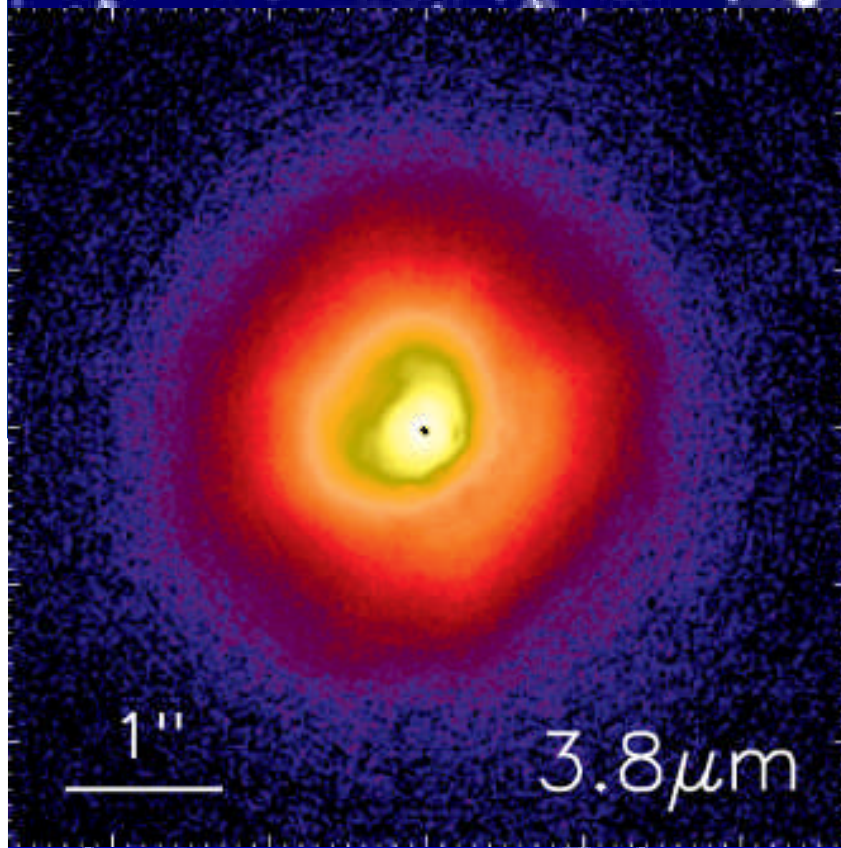


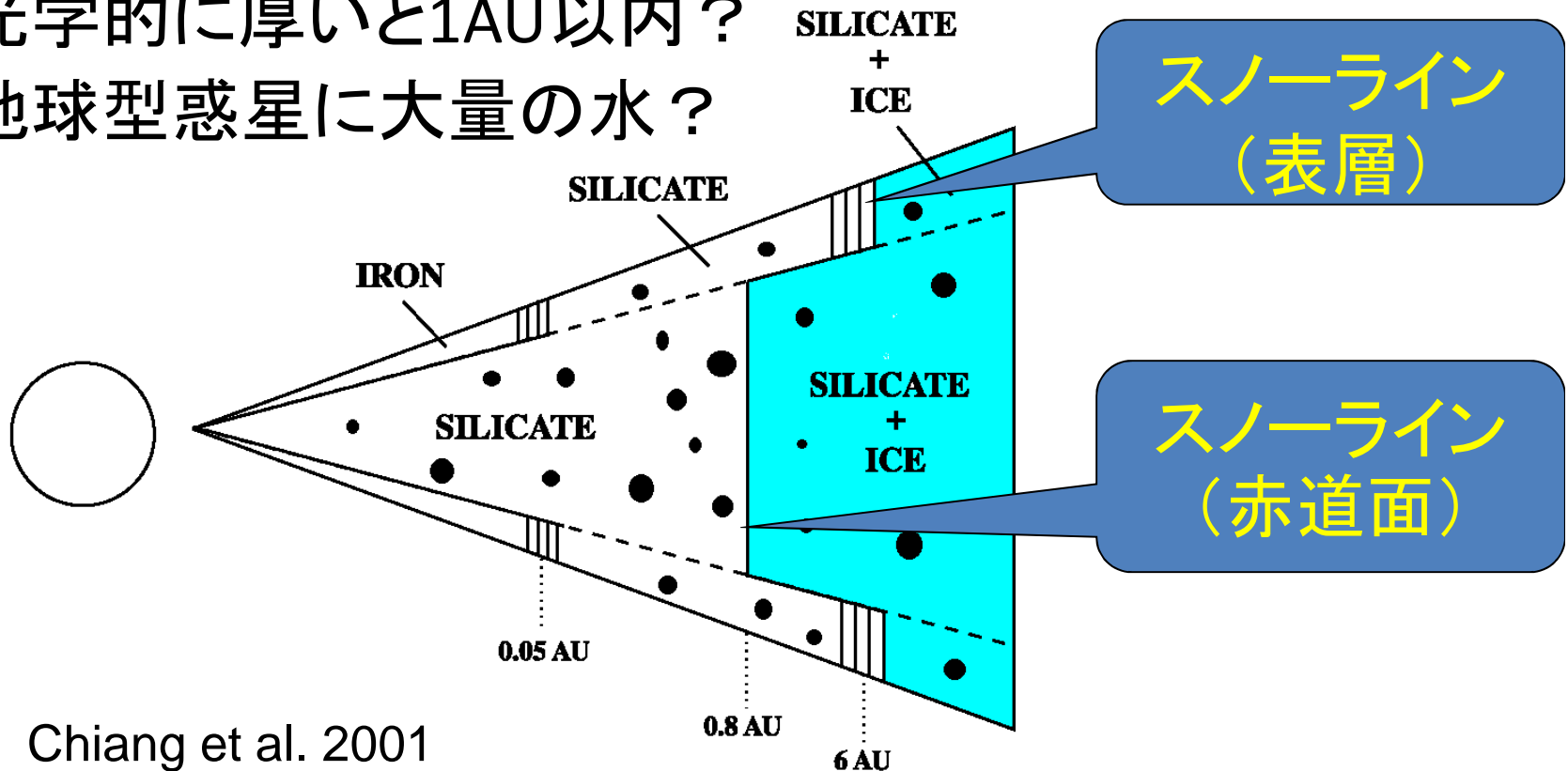
Herbig Be型星 HD100546 原始惑星系円盤表層における水氷分布観測

Mitsuhiko Honda (Kanagawa Univ.),
A.K. Inoue (Osaka Sangyo Univ.),
S. Takatsuki, T. Nakamoto (TITech),
T. Kudo, M. Tamura, H. Terada, N.
Takato (NAOJ),
M. Fukagawa (Osaka Univ.)



スノーライン(雪境界線)

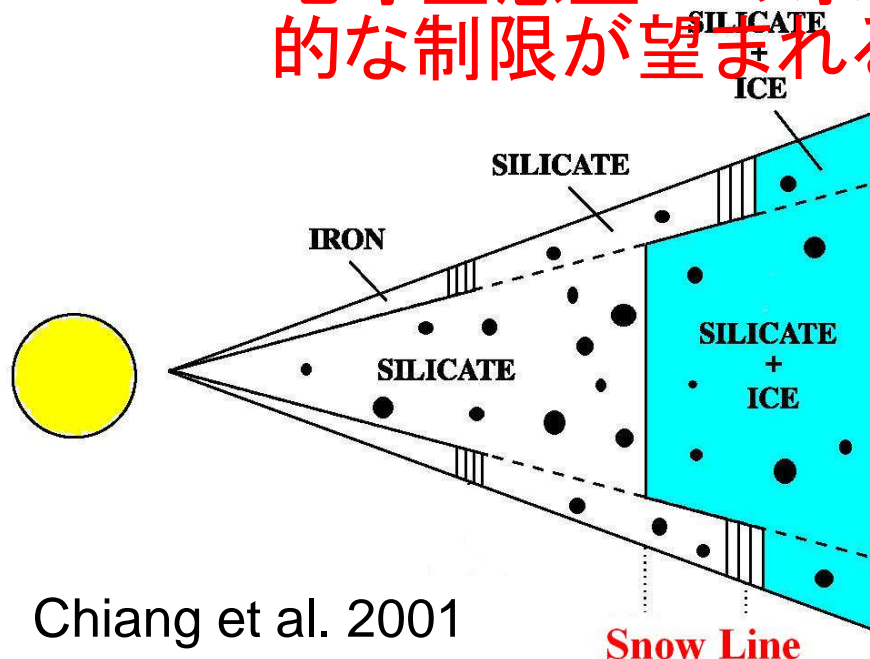
- H₂O氷が昇華・凝縮する位置
 - ダスト温度が約110-170Kの場所(ガス圧による)
 - 中心星光度、ダストの光学特性・サイズ等に依存
 - 太陽系では3~4.2AU (巨大ガス・地球型惑星境界)
 - 光学的に厚いと1AU以内?
 - 地球型惑星に大量の水?



Chiang et al. 2001

惑星形成における氷ダストの役割

- 粒子の合体成長を促進
- 固体質量(面密度)の増加 (e.g., Hayashi et al. 1985)
 - 木星型惑星のコア成長を助ける
 - snowlineはガス惑星と地球型惑星領域の境界
- 地球型惑星への水供給の初期条件として、観測的な制限が望まれる



- これまで、円盤氷ダストの観測的情報は限られていたのが現状
- 近年、ようやく少しずつ進展開始

Chiang et al. 2001



ALMA

アルマ望遠鏡 | 宇宙への究極の挑戦

English | 広報活動 | 採用情報 | お問い合わせ | サイトマップ | RSS

文字サイズ **小** **中** **大**

検索

HOME

アルマについて

ニュース&コラム

マルチメディア

研究者向け

よくある質問

HOME > ニュース&コラム > 最新情報 > 2013年記事一覧 > 観測成果:若い星のまわりのスノーラインを直接撮像

ニュース&コラム

アルマ通信

最新情報

- ▶ 2013年
- ▶ 2012年
- ▶ 2011年
- ▶ 2010年
- ▶ 2009年
- ▶ 2008年
- ▶ 2007年
- ▶ 2006年
- ▶ 2005年

プレスリリース

コラム

Atacama Large Millimeter/submillimeter Array



最新情報

2013年7月19日 観測成果:若い星のまわりのスノーラインを直接撮像

ツイート 0

いいね! 0

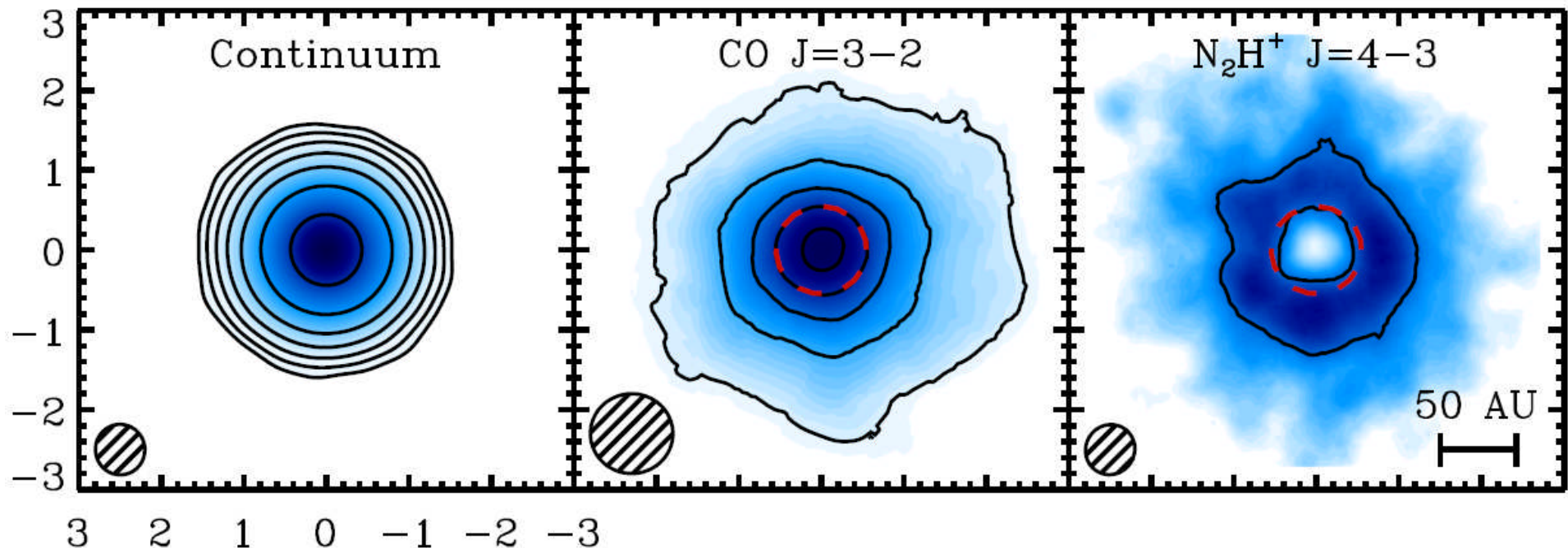
アメリカの研究者を中心とする研究チームは、アルマ望遠鏡を用いて若い星を取り巻くガスと固体間微粒子の円盤を観測し、史上初めて「スノーライン (snow line)」を画像としてとらえることに成功しました。このスノーラインは、惑星の形成やその化学組成の起源を考えるうえで非常に重要な役割を持っています。

地球上では、標高が高くなって温度が下がり、空気中の水分が凍ってしまう境界のことをスノーラインと呼びます。星のまわりでも同様に、星からの距離がある程度以上遠くなると温度が下がり、物質が凍りつき始める領域が存在します。また、生まれたばかりの星のまわりには、多種多様な分子を含んだガスや固体微粒子が円盤状に広がっています。これを原始惑星系円盤と呼びます。その円盤に含まれる物質の種類によって凍り始める温度、すなわち星からの距離は異なるので、星のまわりのスノーラインの位置は物質ごとに異なります。

星から一番近い位置で凍り始めるのが、私たちになじみ深い水です。そしてその外側には、順に二酸化炭素、メタン、一酸化炭素が凍り始めるスノーラインが存在すると考えられています。このような物質が凍ると、原始惑星系円盤に含まれる固体微粒子の上に霜が降るように降り積もっていきます。こうした固体微粒子が集積することで、惑星や彗星が作られます。

ALMA resolved CO snow line (Qi et al. 2013 Science)

- N_2H^+ の分布に $\sim 30AU$ の“穴”
 - COが気相に入るとabundanceが減るイオン
 - CO snow line を空間分解した
- CO snow lineの惑星形成における意義:
 - CO snow line 以遠で固体面密度の上昇 \rightarrow 天王星・海王星コア形成を助けた？ (Dodson-Robinson+2009)
 - H_2O ice snow line が重要と思われており、その半径はより内側にあると思われている

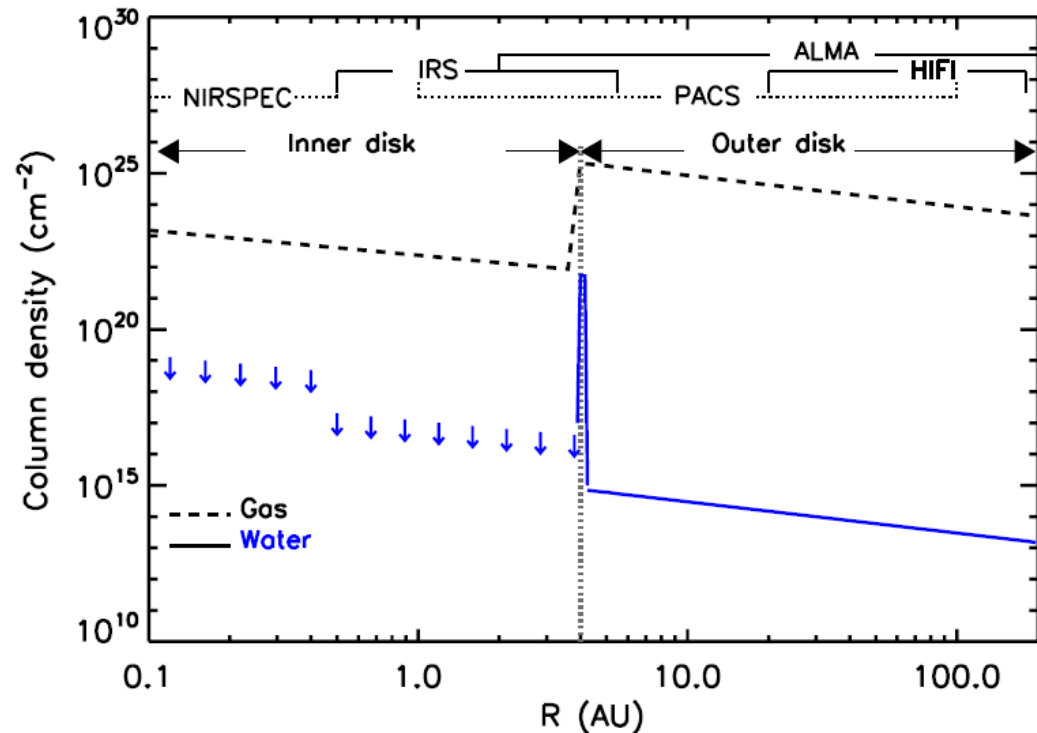


H₂O Snow line を間接的に導出 (Zhang+2013)

- SST/IRS, Hershel/PACS, Hershel/HIFI による TW Hya 円盤からの H₂O line をモデリング
- 4-4.2 AU のリング状に H₂O vapor 面密度が上昇しているモデルだと、観測されたライン強度を説明可能

Snow line at ~4.2 AU
in TW Hya disk ?

ただし、間接的な導出であり、直接空間分解していない！

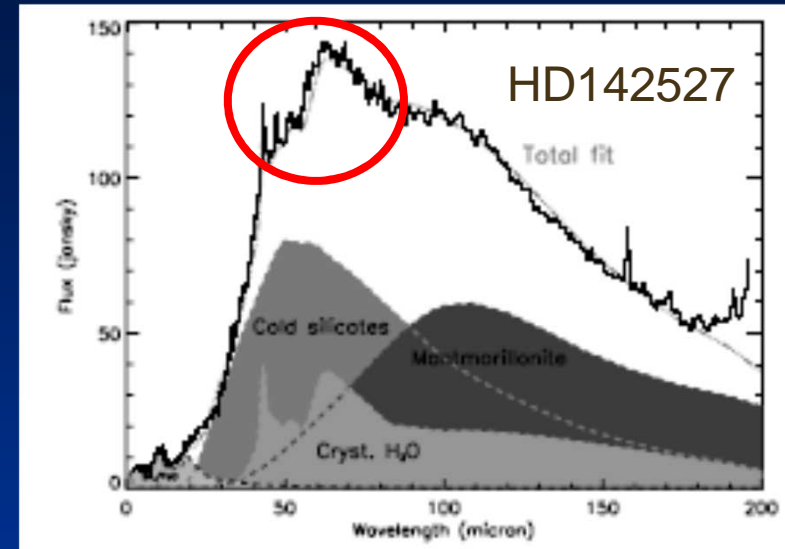


Disk H₂O ice obs.

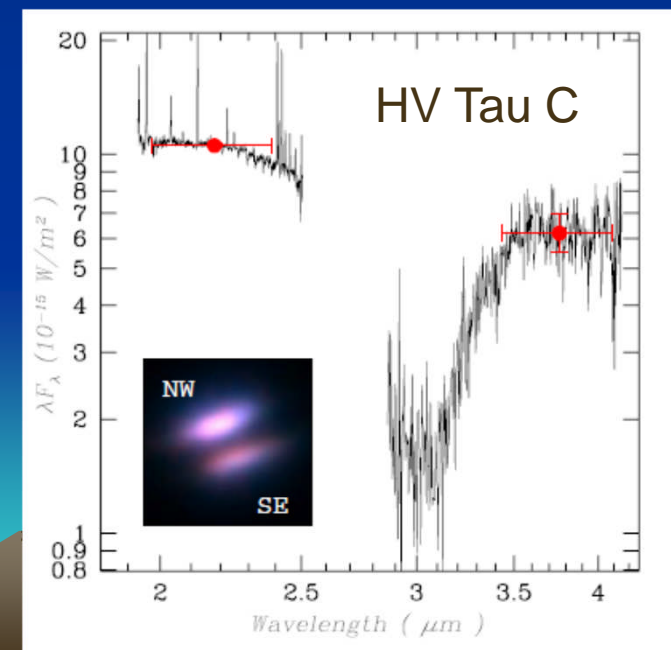
- **44,62 μ m emission feature**
(Lattice mode, Malfait et al. 1999)
 - HD142527 + a few
- **3 μ m absorption feature**
(OH stretching mode)
 - CRBR2422.8-3423
(Pontoppidan+2005)
 - HKTauB, HVTauC (Terada+2007)
 - Many sources (Boogert+2008)
 - ASR41, 2MASSJ1628137-243139, UY Aur (Aikawa et al. 2012)

**Water ice exists, but “radial”
distribution is not clear!**

(Malfait et al. 1999)



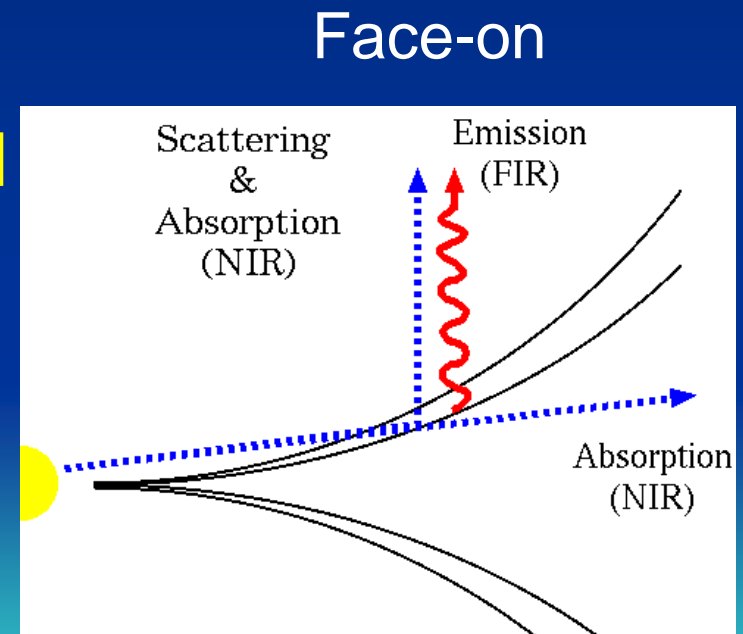
(Terada et al. 2007)



Difficulties on tracing H₂O ice “radial” distribution in disk

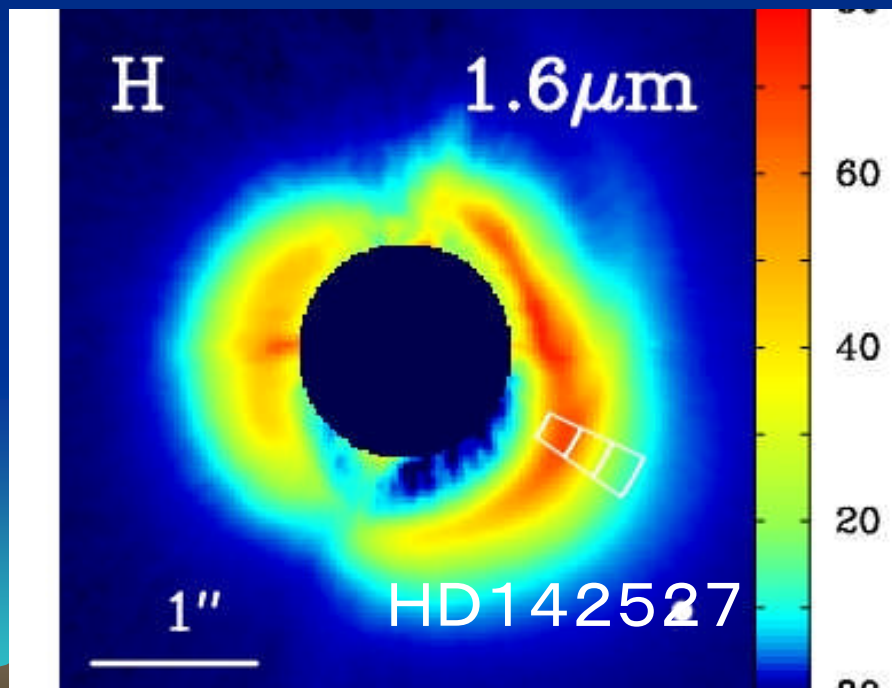
- 44, 62 μ m emission feature
 - Observable only from space/airplane
 - Low spatial resolution ($\propto \lambda/D$)
- 3 μ m absorption feature
 - Radial distribution toward edge-on disk is unclear

How about
face-on disk ?

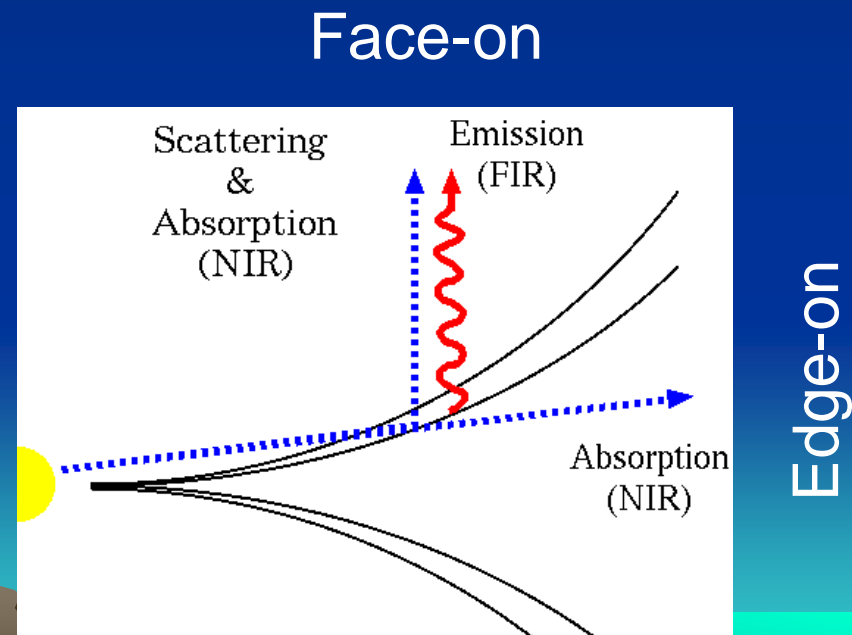


Face-on disk as a good target to trace H₂O ice *radial* distribution

- The 3 μ m ice absorption feature should be imprinted in the scattered light spectrum via albedo effect (Inoue+2008)
 - We can observe radial H₂O ice distribution via K(2.2 μ m), H₂Oice(3.1 μ m), and L'(3.8 μ m) imaging observations!
 - Possible to detect (surface radial) snow line in the future

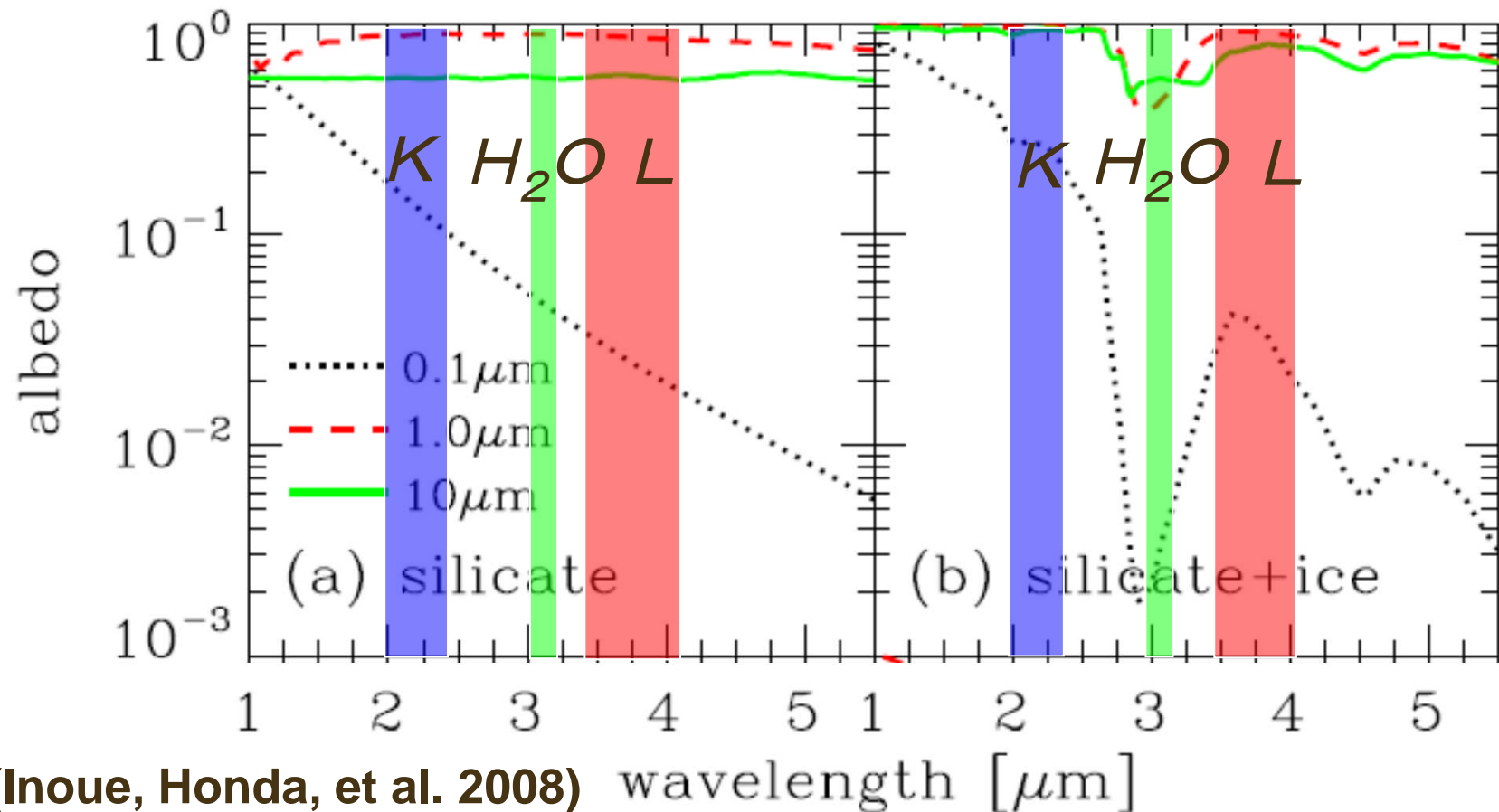


=145AU (Fukagawa et al. 2006)



Silicate

Silicate + Water ice



(Inoue, Honda, et al. 2008)

Ideally, spatially resolved scattered light spectrum is preferred, though it is hard for current instruments

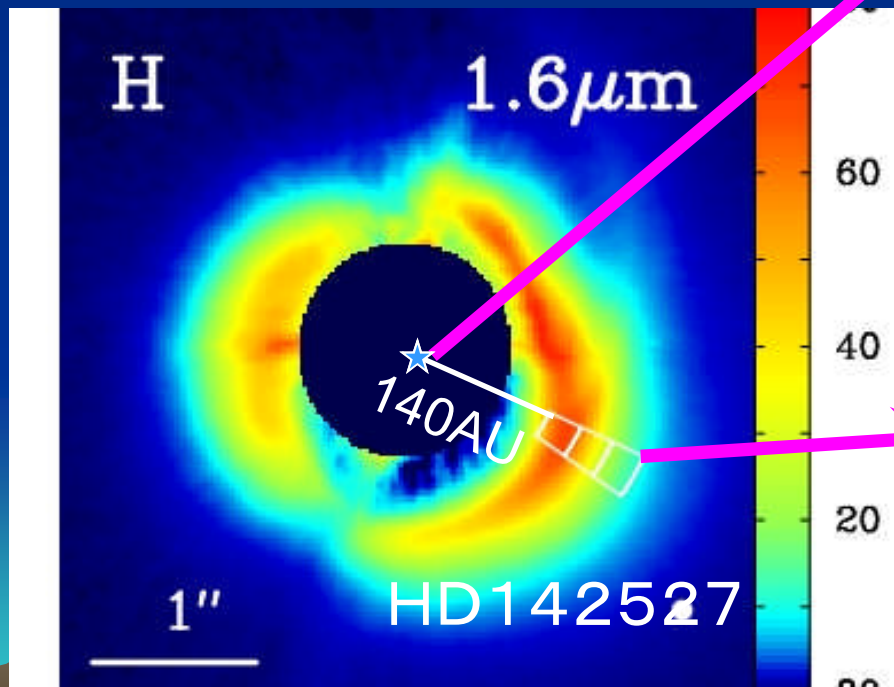
We can get very coarse “spectra” via K, H₂O, and L imaging of disk to show water ice absorption

Ice in HD142527 disk

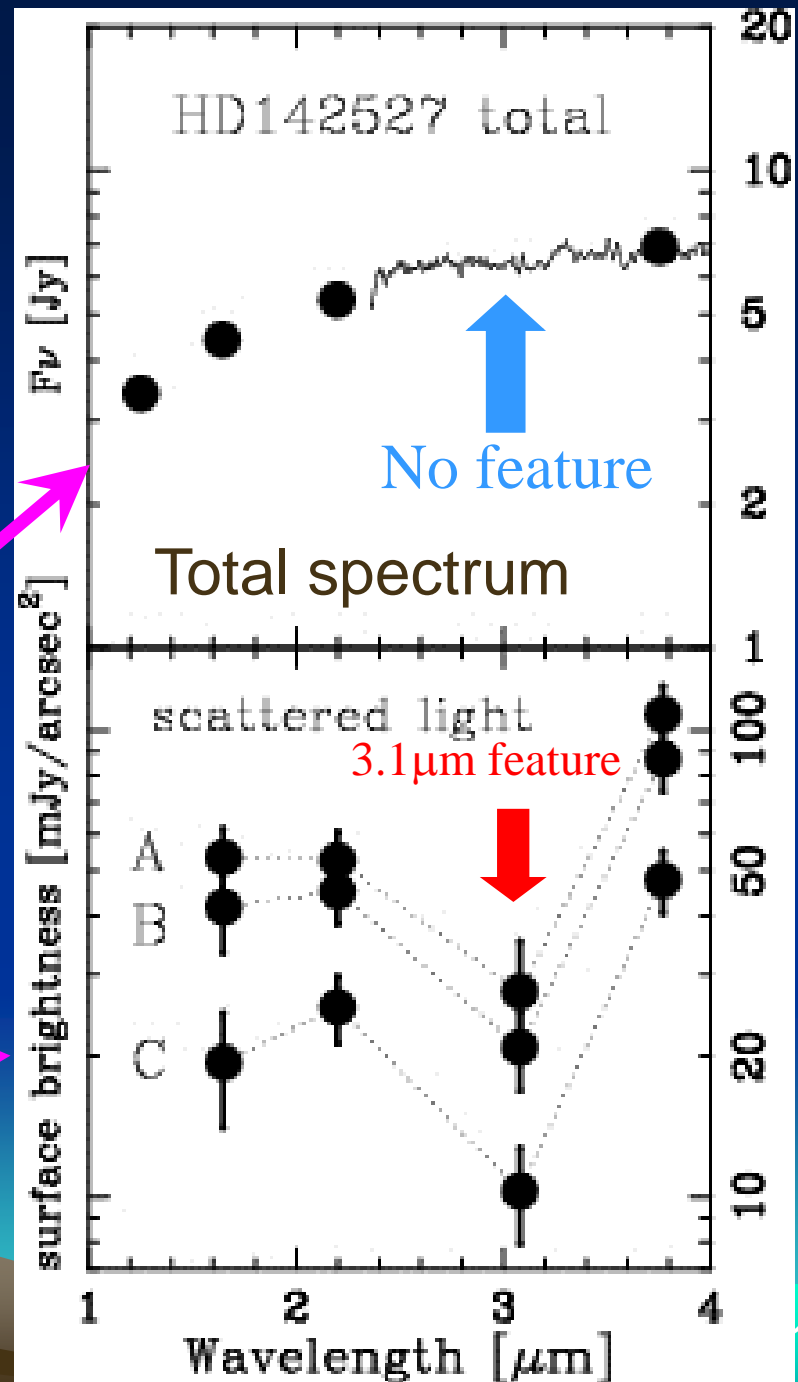
(Honda et al. 2009)

3 μ m absorption feature present in scattered light

$\Delta(K-H_{2Oice}) = \sim 1$ mag



=145AU (Fukagawa et al. 2006)



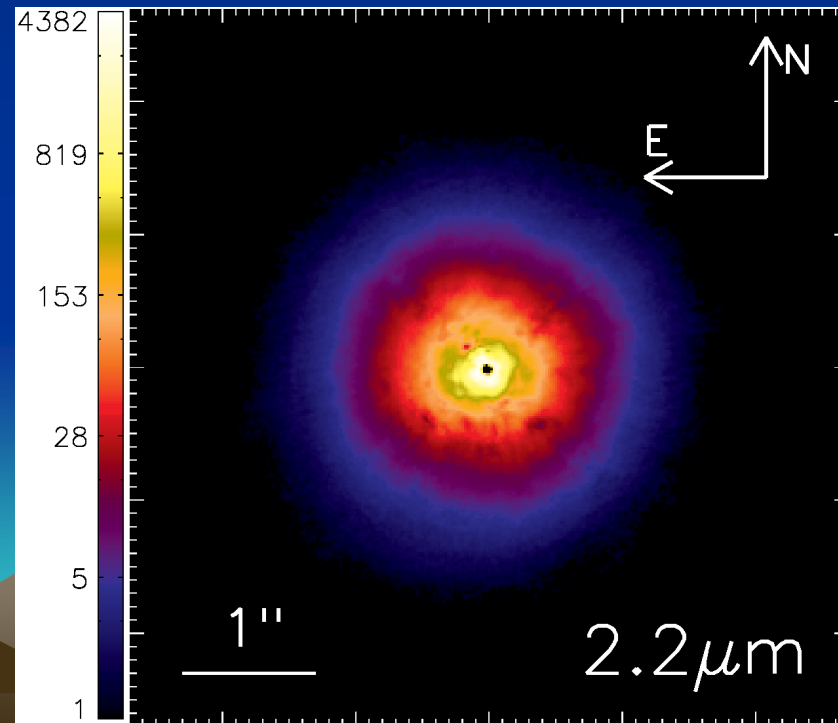
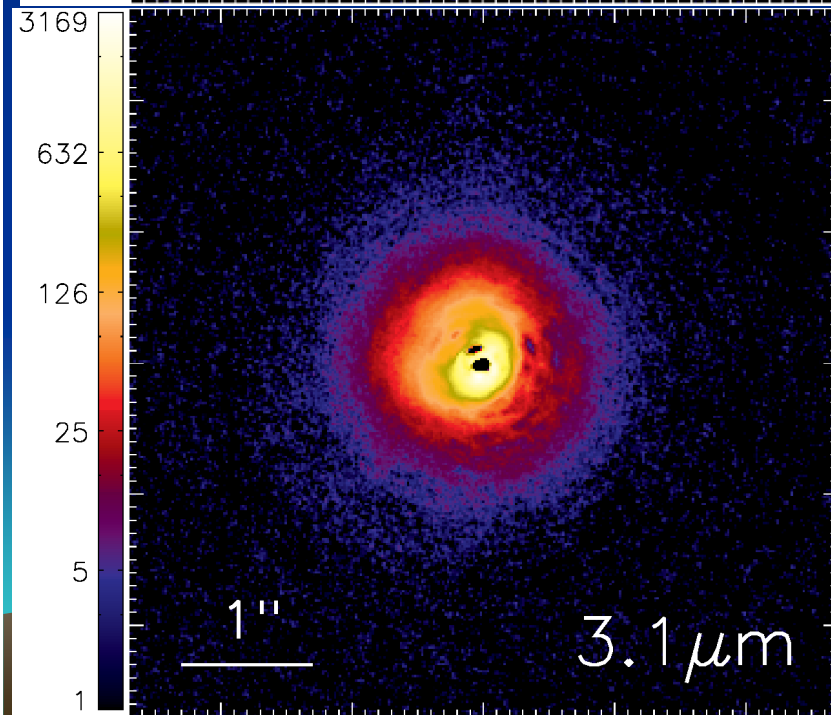
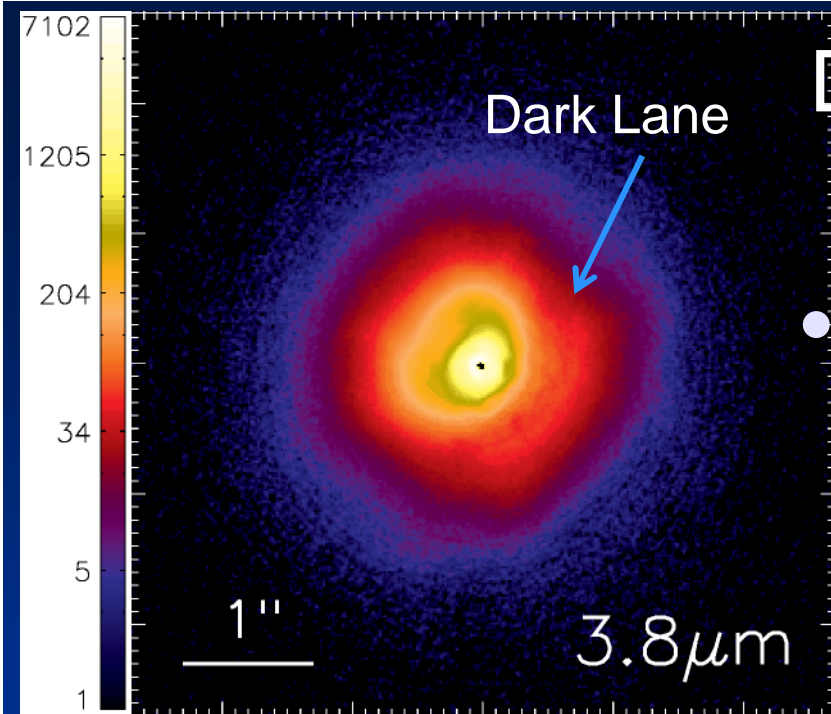
Disk ice observations around Herbig Be star HD100546

• NICI on Gemini South

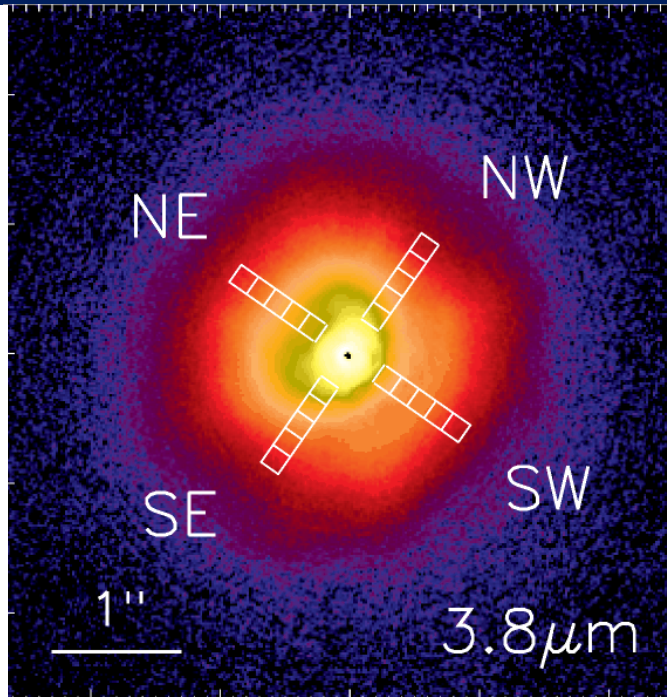
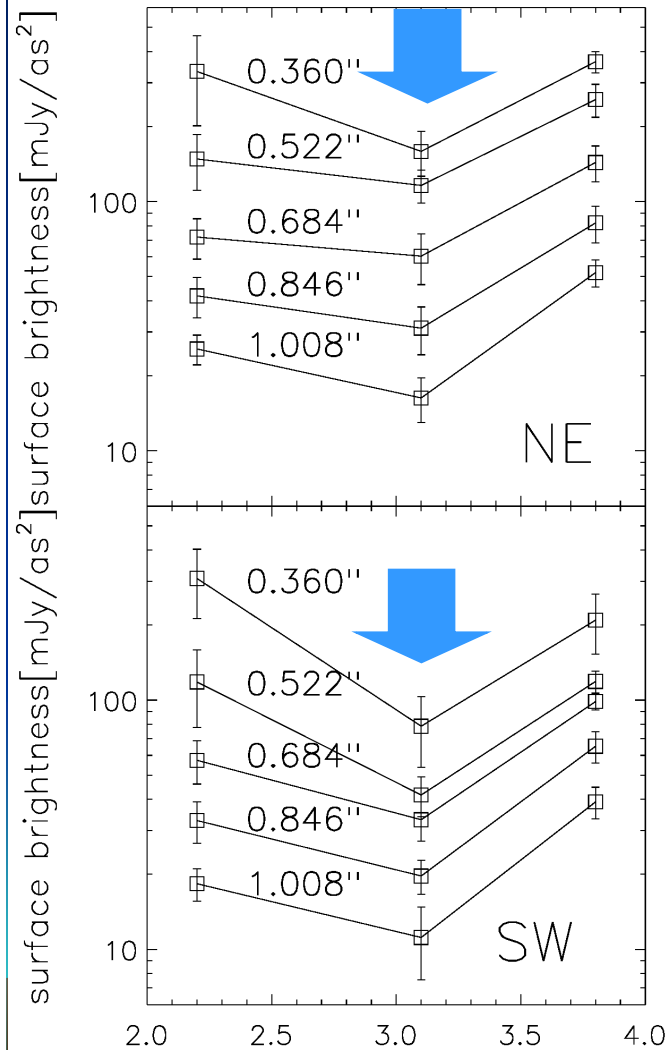
➤ K(2.2), H₂Oice(3.1), L'(3.8) imaging

➤ 2012/3/30

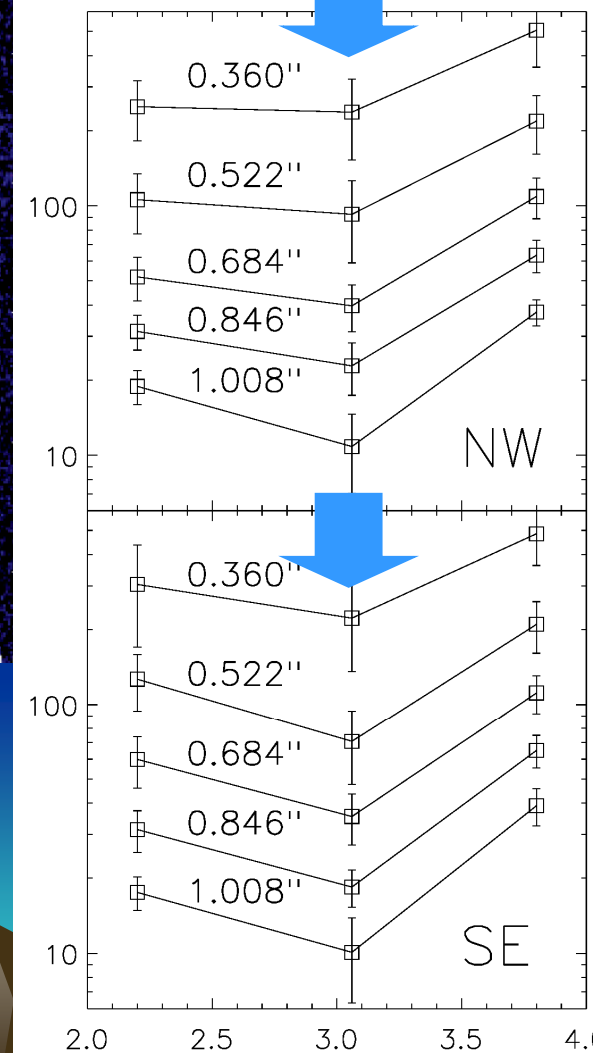
(Honda et al. in prep.)



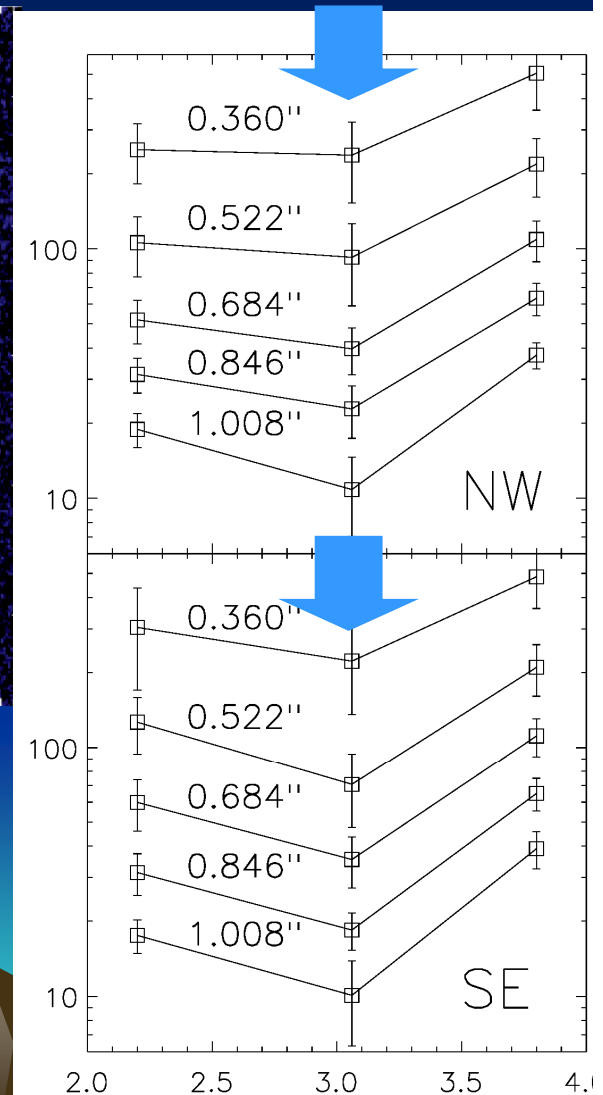
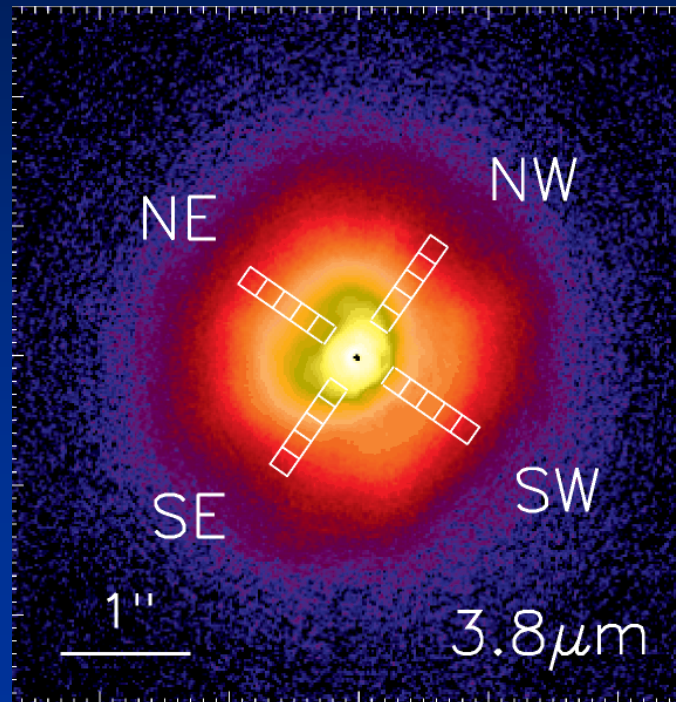
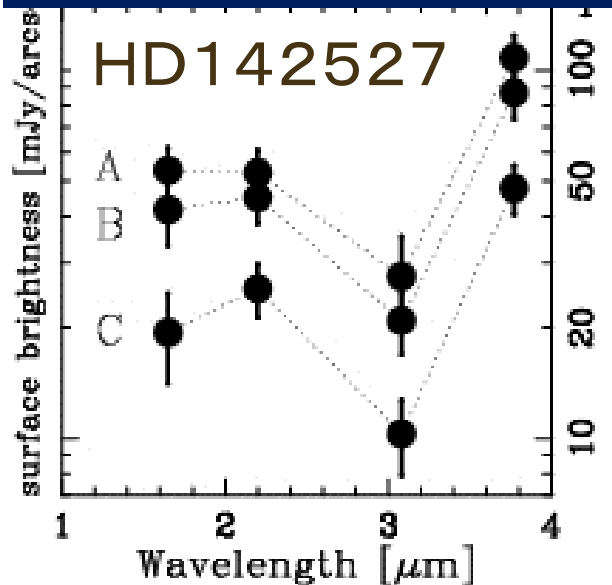
Extracted 2-4 μm “spectra” of HD100546 disk scattered light



Weak 3.1 μm feature present !
→ Water ice exist near the disk surface



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



吸収バンドの深さに差があるか？

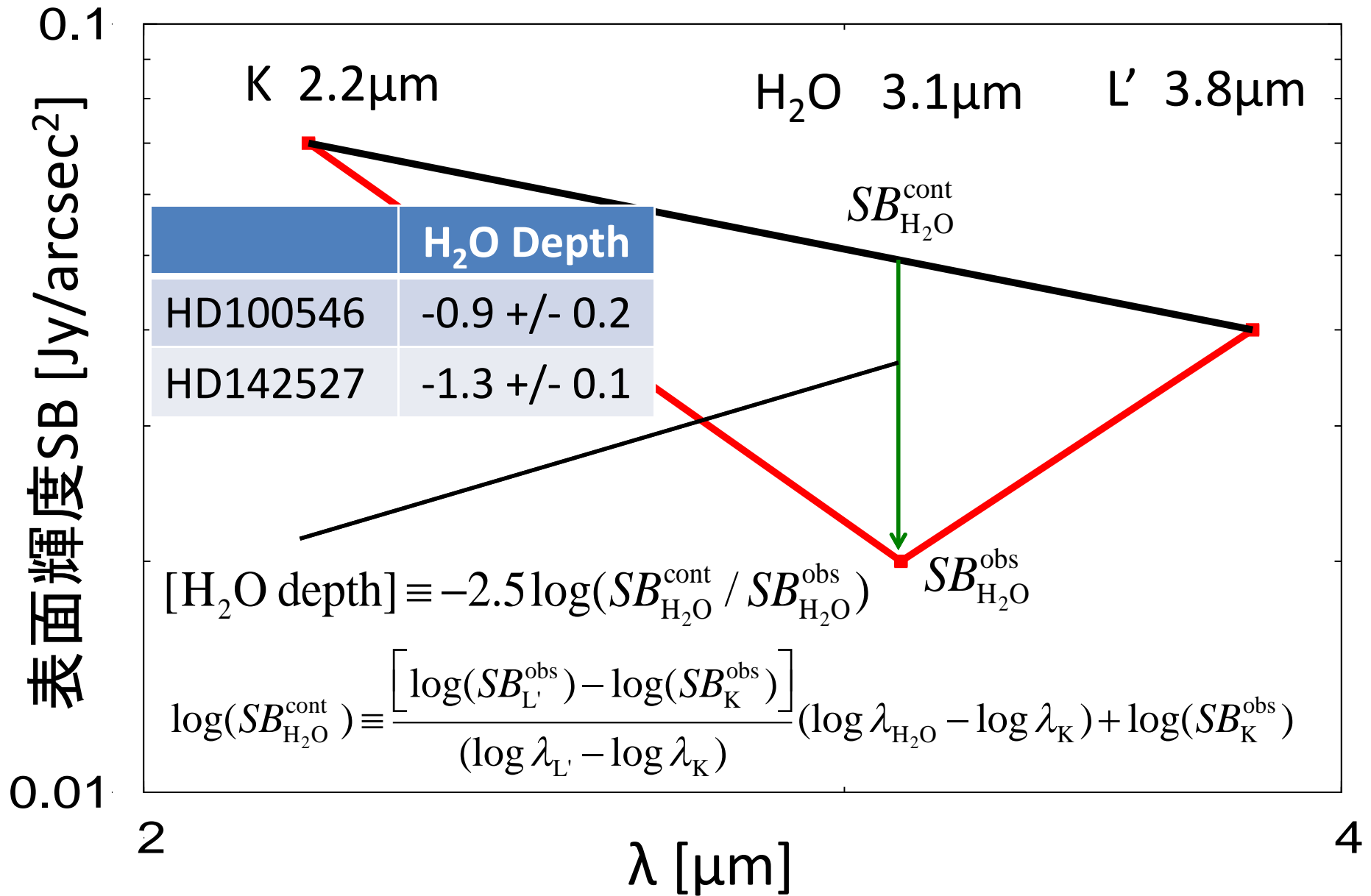
そもそもどの位の深さが期待される？

→ モデル計算必要

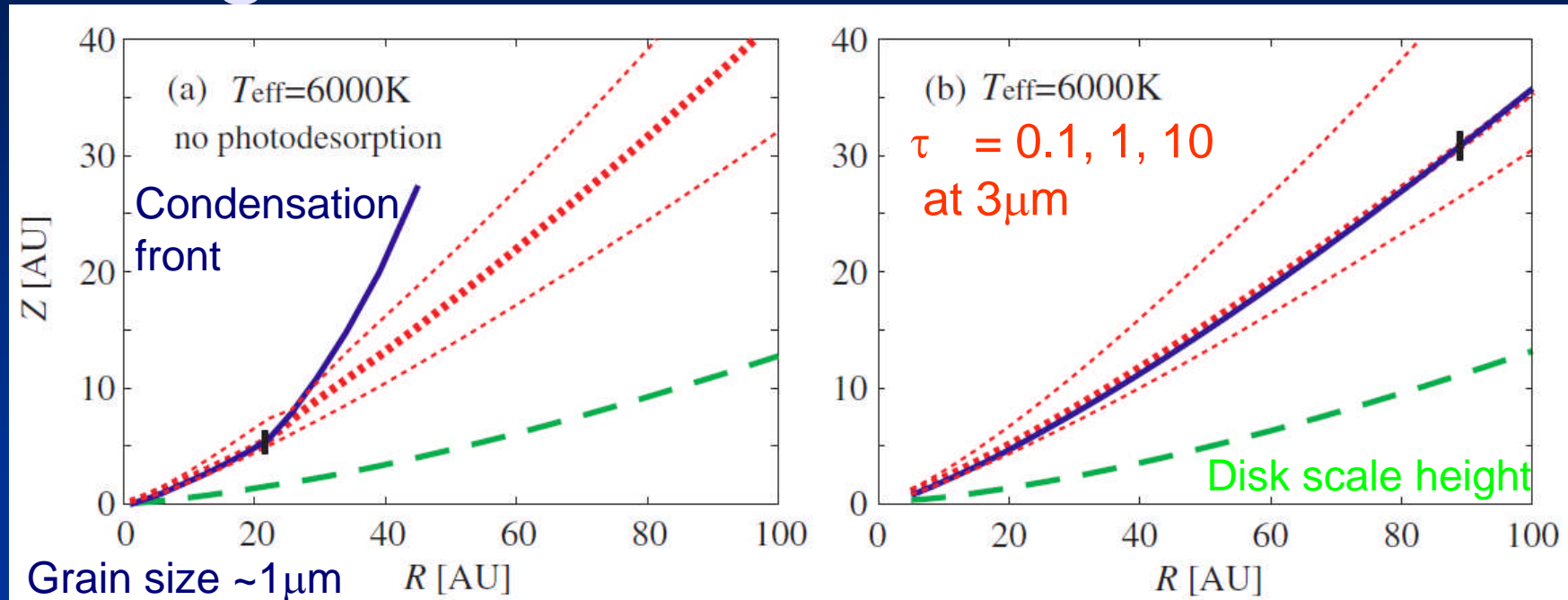
Weak 3.1 μm feature present !

→ Water ice exist near the disk surface

H₂Oバンドの減光等級 H₂O Depth



Effect of photodesorption to ice grains in the disk surface

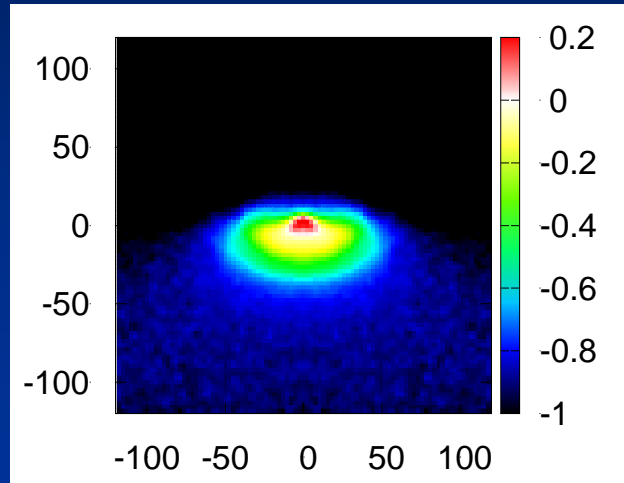


- FUV Photodesorption destroys surface ice
 - (e.g. Dominik+2005, Oka+2012)
- Earlier spectral type of HD100546(B9.5Ve) than that of HD142527(F7III) can make weaker $3\mu\text{m}$ absorption \rightarrow photodesorption may be effective?¹⁶

[H₂O Depth]モデル計算との比較

(Takatsuki et al. in prep.)

(例) サイズ 1 μm, PSなし



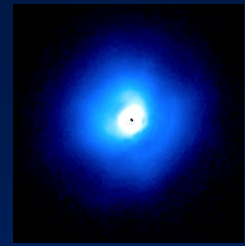
$R_{in} = 0.5 \text{ AU}$
 $R_{out} = 150 \text{ AU}$
 $T_* = 10500 \text{ K}$
 $R_* = 1.8 R_{sun}$
 $i = 45^\circ$
 $d = 103 \text{ pc}$

- HD100546円盤のパラメータを使用 (Mulders+2012)
- [H₂O depth]は**サイズ・場所に大きく依存**
- 観測された深さで、PSあり・なしを区別するのは難しいがサイズは制限可能か？

| [H ₂ O Depth] | PSなし | PSあり |
|--------------------------|--------|--------|
| 3 μm | -2 | -0.5 |
| 1 μm | 0~-1 | 0~-0.4 |
| 0.3 μm | -1~-2 | 0~-1 |
| 0.1 μm | 0~-2.5 | 0~-2.5 |

| | H ₂ O Depth |
|----------|------------------------|
| HD100546 | -0.9 +/- 0.2 |
| HD142527 | -1.3 +/- 0.1 |

Summary



- 3色 (K, H₂O ice, & L' disk imaging) 撮像でface-on disk で water ice radial distributionを求めることが可能 (Inoue et al. 2008)
- Case study 1: Herbig Fe HD142527 円盤の散乱光中に 3 μ m 吸収を検出 (Honda et al. 2009)
- Case study 2: Herbig Be HD100546 円盤の散乱光中にも若干浅い3 μ m 吸収を検出 (Honda et al. in prep.)
 - HD142527よりも 3 μ m 吸収が弱いのは中心星がearlyなのでUV photosputtering が効いている？
 - しかし、モデル計算(現在進行中)によると、吸収の深さはサイズにも複雑に依存するので解釈は単純ではない

今後の課題

- HD97048, HD169142 のデータ取得済...

- 観測:

– より内側に迫る！

→ IWAに優れた
PDI観測手法

当初の目的の雪線検出へ！

– 散乱光の分光観測

→ 多色撮像よりもより信頼性の高い氷の検出
ベガ型星などでは重要

- 理論(計算):

– PDI観測をした場合の理論予想計算求む...

- 氷の吸収等が偏光スペクトルにも見えるのか？

