

High-Resolution Global N-body Simulation of Planetary Formation with Fragmentation

衝突破壊プロセスを入れたN体計算における 原始惑星の動径方向移動

小南 淳子
東京工業大学



台坂 博 (一橋大学)
牧野 淳一郎 (神戸大学)
藤本 正樹 (JAXA)



2018年5月23日JpGU (PDM 3分発表)

概要

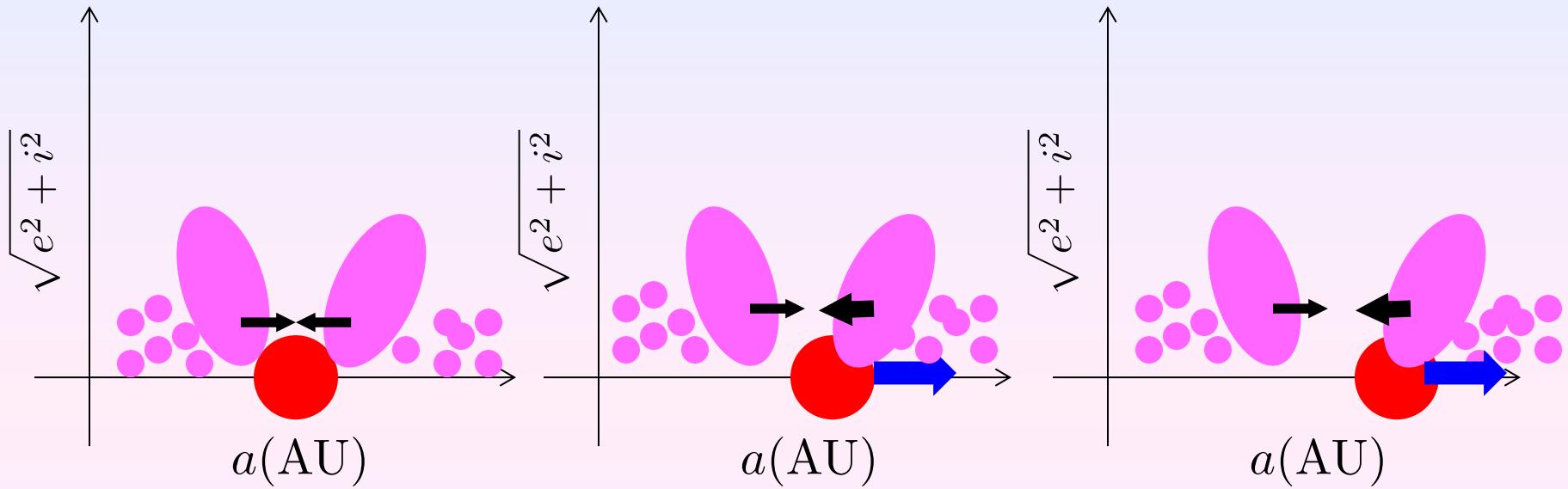
Planetesimal Driven Migration で惑星の外側移動がタイプ1惑星移動にどのようにしたら勝てるのかを検証。

衝突破壊を入れることで微惑星の離心率が下がり、完全衝突合体では実現できなかった惑星の連続的な外側移動が実現できた。

粒子数を増やすことで見えてくる物理現象が変わってくることがわかった。

微惑星による惑星の外側移動のメカニズム

(e.g. Ida et al. 2000, Minton & Levison 2014)



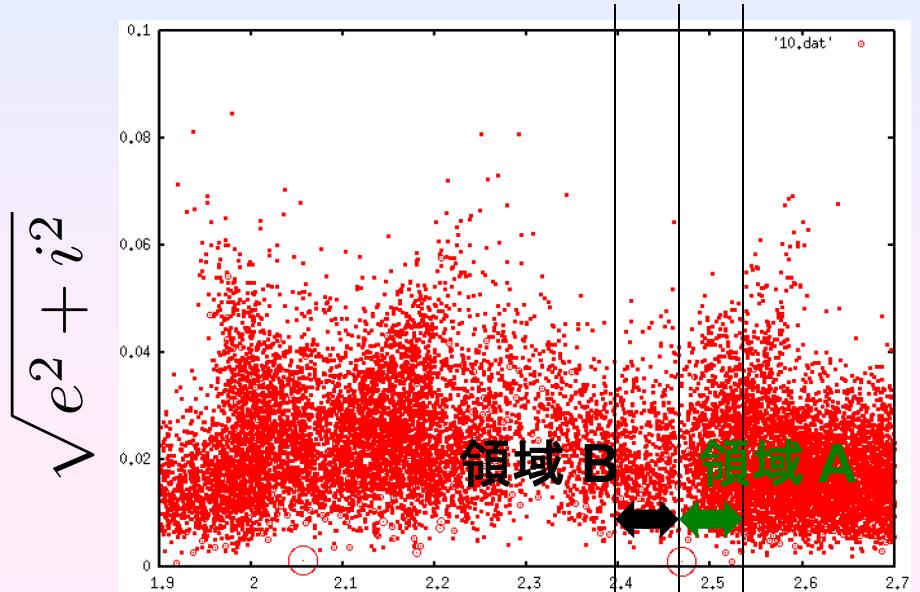
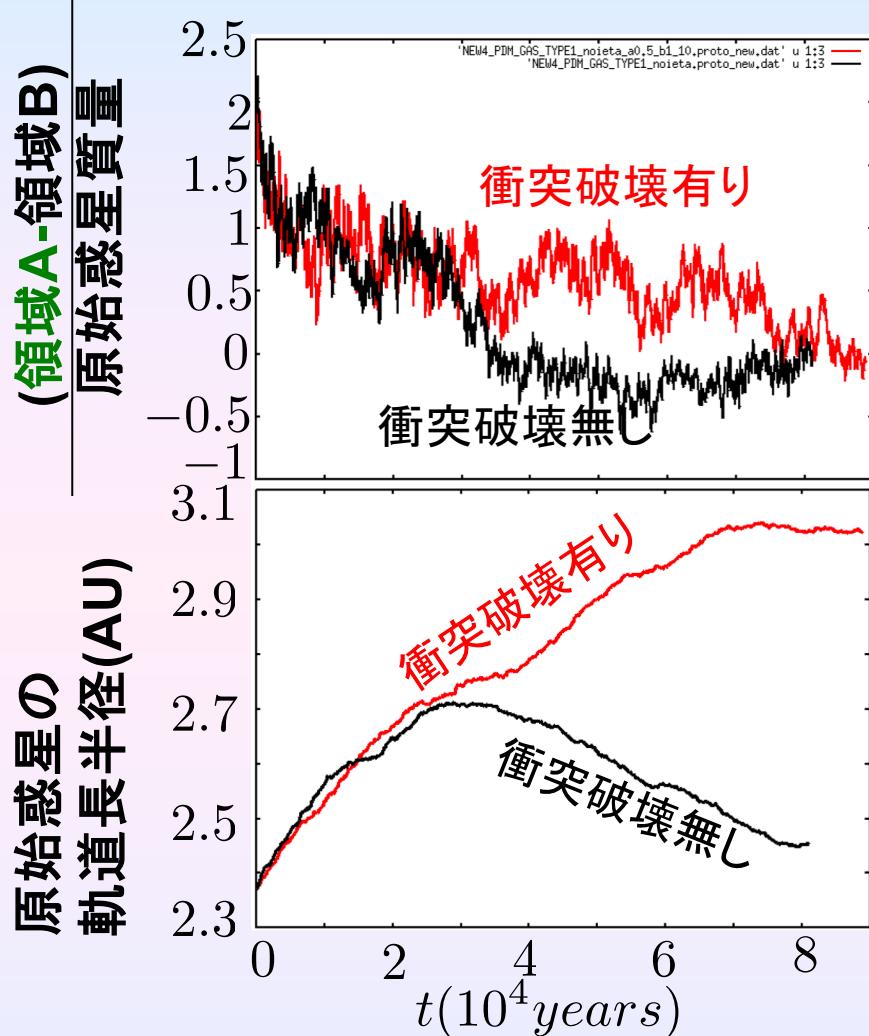
原始惑星は微惑星を重力的に散乱させる。最初は微惑星は対称に存在する。

一旦、「キック(非対称)」が生まれたら、原始惑星周りの微惑星は非対称な分布になる。

非対称が起こった先でも引き続き、非対称な分布は続き、原始惑星はどんどん微惑星から角運動量を得る。

この現象を再現するためには、少なくとも $\sim 10^5$ の微惑星が必要。
積分時間も $\sim 10^5$ 年くらいは必要。
このメカニズムが、破片を入れた時、タイプ1惑星移動に勝てるか計算した。

原始惑星の動径方向移動と角運動量源の微惑星達



$$a(\text{AU}) \sim 5 \left(\frac{m_p}{3M_\odot} \right)^{1/3} a_p$$

領域Bの微惑星の総量が
領域Aの微惑星の総量を越す
と外側移動は停止する。

衝突破壊がない場合、外側PDMはタイプ1惑星移動に負けてしまう。

破片は外側移動を継続させるには大事。また、0.5原始惑星の微惑星総量が
原始惑星の外側数ヒル以内に必要。次に原始惑星が突入する微惑星領域で多い
微惑星質量の離心率変化を見る。

まとめ

古典的惑星形成論はN体計算の果たしてきた役割は大きい

しかし、古典的惑星形成論に基づくN体計算では惑星の動径方向の移動や衝突破壊は考慮されてこなかった。

小さい微惑星や衝突によって生成される破片は、少しきめな微惑星のランダム速度を下げ、外側移動を促進させる。

さらに質量の小さい微惑星や破片を取り入れ、粒子数を多くすれば見えてくる物理は変化する可能性がある。

現在、さらに粒子数を増やし、分解能をあげる計算を行うために新たなコードを開発中。