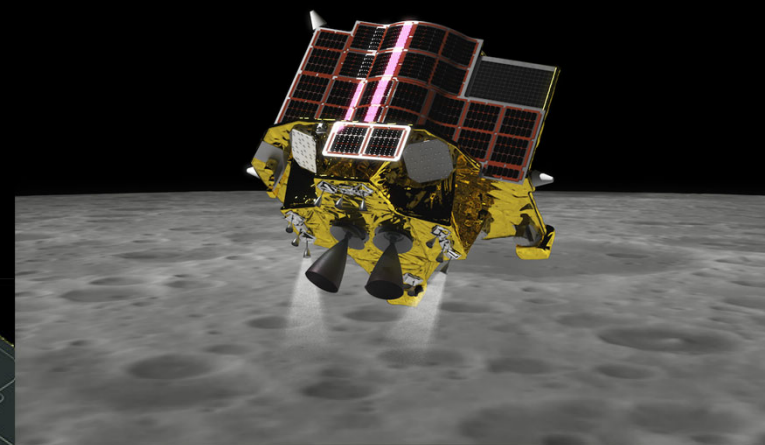
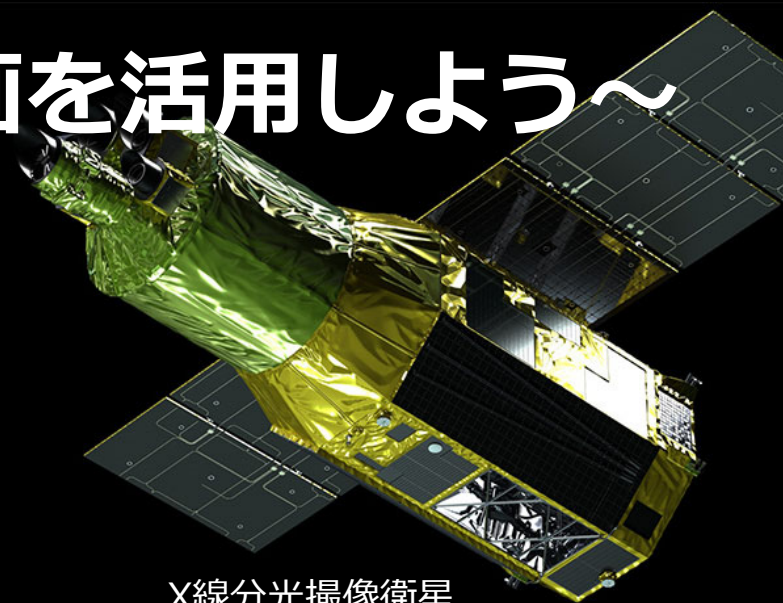


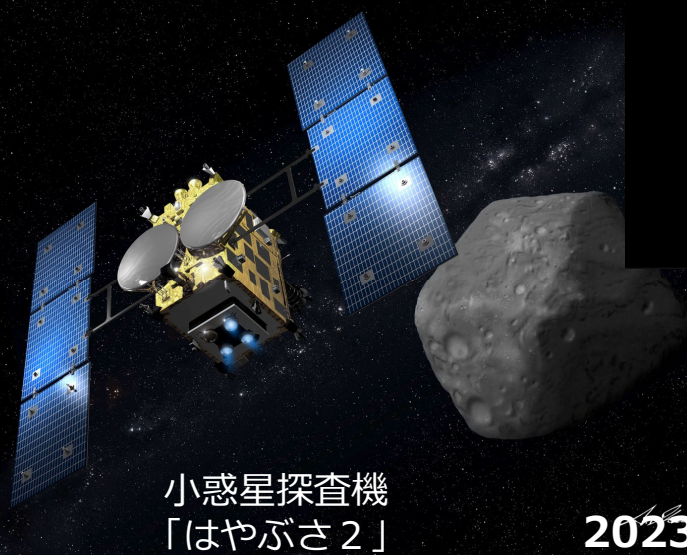
宇宙基本計画と 宇宙からの天文学 ～宇宙基本計画を活用しよう～



小型月着陸実証機
SLIM



X線分光撮像衛星
XRISM



小惑星探査機
「はやぶさ2」

常田佐久
国立天文台長

内閣府 宇宙政策委員会 委員長代理
同宇宙科学・探査小委員会 主査

2023年度国立天文台将来計画シンポジウム 2023年11月8日9時00分-9時30分

本日のお話の内容

1. とりまく国際的状況（米国と中国） **P3**
2. 日本の飛翔体天文学 **P6**
3. インパクトのあることを行おう **P10**
4. 宇宙基本計画と内閣府宇宙政策委員会 **P11**
5. 宇宙基本計画の改定 **P13**
6. 戦略的中型計画の枠組変更について **P18**

7. NASA Habitable Worlds Observatory **P20**
8. 宇宙技術戦略・フロントローディング **P21**
9. アルテミス計画と月面天文台の実現性 **P23**
10. まとめ **P28**
11. 先端技術センターの重要性 **P29**

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

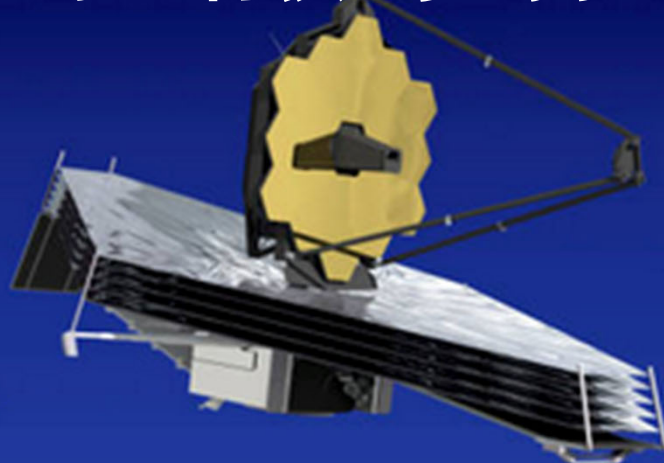
ハッブル



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



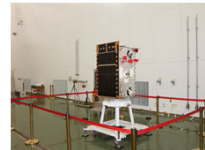
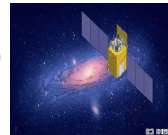
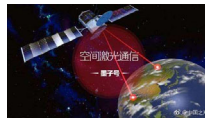
NASAを中心に欧州宇宙機関・カナダ宇宙庁が協力

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:戦略的な宇宙科学・探査による世界での存在感アップ

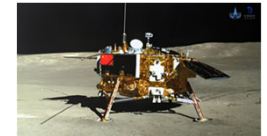
宇宙科学分野に積極的に取り組み

- 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。



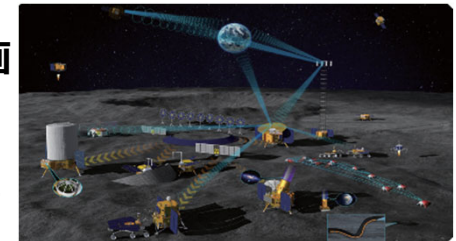
月裏側の着陸・探査、サンプルの地球帰還を達成

- 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)



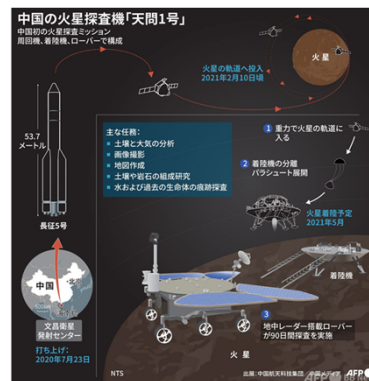
ロシアと協力して2035年までに国際月面科学研究基地の建設を計画

- 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。



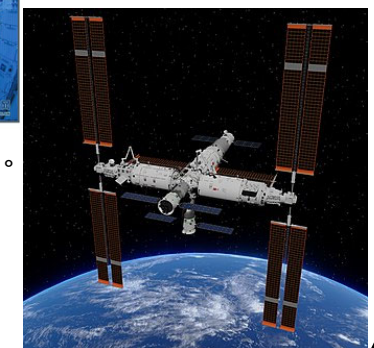
火星で既に探査中。更に有人探査も計画

- 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



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
 - ・ 2023.10の「神州17号」で6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)。



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。**

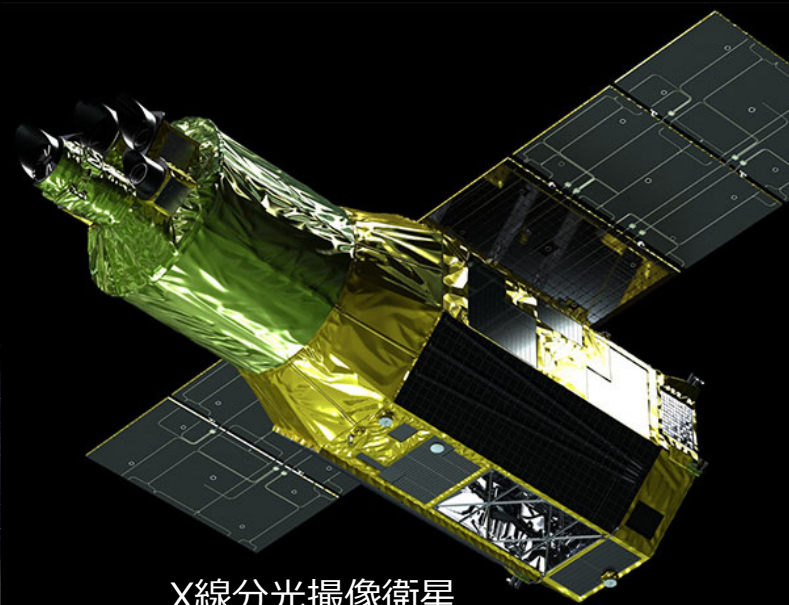
「国民経済と社会発展第14次5カ年計画」 第13期 全国人民代表大会 (全人代) 第4回会議 (2021年3月)

- 「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。

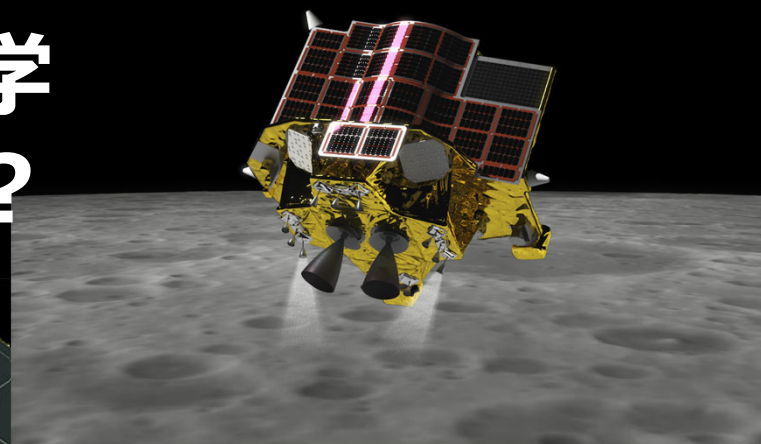


火星衛星探査計画MMX
(2024年度打上予定)

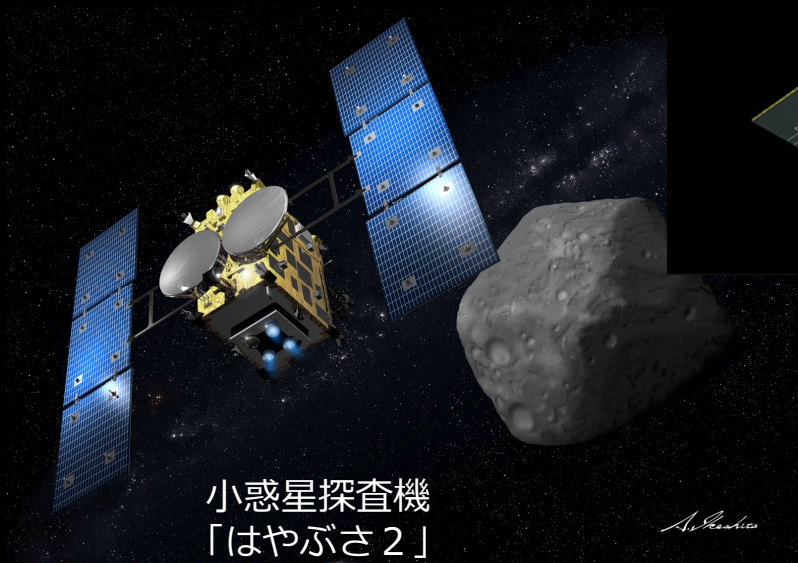
日本の飛翔体天文学 が弱っていないか？



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)

- 大気密度の薄い火星で有効な大気圏突入技術で、次世代の突入・減速・着陸(EDL)システムとして世界各国で研究開発が進んでいる**ゲームチェンジ技術**に日本は先行。米中の後追いでない、独自技術により着陸探査。
- 初号機実験：火星の極域を含む任意の場所2-3か所に、それぞれ約10Kgの観測装置を降下・着陸させる。2号機以降で、順次観測機器重量を増大。
- 風洞実験に加え、観測ロケット、ISSからの投下実験を成功裡に実施済で、火星ミッションに適用可能な段階にきている

【参考】日本の強み 「インフレータブル エアロシエル技術」 を使った火星着陸



深化する日米連携:NASA中核ミッション 彗星サンプルリターンCAESARに再突入システムを提供

- CAESARは、Cチュリモフ・ゲラシメンコ彗星の核から、固体物質に加え揮発性物質（氷等）を一度も溶かさずに地球に持ち帰る彗星サンプルリターン計画で、NASAの大規模惑星探査プログラム(New Frontiers Program、1000億円規模) の候補で、水や生命構成物質の起源の解明につながると期待。
- JAXAは、米国からのCAESARミッションに必須であるサンプルリターンカプセルの協力要請に応じて、2015年9月からこの活動を継続。地球外物質の分析も日本の強みとなっており、国際協力事業における科学成果の確保も問題ない。
- 深宇宙からの帰還を回収を実現するためには、惑星間軌道から超高速で大気圏に突入し安全に地上に着陸できるサンプルリターンカプセルが必須である。**「はやぶさ」により確立したこの技術は今もなお稀有なもので、何事にも代えがたい我が国のヘリテージ、国際的財産である。**日本におけるサンプルリターン技術の維持発展の観点からも、重要な位置づけとなる。



Cチュリモフ・ゲラシメンコ彗星
に到着したCAESAR（想像図）



日米チーム会合

国立天文台の大型観測施設

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)

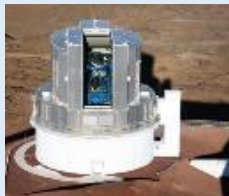
【特徴】

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

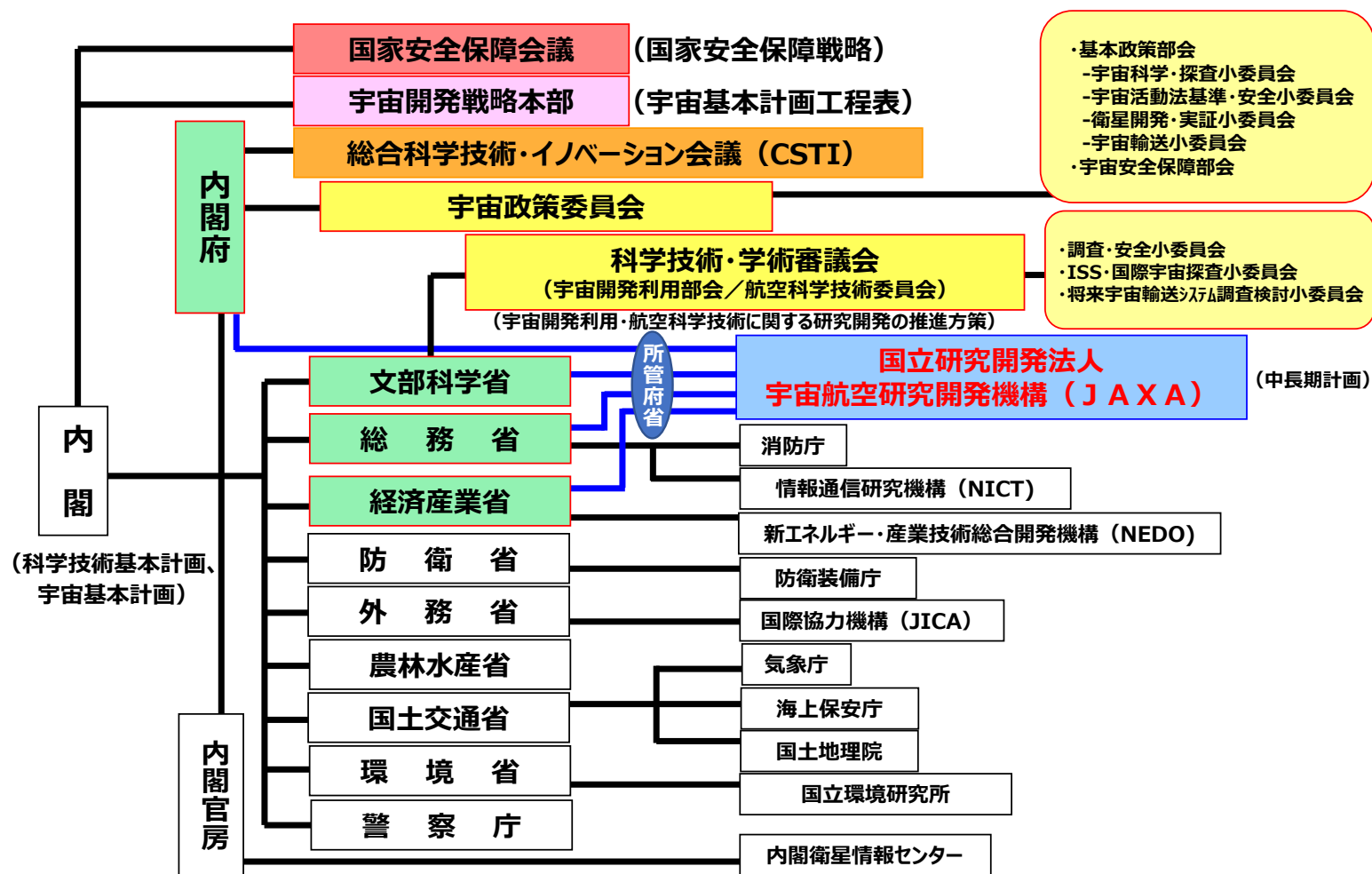
これら3つの大型プロジェクトの推進により国立天文台が創出する新しい天文学

- 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)

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**

我が国の宇宙航空研究開発・利用の体制



宇宙基本計画と内閣府宇宙政策委員会

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。

宇宙政策をめぐる環境認識

宇宙基本計画の改定（その1）

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、有人と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

宇宙基本計画の改定（その2）

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

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に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。**

宇宙基本計画の改定（その3）

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・惑星探索を通じた惑星科学・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、特に惑星探索を通して、人類の活動領域の拡大に資する技術獲得を進めていく。

宇宙政策に関する具体的アプローチ 1 / 2

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（スピノフ）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、何を求め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）

宇宙基本計画の改定（その4）

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にかつ独創的・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

宇宙政策に関する具体的アプローチ 2 / 2

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。

宇宙基本計画の改定（その5）

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）

戦略的中型計画の枠組み変更

- 宇宙科学における宇宙理工学各分野の戦略に基づき、4クラスのカテゴリーに分けて実施する。
- コストキャップの機会毎の弾力的な設定とコスト超過抑制策の導入を合わせ、10年間にH-IIA/H3ロケット3機、イプシロンロケット5機の打上げ機会を図る。

カテゴリ	特徴	規模・頻度
戦略的中型計画	H2a/H3ロケットでの打上げ。世界第一級の成果創出を目指し、各分野のフラッグシップ的なミッションを日本がリーダとして実施する。	最大400億円程度／機、10年間に3機
公募型小型計画	イプシロンロケットでの打上げ。適正規模のミッションでタイムリーかつ高頻度な成果創出を目指す。	最大180億円程度／機、10年間に5機
戦略的海外共同計画	海外ミッションへのパートナーとしての参加や国際宇宙探査の観測機器の搭載機会等を活用するなど、多様な機会を最大に活用し成果創出を最大化を図る	10億円／年程度
小規模計画	国内外の研究者の幅広い提案を公募し、海外の観測ロケット・大気球、国際宇宙ステーションなどの飛翔機会を利用するなどした計画を推進。	数億円／年程度

戦略的中型計画の枠組み変更

- 宇宙科学における宇宙理工学各分野の戦略に基づき、4クラスのカテゴリーに分けて実施する。
- コストキャップの機会毎の弾力的な設定とコスト超過抑制策の導入を合わせ、10年間にH-IIA/H3ロケット3機、イプシロンロケット5機の打上げ機会を図る。

カテゴリ	特徴	規模・頻度
戦略的中型計画	H2成 的 る 海外主導ミッションへの 中型計画規模での参 加含む	及の ップ 施す 先行的かつ戦略的な検討・技術開 発等が必要となる海外主導の国際 大型ミッションへのより存在感あ る参加も含む
公募型小型計画	イ 適正規模のミッションでタイムリーかつ高頻 度な成果創出を目指す。	10年間に5機
戦略的海外共同計画	海外ミッションへのパートナーとしての参加や 国際宇宙探査の観測機器の搭載機会等を活用 するなど、多様な機会を最大に活用し成果創 出を最大化を図る	10億円／年程度
小規模計画	国内外の研究者の幅広い提案を公募し、海外 の観測ロケット・大気球、国際宇宙ステー ションなどの飛翔機会を利用するなどした計 画を推進。	数億円／年程度

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

- 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。

宇宙政策委員会 宇宙科学・探査小委員会による「技術のフロントローディング」の開始

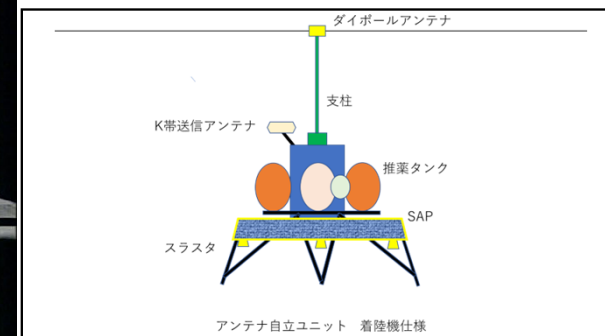
- 宇宙科学研究所は、研究者からの自由な発想によるボトムアップを基本とし、萌芽的な研究から、科学衛星・深宇宙探査機の開発・運用までを一気通貫で実施してきた。
- ミッション選考後、すぐ概算要求に入るため、以下の課題が顕在化。ミッションの実現を左右するキー技術の開発が十分でなくプロジェクトを発足させる、あるいはプロジェクトとキー技術の開発を同時並行で行わざるを得ず、プロジェクト担当者への負担増、プロジェクトリスクの増大を招き、最悪プロジェクトの中断を招いた（例：Lunar-A, VSOP2）。
- 宇宙政策委員会 宇宙科学・探査小委員会では、この状況を改善するため、「技術のフロントローディング」を政策的に立ち上げ、2020年度から開始された新たな枠組である。文部科学省の努力により、予算は着実に増大しており、令和5年度は、7.8億円。
- 「技術のフロントローディング」は、実現が見えてきたミッション提案を支えるキー技術をJAXA内でトップダウン的に選定し、開発と事前実証を行うことを主目的とする（例：MMXのシステム検討、JASMINEの赤外線イメージャー、LiteBIRD, Athenaの冷凍機）。
- 次期ミッションを創出するキー技術の研究開発の推進も行うが、理工委員会の戦略的開発経費とのすみ分けに十分注意する必要がある。
- 今後、宇宙政策委員会で検討中の「宇宙技術戦略」の中で、位置づけていく。

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	← ×	○	○	○	○	○	○	○	○
地球周回 軌道	← ×	→ ×	▲	○	○	○	○	○	○
地球上 マウナケア アタカマ など	← ×	→ ×	▲	○	○	×	▲	○	×

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

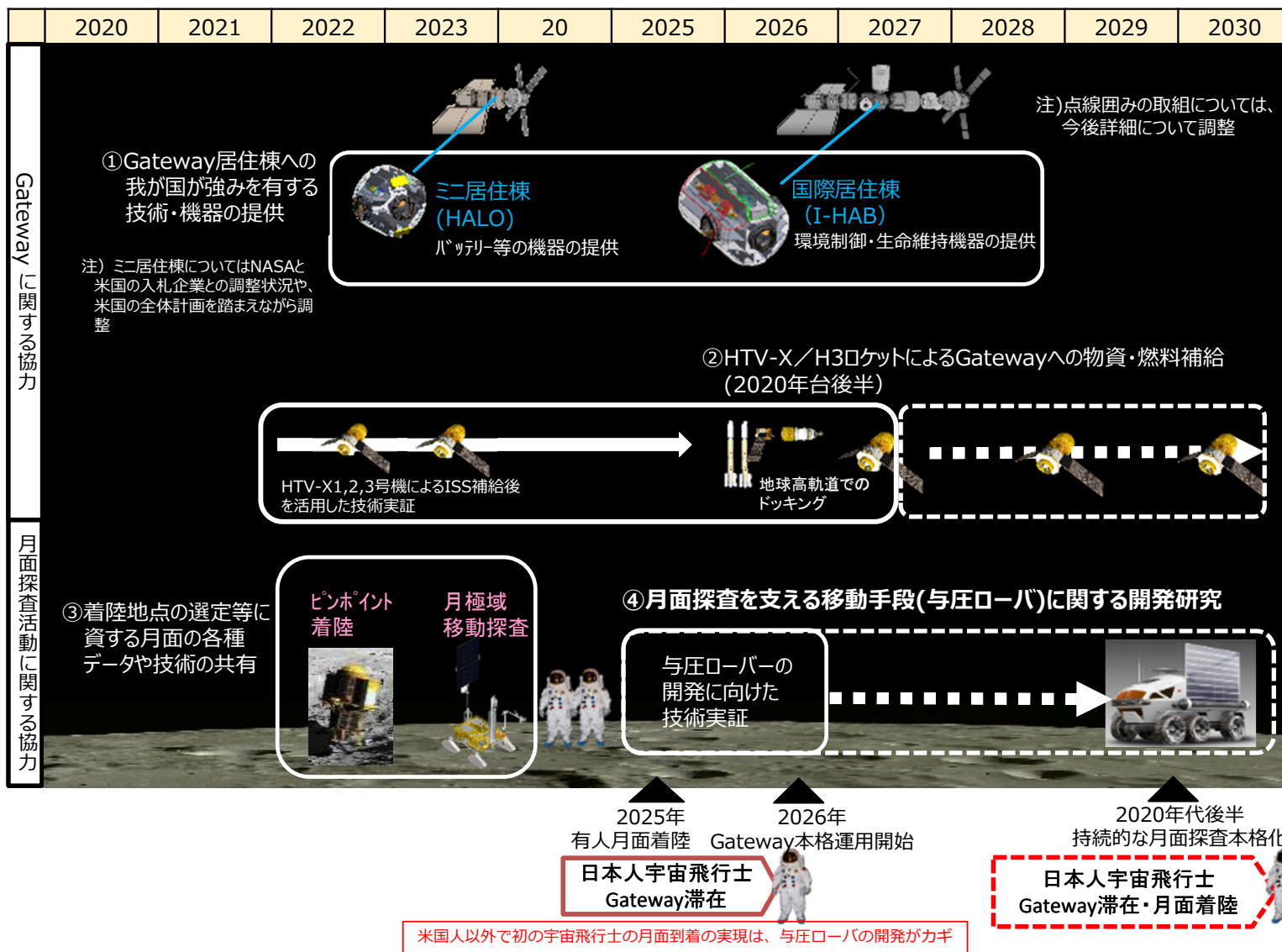
国際宇宙探査シナリオ



アルテミス計画から日本への貢献（日本人が月面に降り立つだけでない）：

- ・ **ビジネスの観点：** 月面でのビジネスを志向する日本企業に貢献するアルテミス計画である必要がある。
- ・ **科学の観点：** 月面天文台、月サンプルからの知見獲得、月震計ネットワークなど「月からの科学」と「月の科学」を推進
- ・ **その他の観点？**

日本からアルテミス計画への貢献（下記①～④）



2023年～2基の探査機があいついで月着陸へ

アルテミス計画での月面補給による旺盛な需要、月面天文台・月サンプルリターン・月震計ネットワークなどの科学ミッションに対応

Ispace HAKUTO-R Mission-n

- 顧客ニーズに対応した高頻度の月面着陸・輸送システムの提供。民間資金調達により探査機打上をすでに実施
(残念ながら1号機は月面に自由落下)
- 月輸送サービス調達による月産業の開始と発展を想定し、Mission2以降に輸送能力の大幅増大を予定
- 探査機開発を国際調達により実施し、事業の最適化・継続性確保を図っている

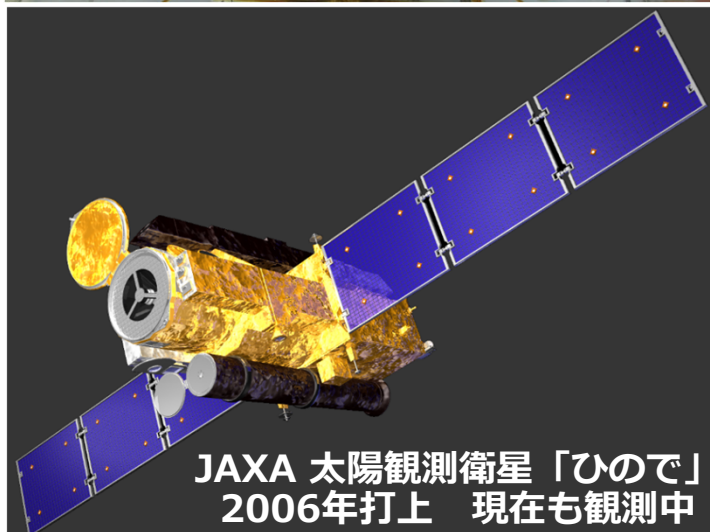
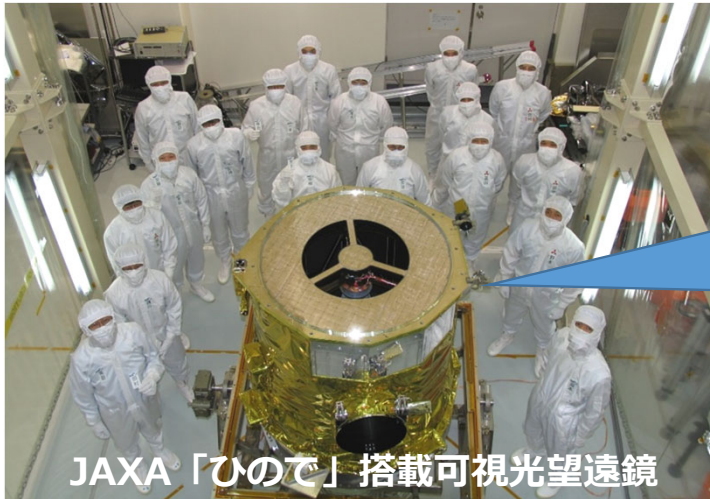
JAXA SLIMとその発展版

- 高精度着陸（100m以内）により、「降りやすいところに降りる」から「降りたいところに降りる」時代へ
(SLIMは2024年1-2月頃月面に着陸予定)
- 探査の自立性およびSLIM着陸技術の維持・発展等の要請から、中型カーゴランダ（輸送能力3トン）をJAXAにて検討中

まとめ

- 宇宙政策委員会において、ミッションに必要なキー技術の開発事前実証を行う「技術のフロントローディング」を立ち上げ、一定の成果が出ている。
- 日本の惑星探査は宇宙研の工学研究系、JAXAつくばのエンジニア層の参入で順調に発展している一方、日本の飛翔体天文学が岐路に立っているのではないかと。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。何が異なるのか？
 - ① 宇宙政策委員会において、ポストJWSTの大型ミッションに参加できるように、戦略的中型の枠組みを変更した。
 - ② 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、スペースと地上の連携が大事ではないか。国立天文台先端技術センターの役割が重要であり、更なる充実が必要。
 - ③ 巨大科学を行うには、科学的価値だけでなく、国益と国民目線の観点が必要です。宇宙基本計画を読んで、より広い視点からミッションを考えていくべきではないか。

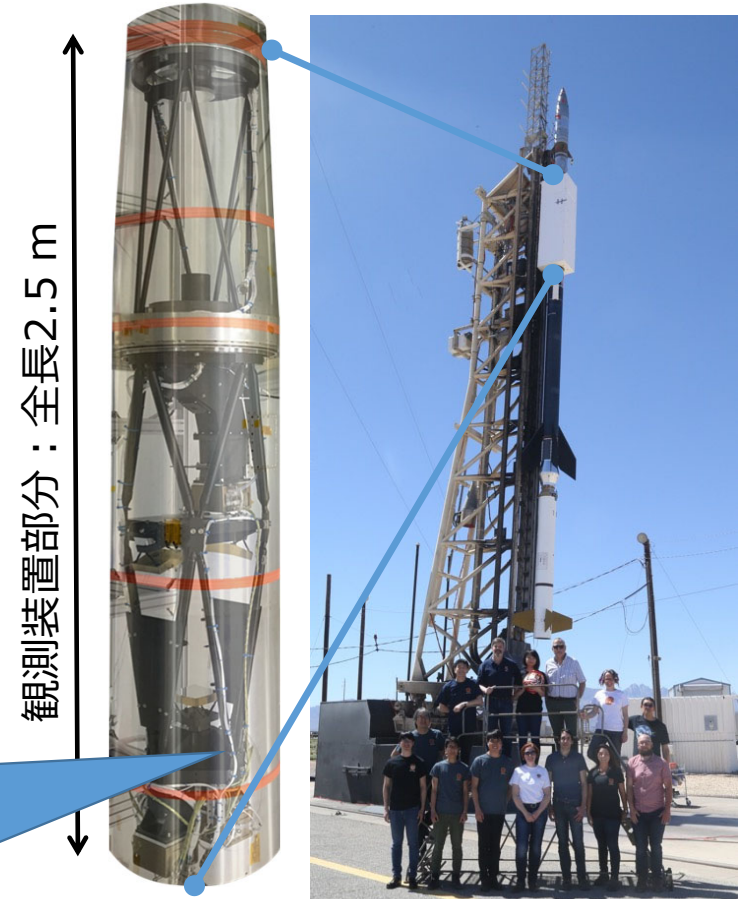
国立天文台のJAXAミッションへの貢献 衛星・NASA観測ロケット搭載望遠鏡の開発



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)



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

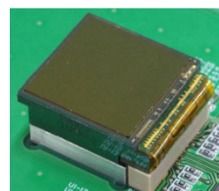
2020年代の国立天文台の飛翔体搭装置の開発

JAXA SOLAR-C (2028年打上予定)

極端紫外線の高分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

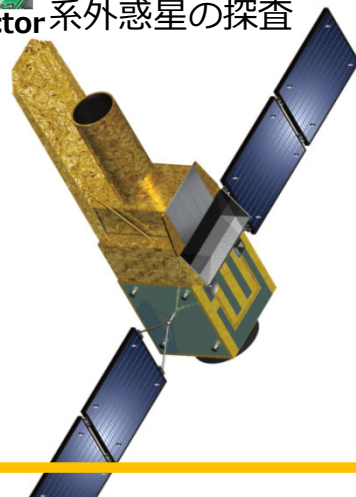


JAXA 赤外線位置天文衛星 JASMINE(2028年打上予定)



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



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)

極端紫外線分光望遠鏡
EUVSTの開発

近赤外線InGaAs検出器と
カメラシステムの開発

SCIP(近赤外線偏光分
光装置)の開発

先端技術センター