

第2章 電流と磁気

問

2・1 磁界の強さと磁束密度

問1 式(2・3)から,

$$\begin{aligned} F &= 6.33 \times 10^4 \times \frac{m_1 m_2}{r^2} = 6.33 \times 10^4 \times \frac{3 \times 10^{-3} \times (-2 \times 10^{-3})}{(20 \times 10^{-2})^2} \\ &= -9.495 \text{ [N]} \quad (\text{吸引力}) \end{aligned}$$

問2 式(2・4)から,

$$H = \frac{F}{m} = \frac{3}{1.5 \times 10^{-3}} = 2 \times 10^3 \text{ [A/m]}$$

復習 問題

基本問題

1. 式(2・3)から,

$$F = 6.33 \times 10^4 \times \frac{m_1 m_2}{r^2} = 6.33 \times 10^4 \times \frac{0.2 \times 0.1}{0.1^2} = 1.266 \times 10^5 \text{ [N]} \quad (\text{反発力})$$

2. 式(2・5)から,

$$H = \frac{m}{4\pi\mu_0 \cdot r^2} = 6.33 \times 10^4 \times \frac{m}{r^2} = 6.33 \times 10^4 \times \frac{0.5}{1} = 3.17 \times 10^4 \text{ [A/m]}$$

3. 0.5 Wb の磁極からは, **0.5 Wb** の磁束が出る。

4. 磁束密度 B [T] は, 式(2・13)から,

$$B = \mu_0 H = 4\pi \times 10^{-7} \times 2 = 25.13 \times 10^{-7} = 2.51 \times 10^{-6} \text{ [T]}$$

5. 式(2・15)から,

$$H = \frac{I}{2r} = \frac{2}{2 \times 0.2} = 5 \text{ [A/m]}$$

6. コイルに誘導する起電力の大きさ e [V] は, 式(2・32)から,

$$e = N \times \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = 10 \times \frac{0.4}{0.2} = 20 \text{ [V]}$$

7. 起電力の大きさ e [V] は、式(2・33)から、

$$e = Blv = 0.6 \times 0.5 \times 10 = 3 \text{ [V]}$$

8. コイル A, B 間の相互インダクタンスを M [H] とすれば、式(2・38)から、

$$M = \frac{e_2}{\frac{\Delta I}{\Delta t}} = 7.5 \times \frac{1}{5} = 1.5 \text{ [H]}$$

発展問題

1. 磁極間に働く力の大きさ F [N] は、式(2・3)から、

$$F = 6.33 \times 10^4 \times \frac{m_1 m_2}{\mu_r r^2} = 6.33 \times 10^4 \times \frac{2 \times 10^{-2} \times 4 \times 10^{-3}}{20 \times (5 \times 10^{-2})^2} = 101.28 \text{ [N]}$$

2. 解図 1 のように、+4 Wb の点磁極から点 P に及ぼす磁界の強さ H_1 [A/m] は、

$$\begin{aligned} H_1 &= 6.33 \times 10^4 \times \frac{m}{r^2} \\ &= 6.33 \times 10^4 \times \frac{4}{0.5^2} \text{ [A/m]} \text{ (反発)} \end{aligned}$$

同様に、-2 Wb の点磁極から点 P に及ぼす磁界の強さ H_2 [A/m] は、

$$H_2 = 6.33 \times 10^4 \times \frac{m}{r^2} = 6.33 \times 10^4 \times \frac{2}{0.5^2} \text{ [A/m]} \text{ (吸引)}$$

したがって、点 P にできる磁界の強さ H [A/m] は、 H_1 と H_2 は同方向であるから、これらの和であり、

$$H = H_1 + H_2 = 6.33 \times 10^4 \times \frac{1}{0.5^2} (4+2) = 1.52 \times 10^6 \text{ [A/m]}$$

3. 導体に誘導する起電力 e [V] は、

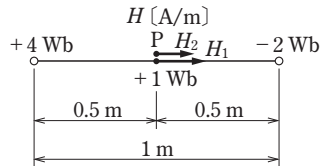
$$e = Blv \sin \theta = 0.5 \times 20 \times 0.5 \times \sin 30^\circ = 2.5 \text{ [V]}$$

4. 磁束密度 B [T] は、

$$B = \frac{\Phi}{S} = \frac{0.008}{100 \times 10^{-4}} = 0.8 \text{ [T]}$$

5. 電流相互間の力 F [N] は、式(2・29)から、

$$F = 2 \times \frac{IaIb}{r} \times 10^{-7} = 2 \times \frac{100 \times 100}{5 \times 10^{-2}} \times 10^{-7} = 0.04 \text{ [N]}$$



解図 1

6. コイルに誘導する起電力 e [V] は、式(2.40)から、

$$e = L \times \frac{dI}{dt} = 25 \times 10^{-3} \times \frac{300}{\frac{1}{50}} = 375 \text{ [V]}$$

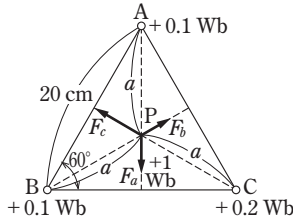
7. コイルに蓄えられたエネルギー W [J] は、式(2.52)から、次のようになる。

$$W = \frac{1}{2} LI^2 \quad \therefore L = \frac{2W}{I^2} = \frac{2 \times 850}{100^2} = 0.17 \text{ [H]}$$

チャレンジ問題

1. 各磁極から重心までの距離 a [m] は、

$$a = \frac{20\sqrt{3}}{3} \times 10^{-2} \text{ [m]}$$



$$\begin{aligned} a &= 20 \times 10^{-2} \times \sin 60^\circ \times \frac{2}{3} \\ &= 20 \times 10^{-2} \times \frac{\sqrt{3}}{2} \times \frac{2}{3} \\ &= \frac{2\sqrt{3}}{3} \times 10^{-2} \text{ [m]} \end{aligned}$$

解図 2

したがって、重心に $+1 \text{ Wb}$ の磁極をおくと、各磁極との力は反発力で、その大きさを F_a , F_b , F_c とすれば、

$$F_a = F_b = \frac{m}{4\pi\mu_0 r^2} = 6.33 \times 10^4 \times \frac{0.1}{\left(\frac{20\sqrt{3}}{3} \times 10^{-2}\right)^2} = 47.475 \times 10^4 \text{ [N]}$$

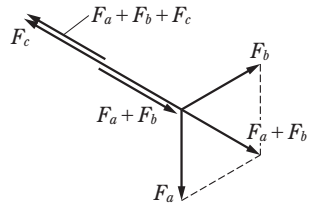
$$F_c = 6.33 \times 10^4 \times \frac{0.2}{\left(\frac{20\sqrt{3}}{3} \times 10^{-2}\right)^2} = 94.95 \times 10^4 \text{ [N]}$$

この F_a , F_b , F_c をベクトル的に加えると、解図 3 のベクトル図から、

$$F_a + F_b = F_b \times \cos 60^\circ \times 2 = F_b = F_a$$

$$F_a + F_b + F_c = F_c - F_a$$

$$= 94.95 \times 10^4 - 47.475 \times 10^4$$



解図 3

$$=47.475 \times 10^4 \text{ [N]}$$

したがって、点Pの磁界の強さ H [A/m] は、
次のようになる。

$$H = 47.475 \times 10^4 \text{ [A/m]} \doteq 4.75 \times 10^5 \text{ [A/m]}$$

2. 磁石に作用するトルク T [N・m] は、式(2・8)から、

$$T = lmH \sin \theta = 12 \times 10^{-2} \times 5 \times 8000 \times \sin 30^\circ = 2400 \text{ [N・m]}$$

3. 各線間には、長さ 1m 当たり、

$$\begin{aligned} F' &= 2 \times \frac{IaIb}{r} \times 10^{-7} = 2 \times \frac{I \times I}{r} \times 10^{-7} \\ &= 2 \times \frac{100 \times 100}{0.5} \times 10^{-7} = 4 \times 10^{-3} \text{ [N/m]} \end{aligned}$$

の電磁力が働く。

これを、解図4のように、ベクトルの的に合成すると、
導体の1m 当りに働く電磁力 F は、

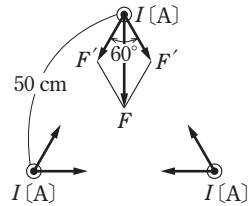
$$\begin{aligned} F &= F' \cos 30^\circ \times 2 = F' \times \frac{\sqrt{3}}{2} \times 2 = \sqrt{3} F' \\ &= \sqrt{3} \times 4 \times 10^{-3} = 6.928 \times 10^{-3} \text{ [N/m]} \end{aligned}$$

4. 平均磁路の長さ l [m] は、

$$l = 2\pi \left(r + \frac{d}{2} \right) = \pi(2r + d) \text{ [m]}$$

したがって、コイルに流れる電流 I [A] は、

$$I = \frac{lB}{N\mu} = \frac{\pi(2r + d)B}{N\mu} \text{ [A]}$$



解図4