

すばる望遠鏡の 現状と課題

国立天文台ハワイ観測所
望遠鏡エンジニアリング部門
沖田博文

すばる望遠鏡の何が問題か。

- 望遠鏡・ドーム・建屋の色々な箇所で老朽化が進んでおり、同時多発的に不具合が発生していることが問題。
- 構成部品の多くは既に(妥当な)耐用年数を超過しており、交換が必要である。しかし交換部品が古すぎて同等品が手に入らず、簡単に置き換えることが出来ない。
- 世界一を目指し、ほぼ全体が特注品で構成されている。このため保守や更新が困難で費用もかかる。
- 摩耗故障期に突入し、これまで経験してこなかったようなインフラ部分での不具合も発生し始めてきている。

すばる望遠鏡の老朽化

- 1991年～ 設計
- 1992年～ 製作
- 1995年～ 国内仮組
- 1999年 ファーストライト


- 基本的に、25～30年前の技術で設計
- 構成する機器の大部分は約20年前に製造
- → (誰も思っていないと思うが)、決して「最先端」ではない

製造中止

- 例えば、制御装置の製造中止(ドーム関連、蒸着関連装置で使用)

- 機能更新するしかないが、技術を保有していない
- 技術獲得し、内製か？それとも外注か？

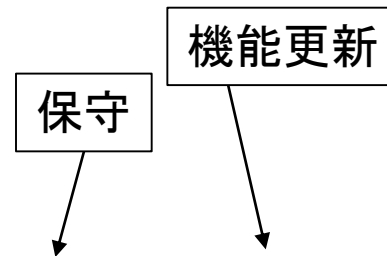
機械の寿命と保守・更新

- すばる望遠鏡の設計寿命は50年 = 2049年まで使う予定だった？
- 土地のリース期限は2033年 = 35年間使う予定だった？
- ハードウェア(モータ、センサ、配管、配電盤)の寿命 = 20年？ 
- 電子機器(コントローラ、PLC等)の寿命 = 10年？ 今このあたり

- すばるは共同利用観測装置。いつ、誰が使っても、100%の機能・性能が保証されるべきである。
- 適切な頻度で保守・更新し、故障発生前に交換することが理想。
- 十分なマンパワーと予算が必要。
- あと何年運用するのか。保守・更新の計画が必要。

故障率曲線

- すばる望遠鏡は初期不良期・偶発故障期を過ぎ、すでに「摩耗故障期」に入っていると思われる。

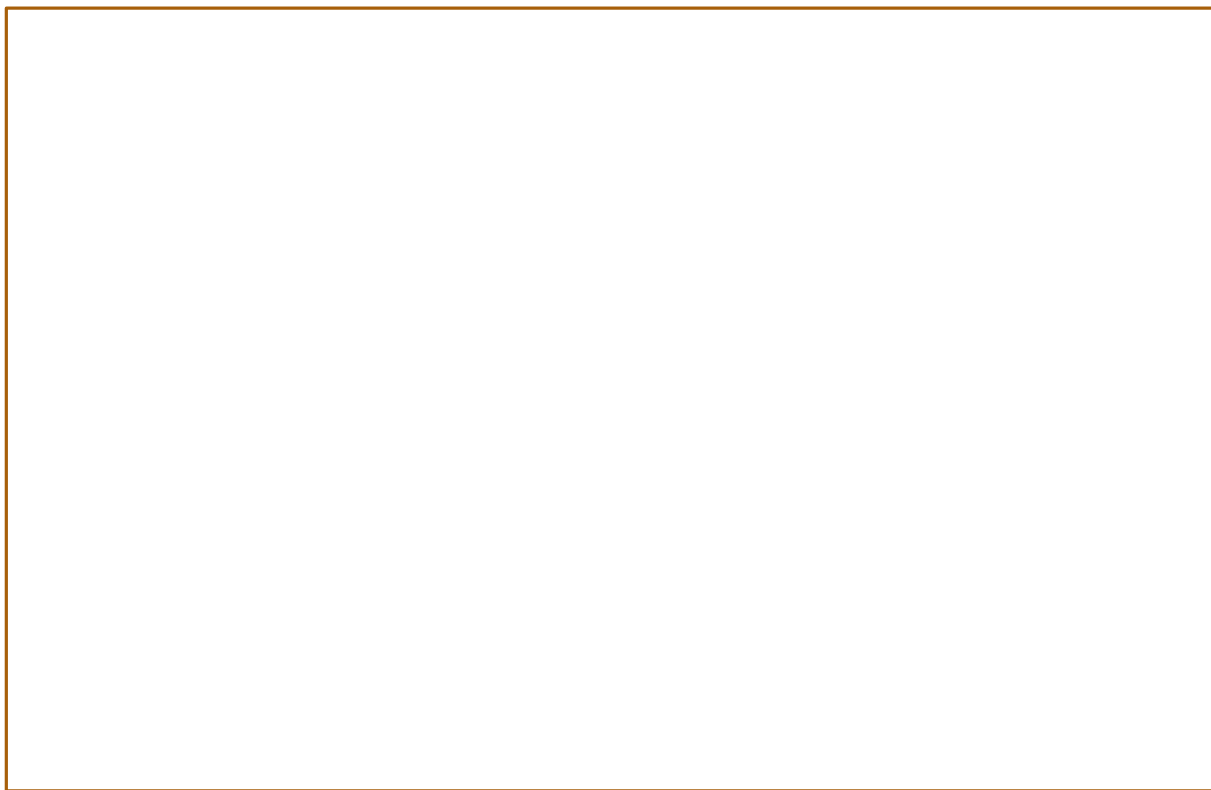


さらにインフラ部分
での不具合が発生

後述

すばるの設計思想

- たとえば言うならば、「戦艦大和」。



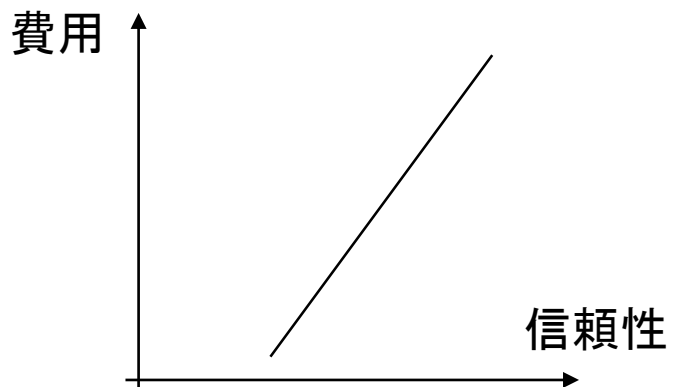
すばるの設計思想

- 設計当時、できるだけ最高の部品を使って、できるだけ最高の望遠鏡を作ろうとした。(としか思えない)
- 膨大な量の部品・センサ。一つ一つの性能や信頼性を上げるため、基本的には一品モノ・特注品・大幅改造品。汎用品で代用できない。
- 安全性・信頼性を高めるための莫大な量のセンサや2重3重のインターロックといった設計思想。(とにかく複雑。シンプルでない。)
- 設計当時、技術的にギリギリだった。ハード的にもソフト的にも、隙間・余裕が全くない。
- これらの思想は確かに正解、だけど不正解。
- 基本的に保守のことをまったく考慮していなかった。(としか思えない)

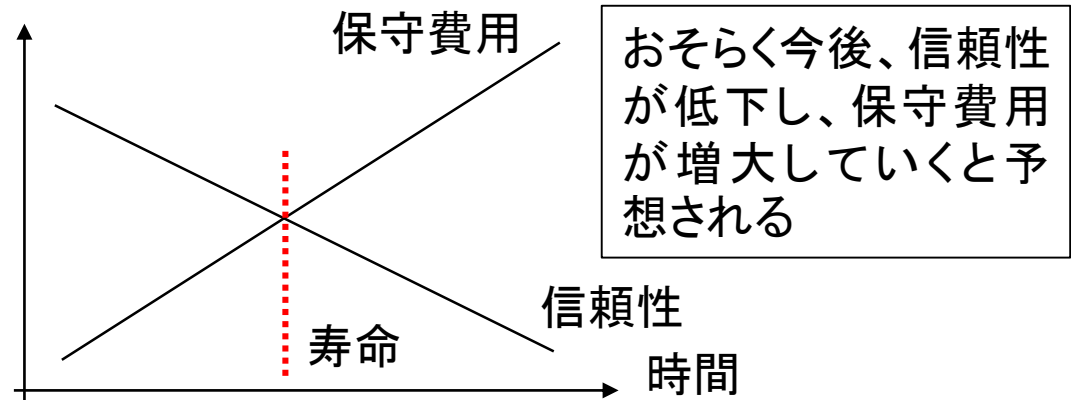
ライフサイクルコスト

- 信頼性と費用はトレードオフ(高価格の製品ほど壊れにくい)
- 時間経過に伴い信頼性は低下し、保守費用は増大していく。
- イニシャルコストとランニングコストの全費用＝ライフサイクルコストが最小となるようシステム設計されるべき
- 「寿命」をあらかじめ設定する必要があるのではないか。

部品単独の信頼性と費用



システム全体の信頼性と費用



要するに、言いたいこと

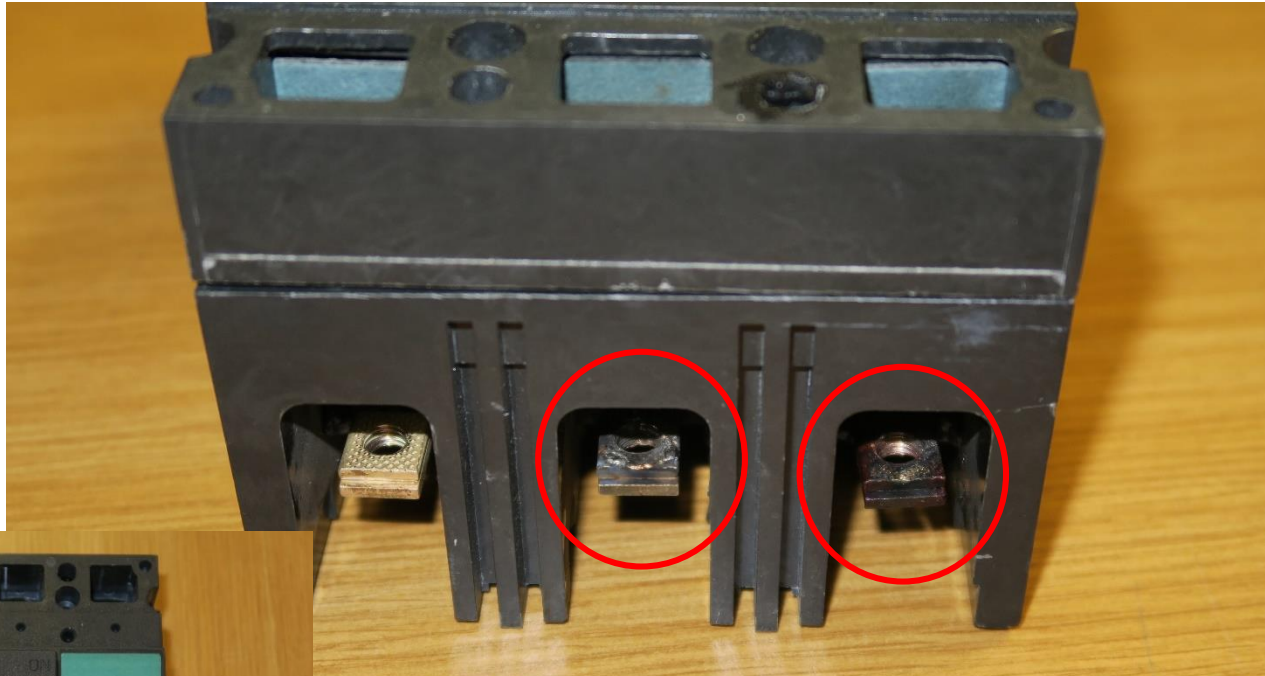
- 部品点数が多ければ多いほど、高い信頼性の部品を使ったとしても、システムとしての故障率は大きくなる → 出来るだけシンプルにすることで故障発生を押さえる。コストダウンや保守性の向上にも有効である。
- 信頼性と費用はトレードオフである → うまくバランスさせて、ライフサイクルコスト(開発から使用、廃棄までの総費用)が最小となるようにする。全てを最高性能の物、ぎりぎりの設計で作らない。
- 機械には寿命がある。 → その装置、何年使うつもりですか？適切な保守、更新を行ったとしても、寿命はある。設計段階から、保守・更新をどうするか、適切に検討するべき。



最近の不具合

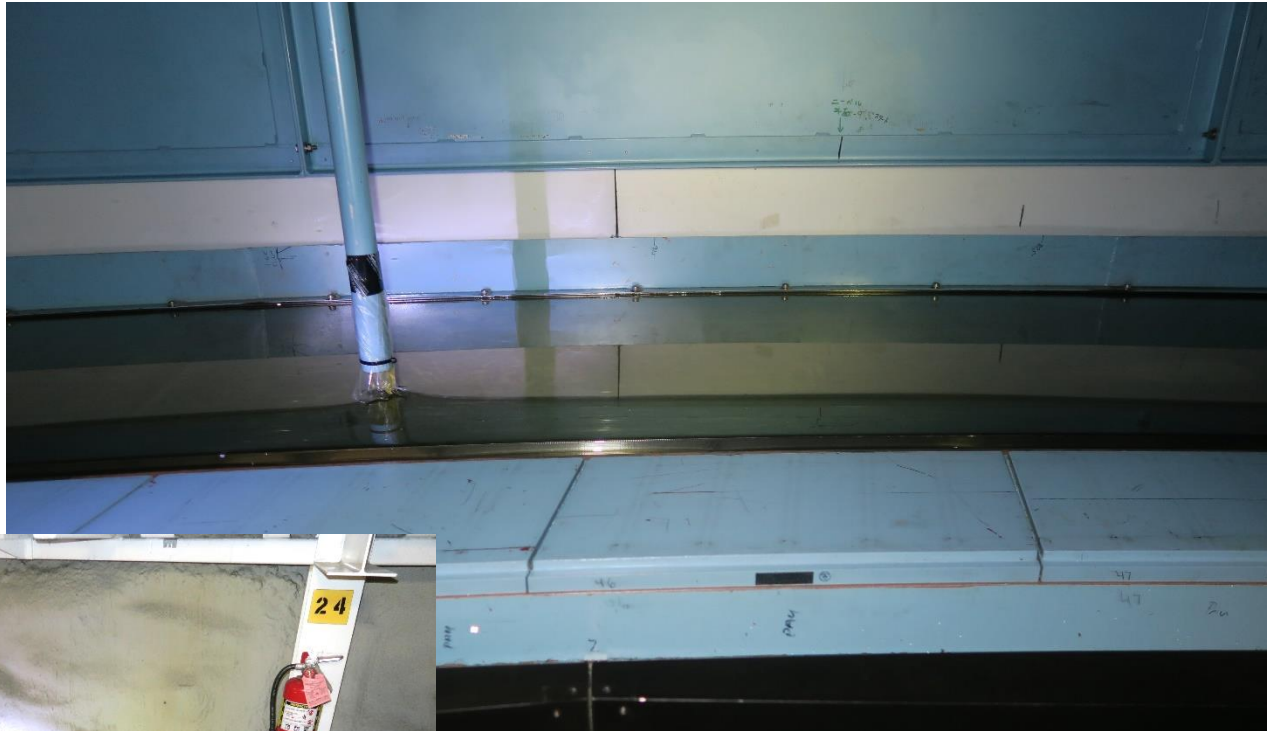
これまで経験してこなかったような、インフラ部分での不具合を中心に・・・

6/27(Mon) Bad Contact on a Circuit Breaker



- 接触不良でスパークが飛び、焼けが発生
- 抵抗増大、一相欠落し、故障
- この影響で6/18(Sat)より冷却A系統がダウン
- 施工時の締め付け不良が原因か？

7/8(Fri) Hydrostatic Bearing Oil Leakage



- Azの静圧オイルがリーク
- 「持病」として認識していたが、若干多かった
- シールの劣化
- 潜在的な、構造の問題も？

8/15(Mon) Sequencer for 80t Crane/Man Basket



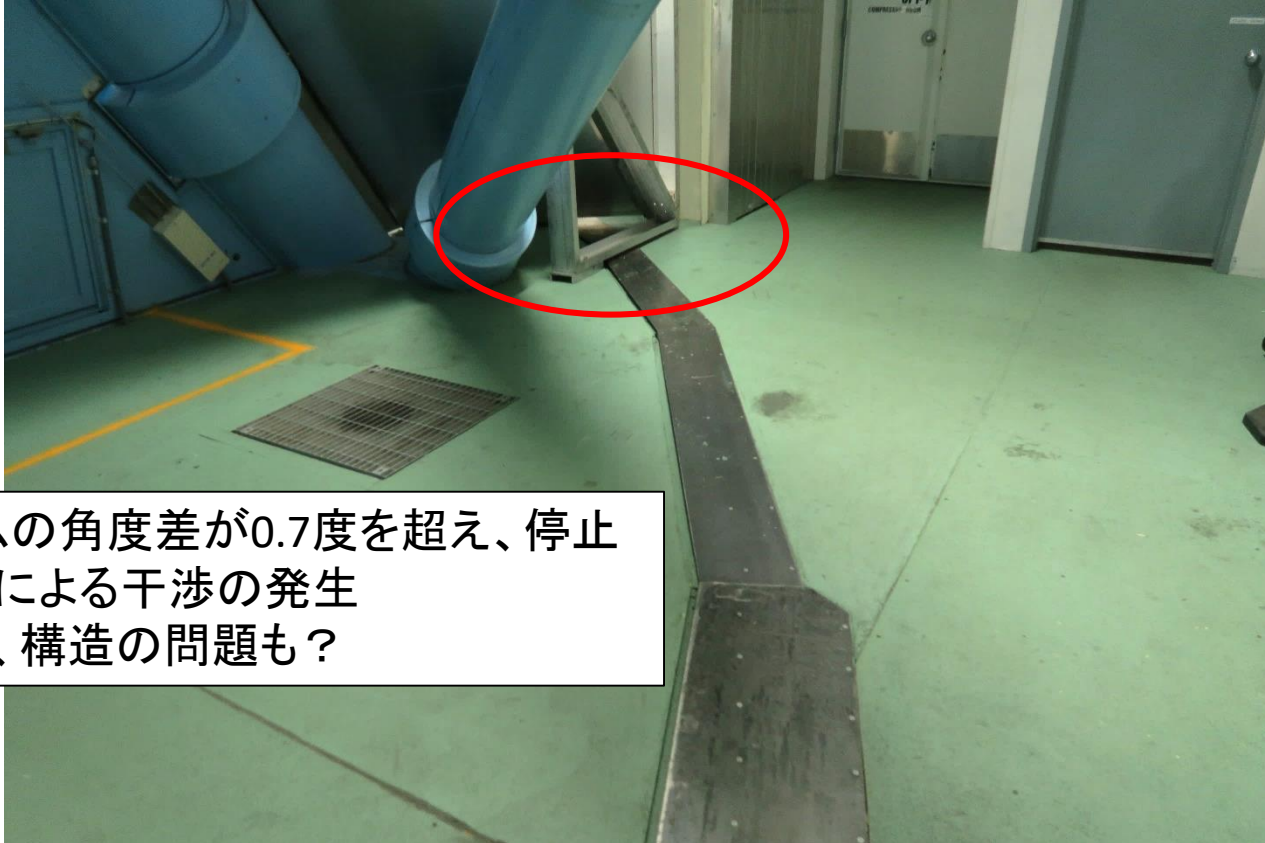
- マンバケットのシーケンサが故障、80t クレーンも動かなくなる
- 該当シーケンサは生産終了。3世代後継の現行品に移植。

8/17(Wed) Dome Rail Clack

- ドーム構造 2000t を支えるレールに亀裂を発見
- 溶接修理を実施、ただし角度検出装置に異常発生



8/24(Wed) Blocking Materials



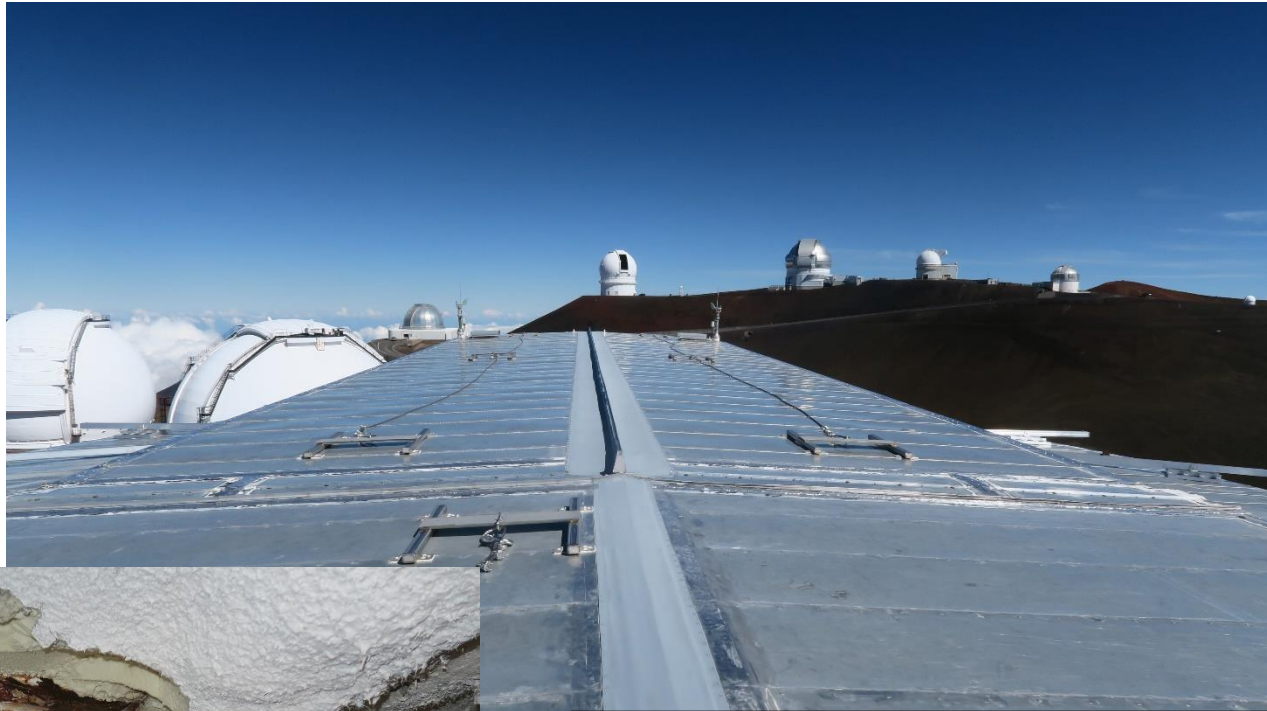
- Azとドームの角度差が0.7度を超え、停止
- 経年変化による干渉の発生
- 潜在的な、構造の問題も？

9/15(Thu) TUE Gripper2 Motor Replacement



- トップユニット交換中にアラーム検出
- G2のモーター(の角度検出器)が故障
- 翌日予備品と交換して修理

10/12 (Wed) Found Cracks on Main Shutter



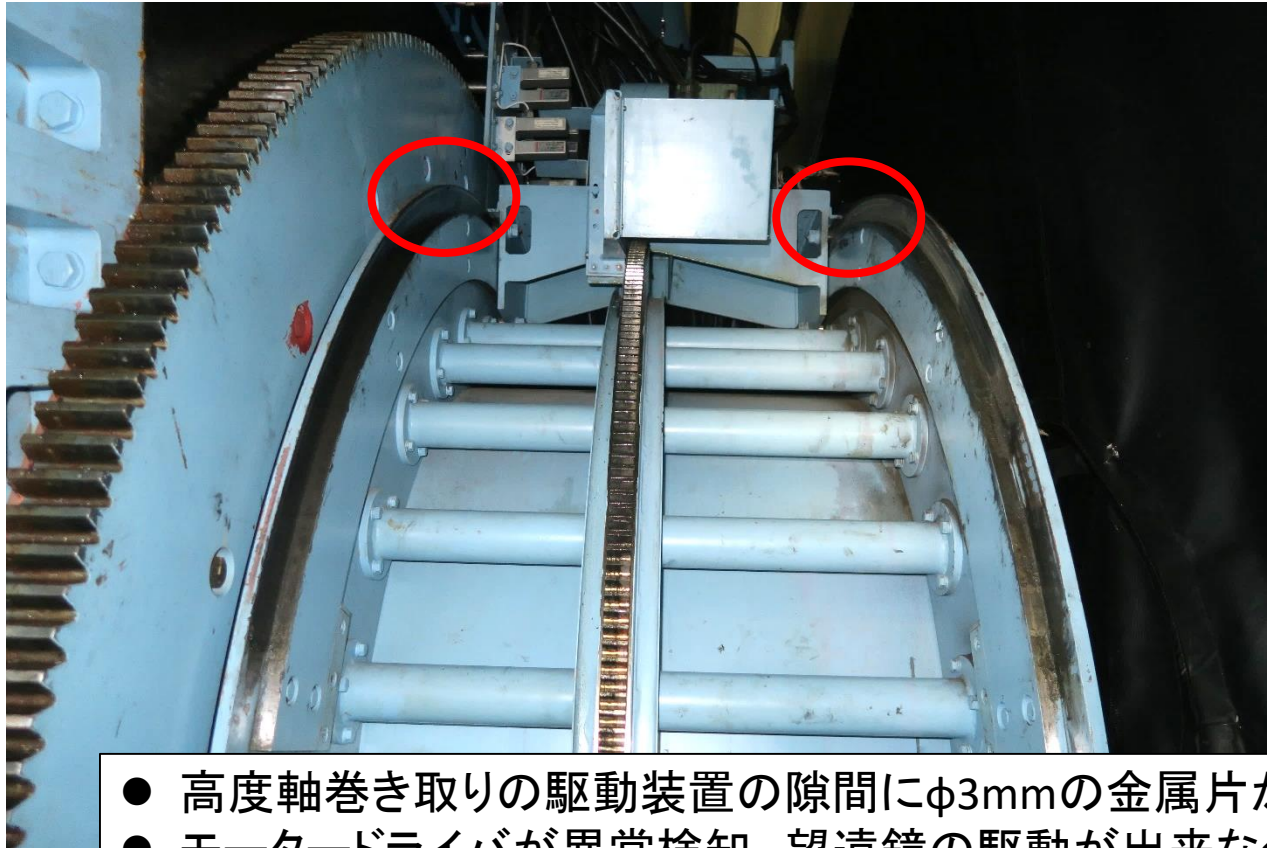
- メインシャッター内の構造部材に亀裂らしきものを発見
- 断熱材が吹き付けられており、調査は困難
- 現在も調査を継続中

10/25(Tue) Slip Ring Replacement



- 老朽化したスリップリングを交換
- スリップリングにはAC480V、150A程度が流れる
- 作業後、動作確認中にスパーク発生、停電
- 潜在的な、構造の問題も？

11/16(Thu) Blocking Material in EL Cable Wrapper



- 高度軸巻き取りの駆動装置の隙間にφ3mmの金属片が混入
- モータードライバが異常検知、望遠鏡の駆動が出来なくなる
- 多数の傷跡と固着したグリス
- 潜在的な、構造の問題も？

11/17(Fri) Unsuitable Cable Positions in AZ Cable Wrapper



- 方位軸巻き取りの駆動装置で支えるケーブルの固定が経年劣化で破損
- 不適切な位置関係となり、異常検出、望遠鏡駆動が出来なくなる
- 潜在的な、構造の問題も？
- ケーブルやチューブ自身の劣化も(亀裂、液漏れ)

まとめ(1)

- 望遠鏡、ドーム、建屋の色々な箇所では老朽化が進み、同時多発的に不具合が発生している。
- 構成部品の多くは既に(妥当な)耐用年数を超過しており、交換、更新が必要。しかし古すぎて入手困難。
- 世界一を目指し、ほぼ全体が特注品で構成されている。保守や更新が困難。費用もかかる。
- 摩耗故障期に突入し、これまで経験してこなかったようなインフラ部分での不具合も発生し始めている。

まとめ(2)

- 現在計画中の望遠鏡・観測装置に同じ轍を踏んで欲しくない。そのため、以下の事を提言する。
 - 出来るだけシンプルにする。故障の発生を抑止し、コストダウン、保守性を同時に向上させることが可能。
 - 信頼性と費用はトレードオフ。全てを最高性能の物、ぎりぎりの設計で作らない。
 - 機械には寿命がある。計画段階から保守・更新をどうするか適切に検討するべき。