

微小重力環境における磁気放出運動に基づいた単一反磁性粒子の非破壊同定

Nondestructive characterization of single primitive grains by observing magnetic ejection in microgravity

久好 圭治^{1*}, 加納俊¹, 植田千秋¹

Keiji Hisayoshi^{1*}, Shun Kanou¹, Chiaki Uyeda¹

¹大阪大学大学院理学研究科

¹Graduate School of Science, Osaka Univers

反磁性固体を微小重力中の磁場空間に開放したとき、磁場勾配力により並進運動が誘導され、固体は磁場の外に放出される。この運動に基づいて単一粒子の物質の種類を同定する原理が、新たに提案された。磁場で誘導される運動としては、自発磁気モーメントをもつ物質について、認識が先行してきた。その運動は、磁場勾配によって生じる引力と、磁気トルクによって生じる回転の2つに大別される（引力の作用はマグネタイト粒子の磁気分離に利用され、一方、回転作用の代表例としては、磁気コンパスの回転整列が知られる）。

最近、磁場勾配中に開放したコランダム粒子の並進運動が、微小重力下で観測された。磁場分布が既知の場合、試料の加速度は試料固有の磁化率により一義的に決定された。過去の文献値を編集したデータ集によると、物質は各々固有の反磁性磁化率を有する。したがって粒子の磁場放出運動を解析し、その磁化率を求めることによって、単一粒子の物質の種類を同定することができる。

上記の同定法の有効性を検証する目的で、反磁性磁化率の大きく異なる数種の物質について、単一粒子の磁場放出運動を観測し、その磁化率を求めた。試料として、フォルステライト、ダイヤモンド、シリコンカーバイド、グラファイトの結晶（mmサイズ）を用いた。微小重力実験は日本無重量研究所（MGLAB 岐阜県土岐市）で行われた。実験装置は落下カプセル内に収められ、微小重力継続時間は4.5秒であった。磁場発生部として、直径1.5cmの均一な磁場空間（ $B=1.18T$ ）をもつ永久磁石（NEOMAX X-1466）を用いた。試料は均一磁場領域のすぐ外側の位置から放出された。試料の並進運動はハイビジョンビデオカメラにより記録された。

並進の運動方程式によると、加速度の値は試料の磁化率と $B(dB/dx)$ に比例する。1回の実験で、数個の試料の並進運動を観測し、加速度を求めた。得られたすべての試料について、加速度の値は予想通り $B(dB/dx)$ に比例した。さらに実験により得られた磁化率は文献値とほぼ一致した。永久磁石レベルの弱い磁場勾配による反磁性体の並進運動は、これまでの文献には見受けられない。原理上この方法は、試料の運動が観測可能な限り、無制限に小さい試料の磁化率を測定することができる。地上重力下で実施する既存の磁化測定法では、試料を磁場空間内に保持するための試料ホルダーが前提となる。このため、試料サイズの減少と共にホルダーからのバックグラウンド信号の寄与が顕著となり、測定が困難となる。また一般に磁化率を単位質量（あるいはモル数）で定義するため、試料の質量測定が不可欠であるが、これも10マイクログラム以下では実施が難しい。これに対し、今回の測定法は、試料ホルダーと質量測定の両方を必要とせず、これまで難しかったミクロンサイズの単一粒子に関する磁化測定が期待される。

単一の微小粒子を非破壊で同定する上記の方法は、始原的隕石を構成する微小な粒子を分析する有用な手法と成りえる。たとえば、プレソーラー粒子の同定もその1つである（この研究で測定された粒子は、プレソーラー粒子を構成する主な物質である）。また、観測された磁化率の値

は、 -2×10^{-7} から -5×10^{-6} emu/gの領域内にあるが、有機物質の反磁性磁化率は、ほとんどがこの範囲内にあると予想される。従って隕石中の炭素物質についても、同定は十分に可能である。

キーワード:反磁性磁化率測定,非破壊,同定,微小重力,並進運動,磁気放出

Keywords: diamagnetic susceptibility measurement, nondestructive characterization, microgravity, field gradient force, translation, magnetic ejection