

サイエンスショー「スーパー磁石で大実験」実施報告

大 倉 宏 *

概 要

2018年夏、10センチ角のネオジム磁石の立方体を使って、磁石のサイエンスショーを行った。この磁石の作る強力な磁場によって、鉄の磁化現象が観察できる。プラスチックやアルミは磁石につかず、なぜ鉄だけがつくのかを知る実験を行った。

1. はじめに

ネオジム磁石は、佐川真人が1982年に開発した現在でも世界最強の磁石である。当館には10センチ角の立方体のもの(以下、スーパー磁石と本稿では呼ぶ)があり、ダイナミックな実験が可能である。

当館では過去にも磁石をテーマにしたサイエンスショーを2012年、2006年、2002年、1998年に実施している。

木やプラスチック、アルミニウムは磁石につかないのに鉄だけがどうしてつくのか。この素朴な疑問に答えるサイエンスショーを実施した。物理の答えとしては、鉄が強磁性体で磁化するからであるが、実験を通じて日常の言葉でそれを伝えるショーを目指した。

2. 実験内容

前節にも書いたように2002年に斎藤館長が2002年に「磁石のひみつ」というサイエンスショーを企画・実施していて、今回はその内容をほぼ踏襲した。

2-1. 磁石の紹介

身近な磁石は、黒いフェライト磁石である。安価で優秀な磁石であることを紹介した。またかつて学校でよく使われていた棒磁石(アルニコ磁石)も紹介した。フェライトは日本で開発された磁石であるし、アルニコ磁石のもとになったMK鋼は三島徳七によって開発されている。日本は磁石大国であることも時間があるときは紹介した。

2-2. ネオジム磁石の紹介

机の上に百円ショップで売られている小さなネオジ

ム磁石を2つ置いておき、実はこれまで紹介した磁石よりもっと強力な磁石が最初から机に出ていたのです、といてカメラで拡大して写し出す。

指に挟んで見せたり、耳に挟んで見せ驚かせる。さらにイヤリングと称して、耳につけた磁石にスプーンやフォークをぶら下げて見せ、磁石の強力さをアピールした

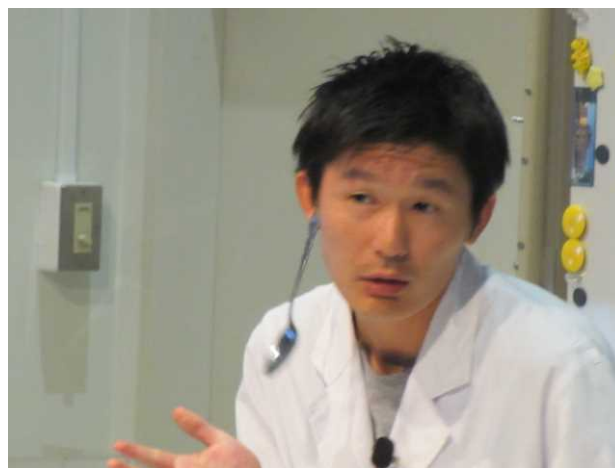


写真1. 磁石のイヤリングにスプーンをぶら下げる
2-3. 大型ネオジム磁石の紹介

今の1万倍の大きさのネオジウム磁石があります、といてスーパー磁石を登場させる。安全のため3重のカバーがしてあり、カバーを一つひとつ外して見せる。

カバーを1つだけ元に戻し、空き缶(スチール缶)を近づける。空き缶(紐をつけて置く)はスーパー磁石に飛びつく。紐を引っ張り適当な間隔保つと「犬の散歩」のようなことができる。

ステンレスのお玉やスプーンを近づけてもやはり飛びつく(ただし、SUS304などオーステナイト系のステンレスはつかないので注意)。

*大阪市立科学館
ohkura@sci-museum.jp

大きな鉄、すなわち鉄の塊だと、一度くっついてしまふとなかなか外せませんと言って、金槌をくっつけ、こどもたちを取ってもらう。このとき演者は金槌から3センチくらいのところに手を置き、外れたときの勢いで自分の額などを打たないよう注意する。



写真2. 外れたとき、勢いあまって自分の顔をぶたないよう手でガードする。

実際、磁力線に沿って引き離そうとするとなかなか取れない。(実は真上に持ち上げるのではなく、磁力線を過るようにスライドさせれば金槌は簡単に外れる。しかしこの事実は説明しないし、演者が外すときは、力を入れて外しているふりをしていた。)

2-4. 木やアルミはくっつくか？

これだけ強力な磁石なのだから、木やプラスチックが付くかもしれないね、と言って実際にくっつくかどうか当てさせる。ほとんどの子が木やプラスチックが付かないと答えていた。この缶はくっつきませんね、とアルミを見せると、3年生くらいならアルミだから、と答えられるようであった。

強くても磁石がひくのは鉄だけであることを指摘した。

2-5. 磁石のN極 S極の紹介

磁極に合わせ赤青のテープを巻いた棒磁石(長さ10センチのアルニコ)2つの端をくっつけ長い磁石を作り、ゆっくりと強力磁石に近づけていく。スーパー磁石はN極が上向きに置かれていた。Sを近づけると結節点のところでクネリと曲がり引き付けられ、逆にNを近づけると反発する。磁石の動きがコミカルで面白い。この現象からどんな磁石にもNとSがあることを指摘する。

2-6. 磁力線の紹介

紐のついたスチール缶をスーパー磁石に近づけ、引かれる様子を見せ、磁石の周りに鉄を引き付ける何かパワー空間のようなものがあることを言い、そして、それを目で見たいかと問いかける。

科学館(斎藤館長)が開発した特別な道具があると磁場観察装置を紹介する。これは、黒いプラスチックダンボール板に、短く切ったストローにゼムクリップを付けたものを自由に回転できるようにたくさん取り付けたものである。

スーパー磁石に近づけると、クリップがスーパー磁石に反応して、一斉に動き、たくさんのストローで模様ができる。この模様は磁力線に沿っていて、磁場の様子が観察できる。

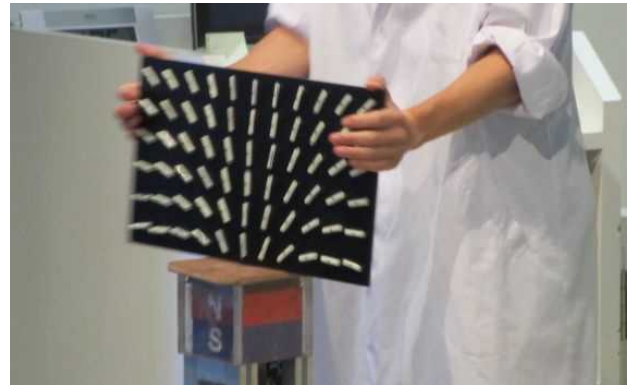


写真3. 磁力線観察装置

クリップの入った回転できるストローが板にたくさん打ち付けられている。スーパー磁石の作る磁力線を観察することができる。

どんなものに似ているとこどもに尋ねると、噴水のような答えが返ってくる。磁力線観察装置をN極からS局に移動し、磁力線がN極からS極までつながった流れであることを説明した。

よくある棒磁石の周りの磁力線の様子のフリップを示すと知っている児童も多く同じものを見ていると納得できるようだ。

また装置は平面だが、立体的にパワー空間(磁場)が広がっていることも説明した。また、透明プラスチックケースの中に短く切ったモールをたくさん入れたものを積み上げて、やはり立体的に磁力線が広がっている様子を観察してもらった。

2-7. 磁石の破壊

磁石のことを調べるために磁石を破壊しますと宣言し、フェライト磁石に布を被せ金床の上で金槌で粉々に砕き、粉々になっても磁石は磁石かと尋ねる。(砕け残った比較的大きな)磁石の破片がホワイトボードにくっつくことで、小さくなくても磁石であることを見せる。

また、折れてしまった棒磁石を使って、小さくなくてもN極とS極がちゃんとあることも見せ、確認する。

2-8. 磁石の団子から雲丹

予め砕いておいたたくさんの磁石を見せ、磁石数十個分ですと言って、それで団子を作る。両手で持って、このお団子をスーパー磁石に近づけると凄いことが起こりますと言って、もったいぶって、お盆を置いたスーパー磁石の上にボンと両手を持っていく。

磁石の団子は一瞬でヤマアラシのような形に変身する。どんなものに似ていると子供たちに尋ねるといろいろな答えが返ってくるが、我々はトゲトゲがあるので、雲丹と呼んでいた。



写真4. 雲丹になった磁石片。観客の方に磁石片が飛んで行かないように透明アクリルガードを立てた。

スローで見たいかと尋ね、団子の状態から角が生えてきて再度雲丹になっていく様子をスローでも見ていただく。

2-9. 磁石の団子

団子状にした磁石の破片集団をペットボトルで作ったひも付き容器に入れる。ここで、机にクリップをばらまき、砕く前のフェライト磁石を持っていき、数個のクリップがくっつくことを見せる。

たくさんの磁石を砕いたものです、どれくらいのクリップがくっつくでしょうと予想を立てさせる。全部くっ付くという予想が多いが、実際にはほとんどくっつかない。

入れ物が怪しいと子供たちは言うが、団子を棒磁石に入れ替えてやると、棒磁石の方は入れ物の中に入れなかったときと同じようにクリップをくっつけることを見せ、入れ物のせいではないことを証明する。

2-10. 産業廃棄物の磁石の団子

磁石はたくさん集まると弱くなるのでしょうか？と聞いて、NSの向きを揃えずバラバラになった(自然とそうなっている) 6本の棒磁石(アルニコ)をクリップに近づけてみる。やはりクリップはほとんどつかない。

棒磁石は赤青に塗られているので、NSの向きがそろっていないのに気づく子がいる。揃えるのは、N極と別の磁石のN極を近づけることだから大変なのだけれど、と言って揃えてクリップに近づける。するとたくさんのクリップがくっつく。

だから、磁石の団子はくっつきにくかったんですね、と先ほどつかなかった理由を説明した。

さらに下図のようなフリップを見せ、小さな磁石の向きが揃っていれば全体として大きな磁石になるけれど、向きがバラバラだとどこがN極でどこがS極とも分からないものになってしまう。こうなってしまうと磁石の力が弱くなると説明した。

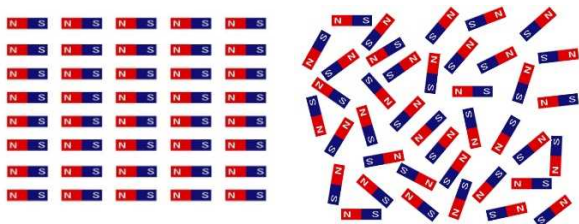


図1. 向きの揃った磁石とバラバラの磁石

2-9. 産業廃棄物磁石？の復活

では、この磁石の団子は、訳に立たない産業廃棄物なのでしょうか？磁石にすることはできないのでしょうか？と聞いてみる。

向きを揃えることができればいいということに気づかせる。では、どうすれば向きを揃えることができるのでしょうか？ということで、団子をカップの中に入れてスーパー磁石に近づけて磁石片の向きを揃え、クリップのところに持ってくる。

するとさっきまでほとんどくっ付かなかったクリップが大量にくっついてびっくりする。



写真5. 向きの揃った磁石片に引き寄せられるクリップ

ここから図1のフリップを多用する。今、右側の状態なのでしょうか？左側の状態なのでしょうか？と尋ね、磁石の向きが揃っていることを強くイメージしていただく。クリップを外して、容器ごと磁石集団を振ると磁石集団は団子状態に戻っていく。ここで、左右どちらの状態でしょう？と尋ね、もはやクリップが付かなくなったことを確かめる。

左図のように揃えるには、どうしたら良かったのか？と尋ね、超強力磁石で再び磁石片の向きを揃える....ということフリップのも使って何度か繰り返し、小さな磁石片の向きが揃っていれば磁石になり、バラバラだと磁石として働かないことを印象付けた。

2-10. 磁石になるボルト、空き缶、スプーン

さて、ここまでが準備で、いよいよなぜ鉄が磁石につくのか、鉄しか磁石につかないかの実験である。

最初は、ボルトを磁化させることでこれを説明していた。スーパー磁石のところにボルトを持っていくとボルトは磁化し、クリップをくっつけるようになる。机に何度もボルトを叩きつけると磁力が失われクリップはつかなくなる。

当初は、これを磁石団子とのアナロジーで現象を説明していた。

しかし、科学デモンストレーター吉岡氏が始めたやり方を見て、やめて、次のように変えてしまった。先ほどまで使っていた磁石片をスーパー磁石に近づけると左写真のように離れたところから引き寄せられる。こ

これは、今日どこかで見たことはなかったかと尋ね、冒頭見たスーパー磁石がスチール缶を引き付けたのと同じことを思い出してもらおう。



写真6. スーパー磁石に引き付けられる磁石片(左)とスチール缶(右)

そして、スーパー磁石に引き付けられるようになった磁石片は、クリップを引き付けたのだから、ひょっとしたら、スチール缶もクリップを引き付けるのではないだろうか？と観客に問いかける。観客の反応としては、引き付けられるのでは、という反応が多い。

ところが、当たり前だがスチール缶はクリップを引き付けない。ただの鉄と鉄がくっつくなんてありえないですよ。とくっつかないことを示す。

何度もやって見せ、くっつかないことを確認させて、何度も目でスーパー磁石の傍でそれをやる。するとスーパー磁石は強い磁場を持つので、クリップがくっついて来て何が起きたのかと観客が驚く。



写真7. 向きの揃った磁石片に引き寄せられるクリップ

後は演技なのであるが、くっついたことに気づいてなかったふりをして、ええ？くっつきましたか？くっついてなんかいないですよ？と磁石から離れたところでやる。これをコミカルに繰り返すとそのうち、観客は、スーパー磁石の傍で特別なことが起こっていることに気づく。

実は、スーパー磁石は強力な磁場を作っていてその周りで特別なことが起こる、という説明をしていく。

2-11. 方位磁石コンパス集団を使った説明

磁石片とスチール缶は同じ振る舞いをしました。実は、このように目に見えない小さな磁石が集まってできています。とって、方位磁石をコンパスたくさん入れ

たトレイを観客に紹介する。コンパスは一つだけなら北をさすが、たくさんになると磁石団子と同じことでお互いが影響しあってバラバラの向きを向く(正確には、小さな領域ではあたかも磁区のように向きが揃っているが、全体ではバラバラ)。客席からは見えにくいので、その様子が上からのカメラ捉え、モニタに映し出した。



写真8. スーパー磁石の磁場で同方向を向いたコンパス。撮影用にスーパー磁石のカバーは外してある。

そこにスーパー磁石を近づけるとスーパー磁石の作る磁場によって、コンパスの集団は同じ向きを向く。強力磁石を遠ざけるとコンパスはそれぞれバラバラの向きを向くようになる。

フリップも使いながら、スチール缶の中には、目に見えないサイズの小さな磁石がたくさんあり、同じことが起こって、クリップをくっつけたり、くっつけなかったのだと説明した。

物を小さく小さく分割していくと最後に原子という単位に到達する。スチール缶は膨大な数の鉄原子が集まってできているのである。そのひとつひとつの鉄原子が小さな磁石の性質を持っているので、このようなことが起こるのである。

銅やアルミ、木やプラスチックを作る原子はもともと小さな磁石の性質はなく、そのためこのようなことが起こらないので、磁石と反応しないのだと説明した。

2-11. くっつくスプーン

磁石の傍では鉄に上記のようなことが起こることを強く印象付けるために、スーパー磁石の傍でスプーンとスプーンをくっつける実験をご覧いただいた。スーパー磁石の傍では、鉄は普段の鉄ではなく、見ないけれど内部で変化が起こり、小さな磁石の向きが揃い全体として磁石になる(磁化する)のである。そのため、スプーンとスプーンがくっつく。これがなぜ、鉄だけが磁石に反応するのかの秘密であった。



写真9. 向きの揃った磁石片に引き寄せられる(撮影用にカバーを外している)

3. 考察

磁化という目に見えない難しい現象を扱う難しいサイエンスショーであった。しかし磁石は小さなこどもでも知っているなじみ深いものであり、主役のスーパー磁石の存在感は凄く、迫力のあるデモンストレーションが可能であった

難しい理屈に走らなければ、実験のひとつひとつは面白く、観客は十分楽しめたのではないかと思う。

ボルトの磁化では、ヒステリシスも扱っていた。スーパー磁石の木のカバーの上からボルトの頭を下にして、何度かボルトを落とすと、ボルトは磁化し、スーパー磁石から離れた場所でもクリップなどをくっつけるようになる(残留磁化)。それを金床に何度も叩きつけると磁力を失い、元のただのボルトに戻ってしまう。

金槌を何本か使っていたが、中のひとつは、残留磁化が残った。金床で叩いても残っているものもあった。

全てのボルトで上記の実験ができたわけではなく、たまたま磁化や消磁が容易に起こるボルトが1本だけあつ

たので、それをショーで使っていたのであった。しかし、そのボルトもなぜかだんだん消磁しにくくなってきたので、前節のような吉岡氏の方法に変えたのであった。

また、期間が始まる前は、待ち針をバーナーで熱して、スーパー磁石の傍で水で急冷させて磁化させ、発泡スチロールにさして水に浮かべて北を指させる、熱すると北を指さなくなる、という実験を提案したのだが(予備実験では成功していた)見えにくい、カメラを使わないと見えない、話が難しくなる等々の理由で没ネタになってしまった。

また、磁区や磁壁の移動も扱おうとしたがやはり没ネタになってしまった。

スーパー磁石の作る強力磁場の下で鉄が磁化する様子を砕いた磁石片の振る舞いと比較しながら見るだけでも、見学者には十分知的な満足度が与えられていたように見学者の反応から感じた。

目に見えないことを説明するために、アナロジーをいくつか使ったことと、スーパー磁石から少し離れた実験が増えてしまった。

館長から、スーパー磁石をもっと活かすように、話をシンプルに分かりやすくするというアドバイスをいただいた。全くその通りおりで、今回それが十分できていたかという少し疑問である。磁石をテーマにしたサイエンスショーは今後も実施されるだろうから、それは今後の課題である。

謝辞

本サイエンスショーを企画・制作するにあたって、同僚にはいろいろアドバイスをいただきました。また、吉岡亜希子氏をはじめ科学デモンストレーターの皆様からもアイデアをいただきました。感謝いたします。

