

## 2次元FDTDシミュレーションを用いたEs層における空間構造推定

# 黒川 貴寛 [1]; 三宅 壮聡 [2]; 石坂 圭吾 [3]  
[1] 富山県大; [2] 富山県大; [3] 富山県大・工

### Estimation of spatial structure of sporadic E layer with 2-dimensional FDTD simulations

# Takahiro Kurokawa[1]; Taketoshi Miyake[2]; Keigo Ishisaka[3]  
[1] TPU; [2] Toyama Pref. Univ.; [3] Toyama Pref. Univ.

We developed a 2-dimensional FDTD simulation code which can treat wave propagations in magnetized plasma. FDTD simulations can be performed with much less computer resources than those necessary for full particle simulations, in memories as well as cpu times. In this study, we performed FDTD simulations with different types of electron density profiles in the lower ionosphere, uniform ionospheric layer model and oval shape electron cloud model, and then confirmed characteristics of MF wave propagations in the lower ionosphere. We especially study on effects of wave frequencies. According to sounding rocket experiments, we can only obtain altitude profile of wave intensity, especially magnetic field intensity. In this study, therefore, we are going to try to estimate spatial structure in the lower ionosphere by analyzing altitude profile of magnetic field intensities of waves with various frequencies.

Simulation results indicate that spatial structure in the lower ionosphere can be estimated by analyzing altitude profiles of different waves emitted from different wave sources with various frequencies. Effects of spatial structure in the lower ionosphere are shown especially on propagation characteristics of MF waves above the altitude of the spatial structure itself. We are going to make comparison between the results of rocket experiments carried out in 2011 and the simulation results, and then confirm whether we can estimate the spatial structure of sporadic E layer.

電離圏電子密度の解析手法として、ロケットによる直接観測、レーダによる観測、シミュレーション (Full-wave 法や FDTD 法) などがある。本研究では 2 次元 FDTD 法を用いたシミュレーションを行い、電離圏の空間構造が電波伝搬特性に与える影響について解析を行い、ロケット観測で得られる電波強度の高度分布から電離圏空間構造を推定できる可能性を検討する。FDTD シミュレーションでは自由な空間構造の解析が可能であり、本研究では電離圏下部領域における特徴的な空間構造としてスプラディック E 層と FAI を想定している。電離圏モデルとして、層状、楕円電子雲モデルを仮定し、電離圏の空間構造が電波伝搬特性に与える影響、特に周波数による影響の違いを調べた。さらに実際に行われている電離圏ロケット観測を想定して、シミュレーション結果から電波の磁界強度高度分布を求め、電離圏モデルが異なる場合の磁界強度高度分布を比較し、その特徴から逆に電離圏空間構造の推測を行えるかについて検証を行った。複数周波数の電波を同時に観測して比較することによって、スプラディック E 層や FAI 等の電離圏空間構造の推測が容易になることが期待できる。

シミュレーションの結果、層状モデルでは電離層上空で高度が上昇するにしたがって磁界強度が単調減少するのだが、楕円電子雲モデルでは電子雲中で磁界強度は減少した後、電子雲上空で再び磁界強度が増加するという違いが現れた。この磁界強度の上昇は電子雲の大きさと電波の波長 (周波数) に対応しているため、磁界強度高度分布からスプラディック E 層の空間構造スケールを推定することが可能である。これらの結果を元に、電波発生源の位置や発信周波数を変化させてシミュレーションを実行して、その影響の現れ方の違いからスプラディック E 層に代表される電離圏空間構造の正確な推定が可能か検証する。また、2011/12/19 に打ち上げ成功した S-310-4 号機観測ロケットから得られた実際の電波強度高度分布とシミュレーション結果を比較し、実際にスプラディック E 層の空間構造が推定可能かどうか確認する。