

GPS-TEC データを用いた拘束付き最小二乗法による電離圏・プラズマ圏トモグラフィ

Ionospheric-Plasmaspheric Tomography over Japan with Constrained Least-squares Method for GPS-TEC data

齊藤 昭則 [1]; 江藤 英樹 [1]; 津川 卓也 [2]; 上野 玄太 [3]

Akinori Saito[1]; Hideki Eto[1]; Takuya Tsugawa[2]; Genta Ueno[3]

[1] 京都大・理・地球物理; [2] 情報通信研究機構; [3] 統数研

[1] Dept. of Geophysics, Kyoto Univ.; [2] NICT; [3] ISM

GPS 受信機によって観測された全電子数 (Total Electron Content: TEC) データを用いた電離圏・プラズマ圏トモグラフィ法を開発した。電離圏は高度 80km から 1,000km にかけて広がり、プラズマ圏は高度 1,000km から 20,000km にかけて広がる領域である。ともに地球大気が電離して出来たプラズマが存在している。GPS は高度 20,000km を飛翔する GPS 衛星から受信機までの電波の伝搬時間を正確に測定し、受信機の測位を行うシステムである。その伝搬経路上に存在するプラズマ圏と電離圏のプラズマにより電波の伝搬の遅延が生じており、GPS では、その遅延を正確に測定することが可能である。そのため、そのデータにより、電波の伝搬経路上のプラズマ密度の積分量 (全電子数) を観測することが出来る。GPS 衛星の高度は、ほぼプラズマ圏の最上部であり、GPS 衛星のデータは電離圏とプラズマ圏のプラズマ密度構造の研究に最適である。この GPS 受信データから得られた全電子数データを用いて、地上から高度 20,000km までのプラズマ密度の 3 次元分布を推定する逆問題を拘束付き最小二乗法によるトモグラフィ法により解いた。用いた GPS データは国土地理院による日本国内の GPS 受信機網 GEONET のデータである。GEONET の GPS 受信機は高密度かつ 2,000km 以上の広範囲領域にわたって分布しており、複数の衛星が同一領域を観測するというトモグラフィによる逆問題を解くのに必要な条件を満たしている領域が多い。しかしながら、地上観測点による観測データだけでは、観測経路の配位が偏っているため、なんらかの拘束条件を課すことが連続的な広範囲の 3 次元プラズマ密度分布の推定のために不可欠である。そこで、プラズマ密度勾配に制限を与える拘束条件付き最小二乗法を用いたトモグラフィ・アルゴリズムを開発した。GPS 衛星の軌道高度が高く、電離圏における見かけ上の移動速度が小さいため、時間方向には積分を行わず、GPS の観測毎にプラズマ密度分布の推定が可能である。また、GPS 受信機は人工衛星にも搭載されており、地上と GPS 衛星間の全電子数だけではなく、低軌道衛星と GPS 衛星間の全電子数データもトモグラフィに利用できるアルゴリズムになっている。このトモグラフィ・アルゴリズムにより、赤道異常帯の発達時や数 100km の水平スケールを持つメソスケールのプラズマ密度構造の発生時の電離圏・プラズマ圏内のプラズマ密度の 3 次元構造を求め、アイオノゾンデや MU レーダーなどの他の電離圏観測手段で得られたデータとの比較を行った。