

# ダストの合体成長に基づいた惑星形成

## ダストから暴走成長までの統計シミュレーション

西川花<sup>1</sup>、小林浩<sup>1</sup>

<sup>1</sup>名古屋大学大学院理学研究科

原始惑星系円盤の中に存在する  $0.1 \mu\text{m}$  程度のダストは、衝突合体を繰り返し、数 km の微惑星、数千 km の原始惑星という段階を経て 1 万 km 以上の大きさの惑星に成長していく。惑星形成はこのように  $10^{14}$  桁にわたる非常に幅広いサイズにまたがる過程であるため、これまでの研究はダストから微惑星、微惑星から原始惑星、原始惑星から惑星、といったようにサイズ空間に対して部分的に行われてきた。しかし、ダストの円盤動径方向への移動により、微惑星形成時の面密度分布は初期分布から著しく変わる。したがって、部分的な研究では初期条件に対してどのような惑星が形成されるのか調べることはできない。さらに、円盤の内側ほど成長の時間スケールが短いため、円盤内側ではすでに微惑星から惑星形成段階だが、円盤外側ではまだダスト成長段階という状況になりうる。するとダストの動径移動により内側円盤に固体が供給され、微惑星の成長に影響を及ぼす。このような効果を包括的に考慮するには円盤全体において固体天体の広いサイズ分布の進化を調べる必要がある。そこで本研究では、物理的性質の異なるダストから微惑星までの成長、微惑星以降の成長を一貫して扱うことができる数値計算コードを開発し、サイズ ( $0.1 \mu\text{m}$ –数千 km)、時間 ( $0$ – $10^7$  年)、空間 (5–100AU) 的に大きなスケールで惑星形成過程の統計的シミュレーションを行う。ダストは衝突を繰り返す中で、多くの空隙を持つブドウの房のような構造で成長する。シミュレーションではこの効果を考慮し、ダストの密度をモデル化して与える。このようなダストは衝突エネルギーをうまく散逸できるため、衝突破壊はほとんど起こらない。よってシミュレーションでは衝突に対し完全合体を仮定する。また、ガス抵抗による動径移動を考慮する。その結果、10AU より内側では高空隙ダストは動径移動する前にガス抵抗を感じなくなるほど成長でき、微惑星サイズの天体が形成される。微惑星が自己重力の効く大きさまで成長すると暴走成長が起こり、原始惑星が形成される。一方、10AU より外側ではダストの動径移動の効果が強く、微惑星サイズまで成長できない。このようなダストは内側円盤に移動し微惑星に吸収される。その結果、暴走成長が開始する時に円盤内側の面密度は初期の 2 倍ほどまで上昇することがわかった。