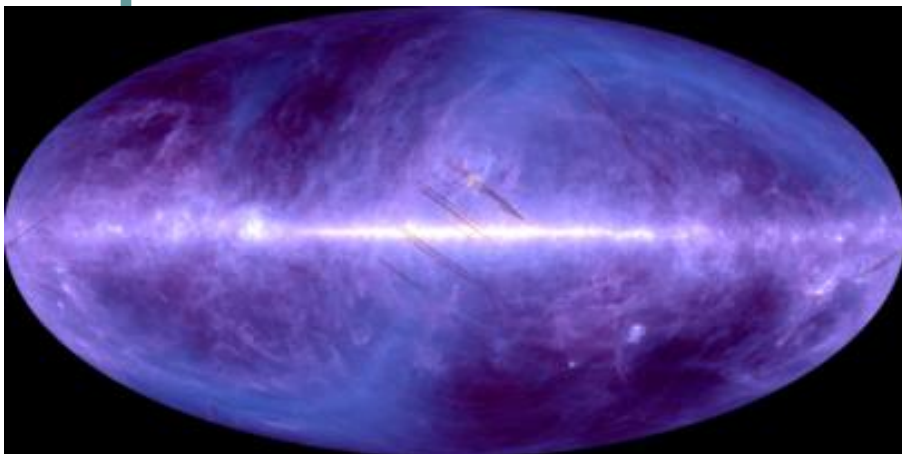


宇宙科学シンポジウム S5-007

SPICA計画の進捗と現在の状況

芝井 広(阪大), 尾中 敬(東大), 金田英宏(名大),
中川貴雄, 松原英雄, 川勝康弘(JAXA),
他 SPICAチーム

SPiCA
Space Infrared Telescope for Cosmology and Astrophysics



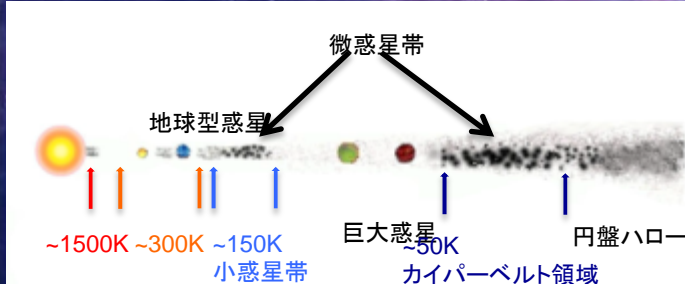
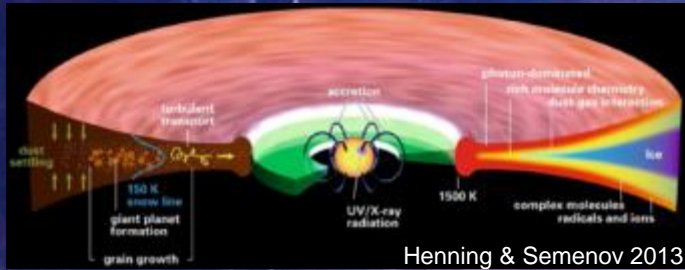
「あかり」遠赤外全天マップ 2014/12公開

SPICAの成果(ポスター講演)



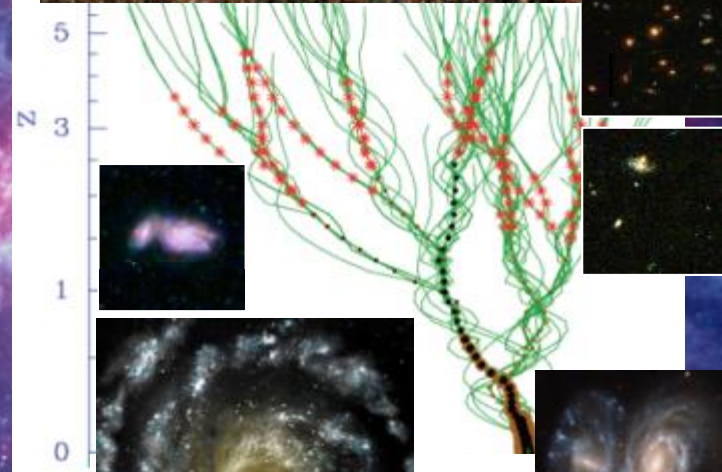
- P-093 SPICAリスク低減フェーズ(#2)の活動成果報告
川田光伸 他
- P-094 次期赤外線天文衛星SPICAのミッション部冷却システム熱設計
篠崎慶亮 他
- P-095 次期赤外線天文衛星SPICA用機械式冷凍機の開発状況
佐藤洋一 他
- P-096 SPICAに適用する高断熱性能MLIと高放射率ラジエターの開発
岡崎峻 他
- P-097 SPICA高精度指向制御(リスク低減フェーズ#2検討結果)
巳谷真司 他
- P-098 SPICA搭載 中間赤外線観測装置 (SMI)
金田英宏 他
- P-099 SPICA望遠鏡光学試験のための波面縫い合わせ法の開発
山中阿砂 他

「銀河成長と惑星系形成：多様で豊かな宇宙を生んだ二大過程の解明」



1. 銀河成長・物質進化過程の解明

2. 惑星系形成過程の解明



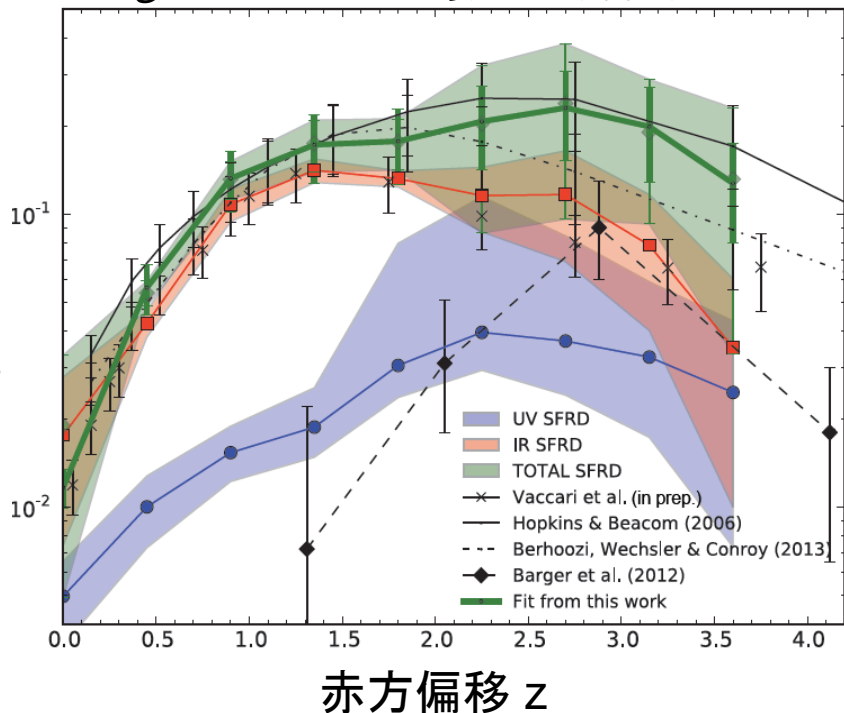
3. 最高感度の宇宙赤外線天文台の実現

「銀河成長最盛期」の特徴(1): ダストに隠された星形成の割合が高い

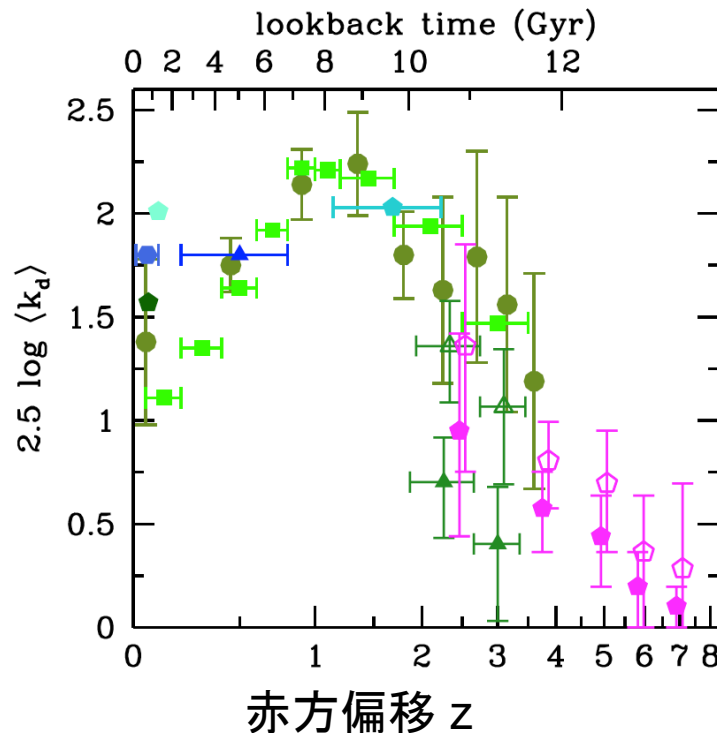


Burgarella et al. 2013, A&A, 554, 70

星生成率密度(赤外線、紫外線)



ダストによる減光量



- Spitzer、「あかり」、Herschelの観測より。
- $z=1-3$ でピーク(“銀河成長最盛期”)。

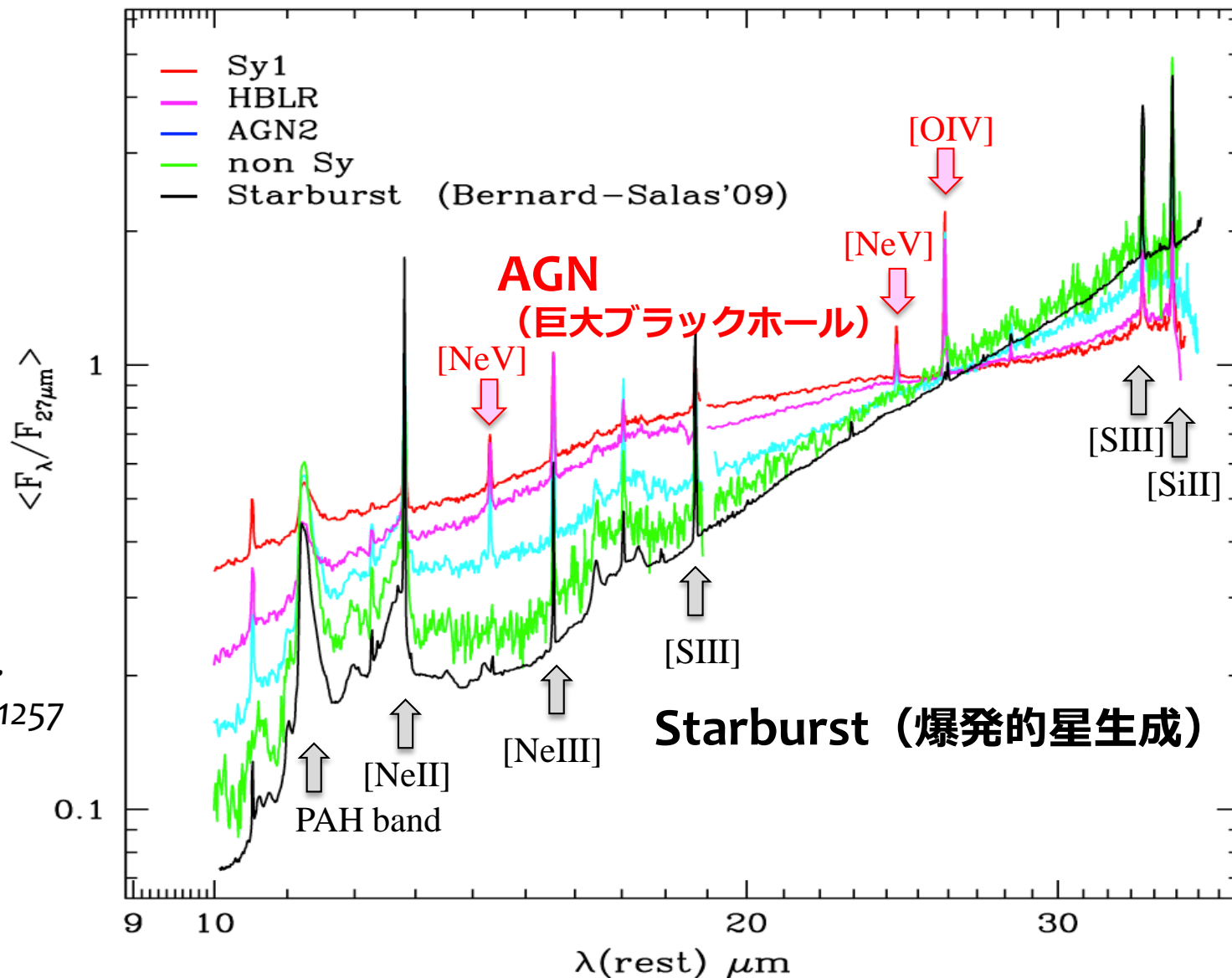
- この「銀河形成最盛期」に、ダストによる減光量もピークを迎えている。

この高い赤外線光度は何が担っているのか？巨大ブラックホールへの質量降着(AGN)からの寄与はどれほどか？

Madau & Dickinson 2014

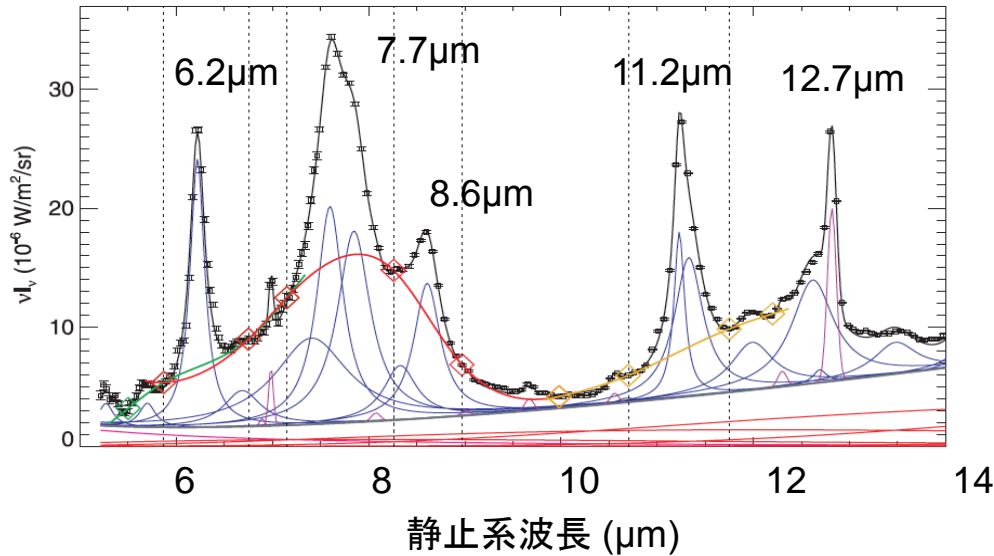
上の図では、AGNの寄与はSEDモデルにより差し引き。
→ 図の誤差棒に現れない不定性要因。

中間赤外線：ダストおよびガス情報の宝庫



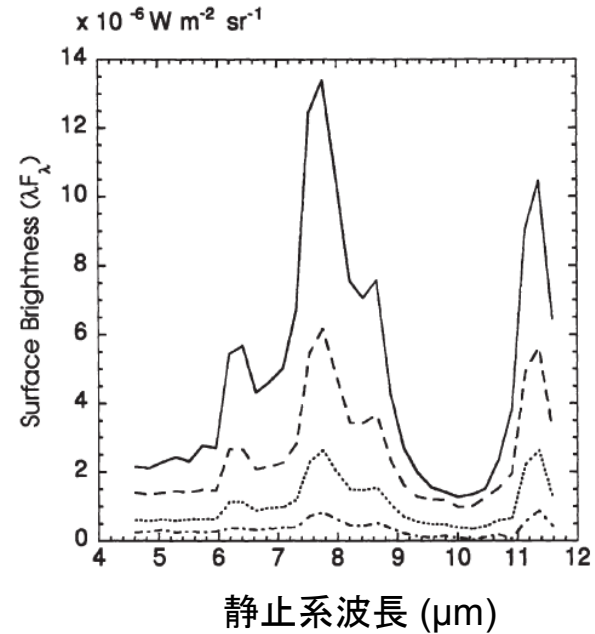
Tommasin et al.
2010, *ApJ*, 709, 1257

有機物PAHバンド放射の有効性



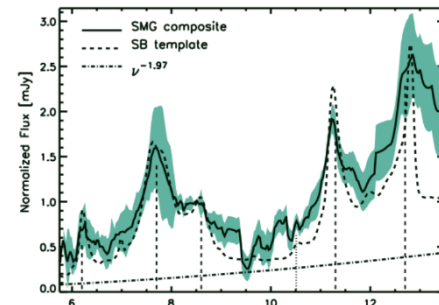
中間赤外線で観測される、有機物PAHからの様々なバンド放射のスペクトル。近隣の星形成銀河 NGC2798 でみられるPAHバンド放射とそのモデル・フィットの例 (Smith et al. 2007)。

PAH:
Polycyclic Aromatic Hydrocarbon
多環芳香族炭化水素



小型宇宙プラットフォーム **SFU** に搭載された赤外線望遠鏡 **IRTS** は、天の川銀河系のすべての方向からPAHの放射を初めて検出 (**Onaka et al. 1996**)。

赤方偏移1~3にある超大光度赤外線銀河(サブミリ波銀河)での平均的な中間赤外線スペクトル (Menendez-Delemestre et al. 2009)。



TNO (Trans-Neptunian Objects) の形成過程

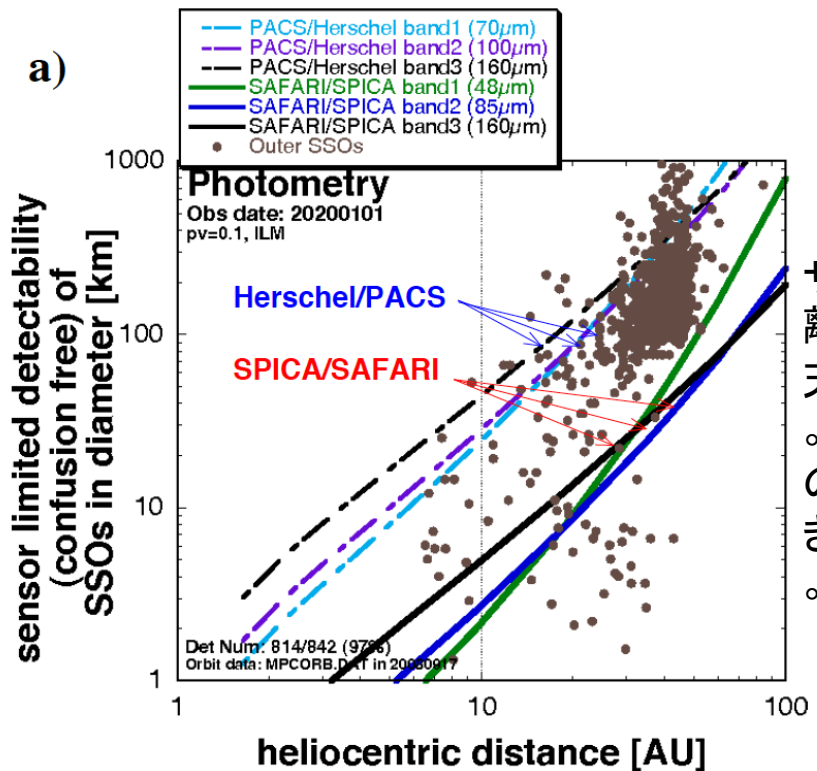


背景

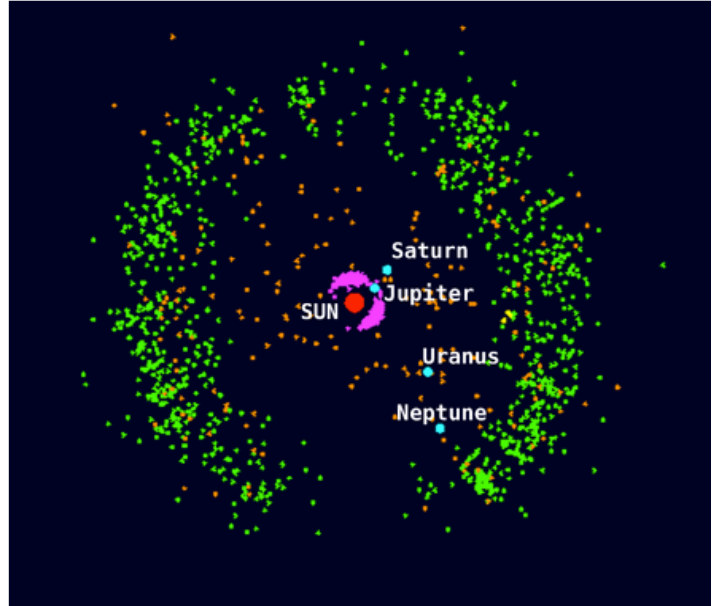
一衝突を経験していない筈の100km以上の大きな太陽系のTNO天体については、Spitzer, Herschelの観測から、アルベドが予想より大きくばらつく(0.02-0.4)ことが判ってきた。

観測計画

一軌道運動を利用した超高感度の差分観測をする。衝突過程で生成された直径100km以下、30km以上のTNO天体について、ピークを含む20-210 μ mの範囲の放射エネルギーを測定し、可視の輝度と合わせて、アルベドと天体のサイズを導出する。アルベドから組成を推定し、サイズ分布から生成過程を決める。太陽系進化におけるTNOの役割を明らかにする。

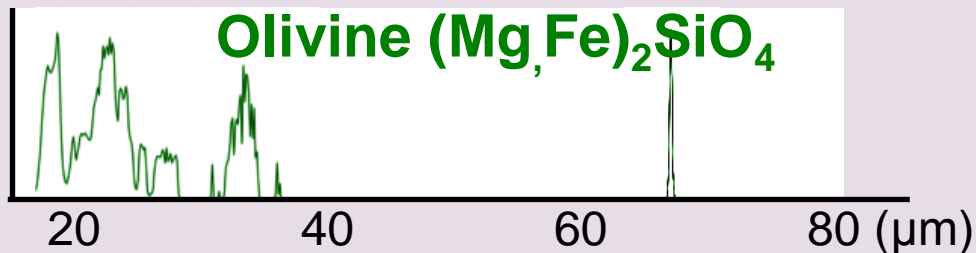


サイズと日心距離に対するTNO天体の検出限界。直径30km以上の天体を検出できることがわかる。

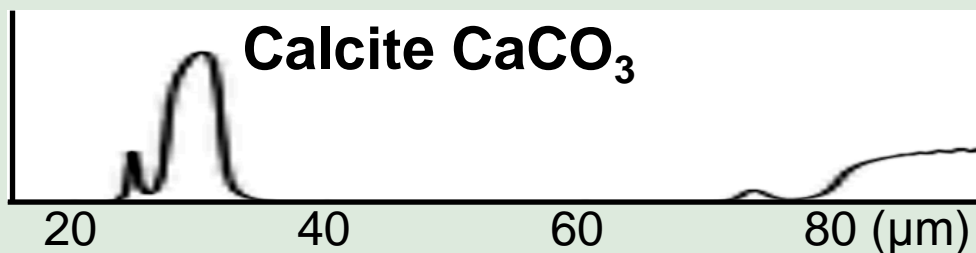
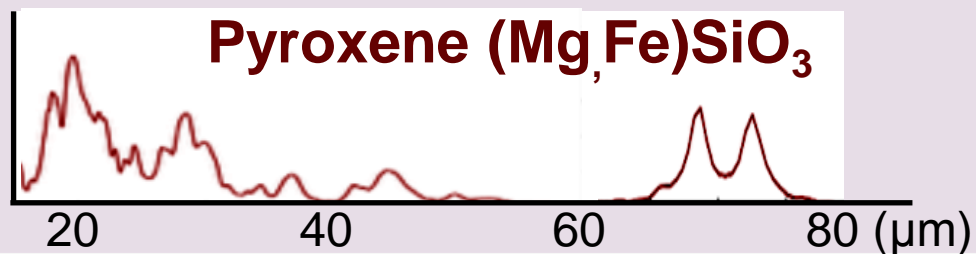


光学観測で検出された太陽系TNOの分布

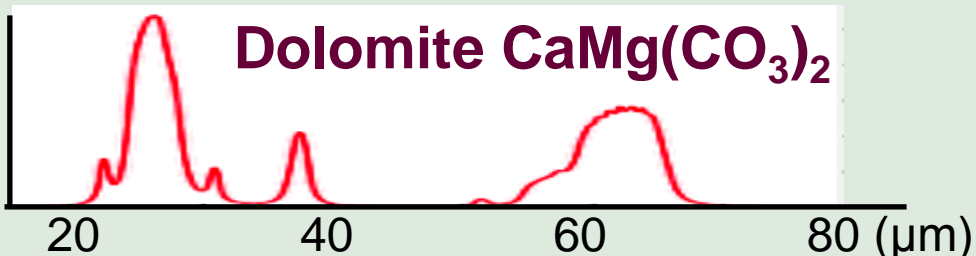
惑星系形成過程の鉱物学： 炭酸塩鉱物の検出 - 水、二酸化炭素



高温で生成し
組成変化



低温で生成。水や
二酸化炭素(大気)
の存在を示唆。
⇒生命の存在環境
(e.g. Halevy+ 2011)



Herschelは一例だけ(β Pictoris; Olivine)。波長帯20-120 μm、高感度分光が鍵。

これまでの経緯



2000年度 宇宙理学委員会がWG設置を承認
以降、戦略的開発研究費が交付される。

宇宙3機関統合・宇宙科学長期計画

2007年度 大型衛星計画に提案。これまでのMロケットを用いた
衛星の規模(中型衛星計画)を超えた、多くの分野が共同
して支え、実施する、フラッグシップミッション。

2008年度 大型衛星計画としてミッション定義審査MDR 合格
以降プリプロジェクト発足

技術検討の不十分問題

2010年度 大型衛星計画としてシステム要求審査SRR 合格

2011年度 中型衛星を超える規模ならば、宇宙科学の外側からの
貢献(資金、人的体制)が必要 以降、リスク低減フェーズ

宇宙科学ロードマップ。大型は難しくなる

日本学術会議、文部科学省ロードマップではともに最重点の評価

2013年度 PLAN-Bへの変更 **戦略的中型程度の規模をめざす**

2014年度 PLAN-Bの困難顕在化(5月)

→ **新しいPLAN検討開始。ESA-JAXA技術検討(CDF)**

この1年の経緯 — 前半



- 2014年 1月 「PLAN-B」始動。ESAのM4を目指す。
(ISAS-SRON両所長声明)
- 2014年 3月 第2回コアサイエンス会議(東大)。
リスク低減フェーズ#2(RM#2)終了。
ΔMDR開始。
- 2014年 5月 Science Open Workshop (Leiden)
- 2014年 6月 「PLAN-B」ストップ。ΔMDR中断。
「PLAN-D」検討開始
- 2014年 9月 SAFARI Consortium Meeting (Oxford)。
規模縮小し、M5をめざす。
- 2014年11月 ESA-JAXA技術検討開始。
- 2014年12月 ESAのCDFセッション終了

PLAN-Bでの役割分担



望遠鏡 (欧ESA)

焦点面観測装置 (FPIA)

遠赤外線観測装 (SAFARI)



蘭 + 欧州連合 (計13か国)



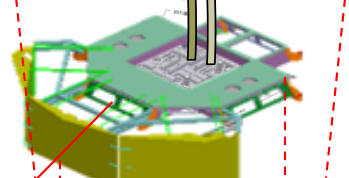
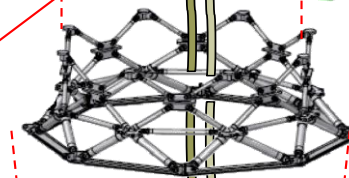
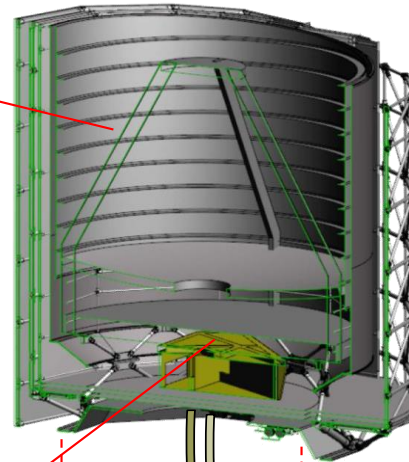
中間赤外線観測装置
(SMI)



焦点面ガイドカメラ (FAS)



機械式冷凍機



ペイロードモジュール



欧 (ESA)

バスモジュール



SPICAデータセンター



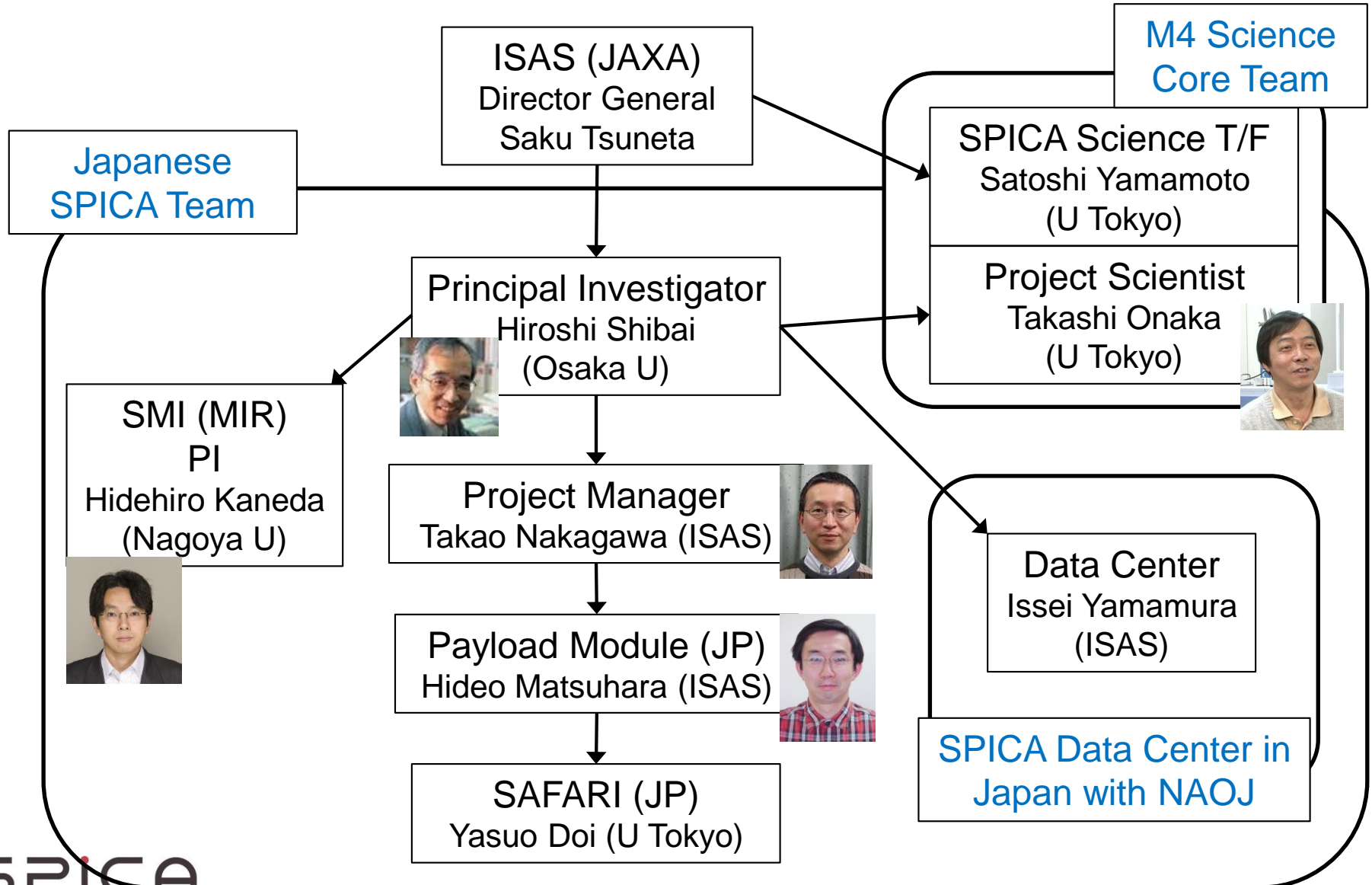
(国立天文台)

サイエンス検討
(日、欧、韓、台、研究者)

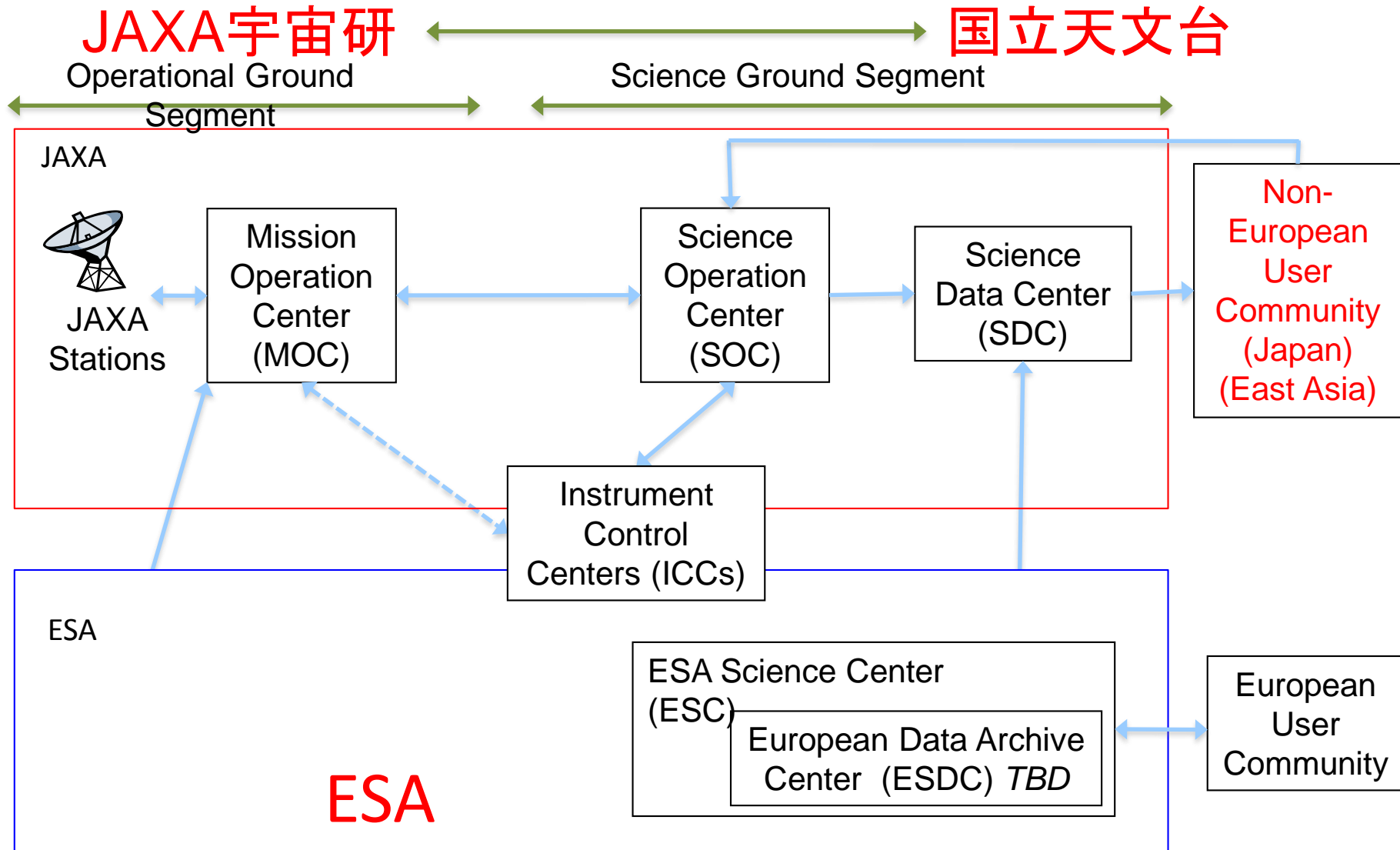


ロケット打ち上げ

SPICA Management Structure of Japanese side



衛星運用体制(案)



新しいPLAN（仮称 PLAN-D）



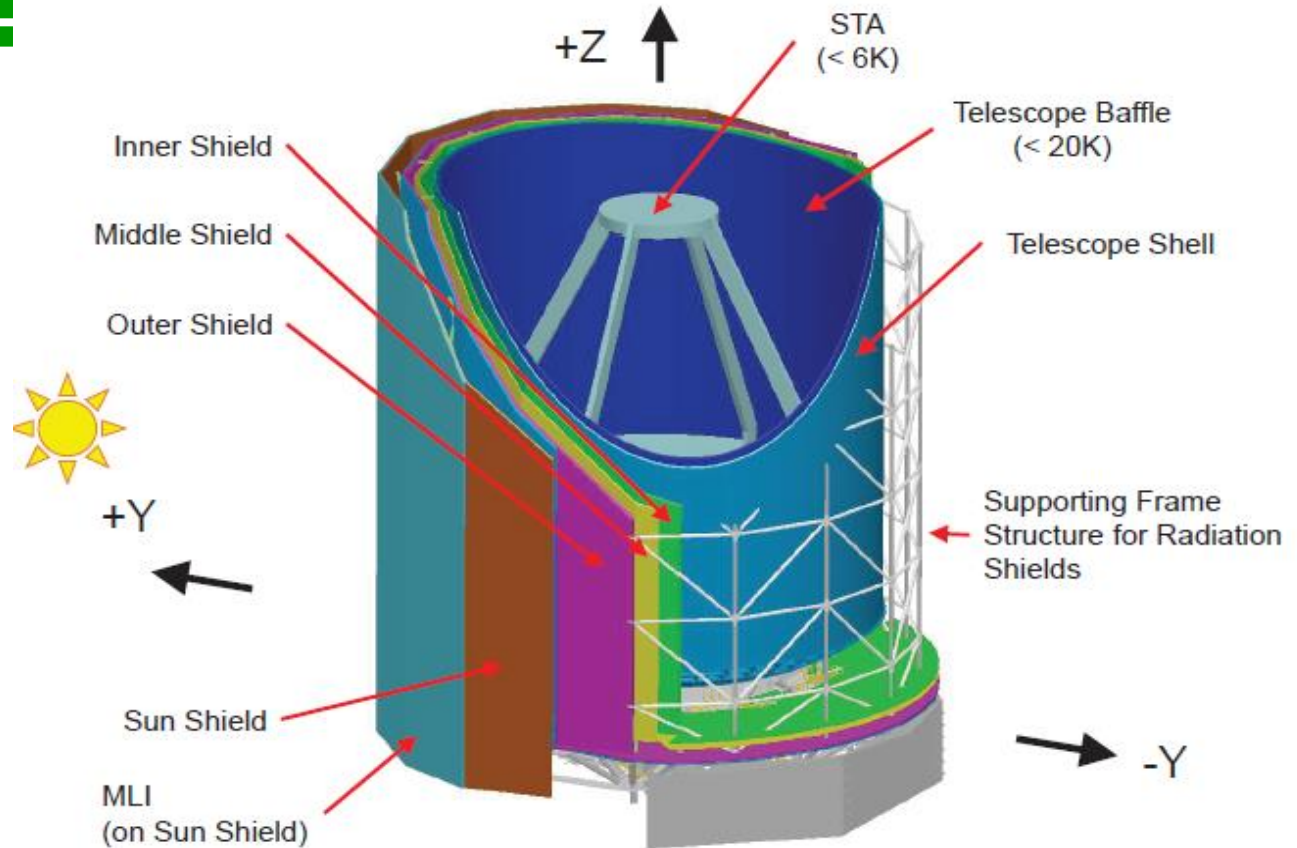
- PLAN-Bでは、M4に応募する計画だった。しかし
 - ヨーロッパ内研究者の意見統一が不十分
 - ESA側リスクと経費増大の懸念（Mクラスとして）の問題点が、2014年5、6月に顕在化した。
- ESA-JAXA共同技術検討
 - 技術的に可能、かつ、ESAのMクラス+JAXAの戦略的中型クラスで可能なミッション例。
 - 「次世代の極低温冷却赤外線望遠鏡」参照モデル。 —結果は公開される—
 - JAXAの従来 of 検討、観測装置設計、サイエンス要求が入力された。
 - 11,12月に8回の全体セッション。1月のとりまとめ。2月に結果公開予定。
- 研究者（日本のSPICAチームと欧州のSAFARIコンソーシアム）間の共同
 - 口径3mが実現できない可能性大。観測装置と観測計画の変更などを議論中。
 - 科学目的は不変であり、観測装置・計画を変更してM5提案。
 - 日欧共同で「SPICAコンソーシアム」を結成する予定。

M4、M5:ESAのCosmic Vision Mクラスの第4、5番目のプロジェクト

SPICA (JAXA) 型のデザイン



JAXAのSPICAプリプロジェクトチームで検討してきたSPICAのデザイン。H-IIA-5Sフェアリングに搭載できる案として、衛星+Y方向(太陽)に垂直な面内をノミナル観測する(面外オフセットは、 $-5 \sim +30$ 度)。サンシールドから鏡筒まで、+Y側は低吸収率/高反射率面(+MLI)で断熱し、-Y側に放射冷却のためのラジエータ面を設けている。



鏡筒(30K)に必要なラジエータ面積を確保するため、中間温度のシールドは-Y側で開かれている必要がある。しかしそうすると打ち上げ時機械環境条件を満たさないので、中間温度シールドは、パネル無しの多数のフレームによって-Y側では構造的に支持されている。

極低温ステージへの侵入熱を極力抑えるため、メイントラスは軌道上で分離される。GAIAの方式に比べて熱侵入量を軽減しやすく、高周波擾乱遮断の効果も期待できる独自のCFRPバネを用いた分離機構を考案した。

PLANCK型のデザイン

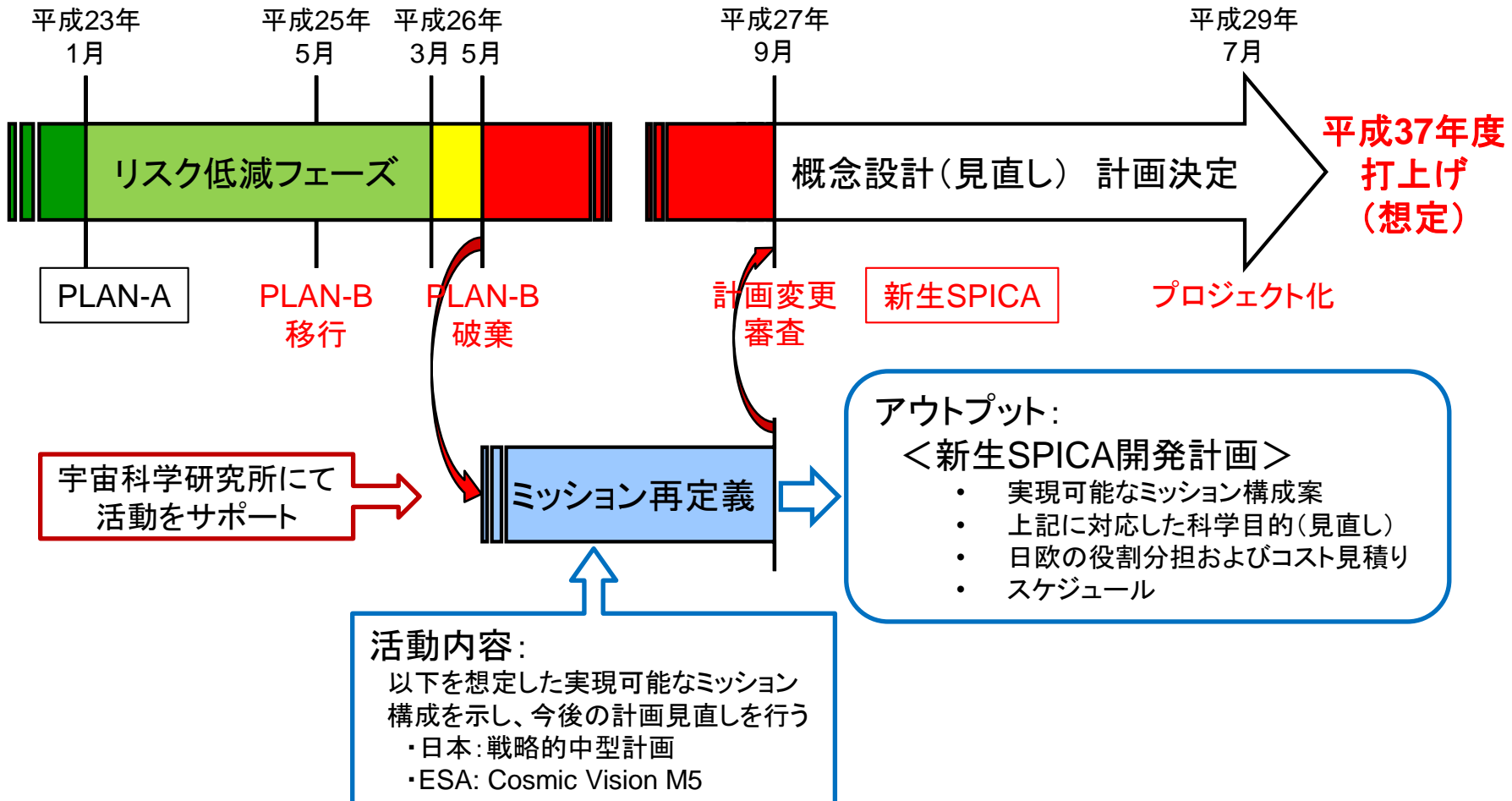


ESA CDF検討チームのPlanck型デザイン。衛星-Z方向に太陽があり、望遠鏡は-Z方向に垂直な面内を観測する(面外オフセットも ± 15 度程度検討中)。これは半年で天空上のどこでも観測可能という科学的要求を満たすため。ロケットフェアリング内で望遠鏡は水平横向きとなる。なお極低温熱負荷を減らすため、トラス分離をGAIAで実証済みの方法で行う。

SPICAミッション再定義のための活動計画



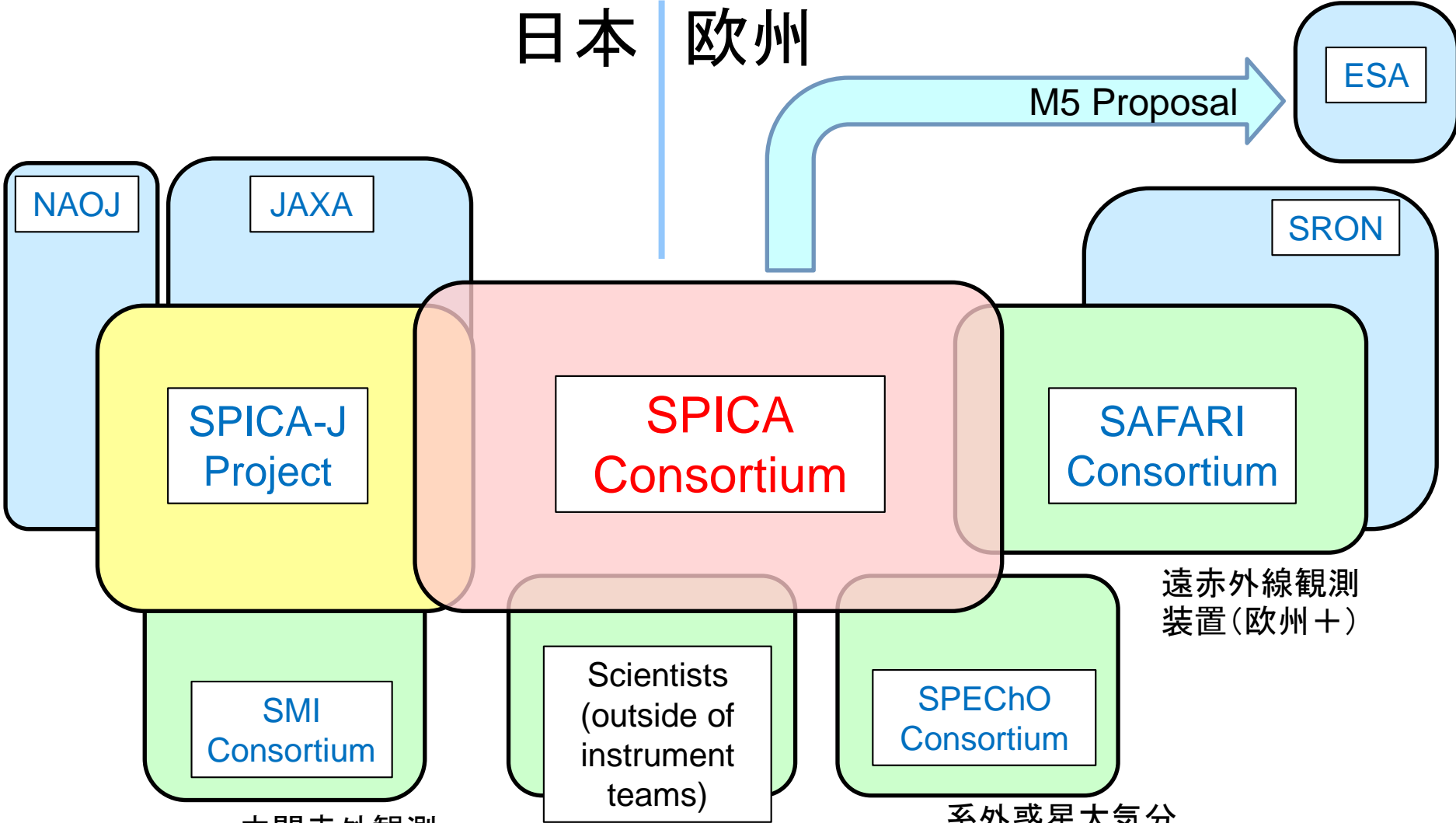
SPICAプリ・プロジェクト



SPICA Consortium



日本 | 欧州



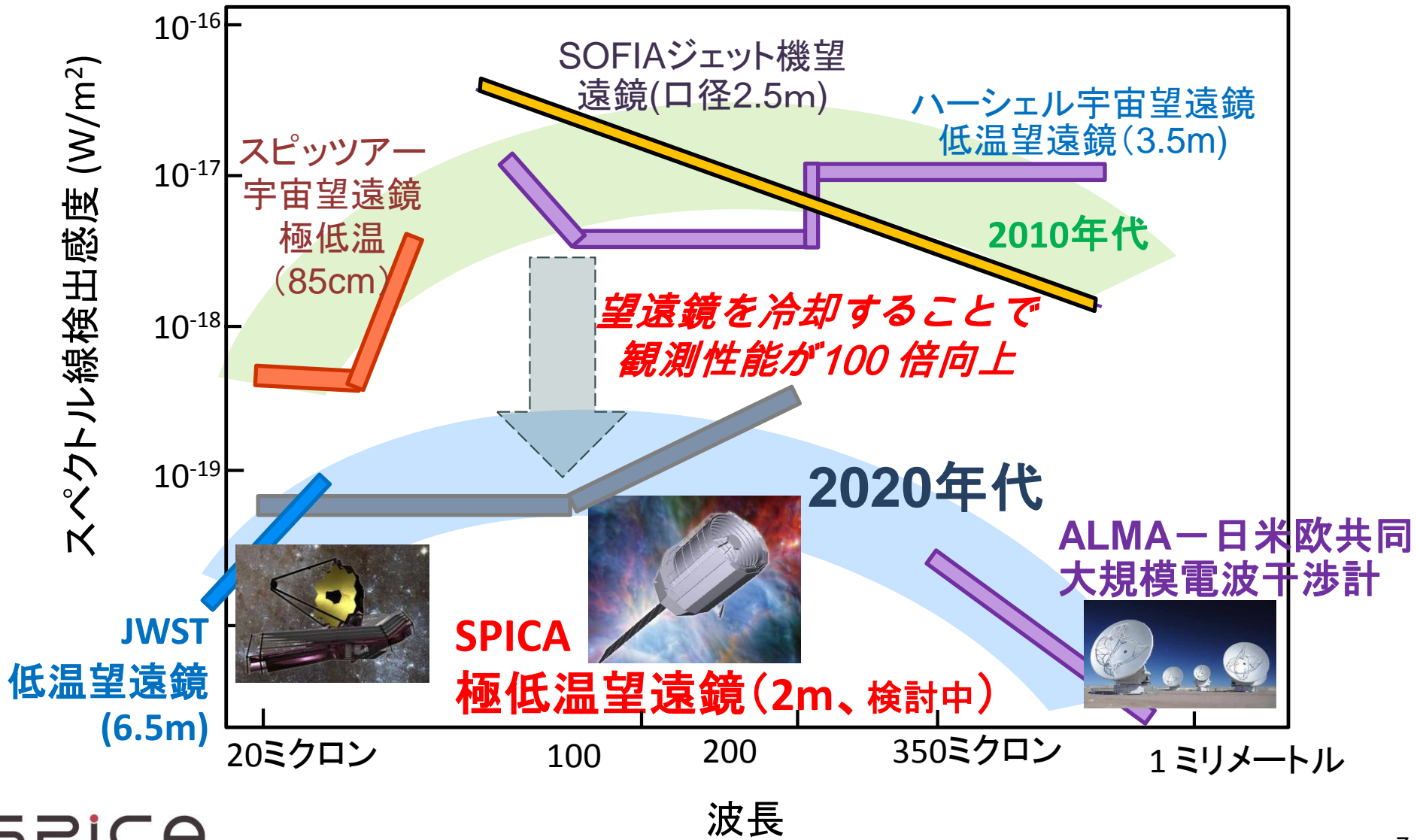
遠赤外線観測装置(欧州+)

中間赤外観測装置(日本)

装置于一ム外研究者

系外惑星大気分光装置(検討中)

最先端宇宙研究の一翼を担う



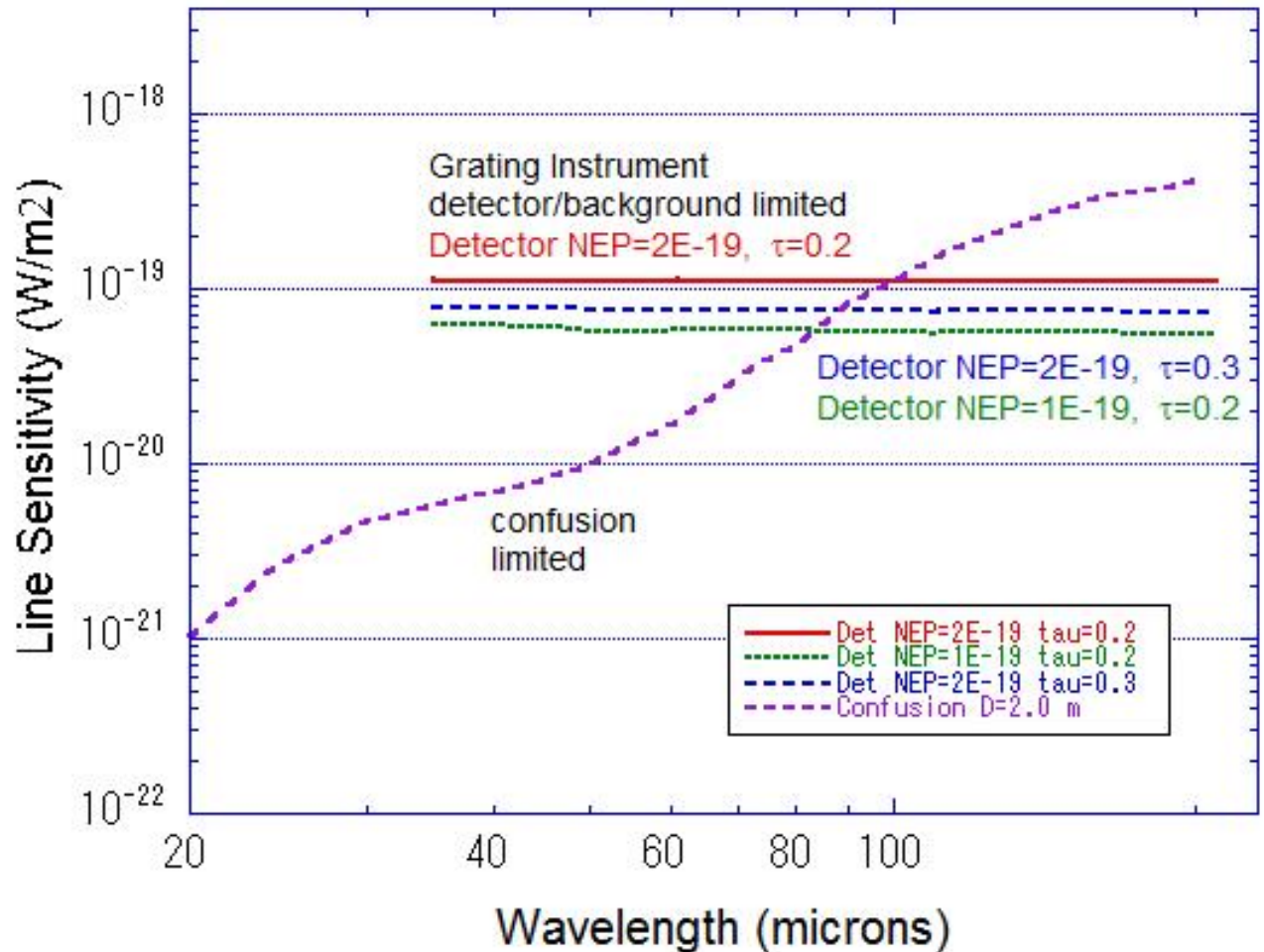


口径 2 m の場合 (1 時間積分)

口径 2 m の場合、検出器のダークNEPを 1×10^{-19} W/Hz^{1/2} に改善するか、4 時間以上積分しなければ 5×10^{-19} W/m² には到達しない。

長波長側では、Raymond et al. (2013) に従って、Confusion の影響を 1/5~1/10 に低減できたとしても、検出感度は約 10^{-19} W/m² である。

Sensitivity (1hour, 5 σ) for unresolved lines (D=2 m)



今後の予定



- 2015年 1月 第3回コアサイエンス会議(大阪)
- 2015年 2月 ESA-JAXA技術検討結果 開示
- 2015年 3月 SPICA Consortium Meeting (Utrecht)
M5に向けた「結成大会」
- 2015年 夏 ESA M5公募アナウンス
- 2015年 9月 JAXA計画変更審査
- 2015年 冬 M5プロポーザルをサブミット
- 2025年頃 H-Xロケットで打上希望