

国内外の宇宙科学・探査ミッションの現状と 将来のビジョン

山田亨
JAXA宇宙研

戦略的中型



XRISM プロジェクト



MMX
プリプロジェクト



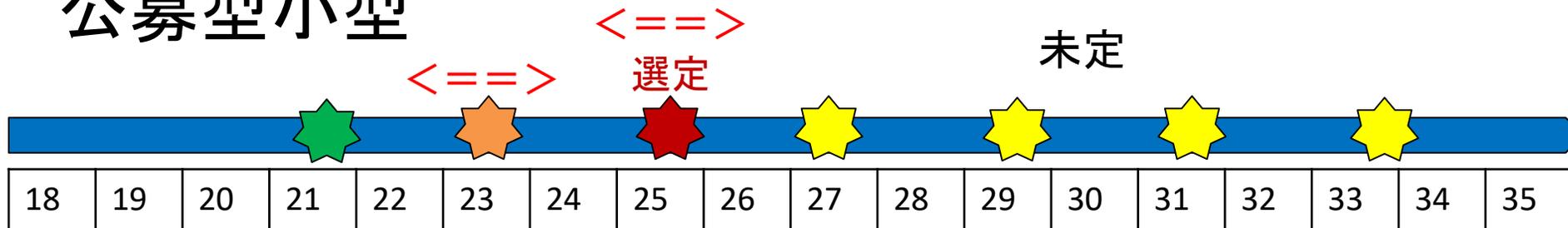
未定



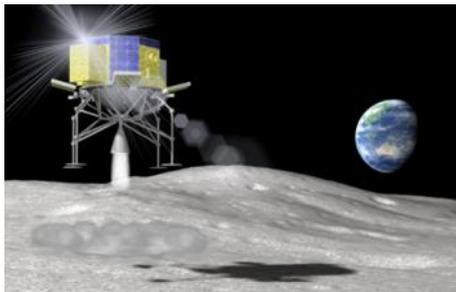
OKEANOS は
引き続き検討中

- LiteBIRDが戦略的中型2号機に選定。予算要求を目指す。
- SPICA は、JAXA 側は Pre-Phase A2 の位置づけ。中型3号機の候補。
ESA CV-M5の最終選抜は2021年6月、計画実施の最終決定は2024年となる。

公募型小型



SLIM プロジェクト(初号機)



3号機に選定 小型JASMIN



未定

未定



DESTINY+ Pre-Phase A2 2号機に選定

4号機
(候補)
Sola-C EUVST
HiZ-GUNDAM

未定

2035年までに、最大で4-5機の
公募型小型計画を考え得る



TOP

ご挨拶

委員名簿

年間スケジュール

WG/RG一覧

資料

宇宙理学メンバ募集

宇宙理学委員会科学衛星 WG一覧

WG名称	主査	所属
公募型小型計画 WG		
編隊飛行による地球電磁気圏・熱圏探査衛星計画FACTORS WG	平原 聖文	名古屋大学
磁気リコネクション・粒子加速 WG	成影 典之	国立天文台
広帯域X線高感度撮像分光衛星 FORCE (IINGHXT) WG	森 浩二	宮崎大学
衛星搭載 超伝導サブミリ波リム放射サウンダSMILES-2 WG	塩谷 雅人	京都大学
ガンマ線バーストを用いた初期宇宙探査計画 HiZ-GUNDAM WG HiZ-GUNDAMホームページ	米徳 大輔	金沢大学

- 1 長期ビジョン
- 2 JAXA現状
- 3 国内外の将来計画まとめ
- 4 宇宙物理学のビジョン

付録 NASA/ESA ミッションの枠組み

2019年

「宇宙科学探査ロードマップ」(ISAS) 大幅改訂
(前回の設定は2013年)

「宇宙科学技術ロードマップ」(ISAS) 新規策定

「宇宙科学の時期中長期計画をめぐる戦略シナリオ」
改訂(年次)(ISAS)

「宇宙科学の中長期的な構想」の策定(理工委員会)

- ・2015 Request for Information

 - コミュニティからの目標・戦略・工程表から、

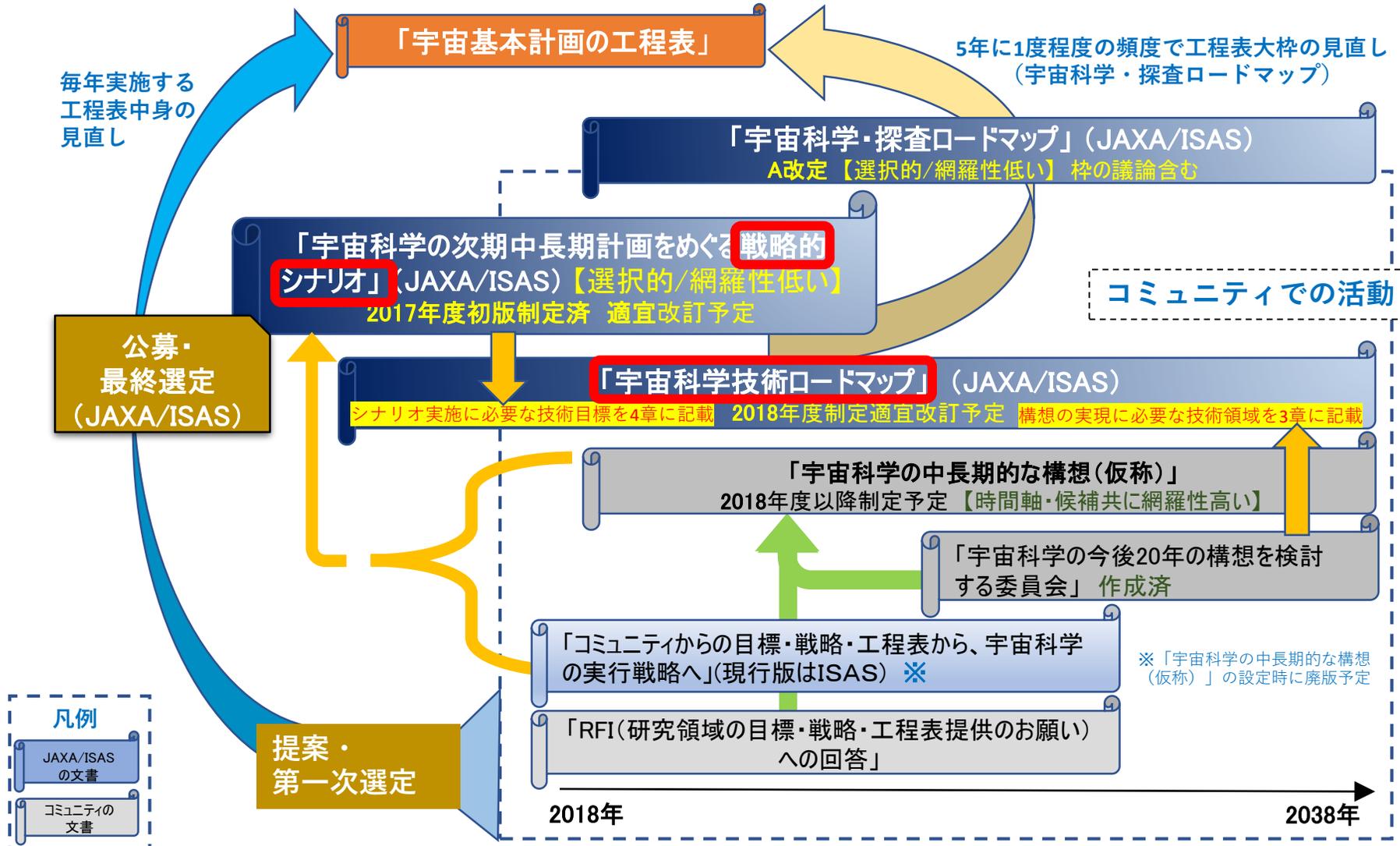
 - 宇宙科学の実行戦略へv0.61 (理学委員会資料) ~2020年代の計画

- ・「宇宙科学の今後20年の構想を検討する委員会」

 - (理工学委員会タスクフォース:2018年12月答申)

3. 「戦略シナリオ」と「技術ロードマップ」の位置づけ

- ・**戦略シナリオ** 関係者や国民が、日本の宇宙科学の将来についての描像を共有することを可能とし、コミュニティからの提案を魅力ある具体的なミッションとして工程表につなげることを目的とする。
- ・**技術RM:** 戦略シナリオや20年委員会の構想からフローダウンされる一連の技術開発を、長期的・戦略的に記載し、シナリオや構想の実現に繋げることを目的とする。
- ・**宇宙科学・探査RM:** 工程表制定から今までの実績や将来構想を記し、工程表大枠の見直しに繋げることを目的とする。



2019年度宇宙科学シンポジウム
2020年1月8-9日

企画セッション(案) [10月4日 理学委員会でも議論]

「スペースからの太陽系外惑星研究」

「スペースからの太陽系外惑星研究のためのブレインストーミング」
(今秋／冬予定)



2020 Decadal Survey Planning

This page describes the activities of NASA's Astrophysics Division in preparation for the 2020 Decadal Survey. To learn more about [Astro2020: Decadal Survey on Astronomy and Astrophysics](#) process, please visit the National Academies website. Prior Decadal Reports are also available on that site.

Final Reports

- Large Mission Concept Studies Final Reports - August 23, 2019:
 - [LUVOIR](#)  | [Habex](#)  | [Lynx](#)  | [OST](#) 
- Probe Mission Final Reports - March 4, 2019
 - [AXIS](#) | [CDIM](#) | [CETUS](#) | [Earthfinder](#) | [GEP](#) | [PICO](#) | [POEMMA](#) | [Starshade](#) | [STROBE-X](#) | [TAP](#) (All PDFs)

NASA Astrophysics STDTs for 2020 Decadal Survey

<https://science.nasa.gov/astrophysics/2020-decadal-survey-planning>



LUVOIR
Large UV/Optical/Infrared Surveyor

Home
Science
LUVOIR Flyer
Technology
Seminars
Events
Meet the Team
Working Groups

Images & Videos

Keep the LUV
in LUVOIR!

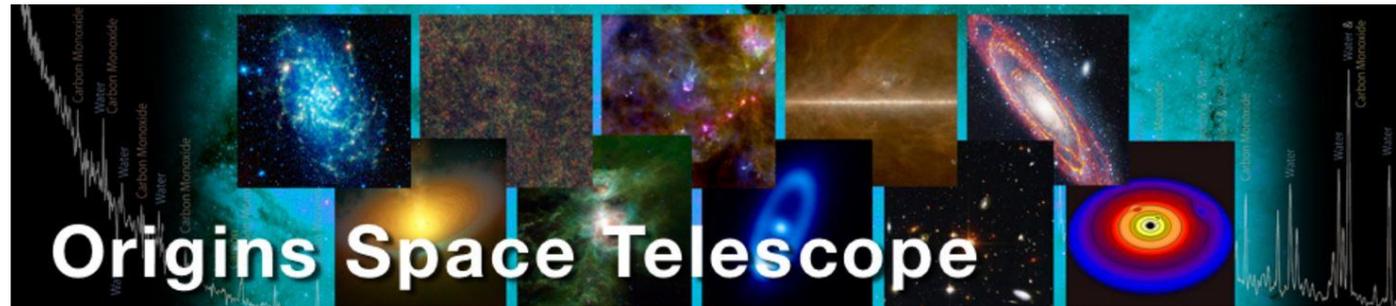
LUVOIR bumper sticker, courtesy of John O'Meara



NASA Jet Propulsion Laboratory
California Institute of Technology

HabEx

Habitable Exoplanet Imaging Mission (HabEx)



Origins Space Telescope



Lynx
Revealing the invisible Universe

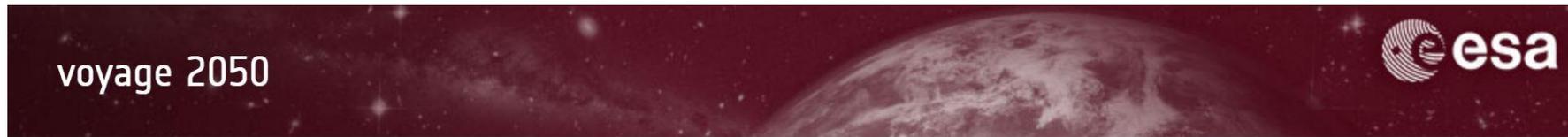
Concept	LUVOIR	HabEx	OST	Lynx
Observer	Takahiro Sumi (Osaka University)	Motohide Tamura (Astro Biology Center/ University of Tokyo)	Itsuki Sakon (University of Tokyo)	Makoto Tashiro (Saitama University/ ISAS,JAXA)
Contribution to the STDT activities or gain by the participation	<p>The participation to the STDT has increased the opportunity for Japanese community to get familiar with the LUVOIR missions and related people. It has enhanced the discussion in Japanese community on the future space mission in 2030.</p> <p>The Group of Optical and Infrared Astronomers (GOPIRA) launched the Working Group to discuss the future space mission in 2030 including these decal missions.</p> <p>The private LUVOIR study team has been launched to consider the possible contributions and planning to prepare the white paper.</p>	<p>Japanese STDT contributions to HabEx has been limited due to the science/technical overlap between HabEx and LUVOIR among the limited manpower of the Japanese exoplanet community.</p> <p>The HabEx-J team is currently concentrated on the WFIRST contributions and its timescale is overlapped with the decadal survey.</p>	<p>JAXA has lead the Concept 1 and 2 studies of the MISC instrument, one of the baseline instruments for the OST, with NASA ARC.</p>	<p>Through the opportunity to observe STDT and science working group activity, community of high energy astrophysics community of Japan has shared information of the Lynx concept trade off study. It also clarify circumstances of X-ray astronomy in 2030s and helps us to determine our own road map to contribute to X-ray astronomy in the world.</p>

Concept	LUVOIR	HabEx	OST	Lynx
<p>Potential Contribution Plan</p>	<p>We are considering at least following hardware contributions, 1) Ultra stable Densified Pupil Spectroscopy instrument for the transit Spectroscopy. The goal of the instrument is to measure habitability (H₂O & CO₂) and biosignatures (O₂/O₃ & CH₄/N₂O) of Earth-like planets orbiting nearby late-type stars that will be discovered by TESS. This is planned to be in the appendix of the LUVOIR STD T final report as alternative instrument. This is the LUVOIR version of the similar instrument for OST. R&D is being taken place at NASA Ames. 2) Funnel MCP+Csl for high FUV QE. The quantum efficiency of funnel MCP is ~1.5 times higher than that of normal MCP. This is planned to be in the LUVOIR STD T final report as one of the candidate UV detector which needs further technical development. 3) Components of coronagraph instrument, i.e., the polarimetry module, the coronagraph optics, mask substrates which will be developed for the WFIRST.</p>	<p>It would be one idea that the Japanese hardware contributions to WFIRST is the base of the HabEx contributions. Those might include (cost is TBD): - an achromatic polarimetry module (50 M\$) - coronagraph optics/substrates (20 M\$)</p>	<p>OST covers wide astrophysical sciences and many astronomer in Japan will potentially be interested in joining and making more significant contribution to the science working groups for the OST,</p> <p>Japan may be able to carry out the development of key technologies of low TRL (densified pupil spectrometer, deformable mirrors, cryo-collers, readout electronics for the MIR detectors etc.) aiming to achieve sufficient maturity (TRL-6) before the Phase A starts.</p> <p>As has been done in the concept studies of the OST, Japan will be interested in providing the densified pupil spectrometer for ultra stable spectroscopy (Matsuo et al. 2016), employed as the baseline MISC instrument design, for the OST.</p> <p>Japan will also be able to play a significant role in providing the MIR Imager that has been studied as an upslope design of the MISC instrument for the OST by making the best use of the heritages of AKARI/IRC and SPICA/MCS and SMI.</p>	<p>The high energy astrophysics association (HEAPA) of Japan is now discussing new road map after XRISM and Athena. The experience of X-ray micro-calorimeter and its cooling system could be a help or a guidance to develop Lynx X-ray microcalorimeter (LXM). A contribution by limited number of experts would be feasible.</p> <p>However, the community is also proposing or studying missions in the time frame such as FORCE, superDIOS, or other missions with other wavelength communities, like HiZ-GUNDAM or PhoENiX. Therefore it is suspected that the Japanese X-ray community would not be able to commit a larger contribution to Lynx with sub-system level, at this moment.</p>

ESA Voyage2050

Athena, LISA 以降の Large-Class 基軸となる計画策定

- Whitepapers <https://www.cosmos.esa.int/web/voyage-2050/white-papers>
- 10/29-31 Voyage2050Workshop (Madrid)



[Voyage 2050 » Home](#)

Home
Workshop registration
Workshop programme
Workshop: second announcement
White Papers
Senior Committee
Call for Membership of Topical Teams
Call for White Papers

VOYAGE 2050 LONG-TERM PLANNING OF THE ESA SCIENCE PROGRAMME

***** Registration is open for the Workshop *****
***** See [second announcement](#) and [registration form](#)*****

4 March 2019

The Science Programme of the European Space Agency (ESA) relies on long-term planning of its scientific priorities. The first long-term plan, Horizon 2000, was the result of an exercise started in 1983, and it was followed by an extension, Horizon 2000 Plus, that resulted in the initiation of the Gaia and BepiColombo missions. The successive planning exercise, [Cosmic Vision](#), was started in 2004 and is the current basis against which the content of the Science Programme is set.

Cosmic Vision is the result of a bottom-up process that began with a consultation of the broad scientific community. The plan, which comprises a variety of missions and extends up to 2035, defines the wide-ranging and ambitious scientific questions to be addressed by missions in the ESA Science Programme.

The next planning cycle of the ESA Science Programme, Voyage 2050, is now underway. In keeping with the bottom-up, peer-reviewed nature of the Science Programme, the definition of

DOCUMENTATION

[Letter of Invitation - White Papers \(pdf\)](#)

[Letter of Invitation - Topical Team membership \(pdf\)](#)

[Call for White Papers \(pdf\)](#)

[Call for Membership of Topical Teams \(pdf\)](#)

JAXA の現状

On-going Science Programs of ISAS/JAXA



Hayabusa-2



HINODE | SOLAR-B



Radiation in Geospace

No Astrophysical Satellite Mission in orbit after the ASTRO-H (Hitomi) mishap

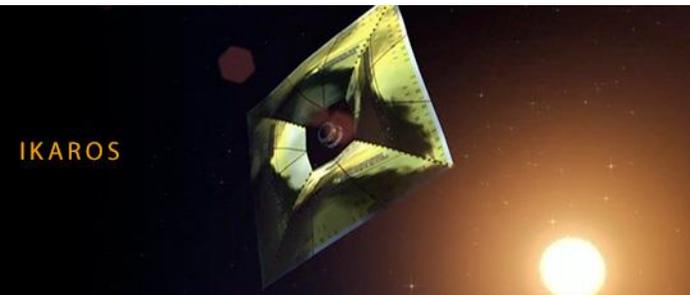


AKATSUKI | PLANET-C

AKATSUKI Venus Meteorology



HISAKI Extreme UV spectroscope for Exosphere Dynamics



IKAROS

IKAROS Solar Power Sail Demonstrator



GEOTAIL

GEOTAIL Earth's Magnetosphere

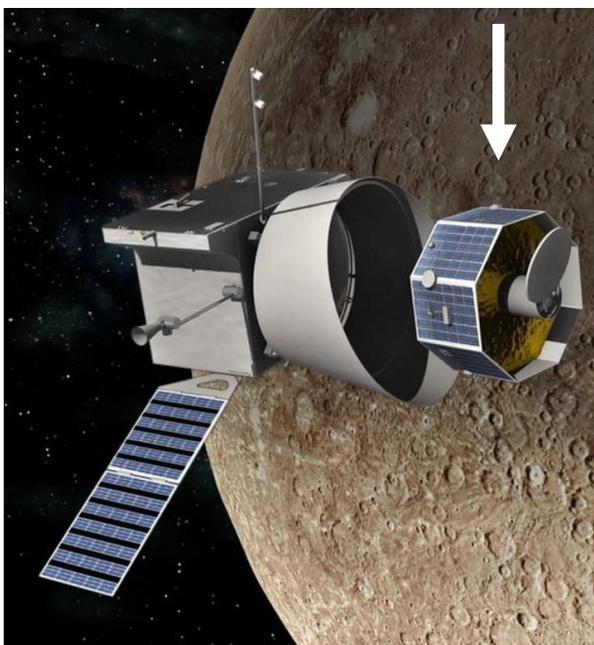


Euro-Japan joint mission BepiColombo

MMO

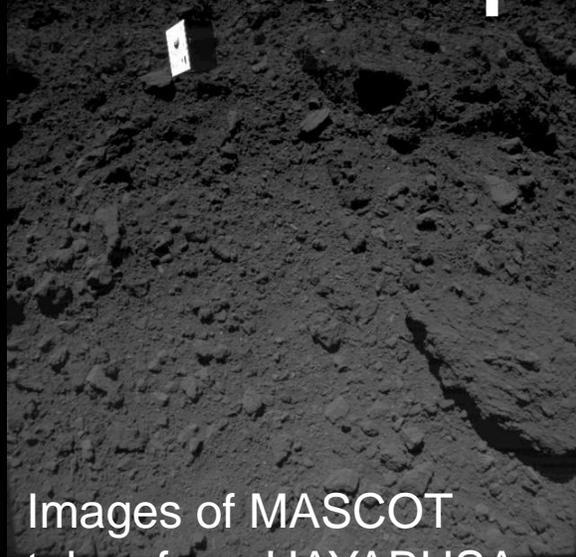
Illustrated by Akihiro Ikeshita

BepiColombo Euro-Japan Joint Mission Mercury Exploration



HAYABUSA-2

Asteroid Sample-Return Mission



Images of MASCOT
taken from HAYABUSA

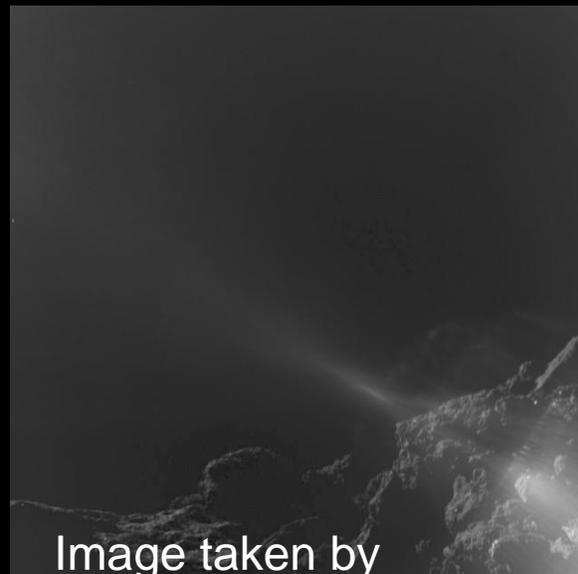
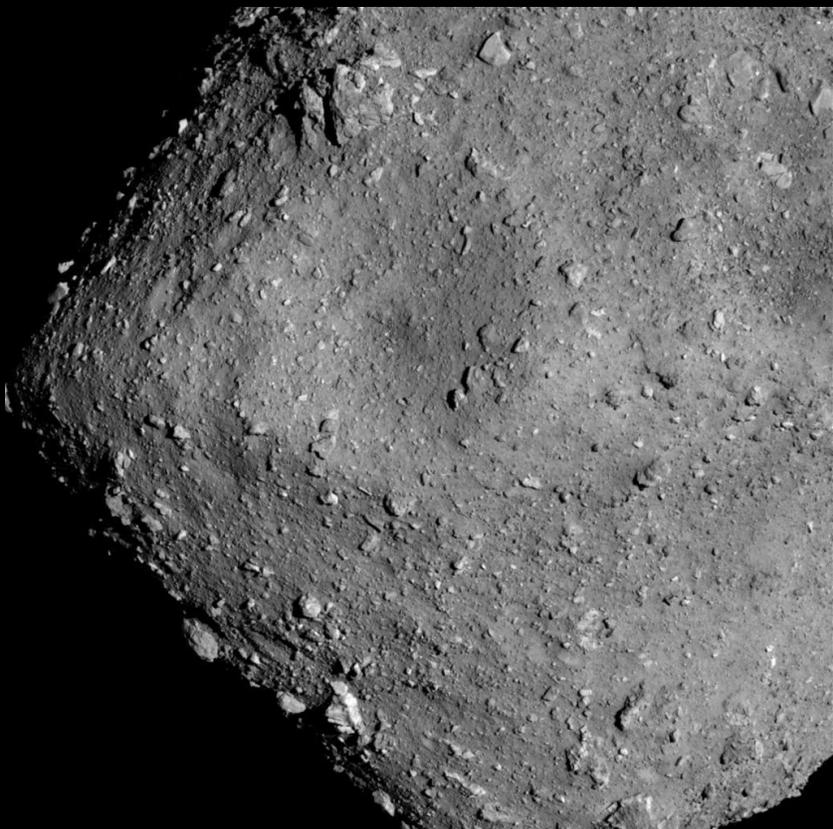
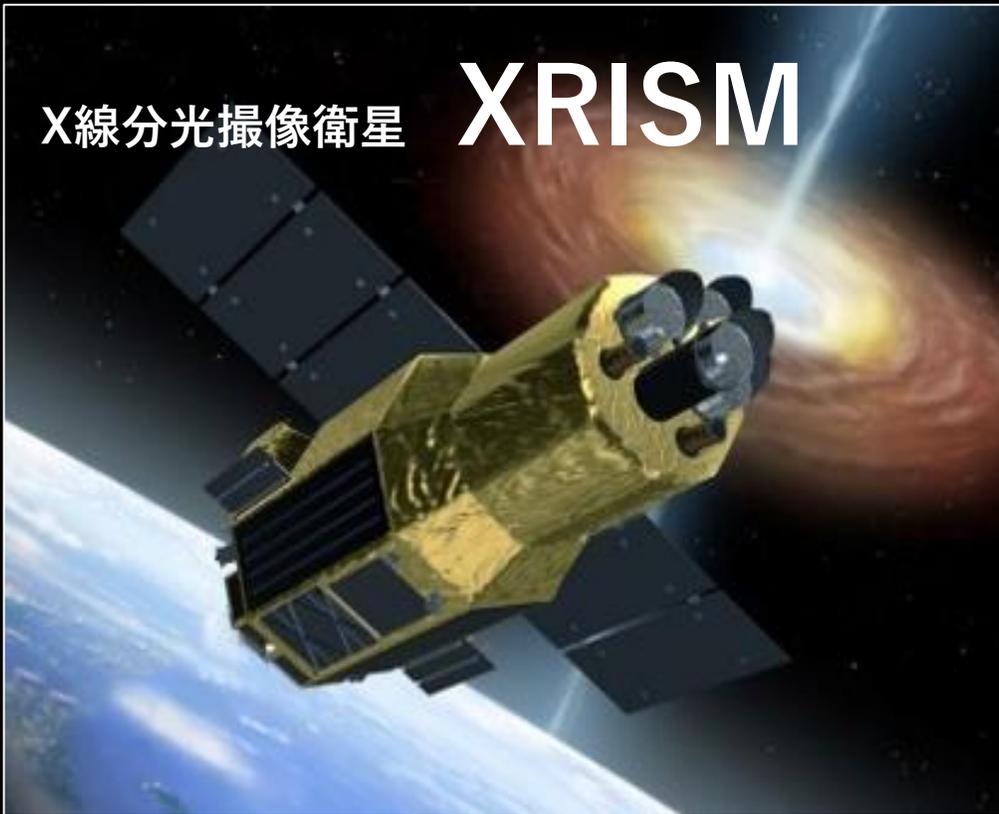


Image taken by
MASCOT



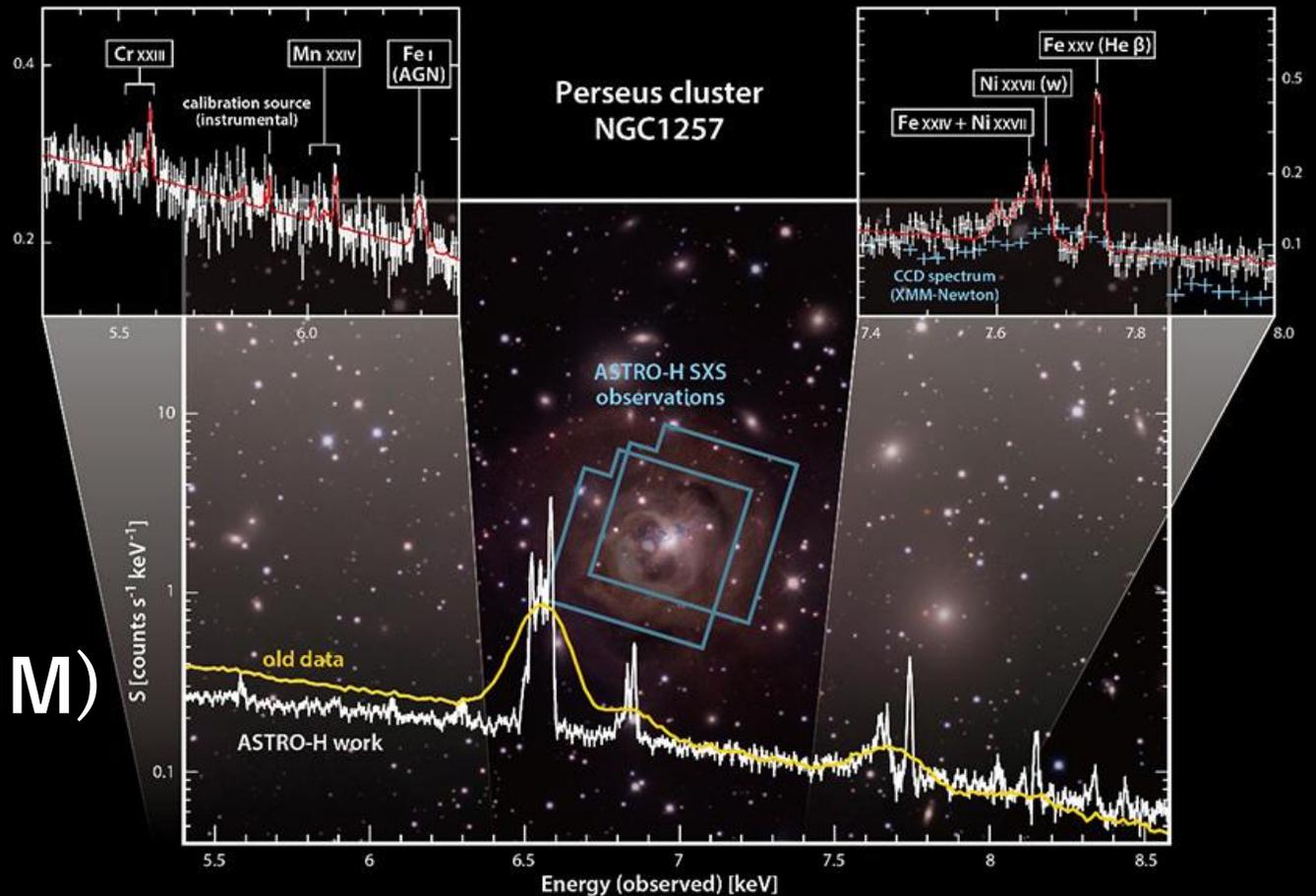
Images taken by MINERVA-I

X線分光撮像衛星 XRISM



X-ray Imaging and Spectroscopy Mission

Photon energy resolution of
 $\sim 7\text{eV}$ (goal 5eV) @ 6keV (FWHM)
 $E/\Delta E \sim 1000$



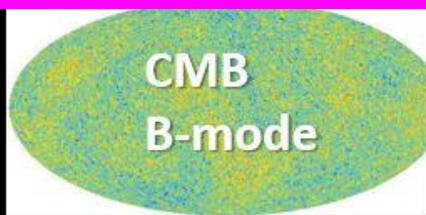
ISAS Future Missions/Mission Candidates

	Mission/Mission Concept	JAXA Status (2019 March)	Target launch
Strategic Large Class (L-Class)			
ASTRO-H successor	XRISM [X-ray Astrophysics]	Project Phase B	FY2021
L-1	Martian Moon eXploror (MMX) [Phobos sample return]	Pre-Project Phase A2	2024
L-2	LiteBIRD [CMB B-mode]	Pre-Phase A2	2027-28 TBA
(previous L-2 candidate)	OKEANOS [Solar Power Sail Trojan]	Pre-Phase A2	2017-28 TBA
L-3 candidate ESA Cosmic Vision-M5	SPICA [Infrared Astrophysics]	Pre-Phase A2 ESA Phase A (1/3 candidates)	2030 TBA
Competitive Middle Class (M-Class)			
M-1	SLIM [Moon Pin-Point Landing]	Project Phase B	FY2021 XRISM dual
M-2	Destiny+ [Phaethon Flyby]	Pre-Project Phase A1	FY2022-23 TBA
M-3	Small JASMINE [NIR Astrometry]	Pre-Phase A2	
M-4 candidate	Solar-C_EUVST [Chromosphere Solar Physics]	Pre-Phase A1b	
M-4 candidate	HiZ-GUNDAM [GRB Astrophysics]	Pre-Phase A1b	

ISAS Future Missions/Mission Candidates

	Mission/Mission Concept	JAXA Status (2019 March)	Target launch
Small Projects [Strategic International Collaboration – Missions of Opportunities]			
ESA-Cosmic Vision-L1	JUICE [ESA Jupiter Moons]	ISAS Project Phase D	2022
NASA New Frontier 4	Dragonfly [NASA Titan]	ISAS検討（地震計を供給）	2024
ESA-Cosmic Vision-L2	Athena [X-ray Astrophysics]	Pre-Phase A1b (WG)	2031
NASA Astronomy Flagship	WFIRST [Infrared Astrophysics]	Pre-Phase A2 (ISAS team)	2025
ESA-Cosmic Vision-L3	LISA [Gravitational Wave]	Working Group	2034
Russia Spektr-UV	WSO-UV [UV / Exoplanet]	Working Group	2023 TBA

Small Projects [Small Programs]



Formation and Evolution of
Galaxies, Clusters, and
Super Massive Black Holes

Structure
Formation

Galaxy
Formation



Origins of Space-Time and Matters in the Universe
Possibility of Life in the Universe

Cosmic
Inflation



Future strategic missions
under concept development

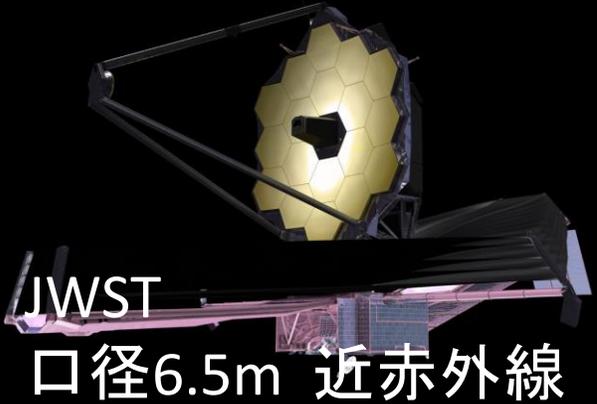
国内外の将来計画まとめ (天文・宇宙物理)

宇宙物理学スペースミッション

機関・国など	超大型 (>\$1B)	中・大型 (~\$300-1000M)	中・小型
米国 NASA	JWST/ WFIRST	SPHEREx	TESS (2018) IXPE
ESA	LISA / Athena	Euclid / PLATO / ARIEL M5(SPICA/THESEUS/ENVISION)	CHEOPS
中国		DAMPE (2015),HXMT (2016) SST-Surveyor	QUESS (2016), Einstein Probe
インド			ASTROSAT (2015)
ロシア		Spektr-RG(EROSITA) (2019) Spektr-UV(WSO-UV)	
日本		XRISM LiteBIRD / SPICA	Small-JASMINE M4(Solar-C/HiZ- GUNDAM)

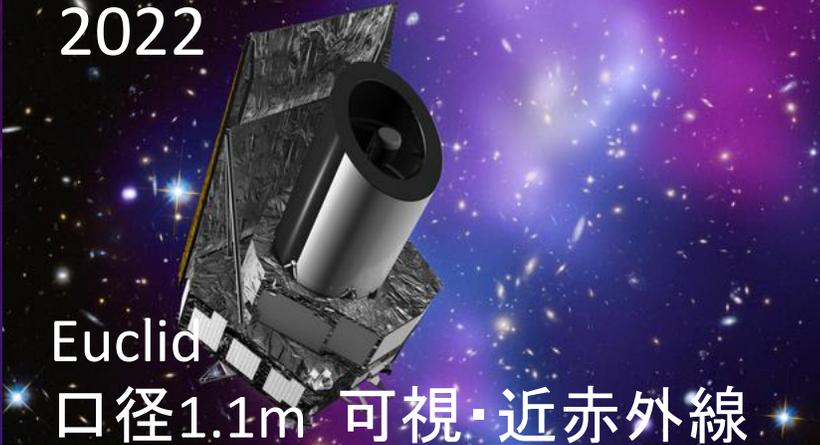
Landscape in 2020's Large Space Missions

2021



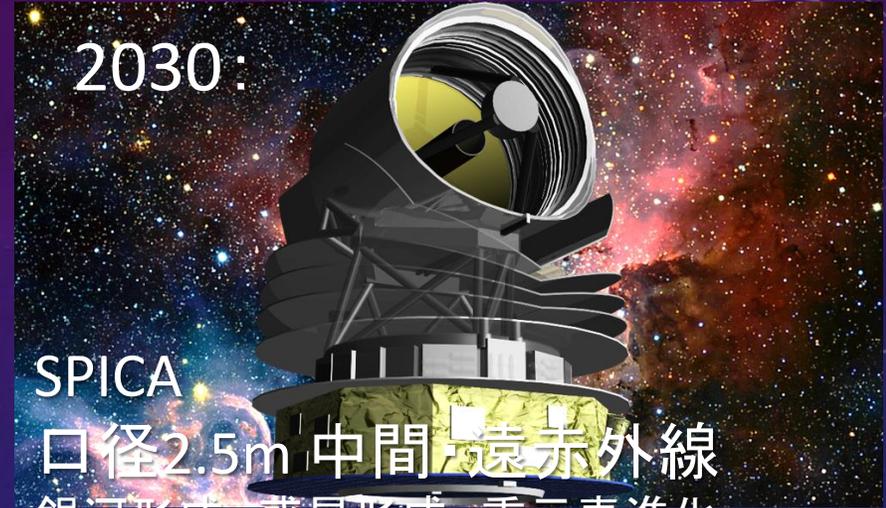
JWST
口径6.5m 近赤外線

2022



Euclid
口径1.1m 可視・近赤外線
広視野サーベイ(暗黒エネルギー)

2030:



SPICA
口径2.5m 中間・遠赤外線
銀河形成、惑星形成、重元素進化

2025



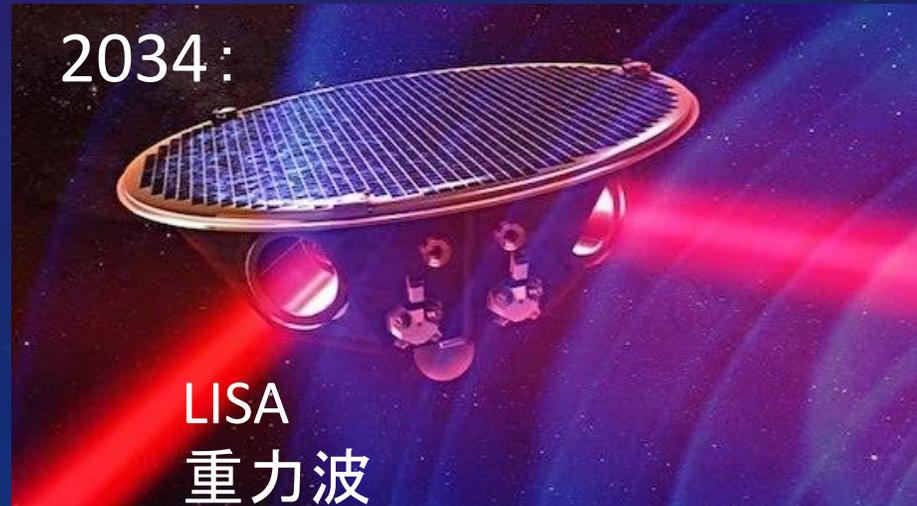
WFIRST
口径2.4m
広視野近赤外線
系外惑星・宇宙論

2032:



Athena
X線
銀河団形成・
宇宙初期巨大ブラックホール

2034:



LISA
重力波
巨大ブラックホール形成・
中性子星合体

Landscape in 2020's Space Missions for Exoplanets



Kepler衛星
トランジットサーベイ
NASA 2006



TESS衛星
トランジットサーベイ
NASA 2018



WFIRST衛星
マイクロレンズ、
コロナグラフ
NASA 2025~



ARIEL衛星
トランジット分光観測
ESA 2028~



PLATO衛星
トランジットサーベイ
ESA 2024~



CHEOPS(小型)衛星
トランジット観測
ESA 2019~

TMT

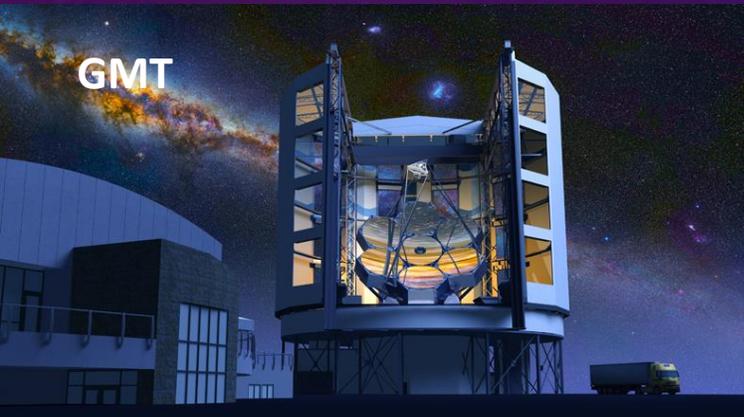


地上の大型計画・ 将来計画

CTA



GMT



Subaru

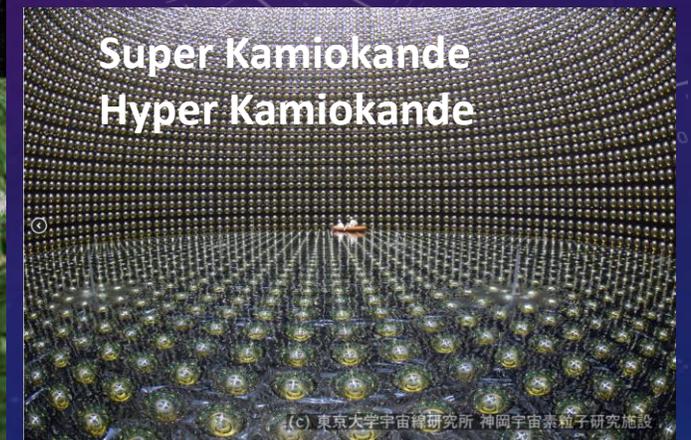


大型低温重力波望遠鏡 (KAGRA)

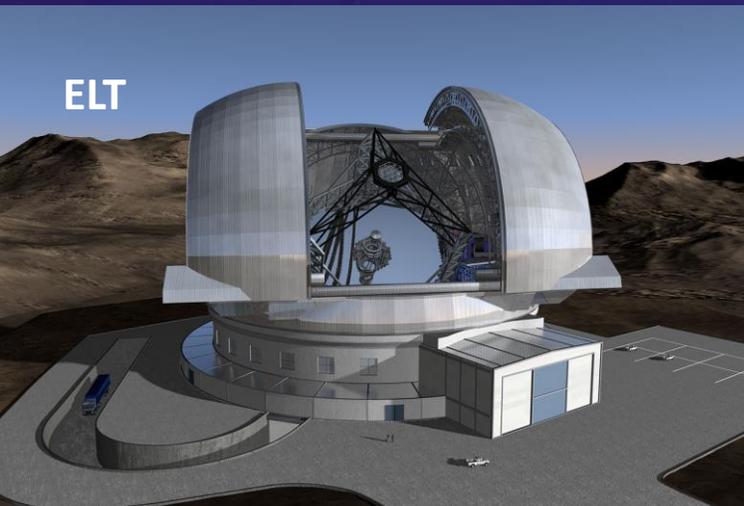
KAGURA



Super Kamiokande
Hyper Kamiokande



ELT



LSST



SKA



ALMA



- **Origins of the Space and Time of the Universe**

- Beyond the Big Bang Theory

- Cosmic Inflation?

- Dark Energy/ Modified Gravity

- **Structure Formation and Evolution**

- Dark Matter

- First Stars/First Galaxies/First SMBHs

- Chemical Enrichment / Evolution of Solid / Organic

- Planetary Formation

- **Possibility of Life in the Universe**

世界の計画 (1)



残された課題	JAXA の取組み	JAXAの国際協力による取組み	海外の取組み
① 宇宙の空間／時間構造とその起源			
宇宙背景放射による原始重力波痕跡の検出による宇宙初期インフレーション検証	LiteBIRD [→PhaseA1]		
原始重力波の直接検出	将来計画検討 (DECIGOなど)		(LISA)
暗黒エネルギーの性質への手がかり		WFIRST協力 [Pre-Phase A2]	Euclid [2021] WFIRST[2025]
② 宇宙における構造の発展と天体の形成			
②-A 宇宙における構造形成史(全体)における未解決問題			
宇宙の暗黒物質の分布、正体の解明		WFIRST協力 GAPS [気球：小規模]	Euclid WFIRST
宇宙の初代銀河・初代星の全般的な理解 宇宙再電離前後の天体形成	HiZ-GUNDAM [Pre-Phase A1b]	WFIRST協力	JWST [2020] Euclid WFIRST Theseus [Phase0/A] LUVOIR/Lynx [STDT]

世界の計画 (2)



残された課題	JAXA の取組み	JAXAの国際協力による取組み	海外の取組み
②-B 宇宙の構造形成におけるバリオン物理過程の解明			
銀河内部構造の形成		WFIRST協力	JWST [2020] WFIRST[2025] LUVOIR [STDT]
ダストに隠された銀河形成初期の星形成と巨大ブラックホールの形成	SPICA [Pre-PhaseA2] FORCE [Pre-Phase A1]	Athena [Pre-Phase A1]	JWST Athena [PhaseA] SPICA[Phase0/A] OST/Lynx [STDT]
銀河団におけるガスの運動と力学的構造	XRISM [FY2021]	Athena	Athena
中高温銀河間ガスの直接検出	XRISM 将来計画	Athena	Athena LUVOIR/Lynx[STDT]
銀河団高温ガスの熱的・化学的進化	XRISM	Athena	Athena , Lynx [STDT]
②-C 宇宙の重元素およびダストの生成・化学進化			
超新星爆発・中性子合体における重元素生成	XRISM	Athena [Pre-Phase A1]	Athena , Lynx [STDT] LISA [PhaseA]
銀河形成期の化学進化過程	SPICA		JWST SPICA, OST [STDT]
宇宙におけるダストの生成と俯瞰的進化	SPICA		SPICA OST [STDT]

世界の計画 (3)



残された課題	JAXA の取組み	JAXAの国際協力による取組み	海外の取組み
②-D 星形成・ブラックホール現象の物理			
ブラックホール直近の時空構造	XRISM [2021]	Athena [Pre-Phase A1b]	Athena [PhaseA]
星形成に至るガスの収縮・分裂過程	SPICA [Pre-PhaseA2]		SPICA[Phase0/A] , OST [STDT]
②-E 惑星系形成			
原始惑星系円盤におけるガスの散逸と巨大ガス惑星生成	SPICA		SPICA OST [STDT]
原始惑星系円盤：H ₂ O の気体・固体分布	SPICA		SPICA OST [STDT]
③ 太陽系外惑星の検出および大気詳細研究			
太陽系外惑星の質量・軌道分布の全体像		WFIRST協力 [Pre-Phase A2]	WFIRST[2025]
太陽系近傍・明るい恒星での系外惑星探査			TESS [2018] , PLATO [2026]
太陽系外惑星の大気スペクトル観測 (トランジット観測)			JWST [2020] , ARIEL [2028] OST/HabEx[STDT]
太陽系外惑星の大気スペクトル観測 (直接観測)		WFIRST協力 WSO 協力 [Pre-Phase A1a]	WFIRST, WSO [2023:]
ハビタブル地球型惑星の大気・生命兆候			LUVOIR/HabEX [STDT]

宇宙物理のランドスケープ

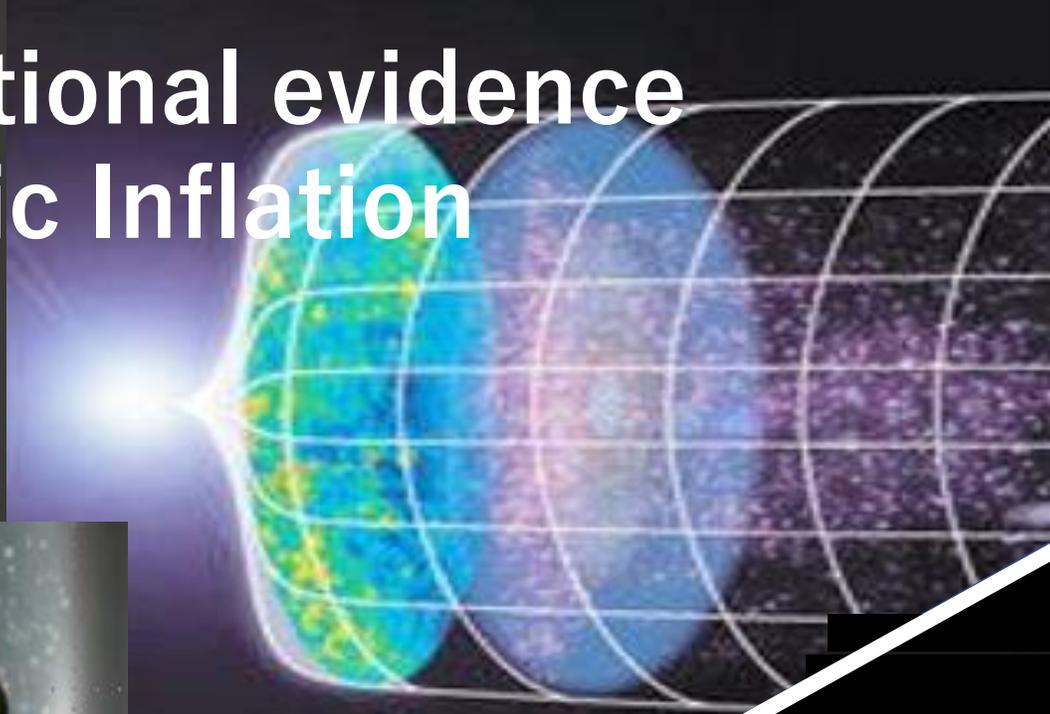
Big Questions in Astrophysics



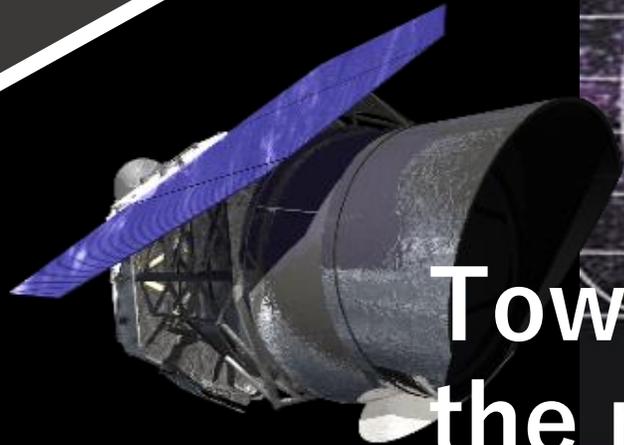
- Origins of the Space and Time of the Universe
Beyond the Big Bang Theory
 - **Cosmic Inflation? ← LiteBIRD**
 - **Dark Energy/ Modified Gravity ← WFIRST contribution**
- Structure Formation and Evolution
 - Dark Matter
 - First Stars/First Galaxies/First SMBHs
 - Chemical Enrichment / Evolution of Solid / Organic
 - Planetary Formation
- Possibility of Life in the Universe

Observational evidence of Cosmic Inflation

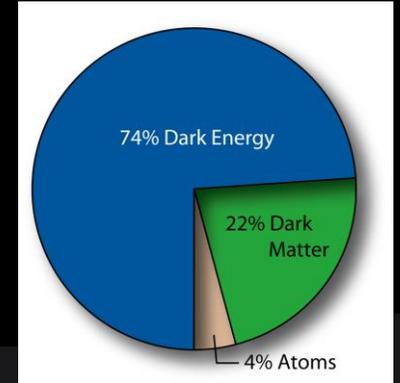
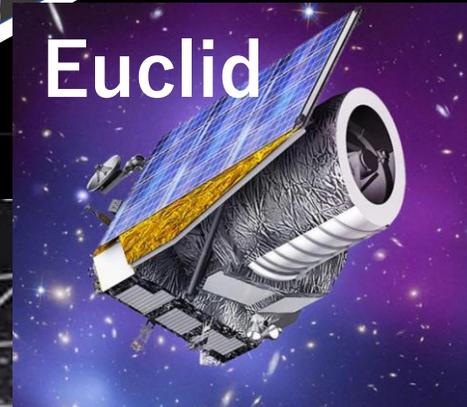
LiteBIRD



WFIRST



Euclid



Toward understanding the nature of Dark Energy

宇宙の空間と時間の起源：残された課題

宇宙初期の急激な膨張「インフレーション」の観測的な証拠を見つける

- ・ 宇宙はどのように始まったのか？（宇宙年齢 10^{-36} 秒）
なぜ、膨張しているのか？
- ・ 宇宙の平坦性問題・地平線問題・初期の密度ゆらぎを説明
- ・ 観測的な「決定的」証拠を得る必要
原始重力波
宇宙マイクロ波背景放射に残る原始重力波の痕跡

JAXA の取り組み：

LiteBIRD計画（戦略的中型候補、Phase A1）

宇宙背景放射の偏光Bモードによる原始重力波痕跡の検出
将来のスペース重力波観測検討（ESA LISA計画への参加検討）

世界の取り組み：**↔** JAXA は原始重力波検出に重点

宇宙背景放射偏光地上観測、ESA LISA 重力波観測衛星

宇宙の空間と時間の起源：残された課題

宇宙の加速膨張と暗黒エネルギー

- ・ 宇宙の加速膨張をもたらす原因は？
- ・ 斥力をもたらす暗黒エネルギーが存在するのか？それとも重力理論（一般相対性理論）に修正が必要か？
- ・ 宇宙の暗黒エネルギー密度と斥力との関係は？（状態方程式）
- ・ 宇宙の暗黒エネルギー密度と斥力の関係は時間的に変化するのか？
- ・ 可視光・近赤外広視野深宇宙観測での多数の銀河観測などによる精密な宇宙論

世界の取り組み：

ESA Euclid 衛星計画 (2021)、NASA WFIRST 計画 (2025)

地上：すばる望遠鏡、LSST 望遠鏡（米）など

JAXA の取り組み：

WFIRST計画への参加（戦略的国際協力小規模プロジェクト）

Big Questions Left in Astrophysics



- Origins of the Space and Time of the Universe
Beyond the Big Bang Theory
 - Cosmic Inflation?
 - Dark Energy/ Modified Gravity
- **Structure Formation and Evolution**
 - Dark Matter
 - First Stars/First Galaxies/First SMBHs
 - Chemical Enrichment / Evolution of Solid / Organic
 - Planetary Formation
- Possibility of Life in the Universe

宇宙の構造形成：残された課題

宇宙初期の密度のゆらぎ（構造の種）

銀河・銀河団の形成と進化

- ・ 宇宙最初期の初代星、初代銀河はどのようにできたのか？
- ・ ダストの吸収に隠された激しい星形成・活動銀河核
- ・ 巨大ブラックホールはどのようにできたのか？
- ・ 銀河と銀河間でのガスの降着と放出のプロセス
- ・ 銀河間ガスの重元素汚染
- ・ 中高温ガスの分布の全体像
- ・ 銀河団におけるガスの詳細な運動と構造

- ・ 宇宙初期からダストはどのようにつくられたのか？
- ・ 超新星爆発、中性子星合体、恒星進化における重元素とダスト生成
- ・ 分子雲ガスの収縮・分裂と磁場

星形成と重元素・ダスト（固体）生成

惑星系の形成・惑星の誕生

- ・ 原始惑星系円盤におけるガスの降着と散逸
- ・ 原始惑星系円盤における水の分布
- ・ 系外惑星大気・地表情報の観測

地球の誕生・生命の誕生

JAXAが主体的に進める研究

XRISM計画（戦略的中型プロジェクト、2021打上）

宇宙の**高温プラズマのからのx線放射**を、個々の原子・イオンが出す放射として十分に分解して調べることにより、プラズマ物理学研究の新たな分野としてこれを開拓する。銀河団におけるガスの詳細な運動と構造の観測を通じてその成長過程を明らかにする研究、超新星爆発などに伴う新たな元素合成過程の研究などを進める。

SPICA計画（戦略的中型候補、Phase A1、ESA との大型国際協力）

宇宙におけるダスト（星間固体微粒子）生成をキーワードに、銀河形成・巨大ブラックホール形成・星形成・惑星系形成・惑星誕生の過程の研究に残された課題に取り組む。130億年前の宇宙から現在の宇宙まで、様々な天体の**比較的低温 (10K-10000K) の星間物質からのダスト放射、分子ガス輝線放射・吸収、ダストの吸収の影響を受けないイオン・原子の輝線放射**などを中間赤外線～遠赤外線波長帯での高感度観測する。

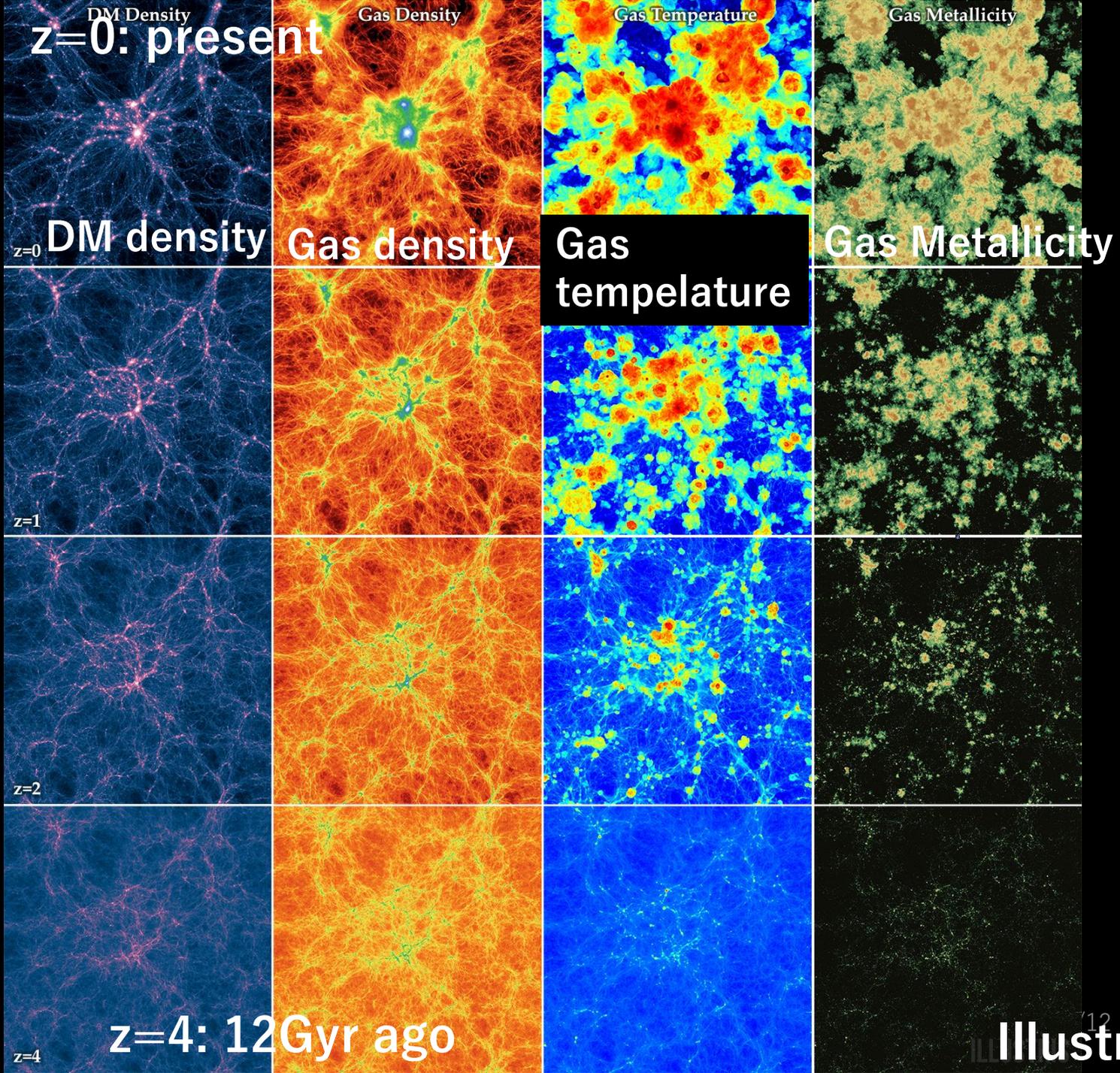
海外の大型ミッションに協力参加して勧める研究

（戦略的国際協力・小規模プロジェクト）

WFIRST 計画（NASA Phase B 2025年打上、すばる望遠鏡協調観測など）

Athena 計画（ESA Phase A 2031年打上、冷凍機冷却システムなど）

LISA 計画（ESA Phase A 2034打上、検討中）



X-ray Imaging Spectroscopy Mission (XRISM)

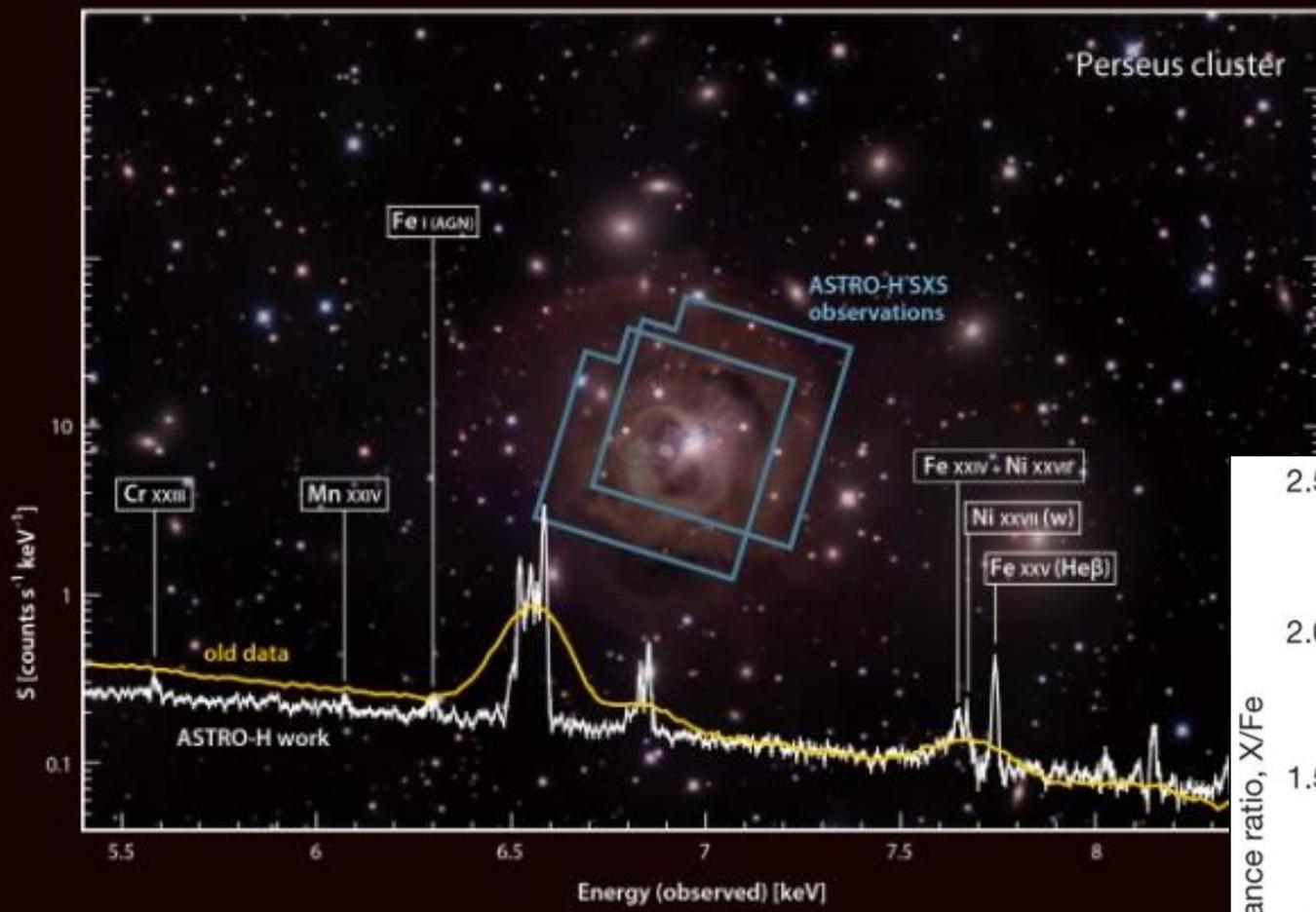


- JAXA, with strong support by Japanese government and our international partners, e.g., NASA, ESA, decided to proceed XRISM.
- **Two Science Instruments**
- **The current target launch date is within FY2021**

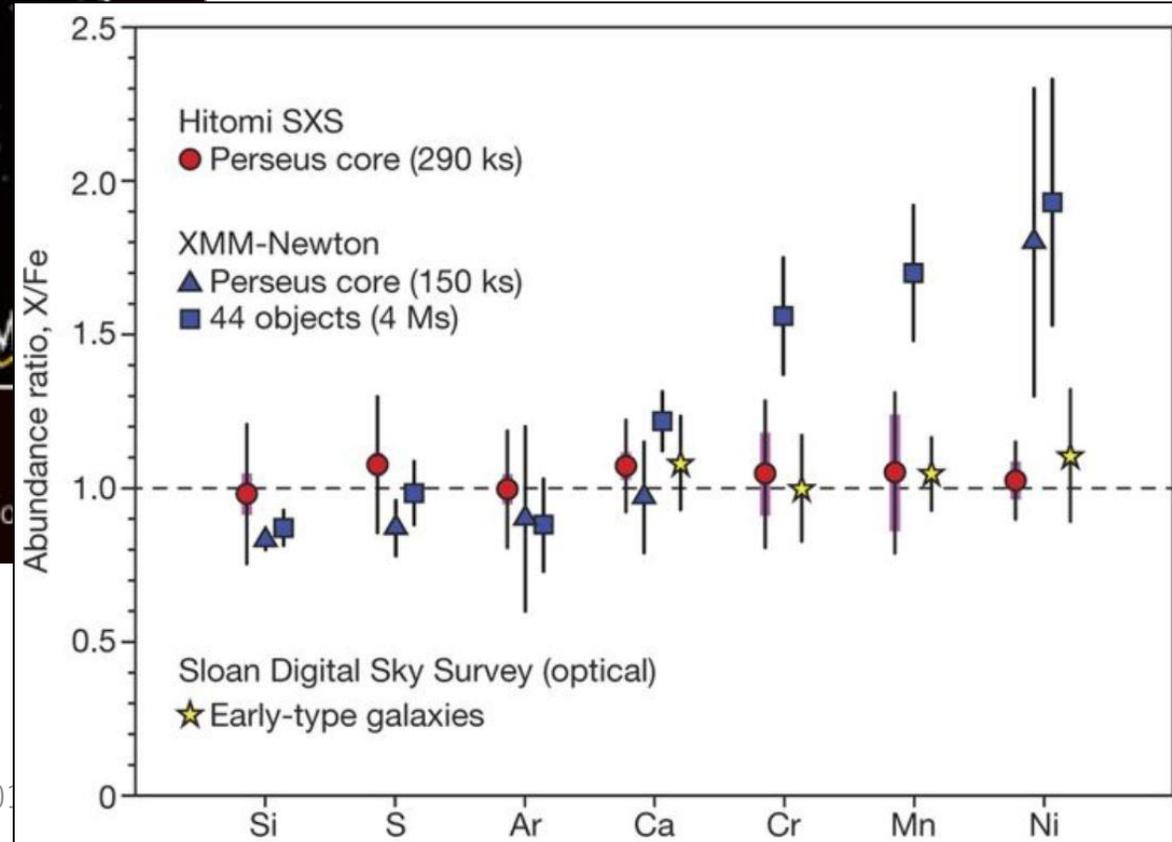
XRISM Science Instruments



- ***Resolve***, a soft X-ray spectrometer, which combines a lightweight Soft X-ray Telescope paired with a **X-ray Calorimeter Spectrometer**, and provides **non-dispersive 5-7 eV energy resolution** in the 0.3-12 keV bandpass with a field of view of about 3 arcmin.
- ***Xtend***, a soft X-ray Imager, is a **CCD detector** with a larger the field, at the focus of the second lightweights Soft X-ray Telescope in the energy range of 0.4-13 keV



The X-ray spectra observed by ASTRO-H SXS. The weak emission lines of Cr, Mn, Fe, and Ni are significantly detected.

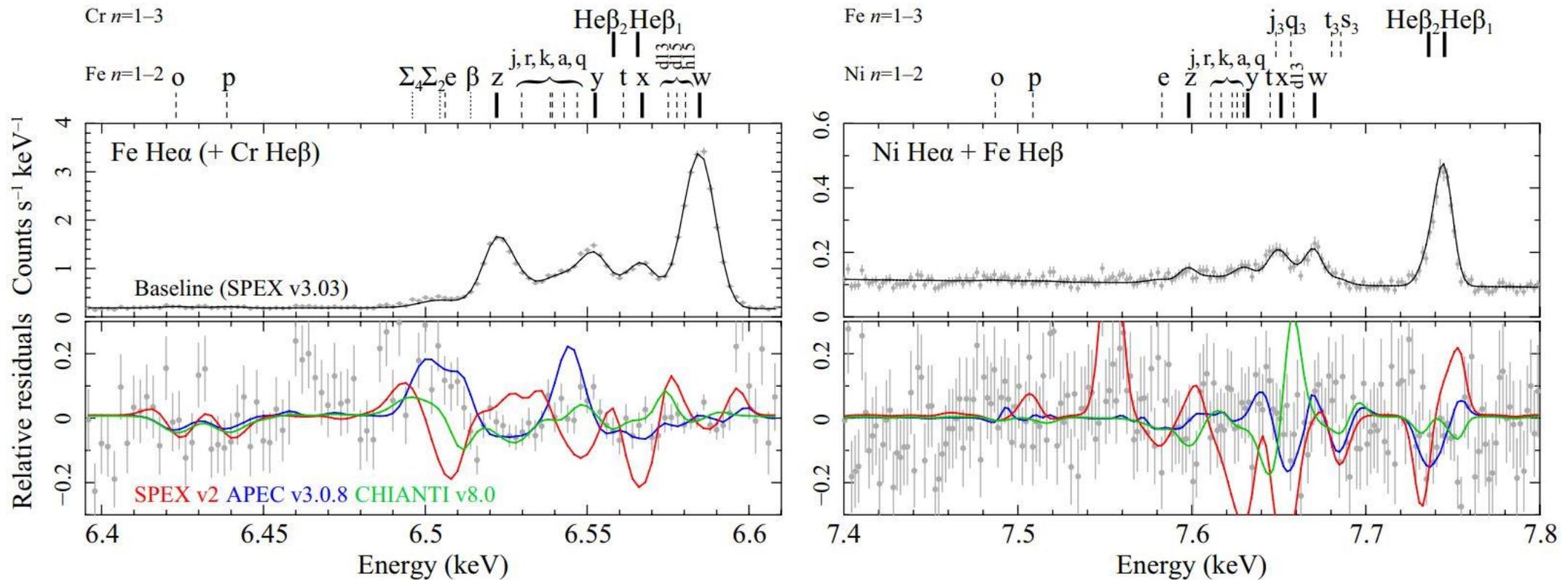


relative abundance of the iron-peaked elements that are considered to be produced by Type Ia supernovae explosion is similar with the Solar abundance

Results from ASTRO-H Observations



The Hitomi results show that an accurate atomic code is as important as the astrophysical modeling and instrumental calibration aspects.

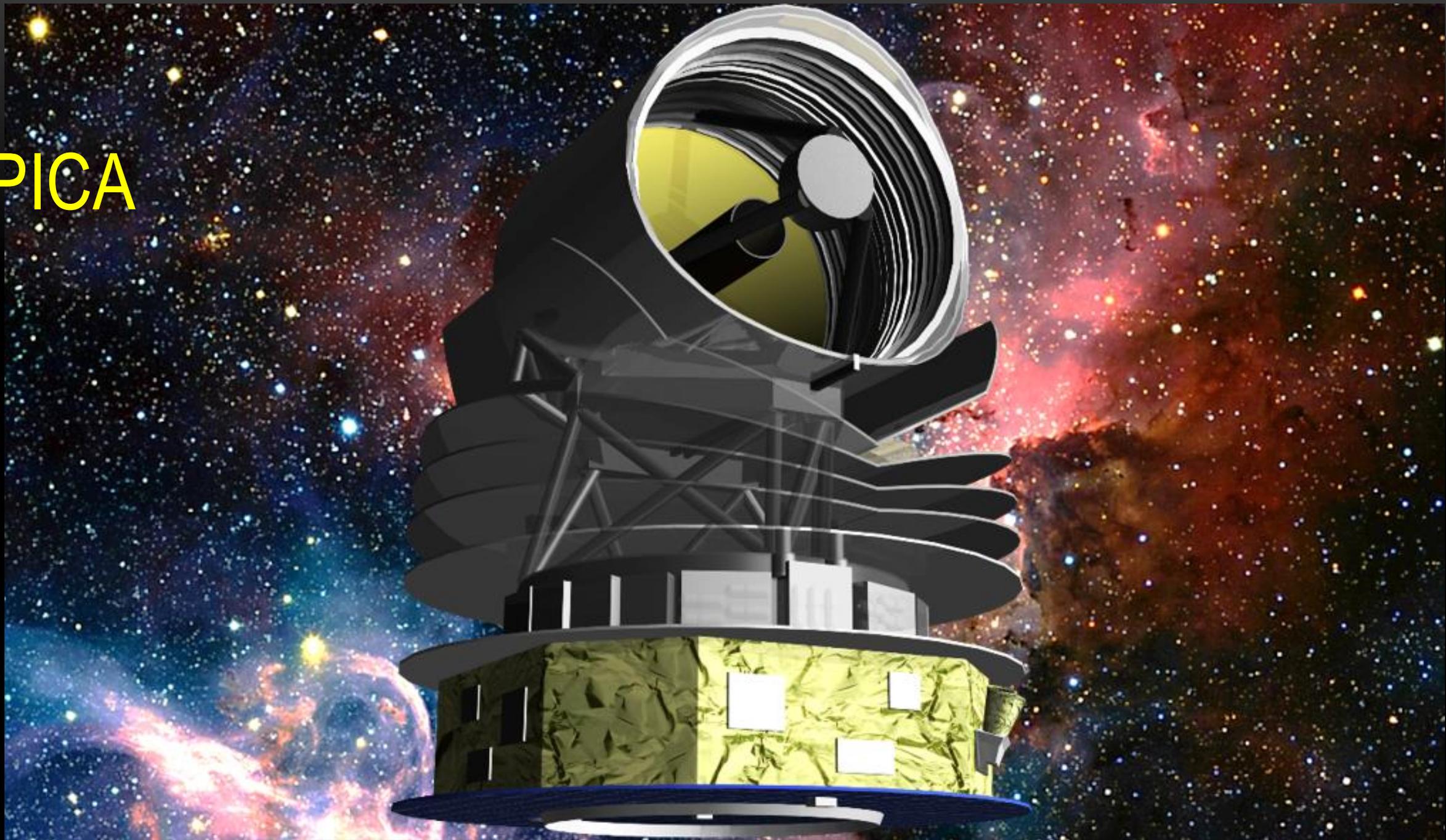


Big Questions Left in Astrophysics



- Origins of the Space and Time of the Universe
Beyond the Big Bang Theory
 - Cosmic Inflation?
 - Dark Energy/ Modified Gravity
- **Structure Formation and Evolution**
 - Dark Matter
 - First Stars/First Galaxies/First SMBHs
 - Chemical Enrichment / Evolution of Solid / Organic
 - Planetary Formation
- Possibility of Life in the Universe

SPICA



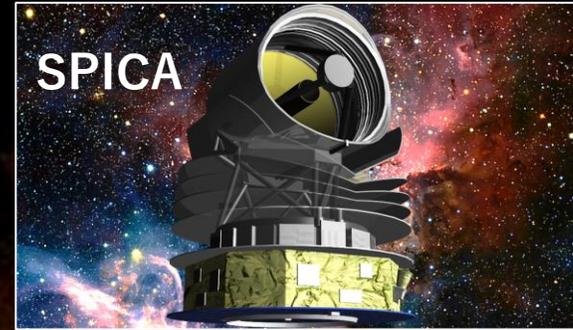
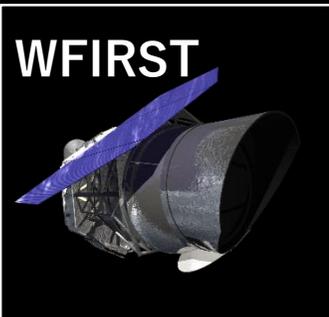
赤外線で観る低温ガスやダスト ダストに隠された現象



X線で観る高温ガスや 高エネルギー現象



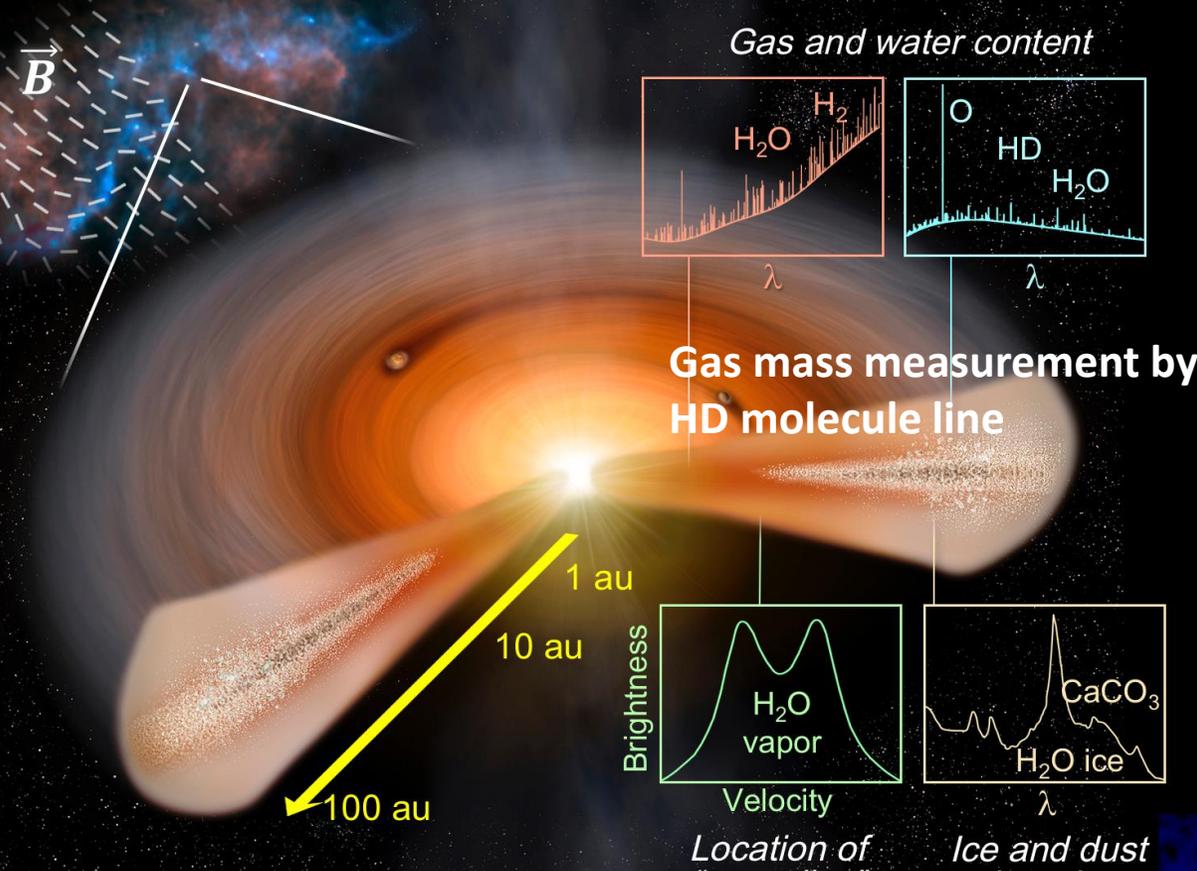
可視光・近赤外線 観測する銀河



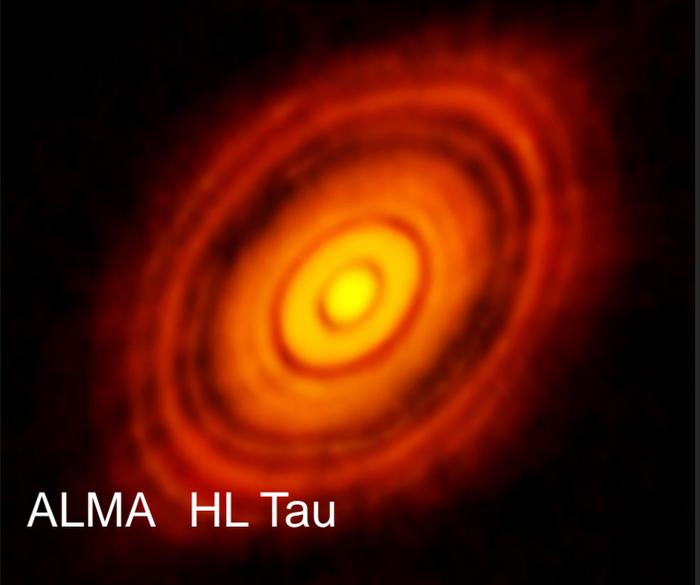
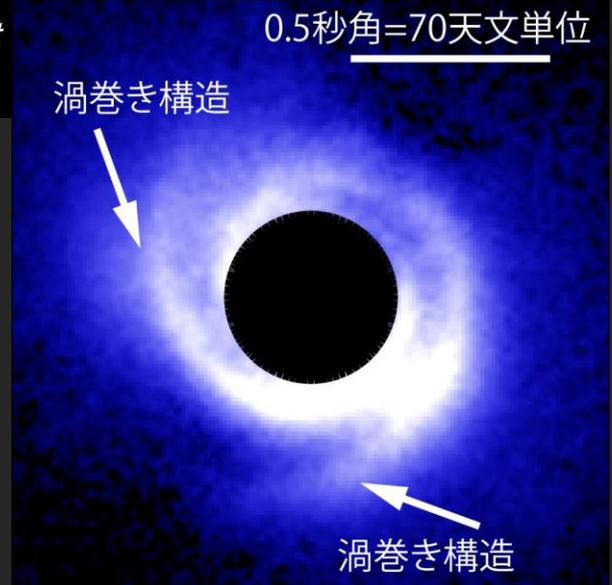
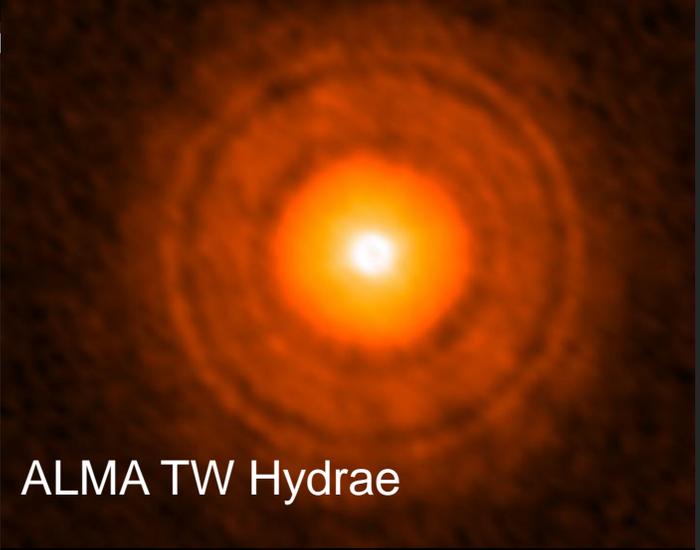
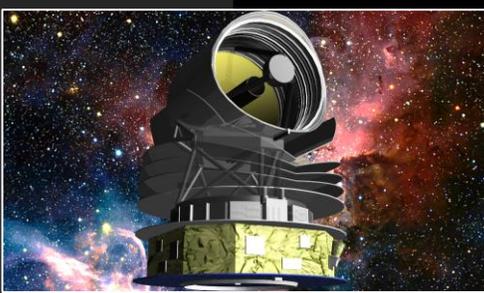
中間・遠赤外線で 観た銀河（ダスト、ガス）

Herschel 衛星によるアンドロメダ銀河

Planetary Formation

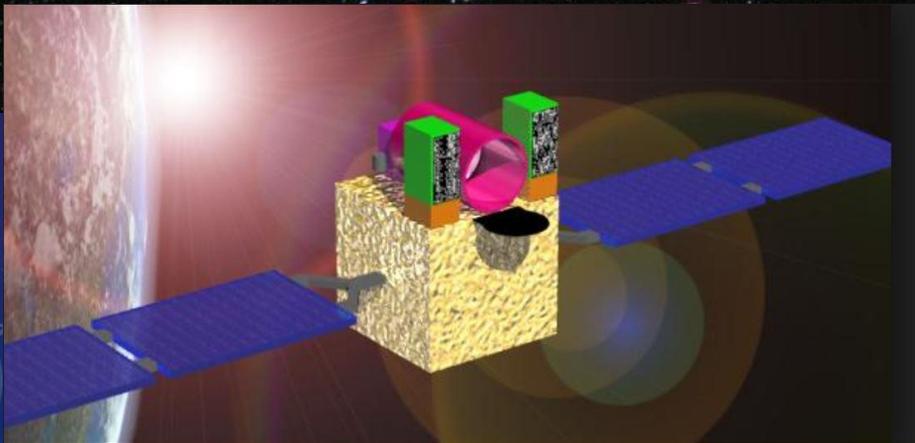


Schematic pictures of SPICA proto-planetary disk study



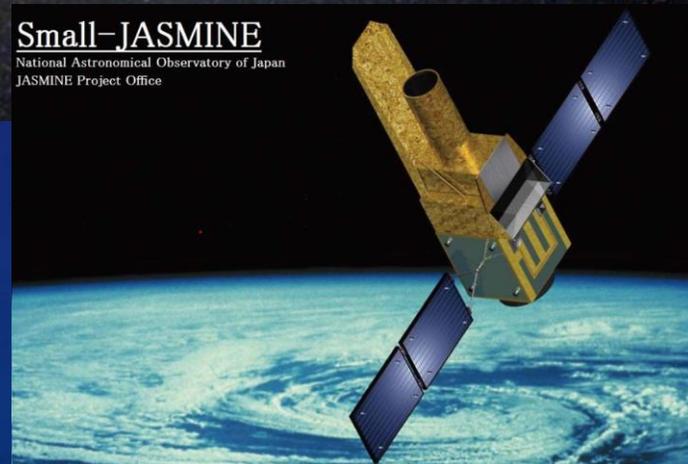
**First Objects
Multi-Messenger Science
(GRB at $z > 6$ /short GRB)**

HiZ-GUNDAM



**Infrared Astrometry
Of the Bulge of Milky Way**

Small JASMINE



付録 NASA/ESA ミッションの枠組み

海外ミッション NASA

A=Astrophysics
P=Planetary Science
H=Heliophysics

	分野	カテゴリ	総額	間隔	例
NASA	A	Flagship / Great Observatories	> \$1-2B	~10年	HST (90), Compton (91), Chandra (99), Spitzer (03), Fermi (08), JWST (21), WFIRST (25)
	A	Discovery	\$425M	1-2年	Kepler (06)
	A	MIDEX	\$180-200M+launch	~4年?	XTE(95), FUSE(98), WMAP(01), Swift(04), WISE(09), SPHEREx
	A	SMEX	\$120M+launch	~4年?	SWAS(98), GALEX(03), NuSTAR(12)
	A	EX			TESS(18)
	H	MIDEX	\$180-200M+launch	~4年?	ACE(97), IMAGE(00), THEMIS(07)
	H	SMEX	\$120M+launch	~4年?	SAMPEX(92), FAST(96), TRACE(98), RHESSI(02), AIM(07), IBEX(08), IRIS(13)
	H	STP			TIMED(01), Hinode 06 [ISAS], STEREO(06), MMS(11)

	分野	カテゴリ	総額	間隔	例
NASA	P	Flagship	\$1-2B	10年	Viking 1-2 (75), Voyager (77), Galileo(89), Cassini (97), Mars Science Laboratory (11), MARS2020 (20), Europa (?)
	P	New Frontier	~ \$1B	~5年	New Horizons (06), JUNO (11), OSIRIS-Rex(16), Dragonfly
	P	Discovery	\$425M+ Launch	1-2年	NEAR-Shoemaker (96), Luna Prospector (97), Stardust (99), Genesis (01), CONTOUR (03), Mars Pathfinder (03), MESSENGER (04), Deep Impact (05), EPOXI(05), DAWN (07), GRAIL(11), InSight (16)
	P	MARS Exploration (Mariner, Viking, Mars Surveyor'98,			Mariner (62), Viking (75), Observer (92) , Global Surveyor (96), Climate Orbiter (98) , Polar Lander (99) , Odyssey (01), Exploration Rover (Spilits, Opportunity) (03), Reconnaissance Orbiter (05), Phoenix (07,SCOUT), Science Laboratory (Curiosity) (11), MAVEN (13, SCOUT)

今後の海外ミッションへの協力 (NASA)

	分野	カテゴリ	計画	日本の貢献	現状
NASA	A	Flagship / Great Observat ories	JWST (21)	-	2021打ち上げ予定
			WFIRST (25)	WFIRST WG 住(大阪)、山田	LoI 準備中
			将来計画 (~30-35)	STDTオブザーバ	4分野での検討
	A	SMEX (AO 2016)	IXPE	玉川(理研)、他	NASA SMEX 提案、 ISAS 小規模採択 LoC 発出済、 PRAXyS → IXPE
	A	EX	TESS (18)	研究者個別に チーム参加	JAXA 関与無し 2018 打ち上げ
	H	LWS	Solar Probe Plus (18)		

海外ミッションへの協力 (ESA)

	カテゴリ	総額	間隔	分野	例
ESA	Cosmic Vision - L	> €1B	~10年	P	JUICE (22)
				A	ATHENA (28)
				FP	L3 [LISA] (32)
	Cosmic Vision - M	€450-550M	~3年	H	Solar Orbiter (18)
				A	Euclid (21), PLATO (24)
				?	M4 (27), M5(29)
	Cosmic Vision - S			A	CHEOPS (17)
				H	SMILE (21)
	On-going			P	Bepi Colombo (18)
	In Operation / Previous			A	XMM(99), INTEGRAL(02), Herschel (09), Plank (09), GAIA (13)
FP				LISA-Pathfinder (15)	
H				SOHO (95), PROBA2 (09)	
P				Huygens(97), Cluster(00), Double Star(03), Mars Express(03), Rosetta (04), Venus Express (05), ExoMars (16)	

今後の海外ミッションへの協力 (ESA)

	カテゴリ	分野	計画	日本の貢献	現状
ESA	Cosmic Vision - L	P	JUICE (22)	小規模 ミッション機器	Phase A相当
		A	ATHENA (28)	冷凍機など ATHENA WG	CCC-TPで検討など
		FP	L3 [LISA] (32)	-	DECIGOチームの 協力可能性？
		?	L4 (?)	-	
	Cosmic Vision - M	A	Euclid (21)	すばる観測提案	JAXA コミット無し
			PLATO (24)	-	
		?	M4 (27)	-	ARIEL /
			M5(29)	SPICA PreProject	SPICA 提案 CORE+協力？
			M6 (?)		
	Cosmic Vision - S	A	CHEOPS (17)		
		H	SMILE (21)		
	On-going	P	Bepi Colombo (18)	MMO	2018 打ち上げ