

NICT 機関報告

関戸 衛

NICT 時空標準研究室

概要

NICT では小金井 11 m 電波望遠鏡を運用して国際 VLBI 事業 (IVS) およびアジア・オセアニア VLBI グループ (AOV) の企画する測地 VLBI 観測に参加し、国際地球基準座標系 (ITRF) の維持に貢献している。VLBI 観測を行わない日は、宇宙環境研究室のプロジェクトである宇宙天気予報のために NASA の太陽観測衛星 STEREO 衛星のトラッキングを行い、ダウンリンク信号を取得している。東京都小金井市に位置する 11m アンテナは常温の S/X-band の受信機を搭載している。X バンドの受信機性能は、アンテナ設置からこれまで殆ど劣化してきていなかったが、S-band の受信帯域には携帯基地局の電波と思われる RFI により、2020 年ころより正常な T_{sy} 測定が困難となってきており、2021 年 1 月に調査したところ低仰角で受信機の飽和が確認された。

時空標準研究室では、光格子時計の重力による影響を考慮するため、2021 年度より相対重力計 gPhoneX を導入し、絶対重力計との比較校正観測を開始した。VLBI 観測と 11m アンテナの維持運用にかかわるスタッフは以下のとおりである：関戸衛、市川隆一（時空標準研究室）、石橋弘光（宇宙環境研究室）、川合栄治（鹿島宇宙技術センター）NICT では、VLBI 懇談会のメーリングリストおよびホームページの管理・運用を行っている。

1 小金井 11m アンテナ

11m アンテナ (図 1) は年間 21 回 (2022 年実績) の測地 VLBI 観測 (IVS, AOV) に参加している。VLBI 観測のない時間は宇宙環境研究室の宇宙天気予報のプロジェクトのために、NASA の運用する太陽観測衛星 STEREO のデータダウンリンクを行い、年間を通じて稼働している。

X-band X-band の受信機性能については、建設当初から受信機性能はあまり劣化していない。図 1 は測地 VLBI 観測の前に定期的に測定している S/X-band の 2014 年からの T_{sys} データをプロットしたものである。しかしながら、IVS の相関処理レポートでは単局で測定される X-band の SEFD から期待される相関振幅がでていないと指摘を受けてきた。原因の一つは、アンテナの周囲が高い樹木に囲まれているため、低仰角の観測に置いてシステム雑音温度の増加と、天体信号の減衰が影響しているためと推測される。2021 年冬に高さ 8m(半径 20m 以内)、および 10m(半径 40m 以内) に高枝

の剪定を行った。更に 2022 年末に東南方向の広範囲な樹木伐採が行われた。この結果、南東報告の空が開け、仰角 20 度以下のシステム雑音温度が顕著に低下改善している (図 2)。作業後も西方向はあまり樹木が減っておらず、以前として低仰角では雑音温度が高いが、東方向では T_{sys} の仰角依存性から T_{rx} 、光学的厚さ等が推定できる程度に改善した (図 3)。図 3 下のパネルで $El=90$ 度、60 度で値が大きく変動している原因は今のところ不明である。

S-band S-band 受信機については、2020 年ころから SEFD の測定が安定しなくなっており、RFI の影響で受信状況が悪化している (図 1)。2022 年 1 月 14 日に受信機 LNA 出力をスペクトラムアナライザで取得した結果、外部からの干渉信号 (RFI) が 2.11-2.17GHz(以下 f_a とする) 及び 2.55-2.57 GHz、及び 2.60-2.64 GHz(以下 f_b とする) で確認され、LNA で混変調変調が起こり 4 通倍波まで生じていることが確認された (図 4)。RFI は仰角が低い程強く、時間変動し、北西方向に強い。RFI 対策としては、 $f=2.2-2.36$ GHz を通過帯域として、2.17GHz を

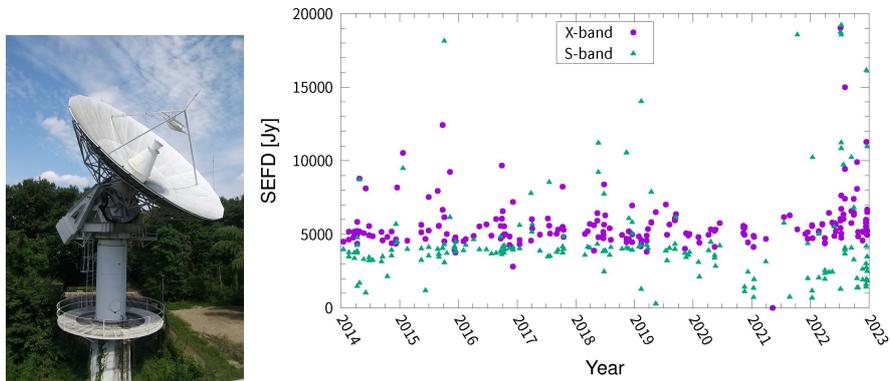


図1 小金井 11m アンテナ (上) 及び、SEFD(S/X) の 2014-2022 年の履歴 (下)

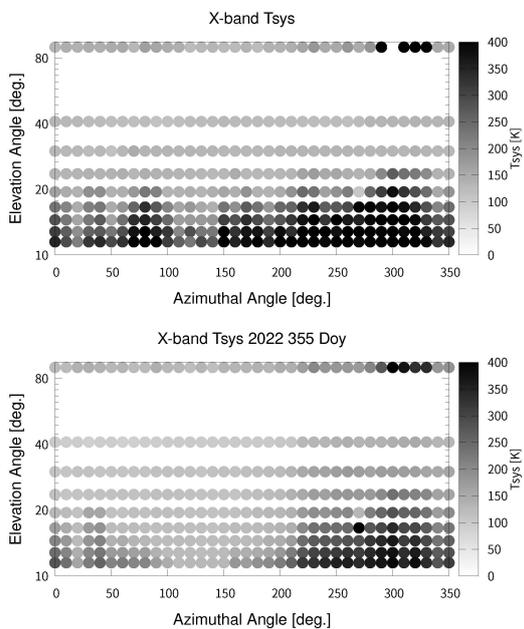


図2 X-band : Tsys の全天測定結果 (上 : 2022 年 9 月 13 日、下 : 12 月 21 日)

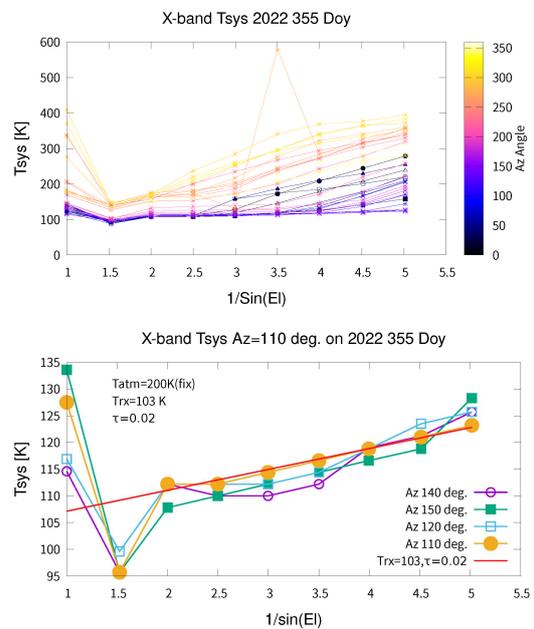


図3 X-band:Tsyst の Secz プロット。全方位 (上) と東方向 (下)

30dB 以上抑圧する必要があり、LNA の前に BPF を導入することを検討していきたい。

1.1 保守状況

2021-2022 年の期間で発生した主なトラブルとその対処について以下に記す。

アンテナ駆動抵抗の増加 2021 年 5 月、アンテナを駆動するモータの DCPA においてサーマルリレーのトリップが繰り返し発生し、安定した運用ができない状態となった。駆動に必要なトルクを測定

すると、AZ の必要トルクが 0.6 0.7 kgm と以前の値 (0.1 0.2 kgm) より大きく増加していた。小金井 11m アンテナのグリスアップ・オイル交換は、保守費削減のため 2016 年 3 月に実施して以来行った記録がなく、5 年を経過して AZ ベアリングにおいて駆動抵抗が増加したためであった。職員がアンテナにて Az,El 共にグリスアップを行い、また減速機のオイル交換を行った。その結果 9 月の測定では Az,El 共に必要なトルクが 0.1 0.3 kgm 程度の値に

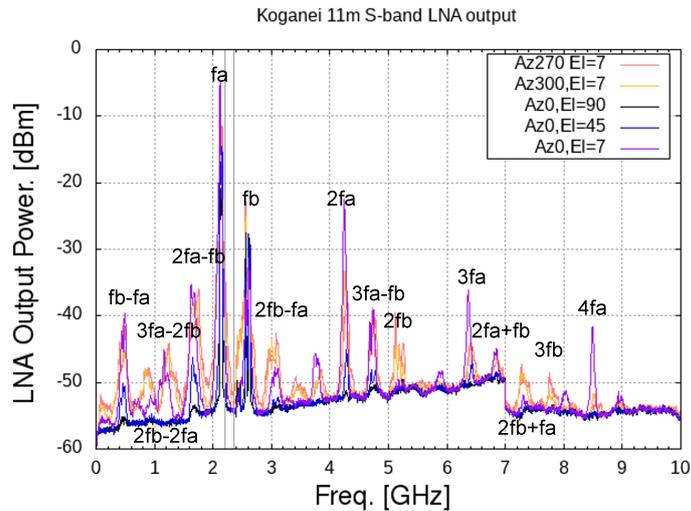


図4 2022年1月14日、S-band 受信機のLNA 出力に確認されたRFI 信号。

低下改善し安定した運用が可能となった。ベアリングの焼き付きが起こればアンテナは駆動できなくなるところであった。機械駆動部のグリスアップは定期的に行うべきことは重要な教訓となった。

落雷による故障 2021年7月30日に小金井地域で大きな落雷があり、その影響でACU、DCPAが故障した。鹿島11mで使用していたACU、DCPAを小金井に予備品として保管していたので、これを使って交換し、11mアンテナの運用は8月12日には復旧した。故障したACU、DCPAは修理を行って予備品保管した。

2 その他

宇宙通信研究室のプロジェクトにより2022年秋に小金井のVLBI、SLR、GNSSのコロケーション測量が実施された。この測量結果は、次期のITRF更新に向けてIERSへ提出する予定である。

光格子時計の開発と国際原子時(TAI)への貢献は時空標準研究室において主要なプロジェクトの一つである。一般相対論の効果として原子時計の高さの1の違いは約 10^{-18} の周波数の変動を引き起こす。発生した周波数の不確かさの中に、重力ポテンシャルの変化による周波数のずれも考慮する必要がある。そこで、GNSS等による座標の観測に加え

て、重力変動による高さの変化をモニターするため、2021年に相対重力計gPhoneX(図5)を導入した。



図5 光格子時計の設置されている2号館の地下室に設置されている相対重力計gPhoneX

謝辞

協力頂いているお方々の名前を挙げてここに謝意を表します。小金井11mアンテナの、駆動抵抗の増加のトラブル復旧に当たっては、宇宙環境研究室の石橋弘光氏に夏の猛暑の中、通気性の悪いタイベックスを着てアンテナでの作業を手伝って頂き、多大な協力を頂いた。IVS観測の実施では、鹿島宇宙技術センターの川合栄治氏にサポート頂いた。gPhoneXを使った重力観測は主として市川隆一氏を中心に実施されている。