

# 宇宙科学研究の今後について

平成25(2013)年7月2日

(独)宇宙航空研究開発機構

宇宙科学研究所

常田佐久

## 宇宙科学の宇宙基本計画における位置付け

●「宇宙基本計画」(H25.1.25宇宙戦略本部決定)

➤ 3つの重点課題の1つ に位置づけ

安全保障・防災

産業振興

宇宙科学等の  
フロンティア

「宇宙科学・探査は、人類共通の知的資産の蓄積、学術成果を目指すもの」

宇宙科学・宇宙探査プログラムの推進についての整理(抜粋)

- 「一定規模の資金を確保し、世界最先端の成果を目指す」
- 「事業実施に当たっては、ISASを中心とする理学・工学双方の学術コミュニティの英知を集結し、本コミュニティによるボトムアップの活力をそぐこと無く実施できるように、JAXA内で緊密に連携」
- 「一定の資金確保に当たっては、科学の発展や衛星開発のスケジュールに柔軟な対応が必要」

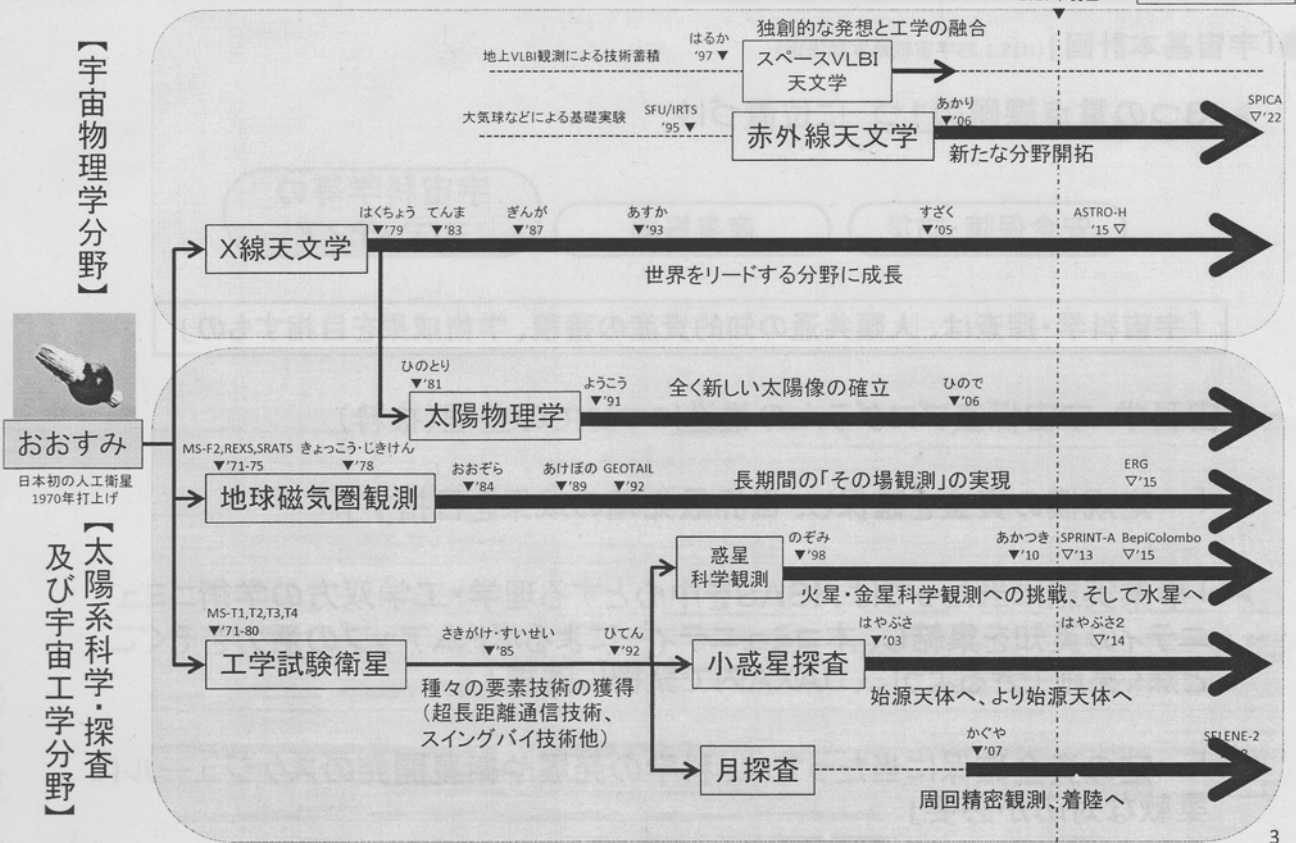
# 宇宙科学の目的

日本における宇宙科学研究の実施は、ロケット・衛星・探査機などの宇宙飛行体を用いて行う先端的な学術研究として実行されている。その範囲は理工学工学の学理の追求とその応用の全般にわたり、以下の諸課題に取り組み成果を創出することを目的としている。

- (1) 人類共通の知的資産の獲得  
宇宙飛行体を用いた観測や探査によって、宇宙および太陽系の起源と構造およびその進化、および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、飛行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同時に、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およ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  
最先端の成果創出が、世界の学術研究コミュニティにおけるプレゼンスを高め、国際的リーダーシップを実現することにより、世界の中で日本が高い位置を占めることに貢献する。

## 我が国の宇宙科学の系譜(観測手段・技術の発展の歴史)

▼ 打上げ済み  
▽ 打上げ予定



## (参考)宇宙科学における論文創出数

1991年以降に上げた科学衛星・探査機に係る、査読付き学術誌への論文掲載数

衛星名	目的	打上げ/ 運用開始	運用終了	論文集計 期間	論文数 ※
あかつき	金星大気観測	2010	運用中	2011-2012	8
かぐや	月探査	2007	2009	2008-2012	190
ひので	太陽観測	2006	運用中	2007-2012	844
あかり	赤外線天文観測	2006	2011	2007-2012	222
すざく	X線天文観測	2005	運用中	2006-2012	681
はやぶさ	小惑星サンプルリターン	2003	2010	2004-2012	129
のぞみ	火星総合科学観測	1998	2003	1999-2012	26
はるか	スペースVLBI	1997	2005	1998-2012	44
あすか	X線天文観測	1993	2002	1994-2012	2287
GEOTAIL	地球磁気圏観測	1992	運用中	1993-2012	1236
ようこう	太陽観測	1991	2000	1992-2012	1089
(参考)					
すばる	地上光赤外天文台	1999	運用中	2000-2012	1031

※論文数について:トムソン・ロイター社による“Web of Science”データベースを基に、ISASで集計したもの(調査日:平成25年6月28日)。  
 検索条件として、トピックを衛星英名、同名テーマによる宇宙科学と無関係の研究を除外し、査読付論文(ARTICLE)のみとした。  
 なお、より厳密に行うためには論文の内容を読んで研究者の手で判定を行う必要があるため、実数としてはやや修正があり得る。

4

## 宇宙理学の方向性

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

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

### 観測・探査の大目標

### 詳細な科学目標

### 具体的な観測手法

宇宙・物質・空間  
はなぜできたのか

- 宇宙の成り立ちを解明し、暗黒物質・暗黒エネルギーを探る
- 初期宇宙の極限状態を探る

我々の太陽系は  
どうなっているか  
どのようにして  
生まれてきたのか

- 太陽系外惑星の形成過程を探る
- 生命の起源、地球外生命の探求
- 太陽系諸天体の構造と起源を探る
- 太陽と惑星環境を探る
- 地球の環境の成り立ち、将来を知る

X線観測

赤外線観測

電波観測

太陽観測

惑星磁気圏  
大気プラズマ  
観測

月・惑星  
無人観測



世界でも稀有な宇宙物理学と太陽系科学の両方の部門を持つ  
これから始まる世界的な相互作用の深化に好位置

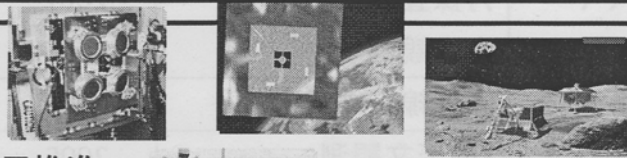
5

## 宇宙工学の方向性

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

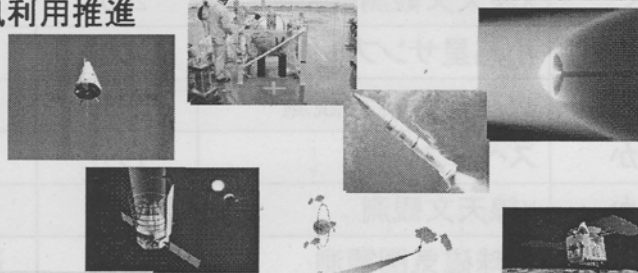
### 「より遠くへ」

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



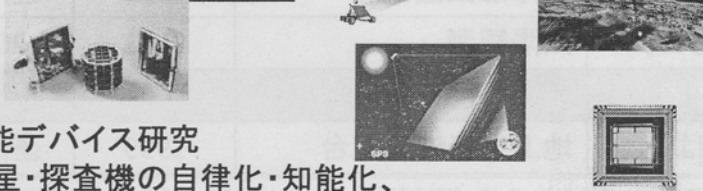
### 「より自在に」

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



### 「より高度に」

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



6

## 宇宙科学ロードマップによる戦略的な計画の遂行

### 【これまで】

宇宙科学プログラムでは、これまで研究コミュニティのボトムアップの活力を尊重し、競争的に優れた成果を創出



### 【今後】

ボトムアップの活力を尊重しつつも、宇宙科学・探査の今後の計画を俯瞰し、戦略性を持って遂行するため、「今後20年程度を見渡したロードマップ(シナリオ)」により長期的指針を明示した上で実行

### (ロードマップ策定に当たっての考慮事項)

- 1) 宇宙理・工学委員会等で検討されている計画を、長期的・全体的戦略の中で位置付ける
- 2) 最新の学問上の問題意識、動向
- 3) 世界的な宇宙科学の衛星計画や地上大型装置(望遠鏡、宇宙線装置、加速器)計画との相互補完計画の整理
- 4) 理工一体となった独創的なミッションの創出とその仕組み
- 5) 国際協力の機会の積極的な活用による効率的かつ戦略的な実行
- 6) ミッションの選定は、ボトムアップと透明性を確保した競争的選考を基本としつつも、ロードマップにより明示される長期的指針を加味して判断

7

- ダークエネルギー・ダークマターといった宇宙・物質・空間の起源と太陽系外惑星と生命の起源が今後20年間の最重要テーマとなっていく。
- このために
  - 宇宙からの観測の更なる展開
  - 太陽系探査による我々の太陽系の把握
  - 探査を先導する宇宙工学の発展の推進を戦略的統合的に進める必要がある。

宇宙科学のシナリオ: 基本的考え方(例)(続き)

JAXAの守備範囲

ビッグバン・初期宇宙  
宇宙の構造と進化  
ブラックホールなど極限天体  
ダークエネルギーの起源  
地球型惑星の探査  
分光による生命の探索

宇宙からの  
天文学

地上からの  
天文学

太陽系探査  
偵察から系統探査へ

基礎物理学

加速器・重力波・宇宙線

その場観測(近接撮像を含む)  
サンプルリターン  
生命の兆候と起源  
太陽系内の生命探査(有人含)

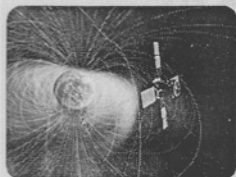
ダークマターの探索  
重力波の発見  
ビッグバン・初期宇宙

(注)宇宙科学と地上の装置を用いた研究は、それぞれの特徴を生かし、お互いの短所を補い合って進むような計画策定がこれからは必要。

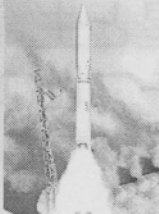
(参考)天文分野では、日本の参加する地上の大計画:TMT(30m可視赤外線望遠鏡)、ALMA(電波望遠鏡)、KAGRA(重力波望遠鏡)等があるので、相乗効果を考慮する必要。また、地上の装置としては望遠鏡だけでなく、KEK-BやCERN LHCの加速器の状況も考慮する必要がある。

# 宇宙科学プロジェクトにおける多様な飛翔機会の活用

## 小型衛星 (イプシロンロケット)



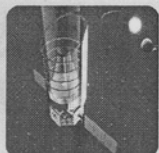
小型科学衛星: ERG



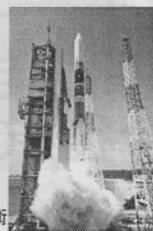
## 中大型衛星 (H-IIAロケット)



次期X線天文衛星ASTRO-H



次世代赤外線天文衛星: SPICA



## 政策的なミッション の活用模索 (国際探査等)



SELENE2

効率的な宇宙科学の推進のため  
多様な実証機会を積極的かつ効果的に活用

## 海外機関との共同 ミッションの実施



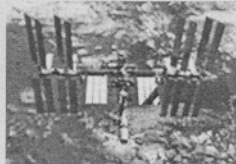
水星探査機  
BepiColombo

## 小規模プロジェクト (海外のミッションへの科 学観測機器の供給等)

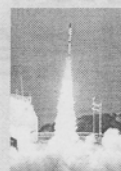


ESA/JUICE Mission

## 国際宇宙ステーション (実験・観測ミッションが可 能)



## 観測ロケット



※再使用型観測ロケット  
を開発中

## 大気球



10

# 小型科学衛星打上げ手段としてのイプシロンロケット

- ✓ 小型衛星による機動的かつ多様な宇宙科学の実現に向けて有効な手段
- ✓ イプシロンロケットで検討している最終形態(高性能・低コスト版イプシロン)についても早期実現が望まれる。

## イプシロンロケットの概要

### ■ 将来の小型衛星打上げの要求に対応

液体推進系による投入精度向上、環境条件緩和等

### ■ 高性能化と低コスト化を同時に達成

自律点検システム、管制システムモバイル化、M-V技術の継承等

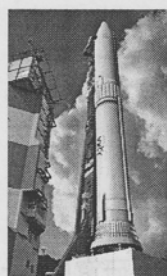
### ■ 即応性、自在性

(初号機の基本仕様)

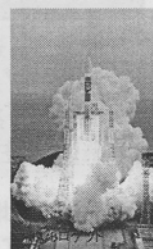
	仕様
打上げ能力	SSO(500km): 450kg
コスト	38億
開発費	205億
打上げ年度	2013夏



・上段固体推進系  
・固体補助推進系



共有技術  
・SRB-Aモータ



イプシロンロケット

11

# 観測ロケット、大気球による実験実施

- ★ 航空機や人工衛星でカバーできない高度数10kmから数100kmの高度で観測研究手段として活用
- ★ 人工衛星に比較して比較的安価で、かつ、機動的な実験を実施できる手段として活用

### 観測ロケット

種類に応じて、高度100kmから1,000kmに達し弾道飛行中に様々な観測や工学実験が実施可能

#### 地球大気・電離圏の観測

衛星では不可能な低高度の直接観測。地上観測と呼応して特定目的の現象の観測や広い高度範囲の垂直構造の調査。

#### 天文観測

将来ミッションのためのプリカーサ

#### 宇宙工学実験

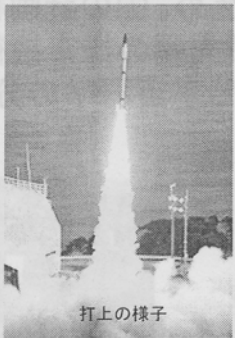
宇宙空間特有の環境下での工学実験の手段として有意義であり重要。将来ミッションのための実証や予備試験。

#### マイクロG環境利用実験

微小重力環境を利用した流体、材料製造、生命科学などの実験。ISS利用の予備実験など。

#### 人材育成

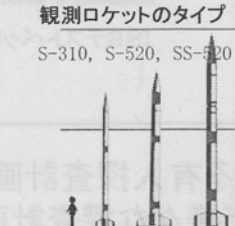
他の宇宙実験に比べて安価な実験経費であるので、上記実験を通して幅広い分野での科学系・技術系の人材を育成



打上の様子

#### 観測ロケットのタイプ

S-310, S-520, SS-520



	S-310	S-520	SS-520
段数	1	1	2
全長m	7.1	8	9.65
直径mφ	0.31	0.52	0.52
全重量ton	0.7	2.1	2.8
到達高度	160km	430/350km	600/1000km
搭載重量	70kg	70/150kg	60/30kg

### 大気球

航空機より高度30~50kmで長時間にわたり実験が可能

#### 大気球利用実験の推進


世界でもユニークな放球方式による大型気球の安全な運用と、海上回収により、実験を推進する体制を確立し飛翔機会を提供。海外の気球グループと協力して実験を実施。

#### 次世代気球の研究と飛翔試験

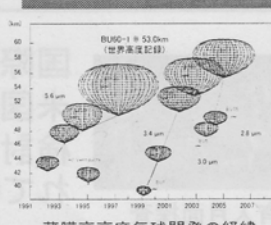
超長時間飛行が可能な圧力气球や、高度60kmの中間圏を目指す超薄膜高高度気球の開発研究を実施。

#### マイクロG環境利用実験

微小重力環境を利用した流体、材料製造、生命科学などの実験。ISS利用の予備実験など。



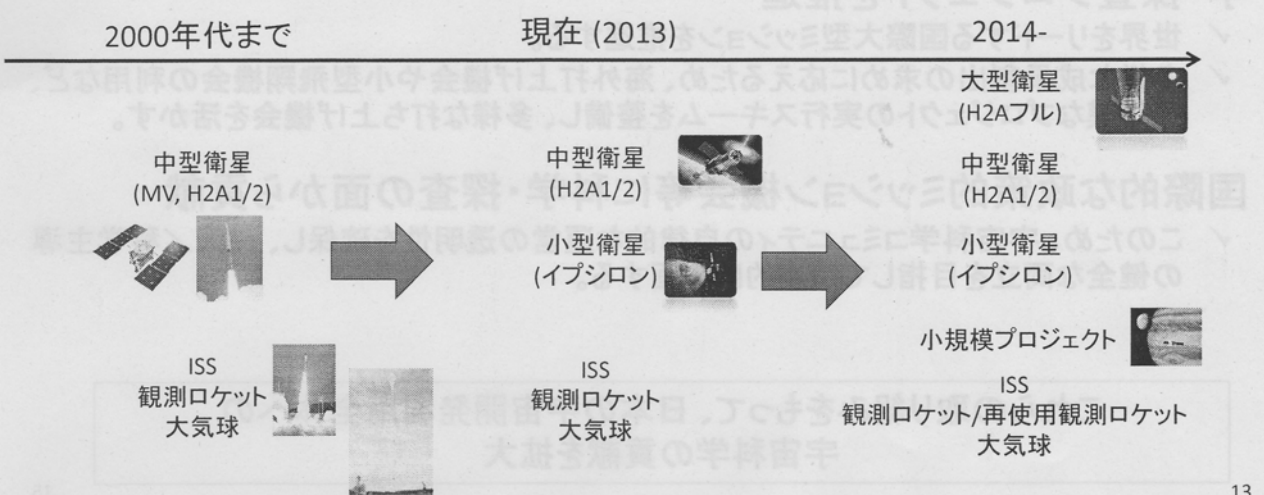
圧力气球の地上耐圧試験



薄膜高高度気球開発の経緯

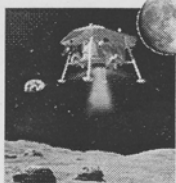
# 多様化を必要とする宇宙科学プロジェクト

- 世界レベルの成果創出のための観測・探査の高度化
  - ・ フラッグシップ的ミッションは高度化あるいは大型化。
    - より大規模な国際協力が必要となっている。
  - ・ ハイリスク・ハイリターンミッションをある規模で実施する必要性
- 優れたフラッグシップミッションを生み出すためには継続的な成果創出と人材育成が肝要
  - ・ 機動的成果創出、分野ごとの実行頻度、コミュニティ・人材の連続性
- 目標設定とリスク・コストとのバランスを図りつつ、多様な飛翔実験機会を活用し、宇宙科学プログラム全体を最適化することが重要。

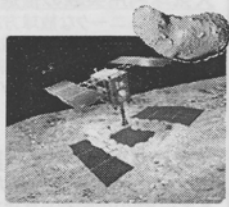


## 国際宇宙探査における科学観測機会の追及

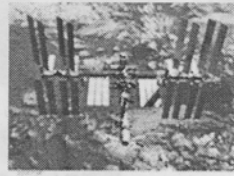
- 将来の国際協働で行う有人探査計画等で、宇宙科学の分野から貢献できる機会を積極的に模索する。
- キー技術(月着陸技術など)の研究を進め、国の計画検討に貢献する。
- 「はやぶさ」「かぐや」等で示した世界最先端の探査技術等を活かし、これらの探査計画にも積極的に参加することで、宇宙科学の分野で最大限の成果の獲得を目指す。



「かぐや」シリーズ



「はやぶさ2」

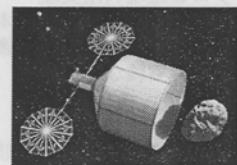


ISSテストベット利用



有人月面探査

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



小惑星捕獲

14

## まとめ - 宇宙科学の今後の取り組み

1. ボトムアップによる競争的仕組みを生かし、戦略的ロードマップで宇宙科学・探査を推進
  - ✓ 科学的意義の高い魅力あるプロジェクトを、学術研究の競争的環境のもとに創出し、実行し続ける。
2. 多様な飛翔機会(H-IIA、イプシロン、海外ミッション機会、政策的ミッション機会、観測ロケット、大気球等)を効果的に活用し、宇宙科学・探査プロジェクトを推進
  - ✓ 世界をリードする国際大型ミッションを推進する。
  - ✓ 多様な成果創出の求めに応えるため、海外打上げ機会や小型飛翔機会の利用など、小規模なプロジェクトの実行スキームを整備し、多様な打ち上げ機会を活かす。
3. 国際的な政策的ミッション機会等に科学・探査の面から貢献
  - ✓ このため、宇宙科学コミュニティの自律的な運営の透明性を確保し、政策／科学主導の健全な両立を目指して積極的に参画する。

これらの取り組みをもって、日本の宇宙開発利用全体への宇宙科学の貢献を拡大

15