# E4 基本ターゲットのBistatic散乱特性

加藤洋一 山口芳雄 山田寛喜 新潟大学工学部

# 1. まえがき

現在、地球環境を把握するためにリモートセンシングが利用されている。リモートセンシンは、離れた場所から観測対象(ターゲット)を間接的に測定することである。電波(マイクロ波帯)による観測は、昼夜問わず行うことが可能であり、天候の影響もほとんど受けずにデータを取得である。そのマイクロ波リモートセンシング技術の電に、レーダポーラリメトリがある。これは、のベクトル的性質である偏波をレーダセンシンに利用する理論と技術である。これを用いることにより、多次元的な情報の解析ができる。

一般に、電波はある一定の角度を持って放射される。照射領域が海域や平地のような比較的平らな領域である時、monostatic radarを用いると、鏡面反射が起きるため、ほとんど後方散乱を得ることができない。そのため、信号対雑音電力比(SNR)が小さくなる。そこで本研究では新たな手法として、送受信アンテナの位置が異なるbistatic radarについて考察した。このbistatic radarは、前方散乱を観測するため、monostatic radarと比較して平らな平地や海域では、大きいSNRを得ることができる。その基礎的研究として、ターゲットが距離・方位方のに複数存在する場合、bistatic radarを用いるとどのような散乱特性が得られるかを基本ターゲットを用いて実験的に検討を行った。

### 2. ポーラリメトリ理論とBistatic 散乱特性

$$\mathbf{E}^{s} = [S] \mathbf{E}^{t} = \sqrt{\sigma} \begin{bmatrix} S_{HH} & S_{HV} \\ S_{VH} & S_{VV} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_{H}^{t} \\ E_{V}^{t} \end{bmatrix}$$
 (1)

ここで添え字は直線偏波基底(水平H, 垂直V)を表し、bistatic radar  $(S_{HV} \neq S_{VH})$  を仮定していて、 $\sigma$  はRCSを示す。また、今回は送受信アンテナとターゲットの水平・垂直方向を一致させて考察した。

偏波受信電力図において、得られた送受信偏波 から、偏波受信電力は次式のようになる。

$$P = \left| \mathbf{h}^{\mathsf{T}} \left[ S \right] \mathbf{E}^{\mathsf{t}} \right|^{2} \tag{2}$$

送受信アンテナの偏波状態が同じ偏波チャネル(Co-Pol channel)の時、受信アンテナの実効長hは、h=E'となる.この偏波受信電力を視覚的にみるために、各送受信偏波状ごとにプロットした図を偏波受信電力図という.

## 3. 実験

電波暗室内において、単一・複数ターゲットを距離・方位方向に配置し測定を行った。また、この測定結果とmonostatic radarの結果と比較し、考察を行った。アンテナの配置はターゲットに対して左右対称として、送受信アンテナとターゲットの水平・垂直方向を一致させた。実験における測定パラメータを表1、真上からみた状況を図1に示す。また、図2から4にターゲットの配置とサイズを示す。ただし、Aは波長を表し、3.0 [cm]とする。

表1 測定パラメータ

3X1 100 AC 17 7	
System	Network analyzer
Antenna	Rectangular horn
Polarization	HH,HV,VH,VV
Frequency point	401
Sweep frequency	9.0-11.0 [GHz]
Scanning points	32
Scanning interval	1.0 [cm]
Averaging time	16
Antenna's distance	2.0 [m]
Incidence angle	30 [degree]

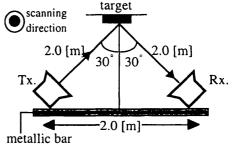


図1 実験状況

#### 4. 実験結果と考察

実験により得られたデータに対し、走査方向の分解能を上げるために合成開口処理を施し、散乱行列を得た、各偏波の組み合わせに対して、ターゲットの位置における値を平均化し、得られたデータから偏波受信電力図を作成し、図5に示す、ただし、 $\epsilon$ はellipticity angleを示し、 $\tau$ はtilt angleを示す。

まず、単一ターゲットとしてplateを用いて測定を行った。その結果とmonostatic radarの時の理論値を図5(a)に示す。これより同様な結果が得られたと考えられる。

次に、ターゲットとしてplateとlinear-targetを用いて方位方向に配置して測定を行った。散乱特性の理論的展開としては次式のようになる。

$$[S] = \sqrt{\sigma_{plate}} [S]_{plate} + \sqrt{\sigma_{linear-larget}} [S]_{linear-larget}$$
 (3) 図5(b)に示すように実験結果と比較すると,同様な結果が得られていることがわかる.

最後にターゲットとして2本の細長いplateを用いて距離方向に配置し、走査点数を1点として測定を行った。前方のplateを45度傾けて、後方のplateを-45度傾けてある。理論的展開としては次式のようになる。

$$[S] = [S_1] + [S_2] \exp[-j4\pi d/\lambda]$$
 (4) ただし、dは相対距離を表し、波長の4分の1とする。図5(c)に示すように実験結果と比較すると、同様な結果が得られていることがわかる。

#### **5.** まとめ

本稿では、送受信アンテナをターゲットに対して 左右対称に設置するという条件の下でのbistatic radar における偏波散乱特性に着目した。その基礎的研究 として、基本ターゲットを用いて単一・複数ターゲッ トの散乱行列を測定し、その偏波受信電力図につい て考察した。その結果、本研究で用いたターゲット やアンテナ配置などの測定条件の下では、 monostatic radarにおけるボーラリメトリ理論が適用 できるということが確認できた。今後の課題とし時の アンテナとターゲットの座標系に変化を加えた時の 散乱特性についても検討していく予定である。なお、この研究の一部は、文科省科研費によるものである。

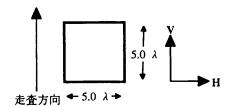


図2 単一ターゲットの配置

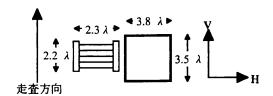
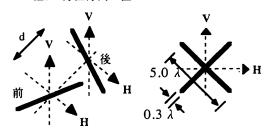
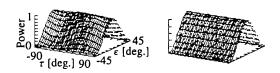


図3 方位方向に置かれたターゲット



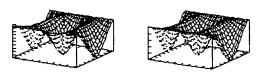
(a) 全体図 (b) 正面図 図4 距離方向に置かれたターゲット



(a) 左:実測値,右:理論値



(b) 左:実測值,右:理論值



(c) 左:実測値,右:理論値 図5 実験結果と理論値の比較

#### 参考文献

[1] 山口芳雄, "ポーラリメトリックレーダ入門コース," 電子情報通信学会,アンテナ・伝搬研究専門委員会,アンテナ・伝搬における設計解析手法ワークショップ(第21回), 平成13年9月.