

GPS/TEC データによる移動性電離圏擾乱構造のトモグラフィー再生の可能性：多層ニューラルネット CT によるアプローチ

Feasibility of the GPS/TEC tomography of TID structures: Approach with multi-layer neural network CT

池下 賢明[1]; 田口 聡[1]; 柴田 喬[1]; 馬 笑峰[2]; 竹田 辰興[2]; 奥澤 隆志[3]

Masaaki Ikeshita[1]; Satoshi Taguchi[1]; Takashi Shibata[1]; Xiao Feng Ma[2]; Tatsuoki Takeda[2]; Takashi Okuzawa[3]

[1] 電通大・情報通信; [2] 電通大・情報工学; [3] 電通大・情報通信

[1] Univ. of Electro-Communications; [2] Univ. Electro-commun; [3] Dept. Info.& Commun.Eng., Univ. Electro-commun.

積分量である TEC データから、どれだけの電子密度の増減が電離圏のどの高度で生じているのかを明らかにする一つの有力なアプローチにコンピュータトモグラフィー(CT)がある。この CT を電離圏に適用するときには、電離圏の再生領域を格子状に分割し、各格子点の電子密度を独立変数とする多元連立一次代数方程式を解くことが一般的である。しかし、過去に提案されたいくつかの方法では、再生領域を貫く電波通路の空間分布を不均一にしか選べない制約などのため、しばしば数学的にいわゆる不適切問題となる欠陥があった。最近 Ma 等[Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, 2000]は、多層ニューラルネットワークを使い、比較的少数のデータからトモグラフィー再生像が得られる技法を開発しており、これは上記のボトルネックを解消できる可能性があることを示唆している。

本研究では、GPS/TEC から電離圏密度擾乱構造を再構成する問題に対して、この多層ニューラルネットワークによる CT を適用する。すなわち、衛星が飛翔する約 2 万 km の高度と地上受信局の間の電波通路を考え、簡単な波状構造をもつ密度擾乱の TEC 変動量から、どのような状況でどの程度まで電子密度擾乱構造の再構成が可能なのかをシミュレーションにより明らかにする。このシミュレーションを行うにあたり、いくつかの仮定を導入した。対象とする密度擾乱現象は、水平面上、伝搬方向の空間スケールに比べてそれと垂直な方向のスケールが非常に大きい。従って、その方向には密度構造は一様であると仮定する。すなわち伝搬方向と高度方向の二次元平面内の像再生問題として取り扱う。また、再生領域は経度 140 度の子午面内を想定し、緯度方向には 35 度から 43 度の間に 0.25 度ごとに計 33 ヶ所の地上受信局をもつモデル配位を設定した。また、TEC 変動に影響がある密度擾乱が生じている高度は 1000km 以下と仮定した。最初に、理想的な条件として、4 つの GPS 衛星が緯度 5, 20, 40, 55 度の上空 2 万 km の地点に存在しており、電子密度のピークが高度 300km にあると仮定した。その結果、大規模移動性電離圏擾乱構造を模擬した簡単な山構造あるいは谷構造をもつモデル分布に対して、ニューラルネットワークに関する最適なパラメータを設定する事により、非常に高い精度でモデル分布を再構成できることがわかった。また、中規模移動性電離圏擾乱構造を模擬した山構造モデル分布に対しても、ニューラルネットワークの学習回数を増やすことにより十分に再構成できることがわかった。電子密度のピークの高度や緯度、さらに衛星の配置などを変えた場合の種々の結果について報告し、高い再現性が得られる条件について考察する。