

# MIMIZUKU による 小惑星の分光・測光観測



臼井 文彦

宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所  
宇宙物理学研究系 赤外線グループ

with

長谷川 直 (ISAS/JAXA), Müller Thomas G. (MPE)

太陽

# 現在の太陽系の姿

[http://www.iau.org/public\\_press/news/detail/iau0603/](http://www.iau.org/public_press/news/detail/iau0603/)

惑星

地球型惑星

木星型惑星



準惑星

冥王星, Eris, Ceres,  
Makemake, Haumea

小惑星

彗星

ケンタウルス族  
(Centaurs)

その他：

惑星の衛星・リング、惑星間塵など

太陽系外縁天体

(Trans-Neptunian objects)

太陽系小天体 (Small solar system bodies)

# 太陽系の進化

- 進化過程はいまだに謎が多い
  - 地球型惑星と木星型惑星の大きさの違い
    - 地球型惑星：岩石や金属などの難揮発性物質から構成される
    - 木星型惑星：難揮発性のコアの周囲を水素やヘリウムがとりまく
  - 太陽系星雲の物質分布・温度構造
    - 地球の水の起源、生命の起源などにも関連する
- 現在も太陽系形成時の情報を保持していると考えられているのは小惑星
  - 小惑星：
    - 主に岩石質や金属質で直径1000km以下の小天体
    - 地球型惑星と異なり分化していない

# 小惑星科学の現状

理論モデル

天文観測

衝突実験

1000 km以下の  
小さな天体

数は60万個以上

探査機による  
その場観測

隕石の実験室内  
計測

サンプルリターン

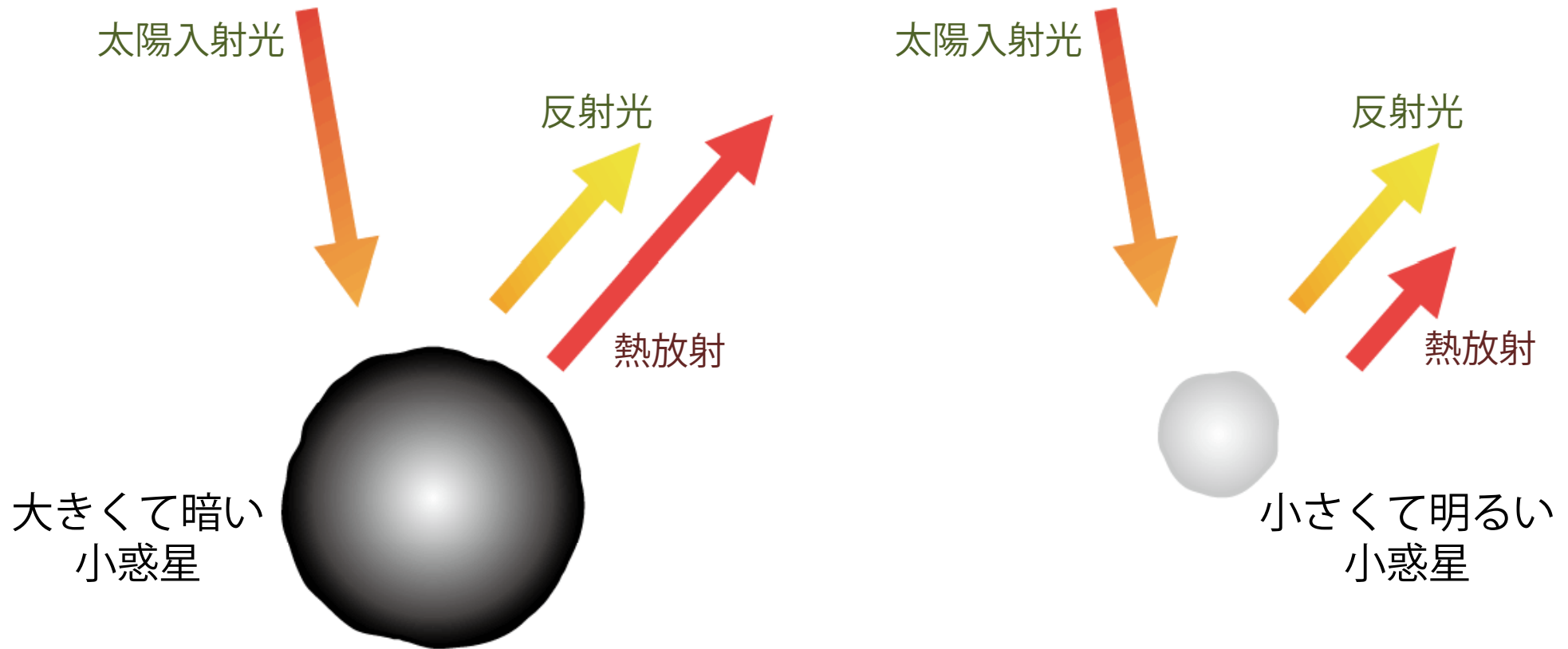
# MIMIZUKUを用いた小惑星観測

- 測光観測によるサイズ測定
- 分光観測による水や含水鉱物の探索

# 小惑星のサイズ測定法

可視の明るさだけでは「大きくて暗い」と「小さくて明るい」ものを区別できない  
→ 熱赤外観測のデータを加えることでサイズとアルベドを独立に求めることができる

(Allen 1970,1971, Matson 1971)



# AKARI asteroid catalog (AcuA)

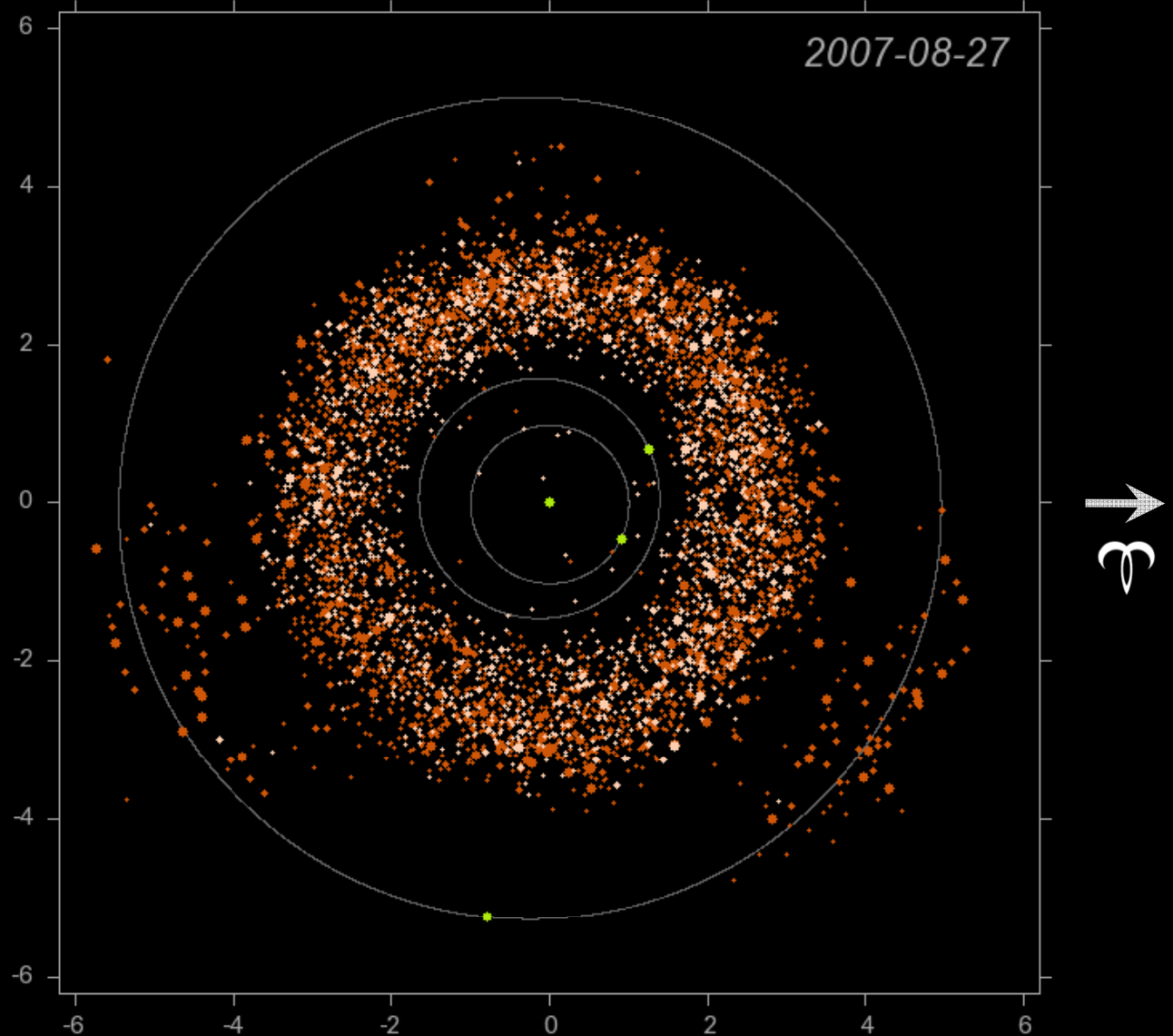
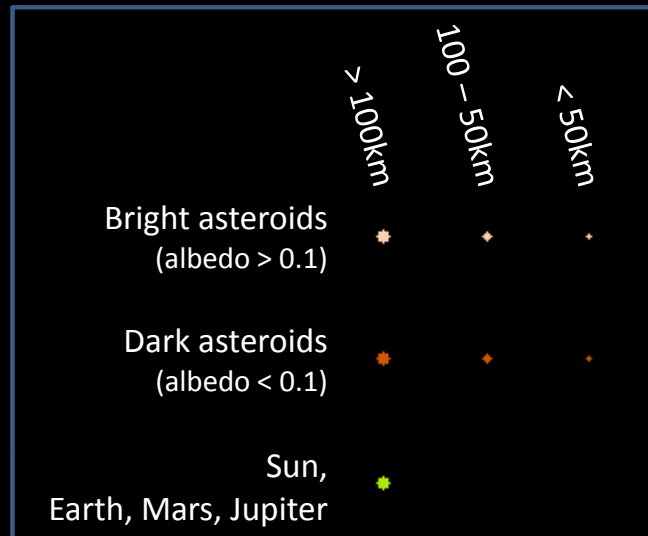
Asteroids: total 5120 detected

- Main belt asteroids: 4572
- Near-Earth asteroids: 58
- Jovian Trojans: 109
- Others (Hildas, Cybeles, ...): 381

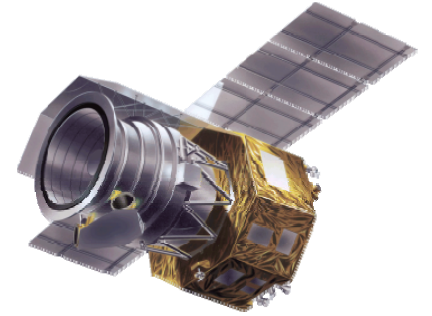
Animation:

2006/02/22 – 2007/08/27

- Obs. start: 2006/04/23 (05/08)
- LHe boiled off: 2007/08/26



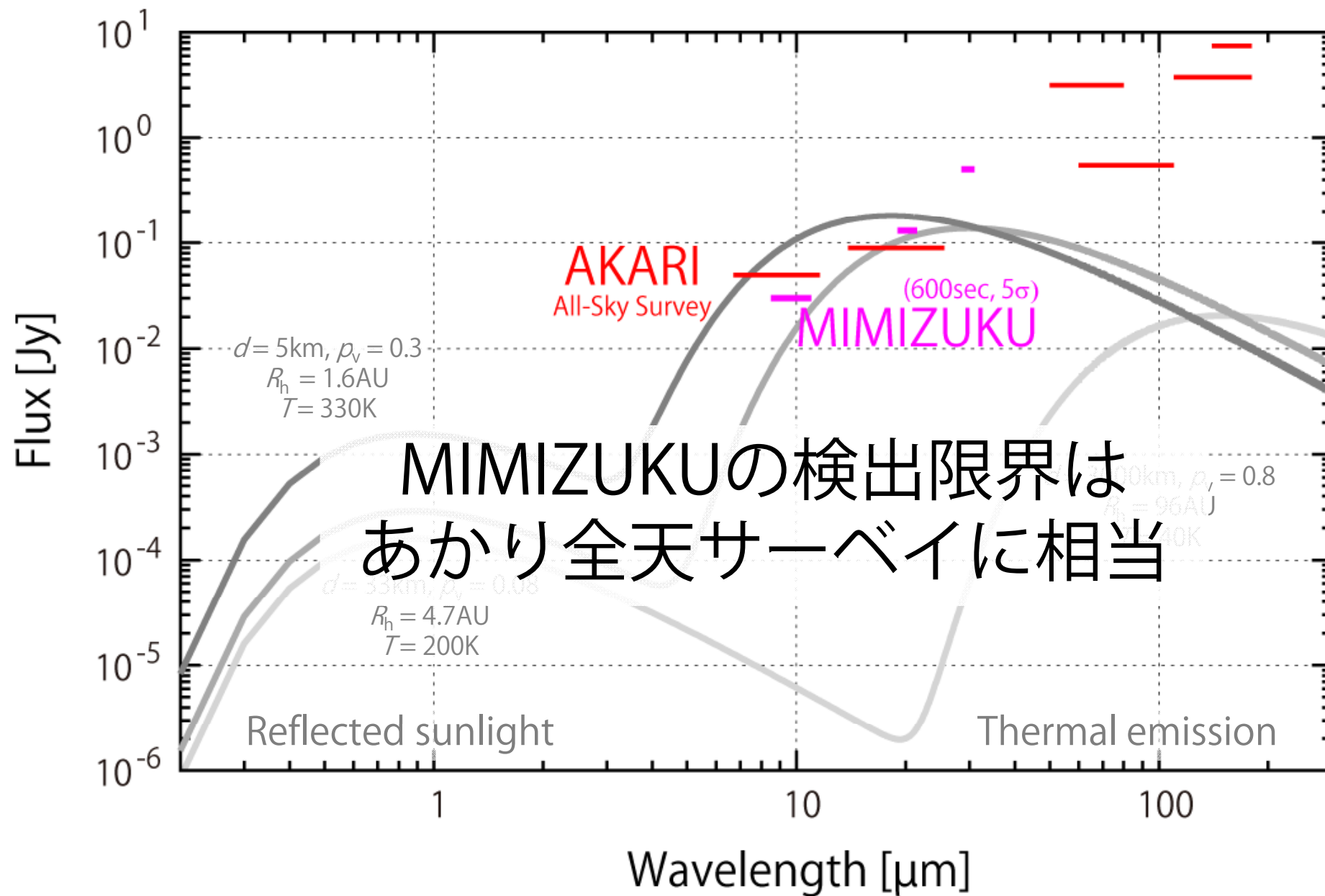
# 「あかり」小惑星カタログ AcuA (Usui+ 2011)



- 「あかり」中間赤外線全天サーベイ観測に基づいた小惑星5120個のサイズ・アルベドのカタログ
  - AcuA: Asteroid catalog using AKARI
  - 観測波長： $9\mu\text{m}$  (MIR-S),  $18\mu\text{m}$  (MIR-L) の2バンド
  - 全天サーベイ観測：2006/05--2007/08 (16ヶ月間)

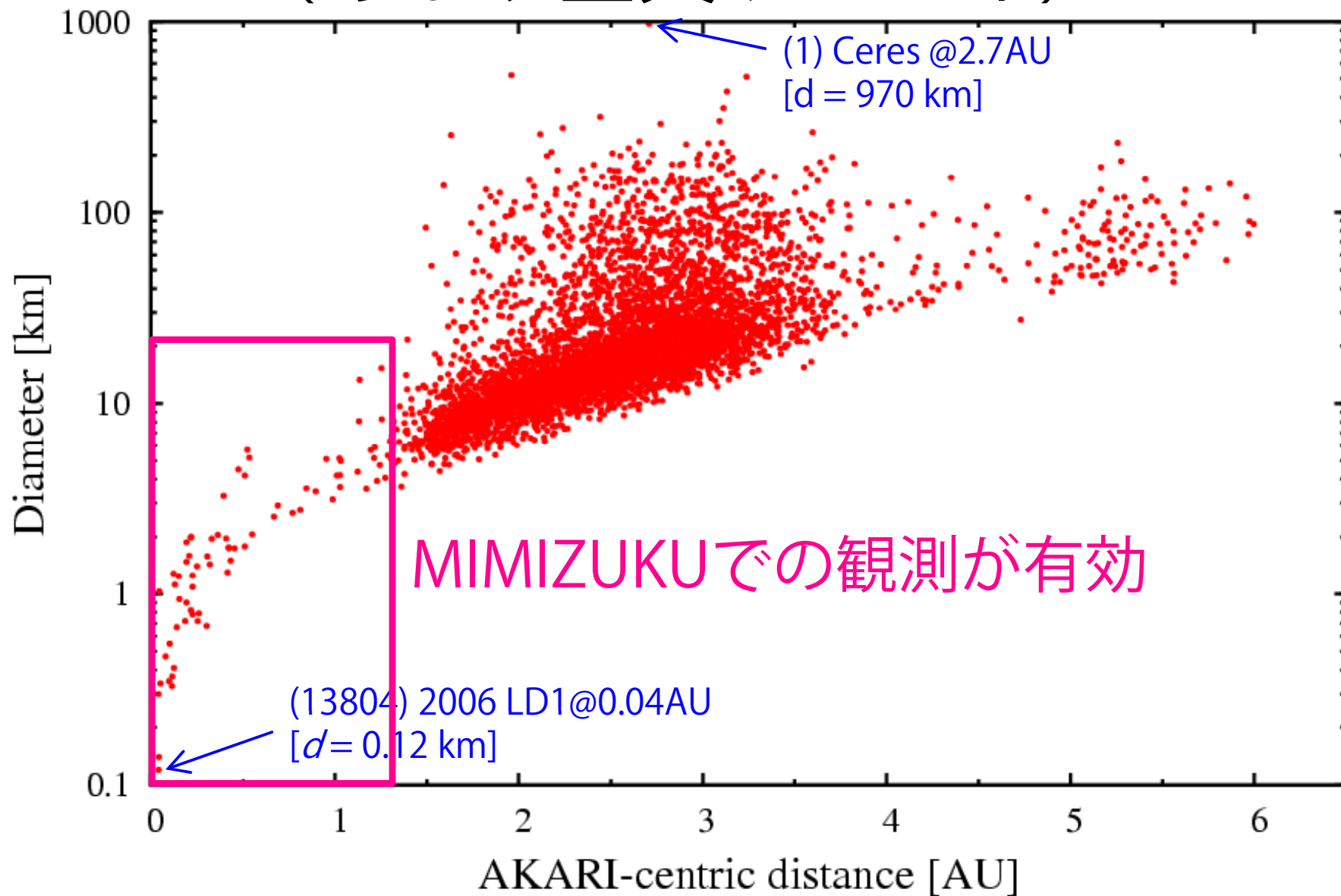


# 小惑星のスペクトルと検出限界(5 $\sigma$ )

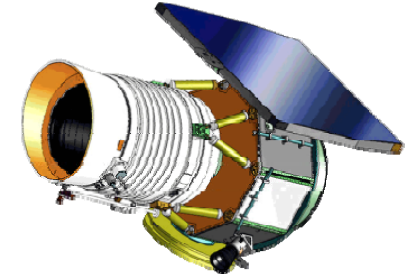
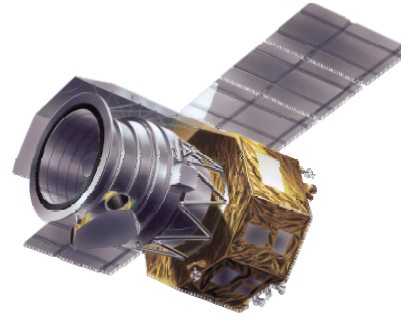
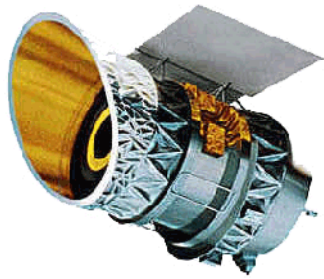


MIMIZUKUの検出限界は  
あかり全天サーベイに相当

# サイズ分布と検出限界 (あかり全天サーベイ)



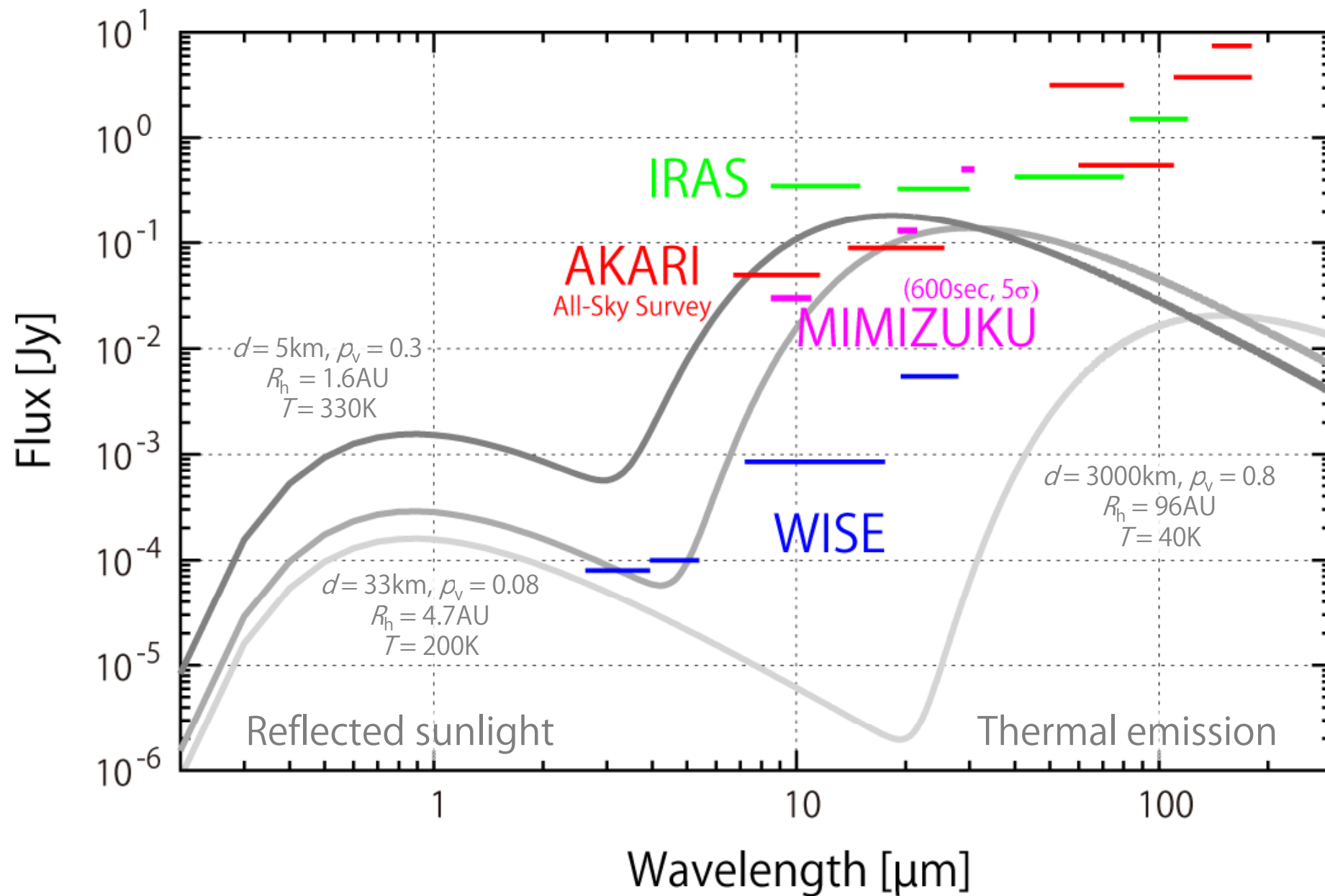
# 赤外線全天サーベイ衛星



	IRAS Infrared Astronomical Satellite	あかり	WISE Wide-field Infrared Survey Explorer
Launch	1983/01/26 02:17:00	2006/02/21 21:28:00	2009/12/14 14:09:00
Size	3.6 x 3.2 x 2.1 m / 1083kg 57cm telescope	5.5 x 1.9 x 3.7m / 952kg 68.5cm telescope	2.9 x 2.0 x 1.7 m / 750kg 40cm telescope
Altitude of orbit	900km	750km	525km
Cryogen	Liquid helium (480ℓ)	Liquid helium (179ℓ) w/ 2-stage Stirling coolers	Solid hydrogen (15.7kg)
All sky survey (cooled phase)	1983/02/09 -- 1983/11/22 287days	2006/04/26 -- 2007/08/26 488days	2010/01/14 -- 2010/08/05 211days
Wavelengths	12, 25, 50, 100 μm	9, 18, 65, 90, 140, 160 μm	3.4, 4.6, 12, 22 μm

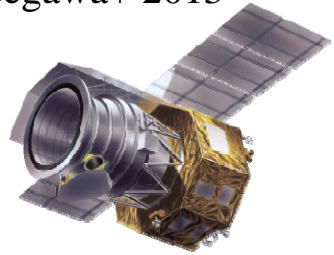
※他にも MSX (Midcourse Space Experiment), ISO (Infrared Space Observatory), Spitzer Space Telescope, Herschel Space Observatory などの宇宙赤外線望遠鏡が小惑星観測を行っている。

# 小惑星のスペクトルと検出限界(5 $\sigma$ )



# 赤外線全天サーベイに基づいた 小惑星のサイズ・アルベドカタログ

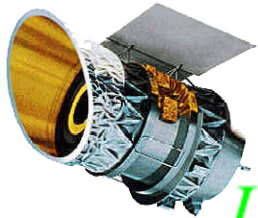
Usui+ 2011  
Hasegawa+ 2013



*WISE*  
(137789)

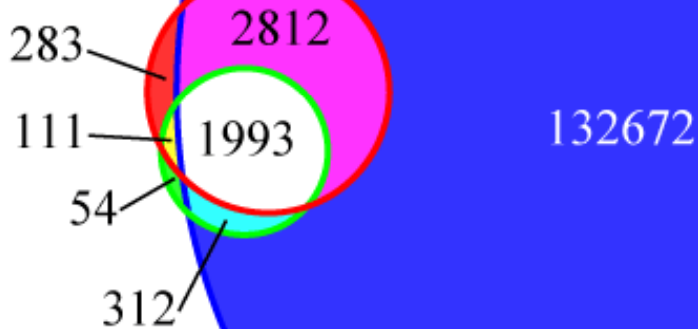
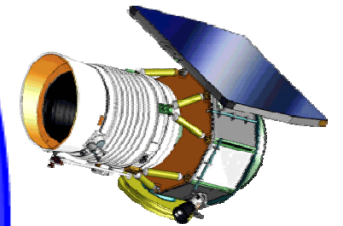
Mainzer+ 2011, 2012  
Masiero+ 2011, 2012  
Grav+ 2011, 2012a, b  
(ただしいずれも暫定版)

*AKARI*  
(5199)



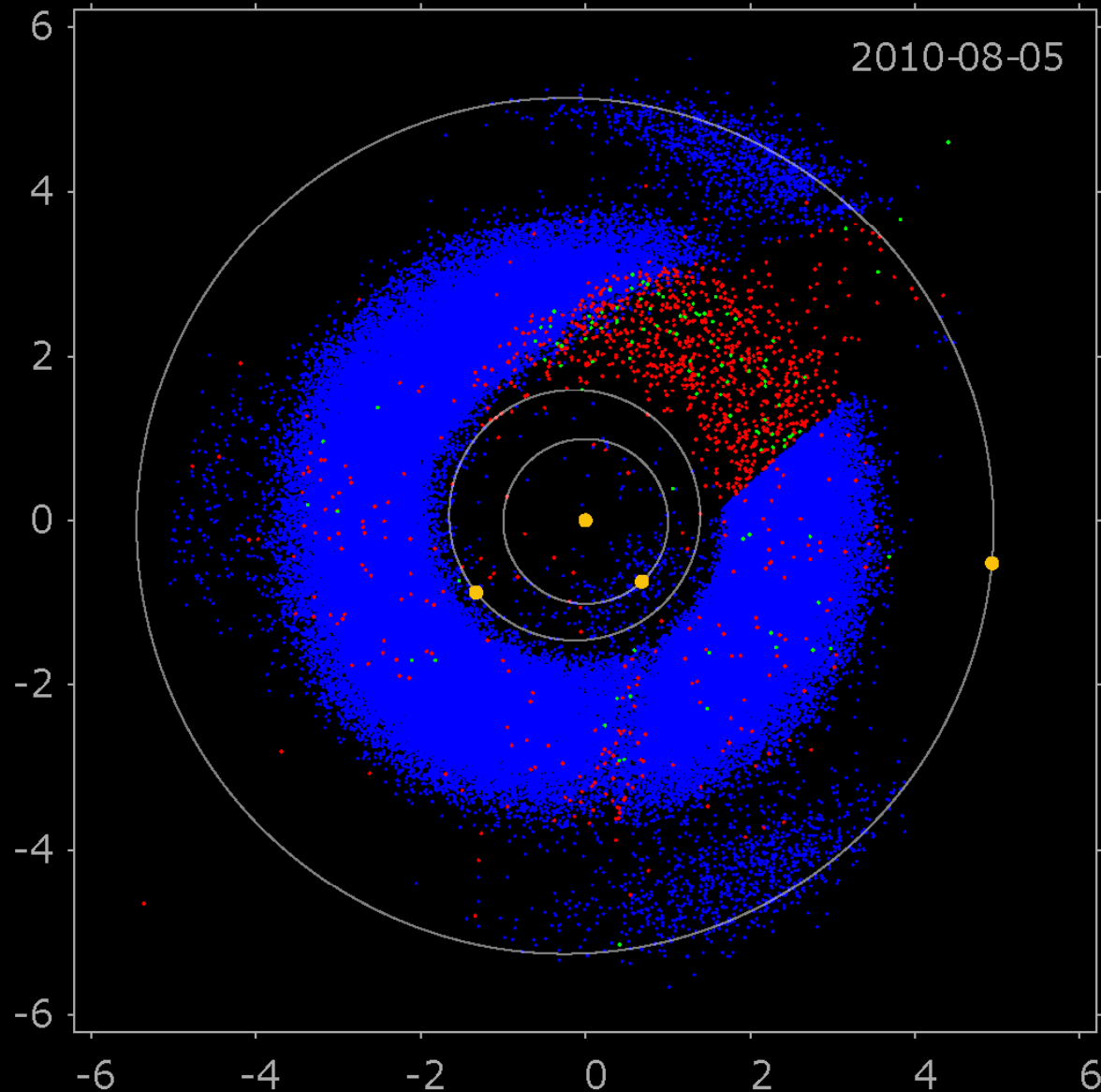
*IRAS*  
(2470)

Tedesco+ 2004



total: 138237

# Distribution of indentified asteroids as of 2010/08/05



IRAS: 2,470  
AKARI: 5,120  
WISE: 131,563  
total: 132,774

# MIMIZUKUを用いた小惑星観測

- 測光観測によるサイズ・アルベド測定
  - あかりとほぼ同じ検出限界を達成可能  
(10, 20  $\mu\text{m}$ )
  - メインベルト小惑星はサーベイ衛星が有利
  - 近地球型小惑星 (地球に接近する軌道を持つ) はMIMIZUKUによる観測が有効
    - スペースガードの観点からも重要

# miniTAO/MAX38による2005 YU<sub>55</sub>の観測 (Miyata+2012, Müller+2013)

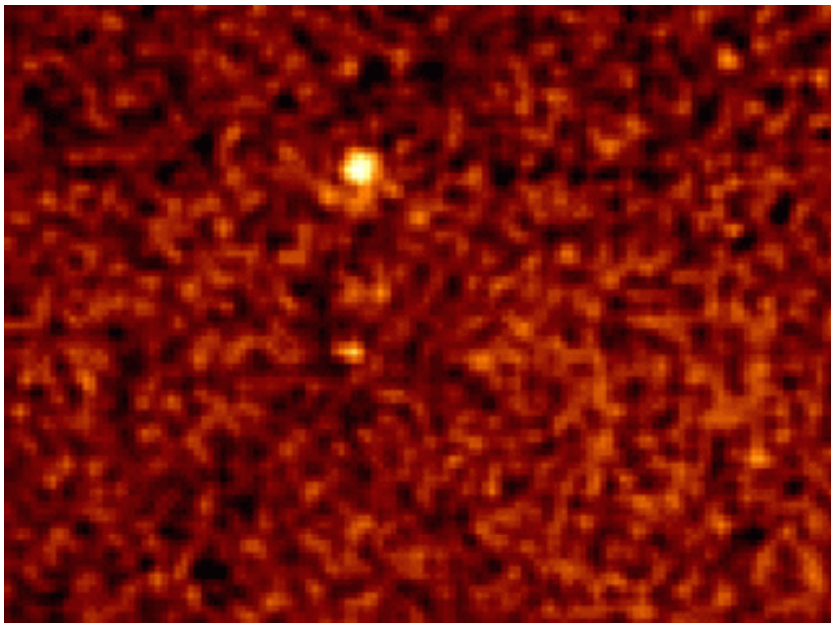
- 小惑星 2005 YU<sub>55</sub>
  - 近地球型小惑星の1つ (Apollo群)
  - 2011年11月8日 23:24UT 地球に大接近  
(月までの距離の0.85倍)
- 最接近時に中間赤外線観測が行えたのは  
miniTAO/MAX38のみ
  - 観測波長：8.9, 12.2, 18.7  $\mu\text{m}$



# miniTAO/MAX38による2005 YU<sub>55</sub>の観測 (Miyata+2012, Müller+2013)

2011/11/08の観測データの例

11/08 23:35 UT 最接近から~10分後



視野：2.7' x 2.0'

- 複数のデータを組み合わせる
  - miniTAO/MAX38 (8.9, 12.2, 18.7  $\mu\text{m}$ )
  - Herschel/PACS (70, 100, and 160  $\mu\text{m}$ )
  - SMA (1.3mm)



- 2005 YU<sub>55</sub>の様々な物理量が求められた
  - ほぼ球形、直径：300 ~ 312 m
  - アルベド：0.055 ~ 0.075  
(C型小惑星)
  - 自転軸の方向を決定
  - 熱慣性：350 ~ 800  $\text{Jm}^{-2}\text{s}^{-0.5}\text{K}^{-1}$   
(小惑星イトカワに近い)

地上望遠鏡ならではの機動性を発揮

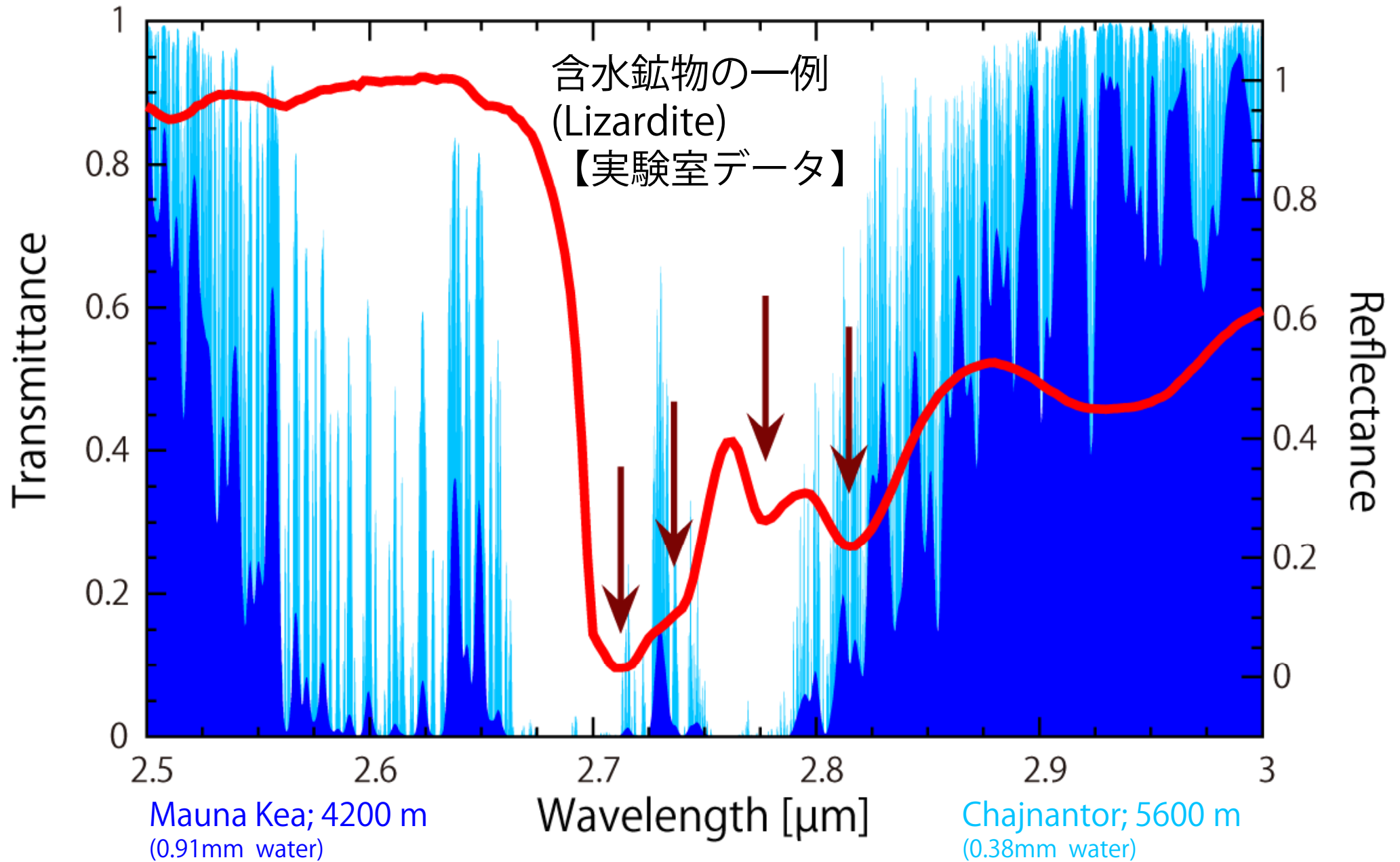
# MIMIZUKUを用いた小惑星観測

- 測光観測によるサイズ測定
- 分光観測による水や含水鉱物の探索

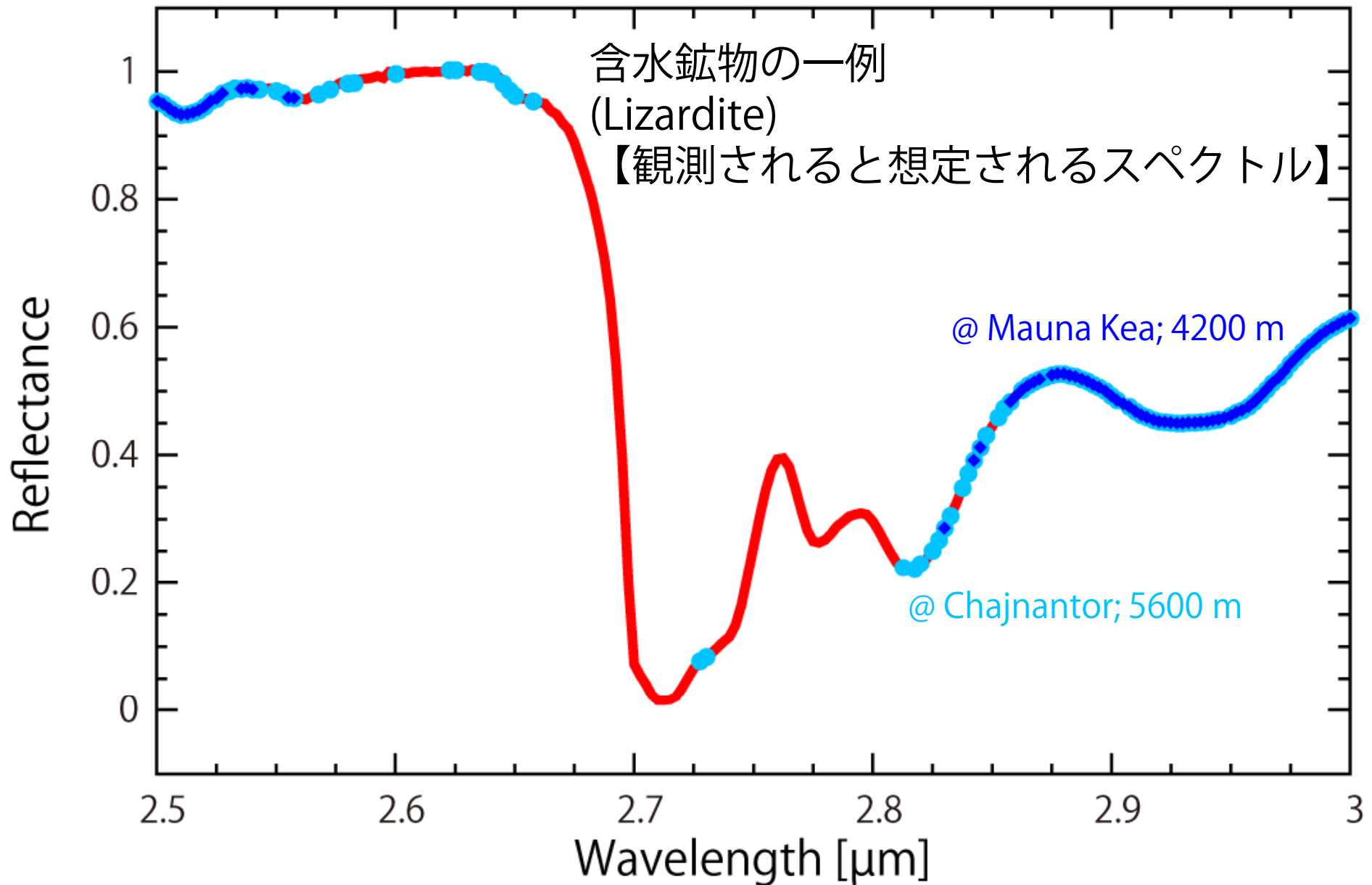
# 小惑星の分光観測 (特に近赤外線分光)

- 分光観測により小惑星表層の鉱物種の特定につながる
- 水氷や含水鉱物の存在の探索

# 地上観測における近赤外分光

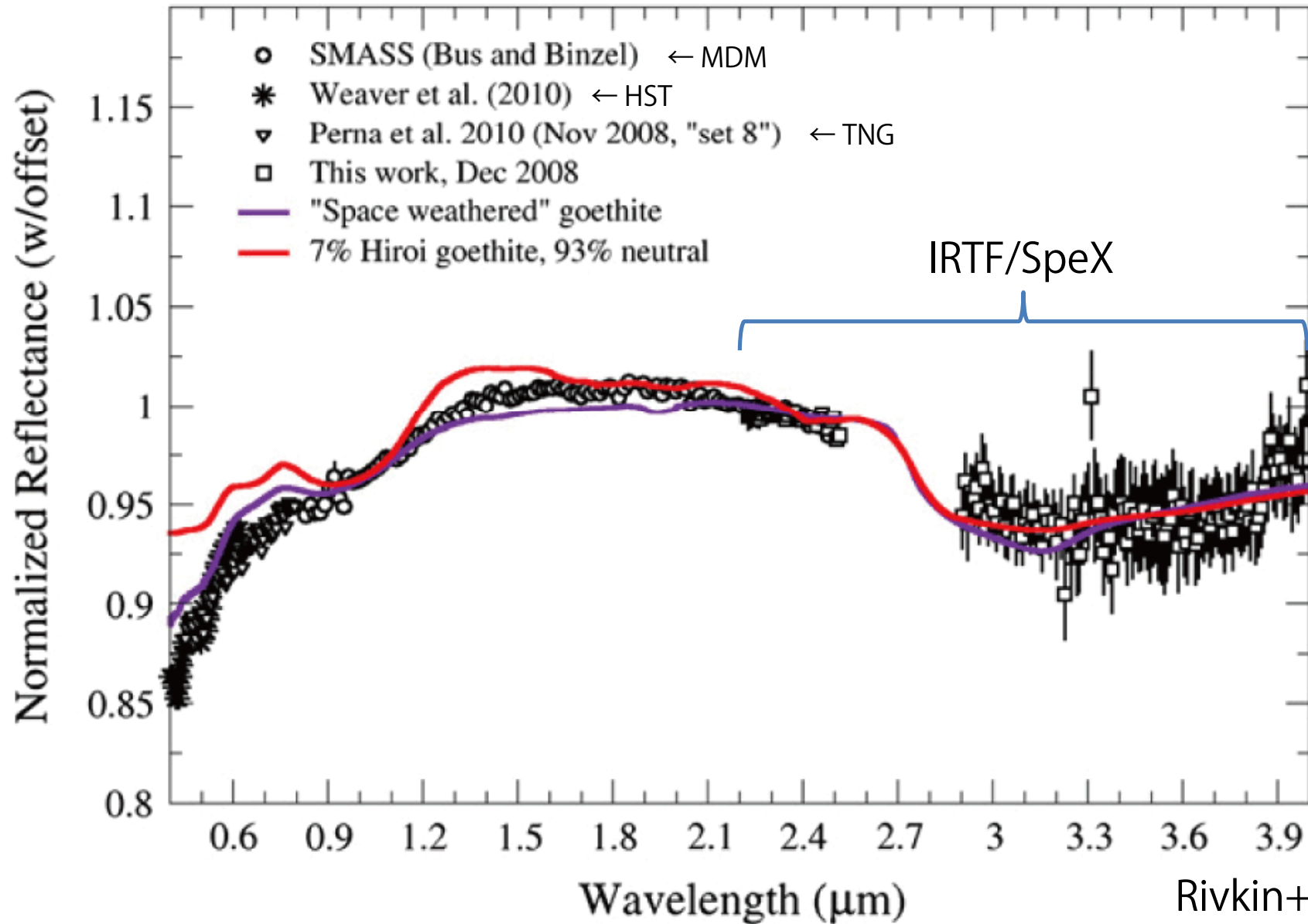


# 地上観測における近赤外分光



# 地上観測における近赤外分光

## (21) Lutetia



# MIMIZUKUを用いた小惑星観測

- 測光観測によるサイズ測定
- 分光観測による水や含水鉱物の探索

# MIMIZUKU の利点

(小惑星観測の場合)

- 2-38  $\mu\text{m}$ という広い波長範囲をカバーできる  
大いに有効！！
- $>8 \mu\text{m}$ で回折限界の空間分解能が達成できる  
(必ずしも重要ではない…)
- 2視野同時観測で時間変動天体の高精度な観測が可能  
(例えば、中間赤外線での小惑星ライトカーブ?)



# MIMIZUKUを用いた小惑星観測

- 測光観測によるサイズ測定
  - 特に近地球型小惑星に対して有効
- 分光観測
  - 近赤外線で水や含水鉱物の探索
    - TAOサイト(5600 m)の 地の利を活かす
  - 中間赤外線での分光観測も
    - 結晶質鉱物の検出など
- 欲しい機能
  - (望遠鏡制御) 非恒星追尾の実装
  - 分光には幅広のスリット (seeing sizeの2~3倍)
  - 広い波長範囲を「同時に」分光したい