

技術の時代

技術を制するものが世界を制する

常田佐久(国立天文台)

天文学に関する技術シンポジウム 2024年1月19日

本日のお話の内容

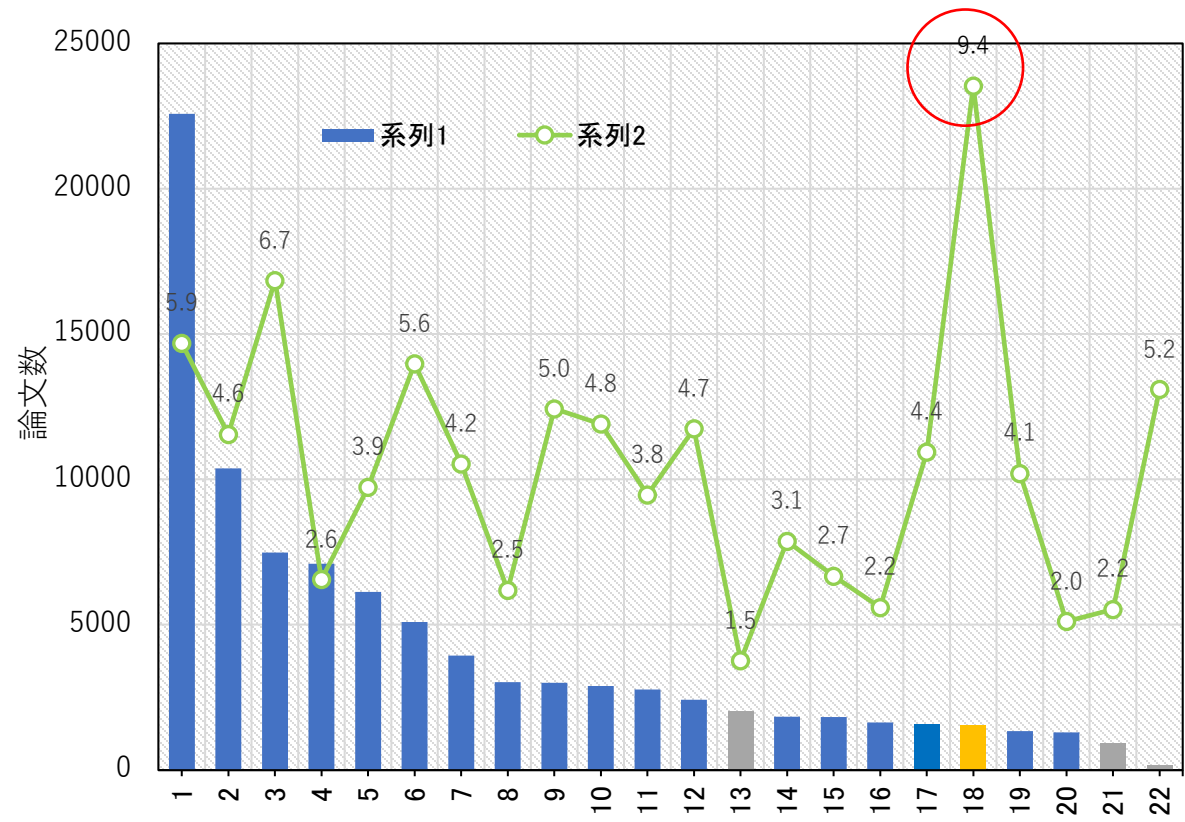
1. **現状認識1:研究成果の指標 P3**
2. **現状認識2:天文学と国力・国の威信 P7**
3. **問題提起 1: ロードマップ
2023新規採択プロジェクトP9**
4. **問題提起2: 国際外部評価報告書（2023）から P11**
5. **問題提起3: JAXAの惑星探査はなぜ強いのか？ P16**
6. **問題提起4: ATCはこのままで良いのか？ P21**

9. **人材育成・キャリアパスP24**
10. **先端技術センターと社会課題への貢献 P25**
11. **技術のアピールの重要性P28**
12. **まとめ P29**
13. **過去40年間の技術開発 P30**
14. **さいごに P38**

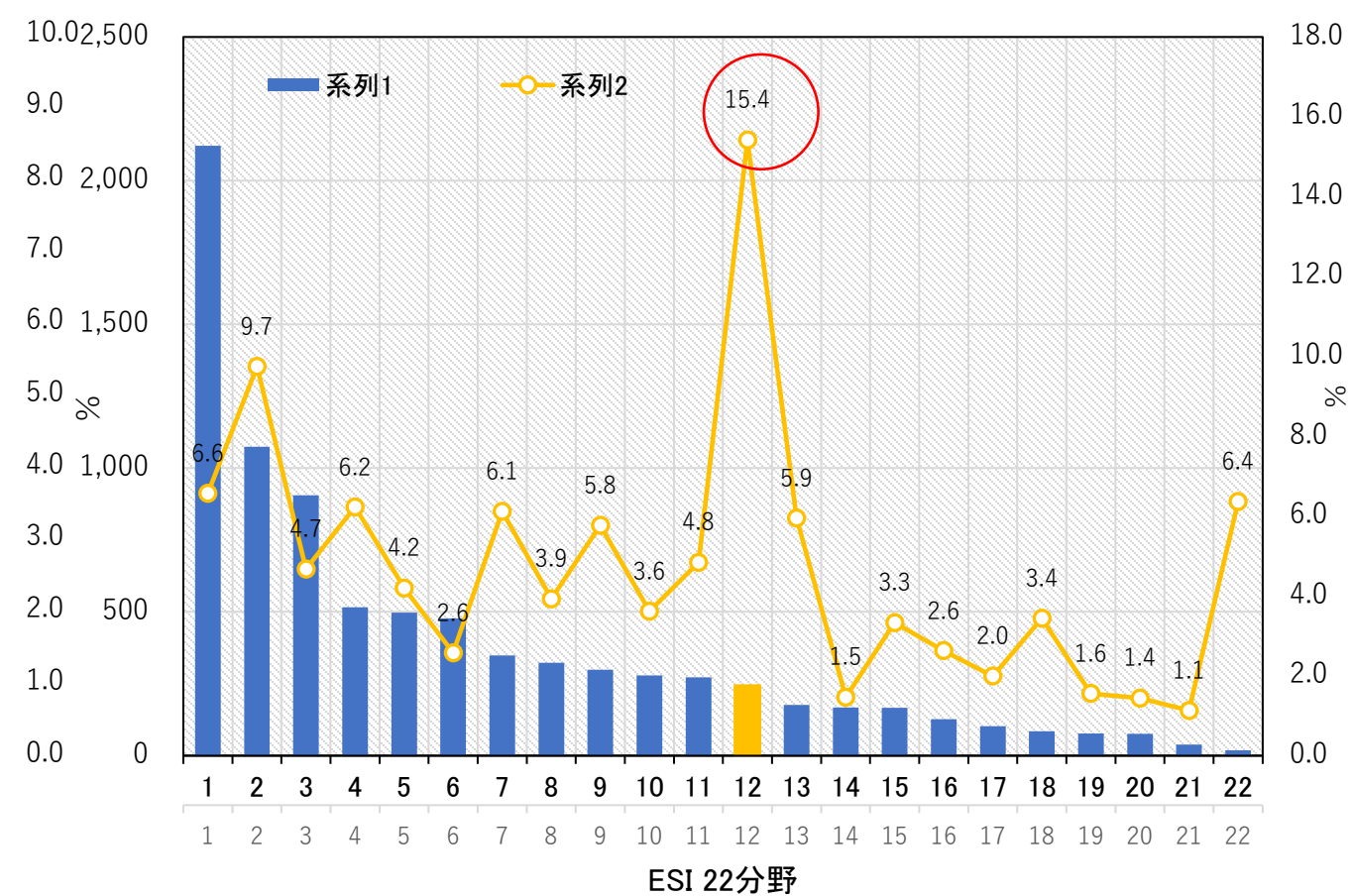
日本の天文学分野の論文数（1）

宇宙科学（天文学）分野の論文数世界シェアは最高

分野別にみた日本の論文数 2022



分野別にみた日本の高被引用論文数（2012-2022）

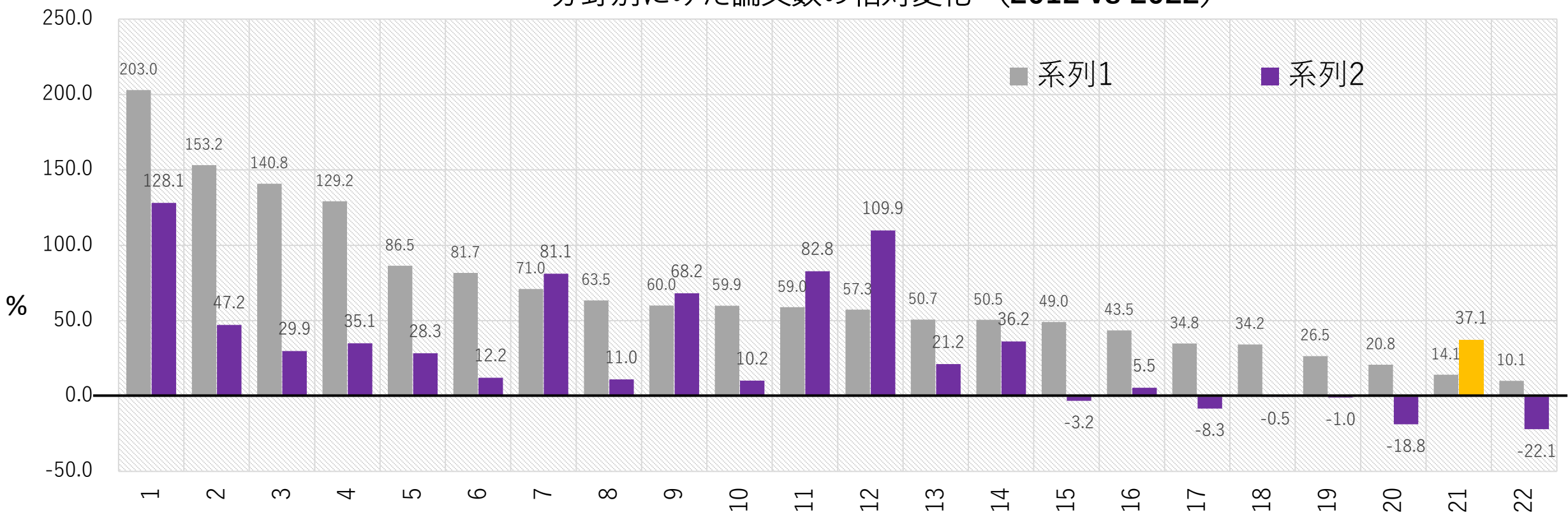


ESI 22分野

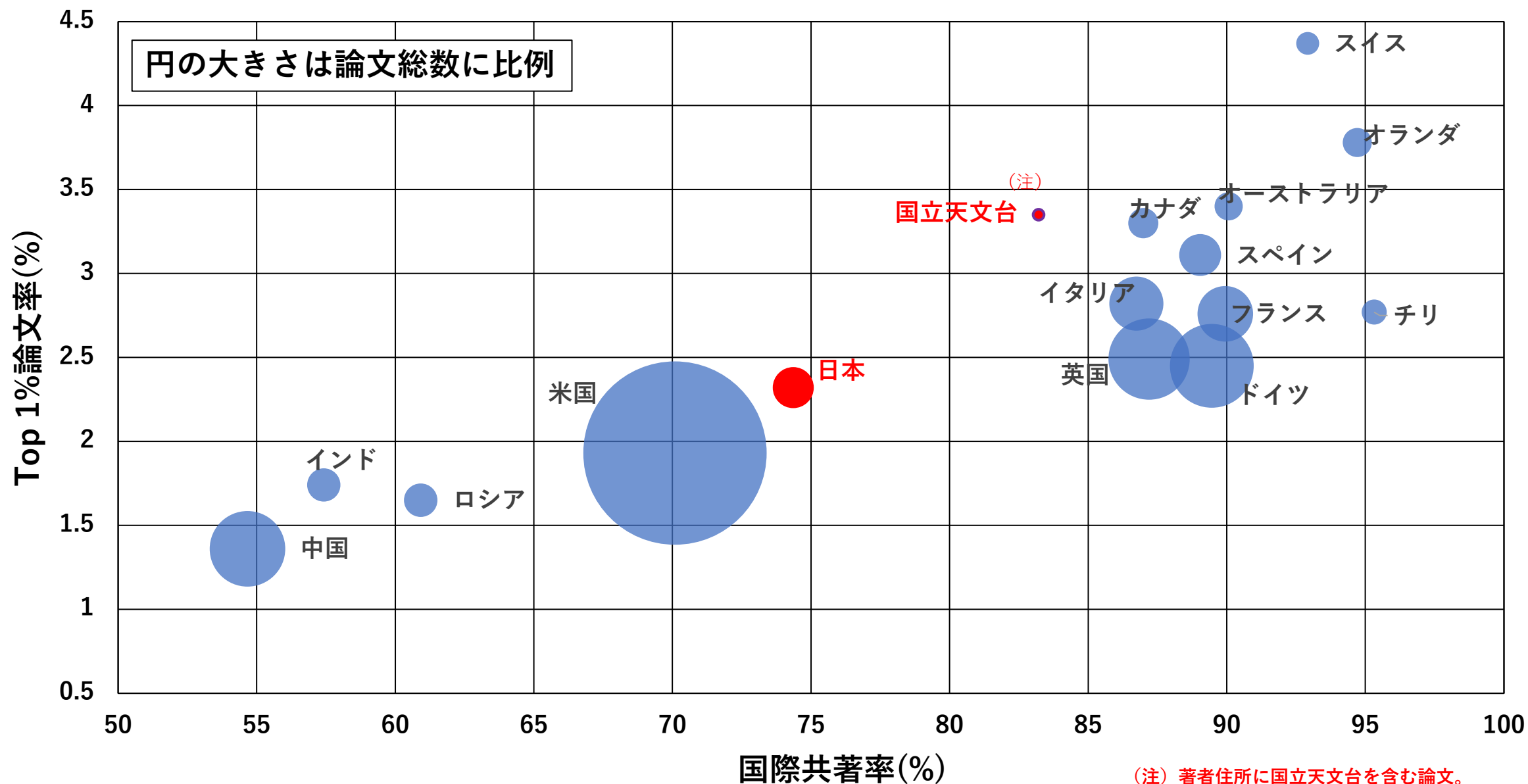
日本の天文学分野の論文数（2）

宇宙科学（天文学）：過去10年の論文数増加率は世界を上回る

分野別にみた論文数の相対変化（2012 vs 2022）

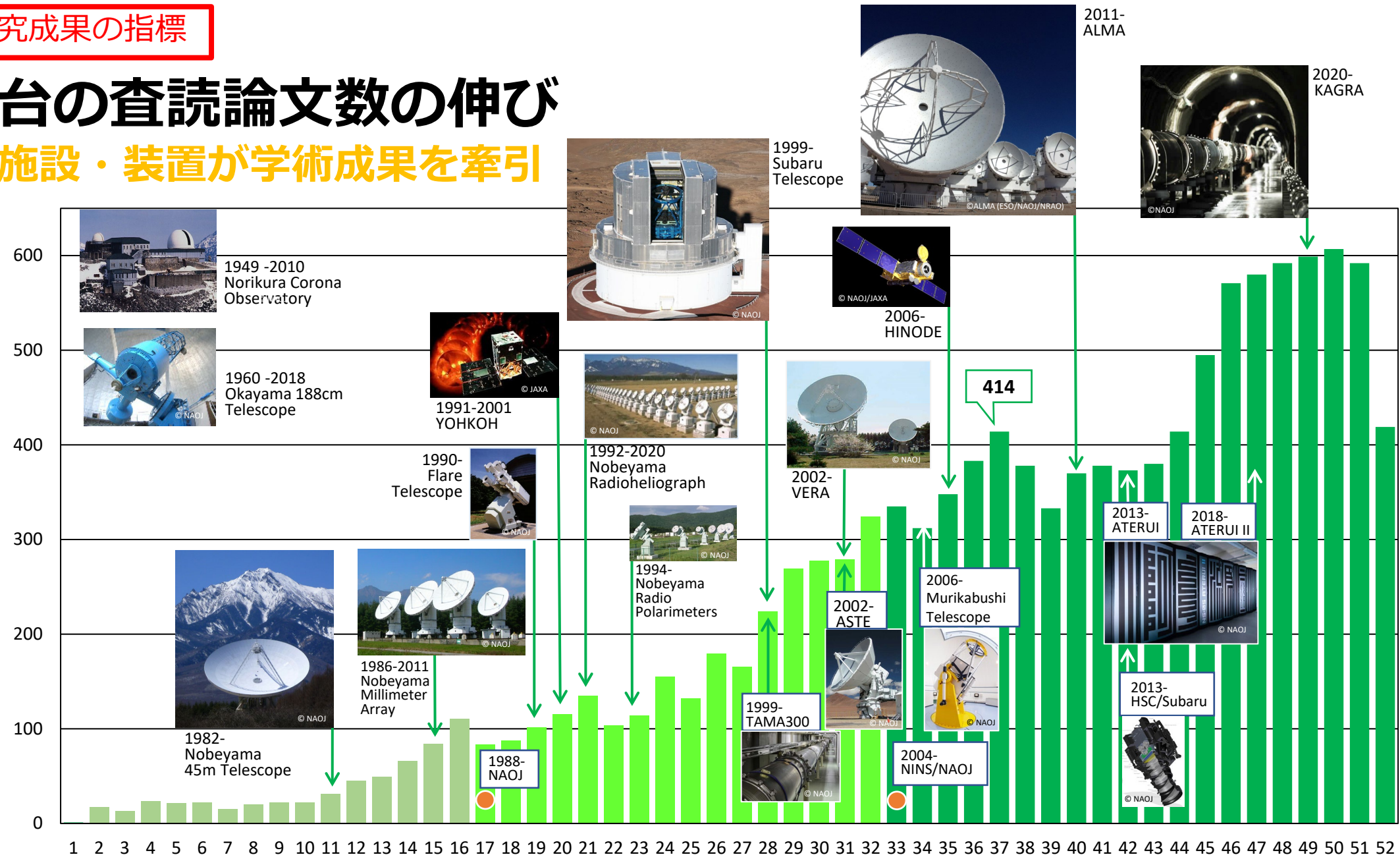


天文学・天体物理学分野の国別論文の状況（2018-2022）



国立天文台の査読論文数の伸び

新しい観測施設・装置が学術成果を牽引



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

ハッブル



c) gettyimages

1990年打上

ジェイムズ・ウェッブ



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

中国の科学技術政策

「科学技術イノベーション第13次5カ年計画 (2016-2020年)」 (2016年国務院)

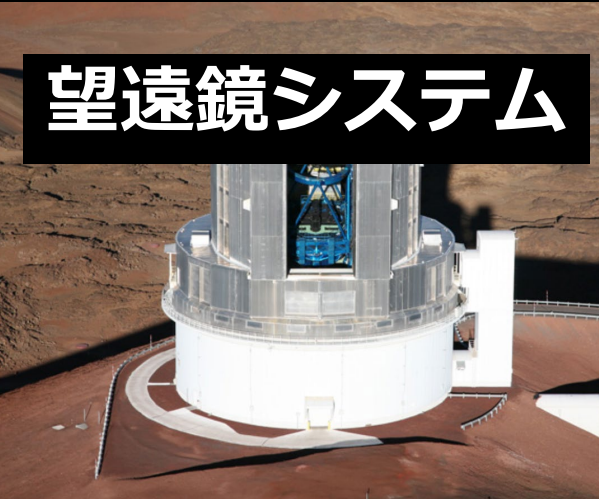
- 科学技術研究の改革・発展と、国民経済や最前線の科学技術などを念頭にイノベーション展開を目指す。
- 全体目標：2020年までにイノベーション力を世界15位以内とする、など。
- 具体的目標「自主イノベーション力の向上」の指標
 - 研究経費のGDP 比2.5% (実績2.1%(2018)、日本3.5%(2019))
 - 研究開発費に占める基礎研究比率を大幅引上げ
 - 科学技術論文被引用回数を世界第2位など (中国世界1位、日本10位〔2018-20年トップ1%補正值〕)
- 基礎研究に関しては、科学における地位と世界への影響力を大きく向上させることを目指し、
 - **好奇心主導の基礎研究支援の強化による独自理論・発見の促進**
 - **粒子物理と核物理、宇宙と天文等の重大科学技術インフラの整備による世界最先端の科学研究の強化等を実施。**

「国民経済と社会発展第14次5カ年計画」 第13期 全国人民代表大会（全人代） 第4回会議（2021年3月）

- 「強国戦略」のうち「科技強国」が最もコアなテーマであり、2035年まで、これまで以上に科学技術に投資拡大し、科学イノベーションを推進する。
- 先端研究分野として、「**深宇宙の探知**」
(宇宙の起源・変遷など基礎科学研究、火星・小惑星探査、月探査事業、等)
- 大型科学技術施設として、加速器駆動核変換研究装置、高海拔宇宙線天文台、なども掲げる。

大型観測装置はなぜ実現できるか？

望遠鏡システム



すばる

超電導受信機
望遠鏡システム



ALMA

分割鏡位相制御
AO技術



TMT

冷却地下
重力波望遠鏡



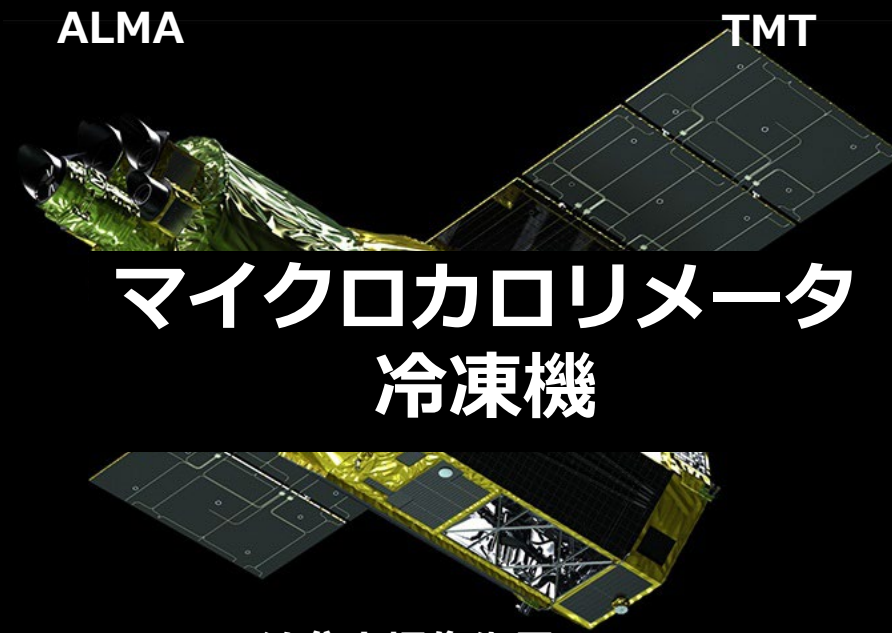
KAGRA

サンプル
リターン技術



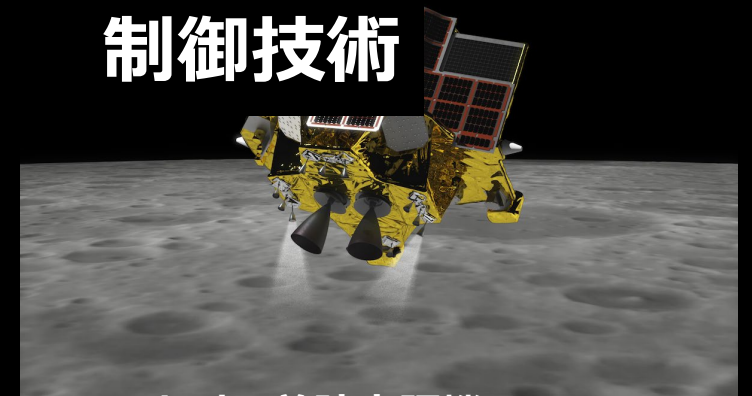
小惑星探査機「はやぶさ2」

マイクロカロリメータ
冷凍機



X線分光撮像衛星 XRISM
(2023年9月7日打上)

着陸誘導
制御技術



小型月着陸実証機 SLIM
(2023年9月7日打上)

問題提起1:ロードマップ
2023新規採択プロジェクト

ロードマップ2023
新規採択結果

- 古典的天文分野
(1件)・・・TMT
- 天文学に近い物理
分野(3件)・・・
CTA, IceCube,
ニュートリノ地下
実験
- 物理分野の健闘が
目につく。その理
由は:
- サイエンス
- 強い技術開発力
- 国際協力
- 計画を中規模に抑
える

ロードマップ2023 掲載計画概要

※カコ内は実施主体(中核機関)
※*はロードマップ2020からの継続掲載(5計画)

BSL-4施設を中核とした感染症研究拠点の形成* (長崎大学)



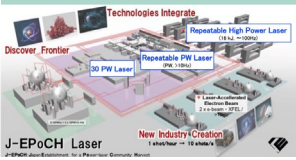
BSL-4施設を中核とした世界トップレベルの感染症研究拠点を形成し、感染症の病態解明、診断・治療法の確立、有効な予防法の構築による国民の安全・安心の確保、WHO 等による国際的な感染症管理体制への貢献を通じ、世界の保健向上に資する。

スピントロニクス・量子情報学術研究基盤と連携ネットワーク* (東京大学)



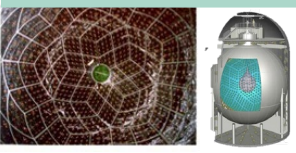
将来の量子科学・量子情報技術の中核となる分野である「スピントロニクス」について、卓越した研究機関のネットワークによる国際共同研究拠点を形成・強化し、革新的省エネルギーデバイス、古典・量子情報融合デバイスなどの新しい情報処理技術の実現に向けて不可欠の科学技術基盤を提供する。

多様な知が活躍できるパワーレーザー国際共創プラットフォーム：J-EPoCH計画 (大阪レーザー科学研究所)



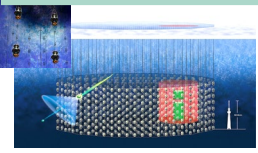
我が国の強みを活かした独自の高繰り返し大型パワーレーザーによる国際共創プラットフォームをオールジャパン体制で構築し、量子真空の探査(場)、核融合エネルギーの探求(プラズマ)、超高压新奇量子物質の創生(固体)を通して、エネルギー密度の高い極限的な量子科学の開拓で世界を先導する。

極低放射能環境でのニュートリノ研究 (東北大学ニュートリノ科学研究センター)



神岡地下に建設したカムランド実験装置の高性能化により、素粒子原子核研究の最重要課題に挙げられる二重ベータ崩壊研究や、地球内部の組成や活動様式解明に挑む地球ニュートリノ観測等、特徴的な低エネルギーニュートリノ天文学を展開する。

IceCube-Gen2 国際ニュートリノ天文台による高エネルギーニュートリノ天文学・物理学研究 (千葉大学ハドロン宇宙国際研究センター)



南極点直下に設置したIceCube検出器を世界15か国の連携により高度化し、世界最大のニュートリノ観測装置により高エネルギー宇宙ニュートリノの高感度観測を行う。電波からガンマ線まで分布する電磁波及び重力波との統合観測によるマルチメッセンジャー天文学を展開し、宇宙線の統合的理解、遠方宇宙や天体内部の探求に貢献する。

CTA国際宇宙ガンマ線天文台 (東京大学宇宙線研究所)



次世代の国際宇宙ガンマ線天文台CTAにより、超高エネルギーガンマ線領域の世界唯一の天文大型施設として、極限宇宙の姿を捉え、ブラックホール、宇宙線の起源、暗黒物質などの解明を目指す。さらに、従来の電磁波・宇宙線観測に加え、重力波やニュートリノ観測と連携し、マルチメッセンジャー天文学の重要な一つの柱となる。

強磁場コラボラトリー：統合された次世代全日本強磁場施設の形成* (東京大学物性研究所)



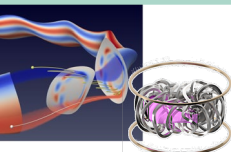
全日本的な強磁場施設の連携の下で世界最高性能の設備を組み合わせた独創的な戦略により、我が国が強みを持つ物質・材料科学-とりわけ、半導体、磁石、超伝導材料などの研究で世界を先導する。情報、エネルギー、医療等の課題解決に貢献するとともに、1200テスラ超強磁場下の学際的研究により宇宙、生命、化学などにおける未知現象を発見する。

30m光学赤外線望遠鏡計画TMT (自然科学研究機構国立天文台)



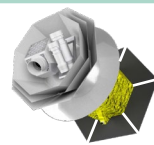
ハワイ島マウナケア山頂域に口径30m光学赤外線望遠鏡TMTを建設し、すばる望遠鏡の広域探査と連携して地球型系外惑星や宇宙の初代星等の観測を行う。膨張宇宙における星、銀河、元素生成等の全貌を理解し、惑星の形成や生命誕生という人類究極の課題に挑む。

超高温プラズマの「マイクロ集団現象」と核融合科学 (自然科学研究機構核融合科学研究所)



超高温プラズマを高精度で制御・操作し、世界最高の分解能で計測する実験システムを構築することで、核融合炉のみならず宇宙・天体にも共通するプラズマに独特な揺らぎの発生原因とその影響を解明する。計測と理論・シミュレーションを連携し、核融合イノベーションを駆動する成果創出を目指す。

LiteBIRD-熱いビッグバン以前の宇宙を探索する宇宙マイクロ波背景放射偏光観測衛星* (宇宙航空研究開発機構)



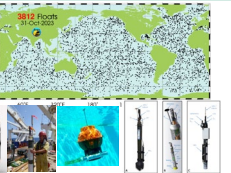
熱いビッグバン以前の宇宙に関する最有力仮説である「インフレーション宇宙理論」が存在を予言する原始重力波を探索するため、LiteBIRD衛星による全天観測を行う。代表的インフレーション宇宙理論を検証することで、宇宙の誕生と進化の全貌解明を目指す。

アト秒レーザー科学研究施設* (東京大学)



我が国で長年にわたって培われてきた先端レーザー技術と自由電子レーザー技術を集約し、アト秒レーザー科学研究施設を建設する。物質中の電子の動きを実時間で捉えることにより、物理学、化学、生物学、工学、薬学、医学等の幅広い分野でイノベーション創出を目指す。

統合全球海洋観測システムOneArgoの構築と海洋融合研究の推進 (東北大学)



全球海洋の深度2000mまでの水温・塩分を常時計測する現行のArgoフロート観測網を、海底まで、かつ、生物地球化学変数の計測にまで拡張する統合全球海洋観測システムOneArgoを構築する。海洋全層における気候変動シグナルの検出や、海洋酸性化・貧酸素化の実態把握と生態系の応答の解明等により、海洋融合研究を推進する。

マトリックス型の組織体制

2024年1月現在



国際外部評価報告書(2023)サマリーから

- 従って、国立天文台の当面の最も重要な課題は、**国内の科学技術コミュニティに限らず、社会全体をも巻き込むエキサイティングなビジョンを明示するための戦略計画を策定することである。**
- 国立天文台の発展に伴って、先端技術センター（ATC）の力量の向上も求められる。国立天文台が大規模プロジェクトで成功を収めるためには、優秀なプロジェクトマネージャーやリード・システムエンジニア等の人材確保に注力しなければならない。マトリックス型組織への改編を実現したことから、ATCは、天文学の分野を超えた企業や社会的利益を支援するための技術移転等、新たな分野展開に対応できるようになった。マトリックス体制をより有効に運用するためには、ATCでの日々の活動をより厳格に記録する必要がある。そうすることで、新規プロジェクトの立ち上げを検討する際にはATC内のリソース状況や優先順位を把握した上で決断を下すことが可能となる。また、想定外の小規模プロジェクトへの柔軟な対応を可能とするために、余裕を持ったスケジュールを組むことを積極的に意識すべきである。

大型観測装置開発における国立天文台とメーカーの関係

アルマのアンテナとTMTの望遠鏡では、企業との大口契約を行い、契約を通じて仕様書を渡し性能要件を満たす技術を見出すのは委託先企業の技量に頼る、というやり方をしてきた。NROでもすばる望遠鏡でもそのようにしてきたと思われる。その方法で、性能要件を満たすだけでなく、国際計画としての要求に見合う成果物を確かに完成させてきた。

だが、その一方で、長期的なメンテナンスは委託先に大きく依存することとなった。ハワイ観測所がより内部で作業をこなしていくまでに相当の労力を必要とした。エンジニアリング設計や分析の段階で大型望遠鏡計画（や同程度の計画）の契約をより一層把握することができる技術がATCにあれば有益であろう。TMT計画では、設計プロセスに入るための設計解を得る目的の「ポイント設計」は米国で行われた。そのような作業は、NAOJ内部で実行できる技術を有すべきである。そうすれば、設計を検証でき、インダストリーによりすぐれたイノベーションのための物言いができ、大型国際計画により付加価値をもたらすことのできるすぐれた顧客として、産業界との関係を築くことができる。また、長期的なメンテナンスのあり方についても、現状より委託先業者に依存しなくても済むであろう。

メーカーによる望遠鏡システム技術の維持・発展

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



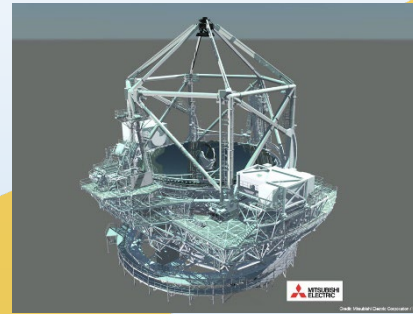
すばる 1999～
口径8m光赤外線望遠鏡：世界最大級の大型一枚鏡を実現し、現在世界最高性能の解像度、追尾精度、広視野を持つ



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

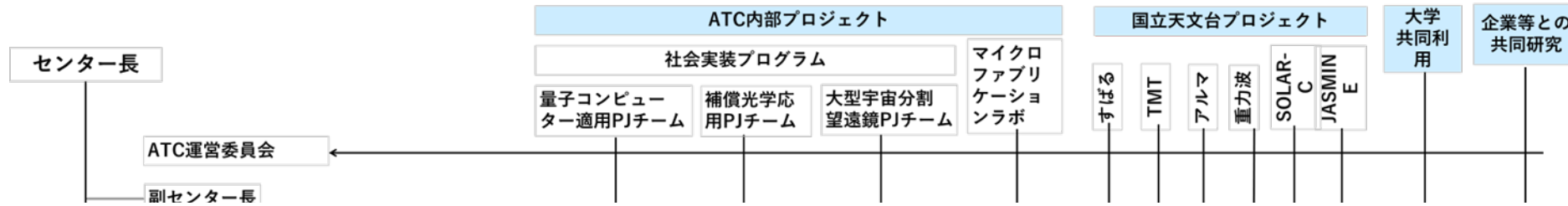


TMT 2033～
口径30m光赤外線望遠鏡：分割鏡技術による超大型望遠鏡の実現。2000トンの大型構造物を1万分の数度以下の精度で指向させ、数10万分の1度のイメージング解像度という世界最高の性能を実現

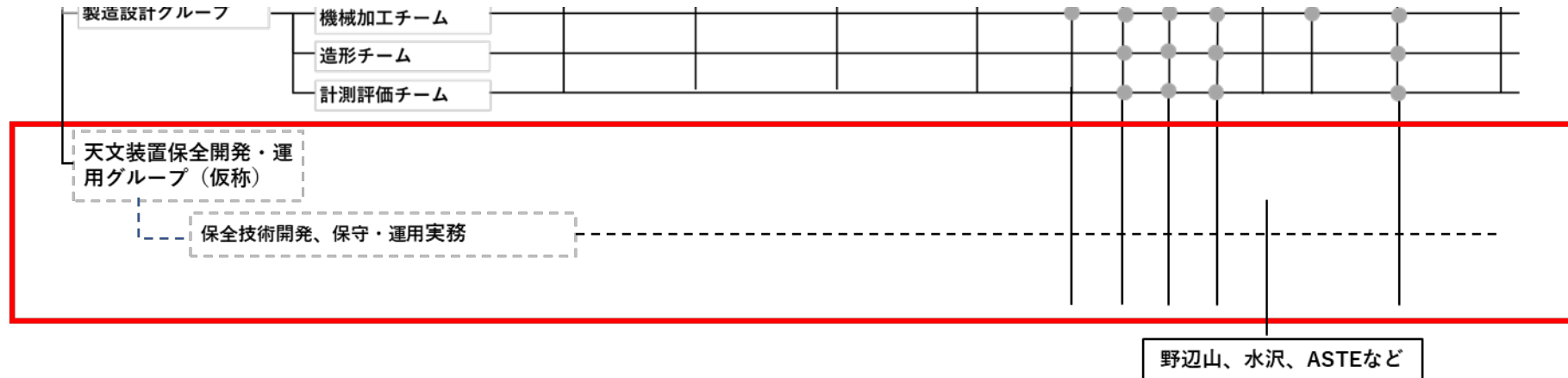


国際外部評価報告書：アルマのアンテナとTMTの望遠鏡では、企業との大口契約を行い、契約を通じて仕様書を渡し性能要件を満たす技術を見出すのは委託先企業の技量に頼る、というやり方をしてきた。だが、その一方で、長期的なメンテナンスは委託先に大きく依存することとなった。ハワイ観測所がより内部で作業をこなしていくまでに相当の労力を必要とした。エンジニアリング設計や分析の段階で大型望遠鏡計画（や同程度の計画）の契約をより一層把握することができる技術がATCにあれば有益であろう。また、長期的なメンテナンスのあり方についても、現状より委託先業者に依存しなくても済むであろう。

保守は技術：ATCに天文装置保全開発・運用グループの設立



現在各観測所に配分されている望遠鏡保守・運用に関わるリソースを一元的にマネジメントし国立天文台内のリソースを有効活用する取り組みのため、先端技術センター内に、「天文装置保全開発・運用グループ」を設け、望遠鏡保守・運用に関する共通課題を扱うプロジェクト横断的な組織を構築する。「対処療法的な保守から予防保全へ」を目指す。先端技術センターですでに導入しているマトリクス構造と同様に、望遠鏡保守・運用業務を各観測所にサービスとして提供する。

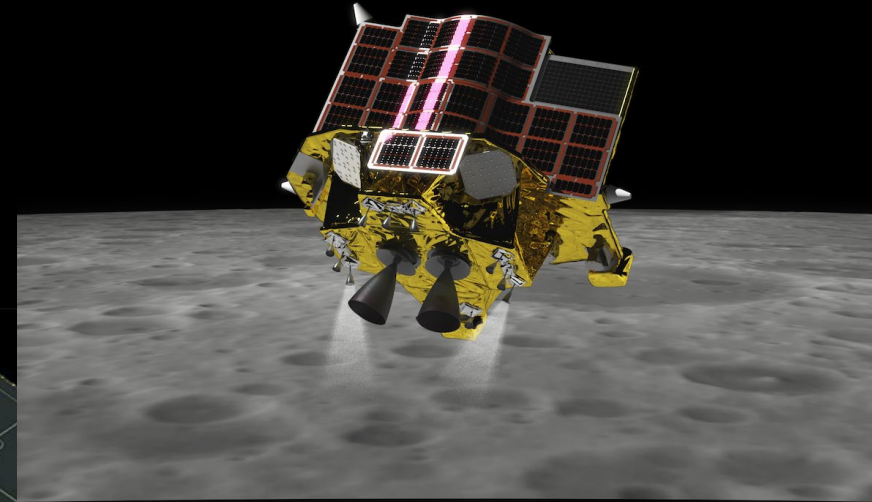


問題提起3

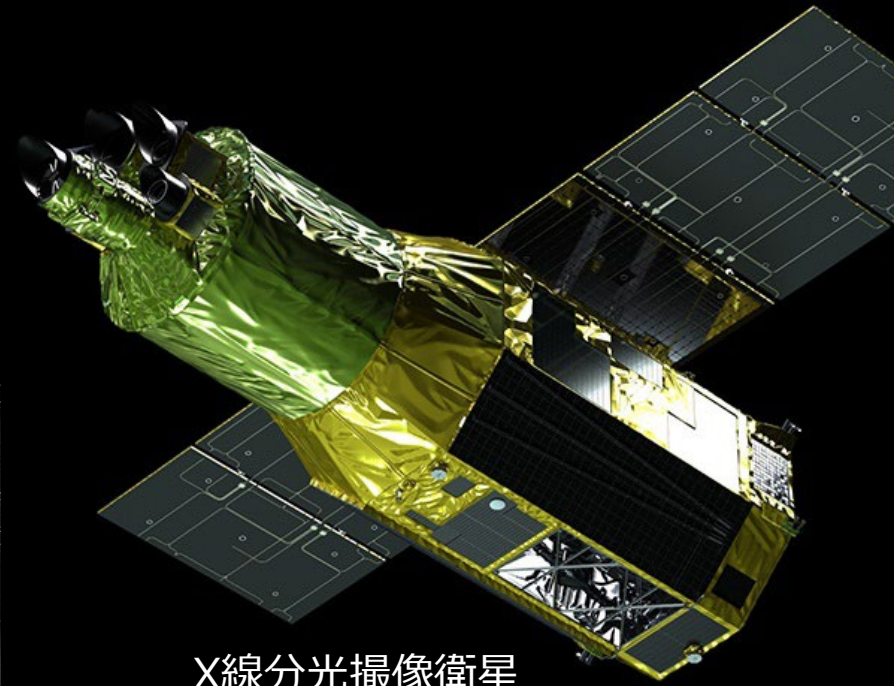
JAXAの惑星探査は なぜ強いのか？



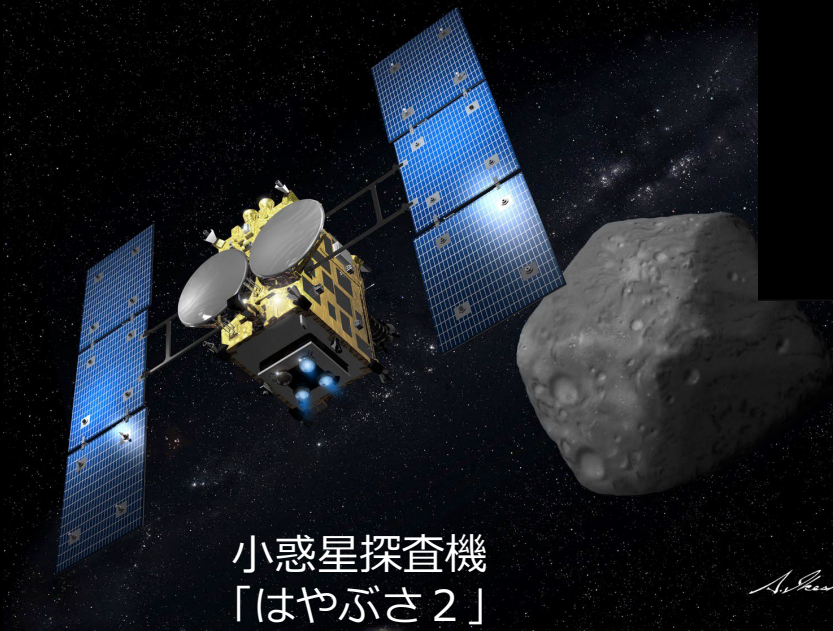
火星衛星探査計画MMX
(2026年度打上予定)



小型月着陸実証機
SLIM
(2023年打上)



X線分光撮像衛星
XRISM
(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)

【目的】

- **直近ミッションの立上げを支えるキー技術**の事前実証を行い立ち上げを強化
- **次期ミッションを創出するキー技術**の研究開発を重点的かつ継続的に推進

技術フロントローディング対象技術と想定適用先ミッション

技術分野	FL対象技術	FY23	FY24	FY25	FY26以降
サンプルリターン技術	カプセル、サンプラ、キュレーション		△ はやぶさ2との国際連携 (OSIRIS-REx帰還・分析)	カプセル ↓ 子機技術	↓ 次期戦略中型計画候補 (次世代SR)
超小型探査機技術	搭載機器技術 (小型AVIO、EDL等)	△ 戦略的海外共同計画 (Comet Interceptor)		△ 公募型小型計画候補 (OPENS)	△
深宇宙輸送NW技術	ランデブードッキング技術、軌道変更用推進系			↑ キックステージ	↑
軽量・高機能宇宙観測技術	センサ技術、 軽量望遠鏡技術	赤外センサ・CMOS技術 △ 公募型小型計画 (JASMINE)	△ 公募型小型計画 (HiZ-GUNDAM)	△ 次期センサ候補・軽量望遠鏡	△
冷凍機・熱制御技術	スターリング冷凍機、擾乱抑制、2 KJTの開発	△	△ 戦略的海外共同計画 (Athena)		△ 次期戦略中型計画候補 (次世代天文観測)
フォーメーションフライト技術	地上系精密協調制御技術			△ 公募型小型計画 (SILVIA)	△

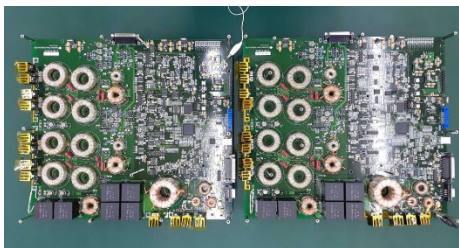
検討中の計画含む。またミッションは競争的に選定されるほか、技術検討や予算状況に依るため開発移行時期等の記載は最短例

2020年度から開始した技術FLは、直近のミッションの立ち上げに推進力を与えつつ、将来にむけた魅力的なミッションを創出する活動を両輪として、具体的な成果を創出しており、有効性の高さが実証されている

直近ミッションの立上げを支える キー技術

<LiteBIRD、Athena等を支えるキー技術>

宇宙天文ミッションでは低ノイズ・高感度観測が重要。これに必要な低擾乱・長寿命の機械式宇宙用冷凍機を先行的にフロントローディングで開発を実施中。FY2022に評価試験を実施し、LiteBIRD、Athenaの立上げにおいてキー技術である国産2Kジュールトムソン冷凍機システムの先行開発につなげていく。



擾乱抑制を目指した駆動回路の試作品。ここで得られる成果は、各種冷凍機に共通的な知見・技術が獲得できる。

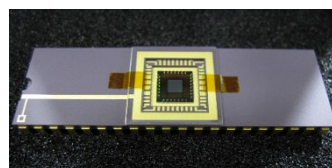


板バネ式圧縮機の冷凍機の性能評価試験用に用いるコールドヘッド部の試作品。ボールベアリングを廃することにより長寿命を実現できる。

<JASMINE等を支えるキー技術>

重要度が高く、適用範囲も広い、“赤外線センサ(InGaAs)”について、高性能な国産センサの開発に着手した。センサ部のみならず、読み出し回路のCMOS化にも取り組み、他の検出器への波及効果も目指す。ここで開発した検出器は、“JASMINEへの適用に加えて、Hiz-GUNDAM、地球観測衛星”への適用も見据える。

FY2021に実施したセンサ部の耐放射線性能確認試験（陽子線照射）の様子



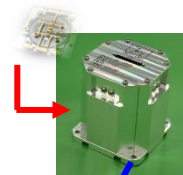
FY2021に試作をした読み出し回路試験用センサチップ。

次期ミッションを創出するキー技術

<次世代サンプルリターン計画、超小型探査機等を創出するキー技術>

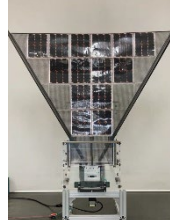
限られたリソースで効率的に深宇宙探査を実現するためには、探査機の小型化が鍵。超小型探査機への適用も見据えた小型・高機能なコンポーネントの開発を実施。また、サンプルリターンミッション特有のキー技術である我が国が強みを有するサンプルリターンカプセルの高性能化に着手した。これらは超小型探査機計画（Comet Interceptorや超小型外惑星探査計画（OPENS））はもちろん、LUPEXやPost MMXの次世代サンプルリターン探査計画等の提案検討で活用されつつある。

超小型衛星に適用可能（1U、1kg）な、AOCSユニットの開発を完了した。Comet Interceptorや将来の深宇宙探査機への適用を検討→



←MEMSジャイロを使った国産の小型、軽量、低消費電力のIRUの開発を完了した。LUPEXローバへの搭載を検討し、他に多くの引き合いがあるAOCSとの連携も検討中

次期探査ミッションを創出
次世代SR、LUPEX、Comet Interceptor、OPENS、SILVIA、SPURの子機など



↑深宇宙探査に必須な薄膜太陽電池パドルの開発を進めた。FY2021は、面積1m²の試作を完了し、評価を進めた。FY2022に面積9m²のパドルの開発完了予定。



←超小型探査機に惑星着陸機能を与える展開型エアロシールの開発を進めた。観測ロケットでの飛行実証に成功した。スピノフとして観測ロケット実験回収システムとして実用化が検討中。



↑無電力で熱制御を行える軽量可逆ラジエータの開発を進め、EM相当モデルの開発を完了し、評価を行っている。

<フォーメーションフライト(FF)ミッションを創出するキー技術>

重力波観測等、将来のキラコンテンツとなるFF技術の世界に先駆けて我が国の強みとするため、その最初のステップとして地上試験技術を確立し、研究開発拠点とするための準備を開始した。

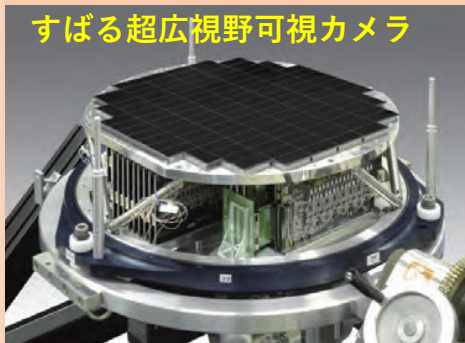
「宇宙技術戦略」策定の背景・目的

- 「宇宙基本計画」（令和5年6月13日閣議決定）において、「宇宙技術戦略」を新たに策定し、ローリングしていくことを決定した。世界の技術開発トレンドやユーザーニーズの継続的・的確な調査分析を踏まえ、我が国が開発を進めるべき技術を見極め、その開発のタイムラインを示した技術ロードマップを含んだ「宇宙技術戦略」を新たに策定し、ローリングしていく。
- 宇宙技術戦略では、衛星、宇宙科学・探査、輸送等の技術分野について、各種ミッション、それらミッションに実装する前段階の先端・基盤技術開発に加え、民間事業者を主体とした商業化に向けた開発支援について道筋を示していく。
- 宇宙科学・探査では、①宇宙物理分野の技術、②太陽系科学・探査分野の技術、③月面探査・開発等の国際宇宙探査、④地球低軌道・国際宇宙探査について、今後、具体的な技術分野、開発の進め方や優先順位を検討していく。

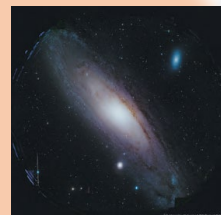
フロントローディングや技術戦略がこれからは必要

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



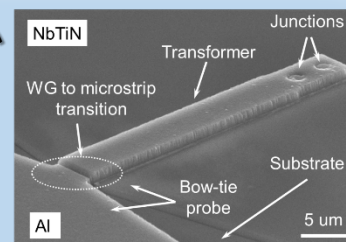
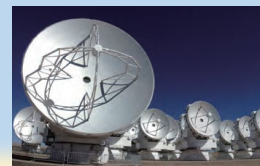
宇宙デブリ探査へ応用

超高感度電波受信システム
(電波、テラヘルツ域)

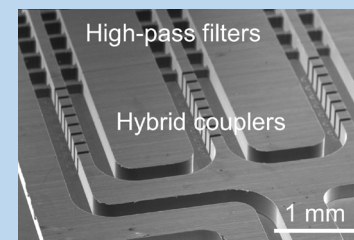


世界最高性能ALMA受信機

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

開発を支える
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)



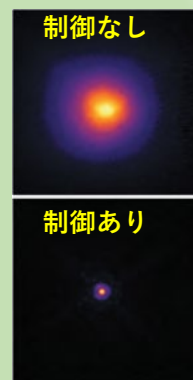
地上・衛星搭載用観測装置
共用クリーンルーム

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

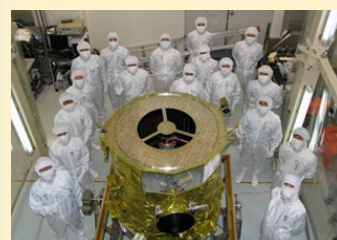
星像の揺らぎを毎秒1000回以上測定し、ミリ秒の応答時間・数ナノメートルの精度で可変形鏡を制御し光の乱れを直す。⇒地上から宇宙望遠鏡に匹敵する解像度を実現



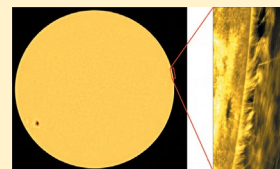
解像度10倍
以上になる

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衛星
搭載望遠鏡



Hinodeによる高解像
太陽観測



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

年度	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
組織	▲1991 天文機器開発実験センター発足準備のために技術センター設立 ▲1993 天文機器開発実験センター設立 ▲2005 先端技術センターに改組 ▲2005 アルマ Band 4, 8, 10チームが合流 2021 組織改編 ▲						
施設	▲1994 開発棟1号館竣工 ▲2003 開発棟2号館（東側）竣工 ▲2006 開発棟2号館（西側）竣工 ▲2016 開発棟3号館建設						
プロジェクト	すばる アルマ KAGRA TMT ひので SOLAR-C JASMINE						
所長	 小林行康  常田佐久  野口卓  高見英樹  鵜澤佳徳 平林誠之						

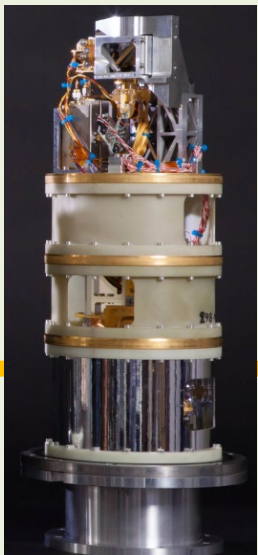
ATCが新たな
発展のフェーズ
に入る

国立天文台: システムーコンポーネントーセンサーを押さえる

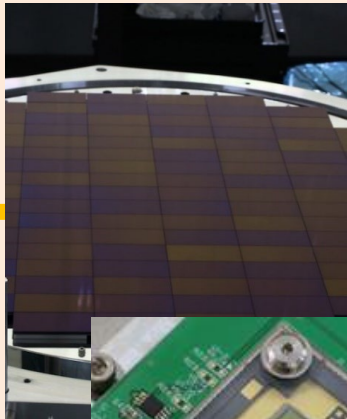
システム



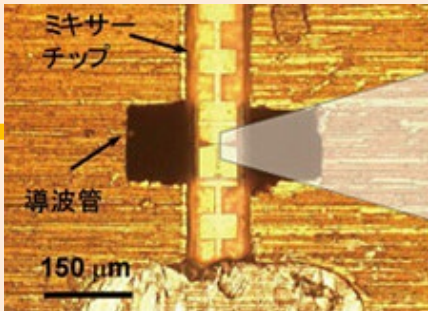
コンポーネント



センサー



InGaAs 赤外撮像センサー
(1280x1280) 中屋

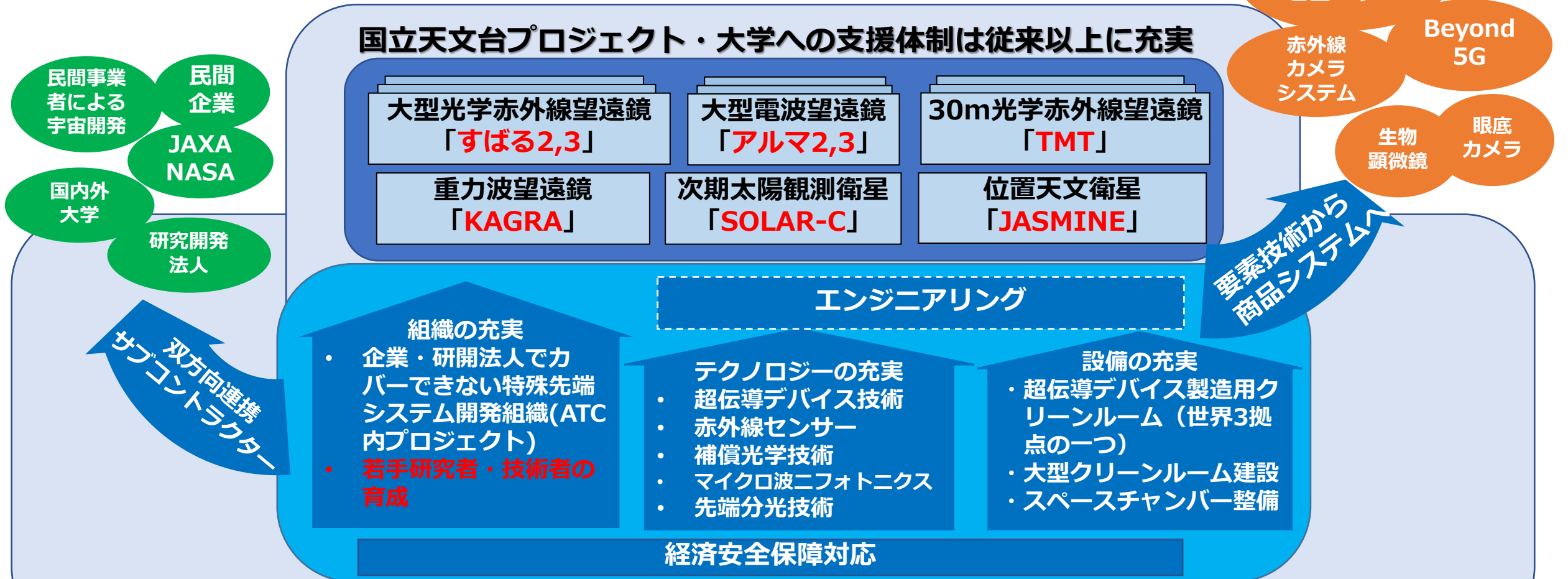


ATC

ATCの新たな発展段階

潤沢な開発資金と設備・人員による開発・人材育成体制の強化
外部資金ドリブンのフレキシブルな開発体制

臨界質量に達するための規模のイメージ：・予算規模<10億円⇒20億円規模
・人員～70人⇒140人規模



天文学に留まらない日本の先端技術開発の拠点へ進化させる

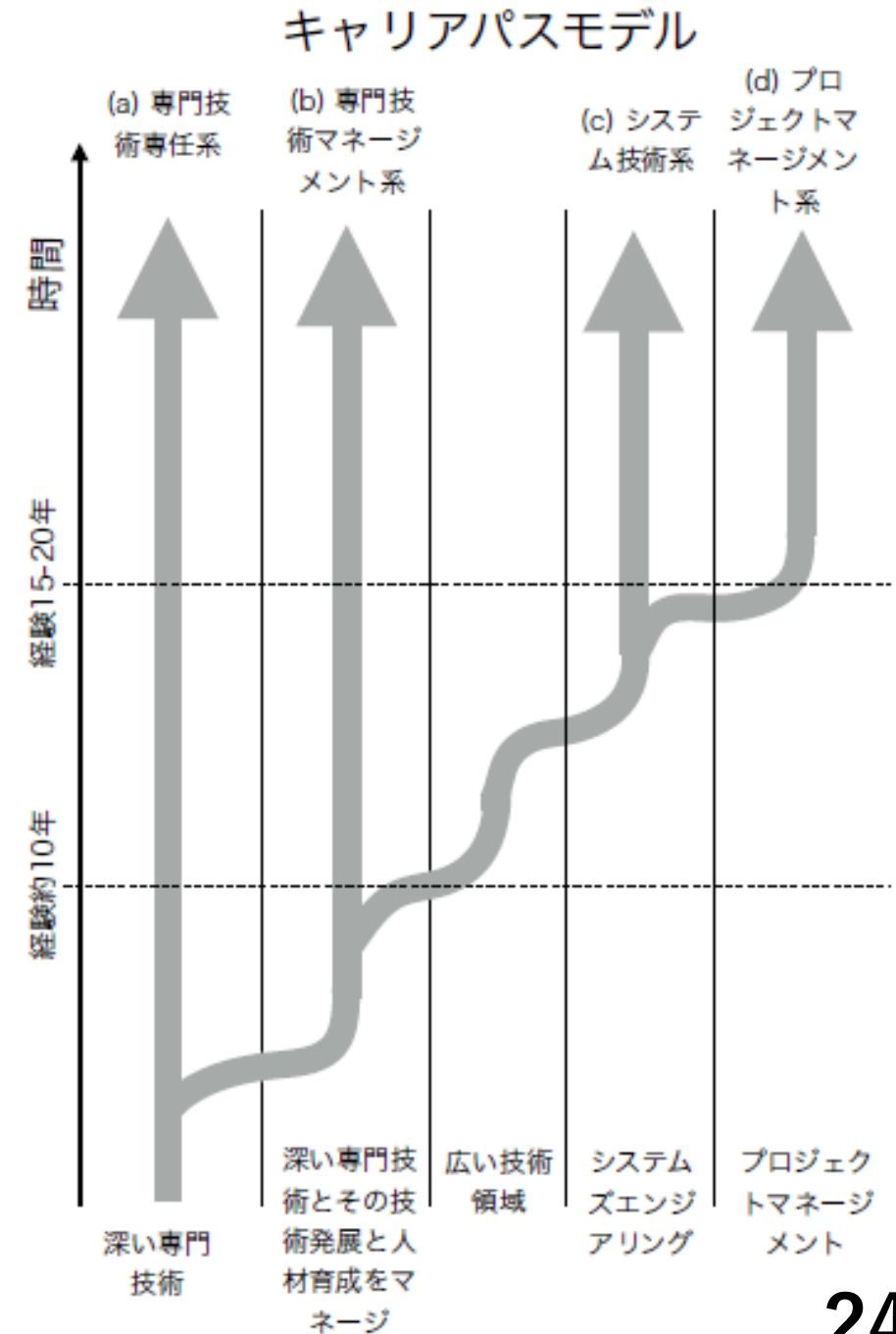
技術開発力の基本は「人」であり、技術系職員の力量向上がますます重要になる

技術推進室で技術系職員の人材育成に関する基本計画をまとめた

技術系職員の人材育成に関する基本計画

- EP-TD-001r1
 - 技術系職員の人材育成に関する基本構想
- EP-TD-002r2
 - 技術系職員の人材育成に関する全体計画
- EP-TD-003r1
 - 技術系職員の各職階に求められる能力と職務
- EP-TD-004r1
 - 技術推進室の目標
- EP-TD-011r1
 - 技術分野

https://naoacjp.sharepoint.com/sites/EGPO_public/





天文学から量子技術への広範な貢献



SCREEN



国立研究開発法人
情報通信研究機構



国立天文台

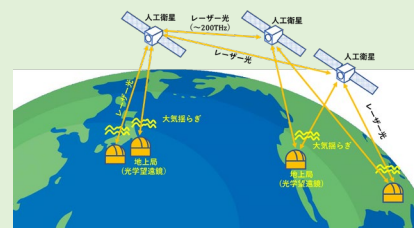
産総研の「光コム」(レーザーで作る超高精度な光のものさし、2005年ノーベル物理学賞)をTMT等導入し、地球型系外惑星の探査や宇宙膨張を直接検出を行う

国立天文台岡山
天文台で試験中の
産総研光コム装置



すばる望遠鏡の補償光学(AO)により宇宙光通信のバンド幅を大幅向上

総務省「衛星光通信
用次世代補償光学デ
バイスの研究開発」



すばる望遠鏡の補償光学(AO)による生物顕微鏡の解像度向上

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

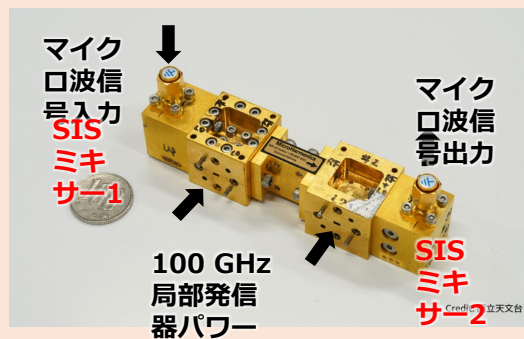
ALMA望遠鏡の技術を量子コンピューター・Beyond5G/ 6Gへ

誤り耐性を持つ汎用量子コンピューターの
ための超低消費電力の超伝導増幅器

日本：特許第7017752号

US：10680567 B2

2023年3月20日プレスリリース

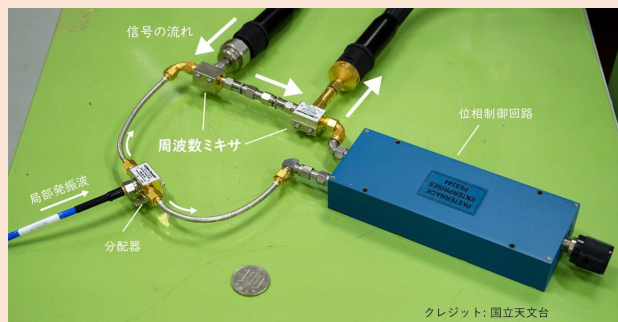


量子コンピュータのための
新しいマイクロ波アイソレーター

日本：特願2022-172655

US：出願番号18/485,112

2023年7月4日プレスリリース



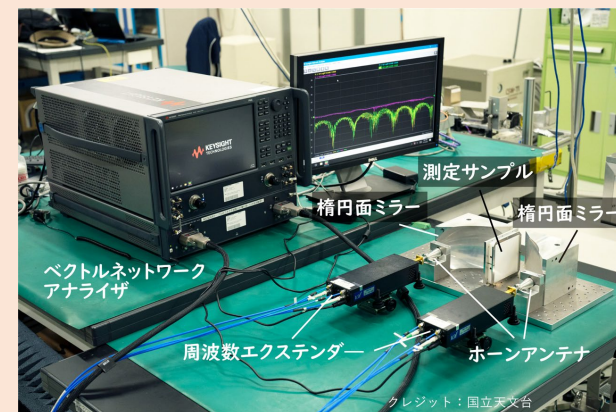
クレジット：国立天文台



次世代通信網を進化させる
高精度な誘電率測定技術

特許出願準備中

2023年8月8日プレスリリース



クレジット：国立天文台

ATCが引き付ける大型研究 大型宇宙分割望遠鏡検討チーム

現在、JAXA は静止軌道から地球を
観測する分割主鏡をもちいた口径
3.6m の可視光望遠鏡の基礎開発を
進めている。望遠鏡技術としては
天文観測用のものとの共通性は極め
て高い。この技術を利用すること
で、宇宙観測望遠鏡の技術開発を
行う。JAXA と国立天文台が連携し

て、国立天文台の光学性能の評価技術を上記の望遠鏡開発に適用する。JAXA は試作望遠鏡システムの設計、開発、製造を行う。国立天文台は、大型光学系評価技術の研究開発を行い、開発棟3号館大型クリーンルーム（TMT 装置環境試験室）において、JAXA が製造・組立を行った望遠鏡光学系の光学性能を評価する。国立天文台は、ATC 社会実装プログラム内に「大型宇宙分割望遠鏡検討チーム」を立ち上げ、日本のスペース天文学の技術開発の基盤となる活動を開始したが、同チームが主体となり本研究を実施する。



ATCクリーンルーム（3号館）

11.技術のアピールの重要性

ズブーキンNASA科学局長一行来訪(2022.12.1)

天文学研究における地上と宇宙との国際協力の進展も踏まえて、TMT計画への期待など、広範なテーマについて議論。

特に、**2030年代のNASAの超大型ミッションに日本が加わることへの期待を表明**



国内外の政策立案者との技術・政策対話

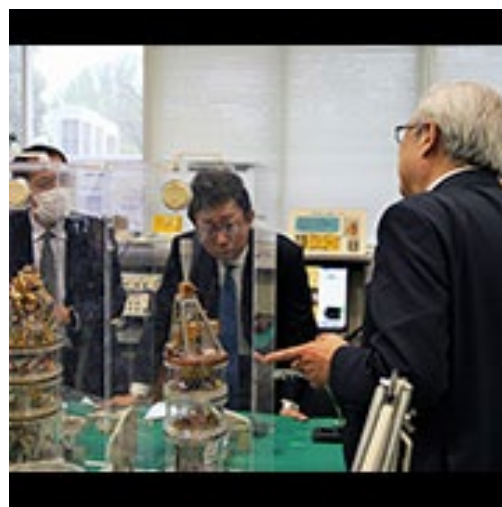
ATC見学者の増大: ATC視察18件

(2023.1~2023.12)

文科省5件,内閣府3件,外務省1件,外国3件,そのほか6件

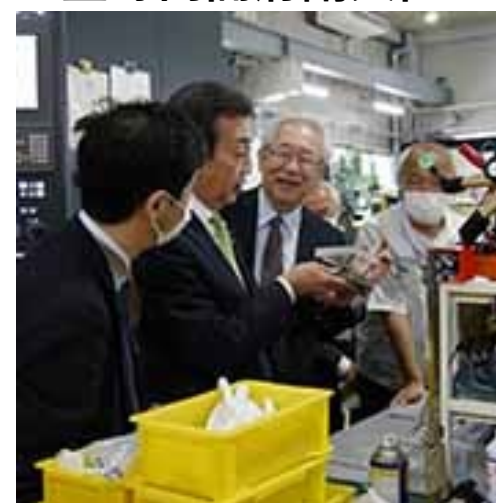
2023.4.17

井出文部科学副大臣



2023.5.1

星野内閣府副大臣



2023.6.27

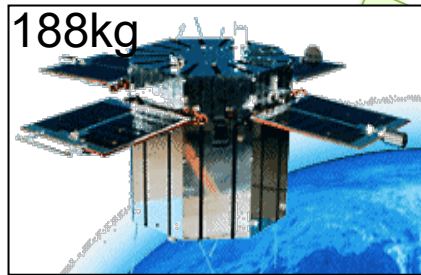
柳文部科学事務次官



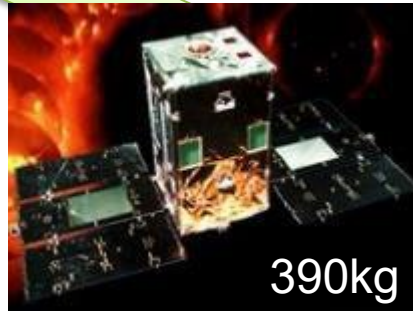
まとめ

- 「技術の時代」であり、技術を制するものが世界を制する。そのかなめとして、ATCはすべてのプロジェクトにとって重要。しかし、**その基本は「人」であり、技術系職員の力量向上がますます重要になる**。人材教育・キャリアパスの構築が大事な所以（P24）。
- これまでの政策立案者へのアピール(P27)で、**日本の中で「国立天文台のATC」から「日本の先端技術を発展させるATC」への位置づけの変更が行われつつある**。
- ATCの強みを活かしてさらに発展させるには、ATCの規模を拡大する必要がある(P23)。**ATCの「社会実装プログラム」の充実により、天文学から社会に貢献し、技術的にも予算的にもwin-winの関係を築くことができる**。
- 天文学から外へ幅を広げることで、リソースの確保が可能になる。逆に言えば、これからの天文学に必要なリソースを確保するには、この道しかない。**天文学と社会貢献に正のフィードバックを起こし、ATCの第2の発展を迎えてほしい**。

太陽の研究と観測装置の 開発を堪能 素晴らしく面白かった



188kg
ひのとり (ASTRO-A)
1981-1982



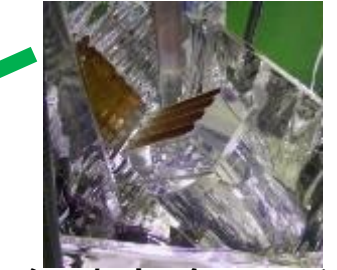
390kg
ようこう (SOLAR-A)
1991-2001



XDT: 観測ロケットによる
「ひので」の機器開発 1998



査読付論文
1133編

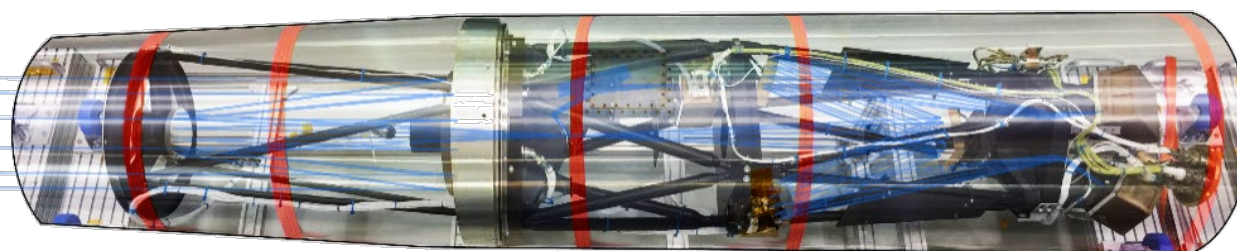


気球実験による
硬X線観測
2001, 2002



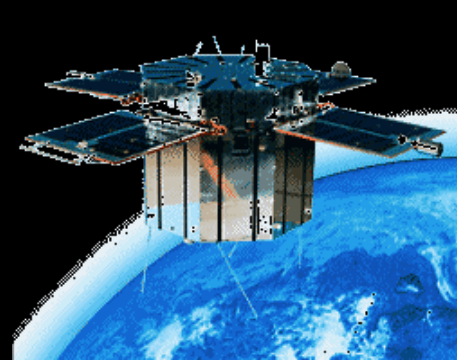
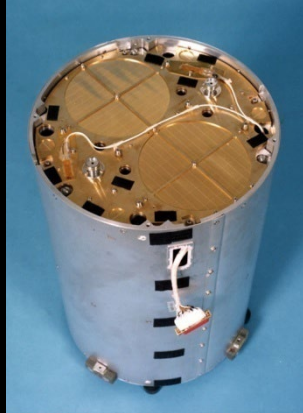
900kg
ひので (SOLAR-B)
2006-

NASA rocket
CLASP 2015 & **CLASP2** 2019



Solar-C
2028

40年間の 作品群



1981「ひのとり」
硬X線望遠鏡



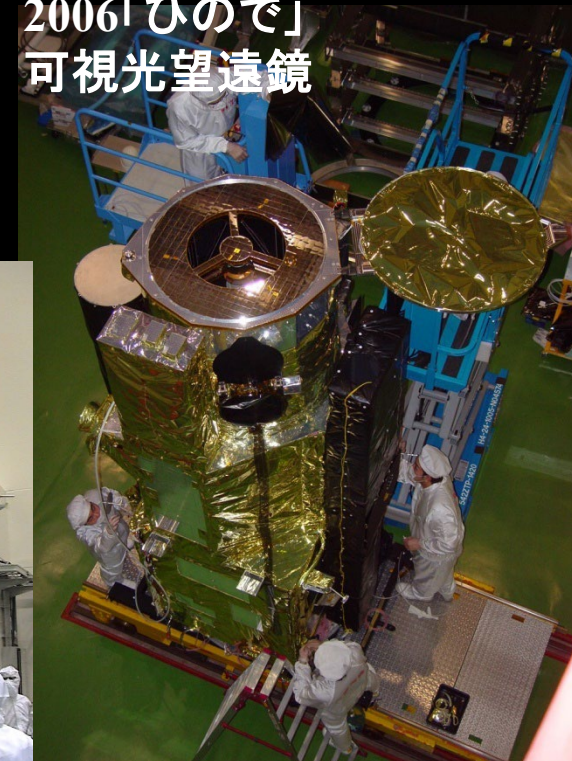
1991「ようこう」
軟X線望遠鏡

1997観測ロケット
ドップラー望遠鏡



2015 米国ロケット実験
CLASP

2006「ひので」
可視光望遠鏡



2001気球
硬X線スペクトル計



観測ロケットと気球の成果

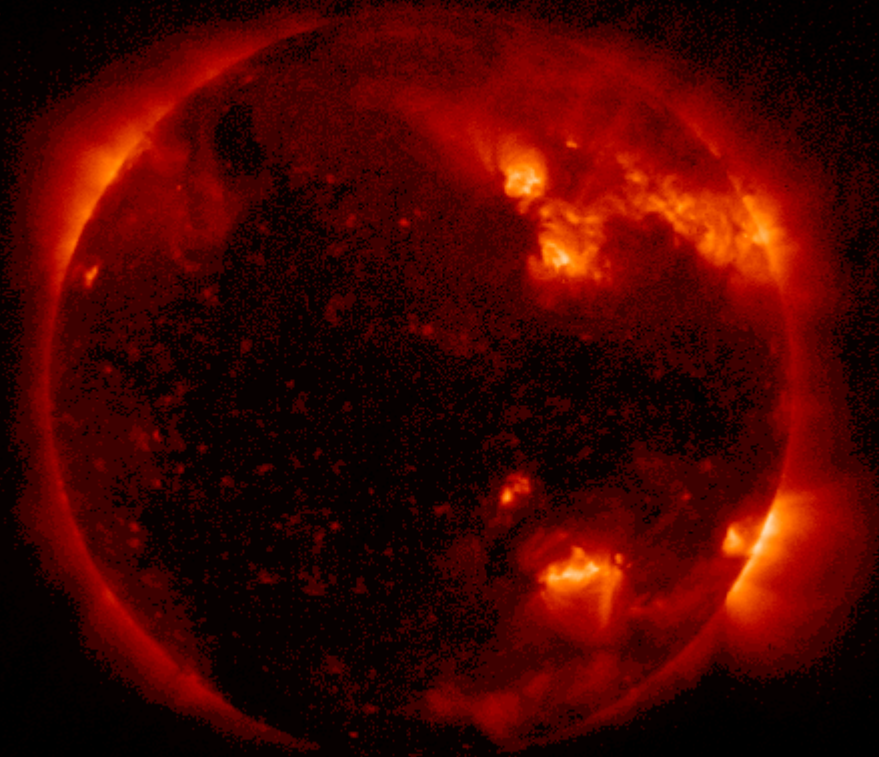
1998 Jan. 31

ISAS-S520観測ロケット搭載

ドップラーX望遠鏡

211A(1.8MK)コロナ

ように近い解像度



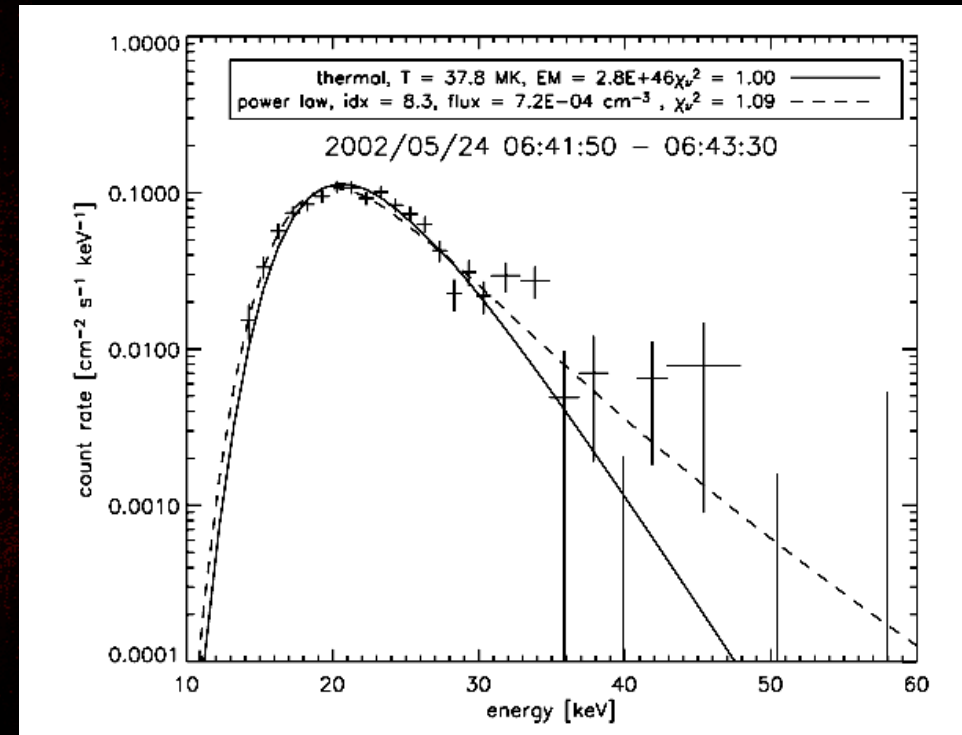
Nagata+03, ApJ

2002 May 24

ISAS高高度気球搭載

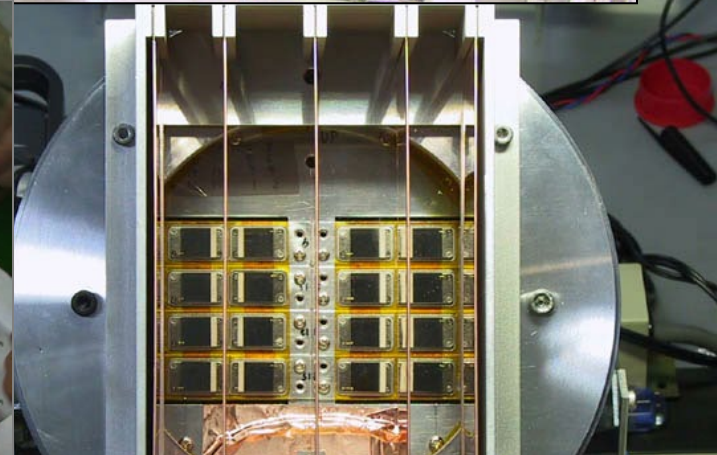
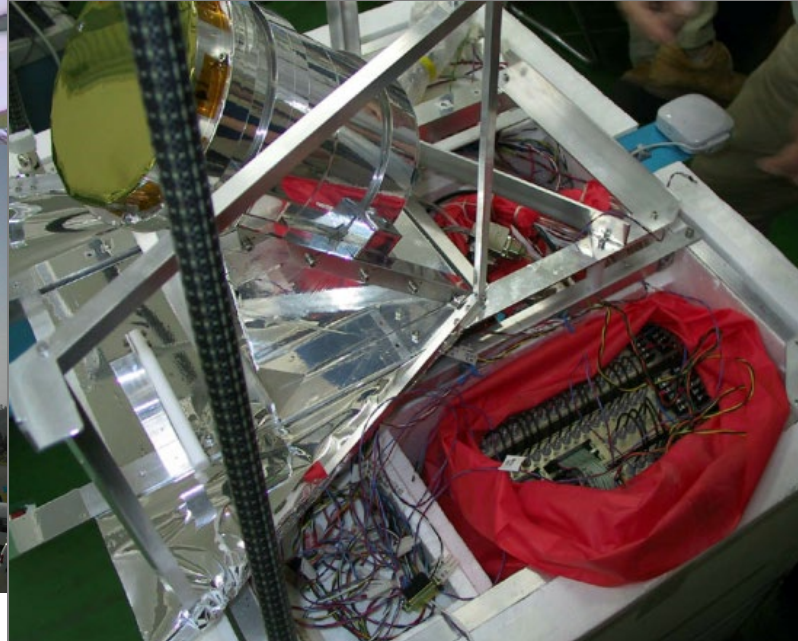
CdTe硬X線スペクトル計

RHESSIに近い分解能



Kobayashi+06, ApJ

大学院生による 手作りの観測装置

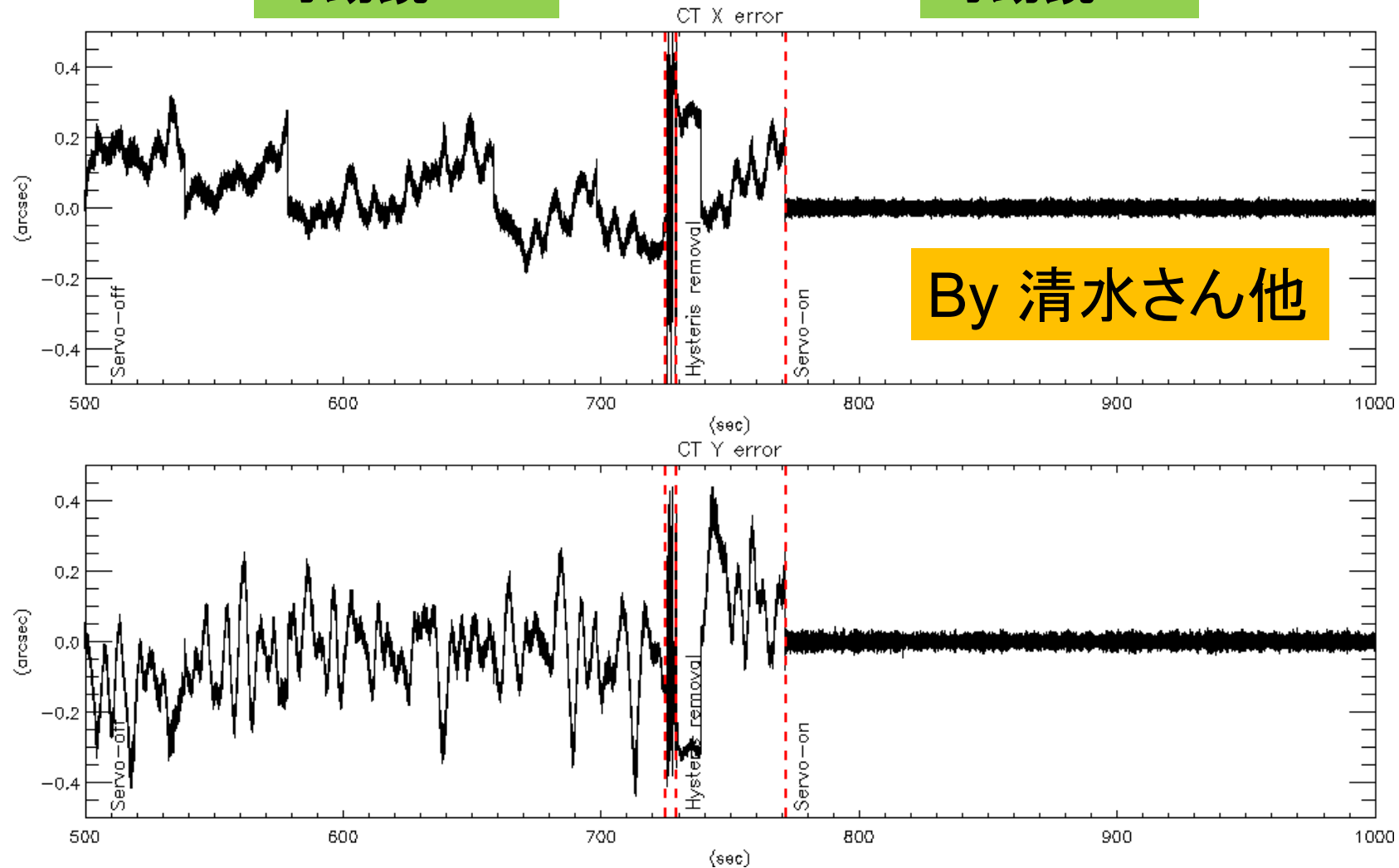


高橋忠幸(現IPMU)さんらの
開発したCdTe検出器を使用

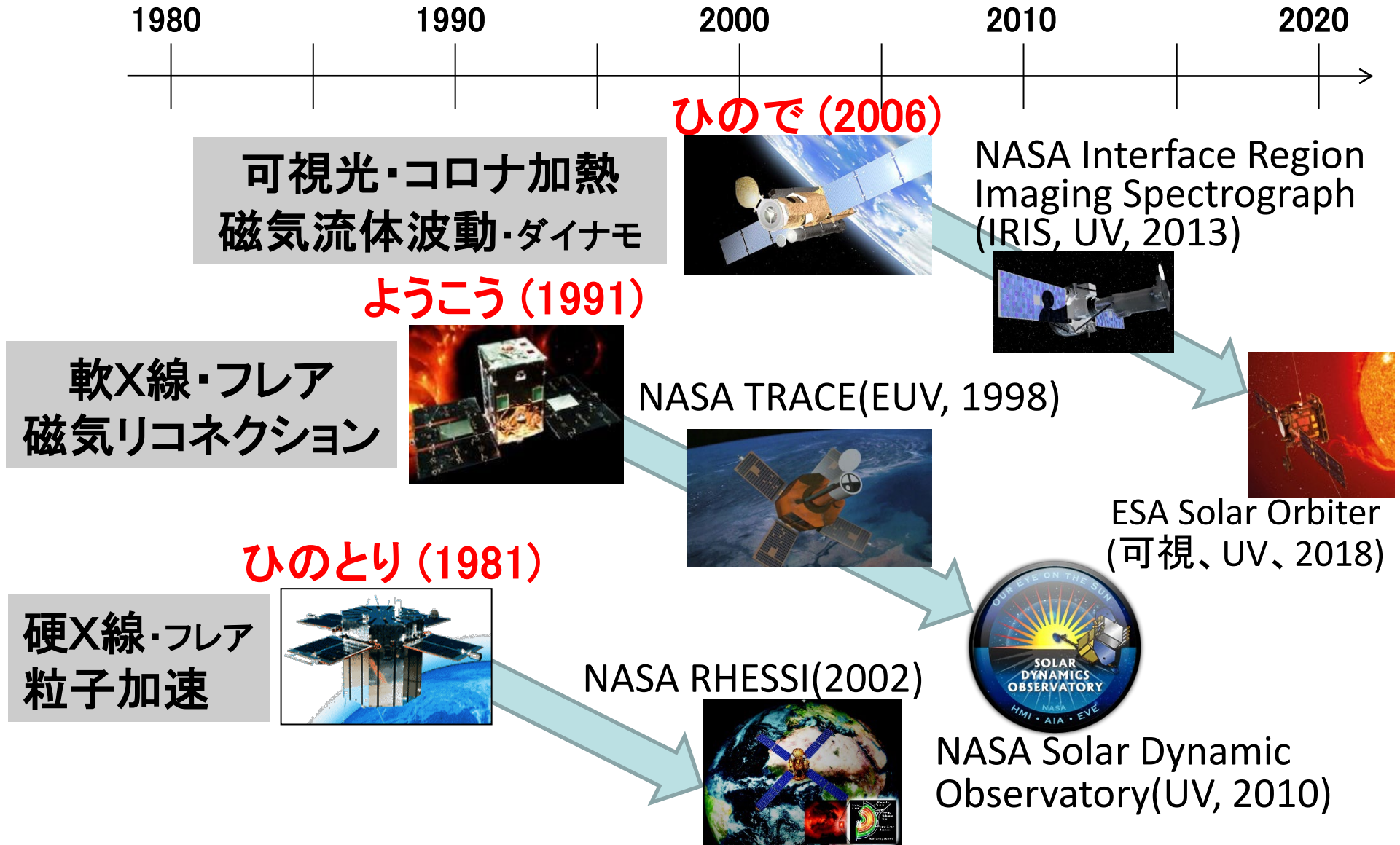
「ひので」可視光望遠鏡
フロントローディングは科研費で実施
「ひので」画像安定度 ~ 0.007 秒角 ($0.03\mu\text{rad}$)

可動鏡OFF

可動鏡ON

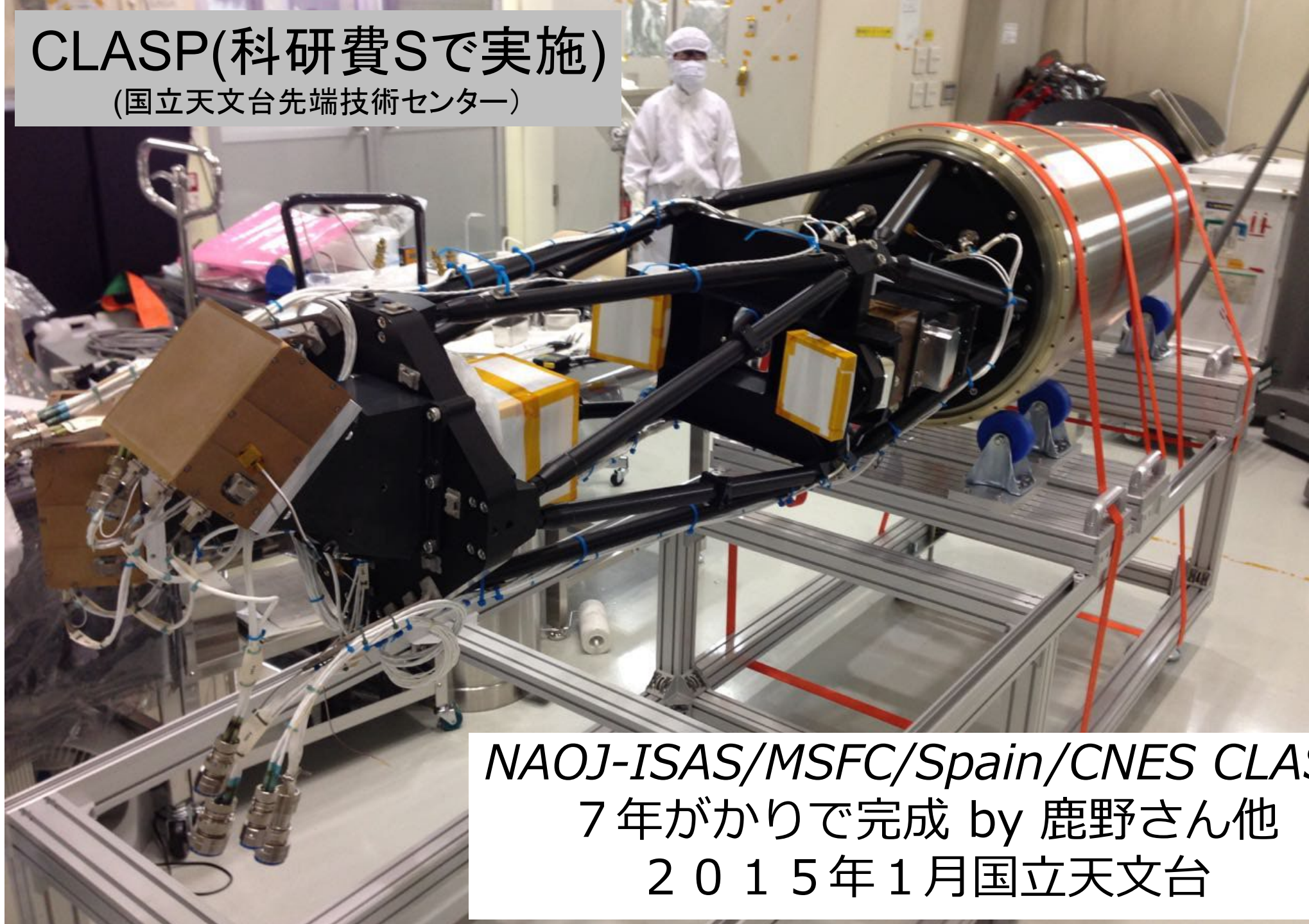


「日本の太陽観測衛星シリーズ」 新たなパラダイムを導入し研究分野を一新 NASA/ESAの衛星計画を先導



CLASP(科研費Sで実施)

(国立天文台先端技術センター)



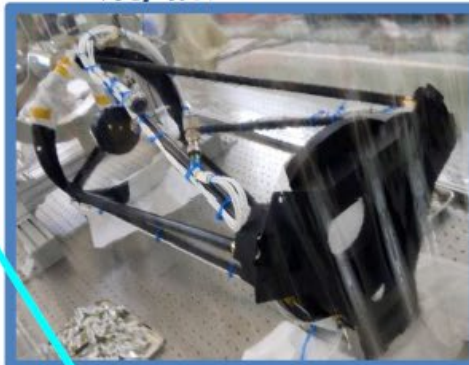
NAOJ-ISAS/MSFC/Spain/CNES CLASP
7年がかりで完成 by 鹿野さん他
2015年1月国立天文台

観測ロケットフライト品開発

望遠鏡/主鏡



望遠鏡/構造

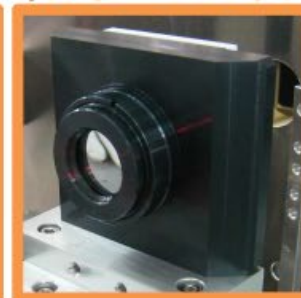


望遠鏡/副鏡



モニター光学系:

ミラーユニット & フィルターユニット



波長板モーター & 駆動回路



軸外し放物面カメラ鏡



偏光分光装置構造



最後に

- 大学院生たちと、これらの飛翔体で得られた観測データを使った論文もたくさん書きましたが、やはり今となっても記憶に残っているのは、衛星が無事打ちあがり、観測装置が宇宙で期待通りの性能を達成したときの安堵と喜び
- 40年間、宇宙研のボトムアップをフルに享受して研究成果を出した
- 宇宙科学（プロジェクト）は格闘技
 - フロントローディングが十分でない時代に、ミッションを提案するには相当の勇気を要した。開始時が一番つらく「恐怖感」が支配
 - ミッションを一旦始めたら諦めない。とことん粘る。
 - 決して失敗しない。失敗しないためにあらゆることをする
- 新しい研究分野に興味を持ち支援してほしい
 - X線天文学から太陽への支援がいかに大きな効果をもたらしたか
- 誰が一番偉いか？
 - 所長や局長ではない。研究やプロジェクトで汗を流している人が一番偉い
- リーダーシップの重要性⇒次のスライド

プロジェクトマネージメントの問題

- リーダシップと経験の重要性
 - 無限のリソースのあるプロジェクトのリーダーは誰でも務まる。しかし常に、リソースは極端に制約され、問題も発生する。
 - リソース（コスト、人、技術）の制約、あるいは必要な情報が不足する状態で適切な判断・行動がとれるか？
 - 新たな問題発生時に適切な対応がとれるか？ 必要の場合、トップマネジャーは、現場にすみやかに降りて「同調」できるか？（自分の目で直接見ることの重要性）
 - リスクを回避するため常にコンサーバチブなアプローチだけをとると、プロジェクトは成立しない。
 - 技術は複雑高度化：専門家のアドバイスは尊重しつつも、プロジェクト判断はありえるのか？
 - 大局のみならずDetailの重要性。
 - 飛翔体プロジェクトを教科書で学ぶことはできない。気球実験やロケット実験といった小プロジェクトでのOJTが極めて有効。
- プロジェクトチーム
 - ブレークスルーをもたらし、外からは知りえない困難の克服をするのは少数のすぐれた個人の場合が多い。
 - それとモチベーションに富んだプロジェクトチームの集団力の組み合わせの重要性（「臨界質量」問題）
 - 技術的不具合の根源をたどると、しばしば、人間関係や組織・体制の問題に行き当たる。