

# 光赤天連シンポジウム

## 2030年代の中型計画をどうするか (2)

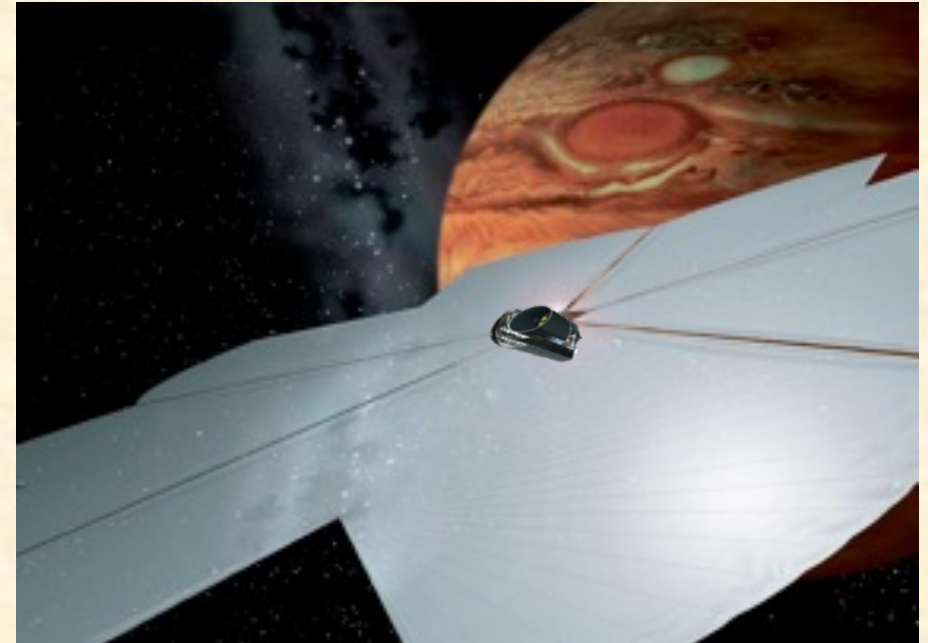
### 惑星間宇宙望遠鏡

IPST – Interplanetary Space Telescope  
- ダストフリー天文学の創成

松浦 周二 (関西学院大学)

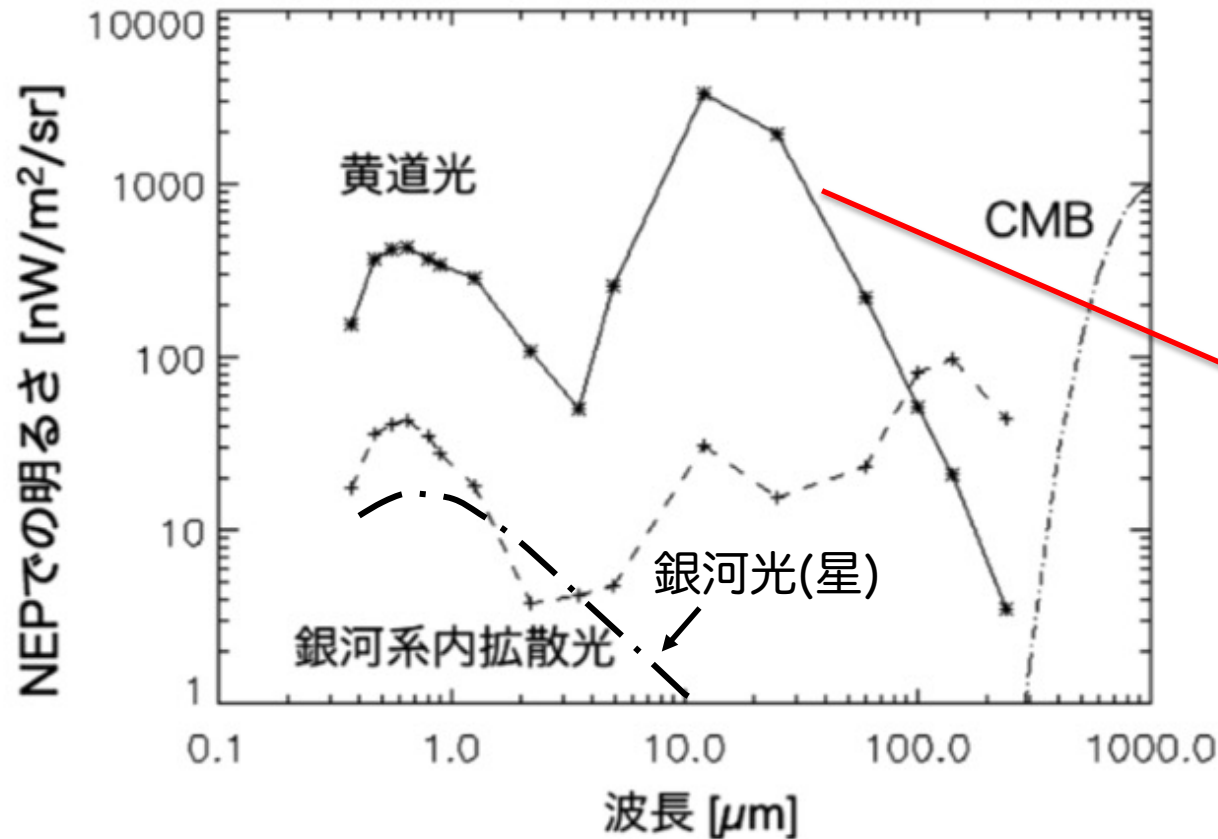
EXZIT & IPST study group

CIBER & COBAND collaboration



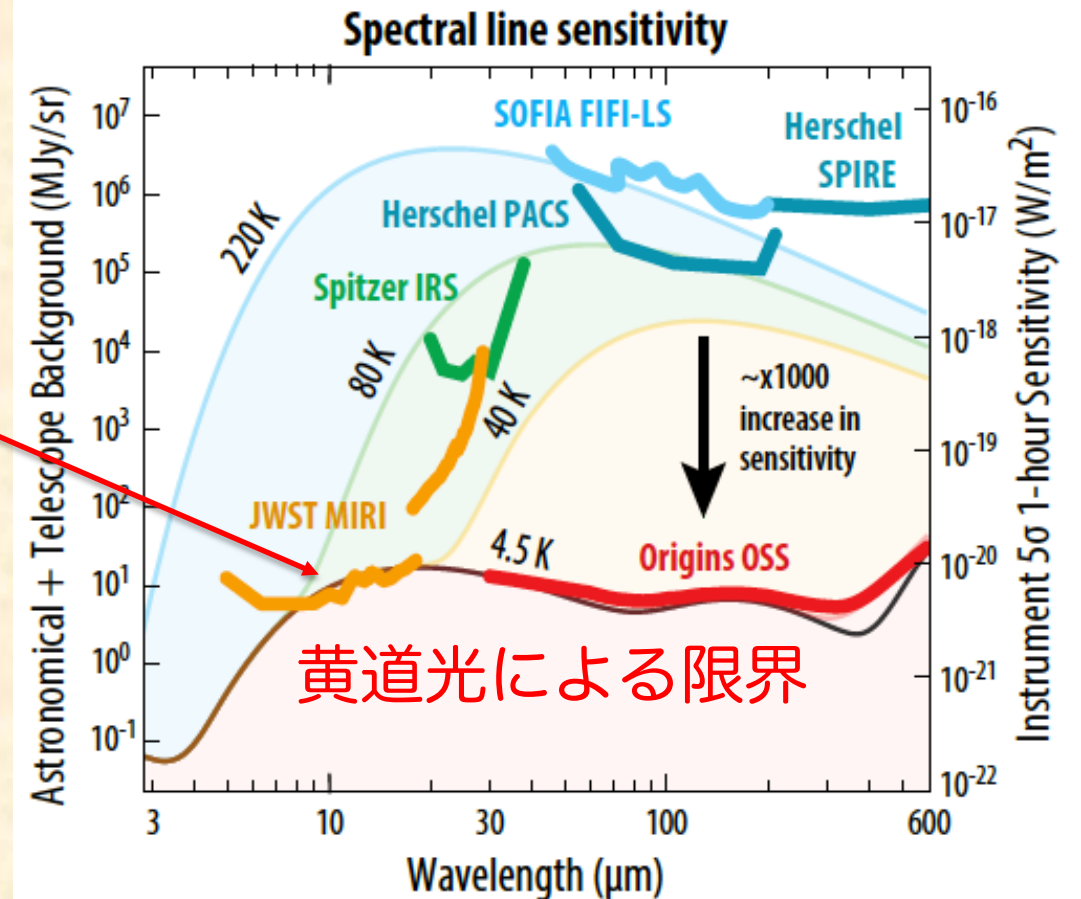
# 地球近傍軌道望遠鏡の限界 - 黄道光による感度制限

## 地球から見た空の明るさ



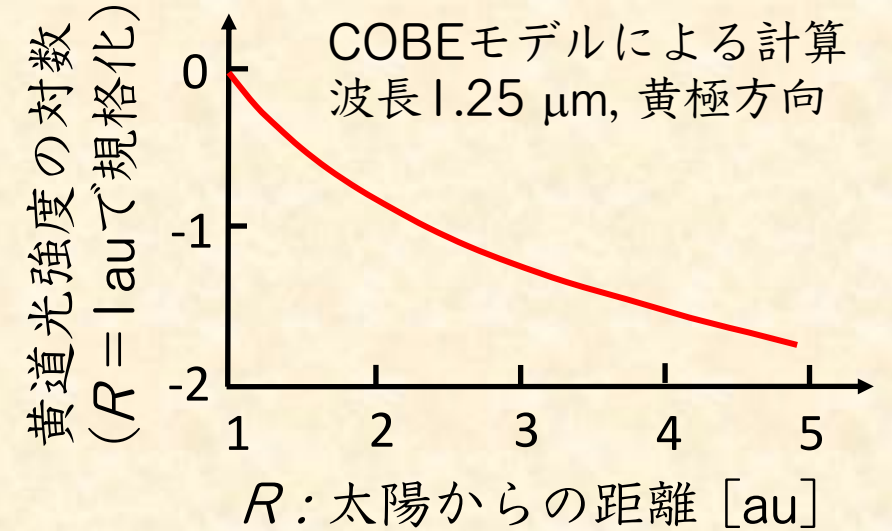
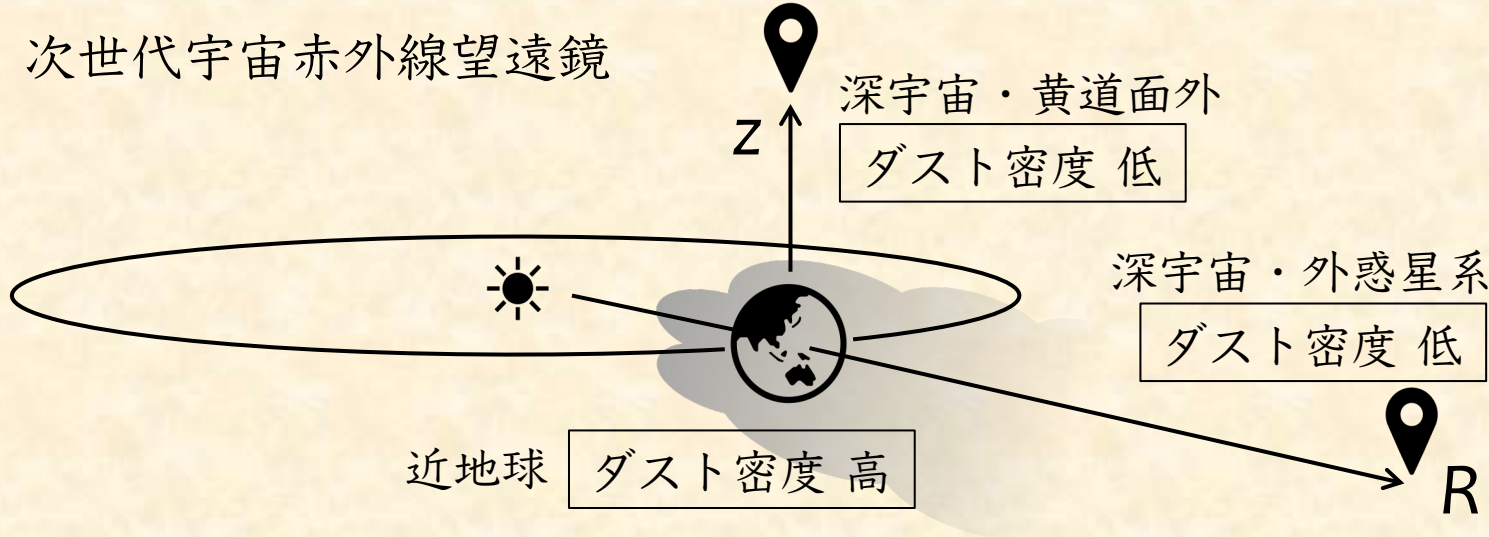
天文月報 2019年5月号 津村 & 松浦

## 将来の近地球赤外望遠鏡の感度



from OST mission concept study report

# 深宇宙での黄道光低減「ダストフリー天文学」



$R > 3\text{ au} / z > 1\text{ au}$  の惑星間空間では黄道光が地球近傍の  $\sim 1\%$



- 点源のBackground-limited sensitivityを10倍以上改善
- 拡散放射はかつてない高い測光精度が得られる

# IPSTの科学目的 – 宇宙赤外線背景放射

- 究極精度での全赤外域の背景放射(CIB)の分光・マッピング
- 点源分解できない宇宙初期放射をCIBとして検出

## □ 近赤外域 NIR

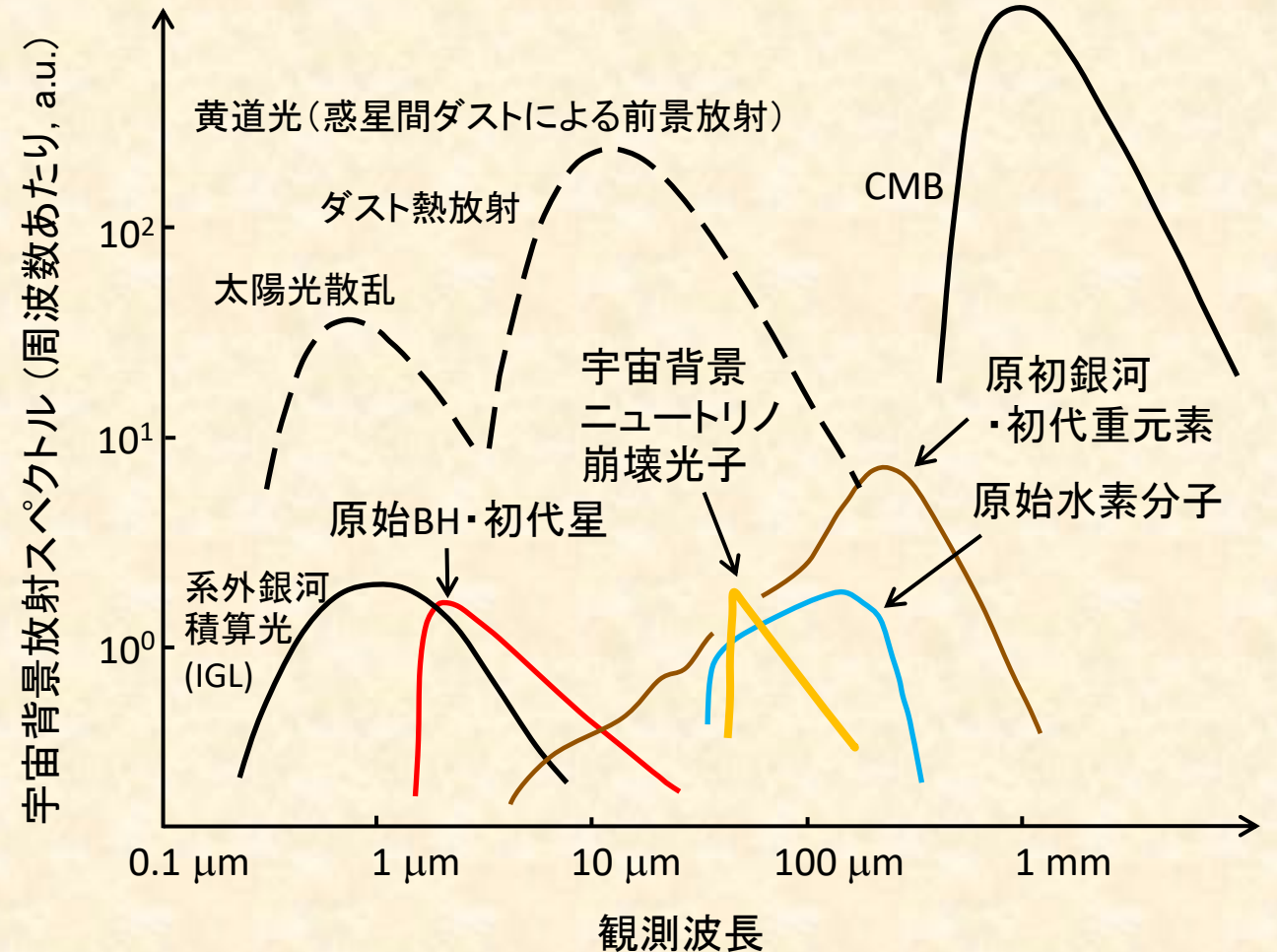
- CIB超過問題の解明
- 初代星/PBH

## □ 中赤外域 MIR

- 背景放射の初検出
- 原初 銀河/AGN

## □ 遠赤外域 FIR

- 背景ニュートリノ崩壊光子
- 原始水素分子収縮
- 初代重元素





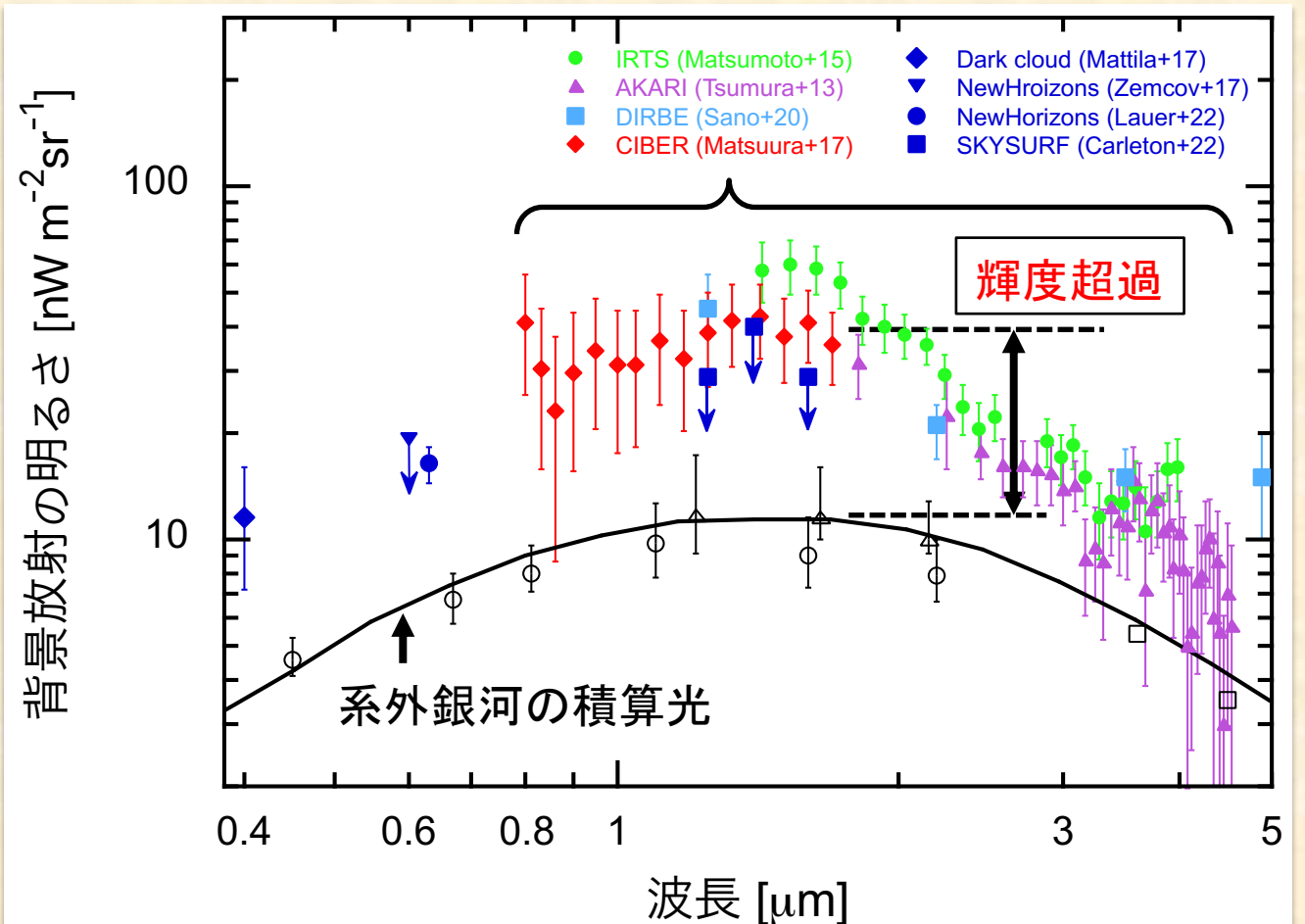
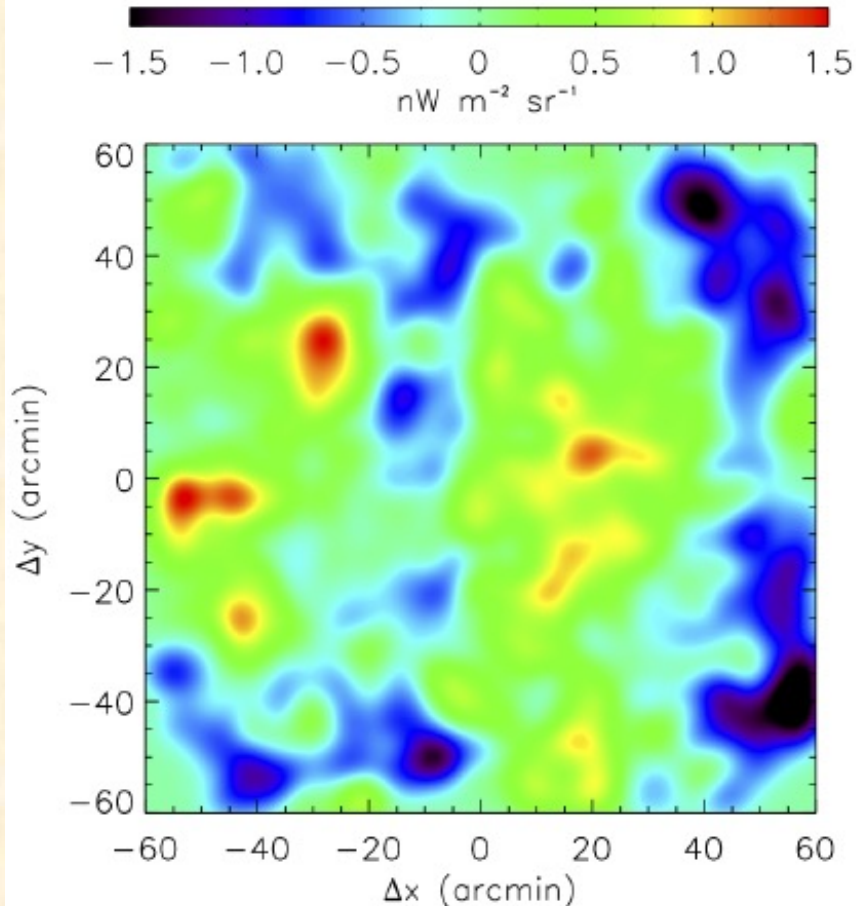
# 近赤外CIB – 超過成分の存在

これまでの近赤外CIB観測

銀河積算光より数倍明るい  
(一部は等方な黄道光の可能性)

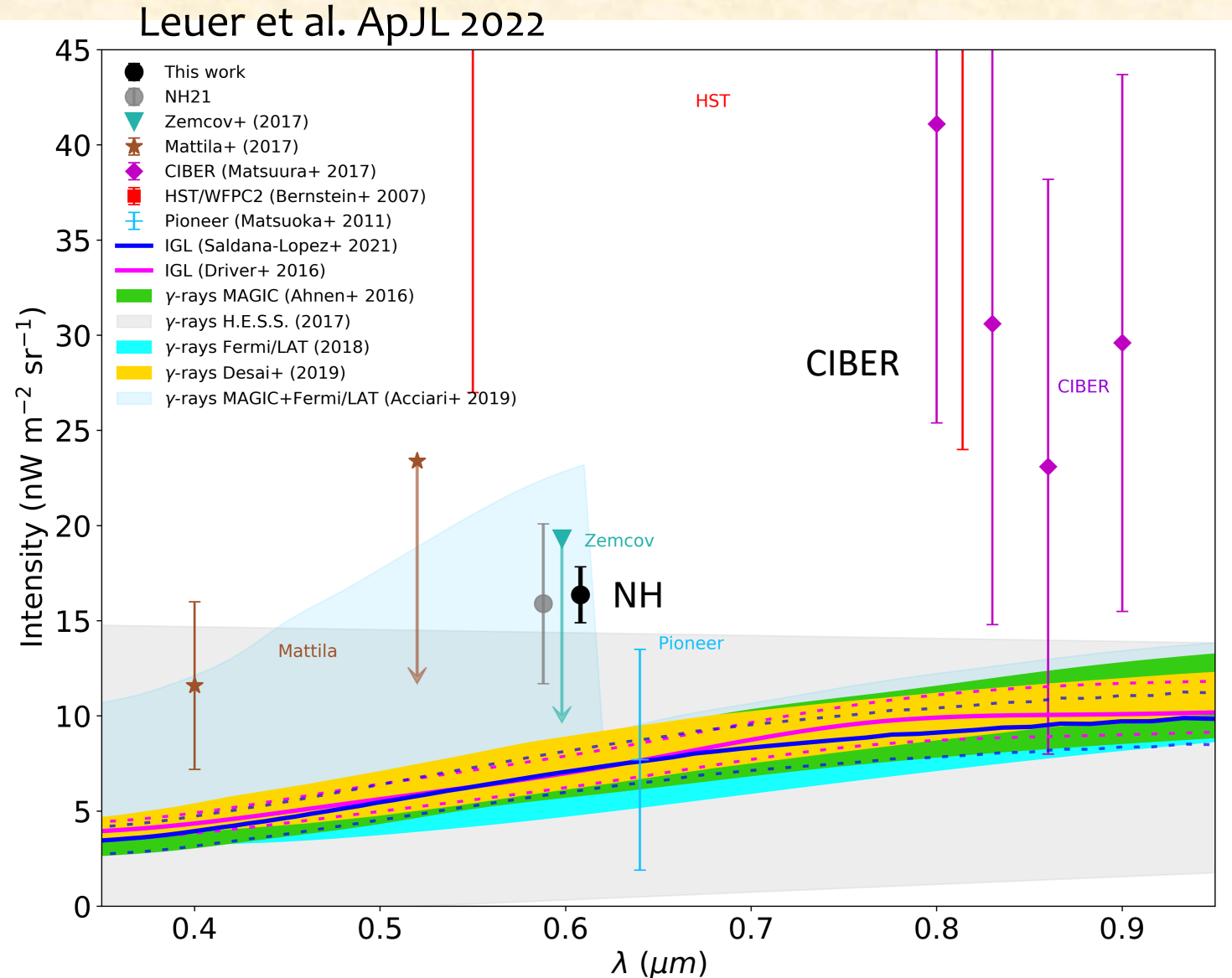
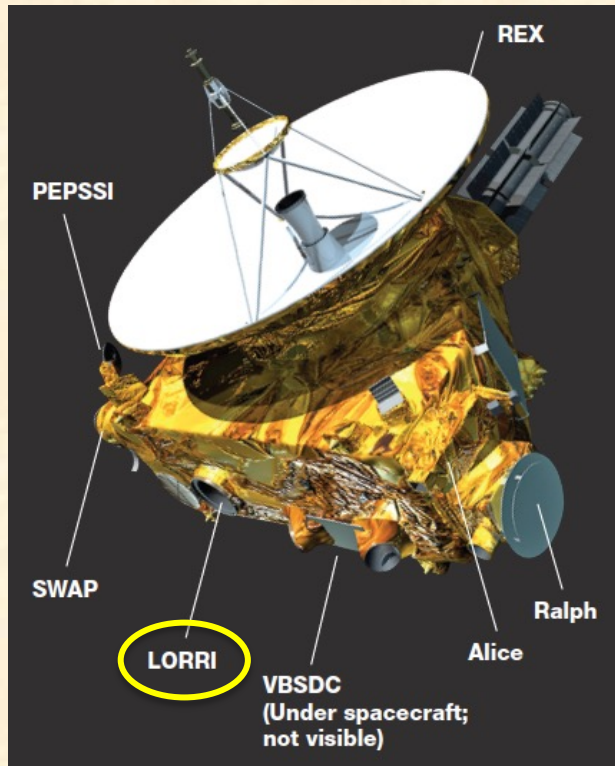
- 銀河ハロ一星(IHL)
- 未発見の矮小銀河
- 再電離期(EoR)

Zemcov et al. Science 2014



# 可視光背景放射(COB)にも超過が見つかった

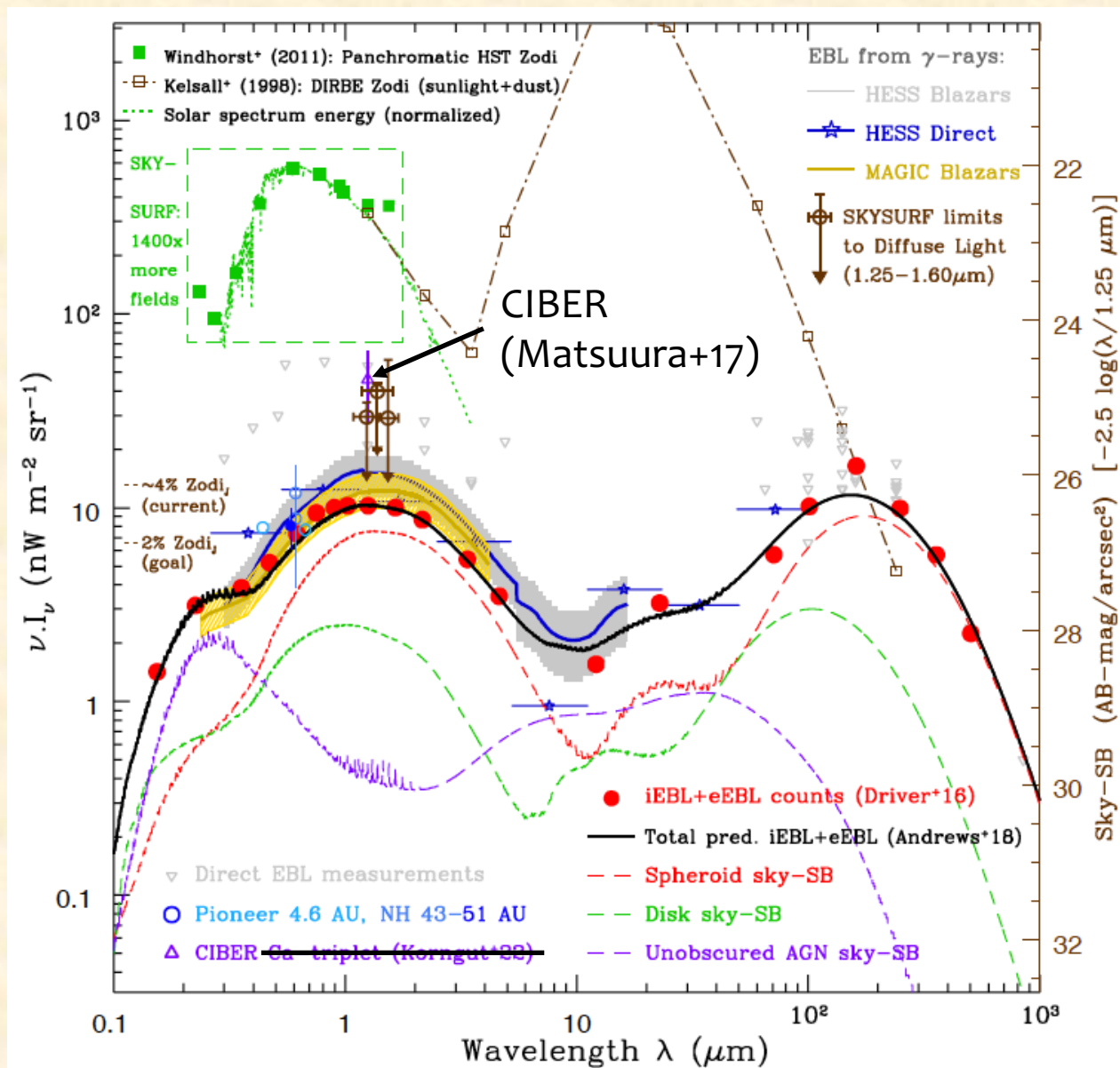
- New Horizons (R = 51.3 AU)
- 黄道光寄与がないCOB観測
- 銀河積算光の >2 倍明るい  
– NIRの結果(CIBER)と同様



# HSTアーカイブデータによるCIB測定

- SKYSURF project
- HST F125W, F140W, F160W
- 7年間のデータ面輝度測定
- 銀河積算光の寄与が小さい
- 熱放射の寄与を差引
- 大きなCIB超過成分あり
  - CIBERの結果と無矛盾

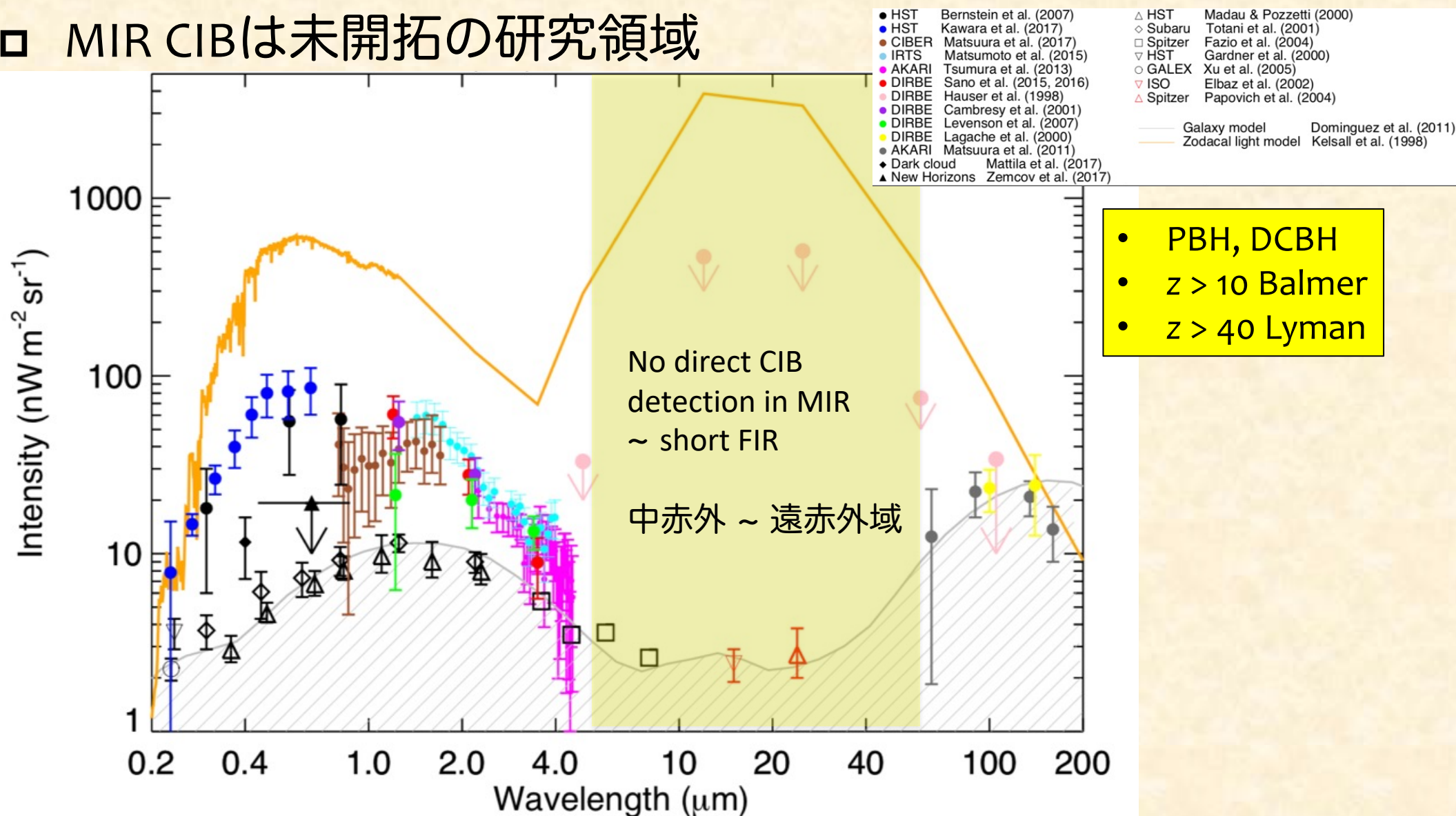
Carleton et al. 2022,  
[arXiv:2205.06347](https://arxiv.org/abs/2205.06347)





# 世界初の中赤外CIB検出を目指す

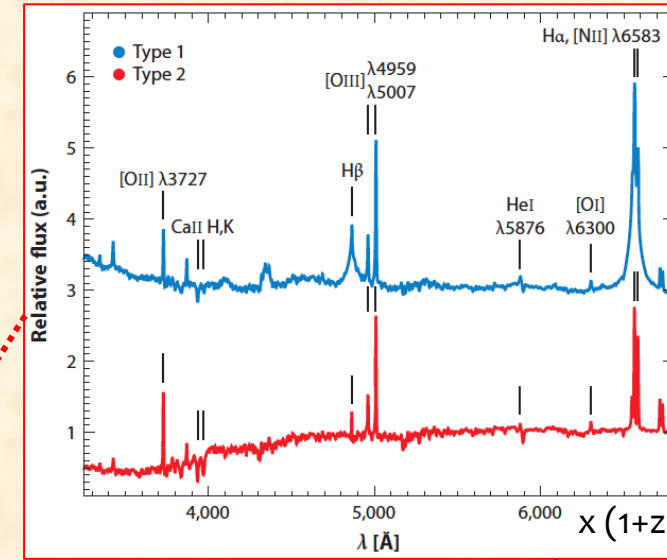
## □ MIR CIBは未開拓の研究領域





# 中赤外CIBによる再電離天体の検証

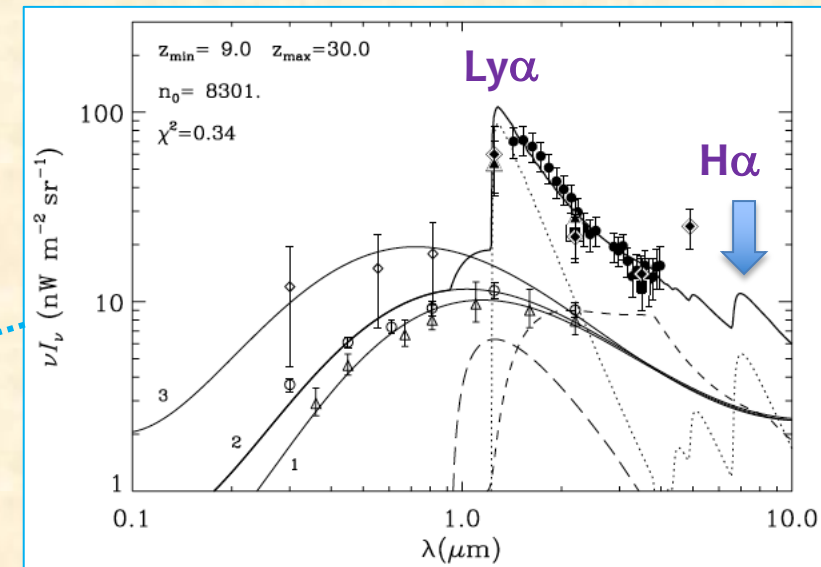
近・中赤外SEDからPBH説を検証



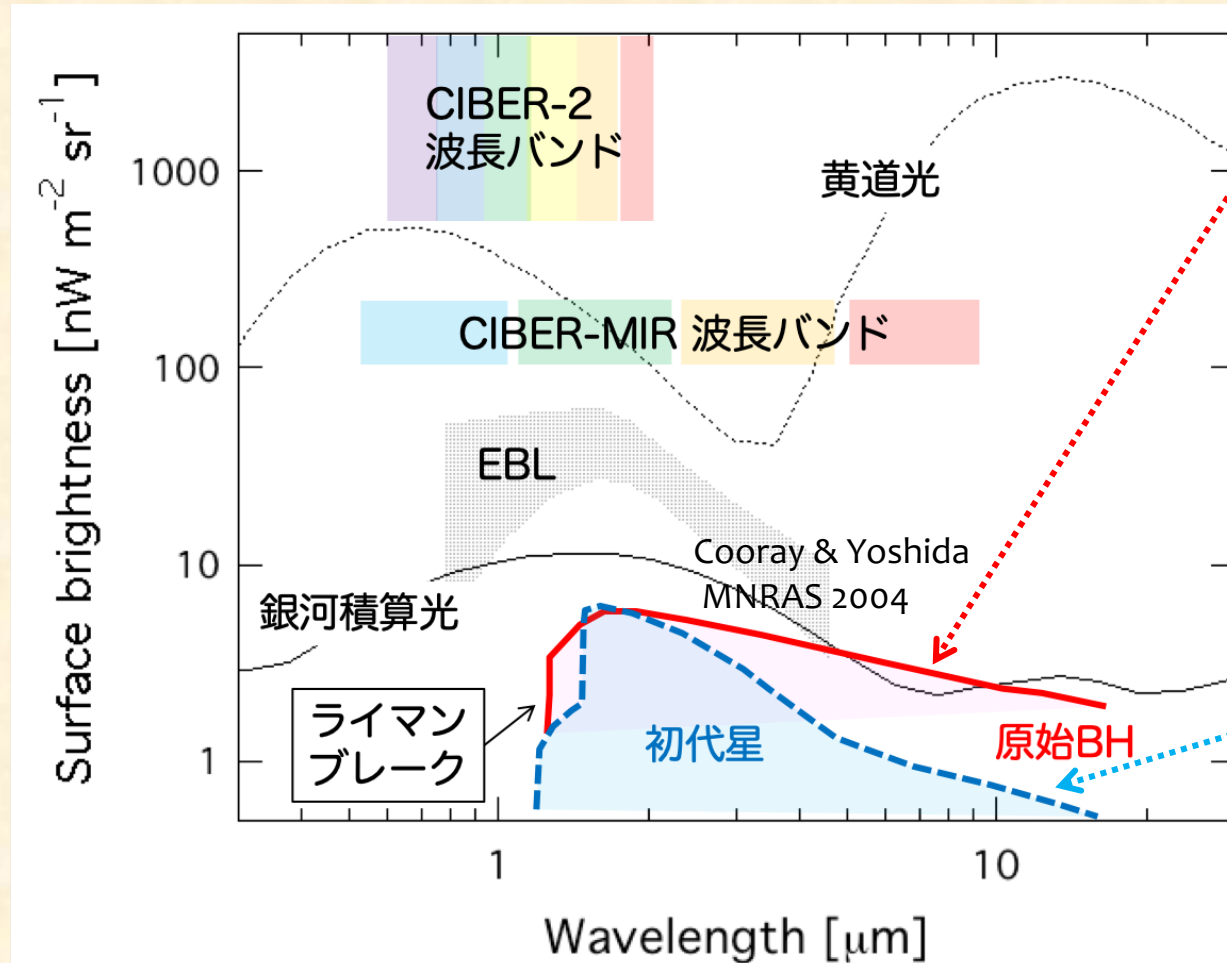
Hα, [OIII], [NII]

MIR band  
z > 10 Balmer  
z > 40 Lyman

Hickox & Alexander ARAA 2018

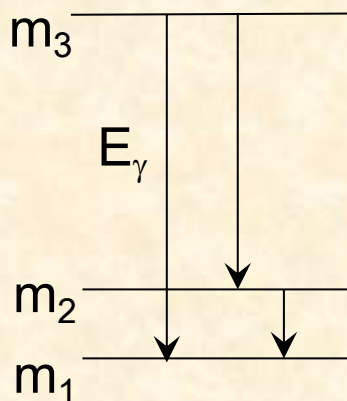


Dwek et al. ApJ 2005



# 中・遠赤外CIBによる背景ニュートリノ崩壊光子の探索

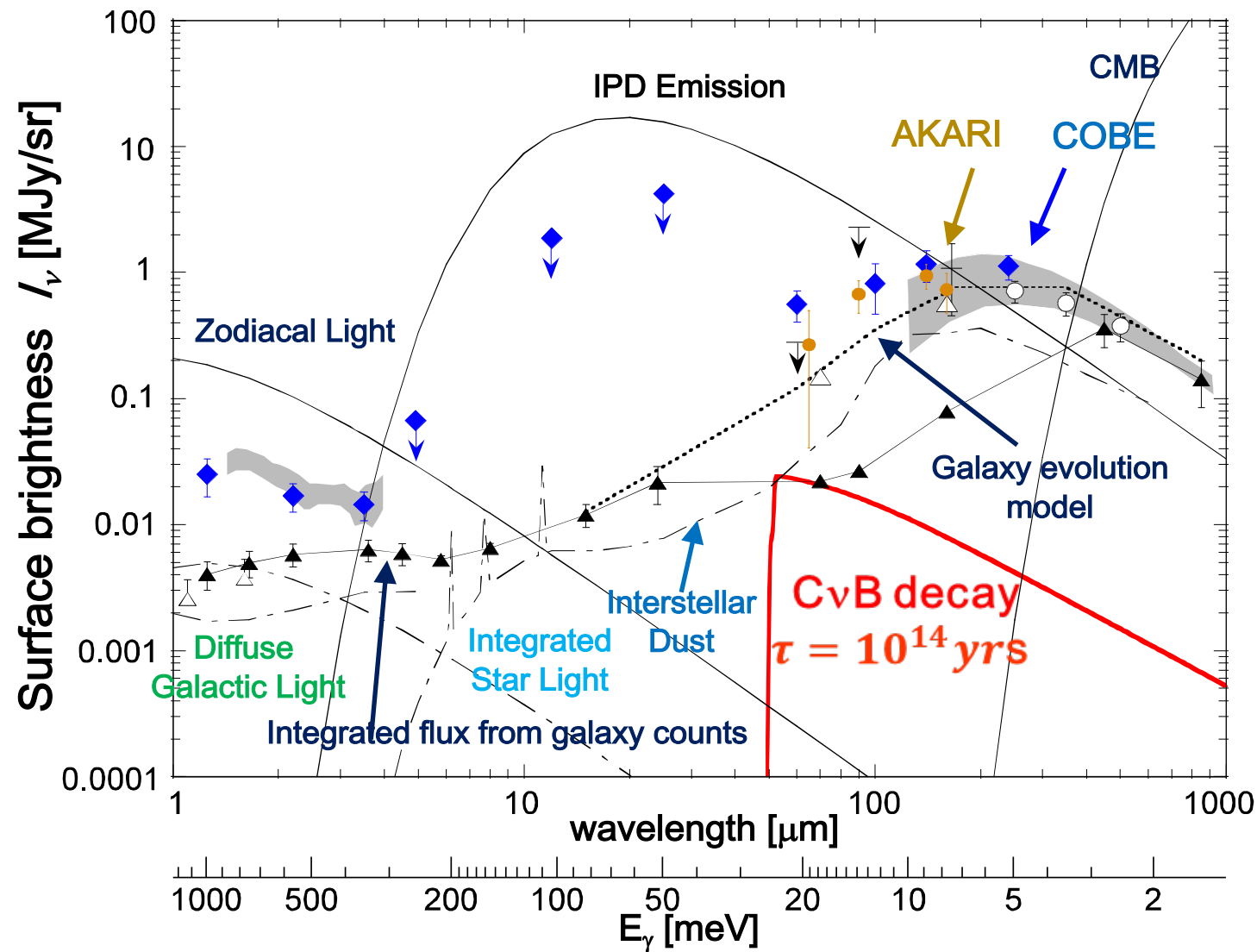
- 非標準理論
- 重い $\rightarrow$ 軽いニュートリノ  
光子モードで崩壊



$$E_\gamma = 14 \sim 24 \text{ meV} \quad (\lambda_\gamma = 51 \sim 89 \mu\text{m})$$

## 世界初の検出

- 宇宙背景ニュートリノ
- ニュートリノ光子崩壊



# 新たな深宇宙機システムの必要性

## IPSTが必要とする深宇宙機システムの課題

- 深宇宙での電力確保
- 長期にわたる惑星間航行 (燃料消費)
- 大容量の観測データ通信

## ソーラーセイルによる限界突破

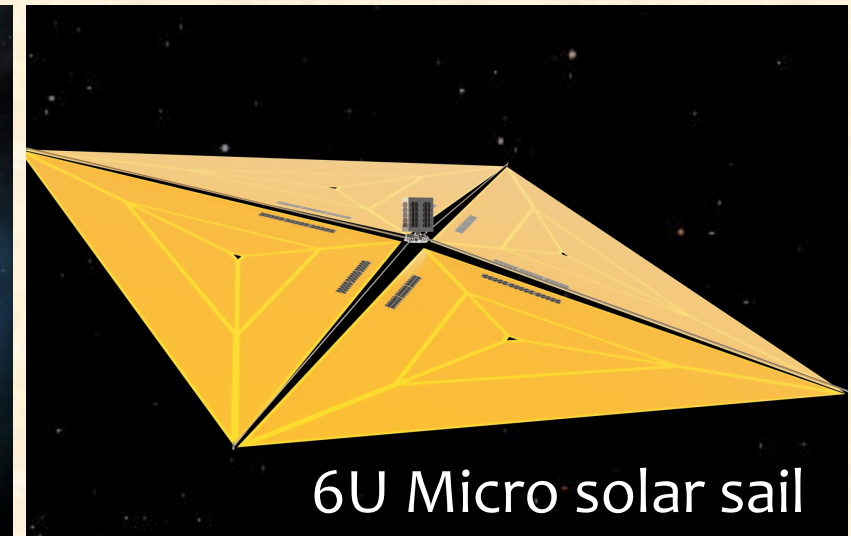
- ✓ 薄膜太陽電池 を装備 (電力セイル)
  - ✓ イオンエンジン+太陽光圧の高効率推進
  - ✓ セイル膜を利用した超高ゲインアンテナ
- c.f. New Horizons ~40kbps @5 AU



100m級ソーラーセイルによるIPSTの概念図

# IPSTシリーズ探査機

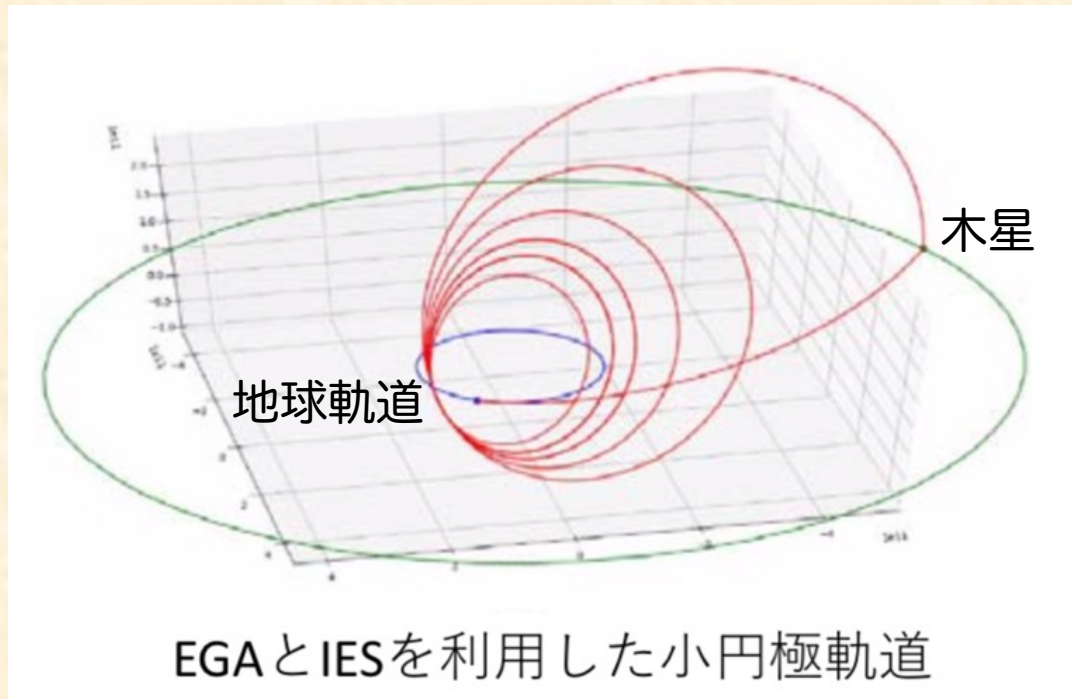
|          | IPST                               | IPST pathfinder                                             | Mini Solar Sail                     | Micro Solar Sail                 |
|----------|------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|
| 望遠鏡口径    | 1 m                                | 20 cm                                                       | 10 cm                               | ~1 cm                            |
| 観測波長     | 1 – 100 $\mu\text{m}$<br>(近赤外~遠赤外) | 0.4 – 20 $\mu\text{m}$ / 70 $\mu\text{m}$<br>(可視~中赤外 / 遠赤外) | 0.4 – 2.5 $\mu\text{m}$<br>(可視~近赤外) | 0.4 – 0.9 $\mu\text{m}$<br>(可視光) |
| 探査機 (機器) | 1,000 kg (200 kg)                  | 200 - 300 kg (50 kg)                                        | 50 kg (10 kg)                       | 5 kg (0.5 kg)                    |
| 軌道       | R >3au / 黄道面外                      | R >3au / 黄道面外                                               | R ~2au                              | SEL2                             |
| 規模       | 中型以上                               | 小型~中型                                                       | 超小型~小型                              | 6 U / 12U                        |
| 打上げ期     | 2040年代?                            | 2030-2040年                                                  | 2030年                               | <2030年                           |



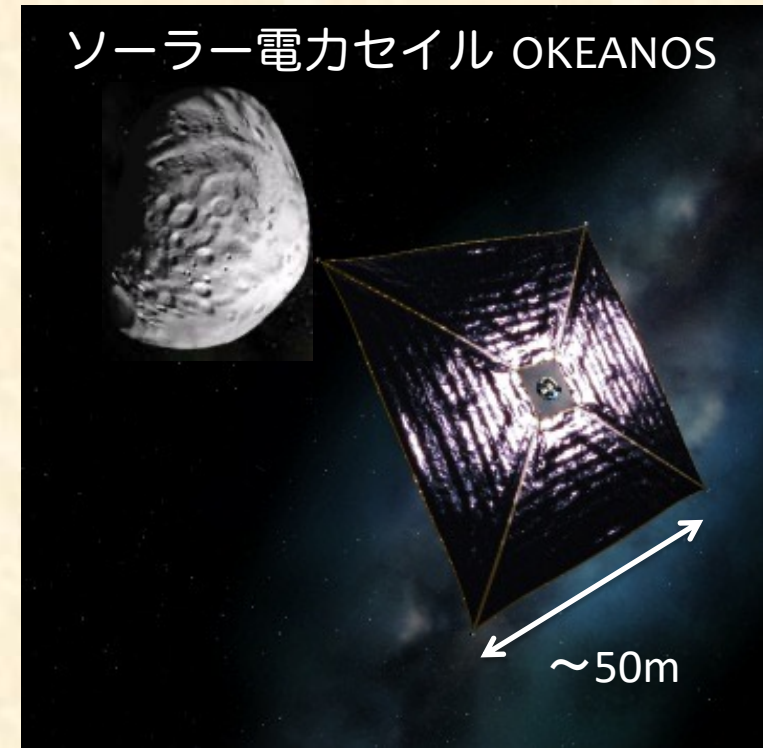


# Mini sail・IPST pathfinder の深宇宙 / 黄道面脱出軌道

- 打上げ～ EDVEGA ～ 木星スイングバイで黄道面脱出
- ソーラー電力セイル (太陽光圧＋イオンエンジンのハイブリッド推進)による太陽極軌道 ( $z = 1 \text{ au}$ ) への投入
  - $R > 3 \text{ AU}$  直接投入はイプシロンロケットでは難しく  $\text{H}_3$  が必要
  - イオンエンジンとスイングバイを組合せた EDVEGA が有望

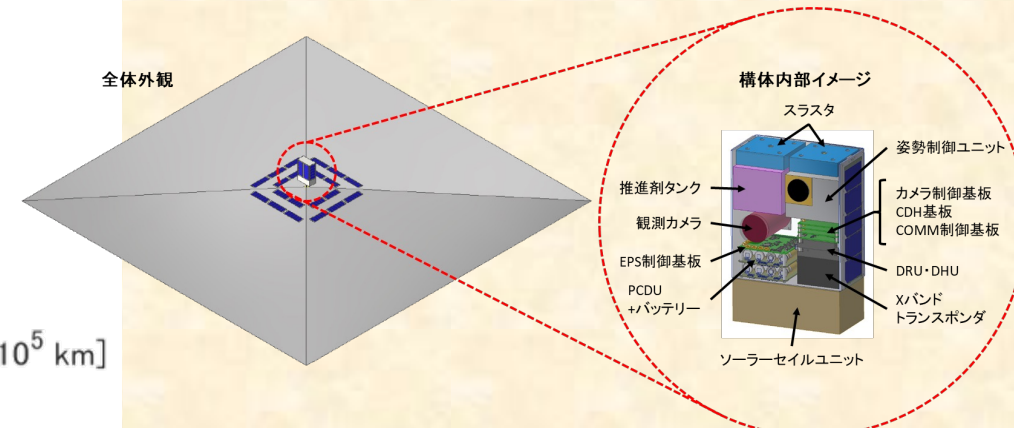
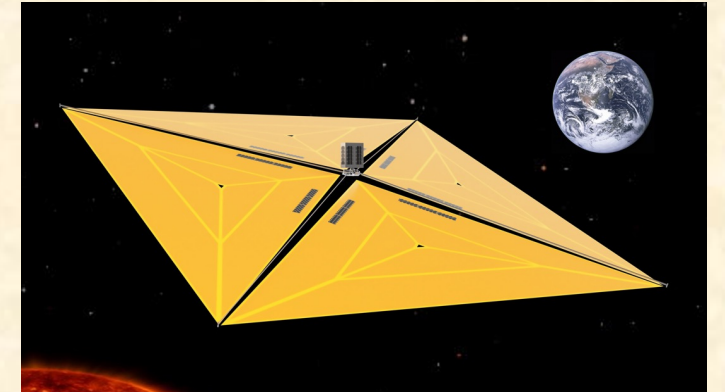
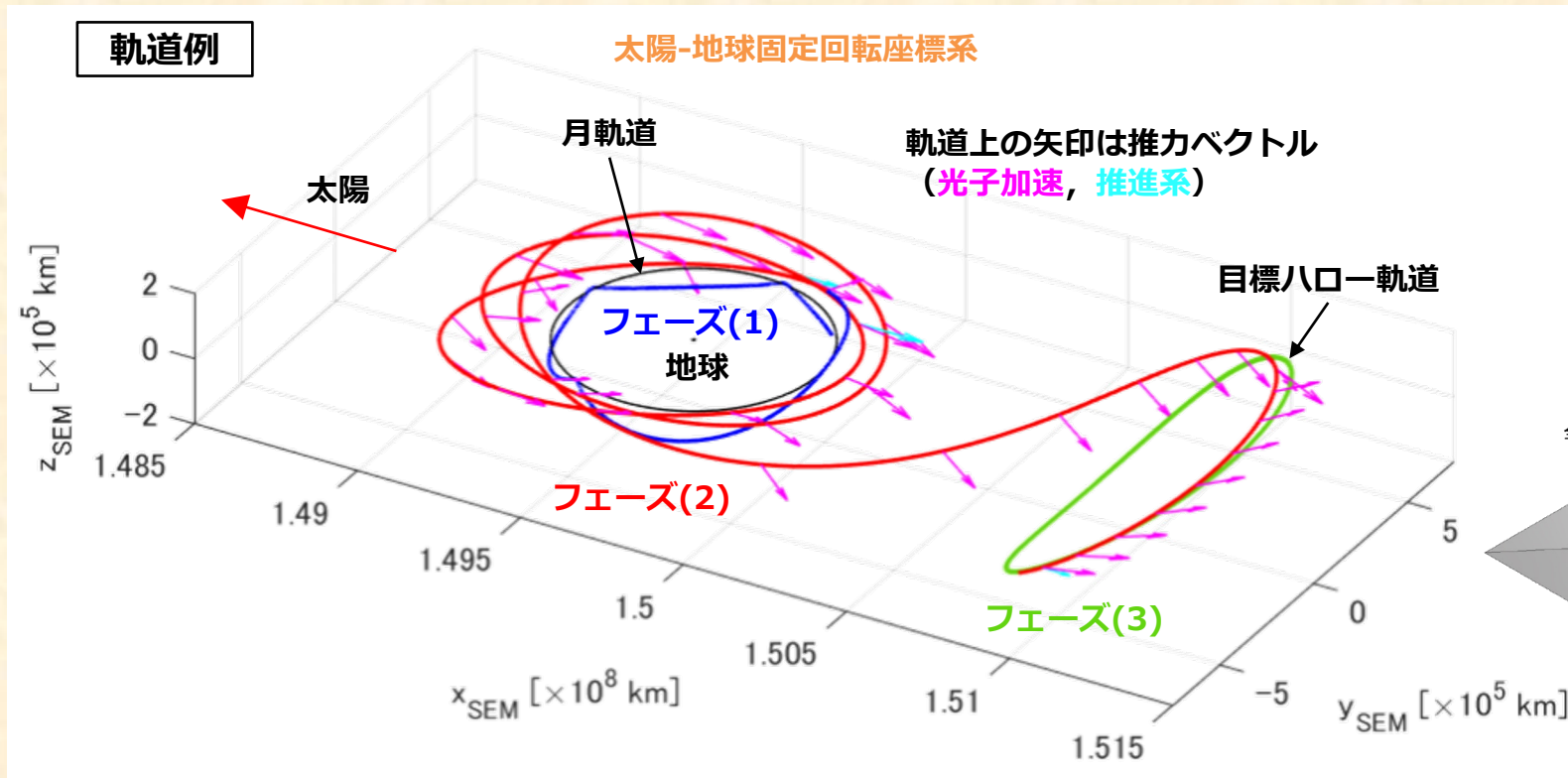


資料元：ISAS 高尾 氏



# 超小型ソーラーセイルによる技術実証

- 6U機を太陽-地球L<sub>2</sub>ハロー軌道へ投入
- 太陽光圧を利用した無燃料の長期停留
- 安定温度環境下での高精度測光観測 (黄道光, 銀河光, COB)
- 2030年までに打上げ

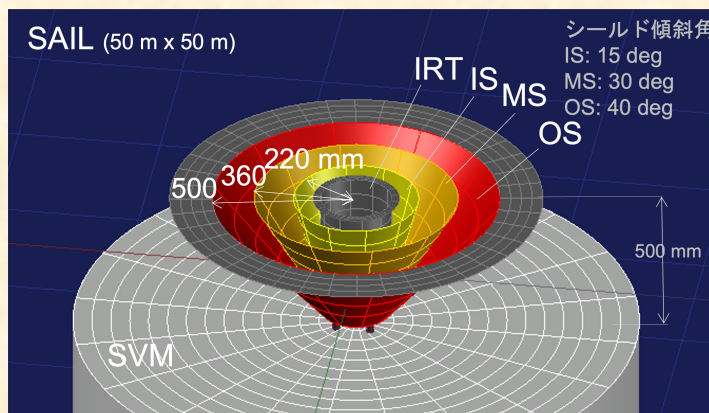


# MIR機器に必要な技術

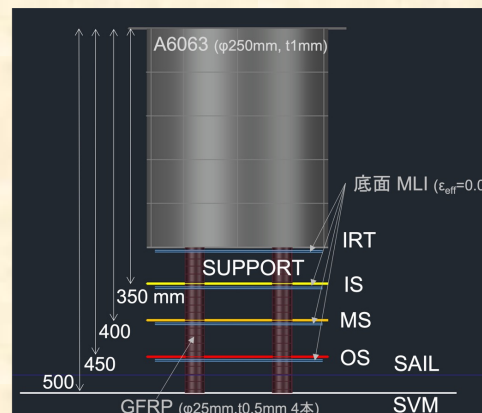
- 極低温冷却システム( 望遠鏡  $\sim 30\text{K}$  @5AU, 検出器  $\sim 10\text{K}$  ) by ISAS 赤外G
  - 深宇宙用 放射冷却・断熱機構の開発
  - 軽量 10K級 2段ST冷凍機の開発
- MIR検出器 ( $\lambda > 20\mu\text{m}$ )  $\text{NEP} < 10^{-18} \text{ W}/\sqrt{\text{Hz}}$ 
  - Si BIB (ISAS赤外G), 超格子 (JAXA地球観測技術FL), CSIP (東大, NICT)

LW MIR観測のためには重点的な開発研究が必要

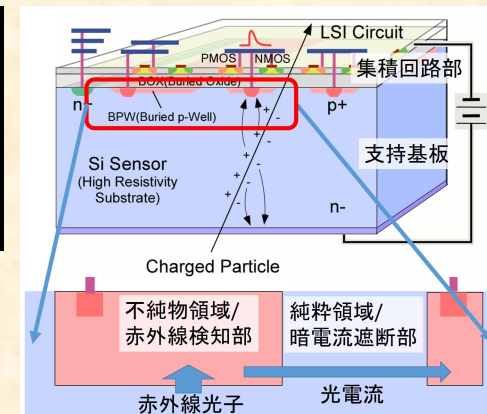
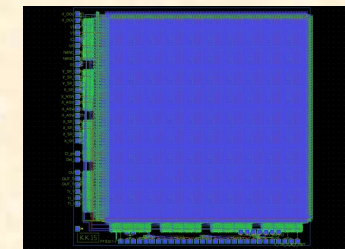
Pathfinder要求  $\lambda < 20\mu\text{m}$  は入手可 (e.g., HgCdTe) + Pipher, Zemcovらと共同



ISAS 鈴木氏による熱検討



AKARI ST冷凍機



ISAS 和田氏による検出器検討



# 多分野共同ミッション

IPST計画は光赤外天文だけでなく他分野との共同ミッション

例：OKEANOS(木星トロヤ群探査)のクルージング科学

- 探査工学            外惑星系・黄道面外探査
- 太陽系科学        黄道光観測・惑星間ダスト捕獲  
  / 太陽物理        小惑星フライバイ観測  
                      惑星間プラズマ・CME観測  
                      太陽極域観測（黄道面脱出）

...

ISAS中型GDI 3 分野の共同で行えるミッション



# IPST ~ 惑星間空間からの新しい天文学 ~

- 理工一体で開発する革新的な宇宙機
- CIBを軸とする革新的な天文学
- 日本オリジナルの挑戦的計画

