

原始太陽系星雲内におけるダストの成長合体

Dust coagulation in the solar nebula

城野 信一[1]

Sin-iti Sirono[1]

[1] 名大環境学

[1] Department of Earth and Planetary Sciences, Nagoya University

<http://epp.eps.nagoya-u.ac.jp/~sirono/>

原始太陽系星雲におけるダストの成長合体に関原始太陽系星雲におけるダストの成長合体に関するレビューを行う。ダ原始太陽系星雲におけるダストの成長合体に関するレビューを行う。ダストの成長合体は微惑星形成に必須の条件であり惑星形成の第一段階であるが、ダストの成長合体が進行する条件には不明な点が多い。

現在までに明らかになっている主なことは：

1) 2つのダスト粒子が衝突合体する速度

合体をおこすための臨界速度は表面エネルギーをもつ弾性球に対して Choksi et al. (1993)により理論的に求められた。実験ではこの予測された速度よりも一桁大きい値が報告されている(Poppe et al. 2000)。

2) ダスト粒子がいくつか(10~100個程度)集合したアグリゲイトが衝突合体する速度

Dominik and Tielens (1997)により数値シミュレーションが行われ、衝突の結果は一对のダスト粒子間の結合エネルギーからおおよそ予測できることが示された。Blum and Wurm (2000)によって実験的にもこの予測がおおむね正しいことが確認された。

3) ダスト粒子がいくつか(10~100個程度)集合したアグリゲイトにおける焼結の効果

焼結が進行すると衝突の際のエネルギー散逸率が大きく低下する(Sirono 1999)。ここから合体率が低下することが期待される。焼結の進行は温度に大きく依存するため合体率の温度依存性が示唆される。

4) ダストを構成する有機物の付着性

太陽系星雲におけるダストには多量(質量比で約20%)の有機物が含まれていると推定されている(Greenberg 1998)。実験室で合成されたモデル星間有機物は顕著な付着性を示すことが実験的に明らかにされた(Kouchi et al. 2002)。このことはダスト粒子の合体成長において大きな物質依存性があることが示されている。

以上をふまえて今後の課題と考えられることは：

1) ダストを構成する物質の力学物性、およびダストの表面物性

ダストは大きくわけて鉱物、H₂Oをはじめとする氷、そして有機物で構成されている。それぞれの物質の弾性率、強度といった力学物性が重要である。特に有機物の粘弾性の性質を適切に表すモデルが必要である。また、サブミクロンサイズのダストにおいてはその相互作用は表面の状態に大きく依存するため表面物性の特徴づけが必要である。

2) ダスト粒子間の力学的相互作用

現在までのところダスト粒子対の力学的相互作用は、弾性球の接触問題に対するヘルツ解に表面エネルギーの効果を取り入れたJKR理論で記述されてきた。ダストの結合部が機物などの粘弾性物質で覆われている場合、また焼結が進行して結合部が拡大した場合の力学的相互作用を求める必要がある。

3) アグリゲイトのマクロな力学物性

構成するダスト粒子の数が十分大きい場合は、アグリゲイトの衝突の結果はマクロな力学物性で特徴づけられる。アグリゲイトのマクロな力学物性は、ミクロな情報であるダスト粒子間の力学物性と粒子の配置に依存する。ある特定の配置を仮定した場合についてはSirono and Greenberg (2000)によって弾性率と強度が算出された。より一般の配置をとった場合に力学物性がどのように変化するのは明らかでない。また、実験的にアグリゲイトのマクロな力学物性を測定することも必要である。