

電磁石の実験

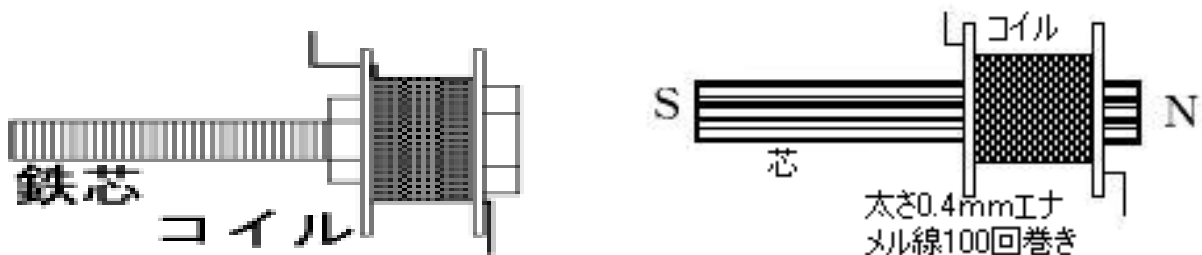
レオナルド・ダ・ヴィンチ教室 谷内 稜 (6年)

1. 実験の目的

電磁石のコイルの巻き数, 太さ, 巻き巾, 位置, 鉄芯の種類, 長さ, 太さを変えて磁束密度の違いを調べる。

2. 実験の方法

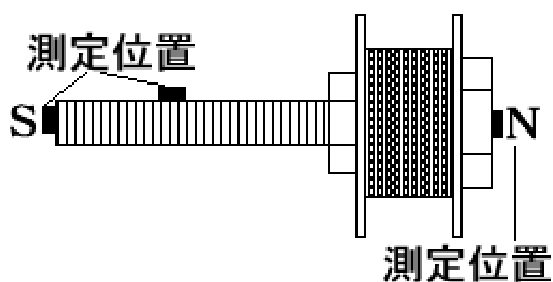
2.1 実験装置



- ・ 電源装置 : PS-5X(中村 最大出力5A)
- ・ ガウスメートル : kanatec TM-201
- ・ コイル : 0.4mmエナメル線100回巻き(巻きわく:ミシン用ボビン)
- ・ 芯の種類 : 長さ55mm、太さ5mm(銅・軟鉄・アルミニウム・ガラス・鉛・真鍮)
鉄製六角ボルト(長さ24mm・44mm・64mm・84mm・太さ3mm・6mm)

2.2 測定の方法

コイルに電流を流し、ガウスメートルのセンサーを当てて磁束密度の測定をした。



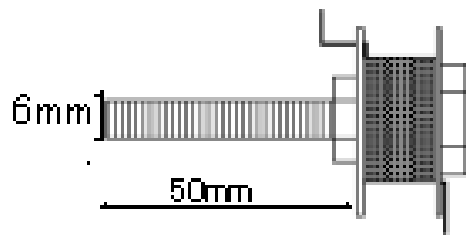
この図の黒い四角は、測定位置を表す。

3. コイルの巻き数による磁束密度の変化

鉄 芯 : 鉄製六角ボルト(太さ6mm長さ54mm)

コイル : 線径0.45mmのエナメル線100回巻き、200回巻き(ミシン用ボビン)

電 圧 : 1.5V ~ 6.0V

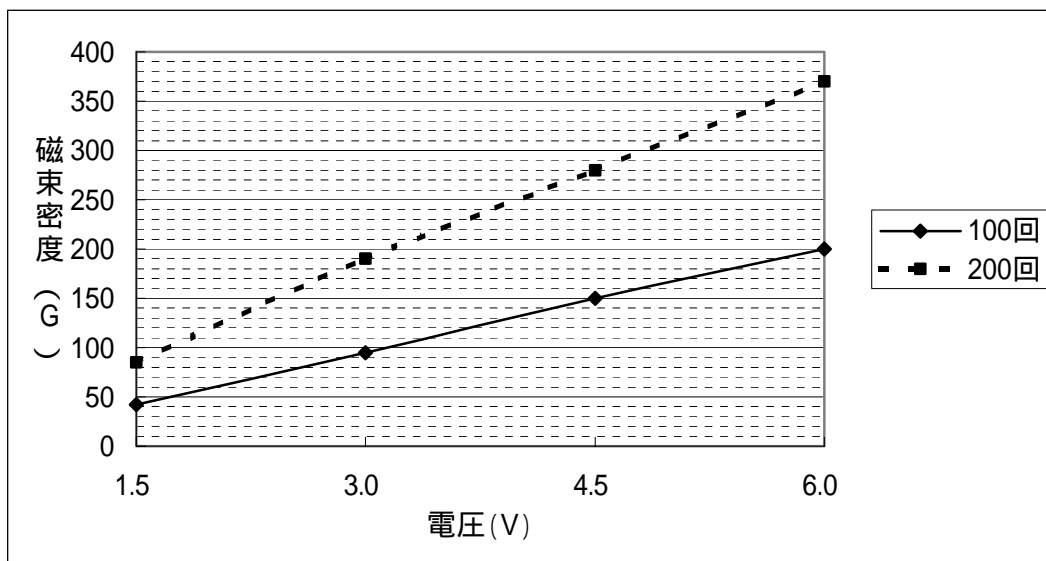


コイルの巻き数による磁束密度の変化の実験装置

上の図のように、コイルに長さ54mm太さ6mmの鉄製六角ボルトを入れて測定した。

測定結果は、次の通り

巻き数	電圧(V)	電流(A)	磁束密度(G)	巻き数	電圧(V)	電流(A)	磁束密度(G)
100回	1.5	0.5	42	200回	1.5	0.5	85
	3.0	1.2	95		3.0	1.2	190
	4.5	1.7	150		4.5	1.7	280
	6.0	2.5	200		6.0	2.5	370

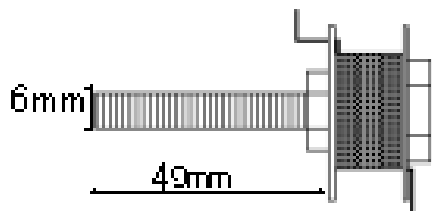


(結果)

- コイルの巻き数は多いほうが磁束密度が高い。
- コイルにかける電圧が高いほど磁束密度が高い。

4. コイルに使うエナメル線の太さの違いによる、磁束密度の変化

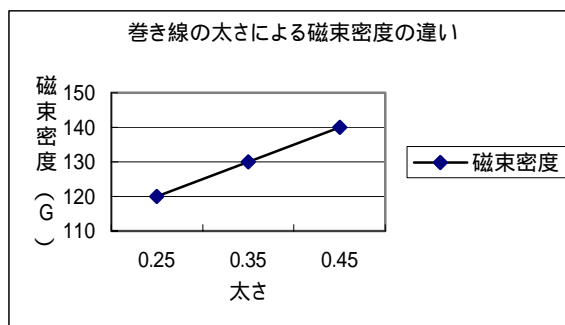
鉄 芯 : 鉄製六角ボルト(太さ6mm長さ44mm)
コイル : 線径0.25mmのエナメル線100回巻き(全長10m)
 線径0.35mmのエナメル線100回巻き(全長10m)
 線径0.45mmのエナメル線100回巻き(全長10m)
電 圧 : 6V



上の図のようにコイルに長さ 44mm 太さ 6mm の、鉄製六角ボルトをつけて実験した。

測定結果は次の通り

電流 (A)	太さ mm	磁束密度 (G)
0.5	0.25	120
1	0.35	130
1.6	0.45	140



(結果)

エナメル線が太いほうが磁束密度が高い

5. コイルの巻き巾、コイルの直径による磁束密度の違い

コイルの巻き数、電圧を一定にしたときに、コイルの巻き巾が広い場合と、狭い場合の磁束密度の違いを調べる。

5.1 コイルの巻き巾による磁束密度の違い

鉄 芯 : 太さ6mm長さ4.4mm鉄製六角ボルト

コイル : 線径0.45mmのエナメル線100回巻き

電 圧 : 3V

測定条件 : 条件(電流)を同じにするために、ポピン1個巾のもの、2個巾のもの、3個巾のものをそれぞれ直列につないで測定する。

コイルに近い極がN極になるように電流を流す。

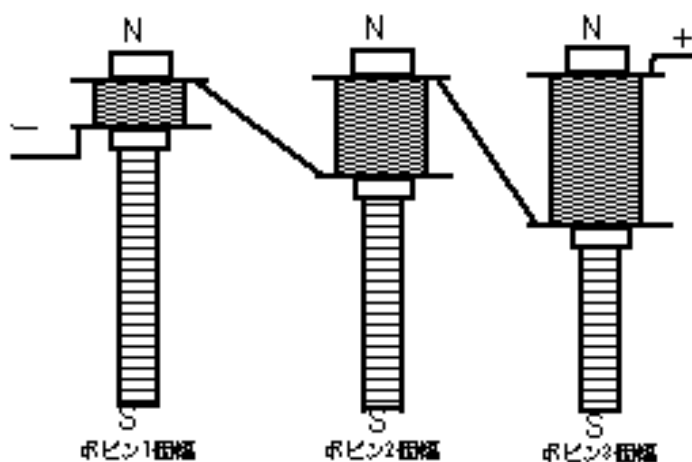
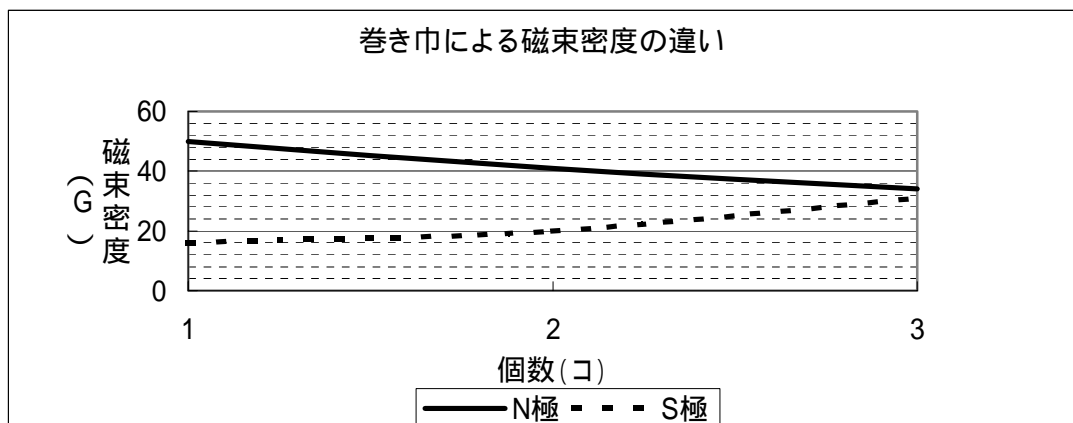


図5 コイルの巻き巾による磁束密度の違い

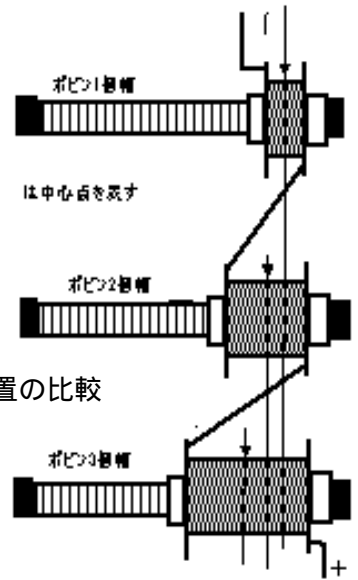
測定結果は、次の通り

ポピンの数	N(G)	S(G)
1	50	16
2	41	20
3	34	31



〔結果〕

コイルに近いN極はボビンの数が多くなる(巻き巾が広がる)ほど磁束密度は低くなった。
 コイルの位置から遠いS極はボビンの数が多くなるほど(巻き巾が広がる)ほど磁束密度が高くなった。
 これは、巻き巾が広がるほど、コイルの中心の位置がS極に近づき、N極から離れたために起こった現象だと思う
 それを表した図が下の図である。



コイルの中心の位置の比較

5.2 巻き枠の直径の大小による磁束密度の違い

鉄 芯 : 鉄製六角ボルト(太さ6mm長さ24mm)
 コイル : 線径0.45mmのエナメル線50回巻き
 電 圧 : 3V



図6 巻き枠大
(直径44mm)

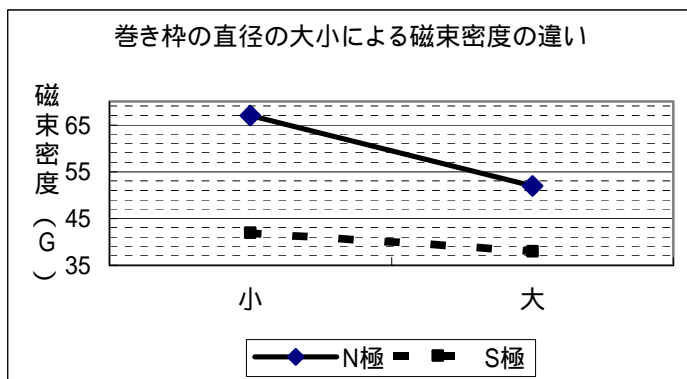


図7 巻き枠小
(直径6mm)

図6のような太いコイルと、図7のボビンとの磁束密度の違いを調べる。

測定結果は、次の通り

大きさ	N(G)	S(G)
図6. ボビン(内径6mm太さ9.2mm)	67	42
図7. (内径44mm太さ9.6mm)	52	38

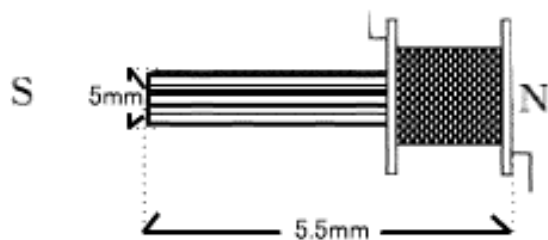


〔結果〕

内径が小さい方が磁束密度が高い。

6. 鉄芯の種類による磁束密度の違い

6.1 電磁石の芯にはどんな材料が良いのかを調べる。



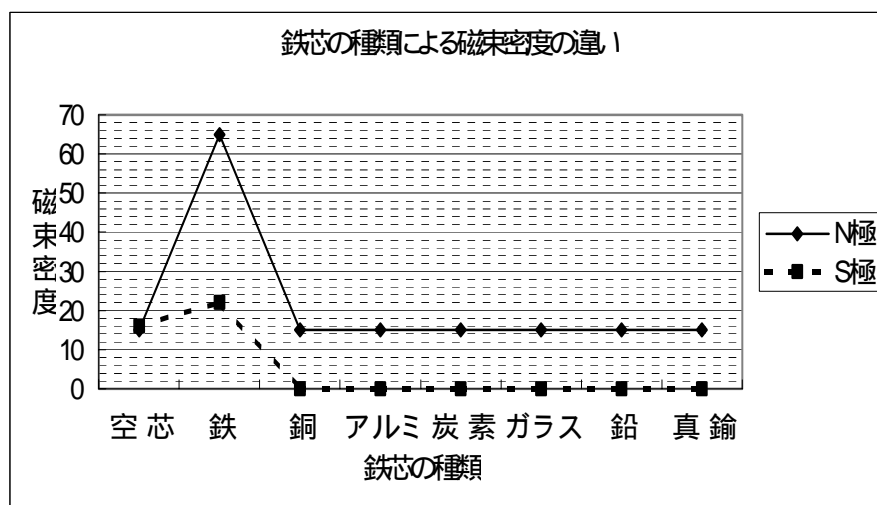
鉄芯の種類 : 銅・軟鉄・アルミニウム・ガラス・鉛・真鍮 (長さ55mm太さ5mm)

電圧 : 3V

測定条件 : コイルのはじがN極になるように電流を流して測定する。

測定結果は、次の通り

種類	空芯	鉄	銅	アルミ	炭素	ガラス	鉛	真鍮
N(G)	15	65	15	15	15	15	15	15
SG	16	22	0	0	0	0	0	0



(結果)

鉄だけが空芯の場合より、磁束密度が高くなり、ただし、電磁石の鉄芯としては、軟鉄や焼きなました鉄でなければいけないそうである。鉄以外の素材は空芯の場合と同じになった。ということは、電磁石の鉄芯の素材としては鉄が良いことが分かった。

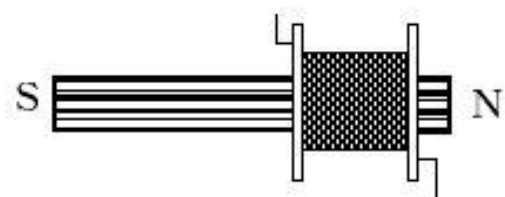
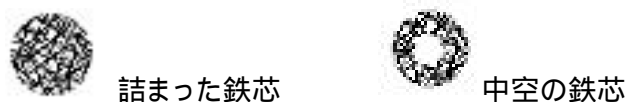
6.2 中空の鉄芯との比較

同じ重さの鉄芯でも中空の鉄芯だとどうなるのかを確認した。

鉄 芯 : 太さ0.9mm長さ105mmの針金を焼きなましたもの。

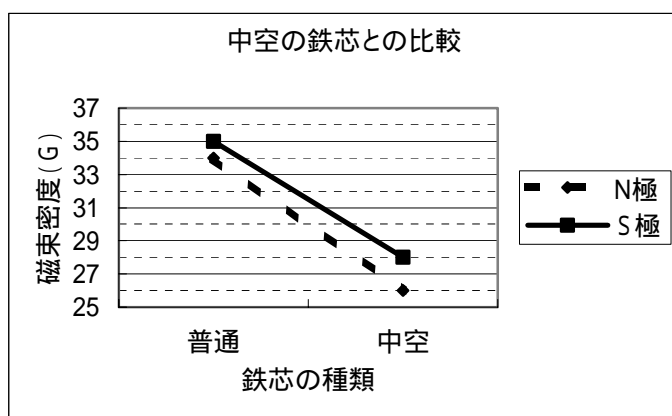
コイル : 線径0.45mmのエナメル線100回巻き

電 圧 : 3V



実験結果は、次の通り

種類	N (G)	S (G)
普通	34	35
中空	26	28



(結果)

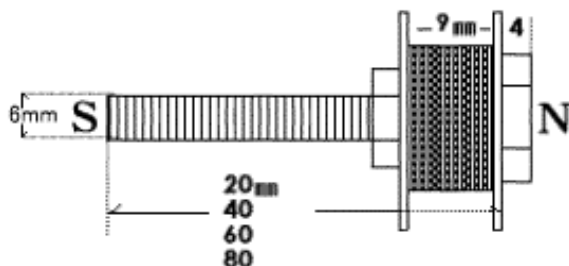
普通の鉄芯のほうが高いことが分かる。

7. 鉄芯の長さとおさによる磁束密度の違い

7.1 鉄芯の長さによる磁束密度の違い

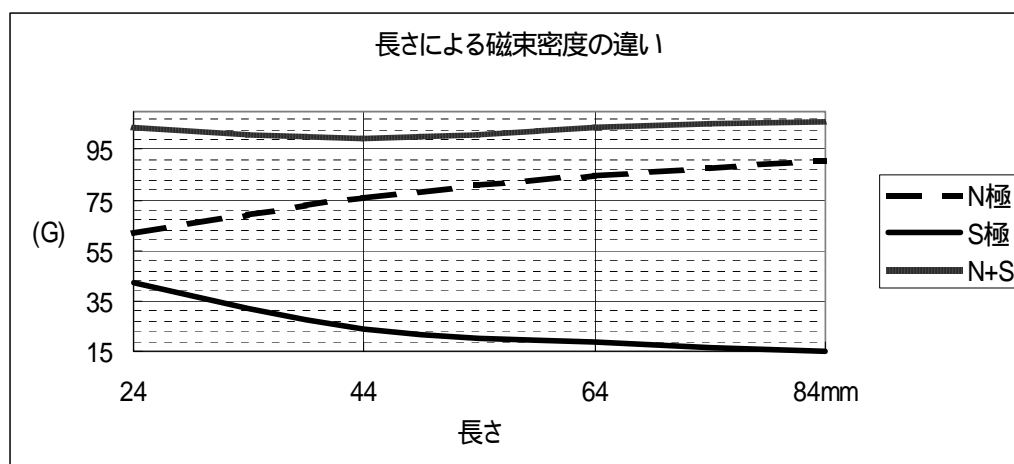
鉄芯の長さの違いによる磁束密度の測定を行う為、同じ材質、同じ太さで長さの異なる軟鉄製の六角ボルトを利用した。

素材は、太さが6mmで、長さは24・44・64・84mmの鉄製六角ボルト。



測定結果は、次の通り

電圧 (V)	電流 (A)	長さ (mm)	N極 (G)	S極 (G)	N + S
3	1.05	24	62	42	104
3	1.05	44	76	24	100
3	1.05	64	85	19	104
3	1.05	84	91	15	106



〔結果〕

- ・N極は、長さが長くなるほど磁束密度が多くなる
- ・逆に、S極はコイルから、離れると、磁束密度が少なくなる。
- ・N極+S極 = 100Gくらいになる。N極+S極は、表2とグラフ2に載っている。

〔考察〕

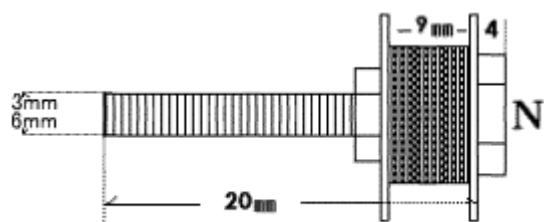
鉄芯の長さが長くなるほどN極の磁束密度が多くなるのは、S極側から出てくる磁力線の数が鉄芯の長さが長くなるほど多くなるからだと思う。

逆に、鉄芯の長さが長くなるほどS極の磁束密度が少なくなるのは、のは、鉄芯の先の部分の磁力線の本数が減っただけであり鉄芯の途中から出ている磁力線もある為、全体的には磁力線の本数は増えていると思われる。

7.2 鉄芯の太さによる磁束密度の違い

鉄芯の太さの違いによる磁束密度の変化を調べる。

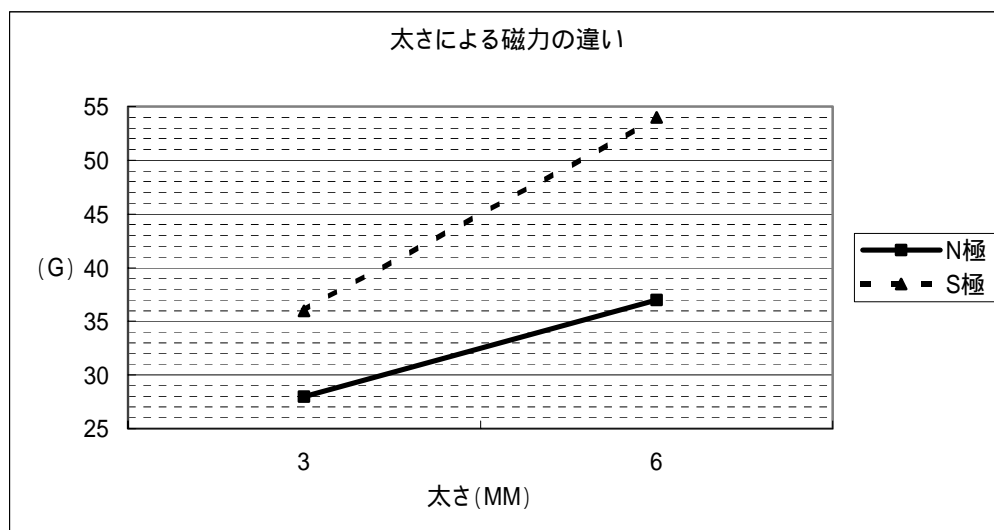
太さが3mmと6mmで、長さはお互にも24mmの、2種類の鉄製六角ボルトを利用する。



〔予想〕

太い鉄芯の方が、磁束密度は多くなると思った。
実験のデータは次の通り

電圧(V)	電流(A)	太さ(mm)	N極(G)	S極(G)
3	1.05	3	28	36
3	1.05	6	37	54



〔結果〕

・太い鉄芯の方が磁束密度が高い。

8. コイルの位置を変化させた時、磁極の磁束密度の変化

鉄芯上のコイルの位置が変わると磁束密度がどのように変化するかを調べる。

鉄 芯 : 鉄製六角ボルト(太さ6mm長さ84mm)
 コイル : 線径0.45mmのエナメル線100回巻き
 電 圧 : 3V

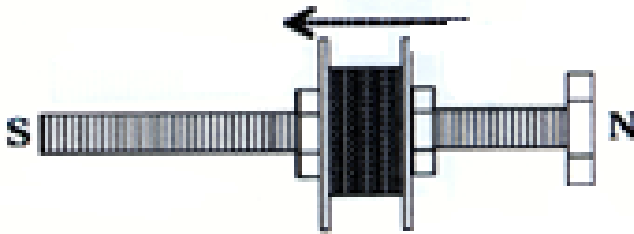


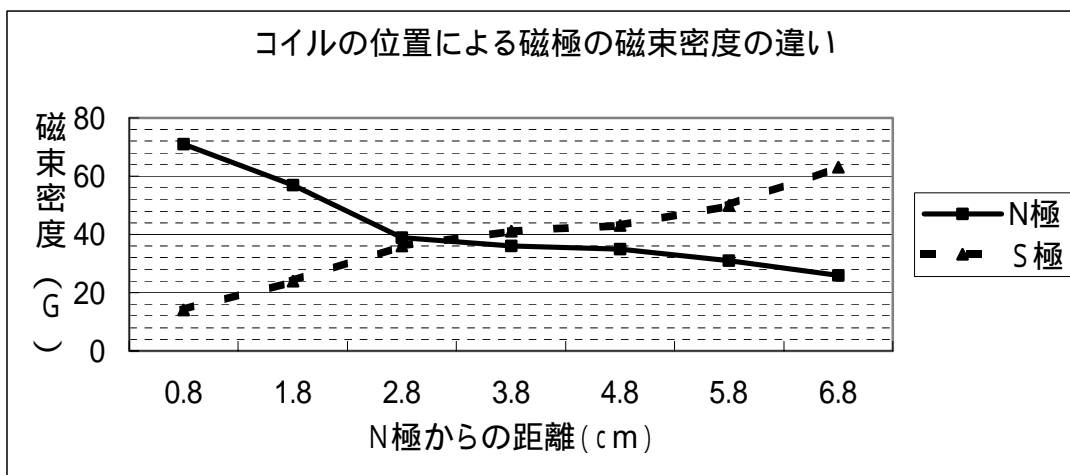
図 13 コイルの位置を移動させたとき、磁極の磁束密度の変化の実験装置

(予想)

- ・コイルが測定する場所に近いときは、磁力線の本数が多い。
- ・逆にコイルと測定場所の距離が離れると、磁力線の本数が少なくなる。

測定結果は次の通り

N極からの距離 (cm)	N(G)	S(G)
0.8	71	14
1.8	57	24
2.8	39	36
3.8	36	41
4.8	35	43
5.8	31	50
6.8	26	63



(結果)

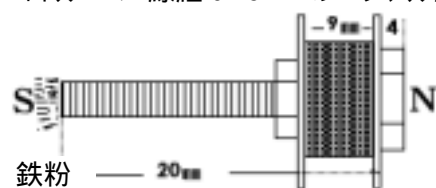
- ・予想通りで、コイルが測定する場所に近いときは、磁束密度が多い。
- ・逆にコイルとの距離が遠いと、磁束密度が少なくなった。

9. 電磁石の吸引力

電磁石はどれくらいのもを持ち上げられるのだろうか？

鉄 芯 : 鉄製六角ボルト(太さ6mm長さ24mm)

コイル : 線径 0.45mm のエナメル線 100 回巻き

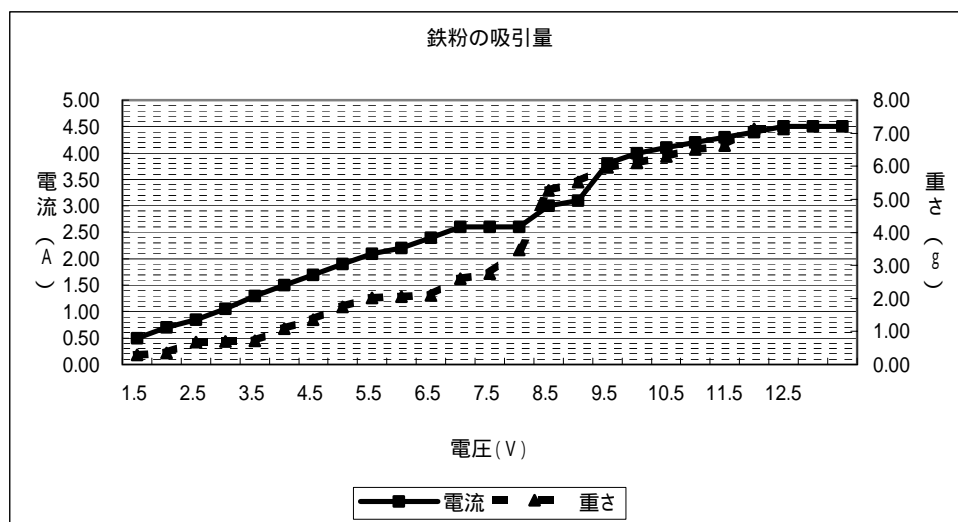


電磁石の吸引力の実験装置

上の図のように鉄製六角ボルトで砂鉄を吸引させる。

測定結果は次の通り

電圧 (V)	電流 (A)	鉄粉の重さ (g)	電圧 (V)	電流 (A)	鉄粉の重さ (g)
1.5	0.50	0.30	7.0	2.60	2.60
2.0	0.70	0.35	7.5	3.00	2.75
2.5	0.85	0.67	8.0	3.10	3.46
3.0	1.05	0.70	8.5	3.80	5.27
3.5	1.30	0.72	9.0	4.00	5.53
4.0	1.50	1.09	9.5	4.10	5.96
4.5	1.70	1.35	10.0	4.20	6.10
5.0	1.90	1.75	10.5	4.30	6.30
5.5	2.10	2.02	11.0	4.40	6.51
6.0	2.20	2.06	11.5	4.50	6.63
6.5	2.40	2.10	12.0	4.50	7.12
			12.5	4.50	7.13



(結果)

・電圧に比例して持ち上げられる鉄粉の量(重さ)も増える。

10.まとめ

鉄芯は、電磁石にとって大事なものである。鉄芯がないと、磁力線を遠くに伝えられない。だが、鉄芯という磁力線のストローがあると光ファイバーのように、磁力線が鉄芯の先まで伝わる。鉄心には磁力線をまとめる力があるため強い電磁石を作れるのだと思う。

鉄芯の種類による磁束密度の違いのことを調べた実験のように、鉄以外の芯を使っても磁力線はほとんど芯の先に伝わりませんでした。なにが違うのか写真で見る。

写真1ではコイルの両はじから砂鉄の線が出てくる。これが磁力線である。

芯が無いために、コイルの端から出た磁力線はすぐに反対側のコイルの端に向かってしまう。

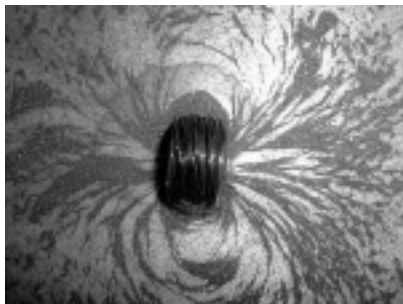
鉄芯の役目(磁力線のストロー)は、写真2からわかる。芯の無い場合と違い、鉄芯の先からも磁力線が出てくる。しっかりと鉄芯の長さがわかる。

写真3は、鉄製六角ボルトを芯にしたときの写真である。長さの違いによる磁束密度の違いの実験の結果が良く説明できる。鉄芯が長くなると、S極側の途中からも端からも磁力線が出ていて、その全ての磁力線が、頭のほう(N極)の端に集まっていることがわかる。その結果、鉄心の長さが長いほど、N極側の磁力線の本数が多くなり、実験の結果に良く一致する。

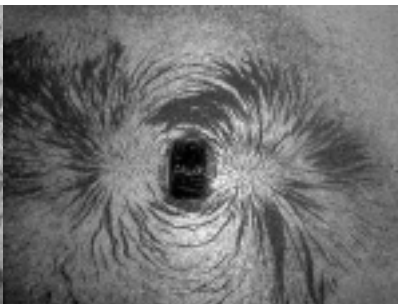
写真4・5・6では、写真2の鉄芯と同じ大きさのガラス、銅、アルミの芯が入っているが、芯の入っていない写真1と同じような磁力線の形になっている。ガラス、銅、アルミの芯が入っていても、空芯と同じで、磁力線のストローの役割は果たしていないことがわかる。

電磁石の芯には鉄が一番よい事がわかった。

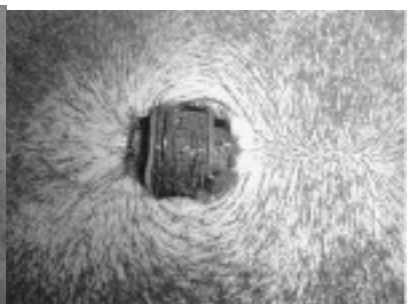
別の実験では鉄の中でも、熱したあとにゆっくり冷やして作る(焼きなまし)軟鉄が電磁石に向いていることがわかった。ピアノ線(はがね)を芯にすると、永久磁石になってしまう。電圧をかけると磁石になるが、電圧を0にしても磁石の力が残ってしまった。電磁石のように、電流を流したときだけ磁石になり、電源を切ると磁力が無くなるのは軟鉄だけである。



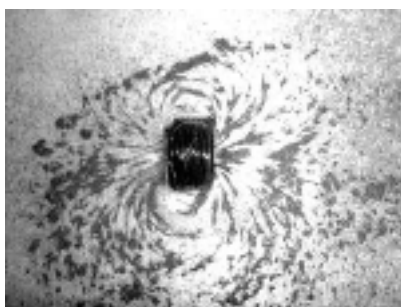
(写真1) 空芯



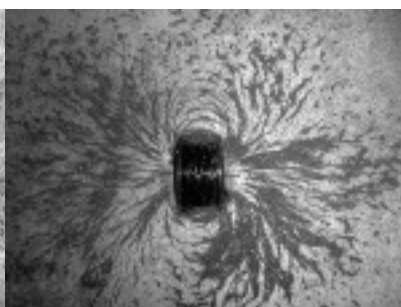
(写真2) 鉄



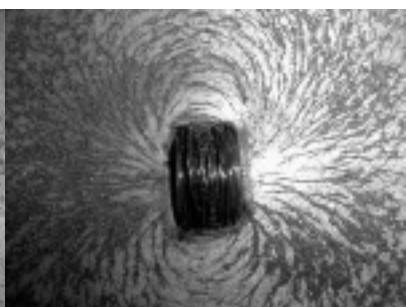
(写真3) 鉄製六角ボルト



(写真4) ガラス



(写真5) 銅



(写真6) アルミ

実験結果より電磁石の磁束密度を高くする条件は

- 電流が多く流れること
 - コイルの巻き数が多いこと
 - コイルの線の太さが太いこと
 - コイルの巻き巾が少ないこと
 - 巻き枠の直径が細いこと(鉄芯に密着させる)
 - コイルに入れる芯は鉄であること
 - 鉄芯は中空ではないこと
 - 鉄芯が長いこと
 - 鉄芯が太いこと
- などである事がわかった。

感想

僕は、電磁石の実験をして、コイルの中に鉄芯を入れるか入れないかで磁束密度の差が出ることを知りました。

他にも、鉄芯を磁化させて時間をたってからその鉄芯の磁束密度を調べたりしました。

実験は面白い結果がでたり、予想どおりの結果がでたりしました。一番面白いと思った実験は、「鉄芯の長さによる磁束密度の違い」の実験です。これは鉄芯の長さが変わると片方の極では、鉄芯が長くなるにつれて磁束密度が高くなり、もう片方の極は鉄芯が短くなるにつれて磁束密度が高くなる事がわかりました。

普段あまり目立たない電磁石も、いろいろな方向から調べると興味深い結果が得られるのだなと思いました。