

N 体シミュレーションを用いた初期微惑星衝突段階の研究

押野翔一 (総合研究大学院大学)

利用カテゴリ XT4B ・ GRAPE-C

【研究内容の要旨】

太陽系の惑星系は原始星周囲に存在していた惑星系円盤から形成されたと考えられている (Safronov 1969, Hayashi et al. 1985)。惑星の成長過程はいくつかの段階に分かれている。最初の段階は、円盤中のダストから微惑星が形成される過程である。ダスト層が薄い場合、重力不安定が起きて一気にキロメートルサイズの微惑星が形成される (Goldreich & Ward 1973, Youdin & Shu 2002, Garaud & Lin 2004)。この不安定により形成される微惑星の大きさは太陽系の場合、1AU 付近で 1-10km になる。この大きさの微惑星になると、微惑星間の重力相互作用が主な力となっている。そのため N 体シミュレーションが有用な手法であるが、このサイズの微惑星を用いた計算を行うと計算量が大きくなりすぎて現実的な時間では終わらなくなってしまう。そこで本申請課題では新たに開発した N 体シミュレーション用アルゴリズムの並列化を行い、この大きさの微惑星を用いた数値計算を行うことを目的としている。

本研究の実施期間において今回新たに開発した N 体シミュレーション用アルゴリズム (Particle-Particle Particle-Tree 法) の精度および性能評価が終了した。この成果については博士論文と投稿論文にまとめており、今年中に公表される予定である。

【研究成果の内容】

今回新たに開発した衝突系 N 体シミュレーションコードの精度および性能評価が完了した。図 1 は惑星形成シミュレーションにおける系全体の相対エネルギー誤差の時間変化のグラフである。エネルギー誤差がランダムに変化しているのは主なエネルギー誤差がツリー法による重力計算からきているためである。この結果から、長時間のシミュレーションではエネルギー誤差が線形に増加する direct な重力計算法よりも有利であることが示された。図 2 は粒子数に対する計算時間のグラフである。これまでの direct 計算が $O(N^2)$ で増加するのに対し、PPPT 法は同粒子数で速くまた粒子数に対する増加も $O(N \log N)$ であり、大粒子数の計算に向いていることが示された。

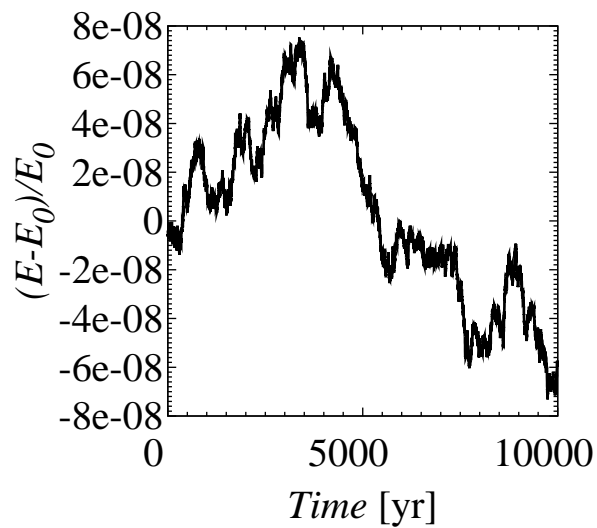


図 1: 系全体の相対エネルギー誤差。

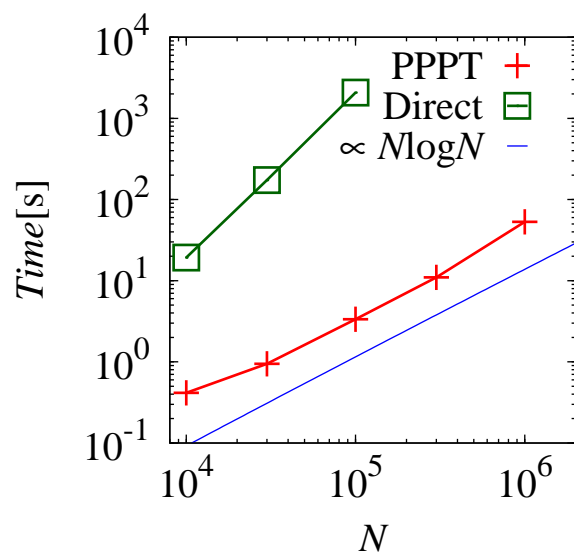


図 2: 縦軸は 1 ステップ当たりの計算時間、横軸は粒子数。PPPT 法と比較のため 4 次エルミート法での結果を併記している。