

次世代赤外線天文衛星



概要と科学的目的:

次世代の赤外線天文衛星ミッションSPICA (Space Infrared Telescope for Cosmology and Astrophysics) 計画は、6K 以下に冷却した口径3.2m の大型望遠鏡を搭載し、中間・遠赤外領域において、従来よりもはるかに優れた感度(図1)と空間分解能を達成し、これにより「銀河誕生のドラマ」「惑星系のレシピ」「宇宙における物質輪廻」という現代天文学の重要課題の解明に挑む。2022年の打ち上げを目指して活動中である。

科学的目的: ①銀河誕生のドラマ: 宇宙137億年の歴史の中で銀河はいつ、どのようにして、生まれたのか? ②惑星系のレシピ: 我々を育んだ惑星はどうやって生まれたのか? ③宇宙の物質輪廻の解明: 宇宙の歴史の中で我々を作る物質はどこで、どのようにして作られてきたのか? これらの目的達成に重要なスペクトル線や固体バンドフィーチャーの多くが中間・遠赤外波長域に存在する。SPICAは圧倒的な高感度の多色撮像と分光能力でこの波長帯を切れ目なくカバーする。

観測装置の概要: 表1(衛星ミッション仕様)、表2(主要観測装置の仕様)

期待されるデータ: 基本的には宇宙天文台(公募観測時間が全時間の60%)。サイエンスWGによるこれまでのレガシー観測計画案によると、例えば0.5平方度の450時間SAFARI分光サーベイによって赤方偏移2.5までの赤外銀河約5000個からの複数のスペクトル線が検出される(Spinoglio et al. 2012)。

表1. 衛星ミッションの主な仕様。

Item	Specifications
Telescope	Physical Diameter : 3.2m (Entrance Pupil Diameter 3.0m)
	Temperature: lower than 6K
	Wavefront error: better than 350 nm
	Field of View: 30' diameter
Wavelength range	Core: 5-210 microns
Mission Life	3 years (requirements), 5 yeras (goal)
Orbit	Halo Orbit around S-E L2
Launch	2022 by H-IIA-204 launcher

表2. 主要観測装置の仕様。現在進行中の、観測装置国際審査(科学および技術)により、必須と識別された装置/機能のみ(*: confusion限界を含まない値。一時間積分では>20μm ではコンヒュージョン限界)。

Name	Mid-IR Camera and Spectrometer (MCS)		SPICA Far-IR Instrument (SAFARI)		
Imaging					
Channel	WFC-S	WFC-L	SW	MW	LW
Wavelengths (μm)	5 – 25	20 – 38	34–60	60–110	110–210
Field-of-Views	5' x 5'	5' x 5'	2' x 2'		
Array format	2k x 2k	1k x 1k	43 x 43	34 x 34	18 x 18
Sensitivity for point source (*)	0.13-3.5 μJy (5σ, 1hour)	5-8 μJy (5σ, 1hour)	<20μJy (5σ, 1hour)		
Spectroscopy					
Channel	MRS-S	MRS-L	Same as Imaging mode (i.e. imaging Fourier Spectrometer)		
Wavelengths (μm)	12.2 – 23.0	23.0 – 37.5			
Field-of-view	12"x6"	12"x7".5			
Spectral resolution	1900-3000	1100-1500	150 (SED mode) , 2000@100μm		
Sensitivity for point source	2x10 ⁻²⁰ Wm ⁻² (in 5σ, 1 hour)	8x10 ⁻²⁰ Wm ⁻² (in 5σ, 1 hour)	a few x 10 ⁻¹⁹ W/m ² (in 5σ, 1 hour for spectral lines)		

次世代赤外線天文衛星



科学的目的(続): 主要観測装置から期待される成果の例を以下にあげる。

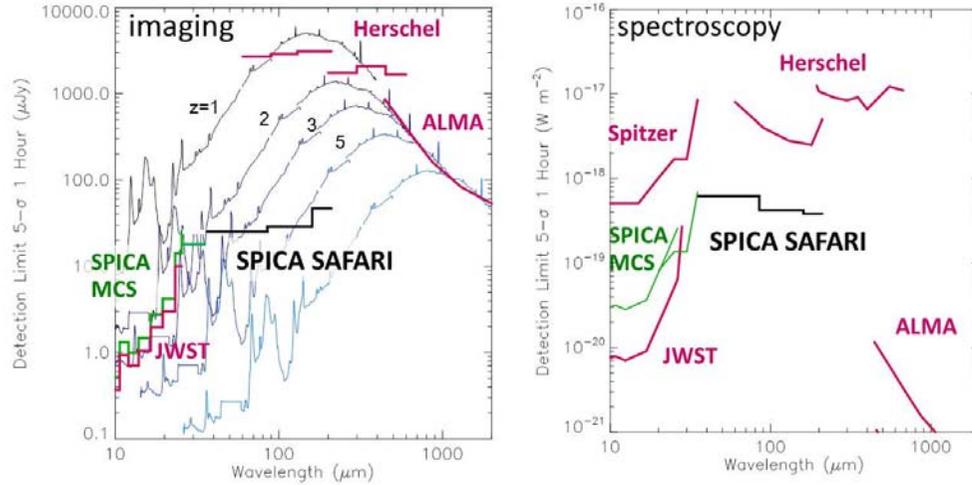


図1. (左)撮像観測の点源感度を、JWSTやHerschel、ALMAと比較したもの(コンヒューション限界は未考慮)。M82のSEDを色々なzに置いた際と比較。(右)分光感度。SAFARIはこの感度で2分角の領域の面分光ができる(1時間、5 σ)。

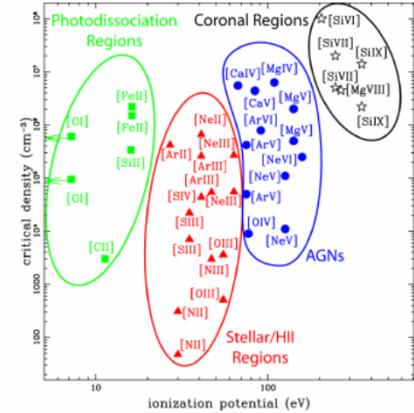
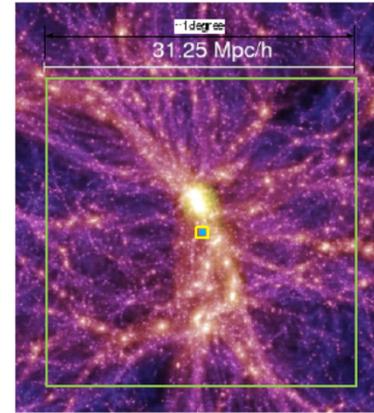


図2. (左)900時間のSAFARIの観測で得られるz~1.4の宇宙の領域の広さをMillennium Simulationの上に図示したもの。この一平方度の領域の34-210 μ mスペクトルが得られる(中央の青い四角は、同程度の時間でHerschel/PACSが観測可能な領域)。(右)SPICAで観測可能な、原子・イオンからの微細構造線の一覧。

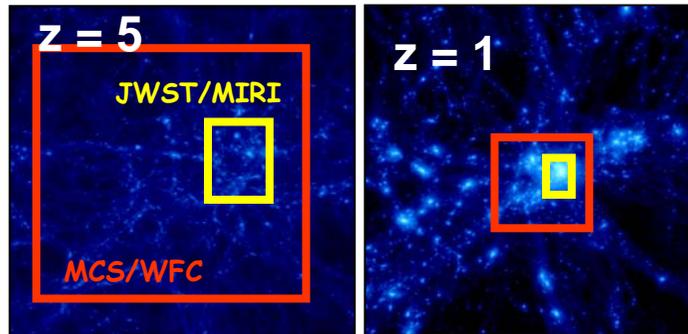


図3. z=5, z=1で、MCS/WFCの視野とJWST/MIRIとの比較(z=5では一辺20Mpcの共動体積(M=6E+14 Msunのダークハロー)に対応する)。SPICAの5-210 μ mの多色撮像サーベイは、深さを変えつつ、4-40平方度をカバーする。

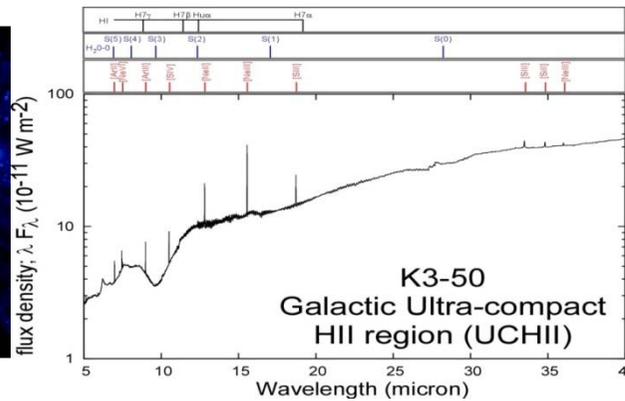


図4. MCS/MRSで検出可能なSpectral features. ionized gas ; [NeII] 12.81 μ m, [Ne III] 15.56 μ m, 36.01 μ m, [NeV] 14.32 μ m,他、S, Ar, Feのイオンや分子線、固体 (GEMS, MgS, FeS, PAHs, crystalline silicates)。

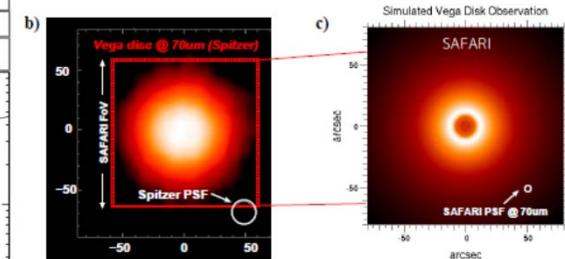


図5. 44 μ mの氷のスペクトルはHerschelもJWSTも観測不可能。(左)70 μ mでSpitzerにより得られたVegaのデブリ円盤。高解像(44 μ mで約2arcsec)度のSPICAでは右のシミュレーションのように、スノーラインが見えるようになる。

次世代赤外線天文衛星

SPICA

Space Infrared Telescope for Cosmology and Astrophysics



プロジェクト実行グループ:

アジア・欧州・北米の17か国および一つの国際機関が計画に参加している。参加機関は非常に多数にわたるにわたる(ロゴ参照)。コアとなる推進チームは、JAXA、ESA、SRON (オランダ、SAFARIのPI機関)、KASI(韓国)、及びASIAA(台湾)のメンバーで構成されている。



現在想定しているスケジュール:

システム要求審査(2010年8月)後、リスク状況を見直した結果、ミッション達成を左右するような影響度が高い「重要リスク」のリスクレベルを低減し、プロジェクト移行後の計画遂行を確実に進められるようにするために、「リスク低減フェーズ」が新たに導入された(2012-13年)

- 2013年 衛星システム定義審査、プロジェクト移行審査
- 2014年 衛星システムPreliminary Design Review
- 2017年 衛星システムCritical Design Review
- 2022年 打ち上げ

国内の他の計画との関連:

光赤天連シンポジウムや国立天文台光赤外専門委/すばる小委員会において、すばる次世代装置HSC、PFSおよびTMTとの科学的連携について検討が進められてきており、 $z=1-3$ の宇宙激動期の星形成史/超巨大ブラックホール成長史、また太陽系外惑星の発見とその特徴の解明や惑星系の進化の解明の上でも相補的であると認知されている。また、サブミリ・ミリ波のALMAや、次世代30mサブミリ波望遠鏡計画とのシナジーも重要。

海外の類似計画の有無、差別化:

世界的に見て、この波長域の類似計画は他に存在しない(全世界がSPICAに集約)。図1に示すように、JWST(2018年打ち上げ)やALMAと有効な相補性をもつ。

関連ホームページ:

ISASのSPICAページ:

http://www.ir.isas.jaxa.jp/SPICA/SPICA_HP/index.html

光赤天連SPICAタスクフォース:

<http://www.ioa.s.u-tokyo.ac.jp/gopira/stf/>

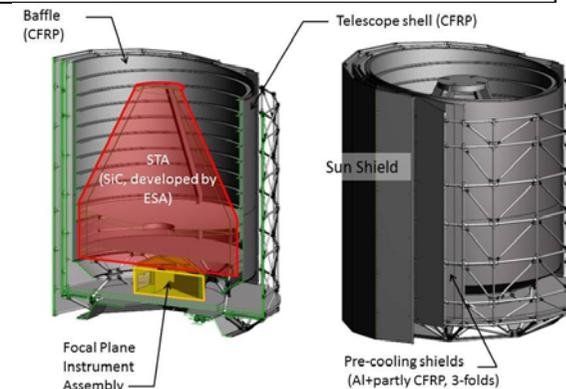


図6. SPICAミッション部の構造概念図。口径3.2mの望遠鏡の焦点部に観測装置を載せる光学ベンチが取り付けられる。これら全体を、多重断熱シールドで入熱を遮断した環境で、機械式冷凍機により6K以下に冷却する。

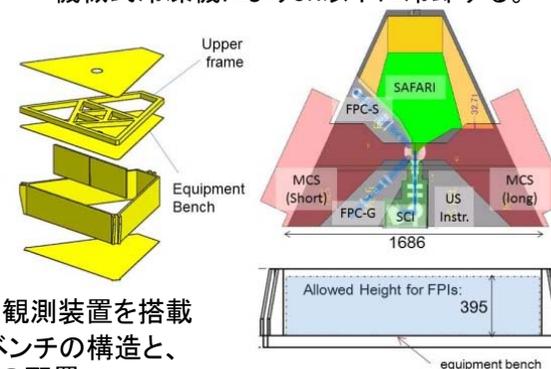


図7. 焦点面観測装置を搭載する、光学ベンチの構造と、各観測装置の配置。

次世代赤外線天文衛星



科学的目的(続): オプション観測装置一仕様と期待される成果の例

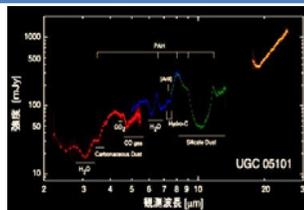
SPICAに搭載する観測装置を決定する国際審査は2011年5月に開始され、2012年5月には中間審査結果がリリースされた。ここに紹介する観測装置は、衛星システムリソースの制限や技術的成熟度等からオプションと識別されているものである(2013年初頭に予定される最終審査において決定)。

MCS-LRS及び HRS

(1) LRS (低分散分光チャンネル)

- 装置仕様: ロングスリット分光器(スリット長 2.5'), 波長=5-48(5-38) μm , 分解能=50-100, 感度(5 σ , 1h) 10-100 μJy
- 狙うサイエンス: PAH/Silicate bandを使った遠方銀河の赤方偏移、星生成、銀河核活動の測定
- 期待される成果: 赤方偏移 $z=0-4$ の銀河進化の解明

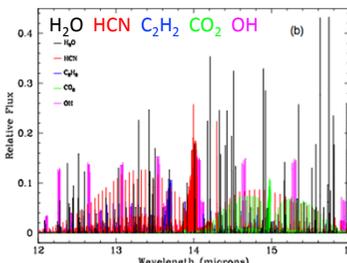
図8. 豊富な固体微粒子や分子バンド (Ohyama et al 2007)



(2) HRS (高分散分光チャンネル)

- 装置仕様: 観測波長=12-18 μm , 波長分解能=20,000-30,000, 感度(5 σ , 1h)~8mJy
- 狙うサイエンス: 原始惑星系円盤のラインサーベイ、分子雲星間分子吸収線サーベイ 様々な分子線による化学
- 期待される成果: 惑星形成の初期状態や進化過程の情報、バイオマーカーとなりうる分子の検出、未発見の彗星有機分子の検出

図9. Spitzerの観測をもとにした $R=30,000$ での原始惑星系円盤のスペクトル予想図(Carr & Najita 2011)



Channel	LRS	HRS
Wavelengths (μm)	5-20/20-48 (5-20/20-38)	12-18
Field-of-view	2.5'x1.4"/2.7"	6"x1.2"
Spec. Resolution	50-100	20,000-30,000
Sensitivity (1hr, 5 σ)	10-100 μJy	~8mJy

SCI 中間赤外コロナグラフ観測装置

装置仕様

- コロナグラフ撮像・分光 @ 3.5-27 μm
- コントラスト: 10^{-4} @PSF, 差分法の併用で $\sim 10^{-6}$

狙うサイエンス・期待される成果

- 主星から離れた系外惑星の系統的探査
 - 存在確率、質量、年齢分布、大気組成
 → トランジット法など間接法と相補的な情報が得られる
- スノウラインおよび星周円盤の直接撮像、分光。
- AGN 観測への応用

SCI ならこれが見える!

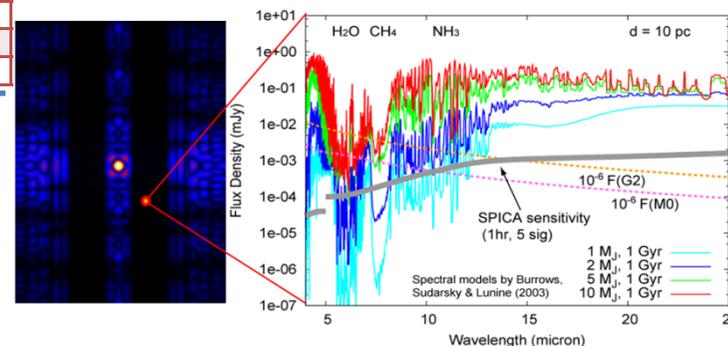


図11. 左: コロナグラフ像のイメージ
右: 理論モデルによる木星型惑星のスペクトル
Emission bump@4-5 μm H₂O CH₄ O₃等ユニークなスペクトルフィーチャが豊富。

注) 提案の詳細は改訂中

FPC-S 広視野近赤外カメラ

装置仕様

視野5分角、ピクセルスケール0.3秒角。
J-Mバンド撮像(限界等級26.3(AB), 100秒積分、3 σ)
LVF($R=20, 1-5\mu\text{m}$)による表面分光

狙うサイエンス

近赤外宇宙背景放射(CIRB)のスペクトルと揺らぎの観測
パラレル観測によるHigh-z銀河, LB銀河, LAE銀河等の探査

期待される成果

宇宙第1世代星の生成と進化、構造形成の解明
高赤方偏移での銀河進化を探る

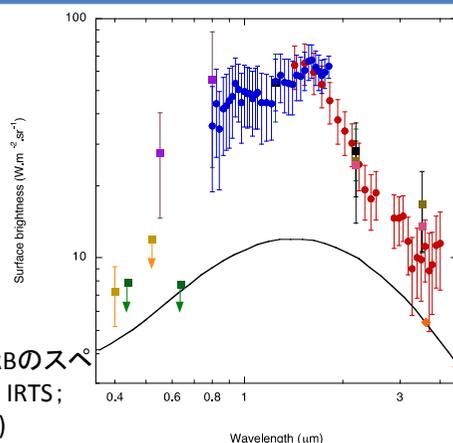


図10. CIRBのスペクトル(赤: IRTS; 青: CIBER)