

# 探査・科学・有人・技術の 現状と今後の方向性

平成23年5月30日

文部科学省

(独)宇宙航空研究開発機構

# 目次

0. はじめに
1. 宇宙科学・宇宙探査
2. 有人宇宙活動 (ISS含む)
3. 技術 (SSPS含む)
4. 事業シート

# 1. はじめに

今回のヒアリング対象のイメージを図示すると以下のとおり。各分野は相互補完的なもの、又は、他分野の基盤となるものである。



ミッションの実現と  
可能性の拡大

宇宙活動の発展を支える技術・人材の基盤構築

ミッションの実現と  
新たな利用の創出

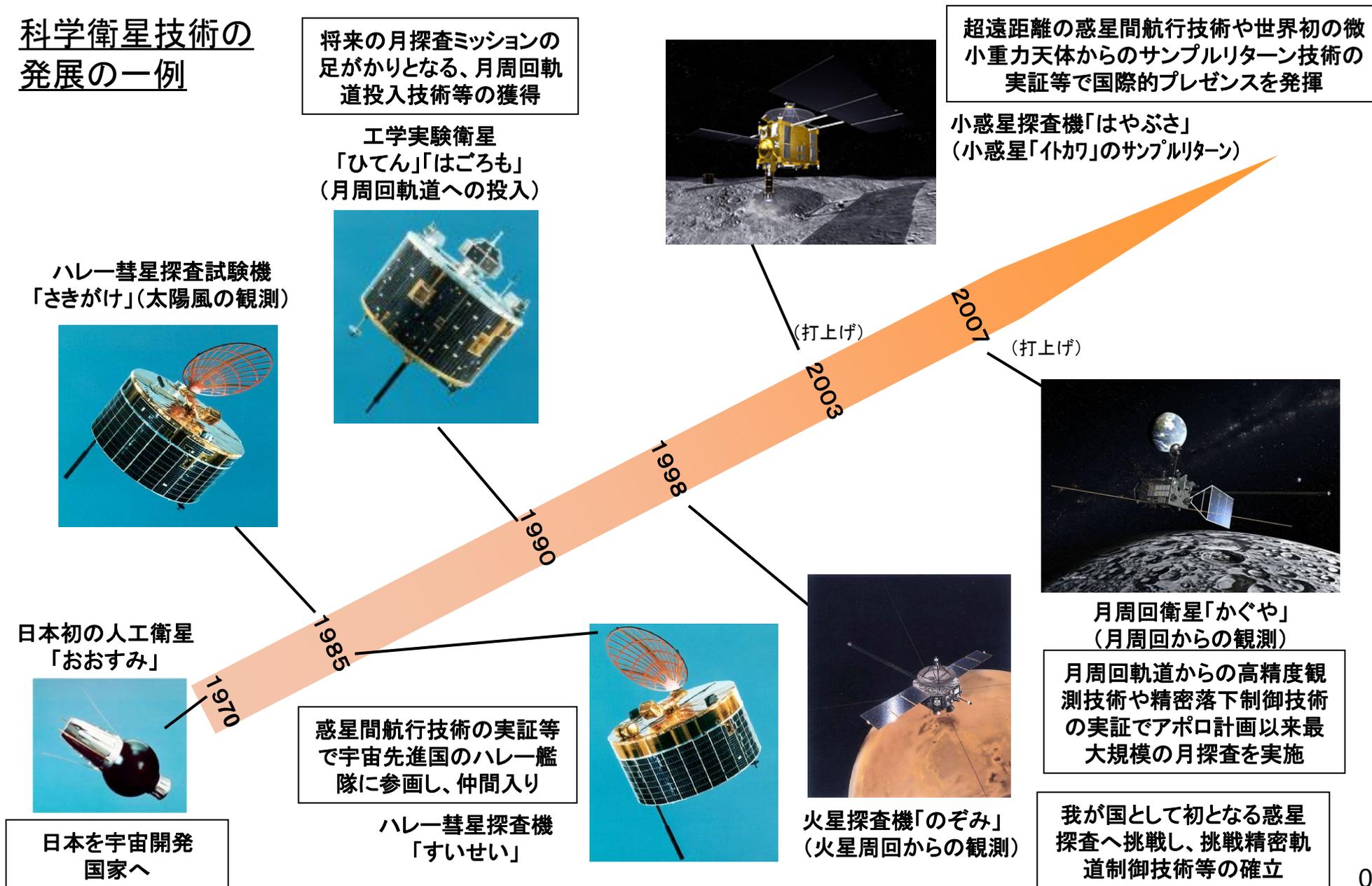
産業界との連携

研究開発力を糾合

大学等との連携

## 2. 技術へのアプローチ(創造的・競争的)

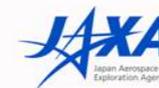
### 科学衛星技術の発展の一例



### 3. 技術へのアプローチ(体系的・戦略的)



文部科学省



- 20年先を見据え、10年程度以内に実用化すべき技術の方向性、考え方をロードマップにまとめ、各階層の研究を体系的にマネジメント。
- ロードマップは産業界等との認識共有のためのコミュニケーションツールとしても活用。

システム技術のロードマップの一例



- 今後は、宇宙基本計画にある「宇宙開発利用推進連絡会議」等と連携することにより、より利用ニーズに則した技術の抽出や研究開発に取り組む。

(参考) 宇宙分野における重点施策について(平成22年5月 宇宙開発戦略本部決定) <抜粋>

3. (1) 我が国の自律性確保に必要な基盤技術(輸送系・衛星系など)の獲得・確保

今後の宇宙の重要性に鑑みれば、我が国として、宇宙活動に係る自律性を保持し続けることが必要不可欠である。(中略)今後とも、我が国が、これらの技術を確立し、自律性を確保していくためには、長期的な視点に立った弛まない新たな技術開発を継続的に行い、人材の育成や経験・知見の蓄積を図ることによってロケットや衛星に係る総合的な技術力を継続的に発展・向上させていくことは必要不可欠である。その際、それらの技術を支えている戦略的な部品を開発・確保することについても留意することが必要である。特に、これまで海外からの輸入に依存している部品の中には、今後、その輸入が困難になることが見込まれるものもあり、早急な対応が必要である。(後略)

# 4. 宇宙活動の発展を支える人材

- 文部科学省・宇宙航空研究開発機構(JAXA)は、大学等が、教育・研究を一体的に行って、革新的な「技術」開発とともに、技術と同じく宇宙開発利用の基盤を構築する「人材」の育成にも貢献していけるよう支援
- こうした大学支援を含めて、一般国民、特に子ども達を対象にした広報・教育活動から、最先端で活躍する研究者、技術者の養成まで、幅広く人材育成を

## ＜主な取組＞

### ○JAXAにおける大学院教育

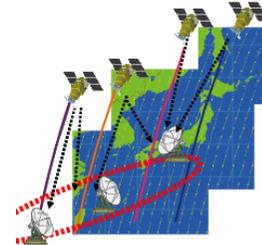
- 宇宙科学研究所が中心となって宇宙分野の大学院生を受入れ

### ○大学・大学院・高等専門学校に対する支援

- 教育研究活動の基盤となる経費を措置
- 超小型衛星研究開発を通じた人材育成（アジア等の人材育成も実施）
- 相乗り打上げ機会を提供
- JAXAの持つ施設・設備を各大学の活動に提供

### ○一般国民、特に子ども達への広報・教育活動

- 国際宇宙ステーションを活用した教育プログラム
- 宇宙関連のイベント開催（「はやぶさ」帰還カプセル等の展示には累計50万人以上来訪）
- 様々なメディアを駆使した広報活動



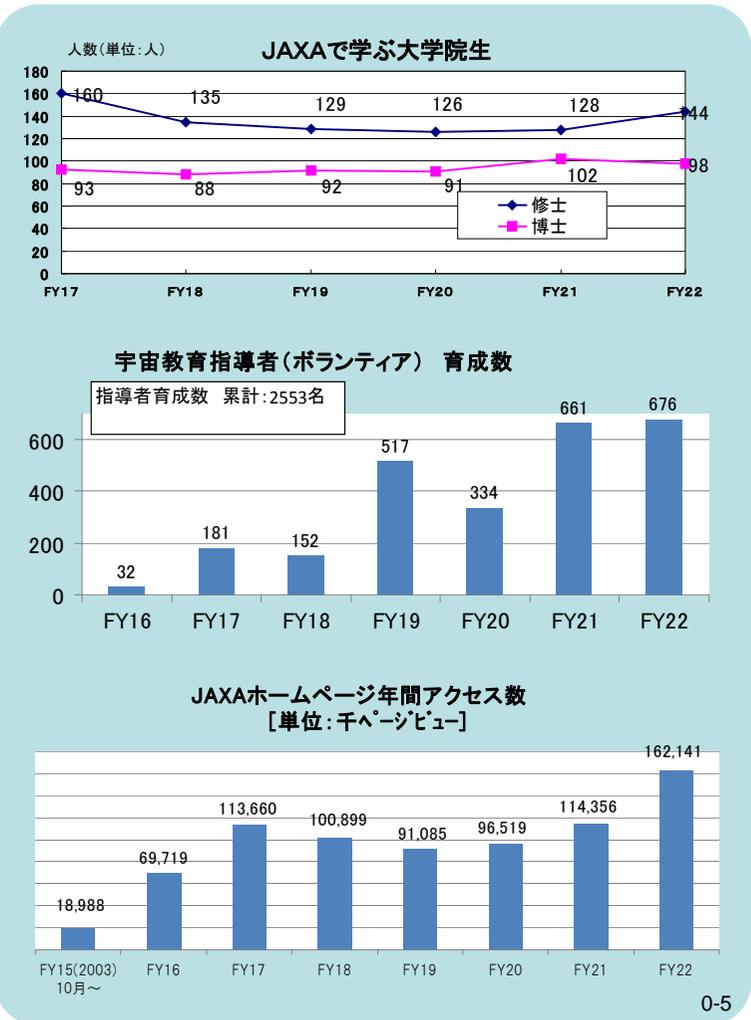
複数の超小型衛星による  
高頻度な地球観測  
(イメージ)



地球立体表示システム  
宇宙利用促進調整委託費  
での開発事例

### ※その他

- 宇宙利用促進調整委託費により、衛星を活用した教育プログラムを開発
- 実務者向けにリモート・センシング技術センターを通じて研修機会を提供



# 1. 宇宙科学・宇宙探査

# 1. 我が国の宇宙科学・宇宙探査の概要

## ◆宇宙科学・宇宙探査の意義

- ✓ 宇宙・太陽系の構造や進化、及びそこに誕生した生命の成り立ちの謎を解き明かすことを目指すもの。
- ✓ 宇宙飛翔体における工学的課題に挑戦し解決することで、「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、同時に宇宙開発利用全体の将来に向けた先駆けともなる。
- ✓ 宇宙科学・宇宙探査の成果は、人類共有の知的資産となるだけでなく、我が国の国際社会における影響力と地位を向上させる外交資産であり、ソフトパワーの源泉。

「宇宙基本計画」(平成21年6月、宇宙開発戦略本部決定)

### 第2章 2. (3) 宇宙外交の推進

宇宙科学等の分野における経験と国際社会への貢献は、我が国の国際社会における影響力と地位を向上させる外交資産であり、ソフトパワーの源泉である。

### 第3章 1. (2)F 宇宙科学プログラム

「世界トップレベルの科学研究成果の継続的な創出」というニーズに対して、これまで宇宙天文学や太陽系探査などの宇宙科学で世界を先導する成果を上げている。宇宙科学の成果は、宇宙開発利用全体の基礎となるものである。今後、宇宙科学の枠を超えた他分野・異分野との連携も含め、大学等の優れた研究者の参画の促進による体制の強化も踏まえて宇宙科学を推進し、世界最先端の成果を継続的に創出することを目標とする。

### 第3章 1. (2)G 有人宇宙活動プログラム より引用

「世界トップレベルの科学研究成果の継続的な創出」というニーズに対して、「かぐや」による月の構造調査等、及び「きぼう」等の微小重力環境等を利用した宇宙科学で世界を先導する成果を上げているとともに、太陽系探査と国際宇宙ステーションの活動により、人類の活動領域拡大に向けた取組を進めている。(中略)また、有人やロボットを活用した宇宙活動の推進により、人類の活動領域を拡大することを目指すこととし、長期的にロボットと有人の連携を視野に入れた、平成32年(2020年)頃のロボット技術をいかした月探査の実現を目指した検討を進める。

「宇宙分野における重点施策について」(平成22年5月、宇宙開発戦略本部決定)

### 3. イノベーションエンジンとしての最先端科学・技術力の強化 (3)宇宙科学・技術(月・惑星探査や宇宙天文など)

月・惑星探査や宇宙天文などの宇宙科学・技術は、新たなフロンティア分野として最先端科学・技術の基盤の強化につながるものである。また、次世代を担う子供達に活力ある未来への夢や希望を与え、未来の科学・技術を支える人材の養成とともに、我が国としての国際的なプレゼンスの確立に寄与する将来に向けた投資たり得るものである。

## ◆我が国の宇宙科学・宇宙探査のこれまで

- ✓ 1970年の「おおすみ」以来、これまでに33機の衛星・探査機を打ち上げ、現在8機運用中
- ✓ 宇宙の謎を解き明かす理学研究と、それを可能にする工学研究が一体となり、世界最先端の成果を創出【補足1～4】

- 自由な発想に基づく競争的環境の下で、より良いミッションを選定
- 大学共同利用の機能により英知を結集した研究体制
- 理工一体により、相互補完的にミッションを実現
- 衛星・探査機や小型飛翔体等を用いた頻度高い観測・実証機会の提供
- プロジェクトや小型飛翔体を用いた実践的かつ持続的な人材育成

- ✓ 宇宙探査ミッションを推進する枠組みをJAXAにおいて導入

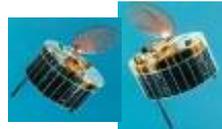
- これまで構築してきた優位性のある探査技術(さきがけからひてん、のぞみ、はやぶさ、イカロス、かぐやへ)【補足5】を発展させ、人類の知と活動範囲の拡大を目指した宇宙探査ミッションを技術主導かつ計画的活動として推進



# 2. 我が国の宇宙科学・宇宙探査の成果①

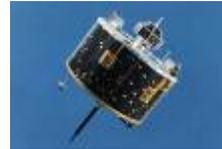
## ハレー彗星探査機「さきがけ」「すいせい」

- ・我が国初の惑星間空間軌道を達成。
- ・ハレー彗星の紫外線領域における観測を実施。



## 工学実験衛星「ひてん」

- ・スイングバイ技術を獲得。
- ・月周回軌道への孫衛星「はごろも」を投入。



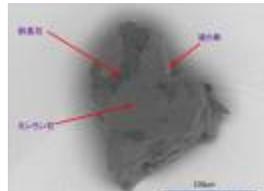
## 火星探査機「のぞみ」

- ・「ひてん」の経験に立った、軌道の設計運用技術、精密決定技術を獲得。
- ・超遠距離の通信を実現するための通信機器技術と運用技術。
- ・平成15年、火星周回軌道への投入を断念。



## 小惑星探査機「はやぶさ」

- ・人類初の試み～小惑星イトカワへのタッチダウン～
- ・イトカワの科学観測では、形状、鉱物組成、重力などを観測し、小惑星の形成過程に新しい知見。
- ・イオンエンジンにより、惑星間の往復航行を、世界で初めて実証。
- ・地球へのサンプルリターンを達成し、帰還カプセルで持ち帰られた微粒子の採集と分析・カタログ化を実施。



岩石質粒子の一例

## 月周回衛星「かぐや」

- ・月の起源と進化の解明に向けて、米アポロ計画以来の本格的かつ総合的な月の遠隔探査観測を実施。
- ・世界初の月の裏側の重力の直接観測により、従来の重力分布のモデルを一新。



月面地形図

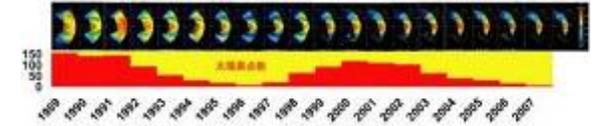
## 小型ソーラー電力セイル実証機「IKAROS」

- ・将来の宇宙探査に有望な太陽光の圧力による航行を世界で初めて実証した、いわゆる「宇宙ヨット」。
- ・打上げ後、約半年間で、(1)大型膜面の展開・展張、(2)電力セイルによる発電、(3)ソーラーセイルによる加速実証、(4)ソーラーセイルによる航行技術の獲得の4つの主ミッションを行い、いずれも世界で初めて成功。



## 磁気圏観測衛星「あけぼの」

- ・オーロラに関連した磁気圏の物理現象（オーロラ粒子の加速メカニズムと発光現象の観測）の解明
- ・太陽活動の長周期変化に伴った放射線外帯の消長を観測。

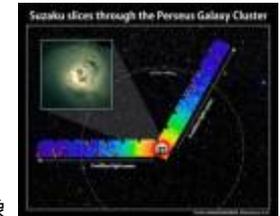


## 磁気圏尾部観測衛星「GEOTAIL」

- ・オーロラや放射線帯の元である磁気圏尾部を詳細に観測。

## X線天文衛星「すざく」

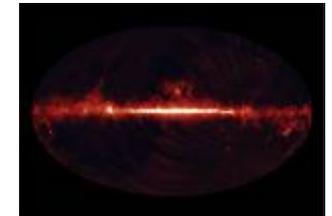
- ・X線の広いエネルギー帯域での世界最高レベルの感度とエネルギー分解能などの優れた観測能力を実証
- ・宇宙の構造形成、ブラックホール近直領域等の観測を実施するなど、科学的成果を挙げている



ペルセウス座銀河団のX線画像

## 赤外線観測衛星「あかり」

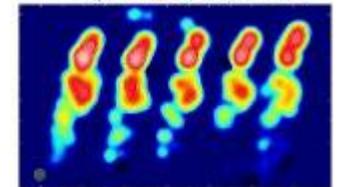
- ・全天の広域サーベイ観測を実施し、赤外線天体カタログを20数年ぶりに書き換えて世界に公開。
- ・検出した天体数は約130万天体に及び、今後の天文学の進展に大きく寄与する日本発のデータベースとなった。



「あかり」遠赤外線天体の全天分布

## 電波観測衛星「はるか」

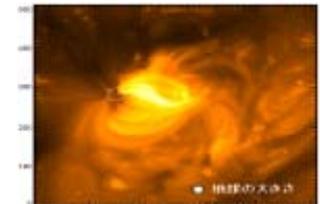
- ・工学実験衛星として、スペースVLBI電波観測の技術実証に世界で初めて成功
- ・巨大ブラックホール近傍から発生する宇宙ジェットの様相に成功し、活動銀河中心の内部構造を解明。



「はるか」電波源の5年間の動き

## 太陽観測衛星「ひので」

- ・太陽大気で起きる様々な物理現象を理解する上で重要な新しい科学的成果（アルヴェーン波検出、彩層や光球のダイナミクス、太陽風の流源特定、黒点や静穏領域での微細な磁場構造等）
- ・宇宙天気予報への貢献



太陽風の源を初めて同定したX線画像

## 2. 我が国の宇宙科学・宇宙探査の成果②

### サイエンス誌の表紙を飾る

宇宙科学・宇宙探査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

### 国民の期待に応え、 夢と希望、自信を提供

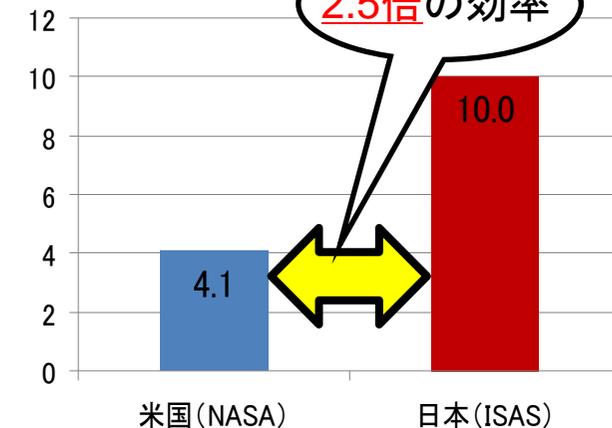
かぐや「満地球の出」撮影や、はやぶさ地球帰還成功は、日本の宇宙開発分野での活動が広く国民に認知されるという意味において大きな成果を挙げた



### 論文統計に見る研究の生産性とインパクト: 国際比較

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)	2008	3,946	2,075	20,134	5.10
	2009	3,201	2,392	15,660	4.89
	2010	3,058	2,482	4,148	1.35
日本 (ISAS)	2008	151	331	2,288	15.15
	2009	171	312	2,302	13.46
	2010	203	345	679	3.34

被引用数／予算



※2008年～2010年の平均値にて算出

- ・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)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調べによる。

# 3. 宇宙科学・宇宙探査の世界の動向(1/2) 文部科学省



日本の宇宙科学・探査の実行分野は歴史的に新しい分野を取り入れ段階的に発展させているが、NASA、ESAに比べ、宇宙物理・天文および太陽系探査分野とも選択的集中が図られている。

## 宇宙物理・天文衛星ミッション

【凡例】  日本主導、 米国主導、 欧州主導  
衛星の特徴は代表的なもの、開発中/計画中は下線付

観測手段	衛星の特徴	2000~	2005~	2010~	2015~	2020~
重力波					 LISA Pathfinder	 LISA
電磁波	γ線		 Integral	 AGILE(伊)	 Swift	 Fermi
	X線	 RXTE(95-)	 XMM-Newton	 Chandra	 ASTROSAT(印)	 e-ROSITA
	時間分解能				 NuSTAR	 IXO
	空間分解能			 さざく	 ASTRO-H	
	波長分解能			 MAXI/ISS	 GEMS	
	特化型					
紫外線		 FUSE	 GALEX		 小型科学1/EXCEED	
可視~近赤外	天文台型	 HST(90-)			 JWST	
	特化型(系外惑星探査、位置天文)		 COROT(仏)	 Kepler	 GAIA	 Euclid
						 PLATO
赤外線	天文台型		 Spitzer	 Herschel		 SPICA
	全天サーベイ型			 あかり	 WISE	
電波	宇宙背景放射	 WMAP			 Planck	
	SpaceVLBI	 はるか(97-)				
					 Radioastron(露)	

γ線: ブラックホール近傍の超高温ガス等を観測。米欧主導

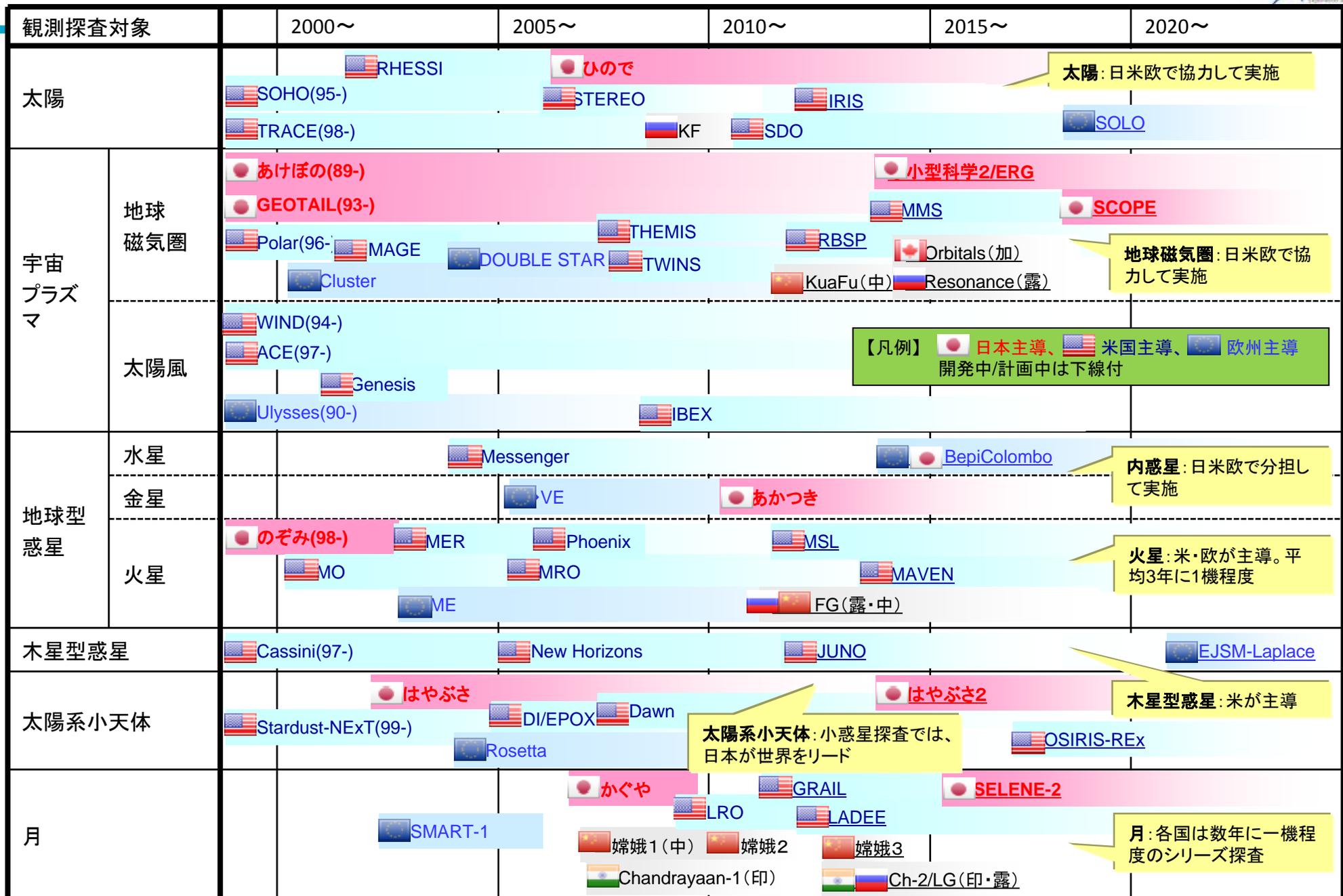
X線: 銀河・銀河団の高温ガス等を観測。日米欧が協力して様々な波長で観測実施

可視~近赤外: 恒星・銀河・惑星等を観測。米欧主導。

赤外線: 星・銀河の形成等を観測。日本は特徴的な衛星を打上げ。観測は国際協力で実施。

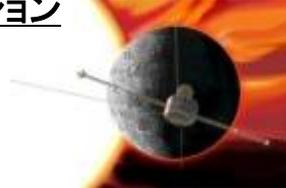
電波: 星・銀河の形成等を観測。日本は特徴的な衛星を打上げ。観測は国際協力で実施。

# 3. 宇宙科学・宇宙探査の世界の動向(2/2)



# 4. 宇宙科学の今後の方向性

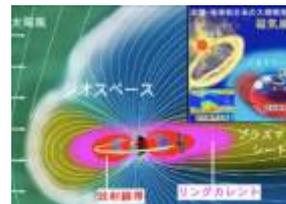
世界的な競争の下で第一級の成果を出すための、  
いわゆる中型とも言えるミッション



水星探査機 BepiColombo X線望遠鏡 ASTRO-H



機動性・高頻度を重視する  
小型ミッション

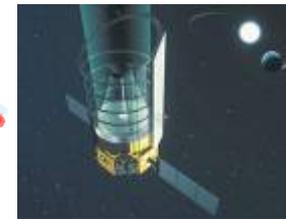


小型科学衛星シリーズ  
低コスト・短期開発により、タイムリーな観測・実験機会を確保



再使用観測ロケット  
高頻度・航空機的運用により輸送コスト大幅ダウン  
(小規模の輸送系研究による人材育成効果)

世界全体で成果を創出する  
国際大型ミッション



(これまで、米国、欧州等が発案・主導してきた)

宇宙望遠鏡 SPICA  
・銀河誕生、惑星形成の理解を革新するラグランジュ点(※)天文台。  
・大型望遠鏡・冷凍機など技術的挑戦による観測の高度化。  
※)重力の影響を最も受けにくく、熱的環境に非常に優れた宇宙の観測場であり、今後の宇宙活動で魅力あるポイント

(1) 中型衛星を中心に中・小型ミッションの観測・実証機会を確保



競争環境下でよりよい成果を創出する好循環を継続・発展

(2) 国際宇宙望遠鏡「SPICA」(検討中)に代表される大型ミッションを日本が発案・主導



日本の国力と実績に相応しい世界貢献

2000年代まで  
中型衛星・探査機を  
M-Vロケットで打上げ

(3) 政策主導／科学主導の健全な両立と相互補完

上記の科学主導の取組みに加え、宇宙探査等の政策的主導事業における科学・学術研究部分は宇宙科学の仕組みを適用

2010～2020年【補足6～9】

# 5. 宇宙探査の現状

○我が国は、「はやぶさ」の小惑星探査、「かぐや」の月探査によって、「技術開発」&「科学成果」で世界のフロントランナーたり続けている。また、有人探査に向けた長期滞在技術等の進展に向けて国際宇宙ステーション(ISS)活動に参加している。

	現状	日本のポジション		
		技術開発	科学成果	国際協働
ISS	<ul style="list-style-type: none"> <li>●「宇宙常任理事国」入り</li> <li>●有人システム実現で能力保持</li> </ul>	トップグループ		ステアリングメンバ
はやぶさ	<ul style="list-style-type: none"> <li>●誰も成し得たことのない未踏峰領域の探査を実現</li> <li>●ロボティクス技術など最先端の惑星探査技術保持国</li> </ul>	フロントランナー		科学・技術分野での協力
かぐや ⇔アポロ 旧ソ連	<ul style="list-style-type: none"> <li>●今までの知見を塗り替える、月の高精度複合観測</li> </ul>	トップグループ		科学分野での協力


アジアのリーダーへ

世界のフロンティアへ

○宇宙探査は、今後の宇宙開発の最前線の一つになるとみこまれることから、我が国の強みを活かし、積極的に取り組むべき分野。

(参考) 宇宙分野における重点施策について(平成22年5月 宇宙開発戦略本部決定) <抜粋>

3. (3)宇宙科学・技術(月・惑星探査や宇宙天文など)

月・惑星探査や宇宙天文などの宇宙科学・技術は、新たなフロンティア分野として最先端科学・技術の基盤の強化につながるものである。また、次世代を担う子供達に活力ある未来への夢や希望を与え、未来の科学・技術を支える人材の養成とともに、我が国としての国際的なプレゼンスの確立に寄与する将来に向けた投資たり得るものである。

○そのため、これまで構築してきた優位性のある探査技術を発展させ、人類の知と活動範囲の拡大を目指した宇宙探査ミッションを技術開発で牽引し、計画的に推進する枠組みをJAXAにおいて導入。国際的な協議についても対応。

## 6. 宇宙探査の取組み状況

(1) 世界の宇宙探査動向として、米国では有人月または小惑星探査を視野に進め、最終目標として、2030年代半ばまでの有人火星周回探査の実施を掲げている。また、欧州、中国、インド及びロシアも有人又は無人での月探査を目指している。さらに、国際協働ベースで宇宙探査計画(特に有人探査)の技術的検討・調整が進められている。【補足10】

米国、ロシアに続き、欧州も火星・金星周回機の投入を終え、中国も火星周回機を近く打ち上げることを宣言しており、我が国より一歩リードした状況となっている。

(2) 我が国は、当面以下の活動を実施中。

### ①月面着陸・探査ミッション(SELENE2)(研究中)

「我が国の月探査戦略」(平成22年7月29日月探査に関する懇談会)【補足11】

#### 3. 2 目標実現に向けての進め方

2020年の月探査の目標は、重力天体への往還技術を実現していない我が国にとって技術的に極めて難易度の高い目標である。また、トップレベルの科学的成果を獲得するためにも、信頼性・安全性などを確保しつつ、ハードウェア・ソフトウェアを高度に統合したシステムを実現することが重要であり、技術を段階的に確立し、確実に探査活動を遂行していくことが必要である。このため、目標の5年前には前段階として必要な技術実証を実施し、その結果を5年後の本格的探査に反映させる進め方とし、2015年に軟着陸とロボットによる予備的な探査を実施する。

### ②小惑星探査機「はやぶさ2」(開発の開始に向けて準備中)

「当面の宇宙政策の推進について」(平成22年8月27日宇宙開発戦略本部決定)

#### 2. 個別事項に関する取組方針 第2章 2. (3) 宇宙外交の推進

小惑星探査については、「はやぶさ」の微小重力天体からのサンプルリターン技術を発展させ、鉱物・水・有機物の存在が考えられるC型小惑星からのサンプルリターンを行う探査機について、小惑星との位置関係等を念頭に置いた時期の打上げを目指し、開発を推進する。

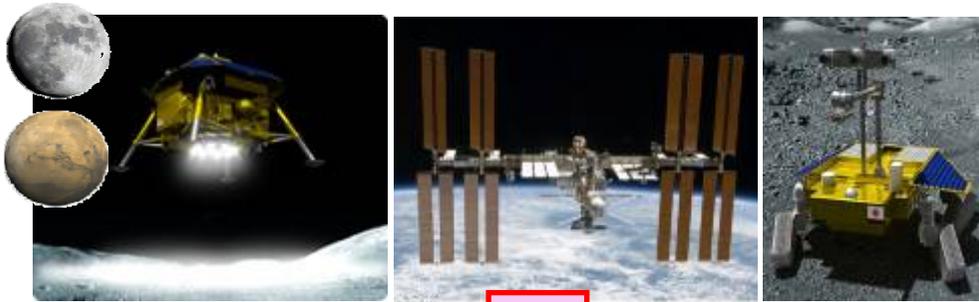
# 7. 宇宙探査の今後の方向性

- ・今後、長期的な探査の方向性につき、国際的な議論も踏まえて幅広く議論し検討していくことが必要。
- ・なお、JAXAにおいては以下のとおり検討している。

## ①「人類の活動領域の拡大」プログラム

無人・有人探査により、人類が直接訪問のできる宇宙空間・天体への到達と、究極のその場観測、作業とそのための先行調査を実施する。

- ・月ピンポイント軟着陸・ロボット探査 (SELENE-2: 2015年頃)
- ・ロボットでの探査基地構築 (月南極域)・探査・サンプルリターン (SELENE-X: 2020年頃)
- ・火星複合探査 (2025年頃)
- ・ISS利用の成果の活用、有人往還システムの要素技術研究開発



## ②「世界を先導する未踏峰挑戦」プログラム

我が国の科学技術の維持・発展に寄与するアドバンテージをさらに伸展させ、限界性能に挑んで人知の未踏領域を探り、世界を先導する最先端能力を獲得する。

- ・C型小惑星からのサンプルリターン (はやぶさ2: 2014年頃)
- ・より始原的な小天体からのサンプルリターン (はやぶさMk II: 2020年頃)
- ・国際共同ミッションとして外惑星領域の小天体、木星圏衛星等の探査 (2020年代後半)



上記2つのプログラムを計画的に進め、キー技術及び最先端能力を獲得することにより国際探査計画において主要国として参加することも視野(2025年頃以降)【補足12、13】



# 科学・探査 補足

# 補足1 我が国の宇宙科学の成果(1/2)

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の下で、これま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。

## ●宇宙物理・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

## ●宇宙飛行体工学

- ・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

## ●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

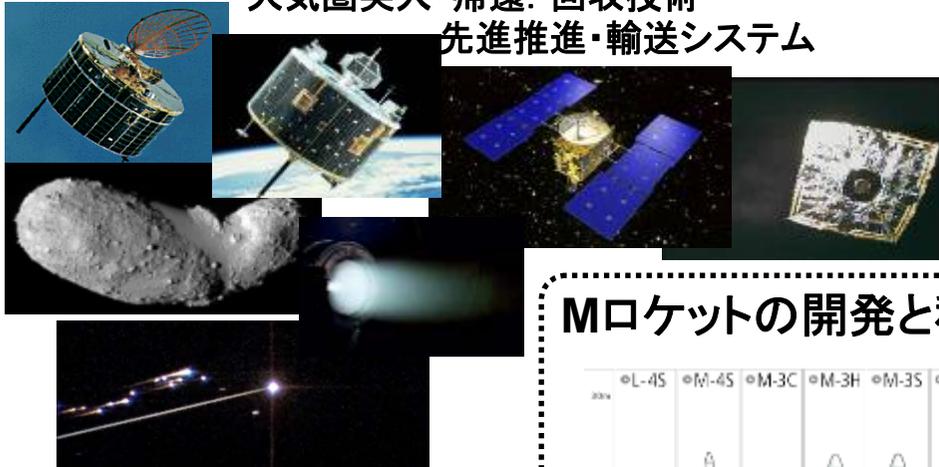
## ●宇宙環境利用科学

- ・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

# 補足1 我が国の宇宙科学の成果(2/2)

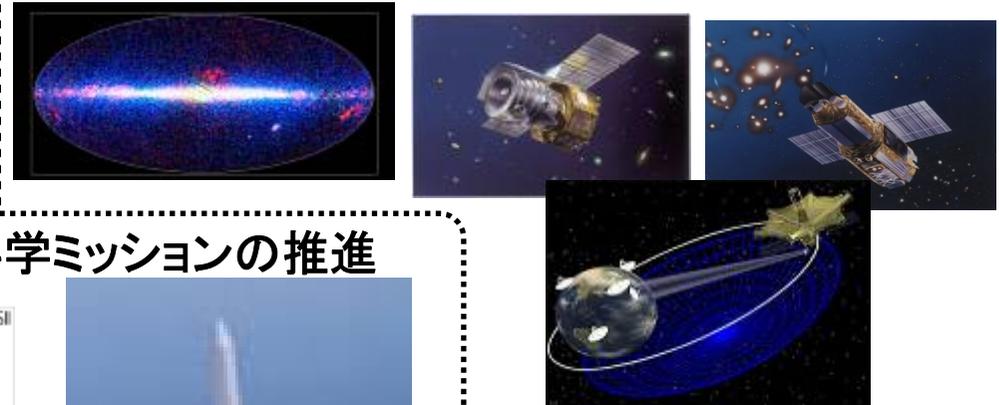
## 宇宙工学

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

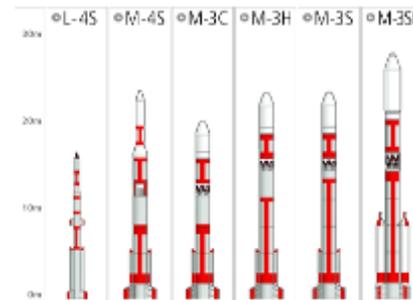


## 宇宙物理・天文学

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



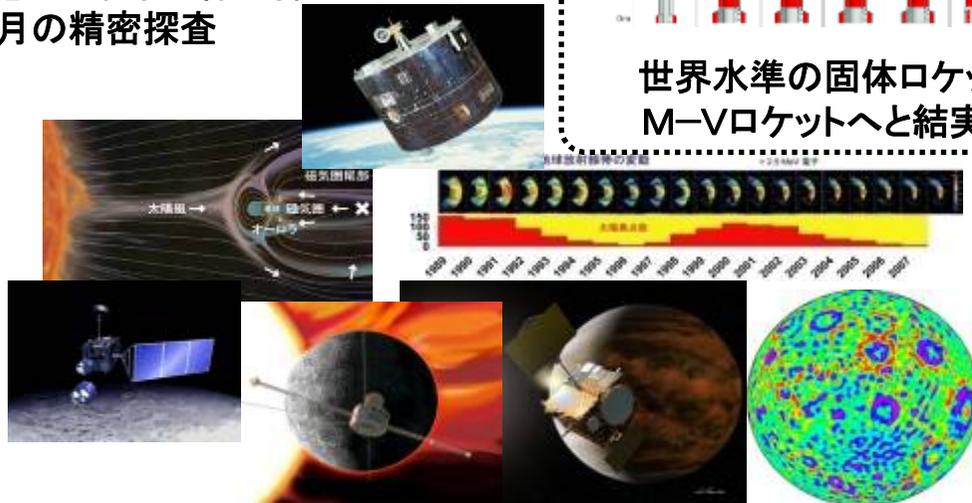
## Mロケットの開発と科学ミッションの推進



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

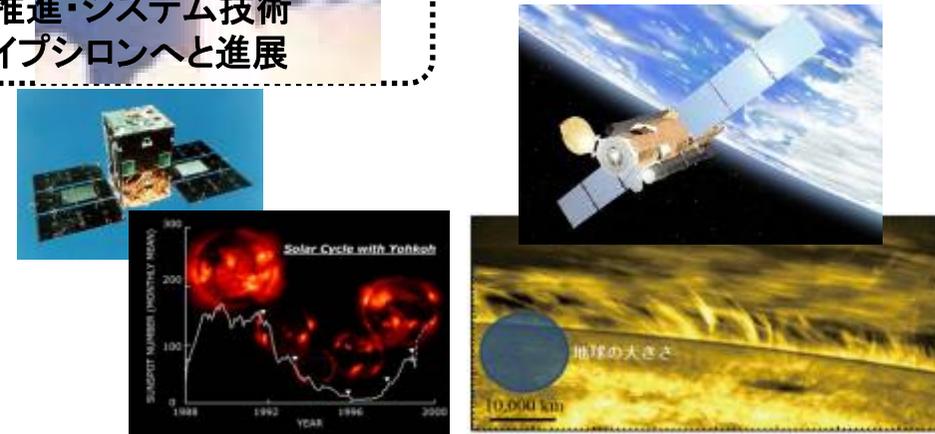
## 太陽系探査科学

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



## 補足2 宇宙科学・探査予算の割合 (対GDP比、対宇宙開発予算比)

### 対GDP比

(2009年度)	名目GDP (\$ in million)	宇宙科学・探査 (\$ in million)	割合
米国	14,119,000	3,519	0.025%
欧州	16,219,000 (ESA加盟国)	770 (ESA) + $\alpha$	0.005%以上
日本	5,042,000	180	0.004%

- ・GDPは、総務省統計局資料をもとに作成、欧州はESA加盟国の合計 (<http://www.stat.go.jp/data/sekai/pdf/03.pdf>)
- ・米国および欧州の宇宙科学・探査の額は2010年Euroconsult調査資料によるSpace science 及びExplorationの合計。  
(Human SpaceflightやEarth Observations等は含まれない)
- ・欧州はESA以外にも各国にて独自予算及び活動がある(+ $\alpha$ )。
- ・ESA加盟国(2010年現在)は、オーストリア、ベルギー、チェコ、デンマーク、フィンランド、フランス、ドイツ、ギリシャ、アイルランド、イタリア、ルクセンブルグ、オランダ、ノルウェー、ポルトガル、スペイン、スウェーデン、スイス、イギリス。
- ・1ドル=100円、1ユーロ=1.4ドルにて計算。

### 対宇宙開発予算比

(2009年度)	宇宙開発予算	宇宙科学・探査	割合
米国	48,003百万ドル (NASA, DoD, NOAA)	3,519百万ドル	7.3%
欧州	3,541百万ユーロ (ESA) + $\alpha$	550百万ユーロ (ESA) + $\alpha$	15.5%以上
日本	3,488億円	180億円	5.2%

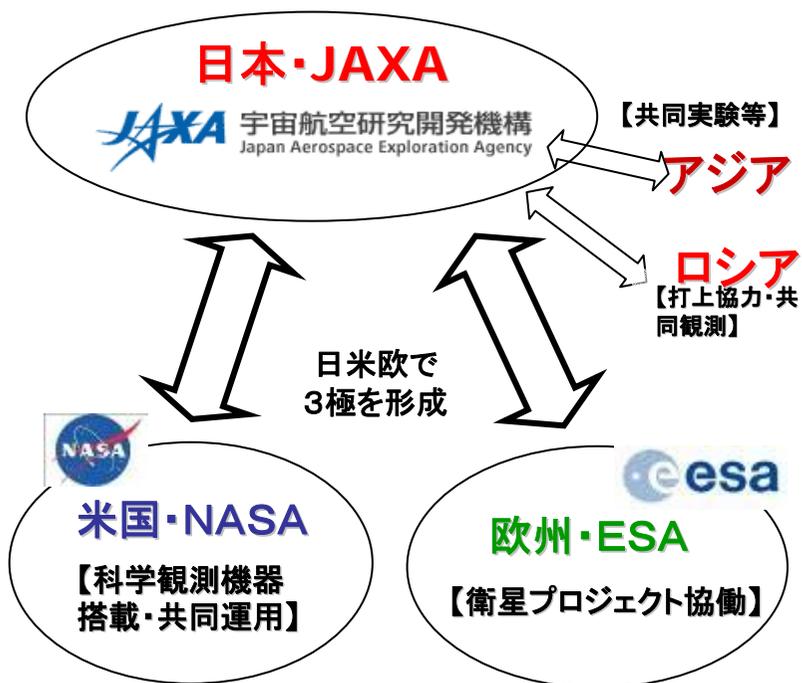
- ・米国および欧州の宇宙開発予算は2010年Euroconsult調査資料による。
- ・欧州はESA以外にも各国にて独自予算及び活動がある(+ $\alpha$ )。
- ・日本の宇宙開発予算は各府省庁を含む(宇宙戦略本部資料: <http://www.kantei.go.jp/jp/singi/utyuu/yosan/h21/yosan21.pdf>)
- ・米国および欧州の宇宙科学・探査の額は2010年Euroconsult調査によるSpace science 及びExplorationの合計。  
(Human SpaceflightやEarth Observations等は含まれない)
- ・ESA加盟国(2010年現在)は、オーストリア、ベルギー、チェコ、デンマーク、フィンランド、フランス、ドイツ、ギリシャ、アイルランド、イタリア、ルクセンブルグ、オランダ、ノルウェー、ポルトガル、スペイン、スウェーデン、スイス、イギリス。

# 補足3 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

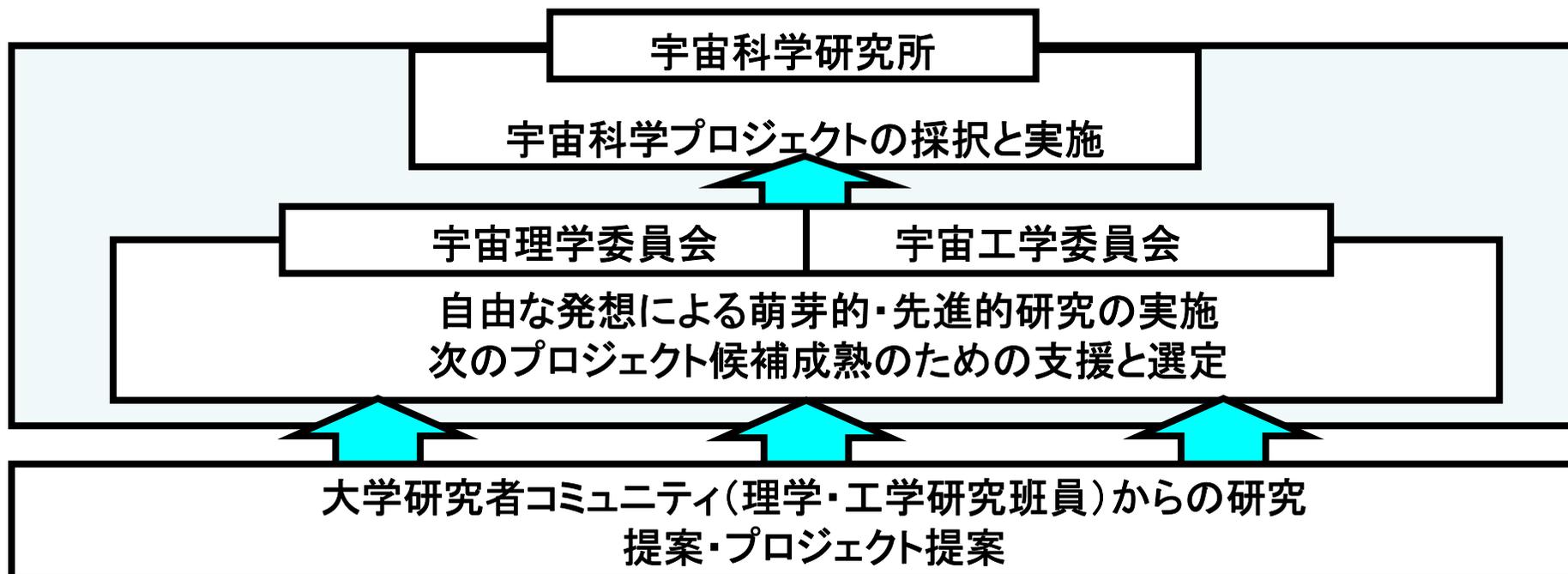
## 宇宙科学・探査プロジェクト・研究での協力関係



	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				
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				
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				

## 補足4 日本の宇宙科学の実行方法

### ●大学共同利用システムによる研究活動，プロジェクト創出と競争的選定の環境

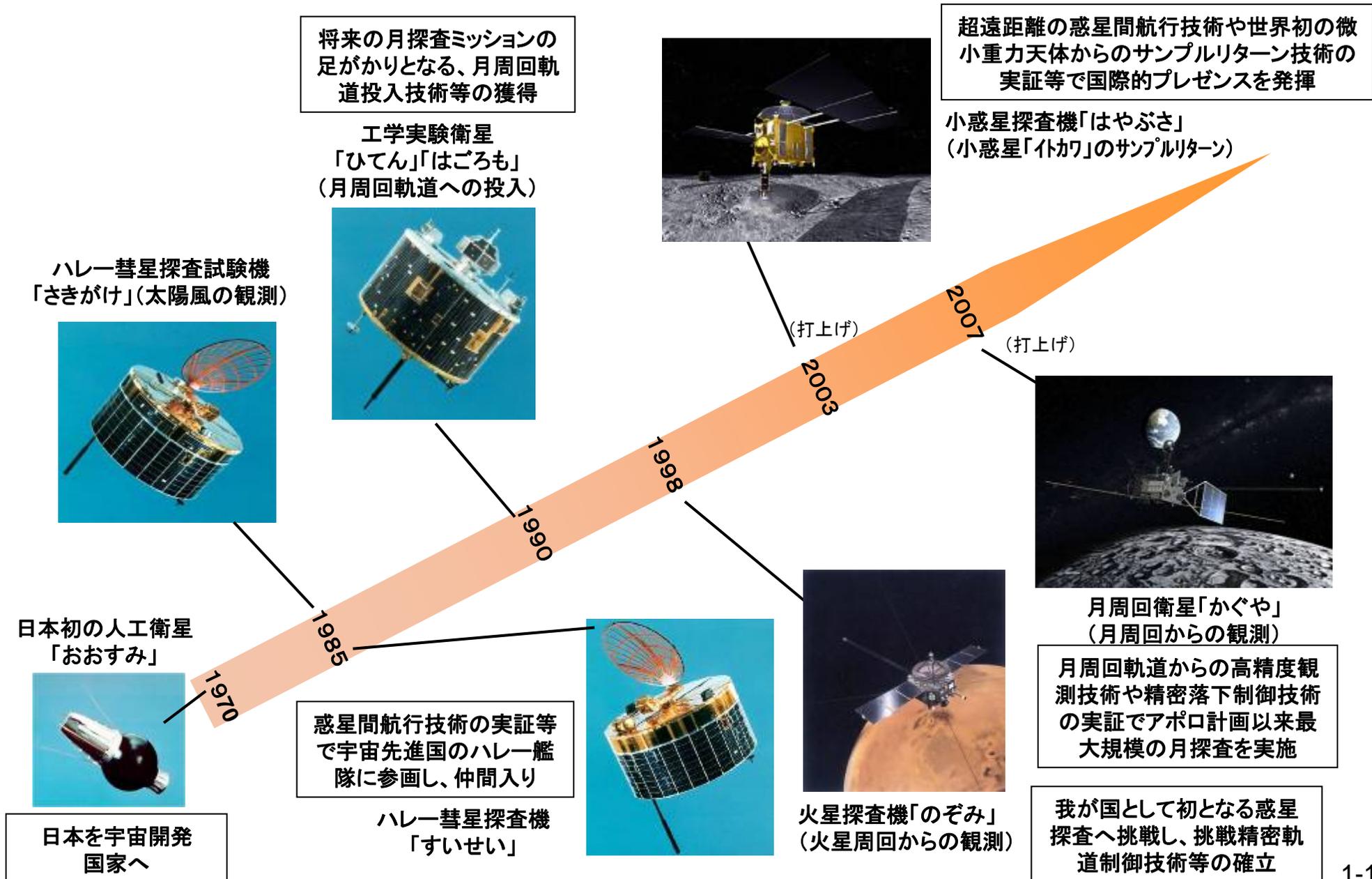


### ●大学院教育・実践的人材育成機会の提供

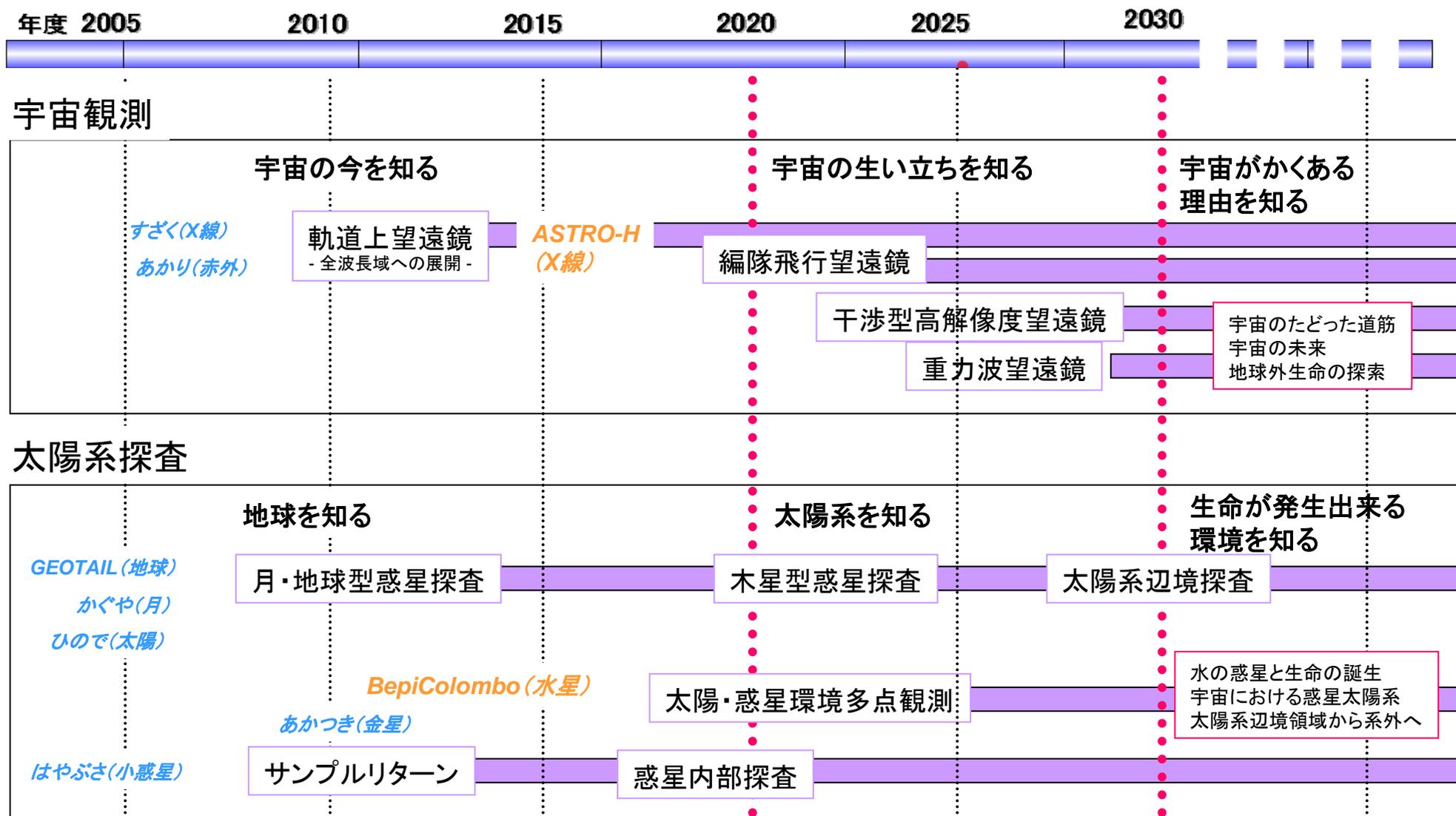
小型宇宙飛行体による実験機会、衛星・探査プロジェクト参加による実践的研究機会、大学共同利用システムによる公募と競争的採択と実行



# 補足5 これまで構築してきた宇宙探査技術



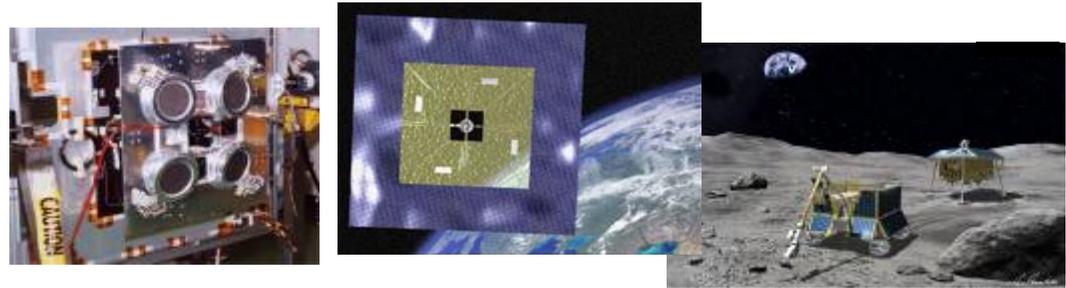
# 補足6 宇宙物理学の中長期ロードマップ



# 補足7 宇宙工学研究における今後の重点課題

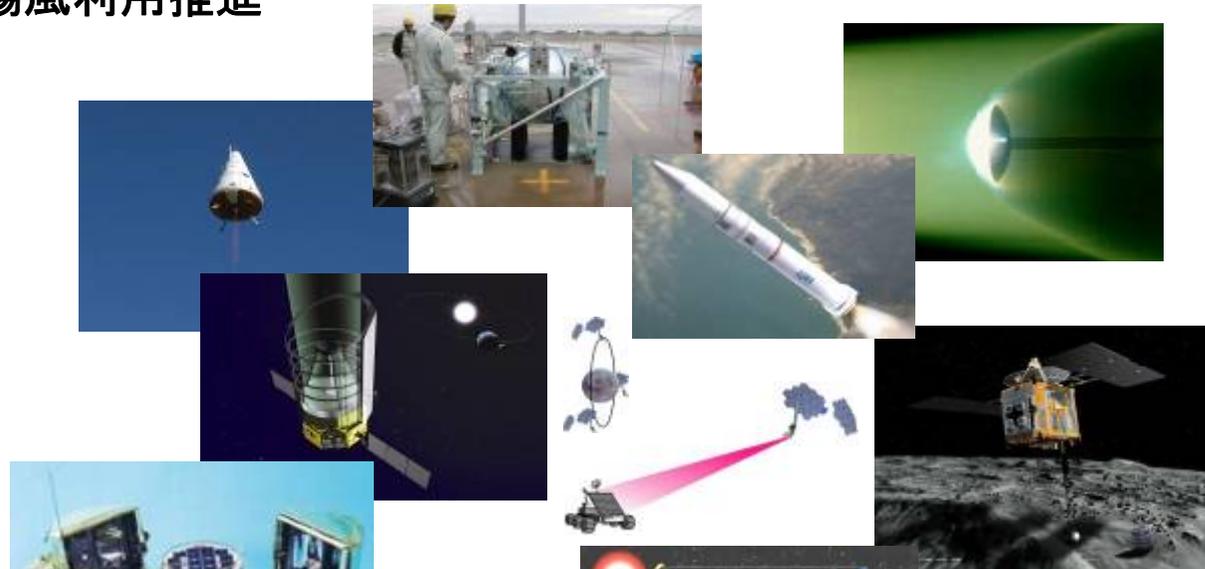
## 「より遠くへ」

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



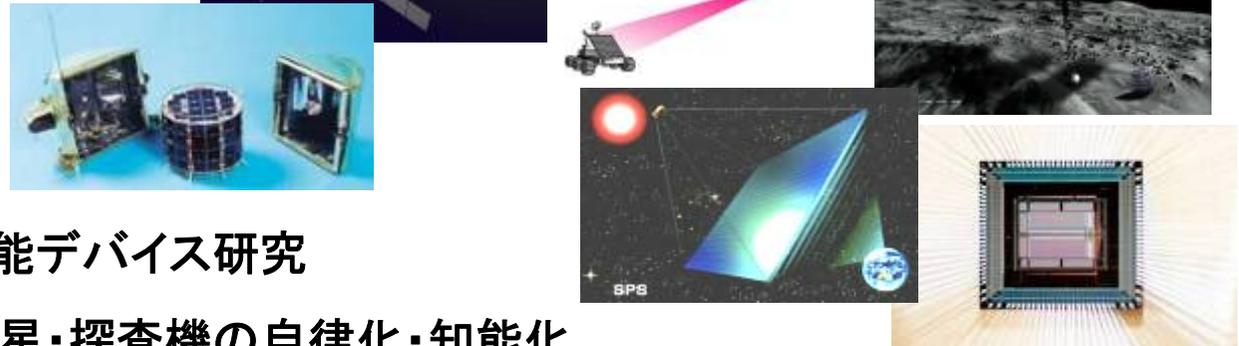
## 「より自在に」

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,



# 補足8 次期ミッション(2010年代後半の実現)を目指して 活動中のワーキンググループ

(2011年4月現在)

## 宇宙理学委員会

次期磁気圏衛星(SCOPE)WG  
大型国際X線天文台計画(IXO)WG  
超広視野初期宇宙探査衛星(WISH)WG  
宇宙線反粒子探索計画 GAPS WG  
太陽系外惑星探査(JTPF)WG  
国際共同木星圏総合探査計画WG  
Luna-GLOB Penetrator 搭載計画検討WG  
次期太陽観測衛星WG

### ・小型科学衛星WG

編隊飛行による高エネルギー走査衛星(FFAST)WG  
ジオスペース探査(ERG)WG  
超小型精密測位衛星(PPM-Sat)WG  
高感度ガンマ線望遠鏡(CAST)WG  
小型重力波観測衛星(DPF)WG  
ダークバリオン探査衛星(DIOS)WG  
X線ガンマ線偏光観測小型衛星(POLARIS)WG  
宇宙背景放射偏光精密測定計画(LiteBIRD)WG  
赤外線探査による小型位置天文衛星(JASMINE)WG

## 宇宙工学委員会

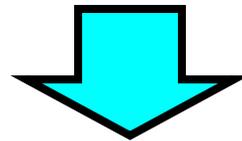
ソーラーセイル実験探査機WG  
月惑星表面探査技術WG  
ハイブリッドロケット研究WG  
スペースプレーン技術実証機WG  
フォーメーションフライト技術WG  
プラズマセイルWG  
次世代小型標準バス技術WG  
先進的固体ロケットシステム実証研究WG  
火星探査航空機WG  
展開型柔軟エアロシェルによる大気突入システムWG

### ・小型科学衛星WG

太陽発電衛星技術実証WG  
小型月着陸実験機WG  
プラズマセイルWG  
深宇宙探査技術実験ミッションWG(設置申請中)

## 宇宙科学実行の継続的発展の要件

- 持続的な理工学成果の創出による世界的競争力の確保
- 予見的に計画立案ができる状況の創出
- コミュニティにおける人材の連続性の確保と一定頻度のプロジェクト実行と成果創出
- 自由な発想による持続的研究活動のクリティカルマス
- 研究活動・プロジェクト実行の基盤維持整備・更新・発展



## 衛星・探査機ミッション規模の多様化と目指すところ

大型ミッション	フラッグシップ的ミッションを国際間のリーダーとして牽引
中型ミッション	世界レベルの高性能が要求されるミッションへ引き続き対応
小型ミッション	目標を絞り機動的・高頻度な成果創出を目指す
小型飛翔体各種実験	萌芽的実験要望への機動的な対応と裾野の拡大

# 補足10 世界の主な宇宙探査動向

## (1)米国

ブッシュ政権の下、月への回帰として2020年までに有人月探査を目指すコンステレーション計画を推進してきたが、オバマ政権のもと同計画を見直し、重量級ロケットの開発等を行いつつ、有人月または小惑星探査を視野に進め、最終目標として、2030年代半ばまでに有人火星周回探査を実施することを掲げている。これにより基幹産業の育成と世界のリーダーシップの維持を狙う。

## (2)欧州

2030年頃の有人火星探査を最終目的とした「オーロラプログラム」の前段として、米国の協力を前提とした月への無人着陸機の検討を実施している。

## (3)中国

国威発揚と、将来の資源利用を目的として、独自の月探査計画を進めており、最終的には有人月探査を目指している。また、無人火星探査をロシアと共同で実施する計画である。

## (4)インド

無人月探査計画を展開し、米欧と共同した2008年の月周回に続き、2013年頃にロシアと共同で着陸を実現することにより、国威発揚をねらう。

## (5)ロシア

中国と共同での無人火星探査、インドと共同での無人月探査を行いつつ、有人月探査を目指している。

## (6)国際宇宙探査協働グループ(ISECG)

国際協働ベースの宇宙探査計画(特に有人探査)を技術的に検討・調整するために2007年に設立(参加機関はISS参加国を含む14機関でJAXAも主要メンバーとして参加)。

- 昨年までに米国コンステレーション計画ベースの国際有人月探査計画1次案を合意。
- 現在は、最終的に有人火星探査を見据えつつ、フレキシブルな有人探査ミッションシナリオの再構築を進めている(その全てのオプションに月面有人探査は含まれており、実施の順番の差はあるが、火星表面探査の前に必ず実施することになっている)。

## ●「月探査に関する懇談会」報告書(平成22年7月29日)

### 「我が国の月探査戦略～世界をリードするロボット月探査と有人宇宙活動への技術基盤構築～」

#### 《月探査の目的》

太陽系の成り立ちなどを解明するためには、様々な天体の探査を行うことが重要である。その中で、月は地球に最も近い重力天体であり、

- ① 太陽系探査のための宇宙技術を自ら確立
- ② 世界トップレベルの月の科学を一層発展
- ③ 国際的プレゼンスの確立

という3つの目的から、月探査を戦略的に進めることが重要である。

#### 《月探査の目標》

2020年に月の南極域に世界で初めてロボットにより探査基地を構築し、地震計等の観測機器を設置して1年以上の内部構造探査、ロボットによる数ヶ月間の周辺探査、これまで人類が手にしたことのない岩石の採取とサンプルリターンを行う。これにより、今後の太陽系探査に重要なステップとなる宇宙技術を確立すると共に、月の起源と進化の解明にせまる。

#### 《有人宇宙活動への技術基盤構築の目標》

2020年頃までに、有人宇宙活動の根幹となる有人往還システムについて鍵となる要素技術等の研究開発に取り組み、実現の見通しを得る。

#### 《目標実現に向けての進め方》

2020年の月探査の目標は、重力天体への往還技術を実現していない我が国にとって技術的に極めて難易度の高い目標である。また、トップレベルの科学的成果を獲得するためにも、信頼性・安全性などを確保しつつ、ハードウェア・ソフトウェアを高度に統合したシステムを実現することが重要であり、技術を段階的に確立し、確実に探査活動を遂行していくことが必要である。このため、目標の5年前には前段階として必要な技術実証を実施し、その結果を5年後の本格的探査に反映させる進め方とし、2015年に軟着陸とロボットによる予備的な探査を実施する。

## 《我が国の宇宙開発戦略上の位置付け》

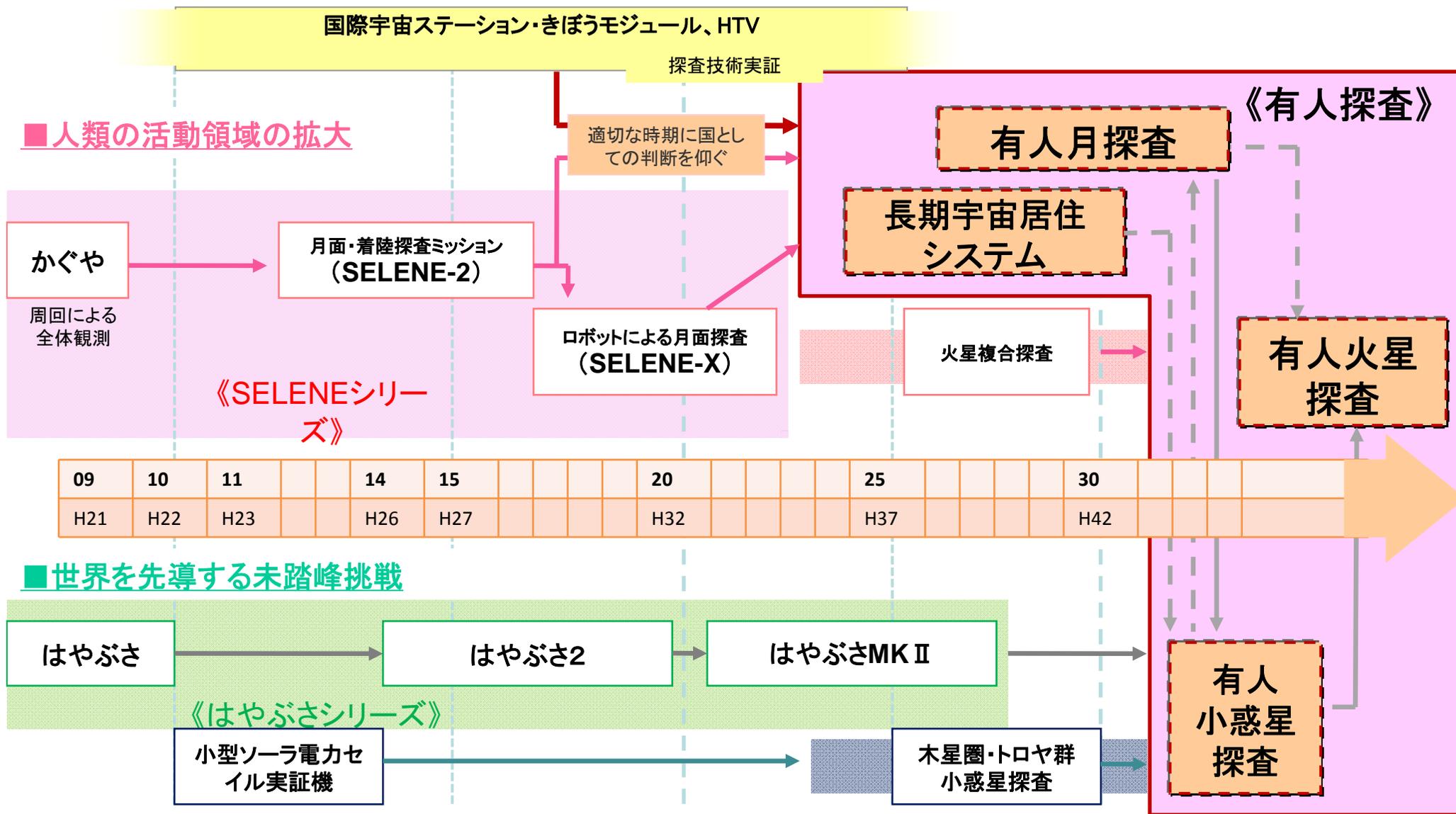
— 国民生活に直結する地球周回や静止衛星を使った利用システムへの取組に加え、本取組はフロンティアへの挑戦の点で重要な位置付け

- ① ロボット月探査 ⇒ 将来の自在な太陽系探査を可能とする技術の自らの確立に向けた重要なステップ
- ② 有人宇宙活動 ⇒ 将来の有人宇宙活動に向け、国際協力において対等なパートナーシップを発揮できる技術基盤を構築
- ③ ①、②により ⇒ 長期的には、ロボットによる自在な宇宙活動、及び有人による国際協力での自律的な宇宙活動能力の保有へ

## 《おわりに》

- 懇談会では、ロボットによる月探査を中心として、我が国独自の目標や進め方を検討。有人宇宙活動については、当面は、探査目標に係わらず、将来に向けた着実な技術基盤の構築が重要であるとの結論を得た。
- ロボットによる月探査については、我が国の宇宙開発戦略上重要である一方で、太陽系探査は、月に限らず様々な天体について幅広く展開されることが重要。太陽系探査全体の総合的な推進に留意しつつ、月探査に取り組むべきと考える。
- 太陽系探査の成果を発展させていくことの重要性を考えれば、この分野に更に多くの予算が確保される必要があると考えるが、国際協力による効率的な実施の検討や、予算等の状況に応じ、実施時期などについての柔軟な対応が望まれる。

# 補足12 宇宙探査の中長期ロードマップ



具体的なミッションの選定にあたっては、JAXA月・惑星探査プログラムグループ(JSPEC)統括リーダーの諮問機関である「宇宙探査委員会」(宇宙理学委員会及び宇宙工学委員会の各代表等、及び外部の専門家を含む)において審議・選定する。

# 補足13 国際宇宙探査協働グループ(ISECG)の状況

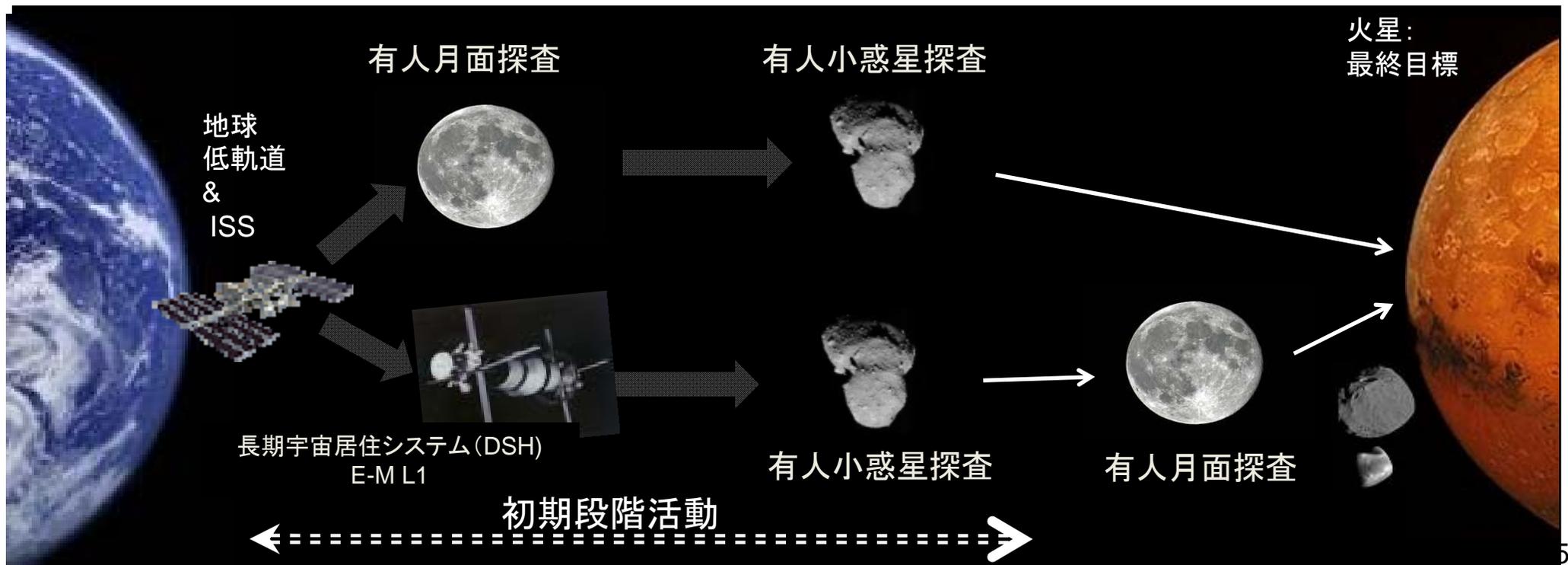
- ISECGで合意している探査の5大目的(科学・技術、活動領域拡大、経済拡大、国際協働、教育・啓蒙)の実現を目指す
- 有人火星探査を当面の目標として、それに至る有意義な有人探査ミッションシナリオを昨年6月以来構築中。
- 2011年9月には、以下の2つのミッションシナリオへの絞り込みと、その初期段階活動についてレビューし公開する予定。

2つのミッションシナリオ概要;

①: 有人月探査を第1ステップとして有人小惑星探査に続けるシナリオ

②: 長期宇宙居住システム開発と有人小惑星探査に注力したシナリオ

両案ともにその端緒として、宇宙ステーションを利用した宇宙探査技術実証を進める。



# 補足14 はやぶさ2、SELENE-2、SPICAの概要

## 小惑星探査機「はやぶさ 2」

### 目的及び意義

- 「太陽系の起源・進化や生命の原材料物質を調べる」ために、
  - C型小惑星の物質科学的特性を調べる。特に鉱物・水・有機物の相互作用を明らかにする。
  - 小惑星の再集積課程・内部構造・地下物質の調査により、小惑星の形成過程を調べる。
- 「日本独自の深宇宙探査技術の確立」のために、
  - 「はやぶさ」で試みた新しい技術について、ロバスト性、確実性、運用性を向上させ、技術として成熟させる。
  - 衝突体を天体に衝突させる実証を行う。

### 概要及びミッション

●はやぶさ2プロジェクトは、太陽系の謎の解明に迫るとともに、我が国独自の深宇宙探査技術の確立を目指し、「はやぶさ」の成果を踏まえ、イトカワと異なるタイプの小惑星(始原天体)の物質を地球に持ち帰るサンプルリターン計画である。

●具体的には下記のとおり。

- 地球と火星軌道間に存在するC型の地球接近小惑星1999 JU3にランデブー
- 可視カメラ、赤外分光計などで軌道上からの遠隔観測を実施
- 小型ローバを投下し、天体表面上での近接観測及び表面物質の採取を実施
- 衝突装置を小惑星に衝突させて人工的なクレーターを作り、新鮮な地下物質の遠隔観測や衝突地点付近からのサンプル採取を実施
- 地球に帰還(採取試料の分析)

### 主要諸元

質量	約 600kg
打上げ	平成26年度
軌道	小惑星往復
小惑星到着	平成30年
地球帰還	平成32年
小惑星滞在期間	約18ヶ月

### 主要搭載機器

サンプリング機構、地球帰還カプセル、光学カメラ、レーザー測距計、科学観測機器(近赤外、中間赤外)、衝突装置、小型ローバ



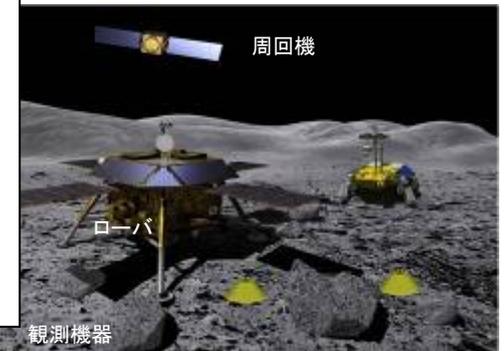
衝突装置によって作られた人工的クレーターの内部からの物質採取に挑む

## 月面着陸・探査ミッション「SELENE-2」

### 目的及び意義(平成27年度頃打上げ目標に)

- 今後の太陽系探査に必要となる基盤技術(高精度軟着陸、移動探査、越夜の各技術)の確立
- 「かぐや」で確立した世界トップクラスの月の科学を継承・発展
- 宇宙先進国・技術先進国として国際的プレゼンスの確立

《探査機設計の一例》



## 次世代赤外線天文衛星「SPICA」

### 目的及び意義(平成30年度頃打上げ目標に)

赤外線における高感度観測により、宇宙における(1)銀河誕生のドラマ、(2)惑星系のレシピ、(3)物質の循環の研究を進め、宇宙の歴史を解明する。

### 国際的な強いニーズ

- ・(日本)学術会議長期計画において、「国家レベルで推進すべき計画」として高く評価されている。
- ・(欧州)ESA Cosmic Vision の将来ミッション候補。

### 日本にとっての意義

- ・日本の戦略的技術(冷却系)を活用・発展させる計画
- ・日本がもつユニークな科学成果(「あかり」サーベイ等)を活用・発展させる計画
- ・日本が主導し、世界が参加する大型ミッションにより、人類の宇宙観に大きな影響を与える成果を期待。

### 主要諸元

- ・望遠鏡口径: 3.2 m
- ・主要観測波長: 5-210 μm
- ・望遠鏡温度: 6K
- ・打上げ: 平成30年度頃
- ・軌道: 太陽・地球ラグランジュ点2周りのハロー軌道



## 2. 有人宇宙活動

# 項 目

## 1. これまでの日本の有人宇宙活動への取り組み

- ①経緯
- ②現状

## 2. 今後の日本の有人宇宙活動の取り組み

- ①周辺状況と今後考えられる展開
- ②ISS計画を通じた我が国の活動の方向性
- ③各極の動向について
- ④ISS運用継続の意義
- ⑤国際調整の方針

## 3. 日本の役割

# 1. これまでの日本の有人宇宙活動への取り組み

## — ①経緯 —



文部科学省



### (1) 国としてISS計画への参画を判断(1984～1989年)

- ロンドンサミットでレーガン米大統領が宇宙基地計画を提唱し、西側先進国に参加を呼びかけ(1984年)
- 宇宙開発委員会「宇宙基地計画特別部会」、「宇宙基地特別部会」で議論し、本委員会です承
  - JEMによる予備設計段階への参加を提言(1985年)
  - 宇宙ステーションの詳細設計段階以降における基本的考え方を提言(1987年)
- 日、米、ESA加盟国、加の政府間で、宇宙基地協力協定(IGA)<sup>(\*)</sup>に署名(1988年)
- 日本の国会で承認、批准(1989年)

(\*1)その後、1998年に改訂(ロシア参加)、国会で批准。

### (2) 日本の宇宙ステーション用要素の開発(1990～2009年)【補足1】

- 日本実験棟(JEM)「きぼう」及び搭載実験装置の開発(1990～2009年)
  - 「きぼう」の組立(2008年3月～2009年7月)にかけ、スペースシャトル3便で打上げ、軌道上で組立
  - 2008年8月から軌道上実験運用開始
- 宇宙ステーション補給機(HTV)「こうのとり」の開発(1997～2009年)
  - 「こうのとり」技術実証機(HTV1)の打上・ISS係留・離脱・再突入(2009年9～11月)

### (3) 日本の宇宙ステーション用要素の運用・利用(2008年～)

- 「きぼう」の運用および搭載実験装置を使った利用(2008年～)
  - 第一期利用を完了(2010年度)
- 「こうのとり」運用機による定期的な補給運用
  - HTV2の打上・係留・離脱・再突入(2011年1～3月)

# 1. これまでの日本の有人宇宙活動への取り組み

## — ②:現状(その1) —



文部科学省



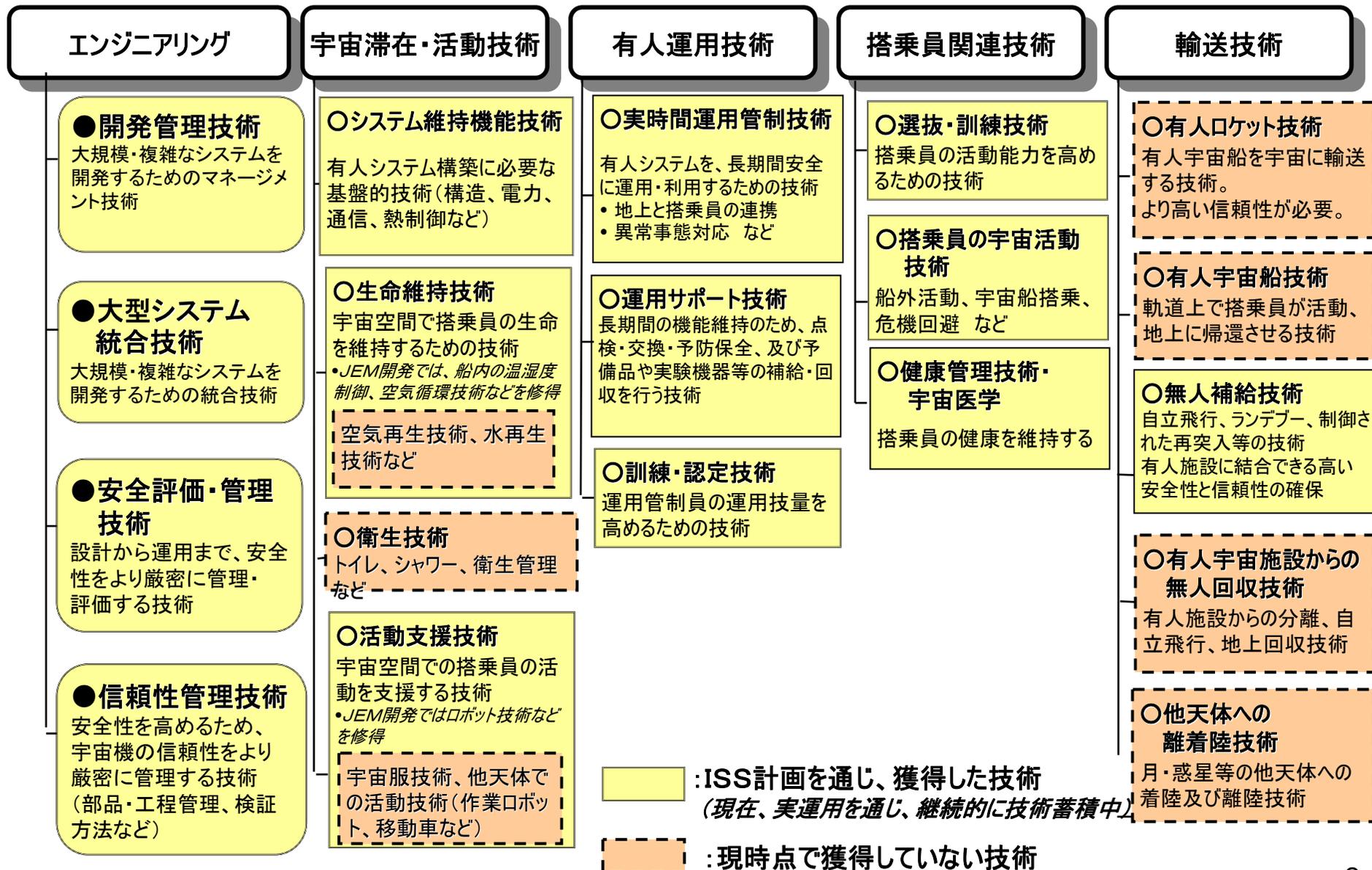
### (1) 有人宇宙技術の獲得

- 日本実験棟「きぼう」とその搭載実験装置、宇宙ステーション補給機「こうのとり」の開発を通じ、それまでのロケット・人工衛星の技術とは異なる『有人宇宙技術』を獲得。また、米・露・欧・加との協力を通じ、『国際標準』の設計・開発技術を修得。
  - エンジニアリング(大型システム統合、安全管理、信頼性管理など)
  - 宇宙滞在・活動技術(生命維持、船内・船外活動支援設計など)
  - 輸送技術(無人補給)
- 日本人宇宙飛行士(これまで7名、計13回)のシャトル搭乗・ISS搭乗を通じ、宇宙飛行士関連技術を獲得。
  - 飛行士の選抜・養成・訓練・健康管理
  - 有人宇宙船の運用および操作
  - 搭乗員による宇宙活動(船外活動、ロボティクス操作)
- 「きぼう」運用(日本から24時間体制)・「こうのとり」運用を通じ、『国際標準』の運用技術を修得
  - 軌道上(宇宙飛行士)との連携運用
  - 国際間連携運用
- 有人安全技術の獲得
  - これまでの開発、運用、飛行士搭乗を通じて、有人宇宙システムの安全設計・運用技術を獲得

# 1. これまでの日本の有人宇宙活動への取り組み

## — ②:現状(その2) —

### — ISS計画参加により獲得した有人宇宙技術 —



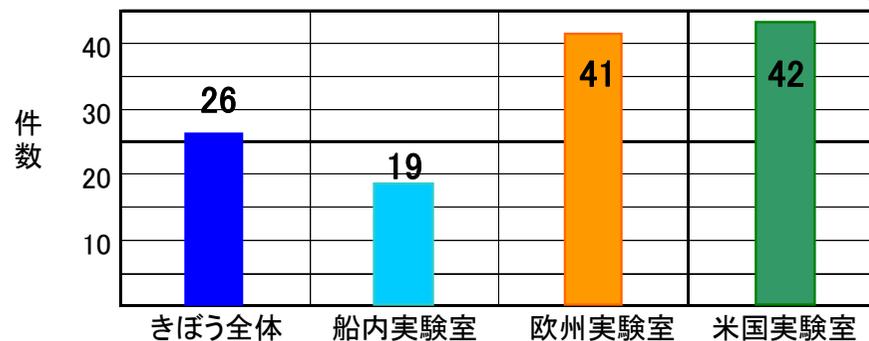
# 1. これまでの日本の有人宇宙活動への取り組み

## — ②:現状(その3) —

### (1) 有人宇宙技術の獲得(つづき)

- 着実な「きぼう」の開発、軌道上組立と運用の実現(他極と較べて不具合が少ない: 図-1 及び 図-2 参照)、及び「こうのとりのとり」ミッションの成功により、技術的に信頼できるパートナーとしてISS各極から高い評価を得た。  
国際的プレゼンス、日本の宇宙関連企業のブランド力が向上。
- その結果として、例えば:
  - ・搭載実験装置の安全審査権限をNASAから完全に委譲されるまでに至った。
  - ・「こうのとりのとり」で開発したISS近傍運用技術は、米国の民間補給機に採用され、日本企業のビジネスにつながった。

図-1 他モジュールとの異常発生件数の比較(\*)



(\*) 2008年3月～2009年12月の比較

図-2 他モジュールとの異常発生度の比較(\*)



# 1. これまでの日本の有人宇宙活動への取り組み

## — ②:現状(その4) —



文部科学省



### (2) 日本初・アジア唯一の有人宇宙施設を保有

- 我が国として初めて、宇宙空間に有人実験施設を獲得(「きぼう」)。
  - 地球上では実現が困難な微小重力などの環境を長期間に亘り提供する
  - 宇宙飛行士がいることで、広範な研究要望に柔軟に対応できる
  - 地上の最先端実験装置などを使った研究を、その延長線上で、宇宙空間に展開できる
  - ISSでは唯一の船外実験プラットフォームを有する
- 「有人」「低軌道プラットフォーム」の特色をもつ宇宙環境利用・宇宙実験の場であり、これまでの宇宙分野の枠を越えて『新たな宇宙利用』を展開。
  - 材料科学や生命科学での宇宙実験の実施を通じて、宇宙飛行士が介在する長期的な宇宙環境である「きぼう」の利用の可能性を拡げ、新たな利用分野や領域、利用者を開拓
  - 優れたテーマの公募など、研究者の自由な発想に基づく研究利用に加え、理化学研究所などの研究機関の研究戦略にのっとった組織的研究利用や、企業などと連携した社会課題の解決に向けた利用など、より長期的・継続的視点に立った利用を展開
  - また、創薬や新材料開発などの非宇宙産業による利用、生命科学や医学、人文社会科学など、宇宙分野の枠を越えて利用の裾野を拡大
- 我が国は、アジア諸国にとっての宇宙環境利用のゲートウェイに。
  - 現在、マレーシアのタンパク質結晶生成実験を実施中。また、韓国との共同研究を行う予定(テーマ選考中)

# 1. これまでの日本の有人宇宙活動への取り組み

## — ②:現状(その5) —

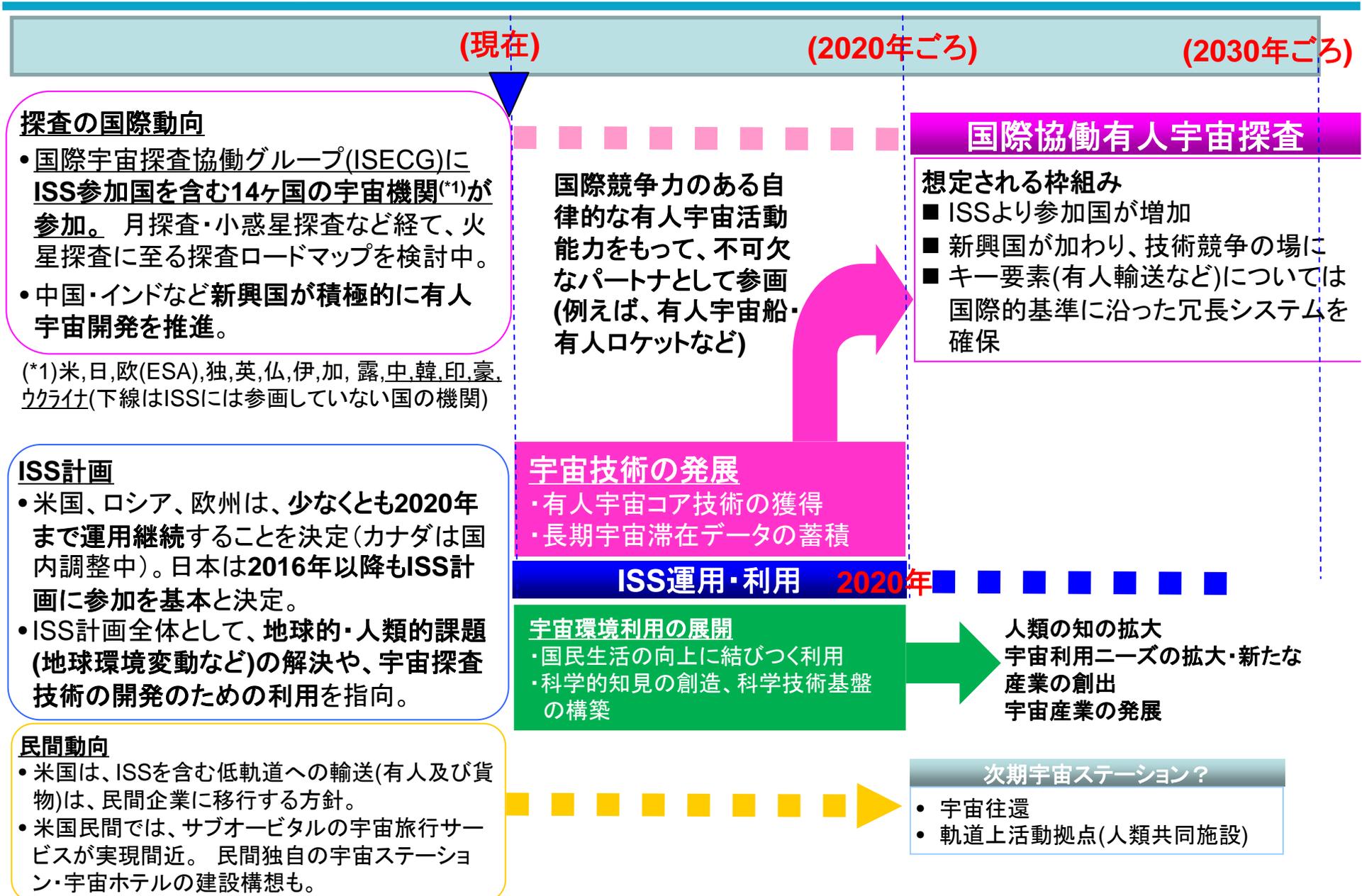


### (3) これまでの利用の成果

- 2008年に開始した「きぼう」の利用では、大学などの研究機関と製薬企業などが連携して、医薬品の開発や革新的ナノ材料の開発に取り組み、具体的な成果が期待される状況。
  - 宇宙で生成した高品質なタンパク質結晶をSpring-8などの地上施設で構造解析。得られた構造情報から、これまで治療法のなかった難病デュシェンヌ型筋ジストロフィーに有効な医薬品の開発が進展中（現在、複数の医薬品候補について動物実験のフェーズまで進行中）
  - 高効率な色素増感太陽電池や光触媒につながる革新的ナノ材料など、環境保全や光エネルギー開発に向けた新素材の開発などの具体的な成果が期待される状況。
- 生命科学の分野では、細胞の放射線影響の実験などから、地上での放射線防護やがんの放射線治療などにつながる知見を得るなどの成果がでてきている。
- 船外実験プラットフォームでは、X線天文学における世界先端の観測成果や、オゾン層破壊メカニズム解明につながる観測データを取得。
- 現在も、今後搭載予定の船内用実験装置及び船外実験ペイロードの開発が進んでいる。
  - (船内装置) 静電浮遊炉、水棲生物実験装置など
  - (船外装置) 高エネルギー電子・ガンマ線観測装置、地球超高層大気撮像観測 など

## 2. 今後の日本の有人宇宙活動の取り組み

### ① 周辺状況と今後考えられる展開



## 2. 今後の日本の有人宇宙活動の取り組み — ②ISS計画を通じた我が国の活動の方向性 —

### 20年後

日本は、技術立国・宇宙技術先進国としての国際的地位を堅持  
(国のプレゼンス、“日本ブランド”)

#### 国のプレゼンスの向上

- 人類的・地球的課題の解決への貢献
- 人類的知見の創造
- 国際協働宇宙探査に、国際競争力のある技術、自律的な有人宇宙活動能力をもって、不可欠なパートナーとして参画

#### 国内産業の競争力向上

- 宇宙利用分野・ニーズの拡大
- 新たな産業の創出
- 技術の継承、新たな宇宙技術の獲得、宇宙利用の拡大による国内宇宙産業の発展

ISS・「きぼう」を通して

#### □ 宇宙環境利用の展開【補足4, 5】

- 国民生活の向上や社会課題の解決に向けた利用
  - ・ 健康・医療問題への貢献
  - ・ エネルギー問題への貢献
  - ・ 地球環境問題・防災への貢献
  - ・ 地上生活へのスピノフ
- 科学的知見の創造、科学技術基盤の構築
  - ・ 人類にとっての財産となる知見
  - ・ 産業基盤を支える知財
  - ・ 新たな産業を創造する知財

#### □ 宇宙技術の発展

- 国内の宇宙産業基盤を支える実行枠組み
  - ・ HTV/H2Bなどの使用
- 将来の有人宇宙活動に必要なコア技術の習得に繋がる活動【補足6】
  - ・ 低軌道からの回収技術の実証
  - ・ 技術開発テストベッドとしてのISSの利用
- 宇宙医学(人の長期宇宙滞在に係るデータの蓄積および対応技術の習得)【補足7】
  - ・ 放射線、閉鎖環境 など

## 2. 今後の日本の有人宇宙活動の取り組み

### － ③各極の動向について －



文部科学省



(米国)

2010年2月に発表された米国オバマ大統領2011年度予算教書において、少なくとも2020年までのISS運用継続を表明。

スペースシャトルは2011年7月に退役予定（Space-X社など、民間企業による有人往還機および物資補給機を開発中）。

(ロシア)

2010年8月にロシア政府は2020年までのISS運用継続を承認。

既に有人往還機能を有するソユーズを保持。

(欧州)

2011年3月にESA(欧州宇宙機関)は2020年までのISS運用継続を決定。

現在ATVに無人帰還機能を付加するARV(Advanced Re-Entry Vehicle)の開発を検討中。

(カナダ)

2016年以降のISS運用継続について政府にて引き続き協議中。

(日本)

2010年8月に宇宙開発戦略本部にて「2016年以降もISS計画に参加していくことを基本とし、今後、我が国の産業の振興なども考慮しつつ、各国との調整など必要な

取組を推進する。また、将来、諸外国とのパートナーシップを強化できるよう、宇宙ステーション補給機(HTV)への回収機能付加を始めとした、有人技術基盤の向上につながる取組を推進する。」ことを決定。

## 2. 今後の日本の有人宇宙活動の取り組み

### － ④ISS運用継続の意義 －



文部科学省



- 平成22年4月～6月に実施された宇宙開発委員会ISS特別部会において2016年以降のISS運用継続を審議。高い意義があることを確認

平成22年6月  
宇宙開発委員会  
国際宇宙ステーション特別部会  
－中間とりまとめ－(概要)

#### (1) ISS・「きぼう」の利用

最先端研究施設として、タンパク質結晶生成や予防医学など大きな成果を上げつつある。中核的な研究機関が主体的に参加・利用する仕組みを構築するなどにより、一層優れた成果を上げる仕組みが必要。

#### (2) 有人技術・宇宙探査

HTV/H-IIBの継続的な打上げ・運用は、我が国の国家基幹技術であり、また宇宙開発利用の自在性維持に不可欠な宇宙輸送システム技術の蓄積・成熟化に貢献。将来の国際協働プログラムにおける我が国の技術優位性の確保につながる技術等について取り組むことが必要。

#### (3) 宇宙関連産業振興

HTV/H-IIBの継続的な打上げ・運用は、宇宙産業の「ものづくり」力や経営基盤の維持・強化に貢献。また、ISS計画への参加は、世界レベルの技術力アピールや企業ブランドの向上につながり、海外企業とのビジネスチャンスを創出し、海外技術者との交流により、国際的な規格作りに参画できるレベルの技術者の育成に貢献。

#### (4) 青少年の教育・啓発

宇宙飛行士に代表される有人宇宙活動は、青少年にとって夢や知的好奇心を育み、科学等への関心の惹起と勉学意欲向上に寄与し、科学技術創造立国を支える人材の育成に貢献。さらに、国民に勇気や自信を与えるという意味でも社会的な波及効果の大きい活動。

#### (5) 国際協力・安全保障・外交

ISS計画の5極の一角を占めていることは重要な意味を持ち、国際的プレゼンスを確保。ISS計画を通じて得られる技術力は、結果として安全保障上有意な潜在的価値を持つ。また、将来の国際有人宇宙探査プログラムにおいても我が国の発言力や主導力の発揮に貢献。さらに、アジア唯一のISS参加国としての価値を活かし、宇宙外交に貢献。

## 2. 今後の日本の有人宇宙活動の取り組み

### － ④(1)「きぼう」利用成果の拡大の観点から －

#### ① 最先端の「きぼう」利用成果の獲得に向けた対応

- 社会的課題の解決に向けた「きぼう」利用など、国民生活への貢献を強化
  - 民間も含めて広範なニーズを掘り起こす
- 各分野において、第一線級の研究成果を上げている我が国有数の研究機関との連携を充実させ、国の科学技術政策にのっとった組織的な「きぼう」利用研究を実施し、10年レンジの長期的・継続的視点に立った利用を強化
- 地上での予備実験のための研究費について、研究者自らが競争的資金を取得し易くするよう、「きぼう」テーマ公募の仕組みなどを工夫。
- 我が国の先端研究施設とのパッケージ化を進め、世界に比類ない研究手段・研究機会を設定
  - 成功事例として、Spring-8と「きぼう」のパッケージ利用による創薬に向けた蛋白質結晶生成実験

#### ② 国際協力を通じた世界共有的な利用成果の獲得

- 国際パートナーとの相互協力や共同研究を拡げ、国際的な頭脳の循環・結集による優れたISS利用成果を獲得し、人類的・地球的な成果・知見として共有。
- 貴重なISS利用資源を持ち寄ることで、実験装置や実験技術の有効活用を図るとともに、日本の優れた技術で国際貢献。
  - 地球観測プラットフォームとしての活用
  - 宇宙医学研究による予防医学
  - 国際災害チャーター、センチネルアジアへの貢献(宇宙飛行士による迅速な観測)

## 2. 今後の日本の有人宇宙活動の取り組み － ④(2)有人技術・宇宙探査 －



文部科学省



- ISS・「きぼう」を使った先端技術開発のテストベッドとしての利用や、HTV発展型の開発により、将来の有人宇宙活動に必要な基盤技術の獲得を目指す。
  - 有人滞在技術(生命維持、船外活動服など)
  - 低軌道からの物資回収技術
  - 軌道間輸送
  - 先端機器の宇宙実証(部品、コンポーネント)
  - 軌道上大型構造物の展開・組立技術 など

## 2. 今後の日本の有人宇宙活動の取り組み

### － ④(3)宇宙関連産業振興 －



- ロケットや宇宙機の継続的な打上げ・運用は、品質確保と技術の成熟、中小企業を含む「ものづくり」力の維持、長期的な収入見通しによる企業の安定的な経営基盤の形成等、我が国の自在な宇宙活動の基盤形成に不可欠。
  - H-IIB/HTVの継続的な打上げにより、日本の宇宙産業のアンカーテナントとしての役割
- ISS計画への参加は、世界レベルの技術力のアピールや企業ブランドの向上につながり、海外企業とのビジネスチャンスの創出をもたらす。また、「きぼう」の開発・運用には約650社以上、またH-IIBロケット・HTV「こうのとり」の開発・運用には約400社以上の国内企業が参画しており、国内宇宙産業の育成に貢献。
  - 先端民生機器の宇宙搭載化を進めており、更なる企業の参入を促進。(「HDTVカムコーダ」「3Dカメラ」「LED照明」「イーサネット・ルータ」など)
- 海外の技術者との交流により、国際的なネットワーク作りを行い、国際感覚を備え、国際的な規格作りに参画できるレベルの技術者を育成することが可能となる。
- HTV-Rなど将来の有人宇宙機にもつながる研究開発を通じ、日本の産業界の技術力維持・発展に貢献。

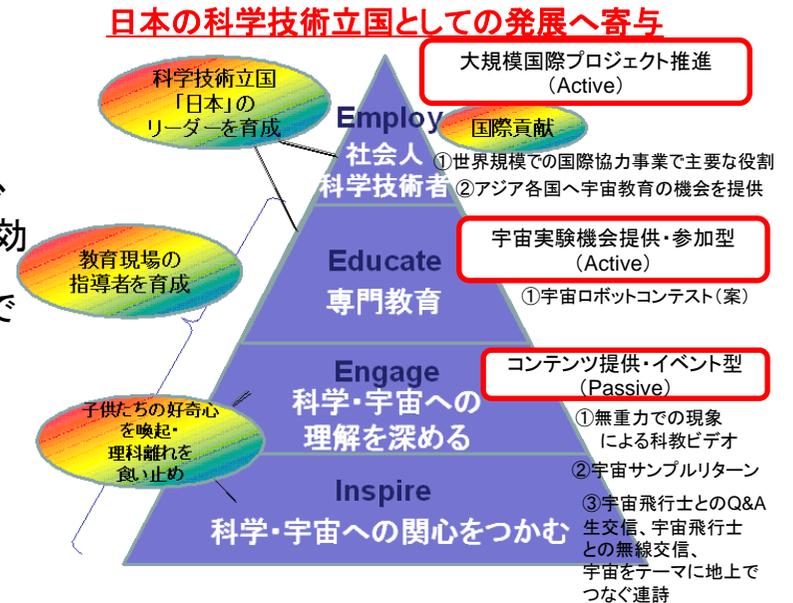
## 2. 今後の日本の有人宇宙活動の取り組み

### — ④(4) 教育・人材育成への貢献 —

#### ● ISSにおける教育・人材育成の効果—

#### 日本の科学技術立国としての発展へ寄与(右図)

- 宇宙を活用した教育プログラムは、特に理科離れの懸念される青少年の好奇心を喚起し、学習意欲の向上や動機付けとして非常に有効
- 特に、宇宙飛行士の存在は青少年の将来の夢・目標・憧れの対象であり、その効果大
- 将来の日本の科学技術立国をリードする人材の育成に貢献
- ISS/きぼうでの教育利用をアジアに拓くことで、日本のリーダーシップを発揮



#### 教育プログラムの具体的な活動

- (1) ISSにおいてJAXAが実施している主な教育プログラム
  - 教育発信活動(宇宙授業)
  - ISS内一般公募実験(教育映像取得)
  - 宇宙からの回収品(サンプルリターン品)の配布
- (2) 初等中等教育過程における教科書等への掲載



福岡市での宇宙授業  
(若田宇宙飛行士)



一般公募実験の様子



小学6年生国語(見本より抜粋)  
宇宙時代を生きる  
～筆者の思いをとらえ、自分の考えを深めよう～

#### 更なる教育活動の推進(計画中)

- (1) 映像提供によるコンテンツ制作の推進(コンテンツ提供プログラム)
- (2) 高度教育プログラムの実施(宇宙実験提供プログラム)
- (3) アジアとの協同教育プログラム—宇宙実験提案への参加、教材映像の提供



ホンモノに触れる管制室での教育活動



宇宙飛行士との交流活動

## 2. 今後の日本の有人宇宙活動の取り組み

### — ④(5)国際協力・安全保障・外交の観点から —

#### ① ISS計画の着実な推進とさらなる技術の獲得

- ISS計画において「きぼう」運用やHTVによる物資補給といった日本の役割を着実に果たすことで、国際パートナーとしての日本への信頼感を強化。また、米国との外交関係の強化に貢献。
- ISS計画において日本が獲得・実証する技術により、日本の国際的な評価や影響力の向上・強化。

#### ② アジアからの唯一のISS参加国であることを活かした取り組み (ISSへのゲートウェイ)

- 「きぼう」利用機会等を通じて、将来に向けたアジア地域との協力関係を構築し、我が国のアジア地域でのプレゼンス向上を目指す。
  - 宇宙先進国としてのアジアにおけるリーダーシップを発揮すべく、宇宙外交を推進。
  - アジアからの唯一のISS計画参加国であることを認識し、ISS価値をアジア地域と共有。
- 具体的には、APRSAFなど我が国がけん引する国際調整の場を活用して、アジア地域各国の共同意識、参加のインセンティブの向上を図るとともに、アジア地域各国による長期的かつ持続的なISS利用を促進する。【補足8】
  - 各国との二極間協力による細やかな対応。
  - 相互の利益にかなうイコールパートナーシップを前提に、役割・資金分担を設定。

#### ③ ISS計画からの撤退による影響

- ISS計画から撤退した場合、日本が担ってきた負担が他国へ転嫁されることとなるため、ISS運用に影響を与える。このことは、日本の国際的信頼の喪失につながる。
- アジア諸国をはじめとする宇宙開発の途上国にとって魅力的な宇宙開発の協力相手が、日本以外にも現れている状況の下で、日本の存在感は著しく低下する。
- ISS計画からの撤退は、撤退による損失を相殺してあまりある代替策を見いだせない限り、外交的な損失が大きい。

## 2. 今後の日本の有人宇宙活動の取り組み — ⑤国際調整の方針 —



### (1) 我が国のISS参加継続の流れと海外の評価

- 2010年2月：米国オバマ大統領は2011年度予算教書において、少なくとも2020年までのISS運用継続を表明。
- 2010年8月：我が国は2016年以降のISS運用継続を宇宙開発戦略本部にて決定。
- 2010年9月：ロリー・ガーバーNASA副長官より日本の2016年以降のISS運用継続について歓迎の意が表された。
- 2010年11月23-26日：日本、NASA及びESAが参加した第17回アジア太平洋地域宇宙機関会議にて、「無限の可能性を持ったユニークな施設である。ISS及び「きぼう」モジュールを最大限活用するため、2016年以降の運用延長を歓迎する」ことが示された。

### (2) 国際的調整に基づくISSの運用効率化

ISSの完成と定常運用を迎え、ISS参加各極と協力して国際共同検討チーム(Tiger Team)を設置し、運用効率化を実現すべく具体案を調整しており、これらの活動を通じて全体経費の効率化に努力する。

- 運用計画調整及び実時間管制運用の効率化  
例えば、統合運用解析の頻度の削減など。
- ISS維持のための補給量の削減と、補給運用の効率化  
例えば、軌道上での水リサイクル・水補給量削減など。

### 3. 日本の役割(その1)

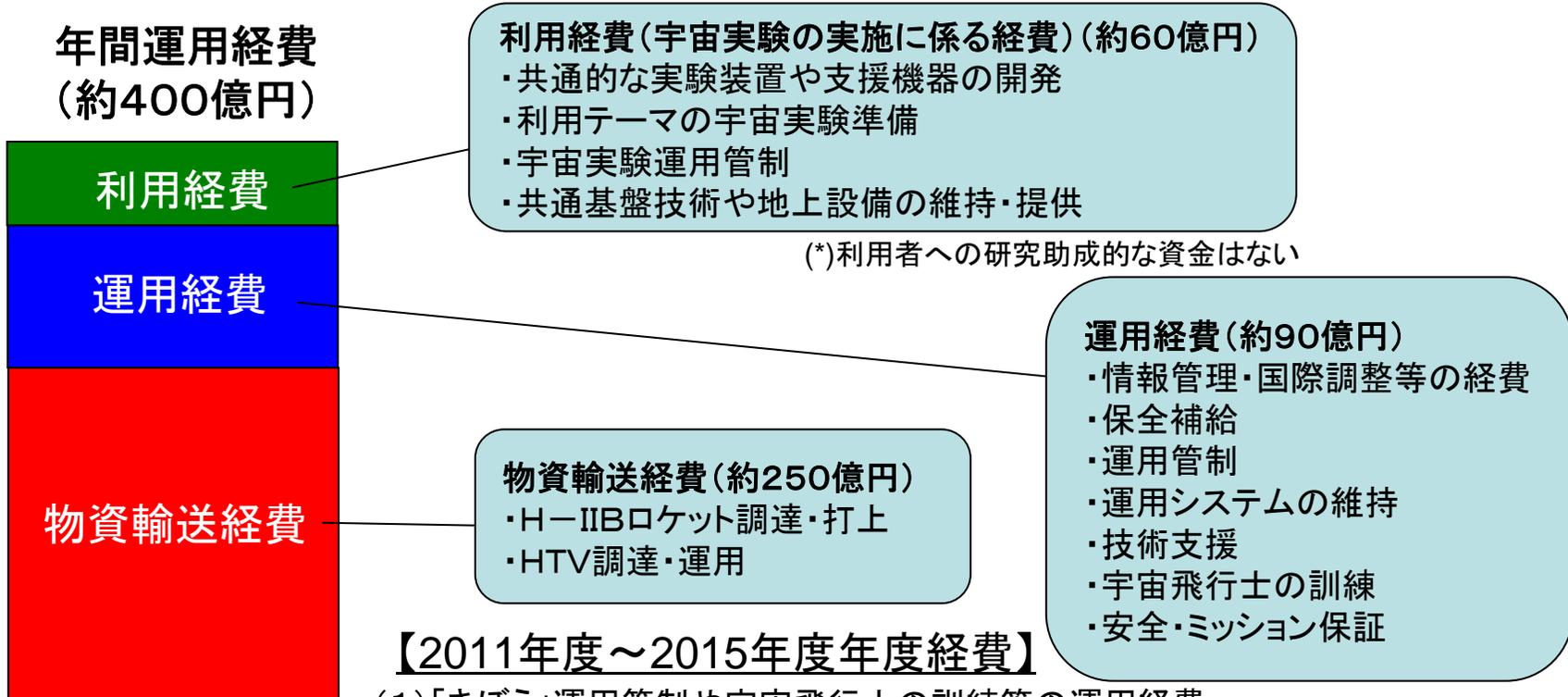
#### ISSパートナーとしての責務

- (1) 宇宙ステーション要素の提供【IGA付属書・第9条、MOU第3条・第8条】
  - 日本は、実験棟(「きぼう」)を提供
  - 「きぼう」の利用権の49%を米国・カナダに提供
- (2) 自らが提供する要素の機能・性能維持及び運用管制【IGA第10条、MOU第9条】
  - 日本は、「きぼう」の機能・性能維持、および地上からの運用管制を行う責務
- (3) 共通システム運用経費の分担義務【IGA第15条、MOU第9条】
  - 宇宙飛行士の輸送、飛行士用物資の補給、及び米露が行うシステム全体の運用に係る経費を、衡平に分担する責務
  - 日本は、「こうのとりのとり」による物資補給サービス提供により支払い。(米国に現金を支払う代わりに、国内宇宙産業に資金を投下)

#### ISSパートナーとしての権利

- (1) 自国の宇宙飛行士を宇宙ステーションに搭乗させる権利【IGA第11条、MOU第11条】
- (2) 自国の実験など利用を行うためのリソース(搭乗員作業時間、電力)を得る権利【IGA第9条、MOU第8条】

### 3. 日本の役割(その2)



#### 【2011年度～2015年度年度経費】

##### (1)「きぼう」運用管制や宇宙飛行士の訓練等の運用経費

平成23年度は、前年度との比較で約2億円の年間運用経費削減。引き続き検討。また、国内及び国際共同検討チーム(Tiger Team)において、運用業務の効率化の検討を各極と継続。

##### (2)HTV及びH-IIBロケットの調達・運用経費

まとめ買い等によるコスト削減努力を実施。HTVの調達において、部品まとめ買い(6機分)と習熟効果により、合計155億円を削減し、機体価格に反映済み。

##### (3)「きぼう」での実験等に係る利用経費

利用成果の拡大を目指し、中核的研究機関が主体的に参加・利用できる利用者主体の利用体制への移行を実施(例えば、理化学研究所)。

#### 他極との比較

	ISS予算 (FY2011)
NASA	4,903億円
ESA	493億円
日本	400億円

# 補足資料

# 補足1 これまでの日本の有人宇宙活動への取り組み

## — これまでの主な達成事項 —

### ①「きぼう」の完成・実験運用開始

- 2008年3月から2009年7月まで3回に分けて打上げた要素を軌道上で組立て、日本初の恒久的有人宇宙施設を完成。宇宙機の宇宙空間での組立は日本初。
- 組立中及び組立後の不具合の少なさで、各極から高い評価。



「きぼう」船内実験室と船外実験プラットフォームとの結合

### ②HTV技術実証機(HTV1)／2号機(HTV2)の成功

- HTV1及びHTV2は、それぞれ2009年9月及び2011年1月にH-IIBロケットにより打ち上げられ、物資補給ミッションを完遂。2機連続で成功。
- HTV独自の技術により、ISS近傍で安全に相対静止し、ロボットアームで把持する新しい「ランデブ・結合」方式を実証。
- HTVは、シャトル引退以降、唯一の大型貨物輸送手段。



HTVのISS接近、結合

### ③日本人宇宙飛行士の長期滞在

- 若田宇宙飛行士及び野口宇宙飛行士が、それぞれ2009年3月からの約4.5ヵ月間及び2009年12月からの約5.5ヶ月間、長期宇宙滞在を達成。
- これまでの訓練及び飛行の実績が評価され、若田宇宙飛行士が第39次ISS長期滞在搭乗員(2014年春季)の指揮を執るコマンダー(船長)に選定。



日本人宇宙飛行士の活動の様子

### ④利用の成果【参考5~10】

- 細胞培養装置・流体物理実験装置などの船内実験装置、及び全天X線監視装置などの船外実験装置を「きぼう」に設置して利用を開始。これらの実験装置は、ISSパートナーの中でも最も高い信頼性を発揮し、初期の42課題(シリーズ実験などにより、100以上の実験数)の実験を完了。
- 植物の重力影響や、細胞の放射線影響の実験などで世界をリードする成果を創出。
- 生命科学などの科学利用、創薬に関わる実験などの産業への応用、有償利用の実施(日本の他にはロシアのみが実施)、ISS非参加のアジア諸国への利用拡大、文化・芸術の観点で他国に無いユニークな利用の展開など、米露欧に比べ多様な利用を展開。



細胞培養装置と植物の重力応答メカニズム実験

# 補足2 ISS計画を通じた我が国の活動方向性

## — ISS利用の方針 —

### (1) ISS・「きぼう」の特徴を活かした利用

地球上では実現が困難な環境を長期間に亘り提供できる世界で唯一の有人宇宙実験施設

#### 実験施設としてのISS・「きぼう」の特徴

##### [宇宙飛行士による支援]

- 微細な実験調整が可能
- 実験機器の修理が可能
- 最新機器への入れ替えが可能

##### [微小重力環境]

- 新しい宇宙空間利用  
(例えば、微小重力環境を利用した新しい科学)

##### [唯一の恒常的な宇宙実験施設]

- 長期継続する実験、繰り返し実験が可能  
(10年以上の長期実験が可能)
- 実験を支援するバス機器は軌道の上に整備済み  
(電力(～3.2kW)、通信(～150Mbps)、排熱など)
- 大型の実験装置が搭載可能(船内、船外)
- 安定かつ頻繁な打上げ機会  
(HTV、ATV、プロトン/ソユーズ、スペースシャトル(※1)、CRS(※2))
- 実験試料の回収が可能

### (2) 持続的かつ主体的に有効利用し、成果を広く社会に還元

### (3) 産業界などの多様なニーズに迅速かつ柔軟に対応するために、小型高機能な民生実験装置の搭載を推進。また、利用者自身が開発した実験装置を搭載。

### (4) 軌道上で実施する宇宙実験の成果を最大化するために、利用者が、利用テーマの実現性検討の段階から十分な地上研究を行える体制構築

- 科学研究費補助金など宇宙に限定されない一般施策の活用により、実験に必要な資金等を獲得できるようなテーマ募集の工夫など

※1 2011年7月退役予定

※2 Commercial Resupply Services :  
2011年度末の運用開始を目標に開発中  
の米国民間輸送サービスの総称

fy20 (2008)	fy21 (2009)	fy22 (2010)	fy23 (2011)	fy24 (2012)	fy25 (2013)	fy26 (2014)	fy27 (2015)	fy28 (2016)	fy29 (2017)	fy30 (2018)	fy31 (2019)	fy32 (2020)
第1期		第2期				第3期			第4期以降			
宇宙環境利用の世界を切り開く 様々なテーマを実施		社会的ニーズや国民の期待に応える利用に重点 世界をリードする科学研究成果の創出						国民生活の質の更なる向上 世界をリードする科学・技術力の展開				
<ul style="list-style-type: none"> <li>産業等への応用を目指した研究</li> <li>X線観測、地球観測、環境計測</li> <li>生命・物質科学</li> <li>宇宙医学・有人技術</li> <li>教育・文化利用</li> <li>有償利用</li> </ul>		<b>国民生活の向上や社会課題解決に向けた利用</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 高齢化社会問題・安全安心医療への貢献                             <ul style="list-style-type: none"> <li>骨粗しょう症や筋萎縮メカニズム解明</li> <li>組織の立体形成と重力影響(立体培養)解明</li> </ul> </li> <li>■ 産業界との連携によるイノベーション創出                             <ul style="list-style-type: none"> <li>無容器処理による新しい機能を持つ材料の研究開発</li> <li>膜タンパク結晶化技術、重油改質触媒などの研究開発</li> </ul> </li> <li>■ 環境・エネルギー・食料問題への貢献                             <ul style="list-style-type: none"> <li>植物の重力への応答のメカニズム解明研究</li> <li>燃焼現象のモデル化研究</li> </ul> </li> <li>骨粗しょう症や筋萎縮等の効果的な対策を実証</li> <li>臓器培養応用に向けた技術の実証</li> <li>作物増収、効率的なバイオ燃焼作物などへの改良実証</li> <li>内燃機関や焼却炉応用に向けたモデル実証</li> <li>これまでにない優れた性質(高屈折率等)を持つ高機能性材料の研究開発</li> </ul>										
		<b>科学的知見の創造、科学技術基盤の構築</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>生命科学(水棲生物実験装置によるISS初の継代飼育、生き物が獲得する環境適応過程の把握)</li> <li>物質科学(静電浮遊技術を用いた地上で得ることのできない材料物性データの取得、高付加価値材料生産への反映)</li> <li>高エネルギー宇宙線観測(CALET)</li> <li>宇宙観測など</li> </ul>										
		<b>将来の有人宇宙活動に必要なコア技術の習得に繋がる活動</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>地球観測</li> <li>環境変動を監視する新しいセンサの実証的観測に活用</li> <li>宇宙医学</li> <li>有人技術実証(ロボット技術、大型構造物技術、エネルギー伝送技術他)</li> <li>有人技術の発展</li> </ul>										
		<b>有償利用、将来を担う人材育成(教育等)、アジア諸国とのISS利用協力 等</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>副作用の少ない医薬品(タンパク結晶実験)、ナノ材料の研究開発の民間利用への発展</li> <li>教育、アジア協力</li> </ul>										
		<b>有償利用、将来を担う人材育成(教育等)、アジア諸国とのISS利用協力 等</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>副作用の少ない医薬品(タンパク結晶実験)、ナノ材料の研究開発の民間利用への発展</li> <li>教育、アジア協力</li> </ul>										

# 補足4 ISS計画を通じた我が国の活動方向性

## — 宇宙環境利用の展開(1/2) —



### (1) 国民生活の向上や社会課題解決に向けた利用(健康・医療問題やエネルギー問題などへ貢献)

#### ① 高品質タンパク質結晶生成技術を用いた創薬等への貢献

- ・ これまで治療法のなかった筋ジストロフィー治療薬、型によらないインフルエンザ治療薬、高価な癌の抗体医薬品を代替する安価な経口抗癌剤などの新薬の開発や、食糧を使わないバイオエネルギー生産に有効な酵素など工業的価値の高い触媒開発など、今後も大学などの研究機関や製薬企業等と連携、継続的なニーズに対応

#### ② 少子高齢化、安心・安全社会に資する宇宙医学研究の推進

- ・ 骨や筋肉低下対策、リハビリ技術など宇宙飛行士の健康維持、予防のための医学等を地上の社会生活に還元
- ・ 宇宙分野のみならず、医学関連の幅広い学会等からの研究ニーズに対応

#### ③ 環境保全やエネルギー問題に取り組む革新的ナノ材料の開発の推進

- ・ 微小重力環境を利用した材料・エネルギーに関する研究成果を地上の開発に還元
- ・ 環境浄化のための光触媒、有機太陽電池など、化学・エネルギー関連企業などからの多様な市場ニーズに対応

#### ④ 地球環境問題や防災等、地球規模の問題への対応に資する地球圏の観測の推進

- ・ 多くの地球観測衛星が投入されている極軌道に比べ、人の多く住む中緯度地域を高頻度(日本近辺は1日2回程度)に観測可能なISSの約51度の軌道傾斜角と、宇宙飛行士が「観る」という運用の柔軟性も活かして地球圏を観測し、地球規模で起きている様々な問題の迅速な把握と情報発信を行う
- ・ 国際災害チャータのプロトコルに、「ISSからの即時災害監視・情報発信」を国際協力ミッションとして定義(現在NASAと調整中)し、同チャータの活動にISSプログラムとして貢献

#### ⑤ 地上生活へのスピノフ

- ・ 宇宙用として研究を進めている水浄化装置、空気浄化装置等の技術を、地上用途に活用(水浄化装置の研究成果は、緊急災害用飲料水生成装置に活用可能)
- ・ 次世代宇宙服用として研究している冷却下着の技術を、地上の高温環境下での作業用として活用

### (2) 科学的知見の創造、科学技術基盤の構築

世界トップレベルの科学的知見の創出や我が国の国際競争力の源となる科学技術基盤の構築に繋がる成果を目指して重点化を図りながら実施。(宇宙環境利用科学は多岐にわたる科学領域に広い裾野を持ち、得られた知見や成果は科学技術の基盤として広く波及)

#### ①生命科学

- ・ 骨量減少、筋萎縮、形態形成や植物の成長等への重力の影響の解明研究
- ・ 放射線環境を活用したがん抑制遺伝子の働きの解明研究
- ・ 遺伝子損傷、突然変異、生殖などへの放射線影響の解明研究 など

#### ②物質材料科学

- ・ 半導体や光デバイス材料の高品質化等の基礎を成す流体现象に関する研究
- ・ 太陽電池パネル用材料等の生産効率向上等に資する結晶成長に関する研究
- ・ 産業的価値の高い国際競争力のある材料の創製等に繋がる高融点材料の熱物性値測定研究(静電浮遊炉) など

#### ③宇宙科学、地球科学

- ・ 宇宙からしか観測できない高エネルギー宇宙線観測による未解明な宇宙現象の解明(CALET)
- ・ 地球超高層大気の観測による、プラズマやエネルギー輸送過程の解明(IMAP)
- ・ 雷放電とスプライト(落雷による上空での発光現象)観測によるスプライト発生メカニズムの解明(GLIMS)

# 補足6 ISS計画を通じた我が国の活動方向性

## — 宇宙技術の発展(1/2) —

### [ 将来の有人宇宙活動に必要なコア技術の習得に繋がる活動 ]

#### JEM(きぼう)利用による有人技術実証

- ①未修得の有人滞在技術
- 宇宙服等船外活動技術
  - 生命維持技術、居住技術



(宇宙服)



(生命維持技術)

- ②民生部品、先端機器等の宇宙実証



(民生部品、先端機器等の宇宙実証)

- ③宇宙ロボット技術
- 検査、組立、修理
  - 燃料補給



(宇宙ロボット技術)

- ④大容量・超高速データ中継(通信)技術

- ⑤大型構造物組立技術

- 宇宙望遠鏡技術
- 太陽発電衛星技術



(大型構造物組立)

#### HTVの発展可能な分野

- ①HTVへの機能付加
- ISSからの物資回収
  - 生物試料の補給・回収



(HTVによる回収)

- ②宇宙活動の発展
- フリーフライヤへの応用



(フリーフライヤ)



(軌道間輸送機)

- ③宇宙輸送技術の発展
- 軌道間輸送機への応用

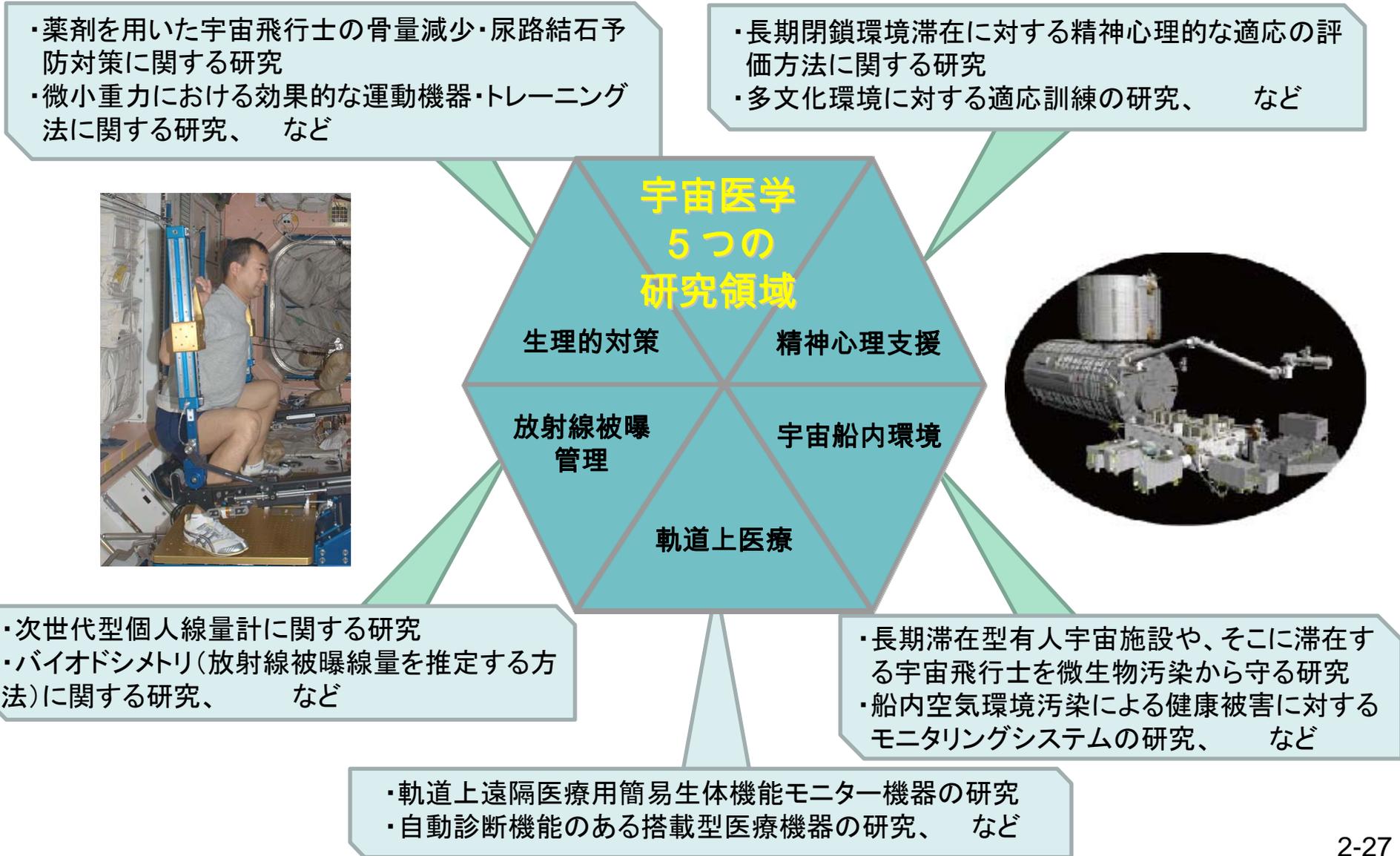


(宇宙ロボットと軌道間輸送機技術による軌道上組立)

# 補足7 ISS計画を通じた我が国の活動方向性

## — 宇宙技術の発展(2/2) —

### 宇宙医学(人の長期宇宙滞在に係る医学データの蓄積および対応技術の習得)



### (1) 「きぼう」での宇宙実験を実施中。

- ① マレーシア:タンパク質結晶生成実験に参加中。(2012年まで)
- ② アジア諸国の植物種子の打上／回収ミッション(インドネシア、マレーシア、タイ、ベトナム)
  - APRSAFのWG活動から企画提案されたもの。HTV2で打上げ、6月に帰還。
  - 回収された種子は各国の宇宙機関に引き渡され、各国での教育プログラムや研究活動に利用される予定。

### (2) 「きぼう」利用テーマ提案に向けたフィジビリティ検討が進行中(二極間での対応)

- ① 韓国(KARI)
  - 2009年:韓国国内で、利用テーマ募集を実施。16テーマの応募があった。
  - 2010年:JAXAとKARI間で技術検討を進め、KARIは4テーマに絞り込み。
  - 2011年:JAXAとKARIで共同で最終候補テーマを設定予定。
- ② インドネシア(LAPAN)
  - ライフサイエンス系の実験計画の立案に向けたフィジビリティスタディを実施中。

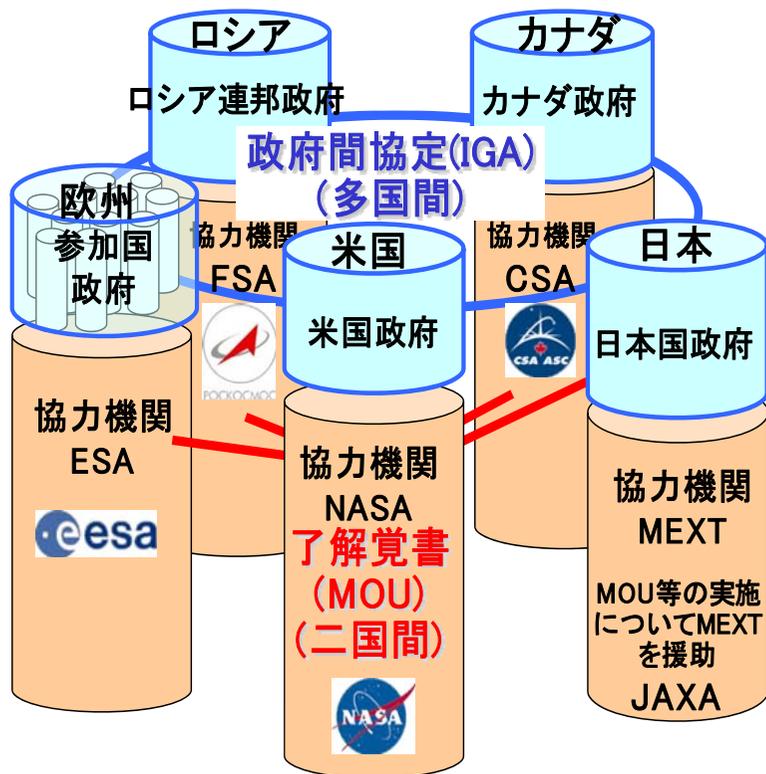
### (3) 人材育成やきぼう利用に向けた経験の蓄積として、2005年から学生航空機実験を実施。(これまでの参加は、タイ、マレーシア)

※総合科学技術会議「我が国における宇宙開発利用の基本戦略」(平成16年9月9日)、「宇宙基本計画」(平成21年6月2日)および「宇宙分野における重点施策」(平成22年5月25日宇宙戦略本部決定)において、我が国はアジアにおける唯一のISS参加国として「きぼう」の利用機会をアジア諸国に提供するなどのアジア協力推進をする方針が示されている。

# 参考資料

# 参考1 これまでの日本の有人宇宙活動への取り組み

## — ISS計画の枠組み(IGA/MOU) —



### 参加15カ国

- NASA: 米国航空宇宙局
- FSA: ロシア連邦宇宙局
- ESA: 欧州宇宙機関
- CSA: カナダ宇宙庁
- MEXT: 文部科学省
- JAXA: 宇宙航空研究開発機構

#### 欧州参加国(11カ国):

ベルギー、デンマーク、スペイン、フランス、ドイツ、イタリア、オランダ、ノルウェー、スウェーデン、スイス、イギリス



**IGA(Intergovernmental Agreement):**「民生用国際宇宙基地のための協力に関するカナダ政府、欧州宇宙機関の加盟国政府、日本国政府、ロシア連邦政府及びアメリカ合衆国政府の間の協定」(1998年)

- ①国際宇宙基地の詳細設計、開発、運用及び利用を行うことに関する参加主体(各国政府)間の長期的な国際協力の枠組み(権利及び義務を含む)及び民生用国際宇宙基地の計画について定める政府レベルの多数者間協定。
- ②日本は、日本国政府(外務省)が署名し、国会の承認を得て批准している。

**MOU(Memorandum of Understanding):**「民生用国際宇宙基地のための協力に関する日本国政府とアメリカ合衆国航空宇宙局との間の了解覚書」(1998年)

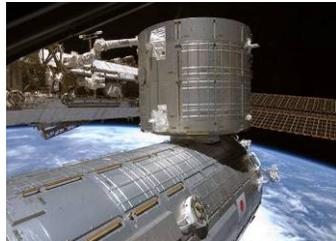
- ①IGAを実施するために、米国の協力機関(実施責任機関)であるNASAと二者間で締結した合意文書。
- ②日本は、日本国政府(外務省)が署名し、本文書において協力機関として科学技術庁(当時)を指定。科学技術庁を援助する機関としてNASDA(当時)を指定。



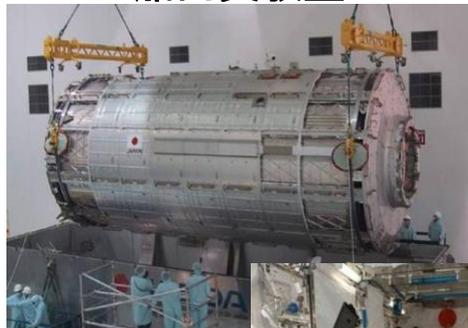
【「きぼう」の概要】

- 我が国初の有人宇宙施設
- ISSで最大容積かつ高機能な実験施設

船内保管室



船内実験室



(船内)



「きぼう」は、船内と船外で本格的な宇宙実験が可能な日本独自の施設

日本独自の宇宙ロボットアーム

船外実験プラットフォームの実験装置を交換する



船外パレット（船外実験装置等の輸送に使用）



船外実験プラットフォーム



地球・天体観測および宇宙環境を利用した実験を実施

エアロック



船内－船外間の実験装置等の出し入れを行う

国内宇宙企業の総力をあげた国産開発：三菱重工、川崎重工、IHI、三菱電機、IHIエアロスペース、NTSpace(旧NEC、旧東芝)、日立、NTTデータなど

国内約650社が参画

## 【「このとり」の概要】

- ① 国際宇宙ステーションへ無人で安全に物資を輸送する我が国初の補給船
- ② 国際宇宙ステーション運用や「きぼう」の運用・利用に必要な補給品(食料や水、大型実験装置など)の輸送サービスを提供
- ③ 2009年～2015年に年1機(計7機)を打上げ
- ④ 2011年のスペースシャトル退役後は、船外大型機器、船内実験ラックを輸送できる唯一の手段であり、国際宇宙ステーション全体の運用を支える重要な役割を担う

(船外貨物の例)



### 各構成要素の概観

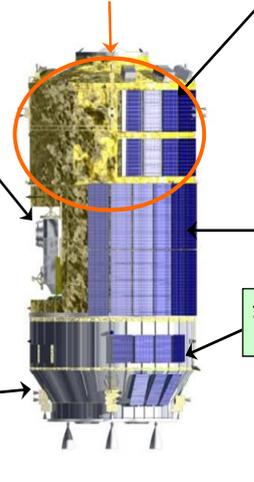
船外機器の輸送用パレット (IHIエアロスペース)



エンジン等の部分 (三菱重工, IHIエアロスペース)



ISS結合後、飛行士が乗り込む部分



船内物資の輸送部 (三菱重工)



船外機器の輸送部 (三菱重工)



航行・制御機能の部分 (三菱電機)



(船内貨物の例)

実験ラック



搭乗員用食料、衣服、飲料水



H-IIIBロケットにより打上げ



国際宇宙ステーションに接近



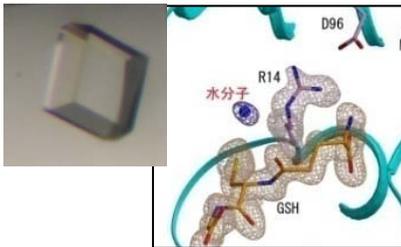
ロボットアームで把持



ISSと結合成功

## 【高品質タンパク質結晶生成技術を用いた創薬産業等への貢献】

- 「きぼう」で継続的に実施中。(ロシア、マレーシアによる利用を含め、これまで150程度のサンプルで実験)
- 大学などの研究機関と企業(製薬企業、食品・化学関連企業など)が連携して製品化を目指している。  
 ✓ 現状では治療法のない難病デュシェンヌ型筋ジストロフィーに有効な医薬品を開発中(例示)  
 (現在、医薬品候補について動物実験のフェーズまで開発進行中)
- ロシア等との間で本実験に係る相互協力を実施  
 (日本:「きぼう」での実験機会の提供。 ロシア:日本分も含めた実験試料の打上/回収の提供)



**筋ジストロフィー治療薬開発**  
 【動物実験による有効性と安全性の検証実験実施中】

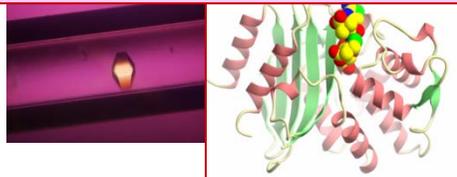
### 微小重力環境の有効性

- 対流や擾乱の少ない宇宙環境で生成した高品質なタンパク質結晶を地上で分析。
- 「きぼう」のタンパク質結晶生成技術では、タンパク質の活性部位と化合物の結合状態が判別可能な1 Å以下の分解能を実現。
- きぼうを使って立体構造情報に基づく効率的な薬剤設計(製薬企業等による利用)、工業的価値の高い触媒開発(化学企業等による利用)に取組中。



**どんな型のインフルエンザウイルスでも増殖を抑える治療薬開発**  
 【きぼう実験中、製薬企業との連携を進めている】

構造データの分解能: 0.84 Å



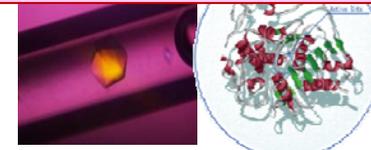
**抗生物質を分解する酵素に対抗する新薬開発**

構造データ分解能: 0.96 Å



**非食糧系由来バイオエネルギー生産(高活性な分解酵素の開発)**

構造データの分解能: 1.15 Å



**ナイロン副産物(廃棄物)の再生利用(環境負荷の少ない分解酵素の開発)**  
 【産業化に向けて検討中】

# 参考6 これまでの日本の有人宇宙活動への取り組み

## — これまでのISS利用成果の例(2/5) —

### 【環境・エネルギー問題に資する革新的ナノ材料の開発】

- ナノスケルトン(環境保全や光エネルギー開発に向けた革新的ナノ材料)の生成条件など取得。現在実験継続中。大学や化学関連企業等と連携、高効率な色素増感太陽電池やガソリン生産用触媒などの新素材の開発を目指す
- ナノテンプレート(高効率・低コストな半導体素材の製造用基板)の作製実験を継続中。大学や半導体関連素材メーカー等と連携、高効率半導体開発による電子材料の大幅な省エネ化、高速化を目指す

#### 多孔質材料の性能を向上新しい材料“ナノスケルトン”作製実験

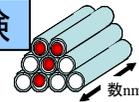
ナノスケルトン(表面積の大きい骨格構造)

- ①ナノレベルの多孔質
- ②骨格(孔壁)が高い機能性を有する素材

- **環境**: 水浄化装置、空気中の有害物質除去装置
- **エネルギー**: 高機能色素増感太陽電池、機能性触媒
- **医療**: 細孔を利用したドラッグデリバリーでの活用可能性
- **宇宙開発**: 宇宙船内空気からの有害物質除去



従来は孔径 3~4nm ⇒ 細孔: 7~15nm が目標



孔に機能性物質が入る。孔のサイズを拡げれば、より大きな機能性物質を取込み可能

- ・色素の取込み:
  - 色素太陽電池の電極
- ・触媒の取込み:
  - 様々な有害物質を取込んで分解

#### 微小重力環境の有効性

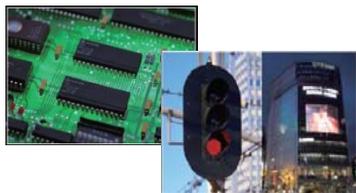
対流のない宇宙で、ナノスケルトンを作成。対流や浮上などの影響を排除した単純なモデルを、地上の計算シミュレーションに取りこみ、**最適な合成条件(組成、温度、時間)を取得**

宇宙実験で得られたデータを基に、**地上でナノ構造材料を生成**

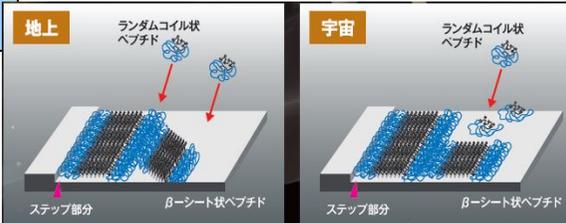
高効率な色素増感太陽電池や、ガソリン生産用触媒等**環境・エネルギー問題の解決に貢献**

#### 高品位の半導体素材を目指す2次元ナノテンプレート作製実験

- ①ナノレベルの物質が規則的に配列したパターン(ナノテンプレート)を宇宙で形成
- ②それを地上で製造用基板に転写して製品化



- 現在の水準で作られる半導体素子よりも**高品質の半導体を低コストに製造**
- 日本がトップシェアを誇る**青色発光ダイオード**や、**大容量通信に使われる増幅素子**の高効率化により、電子材料の省エネルギー化、高速化が可能



#### 微小重力環境の有効性

微小重力のもとでは、対流が生じないため、拡散によってゆっくりと自己組織化が進み、**高品質なパターンが形成**

#### 新素材の創成から産業化へのプロセス

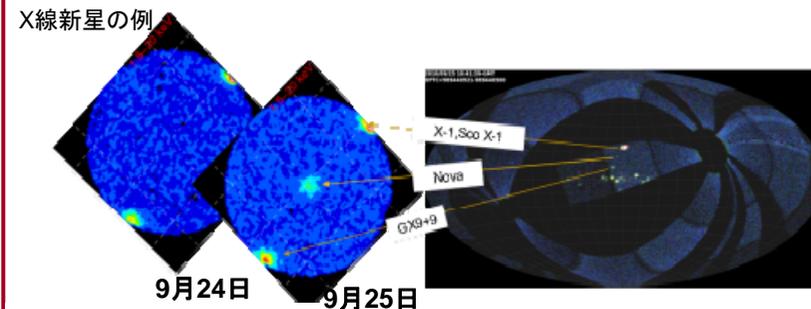


## 【全天X線監視装置(MAXI)による最新X線天文学への貢献】

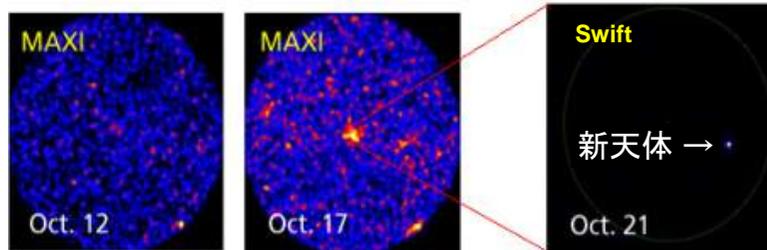
世界最高感度で全天のX線天体を常時モニタ



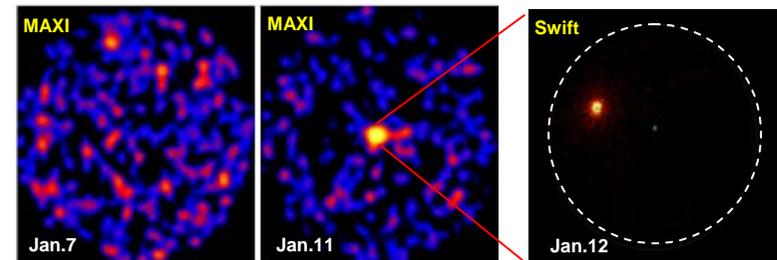
これまでに、4つのX線新星の発見を含む、  
多くの天体増光を発見し速報(世界最短)



「へびつかい座」のX線新星(MAXI J1659-152) 2010年9月25日



「ケンタウルス座」のX線新星(MAXI J1409-619) 2010年10月17日

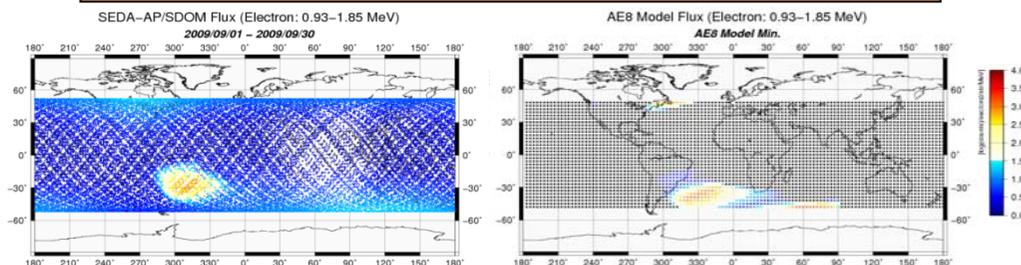


「はと座」のX線新星(MAXI J0556-332) 2011年1月11日

- 米国HEAO衛星以来、約30年ぶりに全天画像を取得。全天画像の世界最短の期間(約2年間⇒約3か月)での取得に成功。
- 90分に1回、活動天体を高感度で系統的に全天モニタする世界初の試みにより、X線新星や $\gamma$ 線バーストなどの突発的な天体発見に即応。発見と同時にインターネットを通じて世界の望遠鏡に速報、追観測を実現。
- 2009年12月以降、70以上の速報を提供しており、これまでは観測が難しかった現象発生 of 早い段階から、速報を受け取った世界中の天文学者による詳細な観測が行われている。
- 1年半の観測で4件のX線新星を発見(MAXI以前は、1年に1件程度)

## 【宇宙環境計測ミッション装置(SEDA-AP)によるISS周回軌道における宇宙環境の測定と宇宙機器開発への貢献】

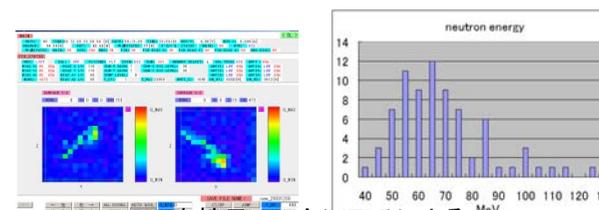
これまで観測データが少なかったISS周回軌道上  
 (高度400km)での宇宙放射線の定量測定



SEDA-APの観測結果(電子)  
 高エネルギー軽粒子モニタ(SDOM)による。

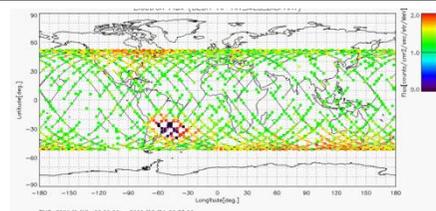
従来のモデル(計算値)  
 (黒い部分のデータが無かった。)

ISS船外で唯一の中性子モニタ



ファイバー方式による中性子の飛来方向およびエネルギーが判別可能な計測は世界初かつ日本独自の技術。

異常放射線帯のモニタ



重イオン観測装置(HIT)による。

材料曝露サンプルの回収による宇宙用材料への影響評価



8.5ヶ月の曝露実験後、回収された微小粒子捕獲・材料曝露装置(JEM/MPAC&SEED)



スペースデブリ、マイクロメテオロイドの評価



紫外線や原子状酸素等による宇宙用材料の劣化評価

将来の人工衛星や宇宙機の開発、宇宙飛行士の安全に役立つ基盤データの蓄積を継続中

- 宇宙放射線データに関し、従来の衛星では得られなかった低高度(約400km)の貴重なデータを蓄積しており、国際標準(ISO)での放射線帯モデルの更新に貢献している。
- 太陽フレア時の計測データ解析により、フレア時に発生した荷電粒子がどの程度ISS軌道まで飛来するかを明らかにし、宇宙飛行士の有人被爆管理支援や宇宙機器故障時のシングルイベント調査を実施。
- 放射線等の宇宙環境による部品・材料の劣化・誤動作等の調査
- 太陽活動極小期の観測により、銀河宇宙線について科学的にも貴重なデータが得られた。

## 【地球環境問題・防災等への貢献(ISSは宇宙の火の見櫓)】

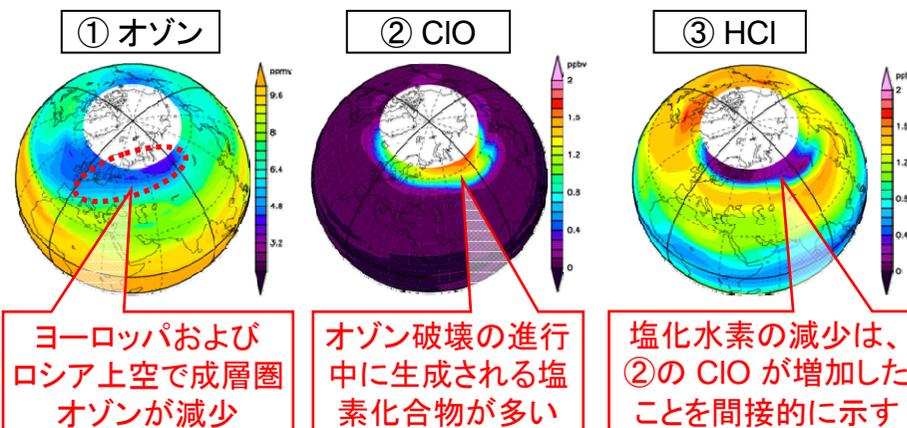
### JEM/SMILES(超伝導サブミリ波リム放射サウンダ)による成果(例)

#### オゾン等の全球分布・日変化の把握を行い、地球環境問題に資する大気科学の発展に貢献

減少が止まったと見られる成層圏のオゾン量が、今後年ごとにどう増減するか、詳細が未解明。

高精度観測データにより衛星長期観測の誤差を補正  
 塩素化合物の化学反応によるオゾン破壊 (2010/01/23:高度 22km)

- 成層圏オゾン化学に関連する大気微量分子の同時観測かつ精密な観測は、オゾン層回復の将来予測の精度向上に寄与。
- また、成層圏オゾン化学が対流圏の気候に及ぼす影響の解明にも役立つことから、地球温暖化問題にも寄与する可能性。



SMILES は、近年運用した大気観測センサでは、成層圏オゾンの化学過程に焦点をあてた唯一のセンサ

従来の地球観測衛星では、各種塩素化合物の観測精度に限界があり、1日単位での分布の変化を検出することが困難

SMILES は、世界初の高感度をいかし、オゾンそのものの減少(①)だけでなく、塩素化合物が変化している状況(②の増加、③の減少)も1日単位で捉え、オゾン破壊現象を多面的に観測

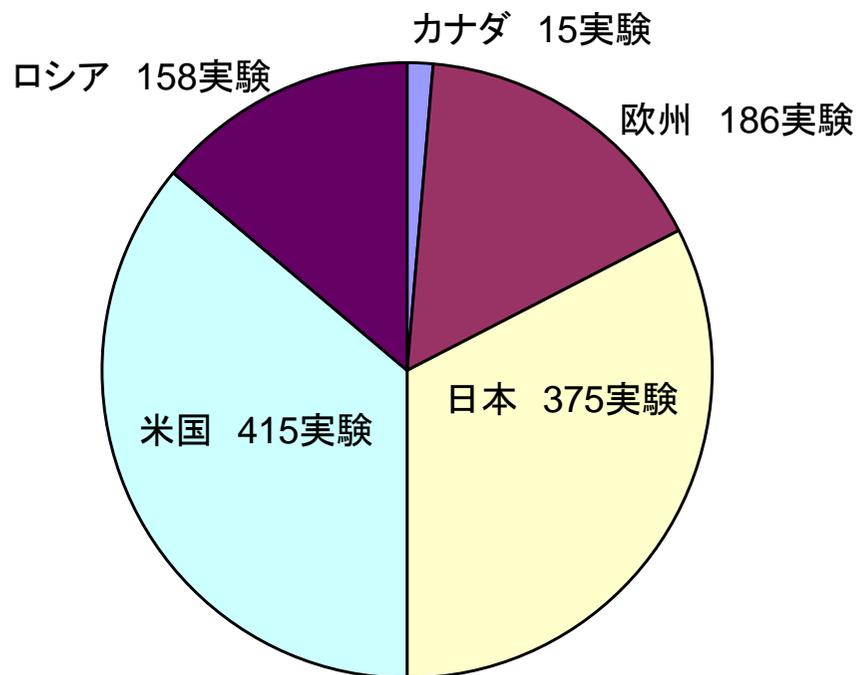
### 宇宙飛行士による国際宇宙ステーションからの災害状況等の観測(例)

- 約51度の軌道傾斜角を利用し、極軌道衛星に比べ、人の多く住む中緯度地域を高頻度に観測(日本近辺は1日2回程度)。
- 宇宙飛行士が「観る」という運用の柔軟性も活かし、地震や火山などの災害発生時の規模の把握、情報の提供

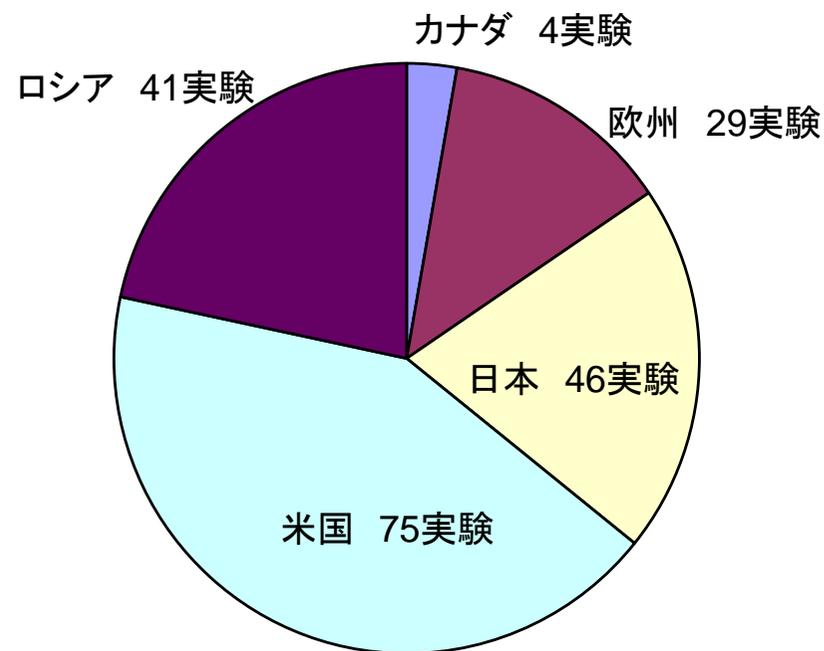


# ISS参加機関の利用状況

## 各国の実験実施数 (NASAによる集計)



全実験数 (1998年12月から2010年9月)  
(ISS Expeditions 0~24)



最近の利用状況 (2010年3月~9月)  
(ISS Expeditions 23/24)

- 欧州は、米国・ロシアとの協力により、欧州実験棟完成前からISSを利用
  - ・米国実験ラックをESAが開発
  - ・ソユーズタクシーフライトを利用した早期実験

- 日本は、蛋白質結晶で「きぼう」完成前からISS (ロシアモジュール) を早期利用 (左図375実験のうち239実験)

## (1)ISS計画

- 米国、ロシア、欧州は、少なくとも2020年まで運用継続することを決定。日本は、2016年以降もISS計画に参加していくことを基本とし、今後、我が国の産業の振興なども考慮しつつ、各国との調整など必要な取組を推進する(平成22年8月27日:宇宙開発戦略本部決定)。
- ISS計画全体として、地球的・人類的課題(地球環境変動など)の解決や、宇宙探査技術の開発のための利用を指向。

## (2)国際宇宙探査協働グループ(ISECG)

- 国際協働ベースの宇宙探査計画(特に有人探査)を技術的に検討・調整するために2007年に設立。参加機関はISS参加国を含む14機関。JAXAも主要メンバーとして参加。
- 昨年までに米国コンステレーション計画ベースの国際有人月探査計画1次案を合意。
- 現在は、最終的に有人火星探査を見据えつつ、フレキシブルな有人探査ミッションシナリオの再構築を進めている。(2011/6には3つの技術的なオプションシナリオを合意予定)
  - 2B: 低軌道→ラグランジェ(E-M L1)→小惑星→火星
  - 3A: 低軌道→月→小惑星→火星
  - 3B: 低軌道→ラグランジェ(E-M L1)→月→火星

### (3) 米国

- NASAは、ISS運用・利用を通じた「有人宇宙探査技術」の開発を指向。
  - 「探査」担当部局と「宇宙運用(ISS)」部局とを今春に統合。
- ISSを含む低軌道への輸送(有人及び貨物)は、民間企業に移行する方針。NASA経由で民間に開発資金を投入している(“COTS”、“CCDev”)。
  - 2012年以降のISSへのカーゴ輸送、及び2016年以降のISSへの搭乗員輸送は、こうして開発された民間輸送機を使用する想定。
- 民間では、サブオービタルの宇宙旅行サービスが実現しつつある。また、民間独自の宇宙ステーション・宇宙ホテルの建設構想も挙がっている。
- 2011年4月に、米国科学アカデミーからNASAに対し、有人探査に向けた技術開発に加えISSを利用した科学研究を推進するよう提言が出された。
- また、ISSを「National Lab」と位置づけ、米国実験室の半分をNASA以外の機関や民間に開放。国全体でISS利用の推進を図る体制が整いつつある。

### (4) ロシア

- ISS計画では、ソユーズ宇宙船への民間人搭乗や、商業宇宙利用機会の提供など、商業利用路線を進めている。2012年以降に新たな実験モジュール(MLM)の打上を計画。
- 極東アムール州にポストーチヌイ宇宙基地を建設中、宇宙ビジネス拡大に意欲的。
- また、MARS500(地上で火星探査ミッションを模擬する長期の閉鎖環境実験—現在実施中)など、有人探査計画にも前向き。

### (5) 欧州

- ISSを利用した有人探査技術(生命維持技術、食物生産技術など)の実証を検討中。
- 独自の低軌道有人輸送能力獲得を目指し、ISS用補給機であるATVの貨物回収機への改良と有人帰還技術の実証、アリアンロケットの有人化の検討を進めている。

### (6) 中国

- 2003年に神舟5号で有人宇宙飛行を実現。その後、神舟6号(2005年)、神舟7号(2008年)と連続で成功。また、神舟7号では船外活動を実施。
- 2009年5月に、中国科学院は、太陽系探査ロードマップを発表。
  - 2030年に有人月探査、2050年に有人火星探査実施の目標。
- 2011年後半には、神舟8号(無人)と天宮1号とのドッキング試験を実施予定。独自の宇宙ステーション建設に向けた技術開発を着実に進めている。

### (7) インド

- 2007年から有人宇宙飛行の予算が認められ、検討開始。2015～2016年ごろの有人宇宙飛行を目指している。
  - ロシアと共同でソユーズの改良型を開発、サティシュダワン宇宙センターに新射点を建設する予定。

1987年(昭和62年)7月 宇宙開発委員会 宇宙基地特別部会報告  
「宇宙ステーションの開発利用の本格化に向けて」より抜粋

### (1) 宇宙科学の発展及び地球観測の推進への寄与

- (a)軌道上の恒久的観測所として、地上では実現できない長期間の天体・宇宙観測を可能とする
- (b)大規模な科学探査を行うための前進基地の役割
- (c)地球及び周辺環境の長期的観測を通じて地球資源の有効利用、環境保全、防災等に資する
- (d)科学衛星、地球観測プラットフォームの大型化、長寿命化を可能とし、理工学実験、観測の効率化
- (e)新しい科学的知見の増加、新しい科学技術の誕生

### (2) 宇宙環境利用の実用化の促進

- (a)定常的有人宇宙活動により、大規模かつ継続的な材料創製や医薬品の製造・精製等の実験が実施でき、本格的な宇宙環境利用が可能
- (b)産業活動の宇宙への領域拡大の期待

### (3) 宇宙科学技術の高度化及びこれに伴う科学技術一般の振興

- (a)宇宙での大型構造物の建設・組立技術、宇宙空間での保守・修理技術、有人サポート技術等、高度な宇宙科学技術の開発
- (b)先端科学技術の諸分野の開発を進めることにより、科学技術一般の進展・高度化、更には将来の宇宙開発利用に極めて重要となる有人宇宙活動に関する技術基盤の確立に多大な貢献を期待

### (4) 国際社会への貢献

- (a)国際社会での我が国の役割に対する期待に応える
- (b)米欧諸国との友好関係を維持・促進のため重要

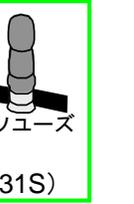
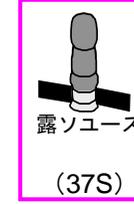
## 参画意義(1987年当初)に対する達成状況

宇宙ステーション計画への参画意義	現時点における達成状況
<p>①宇宙科学の発展及び地球観測の推進への寄与</p>	<p>(a)軌道上の恒久的観測所として、天体・宇宙観測を開始した。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・宇宙の進化の解明に寄与する、全天X線監視装置(MAXI)</li> <li>・衛星障害等の原因究明に寄与する、宇宙環境計測ミッション装置(SEDA)</li> </ul> <p>(b)「きぼう」船外実験プラットフォームに、地球観測センサを搭載し、環境保全、防災等に資する地球観測を開始した。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・超伝導サブミリ波リム放射サウンダ(SMILES)</li> </ul>
<p>②宇宙環境利用の実用化の促進</p>	<p>(a)「きぼう」の完成により、宇宙環境利用のための実験環境を整備した。</p> <p>(b)科学的知見の獲得(流体科学、材料科学、生命科学)</p> <p>(c)高品質タンパク質結晶生成実験の成果を活用し、地上での創薬等において成果が出始めているところ。</p>
<p>③宇宙科学技術の高度化及びこれに伴う科学技術一般の振興</p>	<p>(a)「きぼう」、「HTV」の開発を通じて、大型システム統合技術、安全評価管理技術、有人運用技術、搭乗員関連技術等の有人宇宙活動に関する基盤技術を獲得し、運用継続により更なる技術を獲得し、高度化を計画。</p>
<p>④国際社会への貢献</p>	<p>(a)「きぼう」の完成、HTVの成功などにより日本の技術力を実証し、国際的にその貢献を高く評価されている。なお、日本人宇宙飛行士の活躍も高く評価されている。</p> <p>(b)25年間にわたる国際的な技術調整及び交渉等の共同作業を通じて、国際社会における人脈と友好・信頼関係を構築。</p>

# 日本人宇宙飛行士の搭乗実績と今後の計画

(\*特に記載のないミッションの日付は日本時間)



1992年 (平成4年)	1994年 (平成6年)	1995年 (平成7年)	1997年 (平成9年)	1998年 (平成10年)	2000年 (平成12年)	2005年 (平成17年)		
 毛利宇宙飛行士 搭乗	 向井宇宙飛行士 搭乗	 若田宇宙飛行士 搭乗	 土井宇宙飛行士 搭乗	 向井宇宙飛行士 搭乗	 毛利宇宙飛行士 搭乗	 若田宇宙飛行士 搭乗	 野口宇宙飛行士 搭乗	
 エンデバー STS-47	 コロンビア STS-65	 エンデバー STS-72	 コロンビア STS-87	 ディスカバリー STS-95	 エンデバー STS-99	 ディスカバリー STS-92 (3A)	 ディスカバリー STS-114 (LF1)	
平成4年 9月12日 打上げ	平成6年 7月9日 打上げ	平成8年 1月11日 打上げ	平成9年 11月20日 打上げ	平成10年 10月30日 打上げ	平成12年 2月12日 打上げ	平成12年 10月12日 打上げ	平成17年 7月26日 打上げ	
2007年 (平成19年)	2008年 (平成20年)	2009年 (平成21年)	2010年 (平成22年)	2011年 (平成23年)	2012年 (平成24年)	2013年 (平成25年)		
 土井宇宙飛行士 搭乗	 星出宇宙飛行士 搭乗	 若田宇宙飛行士 長期滞在	 野口宇宙飛行士 長期滞在	 山崎宇宙飛行士 搭乗	 古川宇宙飛行士 長期滞在	 星出宇宙飛行士 長期滞在	 若田宇宙飛行士 長期滞在	
 エンデバー STS-123 (1J/A)	 ディスカバリー STS-124 (1J)	 ディスカバリー STS-119 (15A)	 エンデバー STS-127 (2J/A)	 露ソユーズ TMA-17 (21S)	 ディスカバリー STS-131 (19A)	 露ソユーズ TMA-02M (27S)	 露ソユーズ (31S)	 露ソユーズ (37S)
平成20年 3月11日 打上げ	平成20年 6月1日 打上げ	平成21年 3月16日 打上げ	平成21年 7月16日 打上げ	平成21年 12月21日 打上げ	平成22年 4月5日 打上げ	平成23年6月8日から 約5ヶ月半滞在予定	平成24年6月頃から 約6ヶ月間滞在予定	平成25年末(11~12月頃) から約6ヶ月間滞在予定
		(7月31日帰還)(6月2日帰還)						

# 回収機能付加型宇宙ステーション補給機の概要

## 施策の概要・目的

- 国際宇宙ステーションの物資補給・廃棄を行う宇宙ステーション補給機(HTV)に、ISSからの利用成果や軌道上機器の地上回収を可能とする回収機を搭載する。
- 将来の有人活動に必要な要素技術である回収技術を実証すると共に、ISSの運用利用計画における輸送サービスの更なる自在性を確保するため、宇宙ステーション回収機の開発を実施する。

## 得られる成果

- 我が国独自の有人宇宙活動に繋がる基盤技術の確立。
  - 大型の構造物の帰還を可能とする熱防護材製造技術
  - 低荷重でより正確な範囲への降着を可能とする揚力飛行制御技術、 など
- HTVによるISSへの物資輸送に加え、我が国が物資回収を担うことによる、ISSの万全の運用体制構築への貢献。

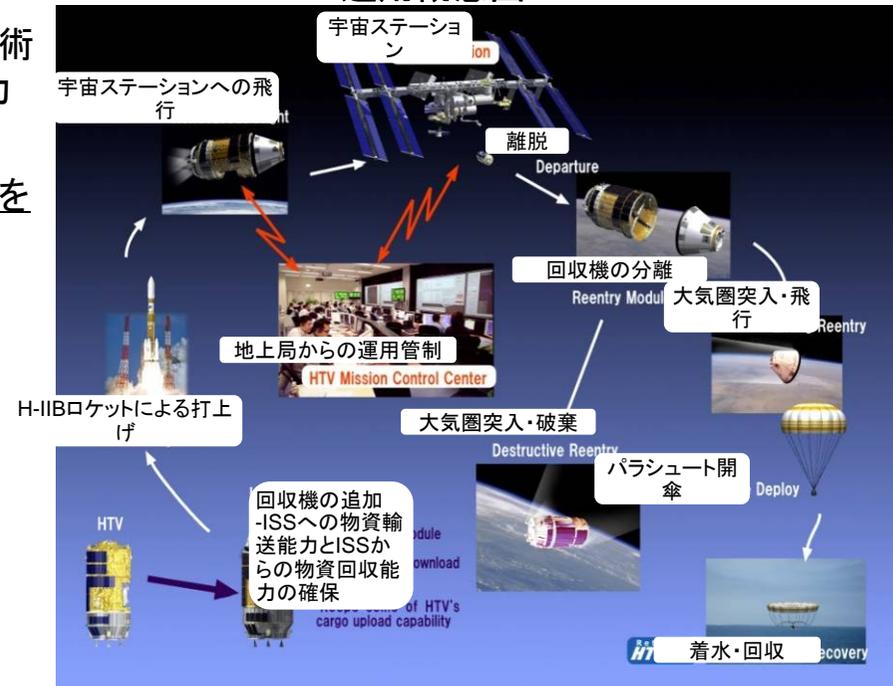
(参考) 宇宙分野における重点施策について(平成22年5月宇宙開発戦略本部決定)(抜粋)

また、将来の我が国独自の有人宇宙活動につながる技術基盤の構築を目指し、これまで我が国が確立していない宇宙からの帰還技術など、我が国としての自律性の確保・向上を図る上で不可欠な技術についての研究開発を戦略的に進めていくことが重要である。具体的には、現在、国際宇宙ステーションへの物資の輸送・補給を担っている宇宙ステーション補給機(HTV)を活用した再突入技術の実証などが挙げられる。

HTV-R外観図



運用概念図



# 3. 技術

# 1. 我が国の宇宙開発利用を支える技術への取組み

文部科学省／JAXAでは、宇宙基本計画を推進し、宇宙開発利用を支える技術の基盤を構築するため、

JAXAにおいては、

- 宇宙活動の新たな領域を開拓するイノベーション創出に向けて、創造的・挑戦的・革新的な技術や最先端技術の研究開発を行う。その成果を軌道上で具現化することにより、新規ミッション／ユーザを創出／獲得し、将来にわたる我が国の国際競争力の維持・向上を図る。
- 我が国の宇宙活動を構成するミッション／プログラムの確実な推進と新たな利用を創出するため、持続的な新規技術の研究開発を体系的・戦略的に行い、高度化するミッションに対応できる技術力を維持する。
- これらの技術の研究開発を階層的にとらえ、共通的な技術分野についてはJAXA機構内横通しで対応している。

また、大学等における超小型衛星の研究開発や宇宙技術の利用促進などを公募等により行っている。

## 2. 技術へのアプローチ(創造的・競争的)①

### 科学衛星技術の 発展の一例

将来の月探査ミッションの  
足がかりとなる、月周回軌道  
投入技術等の獲得

工学実験衛星  
「ひてん」「はごろも」  
(月周回軌道への投入)

超遠距離の惑星間航行技術や世界初の微  
小重力天体からのサンプルリターン技術の  
実証等で国際的プレゼンスを発揮

小惑星探査機「はやぶさ」  
(小惑星「イトカワ」のサンプルリターン)



(打上げ)

2007

(打上げ)

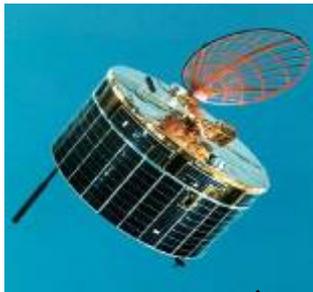


月周回衛星「かぐや」  
(月周回からの観測)

月周回軌道からの高精度観  
測技術や精密落下制御技術  
の実証でアポロ計画以来最  
大規模の月探査を実施

我が国として初となる惑星  
探査へ挑戦し、挑戦精密軌  
道制御技術等の確立

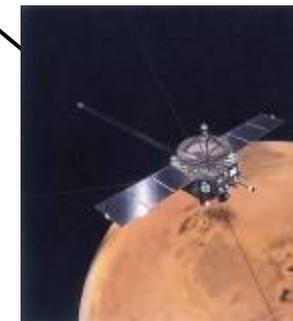
ハレー彗星探査試験機  
「さきがけ」(太陽風の観測)



1990

1998

2003



火星探査機「のぞみ」  
(火星周回からの観測)

惑星間航行技術の実証等  
で宇宙先進国のハレー艦  
隊に参画し、仲間入り

ハレー彗星探査機  
「すいせい」

日本初の人工衛星  
「おおすみ」



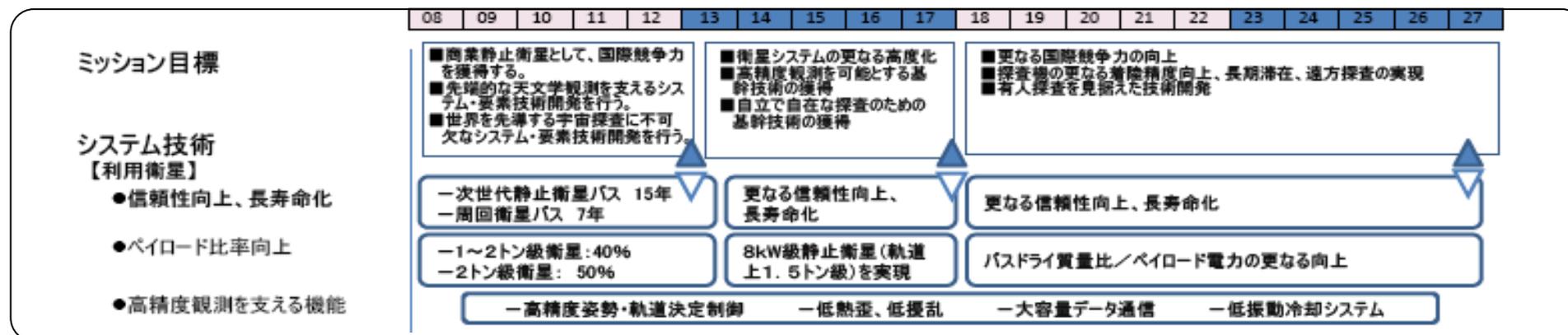
1970

日本を宇宙開発  
国家へ

## 2. 技術へのアプローチ(体系的・戦略的)②

- 20年先を見据え、10年程度以内に実用化すべき技術の方向性、考え方をロードマップにまとめ、各階層の研究を体系的にマネジメント。
- ロードマップは産業界等との認識共有のためのコミュニケーションツールとしても活用。

システム技術のロードマップの一例



- 今後は、宇宙基本計画にある「宇宙開発利用推進連絡会議」等と連携することにより、より利用ニーズに則した技術の抽出や研究開発に取り組む。

(参考) 宇宙分野における重点施策について(平成22年5月 宇宙開発戦略本部決定) <抜粋>

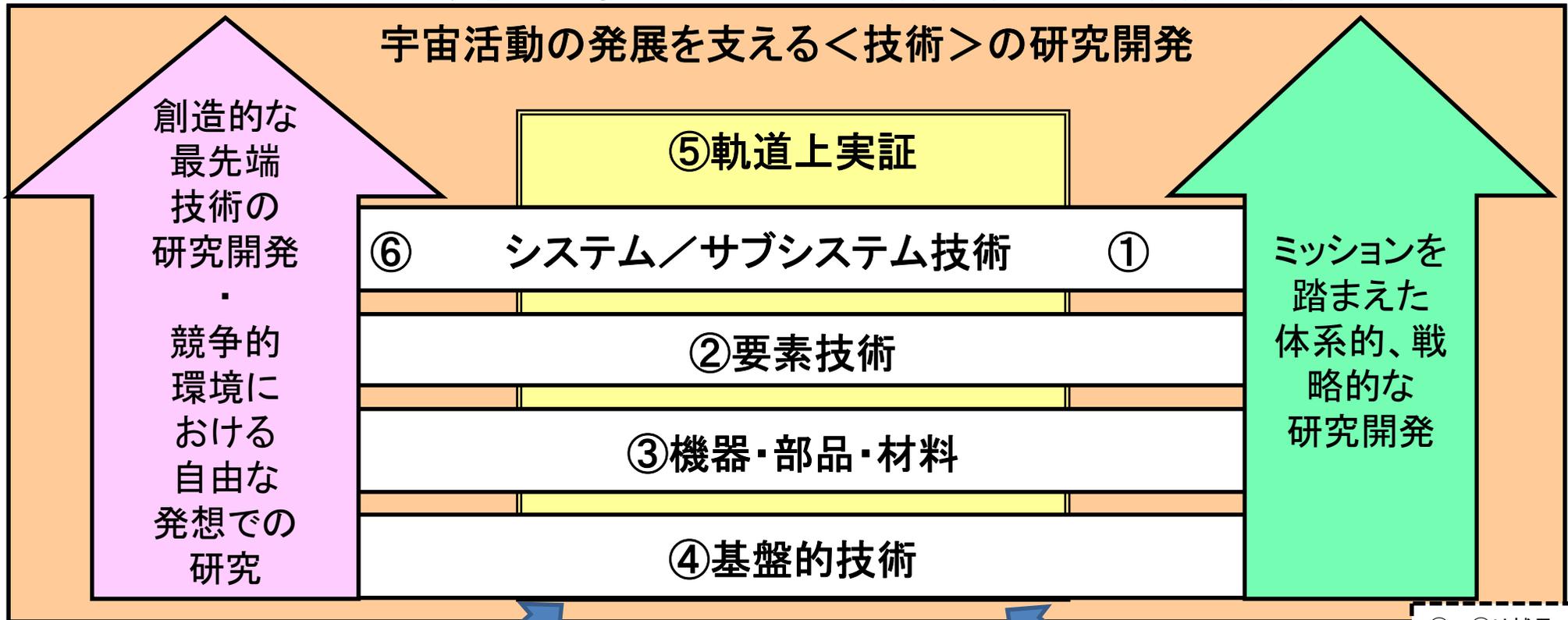
### 3. (1) 我が国の自律性確保に必要な基盤技術(輸送系・衛星系など)の獲得・確保

今後の宇宙の重要性に鑑みれば、我が国として、宇宙活動に係る自律性を保持し続けることが必要不可欠である。(中略)今後とも、我が国が、これらの技術を確立し、自律性を確保していくためには、長期的な視点に立った弛まない新たな技術開発を継続的に行い、人材の育成や経験・知見の蓄積を図ることによってロケットや衛星に係る総合的な技術力を継続的に発展・向上させていくことは必要不可欠である。その際、それらの技術を支えている戦略的な部品を開発・確保することについても留意することが必要である。特に、これまで海外からの輸入に依存している部品の中には、今後、その輸入が困難になることが見込まれるものもあり、早急な対応が必要である。(後略)

### 3. JAXAにおける<技術>の研究開発



宇宙活動の発展を支える技術について以下の階層で戦略的な研究開発を推進



大学との連携

研究開発力を糾合

産業界との連携

①～⑥は補足資料に説明

## 4. 宇宙太陽光利用システム

### ◇宇宙基本計画(平成21年6月)

#### 宇宙太陽光発電研究開発プログラム

以下の主な社会的ニーズと今後10年程度の目標に対応するプログラムとして、宇宙太陽光発電研究開発プログラムを設定し、5年間の開発利用計画を推進する。

##### ①社会的ニーズと今後10年程度の目標

##### (a) 地球規模の環境問題の解決(低炭素社会の実現)

「低炭素社会を支えるエネルギーの実現」というニーズに対して、地上では低炭素社会を実現する再生可能エネルギー電源(太陽光発電、風力発電等)の利用が進められているが、安定性などの課題があり、この課題等が克服できる宇宙におけるエネルギー利用はまだ行われていない。今後、地政学的な影響を受けず、安定的でクリーンなエネルギーを利用可能な宇宙における太陽光発電システムに関して、実現に必要な技術の研究開発を進め、地上における再生可能エネルギー開発の進捗とも比較しつつ、10年程度を目途に実用化に向けた見通しをつけることを目標とする。

##### ②5年間の開発利用計画

上記目標の実現に向けて、以下の施策を推進する。

・宇宙太陽光発電について、関係機関が連携し、総合的な観点からシステム検討を実施する。並行して、エネルギー伝送技術について地上技術実証を進める。その結果を踏まえ、十分な検討を行い、3年程度を目途に、大気圏での影響やシステムの確認を行うため、「きぼう」や小型衛星を活用した軌道上実証に着手する。



- 宇宙基本計画に基づき、実現に必要な技術の研究開発を着実に進める。
- 東日本大震災を受けたエネルギー政策の見直しの動向等も踏まえることが必要。

## 5. 宇宙太陽光利用システム(SSPS)の研究開発

- 我が国、或いは、世界が今後直面することとなる課題解決に向け、JAXAは革新的なミッションを可能とする宇宙システムの研究開発の一つとして、宇宙太陽光利用システム(SSPS)の研究開発を実施

### 研究概要と方針

#### (1)2001～2007

- ・SSPSシステム総合研究を主体として進める。
- ・システムコンセプト検討を通じてクリティカル技術(課題)を抽出し、ロードマップを策定するとともに要素技術検討／試作試験を実施する。
- ・技術開発のみならず、環境・安全性の問題, 社会的受容性の検討, 経済性検討を実施し、社会的・経済的な成立性についても評価を実施する。

#### (2)2008～

- ・宇宙基本計画に基づき研究開発を着実に進める。
- ・2007年度までのSSPSシステム総合研究で識別された主要課題に対応した研究項目を抽出し、中枢的な要素技術の研究, 技術的な地上実証実験に研究の重点を移して進める。
- ・「きぼう」や小型衛星を活用した軌道上実証ミッション検討を行う。
- ・中枢的な要素技術として、マイクロ波方式エネルギー伝送技術, レーザー方式エネルギー伝送技術, 大型構造物組立技術等のシステム技術に分けて研究活動を実施する。
- ・マイクロ波エネルギー伝送技術についてはUSEFと連携してkW級地上エネルギー伝送実験を行う計画を立て、JAXAはビーム方向制御装置を担当して研究開発を進める。

### 外部との連携

- ・マイクロ波方式エネルギー伝送技術: USEFとの研究連携、京都大学等との研究協力
- ・レーザー方式エネルギー伝送技術: 福井大学、大阪大学、光産業創生大学院大学等との研究協力
- ・大型構造物組立技術等のシステム共通技術: 名古屋大学、九州工業大学、三菱総研等との研究協力

京都大学では30年以上前より宇宙太陽光発電(SPS)を実現することを目的とし、以下の研究を実施。

- (1) SPS実現のために必須の電力試験衛星の実現
- (2) SPSのマイクロ波送電システムのために、商用マイクロ波送電応用システムの実現を目指した研究

### [これまでの主な研究概要]

1980年代～ ロケット実験や計算機実験を手段としたSPSマイクロ波送電ビームと宇宙プラズマとの非線形相互作用に関する研究

1983 世界初の無線送電ロケット実験に成功

1990年代～ マイクロ波送電を用いた様々な地上実証実験の成功

1992 ビーム方向制御可能なマイクロ波送電を用いた飛行機の飛行実験

2009 完全リモートでの上空から地上へのマイクロ波送電実験 他

1990年代～ 様々な研究機関や企業と協力し、マイクロ波送電システム、受電システムの開発

(JAXA, NICT, 東京大, 金沢工大, UCLA, 三菱電機, 三菱重工, IHI Aerospace, 等)

1996～ マイクロ波送電のための研究設備導入と、設備の全国共同利用化(2004-)によるSPS研究の推進



ISASロケットを用いて行われた世界初の無線送電ロケット実験(1983)



上空50mからのマイクロ波送電実験(2009)

### [研究の現状と今後の展開]

(1) SPS実現のために必須の電力試験衛星の実現

- ・2010年京都大学に導入された研究設備を、全国共同利用・共同研究によりSPSを目指した電力試験衛星の設計に関する基礎研究を推進する。
- ・また、マイクロ波送電システムは、現在、高重量・高コストであるため、高性能薄型マイクロ波送電システムを研究機関やメーカーと共に開発中。5-10年後の地上実証、宇宙実証を目指す。

(2) SPSのマイクロ波送電システムのために、商用マイクロ波送電応用システムの実現

- ・2011年5月には世界初の無線電力伝送専門の国際学会2011 IEEE MTT-S (IMWS-IWPT2011)を、京大篠原実行委員長のもと開催(参加175名)。
- ・マイクロ波送電用の受電素子レクテナの理論・技術の体系化とその商用応用(携帯電話無線充電、電気自動車無線充電など)に取り組む。



マイクロ波送電実験  
全国共同利用設備AMETLAB(2013-7)

# (参考) SPS研究における京都大学とJAXA(旧ISAS,旧NASDA)との連携

## 京都大学(生存圏研究所)

(含旧宙空電波科学研究センター, 旧超高層電波研究センター)



☆マイクロ波送電  
ロケット実験MINIX  
1983

Rocket実験 (旧) ISAS

☆設立時より  
宇宙エネルギーWGへの  
積極的参加

設計に参加

1988~



☆実証衛星計画  
SPS2000  
1992



☆マイクロ波送電  
ロケット実験ISY-METS  
1993

Rocket実験

☆設立時より  
SPS研究会への  
積極的参加  
(幹事, 委員等)

1998~

1998~

☆京大研究会会場

☆第2回SPS研究会  
1999

☆マイクロ波送電研究設備  
全国共同利用化 2004~



2003 JAXA誕生

専門委員会  
委員参加

☆JAXA(ISAS)客員准教授  
(篠原, 2007.4-2009.3)

☆京大研究会会場

☆第12回SPS研究会  
2009

主にSPSシステム設計と  
マイクロ波送電技術に  
関する共同研究・協力関係を  
築いてきた。

## 京都大学(続き)

☆設立時より  
SSPS検討委員会への  
積極的参加  
(委員長, 副委員長, WGリーダー等)



☆検討委員会を通じた  
共同研究的開発

☆SPS模擬システム  
SPRITZ開発  
2001

2000~

経済  
産業省

☆受託研究 (2004-2008)  
主にマイクロ波送電関連

☆JAXA客員研究員  
(篠原, 2004.4-2005.3)

☆設立時より  
SSPS検討委員会への  
積極的参加  
(委員長(2009-), 委員等)

共同委員会

# 補足資料

□ JAXAが研究開発を行い、成果を段階的に実利用に移転し、高度化を図って来た。これにより商業受注等の競争力を強化して来た。

⇒ 研究開発を通じて、設計・製造技術、システムを次世代の高い競争力を持つものに刷新すべき。

◆世界レベルの技術を維持し、高度化するミッションに我が国の宇宙システムが的確に対応し続けるためには、次世代宇宙システムの構築に必要な研究開発を常に継続し、その成果をもって、定期的な宇宙システムの世代交代を図る必要がある。

## (1) 衛星基幹技術について

- 我が国の各種衛星システムの開発を進める上で、常に技術の向上を図るべき衛星基幹技術として、通信、気象・観測分野等における新しいミッションへの対応が可能な新型静止衛星バス(最先端の技術を適用:衛星内ワイヤレス化、衛星内高速処理・自己診断によるインテリジェント化等)を開発

## (2) 通信ミッション機器技術について

### ① 大型展開アンテナの大型化、高周波数化

- 現在、携帯電話程度の大きさの受信機で直接受信を可能とする30m級S帯アンテナの研究を進めており、これを踏まえて更なる大型化
- 高周波数化により可搬局でインターネット通信を可能とする5m級Ka帯アンテナ

### ② 宇宙光通信の実用化

- 光通信の適用により衛星間通信機器を小型化し、観測衛星とデータ中継衛星に配備

### ③ その他、共通通信機器の先端技術による小型化、高効率化(窒化ガリウム素子を用いた送受信機等)

## ◆観測センサ技術

利用者ニーズに応える観測センサ開発の継続が重要。

### ➤ センサの精度向上

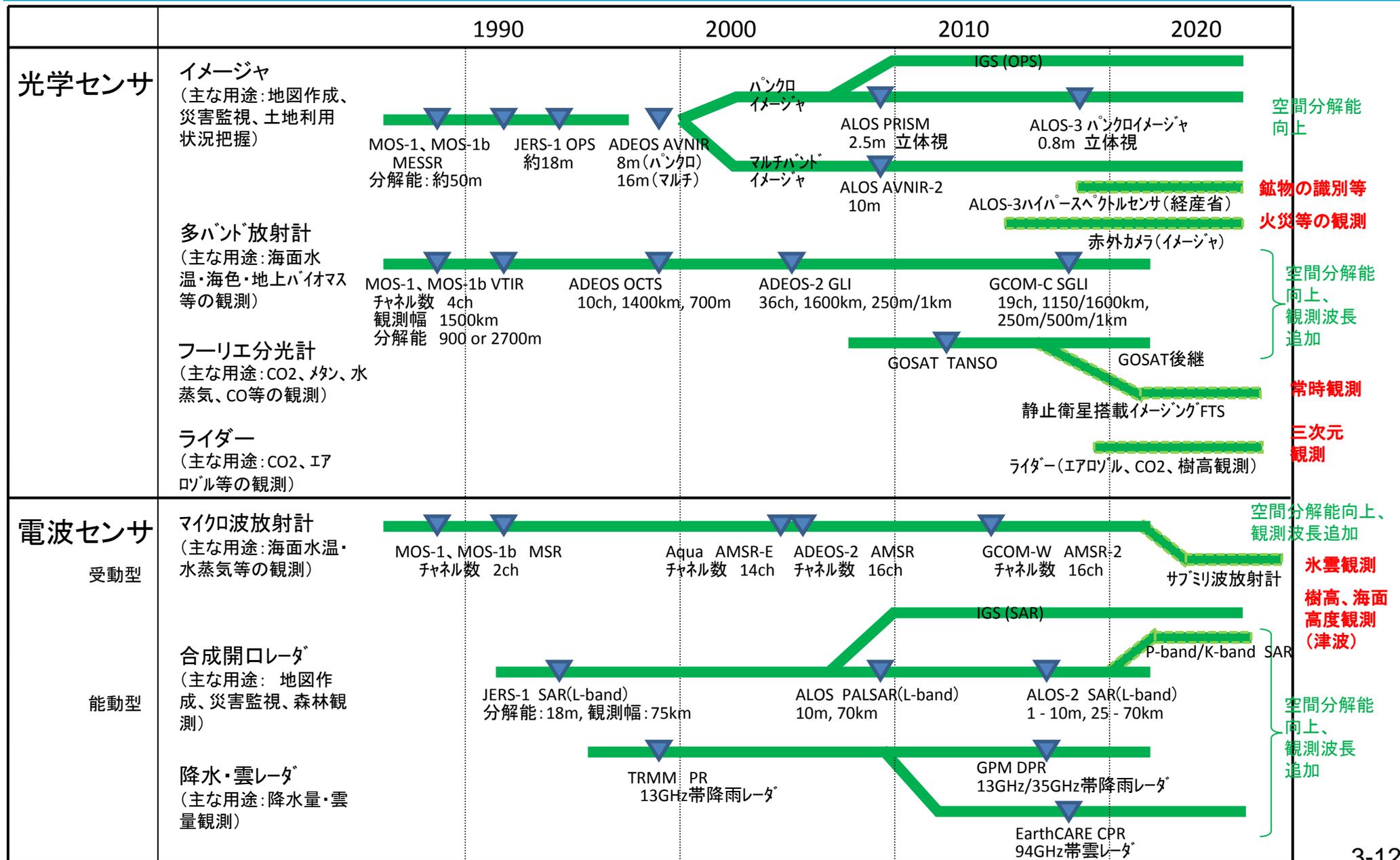
#### □ 我が国の得意技術の維持・発展

- だいち、いぶき、GCOM-C搭載光学センサ後継機に向けたイメージャ、多バンド放射計、フーリエ分光計の空間・観測波長分解能向上
- だいち、GCOM-W、GPM、EarthCARE搭載電波センサ後継機搭載に向けた、合成開口レーダ、マイクロ放射計、降水・雲レーダの空間・観測波長分解能向上

#### □ 新たなニーズに応えるセンサの研究開発

- エアゾール、CO<sub>2</sub>、樹高観測等に資する衛星搭載ライダーの開発
  - 常時観測を実現する静止衛星搭載センサの開発 等
- 継続的かつ効率的な観測頻度の向上に資する海外衛星へのセンサ搭載
- 国際協カプログラムへの継続的なセンサ搭載(GPM/DPR後継機等)

# 補足1 ①システム/サブシステム技術の研究開発(3/3)



□先進ミッションを達成する高度な宇宙システムの実現のため、高性能化、長寿命化、信頼性向上、小型・軽量化のための要素技術研究を行っている。

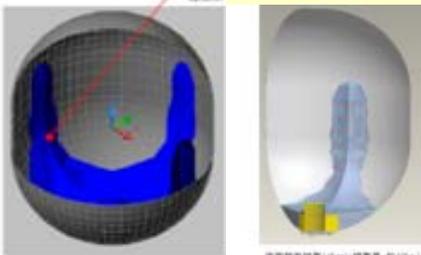
◆要素技術の継続的な研究開発により、先進ミッションを確実に達成する、高度な宇宙システムが初めて実現可能。

- ・高性能化(高機能、高精度、高速化等)
- ・長寿命化、信頼性向上
- ・小型・軽量化

## 宇宙熱技術

宇宙機寿命/ミッション期間の延長に直結する、残燃料の高精度推定手法の研究

高度化する宇宙機の熱制御系への要求(高発熱密度、高排熱、極低温、高精度温度制御等)に基づいた宇宙機熱制御技術を研究開発



燃料タンク内推薬挙動解析

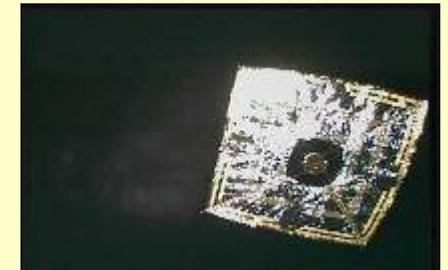


高効率、高精度熱制御技術を用いた展開型ラジエータの研究

## 外惑星探査を目指した推進システム

小型ソーラー電力セイル実証機「IKAROS」のミッション

1. 大型膜面の展開・展張
2. 薄膜太陽電池による発電
3. ソーラーセイルによる加速実証
4. ソーラーセイルによる航行技術の獲得

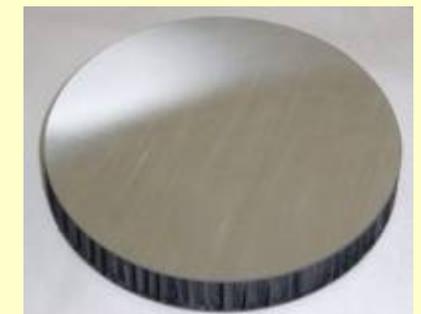


⇒帆だけで宇宙空間を航行できること及び薄膜太陽電池で発電できることを世界で初めて実証

## 構造技術

天文観測や地球観測ミッション共通の課題である微小変形の克服に取り組む

- ・静的な変形(寸法安定性)
- ・動的な変形(動的安定性)



高精度な天文観測や地球観測のための炭素繊維強化プラスチック製軽量ミラーの研究

- 我が国の国際競争力を維持し、適正な価格での安定供給を担保することを目的として、我が国の自在な宇宙活動に不可欠なものや、調達の自在性に制約が伴うもの等に重点化して研究開発を進めている。

機器・部品・材料の研究開発においても、既開発品の継続的使用と並行して、高性能化・高度化を進めることにより陳腐化を回避する“世代交代を念頭においた研究開発”が不可欠。

### ◆ 宇宙用機器の戦略的開発

以下のいずれかの要件を満たすものを「戦略コンポーネント」と位置付け、重点的に研究開発投資を行い、企業・JAXAが協力して安定的な供給を維持している。

- ① 宇宙機システムが国際競争力(機能・性能、信頼性・長寿命、コスト・納期)を得るために必須の機器
  - イ) 世界的な優位性を確保できる (世界一を目指す機器)
  - ロ) 宇宙機システムとしての商業化を支える機器
- ② 我が国の自在な宇宙活動に不可欠な機器
- ③ 我が国の得意分野で、世界の宇宙活動に貢献できる機器(結果として市場の一定シェアを獲得し企業の自立的な維持発展が期待できる)



**長寿命な姿勢制御用機器**  
・寿命性能のみでなく、価格面でも国際競争力を確保  
(開発中)



**国産姿勢制御用機器**  
・海外製品に不具合が多く、自在な宇宙活動に支障  
・機械環境性能の向上  
(開発中)



**国産スターリング冷凍機**  
・高感度、高空間分解能、長寿命な観測ミッションに不可欠  
・世界最高の冷却効率を実現

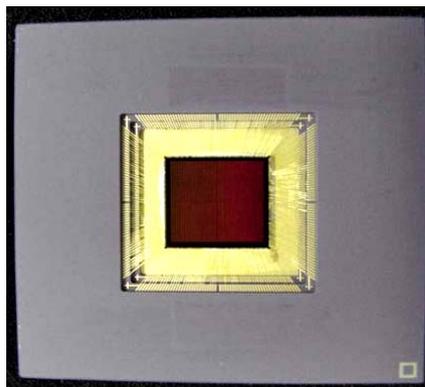


**衛星用送受信機**  
・データレートや機能の変更が容易な、軽量マルチモード送受信機

## ◆ 宇宙用部品に関する戦略的研究開発

我が国が「自在な宇宙活動」を行うために、宇宙機システムに用いる「必要な部品(性能・品質)」を、「必要な時」に「適切な価格」で入手できる状態が「持続的に維持」されていることを目標に、以下の研究開発を推進している。

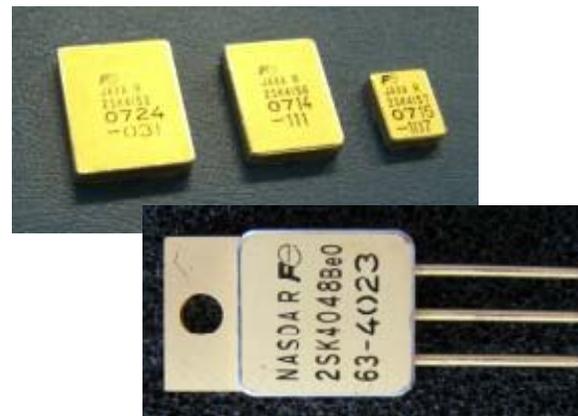
- ① 部品の国産化(高機能・高集積部品及び自在性と高める部品の開発)
- ② 欧州連携(欧州との相互補完体制維持)
- ③ 輸入部品の調達性改善(輸入部品のQCD改善)
- ④ 認定部品の利用促進(安定的に供給すべき部品)
- ⑤ 先行的技術開発の実施(将来にわたる自在性確保のための技術研究)



### 書込型高集積論理回路(450kG級)

- ・再プログラミング可能なゲートアレイ
- ・高速で、低消費電力を実現するプロセス適用により宇宙用世界最高クラスの放射線耐性／大容量ゲートを実現

(欧州(CNES)と共同開発中)



### 電力用トランジスタ

- ・性能／耐放射線耐性において国際競争力を有す
- ・欧州プロジェクトで多数採用



### LSI用超小型電源

- ・世界最小サイズ
- ・デジタル回路安定動作のため高性能MPUやFPGA近傍に設置する局所配置型DC/DCコンバータ

これらに加え、将来の宇宙システムへの適用の可能性がある新規技術についても研究。

## ◆ 微小電気機械システム(MEMS)

従来の切削・圧延・鍛造等の製造技術による機械構造では、小型軽量化に限度がある。将来宇宙機の大幅な小型軽量化、省電力化、あるいは高性能化には、半導体製造プロセスを応用して微細な機械構造を構築したMEMS(Micro Electro Mechanical System)デバイスの利用が有望。

- ・最高性能／特殊機能を有するOnly Oneデバイスの開発
- ・民生用MEMS部品の宇宙適用

## ◆ ナノテクノロジー

物質を原子レベルで制御し、量子効果が支配的になるナノメートル単位の大きさ(1ナノメートル=100万分の1ミリメートル)のデバイスを構築するマイクロ・ナノ技術の宇宙機器適用で、機器の高度化、超小型化、省電力化、航空宇宙材料の高強度化等の実現を目指す。

- ・ナノ加工技術、ナノ材料の調査
- ・ナノ設計による新触媒技術に関する研究

- ・ダイヤモンドライクカーボン被膜の宇宙適用性の研究
- ・ナノカーボンを利用した小型電子源の研究

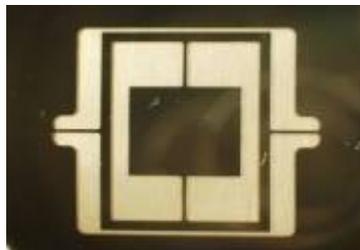
### MEMSデバイスの試作評価



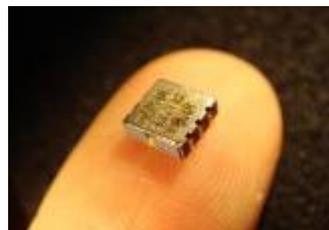
マイクロピンセット



ジャイロ  
(12.5 × 20 × 6mm)

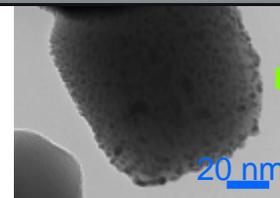


次期探査機の高度計への利用が期待されるスキャンミラー

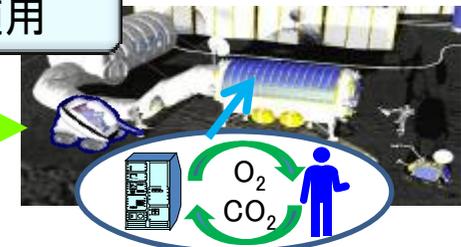


加速度センサ  
(4.5 × 5 × 2mm)

### ナノ材料・加工技術の適用

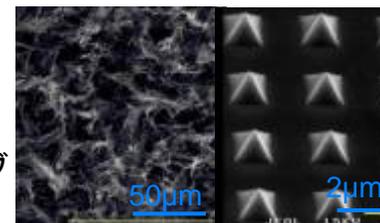


ナノテク応用CO<sub>2</sub>還元触媒

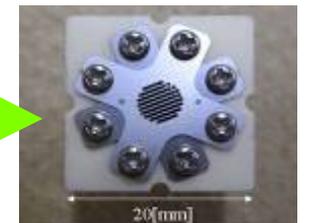


長期ミッション用空気再生装置

カーボン  
ナノチューブ



ナノ加工技術



小型電子源 3-16

# 補足4 ④基盤的技術の研究開発

## ～試験・計測、シミュレーション技術、設計標準・技術情報～

- 宇宙システムの機能・性能を事前に検証し、効率的に開発を進めるための試験・計測技術やシミュレーション技術の研究を実施。
- これまでに蓄積された技術情報を設計に適切に反映するための設計標準やデータベースを整備。

### ◆ 試験・計測技術

- ・宇宙機システム／サブシステム、機器及び部品・材料に至るまで、品質、信頼性を充分に実証する試験・計測技術、及び試験インフラの整備を推進
- ・新たな試験・計測技術に関する技術研究を推進

### ◆ シミュレーション技術

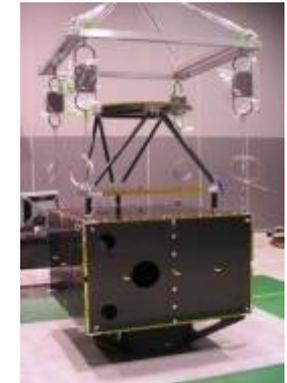
- ・数値シミュレーション技術による人工衛星等に関する信頼性の更なる向上や低コスト化を推進
- ・先端的技術等に関する研究開発を効果的・効率的に実施

### ◆ 設計標準・技術情報

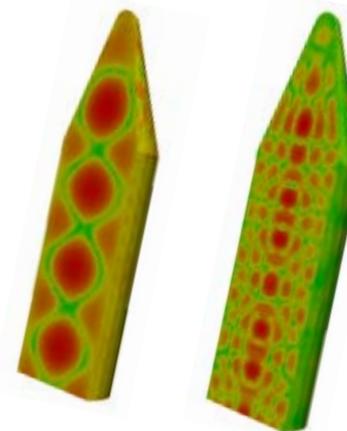
- ・設計標準は、宇宙システムの開発結果に基づく継続的改善によって培われた技術の集大成であり、宇宙システムの設計・開発・運用を確実にを行うための重要な指針として整備
- ・海外の宇宙機関や企業との連携を考慮し、JAXAが獲得した知見を国際的に共有できるよう、積極的に国際標準への働きかけを継続的に実施
- ・宇宙適用のための各種材料の評価試験結果や機器の開発結果について、データベースを構築
- ・だいち、こだま、いぶき、JASON-2(欧州CNES衛星)等で取得された宇宙環境計測データは、データベース化され、衛星運用・設計に活用



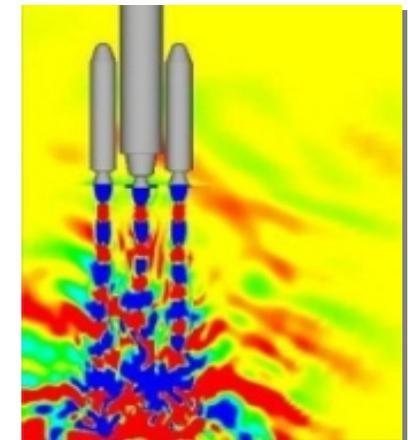
熱制御材料の性能評価  
(多層断熱材の実効放射率精密測定)



微小擾乱の試験計測及び  
軌道上衛星擾乱の予測手法



ロケットプルーム解析結果に基づく、  
フェアリング内音響環境予測(世界初)



ロケット打ち上げ時  
の排気騒音解析

- 新規技術を導入する際の技術的リスクを低減するため、システムレベル、機器・部品・材料レベル等の軌道上実証を実施。

### ◆ システムレベルの軌道上実証

これまでも技術試験衛星(ETS)による静止衛星バスの軌道上実証を実施してきており、次世代衛星バス等のシステムレベルの軌道上実証を継続する。

### ◆ 機器・部品・材料の軌道上実証

小型衛星により、実証対象・規模に合った軌道上実証プラットフォームとしての小型衛星バスを活用し、リスクの大きい技術、新規開発の機器・部品・材料をタイムリーに軌道上技術実証する。

- SDS-1(いぶき相乗り)：100kg級スピンバス(ミッション時三軸)
- SDS-4(GCOM-W相乗り予定)：50kg級三軸バス

システムの設計解析からインテグレーション、各種試験までをJAXAの研究者が中心となってインハウスで行っており、システムエンジニアリングなど各種専門能力を短期間で経験できるために、若手技術者育成にも寄与。



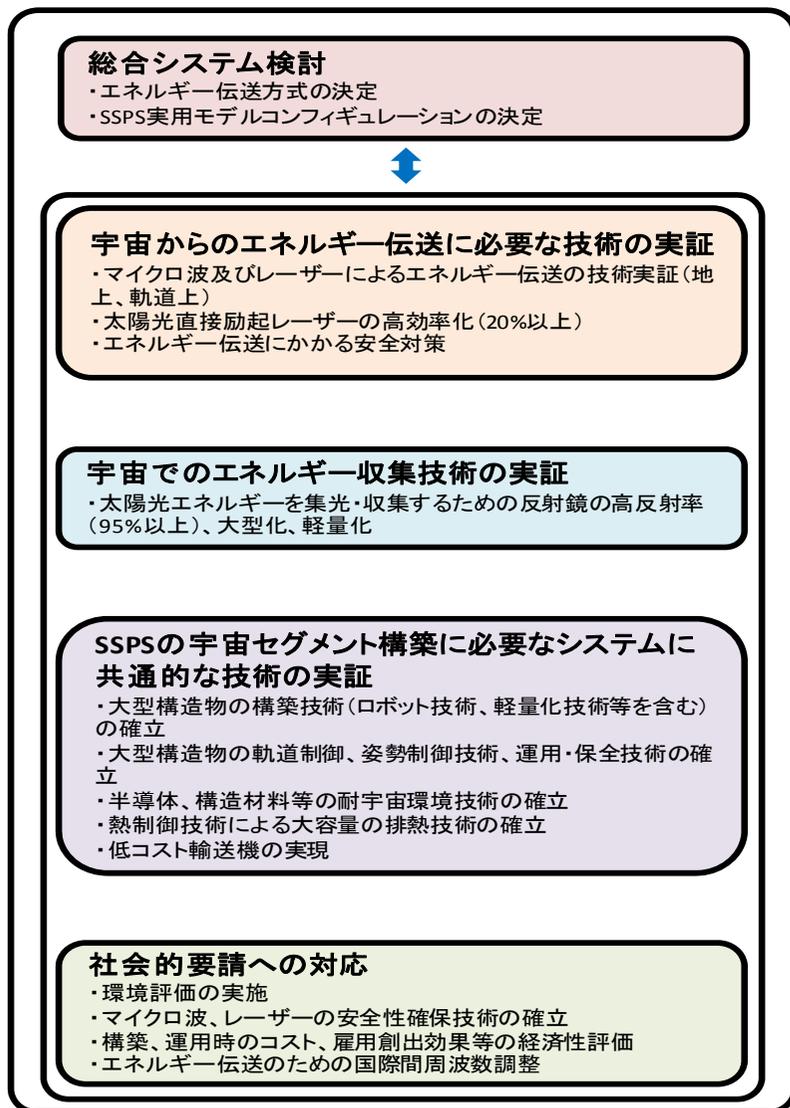
### SSPSの研究実績, 研究体制

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
システム総合研究	委員会/WG形式による総合的研究										
軌道上実証計画	マイクロ波伝送システム設計		レーザー伝送システム検討				軌道上組立システム検討			「きぼう」/小型衛星利用システム検討	
		「きぼう」利用システム検討								ビーム方向制御装置の研究開発	
要素技術検討/試作試験	マイクロ波送受電技術(増幅器, アンテナ, ビーム方向制御等)の設計, 試作試験										
	レーザー送受電技術(レーザー発振部, 大気中の伝送, ビーム方向制御, 太陽光集光技術等)の設計, 試作試験										
	ロボット・構造技術(大規模構造物展開技術, 平面パネル展開・保持機構等)の設計, 試作試験						大型構造物組立技術(展開トラス構造物, インフレータブル構造物)の設計, 試作試験				
	その他技術(熱管理制御技術, 発電技術, 地上系技術, 輸送システム)の設計検討, 一部の部分試作試験										
地上エネルギー伝送実験				レーザー伝送システム設計/製作			実験	実験			
研究体制	SSPS研究(マイクロ波関連)に関わるUSEFとの連携										
	委員会/WG形式による大学, メーカー, 研究機関との協力						レーザー技術関連に関わる大学, メーカーとの協力				
							大型構造物組立技術の研究に関わる大学, メーカーとの協力				

## SSPSの研究項目(2008~2011)

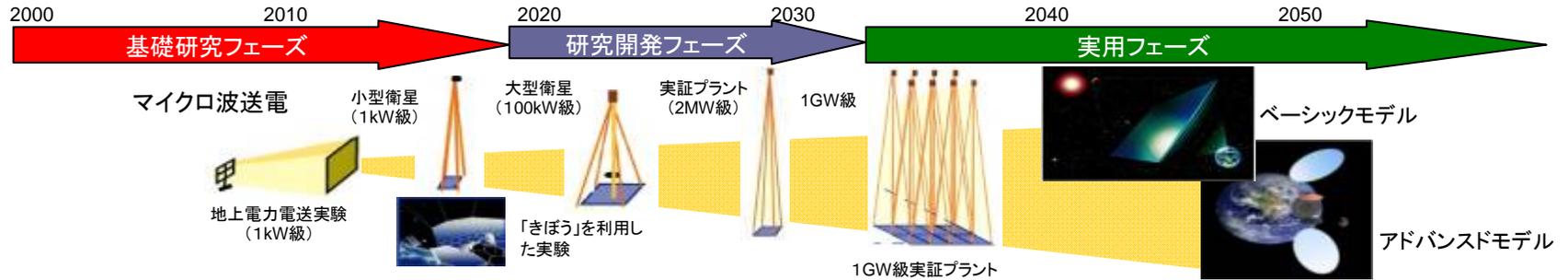
2007年度までの170名の外部有識者からなるSSPSシステム  
検討委員会(茅陽一委員長)で識別された主要課題

主要課題に対応した研究項目と地上/軌道上実証の必要性

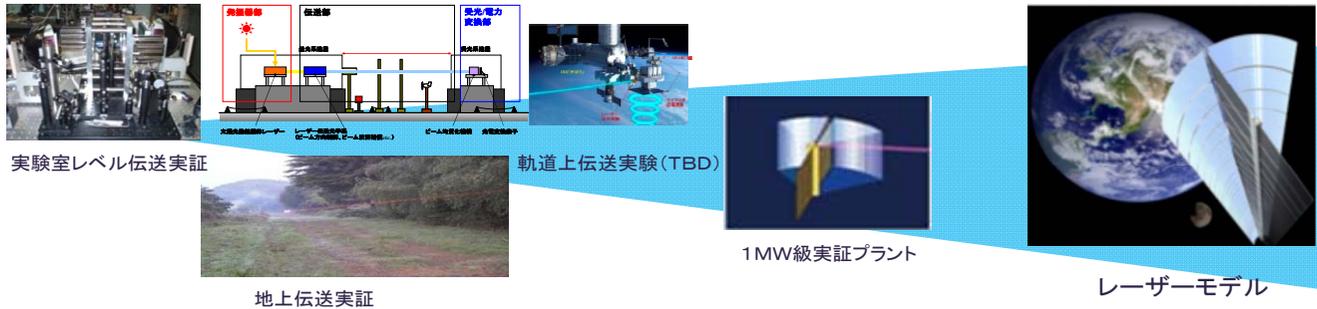


主な技術	技術内容	地上/軌道上実証の必要性
マイクロ波エネルギー伝送技術	位相制御による高効率無線エネルギー伝送技術 マイクロ波ビームの方向制御技術 電力→マイクロ波→電力変換用高効率半導体技術 高電力密度マイクロ波と電離層との相互作用の解明	地上 地上/軌道上 地上 軌道上
レーザーエネルギー伝送技術	太陽光による直接励起レーザー技術 レーザービームの方向制御技術 レーザーからの高効率光電変換技術 レーザーの大気中伝送時の挙動解明	地上 地上/軌道上 地上 地上
太陽光集光技術	高倍率の集光技術	地上
大型構造物組立技術	構造物展開・収納技術 構造物組立・保守技術(ロボット技術) 軽量化技術 軌道・姿勢制御技術	地上/軌道上 地上/軌道上 地上 地上/軌道上
熱管理・制御技術	大量排熱技術	地上/軌道上
新輸送技術	再使用型輸送技術、軌道間輸送技術等	地上/軌道上

## SSPSの技術ロードマップ



## マイクロ波方式エネルギー伝送技術のロードマップ



## レーザー方式エネルギー伝送技術のロードマップ



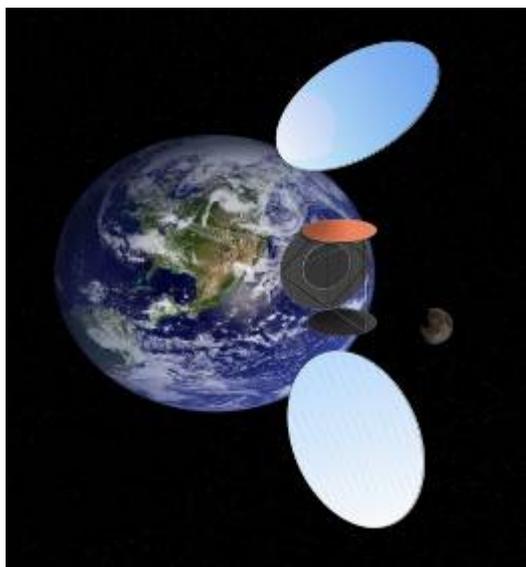
## 大型構造物組立技術等のシステム共通技術のロードマップ

## マイクロ波送電とレーザー送電の長所, 短所

	長所	短所
マイクロ波送電	<ul style="list-style-type: none"> <li>・大気, 降雨等による送電電力の減衰及び変動が小さい。</li> <li>・送受電装置の技術成熟度が高い。</li> <li>・送電素子及び受電素子の電力変換効率が高いため、送受電効率が高い。</li> <li>・レーザー送電と比較してビーム幅が広い ため、要求されるビーム方向制御精度が 低く、技術的難易度が低い。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・大電力マイクロ波と電離層との非線形相互作用による電力損失及び電離層への影響評価が今後必要。</li> <li>・周波数免許の獲得が必要。</li> <li>・レーザー送電と比較して使用波長が長い ため、地上受電設備が大きくなる。</li> </ul>
レーザー送電	<ul style="list-style-type: none"> <li>・周波数免許が必要ない。</li> <li>・マイクロ波送電と比較して使用波長が短 いため、地上受電設備が小さくなる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・大気, 降雨等による送電電力の減衰及び変動が大きい。</li> <li>・送受電装置の技術成熟度が低い。</li> <li>・光増幅器及び受光素子の電力変換効率 が低いため、送受電効率が低い。</li> <li>・マイクロ波送電と比較してビーム幅が狭 いため、要求されるビーム方向制御精度 が高く、技術的難易度が高い。</li> <li>・アイセイフティの安全基準に対する評価 が今後必要。</li> </ul>

## SSPS研究の主な成果(システム総合研究)

外部有識者からなるSSPSシステム検討委員会において、原子力発電所1基分に相当する発電電力(100万kW)をもつマイクロ波方式SSPS(M-SSPS)リファレンスモデルを構築した。また、原子力発電所1基分と同等の目標発電コスト8円/kWh達成に向けた各コンポーネントの技術課題、性能、コスト目標を定めた。同様に、レーザー出力100万kW級のレーザー方式SSPS(L-SSPS)リファレンスモデルを構築した。



M-SSPSリファレンスモデル  
(2007年版)

### 目標発電コスト達成の主な前提条件)

- ・太陽電池発生電力の高効率化
- ・送受電部の高効率化
- ・ビーム方向制御の高精度化
- ・構造物の軽量化
- ・低コスト輸送機の開発
- ・システムの長寿命化

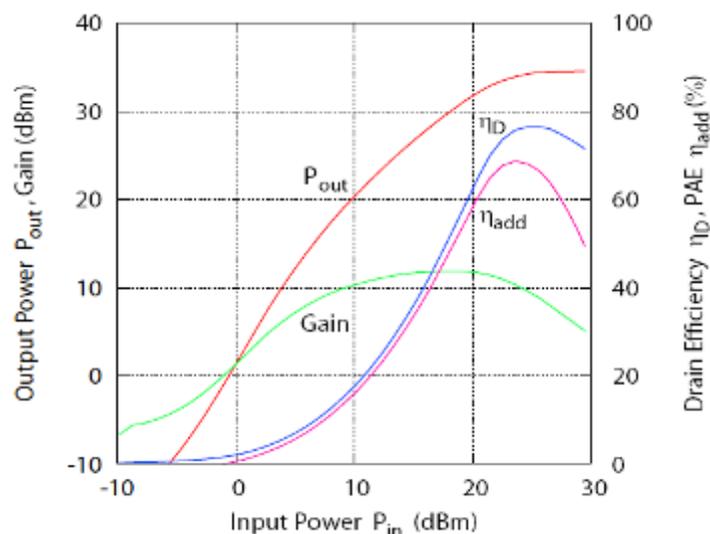


L-SSPSリファレンスモデル  
(2007年版)

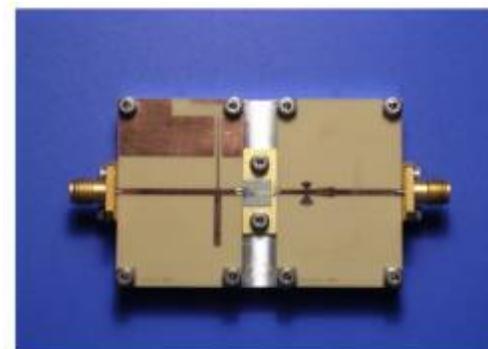
## SSPS研究の主な成果(マイクロ波増幅器)

## 高効率半導体増幅器(GaN)の設計検討、試作試験(2004~2007)

GaN-HEMTデバイスを用いて1.9GHz帯でF級増幅器を設計・試作し、「最大ドレイン効率80%、最大付加電力効率(PAE)72%」を達成した。70%を超える高効率の実証は、**世界／我が国ともに初となる成果**である。さらに、5.8GHz帯のF級増幅器の設計手法等を検討し、試作を行い、5.8GHzで出力2.4W、ドレイン効率76%、付加電力効率68%という高い効率を達成した。これらの値は**5.8GHz帯の増幅器としては最高レベルの効率**である。



試作デバイス性能試験結果



試作した5.8GHz帯F級電力増幅器モジュール

## SSPS研究の主な成果(レーザー長距離エネルギー伝送)

2006~07年度に200W出力のレーザー長距離エネルギー伝送実験を実施し、基本技術の確認と課題の抽出を行った。実験は多くのメディアで報道された。

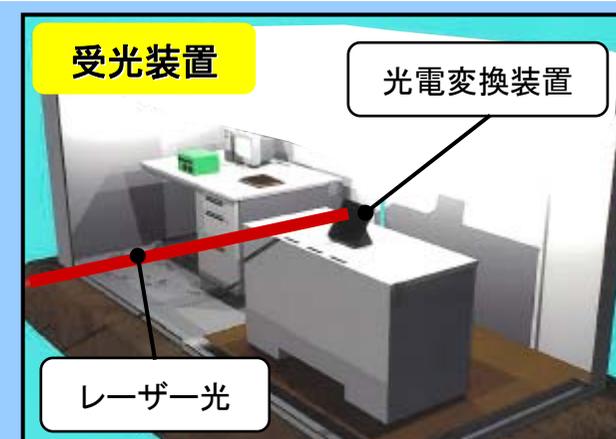
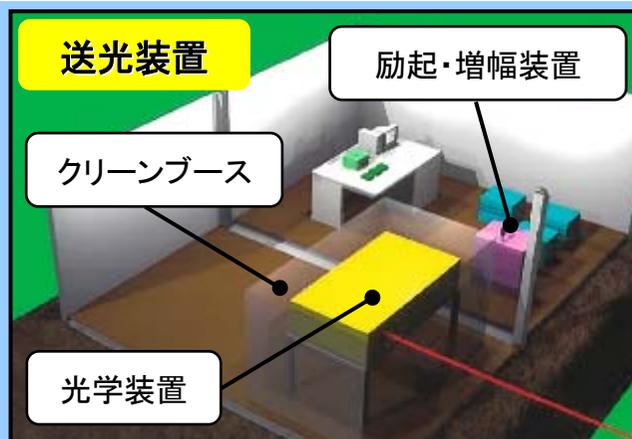
### 装置構成

#### 実験の主要諸元

- ・レーザー出力 800W
- ・レーザー波長  $1.07\ \mu\text{m}$
- ・伝送距離 500m

#### 長距離エネルギー伝送確認 試験結果

- ・レーザー出力 200W
- ・受光エネルギー 180W



送光建屋



送光建屋から受光建屋を望む

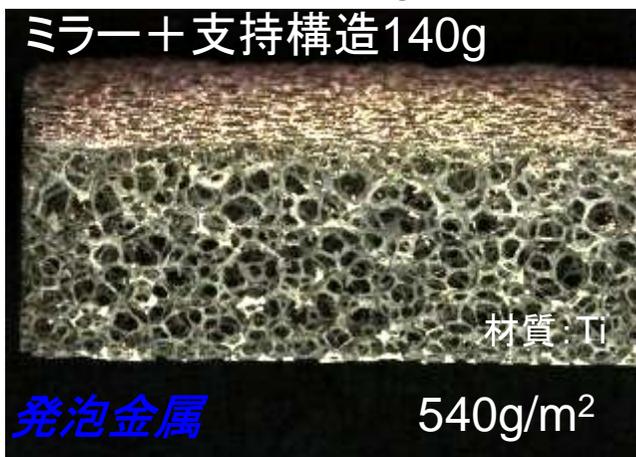
角田宇宙センターに整備したレーザー伝送実験設備

## SSPS研究の主な成果(太陽光集光ミラー)

ミラー厚 $100\mu\text{m}$ 、寸法 $50\text{cm}$ 口、単位面積あたりの質量 $500\text{g}/\text{m}^2$ 、反射率 $96\%$ の全反射軽量ミラーの製作が可能であることを示した(2010年度)。現状技術は $2\text{kg}/\text{m}^2$ であることから、大幅な軽量化が図れた。

支持構造重量: 70g

ミラー+支持構造 140g



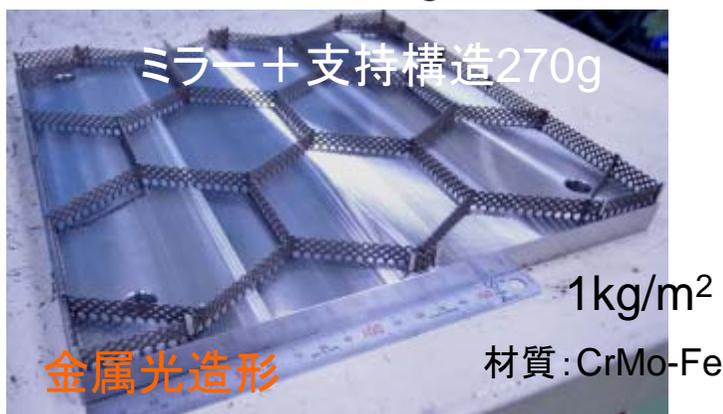
支持構造重量: 110g

ミラー+支持構造 180g



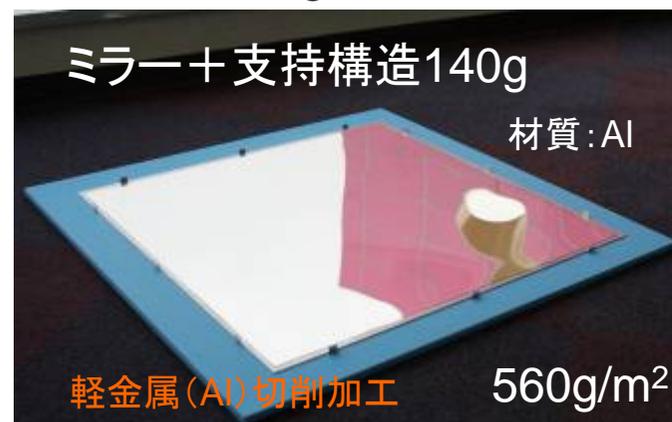
支持構造重量: 200g

ミラー+支持構造 270g



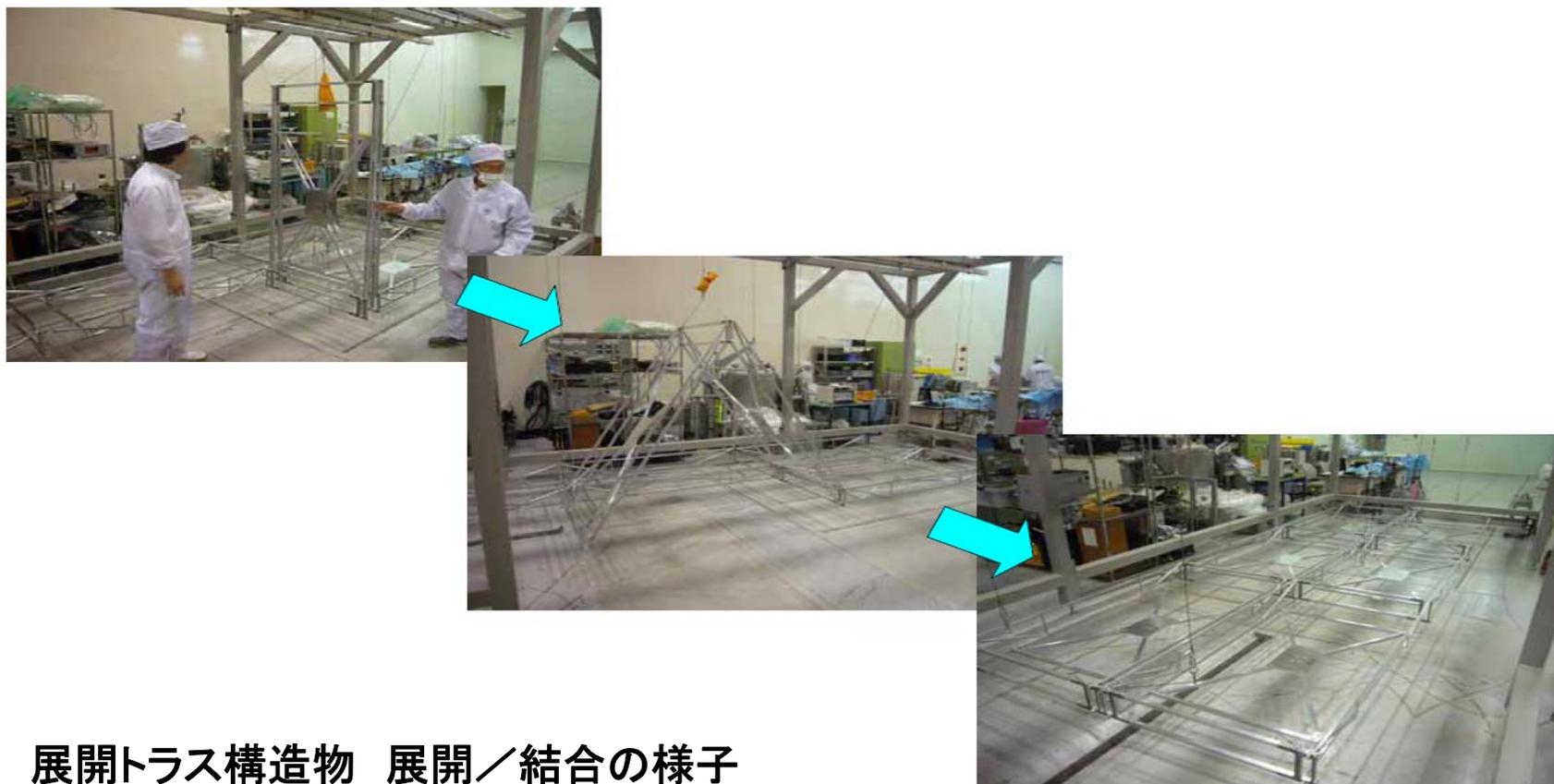
支持構造重量: 80g

ミラー+支持構造 140g



## SSPS研究の主な成果(展開トラス構造物)

トラス構造物が展開しつつ隣接するトラス構造物と結合(本結合技術についてはメーカーが昨年末に特許出願済)実験を実施し、良好な結果を得た(2010年度)。この構造物の技術が獲得できれば、H-II/Bロケット1回の打上げによる構築面積はきく8号(ETS-8)搭載大型展開アンテナ面積の約2倍に拡大可能である。



## SSPS研究の主な成果(インフレーターブル構造物)

インフレーターブル構造物の試作試験を実施し、良好な結果を得た(2008, 2010年度)。  
大型構造物への適用可能性を確認できた。

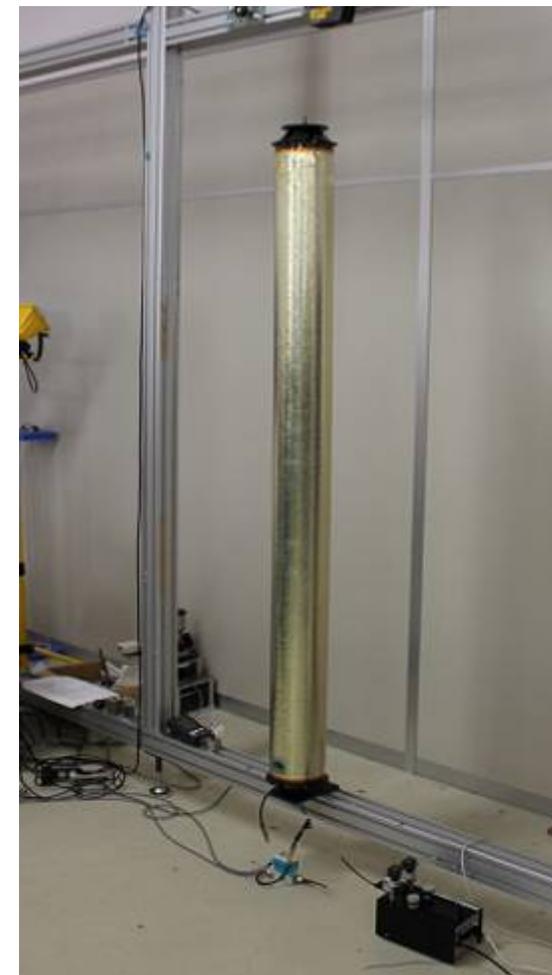


2008年度に試作した  
インフレーターブル構造物

チューブの硬化材料を  
熱硬化樹脂から  
連鎖硬化ポリマーに変更  
電熱線や電力が必要なくなる



チューブの膨張ガスを  
ポンプによる昇圧エアから  
昇華剤に変更  
高圧ガスタンク、配管が必要なくなる



2010年度に試作した  
インフレーターブル構造物

## ◆ デブリ除去システム

今後ますます増え続ける軌道上デブリを、軌道から除去する技術を研究中。  
キー技術として、以下の項目について重点的に取り組んでいる。

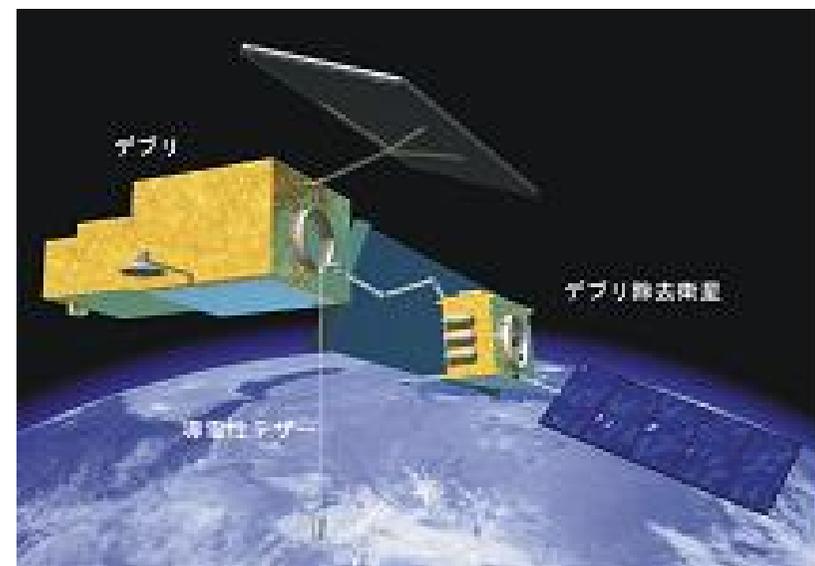
- ・非協力ターゲットへの接近航法、運動推定技術
- ・捕獲技術
- ・高効率デオービット技術(導電性テザーによる軌道変換技術)
- ・デブリ除去実証機のシステム技術検討



導電性テザーによる  
デブリ除去の原理



導電性テザーを利用した  
既存デブリ除去衛星のイメージ



## ◆宇宙航空システム技術一体化による社会貢献

### ① 災害観測

- 人工衛星による定常的・広域的な観測と、航空機による機動的・詳細な観測を相互補完させた総合的災害観測システムの構築
  - 災害観測衛星による災害広域全容の早期把握
  - 被災地に飛来する無人機が収集する情報は通信衛星を介してリアルタイムで関係機関に展開

### ② 国境パトロール

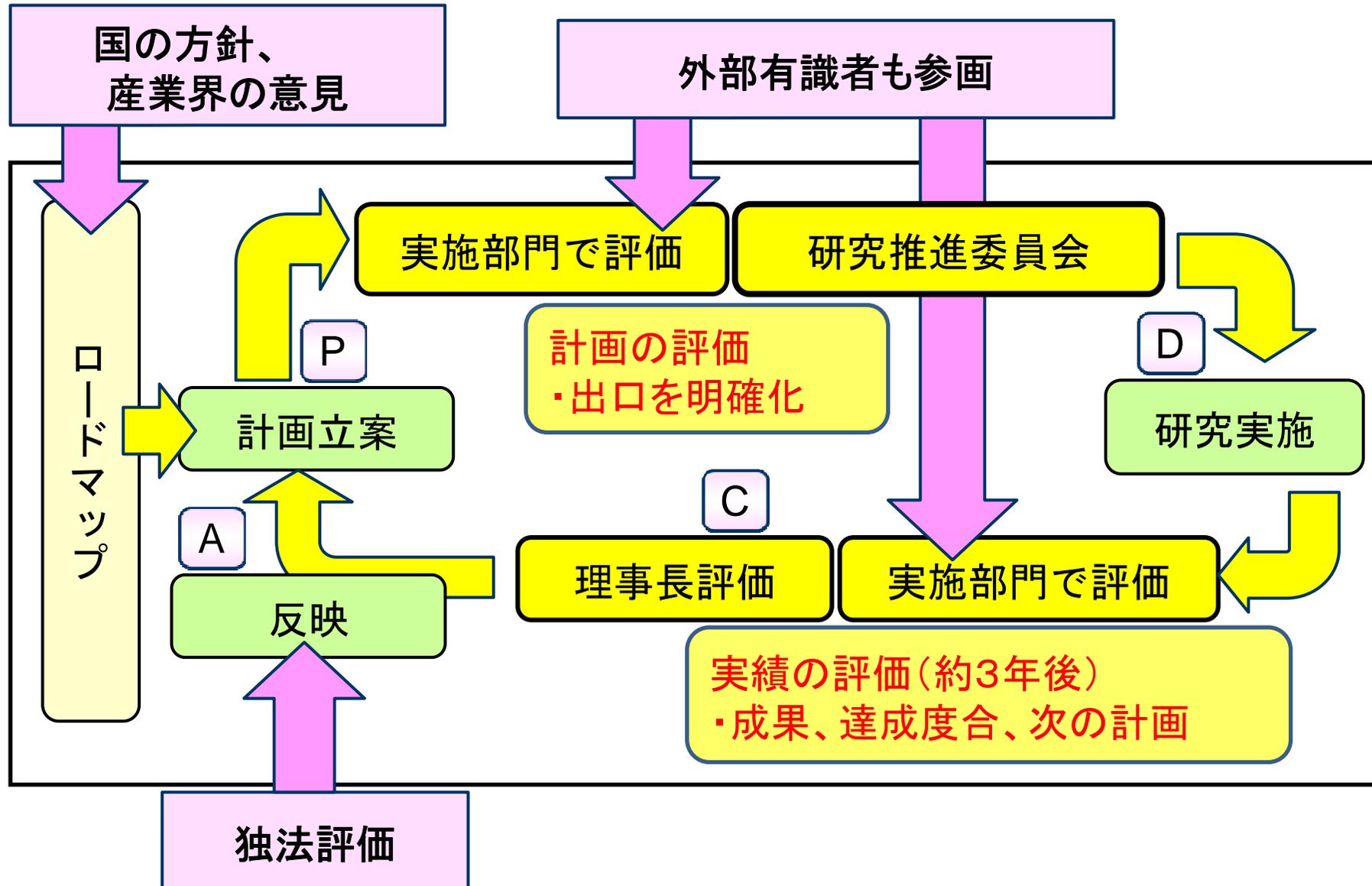
### ③ 大気・地表科学観測

背景となるJAXAの衛星技術  
(測位、センシング、通信、運用等)

JAXAの有する基盤技術  
(自律飛行、遠隔操縦、安全基準・運用等)

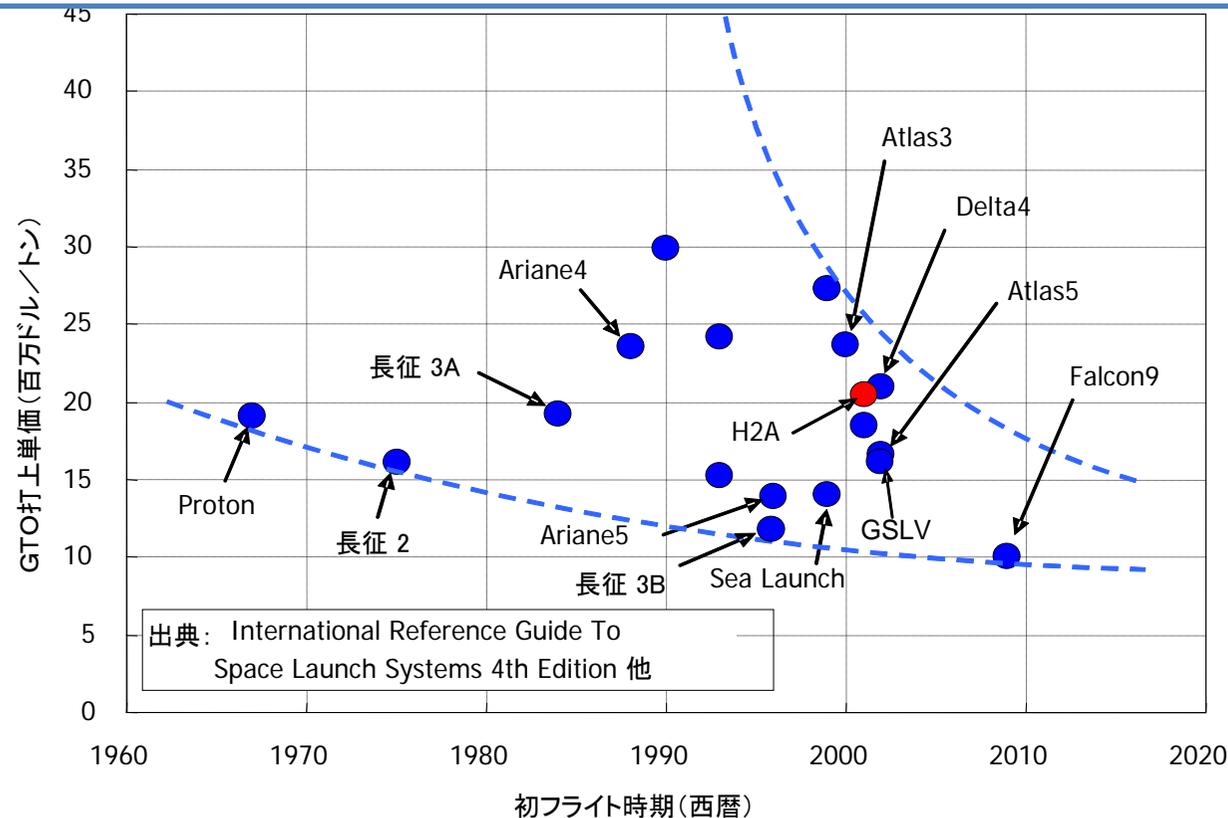


# 参考資料



2007年のリファレンスモデルでは、目標発電コスト8円/kWhを達成するための輸送コストは1,700万円/トン(=\$191/kg=\$0.191百万ドル/トン)と試算されている。

世界の使い切りロケットの静止トランスファー軌道(GTO)への打上げ単価がどの様に推移しているかを示すデータは以下の通り。



再使用型輸送システムについては、打上げ単価\$800/lb(\$1,700/kg)以下を達成出来れば、新たな需要が喚起され、市場が創出されるとのNASAの検討例もある。

出典: NASA, 1994, "Commercial Space Transportation Study Final Report"

## 4. 事業シート

小惑星探査機「はやぶさ」(MUSES-C) 事業 .....	1
月周回衛星「かぐや」(SELENE) 事業 .....	3
小惑星探査機「はやぶさ2」 事業 .....	6
小型ソーラー電力セイル実証機 (IKAROS) 事業 .....	9
第21号科学衛星「あかり」 事業 .....	11
第22号科学衛星「ひので」 事業 .....	13
小型高機能科学衛星「れいめい」(INDEX) 事業 .....	15
第23号科学衛星「すざく」 事業 .....	17
第24号科学衛星「あかつき」 事業 .....	19
第25号科学衛星「ASTRO-G」 事業 .....	21
BepiColombo 総合プロジェクト事業 .....	22
小型科学衛星シリーズ事業 .....	24
第26号科学衛星「ASTRO-H」 事業 .....	26
日本実験棟「きぼう」(JEM) および宇宙ステーション補給機「こうのと り」(HTV) の開発・運用・利用事業 .....	28
宇宙太陽光発電システム事業 .....	30
小型実証衛星プログラム事業 .....	32

## 小惑星探査機「はやぶさ」(MUSES-C) 事業

0. 担当部署：文部科学省研究開発局 独立行政法人宇宙航空研究開発機構 (JAXA)  
事業開始年度：平成 8 年度

### 1. 事業目的

●「工学技術実証」の探査機として、将来の本格的なサンプルリターン探査に必須で鍵となる技術を実証することを目的としている（下記参照）。

「5つ」の重要技術の実証：

- ①イオンエンジンを主推進機関として用い、惑星間を航行すること。
- ②イオンエンジンとスウィングバイの併用による加速操作を実証すること。
- ③光学情報を用いた自律的な航法と誘導で、接近・着陸すること。
- ④微小重力下の天体表面の標本を採取すること。
- ⑤カプセルを、惑星間飛行軌道から直接に大気突入させ、サンプルを回収すること。

### 2. 事業概要

平成 15 年 5 月、M-V-5 号機により打ち上げられ、イオンエンジンで航行の後、平成 17 年 9 月小惑星イトカワに到着、その後着陸・試料採取・離陸を行い、地球帰還に向け航行を開始した。地球の軌道により精密に近付ける軌道誘導を行い、平成 22 年 6 月にカプセルを大気圏に突入させ、オーストラリアのウーメラ砂漠に着地させた。

「はやぶさ」事業は、旧宇宙科学研究所 (ISAS) のプロジェクトを引き継いだものであり、JAXA 内での月・惑星探査プログラムグループ発足以降、科学的・技術的な作業や課題を中心にマネジメントしていたプロジェクトチーム業務に、対外調整、ロジスティクス等のプロジェクトマネジメントを行う事業推進部門が連携して、積極的に一体となって業務を実施した。

### 3. 事業期間・総事業費（事業開始から事業終了（見込み）まで）

年度	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16
予算	3	9	12	27	63	42	38	6	0.5
年度	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23		
予算	1	1	1	1	2	5	3		

合計：215 億円 各年度の数値は四捨五入のため合計が合わない。

注：平成 24 年度以降もキュレーション作業を実施予定。

### 4. どのような計画や目標をたててやっているのか？その計画や目標の達成度は？

●「5つ」の重要技術の実証とその達成状況を以下に示す。

①イオンエンジンを主推進機関として用い、惑星間を航行すること。	イオンエンジン作動累積時間 4 万時間に達し、惑星間航行を成し遂げ、世界一の信頼性を達成した。
②イオンエンジンとスウィングバイの併用による加速操作を実証すること。	イオンエンジンとスィングバイを併用した技法により地球スィングバイに成功した。

③光学情報を用いた自律的な航法と誘導で、接近・着陸すること。	「はやぶさ」搭載の星姿勢計（スタートラッカ）で、到達目標である小惑星イトカワを捉えることに成功するとともに、撮像画像をもとに、地上からの電波による観測を複合させて、「はやぶさ」探査機の精密な軌道決定にも成功した。また、自律航法による着陸・試料採取・離陸に成功した。
④微小重力下の天体表面の標本を採取すること。	自律航法により、小惑星イトカワの表面に着陸・試料採取・離陸に成功した。
⑤カプセルを、惑星間飛行軌道から直接に大気に突入させ、サンプルを回収すること。	はやぶさ搭載の帰還カプセル地球大気圏に再突入し、オーストラリアにて帰還カプセルを回収。カプセルにて持ち帰ったサンプルが小惑星イトカワ由来のものであると判断され、世界初の小惑星サンプルリターンを達成した。

## 5. 成果及び事業評価

### 《成果》

小惑星探査機「はやぶさ」(MUSES-C)は、平成15年に打ち上げられ、平成22年までの間に、小惑星「イトカワ」の高精度観測、世界で初めての小惑星への着陸及び小惑星からの試料回収を実現した。これにより、「5つ」の重要技術の実証を達成した。また、「はやぶさ」の観測データにより、「イトカワ」の構造、「イトカワ」表面の二分性、「イトカワ」全球の主要元素組成分布等、惑星の形成過程等の解明に貢献する新たな知見が得られた。こうした成果は、米科学誌「サイエンス」の特集号などとして発表されている。さらに、「イトカワ」から採取したサンプルのキュレーション作業を現在進めており、その後の分析等により新たな知見が得られることが期待される。

また、「はやぶさ」プロジェクトチームの、英知を結集し、幾多のトラブルを克服する姿が、国民に夢と希望を与え、全国で開催される帰還カプセルなどの全国展示では、来場者数は、のべ50万人を突破するなど、社会的にも大きな反響を得ている。さらに、プロジェクトを通じ、協力国である豪州との首脳レベルの国際交流に貢献しており、平成22年12月には、APEC首脳会談の際には、首脳晩餐会会場入口で展示された。現在も、複数の映画会社で「はやぶさ」の映画化が進められるなど社会現象となっているといえる。

### 《事業評価》

平成21年度独立行政法人評価において、「平成21年度に実施すべき中期計画を超えて特に優れた実績を上げたもの」と考える。(S評価)」との評価を受けた。

## 6. 関係省庁との協力体制

- ・特になし。

## 7. 主な委託先とその分担

探査機システム・地上システムの開発取りまとめ・運用：日本電気  
 探査機の開発・設計・製作：NEC 東芝スペースシステム  
 回収カプセルの開発：IHI エアロスペース

## 月周回衛星「かぐや」(SELENE) 事業

0. 担当部署：文部科学省研究開発局 独立行政法人宇宙航空研究開発機構 (JAXA)  
事業開始年度：平成8年度

### 1. 事業目的

月周回衛星「かぐや」(SELENE) プロジェクトは、月科学及び月利用調査、基盤技術の開発と蓄積、宇宙開発や月探査の普及・啓発を目的としている。15種類の観測ミッション(ハイビジョンカメラを含む)を1年以上にわたり実施し、元素分布、鉱物分布、地形・表層構造、月周辺環境、重力分布、精細画像等に係るデータを取得し、米国のアポロ計画以来の本格的な月探査を実施したプロジェクトである。

### 2. 事業概要

SELENE プロジェクトは、平成7年に月周回衛星・着陸実験衛星として研究着手が了承され、平成10年に開発への移行が了承された。その後H-IIロケットをはじめとする一連の事故・不具合が発生し、JAXA プロジェクトについて、より確実な実施が求められ、平成12年にSELENEプロジェクトから月面着陸実験を分離し、月の周回観測に特化することとし、平成19年9月に打ち上げられた。

打上げ後、約1年間にわたる定常運用、約7ヶ月にわたる後期運用が実施され、平成21年6月11日に主衛星を月の表側に制御落下させ、ミッションが完了した。平成21年11月2日より観測データの一般公開を実施している。

本プロジェクトは、旧宇宙科学研究所 (ISAS) と旧宇宙開発事業団 (NASDA) の共同プロジェクトを引き継いだものであり、JAXA 設立後も、衛星システム及びプロジェクトマネジメントにおける確実さと信頼性を重視する NASDA 方式と、観測機器開発における研究者主体で最先端のミッションを目指す ISAS 方式の組合せが強化されており、一本化された指揮命令系統の下、一体的なプロジェクトの実施体制が適切に機能したものと評価されている。

### 3. 事業期間・総事業費(事業開始から事業終了(見込み)まで)

年度	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16
予算	0.3	1	11	37	64	54	39	41	40
年度	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23		合計
予算	48	105	92	13	8	5	2		558

注) 単位：億円。各年度の数値は四捨五入のため合計が合わない。

### 4. どのような計画や目標をたててやっているか? その計画や目標の達成度は?

技術開発ミッションと15種類の観測ミッション(ハイビジョンカメラを含む)での目標と達成状況を以下に示す。

#### (1) 技術開発ミッション

目標	達成状況
衛星を月周回軌道へ投入する。	ロケット分離後、軌道の誤差修正のための軌道制御、月との会合条件を合わせる周期調整、月と会合する軌道への投入を順次実施し、最終的に所期の目的である高度100km×100kmの円軌道に投入し、目的を達成した。
月周回中の3軸制御、熱制御及び追跡管制運用を実施する。観測のための衛星運用(3軸制御、熱制御、軌道制御など)が行われること。	初期運用から定常運用、後期運用に至る1年9ヶ月の間、観測のための衛星運用(3軸制御、熱制御、軌道制御など)を良好に実施し、定常運用期間までで観測機器が月の表面の95%以上の観測ができるように運用を行い、目的を達成した。

(2) 科学ミッション

目標	達成状況
<p>(元素分析)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・太陽からの X 線を受けて月面から放射される二次 X 線を観測し、月表面の Al、Si、Mg、Fe 等の元素分布を調べる。</li> <li>・月面から放射される <math>\gamma</math> 線を観測し、月表面の放射性元素(U、Th、K 等)分布を調べる。</li> </ul>	<p>・蛍光X線分光計(XRS)はCCDの放射線ダメージ及び太陽活動が静穏であったことによりデータ取得は限定的であったものの、ガンマ線分光計(GRS)により元素分布に関する所望のデータを後期運用の補完観測で完了した。なお、XRSで期待された数十 km 程度のスケールのクレータジェクタを対象とする地下物質の元素分布の抽出には制約を生じるが、マルチバンドイメージャ及びスペクトルプロファイラで観測できる鉱物分布を利用することが可能であり、目標を達成している。</p>
<p>(鉱物分布)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・月からの可視近赤外光を複数の波長で観測し、地質を調べる。</li> <li>・月面からの可視赤外光における連続スペクトルを観測し、地質中に含まれる鉱物の組成等を調べる。</li> </ul>	<p>マルチバンドイメージャ(MI)、スペクトルプロファイラ(SP)により、所期の観測を実施し、全球のMIの分光データおよびSPのスペクトルデータを取得し、目標を達成した。</p>
<p>(地形)</p> <p>高分解能(10m)カメラ2台のステレオ撮像により、標高を含む地形データを取得する。月面にレーザー光を放射し、その反射時間により、地形の起伏、高度を精密に測定する。</p>	<p>地形カメラ(TC)、レーザー高度計(LALT)により、所期の観測を実施し、全球の地形・高度データを取得し、全球の地図を作成し、目標を達成した。</p>
<p>(表層構造)</p> <p>月面に電波を放射し、その反射により月の表層構造(地下数 km 程度)を調べる。</p>	<p>月レーダサウンダー(LRS)のサウンダ観測によって全球の表層探査のデータを取得し、海の部分の表層構造を明らかにし、目標を達成した。</p>
<p>(磁場分布)</p> <p>月面および月周辺の磁気分布を観測する</p>	<p>月磁場観測装置(LMAG)による全球にわたる磁場の観測データおよびプラズマ観測装置(PACE)の電子反射計による月面からの反射電子の観測により全球磁気異常マップの作成に必要なデータを取得した。</p>
<p>(重力場分布)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・主衛星が月裏側を飛行中に地球局との4ウェイドップラ計測を行う。主衛星の軌道擾乱から月裏側の重力場データを取得する。</li> <li>・2機の子衛星に搭載する電波源に対し地球局から相対VLBI観測を行い、両衛星の軌道を精密に計測する。これにより月重力場を精密に観測する。</li> </ul>	<p>リレー衛星中継器(RSAT)の2way および4wayドップラ観測により初めて月全球の重力計測データを取得した。また相対 VLBI 用電波源(VRAD)の相対 VLBI 観測のデータも取得しており、高精度な重力場モデル作成に必要な観測データを取得した。</p>

目標	達成状況
(月周辺環境(電磁、宇宙線)の観測) ・月周辺における、宇宙線や太陽から放射される高エネルギー放射線、及び月面から放射される $\alpha$ 線を観測する。 ・月周辺の太陽風の電子とイオン及び月面からの反射電子と二次イオンを測定する。	粒子線計測器(CPS/PS)は、5つの検出器のうち2つが継続的に運用できなかったもののそれ以外の検出器の継続観測を優先させるとともに、磁力計(LMAG)による磁場計測、プラズマ観測装置(PACE)による電子、イオンの観測、月レーダーサウンダー(LRS)による自然電波観測、電波科学(RS)による電波科学観測、高エネルギー陽子・電子観測を実施した。これらにより、十分な月周辺環境の観測データを取得し、所期の目的を達成した。
(地球電磁気及び惑星電波の観測)	月レーダーサウンダー(LRS)の自然電波観測、プラズマイメージャ(UPI)の地球磁気圏の観測、プラズマ観測装置(PACE)の電子、イオンの観測により、プラズマ物理/惑星電波について十分なデータを取得した。
月面上の「地球の出」等のハイビジョン撮影を行う。	定常運用期間を通して、計画以上の地球の出、入り、月の映像を取得できた。後期運用で追加の映像取得を行い、超低高度映像の撮影を実施した。

## 5. 成果及び事業評価

### 《成果》

平成22年までの間に「かぐや」は、月全表面の鉱物分布や元素分布、磁場のこれまでにない高精度な観測や、世界で初めて月の裏側を含む重力の全球観測を行うなど、最高性能の月探査実施により、月の起源と進化に迫る新たな知見を獲得した。その成果は世界的にも認められ、平成22年2月に米科学誌「サイエンス」の特集号が組まれるなど大きな成果をもたらした。月探査においては日本が先導する原動力となっている。

また、科学的成果以外にも、月周回軌道への投入技術の確立、月の裏側での通信技術の確立などの技術的成果も上げるとともに、ハイビジョンカメラによる「満地球の出」の撮影や、Google Moon への地形データ提供等により、広報・教育等の観点からも成果も上げた。

### 《事業評価》

宇宙開発委員会の事後評価(平成21年6月26日)では、総合評価として「期待以上」と判定された。

平成21年度独立行政法人評価において、「平成21年度に実施すべき中期計画を超えて特に優れた実績を上げたもの」と考える。(S評価)」との評価を受けた。

## 6. 関係省庁との協力体制

SELENE で得られたデータを用いて JAXA は、国土地理院、国立天文台と共同開発で月面地図の作成を実施した。

## 7. 主な委託先とその分担

バス機器：日本電気、三菱電機、IHI エアロスペース

観測機器：明星電気、富士通、日本電気、住友重工業、日本飛行機

ハイビジョンカメラ：NHK

衛星管制運用：日本電気、富士通、SED、沖電気

データ解析：日本電気、新日鉄ソリューションズ、富士通、MSS、NTT データ CCS

## 小惑星探査機「はやぶさ2」事業

0. 担当部署：文部科学省研究開発局 JAXA  
事業開始年度：平成23年度

### 1. 事業目的

「太陽系の起源・進化の解明や生命の原材料物質を調べる」ために、

- C型小惑星の物質科学的特性を調べる。特に鉱物・水・有機物の相互作用を明らかにする。
- 小惑星の再集積過程・内部構造・地下物質の調査により、小惑星の形成過程を調べる。

「日本独自の深宇宙探査技術の確立」のために、

- 「はやぶさ」で試みた新しい技術について、ロバスト性、確実性、運用性を向上させ、技術として成熟させる。
- 衝突体を天体に衝突させる実証を行う。

### 2. 事業概要

はやぶさ2プロジェクトは、太陽系の謎の解明に迫るとともに、我が国独自の深宇宙探査技術の確立を目指し、「はやぶさ」の成果を踏まえ、イトカワと異なるタイプの小惑星（始原天体）の物質を地球に持ち帰るサンプルリターン計画である。

探査機の開発、地上設備整備等をJAXAインテグレート方式（JAXAがシステム全体を取りまとめる方式）で実施するとともに、ミッション機器開発については他大学と協力し進める。

### 3. 事業期間・総事業費（事業開始から事業終了（見込み）まで）

年度	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30
予算	0.3	30	73	100	82	3	3	3	3
年度	H31	H32	H33	合計					
予算	3	5	5	310					

注）単位：億円。各年度の数値は四捨五入のため合計が合わない。

### 4. どのような計画や目標をたててやっているのか？その計画や目標の達成度は？

目的	目標（ミニマム）	目標（フル）	目標（エクストラ）
理学目的1 C型小惑星の物質科学的特性を調べる。特に鉱物・水・有機物の相互作用を明らかにする。	小惑星近傍からの観測により、C型小惑星の表面物質に関する、新たな知見を得る。(※) 達成判断時期：探査機の対象天体到達1年後  (※)小惑星表面の分光データを10セット取得する。	採取試料の初期分析において、鉱物・水・有機物相互作用に関する新たな知見を得る。(※) 達成判断時期：試料回収カプセルの地球帰還1年後  (※)サンプルを100mg以上取得する。	天体スケールおよびミクロスケールの情報を統合し、地球・海・生命の材料物質に関する新たな科学的成果を上げる。 達成判断時期：試料回収カプセルの地球帰還1年後

<p>理学目的2 小惑星の再集積過程・内部構造・地下物質の直接探査により、小惑星の形成過程を調べる。</p>	<p>小惑星近傍からの観測により、小惑星の内部構造に関する知見を得る。(※) 達成判断時期: 探査機の対象天体到達1年後  (※)小惑星のバルク密度を±7%の精度で決定する。</p>	<p>衝突体の衝突により起こる現象の観測から、小惑星の内部構造・地下物質に関する新たな知見を得る。(※) 達成判断時期: 探査機の対象天体離脱時まで  (※)生成されたクレーターを中心として100m四方の画像データを空間分解能20cmで取得する。</p>	<p>衝突破壊・再集積過程に関する新たな知見をもとに小惑星形成過程について科学的成果を挙げる。 探査ロボットにより、小惑星の表層環境に関する新たな科学的成果を挙げる。 達成判断時期: 試料回収カプセルの地球帰還1年後</p>
<p>工学目的1 「はやぶさ」で試みた新しい技術について、ロバスト性、確実性、運用性を向上させ、技術として成熟させる。</p>	<p>イオンエンジンを用いた深宇宙推進にて、対象天体にランデブーする。 達成判断時期: 探査機の対象天体到達時</p>	<p>・探査ロボットを小惑星表面に降ろす。 ・小惑星表面サンプルを採取する。(※) ・再突入カプセルを地球上で回収する。 達成判断時期: 試料回収カプセルの地球帰還時 (※)サンプルを100mg以上取得する。</p>	<p>N/A</p>
<p>工学目的2 衝突体を天体に衝突させる実証を行う。</p>	<p>衝突体を対象天体に衝突させるシステムを構築し、小惑星に衝突させる。 達成判断時期: 生成クレーター確認時</p>	<p>特定した領域に衝突体を衝突させる。(※) 達成判断時期: 生成クレーター確認時 (※)衝突目標点から半径100mの範囲</p>	<p>衝突により、表面に露出した小惑星の地下物質のサンプルを採取する。 達成判断時期: 試料回収カプセルの地球帰還時</p>

平成26年度打上げ、平成30年度小惑星に到着を目標としている。

## 5. 成果及び事業評価

開発研究への移行に際し、宇宙開発委員会による評価を受けた。

平成22年宇宙開発委員会資料(委29-1-2)抜粋を以下に示す。

「(略) その結果得られるC型小惑星の表面データ、内部表面データ、それぞれのサンプルデータなどにより、太陽系と生命の原材料とその進化についての新たな知見が期待され、科学的意義は大きい。また、本プロジェクトは単なる「はやぶさ」の再履行ではなく、その経験を継承して、より確実に深宇宙探査を行える技術を確立するものであり、衝突体等新しい技術の挑戦も検討しており、技術的意義は大きい。さらに、世界をリードする人材を育成し、社会の「はやぶさ」で見られた強い関心に引き続き応え、日本のすばらしさを具現化し得るものであり、社会的意義も高い。

今回の事前評価では、はやぶさ2プロジェクトの目的、目標、開発方針について審議をおこなった。その結果、現段階までの計画は、具体的かつ的確であり、「開発研究」に移行する準備が整っていることを確認した。(略)」

## 6. 関係省庁との協力体制

- ・ 特になし。

## 7. 主な委託先とその分担

探査機システム・地上システムの開発取りまとめ・運用：日本電気  
探査機の開発・設計・製作：日本電気、MHI 長崎造船所、明星電気、  
IHI エアロスペース  
回収カプセルの開発：IHI エアロスペース

## 小型ソーラー電力セイル実証機（IKAROS）事業

0. 担当部署：文部科学省研究開発局 独立行政法人宇宙航空研究開発機構（JAXA）  
事業開始年度：平成21年度

### 1. 事業目的

将来の外惑星（木星圏）探査などの宇宙探査を格段に効率良く柔軟に実現するため、ソーラーセイル（超薄膜太陽帆）による航行（光子加速）やハイブリッド推進に向けた薄膜太陽電池での発電などの世界初・世界最先端の技術実証を目指す。

### 2. 事業概要

平成22年5月、金星探査機「あかつき」と共に、H-IIA ロケット17号機により打ち上げ、ソーラーセイルの展開、薄膜太陽電池による太陽光発電の実施、ソーラーセイルによる加速実証、ソーラーセイルによる軌道制御・航行技術の獲得を行った。

### 3. 事業期間・総事業費（事業開始から事業終了（見込み）まで）

年度	H21	H22	合計
予算	5	10	15

注) 単位：億円

注) 打上げ経費は「あかつき」に計上。平成23年度以降は、共通経費で運用を実施。

### 4. どのような計画や目標をたててやっているのか？その計画や目標の達成度は？

目標	達成状況
(1) 大型膜面の展開・展張	将来探査機と相似の機構を用いて、真空かつ無重量状態で差し渡し20mの大型膜面を展開・展張を実証した。 また、スピン展開・展張挙動は解析による事前予測と概ね一致することを確認し、飛行実証で得られたデータを解析モデルに反映した。
(2) 電力セイルによる発電	セイル上に搭載された薄膜太陽電池システムの発電を実証した。 また、惑星間環境における薄膜太陽電池システムの特性を地上試験での予測劣化曲線と比較し、特性を把握した。
(3) ソーラーセイルによる加速実証	膜面展開後、軌道決定（測距データ、距離変化率データ）により光子加速の効果を確認した。（推力は設計値とほぼ一致した。） また、得られた加速性能を評価し、目標天体までの軌道を設計する計算手法に反映した。
(4) ソーラーセイルによる航行技術の獲得	探査機の追跡を含む実運用に耐える軌道決定手法を確立し、実運用において有効性を確認した。 能動的なセイル姿勢状態制御により、軌道制御可能であることを確認した。また、金星相対の誘導を実施し、航法誘導技術を確認した。

### 5. 成果及び事業評価

《成果》

小型ソーラー電力セイル実証機（IKAROS）は、平成22年5月に打ち上げられ、約半年間で、（1）大型膜面の展開・展張、（2）電力セイルによる発電、（3）ソーラーセイルによる加速実証、（4）ソーラーセイルによる航行技術の獲得の4つの主ミッションを行い、いずれも世界で初めて成功した。

#### 《事業評価》

平成21年度独立行政法人評価において、「平成21年度に実施すべき中期計画を超えて特に優れた実績を上げたものとする。（S評価）」との評価を受けた。

#### 6、関係省庁との協力体制

- ・特になし。

#### 7、主な委託先とその分担

探査機の開発・設計・製作：日本電気

探査機の運用：富士通、日本電気

## 第 21 号科学衛星「あかり」事業

0. 担当部署: 文部科学省研究開発局 独立行政法人宇宙航空研究開発機構(JAXA)  
事業開始年度: 平成 9 年度

### 1. 事業目的

赤外線天文衛星「あかり」は、大気に遮られて地上からは観測できない赤外線で全天サーベイ観測し、百万個以上の天体を従来衛星の数倍から数十倍高い感度・解像度で検出して、銀河・星・惑星系の形成過程を探る。

### 2. 事業概要

赤外線領域全体にわたる高感度の観測を理想的な環境で行うため、液体ヘリウムを搭載して望遠鏡全体を極低温に冷却。2つの観測装置、近・中間赤外線カメラ、及び遠赤外線サーベイヤで全天サーベイと指向観測を実施。

衛星の開発は JAXA が中心となり、名古屋大学、東京大学、情報通信研究機構他の大学・研究機関の協力で実施した。データ受信と「赤外線天体カタログ」の作成は、欧州宇宙機構、欧州の 4 大学連合、韓国ソウル大学との国際協力で実施中。

### 3. 事業期間・総事業費(事業開始から事業終了(見込み)まで)

年度	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	合計
予算	6	17	10	39	19	20	37	10	56	214

注) 単位: 億円。平成 18 年度以降は、共通経費で運用を実施。

### 4. どのような計画や目標をたててやっているのか? その計画や目標の達成度は?

目標	達成状況
2ヶ月以上の観測で、遠赤外線サーベイヤによる1000平方度以上のサーベイ観測、または近・中間赤外線カメラで数100回の指向観測を実現	液体ヘリウム冷却による観測期間約16ヶ月を達成した。この間、遠赤外線サーベイヤによる、高感度、高空間分解能の全天サーベイを達成し、「赤外線天体カタログ」を作成した。また、液体ヘリウム冷却による観測期間中、約5000回の指向観測を行い、遠赤外線サーベイヤ、及び近・中間赤外線カメラによる撮像・分光観測を達成した。
1年以上の軌道寿命、液体ヘリウム冷却寿命の実現。遠赤外線での全天サーベイ観測、及び近赤外線～遠赤外線にわたる特定天域の多波長観測の実現	
以下のいずれかを実現 (1)遠赤外線での分光観測 (2)中間赤外線での全天サーベイ (3)液体ヘリウム消費後も冷凍機のみによる近赤外線観測の継続	(1)遠赤外線サーベイヤによる分光観測を達成した。 (2)近・中間赤外線カメラによる中間赤外線での全天サーベイを達成した。 (3)液体ヘリウム枯渇後も機械式冷凍機のみでの冷却で近・中間赤外線カメラを用いた近赤外線撮像/分光観測(指向観測)を継続し、平成 20 年度以降に 12,000 回以上の指向観測を実施した。

## 5. 成果及び事業評価

### <成果>

平成22年3月には約130万天体に及ぶ「赤外線天体カタログ」を世界の研究者に向けて公開し、今後の天文学の進展に大きく寄与する日本発のデータベースとなった。カタログへのネット経由のアクセス数は、平成23年5月初旬時点で23万回を越えている。

全天サーベイや指向観測データに基づく天文学的成果は、100億年前にさかのぼる宇宙の星形成史の解明、惑星原料である塵が終末期の星や超新星爆発により形成される過程の解明、核融合反応を起こせない小さな星の大気の解明、また太陽系の中の塵の分布の新しいモデルの確立、従来の2倍の数に上る小惑星のサイズや反射率データの提供、等々、多岐にわたる。それらの成果は、日本天文学会欧文報告誌や欧州の主要論文誌での計3回の「あかり」特集号を中心に発表されている。これら成果には、宇宙用機械式冷凍機や炭化ケイ素(SiC)ミラー望遠鏡の開発成功が大きく貢献している。

### <事業評価>

独立行政法人の業務実績評価では、平成19年度業務実績評価において「特に優れた実績をあげたものと考えられる」(S評価)との評価を受けた。

## 6. 関係省庁との協力体制

総務省所管の独立行政法人情報通信研究機構の協力を得て、衛星の開発を行った

## 7. 主な委託先とその分担

衛星システム・バス担当: 日本電気、三菱重工業、他

ミッション機器担当: 住友重機械工業、ニコン、明星電気、他

地上システム担当: 日本電気、富士通、他

## 第 22 号科学衛星「ひので」事業

0. 担当部署: 文部科学省研究開発局 独立行政法人宇宙航空研究開発機構 (JAXA)  
事業開始年度: 平成 12 年度

### 1. 事業目的

太陽観測衛星「ひので」は、世界に開かれた軌道上太陽天文台として、太陽表面や太陽コロナで起こるさまざまな爆発現象や加熱現象を観測する。太陽大気中で発生する磁気エネルギーの変動現象を捉え、太陽の外層大気であるコロナの成因、および光球での磁場構造の変動とコロナでのダイナミックな現象の関係などの宇宙プラズマ物理学の基本的諸問題を解明する。

### 2. 事業概要

観測波長の異なる 3 つの望遠鏡を搭載し、可視光磁場望遠鏡による世界初の三次元磁場計測、高分解能 X 線望遠鏡によるコロナ構造の観測、コロナの運動を解き明かす極端紫外線撮像分光の観測を実施する。

衛星の開発は国際協力を実施。JAXA が衛星システム及び可視光望遠鏡の本体部分の製作を国立天文台の協力を得て行い、米航空宇宙局 NASA、英素粒子天体物理学研究評議会 PPARC (現・科学技術施設会議 STFC) が 3 望遠鏡の製作を分担した。衛星運用及び観測データ処理・解析では、国立天文台、情報通信研究機構他の関係機関の協力を得て国内大学研究者の統合科学チームを組織して行う他、開発参加した米英研究機関に加えて欧州宇宙機関 (ESA) も地上局を提供して参加している。

### 3. 事業期間・総事業費(事業開始から事業終了(見込み)まで)

年度	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	合計
予算	9	12	19	22	23	61	58	203

注) 単位: 億円。各年度の数値は四捨五入のため合計が合わない。平成 19 年度以降は、共通経費で運用を実施。

### 4. どのような計画や目標をたててやっているのか? その計画や目標の達成度は?

目標	達成状況
3つの搭載観測装置の同時観測で太陽物理学研究に大きなインパクトを与える観測・研究成果を得る。	太陽黒点の3次元的な磁場・速度場構造等を明らかにするなど、太陽物理学研究において大きな成果を得た。
以下の衛星性能、搭載観測装置性能を達成する。 ・衛星が所期の観測条件をフルに満足し、3年間の主ミッション期間中(日陰期間中を除く)、継続的な観測を実施すること ・観測装置に関して、3つの望遠鏡全てで所期の性能を達成すること —可視光・磁場望遠鏡が回折限界分解能を達成し、ベクトル磁場の鮮明な画像を生み出すこと —X線望遠鏡が視野中心で空間分解能1秒角を達成すること —極端紫外線(EUV)撮像分光装置が全波長域で空間分解能2秒角、波長分解能4000を達成する	平成 18 年 9 月の打上げ以降、搭載された3つの観測器は全て所定の機能・性能を達成しており、現在も観測運用を継続している。

こと	
3年間の主ミッション期間を超えて、太陽物理学研究にインパクトを与える観測を継続し、新たな研究成果を生み出しつづける。	平成 18 年 9 月の打上げ以降、現在まで観測運用を継続しており、太陽極域にパッチ状に分布する強磁場の存在を発見するなど新たな成果を生み出している。

## 5. 成果及び事業評価

### <成果>

3つの望遠鏡は、得られた観測画像から、今までに実現されなかった優れた性能を持つことが実証され、太陽大気で起きる様々な物理現象を理解する上で重要な新しい科学的成果(アルヴェーン波検出、彩層や光球のダイナミクス、太陽風の流源特定、黒点や静穏領域での微細な磁場構造等)を挙げている。これらは、米国科学誌「サイエンス」、「日本天文学会欧文論文誌」、欧州天文専門誌「Astronomy & Astrophysics」にて特集号が組まれるなど大きな注目を浴びた。

### <事業評価>

独立行政法人の業務実績評価では、平成 19 年度業務実績評価において「特に優れた実績を上げたものと考えられる」(S 評価)との評価を受けた。

## 6. 関係省庁との協力体制

総務省所管の独立行政法人情報通信研究機構の協力を得て、衛星運用及び観測データ処理・解析を行っている。

## 7. 主な委託先とその分担

衛星システム・バス機器担当：三菱電機

ミッション機器分担：三菱電機

地上システム担当：日本電気、富士通、他

## 小型高機能科学衛星「れいめい」(INDEX) 事業

0. 担当部署：文部科学省研究開発局 独立行政法人宇宙航空研究開発機構 (JAXA)  
事業開始年度：平成12年度

### 1. 事業目的

小型高機能科学衛星「れいめい」は、小型衛星による中精度3軸姿勢制御等の先進技術の投入、撮像と粒子の同時観測などのオーロラ観測により、先進技術を盛り込んだ小型衛星の開発・運用ノウハウの取得と、小規模・高頻度の科学ミッションの経験を積むことを目的とする。

### 2. 事業概要

工学ミッションと理学ミッションの2つに区分される。工学ミッションとしては、次世代衛星技術の軌道上実証、具体的には高速プロセッサによる制御、超小型GPS受信機、フレキシブル可変放射素子、反射型太陽集光パドル、リチウムイオン電池などの先進的な技術を盛り込んだ機器の軌道上実証を実施する。理学ミッションとしては、オーロラの微細構造の観測、オーロラの撮像と粒子の同時観測を実施する。また、インハウス技術の保持のためにJAXA宇宙科学研究所の職員が製作及び運用現場に直接手を触れる機会を作るなど、若手技術者・科学者の育成についても配慮している。

### 3. 事業期間・総事業費(事業開始から事業終了(見込み)まで)

年度	H12	H13	H14	H15	H16	H17	合計
予算	1.5	0.5	1.2	0.4	0.4	1.0	5.1

注) 単位：億円。各年度の数値は四捨五入のため合計が合わない。平成18年度以降は、共通経費で運用を実施。

### 4. どのような計画や目標をたててやっているのか？その計画や目標の達成度は？

計画・目標	達成状況
工学ミッション	平成17年8月24日、ドニエプル・ロケットによりカザフスタンのバイコヌール宇宙基地からピギーバック衛星として打ち上げられた。衛星搭載の先進的機器は、すべて正常に機能し、先進技術の軌道上での実証という工学的ミッションを達成することができた。
理学ミッション	オーロラカメラによる3チャンネル同時動画取得、電子/イオン分析器によるオーロラ観測を内容とする理学ミッションを成功させた。

### 5. 成果及び事業評価

#### 〈成果〉

工学ミッションでは、誤差0.05度以下の精度という70kg級の小型衛星としては卓越した三軸制御能力を実証した。また、車載用GPS受信機を宇宙用にソフトウェア改修した宇宙用GPS受信機を実証し、ベンチャー企業より国内海外販売を開始するなどの成果を得た。

理学ミッションでは、オーロラ微細構造をオーロラカメラで高速撮像するとともに、オー

ロラ発光現象を引き起こす電子やイオンを高時間分解能で観測することにより、華々しく活動するオーロラ発光現象の成因に迫る知見を得た。

〈事業評価〉

平成21年度独立行政法人評価において、「平成21年度に実施すべき中期計画についても達成したものと考えられる。(A評価)」との評価を受けた。

#### 6、関係省庁との協力体制

- ・特になし。

#### 7、主な委託先とその分担

衛星バス：アドニクス、エーディー、三菱重工業等

工学ミッション機器：日本無線等

理学ミッション機器：浜松ホトニクス等

## 第 23 号科学衛星「すざく」事業

0. 担当部署: 文部科学省研究開発局 独立行政法人宇宙航空研究開発機構 (JAXA)  
事業開始年度: 平成 13 年度

### 1. 事業目的

X線天文衛星「すざく」は、様々なX線天体について、従来の衛星に比べ広いエネルギー領域とより高いエネルギー分解能かつ高感度で観測することで、宇宙の構造と進化の解明(宇宙最大の規模を持つ銀河団が衝突・合体した時のガス運動の挙動、ブラックホール直近領域の探査等)に挑む。

### 2. 事業概要

宇宙からやって来る X 線は、地球大気により吸収・散乱されるので、大気圏外での観測が必要である。「すざく」は平成 17 年 7 月に打ち上げられた日本で 5 番目の X 線天文衛星で、4 種類の観測装置を組み合わせて、従来よりも高精度の測定を行う。

観測装置の開発は日米国際協力を実施。望遠鏡(XRT)は、米航空宇宙局(NASA)・名古屋大・首都大学東京・JAXA、微少熱量計(XRS)は JAXA・NASA・首都大学東京、CCD カメラ(XIS)は京都大学・大阪大学・JAXA・マサチューセッツ工科大学(MIT)・立教大学・愛媛大学、硬 X 線検出器(HXD)は東京大学・JAXA・広島大学・埼玉大学・金沢大学、青山学院大学がそれぞれ開発。運用とデータ処理などを含めると、全国 21 の大学・研究機関と米研究機関の研究者が総力を結集して実施している。

### 3. 事業期間・総事業費(事業開始から事業終了(見込み)まで)

年度	H13	H14	H15	H16	合計
予算	26	27	57	50	160

注) 単位: 億円。平成 17 年度以降は、共通経費で運用を実施。

### 4. どのような計画や目標をたててやっているのか? その計画や目標の達成度は?

目標	達成状況
<ul style="list-style-type: none"> <li>・3種類の観測装置を用いた観測により、X線天文学研究に大きなインパクトのある研究成果を得る。</li> <li>・以下の観測を2年間以上行う。               <ul style="list-style-type: none"> <li>－XRT-IとXISを組み合わせたシステムにより、X線撮像を行い、同時にX線エネルギー分解能の半値幅として、6 keVのX線に対して約150 eV以下を達成すること。</li> <li>－XRT-SとXRSを組み合わせたシステムによるX線観測を行い、X線エネルギー分解能の半値幅として、6 keVのX線に対して約10 eV以下を達成すること。</li> <li>－硬X線検出器(HXD)により硬X線観測を行い、15-50 keV、50-200 keVのエネルギーバンドで、それぞれ“かに星雲”からのX線の約1/1000、約1/50の強度のX線を検出する感度を達成すること。</li> </ul> </li> </ul>	<p>打上げから約1か月後にXRSは不具合により観測機能を喪失したが、その他の機器は所定の機能・性能を達成し、現在も観測運用を継続している。</p> <p>40keVまでの高エネルギーX線を含む広帯域X線スペクトル観測等をもとに、銀河宇宙線の起源が超新星残骸であることを確実にする(英国科学誌「ネイチャー」掲載)など、X線天文学研究にて大きな成果を得た。</p>

<p>上記を満たす最低2年の観測運用を行った後、さらに長期の観測運用を継続し、新しい天体や、新しい現象の発見を行う。</p>	<p>現在も世界に開かれた X 線軌道天文台として観測運用を継続しており、銀河団外縁部に至る X 線スペクトルを世界で初めて測定する(米国科学誌「サイエンス」掲載)等、新たな成果を継続して生み出している。</p>
----------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## 5. 成果及び事業評価

### <成果>

広いエネルギー帯域での世界最高レベルの感度とエネルギー分解能などの優れた観測能力を実証し、順調に宇宙の構造形成等に係る科学的成果をあげている。平成 19 年には、米国 Thomson Scientific 社調査によりすざく衛星論文が世界の Space Science 分野で最も引用された論文に認定された。これらは、X 線天文研究に与えたすざく衛星のインパクトの大きさを示している。

### <事業評価>

独立行政法人の業務実績評価では、平成 19 年度業務実績評価において「特に優れた実績をあげたものと考えられる」(S 評価)との評価を受けた。

## 6. 関係省庁との協力体制

特になし。

## 7. 主な委託先とその分担

衛星システム・バス機器担当: 日本電気

ミッション機器担当: 日本電気、三菱重工業、日本飛行機、明星電気、住友重機械工業

地上システム担当: 日本電気、富士通、他

## 第 24 号科学衛星「あかつき」事業

0. 担当部署: 文部科学省研究開発局 独立行政法人宇宙航空研究開発機構 (JAXA)  
事業開始年度: 平成 14 年度

### 1. 事業目的

金星探査機「あかつき」は、惑星を取り巻く大気の運動のしくみを本格的に調べる世界初のミッションとして、金星の雲の下に隠された気象現象を、新開発の赤外線観測装置等を用いて周回軌道から精密観測する。これにより、従来の気象学では説明できない金星の大気力学(惑星規模の高速風など)のメカニズムを解明し、惑星における気象現象の包括的な理解を得る。

### 2. 事業概要

観測装置として 5 台のカメラを搭載し、波長によって光が発せられる金星大気高度や放射メカニズムが異なることを利用して、金星大気を立体的に可視化する。これらのデータを組み合わせて大気超回転(スーパーローテーション)加速の仕組みの解明に挑む。

衛星の開発は JAXA が中心となり、観測装置開発は東京大学、北海道大学、東北大学、他の大学・研究機関の協力で実施した。

### 3. 事業期間・総事業費(事業開始から事業終了(見込み)まで)

年度	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	合計
予算	1	1	5	6	19	20	42	61	97	252

注) 単位: 億円。平成 23 年度以降は、共通経費で運用を実施。

### 4. どのような計画や目標をたててやっているのか? その計画や目標の達成度は?

目標	達成状況
雲が東西方向に1周する1週間にわたって、金星周回軌道上からいずれかのカメラによって画像を連続的(数時間毎)に取得し、全球的な雲の構造を捉える。	平成22年12月に金星周回軌道投入に失敗し、現在は太陽周回軌道を飛行中。現在は失敗原因究明並びに対策に必要な技術的事項について調査するとともに、金星周回軌道への再投入に向けた検討を実施している。よって、現時点で左記の目標は達成していない。
雲領域の大気構造が変動する時間スケールである2年間にわたり以下の全ての観測を行う。 ・1μmカメラ、2μmカメラ、紫外イメージャ、中間赤外カメラによって金星の画像を連続的(数時間毎)に取得し、三次元的な大気運動を明らかにする。 ・金星で雷放電存在の有無把握のために雷・大気光カメラを用いた観測を行う。 ・電波科学により金星大気の温度構造を観測する。	
以下のいずれかを達成する。 ・太陽活動度の変化に伴う大気構造の変化を捉えるため、4地球年を超えて金星周回観測を行う。 ・1μmカメラにより金星の地表面物性あるいは火山活動に関するデータを得る。 ・2μmカメラにより地球軌道より内側での黄道光の分布を観測する。	金星周回軌道投入前の太陽周回軌道上で、黄道光の分布を観測した。

## 5. 成果及び事業評価

### <成果>

平成22年5月に打上げを行い、同年12月に金星周回軌道への投入運用を実施したが、投入成功には至っていない。投入直後に金星から約60万kmの距離において世界で初めて3つの波長（近赤外、中間赤外、紫外線領域）での金星大気同時撮像を実施し、データを取得するとともに、観測機器の健全性を確認した。

### <事業評価>

独立行政法人の業務実績評価では、平成21年度業務実績評価において、他の開発中の科学衛星とともに「計画通りに開発が進んでいる」(A評価)との評価を受けた。

## 6. 関係省庁との協力体制

特になし。

## 7. 主な委託先とその分担

衛星システム・バス担当: 日本電気(システム)、三菱重工業(推進系)、他  
地上システム担当: 日本電気、富士通、他

## 第 25 号科学衛星「ASTRO-G」事業

0. 担当部署：文部科学省研究開発局 宇宙航空研究開発機構（JAXA）

事業開始年度：平成 19 年度

### 1. 事業目的

電波天文衛星「ASTRO-G」は、地上の電波望遠鏡群と協力して、口径約 35,000km 相当の電波干渉計を構成（スペース VLBI）することで達成し得る人類史上最高の空間分解能によって電波天文観測を行う。これにより、これまで見ることができていなかったブラックホールに肉迫した領域やジェットを超根元を直接撮像観測し、ブラックホール極近傍の構造やジェット発生メカニズムの解明等を目指す。

### 2. 事業概要

ASTRO-G プロジェクトは JAXA と国立天文台（NAOJ）の共同プロジェクトであり、電波天文観測衛星「はるか」（平成 9 年-平成 17 年）によって培われた、世界において我が国だけが実現しているスペース VLBI 技術を継承・発展させるものである。電波領域における最高の空間分解能を実現し、得られた観測データを利用した天文学研究を行うとともに国内外の天文学者へデータ提供を行う。

スペース VLBI 観測の実現には国内外機関の参加・協力が不可欠であり、全国の大学・研究機関をはじめ、米国・欧州・豪州・韓国・中国・南アフリカ・ロシア等の海外研究機関・天文台の参加を得て実施する。

### 3. 事業期間・総事業費（事業開始から事業終了（見込み）まで）

年度	H19	H20	H21	H22	合計
予算	6	6	8	0	20

注) 単位:億円。

### 4. どのような計画や目標をたててやっているのか？その計画や目標の達成度は？

目標	達成状況
平成 24 年度に衛星を打ち上げる。目標寿命 3 年。	・平成 17 年度 基礎研究開始 ・平成 19 年度 開発研究フェーズ移行 ・平成 20 年度 開発フェーズ移行 (現在プロジェクト中断中)

### 5. 成果及び事業評価

開発フェーズにおいて、大型展開アンテナ（高精度 9m 展開アンテナ）に関する克服すべき技術課題等が顕在化し、技術課題検討及び開発計画の再評価をふまえた ASTRO-G 計画に対する最終判断に向けて作業を進めている。

### 6. 関係省庁との協力体制

特になし

### 7. 主な委託先とその分担

衛星システム：日本電気、三菱重工業 他

ミッション機器：日本電気、住友重機械工業、住友電工、三菱特機 他

## BepiColombo 総合プロジェクト事業

0. 担当部署: 文部科学省研究開発局 独立行政法人宇宙航空研究開発機構(JAXA)

事業開始年度: 平成 15 年度

### 1. 事業目的

国際共同水星探査計画「BepiColombo」は、欧州宇宙機関(ESA)との国際協力により、謎に満ちた水星の内部・表層・大気・磁気圏にわたる総合的観測を行って、「惑星の磁場・磁気圏の普遍性と特異性」と「地球型惑星の起源と進化」を解明することで、水星の現在と過去を明らかにするミッションである。

### 2. 事業概要

全体構成は、2つの探査機「水星磁気圏探査機(MMO)」と「水星表面探査機(MPO)」からなる。日本は、得意分野である磁場・磁気圏の観測を主目標とする MMO 探査機の開発と水星周回軌道における運用を担当し、ESA が、打ち上げから惑星間空間の巡航、水星周回軌道への投入、MPO の開発と運用を担当する。両探査機は一体で 1 機のロケットで打ち上げられ、水星到着後に分離し、互いに協力して約 1 年間の観測活動を行う。

搭載観測機器は国際公募により日欧より世界トップクラスの性能を持つ物が 5 つ選ばれている。この内の 4 つは日本人が主任研究者(東北大学 1 名、東京大学 1 名、JAXA2 名)を務め、他の 1 つは欧州(オーストリア)が務めているが、開発は国内外の研究者の協力の下に開発が行われている。国内では 20 を超える大学・研究機関に所属する研究者が BepiColombo 計画に参加しており、日欧合わせて 200 名近い研究者が開発段階から参画している。MMO 衛星の運用は平成 32 年の水星周回軌道投入後、ESA 側モジュールから切り離された後から単独運用が開始される。運用の形態は従来の科学衛星と同様に搭載観測機器の関係者が主体となって相模原から行われる予定である。

### 3. 事業期間・総事業費(事業開始から事業終了(見込み)まで)

年度	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	合計
予算	1	2	7	7	7	20	20	18	30	36	3	2	153

注) 単位: 億円。打上げは ESA が担当であるため、打上げ経費は含まない。平成 27 年度以降は共通経費で運用を実施。

### 4. どのような計画や目標をたててやっているのか? その計画や目標の達成度は?

計画・目標	達成状況
平成 26 年度に衛星を打ち上げる。水星到着後、ミッション期間 1 年、設計目標期間 2 年の観測運用を行う。	平成 15 年度に基礎開発研究を開始、平成 16 年度は、観測装置の国際公募による決定と関連した必要なシステム検討を実施。 平成 17-20 年度には衛星システム検討、サブシステム設計・試作、観測装置の設計・試作、熱構造モデル・EM モデルの製作・試験を実施。 平成 21 年度に EM モデル試験を完了し衛星のフライトモデルの製作に着手した。 現在は、平成 24 年度末～25 年度始めの ESA への MMO 衛星引渡しを目指し、フライトモデルの製作を順調に実施中。

## 5. 成果及び事業評価

### <成果>

MMO の熱試験モデルを用いた熱真空試験を実施するなど順調に設計作業が進んでおり、詳細設計審査が完了した機器から順次フライトモデル製作に着手している。また、水星探査に必要な高温高太陽光環境への耐性設計作業を通じて、精度の高い探査機の熱数学モデルを作ることが可能となり、これは今後の科学・実用衛星の熱設計等にも貢献することが期待できる。

### <事業評価>

総合科学技術会議(CSTP)による平成 23 年度概算要求における優先度判定で、「極めて高い意義がある」「積極的に実施すべき」との判定を受けた。

独立行政法人の業務実績評価では、平成 21 年度業務実績評価において、他の開発中の科学衛星とともに「計画通りに開発が進んでいる」(A 評価)との評価を受けた。

## 6. 関係省庁との協力体制

特になし。

## 7. 主な委託先とその分担

衛星システム・バス機器担当: 日本電気(システム)、三菱重工業、日本飛行機、他

ミッション機器担当: 三菱重工業、明星電気、住友重工業、日本飛行機、他

地上システム担当: 日本電気、富士通、他

## 小型科学衛星シリーズ事業

0. 担当部署: 文部科学省研究開発局 独立行政法人宇宙航空研究開発機構(JAXA)  
事業開始年度: 平成 20 年度

### 1. 事業目的

小型科学衛星シリーズは、(1) 従来の中型科学衛星の補完的な位置づけとして、特徴ある宇宙科学ミッションを迅速かつ高い頻度で実現する、(2) 宇宙科学コミュニティが提案するミッションの多様性を吸収しつつ、低コスト・短期での小型衛星開発を実現する、(3) イプシロンロケットと対になる形で、タイムリーな宇宙科学観測・実験の機会を整備する、ことを目的としている。

### 2. 事業概要

高頻度・低コストの実現とともに宇宙科学コミュニティからの多様なミッション要求を包含するために、単一仕様の標準バスではなく、衛星仕様のカタログ化を進めたセミオーダーメイド型バスを開発する。

小型科学衛星のミッション選定にあたっては、宇宙科学コミュニティから宇宙理学委員会または宇宙工学委員会にミッション提案が行われた後、JAXA 内外の委員から構成される「小型科学衛星専門委員会」での評価・選定作業を経て、JAXA にて最終的な選定を行う。

### 3. 事業期間・総事業費(事業開始から事業終了(見込み)まで)

年度	H20	H21	H22	H23	H24	H25	合計
予算	0.3	2	4	5	34	3	48

注) 単位: 億円。

注) 小型科学衛星 1 号機のみ記載(打上げ経費は含まない)。

### 4. どのような計画や目標をたててやっているのか? その計画や目標の達成度は?

計画・目標	達成状況
約 5 年間に 3 機程度の小型科学衛星を打ち上げる。	極端紫外光(EUV)による金星、火星、木星の観測を行う小型科学衛星 1 号機を平成 25 年度の打上げに向けて開発中。また、後続号機のミッション候補選定を目指し約 10 テーマが活動中。
シリーズ化衛星を低コストで短期間に打ち上げることのできるセミオーダーメイド型バスの技術を習得する。	開発中の小型科学衛星 1 号機は、詳細設計審査が完了した部分から順次フライトモデルの製作を開始している。

### 5. 成果及び事業評価

#### <成果指標>

標準小型衛星バスをシリーズ化することで、後続号機は衛星バスの設計・試作試験を省略して低コスト・短期開発を実現するとともに、同一設計の利用による開発リスク低減により高信頼性・汎用性を高める。将来的な世界的標準バスへの展開も期待される。

#### <事業評価>

独立行政法人の業務実績評価では、平成 21 年度業務実績評価において、他の開発中の科学衛星とともに「計画通りに開発が進んでいる」(A 評価)との評価を受けた。

6. 関係省庁との協力体制

特になし。

7. 主な委託先とその分担

標準バス: 日本電気

1号機ミッション部: 住友重機械工業

## 第 26 号科学衛星「ASTRO-H」事業

0. 担当部署: 文部科学省研究開発局 独立行政法人宇宙航空研究開発機構 (JAXA)  
事業開始年度: 平成 21 年度

### 1. 事業目的

X 線天文衛星「ASTRO-H」は、X 線超精密分光と硬 X 線撮像分光とによる広帯域・高感度観測を実現するミッションで、現代宇宙物理の基本的な課題である宇宙の構造と進化にかかる数々の謎の解明に挑む。特に、巨大ブラックホールの進化と銀河形成に果たす役割、ブラックホール極近傍での相対論的時空の構造、重力や衝突・爆発のエネルギーが宇宙線を生み出す過程、ダークマターと暗黒エネルギーが宇宙の構造形成に果たした役割の解明を行う。

### 2. 事業概要

我が国が世界をリードしてきた X 線天文学の分野における国際的ミッション。世界に公開される観測装置として、機能面で諸外国が計画する小規模衛星計画を大きく上回り、平成 32 年以降の国際大型計画に向けた重要な先駆的研究として世界をリードする内容をもつ。

衛星の開発は日本が国際協力チームをリードして行っている。日本側は全体取りまとめ、衛星システム・バス機器と、硬 X 線望遠鏡 (HXT)、硬 X 線撮像検出器 (HXI)、軟 X 線撮像検出器 (SXI)、軟ガンマ線検出器 (SGD) の開発を担当する。米航空宇宙局 (NASA) 側は、超高分解能軟 X 線分光システム (SXS) と軟 X 線望遠鏡 (SXT) の開発を日本と共同で行うとともに、地上データ処理の一部を担当する。開発を支える体制は、約 20 の大学等研究機関から 200 名を超える研究者が衛星開発・運用・データ解析に参加。米国および欧州の 12 の研究機関の研究者により、サイエンスワーキンググループ、テクニカルレビューチームを組織。

### 3. 事業期間・総事業費(事業開始から事業終了(見込み)まで)

年度	H21	H22	H23	H24	H25	合計
予算	0.3	1	30	166	86	284

注) 単位: 億円。各年度の数値は四捨五入のため合計が合わない。平成 26 年度以降は共通経費で運用を実施。

### 4. どのような計画や目標をたててやっているのか? その計画や目標の達成度は?

開発・運用方針	達成状況
平成 25 年度に衛星を打ち上げる。ミッション期間 3 年以上。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・平成 17~19 年度 基礎開発研究を実施</li> <li>・平成 20 年度は衛星バス及び観測機器の研究を学術研究で実施、同年 9 月にプロジェクト移行。</li> <li>・平成 21 年度から衛星の設計・検討に着手</li> <li>・平成 21-24 年度 衛星試作</li> <li>・平成 23-25 年度 衛星製作</li> <li>・平成 24-25 年度 総合試験</li> <li>・平成 25 年度 打上げ</li> </ul> <p>平成 25 年度の打上げに向け、詳細設計フェーズの作業を進めている。NASA との共同開発については、双方の作業スケジュールの整合に留意しつつ進めている。</p>

## 5. 成果及び事業評価

### <成果>

JAXA/NASA ともに詳細設計に移行し、順調に開発を進めている。また、カナダや ESA からの協力も成立し、硬 X 線望遠鏡アライメントモニターや搭載装置素材等のハードウェアに対する貢献を得ることになるなど、我が国主導のもとで国際協力・連携が進展している。

### <事業評価>

日本学術会議のマスタープランにもとづいた科学技術・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「学術研究の大型プロジェクトの推進について(審議のまとめ)ー学術研究の大型プロジェクトの推進に関する基本構想「ロードマップ」の策定-」(平成 22 年 10 月 27 日)で aa の評価を受けた。

総合科学技術会議の平成 23 年度概算要求における科学技術関係施策の優先度判定で「優先して実施すべき」との判定を受けた。

独立行政法人の業務実績評価では、平成 21 年度業務実績評価において、他の開発中の科学衛星とともに「計画通りに開発が進んでいる」(A 評価)との評価を受けた。

## 6. 関係省庁との協力体制

特になし。

## 7. 主な委託先とその分担

衛星システム・バス機器担当: 日本電気

冷却システム: 住友重機

光学ベンチ: 日本飛行機

ミッション機器担当: 三菱重工業

(大学共同利用システムのプロジェクトとして各大学が開発に参加)

地上システム担当: 日本電気、富士通、他

## 日本実験棟「きぼう」(JEM) および宇宙ステーション補給機「こうのとり」(HTV)の開発・運用・利用事業

0. 担当部署：文部科学省研究開発局 独立行政法人宇宙航空研究開発機構(JAXA)  
事業開始年度：昭和 62 年度

### 1. 事業目的（何のための事業か？）

有人宇宙技術の蓄積、長時間の微小重力、高真空といった特殊な宇宙環境を利用した科学実験及び地球や宇宙の常時観測等による新たな科学的知見の獲得や実験成果の国民生活・社会課題解決への貢献、宇宙関連産業振興、青少年の教育・啓発、国際協力等の多様な成果を得ることを目的として、宇宙活動の基盤的施設となる国際宇宙ステーション（ISS）計画へ参加している。我が国は、「きぼう」の開発・運用、「こうのとり」による物資補給等を、安全かつ低コストの運用体制の確立を目指し、実施している。

また、ISS が人類共有の財産であり、我が国においても広い層の国民が間接的にその活動に参加できるという意識を持てるように努め、「きぼう」を始めとする諸要素が企業、研究者、文化人等に幅広く利用されるよう、利用体制等の環境整備を強化する。

### 2. 事業概要（誰・何を対象に、どのような方法で、誰がやっているのか？）

国際宇宙基地協力協定に基づき、国の責務を遂行するため、「きぼう」の運用・利用、「こうのとり」による物資補給を確実に実施している。

ISS 計画における日本の提供要素であり、我が国初の有人宇宙施設でもある「きぼう」については、平成 20 年 3 月より 3 回に分けてスペースシャトルにて打ち上げられ、平成 21 年 7 月に完成し、本格的な利用段階に入ったところである。また、「こうのとり」については、平成 21 年 9 月に 1 号機（技術実証機）、平成 23 年 1 月には 2 号機が H-IIB ロケットにより打ち上げられ、ISS への物資補給ミッションに成功し、継続的な物資補給が開始された。また、日本人宇宙飛行士については、若田宇宙飛行士及び野口宇宙飛行士が、それぞれ約 4 ヶ月半（平成 21 年 3 月から）及び約 5 ヶ月半（平成 21 年 12 月から）の長期滞在を実施しており、日本人宇宙飛行士が継続的に宇宙滞在を実施している。

### 3. 事業期間・総事業費（事業開始から事業終了（見込み）まで）

年度	S. 62~H. 18	H. 19	H. 20	H. 21	H. 22	H. 23	H. 24 以降	合計
予算	5,526	368	384	402	456*	348	調整中	7,484 億円

※平成 22 年度補正予算（平成 23 年度予算の前倒し分）を含む。

### 4. どのような計画や目標をたててやっているのか？その計画や目標の達成度は？

目標	達成状況
① 宇宙科学の発展及び地球観測の推進への寄与	(a) 軌道上の恒久的観測所として、天体・宇宙観測を開始した。 ・ 宇宙の進化の解明に寄与する、全天 X 線監視装置 (MAXI) ・ 衛星障害等の原因究明に寄与する、宇宙環境計測ミッション装置 (SEDA-AP)  (b) 「きぼう」船外実験プラットフォームに、地球観測センサを搭載し、環境保全、防災等に資する地球観測を実施した。 ・ 超伝導サブミリ波リム放射サウンダ (SMILES)
② 宇宙環境利用の実用化の促進	(a) 「きぼう」の完成により、宇宙環境利用のための実験環境を整備した。 (b) 科学的知見の獲得（流体科学、材料科学、生命科学） (c) 高品質タンパク質結晶生成実験の成果を活用し、地上での創薬等において成果が出始めているところ。
③ 宇宙科学技術の高度化及びこれに伴う科学技術一般の振興	(a) 「きぼう」、「こうのとり」の開発を通じて、大型システム統合技術、安全評価管理技術、有人運用技術、搭乗員関連技術等の有人宇宙活動に関する基盤技術を獲得し、運用継続により更なる技術を獲得し、高度化を計画。

④ 国際社会への貢献	(a) 「きぼう」の完成、「こうのとりの成功などにより日本の技術力を実証し、国際的にその貢献を高く評価されている。なお、日本人宇宙飛行士の活躍も高く評価されている。 (b) 25年間にわたる国際的な技術調整及び交渉等の共同作業を通じて、国際社会における人脈と友好・信頼関係を構築。
------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## 5. 成果及び事業評価（成果指標、その評価体制と実際の評価、評価の結果見直しをしたことがあればその内容）

### <成果>

- 「きぼう」は、約四半世紀をかけた開発を経て、スペースシャトルにより平成20年3月から平成21年7月まで3回に分けて打上げられて完成した。基本性能（気密性、静音性等）や不具合発生件数の低さ（米欧実験棟の約6割程度）等、他のモジュールと比較しても高い性能を発揮している。
- 「きぼう」での実験利用は平成20年8月から開始され、重力に隠された物理・化学現象の仕組み解明に資する研究、生命の環境適応能力と進化の解明に資する研究、全天×線天体観測等の宇宙科学・地球科学研究、筋ジストロフィー治療薬等の開発に資する高品質タンパク質結晶生成による創薬研究、骨量減少・尿路結石予防の研究、高齢化社会に対応する予防医学研究などで成果が出始めている。
- ISSの共通システム運用経費の分担責任を果たすための物資補給を行う「こうのとりの成功により、我が国のISSへの貢献を確実なものとするとともに、国際的なプレゼンスを高め、また将来の有人活動に必要な技術の蓄積を果たした。その結果として、日本で開発する搭載実験装置に係る安全審査権限がNASAから完全委譲され、また、「こうのとりの一部技術が、米国の民間ISS輸送機に採用されることが決定した。
- 日本人宇宙飛行士については、これまでに若田飛行士及び野口飛行士がISS長期滞在を行い、NASA等の国際パートナーから高い評価を得ている。また、若田飛行士は、これまでの訓練及び飛行の実績から、宇宙飛行士としての技術的スキルに加えマネジメント能力も高く評価され、ISS長期滞在搭乗員の指揮をとるISSコマンダー（船長）に日本人として初めて任命された。
- 「きぼう」日本実験棟が、財団法人日本産業デザイン振興会より、平成22年度グッドデザイン賞ベスト15（グッドデザイン金賞）を受賞した。また、「きぼう」ロボットアームが、経済産業省／社団法人日本機械工業連合会より、第4回ロボット大賞日本科学未来館館長賞を受賞した。
- 「こうのとりの技術が認められ、第39回日本産業技術大賞文部科学大臣賞、第20回日本航空宇宙学会技術賞、平成23年度科学技術分野文部科学大臣表彰科学技術賞を受賞した。

### <事業評価>

平成21年度独立行政法人評価において、上記の成果が中期目標等で掲げた計画を超えた優れた実績であることが認められ、「S」評価を得た。

また、総合科学技術会議（CSTP）による平成23年度概算要求における優先度判定で、「積極的に推進することが必要である」との判定を受けた。

## 6. 関係省庁との協力体制

特になし。

## 7. 主な委託先とその分担

「きぼう」開発・製作：三菱重工業（株）、（株）IHIエアロスペース、日本電気（株）、三菱電機（株）、川崎重工業（株）、日立製作所（株）、

「きぼう」運用：有人宇宙システム（株）

「こうのとりの開発・製作：三菱重工業（株）、三菱電機（株）、（株）IHIエアロスペース

## 宇宙太陽光発電システム事業

0. 担当部署：文部科学省研究開発局 独立行政法人宇宙航空研究開発機構（JAXA）  
事業開始年度：平成13年度

### 1. 事業目的

将来のエネルギー供給源の選択肢となる可能性を有する宇宙太陽光発電（SSPS）について、特に宇宙で実現しなければならない先端的な技術に関する研究開発を行うことを目的としている。

### 2. 事業概要

#### (1) 平成13～19年度

- ・SSPSシステム総合研究を主体として進めた。
- ・システムコンセプト検討を通じてクリティカル技術（課題）を抽出し、研究開発のロードマップを策定するとともに要素技術検討／試作試験を実施した。
- ・技術開発のみならず、環境・安全性の問題，社会的受容性の検討，経済性検討を実施し、社会的・経済的な成立性についても評価を実施した。

#### (2) 平成20～23年度

- ・宇宙基本計画との整合を図りつつ研究を進めている。
- ・平成19年度までのSSPSシステム総合研究で識別された主要課題に対応した研究項目を抽出し、中枢的な要素技術の研究，技術的な地上実証実験に研究の重点を移して進めている。
- ・「きぼう」や小型衛星を活用した軌道上実証ミッションの検討を行う。
- ・中枢的な要素技術として、マイクロ波方式エネルギー伝送技術，レーザー方式エネルギー伝送技術，大型構造物組立技術等のシステム技術に分けて研究活動を実施する。
- ・マイクロ波エネルギー伝送技術については財団法人無人宇宙実験システム研究開発機構（USEF）と連携してkW級地上電力伝送実験を行う計画を立て、JAXAはビーム方向制御装置を担当して研究開発を進める。

### 3. 事業期間・総事業費（事業開始から事業終了（見込み）まで）

年度	H13	H14	H15	H16	H17
予算(億円)	1	1	2	2	2

年度	H18	H19	H20	H21	H22	H23	合計
予算(億円)	2	3	3	3	4	2	22

注) 平成24年度以降の事業費は未定

### 4. どのような計画や目標をたててやっているのか？その計画や目標の達成度は？

宇宙基本計画に基づき、10年程度を目途に宇宙太陽光発電システムの実用化に向けた見通しをつけることを目標として、関係機関が連携し、総合的な観点からのシステム検討、エネルギー伝送技術について地上技術実証を進めている。

### 5. 成果及び事業評価

JAXAにおける研究の主な成果は次のとおりである。また、成果に対する評価は、JAXA（旧 NASDA）が独自に構築している ALL-JAPAN の専門家からなる各技術専門委員会にて行っているほか、JAXA が誕生した平成 15 年度以降は独法評価委員会にて「宇宙航空基盤技術の強化」の一つの先端研究という位置付けでも行っており、計画通りに進んでいるとの評価を受けている。

- ・ マイクロ波方式 SSPS では、高効率な各種の発振・増幅器が必要不可欠である。そのため、平成 16～19 年度に 5.8GHz 帯の F 級増幅器の設計手法等を検討し、試作を行い、5.8GHz で出力 2.4W、ドレイン効率 76%、付加電力効率 68%という高い効率を達成した。これらの値は 5.8GHz 帯の増幅器としては世界最高レベルの効率である。
- ・ 平成 18～19 年度に 200W 出力のレーザー長距離エネルギー伝送実験（本実験におけるレーザー出力及び伝送距離は世界最高水準）を実施し、基本技術を確認した。
- ・ 上記 2 つの成果等を踏まえ、平成 19 年度に原子力発電所 1 基分に相当するマイクロ波方式太陽光発電システム、レーザー方式太陽光発電システムのリファレンスモデルを構築した。また、目標発電コスト達成に向けた各コンポーネントの技術課題、性能、コスト目標を定めた。
- ・ 上記で定めた技術課題の 1 つである大型構造物組立技術について、平成 22 年度にトラス構造物が展開しつつ隣接するトラス構造物と結合する技術の試作試験を実施し、良好な結果を得た。なお、本結合技術は特許を出願した技術である。

#### 6、関係省庁との協力体制

- ・ マイクロ波エネルギー伝送技術：USEF との研究連携、京都大学等との研究協力
- ・ レーザーエネルギー伝送技術：福井大学、大阪大学、光産業創生大学院大学等との研究協力
- ・ 大型構造物組立技術等のシステム技術：名古屋大学、九州工業大学等との研究協力

#### 7、主な委託先とその分担

- ・ マイクロ波エネルギー伝送技術：三菱電機
- ・ レーザーエネルギー伝送技術：明昌機工、ワールドラボ、NT スペース
- ・ 大型構造物組立技術等のシステム共通技術：川崎重工、三菱重工、三菱総研

## 小型実証衛星プログラム事業

0. 担当部署：文部科学省研究開発局 独立行政法人宇宙航空研究開発機構（JAXA）  
事業開始年度：平成 19 年度

### 1. 事業目的

利用衛星や科学衛星の信頼性向上、性能向上を目指し、小型衛星を利用した宇宙機器・部品・材料の軌道上技術実証を行う。

### 2. 事業概要

50～100kg 級の小型衛星を活用し、新規開発の機器・部品・材料等の放射線、熱などの総合的な宇宙環境における軌道上実証を実施している。

平成 21 年度に小型実証衛星 1 型（SDS-1）を「いぶき」の相乗り副衛星として打ち上げた。平成 23 年度に水循環変動観測衛星（GCOM-W）の相乗り副衛星として小型実証衛星（SDS-4）を打ち上げる予定。

小型実証衛星の開発（システム設計解析、インテグレーション、各種試験）は JAXA の研究者を中心に実施し、JAXA 若手技術者育成にも寄与する。

### 3. 事業期間・総事業費（事業開始から事業終了（見込み）まで）

年度	H19	H20	H21	H22	H23	合計
予算(億円)	6	5	0.6	0.4	3	15

注) 平成 23 年度以降の事業費は未定

### 4. どのような計画や目標をたててやっているのか？その計画や目標の達成度は？

#### ○小型実証衛星 1 型（SDS-1）の目標と達成度

目標	達成状況
マルチモード統合トランスポンダの軌道上実証	4 種類の通信機能を持ち高速データ伝送が可能な小型・軽量・低消費電力のトランスポンダの機能性能を地上ネットワーク～データ中継衛星（こだま）～小型実証衛星間を結んだ総合システムにおいて実証した。
先端マイクロプロセッサ軌道上実験装置の軌道上実証	以下の部品を搭載した高性能計算機ボードの軌道上複合環境下で機能・性能を実証した。 ・ 320MIPS 級 64 ビットマイクロプロセッサ（MPU） ・ 36Mbit SRAM ・ DC/DC コンバータ
スペースワイヤ実証モジュールの軌道上実証	スペースワイヤ規格を発展させた次世代ネットワーク型データ処理技術および、データ処理技術を活用した超高感度加速度計による重力波計測装置の動作を実証した。

#### ○小型実証衛星（SDS-4）の目標と達成度

平成 23 年度に水循環変動観測衛星（GCOM-W）の相乗り副衛星として打ち上げ、以下の軌道上実証を実施する予定。

- ・ 海洋監視手法の研究とした「衛星搭載船舶自動識別実験」
- ・ 将来宇宙機の表面汚染のモニタや、宇宙材料の劣化確認への応用が期待できる「水

#### 晶発振式微小天秤」

- ・ 微少重力下での性能評価により将来の宇宙機熱設計の改善につながる「平板型ヒートパイプ」
- ・ フランス国立宇宙研究センター（CNES）の開発した「熱制御材料劣化状況取得装置」を搭載し、日仏での材料表面特性の軌道上曝露劣化データ取得実験

#### 5. 成果及び事業評価

小型実証衛星 1 型（SDS-1）の軌道上実証により今後の利用衛星や科学衛星の信頼性向上、性能向上に向けた成果を得た。

- （1）マルチモード統合トランスポンダの軌道上実証により、今後の地球観測衛星（GCOM-C1、ALOS-2 など）への適用の目処を得た。
- （2）先端マイクロプロセッサ軌道上実験装置の軌道上実証により、今後の地球観測衛星のマイクロ波放射計（GCOM-W の AMSR2）の 64 ビットのマイクロプロセッシングユニットへの適用の目処を得た。
- （3）スペースワイヤ実証モジュールの軌道上実証により、今後の水星磁気圏探査機（BepiColombo）やX線天体衛星（ASTRO-H）、小型科学衛星のバスへの適用の目処を得た。

「文部科学省独立行政法人評価委員会による JAXA の平成 21 年度に係る業務の実績に関する評価」において「小型実証衛星 1 型（SDS-1）について順調に進められており、平成 21 年度に実施すべき中期計画についても達成した」として、「A 評価」を受けた。

#### 6. 関係省庁との協力体制

特になし。

#### 7. 主な委託先とその分担

- ・ システム設計解析支援：エイ・イー・エス
- ・ システム組立／試験、運用作業支援：エイ・イー・エス、コスモソニックツーワン
- ・ コンポーネント製造：明星電気、三菱重工業、シキノハイテック、エイ・イー・エス、ディ エス テクノロジー、三協製作所、テクノソルバ、オービタルエンジニアリング。