

衝撃波加熱コンドリュール形成モデル：ガス流中で回転する液滴形状の解析

Shock-wave heating model for chondrule formation: shape analysis of rotating droplet exposed to 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

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

コンドリュールとは、地球に落下する隕石の大半を占めるコンドライト隕石に普遍的に含まれる mm サイズの球状の珪酸塩鉱物である。それらの前駆体物質は原始太陽系星雲内部を漂っていたシリケートダストであると考えられており、何らかのメカニズムで短時間の間に加熱されて融解し、冷却して再固化したものだと考えられている。衝撃波加熱モデルは最も有力なコンドリュール形成メカニズムのひとつであり、ダストが高速ガス流にさらされたことによる摩擦によってダストを加熱する。

土 '山ら (2003) は、X 線マイクロトモグラフィを用いてコンドリュールの 3 次元形状を測定したところ、その形状は完全な球でないことを発見した。彼らはコンドリュールの形状を三軸楕円体で近似し、軸半径の長い順に a 軸 (半径 A)、b 軸 (半径 B)、c 軸 (半径 C) とした。軸比 C/B と B/A をプロットしたところ、(1) コンドリュールの形状は、オプレート ($A \sim B > C$)、三軸不等 ($A > B > C$)、プロレート ($A > B \sim C$) など、様々な形状をとる、(2) 形状はふたつのグループ A と B に分類できる、ということが分かった。

我々は、コンドリュール形状が完全に球でないところに、形成モデル解明の糸口を見つけ出す試みをしている。コンドリュールの形状は、前駆体物質が融解していた際の変形が影響している可能性がある。土 '山ら (2003) は、液滴の回転に注目し、オプレート形状を説明した。また、関谷ら (2003) は、ガス動圧影響下で液滴がどのように変形するのかを解析的に求めた。その結果、オプレート状の形状が得られた。このように、ガス動圧や液滴回転はその形状変化に重要な役割を果たすと考えられているが、それぞれを別々に解析した結果では、オプレート形状しか説明できなかった。また、ガス動圧と回転の効果を同時に考慮した研究はこれまでになく、その結果どのような液滴形状が得られるのかは分かっていない。

本研究では、ガス動圧にさらされながら高速回転する液滴の形状を調べるために、三次元流体力学方程式を数値的に解くことによって液滴のダイナミクスを明らかにした。その結果、我々は液滴形状が液滴の回転速度に応じて様々な形状 (オプレート、三軸不等、プロレート) をとることを発見した。また、我々は液滴の三次元形状を解析的に導出し、回転による変形がそれほど大きくない場合に限っては、その解析解と数値計算結果がよく一致することが分かった。以上の結果から、我々は液滴形状を決定する上で、液滴回転が非常に重要な要素となっていることを結論した。また、我々の解析解は、実際に測定されているコンドリュールの形状とよく一致している。

図の説明: 添付した図では、測定されたコンドリュールの形状データと我々の解析解を比較している。横軸は軸比 B/A であり、縦軸は軸比 C/B である。白抜き丸が様々なテクスチャータイプ別の形状データ (赤 = porphyritic, 緑 = barred olivine, 青 = crypto crystalline) である (土 '山ら 2003)。実線が我々が導出した解析解であり、いくつかの半径 (200, 500, 1000 ミクロン) の液滴の回転速度を変えていったときの形状のシーケンスを表す。もし回転がなければ、オプレート形状 ($B/A=1, C/B < 1$)。回転速度が速くなると、B/A は減少し C/B は増加する。その結果、形状はプロレートに近づく ($B/A < 1, C/B=1$)。

参考文献: [1] Tsuchiyama A., et al., 2003, Lunar & Planetary Science Conference, abstract#1271, [2] Sekiya, M., et al., 2003, Progress of Theoretical Physics, 109, 717.

