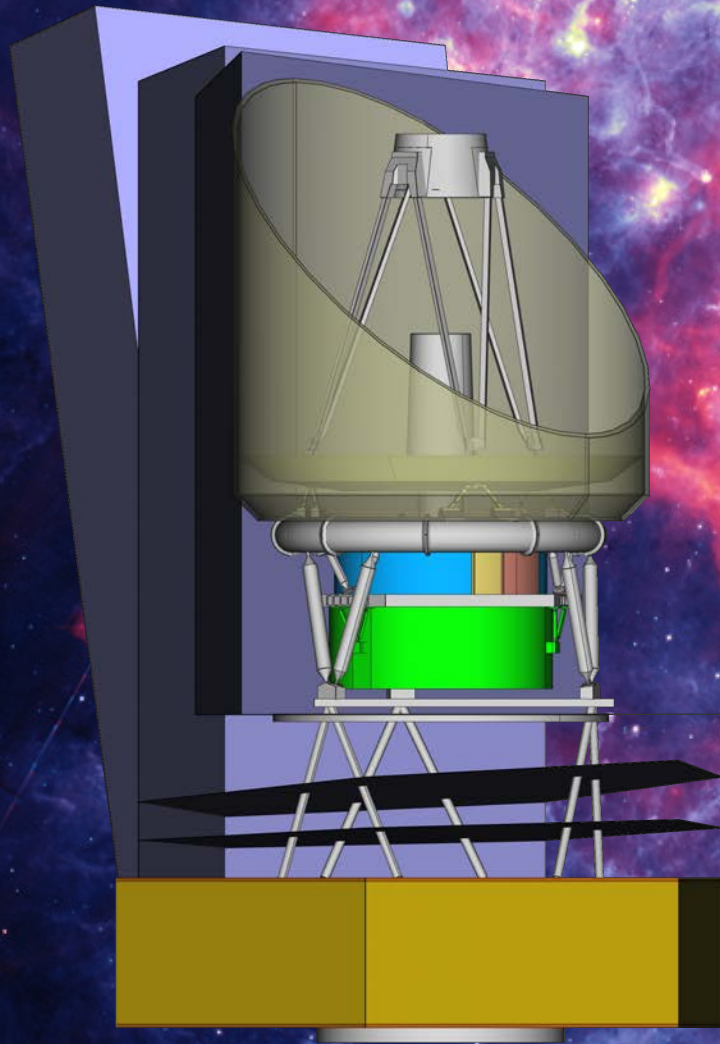


SPICA報告



山村 一誠 (ISAS/JAXA),
金田 英宏 (名古屋大),
長尾 透 (愛媛大)
on behalf of SPICA チーム

SPICA

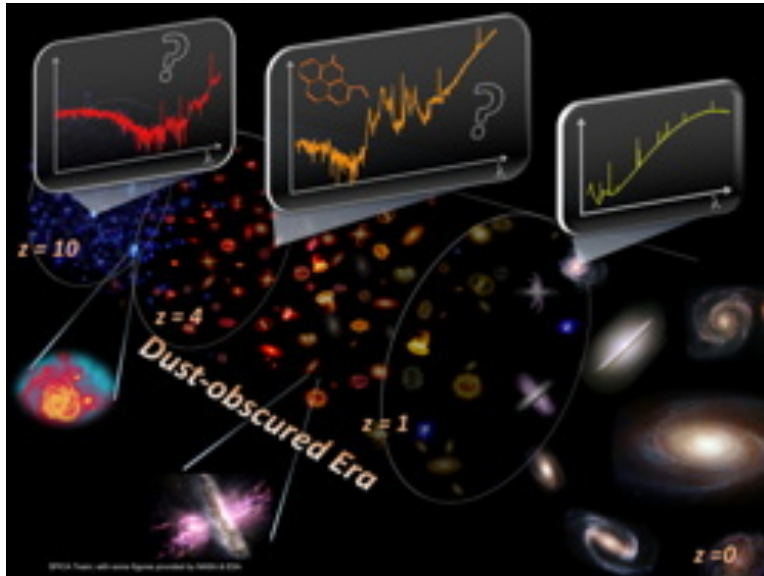
計画概要

望遠鏡: 有効口径 2.5 m、8 K 以下に冷却
波長範囲: 10 - 350 μm
軌道: 太陽-地球系 L2 周り軌道
打上: JAXA H3 ロケット
打上年: 2020年代後期(EISAとの協議事項)
寿命: 5年(無冷媒冷却)

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

日本: JAXA戦略的中型ミッション(300億円規模)
欧州: ESA Cosmic Vision Mクラス(550M€以下)
として概念検討実施

SPICAは、重元素と星間塵の生成に伴い、宇宙がより多様で豊かな世界になり、生命居住可能な惑星世界が生まれた過程を解明することを目指す。そのために、**大型の宇宙冷却望遠鏡**を搭載し、**超高感度赤外線観測**を実施する。

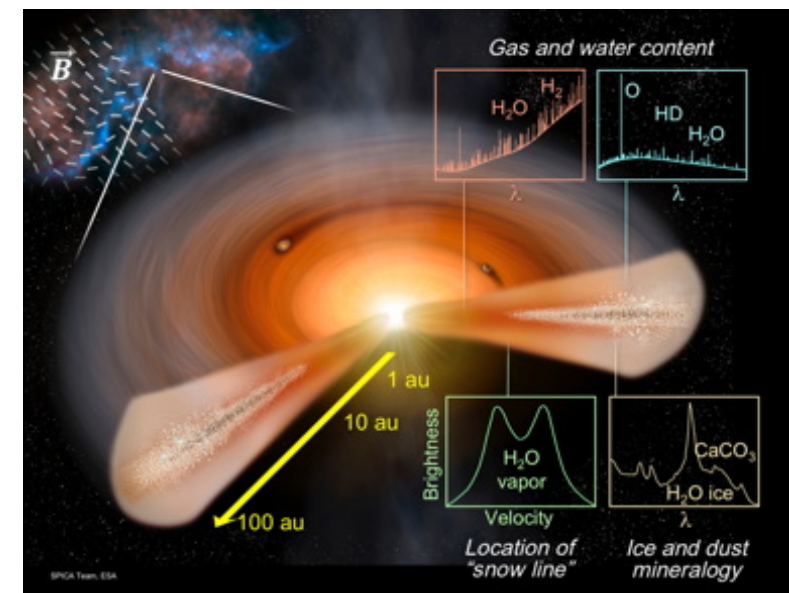


● 宇宙進化史の解明

- 宇宙がいかにして現在のような元素と物質に富む世界に至ったのか？
- 銀河と巨大ブラックホールの共進化の過程。

● 星・惑星系形成の解明

- 星形成の環境と過程の理解。
- 生命を育む地球のような惑星がどのように形成されたのか？



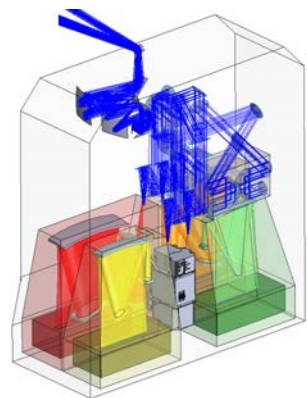
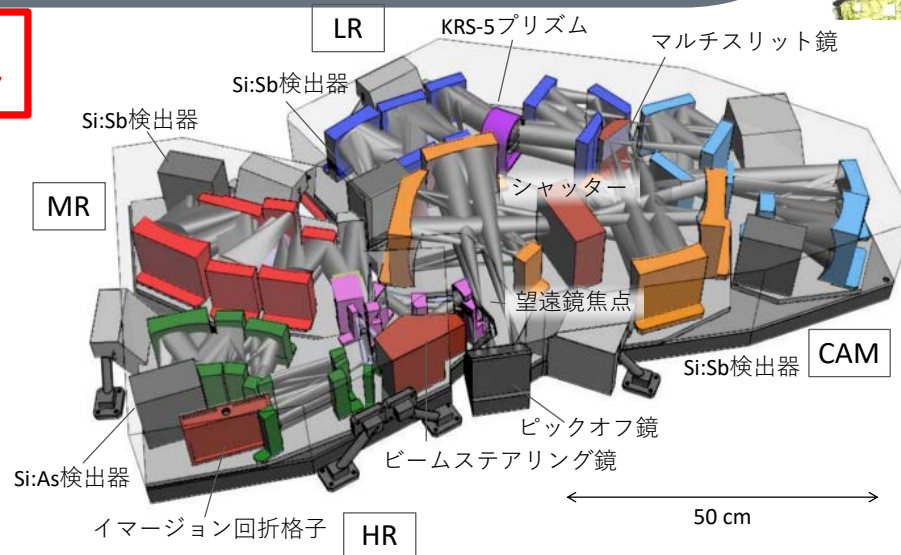
焦点面観測機器



SMI (SPICA Mid-Infrared Instrument)

- LR **R=50-150**, **Si:Sb** 17-36 μ m
- Camera **10'x12'**, **Si:Sb** @ 34 μ m
- MR **R=1300-2300**, **Si:Sb** 18-36 μ m
- HR **R=29000** **Si:As** 10-18 μ m (w/ Immersion Grating)

日本



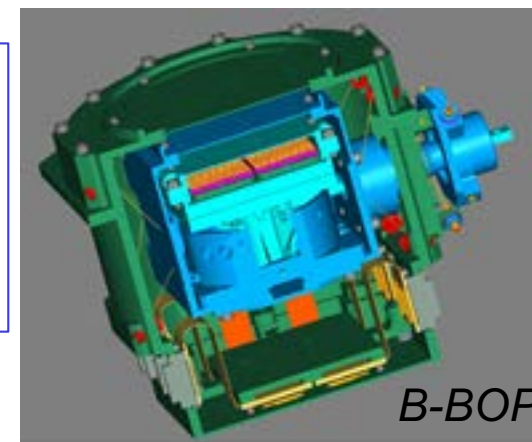
SAFARI/SPEC

SAFARI (SpicA FAR-infrared Instrument)

TES Bolometer Arrays operated at 50mK

- LR **R=300**, 34-230 μ m, grating
- HR **R=1500-11000** 34-230 μ m Grating+FTS

欧州



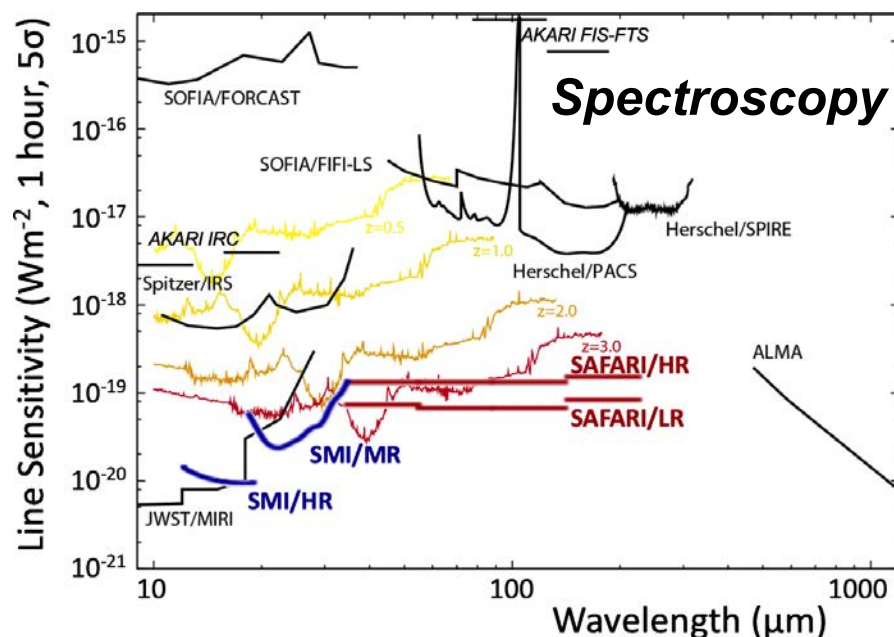
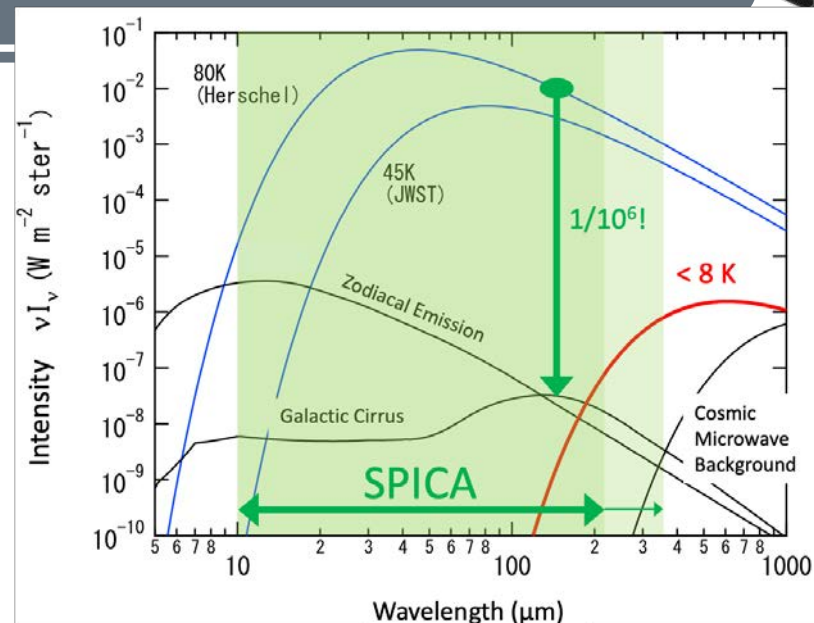
B-BOP

B-BOP

(B-fields with Bolometers and Polarizers)
infrared **polarimetry** imager at 70, 200, 350 μ m

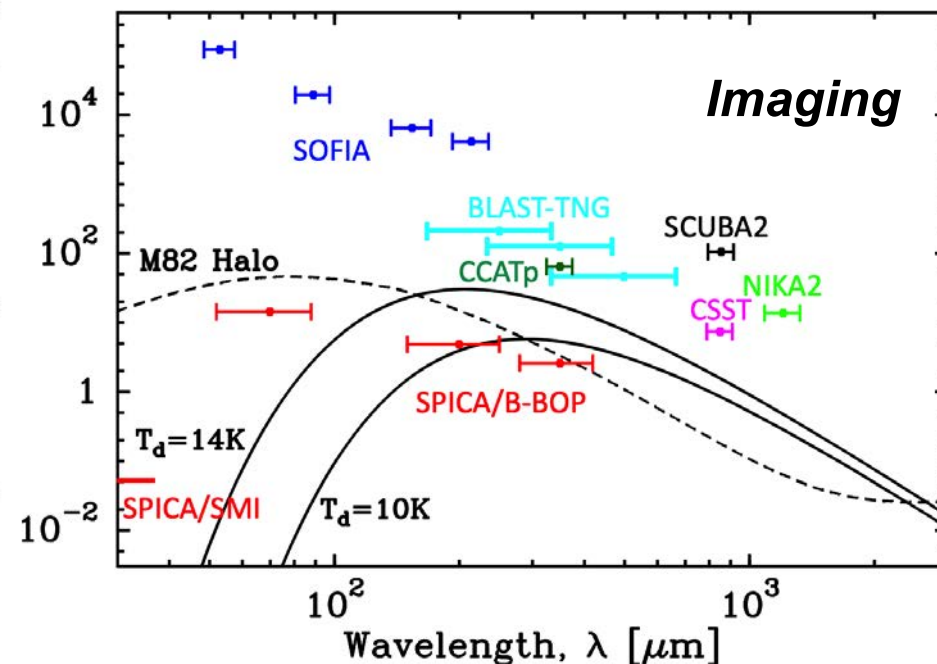
SPICAの観測性能(感度)

冷却望遠鏡により、従来ミッションに対し大きな感度向上



Continuous λ coverage

Surface Brightness, I_ν [MJy/sr]
to map 5% Stokes Q, U at 5σ in 1 hr/deg²



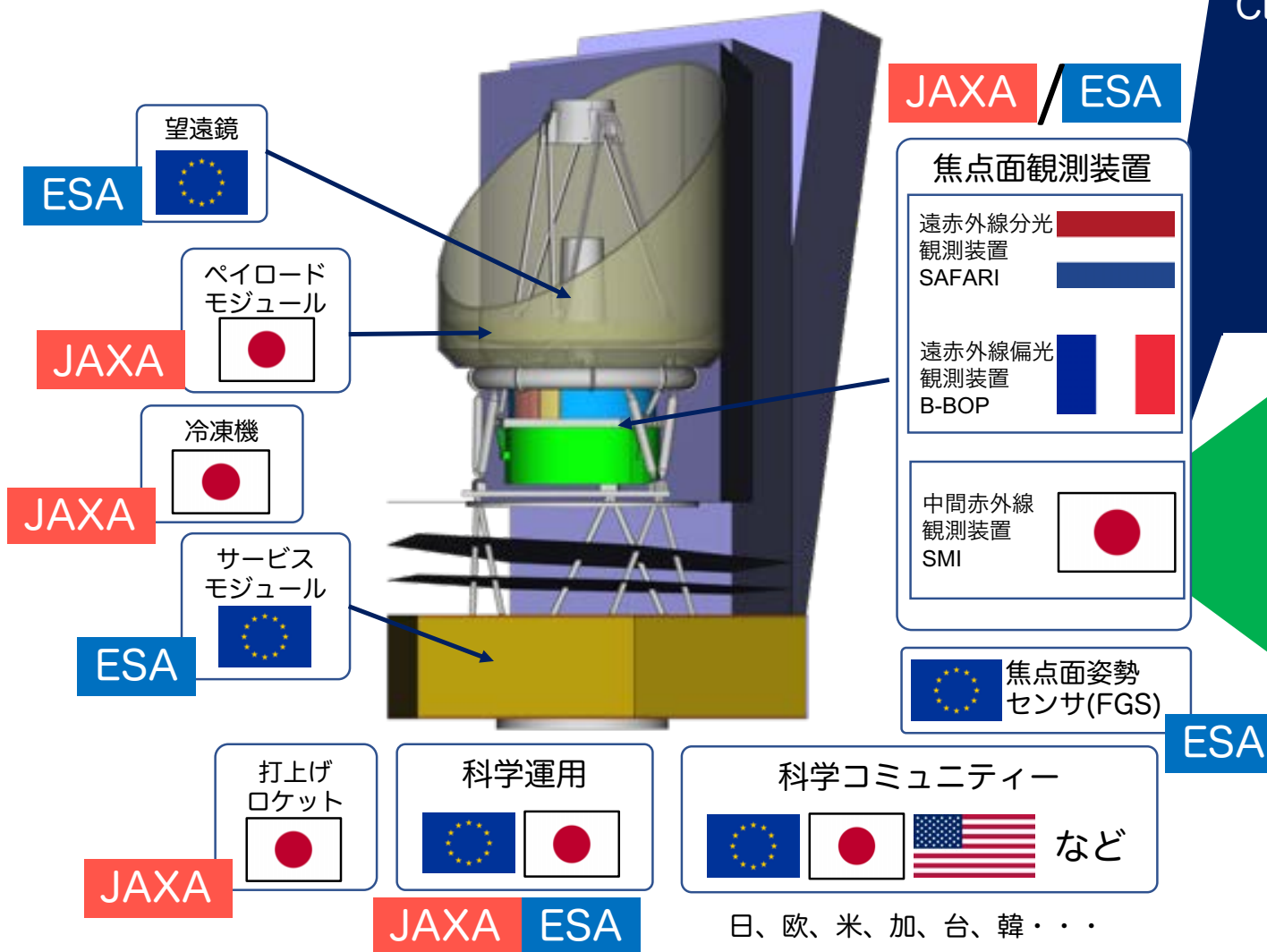
Performance as of October 2019

国際協力 役割分担



プロジェクト全体のとりまとめ
欧州宇宙機関(ESA)

極低温冷却・打上げ
JAXA



SRON (オランダ)
CEA-Saclay (フランス)
スペイン
ドイツ
イギリス
等欧州10カ国
カナダ、台湾、日本

名古屋大学
JAXA
大阪大学
東京大学
東北大学
埼玉大学
広島大学
愛媛大学
徳島大学
京都大学
ASIAA (台湾)
他

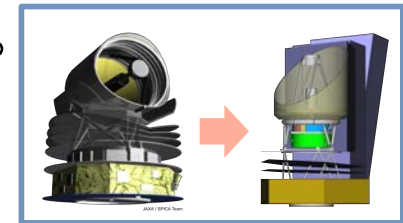


- 光赤天連からは、SPICAに対して多大なご支援を受けてきた。
- 光赤天連声明(2013年6月)
「次世代赤外線天文衛星SPICAの推進」
- 将来計画検討報告書「2020年代の光赤外天文学」において、
「SPICAは最優先で推進すべきミッション」と記載
- 日本学術会議マスタープランにおける推薦
- 光赤天連SPICAタスクフォース(2008–2015)
- SPICA研究推進委員会(2018–2020)への委員推薦

SPICA検討中止に至る経緯



- 2018/05 ESA Cosmic Vision M-class 5号機候補として、提案25件から3件の一つに選定。日欧で本格的な検討開始。
- 2020/01 重量超過問題に対応するため望遠鏡を衛星本体に対して横置きから縦置きに変更。
- 2020/03-07 ESA M5 Mission Consolidation Review (MCR) 実施。技術的成立性と課題を確認。ESA Phase-A2 の活動開始。
- 2020/07/21 ESA側のコストがM5の上限(550M€)を有意に超過していることが発覚。
- 2020/08 望遠鏡口径を1.8mに縮小して検討を継続することを決断。
- 2020/09/29 ISASミッション要求変更確認会を実施。口径変更に伴い、ミッションの科学的価値は減少するものの十分に高いことを確認。一方、所掌変更に伴う技術的・コスト的成立性に懸念が示され、ESAとの所掌に関する議論を所が主導して行うこととなった。
- 2020/10/02 ESA科学局長-ISAS所長会合が開催され、ISASが提案した所掌案をESAは拒絶。
- 2020/10/07 M5検討取り下げ決定。

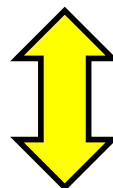


ESA側コスト超過問題

7月20日にコスト評価終了。M5コスト上限(550 M€)に対して有意な超過。

- バスシステム＋望遠鏡＋プロジェクト・運用経費＋他 → **約20%の超過**
- 観測装置全体(SIA)管理＋焦点面姿勢センサ(FGS)
 - M5一次選抜以降、SIAの所掌を巡るESA-JAXAのマネージメントレベル会合が数回もたれたが、そのたびに結論は先送りされた。Phase-A中はESAがSIAを所掌した。
 - 加えて、MCR後にESA所掌のFGSが、技術的・コスト的に実現困難であるとされ、ESAから日本所掌のSMIの中で実現するように求められた。

ESAは**SIA・FGS抜きでもコスト超過の状態**であり、**加えて望遠鏡口径1.8 mでも成立する状態ではなく**、検討の継続は困難であった(ESA側説明)。



2018年7月 ESA CDF検討の結論

"The estimates lead to a total cost at completion that is somewhat over the 550 M€ limit set, however with relative high margins due to the early state of definition of the mission."

検討中止決定後の動き



- 2020/10/07 SPICA Consortiumメンバーに対し、検討中止の決定がPI (SRON Peter Roelfsema) より伝えられる。続いて国内でも、SPICA検討チームメンバーに説明。
- 2020/10/15 ESAおよびISASより、検討中止のアナウンス
- SPICAチームは、**コミュニティに対する説明会**を開催し、SPICA検討中止に至る経緯について説明
 - 2020/10/21: SPICA関係者、光赤天連・宇電懇関係者に向けて
 - 2021/01/13: より広く宇宙科学コミュニティに向けて
- SPICAチームとISAS執行部の間で、中止の経緯と判断の妥当性について議論(10～11月)。また、中堅・若手と執行部の意見交換会を実施(12月)。
- 欧州コミュニティを中心に、今回のESAの対応に対する問題を指摘する記事を、Natureに投稿・掲載(**"Nature, SPICA"で検索**)
<https://www.nature.com/articles/d41586-020-03288-z>

- SPICA検討の技術的成果は、将来のミッション検討への**有効に活用出来る形**で、とりまとめている。
- ESA SPICA Study Team は、SPICA衛星システムの検討を継続し、2021年前期にレビューを受ける。その**成果の開示**を求めている。
- 日欧双方で、それぞれコスト超過やミッション検討中止にいたる経緯について検証し、今後のミッション検討に **Lessons Learned** として活かすための活動を行っている。
 - M5提案取り下げ決定過程の妥当性・透明性
 - コスト超過見込み発覚以降の対応の妥当性(ESA, ISAS, SPICAチーム)
 - SPICA検討における課題
 - 国際協力におけるコミュニケーション(機関間、計画チーム)
- SMI開発のために構築した**大学コンソーシアム(天文、惑星、工学)**の人的ネットワークを維持。
- SMIの特徴である、**中間赤外線高分散分光によるサイエンスの早期実現**(2030年代中盤のISAS戦略的中型ミッションへの搭載可能性)を検討。



- SPICA研究推進委員会(p.15)
 - 光赤外線、電波、太陽系、工学等幅広い分野の12名から構成。
 - 光赤天連推薦として、長尾透(愛媛大・委員長)、本原顕太郎(東大→国立天文台)、今西昌俊(国立天文台)の3氏が参加。
 - 2018/09～2020/07まで、7回の委員会を開催。
 - SPICAチームへ科学面からの助言、SPICA研究活動の活性化について議論。下記を提案・実現した。
- サイエンス検討会(p.16)
 - 日本独自のSPICA科学検討を行い、ESA SPICA Science Study Team (p.17) の作成する Yellow Book へ反映する。
 - 約70名の研究者からなるサイエンス検討班の検討成果は、「**サイエンス検討会最終報告書**」としてまとめられ、SPICA HPより**公開**
https://www.ir.isas.jaxa.jp/SPICA/SPICA_HP/suishin/docs/SPICA_final_report_20201201.pdf
- 天文月報「SPICA特集」(2020年11月号、12月号)
 - SPICAミッションと、SPICAが切り拓くサイエンスについて、広く天文コミュニティに紹介。

- SPICAは、宇宙進化史、星・惑星形成の解明を目指し、中間・遠赤外線領域において、超高感度の分光・偏光観測を実現する赤外線天体物理学ミッションである。
- ESA Cosmic Vision M5 最終選抜に向けて検討を続けてきたが、2021年7月にESA側コスト超過が発覚したことを契機として、2020年10月に検討中止の判断が下された。
- 中止に至る経緯については、日欧で検証が進められ、Lessons Learned として今後に生かされるようにする。
- SPICAの技術的・科学的検討成果は、将来ミッションの検討に有効に生かされるようにまとめている。
- SPICAは構想以来20余年、現在の形になってから約6年、光赤天連をはじめとする多くの方々に支えられて検討を進めてきた。これまでのご支援に感謝いたします。

参考

SPICA研究推進委員会(2018–2020)

氏名	所属	専門分野	推薦
安部 正真	JAXA 宇宙科学研究所	物質、惑星科学	—
今西 昌俊	国立天文台	活動銀河核 観測	光赤天連
上田 佳宏	京都大学	活動銀河核、X線	—
江草 芙実	東京大学	銀河星間物質、星形成	—
杉田 寛之	JAXA 研究開発部門	宇宙機熱制御技術	—
高田 唯史	国立天文台	銀河、データセンタ	—
田村 陽一	名古屋大学	銀河形成、観測	宇電懇
長尾 透(委員長)	愛媛大学	銀河・BH形成、観測	光赤天連
野村 英子(副委員長)	国立天文台	星・惑星形成、理論	宇電懇
福田 盛介	JAXA 宇宙科学研究所	工学システム	—
本原 顕太郎	東京大学	銀河、観測	光赤天連
百瀬 宗武	茨城大学	星・惑星形成、観測	宇電懇

SPICAサイエンス検討会



SPICAサイエンス検討会 組織

(敬称略)
2019/08/03 現在

全体とりまとめ：長尾透 (愛媛大), 野村英子 (国立天文台)

銀河BH進化	近傍銀河・銀河系	星形成・星間媒質	惑星形成	太陽系・系外惑星
泉拓磨 (班長・国立天文台)	江草芙実 (班長・東京大学)	井上剛志 (班長・名古屋大学)	本田充彦 (班長・岡山理科大学)	平野照幸 (班長・東京工業大学)
市川幸平 (東北大学)	稲見華恵 (広島大学)	相川祐理 (東京大学)	相川祐理 (東京大学)	臼井寛裕 (宇宙科学研究所)
今西昌俊 (国立天文台)	金子紘之 (国立天文台)	岩崎一成 (国立天文台)	石原大助 (宇宙科学研究所)	大坪貴文 (宇宙科学研究所)
梅畑豪紀 (理化学研究所)	左近樹 (東京大学)	大屋瑤子 (東京大学)	田崎亮 (東北大学)	大野和正 (東京工業大学)
久保真理子 (国立天文台)	竹内努 (名古屋大学)	神鳥亮 (ABC)	橘省吾 (東京大学)	奥住聡 (東京工業大学)
竹内努 (名古屋大学)	田村陽一 (名古屋大学)	坂井南美 (理化学研究所)	茅原弘毅 (大阪産業大学)	奥谷彩香 (東京工業大学)
田村陽一 (名古屋大学)	中西康一郎 (国立天文台)	島尻芳人 (鹿児島大学)	中川貴雄 (宇宙科学研究所)	笠羽康正 (東北大学)
鳥羽儀樹 (京都大学)	馬場淳一 (国立天文台)	下西隆 (東北大学)	野津翔太 (ライデン大学)	川島由依 (オランダ宇宙研究所)
長峯健太郎 (大阪大学)	本原顕太郎 (東京大学)	立原研悟 (名古屋大学)	野村英子 (国立天文台)	癸生川陽子 (横浜国立大学)
橋本拓也 (早稲田大学)	渡邊祥正 (日本大学)	野沢貴也 (国立天文台)	藤井悠里 (名古屋大学)	小林仁美 (LLP京都虹光房)
播金優一 (国立天文台)		日高宏 (北海道大学)	藤原英明 (国立天文台)	小林浩 (名古屋大学)
馬場俊介 (国立天文台)		古家健次 (筑波大学)	松本侑士 (ASIAA)	佐川英夫 (京都産業大学)
山下拓時 (国立天文台)		古屋玲 (徳島大学)	森昇志 (東京大学)	関根康人 (東京工業大学)
和田武彦 (宇宙科学研究所)		守屋堯 (国立天文台)	百瀬宗武 (茨城大学)	空華智子 (国立天文台)
		山本智 (東京大学)	武藤恭之 (工学院大学)	高橋葵 (ABC)
				藤井友香 (東京工業大学)
				前澤裕之 (大阪府立大学)
				松尾太郎 (大阪大学)
				水木敏幸 (宇宙科学研究所)
				薮田ひかる (広島大学)

ESA SPICA Science Study Team (SST)



氏名	所属	備考
David Elbaz	CEA, Saclay	
Matt Griffin	Cardiff University	
Mitsuhiko Honda	Kurume University	
Inga Kamp	University of Groningen	
Hidehiro Kaneda	Nagoya University	SMI PI
Kotaro Kohno	The University of Tokyo	
Jesus Martin-Pintado	INTA-CSIC	
Tohru Nagao	Ehime University	
Hideko Nomura	Tokyo Institute of Technology	
Peter Roelfsema	SRON	Chari, SPICA PI, SAFARI PI
Luigi Spinoglio	INAF	
Takashi Onaka	The University of Tokyo	Study Scientist
Jan Tauber	ESA	Study Scientist
Marc Sauvage	CEA Saclay	B-BOP PI



● 第1期(2008–2014)

- 市川 隆 (東北大) [委員長]
- 今西 昌俊 (国立天文台)
- 泉浦 秀行 (国立天文台)
- 川良 公明 (東京大)
- 河野 孝太郎 (東京大)
- 斎藤 智樹 (愛媛大)
- 高見 道弘 (ASIAA)
- 田村 元秀 (国立天文台)
- 山下 卓也 (国立天文台)
- 渡部 潤一 (国立天文台)

● 第2期(2014–2015)

- 小山佑世 (宇宙研)
 - 竹内 努 (名古屋大)
 - 長尾 透 (愛媛大)
 - 野村英子 (東工大)
 - 本田充彦 (神奈川大)
 - 松田有一 (国立天文台)
 - 宮田隆志 (東京大)
 - 松尾太郎 (京都大)
- ※2014年12月より

SPICA検討の成果(SPICA White Papers)



● SPICA White Papers (*Publications of the Astronomical Society of Australia*)

- ["SPICA - a large cryogenic infrared space telescope Unveiling the obscured Universe"](#), Roelfsema, P. R. et al., PASA (2018)
- ["Galaxy Evolution Studies with the SPace IR Telescope for Cosmology and Astrophysics \(SPICA\): The Power of IR Spectroscopy"](#), Spinoglio, L. et al., PASA, Volume 34, id.e057 13 pp. (2017)
- ["Feedback and Feeding in the Context of Galaxy Evolution with SPICA: Direct Characterisation of Molecular Outflows and Inflows"](#), González-Alfonso, E. et al., PASA, Volume 34, id.e054 17 pp. (2017)
- ["SPICA and the Chemical Evolution of Galaxies: The Rise of Metals and Dust"](#), Fernández-Ontiveros, J. A. et al., PASA, Volume 34, id.e053 15 pp. (2017)
- ["Tracing the Evolution of Dust Obscured Star Formation and Accretion Back to the Reionisation Epoch with SPICA"](#), Gruppioni, C. et al., PASA, Volume 34, id.e055 17 pp. (2017)
- ["Unbiased Large Spectroscopic Surveys of Galaxies Selected by SPICA Using Dust Bands"](#), Kaneda, H. et al., PASA, Volume 34, id.e059 16 pp. (2017)
- ["Probing the Baryon Cycle of Galaxies with SPICA Mid- and Far-Infrared Observations"](#), van der Tak, F. F. S. et al., PASA, Volume 35, id.e002 17 pp. (2018)
- ["Probing the cold magnetised Universe with SPICA-POL \(B-BOP\) "](#), Ph. André et al., PASA, Volume 36, id.e029, 29 pp. (2019)
- "Mid-IR cosmological spectrophotometric surveys from space: Measuring AGN and star formation at the Cosmic Noon with a SPICA-like mission", Spinoglio, L. et al., PASA, Accepted
- "The role of SPICA in the search for heavily obscured AGN and synergies with Athena", Barchiesi, L., et al., PASA, submitted
- "The formation of planetary systems with SPICA", Kamp, I., et al., PASA, submitted.
- and more to be published...



- SPICAの検討により、将来につながる**技術ヘリテージ**となる成果が得られている。
 - 放射冷却と冷凍機を用いた衛星搭載**無寒剤**極低温冷却系の、熱構造設計技術の習得(V224a 鈴木他)
 - **極低温要素技術**開発(V225a東谷他)
 - トラス分離機構の技術開発
 - 振動アイソレータの技術開発
 - **宇宙用冷凍機**の技術開発
 - 直線型第3熱交換器を使用したJT冷凍機
 - 冷凍機の低振動化、長寿命可の開発
 - **中間赤外線観測装置**の技術開発(V226a 和田他)
 - 検出器の特性評価(V228b 土川他)
 - 光学素子の加工性評価(V229b榎木谷他)
 - 高分散分光素子の特性評価(V230b前嶋他)

将来の冷却ミッションへの適用

将来の衛星搭載赤外線観測機器への適用