

VLBI との比較による GPS 電離層 TEC 分布推定の精度評価

Evaluation of GPS-based Ionospheric TEC map accuracy by comparison with VLBI data

関戸 衛[1], 近藤 哲朗[2], 川合 栄治[3], 今江 理人[3]

Mamoru Sekido[1], Tetsuro Kondo[2], Eiji Kawai[1], Michito Imae[1]

[1] 通総研, [2] 通総研鹿島, [3] 通信総研

[1] CRL, [2] KSRC, CRL

<http://www.crl.go.jp/ka/radioastro/>

パルサー等の単周波 VLBI 観測における電離層遅延量の補正を目的として、GPS 観測によって推定された電離層電子分布の精度評価を行った。2 周波の VLBI 観測で得られる TEC 量と比較することにより、1 台の TECMETER を使って推定したローカルな TEC 分布の精度は約 3TECU、ベルン大学の汎地球的電離層分布データ(GIM)の場合で、約 2.5TECU の精度であった。ベルン大学の GIM を使うと、100km 基線で 0.7 TECU 程度、大陸間基線で 3-10TECU の精度で VLBI の電離層遅延量を補正できる。また、遅延変化率を利用するには、更に電離層モデルの改良が必要であることがわかった。

マイクロ波を使った宇宙計測技術では、電離層を通過する信号の遅延量の不定性が一つの誤差要因となる。そのため電離層電子数を精密に計測することは、位置天文を目的とする VLBI 観測や、単周波の GPS 受信機を使った地殻変動観測、距離と距離変化率を観測量とする宇宙飛翔体のナビゲーションなどの宇宙技術にとって重要である。近年発達が目覚ましい GPS 技術を使って、電離層の全電子数分布図が作れるようになってきている。我々は、TECMETER という電離層観測用 GPS 受信機を使用して関東上空のローカルな電離層電子数分布を推定した場合、及び GPS の精密層を提供しているスイス・ベルン大学が IGS の観測点のデータを使って推定している汎地球的な電離層電子数分布(GIM)の場合について、2/8GHz 2 周波の VLBI 観測から得られる電離層電子数との比較によりその精度を評価した。その結果、TECMETER の観測から得られる電離層電子数分布の精度は約 3 TECU ($1\text{TECU}=10^{16}\text{ electrons/m}^2$) であり、観測地点から離れるに従って推定精度が劣化することが分かった。一方、GIM は精度が約 2.5TECU であり、観測地点からの距離に依存せず一様な精度の電離層分布モデルであることが分かった。VLBI の TEC 観測量との比較から、ベルン大学の GIM を VLBI 観測の電離層補正に利用する場合、100 km 基線では 0.7TECU (13ps at 8.4GHz)、大陸間基線では 3-10TECU (60 ps - 0.2ns at 8.4GHz) 程度の精度で電離層の補正が可能であることがわかった。13ps は 2 周波の測地 VLBI 観測の解析残差 RMS よりやや小さな値であり、特に短基線の VLBI 観測の電離層遅延補正には有効な手段となる。

また、距離と距離変化率を使った宇宙飛翔体のナビゲーションでは電離層による遅延変化率が重要であり、GIM を使って電離層遅延変化率を計算し、VLBI の観測値との比較を行った。比較の結果、短基線で相関係数がほぼ 0 に近く、長基線で 0.6 - 0.8 程度の相関があったが、残差の RMS は VLBI の TEC rate 観測精度より一桁近く大きかった。このように観測値との一致が不十分な理由は、遅延量で精度のよい GIM/CODE のモデルでも 2 時間以下の短周期変動や、1500 km 程度以下の小さな構造がモデルに含まれていないため、数値微分で計算される遅延変化率では高周波成分の誤差が支配的となるためである。

ベルン大学では、毎日 2 時間おきの電離層電子数分布のデータを 1995 年 1 月 1 日から途切れることなくインターネットで公開しており、電離層電子数を利用するユーザにとって非常に有用なデータである。しかし、電離層遅延変化率を利用するためには更に短周期、小さいスケールの電離層変動をモデル化する必要があることがわかった。