

## 問題点

本研究において、さらなる考察が必要であると思われる点を列挙する。

- 固体粒子の移動による数密度変化
- 乱流
- 粒子のメートルサイズでの抵抗則
- 落下時間の見積もり
- 粒子の衝突破壊と付着確率

以下順番に説明する。

### 1 粒子の移動による数密度変化

固体粒子は成長しながら、subnebula 内を移動しており、粒子の数密度は時間によって変化する。本研究では固体粒子の移動速度を考慮しているが、固体粒子の移動による subnebula 内の各点での数密度変化は考えていない。粒子の空間密度の2乗に比例して固体粒子の衝突回数が増えるため、粒子の粒径の時間進化に影響を与える。

### 2 乱流

subnebula の冷却やケプラーシアーによって、subnebula 内では乱流が起こる。

乱流が強い場合、固体粒子は舞い上げられて、沈殿や落下による粒子空間密度の増加が起こりにくくなる。乱流が弱い場合はその逆である。前述の固体粒子移動による数密度変化を考慮した場合、乱流の強さは粒子の時間進化に影響を与える可能性がある。

また、乱流によって粒子の移動速度も変化する。乱流を考慮した場合の cm サイズ以下の固体粒子の移動速度は、以下の式で表され、乱流係数の大きさによって移動速度は変化する(井田, 渡邊, 1996)。粒子同士の相対速度は衝突確率のパラメータであるため、乱流による速度変化も粒子の時間進化に影響を与えるかもしれない。

### 3 粒子のメートルサイズでの移動速度

固体粒子の移動速度は粒径によって変化する、本研究では固体粒子の移動速度を表す式を、抵抗則の違いによって cm サイズ以下のダストの場合と km サイズ以上

の微惑星の場合に分けて求めた。粒径が m サイズの場合の速度は cm サイズ以下の速度を外挿して用いている。

抵抗係数  $C_D$  は Mach 数, Reynolds 数, Knudsen 数のうちどれか 2 つの数の関数であるため, ガスとの相対速度, ガスの平均自由行程によって変化する (Adachi et al., 1976). 論文中では cm サイズでの速度を m サイズまで外装しているが, ここで使った抵抗係数は本来 Reynolds 数と Mach 数が十分小さい場合のものであり, 今回の場合メートルサイズでの Reynolds 数は 0.3 を超え, メートルサイズにまで外装するのは適当ではないかもしれない。

## 4 落下時間の見積もり

本研究での木星まで落下する時間は, 粒子が最大速度で落下していく場合を考えて導かれている。粒子の移動速度は粒径によって変化するため, 本研究での落下時間は大きく見積もりすぎている。落下時間は, 粒径によって変化する移動速度を, きちんと時間で積分して求める必要がある。

## 5 粒子の破壊と付着確率

粒子は相対速度をもって運動するため, 速度によっては粒子が付着せずに破壊してしまう可能性がある。粒子破壊により, 小さな粒子の個数を変化する

粒子はその組成, 空隙率などによって大きく破壊または付着条件が変わる。氷と岩石から成る物体は, 空隙率が大きいほど破壊に要するエネルギーが小さく, つまり壊れやすい。しかし同じ空隙率を持ち, 氷のみからなる物体は逆の傾向を示す (Arakawa et al., 2002). 今回は粒子の破壊は無く, 付着確率は 1 であるとして計算を行ったが, 観測により小惑星は 40-60% もの高い空隙率を持つ可能性があることがわかっており (Britt and Consolmagno, 2001), より詳細な粒子の時間進化を追うためには小惑星の物性を考慮した破壊条件, 付着確率を考えることが必要となる。

## 参考文献

- [1] Britt, D.T., and G.J. Consolmagno, 2001. Modeling the structure of high porosity asteroids. *Icarus* **152**, 134-139.
- [2] Isao Adachi, Chushiro Hayashi and Kiyoshi Nakazawa, 1976. The Gas Drag Effect on the Elliptic Motion of a Solid Body in the Primordial Solar Nebula, *Progress of Theoretical Physics*, **56**, 1756-1771.

- [3] Masahiko Arakawa, Jacek Leliwa-Kopystynski and Norikazu Maeno, 2002. Impact experiments on porous icy-silicate cylindrical blocks and the implication for disruption and accumulation of small icy bodies, *Icarus* **158**, 516-531.