

SPICA

*Unveiling the cold
obscured universe*

SPICAミッション 進捗報告

芝井 広(阪大/JAXA)、小川博之(JAXA)
尾中 敬(東大)、金田英宏(名大)
河野孝太郎(東大)、中川貴雄(JAXA)
松原英雄(JAXA)、山田 亨(JAXA)
他SPICAチームメンバー

P-086: A SPICA far-IR instrument SAFARI
土井靖生(東大)他

P-087: SPICA Payload Module (PLM)
小川博之(JAXA)他

P-088: SPICAが目指すサイエンス
尾中 敬(東大)他

P-089: SPICA搭載 中間赤外線観測装置 (SMI)
金田英宏(名大)他

進捗状況

1. SPICAの再定義完了

- 科学目的・目標を明確化した。(コアサイエンス＋先進的研究)
- 望遠鏡(口径2.5m、冷却8K)、望遠鏡横置き型の衛星設計を採用した。
- 観測装置仕様の変更(12 - 210ミクロンの撮像、分光機能)。(機能追加検討中)
- 国際役割分担を変更した。

(ESA主導＋JAXA＋欧米加の各機関＋国内諸大学＋NAOJ)

2. 評価・審査・アドバイザー

- デルタ計画審査(予備説明 6/17、本審査 7/8)
 - 2015年にフェーズA1に移行したが、その後、日欧役割分担案の一部変更と、ESAのCV-M5スケジュール変更を受けて、「デルタ計画審査」が実施された。
 - 移行は妥当であるとの判断がなされた。
 - プロジェクト総費用の最大値が戦略的中型ミッションで想定される枠を超えるため、ESA側と役割分担等の調整を行う必要があるとの指摘がなされた。

— 国際科学アドバイザーボード設置

Y. Aikawa, P. Andre, M. Barlow, A. Blain, E. van Dishoeck, D. Elbaz,
R. Genzel, G. Helou, M. Meixner, R. Maiolino, T. Takeuchi

— 観測系アドバイザーボード設置

井口 聖、臼田知史、高見英樹、宮田隆志、本原顕太郎

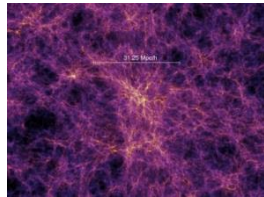
宇宙が重元素と星間塵により多様で豊かな世界になり、 生命居住可能な惑星世界をもたらした過程の解明



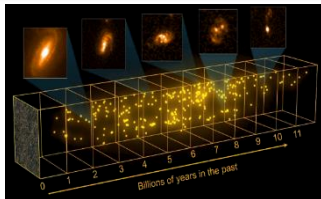
銀河進化を通しての重元素と ダストによる宇宙の豊穡化

遠方銀河における星形成活動度

星や銀河の誕生と宇宙最初の鉱物・有機物



塵に覆われた活動的銀河核と物質放出過程



宇宙の星形成最盛期を
含む銀河進化・成長史

近傍の銀河の星形成活動

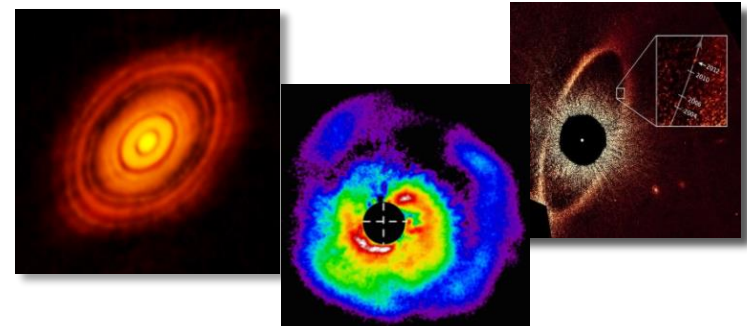
宇宙初期と類似した
銀河や遺物銀河の詳細研究



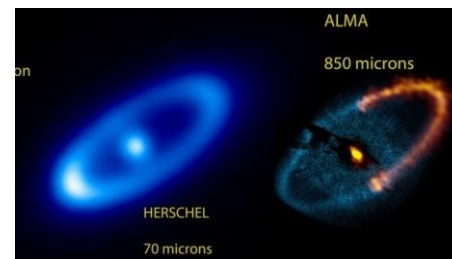
生命居住可能な世界に至る 惑星系形成

惑星形成円盤における ガスの散逸過程

原始惑星系円盤におけるガス散逸過程



惑星形成円盤におけるダスト成長・ 変成と太陽系ダストとの関係



残骸円盤における
鉱物や氷の変成

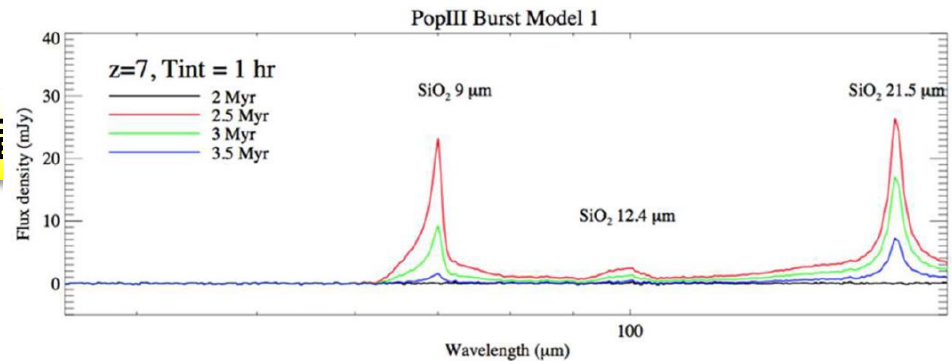
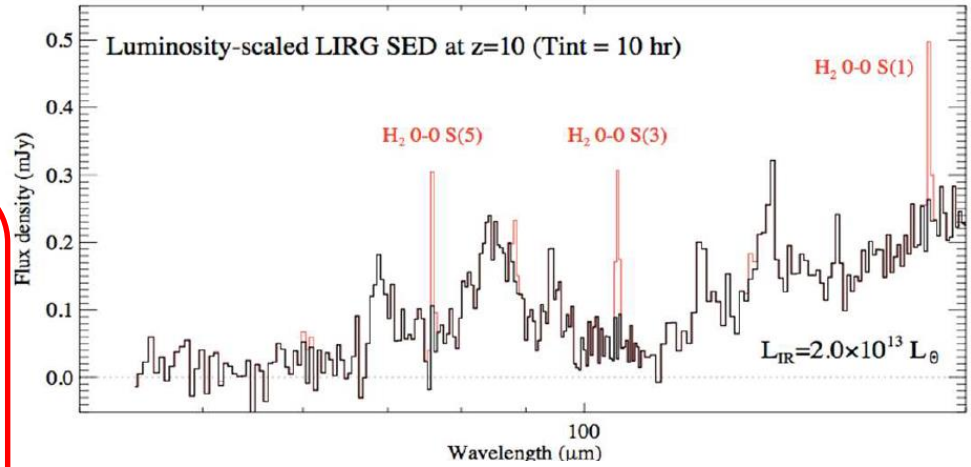
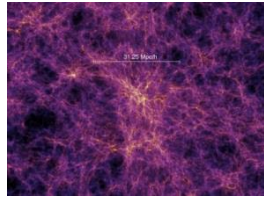


宇宙が重元素と星間塵により多様で豊かな世界になり、 生命居住可能な惑星世界をもたらした過程の解明

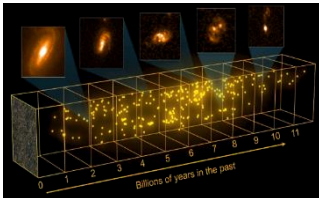
銀河進化を通しての重元素と
ダストによる宇宙の豊穡化

遠方銀河における星形成活動度

星や銀河の誕生と宇宙最初の鉱物・有機



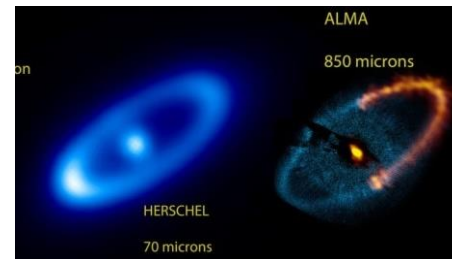
塵に覆われた活動的銀河核と物質放出過程



宇宙の星形成最盛期を
含む銀河進化・成長史

近傍の銀河の星形成活動

宇宙初期と類似した
銀河や遺物銀河の詳細研究



残骸円盤における
鉱物や氷の変成



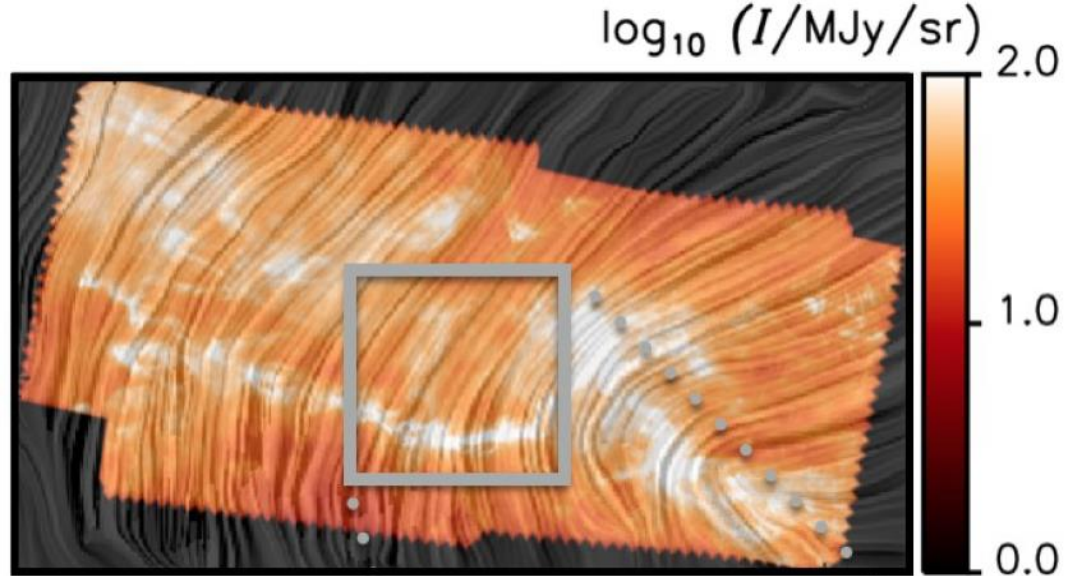
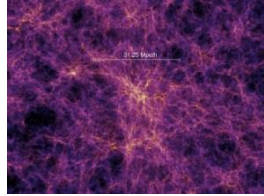
宇宙が重元素と星間塵 生命居住可能な惑星



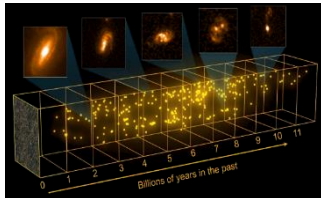
銀河進化を通しての重元素と
ダストによる宇宙の豊穡化

遠方銀河における星形成活動

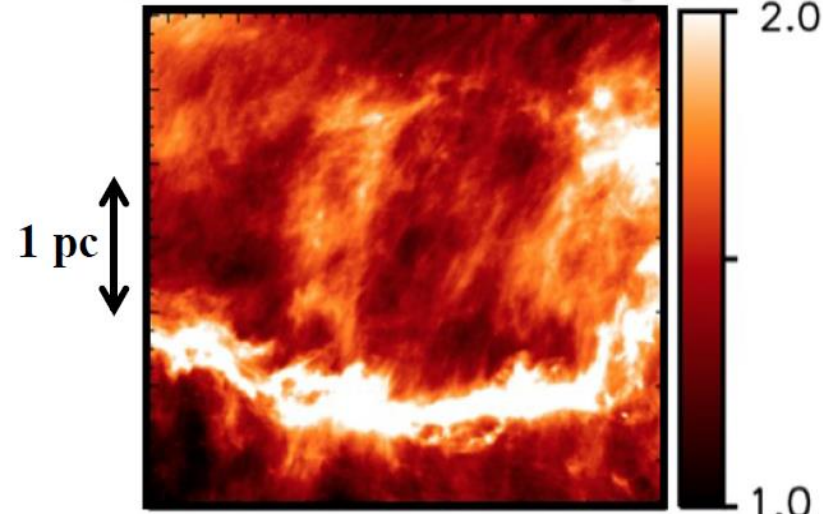
星や銀河の誕生と宇宙最初の鉱物・有



塵に覆われた活動的銀河核と物質放出

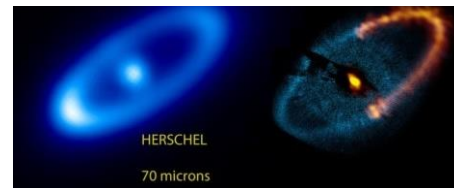


宇宙の星形成最盛期
含む銀河進化・成長史



近傍の銀河の星形成活

宇宙初期と類似した
銀河や遺物銀河の詳細研究



鉱物や水の形成



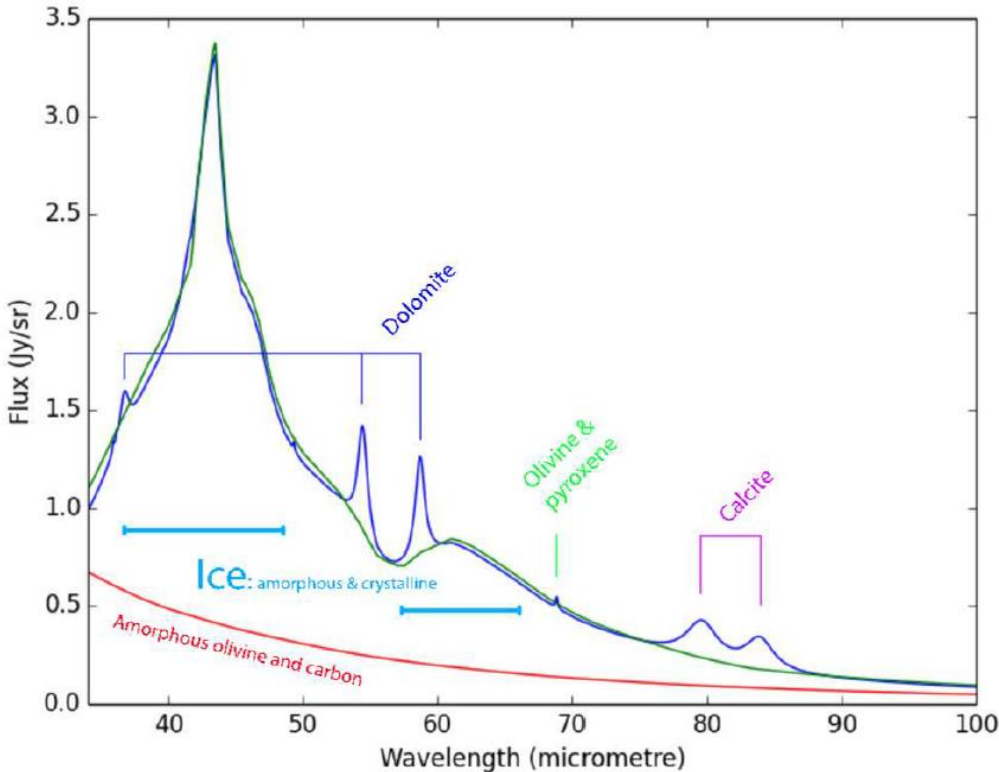
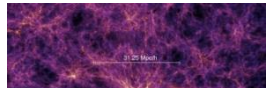
宇宙が重元素と星間塵により多様で豊かな世界になり、 生命居住可能な惑星世界をもたらした過程の解明



銀河進化を通しての重元素と ダストによる宇宙の豊穡化

遠方銀河における星形成活動度

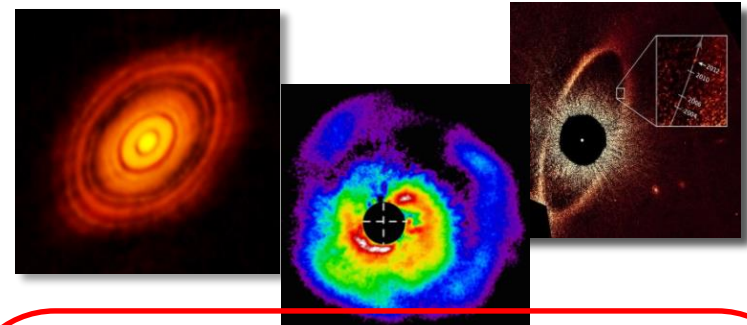
星や銀河の誕生と宇宙最初の鉱物・有機物



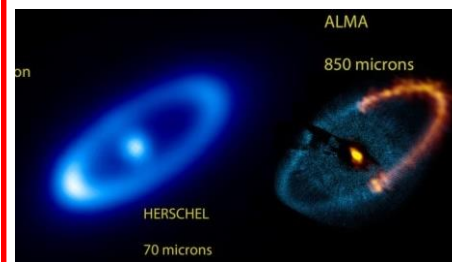
生命居住可能な世界に至る 惑星系形成

惑星形成円盤における ガスの散逸過程

原始惑星系円盤におけるガス散逸過程



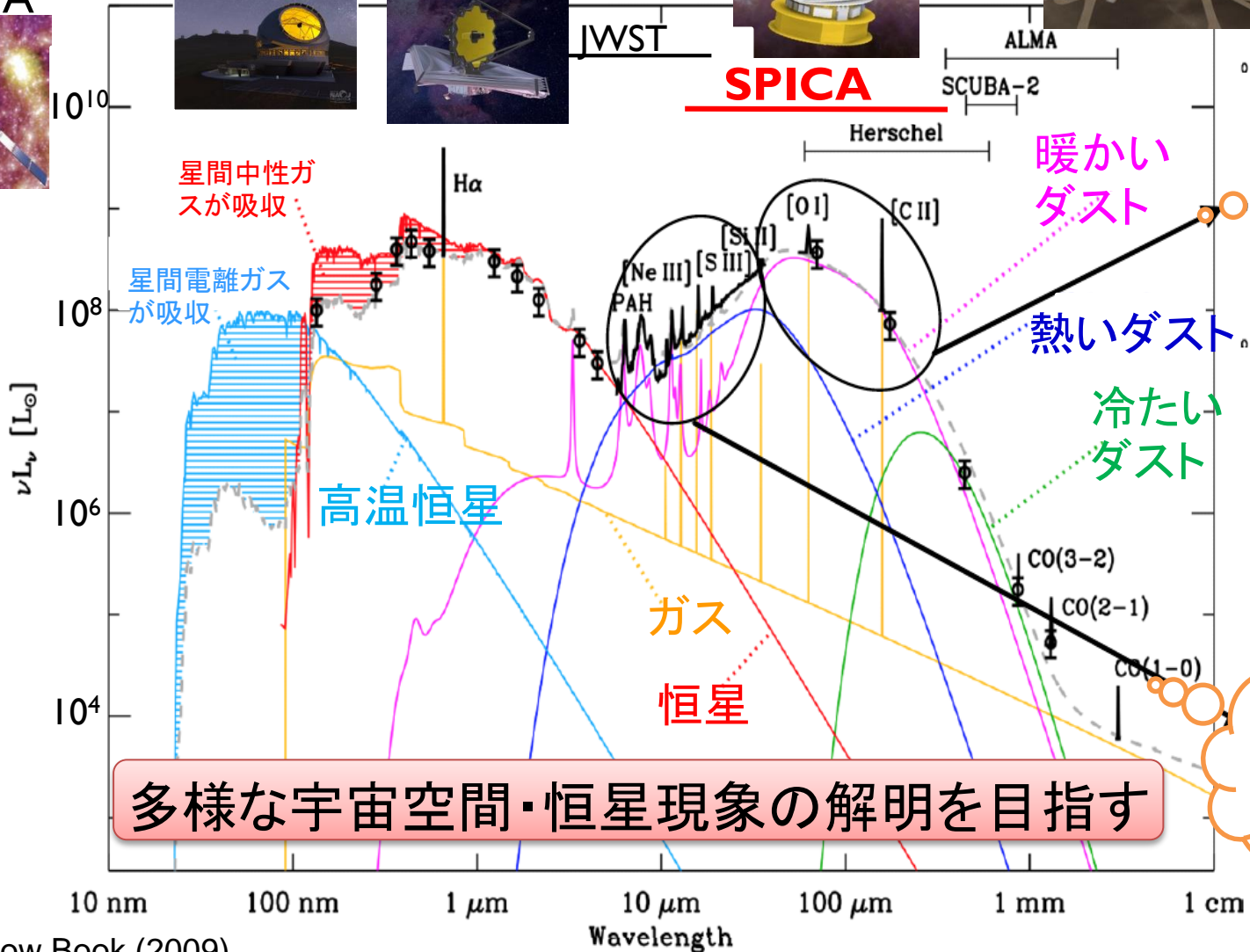
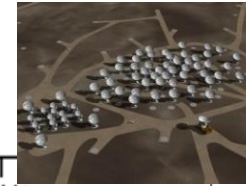
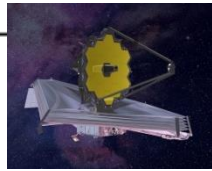
惑星形成円盤におけるダスト成長・ 変成と太陽系ダストとの関係



残骸円盤における
鉱物や氷の変成



SPICAと他の大型天文観測装置

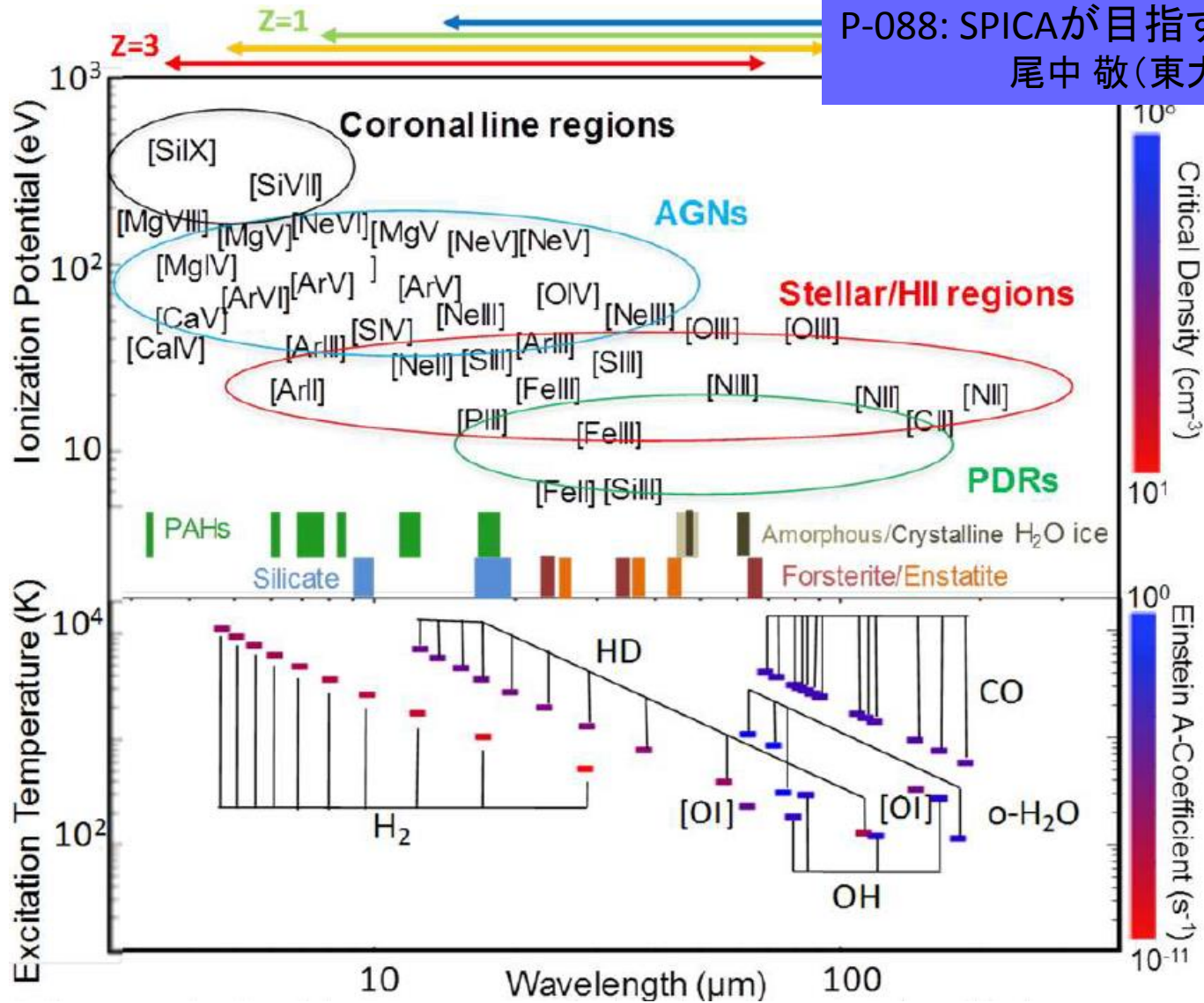


冷たいダストとガス

暖かいダストとガス

赤外線による星間物質の物理診断

P-088: SPICAが目指すサイエンス
尾中 敬(東大)他



進捗状況 (continued)

3. 国際協力推進

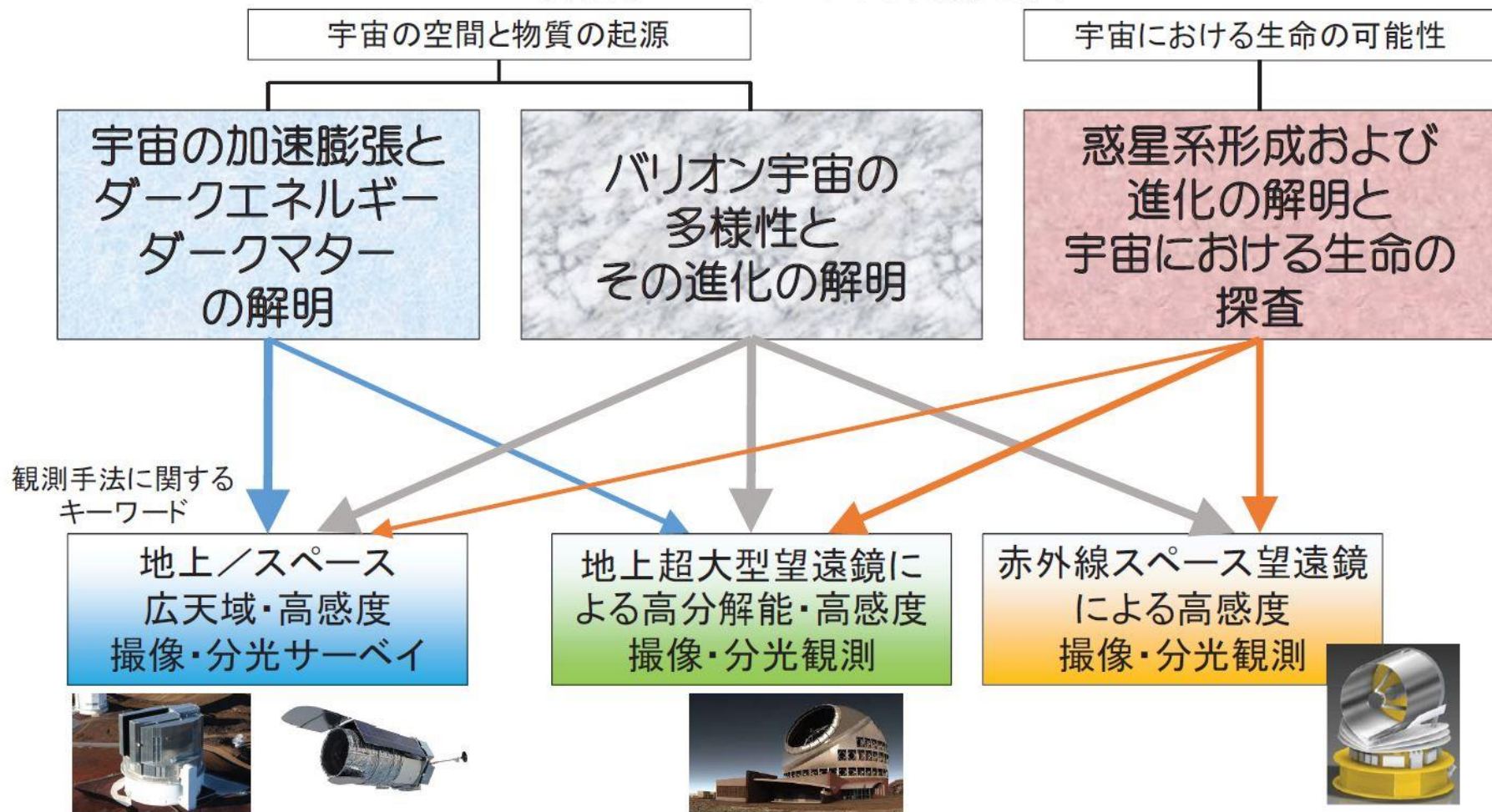
- ESA Cosmic Vision M5 プロポーザル提出 (2016年10月)
日欧の研究者チームが共同で、ESA Cosmic Vision M5 プロポーザルを提出。賛同者は日本155名を含み全体で約650名。ESAによるM5第一次選抜(2017年6月)を経て、国際チームでフェーズA活動を行い、日欧双方で2019年にプロジェクト移行することを目指す。
- NASA MoO提案
SPICAの欧州担当観測機器に米国から参加する目的。
2018年の機会を目指す。

4. 国内の活動

- 光学赤外線天文連絡会の将来計画で最優先の位置づけ。
- 日本天文学会春期年会 SPICA 特別セッション
(2016年3月16日)
- 日本学術会議「第23期学術の大型施設計画・大規模研究計画に関するマスタープラン」の**重点大型研究計画**候補。



「2020年代の光赤外天文学将来計画検討報告書」 (ドラフト: Executive Summary)



日本天文学会SPICA特別セッション (2016年3月)



進捗状況 (continued)

5. 科学推進活動

- 各サブグループ(銀河形成、近傍銀河、惑星系形成)ごとに、複数の論文化作業進行中。
- SPICAサイエンスタスクフォース(日本側)
今西 昌、植田 稔也(デンバー大)、江上 英一(アリゾナ大)、塩谷 圭吾、大坪 貴文、尾中 敬、金田 英宏、左近 樹、河野 孝太郎、長尾 透、深川 美里、松浦 美香子(UCL)、松尾 太郎、百瀬 宗武、山田 亨、山本 智、和田 武彦

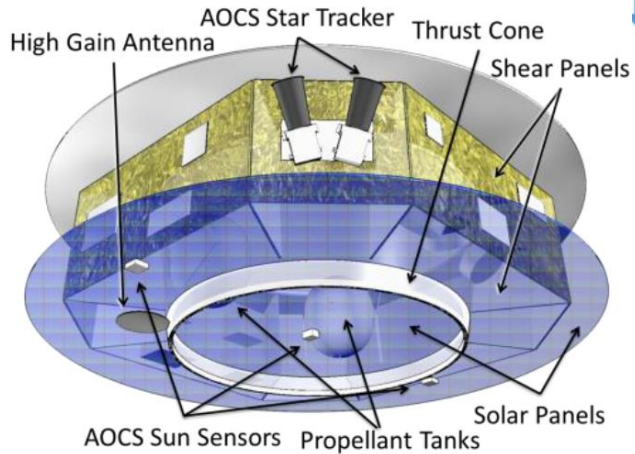
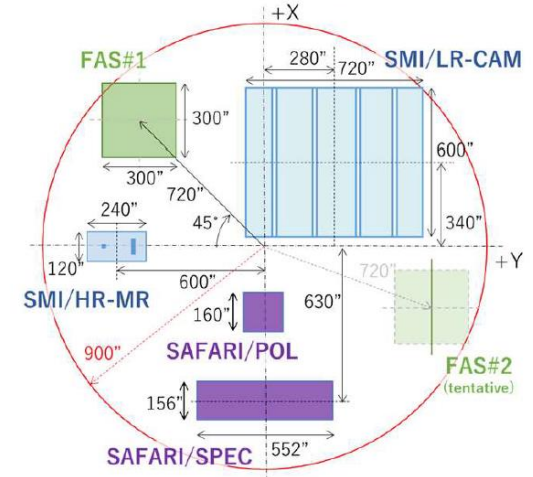
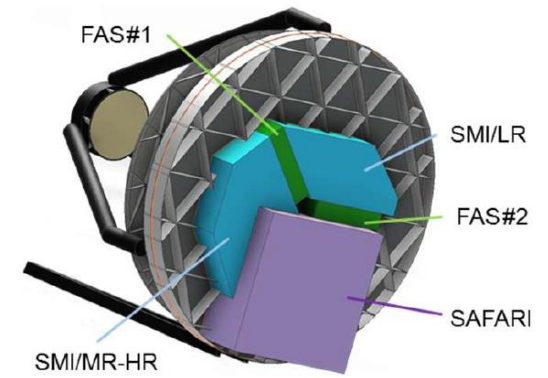
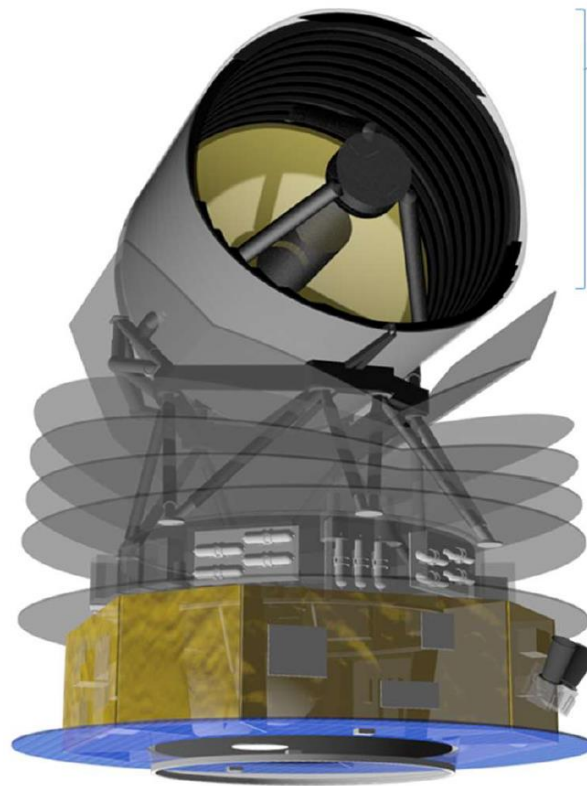
6. 技術検討活動

- 日本担当のペイロード・モジュール(冷却システムを含む)及び中間赤外線観測装置 SMIを中心に、概念設計を進めている。
- 遠赤外線偏光撮像機能の追加を検討。
- 冷凍機技術については、ミッション横断的冷凍機開発プロジェクト“CC-CTP”との協力のもと、SPICA冷凍機チェーン(日本担当の4K および1K 冷凍機+フランス担当の sub-K冷凍機)の end-to-end 試験を来年度実施する。

7. 今後の予定・計画

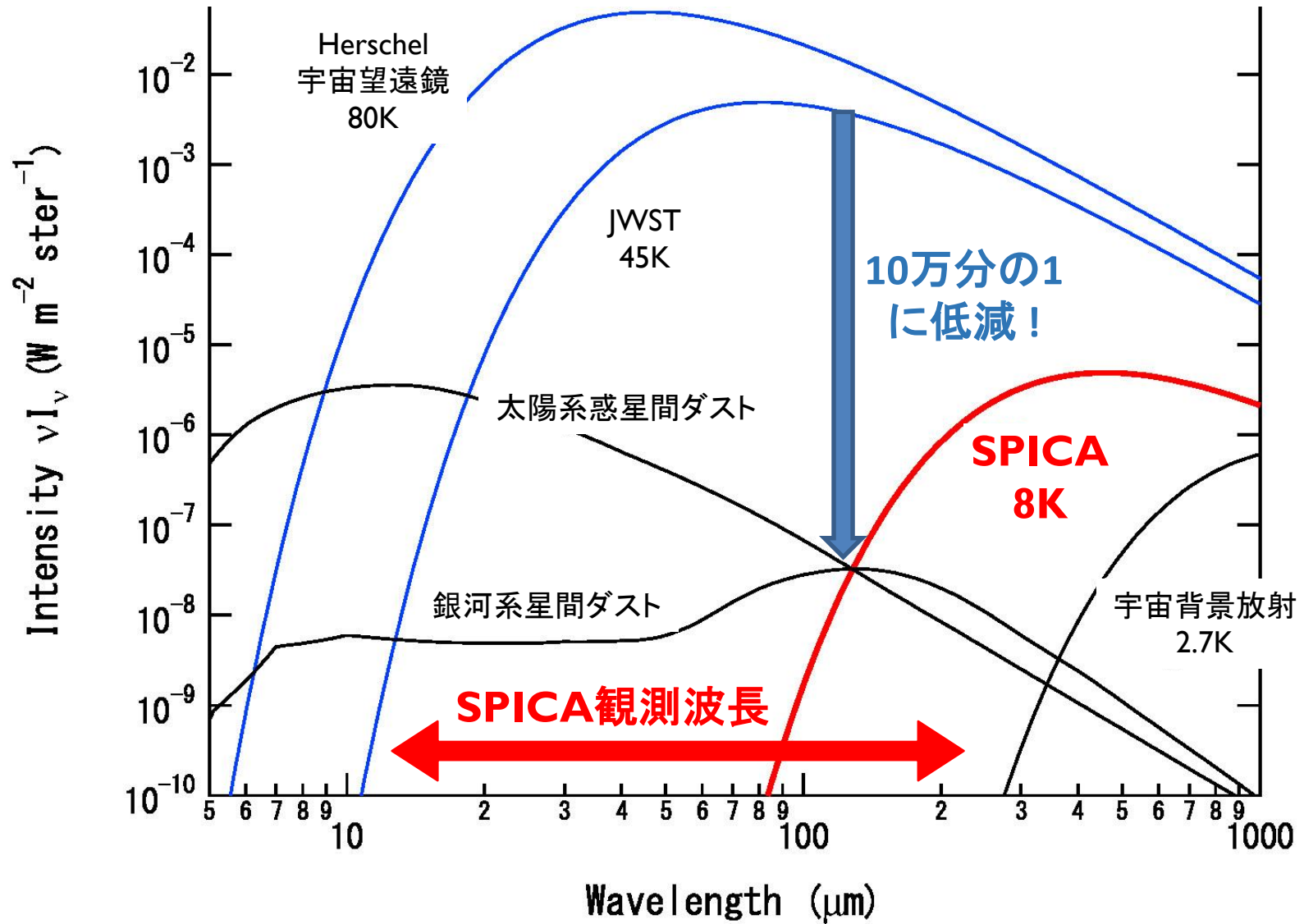
- 2017年6/7月 ESA Cosmic Vision M5の一次選考終了
- 2019年 日欧でプロジェクト承認・スタート
- 2027/28年 打上。ノミナル3年間、ゴール5年間の運用

宇宙機

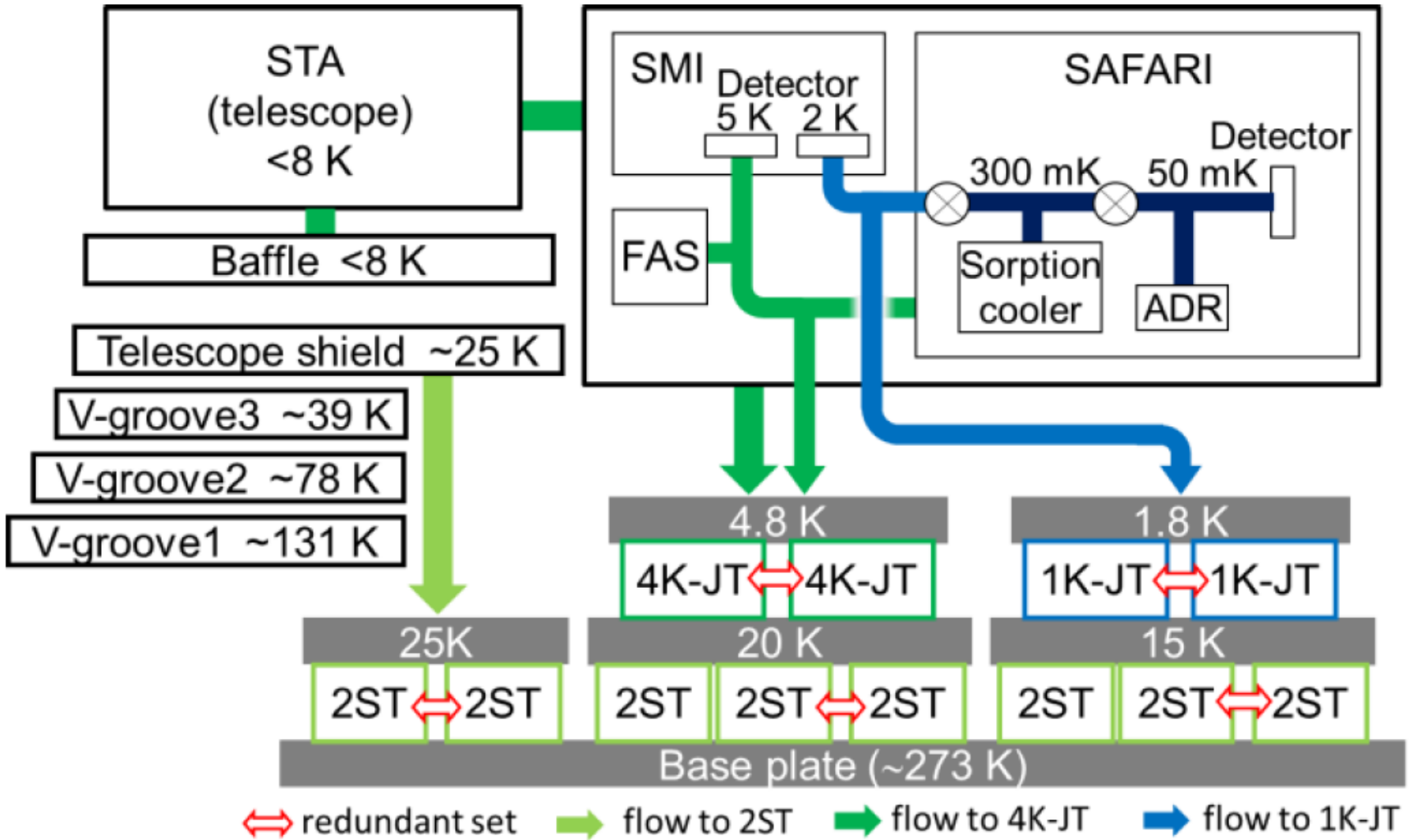


Parameter	Description
Telescope	2.5 m aperture, cooled below 8 K
Core Wavelength	17 – 230 μm
Orbit	Halo around S-E L2
Launcher	JAXA H3
Launch Year	2027-2028

望遠鏡熱放射量(バックグラウンド量)の比較



冷却システム



SPICA/SAFARI Fact Sheet

P-086: A SPICA far-IR instrument SAFARI
土井靖生(東大)他

SAFARI Overview

- Four band *grating*
- Continuous spectr

SPICA Mission

Cutting-edge Detector Technologies

Parameter

Band centre / μm

Wavelength range / μm

Band centre beam FW

Point source spe

R \sim 300 Limiting flux / $\times 10^{-20}$ Wm $^{-2}$

R \sim 300 Limiting flux den

High R Limiting flux / $\times 10^{-20}$ Wm $^{-2}$

High R Limiting flux den

Mapping spectroscopy (5 σ -1hr)

R \sim 300 Limiting flux / $\times 10^{-20}$ Wm $^{-2}$ 84 49 30 23

R \sim 300 Limiting flux density / mJy 3.6 3.3 3.3 4.1

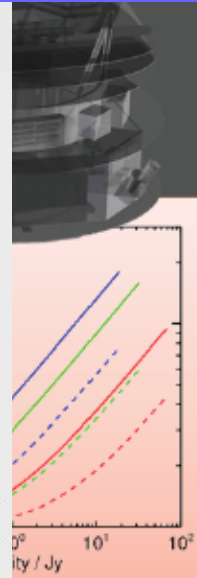
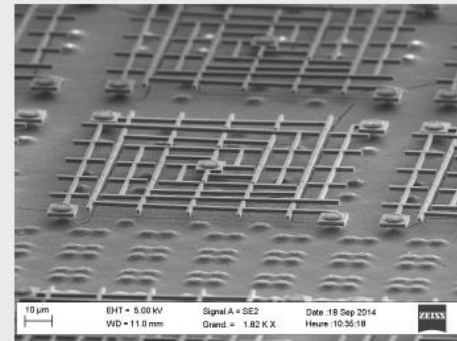
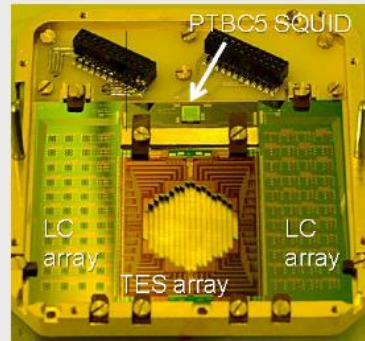
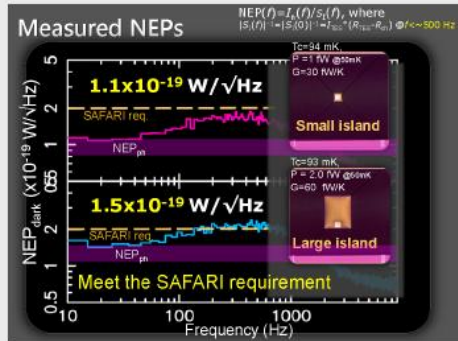
High R Limiting flux / $\times 10^{-20}$ Wm $^{-2}$ 189 113 73 51

High R Limiting flux density / mJy 253 151 97 67

Photometric mapping* (5 σ -1hr)

Limiting flux density / μJy 209 192 194 239

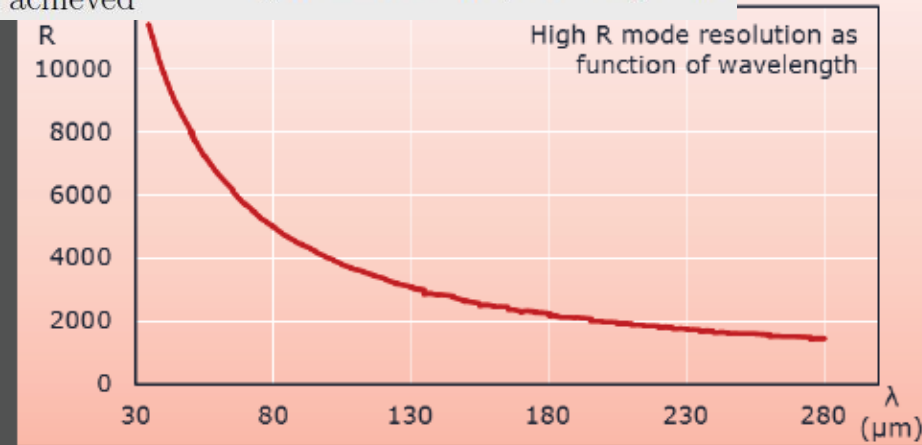
Confusion limit (5 σ) 15 μJy 200 μJy 2 mJy 10 mJy



Recent TES detector developments:

- $NEP_{det} = 1 \times 10^{-19} \text{ W Hz}^{-1/2}$ for single pixels
- successful $\times 132$ FDM readout has been achieved

Polarisation-sensitive bolometer array with readout analogous to Herschel/PACS system



CRON

Sensitivities based on detector NEP $2 \times 10^{-19} \text{ W}/\sqrt{\text{Hz}}$
* Mapping performance is for a reference area of 1 arcmin 2



SMI SPICA Mid-Infrared Instrument

LRS	Multi-long-slit prism + Si:Sb w/ slit viewer 17 – 36 μm , R = 50 – 120, slit: 10' long, 4 slits
MRS	Grating + Si:Sb w/ beam-steering mirror 18 – 36 μm , R = 1200 – 2300, slit: 1' long
HRS	Immersion grating + Si:As 12 – 18 μm , R = 28,000, slit: 4" long

P-089: SPICA搭載
中間赤外線観測装置 (SMI)
金田英宏(名大)他

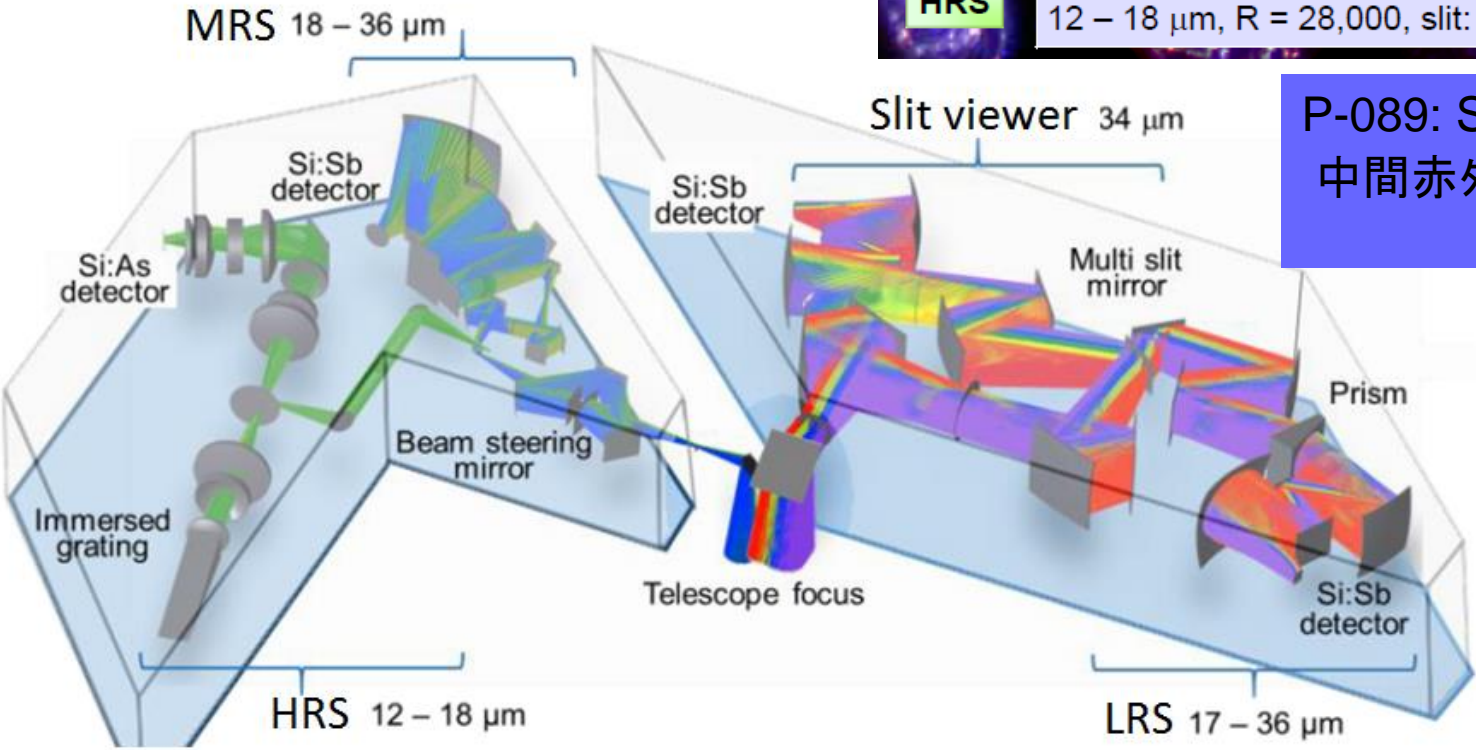
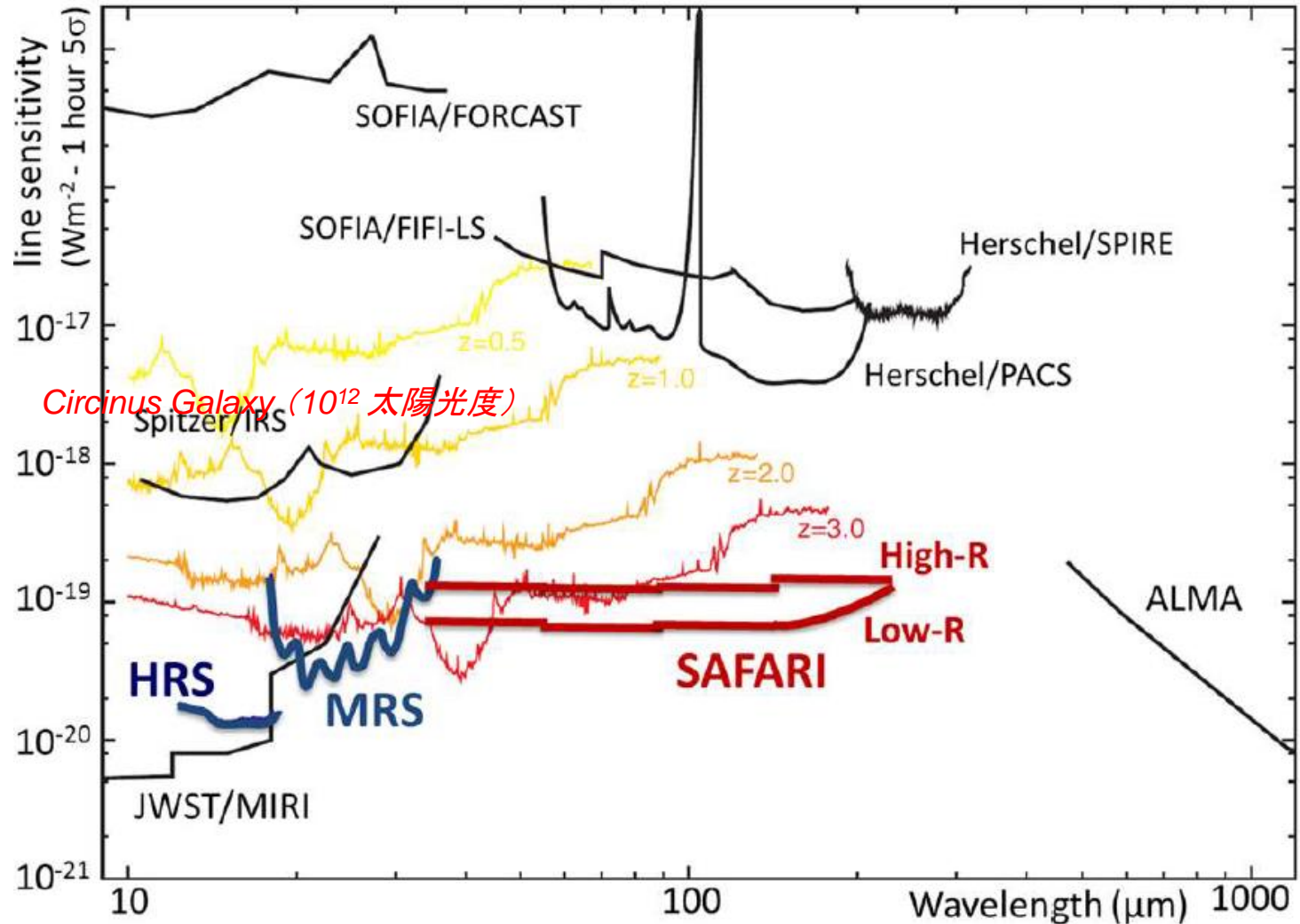


Figure 3-12 Optical layout for SMI/MR-HR (left) and SMI/LR with SMI/CAM (right). The color-coding of rays is based on angular positions in the fields-of-view.

Comparison of Spectroscopic Sensitivities



サーベイ観測速度の比較(左)

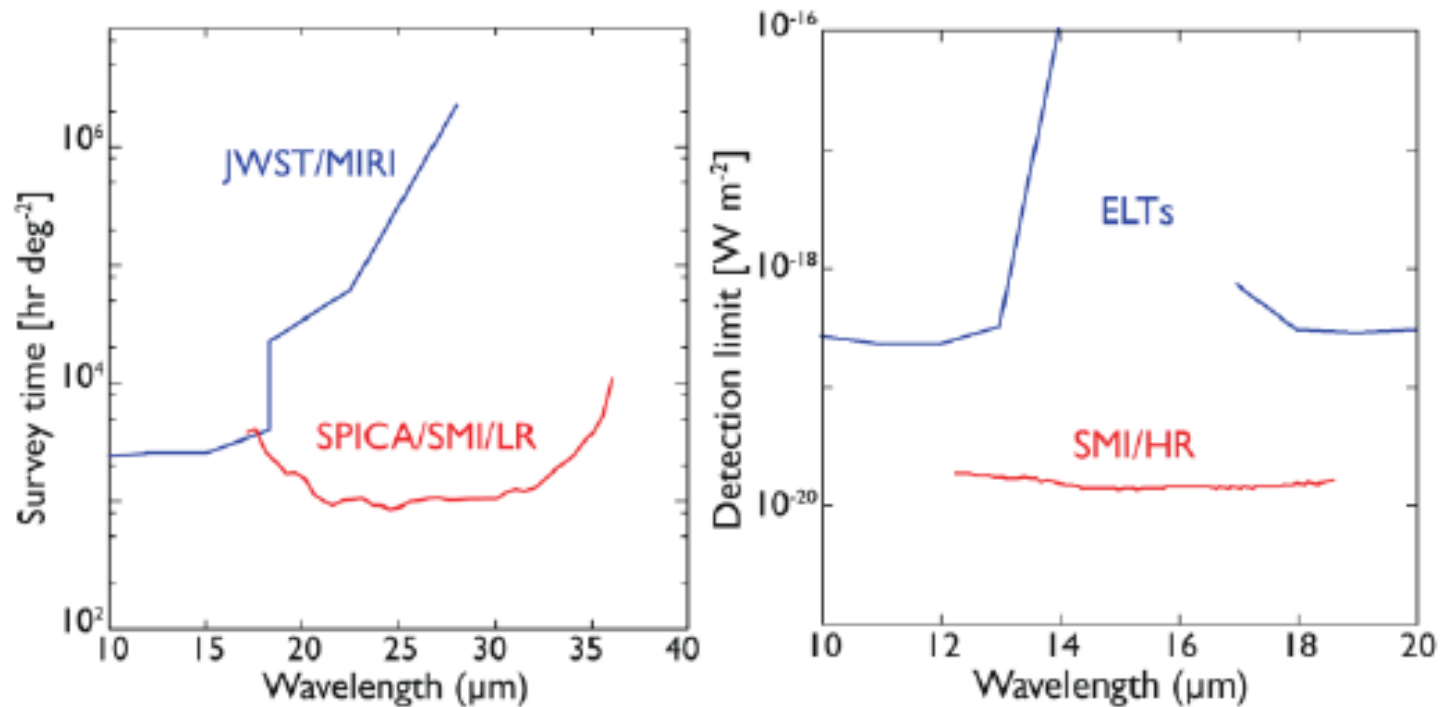
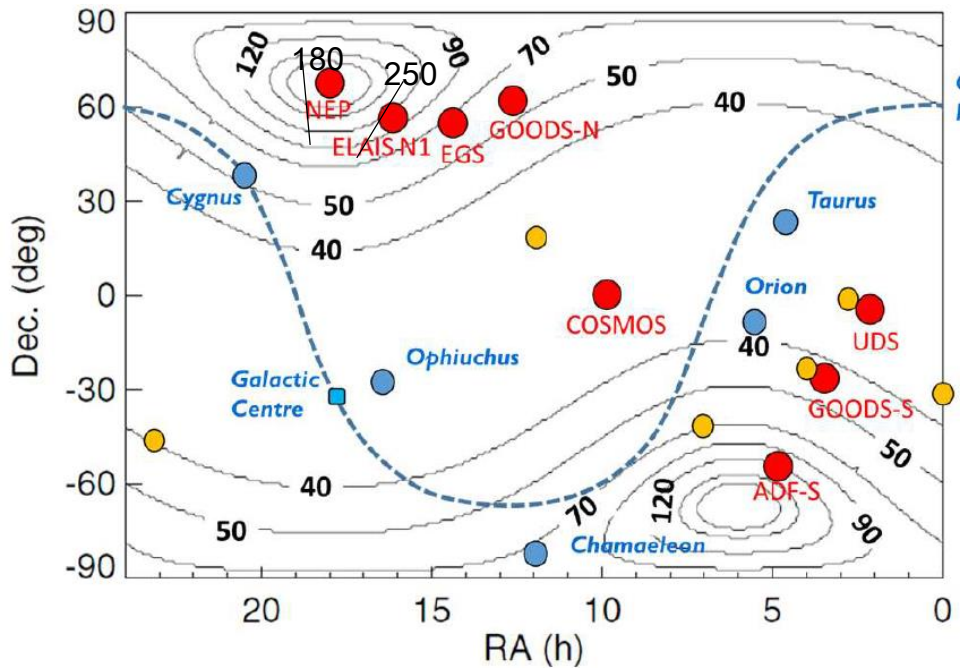
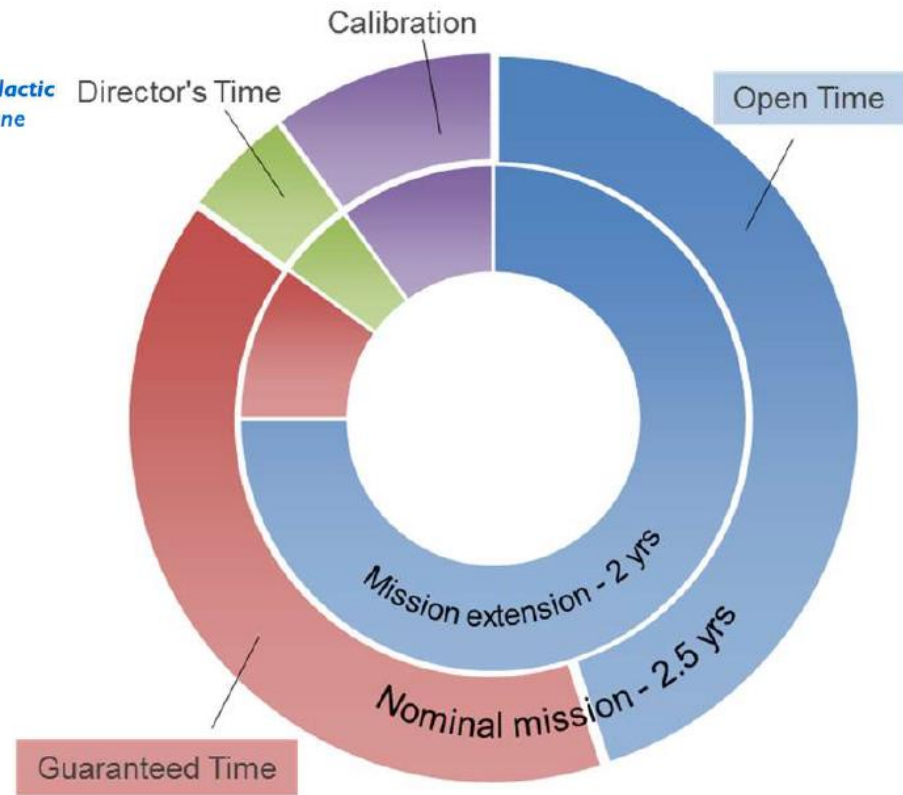


Figure 1-22 SPICA's mid-IR mapping capability. Left: Survey time to reach 10^{-19} W/m^2 for a $10' \times 10'$ area with SMI/LR ($R \sim 100$) as compared to JWST/MIRI ($R \sim 2500$). Right: Line sensitivity of SMI/HR ($R = 28000$) compared to ground-based facilities (EELT/METIS and TMT/MICHI, $R > 100000$).

観測運用



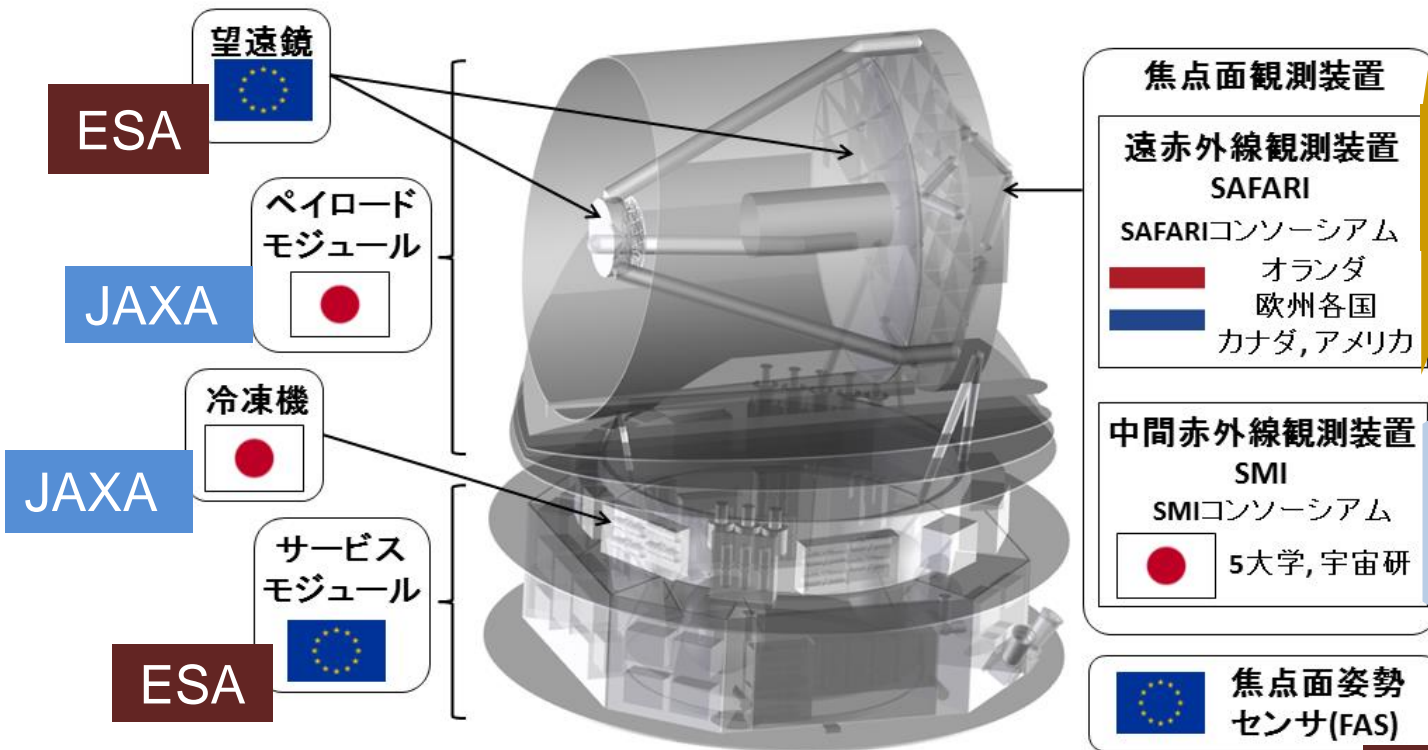
全てのデータは1年後に公開



プロジェクト全体のとりまとめ
欧州宇宙機関 (ESA)

日本国内とりまとめ
JAXA宇宙研

SRON (オランダ)
フランス
スペイン
ドイツ
イギリス
他欧州10カ国
USA
カナダ他



名古屋大学
JAXA宇宙研
大阪大学
東京大学
東北大学
京都大学他

JAXA 打ち上げロケット

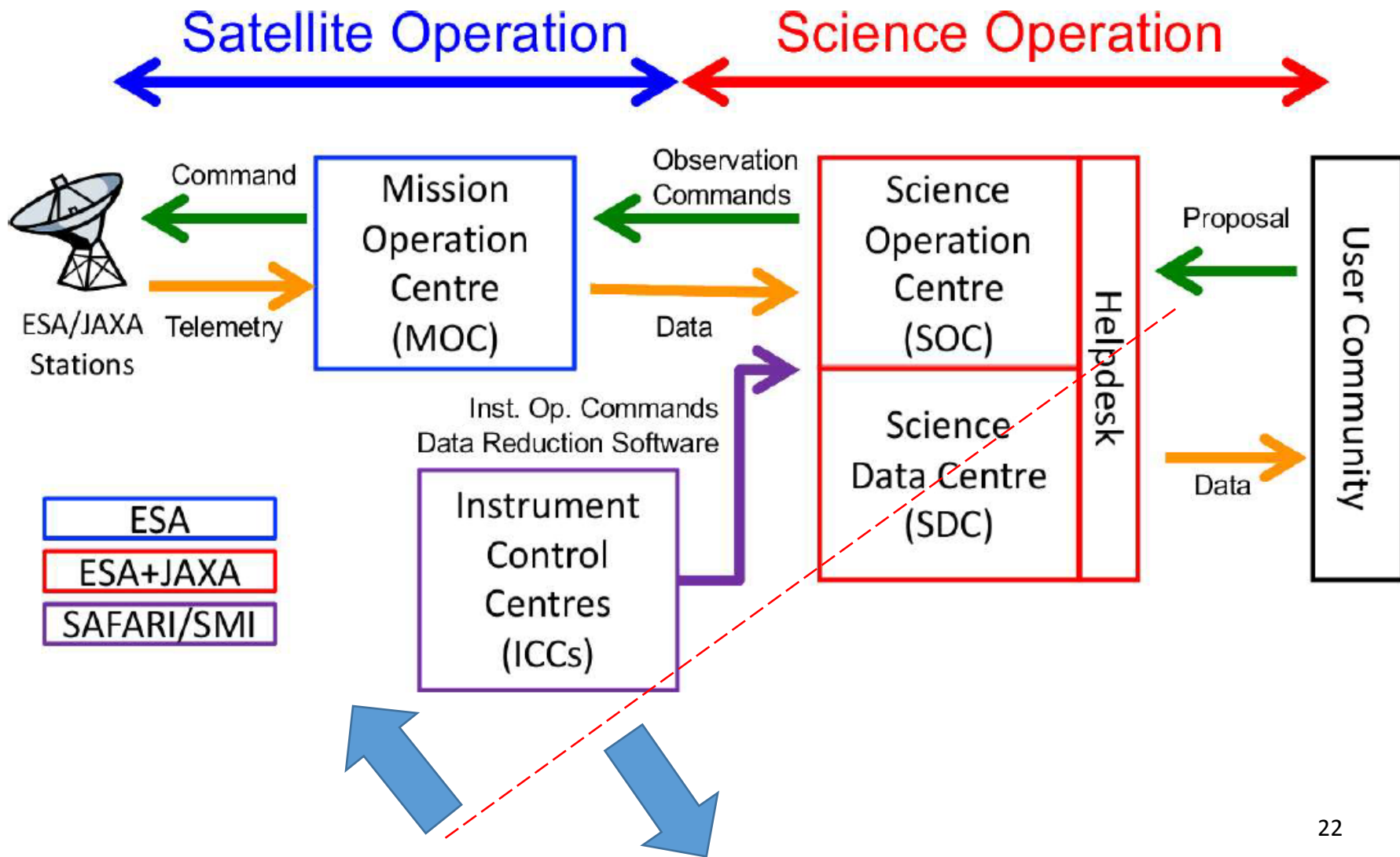
データセンター
JAXA ESA
国立天文台

科学コミュニティー
日、欧、米、加、台、韓...

ESA

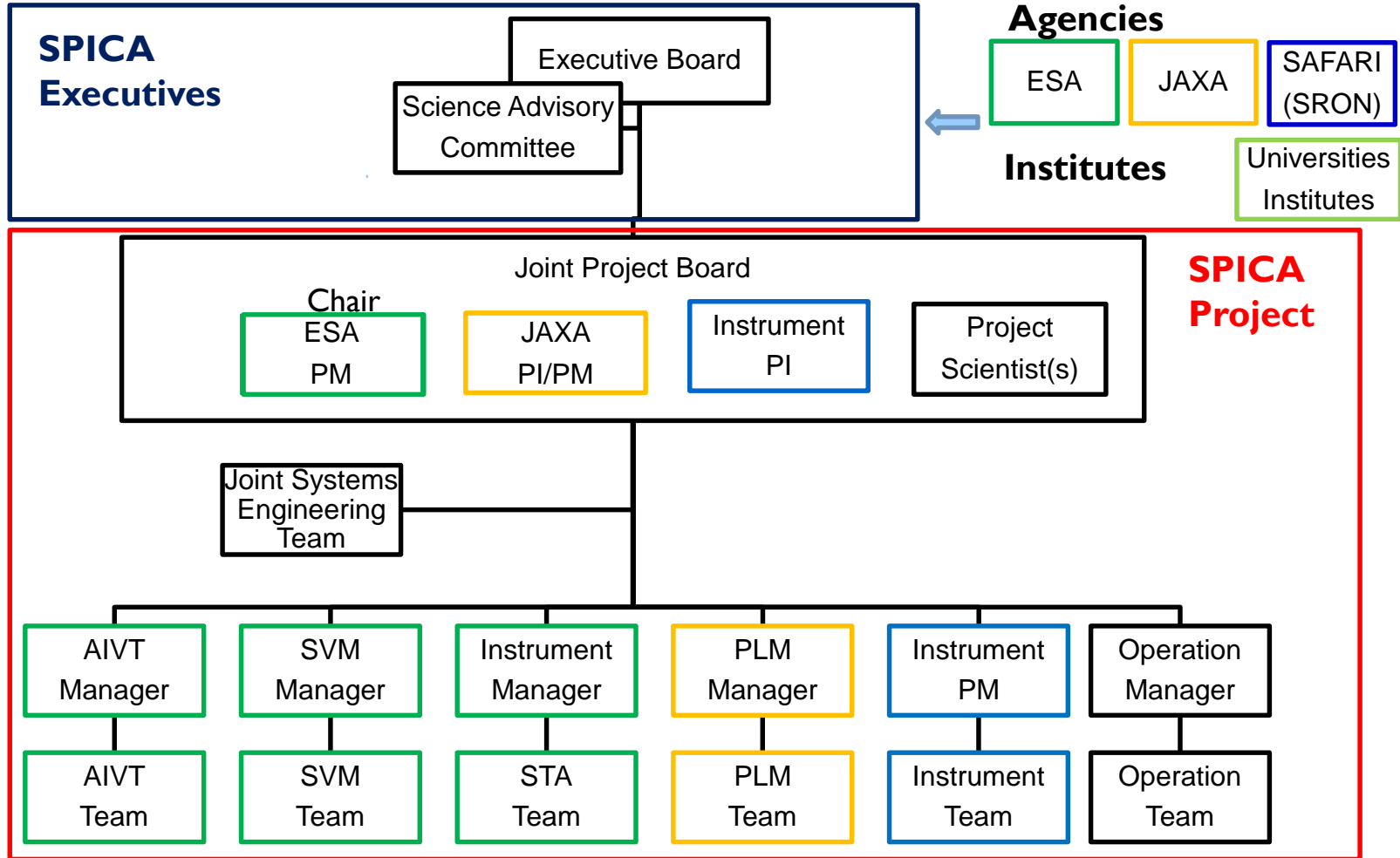
実施体制
(案)

地上運用体制(案)





プロジェクト全体の実行体制(案)



まとめ

ミッション目的

SPICAは史上最大の極低温冷却望遠鏡。スペースからの超高感度赤外線観測を行う。銀河などの天体形成と並行して、炭素、酸素、窒素や有機物質、固体物質の増加により宇宙が多様で豊かな現象に満ち、最終的には生命居住可能な惑星世界をもたらした鍵となる過程を解明する。

プロジェクトの枠組み

日欧協力を軸とする国際共同スペース天文台ミッション

JAXAにおいては、宇宙科学の戦略的中型ミッションとして計画が再検討され、ミッション定義審査に2015年11月に合格。

欧州においては、ESAのMクラスミッションの一つとして、欧州研究者を中心に提案される。

(2016年10月)

SPICAの 基本仕様

望遠鏡：有効口径 2.5 m、冷凍機で 8 K以下に冷却
波長範囲：17–230 μm (+12–18 μm 帯の高分散分光)
軌道：太陽-地球系 L_2 ハロー軌道
打上：JAXA H3 ロケット
打上年：2027–2028年

