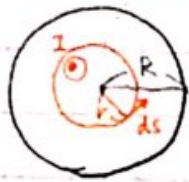


アンペールの法則 例題

[例題 1]

半径 R の長い円筒導線には電流 I_0 が流れている。その中心から距離 r の点における磁場 H を求めなさい。ただし、電流 I_0 は導線の断面上に一様に分布しているとする。

1) $r < R$ のとき



1周→L

半径 r の円内を流れる電流を I とする。
半径 R の円筒形の導線を流れる電流 I_0 は一様に分布するから

$$I = \frac{\pi r^2}{\pi R^2} I_0 = \frac{r^2}{R^2} I_0 \quad \text{--- ①}$$

アンペールの法則より

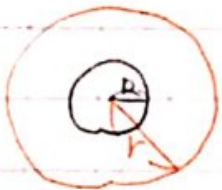
$$\oint_L H ds = I \quad \text{--- ②}$$

①、②より

$$\oint_L H ds = H \cdot \overset{\text{1周分}}{2\pi r} = \frac{r^2}{R^2} I_0$$

$$\therefore H = \frac{I_0}{2\pi R^2} r$$

2) $r > R$ のとき



アンペールの法則より

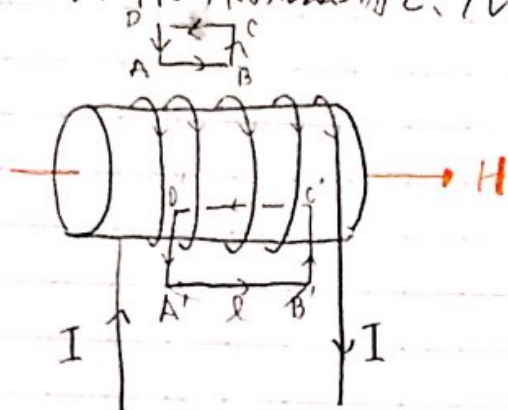
$$\oint H ds = H \cdot 2\pi r = I_0$$

$$\therefore H = \frac{I_0}{2\pi r}$$

[例題2] ソレノイドの作る磁場

ソレノイド: 円筒形のボビン(絶縁体の筒)にびしりと
一様にコイルを巻いたもの

コイルには電流 I が流れていて、単位長さ当たりの巻き線数は n とする。
ソレノイド外の磁場と、ソレノイド内の磁場を求めなさい。



1) ソレノイド外の磁場

アンペールの法則より

$$\oint_{ABCD} H \, ds (= I) = 0$$

I は閉曲線を
貫く電流の総和

$$\therefore \underline{H = 0}$$

2) ソレノイド内の磁場

アンペールの法則より

$$\oint_{A'B'C'D'} H \cdot ds = -n l I$$

ここで、

$$\oint_{A'B'C'D'} H \, ds = \underbrace{\int_{A'B'} H \, ds}_{\times 1) \text{ 外 } 0} + \underbrace{\int_{B'C'} H \, ds}_{\substack{H \text{ と } B'C' \text{ が直交} \\ (\uparrow ds \text{ の向き})}} + \underbrace{\int_{C'D'} H \, ds}_{\substack{H \text{ と } C'D' \text{ が直交} \\ \Rightarrow \text{同様にして } 0}} + \underbrace{\int_{D'A'} H \, ds}_{\substack{H \text{ と } D'A' \text{ が直交} \\ \Rightarrow \text{同様にして } 0}}$$

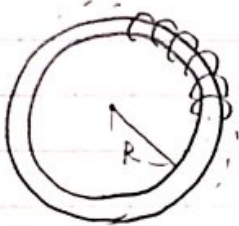
$\Rightarrow$ 内積 0 $\Rightarrow$ 0

$l \ll 1$ または ソレノイドが非常に長いとき l の両端の磁場は等しく、

$$\int_{C'D'} H \, ds = -H l = -n l I \quad \therefore \underline{H = n I}$$

[例題3]

半径12cmのドーナツ型ボビンに6000回導線を巻いたソレノイドがある。これに5.0Aの電流を流すとき、ソレノイド内部の磁束密度はいくらか。
 $(\mu_0 = \frac{4\pi}{10^7} [\text{H/m}])$



[例題2]より $H = nI$ (ソレノイド!)
 磁束密度 B は $B = \mu_0 H = \mu_0 n I$... ①

ここで、 n は単位長さあたりの巻き数なので

$$n = \frac{N}{2\pi R} \quad \left(\begin{array}{l} \leftarrow \text{全巻き数} \\ \leftarrow \text{ソレノイドの全長} \end{array} \right) \quad \dots \text{②}$$

条件より $N = 6000$ / $I = 5.0 [\text{A}]$ / $\mu_0 = \frac{4\pi}{10^7} [\text{H/m}]$
 $R = 12 \times 10^{-2} [\text{m}]$... ③

①、②、③より

$$\begin{aligned} B &= \mu_0 \cdot \frac{N}{2\pi R} \cdot I \\ &= \frac{4\pi}{10^7} \cdot \frac{6000}{2\pi \times 12 \times 10^{-2}} \cdot 5.0 \\ &= \underline{5.0 \times 10^{-2} [\text{Wb/m}^2]} \\ &\quad \text{(もしくは [T])} \end{aligned}$$