

# 7-3 スポラディックE層に関する 2次元FDTDシミュレーション

電磁波工学研究室  
0412062 藤田 建豪

## 1. はじめに

電離層はその高度によってF,E,D層に分けられる。E層には、通常のE層の他にスポラディックE層（以下Esと表記する）と呼ばれる薄い層がある。Es層はウィンドシアによって集められたイオンでできているため、非定常的に存在する。本研究では、Es層のモデルを用いた電波伝搬のシミュレーションを行う。

## 2. Es層に関するシミュレーション

本研究では、Es層のモデルを用い、プラズマ中の電離層、電子雲の空間構造のスケールが電波伝搬に与える影響を調べる。電離層の空間変化を2次元に限定し、2次元FDTD法を用いたシミュレーションを行う。入射波として周波数1MHz、100kHzの平面波を仮定し、Es層のモデルとして波状電離層、入射波の波長と同程度の電子雲モデル、波長に比べ十分小さい電子雲モデルを用いる。小さい電子雲を用いたシミュレーションでは、平面状電離層モデル（図1(a)）と、電子雲を短い間隔（波長の1/10）に配置したEs層モデル（図1(b)）、および電子雲を長い間隔（波長と同程度）で配置したモデル（図1(c)）を比較する。

## 3. シミュレーション結果

入射波長より十分小さい電子雲モデルを用いたシミュレーションでは、入射波として周波数100kHzの平面波を仮定した。入射波長は3kmであり、電子雲の直径は波長の1/10の300mとした。図2に小さい電子雲モデルのシミュレーションにおける電波伝搬の様子を示す。この図は、電界強度の空間分布を表している。波長より十分短い間隔（300m）に電子雲を配置した場合には、水平方向の空間構造の影響をほとんど受けず、平面状電離層と同じような伝搬特性を示した（図2(b)）。しかし、電子雲の間に隙間が存在するにも関わらず平面状電離層よりも電波の減衰が大きいという現象が見られた。一方、入射波長と同程度の間隔（3km）に電子雲を配置した場合、電子雲の周辺電波伝搬が影響を与えている様子が確認できる（図2(c)）。このことから波長に対して十分小さい電子雲であっても電波伝搬に影響を与える事がわかった。

## 4. まとめと今後の課題

本研究では、様々なEs層モデルを仮定した場合の電波伝搬特性について、2次元FDTDシミュレーションを用いて検証を行った。その結果、電離層や電子雲のわずかな空間構造の変化が電波伝搬に影響を与えることが確認できた。一方、電子雲の間隔を波長より短くした場合に見られた電波の減衰には、外部磁場が影響していると考えられる。そこで外部磁場のないシミュレーションを行ったところ、平面状電離層の方が電子雲モデルよりも電波の減衰が大きい結果になった。この現象については電子雲内部の電波伝搬特性などさらに詳しく解析する必要がある。

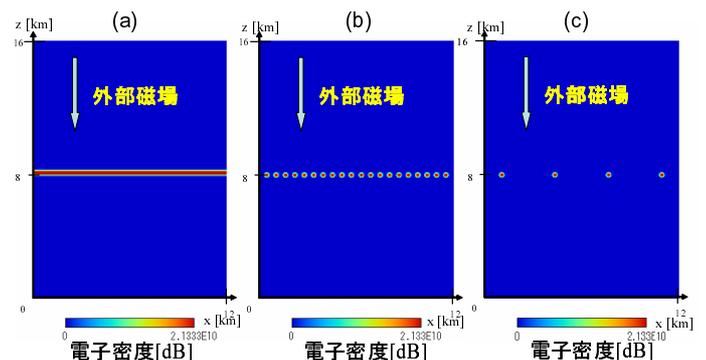


図 1: 電子雲モデル図

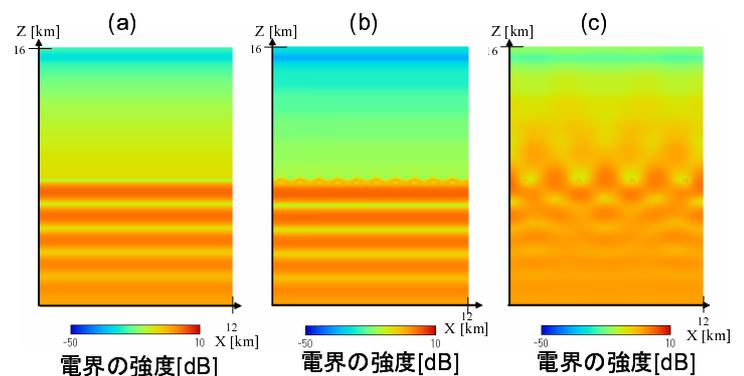


図 2: 小さい電子雲モデルのシミュレーションにおける電波伝搬の様子