
宇宙科学

宇宙科学分野予算の比較

●宇宙科学予算の割合(対GDP比)

(2009年度)	名目GDP (\$ in million)	宇宙科学・探査 (\$ in million)	対GDP比
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>)
- 米国及び欧州の宇宙科学・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

宇宙科学・探査予算(百万ドル)



日本の宇宙科学の発展と成果

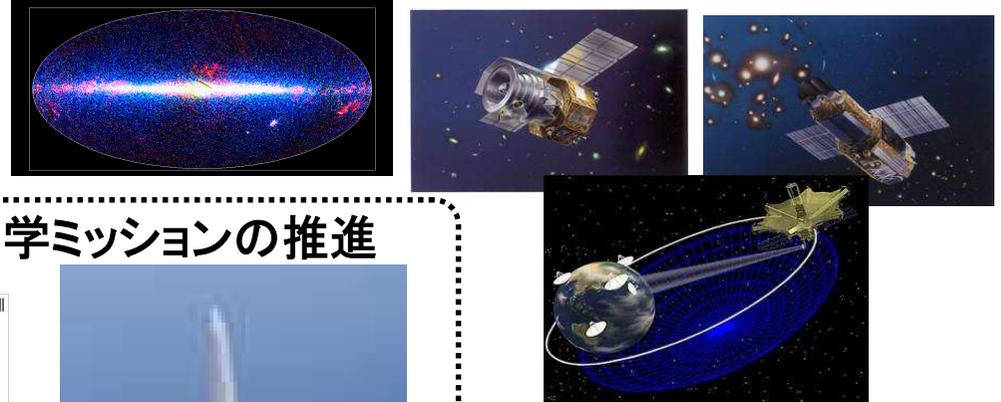
先進宇宙工学

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

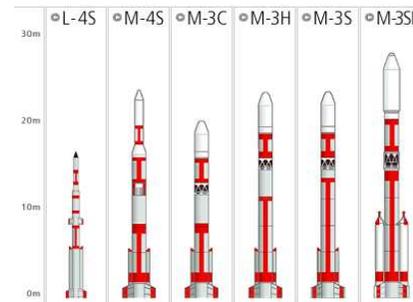


宇宙物理・天文学

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



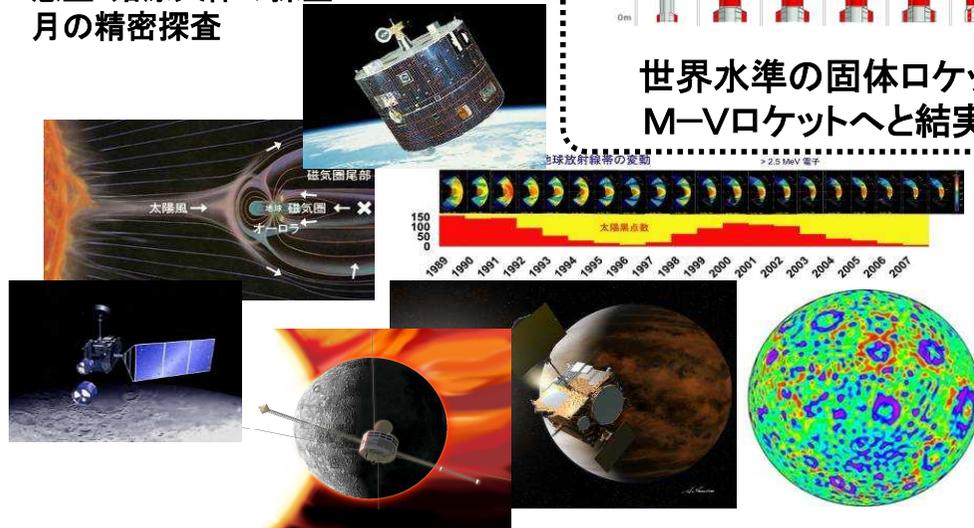
Mロケットの開発と科学ミッションの推進



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

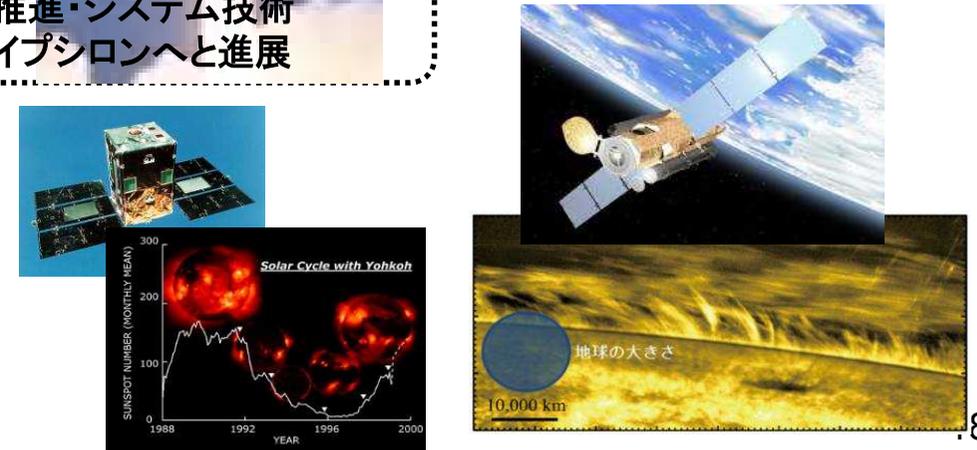
太陽系探査科学

太陽地球磁気圏・プラズマ観測
惑星・始原天体の探査
月の精密探査



太陽物理学

極限的なプラズマ物理の世界
太陽活動の理解の深化
宇宙天気予報への貢献



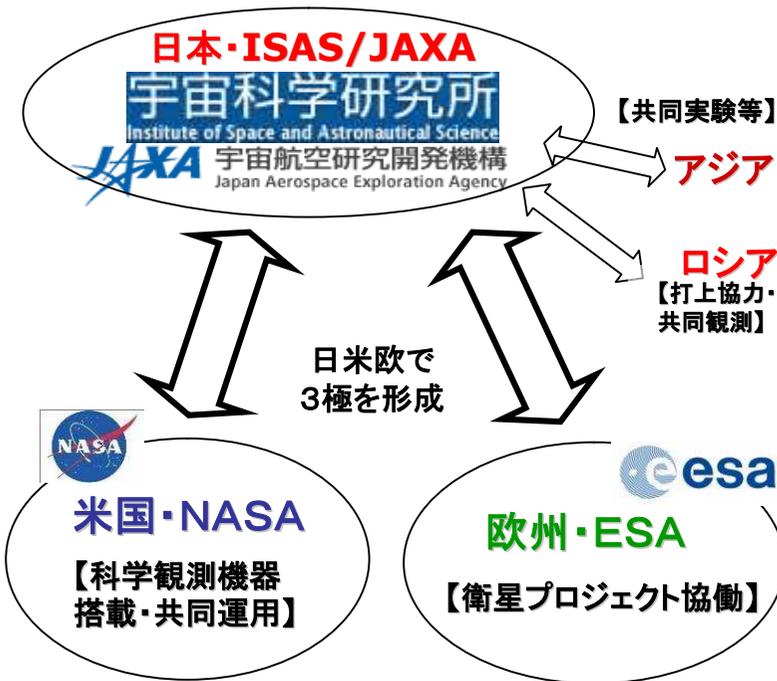
世界における日本の宇宙科学(1/3)

●宇宙科学における国際協力

国際協力の現状

ほとんどの宇宙科学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



宇宙研主導のプロジェクト・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				
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-Gプロジェクト				韓国
ASTRO-Hプロジェクト				
ERGプロジェクト		スウェーデン		台湾
SPICAプリプロジェクト				韓国、 台湾
大気球を用いた観測研究				インド
ロケットを用いた理工学実験研究				韓国

世界における日本の宇宙科学(2/3)

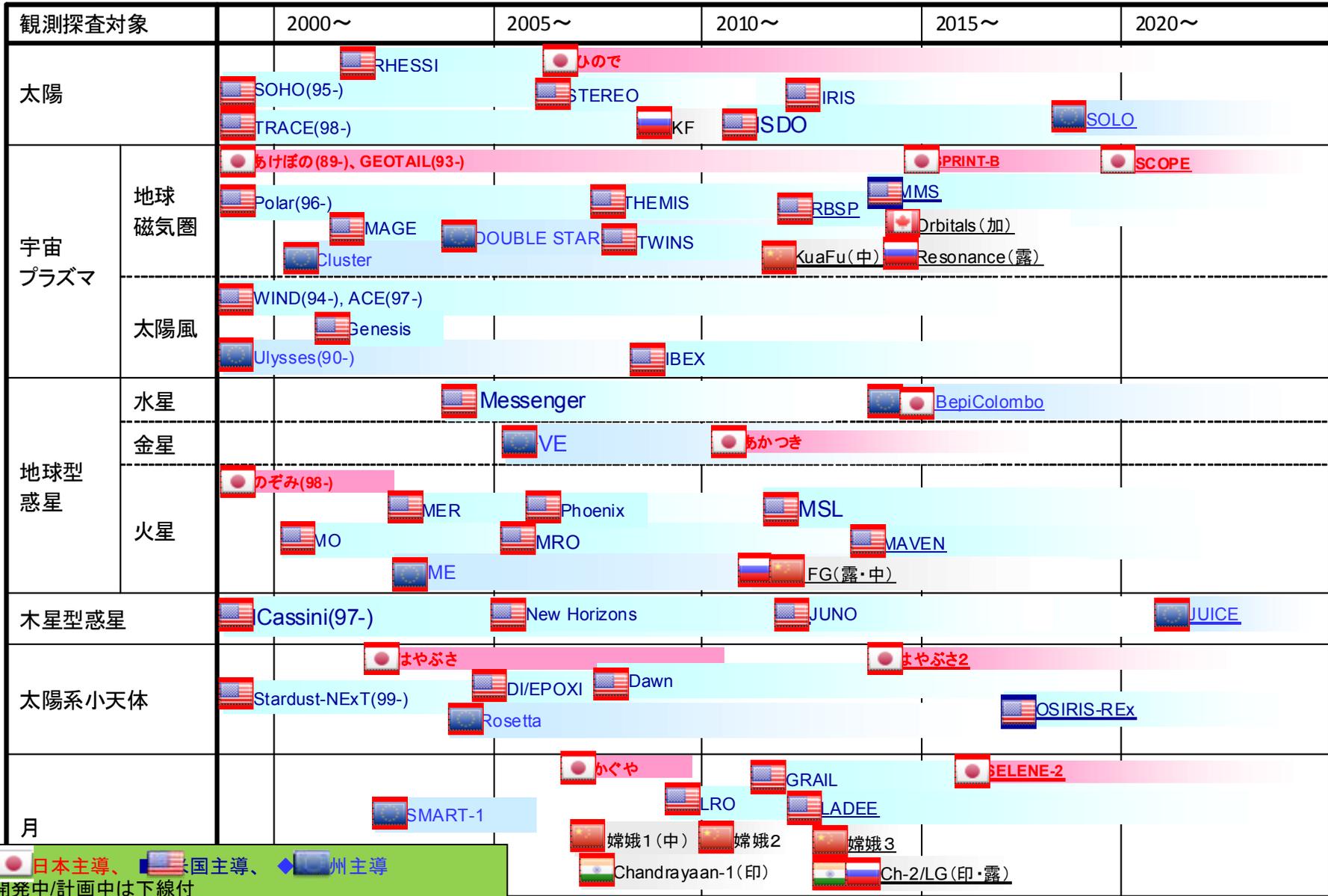
●世界で実行されるミッションと日本の実行するプロジェクト(宇宙物理・天文衛星ミッション)

【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 NuSTAR		IXO	
	紫外線	FUSE GALEX		さざく MAXI/ISS	ASTRO-H	SPRINT-A	
	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-)			ASTRO-G(中止)	Radioastron(露)	

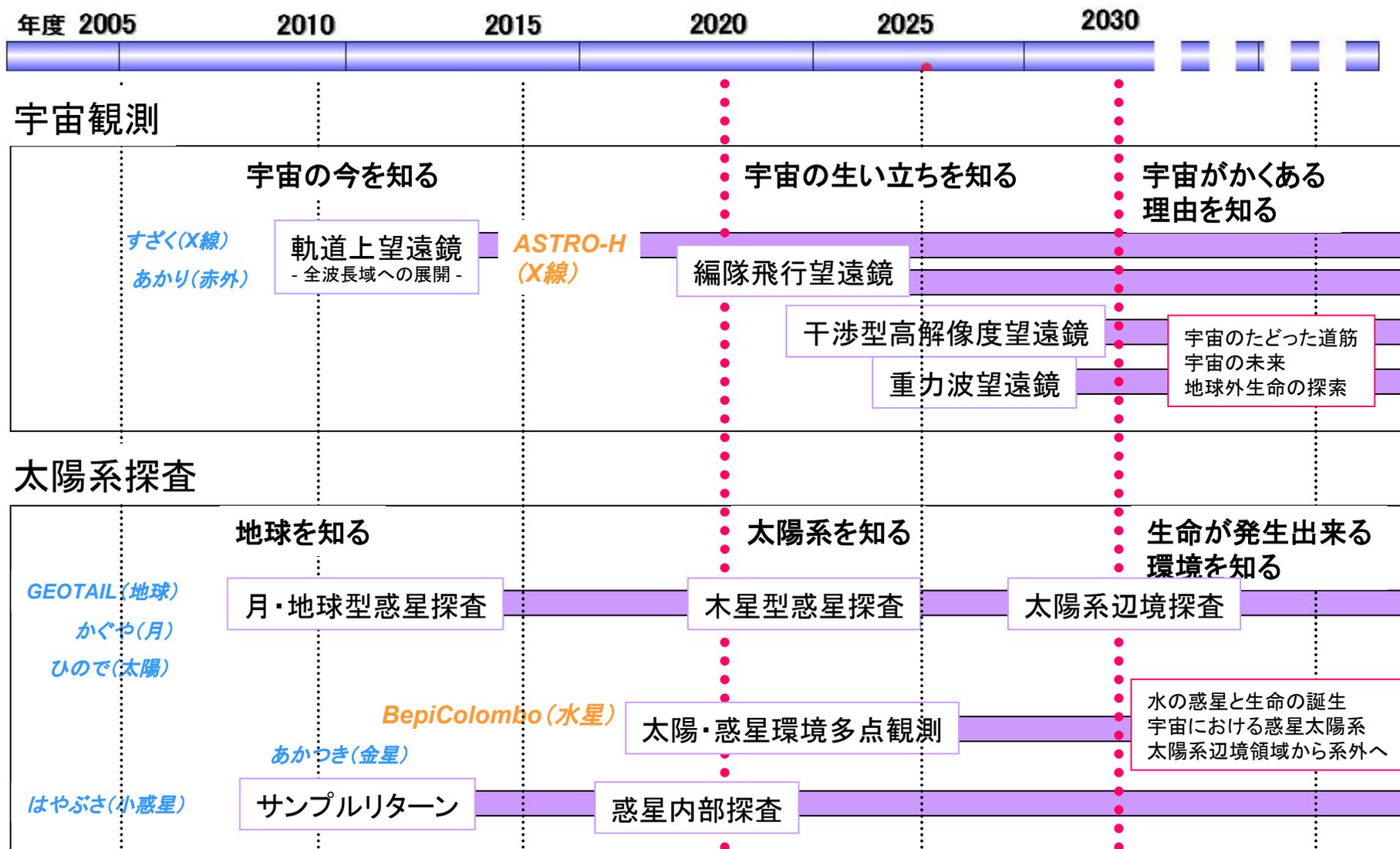
世界における日本の宇宙科学(3/3)

●世界で実行されるミッションと日本の実行するプロジェクト(太陽系探査科学探査機ミッション)

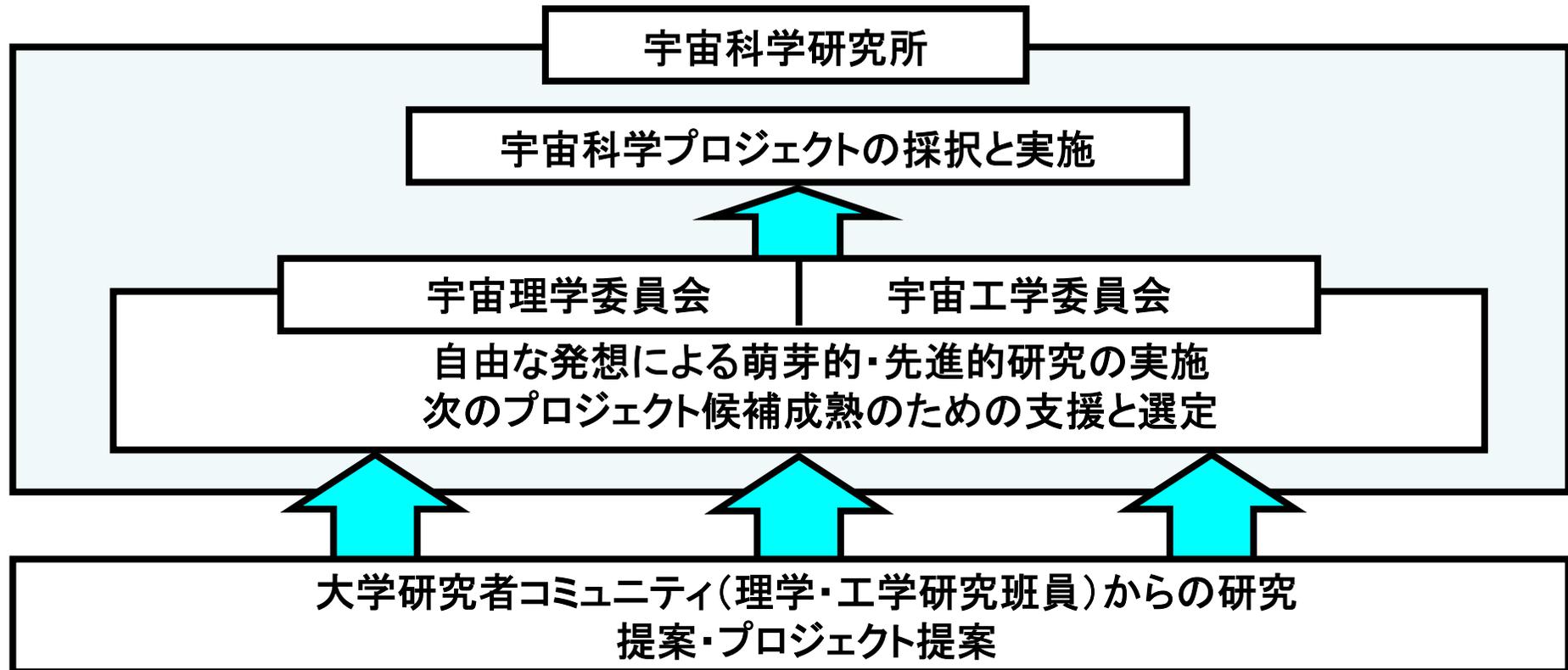


【凡例】 日本主導、 国主導、 州主導
開発中/計画中は下線付

宇宙科学の中長期ロードマップ(イメージ)



宇宙科学コミュニティによるボトムアップの研究推進



トップサイエンスセンターに向けての取組の方向性

萌芽研究モジュール

新たなプロジェクトの核となる分野・領域の創出を目指し、JAXA内外に開かれた国際最先端研究組織を設置

大学連携協力拠点の強化

宇宙研外部のユニークな活動をエンカレッジし、大学側のリソースの活用を意図した研究モジュールを、大学連携拠点として設置

大学共同利用の仕組みを
発展させ、世界の
「トップサイエンスセンター」
を目指す

大学研究者の受入れ促進

受入れ障壁の軽減や流動化を促進するスキームの改善により、優れた大学研究者の時限的受入れ等を活性化

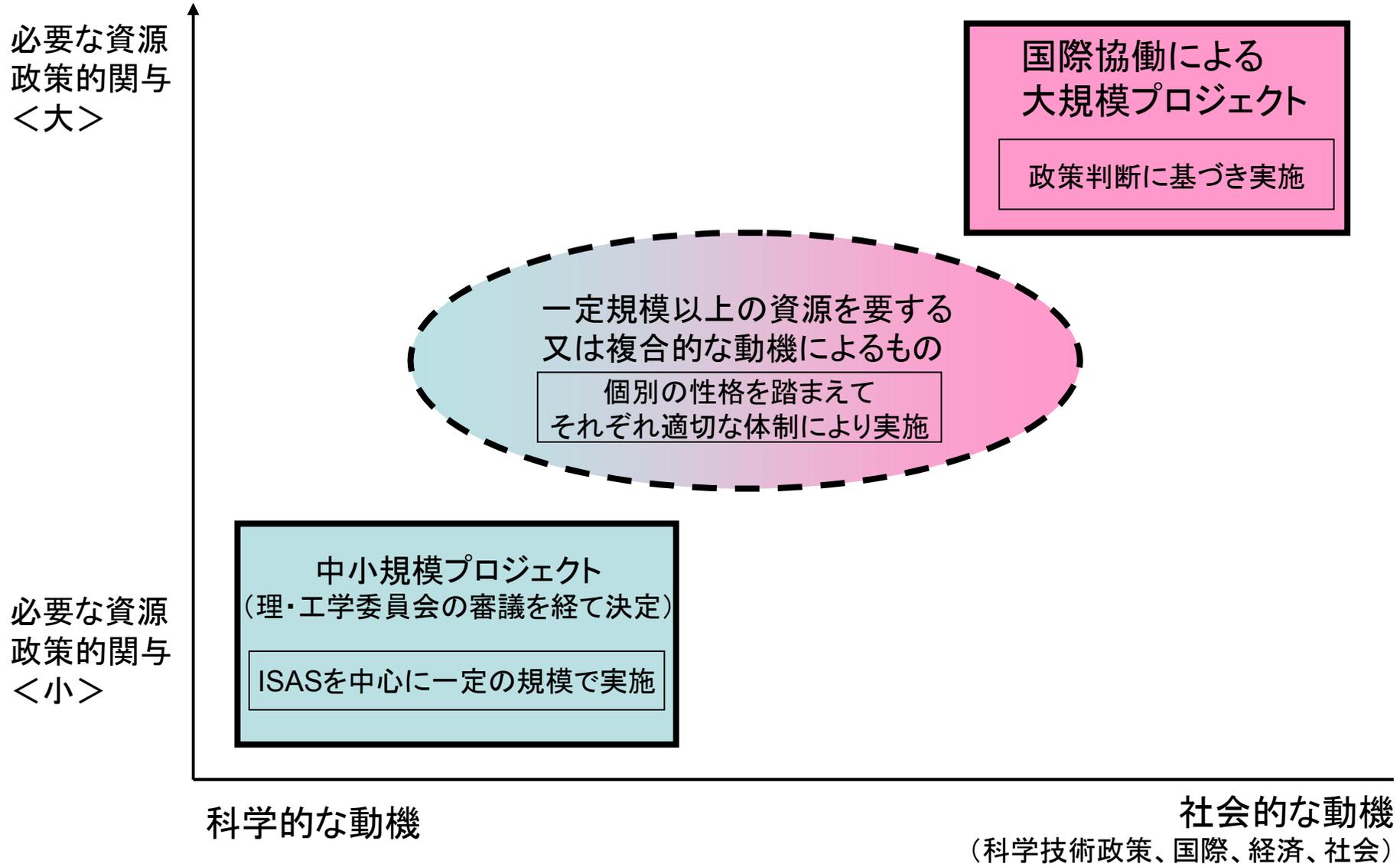
世界最高レベルの研究拠点

外国人客員教授の招聘、国際トップヤングフェロー制度の推進、大学連携協力拠点での優れた研究者の受入等、最高レベルの研究者の確保

宇宙探查

宇宙探査のイメージ図

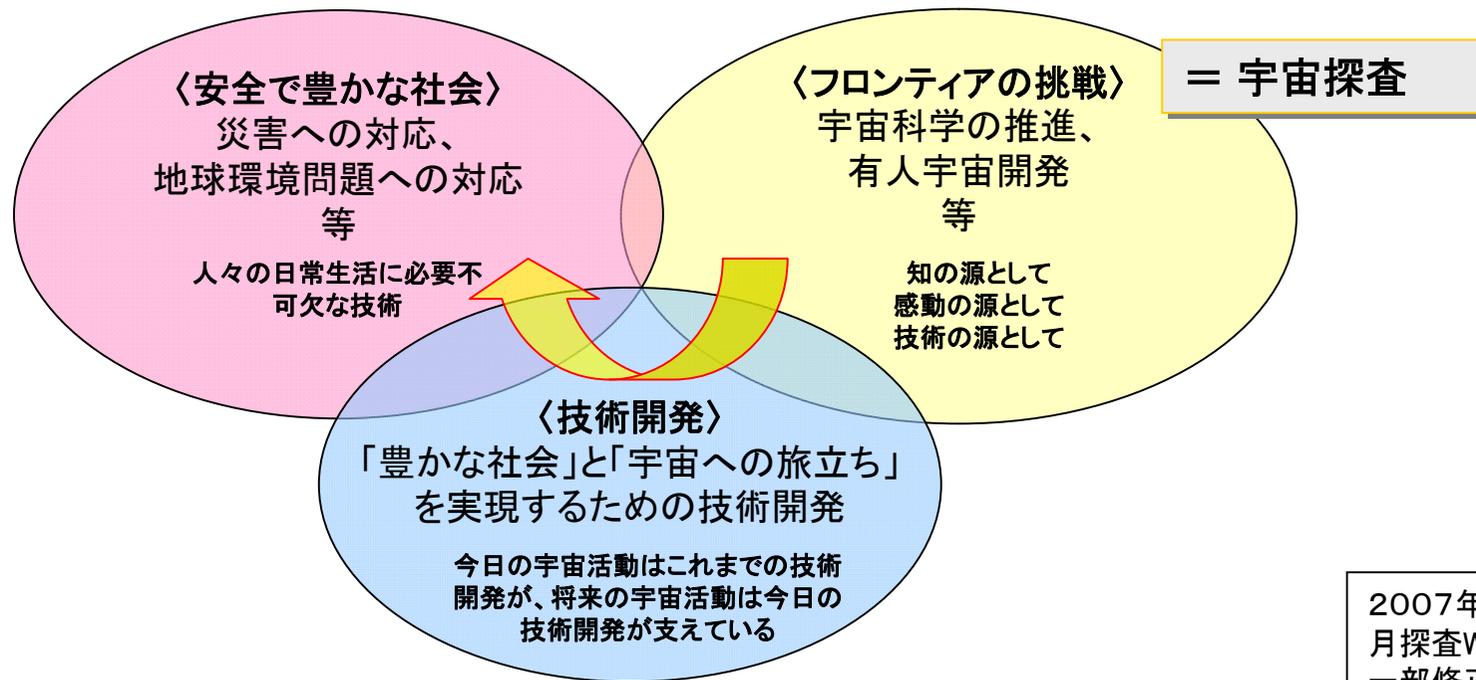
宇宙探査＝大気圏外の目的地に人工物を到達させ新たな知を獲得する試み



科学的な動機

社会的な動機
(科学技術政策、国際、経済、社会)

人類の本質的行為としての宇宙探査



- ✓ 日本を含む諸外国の本格的な太陽系大航海時代の幕開け、人類の活動領域は最も近い天体“月”から、さらに遠くの太陽系天体へと拡大
ポストISS時代を控え、米・欧・中・インド 各国の月探査への取り組みや、14カ国宇宙機関による国際宇宙探査協働グループ(ISECG)活動が活性化している。
- ✓ 宇宙探査による未知への挑戦・フロンティアの拡大は、人類共通の壮大な目的であり、スタグネーション(停滞)を打破し、新たな科学技術・価値を創出するイノベーションを誘発
アポロ計画、スペースシャトル、ISSは多くの技術分野を活性化してきた。
- ✓ 宇宙探査が国際的な素晴らしい成果を挙げることで、人々に感動を与え、科学技術に対する意欲・関心を高め、向学心を喚起し、豊かな社会の形成に寄与
我が国における、日本人宇宙飛行士の活躍、はやぶさの業績の社会的影響などの事例があげられる。

米国オバマ政権の国家宇宙政策(2010年公表)

平成22年第24回宇宙開発委員会資料(委24-3)による。

1.背景

- 米国オバマ政権は、前政権が2006年10月に発出した国家宇宙政策に代わる新たな国家宇宙政策を現地時間6月28日14時に公表(日本時間29日3時)。
- 今回の国家宇宙政策は、国防総省が担当する安全保障分野や国務省が担当する外交分野等を含めて米国の宇宙活動全般を包含する宇宙政策を示したもので、米国航空宇宙局(NASA)を中心とする民生部門の政策についてはこれまでの方向性を踏襲したもの。
- 具体的には、火星探査等の宇宙探査、国際宇宙ステーション(ISS)の運用期間延長などが盛り込まれているが、これらはすでに2011会計年度の予算教書(本年2月1日公表)や4月15日のフロリダにおけるオバマ大統領の演説の中で一定の方向性が打ち出されているところ。

2.新しい国家宇宙政策のポイント

○国際協力の更なる推進

- これまでのプロジェクトベースの協力をより一層推進するとともに、デブリ監視や宇宙物体の衝突回避を含む宇宙状況監視(SSA)など国際協力分野の拡大の方針を打ち出している
- また、これまで米国は宇宙活動に対する規制的な枠組みの構築に消極的であったが、国連の場での議論に積極的に取り組む方針を示した

○米国宇宙産業の振興

- 民間からの調達の一層の促進など国内宇宙産業の振興を従来以上に大きく位置づけている

米国オバマ政権の国家宇宙政策(2010年公表)

平成22年第24回宇宙開発委員会資料(委24-3)による。

3.国家宇宙政策の概要

(1)基本方針

- 責任ある宇宙活動は各国共通の利益であり、米国は、宇宙の長期持続性、安定性、自由なアクセスと利用が国益に必須と認識している。
- 活発で競争力のある商業宇宙部門は宇宙での継続的な発展に必要であり、米国は、国内の商業宇宙部門の成長を奨励・促進する。
- 各国は国際法に従い、平和的目的に、全人類の便益のために宇宙を開発・利用する権利を有し、その中には安全保障目的も含まれる。
- いかなる国家も宇宙や天体において主権は認められず、米国は、各国の宇宙システムは干渉なく上空を通過し、運用される権利を有すると認識するとともに、意図的な干渉はその権利の侵害と見なす。
- 米国は様々な手法を駆使してすべての責任ある主体による宇宙利用を保証するとともに、自己防衛の権利の範囲内で干渉・攻撃を抑止し、宇宙システムの防衛し、抑止できなければ攻撃させないようにする。

(2)政策目標

- 競争力ある国内産業の活性化(衛星製造、衛星利用サービス、宇宙輸送、地上アプリケーション、起業の促進)
- 国際協力の拡充(宇宙の便益の拡大、更なる宇宙空間の平和利用、宇宙からの得られる情報の収集及び共有体制の強化)
- 宇宙の安定性の強化(安全かつ責任ある宇宙での運用を促進する国内外の取組、宇宙物体衝突回避の情報収集と共有、重要な宇宙システムとそれを支えるインフラの保護、デブリ低減措置の強化)
- ミッションに不可欠な機能の保証性・弾力性を増強(環境要因、機械的要因、電気的要因又は敵対的攻撃による破壊・分解への対応)
- 有人・無人のイニシアティブの追求(革新的技術開発、国際協力の強化、国家と世界のインスパイア、人類の地球の理解の深化、科学的発見の増進、太陽系・外宇宙の探査)
- 宇宙からの地球・太陽観測の増強(地上の天気と地球近傍の宇宙天気の予測、気候変動の観測、天然資源の管理、災害対応と復旧の支援)

米国オバマ政権の国家宇宙政策(2010年公表)

平成22年第24回宇宙開発委員会資料(委24-3)による。

3.国家宇宙政策の概要(続き)

(3)分野横断的政策

1.基盤的な活動・能力

- ・宇宙関連の科学技術及び産業基盤の強化(研究の実施と産業振興)
- ・確実な宇宙へのアクセスのための能力強化(ニーズに即した宇宙輸送系の確立と効率化)
- ・宇宙からの測位・航行・時刻(PNT)システムの維持・強化(GPSの開放と他の衛星測位システムとの相互運用性確保)
- ・宇宙の専門家の養成・確保(産官学の人材育成と人材力の維持)
- ・宇宙システムの開発・調達の改善
- ・省庁間連携の強化

2.国際協力

- ・米国の宇宙におけるリーダーシップの強化(安全保障面と商業面の双方を含む、協力国との間でコストとリスクの適切な共有)
- ・潜在的な国際協力分野の同定(有人宇宙飛行、原子力電源、宇宙輸送、デブリ監視、ミサイル警戒、地球観測、環境監視、衛星通信、衛星測位、地理空間情報、災害被害低減と復旧支援、探索・救助活動、海事利用、長期の宇宙環境の保護など)
- ・透明性・信頼性構築策(TCBM)の開発(二国間及び多国間)

3.宇宙環境の保護と責任ある宇宙利用

- ・宇宙環境の保護(デブリ低減措置及び宇宙状況監視の実施)
- ・宇宙衝突警戒のための方策の検討(宇宙物体データベースの維持・強化、データの国際標準・統合方策の追求、宇宙物体捕捉情報に関するサービスの提供)

4.効果的輸出政策

- ・輸出規制の見直しに従って、安全保障ニーズを満たしつつ米国の産業基盤の競争力を強化する方策を検討

5.宇宙原子力電源

- ・宇宙探査や宇宙運用の能力が安全に実現し、優位に強化される場合に宇宙原子力電源を開発・利用

6.周波数帯域と干渉からの防護

- ・必要な周波数の確保に努めるとともに、国内外の規制の枠組みの可否を検討
- ・干渉源特定のための技術の強化と周波数環境の維持に必要な措置の実施

7.ミッションに不可欠な機能の保証性・弾力性

- ・サービスの継続を確保するため、ミッションに不可欠な機能を保証する技術開発等を実施

米国オバマ政権の国家宇宙政策(2010年公表)

平成22年第24回宇宙開発委員会資料(委24-3)による。

3. 国家宇宙政策の概要(続き)

(4) 分野別政策

1. 商業宇宙政策

- 市場で調達可能で国の要求を満たす場合は可能な限り商業宇宙技術・サービスを購入・使用する
- 現時点では要求を満たしていないが、政府にとってより費用対効果が高く、タイミングが適切であれば、商業宇宙技術・サービスについて政府要求を満たすようにする
- 商用の宇宙物品・サービスを購入するため工夫して従来にない方法も積極的に模索する(官民連携、商用宇宙機に政府の技術を搭載する、政府ミッションを支援する商業衛星運用者から科学データ・運用データを購入するなど)
- 国益上の理由又は他に利用可能な国内外の商業サービスがない場合にのみ政府の宇宙システムを開発する
- 国家安全保障又は公共の利益からの理由がない限り、米国の商業宇宙活動を排除し、妨害し、競合するような政府の宇宙活動は行わない
- 商業化を上回るだけの法制上、安全保障上又は安全上の要求がない限り、日常的に運用している宇宙機能を商業宇宙部門に移転する可能性を追求する
- 賞金や競争を通じて商業宇宙部門における技術革新や起業を促進する
- 政府の宇宙技術やインフラは可能な限り商業利用可能とする
- 商業宇宙活動への規制による負担は最小限のものとなるようにし、宇宙活動の許認可は適時に行われるようにする
- 米国産業界のインプットにより適切な基準と規制を構築し、公平でオープンな商業活動を育成する
- 国際協力において米国商業宇宙サービス・技術の購入・利用を奨励する
- 米国の技術移転・不拡散の目的に従って、中小企業によるものを含む商業的に開発された宇宙物品・サービスの海外での利用のための輸出を積極的に促進する

米国オバマ政権の国家宇宙政策(2010年公表)

平成22年第24回宇宙開発委員会資料(委24-3)による。

3.国家宇宙政策の概要(続き)

(4)分野別政策(続き)

2.民生宇宙政策

【宇宙科学、探査・発見】

- 探査のマイルストーンの設定:2025年までに小惑星を含む月を越える有人ミッション、2030年代中盤までに有人の火星周回と地球への帰還をそれぞれ実現
- 国際宇宙ステーション(ISS)計画を2020年以降まで継続し、利用を拡大
- 民間と協力してISSに人と物資を輸送する商業宇宙飛行技術・サービスを安全に、信頼性と費用対効果が高く実現できるように模索する
- 能力を増強し、コストを低減させ、将来の宇宙活動の機会を広げることにつながるキーテクノロジーについて産官学が協働して技術開発・試験を実施する
- 新たなロケットエンジン技術を含む次世代の打上げシステムのための研究開発を実施する
- 他の惑星の科学的調査、新技術の実証及び将来的な有人ミッションのための事前探査のために太陽系の無人探査を継続して実施する
- 太陽、太陽系及び宇宙全体の観測・研究・分析のための宇宙科学プログラムは引き続き強力に実施する
- 地球衝突のリスクの低減と潜在的な資源利用のため、地球近傍天体について捕捉・追跡・カタログ化・特性評価を行う

【環境面での地球観測と天気】

- 様々な地球の陸域・海域・大気の宇宙からの観測・研究・分析を引き続き実施するとともに、高度化を図る
 - NASAは新たな地球観測衛星の開発を加速し、気候変動研究と監視技術の強化、地球に関する先端研究と科学的知見の増強を図る
 - 商務省は米国海洋大気局(NOAA)を通じ、地球観測衛星の研究開発を長期的な運用へと移行させ、宇宙からの観測で国際協力をを行い、民生の実用の地球観測衛星の運用主体となる

【陸域リモートセンシング】

- 内務省は、米国地質調査所(USGS)を通じ、地表面の自然的・人為的変化の研究を実施し、全球の地表面のデータの蓄積と配布を行うとともに、運用面での要求を決定し、安全保障のシステムから得られる環境や災害に関するリモートセンシングデータを他の省庁に提供する責任主体となる
- また、内務省はUSGSを通じ、NASAと協力して陸域のリモートセンシング観測プログラムを維持する
- NASA、NOAA、USGSは、民生部門の技術開発が不要に重複しないように調整し、地球観測衛星から得られたデータに基づく民生のアプリケーションを引き続き開発する

米国オバマ政権の国家宇宙政策(2010年公表)

平成22年第24回宇宙開発委員会資料(委24-3)による。

3.国家宇宙政策の概要(続き)

(4)分野別政策(続き)

3.国家安全保障宇宙政策

- 国防総省と国家情報官は、協力して以下を実施する。
 - 国家安全保障を支え、平時・危機時・紛争時に防衛・情報収集を可能とする宇宙システムとネットワークの開発・運用
 - 正確で適時な宇宙状況監視を実現するため、宇宙監視や他の収集した情報の維持・統合など
- 国防総省は、以下を実施する。
 - 宇宙状況監視の能力の開発、獲得、運用、維持、近代化
 - 米国及び友好国の宇宙システムへの干渉又は攻撃に対し、抑止し、防御し、必要に応じて無効化する技術の開発と計画の策定
 - 防衛・安全保障部門の打上げ担当として国家安全保障目的のための信頼性があり、購入可能で適時な宇宙アクセスの提供など
- 国家情報官は、以下を実施する。
 - 海外の宇宙活動についての情報を、頑健かつ適時、効果的に収集、加工、分析、及び配布
 - 宇宙状況監視をより強化するため、海外における宇宙監視能力と宇宙監視情報の統合
 - TCBM、及び適用可能であれば軍縮協定について遵守状況の監視や検証の支援など

各国における宇宙探査の動向

○米国

革新的技術の開発、新産業育成、国際的パートナーシップ強化、米国及び世界に対する鼓舞、科学的発見の促進等を目的とし、2030年代半ばまでの有人火星周回探査を最終目標に、重量級ロケットや有人宇宙船の開発に着手(2011年)

○欧州

科学技術力及び競争力の強化、EU及びESAの能力統合、技術開発を通じた経済への好影響、若い世代への啓蒙・教育等を目的とし、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、月への無人着陸機の検討を実施（NASA撤退により欧州単独あるいはロシアとの協力を模索）

○ロシア

社会・経済分野、科学、国際協力、防衛・安全保障等を目的に、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計画中。有人探査においては「月」に拠点を置くことを決定

○中国

国威発揚を主目的として、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。また、神舟9号で天宮1号と有人宇宙船ドッキングに成功(2012年6月)

○インド

国民の経済的利益を主目的とし、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、2017年頃にロシアと共同で着陸を実現を目指している。

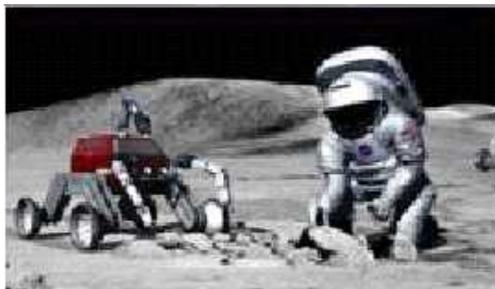
⇒ 宇宙開発先進国は、それぞれ国情に応じた意義の下、宇宙探査を推進

- ・科学・技術、啓蒙・教育、産業・経済、プレゼンス(国際、安全保障含む)といった意義を概ね共有
- ・各国とも月及び火星を視野に入れた有人探査計画を国際協働で実施する方向

国際宇宙探査協働グループ(ISECG)の動き(1/2)

○宇宙機関レベル(ISECG)で国際的に合意された宇宙探査の意義

① 科学技術の新しい知識獲得



- 太陽系進化、生命誕生への知見獲得
- 小惑星衝突回避
- 月面天文台

④ 国際間パートナーシップ構築



- 探査プログラムでの国際協力
→既存の国際協力の強化
- グローバルセキュリティへの貢献

② フロンティアの拡大



- 人類の本能的な活動領域拡大
- 人間の判断能力発揮
- 地球との新たな関係

⑤ 啓発と教育



- 宇宙探査という壮大なテーマへの驚異、感嘆
- 若い世代の勇気付け
- 科学技術産業の人材確保
- 教育材料の提供

③ 経済発展



- 宇宙探査技術のスピノフ効果
- 宇宙産業発展による財政への貢献
- システムエンジニアリング/プログラムマネージメント育成

⑥ 火星以遠への探査の準備 (月探査)



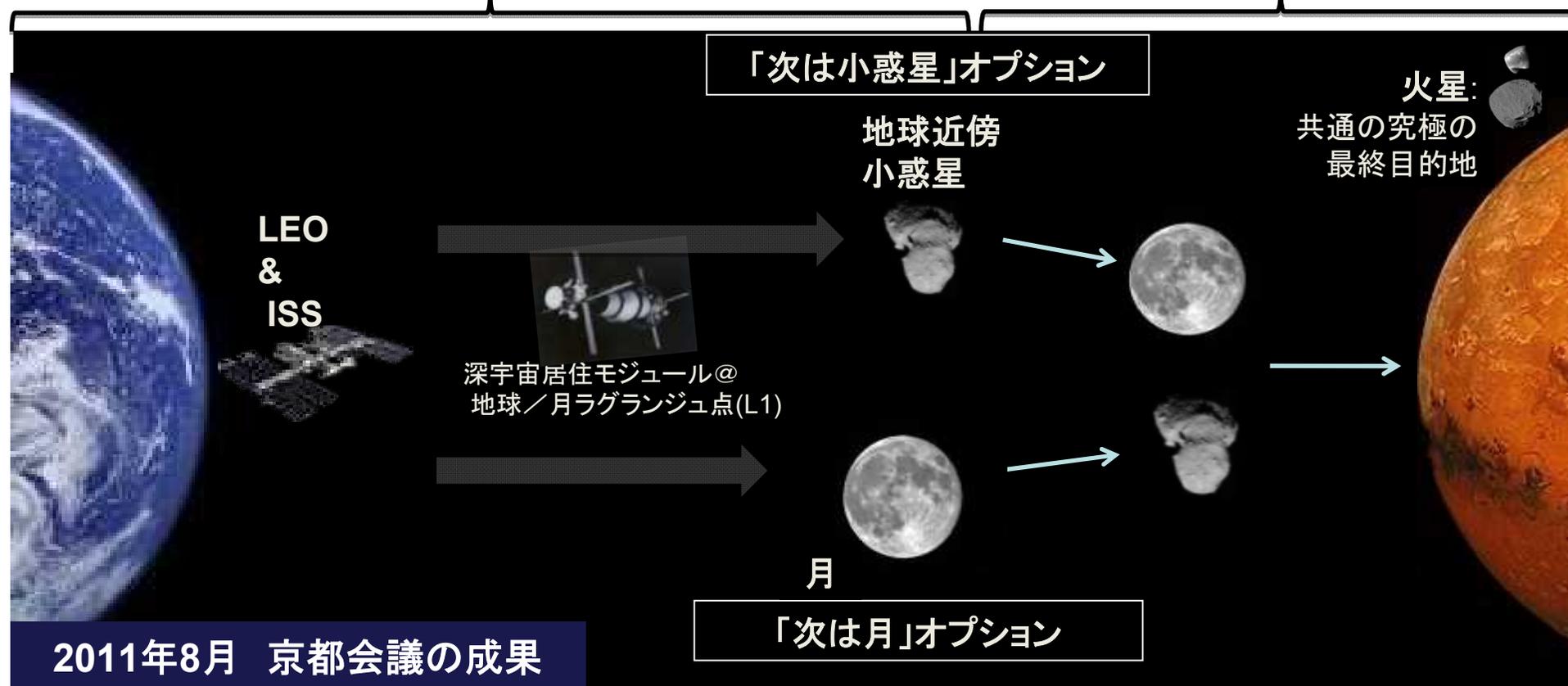
- 低重力、広温度範囲での探査技術
- その場資源利用
- リサイクル技術
- 人体適応能力研究

国際宇宙探査協働グループ(ISECG)の動き(2/2)

- 現在ISECG(International Space Exploration Coordination Group)では、有人火星探査を将来(2035～2040年頃)の目標として、実施の意義、実現への技術的道筋(ロードマップ)、実現に必要な宇宙システムなどを検討中
- 2011年9月に上記ロードマップ初版を纏め、有人火星探査実現までの技術実証の道筋として、ISSから「次は小惑星」と「次は月」の2つのシナリオを抽出(下図)
- 両シナリオともに、ISSの活用と、無人探査と有人探査の協調が前提

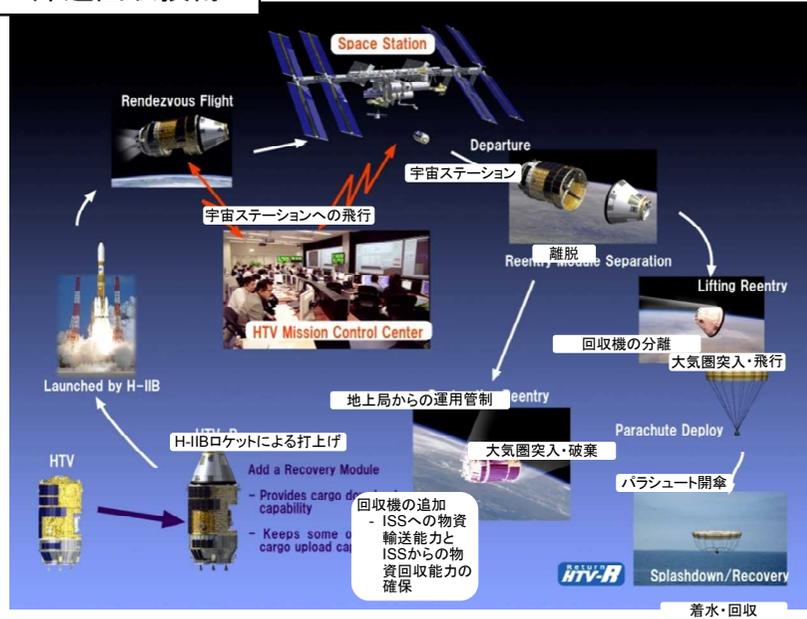
当面は無人探査、ISSの活用、技術/能力開発を行いつつ、小惑星又は月の有人探査を実現させる。

今後の科学的知識や革新的技術の発現によりシナリオが決定される。

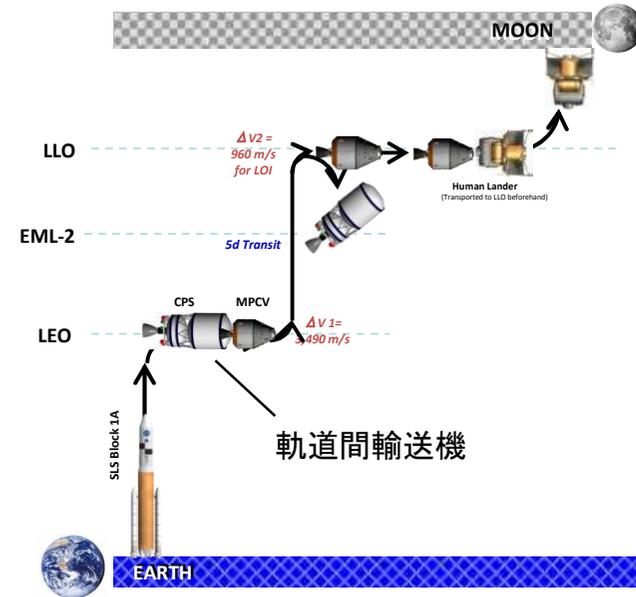


国際宇宙ステーションを活用して蓄積すべき有人宇宙技術

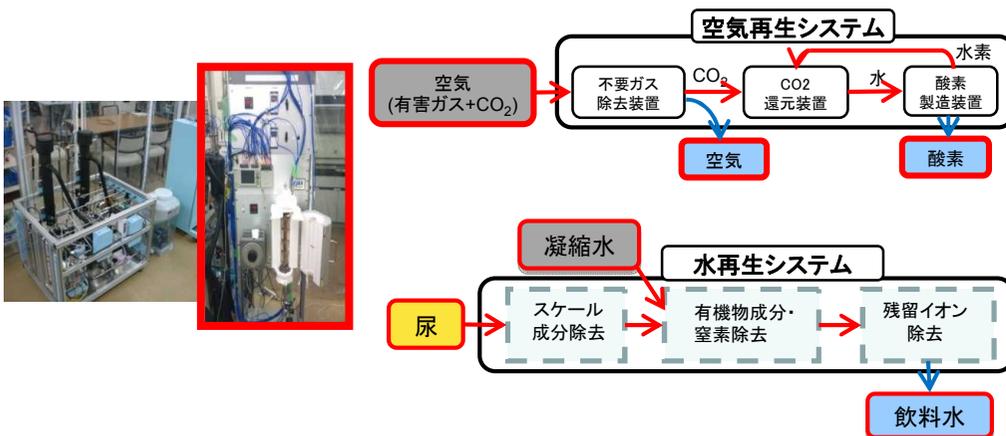
帰還回収技術



月まで人と物資を運ぶための軌道間輸送機



回収した二酸化炭素から酸素を製造するための空気再生システムや尿から飲料水を生成するための水再生システム



医学データ

健康状態とパフォーマンスに与える問題
— 長期健康影響とミッションへの影響評価 —

制約無し ○	制約無し (リスク増加) △	制約有り (NO GO) ×
-----------	----------------------	----------------------

	ミッションへの制約			
	ISS (6ヶ月)	月 (6ヶ月)	小惑星 (1年)	火星 (3年)
骨量・筋肉減少	○	△	×	×
感覚変容や機能障害	○	△	×	×
視覚障害	○	△	×	×
栄養問題	○	△	×	×
自律的メディカル・ケア	○	△	×	×
精神心理	○	△	×	×
宇宙放射線による発がんや疾患	○	△	×	×
有毒ガス、感染症等への対応	○	△	×	×
緊急事態への自律的対応	○	△	×	×
低重力への適応、ミッション後のリハビリ	○	△	×	×

ESA閣僚級理事会議 結果概要

●ESA閣僚級会議

ESA加盟20か国及びカナダの閣僚に加え、オブザーバーとして、ESA非加盟のEU諸国7か国や欧州委員会等が参加し、2012年11月20日、21日にイタリア(ナポリ)で開催。

※2008年12月以来、4年ぶりの開催

●主な承認事項

- 輸送系 : Arian-5MEの開発を継続するとともに、Arian6の詳細な検討に着手。
- ISS関係 : ATVに代えて、NASAの多目的有人宇宙船であるオリオン(Orion)へのサービスモジュールを提供。



- 宇宙探査 : 火星探査計画ExoMarsにロシアの参加が決定。
- 通信 : 産業競争力確保につながる3~6トン級静止通信衛星用次世代プラットフォーム等の計画の推進。
- 地球観測 : 地球観測エンベロープ計画(第4期)や第2世代極軌道気象衛星、GMESなどの計画の推進。
- 宇宙科学 : 各プログラムの着実な実施のため、今後5年間の各年予算をフラット化。
- 宇宙状況監視 : 宇宙デブリに加えて、地球近傍物体、宇宙天気に関する活動への出資。

※今回の閣僚級理事会議では、合わせて100億ユーロ分のプログラムについて承認