

衝撃波加熱コンドリュール形成モデル: コンドリュール形状再現の条件

Shock-wave heating model for chondrule formation: condition to reproduce chondrule shapes

三浦 均 [1]; 中本 泰史 [2]; 土居 政雄 [3]

Hitoshi Miura[1]; Taishi Nakamoto[2]; Masao Doi[3]

[1] 京大・物理; [2] 東工大; [3] 筑波・数理・物理

[1] none; [2] Tokyo Tech; [3] Physics, Tsukuba Univ.

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多く含まれる mm サイズの球状珪酸塩鉱物である。これは、原始太陽系星雲内に存在した mm サイズの珪酸塩ダストが、何らかのメカニズムによって短時間の間に加熱されて融解し、表面張力によって丸くなったのち、急冷・再固化して形成されたと考えられている。しかし、原始太陽系星雲内において、どのようなメカニズムによってコンドリュールが形成されたのかについては、まだ不明な点が多く残されている。コンドリュール形成環境を推測する上で重要となるのが、コンドリュールの示す様々な特徴（化学組成、同位体組成、結晶構造、形状、サイズ、など）の再現性である。我々は、最も有力なコンドリュール形成モデルのひとつである衝撃波加熱モデルに注目し、高速ガス流中で融解したダストの三次元数値流体シミュレーションを行うことにより、コンドリュールの物理的特徴を説明する試みに取り組んでいる (e.g., Miura and Nakamoto 2006)。

近年我々は、これまであまり注目されていなかったコンドリュール形状の再現という問題に注目した。土山ら (2003) は、Allende 隕石 (炭素質コンドライト) から取り出した 20 個のコンドリュールに対して、X 線マイクロトモグラフィを用いた三次元形状測定を行なった。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。その結果、16 個は比較的球に近い形状 (グループ A, 軸比 $C/B > 0.9$, $B/A > 0.9$) を示し、残りの 4 個はプロレート形状 (グループ B, 軸比 $C/B > 0.9$, $B/A=0.7-0.8$) であることを発見した。

我々は前回の惑星科学会秋季講演会 (講演番号 307) において、衝撃波加熱モデルの場合、ある条件下でグループ B のプロレート形状が再現できることを示した。衝撃波加熱モデルでは、ダストが高速ガス流にさらされることによるガス摩擦によってダストが加熱される。融解前のダストは不規則な形状をしていると想定すると、正味のトルクを受けて回転が生じる (毎秒数 10 回転程度。ダスト形状にも依存)。この際、ダスト形状がプロペラのような特異な形状をしていない限り、回転軸はガス流の向きとほぼ垂直になると考えられる。そのままダストが融解すると、融解ダストは回転しながら高速ガス流にさらされる。その後急冷されてコンドリュール化するのだが、再固化直前の融解ダストは非常に粘性が高いため、変形のタイムスケールが回転周期より十分長い。このような状況では、ガス動圧が回転軸に対して軸対称的に作用しているのと全く同じ状況になる。軸対称的なガス動圧の作用によって、融解ダストは回転軸方向に押し延ばされてプロレート形状となり、そのまま再固化することでグループ B のようなプロレート形状のコンドリュールが形成される。

本研究では、前回までの研究で考慮されていない状況において、どのような形状が実現するかについて調べた結果について報告する。前回の発表では、ガス動圧は一定値 (衝撃波加熱モデルから予想される値) としていたが、実際には衝撃波条件 (衝撃波速度やガス密度) によって、融解ダストに作用するガス動圧の大きさは変化する。ガス動圧依存性を考慮することによって、測定されたコンドリュール形状を再現するためにはどのような条件が要求されるのかについて議論する。また、前回は融解ダストの回転軸はガス流に対して完全に垂直であると仮定していたが、実際にはある程度傾いた回転軸となることも予想される。傾いた回転軸回りに軸対象化されたガス動圧には南北非対称性が生じるため、前回までの解析では得られなかった南北非対称な形状のコンドリュールが再現される。これらの解析に基づき、コンドリュール形状を再現するための条件や、三軸楕円体近似では現れないコンドリュール形状の多様性について議論する。

References: [1] Miura and Nakamoto, 2006, Icarus, in press (astro-ph/0611289). [2] Tsuchiyama et al., 2003, Lunar & Planetary Science Conference, abstract#1271.