

グレインアグリゲイト相互衝突の構成物質依存性

Composing material dependence on collisional outcome between grain aggregates

城野 信一[1]

Sin-iti Sirono[1]

[1] 神戸大自然

[1] Graduate School of Science and Technology, Kobe University

微惑星形成過程の中でもっとも重要なプロセスは、原始惑星系星雲におけるグレインアグリゲイト相互の衝突である。そこで本研究ではグレインアグリゲイト同士の衝突を SPH 法を用いてシミュレーションを行った。その結果、アグリゲイト同士の衝突は構成グレインの付着性、アグリゲイトの強度に大きく依存することが明らかとなった。この結果から、微惑星は原始惑星系星雲において不均質に形成されることが示唆される。

現在の惑星系形成論のボトルネックは、いかにして微惑星が形成されたのかが明らかになっていないことである。旧来はダスト層の自己重力不安定性によりサブミクロンサイズのダストグレインがキロメートルサイズまで飛躍的に成長するものと楽観視されていた。しかし Weidenschilling (e.g. 1993) の指摘により、ダスト層の重力不安定が起るかどうかは疑問視されている。重力不安定が起らないならば、サブミクロンサイズのダストグレインは相互衝突、合体を繰り返してキロメートルサイズまで成長するほかはない。

この問題意識のもとに、グレインおよびそのアグリゲイトの相互衝突の実験 (e.g. Blum and Wurn 2000) および数値計算 (Dominik and Tielens 1997, Sirono 1999) が行われてきた。しかしどちらの場合にしても微惑星形成において重要なサイズとなる、センチメートルからメートルサイズ (Weidenschilling 1993) よりも遥かに小さなサイズのアグリゲイトしか取り扱われていない。

そこで本研究ではグレインアグリゲイトを連続体とみなし、その衝突過程を SPH 法を用いてシミュレーションを行った。アグリゲイトを連続体とすると、重要なパラメータは圧縮強度、引っ張り強度、弾性定数となる。しかしこれらのパラメータには大きな不定性がある。たとえば、多結晶氷の引っ張り強度は 10 気圧程度であるのに対し、シューメーカー・レビー第九彗星の引っ張り強度はその一万分の一程度に見積もられている。そこでこれらのパラメータを桁で変化させ、衝突の結果合体がおこるパラメータ空間を明らかにした。

強度、弾性定数の他にもう一つ重要なパラメータとして構成グレインの付着性がある。アグリゲイト中のグレインは、ファンデルワールス力等の粒子間力で付着している。グレインのサイズはサブミクロンと小さいため、粒子間力の効果は相対的に大きく、一度結合が切れたとしても接触すれば付着がおこる。そのため、ひとたびアグリゲイト内で破壊 (グレインの引き離し) がおこったとしても、アグリゲイトの密度が上昇すればグレインが再結合し、アグリゲイトの強度は上昇することになる。この再付着効果を入れた場合と入れない場合とで計算結果を比較した。

シミュレーションの結果、次の 2 点を満たしているとアグリゲイトが合体することが明らかになった。

- 1) グレインの再付着効果
- 2) 引っ張り強度が圧縮強度よりも大きい

2) の条件はグレインの相互作用の特性を考慮すると満たされる (Sirono and Greenberg 2000)。1) の条件を満たすのは次の 2 つの場合が考えられる。

- 1) グレイン表面の凹凸が小さい場合
- 2) グレイン表面が有機物で覆われている場合 (香内ほか 2000)

有機物の付着性には温度依存性がある。また、アグリゲイトの強度は焼結により大きく変化することが予想される (Sirono 2000)。したがって、原始惑星系星雲内の温度におうじて微惑星ができやすい領域とそうでない領域が存在することが期待される。