

FDTD法を用いた複数人工物モデルの偏波散乱解析

Polarimetric Scattering Analysis of Multiple Buildings By Using The FDTD Method

浅川雄祐†
Yusuke Asakawa

佐藤亮††
Ryoichi Sato

山口芳雄†
Yoshio Yamaguchi

山田寛喜†
Hiroyoshi Yamada

†新潟大学自然科学研究科
Graduate School of Science & Technology, Niigata Univ.

††新潟大学教育学部
Faculty of Education, Niigata Univ.

1. まえがき マイクロ波リモートセンシングの応用例の1つに市街地の検出がある。市街地の検出は一般的にレーダ照射方向と建築面が正対しない場合に困難となる。その解決法として散乱電力分解 [1] や円偏波相関係数 [2] などが提案されている。しかし、それらの手法が有効である物理的な根拠が無いため、市街地に特徴的な形状(リフレクタ構造など)に対してどのような振舞を示すのか検討されていない。そこで本稿では、模擬的な市街地として直方体を複数配置したモデルに対するFDTD偏波散乱解析を行い、物理的散乱特性について検討を行った。

2. 散乱行列と修正円偏波相関係数 水平(H)および垂直(V)直線偏波の平面波 E_H^i および E_V^i が散乱体に入射する場合、散乱波の寄与 E^s は、次式で表現される。

$$E^s = \begin{bmatrix} E_H^s \\ E_V^s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{HH} & S_{HV} \\ S_{VH} & S_{VV} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_H^i \\ E_V^i \end{bmatrix} = [S]E^i. \quad (1)$$

直線偏波基底(HV)を円偏波基底(LR)に変換すると、

$$\begin{bmatrix} S_{LL} & S_{LR} \\ S_{RL} & S_{RR} \end{bmatrix} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & j \\ j & 1 \end{bmatrix} [S] \begin{bmatrix} 1 & j \\ j & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

のようになる。これを用いると円偏波相関係数は、

$$\gamma_{LL-RR} = \langle S_{LL} S_{RR}^* \rangle / \sqrt{\langle S_{LL} S_{LL}^* \rangle \langle S_{RR} S_{RR}^* \rangle} \quad (3)$$

となる。Reflection Symmetry 条件 ($\langle S_{HH} S_{HV}^* \rangle \approx \langle S_{VV} S_{HV}^* \rangle \approx 0$) が成立する円偏波相関係数 $\gamma_{LL-RR}(0)$ を用いて修正した相関係数 [2] は、次式となる。

$$\gamma'_{LL-RR} = |\gamma_{LL-RR}| / |\gamma_{LL-RR}(0)|. \quad (4)$$

3. FDTD 偏波散乱解析 人工物モデル(円盤(地面)上に置かれた直方体群(人工物))に平面波が入射した場合のFDTD偏波散乱解析を行った。入射平面波にはガウスパルスを用い、入射角 θ は45度と固定し、Squint角 ϕ を0度から40度まで変化させた場合の散乱電力の角度特性を計算した。使用周波数は1.27GHz、解析領域は $541 \times 541 \times 291(\Delta = 0.01[m])$ である。図1, 2に示す散乱体は誘電体(建物: $\epsilon_r = 4.0, \sigma = 0.007$, 地面: $\epsilon_r = 10.0, \sigma = 0.0175$) であり、図3にサイズを示す。

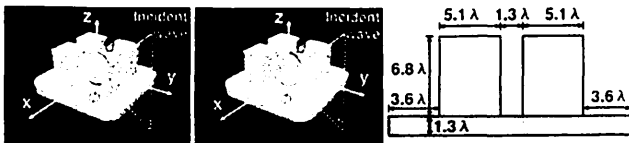


図1 散乱体1 図2 散乱体2 図3 散乱体サイズ

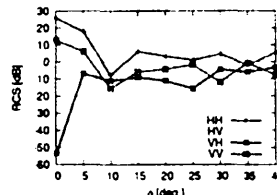


図4 RCS(散乱体1)

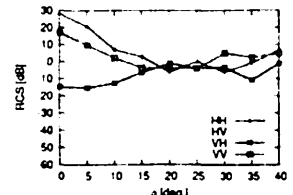


図5 RCS(散乱体2)

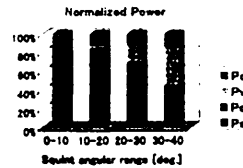


図6 散乱電力(散乱体1)

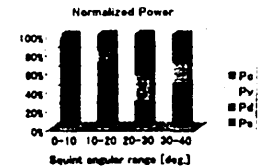


図7 散乱電力(散乱体2)

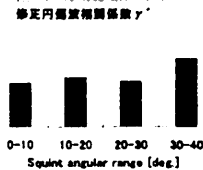


図8 γ' (散乱体1)

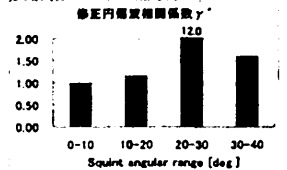


図9 γ' (散乱体2)

4. 検討・考察

入射角 ϕ が増加するにつれ図4, 5ではRCSの交差偏波が上昇し、図6, 7ではHelix散乱が相対的に大きくなる傾向にある。これは、入射角 ϕ の増加とともに複雑な散乱(建物間の多重散乱など)が徐々に影響を与えると考えられる。図8, 9ではその複雑な散乱に反応する傾向がみられ、 γ'_{LL-RR} が偏波入射方向と傾斜した建物の検出に有効であることが分かる。また、図9では20~30度の角度帯で強い相関を保つ。これはRCSの交差偏波と主偏波が同等な強度であることが要因である。そのため、 γ'_{LL-RR} は散乱波の交差偏波が大きくなる非対称な建物配置であるほど強い相関を示すことが分かる。

謝辞 本研究の一部は平成19年度科学研究費 基盤研究(C)の援助を受けて行なわれた。

参考文献

- [1] Y. Yamaguchi, T. Moriyama, M. Ishido, and H. Yamada, "Four-component scattering model for polarimetric SAR image decomposition," IEEE Trans. Geosci., vol.43, no.8, pp.1699-1706, Aug. 2005.
- [2] D. Schuler *et al.*, Proc. of IGARSS 2006, pp.485-488(CD-ROM), Aug. 2006.