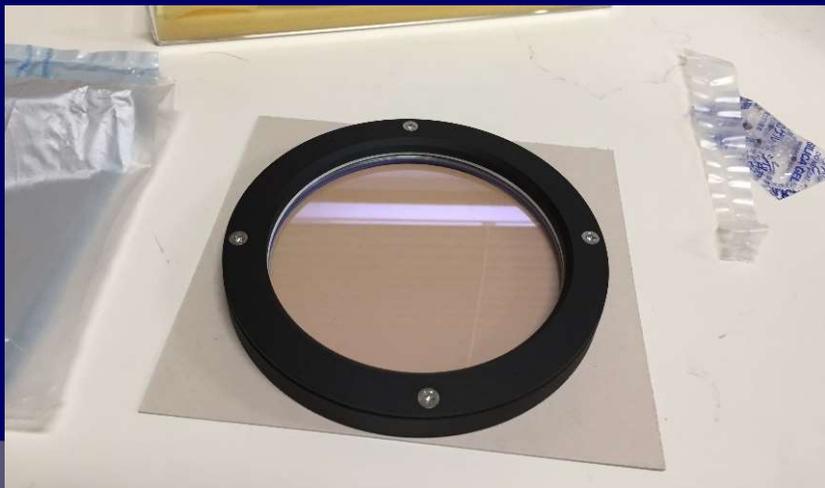


円盤散乱光分光による(水)氷研究



本田充彦 (久留米大),

Collaborators :

村川幸史(大阪産業大)

寺田宏, 工藤智幸, 服部堯(NAOJ),

橋本淳(ABC), 田村元秀 (東大,ABC),

渡辺誠 (岡山理科大学)

contents

1. 円盤散乱光分光による(水)氷観測例
 - HD142527の観測結果紹介
2. 今後の方針（来年度 および 長期計画）
 1. Subaru/IRCS-POL を用いた研究
 - 3 μ m feature を用いた円盤表層でのH₂O氷の安定性 (UVによる表層氷のdepletion検証)
 2. JWSTによる円盤散乱光分光観測
 - H₂O氷だけでなく、CO,CO₂ 氷も狙う
 - 氷分布による CO, CO₂ snow line 検出
 3. 観測計画立案・解釈のためのシミュレーション (村川さん)

円盤氷分布観測手法検証

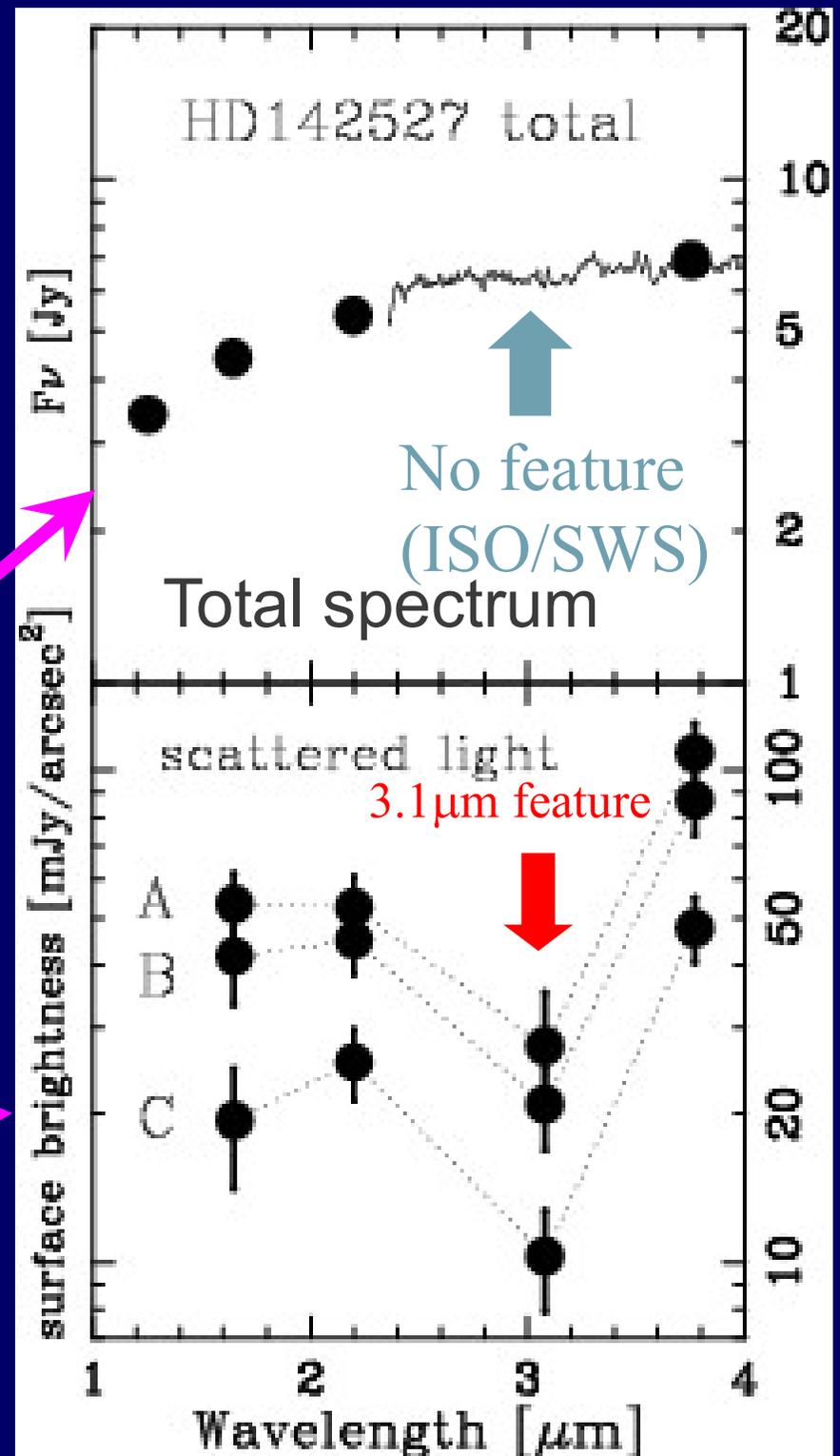
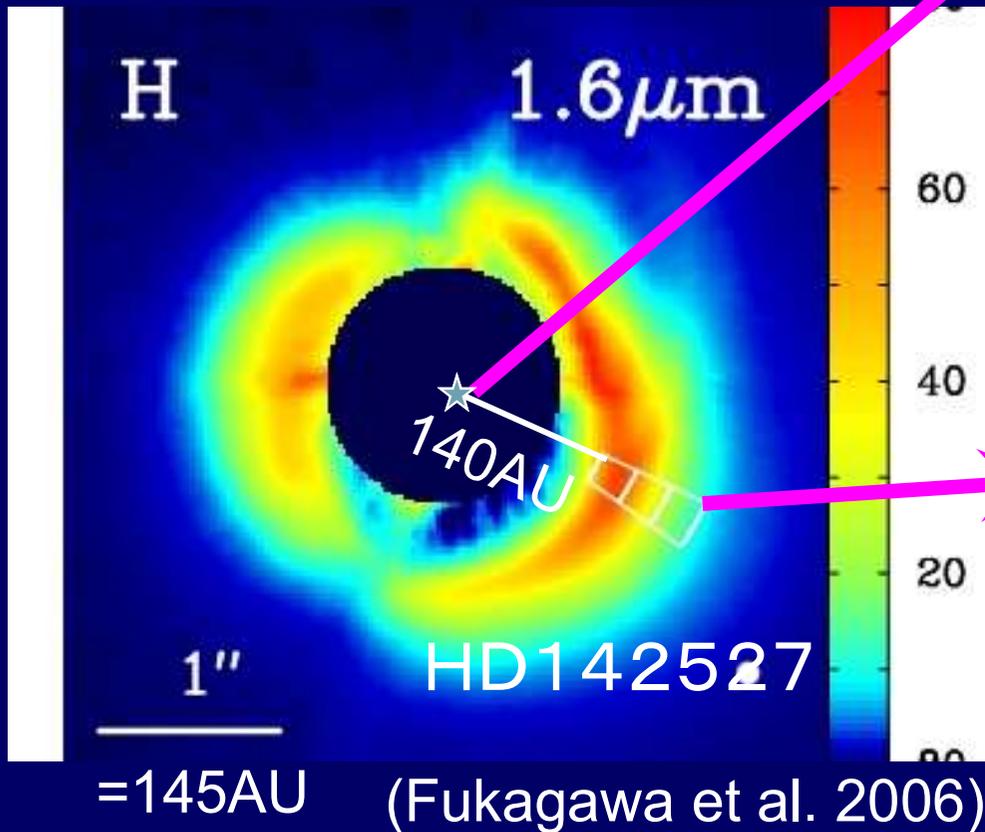
(Honda et al. 2009)

HD142527 Face-on disk

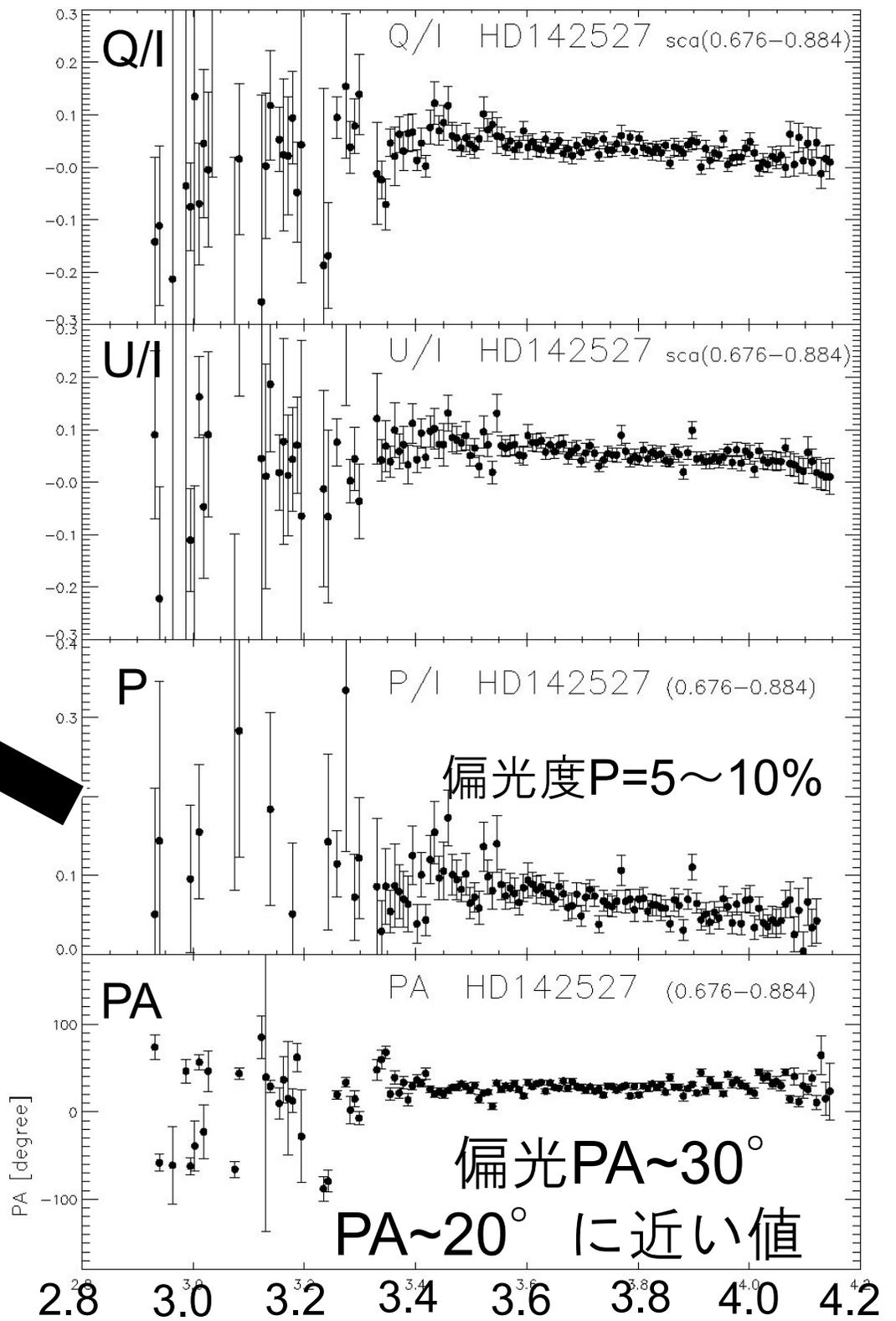
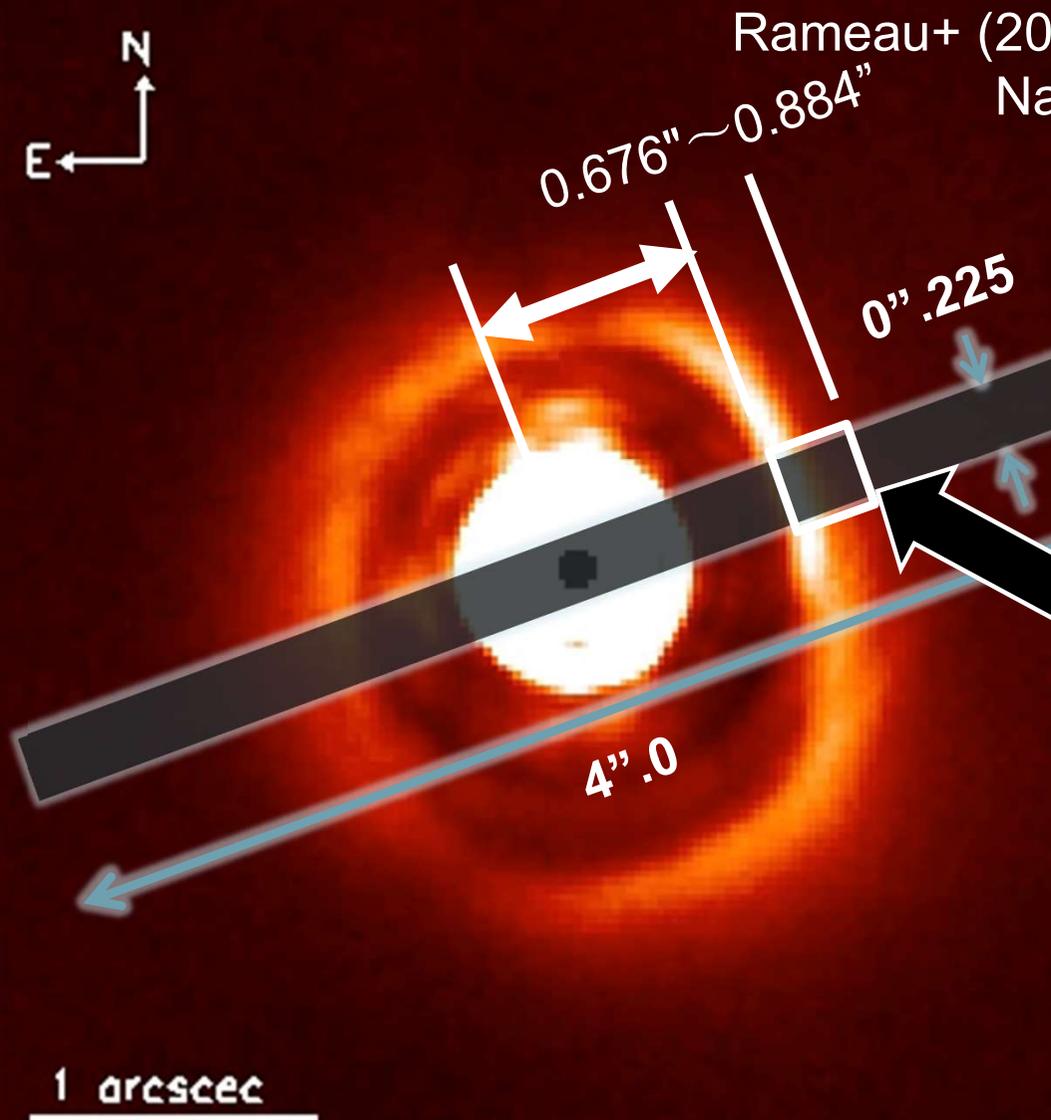
散乱光から、水氷による $3.1\mu\text{m}$
吸収を初検出！

Caveat: 3.1 PSF 引き過ぎ？

しかし、CIAO/AO36 decomissionにより中断...



L-band 偏光分光 結果 (散乱光)



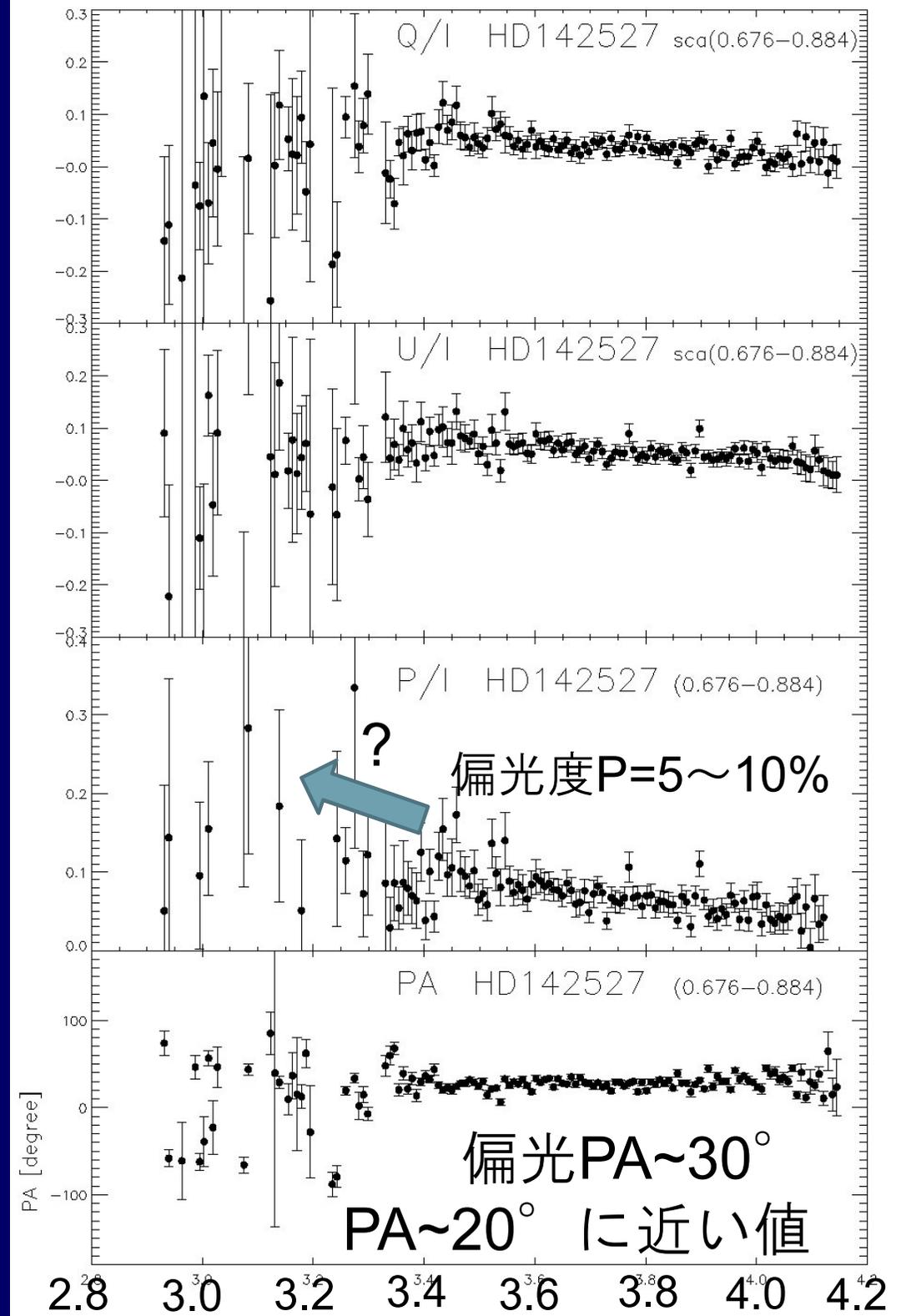
3 μ m帯の円盤散乱光偏光スペクトル

◎ 3.4~4.1 μ mあたりの連続光は約5%程度の偏光度

- 中心光の漏れこみを考慮すれば lower limit

◎ 3.1 μ m氷バンドでの偏光度上昇は微妙...

- 吸収によりそもそも信号強度が低下し、S/Nが厳しい...

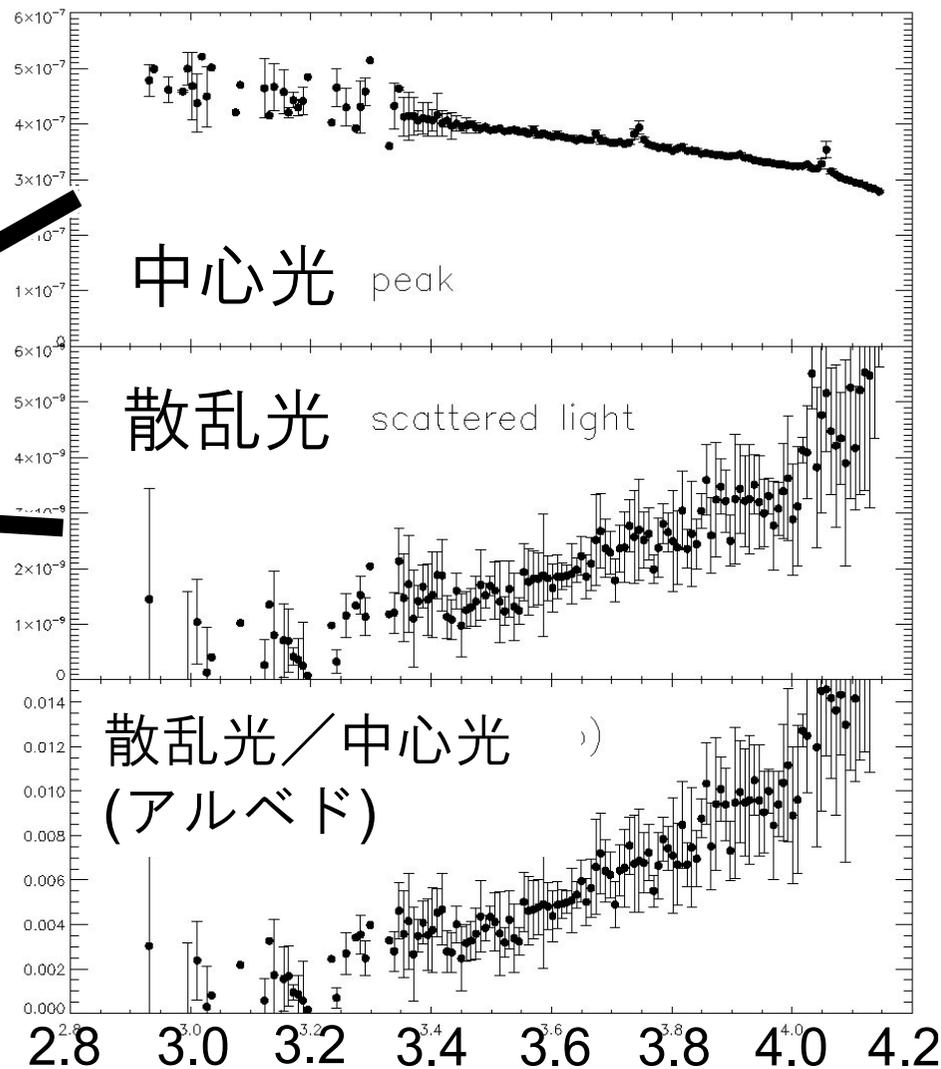
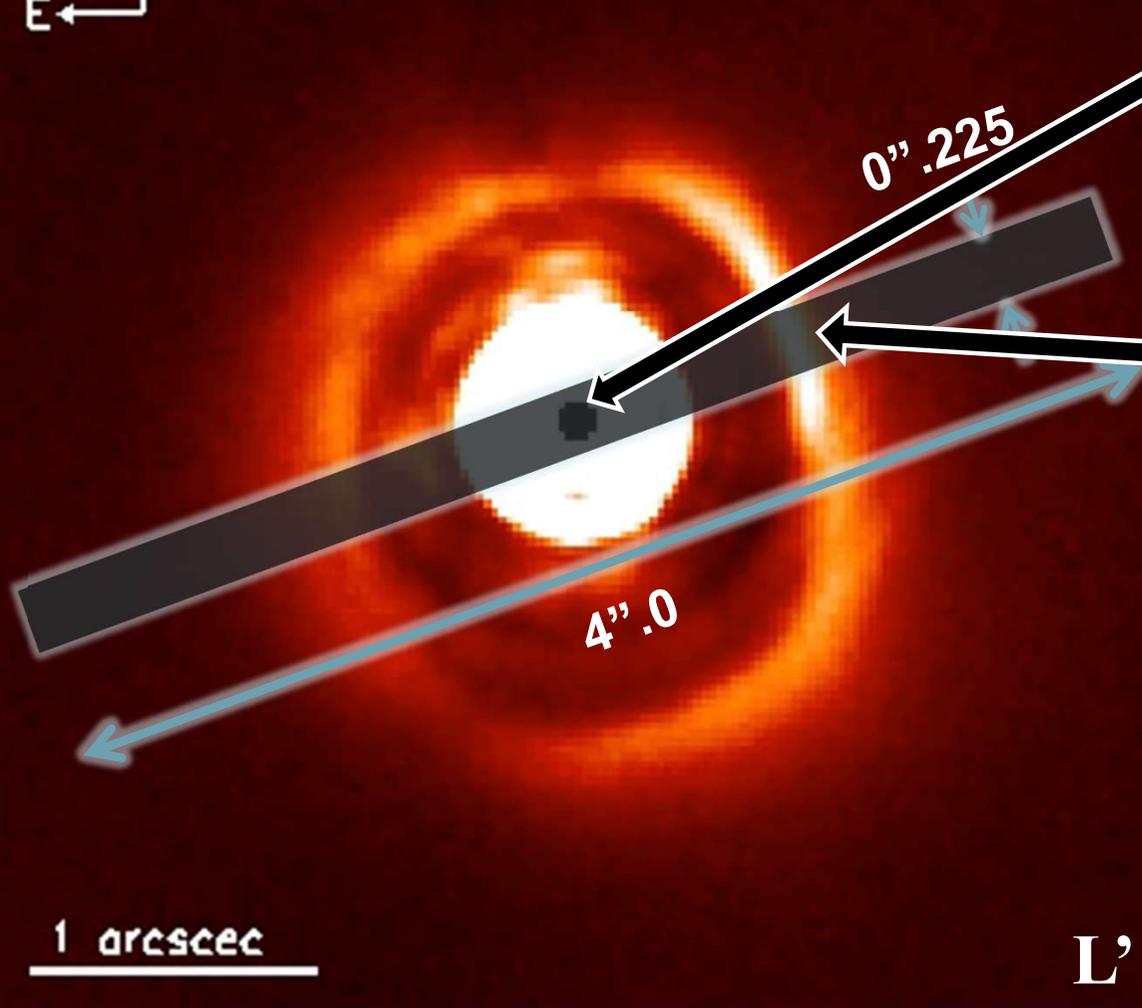
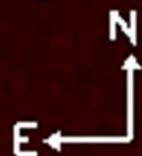


通常のL分光結果

(強度スペクトルついでに取得)

中心光は少し青い
(輝線は標準星のH吸収による偽物+telluric)

Rameau+ (2012)
NaCo



氷吸収

L分光結果

(上) 中心光

(中) 散乱光

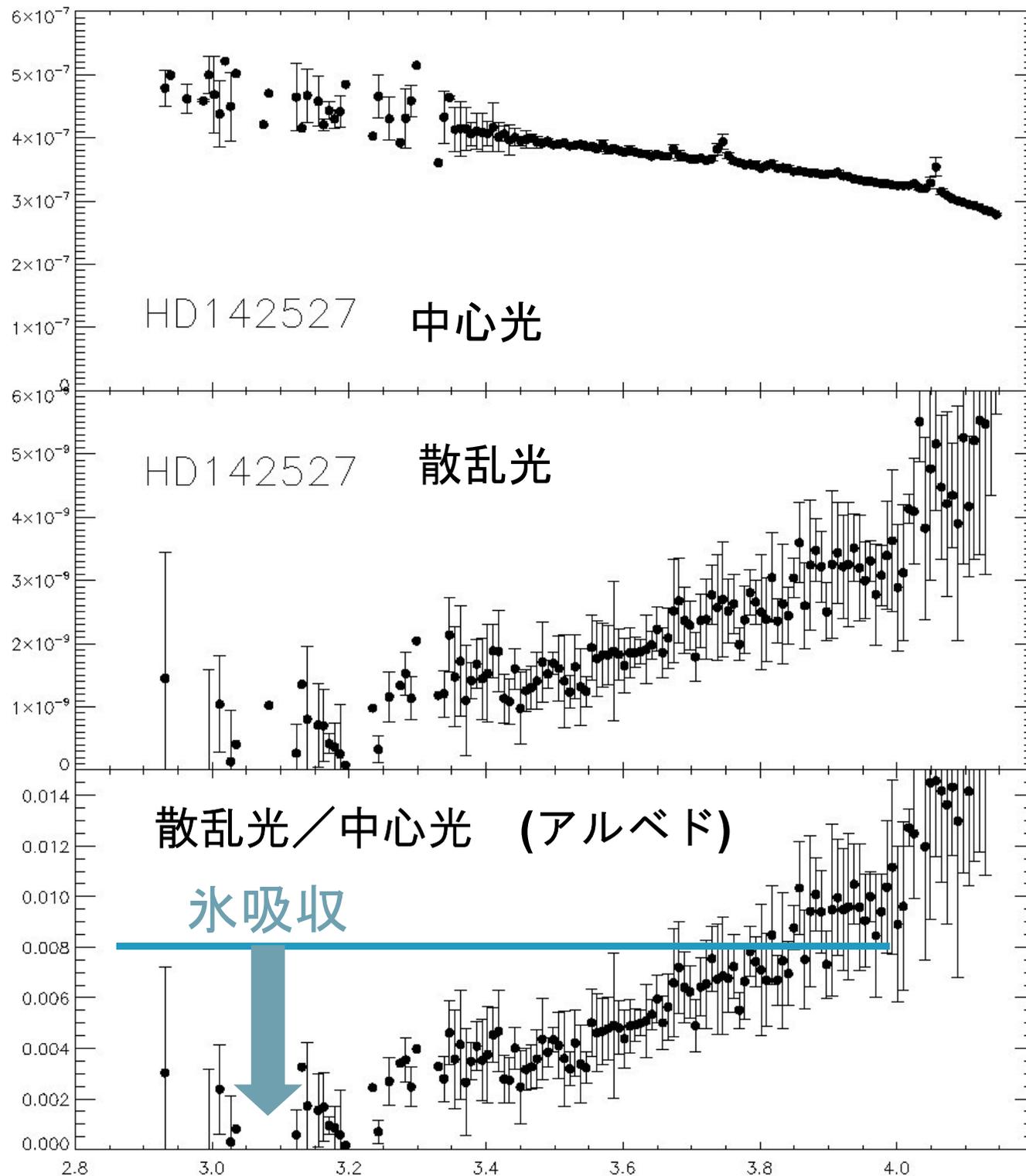
0.676"~0.884"

(下) 散乱光／中心光の比

近似的に1回散乱

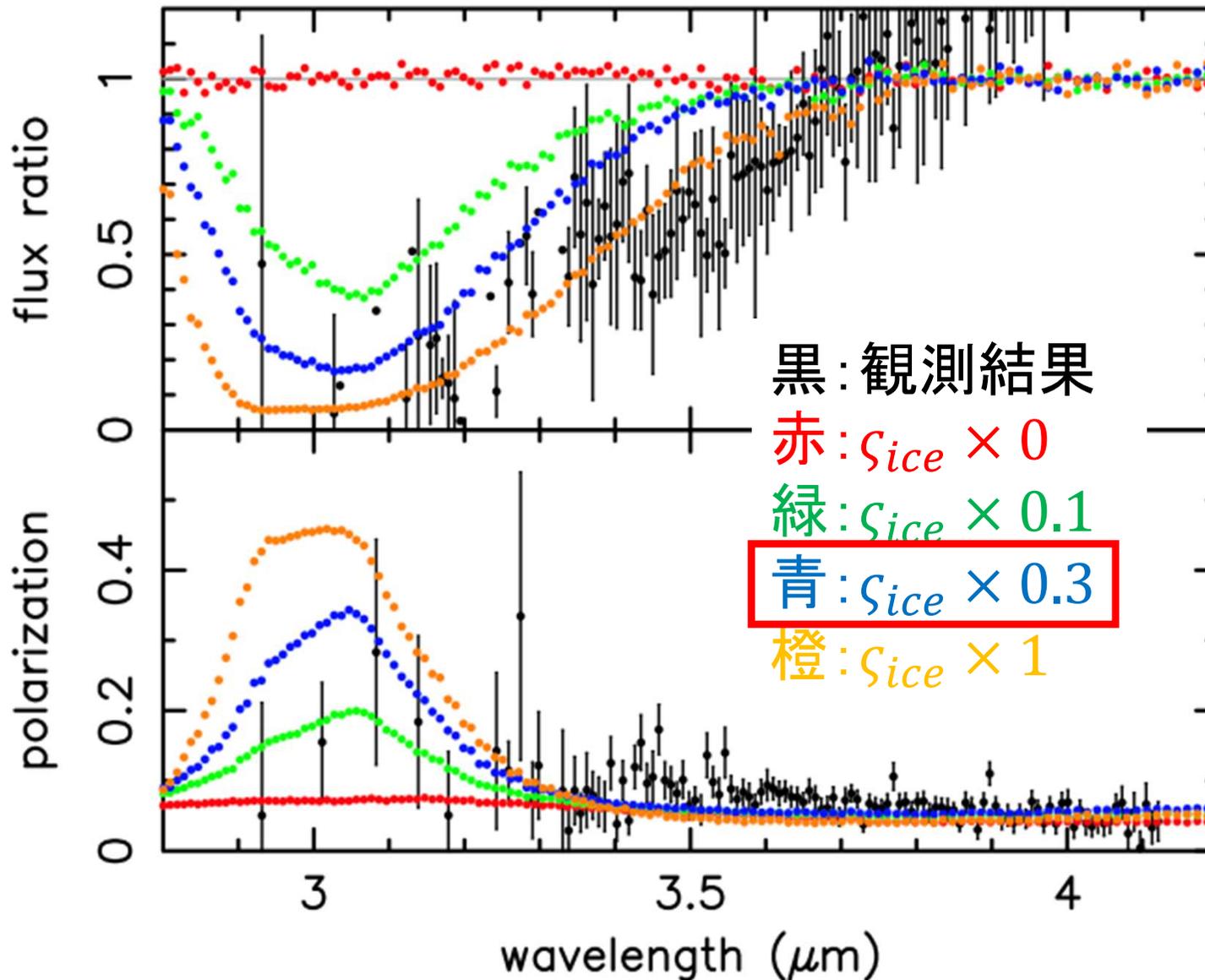
アルベドのプロファイル

~87±2%の凹み



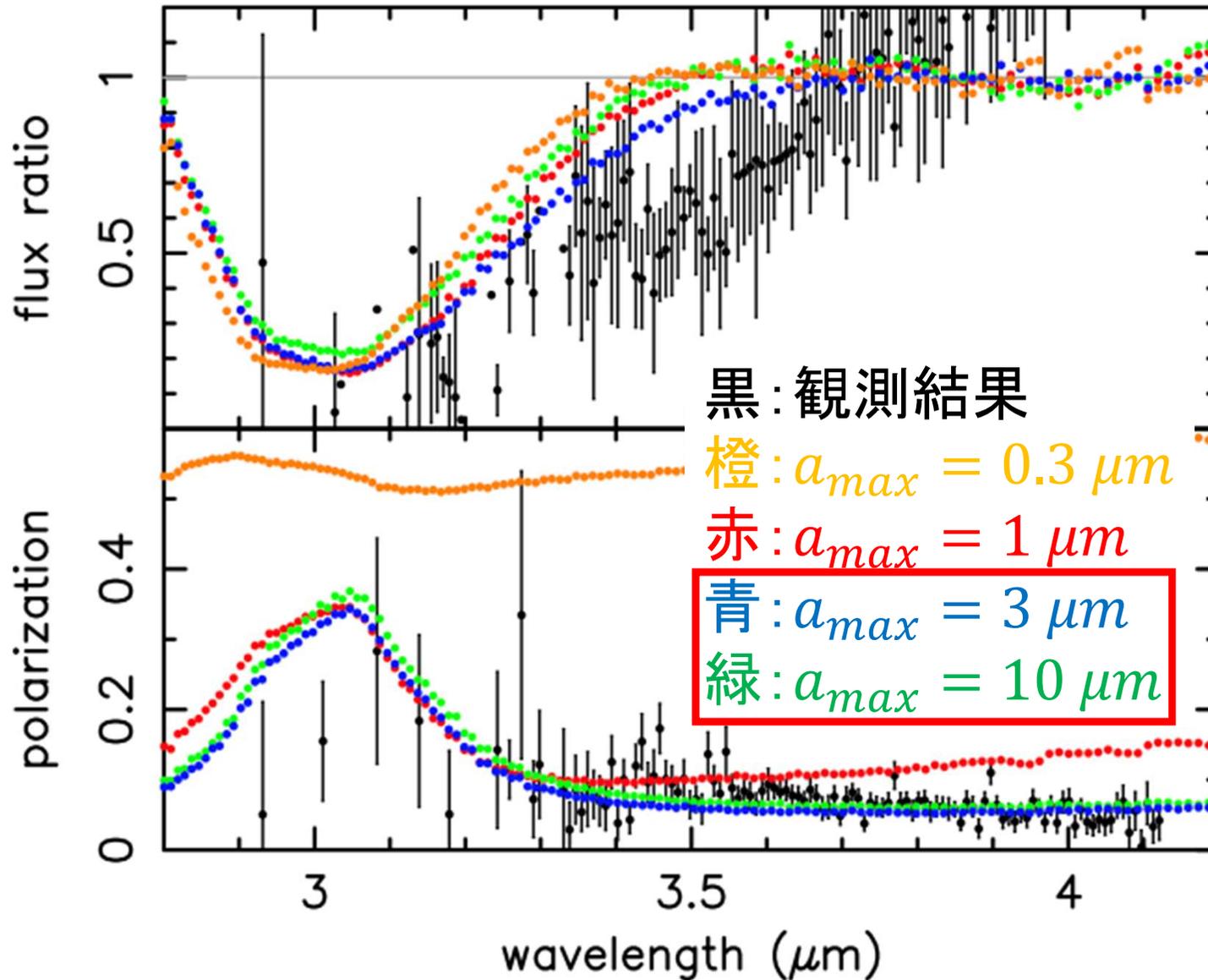
Muto et al. 2015, Soon et al. 2017 のHD142527 disk model をベースにdust model だけ少し
変えて(Pollack et al. 1994)観測データに model fitting
Ice/Silicate = 2.1 (Pollack et al. 1994)からの氷量スケーリング因子 ζ_{ice} およびダスト
最大サイズ a_{max} のみを振ってフィッティング (Special Thanks to 村川さん)

$a_{max} = 3 \mu m$ で固定、 ζ_{ice} を変化させた。



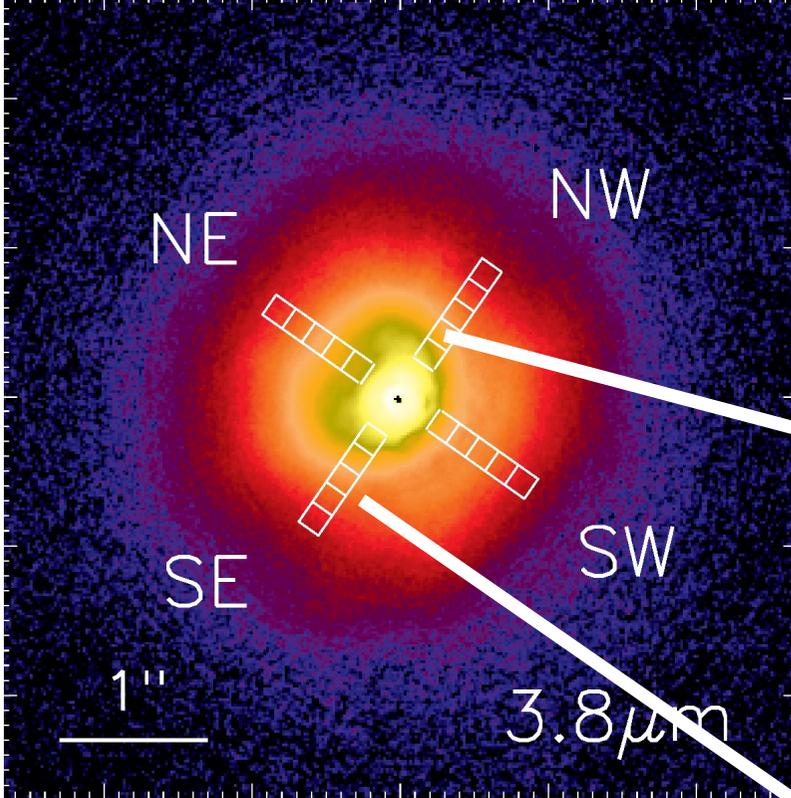
氷量スケールリング因子 $\zeta_{ice} = 0.3 \sim 1$ (つまり Ice/Silicate = $2.1 * 0.3 = 0.63 \sim 2.1$),
ダスト最大サイズ $a_{max} = 3 \sim 10 \mu\text{m}$ あたりがよさそう
→ サイズは先行研究と consistent、氷の量も特に deplete していなさそうだ
→ HD142527 は氷が受かっているので consistent

$\zeta_{ice} \times 0.3$ で固定、 a_{max} を変化させた。



UVによる表層氷のdepletion検証
今後の展望1

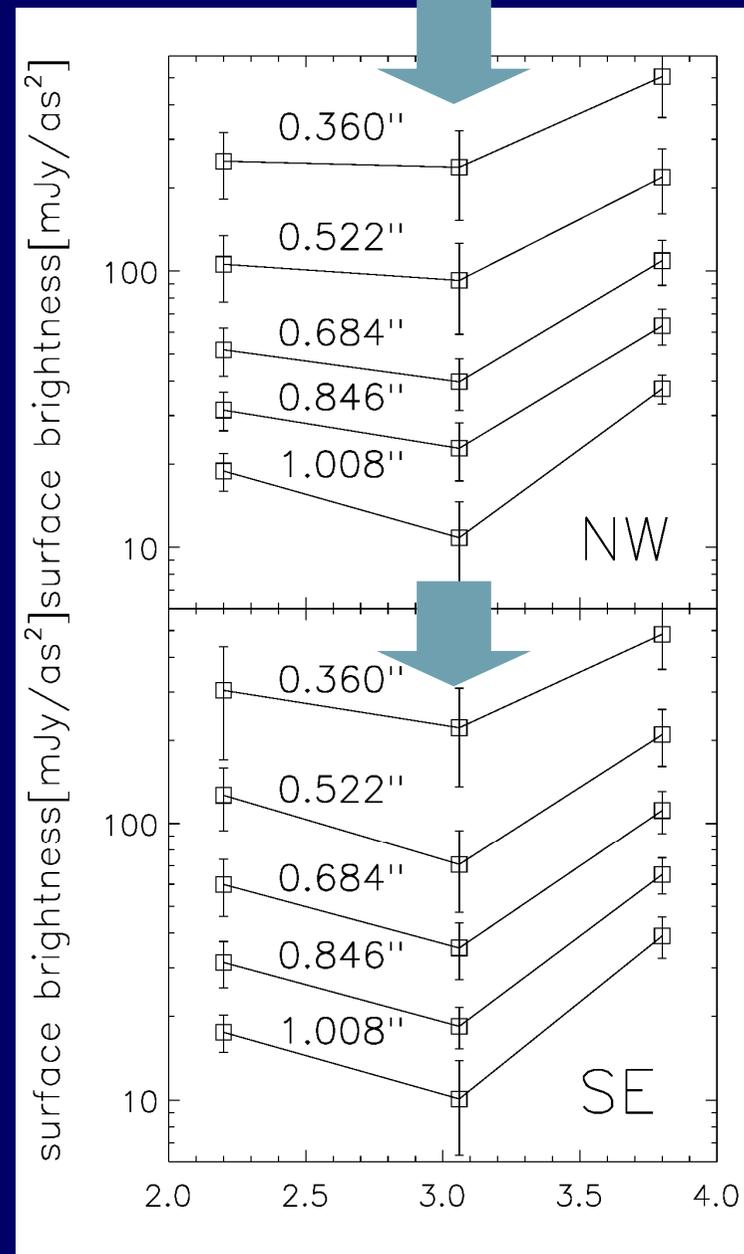
2-4 μm “spectra” of HD100546 disk scattered light



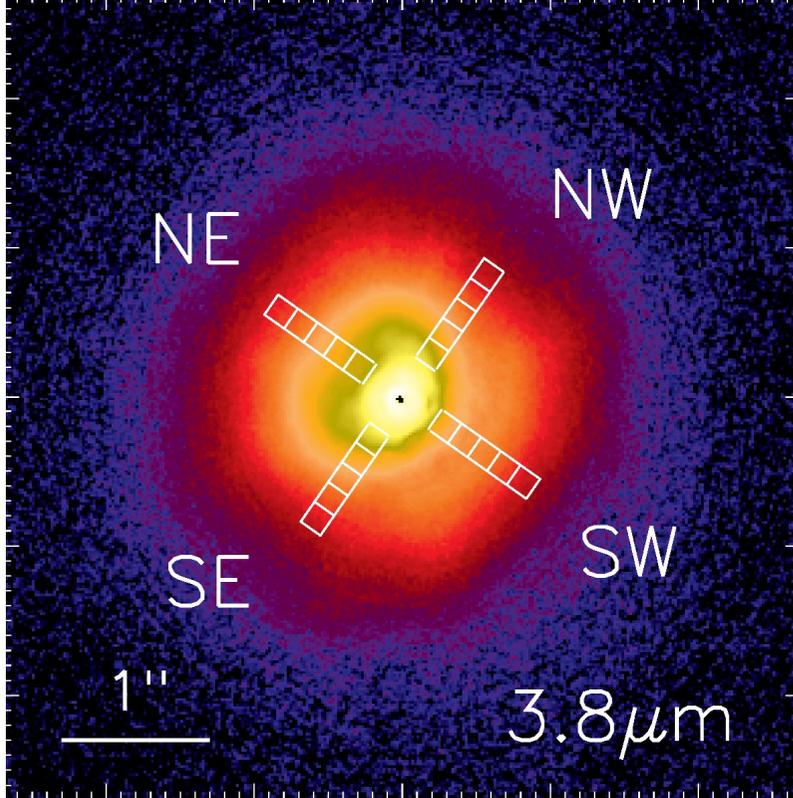
HD100546 disk by Gemini/NICI
(Honda et al. 2016)

Gemini/NICI にfilterをinstallして再開！

浅い 3.1 μm 水氷吸収を
~40AU の近傍まで検出

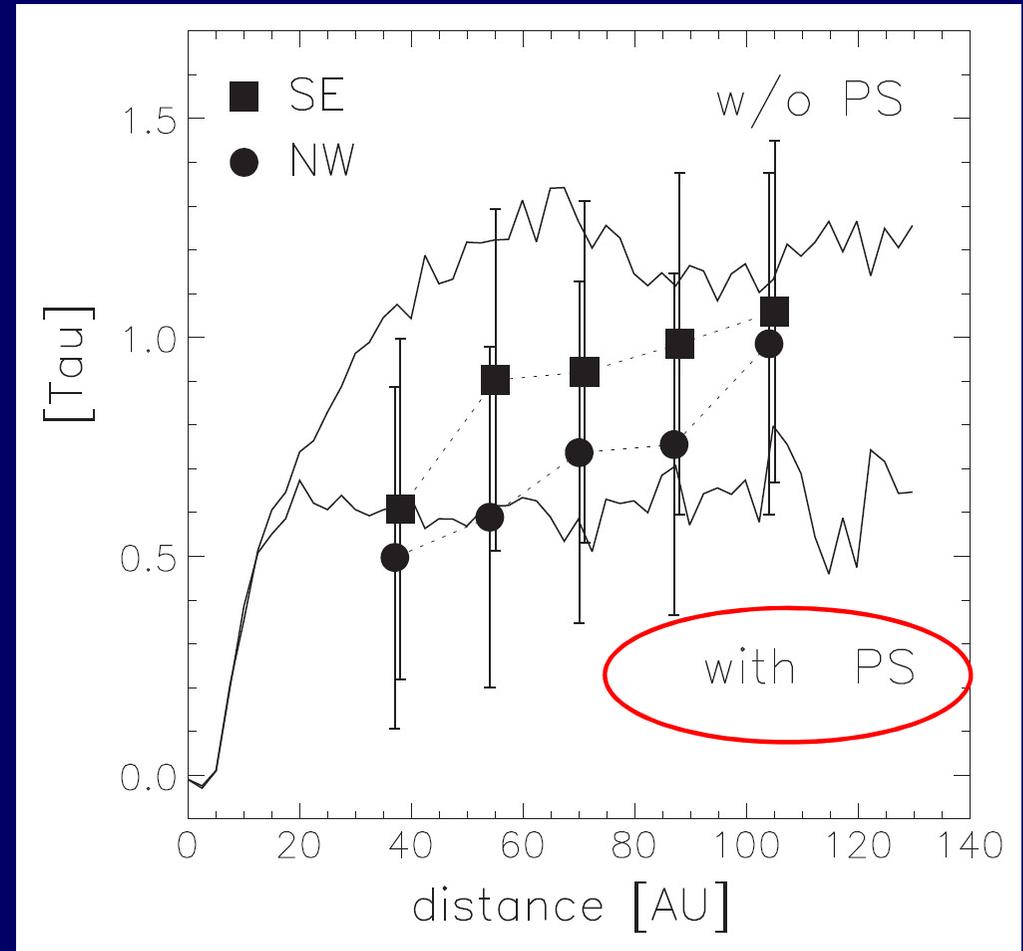


UVによる光脱離効果？



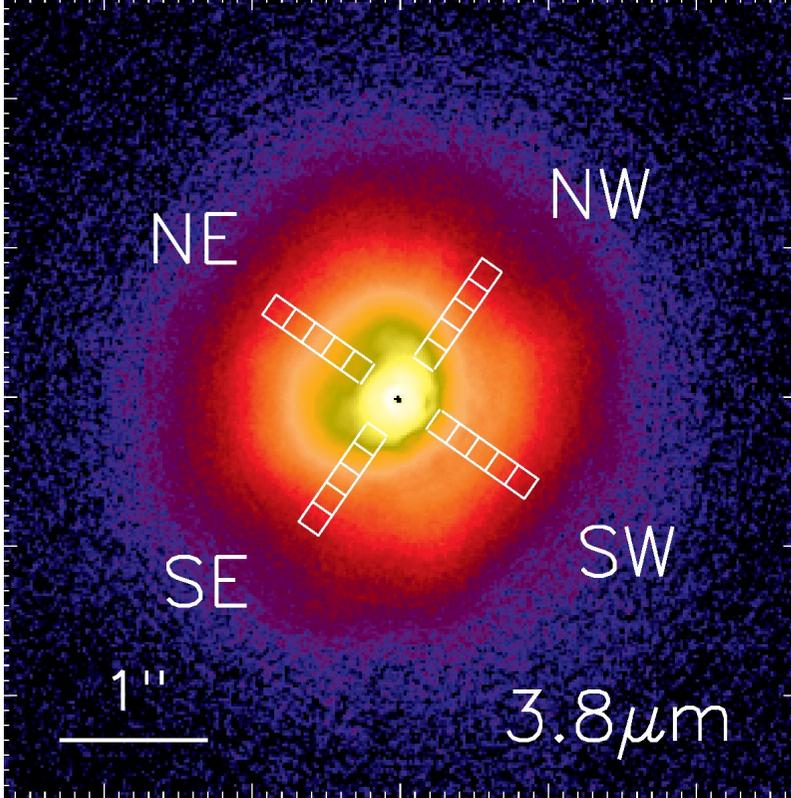
予想よりも浅い 3.1 μ m 吸収は
中心星(B9V)からのUVによる
水氷の光脱離により表層で氷
が減少している？

e.g. Oka et al. 2012



Honda et al. 2016

UVによる光脱離効果？

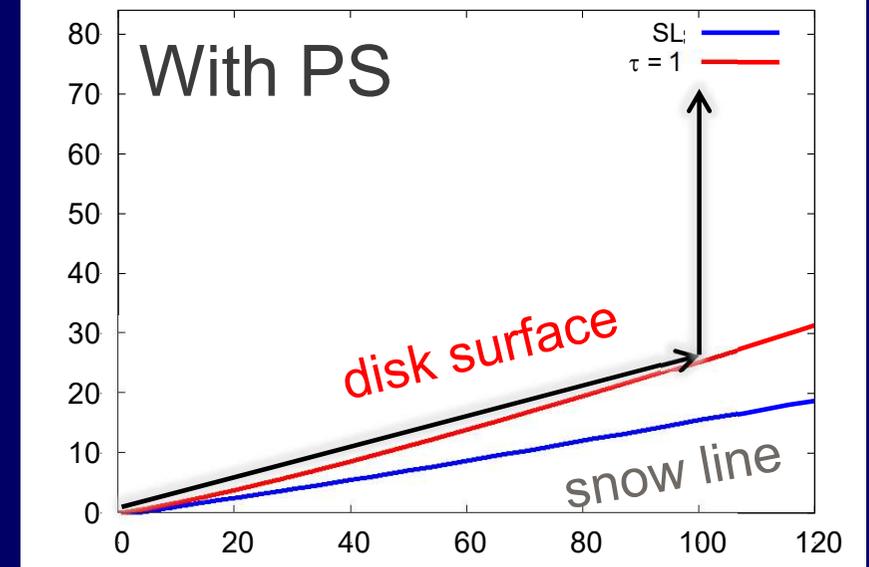
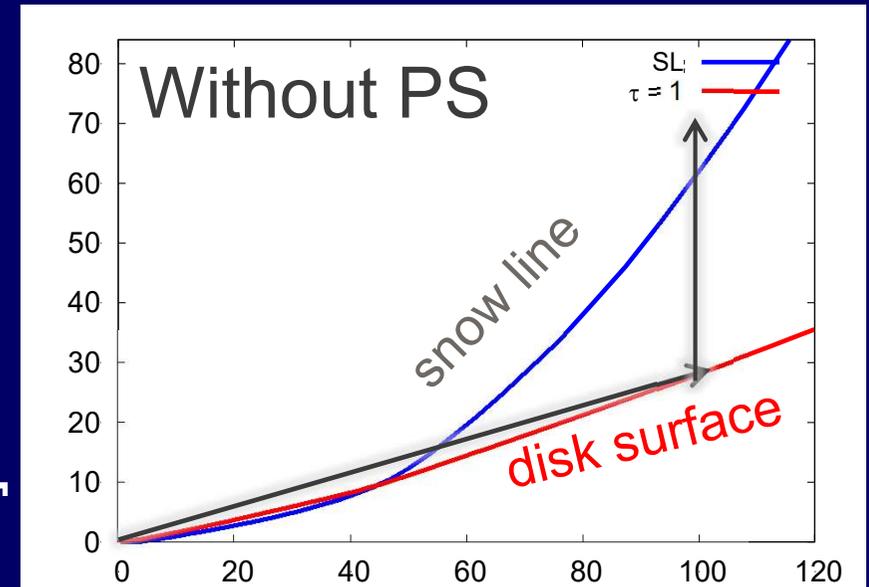


予想よりも浅い $3.1\mu\text{m}$ 吸収は
中心星(B9V)からのUVによる
水氷の光脱離により表層で氷
が減少している？
e.g. Oka et al. 2012

他の Herbig Ae/Be や T Tauri
を観測し、傾向を確認

Surface chemistry の影響は？
ALMA で何らかの証拠見えている？

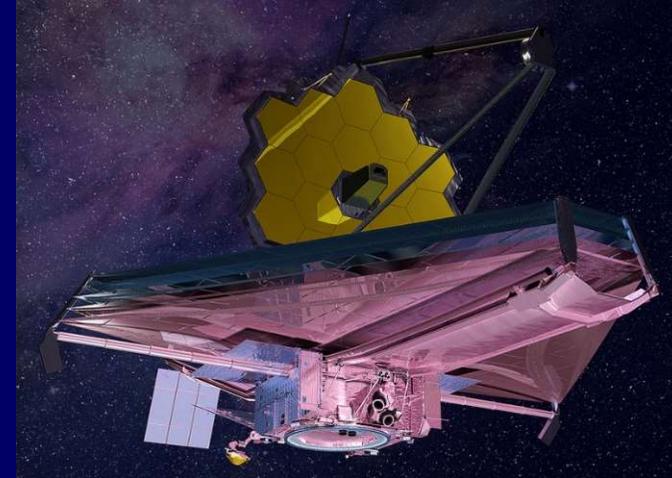
Z [AU]



R [AU]

JWSTによる円盤散乱光分光
今後の展望2

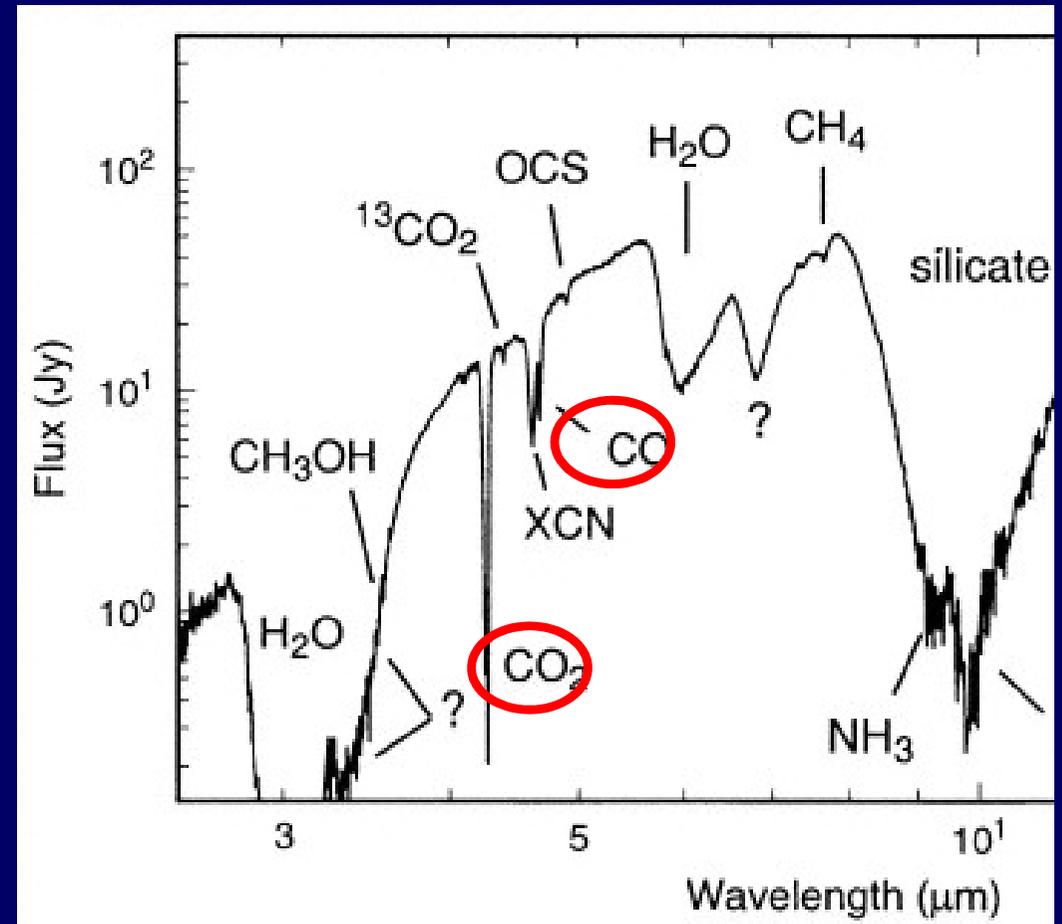
JWSTは有望



- ◎ 熱赤外域($2.5\mu\text{m}\sim$)は地上からは感度厳しい
 - 「高い背景放射(空・望遠鏡・装置)」
 - 「地球大気の水 H_2O , CO, CO_2 の吸収」
 - **AB Aur, HD163296, etc...** ですら $3\mu\text{m}$ 帯分光厳しい
- ◎ スペース(JWST)の圧倒的な高感度
 - 2-3桁の感度改善(JHK並みに円盤散乱光受かる)
 - H_2O だけでなく, **CO ($4.27\mu\text{m}$), CO_2 ($4.67\mu\text{m}$)** 可能
- ◎ JWST 打ち上げ 2021 Mar 以降に延期
 - GO-1 〃切も 2020 Feb 以降に...
 - **まだ観測提案に間に合いません!**

CO, CO₂ snow line by JWST ?

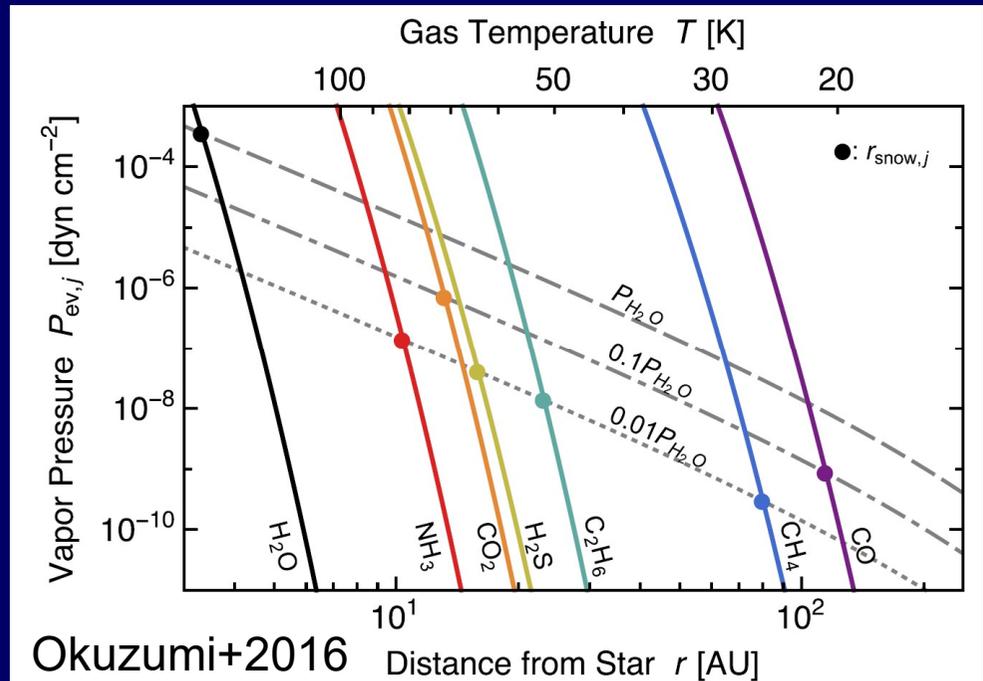
- ◎ CO (4.27 μ m), CO₂ (4.67 μ m) はJWSTでは大気に邪魔されず観測可能 (波長幅も細め)
- ◎ H₂O snow line は中心星に近く空間分解厳しいが, CO, CO₂ は遠いため空間分解しやすい
- ◎ JWSTが有望？
 - IFU, コロナグラフ有



CO, CO₂ snow line by JWST ?

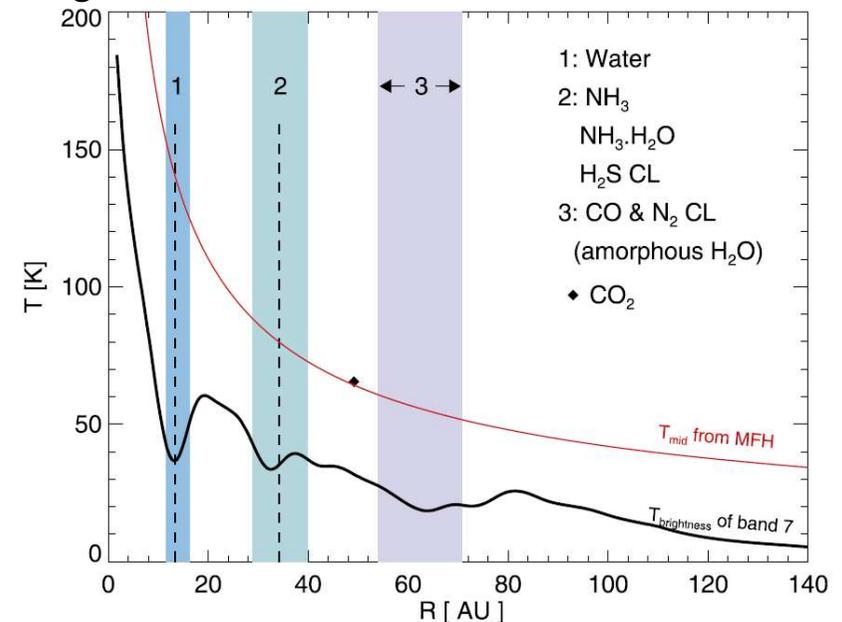
- ◎ 解像度@4.27μm ~0.1"
- ◎ H₂O snow lineは絶望的
- ◎ CO₂ snow line
 - r ~15AU (for HL Tau) (Okuzumi et al. 2016) →0.11"@140AU...
 - r ~50AU (for HL Tau) (Zhang et al. 2015) →0.36"@140AU 可能！
- ◎ CO snow line
 - r>63AU→0.45" 可能！

赤道面と表面で違うかもしれませんが...



Okuzumi+2016

Zhang+2015



観測計画立案・解釈のための
シミュレーション（村川さん）

今後の展望3

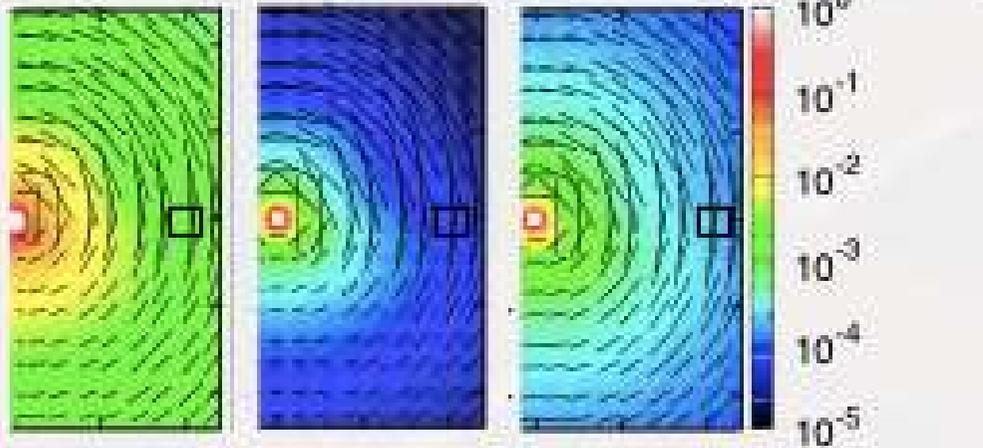
観測計画立案・解釈のための シミュレーション(村川さん)

- ◎ 言うまでもないことですが、**観測計画立案**や、**その後の解釈**に円盤モデルシミュレーション計算が必要！
- ◎ 円盤散乱光分光のシミュレーションはあまりなされていない → 村川さんに依頼中
- ◎ Subaru/IRCS-POL の偏光分光観測 や JWST による観測を見据えて、典型的なモデル円盤でのシミュレーション結果を論文にまとめたい

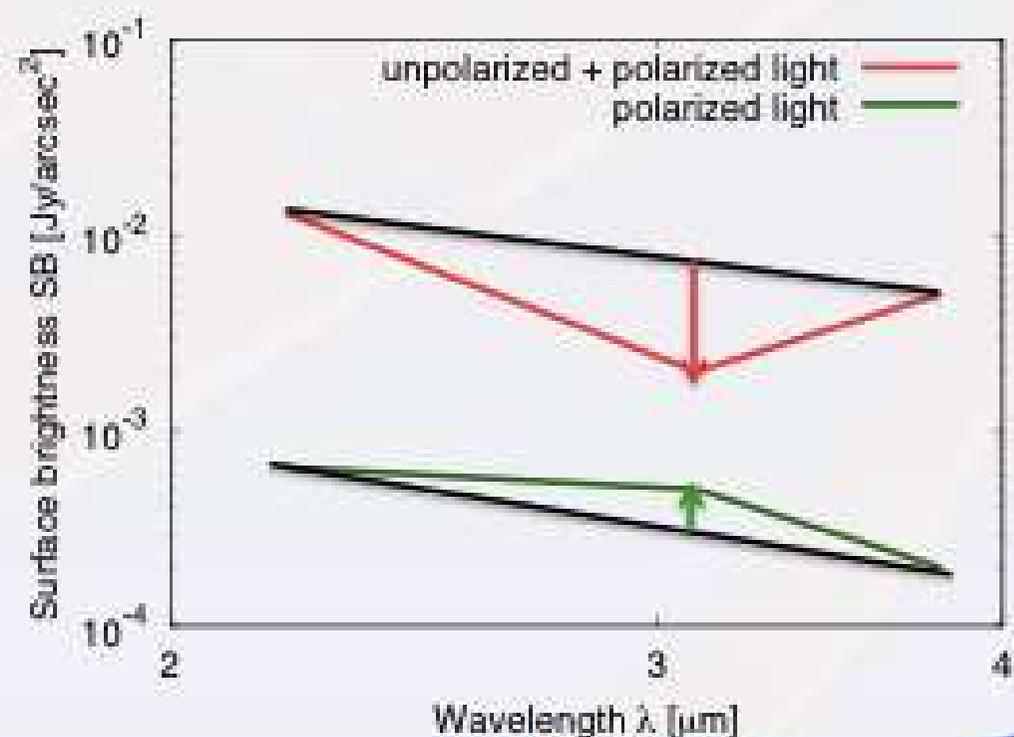
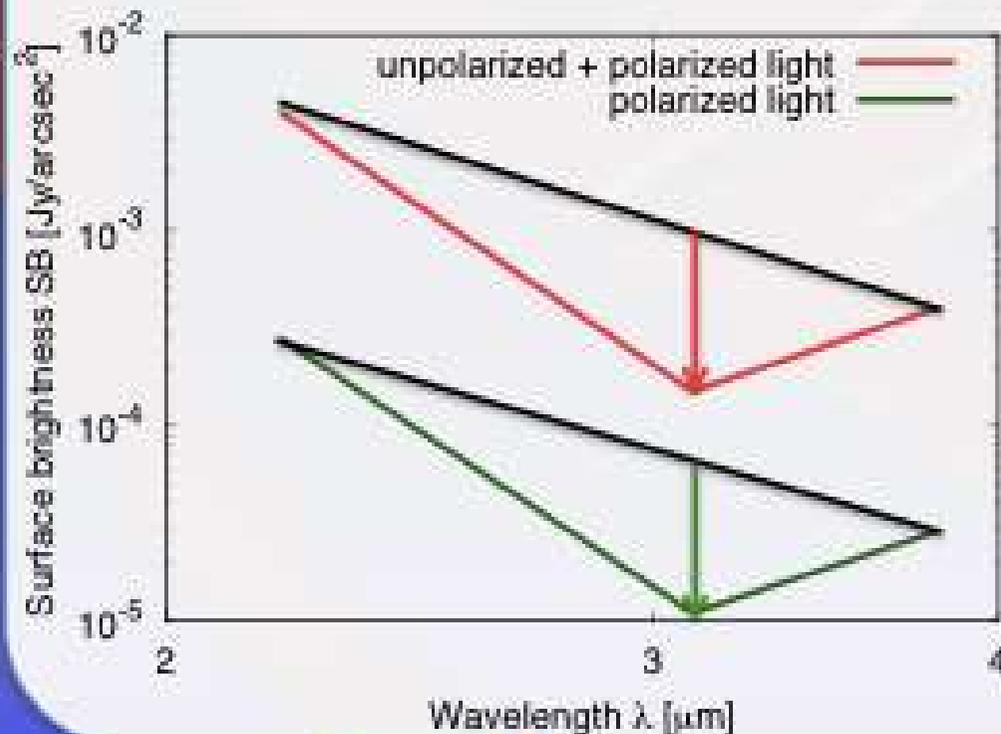
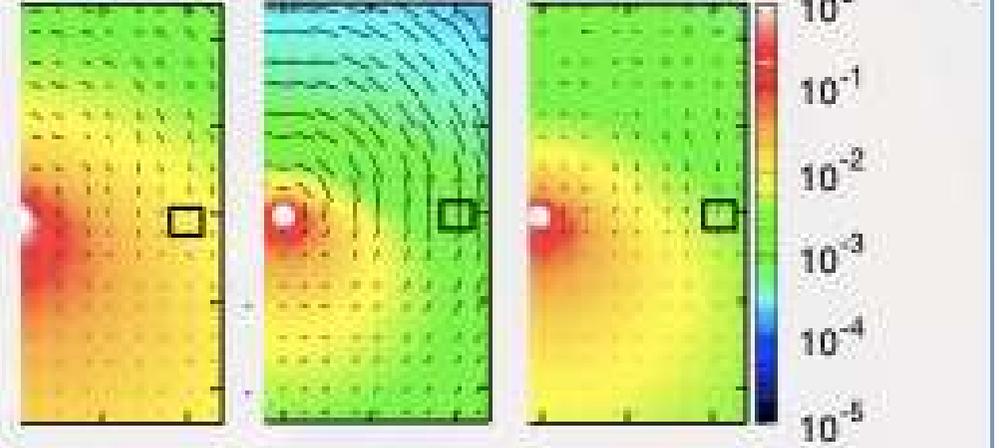
w/ PS

最大半径 $0.25\mu\text{m}$ 最大半径 $8.0\mu\text{m}$

K

 H_2O L' [Jy/arcsec²]

K

 H_2O L' [Jy/arcsec²]

contents

1. 円盤散乱光分光による(水)氷観測例
 - HD142527の観測結果紹介
2. 今後の方針（来年度 および 長期計画）
 1. Subaru/IRCS-POL を用いた研究
 - 3 μ m feature を用いた円盤表層でのH₂O氷の安定性 (UVによる表層氷のdepletion検証)
 2. JWSTによる円盤散乱光分光観測
 - H₂O氷だけでなく、CO,CO₂ 氷も狙う
 - 氷分布による CO, CO₂ snow line 検出
 3. 観測計画立案・解釈のためのシミュレーション (村川さん)