

## GPS-TECに基づく電離圏電子密度3次元トモグラフィの高速大量データ解析

# 水野 遼 [1]; 山本 衛 [1]; 齊藤 昭則 [2]; 齋藤 享 [3]

[1] 京大・生存圏研; [2] 京都大・理・地球物理; [3] 電子航法研・航法システム

### Three-dimensional tomography of ionospheric electron density based on GPS-TEC: High-speed mass data analysis

# Ryo Mizuno[1]; Mamoru Yamamoto[1]; Akinori Saito[2]; Susumu Saito[3]

[1] RISH, Kyoto Univ.; [2] Dept. of Geophysics, Kyoto Univ.; [3] NAV Department, ENRI

Real-time information of the ionospheric electron distribution is important for the correction of the measurement errors in satellite navigation. We developed three-dimensional ionosphere tomographic analysis with GEONET and have analyzed in real time since April 1, 2016. The aim of this paper is to improve this real-time monitoring system. There are two points to be improved in this study. The first point is to analyze past data. For analyzing the past GEONET data, we keep the same way as to the real-time analysis. As the real-time system use 200 selected stations, we selected the same number of stations on January 1st of each year. Also, in order to improve computation speed of this analysis, we ported our analysis system to the super computer system A (Camphor 2) of Kyoto University. This super computer consists of 1800 nodes, and each node comprises 68 cores and 112GB of memory. We assigned 10-day data analysis to each node, and used 37 nodes to analysis one-year data. This whole one-year analysis takes about 10 hours, which corresponds to about 230 times improvement of the computation time. By using this system, we have analyzed GEONET data since 2009. For the data before 2009, there are some problems, i.e., data format difference. We now try to overcome these problems. Next, we will compare the tomography results with other observations of the ionosphere, and assess quality of the tomography analysis. We will also want to increase analysis area by including data from Korea and/or Taiwan.

電離圏電子分布を正確に知ることは、衛星航法における計測誤差の補正や電離層擾乱観測に基づく津波警報システム等に必要とされている。我々は、GEONET 観測網からの電離圏全電子数データをもとに、電離圏の3次元トモグラフィ解析を開発し、2016年4月からリアルタイム解析を開始した。本研究は、これを改良することを目的とする。具体的には、これまで蓄積されてきたTECデータの一括大量解析、トモグラフィ解析結果と他の観測データの比較、韓国や台湾のデータ導入による解析領域の拡大、解析結果のweb公開のレベル向上等である。

まず過去データの解析について、リアルタイム解析ではGEONET約1300点の基地局のうち、200点の観測データを使用している。過去観測データ解析についても、まずリアルタイム解析と同じ観測点を用いて同等の解析を進めることとした。ただし、解析期間が古くなるにつれて、観測点の数が減少する傾向にある。そのため、過去にさかのぼりながら、毎年1月1日に存在する基地局データをもとに、その年の解析に用いる200点を選定した。現在のリアルタイム解析では1解析の所用時間は約6分(研究室のPCで実施した場合は約4分)である。この速度では全過去データの解析に要する時間が数年になってしまうため、大幅な向上を目指して、大型計算機の並列処理を用いることとした。大型計算機としては、京都大学のスーパーコンピュータシステムA(Camphor 2)を使用した。この計算機は1800個のノードから構成されており、1ノードあたり68個の計算コアと112GBのメモリーを有する。1ノードに各10日分の解析を割当て、37個のノードを用いることで、1年分の解析を約10時間で完了できた。これは、現在のシステムの約230倍の速度向上に当たる。これまで全プログラムをpythonで開発してきたため、研究室のPCからスーパーコンピュータへの移植に当たってのプログラム変更はほぼ皆無で、並列化にかかわる部分の開発のみで実現できたことも、今回の開発の特徴とである。現在までに、最近8年分の電離層の3次元構造のデータベースが完成している。但しさらに過去のデータについては、データフォーマットの変更等の問題があるため、対処を進めている。

今後は、地域または季節などに起因する3次元解析システムの誤差の評価を行う。また、韓国と台湾からテスト用の観測データを提供いただいていることから、日本の観測データと合わせて解析を行うことで、より広範囲の解析を進める。