

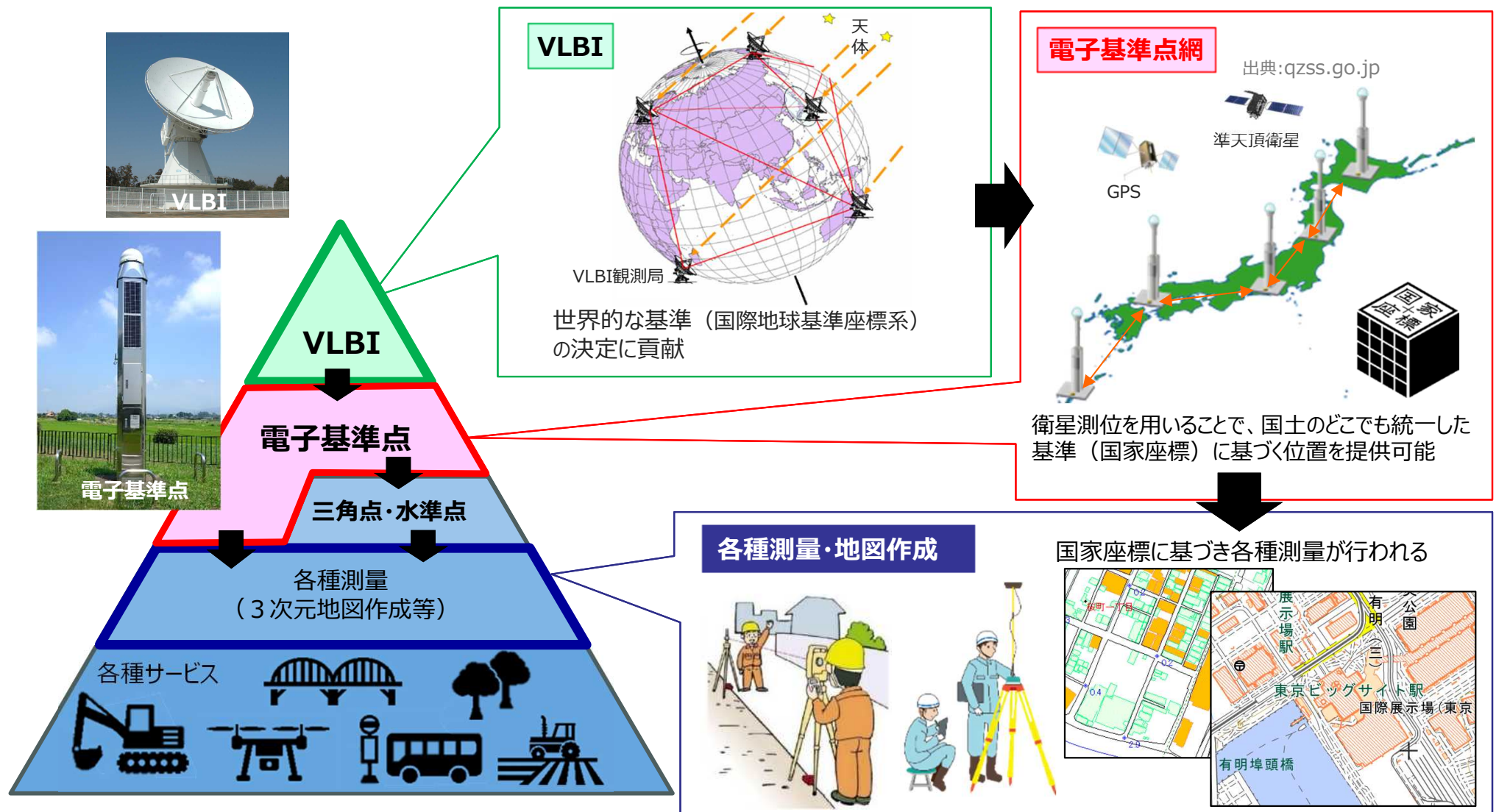
電子基準点の現状と課題

令和6年 8 月 1 日（木）

高精度測位社会における電子基準点施策のあり方検討会（第 1 回）

世界的な基準（国際地球基準座標系）に基づく位置を提供することで、我が国の国土の位置を高精度に明示するとともに、経済社会活動に必要な位置の基準を提供。

特に、電子基準点は、衛星測位を用いることで、国土のどこでも統一した基準に基づく位置に着実にアクセスするための環境を提供するもの。



- 全国に約1,300か所設置
- 外観は高さ5 mのステンレス製ピラー
- 上部にGNSS衛星からの電波を受信するアンテナ
- 内部には受信機と通信用機器等が格納
- 基礎部には、金属標が埋設



電子基準点 (つくば 1)



GPS (米国)

準天頂衛星 (日本)

グロナス (ロシア)

ガリレオ (EU)

GNSS衛星

GEONET (GNSS連続観測システム) (GNSS Earth Observation NETwork System)

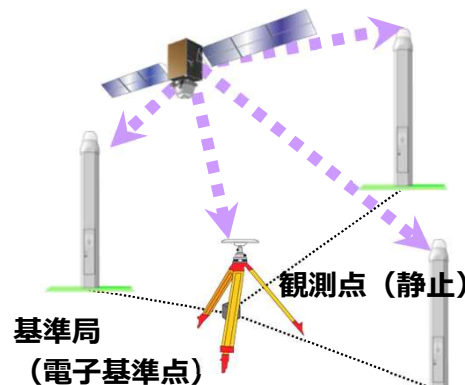
- 電子基準点と中央局からなるシステム
- GNSS衛星データの観測
- GNSS衛星のデータ解析、収集、提供

中央局 (つくば)



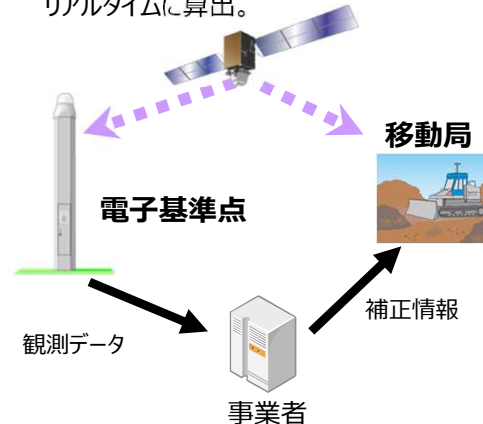
1 測定の基準点

- 観測点周辺の電子基準点を基準局に利用することで、基準局の観測が不要となり、GNSSを利用した測量が効率化。



2 位置情報サービスの支援

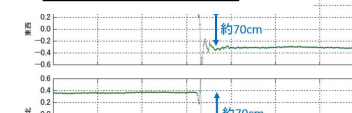
- 補正情報と移動局のGNSS観測データを組み合わせ、移動局の位置をcm精度でリアルタイムに算出。



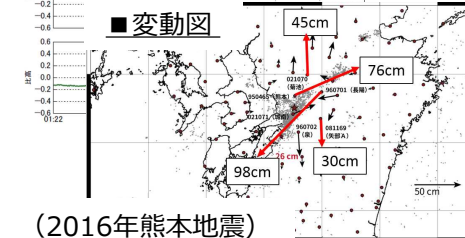
3 地殻変動の監視

- 電子基準点のGNSS観測データを解析することで、地震等に伴う地殻変動を監視。

リアルタイム解析



変動図



(2016年熊本地震)

点数		経緯
110		1994年 COSMOS-G2の運用開始（110点）←南関東・東海地域のみ (Continuous Strain Monitoring System with GPS by GSI)
210		1994年 GRAPESの運用開始（100点）←全国を網羅 (GPS Regional Array for PrEcise Surveying)
		1995年 阪神・淡路大震災を契機に、観測点の拡張を決定
610		1996年 GEONETに統合し、運用開始 (GPS Earth Observation NETwork)
1200		2003年 IP-VPN網でのリアルタイムデータ取得が本格的に開始
1240		2011年 東北地方大平洋沖地震（M9.0）
1273		2013年 GLONASSとQZSSのデータ提供を開始
1318		2017年 Galileoのデータ提供を開始

地震防災対策特別措置法第7条第2項第3号に基づき、地震調査研究推進本部は地震に関する総合的な調査観測計画を策定しており、中核となる基盤的調査観測等についての検討を実施。

地震に関する基盤的調査観測計画（平成9年8月 地震調査研究推進本部）

基本的な考え方

地殻歪の蓄積を捕捉するために、当面、水平距離で20～25km程度の間隔の三角網を目安にして全国的に偏りなくGPS連続観測施設を設置することが適当

今後の計画

当面、**水平距離で20～25km程度の間隔の三角網を目安にGPS連続観測施設を設置**するよう努める



地震に関する総合的な調査観測計画 ～東日本大震災を踏まえて～ （平成26年8月 地震調査研究推進本部）

調査観測の現状と今後の計画

国土地理院は、全国に設置した電子基準点と地殻変動の監視を目的に設置した観測点を合わせ、**約1,300か所のGNSS連続観測点を展開しており、今後とも継続的に観測を行う**

◆ 電子基準点の維持管理

◆ 電子基準点の観測データの提供

- ・ インターネットによるアーカイブデータ提供とリアルタイムデータ配信

◆ GNSS衛星の軌道情報（暦）の算出・提供

◆ 正確な位置情報の提供

- ・ 測量の基準点としての成果の公表・管理
- ・ 電子基準点の日々の座標値の算出・提供
- ・ 地殻変動情報（パラメータ）の作成・提供

◆ リアルタイム解析の実施

◆ 民間等電子基準点制度

電子基準点の維持管理の状況

- 電子基準点は、高精度な位置情報が求められる社会経済活動に不可欠な基盤
- 電子基準点、中央局・ネットワークが故障・停止すると、社会経済活動に大きな支障を与えるため、安定運用が必要だが、必ずしも十分ではない状況

電子基準点

システム保守・運用

- ・ネットワーク運用
- ・現地調査
- ・周辺環境整備（樹木伐採）
- ・移転

現地調査



解析システム等

- ・解析システム保守
- ・解析技術の維持
- ・データ配信拠点の維持

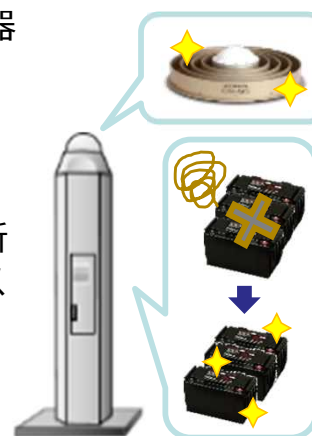


中央局(つくば)

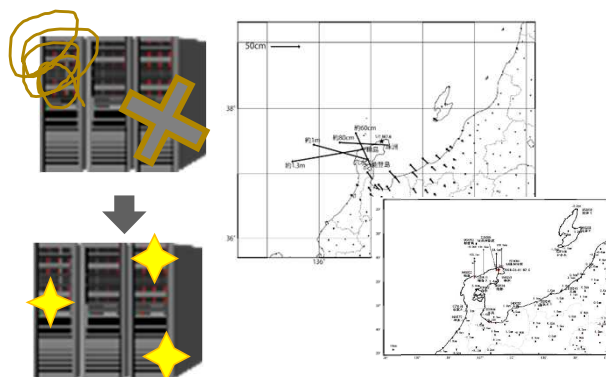
定期的な機器更新

運用に必要な機器の定期更新

- ・受信機
- ・アンテナ
- ・バッテリー
- ・その他機器更新
- 筐体のメンテナンス



サーバやソフトウェアの更新



耐災害性強化

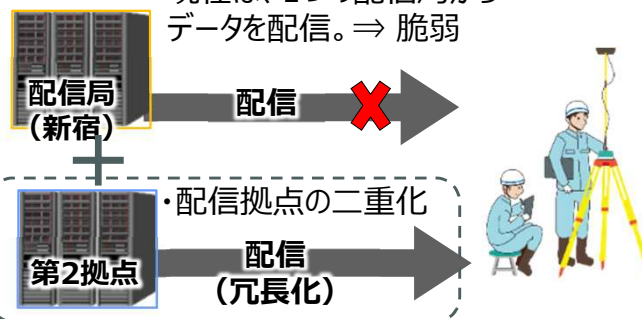
停電対策、通信の確保

- ・引込柱更新
- ・省電力化
- ・電源強化
- ・通信二重化
- 筐体更新等



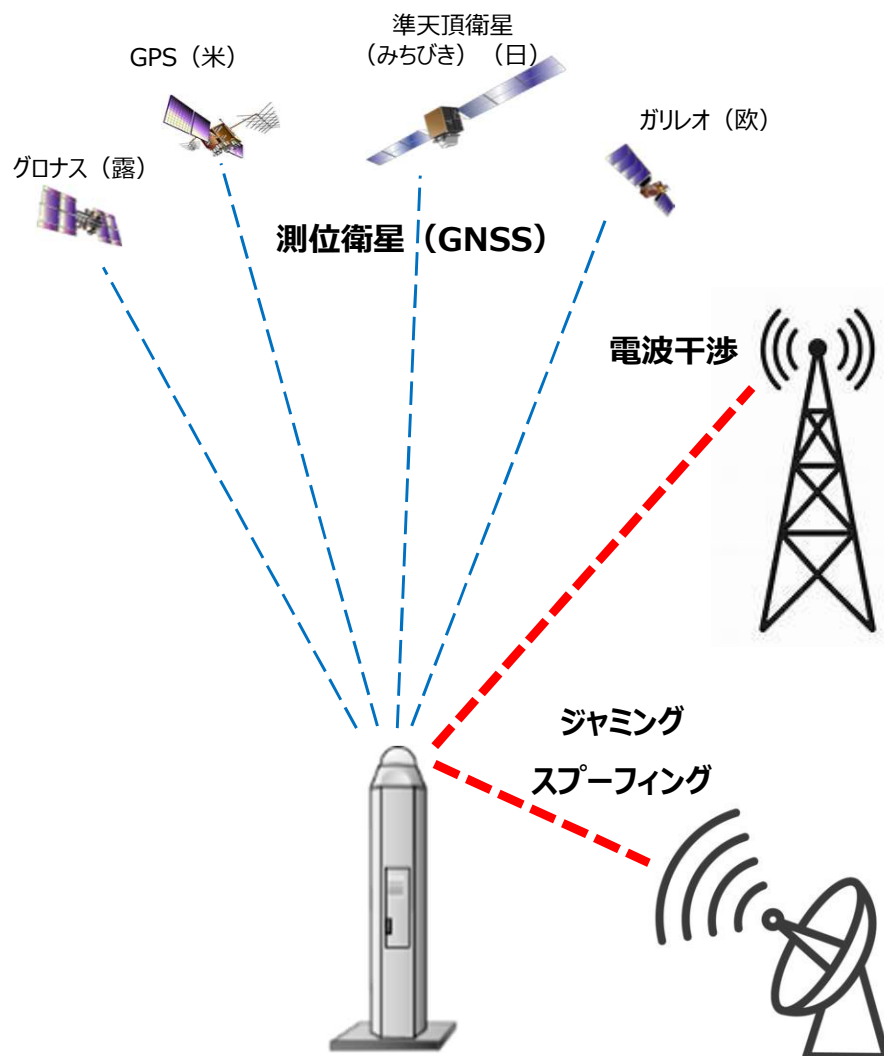
データ配信拠点や解析局等の冗長化

現在は、1つの配信局からデータを配信。⇒ 脆弱

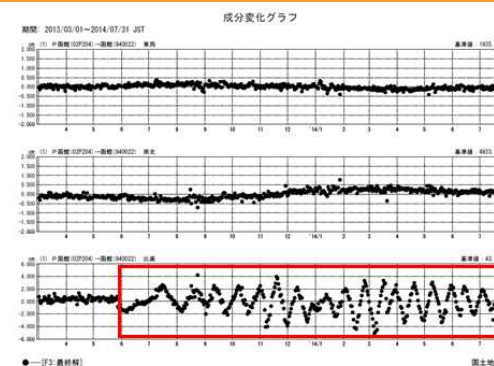


主に補正予算により可能な対策から実施

- 電子基準点の安定運用には、他の電波による妨害や干渉への対策が必要。
- 特にジャミングやスプーフィング対策が必要。



携帯基地局等からの電波による干渉



対策

携帯電話の電波の影響を受けにくいGNSSアンテナを導入



妨害電波によるジャミングやスプーフィング

現状、対策できていない。



妨害を回避又は検知するための技術の開発・導入が必要

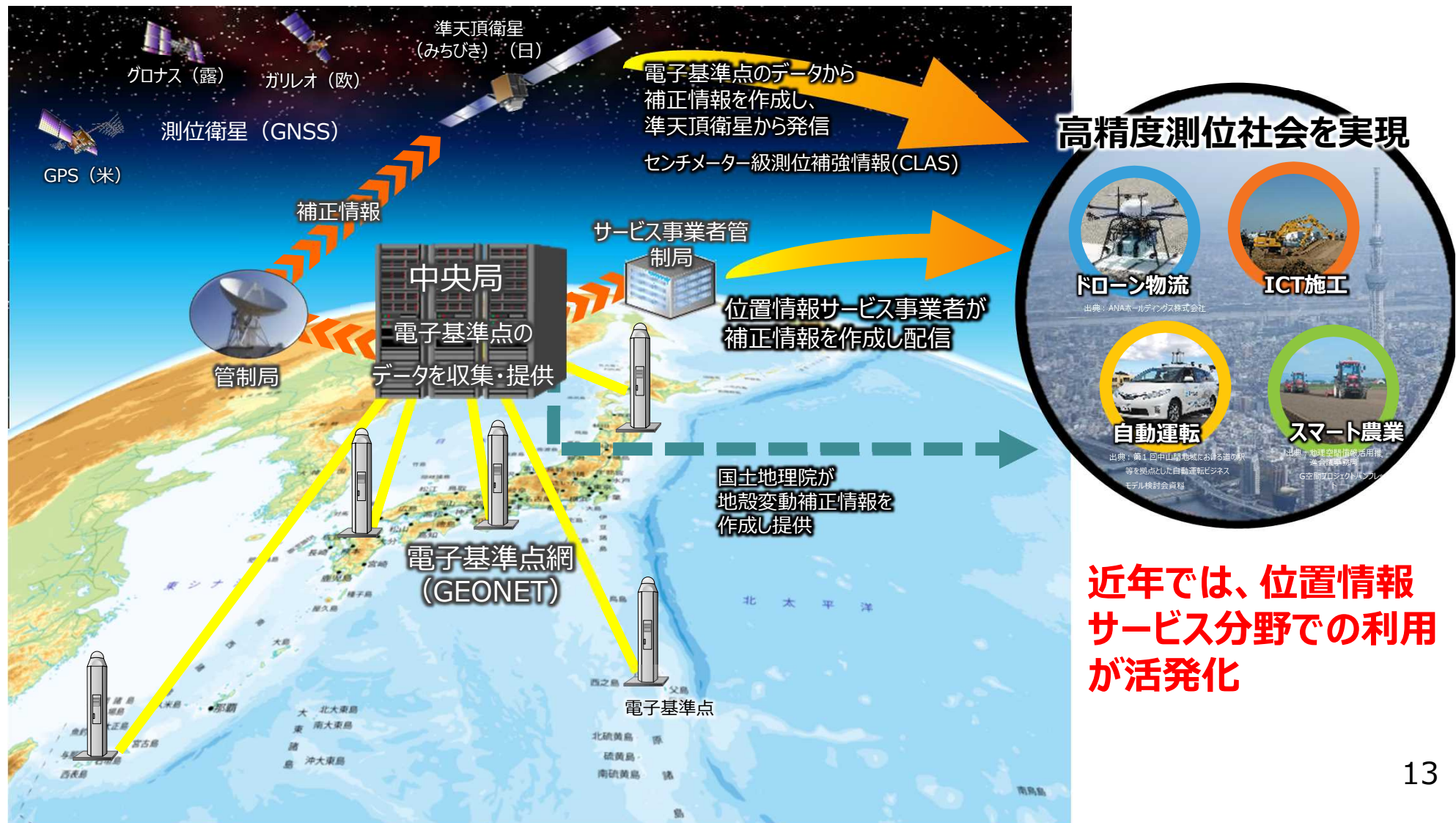
意図しない欠測やデータの改ざんを防止するための（サプライチェーンリスクの観点も含めた）取組として、
どういった対策が必要か。

観測データの提供状況

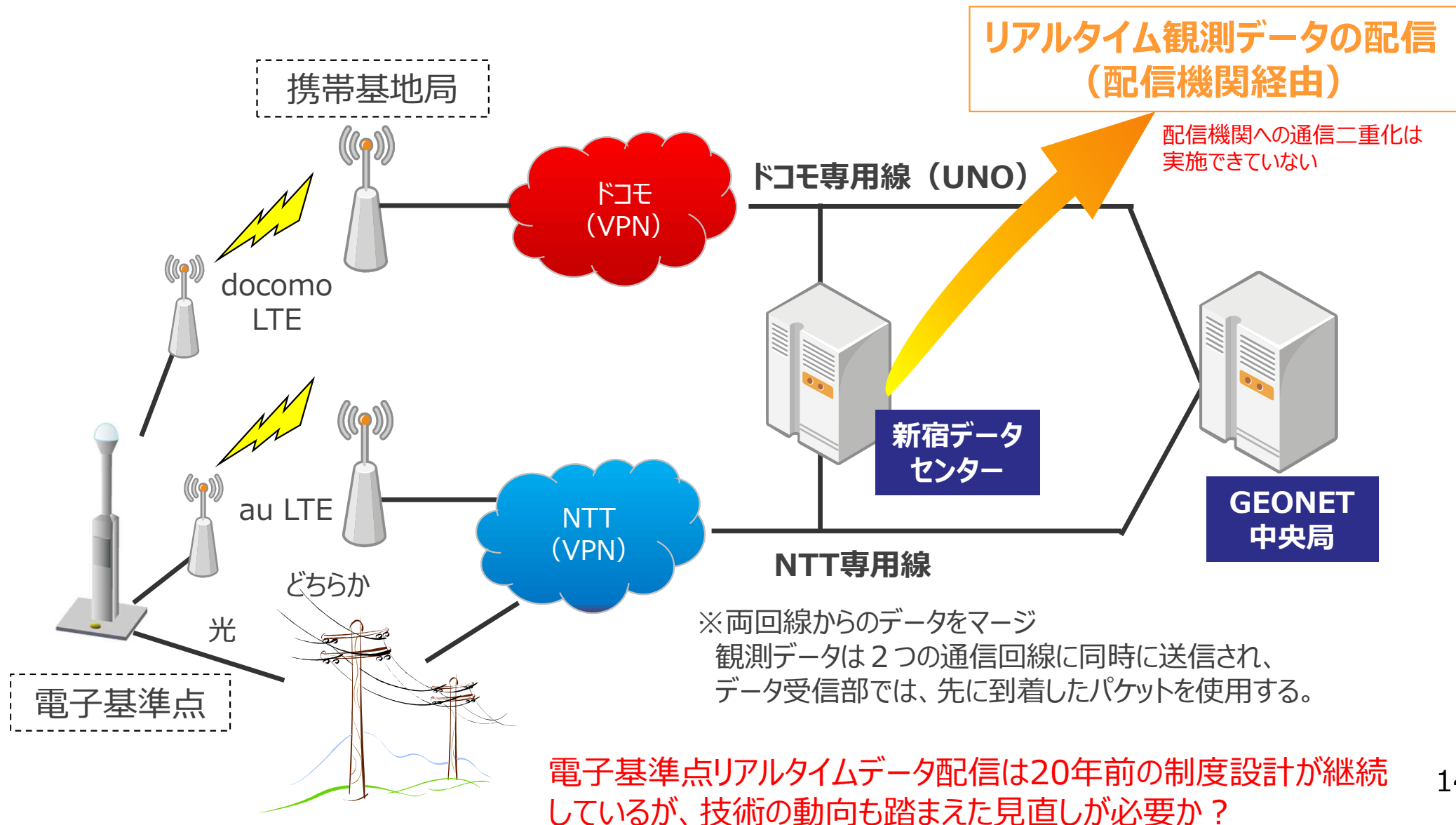
- 令和6年7月現在、国土地理院の電子基準点のデータは、リアルタイムデータ配信による提供と観測後のアーカイブデータによる提供を実施
- データ自体はオープンデータとして無償で公開
- リアルタイム配信にかかる実費については、配信先の位置情報サービス事業者が負担

データの種類		提供方法	利用分野	有償/無償
リアルタイム観測データ		配信機関を通じたリアルタイム配信	高精度測位サービスの提供 ・RTK ・ネットワーク型RTK（VRS） ・CLAS ・PPP	無償 （配信機関が行う配信にかかる実費は、配信先の位置情報サービス事業者が負担）
アーカイブ観測データ	1秒観測データ	FTPによる提供	公共測量 研究 測位サービス等	無償
	30秒観測データ	FTPによる提供	公共測量 研究 等	無償

- 2002年に電子基準点の1秒観測データのリアルタイム配信を開始（200点）
- その後、対象点数を拡大し、現在では配信機関を通じて、位置情報サービス事業者へ配信
- ネットワーク型RTK（VRS）や準天頂衛星「みちびき」による高精度測位サービス（CLAS）で利用

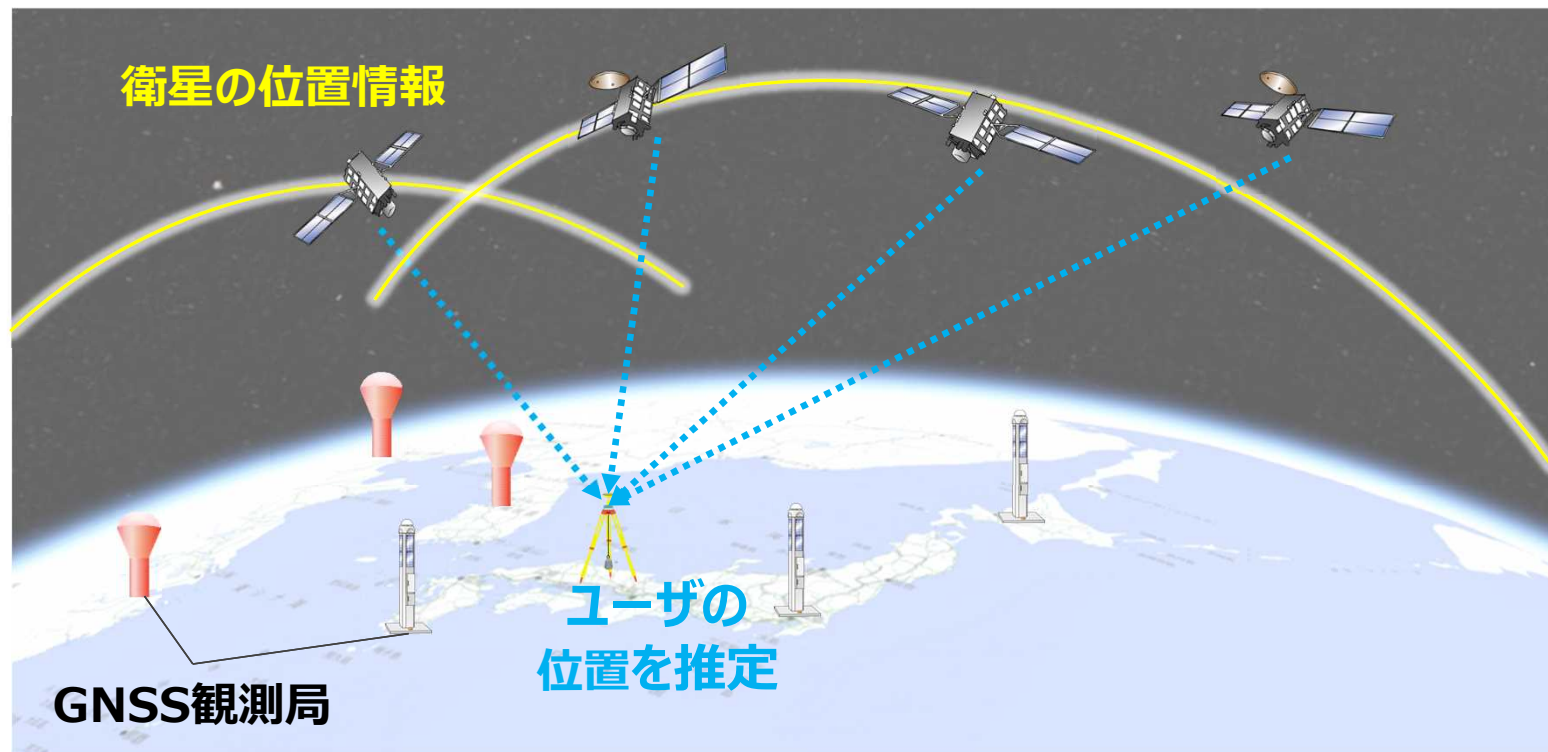


災害等の通信障害による影響を少なくするため通信を二重化
データロスを防ぐために両回線からのデータをマージ※



GNSS衛星の軌道情報（暦） の算出・提供

- GNSS測位では、衛星の位置（**暦：れき**）を基準として、地上の位置を計測
- 暦には概略位置を衛星から直接配信する**放送暦**（ほうそうれき）と、世界規模のGNSS観測局データから高精度で決定する**精密暦**（せいみつれき）がある。
- 精密暦は日本の測量の基準となる位置（**国家座標**）の計算に必要
- しかし、精密暦の生成はボランティアベースの国際協力（**IGS: 国際GNSS事業**）に依存している上に、QZSSの公式な精密暦は提供されていない。

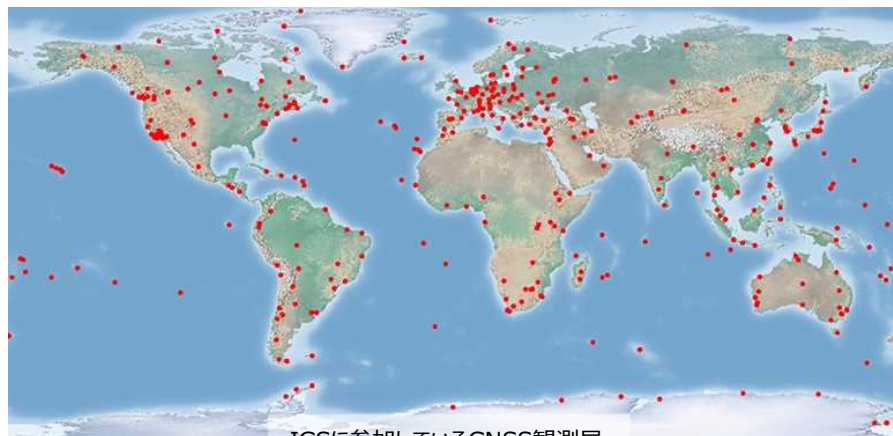


- 衛星測位では、衛星の精密な軌道情報や、世界的な座標系の維持が必要。
- 国土地理院は、GNSSの利用促進を目的とした国際組織である国際GNSS事業（IGS）に参加。
- 観測データの提供等を通じて、IGSに対して定常的にプロダクトを提供。

国際GNSS事業（IGS）



- ◆ 1994年設立。現在では世界各国・各地域200以上の機関の国際協力により運営。
- ◆ GNSSによる着実な位置情報へのアクセスを目的とした国際組織
- ◆ GNSS 観測網の維持と精密軌道情報等の高精度測位に必要な基盤情報を提供



IGSに参加しているGNSS観測局



IGSが主催する国際会議
(IGS Workshop)



IGSのミッション

国土地理院のIGS点（観測データの提供）

国土地理院の観測局（つくば、石岡、新十津川、始良、父島、南鳥島、南極昭和基地）のデータをIGSに提供することで、国際地球基準座標系（ITRF）の構築等に貢献



つくば（茨城県）



石岡（茨城県）



新十津川（北海道）



始良（鹿児島県）



南鳥島



昭和基地（南極）

- 昨今の世界情勢を鑑みて、JAXAと協力し、他国に頼らずQZSSを含めた我が国独自の精密な衛星位置を安定的に提供する環境整備を実施
- 本取組が国際GNSS事業に認められ、2023年12月、**日本で初めてIGSの「解析センター」に認定**

取組概要

- ・ 国土地理院・JAXAの協力※により、**我が国独自の方法で、みちびきも含めた精密暦を安定的に算出**する体制を構築し、13番目の機関としてIGSへ提供
 - ✓ 国土地理院：電子基準点の解析知見を生かした精密暦の算出
 - ✓ JAXA：運用に基づく解析ソフトウェアの改善
- ・ **13機関**がIGS解析センターとして精密暦を計算（米国のNASAや欧州のESA等の宇宙機関、米国のNGS等の国家測量機関も参加）
- ・ IGSにより統合処理された**IGS暦**がデファクトの精密暦

※衛星測位に関する取組方針（令和3年4月内閣府）

文部科学省（JAXA）と国土交通省（国土地理院）を中心に、安定的なGNSSの軌道時刻推定に向け、精度の改良、ノウハウの集約・維持、人材の確保や育成に係る産学官全体での取組を強化する必要がある。



効果・展望

- ・ 各種測量や高精度測位の基礎となる**我が国の正確な位置を国内で自律的に維持・管理することが可能に**
- ・ **IGS暦へのみちびきの取込み**に向けた活動を展開

技術開発はJAXA、実装は地理院と役割分担し、高度な技術力と実装力を確保



25年以上にわたる
GNSS解析技術の蓄積



精密暦を推定する
ソフトウェア「MADOCA」
を開発

解析ソフトの
開発、貸与

運用

- 精密暦の算出
- 性能評価
- 外部提供

研究開発

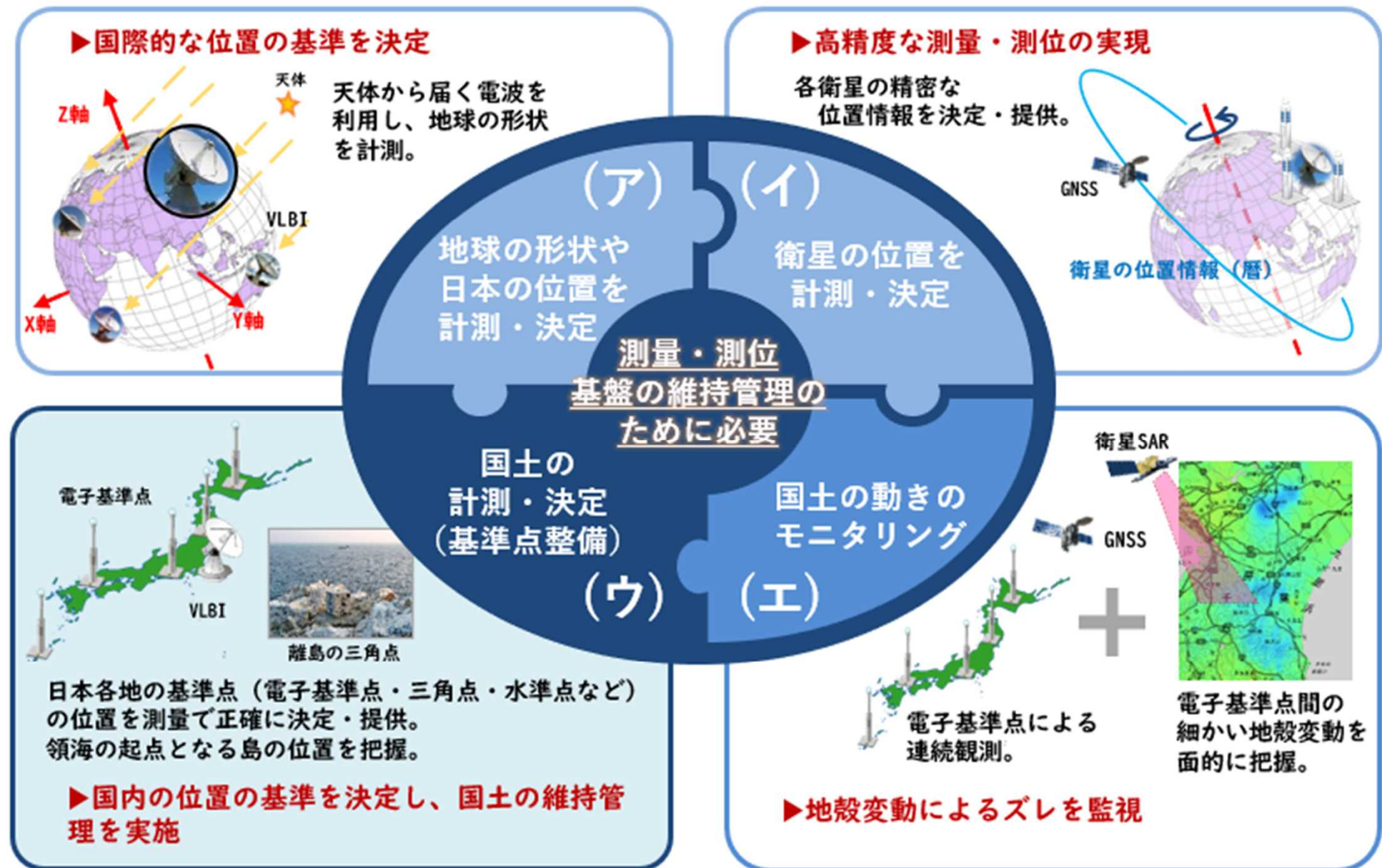
- 解析ソフトの維持・管理
- " 改良・機能追加

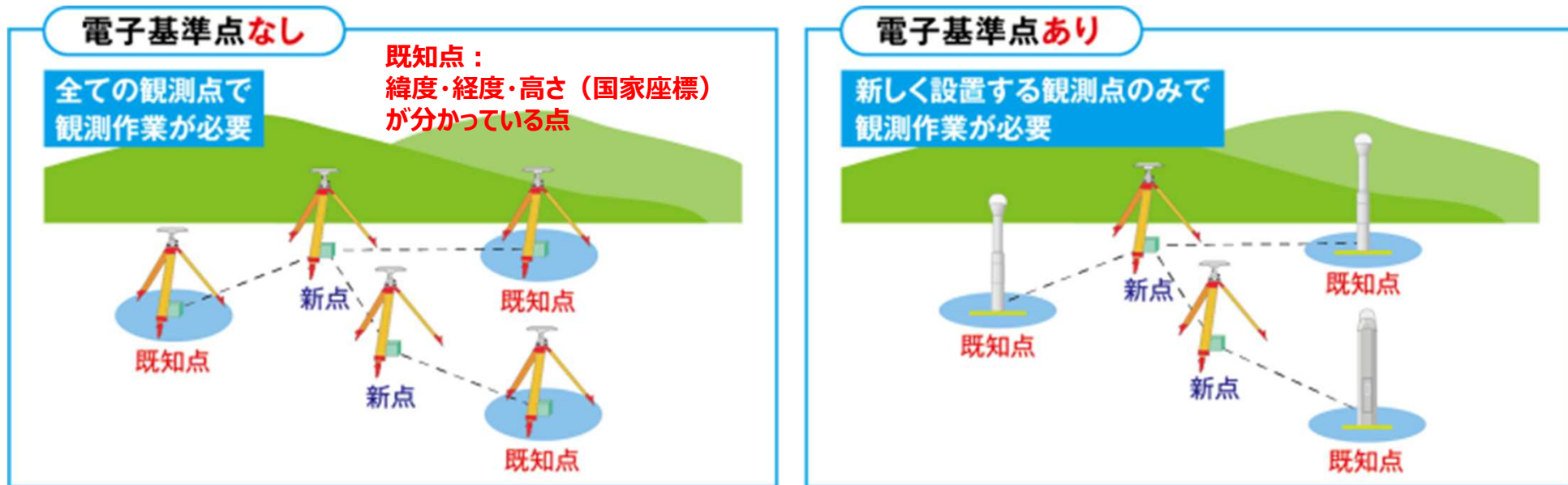
性能評価、
フィードバック

正確な位置情報の提供

- 測量の基準点としての成果の公表・管理
- 電子基準点の日々の座標値の算出・提供
- 地殻変動情報（パラメータ）の作成・提供

宇宙測地技術を活用して国際的な基準に整合した地球上の正確な位置を決定するとともに、衛星測位により正確な位置情報を国内のどこでも得られる環境を構築



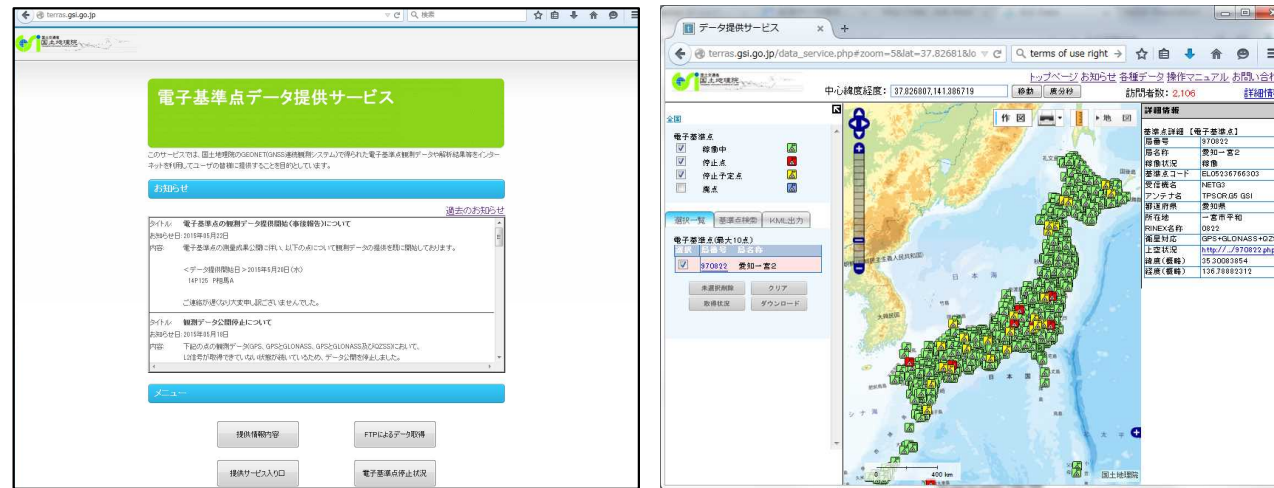


- 通常、GNSS測量を行う際は、最低2つの観測点で同時に観測が必要
- その片方を既知点としてGNSS測量機を設置
- 電子基準点の測量成果と観測データを利用することで、既知点の観測を電子基準点で代替できる



既知点の観測を電子基準点で代替でき、作業や測量機器の配置を効率化

測量成果や観測データはHPから公開。観測データについてはリアルタイム配信も実施



データ提供HP

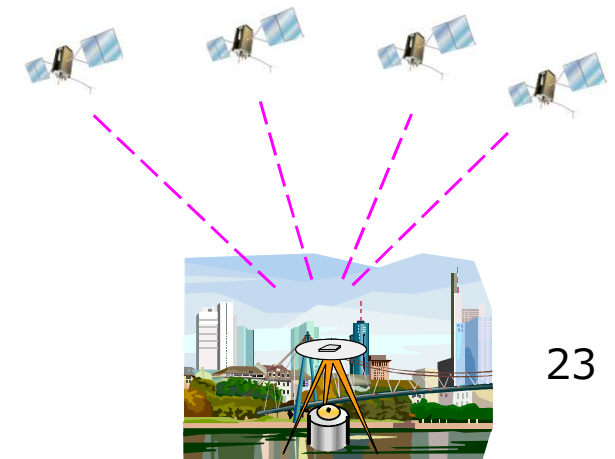
測量分野における利用

- ・国土管理の各工程で、測量（cm級）は不可欠
地籍測量、公共工事の施工、地図作成等
- ・現在ではGNSS衛星を用いた測量技術が普及
GNSS測量はTS測量より効率的

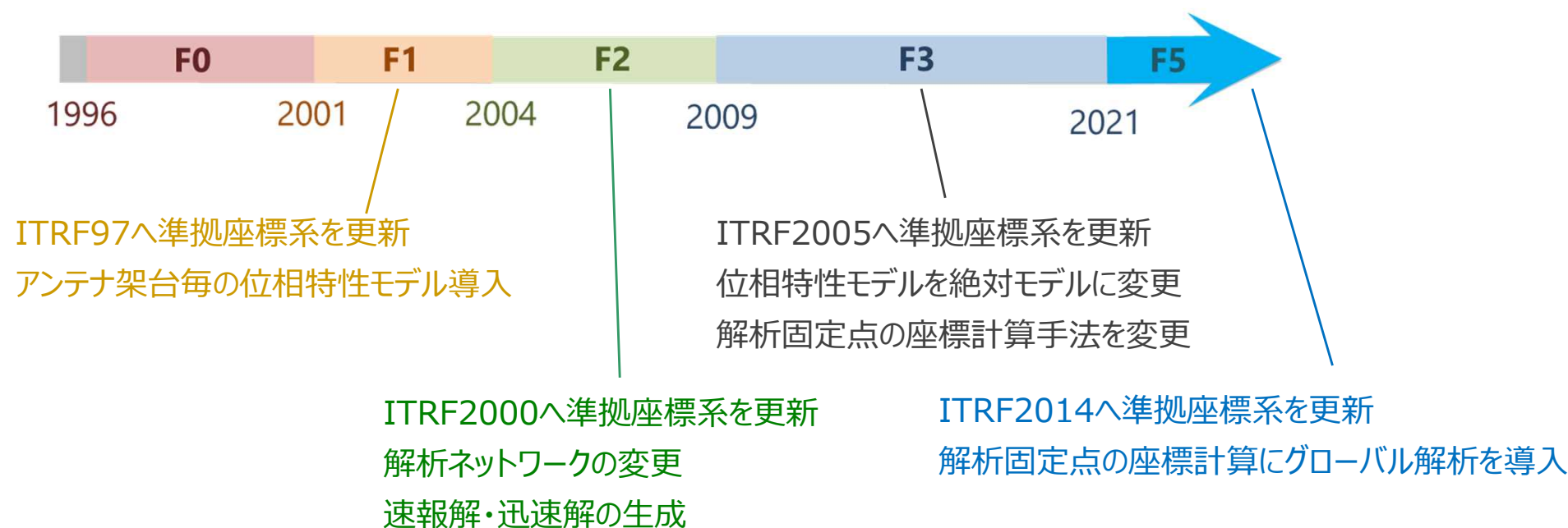
高精度測位サービスにおける利用

- ・ドローン物流やICT施工、スマート農業等においてGNSS測位が普及

各種情報の提供は、基本オープンデータとしつつも、
対象者の多寡、情報の品質・サービス水準、付加価値の観点から
国として対応すべき水準の検討が必要



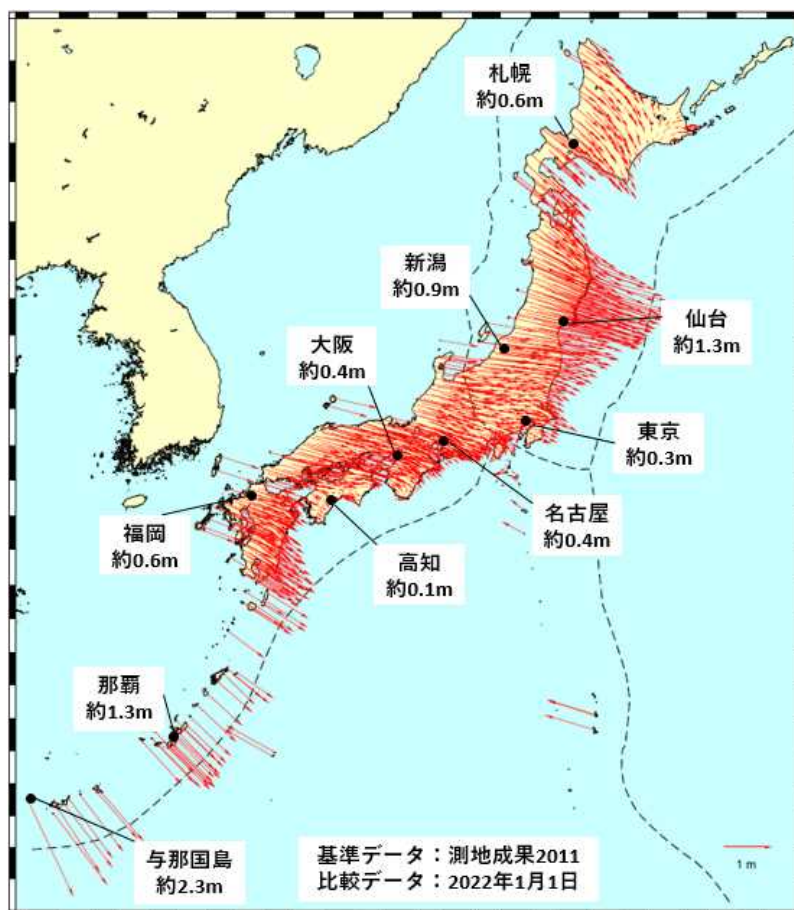
- 当初、地殻変動監視を主な目的として、1996年から第1版（F0）を開始
- その後、2001年に第2版（F1）が開始され、解析結果を公表
- 改訂の度に準拠座標系の更新、最新の物理モデル・解析ソフトウェアの導入等、より高い精度を目指した改良が行われている
- **現在の最新版第5版（F5）の提供を令和3年4月1日から開始**



日々の座標値の計算はBernese、電子基準点の成果計算はGAMITを使用

- 日本は複数のプレートの境界に位置しており、プレート運動に伴った地面の動き（地殻変動）が大きい。
- 衛星測位により位置を決定しても、地図を作成した日から時間が経過するほど、地図などの測量成果とのズレ（プレート運動に伴う地殻変動量）が大きくなる。

電子基準点で把握した**国家座標**からのズレ (測量成果と2022年1月1日の日々の座標値の差)



- 地殻変動があるため、観測時期が異なる位置情報はズレが生じる

→**元期**（統一した過去のある時点）で位置情報を表記する

※東日本は2011-05-24、それ以外は1997-01-01

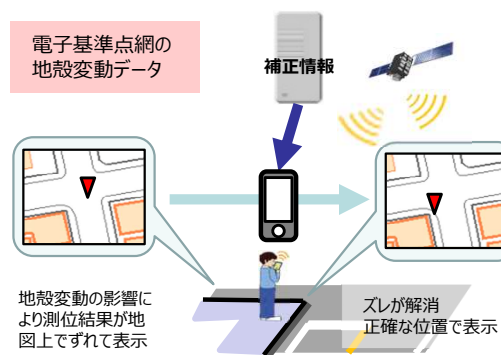
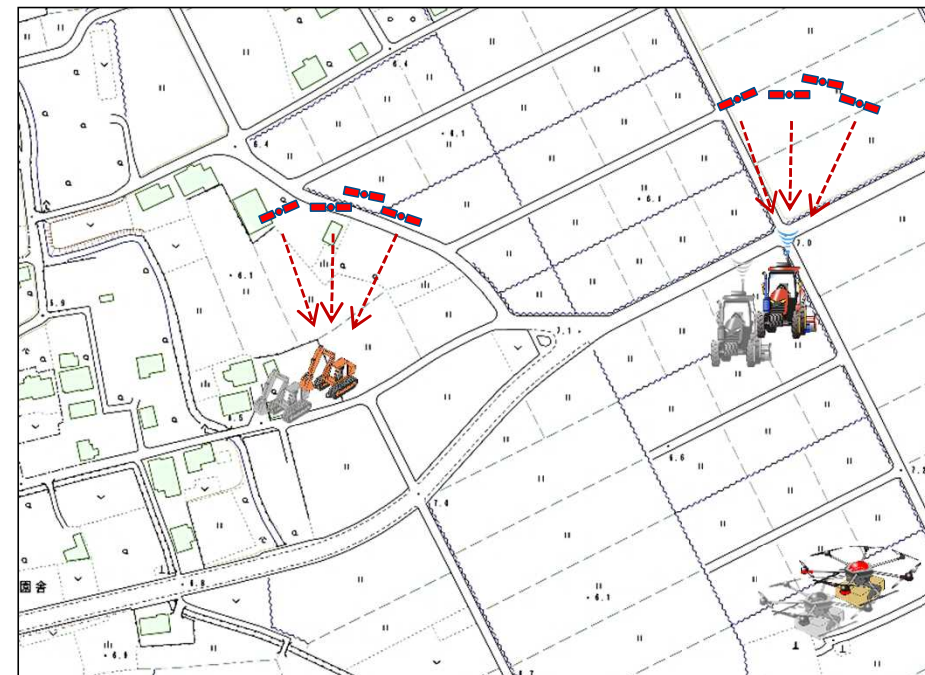
- 最大約**10cm/年**の水平変位
- 測位結果と**国家座標**の差は最大2.3m
- 地図に基づく位置情報サービスの利活用には不可欠

- 地図（国家座標）と測量・測位のズレを補正する地殻変動補正情報を作成し、提供。
- GPSやみちびきなどの測位衛星により得られた位置を、基準日時点の地図（国家座標）に合わせることで、いつでも安心して位置情報サービスを利用できる。

既存の地図との重ね合わせ



地殻変動により大地は常に動いている。GPSなどによる衛星測位の位置が地図と合わない可能性あり。



地殻変動を補正するしくみ

主な利用分野



リアルタイム解析の実施

REGARD（電子基準点リアルタイム解析システム）

※ REal-time GEONET Analysis system for Rapid Deformation monitoring

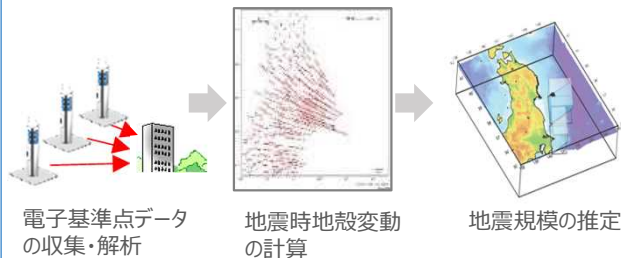
巨大地震発生時に、**リアルタイムで地殻変動量・地震規模を推定し提供**

概要

- 日本全国約1,300点の**電子基準点の位置を、リアルタイムで解析**
- 地震発生後、電子基準点の**変動量を自動で計算**
- 地震計と異なり、**巨大地震でも振り切れない**

地震発生後**10分程度**で、
水平**5cm**、上下**10cm**以上の地殻変動を把握

計算処理のフロー



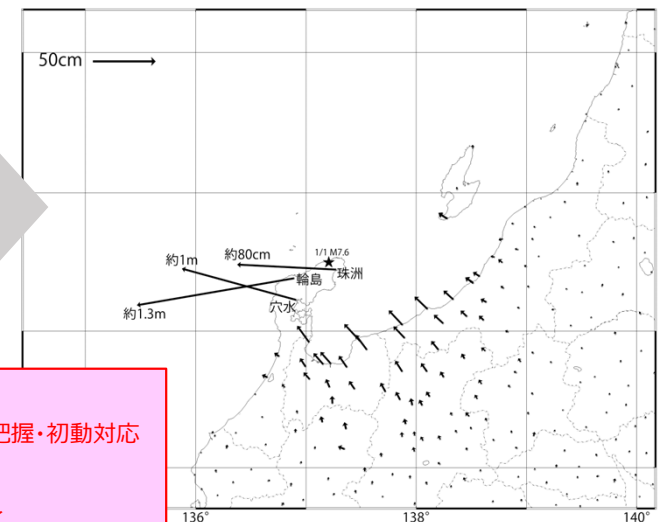
東北大学との共同研究により開発

自動送信メールで
関係機関等へ情報提供

● 関係機関の活用事例

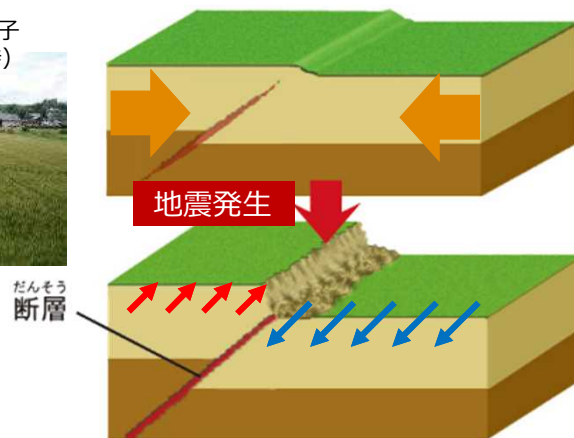
本省（災害対策室）：発災直後の被害状況把握・初動対応
内閣府：津波浸水被害推計システム
気象庁：津波警報更新時の参考情報
JR東海：鉄道運行の津波への対応力強化

令和6年能登半島地震での地殻変動(水平)



地震は断層運動によって発生する

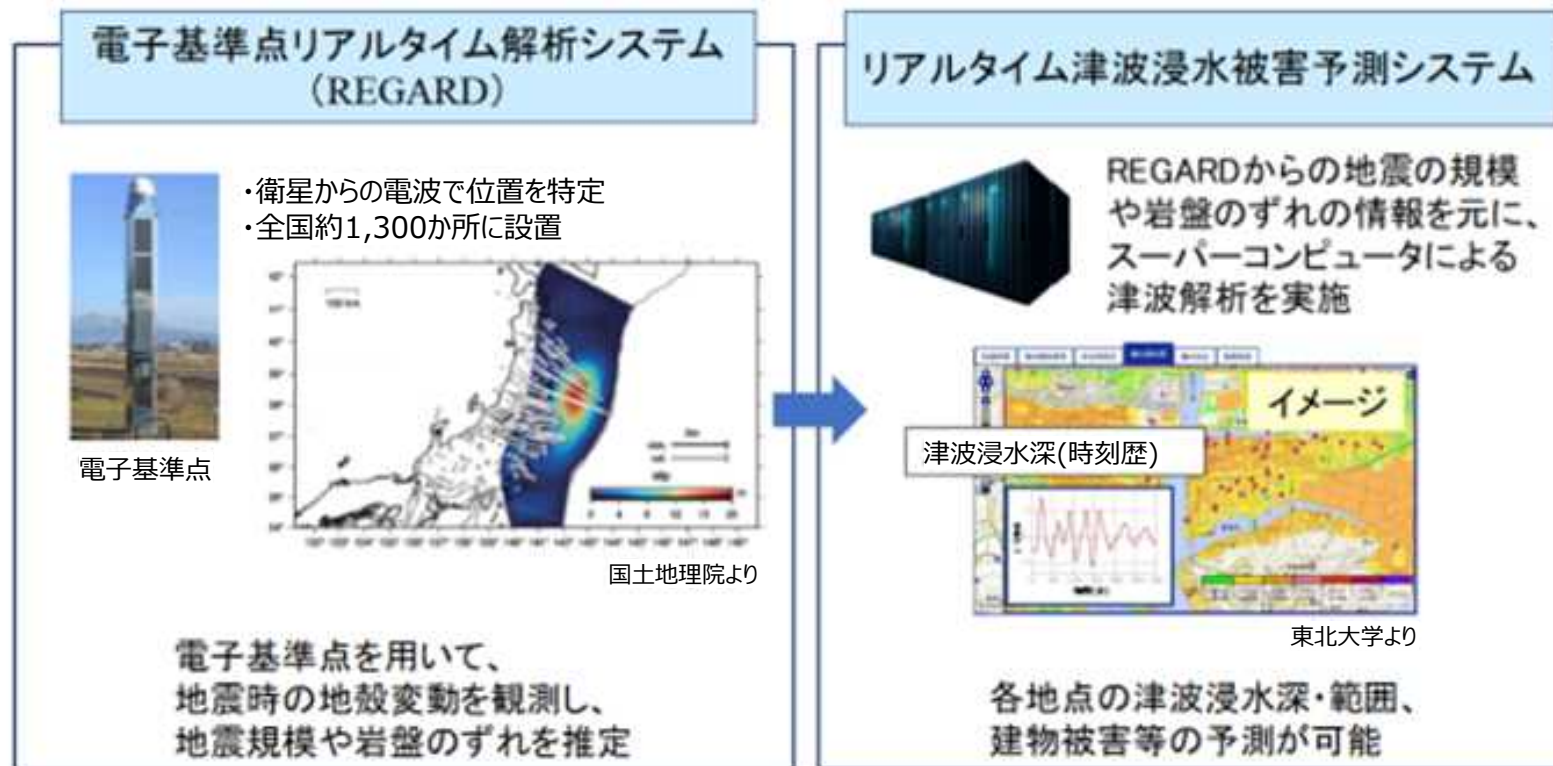
麦畑の畝がずれている様子
(平成28年熊本地震時)



電子基準点の解析手法の種類

概要 (解の名称)	電子基準点 リアルタイム 解析 (REGARD)	後処理解析 [緊急時用] (S5)	後処理解析 [精度<即時性] (Q5)	後処理解析 [精度重視(速報)] (R5)	後処理解析 [精度重視] (F5)
使用データ時間	1秒	2～5時間	6時間	24時間	24時間
結果が出るまで	10分後	3時間～	7時間～	1日～	2週間～
即時性	即時	即時	即時	即時	即時
水平精度	5cm～	～2cm	～1cm	～数mm	～数mm
上下精度	10cm～	～数cm	～数cm	～2cm	～1cm
解析精度	高精度	高精度	高精度	高精度	高精度

- 国土地理院は、東北大学大学院理学研究科と共同で、全国約1,300点の電子基準点における地殻変動を自動で計算し、リアルタイムで地震規模や岩盤のずれを推定する「REGARD」を開発し、実装
- 東北大学は、地震規模、地殻変動データ、地形データを入力値としてリアルタイムに津波浸水被害予測を実施するフォワード型のシステムを構築
- JR 東海では、地震発生時に列車を自動的に停止させる地震防災システムのほか、地震防災訓練など、ハード・ソフトの両面で地震時の安全対策の強化



- 近年、スマート農業等で民間等によるGNSS連続観測局が設置され始めている
- GNSS連続観測局は位置情報サービスの要であり、もし設置者ごとに規格や準拠座標系が異なる場合、利用者に混乱を与えてしまう可能性がある
- 民間等のGNSS連続観測局の性能を評価し、級別に登録する制度として、令和元年10月に「民間等電子基準点の性能基準及び登録要領」を制定

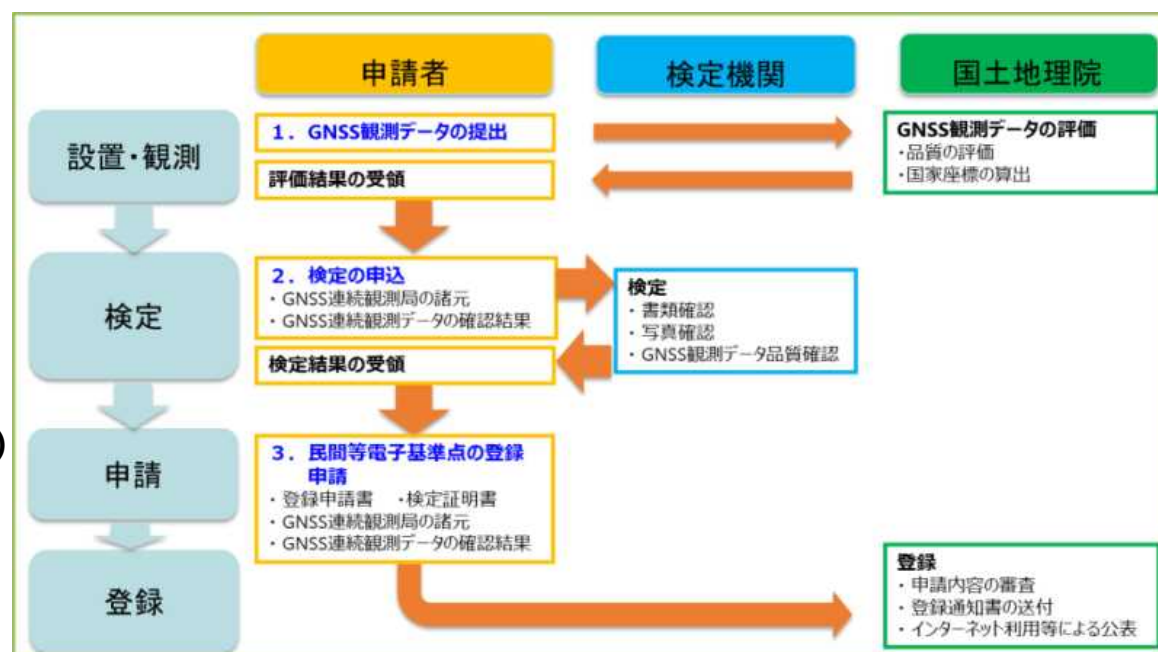
国土地理院に登録された民間等電子基準点を利用いただくことで、国家座標に準拠し、一定精度を有するGNSSデータを利用することが可能



■ 民間等電子基準点 登録点数（令和6年7月25日時点）

A級	B級	C級	計
147点	2,166点	16点	2,329点

登録前の性能評価については延べ2,985点評価済み



民間等電子基準点の登録までの流れ（概要）

電子基準点と民間等電子基準点との役割分担の整理が必要

民間等電子基準点の制度の実効性や信頼性を高めるため、施策の方向性や運用上の改善点を確認

電子基準点の利活用状況

Google Scholar での検索件数 約7,410件

Google Scholar

japan geonet

ログイン

記事

約 7,410 件 (0.03 秒)

プロフィール

マイライブラリ

期間指定なし

2024 年以降

2023 年以降

2020 年以降

期間を指定...

関連性で並べ替え

日付順に並べ替え

すべての言語

英語 と 日本語のページを検索

すべての種類

総説論文

☐ 特許を含める

☐ 引用部分を含める

☒ アラートを作成

A decade of **GEONET**: 1994-2003 The continuous GPS observation in **Japan** and its impact on earthquake studies

[T Sagiya](#) - Earth, planets and space, 2004 - [jstage.jst.go.jp](#)

... **Japan**, now called **GEONET**, has been operated since 1994 by the Geographical Survey Institute. **GEONET** ... Various characteristics of tectonic deformation in the **Japanese** Islands have ...

☆ 保存 引用 被引用数: 243 関連記事 全 14 バージョン

[PDF] **GEONET** as infrastructure for disaster mitigation

[H Tsuji, Y Hatanaka](#) - Journal of Disaster Research, 2018 - [jstage.jst.go.jp](#)

... At the same time, **GEONET** is the infrastructure for surveying and mapping in **Japan**, by ... after the revision of the Survey Act of **Japan**, **GEONET** stations are now available for direct use in ...

☆ 保存 引用 被引用数: 12 関連記事 全 3 バージョン

[PDF] Modernization of **GEONET** from GPS to GNSS

[H Tsuji, K Miyagawa, K Yamaguchi](#)... - ... Authority of **Japan**, 2013 - [web1.gsi.go.jp](#)

... network system, later known as **GEONET**, for surveying and crustal deformation monitoring... **Japan**. This report provides the background and history behind this modernization of **GEONET**...

☆ 保存 引用 被引用数: 26 関連記事 全 4 バージョン

[PDF] Twenty-year successful operation of **GEONET**

[H Tsuji, Y Hatanaka, Y Hiyama, K Yamaguchi](#)... - ... Authority of **Japan**, 2017 - [gsi.go.jp](#)

... by **GEONET** stations. The largest co-seismic horizontal deformation was detected by **GEONET** when the 2011 Great East **Japan** ... be continuously monitored by **GEONET** in real time with ...

☆ 保存 引用 被引用数: 11 関連記事 全 4 バージョン

[PDF] Real-time capability of **GEONET** system and its application to crust monitoring

[A Yamaguchi, Y Hatanaka, T Yutsudo](#)... - Bull Geogr Surv ..., 2006 - [web1.gsi.go.jp](#)

...

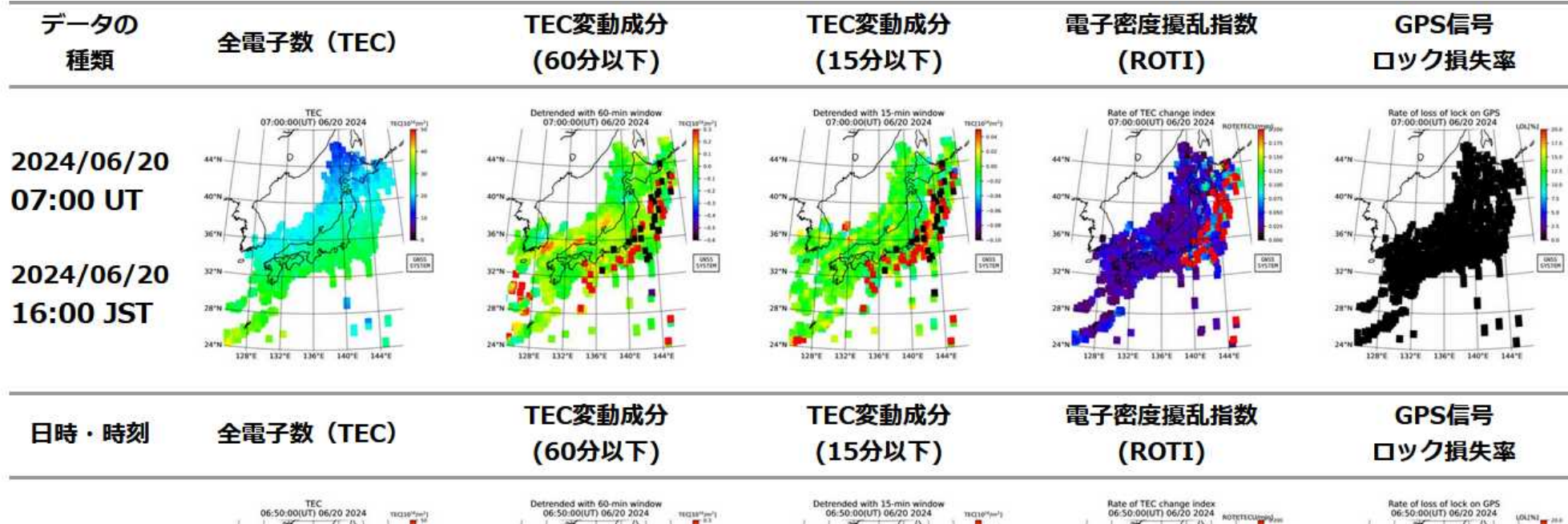
DRAWING-TEC: [Home](#)

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ることにご注意ください。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。



情報通信研究機構における宇宙天気予報への活用事例

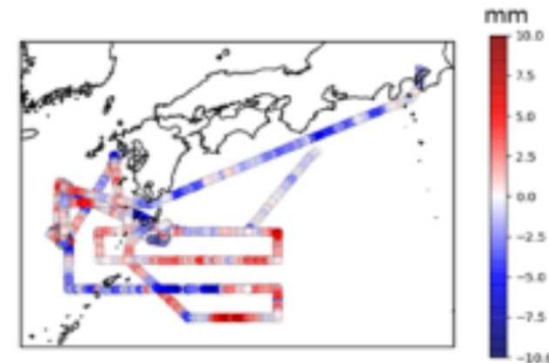
メソ解析における 船舶GNSS可降水量データの利用開始

地上GNSS可降水量

- GNSS (Global Navigation Satellite System) とは、GPS (米国)、Galileo (欧州)、GLONASS (ロシア)、QZSS (日本) などの衛星測位システムの総称
- 衛星から発した電波が地上に設置した受信機に届くまでの時間から、衛星から受信機までの水蒸気に関する情報が得られる
- 複数の衛星を用いて受信機上空の水蒸気に関する情報(天頂大気遅延量)が算出される
- 気象庁では、国土地理院の整備するGEONETから取得した約1,300地点の地上GNSS観測点のデータから天頂大気遅延量を解析して可降水量の算出を行い、メソ解析ではこの可降水量データを同化している

船舶GNSS可降水量

- 船舶に受信機を設置し、上空の水蒸気量(可降水量)を算出
- 今回の改良では、気象庁観測船(凌風丸、啓風丸)のほか、海上保安庁の協力を得て同庁測量船に設置された機器により算出された可降水量を利用



船舶GNSS可降水量(凌風丸)の観測値とメソ解析における第一推定値の差の分布
(2021年6月1日～2021年7月15日)

メソ解析では、2009年10月から国土地理院のGEONET(GPS Earth Observation NETwork system)による約1,300地点で解析される鉛直積算水蒸気量(地上GNSS可降水量)をデータ同化している(石川 2010)。一方、令和2年7月豪雨により多大な被害を及ぼした線状降水帯の予測精度向上をはじめとする防災気象情報の高度化のため、令和3年度から海上保安庁と気象庁において船舶GNSS観測を行い、洋上の水蒸気観測を強化している。今回の改良では、気象庁観測船(凌風丸、啓風丸)のほか、海上保安庁の協力を得て同庁測量船(4隻)に設置された機器により算出された可降水量データの利用を開始した。この変更により、洋上の水蒸気量に関する情報を利用することが可能となる(図)。

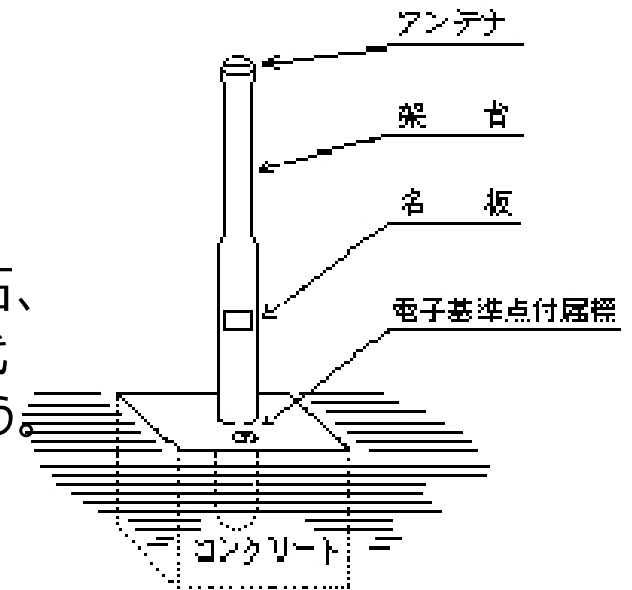
法律、重要計画での位置づけ

測量法（昭和24年法律第188号）

（測量標）

第十条 この法律において「測量標」とは、永久標識、一時標識及び仮設標識をいい、これらは、左の各号に掲げる通りとする。

- 一 永久標識 三角点標石、図根点標石、方位標石、水準点標石、磁気点標石、基線尺検定標石、基線標石及びこれらの標石の代りに設置する恒久的な標識（験潮儀及び験潮場を含む。）をいう。



測量法施行規則

（測量標の形状）

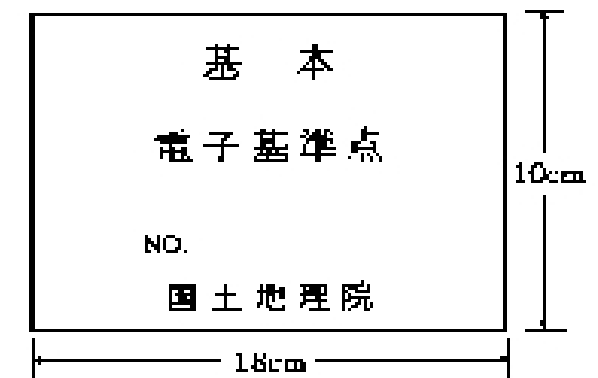
第一条 測量法（以下「法」という。）第十条第二項に規定する測量標の形状は、別表第一のとおりとする。

別表第一（第一条関係）

- 一 永久標識の形状

- 1 三角点標石又はこれに代わる標識
- 2 電子基準点標識

（名板）



図はe-govより



経済財政運営と改革の基本方針2024（いわゆる骨太の方針）

第2章 社会課題への対応を通じた持続的な経済成長の実現

3. 投資の拡大及び革新技術の社会実装による社会課題への対応

（1）（DX）

防災・減災や安全保障にも資する地理空間（G空間）情報の整備・利用拡大と社会実装に向け、準天頂衛星等の更なる整備や衛星データの利活用を進める。

新しい資本主義のグランドデザイン及び実行計画2024年改訂版

IX. 経済社会の多極化 1. 地方創生とデジタル田園都市国家構想の実現

（2）デジタル田園都市国家を支える地域交通、教育の整備

①自動運転の社会実装 P59

自動運転の安全な運航等のための地理空間情報（G空間情報）の整備・活用を進める。

X. 個別分野の取組 1. 宇宙 P62

他国のGPSに頼らずより精緻な測位を可能とする準天頂衛星システムについて、7機体制を着実に整備しつつ、11機体制に向けた検討・開発を進める。

3. 基本方針・計画期間

(1) 本計画の基本方針

② 測量のみならず測位分野における基本測量の役割の増大に対応した取組に重点を置く。

4. 国家座標に基づく測位と測量

(1) 共通の位置の基準である国家座標の整備及び保全の推進

- ・ 全球統合測地観測システム、国際VLBI事業、国際GNSS事業、南極域での測地観測等国際協働観測に参加し、地球の形状・回転・重力場を定める宇宙測地技術のコアサイトとして、国連総会が決議した世界共通の位置の基盤である「地球規模の測地基準座標系」の構築・維持を推進する。
- ・ 国の安全の観点から、我が国独自にGNSS衛星の正確な軌道情報を算出し、安定的に提供することで、これらを海外から取得せずとも衛星測位により迅速かつ安定して正確な位置を得られる環境を構築する。
- ・ 国家座標の基盤である電子基準点を維持管理し、国土のどこでも衛星測位を通じて正確な国家座標を利用できる環境を維持するとともに、電子基準点リアルタイムデータの安定的な配信を確保するため、GNSS連続観測システム（GEONET）の冗長性・抗堪性の向上、国家座標の維持管理への精密単独測位（PPP）の導入等によって、電子基準点を基盤とする高精度な測位・測量環境の安全性・耐災害性を向上させる。
- ・ 高精度な精密重力ジオイドを整備し、全国の標高を精密重力ジオイドに基づく値に刷新する。この際、関係機関への情報提供を遅滞なく適切に行う等、標高改定の円滑な実施に努める。また、精密重力ジオイドに基づき標高を決定するGNSS標高測量を導入し、明確な基準日（元期）における精密な標高を衛星測位によって迅速に得られる環境を整備する。さらに、地殻変動で日々変化する座標値の利用を可能とするダイナミックな位置の基盤（ダイナミック測地系）の試行を開始する。これにより、日々の測量業務が効率化されるとともに、地震等により大規模な地殻変動が発生した場合でも迅速に測量成果を改定し、迅速な復旧・復興工事が可能となる。
- ・ 国家座標の時間管理を導入することにより、任意の時点で地殻変動補正を行った正確な位置情報を国土のどこでも利用可能とする基盤である4次元国家座標が構築され、位置情報を扱う幅広い分野での国家座標の活用促進、社会全体の生産性・安全性が担保される環境を実現する。
- ・ 民間等電子基準点の利用等により地殻変動補正の分解能を向上させる。

（２）高精度測位技術の一般化の推進

- ・「官民データ活用推進基本法」や「オープンデータ基本指針」等を踏まえ、電子基準点の観測データ等の電子基準点に関わるデータが容易に利用できる環境を維持するとともに、必要に応じた拡張を行う。
- ・民間等電子基準点を用いた多様なサービスの発展を見据え、民間等電子基準点の精度評価を引き続き行い、利用者が安心して各種サービスを安定的に利用できる環境作りを行う。
- ・電子基準点の利活用を拡大するため、精密暦の提供等、国家座標に準拠した高精度測位の結果を利用者が容易に得られる環境を整備する。

６．測量技術を活用した防災・減災、災害対応の推進

（１）災害を予防し、発災時の被害を低減させるための取組

- ・干渉SAR技術や衛星測位（電子基準点等）を用いて、地震や火山活動に伴う地殻変動の定常的な監視を行うとともに、地震・火山活動の評価に必要な変動情報の提供を行う。

（２）被害情報を迅速に把握して迅速な救助・復旧・復興を可能とするための取組

- ・干渉SAR技術や衛星測位（電子基準点等）を用いて地殻変動の監視を行い、地震又は火山活動に伴って地表が大きく変動した範囲を迅速に特定するとともに、復旧・復興に資する発災後の正確な位置情報の提供を行う。
- ・巨大地震発生時に地殻変動の状況からマグニチュード等を求める仕組み（電子基準点リアルタイム解析の手法（REGARD））について、精度及び堅牢性・安定性を向上させ、精度の高い津波の予測に必要な情報を引き続き関係機関に提供する。

電子基準点の周辺環境

(2) 国土強靱化・地球規模課題への対応とイノベーションの実現

年度	令和 5年度 (2023年度)	令和 6年度 (2024年度)	令和 7年度 (2025年度)	令和 8年度 (2026年度)	令和 9年度 (2027年度)	令和 10年度 (2028年度)	令和 11年度 (2029年度)	令和 12年度 (2030年度)	令和 13年度 (2031年度)	令和 14年度 (2032年度)	令和 15年度 以降
6 準天頂衛星システム ①	4機体制の運用 (GPSと連携した測位サービス) [内閣府]			7機体制の運用(持続測位) [内閣府]							
	7機体制に向けた追加3機の開発整備 (機能・性能向上に向けた研究開発) [内閣府]										
	▲ 打上げ ▲ ▲										
	11機体制に向けた検討・開発 [内閣府]										
	準天頂衛星システムを利用した衛星航法サービスの高度化 [内閣府、国土交通省]										
	7機体制におけるSBAS性能向上に向けた検討・整備					7機体制における性能向上したSBAS運用					
	衛星データ利用推進によるG空間社会の実現 [内閣官房、内閣府、文部科学省、農林水産省、経済産業省、国土交通省、環境省]										
	自然災害・環境問題への対応、産業・経済の活性化、豊かな暮らしの実現等国内外の幅広い分野における事業の推進、統合型G空間防災・減災システムの構築の推進、G空間情報センターを通じた地理空間情報の円滑な流通及び利活用の促進 [内閣官房、内閣府、文部科学省、農林水産省、経済産業省、国土交通省、環境省]										
※：「▲」は各人工衛星の打上げ年度の現時点におけるめど等であり、各種要因の影響を受ける可能性がある。											

ジャミングやスプーフィング対策として信号認証サービスの活用も検討が必要か？

- 2024年5月、国連（Global Geodetic Center of Excellence）から
 - ✓ 人工衛星の運用を下支えする、測地（基準となる位置情報）の重要性
 - ✓ その現状と持続可能な運用の必要性を示し、加盟国の取組を求める報告書が公開された

Hidden Risk

How weaknesses in the global geodesy supply chain could have catastrophic impacts on critical infrastructure and national economies

Background report for decision-makers

Version 1.0

5 June 2024



POLICY BRIEF No.001

Hidden Risk

How weaknesses in the global geodesy supply chain could have catastrophic impacts on critical infrastructure and national economies

INTRODUCTION

Modern society is dependent on satellites. In many countries, satellite information is essential for economic growth, the operation of critical infrastructure, and is a cornerstone of national defence forces.

In some cases, the dependence is so strong that countries have developed sovereign space systems. For example, several countries or regions, e.g., the European Union (EU), have their own Global Navigation Satellite System (GNSS) to provide Positioning, Navigation and Timing (PNT) services for civilian and defence applications including the Global Positioning System (GPS; USA), GLONASS (Russian Federation), Galileo (EU) and BeiDou (PRC). These countries recognize that a loss of PNT services, either due to technological failures or malicious activity, would have catastrophic and cascading effects for their economy and critical infrastructure. This reliance and need for control is not limited to GNSS satellites which provide PNT services, but extends to telecommunications satellites and Earth Observation (EO) satellites.

Observing the Earth

Satellites providing vital defence and civilian applications are reliant on constant updates about their 'place in space' (satellite orbit information) and the Earth's 'place in space' (shape, orientation, gravity field, and coordinate reference frame).

This Earth and satellite 'place in space' information are collectively known as geodetic products. Constant updates to the geodetic products are needed because the Earth and satellites are always moving. Without updates to geodetic products, satellite applications that society takes for granted, and all the benefits they provide would degrade or fail.

GLOBAL GEODESY SUPPLY CHAIN

The geodetic products are created through the global geodesy supply chain (Figure 1) which includes:

- ground observatories and scientists who constantly observe the movement of the Earth and satellites;

Authors: Nicholas Brown and Sarah Kowal, United Nations Global Geodetic Centre of Excellence, UN DESA.

Key Messages

- Society's dependence on satellite services for economic development, the operation of critical infrastructure, and defence applications is very high and growing at a rapid pace.
- Satellite services are at risk of degradation or failure due to the lack of resources provided to the global geodesy supply chain.
- For satellites to operate accurately and reliably, their 'place in space' and Earth's 'place in space' need to be observed and analyzed constantly. This information is provided through the global geodesy supply chain.
- The global geodesy supply chain is the collection of ground observing stations, data centres, analysis centres and highly qualified experts who observe the Earth and convert these observations into geodetic products which are essential to communicate accurately and reliably with satellites.
- Although the supply chain is a vital foundation of the space sector, it is relatively unknown and therefore under-resourced. Less than 0.05% of the revenue generated from GNSS and EO services are reinvested in the global geodesy supply chain.
- Member States and partners are forming a Joint Development Plan describing how they will work together to strengthen the supply chain to enhance the reliability and integrity of the geodetic products.
- Key activities for Member States include: strengthening national awareness and governance in geodesy, recognizing the global geodesy supply chain as national critical infrastructure and engaging in bilateral or multilateral agreements with other Member States.

- data centres and data centre operators who quality check the data from observatories and make it available to the global geodesy analysis community; and,
- analysis centres, correlation centres and analysts who translate the raw data into geodetic products.

It is a global geodesy supply chain because the observatories and highly qualified people need to be distributed around the world to achieve the required accuracy and reliability of the geodetic products.

Recognizing the risk of a degrading supply chain, the United Nations General Assembly adopted resolution 69/266 in 2015, entitled 'A Global Geodetic Reference Frame for Sustainable Development'. The resolution encourages Member States to

国連報告書

「Hidden Risk」



要約版

(ブリーフ用)





- 現代社会は、人工衛星に依存
 - ※ 米国では、通信・電気ガス・金融等 18 の必須基盤セクター中 15 分野がGPSに依存（米国Department of Homeland Security）
 - ※ 世界のGNSS関連業界は2031年までに4920億ドル（成長率9.2%）
- 衛星の運用には、
 - ✓ 宇宙での衛星の位置（衛星軌道情報）
 - ✓ 宇宙での地球の位置（地球形状、回転、重力場）が不可欠
- これらの地球と衛星の場所の情報は、**測地プロダクト**
- 地球も衛星も動き続けているため、**継続的な更新**が必要
- 衛星軌道情報など測地プロダクトの生成には、
観測からプロダクト提供まで一連の測地サプライチェーンが必要

