6 [deg.]
偏波	HH, HV, VH, VV
使用周波数	1.238 [GHz]
分解能	10.8 [m] × 5.5 [m]
画像サイズ	1000 × 1000 ピクセル
データ形式	9-look Stokes matrix

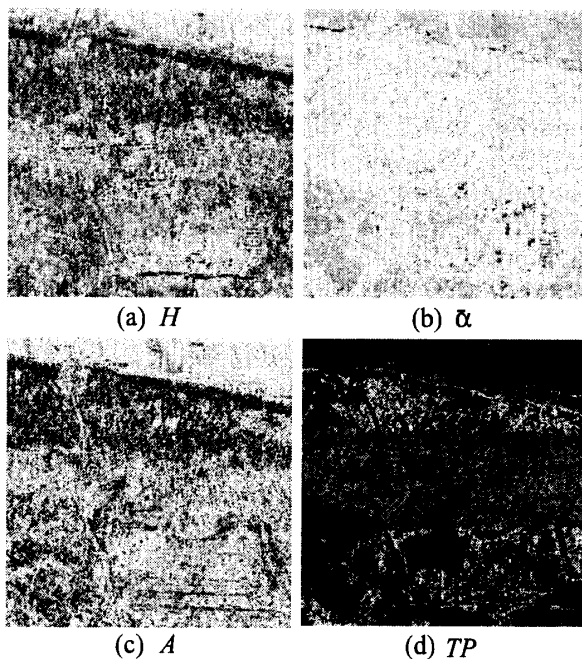


図2. 散乱パラメータ画像

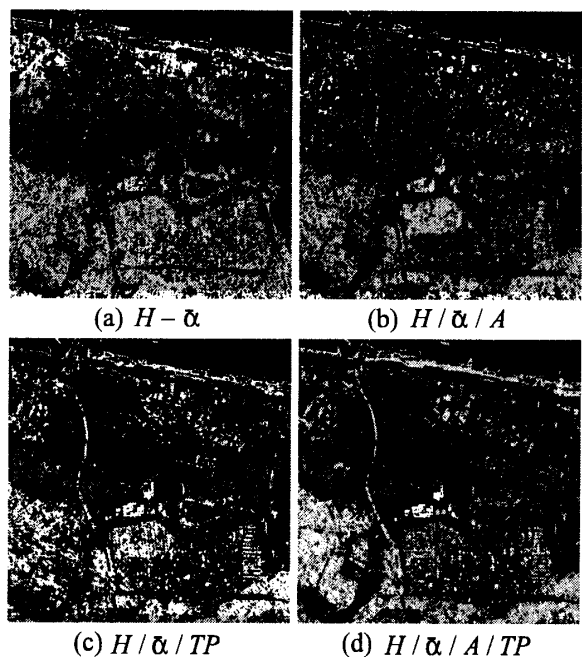


図3. 地表面分類画像