

On the classification of objects buried in ground by optimum polarization states

高柳雄二, 山口芳雄, 山田寛喜, 藤本京平, 仙石正和
 Yuji Takayanagi, Yoshio Yamaguchi, Hiroyoshi Yamada, Kyohei Fujimoto, Masakazu Sengoku
 新潟大学
 Niigata University

1. まえがき

近年、リモートセンシングにおいてレーダポーラリメトリが注目されている[1]。その1つの手法として送受信アンテナの偏波状態とターゲットの散乱特性により受信電力を求め、その最適解をイメージングに利用するものがある。基本的なターゲットに対しての最適解(最適偏波状態)は既に求められている[2]。この報告では、地中の様な不均一媒質中のターゲットが、最適偏波状態により分類可能であるかを考察する。

2. 偏波状態と受信電力

偏波状態には円偏波、直線偏波等があるが、一般形は楕円偏波である。楕円偏波はパラメータ ϵ (Ellipticity:楕円の丸み)、 τ (Tilt:楕円の傾き)により表現される。ストークスペクトル g はこの2つのパラメータによって次のように表される。

$$g = \begin{bmatrix} g_0 \\ g_1 \\ g_2 \\ g_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} g_0 \\ g_0 \cos 2\tau \cos 2\epsilon \\ g_0 \sin 2\tau \cos 2\epsilon \\ g_0 \sin 2\epsilon \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$(-45^\circ \leq \epsilon \leq 45^\circ, -90^\circ \leq \tau \leq 90^\circ)$$

レーダの受信電力 P はターゲットの後方散乱状態を示すKennaugh行列 $[K]$ とアンテナの偏波状態を示すストークスペクトル g により決定される。

$$P = \frac{1}{2} g_{rec}^T [K] g_t \quad (2)$$

ここで、 g_t は送信偏波状態を、 g_{rec} は受信偏波状態を表す(Co-pol チャンネルでは $g_{rec} = g_t$ 、X-pol チャンネルでは $g_{rec} \perp g_t$ である)。

上式により受信電力 P は送受信偏波状態(ϵ 、 τ)の関数により決定できることがわかる。この関数の極値である最大、最小の受信電力を与えるときの偏波状態を最適偏波状態とし、Co-pol チャンネルにおいてそれぞれ Co-pol max, Co-pol null, X-pol チャンネルではそれぞれ X-pol max, X-pol nullと呼ぶ。この最適偏波状態はKennaugh行列の固有値解析により計算することができる[2]。

3. ポーラリメトリック測定結果

図1に示すように、深さ30cmに鉄板、深さ50cmに鉄パイプをハの字形に埋設し、FM-CWレーダを用いてポーラリメトリック測定を行った。測定結果は64(走査方向)×100(深さ方向)の計6400ピクセルのKennaugh行列となる。

受信電力によるイメージとして、Kennaugh行列によるSPANイメージを図2に示す。また全てのKennaugh行列のCo-pol maxを求め、横軸を τ 、縦軸を ϵ としてCo-pol maxの散布図を作成する(図3)。

図1の測定状況と図2のSPANイメージを比較すると、図2では物体の位置がはっきりと検出できていないのがわかる。特に下部の鉄パイプは検出できず、深さ50cm全体に渡って受信電力のやや強い部分が現われている。一方、鉄板の方は想定される位置よりもやや上方に現われているのがわかる。これは散乱測定に使用したHH, VV, VH 偏波の3通りで、それぞれ受信電力に微妙なずれを生じているために起こるものと推測される。そこで、最適偏波状態の散布図3を利用して各偏波状態の密集していると思われる範囲を取り出し、次の4種類に分類する。

- (1) $\epsilon = -10^\circ$ $\tau = -50^\circ$ 付近
- (2) $\epsilon = -20^\circ$ $\tau = -20^\circ$ 付近
- (3) $\epsilon = -20^\circ$ $\tau = -10^\circ$ 付近
- (4) $\epsilon = 15^\circ$ $\tau = 60^\circ$ 付近

この範囲がどのようになるか、それぞれ2値画像化することにより分類を試みた。その結果、(1)は地表面と地中、(2)は自由空間、(3)は地中、(4)は埋設物体(図4)に対応することが判明した。しかし、鉄パイプの位置は想定した位置よりやや下に現われているのがわかる。そこで鉄パイプを線状物体と考え($\epsilon = 0^\circ$, $\tau = 45^\circ$)、この時の受信電力を求め、Co-pol max の受信電力に対する割合によるイメージを行った(図5)。その結果、ほぼ50cmの所に物体を検出することが出来た。鉄パイプは図3において、(4)の分布の下部に対応しているのではないかと推測される。このように受信電力によるイメージがあまり鮮明なものでも、最適偏波状態によりターゲットの分類ができ、目標とする物体の位置を確認することが可能となる。

5. まとめ

本文では、レーダポーラリメトリ理論に基づき、不均一媒質中での最適偏波状態による物体の特徴抽出を試みた。その結果、物体、地中、地表面、自由空間といったそれぞれ散乱状態が異なるものに分類できることが確認された。

今後は、X-polチャンネルによる解析をして、両チャンネルによる比較を行っていく予定である。

謝辞

この研究の一部は文部省科学研究費の援助のもとで行なわれたものであり、感謝致します。

文献

- [1] J.A.Kong, ed., *PIER3 Progress in Electromagnetics Research*, NY:Elsevier Science, 1990
- [2] 山口, 仙石, 阿部, 笹川, ボーナー, "レーダポーラリメトリにおける完全偏波の特徴的偏波状態について", 信学技報 AP90-35, 1990-07

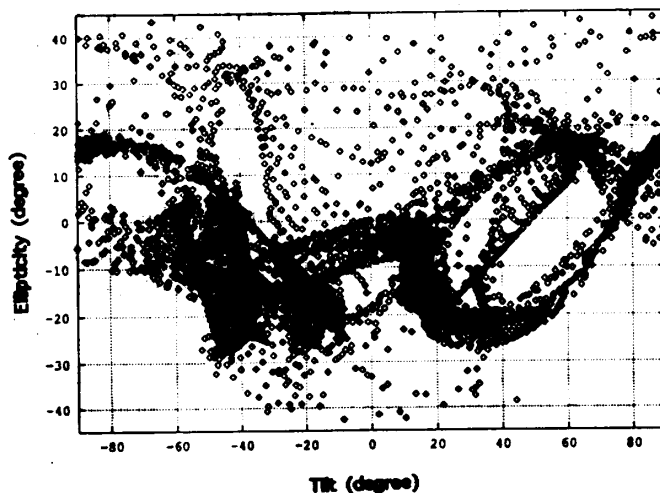


図3. Co-pol max 散布図

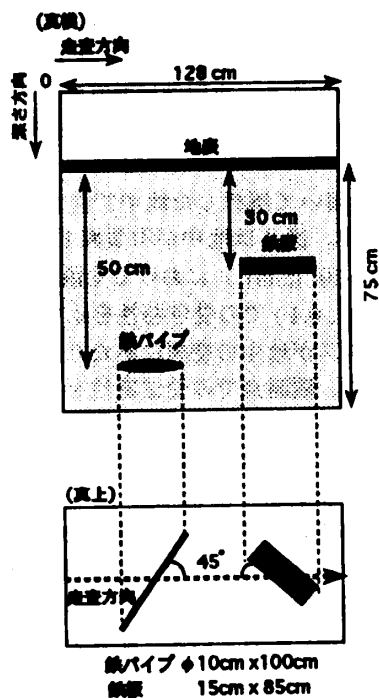


図1. 測定状況

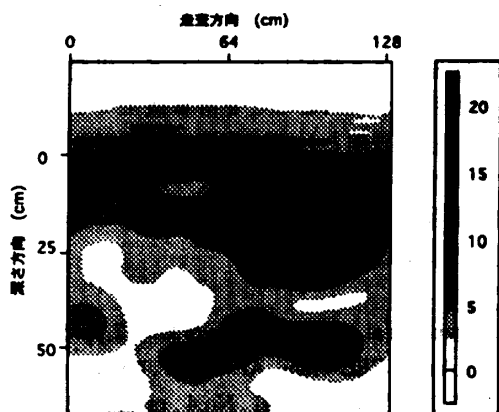


図2. SPAN イメージ

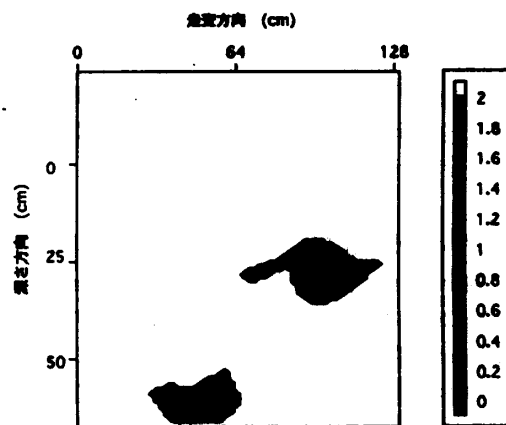


図4. 物体の検出

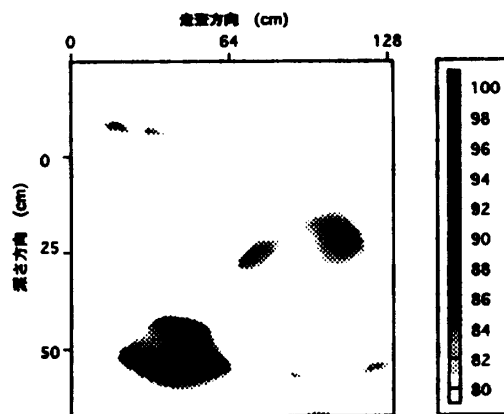


図5. 鉄パイプの検出