東京工業大学理工学研究科 電気電子工学専攻・電子物理工学専攻
大学院修士課程入試問題 平成 26 年 8 月 19 日実施

専門科目　電気電子工学・電子物理工学(午後 2)　27 大修

時間 15:30 〜 17:00

電磁気学

注 意 事 項

1. 大問 1 の解答は答案用紙綴りの 1 枚目，大問 2 の解答は答案用紙綴りの 2 枚目，大問 3 の解答は答案用紙綴りの 3 枚目に記入せよ。
2. すべての答案用紙に受験番号を記入せよ。
3. 電子式卓上計算機などの使用は認めない。

1． 一辺が a の 2 枚の正方形電極板（面積 a^2）が間隔 b で配置された平行平板コンデンサがある。このコンデンサに一辺が a の正方形で厚さが b の誘電体を一辺を揃えて挿入する。以下の問に答えよ。ただし，誘電体以外の誘電率は真空の誘電率ε_0とみなす。また，電界は電極板間のみに発生するとする。

1) 図 1.1 のように均一な誘電率ε_f の誘電体板をコンデンサの左端より挿入した。ただし，$\varepsilon_f > \varepsilon_0$とする。図のように$x$軸をとり，誘電体板の右端の位置を誘電体の位置$x$とする。誘電体は x 軸に沿ってのみ自由に移動できるものとする。
   a) 誘電体の位置が x の場合のコンデンサの容量 C を表せ。
   b) このコンデンサの上下の電極板にそれぞれ$+Q$，$-Q$の電荷を与えた。誘電体の位置が x $(0 < x < a)$の場合，誘電体板に働く力 F の方向と大きさを求めよ。

2) 図 1.2 のように，誘電率が x の関数として次の式で与えられる誘電体（ただし$\varepsilon_1 < \varepsilon_2$）で満たされたコンデンサの容量 C を求めよ。

$$\varepsilon(x) = \varepsilon_1 + \frac{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}{a} x$$

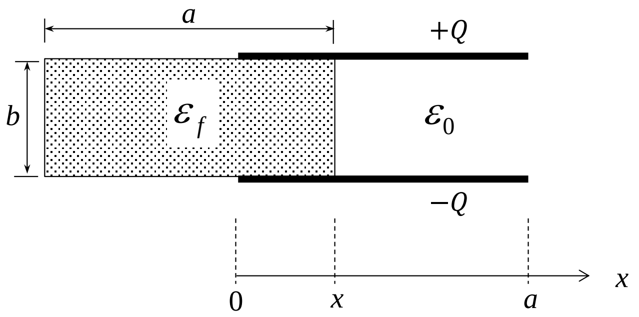

図 1.1

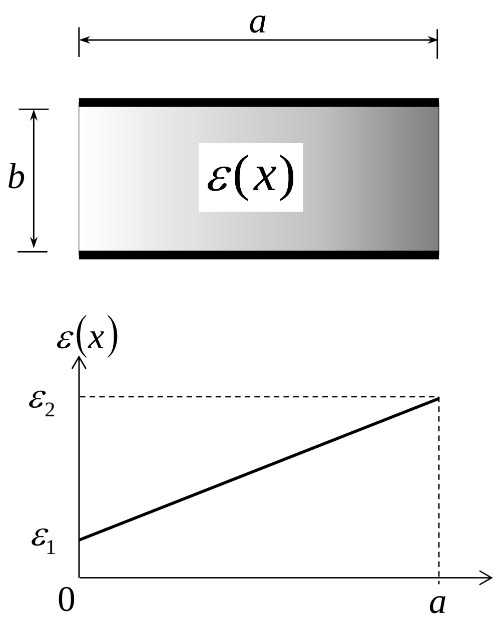

図 1.2

2. 間隔dの平行導体板間に，図 2.1 に示すように電荷が分布している。導体 A は接地されており，この電位を基準電位とする。導体 A の位置は$x = -\frac{1}{3}d$，導体 B の位置は $x = \frac{2}{3}d$ である。電位はx軸に垂直な面内では一様であり，端部効果は無視でき，一次元問題と考えることができる。以下の問に答えよ。なお，平行導体板間の誘電率はε_0であり，導体板 B の電荷は 0 であるとする。また，考えている領域に存在する電界は，平行導体板間の電荷に起因するもののみとする。

1) $-\frac{1}{3}d < x \leq 0$ の領域の体積電荷密度が$\rho_1 = -2\rho_0$，$0 \leq x < \frac{2}{3}d$ の領域の体積電荷密度が$\rho_2 = \rho_0$ で与えられるとき，$x = -\frac{1}{3}d$ および$x = \frac{2}{3}d$ における電界に関する境界条件をそれぞれ示せ。また，ガウスの法則を用いて，その境界条件が得られる理由を説明せよ。

2) 導体板間の電位分布$V(x)$ および電界分布$E(x)$ を求め，導体板 B の電位V_B を求めよ。ただし，電荷分布は問 1)で与えられたものと同じであるとする。

3) 導体板 A の単位面積当たりの電荷密度を求めよ。

4) 図 2.1 では電荷の正負の境界が$x = 0$ である。正負の境界を$x = a\ (-\frac{1}{3}d < a < \frac{2}{3}d)$ に変化させたとき，問 1）で示した電界に関する境界条件が成立するための条件を，ρ_1およびρ_2を用いて示せ（ρ_1およびρ_2以外の記号，数字も使用してよい）。

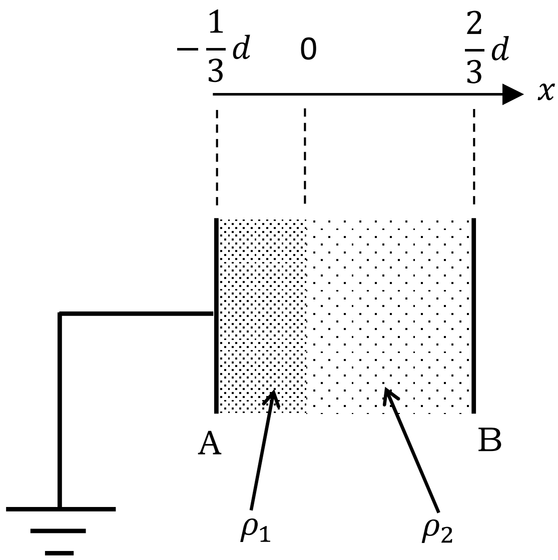

図 2.1

3. 以下の問に答えよ。空間の透磁率はμ_0とする。なお，図 3.1，図 3.2 において，$R > a$であるとする。

1) 図 3.1 のように，無限長直線状導線と矩形コイル（辺の長さは $2a$ および b）が同一平面（x-y 平面）上にあり，矩形コイルの x 軸方向の中心位置の x 座標を R とする。ただし，無限長直線状導線と矩形コイルの辺 AB は平行とする。
   a) 無限長直線状導線に図の方向に電流 I_1 を流した際に，導線からの距離 x の位置に生じる磁束密度 $B(x)$を表せ。ただし，矩形コイルの電流 $I_2 = 0$とする。
   b) 無限長直線状導線と矩形コイルの間の相互インダクタンス M を求めよ。
   c) 直線状導線と矩形コイルにそれぞれ電流I_1とI_2を図 3.1 のように流した。導線とコイルの間に働く力 F を求めよ。
2) 無限長直線状導線にのみ一定の直流電流 I_1 を流した状態で，図 3.1 の矩形コイルを無限長直線状導線から x 軸方向に R 離れた y 軸に平行な軸を回転軸として，x-y 平面から角度θ回転した状態を図 3.2 に示す。
   a) 図 3.2 のように x-y 平面から角度θだけ回転した場合の，矩形コイルを鎖交する磁束をθの関数$\Phi(\theta)$として求めよ。必要があれば，余弦定理 $C^2 = A^2 + B^2 - 2AB\cos\gamma$ を用いて良い。
   b) 矩形コイルを$\theta = \omega t$となる角周波数ωで回転させたときに矩形コイルに誘起される誘導起電力 Vを求めよ。

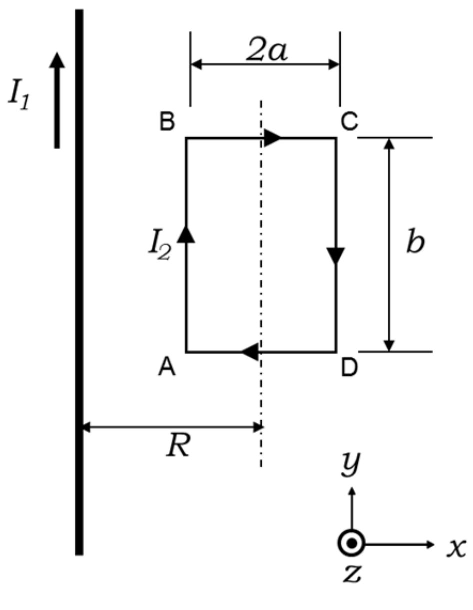

図 3.1

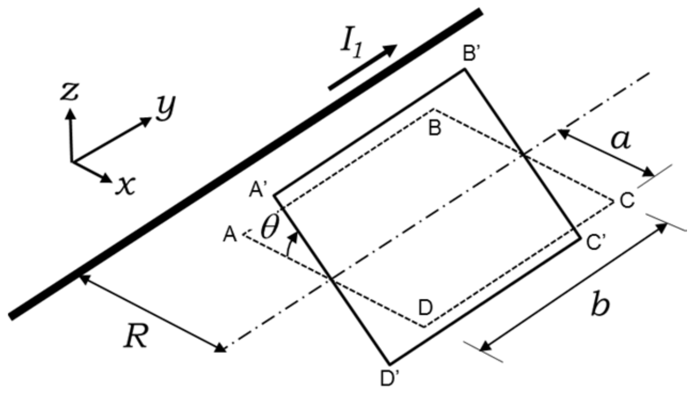

図 3.2