

第16回「科学の芽」賞 応募用紙

受付番号 : SJ0002

応募部門 : 中学生部門

応募区分 : 個人応募

題名 : 方位磁針を用いた地球磁場に関する研究(2) 方位磁針で伏角を知ることができないだろうか

学校名 : 長崎県 国立長崎大学教育学部附属中学校

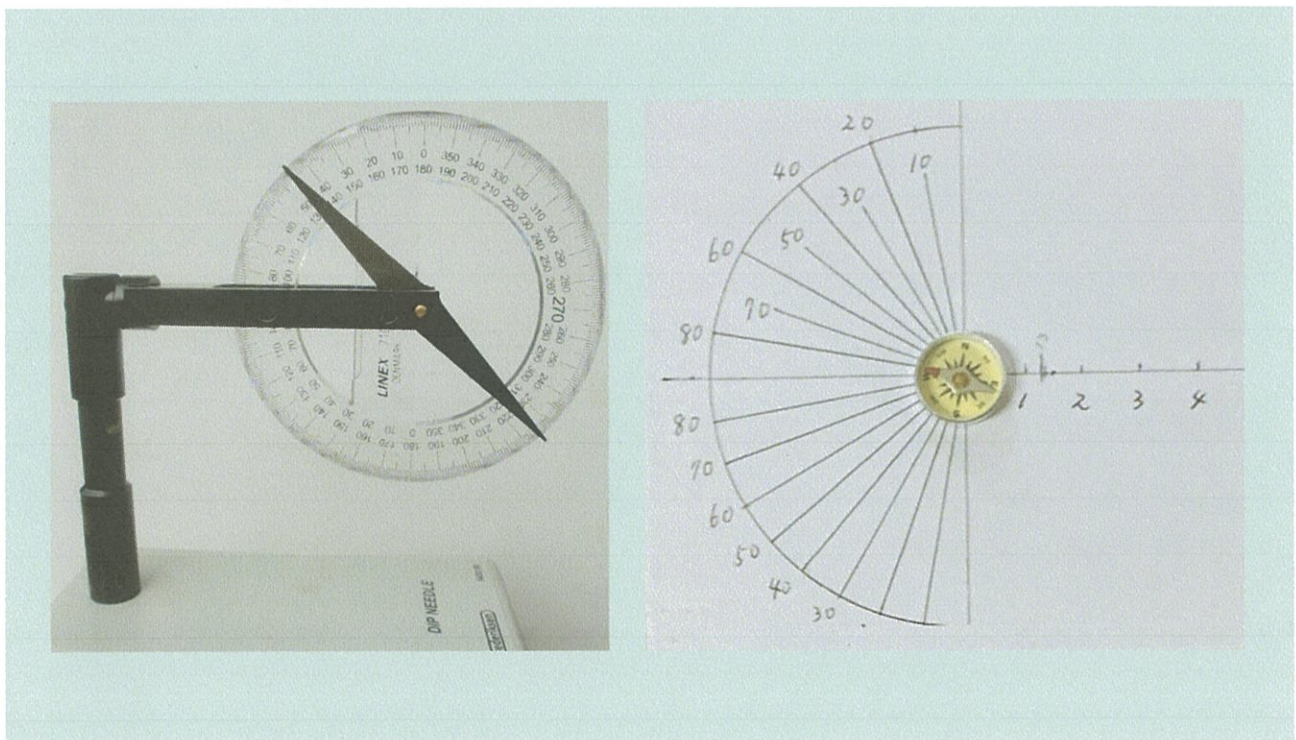
学年 : 1年生

代表者名 : 茶屋本 悠司

※ 個人情報保護のため、入力された項目から抜粋して出力しています。

方位磁針を用いた 地球磁場に関する研究 (2)

方位磁針で伏角を知ることができないだろうか



長崎大学教育学部 附属中学校 1年
茶屋本 悠司

動機

昨年『方位磁針を用いた着磁と消磁に関する研究』として科学の芽に応募し奨励賞をいただいた。その後、鉄筋や鉄骨が使われている自宅や、学校の部屋の壁に方位磁針を近づけて北方向を調べてみると、測定位置によって方位磁針の針の向きがかなり変化している事がわかった。そこで地球磁場の伏角も変化しているかもしれないと考え、また去年は強い磁場での研究を行なったので今回は弱い地球地場のなかで方位の違いによる着磁や消磁の違いも研究したいと思った。

1. 用語、実験器具の説明

- (1) 着磁、消磁について
- (2) 地磁気の要素
- (3) \tan の説明/ \tan^{-1} の説明
- (4) 伏角計の説明
- (5) 電磁気的影響と力学的影響
- (6) 前回の結論

2. 伏角の計算

- ・ \tan を使っての伏角の計算

3. 実験

- (1) 方位磁針での測り方
- (2) 計算通りに実験結果が出るか確かめる
- (3) 昨年の実験結果が変動した理由
- (4) 消磁の方法
- (5) 自作の微小磁石群を用いた類似実験

4. 考察

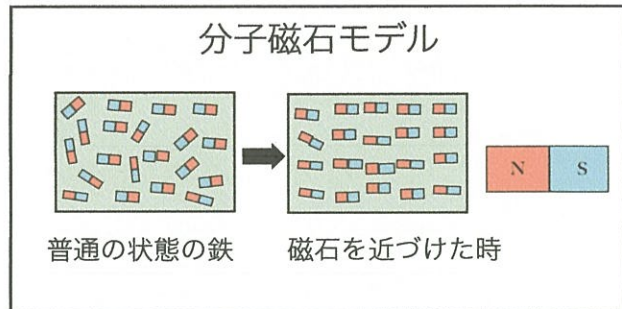
- ・ 結論
- ・ 参考文献

1. 用語、実験器具の説明

(1) 着磁、消磁について

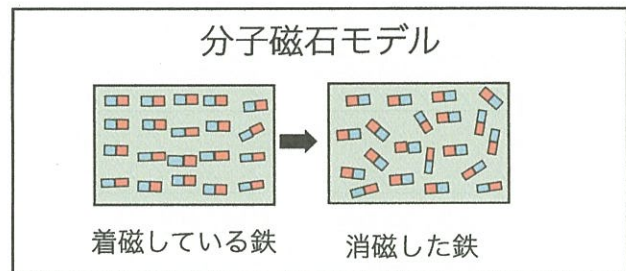
着磁とは

磁石に鉄片を近づけると、鉄片が磁石になる。この事を磁化したといい、磁石を取り除いても磁化が残ることを着磁したという。普通の状態の鉄は、その中に小さな磁石がバラバラの向きに並んでいる。そこに磁石を近づけることにより、中の小さな磁石の向きが磁界の向きに揃うことで着磁する。右の図に示すような、小さな磁石が鉄の中に存在するという考えを分子磁石モデルという。



消磁とは

着磁した鉄を石で叩いたり、電流を流すことで初めの状態に戻ることを消磁という。



(2) 地磁気の要素

伏角とは

地磁気の方角と水平面が作る角度のことで水平面より下向きを正とする。

偏角とは

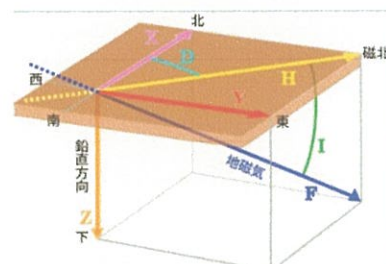
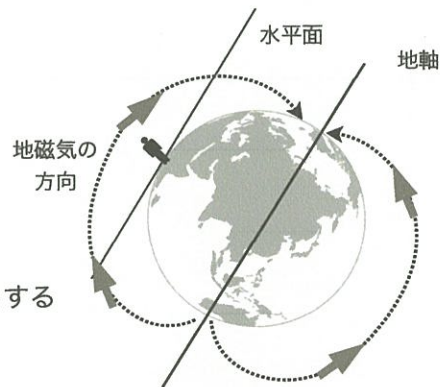
地磁気の方角と地図上の北向きのなす角度で時計回りを正とする

水平分力とは

地磁気の水平面北向きの成分

鉛直分力

地磁気の鉛直向きの成分



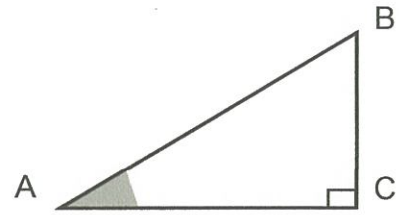
※インターネットから引用

(3) \tan/\tan^{-1} の説明

\tan (タンジェント) とは、 \sin (サイン)、 \cos (コサイン) と並ぶ三角関数の1つで、直角三角形の1つの鋭角に対する底辺と対辺の比のこと。

$\tan = \text{高さ} \div \text{底辺}$ で求める事ができる。

\tan^{-1} (アークタンジェント) とは逆三角関数のひとつ。



(4) 伏角計の説明

伏角計はナリカ：Cat.No.B10-3652を使用し

地磁気の3要素(伏角、方位角、水平分力)のうち伏角を測定できる。

目盛板の直径は100mm、磁針の長さ100mm、1目盛り1°である。

測定方法、磁針を水平方向で北向きにしたので、磁針を270°の位置になるよう台座を動かす。(写真a)

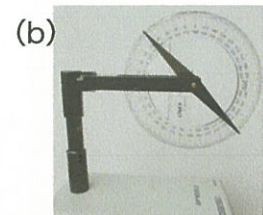
その後、鉛直にすると磁針が動き、北極点を指すところで静止する。

(写真b)

その値を270°から引いた値が伏角となる。

実際に測定すると225°を示したので、 $270 - 225 = 45$ となり

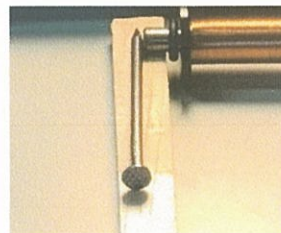
長崎の伏角は45°となる。



(5) 電磁気的影響と力学的振動

電磁気的影響

交流電流をコイルに流しそのコイルの中に鉄芯を入れてそこに釘をつけることにより、着磁や消磁により強い影響を与えること。



力学的振動

釘を石などで叩くことにより、同様に着磁や消磁により強い影響を与えること。

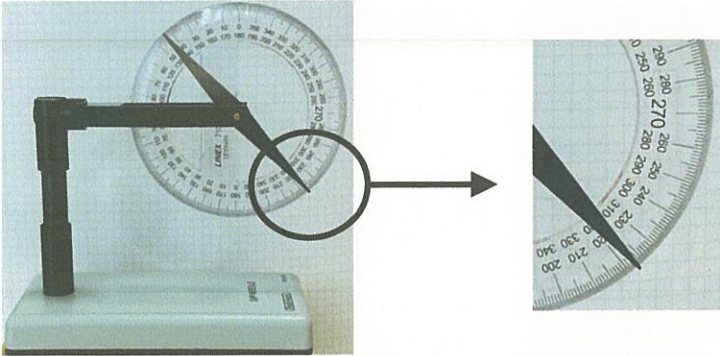


(6) 前回の研究の結論

- ・鉄が磁石に触れていなくても着磁でき、着磁した鉄はいつまで放置しても着磁量は変化しない。
- ・着磁した鉄に力学的振動・熱的影響・電磁気的影響を与えると、鉄の中の分子磁石がバラ付きやすくなる為に、着磁していた磁力が消磁する。
- ・しかし、消磁しやすくなったはずの力学的振動・熱的影響・電磁気的影響だが、強い磁界において同じ事をしながら着磁させると、普通に着磁させた時よりも、より効果的に着磁量が増加する。
- ・また電磁気的影響については、周波数が関係していて周波数が高くなると分子磁石の動きが反応しきれない為に消磁率は減少する。

2. 伏角の計算

tanを使って伏角の計算



伏角計を使うとすぐに伏角を求められるが、伏角計はみんなが持っているとは限らないので伏角計を使わなくても計算によって求める方法はないのだろうか。

水平方向と真下方向の着磁量がわかれば、
伏角の着磁量が分かるのではないかと考えた。

そこで

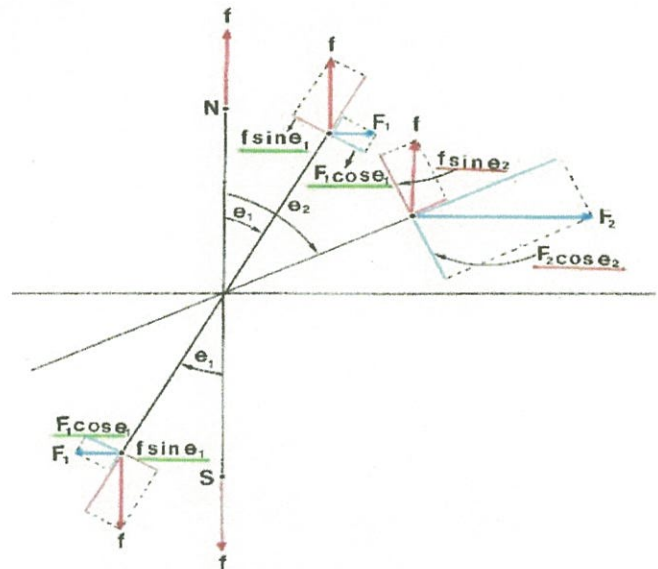
F (水平) : F (真下) = \tan (水平) : \tan (真下)
 となる。

伏角の角度を A とすると、

$\tan A = F$ (真下) \div F (水平) = (\tan 真下 \div 水平)

となるので逆関数を用いて、

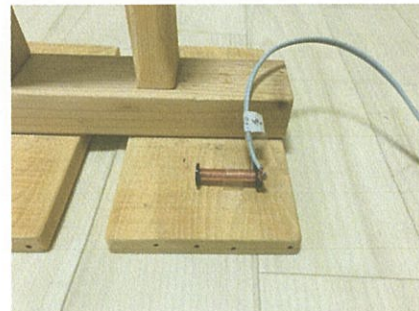
伏角 = \tan^{-1} (\tan 真下 \div 水平) となる。



測定方法については、写真の様に真下と水平にコイルを置き、コイルの中に釘を入れる。そして釘を着磁させ、水平方向と真下方向の着磁量をもとめ、その値を公式に代入して伏角を求めることとした。



真下方向



水平方向

3.実験

(1) 方位磁針での測り方

今回の実験では全て長さ5cm、直径0.25cmの釘を使用した。
また、方位磁針は直径52mm 1目盛2°のものを用いた。

家には鉄筋が入っているので、家の中でも測定場所によって真北を示す針が少し変化することが分かったので、いつも同じ位置で測定する必要があった。

そのため、自分の机の同じ位置で用紙の両端を写真の赤テープで固定して測定した。

また、机も移動しないように机の位置もテープで印をつけ、常に同じ位置で計測する事を心掛けた。

まず用紙に十字線を書き、その中心点から右方向に30、40、50mmの位置にをA、B、C点とした。

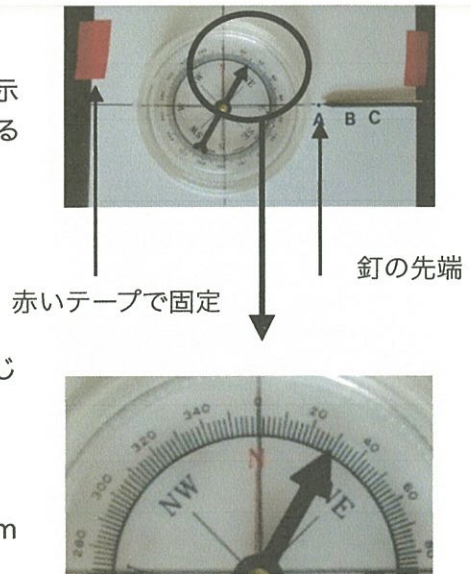
縦線方向に磁石の針が南北を向くように用紙を動かして方位磁針を固定した。

右の写真は釘の先端をA点において測定すると29°を示した。

前回の実験で方位磁針の振れ角が30°から40°の場合が誤差が小さいことが分かったため、今回は方位磁針の振れ角が小さい時はA点、振れ角が大きい時はB点またはC点と距離を離して測定した。

なお、今回は伏角をもとめるために地球磁場を使って着磁させる必要があることから、磁石を使って着磁させるのではなく地球磁場によって着磁させた。

その方法は、地球磁場は磁力が弱く着磁量が少ないため、釘を北向きに向けた状態で、電磁気的影響や力学的振動を与え強く着磁させた。



(2) 計算通りに実験結果が出るか確かめる

代入する値を求めるために、実際に実験を試みた。

実験をするには強く着磁させる必要があるためにまず電磁気的影響を与えた。

測定するときは、誤差を減らすために方位磁針をA・B・Cの3つ使った。

はじめに真下方向に着磁させ、方位磁針から10mm,13mm,15mm離して測定した。

真下10mm	A	B	C
1	36	30	40
2	38	30	38
3	36	30	42
4	35		
5	30		
6	32		
7	32		

真下13mm	A	B	C
1	28	22	30
2	30	22	30
3	25	24	30
4	22	24	
5	25		
6	25		
7	22		

真下15mm	A	B	C
1	22	20	25
2	22	20	20
3	20	20	22
4	22	20	
5	20		
6	20		
7	20		

(方位磁針Aについては、バラ付きが大きかったため計測回数を増やした。)

次に水平方向に着磁させ同様に計測した。

水平10mm	A	B	C
1	35	30	40
2	35	30	40
3	35	30	40

水平13mm	A	B	C
1	24	20	30
2	22	20	30
3	20	20	28

水平15mm	A	B	C
1	20	18	25
2	20	18	25
3	18	18	24

この計測結果から平均をとった。

平均	10mm	13mm	15mm
真下 A	34	25	20
B	30	23	20
C	40	30	22
北水平 A	35	22	19
B	30	20	18
C	40	29	25

次に力学的振動を与えて実験した。(石と木で20回叩き着磁させる。)
 電磁気的影響を同様に真下方向、水平方向に着磁させその平均をとった。

真下10mm	A	B	C
1	30	25	32
2	28	25	32
3	28	26	34
4	25	28	34

真下13mm	A	B	C
1	22	24	24
2	20	20	24
3	20	22	22
4	20	20	22

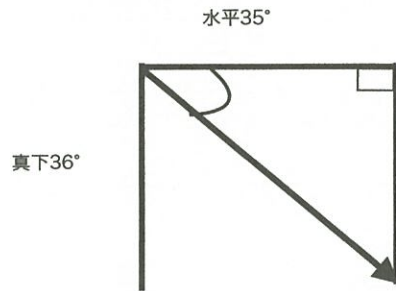
真下15mm	A	B	C
1	18	20	20
2	18	18	20
3	18	18	20
4	18	18	20

水平10mm	A	B	C
1	25	25	30
2	28	25	34
3	30	28	30
4	30	25	30

水平13mm	A	B	C
1	20	20	20
2	20	20	22
3	20	24	20
4	20	22	20

水平15mm	A	B	C
1	18	18	18
2	18	18	18
3	18	18	18
4	18	20	18

力学的振動	10mm	13mm	15mm
真下 A	28	21	18
B	26	22	19
C	33	23	20
北水平 A	28	20	18
B	26	22	19
C	31	21	18



これまでの二つの実験の値を $\text{伏角} = \tan^{-1} (\tan \text{真下} \div \tan \text{水平})$ に代入して、それぞれの平均を出していき伏角を求めた。

例 $\text{伏角} = \tan^{-1} (\tan 36 \div \tan 35) = \tan^{-1} (0.73 \div 0.7)$
 $= \tan^{-1} 1.04$
 伏角 = 46
 約46度になる

	10mm	13mm	15mm	平均
A	32	49	47	43
B	45	49	48	47
C	45	46	42	44
				45

電磁気的影響の伏角

	10mm	13mm	15mm	平均
A	45	47	45	46
B	45	45	45	46
C	47	48	48	48
				46

力学的振動の伏角

上記の結果から、電磁気的影響の伏角平均は45°、力学的振動の伏角平均は46°となり、国土地理院が示す長崎の伏角とほとんど誤差がなく、計算でもとめられる事が確かめられた。そしてこの事から、伏角計がなくとも誰でも伏角が求められる事がわかった。

(3) 昨年の実験結果が変動した理由

昨年実験中に着磁量が変わったのはなぜだろうか。

場所によって結果が変わるかもしれないと考え、部屋の壁に沿って高さ90cm幅400cmの範囲の様々な位置で方位磁針の振れ角を測定した。

測り方は方位磁針を板に乗せ、方位磁針が真北を向く場所を0cmとして、その状態でスライドさせて測ってみた。

測った場所は床から高さが床面・床から30cm・50cm・90cmの位置、横は50cm間隔の位置とした。

床からの距離	200	150	100	50	0	50	100	150	200
90cm	-225	-90	-70	-30	0	55	*	65	-30
50cm	5	30	30	10	5	10	15	*	0
30cm	-10	-10	-5	-5	-20	0	*	-10	5
0cm	5	30	10	0	5	10	-15	*	0

*柱などがあり測定不能

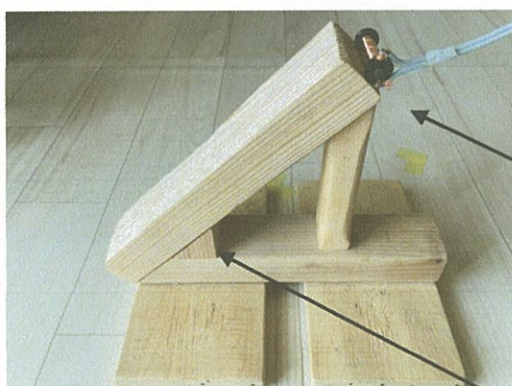
このことから場所によって大幅に伏角がずれることが分かり、建物の中の鉄筋の磁力が伏角に影響していたのだと推測される。

(4) 消磁の方法

着磁させるときは、北を向けて着磁させる必要があることが分かっている。

このことから、伏角でも同じように着磁できた。北に向けて着磁させるのと同じように、伏角も同じ原理になっている。

そして、消磁させるには東西を向けて消磁させる。そのことから、伏角から垂直にすると消磁できる。



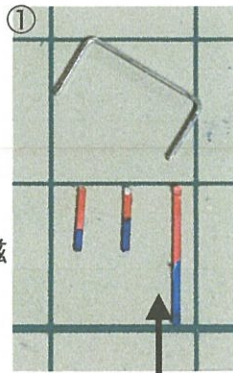
写真の奥側が東、手前が西となる。

伏角

(5) 自作の微小磁石群を用いた類似実験

鉄の分子モデルのような2つのサイズの微小磁石群を作成 (写真①)

自作の微小磁石群

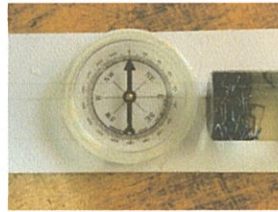


一本のホッチキスの芯を2箇所切り、3つに分けてN、S極を着磁させた微小磁石群を作成した。拡大写真は10mmの枠。

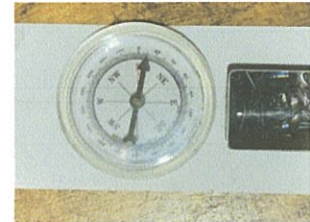
カットした芯を赤と青に塗り、それぞれS極とN極を着磁させた。(写真②)



カットした芯をビンに入れる。そのままでは芯が動きづらいのでビンに油を入れた。(写真③)



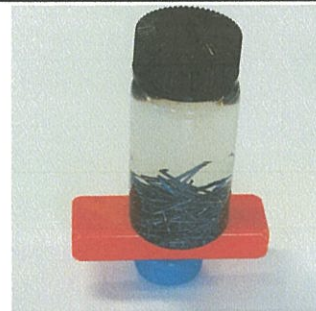
微小磁石群が入った油ビン(模型)をよく振った後に、方位磁針で調べると、方位磁針のN極の針が0°になっており、全体としては模型は着磁していないことを示す。



この模型のビンの底を磁石のN極を近づけた後に測定すると、方位磁針のN極の針が模型に引っ張られていたのでこの模型の底は、S極に19°着磁している。

1. 強い磁界の中で自作の微小磁石群を用いた力学的振動の類似実験

右の写真のように青色の磁石の上に、厚さ10mmの物体を乗せて、その上に自作の微小磁石群を置き、その時の着磁の強さを方位磁針の振れ角で測定する。また、その後その位置で5mmほど上下に振動させた後の振れ角を比較した。



	そのまま	振動後
1回目	13°	20°
2回目	8°	17°
3回目	10°	20°
平均	約10°	約20°

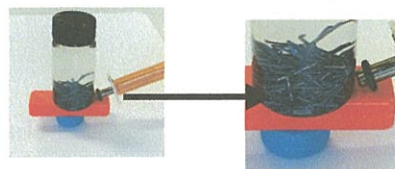
結果：前述B:1の実験では消磁効果のあった力学的振動だが、磁界の中で振動させると逆に着磁量は約2倍も増加した。

理由：振動により、微小磁石群が動きやすくなり磁石の磁界の向きに揃いやすくなった。

2. 強い磁界の中で自作の微小磁石群を用いた電磁気的影響の類似実験

力学的実験と同じようにして、交流電流を流したコイルの中の鉄芯を、ビンの底近くに触れて電磁気的影響を与える。

これも同じ実験を3回行い、平均値を求めた。



	そのまま	電磁気的影響
1	9	14
2	7	13
3	15	18
平均	10	15

結果：こちらも前述の実験では消磁効果のあった電磁気的影響だが、磁界の中で磁気的影響を与えると、5割ほど着磁量は増加した。理由：力学的振動と同じ理由による。

4.考察

結論

今回の実験を通してわかったことは下記の通りである。

1. 鉄筋の建物で壁の近くでは地磁気の向きが乱れていることが分かった。
2. 釘を磁石から10cm離れたところに置くと釘の着磁は小さな方位磁針でも感知できないがその位で交流磁場を与えると感知できた。このように弱い磁場でも着磁できると弱い地磁気でも着磁することが分かった。
3. 地磁気の中で水平北向きの磁場方向と、鉛直向きでの磁場の着磁の強さを測定することができたので、この2つの結果から簡単に合力の大きさとその向きのベクトル図から伏角を求めることができた。
この結果が正しいかを確認するために伏角計を用いて 45° 、 57° 、 20° の位置で実験しところほぼ等しい結果が得られた。このように安価な小さな方位磁針を用いることでおよそその伏角を求めることができる事が分かった
4. 交流磁場の磁氣的振動や力学的振動で、どうして着磁量が増えるかを自作した微小磁石群の類似実験から明らかにすることができた。

参考文献

齋藤隆夫『SUPER理科事典』受験研究社，1991年3月1日，p.601

国土地理院 磁気図、<http://www.gsi.go.jp>(2021年8月14日参照)

地磁気の要素 <http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/element/eleexp-j.html>
(2021年9月13日参照)