



文部科学省

MINISTRY OF EDUCATION,
CULTURE, SPORTS,
SCIENCE AND TECHNOLOGY-JAPAN

資料 1 - 2

科学技術・学術審議会
研究計画・評価分科会
宇宙開発利用部会
宇宙科学小委員会
(第1回)H25.4.22

宇宙科学分野の現状について

平成25年4月22日

項目

1. 宇宙科学の概要
2. 宇宙科学の実施手法
3. ISASの取組
4. 宇宙科学コミュニティの規模・構成
5. 人材育成

1. 宇宙科学の概要

● 我が国の宇宙科学

日本における宇宙科学研究は、以下の視点から、宇宙科学研究所 (ISAS) を中心として、ロケット・衛星・探査機などの宇宙飛翔体を用いて先端的な学術研究を実施してきた。

(1) 人類共通の知的資産の獲得

宇宙飛翔体を用いた観測や探査によって、宇宙や太陽系の起源、構造及びその進化、そして生命の成り立ちの理解の増進を目指すなど、人類の知的資産の増進を図る。

(2) 挑戦的な宇宙工学研究によるブレークスルーの実現、フロンティアの拡大

工学的課題に挑戦し、飛翔ミッションによって実証する。宇宙や太陽系の理解を深めるための工学研究を行うとともに、宇宙開発利用の将来を切り開き、人類のフロンティアの拡大及び人類的課題の解決に貢献する。

(3) 先端的な研究開発の現場における人材の育成

日本の宇宙開発の先端的な研究開発の将来を支える研究者や技術者の育成を行う。

(4) 宇宙科学成果による国のプレゼンスの向上

世界最先端の成果創出によって宇宙科学分野で国際的リーダーシップを実現することにより、世界における日本のプレゼンス向上に貢献する。

< 参考 > 独立行政法人宇宙航空研究開発機構法 (抜粋)

－ 定義 (第2条第1項)

- この法律において「宇宙科学」とは、宇宙理学及び宇宙工学の学理及びその応用をいう。

－ 目的 (第4条)

- 独立行政法人宇宙航空研究開発機構 (以下「機構」という。) は、大学との共同等による宇宙科学に関する学術研究、宇宙科学技術 (宇宙に関する科学技術をいう。以下同じ。) に関する基礎研究及び宇宙に関する基盤的研究開発並びに人工衛星等の開発、打上げ、追跡及び運用並びにこれらに関連する業務を、宇宙基本法 (平成二十年法律第四十三号) 第二条の宇宙の平和的利用に関する基本理念にのっとり、総合的かつ計画的に行うとともに、航空科学技術に関する基礎研究及び航空に関する基盤的研究開発並びにこれらに関連する業務を総合的に行うことにより、大学等における学術研究の発展、宇宙科学技術及び航空科学技術の水準の向上並びに宇宙の開発及び利用の促進 を図ることを目的とする。

－業務(第18条第1項各号) 機構は、第四条の目的を達成するため、次の業務を行う。

- 一 大学との共同その他の方法による宇宙科学に関する学術研究を行うこと。
- 五 前各号に掲げる業務に係る成果を普及し、及びその活用を促進すること。
- 七 機構の施設及び設備を学術研究、科学技術に関する研究開発並びに宇宙の開発及び利用を行う者の利用に供すること。
- 八 宇宙科学並びに宇宙科学技術及び航空科学技術に関する研究者及び技術者を養成し、及びその資質の向上を図ること。
- 九 大学の要請に応じ、大学院における教育その他その大学における教育に協力すること。

－学術研究の特性への配慮(第20条)

文部科学大臣は、中期目標(宇宙科学に関する学術研究及びこれに関連する業務に係る部分に限る。)を定め、又は変更するに当たっては、研究者の自主性の尊重その他の学術研究の特性への配慮をしなければならない。

ISASにおけるこれまでの取組

1. 我が国の宇宙科学研究は、1955年のペンシルロケットに始まるロケット開発から始まり、1970年に我が国発の人工衛星「おおすみ」打ち上げ、同時に科学衛星による観測や探査の実施へと着実に発展。これまでに33機の衛星・探査機を打ち上げた。
2. 宇宙や太陽系の謎を解き明かす理学研究と、それらを可能にする工学研究が一体的に運営され、世界最先端の成果を創出してきた。
3. 宇宙科学研究は、研究者の自由な発想に基づく提案が、競争的環境の下でより適切なプロジェクトとして選定・採択され実施するというボトムアップの仕組みにより進められてきた。
4. 宇宙科学研究所は、衛星・探査機・ロケットや気球による飛翔機会、宇宙科学の大規模実験設備などの利用機会を全国の大学研究者に提供し、研究コミュニティと一体で推進する「大学共同利用」の方法により、日本の中核研究拠点として機能してきた。
5. 適切な頻度で宇宙理工学研究を目的とした科学衛星や探査機を打ち上げるとともに、気球・観測ロケットなどの小型飛翔体による実験機会を持続的に提供し、世界レベルの成果を創出してきた。
6. 宇宙科学研究所は、大学院教育に参加・貢献するとともに、プロジェクトを中心とした研究活動において大学院生や若手研究者に実践機会を提供し、人材育成を行ってきた。

日本の宇宙科学の成果

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中で、これまで理工両面の様々な世界最先端の成果を創出してきた。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。

• 宇宙飛翔体工学 (Mロケットの開発と科学ミッションの推進)

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

• 先進宇宙工学 (特に、衛星・探査機工学)

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

• 宇宙物理学・天文学

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

• 太陽物理学・太陽系探査科学

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

• 宇宙環境利用科学

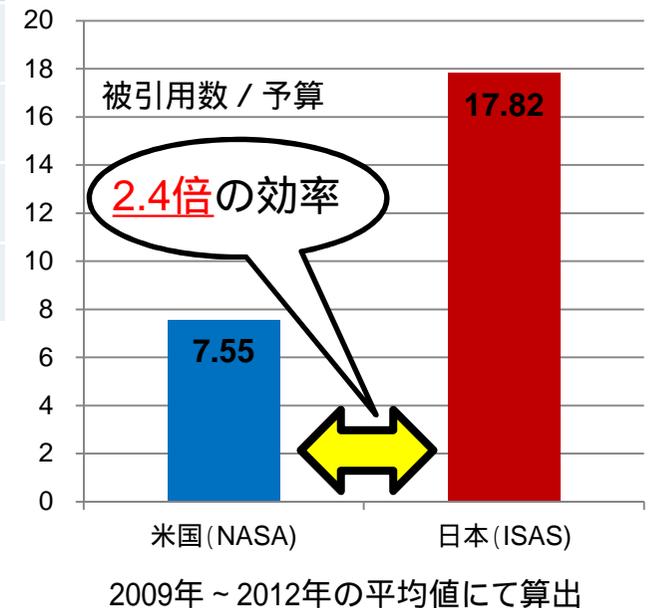
- 宇宙環境の特徴である微小重力・真空・宇宙線等を利用して、物質科学・基礎科学・生命科学他の科学実験

宇宙科学論文の被引用数

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) | 2009 | 3,946 | 2,440 | 41,597 | 13.00 |
| | 2010 | 3,201 | 2,585 | 29,919 | 9.78 |
| | 2011 | 3,198 | 2,673 | 19,606 | 6.13 |
| | 2012 | 3,313 | 2,650 | 4,240 | 1.28 |
| 日本 (ISAS) | 2009 | 171 | 314 | 5,716 | 33.43 |
| | 2010 | 203 | 346 | 4,610 | 22.72 |
| | 2011 | 142 | 366 | 1,795 | 12.64 |
| | 2012 | 182 | 341 | 458 | 2.50 |

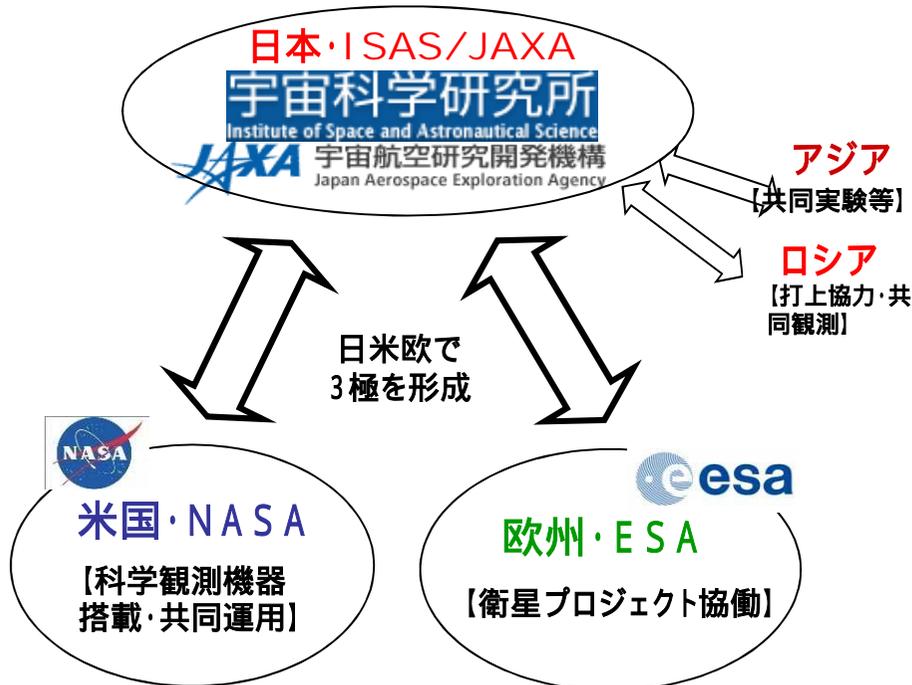
- ・NASA予算はNASA公表データより作成。Science区分のうち、Planetary Science, Astrophysics, Heliophysics, JWST(2010,2011,2012)の経費を計上、1ドル = 100円で計算
- ・論文数及び被引用数は、web of science/Thomson Reuters調べ(2013年3月)による。



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

宇宙科学研究所が主導するプロジェクト・研究協力

| | 米国 (NASA) | 欧州 (ESA等) | ロシア | アジア |
|-------------------|--------------|--------------|-----|-----------|
| GEOTAILプロジェクト | | | | |
| あけぼのプロジェクト | | | | |
| 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 | | | | 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 |

ISASの予算関連データ

JAXAの宇宙科学・探査関連予算の推移(運営費交付金)

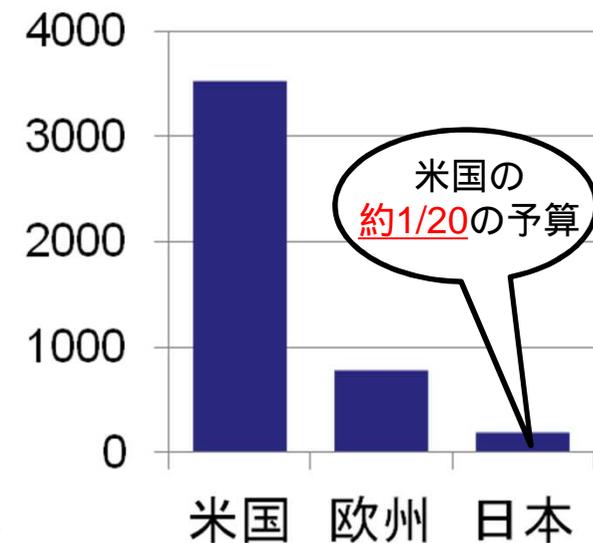
(単位:百万円)

| | FY15 | FY16 | FY17 | FY18 | FY19 | FY20 | FY21 | FY22 | FY23 | FY24 | FY25 |
|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 宇宙科学 | 21,727 | 19,899 | 21,486 | 26,030 | 19,757 | 15,069 | 17,083 | 20,291 | 14,164 | 18,220 | 14,246 |
| 宇宙科学 + 探査 | 21,727 | 19,899 | 21,486 | 26,030 | 19,757 | 15,352 | 17,899 | 22,017 | 17,740 | 21,756 | 26,228 |

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) | 1098(ESA + 仏独伊 英) + α | 0.007%以上 |
| 日本 | 5,042,000 | 180 | 0.004% |

宇宙科学・探査予算(百万ドル)



- 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。)
- 欧州の宇宙科学・探査は、ESA(550百万ユーロ)、フランス(65百万ユーロ)、ドイツ(45百万ユーロ)、イタリア(93百万ユーロ)、イギリス(32百万ユーロ)を計上。その他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

2. 宇宙科学の実施手法

- 宇宙科学研究所では、理学・工学研究者が一体となって研究活動やプロジェクトを実施

宇宙工学研究

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

宇宙理学研究

「宇宙物理・天文学」と「太陽系探査科学」の2つの分野に大別。工学研究との一体的連携による観測・探査手段の獲得により実施。

宇宙物理学・天文学

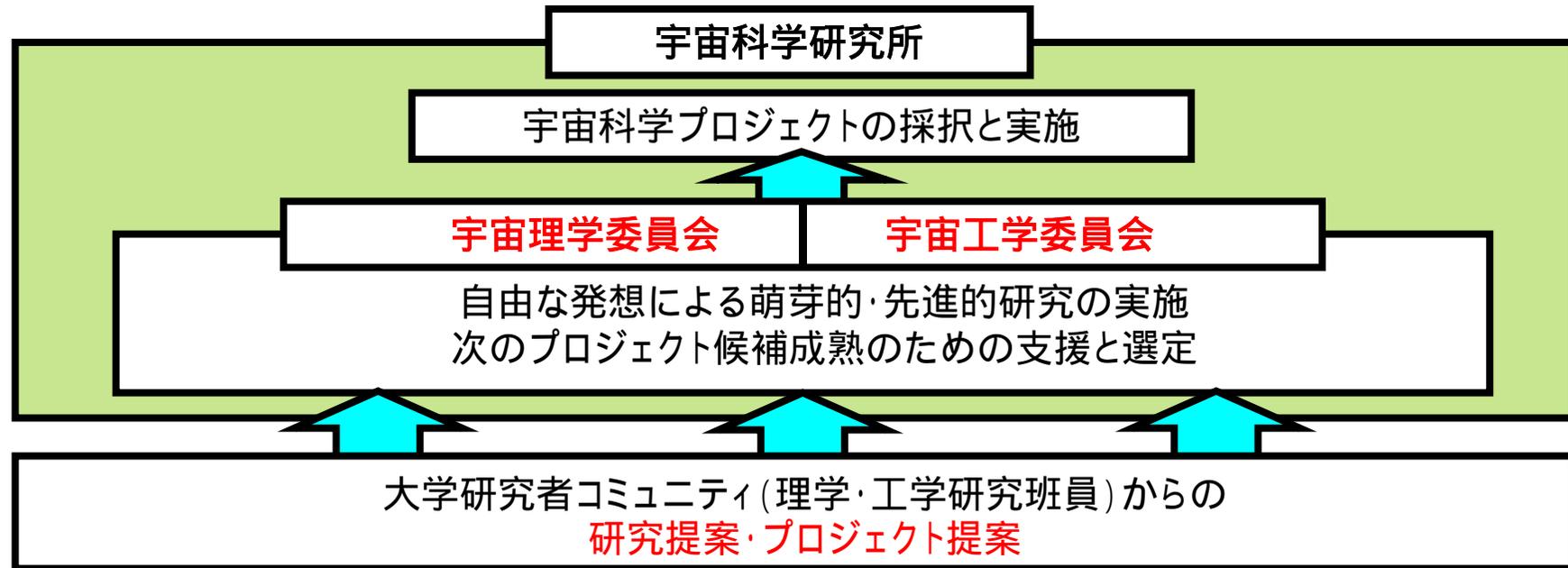
宇宙空間における物理学・天文学の実験的・観測的手法による宇宙の包括的理解
宇宙の構造、始まりと運命の理解
宇宙・天体・物質の進化の把握
宇宙における生命の探査と理解

太陽系探査科学

恒星としての太陽活動の理解と、地球周辺空間における太陽の影響の理解
太陽系における固体、流体、気体、プラズマの相互作用の理解
惑星系形成プロセスの理解
系外惑星系における惑星存在の多様性と、生命発生の可能性がある惑星の探索

我が国の宇宙科学プロジェクトの選定方法

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



大学共同利用システム

- 研究者コミュニティにより運営される宇宙科学研究所を研究の場として機能させるボトムアップのシステム
- 大学共同利用機関の機能()を「大学共同利用システム」と名付け、特にISASでは、以下に掲げる科学衛星や観測ロケット、大気球、各種試験設備等の観測・研究用施設設備を大学の研究者の利用に供し、また、大学の研究者との共同研究の実施により、宇宙科学研究を遂行
 - A) 大学等の研究者との共同作業により宇宙科学プログラムにかかるプロジェクト等の選考、研究開発及び観測・実験を実施
 - B) 科学衛星、国内外の宇宙機搭載科学ミッション機器、観測ロケット、大気球及び各種試験施設・設備等の観測・研究用施設設備を大学等の研究者の利用に提供
 - C) 研究者コミュニティの自由な発想に基づき、大学等の研究者と共同研究を実施
 - D) 科学衛星等の観測成果や研究成果を大学等の研究者の利用に供するため、データベースの公開、シンポジウムの開催等
- ()大学の研究者のための学術研究の中核拠点として、個別の大学では、整備や維持が困難な、以下のものを全国の研究者の利用に供し、効果的な研究を実施する機能
 - 大型 / 特殊な実験・観測装置
 - 膨大な学術資料やデータなどの知的基盤
 - ネットワーク型共同研究や新分野開拓のための中核的機能と場

宇宙理学・工学委員会

宇宙科学研究所研究委員会規則

• 目的

- 宇宙科学研究所長の諮問等に応じ、大学との共同等による宇宙科学に関する学術研究および関連する業務の実施について審議し、研究等を行うこと

• 構成:

- 各委員会の委員は35名以内で組織。委員の半数程度はISASから、残りは所外の大学等研究機関から構成
- 研究班員(所内外の研究者)は、理学委が約750名、工学委が約350名(H24.10現在)

• 開催内容

- 宇宙理学分野に関する研究計画の立案、研究プロジェクトの企画及びその他の専門的事項について審議。その際、ISAS所長以下執行部が同席して意見交換
- 各委員会とも年4 - 5回の開催

• 審議事項(WG・プロジェクト関係)

- WG設立提案審査、及び実施中WGのフェーズアップ審査
- プロジェクト提案募集に対応した、候補ミッションの選定
- 実施中プロジェクトの見直し、終了、運用延長等の各種審査
- 全てのWG・プロジェクトに係る年度末評価
- プロジェクトの科学的成果についての個別評価

• 審議事項(その他重要事項)

- 体制見直し並びに宇宙基本計画・次期中期計画に係る議論
- NASA・ESAや日本学術会議の長期計画に係る議論
- 研究系再編等のJAXA・ISAS組織改編に係る議論
- 宇宙科学プログラムの在り方に係る議論
- 委員改選・交代、研究班員登録申請、研究費配分、等々

• 報告事項

- 各WG・プロジェクト・実験等の現況・結果報告
- 他委員会の審査等結果報告、周辺の動き、国際調整状況、等

宇宙理学委員会委員名簿 (H23.4.1 ~ H25.3.31)

次期メンバーについては選定中

| | | | |
|-------|---------------------------------|--------|---------------------|
| 稲谷 芳文 | 宇宙科学研究所教授 | 寺澤 敏夫 | 東京大学 宇宙線研究所教授 |
| 上野 宗孝 | 宇宙科学研究所 宇宙科学プログラムオフィス室長 (幹事) | 鳥居 祥二 | 早稲田大学 理工学術院総合研究所教授 |
| 海老沢 研 | 宇宙科学研究所教授 (幹事) | 中川 貴雄 | 宇宙科学研究所教授 |
| 大村 善治 | 京都大学 生存圏研究所教授 | 中村 栄三 | 岡山大学 地球物質科学研究センター教授 |
| 小野 高幸 | 東北大学 大学院理学研究科教授 | 中村 正人 | 宇宙科学研究所研究総主幹 |
| 河合 誠之 | 東京工業大学 大学院理学研究科教授 | 野崎 光昭 | 高エネルギー加速器研究機構教授 |
| 川村 静児 | 東京大学宇宙線研究所教授 | 早川 基 | 宇宙科学研究所教授 |
| 國枝 秀世 | 名古屋大学 大学院理学研究科教授 | 原 弘久 | 自然科学研究機構国立天文台准教授 |
| 國中 均 | 宇宙科学研究所教授 | 藤井 良一 | 名古屋大学理事・副総長 |
| 佐々木 晶 | 自然科学研究機構国立天文台 RISE推進室教授 | 藤本 正樹 | 宇宙科学研究所教授 (幹事) |
| 佐藤 毅彦 | 宇宙科学研究所教授 | 牧島 一夫 | 東京大学 大学院理学系研究科教授 |
| 塩谷 雅人 | 京都大学 生存圏研究所教授 | 満田 和久 | 宇宙科学研究所教授 |
| 芝井 広 | 大阪大学 大学院理学研究科教授 | 松原 英雄 | 宇宙科学研究所教授 |
| 杉田 精司 | 東京大学大学院新領域創成科学研究科教授 | 山田 亨 | 東北大学大学院理学研究科教授 |
| 高橋 忠幸 | 宇宙科学研究所教授 | 山本 智 | 東京大学大学院理学系研究科教授 |
| 田中 智 | 宇宙科学研究所准教授 | 山本 哲生 | 北海道大学 低温科学研究所教授 |
| 常田 佐久 | 自然科学研究機構 国立天文台教授 (委員長) | 吉田 哲也 | 宇宙科学研究所教授 |
| | | 渡邊 誠一郎 | 名古屋大学環境学研究科教授 |

宇宙工学委員会委員名簿(H23.4.1～H25.3.31)

次期メンバーについては選定中

| | | | |
|--------|--------------------|--------|--------------------|
| 青木 隆平 | 東京大学大学院工学系研究科教授 | 柴田 裕実 | 京都大学大学院工学研究科准教授 |
| 浅井 圭介 | 東北大学大学院工学研究科教授 | 嶋田 徹 | 宇宙科学研究所教授 |
| 麻生 茂 | 九州大学大学院工学研究院教授 | 竹ヶ原 春貴 | 首都大学東京システムデザイン学部教授 |
| 安部 隆士 | 宇宙科学研究所教授 | 常田 佐久 | 国立天文台教授 |
| 石井 信明 | 宇宙科学研究所教授 (幹事) | 中須賀真一 | 東京大学大学院工学系研究科教授 |
| 稲谷 芳文 | 宇宙科学研究所教授 (委員長) | 永田 晴紀 | 北海道大学大学院工学研究院教授 |
| 稲富 裕光 | 宇宙科学研究所准教授 | 中村 正人 | 宇宙科学研究所教授 |
| 上野 誠也 | 横浜国立大学大学院環境情報研究院教授 | 中村 佳朗 | 名古屋大学大学院工学研究科教授 |
| 榎 学 | 東京大学大学院工学系研究科教授 | 橋本 樹明 | 宇宙科学研究所教授 |
| 大久保 博志 | 大阪府立大学工学部教授 | 樋口 健 | 室蘭工業大学もの創造系領域教授 |
| 斧 高一 | 京都大学大学院工学研究科教授 | 廣瀬 明 | 東京大学大学院工学系研究科教授 |
| 川口 淳一郎 | 宇宙科学研究所教授 | 廣瀬 和之 | 宇宙科学研究所教授 |
| 木村 真一 | 東京理科大学理工学部教授 | 藤本 正樹 | 宇宙科学研究所教授 |
| 久保田 孝 | 宇宙科学研究所教授 (幹事) | 松永 三郎 | 宇宙科学研究所教授 |
| 小林 岳彦 | 東京電機大学工学部教授 | 森田 泰弘 | 宇宙科学研究所教授 |
| 齋藤 宏文 | 宇宙科学研究所教授 | 山田 隆弘 | 宇宙科学研究所教授 |
| 佐宗 章弘 | 名古屋大学大学院工学研究科教授 | 吉田 哲也 | 宇宙科学研究所教授 |
| 佐藤 英一 | 宇宙科学研究所教授 | | |

3 . ISASの取組

(ISAS資料)

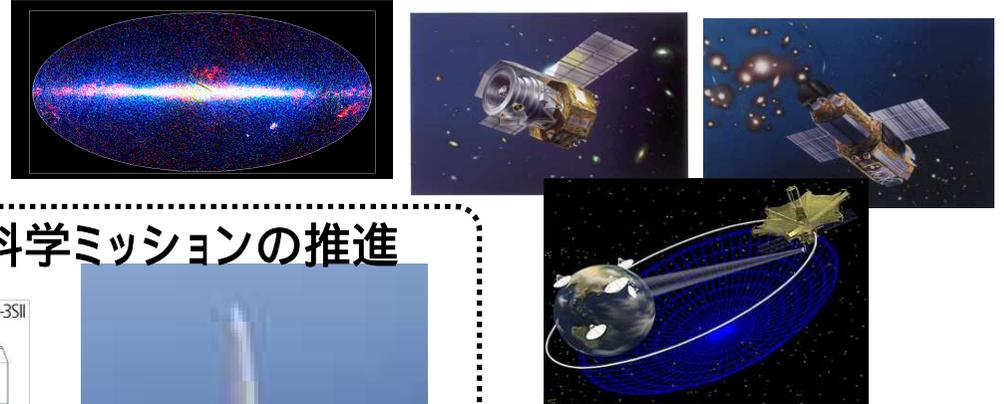
先進宇宙工学

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

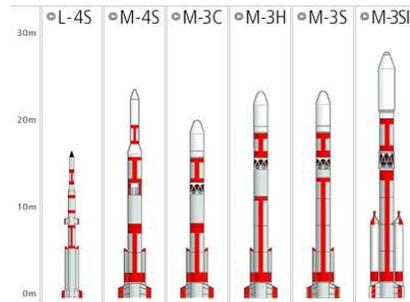


宇宙物理・天文学

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



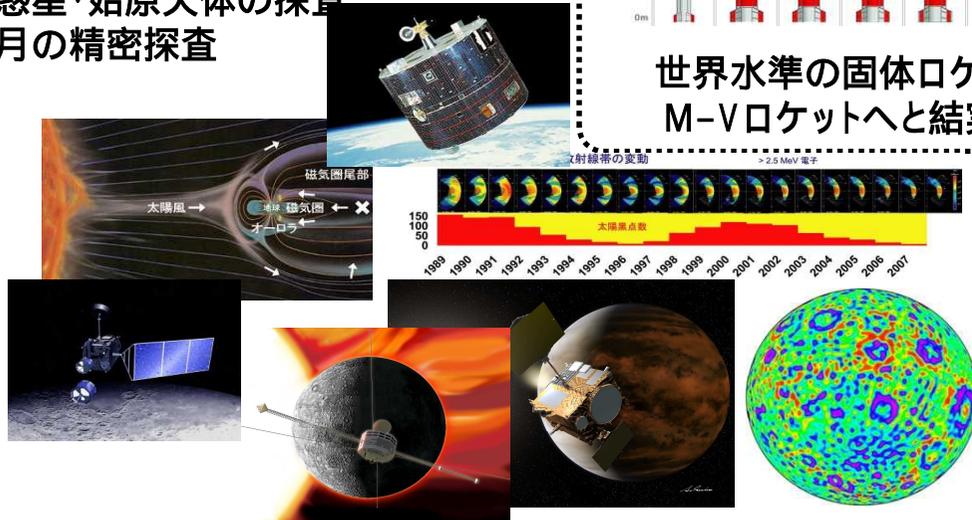
Mロケットの開発と科学ミッションの推進



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

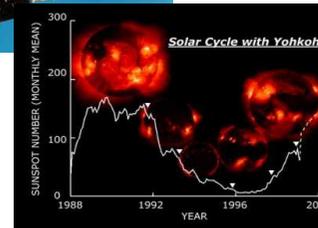
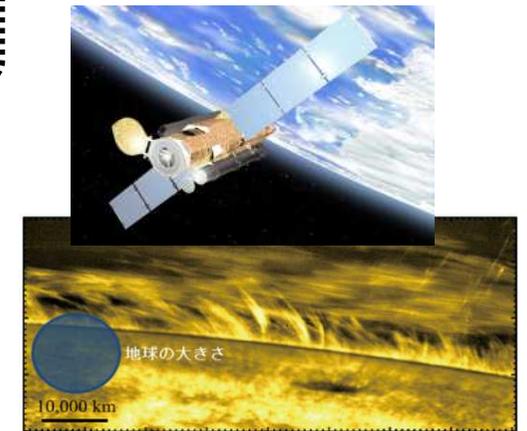
太陽系探査科学

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

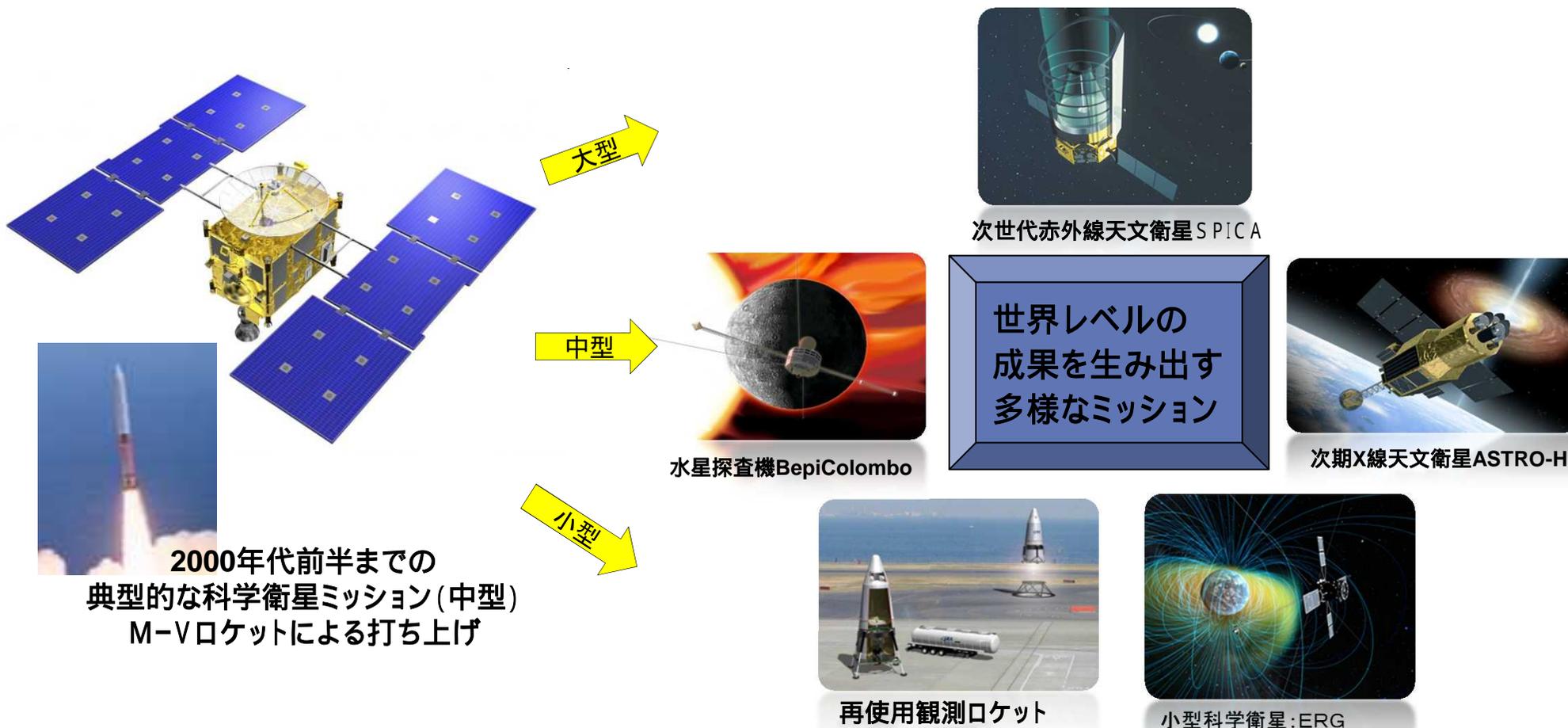
極限的なプラズマ物理の世界
太陽活動の理解の深化
宇宙天気予報への貢献



多様化する宇宙科学プロジェクトとその実行

(ISAS資料)

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

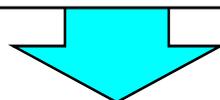


2010年代以降のプロジェクトの多様化の例

多様化する状況下での持続的な宇宙科学プロジェクトの実行規模 (ISAS資料)

● 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(10年間の計画をセットで決定)
- 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・プロジェクト実行基盤の維持整備・更新・発展



衛星・探査機ミッション規模の多様化と望まれる実行頻度

2010年以前 中型ミッション(200億程度) 1-2年に1機

今後

* 打ち上げロケットの経費を含む

| | | |
|------------------|-----------------------------|--------|
| 中型ミッション(250億程度)* | 従来実施してきた世界レベルの成果創出を目指す | 4回/10年 |
| 小型ミッション(100億以下)* | 目標を絞り機動的・高頻度な成果創出を目指す | 6回/10年 |
| 大型ミッション(400億以上)* | 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 | 1回/10年 |

| | | |
|--------------|--------|--------------------------------|
| 小型飛翔体各種実験 | 継続的に実施 | (観測ロケット2機/年、気球10機/年、宇宙環境利用実験等) |
| 多様な小規模プロジェクト | 検討中 | |