

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

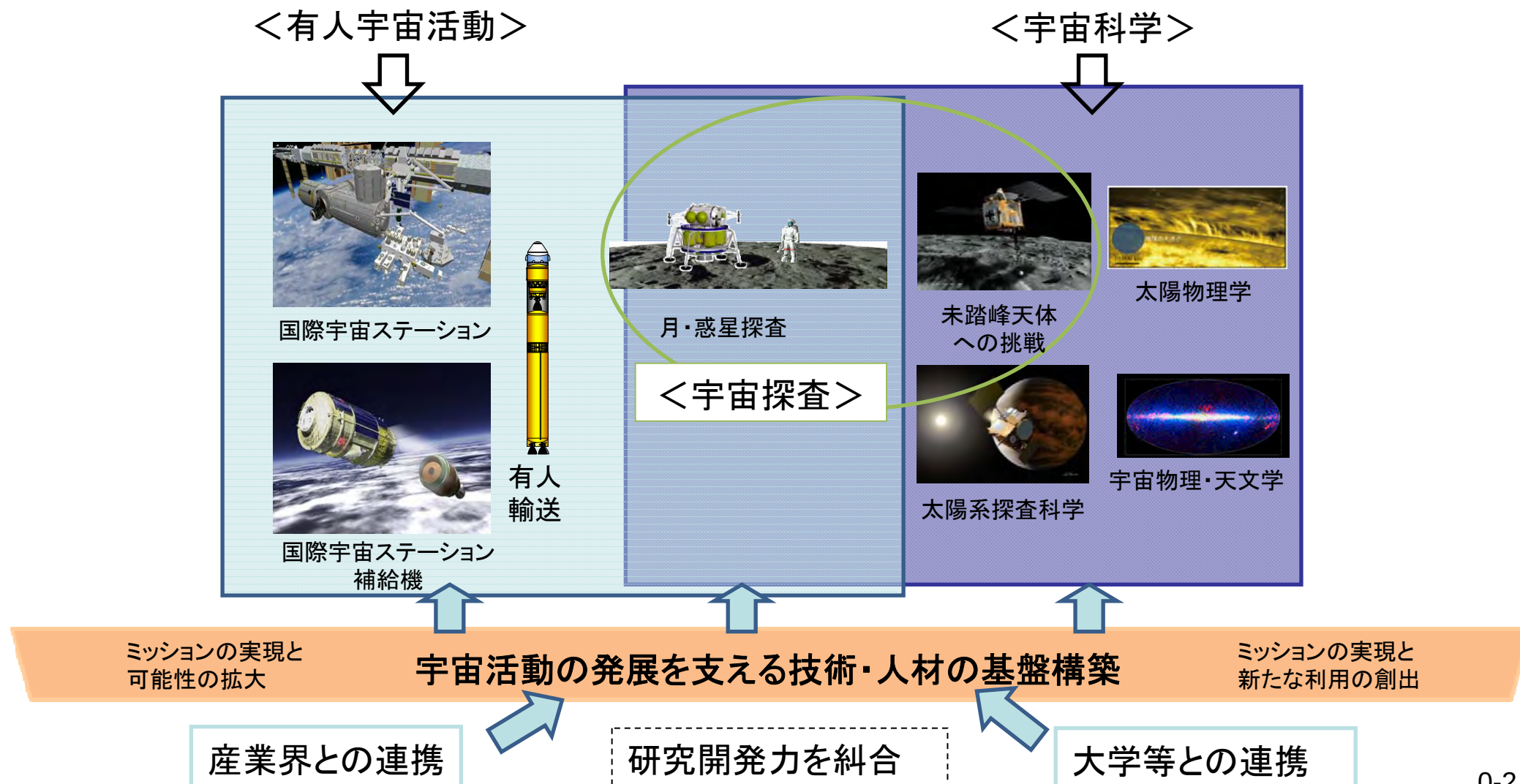
(独)宇宙航空研究開発機構

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。



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

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)



ハレー彗星探査試験機
「さきがけ」(太陽風の観測)



日本初の人工衛星
「おおすみ」



日本を宇宙開発
国家へ

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」



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)

2003

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

火星探査機「のぞみ」
(火星周回からの観測)



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

3. 技術へのアプローチ(体系的・戦略的)

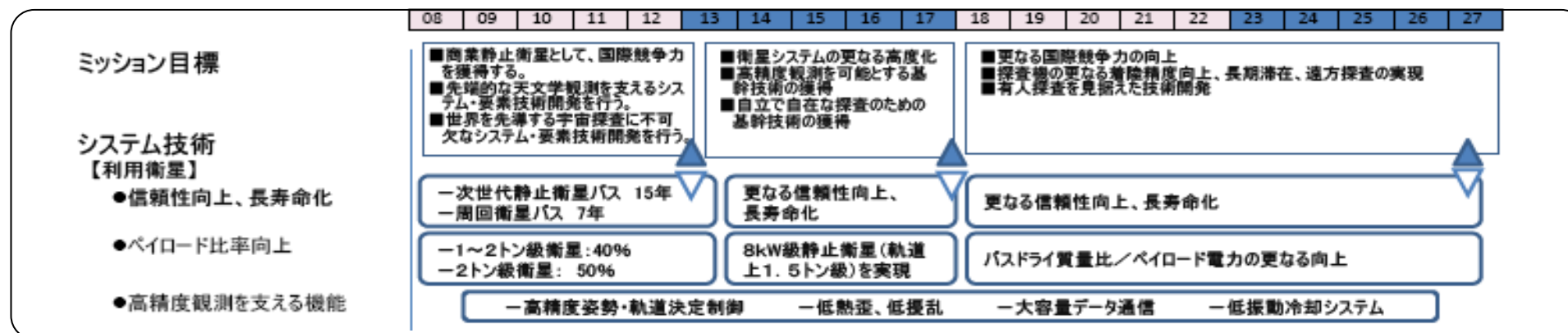


文部科学省



- 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、これらの技術を確認し、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



- 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

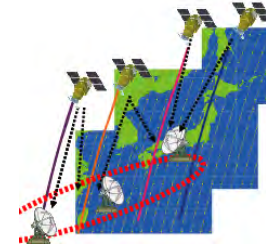
- 宇宙科学研究所が中心となって宇宙分野の大学院生を受入れ

○大学・大学院・高等専門学校に対する支援

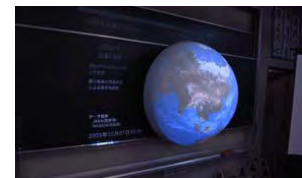
- 教育研究活動の基盤となる経費を措置
- 超小型衛星研究開発を通じた人材育成（アジア等の人材育成も実施）
- 相乗り打上げ機会を提供
- JAXAの持つ施設・設備を各大学の活動に提供

○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



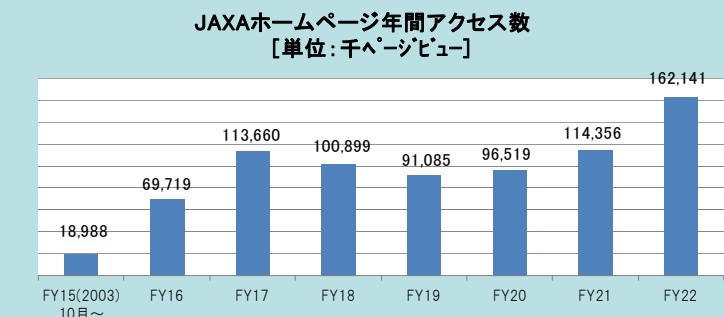
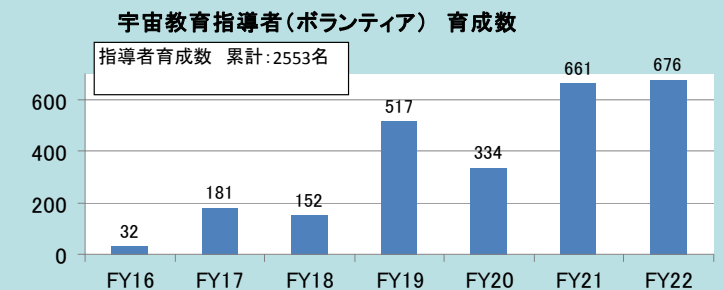
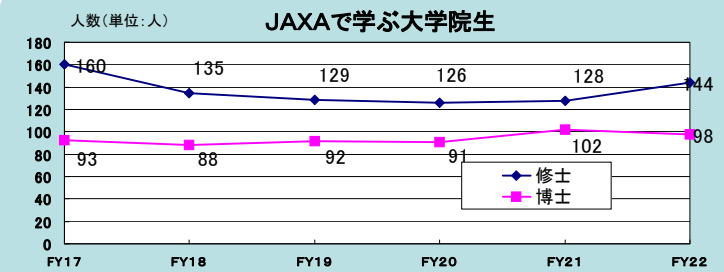
複数の超小型衛星による
高頻度な地球観測
(イメージ)



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指す。

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

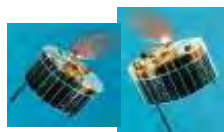


文部科学省



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。



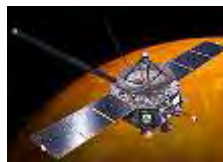
工学実験衛星「ひてん」

- ・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。



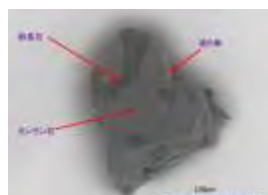
火星探査機「のぞみ」

- ・「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。

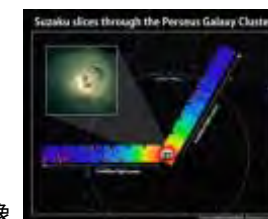


磁気圏尾部観測衛星「GEOTAIL」

- ・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」

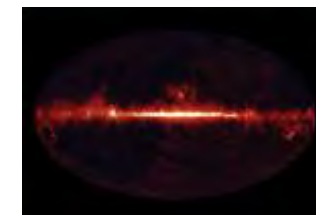
- ・X線の広いエネルギー帯域での世界最高レベルの感度とエネルギー分解能などの優れた観測能力を実証
- ・宇宙の構造形成、ブラックホール近傍領域等の観測を実施するなど、科学的成果を挙げている



ペルセウス座銀河団のX線画像

赤外線観測衛星「あかり」

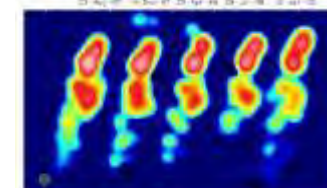
- ・全天の広域サーベイ観測を実施し、赤外線天体カタログを20数年ぶりに書き換えて世界に公開。
- ・検出した天体数は約130万天体に及び、今後の天文学の進展に大きく寄与する日本発のデータベースとなった。



「あかり」遠赤外線天体の全天分布

電波観測衛星「はるか」

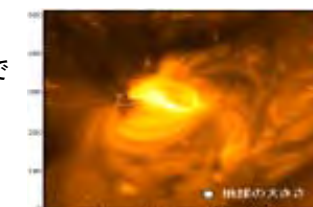
- ・工学実験衛星として、スペースVLBI電波観測の技術実証に世界で初めて成功
- ・巨大ブラックホール近傍から発生する宇宙ジェットの様相に成功し、活動銀河中心の内部構造を解明。



「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



文部科学省



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



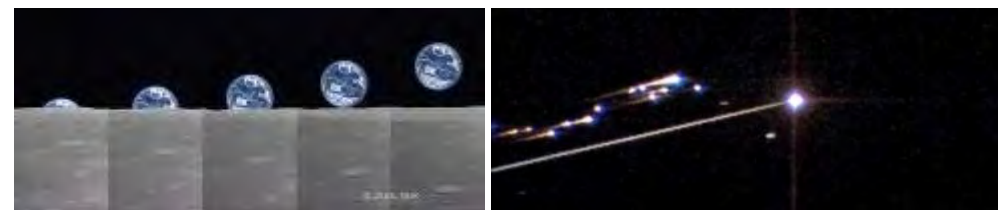
平成20年7月
「はやぶさ」特集号

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

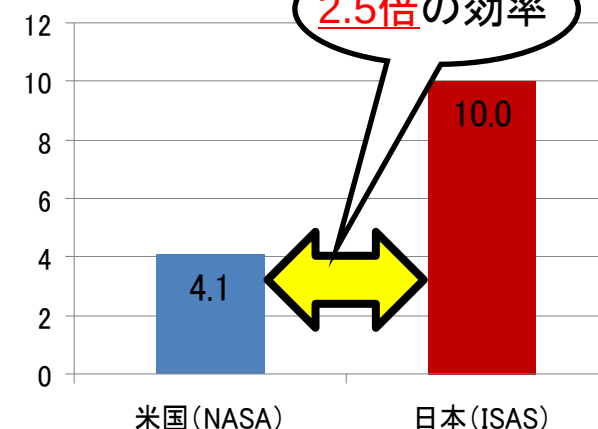
かぐや「満地球の出」撮影や、はやぶさ地球帰還成功は、日本の宇宙開発分野での活動が広く国民に認知されるという意味において大きな成果を挙げた



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



- ・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。

※2008年～2010年の平均値にて算出

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～
電磁波	重力波				 LISA Pathfinder		 LISA
	γ線		 Integral	 AGILE(伊)	 Fermi		
	X線	時間分解能	 RXTE(95-)			 ASTROSAT(印)	
		空間分解能	 XMM-Newton			 e-Rosita	
		波長分解能	 Chandra	 すざく	 NuSTAR		 IXO
		特化型			 MAXI/ISS	 GEMS	
	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
	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

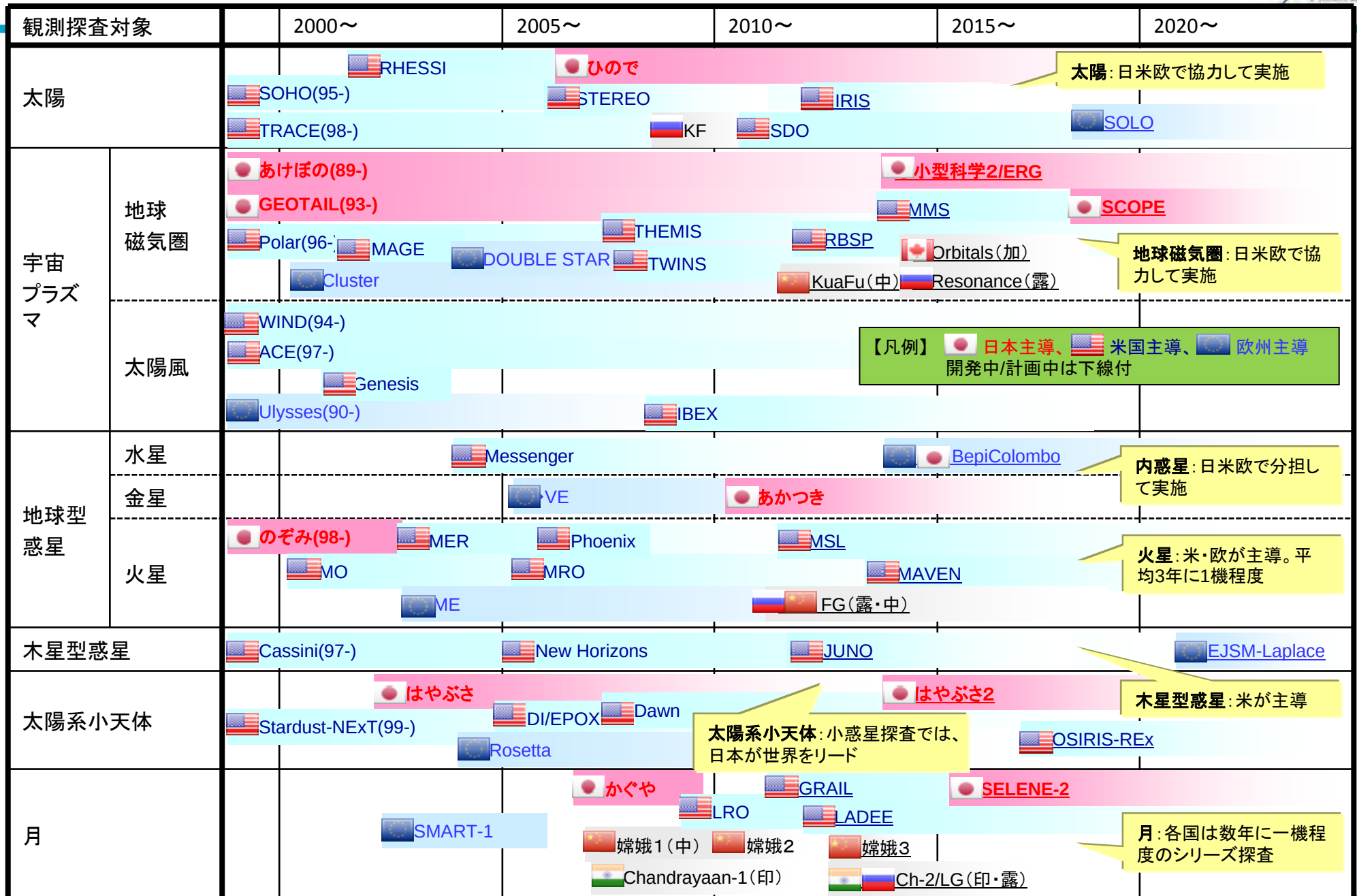
X線: 銀河・銀河団の高温ガス等を観測。日米欧が協力して様々な波長で観測実施

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



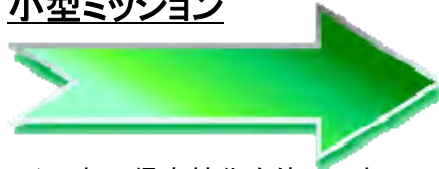
世界的な競争の下で第一級の成果を出すための、
いわゆる中型とも言えるミッション



水星探査機 BepiColombo X線望遠鏡 ASTRO-H

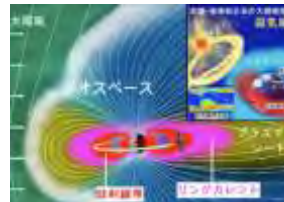


機動性・高頻度を重視する
小型ミッション



(日本の得意技術を使って宇宙科学のミッション機会を一定頻度確保)

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

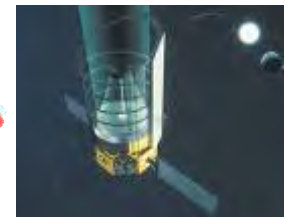


再使用観測ロケット
高頻度・航空機的運用により輸送コスト大幅ダウン
(小規模の輸送系研究による人材育成効果)

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

(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】

2000年代まで
中型衛星・探査機を
M-Vロケットで打上げ

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	●「宇宙常任理事国」入り ●有人システム実現で能力保持	トップグループ		ステアリングメンバ
はやぶさ	●誰も成し得たことのない未踏峰領域の探査を実現 ●ロボティクス技術など最先端の惑星探査技術保持国	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	●今までの知見を塗り替える、月の高精度複合観測	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



文部科学省



- (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。

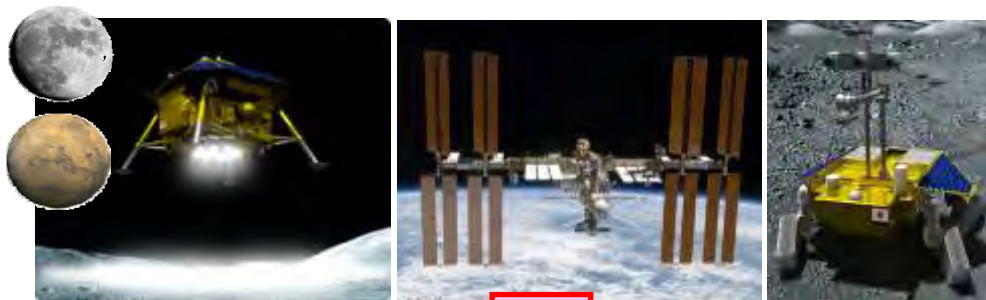
7. 宇宙探査の今後の方向性

- ・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。

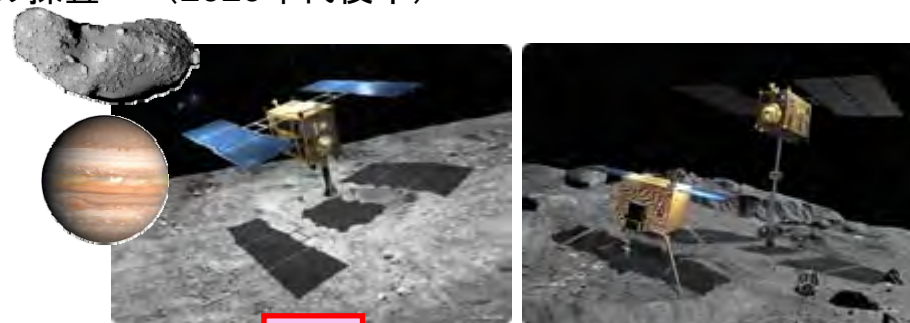
- ・月ピンポイント軟着陸・ロボット探査(SELENE-2:2015年頃)
- ・ロボットでの探査基地構築(月南極域)・探査・サンプルリターン(SELENE-X:2020年頃)
- ・火星複合探査(2025年頃)
- ・ISS利用の成果の活用、有人往還システムの要素技術研究開発



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外部構造解明
- ・大気球・観測ロケットを用いた先駆的観測研究

●太陽系探査科学

- ・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

●宇宙飛翔体工学

- ・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)

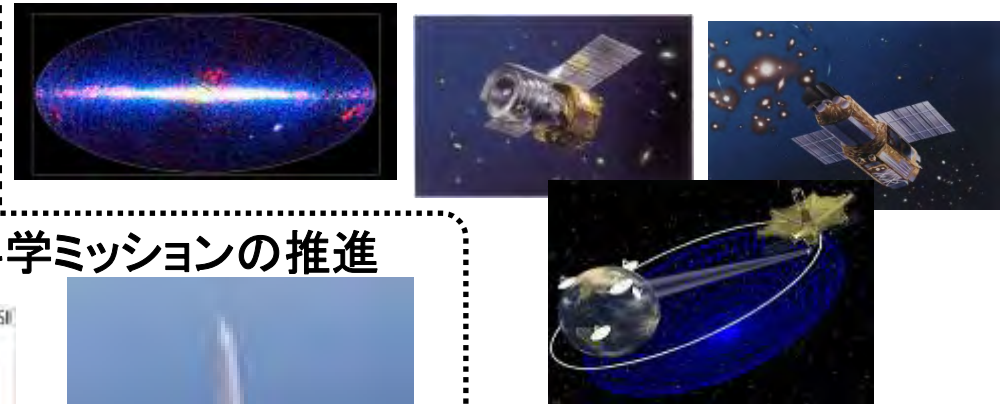
宇宙工学

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

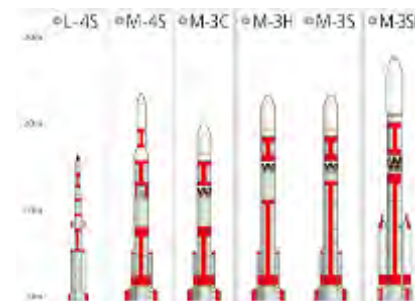


宇宙物理・天文学

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

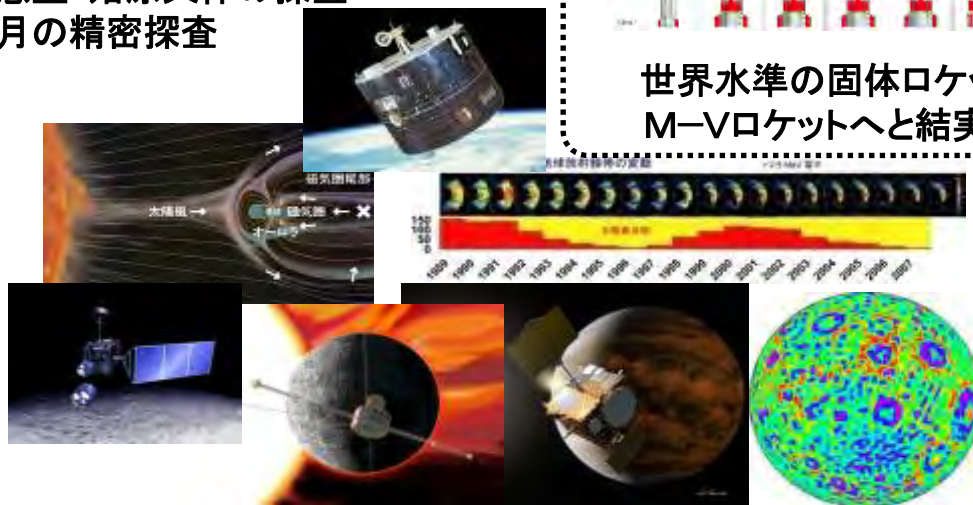


世界水準の固体ロケット推進・システム技術
M-Vロケットへと結実しイプシロンへと進展



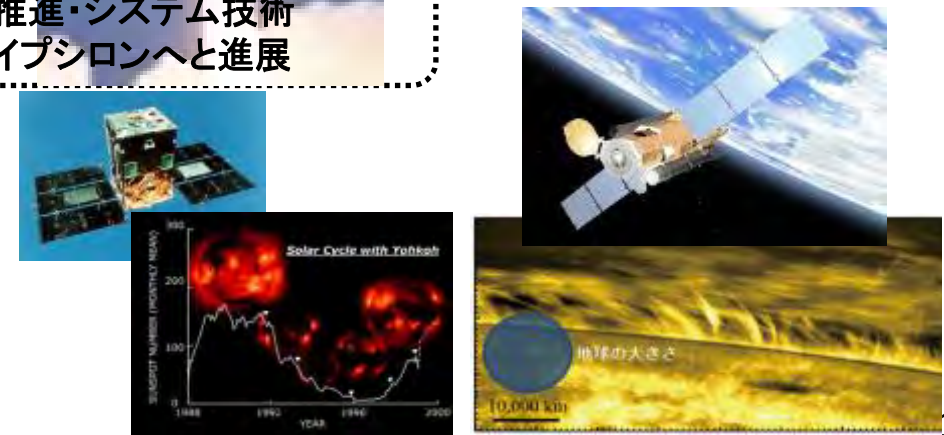
太陽系探査科学

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) + α	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(+ α)。
- ・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

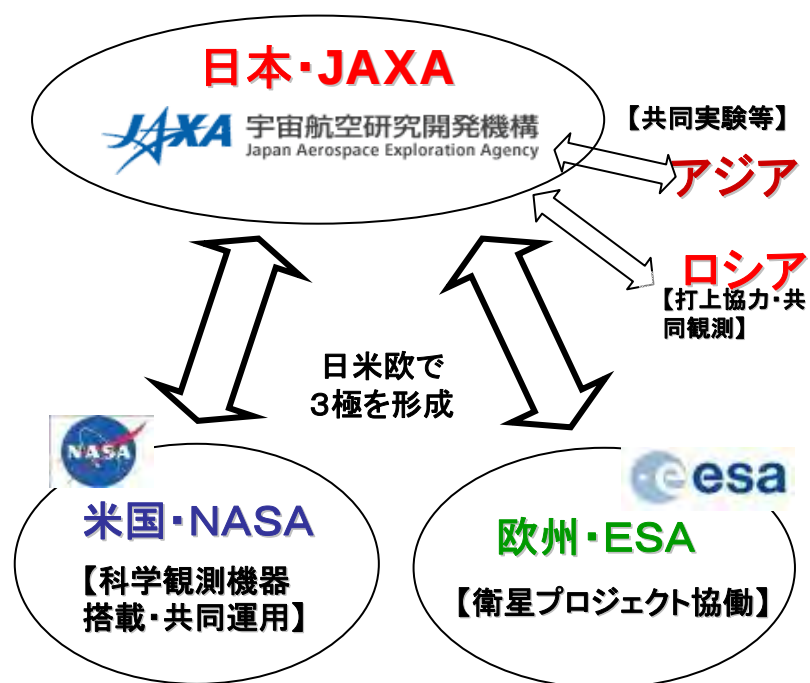
(2009年度)	宇宙開発予算	宇宙科学・探査	割合
米国	48,003百万ドル (NASA, DoD, NOAA)	3,519百万ドル	7.3%
欧州	3,541百万ユーロ (ESA) + α	550百万ユーロ (ESA) + α	15.5%以上
日本	3,488億円	180億円	5.2%

- ・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(+ α)。
- ・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

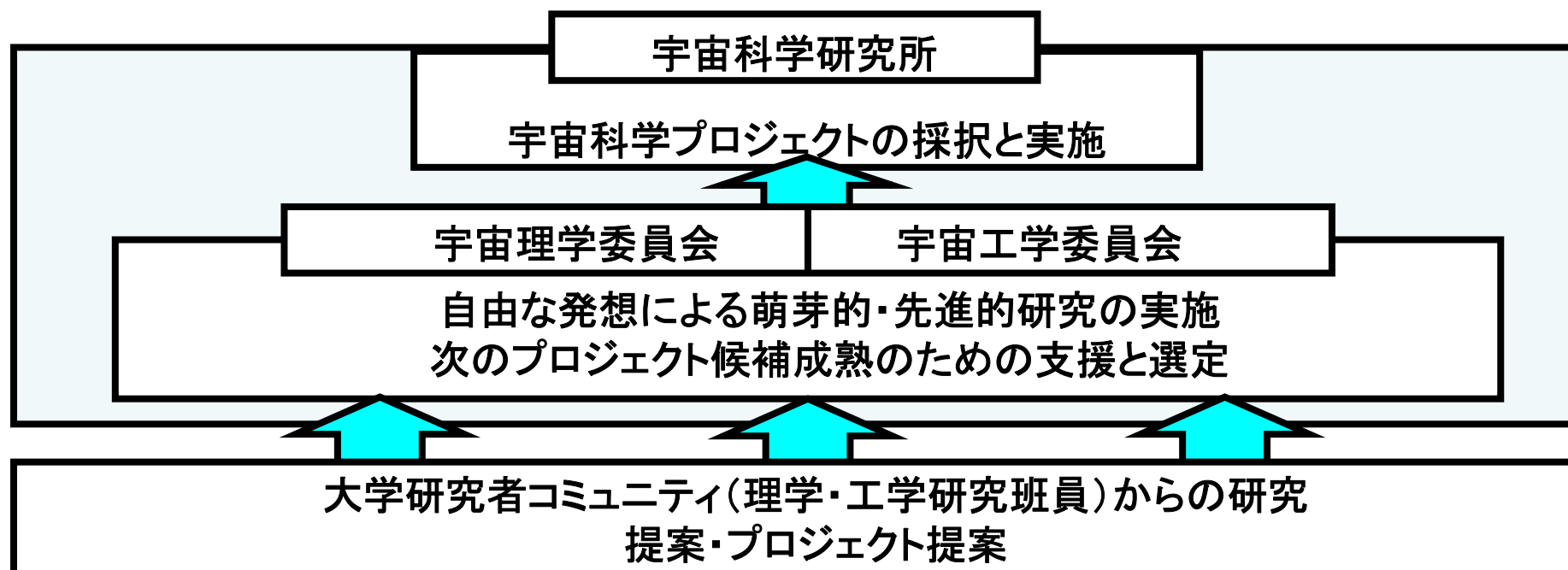


宇宙科学・探査プロジェクト・研究での 協力関係

	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

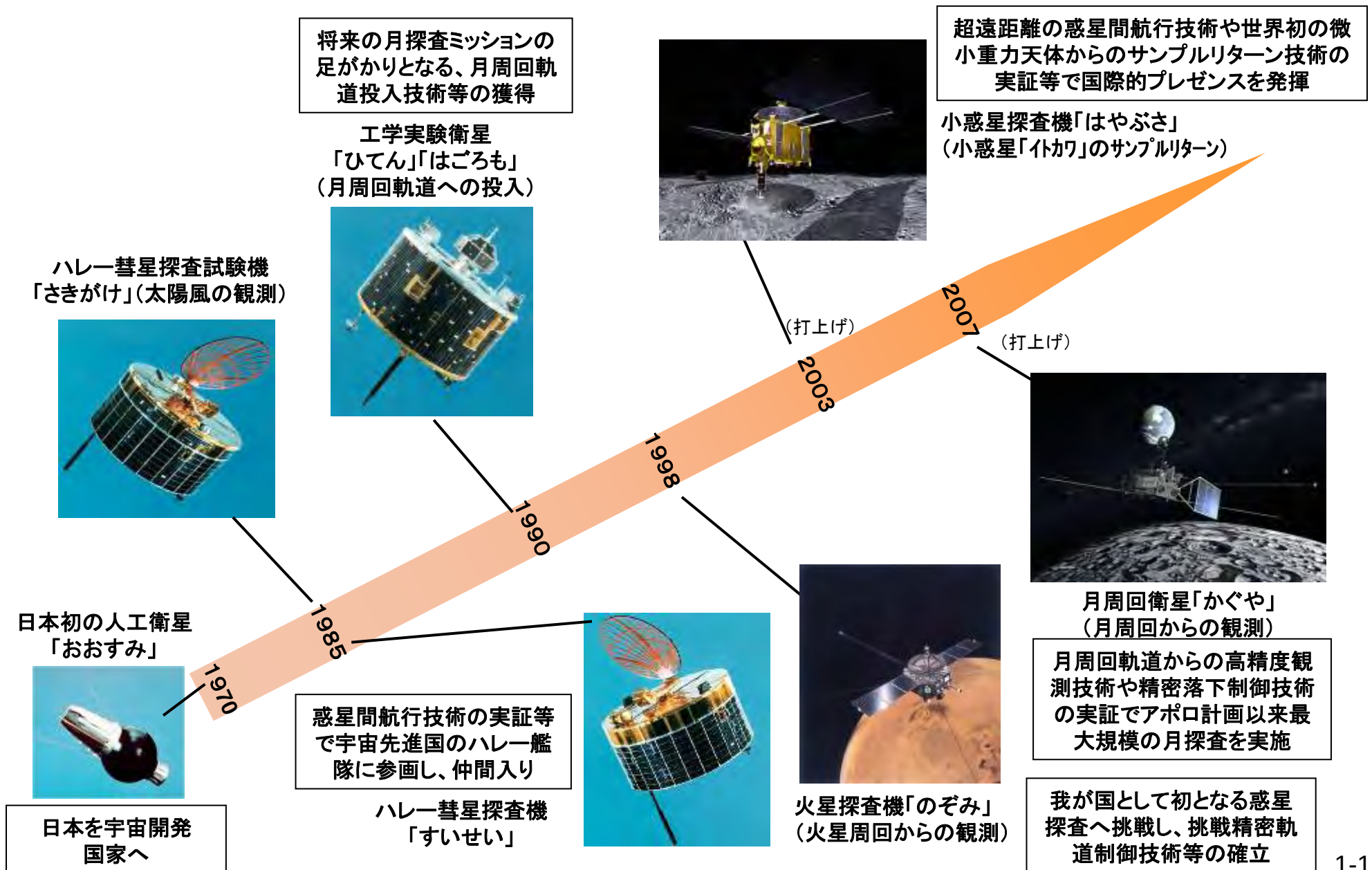


●大学院教育・実践的人材育成機会の提供

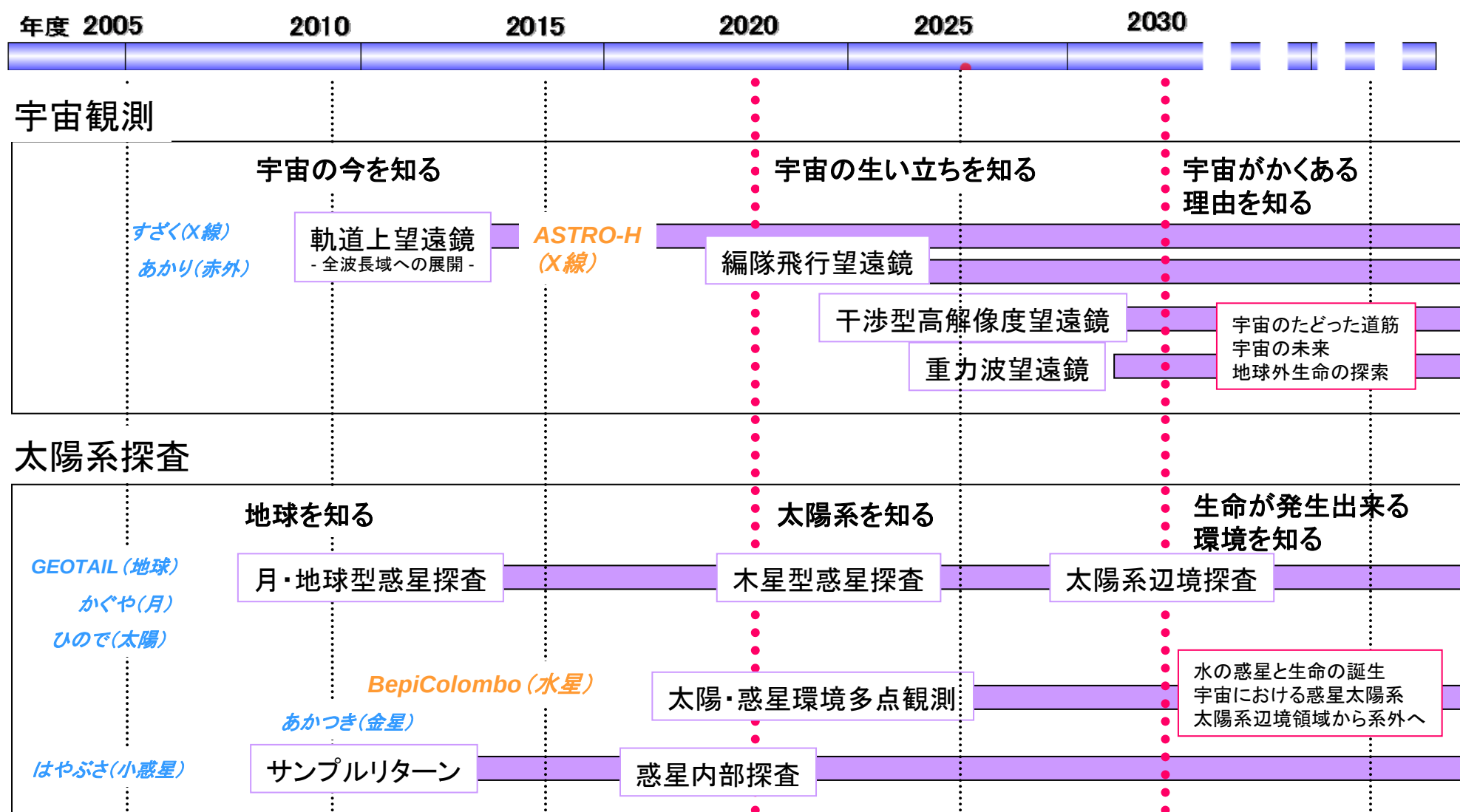
小型宇宙飛行体による実験機会、衛星・探査プロジェクト参加による実践的研究機会、
大学共同利用システムによる公募と競争的採択と実行



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



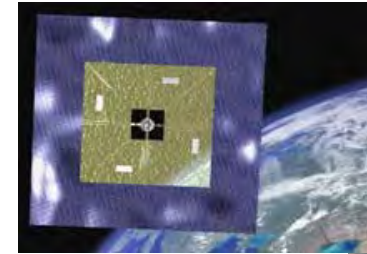
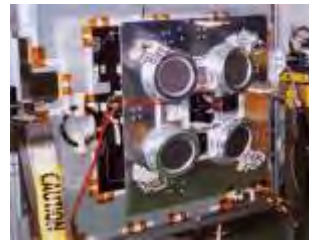
補足7 宇宙工学研究における今後の重点課題

「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



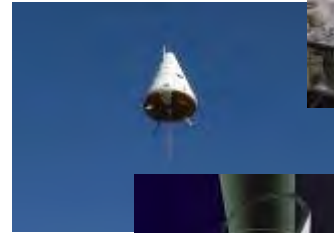
「より自在に」

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

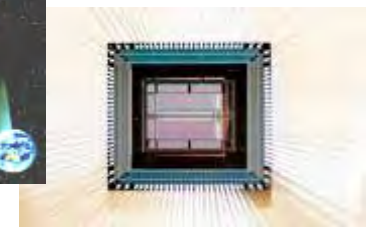
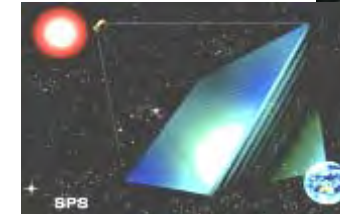


「より高度に」

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

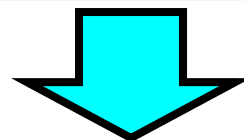
ソーラーセイル実験探査機WG
月惑星表面探査技術WG
ハイブリッドロケット研究WG
スペースプレーン技術実証機WG
フォーメーションフライト技術WG
プラズマセイルWG
次世代小型標準バス技術WG
先進的固体ロケットシステム実証研究WG
火星探査航空機WG
展開型柔軟エアロシェルによる大気突入システムWG

・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发展の要件

- 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



文部科学省



(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)。

補足11 「月探査に関する懇談会」報告書要旨(1/2)

●「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。

補足11 「月探査に関する懇談会」報告書要旨(2/2)

《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

③①、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

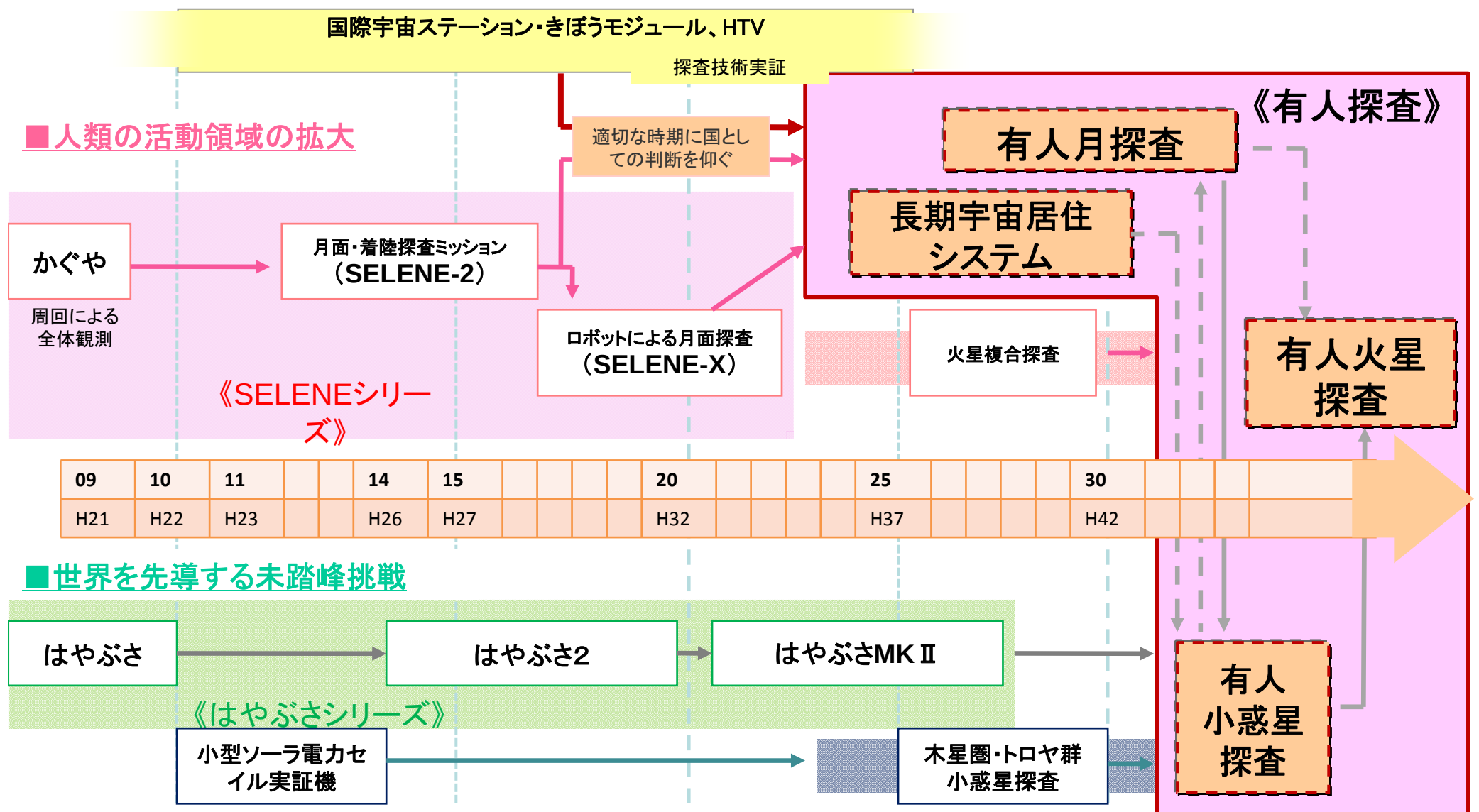
《おわりに》

●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

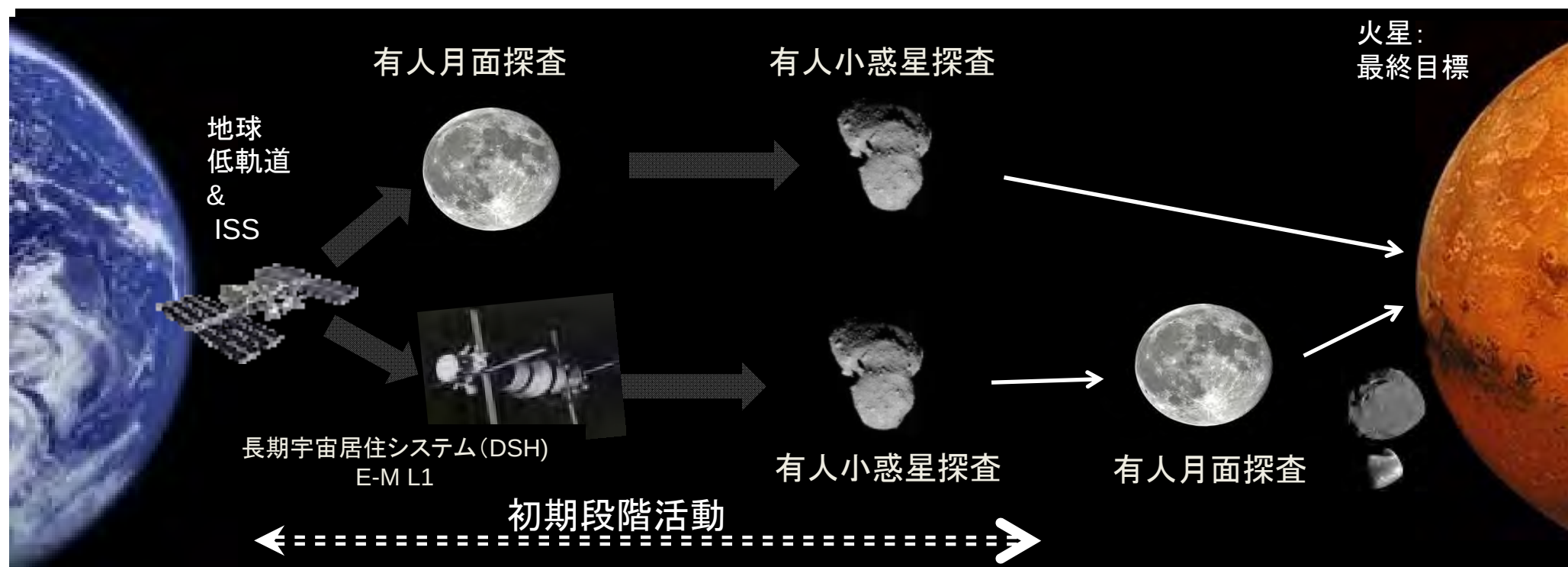
- ISECGで合意している探査の5大目的(科学・技術、活動領域拡大、経済拡大、国際協働、教育・啓蒙)の実現を目指す
- 有人火星探査を当面の目標として、それに至る有意義な有人探査ミッションシナリオを昨年6月以来構築中。
- 2011年9月には、以下の2つのミッションシナリオへの絞り込みと、その初期段階活動についてレビューし公開する予定。

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

1. 「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。
2. 「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。

1. 地球と火星軌道の間に存在するC型の地球接近小惑星1999 JU3にランデブー
2. 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
3. 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
4. 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
5. 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検討中)

1. 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
2. 「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
3. 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検討中)

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 μ m
- ・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

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 —



(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)^(*1)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

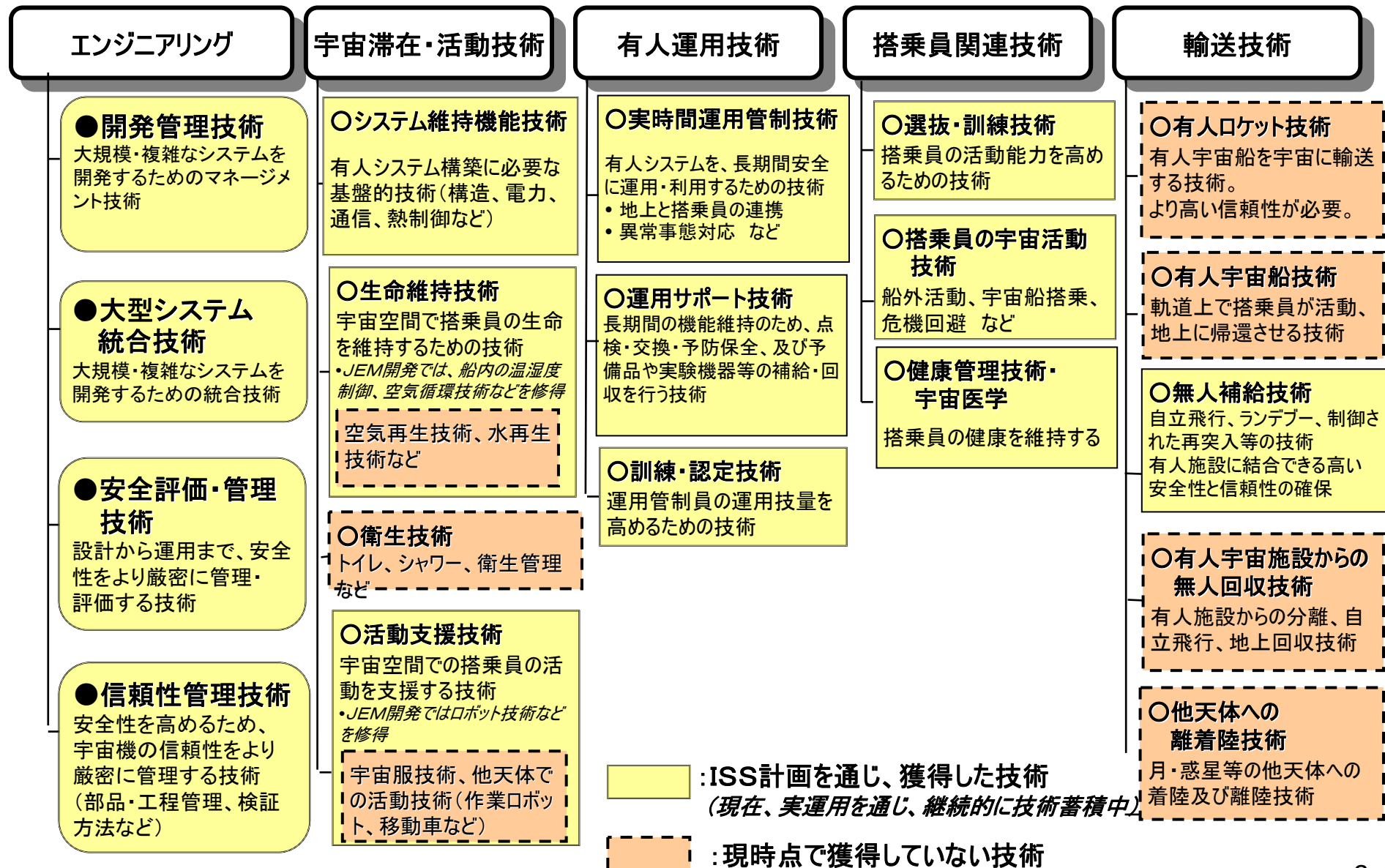
— ②:現状(その2) —



文部科学省



— 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

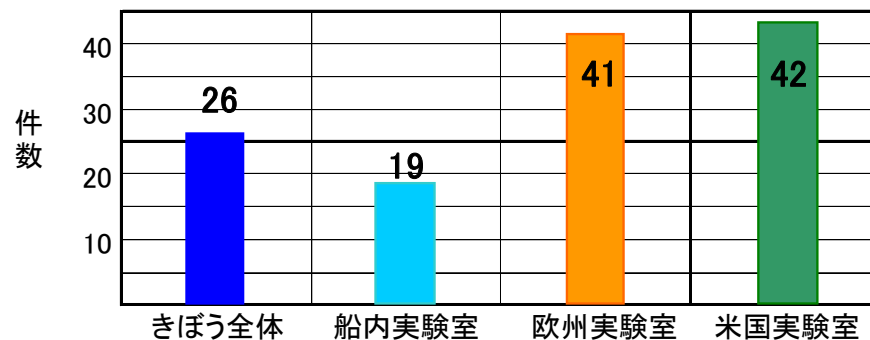
— ②:現状(その3) —



(1) 有人宇宙技術の獲得(つづき)

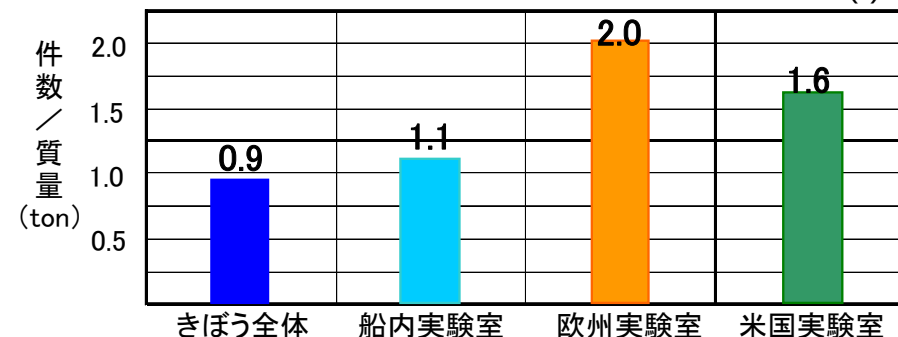
- 着実な「きぼう」の開発、軌道上組立と運用の実現(他極と較べて不具合が少ない: 図－1 及び図－2 参照)、及び「こうのとりのみち」ミッションの成功により、技術的に信頼できるパートナーとしてISS各極から高い評価を得た。
国際的プレゼンス、日本の宇宙関連企業のブランド力が向上。
- その結果として、例えば:
 - ・搭載実験装置の安全審査権限をNASAから完全に委譲されるまでに至った。
 - ・「こうのとりのみち」で開発したISS近傍運用技術は、米国の民間補給機に採用され、日本企業のビジネスにつながった。

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) —



(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) —



文部科学省



(3) これまでの利用の成果

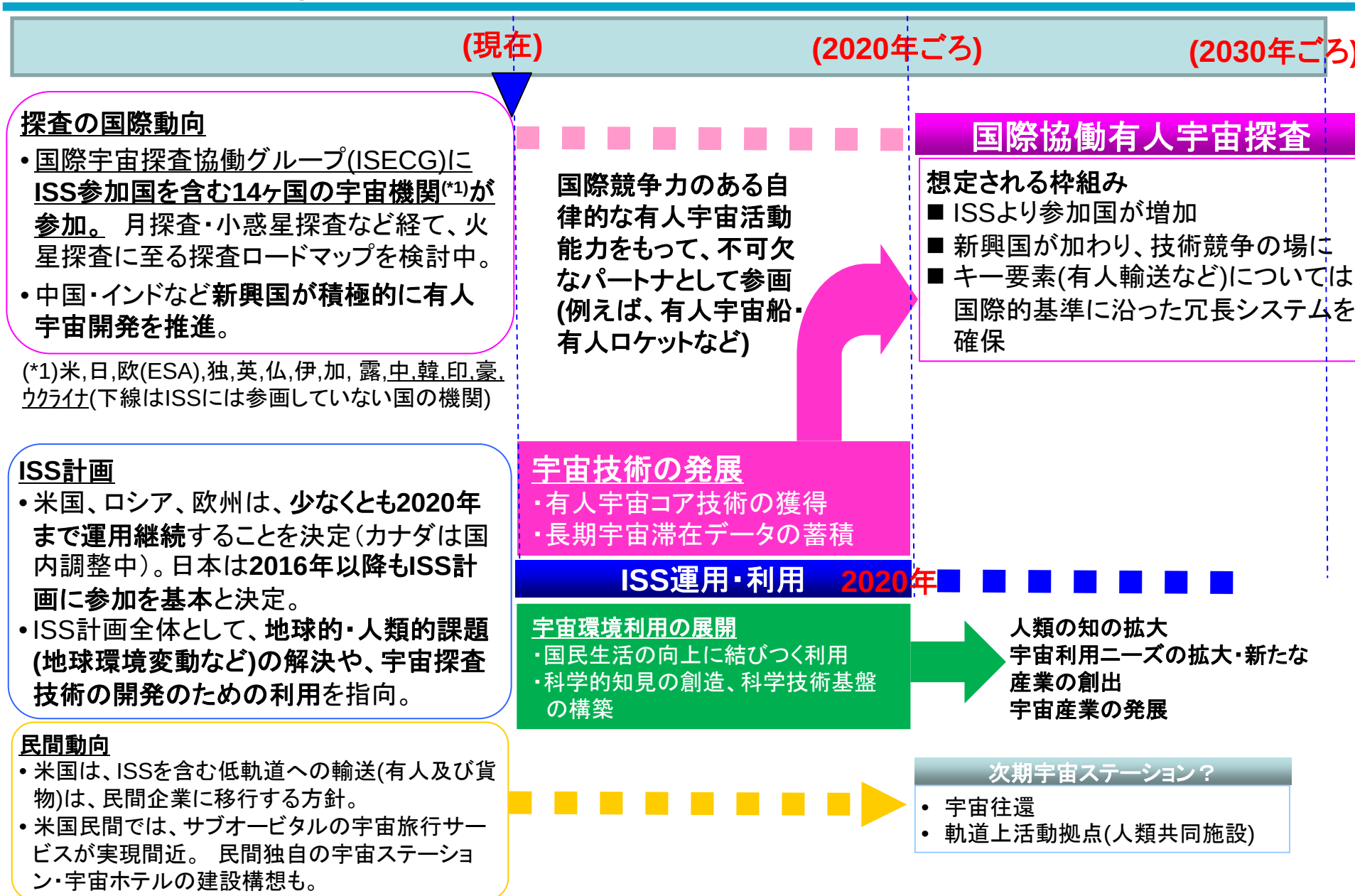
- 2008年に開始した「きぼう」の利用では、大学などの研究機関と製薬企業などが連携して、医薬品の開発や革新的ナノ材料の開発に取り組み、具体的な成果が期待される状況。
 - ・ 宇宙で生成した高品質なタンパク質結晶をSpring-8などの地上施設で構造解析。得られた構造情報から、これまで治療法のなかった難病デュシェンヌ型筋ジストロフィーに有効な医薬品の開発が進展中（現在、複数の医薬品候補について動物実験のフェーズまで進行中）
 - ・ 高効率な色素増感太陽電池や光触媒につながる革新的ナノ材料など、環境保全や光エネルギー開発に向けた新素材の開発などの具体的な成果が期待される状況。
- 生命科学の分野では、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

ー ①周辺状況と今後考えられる展開 ー



文部科学省



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 －



文部科学省



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 －



文部科学省



- 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 —



文部科学省

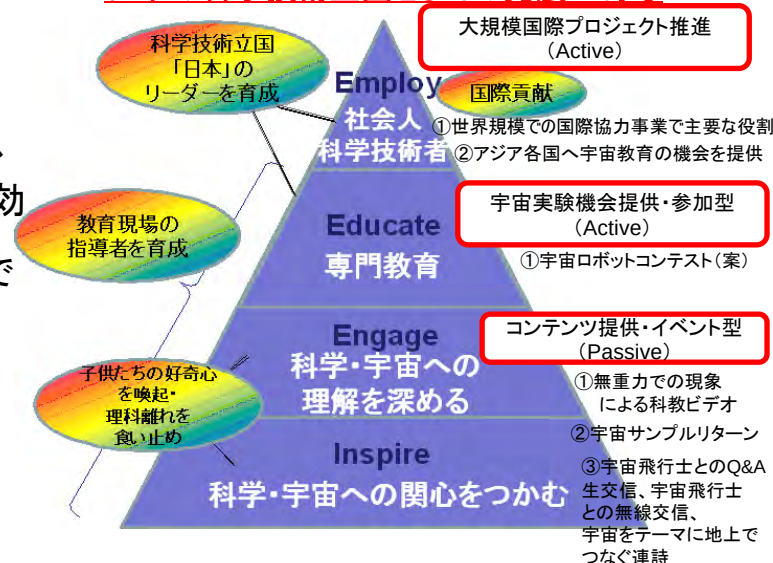


● ISSにおける教育・人材育成の効果—

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

日本の科学技術立国としての発展へ寄与



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

- 教育交信活動(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 —



文部科学省



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 －



文部科学省



(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)



文部科学省



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】

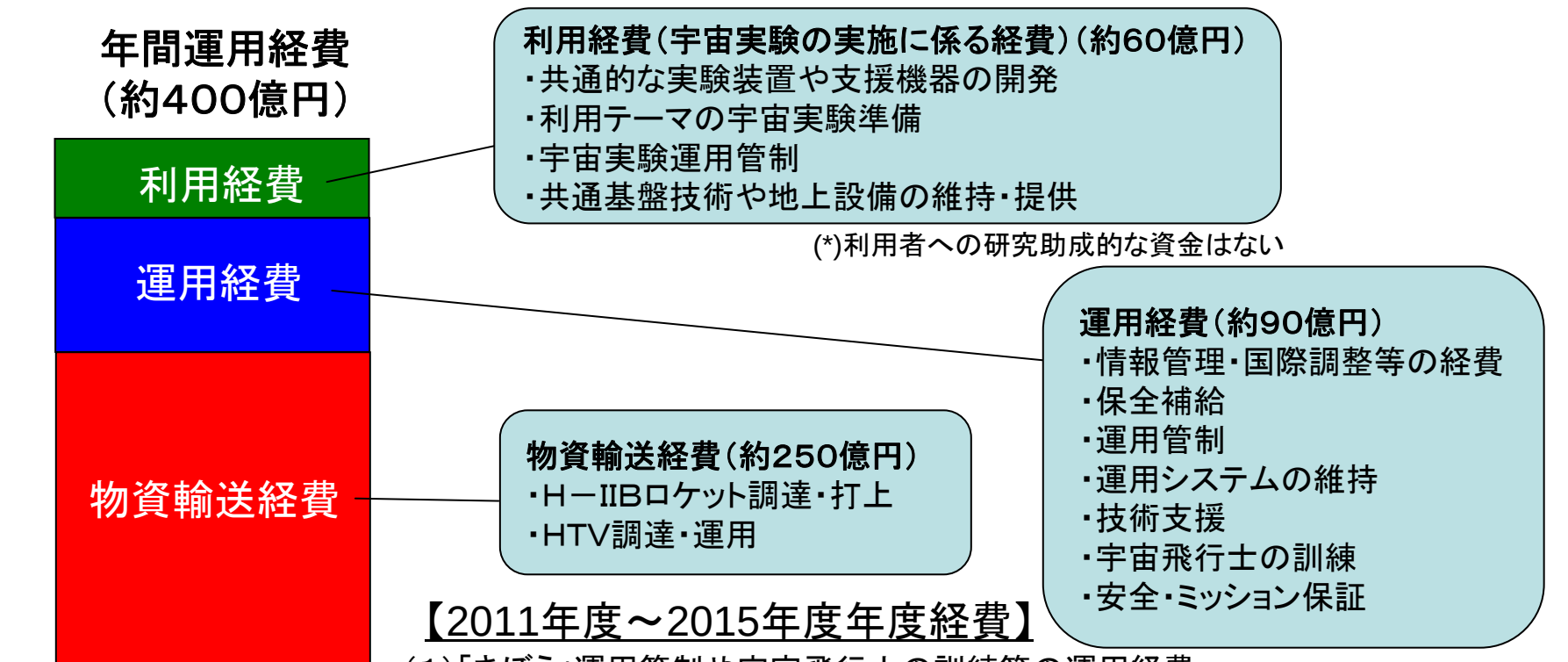
- 宇宙飛行士の輸送、飛行士用物資の補給、及び米露が行うシステム全体の運用に係る経費を、衡平に分担する責務
- 日本は、「こうのとりのり」による物資補給サービス提供により支払い。(米国に現金を支払う代わりに、国内宇宙産業に資金を投下)

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)



他極との比較

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

(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)。

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 —



文部科学省



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

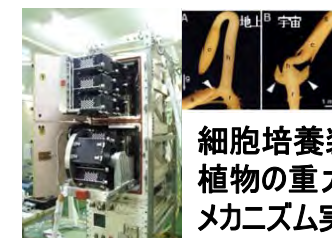
- 若田宇宙飛行士及び野口宇宙飛行士が、それぞれ2009年3月からの約4.5ヵ月間及び2009年12月からの約5.5ヶ月間、長期宇宙滞在を達成。
- これまでの訓練及び飛行の実績が評価され、若田宇宙飛行士が第39次ISS長期滞在搭乗員(2014年春期)の指揮を執るコマンダー(船長)に選定。



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 —



文部科学省



(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

補足3 ISS計画を通じた我が国の活動方向性



文部科学省



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				
・ 産業等への応用を目指した研究 ・ X線観測、地球観測、環境計測 ・ 生命・物質科学 ・ 宇宙医学・有人技術 ・ 教育・文化利用 ・ 有償利用		国民生活の向上や社会課題解決に向けた利用										
		■ 高齢化社会問題・安全安心医療への貢献 ・ 骨粗しょう症や筋萎縮メカニズム解明 ・ 組織の立体形成と重力影響(立体培養)解明 ■ 産業界との連携によるイノベーション創出 ・ 無容器処理による新しい機能を持つ材料の研究開発 ・ 膜タンパク結晶化技術、重油改質触媒などの研究開発 ■ 環境・エネルギー・食料問題への貢献 ・ 植物の重力への応答のメカニズム解明研究 ・ 燃焼現象のモデル化研究 ・ 骨粗しょう症や筋萎縮等の効果的な対策を実証 ・ 臓器培養応用に向けた技術の実証 ・ 作物増収、効率的なバイオ燃焼作物などへの改良実証 ・ 内燃機関や焼却炉応用に向けたモデル実証 ・ 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										
		科学的知見の創造、科学技術基盤の構築										
		・ 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) ・ 高エネルギー宇宙線観測(CALET) ・ 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) ・ 宇宙観測など										
		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										
・ 地球観測 ・ 宇宙医学 ・ 環境変動を監視する新しいセンサの実証的観測に活用 ・ 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) ・ 有人技術の発展												
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												
・ 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 ・ 教育、アジア協力												

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) —



文部科学省



(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

補足5 ISS計画を通した我が国の活動方向性

— 宇宙環境利用の展開(2/2) —



文部科学省



(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)

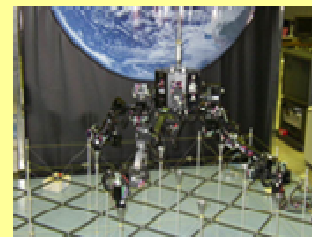
②民生部品、先端機器等の宇宙実証



(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)

- ・薬剤を用いた宇宙飛行士の骨量減少・尿路結石予防対策に関する研究
- ・微小重力における効果的な運動機器・トレーニング法に関する研究、 など

- ・長期閉鎖環境滞在に対する精神心理的な適応の評価方法に関する研究
- ・多文化環境に対する適応訓練の研究、 など



宇宙医学 5つの 研究領域

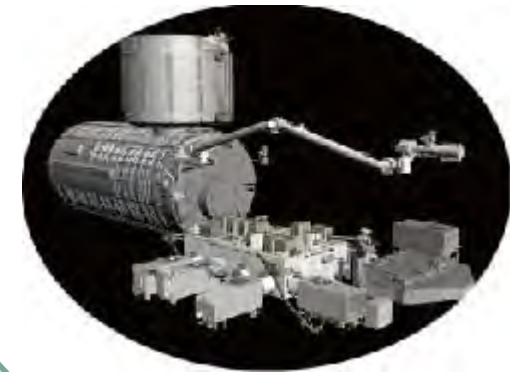
生理的対策

精神心理支援

放射線被曝
管理

宇宙船内環境

軌道上医療



- ・次世代型個人線量計に関する研究
- ・バイオドシメトリ(放射線被曝線量を推定する方法)に関する研究、 など

- ・長期滞在型有人宇宙施設や、そこに滞在する宇宙飛行士を微生物汚染から守る研究
- ・船内空気環境汚染による健康被害に対するモニタリングシステムの研究、 など

- ・軌道上遠隔医療用簡易生体機能モニター機器の研究
- ・自動診断機能のある搭載型医療機器の研究、 など

(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。