

VERA20m 電波望遠鏡保全の現状

佐藤 元

(国立天文台 水沢 VLBI 観測所)

概要(Abstract)

国立天文台水沢 VLBI 観測所の保守部門は、VERA20m 電波望遠鏡の維持管理を担当している。VERA20m 電波望遠鏡は建設から 20 年以上が経過しており、機器や構造物の経年劣化により突発故障が増えている。さらに、2020 年の予算急減以降は、アンテナ製造メーカーへの保全業務の依頼ができなくなったため、保全作業の大部分を内製化する体制へと移行してきた。

本稿では、こうした状況のもとで実施している VERA20m 電波望遠鏡の保全業務の現状を報告するとともに、保全業務の効率化・省力化に向けた取り組みについて紹介する。

1. VERA20m 電波望遠鏡

VERA20m 電波望遠鏡は、岩手県奥州市、鹿児島県薩摩川内市、東京都小笠原村、沖縄県石垣市の 4 局に配置されている。これらの望遠鏡を VLBI (超長基線電波干渉計) 手法により合成することで、直径 2300km の望遠鏡と同等な性能を発揮する。また、EAVN (東アジア VLBI 観測網) など東アジア各国と連携した国際共同観測での運用もされており、広域での VLBI 観測において重要な役割を担っている。図 1 に VERA20m 電波望遠鏡及び VERA のアレイの構成を示す。

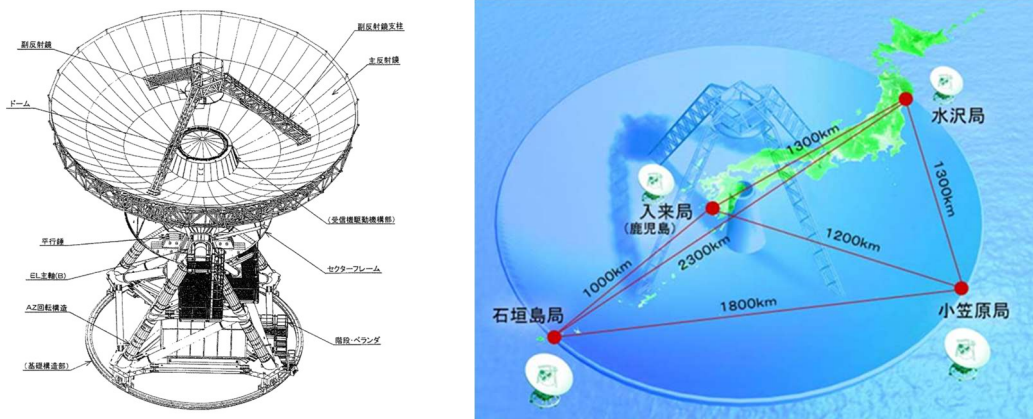


図 1 VERA20m 電波望遠鏡及び VERA のアレイ

2. VERA 保全の現状

建設期以降、保全作業は主に製造メーカーが担当してきた。しかし、2020 年の予算急減以降は、製造メーカーに保守業務を依頼することが困難となった。そのため、経費削減を目的として、ほとんどすべての保全作業を内製化する体制へと移行してきた。ここでいう内製化とは、従来メーカーに依頼していた調査、工事設計、検査等を観測所の保守部門が対応し、メーカーを仲介せずに、協力会社に直接発注することである。また、協力会社にも発注せず、保守部門のみで対応する場合もある。内製化前後の業務

分担の概要を図 2 に示す。

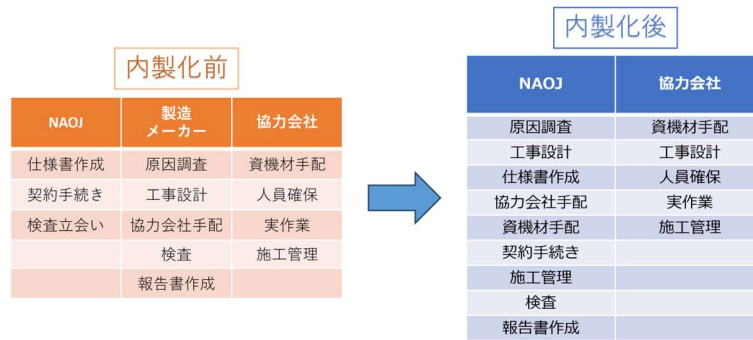


図 2 内製化前後の業務分担

3. 保全作業内製化事例

内製化により対応している保全作業を一部紹介する。

- アンテナ定期保守作業

アンテナ定期保守作業は、アンテナの機能を維持するために、各局において 2 年周期で実施している保全作業である。作業内容には、減速機の潤滑油交換、各可動部のグリスアップ、各部の点検などが含まれ、これらはすべて内製化により対応している。また、アンテナ構造物の据付精度を測定する機械計測についても、測定システムの構築から測定、解析までを内製化している。特に、傾斜計を用いて水平面に対するアンテナ AZ（方位角）軸の傾きを測定する AZ 軸鉛直度測定では、データの取得および記録のためのソフトウェアを LabVIEW で独自に開発し、効率的な測定を実現した。AZ 軸鉛直度測定の様子を図 3 に、記録ソフトの参考画像を図 4 に示す。

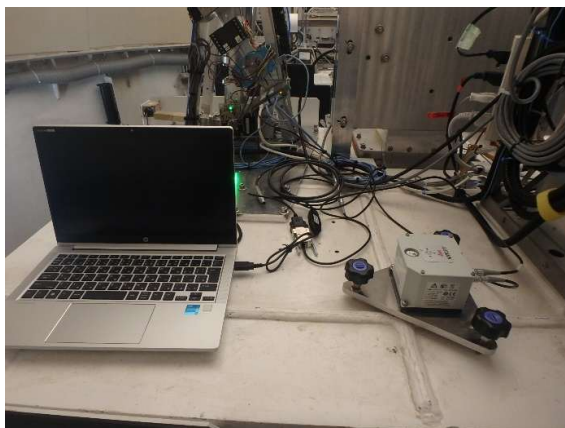


図 3 AZ 軸鉛直度測定の様子

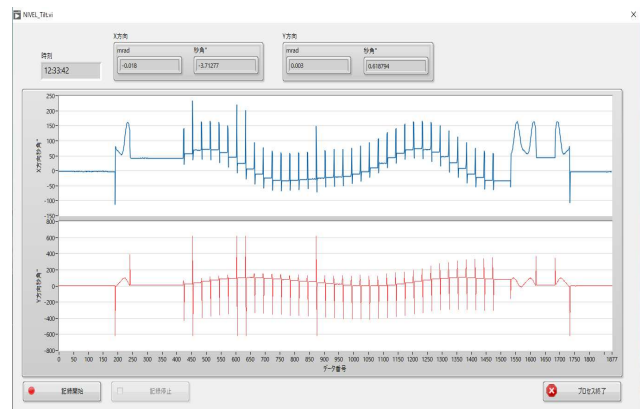


図 4 AZ 軸鉛直度測定記録ソフト参考画像

- 障害対応

経年劣化の進行により突発故障は増加しているが、これらの障害対応の大部分も内製化により実施している。図 5 は EL（仰角）駆動モーター交換作業の様子であり、2023 年 7 月の小笠原局と 2024 年 1 月の入来局で相次いで発生した EL モーター故障についても、保守部門のみで交換作業を完遂させた。また、この EL モーターは製造メーカーでの修理対応が不可であったものの、故障原因の特定から修理方法の確立までも自力で実施をしている。図 6 に示す入来局の AZ トルクリミッタ交換作業も同様に、内製化により保守部門のみで障害対応を実施したものである。



図5 EL モーター交換の様子



図6 AZ トルクリミッタ交換の様子

4. 効率化・省力化の取り組み

多くの保全作業を内製化することで、経費を抑えながら作業の質と量を維持してきた。経費の削減に加え、保守部門が直接装置に触れることで装置への理解が深まり、ノウハウの蓄積が進む点も内製化の大きなメリットである。こうした経験と知識の蓄積は、技術力の向上に寄与していると考える。一方で、元々少人数で対応している状況に加え、内製化に伴う業務量の増加、さらに経年劣化による突発故障の増加により、保守部門の業務負荷は年々高まっている。このような状況から、業務負荷を軽減するための効率化・省力化の推進は喫緊の課題である。

ここでは、保全業務の効率化・省力化の具体的な取り組み例として、駆動特性測定データ処理の自動化と障害ログメール送信機能の導入について紹介する。

4.1. 駆動特性測定データ処理の自動化

駆動特性測定とは、アンテナ各駆動機構の健全性を確認するため、各制御装置から出力されるアナログ電圧をメモリハイコーダ（MR8847A）で記録し、特性の異常を判定する保守作業である。従来は製造メーカーが毎年実施していたが、2018年より内製化し、現在は各局2年周期（毎年2局）で定期実施している測定である。図7に駆動特性測定の様子を示す。



図7 駆動特性測定の様子

駆動特性測定は、内製化により測定方法は確立していたものの、データ処理に関しては、以下二点の

課題があった。

- データ量が多く、データ処理をすべて手作業で行っていたため、処理に時間がかかる。
- 毎年の定期作業に加え、トラブルシュートや部品交換後の動作確認でも測定が必要であり、負担が大きい。

この課題を解決するため、メモリハイコーダ上で CSV 形式に変換した測定データを入力とし、自動処理を行うスクリプトの開発を行った。実装には Python を使用し、経年変化表の更新、pdf 形式での報告書作成までを一括で行えるよう実装している。スクリプト実装前後の処理手順及び作業時間の変化を図 8 に、結果出力ファイルの例を図 9 に示す。

手動での処理		スクリプト処理	
処理手順	作業時間	処理手順	作業時間
		測定データ csv 出力	0.1h
		CSV データ転送	0.1h
		スクリプトによるデータ処理	0.1h
測定データ確認	0.5h		
測定データのプリント、測定値算出	11h 15m × 44 データ		
測定データ PDF ファイル化	1h		
経年変化表更新、報告書作成	6h		
経年変化表、報告書確認	2h	経年変化表、報告書確認	2h
	計 20.5h		計 2.3h

図 8 処理手順及び作業時間の変化

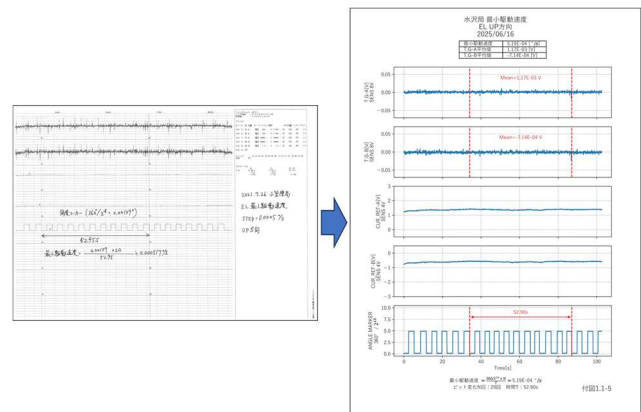


図 9 結果出力ファイル例

この自動処理スクリプトの実装により、データ処理時間を約 89%削減し、作業負荷の大幅な軽減を実現した。また、出張先の現場で測定結果を即時に確認できるようになったことで、測定ミスが発生した場合のリカバリ測定や異常発覚時の初動対応が迅速に行えるようになっている。

今後の課題としては、以下三点を挙げる。

- 定期保守以外の測定項目への対応拡張
 - 現状の自動処理スクリプトは定期測定を対象に設計しており、トラブルシュート時や動作試験で必要となる一部測定項目には未対応となっている。非定期項目も処理対象とする機能拡張が求められる。
- 取得データ品質に左右されない処理プロセスの確立
 - 外乱の影響などによってデータ品質が低下した場合、現行の自動処理フローでは処理が失敗するケースがある。手動での調整が可能な仕組みは備えているものの、自動処理成功率を向上させる処理フローの見直しが必要である。
- スクリプトの保守性向上と属人化の解消
 - 長期運用を見据え、コード構造の改善やドキュメント整備を進めることで、作成者以外でも容易に改修・保守ができる体制の構築が課題となっている。

4.2. 障害ログメール送信機能の導入

障害ログメール送信機能について紹介する。VERA20m 電波望遠鏡運用ソフト(VFS : VERA Field

System)では、各局ごとにログファイルが分散しており、障害有無の調査には個別にログを確認する必要があった。また、以前は 24 時間体制でオペレーターが常駐していたものの、現在では、夜間無人運用であるため、保守部門での定常的なログ確認が必須となっている。一方で、手動でのログ確認作業には以下の課題があり、障害ログメール送信機能の実装により改善を図った。

- ログは 1 日で数万行に達することがあり、目視確認では時間がかかる。
- ログの見落としリスクが高い。
- 障害の発見が遅延し、対応の初動が遅れてしまう。

スクリプトは Python で実装しており、aoc-main 計算機で実行される。aoc-main とは各局の遠隔操作を行うため水沢に設置されている AOC(Array Operation Center)において、各局の観測運用を一括でコントロールしている計算機である。スクリプトによる処理の流れを図 10 及び以下に示す。

- 1) 各局のログを SSH で取得。
- 2) ERROR/WARN など自動抽出して分類。
- 3) 不要なログはフィルタ機構で除く。
- 4) 可変数値を正規化し、同種エラーを集約。
- 5) デバイスのカテゴリ別に整形。
- 6) 毎朝定時にメール自動送信。

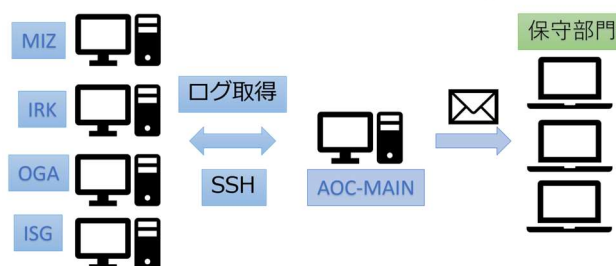


図 10 障害ログメール送信機能処理の流れ

この障害ログメール送信機能の導入により、日常的な確認作業が自動化され、毎日数十分から 1 時間程度の省力化を実現した。本機能自体は小規模なものではあるが、確実に業務負荷を軽減する取り組みであり、エラー情報の見落とし防止と、障害対応の迅速化の効果が見込まれる。今後の展望としては、この機能によって検知された障害の調査を支援するため、各デバイスの詳細ログを可視化・解析するツールの開発を検討している。これにより、障害発生時の初動対応の質を向上させることを目指す。

5. まとめ

水沢 VLBI 観測所の保守部門では、予算が漸減する状況下において保全作業の内製化を推進することで、保全作業の質と量を維持しながら望遠鏡の安定運用に努めてきた。一方で、内製化に伴う保全業務の負荷増大は喫緊の課題となっており、ソフトウェア開発を含む各種の効率化・省力化策を導入することで対応してきている。今後も継続的に改善を図るとともに、他プロジェクトとの連携と情報共有を強化し、国立天文台全体としてより良い保全環境を構築していくことが重要と考えている。