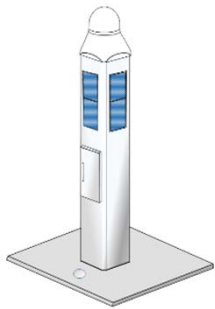


令和元年6月5日
第48回国土地理院報告会

マルチGNSSを活用した GEONETの新たな解析手法について



測地観測センター 電子基準点課長
檜山 洋平

1. はじめに
 - 電子基準点とGEONET
2. 新たな解析手法による「日々の座標値」
 - 「日々の座標値」(F3:最終解、R3:速報解)
 - 新たな解析手法のポイント
3. 電子基準点網の拡充に向けて
 - 民間等のGNSS連続観測点の活用
 - 性能基準及び登録要領のパブリックコメント
4. 防災・減災、国土強靱化のための3か年緊急対策
5. まとめ

1. はじめに

- 電子基準点とGEONET

2. 新たな解析手法による「日々の座標値」

- 「日々の座標値」(F3:最終解、R3:速報解)
- 新たな解析手法のポイント

3. 電子基準点網の拡充に向けて

- 民間等のGNSS連続観測点の活用
- 性能基準及び登録要領のパブリックコメント

4. 防災・減災、国土強靱化のための3か年緊急対策

5. まとめ



電子基準点

- GPSや準天頂衛星などの観測データを取得・提供
- 全国約1,300か所に、約20km間隔で設置



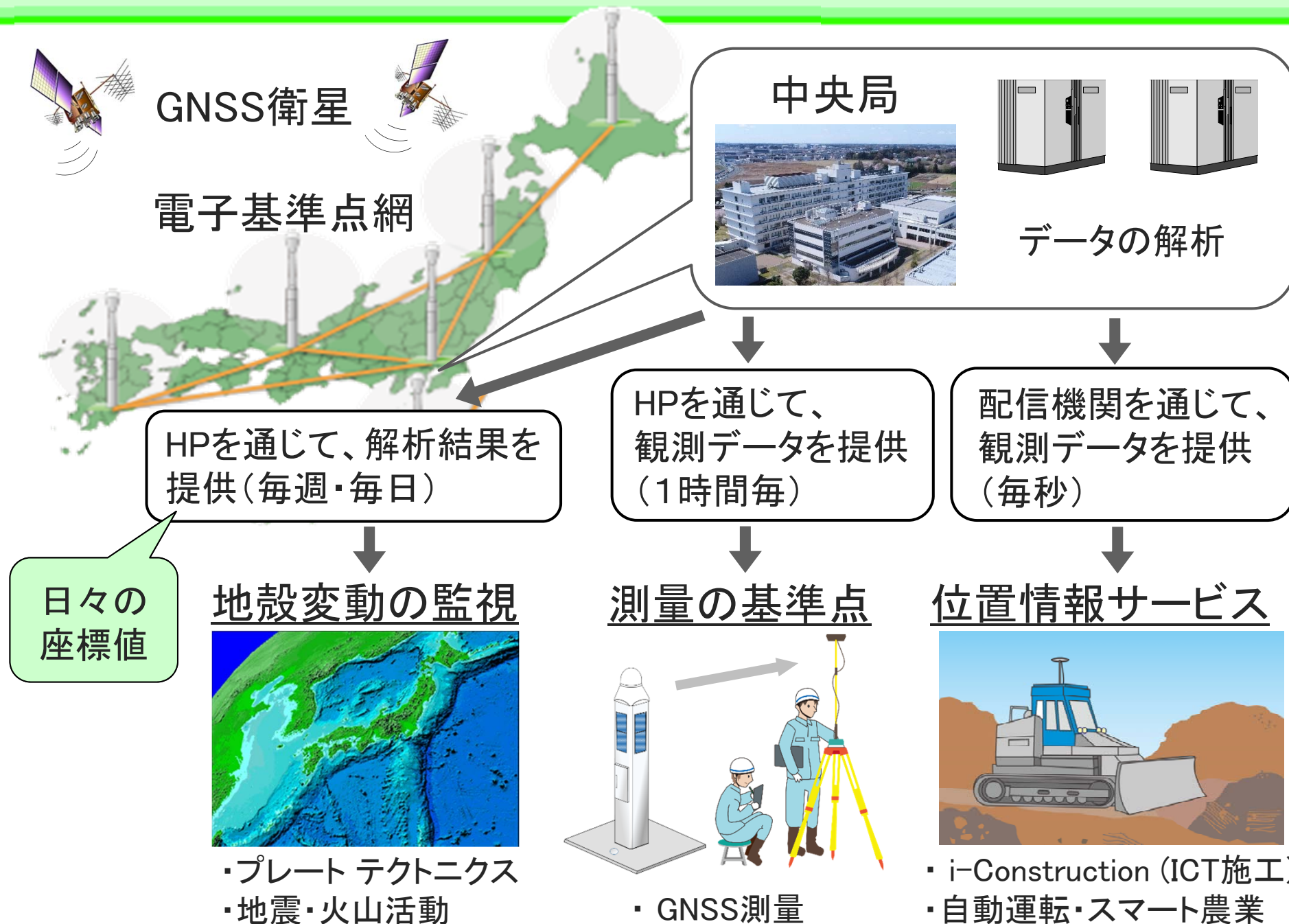
GEONET (GNSS連続観測システム: GNSS Earth Observation NETwork System)

- 電子基準点網とデータを収集・配信する中央局の総称

GNSS (全球測位衛星システム)

- GPSをはじめとする各種衛星測位システムの総称
- GPS (アメリカ)、QZSS (日本)、GLONASS (ロシア)、Galileo (EU) 等がある
- 複数のGNSS衛星を使用する (マルチGNSS) 測位が普及しつつある





1. はじめに
 - 電子基準点とGEONET
2. 新たな解析手法による「日々の座標値」
 - 「日々の座標値」(F3:最終解、R3:速報解)
 - 新たな解析手法のポイント
3. 電子基準点網の拡充に向けて
 - 民間等のGNSS連続観測点の活用
 - 性能基準及び登録要領のパブリックコメント
4. 防災・減災、国土強靱化のための3か年緊急対策
5. まとめ

- 全ての電子基準点の座標は毎日解析
- 電子基準点ごとに、毎日の座標をファイルにまとめて提供
- 国土地理院HP「電子基準点データ提供サービス」からダウンロード可能

「日々の座標値」ファイルの内容(電子基準点「東京千代田」の例)

```
+SITE/INF
ID          171222
RINEX       1222
J_NAME      東京千代田
E_NAME      TOKYOCHIYODA
```

```
-SITE/INF
```

```
+SOLVER/INF
SOFT_NAME   Bernese
EPHEMERIS   IGS
SOLUTION_ID F3
VERSION     00
EPOCH       START=2019/01/01 12:00:00 END=2019/05/04 12:00:00 COUNT=123
COORDINATE  ITRF2005
ELLIPSOID   GRS80
```

```
-SOLVER/INF
```

```
+DATA
```

*yyyy mm dd HH:MM:SS	X (m)	Y (m)	Z (m)	Lat. (deg.)	Lon. (deg.)	Height (m)
2019 01 01 12:00:00	-3.9587689123E+06	3.3516240751E+06	3.6991931218E+06	3.5677174516E+01	1.3974764945E+02	6.7096173340E+01
2019 01 02 12:00:00	-3.9587689116E+06	3.3516240737E+06	3.6991931212E+06	3.5677174519E+01	1.3974764946E+02	6.7094654598E+01
2019 01 03 12:00:00	-3.9587689134E+06	3.3516240769E+06	3.6991931262E+06	3.5677174538E+01	1.3974764945E+02	6.7100366247E+01
2019 01 04 12:00:00	-3.9587689214E+06	3.3516240875E+06	3.6991931437E+06	3.5677174598E+01	1.3974764941E+02	6.7121096022E+01
2019 01 05 12:00:00	-3.9587689201E+06	3.3516240867E+06	3.6991931422E+06	3.5677174595E+01	1.3974764941E+02	6.7118995337E+01

1日分の解析結果を1行に記載

内容 [地心直交座標
緯度・経度・楕円体高]

- 観測から約2日後に「**日々の座標値(R3)**」(**速報解**)を公開
 - 観測から約2週間後に「**日々の座標値(F3)**」(**最終解**)を公開
- ※ 国際機関が作成する衛星軌道情報は時間とともに精度が向上するため、衛星軌道情報に基づいて得られる座標値は「**日々の座標値(F3)**」のほうが精度が高い

電子基準点データ提供サービス

このサービスでは、国土地理院のGEONET(GNSS連続観測システム)で得られた電子基準点観測データや解析結果等をインターネットを利用してユーザの皆様に提供することを目的としています。

お知らせ

[過去のお知らせ](#)

- タイトル: **「日々の座標値(R3)」(速報解)の提供を開始しました(測量実務には特に関係ありません)**
お知らせ日: 2015年05月18日
内容: ○電子基準点を用いた研究を支援するため、観測2週間後に公開している「日々の座標値(F3)」(最終解)に加え、観測2日後に計算できる「日々の座標値(R3)」(速報解)を、5月18日より、毎日提供します。
○両者は、解析方法が異なるため、座標値には数cm程度の差がありますので、混用しないよう**利用上の注意**を良くお読みください。
- タイトル: **観測データ公開停止について**
お知らせ日: 2015年05月18日
内容: 下記の点の観測データ(GPS、GPSとGLONASS、GPSとGLONASS及びQZSS)において、L2信号が取得できていない状態が続いているため、データ公開を停止しました。
停止点: 河津(95053)

メニュー

提供情報内容

FTPによるデータ取得

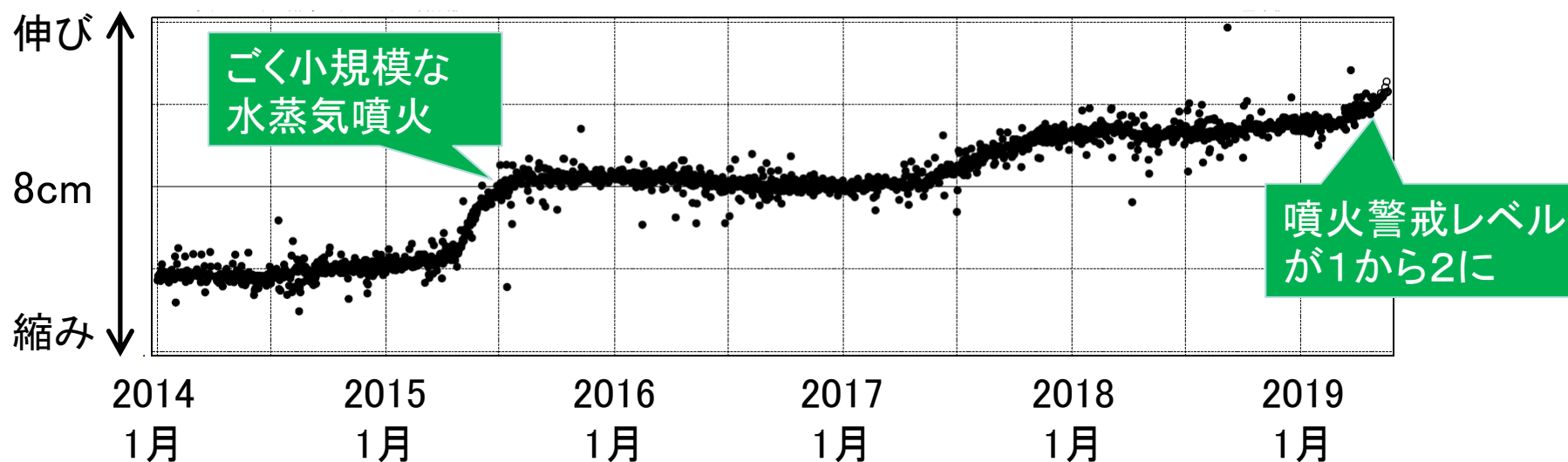
提供サービス入り口

電子基準点停止状況

電子基準点データ提供HP
(<http://terras.gsi.go.jp>)

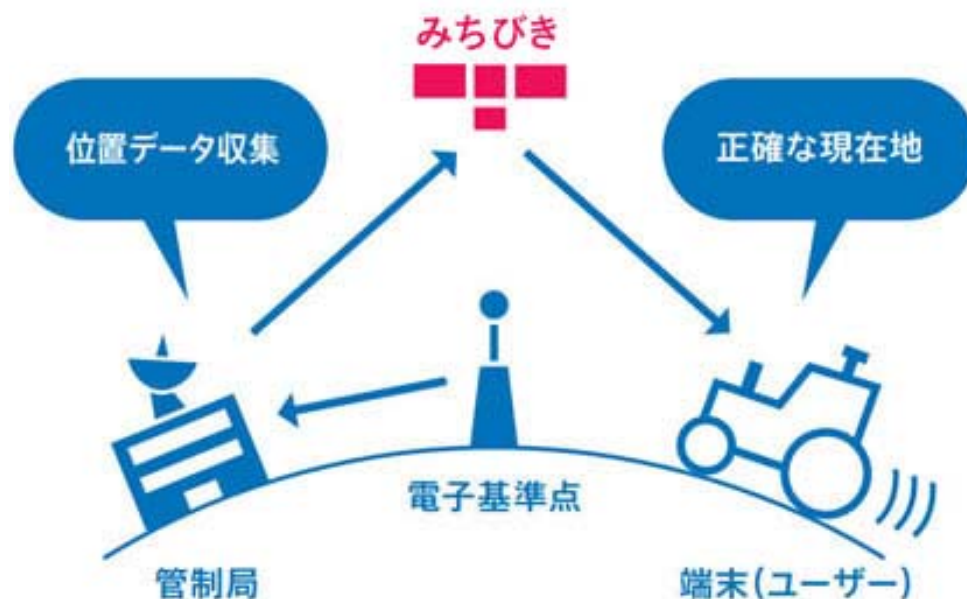
- mmの単位で地殻変動を把握できる
- 地震・火山活動の監視に広く利用

電子基準点「裾野2」と「小田原」間の距離(箱根山の火山活動監視)



Centimeter Level Augmentation Service

- CLAS(センチメートル級測位補強サービス)(内閣府):
日本版GPS衛星「みちびき」(準天頂衛星システム)から、
誤差数cmで位置を求めるための情報を送信(2018年11月開始)
- CLASには、GEONETの観測データや「日々の座標値」を使用



内閣府宇宙開発戦略推進事務局HP (http://qzss.go.jp/overview/services/sv06_clas.html)

- 1992 連続観測網構築に向けて試験観測
- 1993 南関東・東海の観測網設置(COSMOS-G2)
- 1994 120km間隔で全国観測網設置(GRAPES)
- 1996 COSMOS-G2とGRAPESを統合し、**GEONET**と命名
第1版の解析手法(F0, J0)開発
- 2002 第2版の解析手法(F1, J1)開発
「日々の座標値」(最終解)提供開始
- 2004 第3版の解析手法(F2, R2, Q2)開発
短い間隔の解析を開発
- 2009 **第4版の解析手法(F3, R3, Q3)開発**
- 2013 電子基準点のGLONASS(ロシア)・QZSS(日)提供開始
- 2015 **「日々の座標値」(速報解)提供開始**
- 2016 電子基準点のGalileo(EU)提供開始

現在の
手法



新たな解析手法(第5版)を開発中！！

1

GLONASS衛星系を使用した解析

- ー複数の衛星系によるチェック機能の強化
- ーより精度の高い解析を目指して

2

基準座標系の更新

- ーより正確な位置を求められるように

3

固定点計算手法の改良

- ー現手法を改善し、より安定した座標を求められるように

※GLONASS:
ロシアが運用する
測位衛星で、
常時24衛星が周回



さらに

解析ソフトの更新、対流圏遅延推定手法の変更
速報解の固定点変更等、上記以外にも様々な改良を実施

現在：GPSのみで計算した「日々の座標値」を公開



新手法：「GLONASSのみ」「GPSとGLONASSの併用」追加

- ・「GLONASSのみ」の解析結果は、やや精度が劣るが、GPSのみの解析結果を確認することに役立つ
- ・「GPSとGLONASS併用」の解析結果は現在の解析に比べ、精度が向上

座標のばらつきを示す指標(RMS)の値

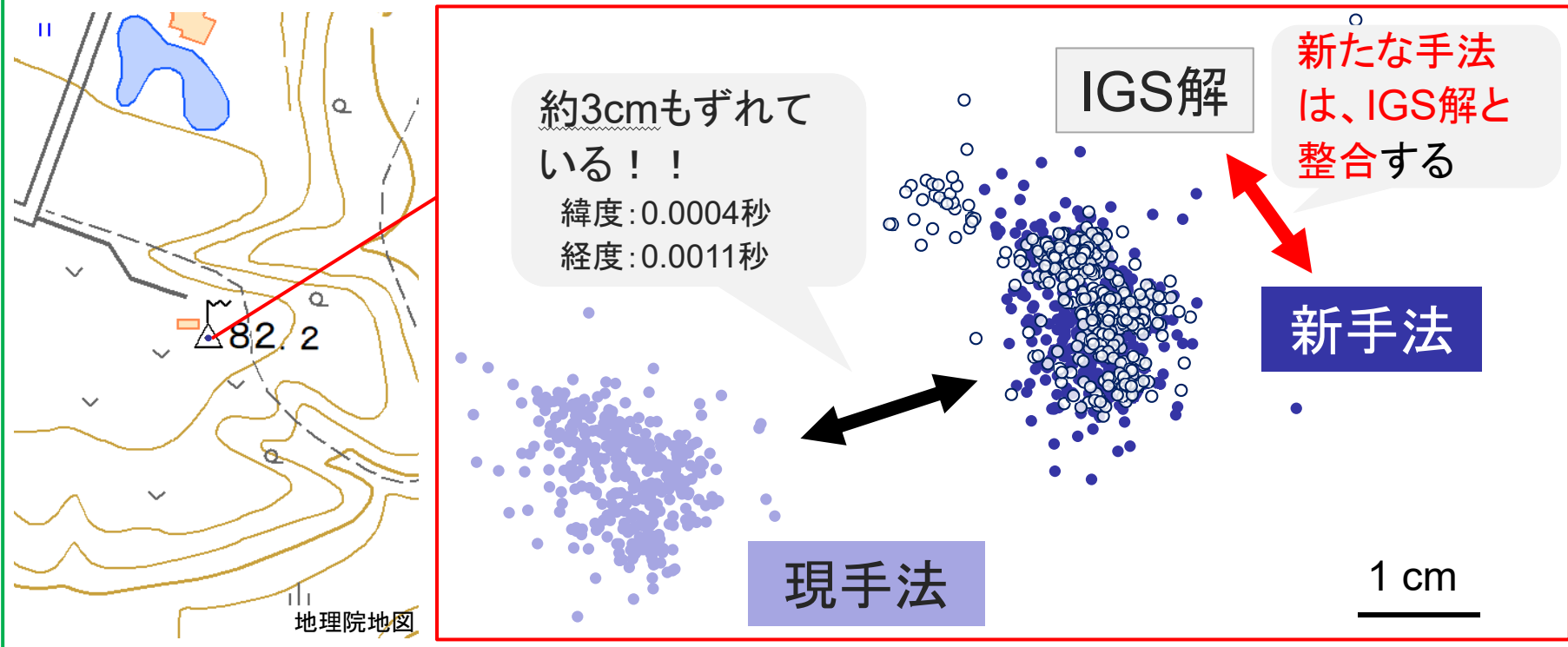
		南北 [mm]	東西 [mm]	上下 [mm]
現在		2.04	2.16	6.52
新手法	GPS	2.01	2.10	6.21
	GLONASS	2.51	3.68	8.71
	併用解	2.00	2.11	5.76

※ 固定点との基線に対し、回帰曲線(トレンド、年周、半年周を想定)からのRMSを計算。計算期間は2015～2017年の3年分で、対象は20観測点

- 測地基準座標系：地球上の位置を緯度・経度等で表すための基準
- 地球の正確な形と時間変化を表す最新の国際的な位置の基準 (ITRF2014) から2-3cm離れている
- **新たな「日々の座標値」は、最新の座標系であるITRF2014で計算**

電子基準点「新十津川A」の日々の座標値(2017年の365日分)

※ IGS解とは、国際機関が独自に計算した座標 (ITRF2014準拠)



1 固定点解析

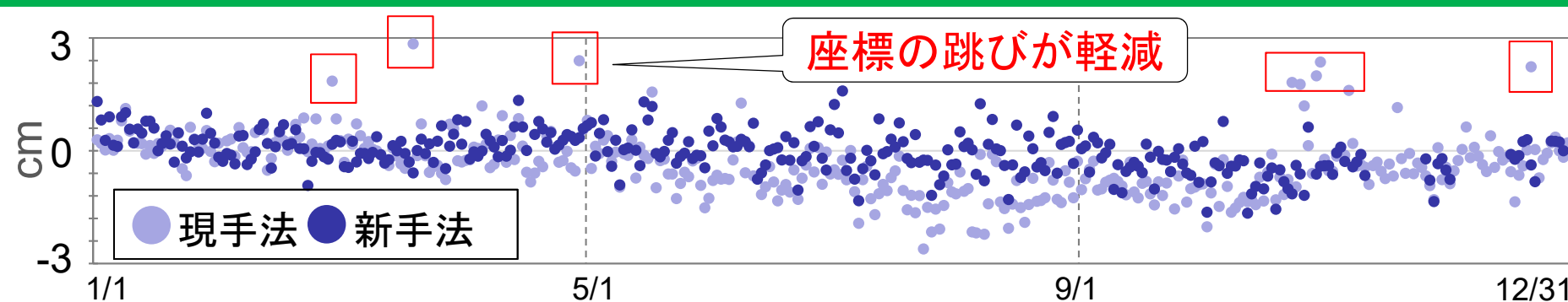
2 全点解析

「つくば1」の座標を固定して全ての電子基準点座標を解析

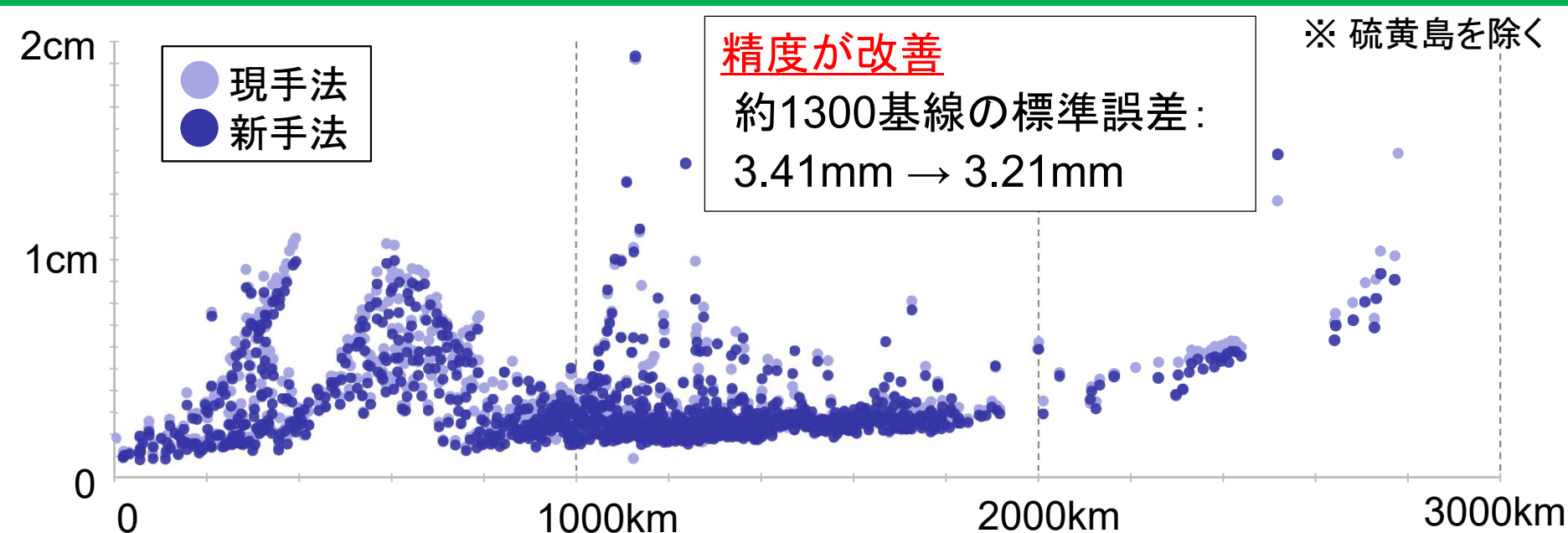
- 日本周辺のみを使用
- 欠測に弱い(座標が飛ぶ)

- 世界中の観測点を使用
- 欠測に強い

位置の比較 電子基準点「つくば3」の標高の変化（2018年：平均値を基準）



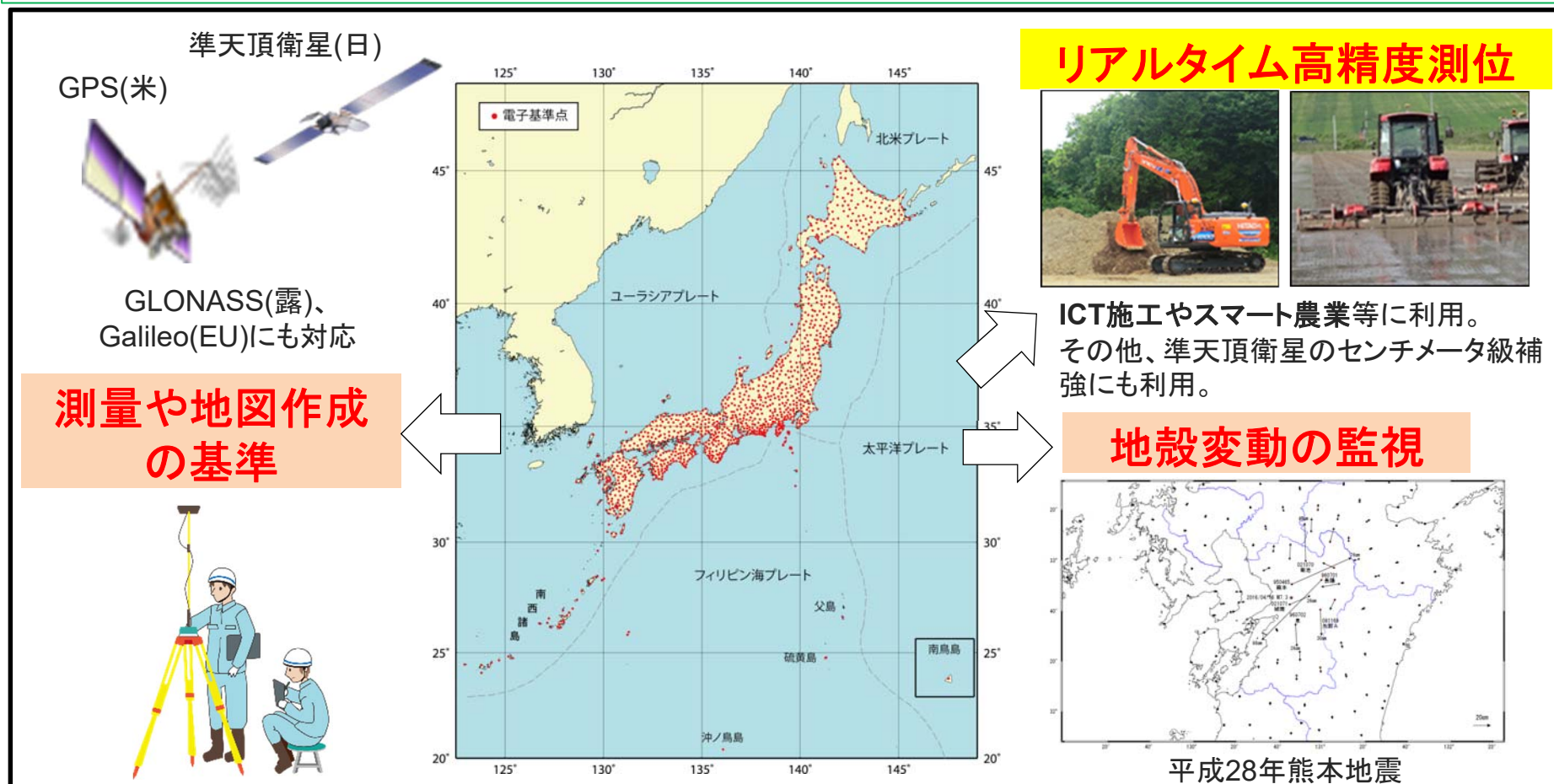
基線の比較 電子基準点「稚内」と他点間の距離の標準偏差（2018年）



1. はじめに
 - 電子基準点とGEONET
2. 新たな解析手法による「日々の座標値」
 - 「日々の座標値」(F3:最終解、R3:速報解)
 - 新たな解析手法のポイント
3. 電子基準点網の拡充に向けて
 - 民間等のGNSS連続観測点の活用
 - 性能基準及び登録要領のパブリックコメント
4. 防災・減災、国土強靱化のための3か年緊急対策
5. まとめ

電子基準点網の密度

- ・約1,300点(20~25km間隔)
- ・測量・地図作成、広域の地殻変動監視には十分だが...



→ さらなる高精度測位社会を実現するために

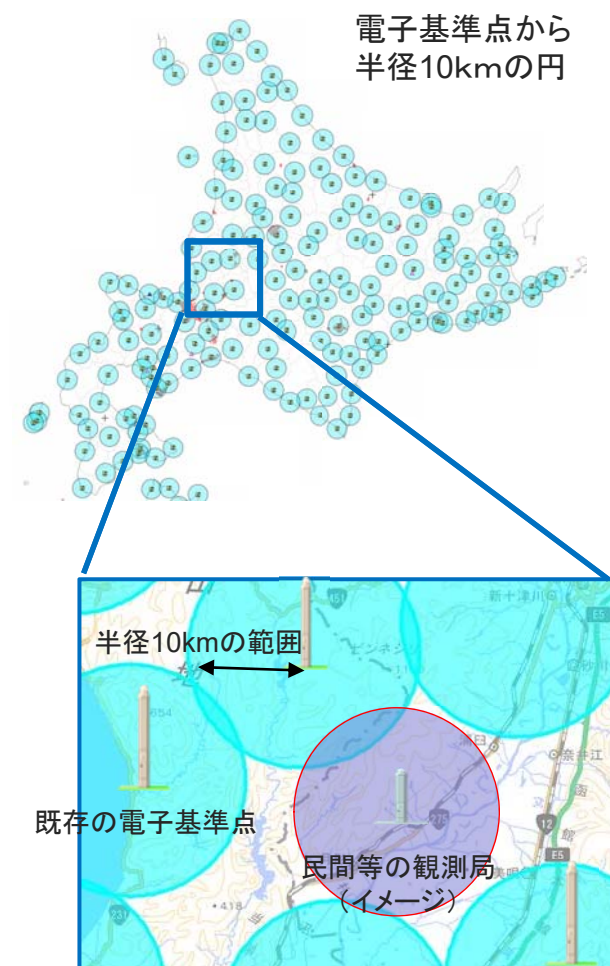
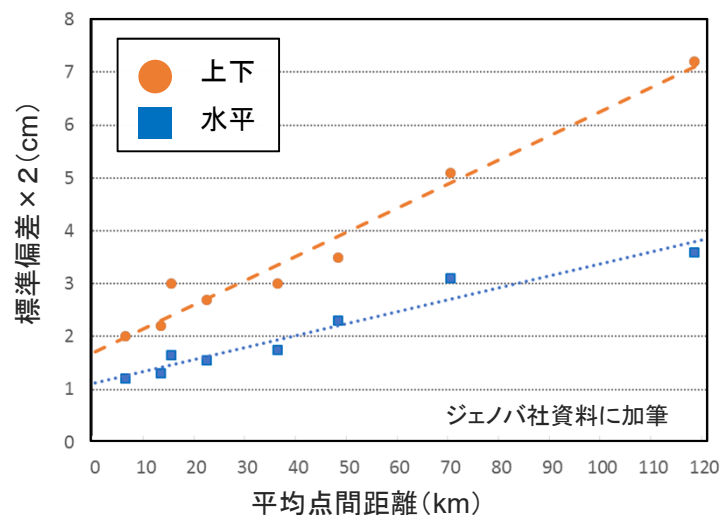
電子基準点の低密度地域において、民間等が設置したGNSS連続観測局を活用

- 電子基準点の点間距離が短いほど測位精度は高い傾向
- 電子基準点の配点密度が低い地域がある
- 民間等が運用するGNSS連続観測局が存在する

民間等のGNSS連続観測局のデータを活用する仕組みを検討

→ より精緻な補正情報を配信することができ、リアルタイム高精度測位の性能が向上

電子基準点の配点密度とリアルタイム測位精度の関係



岩見沢市による自前のRTK基地局（農水省補助）



- 市内に3か所のRTK基地局を設置し、高精度位置情報を配信
- 配信された補正情報により、高精度な農機の自動操舵を実現
- 地図と位置情報が高度化すると、ホワイトアウト時の運転支援や除雪前の救急車のルートなどへの期待も(以上、岩見沢市からの聞き取り)

測量行政懇談会 測位基盤検討部会

- 標記部会(部会長:佐田達典日大教授)による「位置の基準のあり方についてー準天頂衛星システムが実現する高精度測位社会を支えるー」報告(平成30年3月)の主な内容 <http://www.gsi.go.jp/seisakuchousei/seisakuchousei41026.html>
 - ①地殻変動を補正して位置を求める仕組み
(測量分野の“セミ・ダイナミック補正”を高度化)
 - ②衛星測位を活用した新たな標高体系の構築
(航空重力測量で精密ジオイドを作成)
 - ③高精度なGNSS測位に向けた民間等の観測点の活用の検討

具体的には

- 研究／公的機関、民間等が運用するGNSS連続観測点を活用することで、電子基準点の空間分解能を向上させ、測位精度が向上
- 関係機関と連携し、データ共有の可能性、要望等を調査
 - ー技術基準、認定方法
 - ーデータ共有やコスト分担の方法
 - ー参加者にメリットが生まれる仕組み

- 部会長:

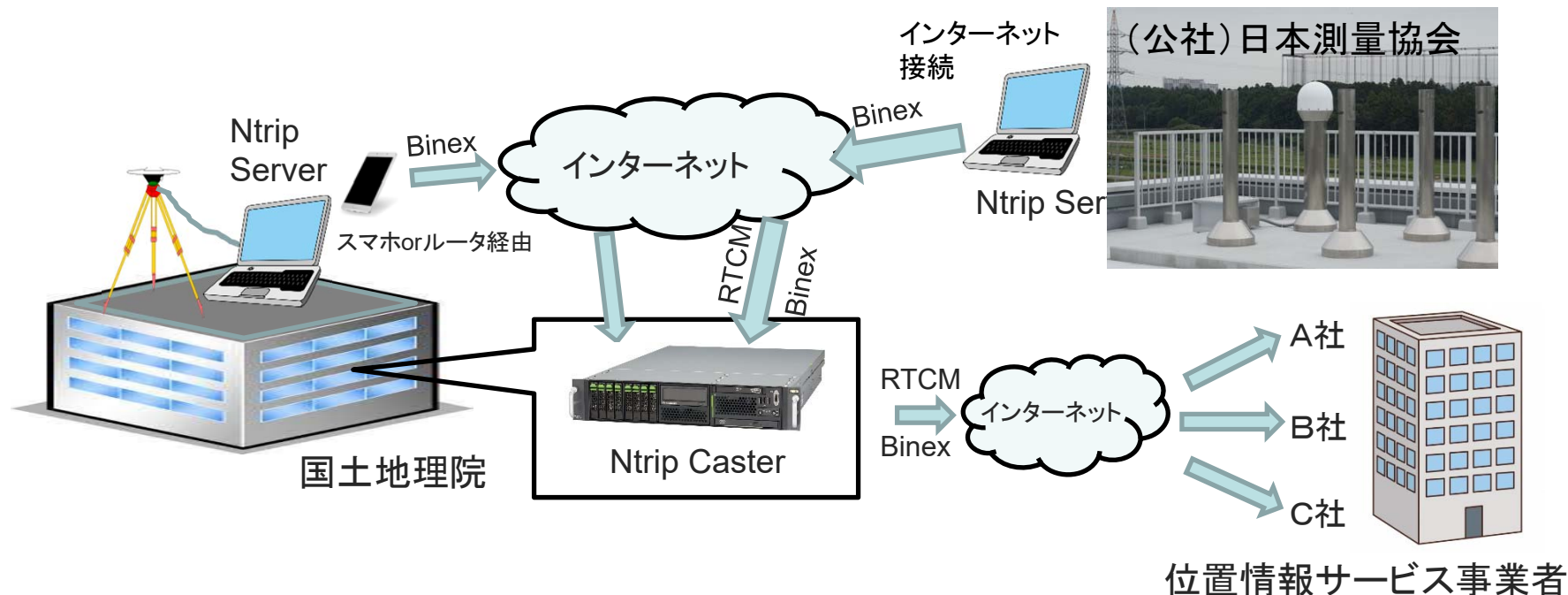
佐田 達典 日本大学理工学部交通システム工学科 教授
電子基準点を利用したリアルタイム測位推進協議会 会長

- 委員(五十音順):

天野 肇 (特非)ITS Japan 専務理事
稲垣 秀夫 (一社)地図調製技術協会 専務理事
植木 睦央 (一社)日本建設機械施工協会 情報化施工委員会 委員長
大坪 俊通 一橋大学大学院社会学研究科 教授
久保 信明 東京海洋大学海洋工学部海事システム工学科 准教授
後藤 史一 国土交通省土地・建設産業局地籍整備課 国土調査企画官
斉藤 和也 (公財)日本測量調査技術協会 専務理事

(敬称略)

リアルタイムデータ配信の実証実験(平成30年度)



- (公社)日本測量協会にご協力いただき、屋上のGNSS観測データを通常のインターネット経由で、位置情報サービス事業者まで送付
- 実験成功！目立ったデータ遅延も見られず、VRS補正情報も生成可能
- ストリーム数が増えた場合の安定性は要確認

現行の電子基準点データの流通システムに
民間点を組み込むことは可能

性能基準及び登録要領の骨子（案）

- 性能により、A級・B級に分類

級別	性能
A級	土木及び建築工事に活用可能な信頼性を確保でき、地殻変動監視にも活用可能な水準となるもの
B級	一般的な位置情報サービスに活用される水準となるもの

- 主な基準項目

分類	基準項目
設置及び環境	- 構造に由来する観測点の変位が見られないこと - 上空視界の確保 - 強風・降雨等への耐久性 - 土砂災害等による被災の可能性が低いこと（A級） - 地面に設置され、地中に基礎を有すること（A級）
アンテナ及び受信機	- 国土地理院に登録された1級GNSS測量機であること（A級） - マルチGNSS対応（A級）
データ品質	リアルタイムデータのデータ遅延が2秒以下であること
運用	- 観測局の機器等に変更がある場合には届出を行うこと - 周囲の状況に変化が生じた場合は写真を提出すること

パブリックコメントの実施

- 国土地理院の電子基準点は、「防災・減災、国土強靱化のための3か年緊急対策」（平成30年12月14日閣議決定）に該当し、地震・火山活動等に伴う地殻変動監視に欠かせない重要インフラ。信頼性の高い測位情報を安定的に提供するため、電子基準点の設置・運用に当たり、一定の規格・基準を満たすことが必要。
- 「衛星測位を活用したサービスを行う者」は、「良質な地理空間情報の提供等に自ら努める」（地理空間情報活用推進基本法第6条）。民間事業者が設置するGNSS連続観測局においても、一定の規格・基準を満たすことが必要。
- 民間事業者が設置しようとするGNSS連続観測局の規格を審査し、当該観測局を用いた測量の正確さを確保することを目的とした「民間等電子基準点の性能基準及び登録要領（案）」を作成。

パブリックコメント実施中

募集期間：令和元年5月31日（金）から7月5日（金）まで

忌憚の無い御意見をよろしくお願いいたします。

1. はじめに
 - 電子基準点とGEONET
2. 新たな解析手法による「日々の座標値」
 - 「日々の座標値」(F3:最終解、R3:速報解)
 - 新たな解析手法のポイント
3. 電子基準点網の拡充に向けて
 - 民間等のGNSS連続観測点の活用
 - 性能基準及び登録要領のパブリックコメント
4. 防災・減災、国土強靱化のための3か年緊急対策
5. まとめ

平成31年1月22日訂正

1. 基本的な考え方

○本対策は、「重要インフラの緊急点検の結果及び対応方策」(平成30年11月27日重要インフラの緊急点検に関する関係閣僚会議報告)のほか、ブロック塀、ため池等に関する既往点検の結果等を踏まえ、

- ・防災のための重要インフラ等の機能維持
- ・国民経済・生活を支える重要インフラ等の機能維持

の観点から、国土強靱化基本計画における45のプログラムのうち、重点化すべきプログラム等20プログラムに当たるもので、特に緊急に実施すべきハード・ソフト対策について、3年間で集中的に実施する。

2. 取り組む対策の内容・事業規模の目途

○緊急対策160項目

○財政投融資の活用を含め、おおむね7兆円程度を目途とする事業規模(※1、※2)をもって実施。

I. 防災のための重要インフラ等の機能維持

おおむね3.5兆円程度

- (1)大規模な浸水、土砂災害、地震・津波等による被害の防止・最小化
- (2)救助・救急、医療活動などの災害対応力の確保
- (3)避難行動に必要な情報等の確保

おおむね2.8兆円程度
おおむね0.5兆円程度
おおむね0.2兆円程度

II. 国民経済・生活を支える重要インフラ等の機能維持

おおむね3.5兆円程度

- (1)電力等エネルギー供給の確保
- (2)食料供給、ライフライン、サプライチェーン等の確保
- (3)陸海空の交通ネットワークの確保
- (4)生活等に必要の情報通信機能・情報サービスの確保

おおむね0.3兆円程度
おおむね1.1兆円程度
おおむね2.0兆円程度
おおむね0.02兆円程度

(※1)

うち、財政投融資を活用した事業規模としておおむね0.6兆円程度を計上しているほか、民間負担をおおむね0.4兆円程度と想定している。平成30年度第一次補正予算等において措置済みの事業規模0.3兆円を含む。

(※2)

四捨五入の関係で合計が合わないところがある。

3. 本対策の期間と達成目標

○期間:2018年度(平成30年度)～2020年度(平成32年度)の3年間

○達成目標:防災・減災、国土強靱化を推進する観点から、特に緊急に実施すべき対策を、完了(概成)又は大幅に進捗させる。

- 北海道胆振東部地震や草津白根山の噴火等、相次ぐ自然災害を踏まえ、地殻変動の監視・観測等の継続性確保に必要な電子基準点網(GNSS連続観測システム)等の強化のための緊急対策を行う。

(平成30年度国土地理院関係第二次補正予算)

被災回避のための電子基準点網等の耐災害性強化 351百万円

災害時においても継続して地殻変動等の情報を提供できるようにするため、災害リスクに対して耐災害性強化が必要な電子基準点網等について、移設・強化の対策を行う。



災害時においても運用を継続

GEONETは
測量の基準点として
地殻変動を監視する観測点として
高精度測位社会を支えるサービスとして
ますます重要なインフラに！

国土地理院の最近の取組

- 精度の高い地殻変動情報を提供できるように、新たな解析手法を開発中
- 高精度測位社会に貢献するために、民間等で運用されている観測点との協働を検討中
- 災害に強い観測点となるように、電子基準点網等を強化中