

6-6 時間領域 Full wave 解析を用いた MF レーダシミュレーション

三宅研究室
0915046 森山 寛章

1. 研究目的

本研究では、時間領域 Full wave 法を用いて MF レーダの観測手法を再現し、電離圏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（観測された受信強度比）から電子密度を推定する手法である。しかし、DAE 法にはいくつかの問題点があり、DAE 法の問題点・改良点の検討を行った。

2. 検証方法

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。MF レーダで用いられるパルス波の伝搬特性を解析するため、パルス波をフーリエ変換して、各周波数毎に Full wave 計算を行い、逆フーリエ変換して伝搬後の波形を再現する。こうすることで時間領域における任意の波形の伝搬解析を行うことができ、Full wave 解析によってパルス波を再現できるようになった。本研究では、この手法を時間領域 Full wave 法と呼ぶ。時間領域 Full wave 法で再現した電離圏反射波 (A_X/A_O)、あらかじめ設定した反射係数 (R)、吸収係数 (k) が DAE 法のパラメータとなり、電子密度推定を行う。時間領域 Full wave 法で仮定した電子密度高度分布と DAE 法を適用させて得られた電子密度高度分布を比較することにより、DAE 法で使用するパラメータの妥当性を検証した。図 1 に検証方法のブロックダイアグラムを示す。

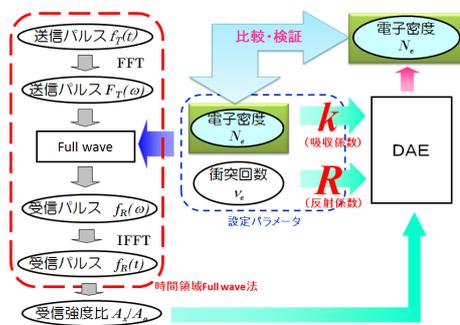


図 1: DAE 法で用いるパラメータの妥当性の検証方法

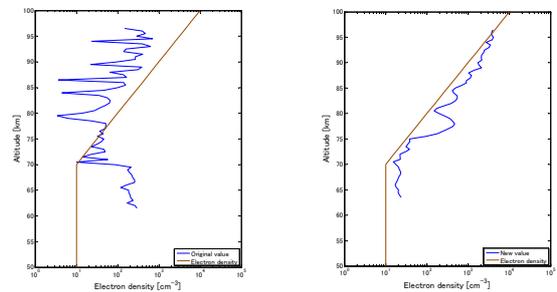
3. MF レーダシミュレーション

高度 70km まで 10cm^{-3} で、そこから指数関数的になだらかに増加する簡単なモデルの電子密度高度分布を仮定して、MF レーダシミュレーションを行った。図 2(a) にシミュレーション結果を示す。縦軸が高度、横軸が電子密度を示している。図 2(a) では電子密度が $10^1 \sim 10^2 \text{cm}^{-3}$ の範囲でシミュレーション結果（青線）と仮定した電子密度高度分布（茶線）が一致し、その範囲外では一致しなかった。

4. DAE 法の検証

DAE 法の問題点として、パラメータである吸収係数 ($(k_X - k_O)/N$) を求めるために、未知数である電子密度 (N) が必要になる点がある。そのため、電子密度 (N) があらかじめ分からない状態で適切な吸収係数を選択する手法を考える。

まず、大まかな傾向として、高度が上昇すると電子密度が大きくなると仮定する。図 2(a) において 5km 毎の平均を求める。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、その高度以上で吸収係数 ($(k_X - k_O)/N$) を小さくし、再度 DAE 法を用いて電子密度を修正するという操作を繰り返して電子密度を推定する。こうして推定した電子密度高度分布を図 2(b) に示す。この図より、広範囲で検証結果（青線）と仮定した電子密度高度分布（茶線）が一致していることがわかる。



(a) 従来の方法で推定した電子密度高度分布 (b) 本研究の方法で推定した電子密度高度分布

図 2: MF レーダシミュレーション結果