

すばる・TMT と将来の衛星計画 の連携戦略

2012年8月9-10日 光赤天連シンポ

松原英雄、山田 亨

Also Contributed by

高見道弘、塩谷圭吾、松尾太郎

連携戦略その1: 深宇宙探査と光赤外将来計画

恒星

電離ガス

分子ガス

中性水素ガス

ダスト

突発天体

黎明期宇宙

(First Objects ~ 再電離期)

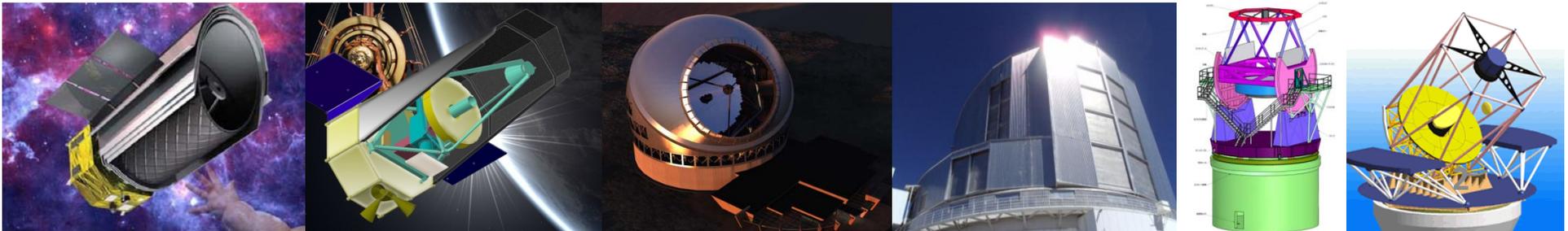
激動期宇宙

($z \sim 1 - 5$)

宇宙構造形成

銀河形成の Baryonic Physics

精密宇宙論 / 暗黒エネルギー



黎明期宇宙の観測

JWST / Euclid

WFIRST

2012

2017

2020



すばる HSC + PSF

NB 撮像 + 分光

Drop-out + 分光

赤方偏移 $z < 7$

SPICA

FPC-S CIRB 観測

MCS H α for $z \sim 7$

SAFARI PAH for $z \sim 7$

WISH

Drop-out / photo-z

赤方偏移 $z = 7-15$

京都3.8m

GRB $z < 7$?

Time Domain

でのサイエンス

TMT

赤方偏移測定、スペクトル解析

WFOS/MOBIE 分光 IRMOS分光

IRIS 分光・撮像

IRMS 分光

ALMA ダスト / 微細構造輝線

SKA HI 21cm 観測

すばる HSC による NB 撮像
PFS による分光フォローアップ

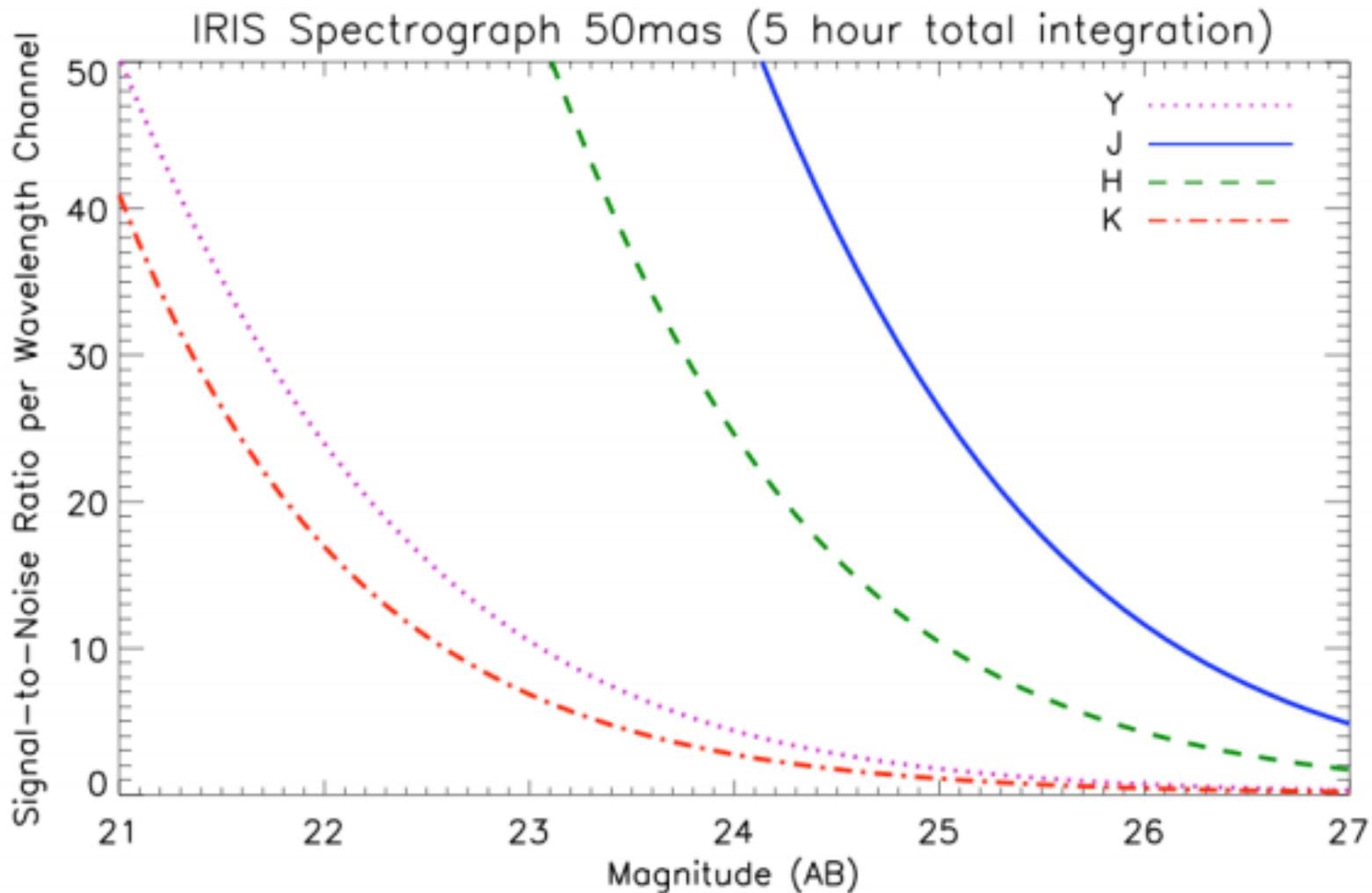
TMT IRIS で重要天体を分光撮像
TMT WFOS で分光観測
明るい天体の詳細スペクトル
暗い天体の同定
TMT IRMS 近赤外輝線観測
ALMA による dust 観測
ALMA による 微細構造輝線観測

Ly α 輝線・詳細プロフィール
Hell 輝線
LAE空間分布による再電離トポロジー
紫外線連続光観測

WISH による初期宇宙天体探査

TMT IRIS / IRMS / IRMOS による
分光同定観測
輝線解析(強度、プロフィール)
紫外線連続光(星間ガス、銀河間ガス)
空間分布
SKA などによる HI 観測との相関

(1



間積分)

及
方度
甫)

位)

Figure 5: Estimated signal-to-noise ratio per wavelength channel versus a given magnitude (AB) illustrating the sensitivities for the integral field spectrograph at the 0.05" per spatial element scale in each broadband filter (Y, J, H, K) using a fixed aperture size of 0.1" and an integration time of 5 hours was made up of single exposures in the Y, J, H, and K. The coarser scale yields a higher background level, therefore decreasing the signal-to-noise ratio.

0.1" aperture / point source
0.05"/pix (最も粗い) 5時間積分
夜光平均背景光

激動期宇宙 ($z \sim 1 - 5$) の観測

宇宙構造形成 / 銀河形成の Baryon Physics

2012

2017

2020



すばる HSC + PSF
 $z < 6$ 銀河
大統計測光 & 分光サンプル
銀河間ガス

SPICA
ダスト放射の観測 $z < 5$ ULIRG
微細構造輝線の観測 $z < 2$ ULIRG
(隠された星形成・AGN 診断)

- Photo-z / Spec-z
- Stellar-mass
- Dynamical mass
- Stellar population
- Chemical evolution
- Line physics
- ISM/IGM physics
- AGN activity

TAO 6.5m
地上 (南天)
赤外銀河サーベイ

WISH Euclid/WFIRST SPICA-FPC
 $z < 6$ 銀河の静止系可視光撮像

TMT
詳細分光: 赤方偏移、構造、
Kinematics、
金属度、ガス流出入、
銀河間ガス

ALMA ダスト・ガス

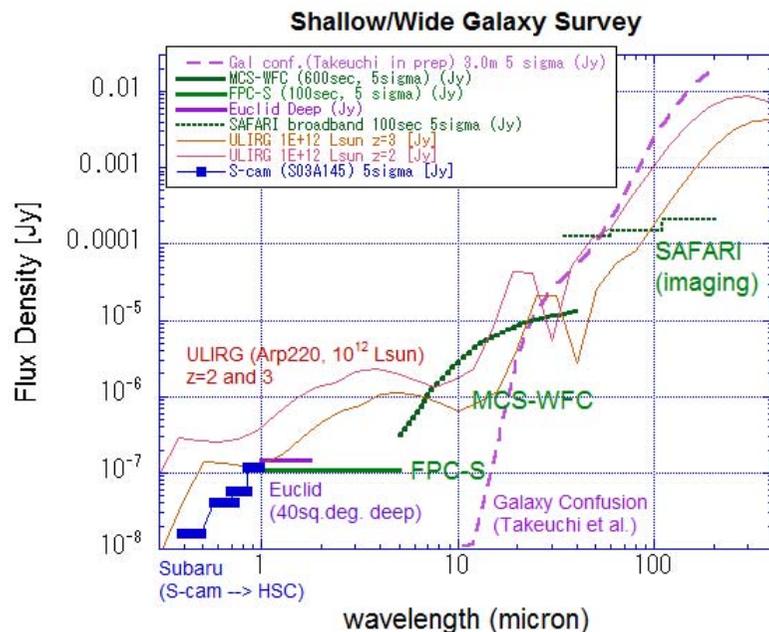
Feasibility Matching

(例2) $z \sim 5$ のPAH-emitter銀河を SPICA/SAFARIで見つけて、TMTで静止系可視のAO撮像や分光する。

$z \sim 5$ のPAH emitter銀河(ULIRG)は、 $\sim 10 \mu\text{Jy}$ @50 μm (SAFARI低分散(S-Mode)で3時間積分)

静止系可視では、 $\sim 27\text{AB}$ 等級？(要確認)

(例3) $z \sim 3$ までのSAFARI-SWあるいはMCS-WFC 40 μm selected 大規模サンプルを構築し、その静止系紫外 \sim 近赤外SEDを、Subaru/HSC, Euclid, SPICA-FPCで取得する。変な天体をみつけたら、TMTで静止系可視の分光も。



SAFARI 50 μm sample ($\sim 100 \mu\text{Jy}$) \rightarrow ?? Gals. per sq. deg.

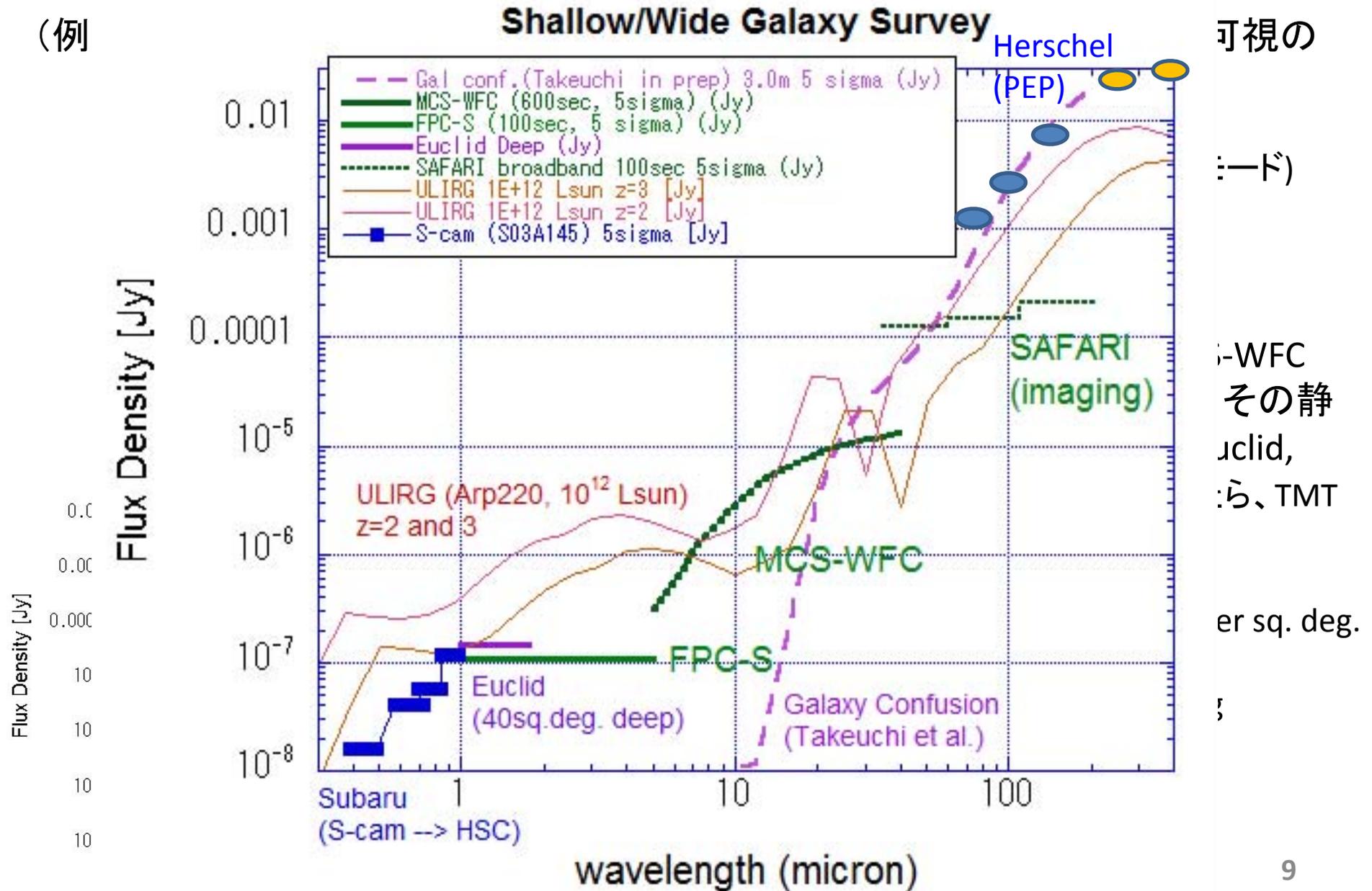
FPC-S in parallel mode @ KLM, 26.3 AB mag

Euclid YJH, 26 AB mag (20sq. Deg. Deep)

Subaru/HSC griz

Feasibility Matching

(例)



将来の連携戦略その2

Contributed by M. Takami, K. Enya, & T. Matsuo

星・惑星系形成 系外惑星

Planet Formation

Contributed by
Michihiro Takami

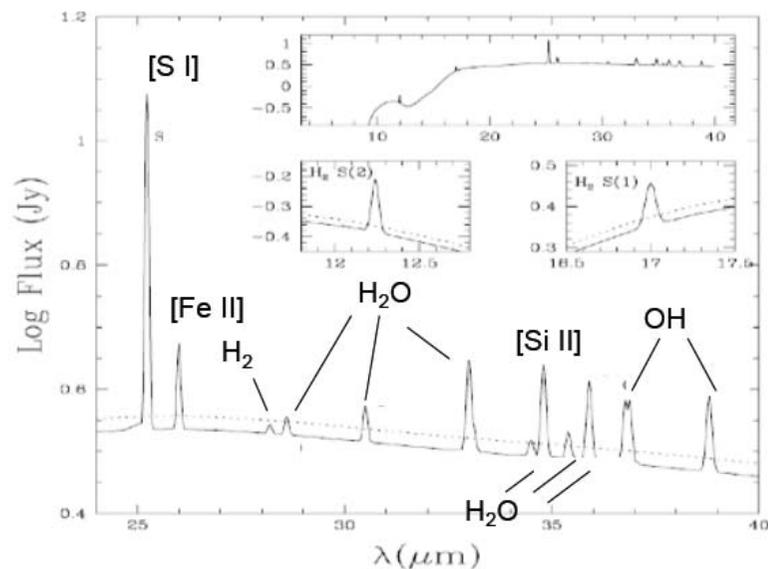
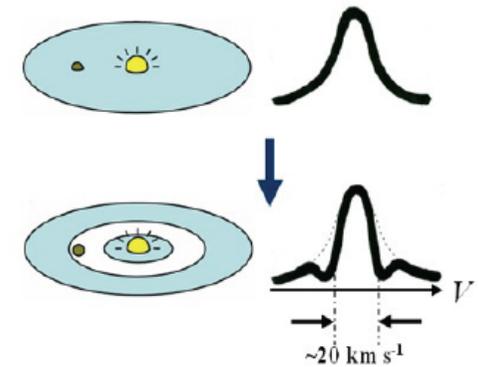
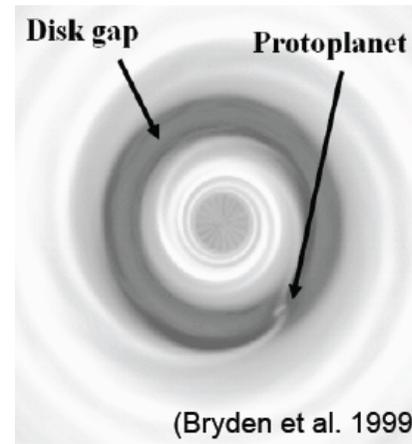
Future direction in TMT & SPICA era

More MIR observations (i.e. observing regions)

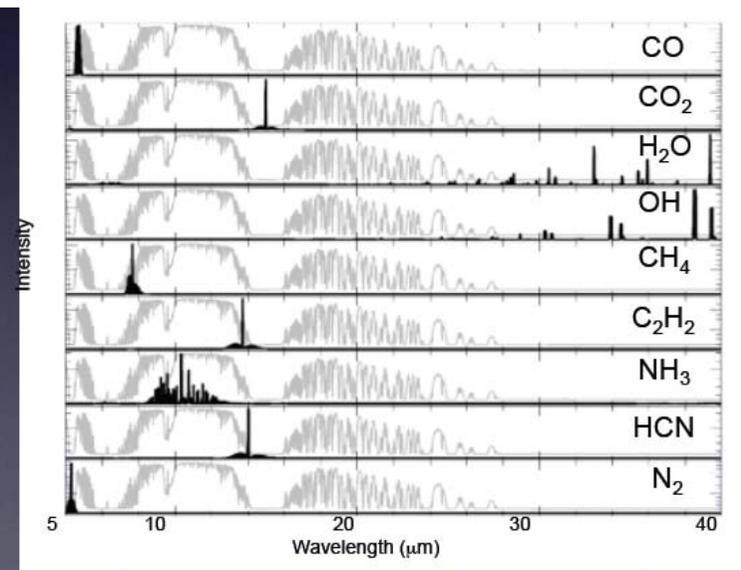
High sensitivities (> more disks and lines)

High spectral resolutions ($R \gg 1 \times 10^4$)

High angular resolutions ($\ll 1''$)



(Gorti & Hollenbach 2004)



(Optically Thin, 1000 K)

Planet Formation :Roles of TMT, SPICA & JWST advantages & what to be observed

Contributed by
Michihiro Takami

- **TMT High Spectral & Angular Resolutions**

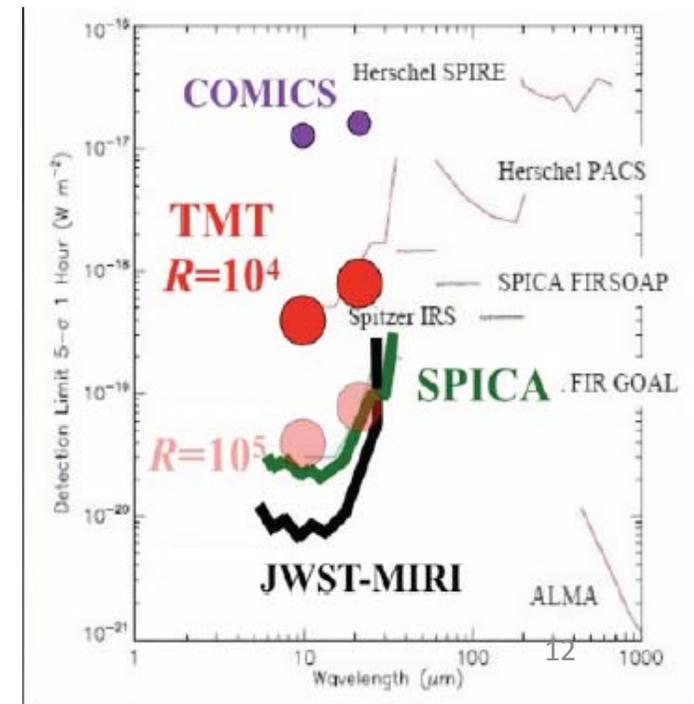
- Kinematics & structures in bright planet-forming regions
- (minimizing emission contaminated from diffuse gas)
- Effects of binary companions

- **SPICA High Spectral Resolution & Sensitivity**

- Kinematics (thereby structures) in dozens of planet-forming regions
- Physical/chemical conditions as a function or radius in more detail

- **JWST Superb sensitivity (< 20 μm)**

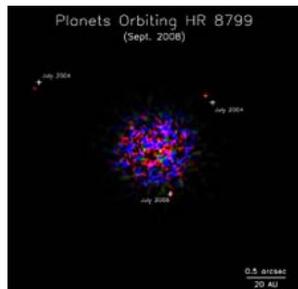
- timescale for dissipation of inner gas disks
- Detailed physical/chemical conditions integrated over the entire region



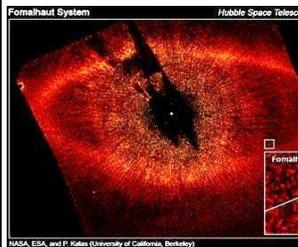
Coronagraphic observation for exoplanets in 2020's

Contributed by Keigo Enya

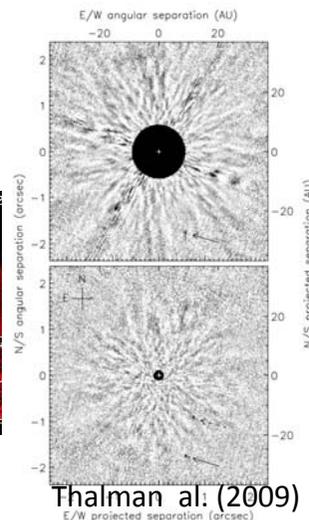
- JWST and Large ground-based telescopes (e.g. TMT)
 - Powerful tools for **discovery** of many exoplanets
 - Spectroscopic capability is very limited



(Marois et al. 2008)



Kalas et al. (2008)



Thalman et al. (2009)

- SPICA-SCI
 - Unique tool for **characterization** by wide mid-IR spectroscopy with coronagraphy.

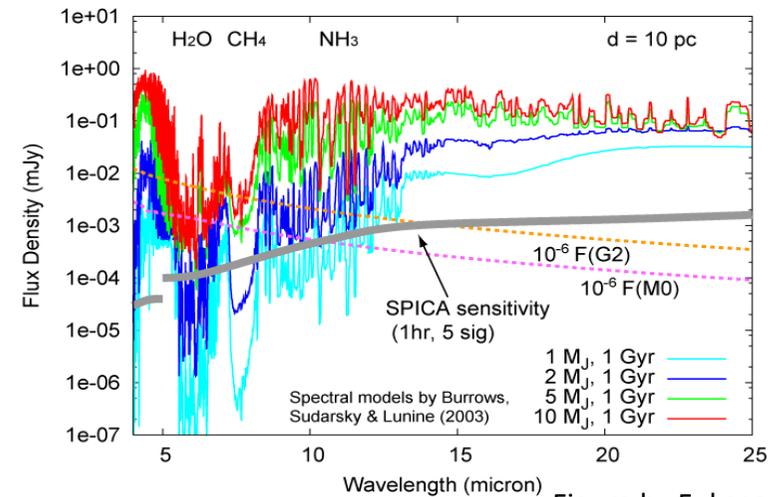


Figure by Fukagawa

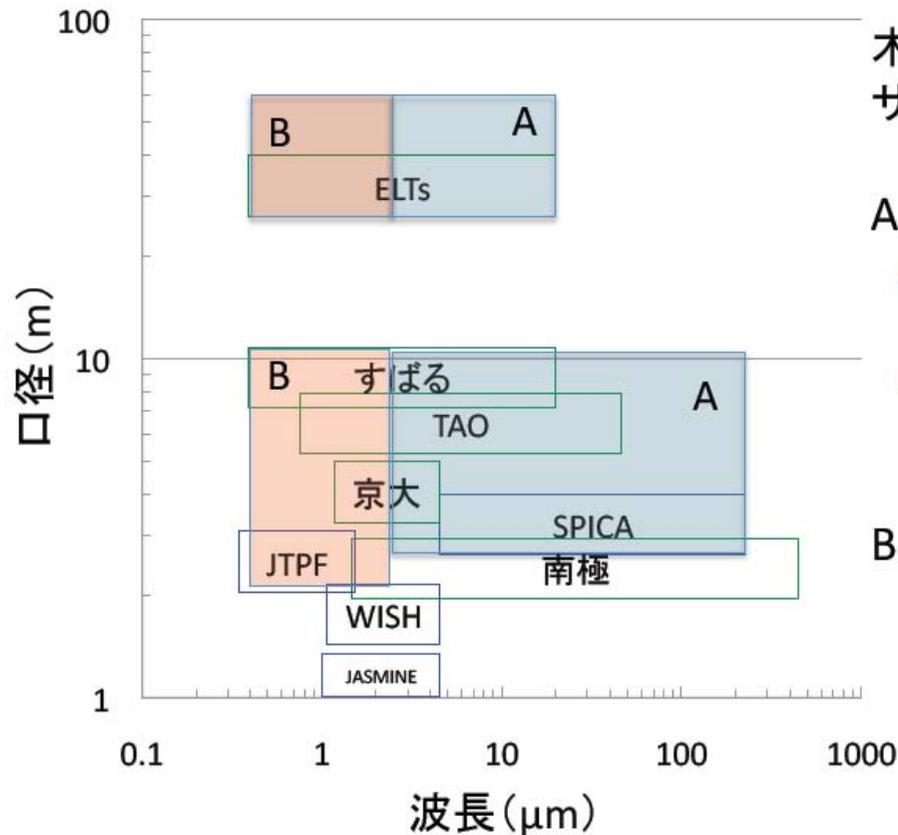
Fine synergy: productive and complementary!

2020年代の望遠鏡たち

- 2020年代の望遠鏡 (日本)

地上: TMT、すばる、京大、TAO、広島、南極...

宇宙: SPICA、JASMINE、WISH、JTPF...



木星型惑星・地球型惑星に関するサイエンスについて議論する。

A. 木星型惑星の形成・進化の理解

A1. スノーライン(雪線)の観測

望遠鏡: SPICA、TMT、遠赤外線干渉計

A2. 木星型惑星の大気分光

望遠鏡: TMT、SPICA、すばる、TAO、京大

B. 地球型惑星探査と特徴づけ

B1. 近傍の地球型惑星探査

望遠鏡: すばる、TAO、京大、(TMT)

B2. 近傍の地球型惑星の特徴づけ

望遠鏡: TMT、JTPF

昨日の松尾氏の発表より

触れられませんでしたでしたが・・・

- 銀河系天文学
 - － 銀河考古学、銀河系構造
 - HSC / PFS / JASMINE / WISH の連携
 - － 星形成領域、晩期型星など
 - SPICA/ALMA / TMT の連携

大切なものは目で見えないんだよ。
l'essentiel est invisible pour les yeux



**WHAT IS ESSENTIAL IS INVISIBLE TO THE
EYE, BUT VISIBLE TO **TMT & SPICA'S
HEART****

星の王子さまミュージアム

だけど、**TMTとSPICAなら見えるんだ。**

1ST METALS IN EARLY UNIVERSE
COSMIC SFH/BHGH
ORIGIN OF OUR SOLAR SYSTEM

もう一言だけ(松原の私見)。
光赤外線コミュニティのロードマップ
の発展的改訂について

2020年代の我が国の光赤外線天文
学で一番大事なことは何か？

「これらすべてが大事です。」 と、外に向けて発信していくので良いのでしょうか？

8~10年後の光赤外分野の研究環境

SPICA3.5m



TMT 30m



Subaru 8.2m



PFS



SDSS などの
アーカイヴ



小型
JASMINE



IRD/SITE
~ JTPF



東アジア
2.5m



すばるAO



UH 2.2m他



Euclid
WFIRST



京大3.8m



TAO 6.5m

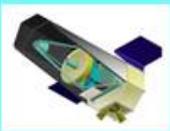


miniTAO1m



大学間連携

WISH



南極2.5m



岡山 1.88m



大学望遠鏡 $\leq 1.6m$



IRTF 1.4m



「これらすべてが大事です。」 と、外に向けて発信していくので良いでしょうか？

8～10年後の光赤外分野の研究環境

- 7月2日の学術会議からの「中規模計画の推薦依頼」は、単に中規模計画だけじゃなく、とても重要な問いかけを含んでいるのではないのでしょうか？すなわち、



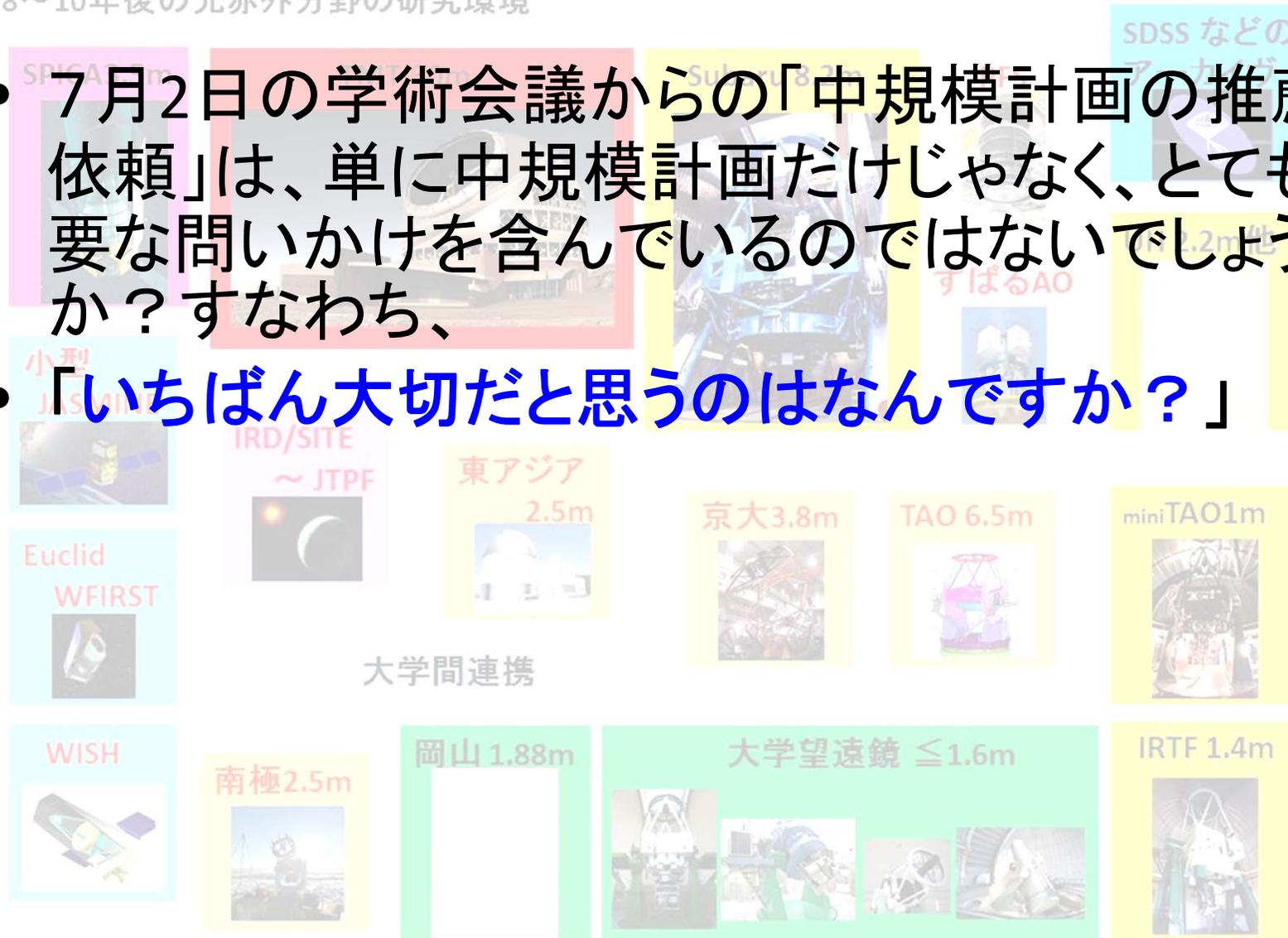
大学間連携



「これらすべてが大事です。」
と、外に向けて発信していくので良いでしょうか？

8～10年後の光赤外分野の研究環境

- 7月2日の学術会議からの「中規模計画の推薦依頼」は、単に中規模計画だけじゃなく、とても重要な問いかけを含んでいるのではないのでしょうか？すなわち、
- 「いちばん大切だと思うのはなんですか？」**



「これらすべてが大事です。」
と、外に向けて発信していくので良いでしょうか？

8～10年後の光赤外分野の研究環境

- 7月2日の学術会議からの「中規模計画の推薦依頼」は、単に中規模計画だけじゃなく、とても重要な問いかけを含んでいるのではないのでしょうか？すなわち、
- 「いちばん大切だと思うのはなんですか？」
 - TMTとSPICAだと、2009年の光赤天連声明で謳いました。では、*将来TMTやSPICAでやれるなら今は少し我慢していただけますか？*

大学間連携



「これらすべてが大事です。」
と、外に向けて発信していくので良いでしょうか？

8～10年後の光赤外分野の研究環境

- 7月2日の学術会議からの「中規模計画の推薦依頼」は、単に中規模計画だけじゃなく、とても重要な問いかけを含んでいるのではないのでしょうか？すなわち、
- 「いちばん大切だと思うのはなんですか？」
 - TMTとSPICAだと、2009年の光赤天連声明で謳いました。では、将来TMTやSPICAでやれるなら今は少し我慢していただけますか？
 - TMTやSPICAがあなたにとって「あれば使う」程度のものであれば、コミュニティが強く推す計画とは言えないと思います。



「これらすべてが大事です。」 と、外に向けて発信していくので良いでしょうか？

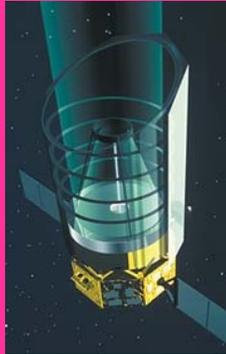
8～10年後の光赤外分野の研究環境

- 7月2日の学術会議からの「中規模計画の推薦依頼」は、単に中規模計画だけじゃなく、とても重要な問いかけを含んでいるのではないのでしょうか？すなわち、
- 「いちばん大切だと思うのはなんですか？」
 - TMTとSPICAだと、2009年の光赤天連声明で謳いました。では、将来TMTやSPICAでやれるなら今は少し我慢していられますか？
 - TMTやSPICAがあなたにとって「あれば使う」程度のものなら、コミュニティが強く推す計画とは言えないと思います。
- 「いちばん大切なのは、TMTとSPICAであること」を、まず再確認しませんか？
 - しかし、マンパワー・エフォート、資金等を大型計画に集中できますか？
 - 大型だけではコミュニティが成り立たないのなら、その理由が明確に言えますか？

根幹には大型計画の推進があるはずではなかったか？

8～10年後の光赤外分野の研究環境

SPICA 3.2m



TMT 30m



- 学術会議のマスタープランにTMTもSPICAも乗っていて、他のコミュニティから見た場合、さらにいくつも「最重要」が出てくるのは、理解と同意をかなり得にくい。
 - 中規模計画(<100億円)は、大型計画のシナジー、相補性を行った観点で1～2個に限定していくのが適切？
- あるいは：学術会議には「我々は大型のみならず、小中規模計画が立ち上がり多角的に連携していくことを最重要と考える。3～5年スケールで(比較的柔軟に)見直される中規模計画を今、どれかに絞って推薦することはできない」と回答する？