

天王星型惑星の形成過程解明に向けたN体計算による

平均運動共鳴付近の天体成長の精査

小澤麻由子(東京大学理学系研究科)

利用カテゴリ XC50

成果概要

先に内側の軌道にできた天体がある際に、その軌道共鳴の外側に微惑星が捕獲され、局所的に固体密度が上がる事が知られている。共鳴捕獲による局所的な固体密度の上昇は、天体の成長速度を上げる。一方で、共鳴捕獲された微惑星は共鳴捕獲している天体の影響を受け離心率が上がる事が知られており、これは天体の成長速度を下げる。また、微惑星の衝突合体によって共鳴捕獲から外れてしまうこともある。これらの相反する効果により原始惑星の形成がどのように変わるかは、解析的に予測することが難しく、個々の天体の運動を逐次的に追うことができるN体計算によってのみ詳細な描像を得る事ができると考えられる。従って、木星、土星、共鳴捕獲された天体を含む広範囲かつ大規模なN体計算を行い、詳細に調べる必要がある。そこで、本課題では並列ハイブリッドN体計算コードPENTACLE (Iwasawa et al., 2017) やFDPS (Iwasawa et al., 2016) を組み込んだコードを用いて今まで詳細に調べられたことのない木星型惑星の共鳴捕獲付近の微惑星集積の様子を調べることを目的とした。初期条件としてはガス散逸前の微惑星リングを想定し、微惑星の初期分布や質量、微惑星リングの幅、木星・土星の位置や惑星移動の有無をパラメーターとして設定する。先行研究では2次元において木星の軌道共鳴中で原始土星ができる様子の計算が行われた。本研究では3次元で計算を行う。それに加え、PENTACLEにより先行研究の100倍以上の粒子数を用いることが可能になるため、より小さい質量の微惑星から計算を始めることができる。先行研究では月質量程度の微惑星を初期条件としているが、これは観測や理論から示唆される実際の微惑星質量よりも数桁大きい。従って、本研究によって、より実際に近く現実的な系を初期条件として、共鳴捕獲付近の微惑星集積の様子を数値計算により明らかにすることができると考えられる。

コード整備・準備状況

本研究課題で使用するPENTACLEコードは既に開発済みであり、現在 MITライセンスのもとGithub上で公開されている (<https://github.com/PENTACLE-Team/PENTACLE>)。国立天文台のXC30でPENTACLEを用いた地球型惑星形成のシミュレーション(1万體、10万體、100万體の微惑星円盤を想定)および直接N体計算との比較も行っており、計算精度そして結果ともに整合的であることも確認済みである。申請者は、Iwasawa et al., 2017で開発されたPENTACLEを元に、そこに木星の効果を考慮するコードの実装を行なった。テスト計算および上記で述べた木星型惑星の共鳴捕獲付近の微惑星集積の様子を調べるための本計算は進行中である。また、FDPSを用いたコードの開発も同時に進行中である。