

2次元 FDTD シミュレーションを用いたスプラディック E 層空間構造推 Estimation of spatial structure of sporadic E layer with 2-dimensional FDTD simulations

黒川 貴寛¹, 三宅 壮聡^{1*}, 石坂 圭吾¹, 岡田敏美¹

KUROKAWA, Takahiro¹, MIYAKE, Taketoshi^{1*}, ISHISAKA, Keigo¹, Toshimi Okada¹

¹ 富山県立大学

¹ Toyama Prefectural University

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、シミュレーション領域においてロケットの軌道を仮定した 2 つのラインの磁界強度高度分布を抽出した。一方は電子雲内部を通過したライン、もう一方は電子雲を外れたラインである。結果を比較した所、層状モデルにおいて Es 層上空で強度が単調減少したのに対し、円形モデルでは Es 層上空で一旦強度が増大した後減少という特徴が現れた。この様に、様々なタイプの Es 層モデルと発振周波数が電波伝搬に与える影響の特徴を判別することが出来れば Es 層の空間構造推定は可能であると考えられる。現在、Es 層モデルとして層状モデルと電子雲モデルの二種類を設定しているが、今後は Es 層モデルのパターンを増やしシミュレーションを行う。具体的には、波状の Es 層モデルなどを検討中である。

また、これらの結果を元に、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 Es 層の空間構造を推定する。

キーワード: スプラディック E 層, FDTD シミュレーション, 電離圏, 電子密度分布, プラズマ波動伝搬

Keywords: Sporadic E layer, FDTD simulation, ionosphere, electron density profile, plasma wave propagation