

## 地球型惑星領域における原始惑星の形成

### Formation of Protoplanets in the Region of Terrestrial Planets

# 椎塚 詰仁 [1], 井田 茂 [2]

# Kouji Shiidsuka [1], Shigeru Ida [2]

[1] 東工大・理工・地球惑星, [2] 東工大・地惑

[1] Earth and Planetary Sci., Tokyo Institute of Technology, [2] Dept. of Earth and Planetary Sci., Tokyo Inst. of Tech.

我々はN体計算により、多数の微惑星集団から少数の準安定軌道の原始惑星が形成されるまでの過程を調べた。これまでの3次元N体計算は軌道半径の狭い領域に限られていたが、今回微惑星集団は軌道半径によって成長時間が大きく異なるような広い範囲（1 AU間隔程度）に分布させた。

計算の結果、一番内側の領域で始まった原始惑星の暴走成長が外側へと伝搬し、最終的に同程度の質量の原始惑星が10倍ヒル半径程度の間隔で並ぶという結果を得た。

近年の惑星集積理論により、微惑星の集積過程には「暴走成長」と「寡占的成長」とよばれるモードが一般的に存在することがわかってきた。暴走成長とは質量の大きい微惑星ほど他を圧倒して質量が大きくなっていくという成長の様式であり、「暴走」成長した微惑星は原始惑星とよばれる。一方これらの原始惑星は、互いに軌道反発というプロセスによってある程度の軌道半径の間隔を保ちながら共成長していく。このように原始惑星系は暴走成長とはことなるモードで進化する（寡占的成長）。その結果、同程度の質量の原始惑星が互いに10倍ヒル半径程度の軌道半径の間隔を保ちながら形成されるということが、小久保らによるN体シミュレーションによって示されている（Kokubo & Ida 1998, 1999）。

しかしこれらの計算は軌道半径の狭い領域（ $\sim 0.1$  AU）に限られたものであり、軌道半径によって成長時間が大きく異なるような広い領域で原始惑星がどのように成長し、分布するのかは明らかではない。

我々は重力N体計算専用計算機GRAPE-4を用いて3次元のN体シミュレーションを行ない、多数の微惑星集団から少数の準安定軌道の原始惑星が形成されるまでの過程を調べた。初期条件として、微惑星集団は0.5-1.5 AUもしくは0.3-2.0 AUの広い範囲に4000-6000体を分布させた。また、原始太陽系星雲ガスの微惑星へのガス抵抗がある場合とない場合と両方についてシミュレーションをおこない、比較をした。シミュレーションの結果、一番内側の領域で始まった原始惑星の暴走成長が外側の領域へと伝搬し、最終的に同程度の質量（火星質量程度）の原始惑星が軌道半径方向に10数個並ぶという観測結果を得た。また隣あう原始惑星の間隔は10倍ヒル半径程度となり、小久保らの計算と一致した。これらの結果は計算の初期条件にはあまりよらない。また原始惑星の成長のタイムスケールは、大体軌道半径の3乗に比例するという結果を得た。

最終的に形成された原始惑星系では原始惑星どうしの強い相互作用は起こらず、数万年～数十万年のタイムスケールでは安定なように思える。原始惑星系から最終的な地球型惑星系への進化は、木星型惑星による摂動などの長周期の不安定（e.g. Ito & Tanikawa 1999, Chambers & Wetherill 1999）によって引き起こされるであろう。

本講演では以上のシミュレーション結果を説明する他、ガス近似の手法によるアプローチ（e.g. Inaba et al. 1999）との比較にも触れたい。