

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

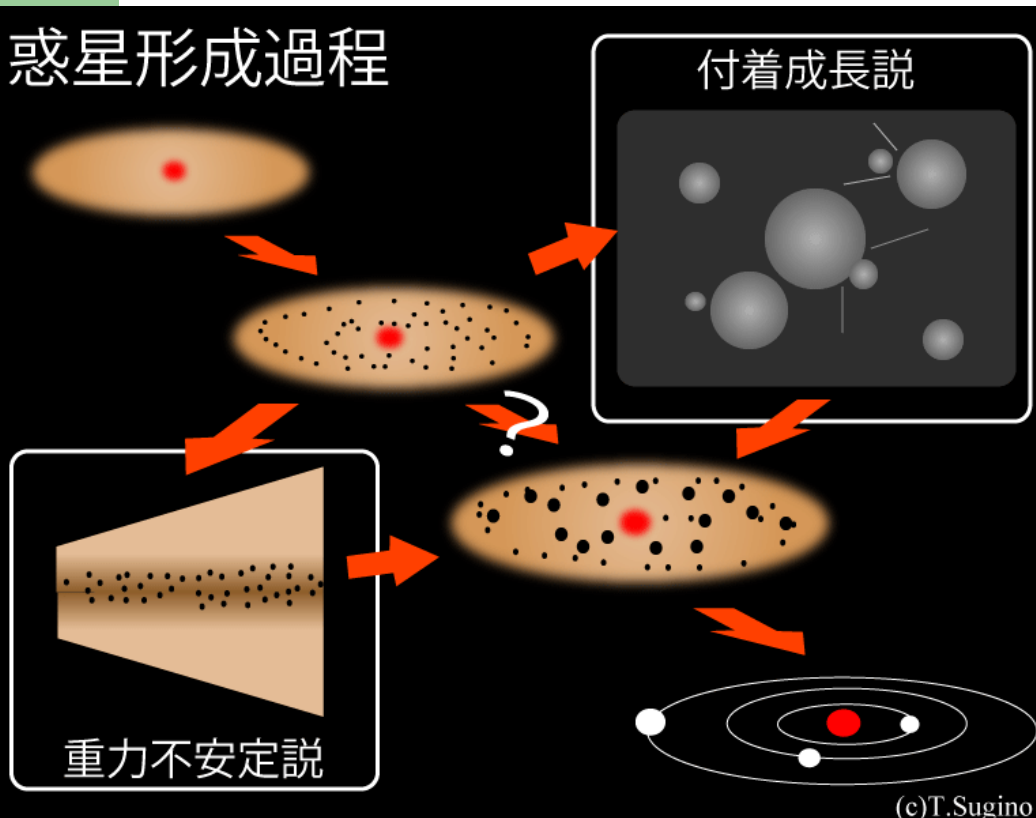
第27回グレインフォーメーションワークショップ

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

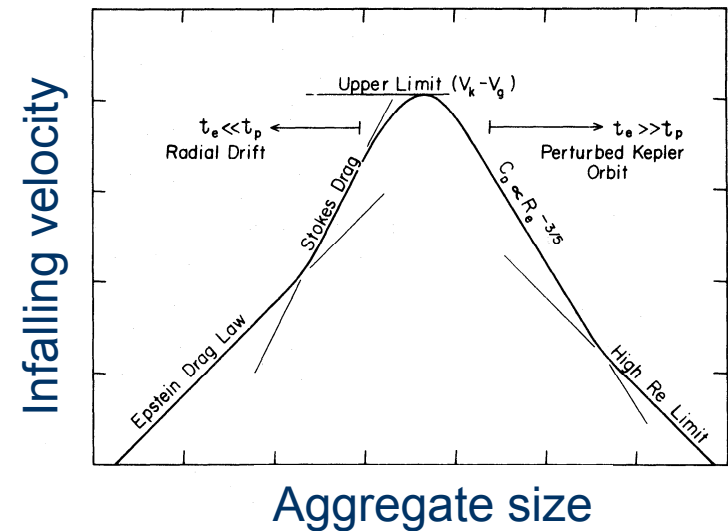
惑星形成過程



- 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

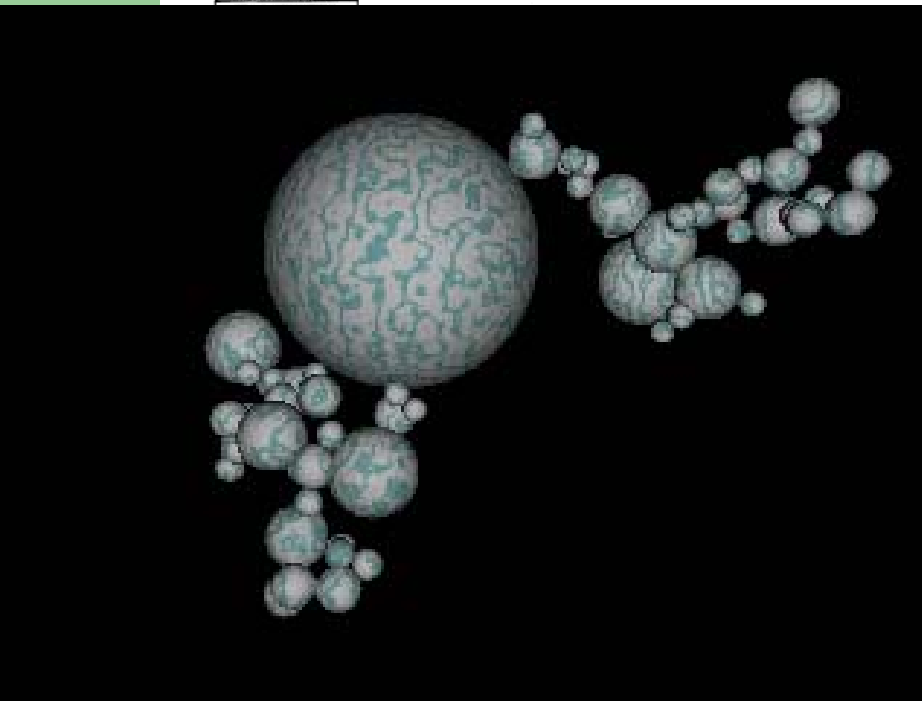
微惑星形成の困難

- 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？

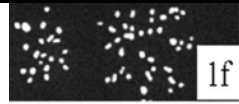
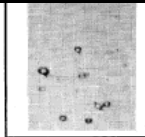


Weidenschilling (1977)

ダストアグリゲイトの分裂

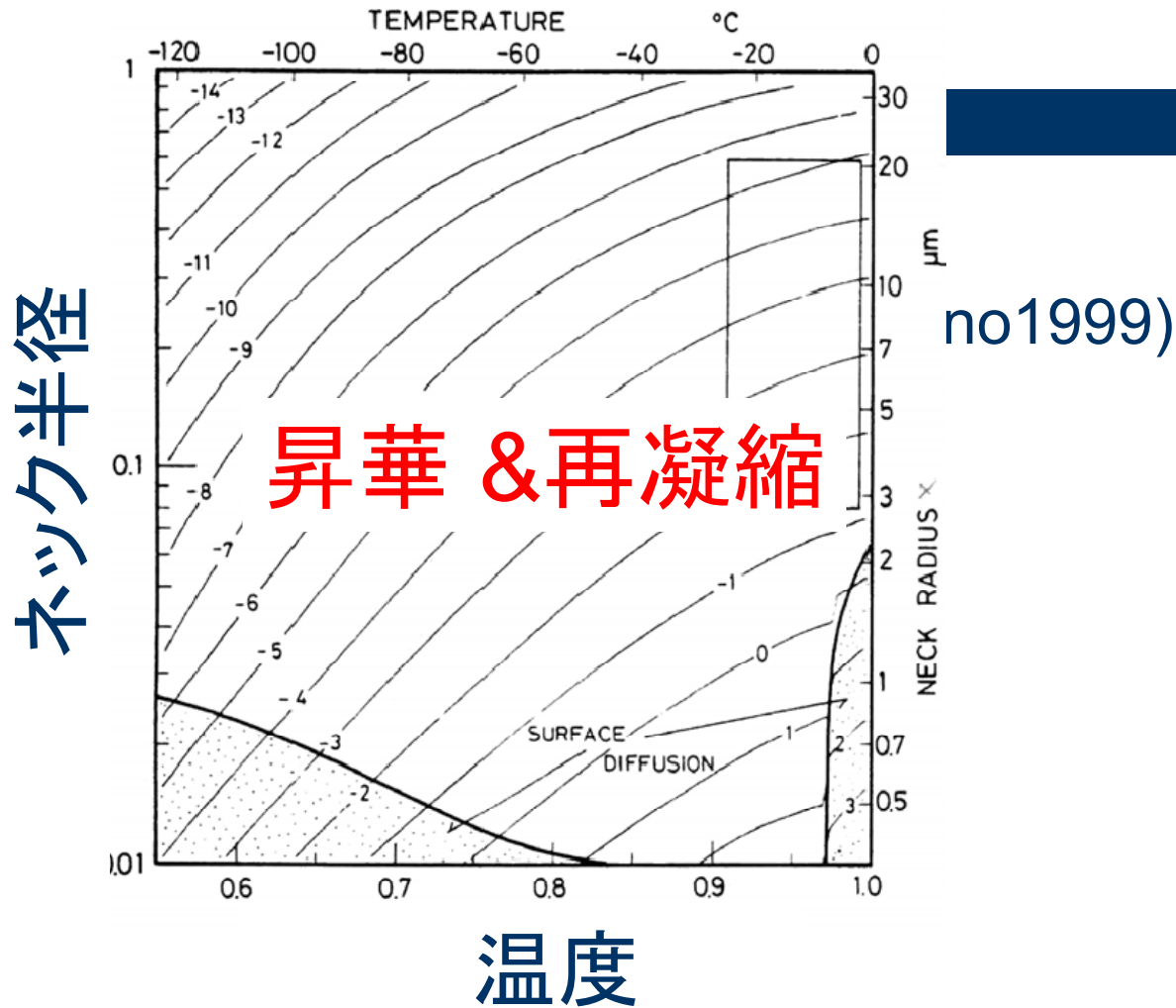


- アグリゲイトにおいて焼結（分子移動）が進行⇒分裂
- さまざまな焼結メカニズム
- スノーラインの外側： H_2O で進行

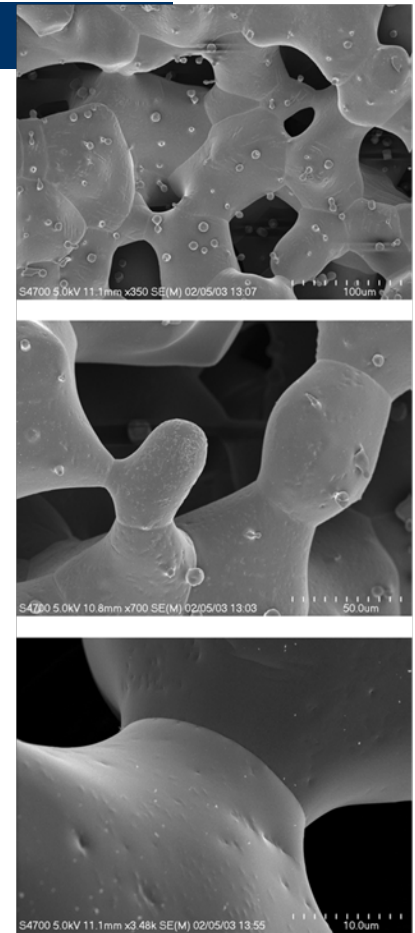


Lando et al. (2006)
Fujiyoshi & Muramoto (1996)

昇華 + 再凝縮による氷の焼結



Maeno & Ebinuma (1983)

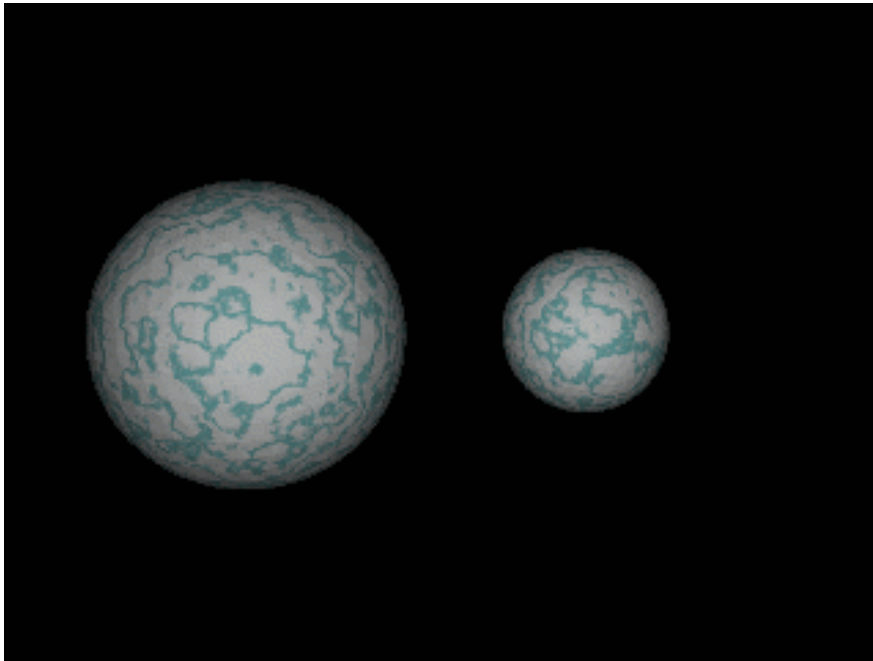


Blackford (2007)

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

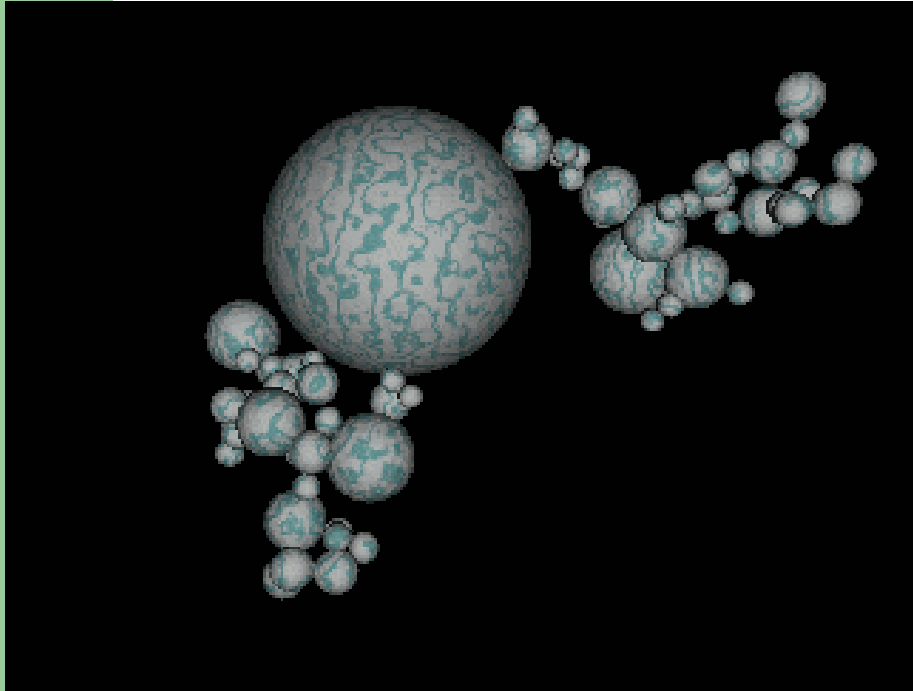
昇華＋再凝縮の特徴



- 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

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

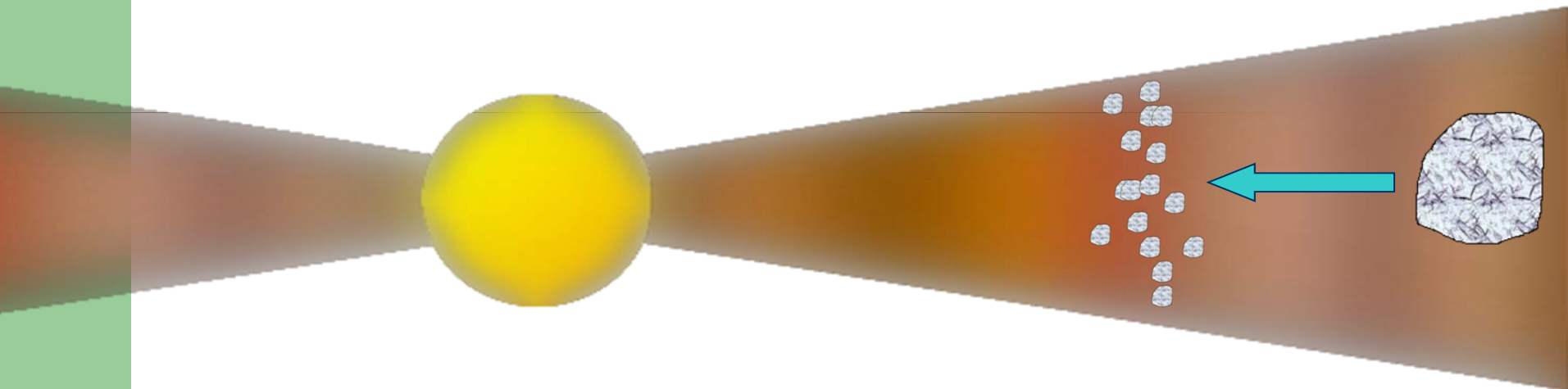
焼結分裂の数値シミュレーション



- BCCAアグリゲイト
 - H_2O のみ
 - サイズ分布: べき乗則
- 周囲のガスは H_2O に飽和
- 曲率の差によって形状が変化

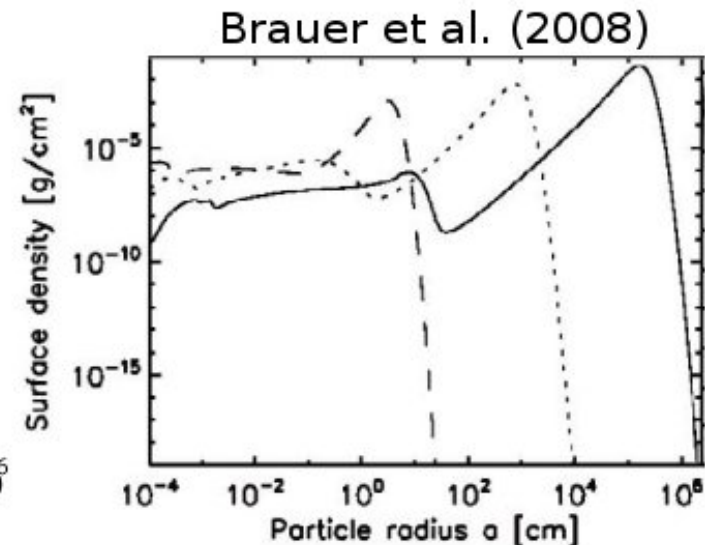
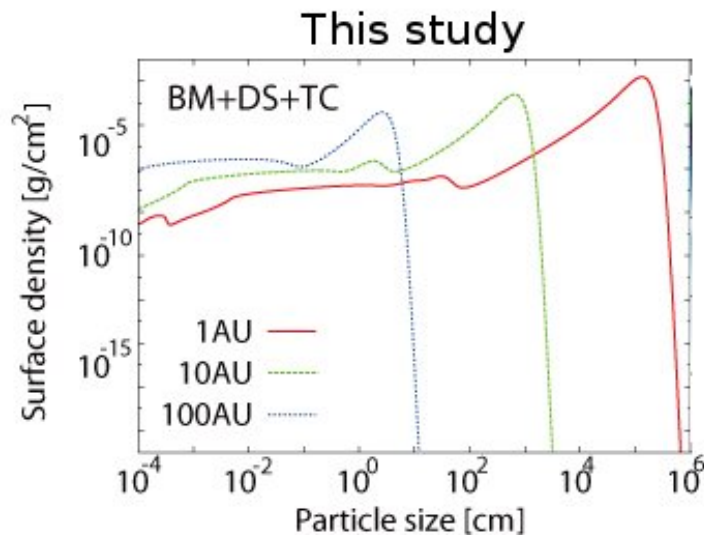
新しい微惑星形成シナリオ

- 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



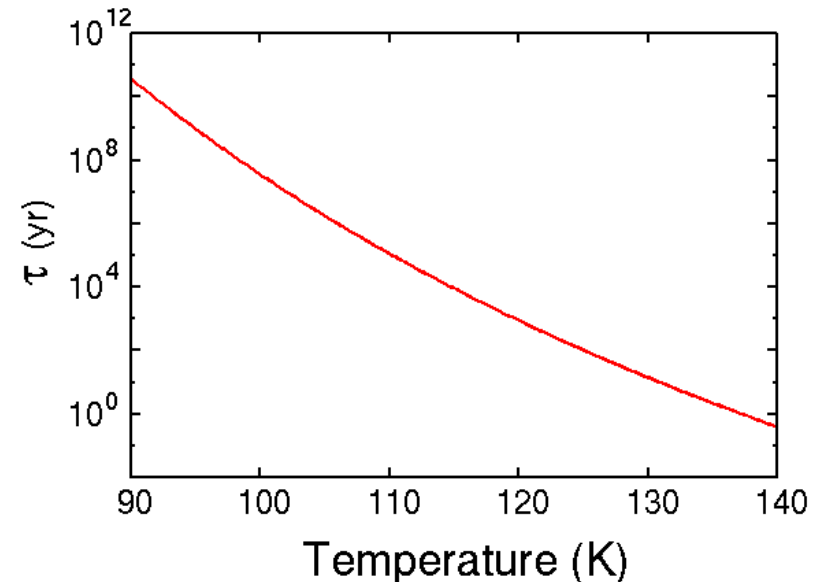
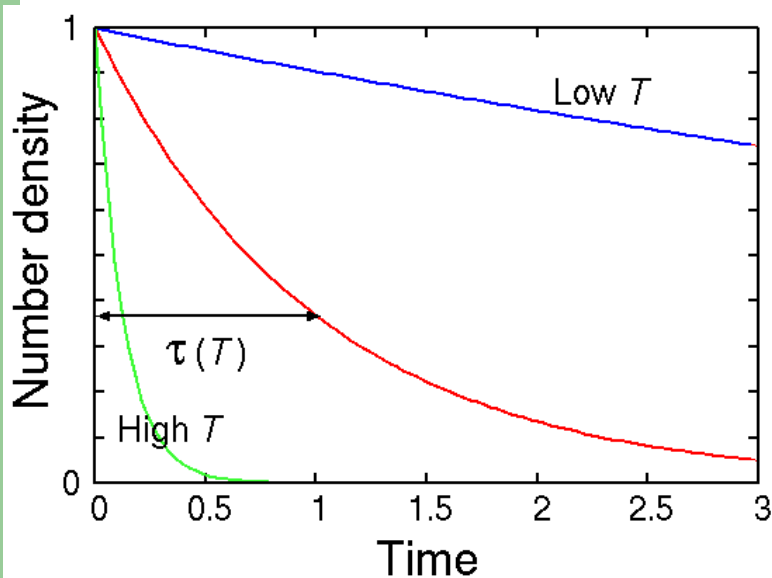
ダスト面密度分布の数値シミュレーション

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



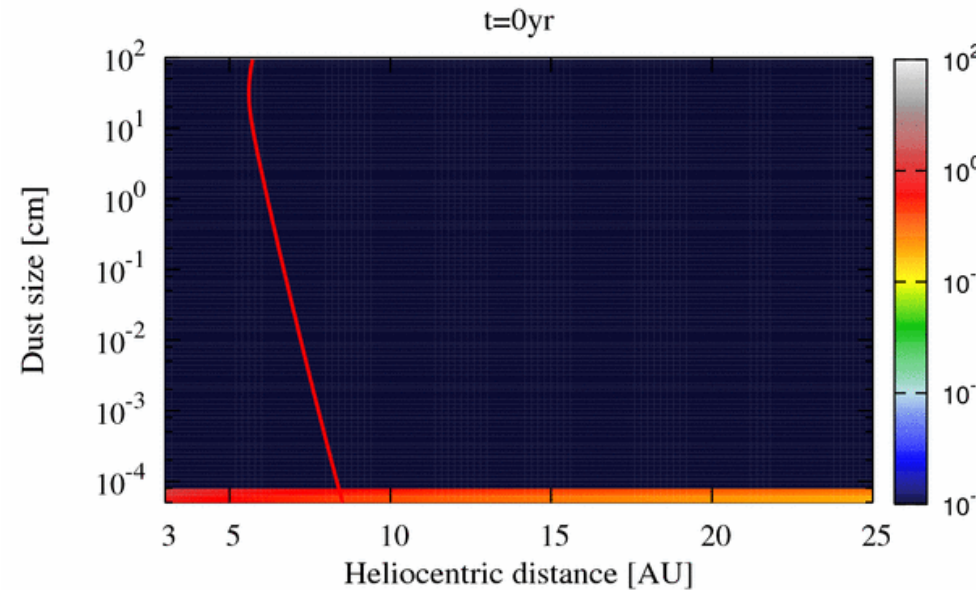
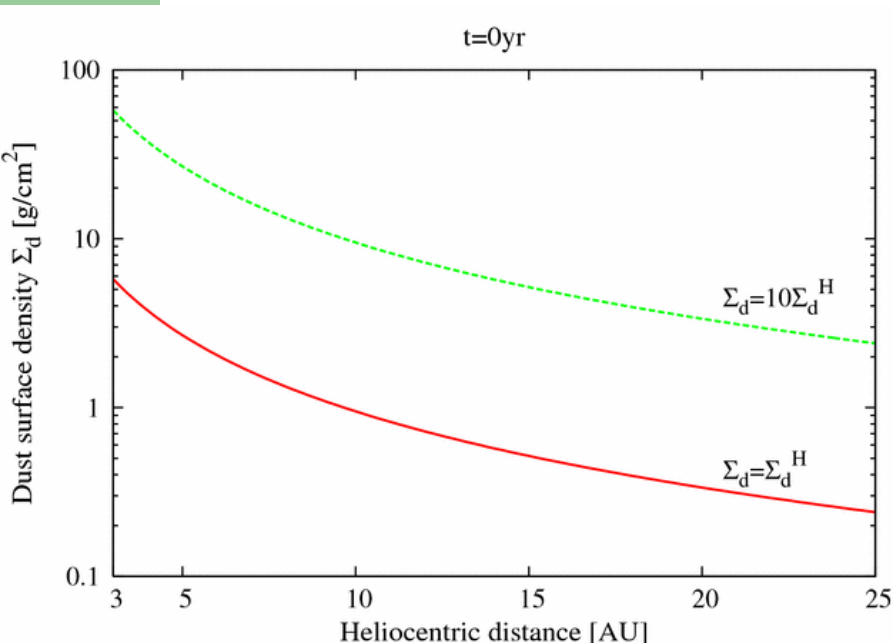
ダスト面密度分布の数値シミュレーション

- 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

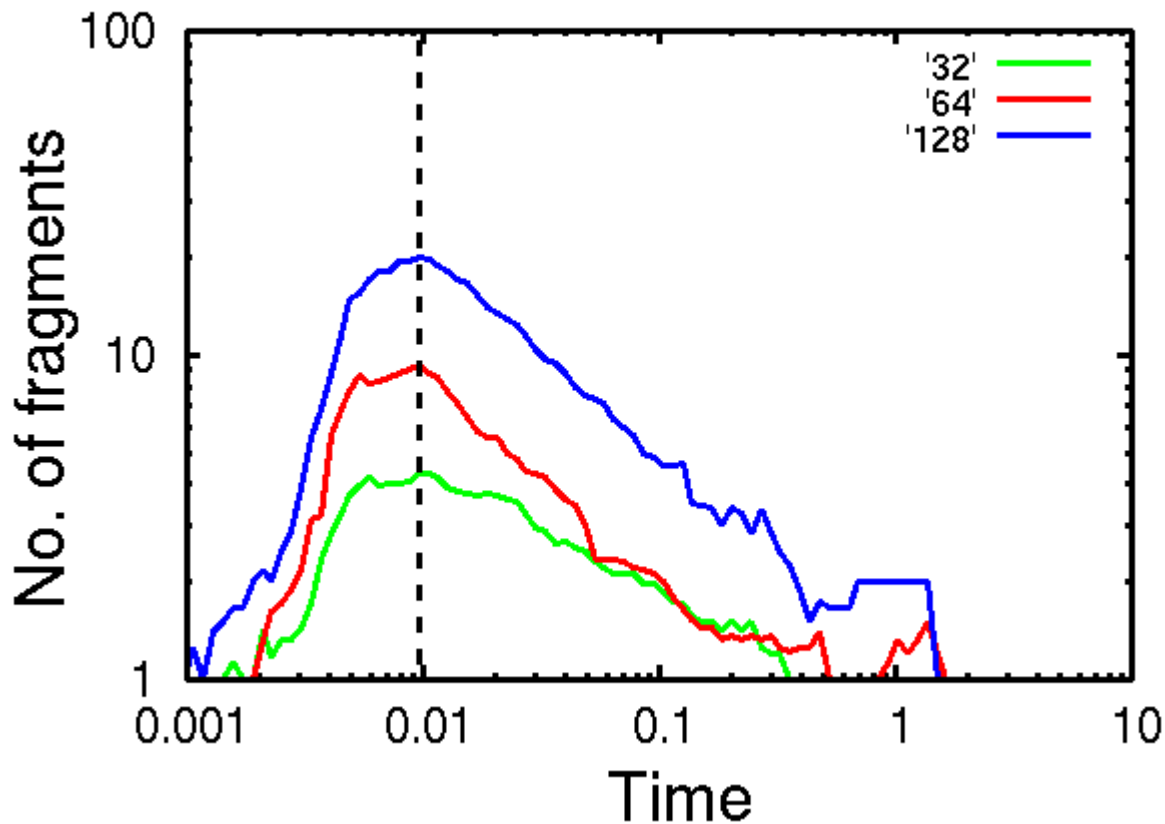
- cmサイズのアグリゲイトの落下 -> 分裂
- 5000年で10倍に
 - 成長+落下のタイムスケール



まとめ

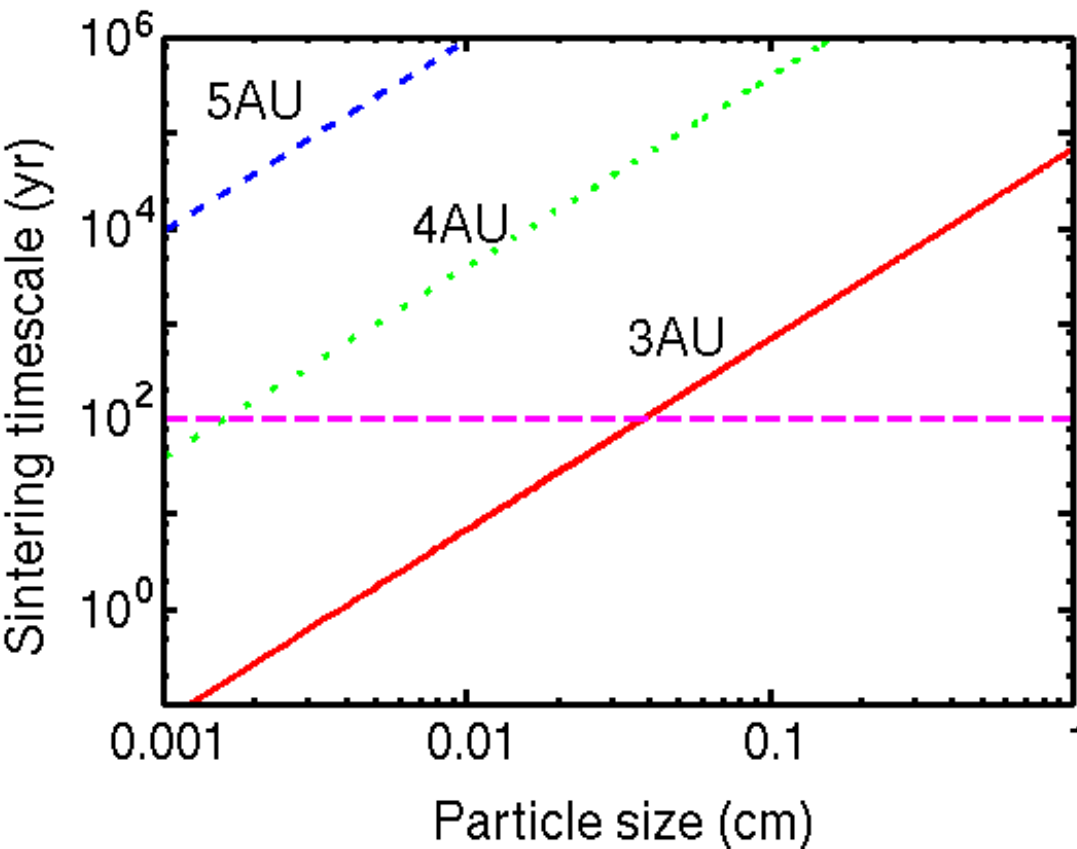
- 氷ダストアグリゲイトは焼結により分裂する
 - 昇華＋再凝縮
- ダスト面密度は局所的に増大する
 - 微惑星形成の可能性

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²

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