NICT　機関報告

NICT 時空標準研究室
関戸　衛、市川　隆一

1　リソース

NICT では、小金井 11m アンテナ [1] で国際 VLBI 事業 (IVS) が計画する国際測地 VLBI 観測と GNSS 観測により国際地球基準座標系 (ITRF) の位置を維持している。また、相対重力計を使って高さの変動をモニターし、NICT が開発・運用している光格子時計への影響を評価する研究を行っている。11m アンテナの維持・運用はは主に関戸が、GNSS 受信機と相対重力計は市川が維持運用している。

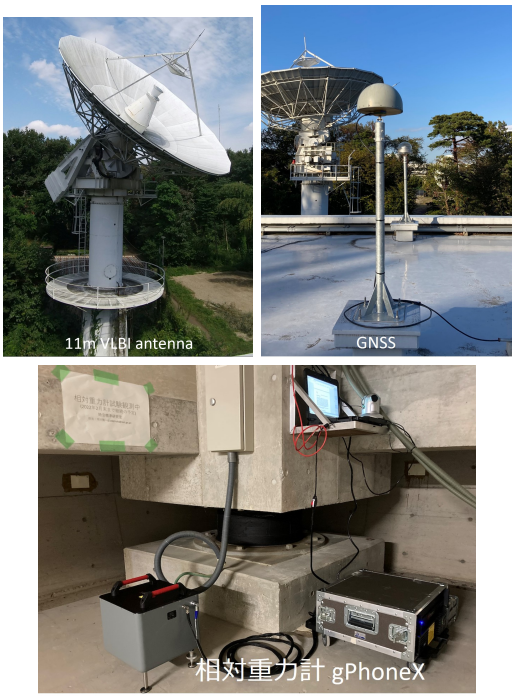

図 1　NICT の運用する観測施設

表 1　NICT の観測設備

設備	特徴・目的・用途
11m アンテナ	S/X-band を使った IVS の運用する国際測地 VLBI 観測
GNSS 受信機	IGS へ観測データを提供
相対重力計	重力ポテンシャル変化がもたらす光原子時計の周波数変化を定量的調べ、重力赤方偏移変動の不確かさ評価

2　小金井 11m アンテナ

11m アンテナは、国際測地 VLBI 観測として IVS 年間約 10 回 (2023:8,2022:9,2021:7,2020:9)、アジアオセアニア地域の VLBI 観測 AOV も年間 10 回程度 (2023:8,2022:12,2021:3,2020:8) 参加している。それ以外の時間帯は、NICT の宇宙環境研究室が毎日 NASA の STEREO 衛星のダウンリンク信号受信のためにアンテナを運用している。2023 年度は以下のトラブルが発生した。

AZ/EL 駆動抵抗の増加 (2023.7.26-8.24)　運用中にサーマルリレートリップによりアンテナ停止した。AZ,EL ともに駆動抵抗が増加していた。AZ/EL ベアリングのグリスアップ、EL ギアのグリスアップを実施し復旧した。

DCPA 故障 (2023.11.15-12.25)　アンテナが観測途中で停止していた。DCPA の DC 電源が出ておらず、予備機と交換したが復旧せず。NESIC に依頼して調査を行った結果、DCPA コントロールユニットの故障のため、AZ#2, EL#2 の駆動が復旧せず、AZ#1EL#1 による片肺運転状態で、一応の運用可能となった。

AZ エンコーダ (2024.2.27-)　Az エンコーダの角度表示が出なくなっている。予備のエンコーダとの交換・調査を予定している。

S-band RFI　携帯電話基地局の信号により S-band の受信機 (LNA) が飽和している現象がすでに 2019 年ころから確認されている。図 2 は 2022 年 1 月に測定した LNA 出力である。LNA 前段にフィルタを入れるため、従来の導波管 LNA を 同軸導波管変換器＋同軸 LNA に交換し、LNA 前段に BPF(2.20-2.40GHz) を挿入する (2024.3 予定)。

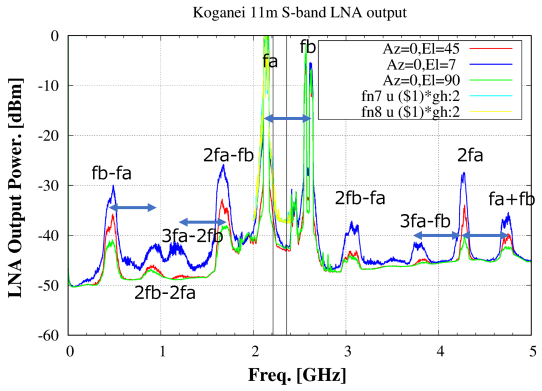

図 2　2022 年 1 月の LNA 出力の周波数スペクトル。2.11-2.18GHz, 2.54-2.64GHz に強い混信波があり、これが LNA で混変調を発生していることがわかる。

表 2　pyaxis の入力データセット

Total Station	154 observations (horizontal angle, zenith angle, slant distance)
Leveling	22 relative height measurements (KS1, KS2, KS3, KX8, KX9, KX10, KX11, KX12, KX13, KX14, KX15, X16, KX17,KX20,KP29m, KN1, KN2, KN3, KN5)
GNSS	1 day observation at X16, KX11, KX20, and KN2
鉛直線偏差	E-N: 16.288 arc sec., N-S: -10.6199 arc sec.　(ジオイド 2000[4] を使用)

3　コロケーション測量

小金井では、1988 年に整備された 1.5m の光学望遠鏡と 1995 年に KSP で整備された VLBI 用 11m アンテナ、SLR、GNSS の観測設備があり、異なる宇宙観測技術の基準点間の相対ベクトルを地上測量により決定する Local Tie 測量が行われてきた [2]。1996-1999 の期間は毎年実施され、その後も宇宙通信システム研究室の國森氏の努力で 2013 年、及び 2022 年に実施された。

図 3 にトータルステーション (TS) を使った測量の側線図を示す。TS 測量では基線ごとに方位角、天頂角、斜距離のデータが得られる。加えて水準測量、GNSS 観測を行い、これらのデータと鉛直線偏差を、3 次元の網平均を行うソフトウェア pyaxis [3] に入力し (表 2)、各宇宙測地技術の基準点間の相対ベクトル (preliminary) を得た (図 4)。 水平方向の不確かさは多くの基準点網の拘束により 1 以下となっているが、上下方向は 10mm 以上の大きさとなっている。上下方向の不確かさは、更なるデータの精査により改善したいと考えている。

測量の再現性を確認するため、過去 1996-1999 年の期間と、2013 年の測量の結果得られた基準点間の相対的な (S2 を基準とした) 座標を 2013 年との差分として図 5 に示す。2022 年の測量結果だけがそれまでの結果と比べて cm　オーダの差があるように見える。まだデータの精査をすることにより、一致度が挙がる可能性があるが、両者にはデータの取り扱いに違いがある。前者は水準測量と TS 測量は別々に取り扱われているが、2022 年の結果は pyaxis により全ての測量結果を統合している、という違いがある。2013 年の測量結果は、pyaxis で解析できる可能性があり、今後比較を検討する。

謝辞

2022 年のコロケーション測量は、宇宙通信システム研究室の國森裕生氏、中園純一氏により企画された。この解析を行うために、Land Information New Zealand (LINZ) の開発した pyaxis を使用して解析を行った。pyaxis の使用法について、国土地理院の吉藤氏に丁寧な説明を頂いた。ここに感謝します。

参考文献

[1] M.Sekido, “Status Report of Koganei 11-m VLBI Station for 2021-2022”, in International VLBI Service for Geodesy and Astrometry 2021+2022 Biennial Report, edited by K. L. Armstrong, D. Behrend, and K. D. Baver, NASA/TP-20230014975, 2023.

[2] H.Hasegawa, et al., “Method of Local Survey between Space Geodetic Observation Systems at a Collocation Site”, J.

図 3　トータルステーションを使った測量の側線図

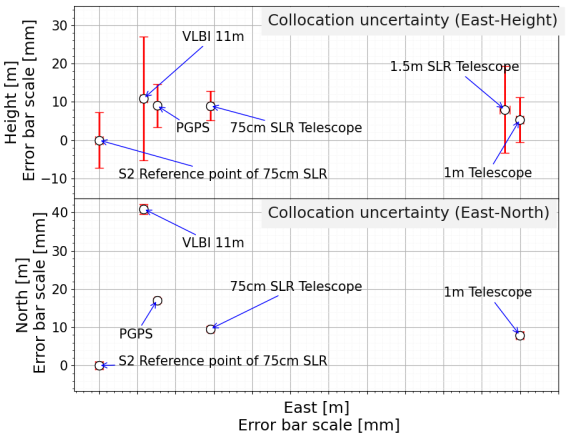

図 4　pyaxis を使って 3 次元も網平均の最小二乗解析を行った結果得られた相対位置ベクトルを、S2RT を原点にして表示した結果。東西ー南北平面 (下図) 及び東西-上下平面（上図）上に各点の位置をプロットし、その位置 1σ をエラーバー (mm scale) で表示している。

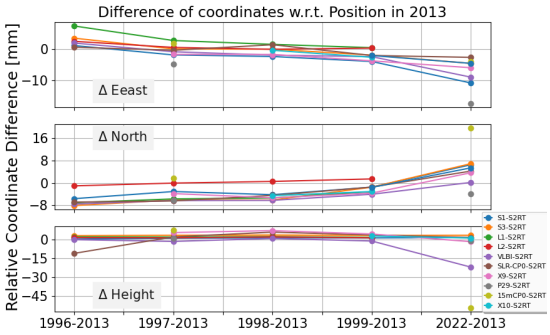

図 5　過去に実施された測量 (1996-1999 年) と 2022 年の結果の S2RT 点を基準とする相対ベクトルを 2013 年に対する差分として示している。

[3] linz-pyaxis, adjustment, and geodetic packages, https://github.com/linz/python-linz-pyaxis

[4] 安藤, ほか, “「日本のジオイド 2000」の構築”, 国土地理院時報, No.97, pp.25-30,2002

Gode. Soc. Japan, 48,(2), 85-100, 2002. Doi: 10.11366/sokuchi1954.48.85