

単一磁性粒子の微小磁気モーメント測定

～ 1 μm の磁石に働く力はいくら？～

工学研究科 材料・放射光工学専攻

きしもとなおや かわのたくま
◎M2 岸本直也, M1 河野拓真,

すみともこうじ もりたにこうすけ いぬい のりお
教授 住友弘二, 准教授 盛谷浩右, 准教授 乾 徳夫

キーワード

磁性粒子, ブラウン運動, 単一ナノ粒子, 磁気計測, 界面, 磁石
モンテカルロシミュレーション, バイオテクノロジー

研究概要

磁石はモーターやハードディスクなどに利用されていますが, 最近では小さな磁性粒子がバイオテクノロジーの分野で注目されています. 例えば, 薬に磁性粒子を付着させて病巣まで運ぶドラッグデリバリーシステムや精製したい生体高分子に磁性粒子を結合させることで磁化し, 磁石で分離する技術が開発されています.

その中でも単一磁性粒子はDNAのような生体高分子の機械特性を測定する手段として利用されています. このような測定には, 単一磁性粒子1個のもつ, 磁石の強さ(磁気モーメント)を決定することが必要になります. しかし, 磁気モーメントの大きさは粒子のサイズの3乗に比例するため, 粒子径が小さくなると急激に小さくなります. 仮に, 直径1mmの磁性粒子を1ミクロンメートルまで小さくすると, 磁気モーメントは100万分の1に減少します. このような小さい磁性粒子の磁気モーメントは振動試料型磁力計や超伝導量子干渉計など高度な技術と多額のコストを必要とする測定器でしか測定できませんでしたが, 今回, 市販の光学顕微鏡で直径が1ミクロン以下である磁性粒子の磁気モーメントを比較的容易かつ安価に測定する技術を開発しました.

アピールポイント

図1のように水滴の内部に磁性粒子を注入すると重力により沈降し, 液滴の最下点に移動します. 粒子は常に水分子と衝突しているため, 図2に示すブラウン運動と呼ばれるランダムな動きをします. 粒子自体はとても小さいため直接観察することは困難なのですが, 散乱光を観察することによりブラウン運動の軌跡は水滴の上部から市販の光学顕微鏡で十分観察することができます. この状態で永久磁石を近づけて行くと, 磁力が強くなるため磁性粒子を水滴最下点部分に留めようとしていきます. 結果として, 磁性粒子が動きまわる領域が小さくなります. 磁性粒子が存在する領域の半径と磁気モーメントには反比例の関係があるため, 水滴最下点からの水平変位量から磁気モーメントを決定できます. このような単純な測定原理でも 10^{-13} J/T オーダーの磁気モーメントが測定可能で, その値は日常使っている永久磁石の1兆分の1という微小な値です. この方法のポイントは, 僅かな力の変化が大きな位置の変化を生む「てこの原理」をうまく利用しているところです.

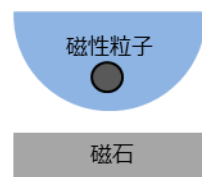


図1

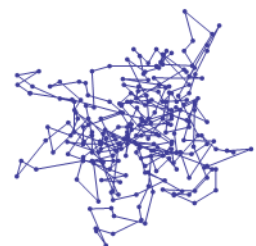


図2