



# スペース将来計画の推進

山田亨(宇宙研)

# 将来計画書



## 4.1 スペースプロジェクト検討班の活動経緯

このセクションは未完成です  
(前回のサイエンス班の活動目標・経過からのコピペです!!)

| 計画名                                            | ミッション主目的                                     | 現在のステータス                                          |
|------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| SPICA<br>(プリプロジェクト)<br>戦略的中型クラス                | 次世代赤外線天文衛星<br>銀河進化・物質循環・<br>惑星形成             | 2027-28打上戦略中型スロット<br>口径・衛星構造・装置仕様改訂<br>MDR(理学委員会) |
| 小型 JASMINE<br>公募型小型                            | 位置天文衛星計画<br>銀河系バルジ構造・力学<br>中心部 ブラックホール       | 提案中                                               |
| Hi-Z GUNDAM<br>公募型小型                           | 高赤方偏移GRB                                     | 提案中                                               |
| WFIRST<br>国際協力<br>WFIRST-WG                    | NASA次期戦略計画<br>暗黒エネルギー<br>太陽系外惑星<br>広視野観測(GO) | ・JWST に続く戦略計画<br>・SDT参加<br>・国際協力の議論               |
| Euclid<br>地上観測を通じての<br>サイエンスチーム参加              | 暗黒エネルギー                                      | ・交渉中<br>・すばるコミュニティでの<br>議論                        |
| EXZIT /ソーラー電力セイル<br>戦略的中型クラスに搭載<br>EXZIT自体は小規模 | 赤外背景放射                                       | 工学委員会での 2021-22 ミッション<br>の候補                      |
| WISH<br>戦略的中型クラス                               | 超広視野初期宇宙探査衛星<br>宇宙再電離期・初期銀河形<br>成・暗黒エネルギー    | Not Selected for 2021-2022                        |

- 
- 宇宙物理学分野の工程表展望：現況
    - ・各分野目標・戦略・工程表  
(RFI へのレスポンス)のとりまとめと理解
    - ・宇宙研の視点におけるロードマップ(案)

天文・宇宙物理学分野における  
宇宙科学ミッションの目指すべき大目標



宇宙の物質と空間の起源

宇宙における生命の可能性

「コミュニティからの目標・戦略・工程表 から、  
宇宙科学の実行戦略へ」

# 宇宙の物質と空間の起源



- インフレーション仮説の実証と宇宙構造の起源の解明
- 宇宙の基本構造を作る物質・エネルギーの解明  
(暗黒物質、暗黒エネルギー)
- 初期密度ゆらぎから現在の多様な宇宙構造の形成過程の解明

宇宙最初期における星・BH・銀河形成と宇宙最電離期

銀河形成・進化課程／銀河・巨大ブラックホール共進化

銀河団・大規模構造の形成課程

# 宇宙における生命の可能性



- 惑星系形成過程およびその多様性の理解
- 直接観測による生命の兆候(バイオマーカ)の検出



## ■ 宇宙物理学分野の工程表展望：現況

- ・目標・戦略・工程表  
(RFI へのレスポンス)のとりまとめと理解



# Request for Informationへの回答にある衛星計画

|   | RFI 回答提出団体                | 母体となる衛星計画ミッションWG                                                                                                    |
|---|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | 光学赤外線天文連絡会                | SPICA (L)<br>WISH (L)<br>小型JASMINE(M)<br>WFIRST (MoO/国際)<br>Hi-Z GUNDAM (M) [団体 1,4,5 にまたがる]<br>EXZIT (ソーラーセイル搭載機器) |
| 2 | VLBI 懇談会                  |                                                                                                                     |
| 3 | 宇宙マイクロ波背景放射<br>観測実験コミュニティ | LiteBIRD (L)                                                                                                        |
| 4 | 宇宙線研究者会議                  | K-EUSO (MoO)<br>Pre-DECIGO (L)<br>DECIGO (LL?)                                                                      |
| 5 | 高エネルギー宇宙物理<br>連絡会         | ATHENA (MoO)<br>DIOS (M)<br>NGHXT (M)<br>PRAXyS (MoO)<br>WF-MAXI (S ISS)                                            |

表 B.1: 宇宙物理学分野の目標・戦略・工程表に記述されたプロジェクト (続く)

| プロジェクト                        | 目的 (手段)                                                                              | 工程表       | 手段, 規模      | 競合/補完関係                     |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------------|-----------------------------|
| SPICA                         | 銀河成長と惑星系形成 (遠赤外線分光)                                                                  | [1]       | L           | / JWST                      |
| WISH (超広視野初期宇宙探査)             | 初期天体形成と宇宙再電離, 宇宙の加速膨張 (近赤外線サーベイ, Type I SN)                                          | [1]       | L           | WFIRST, Euclid /TMT, LSST   |
| 小型 JAS-MINE(赤外線位置天文)          | 天の川銀河と MBH 形成進化 (赤外線位置天文学)                                                           | [1]       | M           | / GAIA                      |
| WFIRST (光赤外広視野サーベイ)           | 宇宙の加速膨張 (弱い重力レンズ, BAO, TypeI SN), 系外惑星の性質/形成過程 (コロナグラフによる直接撮像/分光), 初期天体形成 (近赤外線サーベイ) | [1]       | MoO         | Euclid /TMT, LSST           |
| Euclid (光赤外広視野サーベイ)           | 宇宙の加速膨張 (弱い重力レンズと BAO)                                                               |           | ESA M2(非参加) | WFIRST /                    |
| すばる HSC/PFS                   | 宇宙の加速膨張 (弱い重力レンズと BAO)                                                               | [1]       | 地上          | / Euclid, WFIRST            |
| EXZIT (onソーラー電力セイル)           | 宇宙初期天体・再電離過程 (宇宙赤外線背景放射)                                                             | [1]       | (L 搭載ミッション) | WFIRST, WISH / WFIRST, WISH |
| CIBER-2                       | 宇宙再電離期 (赤外線背景放射の揺らぎ, 再電離期の紫外線)                                                       | [1]       | NASA rocket | WFIRST, WISH / WFIRST, WISH |
| SPHEREx                       | 宇宙再電離期 (赤外線背景放射全天観測)                                                                 | [1]       | NASA SMEX   | WFIRST, WISH / WFIRST, WISH |
| HiZ-GUNDAM                    | 初期宇宙探査による宇宙進化 (高赤方偏移 GRB の特定と通報)                                                     | [1, 4, 5] | M           | SVOM /                      |
| VLBI 気球                       | 直接撮像によるブラックホールの観測的研究 (230 GHz 帯 VLBI)                                                | [2]       | 気球          | ETH, APP /                  |
| Event Horizon Telescope (EHT) | 直接撮像によるブラックホールの観測的研究 (230 GHz 帯から 350 GHz へ)                                         | [2]       | 地上          |                             |
| ALMA phasing-up Project (APP) | 直接撮像によるブラックホールの観測的研究                                                                 | [2]       | 地上          |                             |

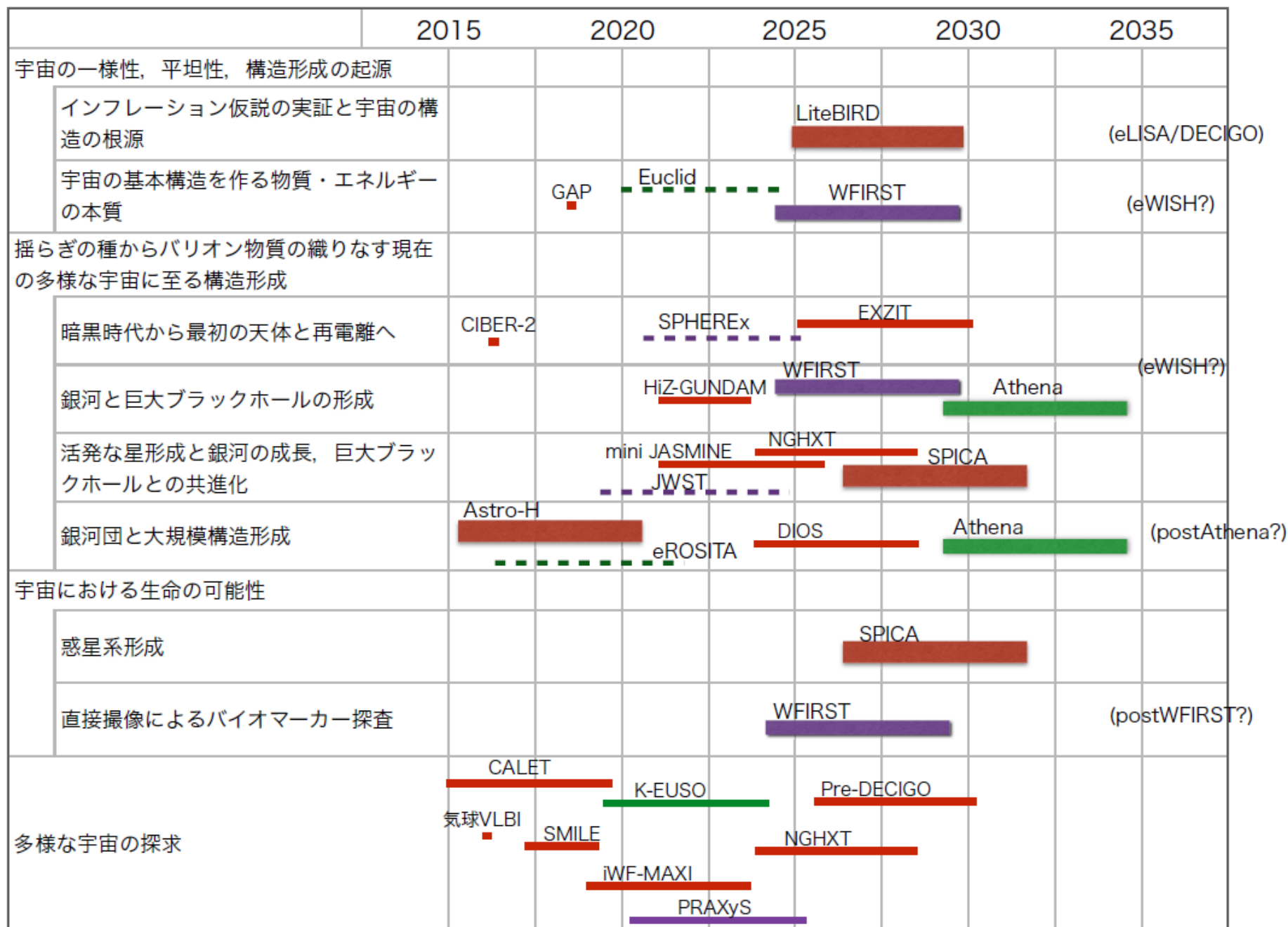
「コミュニティからの  
目標・戦略・工程表 から,  
宇宙科学の実行戦略へ」

表 B.1: (続き) 宇宙物理学分野の目標・戦略・工程表に記述されたプロジェクト

| プロジェクト                 | 目的 (手段)                                                                          | 工程表 | 手段, 規模    | 競合/補完関係                     |
|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-----|-----------|-----------------------------|
| LiteBIRD               | 宇宙マイクロ波背景放射偏光観測によるインフレーションの実証                                                    | [3] | L         | CORE+, PIXIE / CMB-S4       |
| CMB-S4                 | 宇宙マイクロ波背景放射偏光 (重力レンズ, インフレーション)                                                  | [3] | 地上        |                             |
| K-EUSO                 | 最高エネルギー宇宙線の到来方向非一様性                                                              | [4] | MoO       | Auger, TA / Auger, TA       |
| Auger                  | 最高エネルギー宇宙線スペクトル, 到来方向                                                            | [4] | 地上        |                             |
| TA                     | 最高エネルギー宇宙線スペクトル, 到来方向                                                            | [4] | 地上        |                             |
| Pre-DECIGO, DECIGO     | インフレーションの実証とインフラトン (原始重力波背景放射 (DECIGO)), その技術実証として中性子星, 中質量 BH 連星合体 (pre-DECIGO) | [4] | L,, LL(?) | LISA                        |
| LISA-path finder, LISA | 大質量 BH 連星合体, インフレーション (原始重力波)                                                    | [4] | ESA L3    |                             |
| KAGRA                  | 中性子連星合体による重力波                                                                    | [4] | 地上        |                             |
| SMILE                  | (広視野高感度 MeV ガンマ線天体広域探査観測)                                                        | [4] | 気球        |                             |
| GAPS                   | 暗黒物質の間接検出 (反重陽子検出)                                                               | [4] | 気球        |                             |
| Athena                 | 宇宙大規模構造形成, 大質量 BH 形成                                                             | [5] | MoO       |                             |
| PRAXyS (GEMS)          | X線偏光分光                                                                           | [5] | MoO       | IXPE(NASA), XIPE (ESA) /    |
| DIOS                   | 宇宙大規模構造形成 (広視野 X線分光)                                                             | [5] | M         | / Athena                    |
| NGHXT                  | MBH 質量関数, 宇宙線加速 (硬 X線イメージ)                                                       | [5] | M (?)     | Fermi, CALET / JWST, SPICA, |
| WF-MAXI                | 突発天体監視, 特に重力波対応天体                                                                | [5] | S (ISS)   | AstroSat SSM /              |

L=戦略的中型, M=公募型小型, MoO=小規模プロジェクトの中の海外ミッションへの参加。S=それ以外の小規模プロジェクト。LL=Lを超えた大型計画。

「コミュニティからの  
目標・戦略・工程表 から,  
宇宙科学の実行戦略へ」



# 宇宙の物質と空間の起源



## ■ インフレーション仮説の実証と宇宙構造の起源

**LiteBIRD, [pre-]DECIGO**

太字  
=衛星計画

## ■ 宇宙の基本構造を作る物質・エネルギー (暗黒物質、暗黒エネルギー)

**GAPS, (Euclid), WFIRST**

## ■ 初期密度ゆらぎから現在の多様な宇宙構造の形成過程の解明

宇宙最初期における星・BH・銀河形成と宇宙最電離期

**CIBER-2, (SPHEREX), WFIRST, EXZIT, (WISH)**

銀河形成・進化課程／銀河・巨大ブラックホール共進化

**mini-JASMINE, HiZ-GUNDAM, SPICA,**

**(JWST), WFIRST, NGHXT, ATHENA**

銀河団・大規模構造の形成課程

**ASTRO-H, (eROSITA), DIOS, ATHENA**

# 宇宙における生命の可能性



- 惑星系形成過程およびその多様性の理解

**SPICA**

- 直接観測による生命の兆候(バイオマーカー)の検出

**WFIRST**

## 多様な宇宙の探求

CALET, 気球VLBI, SMILE, K-EUSO,  
WF-MAXI, PRAXyS, NGHXT, pre-DECIGO

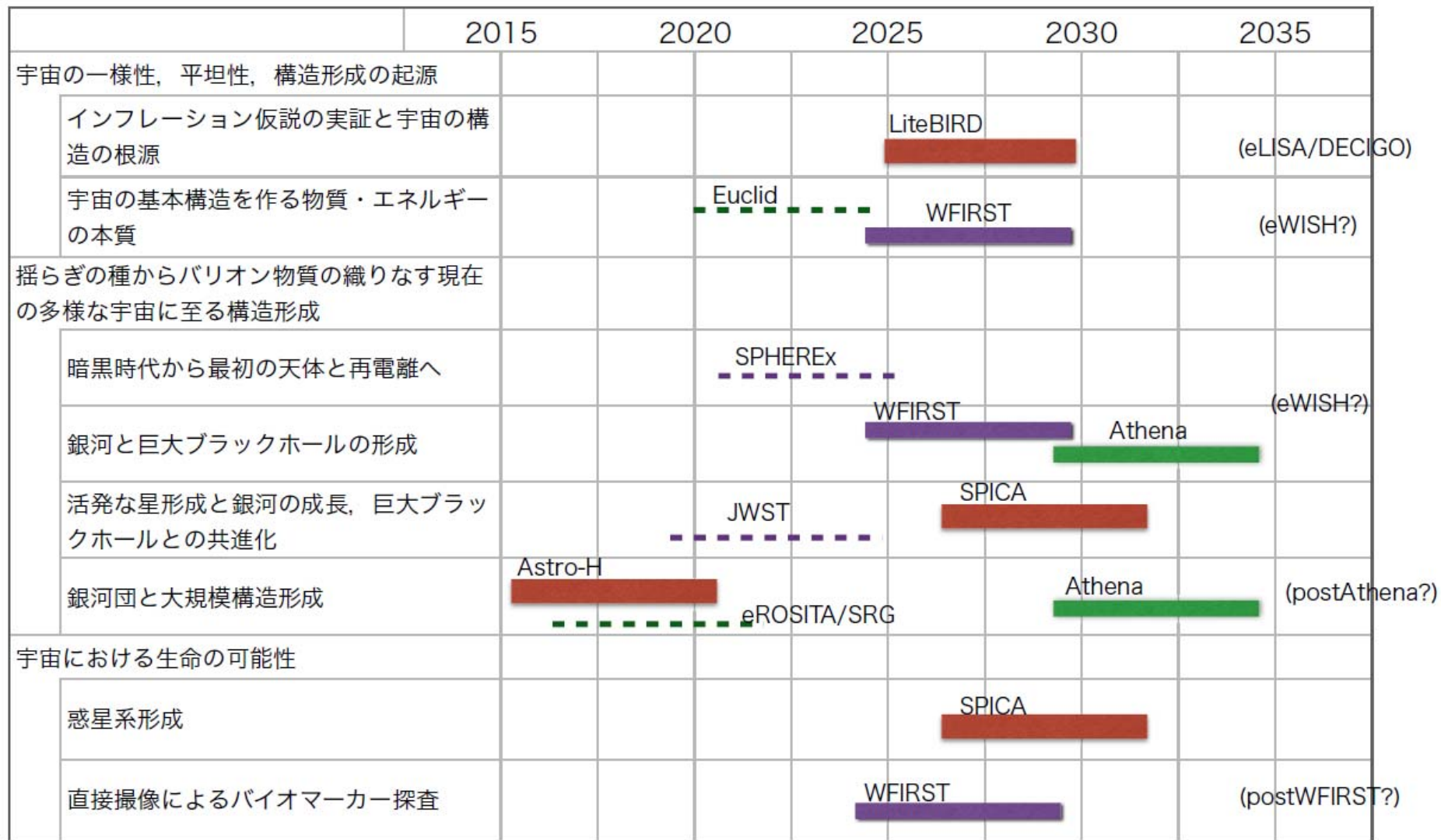


## ■ 宇宙物理学分野の工程表展望：現況

- ・現時点での宇宙研の視点における  
ロードマップ

（重点化案，理学委員会にも提示され議論中）

「コミュニティからの目標・戦略・工程表 から，  
宇宙科学の実行戦略へ」



日本主体



米主体・日本参加



欧主体・日本参加



参考：米主体・日本不参加

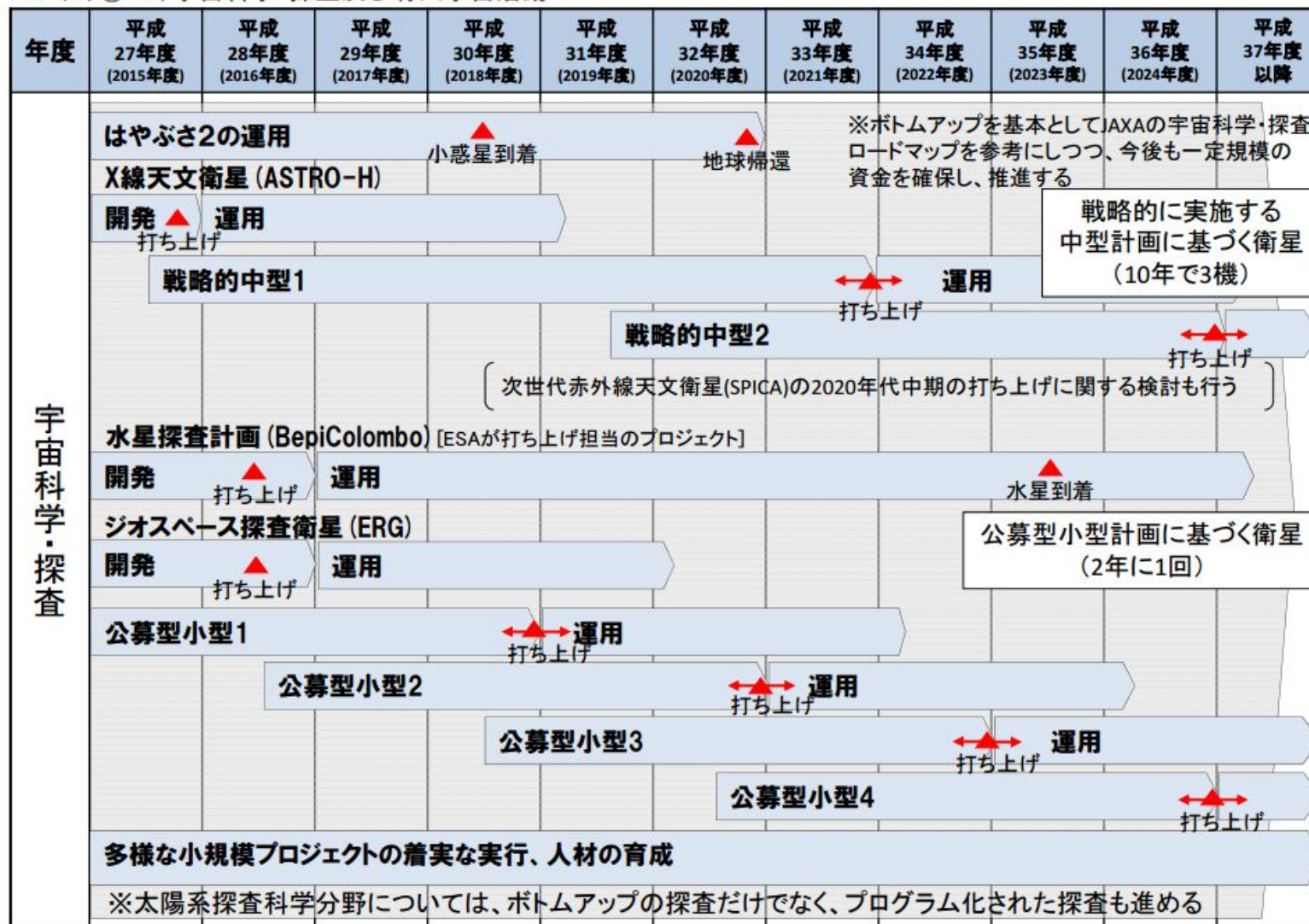


参考：欧主体・不日本参加



# 第35回宇宙政策委員会(27年1月19日)資料より

## 4. (2)① ix) 宇宙科学・探査及び有人宇宙活動



※以上すべて文部科学省

# 天文分野として 2020年代



# 天文分野として



# 宇宙研の視点におけるロードマップ(案)

「コミュニティからの目標・戦略・工程表 から、  
宇宙科学の実行戦略へ」



## 戦略的中型

### ・2027-28 の 20年代スロット3 SPICA

光赤天連最優先課題

学術会議マスタープラン2014重点課題

2015/11 理学委員会 MDR 合格 @ Phase A1

欧州Cosmic Vision M5 competition (2016)

ISASとして推進を表明

### ・2024-25 20年代スロット2候補 LiteBIRD

(ただし、スロット2に対しては、公募が想定される)

学術会議マスタープラン2014重点課題

理学委員会 2021-22 戦略中型推薦プロジェクト

(Solar-C に次ぐ2位、Solar-C は国際協力など計画見直しへ)

MDR実施、所内プリプロジェクト (Phase A1)へ審査中



基盤・基幹技術

冷凍機技術

Akari、ASTRO-Hなどのヘリテージ

SPICA

ATHENA

LiteBIRD



# 議論

# 課題



1. 総括・重点化(2020年代)から戦略へ
2. 2030年代(SPICA 後)にむけたビジョン  
とそれに向けた「戦略」
3. イプシロン(小型)ミッション候補の充実
4. 自律性と国際協力

### 3. イプシロン(小型)ミッション候補の充実



現在活動中の天文・宇宙分野のイプシロンミッション(公募小型) WG

小型 JASMINE、 Hi-Z GUNDAM  
DIOS、 NGHXT、 DPF、 FFAST  
APPROACH、 DESTINY+

2020年代の(理工)5つのスロット

**公募競争原理＋戦略性**

- 基盤技術伸長との相乗効果
- 科学的戦略
- 国際大型へのステップ(観測装置、システム開発)



## 4. 自律性と国際協力

### 天文学宇宙ミッション

SPICA（中間・遠赤外線）

日本は主パートナーだが、Cosmic Vision M5 欧州リード計画  
予算規模、衛星(SVM)、望遠鏡、観測装置

ATHENA（X線）

日本は必須技術を提供するが、Cosmic Vision L2 欧州リード

WFIRST（可視光・近赤外線）

NASA 主体 日本は地上すばる望遠鏡など含めての貢献

一方で、天文学の汎用ミッションは巨大化

→ ISAS 単独は困難

→ 大規模ミッション実現のための実績、組織構造



2030年代にまたがるロードマップ  
に向けて



## ■ 自律的な計画立案・遂行

- ・ 宇宙研が喚起するヴィジョナリー・サーベイ
- ・ コミュニティーによるヴィジョナリー・サーベイ
- ・ 基盤技術開発、基幹技術確立
- ・ ミッション・サイクルの確立
- ・ タイムリーであること

## ■ 国際・超巨大ミッションへの参加

- ・ 特色のある観測装置
- ・ システム・インテグレーションの実績
- ・ 宇宙技術産業 米国、欧州との差を埋める

# 2030年代の宇宙物理戦略ミッション に向けたマイルストーンとは？（議論）



たとえば・・・

- Visionary Survey 2018-19
- Identification of Mission Concepts to be Studied  
2020
- Science / Technology Developed Team  
+ Study Office in ISAS 2021
- Solicitation 2024

# 地球型惑星のキャラクターゼーション



## 基盤技術開発

- 高コントラスト・コロナグラフ装置を搭載する小型衛星計画は考えられないか？(PIAA などユニークなコロナグラフ)
- 高安定性・トランジット分光に特化した小型衛星計画は考えられないか？

## キーとなる技術開発

- 高精度の波面制御に基づく高コントラスト装置  
主星離角とコントラストでユニークな  
パラメタスペースを狙う？  
惑星リモートセンシング、地球観測にも応用可能？

- オルタナティブなアイデアによる小型衛星計画は考えられないか？

# WFIRST コロナグラフ 装置



近傍の巨大ガス惑星、巨大氷惑星10数天体の  
検出、分光観測

より最適化された本格的ミッションへの技術的なステップ  
(スペース高コントラスト観測の実証)

## 本格的な系外惑星直接観測スペース計画

- 内部コロナグラフ
- オカルター
- 干渉計

# 宇宙最初の星、ブラックホール、銀河

赤方偏移  $z \sim 6$  宇宙再電離完了

ハッブル、すばる、ALMA、SPICA(PAH)

赤方偏移  $z \sim 6-10$  成長する初期の銀河構造

ハッブル(発見)

JWST、ELTs (詳細研究)

WFIRST(広視野、全体像)

赤方偏移  $z \sim 10-30$  初代星から初代銀河、初代BH

JWST (初代銀河発見)

将来計画(初代星、BH、全体像)





# 宇宙用大型光学望遠鏡技術の獲得に向けて

- 分野をまたぐニーズ
- 軽量鏡(大型単一鏡／分割鏡)
- 姿勢制御
- 信号処理
- データ送受信

各イプシロンミッションで、的を絞って進める

ポスト ELT (超巨大地上望遠鏡) の天文学の  
最前線はスペース観測を目指す(汎用性)

# 天文・宇宙物理ミッションにおける戦略性と基盤技術

インフレーション仮説の実証と宇宙の構造の根源：

ESA の LISA への国際協力参加（あるいは国際協力で実現する DECIGO を）をめざした国際協調と技術開発をすすめる。技術開発については、どの部分を優先するかをまず見極め、決定する必要がある。

- 直接撮像によるバイオマーカー探査：

WFIRT を超えるコントラストを実現するコロナグラフと、それと組み合わせる分光装置

- 暗黒時代から最初の天体と再電離へ / 銀河と巨大ブラックホールの形成：

JWST, WFIRST を超える感度と空間分解能を実現する近赤外・中間赤外領域の宇宙用大型低温望遠鏡

- 銀河団と大規模構造の形成：

Athena の X-IFU を超える広い視野を同等の空間分解能、エネルギー分解能で観測する X 線分光検出器

# Summary



- 宇宙物理学分野の工程表展望：現況
  - ・各分野 RFI 回答のとりまとめと理解
  - ・宇宙研の視点におけるロードマップ（案）
- 課題
- 2030年代にまたがるロードマップと戦略とは？