

GPS-TEC を用いた北米における電離圏不安定性に関する研究

杉山 俊樹 [1]; 大塚 雄一 [2]; 津川 卓也 [3]; 西岡 未知 [3]
[1] 名大・宇地研; [2] 名大宇地研; [3] 情報通信研究機構

Analysis of the ionospheric irregularity in North America using GPS-TEC

Toshiki Sugiyama[1]; Yuichi Otsuka[2]; Takuya Tsugawa[3]; Michi Nishioka[3]
[1] ISEE, Nagoya Univ.; [2] ISEE, Nagoya Univ.; [3] NICT

There are about 2200 dual-frequency GPS receivers in North America. The GPS receivers provide the data of carrier phase and pseudo-range measurements at two frequencies every 30 seconds. Phase and group velocities of the GPS signals are advanced and delayed, respectively, by electrons in the ionosphere. So the Total Electron Content (TEC) along the entire line-of sight (LOS) between receiver and satellite can be derived by analyzing the GPS data. Although the integer cycle ambiguities and the both satellite and receiver biases must be obtained to obtain the absolute TEC, we don't determine these unknowns because we focus on the changes of TEC in this study.

We used the Rate of TEC change Index (ROTI) to detect the ionospheric irregularities. ROTI is the standard deviation of Rate of TEC (ROT) in 5 minutes, and ROT is the changes of TEC in 30 seconds. The two dimensional maps of ROTI can be obtained from all available GPS data in North America. For projecting ROTI on the two dimensional map, we assume that there is the ionized single layer at altitude of 300 km. The spatial resolution is 0.75×0.75 (degree) in latitude and longitude.

A magnetic storm occurred on 17 March 2013. It continued from 09 UT on 17 March to 08 UT on 18 March. Dst index reached a minimum of -132 nT at 21 UT on 17 March. Enhancement of ROTI were seen around 45N-50N (degree) at 09-13UT and 22-23UT. To investigate mechanisms causing the ROTI enhancement, we used the two dimensional map of the detrended TEC which is derived by detrending TEC with one-hour running average for each satellite-receiver pair. During the first enhancement of ROTI, we found the trough region on the detrended TEC map. The enhancement of ROTI was observed at the poleward edge of the trough and within the trough. The second enhancement seems to be attributed to the storm-enhanced plasma density (SED). SED was found as the region where TEC is enhanced from southeast to northwest. The enhancement of ROTI was observed at the poleward of SED region. In this study, we examine mechanism of the ionospheric irregularity causing the ROTI enhancement.

北米には約 2000 基の 2 周波 GPS 受信機が設置されている。これらの GPS 受信機は、GPS 衛星から送信される二つの周波数の電波を受信し、30 秒おきに搬送波位相と擬似距離のデータを記録している。GPS 電波は、電離圏中の電子によって位相速度の進みと群速度の遅延が生じるため、搬送波位相と擬似距離を解析することによって衛星と受信機の間にある全電子量 (Total Electron Content; TEC) を測定することができる。GPS データから求めた TEC には、衛星と受信機のハードウェアに起因するバイアスが含まれるが、本研究では、相対的な TEC の変動にだけ注目するため、バイアスを考慮する必要はない。

電離圏中に生じる電子密度の擾乱を調べるため、TEC の 30 秒ごとの差分である ROT (Rate Of TEC change) を計算し、ROT の 5 分間の標準偏差である ROTI (Rate Of TEC change Index) を調べた。北米にあるすべての受信機と衛星によって得られたデータから、北米全体の ROTI の水平二次元分布図を得ることができる。それぞれの衛星-受信機間で得られた ROTI を水平二次元図に投影する際、上空 300km に電離層があると仮定した。空間分解能は緯度経度 $0.75 \text{ 度} \times 0.75 \text{ 度}$ である。

2013 年 3 月 17 日に発生した磁気嵐は、Dst 指数が 17 日 21UT に最小の -132nT となり、17 日の 09 UT から 3 月 18 日の 07 UT ごろまで続いた。この磁気嵐の主相にあたる 09-13UT と Dst が極小になった直後の 22-23UT に、北緯 45-50 度付近に ROTI の増大が見られた。この ROTI の増大の原因を調べるため、同じく TEC データを用い、それぞれの衛星-受信機間で得られた TEC から 1 時間移動平均を引いた偏差を調べた。ROTI と同様に、北米上空の TEC 偏差の水平二次元分布を調べた。TEC 偏差の水平二次元分布図から、09-13UT において、北緯 40-50 度付近に東西に延びる TEC の減少領域がみられた。この TEC の減少領域は、トラフと考えられ、ROTI の水平二次元分布図と比較することにより、ROTI の増大はトラフの内部及び極側の境界付近で見られることが分かった。また、22-23UT では、storm-enhanced plasma density (SED) によると考えられる、南東から北西に延びる TEC の増大領域が見られた。ROTI の水平二次元分布と比較することにより、ROTI の増大は SED の極側で見られることが分かった。本研究では、ROTI の増大を起こす電離圏擾乱の生成機構について考察する。