

[SGD01-P08] ITRF2020座標系に基づくIGS精密暦と
GAMIT/GLOBKプログラムを用いたJISLaD(地盤情報システム)への応用

IGS precise ephemeris based on ITRF2020 coordinate system and
its application to JISLaD (Japanese Information System of Land Deformation)
applying GAMIT/GLOBK program

島田誠一・藤井綾香・伊藤広和・多田吉成
株式会社日豊

SHIMADA Seiichi, FUJII Ayaka, ITO Hirokazu, TADA Yoshinari
Nippo Co. Ltd.

2023年5月

日本地球惑星科学連合2023年大会

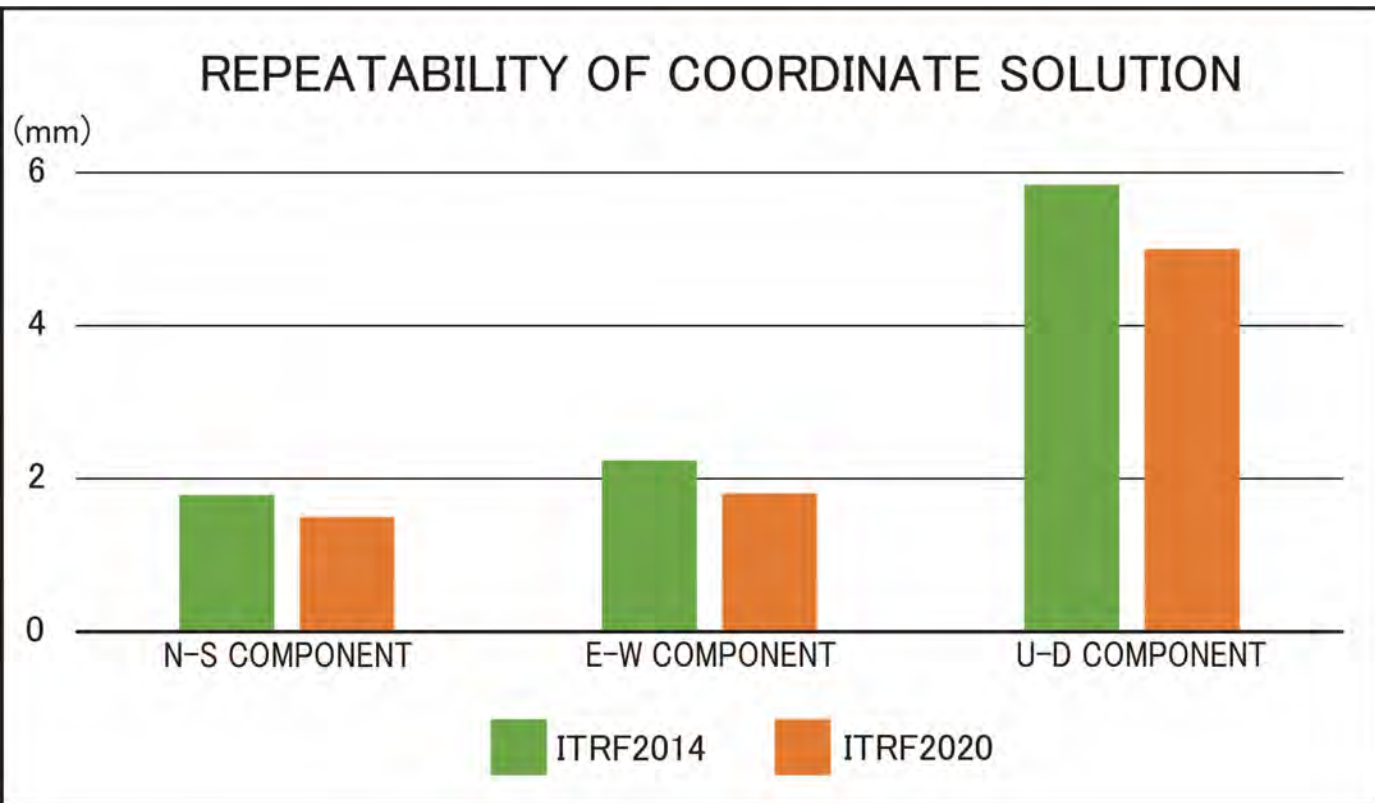
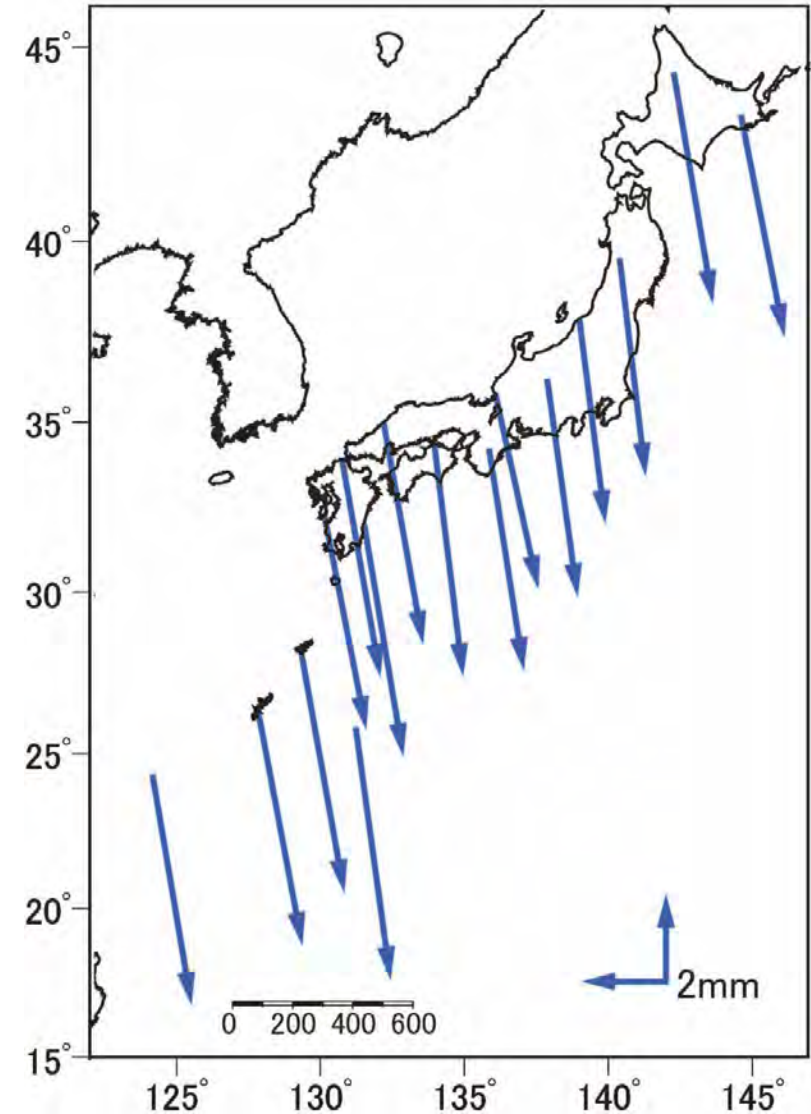
Flash Talk

- ITRF2020の概要
- IGSは11月27日(2238GPS週)からITRF2020系に変更
- GAMIT/GLOBKのITRF2020への対応状況
- Bernese5.4とBerneseプログラムのITRF2020への対応
- 2022年11月27日～12月24日(2238～2241GPS週)の28日間のGEONET全点をITRF2014とITRF2020で解析して、結果の座標値を比較

◎ ITRF2020に関する本学会での発表はこの発表のみ

Flash Talk

両座標値解の再現性

座標値解の座標値の差
ITRF2020 – ITRF2014

- 現時点で詳細はITRF HP(<https://itrf.ign.fr/en/solutions/ITRF2020>)のみで紹介
 - ITRF2014座標系の紹介はJGR誌論文にもなっている
- 座標基準エポック: 2015.0 ← ITRF2014: 2010.0
- PSD(Post-Seismic Deformation)モデルと年周・半年周変動モデルを採用し、それぞれのパラメータを公開
 - ITRF2014座標系とモデルそのものは変わらない
 - パラメータは再計算
 - ITRF2014座標系では年周・半年周変動モデルのパラメータは非公開
- ITRF2014座標系との間の7parameterの変換matrixを公開

- 原点(地球重心)
 - SLR(Satellite Lazer Ranging; 衛星レーザー測距)により、年周変動を含めて決定
- スケール
 - VLBI(Very Long Baseline Interferometry; 超長基線干渉計)と年周変動はSLRにより決定
- 地軸の方向
 - VLBIと年周変動はSLRにより決定
 - ITRF2014座標系との間でcore network点ではnon-net rotation

- VLBIにおける定義：時間（水素メーザーによる）と光速（長さ）
 - 電波星からの電波の、2つのパラボラアンテナ（観測局）間での到着時間差を測る
 - 時間差 × 光速 = 距離が定まる
- 座標の基準
 - 電波星の天空での位置（座標値）
 - ICRF(International Celestial Reference Frame; 国際天文基準座標系)
 - ITRF2020:ICRF3座標系 ← ICRF2座標系 (ITRF2014)
- ICRF座標系が異なれば、ITRF座標系のスケールも異なってくる

ITRF2014座標系とITRF2020座標系

- 7パラメータの変換パラメータとスケールの違い
座標値の変換式

$$\begin{bmatrix} X_s \\ Y_s \\ Z_s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} T_x \\ T_y \\ T_z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} D & -R_z & R_y \\ R_z & D & -R_x \\ -R_y & R_x & D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}$$

時間変化 ($t_0 = 2015.0$)

$$P(t) = P(t_0) + \dot{P} * (t - t_0)$$

ここで、ITRF2014・ITRF2020間の7parameter

	Tx (mm)		Ty (mm)		Tz (mm)		D (ppb)		Rx (mas)		Ry (mas)		Rz (mas)	
	-1.4	±0.2	-0.9	±0.2	1.4	±0.2	-0.42	±0.03	0.000	±0.007	0.000	±0.006	0.000	±0.007
Rates	0.0	±0.2	-0.1	±0.2	0.2	±0.2	0.00	±0.03	0.000	±0.007	0.000	±0.006	0.000	±0.007

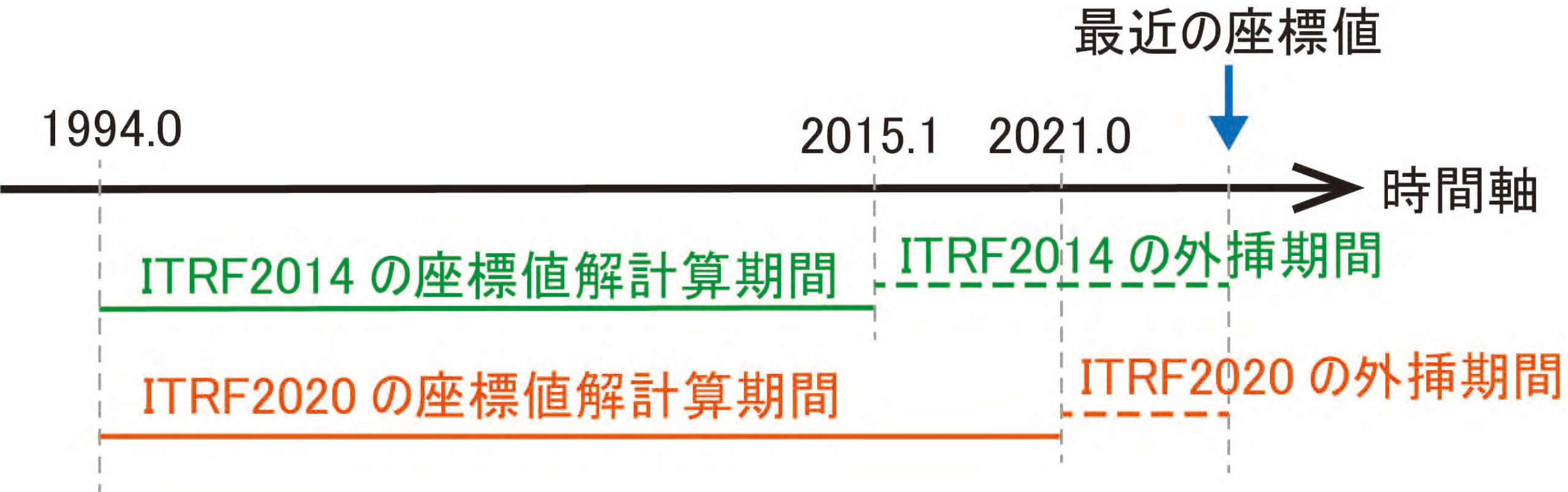
IGS解析センターの 2022年11月27日(2238GPS週)からの変更

- ITRF2020座標系に準拠したIGS点のIGS20座標値解により精密暦を計算
- 軌道暦を記述するSP3ファイル名として、従来の8+3文字ではなく、RINEX3定義に基づくlong filenameを用いる
- ITRF2020座標系決定に用いたITRF2014座標系(IGS14解)で再計算したrepro3軌道暦を公開
- 2238週以降はITRF2014座標系に準拠した軌道暦はリリースされない

現時点のIGS点座標値の推定

9

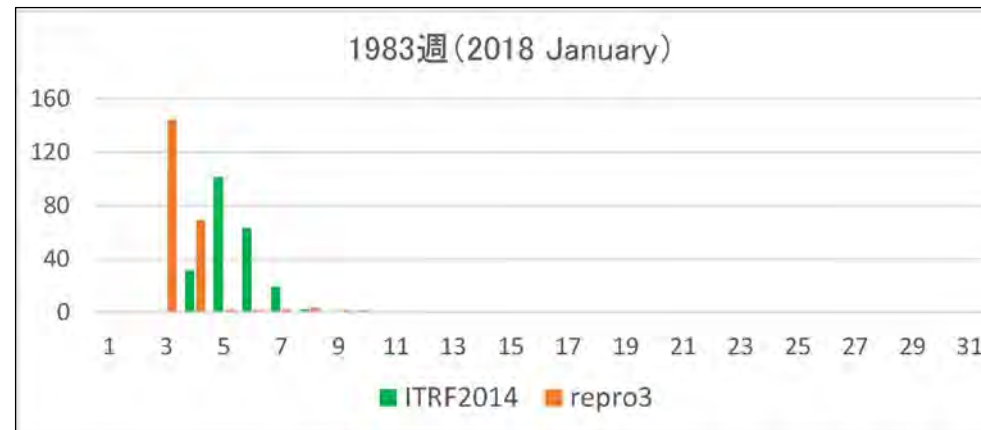
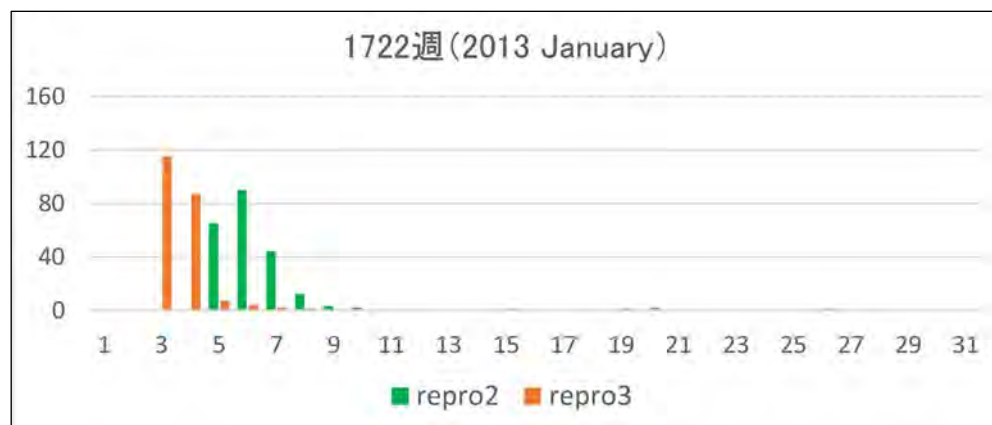
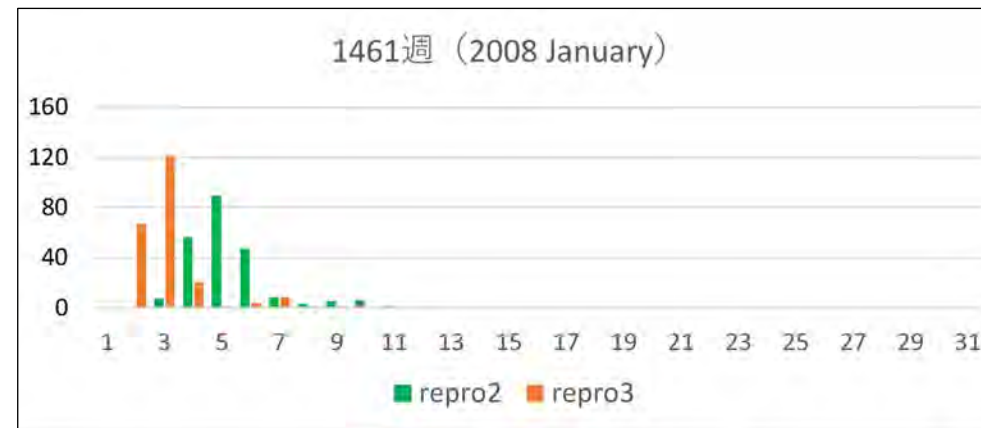
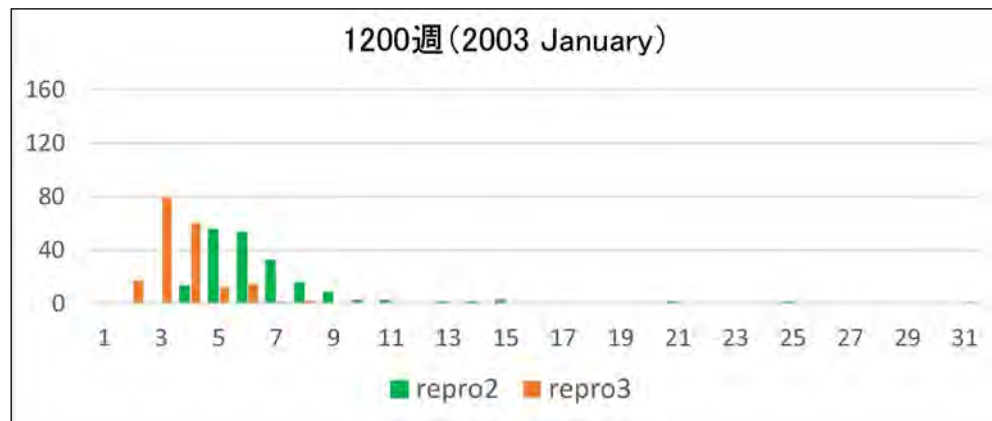
- 各座標系でのIGS点座標値解は必ず過去の期間のデータから求められている
- 現時点での座標値は必ず外挿になる
- 新しい座標系の方が外挿期間は短い → 精度・信頼性は高い



repro2/ITRF2014の精密軌道暦と repro3/ITRF2020の精密軌道暦

- ITRF2020座標系計算のために用いた再解析軌道暦 (repro3) は ITRF2014座標系計算のために用いた再解析軌道暦 (repro2) や ITRF2014座標系での精密軌道暦より精度が著しく向上しているようである
- 今後計算されるITRF2020座標系に基づく精密軌道暦も、従来の ITRF2014座標系による精密軌道暦より精度の向上が期待できる

各GPS衛星のrmsの分布(単位:mm)



- IGSによるITRF2020への移行の発表がリリースされてから、MITにおいてGAMIT/GLOBKへの対応が始まったように見える
- MIT内部のシステムでのリリースの翌週に、外部へのサーバーにアップロードされている
- GAMIT/GLOBKプログラムで用いる座標値・PSDパラメータのファイル(aprファイル・eqファイル)については、IGS20解用のファイルがリリースされた
- GAMIT/GLOBKでは、以前から年周・半年周変動の計算には対応しているが、ITRF2020座標系で公表された年周・半年周変動パラメータを用いるためのコマンドファイル・パラメータファイルはまだリリースされていない

- リリース: 2022年9月27日
- 特徴
 - マルチGNSSへの対応強化 ← 軌道計算モデルの強化
 - RINEXファイルver4までの対応
 - ITRF2020とrepro3への完全対応
- Bernese5.2で対応していない主な項目
 - ITRF2020: 年周・半年周変動の補正
 - 国土地理院の座標値解の基準となるつくば点は年周変動補正が不可欠
 - 衛星アンテナモデルの一部 (Melbourne/Wübbena-LCアンテナ補正)
 - 極運動モデルの一部 (mean/secular pole model)
- Reference
 - “Upcoming features of Bernese GNSS Software, Version 5.4”
 - EUREF 2022 Symposium 01-03 June 2022, held online

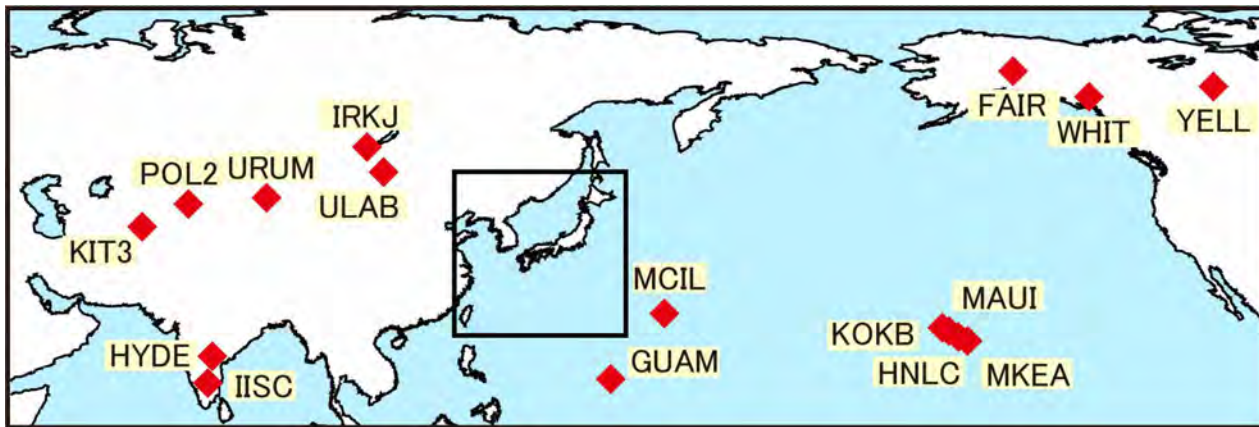
GEONET全点解析(2022年11月27日~12月24日の28日間)¹⁴

解析条件

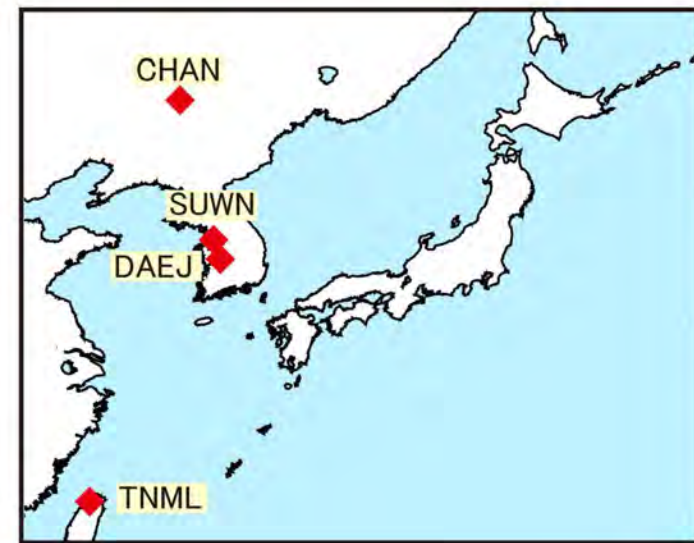
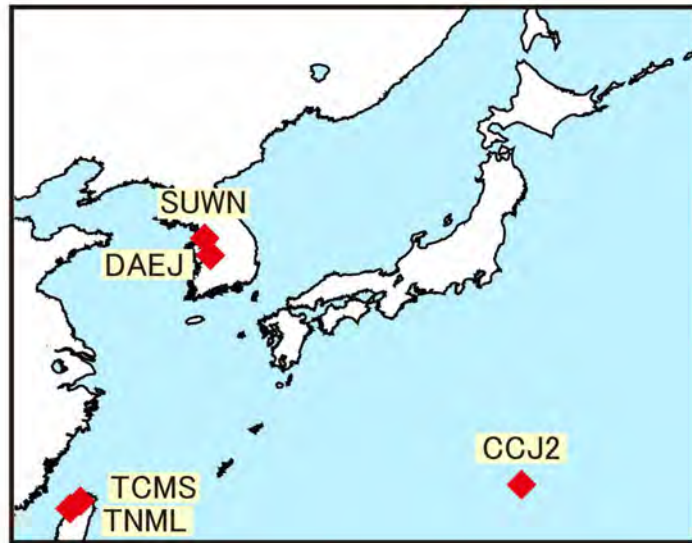
- 解析ソフトウェア: GAMIT/GLOBK 10.71
- Reference Frame: ITRF2020及びITRF2014
- 衛星はGPSのみ
- 軌道暦: IGS精密暦
- マッピング関数: GMFマッピング関数
- Cut-off angle: 10°
- ITRF2020系でのアンテナPCVモデル
 - IGS点はIGS20モデル
 - GEONET点は国土地理院発表のIGS14モデルからIGS20モデルに変換
- ITRF2014系でのアンテナPCVモデル
 - IGS点はIGS14モデル
 - GEONET点は国土地理院発表のIGS14モデル

GEONET全点解析(2022年11月27日~12月24日の28日間)¹⁵

ITRF2020系を用いた解析で座標値を拘束したIGS点

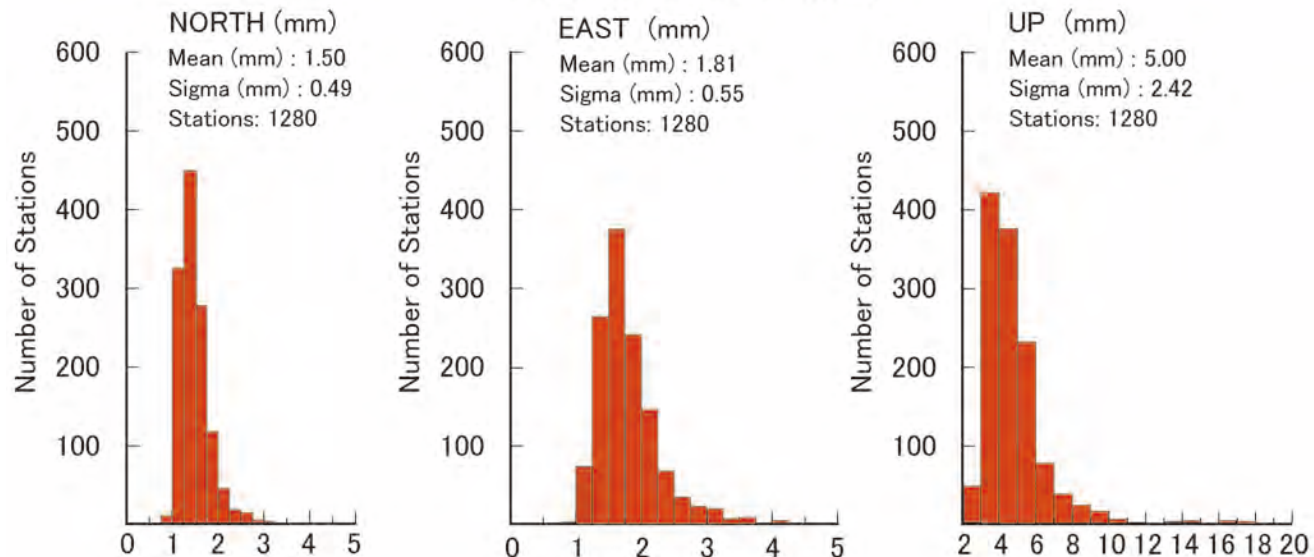


ITRF2014系を用いた解析で座標値を拘束したIGS点

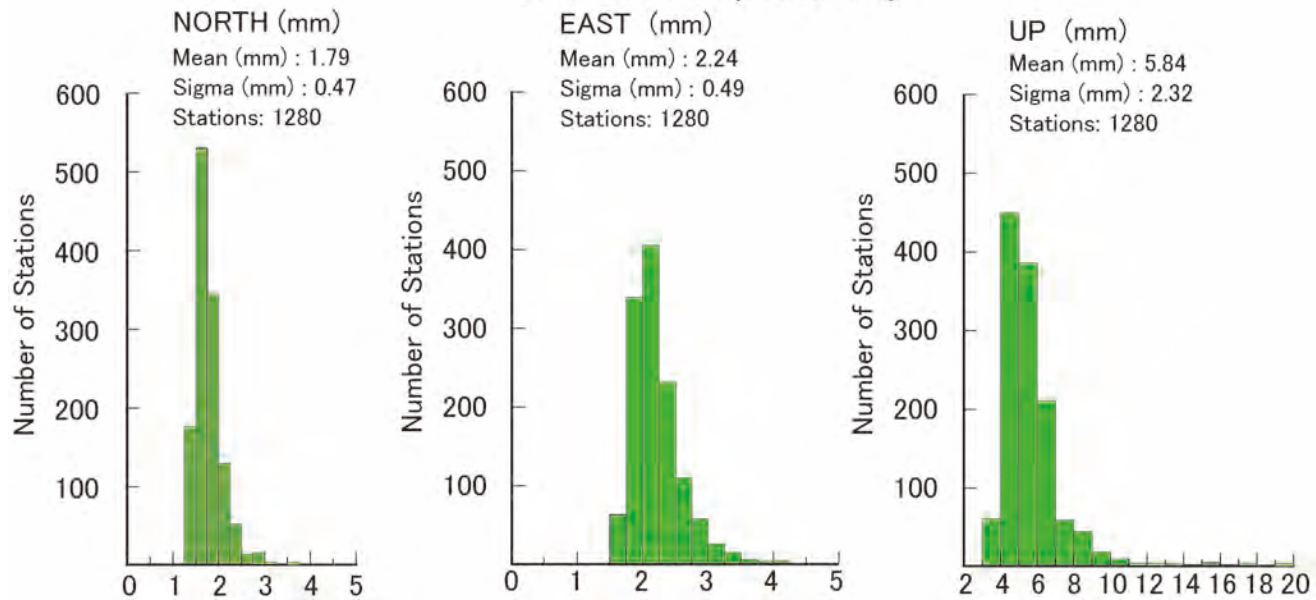


両座標値解の再現性

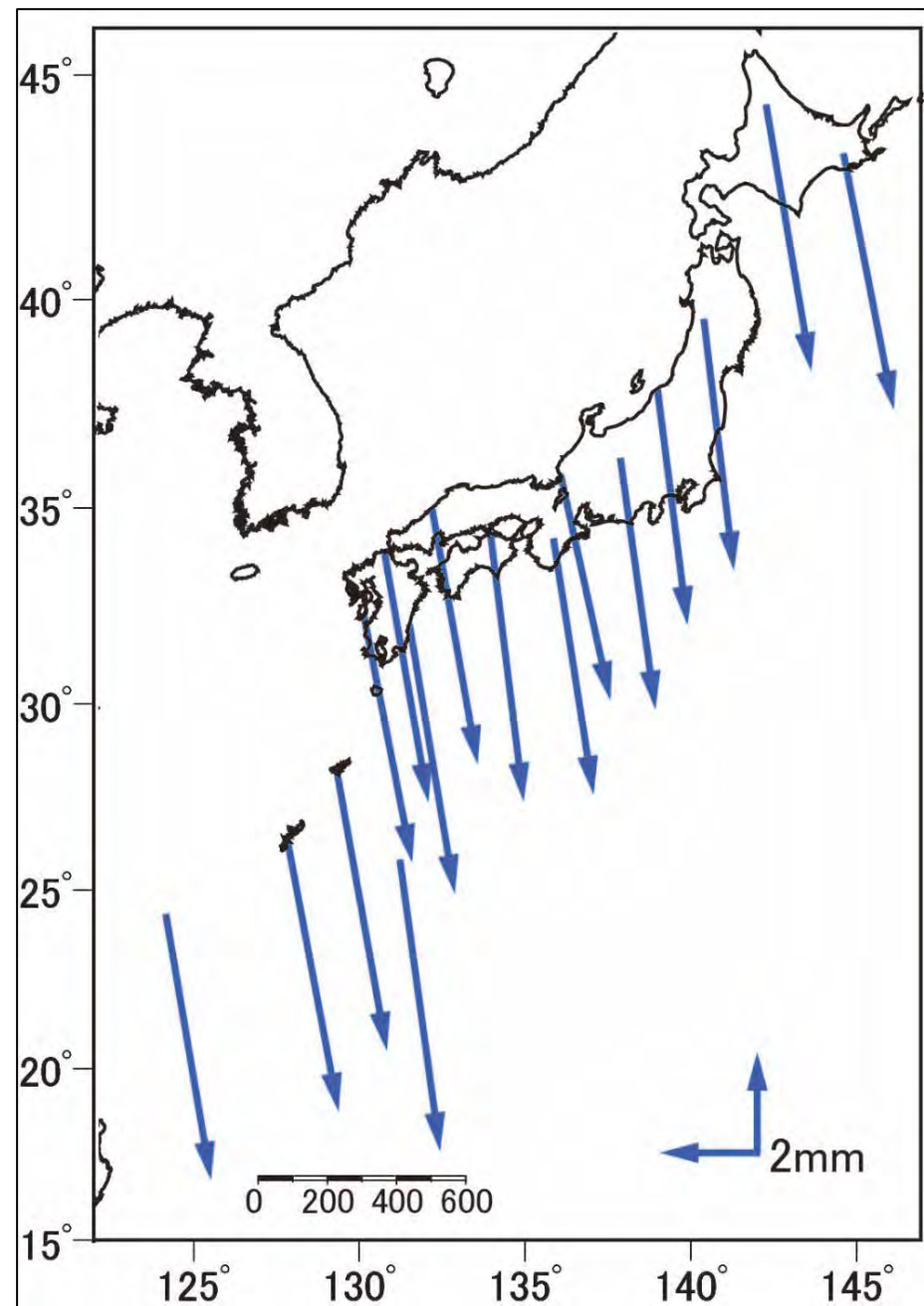
ITRF2020 Repeatability



ITRF2014 Repeatability



両座標値解の座標値の差



東西成分: 0.6 ~ 1.0 mm
南北成分: 4.5 ~ 5.8 mm
上下成分: 4.5 ~ 4.9 mm

- IGSでは11月27日(2238GPS週)から、ITRF2014座標系による軌道暦からITRF2020座標系により計算した軌道暦に変更した
- ITRF2020座標系による座標値解はITRF2014座標値系による座標値とステップが生じる ← 座標系のスケール定義の違いによる
- repro3/ITRF2020精密軌道暦は、repro2/ITRF2014精密軌道暦より著しく精度が向上しているようである
- GEONET全点の2022年11月27日～12月24日の28日間をITRF2020系とITRF2014系で解析して、両座標値解を比較した
 - 座標値再現性はITRF2020系の方が改善している
 - 両座標値解の差は、南北・東西・上下成分でそれぞれ約1mm・5mm・5mmである