

太陽活動極大期における電離圏擾乱による GNSS キネマティック測位への影響

Impacts of Large-Scale Ionospheric Disturbances on
GNSS Kinematic Positioning During Solar Maximum

藤原 智 細谷 素之 来田 倍周
Satoshi Fujiwara Motoyuki Hosoya Masunori Kitada
株式会社ジェノバ
JENOBA Co., Ltd.

1. はじめに

GNSS の電波は電離圏において経路上の全電子数に比例した遅延が生じる。通常、その遅延による誤差を補正・軽減するために、相対測位やモデルを使ったり、2周波を利用したりしている。現在、太陽活動の極大期であり、通常の手法では軽減しきれない電離圏擾乱現象も発生している。本報告では、太陽活動の活発なこの時期に発生した大規模な電離圏擾乱による GNSS キネマティック測位への影響について紹介する。

2. GNSS 測位への影響と中小規模の擾乱

電離圏での遅延量の変化は 10m 以上にわたるもの、その変化が空間的・時間的にゆったりしたものであれば通常の補正が十分に機能する。しかし、大規模太陽フレア発生等に伴う宇宙天気現象発生時には、電離圏が大きく乱れることで、電離圏内で GNSS 電波の回折・屈折が発生して異なる経路を経た電波が混合するとともに、その変化が高速となる。したがって測位側では、FIX 解が得られず、また FIX しても大きく値がばらつく現象が発生する。

当社は国土地理院の電子基準点網（GEONET）を用いて、毎秒ごとに数 cm 精度の位置測定が全国どこでもできるサービス（ネットワーク型 RTK）を提供しており、このサービスの精度等を全国各地で常にモニタリングしている。

太陽活動の活発化に伴い、MSTID（中規模伝搬性電離圏擾乱）やプラズマバブル現象等によって、FIX 解が得られない測位は春分・秋分時期を中心に頻発した。しかし、これらの中小規模の電離圏擾乱の影響は、受信機の設置環境によってマルチパス、電波障害等の影響でもともとの測位精度が劣化している場合に発生しやすい。また FIX 解が得られない時間は短時間であり、さらに擾乱の空間分布も限られるのが通常である。

3. GNSS 測位への大規模な影響は 3 回発生

問題となったのは GNSS 測位へ大きな影響を及ぼす大規模な電離圏擾乱であり、2024 年 2 月から 2025 年 10 月の 1 年 9か月の期間に 3 回発生した。

これらのうち、2024 年 5 月 11 日 22 時頃～12 日 8 時頃（日本時間 JST。以下同じ。図 1）及び 2025 年 6 月 2 日 21 時頃～3 日 6 時頃の 2 回は、

- (1) 夜間から朝に発生
- (2) 北東から南西方向に影響域が移動
- (3) 一点ごとの影響時間が数時間継続

という共通した特徴があった。現象が MSTID によるものに似ているが、それよりも長時間継続し、空間的に大規模で影響の度合いも甚大になったものである。

もう一つは、2025 年 1 月 1 日 13 時頃～2 日 14 時頃に発生した。九州付近で擾乱が発生し、その影響域が東北地方程度まで広がり、数時間程度でまた南側に戻って消えていくというパターンが強さを変えつつ複数回繰り返され、全体として 24 時間ほどの影響があった。この変動パターンはプラズマバブル現象（通常低緯度で日没以降発生）によるものに類似しているが、最大規模のものは朝 6 時ごろに発生している。

これら 3 例に共通するのは、

- (1) 影響時間が長い
- (2) 影響範囲が広い
- (3) FIX しても値が大きくばらつく
- (4) 磁気嵐の最中に発生
- (5) 日本で低緯度オーロラが同時期に観測

（2025 年 6 月の現象は前日にオーロラ観測）

があげられる。

測位ユーザーにとってこれらの影響は大きく、こうした現象を事前に予測する宇宙天気予報に加え、GNSS 受信機及び解析ソフトウェアの耐電離圏擾乱性能の向上に期待したい。

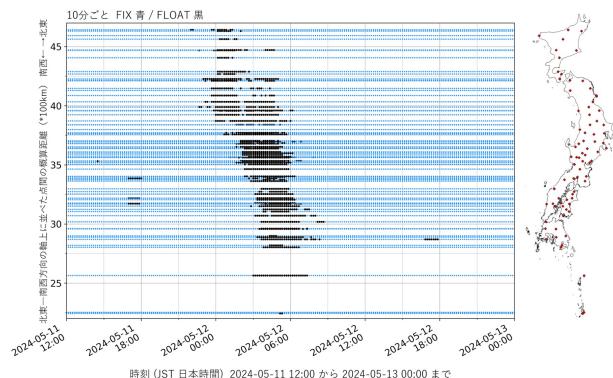


図 1 大規模電離圏擾乱発生時の GNSS キネマティック測位の FIX 状況（2024 年 5 月 11 日～12 日の 36 時間）

10 分ごとの FIX（青）、非 FIX（黒）。

45 度傾けた日本列島上で北東から南西方向に各観測点（電子基準点）を並べてある。