

5 電磁誘導によって発生する誘導電流の測定

1 研究の動機

学校の理科で、電磁誘導について勉強しました。そして、発生する誘導電流とコイルの巻き数に何か関連があるのかと疑問を抱き、このことを確かめるため、電磁誘導によって発生する電流を測定する実験を行いました。

2 電磁誘導を測定するための機器の作成

1) 測定機器は、

エナメル線 25m1本 50m3本
トイレットペーパーの芯
プラスチックボード
空のペットボトル

ビニールテープ(黒)(水色)で製作した。

この他に、磁力の異なる5種類の永久磁石と、電流計(検流計YD-2G -40~+40 μ A)を測定のため使用した。

2) 誘導電流を測定するにあたって

誘導電動はとても微量しか出ないことがわかった。そこで μ Aが計測できる検流計が必要になり、学校から借りた。また、検流計はアナログが最適である。デジタルの検流計の場合、値がすぐ変わり測定できないことがわかった。

3) 測定装置について

コイルと検流計は、図1のように接続した。

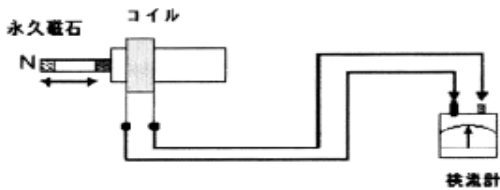


図1 測定装置の模式図

図2のような測定装置を作成した。

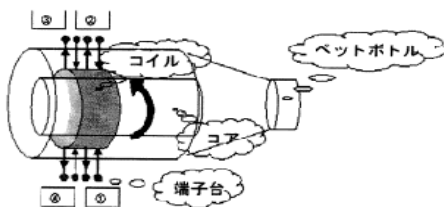
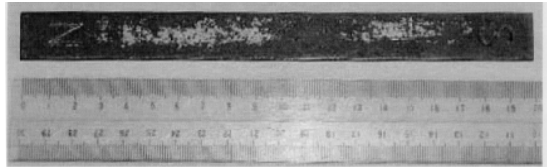


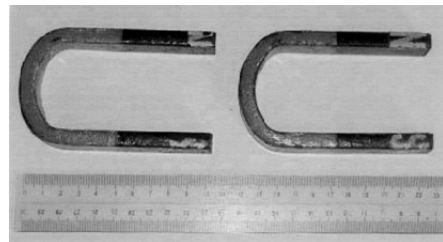
図2 測定装置

4) 磁石の種類

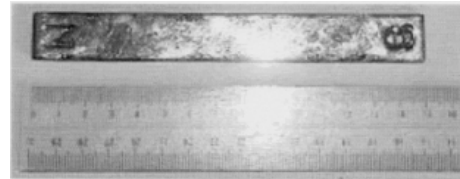
電磁誘導の測定には5種類の永久磁石を使用した。



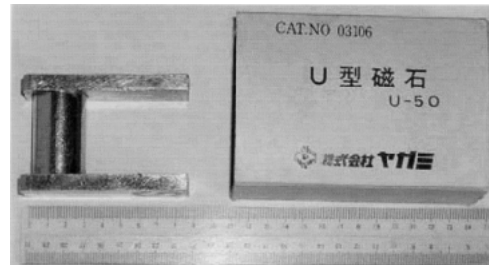
磁石1 磁力中 棒磁石 2本1組セット



磁石2 磁力中 U型磁石 2個1組セット

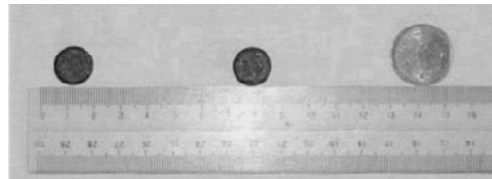


磁石3 磁力弱 棒磁石 2本1組セット



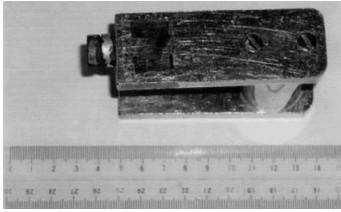
磁石4 磁力強 U型磁石 1個

(コイル巻数と誘導電流の測定はこの磁石を使用)



磁石5 磁力強強 丸磁石 2個1組

このほかにも4+5のような磁石の組み合わせでも測定した。



磁石4+5

この組み合わせが今回もっとも大きな電流を発生させた。

3 測定の要因と水準

今回の誘導電流の測定は、次の要因と水準で測定した。

表1 今回の実験条件

要因	水準	1	2	3	4	5
コイルの巻き数 (組み合わせ)		35	80	73	73	
磁石の強さ (組み合わせ)		磁石1	磁石2	磁石3	磁石4	磁石5
N極とS極の違い		N極	S極	N+N	S+S	N+S

4 測定結果

1) コイル別の起電力比較

表2 コイル巻数と起電力の関係 単位：μA

コイル種類	N	S	N+N	S+S	N+S
コイル1入	-0.4	+0.2	-0.5	+0.4	0.0
出	-0.3	-0.4	+0.5	-0.7	0.0
コイル2入	-1.0	+0.9	-1.2	+0.9	-0.1
出	-1.0	-0.9	+1.2	-1.0	+0.1
コイル3入	-0.6	+0.5	-1.1	+0.9	0.0
出	-0.6	-0.5	+1.1	-1.1	0.0
コイル4入	-0.7	+0.7	-1.0	+0.8	0.0
出	-0.7	-0.8	+1.0	-0.8	0.0

コイル別の起電力比較を行ったところ次のような結果がわかった。

コイルの比較は、巻き数が2倍になると起電力は、ほぼ2倍になっている。(1, 3)

コイルの巻き数が同じの場合、起電力はほぼ同じである。(3, 4)

N極とS極は、絶対値が同じで符号が逆の起電力である。

磁石「入り」と「出」は絶対値が同じで符号が逆の起電力である。

磁石 N単体と、N+Nまたは、S単体と

S+Sは、起電力は増えているが、2倍までは増加しない。

N極+S極だと、起電力は0になる。

2) 磁石別起電力の比較

(コイル1~4の平均起電力)

表3 磁石番号と起電力の関係 単位：μA

磁石番号	N	S
磁石1	-0.9	+0.9
磁石2	-1.0	+0.9
磁石3	-0.1	+0.1
磁石4	-2.1	+2.2
磁石5	-1.6	+1.6

磁石別起電力の比較について結果を調べると次のようなことがわかった。

磁石4の起電力が一番大きい。

N極とS極では、絶対値が同じで符号が逆であった。

磁石の種類による起電力は、最大20倍近く差が見られた。

(磁石3と磁石4の起電力の比較)

磁石5は磁石が一番強く感じられたが、起電力は4の方が大きい。

3) コイルのつなぎ方と起電力の関係

(使用した磁石4)

表4 コイル組合せと起電力の関係 単位：μA

磁石番号	N入	N出	S入	S出
1	-1.5	+1.0	+1.0	-1.2
1+2	-4.0	+4.0	+4.0	-4.0
1+3	-6.5	+7.0	+7.0	-7.0
1+2+3+4	-9.0	+9.0	+9.0	-9.0
1+2+3-4	-4.0	+4.2	+4.0	-4.0
1+2-3-4	+1.0	-1.2	-1.0	+1.0
1-2-3-4	+7.0	-7.0	-7.0	+7.0
-1-2-3-4	+9.0	-9.0	-9.0	+9.0
3-4	0.0	0.0	0.0	0.0

N極とS極の平均絶対値はほぼ等しい

巻き数が増加すると起電力も増加する。

コイルを反対につなぐと起電力は低下する。

巻き数と起電力は比例の関係が見られる。

(巻き数÷起電力 0.034である。)

巻き数が同じ物を反対につなぐと起電力は0であった。(3-4)

4) 磁石4+5の時の起電力

磁石 4 に磁石 5 を付けて測定したところ、電流の流れ方（検流計の針の振れ方）は、他の測定と違いが見られた。

磁石 5 は他の磁石の N 極・S 極に関係無く、ついてしまう。（同極で反発しない）

磁石 4 にまず磁石 5 の 1 面を付けて起電力を測定し、もう片側をつけて起電力を測定した所、この場合とは違う現象が見られた。

一瞬マイナスの方に振れたかと思うと、+の方へ振れてしまう。この時入るときも、出るとき、同じ現象が見られた。

磁石 5 を裏返して磁石 4 に付けたときは、最大起電力を発生させた。

5 考察 及び まとめ

1) コイルの回路に磁石を近づけたり遠ざけたりすると誘導電流が流れるのだろうか？

コイルに磁石を近づけると、コイルは磁力という力を受ける。

磁力は電子などの電気とも深い関係があるため、磁力により電子が動かされ電子が動くと電流が発生し、いわゆる電気が通るといふ現象が起こるためだと考えられる。

2) コイルの巻き数と誘導電流の大きさが比例関係にある理由

コイル 1 入り平均 コイル 3 入り平均を見ると、巻き数が、35回から、73回へ約2倍になると、起電力も - 0.5 μ A から - 1.2 μ A と約2倍となっている。

コイルの巻き数と起電力には比例の関係があると考えられる。

この現象が起こるには、つぎの事が考えられる。磁力線は同じ場所にあるコイルに対し同じ量の起電力を発生させるということだ。

そのため、コイルを作っている導線の数が増えれば増えただけ起電力が増したと考えられる。

3) 磁石の種類と誘導電流に違いがある理由

強い磁石 = 磁力線数が多い = コイルに当たる磁力線の数が増える = 起電力が増える。

弱い磁石 = 磁力線数が少ない = コイルに当たる磁力線の数が減る = 起電力が減る。

発生する誘導電流は、磁石は強い方が多く弱い方は、少なくなると考えられる。

コイルを横切る磁力線の数が多いのは、棒

磁石よりU形磁石の方と思われる。

よって磁石 4 の起電力が最も高くなったものと思われる。

それに対し磁力の少ない磁石 3 はコイルを横切る磁力線の数が少なかったため起電力が低かったと考えられる。

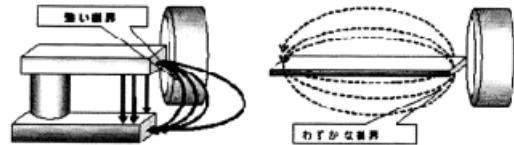


図3 磁力線とコイルの関係

4) 磁石の組み合わせで、N + N が大きくなり、N + S で小さくなる理由

N + N は反発し合ってコイルに当たる磁力線が増えるが、N + S はお互いの極間に磁力線を引き寄せてしまうためと考えられる。ということで N + S をコイルの中に入れた実験で極端に電流値が下がったというのはこのためである。磁石 4 が最大の起電力を示した理由の 1 つに、コイルに対する磁石の形状（U 字）も有ると思われる。

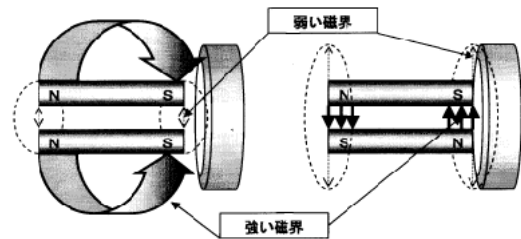


図4 N + N 極 N + S 極磁石の組み合わせと磁力線の出方とコイルの関係

5) 磁石 5 の磁力が強いにもかかわらず、電流値が低い理由

磁石 5 の磁力線は強く大きいのであるが、磁石の大きさが小さいため、コイルを横切る磁力線数は少ないと考えられる。

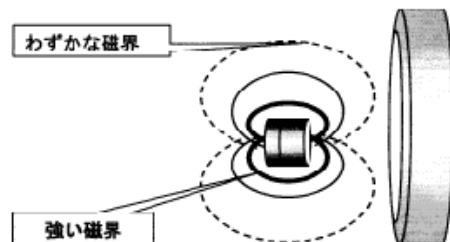


図5 磁石 5 の磁力線とコイルの関係

6) コイルのつなぎ方を逆にしてゆくと起電力がマイナスされる理由

コイルの巻き方の向きが逆になるため、電流も + と - が逆に発生したためだと考えられる。そして、逆向きの巻き数が正しい向きの巻き数を越えた時電流の向きが逆になり、正反対につなぐと絶対値が同じで符号が逆になる。

7) コイルのつなぎ方で同じ巻き数の物を反対につなげたとき電流が0になった理由、その時発生した電流はどこに行ったのか

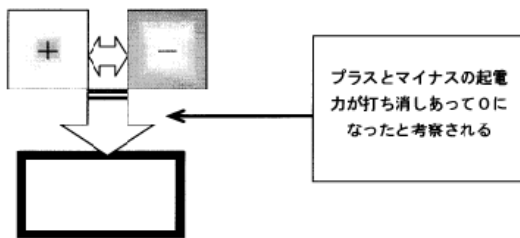


図6 コイルの組合せで起電力0の理由

発生した電流は、打ち消しあって0になったが、他のエネルギー（例えば熱）になったと考えられる。ただし、非常に微量のため、検出することはできなかった。

8) 磁石4 + 5をつけた場合、他の場合と違った挙動をとった理由

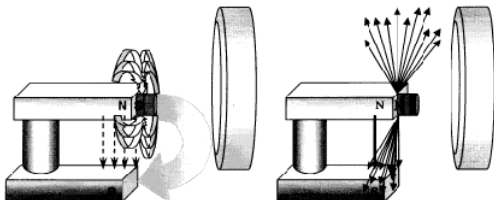


図7 4 + 5の磁力線とコイルの関係

4 + 5 (N + S) の磁力線とコイルの関係の図を見ると、図のように2種類の磁力線ができ、それぞれ反対側を向いているので、磁力線ができ、それぞれ反対側を向いているので、磁力線による起電力は逆になる。

つまり違う種類の磁力線が発生するということになる。

まず前の 向きの磁力線が下を通ったら10 μ Aが出たかと思うと

次の 向きの磁力線により、逆の起電力が

発生するので、検流計の針の動きが逆になると思われる。

しかし、一応最初の + は発生するが、後の - の動きが強力なため、-の方に動いてしまうと考えられる。

磁石4 + 5 (N + N) は、同じ種類の磁力線が、反発しあいほとんど反対側のS極に集まるため、コイルの間を通る磁力線が増え、最大の起電力を出したと考えられる。

6 実験をやってみての感想

実験が終わった後、起こった現象について、筋道を立て、推測し、考察をまとめることは大事だ、と思いました。

これを行うことにより、どうしてこんな現象を今ある知識から考える、わからなかったら調べるといことはすばらしいと感じました。

さらに人間の世界でも同じようなことが言えるため、これからの人生にも生かしていきたいと思いました。