

複数周波数電波の伝搬特性解析による電離圏電子密度推定の自動化

三宅 壮聡 [1]; 佐々木 亨 [1]
[1] 富山県大

Automated estimation of electron density profile by the radio waves propagation characteristics with different frequencies

Taketoshi Miyake[1]; Toru Sasaki[1]
[1] Toyama Pref. Univ.

In the lower ionosphere, the approximate electron density profile can be estimated from the comparison between these observation results obtained by sounding rocket and propagation characteristics calculated with Full wave method. This estimation process, which is so-called "wave absorption method", has some problems. At first, we have no clear standard for comparing observation results and propagation characteristics calculated with Full wave method. In addition, we have to iterate many times correcting the electron density profile by handwork, calculating propagation characteristics with Full wave method and comparing observation results and calculated propagation characteristics. This iteration takes too long to estimate appropriate electron density profile. To reduce these problems, we developed an application to realize automated estimation of electron density profile by analyzing radio wave propagation characteristics.

At first, we decided the quantitative standard for comparing observation results and calculated propagation characteristics to realize this automated estimation application. Then, we analyzed variation effects of Full wave parameters and electron density profiles on calculated propagation characteristics, and developed the automated electron density estimation application. We succeeded in estimating appropriate electron density profile automatically in very short time.

In addition, we are going to make more appropriate estimation automatically by analyzing propagation characteristics of several radio waves with different frequencies, with using observation data by S310-40 sounding rocket.

電離圏下部領域の電子密度高度分布を推定する手法として、ロケット観測による直接観測が有効であると考えられているが、高度40km~80kmのノーズコーンを開くことのできない高度ではプローブなどによる直接観測が不可能である。この高度域では、地上からの電波強度高度分布を観測してその減衰特性から電子密度高度分布を推定する、という電波吸収法が現在最も有効な電子密度観測方法であると考えている。

電波吸収法は次のような手順で電子密度推定を行う。まず仮定した電子密度高度分布から Full wave 法を用いて電波強度の理論値を計算する。次にロケット実験で得られた観測値と比較。電波強度の理論値と観測値が一致すれば、仮定した電子密度が妥当であると判断できる。一致しなかった場合、比較して得られた結果にもとづいて電子密度高度分布を修正し、電波強度の観測値と理論値を徐々に一致させ、電子密度を推定する。この手順のうち、電波強度の観測値と理論値の比較および電子密度高度分布の修正を手作業で行っており、電子密度の修正に時間がかかるという欠点がある。また、観測値と理論値を比較する際に定量的な基準がないという問題点もある。

そこで本研究では、電波吸収法の自動化アルゴリズムの検討を行った。まず過去に手動で行った電波吸収法の結果をもとに定量的な判断基準を導入し、電子密度補正条件とプログラム終了条件の設定を行った。更に自動化するにあたって電波吸収法に用いる Full wave 計算のパラメータや電子密度高度分布の変化が Full wave 計算に与える影響について調査し、電子密度推定手順について詳細に検討した。その結果、電子密度推定の手順において、電子密度を減少させる場合に処理方法を工夫することで、電波強度の観測値と理論値の誤差を小さくできることがわかった。設定した判断基準にもとづいてロケット実験の観測データに対して自動推定を行った結果、非常に短時間で手動推定と同様に精度の高い電子密度を推定することに成功した。

現在、単一周波数の電波強度高度プロファイルに対して電波吸収法を適用して電子密度高度分布を自動推定することに成功している。しかし、ロケットを用いて電波強度を観測する場合、周波数の異なる複数の電波を同時に受信して、それぞれの電波強度高度プロファイルを観測している。電波吸収法で電子密度高度分布を推定する場合、これら複数の電波に対して一つの解を示す必要がある。そのためには、複数の電波強度の高度プロファイルに対して同時に電波吸収法を適用して、最適な電子密度高度分布を推定する必要がある。この作業は人間の手で行うには非常に時間の掛かる困難な作業である。本研究では、2011年12月に行われたS310-40号機の観測データを参考に、複数周波数電波に対して同時に伝搬特性解析を行い、電離圏電子密度推定の自動化アルゴリズムを検討する。