

重力不安定による微惑星形成の N 体シミュレーション

道越秀吾 (国立天文台)

利用カテゴリ GRAPE-A

現在の惑星形成理論では、微惑星は惑星形成の基本要素であり、微惑星が合体成長して、地球型惑星やガス惑星のコアになると考えられている。しかし、微惑星の形成過程は、よく分かっていない。

微惑星形成の 1 つの説は重力不安定モデルである。ダストが中心星の重力によって、徐々に中心面に沈殿し、高密度ダスト層ができる。十分に高密度になるとダスト層が重力不安定になる。その結果、ダスト層は分裂し、キロメートルの微惑星が形成される。

ダスト層の重力不安定の線形解析は、行なわれているが [1]、重力不安定の非線形段階は、まだよく理解されていない。我々は、N 体シミュレーションによって、重力不安定による微惑星形成を調べてきた [2, 3]。特にこの研究では、層流ガスからの摩擦力の効果について調べた [4]。

摩擦力を考慮しない場合の線形解析の結果によると、不安定性は、Toomre の Q 値によって特徴付けられる。 $Q < 1$ のとき、自己重力的に不安定である。一方、ガス摩擦の効果を検討した場合、ダスト層は、 Q 値が 1 よりも大きい場合でも不安定であり、成長時間が著しく長い [4]。

計算の初期段階では、重力不安定であったとしても、その成長時間が、ダストの沈殿や、速度分散の減少のタイムスケールよりも長い。したがって、重力不安定が発展するよりも早くディスクが薄くなる。十分にダスト層が薄くなったとき、重力不安定のタイムスケールが早くなり不安定が卓越しはじめる。その結果ダスト層の分裂が始まる。

重力不安定が卓越したあとの時間進化は、3 つの段階に分けられる。ウェイク構造の形成、微惑星の種の形成、そして微惑星の種の衝突成長である。

図 1 の右上の図は、微惑星形成の初期段階である。非軸対称な密度構造があらわれているのがわかる。この構造は、土星のリングで知られた構造であり、ウェイク構造と呼ばれ、重力不安定によって形成される。

次に左下の図にあるように、ウェイク構造の高密度部分が、小さな塊に分裂する。これが微惑星の種となる。その後、微惑星の種の衝突合体によってすばやく成長する。最終的には、大きな微惑星が形成され、計算領域内のほとんどの粒子は、大きな微惑星によって吸収される。

参考文献

- [1] Sekiya, M. 1983, Progress of Theoretical Physics, 69, 1116
- [2] Michikoshi, S., Inutsuka, S.-i., Kokubo, E., & Furuya, I. 2007, ApJ, 657, 521
- [3] Michikoshi, S., Kokubo, E., & Inutsuka, S.-i. 2009, ApJ, 703, 1363
- [4] Michikoshi, S., Kokubo, E., & Inutsuka, S.-i. 2010, ApJ, 719, 1021

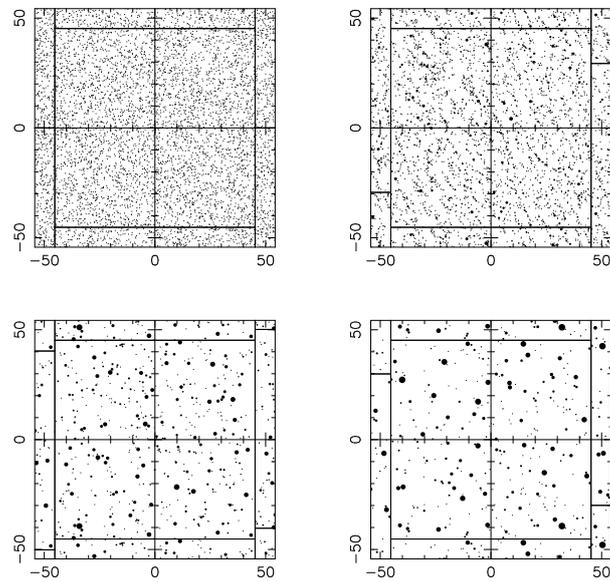


図 1: 微惑星形成の N 体シミュレーションのスナップショット. 時刻は, $t = 0.0T_K$ (左上), $t = 0.4T_K$ (右上), $t = 0.8T_K$ (左下), $t = 1.2T_K$ (右下) である. T_K はケプラー周期である.