

# 焼結によるダストアグリゲイトの分裂

城野信一  
名大環境学

2009/10/10

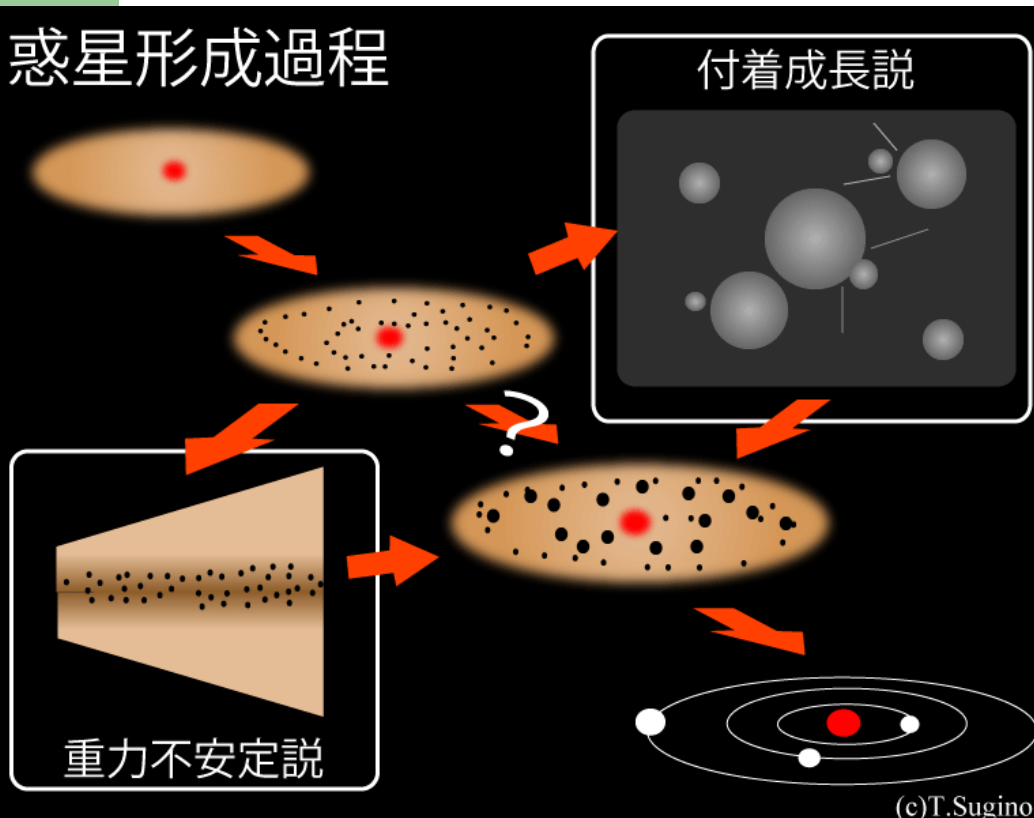
第27回グレインフォーメーションワークショップ

# もくじ

- 研究の背景
- 研究目的
- 数値計算の結果
- まとめ

# 微惑星形成問題

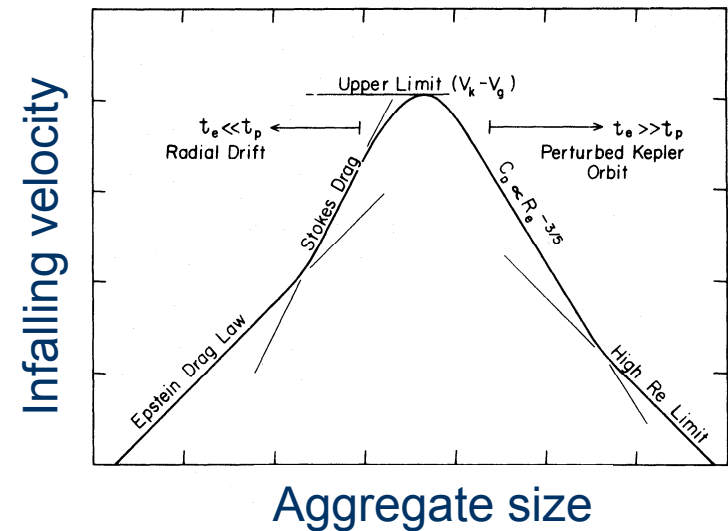
## 惑星形成過程



- 微惑星の形成
  - 重力不安定
  - 合体成長
- いまだ不明
  - さまざまなモデル

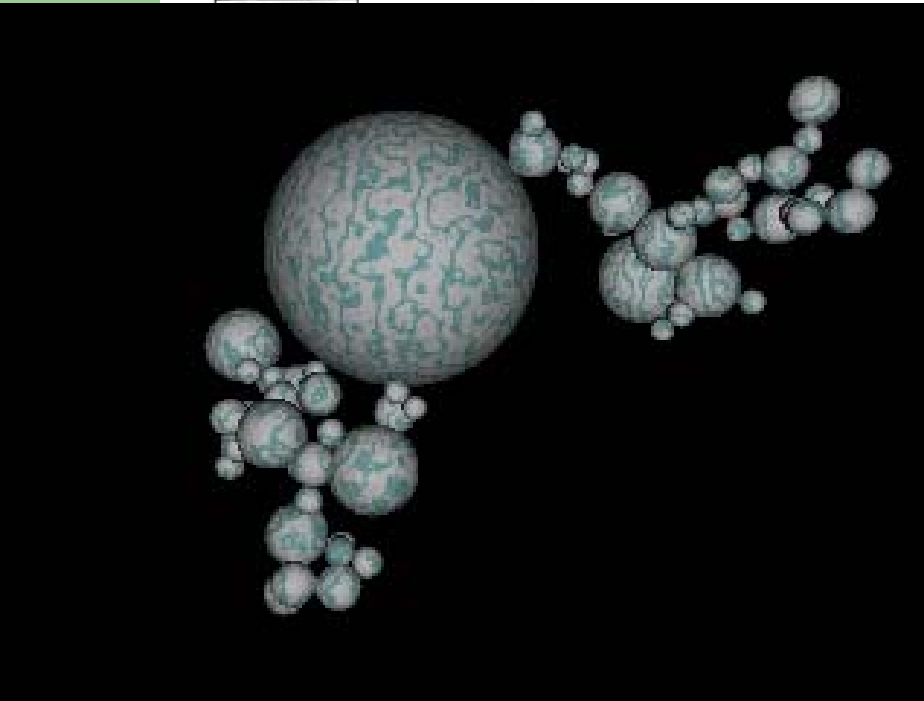
# 微惑星形成の困難

- 重力不安定
  - 乱流が発生
  - 高いダスト/ガス比が必要
- 直接合体成長
  - 合体は可能か？
  - 中心星への落下
- 落下に伴い温度は上昇
  - 何が起こる？

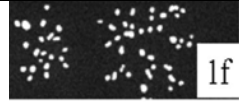
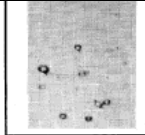


Weidenschilling (1977)

# ダストアグリゲイトの分裂

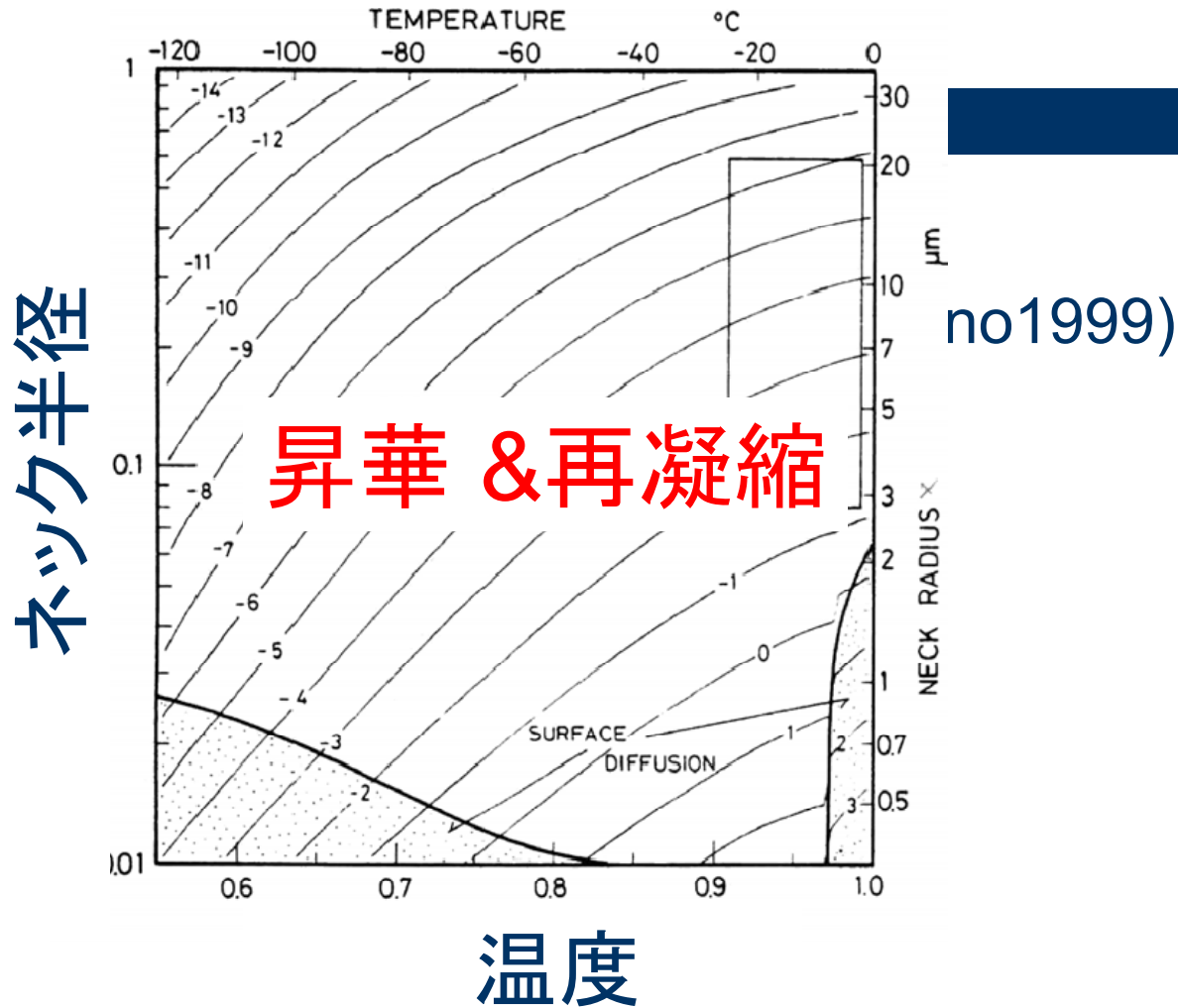


- アグリゲイトにおいて焼結（分子移動）が進行⇒分裂
- さまざまな焼結メカニズム
- スノーラインの外側： $\text{H}_2\text{O}$ で進行

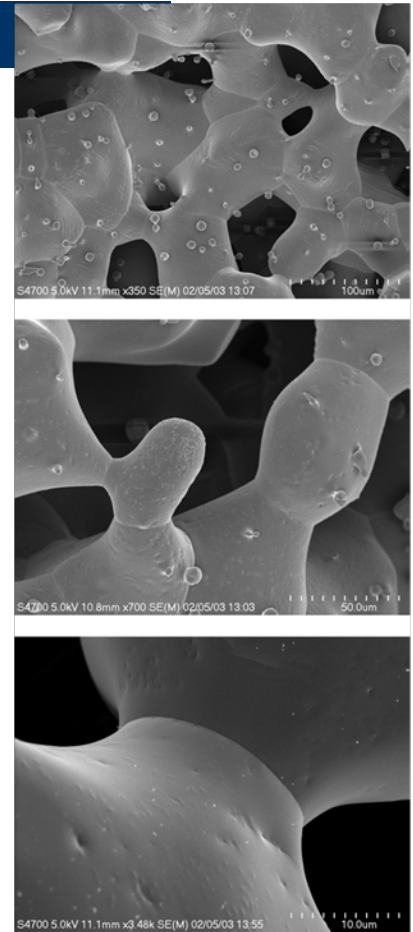


Lando et al. (2006)  
Fujiyoshi & Muramoto (1996)

# 昇華 + 再凝縮による氷の焼結



Maeno & Ebinuma (1983)

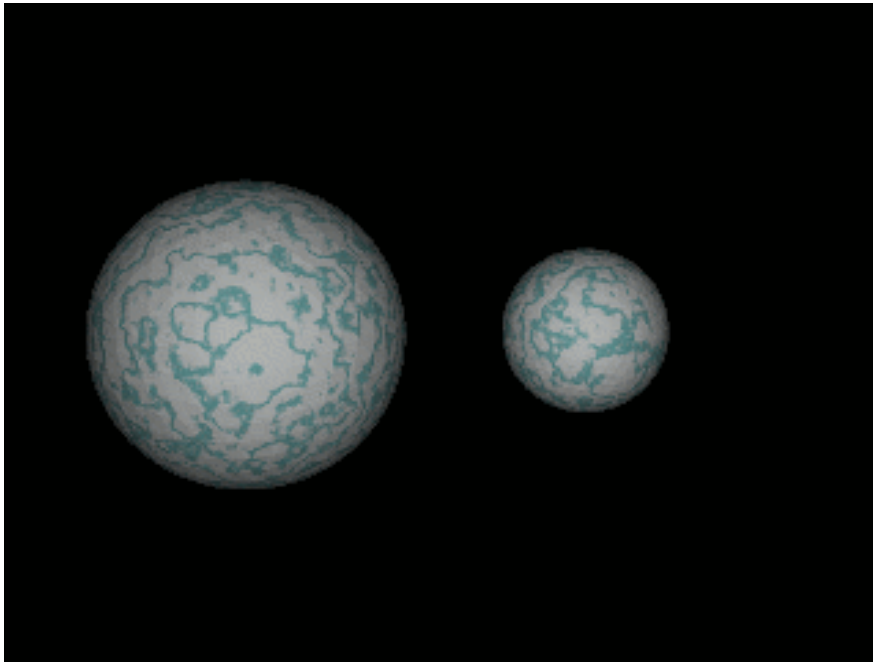


Blackford (2007)

# 本研究の目的

- 昇華＋再凝縮で分裂するか？
  - 焼結分裂の数値シミュレーション
- 分裂片は濃集するか？
  - サイズ分布進化＋落下の数値シミュレーション

# 昇華＋再凝縮の特徴

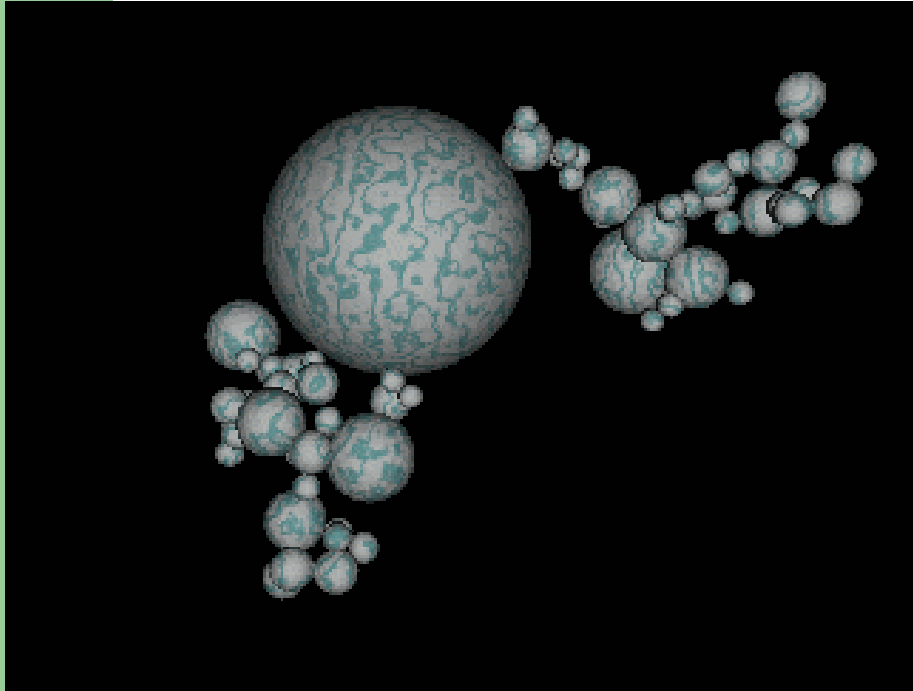


- サイズによる飽和蒸気圧の差
  - サイズ大: 蒸気圧低
  - サイズ小: 蒸気圧高

$$\frac{ds}{dt} = \frac{P_{\text{H}_2\text{O}}(T) \gamma \Omega^2}{\sqrt{2\pi m k T} k T} (\bar{K} - K)$$



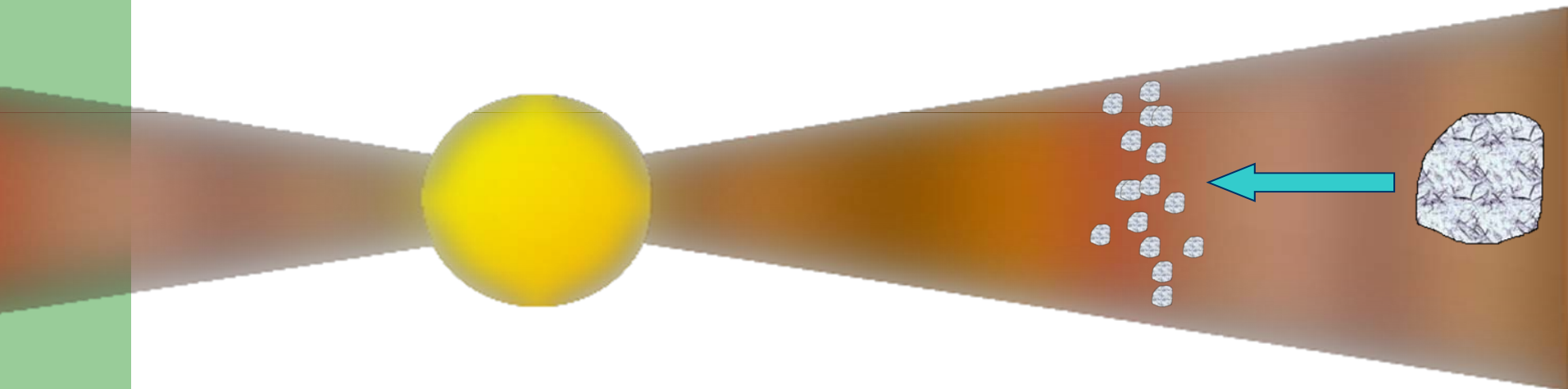
# 焼結分裂の数値シミュレーション



- BCCAアグリゲイト
  - $\text{H}_2\text{O}$ のみ
  - サイズ分布: べき乗則
- 周囲のガスは $\text{H}_2\text{O}$ に飽和
- 曲率の差によって形状が変化

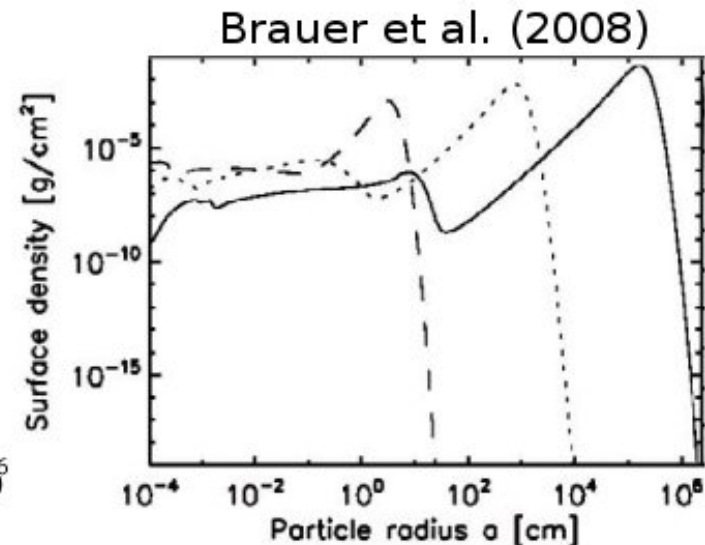
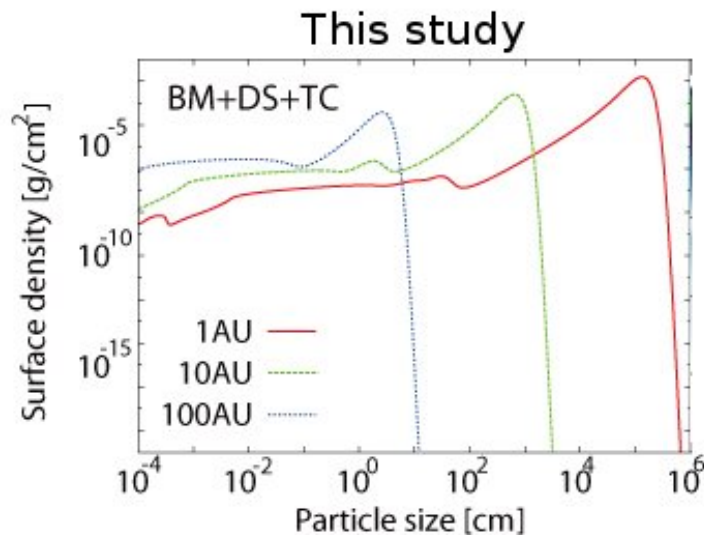
# 新しい微惑星形成シナリオ

- 氷ダストアグリゲイトの分裂
  - 落下速度の低下
- 分裂片が局所的に濃集
- 重力不安定→微惑星の形成



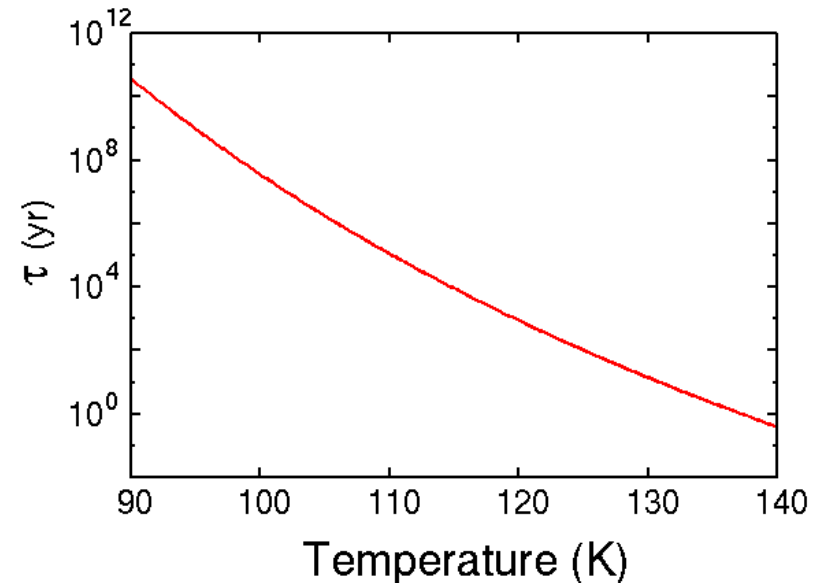
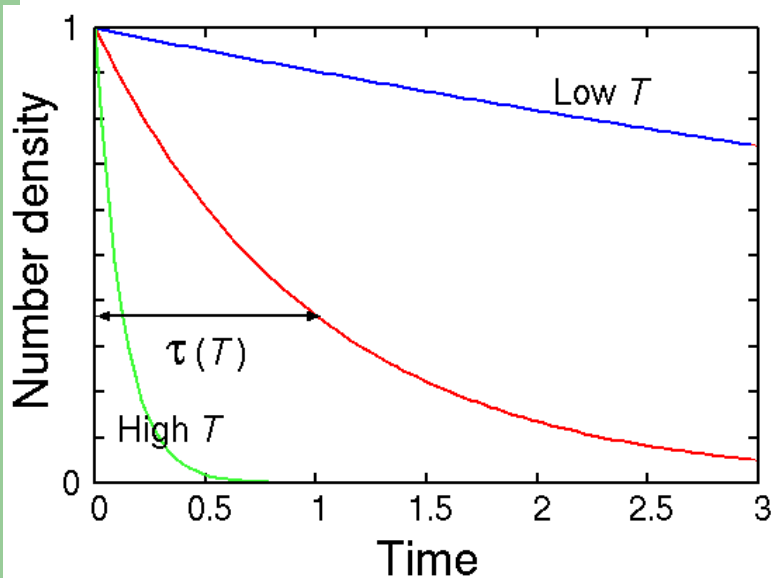
# ダスト面密度分布の数値シミュレーション

- Coagulation equation (code by H.Tanaka)
  - 初期アグリゲイトサイズ: 0.5-0.8  $\mu\text{m}$
  - 完全付着, 空隙率ゼロ
  - 計算領域: 3-25AU、外からの物質流入なし



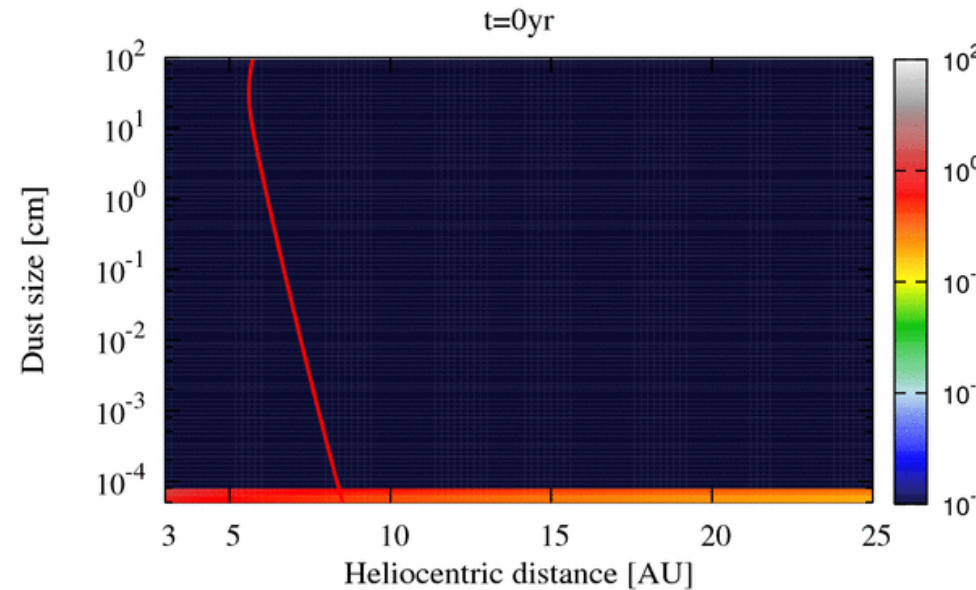
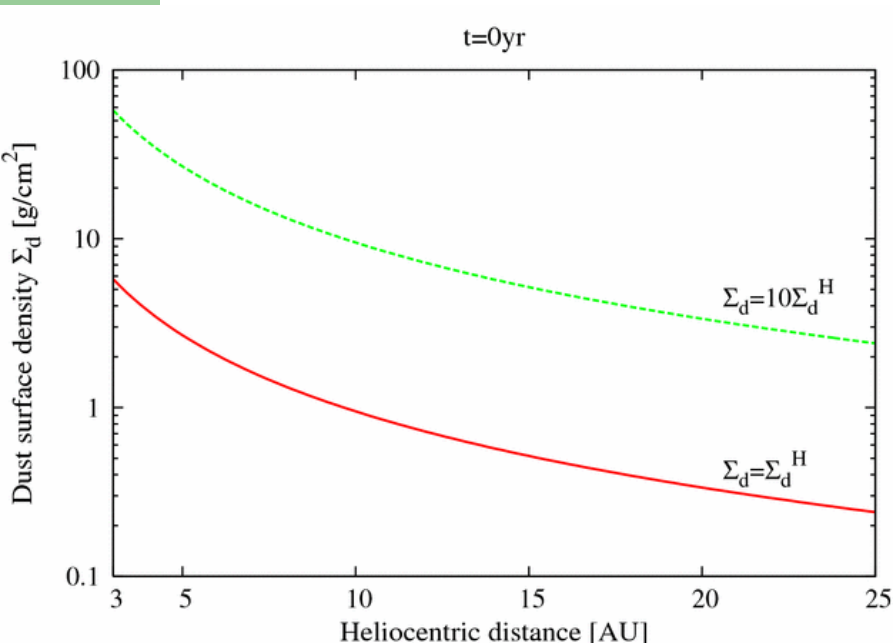
# ダスト面密度分布の数値シミュレーション

- アグリゲイトの分裂
  - 指数関数的な個数の減少
  - タイムスケールが温度の関数
- 分裂片はすべてモノマーに



# ダスト面密度分布の数値シミュレーション

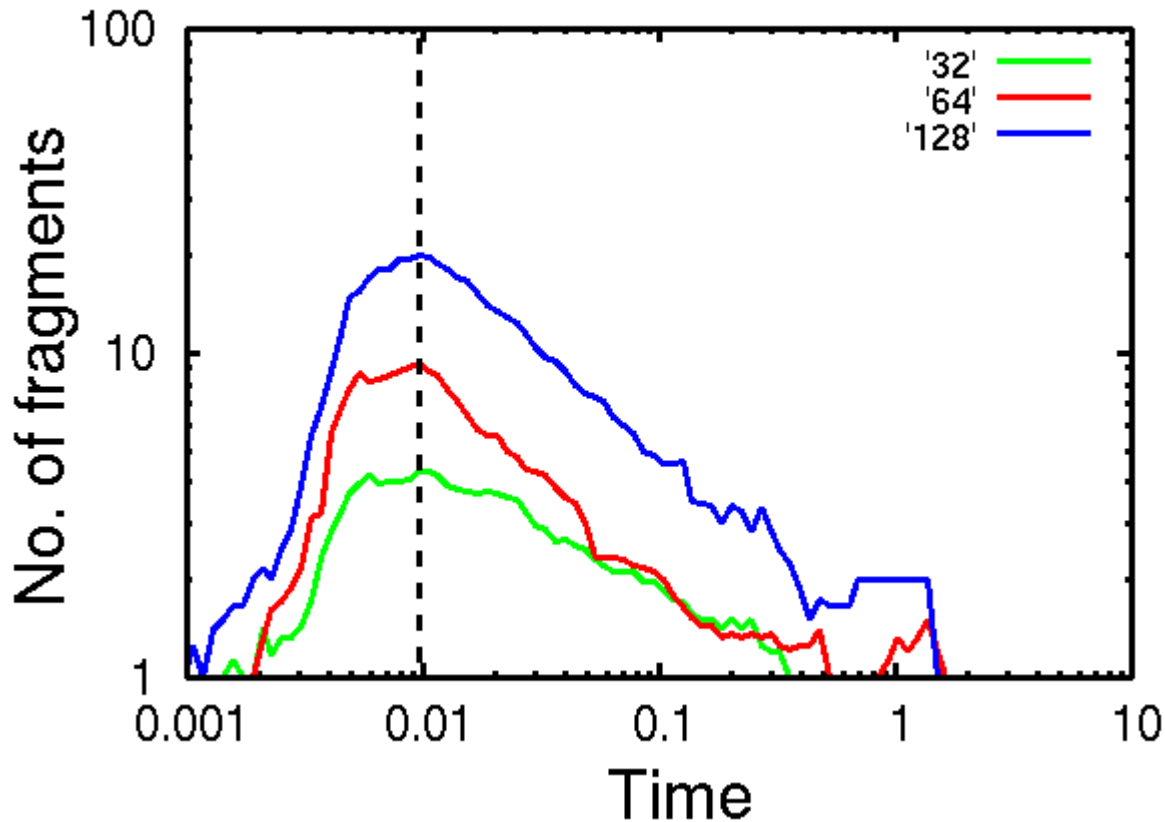
- cmサイズのアグリゲイトの落下 -> 分裂
- 5000年で10倍に
  - 成長+落下のタイムスケール



## まとめ

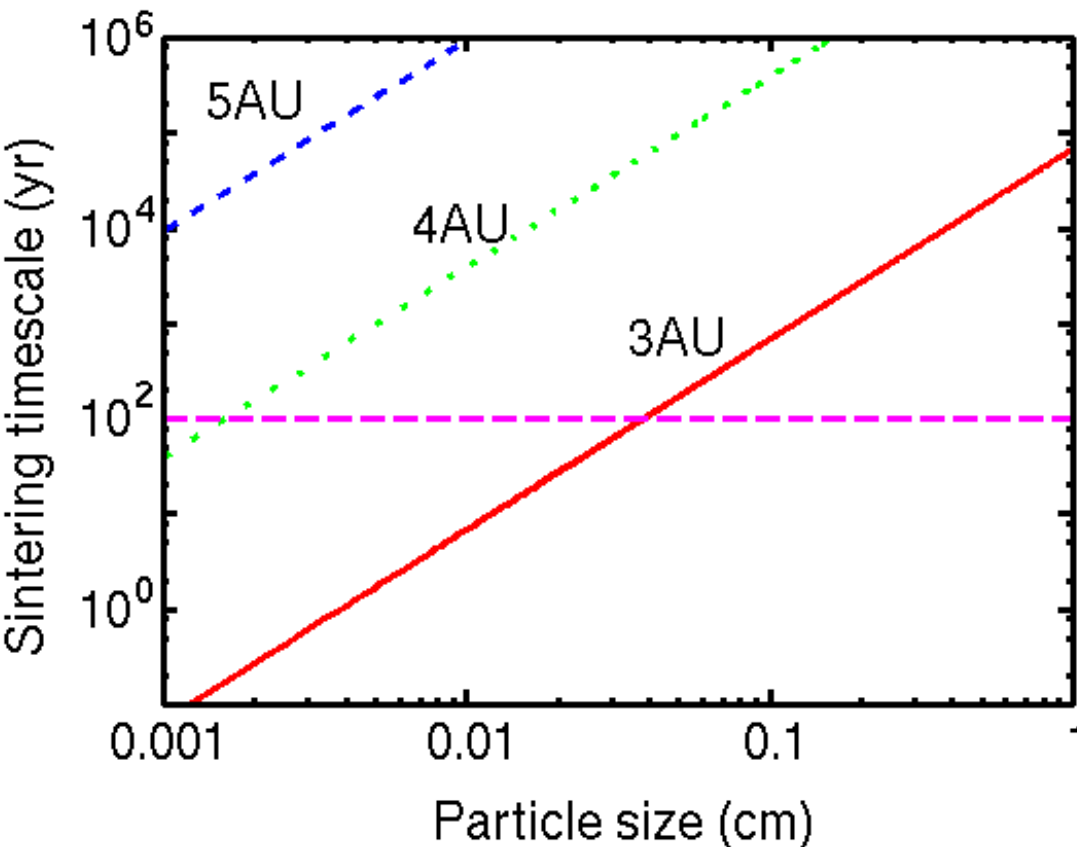
- 氷ダストアグリゲイトは焼結により分裂する
  - 昇華＋再凝縮
- ダスト面密度は局所的に増大する
  - 微惑星形成の可能性

# 分裂片数の時間進化



- ピーク時間:  
構成粒子数に依存せず
- 減少時間:  
構成粒子数に依存  
- 成長時間  $\propto$  サイズ<sup>2</sup>

# 議論：焼結のタイムスケール



- 広い範囲で焼結が進行
  - 分裂片の滞留：微惑星形成
  - ネックが成長
- 昇華＋再凝縮で粒子サイズ分布が変化