

2次元FDTDシミュレーションを用いたEs層の空間構造推定 Estimation of spatial structure of sporadic E layer with 2-dimensional FDTD simulation

三宅 壮聡^{1*}, 黒川 貴寛¹, 石坂 圭吾¹
Taketoshi Miyake^{1*}, Takahiro Kurokawa¹, Keigo Ishisaka¹

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、波状、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、Es 層の空間構造が電波伝搬に様々な影響を与える事を確認、Es 層が層状の場合、電波強度は Es 層より高い高度で単調減少するだけで目立った変化が見られなかったのに対し、Es 層が電子雲の様な空間構造を持つ場合は Es 層の周囲を電波が回折して干渉が起こり、電波強度の強弱が交互に領域に現れるなど特徴的な電波強度空間分布を確認した。この電波強度空間分布に現れた特徴は電波強度高度分布にも現れたことから、実際にロケット実験で得られる電波強度高度分布にシミュレーション結果を適用することで Es 層の空間構造推定が可能であると考えられる。最終的に、2011 年 12 月に打ち上げられた S-310-40 号ロケットの電波観測結果と比較を行い、ロケット観測時の Es 層空間構造の推定を行う。

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