



miniTAOに見る中間赤外線 地上観測の新たな可能性

上塚 貴史

(東京大学天文学教育研究センター 特任研究員)

TAO 計画グループ



概要

次世代赤外線地上観測拠点を目指す TAO

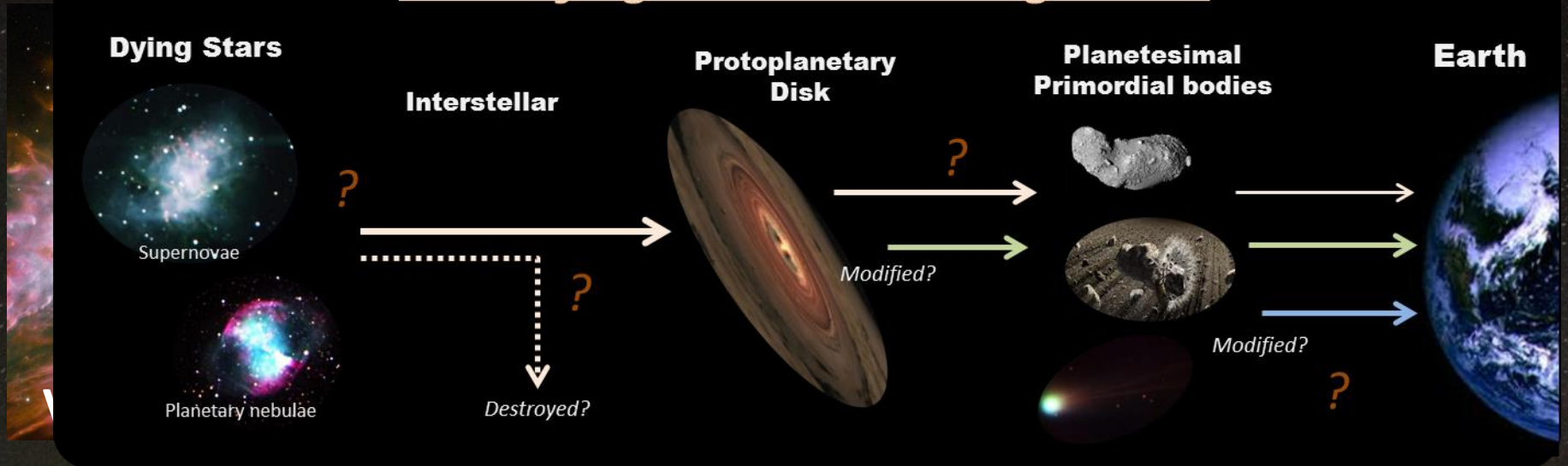
パイロット望遠鏡 miniTAO 搭載の中間赤外線
カメラ MAX38 を用い30 ミクロン帯観測試験
→TAO サイトでの 30 ミクロン帯の定常観測が
現実的な事を確認

開発中の TAO 搭載中間赤外線観測装置
MIMIZUKU による低温ダスト観測に期待

中間赤外線地上天文観測

中間赤外線天文観測で見えるもの

From dying stars to aborning earths



惑星状星雲に見る星の終末期に形成されたダスト
(左: 可視光画像, 右: 中間赤外線画像; Kemper + 2002)

中間赤外線で見える
原始惑星系円盤のダスト放射
(Fujiwara + 2006)

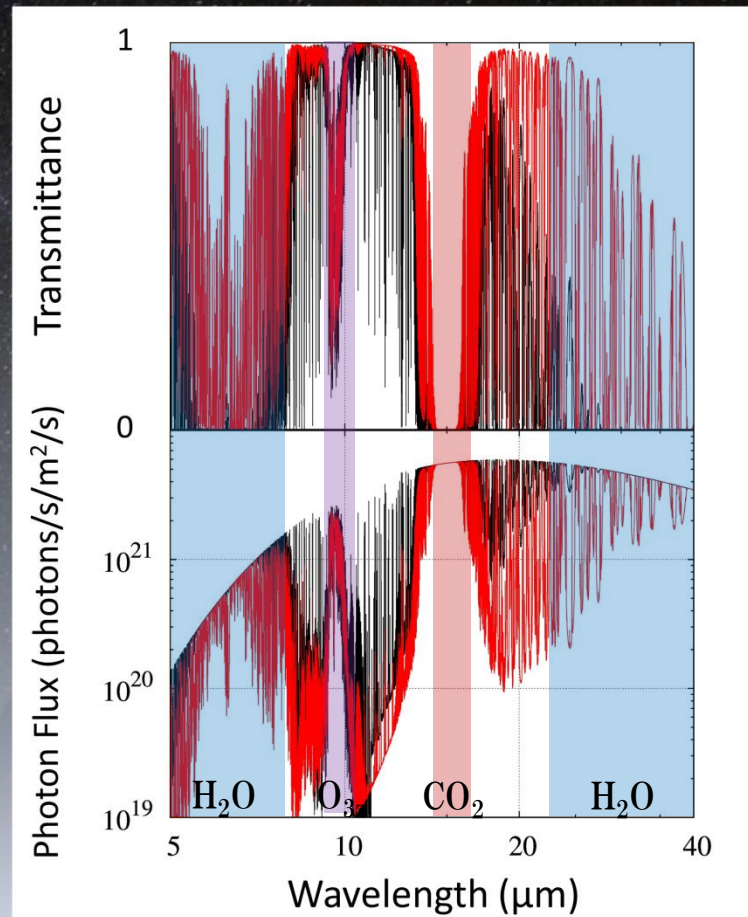
中間赤外線地上天文観測

観測を邪魔するもの

★ Object

Atmospheric Absorption

Atmospheric Emission



中間赤外線地上天文観測

地上観測と宇宙観測の役割分担

感度

Space Telescope

AKARI (69cm) ~1.5year	Spitzer (85cm) ~5.5year	SPICA (3m) (2022-)	JWST (6.5m) (2018-)
-----------------------------	-------------------------------	--------------------------	---------------------------



地上観測の役割

- 大口径による高空間分解
- 長期運用

Subaru / Gemini / VLT
(8m-Class)
10 year ~



Ground-based Telescope

30m Telescope
(TMT: 2021-)



空間分解能

小口径望遠鏡

大口径望遠鏡

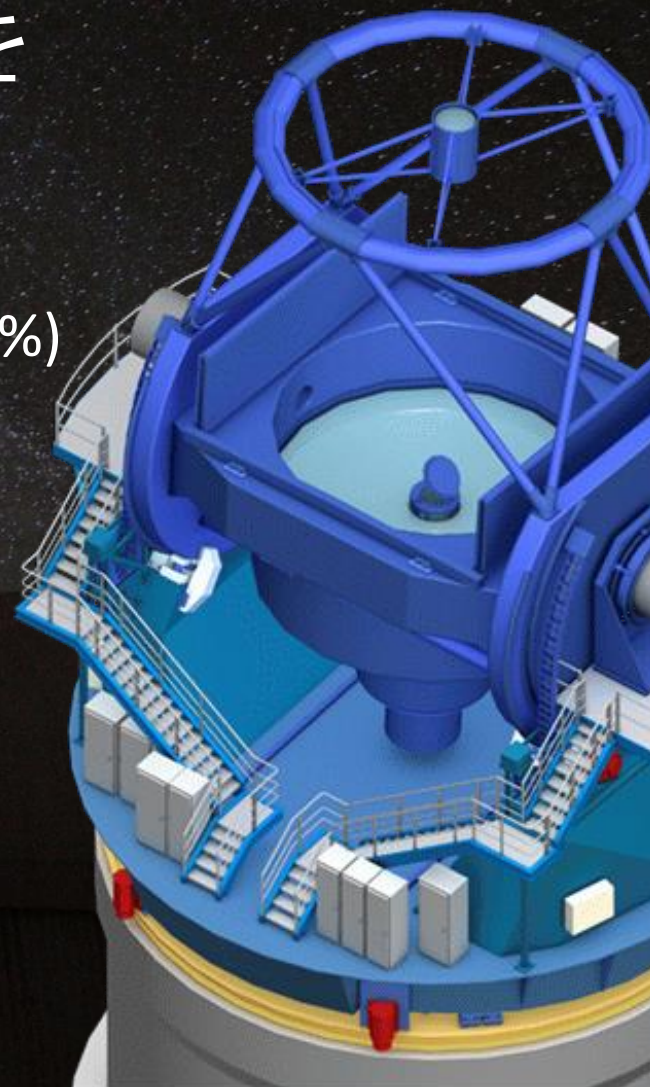
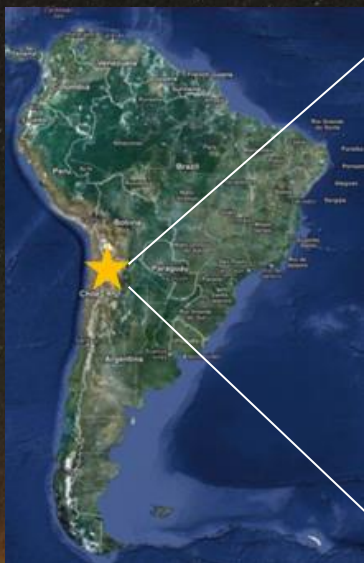


TAO Project

The university of
Tokyo Atacama Observatory

次世代地上赤外線観測の拠点を

- 東京大学主導の観測所 (P.I.: 吉井 譲)
- 6.5m 赤外線望遠鏡 (2017年 FL 予定)
- サイト: チリ北部アタカマ砂漠 (晴天率 82%)
チャナントール山 (標高 5640m)





TAO Project

The university of
Tokyo Atacama Observatory

新たな波長帯の開拓

乾燥気候 + 高い標高 → 水蒸気吸収帯が開かれる

近赤外線

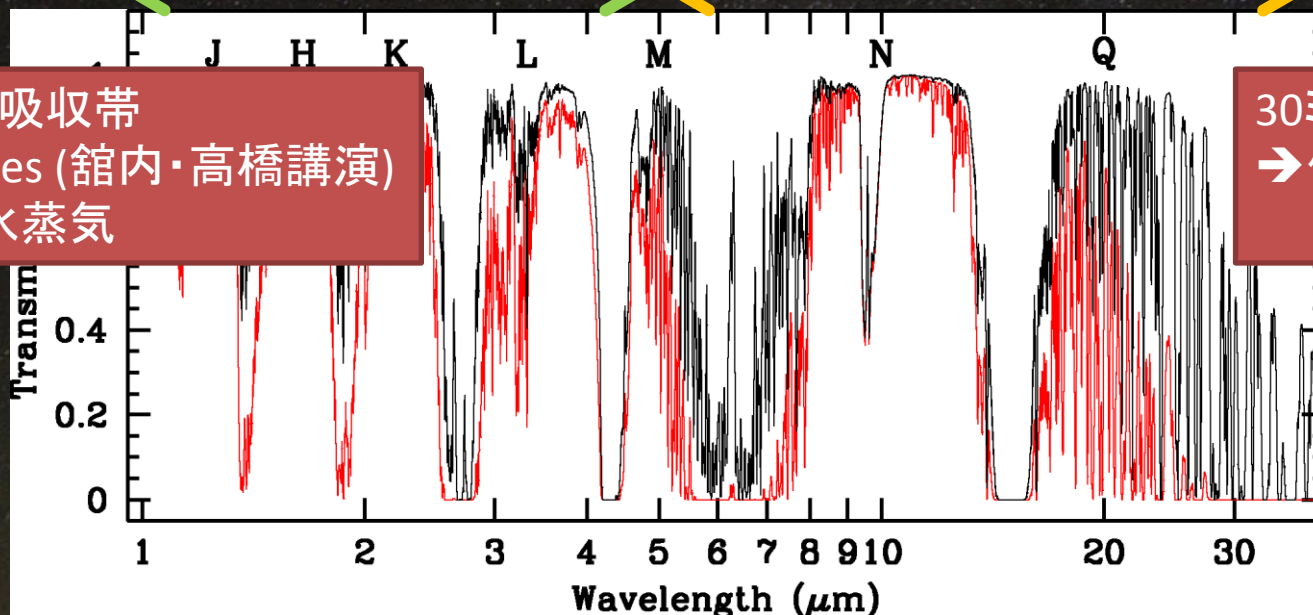
中間赤外線

NIR 水蒸気吸収帯

→ H, He lines (舘内・高橋講演)
恒星の水蒸気

30ミクロン帯

→ 低温ダスト
Dust bands



赤外線大気透過率

(赤: VLT @ 2600m alt., PWV=2.0mm; 黒: TAO @ 5640m alt., PWV=0.5mm)



miniTAO Telescope & MAX38

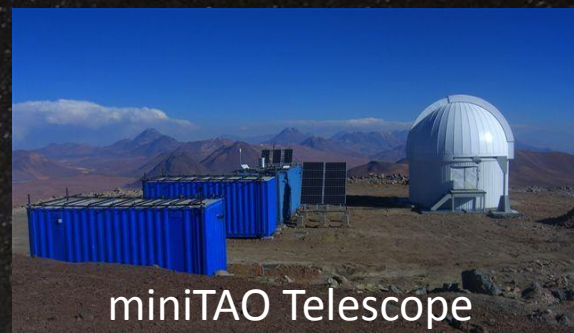
miniTAO Telescope

- 口径 1m 望遠鏡
- 近・中間赤外線のパイロット観測
 - 近赤外線: ANIR (舘内・高橋講演)
 - 中間赤外線: MAX38

MAX38 – Mid-infrared Astronomical eXplorer –

- 波長 3.4-38 ミクロンの撮像
- 10ミクロン帯の低分散分光

30ミクロン帯は拓かれているのか確認
フットワークの軽さを活かしたサイエンス観測の実施



miniTAO Telescope



MAX38 on miniTAO Telescope



運用履歴

運営体制

IoA 宮田研 + TAO 計画メンバー

First Light: 2009/11

MAX38 運用履歴

2009/10-11

2010/5, 9-10

2011/5-6, 9-11,

2012/4-5, 10

組織的若手
派遣事業支援

→ 約 280 時間の科学観測

MAX38関連の成果報告

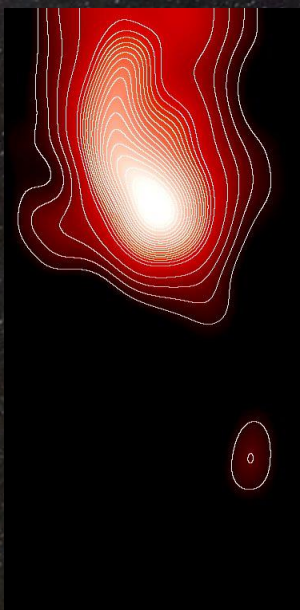
英語論文: 1本

英文集録: 12本

修士論文: 3本

博士論文: 1本

学会発表: 12件



30 μ m FL 画像
(銀河中心)



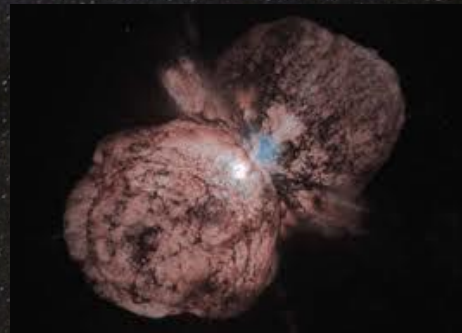
MAX38 インストール作業



観測プログラム

30 ミクロン帯観測

- 高輝度青色変光星
- 惑星状星雲
- 大質量星形成領域



高輝度青色変光星 η Car

10ミクロン帯観測

- イオの火山モニター
- 漸近巨星分枝星
- 小惑星



ガリレオ衛星イオ

10ミクロン帯分光

- 地球大気観測



惑星状星雲 Mz3



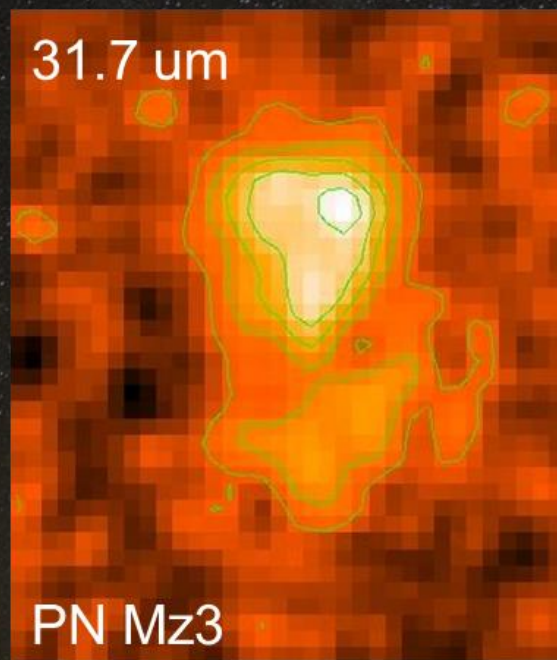
30 ミクロン帯観測例

惑星状星雲Mz3

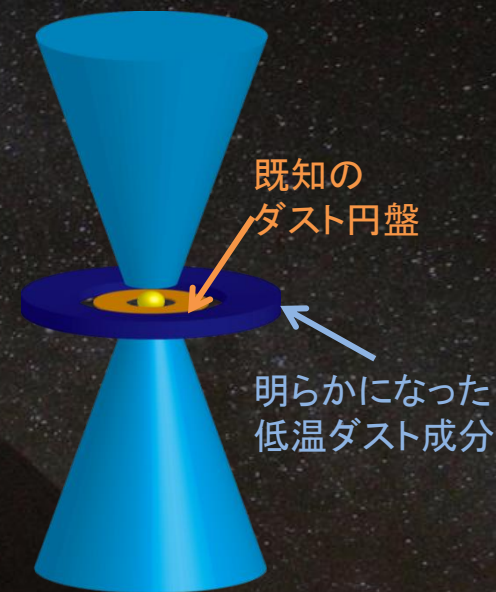
惑星状星雲 = 小中質量 (1-8太陽質量) の恒星の終末期
低温ダスト放射 ($\sim 70\text{K}$) が中心集中している事を発見



Mz3 の可視光画像



Mz3 の30ミクロン帯画像



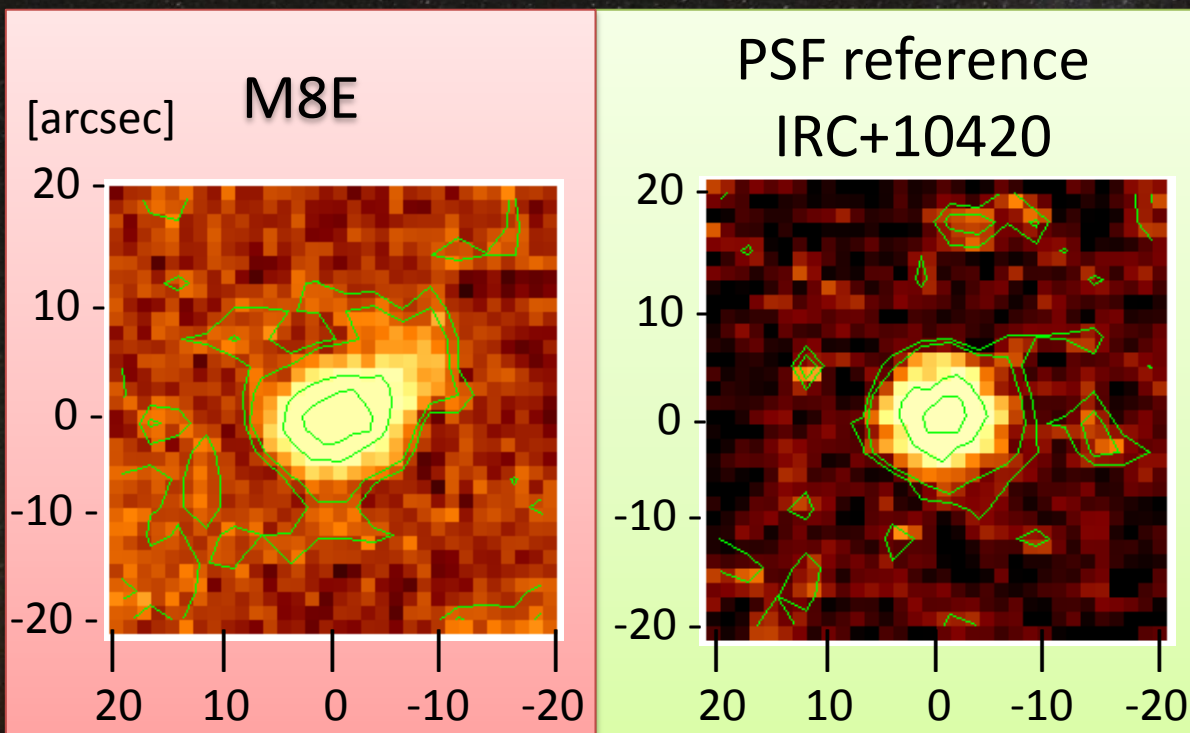
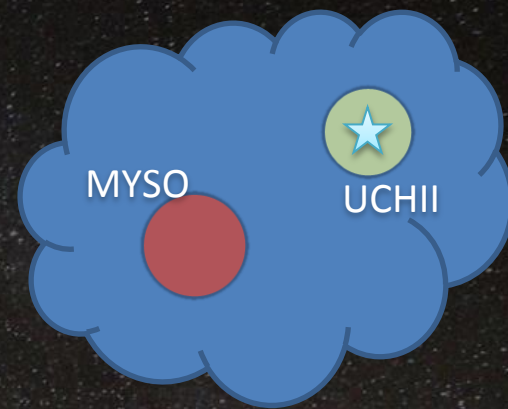
予想以上に大きなダスト円盤？
予想以上に成長したダスト？

(Asano + in prep.)



30 ミクロン帯観測例 大質量星形成領域 M8E

近接した前主系列星と主系列星を分解
→それぞれの光度・質量が決まる
→星形成のシーケンスを議論



軽い星が先に形成される傾向
→軽い星の放射がガスを温め
重い星の形成を促した可能性

(Uchiyama + in prep.)

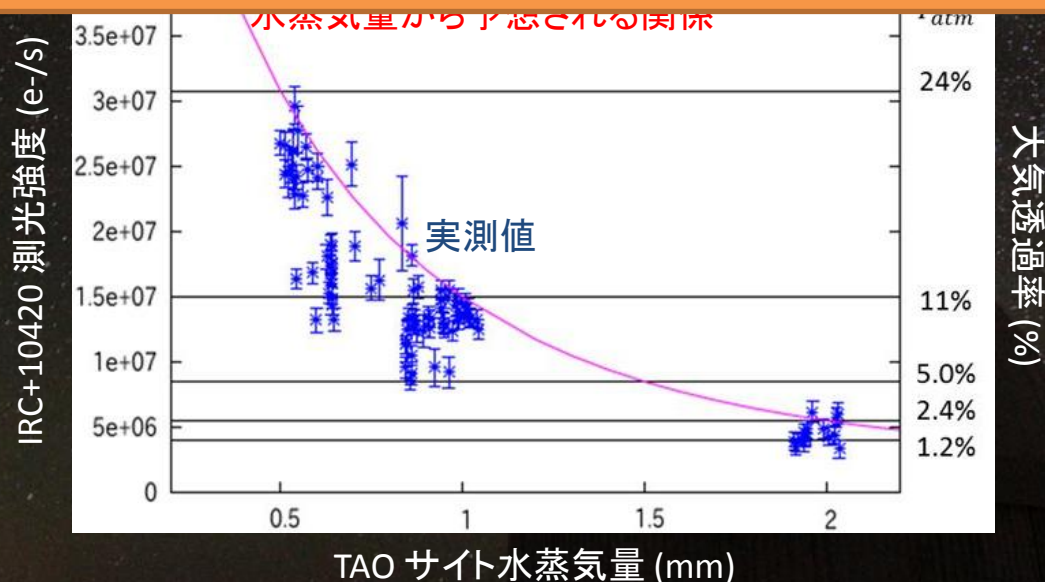


30 ミクロン帯観測は可能か

水蒸気量の挙動

- 5000m 地点の0.85倍程度に低下
- 3-5割の時間は 30ミクロン帯観測が可能

TAO サイトにおける 30 ミクロン帯観測は十分実用的



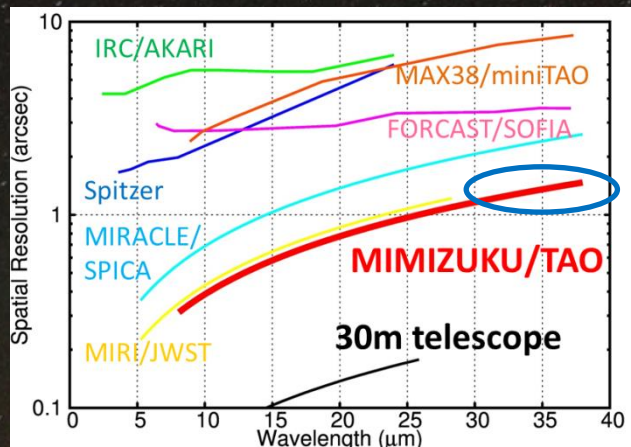
TAO サイト予想 PWV とIRC+10420 の測光強度および大気透過率 (Miyata + 12)



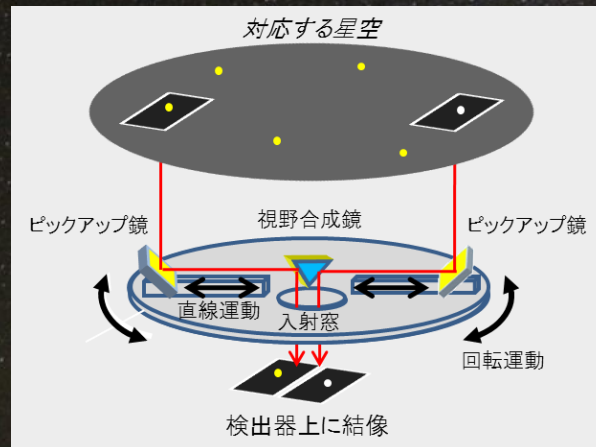
miniTAO/MAX38 からTAO/MIMIZUKUへ

MIMIZUKU: Mid-Infrared Multi-Field Imager
for gaZing at the UnKnown Universe

- TAO 搭載中間赤外線観測装置
- 2-38ミクロンの撮像・低分散分光
- 高測光精度を実現する工夫



中間赤外線観測装置の
空間分解能



フィールドスタッカの概念図



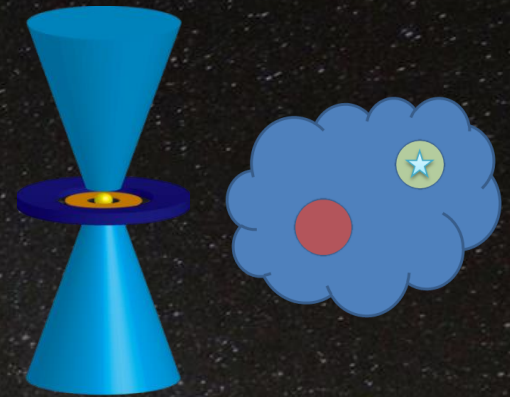
MIMIZUKU
(2m x 2m x 2m; 2.3t)



miniTAO/MAX38 からTAO/MIMIZUKUへ

MIMIZUKU で広がるサイエンス

- 30ミクロン高空間分解能を活かす
 - 惑星状星雲の星周構造探査
 - 星形成領域の構造探査
 - 原始惑星系円盤の惑星形成探査
- 広い波長帯でのモニタリング機能を活かす
 - 漸近巨星分枝星の星・大気・ダストシェルの探査
 - 太陽系天体の探査 (衛星火山・小惑星)
 - その他突発・時間変動現象の観測



中間赤外線に残る多様な課題に挑戦予定



Summary

TAO のパイロット望遠鏡 miniTAO 望遠鏡搭載
MAX38 で中間赤外線観測運用を行ってきた

30 ミクロン帯の科学観測が十分安定的に観測
可能であり、結果の論文化も進んでいる

MAX38 の成功を受け、TAO 搭載中間赤外線観
測装置 MIMIZUKU の開発を進行中