

すばる2



宮崎聡・ハワイ観測所

2022-09-21

光天連シンポジウム

Topics

- ・ すばる2
- ・ 「老朽化」対策の現状と課題
- ・ 山頂夜間無人化プロジェクト
- ・ マウナケア管理主体とサブリース
- ・ ハワイ観測所の目標

すばる2

すばる2

・ 大規模学術フロンティア促進事業

・ 2012年度より10年間

- ・ 日本語の歴史的典籍の国際共同研究ネットワーク構築計画
- ・ Bファクトリー加速器の高度化による新しい物理法則の探求
- ・ 「大強度陽子加速器（J-PARC）」による物質・生命科学及び原子核素粒子物理学研究の推進
- ・ 高輝度大型ハドロン衝突型加速器（HL-LHC）による素粒子実験
- ・ 「スーパーカミオカンデ」によるニュートリノ研究の推進
- ・ 大型先端検出器による核子崩壊・ニュートリノ振動実験（ハイパーカミオカンデ計画の推進）
- ・ 大型低温重力波望遠鏡（KAGRA）計画
- ・ 大型光学赤外線望遠鏡「すばる」の共同利用研究
- ・ 大型電波望遠鏡「アルマ」による国際共同利用研究の推進
- ・ 30m光学赤外線望遠鏡（TMT）計画の推進
- ・ 新しいステージに向けた学術情報ネットワーク（SINET）整備
- ・ 超高性能プラズマの定常運転の実証

(2012年当時)

マスタープラン 日本学術会議

ロードマップ 文部科学省 科学技術・学術審議会 学術分科会研究環境基盤部会
学術分科会 学術研究の大型プロジェクトに関する作業部会

2021年度に終了したが、次の10年間の計画として提案され、認められたのが「すばる2」

すばる2

- ・ 大規模学術フロンティア促進事業
- ・ 補足説明

これまで：(今年度のALMA2開始まで?)

マスタープラン 日本学術会議

ロードマップ 文部科学省 科学技術・学術審議会 学術分科会研究環境基盤部会
学術分科会 学術研究の大型プロジェクトに関する作業部会

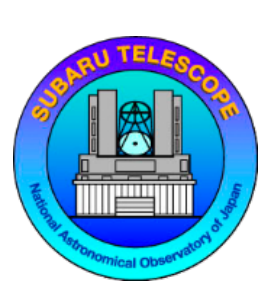
今後：

未来の学術振興構想 日本学術会議

現在「構想の策定に向けた学術の中長期戦略」を公募中

????

・・・学術審議会・・・



参考：説明資料の表紙

大型光学赤外線望遠鏡による 国際共同研究の推進

学術研究の大型プロジェクトに関する作業部会
事前評価資料

自然科学研究機構 国立天文台

2022(令和4)年2月28日

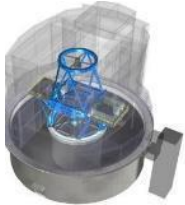


全体概要

大型光学赤外線望遠鏡による国際共同研究

ハワイ島マウナケア山頂に設置した大型光学赤外線望遠鏡「すばる」の機能を強化した「すばる2」により、超広視野撮像分光による大規模サーベイ観測を中心として国際学術コミュニティに供し、宇宙の構造進化と元素の起源に迫る。

すばる望遠鏡



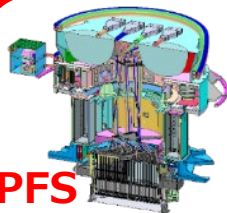
超広視野撮像



超精密視線速度測定

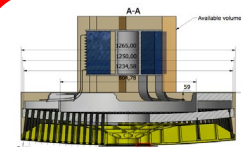
国際協力開発

PFS: 2023年完成、
ULTIMATE: 2027年完成



PFS

超広視野多天体分光観測



ULTIMATE

広視野高解像赤外線観測

すばる2

国際共同運用



現行のすばる望遠鏡に比べて
分光視野：50倍
同時分光天体数：20倍
赤外線観測視野：10倍
赤外線解像度：2倍

学術的意義：

超広視野撮像分光により、

- ・ ダークマター・ダークエネルギー
- ・ 宇宙史にわたる大規模構造の進化と銀河進化、
- ・ マルチメッセンジャー天文学による元素の起源
- ・ 地球型系外惑星天体の同定

の研究に取り組み、人類の宇宙理解を大きく進める。

計画期間：2022年～2031年
 総経費：233億円

推進体制：国立天文台が中心となって望遠鏡・観測装置の維持運用を行う。観測装置開発は国内外の大学・研究機関と国立天文台の協力によって実施する。すばる望遠鏡は超広視野観測が可能な世界唯一の大型望遠鏡であり、本計画によって国際的優位性を一層高め、世界の拠点となる。

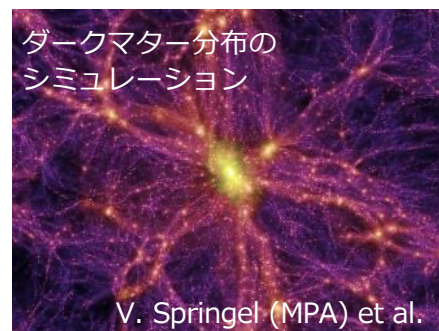


すばる2の主たる科学目標

(学術研究の大型プロジェクトに関する作業部会年次計画策定)

科学目標1：ダークマター・ダークエネルギーの性質の探求 及びニュートリノ質量の決定

- 超広視野主焦点カメラHSC、超広視野多天体分光器PFSを用いてダークマターとダークエネルギーの正体を究明し、ニュートリノ質量を決定する。



科学目標2：宇宙の構造形成、銀河形成・進化の物理過程の理解

- 広視野高解像赤外線観測装置 **ULTIMATE** で前人未到の超遠方宇宙探査を実現し、宇宙最初期に生まれた天体の性質を解き明かし、**PFS**、**HSC**による大規模サーベイ観測で銀河の進化の様子を明らかにする。



科学目標3：マルチメッセンジャー天文学の展開

- HSC**、**PFS**、**ULTIMATE**を駆使し、ブラックホールや中性子星の合体、ニュートリノバーストを、重力波望遠鏡やニュートリノ観測装置、他望遠鏡と協力して観測し、元素の起源を探る。



科学目標4：地球型系外惑星候補天体の同定

- アストロバイオロジーセンターと密接に連携しながら近赤外ドップラー分光装置**IRD**、極限補償光学**SCEXAO**を用いた地球型系外惑星の間接探査を推進し、将来のTMTを用いた直接撮影に繋げる。

超広視野主焦点カメラHSC

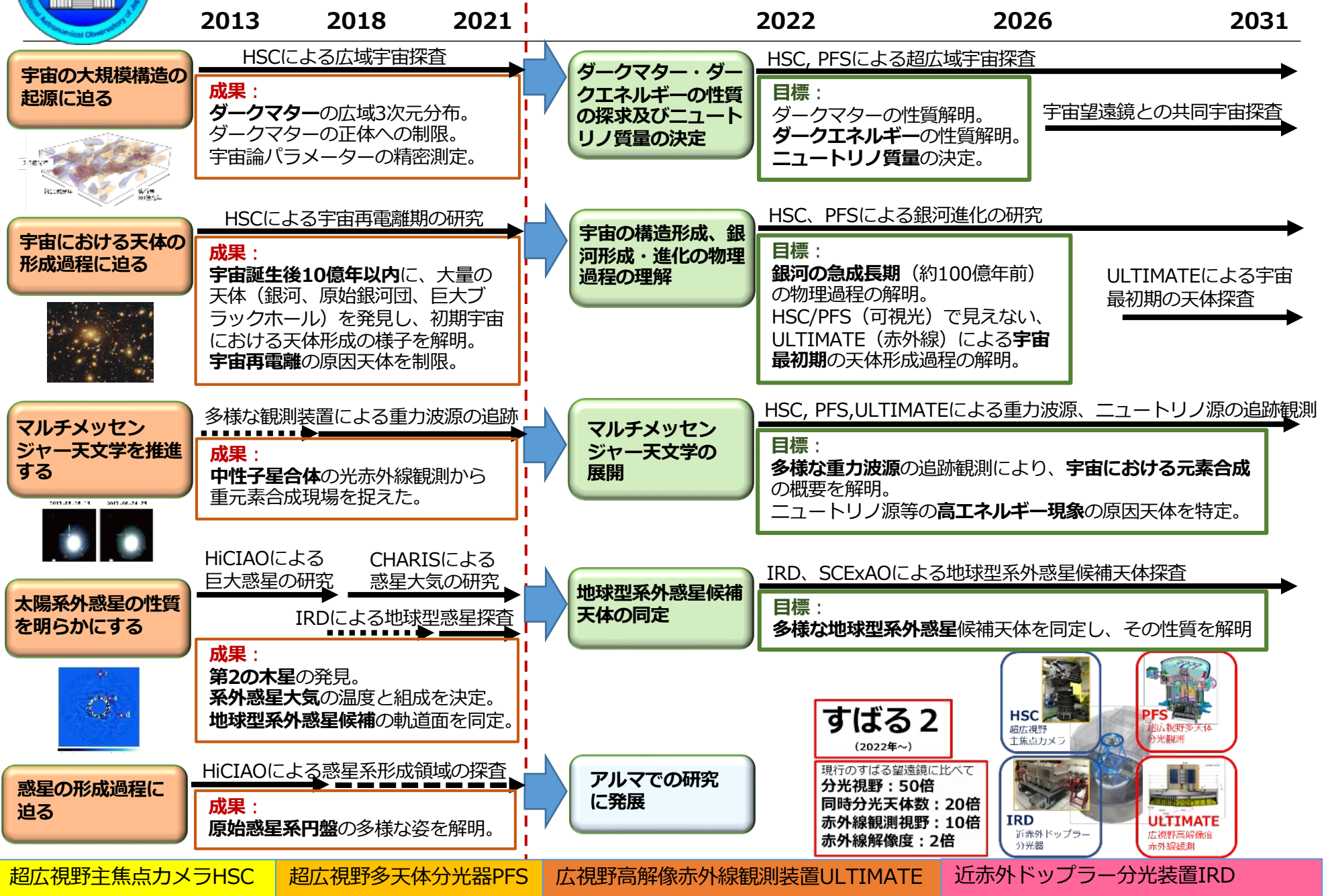
超広視野多天体分光器PFS

広視野高解像赤外線観測装置ULTIMATE

近赤外ドップラー分光装置IRD

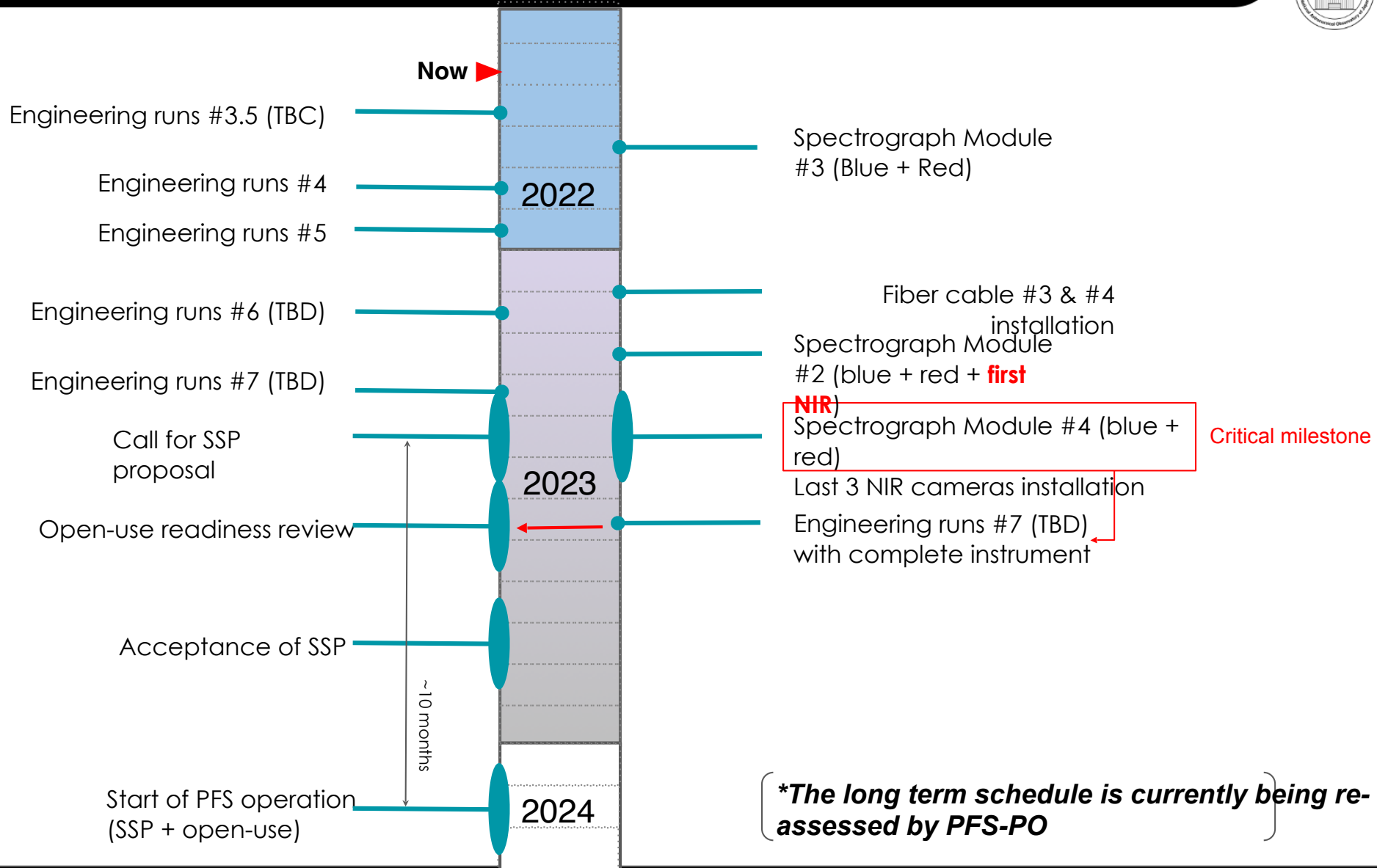


すばる望遠鏡の科学目標ロードマップ



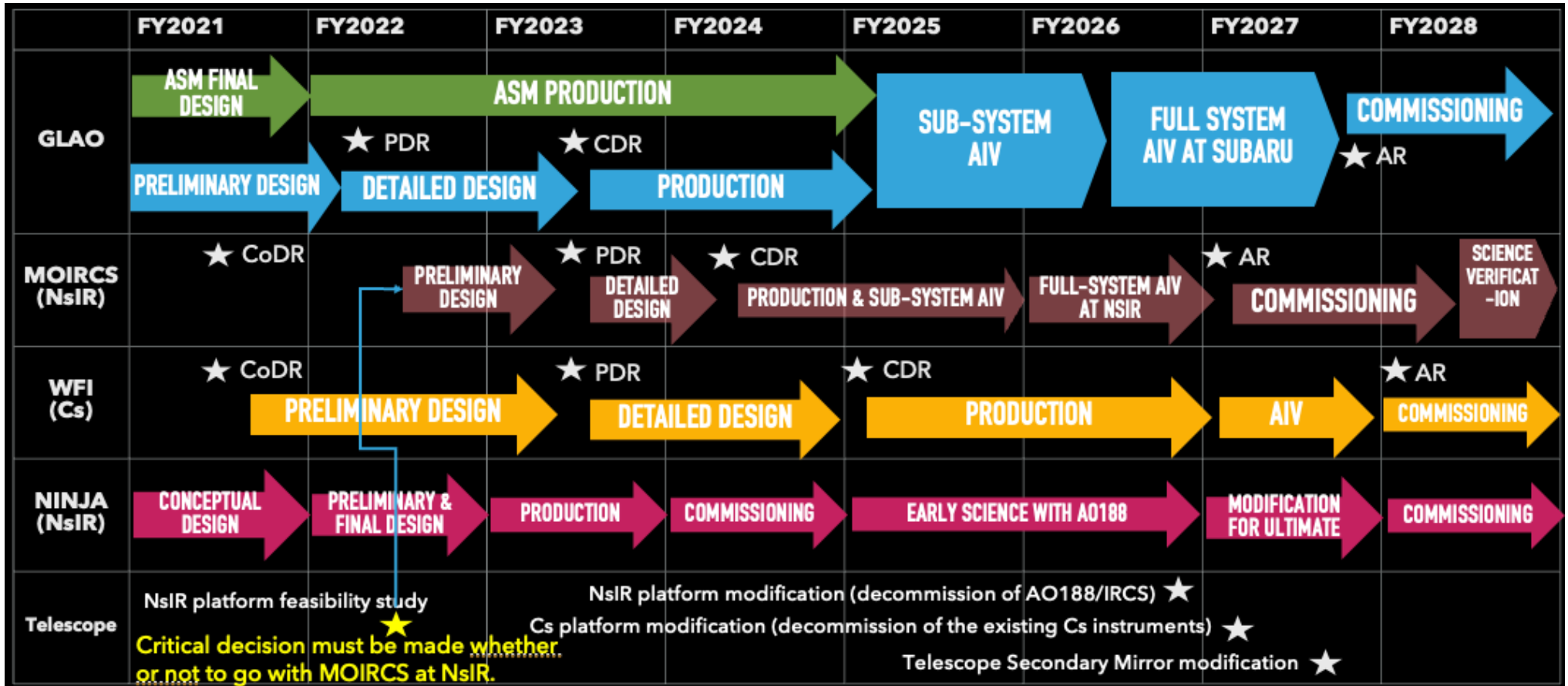
PFS Schedule

Long term PFS commissioning schedule (subject to change)



ULTIMATE :Schedule

- 搭載、評価、試験観測の実現に向けた今後のスケジュール



Funding Situation



- GLAO part has been funded and started a part of the production phase (Adaptive Secondary Mirror).
 - The GLAO is basically funded through supplementary budget from the Japanese Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT) in yearly basis. This funding was started in FY2021. We expect that the MEXT will regularly allocate the fund until the completion of the GLAO commissioning in FY2028.
 - Total cost of GLAO including labor is ~25 M USD. So far ~15% of the total fund has been allocated.
- WFI has not been funded yet. We have been conducting the preliminary design of WFI using a part of the GLAO budget to finalize the interface with the GLAO system.
 - We have been submitting a proposal to the Japan Society for the Promotion of Science (JSPS) grant to obtain the budget to develop the essential part of WFI, which was not successful yet. We still need contributions from international partners to fully complete WFI.
 - Total cost of WFI including labor is ~ 12.1 M USD. We have been proposing to the JSPS to develop the equipment for ~6.5 M USD.

「老朽化対策」（次に述べる）に加えて、**2021年度より補正予算で**
「高機能化: (GLAO)」が認められた。

「老朽化対策」の現状と課題

(今後20-30年の運用を想定)

老朽化対策

- ・ 補正予算の施設整備費で措置

- ・ 2018年度より、着実に措置をいただいている

- ・ 完了

- ・ ドーム改修
 - ・ シャッター・トップスクリーン
- ・ 電気系
 - ・ 配電盤・UPS

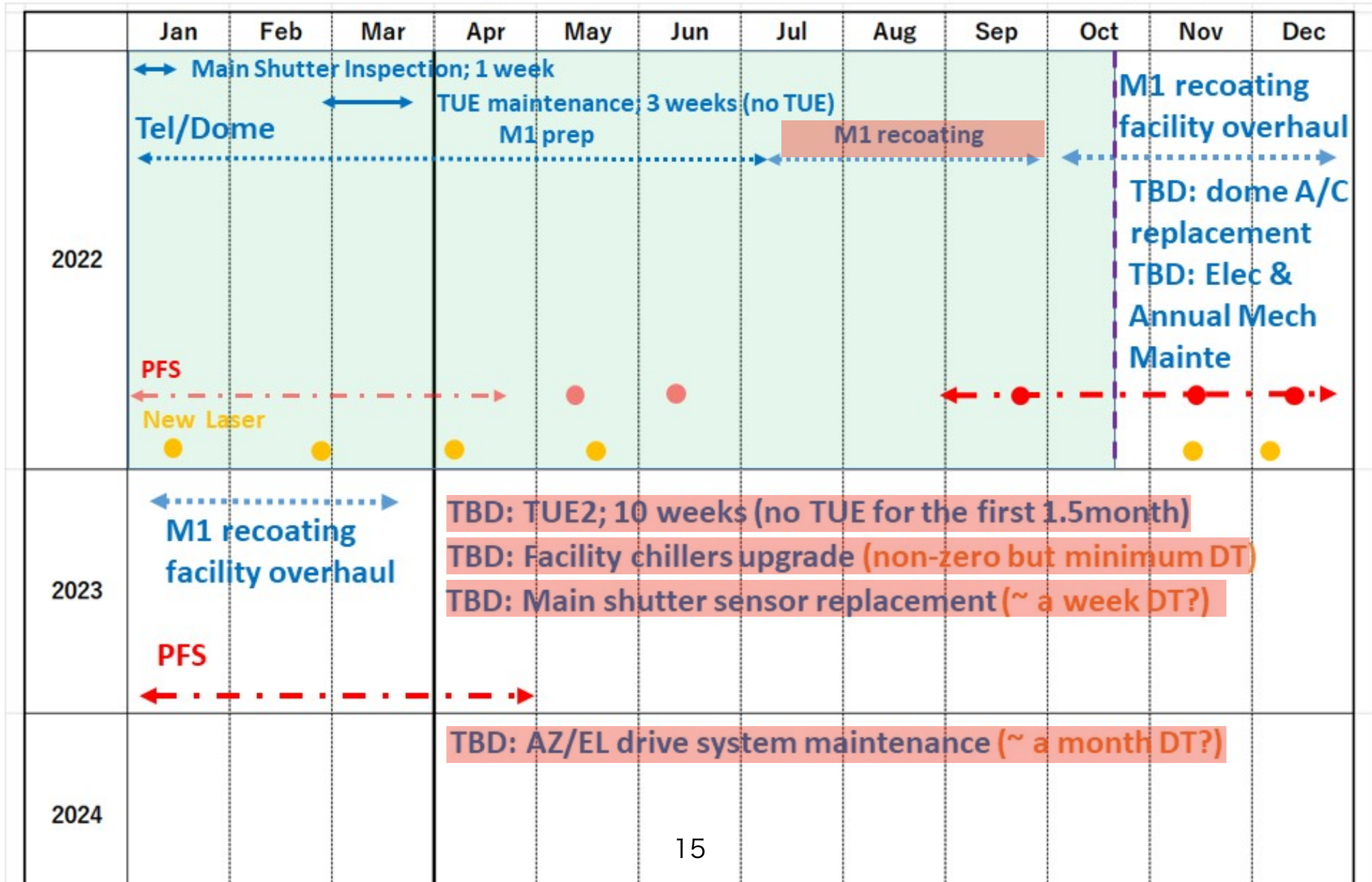
- ・ 進行中

- ・ ドーム
 - ・ 空調
- ・ 蒸着装置オーバーホール
- ・ チラー更新
- ・ AZ/EL (Encoder更新)

望遠鏡関連作業

Items that require down time

major summit work plan for 2022 - 2024 (as of 10/17/2022)



老朽化対策

- ・ 補正予算の施設整備費で措置
- ・ 運営費補助金（校費）との違い
 - ・ 年の後半に認められる
 - ・ 年度またぎの繰越は2回まで
 - ・ 人件費の捻出に工夫が必要

老朽化対策

- ・ 課題
 - ・ 時間が足りずに、外部メーカーに依存せざるを得ない場合がある
 - ・ 観測所の人員を増強して、できるだけ内製で行いたい
 - ・ コスト減
 - ・ 人材育成

老朽化対策

- ・ 望遠鏡製造者である三菱電機に関わる大型案件
 - ・ PFS/GLAOへの対応
 - ・ 主鏡アクチュエーター新規 (オーバーホールは2008-2013に実施)
 - ・ 望遠鏡制御系更新
 - ・ かつて2006-2016年にかけて、三菱電機に依頼して行った(>10億円規模)
 - ・ 次は機能維持だけでなく、機能強化を盛り込みたい。
 - ・ **Step1:** 夜間山頂無人観測 (今後数年)
 - ・ **Step2:** 完全自動観測 (TMTの定期運用時代 15年くらい先)
 - ・ 人は装置交換と定期保守のみ

山頂夜間無人化プロジェクト

プロジェクトメンバー（現在）

- 青木 賢太郎 Kentaro Aoki (support astronomer) Lead
- 高木 悠平 Yuhei Takagi (support astronomer)
- 藤吉 拓哉 Takuya Fujiyoshi (support astronomer)
- 田中 壱 Ichi Tanaka (support astronomer)
- 佐藤 立博 Tatsuhiro Sato (engineer)
- 猿渡 弘一 Koichi Sawatari (engineer)

プロジェクト憲章（抜粋）

- プロジェクト名 Night **O**peration from **H**ilo at Subaru Telescope (OHia)
- **Objectives of OHia**
 - 今後もすばる望遠鏡が科学的成果を生み続けるために、夜間観測をより高効率化するのがプロジェクトの目的である。そのためには部門間の連携をより強力なものにして観測所が運営されていく必要がある。一方で、夜間勤務者の勤務環境を改善し、より安全な、より快適、より酸素豊富な場所で働けるようにすることも目的とする。

• Top Requirements of OHia

1. OHiaではすべての観測所観測装置による観測、試験観測を山頂に人がいない状態でヒロ山麓施設からおこなえるようにする。
2. 現在山頂で実行可能な観測モード及び機能はOHiaでも可能なまま維持する。
3. OHiaによって人身事故が増えるようなことがあってはならない。
4. OHiaによって望遠鏡、ドーム、観測装置にダメージを与えるような事があってはならない。
5. OHiaのためにドームや望遠鏡の駆動スピードを低下させる、安全マージンをより多く取るなどして観測時のオーバーヘッドを増やすことはしない。
6. OHiaによって増加する観測機会喪失は年間12夜以下に抑える。

山頂夜間無人化の意義 (その他)

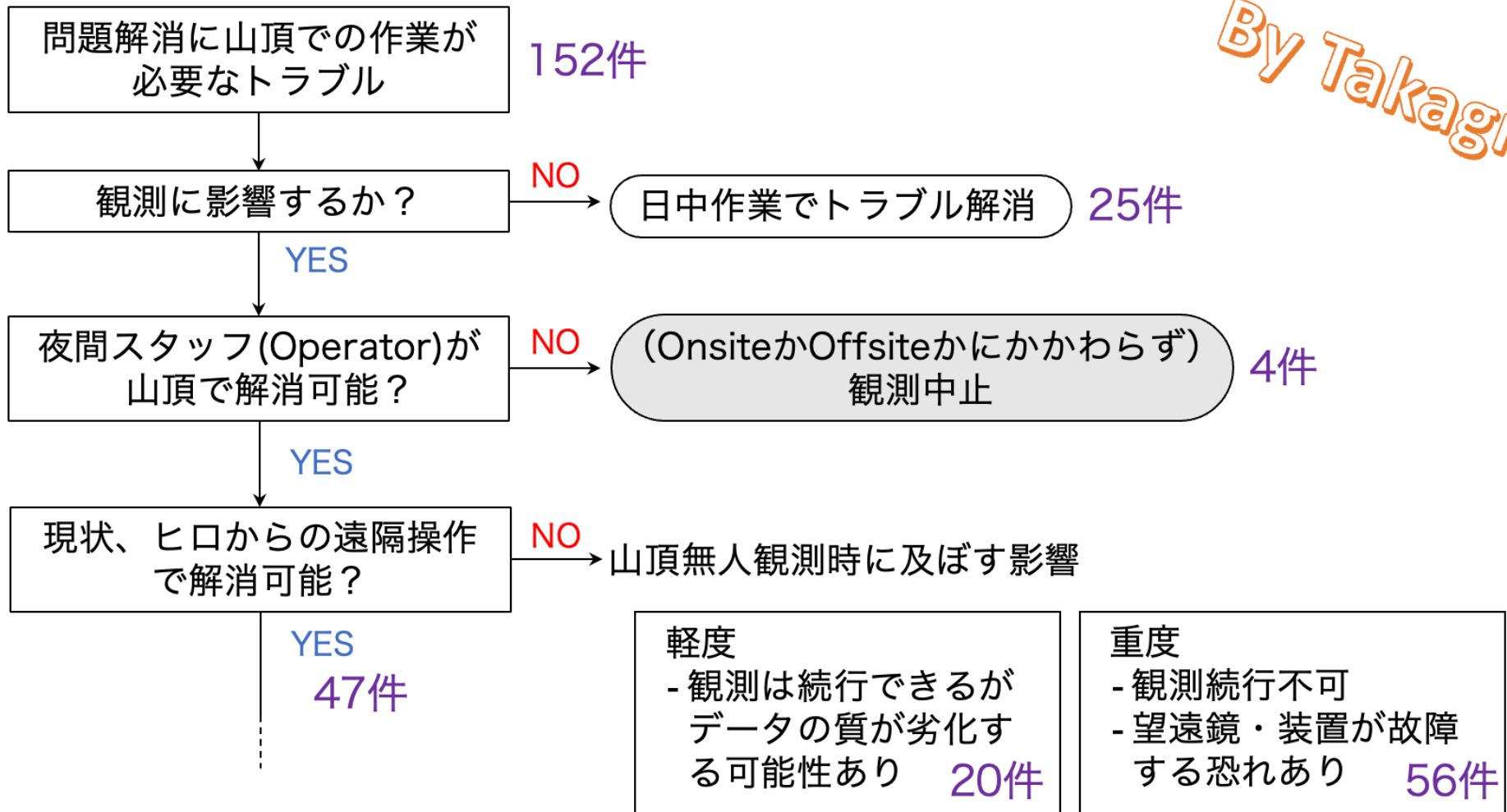
- ・ 山頂に往復の車の台数を減らせること
 - ・ 山頂使用料分担金 (車の台数に比例する部分がある)
 - ・ ハレポハク宿泊費
 - ・ 排ガス減少、環境への配慮

夜間トラブル解析II（2022年7月）

- 宮崎所長からの調査分析依頼
 - 「山頂夜間無人化によって増加するダウンタイムを年間12夜（月1夜）に抑えるためにはどこを改修すれば良いのか？」
- 2019, 2020年はドームシャッターのトラブルが突出して多いので、2021年を例に考えた。
- 高木さん、佐藤さんを中心に実行した。

トラブル分析 (2021年)

By Takagi



現状遠隔操作で解決不可なトラブルの詳細 (2021)

By Takagi

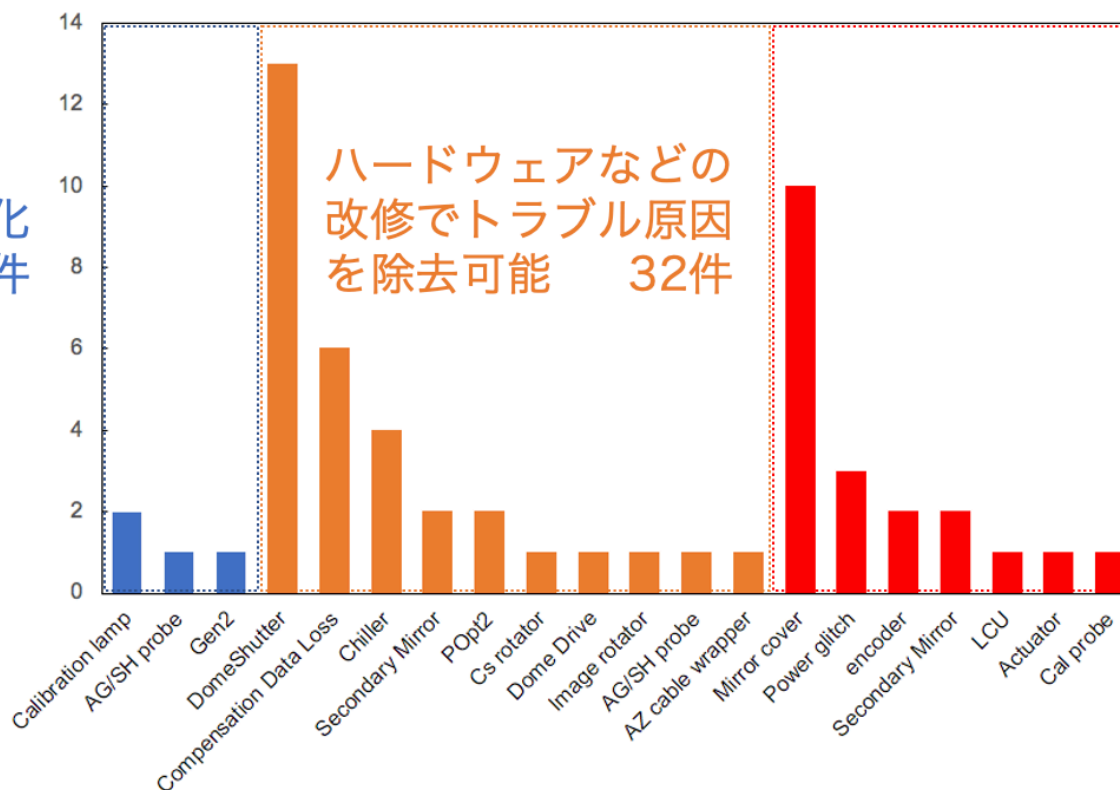
軽度な影響を及ぼすトラブル (20件)

- ドーム内の漏光やベンチレータ不良など

重度な影響を及ぼすトラブル (56件)

- ドームシャッター(13件)、ミラーカバー(10件)などの動作不良
- 望遠鏡の追尾システムの不良(6件) など

プリチェックなど
日常の確認体制強化
4件



ハードウェアなどの
改修でトラブル原因
を除去可能 32件

現状では山頂無人
観測時に対処不能
(観測キャンセル)
20件

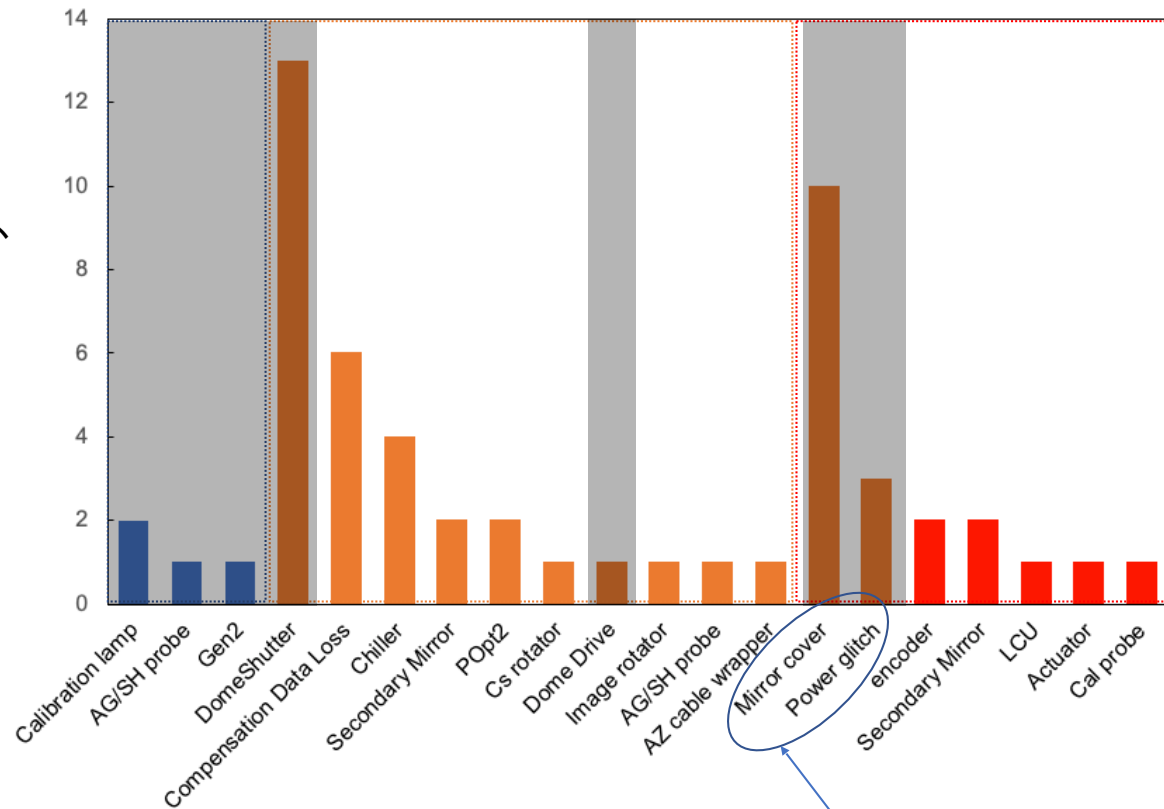
山頂無人化時の現実的な年間機会損失夜数（2021年を例に）

山頂無人化移行後の機会損失夜数を12夜（毎月1度）以下にするには？

Dome Shutter、Mirror cover、
Power glitch

三菱や他業者からの大きな助けなく、
天文台主体でトラブル要因を排除可

残り26件（Compensation data
Lost, Chillerなど）は三菱等の協
力の元、大規模な改修などが必要。



トラブル解析後の再調査で、山頂無人
観測移行後の対処方法に目処がたった

マウナケア管理主体とサブリース

新管理組織の設立

The screenshot shows a web browser window with the URL governor.hawaii.gov. The page features a yellow header with the text "COVID-19: Information and Latest Updates". Below this is a dark blue navigation bar with the Governor of the State of Hawai'i logo and the name "DAVID Y. IGE". The navigation menu includes links for Home, Governor Ige, First Lady, News, Priorities, Progress, Get Involved, Newsletter, COVID-19, and Contact. A search bar is located on the right side of the navigation bar.

The main content area displays a news release titled "GOVERNOR'S OFFICE – NEWS RELEASE – GOV. FORWARDS NAMES FOR MAUNA KEA MANAGEMENT STEWARDSHIP AND OVERSIGHT AUTHORITY TO STATE SENATE". The release is dated September 12, 2022, and is categorized under "Latest Department News, Newsroom, Office of the Governor Press Releases".

HONOLULU – Gov. David Ige today submitted the names of eight nominees for the Mauna Kea Stewardship and Oversight Authority to the Hawai'i State Senate for confirmation. The Mauna Kea Stewardship and Oversight Authority was established by statute via [Act 255 \(HB2024\)](#). The authority is tasked with managing Mauna Kea Lands.

"I want to thank these individuals for stepping forward. Through this new stewardship model, I believe we can find a way for science and culture to coexist on Mauna Kea in a mutually beneficial way," said Gov. Ige.

ハワイ大学に代わり、**Mauna Kea Stewardship and Oversight Authority (MKSOA)**が管理を担う

新管理組織の設立

The eight nominees are:

Kamanamaikalani Beamer: An individual with 'āina (land) resource management expertise and specific experience with Hawai'i island-based management.

Gary Krug: An individual who is recognized as possessing expertise in the fields of pre-school through 12th-grade public education or post-secondary education.

Rich Matsuda: A representative from a list of three names submitted by Mauna Kea Observatories.

John Komeiji: An individual with business and finance experience who has previous administrative experience in managing a large private-sector business.

Pomaikai Bertelmann: An individual who is a lineal descendent of a practitioner of Native Hawaiian traditional and customary practices associated with Mauna Kea.

Joshua Mangauil: An individual who is a recognized practitioner of Native Hawaiian traditional and customary practices.

Paul Horner: An individual from a list of three names submitted by the President of the Senate.

Michelle "Noe Noe" Wong-Wilson: An individual from a list of three names submitted by the Speaker of the House of Representatives.

新管理組織の設立

In addition to the eight names submitted to the Senate for confirmation, **three ex-officio, voting members** will serve on the Authority, as follows:

- The chairperson of the board of land and natural resources, or the chairperson's designee. This position is currently held by **Chair Suzanne Case**.
- The mayor of the County of Hawai'i, or the mayor's designee. Mayor Mitch Roth has designated **Douglass Shipman Adams**, director, research and development management.
- The chairperson of the board of regents of the University of Hawai'i, or a designee. Chairperson Randy Moore has designated **Eugene Bal III**, a current member of the board of regents.

The Chancellor of the University of Hawai'i at Hilo will be an **ex-officio, non-voting member** of the Authority. This position is currently held by **Chancellor Bonnie Irwin**.

- ◆ これら12人が上院の承認を得て、正式に委員に任命される
- ◆ 2028年までにUH管理からMKSOAに移行
- ◆ 現在のMauna Keaリース契約は2033年までなので、移行を待ってられない
- ◆ マウナケア全観測所が一体となり、2028年より前からMKSOAと交渉をする予定
- ◆ ハワイ観測所の注意点： UHに供出していた時間 15%の更新・TMTとの協調

ハワイ観測所の目標

ハワイ観測所年度目標 (2022年度)

国立天文台→ハワイ観測所

プロジェクト/部門全体の組織目標(年度)

Project and Organizational Objectives (Fiscal Year)

- 1 すばる望遠鏡が質・量ともに十分な研究成果を生み出せるように、共同利用観測を着実に実施する。
- 2 老朽化する望遠鏡に対して、安全、安定した運用ができるよう対策をとる。
- 3 既存観測装置のデコミッションを策定されたプランに従って実施し、運営費の軽減を図る。
- 4 Hyper Suprime-Cam (HSC)を安定に運用し、キュー観測運用を拡大し、着実に共同利用観測を進める。
- 5 Kavli-IPMUが率いるPrime Focus Spectrograph(PFS)製作に協力し、望遠鏡・ドーム改修を含めPFSの受入・組立・調整試験を実施する。またプリンストン大学を中心に進む、PFSデータ解析ソフト開発に協力する。
- 6 天文データセンター(ADC)と密接に協力し、HSC・PFSのデータ公開・研究利用基盤を構築し、共同利用に供する。ADCとは、必要に応じて仕事の分担・責任範囲の移行について協議し、これを実行する。
- 7 先端技術センター(ATC)と密接に協力し、望遠鏡及び観測の機能強化と性能向上を図る。
- 8 研究のメンターをおくことで、研究系スタッフの研究活動をさらに活発化させる。
- 9 マウナケア天文台の他観測所と連携し、ハワイで天文学が持続的に発展できるよう、地元における理解の増進に努める。
- 10 岡山分室の業務を通じて、京都大学3.8m望遠鏡の共同利用に協力する。
- 11 TMTプロジェクトとの連携強化をはかり、TMTとの一体運用に向けた具体的な検討を進める。

[2] 天文学分野では、宇宙の構造の進化と元素の起源を解明するため、ハワイ島マウナケア山頂に設置した口径8.2mの大型光学赤外線望遠鏡「すばる」を安定して運用しつつ、機能強化を段階的に行う（「すばる2」計画）。超広視野多天体分光器（PFS）を用いた本格観測を開始し、超広視野撮像及び多天体分光による大規模サーベイ観測を中心に国際共同利用研究を推進し、高品質なデータを供する。口径8m以上の望遠鏡の中で最も広い視野を持つ強みを活かし、世界最先端の衛星プロジェクトや地上望遠鏡プロジェクトと連携し、宇宙の大規模構造の進化や元素の起源について他の追従を許さない研究を展開する。

評価指標	<p>[2-1] すばる望遠鏡全体の高い論文生産性（年平均145編以上）を維持するとともに、第3期中期目標期間以上の高いインパクト（Top10%論文の割合16%以上）を目指す。</p> <p>[2-2] 超広視野多天体分光器（PFS）をすばる望遠鏡に搭載して、科学観測を開始し（令和5年度）、データ解析用ソフトウェアを公開する。第4期中期目標期間終了までに、PFSを用いた大規模サーベイ及び共同利用観測を総計240夜以上実施する。</p> <p>[2-3] 超広視野主焦点カメラ（HSC）を用いた大規模銀河探査データより、宇宙における暗黒物質の3次元地図をこれまでの約8倍以上に拡大し、宇宙論パラメータをより高い精度（推定誤差2%以下）で求める。</p> <p>[2-4] 重力波イベントを含む突発現象を迅速に追跡観測できるように、観測課題の動的割付（キュー観測）システムを拡張し、HSCの共同利用観測時間の1/2以上（これまでは1/4以下）に適用して運用する。</p>
------	---

まとめ

- ・ すばる2：約束したことを着実に、安全にやりきる。
- ・ 分野の人材育成（科学・技術）を目指したい
- ・ 2033年以降もマウナケアで天体観測が続けられるように、地元の理解を得る
- ・ TMT時代にもすばるが安定運用できるように、望遠鏡・観測システムを変革していく。