

## 1周波GPS信号からの電離層TEC推定手法におけるTEC観測モデルの検討

# 松井 睦 [1]; Win Zaw Hein[1]; 後藤 由貴 [1]; 笠原 禎也 [1]  
[1] 金沢大

### Development of ionospheric TEC observation model from single frequency GPS signals

# Atsushi Matsui[1]; Win Zaw Hein[1]; Yoshitaka Goto[1]; Yoshiya Kasahara[1]  
[1] Kanazawa Univ.

Ionospheric delay in GPS signal is one of the important information sources to probe electron density distribution in the Earth's ionosphere. Total electron content (TEC) along signal paths is accurately estimated by using two different frequency GPS signals because only ionospheric delay depends on frequency among errors in GPS ranging. Dual frequency GPS receiver is, however, expensive. In this study, we developed an estimation method for ionospheric TEC distribution using multiple single frequency GPS receivers. The method is expected to realize ionospheric TEC observation at low cost.

In the method, ionospheric effect is extracted by removing errors except for ionospheric delay from difference between real and observed distances in the GPS. The GPS signals are assumed to be measured at observation sites whose locations are accurately known. In order to obtain TEC distribution from single frequency GPS signals, it is necessary to separate effects of ionospheric delay and receiver clock errors in the difference in distance. We then constructed an observation model that TEC is assumed to vary smoothly for space and time, and the receiver clock error is for time. In addition, we adopted an accurate elevation angle model with a parameter of height of ionosphere. We used a least squares method to find the optimum parameters. By comparing estimated TEC distribution with that from dual frequency data obtained by GEONET (Japanese GNSS observation network), it is confirmed that the developed method works well during geomagnetic quiet periods.

電離層の電子密度を観測する手法の一つとして、GPS信号の遅延を利用する方法がある。GPSの誤差の中で電離層遅延のみが周波数依存性を持つことから、2周波のGPS信号の観測により、経路に沿った電子密度の積分値(TEC)を高精度で計測することができる。一方、2周波の受信機は高価であるため容易には入手できないという問題がある。本研究では、安価な1周波受信機を用いてGPS信号を多点観測することで、電離層のTEC分布を計測する手法を確立することを目的とする。1周波受信機によるTEC計測を実現することにより、2周波のGPS受信機網が整備できない地域においてもGPSの観測網を展開することが可能になると期待される。

1周波GPS信号による電離層観測は、測距信号で計測した衛星-受信機間の距離(擬似距離)と真の距離との差から、電離層遅延以外の誤差をすべて差し引くことで実現される。誤差の主要因として、衛星軌道、衛星クロック、対流圏遅延、マルチパス、受信機雑音そして受信機クロックが挙げられる。このうち衛星軌道と衛星クロックについては、精密軌道暦を使うことでセンチメートル以下の誤差になる。一般に鉛直TECは、数メートルから10数メートルの値になることから、TEC測定という観点において精密軌道暦の誤差は無視することができる。マルチパスの影響は、仰角マスクおよび観測地点の選定により低減させるようにした。以上より、1周波GPS信号によるTEC分布推定の問題は、電離層遅延と各受信機クロック誤差を未知数としてモデル化し、それらをいかに独立に求解するかという問題に帰着できる。両者の差異は、伝搬経路に対する依存性の有無である。

本研究では、TEC分布が空間および時間に対して滑らかに変動し、かつ各受信機のクロック誤差が時間に対して滑らかに変動するという空間的・時間的連続性を仮定したモデルを構築し、モデル誤差が最小となるように最適値探索を行う手法をとった。また、電離層遅延の仰角依存性として、電離層高度をパラメータとしたより高精度なモデルを採用した。日本のGPS多点観測網(GEONET)で取得されたデータに対して本手法を適用して得られたTECと受信機クロックの誤差について2周波のデータと比較したところ、電離層の密度分布の変化が激しくない期間については、一定の精度でTECの推定に成功していることが確認された。