

2024 年 5 月の磁気嵐における GNSS 測位誤差と電離圏擾乱との関係

#中村 京誠³⁾, 大塚 雄一¹⁾, 新堀 淳樹¹⁾, 西岡 未知²⁾, PERWITASARI Septi²⁾, 傅 維正³⁾

⁽¹⁾ISEE, ⁽²⁾ (独) 情報通信研究機構, ⁽³⁾ 名古屋大学

Effects of Ionospheric Disturbances on GNSS Positioning Errors during the Geomagnetic Storm on May 2024

#Kyosei Nakamura³⁾, Yuichi OTSUKA¹⁾, Atsuki SHINBORI¹⁾, Michi NISHIOKA²⁾, Septi PERWITASARI²⁾, Weizheng FU³⁾

⁽¹⁾Institute for Space-Earth Environmental Research of Nagoya University, ⁽²⁾NICT, ⁽³⁾Nagoya University

Signals from the Global Navigation Satellite System (GNSS) travel through the ionosphere before being received by ground-based receivers. Consequently, ionospheric disturbances in electron density can degrade signal quality and reduce positioning accuracy. Previous studies have established that ionospheric disturbances during geomagnetic storms can impact GNSS positioning. Specifically, during the geomagnetic storm of May 2024, a region of increased Total Electron Content (TEC) was observed extending northwestward over Japan. Within this region, plasma bubbles—localized TEC depletions—were also detected. Previous studies have also shown that the appearance of these structures correlates with an increase in GNSS positioning errors.

This study investigates the relationship between ionospheric disturbances and GNSS kinematic positioning errors during the May 10 – 11, 2024 geomagnetic storm, using data from the Geospatial Information Authority of Japan's GNSS Earth Observation Network System (GEONET) and SoftBank Corporation's GNSS network. As a result, the vertical TEC in Morioka, Japan, was observed to increase to 27.2 TECU. To detect the electron density irregularities in the ionosphere, we examined the Rate of TEC change Index (ROTI), which is calculated as the 5-minute standard deviation of 30-second TEC differences. ROTI values were found to increase between 16:00 and 17:00 UT, with an average of 2.1 TECU/min. Using data from receivers installed in the Tohoku region, we performed kinematic positioning with RTKLIB. A significant increase in the three-dimensional positioning errors was observed between 13:00 and 21:00 UT on May 11, 2024.

We further investigated the dependence of kinematic positioning errors on the orientation of the baseline between the base and rover stations. Errors tended to be larger for north – south oriented baselines compared to east – west baselines. The error ratio between north – south and east – west baselines was approximately 1.2 before the disturbances but rose to about 2.2 between 13:00 and 13:30 UT, when ROTI value increased. These results suggest that the structure of ionospheric disturbances influences positioning errors.

In this presentation, we will discuss the relationship between baseline-direction-dependent positioning errors and the structures of these ionospheric disturbances.

Acknowledgments:

The SoftBank's GNSS observation data used in this study are provided by SoftBank Corp. and ALES Corp. through the framework of the “Consortium to utilize the SoftBank original reference sites for Earth and Space Science”

全球測位衛星システム (Global Navigation Satellite System; GNSS) から送信される信号は、電離圏を通過し、地上に設置された受信機で受信される。このため、電離圏に電子密度の擾乱が発生すると、その影響を受け、測位精度が低下する可能性がある。これまでの研究により、磁気嵐時に発生する電離圏擾乱が GNSS 測位に影響を及ぼすことが示されている。特に、2024 年 5 月に発生した磁気嵐時には、日本上空において、北西方向へ伸びる全電子数 (Total Electron Content; TEC) の増大領域が現れ、その内部に TEC の局所的な減少であるプラズマバブルが観測され、これらの出現時に、GNSS 測位誤差が増大していることが示された。

本研究では、磁気嵐が発生した 2024 年 5 月 10 日-11 日における電離圏擾乱と GNSS を用いたキネマティック測位誤差との関係を調べるため、国土地理院 GNSS 連続観測システム (GEONET) および ソフトバンク株式会社の GNSS 観測網のデータを用いた。結果として、日本の盛岡市において鉛直 TEC は 27.2 TECU に増大していた。TEC の擾乱を検出するため、TEC の 30 秒間における差分を計算し、その 5 分間の標準偏差である ROTI(Rate of TEC change Index) を調べた。ROTI は、16:00-17:00 UT に増大しており、その平均は 2.1 TECU/min であった。東北地方に設置された受信局で得られたデータを用い、RTKLIB によりキネマティック測位を実施した。3 次元測位誤差を算出すると、2024 年 5 月 11 日 13:00-21:00 UT には測位誤差の顕著な増加が観測された。

キネマティック測位において、基準局と移動局を結ぶ基線の方向による測位誤差の違いを調べた。基線が南北方向に

ある場合は、東西方向にある場合に比べて誤差が大きい傾向がある。基線が南北方向の場合と東西方向の場合の誤差の比は、電離圏擾乱が発生する前の時間帯では約 1.2 倍であったが、**ROTI** が増大していた 13:00 – 13:30 UT においては、約 2.2 倍であった。この結果は、電離圏擾乱の構造が影響している可能性が考えられる。

本講演では、基線方向による測位誤差の違いと電離圏擾乱の構造との関係を議論する。

謝辞：

本研究で使用したソフトバンクの GNSS 観測データは、「ソフトバンク独自基準点データの宇宙地球科学用途利活用コンソーシアム」の枠組みを通じて、ソフトバンク株式会社および ALES 株式会社により提供されました。