

## 令和6年度弁理士試験論文式筆記試験問題

[電磁気学]

- 1 図1のように、真空中に半径  $a$ 、長さ  $h$  で厚さの無視できる導体円筒1があり、その周りに中心軸と長さが導体円筒1と同じで半径がそれぞれ  $2a$ 、 $3a$ の厚みの無視できる導体円筒2、3が置かれている。円筒の中心軸からの距離を  $r$  とする。 $h \gg a$  で導体円筒間の端の効果が無視でき、導体円筒表面で電荷は一様に分布し、真空の誘電率を  $\epsilon_0$  とするとき、以下の問いに答えよ。

【40点】

- (1) 導体円筒1、2、3にそれぞれ  $-\frac{1}{2}Q$ 、 $Q$ 、 $-\frac{1}{2}Q$  ( $Q > 0$ )の電荷を与えた。このとき、 $a < r < 2a$ 、 $2a < r < 3a$ 、 $3a < r$ における電界の大きさ  $E(r)$ と向きをそれぞれ求めよ。
- (2) (1)のとき、導体円筒1、2、3の電位  $V_1$ 、 $V_2$ 、 $V_3$ をそれぞれ求めよ。無限遠を電位の基準とする。
- (3) (1)に引き続いて、導体円筒1と3を細い導線で繋いだところ、電荷が導体円筒間で移動した。このあと十分な時間が経過したとき、導体円筒1の電荷を求めよ。

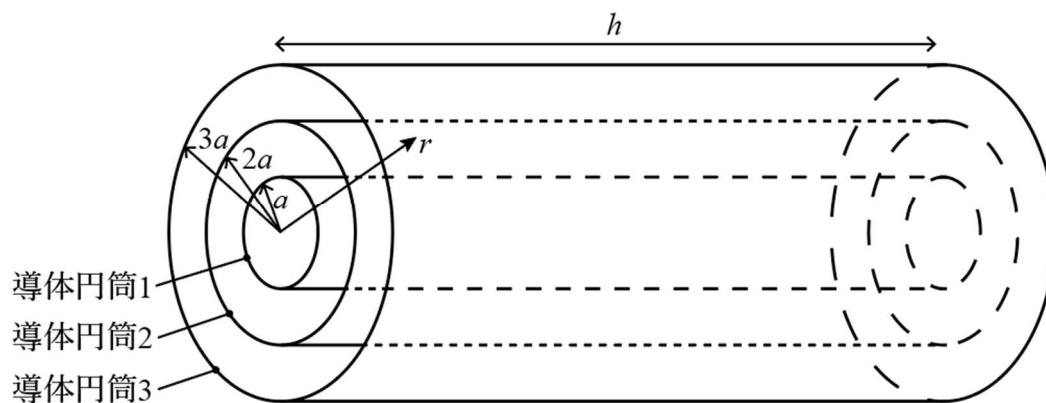


図1

- 2 図2、3のように、真空中に半径  $R$  の円形で細い導線 A と導線 B が置かれている。導線 A、B の中心の座標はそれぞれ  $(0,0,h)$ 、 $(0,0,-h)$  であり、それぞれが  $xy$  平面に平行である。また、導線 A、B には  $z$  軸の正の方向から見てそれぞれ反時計回り、時計回りに同じ大きさの電流  $I$  が流れている。真空の透磁率を  $\mu_0$  として、以下の問いに答えよ。

【30点】

- (1) 導線 A を流れる電流が  $z$  軸上でつくる磁束密度ベクトル  $\mathbf{B}_A(z)$  を求め、成分表示せよ。
- (2)  $z$  軸上での磁束密度ベクトル  $\mathbf{B}(z)$  を求め、成分表示せよ。
- (3)  $x-z$  平面上の磁力線を図示せよ。
- (4) 導線 A が導線 B を流れる電流がつくる磁場によって受ける力の向きを答えよ。また、その力の向きとなる理由について、導線 A に流れる電流と電流に及ぼす磁場の向きを使って説明せよ。

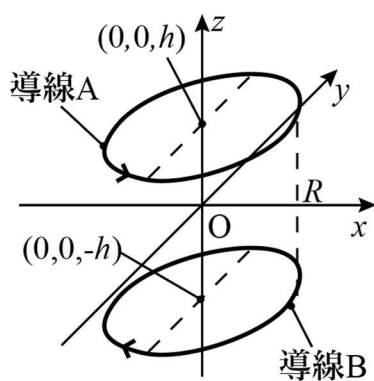


図2

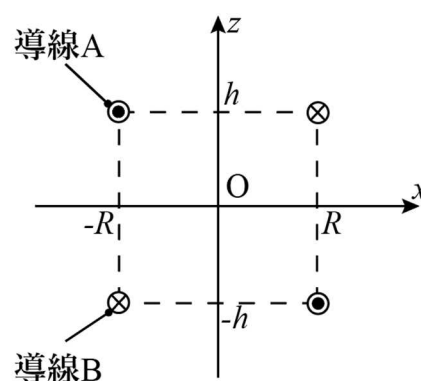


図3

- 3 図4のように、長方形の細い導線 EFGH があり、 $EF = GH = h$ 、 $FG = HE = 2r$  であり、FG と EH の中点を結んだ直線が  $x$  軸に一致する。導線 EFGH は、 $x$  軸を中心に  $x$  軸の正の方向から見て時計回りに一定の角速度  $\omega$  で回転している。導線一周の抵抗は  $R$  である。時刻  $t$  において磁束密度が  $\mathbf{B} = (0, 0, B_0 \sin(\omega t))$  で表される磁場が存在する。 $B_0$ 、 $\omega$  は時間によらない定数である。時刻  $t = 0$  に図4のように FG が  $z$  軸上にあるとき、真空の透磁率を  $\mu_0$  として、以下の問いに答えよ。

【30点】

- (1) 導線 EFGH を貫く磁束の大きさ  $|\Phi(t)|$  を求めよ。
- (2) 導線 EFGH に磁場によって生じる誘導電流の大きさ  $|I(t)|$  を求めよ。
- (3) 導線 EFGH が一回転する間に誘導電流によって発生するジュール熱を求めよ。
- (4) 導線 EFGH の辺 EF、FG に働く力ベクトル  $\mathbf{F}_{EF}(t)$ 、 $\mathbf{F}_{FG}(t)$  をそれぞれ求め、成分表示せよ。

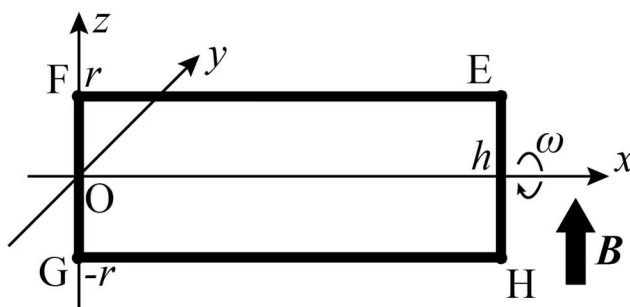


図4