

# 円偏波フルポラリメトリック合成開口レーダの標準リフレクタを用いた 直線インバース SAR 実験

## Linear inverse SAR experiment of circular polarized full polarimetric synthetic aperture radar using canonical reflector

○泉 佑太<sup>1</sup>・Shevket Demirch・Mohd Zafri Baharuddin・楊 熙仁・Josaphat Tetuko Sri Sumantyo<sup>2</sup>  
Yuta Izumi, Shevket Demirch, Mohd Zafri Baharuddin, Heein Yang and Josaphat Tetuko Sri Sumantyo

**Abstract :** A Synthetic aperture radar (SAR) system using circularly polarized antennas is developed to investigate the characteristics of polarimetric SAR (PolSAR). The performance of proposed system using the vector network analyzer (VNA) is verified by the linear inverse SAR (ISAR) test. Spiral conical log antennas and canonical reflector are used in an anechoic chamber. The proposed circularly polarized SAR (CP-SAR) images show that the results match with the theoretical CP-scattering matrix. The polarimetric signature was deducted using the measured scattering matrix.

**Keywords :** circularly polarized SAR, linear inverse SAR, polarization signature

### 1. はじめに

現在、多偏波の合成開口レーダ (synthetic aperture radar: SAR) により得られた偏波情報が集約された散乱行列を用いてリモートセンシングを行うポラリメトリの技術が広く利用されている[1]. その応用事例として散乱行列を用いて、偏波シグネチャと呼ばれる電力図を求めることができ、送信マイクロ波の楕円角と傾き角により散乱波電力を計算することができる[2].

従来の多偏波 SAR の場合、送受のアンテナとして、直線偏波のアンテナを使用した SAR システムが多く、ポラリメトリの技術も直線偏波の散乱行列を基にして発展してきた。そこで、著者らは送受のアンテナに円偏波を用いて、直線偏波にはない散乱特性を持つ円偏波合成開口レーダ (circularly polarized synthetic aperture radar: CP-SAR) の研究を進めている[3].

本論文ではベクトルネットワークアナライザ (vector network analyzer: VNA) を用いたフルポラリメトリック円偏波直線インバース SAR 実験により得られた SAR 画像に着目して考察を行う。

### 2. 円偏波特性

理論的な円偏波の散乱行列は以下の式で表される[1]

$$\begin{bmatrix} S_{LL} & S_{LR} \\ S_{RL} & S_{RR} \end{bmatrix} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & j \\ j & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} S_{HH} & S_{HV} \\ S_{VH} & S_{VV} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & j \\ j & 1 \end{bmatrix}, \quad (1)$$

ここで L, R はそれぞれ左旋円偏波 (LHCP), 右旋円偏波 (RHCP) の略である。H, V はそれぞれ水平 (horizontal), 垂直 (vertical) を表しており、これら記号は受信, 送信の順に並べてある。この式から分かるよう円偏波は直線偏波基底を円偏波基底に変換することにより表すことができる。式(1)の変換により一回散乱, 二回散乱を起こすターゲットの円偏波散乱行列はそれぞれ次のように表される

$$\begin{bmatrix} S_{LL} & S_{LR} \\ S_{RL} & S_{RR} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & j \\ j & 0 \end{bmatrix}, \quad (\text{一回散乱}) \quad (2)$$

$$\begin{bmatrix} S_{LL} & S_{LR} \\ S_{RL} & S_{RR} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}. \quad (\text{二回散乱}) \quad (3)$$

### 3. 実験環境

今回は Fig.1 に示すよう、4x6.6m ある電波無響室にて VNA を用いたフルポラリメトリック円偏波直線インバース SAR 実験を行った。直線インバース SAR とはターゲットを平行に移動させて SAR 画像を得る手法である。アンテナは円偏波を実現することができるスパイラルユニカルログアンテナを送受両方で使用し、フルポラリメトリックを達成している。今回は一回散乱, 二回散乱を起こすターゲットとして一面リフレクタ (600x900mm), 水平二面リフレクタ (一面リフレクタ二枚使用) を使用した。SAR 画像処理アルゴリズムはバックプロジェクションアルゴリズムにて画像を出力した[4]. また使用周波数は 4~8GHz 帯の C バンドを使用している。

### 4. 実験結果

3節で説明した実験により得られた SAR 画像を Fig.2 に示す。画像の強度は対数で表されており、最大値を 0dB で標準化している。また、画像内ターゲットの中心より測定した円偏波散乱行列から偏波シグネチャを導出したものを Fig.3 に示す。

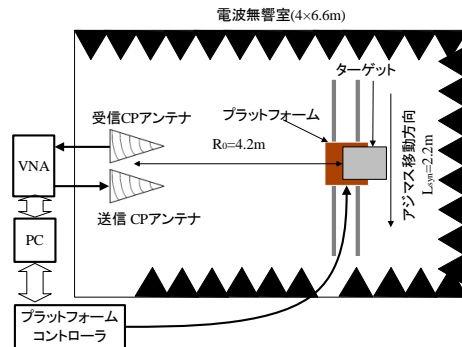


Fig.1. 実験構図

<sup>1</sup>学生会員 千葉大学 環境リモートセンシング研究センター(CEReS)

<sup>2</sup>正会員 千葉大学 環境リモートセンシング研究センター(CEReS)

(所在地 〒263-0022 千葉県千葉市稲毛区弥生町1-33)

(連絡先 Tel:080-1671-9266, E-mail: s39406@chiba-u.jp)

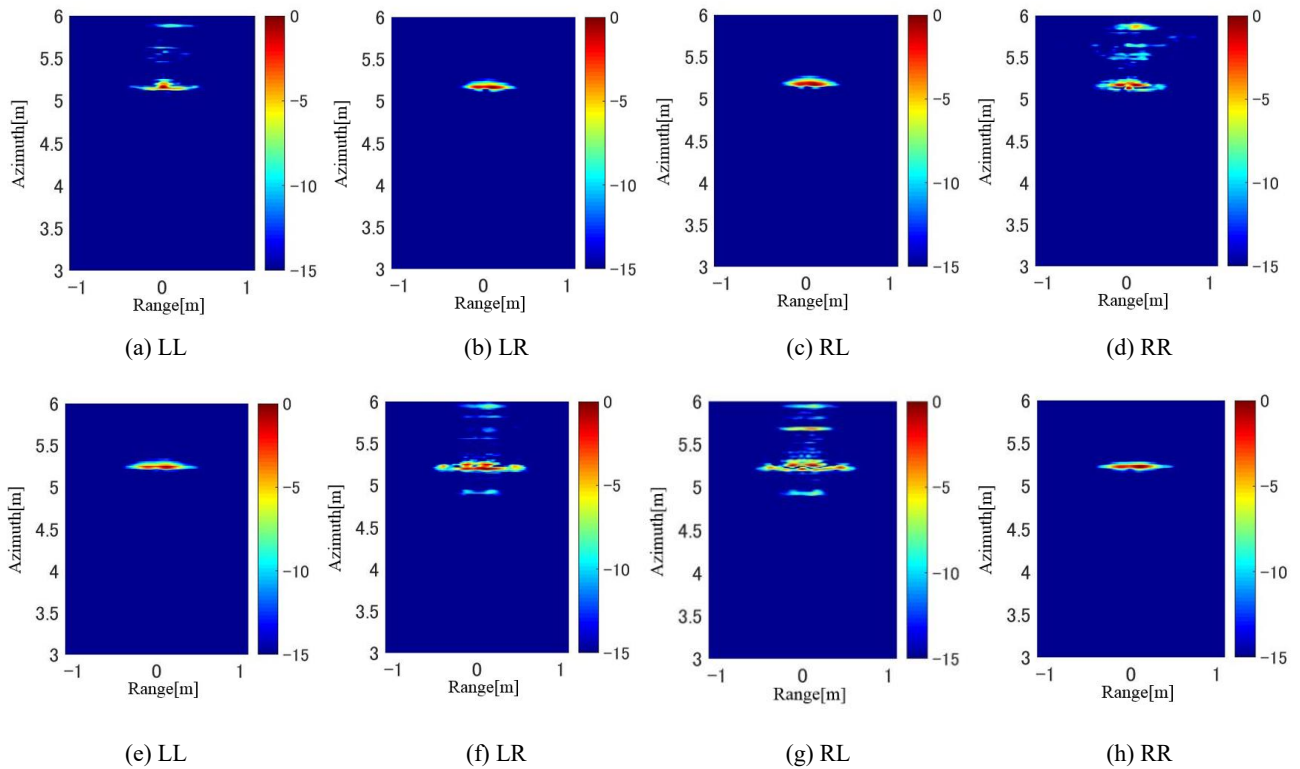


Fig.2. 実験により出力された SAR 画像. (a)~(d)が一面リフレクタ, (e)~(h)が水平二面リフレクタを表す.

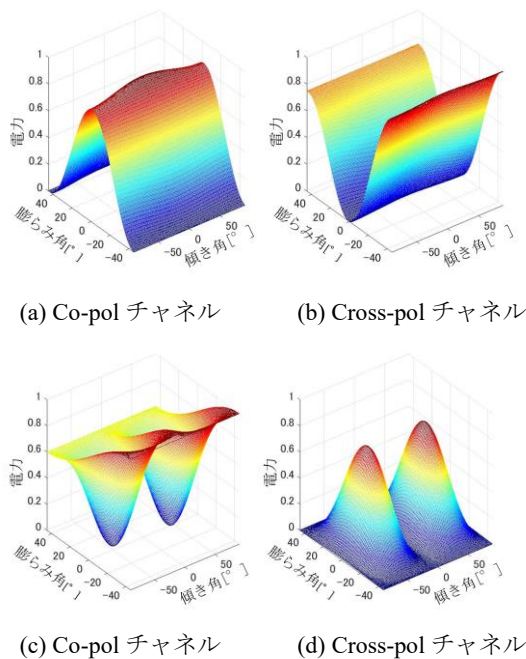


Fig.3. 偏波シグネチャ. 上が一面リフレクタ, 下が水平二面リフレクタを示す.

Fig.2 より, 一面リフレクタでは cross-pol チャンネル (送受が異なる偏波の組) が, 水平二面リフレクタでは co-pol チャンネル (送受が同じ偏波の組) の画像がターゲットを鮮明に映し出しているのが分かる. Fig.3 の偏波シグネチャは理想的な偏波シグネチャと形状は近いが, 水平二面リフレクタの co-pol チャンネルなど歪な点が目立つ. これ

らは測定器やアンテナ同士の測定誤差を取り除く偏波校正を行うことにより改善されると思われる.

### 3. まとめ

本論文では円偏波合成開口レーダを実現させるため, 円偏波アンテナ, VNA を用いた直線インバース SAR 実験を紹介した. 実験により, 偏波シグネチャを導出したが形がまだ歪なため, 円偏波 SAR 校正手法の早期の確立が今後の課題である.

#### 【参考文献】

- 1) 山口芳雄: レーダポーラリメトリの基礎と応用, 電子情報通信学会, 2007
- 2) J. J. van Zyl, H. A. Zebker, and C. Elachi: Imaging radar polarization signatures : Theory and observation, Radio Science, vol.22, no.4, pp529-543, 1987.
- 3) J.T. Sri Sumantyo: Circularly Polarized Synthetic Aperture Radar Onboard Unmanned Aerial Vehicle (CP-SAR UAV): *Autonomous Control Systems and Vehicles, Intelligent Systems, Control and Automation: Science and Engineering*, Vol. 65, pp175-192, 2013.
- 4) S. Demirci, H. Cetinkaya, E. Yigit, C. Ozdemir, and A. Vertiy: A study on millimeter-wave imaging of concealed objects: application using back-projection algorithm, *Progress In Electromagnetics Research*, Vol. 128, pp457-477, 2012.