

2次元FDTDシミュレーションを用いた下部電離圏空間構造に関する研究

Study on spatial structure of lower ionosphere with 2-dimensional FDTD simulations

三宅 壮聡 [1]; 吉野 修二郎 [2]; 岡田 敏美 [3]; 石坂 圭吾 [4]

Taketoshi Miyake[1]; Shujiro Yoshino[2]; Toshimi Okada[3]; Keigo Ishisaka[4]

[1] 富山県立大学; [2] 富山県大・工・情報システム; [3] 富山県大・工・電子情報; [4] 富山県大

[1] Toyama Pref. Univ.; [2] Toyama Pref. Univ.; [3] Electronics and Infomatics, Toyama Pref Univ; [4] Toyama Pref. Univ.

電離圏には窒素、酸素などが電離して生じた電離気体（プラズマ）粒子が存在するため、電離圏中を伝搬する電波はそのプラズマ粒子の影響を受ける。電離圏中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不可欠である。しかし、電離層D、E層のような電離圏下部領域の空間構造は未だに良くわかっていない。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、レーダーによる観測、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う。その解析結果より、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。

電離圏中の波動伝搬を扱うシミュレーションの手法のうち、Full-wave法では1次元的な構造を仮定するため、電子雲などの2次元・3次元的な構造を持つ電子密度分布の解析を行うことはできない。一方、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る。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ボラディックE層とFAIを想定している。簡単化と高速化のために空間変化を2次元に限定し、プラズマを扱うことのできる2次元FDTDコードを開発し、これを用いて2次元FDTDシミュレーションを行った。

電離圏モデルとして、層状・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強度の高度分布を求め、電離圏モデルが異なる場合の電波強度の高度分布を比較し、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。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電波強度が単調減少するのだが、電子雲モデルでは電子雲中で電波強度は減少した後、電子雲上空で再び電波強度が増加するという違いが現れた。これらの結果を元に、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の検証を行い、スボラディックE層や電子雲などの電離圏空間構造の影響は、それら空間構造の上空の電波強度分布に強く現れることが確認できた。