

2010年7月16日@ICRRセミナー 松原英雄 ISAS,JAXA

List of my talk

×「あかり」 ≍ミッション概要 **Science** Highlights **X**Warm Mission **SPICA** ≍ミッション概要 ■鍵となる技術

地球大気の透過率&放射強度



3

なぜ宇宙へ?

 地球大気の吸収を逃れる
 地球大気の放射から逃れる
 4,000m級の高山に上っても、大気の赤外線放射 は、宇宙から来る赤外線の100万倍〜1,000万倍
 二方向による変化、時間変化
 ニポアソン揺らぎによる雑音

■ただし暖かい望遠鏡では、望遠鏡からの熱放射が強い → 極低温冷却望遠鏡

「あかり」: 日本初の赤外線天文衛星

2006年2月22日6時28分内 之浦宇宙空間観測所から M-V-8号機にて打上げ 有効口径68.5cmの反射望 遠鏡(Ritchey-Chretien) 超流動液体ヘリウムとス ターリングサイクル冷凍 機で冷却 打上げ時総重量 952kg



AKARI Operation Phases



Onboard Instruments

Photometric & Spectroscopic Capabilities



「あかり」全天サーベイ

- ■2006年5月~2007年8月
- □ 遠赤外線: 65, 90, 140, 160 µm
- □ 中間赤外線: 9, 18 µm
- ¤全天の 98 % (FIR) 96 % (MIR) 以 上を2回以上観測
- ■IRAS に代わる、次世代の全天赤外 線天体カタログの作成
 - □広い波長範囲
 - ¤高空間分解能 (40-70arcsec@FIR)



≍高感度

Sky coverage (FIS) ■全天の98 % 以上をカバー



AKARI IRC/FIS catalogues 9 µm, 18 µm, 90 µn



AKARI IRC/FIS catalogues 9 µm, 18 µm, 90 µn





Comparison with IRAS

- IRAS 天体を「あかり」カタログで探す。
- $|\mathbf{b}| \ge 10 \text{ deg}$

IRAS Flux [Jy]	IRAS 60 µm (FQUAL=3)			IRAS 100 µm (FQUAL=3)		
	IRAS	AKARI	Rate (%)	IRAS	AKARI	Rate (%)
~1.0	18890	12600	66.7	1315	225	17.1
1~10	9176	8429	91.9	33743	13544	40.1
10~100	594	585	98.5	1278	1163	91.0
100~1000	56	51	91.1	62	60	96.8
1000~	7	5	71.4	11	6	54.5

- IRAS *F*60 = 1–1000 Jy, F100=10~1000 では、90%以上の同定率
 - 未同定天体 → LMC, Orion, Ophcus など混雑した領域
- 暗い天体では低い → IRAS の問題?
- 明るい天体で低い → 「あかり」で検出器飽和など。

全天サーベイ Scientific Highlights AGN search IR LF in local Universe

AKARI All-Sky Mid-IR Survey Search for AGNs - method

• Mid-infrared excess $F(9 \mu m)/F(Ks) > 2$

> 1200 sources







Discovery of new dusty Active Galactic Nuclei

- A galaxy with Lir~10^{11.3}Lsun at a redshift z~0.04.
- No evidences of AGN before AKARI
 - An optical spectrum shows HII galaxy features.
 - 2MASS color is not as red as that of AGN.
- Red NIR/MIR color is confirmed with the NIR spectrum taken with AKARI in Phase3.

ル進化の研究





Indicating the exist of hot dust \rightarrow AGN, but a central engine is completely obscured.

Surprisingly, we miss this kind of AGNs in nearby universe.

 We are interested in the number density and the contribution of these sources to the Hard X-ray background.

2009/10/16

「超広域サーベイによる巨大ブラックホー ル進化の研究: 観測と理論の連携」

Local IR LF from AKARI all sky survey

- Revised Bright Galaxy Sample (Sanders+03):

 a complete sample of 629 galaxies with spec-z at S₆₀>5.24Jy
- IRAS is only up to 100 µm, missing the peak of dust emission.
- <u>AKARI reaches 160 µ m</u>,
 Better measurement of L_{TIR}

SED fit



Figure 2. An example of the SED fit. We fit the AKARI 6-band photometry to the SED model of Chary & Elbaz (2001) to estimate L_{TIR} . <u>160 µ m is</u> critical!

AKARI is the only satellite to provide 160 µm to all sky.







Figure 3. L_{TIR} measured by the AKARI is compared with those measured by the IRAS (Eq.1) for the RBGS.

AKARI can better resolve cirrus, nearby sources.

Local IR LF



Figure 6. Infrared luminosity function of RBGS. The L_{TIR} is measured using the AKARI 9,18,65,90,140 and 160µm fluxes through an SED fit. Errors are computed using 1000 Monte Carlo simulations, added by Poisson error. The dotted lines show the best-fit double-power law. The crosses show data from Sanders et al. (2003), who measured L_{TIR} using IRAS photometry. 1/V_{max} method, no completeness correction →Agrees well with IRAS

Ω_{TIR}=8.5^{+1.5}_{-2.3}x 10⁷L_{su}
7% by LIRG,
0.4% by ULIRG

指向観測の結果 (遠方銀河) と合わせて宇宙の星形成 史を探る

星形成が活発な銀河のスペクトル



北黄極銀河サーベイ



ディープサーベイ 領域

近赤外線で2万個以上、 中赤外線でも5,000〜 8,000個の天体

波長 15,18 µmで世界 最大の銀河のデータ ベース

北黄極サーベイと全天サーベイで挑む宇宙の星形成史

 × 光度密度 = 星形成密 度が100億年前に向 かって大きく増加
 × 特に爆発的星形成を しているULIRG(10¹² 太陽光度以上)の寄 与は z = 0.35 → 1.4 で500倍変化。

:「あかり」で求め た宇宙の全赤外線光 度密度の進化。 超高光度赤外線銀河 の寄与。 高光度赤外線銀。 Goto et al. 2010 in press



MIR color images





Takagi et al. 2009



PAH-selected galaxies (2)



 $z \sim 1.2$ PAH luminous Selection: [15/9µm flux ratio] > 8



MIR-Total-IR relation

AKAR



Estimation of PAH 7.7µm peak luminosity from IRC photometry:
 IR luminosity is obtained from optical-MIR SED fitting
 * SED estimations of 1.4 GHz fluxes are correct in ~50% for radio-detected sources

「あかり」Warm Mission 一 液体ヘリウム枯渇後の運用 –

AKARI Warm Mission Temperature Profile





宇宙の果てのQSOのHα輝線観測 · 超大質量ブラックホールの進化を探る -





「あかり」からSPICA

How did the Universe originate and what is it made of ? What are the conditions for stellar and planetary formation ? How did the universe evolve chemically ? The emergence of life ?



Cool Mission !







ISO: 2.6t for $60 \text{cm} \rightarrow \text{SPICA } 3.7t \text{ for } 3.2\text{m}$



SPICA Overview

- COOLED (<6K) Space telescope
 - 3-m class monolithic primary mirror
 - diffraction limited at 5µm
- Space Observatory mission, for mid- & far-IR astronomy (core 5-210µm)
- JAXA ESA(Cosmic Vision M-class candidate) Mission, with planned participation from Korea & US
 - Orbit: Sun-Earth L2 Halo
 - Mission Life: 3 years (nominal) 5 years (goal)
 - Launch: FY2018 (H-IIA)









Mechanical Cryocoolers

AKARI

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

SMILES

4.5 K

2009

JT 30mW@





- SUZAKU
 - ADR, 60mk reached
 - **2005**
- Cryocooler technology is strategic techniquie for space science in Japan
 - Future Missions: Kaguya, Planet-C, ASTRO-G, ASTRO-H, SPICA

Monolithic mirror



- 3m-class 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 0.35µm, 5K (3.5m)
 - AKARI: WFE 0.35µm, 6K (70cm)
 - Herschel: WFE 6µm, 80K (3.5m)



Optional



SAFARI

SPICA Far-infrared Instrument



- Leaded by SAFARI consortium in Europe
- Imaging Fourier-transform spectrometer covering 35-210µm
- FOV : 2 x 2 arcmin²
- Wavelength resolution
 - 2000 at 100 μm is maximum



Flux Limit in 5σ (Jy) for imaging / photometry



wavelength (micron)







塵(ダスト)・ガス



銀河誕生のドラマ? 惑星系のレシピ?









従来の100倍の感度向上

「あかり」の成果を基に、日本が主導で 独創的なSPICAの貢献が期待される

SPICE 従来の100倍以上の感度向上で 太古の宇宙の物質診断に挑む





Space Infrared Telescope for Cosmology and Astrophysics

Summary

ば「あかり」

- □ スペースからの赤外線観測は、宇宙塵の熱放射を 観測できることから、非常に敏感な宇宙の中での 星形成史のプローブ
- ■Faint Source Catalogも作成中
- ■Warm Mission:JWST(2014)が打ち上がる まで、近赤外線(2.5-5microns)分光は非常にユ ニーク

SPICA

■Warn Launch, 冷媒なしで冷却大口径望遠鏡! ■機械式冷凍機の軌道上性能実証が鍵