

サイエンスショー「忍法！電気ぐるぐるの術」実施報告

長谷川 能三*

概要

サイエンスショーで扱う電磁気学関係のテーマとしては、静電気・電池・磁石・電磁石などいろいろあるが、その中で電磁石などコイルを主に取り上げた実験としては1999年秋の「びりびりしない電気の実験」を行なって以来、6年も取り扱っていなかった。しかも、電磁石は取り上げ方によってさまざまな展開が可能である。

そこで、2005年12月2日～2006年2月28日のサイエンスショーでは、「忍法！電気ぐるぐるの術」と題して、電磁石だけではないコイルの実験を行なった。ここで、その内容等について報告する。

1. はじめに

コイルといえば電流を流して電磁石というのが一番基本的な現象であるが、私たちの日常生活の中にはモーターやマイク、スピーカー、トランス、磁気ヘッドなどさまざまなところでコイルが使われている。もちろん、これらの中でもコイルの役割は電磁石としてか電磁誘導を引き起こすかのいずれかには違いないが、例えばスピーカーにもコイルが使われているが、一般に電磁石として想像するものとはかけ離れている。

そこで、今回のサイエンスショーでは、電磁石に始まり、スピーカーやマイクなど、日常生活の中のいろいろな所でコイルが使われていることを、その現象とともに紹介した。

2. 実験内容

当館にはサイエンスショーを演示する学芸員は5名おり、演示者によって実験の取捨選択や順序など、展開方法が異なる。また、同じ学芸員が演示したサイエンスショーでも、その日の見学者層や見学者の反応などによっても内容は異なり、また、3ヶ月間行なうサイエンスショーの内の1ヶ月目か3ヶ月目かによってもかなり異なる。

このため、ここではサイエンスショーの展開の一例として、私自身がよく行なったストーリーに沿って実験内容を紹介する。

2-1. 電池と豆電球をつなぐ

最初に、「今から実験を行なうので机の上にいろいろと道具を出していますが、それぞれ何でしょう？」と見学者に尋ねた。机の上に並べていたのは、電池、方位磁石、豆電球である。そして、まずこの電池と豆電球をつなぎ、点灯させた。

2-2. 電池とコイルをつなぐ

次に、「忍法！電気ぐるぐるの術」というサイエンスショーであるが、何が「ぐるぐる」なのかということでその場で電線(被覆線)を20回程度巻いてコイルを作り、実験に使用した。このコイルに電池をつなぐとどうなるか見学者に尋ね、方位磁石の前で電池をつないだり離したりして、方位磁石の向きが変わることを見せた。



写真1 コイルの近くで向きが変わる方位磁石

*大阪市立科学館 学芸課
E-mail : nozo@sci-museum.jp

しかし、これだけではクリップをくっつけることすらできないと、コイルの真ん中に鉄芯を通すとクリップがつくようになることを見せた。



写真2 鉄芯を入れたコイルにつくクリップ

2-3. 人がぶら下がることのできる電磁石

鉄芯を入れることによって強力な電磁石になる例として、単1型乾電池1個で非常に強くくっつく電磁石を使用した。こういった電磁石はいろいろな教材会社から発売されているが、今回はヤガミから発売されているものと、島津理化から発売されているものを使用した。



写真3 人がぶら下がることのできる電磁石

ヤガミのものは、電磁石に付いている取っ手も、鉄板に付いている取っ手も大型で持ちやすく、鉄板の取っ手を鉄棒に通し、ぶら下がるようにした。但し、もとこのヤガミ製のものに付いている落下防止のためのネジを利用すると、あたかもネジで固定されているように見えてしまうため、鉄棒から鎖をのばし、持ち手の部分に両側からフックを掛けて5cmくらいの余裕を持たせるようにした。尚、落下防止装置がないと、電磁石が外れたときに転倒し非常に危険であるので、必ず落下防止の対策をとる必要がある。また、電池が消耗してくるとだんだん外れやすくなるため、単1型ニッケル水素充電電池を用意し、たえず充電した電池を使うようにした。十分充電されたニッケル水素充電電池や新品のアルカリマンガン電池では、70～80kgの人までぶら下がることのできた。



写真4 電磁石に取り付けた落下防止装置

一方、島津理化から発売されているものは、見学者と引っ張りあうのに使用した。この電磁石は、鉄板側についているのが取っ手ではなくひっかけるためのフックになっていて、手では持ちにくくなっている。大人が力一杯引っ張ると電磁石が外れることもあり、転倒などのおそれもあるが、見学者には持ちにくいフックの方を握ってもらい、力が入りにくいようにした。



写真5 島津理化から発売されている電磁石

2-4. コイルと豆電球をつなぐ

ここまでのおさらいとして、電池と豆電球をつないで豆電球が点灯することや、電池にコイルをつなぐと方位磁石の向きが変わることを見せ、今度は豆電球とコイルをつなぐとどうなるかを見学者に尋ねた。もちろん豆電球は点灯しないのであるが、テーブルの上に置いている箱にのせると、豆電球が点灯するのを見せた。



写真6 コイルにつなぐだけで点灯した豆電球

この箱の中には、予めスライダックにつないだ鉄芯入りのコイルを入れておいたのであるが、何度か繰り返す内に、箱の中に何か仕掛けがあることを見学者が気付くので、箱をあけて中にコイルが入っていることを見せた。ただ、ここではまだなぜコイルが入っていれば豆電球が点灯するのかは解説せずに次の実験へ進んだ。

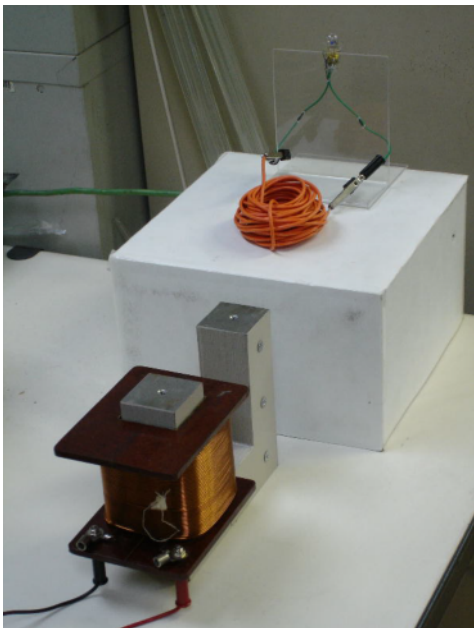


写真7 箱の中に入れていたコイル

2-5. 踊る磁石

鉄芯入りのコイルと透明なコップに入れた小型のネオジム磁石(直径1cm、厚さ1mm程度)を用意し、コイルにつなぐ乾電池の極を入れ替えると、電磁石の極が変わることを見せた。この時、鉄芯からコップを1cm程度離すと、乾電池の極を入れ替えるたびに、コップの中で磁石が飛び跳ねる。また、ネオジム磁石の表裏を赤と青に塗り分けておくと、飛び跳ねたときに裏返るのがよくわかる。



写真8 コイルの上で踊る磁石

また、コイルにつなぐ乾電池の極を手で入れ替える代わりに、ラジオの音声をアンプで増幅したものをコイルにつなぐと、磁石が勢いよく踊るようになる。

2-6. なんでもスピーカー

2-5では中型のコイルと小型の磁石を使用した但、逆に中型のネオジム磁石と、ホルマル線を20回程度巻いた小型のコイル(直径約2cm、鉄芯なし)を用意した。このコイルにラジオの音声をアンプで増幅したものを流すと、今度はコイルが踊り始める。このコイルを磁石で押さえつけると、テーブルが振動板となり、ラジオの音声が聞こえるようになる。テーブルだけでなく、ホワイトボードや透明なアクリル板に押し当てても、同様にラジオの音声が聞こえる。ちなみに、見学者には流している電流がラジオの音声を増幅したものであるとは言わずに、ここまでの実験を進めており、ここで電線をたぐってラジオを見せた。

実際に使われているスピーカーでも、中にコイルと永久磁石が入っていることを見せ、コイルに流す電流の向きによって電磁石の極が変化し、永久磁石と引き合ったり反発したりすることで振動して音が出ることを解説した。

2-7. 発電

ここまでは、コイルに電流を流して電磁石にしていた、つまり「電気→磁石」を行なっていたが、逆に「磁石→電気」ができないかということで、23000回巻きのコイル、白色発光ダイオード(ゲルマニウムダイオードで整流回路をつけたもの)、中型のネオジウム磁石を用意した。コイルの上に磁石を置き、コイルに発光ダイオードをつなぐが、発光ダイオードは点灯しないこと、ところが磁石を持ち上げると発光ダイオードが点灯することを見せた。どうしたら発光ダイオードが点灯するかについては、最初は磁石をコイルから少し離れた位置に置いておくという勘違いも多いが、次第に磁石を動かすと点灯することに気付くようになった。

そこで、分解した自転車のダイナモを用意し、これにも磁石とコイルが使われていること、磁石を動かさないと発電しないことを解説した。

2-8. マイク

さらに、小さな手巻きコイルでも、そばで磁石を動かすと発電するはずである。しかし、これでは発電した電力が非常に小さく、発電しているのかもわからない。そこで、アンプで増幅しスピーカーにつなぐと、磁石の動きに応じて、スピーカーのコーンが動き、こんなコイルでも発電しているのがよくわかるようになる。

また、プラスチックコップの底にそのコイルをあて、その上から磁石で押さえてコップに向かって喋ると、コップがマイクとなり、スピーカーから声が聞こえるようになる。

2-9. エレキギター

ピンと張ったピアノ線にネオジウム磁石をあてて磁化し、その弦をコイルの近くで弾く。すると、弦の振動に応じてコイルで発電され、これをアンプで増幅してスピーカーにつなぐと大きな音になる。写真のとおり弦は1本しかないが、これでもエレキギターになっている。

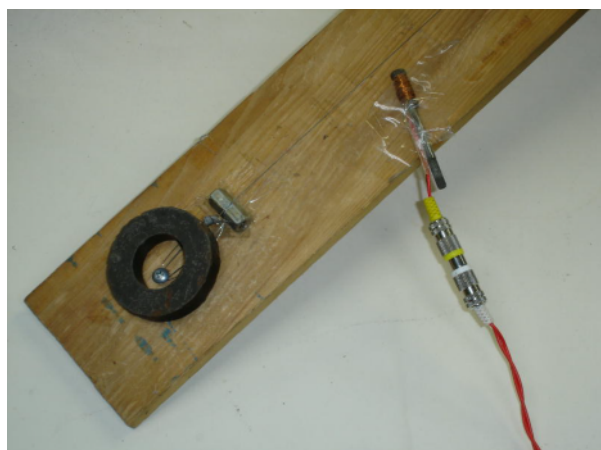


写真9 弦にあてた磁石と、ピックアップコイル

逆に弦にコードをつなぎ、磁石の近くで振動させることにより、弦に流れる誘導電流をアンプで増幅させてエレキギターにすることもできる。この場合、弦と弦につないだコードを1回巻きのコイルと見なすこともできる。

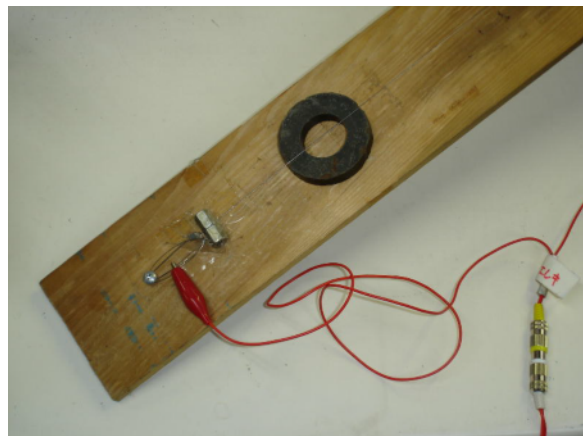


写真10 弦の近くに取り付けた磁石と、弦につないだコード

2-10. トランス

こうして、コイルは電磁石になるだけでなく、発電することもできるという実験を行なった後、2-4の実験の種明かしをした。箱の中に入っていたコイルは、スライダックを通してコンセントにつながっており、電磁石の極が絶えず入れ替わっていること、その近くにコイルを持ってくると発電するということで、2-7で用いた発光ダイオードや、2-4で用いた豆電球が光ることを見せた。

また、ふたつのコイルを鉄芯でつないだものをトランスということ、家庭の中でも多く使われていることを説明した。また、トランスを使うことにより電圧を変えることができる例として、250回巻きのコイルと23000回巻きのコイルを用いて約1万Vまで昇圧し、放電を見せた。

2-11. 電磁調理器

ちょっと変わったトランスの応用例として、電磁調理器の原理を見せる実験をした。水を入れた金属製のドーナツ形の容器(ケーキの型を変形させたもの)を用

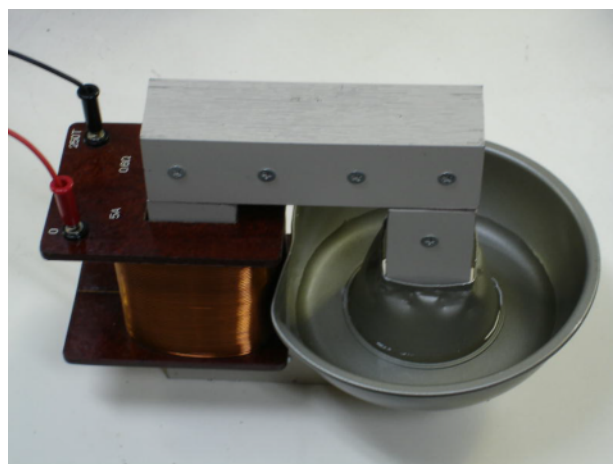


写真11 トランスの一方をドーナツ型の容器にする

意し、トランスの2次側のコイルの代わりにセットする。するとこの容器は、1回巻きのコイルと見なすことができる。トランスの1次側をスライダックを介してコンセントにつなぐと、電圧が下がる代わりに、ドーナツ形の容器には大電流が流れ、容器の電気抵抗により発熱する。しばらくすると水の温度が上がり、小さな泡が出るようになる。

3. 考察

今回のサイエンスショーをやってみて、見学者にとっては少し難しい内容となってしまったようである。原因の一つとして、電気が直接目に見えないため、想像しにくいようである。しかしこれだけでなく、土・日曜日の家族連れの来館者を見ていると、ここ数年で子どもの年齢層がかなり下がってきているように思われる。そのため、例えば2-4のコイルと豆電球だけをつなぐだけで豆電球が点灯するということが不思議だと思ってもらえないことも多かった。そこで、もっと基本的な実験からやらなければならないと思い、2-1の乾電池と豆電球をつなぐ実験などを付け加えた。

逆に、サイエンスショーであまり行なわなかった実験や、予備実験だけに終わったものとしては、以下のような実験がある。電磁調理器の原理実験は、60Hzでは水が沸騰するのにかなり時間がかかるため、実際のサイエンスショーでは時間に余裕があるときや、話の流れによってたまに行なう程度だった。また、エレキギターの実験も、見学者の中の子どもたちにはあまり身近ではないようで、見学者が大人だけの場合などにしか行なわなかった。予備実験だけに終わったものとしては、磁気ヘッドのしくみの実験などがある。ワイヤー録音器も試作したが、なかなか中・高音が録音できず、また他の実験で時間もいっぱいだったこともあり、今回のサイエンスショーでは取り上げなかった。

ところで、今回のサイエンスショーは演示者にとっても難しいものだった。どのコードをどこにつなぐのかといったことでの混乱や、アンプのボリュームを上げすぎるとアンプの安全装置が働いて止まってしまうことなどがあり、他のサイエンスショーに比べると、慣れるまで時間がかかった。