

デブリ円盤と惑星形成

名古屋大学 小林 浩

内容

惑星形成と円盤進化

デブリ円盤ガス

デブリ円盤ダスト

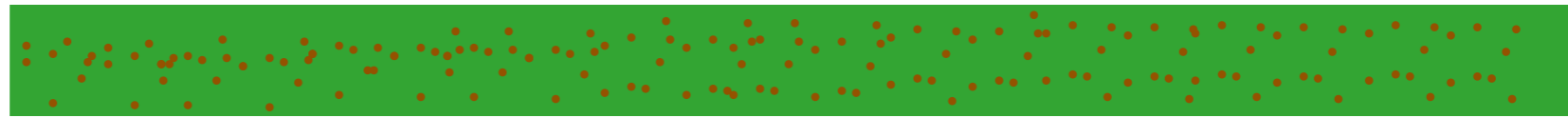
まとめ

惑星形成と円盤進化

太陽系形成史

円盤進化

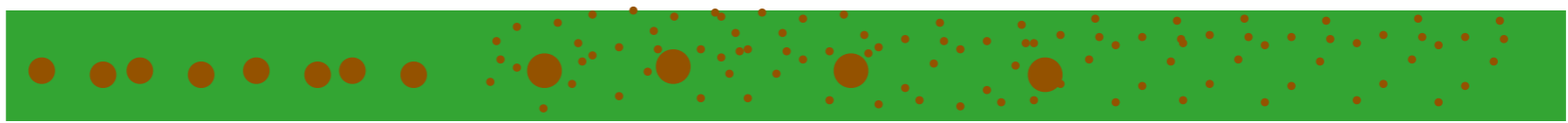
10^{5-6} 年



微惑星形成

小惑星形成

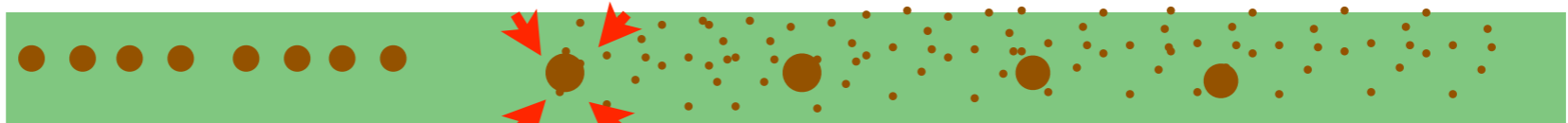
10^{5-6} 年



固体核形成

水星・火星形成

10^{6-7} 年



ガス集積

木星・土星形成

10^{7-9} 年



外惑星形成

天王星・海王星形成

10^9 年



完成

小惑星体の進化

原始惑星円盤

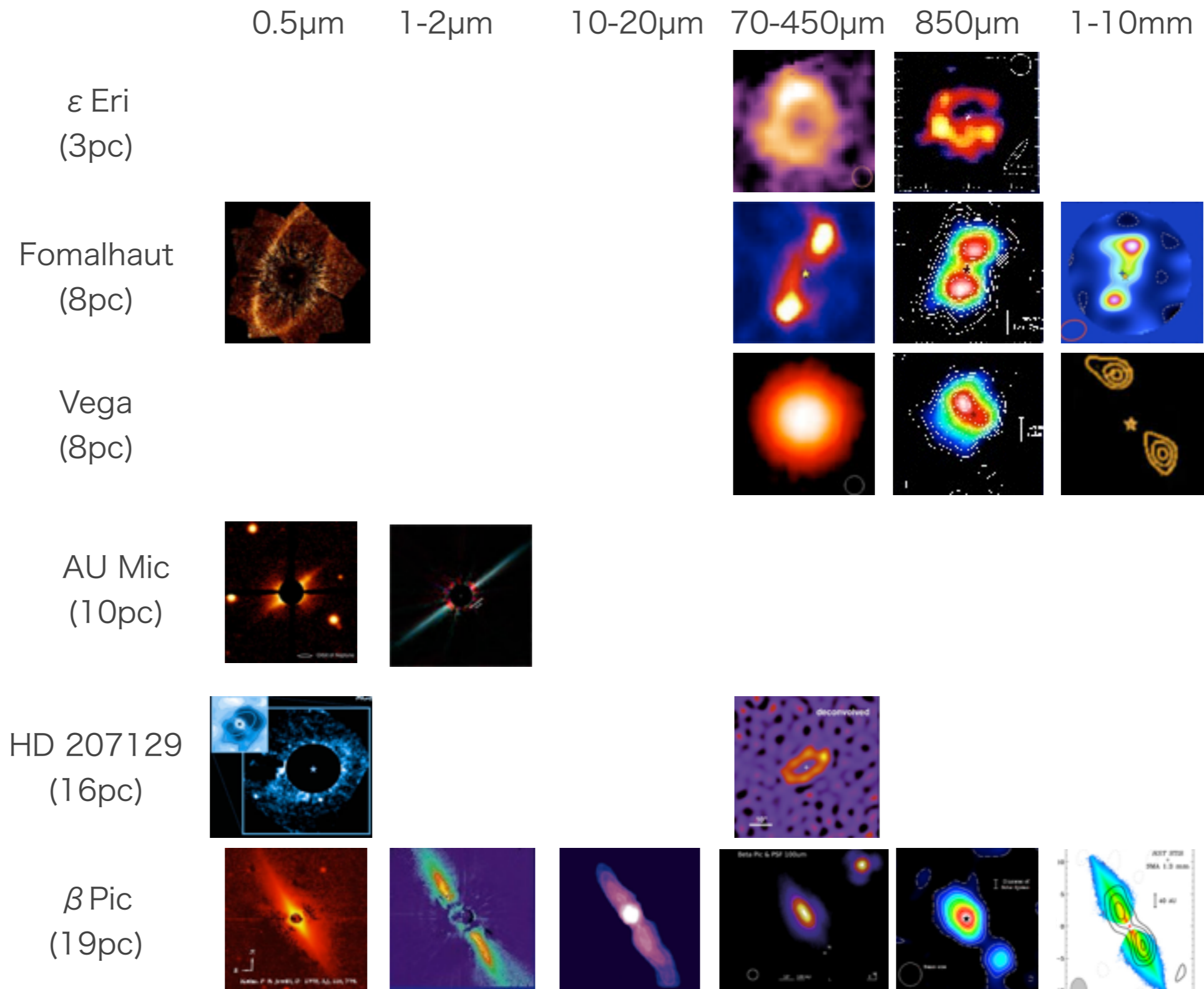
遷移円盤

プロト惑星円盤

原始惑星系円盤進化

- 円盤散逸：MRI起源の円盤風(鈴木トーク)、光蒸発(仲谷トーク)
- 散逸円盤の長期進化(國友トーク)
- 巨大ガス惑星形成 \Leftrightarrow 円盤質量が数倍の木星型質量以上(Tanigawa & Ikoma 2008):遷移円盤
- 地球-月系形成の巨大衝突ステージ \Leftrightarrow 数倍の地球質量以下(Iwasaki et al. 2000):デブリ円盤

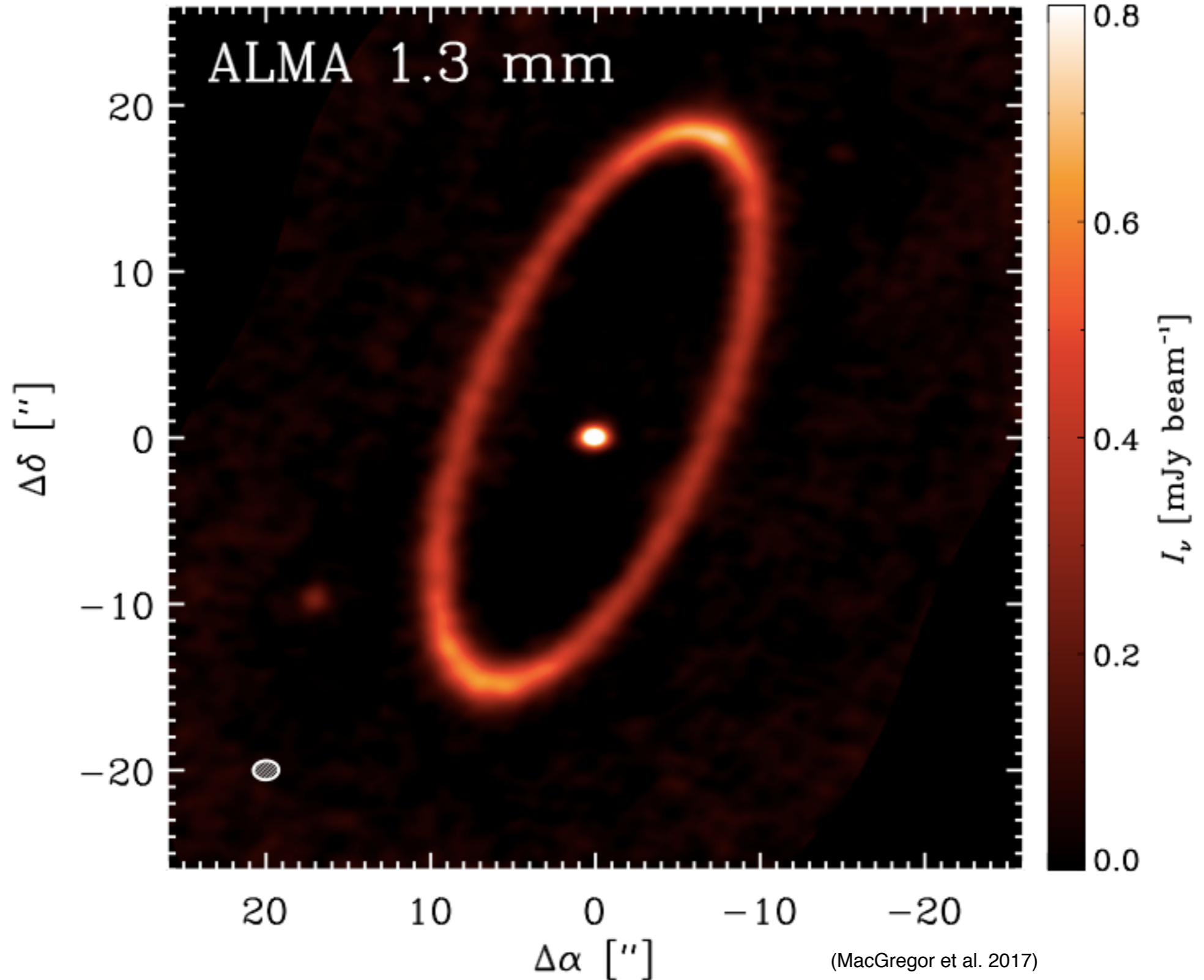
デブリ円盤ギャラリー



ダスト円盤からの熱輻射が様々な波長で観測されている

デブリ円盤ギャラリー

0.5 μ m 1-2 μ m 10-20 μ m 70-450 μ m 850 μ m 1-10mm



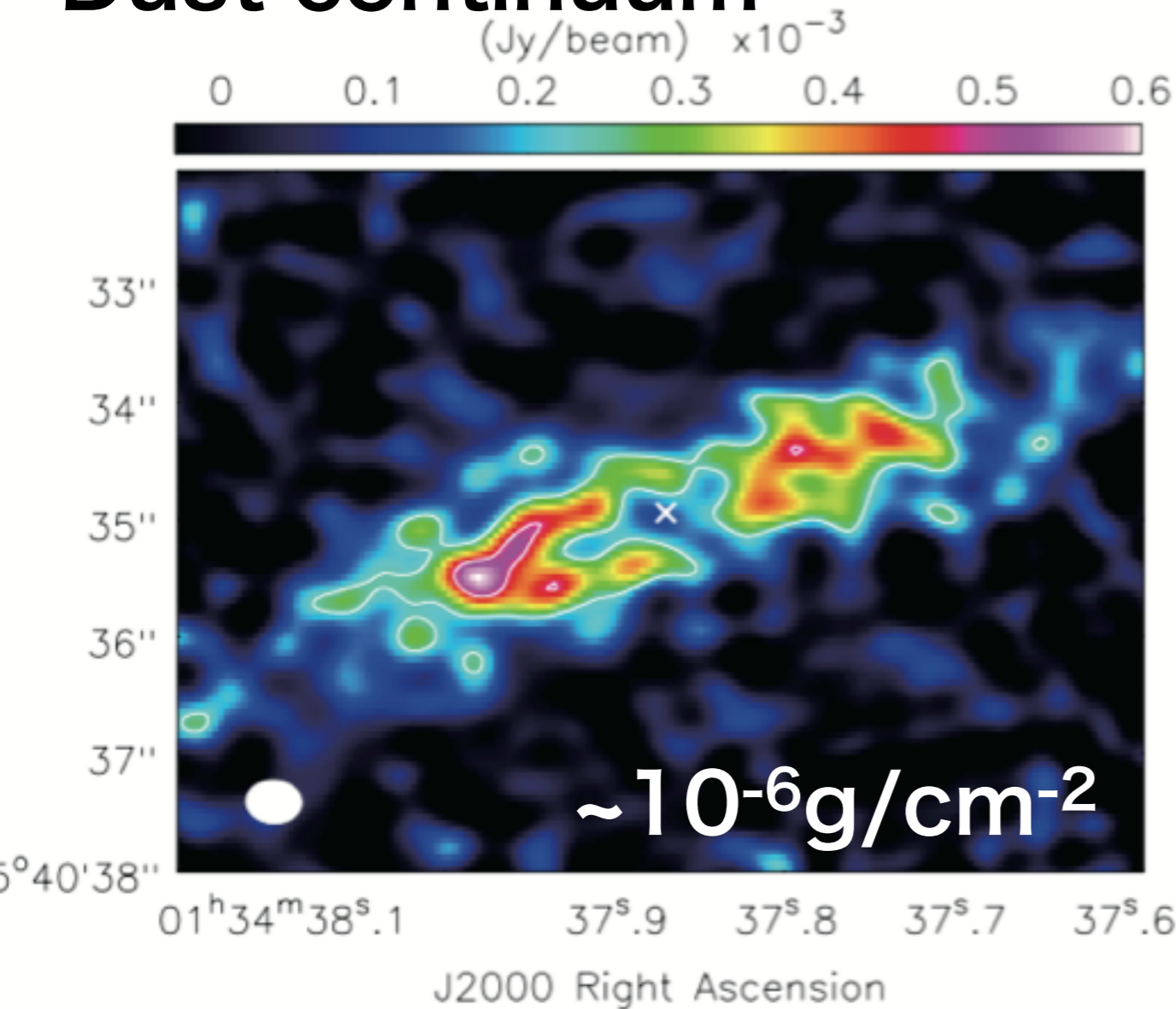
<http://w.astro.berkeley.edu/~kalas/disksite/pages/gallery.html>



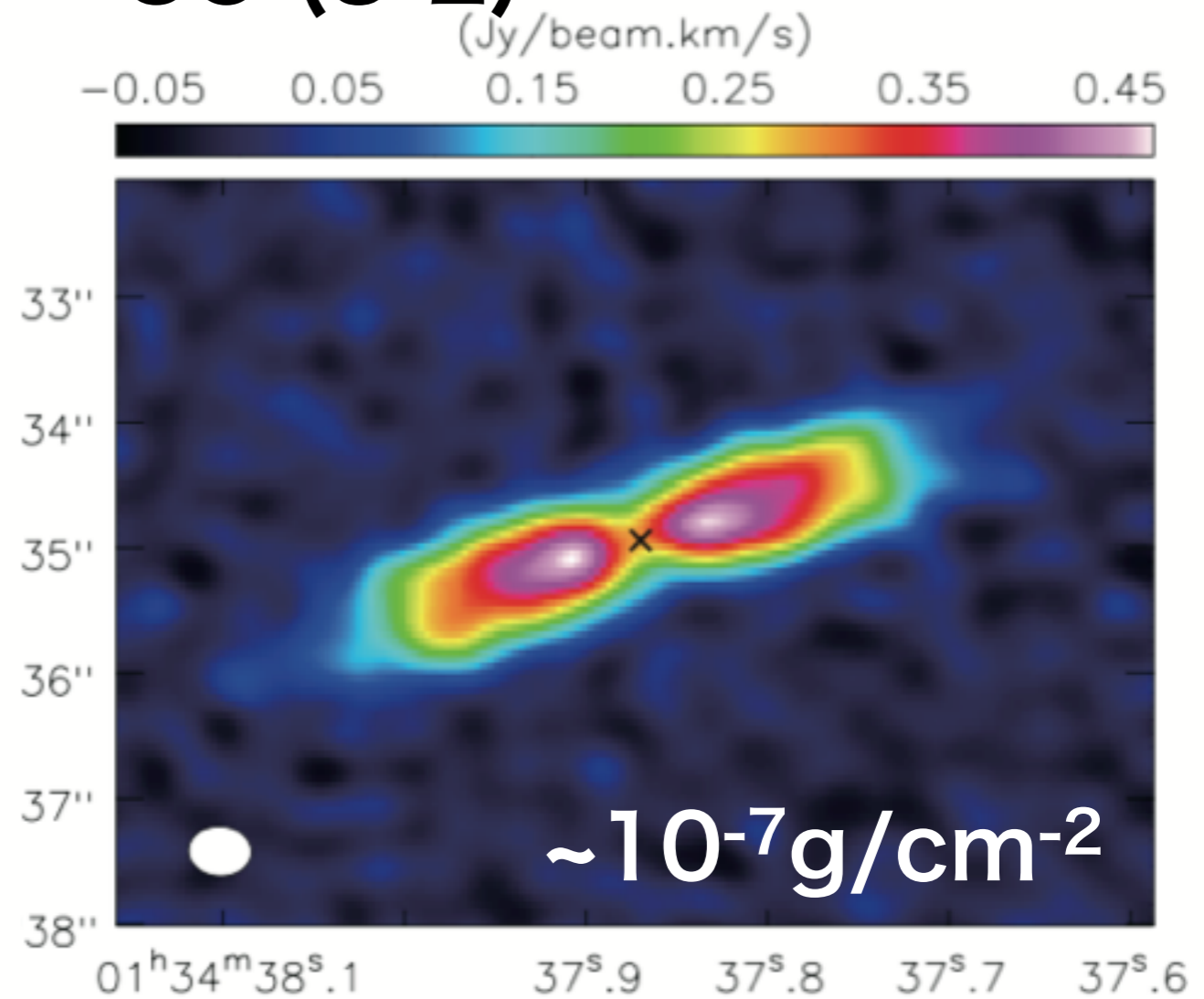
デブリ円盤のガス

49 Ceti

Dust continuum



CO (3-2)



ALMAでの観測 樋口さんトーク

原始惑星系円盤の生き残り？ 固体からの脱ガス？

デブリ円盤でのCO量

- COのUVによる解離時間 (~100年) \ll 中心星年齢

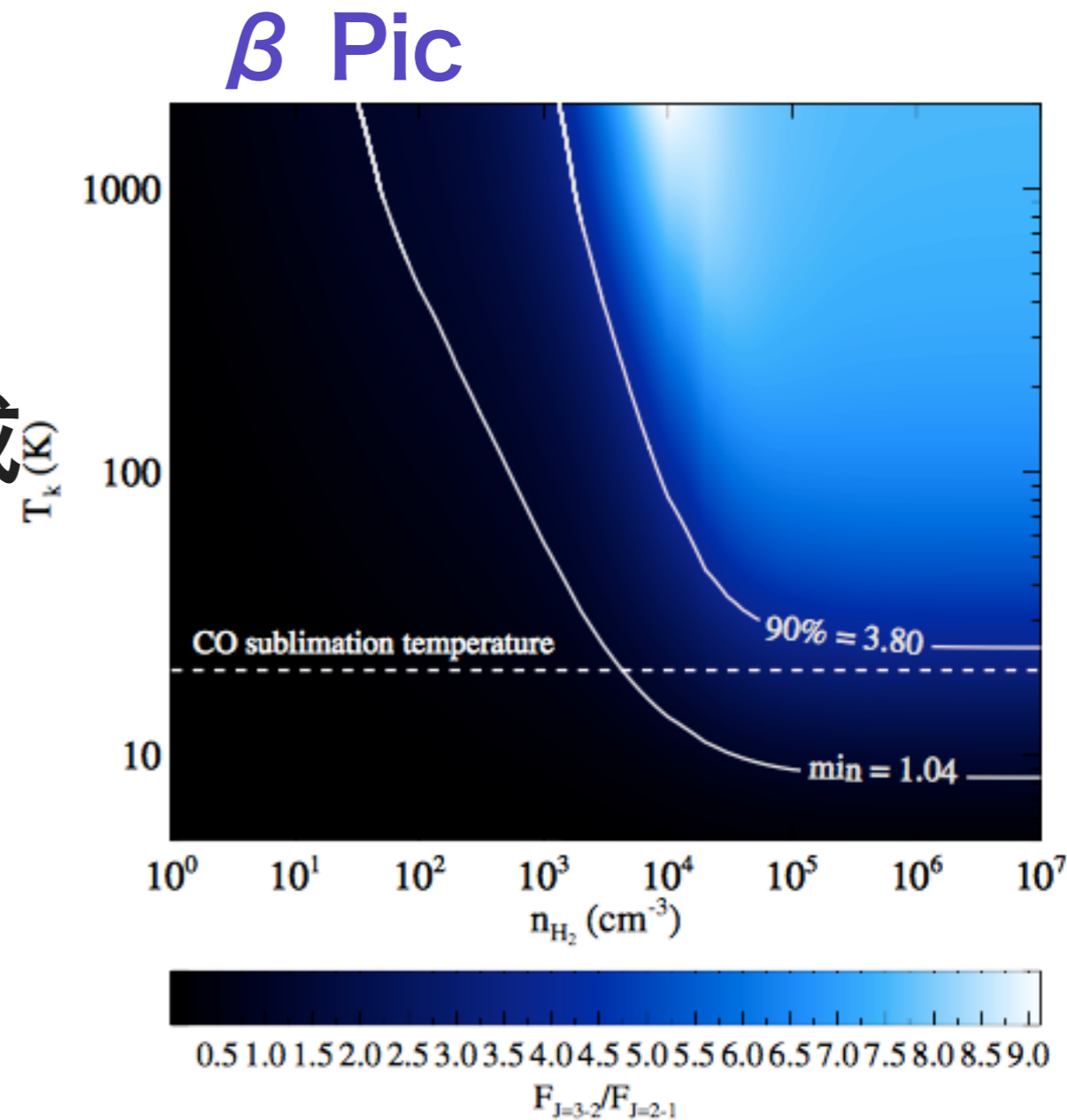
- 観測されているCOは生成されなくてはならない

- 化学反応による再生成

- 水素が必要

- 固体から脱ガス

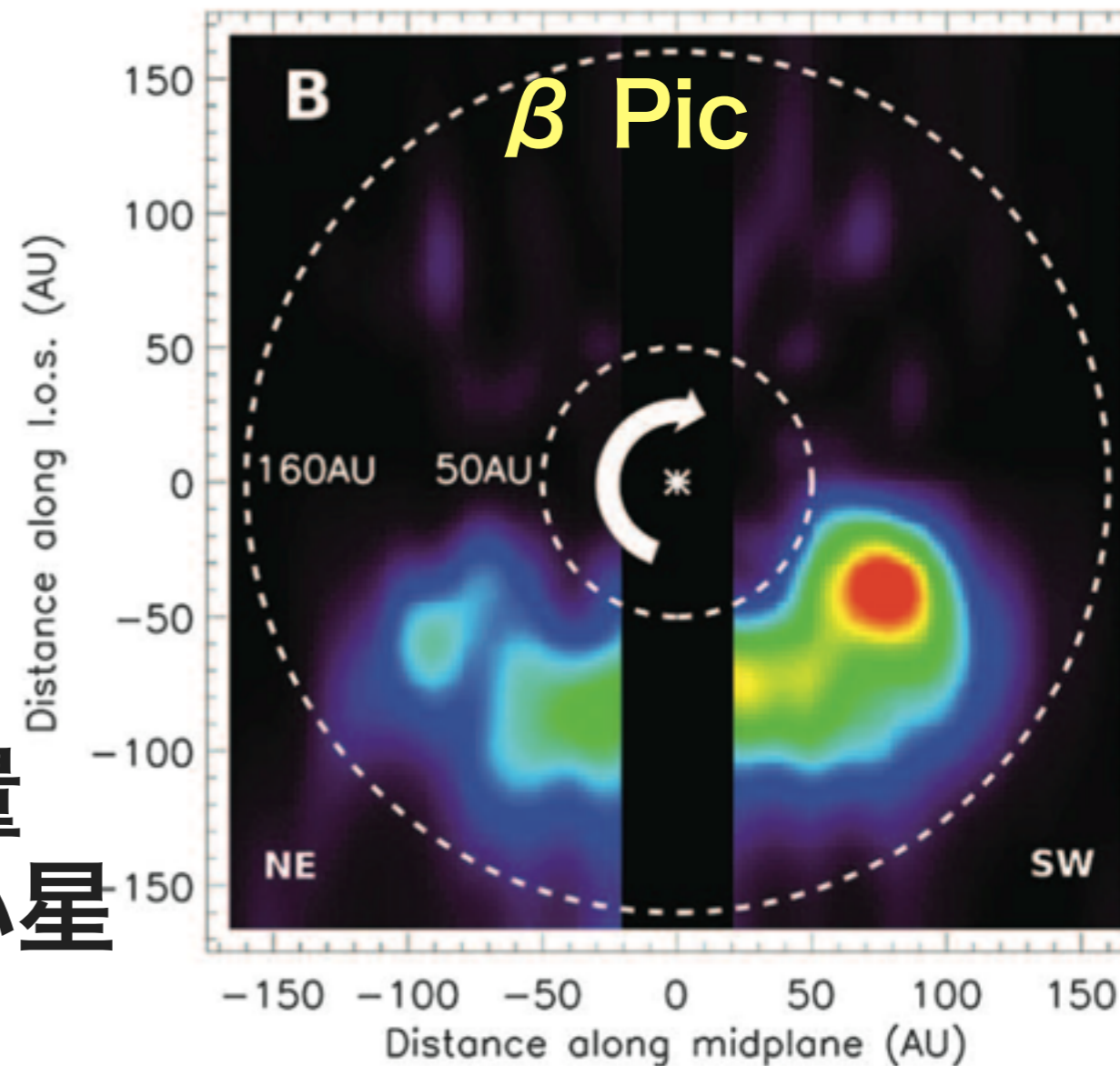
- ~100AUで可能か？



(Matra et al. 2017)

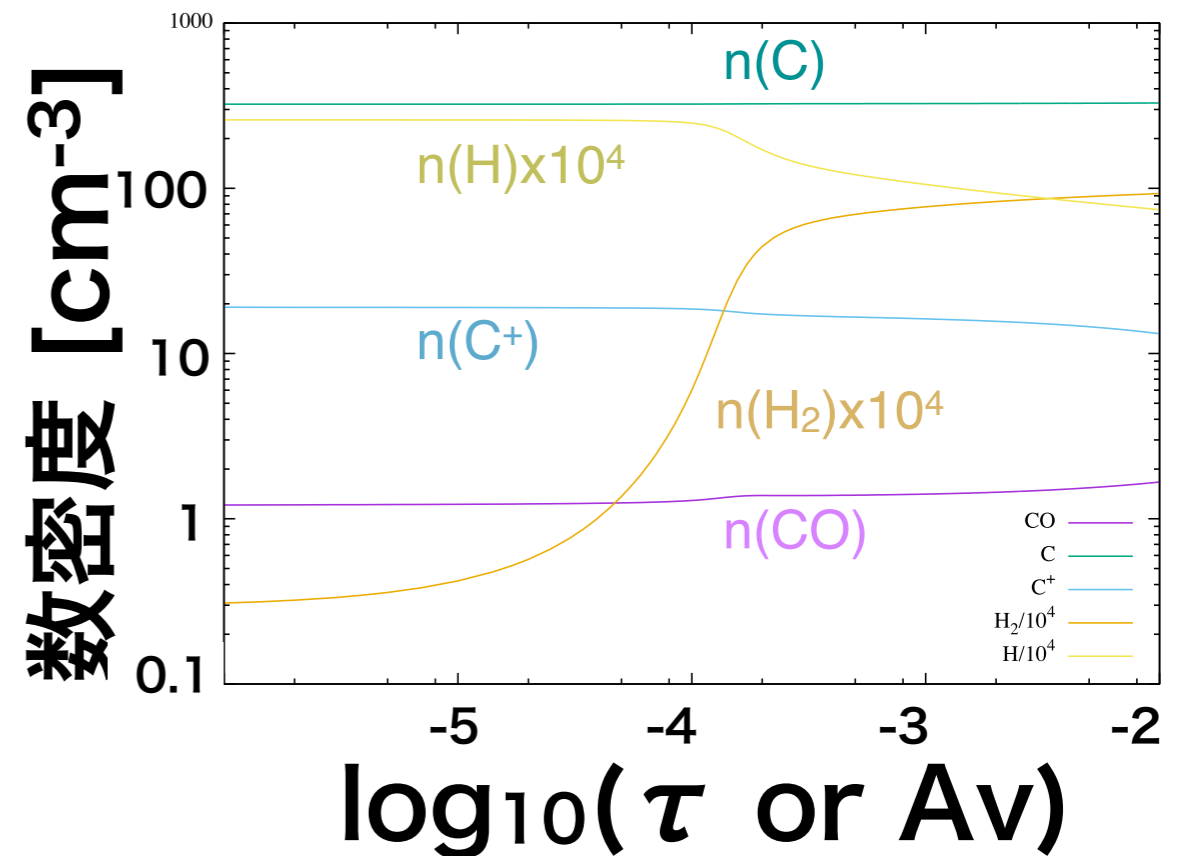
衝突脱ガス？

- β Picはedge-on円盤速度分布から空間分布へ (Dent et al. 2014) 非軸対象円盤
- 脱ガスは可能？
- $T \sim 100\text{K}$ 昇華は難しい
- 衝突脱ガス？
- 気体COを空隙に保持 (Metra+2017)？
- 彗星のCO/CO₂の含有量 (大坪トーク)、その中心星距離依存性 (小林トーク)



残留ガス？

- 残留ガスならば円盤進化に制限がつけられる
- 光蒸発により薄い円盤は散逸しないか？
- CO/H₂はどの程度なのか？
- PDR計算により導出
- $n(\text{C})/n(\text{CO})$ が n_{H} を示す。



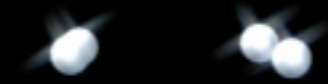
(岩崎トーク)

デブリ円盤のダスト

- **ガスなし**デブリ円盤では、
ダスト寿命 \ll 星年齢
- 衝突破壊により生成された
ダスト
- ガスの影響？
- 原始惑星系円盤のダスト特
性と違うのか？

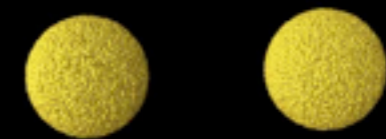
田崎トーク

原始惑星系円盤でのダストの成長



Suyama et al. 2008

微惑星の衝突破壊 Time(second)=0



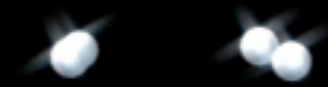
Sugiura et al. 2008

デブリ円盤のダスト

- **ガスなし**デブリ円盤では、
ダスト寿命 \ll 星年齢
- 衝突破壊により生成された
ダスト
- ガスの影響？
- 原始惑星系円盤のダスト特
性と違うのか？

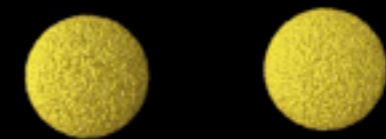
田崎トーク

原始惑星系円盤でのダストの成長



Suyama et al. 2008

微惑星の衝突破壊 Time(second)=0



Sugiura et al. 2008

ガスなし：衝突カスケード

- 輻射圧除去： $r_b \lesssim 10 (L^*/10L_{\odot}) (M^*/M_{\odot})^{-1} \mu\text{m}$

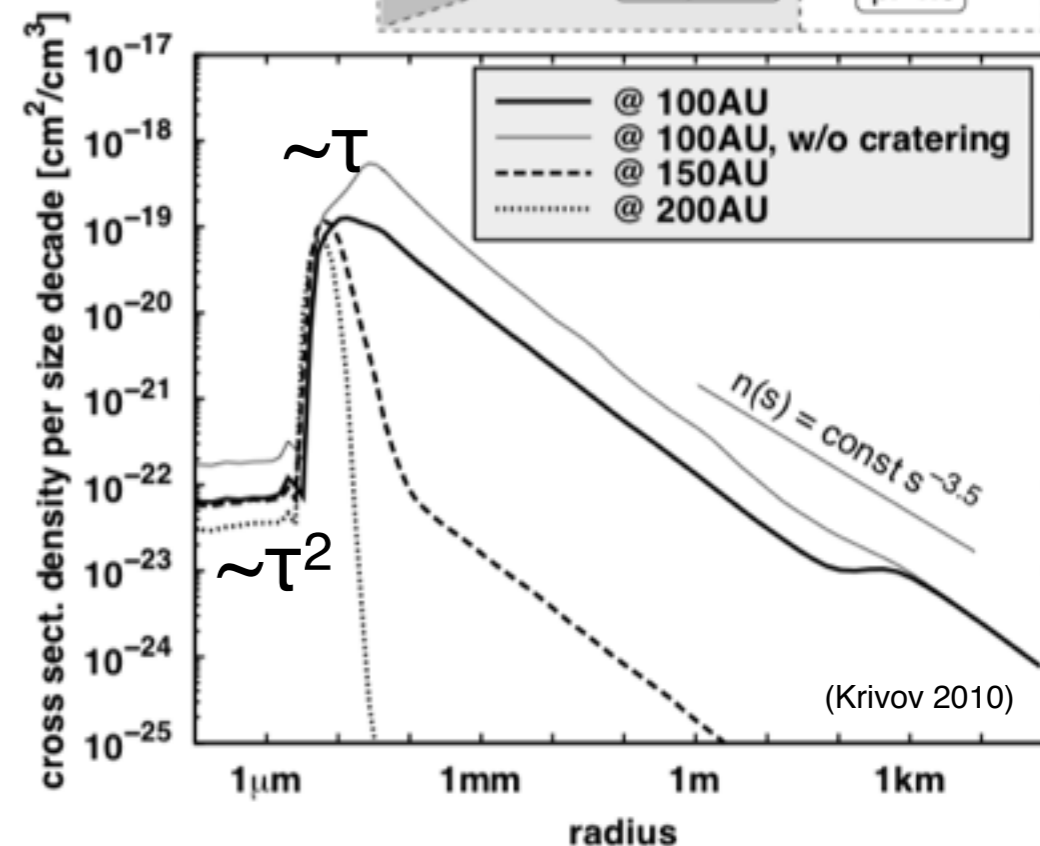
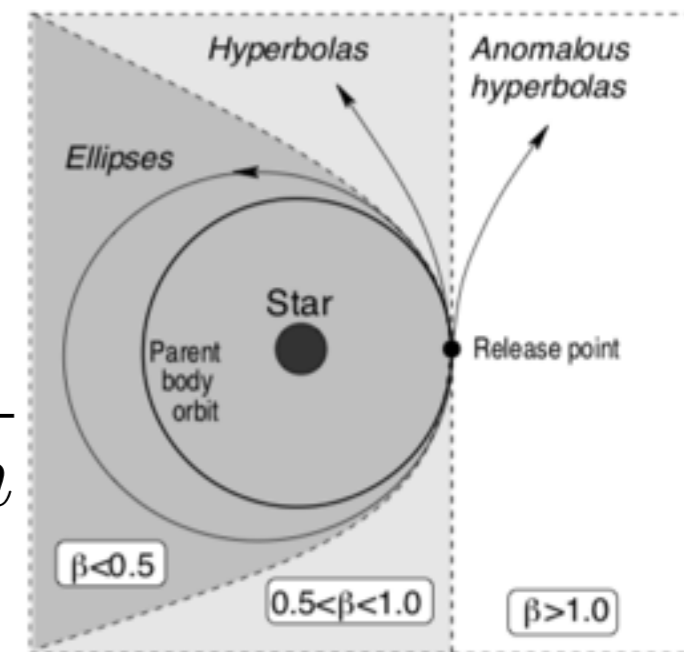
- $r \gtrsim r_b, n(r) \propto s^{-3.5}, \tau \sim \tau_{\text{disk}}$

- $r \lesssim r_b, \tau \sim \tau_{\text{disk}}^2 \quad \beta = \frac{L_* \bar{C}_{\text{pr}}}{4\pi c G M_* m}$

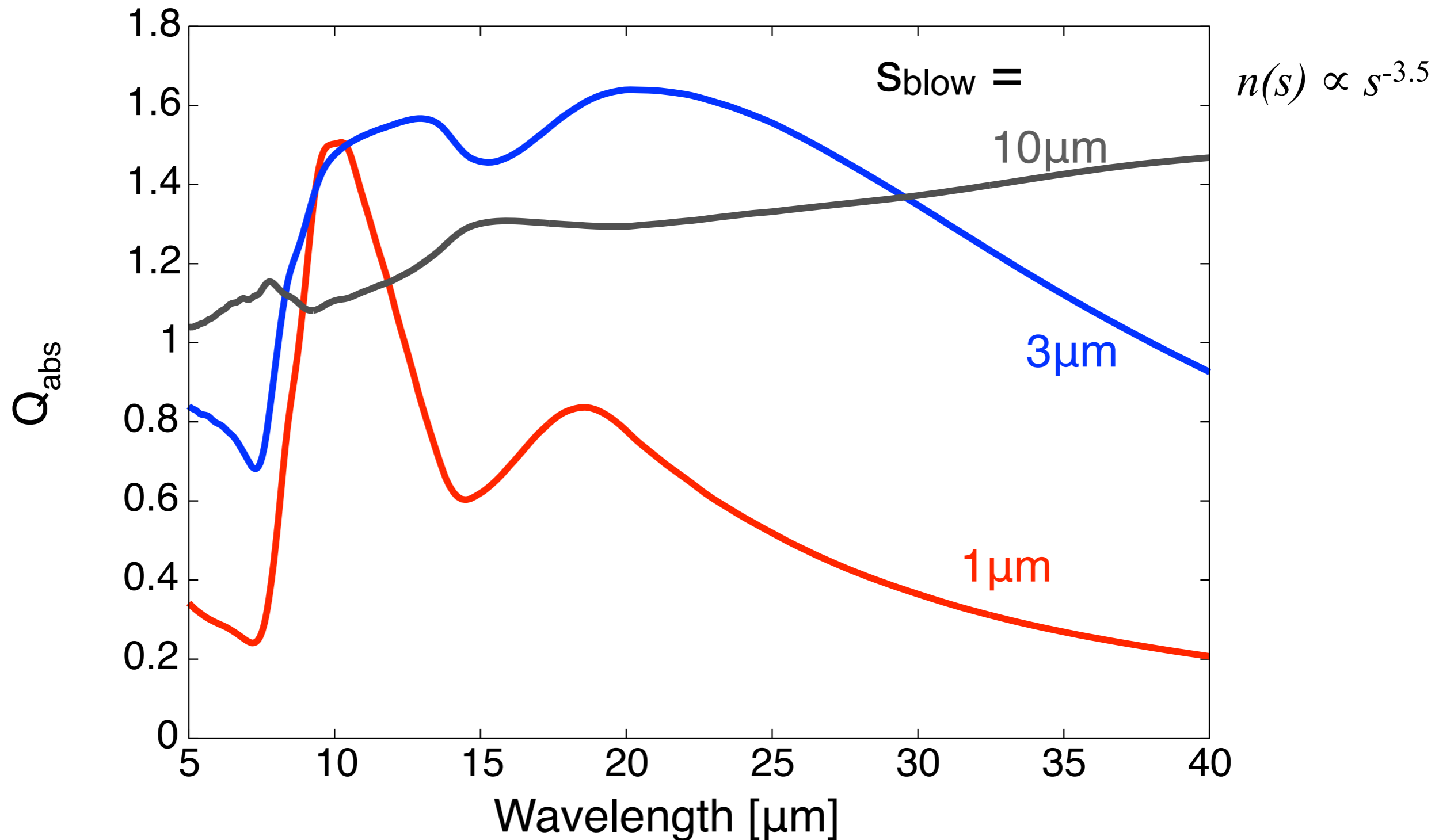
- 小さいダストを作るには：

- ガス抵抗

- 生成量をも上げる
($\tau \gtrsim 10^{-3}$)



Silicate Feature



デブリ円盤のシリケートフィーチャーは、残留ガスか、光学的に厚いのか？(藤原、石原)

まとめ

- デブリ円盤のガスは原始惑星系円盤と太陽系、系外惑星系を結ぶ鍵となる
- 巨大衝突や外惑星形成のような後期惑星形成論の検証
- 原始惑星系円盤の散逸、彗星からの脱ガスからの知見が必要
- ALMAで取り組むべき課題