

2次元FDTDシミュレーションによる電離圏プラズマ中電波伝搬に関する研究

吉野 修二郎 [1]; 三宅 壮聡 [1]; 岡田 敏美 [2]; 石坂 圭吾 [3]
[1] 富山県大・工・情報システム; [2] 富山県大・工・電子情報; [3] 富山県大

2-dimensional FDTD simulations of plasma wave propagations in the ionosphere

Shujiro Yoshino[1]; Taketoshi Miyake[1]; Toshimi Okada[2]; Keigo Ishisaka[3]
[1] Toyama Pref. Univ.; [2] Electronics and Infomatics, 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. Since space plasma is magnetized, it is necessary to incorporate the dielectric tensor with anisotropy and dispersibility in FDTD simulation code, in order to calculate the electromagnetic field in space plasma.

In this study, we are performing a series of FDTD simulations with FAI models as the electron density profiles in the ionosphere. We confirmed effects of FAI on MF wave propagation characteristics in the ionospheric E region via these simulations.

In addition, we investigate interference of MF waves, those propagation through FAI electron clouds and those reflected from the ionospheric F region above FAI.

Since the propagation characteristics of electromagnetic waves are affected by the position, frequency and polarization of wave source, we can estimate the structure of FAI by comparing different data of the propagation characteristics of electromagnetic waves emitted from various wave sources.

We are going to perform FDTD simulations with different wave sources in FAI ionospheric model, and try to estimate the structure of FAI model from the electromagnetic data.

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。その解析手法として、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、電離圏中の電波伝搬特性を解析する。

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、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。本研究では様々な電子密度分布を仮定し、FDTD シミュレーションを行う。広大な領域のシミュレーションを行うため、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 コードを開発した。

近年、スプラディック E 層によって発生した電子密度擾乱が磁力線方向に沿って拡散し、磁力線方向に延びた雲状の不均一構造をとり、FAI を形成する様子が観測されている。

このような FAI をモデル化し、電離圏 E 領域の電波伝搬にどのような影響を与えるかシミュレーションを用いて再現する。

FAI 電子雲モデルでは、電子雲の大きさが電波の波長と同程度の場合、電波が電子雲で反射・屈折しながら間を伝搬していく様子が確認できた。さらに、シミュレーション空間を拡張し、電子雲上部の電離層で反射された電波と電子雲の間を伝搬する電波との干渉波についても解析を行う。

FAI 電子雲モデルが電波伝搬に与える影響は発信源の位置、周波数、偏波によって異なる。

そこで複数の電波源より得られる受信データを組み合わせることで、FAI 電子雲モデルやその他の様々なモデルの空間構造が推測できると考えられる。この仮定に基づき、複数の電波源を設定したシミュレーションを行い、その電波伝搬特性から電子雲の空間構造を推測できるか検討を行う。電波伝搬特性から空間構造が推測できれば、今後行われるロケット観測に応用できると期待される。