

高精度測位社会の未来に向け 進化するGEONET

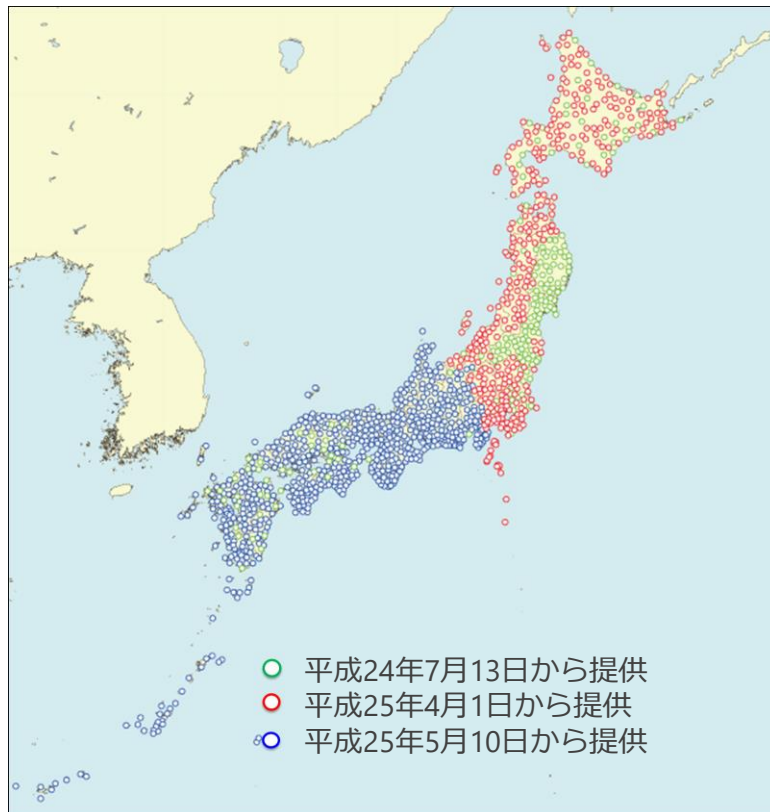
第49回国土地理院報告会

国土地理院測地観測センター
檜山 洋平

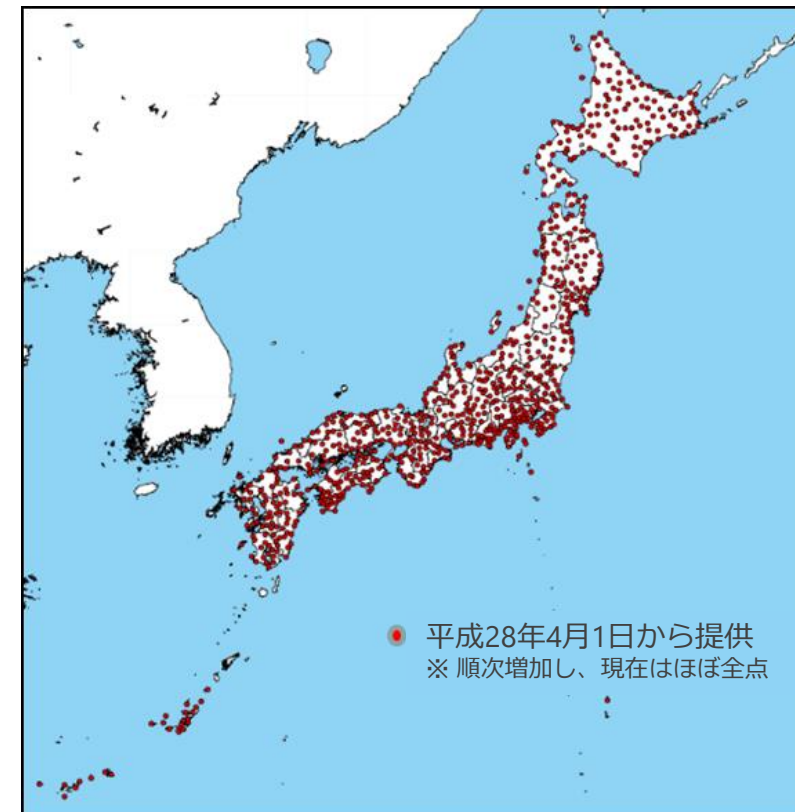
内容

1. 電子基準点におけるGalileo信号の拡張
2. 民間等のGNSS連続観測局の活用
3. 電子基準点「日々の座標値」の開発

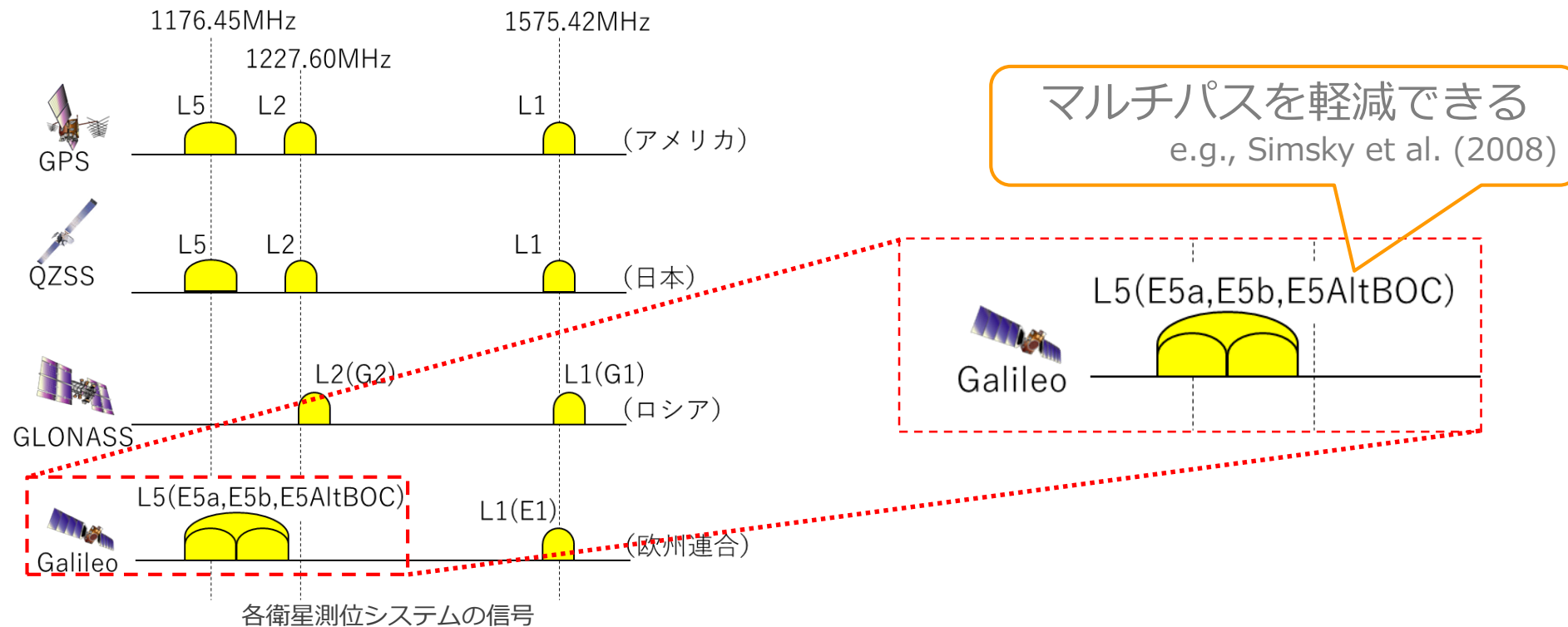
- 平成25年5月10日、従来のGPSに加え、電子基準点ほぼ全点について準天頂衛星及びGLONASSのデータ提供を全国で開始
- 平成28年4月1日からは、一部の電子基準点について欧州連合のGalileoを含めて提供を開始
- このマルチGNSS対応により、ビル街や山間部等で上空視界に制限があり、GPSだけでは測位が困難な地域でも、測位可能な時間帯が増えることが期待される。またリアルタイム測量の安定性が向上することが期待される



準天頂衛星, GLONASSデータの提供開始点



Galileoデータの提供開始点



<電子基準点の観測データへの追加>

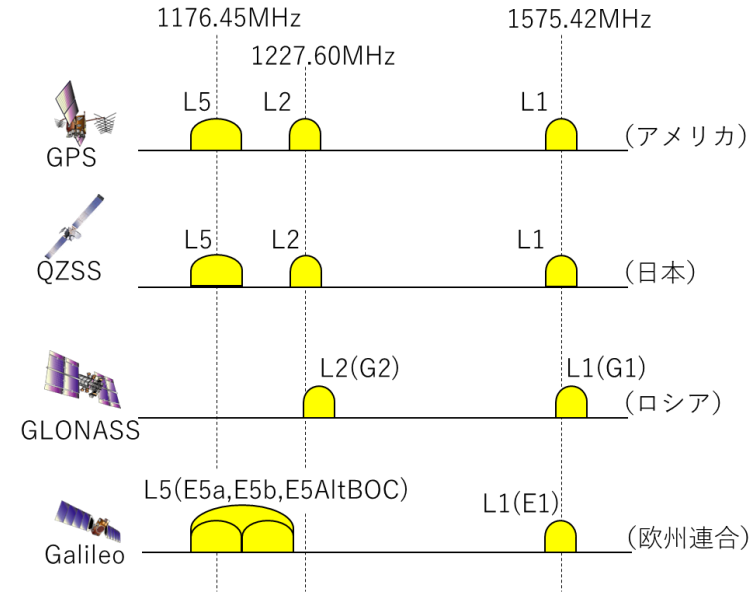
タイトル: ガリレオのE5b及びE5AltBOC信号を含むデータの提供開始について

お知らせ日: 2020年06月04日

内容: ガリレオのE5b及びE5AltBOC信号を含む観測データ(RINEX ver3.02(GRJE))の提供を開始しました。
該当する電子基準点は、受信機がTRIMBLE NetR9、TOPCON NET-G5の電子基準点(1244点)になります。

（マニュアル（案）第7条2項三号）

観測に使用する周波数	1周波	2周波	3周波
GNSS衛星の組合せ			
GPS・準天頂衛星	L1	L1+L2 又は <u>L1+L5</u>	<u>L1+L2+L5</u>
GPS・準天頂衛星及び GLONASS 衛星			
GPS・準天頂衛星及び <u>Galileo 衛星</u>			
GPS・準天頂衛星、GLONASS 衛星 及び <u>Galileo 衛星</u>			
GLONASS 衛星		L1+L2	——



（マニュアル（案）解説）

なお、GLONASS の G1、G2 は、GPS の L1、L2 とほぼ同じ周波数帯のため、「L1」、「L2」と表記しています。また、Galileo の E1、E5a は、GPS の L1、L5 と同じ周波数帯のため「L1」、「L5」と、Galileo の E5b と E5AltBOC は、GPS の L5 とほぼ同じ周波数帯のため、「L5」と表記しています。ただし、Galileo の E5b と E5AltBOC を用いた統合処理は、本

- マルチGNSS測量マニュアル（案）では、Galileo衛星が利用可能であり、L5周波数帯として、E5a、E5b、E5AltBOCが利用できる
- 令和2年6月にマニュアル（案）を改正し、L5のアンテナ位相特性補正に、L2のモデルが代用可能に

→ 電子基準点の観測データと合わせて、測量におけるGalileoの活用を期待

内容

1. 電子基準点におけるGalileo信号の拡張
2. 民間等のGNSS連続観測局の活用
3. 電子基準点「日々の座標値」の開発

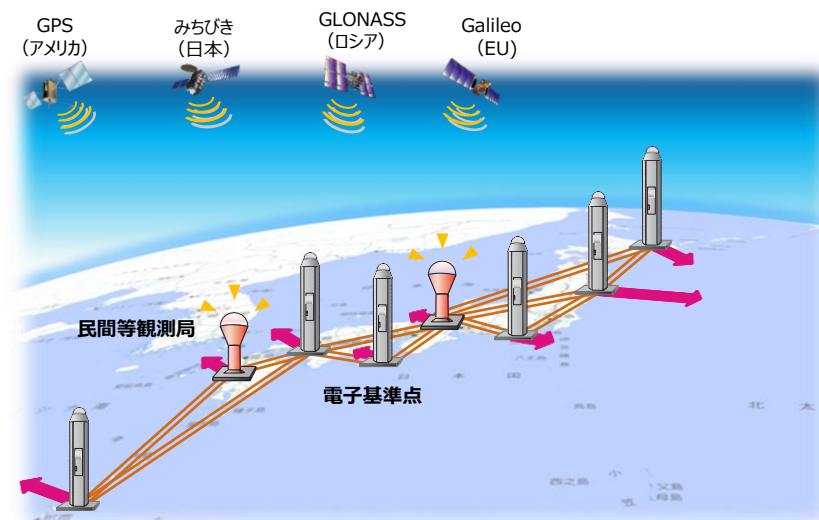
民間等電子基準点の登録制度（概要）

- 電子基準点の観測データは測量の基準、地殻変動監視、位置情報サービスの支援として活用
- スマート農業等で、民間等のGNSS連続観測局の設置が進むとともに、複数の携帯キャリアは独自のGNSS連続観測局を設置し、新たな位置情報サービスを展開

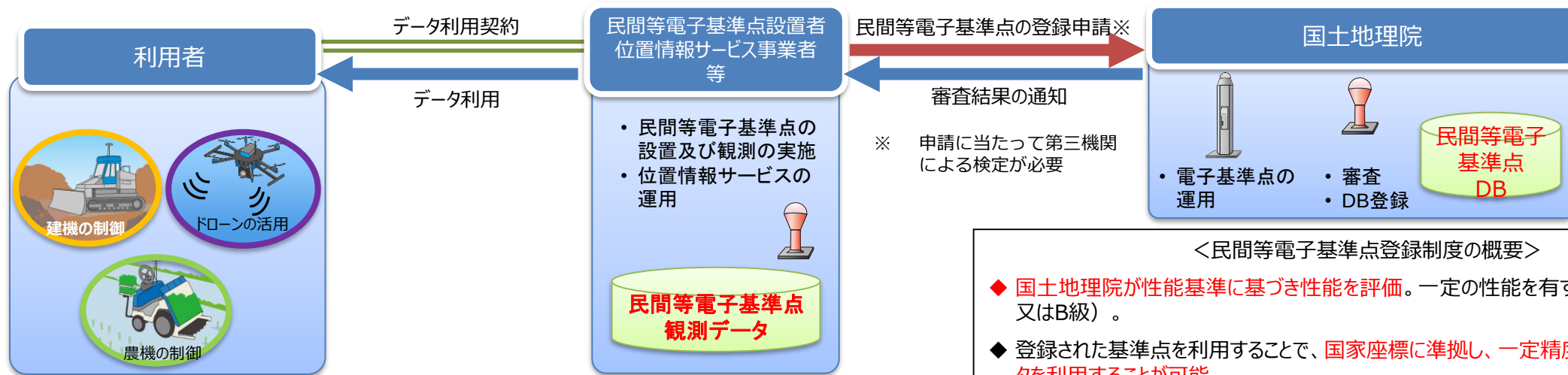
課題

- 設置者ごとに**規格や準拠座標はバラバラ**となる可能性
- 高精度な位置情報サービスは、**国家座標（位置の基準）への準拠、一定の精度の確保**が重要

- GNSS連続観測局の**規格・基準を統一**するため国土地理院が**性能基準を策定**
- **国家座標に準拠**したものを前提に、大きく**2つに分類**
 - A級：土木及び建築工事に活用可能な信頼性を確保、地殻変動監視にも活用可能
 - B級：A級の要件を緩和することで、より一般的な位置情報サービスに活用可能



－民間等電子基準点の活用例－



＜民間等電子基準点登録制度の概要＞

- ◆ 国土地理院が性能基準に基づき性能を評価。一定の性能を有するものを登録（A級又はB級）。
- ◆ 登録された基準点を利用することで、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。

発表場所：国土交通記者会（資料配付）
国土交通省建設専門紙記者会（資料配付）
国土交通省交通運輸記者会（資料配付）
筑波研究学園都市記者会（資料配付）
発表日時：令和2年3月31日（火）14時



令和2年3月31日

国土交通省国土地理院

高精度な位置情報サービスの実現に向けた基盤整備 ～民間等が設置するGNSS連続観測局の性能を国土地理院が評価～

信頼性の高い位置情報サービスの質を正確かつ客観的に評価し、利用の安定性を図るため、民間等が設置するGNSS連続観測局について、国土地理院がその性能に応じて級別に登録する制度を4月1日から開始します。

国土地理院は、全国約1,300点のGNSS連続観測局（注）の運用を行い、信頼性の高い観測データ及び測位結果を安定的に提供しています。一方、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、位置情報サービスに利用され始めています。

一般に、このような位置情報サービスのユーザにとって、その精度を把握することは困難であるのが現状です。そこで、国土地理院では、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を開始します。

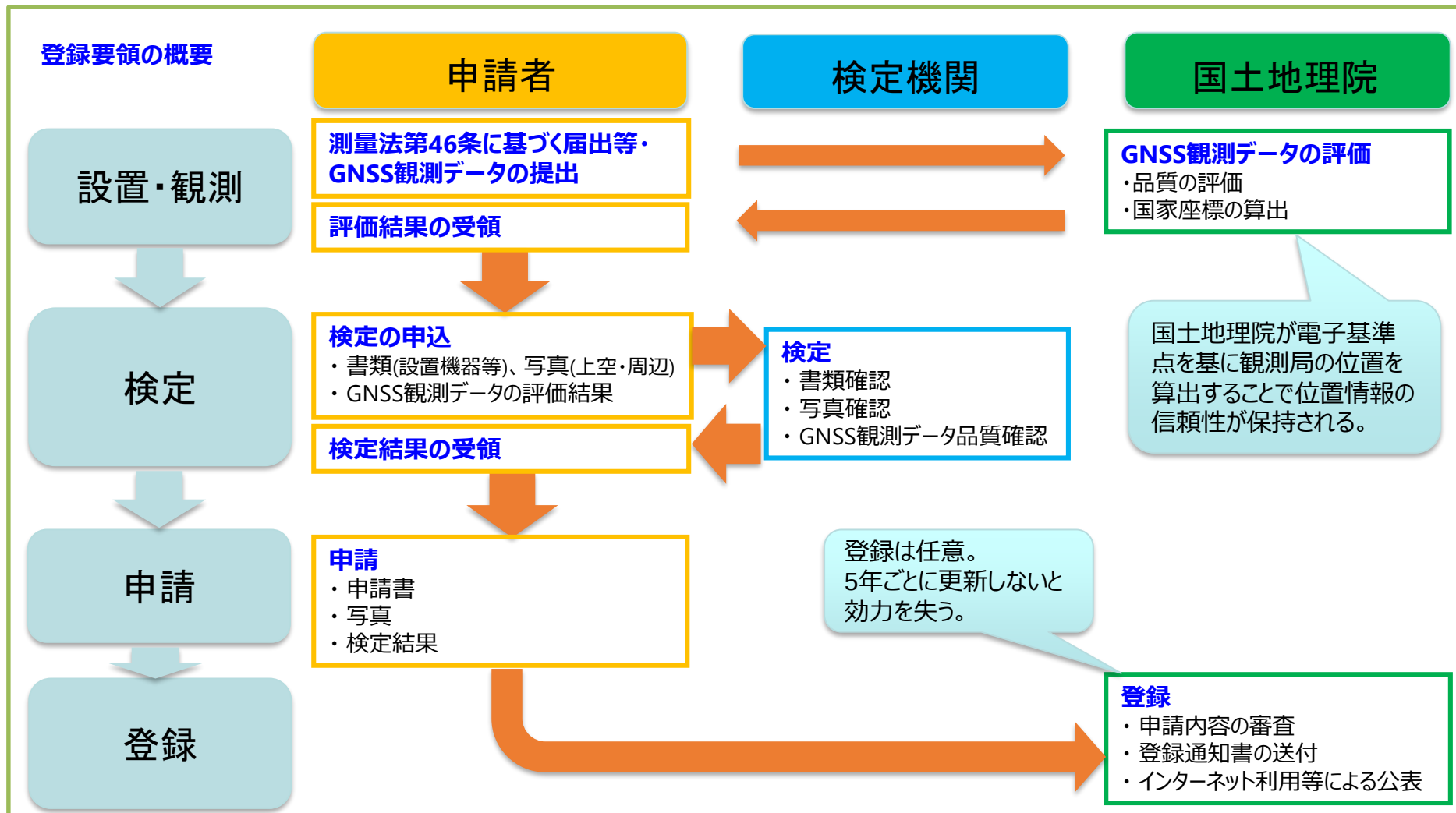
- A級（土木及び建築工事に活用可能な信頼性を確保、地殻変動監視にも活用可能）
- B級（A級の要件を緩和することで、より一般的な位置情報サービスに活用可能）

本制度の活用により、位置情報サービスの質を正確かつ客観的に評価でき、これにより、国民の皆様が、いつでも、どこでも、安心して高精度な地理空間情報を利活用できる環境の整備を促進してまいります。

※（注）GNSS連続観測局：GNSS衛星のデータを常時受信し、通信装置により受信データをデータセンターに送信する機能を備えた固定局

民間等電子基準点の登録までの流れ

申請者は登録しようとするGNSS連続観測局で観測したデータを国土地理院に提出します。国土地理院はそのデータを電子基準点網に組み込んで解析し、結果を申請者に返します。国家座標に整合した座標を基に位置情報が作成され、流通する位置情報の信頼性が保持できます。申請されるGNSS連続観測局が適正に設置され、取得されたGNSS観測データが所定の品質を有するかを確認するため、第三者機関による検定を実施します。



<設置環境>

- ✓ 構造に由来する観測点の変位が見られないこと
- ✓ 上空視界が確保されていること、他の構造物及び地面から1m程度以上離れていること
- ✓ 強風・降雨等に耐えるものであること
- ✓ 地盤が強固であり、傾斜地又は盛土でないこと
- ✓ 土砂災害特別警戒区域等を避けて設置されていること（A級のみ）
- ✓ 設置架台がステンレス、コンクリート等の強固な材質で作製されていること（A級のみ） 等

<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級のみ）
- ✓ GPS衛星、準天頂衛星、GLONASS衛星、Galileo衛星からの信号を受信できること（A級のみ） 等

<データ品質>

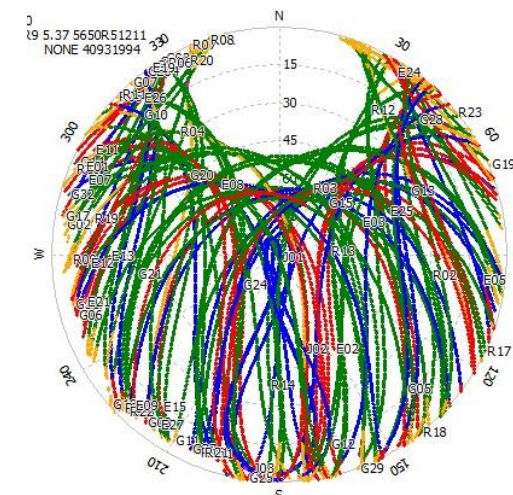
- ✓ 電子基準点の統計値を基にした、マルチパス、測位性能等の品質基準を満たすこと

	指標	A 級	B 級	備考
観測データ品質	マルチパスL 1	0.45m以内	－	24時間30秒間隔のデータ マルチパスに関してB級は設定しない
	マルチパスL 2	0.5m以内	－	
	o/slps	300以上	100以上	
	取得率	90%以上	85%以上	
閉合差	水平（ΔN，ΔE）	60mm+20mm/√N以内（Nは辺数）		24時間3日分の30秒間隔データの スタティック解析
	高さ（ΔU）	150mm+30mm/√N以内（Nは辺数）		
三次元網平均計算	水平位置の標準偏差	100mm以内		
	標高の標準偏差	200mm以内		
座標時系列安定性	水平（ΔN，ΔE）	30mm以内	40mm以内	24時間3日分の30秒間隔データの キネマティック解析
	高さ（ΔU）	90mm以内	120mm以内	
	F I X 率	90%以上	85%以上	
観測点変位	水平（ΔN，ΔE）	30mm以内	40mm以内	
	高さ（ΔU）	90mm以内	120mm以内	

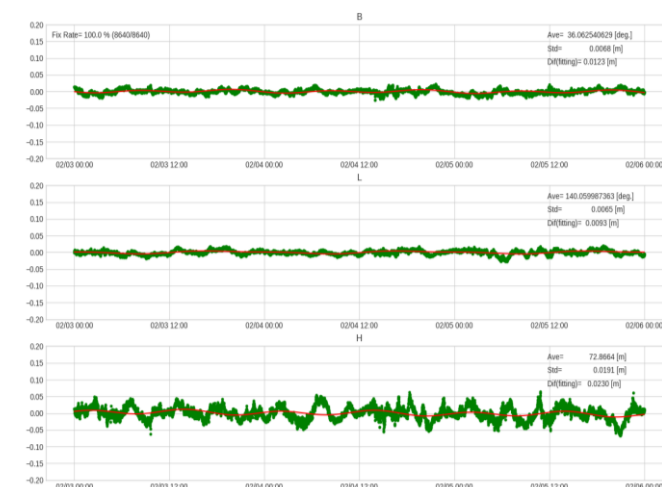
評価に使った観測データ：2020年2月3日～5日

	指標	A級	B級	評価結果
観測データ品質	マルチパスL1	0.45m以内	—	0.39m
	マルチパスL2	0.5m以内	—	0.28m
	o/sps	300以上	100以上	67147
	取得率	90%以上	85%以上	100%
閉合差	水平 ($\Delta N, \Delta E$)	88.3mm		7.2mm, 13.0mm
	高さ (ΔU)	192.4mm		-66.5mm
三次元網平均計算	水平位置の標準偏差	100mm以内		0.5mm
	標高の標準偏差	200mm以内		2.4mm
座標時系列安定性	水平 ($\Delta N, \Delta E$)	30mm以内	40mm以内	6.8mm, 6.5mm
	高さ (ΔU)	90mm以内	120mm以内	19.1mm
	FIX率	90%以上	85%以上	100.0%
観測点変位	水平 ($\Delta N, \Delta E$)	30mm以内	40mm以内	12.3mm, 9.3mm
	高さ (ΔU)	90mm以内	120mm以内	23.0mm

→ 観測データの品質としては、A級相当



スカイプロット

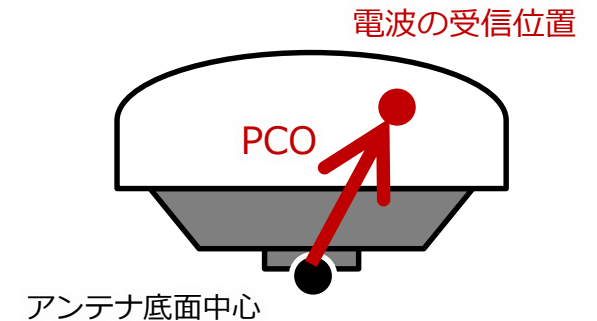


キネマティック解析結果

国家座標の算出時に用いる観測データ及びアンテナ位相特性の有無による楕円体高

	L1のみ	L1 + L2	差
位相特性モデルあり	92.5217m	92.5539m	① 32.2mm
位相特性モデルなし	92.5286m	92.5119m	16.7mm
差	② 6.9mm	③ 42.0mm	

※PCO :
アンテナの電波の受信位置と底面中心のオフセット量



- ① 一致すべきだが、大きく差がある
- ② L1の位相特性モデルのPCO※値（7.0mm）とほぼ一致
- ③ L1、L2の位相特性モデルのPCO値（7.0mm、35.3mm）より大きい



- L1のアンテナ位相特性モデルは確からしいが、L2のアンテナ位相特性モデルが不適切である可能性が高い
- 公開されているアンテナ位相特性モデルに誤差がある、もしくはアンテナ個体差が大きいと推測

- B級全般の信頼性に疑念が生じることが懸念されるため、使用するGNSS機器の要件を厳格化（C級の新設）
- 民間等電子基準点の観測データの取扱いについて、現行の性能基準及び登録要領では申請者の意向を確認する方法の明確化

二 GNSSアンテナ

イ 級別分類A級にあつては、測量機器性能基準（平成13年国地達第28号）に基づき国土地理院に登録された1級GNSS測量機（以下この条において単に「1級GNSS測量機」という。）であること。

ロ 級別分類B級にあつては、1級GNSS測量機又は測地観測センター長が別に定める基準を満たすGNSSアンテナであること。

改正

二 GNSSアンテナ

イ 級別分類A級及びB級にあつては、測量機器性能基準（平成13年国地達第28号）に基づき国土地理院に登録された1級GNSS測量機（以下この条において単に「1級GNSS測量機」という。）であること。

ロ 級別分類C級にあつては、測地観測センター長が別に定める基準を満たすGNSSアンテナであること。

（改正後）

（登録の申請）

第7条 申請者は、民間等電子基準点登録申請書（別記様式第1）に次に掲げる事項について記載し、登録を受けようとするGNSS連続観測局の写真その他必要な書類を添えて、国土地理院の長（以下「院長」という。）に提出し、登録の申請をするものとする。

一 申請級別分類

二 申請GNSS連続観測局名

三 所在地

四 第13条第1項第2号に規定するGNSS観測データの提出に用いる測位衛星データフォーマット

五 第13条第1項第2号の規定により提出されたGNSS観測データ（以下「提出データ」という。）の取扱い

イ 提出データの第三者への提供の可否

ロ 提出データにより算出される座標解析結果及び地殻変動量の第三者への提供の可否

ハ 提出データにより算出される座標解析結果等の国土地理院による内部利用の可否

（免責事項）

第15条 被登録者は、国土地理院へ提出するデータの異常及び停止、並びにこれらにより生じたいかなる損害についても、その責任を負わない。

2 国土地理院は、提供用データを第三者に提供する場合において、提供用データに異常が生じ得ること及び予告なく提供が停止することがあること、並びにこれらにより生じたいかなる損害についても、被登録者はその責任を負わないことをホームページに表示する。

- 民間等電子基準点について、公共測量への活用可能性を検証し、その結果をもとに「民間等電子基準点を用いた測量マニュアル（案）」（仮称）を検討中
 - ✓ 電子基準点を既知点とし、スタティック法により行う測量について、電子基準点を民間等電子基準点で代用することができるか
 - ✓ 車載写真レーザ測量及び空中写真測量、航空レーザ測量において行う電子基準点を固定局とするキネマティック法について、電子基準点を民間等電子基準点で代用することができるか
 - ✓ キネマティック法やRTK法の直接観測法、間接観測法及び放射法により行う測量について、その固定局とする基準点を民間等電子基準点で代用することができるか 等

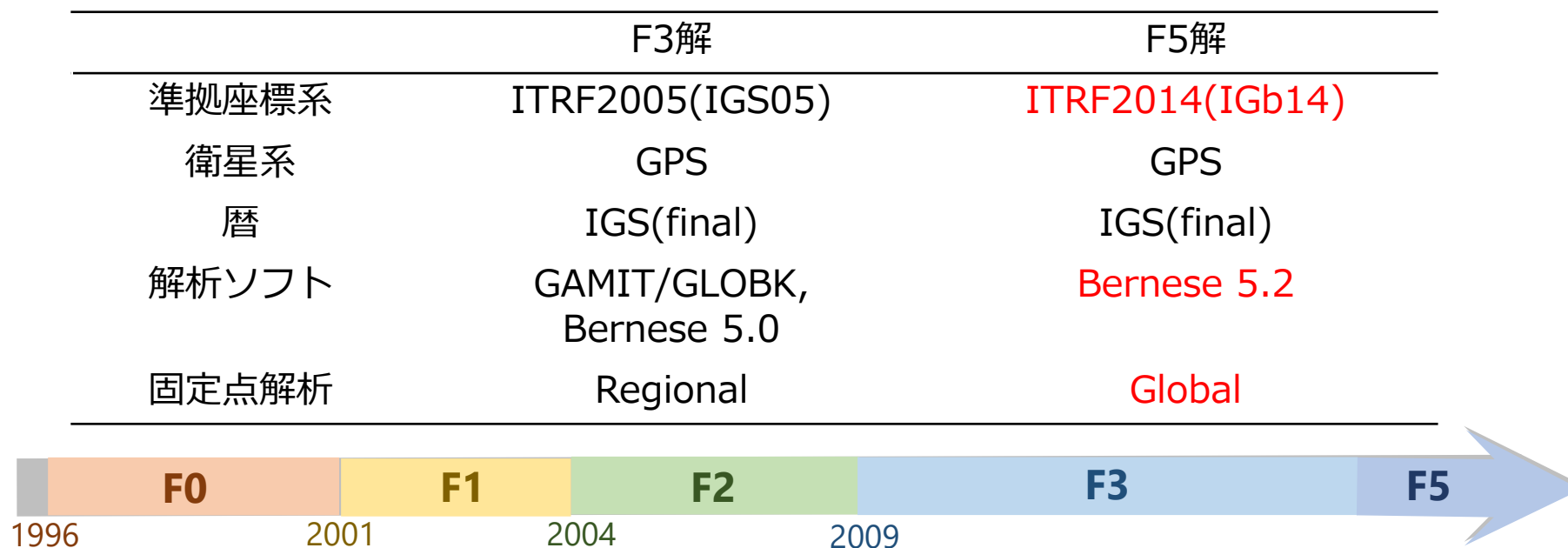
佐田 達典	日本大学理工学部 教授
久保 信明	東京海洋大学海洋工学部 教授
飯村 友三郎	日本測量協会 測量技術センター長
五百竹 義勝	電子基準点を利用したリアルタイム測位推進協議会 代表幹事
川本 利一	全国測量設計業協会連合会 公共測量支援センター長
長谷川 浩司	日本測量調査技術協会 位置情報・応用計測部会副部会長
堀江 幹生	日本測量機器工業会 GNSS部門会委員

民間等電子基準点の活用に関する検討委員会（外部委員メンバー）

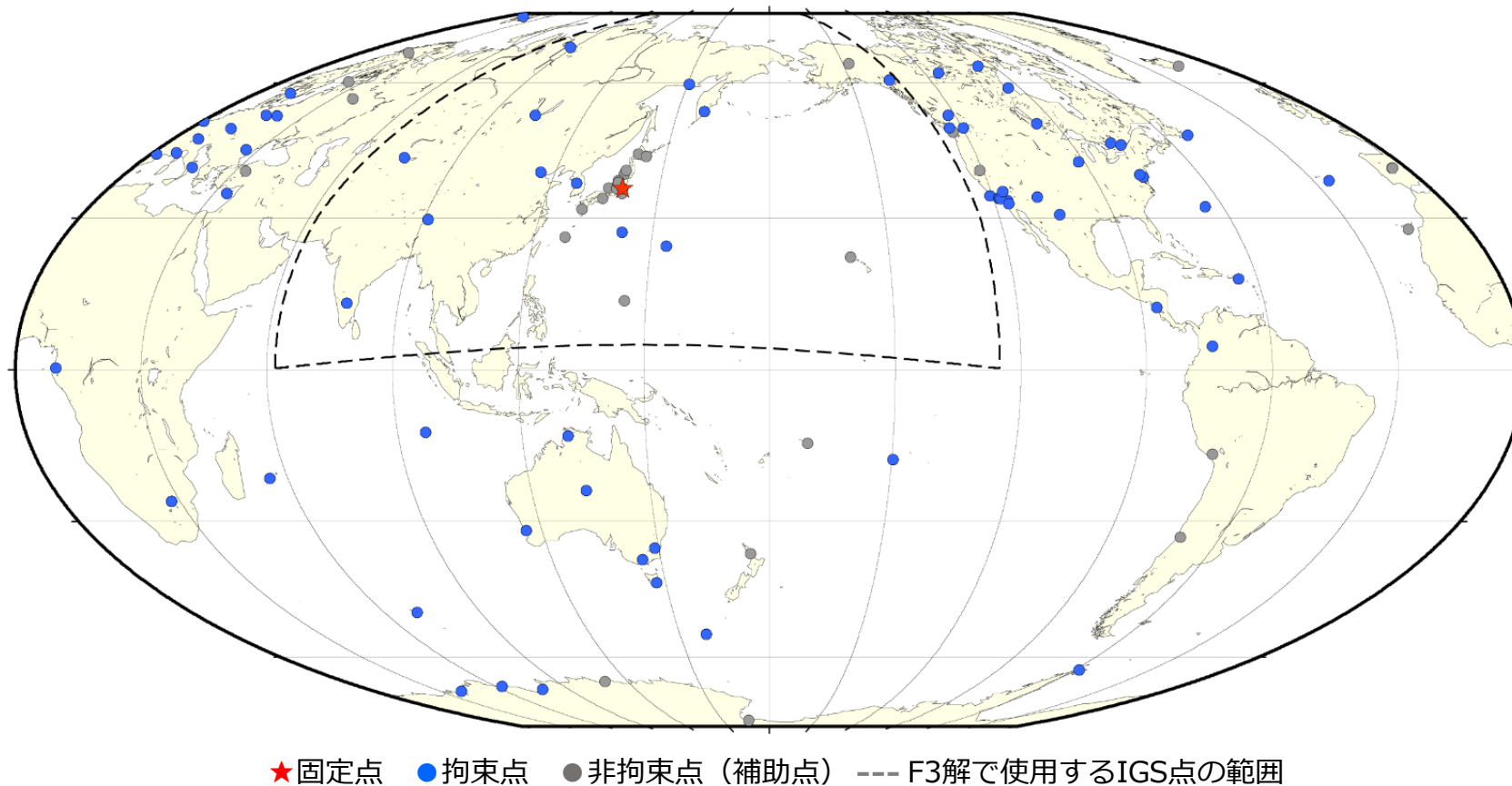
内容

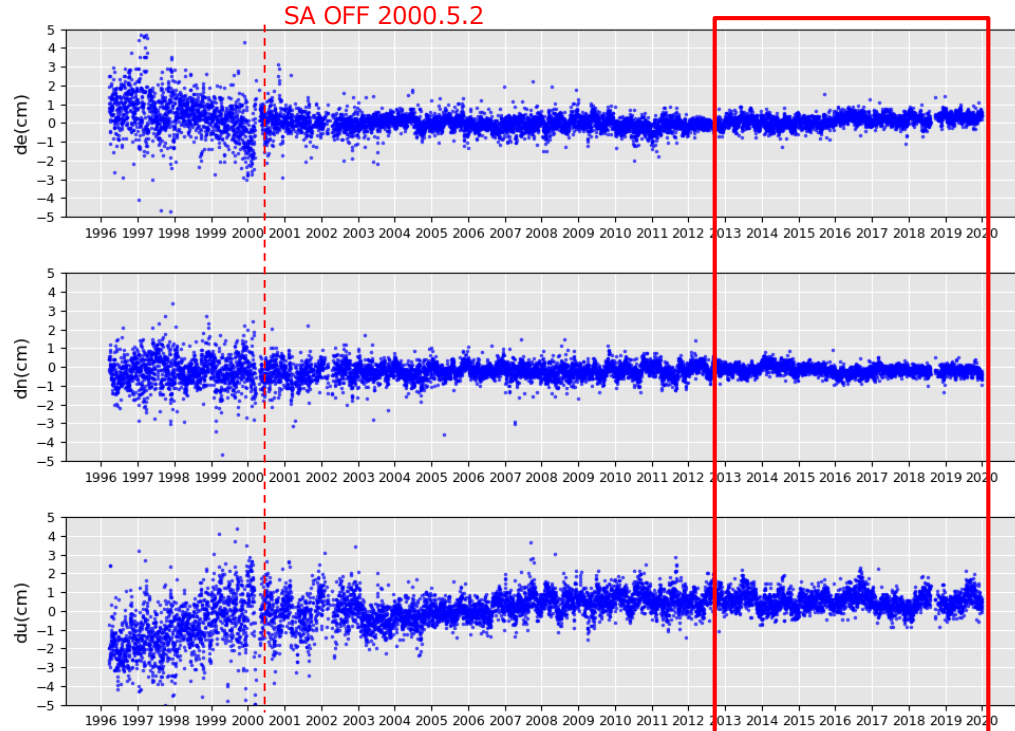
1. 電子基準点におけるGalileo信号の拡張
2. 民間等のGNSS連続観測局の活用
3. 電子基準点「日々の座標値」の開発

- 1996年以降の全電子基準点を、1つのストラテジで解析したもの
 - 地殻変動を監視する目的で開発された解析であるが、近年では、高精度な位置の基準として測位サービスで利用
 - 現行（F3解）の主な課題
 - 準拠座標系（ITRF2005）が古く、最新の座標系（ITRF2014）と整合していない
 - 解析ソフト（Bernese 5.0）のバージョンが古く、GPS Block III を使用した解析が難しい
 - 固定点解析の際の拘束点数が少なく、拘束点の欠測により座標値が跳ぶ
- 新たなストラテジによる解析（F5解）を開発



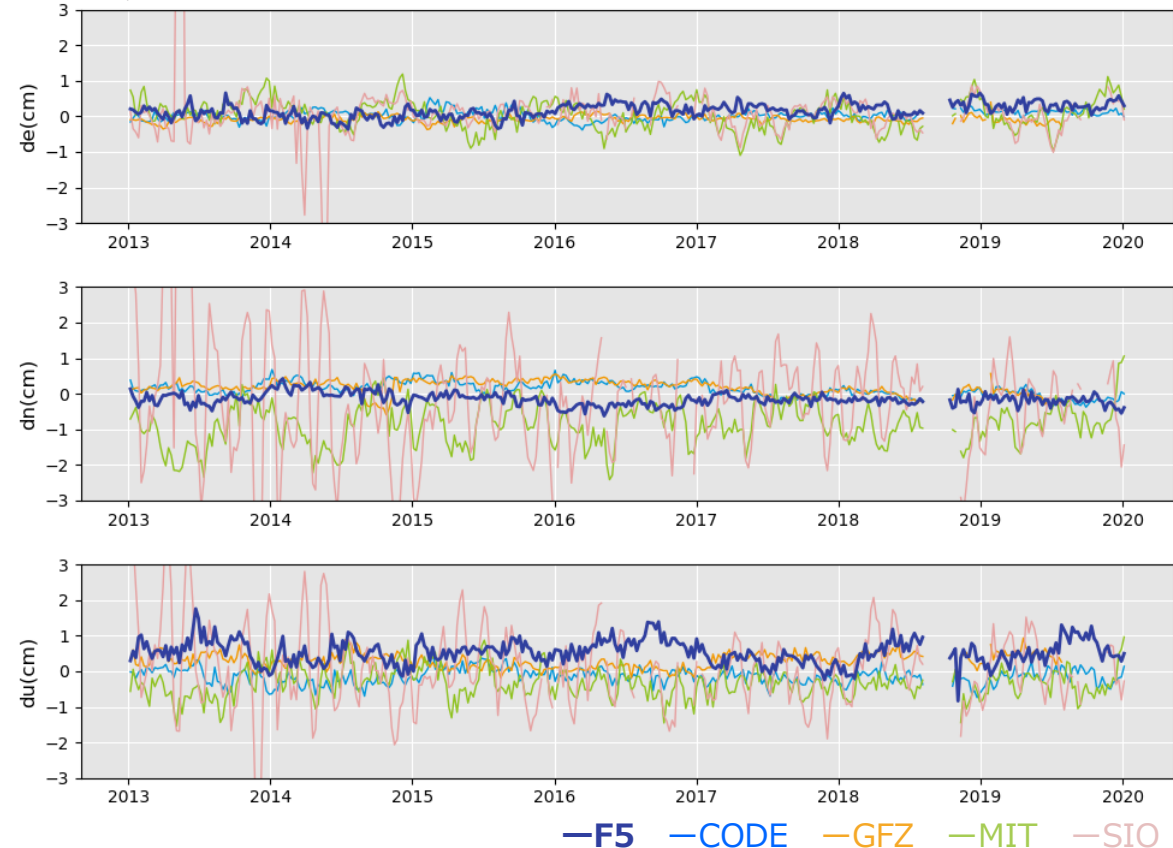
- 「日々の座標値」は、解析固定点（電子基準点「つくば1」）を国外のIGS点から取り付けている（固定点解析）
- F5解の固定点解析では、拘束を緩くする代わりに拘束点数を増やし、全球の観測点を使用すること（グローバル解析）で、一部の拘束点に依存する準拠座標系からの乖離や座標の外れ値が発生することを防ぐ





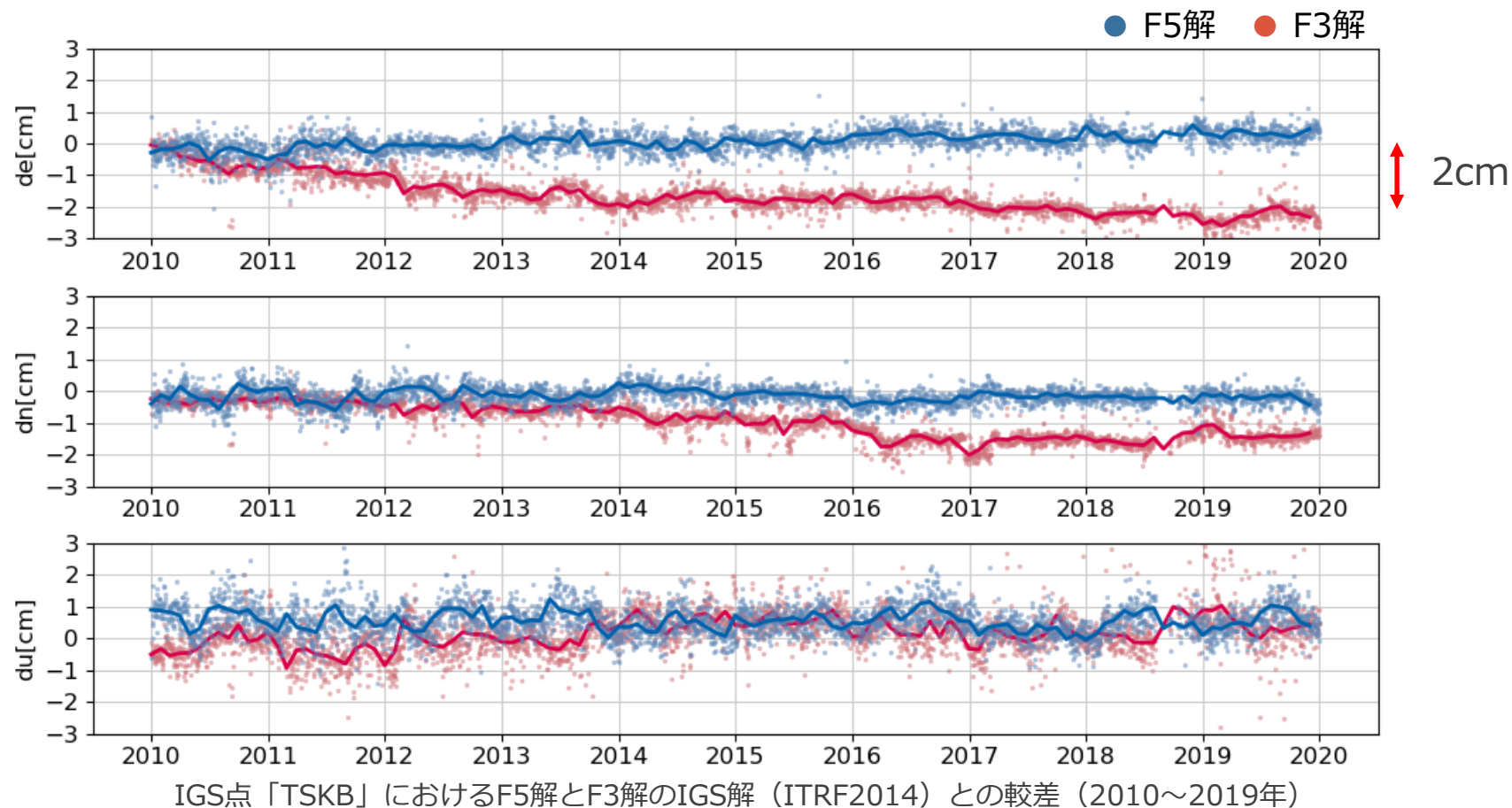
IGS点「TSKB」における固定点解析結果のIGS解 (ITRF2014) ※との較差 (1996～2019年)
※ ITRF2014ではないIGS解は、変換してから比較

近年の結果について、
1週間平均し、IGS解析センターの結果と比較



IGS点「TSKB」における各グローバル解析結果 (1週間平均) の
IGS解 (ITRF2014) との較差 (2013.1.1～2019.12.31)

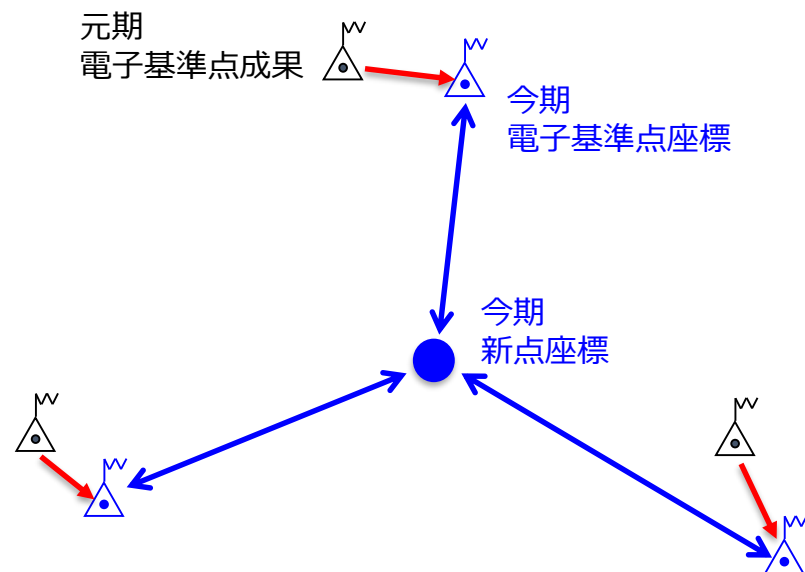
- F5解の固定点解析は、IGS解 (ITRF2014) との系統誤差がほぼなく、ばらつきもグローバル解析を実施しているIGS解析センターと比較して遜色がない結果となっている



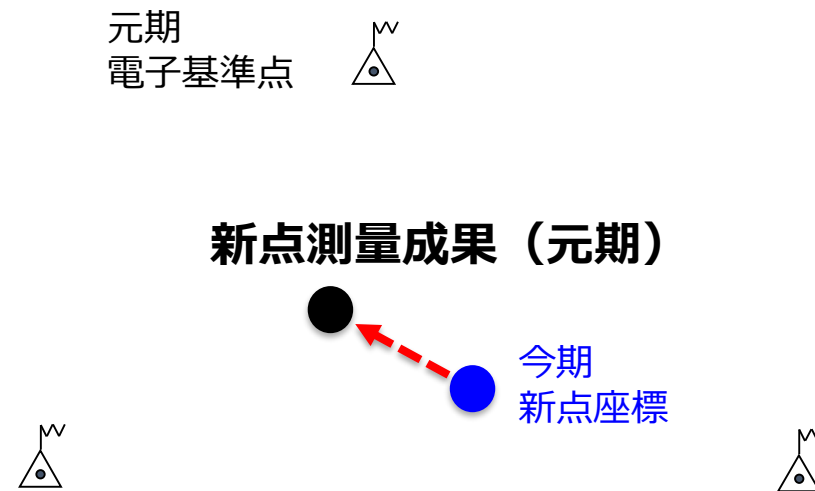
- F3解がIGS解と乖離している一方で、F5解はIGS解とほぼ整合している
- F5解は、2020年3月から試験公開中（国土地理院HP）
→ 2021年4月1日に正式運用開始を目指して、調整中

セミ・ダイナミック補正

補正パラメータを用いて
測量成果（元期）を**今期**座標に補正し、
今期の測量結果から新点の**今期**座標を算出



補正パラメータを用いて
新点の**今期**座標を元期に逆補正し、
これを測量成果（元期）として管理



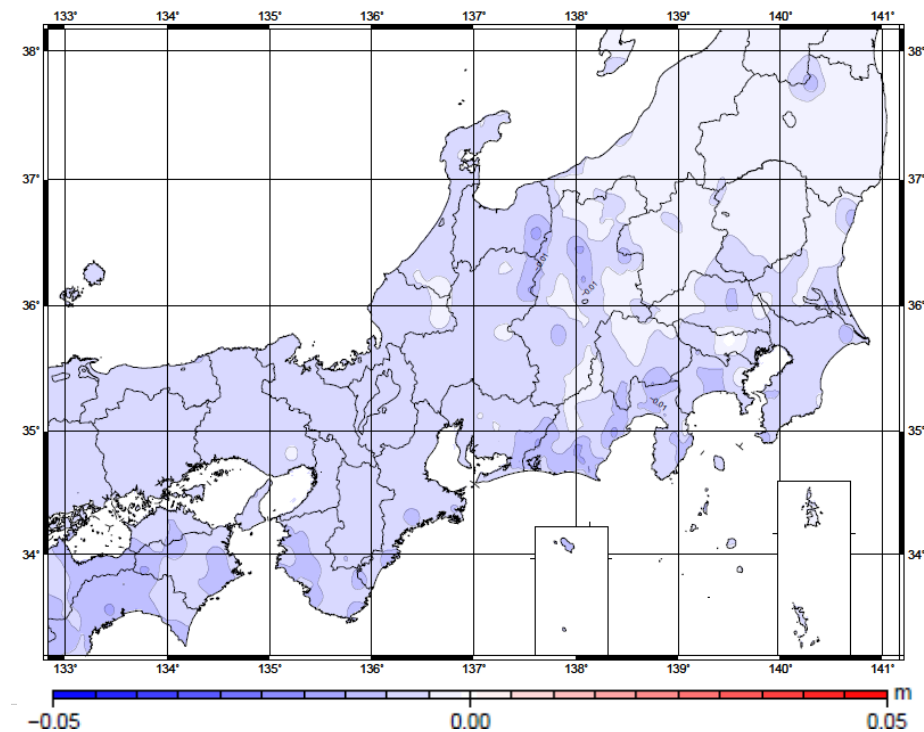
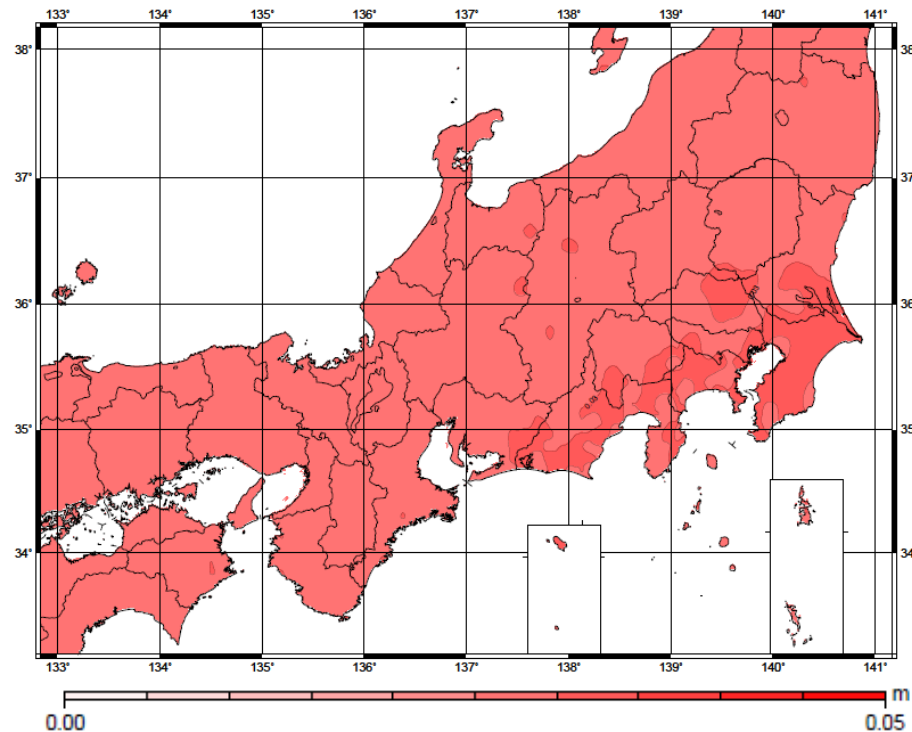
※セミ・ダイナミック補正の対象は、既知点に電子基準点のみを使用した基準点測量

- 令和3年度から、補正パラメータの作成原子をF3解からF5解に変更
→ ただし、補正パラメータの使用法は従来どおり

- F5解（試験公開値）とF3解によるそれぞれの補正パラメータの差は、国内全域で水平 2～5 cm、上下 - 3～+ 2 cmだが、一連の測量作業が想定される範囲内（数十km）ではほぼ一定（空間勾配は非常になだらか）



今期⇔元期の往復補正をしている新点座標への影響は極小



F5解（試験公開値）とF3解による補正パラメータの差（図左：水平 図右：上下）

1. 電子基準点におけるGalileo信号の拡張

- ✓ Galileo E5b、E5AltBOC信号を令和2年6月4日から提供開始
- ✓ マルチGNSS測量マニュアル（案）では、Galileo衛星が利用可能であり、L5周波数帯として、E5a、E5b、E5AltBOCが利用できる

→ 測量におけるGalileoの利用を後押し、マルチGNSSのさらなる活用へ

2. 民間等のGNSS連続観測局の活用

- ✓ 令和2年4月1日から民間等電子基準点の登録制度を開始
- ✓ 民間等電子基準点の測量への活用方法を検討中

→ 民間等のGNSS連続観測局も活用した、測量のさらなる効率化へ

3. 電子基準点「日々の座標値」の開発

- ✓ 固定点解析をグローバル解析に変更し、IGS解（ITRF2014）とほぼ整合
- ✓ 令和3年4月1日に正式運用開始を目指し、調整中

→ 精度の高い地殻変動の監視や、各種測位サービスのサポート