

古ブラウン管を利用した電磁気実験



三重県立白子高等学校 前田 茂穂*
(業績分担者)三重県立四日市農芸高等学校 徳田 雅彦**

目的

電磁気は生徒にとって理解しにくい分野の一つであるが、これは電流と磁界の相互作用から交流の抵抗までの系統だった実験が行われないからと思われる。

これらの実験は、まず古テレビのブラウン管を取り出す分解実習(写真1)から始め、そのブラウン管を用いていろいろな電磁気実験を行うものである。

概要

以下の実験は、ブラウン管を用いて生徒の興味関心を引くような定性実験を組み立てたものである。

- I. 輝点を描く実験
- II. 輝点を動かす実験
- III. 色の合成実験
- IV. 線を描く実験
- V. 円を描く実験
- VI. グラフィックスの実験

教材および指導方法

[取扱上の注意]

1. 古テレビをそのまま再利用する場合、単巻可変変圧器(約70V)でアノードキャップの電圧を2万Vにするが、高圧(2万V)であるため万全の注意が必要である。
2. ピンの部分でショートが起こり易いので古テレビのピンカバーをつけておくとよい。
3. 床、机上に軽トラック用ゴムシートを敷き、必ずゴム手袋をつけた右手だけで実験を行う。

I. 輝点を描く実験

古テレビのブラウン管を再利用するため、以下の順序でピン配置を調べ、輝点が描かれることを実験する。

1. テスターで導通部分を探す。その部分がヒーターである(写真2)。

ヒーターの役割りについては、蛍光灯が点灯する瞬間、その両端が明るくなる様子から理解させた。

2. ゴムシート(絶縁用)、スポンジ(電子銃の部分の保護用)を置き、その上にブラウン管を載せる。
3. ブラウン管にアノードキャップ(+)を取り付ける。



写真1 古テレビの分解実習



写真2 ヒーターのピン探し

4. ヒーターにDC(AC)6.3~9Vをかける。
5. 高圧電源(古テレビの電源)のスイッチを入れる。
6. ヒーター以外のピンに一端子一つずつ掛けながら輝点が描かれるピンを探す(図1)。
ブラウン管上に三原色だけでなく境界面上で三原色が干渉しあい、黄色、水色も見える(写真3)。
生徒は、三原色の合成により様々な色ができていることを理解した。
また、三本の電子銃を確認させたのち、蛍光膜が光る理由を生徒に考えさせた(図2)。
7. カソード端子を適当につなぎ替え、最も円が絞れ

* まえだ しげほ 三重県立白子高等学校 教諭 〒510-02 三重県鈴鹿市白子4-17-1 TEL(0593)86-0017

** とくだ まさひこ 三重県立四日市農芸高等学校 教諭 〒510 三重県四日市市河原田町2847 TEL(0593)45-5021

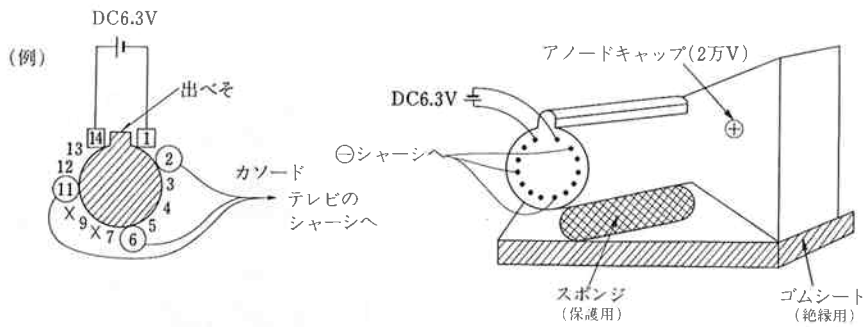


図1 電子銃のピン配置(左)とブラウン管設置図(右)

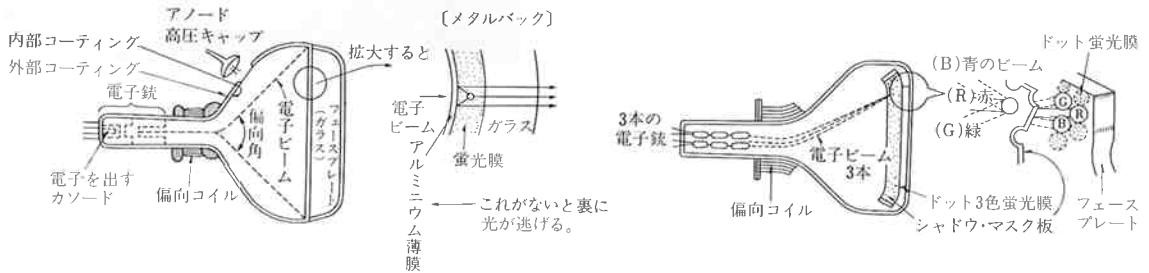


図2 ブラウン管の仕組み(左)と三原色の仕組み(右)

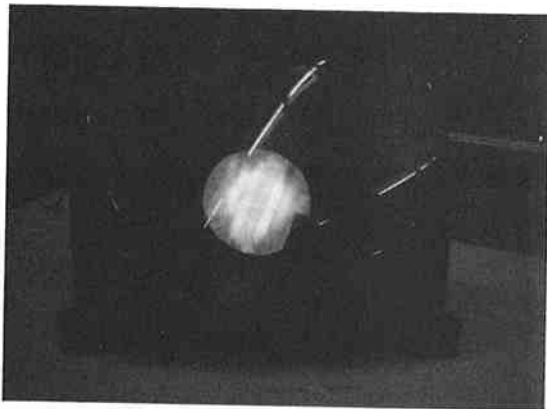


写真3 三原色の干渉

※写真3は76ページにカラーで掲載

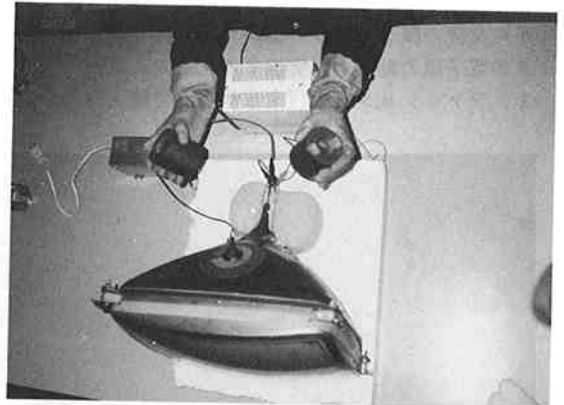


写真4 力の合成実験

るところを探し、シャース端子(-)につなぐ。絞りがきれないときは、カソード端子につなぐ本数を増やす。

ブラウン管上の円を小さく絞り込むと真っ白な円ができることから、生徒は三原色が合成されると白色になる事を理解した。

II. 輝点を動かす実験

フレミングの左手の法則の中でも特に電流を電子の流れに置き換え、輝点が磁界から受ける力の方向に動くかどうかを実験する。

1. ゴム手袋をはめた手でフェライト磁石を持ち、ブラウン管の根元に近付ける。
 - ①N極を真上から近付ける。
 - ②S極を真上から近付ける。
 - ③N極を右斜め上(45度)から近付ける。
 - ④S極を左斜め上(45度)から近付ける。
2. N極を右斜め上(45度)、S極を左斜め上(45度)から同時に近付ける(写真4、図3)。

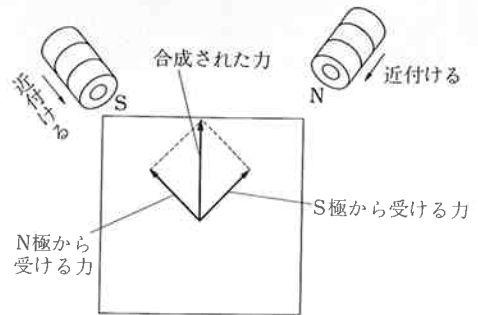


図3 力の合成実験の略図

生徒は、簡単な装置でブラウン管上に輝点が描かれることに驚き、立体的に左手の法則をとらえることができた。

特にバネ計りを使った力の合成よりも、ベクトル合成された力の方向に輝点が動くことに興味を示し、力の合成が直感的に理解しやすくなった。

III. 色の合成の実験

磁石を使った輝点の奇妙な動きを体験し、電子と磁界との相互作用について実験する。

1. 輝点を絞ったカソード端子を外し、円を大きくする。
2. ブラウン管の表面から N 極 (S 極) を近付けると電子線が磁界からローレンツ力を受け、色束帯が円弧を描く (写真 5)。
3. ブラウン管にフェライト磁石を接触させると、円と色はどのように変化するかを実験する。
 - ① ブラウン管に磁石 3 個を接触させた時、磁石のリングの内側には三原色の太い模様ができ、外側には磁界によって電子線が曲げられ帯状のものができる。
 - ② ブラウン管に磁石 10 個を接触させたとき、磁石のリングの内側には白色の細い模様ができ、外側には模様ができない (写真 6)。

これは、電子線が磁界からローレンツ力を受け、内側に閉じ込められているからである。

また、N、S 極でもこの事は同じであった。

IV. 線を描く実験

ファッション電球にかける直流 + を切り替る実験から交流の概念を学び、偏向コイルに交流を流したときの電子線の動き方を実験する。

1. ファッション電球 (東京秋葉原で購入) の一部分



写真5 ブラウン管前面に磁石を近付ける

※写真5は76ページにカラーで掲載

が発光する原理を用いて交流の演示を行う (図4、写真7)。

- ① 2 回路の低周波リレーを使って直流 100 V の + と - を切り替え、♡、I LOVE YOU マークを点灯させる。

1 Hz の時は交互に点灯するが、徐々に周波数を上げると 15 Hz の時、あたかも同時に点灯しているように見える。

生徒は、交流の世界があたかも相思相愛の世界と同じであることに興味を持った。

- ② 偏向コイルの 4 本の端子がそれぞれどの様に接続

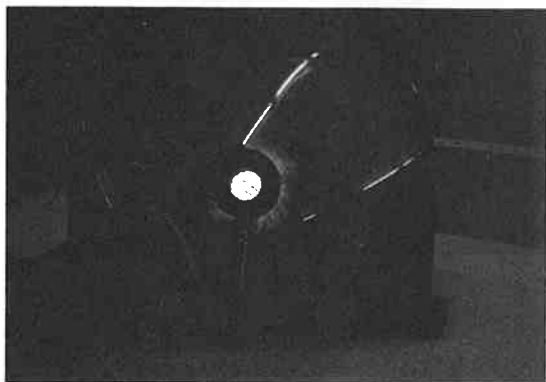


写真6 ブラウン管前面に磁石を接触させる

(3 個(左)、10 個(右))

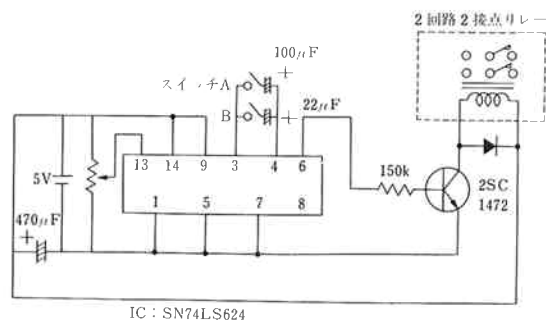


図4 低周波リレーの回路図

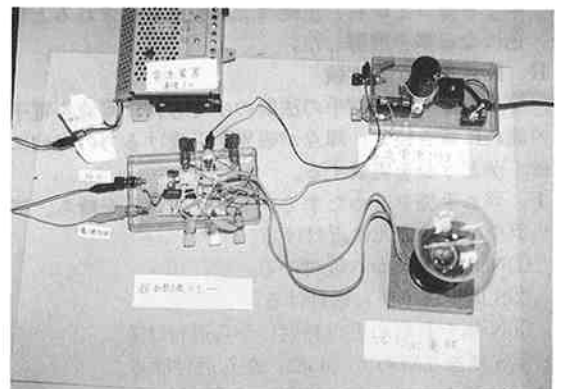


写真7 ファッション電球と低周波リレー

されているかテスターで測定する。

③偏向コイルは電子線を水平に走らせるコイル AB と垂直に走らせるコイル CD に分かれている。

④この装置を偏向コイル AB 間または CD 間にかけると、左右の水平線が交互に描かれ、15 Hz の時、左右の水平線がつながったように見える。

生徒は、低周波リレーにより偏向コイルの磁界 N、S 極が入れ替わり、水平線になることを理解した。

2. 偏向コイル AB 間または CD 間に交流 5 V~10 V をかけた時、交流による磁界の変化により水平線ができる。その水平線の右端に N 極、左端に S 極を接触させた時、電子線がローレンツ力を受け、一本の軌跡から広がりを持つ円弧になった (写真 8)。

V. 円を描く実験

フレーミングの法則の応用として、フェライト磁石による回転磁界、コンデンサーの位相を利用した回転磁界を実験する。

1. 電子銃の根元で磁石を手で回転させる。
2. ハンドミキサーで N、S 極を重ね合わせた磁石を回転させ、輝点が円運動することを実験する (写真 9)。

生徒は、磁石による回転磁界によって電子が円運動することを理解した。

3. 偏向コイル AB、CD 間に交流をかけ、位相の遅れ (コンデンサー) を利用した回転磁界を作る。

①AB、CD 間にそれぞれ交流電圧 5 V、10 V をかける。偏向コイルの仕組みとそのとき流れる電流と位相との関係は図 5 である。

②CD 間にコンデンサーを接続した時、いろいろな楕円ができる。また、コンデンサーの容量を変化させ、



写真 8 磁界とローレンツ力の実験

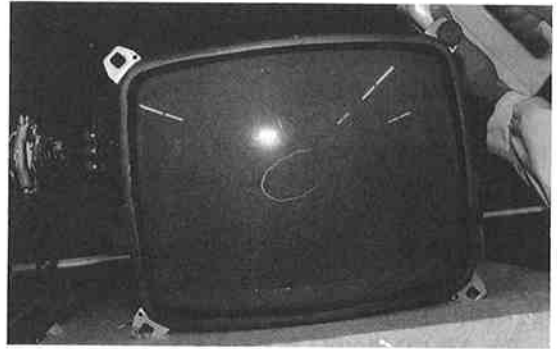


写真 9 ハンドミキサーを利用した回転磁界

ブラウン管の図形から輝点が真円を描く条件を求めた (写真 10)。

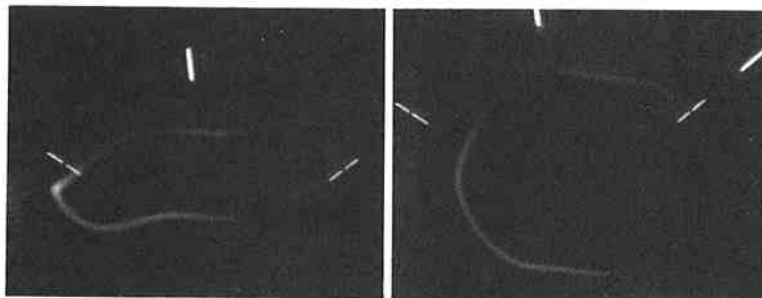
生徒は、回転磁界の説明から交流モーターの原理



22 μ F

55 μ F

102 μ F



202 μ F

532 μ F

写真 10 コンデンサーの位相を利用した回転磁界

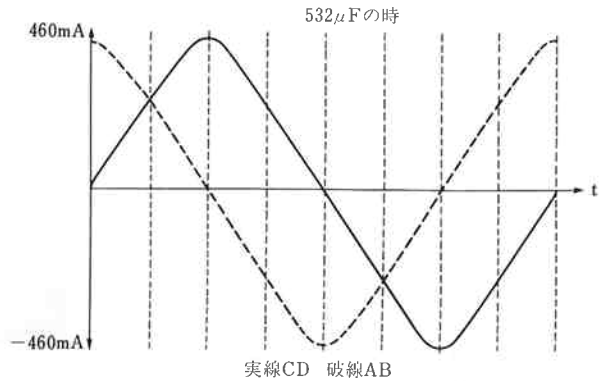
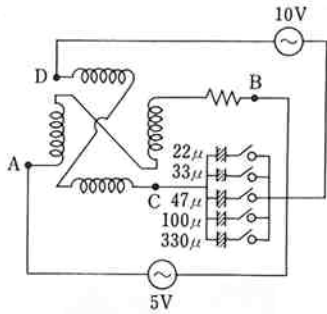


図5 偏向コイルの仕組み(左)と位相との関係(右)

を理解した。

VI. グラフィクスの実験

測定機器としてオシロスコープを使用するがその原理を説明した実験がこれまでなかった。

そこで、生徒がオシロスコープの原理を段階的に理解できるように工夫する。

1. AB間に交流(60 Hz) 10~20 Vをかけて水平線を描く。
2. AB、CD間同時に交流(60 Hz) 10~20 VをかけるとAB、CD間が作る磁界の大きさがそれぞれ異なるため楕円ができる(写真11)。
3. 低周波発信機の方形波(サイン波)をアンプで増幅し、CD間にかけるといろいろな三次元図形が描かれる(写真12)。

特に、発振周波数が150~330 Hzの時、静止した方形波(サイン波)がブラウン管上に現れる。これは、水平偏向コイルにのこぎり波(15.75 KHz)をかけないため、特定の周波数のみオシロスコープとして機能しただけであった(写真13)。

実践効果

1. 電流と磁界との関係からテレビの原理を見直すことにより電磁気分野がより身近になった。
2. 生徒は、産業廃棄物を利用したいろいろな物理実験に興味を示し、洗濯機、単車等の廃品から実験に使えそうな物を取り出し、ブラックボックスの中身を理解しようとした。

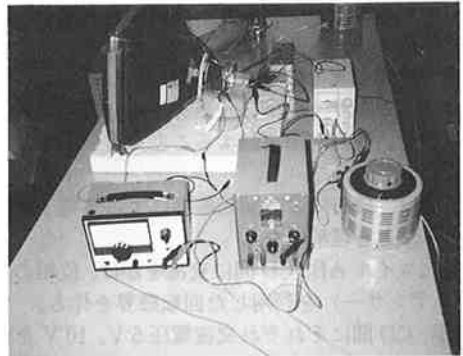


写真12 オシロスコープの原理の実験

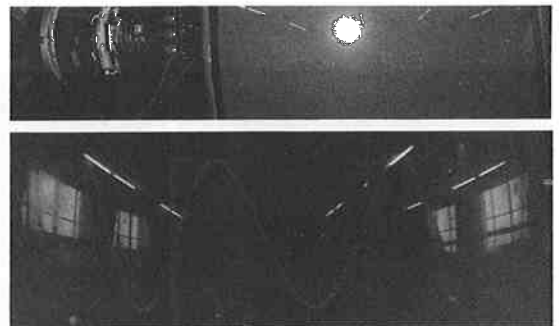


写真13 方形波(上)とサイン波(下)



写真11 偏向コイル AB、CD に交流を流す

その他の補遺事項

高圧電源購入先 ロジー電子株式会社
TEL (03)3207-6251

参考文献

- ・楽しくわかる実験観察(新生出版)
- ・エレクトロニクスのABC(誠文堂新光社)
- ・エレキテル みてたもれ
(三重県高等学校理科教育研究会物理部会)



写真3 三原色の干渉



写真5 ブラウン管前面に磁石を近付ける