

# The next-generation space infrared astronomy mission

**SPiCA**  
Space Infrared Telescope for Cosmology and Astrophysics

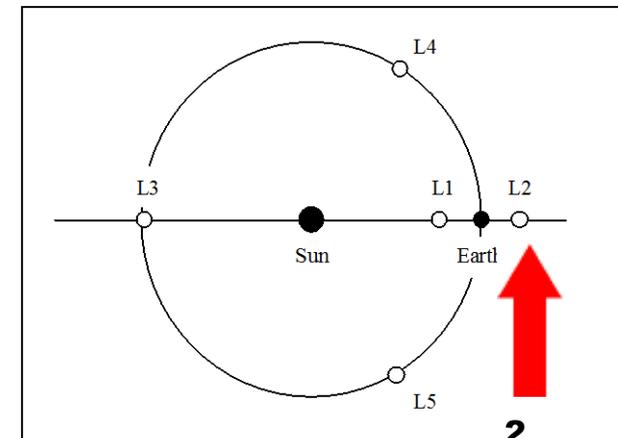
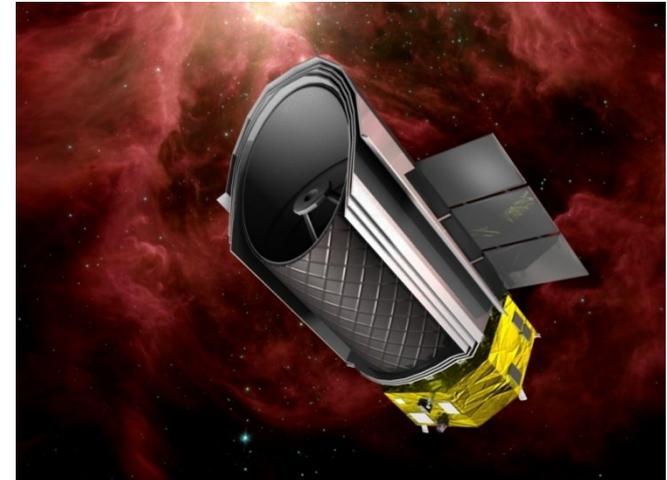
**SPiCA GOPIRA Symp**  
**August 2013**

T. Nakagawa, H. Matsuhara, Y. Kawakatsu (ISAS/JAXA)  
for SPiCA Team

*Institute of Space & Astronautical Science*  
*Japan Aerospace Exploration Agency*

# SPICA Mission Overview

- Telescope: **3.2m (EPD 3.0m), 6 K**
  - Superior Sensitivity
  - Good spatial resolution
- Core wavelength: **5-210  $\mu\text{m}$** 
  - MIR Instrument
  - Far-Infrared Instrument (SAFARI)
- Orbit: Sun-Earth L2 Halo
- Mission Life
  - 3 years (nominal)
  - 5 years (goal)
- Weight: 3.7 t
- Launch: 2022
- International mission
  - Japan, Europe, Korea, Taiwan, (USA)



# SPICAの位置づけ

- 宇宙科学分野では、これまで国際協力の下で様々な衛星・探査機の開発が進められてきた。赤外線天文学分野においても、これまで各国が特色あるミッションを交代で主導し、発展させてきた。そして、今後さらなる発展を遂げるため、各国が一つの計画に集中し、分担して進めなければならない時代に突入しつつある。そのような認識の下、**世界の赤外線天文学コミュニティはSPICAを次世代赤外線天文衛星ミッションとして位置付け、SPICAに結集し、SPICAを分担して進めようとしている。**
- SPICAは我々人類が抱き続けてきた根源的な問いに挑み、その問いへの答えを導き出すものであり、そこから新たな学問分野が創出され、人類の宇宙に対する見方や考え方も変える可能性を秘めている。つまり、**SPICAの成果は人類共通の財産であり、SPICAは人類を牽引する学術研究のブレークスルーを起こすものである。**また、技術開発の観点では、大型望遠鏡、高精度姿勢制御技術、冷却技術などの宇宙開発の鍵となる重要技術をSPICAを通じて日本が獲得することは、将来の天文衛星や地球観測衛星への道を拓くことに繋がる。
- 以上のように、SPICAは人類を牽引する学術研究・科学技術のブレークスルーを起こすことを世界中が熱望するプロジェクトであり、**宇宙先進国たる日本が国家の品格を保ち、主導する、我が国のフラッグシップミッションと位置付けられる。**

# Outline of my Talk

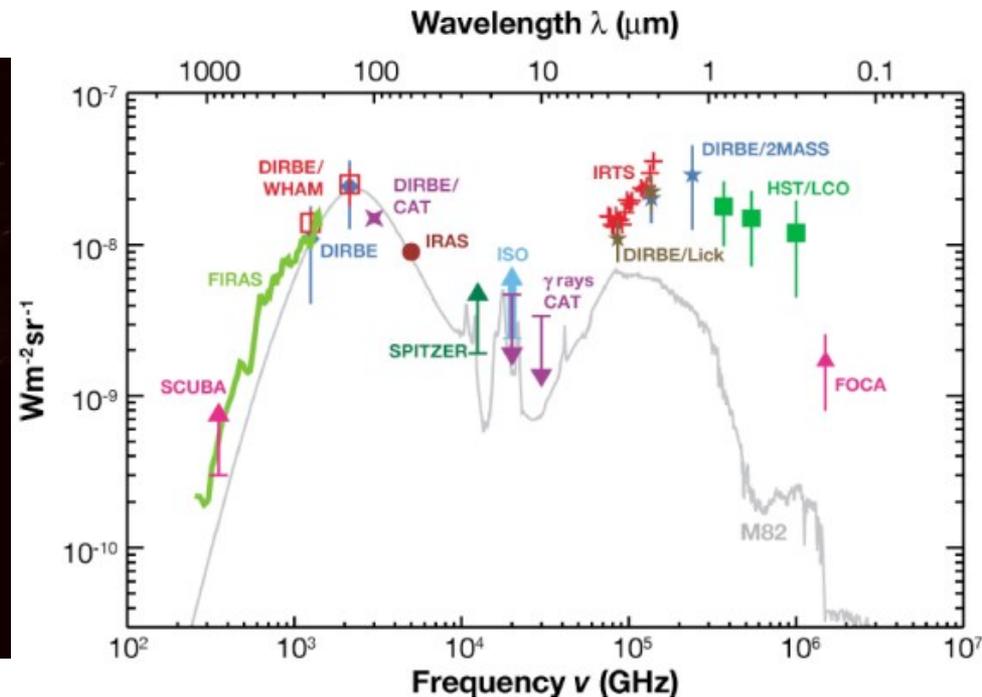
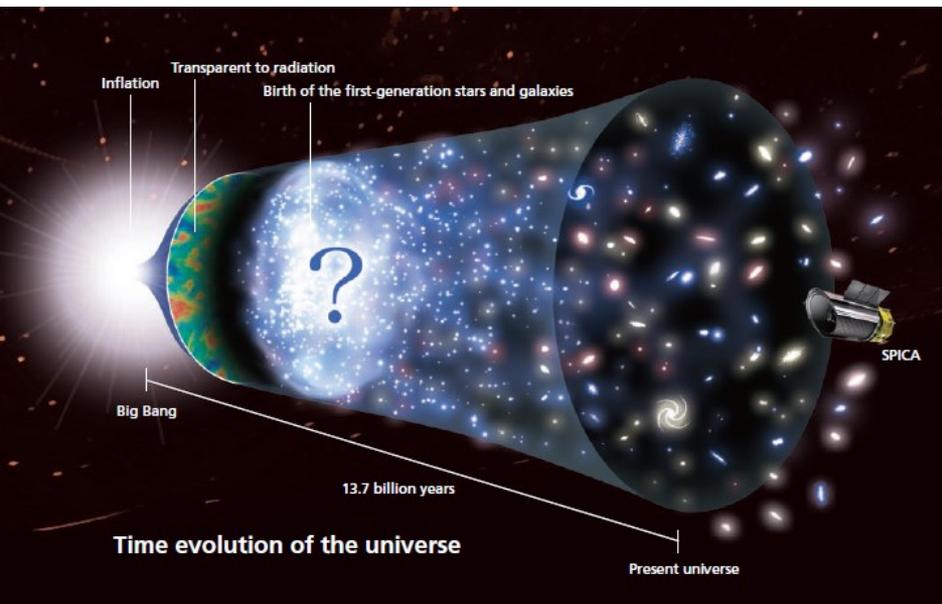
- Scientific Goals
- Mission Overview
- Programmatic Status

# 科学的意義

- 「ビッグバンから生命の誕生まで」の宇宙史における天体の進化過程を明らかにする。
  - SPICAの特徴: 宇宙塵の帳をあげ、天体の真の姿に迫る
    - 宇宙塵に阻まれて他波長では見ることのできない宇宙での天体の歴史の中で最も重要な「進化過程」を、赤外線高感度観測により解明する。
  - 具体的科学テーマ
    - 銀河誕生のドラマ
      - 宇宙初期には星形成の勃興期があったのか？
      - 最初に輝いた原始の銀河は今いずこへ？
    - 惑星系のレシピ
      - 太陽系誕生は宇宙進化の必然か？標準モデルは正しいのか？
    - 宇宙の物質輪廻の解明
      - 宇宙の物質はいかにして現在の元素組成となったか？

# Scientific Goals 1

- How did the Universe originate and what is it made of ?

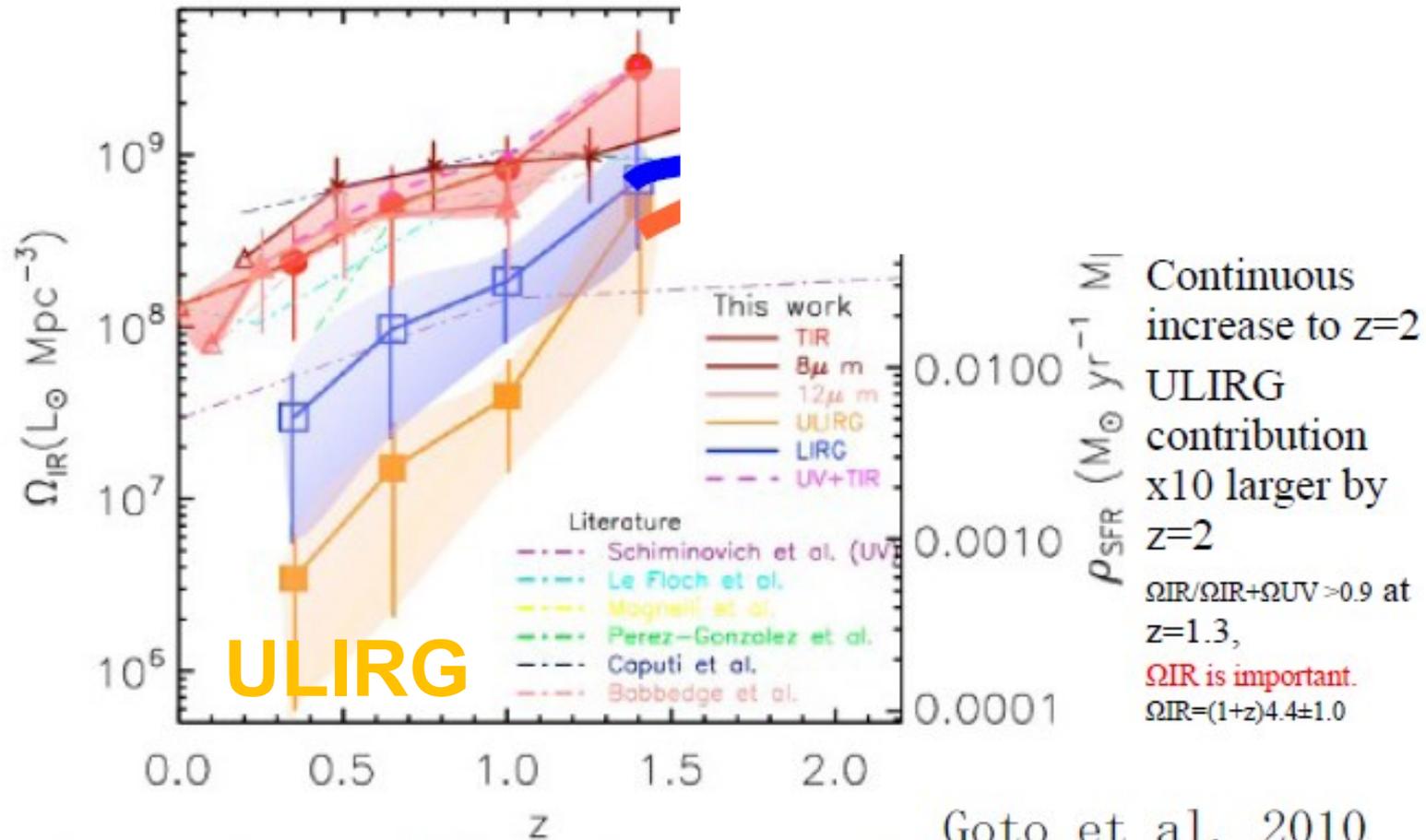


→ **Hidden Universe to be revealed by FIR Observations**

# Extinction is a problem

## Cosmic star formation history

Spectroscopy in MIR and FIR required



GOODS-N: 250/350/500  $\mu\text{m}$

250  $\mu\text{m}$

350  $\mu\text{m}$

500  $\mu\text{m}$

What are they ?

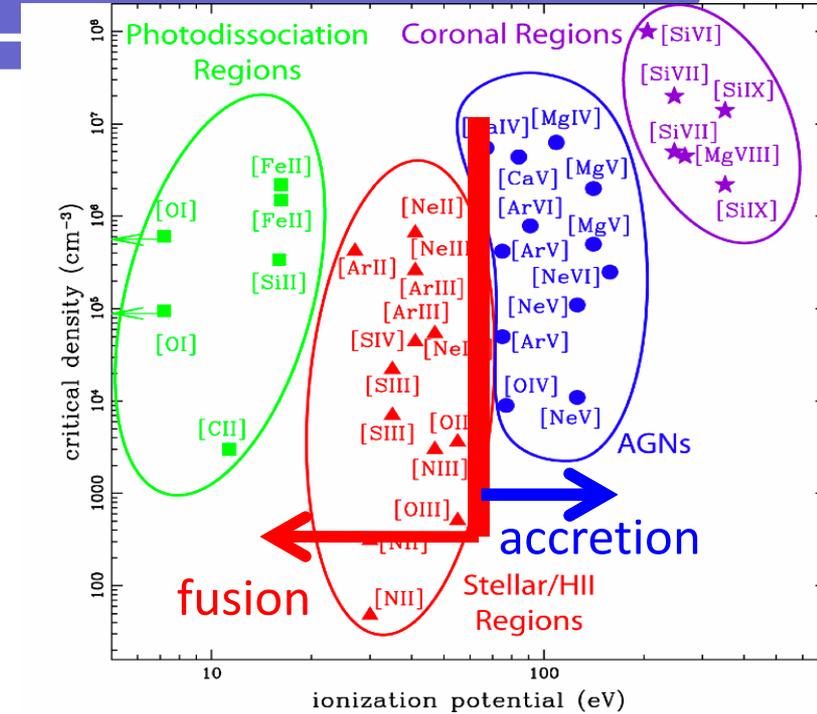
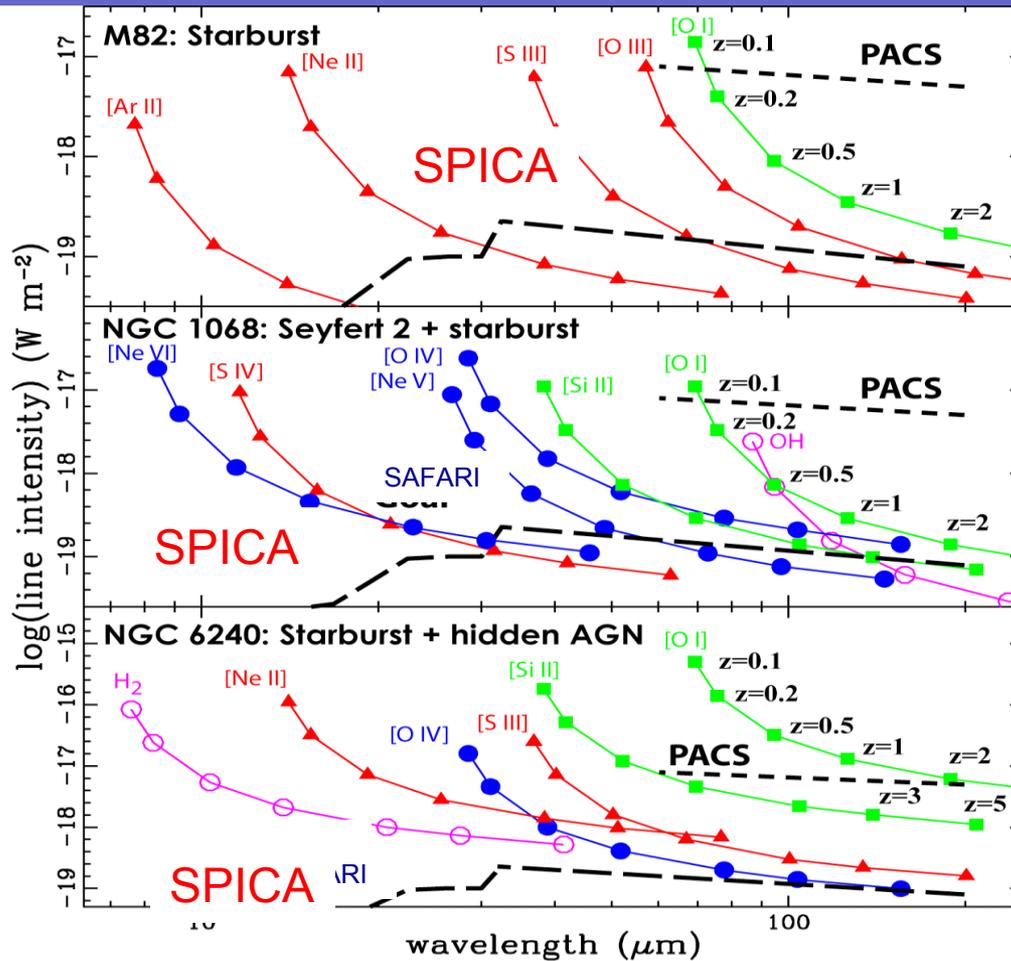


Spectroscopy

10 arcmin

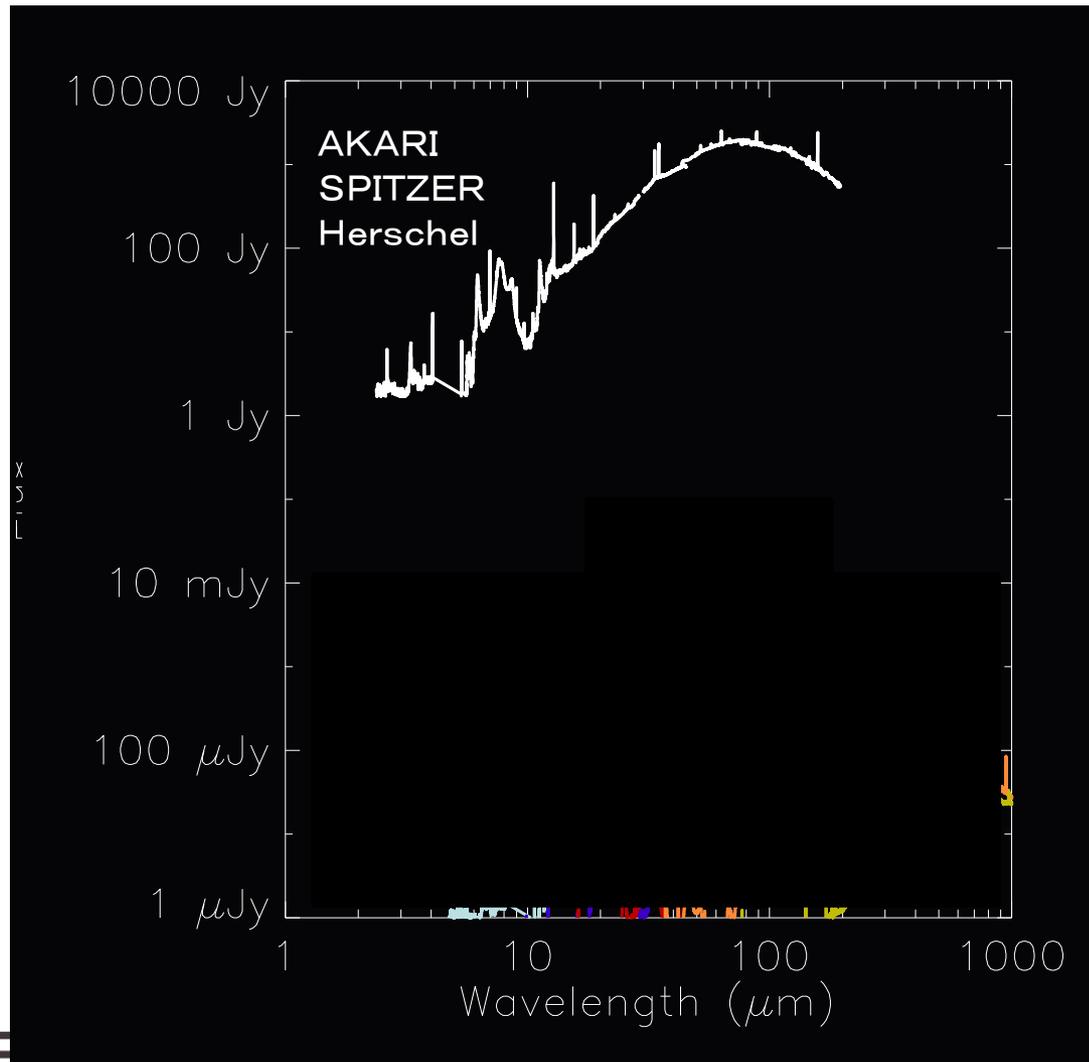


# AGN vs Starburst: Diagnostic Lines



- Key diagnostic lines in mid- to far-infrared out to  $z > 3$  even in obscured system

# Characterizing Hidden Nature of Galaxies

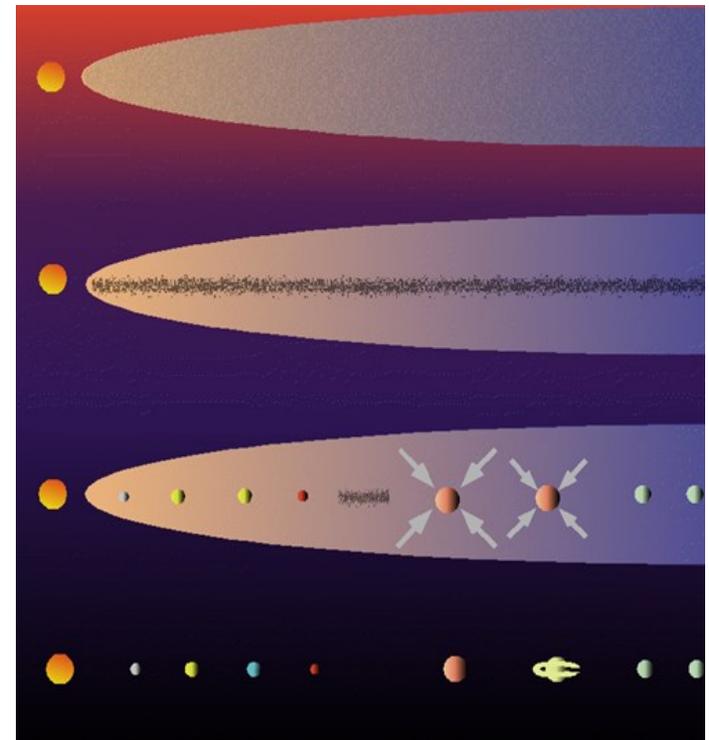
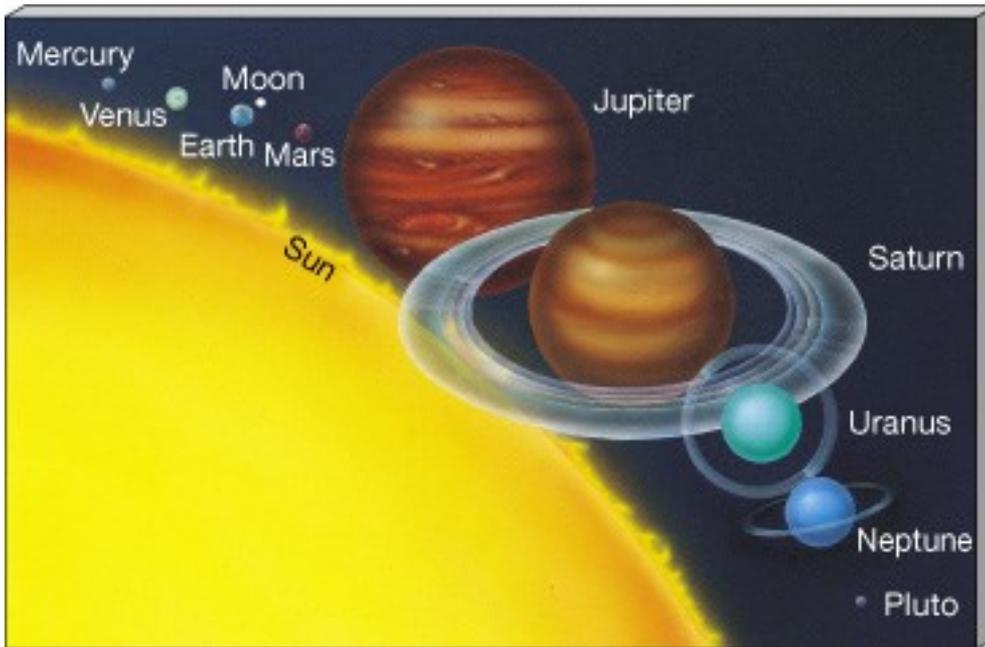


Revealing true nature  
of obscured galaxies,  
Starburst and /or Super  
Massive Black holes

**SPICA  
observations  
are essential**

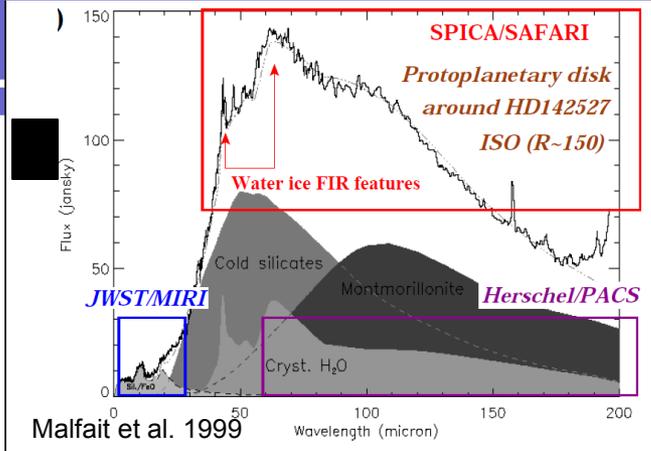
# Scientific Goals 2

- What are the conditions for stellar and planetary formation ?

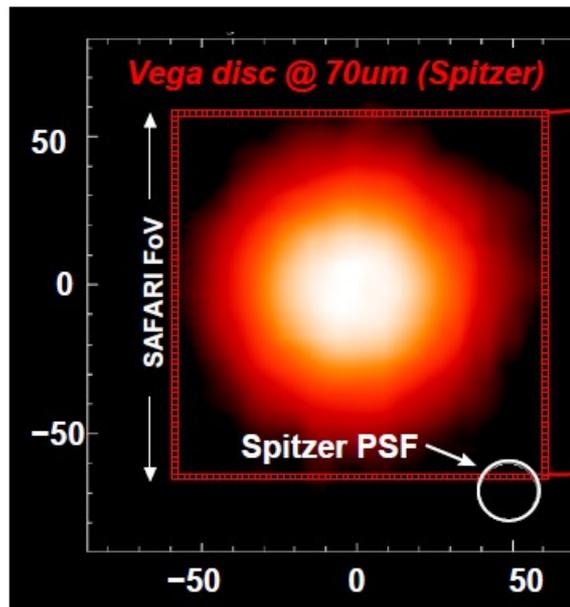


→ **Mid- and Far-IR observations for gas and dust phases**

# Gaseous Planets vs Rocky Planets

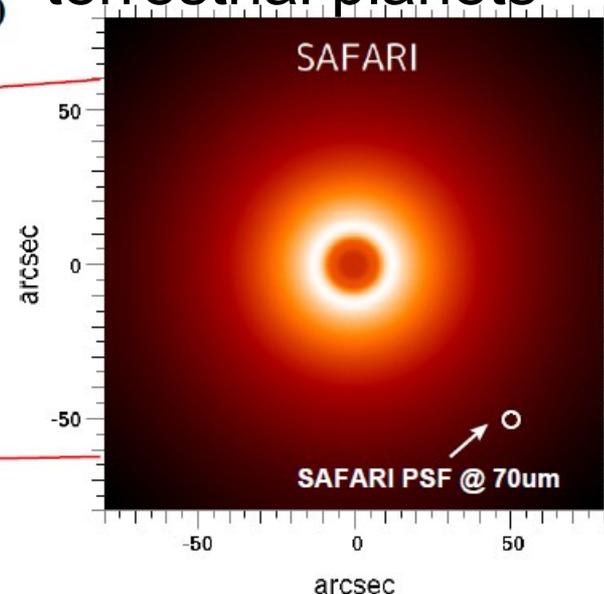


- H<sub>2</sub>O ice is expected to play a crucial role in planetary formation
- What made the difference between Giant planets vs terrestrial planets



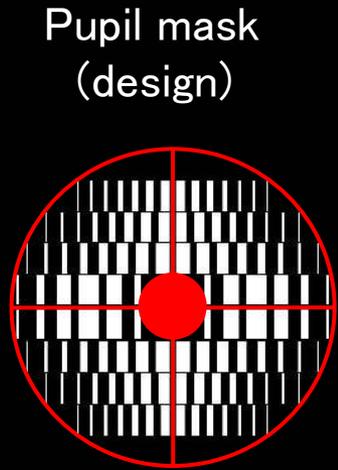
Su et al. 2005

c) Simulated Vega Disk Observation

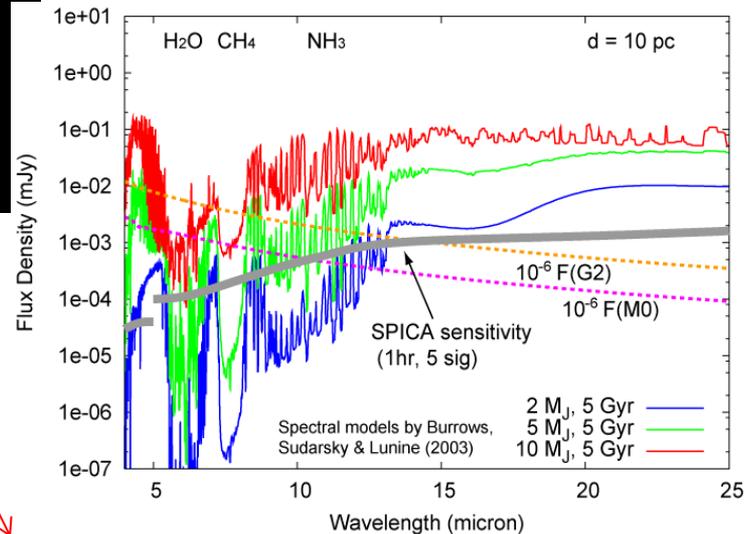
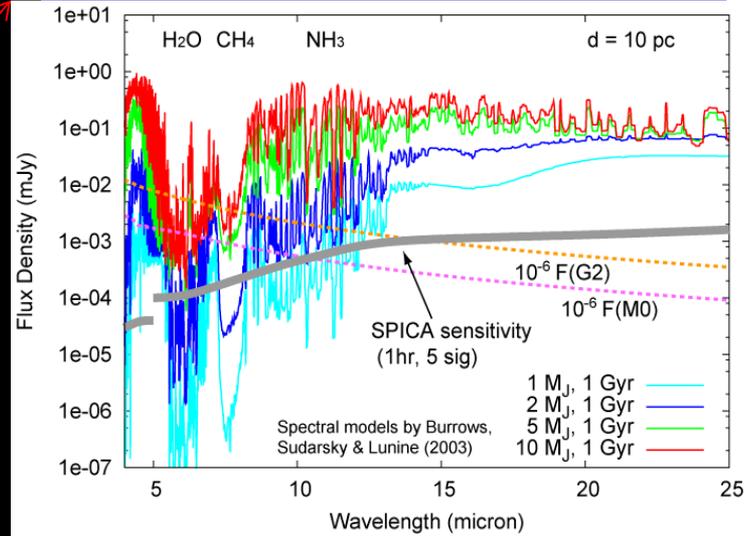
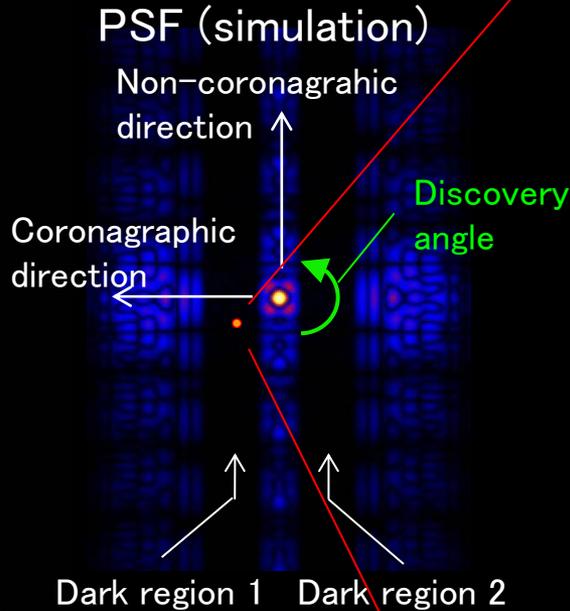


Resolution to image “snowlines” in local systems

# Characterization of Exoplanets



SPICA  
Coronagraph

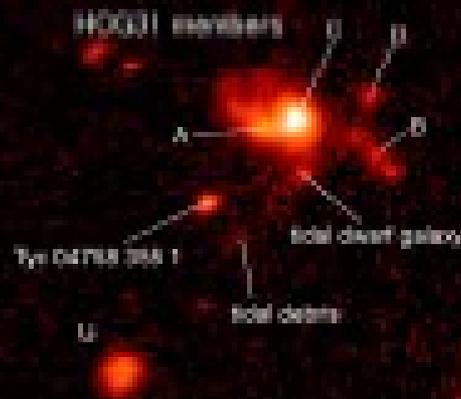


- Characterization of atmosphere of exoplanets
  - Challenge to detect O<sub>3</sub> features at 9.6μm: **Biomarker!**

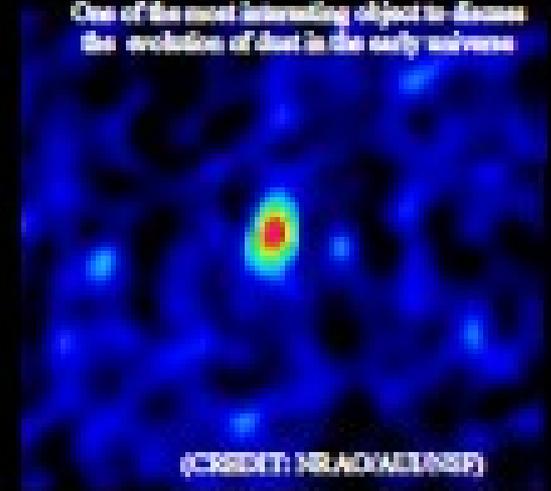
# Life Cycle of Dust

ALISA Spax image of Hickson Compact Group 21  
 – the site of galaxy interactions and the formation of Tidal Dwarf Galaxies

60"



VLA image of T148-3251  
 – the most distant quasar at z=6.4  
 One of the most interesting objects to discuss the evolution of dust in the early universe

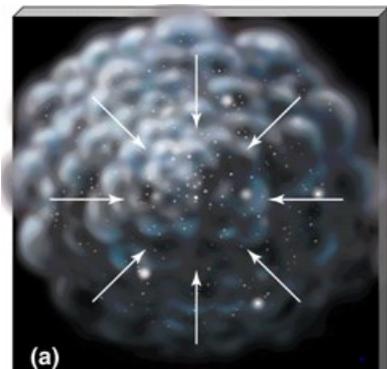


- where the dust is formed
- how they are ejected into the interstellar space
- how they evolve in the interstellar space in a galaxy
  - where and how the dust is destroyed
  - how they enrich the universe

# SPICAの特徴:他の大型計画との関係: 天体形成のジグソーパズルの完成

星間雲:星惑星系の材料

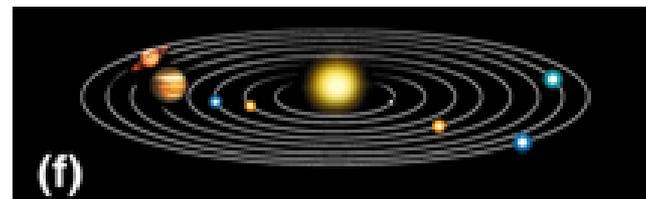
もしSPICA  
がないと



ALMA(電波)



成熟した星惑星系



すばる、TMT  
(可視光線、近赤外線)

形成中の星惑星系(過程の解明)



SPICA  
の役割



SPICA

中間・遠赤外線における卓越した感度により、星間雲から天体が誕生する際に本質的に重要な「過程」を解明する。

- 計画間のシナジーでより高い価値の創出へ
  - ALMAは天体形成の「材料」を、すばる、TMTはその「結果」とを解明する。しかしながら、これらだけでは、その間をつなぐ一番重要な「過程」が不明のままである
  - SPICAは、「材料」と「結果」を結ぶ「過程」を解明し、天体形成解明のジグソーパズルを完成させる。これにより、ALMA, すばる、TMTの価値も相乗効果で高まる。

# AKARI Point Source Catalogue

AKARI is a JAXA mission with  
ESA and Int. Consortium

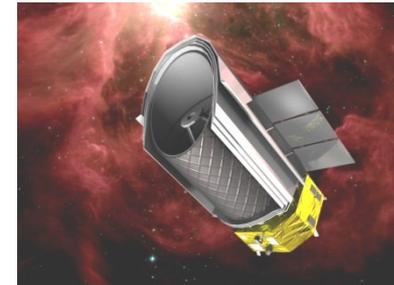


With an AKARI map in hand,  
Let's start "treasure hunting"

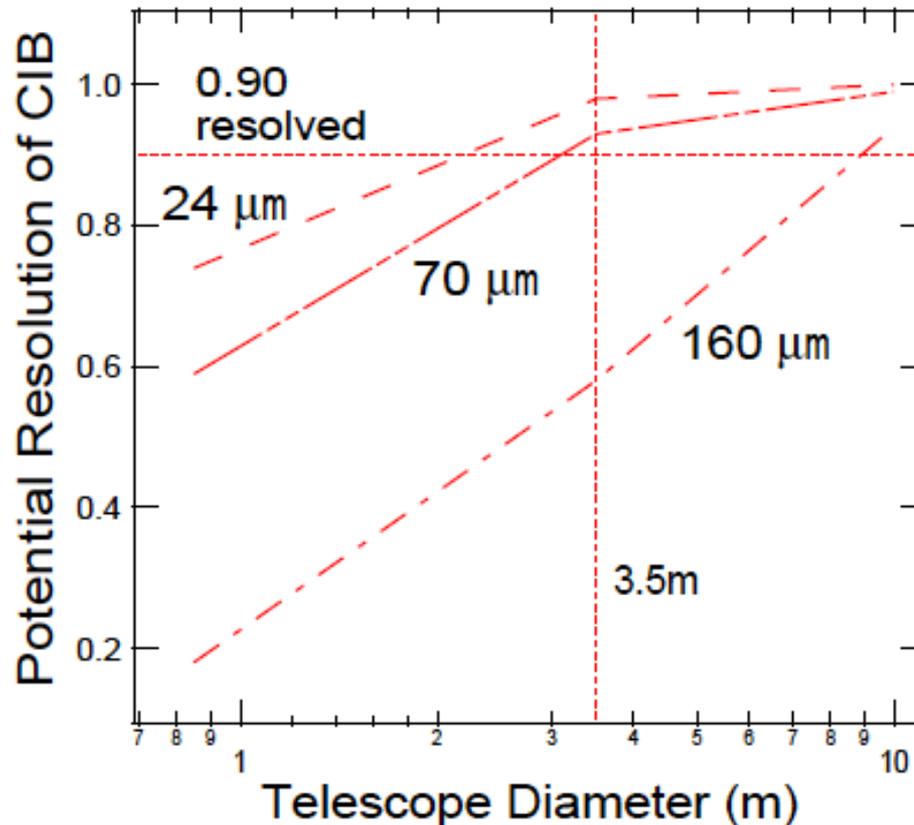
blue = 9  $\mu\text{m}$ , green = 18  $\mu\text{m}$ , red = 90  $\mu\text{m}$

- AKARI was launched in 2006
- Ideal inputs for SPICA with 1.3 million sources

## Mission Overview



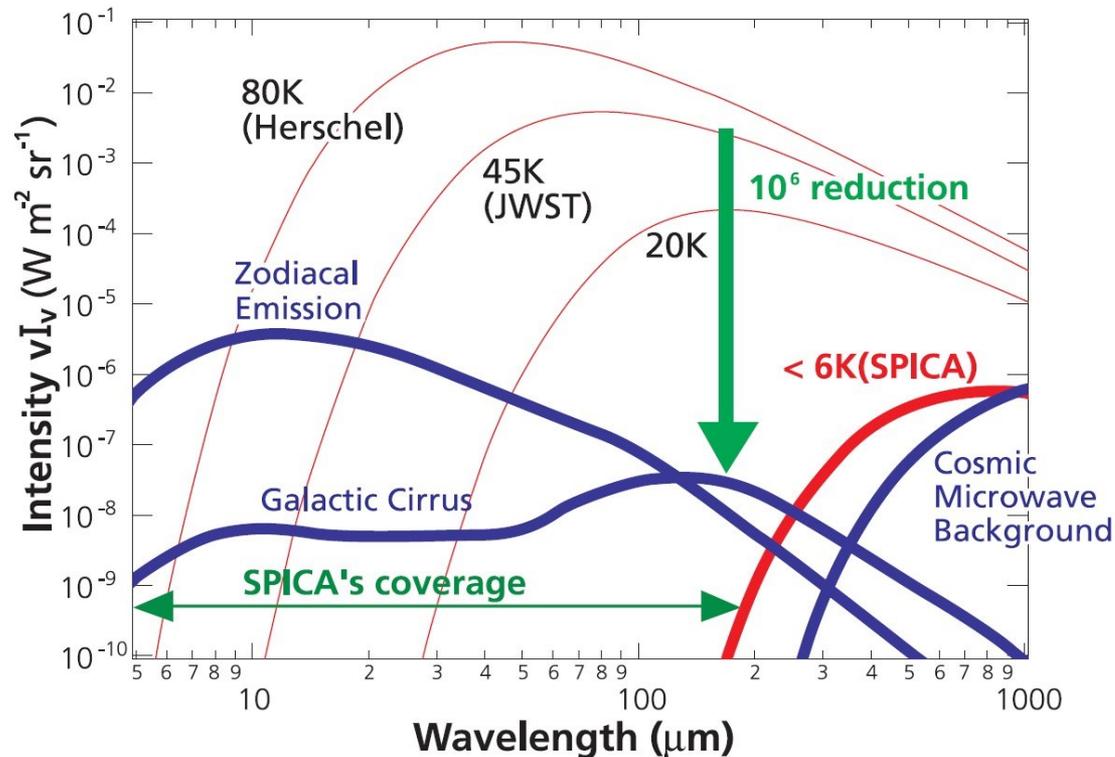
# Requirements: high spatial resolution



- High spatial resolution
  - → 3m-class telescope required

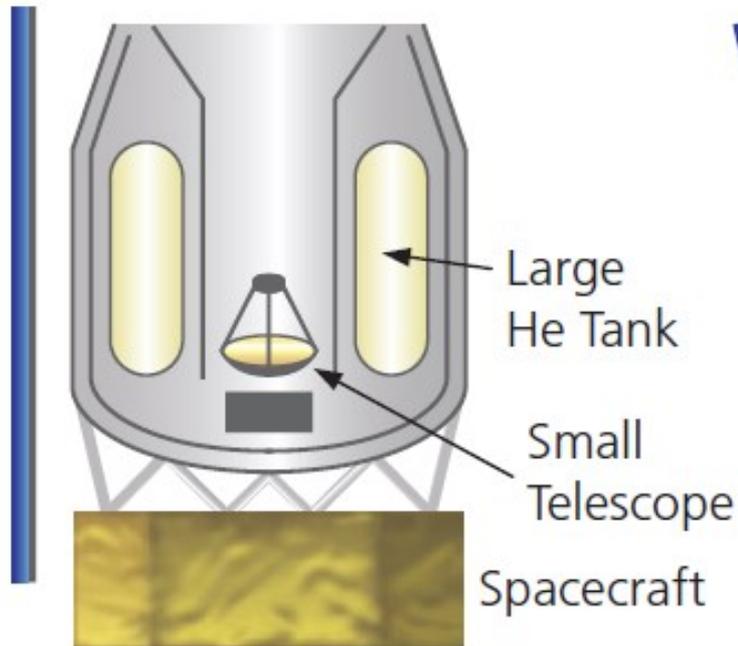
# Requirements: Cooled Telescope

- $T < 10$  K is required to improve sensitivity
  - Background Radiation can be reduced by a factor of **one million** !

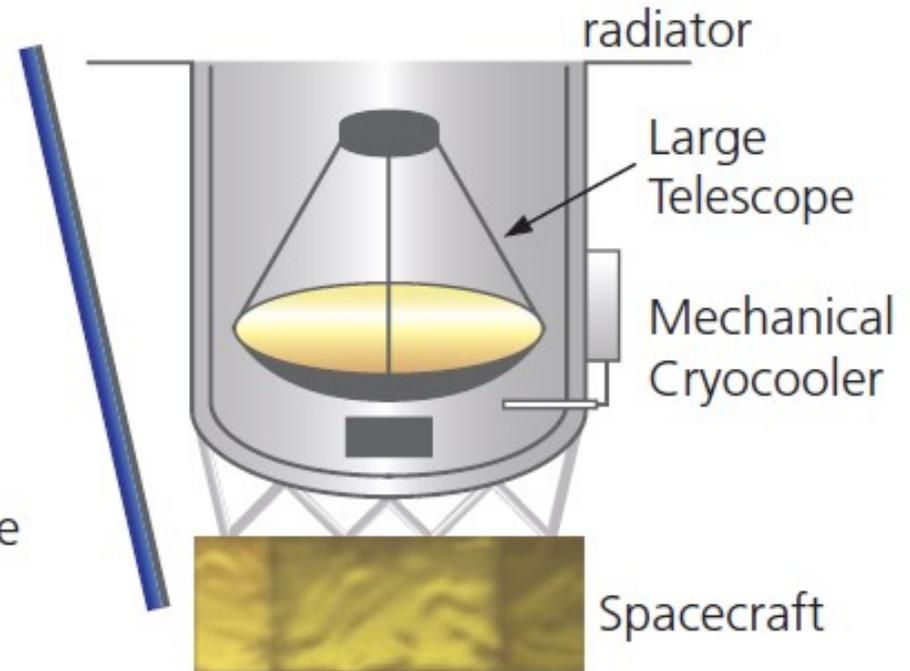


# Cryogen-free mission

Today's Space Telescopes



SPICA new design



Lighter and Larger

# Heritage of Mechanical Cryocoolers

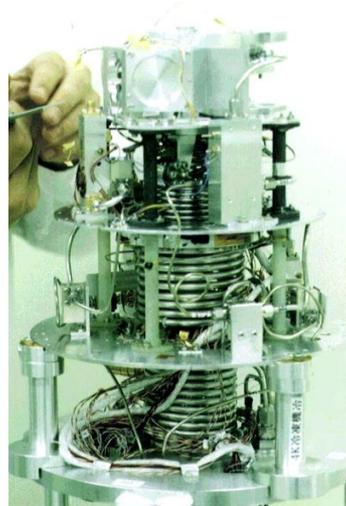
## ● AKARI

- 2-stage Stirling  
200mW @ 20 K
- Long-life test >  
5yrs
- 2006



## ■ SMILES

- JT 30mW@ 4.5 K
- 2009



## ■ SUZAKU

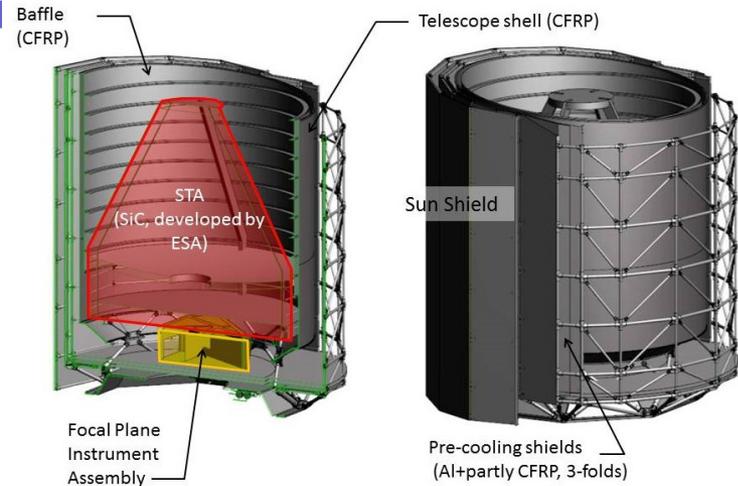
- ADR, 60mk reached
- 2005

- Cryocooler technology is **strategic technology** for space science in Japan

- Future Missions: Kaguya, Planet-C, ASTRO-G, ASTRO-H, SPICA

- Cryocoolers required for SPICA will be flight-proven

# SPICA Focal Plane Instruments



- SAFARI

- Far-infrared imaging spectrometer
- P.I. SRON (Netherlands) with SAFARI Consortium

- MCS

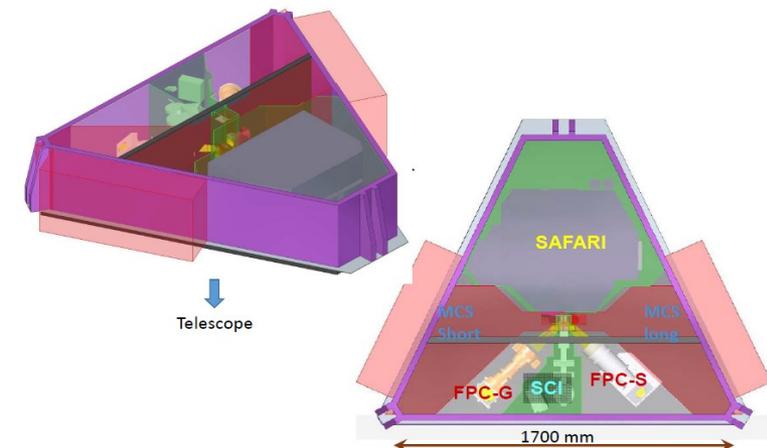
- Mid-infrared camera & spectrometer
- P.I. JAXA, Universities, and ASIAA (Taiwan)

- SCI

- SPICA coronagraphic instrument
- P.I. JAXA with Nagoya Univ.

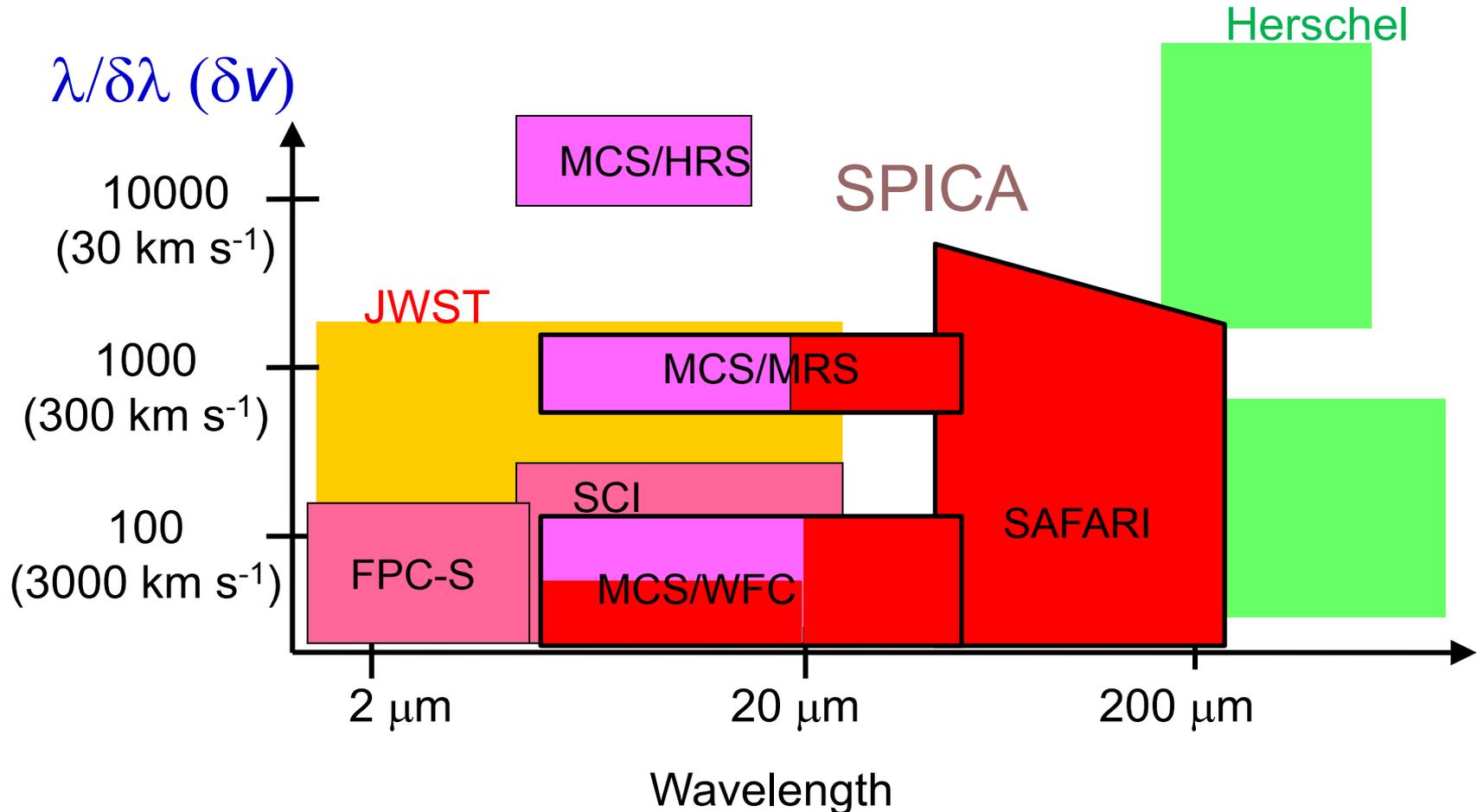
- FPC

- Near-infrared camera and spectrometer
- P.I. KASI (Korea)



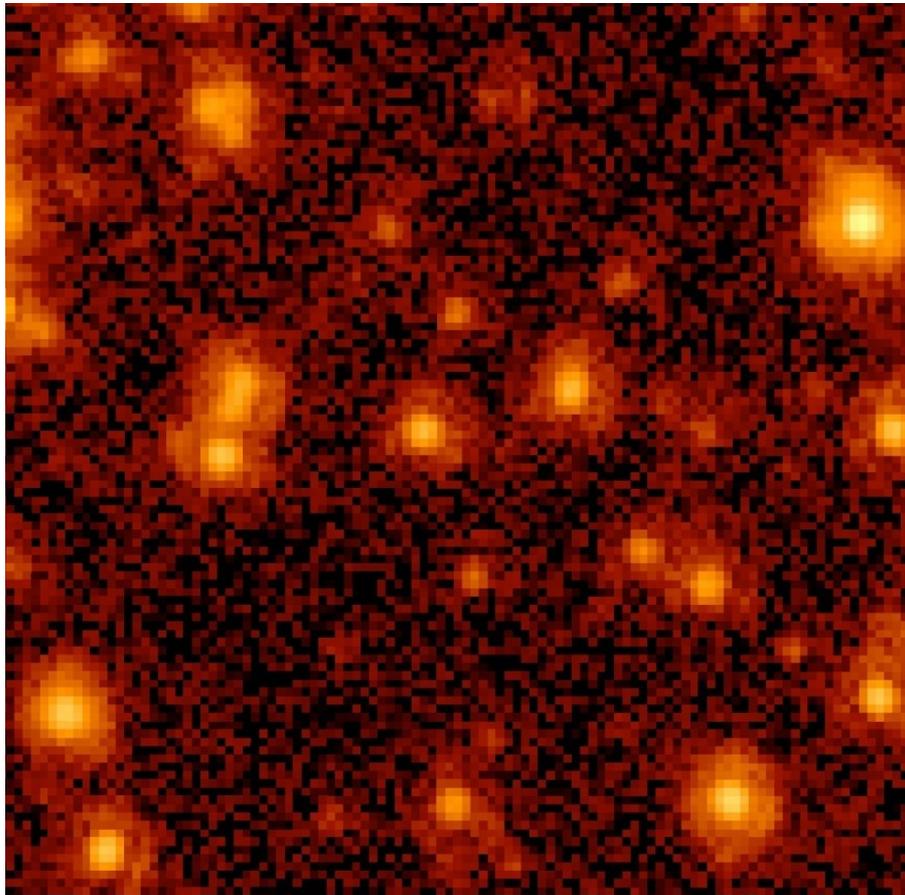
# Focal Plane Instruments: baseline

## Wavelength coverage vs Resolving Power

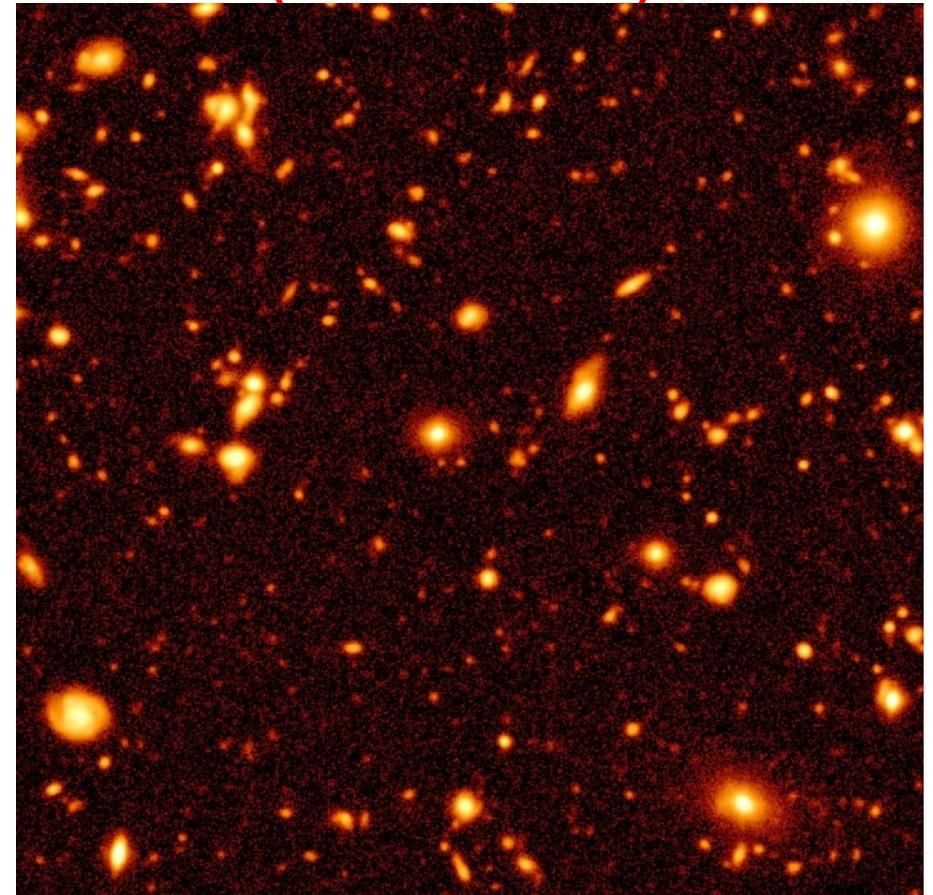


# MCS-WFC much improved imaging capability in MIR

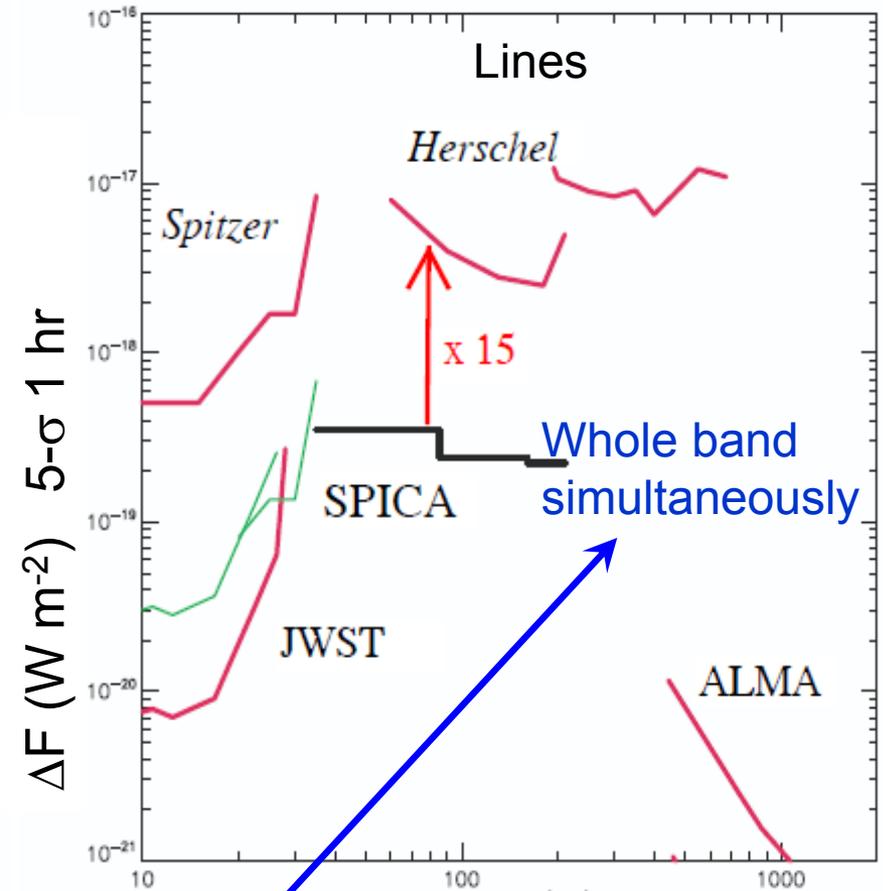
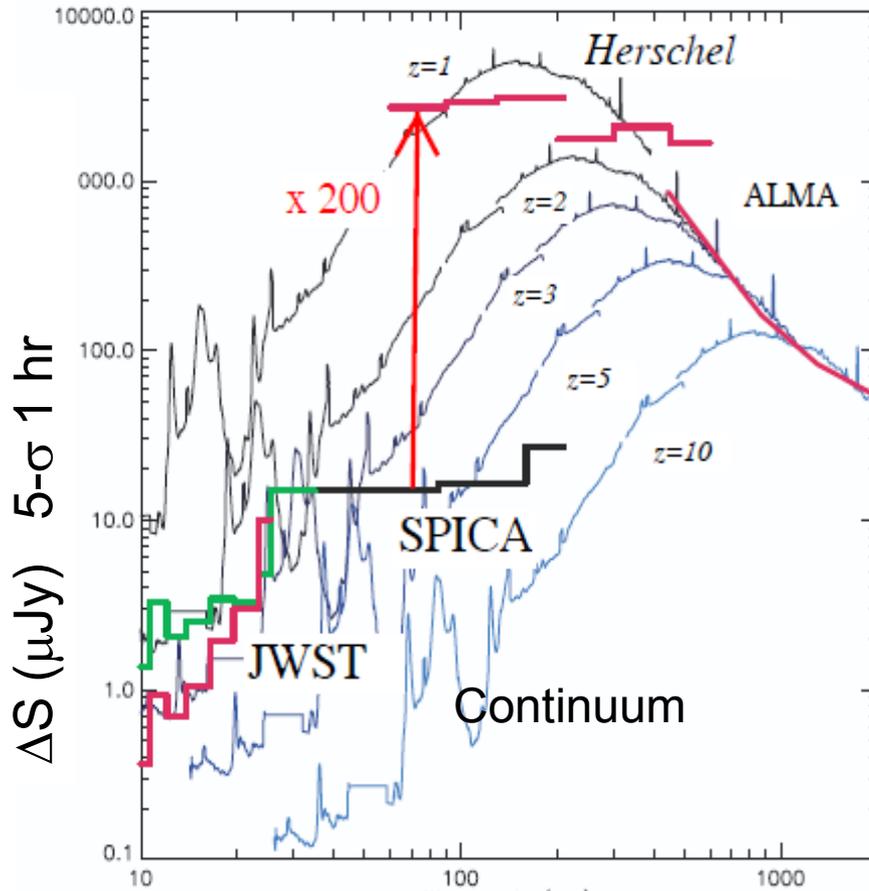
AKARI Deep survey  
@24 micron



SPICA MCS-WFC  
(simulation)

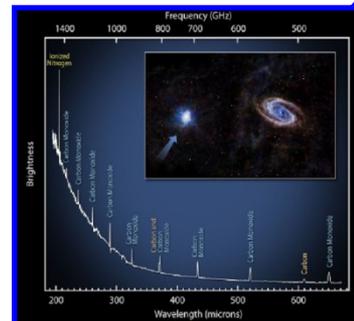


# SPICA Sensitivity



Wavelength ( $\mu\text{m}$ )

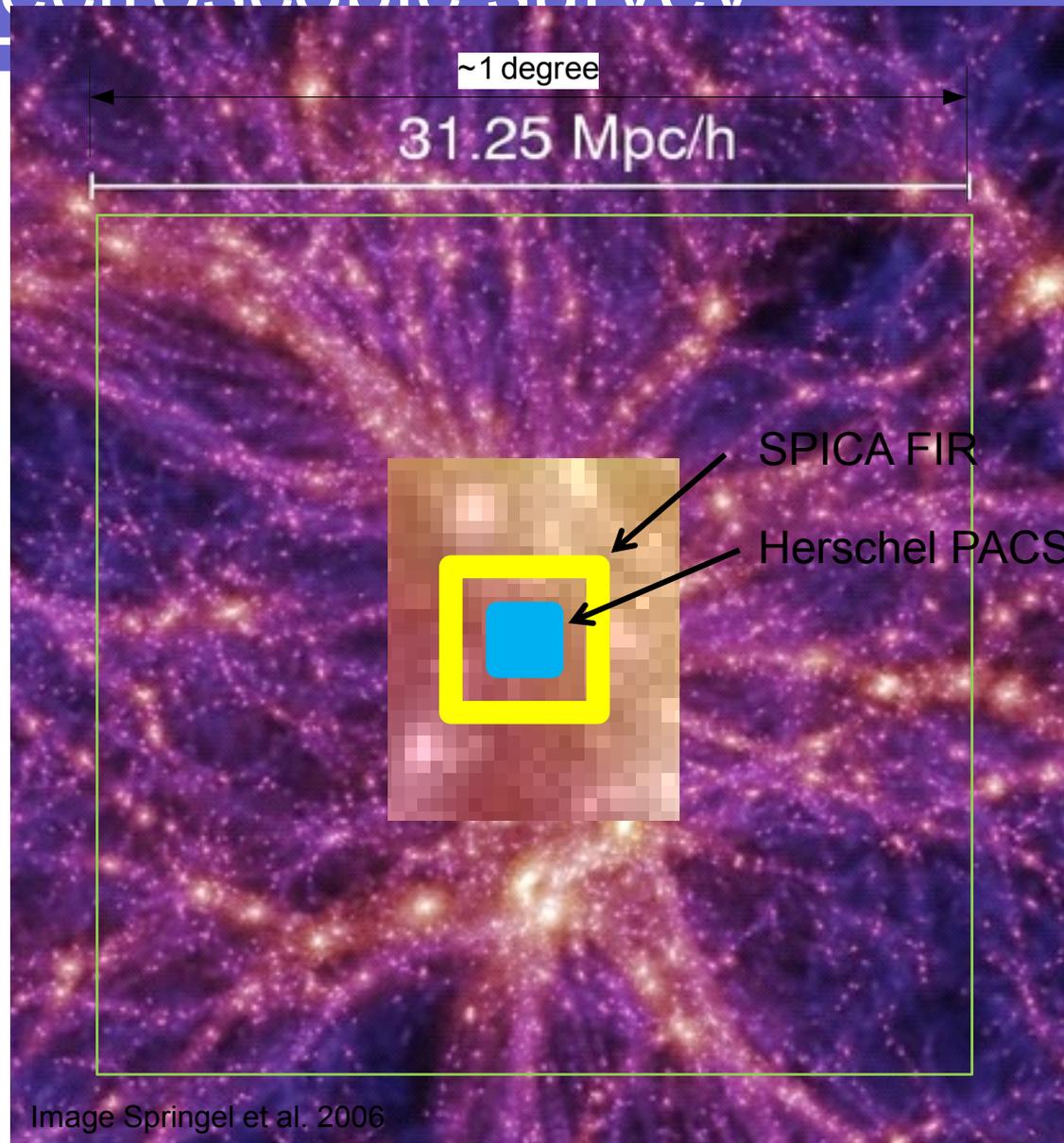
Confusion is a problem



# The first cosmological spectroscopic survey

900 hours  
Of Obs.

Gain of  
1000  
relative to  
Herschel

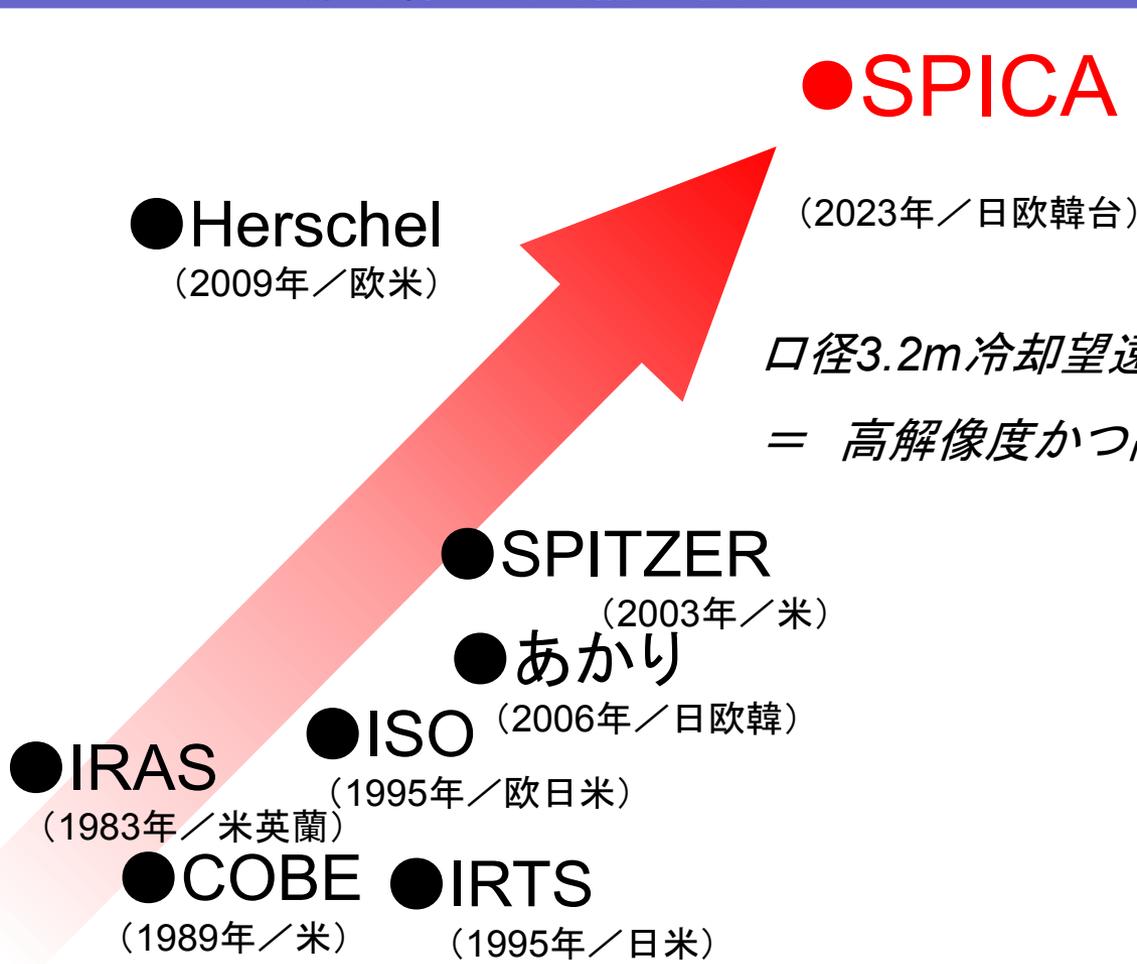


# SPICAの特徴:

## 赤外線天文衛星発展の流れとSPICAの位置付け

(遠赤外線の観測能力を持つものについて)

高解像度(～大口径)

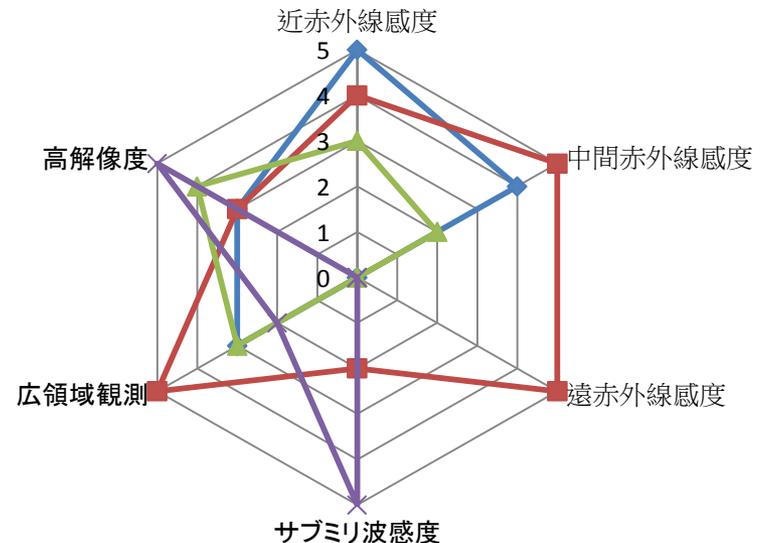


口径3.2m冷却望遠鏡搭載  
= 高解像度かつ高感度へ!

# SPICAの特徴： 中間遠赤外線領域での卓越した性能

- **ALMA**
  - サブミリ波における卓越した感度
  - サブミリ波における高解像度
  - ⇒天体の材料の研究
- **SPICA**
  - 遠赤外線領域における卓越した感度
    - 次世代観測装置では遠赤外線領域をカバーする唯一のミッション
    - 従来の遠赤外線ミッションより、大幅な性能向上
  - 中間赤外線領域における卓越した感度
  - 広い領域を観測できる能力
  - ⇒天体の進化過程の解明に最適
- **JWST**
  - 近赤外線～中間赤外線における卓越した感度
- **TMT**
  - 可視～中間赤外線における高解像度観測
  - 観測装置のアップグレードが可能
  - ⇒成熟した天体の研究

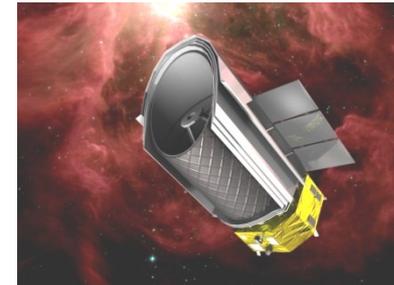
次世代の天文観測機器の特徴の比較。相互に連携することにより、天体の進化を、材料から過程そして結果に至るまで、総合的にとらえることができる。これにより、相乗効果により、お互いの価値をより高めることができる。



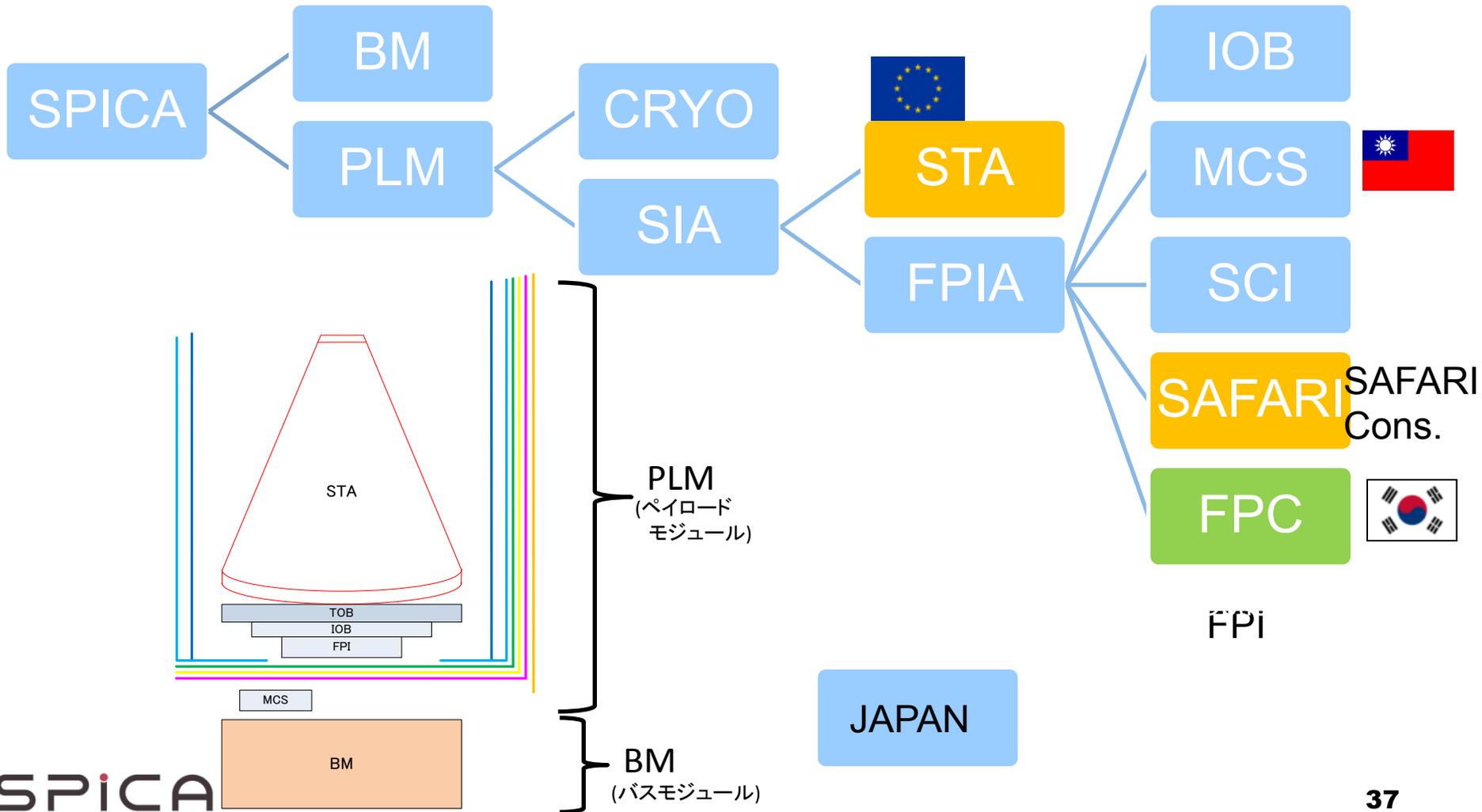
# SPICA: 技術的意義

- 日本の宇宙開発における戦略的技術の開発
  - 以下のような「戦略的技術」を開発することにより、日本の宇宙開発全体を技術的に牽引することが期待される。
    - 「新冷却システム」
      - SPICAで開発された冷却システムを赤外線観測による地球観測に適用すると、従来の常温センサーよりも**100倍以上の感度向上**が期待される。
      - SPICA冷却システムの技術は、超伝導を利用する医療機器(PET)や情報通信(IT)技術および高速鉄道技術につながるなど、**大きな発展性**を持つ。
    - 「高精度指向制御技術」「大口径望遠鏡技術」
      - SPICAで開発された高精度指向制御は、大口径望遠鏡技術とあいまって、次世代地球観測システムに適用することにより、従来よりも**約10倍の解像力向上**をもたらすと期待される。
    - 「ラグランジュ点の利用活用」
      - 日本が、深宇宙探査に乗り出すための将来の「**深宇宙港構想**」の**実現**にむけて、先駆的な一歩となる。

# Programmatic Aspects



# International Collaboration



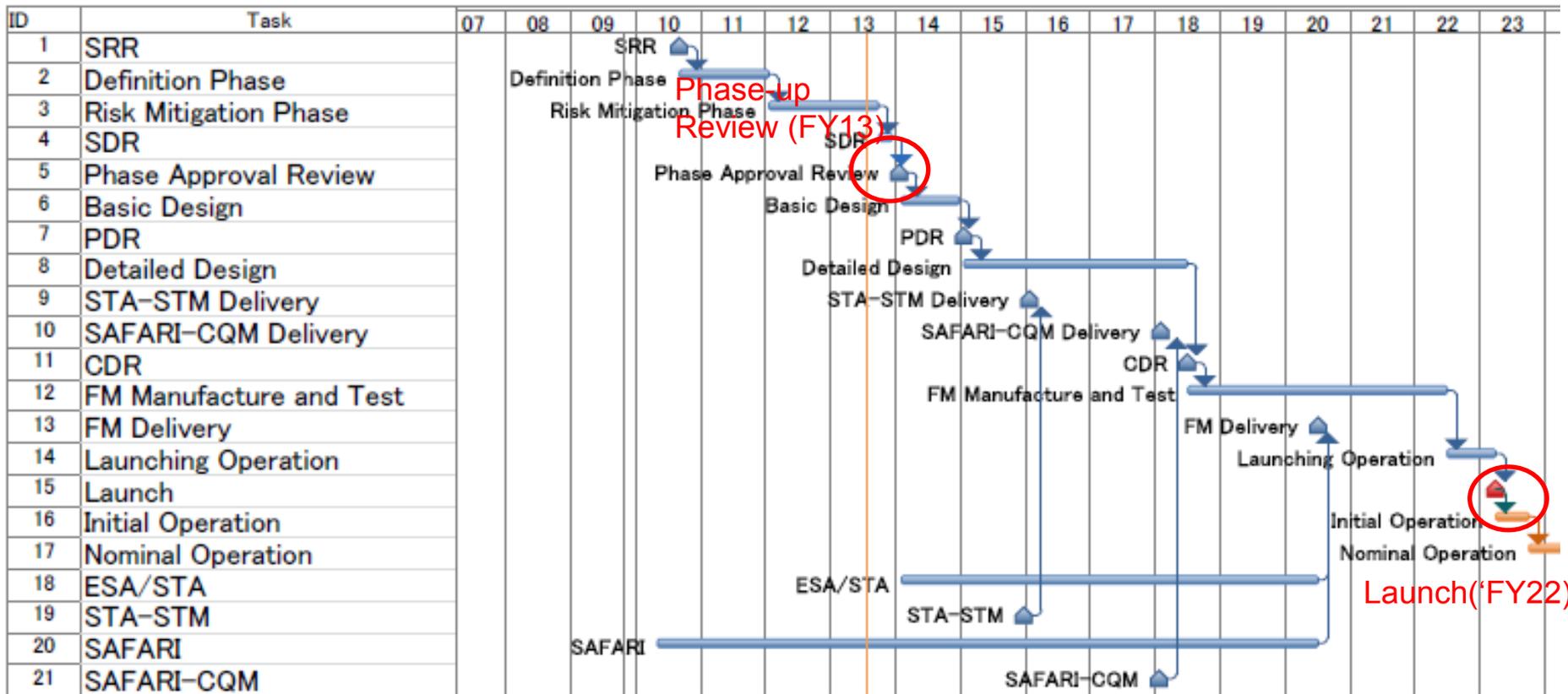
# SPICA Project Status

- JAPAN (JAXA)
  - MDR in 2007 & Official SPICA Preproject team (Phase A & B1) established in 2008
  - System Requirement Review (SRR, 2010)
  - Planning SDR and Phase-up Review (final approval) in FY2013
- ESA
  - Assessment Study (Cosmic Vision) completed
  - Supporting I/F definition
- SAFARI Consortium (PI: SRON)
  - SRON got funded ! (90% of that required)
  - Dedicated team has been working actively
- Korea Status (PI KASI)
  - Official Study Team formed with KASI as PI
- Taiwan (PI: ASIAA)
  - Concrete collaboration started.
- US Status (PI: TBD)
  - Assessment Study by 3 teams funded by NASA in 2010

**Final Approval  
Required !**

**Strong Support  
by Community  
is essential**

# Schedule



# Time Allocation Schemes

- Engineering Time: 10 %
- Director's time: 5 %
  - Including TOO observations
- Guaranteed time for SPICA team: 25%
  - To be allocated as a function of “contribution”
    - SAFARI requests 2000 hours over three years (~10% in 3 years)
  - Including time for SWG and mission scientists
  - This could consist of **Legacy programs** and normal programs
- Open Time for Member Countries: 40%
  - This consists of **Legacy programs** and normal programs
  - Only one TAC, but each member country should have its own allocated time.
- Open Time for General Community: 20%

*Unique opportunity for world-wide community*

# 社会的意義

## ● 将来の日本を担う人材の育成

- 科学技術は我が国の可能性を広げる国力の源泉であり、世界をリードする科学成果の創出と先端科学技術の獲得により、科学技術立国としての地位を維持する。
- 先端的な宇宙開発プロジェクトが産業基盤の維持、産業競争力の強化に繋がる。
- 挑戦的なミッションに取り組むことで国民の知的好奇心を鼓舞するとともに、国民に対して成果の普及、理解の増進をはかり、**先端科学・技術基盤の強化・人材育成**や、未来を担う青少年たちへの教育活動に貢献する。
- 東日本大震災後の科学技術の信頼回復への象徴的な存在として貢献する。

## ● 国際的なリーダーシップの確立

- 世界中の研究者コミュニティからの要請に応え、日本が大型国際ミッション主導の実績を上げることで、日本の国際プレゼンスを高め、大きなソフトパワーを示す。特に、宇宙科学という学術成果を第一目的とする事業において、国際社会との調和を保ちながらソフトパワーを獲得することは重要である。
- 「あかり」の赤外線全天サーベイデータは、世界中の天文学者に活用されるものとなった。これをさらに発展させるSPICAの成果は、世界中の天文学者に多大なるインパクトを与え、**科学史に残る極めて価値の高い人類共通の財産**となると期待される。

# コミュニティの支援体制の重要性

2013年6月 日

宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所長殿  
関係各位

光学赤外線天文連絡会声明  
次世代赤外線天文衛星 SPICA の推進

光学赤外線天文連絡会

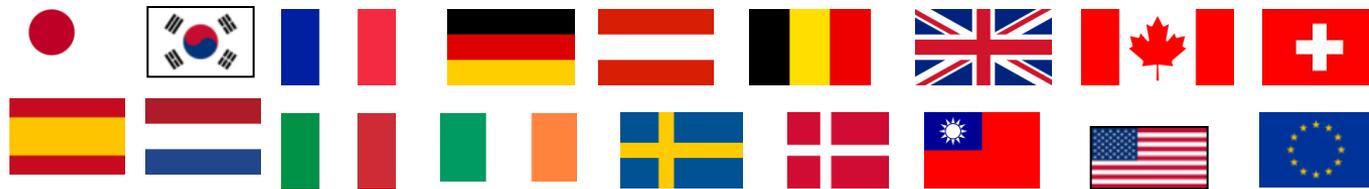
## 要旨

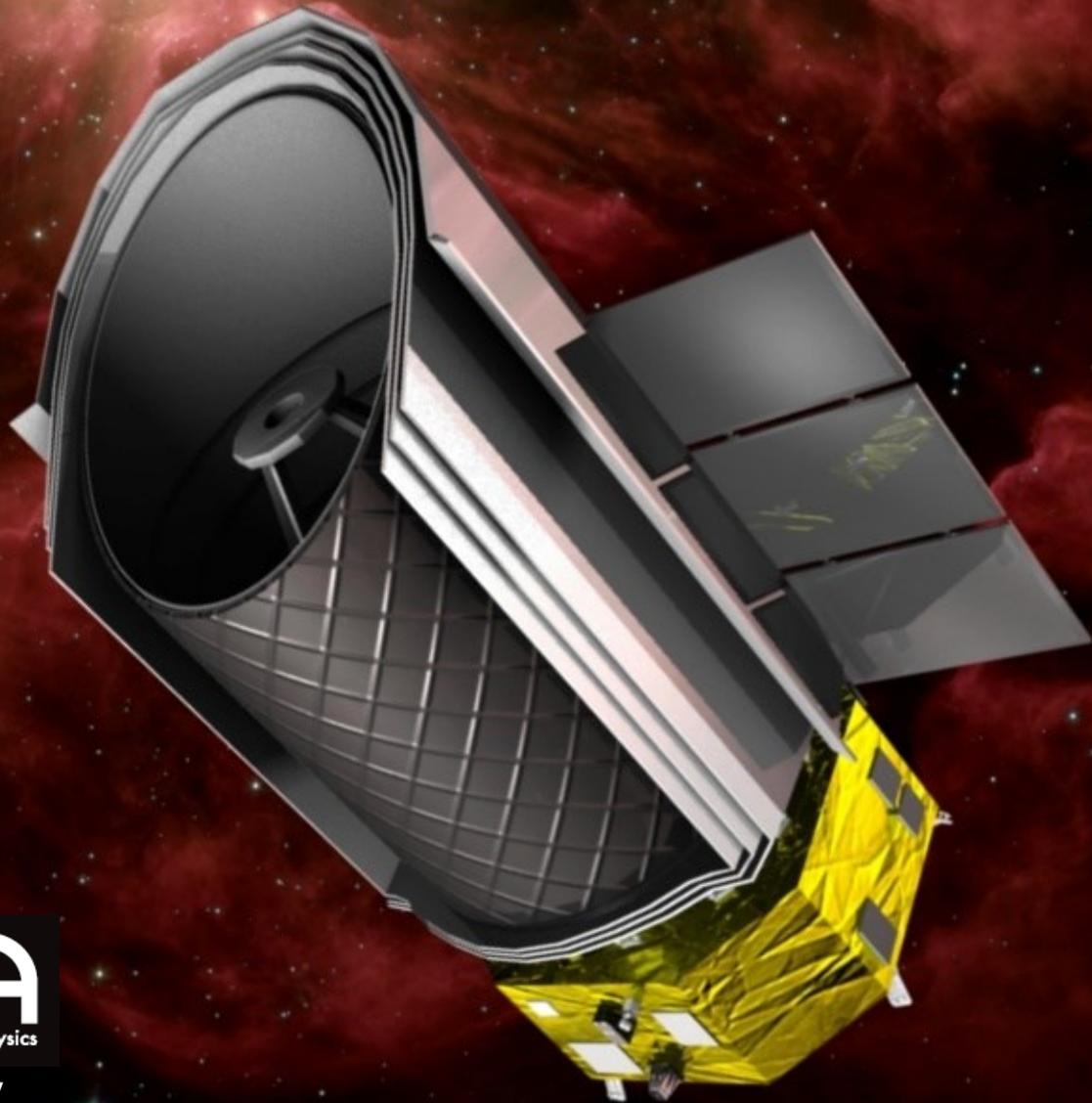
人類共通の願望である宇宙の進化の理解にむかって、わが国が今後も重要な役割を果たすために、次世代赤外線天文衛星 SPICA (Space Infrared Telescope and Cosmology and Astrophysics) 計画の積極的な推進と実行体制の整備を早急に進めることを、我が国の光赤外線天文学コミュニティの総意として、関係各所にここに強く要望する。

常田所長からは、SPICA計画に関して、「最優先に対応すべき事柄のひとつ」として認識しているとの返事

# International SPICA Team

- 17 countries, regions, and one International org.





**SPiCA**

Space Infrared Telescope for Cosmology and Astrophysics

Space Odyssey