

令和元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、半径 a の無限に長い誘電体円柱（誘電率 ϵ_1 ）内に、電荷が電荷密度 ρ ($\rho > 0$) で一様に分布している。その外側を中心軸が同じで内半径 b 、外半径 c の無限に長い円筒導体が囲んでおり、導体中の電荷の総和は0であるとする。中心の誘電体及び外側の円筒導体以外の部分は真空（誘電率 ϵ_0 ）とする。 $\epsilon_1 > \epsilon_0$ とし、中心軸からの距離を r として、以下の問いに答えよ。

【40点】

- (1) $0 < r < a$ 、 $a < r < b$ 、 $b < r < c$ 、 $c < r$ の各領域における電界の大きさ $E(r)$ を求めよ。
- (2) 縦軸を $E(r)$ 、横軸を r として $E(r)$ の概形をグラフに描け。
- (3) 円筒導体の外側表面 ($r = c$) に現れる表面電荷密度を求めよ。
- (4) $0 \leq r \leq a$ 、 $a \leq r \leq b$ 、 $b \leq r \leq c$ 、 $c \leq r$ の各領域における電位分布 $V(r)$ を求めよ。ただし、 $r = c$ における電位を $V(c) = 0$ とする。
- (5) 縦軸を $V(r)$ 、横軸を r として $V(r)$ の概形をグラフに描け。

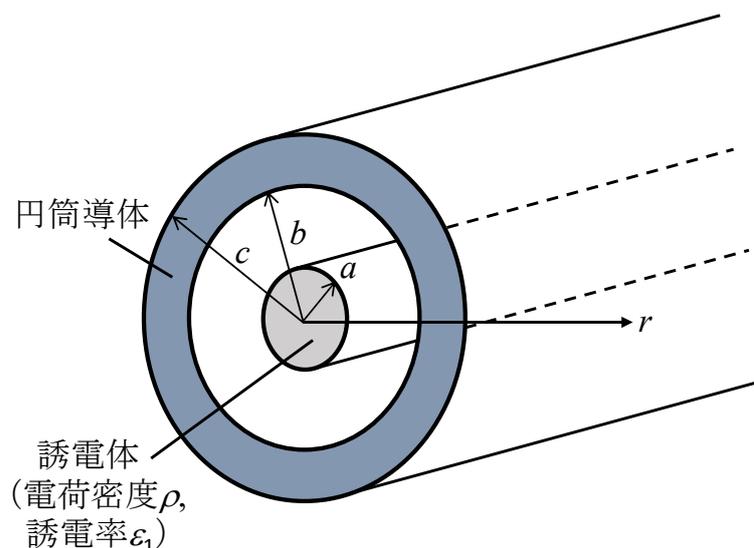


図 1

2 図2のように、磁束密度 B の一様な磁場中で、半径 a 、抵抗 R の一巻き円形コイルを一定の角速度 ω_c で回転させる。コイルの中心は原点 O におかれ、 x 軸を回転軸とする。また、磁場の向きは回転軸と垂直であり、これを y 軸の正の向きとする。 yz 面内を回転するコイルの法線と y 軸がなす角度を θ ($0 \leq \theta < 2\pi$) とする。

【30点】

- (1) コイルに生じる起電力を θ の関数として求めよ。
- (2) コイルに生じる起電力の大きさが最大になる角度 θ を求めよ。
- (3) コイルに流れる電流 I を θ の関数として求めよ。
- (4) コイルに発生するジュール熱を θ の関数として求めよ。
- (5) コイルを一定の角速度 ω_c で回転させ続けるために外から加えるトルク（回転軸まわりの力のモーメント）を θ の関数として求めよ。ただし、外から加えるトルクによる単位時間あたりの仕事は、コイルに発生するジュール熱と等しいものとする。
- (6) (5)で求めたトルクについて、コイルの回転の一周期における時間平均を求めよ。

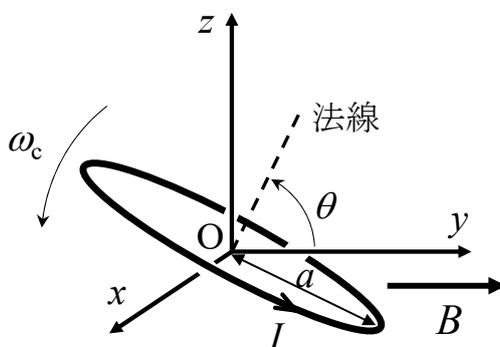


図2

3 図3のように、3次元 xyz 空間において、 $z < 0$ の領域は誘電率 ϵ_1 、透磁率 μ_0 の一様な媒質、 $z \geq 0$ の領域は誘電率 ϵ_2 、透磁率 μ_0 の一様な媒質で満たされているとする。 ϵ_1 、 ϵ_2 、 μ_0 は全て実数であるとする。 $z < 0$ の領域から z 軸正方向に伝搬する角振動数 ω_0 の平面電磁波が、 $z \geq 0$ の領域へ入射する。入射する電磁波の電場を $\mathbf{E}_0 = (E_0 \cos(k_0 z - \omega_0 t), 0, 0)$ 、波数ベクトルを $\mathbf{k}_0 = (0, 0, k_0)$ とする。以下の問いに答えよ。ただし、誘電率が ϵ 、透磁率が μ の媒質中を伝搬する電磁波が伝搬する速さは $\sqrt{\frac{1}{\epsilon\mu}}$ で与えられ、電磁波の電場 \mathbf{E} と磁場 \mathbf{H} の間には、 $\frac{|\mathbf{H}|}{|\mathbf{E}|} = \sqrt{\frac{\epsilon}{\mu}}$ の関係があるとする。また、異なる媒質の境界面において、 \mathbf{E} 及び \mathbf{H} の境界面に平行な成分は連続であるとする。

【30点】

- (1) 入射波の磁場 \mathbf{H}_0 を求めよ。
- (2) 反射波の電場 \mathbf{E}_1 及び磁場 \mathbf{H}_1 を求めよ。
- (3) 透過波の電場 \mathbf{E}_2 及び磁場 \mathbf{H}_2 を求めよ。
- (4) $\epsilon_2 = 4\epsilon_1$ の場合、電磁波のエネルギー反射率を求めよ。
- (5) $\epsilon_2 = 4\epsilon_1$ の場合、電磁波のエネルギー透過率を求めよ。

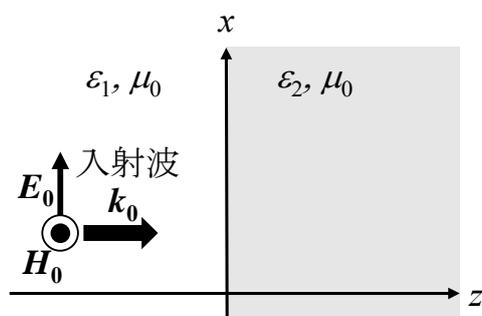


図3