

ダストアグリゲイトの熱物性と密度進化

荒川創太（国立天文台）

原始惑星系円盤中でミクロンサイズのダスト粒子は衝突合体等によって成長し、微惑星が生まれる。形成された微惑星は放射性核種の壊変熱等によって加熱され、焼結による圧密や天体内部の分化を経験する。そして熱進化した微惑星の破片を我々は隕石等として観察し、太陽系においていつ、どこで、どのような微惑星が生まれたのかを議論している。つまり、ダストアグリゲイトの衝突進化や物性（特に熱物性）に関する情報は、微惑星形成を太陽系の物質的な証拠に基づき議論する上で必要不可欠なものである。この講演では、(1) 原始惑星系星雲中でのダストアグリゲイトの初期密度進化、(2) ダストアグリゲイト・微惑星の熱伝導率、(3) 焼結による微惑星の密度進化、の3つの話題についてレビューする（詳細は発表スライドを参照されたい）。

1. 円盤中でのアグリゲイトの初期密度進化

円盤中でのダストアグリゲイトの密度進化は実験および数値計算によって調べられている。特に成長初期は ballistic cluster-cluster aggregation (BCCA) と呼ばれる成長様式でほぼ変形せずに付着合体し、フラクタル次元が2程度の極端に低い充填率を持つダストアグリゲイトが形成されることが知られている。ただし、これはモノマー粒子が同一粒径の場合についての結果であり、粒子サイズに分布がある場合には BCCA とは異なるフラクタル次元で成長することがある (Kaneko et al. 2021)。このアグリゲイトの初期密度構造は、アグリゲイトが微惑星サイズに成長し自己重力で圧縮される段階での圧縮強度に影響を与えるため、微惑星の材料となるモノマー粒子のサイズ分布（実は星間ダストのサイズ分布とコンドライト隕石のマトリックス粒子のサイズ分布は異なるかもしれない）およびその成長様式を明らかにする必要がある。

2. ダストアグリゲイト・隕石の熱伝導率

ダストアグリゲイトの熱伝導率は微惑星の熱進化において最も重要なパラメータのひとつである。この講演では我々が取り組んできたダストアグリゲイト伝熱数値シミュレーションの結果を紹介し、また、得られた結果がダストアグリゲイトのフラクタル構造から理解できることを説明する（これらの計算には準静的に圧縮された BCCA アグリゲイトを用いた）。加えて、粉体試料の熱伝導率に関する実験的研究についても解説し、また、我々が最近取り組んでいる希少サンプルの測定を目指した小型装置の開発状況についても報告したい。

隕石の熱伝導率については Yomogida & Matsui (1983) を筆頭に多数の測定報告がある。微惑星の熱進化を計算する際、多くのモデルでは高充填率側において隕石の熱伝導率の充填率依存性を採用している。しかし、隕石の熱伝導率は平面的な微小クラックによって伝熱が阻害されているというモデルでよく説明できるため、これが焼結圧密された微惑星の熱伝導率として適切かどうかは議論の余地があると考えている。

3. 焼結による微惑星の密度進化

微惑星の密度進化において加圧焼結が重要な役割を果たす。この講演では加圧焼結の基礎的な物理過程を解説する。また、焼結圧密から太陽系小天体の形成・集積についてどのようなことがわかるのか、いくつかの具体例をもとに議論する（太陽系外縁天体の密度・サイズの関係、リュウグウのボルダー密度、など）。