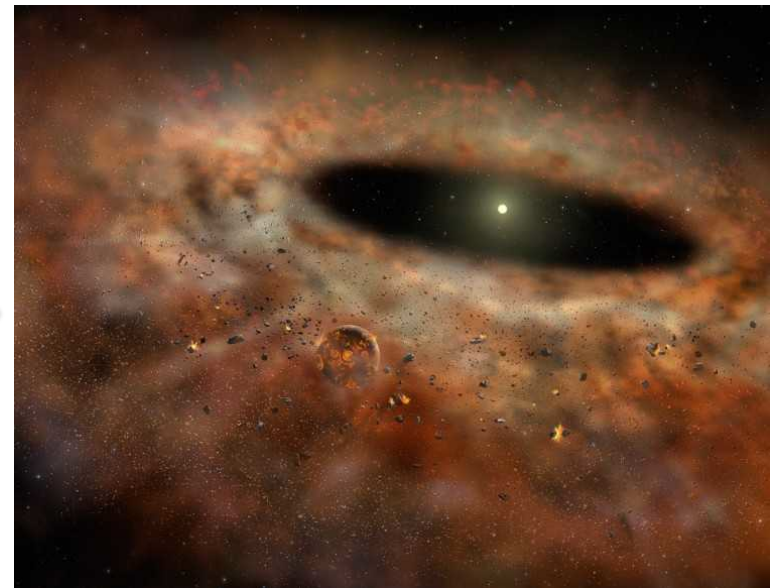
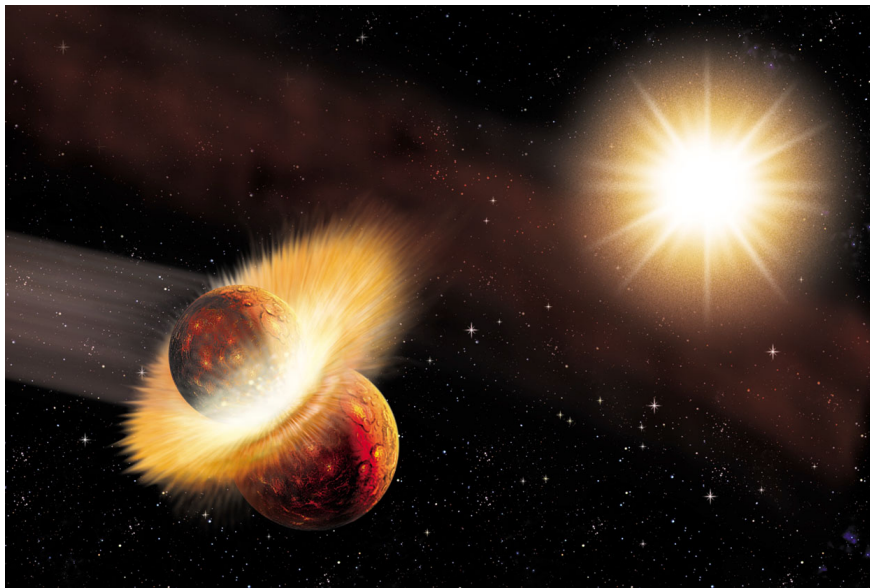


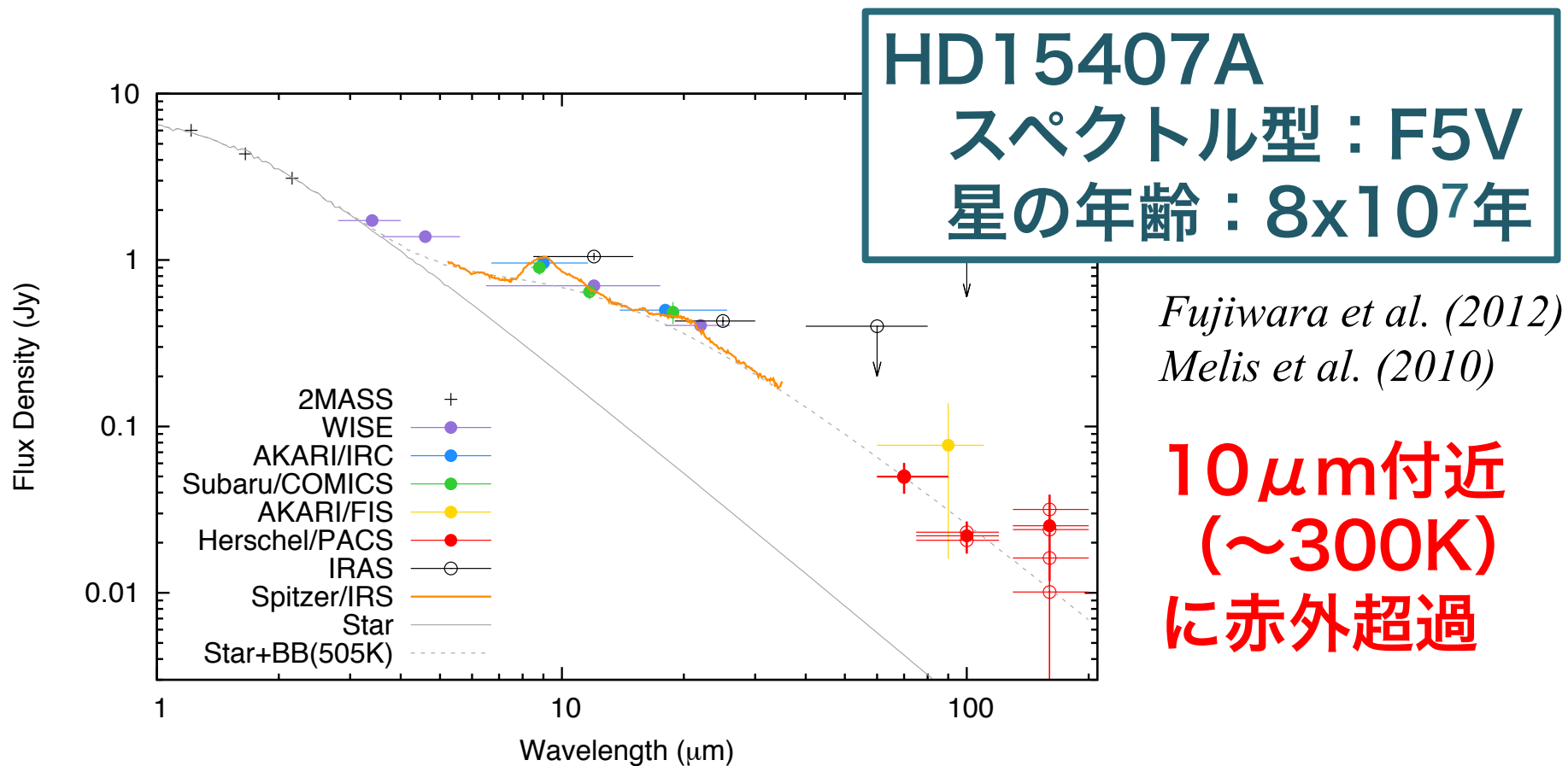
# 巨大天体衝突と高温デブリ円盤

玄田英典（東工大・地球生命研究所）

小林浩（名大）、河原創（東大）、松尾太郎（京大）、  
小谷隆行（国立天文台）、村上尚史（北大）、藤井友香（東工大）、  
小久保英一郎（国立天文台）



# 高温デブリ円盤の観測



**10<sup>7</sup>-10<sup>8</sup>年の恒星の赤外超過は、  
地球型惑星形成の最終ステージと関連**

*Weinberger et al. 2011, Jackson & Wyatt 2012, Melis et al. 2012 他*

分子雲



Gaseous Pillars · M16

HST · WFPC2

PRC95-44a · ST ScI OPO · November 2, 1995  
J. Hester and P. Scowen (AZ State Univ.), NASA

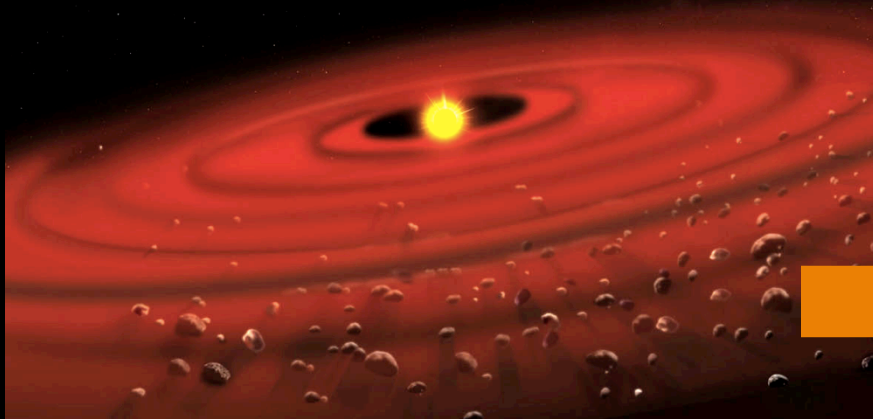
原始星



原始太陽系円盤



# 微惑星の形成



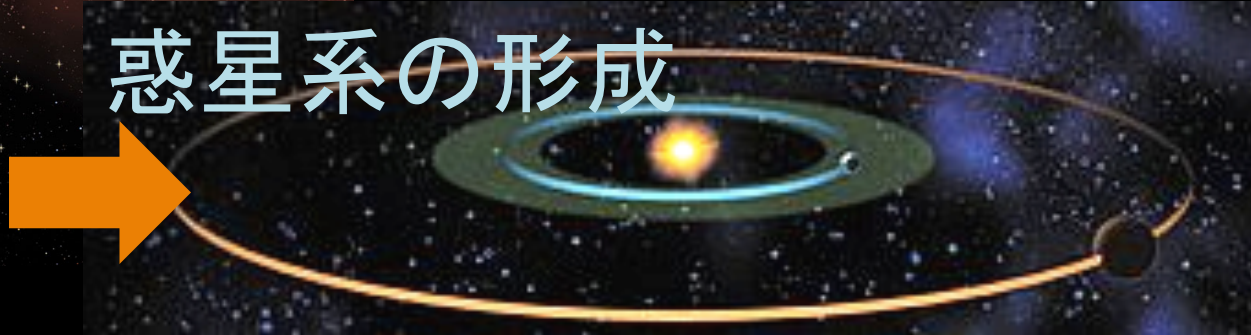
# 原始惑星の形成



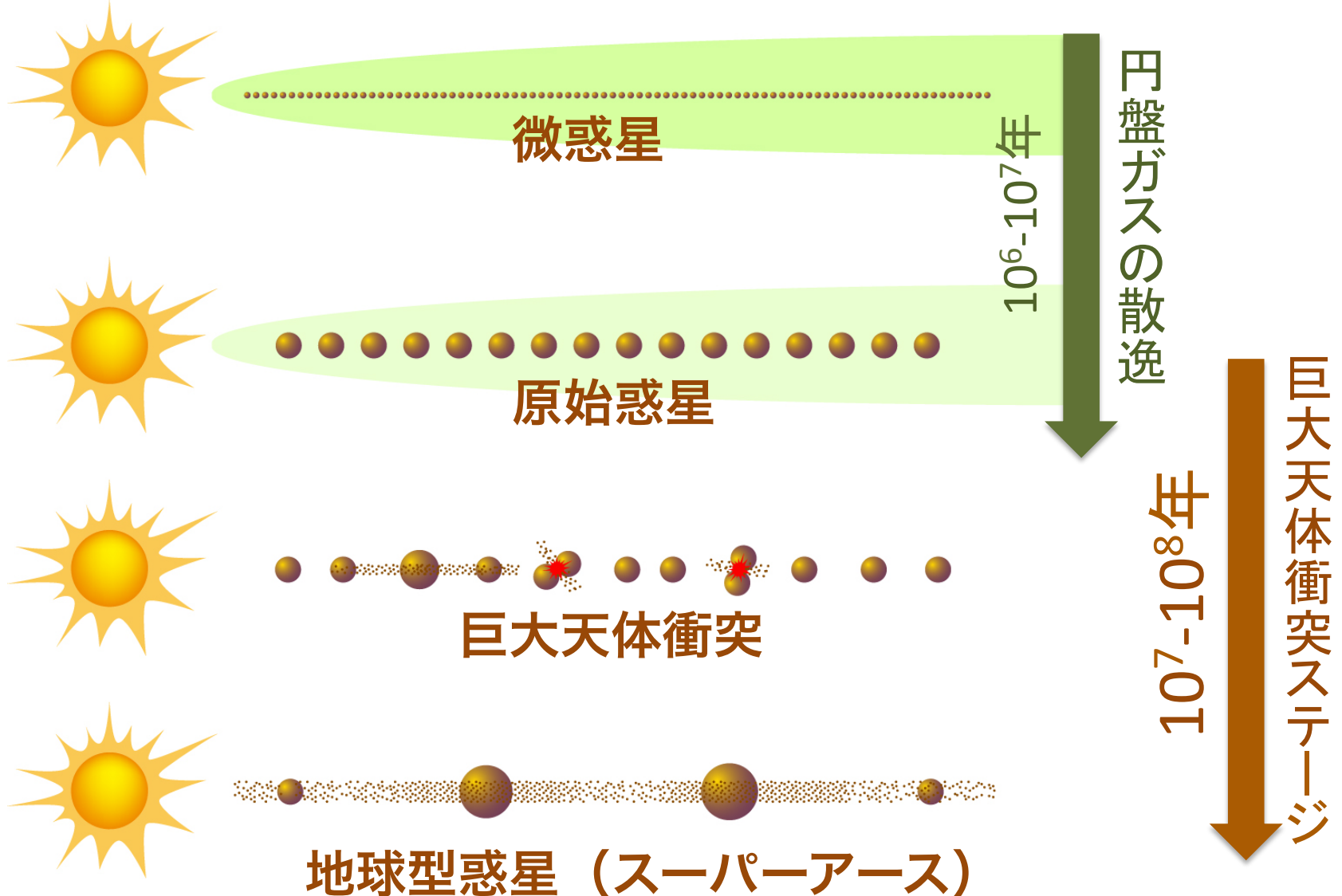
# 巨大天体衝突



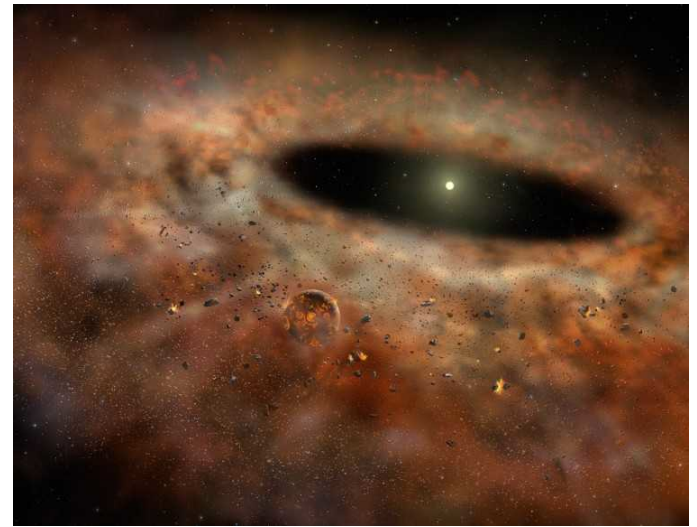
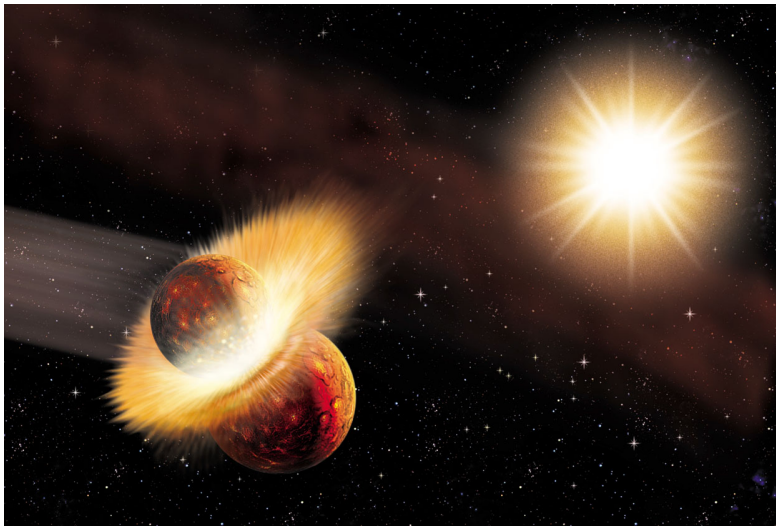
# 惑星系の形成



# 地球型惑星形成とデブリ円盤



# 研究目的



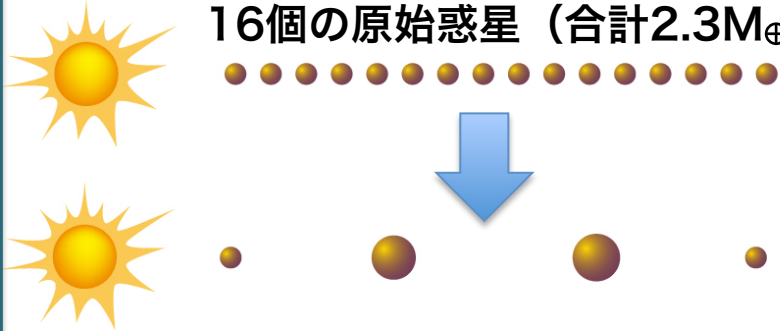
- ▶ 巨大天体衝突ステージを通じてどの程度破片がばらまかれるのか？  
→ 赤外超過として観測可能か？
- ▶ 地球型惑星形成（巨大天体衝突）の観測  
→ TAO-MIMIZUKUでどう進めるか？

# やったこと

## 巨大天体衝突ステージ

N体コード (Kokubo & Genda 2010)

16個の原始惑星 (合計 $2.3M_{\oplus}$ )



50ラン : 1211回の衝突

衝突条件

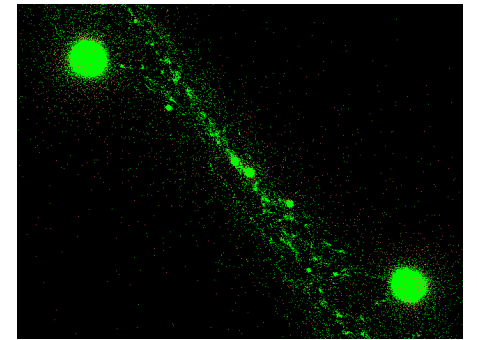
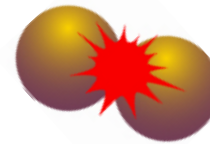
時刻、場所

天体質量、衝突速度、角度

## 天体衝突の計算

SPHコード (Genda et al. 2012)

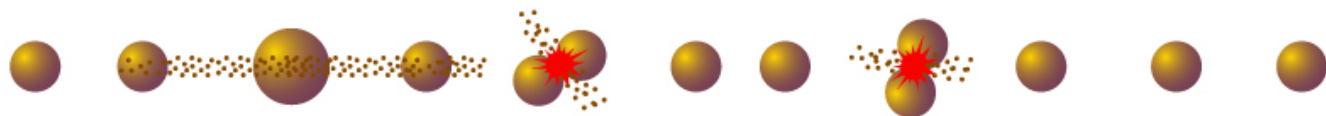
高解像度 (10万粒子)



衝突破片の総質量

最大破片質量

3ラン : 99衝突



破片同士の衝突破壊→ダストサイズ分布変化  
 $\mu$ サイズの破片→恒星の輻射圧で吹き飛ばす

衝突時刻、衝突場所  
破片総量、  
最大破片質量

時々刻々とデブリ円盤密度は減少

巨大天体衝突で破片が供給

## 衝突破壊進化モデル

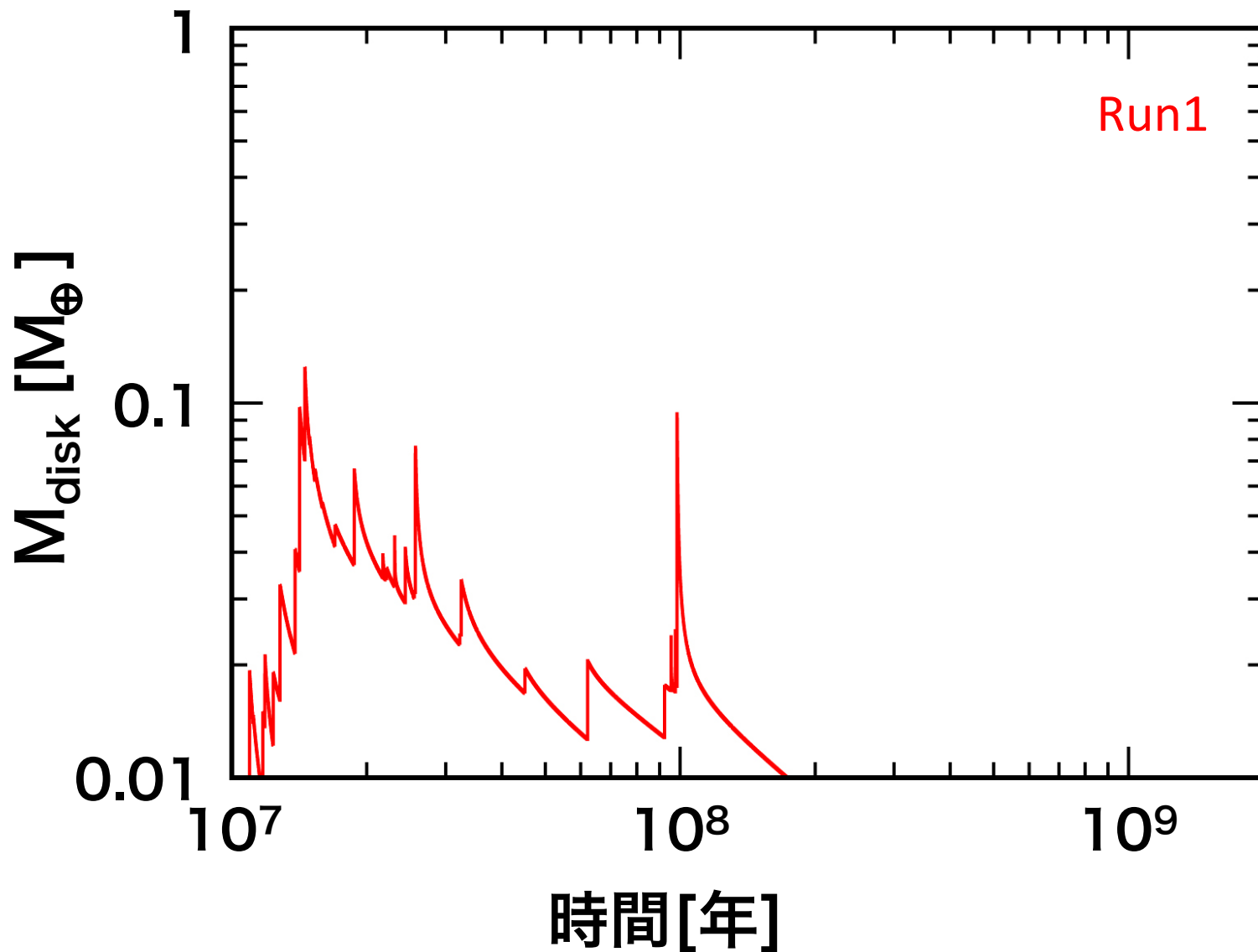
Kobayashi & Tanaka (2010)

$$\tau_{\text{dep}} = 4.2 \times 10^6 \left( \frac{m}{6 \times 10^{22} \text{ kg}} \right)^{0.64} \left( \frac{a}{1 \text{ AU}} \right)^{4.18} \left( \frac{\Delta a / a}{0.1} \right) \left( \frac{e}{0.3} \right)^{-1.4} \left( \frac{M_{\text{tot}}}{6 \times 10^{23} \text{ kg}} \right)^{-1} \text{ 年}$$

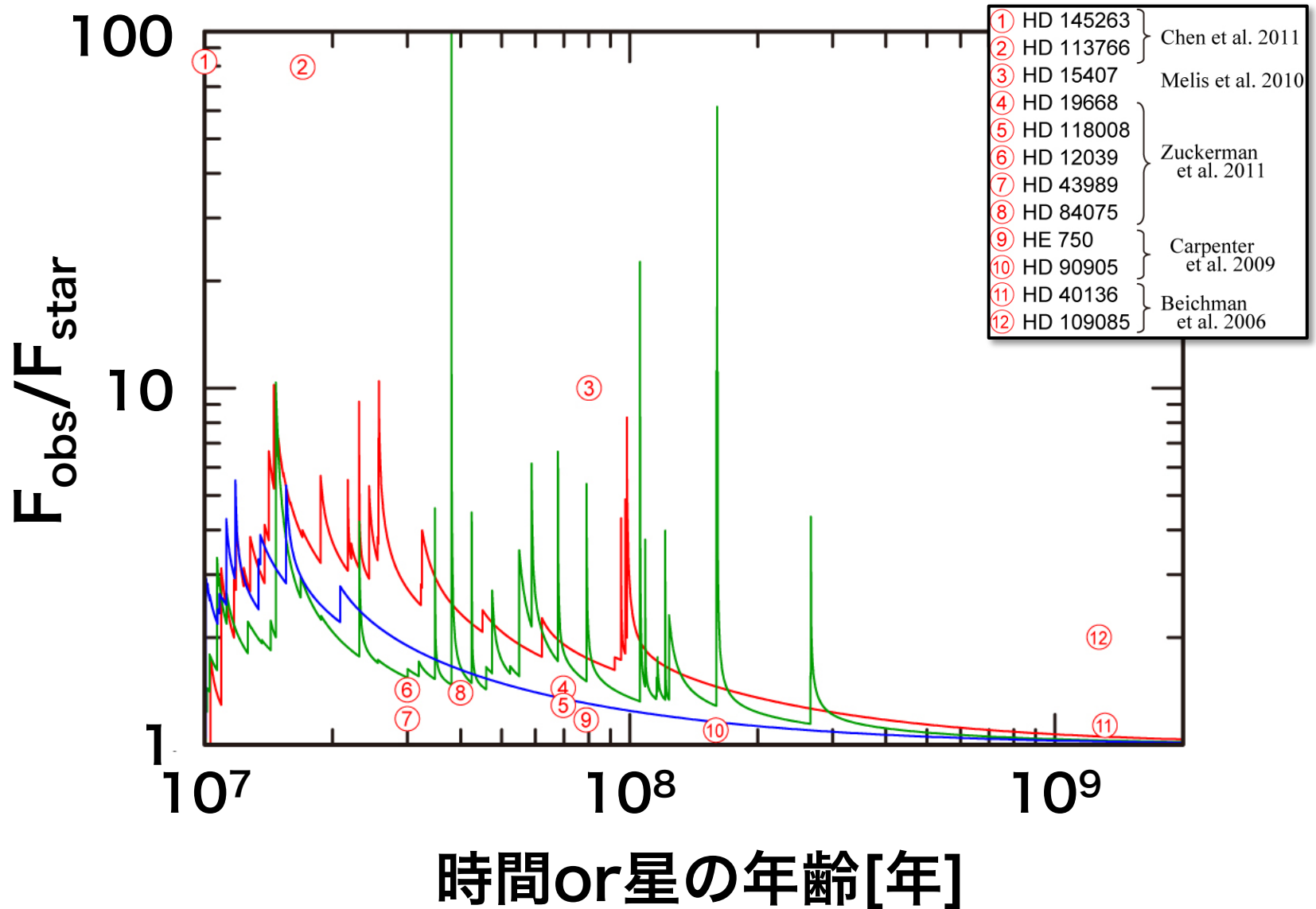
デブリ円盤の面密度分布、サイズ分布



# デブリ円盤の質量変化



# 赤外超過 (24 $\mu\text{m}$ )



# 赤外超過のまとめ

- ▶ 巨大天体衝突ステージの巨大天体衝突で大量の破片( $\sim 0.4M_{\oplus}$ )がばらまかれる
- ▶ 全期間( $\sim 10^8$ 年)にわたってデブリ円盤が維持され、赤外超過として観測可能

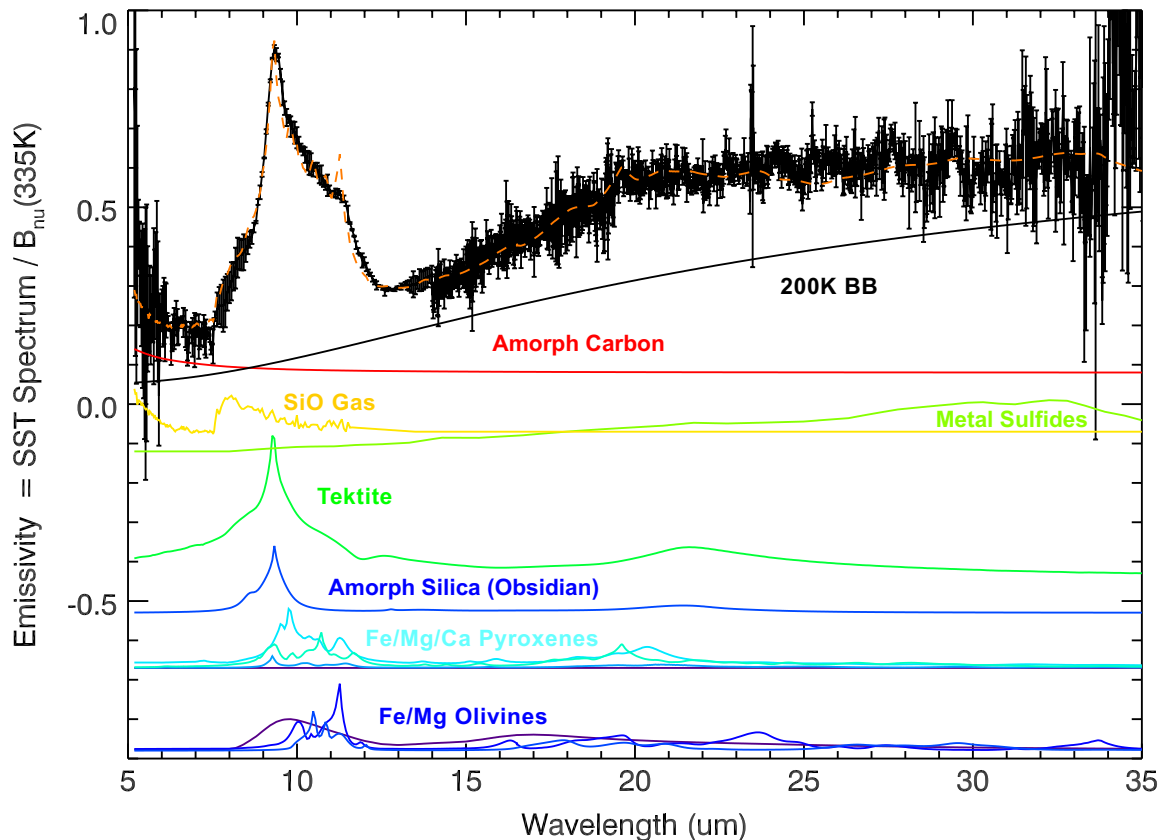
---

## MIMIZUKUによる地球型惑星形成の観測

- ▶ スペクトル観測 ( $2-38\mu\text{m}$ )
- ▶ 長期モニタリング

# スペクトル観測

Spitzer HD172555 Circumstellar Dust



*Johnson et al. (2012)*

スペクトルから  
何がわかるのか？

{ 組成  
状態  
サイズ分布

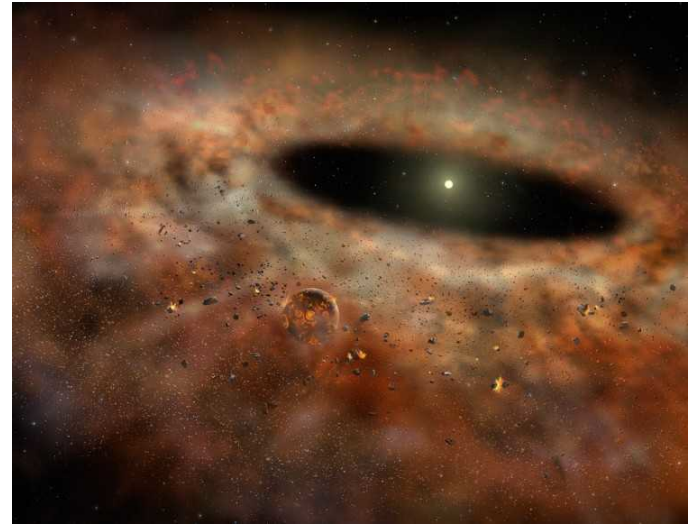
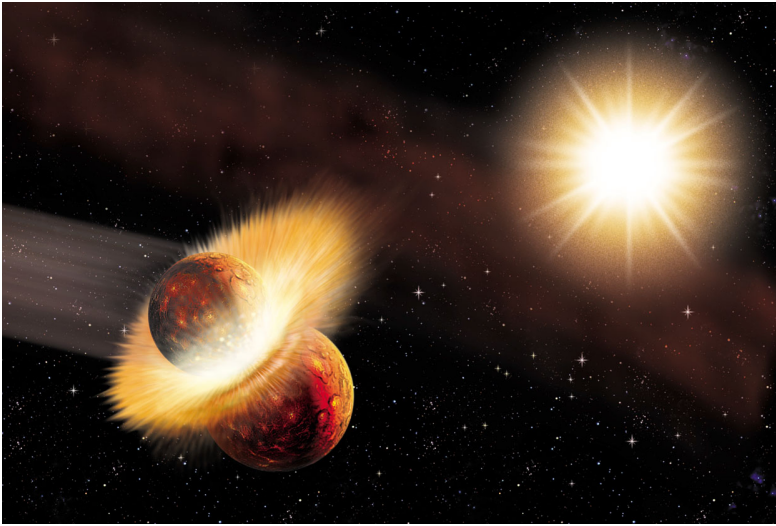


どういう衝突が  
起こったのか？



どのように惑星が  
作られているのか？

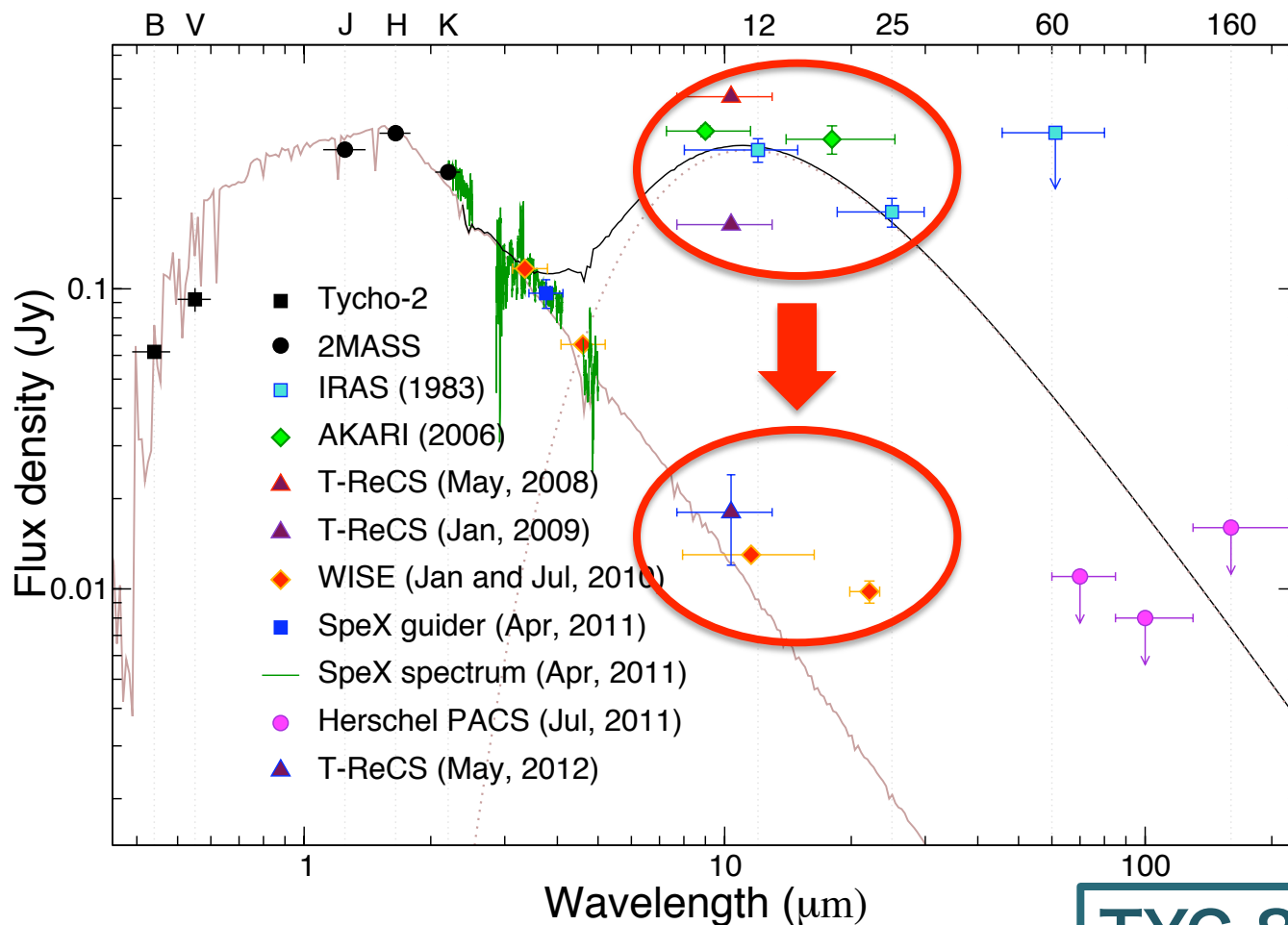
# 長期モニタリング



破片生成(蒸発→凝縮)の  
タイムスケール ~ day

破片消滅のタイムスケール  
10年~100万年

# 赤外超過の減少



*Melis et al. (2012)*

TYC 8241 2652 1  
 スペクトル型：K2  
 星の年齢：~ $10^7$ 年

# まとめ

- ▶ 巨大天体衝突ステージの巨大天体衝突で大量の破片( $\sim 0.4M_{\oplus}$ )がばらまかれる
- ▶ スペクトル観測( $2\sim 38\mu\text{m}$ )で、どういう物質がどういう状態で存在するか調べる。  
→ 惑星形成として何が起こったのか
- ▶ 長期モニタリングで、デブリの生成・消滅を追う→ 惑星形成の動的プロセスを見る！