

**R010-16**  
**Zoom meeting C : 11/4 AM1 (9:00-10:30)**  
**10:00~10:15**

## **GBAS の脅威となる低緯度電離圏電子密度急勾配パラメータ間の相関特性について**

#中村 真帆<sup>1)</sup>, 斎藤 享<sup>1)</sup>, 吉原 貴之<sup>2)</sup>  
(<sup>1)</sup> 電子航法研, (<sup>2)</sup> 電子航法研

## **Correlation of steep ionospheric delay gradient parameters as a threat to GBAS in the low magnetic latitude region**

#Maho Nakamura<sup>1)</sup>, Susumu Saito<sup>1)</sup>, Takayuki Yoshihara<sup>2)</sup>  
(<sup>1)</sup> ENRI, MPAT, (<sup>2)</sup> ENRI

Spatial gradient in the ionospheric electron density is a threat to differential GNSS systems such as the GNSS ground-based augmentation system (GBAS), because it may cause spatial decorrelation of differential correction between the reference station and a user. Steep spatial ionospheric gradients in the low magnetic latitude region are caused mainly by the equatorial plasma bubble (EPB). Past studies by the authors have also confirmed that the occurrence of steep electron density gradients is consistent with the occurrence characteristics of EPB. Although the mechanism of EPB development has been studied extensively for a long time, the development conditions under which a gradient with a width of several tens of kilometers that threatens GBAS have not been clarified.

Parameters that characterize the ionospheric delay gradients, which is called ionospheric threat model are used for the safety design of GBAS. The parameters include the slope, depth, width, and moving speed. GBAS has to be safe against the worst case combination of these parameters. The ionospheric delay gradient parameters are usually treated as independent ones, and therefore any possible combinations of them have to be considered, which may result in unrealistic extreme worst cases. To ensure integrity even for such extreme cases, availability of GBAS may be degraded. To reasonably exclude such unrealistic cases, it is effective to analyze the correlations of the parameters. Although we have collected and analyzed parameters of steep ionospheric delay gradients, correlations between all possible combinations of gradient parameters have not been analyzed yet. In addition, we try to clarify the conditions that the gradient develops to be a threat from the analysis.

We used the single-frequency-carrier-phase based and code-aided technique to precisely estimate the slope of ionospheric delay gradients. Ionospheric delays derived with dual-frequency observations are used to derive the width, depth, and speed. We presents the results of correlation analysis of the gradient parameters when the steep spatial gradients occur.

地上型衛星航法補強システム (GBAS) において電離圏脅威として想定されるのは、急な空間勾配を持ちながらそのスケールサイズの幅が航空機と GBAS 基準点との数十 km の距離の間に収まってしまい検知できないような電子密度急勾配である。電子密度急勾配は磁気低緯度においては主に赤道プラズマバブル (EPB: equatorial plasma bubble) の発達によって引き起こされると考えられており、著者らによる過去の研究でもこのような急な空間勾配の発生が EPB の発生特性と一致することも確認している。しかし EPB 発達のメカニズムは古くから数多く研究されているものの、GBAS に脅威となるような数十 km の幅を持つ勾配が発達する条件については明らかになっていない。

GBAS では運用上脅威となりうる電離圏空間勾配についてその勾配値、深さ、幅、移動速度をパラメータとして、GBAS の安全性設計を行う。現在これらのパラメータはそれぞれ相関のない独立なものとして扱われているため、極端な最悪ケースが想定されうる。それらの極端なケースにおいても安全性を保つため、運用可能条件が厳しくなり、可用性が制限されうる。極端なケースの発生可能性を評価し、非現実的なケースを排除するためには、パラメータ間の相関関係を調べるのが有効である。筆者らはこれまでも電離圏急勾配事例の解析を行ってきたが、勾配パラメータ全ての組み合わせについての相関関係までは調べていなかった。また勾配パラメータの特性や相関から電離圏脅威となるような勾配が発達する条件等を明らかにできる可能性もある。

本研究では、GNSS の一周波搬送波位相観測をベースとして周波数間バイアス誤差の影響を受けずに 2 点間の電離圏遅延差を推定可能な Single-Frequency Carrier-Based and Code-Aided (SF-CBCA) 法を用いて電離圏勾配を抽出し、GNSS の二周波観測による全電子数変動解析を加えて電離圏勾配パラメータを高精度に推定した。これらを用いて低緯度電離圏勾配が GBAS の脅威となり得るまでに発達するケースについて勾配パラメータ解析から得られたパラメータ相関について解析を行ったので報告する。