

高速ガス流中における融解ダストの数値流体解析

Numerical analysis of molten droplets in a rarefied gas flow

三浦 均[1]; 中本 泰史[2]

Hitoshi Miura[1]; Taishi Nakamoto[2]

[1] 筑波大・数物; [2] 筑波大・計科セ

[1] Pure and Applied Science, Univ. of Tsukuba; [2] CCS, Univ Tsukuba

隕石中には、直径数 100 ミクロン程度の球状の珪酸塩鉱物が大量に含まれており、これらはコンドリュールと呼ばれている。これは、原始太陽系星雲内部に存在した珪酸塩ダストが何らかの加熱メカニズムによって融解し、表面張力で丸くなり、その後急冷してできたと考えられている。このようなダスト加熱の有力なメカニズムとして、衝撃波加熱モデルが注目されつつある(e.g., Iida et al. 2001, *Icarus* 153, 430-450)。このモデルでは、ガスとダストからなる原始太陽系星雲内部で衝撃波が生じると、衝撃波面通過直後にガスとダストの間で相対速度が発生し、ガス摩擦によってダストが加熱される。ガス密度や衝撃波速度の条件が適切であれば、ダストは融解する。このような高速ガス流中に融解したダストが置かれた場合の力学的挙動は、その後形成されるコンドリュールのサイズや形状に影響を及ぼすと考えられている(Susa & Nakamoto 2002, *ApJ* 564, L57-L60)が、詳しいことはまだ分かっていない。

我々は希薄な高速ガス流中での液滴のダイナミクスを調べるために、数値流体計算コードの開発を行なった。液滴の運動は、粘性、ガス流による動圧、表面張力によって支配される。表面張力を導入するためには、液滴と周囲のガスの境界(界面)をシャープに記述する必要があり、我々はCIP法(Yabe et al. 2001, *J. Comp. Phys.* 169, 556-593)を用いた。実際に我々の開発した計算コードでは、計算が進んでも液滴界面はほとんど拡散せずにシャープに記述された。また、表面張力による液滴表面の微小自由振動の周期は、解析的に求めた振動周期とよく一致した。

以上の計算コードを用いて、希薄ガス流中での液滴のダイナミクスを調べた。まず、液滴の崩壊過程は主に2つの無次元量: Weber 数(表面張力に対する動圧の比)と Ohnesorge 数(表面張力に対する粘性の比)で区別できることが知られている。我々は様々な Weber 数と Ohnesorge 数に対して計算を行ない、数値解を得ることに成功した。変形の割合が小さい場合は、変形や内部流のパターンは Sekiya らによる線形解析の結果(Sekiya et al. 2003, *Prog. Theo. Phys.* 109, 717-728)と調和的である。また、彼らの解析では扱えない大きな変形の場合についても、安定した解を得た。さらに、Weber 数がおよそ 10 を越えると崩壊する(液滴形状を保てなくなる)という実験結果を再現できた。従って、今回開発した計算コードは従来の結果をよく再現でき、かつ従来計算では扱えなかった現象に対しても適用可能であると言える。

最後に今後の展望を述べる。上記の計算結果は簡単のため、液滴内部全体にわたって物性値(粘性等)が一定であると仮定した。しかし実際には、ダストはガス摩擦によってダスト前面のみが加熱されることによって、内部に温度非一様が生じると考えられる。粘性や表面張力は温度に依存するため、これらの物性値が空間的に非一様になることは十分想定される。これは、今回のモデルに熱伝導や対流による熱輸送の効果を取り入れて解析を行なうことで考慮することが出来る。また、今回は最初に全溶融したダストを仮定したが、実際には加熱された面から徐々に解けていく。将来的にはこのような系に対してシミュレーションを適用し、高速ガス流中における融解ダストの力学的・熱力学的挙動について詳しく解析して行く予定である。