

2. 我が国の宇宙科学・探査の歴史と現状

2-1. 日本の宇宙科学・探査の歴史

日本の宇宙科学はその創生期から一貫して「宇宙理学・工学の一体運営」や「大学共同利用」という学術研究の競争的環境で、理工両面の様々な世界最先端の成果を創出。その過程で次世代の研究者・技術者を教育・育成し、継続的な進歩を実現してきた。

●宇宙飛翔体工学(Mロケットの開発と科学ミッションの推進)

- ・ ペンシルロケットに始まり、日本初の人工衛星「おおすみ」から全段固体で世界最大の打ち上げ能力を有するM-Vロケットへと発展
- ・ 宇宙輸送、化学・非化学推進、航法誘導制御、超軽量・耐熱技術、深宇宙航行、再突入飛行など先進宇宙工学技術の獲得と工学実証および科学ミッションにおける実践
- ・ 小型ロケット、大気球などによる飛行実証機会の保持と技術革新の実践

●先進宇宙工学(特に衛星・探査機工学)

- ・ 日本の衛星の先駆けから地球周回衛星による高度な衛星運用、通信、制御、観測・望遠鏡技術などの獲得
- ・ 月・惑星間航行・深宇宙航法誘導制御・自律化技術などの獲得と工学実証および科学ミッションによる実践

●宇宙物理学・天文学

- ・ 「はくちょう」から「すざく」へ続く衛星と観測装置により世界の宇宙X線観測をリード
- ・ 「あかり」による全天マップなど宇宙赤外線観測による世界的貢献
- ・ 世界初のスペースVLBI衛星「はるか」による活動銀河中心のジェットの内部構造解明
- ・ 大気球・観測ロケットを用いた先駆的観測研究

●太陽物理学・太陽系探査科学

- ・ 太陽地球磁気圏の探査とオーロラなど太陽風磁気圏の相互作用の解明
- ・ 「さきがけ」「すいせい」「ひてん」「のぞみ」による太陽系探査技術を礎とし「はやぶさ」による小惑星探査の成功。「かぐや」による月面詳細観測、「あかつき」金星大気現象の解明への挑戦
- ・ 「ようこう」「ひので」により世界の太陽物理研究をリード

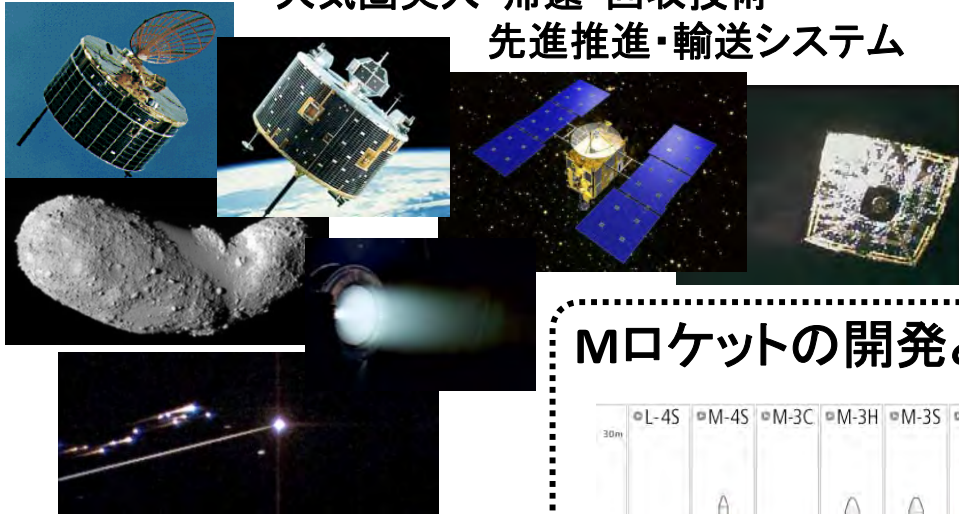
●宇宙環境利用科学

- ・ 宇宙環境の特徴である微小重力・真空・宇宙線等を利用して、物質科学・基礎科学・生命科学他の科学実験

日本の宇宙科学・探査の歴史

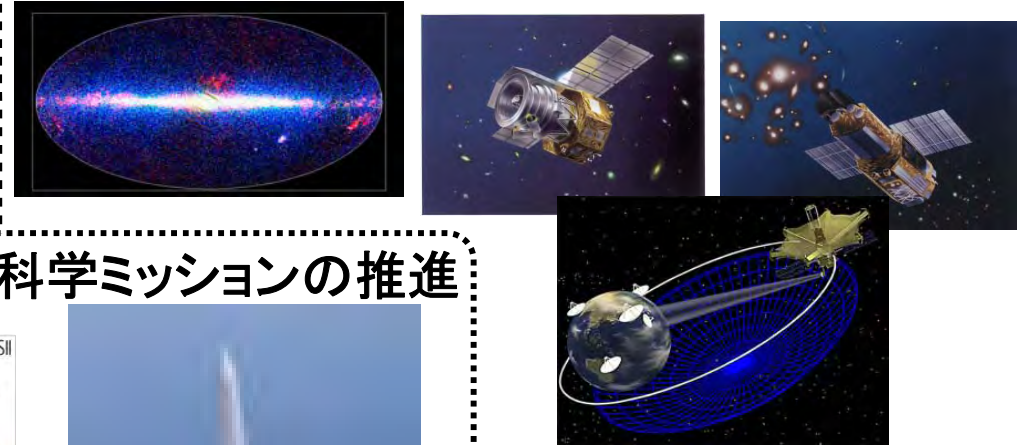
先進宇宙工学

衛星技術・深宇宙航法誘導自律制御・超遠距離通信
大気圏突入・帰還・回収技術
先進推進・輸送システム

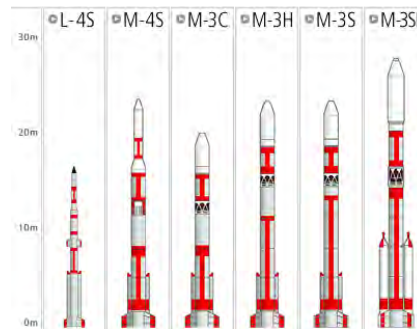


宇宙物理学・天文学

ブラックホールの発見・超新星残骸での粒子加速の観測
赤外線全天マップ
活動銀河中心の内部構造解明



Mロケットの開発と科学ミッションの推進

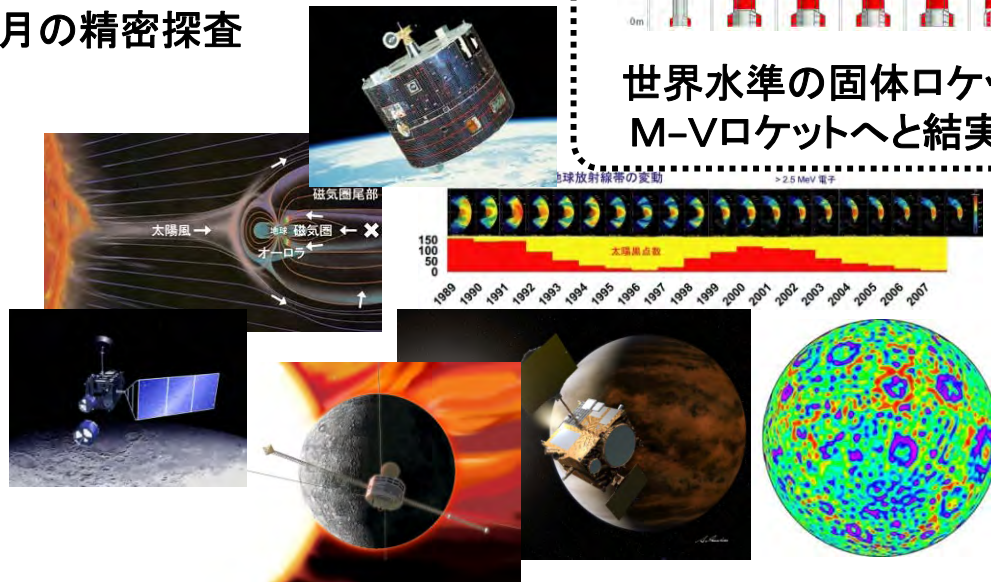


世界水準の固体ロケット推進・システム技術
M-Vロケットへと結実しイプシロンへと進展



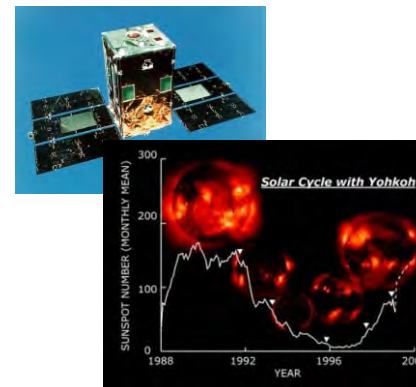
太陽系探査科学

太陽地球磁気圏・プラズマ観測
惑星・始原天体の探査
月の精密探査



太陽物理学

極限的なプラズマ物理の世界
太陽活動の理解の深化
宇宙天気予報への貢献



世界における日本の宇宙科学・探査の特徴

日本の宇宙科学の成果は国際的に認知・評価されており、宇宙研を国際拠点とした日本の宇宙科学が米国NASA、欧州ESAと「世界の三極」を構成※している。

- NASA、ESAなどが主導する宇宙科学プロジェクトに重要なパートナーとして参画
- 日本の科学衛星プロジェクトに、欧米の研究者がメンバーとして寄与
- 科学衛星の運用や研究計画を日米欧の協力で実施
- 国際間で分野の相互補完

※外部評価委員会(H20.1)エグゼクティブサマリーより抜粋。

●評価委員会は、ISASの遂行している研究およびミッションの範囲及び質の高さを賞賛する。ISASが遂行している宇宙理工学の活動範囲は、特に、その予算及び人員の大きさを考えると、驚くべきに値する。日本は、宇宙空間物理学、宇宙物理学の研究において、そして最近では惑星科学の研究においても、間違いなく世界の主要国の一つである。(略)

●ISASはNASA、ESAとともに宇宙科学のメジャープレイヤーである。(略)

諸外国と比べて限られたリソースを最大限有効に活用した、効率的な宇宙科学の進め方についても評価※されている。

- 自由な発想に基づく多様な観測、探査、実証などの計画から、最も科学的価値が高いミッションを、大学共同利用のシステムにより、自律的に採択、実行、運営
- 総花的に宇宙科学研究の範囲を拡げ過ぎず、推進分野の選択とリソースの集中を図り、磁気圏、X線、太陽、電波、月惑星、赤外線などの分野を順次立ち上げ、国際競争力を持つ分野として成熟させてきた
- このような、理学・工学研究者一体の運営、大学共同利用などのシステム、強みのある分野の選択と集中により、少ないリソースでより大きな成果を挙げている、と評価※されている。

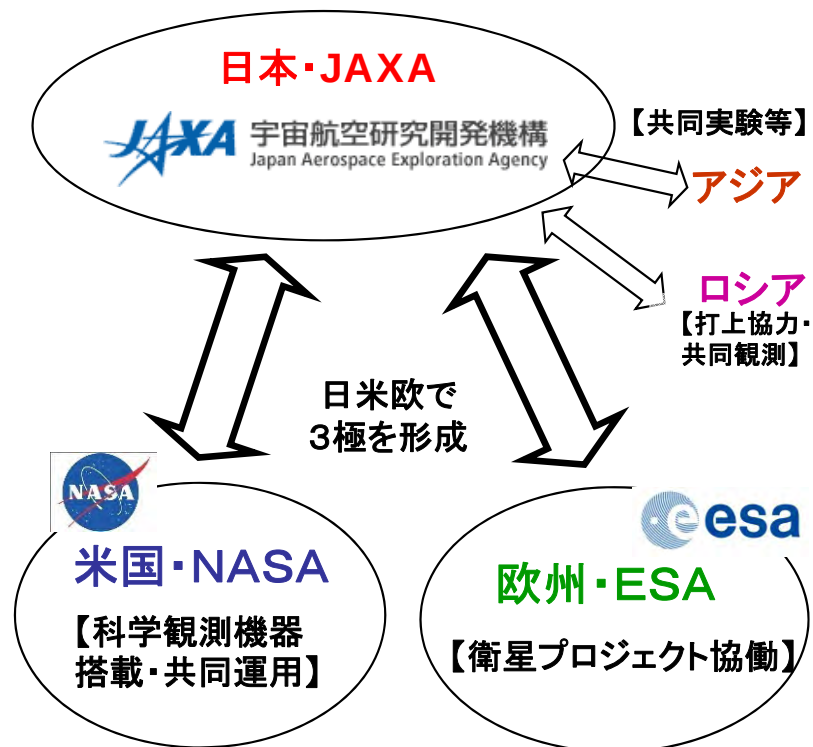
※外部評価委員会(H25.1)エグゼクティブサマリーより抜粋。

●外部評価委員会は、ISASが、その意思決定やマネジメント、及び大学との協力における海外では他に類を見ないシステムによって、その創設以来、理学と工学の両面において世界レベルの独創的な研究を続けてきていると評価する。そのシステムは、いかなる変化の基においても、親組織であるJAXAのもとで今日において何よりも継続・発展すべきものである。(略)

宇宙科学・探査における国際協力

ほとんどの宇宙科学・探査プロジェクトは国際協働下で実行され、より大規模かつ高度な国際協力の方向が指向されている

「世界の三極」の構図とアジア・ロシア等との関係

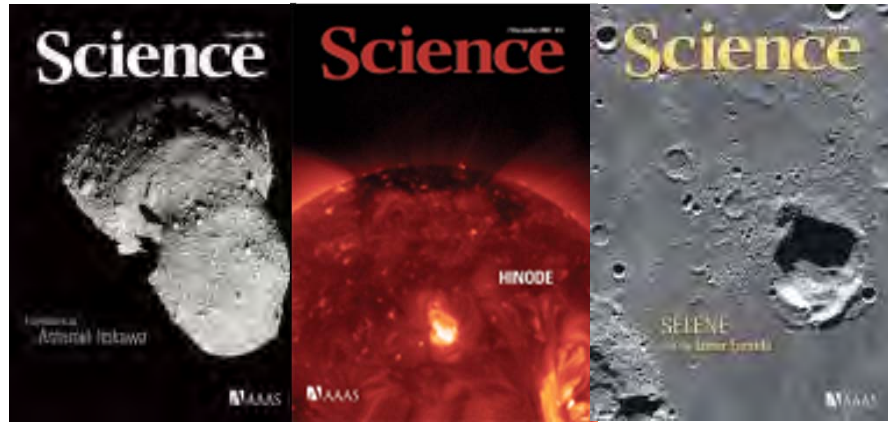


宇宙科学研究所が主導するプロジェクト・研究協力

	米国 (NASA)	欧州 (ESA等)	ロシア	アジア
GEOTAILプロジェクト				
あけぼのプロジェクト				
はやぶさプロジェクト				
はやぶさ2プロジェクト				
すざくプロジェクト				
あかりプロジェクト				韓国
れいめいプロジェクト				
かぐやプロジェクト				
ひのでプロジェクト				
あかつきプロジェクト				
BepiColomboプロジェクト				
ASTRO-Hプロジェクト				
ERGプロジェクト				台湾
SPICAプリプロジェクト				韓国、台湾
大気球を用いた観測研究				インド
ロケットを用いた理工学実験研究				韓国

世界レベルの成果創出

宇宙科学の成果は米国科学誌「サイエンス」などにも掲載

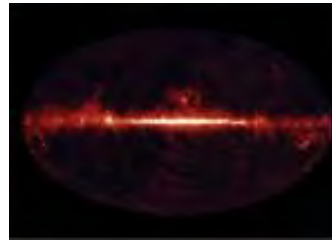


平成20年7月
「はやぶさ」特集号

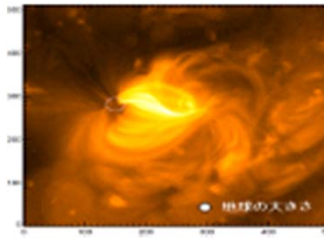
平成19年12月
「ひので」特集号

平成21年2月
「かぐや」特別編集号

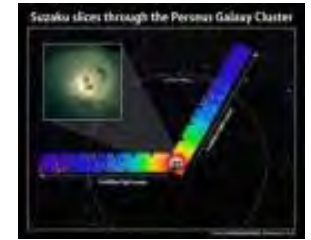
天文衛星による観測成果



かぐやによる月面観測

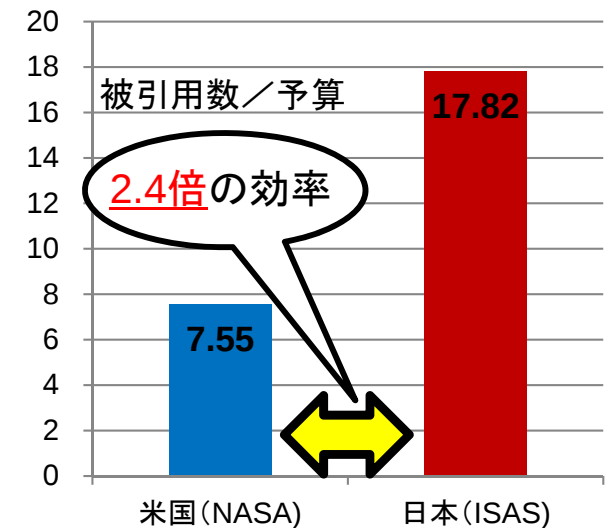


はやぶさの地球帰還



左:「あかり」遠赤外線天体の全体分布
中:「ひので」太陽風の源を初めて同定したX線画像
右:「すざく」ペルセウス座銀河団のX線画像

国	年次	宇宙科学予算 (億円)	論文数	被引用数	被引用数／ 予算
米国 (NASA)	2009	3,946	2,440	41,597	13.00
	2010	3,201	2,585	29,919	9.78
	2011	3,198	2,673	19,606	6.13
	2012	3,313	2,650	4,240	1.28
日本 (ISAS)	2009	171	314	5,716	33.43
	2010	203	346	4,610	22.72
	2011	142	366	1,795	12.64
	2012	182	341	458	2.50



・NASA予算はNASA公表データより作成。Science区分のうち、Planetary Science, Astrophysics, Heliophysics, JWST(2010,2011,2012)の経費を計上、1ドル=100円で計算
・論文数及び被引用数は、web of science/Thomson Reuters調べ(2013年3月)による。

※2009年～2012年の平均値にて算出

我が国の宇宙科学・探査の系譜

(観測手段・技術の発展の歴史)

▼打上げ済み
▽打上げ予定

2013年現在

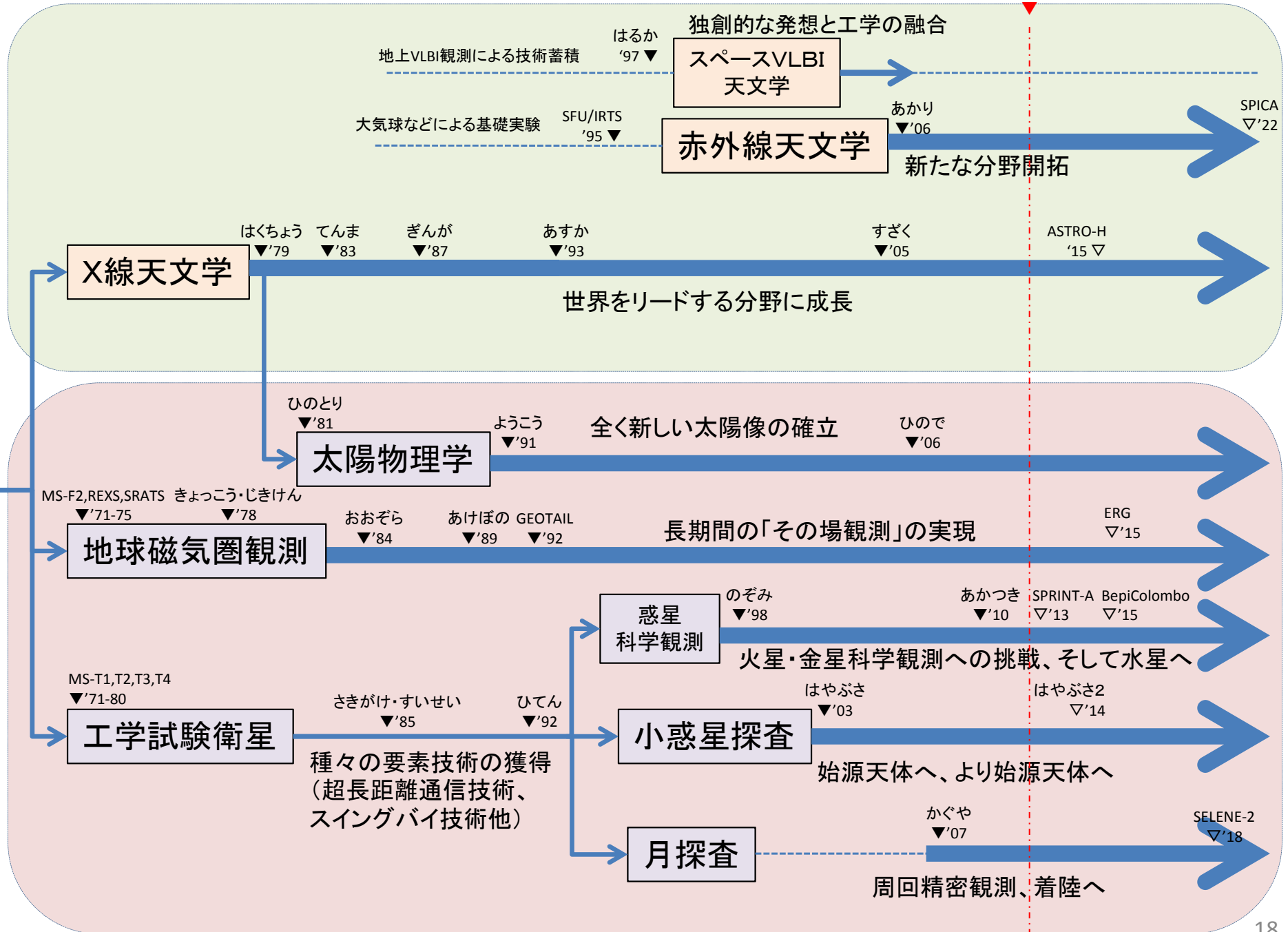
【宇宙物理学分野】



おすすめ

日本初の人工衛星
1970年打上げ

【太陽系科学・探査
及び宇宙工学分野】



2-2. 日本の宇宙科学・探査プログラムの実施状況

(1) 軌道上運用中の科学衛星・探査機

X線天文衛星「すざく」、太陽観測衛星「ひので」、磁気圏観測衛星「あけぼの」、磁気圏尾部観測衛星GEOTAIL、小型高機能科学衛星「れいめい」、金星探査機「あかつき」が、軌道上で科学観測を継続している。

(2) 現在開発中の科学衛星・探査機

次期X線天文衛星「ASTRO-H」、水星探査機「BepiColombo」、惑星分光観測衛星「SPRINT-A」、ジオスペース探査衛星「ERG」、及び小惑星探査機「はやぶさ2」を、それぞれの打上年度目標に合わせて開発している。

(3) 小型飛翔体による実験研究

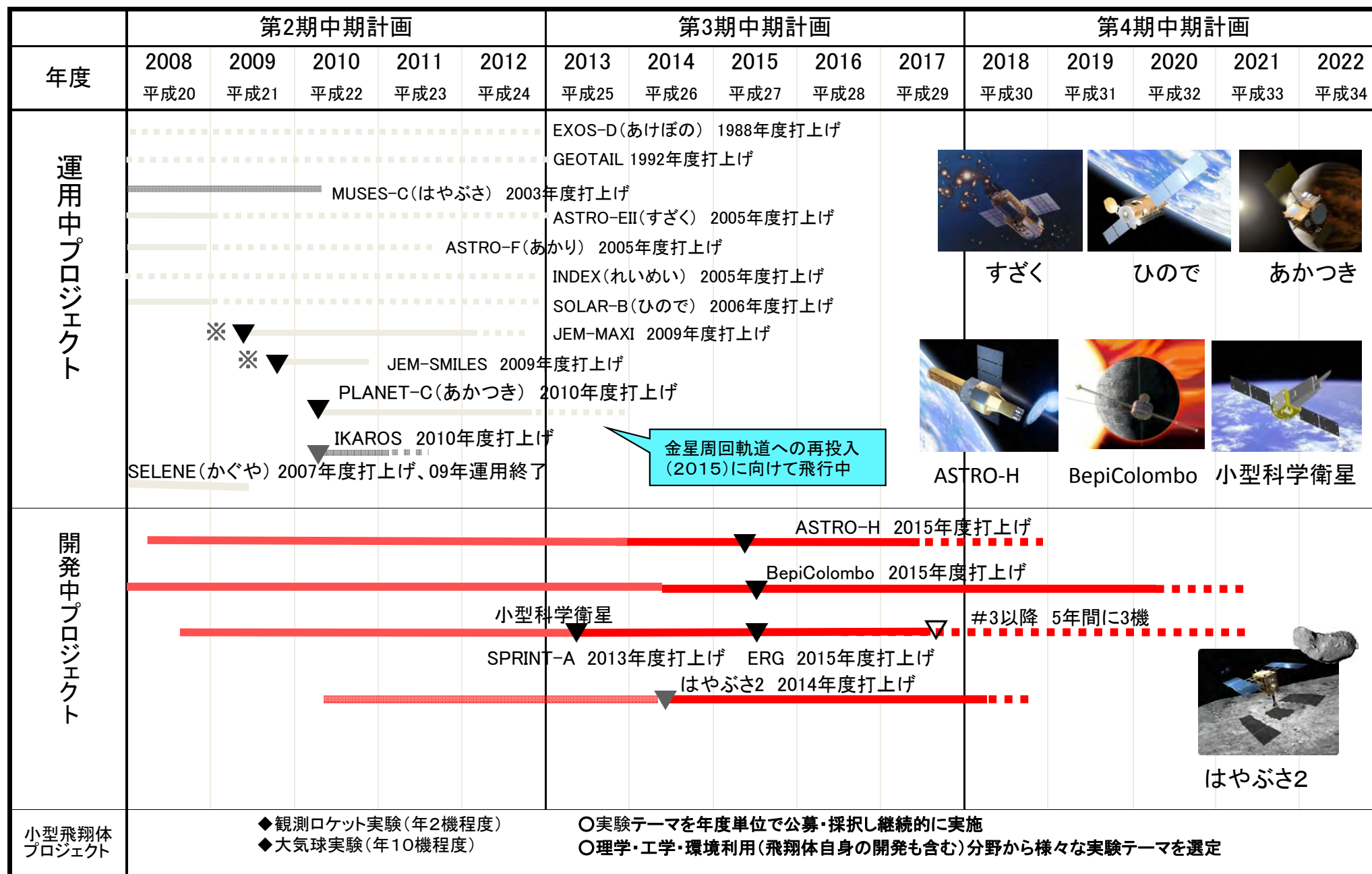
大気球・観測ロケットの小規模飛翔機会を研究コミュニティに提供し成果創出を図ると同時に、これらの飛翔機会の革新のための研究を継続的に実施している。

(4) 近い将来に実現が期待される宇宙科学・探査プロジェクト

次期赤外線天文衛星「SPICA」や月着陸探査計画「SELENE-2」などの衛星計画および再使用観測ロケットなどの将来計画について、プロジェクト化を目指した概念検討・概念設計等の研究を実施している。

宇宙科学・探査プログラムの実施状況

平成25年4月現在



線表上、実線は開発(設計・製造・試験)フェーズ・初期運用(射場運用・打上後機能確認)フェーズ・定常運用フェーズを示す。点線は後期運用フェーズを示す。

3. 長期的な宇宙科学・探査の在り方 (JAXAが描く方向性)

3-1. 宇宙科学の大きな方向性と多様化するプロジェクト

宇宙理学研究における大きな方向性

宇宙物理学: 宇宙の大規模構造から惑星系に至る宇宙の構造と成り立ちを解明し、なぜ今かくあるかを知る。また、宇宙の極限状態(超高重力、超高エネルギーなど)を探る。

太陽系科学: 太陽系天体と太陽系空間環境、その起源と進化を明らかにし、「奇跡の水惑星」地球をよりよく知る。

観測・探査の大目標

宇宙・物質・空間
はなぜできたのか

我々の太陽系は
どうなっているか
どのようにして
生まれてきたのか

詳細な科学目標

- 宇宙の成り立ちを解明し、暗黒物質・暗黒エネルギーを探る
- 初期宇宙の極限状態を探る
- 太陽系外惑星の形成過程を探る
- 生命の起源, 地球外生命の探求
- 太陽系諸天体の構造と起源を探る
- 太陽と惑星環境を探る
- 地球の環境を知る

具体的な観測手法

X線観測

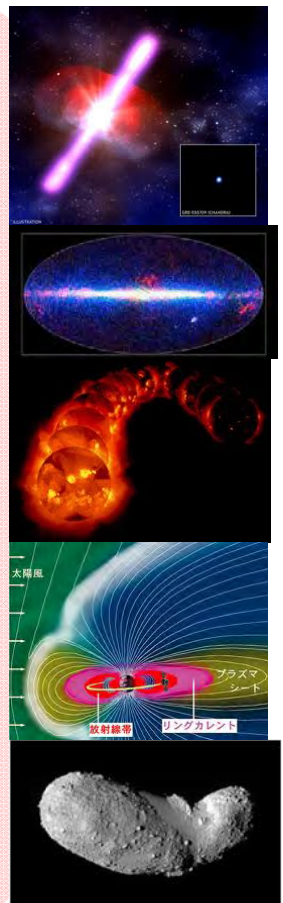
赤外線観測

電波観測

太陽観測

惑星磁気圏
大気プラズマ
観測

月・惑星
無人観測

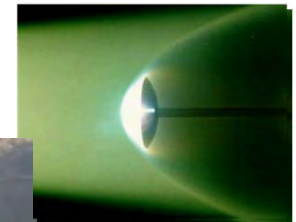
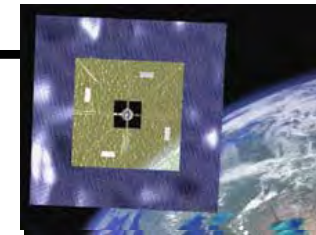
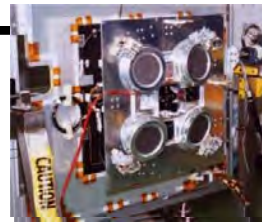


宇宙工学研究における大きな方向性

「より遠く」、「より自在に」、「より高度な」観測・探査や宇宙利用などの活動を可能とし、宇宙開発利用全体の将来や人類的課題の解決に向けた先駆けとなる事を目指す。様々な宇宙科学の飛翔機会を活用して実証的に行う。

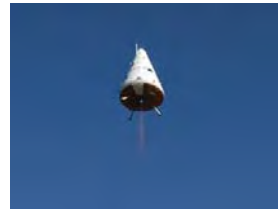
「より遠くへ」

深宇宙航行技術・
月惑星表面到達・探査技術、
高エネルギー推進、太陽光・太陽風利用推進



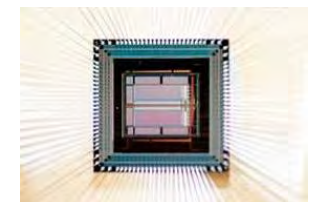
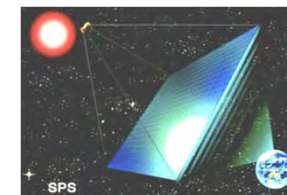
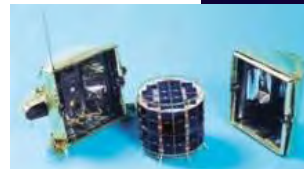
「より自在に」

固体推進技術の洗練と発展、
再使用輸送システム、
再突入・大気圏内飛行技術、
超高温・極低温技術



「より高度に」

次世代小型衛星技術、
超小型化・超軽量化技術、高機能デバイス研究
宇宙空間でのエネルギー利用、衛星・探査機の自律化・知能化、



多様化する宇宙科学プロジェクトとその実行

- 世界レベルの成果創出のための観測・探査の高度化
 - ミッションの大型化とより大規模な国際協力
 - 機動的成果創出、分野ごとの実行頻度の要求、コミュニティ・人材の連続性
 - 多様な飛翔実験要求・挑戦的な目標設定とリスク・コストとのバランス



2010年代以降のプロジェクトの多様化の例

3-2. 我が国の宇宙科学・探査の強みと戦略

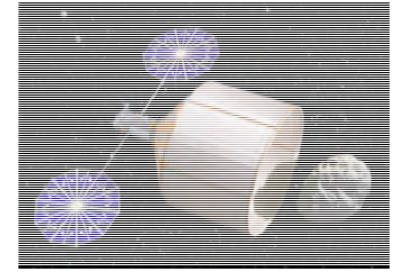
- 我が国の宇宙科学・探査は、歴史的に、ロケットを含む輸送手段の発展と併せて、分野の拡大を図ってきた。その中でも、宇宙科学研究の推進分野の選択とリソースの集中を図り、磁気圏、X線、太陽、電波スペースVLBI、赤外線などの分野で、国際競争力を持つ分野として成熟させてきた。結果として、欧米との補完関係が構築され、宇宙科学における世界の3極体制を形成するに至っている。
- この積み上げの基に、従来から強みのあるX線天文学や太陽物理学・赤外線天文学などの分野で世界を先導するミッションの立上げと科学的成果の創出を目指す。同時に、全く新しい研究分野の立上げを目指す。
- 地球周回軌道で実施する科学衛星のみならず、惑星間空間に探査機を送り込める要素技術・輸送能力を順次獲得することで、惑星科学観測や月惑星探査などの分野を立上げてきた。特に、工学主導で打上げた「はやぶさ」の地球帰還・サンプル回収成功によって、小惑星探査分野において一躍世界を先導する存在となった。
- この独自性と優位性を発揮し、限界性能に挑んで、人類がまだ踏み入っていない未踏領域を探り、世界を先導する最先端能力の獲得を目指す。「はやぶさ2」では、始源天体探査のフロンティアを拓き、日本独自の深宇宙探査技術を確立する。同時に、従来分野とともに、次世代の宇宙探査ミッションを理工一体で創出する。

今後の国際宇宙探査について



有人月面探査

国際的には、国際協働による有人探査計画や米国の小惑星捕獲計画など様々な探査計画の検討が進められており、我が国の貢献が期待されている。



小惑星捕獲



「かぐや」シリーズ



「はやぶさ2」



ISSテストベット利用

- JAXAは、将来の国際協働で行う有人探査計画への参加を視野に、キーとなる技術（月着陸技術など）の研究を進め、国の計画検討に貢献する。
- ISASは、これまでに「はやぶさ」「かぐや」等で示した世界最先端の探査技術等を活かし、これらの探査計画にも積極的に参加することで、宇宙科学の分野で最大限の成果の獲得を目指す。

3-3. まとめ：宇宙科学・探査の実行のための今後の取り組み

1. 日本の強みを生かした魅力的な宇宙科学・探査の計画立案

- ✓ 科学的意義の高い魅力あるプロジェクトを、学術研究の競争的環境のもとに創出し、実行し続ける。

2. 大型化、複雑化、多様化、国際化など新しい状況での宇宙科学・探査プロジェクトの推進

- ✓ 世界をリードする国際大型ミッションを推進する。
- ✓ 多様な成果創出の目的に応えるため、海外打上げ機会や小型飛翔機会の利用など、小規模なプロジェクトの実行スキームを整備する。

3. 科学の論理によるプログラム実行と政策的動機による事業との健全な相互補完

- ✓ 宇宙科学と多様な目的で行われる探査プログラムやその他の政策課題追求型事業などとの相互補完の関係を構築する。
- ✓ このため、宇宙科学コミュニティの自律的な運営の透明性を確保し、政策／科学主導の健全な両立を目指して積極的に参画する。

これらの取り組みをもって、日本の宇宙開発利用全体への
宇宙科学・探査の貢献の拡大を行う。