

原始惑星系円盤との重力相互作用を考慮した地球型惑星形成

The Effect of Dynamical Friction on Formation of the Terrestrial Planets

小南 淳子[1], 井田 茂[1]

Junko Kominami[1], Shigeru Ida[2]

[1] 東工大・地惑

[1] Earth and Planetary Sci., T.I.Tech., [2] Dept. of Earth and Planetary Sci., Tokyo Inst. of Tech.

<http://www.geo.titech.ac.jp>

地球型惑星形成の最終段階の N 体シミュレーションを原始惑星と残存微惑星集団や原始惑星系円盤ガスとの重力相互作用（力学的摩擦）を考慮して行い、現在の地球型惑星のような系が再現されるような力学的摩擦の強さの範囲を調べた。つまり、軌道交差は抑えないが、衝突合体して数が減った原始惑星の軌道離心率は一千万年程度の適当な時間で十分に減少していくという力学的摩擦の強さである。我々の計算結果によると、原始惑星群と同程度の全質量の微惑星集団、または、初期質量の 0.1 ~ 1 % の残存ガスがあればよいことがわかった。この結果をもとに地球型惑星の形成の全体的な流れを議論する。

地球型惑星形成の最終段階の N 体シミュレーションを原始惑星と残存微惑星集団や原始惑星系円盤ガスとの重力相互作用（力学的摩擦）を考慮して行った。

地球型惑星は二つの段階を経て形成されると考えられている。まず、微惑星が衝突合体により暴走成長し、地球型惑星形成領域（0.4 ~ 2.0 AU）に十から二十個の原始惑星が形成される (Kokubo & Ida 1998, 2000)。それぞれの原始惑星の大きさは火星サイズで、間隔は太陽からの距離の等比数列的になる。また、その原始惑星の軌道は円軌道に近い。

次の段階ではその原始惑星どうしの長時間の摂動、あるいは木星などの巨大惑星からの影響で原始惑星の軌道離心率が序じょに大きくなる。その結果、原始惑星は軌道交差するようになり、衝突合体を始める (Chambers et al. 1996, Ito & Tanikawa 1999, Nagasawa et al. 2000)。最終的に現在の地球型惑星のようなサイズの惑星が数個できる (Chambers & Wetherill 1998)。

しかし、Chambers & Wetherill (1998) の N 体計算の結果では、出来上がった惑星の軌道離心率は 0.1 程度で、現在の地球や金星のものより一桁くらい大きい。これは軌道交差を起こすようになったときの原始惑星の軌道離心率がかなり大きいので衝突合体による散逸がおこっても、0.1 程度の軌道離心率が残ってしまうからである。従って、現在の地球型惑星の軌道を再現するには衝突による散逸のほかにもっと有効な散逸プロセスが必要となる。今までの N 体計算では、考慮されていなかったが、散逸しかけた円盤ガスやまだ集積していない微惑星の重力相互作用 (Stewart & Wetherill 1988, Ward 1993) が重要であろう。

本研究では、この重力相互作用を力学的摩擦力として (Chandrasekhar 1943) 軌道計算する際に直接取り入れた。我々の計算結果によると、力学的摩擦の強さにより出来上がる惑星の質量や配置間隔、軌道離心率は変わってくる。弱すぎると最終的な軌道離心率は大きすぎ、また、強すぎると軌道交差自体が十分に起こらず (Iwasaki et al. 2001)、サイズの小さい惑星が狭い間隔で形成される。

我々は現在の地球型惑星のような系が再現されるような力学的摩擦の強さの範囲を調べた。つまり、軌道交差は抑えないが、衝突合体して数が減った原始惑星の軌道離心率は一千万年程度の適当な時間で十分に減少していくという力学的摩擦の強さである。我々の計算結果によると、原始惑星群と同程度の全質量の微惑星集団、または、初期質量の 0.1 ~ 1 % の残存ガスがあればよいことがわかった。この結果をもとに地球型惑星の形成の全体的な流れを議論する。