

# 電磁理論 IIA 試験問題 (B 組)

(2009.11.30)

- [1] 線形、等方、均質な空間における静電界に関する次の文章において、空欄に入れるべき文字または数式を答案用紙に記せ。

静電界における電界  $E$  と電位  $\phi$  の間には ① の関係がある。誘電率が  $\epsilon$  であり、 $\rho$  なる密度で静止電荷が分布している領域において電位  $\phi$  は ② の方程式と呼ばれる微分方程式を満たす。これを数式で表現すれば ③ となる。一方、電荷が存在しない領域では電位  $\phi$  は ④ の方程式と呼ばれる微分方程式を満たす。これを数式で表現すれば ⑤ となる。

- [2] 誘電率  $\epsilon$  の空間に、電荷量  $q(>0)$  の点電荷がある。この空間内の電位分布を  $\phi_1$  とする。次の設問に答えよ。

- 1)  $\phi_1$  を求めよ。
- 2) 点電荷の中心を含む平面における、点電荷周辺での等電位線と電気力線の概略図をそれぞれ点線と実線で描け。

- [3] 接地した無限導体平面から距離  $a$  の位置に電荷量  $q(>0)$  の点電荷がある。導体平面の点電荷側の空間は誘電率  $\epsilon$  の媒質で満たされている。この空間における電位分布を  $\phi_2$  とする。次の設問に答えよ。

- 1)  $\phi_2$  を鏡像法を用いて求めるには、仮想電荷としてどのような電荷をどの位置に想定すればよいか、その理由とともに示せ。
- 2)  $\phi_2$  を鏡像法を用いて求めよ。
- 3) 導体平面上に現れる面電荷の密度分布  $\xi$  を求めよ。

- [4] 線形、等方、均質な空間における静磁界に関する次の文章において、空欄に入れるべき文字または数式を答案用紙に記せ。

透磁率が  $\mu$  の空間内で、静磁界における磁界  $H$  とベクトルポテンシャル  $A$  の間には ⑥ の関係がある。⑥の関係だけでは  $A$  は一意に決まらない。そこで、静磁界の理論では、 $A$  は ⑦ の式を満足するように定められる。

透磁率が  $\mu$  である空間中の線  $L$  上にある点  $Q$  における微小線電流要素  $Idl$  によって点  $P$  に生じる微小磁界  $dH$  を考える。PQ 間の距離を  $r$ 、微小電流の流れる方向と点  $Q$  から点  $P$  に向かう方向のなす角を  $\theta$  とすれば、 $dH$  の大きさ  $|dH|$  は  $|dH| = \text{⑧}$  で与えられる。これは ⑨ の法則と呼ばれる。

- [5] 静磁界に関する次の設問に答えよ

- 1) 真空中に置いた、長さ  $2L$  の細い直線導体に電流  $I(>0)$  が流れている。直線導体の中点を原点とし、電流の流れる方向を  $z$  方向とする円柱座標系をとって考える。空間内の任意の点  $P(r, \phi, z)$  におけるベクトルポテンシャル  $A(r, \phi, z)$  および磁界  $H(r, \phi, z)$  を求めよ。
- 2) 真空中において、一辺の長さが  $2L$  の正方形の外周に沿って線電流  $I(>0)$  が流れている。正方形の中心を通り、正方形に垂直な直線上での磁界を求めよ。

ヒント 1)  $\frac{d}{dt} \left[ \ln \left\{ (z-t) + \sqrt{r^2 + (z-t)^2} \right\} \right] = 1 / \sqrt{r^2 + (z-t)^2}$

ヒント 2) 円柱座標系では  $\nabla \times A = i_r \left( \frac{1}{r} \frac{\partial A_z}{\partial \phi} - \frac{\partial A_\phi}{\partial z} \right) + i_\phi \left( \frac{\partial A_r}{\partial z} - \frac{\partial A_z}{\partial r} \right) + i_z \left\{ \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r A_\phi) - \frac{1}{r} \frac{\partial A_r}{\partial \phi} \right\}$