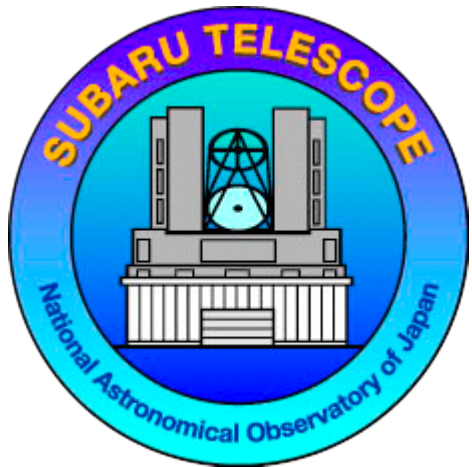


# すばる望遠鏡における 老朽化対策の成果と展望



国立天文台ハワイ観測所

○平野 賢, 岩下 浩幸, 大宮 淳, 佐藤 立博, 猿渡 弘一,  
筒井 寛典, 鍋島 芳武, 坂東 貴政, 玖村 芳典, 並川 和人, 早野 裕

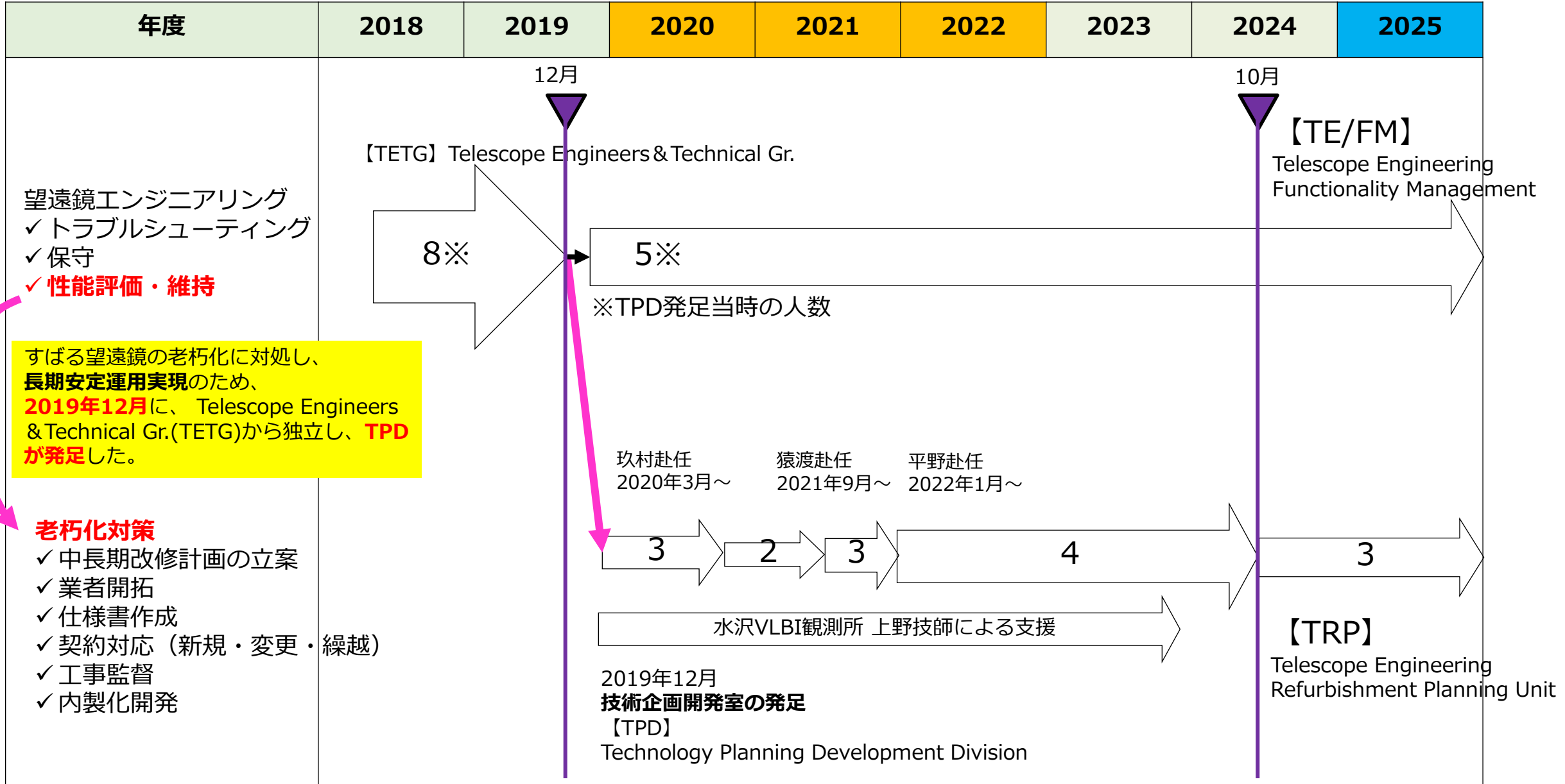
# 目次

1. TPD（現TRP）発足から現在まで
2. 老朽化対策：5年間の成果
3. チラー・廃熱機構改修
4. メインシャッター改修
5. 今後の展望と課題

# 1. TPD（現TRP）発足から現在まで

# TPD (現TRP) とは

コロナ禍



人員数はFTE (Full-Time Equivalent) に基づく数字

## 2. 老朽化対策：5年間の成果

# 老朽化対策：5年間の成果

コロナ禍

老朽化対策アイテム	2018 TPD (現TRP) 発足	2019	2020	2021	2022 主鏡蒸着	2023	2024
メインシャッター機械系改修 半年後点検			→				
配電盤更新 (※)			→				
無停電電源装置(UPS)更新 (※)			→				
トップスクリーンオーバーホール			→				→
メインシャッター駆動制御系			→				
トップスクリーン駆動制御系			→				
ドーム空調設備			→			→	
チラー・廃熱機構				→			→
TUE機械系オーバーホール				→			
ハンドリング装置改修				→			→
主鏡洗浄装置電気系・機械系改修 (※) 純水製造装置O/H (※)							→
蒸着装置制御系更新 (※)				→			
AZ/EL インクリメンタルエンコーダ					→		
ドームボギー台車更新					→		
気密性維持						→	
メインシャッターセンサー系改修 半年後点検							→
静圧システムOH							→
DCPA更新							→

TETG, TE/FMチーム, 水沢VLBI観測所 上野技師と協力して実施した成果です。  
 ※TRP主担当以外のアイテムも含まれます。

# 達成した成果の背景にあった困難（過去5年間）

この5年間にはコロナ禍（3年間）が含まれる。

達成した成果の背景には、以下のような困難があった。

## ① 日本企業の撤退 → 米国企業の開拓

- 当初、日本企業と2年間準備。しかしコロナ禍で企業が撤退。
- 半年遅れで、代わりとなる**米国の地元業者をゼロから探す**必要が発生。

## ② 米国業者との契約

- 三鷹施設課の支援により、地元ホノルルの業者と契約締結（初のケース）。
- 契約金額は日本企業の半額で済んだが、**英文仕様書（数百ページ）の確認**作業に苦勞。

## ③ ハワイ州の建築許可の遅延

- コロナ禍の影響で、**建築許可の取得に1年以上**を要する状況。
- 地元業者も未経験だったが、緊急許可申請を実施。
- 予算期限内に着工することができた。

#### ④ 機器納期の遅延

- コロナ禍による**世界的な供給不足**（PLCからネジまで）。
- **納期が不確定**で契約完了時期の再調整が頻発。
- **予算期限**もあり、非常にストレスフルな状況。

#### ⑤ 繰越手続き・変更契約の対応

- コロナ禍による工事遅延を受け、初の「事故繰越」を実施。
- 事務部門との連携・協力で手続きを完了。

#### ⑥ 出発直前の**COVID-19陽性発覚**

- 羽田空港での出国直前検査で、業者1名がCOVID-19陽性に。
- 20mの足場を設置済みで、現場は大混乱に。
- **契約変更やスケジュール再調整**により、**翌年**に無事工事を完了。

#### 困難を乗り越えて培ったもの

- 関係者間の強力な**連携・協力体制**（執行部・三鷹事務部・ハワイ事務部・DayCrew・業者・TE/FM)
- 困難な状況下でも**柔軟に対応**する力
- 課題解決のために**アイデアを出し合うチーム力**

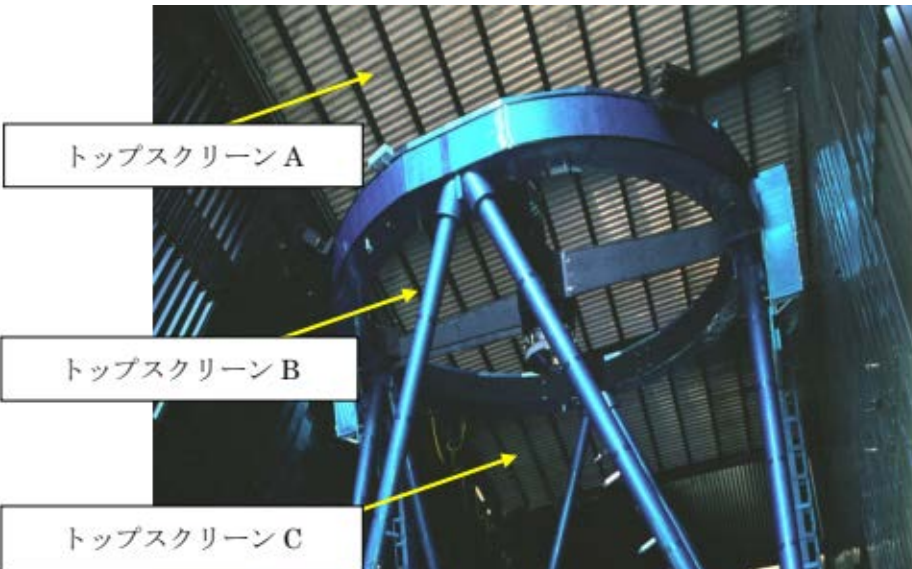
次に、いくつかの改修事例を紹介する。

# トップスクリーンオーバーホール

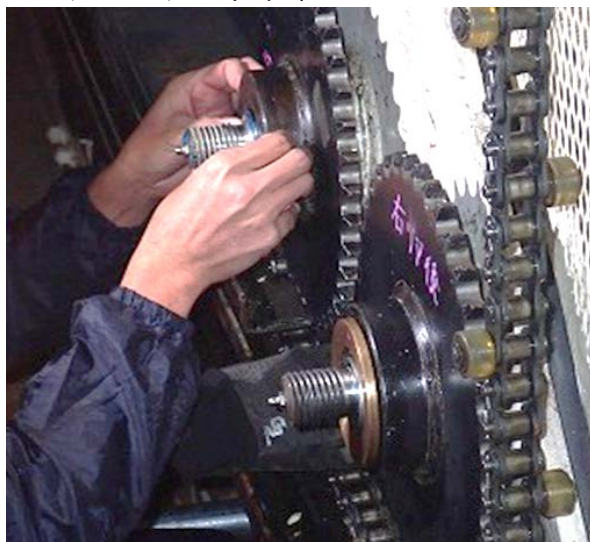
トップスクリーンは、観測時以外に上部に移動させて望遠鏡を保護する。  
大規模オーバーホールの際に、駆動スプロケット(歯車)の亀裂(4か所)を発見したため、この部分をより堅牢な機械設計部品に交換した。

オーバーホール中に発見した溶接部の亀裂  
2021年に応急処置として再溶接を実施  
水沢・上野技師のサポートにより大事に至らなかった

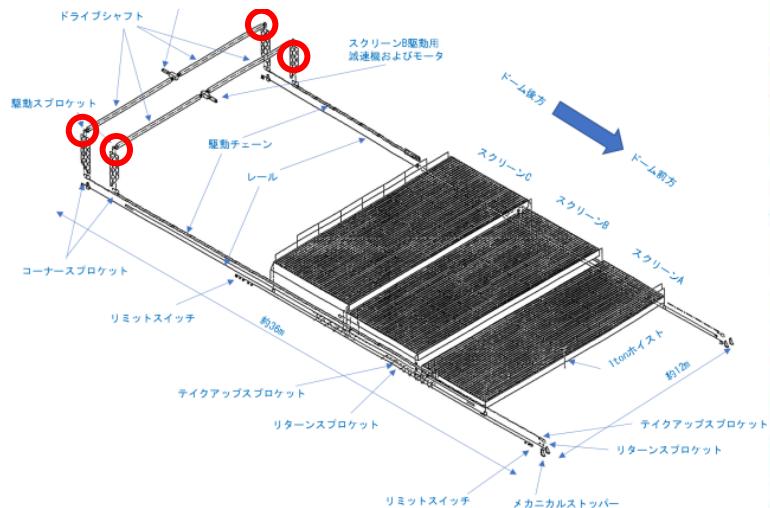
トップスクリーン



コーナースプロケットのオーバーホール



亀裂が見つかった駆動スプロケット (4か所)



2023年(OPT Front)、2024年(OPT/IR Rear, IR Front)業者の作業記録を元に、交換手順書を作成し、自分たちで特注スプロケットへ交換(4か所)  
2023年に交換した箇所を約1年後目視点検→亀裂なし  
今後20年以上は問題ないと考えている

駆動スプロケット及び軸受けのオーバーホール



# ドーム空調設備

## 改修前



旧式制御システム（生産中止機器）

空調チラー



空調監視PC  
(Windows XP)

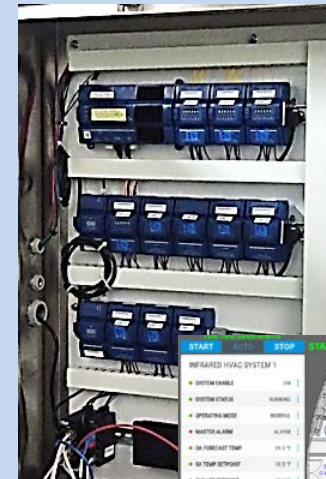


## 改修後

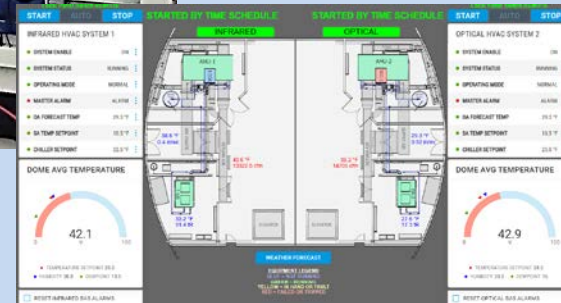


インテリジェント  
ビルネットワークシステム  
(BACNet)

高効率空調チラー



空調監視・制御システム  
Windows11

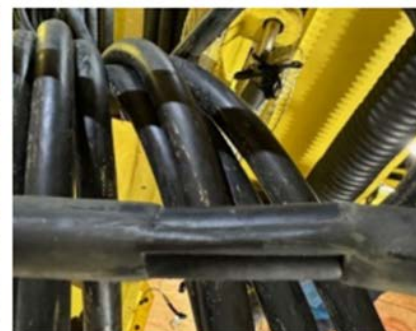


# TUE(Top Unit Exchanger)機械系オーバーホール

改修箇所と足場



経年劣化したケーブル



更新されたフラットケーブル

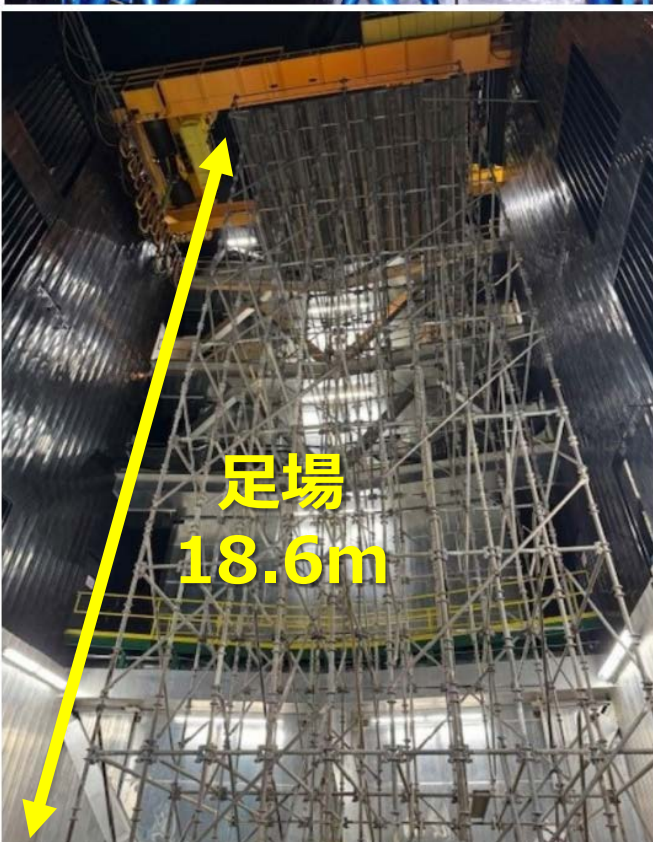
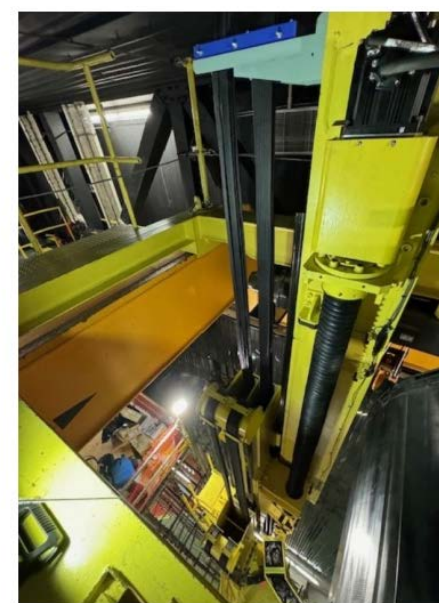
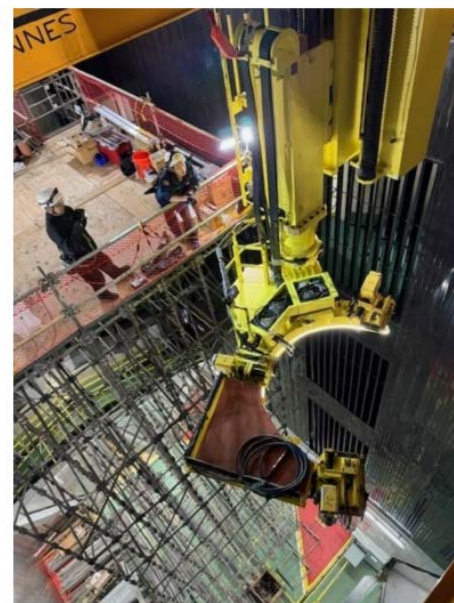


足場上での工事



動作試験

最大駆動範囲に駆動させ、フラットケーブルの挙動に異常がないことを確認



# 主鏡洗淨装置機械系改修

主鏡洗淨装置外観

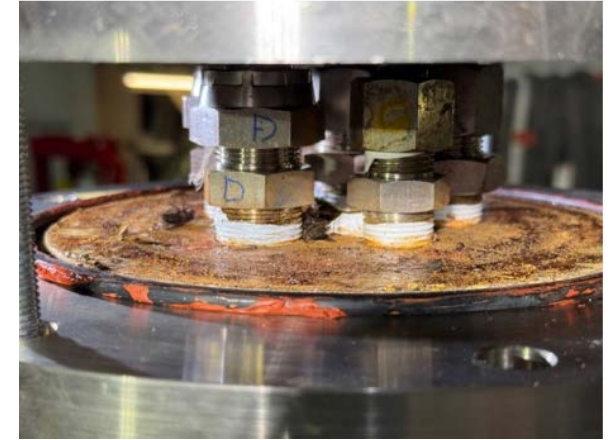


※酸：主鏡アルミ被膜除去のための塩酸+硫酸銅混合溶液

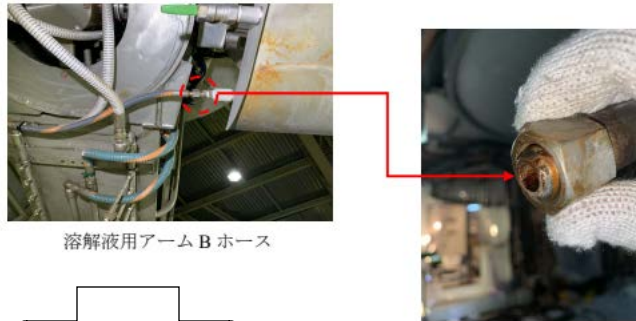
酸※による腐食（薬液滴下防止パン）



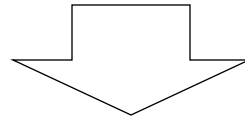
酸※による腐食（ロータリージョイント）



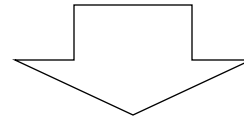
酸※による腐食（ホース・コネクタ）



溶解液用アーム B ホース



耐腐食性を高めるため樹脂コーティングした薬液滴下防止パン



既設に使用されている SUS304より耐腐食性のある材質（SUS316Ti）で製造した特注ロータリージョイント



耐腐食性の高いGFRP製フランジ・PTFE継手・ホースへの交換

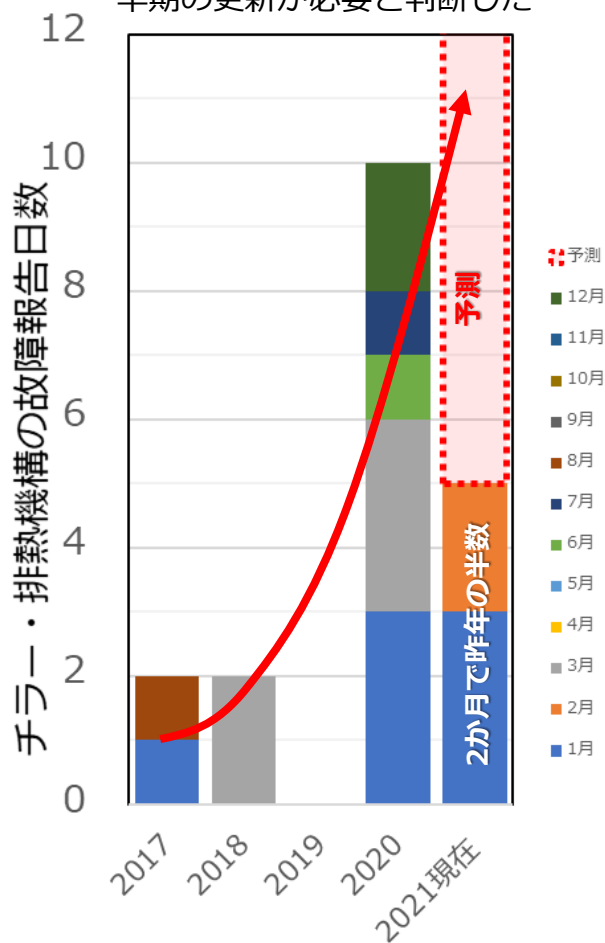


### 3. チラー・廃熱機構改修

# 従来設備の問題点と改修の課題

- 冷却系統A:望遠鏡廃熱・主鏡冷却、系統B:観測装置用ヘリウムコンプレッサー、系統C:静圧発生装置(AZ駆動用)、系統D:バックアップ
- 冷却水漏れやバックアップチラーの切替不具合など、頻繁なトラブルが発生していた。
  - インバーター制御でなかったため冷却効率が低く、外気温の変化にも自動対応できず、**季節ごとに手動調整が必要**であった。
  - トラブル発生時にチラーの稼働状況を**制御盤でしか確認できない**ため、迅速な対応が困難だった。
  - チラー配管は4系統あるものの、**バックアップは1系統のみ**で、24時間365日稼働する設備として冗長性の強化が求められていた。
  - 設備設置スペースが限られており、ダウンタイム無しでの改修工事には、綿密な計画と準備が不可欠だった。

近年、チラーの故障報告が急増  
早期の更新が必要と判断した



送水ポンプ・タンク



チラー



チラー制御盤



チラー用ポンプ



稼働状況を制御盤でしか  
確認できない

多数箇所断熱材が劣化。また、  
冷却水漏れも発生していた。

# 改修後

- スペースと更新順序を最適化し、**ダウンタイムなしで、4系統の更新を達成した。省スペース化を実現した。**
- 各系統に、**冗長構成を実現し、より信頼性の高いシステムを実現した。**
- インテリジェントビルネットワークシステム（**BACNet**）による監視・制御により、**遠隔監視・制御を実現した。**
- **インバーター制御**により、手動調整が不要となり、さらに**冷却効率を大幅に改善**できた。**年間14万ドルの電気代の節約**を実現した。

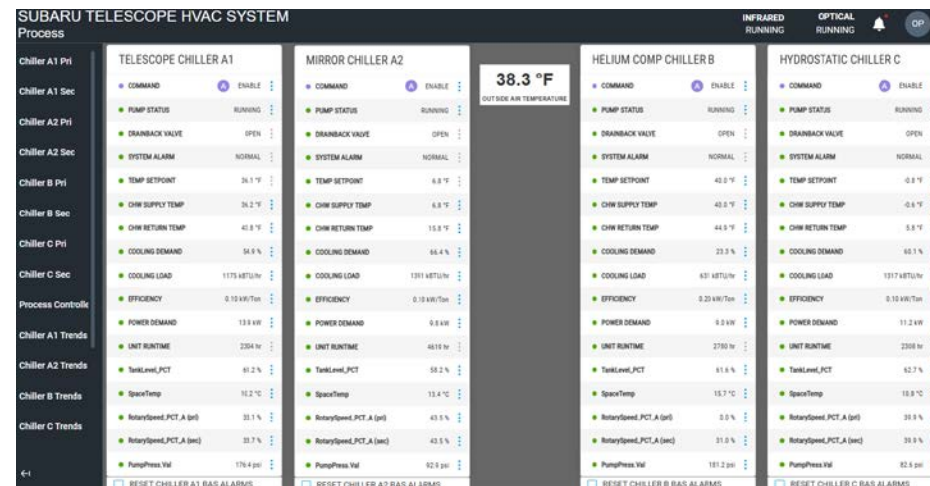
チラー 送水ポンプ・タンク



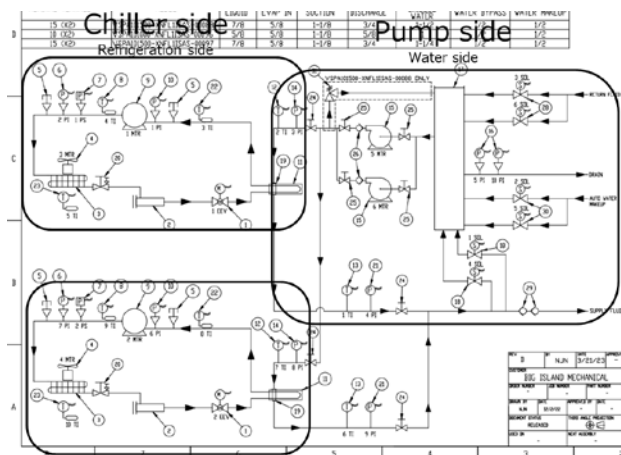
一体型による省スペース化の実現



インテリジェントビルネットワークシステムによる  
遠隔監視・制御機能の実現



冗長性が大幅に強化された構成



ポンプ×2



コンデンサー×2

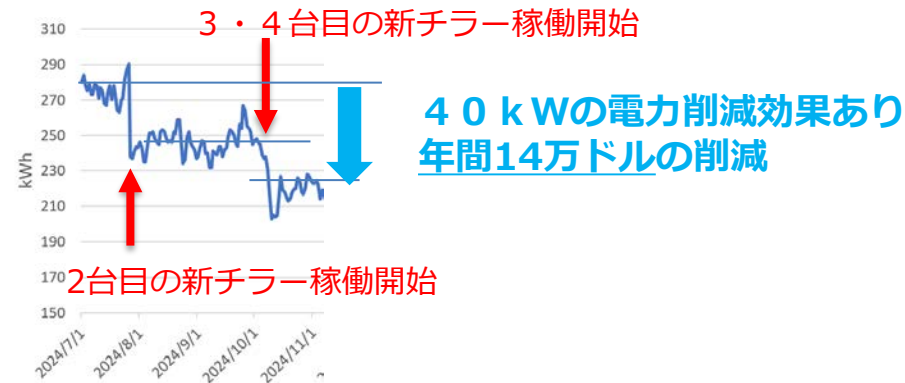
送水系、冷媒冷却系、制御系を各2系統に冗長化した。

コンプレッサー×2

制御パネル×2

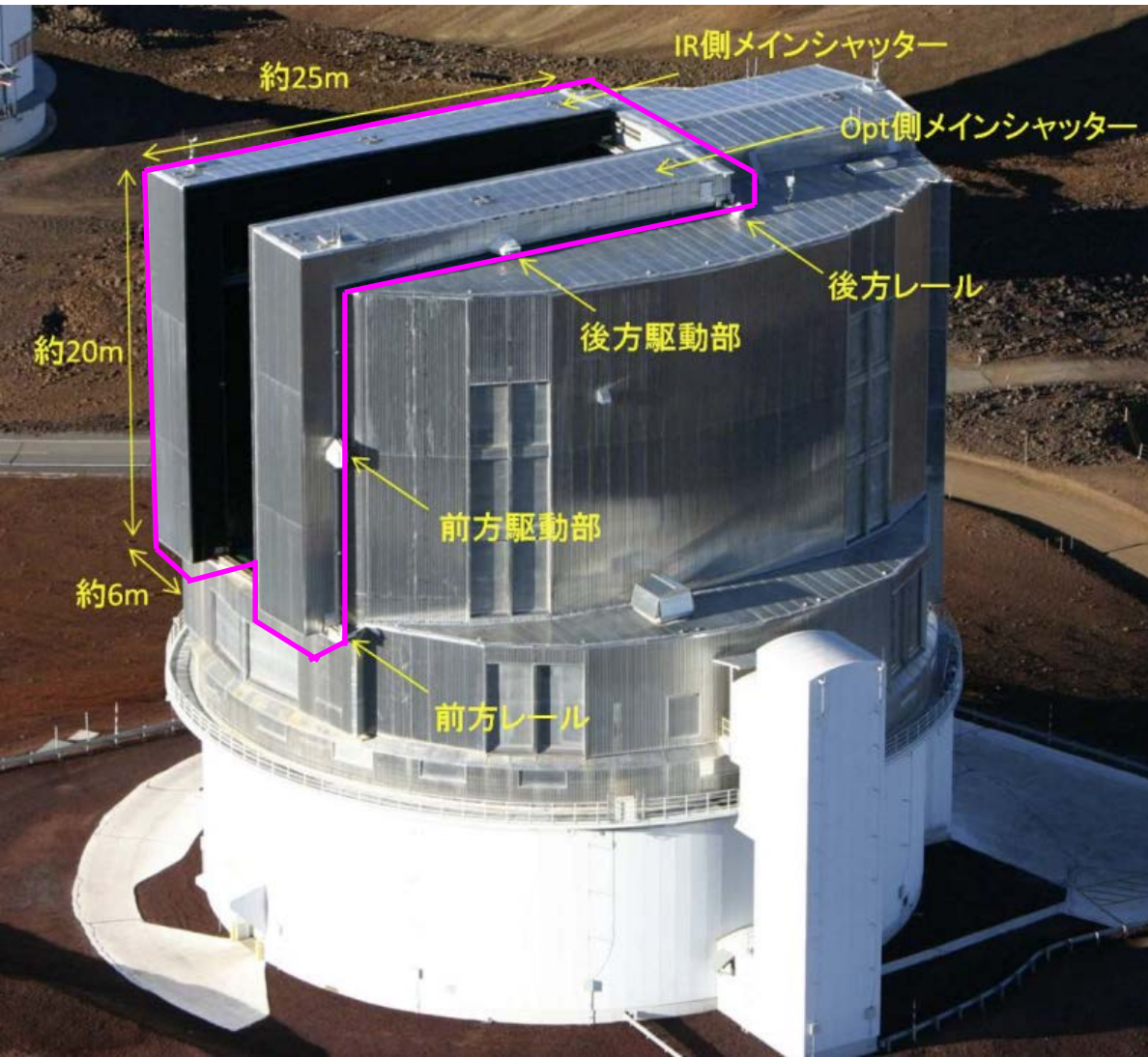


冷却効率の大幅改善による**電力コスト削減**を実現



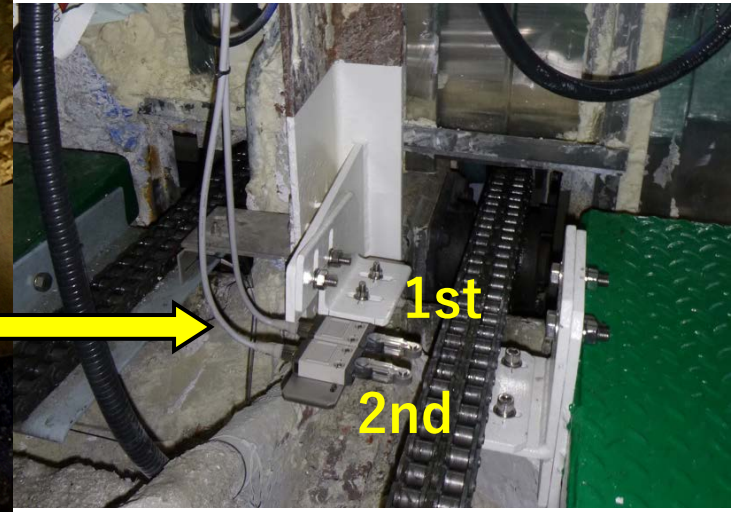
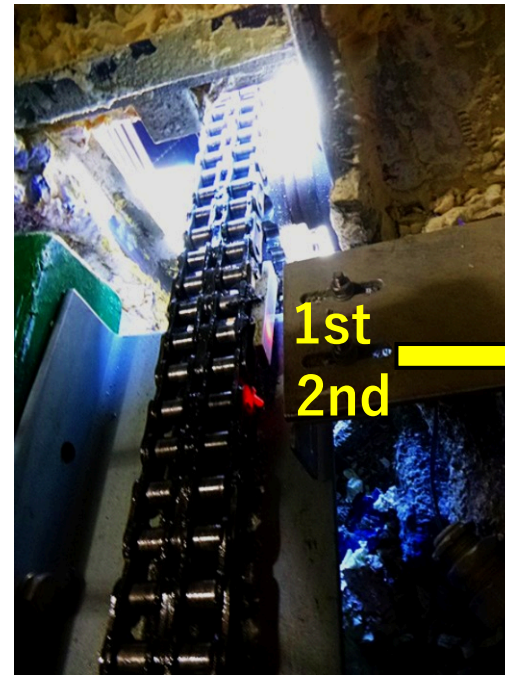
## 4. メインシャッター改修

# メインシャッターの概要とこれまでの改修内容

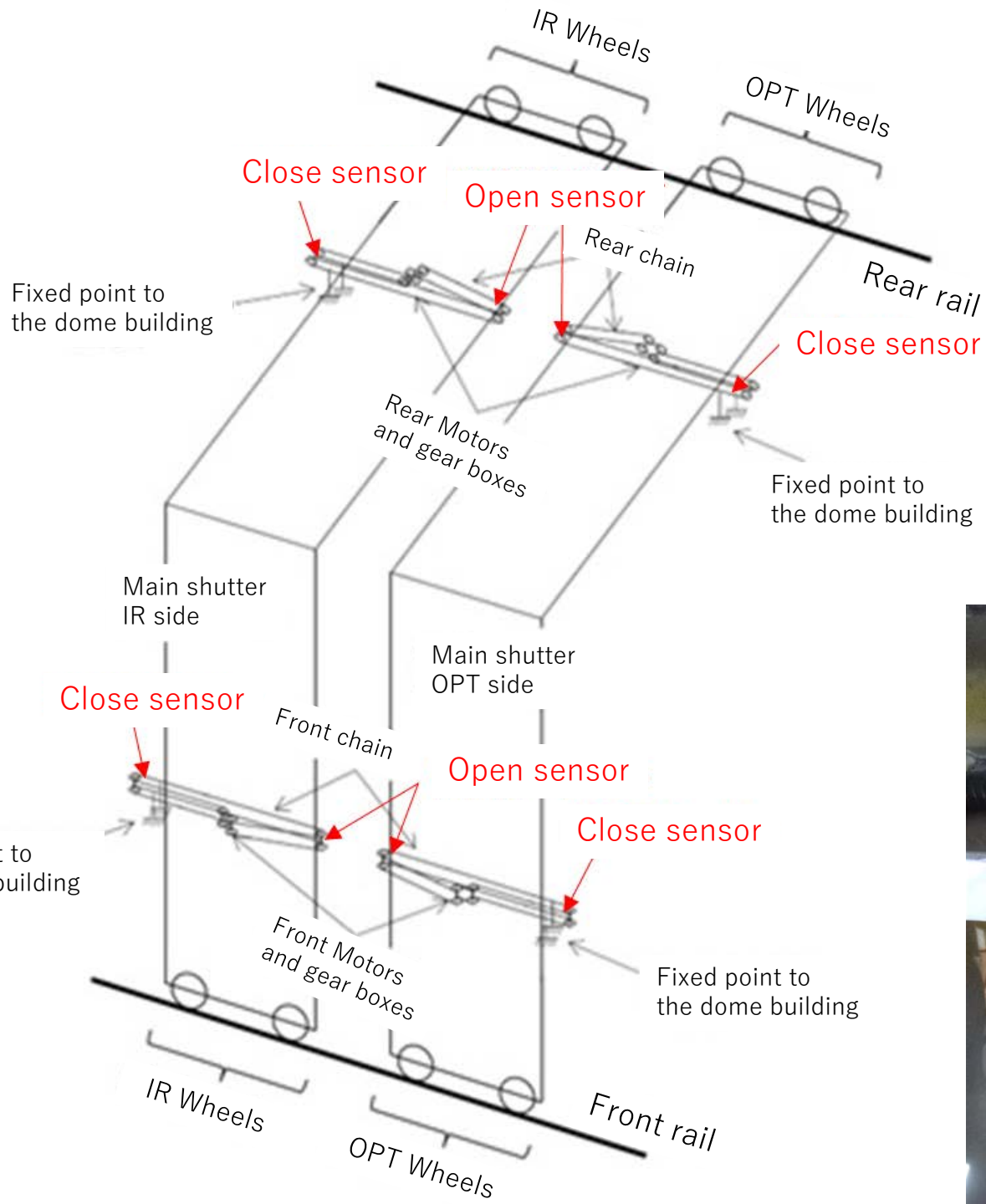
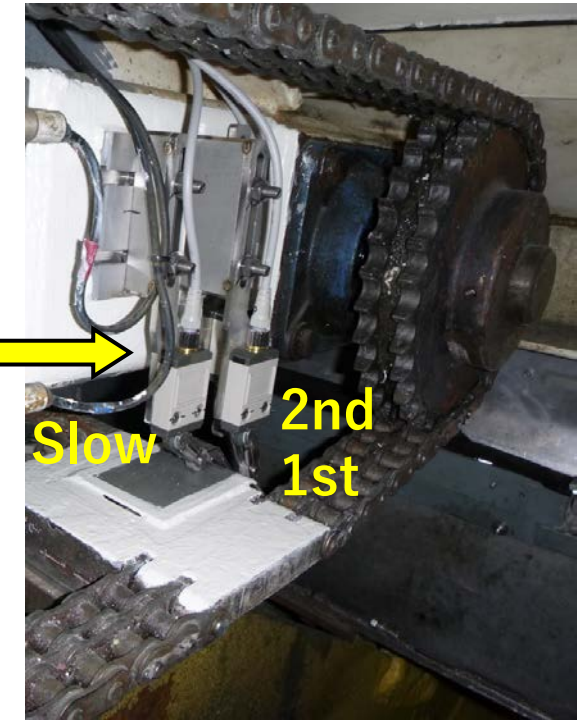
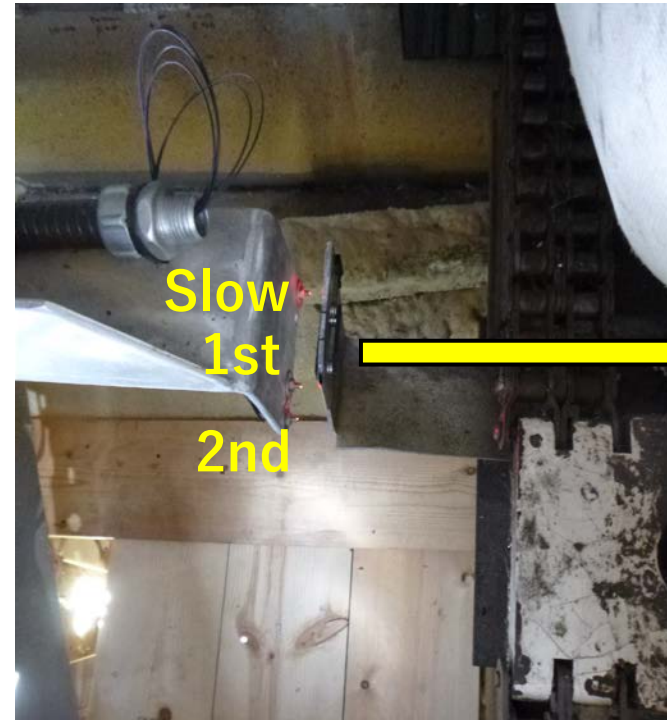


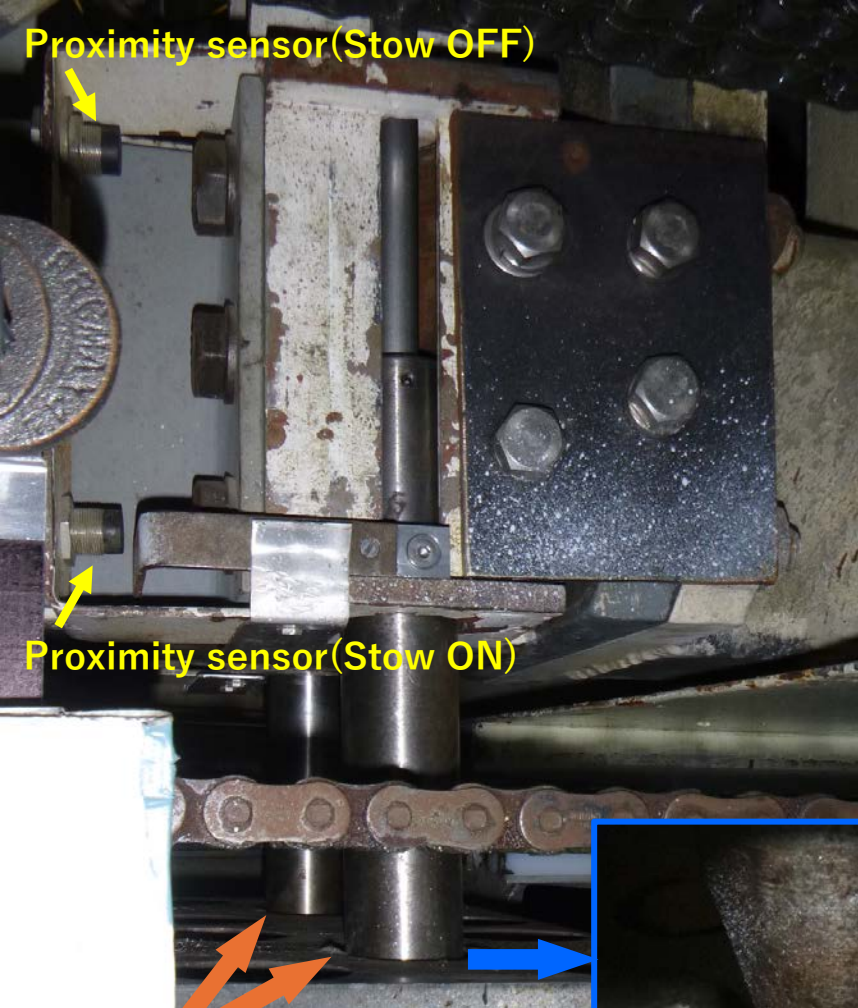
- 望遠鏡を降雨や落下物から守る
- 観測中は全開（開口幅9.2m）
- 「閉まったまま開けられない」よりも「開いたまま閉まらない」は深刻  
故障による影響が大きな箇所について優先して  
「故障ゼロ」を目指した改修を実施
- ガイドローラのスタックによりモータ過負荷で途中停止（2018年時点で月1～2回程度）  
**➡ ガイドローラ改修(2019)により機械的問題を解消した**  
[「すばる望遠鏡 メインシャッター改修」  
第39回天文学に関する技術シンポジウム、滝浦ら\(2020\)](#)
- 全開・全閉を検知する光電センサー起因の問題に対処
  - センサーアンプ感度の過不足による誤動作(2022年4月)
  - 駆動経路上のボルトとの干渉(推定)による検知用反射板(IR側後方)の変形(2024年3月)
  - センサーアンプ収納箱浸水によるアンプ故障(2024年5月)
  - 溶接作業中の養生不足による光ファイバー損傷(2024年7月)
  - チェーングリスアップ後の乱反射による誤検知(2025年2月)**➡ 機械式リミットスイッチに変更(2024)**

New open sensor

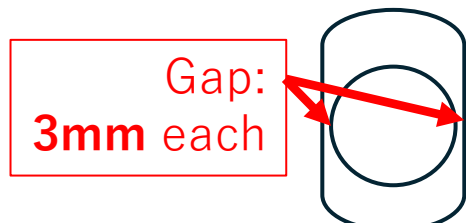


New close sensor





Stow pin ( $\phi$  46mm)



- Close Sensor付近には、全閉後に入るストープピンが2本ずつある。穴に対して、駆動方向両端に3mmの余裕があるが、場所によっては穴に擦りながら斜めに入る。
- 新センサー制御に切替後、ストープピン位置がずれるとピンが入らない不具合の発生が予想されたことから、メインシャッター制御PLCにて新旧センサーの検知タイミング差を計測できるようにし、夏季から冬季にかけて監視した。
- ほぼ全てのセンサーは検知差1秒以内に収まったが、**OPT側Close 1stセンサーのみ、冬季の朝方に4~5秒程度**となり、特に変化量が大きかった。
- 2025年3月、PLCの各センサー検知状態を示す真偽値を確認したタグ値をDeviceGateway(たけびし製)によって取得し、個々に検知タイミングを計測したところ、旧センサーの検知タイミングの変動が大きく影響している一方、新センサーの検知タイミングは、ほぼ変化せず安定していることがわかった。
- 今後も故障ゼロを目指し、さらなる改善を図る。
  - 駆動中のチェーンの揺れによる構造物との干渉対策
  - ストープピン検知の安定化（機械式センサーへの変更）

## 5. 今後の展望と課題

# 今後の展望

コロナ禍



老朽化対策アイテム	2018	2019	2020	2021	2022 主鏡蒸着	2023	2024	2025	2026	2027	2028以降
メインシャッター機械系改修	→										
配電盤更新	→										
無停電電源装置(UPS)更新	→										
トップスクリーンオーバーホール	→										
メインシャッター駆動制御系	→										
トップスクリーン駆動制御系	→										
ドーム空調設備	→										
チラー・廃熱機構	→										
TUE機械系オーバーホール	→										
ハンドリング装置改修	→										
主鏡洗浄装置電気系・機械系改修	→										
純水製造装置O/H	→										
メインシャッターセンサー系改修	→										
AZ/EL インクリメンタルエンコーダ	→										
蒸着装置制御系更新	→										
ドームボギー台車更新	→										
気密性維持	→										
静圧システムOH	→										
DCPA更新	→										
M1トロリー改修	→										
メインシャッターLDP1,2改修	→										
筒頂スパイダーコネクタ	→										
POpt2オーバーホール	→										
カセグレン電動ジャッキ	→										
望遠鏡駆動制御システム改修	→										
老朽化に終わりなし	→										

**【TRP (旧TPD) 発足から5年間に実施した老朽化対策項目】**  
 コロナ禍における極めて困難な時期を乗り越え、どんな状況でも前進する力を培ったと考えている。

**【次の5年間で実施予定の老朽化対策項目】**  
 次の5年も、大小さまざまな老朽化対策の実施が求められている。  
 引き続き、TE/FMメンバーと協力し着実に実施していく。  
 しかし、課題も多い。

次の10年計画の立案

# 今後の課題

## 老朽化対策の課題と今後の方針

- 老朽化対策は2027年度までを計画  
しかし老朽化対策はその後も継続が必要。
- 大規模改修が**今後さらに増える見込み**であり、以下の課題への対応が必要。

## 主な課題と制約事項

### ① 人員の安定確保

- **A-2ビザを所持するNAOJ職員は、米国規則により、原則5年の滞在期限あり。**
- 延長申請は可能だが、不確実性が高い。
- 長期改修案件の実施には**リソース確保が課題。**

### ② 予算と期間の制約

- **日本政府予算は単年度主義**のため、長期改修案件に合わない。
- 緊縮傾向の中で、**理想と実現可能性のバランス**調整が必要。

### ③ ダウンタイムの長期化

- 今後は望遠鏡の制御システムに関わる改修が増加。
- ダウンタイムが長期化する懸念。
- **科学的成果と老朽化対策のバランス**を取りつつ、関係者の合意形成が必要。

## 今後の方向性

- 課題への即効的な解決策は現時点で無いが、制約の中で**10年先を見据えた計画策定**を進める。
- バランスを取りながら、**継続的な老朽化対策の推進**を目指す。

End of document