

中間赤外高空間分解能で見る 惑星系形成領域の構造

～系外惑星系形成の多様性・普遍性の理
解に向けて～

岡本美子(茨城大学)、COMICSグループ

アストロミネラロジーの開拓

赤外線天文衛星ISO・地上大口径望遠鏡が開拓した新分野

近・中間・遠赤外線中分散分光観測

赤外線ダストバンドフィーチャの詳細な特徴

ダストの詳細な性質

鉱物、組成、大きさ、結晶性、温度・・・等

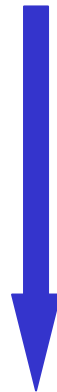
ダストの役割が重要な対象の理解

惑星系形成、星間放射、晩期型星周・・・

アストロミネラロジー： シリケイトの例

- シリケイト：アバundance大
 - 惑星系形成における固体物質進化追跡に適す

- 星間物質
- 原始星
- 原始惑星系円盤
- ベガ型星
- 太陽系天体 (惑星系)

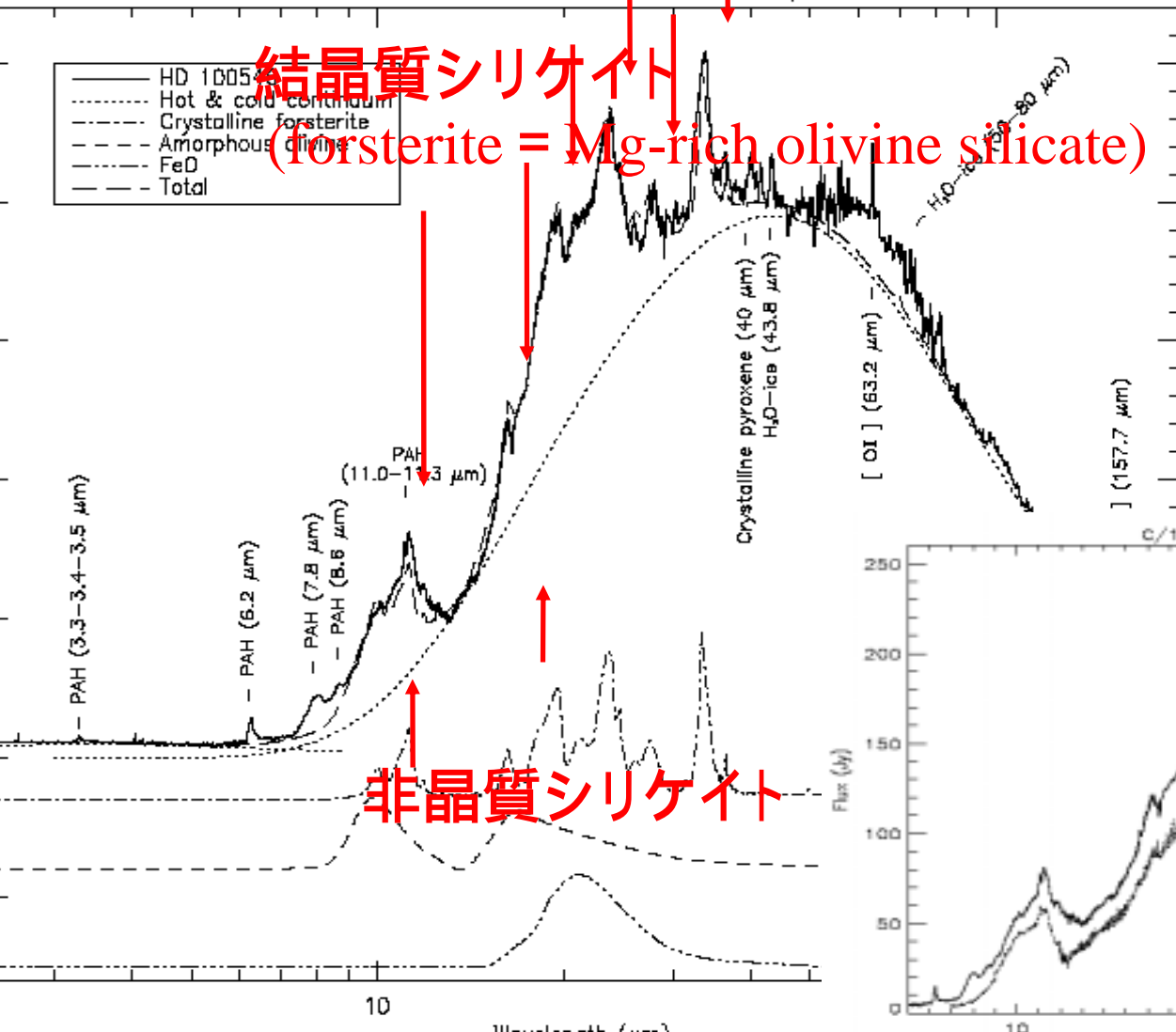


この過程でシリケイトダストは
どのように進化するのか？
惑星系形成における
ダスト成長、物質進化
熱進化などの鍵

ISOが開いたシリケート観測の例

HD100546

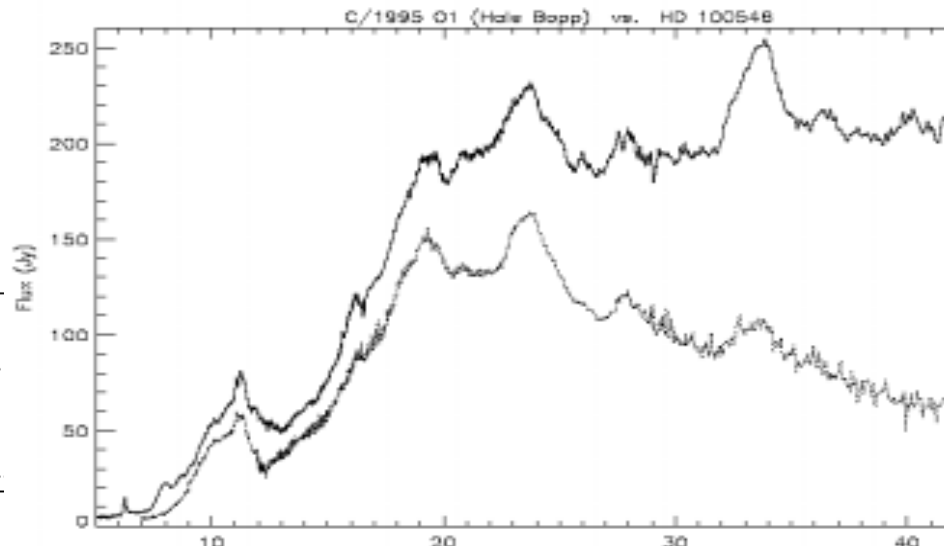
HD 100546 - SWS and LWS : all components



シリケートダストの組成、結晶性を特定

彗星との酷似

Mailfait et al 1998



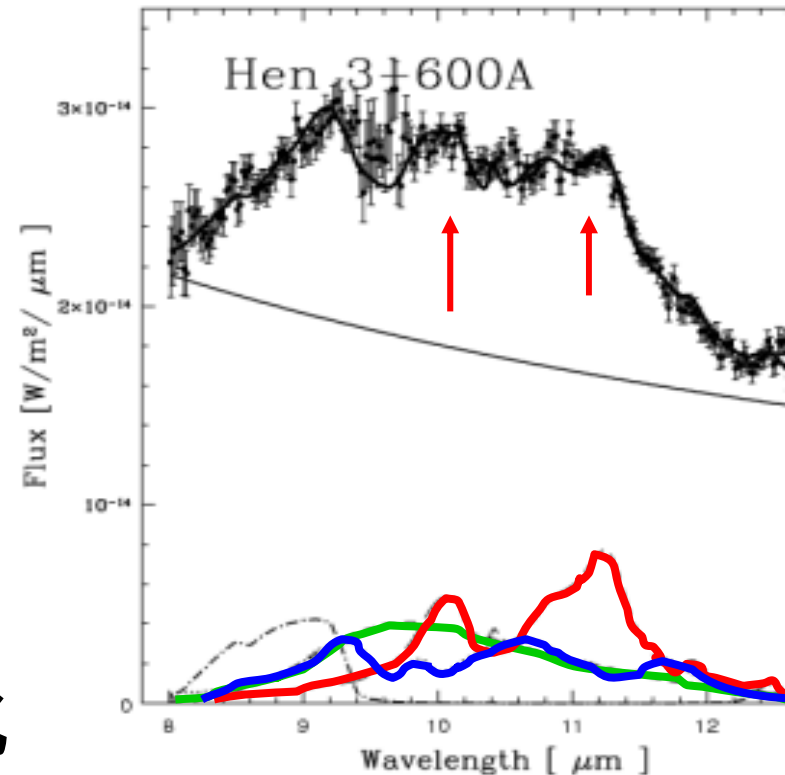
すばる + COMICSの成果

1. 鉱物組成からの円盤の性質の導出

T Tauri型星Hen3-600Aに
結晶化シリケートを発見

(Honda et al. 2003)

- 10-100Myr, M3
- 原始惑星系円盤ですでにシリケートが結晶化
- 円盤の初期段階でも結晶化が起こるような熱的過程が存在。しかもその後円盤内に物質が循環した可能性



すばる + COMICSの成果

ベガ型星HD145263にFeを含む結晶質シリケートを発見(Honda et al.2004)

- 微惑星内部での変性を示唆

円盤における微惑星クラス以上の天体形成の傍証

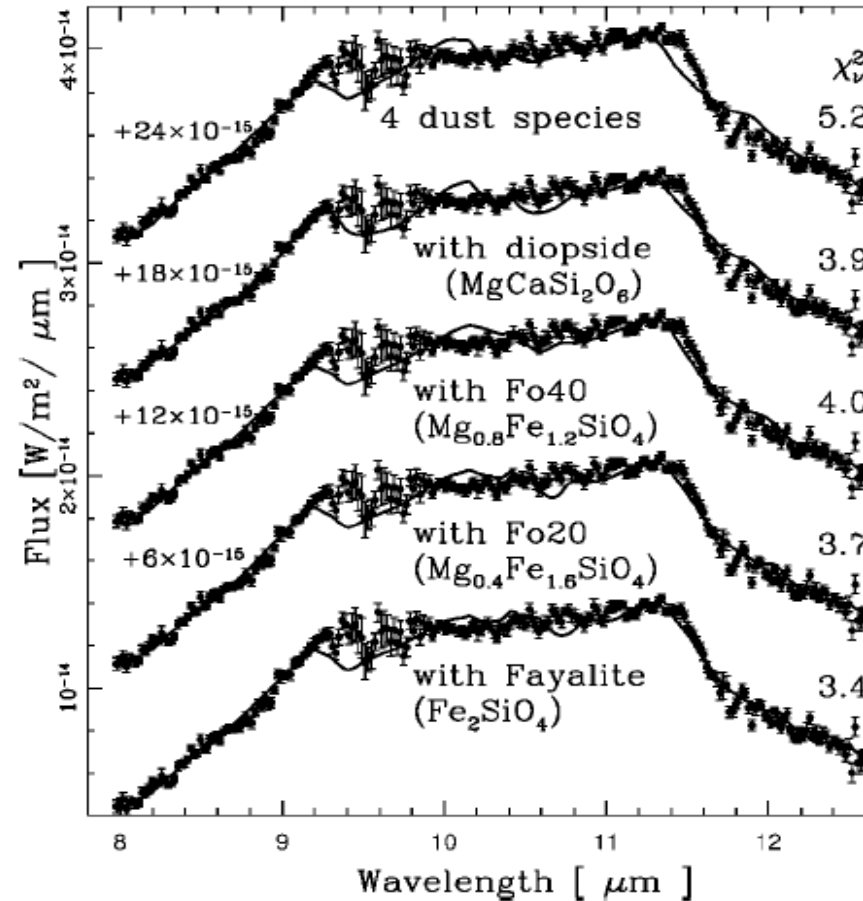


FIG. 3.—Observed spectrum of HD 145263 together with model fits of various dust combinations. The solid lines indicate the best-fit model for each dust combination as described in Table 2. As seen in this figure, the dust combination included with fayalitic olivine provide the best-fit

すはる + COMICSの成果

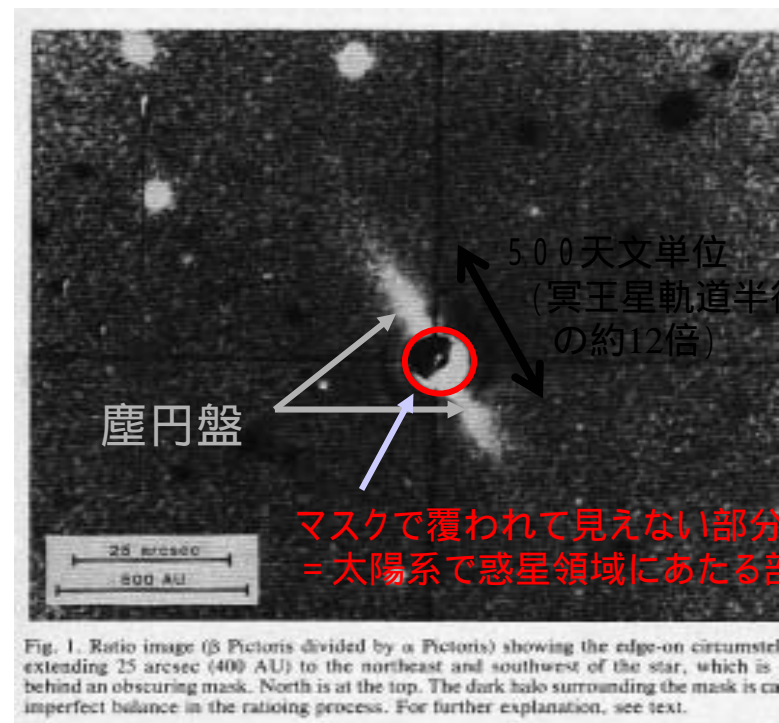
2. 粒子サイズ分別による 初期惑星系構造の解明

がが座 星における微惑星帯の発見

Okamoto et al. 2004 Nature

Pic

- The most famous Vega-like star with an nearly edge-on disk
- 惑星系の存在が示唆されている
- 年齢20Myr、距離19.28pc、A5V (~ 1.8Msun)、8.7Lsun
- 10 μ mシリケート放射フィーチャ

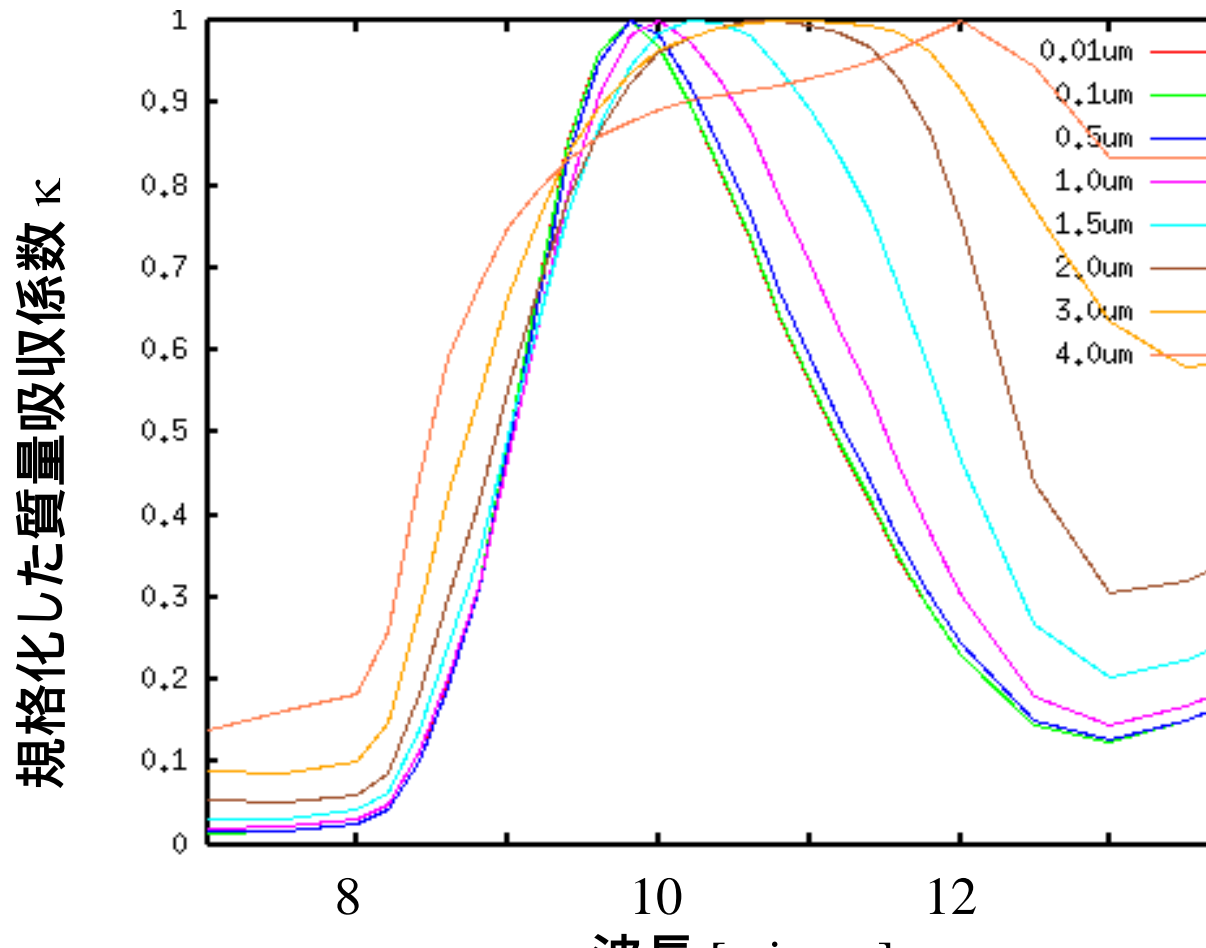


Smith & Terrile 1984

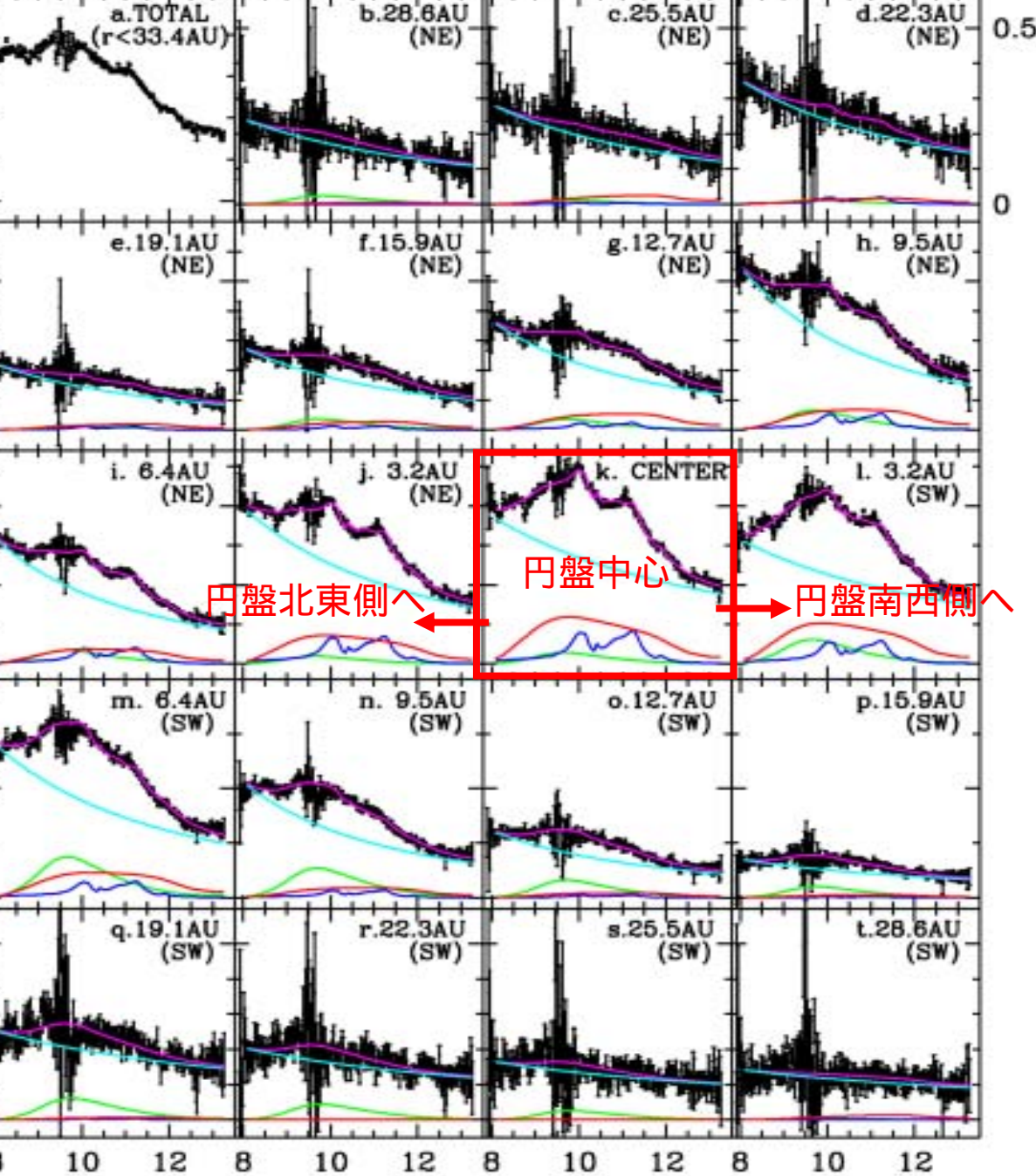
シリケートダストの進化

サイズによる放射
フィーチャの
違いで追跡可能

非晶質オリビンの質量吸収係数のサイズ依存性



Picの円盤 放射スペクトル



マゼンタ: 全体

赤: 0.1 μm 非晶質シリカ
イト

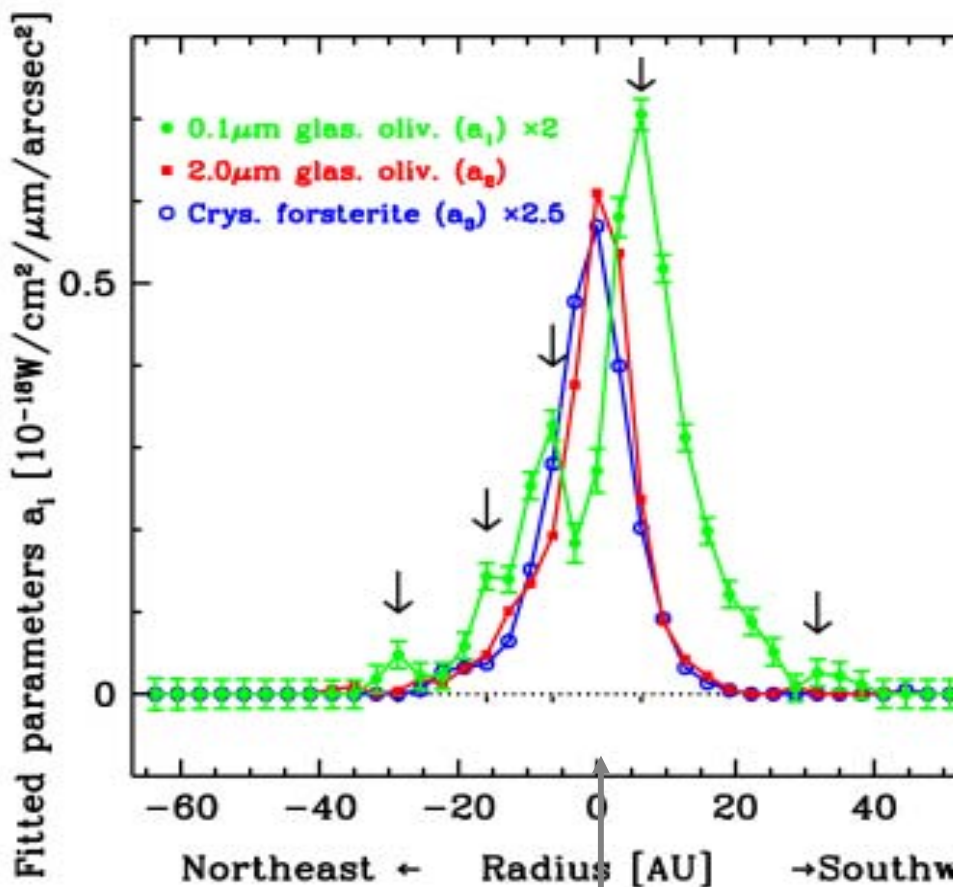
緑: 2 μm 非晶質シリケ

水色: 連続成分

青: 結晶質 珪酸塩

得られたダスト分布

クリケイトの大きさ・結晶状態によって分布が異なることを発見



円盤中心

ダストのふるまいの違いから 系の構造を導出

ガスのない系のダストの振舞い

- 放射圧 vs 重力で決定

$$\beta(a) = \frac{F_{rad}}{F_{grav}} = \frac{3L_* \langle Q_{pr}(a) \rangle}{16\pi GM_* ca \rho}$$

- 粒子サイズによって異なる

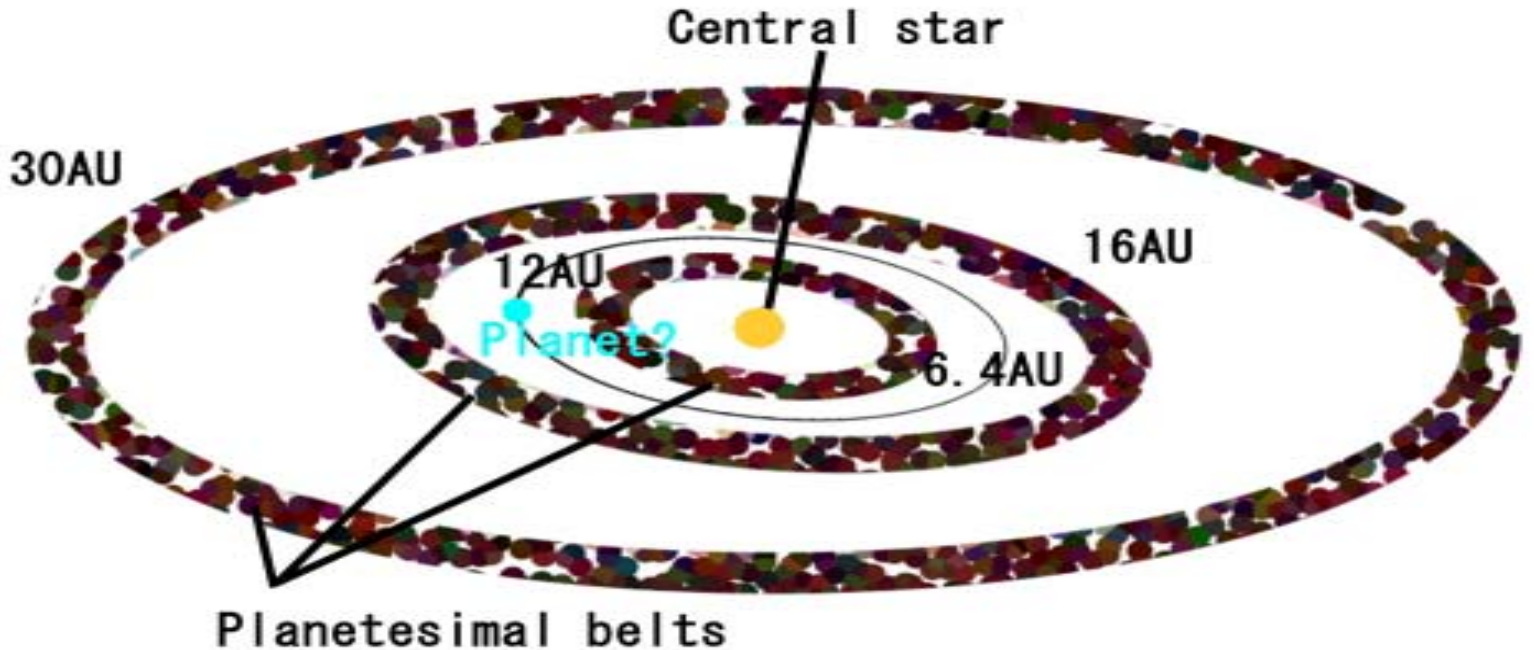
ダスト成分	観測された分布	β Pic系でのふるまい
ブミクロンサイズの非晶質シリケート	6,16,30AUに放射分布ピーク	> 1 : Blown-out 分布ピークで供給される必要がある
マイクロンサイズの非晶質シリケート	中心集中	< 1 : Poynting-Robertso dragで星へと落下

類推された初期惑星系の構造

リング状(帯状)の微惑星分布 = **微惑星帯**

- その中での微惑星どうしの頻繁な衝突によってダストを供給
- 太陽系の小惑星帯のような分布

惑星@12AU? 微惑星帯位置と惑星との共鳴の可能性



微惑星帯イメージ図

©JAXA




本結果の意義

アストロミネラロジーを応用することで星周円盤で惑星系形成領域 ($r < 50 \text{ AU}$) の詳細構造が見えてきた

- 惑星系形成過程のスナップショット
- もっといろいろなスナップショットがほしい
 - 年齢
 - 中心星質量
 - 環境 による多様性

より多くの初期惑星系を見るには？



より高空間分解能・高感度な
中間赤外線観測装置の必要

BIG - COMICS

- 本研究会ポスターby酒向氏参照
- 30m地上光赤外線望遠鏡に中間赤外線分光器を搭載することで、 Picよりも遠い天体、暗い初期惑星系天体に同様の観測を展開可能
 - 様々な年齢、より太陽に近い中心星質量天体惑星系形成過程の解明、惑星系の多様性に迫る

具体的なターゲット

- 近傍の若い星のアソシエーション(~50pc)
 - Pic moving group
 - Capricornus group
 - Horologium group
- 近傍のベガ型星 (~ 100pcまで)
- 近傍の星形成領域の原始惑星系円盤 (~ 150pc)
 - おうし座分子雲
 - へびつかい座分子雲

など

高空間分解能中間赤外線中分散分光観測 のさらなる展開



アストロミネラロジーのさらなる展開



惑星系形成過程の理解の深化

まだ動き出したばかりの新しい分野
新しい展開が期待できる！