

GEONET 解析ストラテジの更新による電子基準点日々の座標値（F5.1 解・R5.1 解）の公開

Publication of Daily Solution for GNSS CORS in Japan, following an update to the GEONET Analysis Strategy

測地観測センター 阿部聡・橋本繭未・山本理久・大野圭太郎¹・宮崎隆幸・横川正憲・佐藤明日花・宮嶋愛菜・塩谷俊治²・宮本純一³

Geodetic Observation Center ABE Satoshi, HASHIMOTO Mayumi, YAMAMOTO Riku, OHNO Keitaro, MIYAZAKI Takayuki, YOKOKAWA Masanori, SATOH Asuka, MIYAJIMA Aina, ENYA Toshiharu and MIYAMOTO Junichi

地理地殻活動研究センター 高松直史
Geography and Crustal Dynamics Research Center
TAKAMATSU Naofumi

要 旨

国土地理院は、日本における位置の基準として、全国に約 1,300 点の電子基準点を整備・運用している。電子基準点は 24 時間 365 日 GNSS 衛星からのデータを受信して国土地理院にリアルタイムで送信しており、国土地理院ではその観測データを解析して日々の位置情報を求めることで、国土の位置の変化を把握しているだけでなく、巨大地震発生時の影響評価にも貢献している。これらの電子基準点の日々の位置情報は、国土地理院が構築した解析ストラテジ（解析手法や使用ソフトウェア等を総称したもの）によって算出されている。今般、準拠する基準座標系を最新化した解析ストラテジ第 5.1 版へと更新し、この更新されたストラテジによって得られる電子基準点日々の座標値（F5.1 解・R5.1 解）を公開した。

1. はじめに

国土地理院は、地球を周回している測位衛星からの信号を受信・記録する全国約 1,300 点の「電子基準点」と、そのデータを収集して運用管理を行う国土地理院内にある「中央局」から構成される「GNSS 連続観測システム（以下「GEONET」という。）」を 1996 年から運用している。GEONET は、従来、測量における基準点としての役割や、地殻変動の把握を主な目的として整備・運用されてきた。近年、カーナビゲーションシステムやスマートフォンをはじめとする位置情報利用の普及により、社会のあらゆる分野において高精度かつ信頼性の高い「測位」への依存が高まってきている。日本の国土はプレート運動に伴い常に変動しており、地図や位置情報サービスを前提とする位置の基準も、継続的な監視と更新なしには維持することができない。この国土の位置の変化を常時把握し、正確な位置情報（国家座標）へのアクセスを可能としているのが、電子基準点に

よる連続観測とその解析である。

電子基準点では 24 時間 365 日の連続観測が行われ、観測されたデータは全て国土地理院内の GEONET 中央局に集積されている。国土地理院では集積したデータに対して相対測位を用いた解析を行い、電子基準点全点の座標値を日々計算している。計算された「電子基準点日々の座標値」は、測量分野において測量成果と観測結果の相互変換に用いられる「セミ・ダイナミック補正」のパラメータ作成に用いられているほか日本列島周辺の平時のプレート運動、地震時地殻変動及び火山活動に伴う地殻変動、さらには余効変動やスロースリップの解明に貢献し、地球物理学をはじめとした多様な研究において活用されている。我が国の地殻・地ぼうの変動を表す基礎資料として、地震調査委員会や火山調査委員会等の資料にも用いられている。

さらに、電子基準点で観測されたデータはリアルタイムで位置情報サービス事業者等へ配信され、高精度測位サービスに必要な不可欠な基盤情報となっている。我が国の測位衛星「みちびき」（準天頂衛星システム）から配信されるセンチメートル級測位補強サービス（CLAS）の生成においても、電子基準点リアルタイムデータが使われており、また、「電子基準点日々の座標値」は CLAS の基準座標系として採用されている。高精度測位社会において他国に過度に依存することなく、我が国のみで自律的な測位を可能とするためには、測位衛星などの宇宙システムに加え、電子基準点をはじめとする地上系の基盤的インフラが不可欠である。GEONET は、国土地理院が担う PNT（測位・航法・時刻）サービスにおける位置情報の技術基準を支える基盤として、国家座標を適切に管理し、誰もが容易に正確な位置情報にアクセスできる環境を提供する「国土情報基盤」としての役割を果たしている。

「電子基準点日々の座標値」を計算する際の解析

ストラテジは、1996年の初版構築以来、4回の更新が実施されてきた。2021年に構築された第5版の解析ストラテジによる最終解は、「電子基準点日々の座標値（F5解）」として当時の国際地球基準座標系（ITRF：International Terrestrial Reference Frame）である ITRF2014 に準拠したものであり、広く一般に利用されていたが、その後に最新の国際地球基準座標系である ITRF2020 が公開されたことにより、以下に述べる問題が生じた。一つ目としては、解析に使用する測位衛星の精密な位置情報（精密暦）の不整合である。精密暦は、その時の国際地球基準座標系に準じたものとなるため、F5解とは異なる基準座標系のプロダクトとなる。F5解として計算を継続させるため、座標変換により精密暦を F5解と同じ基準座標系の値に計算してから解析を行う手法を採っているが、この座標変換に起因すると思われる F5解のバラツキが確認されている。二つ目としては、解析に必要な情報の鮮度劣化である。F5解析に用いている解析ソフトウェア（Bernese ver5.2）では、衛星の就退役の情報や、衛星の位相特性の情報が必要であるが、これらが最新の基準座標系に準じたものしか更新されなくなったため、今後新しい衛星の就役があった際、基準座標系が古いことで新しい位相特性の情報が入手できず、解析に使用できる衛星数が減少し、解析精度が劣化する状況が想定される。以上2点により、早々に基準座標系を最新のものに更新する必要性が生じた。

この問題を解決するために、今般解析ストラテジを第5.1版に更新した。解析手法や解析ソフトウェアは第5版から変更せず、準拠する基準座標系とそれに伴う位相特性情報のみを更新したため、マイナーアップデートとして第5.1版と呼称している。

本報では、第5.1版の解析ストラテジの概要、第5版からの更新内容及び評価結果について解説する。解析手法については第5版と同等の手法を用いているため、詳細については Takamatsu et al. (2023) を参照されたい。

2. 解析ストラテジの概要

「電子基準点日々の座標値」は3種類存在し、解析に用いる、国際 GNSS 事業 (IGS: International GNSS Service) が公開する3種類の精密暦の種別（最終暦、速報暦、超速報暦）に応じてそれぞれ F5.1 解、R5.1 解、Q5.1 解と呼称する。また、これらの解を得るための解析をそれぞれ F5.1 解析、R5.1 解析、Q5.1 解析と呼称する。最終暦及び速報暦は1日（0時00分から23時59分まで）分のプロダクトであり、F5.1 解析及び R5.1 解析は1日に1回の解析を行うものである。超速報暦は1日に4回、6時間ごとに更新される精密暦であるが、Q5.1 解析は6時間分のデー

タ窓を、3時間ごとにシフトさせながら1日に8回の解析を行うものである。以下では F5.1 解析の内容について主に解説するが、R5.1 及び Q5.1 解析についても特段の注釈がない限り同一の手法を採用している。

日々の座標値を求める手法は2段階に分けられ、それぞれ「固定点解析」、「全点解析」と呼ぶ。

固定点解析では、世界中の IGS 観測局のデータを用いて、電子基準点「つくば1」の座標値を計算する。「つくば1」の欠測や機器交換への対応として、隣接する IGS 観測局である「TSKB」及び電子基準点「つくば3」の座標値も同時に推定している。この時、IGS 観測局の座標値は ITRF2020 モデルに基づき計算し、ネットワークの重心が動かないような最小拘束 (No-Net-Translation) をかけることで「つくば1」の ITRF2020 に準拠した座標値を計算する。ただし、Q5.1 解析においては、世界中の観測局データは使用せず、F5.1 解析によって得られた座標時系列を直線近似して得られたモデルから、計算日の座標値を求めている。

続いて、全点解析では、固定点解析で計算された「つくば1」の座標値を固定し、

- 1) 全国に可能な限り均等に配置するように事前に選定した約20点の電子基準点を最短距離で結んだ基線
- 2) 更に細かく均等に配置するように事前に選定した約40点を加え、先の20点と合わせて最短距離で結んだ基線
- 3) 約60点を放射基線の中心として、周囲の電子基準点と放射上に結んだ基線

で全点を結び、それぞれの基線に対して相対測位で位置を計算する手法を採用している。日本列島を一つのネットワークで解析すると観測量が膨大になってしまうため、上記の3)においては全国を更に五つのエリアに分けることで処理を分散させ、電子基準点全点の座標値を計算する。

3種類の解のうち、精度の高い F5.1 解及び R5.1 解をそれぞれ「電子基準点日々の座標値（F5.1 解・R5.1 解）」として正式公開し、特に F5.1 解については GEONET 運用開始直前の、1996年3月21日まで遡って解析した結果も公開した。

表-1 公開した「電子基準点日々の座標値」の諸元

	F5.1 解	R5.1 解 ^{※2}
IGS 精密暦	最終暦	速報暦
セッション長	24 時間	24 時間
公開頻度 ^{※1}	毎週月曜日	毎朝
解析対象期間	21-15 日前 ^{※3}	2 日前
固定点座標	固定点解析により決定	

- ※1 IGS 精密暦の公開が遅れた場合、解析の実施・提供も遅れる。F5.1 解は職員の確認後に提供
- ※2 R5.1 解は国土地理院 SFTP サイトのみで公開
- ※3 IGS 最終暦は 7 日分まとめて公開されるため、7 日間を 1 日ごとに解析して公開する

3. F5 解からの更新点

3.1 準拠する基準座標系の更新

F5 解析は ITRF2014（正確には、その IGS による実現系である IGB14）に準拠するが、2022 年 4 月には ITRF2020 がリリース（IGSMail-8191, 2022）され、その後 2022 年 11 月 27 日から、精密暦や位相特性などのプロダクトが ITRF2020（正確には、その IGS による実現系である IGS20）に準拠した。この時点から、F5 解析では解析に使用する精密暦に対し、ITRF2020 から ITRF2014 への座標変換を施した上で解析を実施してきている。

F5.1 解析では、準拠する基準座標系を ITRF2020 に変更して解析を行っている。具体には、固定点解析において IGS 観測局の初期座標値を ITRF2020 モデルから計算し、それらの観測局を拘束することで電子基準点「つくば 1」の ITRF2020 に準拠した座標値を推定するというものである。なお、ITRF2020 モデルは ITRF2020 を実現する観測局の 2015 年 1 月 1 日における座標値と速度で与えられており、基準エポックからの経過日によって任意の日の座標値を計算することができるものである。観測局によっては、巨大地震に伴う余効変動を、対数や指数によってモデル化した計数を含むものもある。このモデル値は観測局の移設や終了等を反映したものとなっているため、ITRF2020 モデル（IGS20 モデル）を有する観測局は ITRF2014 モデル（IGB14 モデル）を有する観測局とは一致しない（図-1）。

Comparison of Active GNSS Stations (IGB14 vs IGS20)

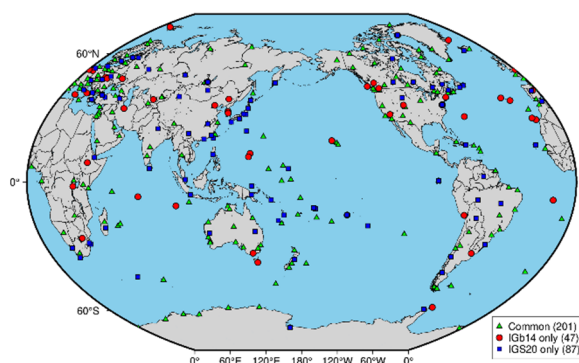
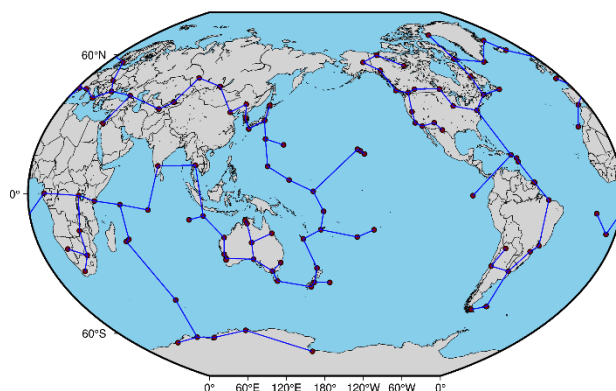


図-1 IGB14 と IGS20 の観測局の違い。IGS20 で新たに追加された観測局が青色で示されている。

GNSS Network Baselines and Stations(F5)



GNSS Network Baselines and Stations(F5.1)

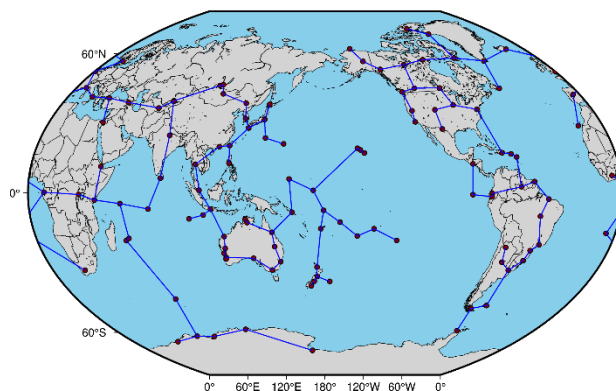


図-2 固定点解析（上：F5 解析，下：F5.1 解析）の解析基線図。

これらの観測局の中から、固定点解析で用いる観測局を、①稼働率、②観測品質、③配置が偏りすぎないか、の観点から 140 点程度選択して解析に用いている。参考までに、2026 年 2 月 7 日の固定点解析の解析基線図を図-2 に示す。候補となる観測局が異なるため、解析基線も異なるものとなっている。なお、解析日の観測データの有無によりこの基線も変化し得るものであるが、なるべく網の形が変わらないように、観測点間の最短距離を結ぶように設定している。

準拠する基準座標系を ITRF2020 に更新した固定点解析の妥当性を評価するために、IGS の結合解析により得られた局位置（以下「IGS 解」という。）との比較を実施した。結果を図-3 に示す。第 5 版の固定点解析結果についても同時に示す。解析手順は変更していないため、2000 年から 2022 年頃まではほとんど差が見られないが、1996 年～2000 年の期間においては、特に上下成分で F5.1 解の方が IGS 解との整合性がよい。これは、観測局の再選定による効果であると推測される。また、2022 年以降、特に東西成分において傾向に違いが確認される。F5 解では精密暦を ITRF2014 に変換して解析を行っているが、その手法による影響と考えられ、それまで見られな

かった差の増大や極端な変化が確認されている。また、解析の初期座標値に ITRF2014 モデルを使用し続けるということは、鮮度が低下した座標値を解析に用いることになるため、F5 解の精度低下の一因で

ある。一方で第 5.1 版の解析結果ではそのような変動は確認されていないことから、この結果は座標系の更新が必須であることを示唆している。

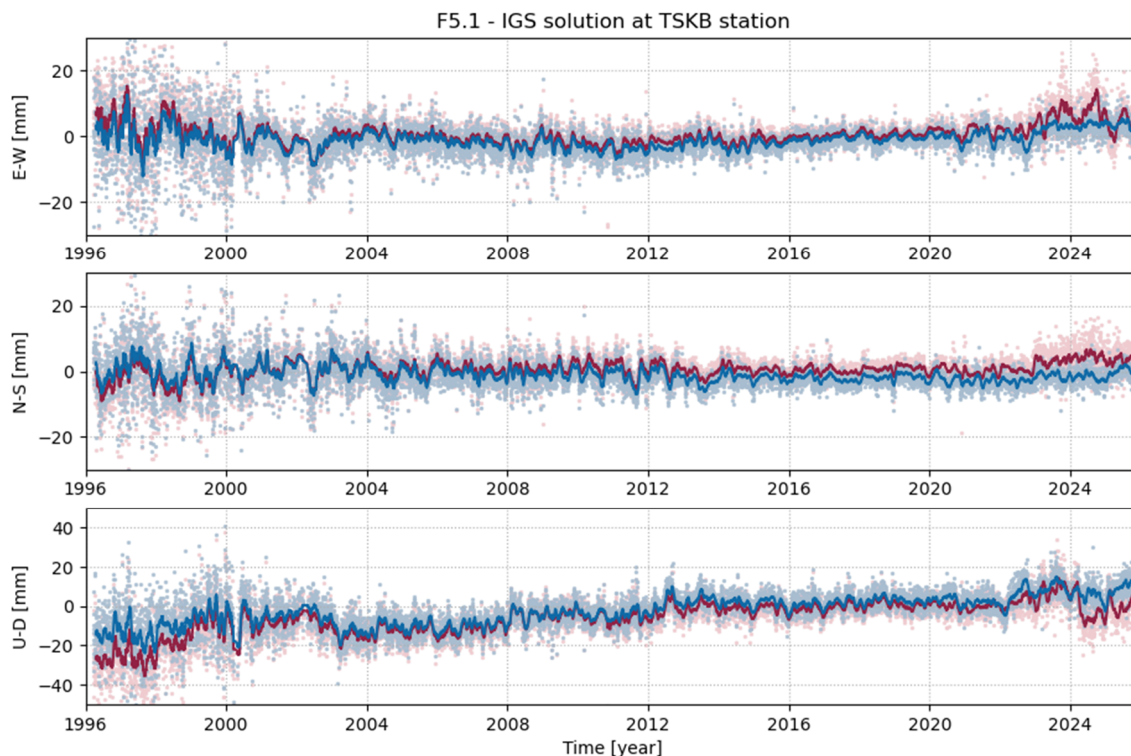


図-3 1996年3月21日から2025年12月31日までの、「TSKB」における固定点解析とIGS解との差（赤：F5解，青：F5.1解）。実線は30日の移動平均値を示す。

3.2 位相特性情報の更新

精密なGNSS解析においては、衛星側及び地上局側のアンテナの位相特性情報を適用することが不可欠である。位相特性情報はアンテナとレドームの組合せによって異なり、代表的なものはアメリカ国立測地測量局（NGS：National Geodetic Survey）により検定が行われ公開されているが、電子基準点が採用しているレドームは日本独自のものであるため、正確な位相特性情報の推定が必要である。この位相特性情報は、基準座標系が変わるたびに更新が必要なものであり、地上から衛星まで、統一された基準座標系に基づき推定することが必要である。今般、解析ストラテジを第5.1版に更新するに当たって基準座標系がITRF2014からITRF2020に変更となるため、それに伴って位相特性情報の更新も必要となった。位相特性情報の更新については、中川ほか(2024)で行われたITRF2014の位相特性情報算出時と同じデータセットと手法を用いて、準拠する基準座標系のみをITRF2020に変更して算出を行った。電子基準点は、設置年度によってレドームを含む形状が異なっており、国土地理院では、アンテナとレドーム

を含む形状（以下「架台」という。）の組合せごとに位相特性情報の算出を実施している。Hatanakaほか(2001)により架台ごとに位相特性情報を推定することで解析精度が向上することが確認されているため、独自に算出を行ってきた。今回は、合計18組の位相特性情報を更新している。

位相特性情報更新の解析結果への影響を評価するため、位相特性情報の変更がない局（IGS局「TSKB」）を基準とした座標値の差（基線ベクトル）をF5解とF5.1解それぞれで計算し、それぞれの基線ベクトルの差を計算してヒストグラムを作成した。分布の中央値を、位相特性情報の変更に伴う座標値への影響として評価した。評価の一例を図-4に、評価結果の一覧を表-2にそれぞれ示す。図-4は、アンテナがTRM59800.80の場合で、架台が左からGSI4、GSI5、GSI6となっており、分布の中央値に波線とその値を記載している。架台タイプにより結果は異なるが、いずれも上下成分（Up）において、F5解とF5.1解の場合で値が異なることが見て取れる。

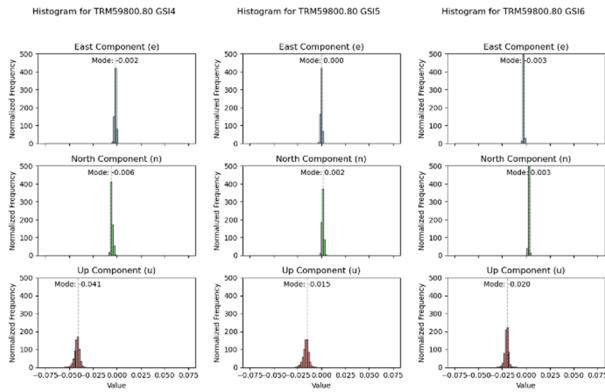


図-4 F5.1 解と F5 解の「TSKB」を起点とした基線ベクトルの差のヒストグラム（アンテナ：TRM59800.80, 架台：左から GSI4, GSI5, GSI6 の場合, 2024 年の 1 年間のデータを使用）

表-2 アンテナ・架台の組合せごとの, F5.1 解と F5 解の「TSKB」を起点とした基線ベクトルの差の分布の中央値（位相特性情報更新の影響評価結果, 2024 年の 1 年間のデータを使用）。

アンテナ	架台	東西 [cm]	南北 [cm]	上下 [cm]
TPSCR.G5	GSI3	-0.3	0.2	-1.5
	GSI4	-0.3	-0.2	-5.0
	GSI5	-0.3	0.3	-3.0
	GSI6	-0.5	-0.2	-0.9
TPSCR.G5C	GSI3	-0.5	-0.2	-1.2
	GSI4	-0.5	-0.2	-2.0
	GSI5	-0.6	0.2	-2.1
TRM599800.80	GSI3	-0.2	-0.5	-0.3
	GSI4	-0.2	-0.6	-4.1
	GSI5	0.0	0.2	-1.5
	GSI6	-0.3	0.3	-2.0
TRM159900.00	GSI3	-0.5	-0.8	1.2
	GSI4	-0.6	-0.2	-3.3
	GSI5	-0.5	-0.2	-1.5
	GSI6	-0.6	-0.3	-1.1

表-2 には今回比較した全ての組合せが記載されている。更新した位相特性情報は 18 組であるが、表-2 には 15 組しかない。これは、評価時点では存在しないアンテナと架台の組合せに対しても、位相特性情報を推定しているためである。表-2 によると、例えばアンテナが TPSCR.G5, 架台が GSI4 の組合せでは、F5 解から F5.1 解に更新することで、上下の座標値が 5 cm 変わり得ることを示している。一方で東西・南北成分には 1 cm を超える変化はない。

続いて、表-2 のような座標値の変化が妥当かどうかを確認するため、位相特性情報が正しく推定でき

ているほど、アンテナ交換に伴う座標値の変化量が小さくなるとの前提の下、アンテナの交換（適用する位相特性情報が変化するタイミング）の前後の座標値の差を F5 解及び F5.1 解それぞれで計算し、「交換前アンテナ+架台」と「交換後アンテナ+架台」の組合せごとにヒストグラムを作成した。今回位相特性情報を更新したアンテナ+架台に限定した場合のアンテナ更新の件数を表-3 にまとめる。

表-3 アンテナ交換パターンとその件数。

架台	交換前 アンテナ	交換後 アンテナ	交換 件数
GSI3		TRM159900.00	8
GSI4	TPSCR.G5	TPSCR.G5C	12
		TRM159900.00	78
GSI5		TPSCR.G5C	2
		TRM159900.00	10
GSI6		TRM159900.00	9
GSI3		TPSCR.G5C	2
		TRM159900.00	21
GSI4	TRM59800.80	TRM159900.00	156
GSI5		TPSCR.G5C	2
		TRM159900.00	83
GSI6		TRM159900.00	27

表-3 のうち、最も件数が多かった、架台が GSI4, アンテナを TRM59800.80 から TRM159900.00 へ交換した事例について、作成したヒストグラムを図-5 に示す。

東西、南北、上下成分それぞれにおいて、いずれも F5.1 解析の方がアンテナ交換による座標解のギャップが小さくなる傾向にあることがわかる。これはすなわち今回更新した位相特性情報が高精度になったことを示している。また、南北成分及び上下成分においては、分布のピーク量の多さや、ピーク前後の分布状況がシャープになっていることが見て取れるが、これは F5.1 解で解のバラツキが減ったことにより、アンテナ交換に伴うギャップをより正確に推定できるようになったことと推測される。他のアンテナ交換の組合せにおいても、アンテナ交換に伴う座標解のギャップは同等か小さくなる傾向にあった。以上より、位相特性情報の更新が、アンテナ交換に伴うバイアスや、日々の解析のバラツキの改善に寄与していることが示唆され、F5.1 解においては精度の向上に一役買っていることがわかる。

4. F5.1 解の精度評価

F5.1 解は、固定点解析で求めた座標を固定して全点解析を相対測位にて実施するというその性質上、

固定点の見かけ上の変動が他の全点に影響する。そのため、2点の座標値の差（基線ベクトル）を計算することで、固定点の影響を軽減した安定性の評価が可能となる。

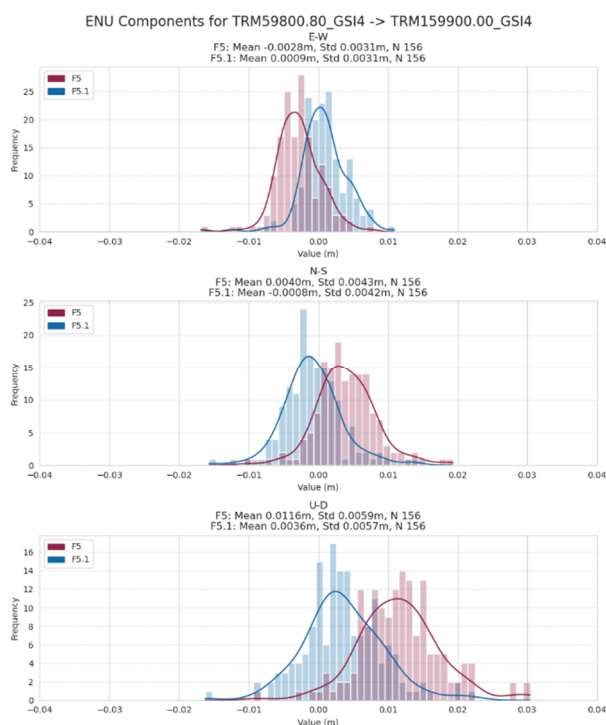


図-5 アンテナ交換による座標値のギャップのヒストグラム。F5解析のアンテナ交換の影響を赤色で、F5.1解析のものを青色で表す。実線はガウス分布を用いたカーネル密度推定により決定。

評価は村松ほか（2021）と同様の手法により実施した。F5.1解析においては、電子基準点「つくば1」に対するその他全ての電子基準点への基線ベクトルを東西・南北・上下成分に分解し、それぞれの成分に対して保守作業に伴うオフセット補正(岩下ほか, 2009)を適用する。これによりアンテナ交換（位相特性情報の適用）による影響は取り除かれることになる。その後一次トレンド・年周・半年周成分を加えた回帰曲線を推定し、回帰曲線からの残差を用いてRMSを計算した。残差は東西・南北・上下成分それぞれで観測点ごとに集計し、全点の平均値を計算することとした。評価期間はGEONETで地殻変動を観測した地震が少ない2020年の1年間とし、比較のためにF5解に対しても同様の計算を行った。それぞれの結果を表-4に示す。

表-4 F5解・F5.1解の安定性（RMS）（単位：mm）

	東西	南北	上下
F5 解	1.53	1.48	5.88
F5.1 解	1.52	1.47	5.85

表-4によると、わずかにF5.1解の方が良好な結果となっているが、RMSの値としてはほとんど変わらず、基線ベクトルで評価した場合にはF5解もF5.1解も同程度の安定性を有していることがわかる。一方で、改めて特定の点のF5解とF5.1解の時系列を示した図-3を確認すると、特にF5解においては2023年から2025年にかけては座標値の変動が大きくなっている様子が確認できる。当該期間においても、同様に計算を行った結果を表-5に示す。

表-5 F5解・F5.1解の安定性（RMS）（単位：mm）

	東西	南北	上下
2023 年			
F5 解	1.53	1.48	5.91
F5.1 解	1.51	1.47	5.84
2024 年			
F5 解	1.74	1.65	6.24
F5.1 解	1.73	1.61	6.12
2025 年			
F5 解	1.83	1.65	6.52
F5.1 解	1.78	1.58	6.19

特にITRF2020が採用されて以降、年を経るにつれてF5解とF5.1解の安定性は差が広がる傾向が確認できる。なお、2023年5月には石川県能登地方を震源とする地震が発生したが、電子基準点に限っては大きな地殻変動は確認されていないため、RMSの値が表-4の場合と同程度であると推測される。一方、2024年1月には令和6年能登半島地震、8月には宮崎県日向灘を震源とする地震、2025年12月には青森県東方沖を震源とする地震が発生しており、いずれも電子基準点において数cm～数mに及ぶ地殻変動が観測されている。この地震に伴う地殻変動の影響により、RMSの値が大きくなっているが、F5.1解の結果がF5解よりも安定性が高いことを示しており、こと直近の期間においては、F5.1解を採用することにメリットがあることが言える。

表-5から、特に差が大きい2025年の上下成分に注目し、安定性の地域性を確認する目的で、F5.1解とF5解でそれぞれ観測局ごとにRMSを計算し、両者の差を計算して地図上にプロットした。その結果を図-6に示す。図-6によると、特に南西諸島においてはRMSの改善傾向が顕著である。また、おおむね固定点の「つくば1」から距離が離れるほどにRMSの差が大きくなっているように見える。F5解において暦を変換して用いることが、スケールに影響を与えていることが示唆される。

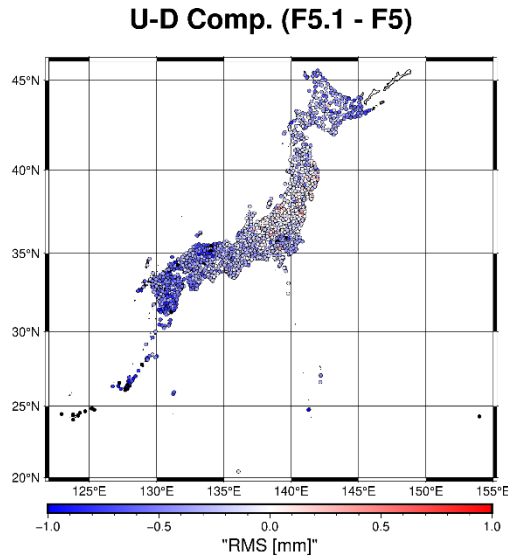


図-6 F5.1 解の観測局ごとの RMS と F5 解の観測局ごとの RMS の差 (2025 年, 上下成分のみ, mm 単位)

5. まとめ

今般, GEONET の解析ストラテジのマイナーアップデートを行い, 「電子基準点日々の座標値 (F5.1 解・R5.1 解)」として令和 8 年 4 月 1 日から正式公開とした。変更点は基準座標系を最新の ITRF2020 に更新した点と, それに付随して位相特性情報を更新した点である。固定点解析では ITRF2020 に準拠した座標値を GEONET の観測点に与え, 全点解析で固定

点以外の全 GEONET 点の座標値を求めた。地震による地殻変動の影響が無い期間の安定性評価によると, F5.1 解は F5 解と遜色ない結果が得られ, 水平 1.5 mm, 上下が 6 mm 程度であった。2023 年以降は, F5 解と F5.1 解の安定性には明確な差が生じてきており, F5 解を使い続けることによる将来的な座標解の精度劣化を, F5.1 解の採用により防止することができることが示唆される。

GEONET は, 正確な位置情報 (国家座標) へのアクセスを実現する基盤インフラであり, 多様な社会活動を支え, 日本の持続的な成長や災害からの迅速な復旧・復興等に資する「国土情報基盤」である。

「電子基準点日々の座標値」は, 我が国の測位衛星である「みちびき」から提供される CLAS における基準座標系として採用されているように, 変化し続ける国土の情報を定常的に把握している重要な位置情報であり, これにより測位結果を地図 (国家座標) と整合させることが可能になっている。高精度測位の重要性が増す中において, 「電子基準点日々の座標値」の精度を確保することが測位をはじめとした社会活動を支えることにつながる。国土地理院では今後も電子基準点の日々の座標値を維持し, 精度向上に向けた取組を今後も継続していく。

(公開日: 令和 8 年 8 月 4 日)

参 考 文 献

- Hatanaka Y., Sawada M., Horita A and Kusaka M. (2001): Calibration of antenna-radome and monument-multipath effect of GEONET— Part1: Measurement of phase characteristics, *Earth Planets Space*, 53, 13–21.
doi:10.1186/BF03352358
- IGSMail-8191 (2022): ITRF2020 is available on line, <https://lists.igs.org/pipermail/igsmail/2022/008187.html> (accessed 6 Mar. 2026).
- 岩下知真子, 梅沢武, 川元智司, 野神憩, 畑中雄樹, 石倉信広 (2009): GPS 連続観測システム (GEONET) 解析結果に生じる人為的要因によるオフセットの補正手法について, *国土地理院時報*, 118, 23–30.
- 村松弘規, 高松直史, 阿部聡, 古屋智秋, 加藤知瑛, 大野圭太郎, 畑中雄樹, 攪上泰亮, 大橋和幸 (2021): 新しい GEONET 解析ストラテジによる電子基準点日々の座標値 (F5 解・R5 解) の公開, *国土地理院時報*, 134, 19–32. doi:10.57499/JOURNAL_134_03
- 中川弘之, 小林知勝, 宮崎隆幸, 橋本繭未, 村上真亮, 高松直史, 古屋智秋, 阿部聡 (2024): 全国の標高成果の改定に向けた新しいアンテナ位相特性モデルの構築, *国土地理院時報*, 137, 25–33.
doi:10.57499/JOURNAL_137_05
- Takamatsu N., Muramatsu H., Abe S., Hatanaka Y., Furuya T., Kakiage Y., Ohashi K., Kato C., Ohno K., and Kawamoto S. (2023): New GEONET analysis strategy at GSI: daily coordinates of over 1300 GNSS CORS in Japan throughout the last quarter century, *Earth Planets Space*, 75, 49. doi:10.1186/s40623-023-01787-7