

4A-5

Coherency 行列を用いた POLSAR 画像の四成分散乱モデル分解
Four-Component Decomposition of POLSAR Image Based on Coherency Matrix

矢島雄生
Yuki Yajima

山口芳雄
Yoshio Yamaguchi

山田寛喜
Hiroyoshi Yamada

新潟大学工学部情報工学科
Department of Information Engineering, Niigata University

1 まえがき

POLSAR 画像の解析では偏波平均化行列がよく用いられる。Covariance 行列を用いた四成分散乱モデル分解はすでに報告されている [1]。Coherency 行列は数学的に直交性を持つため、その分解が可能であれば、Covariance 行列による物理モデル分解との対応が明確になる。本報告では、Covariance 行列、Coherency 行列双方を用いて四成分散乱モデル分解を行い、分解結果の比較・検討を行った。

2 Covariance 行列を用いた四成分散乱モデル分解

四成分散乱モデル分解は、観測された平均化 Covariance 行列 $\langle\langle C \rangle\rangle^{HV}$ を表面散乱、2 回反射、体積散乱、Helix 散乱の各電力成分に分解する手法である [1]。

$$\langle\langle C \rangle\rangle^{HV} = f_s \begin{bmatrix} |\beta|^2 & 0 & \beta \\ 0 & 0 & 0 \\ \beta^* & 0 & 1 \end{bmatrix} + f_d \begin{bmatrix} |\alpha|^2 & 0 & \alpha \\ 0 & 0 & 0 \\ \alpha^* & 0 & 1 \end{bmatrix} + \frac{f_r}{8} \begin{bmatrix} 3 & 0 & 1 \\ 0 & 2 & 0 \\ 1 & 0 & 3 \end{bmatrix} + \frac{f_c}{4} \begin{bmatrix} 1 & \pm j\sqrt{2} & -1 \\ \mp j\sqrt{2} & 2 & \pm j\sqrt{2} \\ -1 & \mp j\sqrt{2} & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

ただし、 f_s, f_d, f_r, f_c はそれぞれ表面散乱、2 回反射、体積散乱、Helix 散乱の寄与、 α, β は相対要素（未知数）である。各要素を比較することで次式が得られる。

$$f_c = 2|\text{Im}(S_{HV}^*(S_{HH} - S_{VV}))| \quad (2)$$

$$f_r = 8(|S_{HV}|^2) - 2f_c \quad (3)$$

残り 3 本の方程式に対して、未知数が 4 つ (f_s, f_d, α, β) となるので、以下の条件より求める。

- $\text{Re}(S_{HH}S_{VV}^*) < 0$: 2 回反射が主として $\beta = 1$

$$f_s = \frac{AB - |C|^2}{A + B - 2\text{Re}(C)}, f_d = B - f_s, \alpha = \frac{C - f_s}{f_d} \quad (4)$$

- $\text{Re}(S_{HH}S_{VV}^*) > 0$: 表面散乱が主として $\alpha = -1$

$$f_d = \frac{AB - |C|^2}{A + B + 2\text{Re}(C)}, f_s = B - f_d, \beta = \frac{C + f_d}{f_s} \quad (5)$$

ただし、

$$A = \langle|S_{HH}|^2\rangle - \frac{3}{8}f_r - \frac{f_c}{4} \quad (6)$$

$$B = \langle|S_{VV}|^2\rangle - \frac{3}{8}f_r - \frac{f_c}{4} \quad (7)$$

$$C = \langle S_{HH}S_{VV}^* \rangle - \frac{f_r}{8} + \frac{f_c}{4} \quad (8)$$

最終的に各電力は次式で与えられる。

$$P_s = f_s(1 + |\beta|^2), P_r = f_r, P_d = f_d(1 + |\alpha|^2), P_c = f_c \quad (9)$$

3 Coherency 行列を用いた四成分散乱モデル分解

測定された平均化 Coherency 行列 $\langle\langle T \rangle\rangle^{HV}$ を次のように 4 成分に分解する。

$$\langle\langle T \rangle\rangle^{HV} = f_s \begin{bmatrix} 1 & \beta^* & 0 \\ \beta & |\beta|^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} + f_d \begin{bmatrix} |\alpha|^2 & \alpha & 0 \\ \alpha^* & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} + \frac{f_r}{4} \begin{bmatrix} 2 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} + \frac{f_c}{2} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & \pm j \\ 0 & \mp j & 1 \end{bmatrix} \quad (10)$$

ただし、 f_s, f_d, f_r, f_c はそれぞれ表面散乱、2 回反射、体積散乱、Helix 散乱の寄与、 α, β は相対要素（未知数）である。各要素を比較することで次式を得る。

$$f_c = 2|\text{Im}(S_{HV}^*(S_{HH} - S_{VV}))| \quad (11)$$

$$f_r = 8(|S_{HV}|^2) - 2f_c \quad (12)$$

残り 3 本の方程式に対して、未知数が 4 つ (f_s, f_d, α, β) となるので、以下の条件より求める。

- $\text{Re}(S_{HH}S_{VV}^*) < 0$: 2 回反射のみとして $\beta^* = 0$

$$f_d = A, f_s = B - \frac{|C|^2}{A}, \alpha = \frac{C}{A} \quad (13)$$

- $\text{Re}(S_{HH}S_{VV}^*) > 0$: 表面散乱のみとして $\alpha = 0$

$$f_s = B, f_d = A - \frac{|C|^2}{B}, \beta^* = \frac{C}{B} \quad (14)$$

ただし、

$$A = \frac{\langle|S_{HH} - S_{VV}|^2\rangle}{2} - \frac{f_r}{4} - \frac{f_c}{2} \quad (15)$$

$$B = \frac{\langle|S_{HH} + S_{VV}|^2\rangle}{2} - \frac{f_r}{2} \quad (16)$$

$$C = \frac{1}{2}\langle(S_{HH} + S_{VV})(S_{HH} - S_{VV})^*\rangle \quad (17)$$

最終的に各電力は次式で与えられる。

$$P_s = f_s(1 + |\beta|^2), P_r = f_r, P_d = f_d(1 + |\alpha|^2), P_c = f_c \quad (18)$$

P_s, P_c は Covariance 行列を用いた四成分散乱モデル分解の結果と等しくなる。すなわち、残りの 2 成分も等しいということが言えれば、物理モデル分解との対応が明確になる。

4 解析結果・まとめ

解析に用いたデータは2003年8月20日に新潟大学周辺で取得されたL-bandのPi-SAR画像データである。平均化サイズは 5×5 としている。新潟大学周辺の航空写真(図1)上の白いラインにおける電力を求め、比較を行った。図2に表面散乱電力 P_s 、2回反射電力 P_d 、体積散乱電力 P_v 、Helix散乱電力 P_c の結果をそれぞれ示す。

得られた結果を比較したところ、まったく同じ結果が得られた。そのため、図では1つにまとめている。したがって、数式表現によっても各散乱電力を求めることが可能となった。

謝辞

Pi-SAR画像データを提供して頂いたJAXA, NICTに感謝します。

参考文献

- [1] Y.Yamaguchi, T.Moriyama, M.Ishido, H.Yamada, "Four-component scattering model for polarimetric SAR image decomposition," *IEEE Trans. Geoscience Sensing*, to be published.
- [2] A.Freeman and S.L.Durden, "A three-component scattering model for polarimetric SAR data," *IEEE Trans. Geoscience Remote Sensing*, vol.36, no.3, pp.963-973,1998

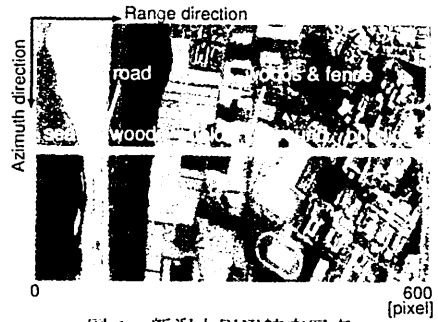


図1 新潟大周辺航空写真

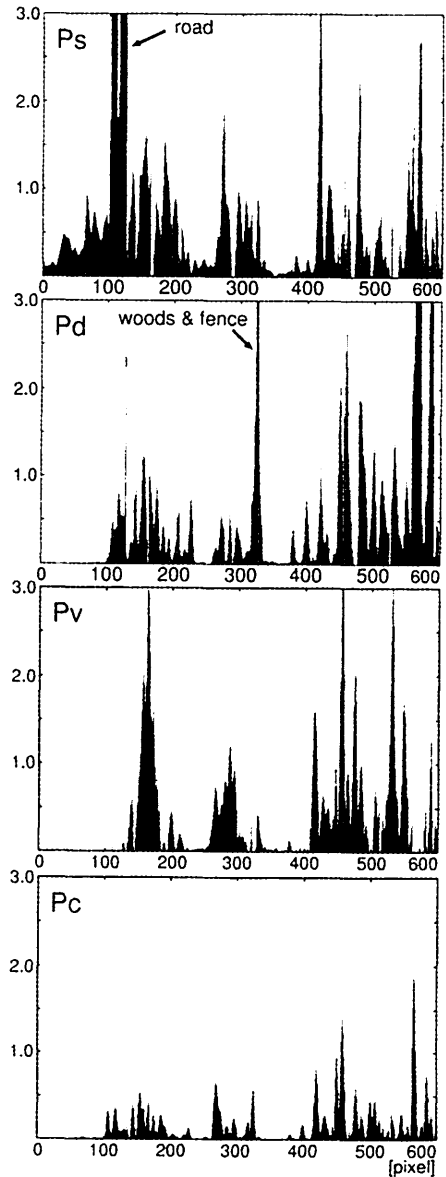


図2 各散乱電力