

小型落下シャフトを利用した単一粒子の磁化測定 Magnetization of a Single Particle Realized by a Short Drop Shaft

阪大理 ○植田千秋, 久好圭治, 寺田健太郎

Osaka Univ., Graduate School Sci. ○Chiaki Uyeda, Keiji Hisayoshi, Kentaro Terada

E-mail: uyeda@ess.sci.osaka-u.ac.jp

単一粒子の磁化率 χ およびその異方性 $\Delta\chi$ からは、粒子の磁氣的性質を理解するための基本的な情報を得ることができる。しかし試料サイズの減少とともに、粒子に誘導される磁化と、粒子質量 m の両方が減少するため、正確な実験値を得る事が困難となる。そこで私たちは、質量1mg以下の粒子を、微小重力 (μg) の中の磁場空間に開放し、そこで誘導される粒子の運動から、 χ および $\Delta\chi$ を計測することに成功した[1][2]。これらの計測では m 測定を必要とせず、運動は小型の永久磁石で誘導できる。また小型シャフトで μg を発生させるため、繰り返し測定が容易であり、通常の磁化測定として用いることができる。

χ 値の測定では、磁場勾配で発生する磁氣力によって、粒子を μg 空間内で並進させ、その速度と磁場強度の関係を測定した[2]-[4]。粒子に関するエネルギー保存則によると、磁場空間内で得た粒子の加速度 a は m に依存せず、物質固有の χ と、試料位置の磁場強度およびその勾配のみに依存する。観測で得た a 値は常にこの関係に従い、それに基づいて粒子ごとの χ 値を得ることができた。それらの値は文献値[5]とよい一致を示し、上記の磁氣並進が、一般にエネルギー保存則で解析できることが実証された(図1参照)。将来的には、物質が同定されていない粒子を並進させ、得られた χ 値を文献値と対照させる事で、同定が実現する[4]。

$\Delta\chi$ の検出は、均一な磁場空間に粒子結晶を開放し、その磁氣的安定軸が磁場方向を基準として回転振動する周期を観測することで実現した[1][2]。すなわち異方性エネルギーで誘導される回転振動の周期は、 m によらず、結晶の回転半径、磁場強度および $\Delta\chi$ のみに依存した。この測定により従来は検出できなかった微弱な $\Delta\chi$ を、sub-mm サイズの結晶粒子から検出できた。今後、紫外蛍光顕微鏡などを導入できれば、ナノ粒子の χ や $\Delta\chi$ の計測が、原理的には可能である。今回の測定原理は強磁性粒子[6]にも適応可能であり、その観測結果も併せて報告する。

References: [1] Uyeda et al *Appl. Phys. Lett.* 28 094103 (2005). [2] Uyeda et al, *J. Phys. Soc. Jpn.* 79, 064709 (2010). [3] Hisayoshi et al., *Sci. Rep.*, 6 38431 (2016). [4] Uyeda et al *Sci. Rep.*, 9 (2019). [5] R. Gupta, "Landort Bornstein" *New Series II 445* (1983). [6] Kuwada et al, *J. Magn.*, 18, 308-310 (2013).

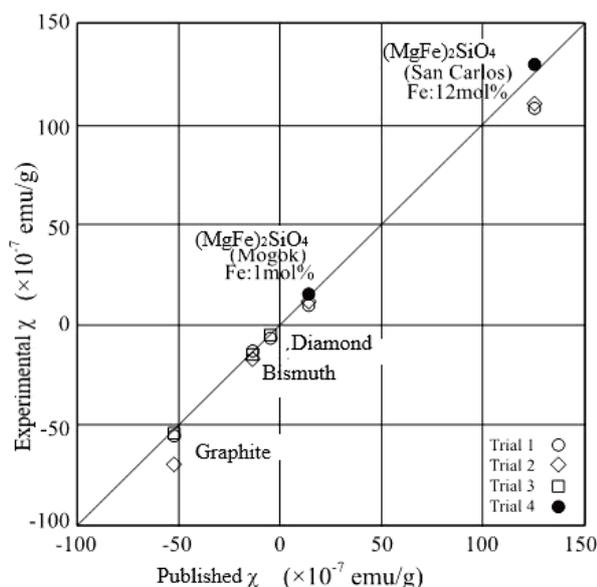


Fig.1 The χ values of small particles are obtained from field-induced translation and compared with published values [4].