平成 26 年度神戸大学大学院工学研究科博士課程前期課程入学試験

電磁気学

以下の問について，それぞれ指定された解答用紙に解答しなさい．

問題 1

直交座標系自由空間の $x=0$,　$z=a$ に，線電荷密度 ρ_L の線電荷をおいた．線電荷の太さは無視できるとして，以下の問いに答えなさい．なお，空間の比誘電率は 1 で，真空の誘電率は ε_0 とする．

（1） 座標原点 $(0,0,0)$ における電界ベクトルを求めなさい．

つぎに $z \leq 0$ の領域を導体でみたしたとき，以下の問いに答えなさい．

（2） 座標原点 $(0,0,0)$ における電界ベクトルを求めなさい．
（3） 座標原点 $(0,0,0)$ に誘導される表面電荷密度を求めなさい．
（4） 座標原点 $(0,0,0)$ における静電エネルギー密度を求めなさい．
（5） 座標原点 $(0,0,0)$ における電位を求めなさい．
（6） 座標 (x,y,z) における電位を求めなさい．
（7） 等電位面を表す関数を求め，その特徴を述べなさい．
（8） 線電荷と導体の隙間に比誘電率が 1 より大きい完全誘電体と考えることができる液体を流し込む，このとき線電荷に加わる力がどのように変化するか述べなさい．

電磁気学

問題 2

以下の問いに答えなさい．ただし，真空の誘電率を ε_0，透磁率を μ_0 とする．

（1） 図 1 に示すように，真空中の点 A，B に置かれた無限に長い平行導線に，同じ大きさで互いに逆向きの直流電流 I が流れている．平行導線の間隔は $2a$ で，その中点から垂直距離 a の位置を点 P とする．ただし，a は正の定数である．点 P で，2 本の電流により生成された磁界の大きさを求めなさい．また，向きがわかるように，点 P での磁界ベクトルを図示しなさい．ただし，図 1 中の記号 $\odot$ と $\otimes$ は，紙面に垂直方向で，それぞれ裏から表へと，表から裏への向きを示す．

（2） 図 2 に示すように，真空中にある無限に長い直線導線に直流電流 I_1 が流れていて，また 1 辺の長さ a の正三角形 ABC の導線に，$\mathrm{A} \rightarrow \mathrm{B} \rightarrow \mathrm{C}$ の向きに直流電流 I_2 が流れている．正三角形 ABC と電流 I_1 は同じ平面内にあり，電流 I_1 と辺 BC が平行で，電流 I_1 と頂点 A の垂直距離は a とする．ただし，a は正の定数である．電流 I_1 による磁界を計算し，磁界により正三角形 ABC の導線全体に働く力を求めなさい．

（3） Maxwell 方程式から導かれる波動方程式の解として，真空中で z 方向に伝搬し，xy 面内は一様な電磁波（平面波）を考え，その電界ベクトル $\boldsymbol{E}$ が x 成分のみ持ち，位置 z で

$$E_x = E_0 \cos(\omega t - \beta z)$$

と表されるとする．ただし，E_0 は振幅定数，ω は角周波数，β は伝搬定数，t は時刻で，静電磁場は考えない．ある点 z_0 で，xy 面の単位面積当たり，単位時間当たり照射されるこの電磁波のエネルギーは時間変化しているが，その時間平均値を正の定数で A とする．この時の電界の振幅定数 E_0 を A と真空の固有インピーダンス $Z_0 = \sqrt{\mu_0 / \varepsilon_0}$ を用いて表しなさい．

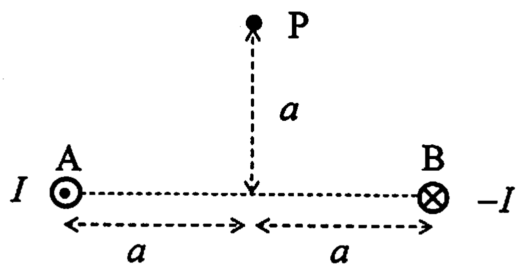

図 1

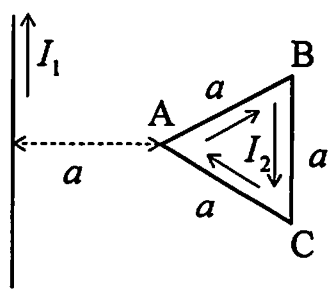

図 2