

FDTD法を用いた簡易人工物モデルの偏波散乱解析

Polarimetric Scattering Analysis of a Simple Man-made Model By Using the FDTD method

浅川雄祐†
Yusuke Asakawa

佐藤亮一††
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.

††新潟大学教育人間科学部
Faculty of Education and Human Science, Niigata Univ.

1 まえがき

マイクロ波リモートセンシングの応用の1つとして市街地の検出がある。建物に斜めから偏波が入射すると後方散乱が小さくなり、一般的に市街地の検出が困難となる。本論文では、建築面と偏波入射方向がどの程度傾きをもてば検出が困難となるのか、またその際の物理的メカニズムを検証するため、FDTD法[1]を用いた簡易モデルからの偏波散乱解析を行った。その結果、ある程度の角度を特定できることがわかり、RCSや電力分解[2]の結果から物理的なメカニズムについて検証した。

2 散乱行列

水平(H)及び垂直(V)直線偏波の平面波、 E_H^i 及び E_V^i が散乱体に入射する場合、散乱波の寄与 E^s は、

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

で表現される。

3 シミュレーション

天頂角 θ を45度と固定し、方位角 ϕ を0度から45度まで変化した場合の散乱応答を観測する。入射偏波は水平偏波と垂直偏波である。使用周波数は1.27GHzとする。

表1 FDTDパラメータ

セルサイズ [m]	$\Delta x = \Delta y = \Delta z = 0.01$
解析領域 [セル]	$201 \times 201 \times 201$
時間ステップ [sec]	$\Delta t = 1.88729 \times 10^{-11}$
吸収境界条件	Higdon2次吸収境界条件
入射パルス	ガウシアンパルス
入射角 [deg.]	$\theta = 45.0, \phi = 0.0 \sim 45.0$
散乱体 (建物)	$\epsilon_r = 4.0, \mu_r = 1.0, \sigma = 0.007$
散乱体 (地面)	$\epsilon_r = 10.0, \mu_r = 1.0, \sigma = 0.0175$

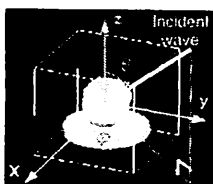


図1 散乱体モデル図

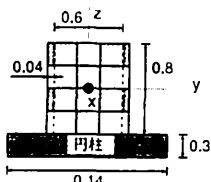


図2 散乱体配置図

4 シミュレーション結果

散乱断面積 完全導体の場合と誘電体の場合でのRCSの角度特性を図3, 4に示す。

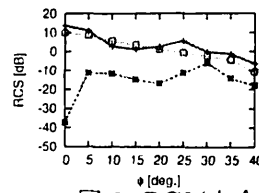


図3 RCS(完全導体)

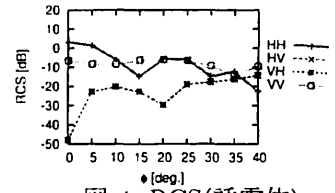


図4 RCS(誘電体)

散乱電力 物理光学近似[3]から2回反射散乱が支配的な角度 ϕ_c をある程度特定でき、 $\phi_c = \sin^{-1}(\lambda/2L \cos \theta) \sim 15.87 \text{ deg.}$ で得ることができる。ここで、 λ は波長、 L は建物の幅である。これを用いて0度から15度まで及び、15度から45度までの平均Covariance行列を電力分解する。図5, 6は誘電体の場合についての結果である。

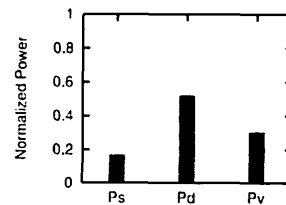


図5 電力分解(0° ~ 15°)

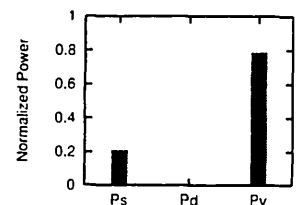


図6 電力分解(15° ~ 45°)

5 まとめ

図3, 4では、 ϕ の増加とともに主偏波のRCSが低下する傾向にある。また図5は、市街地で特徴的な2回反射散乱が支配的であるが、図6では、体積散乱が支配的となる。これは2回反射波より透過波の影響が強いことがわかる。物理光学近似から求めた角度 ϕ_c を境に、2回反射散乱の検出が困難となっていることがわかる。そのため、傾いた市街地を検出する場合は他の指標(相関係数など)が必要であることがいえる。

今後は、複数個の建物からの散乱について検討したい。

参考文献

- [1] 宇野享, FDTD法による電磁界およびアンテナ解析, コロナ社, 1998年.
- [2] 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, pp1699-1706, Aug. 2005.
- [3] K. Hayashi, R. Sato, Y. Yamaguchi, and H. Yamada, "Polarimetric Scattering Analysis for a Finite Dihedral Corner," IEICE Trans. Commun., vol.E89-B, no.1, pp191-195, Jan. 2006.