

令和3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 の導体球Aと半径 b ($a > b$)の導体球Bがある。導体球Aと導体球Bの距離は2つの導体球の半径と比べて十分に大きいものとし、一方の導体球が作る電界は、他方の導体球に影響を与えないものとする。真空の誘電率を ϵ_0 として、以下の問いに答えよ。

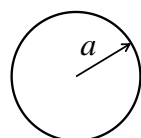
【30点】

(1) 導体球Aに電荷量 Q を与えた。導体球Aの電位 V を求めよ。ただし、導体球Bは帯電していないものとし、無限遠において $V = 0$ とする。

次に、太さを無視できる帯電していない導線を用いて、導体球Aと導体球Bを繋ぎ、十分な時間が経過して電荷の移動が止まった後、導線を取り外した。このとき、電荷の移動は2つの導体球間のみで起こるものとする。また、取り外した導線は帯電していないものとする。

(2) 導体球Aのもつ電荷量を求めよ。

(3) 導体球Aの表面における電界の大きさ E_A と導体球Bの表面における電界の大きさ E_B の比の値 E_A/E_B を求めよ。



導体球A



導体球B

図1

2 図2のように、真空の3次元 xyz 直交座標空間中に、半径 a で厚みの無視できる円筒導体 A がある。円筒導体 A の中心軸を z 軸にとり、軸からの距離を r とする。円筒導体 A は軸方向に十分長いため端部効果は無視できるものとする。真空の誘電率を ϵ_0 、透磁率を μ_0 として、以下の問いに答えよ。

【40点】

円筒導体 A の表面を z 軸の正の向きに電流 I ($I > 0$)が一様に流れている。

- (1) 円筒導体 A の内部 ($0 \leq r < a$) における磁場の大きさ $B(r)$ を求めよ。
- (2) 円筒導体 A の外部 ($a < r$) における磁場の大きさ $B(r)$ を求めよ。

次に、図3のように半径 a で厚みの無視できる円筒導体 B を、その中心軸が円筒導体 A の中心軸 (z 軸) に平行となるように $y = d$ の位置に追加する。ここで、円筒導体の中心軸間の距離は、円筒導体の半径よりも十分に大きいものとする ($d \gg a$)。また、円筒導体 B も軸方向に十分長く、このとき端部効果は無視できるものとする。円筒導体 A の表面を z 軸の正の向きに電流 I ($I > 0$)が、円筒導体 B の表面を z 軸の負の向きに電流 I が、それぞれ一様に流れている。

- (3) 円筒導体 A と円筒導体 B の間の y 軸上の点 $(0, y, 0)$ (ただし、 $a < y < d - a$) における磁場の大きさ $B(y)$ を求めよ。

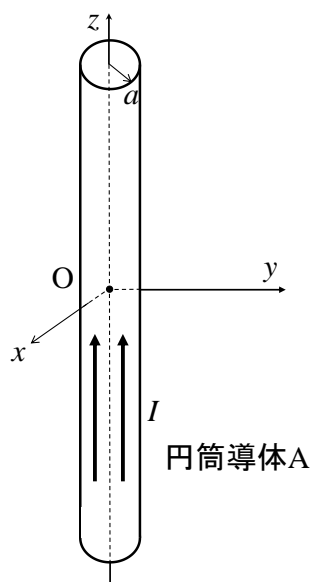


図 2

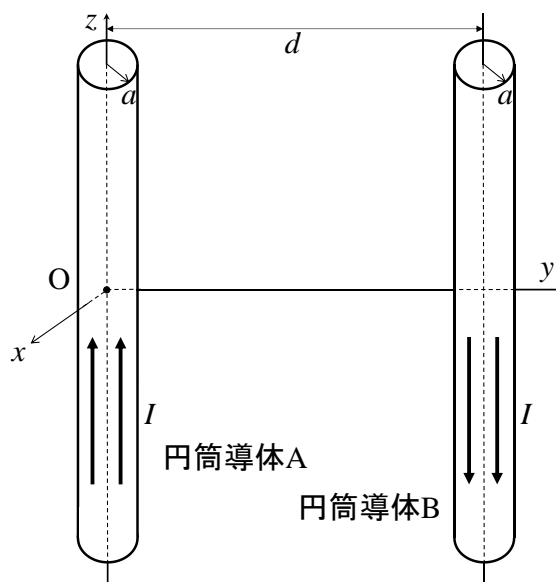


図 3

(次頁へ続く)

次に、円筒導体 A と円筒導体 B は、円筒の長さ方向に十分離れた端部で繋がって閉回路を形成しているものとし、それぞれ電流の往路と復路とみなすことができるものとする。また、端部効果は無視できるものとする。

(4) 図 4 に示すように、 yz 面内の 2 つの円筒導体間において、 y 軸方向の長さが 2 つの円筒導体間距離、 z 軸方向の長さが単位長さである長方形 S を考える。このとき長方形 S を貫く磁束 ϕ を求めよ。

(5) z 軸方向の単位長さあたりの自己インダクタンス L を求めよ。

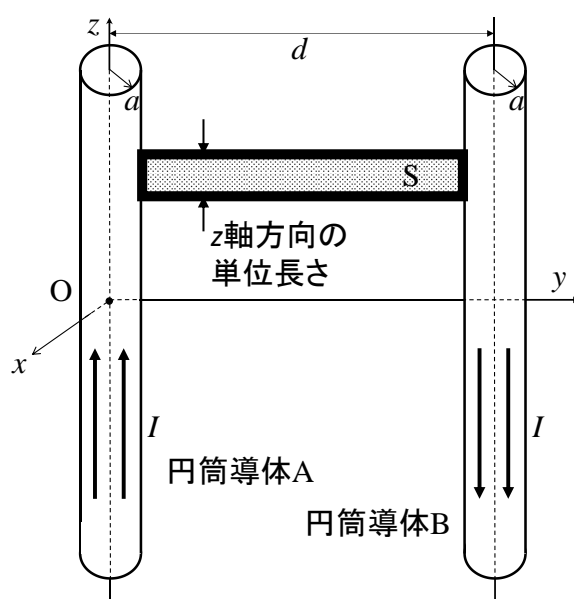


図 4

3 図5のように、3次元 xyz 直交座標空間中に1辺の長さ $2a$ の正方形の一巻きコイルが置かれている。コイルの各頂点を、 $A(a, a, 0)$ 、 $B(-a, a, 0)$ 、 $C(-a, -a, 0)$ 、 $D(a, -a, 0)$ とする。空間には一様な磁場が印加され、時刻 t における磁束密度は、 $\mathbf{B}(t) = (0, B_0 \cos \omega t, B_0 \sin \omega t)$ で与えられる。ここで、 B_0 、 ω は定数である。またコイルの抵抗を R とする。コイル導線の太さとコイルに発生した誘導電流の作る磁場による効果は無視できるものとする。以下の問いに答えよ。

【30点】

- (1) 時刻 t においてコイルを貫く磁束 $\Phi(t)$ を求めよ。
- (2) 時刻 t においてコイルに生じる誘導電流 $I(t)$ を求めよ。ただし、図5の電流の向きを正とする。
- (3) 時刻 t において磁場によりコイルの辺BCにはたらく力のベクトル $\mathbf{F}_{BC}(t)$ を求め、成分表示せよ。
- (4) 時刻 t において磁場によりコイルの辺ABにはたらく力のベクトル $\mathbf{F}_{AB}(t)$ を求め、成分表示せよ。
- (5) 時刻 t において磁場によりコイルにはたらくトルクの大きさ $N(t)$ を求めよ。

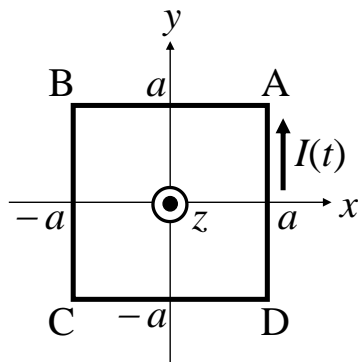


図5