



次期赤外線天文衛星SPICA 試験の技術的チャレンジ

2009年11月13日 試験センターシンポジウム

SPICAプリプロジェクトチーム **SPICA**
Space Infrared Telescope for Cosmology and Astrophysics

1



科学目標およびミッション概要

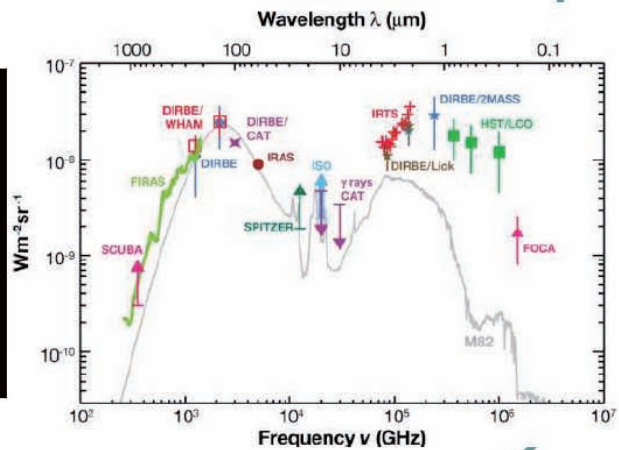
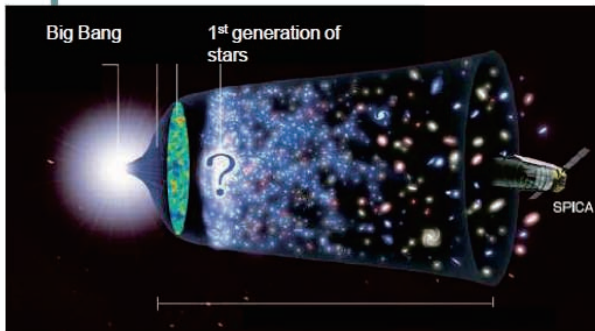
SPICA
Space Infrared Telescope for Cosmology and Astrophysics

2



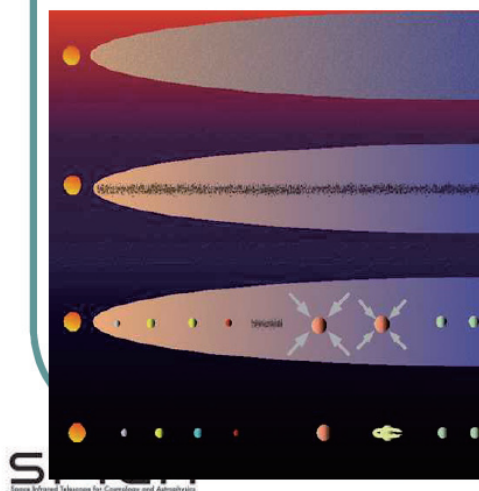
Scientific Goals (1/3)

- 銀河の誕生と進化過程の解明
 - How did the Universe originate and what is it made of ?



Scientific Goals (2/3)

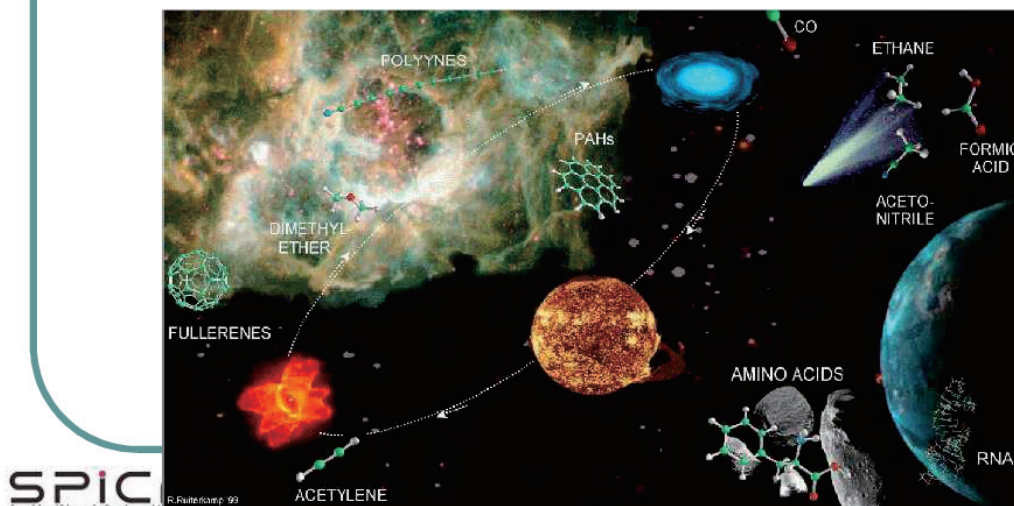
- 惑星系形成過程の総合理解
 - What are the conditions for stellar and planetary formation ?



5

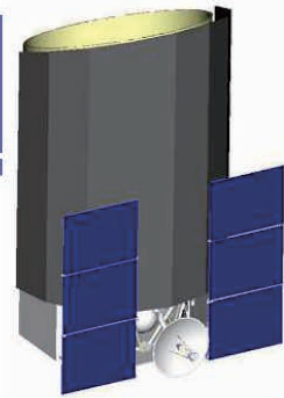
Scientific Goals (3/3)

- 銀河星間空間における物質輪廻の解明
 - How did the universe evolve chemically ?
The emergence of life ?



6

SPICA ミッション概要



- 極低温赤外望遠鏡 (<6K)
 - 口径3m級の主鏡
 - 回折限界 5 μ m
- 赤外線天文観測ミッション (中間・遠赤外線領域5-210 μ m)
- JAXA – ESA国際協力ミッション (Cosmic Vision M-class candidate)、韓国・米国の参加協力も計画
 - 運用軌道: 太陽-地球 ラグランジュ点 (L2ハロー軌道)
 - ミッション期間: 3年 (ノミナル)、5年 (目標)
 - 打ち上げ: 2018年度

SPICA
Space Infrared Telescope for Cosmology and Astrophysics

7



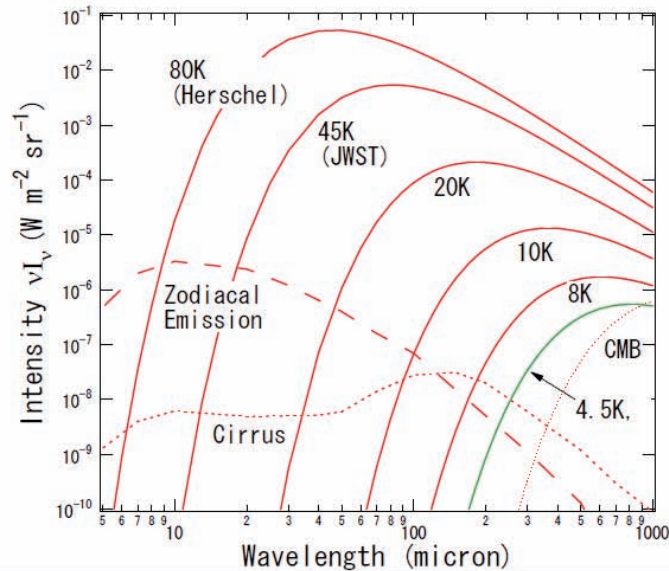
ミッション要求:
Cooling !!

SPICA
Space Infrared Telescope for Cosmology and Astrophysics

8

ミッション要求(1/2)

- 望遠鏡冷却(自然背景放射より低く)

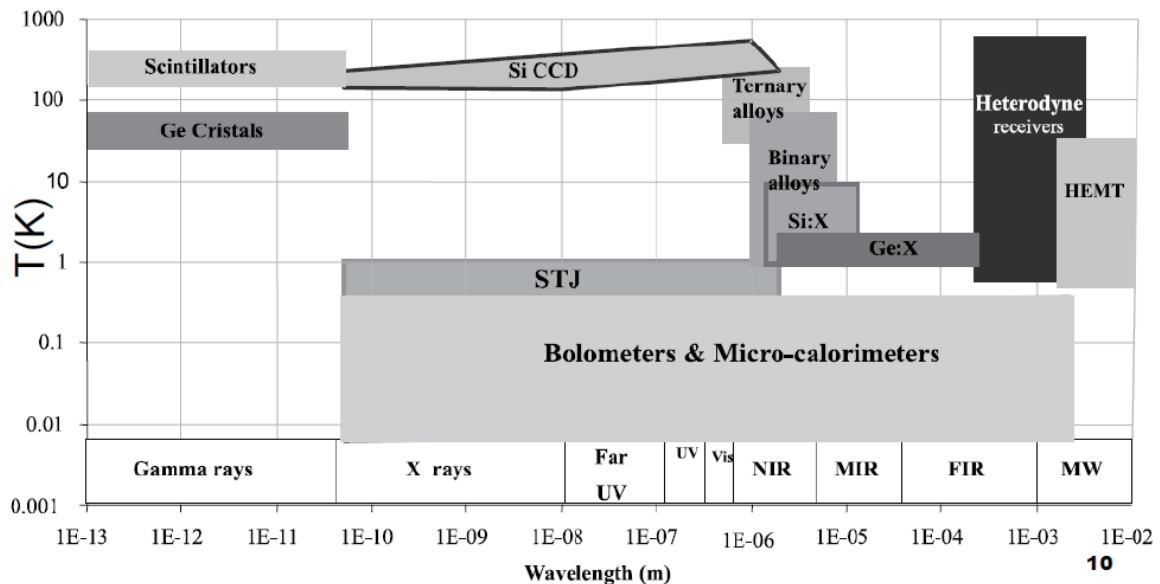


● Telescope Temperature: $\ll 10$ K required 9

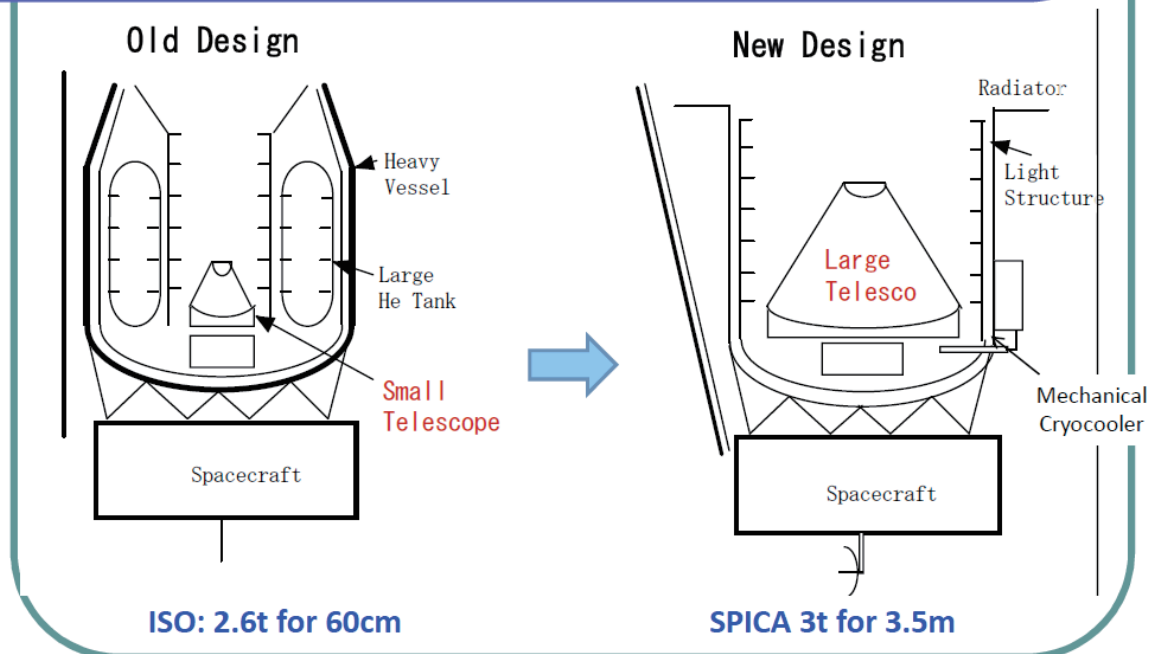
ミッション要求(2/2)

- 検出器冷却

Collaudin & Rando (2000) Cryogenics, 40, 797



ミッション部熱設計思想



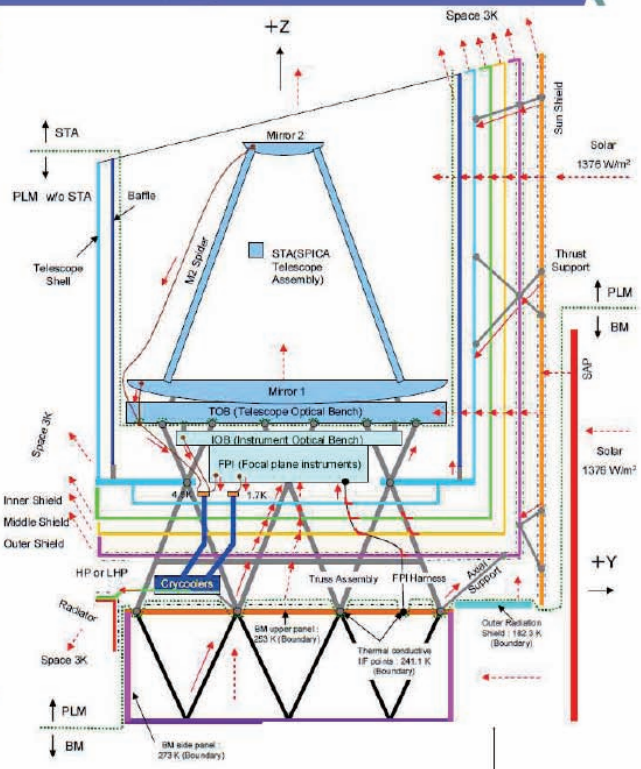
SPICA
Space Infrared Telescope for Cosmology and Astrophysics

No Cryogen → Large Telescope

11

SPICA 冷却システム概要

- 無寒剤
- 断熱・放射冷却
 - 熱シールド
 - 低熱伝導トラス
 - ラジエータ
- 機械式冷却
 - 機械式冷凍機で1, 4Kに冷却

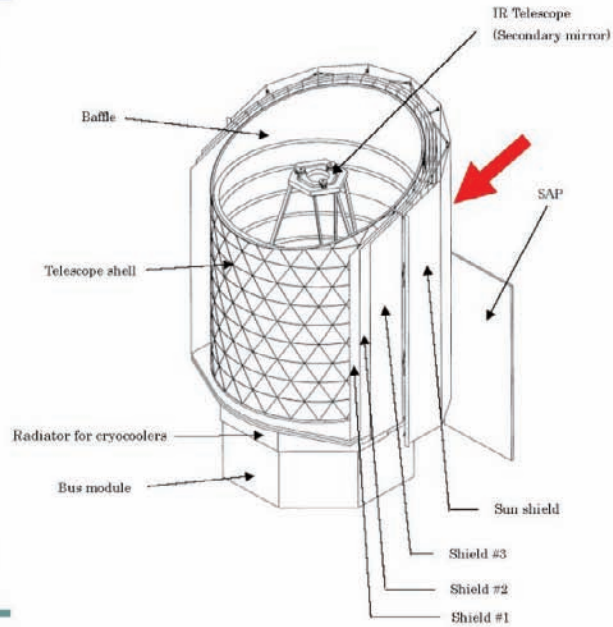


SPICA
Space Infrared Telescope for Cosmology and Astrophysics

SPICA冷却システムの熱設計

概念設計の目的

- ◆ バス部とのI/F条件を明確化し、バス部およびミッション部双方の熱的成立性を確認する。
- ◆ 4.5Kステージ(STA、IOB、FPI)への熱侵入量を熱解析により評価する。
- ◆ 構造条件(剛性、強度)を満たしつつ、ミッション部全体の質量を極力低減する。



SPICA概念設計フェーズ第4回全体会議

機械式冷凍機

| Cooler type | 20 K class | 4 K class | 1 K class |
|-----------------------------|--|---|--|
| Cooling object | Precooling for JT | Primary mirror & Optical bench | Far-IR detector |
| Configuration | 2-stage Stirling | 2ST + ⁴ He-JT | 2ST + ³ He-JT |
| Minimum cooling requirement | 200mW@20K(EOL) | 40mW@4.5K(EOL) (x 2 sets) | 10mW@1.7K(EOL) (x 2 sets) |
| Demonstrated Cooling Power | 325mW@20K | 50mW@4.5K | 16mW@1.7K |
| Driving power | < 90 W | < 160 W (x 2 sets) | < 180W (x 2 sets) |
| Service life | > 5 years | > 5 years | > 5 years |
| R&D level | AKARI (2006) Under improvement | ISS/SMILES (2009) Under Improvement | Astro-H/SXS (2013) Under development |

● Most of the coolers will be flight-proven very soon.

● ADR for TES: under discussion





SPICA試験計画

SPICA
Space Infrared Telescope for Cosmology and Astrophysics

15

SPICA試験計画

- SPICAの特徴
 - 寒剤なしで極低温冷却を実現
 - 地上実証試験が困難
- 試験計画
 - ミッション部熱試験
 - SPICA望遠鏡 (STA:SPICA Telescope Assembly) の冷却光学試験
 - 焦点面観測装置 (FPI:Focal Plane Instruments) 総合性能評価試験

SPICA
Space Infrared Telescope for Cosmology and Astrophysics

16

FM試験計画(案)



SPICA
Space Infrared Telescope for Cosmology and Astrophysics



極低温環境でのSTA光学性能試験

SPICA
Space Infrared Telescope for Cosmology and Astrophysics

SPICA望遠鏡

SPICA Telescope Assembly (STA)

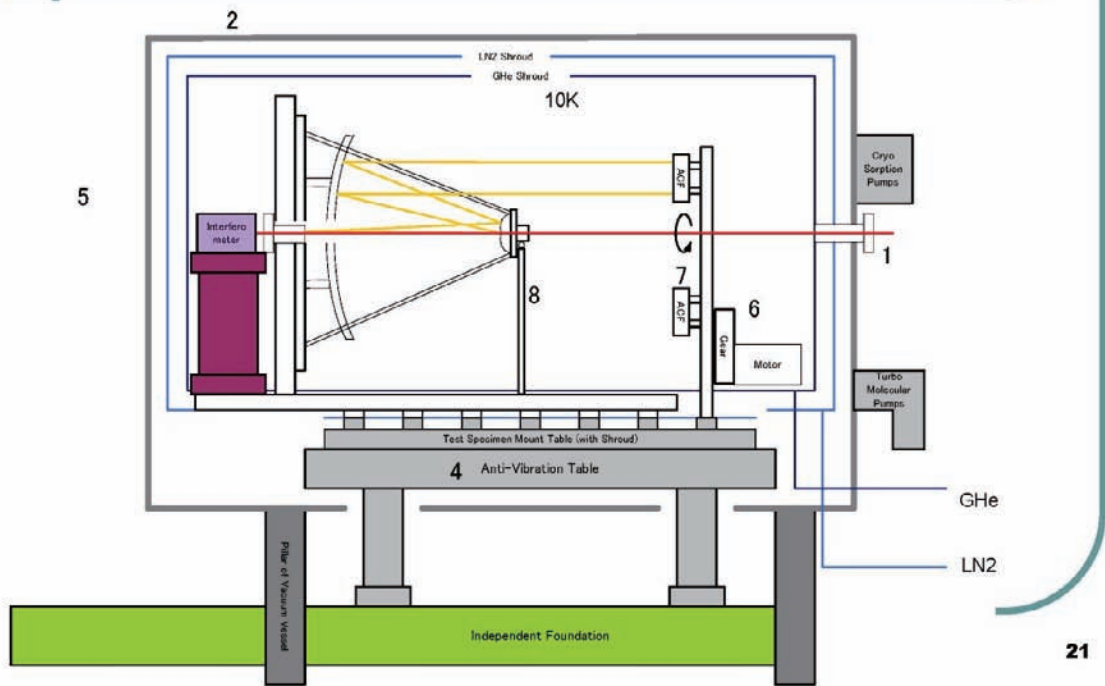


- 3.5m is technically a good choice
 - Monolithic Mirror
 - Ceramic material (SiC)
 - No deployable mechanism
 - Simple, Feasible, Reliable
 - Smooth PSF
 - Essential for Coronagraph
 - **Herschel & AKARI Heritage**
 - SPICA: WFE 0.35 μ m, 5K (3.5m)
 - AKARI: WFE 0.35 μ m, 6K (70cm)
 - Herschel: WFE 6 μ m, 80K (3.5m)

STA極低温性能評価試験(1)

- 時期: 2017年前半、1-2ヶ月間
- 場所: 6mスペースチェンバー
- 構成:
 - IOB(FM) + STA(FM)
- 目的:
 - STAの極低温(<10K)での光学性能の評価。
 - スティックング法で複数の測定を接続する
 - シュラウドを増設しく10Kを実現。

STA極低温性能評価試験(2)



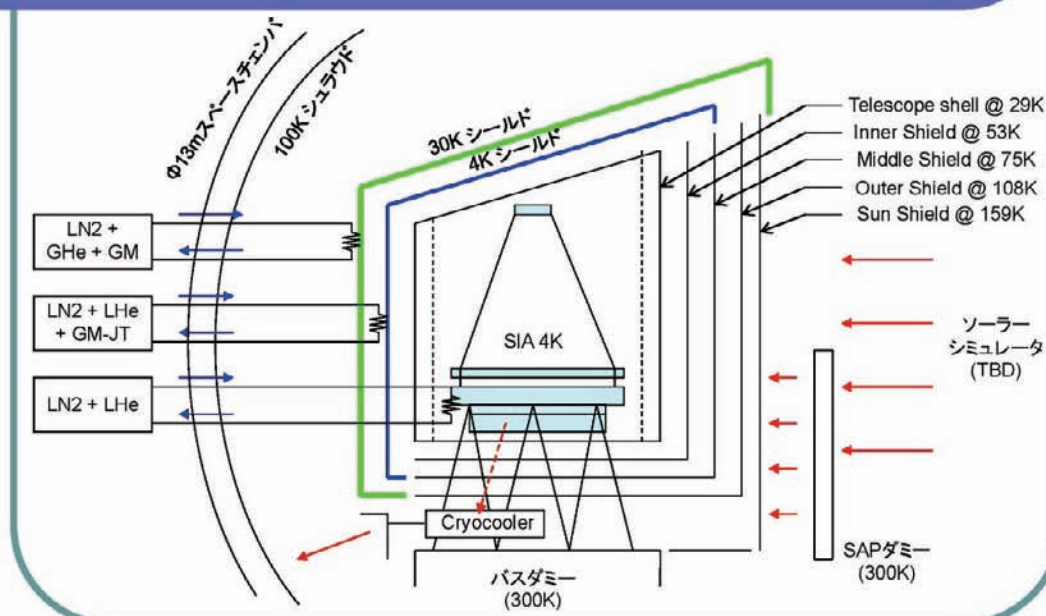
ミッション部熱試験

SPICA
Space Infrared Telescope for Cosmology and Astrophysics

ミッション部熱試験

- 目的
 - SPICA冷却システムの性能評価
- 場所: 13mスペースチェンバ(要調整)
- 方法
 - 既存チェンバーに極低温シールドを追加
 - 30Kシールド: LN₂(室温→80K) ⇒ GHe(80K→30K)
 - 4Kシールド: LN₂(室温→80K) ⇒ LHe(80K→4K)
 - 冷却時間短縮のための追加冷却能力の必要性
 - SIAをLHeで強制冷却後、搭載冷凍機(FM)で4.5Kに維持
 - SIA (Scientific Instrument Assembly)
=STA + IOB + FPI

ミッション部熱試験



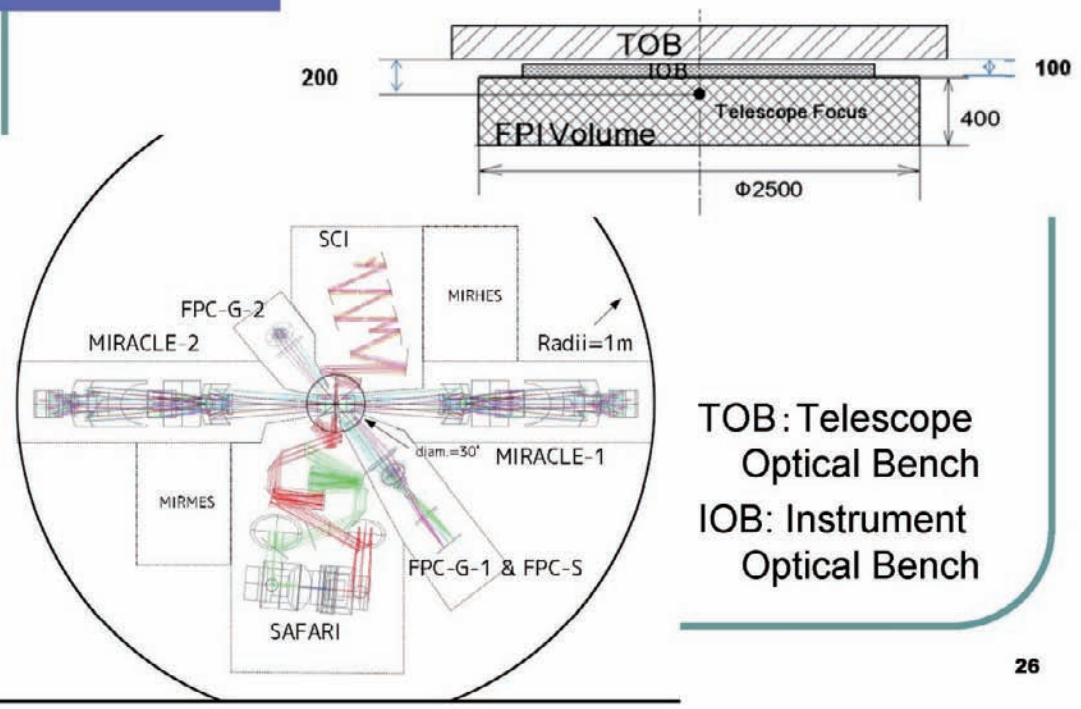


FPI総合性能評価試験



25

SPICA望遠鏡焦点面観測装置 Focal Plane Instrument (FPI)

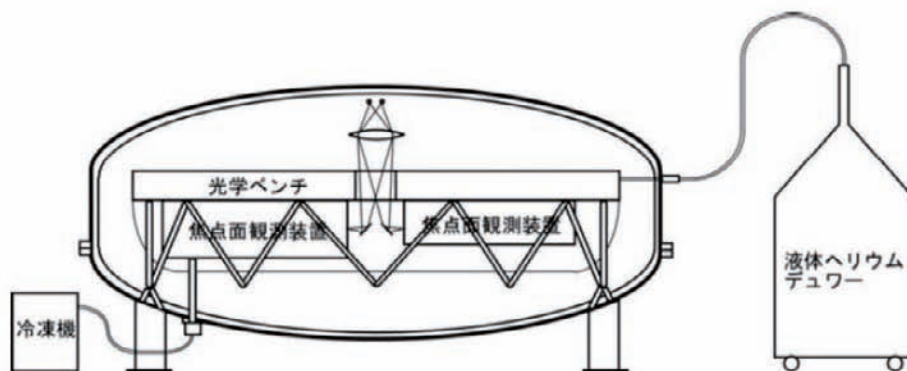


26

FPI低温性能評価試験 (1)

- 時期: 2016年後半、1-2ヶ月間
- 場所: 6mスペースチェンバー? (要調整)
- 構成:
 - IOB(ダミー) + FPI(FM) + 冷凍機(FM) + FPI-E(FM) + STAシミュレータ
- 目的:
 - すべてのFMのFPIがそろった状態で、極低温におけるすべてのFPI機能と、電氣的・光学的性能評価試験(光学性能はSTAシミュレータで)および相互干渉試験。

FPI低温性能評価試験 (2)





質疑応答

質問者①

1点ご質問したいことがあるのですが、光学系でさらに極低温の試験を組まれるということで、ミラーに対するコンタミはかなり問題になってくるものと思われれます。

今後、具体的にコンタミに対して、試験運用と試験と軌道上の運用に対して、どのように管理していくのか、決まっていることがあれば教えていただきたいのですが。

発表者

コンタミに関する軌道上での考え方、試験でどのように考えるかといったところで、治具としての300Kがあり、一方4Kがあつて、言ってみればこの4Kがかつこうのコンタミトラップになっていますので、こういった治具から見たコンタミをどのようにするかといったところを考えないといけないというところは認識しております。

一つの大きな案としては、バス部と一緒にしない。バス部からいろいろなコンタミが出てくると思いますので、バスとミッションをSAPも含めて切り離して、治具でその温度をカバーして、個々に対するコンタミの影響を取り除くというのを試験では一つ考えています。

軌道上でもすごく重要なところで、打上前に当然のことながら各機器をベーキングしなければいけません。具体的な対応策というのはまだ無いのですけれども、光学性能もそうですが、熱制御系に対しても大きい影響を及ぼすものがコンタミだと認識しておりますので、今後の検討事項だと考えております。

質問者②

LHe を搭載しないで極低温を実現するということですが、衛星の寿命を決定する上で一番ネックとなる部分はメカニカルな冷却系なのでしょうか。それとも他にあるのでしょうか。

発表者

過去の衛星では寒剤を積んでいたもので、その寒剤の消費時間がミッション寿命を決定していました。SPICA ではご指摘の通り、機械式冷凍機のメカニカルな部分というのが、衛星の寿命を決める一つの要素になります。

冷凍機は確実に寿命を決める要素となっておりますので、その信頼性の向上というのが一つの重要な研究課題となって我々が取り組んでいるところです。

質問者③

冷却の話も出たのですが、チャンバになると振動の問題が出てくると思います。6mの中

に GHe のシュラウドを設けるとお話を、この辺が振動源になると思います。なおかつモータ駆動部は、いくら独立基礎を設けても、自身で振動が出てくるので、低温以外にも常微振動の方の検討が必要かと思いますが、いかがでしょうか。

発表者

SPICA の光学系に関して、擾乱振動というのはまた重要なファクターです。望遠鏡の試験に対してどのように擾乱を考えていくかというのは、現状まだ検討しきれてないところではあります。ご指摘のように He 配管やモータが擾乱源として存在する試験となりますので、何かしらの擾乱を補正する考えが今後必要になると思います。

質問者③

低温に加え、擾乱の方も含めて検討を進めていただければと思います。