

微小重力環境における磁気放出および回転運動により検出される単一微小試料の磁化過程

Magnetization data of single small particle obtained by magnetic ejection and rotation observed in microgravity

植田 千秋^{1*}, 久好圭治¹

Chiaki Uyeda^{1*}, Keiji Hisayoshi¹

¹大阪大学大学院理学研究科

¹Osaka University

近年、単一微小試料の磁化測定を実現する要請が、磁気科学のさまざまな分野で増大しつつある。しかし既存の磁化測定では、1. 試料を磁場空間内に保持する試料ホルダーからのバックグラウンドシグナル、2. 試料の質量計測、という2つの前提のために、試料サイズの減少と共に測定が困難になる。この問題を回避するため、既存の測定法では、微小試料の集合体を作成して計測を実施するが、一般に微小固体の磁性は試料ごとの特異性が大きく、上記の方法では十分な情報が得られないことが多い。

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(1)。この観測において試料の加速度は、磁場分布が既知の場合、試料固有の磁化率により一義的に決定された。すなわち運動は質量に依存しない。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(2)。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。同様の並進運動を常磁性シリケートについて実施したところ、測定から得られた常磁性磁化率は既存の測定法で得た値とよい一致を示した。即ち弱磁性物質全般にわたって、磁化率の検出および物質同定が実現しえる。

今回、新たに磁化過程を再現する目的で、鉄イオン濃度が異なる3種のフォルステライト、マグネタイトおよびニッケル単結晶の並進運動を観測した。同時に上記試料について、サイズを直径0.5から3.0ミリメートルの間で変化させ、運動方程式から予想される質量非依存性を検証した。微小重力実験は日本無重量研究所(岐阜県土岐市)で実施した(3)。観測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)を発生する永久磁石(NEOMAX X-1466)を用いた。

微小重力中の並進を観測する今回の方法は、上記1. 2.の問題に影響されず、粒子運動が観測できる限り、サイズとは無関係に正確な磁化測定が可能である。今回用いたHVカメラの場合、観測可能なサイズの下限が20ミクロンであるが、将来的には光学顕微鏡などを導入することで、数ミクロン以下の試料の磁化率および異方性が検出される。さらに光検出器を導入することで、サブミクロン以下の測定も不可能ではない(4)。

上記の磁化測定法は、地球深部・堆積物や始原的隕石を構成する微小な粒子を同定・分析する有効な手法として期待される。たとえば、隕石中のプレソーラー・マグネタイトの同定などもその一つである。この方法で、 -2×10^{-7} から -5×10^{-6} emu/gの範囲の磁化率が観測されたが、これまでに報告された反磁性磁化率の文献値(2)は、ほとんどがこの範囲内にある。従って、大多数の自然物質について単一粒子の同定が可能と期待される。

References (1) Hisayoshi, S. Kanou and C. Uyeda: J.Phys.:Conf.Ser., in press. (2) R. Gupta: "Landolt Bornstein" New Series II (1983) 445. (3) T.Iwakami and M.Nokura: J.Jpn.Soc.

Microgravity Appl. 23 (2006) 186. (4) C.Uyeda submitted.

キーワード:磁気放出,磁気回転,磁化過程,ナノ試料,微小重力,単一微小試料

Keywords: magnetic ejection, magnetic rotation, magnetization, nano-sized material, microgravity, single small particle