

2次元FDTD法を用いたスプラディックE層の空間構造推定

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 structures 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.

The sporadic E layer appears locally and suddenly, and influences various radio wave propagations. We made 2-dimensional FDTD simulations of radio wave propagations in the lower ionosphere with sporadic E layer. 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 arranged 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.

We have performed simulations in the smaller space in order to confirm physical process. These 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 perform simulations in the real-size ionosphere.

電離圏はいくつかの領域に分かれているが、その中で高度90~140kmをE領域という。このE領域には厚さ数km以下のスプラディックE層(Es層)と呼ばれる電子密度の大きい領域が局地的、突発的に発生することがある。Es層は電波伝搬に様々な影響を及ぼすことがあり、Es層の電波伝搬特性を解明することは安定した通信を確保するために必要である。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Es層を想定している、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。

本研究では、まず物理過程を確認するために実際よりも狭い空間でシミュレーションを行った。その結果、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。現在これらの結果をもとに、電波発信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推定が可能か検証している。また、実際の電離圏スケールのシミュレーションを行い、現実のロケット観測との比較を行う予定である。