

すばる望遠鏡 メインシャッター改修

瀧浦 晃基, 坂東 貴政*, 上野 祐治**

(国立天文台 *ハワイ観測所, **水沢 VLBI 観測所)

概要

メインシャッターとは、すばる望遠鏡本体を降雨・降雪の悪天候や外部からの落下物等から守るため、望遠鏡ドームの前方から上方にかけて設置されている、両開きの大型扉様の装置である。夜間観測時にはメインシャッターが開き観測可能状態となるが、この開閉動作途中でメインシャッターがスタックし、観測できない不具合が度々発生していた。今回、この不具合の改修作業をハワイ観測所スタッフ主導により専門業者に依頼する内製化作業として完工したので報告する。

1. すばる望遠鏡の中長期保守をめぐる背景

ハワイ観測所すばる望遠鏡の工学部門がこれまでに進めてきた保守業務は、電気系を中心としたもので、三菱電機が提案する計画に沿って実施されるものが多かった。しかし、ここ数年の運営予算の大幅な削減によって、保守案件を精査し直し、従来通りメインコントラクターであった三菱電機に依頼すべきものと、内製化すべきものとに適切に分類し、保守コストの低減を目指さざるを得ない状況にある。特に、機械系装置の保守については、これまでは不具合が発生した際の対処療法的な修理しか実施しておらず、いわば、新品で購入した自動車を 20 年間、メンテナンス無しで走らせ続けているような状況であり、今すぐにもすばる望遠鏡の運用に支障をきたすトラブルが発生してもおかしくない。

すべての案件を内製化することは非効率であり、ハワイ観測所の工学者・技術者の身の丈に合った課題を内製化することが重要である。また、これは外部委託についても同様であり、ごく小さな案件を含めてすべてを大企業に委託することは無駄が多く、高価格となりやすい。保守修理案件の規模を適切なサイズに分割し、可能な作業を観測所内で内製化したり、分割したサイズに相応しい外部業者に委託するなど、天文台技術者の技術力とマネージ力の向上によって、保守・修理作業の効率化とコスト低減を目指さなければ、我々技術者に課された 2033 年までの継続的なすばる望遠鏡の運用は困難といえる。

このような背景から、すばる望遠鏡の中長期保守業務を推進するために、2018 年 4 月、国立天文台ハワイ観測所に、初代室長を瀧浦、室員として坂東（エンジニアリング部門と兼任）と上野（当初オプザーバー参加、2019 年 4 月から 0.2 FTE を水沢から併任）を配置し、技術企画開発室（Technology Planning & Development Office）を立ち上げた。技術企画開発室の役割の三本柱は、(1)工学案件の中長期計画の企画とその推進、(2)工学技術内製化の企画とその推進、(3)工学案件に関する外部協力機関（企業および大学）との共同研究・共同開発の企画とその推進である。これまでに、約 50 件の保守が必要となる案件を抽出し、それらの概要整理と優先順位付けを完了している。今後は、内容の精査とともに、保守作業の内製化検討や協力企業探索を進め、必要なリソースの見積もりを経て、予算確保作業や実際の施工へと進捗させていく。

2. すばる望遠鏡メインシャッターについて

すばる望遠鏡のメインシャッターとは、すばる望遠鏡本体を降雨・降雪の悪天候や外部からの落下物等から守るため、望遠鏡ドームの前方から上方にかけて設置されている、両開きの大型扉様の装置である。図 1 にメインシャッターの外観を示す。夜間観測時には、メインシャッターが開き観測可能状態となるが、この開閉動作途中でメインシャッターがスタックし観測できない不具合が度々発生していた。

このような状況から、メインシャッター改修については、最も優先度の高い案件として 2018 年 4 月から、大型可動屋根や大型扉を扱う業者を中心に協力業者の調査をはじめた。複数社との打ち合わせを通じ、改修原案を提示してもらい、作業の安全性が高く、ダウンタイムが極力発生しない、低価格かつ効果の高い改修案を絞り込んでいった。その後、2018 年 7 月に事前調査を、2019 年 1 月に詳細調査をマウナケア山頂の現地施設で実施し、改修案の精度を上げていった。メインシャッターの改修工事は、平成 30 年度補正予算において予算措置されたため、それまでに実施していた二度の現地調査の結果をもとに改修本工事の仕様書を作成し国際競争入札（政府調達）を実施した。入札結果をうけて 2019 年

3月末に業者との契約を交わし、同6～9月にメインシャッターの改修工事を実施した。

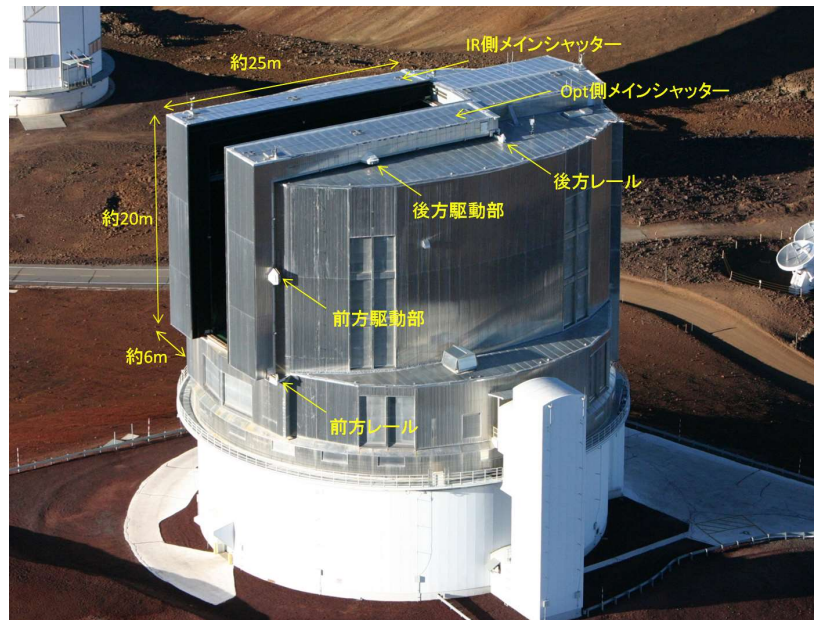


図1 すばる望遠鏡の外観とメインシャッター

3. すばる望遠鏡メインシャッターの改修内容

メインシャッターの異常停止の原因として、大きく分けて2つの原因が考えられた。それらは、機械系および電気系の問題点である。機械系の問題点は、メインシャッターが乗るレール部分について、その横ずれと浮き上がりを同時に防止する意図で設計されたと思われる45度に傾くガイドローラーである(図2左に示す改修前の様子を参照のこと)。傾いたガイドローラーにかかる力は、その傾きによるくさび効果で増大する。特に、レールに沿う方向にローラーが移動しながらわずかにローラーとレールが擦れる場合は、実効的なくさびの先端角度がさらに小さくなり、ガイドローラーにかかる力が非常に大きくなり得る。これによりモーターが過負荷となり、異常停止しているものと考えられた。この点の不具合を解消するため、図2右に示すように、レール下方の鉛直面にガイドローラーの側面が素直に当たるよう、改修を行った(浮き上がりの防止は、ガイドローラー以外の部分でも処置されている)。

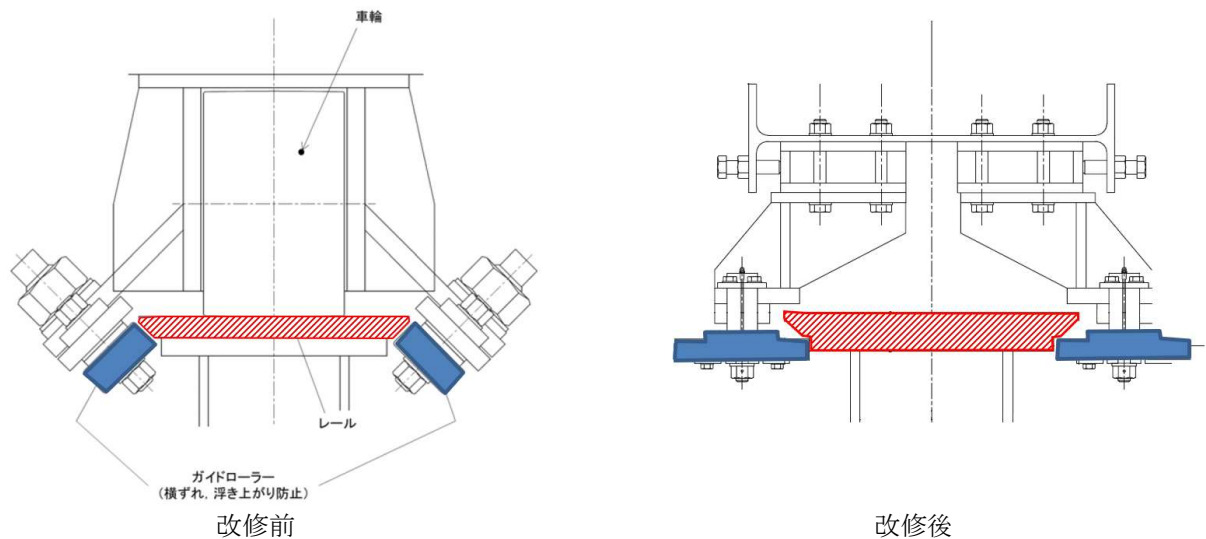


図2 ガイドローラー部の断面図
(赤斜線部がレール、青塗りつぶし部がガイドローラーを示す)

電気系の問題点は、PLC (Programmable Logic Controller) , モーターおよびそのドライバーの寿命である。今回の改修工事では、不具合個所の特定という観点からも、機械系の問題点に限定して改修を実施し、電気系については後述するように今後の課題として残すこととした。メインシャッターの改修工事中に、電気系の寿命に起因すると考えられる問題が発生し、対処療法的に対処して苦難を乗り越えた。即ち、モータードライバを予備品と交換することによってメインシャッターの動作を回復させた。しかし、使用しているモータードライバは、すでに製造が中止されているため、今後は PLC やモーターなどの電気系の改修、すなわち現行製品による再構築を、内製化によって実現していく必要がある。

また、メインシャッターの異常停止との直接的な関連は無いが、メインシャッター保守の難易度をあげる原因であった、メインシャッター内部へのアクセスの困難さを克服する改修も実施した。これは、メインシャッター前方の観測階側に設置された点検ハッチへ安全にアクセスするための歩廊と昇降設備 (梯子) を設置したことである (図3)。これにより、高所作業車を使用せず、安全帯の装着なしで、安全にメインシャッター内部へアクセスすることが可能となった。保守性を大幅に向上させることができ、不具合発生時にも、早急の対応・復旧を実現できるようになった。



図3 メインシャッター前部に設置した歩廊と昇降設備

このように、今回の改修工事では、主に2点について、(1)斜めに設置されていたガイドローラーの改修、および(2)メンテナンス設備としての歩廊と昇降設備の増設、を実施した。本改修工事の概要は、請負業者がまとめた映像資料にもなっており、参考文献1)として挙げておく。

4. 内製化のメリットとデメリット

メインシャッター改修を、ハワイ観測所の技術者主導で計画し、可動建築の専門業者に依頼、施工することで、当初見込みと比較して約1/10の費用で実現することができた。また観測所が、工事内容や施工計画に大きく関わることで、ダウンタイムを最小化し、科学観測に与える影響を最小化することができた。すなわち、TMT (Thirty Meter Telescope) の建設反対運動によって約1か月間の工事中断を余儀なくされたものの、観測所のリソースの再配置と請負業者の多大な協力によって、予定通りのダウンタイム内で工事を無事に完了させることができた。観測所が工事に大きく関わることで、作業規模に相応しいサイズの業者を選び出すことによって、小回りが利き、不測の事態にも柔軟に対応できる体制を整えることができた。国立天文台ハワイ観測所は、大学共同利用機関としてすばる望遠鏡の運営を行っており、その責務を果たすためにダウンタイムの最小化は重要な観点である。これから連続する大型保守案件を実施していく上で、科学観測に与える影響を最小化するためにも、国立天文台所属の工学者・技術者の果たすべき役割は非常に大きい。完全内製化が可能かどうかを見極める眼力、さらには請負業者の

技術力や提案を見極める眼力を、天文台の工学者・技術者が身に付けなければ、必要かつ十分な保守作業の実現は不可能である。

一方で、ハワイでの施工経験のない協力企業を受け入れるうえで、様々なサポートをハワイ観測所が提供しなければならないことは、紛れもない事実である。今後の中長期保守作業をスムーズに進めていくためには、工学者や技術者だけではなく、研究者や事務方等々の幅広い人材・部局の内部サポートが必要不可欠である。限られたリソースを有効に活用するという点からは、観測所内だけでなく、台内のブランチをまたいだ連携も視野に入れ、効率の良い保守作業の実現を目指すべきである。

今回の改修では、不具合個所の特定という観点からも、機械系の問題点に限定しメインシャッターの改修工事を実施した。改修中に、電気系の寿命に起因すると考えられる問題点も見出されたため、今後は、PLC やモーターなどの電気系の改修を、内製化によって実現していく。

5. まとめと今後の課題

異常停止という不具合が度々発生していたすばる望遠鏡のメインシャッターについて、ハワイ観測所スタッフの主導により、可動建築の専門業者に改修作業を依頼し、保守作業を内製化作業として完工した。これにより、メインシャッターの機械系不具合が解消され、安価かつ高品質の保守改修工事を実現することができ、保守作業の内製化による大きな効果を確認することができた。

今回実施したメインシャッターの改修は、工事規模としては決して小型のものではなかった。しかし、経常的経費を利用することで事前に現地調査を行い周到に準備したため、補正予算という臨時的な予算措置の機会をうまく活用することにより、準備に1年、施工に1年、合計2年でメインシャッターの改修工事を完了できた。すばる望遠鏡が整備すべき中長期保守案件は50件ほどあり、2033年までの継続的な運用を実現するためには、不具合調査・保守修理案の検討・予算措置のすべてについて計画的に進めなくてはならない。また、技術者の平均年齢も年々上がっており、標高4200メートルにおける作業効率を下げの一因となっている。このため、人的リソースについても、計画的に補っていく努力が必要不可欠である。

参考文献

- 1) 株式会社横河システム建築, 施工実績, <https://www.yokogawa-yess.co.jp/subaru>