

令和3年度サイエンス・ファイト作品紹介

学 校 長崎大学教育学部附属中学校

学 年 1 年

氏 名 茶 屋 本 悠 司

タイトル 方位磁針を用いた地球磁場に関する研究
～方位磁針で伏角を知ることができない
だろうか～

概 要

地磁気の向きは水平北向きではなく地面の向きに傾斜している。長崎での伏角は約 45° である。この角度を安価な小型方位磁針を用いて交流電流を流したコイルに釘を入れて弱い地磁気の水平北向きと鉛直向きでの着磁量の違いから伏角を計算で求めることができる。

方位磁針を用いた地球磁場に関する研究

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：これまでの研究では磁石の近くの強い磁場中で電磁石コイルに交流電流を流し、その中に釘を入れると強く着磁することをを行った。

今回は弱い地磁気の中でも着磁できるのではないかと考えて実験を行った。

さらに地磁気の伏角と呼ばれているもので地磁気の向きは北向きに水平ではなく北半球では緯度などの違いにより水平から下向きに傾いている。

この傾きを方位磁針から求めることはできないかと考えて実験を行った。

今回の実験内容

実験 1：弱い磁場の中での磁石の極から離れた位置(弱い磁界中)での磁氣的振動による着磁

実験 2：鉄筋建物の広い部屋の中での地磁気の乱れ

(1) 壁際での北向きの乱れ

(2) 壁際での伏角の乱れ(伏角 70 度と 20 度で実験)

実験 3：地磁気の伏角が異なるところでの磁氣的振動による着磁

水平北と鉛直方向での着磁の強さから計算により伏角を求める

(1) 伏角が 45 度での着磁の実験

(2) 伏角が 70 度での着磁の実験

(3) 伏角が 20 度での着磁の実験

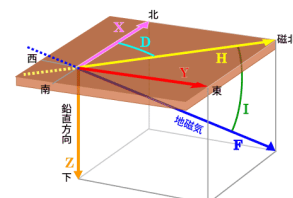
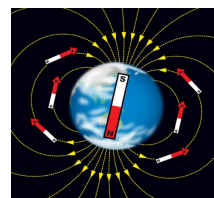
(1) 地磁気の要素

伏角：地磁気の方角と水平北が作る角度。模式図の中では角度 I

偏角：地磁気の方角と地図上の北とのなす角。模式図の中では角度 D

水平分力：地磁気の水平面の北向きの成分。模式図の中ではベクトル H

鉛直分力：地磁気の鉛直向きの成分。模式図の中ではベクトル Z



(3) 伏角計の使い方(45°を示す)

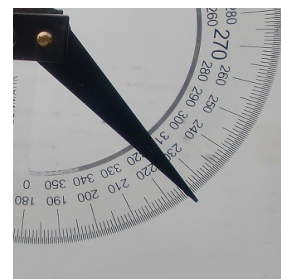


写真 1 (a)：水平で北向き (b)：地球磁磁場の向き (c)：拡大写真

円盤を水平にし、磁針が 270°の位置に来るように台座を動かすと、磁針は水平線で北向きを示している。そのために方位磁針としても使うことができる。(b)は円盤を鉛直にして、円盤状のある目盛りを指して静止する。その読みが 225°を示したので $270^\circ - 225^\circ = 45^\circ$ が伏角となる。

長崎はでの伏角は約 45°であると報告されている。木造の建物や家の外ではこの伏角計でも 45°を示した。

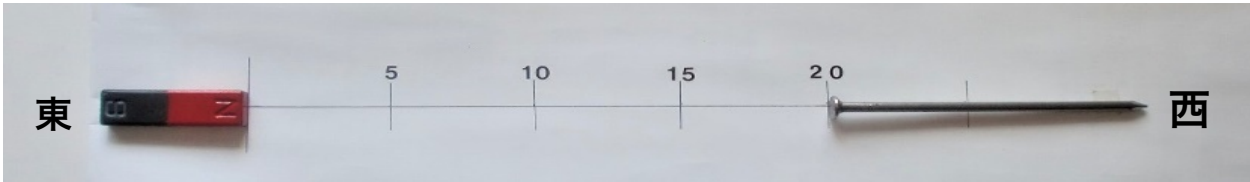
実験１：弱い磁場の中での着磁の実験

地磁気の影響がないようにするために棒磁石を東西方向に置いて実験する。写真２（a）のように磁石のN極から例えば20cmの位置に釘の頭を置いて着磁の強さを直径15mmの小型の方位磁針の振れ角で測定したところ方位磁針の振れ角は上が字で示すように0°を示した。その後、交流磁場を与えるために（b）のように電磁石用コイルに釘を入れて20cmに置いて交流電流0.6Aを流した。その釘の着磁の強さを測定すると振れ角は20°を示した。

同様な方法で釘の頭の位置を5cmから25cmについても測定した結果を表1に示す。

ここで長さ11cmの釘の先端ではなく頭に着磁した強さを測定するのは頭の方が面積が大きいの方位磁針の振れ角が大きくなるからである。もう一つの理由は基準線に正確に合わせやすいからである。

写真２：（a）東西向きの磁場の中に置いた釘の着磁の強さを測定



（b）同じ位置に置いた釘に磁氣的振動を与えて着磁を調べる

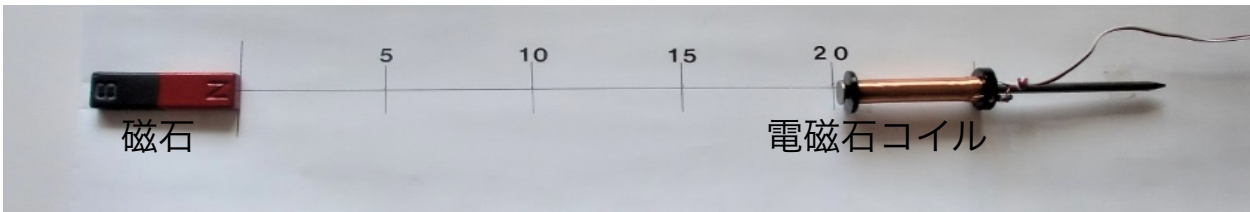


表１：釘の頭から磁石までの距離とその位置での着磁の強さ

磁石からの釘の位置	5 c m	7 c m	1 0 c m	1 5 c m	2 0 c m	2 5 c m
そのまま釘を置く	1 0 °	5 °	0 °	0 °	0 °	0 °
交流磁場中の釘の頭	7 5 °	7 0 °	6 0 °	3 5 °	2 0 °	1 0 °

結果：磁石から10cm以上離れた位置に置いた釘にはこの方位磁針では着磁量を確認できない。しかし、その位置で交流磁場を

与えると強く着磁できることが分かった。そこで弱い地磁気中でも着磁できるのではないかとと思われるので鉄筋の建物の地磁気を測定した。

実験２：鉄筋建物の広い部屋の中での地磁気の乱れ

1. 壁際での北向きの乱れ

表２：窓際に沿って50cm毎に4mの幅での方位磁針の振れ角の測定

床からの高さ	-200 A	-150 B	-100 C	-50 D	0 E	50 F	100 G	150 H	200 I
90cm	-30°	+65°	/	+55°	0°	-30°	-70°	-90°	-225
50cm	+20°	0°	/	0°	-25°	-30°	-50°	-70°	-75°
30cm	+5°	-10°	/	0°	-20°	-50°	-5°	-10°	-10°
0cm	0°	-15°	/	+10°	+5°	0°	+10°	+30	+5°

表1は教育学部633室の壁に沿って窓枠の下で50cm毎にAからIまでの8カ所で測定した。さらに各位置の床の上と床から30cm、50cm、90cm上での方位磁針の針の振れを測定した。表中の0°は壁に平行で壁の向きが北向きにあることを示す。例えば150cmの位置で-90°とは地磁気の向きが東向きに変化していることを示す。表1の中のA～Iは下の写真の窓下の位置を示す。Cは柱があるために測定できなかった。

表1の中で地磁気の向きが大きく変化しているAB間やHI間のところには壁の中に鉄材が入っていると思われる。

写真3：教育学部633室の窓枠の下で測定



実験3：地磁気の伏角が異なるところでの磁氣的振動による着磁

これまでの研究では実験1の表の中で見られた5cmの位置でのような強い磁場の中で交流磁場により、着磁が増加することを行ってきた。今回は20cm以上のところで見られたように弱い磁場の中で着磁を方位磁針では感知できなくても交流磁場を与えることで着磁が増加して測定できるならば弱い磁場である地球磁場中でも着磁の強さを知ることができるだろうと考えて地球気の伏角の測定を試みた。

その際、弱い地磁気の水平北向きの強さと鉛直向きの強さは直接には方位磁針では測定できない。しかし、この向きに釘を置いてコイルに交流磁場を加えることで着磁できるならばその着磁の強さの違いから地磁気の方位による磁場の強さを知ることができるのではないかと思った。その位置における地磁気の伏角を計算から求めることができると思われたので下記の実験を行った。

(1) 伏角が45度での着磁の実験

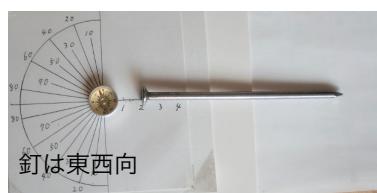


写真4 (a) 釘の頭は鉛直

(b) 釘の頭は北向き

(c) 釘を東西に向けて方位磁針で振れ角を測定

表3：各方位磁針の中心から10mm離れた位置に釘の頭を置いた時の振れ角

3つの方位磁針	A	B	C
北水平の振れ角	35°	30°	40°
鉛直の振れ角	34°	30°	40°
振れ角からの結果	44°	45°	45°

結果：表3に見られるように釘の頭が北向きの時の方位磁針の針の振れ角と鉛直向きの時の値がほぼ等しいことから伏角の向きはほぼ45°であることが分かった。この位置で伏角計は写真1のように45°を示していた。

(2) 伏角が70度の位置での着磁の実験

表4：方位磁針から11, 13, 20mm 離れた位置に釘の頭を置いた時の振れ角

方位磁針から釘を置く位置	11mm	13mm	20mm
釘の頭を水平北に置いた振れ角	10°	8°	3°
釘の頭を鉛直に置いた振れ角	25°	20°	8°

伏角計の読み70°での着磁 (実験2で行った地磁気の乱れの部屋)

測定位置：11mm

水平北 10° $\tan 10^\circ = 0.176$

鉛直向き 25° $\tan 25^\circ = 0.466$

伏角 $= \tan^{-1} (\tan \text{鉛直振れ角} \div \tan \text{水平北振れ角})$

伏角 $= \tan^{-1} (\tan 25^\circ \div \tan 10^\circ) = \tan^{-1} (2.65) = 69.3^\circ$

$\tan^{-1}$ はアークタンジェントと呼ばれ $\tan$ (正接)の逆関数である。

測定位置：13mm

水平北 8° $\tan 8^\circ = 0.141$

鉛直向き 20° $\tan 20^\circ = 0.364$

伏角 $= \tan^{-1} (\tan 20^\circ \div \tan 8^\circ) = \tan^{-1} (2.58) = 68.8^\circ$

測定位置：20mm

水平北 3° $\tan 3^\circ = 0.052$

鉛直向き 8° $\tan 8^\circ = 0.141$

伏角 $= \tan^{-1} (\tan 8^\circ \div \tan 3^\circ) = \tan^{-1} (2.71) = 69.7^\circ$

結果：伏角計の読み70°と大変よく一致した

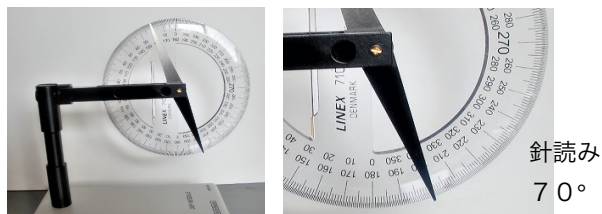


写真5：(a) 伏角計

(b) 拡大写真

(3) 伏角が20度の位置で着磁の実験

表5：方位磁針から11, 13, 20mm 離れた位置に釘の頭を置いた時の振れ角

方位磁針から釘を置く位置	11mm	13mm	20mm
釘の頭を水平北に置く振れ角	45°	25°	15°
釘の頭を鉛直に置いた振れ角	20°	10°	3°

測定位置：11mm 伏角 $= \tan^{-1} (\tan 20^\circ \div \tan 45^\circ) = 20.0^\circ$

測定位置：13mm 伏角 $= \tan^{-1} (\tan 10^\circ \div \tan 25^\circ) = 20.7^\circ$

結果：伏角計の読み20°と大変よく一致した

もし、着磁量として $\tan$ を採用しないで振れ角をそのまま用いると11mmの位置では
 伏角 $= \tan^{-1} (20^\circ \div 45^\circ) = \tan^{-1} (0.444) = 24^\circ$ となる。このように振れ角
 がかなり異なるときには誤差が大きくなることがわかる。



伏角計の読み
20°

写真6：(a) 伏角計20度 (b) 拡大写真

結果：伏角計の読み20°と大変よく一致した

全体のまとめ

- (1) 鉄筋建物の中で特に鉄の補強材が入っている近くでは地磁気がかなり乱れていることが分かった。
- (2) 地磁気の向きは水平北向きではなく地面の向きに傾斜している。長崎での伏角は約45°である。この角度は約3万円する伏角計で測定できるが1000円以下の小型方位磁針を用いて交流電流を流したコイルに釘を入れて弱い地磁気の水平北向きと鉛直向きでの着磁量の違いから伏角を計算で求めることができる。この方法で鉄筋建物中の乱れが大きい20°と70°の位置で測定してみると驚くほどよい結果が得られた。