

## 宇宙塵の3次元形状-地球大気との摩擦による溶融ダスト粒子の変形-

### Three-dimensional shapes of cosmic spherules: Deformation of dust particles molten in the earth atmosphere

土居 政雄<sup>1\*</sup>, 中本 泰史<sup>1</sup>, 中村 智樹<sup>2</sup>, 山内 祐司<sup>2</sup>

Masao Doi<sup>1\*</sup>, Taishi Nakamoto<sup>1</sup>, Tomoki Nakamura<sup>2</sup>, Yuji Yamauchi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>東京工業大学 地球惑星科学専攻, <sup>2</sup>九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門

<sup>1</sup>Tokyo Institute of Technology, <sup>2</sup>Kyushu University

宇宙塵とは、惑星間塵など地球外にあるダストが地球大気に突入し、大気との摩擦により加熱を受け溶融し、表面張力により丸くなったあと冷えて固まったものである。大きさは直径1mm以下で、組成は鉄質、石質、石鉄質などである。近年、宇宙塵の形状に注目した観測がなされ、オブレート型(どら焼き型)の宇宙塵やプロレート型(ラグビーボール型)の宇宙塵が発見された(Tsuchiyama et al. 2004)。また、我々も独自に宇宙塵の形状を測定し、様々な変形度を持つ宇宙塵があることを報告した(2008年連合大会)。球からずれた形状をしている宇宙塵があるのは、溶融中に力を受けて変形したためと考えられる。このときダストに働く力としては、ガス動圧、表面張力、遠心力が考えられる。突入ダストが回転していない場合、ダストには一方向からガス動圧が働き、オブレート型の宇宙塵が形成される(Sekiya et al. 2003)。一方、ダストが高速回転している場合には、ダストの回転軸に対しガス動圧が軸対称に働き、軸方向に伸びたプロレート型の宇宙塵になる(Miura et al. 2008)。また、冷えて固まる瞬間の力の大きさにより、宇宙塵は様々な大きさの変形度を持つと考えられる。すなわち、宇宙塵間の融点の違いが、様々な変形度を生み出していると考えられる。

本研究では地球大気に突入したダストの運動方程式、エネルギー方程式を蒸発を考慮して解き、ダスト粒子に働くガス動圧や温度、サイズの時間変化を計算した。また、内部の流れの様子を解析的に計算し、再固化時のダスト粒子の変形度の大きさを求めた。本研究では、ダスト粒子の変形度の大きさを、ダスト粒子の長軸A、中軸B、短軸Cの長さを用いて $\{(1-B/A)^2 + (1-C/B)^2\}^{1/2}$ と定義した。本研究で調べたパラメータの範囲は、突入速度12 km/s - 20km/s、突入角0° - 90° (0° が地球の中心方向)、初期サイズ0.1 mmから2 mmまでである。

一方で、南極から採取した宇宙塵のA、B、Cをそれぞれ測定した後、内部を研磨し、EPMAで内部組成を測定した。また、測定した元素から融点を見積もった(Hewins et al. 1993)。

採取した宇宙塵の融点はおおよそ1800 K - 2050Kに分布し、変形度と正の相関があった。つまり、融点が高い宇宙塵は変形度が大きい傾向にある。また理論モデルから予想される変形度と比較すると、オブレート宇宙塵とプロレート宇宙塵ともに変形度と比較的合っていることがわかった。また、理論モデルから、オブレート宇宙塵はプロレート宇宙塵よりも変形度が大きいことが予想される。プロレート宇宙塵は回転によりガス動圧が平均化されて、オブレート宇宙塵に比べてガス動圧の強さが1/4倍になり、変形度が小さくなるためである。測定結果はオブレート宇宙塵の変形度の方が大きく、理論モデルと調和的であることが分かった。また、理論モデルよりも小さい変形度を持つ宇宙塵もあった。一つの可能性として、融点以下で結晶化した可能性があり、変形度が理論モデルよりも小さい粒子は過冷却を経験しているかもしれない。

以上、本研究では、宇宙塵の形状の起源についてガス動圧による変形を考えた。回転の有無により宇宙塵はオブレート、プロレートの形状になり、宇宙塵間の融点の違いによって、宇宙塵の変形度の大きさが変わることがわかった。

キーワード:宇宙塵,変形,ガス摩擦加熱

Keywords: Cosmic spherule, deformation, gas frictional heating