

原始惑星系円盤におけるダストの沈殿と成長

長谷川幸彦、釣部通(大阪大学)

原始惑星系円盤において、ダストは成長しながら円盤の赤道面へ向かって沈殿しつつ、原始星へと落下していく。Adachi et al. (1976)は、原始太陽系星雲(太陽系の原始惑星系円盤)に関して、メートルサイズのダストが最も早く落下する(約 100 年)ことを明らかにした。これは、ダストが成長してもメートルサイズの段階で大量のダストが原始星へと落下してしまう可能性があることを意味している。この落下を抑制するには、cm サイズ程度のダストが短時間で km サイズの微惑星に成長すればよい。ダストは円盤の赤道面へ向かって沈殿して赤道面付近にダスト層を形成するが、このダスト層はある臨界密度を超えると重力不安定を起こして分裂する(Safronov 1969, Goldreich & Ward 1973, Sekiya 1983)。分裂片内はダスト密度が高いため、ダストの成長が促進されて短時間で成長できる。このため、原始惑星系円盤進化におけるダストの運動と成長は、その後の惑星形成過程を左右する重要な要素となる。

Nakagawa et al. (1981)は、原始太陽系星雲に関して、 $r = 1[\text{AU}]$ においてダストが赤道面に垂直な方向に沈殿しつつ沈殿と熱運動によってダストが衝突・合体して成長するモデルを用いて数値計算を行い、計算開始から 5000 年で cm サイズのダストから成るダスト層が重力不安定を起こすのに必要な密度に達することを示している。しかし、Nakagawa et al. (1981)で用いられた数値計算は特に円盤の赤道面付近の計算格子の空間分解能が粗く、赤道面に最も近い計算格子の幅は、円盤が重力不安定を起こすのに必要な典型的な厚みの約 1000 倍であった。そのため、すべてのダストが赤道面に最も近い計算格子内に沈殿してもその密度は重力不安定を起こすのに必要な値には全く達しないという問題点があった。

そこで本研究では、原始太陽系星雲に関して、先行研究(Nakagawa et al. 1981)と比較して特に赤道面付近での計算格子の幅の細かい数値計算を行い、ダストの沈殿と成長の様子を再計算した。太陽系形成について考え、原始惑星系円盤には Hayashi モデル(Hayashi 1981, Hayashi et al. 1985)を用いた。先行研究と同様にダストの合体・成長方程式を数値計算で解いたが、計算格子については、赤道面に最も近い計算格子の幅を円盤が重力不安定を起こすのに必要な典型的な厚みの約 1000 分の 1 倍となるようにした。

その結果、ダスト層が重力不安定を起こすのに必要な密度に達するまでの時間は、先行研究(Nakagawa et al. 1981)と比べて明らかに短くなった。これは、先行研究ではひとつの計算格子として扱われて分解されていなかった領域での密度分布の詳細が表れているためだと考えられる。