* タイトル

巨大衝突ステージにおける衝突破壊の重要性

デブリ円盤のダストの散乱・熱放射による光度進化シミュレーションに向けたハイブリッド計算

* アブストラクト

現在の地球型惑星形成理論には、大きく分けて３つのステージが存在する。

１つ目は、原始惑星系円盤の赤道面に沈殿したダストがダスト層を形成し、重力的に不安定になったダスト層が分裂し、分裂片が集まり微惑星を形成するステージである (Hayashi et al., 1985)。

２つ目は微惑星同士が衝突合体を繰り返して原始惑星を形成するステージである。

３つ目は原始惑星同士が巨大衝突合体を繰り返して地球型惑星を形成するステージである。

地球型惑星形成後期において、火星サイズの原始惑星同士の衝突合体が起きる段階のことを巨大衝突ステージと呼ぶ。

デブリ円盤の起源は、

ダスト散逸のタイムスケールを考えると、原始惑星系円盤の残存ダストではない。（？）

微惑星や原始惑星同士の衝突破壊が起き、破片同士が次々と破壊を繰り返して小さくなり（衝突カスケード）、ダストサイズになったものと考えられている。

フォーマルハウトAのデブリ円盤の中に惑星候補天体フォーマルハウトbが可視光で発見された (Kalas et al., 2008)。

また一酸化炭素ガスが存在することが発見された(Dent, Wyatt, Roberge, et al., 2014)。

さらに、くじら座方向の49Cetiとがか座方向のβPictorisというデブリ円盤の観測から水素分子ガスが少ないという結果が得られ、ガスの起源は主にダスト同士の衝突などでガス成分が供給されているという説を支持している (Higuchi, Sato, Tsukagoshi, et al., 2017)。

つまりデブリ円盤と惑星形成過程は関係があり、デブリ円盤の進化を理解することは原始惑星系円盤の進化の理解につながると考えられている。

デブリ円盤中のダストによる散乱光や熱放射の光度進化をシミュレーションすることで、、、

衝突破壊を含めた計算する方法には、N体計算 (e.g., Chambers, 2013; Richardson et al., 2000)と、解析解を用いて統計的計算をする方法がある。

統計的計算では、軸対称かつ無限に薄い円盤といった仮定をおくことで、動径方向について面密度変化の計算ができる。

微惑星が集積する際に面密度分布が非軸対称になることや、ある程度大きく成長した原始惑星による軌道共鳴のような、重力相互作用の効果は無視することができない。

N体計算では、重力加速度を数値積分するだけでそれらのような複雑な現象を扱うことができる。

N体計算の計算コストはN^２のオーダーで増えるため、衝突破壊を扱うには工夫してコストを抑える必要がある。

N体計算と統計的計算を組み合わせたハイブリット計算をすることにより、３次元で重力相互作用を解きながら衝突破壊を扱うことができる。

具体的には、多数の微惑星を少数のトレーサーと呼ばれるスーパー粒子に近似することで計算コストを抑え、