

宇宙天気三二講座

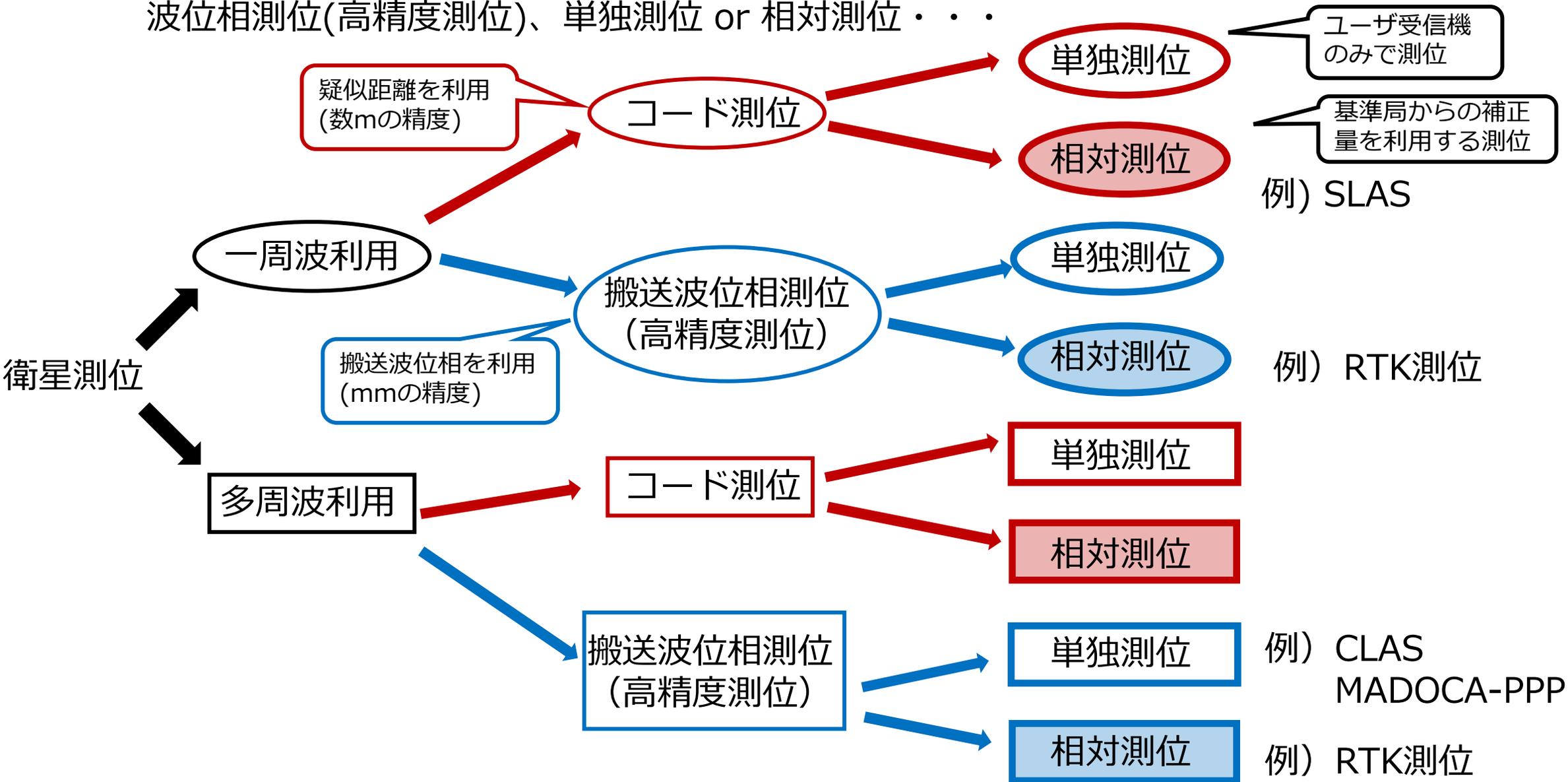
衛星測位編

- 電離圏が衛星測位精度を劣化させる仕組みについて
- 測位ユーザーのための宇宙天気情報の見方

情報通信研究機構 電磁波研究所
電磁波伝搬研究センター 宇宙環境研究室
西岡未知 (nishioka@nict.go.jp)

衛星測位の手法はさまざま

- 「測位」といってもその手法はさまざま。一周波利用 or 多周波利用、コード測位 or 搬送波位相測位(高精度測位)、単独測位 or 相対測位・・・



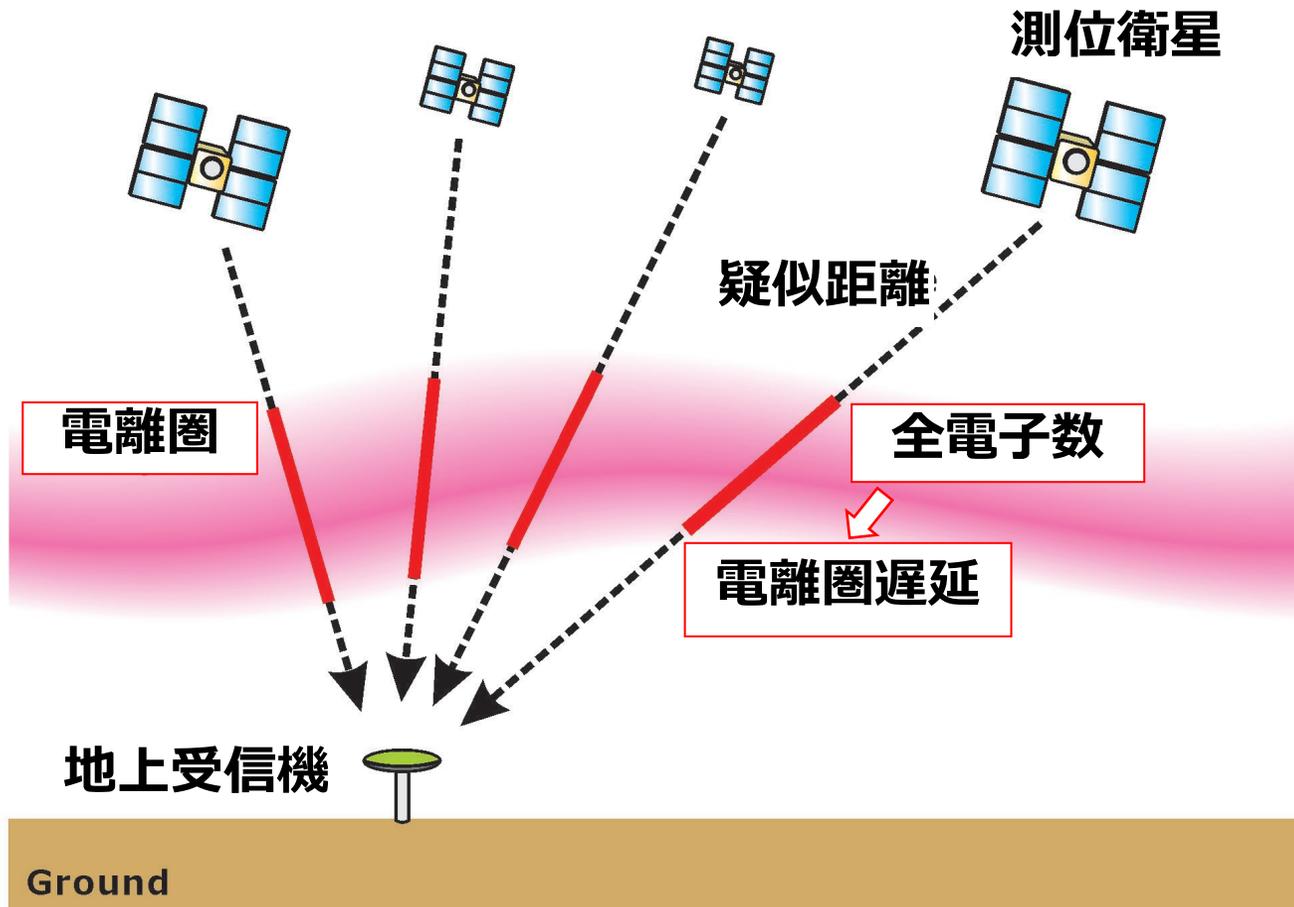
衛星測位を劣化させる電離圏現象とその本質

- 各測位手法に影響を与える現象は、「電離圏嵐」「プラズマバブル」「MSTID」等複数あるが、その本質は「電離圏遅延」「空間勾配」「シンチレーション」の3つのみ。

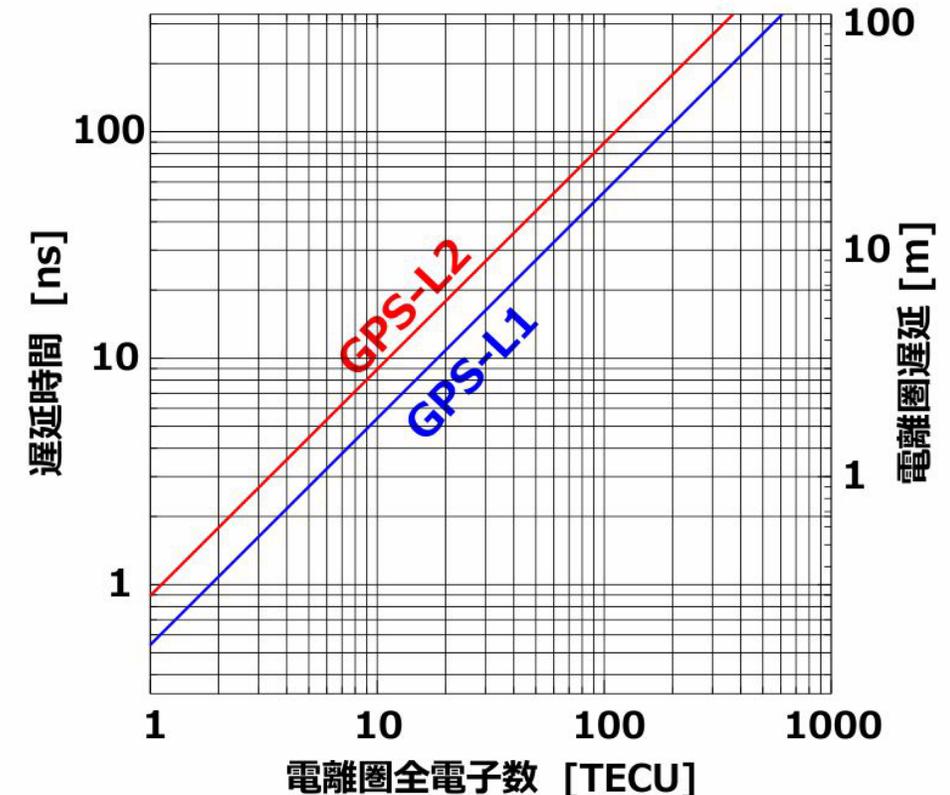
電離圏の効果		電離圏全電子数				電離圏不規則構造		
		電離圏遅延		電離圏遅延空間勾配		強度シンチレーション	位相シンチレーション	
電離圏現象		正相嵐	負相嵐	SED/SIPS	プラズマバブル	MSTID	プラズマバブル	オーロラ
1周波	単独	✓	✓	✓	✓		✓	✓
	相対			✓	✓		✓	✓
1周波 (精密)	相対 (位相) 単独	主に一周波単独測位に影響		一周波測位と二周波精密測位に影響		✓	測位全体に影響	
	(PPP)			✓	✓	✓	✓	✓
2周波	単独						✓	✓
	相対					✓	✓	✓
2周波 (精密)	相対 (位相)			✓	✓	✓	✓	✓
	単独 (PPP)			✓	✓	✓	✓	✓

「電離圏遅延」が測位精度を劣化させる仕組み

- 1周波GNSS測位で利用される擬似距離には電離圏遅延量が含まれる。
- 遅延量は伝搬経路上の電子密度の積算量（全電子数）に比例。L1帯の場合、昼間に数mから十数m、夜間には数m程、遅延する。
- 1周波GNSS測位において、電離圏遅延は最大誤差要因の一つ。

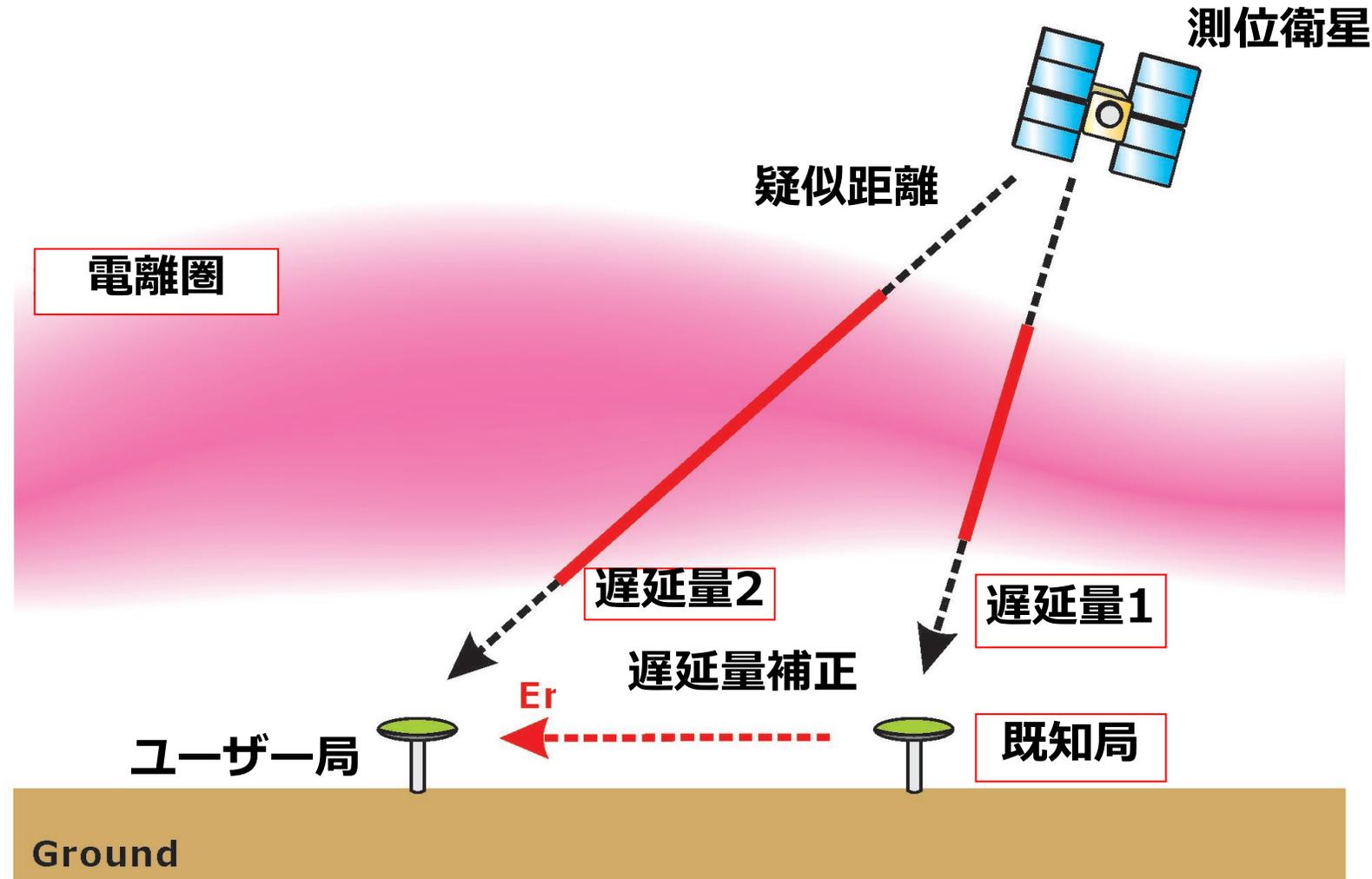


全電子数と遅延量・時間の対応



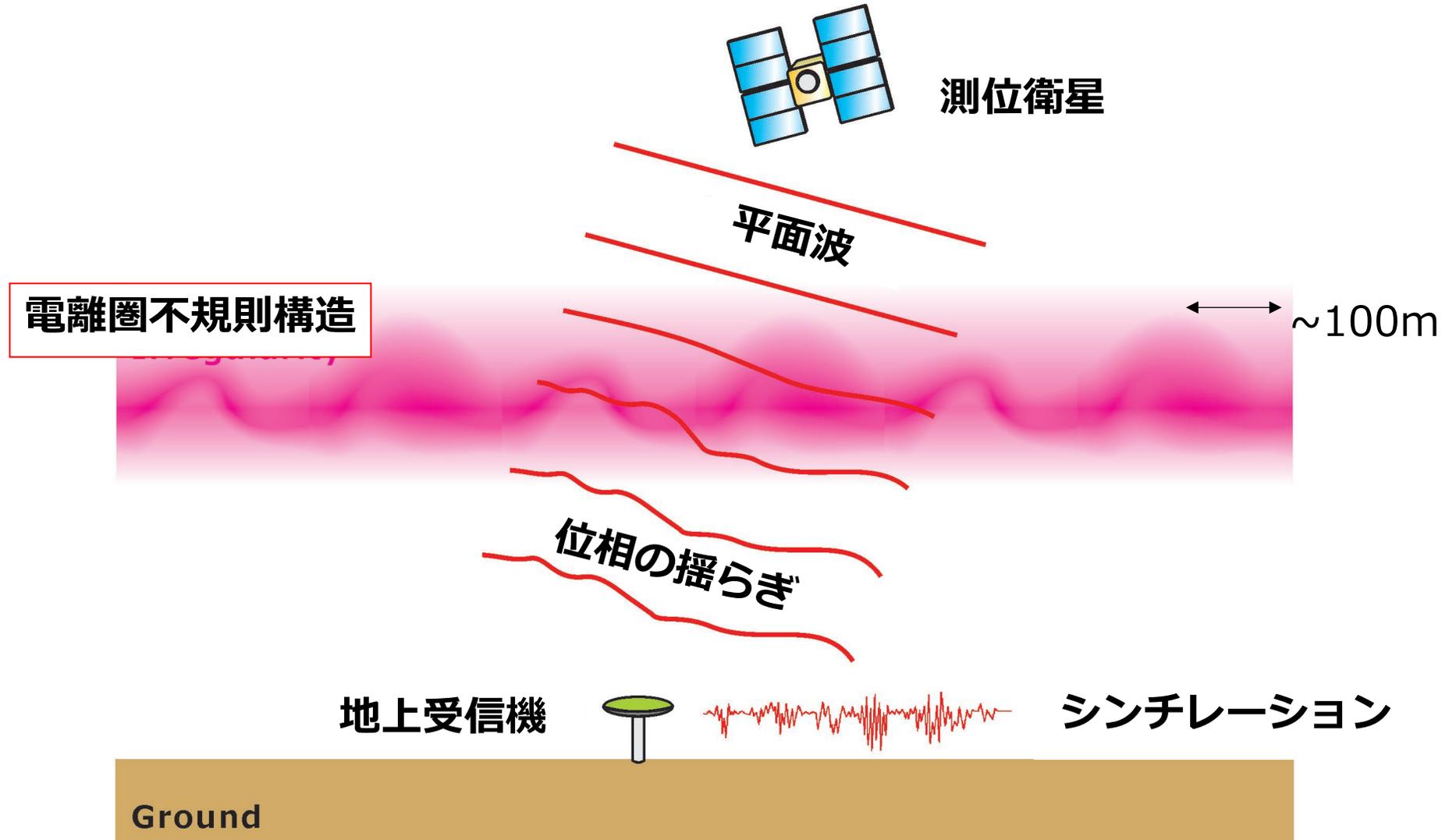
「電離圏空間勾配」が測位精度を劣化させる仕組み

- 相対測位の場合、遅延量は基地局とユーザー局の上空で等しいという仮定を置くため、電離圏空間勾配があると、その過程が破綻し、測位精度劣化に直結する。



「シンチレーション」が測位精度を劣化させる仕組み

- 電離圏の電子密度に数100mスケールの強い不規則構造がある場合、GNSSシンチレーションが発生し、GNSS信号のロック損失に繋がる場合がある。



まとめ（前半）

①電離圏が衛星測位測位精度を劣化させる仕組みについて

測位に影響を与える電離圏の特徴は以下の3つ

「電離圏遅延」 主に一周波単独測位ユーザーに影響

「電子密度の空間構造」 主に一周波/二周波相対測位ユーザーに影響

「シンチレーション」 測位ユーザー全般に影響

②測位ユーザーのための宇宙天気情報の見方

「電離圏遅延」

→NICT宇宙天気予報の「電離圏嵐」が良い指標

「空間勾配」および「シンチレーション」

→NICTの**ROTIマップ**が良い指標

午後の講演でNEC様より「DGPS測位への電離圏擾乱の影響」の講演をいただきます。

電離圏遅延の状況/予報は宇宙天気予報Webより発信

NICT宇宙天気予報Webにて、電離圏状況の閲覧が可能。

宇宙天気予報
国立研究開発法人情報通信研究機構

ホーム レポート **現況** 予報 ユーザーガイド リンク

太陽プロトン速報
11月12日03時15分UT (11月12日12時15分JST)に、10MeV以上のプロトン粒子フラックスは1.0e+03 PFU以下になりました。

臨時情報
2025/11/12 11:30 更新
【地磁気嵐】
11月12日0時9分UTに急始型地磁気嵐が発生し、現在も継続中です。

【プロトン現象】
静止軌道の10MeV以上のプロトン粒子フラックスは、11月12日1時45分UTに1000 PFUを超えました。

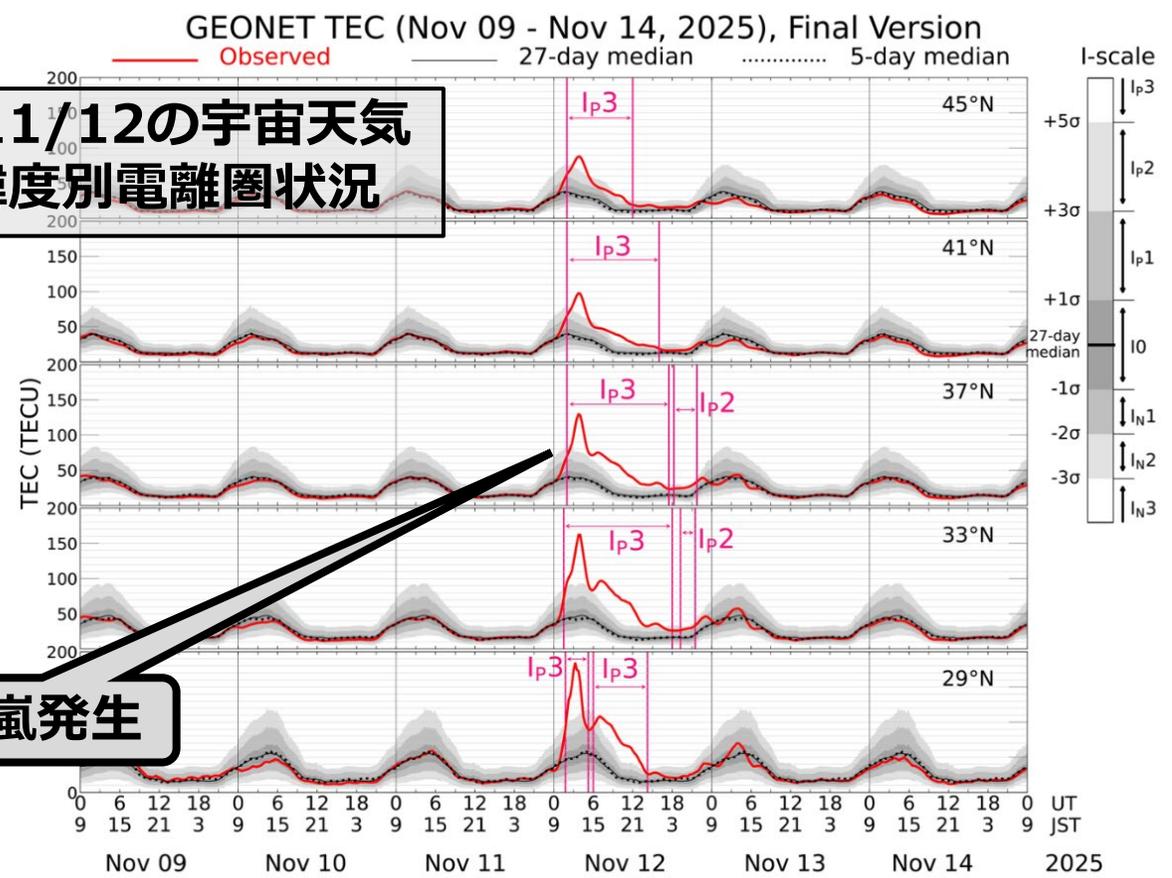
お知らせ
2025年11月9日～11日にかけて太陽面で大規模な爆発が複数回発生、地球方向への高速コロナガスの噴出を確認
新宇宙天気イベント通報及び宇宙天気情報利用ガイドラインを公開しました

予報
2025/11/12 15:00 JST ~ 2025/11/13 14:59 JST

太陽フレア	プロトン現象	地磁気擾乱	放射線帯電子	電離圏嵐	デリツァー現象	磁気圏嵐
▲非常に活発 Lv.4	▲継続 Lv.3	▲猛烈に活発 Lv.5	静穏 Lv.1	▲非常に活発 Lv.3	▲高い Lv.3	▲活発 Lv.3

概況・予報
太陽活動は非常に活発でした。引き続き今後1日間、太陽活動は非常に活発な状態が予想されます。地磁気活動は静穏で、今後1日間、地磁気活動は猛烈に活発な状態が予想されます。電離圏は静穏な状態でした。今後1日間、電離圏は乱れると予想されます。11月12日05時55分UTに発生したプロトン現象は、現在も継続中です。

2025/11/12の宇宙天気嵐時の緯度別電離圏状況



正相嵐発生

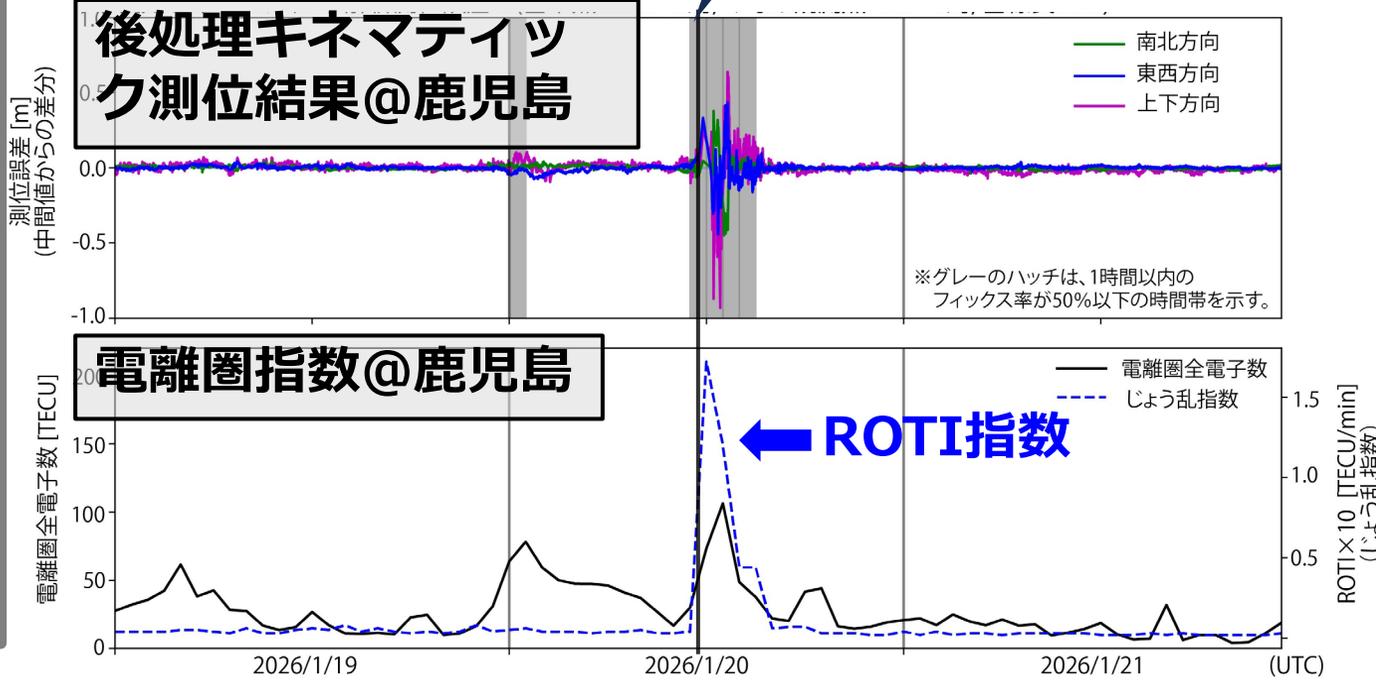
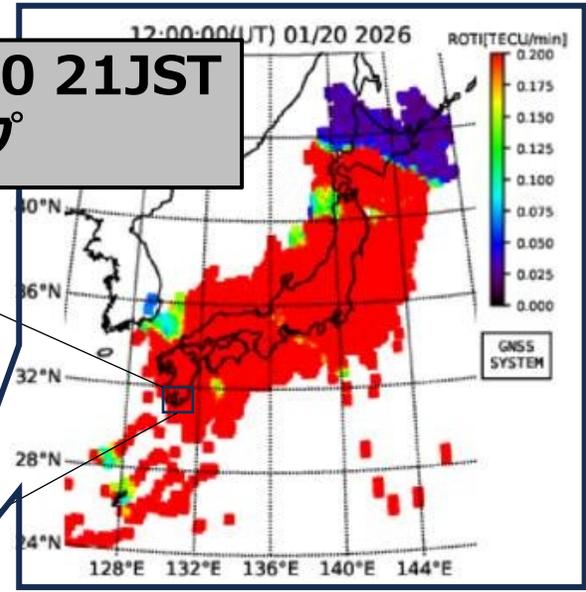
➤ 2025/11/12の正相嵐発生時、国土地理院によると、「一般的なGNSS測位方式にて11月12日の日中に測位誤差が大きくなることが確認」されている。
(<https://www.gsi.go.jp/denshi/denshi65019.html>)

➤ NICTでは「電離圏嵐」の予報も行っている

空間勾配・シンチレーションは、ROTI指数が目安となる

- NICTでマップ公開を行っているGPS観測の電離圏擾乱指数 (ROTI) が空間勾配/シンチレーションと相関が良い。
- 宇宙天気嵐時、キネマティック解析にて測位精度劣化した日時にて、ROTIが大きくなっていることを確認済み。

2026/1/20 21JST
ROTIマップ



DRAWING-TEC: [Home](#)
 GEONET GPS全電子数マップ: [確定値 \(数日遅延\)](#) | [準リアルタイム \(数時間遅延\)](#) | [リアルタイム](#)

GEONET リアルタイムGPS全電子数マップ
 (最新6時間、10分間隔)

Japanese / [English](#)

リアルタイム全電子数 (TEC)、TEC変動成分、電離圏電子密度擾乱指数 (ROTI)、GPS信号ロック損失率 (LOL) の各マップは、電子航法研究所、京都大学、及び名古屋大学の協力のもと、国土地理院のGPS受信機網 (GEONET) データを利用してNICTが算出し作成したものです。TEC、TEC変動成分、ROTI、LOLマップは速報値であり、正確な値で無い可能性があります。このページに対するご質問・ご意見等は、iono@ml.nict.go.jp にメールをお願いいたします。

データの種類	全電子数 (TEC)	TEC変動成分 (60分以下)	TEC変動成分 (15分以下)	電子密度擾乱指数 (ROTI)	GPS信号ロック損失率
2026/02/18 20:20 UT					
2026/02/19 05:20 JST					
2026/02/18 20:10 UT					
2026/02/19 05:10 JST					

まとめ

①電離圏が衛星測位測位精度を劣化させる仕組みについて

測位に影響を与える電離圏の特徴は以下の3つ

「電離圏遅延」 主に一周波単独測位ユーザーに影響

「電子密度の空間構造」 主に一周波/二周波相対測位ユーザーに影響

「シンチレーション」 測位ユーザー全般に影響

②測位ユーザーのための宇宙天気情報の見方

「電離圏遅延」

→NICT宇宙天気予報の「電離圏嵐」が良い指標 →



「空間勾配」および「シンチレーション」

→NICTの**ROTIマップ**が良い指標 →

