

超伝導の磁場を観察するサイエンスショー

斎藤吉彦 中之島科学研究所（大阪市立科学館） 大阪市北区中之島4-2-1

1. はじめに



図1 超伝導体による磁石の反発。液体窒素で冷却された超伝導体の上でリング状のネオジウム磁石（黒い物体）が浮いている。箸で水平方向への動きを妨げている。

超伝導は電気抵抗0（完全導体）と内部磁場が0（完全反磁性）で特徴付けられる現象で、多くの物質が極低温で超伝導を示すことが知られている。近年、液体窒素温度で超伝導を示す材料が安価に入手できるようになり、超伝導体と磁石との相互作用がさまざまな所で演じられるようになってきた。最近では非常に大きな現象で、ショー的要素の濃いものが演じられている。

大阪市立科学館では、超伝導体と磁石が、ある時はお互いに反発しあい（図1）、またある時は隙間を開けてお互いに固定される（図2）、というものを演じたことがある。このような現象は、常識からかけはなれた奇異なものであり、非常に人気がある。しかし、多くの演示は、奇異な現象だけを強調し、磁場の振る舞いに触れることはない。磁場観察を通して奇異な現象の考察ができれば科学演示として理想的であろう。

著者は、超伝導現象における磁力線観察の方法を開発し^{2,3}、それをういたサイエンスショー「世界初！！超伝導を見る」を企画し、2009年12月から2010年2月まで大阪市立科学館で実演した⁴。

大阪市立科学館のサイエンスショーは、平日は主に予約による学校などの団体、土日祝は先着順による年少か



図2 超伝導体の固定。ネオジウム磁石（黒い物体）で超伝導体を吊り下げ（写真左）、続いて、ネオジウム磁石を反転させる（写真中・右）。磁石と超伝導体との相対的位置関係はほとんど変化しない。

ら老人までのあらゆる層の市民（土日祝など）が対象である。後者は家族連れが主であるが、カップルなどの若者や老人も少なくない。すなわち、見学者のほとんどが磁力線の概念を持たず、「超伝導」を聞いたこともないという人々である。また、科学館は自由な学習の場であり、個人の好みに合わせて視聴するのが原則である。つまり、面白くないものは見なくてもよいのである。彼らに超伝導現象における磁力線観察を強いるのであるが、与えられた時間は30分である。サイエンスショーは展示場内に設けられた定員100名の専用のコーナーで実施される。見学者は多いときで150名を超えることもある。

図3、図4がそれぞれ図1、図2の超伝導体近傍の磁



図3 磁力線の排斥。図1の超伝導体近傍の磁力線観察（左）とその概念図（右）。超伝導体の上にプラスチック板が、さらにその上にビニタイ群が置かれている。超伝導体は発泡スチロールの保冷容器に満たした液体窒素に浸けられている。保冷容器の下方には10cm角のネオジウム磁石があり、超伝導体に向かって磁力線が湧き出ている。ビニタイ群は、磁力線が超伝導体を避けていることを示している。

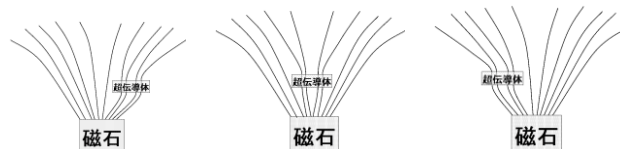


図4 磁力線の固定。図2の超伝導体近傍の磁力線観察（上）とその概念図（下）。資料の配置は図3と同じで、超伝導体を大型ネオジウム磁石の上部で左右に移動させる。ビニタイ群は超伝導体内部で磁力線が固定されていることを示している。

力線観察である。今回報告するサイエンスショー^{エラー！ブックマークが定義されていません}は、これらの観察から図1、図2の現象を考えるもので、上記のような見学者に対して実施したものである。本稿では、その概略を紹介し、まとめとして総括を与える。

2. サイエンスショーの概略

サイエンスショー「世界初！！超伝導を見る」はおおむね次のような展開であった。詳細は動画を公開しているので^{エラー！ブックマークが定義されていません}、それを参照していただきたい。

2.1 磁力線の導入

10cm 角の大型ネオジウム磁石による磁場観察で磁力線概念を導入する。さらに、この磁場の中へハンマーを入れて、鉄が磁力線を集めることを観察する(図5)。これは反磁性を推論するための準備である。



図5 鉄による磁力線の集中。写真左はハンマーの頭部とビニタイ。ビニタイの下方に10cm角のネオジウム磁石がある。ビニタイ群が鉄に集中する磁力線を見せている。右はその概念図。

2.2 反磁性

図1のように、超伝導体が磁石を反発する様子を観察。超伝導体が鉄と反対の現象を示すことと鉄が磁力線を集めることから、超伝導体による磁力線の排斥を推論すると同時に、図3(右)をイメージさせる。その後、図3(左)を観察。図3(右)のイメージなしには、図3(左)を磁力線の排斥と理解するのは困難である。

2.3 ピン止め効果

図6の配置で超伝導体を冷却する。見学者には磁力線の排斥を想像させながら磁石が浮き上がることを期待させる。しかし、じっさいはそのようにはならず、図2の

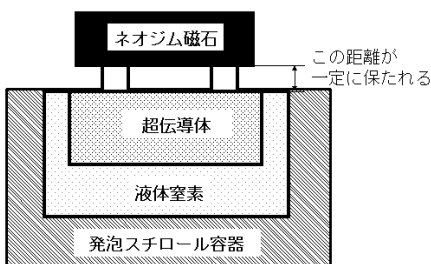


図6 磁力線の固定方法。この図のように高温超伝導体を冷却すると、図2および図4の現象が起こる。超伝導状態になっても、高温超伝導体の内部の磁力線が排斥されずに、ネオジウム磁石の磁力線がそのまま高温超伝導体の内部で固定される。

ような現象が生じる。図4のような磁力線観察とイメージ図とから超伝導体内で磁力線が固定されていること(ピン止め効果)を納得させる。超伝導体に磁石が近づいたときの磁力線観察などを行いながら、ピン止めされた磁力線から図2の現象を演繹することを試みる。

3. まとめ

磁力線概念のない見学者に対して、磁力線で超伝導現象を考察させるという冒険的な試みであった。3ヶ月間実施する間に、演出方法や解説内容が洗練され、最終的には、おおむね見学者が楽しみながら理解にいたることができたと思われる。ただし、ピン止め効果から図2の現象を理解するのは非常に困難で、解説終了後、見学者は無表情になることがしばしばあった。しかし、理解はできなくとも、ピン止め効果が背景にあることは観察を通じて知ることができたと思う。また、見学後の質問などから、磁力線による思考の動機を得た見学者も少なからずいたと思われる。超伝導の奇異な現象を強調するだけでなく、磁力線観察から思考を楽しませることができたと考える。たとえば、図1の現象から磁力線の排斥を予想し、じっさいに図3でその予想を確認するのである。これは、観察→推論→予想→実証というまさに科学の醍醐味である。詳しくは動画^{エラー！ブックマークが定義されていません}を参照していただきたい。

今回は、多人数用に大型ネオジウム磁石と効果の大きな超伝導体を使用した。このような材料がなくとも、少人数対象なら同様の演示が可能であろう。超伝導体で相撲取りを浮かせる、ジェットコースターのように超伝導体が滑空する、など派手なデモンストレーションが好まれるが、超伝導の本質に迫るものも必要であろう。本稿がその普及の一助となれば幸いである。

謝辞

新日本製鐵(株)先端技術研究所新材料研究部には、著者の演示構想に理解いただき高温超伝導バルクを提供いただきました。特に同社の手嶋英一氏には様々な相談に快く応じていただきました。厚く御礼申し上げます。

- 1 新日本製鐵(株)の CuBaDyO 高温超伝導材
- 2 斎藤吉彦: 物理教育 56-2(2008) 111-116.
- 3 Y. Saito: *Eur. J. Phys.* 31(2010) 229-238.
- 4 <http://www.sci-museum.kita.osaka.jp/~saito/sshow/>
- 5 カラフルな樹脂で被覆された針金で、菓子袋の口紐等に使用される。