



目的

1820年にエルステッド教授（デンマーク）が偶然に見つけた「電流と磁界」の関係は、電磁石やモーターや発電機へとつながる大発見となった。この重要な実験が、現在でも不十分にしか授業で実施されていない。従来の実験器具は図1・2に大別できるが、いずれもOHPでの演示実験にならざるを得ない理由がある。OHPの平面映像では立体的な磁界が理解しにくく、電磁気への興味が深まりにくいのは当然である。

(図1) 1本の電線に30 A程の大電流を流して出来る磁界を方位磁針や鉄粉で確認するが、それには特殊な低電圧大電流電源が必要になる。購入しても自作しても価格や構造が一般的でなく、個別実験化は困難であった。

(図2) エナメル線を数十回巻いたコイルを作って数Aの電流を流す。全体としては大電流が流れていることになり、上と同様の実験ができる。これが一般的な方法だが生徒実験化は進んでいない。これは、生徒の手元ではコイルそのものであるからだと考えられる。

乾電池を短い電線でショートさせた時の電流を利用する個別実験方法がある。しかし、十分な磁界が得られず不明瞭な短時間の実験となる。また、電池であってもショートを利用した実験は好ましくない。

そこで、電流と磁界の関係を皆でわかりやすく行える実験教具として、簡単に安定した大電流の得られる「大電流電線」を開発した。

概要

「大電流電線」開発のきっかけは、インターホンケーブル内部の色分けされた細い電線の束が目についたことによる。この電線を順にずらしながらハンダづけして直列接続すれば巨大なコイルとなり、わずかの電流でも全体として大電流になる。この考え方は、先程の図2の実験器具と同じだが、ある程度以上長く大きくなるとコイルではなく1本の電線として位置付けられるようになる。ここが重要なポイントであるが、偽りであるともいえる。しかし、授業の終わりに内部構造を生徒に見せると、その原理をすぐに理解し、返って電磁気への興味が深まることになり自信を深めた。ま

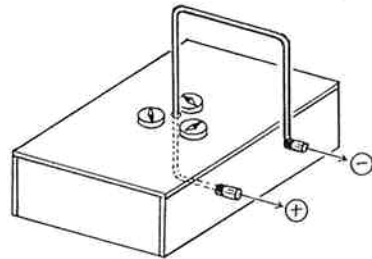


図1

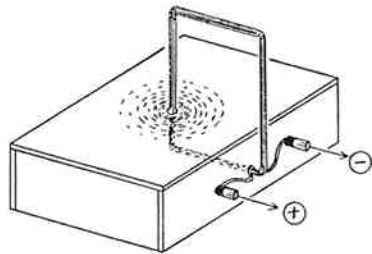


図2

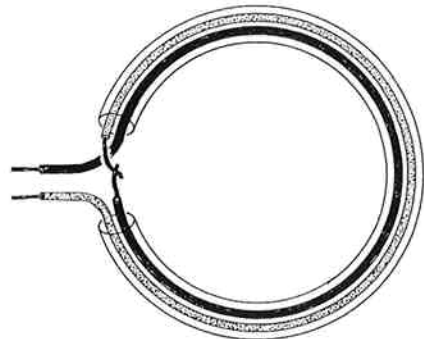


図3

た、どんな回路も実は1周の大きなコイルである。

図3に2芯線のケーブルを使った場合の「大電流電線」の接続方法を示す。なお、実際は10芯線を用いた。

最近、電線の束に直流電流ではなく交流の音声電流を流して行う電磁誘導の実験が行われている。この実

* すぎはら かずお 京都市青少年科学センター 所員 〒612 京都市伏見区深草池ノ内町13 TEL(075)642-1601

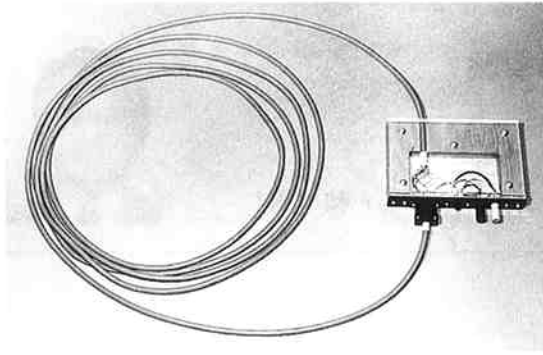


写真1

験は「大電流電線」でも可能であるだけでなく、1本にまとめられているためコイルへの展開が容易で、より授業に生かしやすい。

製作方法

I. 装置の特徴

実用化した「大電流電線」は、10本の色分けされたビニル電線がシースという被膜でまとめられている「MVVC 10芯×0.3 mm²」という導線を使った。これは、被膜内のビニル電線1本毎に細い銅線の束が入っており単線のインターホンケーブルと違ってしなやかで使いやすい。この導線6mで作った「大電流電線」は10周が直列接続されるので60mの電線と同等で、全抵抗は約3.5Ωになり驚いた。このため仮に4Aの電流を流すには14Vの電源でよく、実験室の普通の電源装置

(ほとんど、0~15V/5A)が問題なく使用できる。結果、電流が10周するため40A流れている電線と同等の極めて強力な磁界が得られる。長さ6mあれば実験机一周になり10人程の生徒が同時に実験に参加できる。電線をもっと長くした場合は、電源装置を2台以上直列接続して電圧を上げると使用できる。なお、電線の温度が多少上昇するが問題はなく、電流が流れている証拠として活用できる。また、この温度上昇によって電線がしなやかで使いやすくなる。電源スイッチと極性逆転スイッチを取り付けるといろいろな授業展開が可能となる。製作費用が安価であるだけでなく、1セット製作するだけで生徒実験できるよさがある。

II. 「大電流電線」(写真1)

III. 接続部分の回路(図4)

IV. 必要物品

- ・ビニル電線：MVVC 10芯×0.3 mm²(必要な任意の長さ)
 - 注：製造メーカーによって太さや質に差異がある
- ・スイッチ：2回路2接点中点OFFスライドスイッチ
- ・コネクター：10ピン(例、サトーパーツCN-35)
- ・ターミナル：赤、黒
- ・アクリル板(パーツ取り付け用でアルミ板も可)
 - ：26×180 mm (黒色3.0 mm厚)
- ・ラワン合板(上下のフタとその間のスペーサー)
 - ：120×180 mm 2枚(5.5 mm厚)
 - 120×180 mm 1枚(15 mm厚)

学習指導方法

I. 《電流と磁界》

「大電流電線」に3~4Aの直流を流し、手にして並んだ生徒の手元で方位磁針の動きや鉄粉の模様を観察できる。電流の向きをスイッチで切り換えると方位磁針の向きが変わり、電流と磁界の関係が簡単に理解できる。また、電線を輪にすると磁界を束ねることになり、これがコイルの価値であることが容易にわかる。巻き数を増やすと更に磁界が強くなる。1つの実験器具を使ってグループ実験できるので、生徒同志が相談しながら理解を深めていくことが可能である(写真2, 3, 4)。

II. 《電磁石》

3~4Aの直流を流した「大電流電線」を鉄芯に数回巻くだけで電磁石になりホッチキスの針などを引きつけることが出来る。電線の巻き方がはっきりわかるため、電流の向きと磁極の関係を予想させてから実験で証明できる。まわりの磁界も方位磁針で確認できる。

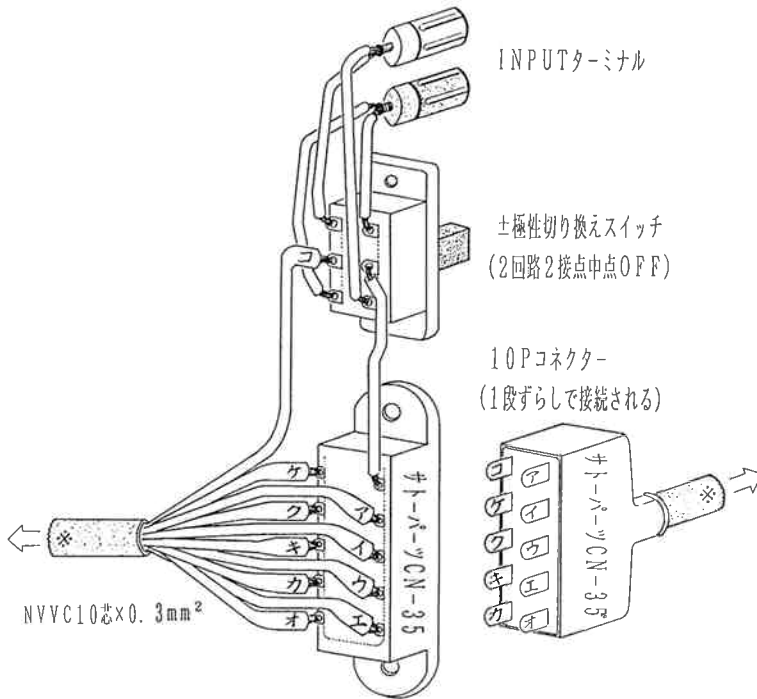


図4

この実験は教科書や問題集に出てくる図そのものであるが、これまでは電流が少ないため同様の巻き数での実験は極めて困難だった(写真5)。

III. 《電気ブランコ》

実験用スタンドから横棒を伸ばし、「大電流電線」をU字状に垂らす。電線の下端部分をU字磁石で挟んで3~4 Aの直流を流すと電気ブランコとなる(写真6)。

従来は、図5のようにコイルを使ったり、図6のように可動しやすいメカニズムを工夫したり、図7のようにアルミホイールといった他の素材を介在させたり、どうにもスッキリしない実験が続けられてきた。これは、大電流が簡単に得られなかったためで、この電線により初めて電気ブランコらしくなった。

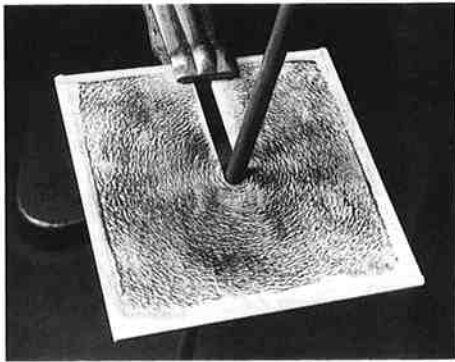


写真2

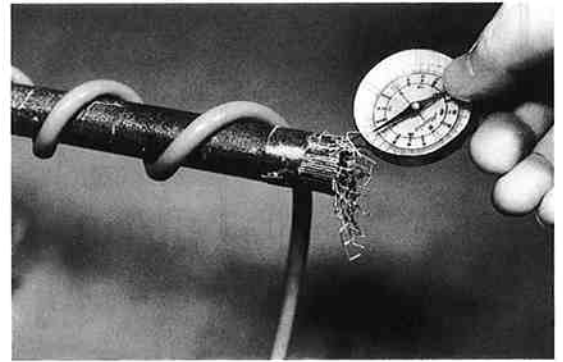


写真5

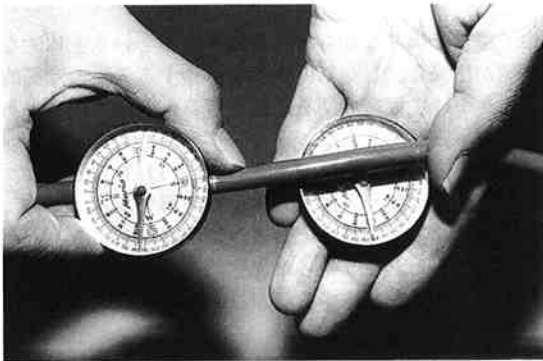


写真3

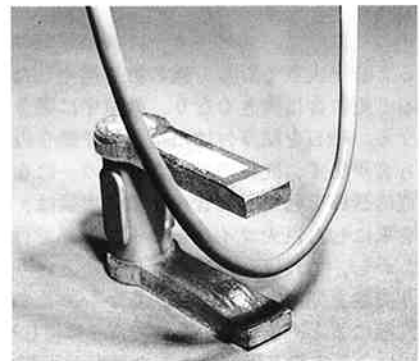


写真6

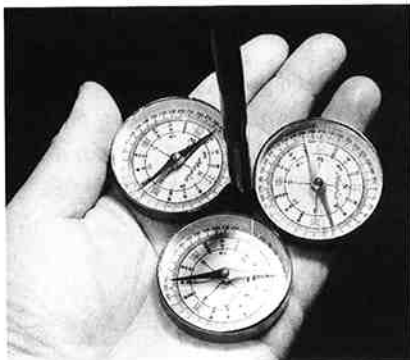


写真4

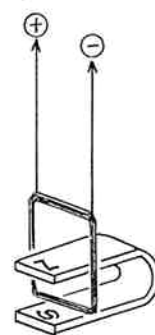


図5

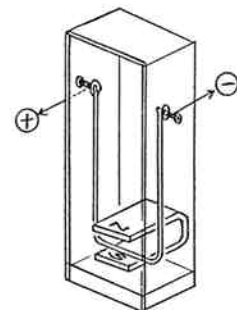


図6



図7

また、2組のこの電線をぶら下げて向かい合わせると平行電流の影響が観察できる。ただし、上手に平行に向かい合わせるには少々コツが必要である。

IV. 《地磁気発電機》

「大電流電線」を2人で持って上下に振ると地球磁場との関係で発電機となり、数百 μA の電流が流れる。振り方や向きを変えて比べてみよう。

V. 《電磁誘導》

「大電流電線」に数W~十数W出力程度の音声信号を入れ、エナメル線を50回程巻いたコイルで受信すると、接続したイヤホンやスピーカーから音楽が流れる。この時、コイルの向きと電線からの距離で磁力線の向きと密度を理解することができる。また、この電線を

直流大電流による実験

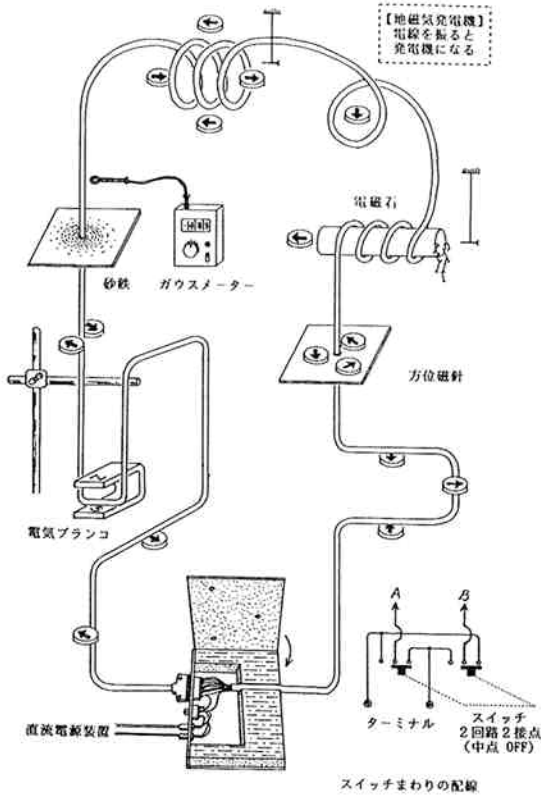


図 8

輪（コイル）にして、スピーカーに接続したコイルを近づけると音が大きくなる。輪の数を増やしたり鉄芯を入れると更に音は大きくなり、教室中に響きわたるようになる。磁石を貼り付けた空き缶や紙を近づけるだけでも音が出て、究極の単純スピーカーになる。

この電磁誘導を利用した音声受信の実験は、従来から電線を束にした巨大コイルを使って一部で行われてきた。しかし、これは、最初からコイルという位置付けであり実験を発展させにくい。しかし、この電線は1本の電線にまとめられているのでコイルにしやすく、直流電流による実験と同様の多彩な展開が可能である。なお、この原理は昔から知られており、聴覚障害児学級の床に埋め込まれていたり（補聴器受信）、美術館などでの案内（専用器具での受信）に使われている。

なお、電燈線 100 V をトランスで数十 V に降圧して用いても様々な授業展開が期待できる。

実践効果

実際に、授業でこの電線を使うと「生徒自らの手の

音声電流による実験

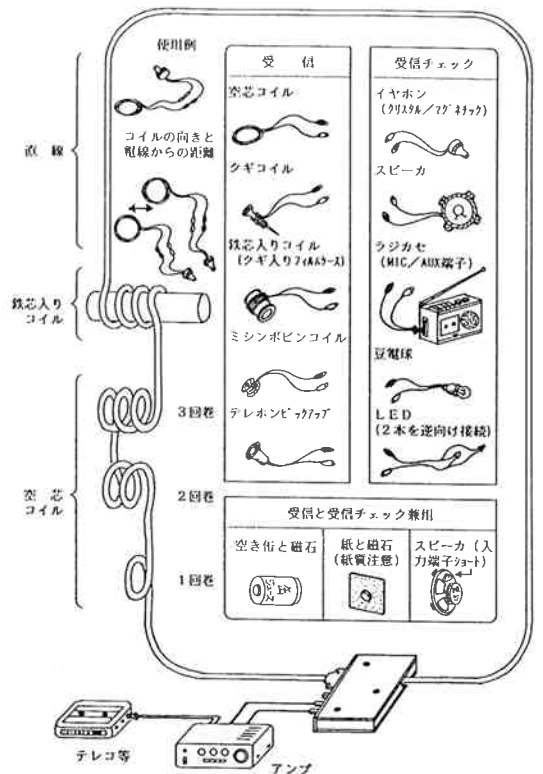


図 9

中で磁界を操りながら考え理解する」という主体的な展開が出来る。しかし、機器を操作する先生の意図的な働きかけで授業展開を制御できる。個別実験でもあり、演示実験でもあり、グループ実験でもあるという珍しい位置付けの実験ができる。このおもしろさは、実際に授業で使うと誰もがすぐに理解できる。そして、従来の実験方法と比べ、はるかに理解が深まることがわかってきた。こういった先生の存在価値を高めながら先生の負担を軽くするのがこの「大電流電線」の長所である。

その他の補遺事項

開発から既に13年目となり、京都市内を中心に多くの授業実践が進み、装置の改善改良、新たな活用方法が見い出されてきた。結果、大変多様な実験が出来る事が明らかになり器具の名前が適当でなくなってきた。そこで、実践の中心となった研究グループ【パスカル京都】の名を器具につけて『パスカル電線』という愛称で全国に普及させようと努めている。