

MF レーダ送信パルスの Full wave 解析による電子密度推定アルゴリズム (DAE 法) の検証

芦原 佑樹 [1]; 三宅 壮聡 [2]; 石坂 圭吾 [1]; 村山 泰啓 [3]; 川村 誠治 [3]; 長野 勇 [4]; 岡田 敏美 [5]
[1] 富山県大; [2] 富山県大・工・情報システム; [3] NICT; [4] 金沢大・工; [5] 富山県大・工・電子情報

Investigation of an electron density estimation algorithm (DAE) of MF radar by Full wave analysis

Yuki Ashihara[1]; Taketoshi Miyake[2]; Keigo Ishisaka[1]; Yasuhiro Murayama[3]; Seiji Kawamura[3]; Isamu Nagano[4]; Toshimi Okada[5]
[1] Toyama Pref. Univ.; [2] Toyama Pref. Univ.; [3] NICT; [4] Kanazawa Univ.; [5] Electronics and Infomatics, Toyama Pref Univ

MF radar estimates the electron density in lower ionospheric D and E regions at the altitude from 60km to 100km by using the partial reflection information of MF radar transmission wave. Though the electron density in ionospheric D region is very small, about 10-1000 /cc, electrons are closely related to neutral dynamic meteorology and chemistry including such as hydrated ion and NOx in the region. Therefore, it has the possibility to find a new physical knowledge in mesosphere and lower ionosphere.

One of the methods to estimate the electron density by MF radar is DAE. DAE is a technique to estimate the electron density from the differential amount between the left and the right polarized wave reflected by the lower ionosphere. The validity of DAE has not been examined for more than 30 years.

We can obtain the radio wave propagation characteristics in ionosphere by Full wave analysis. Though, MF radar transmission pulse must be treated in the time-domain. In this study, we obtain the time development of MF radar transmission pulse by applying Fourier transformation to Full wave analysis on simulation calculation. This time development data of MF radar transmission pulse includes the reflection pulse at the ionosphere. DAE method can estimate the electron density in ionosphere by using this reflection pulse. We investigate the validity of DAE method by comparing the electron density profile used by Full wave analysis to estimated by DAE method.

MF レーダは左旋性偏波または右旋性偏波を持つ電波をそれぞれ鉛直に打ち上げ、それらの分反射情報より高度 60km から 100km の間の下部電離圏 D~E 領域の電子密度を推定している。D 領域高度の電子密度は 1 立方センチ当たり数十~1000 個程度と大変小さいが、周辺の中性大気力学や水和イオン・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、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。

MF レーダの電子密度推定アルゴリズムのひとつに DAE 法がある。DAE 法とは電離圏 D~E 領域で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。DAE 法で電子密度を推定するには、反射係数、吸収係数及び受信電波比が必要となる。反射係数と吸収係数は電子密度の関数として求められるが、これらの係数を求める際に使用する電子密度はすべての高度で一定と仮定されたもので、実際の電子密度は反映されていない。これは、吸収係数を電子密度で割った値及び反射係数の電子密度への依存性が少ないとする仮説に基づいている。DAE 法を用いた電子密度推定技術は 1970 年までに開発されて以降大きな進展もなく今日に至っており、係数の決定方法を含めた DAE 法の妥当性についての検証は行われていない。そこで本研究では DAE 法の妥当性について検証する。

電離圏中の電波伝搬特性は、Full wave 解析により求めることができる。Full wave 解析では、電離圏電子密度が高度方向にのみ変化するものと仮定して、電離圏を水平方向に均一な薄層に分割する。周波数領域に対する各薄層中の解析解を求め、その境界に境界条件を適用することで電離圏全体の解析解を求めることができる。一方、MF レーダ送信パルス(パースト波)は時間領域で取り扱う必要がある。このため本研究では、Full wave 解析で求めた解析解にフーリエ変換を用いることにより、電磁界分布の時間展開を得る。これにより MF レーダ送信パルスの電離層反射波を計算機上で再現することができる。この計算機上で再現した電離層反射波に DAE 法を適用して電子密度推定を行う。そして Full wave 解析で用いた電子密度と DAE 法で求めた推定電子密度を比較することにより、DAE 法の妥当性の検証を行う。