

時間領域 Full wave 解析を用いた電離圏下部電子密度推定法に関する研究

三宅 壮聡 [1]; 石坂 圭吾 [2]; 村山 泰啓 [3]; 川村 誠治 [4]; 長野 勇 [5]
[1] 富山県大; [2] 富山県大・工; [3] 情報通信研究機構; [4] NICT; [5] 金沢大

Study on the estimation method of the electron density profile in the lower ionosphere with time domain Full wave analysis

Taketoshi Miyake[1]; Keigo Ishisaka[2]; Yasuhiro Murayama[3]; Seiji Kawamura[4]; Isamu Nagano[5]
[1] Toyama Pref. Univ.; [2] Toyama Pref. Univ.; [3] NICT; [4] NICT; [5] Kanazawa Univ.

MF radar estimates the electron density profile in the lower ionospheric D and E regions at the altitude from 60km to 100km by using the partial reflection information of MF radar transmission wave. Electrons of lower ionosphere are closely related to neutral dynamic meteorology and chemistry including such as hydrated ion and NO_x in this region, therefore, it has a possibility to and a new physical knowledge in the mesosphere and lower ionosphere. However, it is difficult to observe precise electron density profile in the lower ionosphere continuously with the present MF radar system.

In this study, we are going to simulate the observation process of the present MF radar system with using time domain Full wave method, and investigate the observation method to observe the precise electron density profile in the lower ionosphere. One of the methods to estimate the electron density profile by the present MF radar system is DAE. DAE is a technique to estimate the electron density profile from the differential amount between the left and the right polarized waves reflected by the lower ionosphere. We have simulated the observation process of MF radar and examined the problem and improvement points with time domain Full wave analysis, which can treat time evolution of pulse waves used in MF radar system. We found some parameters used in DAE method are not appropriate. We can estimate more accurate electron density profiles by using appropriate parameters in DAE method. These appropriate parameters can be found by iterating DAE method.

MF レーダは左旋性および右旋性偏波の電波を鉛直に打ち上げ、それらの分反射情報から下部電離圏 D, E 領域の電子密度を推定している。電離圏下部領域の電子は周辺の中性大気の運動や水とイオン・窒素酸化物などを含む化学反応などと密接に関係していることから、この領域の電子密度を連続的に観測することで中間圏・下部電離圏物理における新たな科学的知見をもたらす可能性がある。しかし、D 領域高度の電子密度は数十~1000 個/cc 程度と小さく、電子密度推定のための手法も確立されていないため、現時点では精度の高い観測を連続的に行うことは困難である。この領域の電子密度推定方法としてロケットによる電波観測を利用した電波吸収法がある。この方法で比較的精度の高い推定を行うことは可能であるが、ロケットの打ち上げは散発的であり、連続的な観測は困難である。

本研究では MF レーダの観測手法を時間領域 Full wave 法を用いてシミュレーションし、電離層下部の電子密度を連続的に観測する方法を検討する。現在 MF レーダを用いた電離圏下部電子密度推定に用いられているアルゴリズムとして DAE 法がある。DAE 法とは電離圏 D, E 領域で分反射される左旋性偏波と右旋性偏波の反射量の違い(受信電波比)から電子密度を推定する手法である。しかし、DAE 法には電子密度を求める計算式の中に変数として電子密度が含まれているという矛盾があるなど、いくつかの問題点がある。そこで、これまで単一周波数電波の定常状態しか扱えなかった Full wave 法にパルス波の時間変化を取り扱えるように改良をした時間領域 Full wave 解析法を開発し、この手法を用いたシミュレーションによって DAE 法を再現してその問題点・改良点の検討を行った。その結果、DAE 法に用いられている反射係数 R_X/R_O の低高度部の値に問題がある事がわかり、修正を加えた。また、吸収係数 $(k_X - k_O)/N$ は条件によりいくつかのパターンを使い分けることで電子密度推定精度が向上することを見出した。この吸収係数 $(k_X - k_O)/N$ について最適な値を再帰的に求めることにより、精度の高い電子密度高度分布の推定が可能であると考えられる。