

§2 電流と磁気

電流と磁界

電流を流すと、熱作用等が起る事を学んだが、他の磁界(磁場ともいう)を起す作用等もある。

電気 \leftrightarrow 磁気 密接な関係がある。

1 磁石と磁気

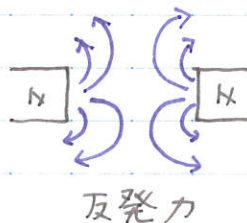
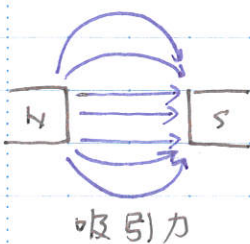
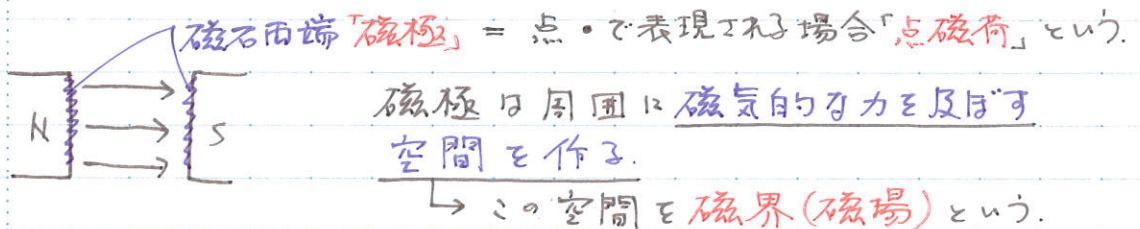
○ 磁石による磁気現象



異極同士
引合う(吸引力)



同極同士
反発する(反発力)

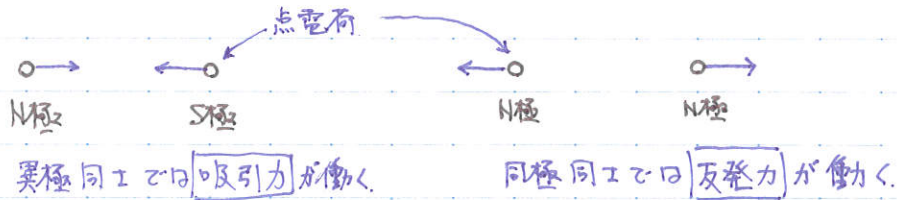


ポイント
N極 → S極 へ向かって磁界が発生する。

磁界の大きさ・向きを考える時、上の図の様に矢印を書いて考える。

→ この矢印を磁気力線という。

○ 磁極に働く力.



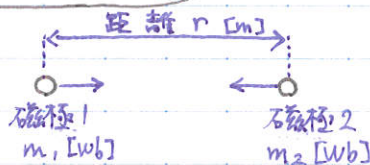
磁極の間 に **力** が働く = **磁気力** という

また 磁石(磁極) に **強さ** がある = **磁気量** という。

単位: Wb (ウエーバ)

① 強い磁気力 = 磁気量が大い、弱い磁気力 = 磁気量が小さい。

クーロンの法則



距離 r [m] 離れた、
磁気量 m_1 [Wb], m_2 [Wb] の磁極に
働く **磁気力** の法則。

$$\text{磁気力 } F = k \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad [\text{単位: } N (=2-12)]$$

※補足... 磁気量は N極の時 $+ \text{○} Wb$

S極の時 $- \text{○} Wb$ とします。

すなわち同極の時 F は $+$ の値 = **反発力**

異極の時 F は $-$ の値 = **吸引力** となります。

※補足2... k (クーパー) は磁極がおかれている場所が変わる。

真空・空気中 では 6.33×10^4

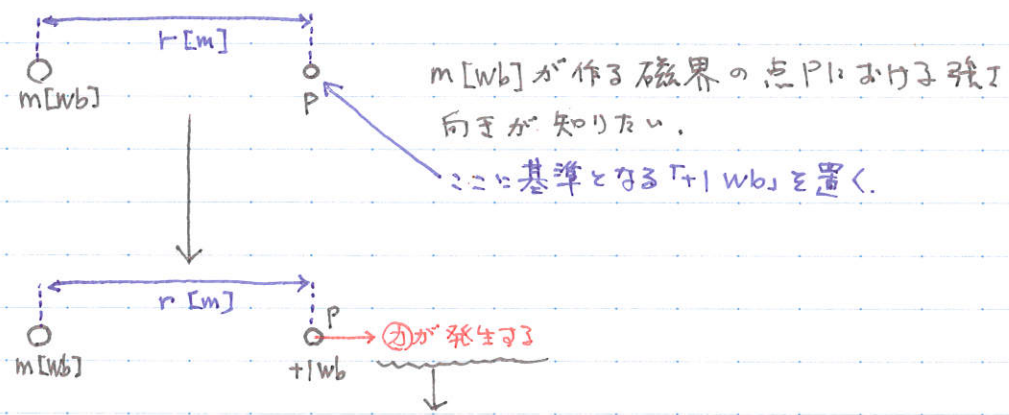
2 磁界の強さ

○ 点磁荷による磁界の強さ

○ 空間中に置いた磁極は、その周りに m [Wb] **磁界** を作っている。

- ① 磁極の強さに応じて 磁界も大きくなる
 - ② 磁界は磁力線が存在する空間の事。
磁力線には N→S 極へ向かう方向性がある ⇒ 磁界にも向きがある
- ポイント** 磁界には大きさ・向きがある。

目に見えない
磁界の大きさ・向きを示す為、「+1 Wb (仮定N極)」を使う。



この時の大きさ・向きの事を「磁界の大きさ(強さ)」という。

$$\text{磁界の大きさ}(H) = k \frac{m}{r^2} \quad (\text{単位: } N/Wb \text{ [= ニュートン毎ウェーバ])}$$

* k (クーロン) ... 磁極がどこに置いてあるかで変化。
真空・空気中は 6.33×10^9

他に A/m [アンペア毎メートル] という単位あり。後述

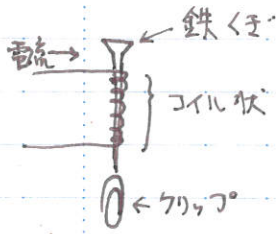
応用 磁気量 m [Wb] の磁極が、 H [N/Wb] の磁界中で受ける力 F は...

$$F = m H (N)$$

← H を求めた時の「+1 Wb」を m [Wb] に置き換えただけ

クローンの法則 そのものです!!

3 電流による磁界の強さ



鉄くさにはクランプはくっつかないが、導線を巻きつけて電流を流すとクランプはくっつく。



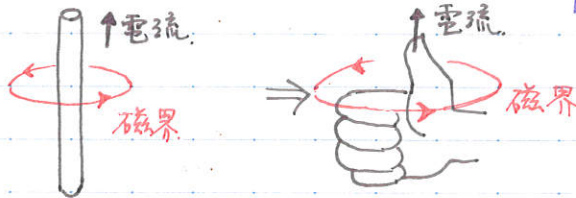
くまに磁気力が生じた = 電流が磁界を生じている。

確認 電流が流れると、その周りに磁界が生じる。

○ 右ねじの法則 (向きのみを表す)

「流した電流」と「発生する磁界」の向きには関係がある。

↳ 大文字では示しません



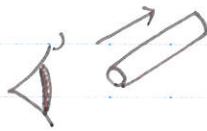
右手で「good」をすると親指は電流、他の4本指は磁界の向きを示す。

(右ねじを締る時、ねじの進む方向が電流、回り方向が磁界)

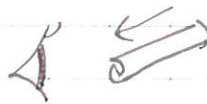
○ 磁界と電流の流れる向き表現

この分野では立体的に磁界・電流の向きを考える。

紙面で立体を表現するのに以下2つの決まりを覚えておく。



視点から遠ざかる向きの流束: ⊗ (クロス)
(紙面の表から裏へ向かう向き)



視点に近づいてくる向きの流束: ⊙ (ドット)
(紙面の裏から表へ向かう向き)



矢先が記号の起源

矢先が向かってくると ⊙

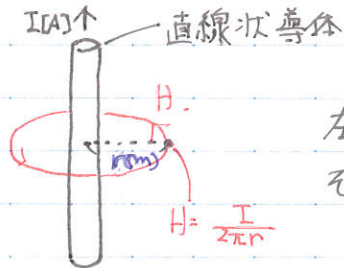
遠ざかる時は羽が見えるので ⊗

○ 電流のつくる磁界の大きさ.

電流によって作られる磁界には^{主に}3パターンあり.

- ① 直線電流が作る磁界
- ② 円形電流が作る磁界
- ③ ソレノイド(②を筒状に重ねたもの)が作る磁界

① 直線電流が作る磁界



左の直線状導体は電流を流すと
その周辺に磁界が発生する。

磁界の向きは右ねじの法則より
赤線の通り。



直線状導体から r [m] 離れた点での
磁界の大きさは

$$H = \frac{I}{2\pi r} \quad [\text{単位: A/m (アンペア毎メートル)}]$$

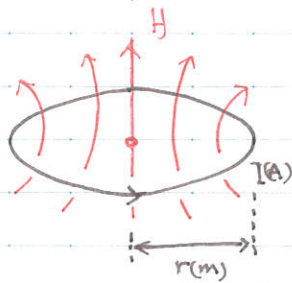
* 電流が強くなるほど、
距離が近いほど大き

※(注) 磁界の大きさの単位 (N/Wb) と (A/m)
どちらも同じ物を表す。

・ N/Wb (ニュートン毎ウェーバ) ... ケーコンの法則など磁極間に働く力の大きさ等を用いて示せる場合。

・ A/m (アンペア毎メートル) ... 電流を流した際に発生する磁界の大きさの場合。

② 円形電流が作る磁界

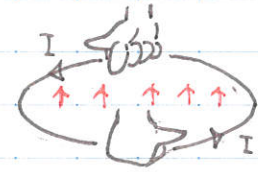


左の様に円形電流を流すと、
円の中心を貫く様な磁界ができる

磁界の向きは右ねじの法則より

赤線の通り

(電流の向きが親指だと、他4本の向きが
磁界の向き)

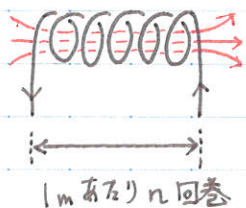


半径 r [m] の円形電線、巻数 n 回のとき
中心にできる磁界の強さ H は

$$H = \frac{nI}{2r} \quad [\text{単位: A/m (アンペア毎メートル)}]$$

* 電流が強いほど、円の半径が小さいほど、巻数が多いほど
中心磁界が強い。

③ ソレノイドが作る磁界



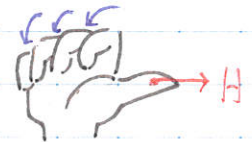
左の様に導線を密に巻いた

ソレノイドでは、その内部に磁界ができる

磁界の向きは右ねじの法則より

赤線の通り (「電流」と「磁界」を入れ替えで成り立つ)

(電流の向きが4本指だと、親指の向きが磁界)



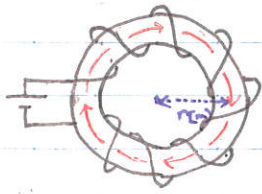
l m あたりの巻数 n 回の

ソレノイドの内部にできる磁界の大きさ H は

$$H = nI \quad [\text{単位: A/m}]$$

* l m あたりの巻数が多いほど、
電流が強いほど磁界が強い。

④ (応用) 環状コイルが作る磁界



左の様は、環状で均一に巻いたコイルを環状コイルという。
コイル内部は磁界ができる。

導線は③
導線はソレノイド同様のコイル状なので、
発生する向きも同じく赤線の通り

また、発生する磁界は①直線電流が作る磁界と同様の
同形なので、

環状コイルの磁界の大きさを求める式 = ① & ③ の形

巻数 n 回、磁路の長さ l [m] (磁気を通る道の長さ) の
環状コイル内部に生じる磁界の大きさは

$$H = \frac{nI}{l} = \frac{n \cdot I}{2\pi r} \quad \left[\text{単位: A/m} \right]$$

③ の形
① の形

↳ 磁路が作る円の半径を r とすると

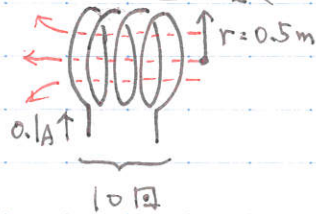
$$2\pi r \quad (\text{直径} \times 3.14 = \text{円周} l)$$

※ 巻数が多いほど、電流が大きいほど磁界が大きい
環状コイルの半径が小さいほど磁界が大きい。

○ 練習問題

教P122 問6

円形コイルの半径 r が 0.5m 、電流 I が 0.1A 、
コイルの巻き数 n が 10 のとき、コイル中心の磁界の大きさは、

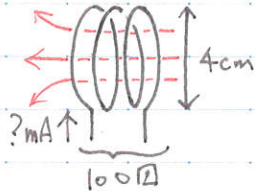


$$H = \frac{nI}{2r}$$

$$= \frac{10 \cdot 0.1}{2 \cdot 0.5} = 1.0 \text{ (A/m)}$$

教P122 問7

円形コイルの直径が 4cm 、コイル巻き数 100 のとき、
コイル中心の磁界の大きさが 0.5A/m であった。
コイルに流れる電流は何 mA か？



$$H = \frac{nI}{2r}$$

$$= \frac{100 \times I}{0.04}$$

$$= 0.5 \text{ (A/m)}$$

$2 \times \text{半径} = \text{直径}$
 $4\text{cm} = 0.04\text{m}$ とし、このまじょう

$$\text{従って } 100 I = 0.5 \times 0.04$$

$$= 5 \times 10^{-1} \times 4 \times 10^{-2}$$

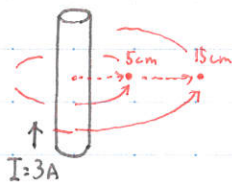
$$I = 20 \times 10 \times 10^{-1} \times 10^{-2} \times 10^{-2}$$

$$= 2.0 \times 10^{-4}$$

$$\therefore I = 0.2 \times 10 \times 10^{-4} = 0.2 \times 10^{-3} \text{ A} = 0.2 \text{ mA}$$

教P122 問8

3A の電流が流れている直線状導体から、 5cm 及び 15cm 離れた
点の磁界の大きさ H を求めよ。また導体からの距離と
磁界の大きさには、どのような関係があるか。



5cm 離れた点の磁界の大きさを H_5 とする

$$H_5 = \frac{I}{2\pi r} = \frac{3}{2\pi \cdot 5 \cdot 10^{-2}} = 9.55 \text{ [A/m]}$$

15cm 離れた点の磁界の大きさを H_{15} とする。

$$H_{15} = \frac{I}{2\pi r} = \frac{3}{2\pi \cdot 15 \cdot 10^{-2}} = 3.18 \text{ [A/m]}$$

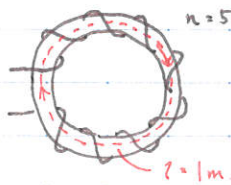
導体から離れたほど磁界の大きさは小さくなる。

教122. 問9.

環状コイル内への閉曲線

巻数50回、平均の長さ1mの環状コイルに2Aの

電流を流した。環状コイルの内部に生じる磁界の大きさHを求めよ。



環状コイル内部の磁界の大きさHを求めよ

$$H = \frac{nI}{2\pi r} \quad \text{円周 = 閉曲線}$$
$$= \frac{50 \cdot 2}{1} = 100 \text{ [A/m]}$$