

マイスナー効果が見える磁力線観察

齋藤 吉彦

大阪市立科学館

磁力線を多人数で観察する2通りの方法を考案した。これらは大型ネオジム磁石が生じる磁力線を見せるもので、取り扱いが非常に簡単である。一つは多数のゼムクリップが自由に回転することで、2次元的に磁力線を描くものである。もう一つは、空間を細分化することで、数 cm の針金が3次元的に磁力線を描くものである。後者の方法で高温超伝導体によるマイスナー効果や電磁誘導が可視化される。

ゼムクリップによる磁力線観察

観察装置はゼムクリップを付けたストロー片を銅釘で木板に串刺しにしたものである。多数の強磁性体が自由に回転しさえすれば何でもよいが、この方法は加工が非



常に簡単である。上図はストロー片が大型ネオジム磁石¹の磁力線を描いた様子である。磁力線の乱れを避けるために、鉄釘でなく銅釘を使用している。また、ゼムクリップの自由度は回転だけなので、重力の影響を受けずに磁力線が鮮明に描かれる。

3次元の磁力線観察

右図は透明の容器に数 cm のビニタイ²を入れ、空間を細分したもので、ビニタイが大型ネオジム磁石の磁力線を3次元的に描いた様子である。さらに、金槌の上下にビニールタイを配することで、鉄による磁力線の吸い込みと湧き出しを見せることができる。これは $\text{div } \mathbf{B} = 0$ (マクスウェル方程式の一式) を表現する。空間を細分することで、ビニタイは並進運動が制限され磁石の近傍に集



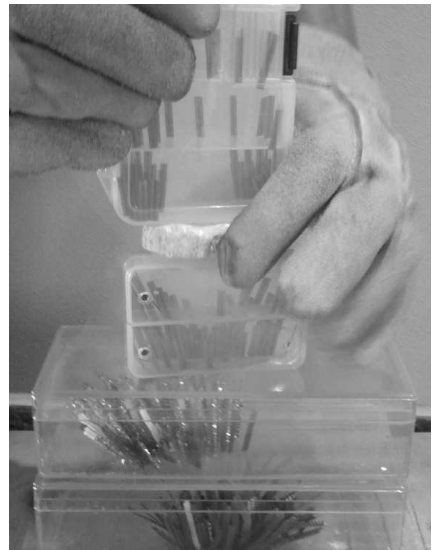
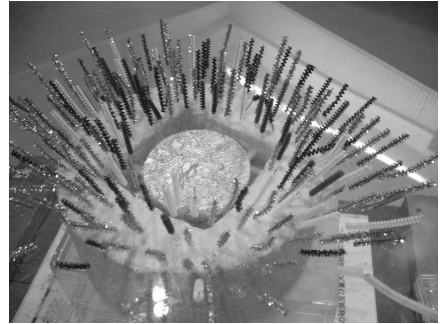
An observation of lines of magnetic force
with visualization of Meissner effect

Yoshihiko Saito

中することがない．その結果、磁力線の空間的な広がりが観察可能となる。

マイスナー効果

マイスナー効果は「超伝導体を磁場中においてみると、磁束は超伝導体内部に浸入しない。」という現象である．3次元の磁力線観察はこの現象を可視化する．右がそれで、大型ネオジウム磁石の上部に超伝導体³を置き、その近傍にビニールタイを配したものである．上図はビニールタイを超伝導体上部のアクリル板に配したもので、下図は多段のアクリルケースにビニタイを入れ、正面から見た様子である．いずれも、磁力線が超伝導体に浸入しないことを示している．これまで、マイスナー効果として演示されてきたのは、超伝導体が磁石を反発する現象であった．しかし、これはマイスナー効果によって生じる現象であり、マイスナー効果そのものではない．この演示は、マイスナー効果の本質を見せるものであり、現象が大きいので多人数での観察も可能である．



電磁誘導

電磁誘導は起電力の起源を磁束の変化とするもので ($V = - d\phi / dt$)、磁石の運動にその起源を求めるものではない．しかし、これまでなされてきた多くの演示は磁石の運動で起電力を表現するものであった．上記2つの磁力線観察方法は、電磁誘導における磁力線を可視化する．たとえば、LEDを結線したコイル(23000巻き)と大型ネオジウム磁石とを相対的に動かし、そのときの磁力線の様子とLEDの点灯とを同時に観察することで、磁力線がコイルを切ると起電力が生じることを視覚的に理解させることができる．

まとめ

スケールの大きな磁力線を観察する方法で、機構が極めて単純で取り扱いが非常に簡単なものを考案した．単に磁力線を見せるだけでなく、マイスナー効果や電磁誘導における磁力線の様子も観察可能である．目の前で起こる現象がマイスナー効果や電磁誘導の本質そのものなので、演示としては理想的である．

¹ 10cm角の大きさで、表面磁束密度はおおよそ0.5T．

² 菓子袋などを閉じるのに使われるもので、カラフルな樹脂でコーティングした針金．見やすくするために、これを使用した．

³ 新日本製鐵(株)製高温超伝導バルク材