

光赤天連SPICAタスクフォース (STF) 報告

長尾 透 (愛媛大学)

光赤天連 SPICAタスクフォース



光赤天連シンポジウム： 光赤外将来計画
“報告書の最終取りまとめと長期戦略への布石”
15 September 2015, 国立天文台三鷹

光赤天連 SPICAタスクフォース (STF)

第1期 SPICAタスクフォース (2008年11月～)

市川隆 (東北大, 委員長), 今西昌俊 (NAOJ),
泉浦秀行 (NAOJ), 川良公明 (東京大),
河野孝太郎 (東京大), 斎藤智樹 (愛媛大→東京大→NAOJ),
高見道弘 (ASIAA), 田村元秀 (NAOJ→東京大),
山下卓也 (NAOJ), 渡辺潤一 (NAOJ)

第2期 SPICAタスクフォース (2014年10月～)

小山佑世 (宇宙研→NAOJ, 幹事), 竹内努 (名古屋大),
長尾透 (愛媛大, 委員長), 野村英子 (東京工業大),
本田充彦 (神奈川大), 松尾太郎 (京都大),
松田有一 (NAOJ), 宮田隆志 (東京大)

第2期光赤天連 STF の任務

望遠鏡口径など主要な仕様や搭載する観測装置にまで踏み込み、2020年代後半に我が国のコミュニティが取り組むべきサイエンスに照らし、SPICAの果たすべき役割と装置仕様策定に関して、コミュニティの視点からSPICAチームの活動を支援すること。

More specific tasks:

これまで“Plan-A/B” SPICA が検討してきた科学目標の重要性・独自性をレビューした上で、それらが口径2.5m 級の (Plan-D) SPICA によっても実現可能かどうかを検討すること。また今後の観測計画の具体化や装置仕様確定に向けて、更に検討が必要な事項や重要な留意点について洗い出して勧告すること。

第2期 STF 報告書

今年3月の任期満了後も
活動内容のとりまとめの
文書作成作業を行った

最終報告書は7月末に完成
(30ページ弱)

光赤天連運営委員会に提出

- SPICAチームに答申
- Gopira web に掲載
- Gopira MLへも展開

第2期光赤天連SPICA タスクフォース最終報告書

—新生 SPICA(プランD)に向けたコミュニティからの提言—

第2期光赤天連 SPICA タスクフォース

(活動期間: 平成26年10月～平成27年3月)

平成27年3月31日

SPICAが掲げてきた科学目的と意義

銀河形成と惑星系形成：
多様で豊かな宇宙を生んだ二大過程の解明

➤銀河成長・物質進化過程の解明

- ～ ダストに隠された銀河成長最盛期
- ～ 星生成と物質進化の相互作用

➤星・惑星系の形成過程の解明

- ～ ガスの精密定量による惑星形成シナリオ検証
- ～ 惑星形成における水と氷の役割
- ～ 惑星系の外縁天体の起源

➤最高感度の冷却宇宙赤外線天文台の実現

SPICA仕様変更 (Plan A, B → Plan D)

口径縮小 (3.0-3.5m → ~2.5m) と温度変更 (6K → 8K)

- ~ 感度および空間分解能は低下
- ~ 230 μm より短波長側では温度変更の影響は無視できる
- ~ 口径縮小に伴い視野は拡大 → 撮像サーベイ能力は向上

SAFARI のフーリエ分光 → グレーティング

- ~ 遠赤外ブラインド面分光サーベイは無し
- ~ ただしターゲット分光の感度は向上
- ~ 遠赤外線撮像モードを別途追加

SMI に multi-slit 面分光モードと撮像機能の追加

- ~ $R = 50$ @ 17–36 μm ← $R \sim 20$ PAH mapper から変更

SMI に高分散分光観測機能を追加する可能性

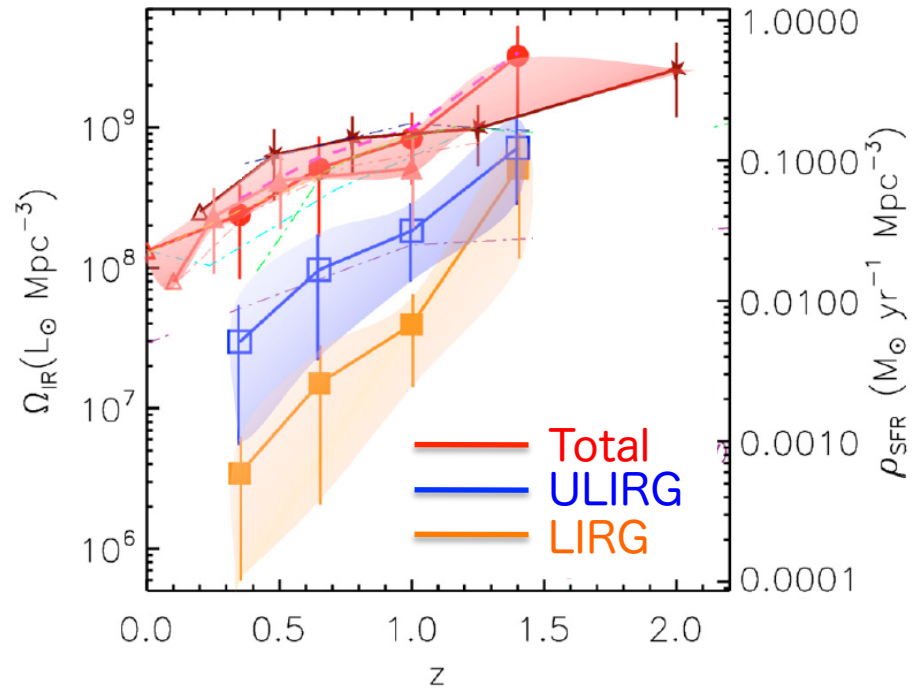
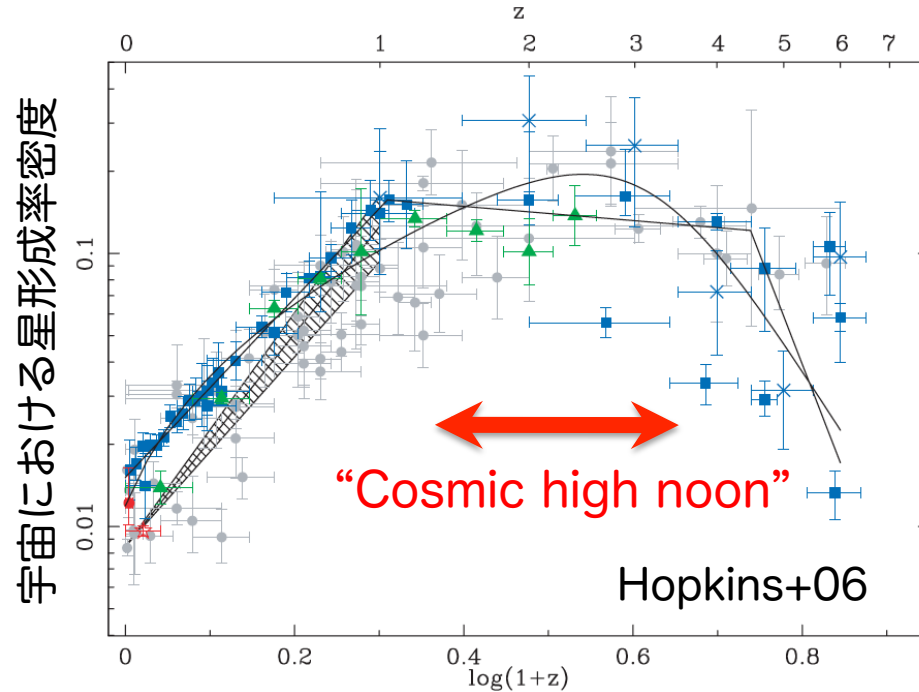
- ~ $R = 20,000 - 30,000$ @ 12–18 μm

トランジット分光専用分光器の追加の可能性

- ~ $R = 100 - 300$ @ 5–20 μm (optional, TBD)

ダストに隠された銀河成長最盛期

Goto+10



星形成率密度の進化
(可視光銀河サーベイの成果)

→ 銀河成長のピークは $z \sim 1-3$

銀河成長ピークの時代では
星形成は塵に覆われていた

→ 何が起きていたのか不明

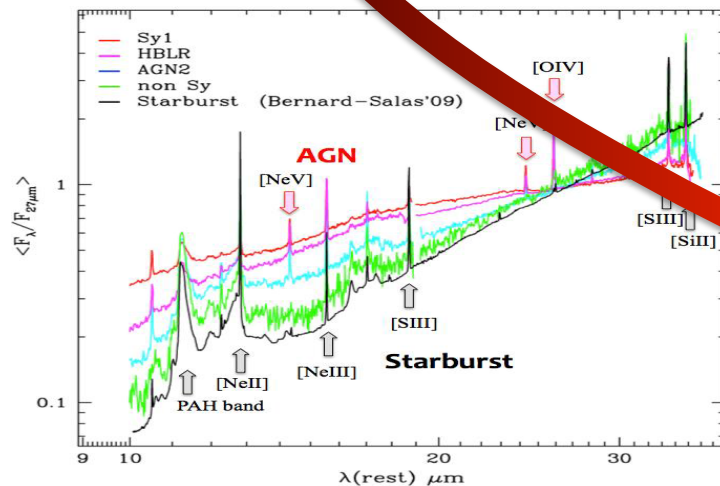
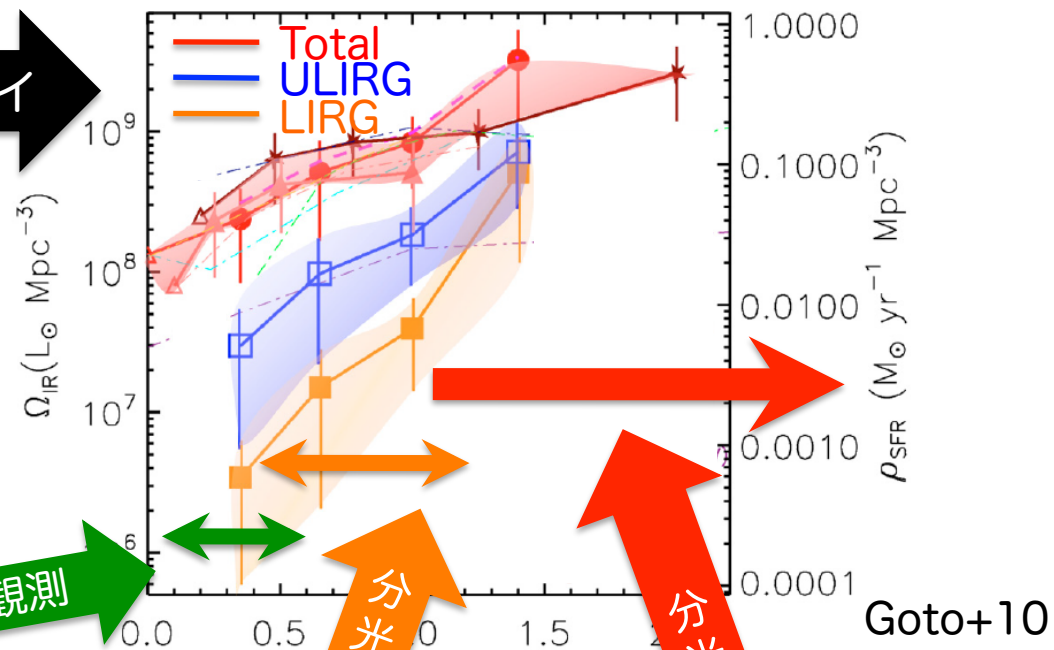
遠方天体「探査」から「物理」へ



撮像サーベイ



分光観測

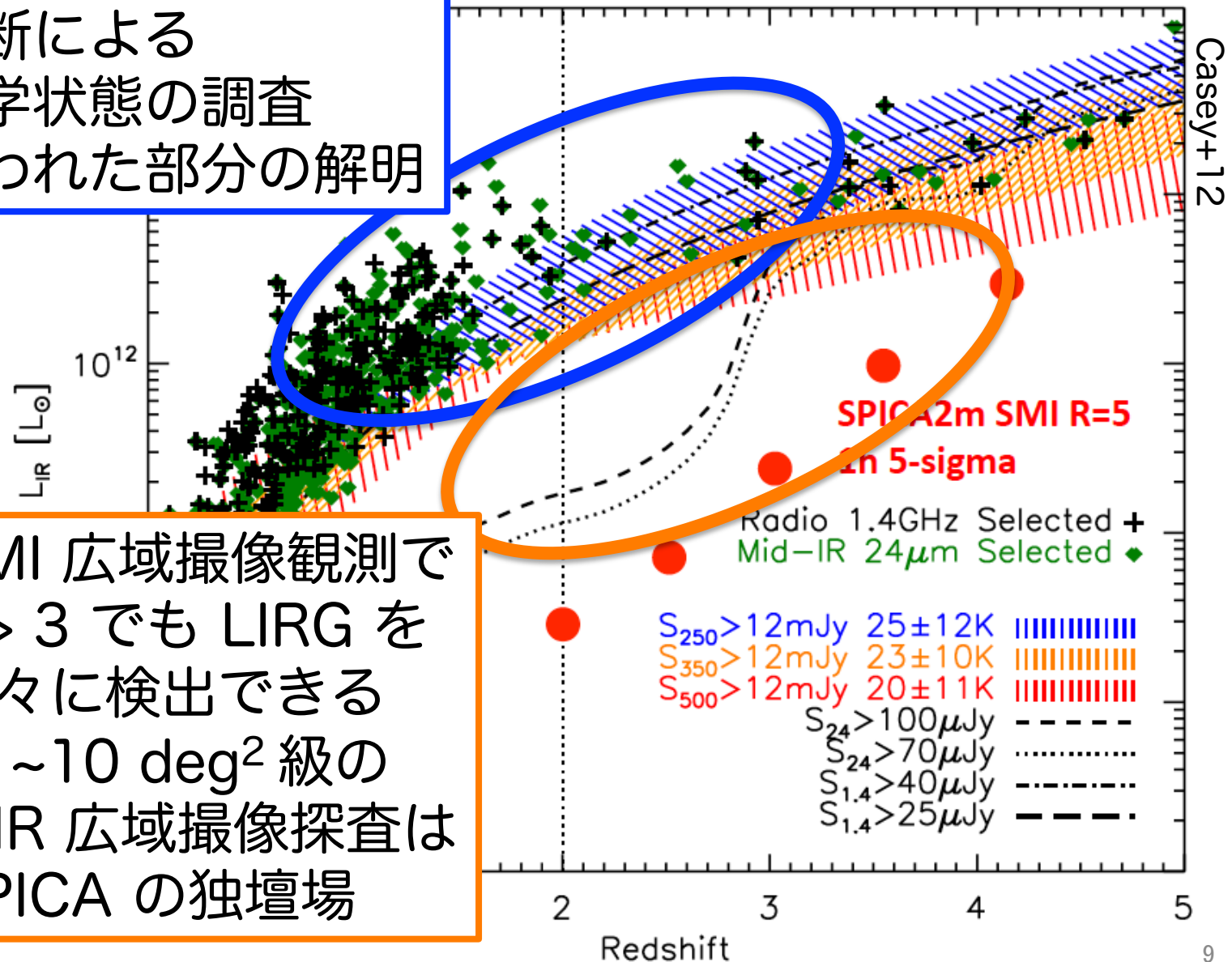


分光観測

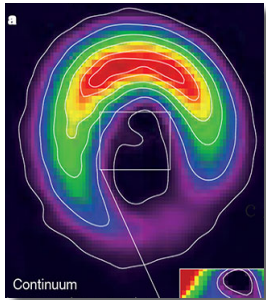
STFコメント: SPICAによる遠方銀河の観測戦略

輝線診断による
物理化学状態の調査
塵に覆われた部分の解明

SMI 広域撮像観測で
 $z > 3$ でも LIRG を
個々に検出できる
→ $\sim 10 \text{ deg}^2$ 級の
MIR 広域撮像探査は
SPICA の独壇場



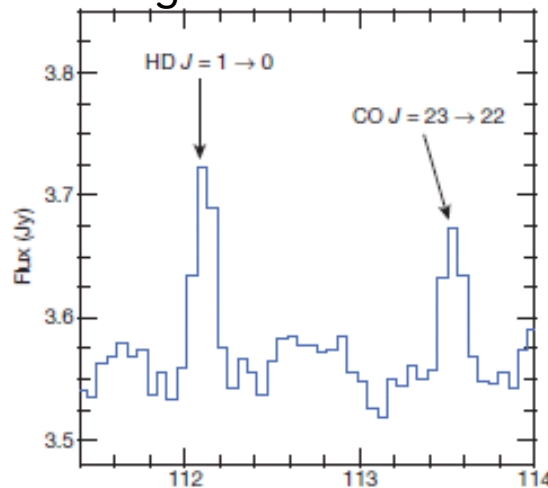
原始惑星系円盤のガス質量測定



ALMAは ~ 1 AU スケールでの構造を分解。
JWSTは ~ 10 AU 以内の有機物を研究。
SPICAはHDを用いたガス質量を測定し、水蒸気と水の研究も行う。

Rpberge+10, Casassus+13

Bergin+13



Herschel/PACSでの
HD輝線の観測による
円盤ガス質量の測定
(現在までで唯一の例)

原始惑星円盤のガス質量測定には、
光学的に薄く化学過程や構造に依存
しない HD 輝線が良い指標だが、
TW Hya でしか観測がされていない。
SPICA/SAFARI では **Herschel に
比べて Plan D でも7倍程度は感度が
向上 → Taurus の原始惑星円盤でも
HD 検出が可能**。また、ガス冷却率の
測定に必要な $[OI]63\mu m$ も
Taurus で半数は検出が可能。

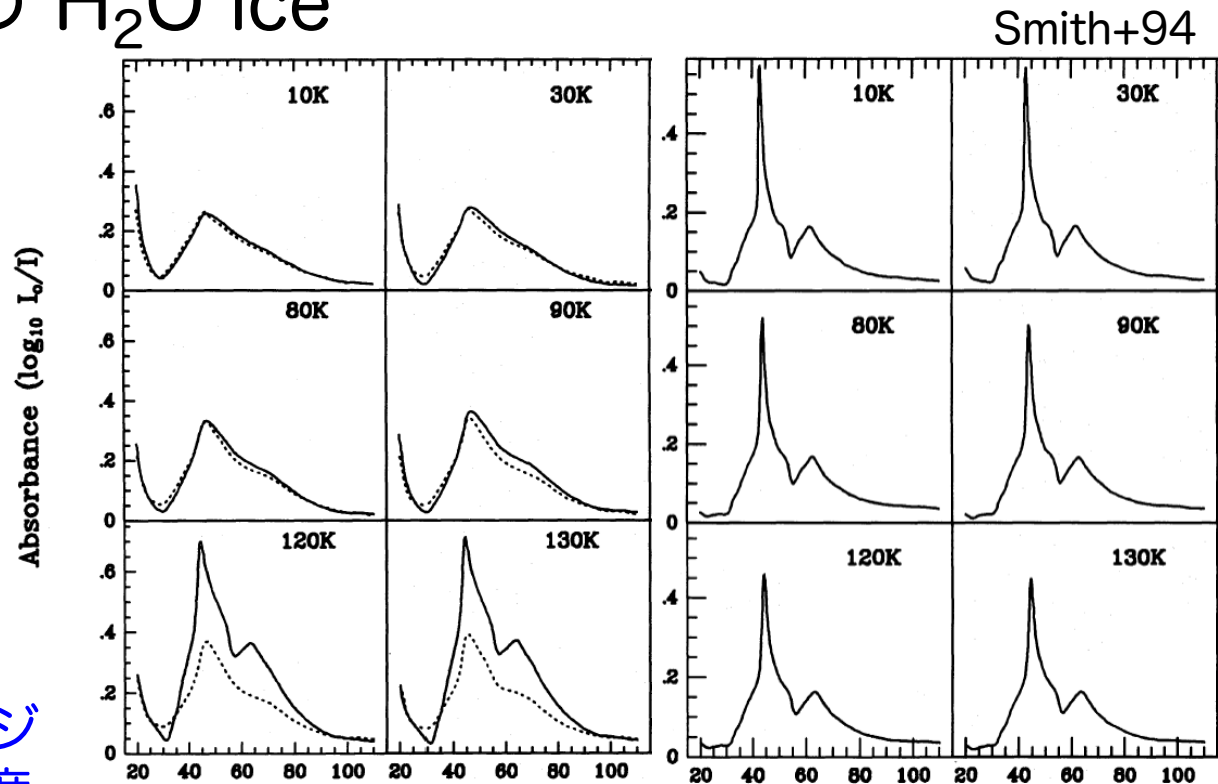
原始惑星系円盤の H₂O ice

原始惑星系円盤に大量に存在すると予想される H₂O の直接観測は重要。

H₂O ice の 43, 62 μ m でのバンド放射は熱史に敏感であるが、これまで未開拓の研究分野。

SPICAでは波長カバレッジの広さと冷却望遠鏡の感度により、H₂O ice の系統的観測研究が初めて可能になる。

Plan D でも感度面での制約は厳しくない。



10Kで凝縮させた氷を徐々に温度を上げた場合のスペクトル形状のモデル予測。

140Kで凝縮させた氷の温度を冷却した場合のスペクトル形状のモデル予測。

※ 最も強い 44 μ m feature は Spitzer, Herschel, JWST でカバーされない波長域にあり、ISO 以降 SPICA が唯一のアプローチ

SMI 高分散分光観測 (HRS)

原始惑星系円盤からの
輝線の速度幅: 10–20 km/s

→ $R > 15,000$ が必要

原始惑星系円盤における
ガスの散逸

~ H_2 S(2) $12\mu\text{m}$ と
S(1) $17\mu\text{m}$ の輝線輪郭

原始惑星系円盤の

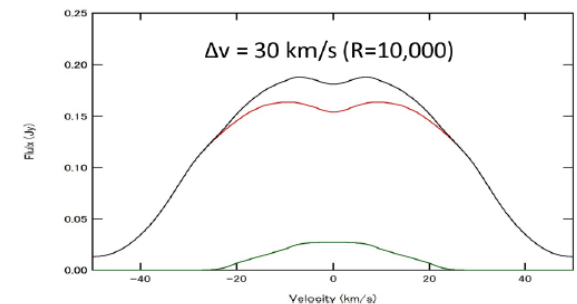
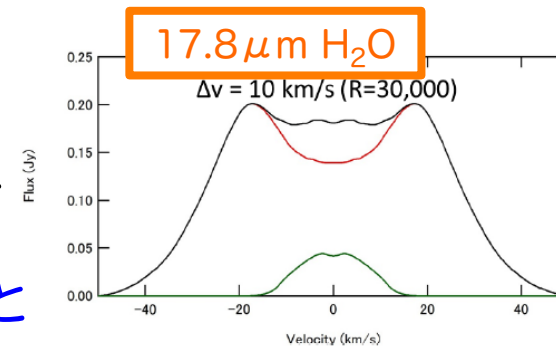
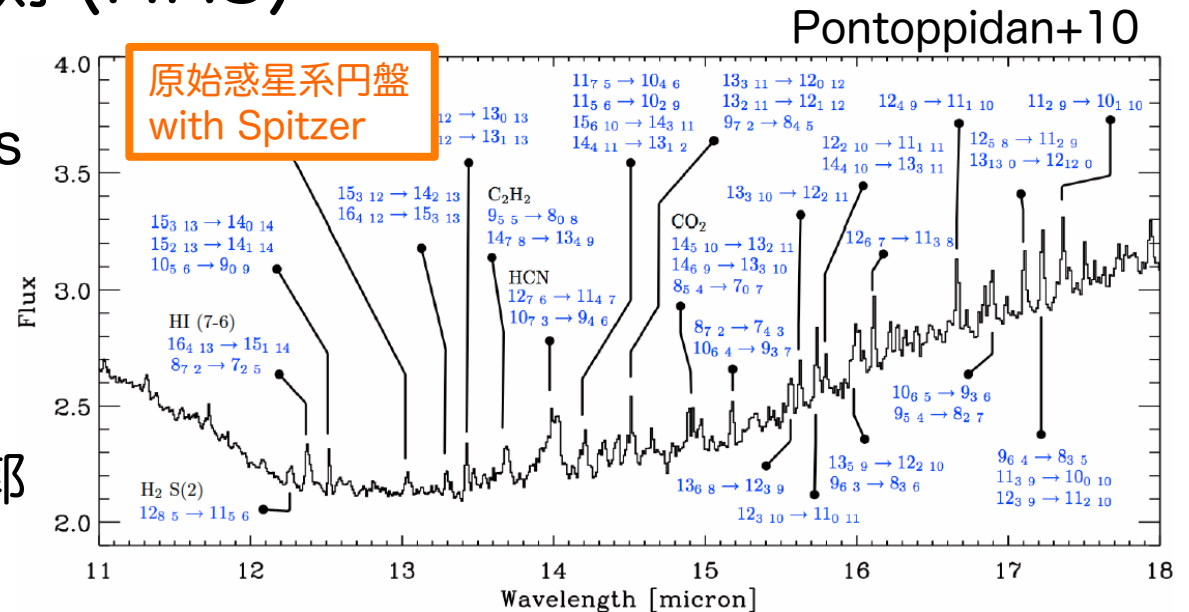
H_2O スノーラインの測定

~ 直接撮像はALMAでも
無理 → $17.8\mu\text{m}$ H_2O

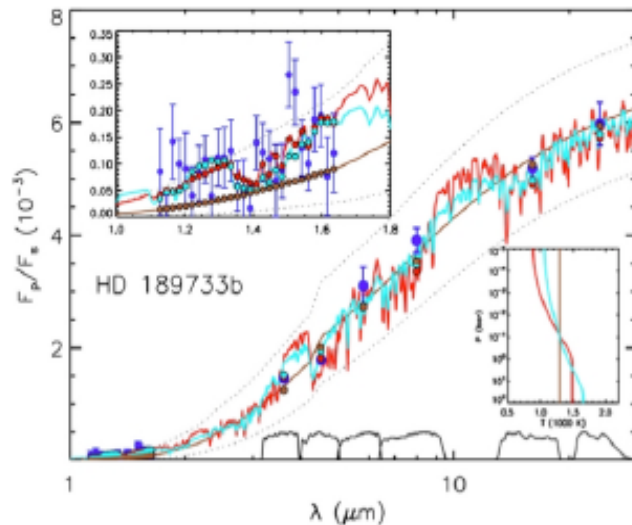
~ $R < 10,000$ では無理、
 $R > 20,000$ が必要

原始惑星系円盤の C/O 比と
系外惑星大気との関係

~ $12\text{--}18\mu\text{m}$ の複数輝線の輪郭から C/O 比の
空間分布を導出して系外惑星大気の C/O と比較
→ hot Jupiter の起源に制限

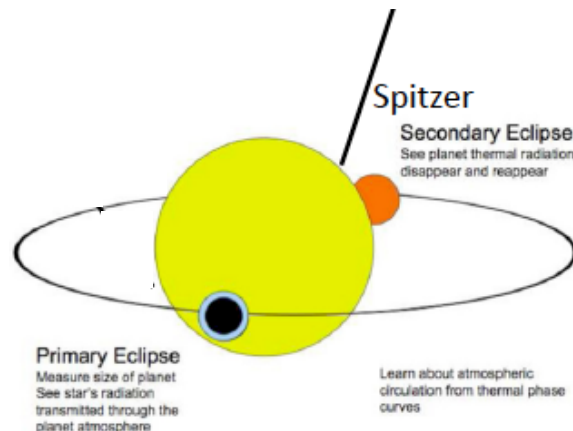


SPICAによるトランジット分光

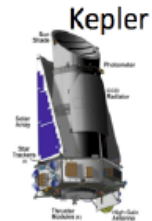


昼側の熱放射スペクトル
(Crouzet et al. 2014)

→有効温度、
大気組成の決定

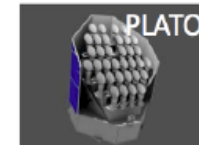


惑星探査 2010年代



遠方の惑星探査(統計的研究)

2020年代



近傍の小さい惑星探査

ターゲット供給

惑星の特徴づけ



Hot Jupiterの特徴づけ



小さい/温度の低い惑星の特徴づけ

惑星探査：

Kepler は暗い target を観測 → 特徴付けが困難
TESS, PLATO が明るい惑星を2020年代に探査

惑星の特徴付け：

HST, Spitzer は hot Jupiter を分光観測
JWST, **SPICA** が暗い惑星へ → **地球型惑星**も？

SPICAによるトランジット分光: 装置仕様への要求

TESS と PLATO により見つかる
ハビタブルゾーン内の地球型惑星を
トランジット分光で特徴付けたい!

H₂O水蒸気、メタン、アンモニア、
オゾン等 habitability に関する
分子の feature を捉えたい

→ 5 – 20 μm をカバーすべき

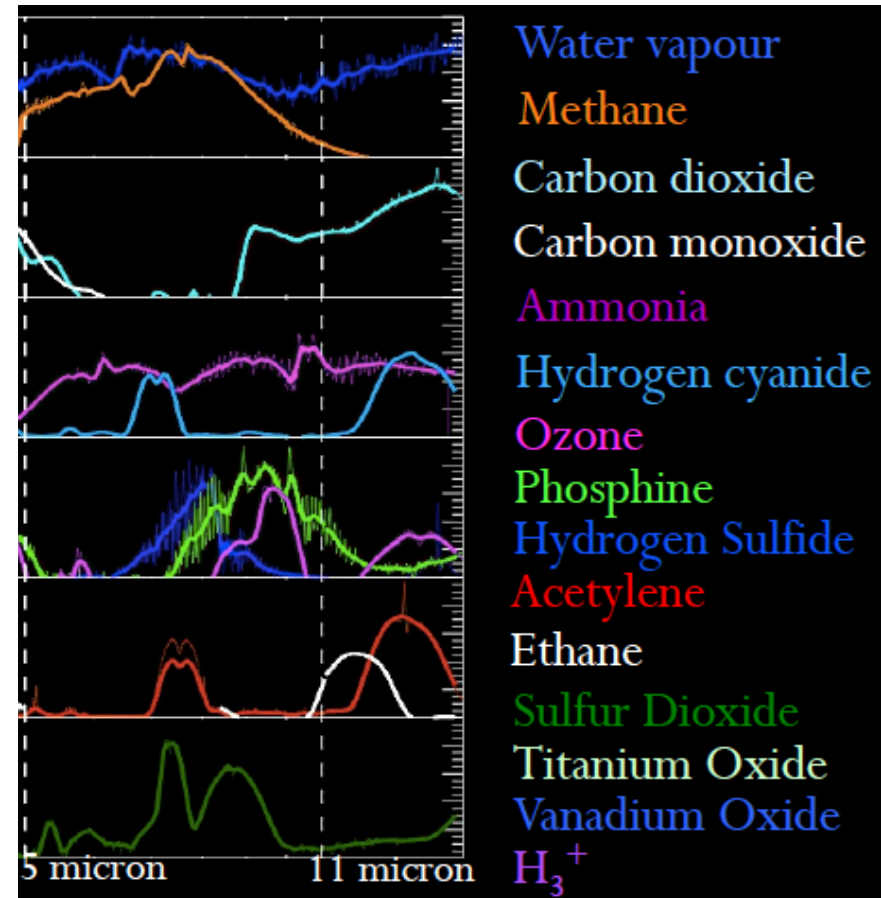
JWST がこの波長帯を観測するには
複数の装置で計4回のトランジットを
観測する必要あり

→ 高い系統誤差

→ スーパーアースより重い星が対象

SPICA では 5 – 20 μm を一度に観測できる専用分光装置を搭載すべき
トランジット分光の際は地上光赤外測光同時観測で精度を向上させるべき
系統誤差を避けるため PFS のサンプリング数を十分に高くするべき

→ 波長分解能を高くしすぎるとかえって不利なので慎重な検討が必要



STFによるSPICAサイエンス検討報告: まとめ

➤ Plan A/B 想定 of 科学目標の多くは Plan D でも達成可能

- ~ $z=1-3$ では $\Delta z=0.5$ 毎に50天体以上で輝線診断を遂行。
- ~ 近傍銀河を空間分解してガス・ダスト・星の進化関係を数十天体に対して調査可能。
- ~ 星・惑星形成分野については、原始惑星系円盤中の木星質量相当のガス質量測定などSPICAの独壇場。

➤ 広視野化 & MIR 高分散分光 & トランジット分光により

SPICA は極めて独自性の高い魅力的計画となる (注意点あり)

- ~ 遠方銀河サイエンスは輝線診断だけでなく撮像サーベイも検討し、銀河進化の全体像に迫るプログラムの立案を
- ~ 原始惑星系円盤の高分散分光 ($R > 20,000$) で SPICAにしかできないサイエンスを実現 (波長範囲に注意)
- ~ JWSTでも困難なハビタブルゾーン内の地球型惑星の特徴付けをSPICAトランジット分光で (装置仕様に注意)