



space weather data for your business

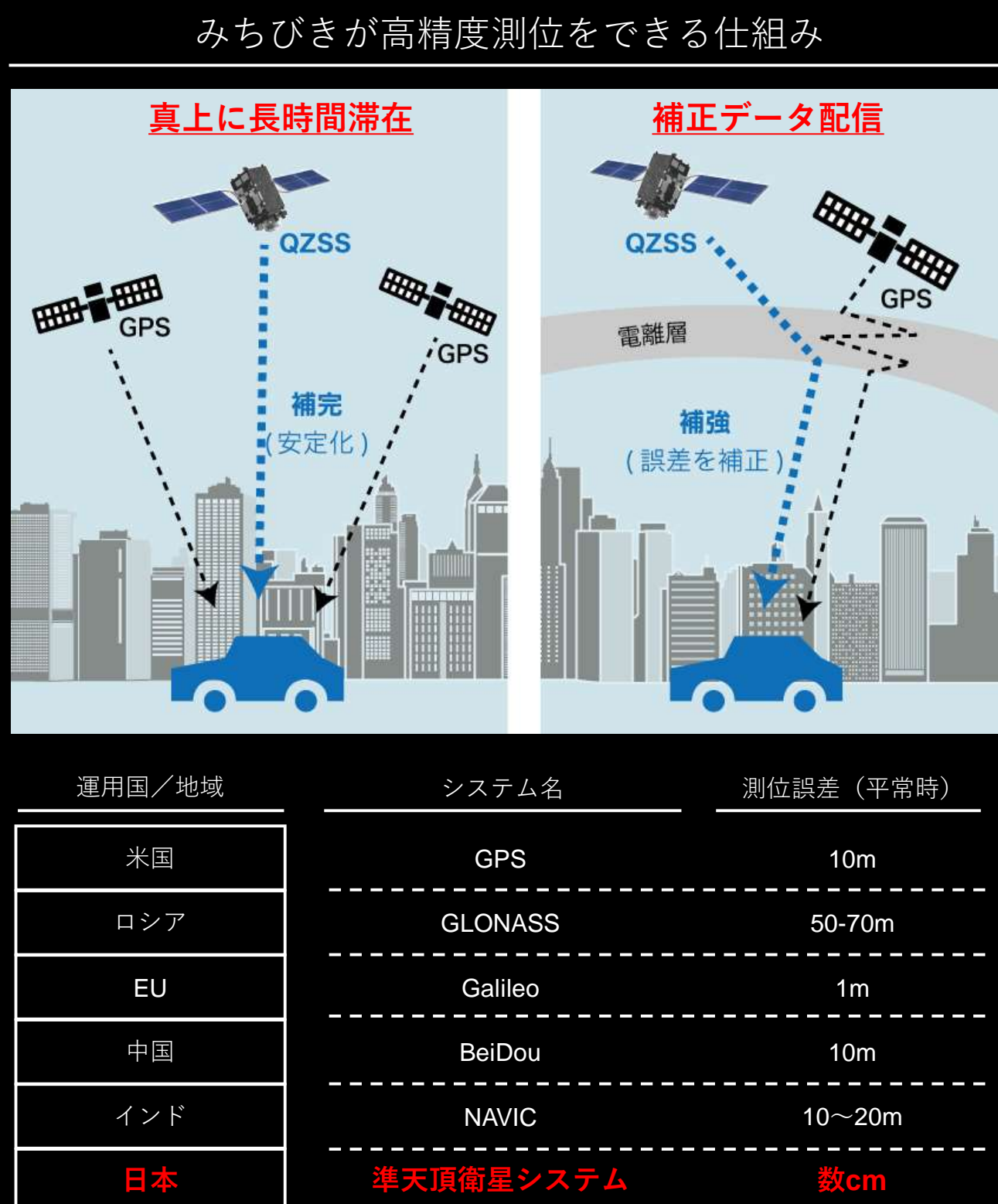
# Space Weather Company

## 電離圏擾乱特性と測位誤差の定量的関係性の明確化

### Clarifying the quantitative relationship between ionospheric disturbance and GNSS errors

#### ●研究背景：GNSS測位誤差発生予測の重要性／過去に発生した測位誤差の影響事例

みちびきはセンチメートル級という高精度測位を実現しているものの、宇宙天気や受信環境などで断続的に発生する測位誤差への対応は、高精度測位の社会普及に向けた課題となっている。また、実証実験や民間サービスの実運用において、宇宙天気や信号受信環境の要因によって「公称値通りの精度が出ない」あるいは「一時的に大きな誤差が生じる」事例が報告されている。



測位誤差が懸念されている分野と主要な影響

- スマート農業** 作業品質低下・事故
  - トラクター進路逸脱による作物踏み荒らし、時(あぜ)への衝突
  - 種まき・植え付けの重複による肥料・種子の無駄
- ドローン・物流** 墜落・サービス停止
  - 着陸精度の悪化による墜落や建物への接触
  - RTK信号喪失による自律飛行の中断・漂流
- 自動運転** 安全性喪失・渋滞
  - 自車位置のジャンプによる急ブレーキ、急ハンドル、自動走行解除の頻発
  - システムへの不信感による導入・普及の停滞
- 測量・点検** 経済的損失発生・手戻り
  - 誤った座標での施工による数千万円規模のやり直し発生
  - 災害時の斜面監視データ等の異常値による誤報

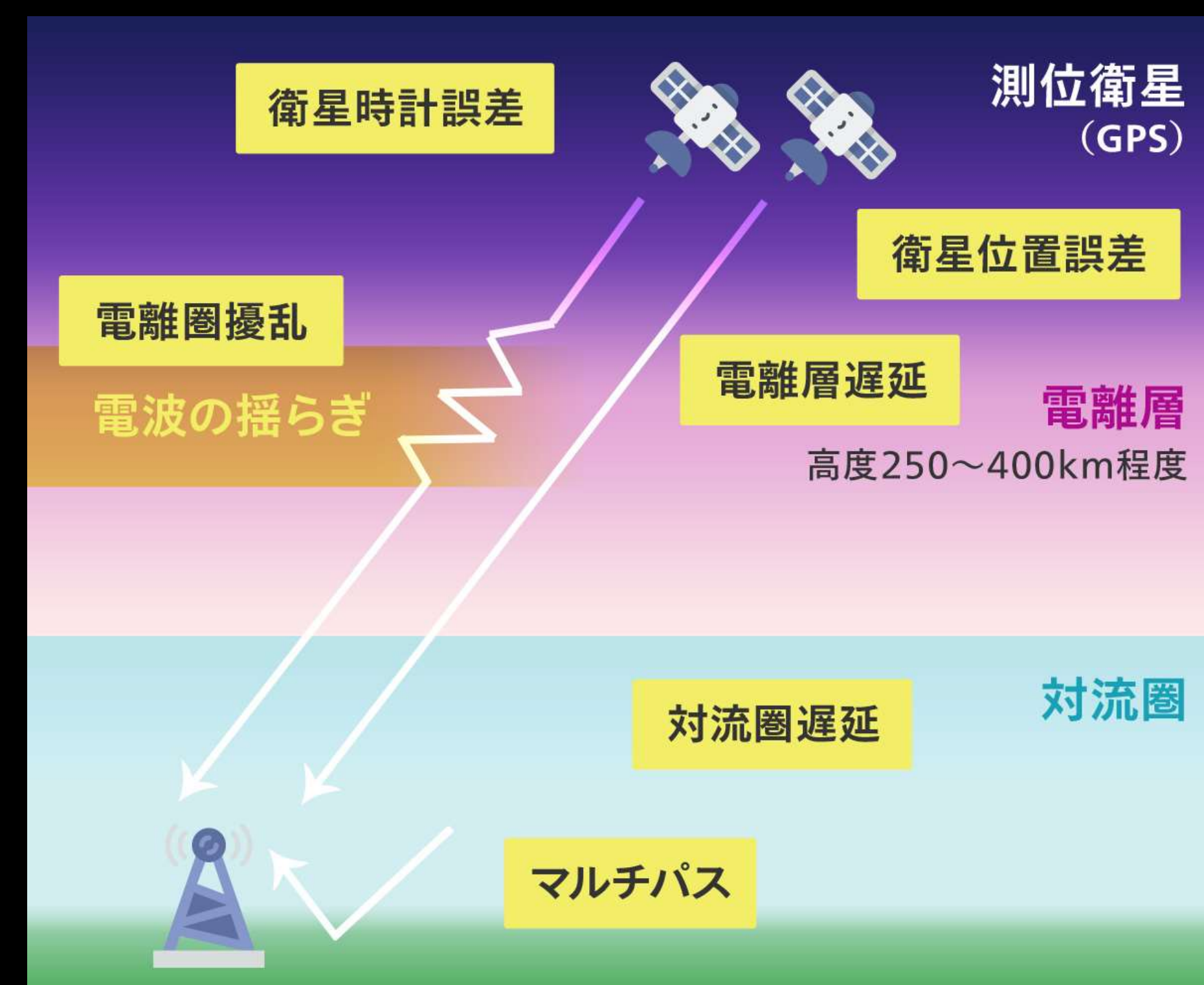
もし宇宙天気や受信環境等で測位誤差が発生すると...

カテゴリー	発生時期	被害・影響状況のサマリー	情報の出所
農業	24年 5月11~12日	北海道から九州まで、日本各地の農家から「自動操舵トラクターが作業中に突然経路を外れた」「RTK(基準局補正)がFix(固定解)からFloat(不安定な解)になり、作業を中断せざるを得なかった」という報告が相次いだ。	NHK、農機メーカー 各社注意喚起
ドローン	22年2月	東京都内(ベイエリア)での物流ドローン実証中、高層ビル群によるマルチパスの影響で、着陸地点の精度が数メートル単位で悪化。目標地点への正確な着陸が困難に。	内閣府 準天頂衛星システム 利用実証報告書
自動運転	24年 5月11~12日	農業用散布ドローンや測量用ドローンにおいて、飛行ルートが数メートル単位でズレる現象が発生。精密な散布が不可能になり、多くの業務がこの2日間停止。	農機メーカー、SNSなど
自動運転	20年12月	西新宿の高層ビル街での走行試験にて、みちびきの補強信号(CLAS)を使用しても、反射波の影響で自車位置が数メートル「ジャンプ」し、車線維持が困難に。	内閣府・戦略的イノベーション創造プログラム(SIP) 報告書
自動運転	25年 11月12日	自動運転の実証実験中に人を乗せた電動カートが手すりに接触したのを巡り、つくば市は、当日発生していた強い太陽フレアに起因する衛星測位精度の低下が原因と発表。	茨城新聞
測量・観測	24年 5月11日	磁気嵐に伴う電離圏の乱れにより、国土地理院の電子基準点データにおいて、通常数ミリ数センチの誤差に収まるはずの解析結果に、数十センチ単位のノイズが発生。精密測量業務が一時的に延期。	国土地理院(GEONET観測状況)、測量業界専門誌

#### ●測位誤差発生の要因

測位誤差を生む要因は①衛星機側、②伝搬経路、③受信機側、④受信環境に分類され、中でも宇宙天気、特に「太陽フレア」や「地磁気嵐」に伴う電離圏の乱れは、最大の外部攪乱要因となる。

要因分類	要因	内容・メカニズム	情報の出所
衛星	軌道誤差	衛星の正確な位置(エフェメリス)と実際の軌道のズレ	1~2.5m
	時計誤差	衛星に搭載された原子時計のわずかな時刻のズレ	1~2.5m
伝搬経路	電離圏遅延	上空約100~1000kmの電離層を通る際、電波が屈折し遅延する。最大のGNSS測位誤差要因	2~10m
	対流圏遅延	地表に近い大気(水蒸気など)によって電波が遅延	0.1~2.5m
受信機	受信機ノイズ	受信機内部回路で発生する電氣的なノイズによる計測ミス	0.1~0.5m
	時計誤差	受信機の時計の精度不足によるズレ	計算で相殺されるが微残
受信環境	マルチパス	ビルや地面に反射した電波を受信してしまうことで経路が長くなる現象	0.5~数m
	遮蔽(幾何学的配置)	衛星の配置が偏っていると計算精度が落ちる	倍率として作用



出所：NICT;衛星測位の誤差要因 (https://iono-syowa.nict.go.jp/iono/scintillation.html)

#### ●研究開発のアプローチ／進め方

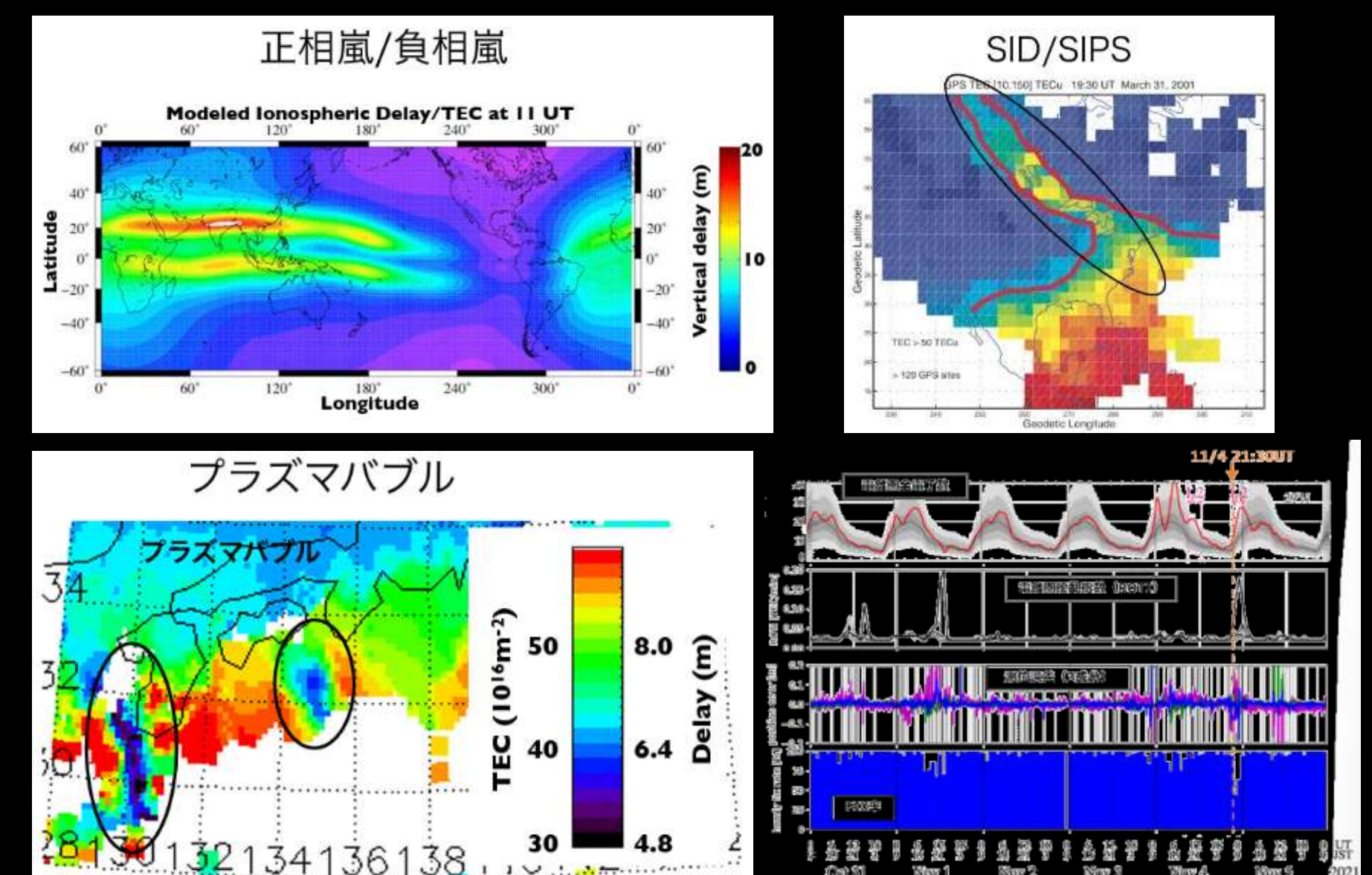
日本上空電離圏環境に過去に観測された代表的な電離圏擾乱について、その物理的特性(規模、形状、電子密度勾配、時間変動、空間的広がり等)について分析し、電離圏擾乱特性とRTK測位誤差の定性的、定量的関係性の明確化を行う。

##### ◆研究開発の方向性

擾乱の特性(TEC勾配の大きさ、擾乱の空間的スケール、シンチレーション強度等)とこれらの測位パフォーマンス指標との相関関係を統計的に分析し、RTK測位の解が収束しなくなるクリティカルな擾乱条件を特定する。

##### ◆研究開発の具体的な進め方

- 電離圏擾乱の主要な現象である電離圏正相嵐・負相嵐、突発性電離圏擾乱(SID)、中規模伝播性電離圏擾乱(MSTID)、電離圏プラズマバブルの観測データを整備し、別途計算したGPS測位誤差データを組合わせた入力データセットを準備。
- 既存のGNSS測位シミュレーションソフトウェア(商用またはオープンソース)、RTKLIB等のRTK処理ソフトウェアを最大限に活用し、それらを連携・カスタマイズして独自に構築する評価環境を用いて実施。
- 評価項目としては、測位誤差(水平・垂直成分、3次元誤差)、RTK測位Fix解、Fix解を得るまでの収束時間(TTFF)、Fix解の持続時間、GNSS伝播の位相情報の追跡に失敗するサイクルスリップ発生頻度などを想定。
- 研究開発の最終成果としては、電離圏擾乱の空間・時間的分布とその強度とを関連付け、両者の間で相関関係が認められるモデル構築、を想定。



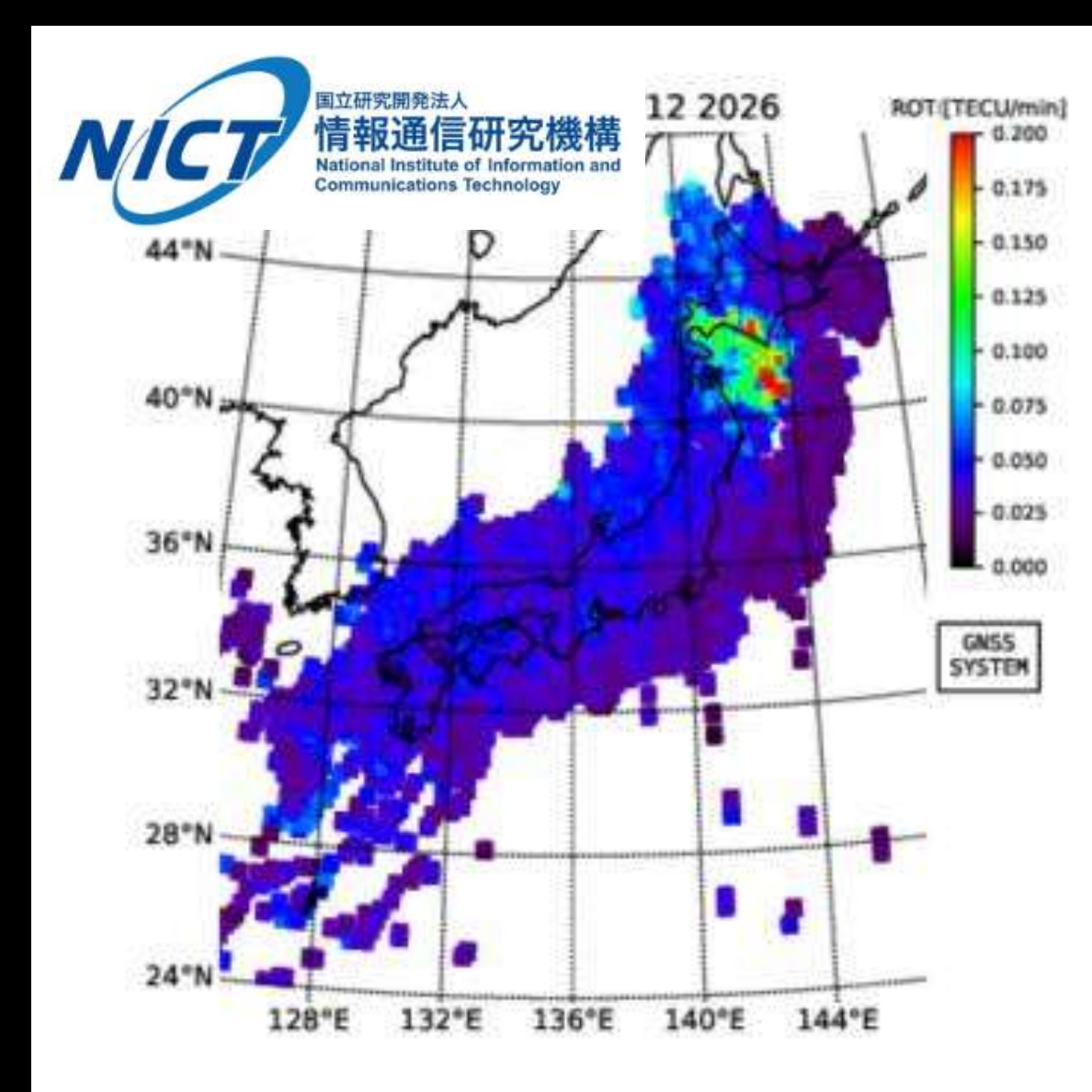
出所：NICTホームページよりサンプルデータとして引用

#### ●研究開発状況

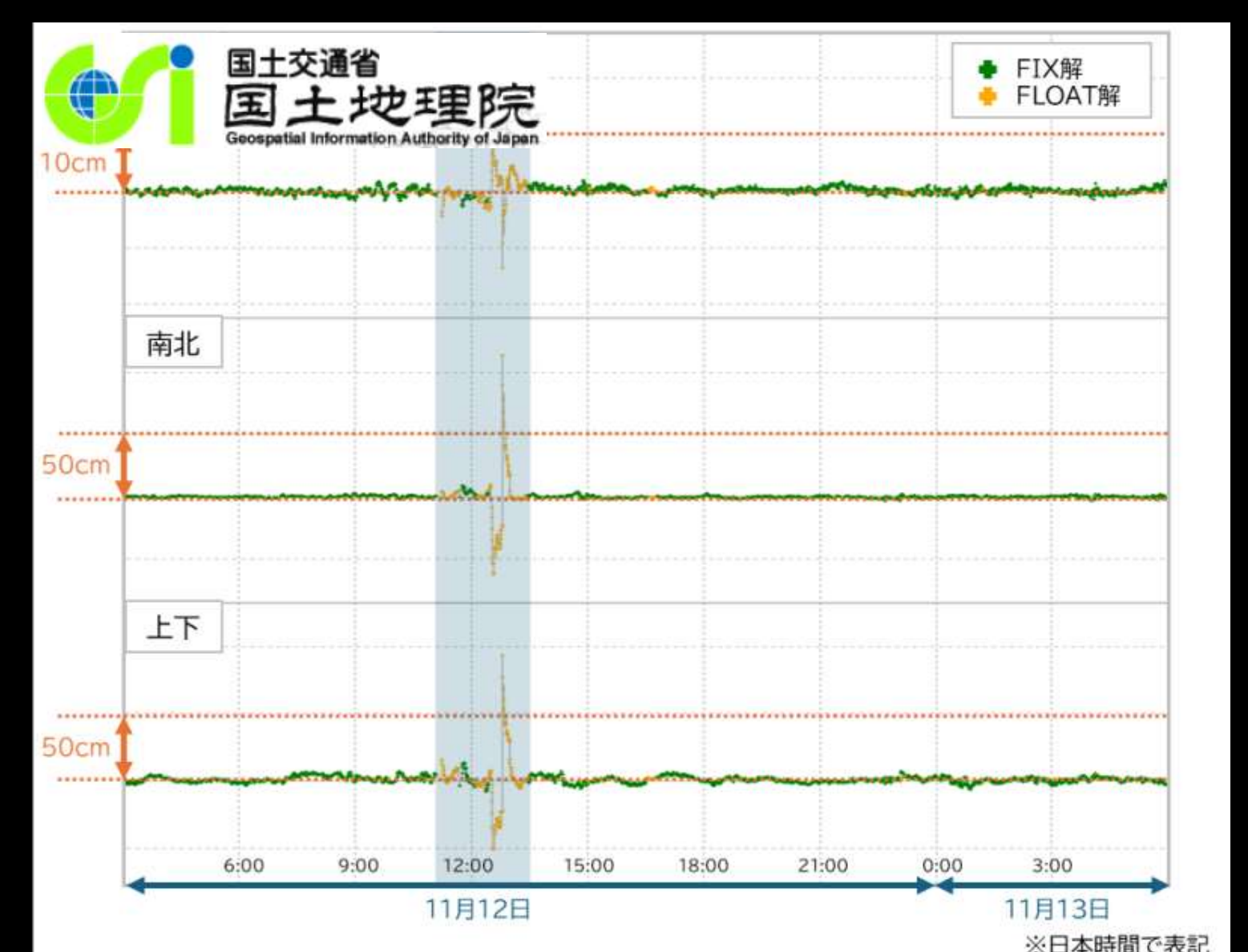
まずは、国土地理院のGPS受信局データと、NICTの電離圏全電子数擾乱指数(ROTI)データのデータベース構築に着手(API連携部分に不具合が見つかり、現在調整中)。なお、補正情報作成に使用していない電子基準点をローバー(測位ユーザーの移動観測点)とみなしてモニタリングを行う。また、みちびきデータを利用しているエゾウィン株式会社との共同研究に着手し、北海道エリアにおける高空間解像度の測位データを活用し、社会実装に向けたUI/UX開発を検討中。



出所：内閣府みちびきオフィシャルホームページ (https://qzss.go.jp/usage/products/miltocca\_250302.html)



出所：NICTホームページよりサンプルデータとして引用



出所：NICTホームページより測位誤差発生のサンプルデータ画像として引用 (https://www.gsi.go.jp/denshi/denshi65019.html)