

鉄道のしくみの理解を助ける演示実験や工作の研究

*須賀伸吾

Shingo SUGA

要旨：当科学館では、来館者向けに年間を通して科学に親しむための工作教室を実施している。そのどのプログラムも当館の展示や演示実験に関連するもので、見学を促すために内容が工夫されている。

今年度は、特別展で「鉄道」をテーマとすることになった。そこで、鉄道に関する科学的な内容を小学生レベルで理解できるような講座を実施することにした。講座の中で取り上げたものを中心に、取り組みについて報告する。

キーワード：工作 鉄道 演示実験 モーター パラパラ漫画

1 はじめに

当館では、年間を通して様々な工作教室を行っている。当館主催のものとしては「科学館わくわく教室」「お楽しみワークショップ」がある。「科学館わくわく教室」は科学への興味関心を高めるために工作をするだけでなく、常設展示との関連をはかり、常設展見学を促せるように意識しながら取り組んでいる。

今年度は、特別展として「出発進行～もっと・ずっと・ちばの鉄道～」と題し、鉄道に関する展示を行うこととなった。その関連イベントとして工作教室を実施することにした。特別展・常設展との関連をはかり、イベント参加後に展示を見た時により楽しんでもらえるように意識して内容を考えていった。

2 車輪のひみつ

担当となり、まず実施してみたいと思っていたことは、鉄道車両の車輪についてである。

以前NHKの「ピタゴラスイッチ」という番組で紹介されていたもので、2本のレールに見立てた線の上をゴム栓を2個組み合わせたものが転がっていくという映像である。直線だけではなく、曲線もゴム栓が脱線(?)することなく転がっていく様子にとっても興味を持った。調べてみると、鉄道博物館にも原理を説明する同様の展示があり、工作教室の中で取り上げられないか以前から考えていた。

レールに相当するものには、ミニ4駆のサーキ

ットと電車おもちゃのプラスチックレールを、車輪に相当するものは紙コップ、プラスチックコップを使用して試作してみた。

プラスチックレールは高さが足りずにうまく転がらなかった。ミニ4駆のサーキットとコップの組み合わせでは、コップが空転するためカーブの途中で脱線してしまった。コップを接着する幅を広げることで多少は改善されるが、現実性がなかった。

当館学芸課伊藤上席研究員がカーテンレールとシリコン栓の組み合わせでうまくいくことを見つけ、特別展の中で展示することとなった。



図1 車輪のひみつを試せる展示
(伊藤上席研究員作製)

実際の工作教室の中では、クイズと写真で紹介して、試すのは展示場という形をとり、展示への誘導となるように扱った。

車輪以外の展示については、展示内容決定後にイベントの内容に取り入れていった。

3 工作

工作教室の計画がなかなか思うように進まない中で、工作の内容についても並行して検討を進めた。

鉄道のしくみに関して工作ができるものとしては、モーターが考えられる。簡易モーターは過去に当館でも工作教室を実施していたようで、資料が残っている。安価で製作も容易であるが、動力として使うには非力であった。

次に、動力として取り出せるものを考え、小学校の理科学習で使用するモーターカーキットが利用できないか試作してみた。本来の用途としては5年生の「電流の働き」を学習するものである。キットは短時間で完成し動力として使えるのでよかった。ただ、完成形が自動車なので、鉄道展開連のイベントとしてははしっくりとこなかった。そこで、紙製の鉄道のボディを取り付けたらどうかと考え、試行錯誤してみたが、大きさや強度、走行スピード等問題点が多く、キットの利用は断念した。

再び、簡易モーターを試作しながら検討した。試作中、コイルが回転する様子を見ていたときに、コイルに絵を描いた紙を貼ればパラパラ漫画のようになるのではないかと考えた。そこで、コピー用紙を貼り両面に絵を描いた。

回転させてみると、2面しかない絵と、回転数が適正でないためか、満足のいくものはできなかった。次に、絵の枚数を増やす工夫をし、4枚の絵になるようにして試作してみた。

すると、なめらかではないがパラパラ漫画のように動きを感じられるものができたので、電車の絵を印刷してみた。その際には電車の大きさやバランスを工夫した。

ア、大きさを変える。

(前後に移動する様子を狙った。

正面から見た画像)

イ、左右に位置を変える

(左右に移動する様子を狙った。

側面から見た画像)

ウ、位置も大きさも変える

(側面からみた画像)

その結果、ウのパターンが一番自然に見えたので

採用することとした。

4 特別展展関連イベント

「電車のしくみを学んで、モーターをつくろう」

平成28年11月5日(土)
午前の部 午後の部 計2回
現代産業科学館体験学習室にて
小中学生対象 各回24名定員
参加者は小学校1～3年生が73%
3～6年生が27%,中学生の参加はなかった。



図2 工作教室のようす

次に、イベントの内容を紹介する。

前半は、電車(鉄道も含めて)のしくみをクイズで学び、常設展・特別展の展示との関連を説明した。後半はモーターの工作を行った。

(1) 鉄道を動かすエネルギーについて

イベントのタイトルは「電車」としたが、あえて、「鉄道」を動かすエネルギーは何かを問題にした。選択肢は油・人の力・石・電気の四択。

問題: 鉄道を動かす
エネルギーは?

1: 油 2: 人の力

3: 石 4: 電気

図3 鉄道を動かすエネルギーについての問題画像

ディーゼルカーは軽油を使用しているの
 蒸気機関車は石炭を使用しているの
 電車はもちろん電気

人車は人の力

をエネルギーにしている。

軽油・石炭・電気については、常設展「現代産業の歴史」の紹介をした。

人車はエントランスに県内で使用された本物の車両が展示されていることを紹介した。



図4 鉄道を動かすエネルギーの解答画像の例

(2) 車輪の形状

次に車輪の形状を問題とした。

選択肢は下に示す図にある4つである。日常目に触れることの多い自転車や自動車のタイヤのイメージは1や3の形ではないだろうか。また、レールから脱線しないというイメージがあるのは4である。しかし、正解は2の形である。とても意外性のある形である。

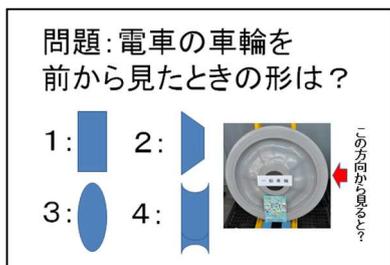


図5 車輪の形状の問題の画像

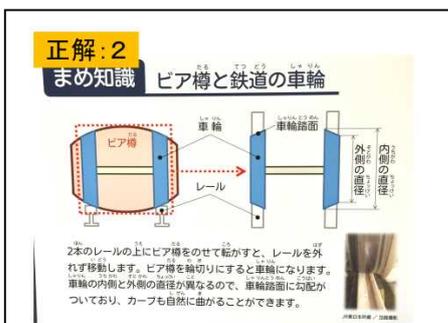


図6 車輪の形状の問題の説明画像

車輪の内側と外側の直径が異なるので、車輪踏面に勾配がついているためにカーブを自然に曲がる
 ことができる。

(3) 電気の取入れ方

特別展にはパンタグラフ、常設展には、ジーメンス電車（第三軌条）の展示があるので問題とした。

空中の架線から電気を取り入れるとともに、レールも電気の通り道として使っていること、レールのみから取り入れる仕組みがあること（第3軌条）、それが、当館展示のジーメンスの電車や現在の東京メトロ銀座線などでも使われていることを説明した。

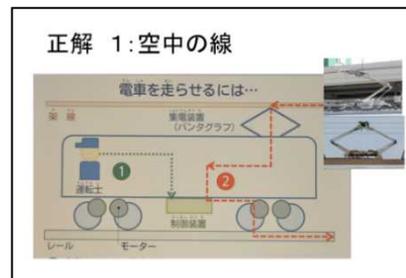


図7 空中の架線から電気を取り入れる説明画像



図8 レール（第3軌条）から電気を取り入れる説明画像

(4) 摩擦と慣性

鉄道の大きな特徴の一つである摩擦の少なさを取り上げた。

鉄の車輪とゴムの車輪の転がり方を比較してみたが、実験室のテーブルの上では、違いが分かりにくかった。

代替えの実験として、金属製の瓶蓋と、それに

ゴムを貼ったものを机の上に滑らせて摩擦の違いを体験させた。金属とゴムの違いを実感することができた。

そして、鉄道では、空転防止のために砂をまくことがあることをクイズで取り上げた。

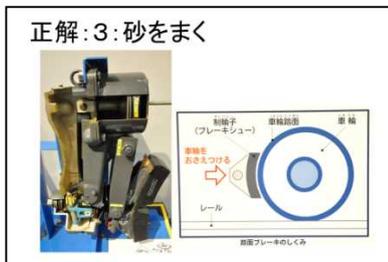


図9 砂をまく装置の説明画像

また、重いものは動かしにくく、止まりにくいことを説明した。これには、扇風機を使い、羽のついた状態とついていない状態で稼働させて、比較演示した。

(5) 力行と環境問題

次に、電車の力行の割合を取り上げ、電車が環境に優しい交通機関であることを説明した。



図10 力行割合の問題と解答説明画像

(6) モーター

今回の工作につながるモーターについて出題した。

まず、ハイブリッド自動車用、模型用、電車用の3種類のモーター写真を提示し、どれが電車用かを問題にした。

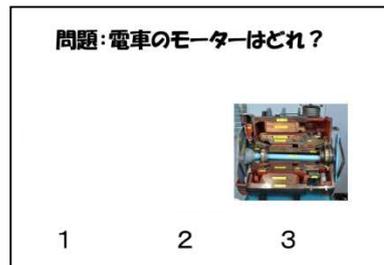


図11 電車のモーターを問う問題画像
3は当館で展示したモーター

次に写真から3種類のモーターに共通する部品を考えさせ、コイルと磁石であることを説明した。



図12 共通部品であるコイルと磁石の例示画像

また、身の回りに使われている電磁石の動画を参考映像として見せた。(「NHK for School」の映像を利用)

磁石の近くでコイルに電流が流れると、コイルが力をうける実験は、「電気ブランコ実験装置」(島津理化器械株式会社製、電流と磁界実験器DB-1)を用いて説明した。

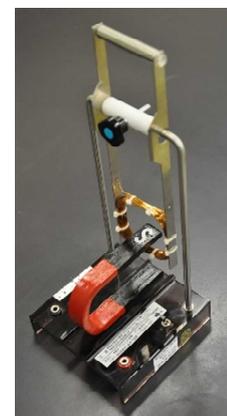


図13 電気ブランコ実験装置

スイッチを押すタイミングでブランコが大きく揺れたり、揺れなかったりすることを体験させた。

この体験は、工作時にコイルのエナメルを一部分だけはがす理由につながっている。

逆に、磁石の近くでコイルを動かす(回転させる)と発電ができることを「手回し発電機」2台をつなげたものを使用して体験させた。



図 14 手回し発電機説明画像

モーターが動力にもなり、発電機にもなることから、最近の電車では、走り始めに電気を使い、止まる前には電気を作っており、省エネルギーになってきていることを説明した。

そして、後半のモーター工作へとつなげていった。

次に材料および工作の手順を説明する。

材料：単 2 乾電池、電池ケース、ゼムクリップ、エナメル線（ホルマル線）、フェライト磁石、紙

電池ケースはネット通販、フェライト磁石は 100 円均一ショップを利用した。これにより、参加費を 150 円に抑えることができた。

（手順 1）コイルを作る

単 2 乾電池にホルマル線を 7 回半巻き付けて作る。巻き数については、多少の増減は影響ない。バランスよくきれいに作るように気をつける。

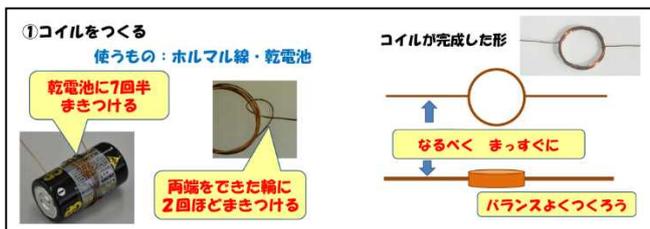


図 15 コイル作製説明画像

（手順 2）コイル両端のエナメルをはがす

モーター工作では、一部をはがし、一部は残す。その理由については、電気ブランコの実験を取り上げて説明した。

エナメルをはがす際に、紙やすりを使うことが多いが、作りやすさを考え、カッターナイフを使用した。きれいにはがせていないことが原因でモーターが回らないことが見受けられるので、丁寧にはがすように指導する必要がある。

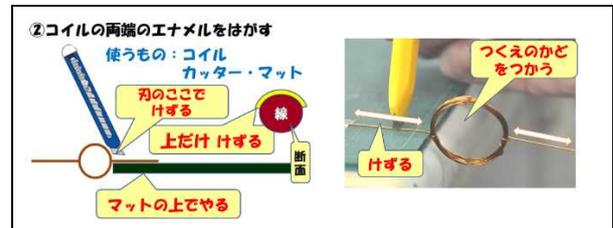


図 16 エナメルをはがす説明画像

（手順 3）電池ケースにセットする

電池ケースに電池を入れ、電池の両極にゼムクリップで作った金具を立てる。電池にフェライト磁石を乗せる。後ほどバランスをとるので、位置の調整は厳密にしなくて大丈夫である。



図 17 電池ケースにセットする説明画像

（手順 4）コイル調整

金具にコイルを乗せて、回転するように調整する。

調整のポイント

- ・クリップの高さ：コイルが回転した時に磁石にぶつからない程度でなるべく低く設置する。
- ・エナメル線両端のみがき具合：きれいな銅の金属光沢が見えるように磨きなおす。
- ・コイルのバランス：コイルが弱い力でも回転しやすいようにバランスをとる。

たいていの場合、この3点を調整することで回転するようになる。

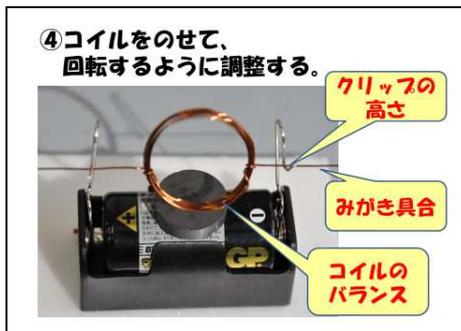


図 18 コイル調整の説明画像



図 19 コイル調整のようす

(手順5) パラパラ漫画画像をはる

紙を線にそって丸く切り抜き、半分に折ってコイルに貼る。4枚の順序を間違えないように貼る。コイルの厚み分紙が浮くので中央部にもボンドを付けて貼るとよい。



図 20 パラパラ漫画をはる説明画像

(手順6) 調整

再度回転するように調整して完成。

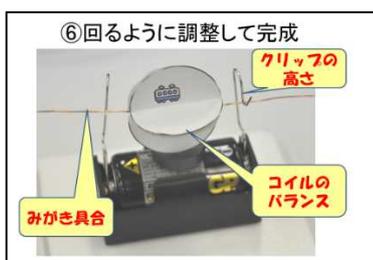


図 21 完成前の調整の説明画像

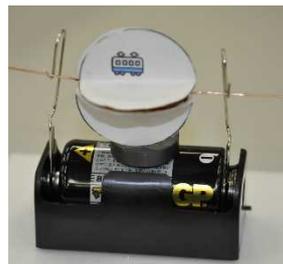


図 22 完成品

完成後は、工作の発展としてやってみてほしいことを紹介した。

- ・磁石の向きを変えるとどうなるか
- ・コイルの巻き数や大きさを変えるとどうなるか
- ・自分で絵を描いてみよう

そして、注意事項としては、

- ・使用しないときはコイルをはずしておく
- ・磁石をカード類に近づけない

ことを説明した。

5 おわりに

当館の工作イベントの参加者は小学校低学年以下の方が多い。そのため、丁寧な指導が必要である。当館では、ボランティアで工作指導に参加してくださる方々がいらっしゃるので多くの参加者を安心して受け入れることができる。今回の工作教室が成功したこともボランティアの方々のおかげによる所が大きい。

また、私が指導をしやすいように周りでサポートしてくれる職員の存在も忘れてはならない。

関係してくださった多くの方々に感謝申し上げてこの報告を終わりとしたい。

参考文献

「電車の運転 運転士が語る鉄道のしくみ」

宇田賢吉 著 中央公論新社刊

「鉄道技術の日本史 S Lから、電車、超電導リニアまで」

小島英俊 著 中央公論新社刊