

令和7年10月入学, 令和8年4月入学 (第1回) 山口大学大学院創成科学研究科 (工学系) 博士前期課程入学試験 受験区分コード53 専門科目 (電磁気学)	受験番号	
--	------	--

電 磁 気 学 (その1)

Electromagnetics 1

問題用紙：解答は、この用紙ではなく、解答用紙に記入すること  
《QUESTION SHEET (DO NOT answer on this sheet.)》

図1に示すように、均一な厚さを持ち無限に広い2枚の導体板AとBが自由空間中で互いに平行に置かれている。なお、導体板表面は $xy$ 面内にある(座標系は同図中に示す)。それぞれの導体板に、一様な面密度 $\sigma_1$ または $\sigma_2$  [C/m<sup>2</sup>]の電荷を与えた時、電荷は導体板AおよびBの表・裏面へ $\sigma_1'$ と $\sigma_1''$ および $\sigma_2'$ と $\sigma_2''$  [C/m<sup>2</sup>]にそれぞれ分離した。導体板で区切られた各空間を領域I, IIおよびIII, 各領域内の電界ベクトルを同図中に示す様に $E_1, E_2$ および $E_3$  [V/m],  $\pm z$ 方向に導体板から十分離れた点における電界ベクトルを $E_\infty$  [V/m]とし、真空の誘電率と透磁率は $\epsilon_0$  [F/m]および $\mu_0$  [H/m]とする。以下の問いに答えよ。

(配点：75点)

- (1) この構造周辺における電界の強さは、 $xy$ 面内でどの様に分布しているか簡潔に説明せよ。
- (2) 図1中の破線で囲んだ領域①～⑦は、 $xy$ 面内に円形底面を持つ円柱領域の断面を表している。各円柱領域に対してガウスの発散定理を適用し、電荷と電界の強さ $E_1, E_2$ および $E_3$ の関係式を示せ。
- (3) 導体板AおよびBの表裏に現れる $\sigma_1', \sigma_1'', \sigma_2'$ および $\sigma_2''$ と領域I, IIおよびIII内における電界の強さ $E_1, E_2$ および $E_3$ を $\sigma_1$ および $\sigma_2$ と必要な物理量を用いて表せ。

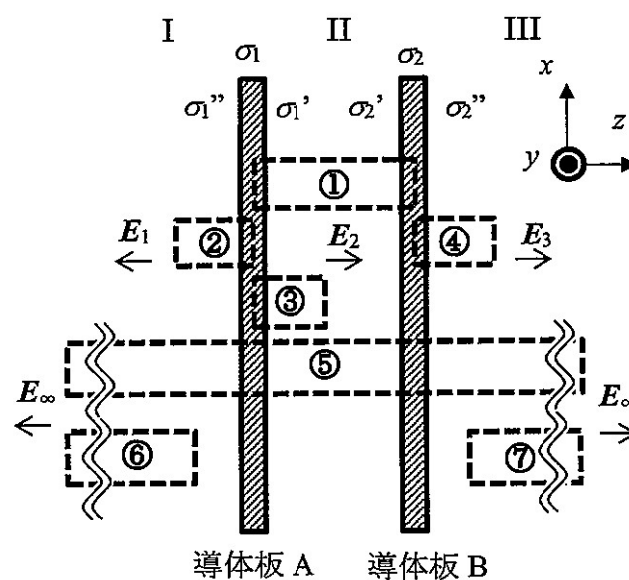


図1

電磁気学 (その2)

Electromagnetics 2

問題用紙: 解答は, この用紙ではなく, 解答用紙に記入すること  
 《QUESTION SHEET (DO NOT answer on this sheet.)》

以下の設問に答えよ. ただし, 真空の透磁率を  $\mu_0$  [H/m] とする. (配点 75 点)

(1) 図 2-1 に示すように, 真空中に 2 つの半径  $a$  [m] の 1 回巻きのコイルがある. 2 つのコイルは  $xy$  平面に平行で, それぞれの中心は原点  $O$  から  $\frac{a}{2}$  [m] の距離の  $z$  軸上にある. コイルには図 2-1 に示す方向に電流  $I$  [A] がそれぞれ流れている. 以下の設問に答えよ.

- ① 下側のコイルのみを図 2-2 に示す. 下側のコイルの円周を長さ  $ds$  [m] の微小線分に分割し, コイル上の点  $P$  の近傍における線分電流  $I ds$  が原点  $O$  につくる磁束密度  $d\mathbf{B}_1$  [T] の大きさをビオ・サバルの法則を用いて示せ.
- ②  $d\mathbf{B}_1$  の  $z$  軸方向の成分  $dB_{1z}$  [T] を求めよ.
- ③ 下側のコイルが原点  $O$  につくる磁束密度  $\mathbf{B}_1$  [T] の大きさを求めよ.
- ④ 図 2-1 の原点  $O$  における磁束密度  $\mathbf{B}_0$  [T] の大きさを求めよ.

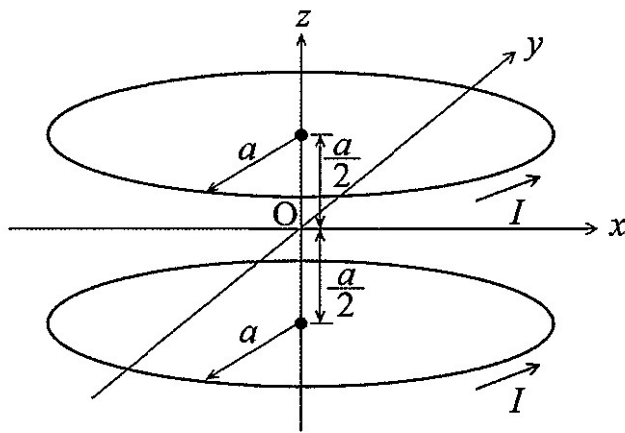


図 2-1

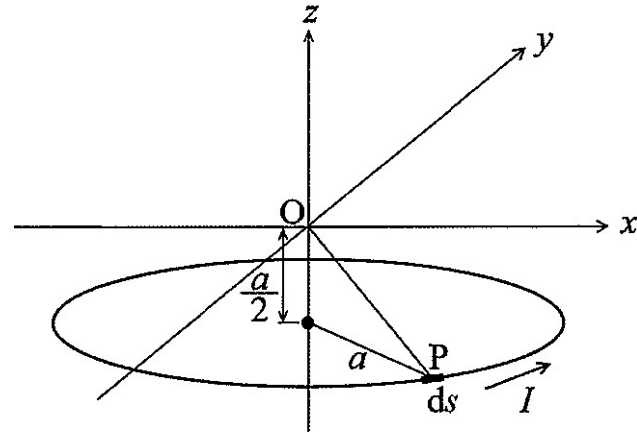


図 2-2

(2) 図 2-3 に示すように, 真空中に  $I$  [A] の電流が流れている細く長い直線導線と一辺が  $\sqrt{2} a$  [m] の正方形コイルがある. コイルは 1 回巻きで, コイルの中心  $O$  と導線との距離は  $2a$  [m] である. 以下の設問に答えよ.

- ① アンペアの法則を用いて, 導線から  $r$  [m] の位置における磁束密度  $\mathbf{B}$  [T] の大きさを求めよ.
- ② コイルに鎖交する磁束  $\Phi$  [Wb] を求めよ.
- ③ 導線とコイルとの相互インダクタンス  $M$  [H] を求めよ.

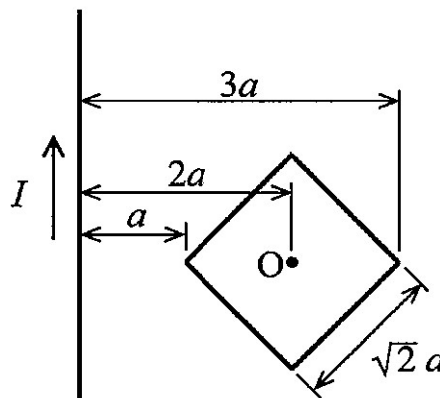


図 2-3

電気回路(その1)

Electric Circuit 1

問題用紙: 解答は, この用紙ではなく, 解答用紙に記入すること  
《QUESTION SHEET (DO NOT answer on this sheet.)》

図1の単相交流回路について, 以下の設問に答えよ. ただし, 電源の角周波数を  $\omega$  とする.

(配点 75 点)

- (1)  $C_1, L_2, R$  からなる回路のインピーダンスを求めよ.
- (2) 入力端子対 1-1' から見た合成インピーダンス  $\dot{Z}_{in}$  を求めよ.
- (3) 負荷電流  $i_o$  が負荷抵抗によらず一定となるための条件を示し, そのときの  $i_o$  の実効値を答えよ.
- (4) この回路にテブナンの定理を適用し, 出力端子対 2-2' から左側の回路部に対する等価電源(起電力)と内部インピーダンスをそれぞれ求めよ.
- (5) 電源電圧  $\dot{E}$  に対して電流  $i_o$  が遅れ位相となる角周波数  $\omega$  の範囲を示せ.

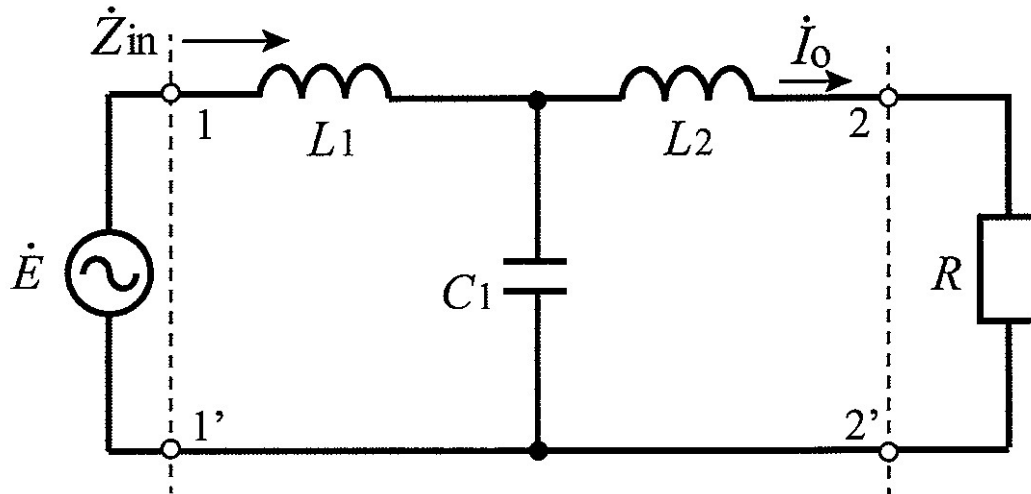


図1

電気回路(その2)

Electric Circuit 2

問題用紙: 解答は, この用紙ではなく, 解答用紙に記入すること  
《QUESTION SHEET (DO NOT answer on this sheet.)》

図2の回路において,  $E$  は直流電圧源,  $R$  は抵抗,  $L_1$  および  $L_2$  はコイル(インダクタ)を示しており,  $L_1 \neq L_2$  で,  $L_1$  と  $L_2$  の間の相互誘導はないものとする. 時刻  $t < 0$  でスイッチ  $S$  を閉じてから十分に時間が経過して回路が定常状態になった後, 時刻  $t = 0$  で  $S$  を開くとき, 次の設問に答えよ. (配点 75 点)

- (1) 時刻  $t < 0$  の定常状態において  $L_1$  および  $L_2$  に流れる電流  $i_{10}$  および  $i_{20}$  をそれぞれ求めよ.
- (2) 時刻  $t \geq 0$  において回路に流れる電流を  $i$  とする.  $t \geq 0$  における  $i$  に関する回路方程式(微分方程式)を求めよ.
- (3) 設問(2)で求めた回路方程式の定常解(特解)  $i_s$  を求めよ.
- (4) 設問(2)で求めた回路方程式の過渡解(補解)  $i_h$  を求めよ. ただし, 積分定数を  $A$  とする.
- (5) 設問(1), (3) および (4) の結果を用いて積分定数  $A$  の値を決定し,  $t \geq 0$  における  $i$  を求めよ.

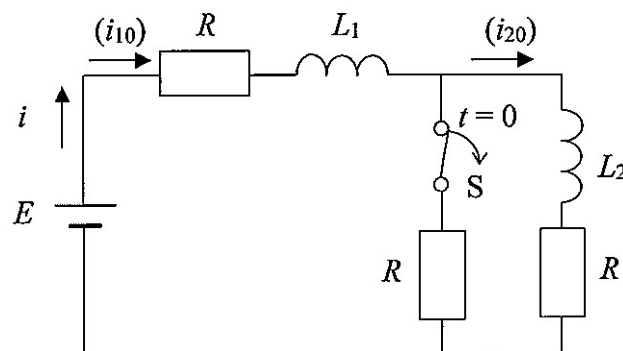


図2