

時間領域 Full wave 法を用いた MF レーダシミュレーション

森山 寛章 [1]; 三宅 壮聡 [1]; 石坂 圭吾 [2]; 芦原 佑樹 [3]; 村山 泰啓 [4]; 川村 誠治 [5]; 長野 勇 [6]
[1] 富山県大; [2] 富山県大・工; [3] 奈良高専・電気; [4] 情報通信研究機構; [5] NICT; [6] 金沢大

MF radar simulation with time domain Full wave analysis

Hiroaki Moriyama[1]; Taketoshi Miyake[1]; Keigo Ishisaka[2]; Yuki Ashihara[3]; Yasuhiro Murayama[4]; Seiji Kawamura[5]; Isamu Nagano[6]

[1] Toyama Pref. Univ.; [2] Toyama Pref. Univ.; [3] Elec. Eng., Nara NCT.; [4] NICT; [5] NICT; [6] Kanazawa Univ.

The MF radar is available to estimate the electron density profile in the lower ionosphere. However, it is difficult to observe the 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 the time domain Full wave method, and investigate the observation method with which we can obtain the precise electron density profile in the lower ionosphere. One of the general methods to estimate the electron density in the present MF radar system is the differential absorption experiment (DAE) method. The DAE method is a technique to estimate the electron density from the differential amount between the left and the right polarized waves reflected from the lower ionosphere. We simulated the MF radar with time domain Full wave analysis and improved the DAE method. We improved the DAE method by using appropriate parameters automatically, and succeeded to estimate more accurate electron density profiles in the lower ionosphere. In the present improved DAE method, however, we can only find appropriate parameters in the case that the electron density increases with increase of the altitude. Therefore, we are going to improve the DAE method, which is available in any case.

数 MHz の中波帯を使う MF レーダは、電離圏 D 領域から分反射波を観測できるため、大気中の非常に希薄な電子密度の測定にも利用できると考えられている。しかし、電離圏 D 領域の電子密度は 1 立方センチメートル当り 10~1000 個程度と小さく、電子密度推定のためのアルゴリズム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。この方法で精度の高い電子密度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るため、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（観測された受信電波比）から電子密度を推定する手法である。しかし、DAE 法はパラメータである吸収係数を求める際に、未知数である電子密度をある一定値（ 100cm^{-3} ）と仮定して求めている点などいくつか問題点がある。そこで、Full wave 法に時間発展を取り入れた時間領域 Full wave 解析法を用いた MF レーダシミュレーションによって DAE 法を再現し、その問題点・改良点の検討を行った。過去の研究から、電離圏 D 領域では高度が上昇するにつれて電子密度が大きくなる傾向があることがわかっている。この電子密度変化の傾向を利用して、DAE 法を改良した。従来の方で求めた電子密度高度分布を低高度から順に検討し、高度が上昇して電子密度が減少する場合は吸収係数が適切でないと判断して吸収係数の値を変更し、変更した吸収係数を再度 DAE 法を用いて電子密度を修正するという操作を自動的に繰り返して電子密度を推定する。この改良した DAE 法を適用することで、広範囲で電子密度推定精度が向上することを確認した。しかし、この方法では電子密度分布が単調増加している場合しか精度の良い電子密度推定ができない。そのため、電子密度分布が単調増加でない場合も考慮したアルゴリズムを導入し、DAE 法の更なる改良を行う。