

地上からの天文学・ 宇宙からの天文学

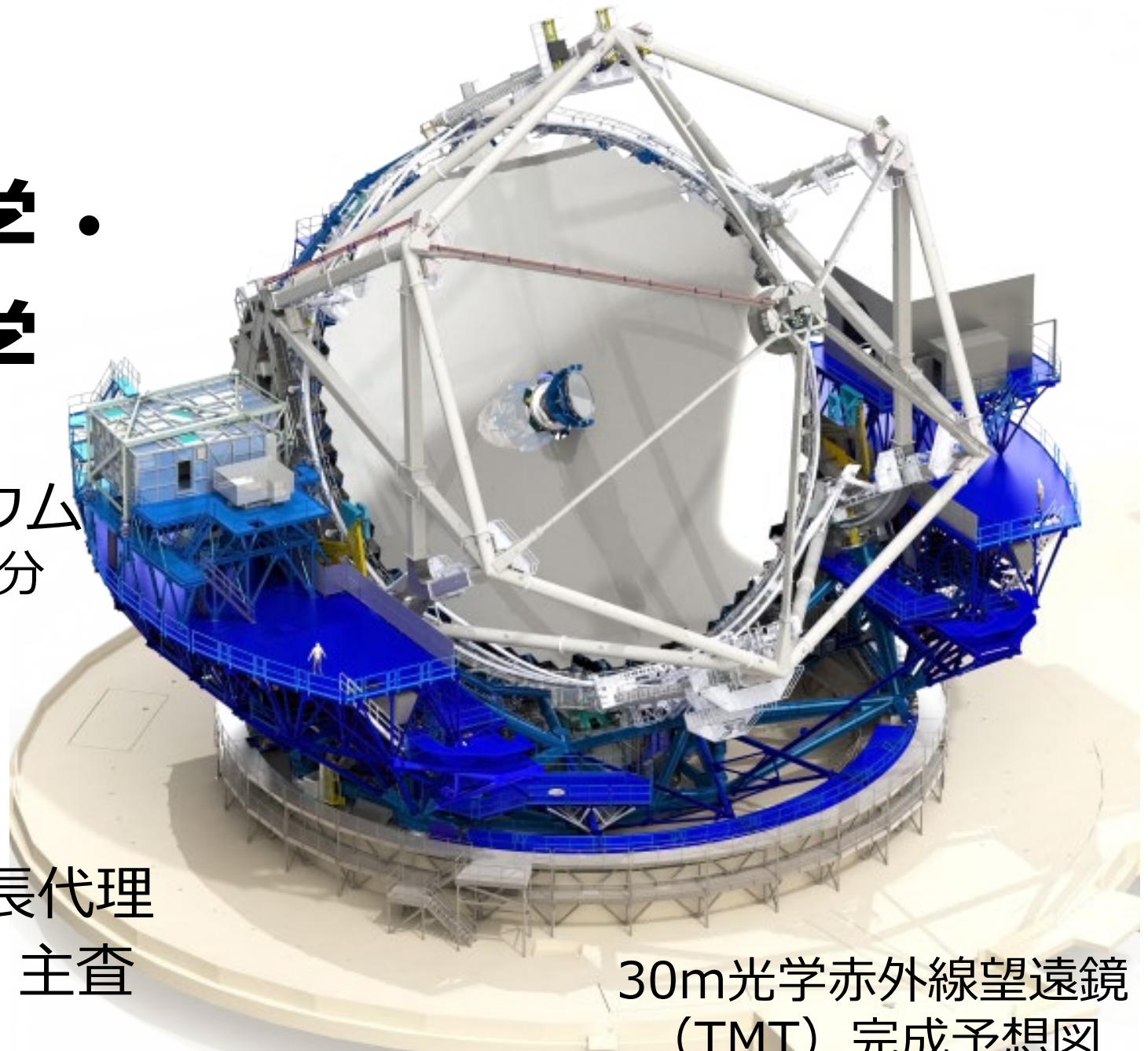
2023年度光赤天連シンポジウム
2023年9月27日9時30分-10時15分

常田佐久

国立天文台長

内閣府 宇宙政策員会 委員長代理

同宇宙科学・探査小委員会 主査



30m光学赤外線望遠鏡
(TMT) 完成予想図

本日のお話の内容

1. TMTの状況 **P3**
2. 令和6年度概算要求 **P11**
3. 運営費交付金の窮状 **P12**
4. 岡山の位置づけ **P16**
5. 飛翔体天文学の状況 **P18**
6. 宇宙基本計画の改訂 **P22**

6. 月面天文台・NASA Habitable
Worlds Observatory **P28**
7. 先端技術センターと社会
課題への貢献 **P31**
8. 政策立案者への対応 **P39**
9. まとめ **P40**

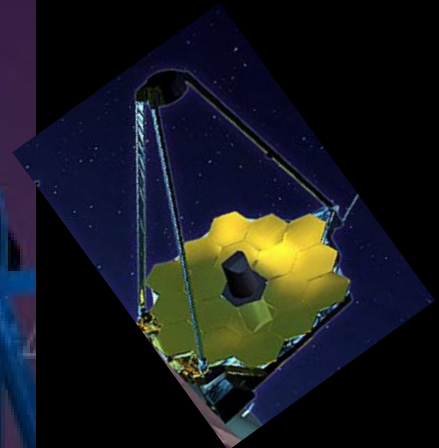
TMTの圧倒的な性能

TMT
30M

解像度：4.6倍。JWSTで木星軌道まで解像できる惑星系が、TMTでは地球軌道近くまで解像できる。
集光力・感度：約20倍。JWSTに比べ、観測できる体積が約100倍に。10年に一度しか検出できなかった爆発現象が、毎年10件検出。遠方の銀河の観測にJWSTで1時間かかるものが、TMTでは3分で可能。

Subaru
8.2M

JWST
6.5M



① TIOマネジメントの改善

TIOの先住民族への考え方を転換

(TIOの従来の考え方)

○評議員会等の委員会が形骸化。

- 経験を持つ優秀なTIOリーダーに任せておけば良いという基本的姿勢
- 評議員会の司会は評議員でないTIO総括責任者が対応
- 人員計画・予算削減検討はTIOリーダーが独自に判断

UC/CIT以外の日本などの意見は参考程度の扱い

日本が以下の通り、TIO運営のリーダーシップを発揮

- 2020年にTIOマネジメント2名(Executive Director, Project Manager)が退任し、TIOマネジメントやハワイへの対応が大幅改善。
- 評議員会にて常田台長が共同議長に推挙され、評議員会の運営を差配し、議題設定や重要案件の議論をリード。
- 予算、ハワイ建設サイト、TIOガバナンスについて検討するワーキンググループ(WG)をそれぞれ新たに組織。ビジネスプランWGの委員長に常田台長が就任し、予算上の重要項目の審議をリード。
- 臼田プロ長が2019年6月からTIO本部に異動し、総括責任者、プロマネらと緊密に連携することにより、評議員会等における議論・審議の効率的な運営に貢献。TIO内部に居ることにより、運営予算や人員の実状を正確に把握でき、運営予算の最小化等の実現に貢献。
- 浅賀特任専門員（NAOJ財務コントローラ）が企業での財務経験を活かし財務委員会でコスト削減、予算案精査等の審議をリード。

② ハワイの状況の改善（その1）

TIOの地元対策に関する考え方を改善

（TIOの従来の考え方）

- ハワイ**現地**にTIOリーダーが**居る必要はない**
- TMT建設は法的手段で解決でき、州・郡関係者やTMT**支持者と対話**すれば十分
- 年間\$1Mの奨学金等の支援を行うが、**一部の優秀な生徒だけが恩恵**

UC/CIT以外の日本などの意見は参考程度の扱いとされた



- すばる建設の経験に基づき、**TIO本部のハワイ移転**を小森機構長が2019年8月のメンバー会議で提案。プロジェクトマネージャーから段階的な移転を実現。
- 2019年10月以降、**先住民反対派幹部との対話**（ホーポノポノ）を、TIOの一員として常田台長らが立ち上げ。
- 長年のハワイ勤務経験を持つ臼田プロ長・嘉数専門員のTIOへの参加、TIOによる先住民系職員の雇用により、2021年から**TIOハワイ対策チームを一新**。
- 2021年6月以降、リウ・プロマネ、臼田プロ長等は、TMTに**反対する先住民等と積極的に対話**を実施。
- 嘉数専門員は、コミュニティの声に基づいた**教育支援や職業支援等の新たな試み**をEOBSI※計画として取りまとめ、NSFに提案。NSF長官からも高い評価。

② ハワイの状況の改善（その2）

6

- マウナケア新管理組織(MKSOA: Maunakea Stewardship and Oversight Authority*)は、7月1日から正式に移行期間に入った。移行期間ではハワイ大学との共同管理となり、MKSOAとハワイ大学は毎週会合をもって管理体制を整えつつある。
- グリーン・ハワイ州知事、MKSOA委員がマウナケアを訪問しTMT建設地を確認（8月30日）。宮崎ハワイ観測所所長が同行。ハワイ先住民文化の伝統的実践者で、TMTに反対してきたMKSOA委員からは、ハワイ文化、山頂の大切さが強調される一方、「MKSOAの設立により、多くの人と話しができるようになったことを喜んでいる」とのコメントもあった。
- カルテクサブミリ波天文台（CSO）の撤去が進んでいる。8月時点で、主鏡パネルや副鏡支持構造等が分解・撤去され、9月8日に大型クレーンが輸送され11日より望遠鏡本体解体作業が開始された。解体作業の監視を担当するMKSOA委員が3名任命された。また、ハワイ大学のホクケアも撤去が決定している。
- 2023年8月17日のハワイ大学評議会にて、「MKSOAとともに、2026年1月までに更に最大3台の撤去する望遠鏡を決定」。
- TIO（国立天文台含む）の地元での対話の幅が広がり、強硬な反対派リーダーとの直接対話ももたれ、建設的な意見交換が行われている。

*）ハワイ大学に代わり2028年よりマウナケアを管理する組織として州が設立。ハワイ先住民やマウナケア天文台群からの推薦を含む11名の委員からなる。



グリーン知事とMKSOAメンバーのマウナケア訪問



③ NSFによるTMT予算措置に向けたプロセスの進展 ⁷

- 2022年12月から行われていた基本設計審査(PDR)が3月に完了し、審査パネルからNSFに提出された報告書で高い評価を受けた。これに加え、NSFは、US-ELTプログラムがかつてない予算規模となることを考慮し、数学物理学局(MPS)内にパネル(Blue Ribbon Panel, BRP)を設置して審査を行った。こちらでも高い評価を得た(7月)。
- その結果を踏まえ、MPSは、最終設計段階に進むにあたり開催される大型施設計画の準備状況を調査する審査会(Facilities Readiness Panel, FRP)に向けた準備を進めている。
- NSFからTMTに対して開発予算その1として\$6.5Mが支給された。
- NSFは、国家歴史遺産保存法のプロセスにおける協議参加者の決定を進めるとともに、先住民コミュニティとの関係を構築する調整官を9月中に雇用予定。環境影響評価書案作成に向けて、調査計画を策定して実行するための準備を進めている。

常田台長のNSF訪問

- 8月24日に米国国立科学財団(NSF)を有林参事官(在アメリカ合衆国日本国大使館)と訪問
- NSFから、Sean Jones (Assistant Director, Directorate of Mathematical and Physical Sciences (MPS)), Linnea Avallone (Chief Officer for Research Facilities), Robert Chris Smith (Interim Division Director, Division of Astronomical Sciences (AST))ら7名参加。
- NSFに対して日本の貢献内容、予算状況等を説明し、NSF参加に向けた要請、意見交換を行った。国立天文台先端技術センター(ATC)における天文技術の産業応用について紹介し、NSFからは高い関心が示された(後述)。

④ TMT計画の今後の見通し

8

- **ハワイにおける合意形成の見通し**：MKSOAが本格的に活動を開始し先住民からも期待がよせられていることで、NSFは地元協議においてMKSOAとの協力を重視。合意形成に向けた条件が整ってきた。TIOおよび国立天文台による先住民等との直接対話はその基盤形成に貢献している。TIO及び国立天文台はMKSOAやNSFと連携し、ハワイにおける合意形成に向けた試みを支援していく。
- **NSFの参加に向けた見通し**：Astro2020で最優先の結果を受け、NSFはコミュニティのUS-ELTプログラムへの期待や必要性を理解している。US-ELTプログラムは、かつてない予算規模であるため慎重な審査で通常より時間がかかっており、進捗は見えにくいですが、NSFは最終設計段階への移行、建設予算確保に向けたプロセスを進めている。
- **日本としての計画推進の見通し**：TMT計画のこれまでの達成状況や現地工事中断後の対応について、文部科学省や学術審議会等の理解を得ており、TIOによる事業継続に必要な追加分担金についても、概算要求に計上。日本の貢献を着実に進めるためにも、ロードマップ2023に掲載されることが必須と認識している。

大規模学術フロンティア促進事業の「期末評価」(報告)
「30m 光学赤外線望遠鏡 (TMT) 計画の推進」について
令和5年(2023年)8月21日 科学技術・学術審議会 学術分科会 研究環境基盤部会
学術研究の大型プロジェクトに関する作業部会

- 年次計画では平成25年度(2013年度)から令和3年度(2021年度)の9年間での建設完了を予定していたが、**実施機関の予期しない事由により、平成27年(2015年)4月から現地建設が中断している。**、本評価においては、**他律的な要因によって計画が遅れていることを前提に、実施機関が果たした役割や得られた成果に関して、マネジメントに定める評価の観点に沿って確認したものであることに留意が必要である。**
- **不測の事態によりプロジェクト全体が遅れている状況下において、日本が担う部分については、可能な範囲で着実に製作が進んでいる。**
- 日本の提案によりTIO本部のハワイへの移転やTIOハワイ対策チームの一新など運営体制の改善が行われるとともに、我が国も国立天文台TMTプロジェクト長はじめ複数のスタッフを地元に着駐させるなど**地域住民の理解が得られるような様々な活動を展開しており、プロジェクト全体における日本の貢献は大きい。**
- 日本がTIO におけるガバナンス強化やプロジェクト管理の体制変更をリードし、日本のスタッフを現地に常駐させて現地住民との積極的な交流や継続的な支援活動を通じて信頼関係を深める取組を継続したことにより、**本計画の推進に大きく貢献してきた点は我が国の信頼獲得とプレゼンス向上に寄与していると評価できる。**
- 建設が中断している状況ではあるが、**依然として高い学術的意義を有しており、今後建設が再開されTMTによる観測が実施されれば、天文学分野にとどまらず、他の物理学や地球惑星科学分野も含めて極めて重要な科学成果が得られるものと期待される。**
- **現地ハワイにおける問題は、本計画に限らず、社会における科学の在り方を考える上で大きなインパクトを有する出来事であり、本計画を通じて得られた教訓について、他の国際共同で進められるような大型プロジェクトにも広く共有されることが望まれる。**

【参考】運営費交付金とフロンティア予算について

10

国立大学法人支出・収入のイメージ

(支出) 運営費交付金対象事業費（教育研究の確実な実施に必要な支出額）

(収入) 自己収入（授業料、病院収入等）

国立大学法人運営費交付金
(運営費交付金対象事業費から自己収入を差し引いた額)

国立大学法人運営費交付金構成のイメージ（高等教育局国立大学法人支援課所管）

(1) 基幹的な経費

- ・学長裁量経費
- ・設置基準教員給与費等

(2) 成果を中心とする
実績状況に基づく
配分

(3) 支援の枠組み

- ① ミッション実現戦略分
- ② 教育研究組織改革分
- ③ **共通政策課題分**

(4) 特殊要因経費
教職員の退職手当等、
国が措置すべき義務
的経費

学術研究の大型プロジェクトへの支援（**フロンティア予算**）は
「③共通政策課題分」の事業区分の一つ

運営費交付金（(1)、(2)）

使途が特定されない

中期目標期間中は、減少しつつあるが一定額の措置が決まっている

係数による一定額の減額（同一中期目標期間は同一の運営費交付金算定ルール）、活動実績などの評価による再配分あり。

人件費、天文シミュレーションプロジェクト、天文データセンター、ネットワーク経費等、天文情報センター、水沢VLBI観測所、野辺山宇宙電波観測所、NAOJフェロー、先端技術センター ほか

フロンティア予算（(3)の③の一部）

使途が特定される（当該プロジェクトに限定、フロンティア予算内でもプロジェクト間の流用は不可）

毎年度概算要求が必要、所要額の要求が可能（増額要求が可能）

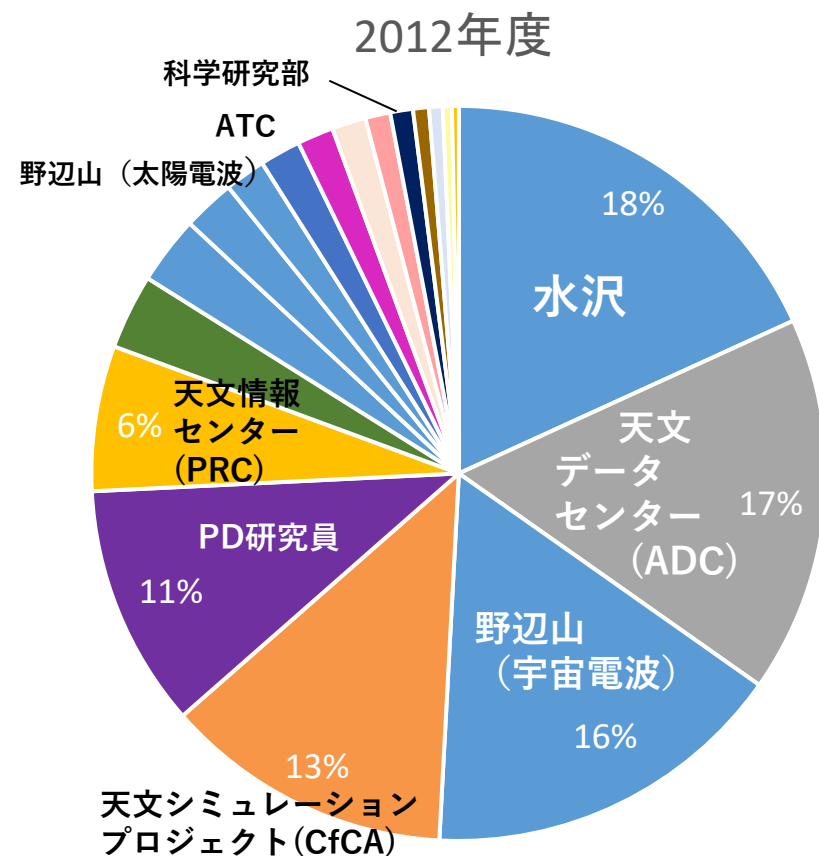
新規プロジェクトの措置に当たっては、学術審議会の審査・ロードマップへの掲載が必要

すばる、アルマ、TMT

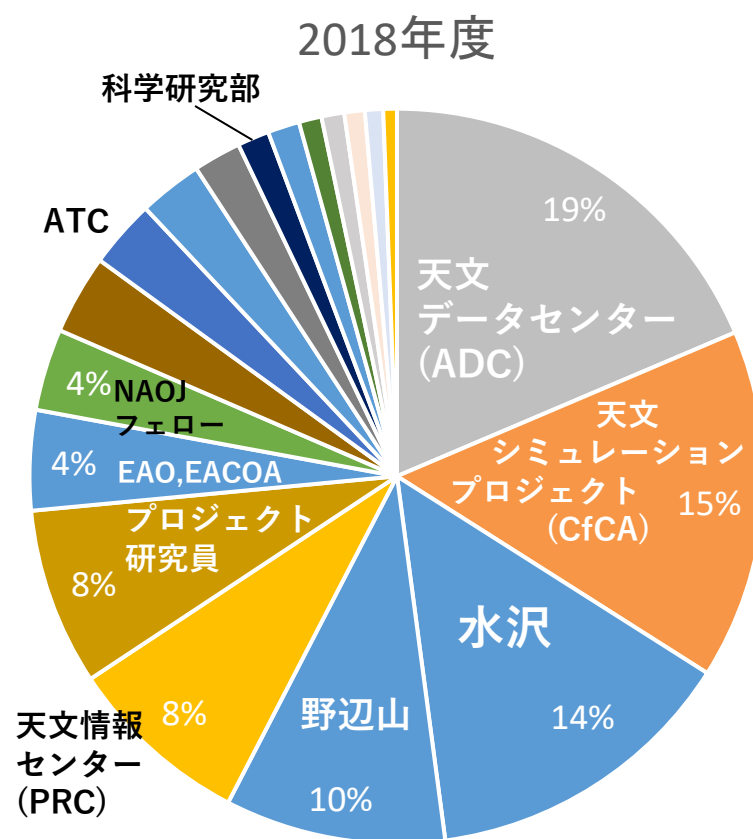
※ ミッション実現戦略分、教育研究組織改革分、特殊要因経費については、使途が限定されている。

※ フロンティア予算は、国立大学法人運営費交付金（高等教育局国立大学法人支援課所管）のほかに、国立大学法人先端研究推進費補助金（研究振興局大学研究基盤整備課(旧学術機関課)所管）（上記イメージの外数）とで構成される。

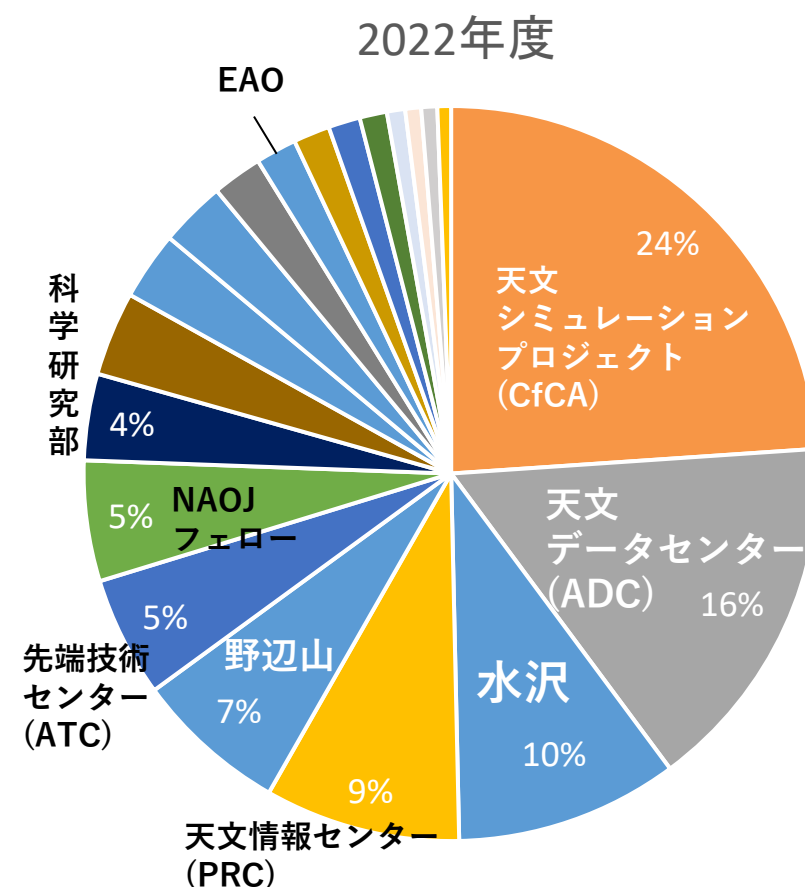
2012年度、2018年度、2022年度 運営費交付金



運営費交付金68.6億円から、承継職員等人件費、事務部・情報セキュリティ経費等を除外した、26.3億円の内訳を掲載
※ここでの科学研究部は、光赤外研究部、電波研究部、太陽天体プラズマ研究部の合計としている。

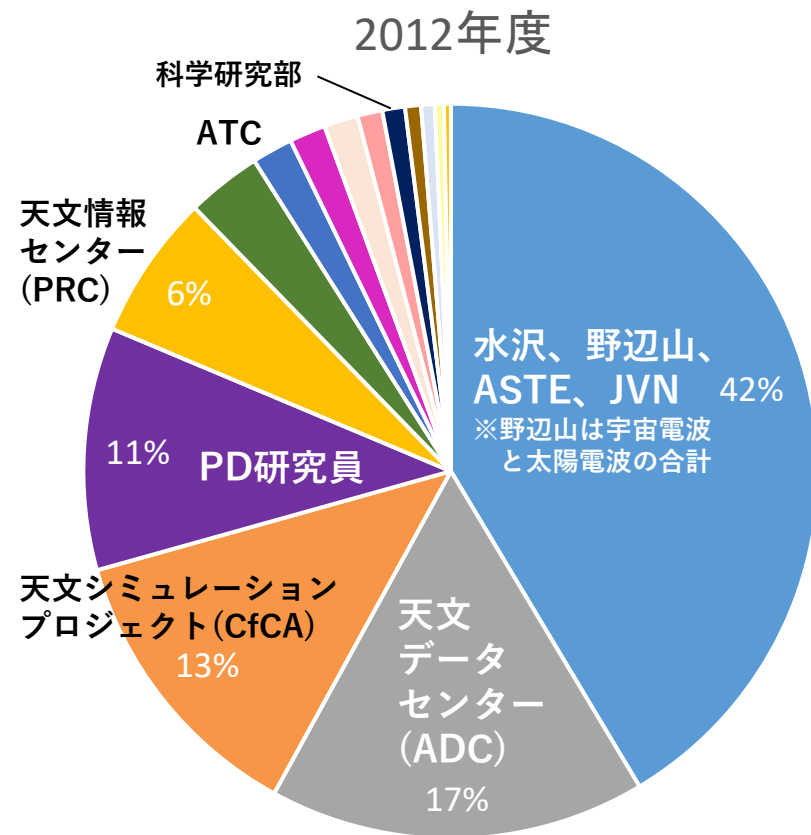


運営費交付金61.0億円から、承継職員等人件費、事務部・情報セキュリティ経費等を除外した、28.0億円の内訳を掲載
※FY2018において、EAOとEACOAは一体で整理している。



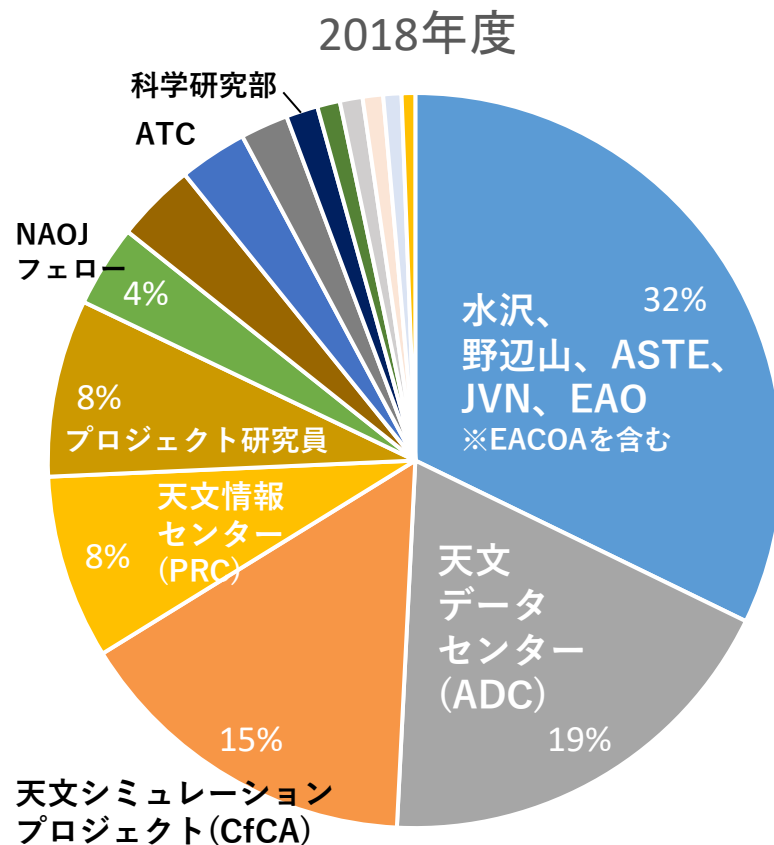
運営費交付金59.4億円から、承継職員等人件費、事務部・情報セキュリティ経費等を除外した、19.3億円の内訳を掲載

2012年度、2018年度、2022年度 運営費交付金



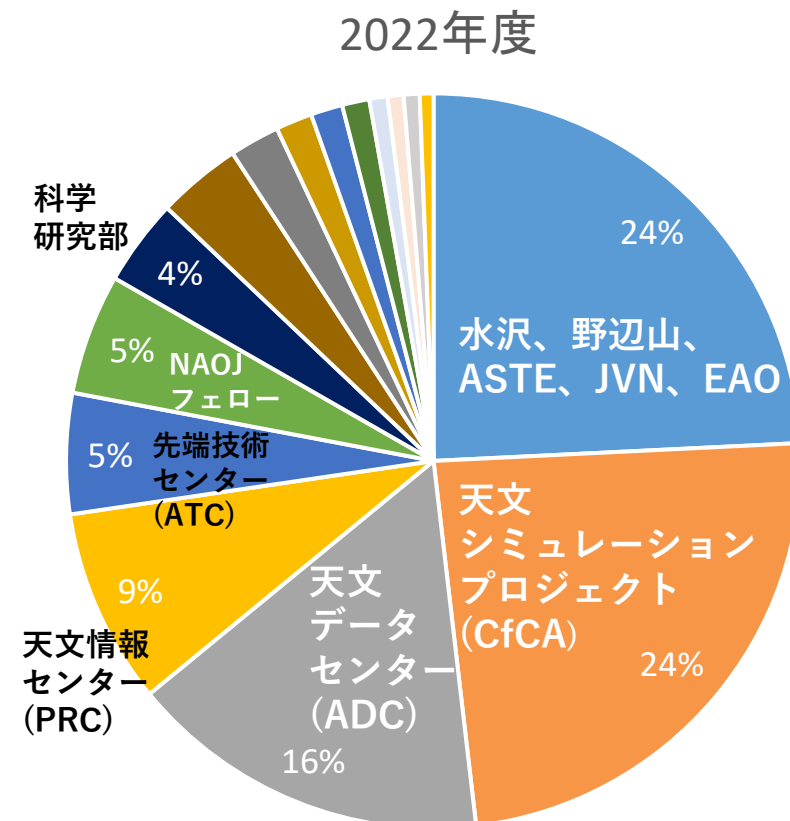
運営費交付金68.6億円から、承継職員等人件費、事務部・情報セキュリティ経費等を除外した、26.3億円の内訳を掲載

※ここでの科学研究部は、光赤外研究部、電波研究部、太陽天体プラズマ研究部の合計としている。



運営費交付金61.0億円から、承継職員等人件費、事務部・情報セキュリティ経費等を除外した、28.0億円の内訳を掲載

※FY2018において、EAOとEACOAは一体で整理している。

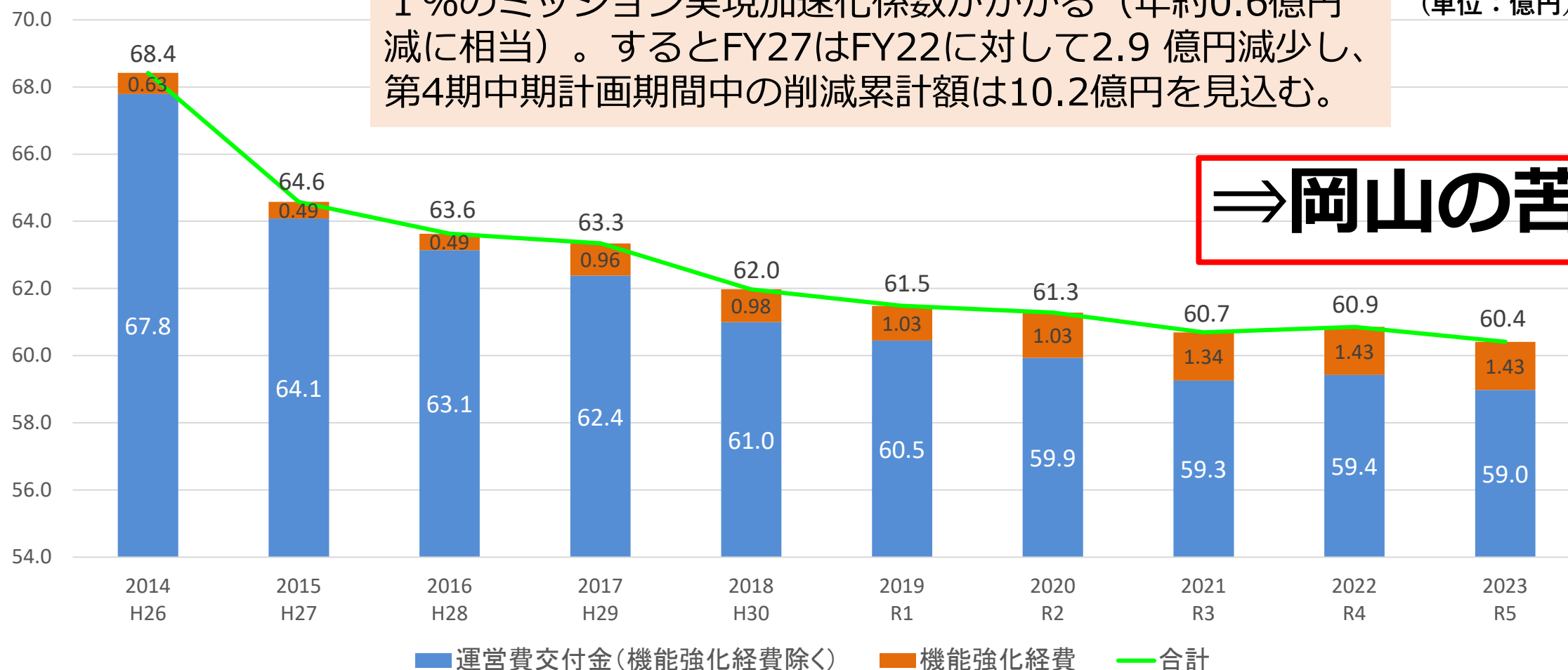


運営費交付金59.4億円から、承継職員等人件費、事務部・情報セキュリティ経費等を除外した、19.3億円の内訳を掲載

2023年度運営費交付金の状況（国立天文台）

第4期中期目標期間中（FY22-27）の運営費交付金は、年1%のミッション実現加速化係数がかかる（年約0.6億円減に相当）。するとFY27はFY22に対して2.9億円減少し、第4期中期計画期間中の削減累計額は10.2億円を見込む。

（単位：億円）



⇒岡山の苦境

※ 機能強化経費については、FY2022（R4）以降ミッション実現戦略分である。

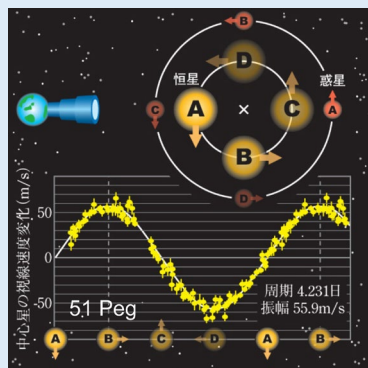
岡山188cm望遠鏡の科学的成果及び今後の計画とその意義

日本が戦略的に系外惑星で成果を出すには長期にわたる継続した観測が必須
すばる望遠鏡では対応できず岡山188cm望遠鏡のような専用望遠鏡が必要

これまでの科学的成果

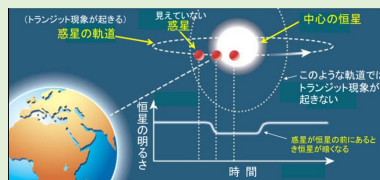
①ドップラー法 (分光器HIDES)

- ✓ 数百～数m/sの星のふらつきを測定。
- ✓ 188cm望遠鏡は2000年代初頭から現在まで、50以上の惑星を発見。特に巨星での惑星発見では世界の3割を占める。
- ✓ 太陽系の惑星の公転周期（土星～30年）からもわかるように、数十年の長期にわたって安定した精密測定が必要。



②トランジット法 (測光装置MuSCAT)

- ✓ 恒星の前を惑星が横切る際のごくわずかな「影」を観測。
- ✓ 波長による大気の不透明度の違いから成分分析が可能。
- ✓ 188cm望遠鏡は2014年に観測を開始し、世界トップ級の測光精度により、地球型惑星を発見。
- ✓ 24時間観測を継続するための三台の同型装置で世界的ネットワークを構築。



今後10年の獲得目標

➤ HIDESによる分光観測

- 更に10年継続し土星軌道(半周期～15年) に至る領域まで探索し、雪線（水が液体と固体で存在する境界線、現在の火星と木星の間に相当）以遠の惑星系の姿を明らかにする。
- 天文コムを用いた精度改良（～数10 cm/s）により、地球軌道付近から外側にある地球型惑星を探索する。
- これらにより第二の太陽系を探索し太陽系の(非)特異性を検証する。

➤ MuSCATによる測光観測

- 3台のMuSCATシリーズ装置による観測を宇宙望遠鏡と連携させて高精度高信頼度の惑星発見および特徴づけを行う
- 188cm望遠鏡は24時間継続観測をする上で欧州・米国本土とあわせて経度的に3極の一つである。

長期的な目標

- 太陽程度からやや重い星までの惑星系の形成と進化の理解
- 太陽近傍で第二の太陽系を発見し、TMTによる研究へ橋渡し

量子観測技術開発のプラットフォームとしての岡山188cm望遠鏡

今後10年での目標

天文コム（+高分散分光器）

視線速度測定法による系外惑星探索のキー・アイテム



岡山分室にて天文コムを実験・開発
すばる2・TMTへと展開

- 岡山分室ではすでに2014年から産総研との共同開発を継続中
→世界最先端の技術により測定精度を数10cm/sの領域へ
- 天文用途のコムは波長域等、分光器との性能すりあわせが重要。
観測現場での開発は必須であり、開発拠点としては国内の岡山分室が最適である。
- 産業総合技術研究所の天文コムは耐久度・波長域の広さなどにおいて現状でも大きなアドバンテージを持つ。

第一段階（すでにプロジェクトはスタート） 視線速度～70cm/s

- 現行分光器とコムによる高効率・高安定・高精度の追及
- 岡山
 - 現行天文コム2号機の改良と現行高分散分光器HIDESの安定化
- すばる2
 - 天文コム3号機（2号機を元に開発中・基盤A）
 - 現行高分散分光器HDSのファイバー化・安定化

第二段階（5年を目途にシフト） 視線速度～数10cm/s

- 新分光器（真空化）による超安定化と新コムによる次世代観測
- 岡山
 - 真空容器化した新分光器の開発
 - さらに広帯域化した天文コムの開発
 - イメージスライサによる高効率化
- すばる2
 - 真空容器化した新分光器の開発（ABCで検討開始）
 - 岡山で開発された天文コムの活用
 - 極限補償光学による分光器の小型化と超安定化
- さらにTMT第二期観測装置へ

188cm望遠鏡では占有による観測頻度、すばる2では大口径による暗い天体への対応とメリットが異なり、目標天体は重複せず、異なるアプローチでTMTへつなげる

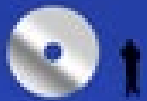
ジェイムズ・ウェッブ(JWST)宇宙望遠鏡 驚愕のデータが米国のリーダーシップと威信を示す

16

ハッブル



ジェイムズ・ウェッブ



c) gettyimages



1990年打上

2021年打上

ハッブル打ち上げ直後からJWSTの検討開始



バイデン米国大統領による記者発表(ホワイトハウス2022/7/12)初期のデータを世界公開



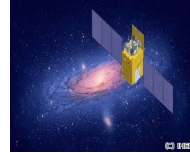
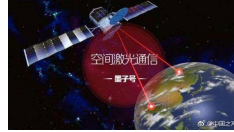
NASAを中心に欧州宇宙機関・カナダ宇宙庁が協力

米国では次世代ミッションの検討が本格化
日本の参入に向け、工夫・検討が必要

中国:戦略的な宇宙科学・探査による世界での存在感アップ 17

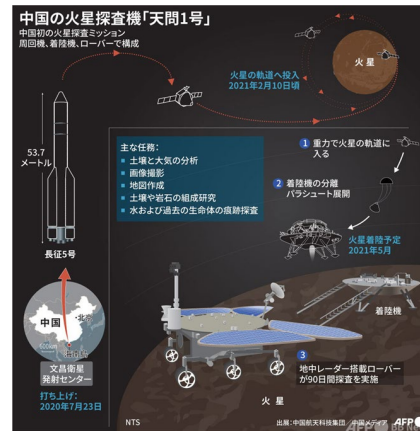
宇宙科学分野に積極的に取り組み

- 暗黒物質粒子探査衛星「悟空(Wukong)」(2015.12打上げ)
 - ・宇宙高エネルギー粒子検出で世界最先端
- 量子暗号通信実験衛星「墨子(Mozi)」(2016.8打上げ)
 - ・盗聴できない暗号通信技術を世界初搭載
- X線天文衛星「慧眼(Huiyan)」(2017.6打上げ)
 - ・中国初のX線天文衛星
- 重力波観測技術実験衛星「太極一号」(2019.8打上げ)
 - ・重力波探査技術の軌道上実証に成功
- 宇宙望遠鏡「巡天(Xuntian)」(2024年打上げ予定)
 - ・直径2mの主鏡で、ハッブル宇宙望遠鏡の300倍の視野を持つとされる。



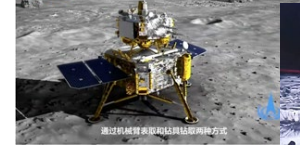
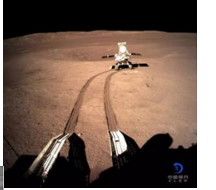
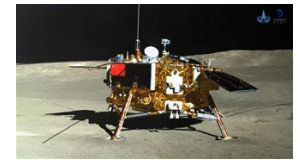
火星で既に探査中。更に有人探査も計画

- 火星探査機「天問1号」
 - ・2020打上げ
 - ・2021.5に火星軟着陸成功 (旧ソ連と米国に次ぎ世界3か国目)
- 2回目の火星探査機
 - ・2030年前後に天問3号で計画
- 火星有人探査
 - ・2040-60年の間に行う計画



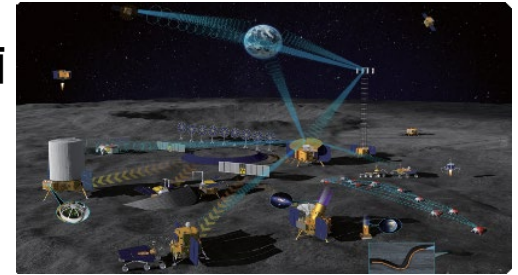
月裏側の着陸・探査、サンプルの地球帰還を達成

- 嫦娥3号(2013.12打上げ)
 - ・世界3か国目の月面着陸成功
- 嫦娥4号(2018.12打上げ)
 - ・地球上で困難な低周波電波観測等を実施。
- 嫦娥5号(2020.11打上げ)
 - ・月面試料の地球への持帰り(サンプルリターン)に成功(2020.12) (世界3か国目)



ロシアと協力して2035年までに国際月面科学研究基地の建設を計画

- 嫦娥7・8号により、2028年頃に、月の南極に月面科学研究基地の基本構造(着陸機、月面探査車、飛行探査機、軌道上周回)の完成を目指す。

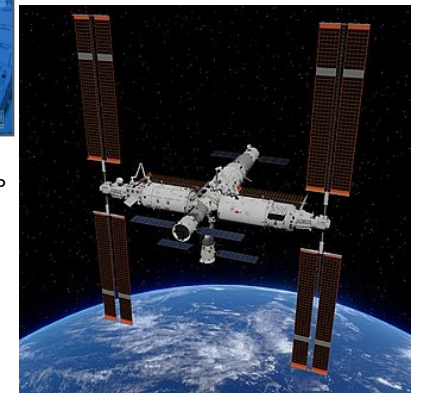


独自の中国宇宙ステーション(CSS)が完成

- コアモジュール「天和」
 - ・2021.4に軌道投入成功
- 3名の飛行士がCSSに滞在
 - ・2021.6に有人宇宙船「神舟12号」で打上げ
 - ・2022.11の「神州15号」で4組目の飛行士が滞在中。
- 実験モジュール
 - ・実験ジュールの「問天」(2022.7打上げ)、「夢天」(2022.10打上げ)が接続され、2022年12月に中国宇宙ステーションが完成(2023年1月発表)。



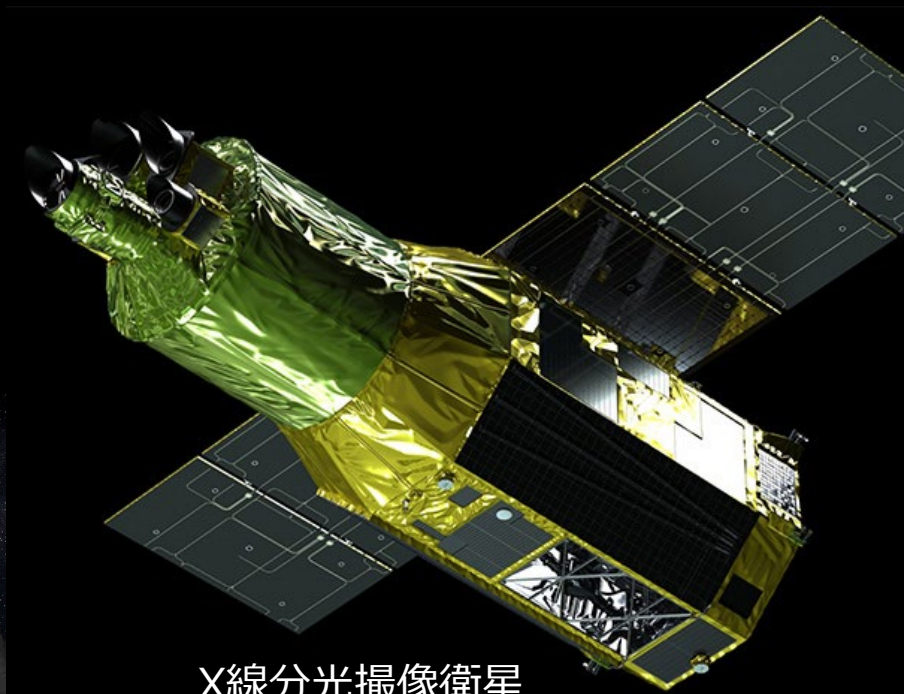
天和に到着した中国宇宙飛行士



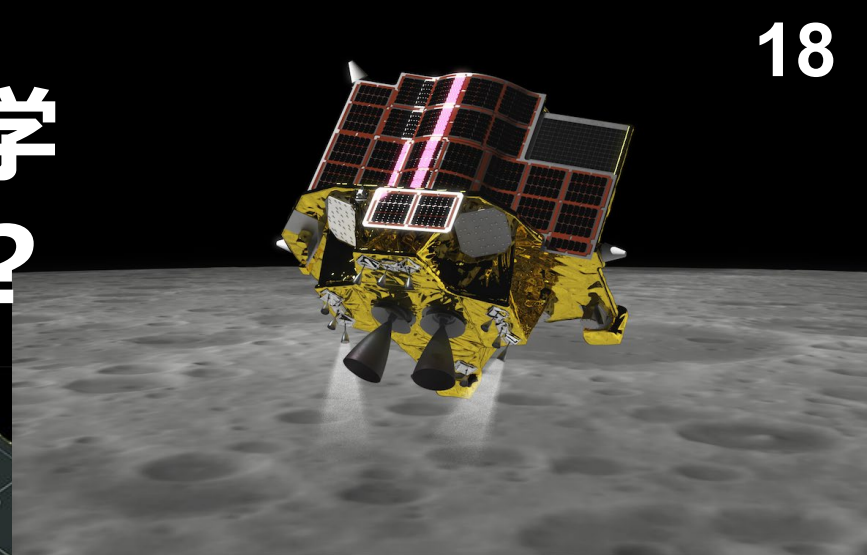


火星衛星探査計画MMX
(2024年度打上予定)

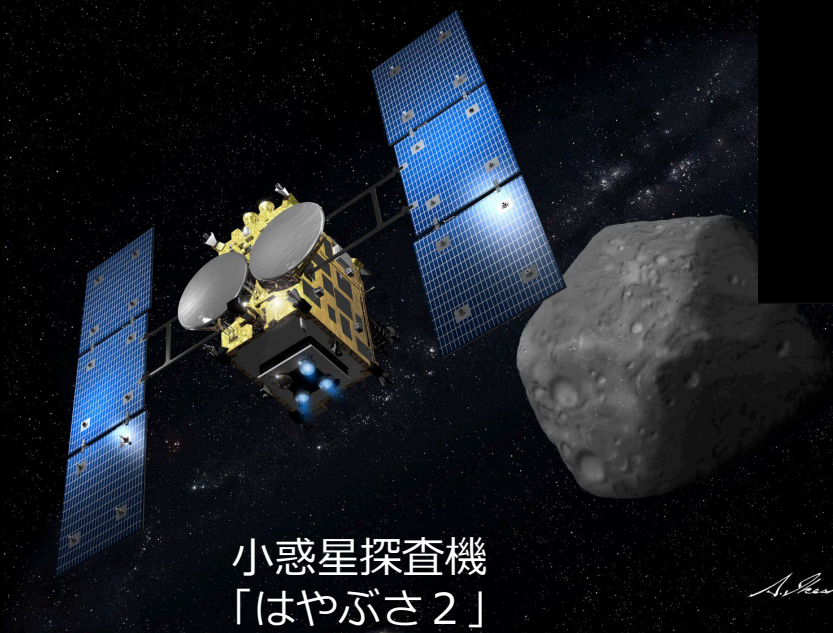
日本の飛翔体天文学 が弱っていないか？



X線分光撮像衛星
XRISM
(2023年打上)



小型月着陸実証機
SLIM
(2023年打上)



小惑星探査機
「はやぶさ2」



深宇宙探査技術実証機
DESTINY+
(2024年度打上予定)

高く評価されている国立天文台の大型観測施設

19

大型光学赤外線望遠鏡「すばる2」

＝国内外の研究者による共同利用観測＝

(すばるの機能を強化したすばる2へ移行)

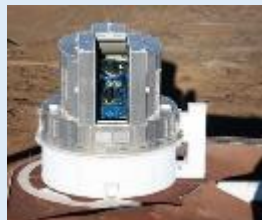
【特徴】

超広視野観測が可能な世界唯一の大型望遠鏡。

- ・世界最大級の口径8.2m、世界最高精度で研磨された一枚ガラスの主鏡。
- ・最先端技術を活用した新観測装置の開発で、世界をリード。

【建設場所】

米国ハワイ州マウナケア山頂域
(標高約4,200m)



建設費：約395億円

建設期間：1991～1999年度

大型電波望遠鏡「アルマ2」

＝日本、米国、欧州による国際協力プロジェクト＝

(ALMA=Atacama Large Millimeter/sub-millimeter Array)

【特徴】

ミリ波からサブミリ波までを観測できる巨大電波望遠鏡。

- ・12mアンテナ54台、7mアンテナ12台(計66台)。
- ・広範囲(16 km、山手線サイズ)の配置が可能。

【建設場所】

南米チリのアタカマ高地(標高5,000m)



建設費：約251億円

建設期間：2004～2013年度

30m光学赤外線望遠鏡「TMT」

＝日本、米国、中国、インド、カナダが計画を推進＝

(TMT=Thirty Meter Telescope)

【特徴】

従来の望遠鏡の3倍以上の解像度、10倍以上の集光力、100倍以上の感度を持った口径30mの光学赤外線望遠鏡。

- ・日本は望遠鏡本体や主鏡の製作などを担当。
- ・広視野のすばると高感度のTMTの連携は日本のユニークな強み。

【建設予定場所】

米国ハワイ州マウナケア山頂域(標高4012m)



建設費：約375億円+国内経費40億円

建設期間：2032年度の完成を目指す

これら3つの大型プロジェクトの推進により国立天文台が創出する新しい天文学

- ①生命を宿す惑星は地球の他に存在するのか？ (すばる、アルマ、TMT)
- ②ダークマターとダークエネルギーの正体は何か？ (すばる、TMT)
- ③宇宙はどうやって始まったのか？ (アルマ、すばる、TMT)

宇宙基本計画と内閣府宇宙政策委員会

20

宇宙基本計画:日本の宇宙政策の基本方針で、宇宙基本法に基づいて、宇宙開発・利用に関する施策を総合的かつ計画的に推進することが目的。2009年6月に初版が閣議決定され、以降数年ごとに改定。最新版は令和5年6月13日**閣議決定**。宇宙基本計画を作成しているのが宇宙政策委員会。

宇宙政策委員会:内閣府設置法

第三十八条 宇宙政策委員会は、次に掲げる事務をつかさどる。

一 **内閣総理大臣の諮問に応じて次に掲げる重要事項を調査審議**すること。

イ **宇宙開発利用に関する政策に関する重要事項**

ロ 関係行政機関の宇宙開発利用に関する経費の見積りの方針に関する重要事項

ハ イ及びロに掲げるもののほか、宇宙開発利用に関する重要事項

二 内閣総理大臣又は関係各大臣の諮問に応じて人工衛星及びその打上げ用ロケットの打上げの安全の確保又は宇宙の環境の保全に関する重要事項を調査審議すること。

2 **宇宙政策委員会は、前項各号に掲げる重要事項に関し、必要があると認めるときは、内閣総理大臣又は関係各大臣に意見を述べる**ことができる。

3 **宇宙政策委員会は、第一項各号に掲げる重要事項に関し、必要があると認めるときは、内閣総理大臣又は内閣総理大臣を通じて関係各大臣に対し、必要な勧告を**することができる。

旧宇宙基本計画（令和2年6月30日閣議決定）

1.宇宙政策をめぐる環境認識
(6)宇宙活動の広がり
2019 年 10 月、我が国は、火星を視野に入れつつ、月での持続的な活動を目指す、米国提案による国際宇宙探査（アルテミス計画）に参画することを政府として決定した。本計画は、月での持続的な活動を目指すなどの点で従来の宇宙科学・探査とは全く性格が異なるものであり、これからは、月あるいは火星までの領域が人類の活動の舞台となっていくことを踏まえ、将来の経済活動や外交・安全保障を含めた幅広い観点から取り組んでいく必要がある。

新宇宙基本計画（令和5年6月13日閣議決定）

1. 宇宙政策をめぐる環境認識
（4）月以遠の深宇宙を含めた宇宙探査活動の活発化
【宇宙物理学・惑星探査】
宇宙科学・探査に関する世界的な潮流として、宇宙物理学分野においては、より遠くまで、より鮮明に対象天体等を観測することが重要視され、米国航空宇宙局(NASA)の**ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡（JWST）は科学史に残るような顕著な成果を挙げつつある。この JWST に代表される数千億円から 1 兆円を超えるミッションが進められる等、宇宙科学・探査ミッションは大規模化が進んでいる。**惑星探査分野では、太陽系において将来人類が居住できる可能性がある唯一の惑星である火星が主要な対象となっており、米国、欧州及び中国は、いずれも、火星からのサンプルリターンという大型計画に取り組んでいる。我が国においても、2029 年度に火星衛星からのサンプルリターンを目指し、2024 年度に火星衛星探査計画（MMX）探査機の打上げを予定している。
これまで我が国は、未開拓な分野を研究対象に据え、必要な工学技術を磨くことで、理工融合による先端的な研究成果を上げてきた。「はやぶさ」シリーズは、その代表例であり、太陽系形成当時の状態を保持する可能性のある小惑星という未開拓の研究対象を捉え、我が国独自で磨いた技術でサンプルリターンを実現し、高度な物質分析技術とあいまって、世界でも高く評価される成果を上げた。**観測手法や科学上の目的が多様化する中、我が国は、国際協力も選択肢に含めつつ、リソースを有効活用しなければならない。**また、今後、他の国々がサンプルリターン分野に参入すれば、その技術的優位性が相対的に低下するおそれもある。我が国が今後も世界的に評価される**高度な研究成果を創出するには、萌芽的な基礎研究の中から、独創的な研究領域や先鋭的な技術を見出し、開拓・開発することで、我が国の新たな強みとして育てていく必要がある。**
【月面探査】
こうした動きが進む中、ISS の次の有人宇宙活動として、米国は、国際宇宙探査プログラムであるアルテミス計画を推進し、同盟国・同志国と民間産業とともに、火星を含めた深宇宙の有人探査を視野に入れつつ、月面における有人探査活動をスタートさせ、将来的には月面での持続的な活動を目指している。米国のメガスタートアップ企業は、人類の持続可能性と地球環境保護の観点から人類の生存圏を広げるべく、月面や地球近傍、火星の開拓に向け、輸送システムの開発や活動拠点建設に向けた取組を実施している。また、月については、中国、インド、その他の新興国も宇宙開発を加速しており、国際競争が激化している。
こうした中、我が国は、2019 年 10 月にアルテミス計画に参画することを決定し、2020 年代後半に、有人与圧ローバの提供と併せ、米国人以外で初となる日本人宇宙飛行士の月面着陸の実現を図ることとしている。**アルテミス計画が政策的に推進される中で、まずは月面の探査を行うこととなるが、その際、研究者の独創的な発想に基づく無人探査計画等とも最大限有効に連携していく必要がある。**また、月以遠の深宇宙が人類の新たな活動領域となっていくことを念頭に、月面開発の発展段階に合わせて、水資源を含めた資源探査やそのための基盤整備を適切に進めると同時に、既に我が国の民間事業者が世界に先行して月面探査を試みる動き等も出てきているところ、非宇宙産業を含めた民間事業者の宇宙開発への参画を促し、国際競争力を獲得していくことが必要である。

新宇宙基本計画の特徴①
・宇宙科学、特に天文学に関する記述の大幅増加

旧宇宙基本計画（令和2年6月30日閣議決定）

2.我が国の宇宙政策の目標
(1)多様な国益への貢献
③ 宇宙科学・探査による新たな知の創造
優れた研究成果を広く国内外に発信することにより国際的に高い評価を受け、我が国の国際社会におけるプレゼンスの確保にも大いに貢献している宇宙科学・探査について、国際協働を主導するなど取組を強化し、新たな知の創造につながる世界的な成果を創出していく。

新宇宙基本計画（令和5年6月13日閣議決定）

2. 目標と将来像
（3）宇宙科学・探査における新たな知と産業の創造
i .目標
(a)人類共通の知の創出と人類の活動領域の拡大
宇宙科学・探査は、人類共通の知の創出と、宇宙空間における人類の活動領域の拡大とを目的とする営みである。**知の創出は、活動領域の拡大にいかされ、これが更なる知の創出につながっていく。**我が国は、リソースを有効に活用し、小惑星サンプルリターン等続く独創的なアイデアによる卓越した知の創出と、この知に基づき、人類の持続的な活動領域を地球上から地球低軌道、月以遠の深宇宙へと拡大することを目指す。

(b)新たな産業の創造と人類の活動領域の拡大
月面探査活動及び地球低軌道活動について、産業振興を通じて新たな市場を構築しながら民間商業活動も含むものへと段階的に発展させることで、人類の活動領域を地球低軌道及び月以遠の深宇宙へと拡大することを目指す。

(c)次世代の人材育成と国際的プレゼンスの向上
宇宙科学・探査の成果や、宇宙飛行士の活躍に代表される活動によって、広く国民、特に子供たちの知的好奇心を喚起し、夢や希望、誇りを与え、次世代を担う人材育成と、国際社会における我が国のプレゼンス向上に貢献するとともに、幅広い分野の科学技術をけん引し、民間等との共同研究開発等によって産業競争力の強化にも貢献する。こうした成果や波及効果により、宇宙科学・探査分野の好循環をもたらす。

ii .将来像
(a)宇宙科学・探査
【宇宙物理学】
宇宙物理分野では、現在の宇宙物理学の共通のテーマである、宇宙の起源と進化の理解や宇宙における生命の可能性の探求を大きな目的としている。**2040 年頃までには、ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡（JWST）の後継の宇宙望遠鏡計画が、我が国を含む国際協力により進展し、地上の超大型望遠鏡群や我が国の中・小型宇宙望遠鏡等との連携により、宇宙の起源や進化、物質の根源等や太陽系外惑星における生命存在環境と生命の可能性に関する知見、ダークマター、ダークエネルギーの正体等が解明されることが期待される。**

新宇宙基本計画の特徴②

- ・ 学術研究と産業振興・宇宙開発等の国の政策とのwin-winの関係の重要性の指摘
- ・ ポストJWSTへの日本の参加

旧宇宙基本計画（令和2年6月30日閣議決定）

新宇宙基本計画（令和5年6月13日閣議決定）

N/A

新宇宙基本計画の特徴③

・ 月面電波天文台の推進

【太陽系科学】
太陽系科学分野では、太陽系と生命がどのように生まれ、進化して、現在に至ったかを解明することを目的に掲げている。太陽や磁気圏等の太陽圏の観測により、恒星の活動が地球のような生命が生存できる環境の実現とどのように関連しているか、総合的な理解を深めていく。また、各国によるサンプルリターンを含めた小天体・惑星探査を通じた惑星科学・宇宙科学に関する知見を蓄積していく。

月に関しては、地球に最も近い天体であり、アルテミス計画と連携した探査が進展することで、地殻の物質や内部構造の調査による月の起源や、月面からの電波観測により得られる、宇宙の起源や進化過程に関する科学的知見を蓄積していく。また、地球近傍に位置することから地球からの輸送、通信の観点からも利点があり、火星等重力天体への着陸・帰還技術、惑星表面探査ロボット技術など、今後の太陽系探査に向けた技術獲得・実証を推進していく。

また、火星では、MMX の成果に加え、米国、欧州及び中国により計画されている無人着陸探査による高精度のその場観察と、サンプルリターン・実試料分析が実現することにより、火星の表層・内部及び起源に関する理解が飛躍的に進展するとともに、生命の痕跡となる有機物が発見される可能性もある。さらに、小天体・彗星のサンプルリターンや木星以遠の惑星・衛星の周回軌道からの観測が進展する。

火星、小天体・彗星等や月から得られた知見を糾合する等により、太陽系の形成過程や生命の起源等に関する理解を飛躍的に進展させる。同時に、特に惑星探査を通して、人類の活動領域の拡大に資する技術獲得を進めていく。

旧宇宙基本計画（令和2年6月30日閣議決定）

4. 宇宙政策に関する具体的アプローチ
(3)宇宙科学・探査による新たな知の創造

①基本的考え方
宇宙科学・探査は、人類の英知を結集して、知的資産を創出し、宇宙空間における活動領域を拡大するものである。今後、データ量が飛躍的に増加することで、惑星科学等で新展開も期待される。国際ミッションを主導するなどして、我が国の宇宙科学・探査を更に発展させ、宇宙や生命の起源を探るなど新たな知の創造につながる世界的な成果を創出する。その際、国際協働を進めることで我が国のプレゼンスの向上に貢献するとともに、我が国の宇宙分野の科学技術を更に進化させ、地上技術への派生（スピンオフ）に向けた取組も強化する。また、革新的な技術開発の促進や人材育成のため、失敗を恐れず挑戦できる環境作りを重視する。

アルテミス計画については、月での持続的な活動を目指すなどの点で従来の宇宙科学・探査とは性格が異なることを踏まえ、経済活動や外交・安全保障など宇宙科学・探査以外の観点からの関与も含め、政府を挙げて検討を進め、我が国として主体性が確保された参画とする。その際、我が国としてどのような分野で協力し、何を得るのかといった戦略を明確にした上で効果的・効率的な参画とするとともに、民間企業や大学・研究機関の積極的な参加を得るための方策も合わせて検討する。

ISS 計画については、運用の更なる効率化を進めるとともに、上記の月・火星探査に必要な能力の獲得・強化等のために活用する。また、運用期間の延長を図る方向にある米欧の動向も踏まえ、国として 2025 年以降のISS の在り方を含む地球低軌道における活動に関する将来のシナリオを検討し、必要な措置を講ずる。

② 主な取組
宇宙科学・探査
学術としての宇宙科学・探査については、今後とも世界的な成果と知的資産を創出するため、「はやぶさ」、「はやぶさ 2」で培った独自の深宇宙探査技術を始め、世界的に高い評価を受けてきた我が国の実績と技術力をベースに、引き続き長期的な視点を持って取り組み、我が国のプレゼンスの更なる向上につなげるとともに、地上技術への派生も積極的に進める。（文部科学省）

このため、研究者からの提案に基づくボトムアップを基本として JAXA の宇宙科学・探査ロードマップを参考にしつつ、今後も一定規模の資金を確保し、推進する。そこで、今後 10 年間では、戦略的に実施する中型計画に基づき 3 機、公募型小型計画に基づき 2 年に 1 回のペースで 5 機打上げを目指すとともに、戦略的海外共同計画や小規模計画に基づき、海外が主導するミッションに積極的に参加する等、より小規模なミッションでの成果創出機会も確保する。（文部科学省）

新宇宙基本計画（令和5年6月13日閣議決定）

4. 宇宙政策に関する具体的アプローチ
（3）宇宙科学・探査における新たな知と産業の創造に向けた具体的アプローチ
【基本的考え方】
独創的なアイデアを生み出し、特長ある技術を発展させることによって、独創的・先端的な研究成果を創出するよう、**危機感を持って取り組んでいく**。その際、国際的な研究の潮流や目覚ましい研究成果、民間の最新の技術動向等を常に注視し、国際協力ミッションでの実施も視野に入れて計画を立案し、必要に応じて改善を図る。**科学的な知の創出に加え、国民への夢・希望の提供、経済・社会、外交等の側面にも配慮し、広く国民の支持と理解を得る努力を行いながら、宇宙科学・探査ミッションを推進していく**。
加えて、我が国にとって、月面活動等のための技術実証等、地球低軌道活動の意義は引き続き存在することから、当該活動に必要な場と機会を確保する。

(a)宇宙科学・探査
宇宙科学・探査ミッションについては、研究者からの提案に基づくボトムアップを基本としてJAXA の宇宙科学・探査ロードマップを参考にしつつ、今後も一定規模の資金を確保し、推進する。今後 10 年間では、**戦略的に実施する中型計画**に基づき 3 回の衛星・探査機の打上げ又は**海外主導ミッションへの中型計画規模での参加**及び主として公募により実施する小型計画に基づき、2 年に 1 回のペースで 5 回の衛星・探査機の打上げを目指すとともに、戦略的海外共同計画（海外主導ミッションに中型計画の規模を上回らない規模で参加することも必要に応じ検討）や小規模計画に基づきミッションを推進する等、より小規模なミッションでの成果創出機会も確保する。（文部科学省）

【宇宙物理学】
我が国単独では実施が困難な大型の海外計画への存在感を持った形での参画を目指す。このため、JAXA や宇宙物理学分野の研究者のコミュニティが一体となった協力体制を構築し、国際動向の情報収集を行い、長期戦略を立案して必要な技術開発を行っていく。また、国際的な大型計画とも相補的かつ独創的・先鋭的な技術を活用した、我が国としての、科学的にユニークな中・小型のミッションの創出を目指す。（文部科学省）

新宇宙基本計画の特徴④
・ 戦略的中型計画で海外主導ミッションへの中型計画規模での参加を可能とする

旧宇宙基本計画（令和2年6月30日閣議決定）

太陽系探査科学を始め戦略的・長期的な取組が必要なミッションについては、効果的・効率的に活動を行える無人探査を、ボトムアップのアプローチに加え、全体を俯瞰したプログラム化も行いつつ進める。プログラム化においては、将来の多様なプロジェクトにおけるキー技術としての適用を見据え、我が国が世界に先駆けて獲得すべき共通技術及び革新的技術の研究開発等を進める（技術のフロントローディング）。また、深宇宙（特に木星以遠）探査に向けて、深宇宙探査機の電源系や推進系等を革新する基盤的研究等を推進する。我が国の強みであるサンプルリターンについては、事後の迅速なサンプル分析等のフォローアップが的確に実施できる体制を整備して取り組む。

なお、宇宙空間の混雑化などを背景に、今後、宇宙からの天体観測が更に重要となると見込まれることに留意する。（文部科学省）

引き続き、JAXA の大学共同利用システムにおいて宇宙科学・探査に関する学術研究を進め、JAXA と大学等との人事交流を推進するとともに、長期的な視点を持って大学院生に対する研究・教育・プロジェクトの一体的な実施による人材育成を行う。また、学生や若手研究者を始めとする多様な人材が宇宙科学・探査プロジェクト等に参加する機会を提供することで、人材育成はもとより、人材の流動化や他分野との連携、民間企業との交流を促進するなど、宇宙科学や宇宙産業の発展に資する取組を進める。（文部科学省）

新宇宙基本計画の特徴⑤

- ・アルテミス計画の枠組での月面からの天体観測（月面天文台）の推進
- ・宇宙技術戦略に基づき、将来の我が国の強みとなり得る最先端技術の開発を行い成果の蓄積を図る。
- ・フロントローディングの考え方により、重要な要素技術の研究開発を事前に行う。

新宇宙基本計画（令和5年6月13日閣議決定）

【太陽系科学】
我が国が強みを持つ小天体探査については、「はやぶさ」シリーズで獲得した世界でのリーダーとしての地位の維持・向上を図る。探査機を更に高度化し、サンプルリターンを行う次世代の小天体探査のミッションの対象や手法について具体的な検討を行う。また、強みをいかした国際協力等により、彗星などの海外主導大型の探査計画への中核としての参画について検討を進める。加えて、太陽観測・太陽圏科学分野でも引き続き先鋭的な観測技術・手法の検討を図る。

同時に、アルテミス計画との連携を視野に、月及び火星について科学的成果の創出及び技術面での先導的な貢献を図る。

アルテミス計画による月面活動の機会（有人と圧ローバの活用を含む。）を活用し、**「月面における科学」(i. 月面からの天体観測（月面天文台）、ii. 重要な科学的知見をもたらす月サンプルの選別・採取・分析、iii. 月震計ネットワークによる月内部構造の把握）の具体化を進める。「月面における科学」の研究の実施及び必要な要素技術の開発のため、小型月着陸実証機（SLIM）技術を維持・発展させた月探査促進ミッションと、可能な限り民間サービスを活用していくことについて検討を進める。**

火星本星の探査については、米国と中国による大規模な計画が先行する中、将来の有人探査に向けて、2030年代には国際的な役割分担の議論が開始される可能性があるため、2040年代までの長期的視点を持って、我が国が有利なポジションを得るために、産学のリソースを最大限に活用して、米中を始め他国が有していない我が国の独創的・先鋭的な着陸技術・要素技術等の発展・実証を目指すとともに、火星本星の探査に関する検討を行う。

また、太陽系進化の解明を図るために、小天体・彗星、外惑星を探査する次期ミッションの対象や手法について具体的な検討を行う。（文部科学省）

【重要技術の開発】
宇宙科学・探査に関する宇宙技術戦略策定に際しては、高度な宇宙科学・探査ミッション実現のため、科研費等による基礎的な研究の成果や産業界における技術の進展等に鑑み、政策的な優先度を勘案して、獲得すべき重要技術を宇宙技術戦略において特定する。

我が国の現状の強みである小惑星等のサンプルリターン技術については、今後も世界でのリーダーとしての地位を維持・向上させるため、その技術を更に高度化するとともに、高度な分析技術を維持・発展させる。**また、宇宙技術戦略に基づき、将来の我が国の強みとなり得る最先端技術（例えば、太陽光推進技術、大気圏突入・減速・着陸技術、越夜・外惑星領域探査に向けた半永久電源等の基盤技術等）の開発を行い、成果の蓄積を図る。**

ミッションのプロジェクト化に当たっては、フロントローディングの考え方により、**重要な要素技術の研究開発を事前に行うことで、プロジェクトを行い、円滑にマネジメントでき、企業の開発リスクが低減されるよう、図っていく。**（文部科学省）

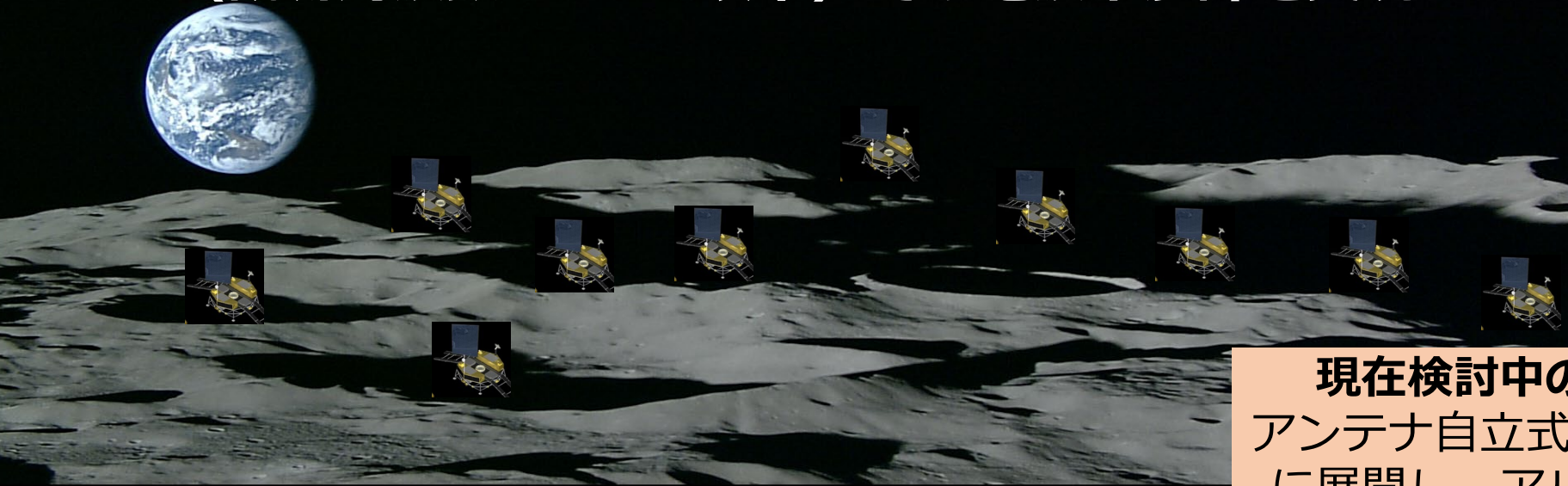
今後のJAXAミッションのあるべき姿 26

科学と国と国民目線でインパクトのあることを行おう

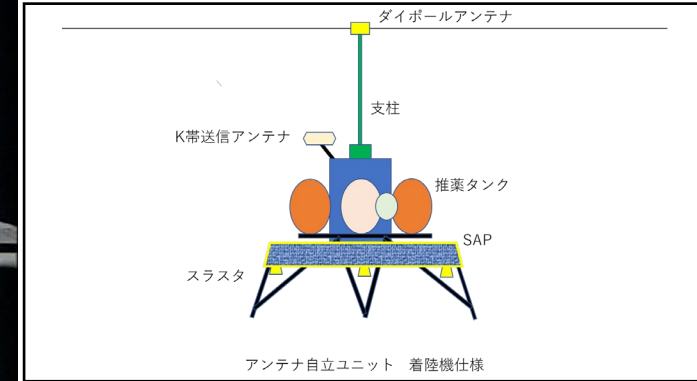
- ・ **火星着陸:米中とは異なる着陸方式で多くの世界の仲間を火星に連れていく**
 - ・ 日本が育てた展開シェル技術を利用し未踏の極域に着陸
 - ・ プログラム化により、観測機器重量を順次拡大
- ・ **彗星の氷サンプルリターン:太陽系の起源を理解する究極の計画**
 - ・ 米国の要請によりCAESER計画の地球帰還システム一式を提供する
 - ・ 日本の強みであるはやぶさーはやぶさ2のサンプルリターン技術の継続・発展が可能となる
- ・ **月面裏面の電波望遠鏡:第一級の科学成果を生み出しつつ月面活動技術を獲得し、その後の大規模展開は民間へ**
 - ・ 天文学的に重要な低周波電波領域で理想的な観測環境。中国はすでに月裏面で観測中
 - ・ SLIM後継機(LEAD)ないしspace mission-nで輸送
- ・ **NASA Habitable Worlds Observatoryへの本格参加**

究極の天文台:月裏面の月面天文台

月面に複数の小型ダイポールアンテナを展開し、メートル波
(観測周波数50MHz以下)での電波干渉計を実現



©JAXA/NHK



現在検討中のアンテナ自立式ユニット
アンテナ自立式ユニットを100基以上、月面に展開し、アルマ望遠鏡で培った電波干渉計技術を駆使して、**月面天文台**を構成

周波数 波長	3-30kHz 10-100km	30k-30MHz 10m-10km	30M-3GHz 0.1-10m	3-100GHz 0.3-10cm	100G-1THz 0.3-3mm	1-10THz 30-300um	10-100THz 3-30um	100T-1PHz 0.3-3um	1-3PHz 0.1-0.3um
名称	超長波	短/中/長波	メートル波	センチ波	ミリ波 サブミリ波	遠赤外線	中間赤外線	近赤外線 可視光	紫外線
月	←月の電離層→ ×	○	○	○	○	○	○	○	○
地球周回 軌道	←地球の電離層→ ×	×	▲	○	○	○	○	○	←高層大気吸収→ ○
地球上 マウナケア アタカマ など	←地球の電離層→ ×	×	▲	○	○	×	▲	○	×

科学目標：地球の電離層により観測することができないメートル波（観測周波数1-50MHz）を使い、

- 1) 中性水素21cm線グローバルシグナル観測、
- 2) インフレーションによる物質密度のゆらぎ観測、
- 3) 系外惑星のオーロラの観測

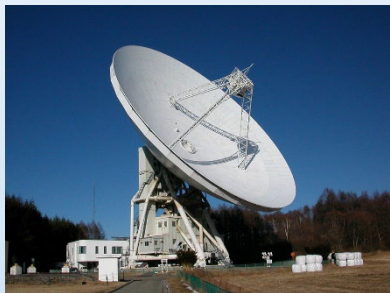
NASA Habitable Worlds Observatory(HWO)への日本の参加²⁸

- NASA はAstrophysics Decadal Survey 2020において最優先大型計画として推薦された大型（紫外線/可視光/近赤外）宇宙望遠鏡について、2023年1月の米国天文学会のセッションで “Habitable Worlds Observatory”として検討を開始することを周知。同年4月には、NASA の大型計画の新たなマネジメントスキーム（GOMAP：Great Observatory Maturation Program）※の初の試みとして、HWO の検討を開始することを周知。
 - ※複雑な大型計画について、技術・資金・スケジュールリスクを低減する活動をまとめた期間・予算（\$ 600M相当）をかけて Phase A の前に行うもの。
- HWOのGOMAP活動は、START（Science, Technology, Architecture Review Team）と、NASA TAG (Technology Analysis Group)※という2つのグループにより実施。
- ※NASAにおいてアーキテクチャのオプションを検討、技術・リスク評価を実施。
- START 活動は、コミュニティ参加の上、本格的な Pre-PhaseA に入る前の初期コンセプトの検討を行うものであり、15-20名程度の宇宙の構造形成、物理、系外惑星、太陽系科学、システム工学、技術、ミッションアーキテクチャの専門家が参加予定。
- **HWOは今が検討開始の段階であり、計画検討への寄与、日本の貢献案の検討を行うべく、日本からSTART 活動へのRepresentative 派遣を受け入れるよう先日、NASA科学局長に申し入れ。前向きに対応するとの回答。**

宇宙科学の国の重要システムへの貢献

29

国立天文台・三菱電機の望遠鏡開発



野辺山 1982～
・口径45mミリ波望遠鏡：日本初の大型ミリ波電波アンテナ技術を確立



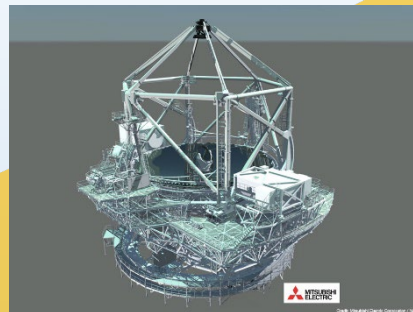
すばる 1999～
口径8m光赤外線望遠鏡：世界最大級の大型一枚鏡を実現し、現在世界最高性能の解像度、追尾精度、広視野を持つ



ひので 2006～
・大型宇宙望遠鏡システム技術
・高解像光学技術
・微小擾乱抑制技術



アルマ 2013～
標高5000mで用いる口径12m,7mのサブミリ波アンテナを日、米、欧のコンペティションの下で製造し、その高性能を実証



TMT 2034～
口径30m光赤外線望遠鏡：分割鏡技術による超大型望遠鏡の実現。2000トンの大型構造物を1万分の数度以下の精度で指向させ、数10万分の1度のイメージング解像度という世界最高の性能を実現

国の重要システムへの貢献



JAXA 臼田64m鏡
我が国唯一の深宇宙探査用追跡管制地上局として活躍した

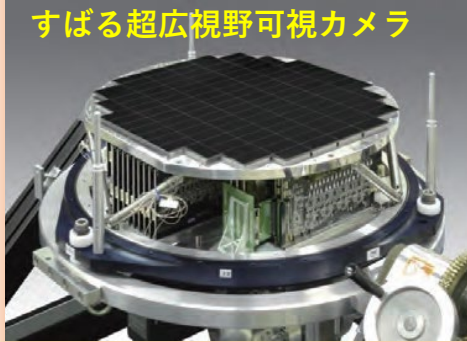


JAXA 美笹54m鏡
国際宇宙探査における我が国の自立性・自在性の確保

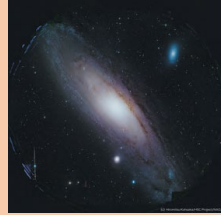
国立天文台の有する先端技術

高感度・大画素可視赤外線センサー技術

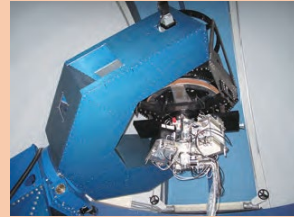
すばる超広視野可視カメラ



すばる望遠鏡



超広視野カメラで撮像したアンドロメダ星雲



宇宙デブリ探査へ応用

高感度、低雑音、広い波長帯をもつ大画素可視CCDセンサーを開発。現在、高感度赤外線センサー、高速度化ができる可視CMOSセンサーを開発中。

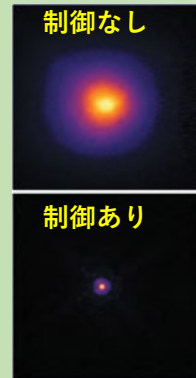
(センサーは浜松ホトニクス、光学系はキヤノン等との共同開発、超低ノイズ電気系は国立天文台の内製)

大気揺らぎに打ち勝つ、補償光学技術



すばる補償光学装置

星像の揺らぎを毎秒1000回以上測定し、ミリ秒の応答時間・数ナノメートルの精度で可変形鏡を制御し光の乱れを直す。⇒地上から宇宙望遠鏡に匹敵する解像度を実現



制御なし

制御あり

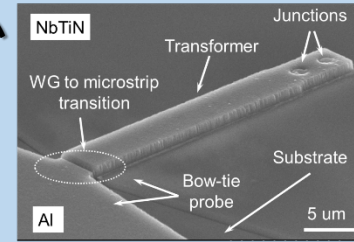
解像度10倍以上になる

超高感度電波受信システム(電波、テラヘルツ域)

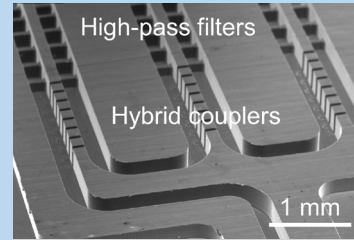


世界最高性能ALMA受信機

ALMA望遠鏡(チリ)



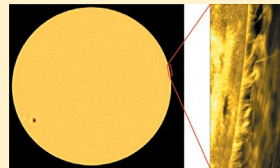
超伝導デバイス設計・作製技術
⇒量子技術への貢献が期待



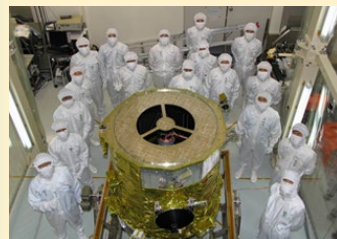
テラヘルツ回路設計・評価技術
⇒B5G/6G技術への貢献が期待

宇宙望遠鏡技術

宇宙用の高解像光学望遠鏡システム(紫外、可視光、赤外線の撮像・分光装置)を開発



HINODEによる高解像太陽観測



HINODE衛星搭載望遠鏡



NASA CLASPロケット搭載望遠鏡

振動を原子の10億分の1に抑える防振技術



KAGRAのレーザー干渉計の反射鏡

フォトニック技術(光と電波の融合)



原子時計精度の周波数・時刻信号を広い範囲に配る。
⇒6G超高速通信への貢献

開発を支える 30 先端技術センター

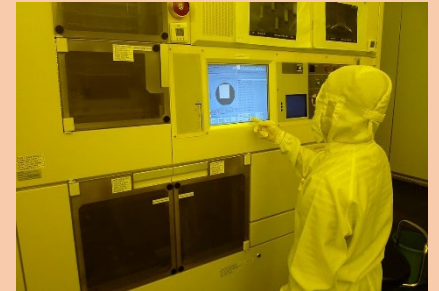
企業でできない技術開発を行い、試行錯誤を繰り返すことで、世界最先端の性能を実現する



金属3Dプリンタ



ALMA受信機ホーンを量産



超伝導素子開発クリーンルーム
(低損失・低雑音超伝導デバイス技術の共同研究を日本電気と開始)



地上・衛星搭載用観測装置共用クリーンルーム

国立天文台における社会実装 「天文学のための技術」を「暮らしを支える技術に」

国立天文台は、天文学から得られた発見や技術を活用し、多分野に渡る課題に迅速かつ効率的に取り組んでいます

先端技術センター（ATC）と産業連携室は、産業界からの共同研究開発に対する強い要望に応え、世界最高水準の研究力と最先端設備により社会実装プログラムを推進しています。

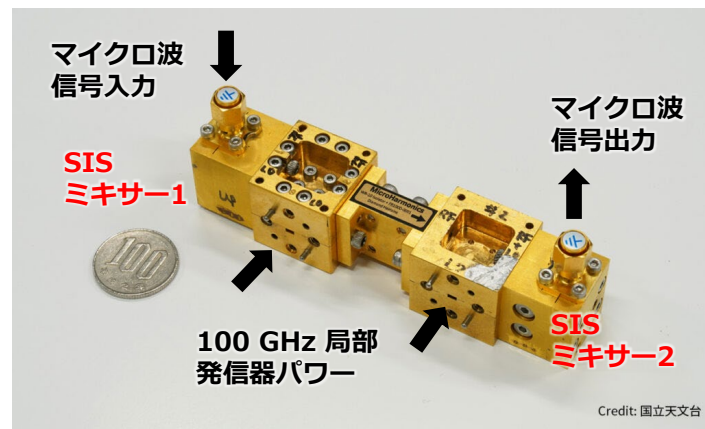


ALMA望遠鏡の技術を量子コンピューターや Beyond5G/ 6Gへ

誤り耐性を持つ汎用量子コンピューターの ための小型で強力な超伝導増幅器

成果 ALMA用に開発された超伝導体-絶縁体-超伝導体 (SIS) ミキサーを用いて、従来の冷却半導体アンプよりも消費電力を3桁低減した冷却低雑音アンプの実証に成功。

ソリューション 誤り耐性を持つ汎用量子コンピューター (量子ビット数100万レベル) の実現に不可欠な技術



マイクロ波信号が、各SISミキサーでアップコンバートされた後ダウンコンバートされ、ゲインを持つマイクロ波アンプとなる。

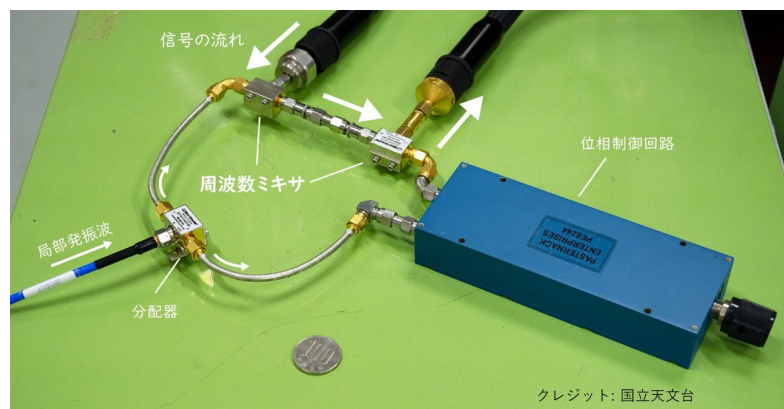
日本：特許第7017752号
US：10680567 B2

2023年3月20日プレスリリース

新しい電波カメラと量子コンピュータのための 新しいマイクロ波アイソレーター

成果 2つの周波数ミキサーを用いて、従来のcmサイズのマイクロ波アイソレーターをmmサイズに縮小する原理実証に成功。

ソリューション ALMAで開発されたSISミキサーを用いることで、多数のアイソレーターが不可欠な量子コンピュータの大規模開発を可能にする技術。



2つの周波数ミキサーを使い、局発振器のパワーの位相を調整することで、回路がアイソレーターとして機能する。

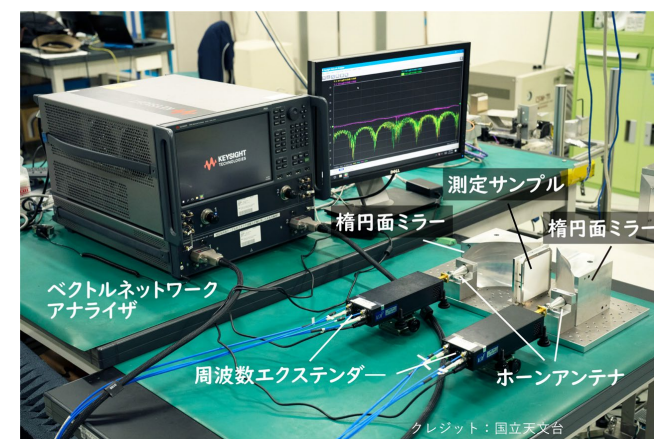
日本：特願2022-172655
US：出願手続き中

2023年7月4日プレスリリース

電波望遠鏡受信機と次世代通信網を進化させる高精度な誘電率測定技術

成果 従来の「自由空間法」の測定誤差を1/100にすることで、誘電率を正確かつ容易に測定できることを実証。

ソリューション 次世代高速無線通信ネットワーク "Beyond 5G/6G" における材料特性評価のための基盤技術。



ALMA用に開発されたホーンアンテナ付き測定系により、新しい解析アルゴリズムによって試料の誘電率を正確に導出する。

2023年8月8日プレスリリース

すばる望遠鏡で用いられている補償光学(AO) は宇宙光通信を劇的に進化させます

課題

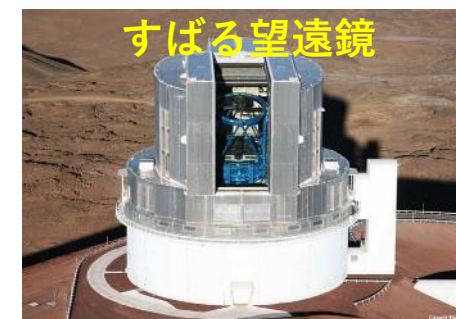
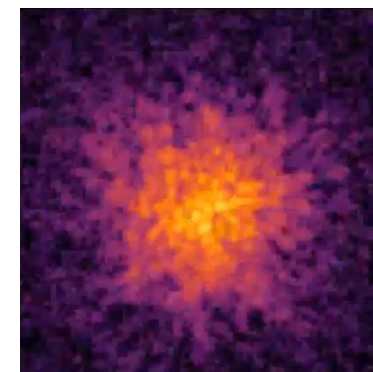
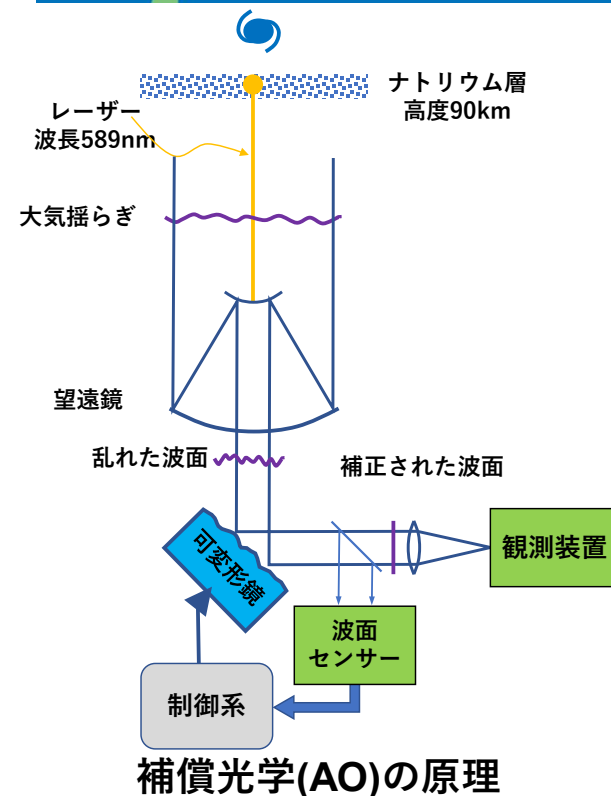
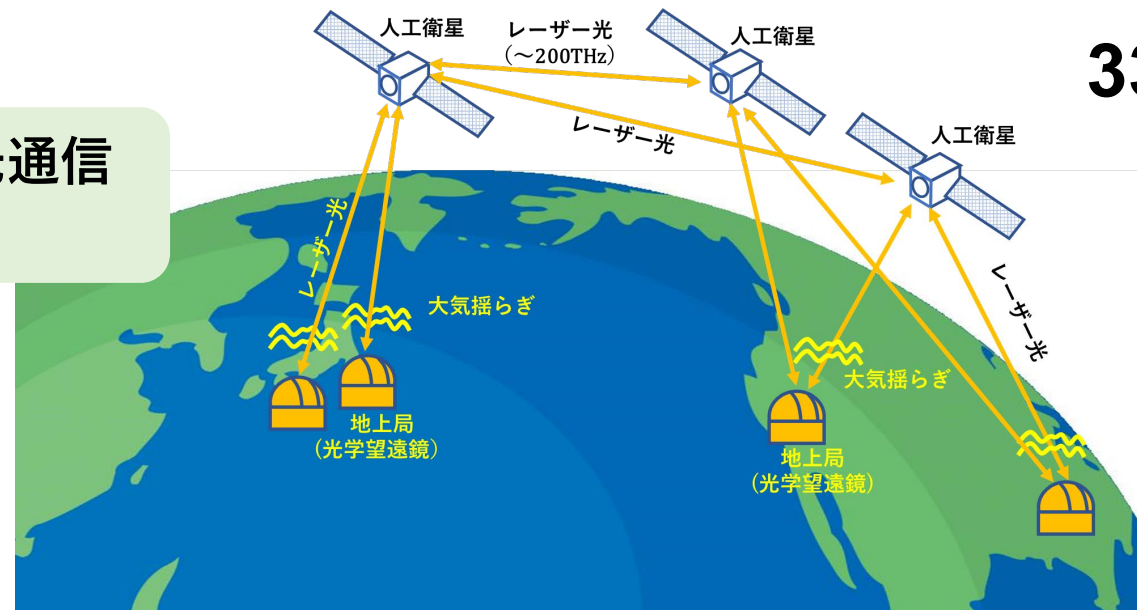
地球の大気が光学的な乱れを発生させ、地上基地局と衛星間の光ビーム品質を劣化させる。

解決策

AOにより乱流を補正し、光ビームの質を大幅に改善する。

すばる望遠鏡のAO

国立天文台は1994年以来、AOの開発をリードし、すばる望遠鏡で開発された技術を宇宙光通信に応用することに取り組んでいる。



望遠鏡の技術を生物顕微鏡へ

光学望遠鏡に用いられる補償光学(Adaptive Optics: AO)技術は、現在、生物顕微鏡のような天文学以外の多目的なソリューションに進化しています。

日本国特許No. 6394850, 特願 No. 2013-195943

日本国特許No. 6693030, 特願 No. 2017-214103

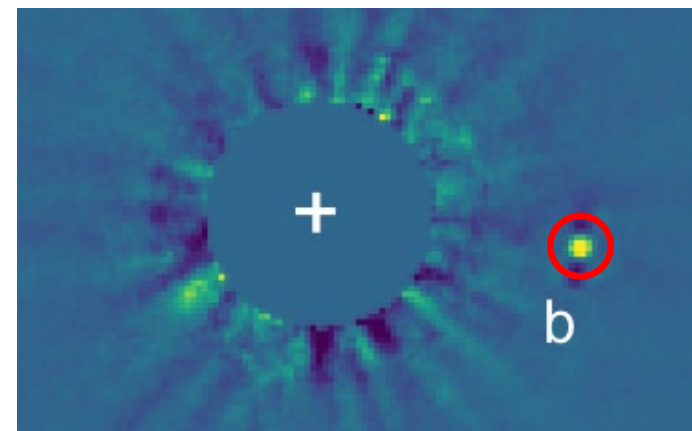
US10254538, 15/023281

US11422636, 16/283175

タマネギの生細胞の顕微鏡画像



収差補正用蛍光ビーズ

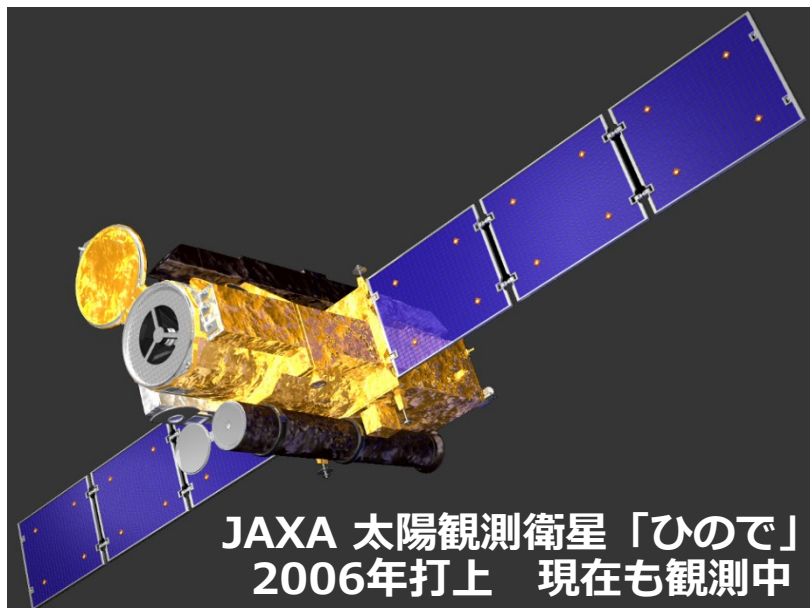
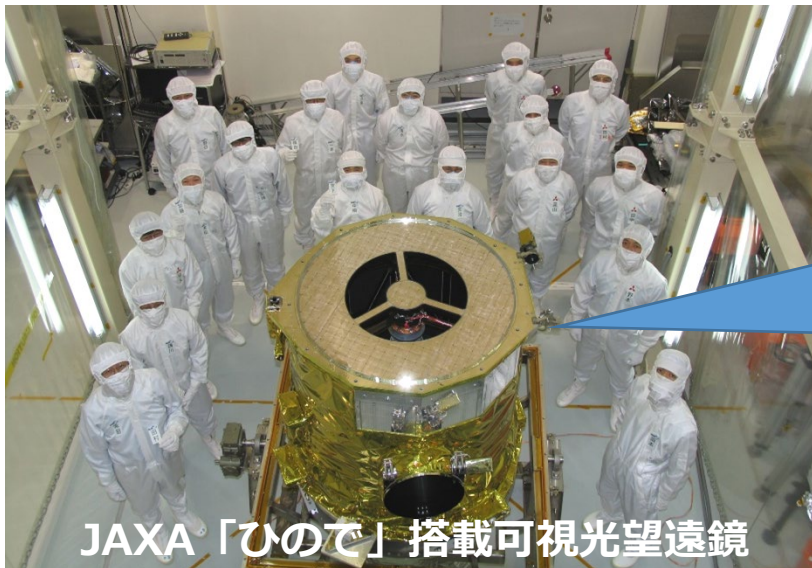


AOを用いた太陽系外惑星

国立天文台のJAXAミッションへの貢献

衛星・NASA観測ロケット搭載望遠鏡の開発

35



先端技術センター

世界最高の解像度の太陽観測望遠鏡を**JAXA**に納入
(国立天文台・三菱電機)

NASA観測ロケット搭載紫外線高精度偏光望遠鏡を**NASA**に納入
(2015, 2019, 2021)

観測装置部分：全長2.5 m

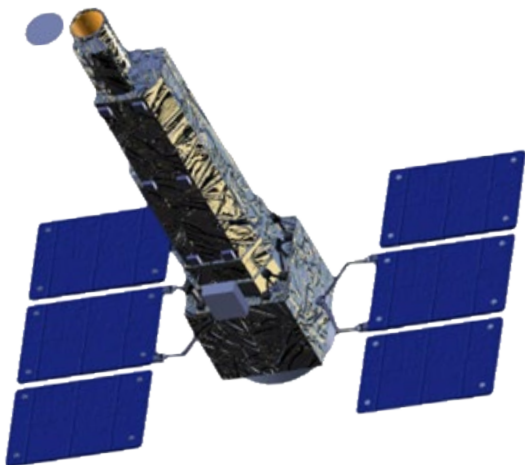


White Sands Missile Range
(米国・ニューメキシコ州) での打上

2020年代の国立天文台の飛翔体搭装置の開発

JAXA SOLAR-C (2028年打上予定)

極端紫外線の高解像分光観測により、
太陽コロナ、太陽風、太陽フレアの
発生の仕組みを解き明かす



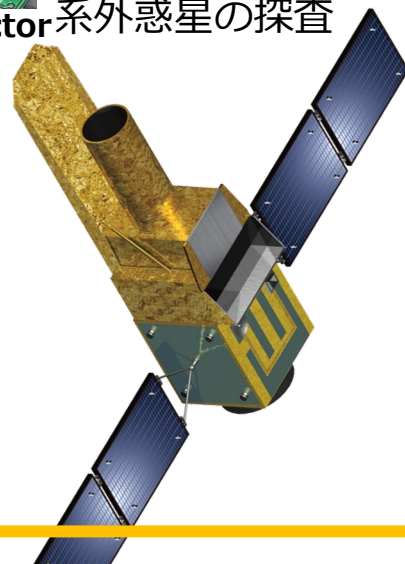
極端紫外線分光望遠鏡
EUVSTの開発

JAXA 赤外線位置天文衛星 JASMINE(2028年打上予定)



InGaAs Detector
(2kx2k)x4個

天の川銀河の形成の鍵を
握る中心核の構造と形成
史の解明、および生命居
住可能領域にある地球型
系外惑星の探査



近赤外線InGaAs検出器と
カメラシステムの開発

MPS SUNRISE-3 (2024年打上げ予定)

光球から彩層までの偏光分光観測を行
い、太陽大気中における3次元温度・速
度・磁場構造を明らかにする



SUNRISE気球望
遠鏡(スウェーデ
ン・キルナ)

SCIP(近赤外線偏光分
光装置)の開発

先端技術センター

【設立趣旨】

天文学は、ダークエネルギーや宇宙初期の天体形成の解明、地球型惑星の直接観測の直接観測、生命起源の探求など、人類未到のフロンティアを切り拓くとともに、情報・通信科学や光・電子工学など最先端の科学技術を駆使することで、将来的にイノベーション創出にも貢献することが期待される。また、「未来科学」として、多くの若者や子供の夢を育み、未来社会を生きるためのリテラシーを備えた人材の育成に、天文学はますます大きな役割が期待できる。

このような天文学における学術フロンティアを先導していくためには、大型化・高度化する研究施設・設備の整備など必要な資源の措置に向けた、国の推進体制を強化していく必要がある。

このため、超党派による有志の国会議員が集い、天文学を巡る諸課題について研究し、我が国の天文学及び関連する基礎研究を強力に支援していくことを趣旨として、「天文フロンティア議員連盟」が発足することとなった。

【メンバー（2022.11.7）】

<衆議院>

船田元 議員、渡海紀三郎 議員、塩谷立 議員（会長）、佐藤茂樹 議員、
中川正春 議員、伊藤達也 議員、古川元久 議員、大島敦 議員、
大野敬太郎 議員（事務局長）、小林鷹之 議員、
田野瀬太道 議員、他9名

<参議院>

松山政司 議員（幹事長）、新妻秀規 議員、他6名

【開催履歴】

- 2019年8月28日 第1回開催
- 2019年10月17日 第2回開催
- 2019年11月20日 第3回開催
- 2020年11月27日 第4回開催
- 2022年11月30日 第5回開催



まとめ

- この5年半TMT計画の推進に全力を挙げてきたが、工事が中断した2019年頃に比べて、ハワイの状況、NSFのプロセスとともに改善・進展しており、文科省等の理解も深まっている。TMTは時間はかかるが必ず実現できるので、天文学コミュニティがone voiceとなることが大事。
- 地上天文学において、日本は主要国際プロジェクトに参加している。飛翔体天文学において、欧米の巨大ミッションに参入していくには、地上天文学の技術的アセットを宇宙に活用していくのが得策。スペースと地上の連携が大事で、国立天文台の役割が大きくなる。
- 今後、運営費交付金の増額は見込めないので、スペースとの連携や産業連携での予算確保など、予算源の多様化に努める必要がある。このためには、先端技術センターの充実・発展が必要。