

問題7 電磁気学 (100点)

以下の問い(問1～問3)に答えよ。

問1 無限に長い直線 $l$ 上に電荷が一様に分布しており、その線密度は $\sigma$  ( $\sigma > 0$ )である。以下の設問(1)～(3)に答えよ。

- (1) 直線 $l$ を含む任意の平面上で、電場 $\mathbf{E}$ はどのように分布するか。解答用紙に直線 $l$ とその周囲に形成されるベクトル場 $\mathbf{E}$ を図示せよ。定性的な図でよい。
- (2) 直線 $l$ からの距離が $r$ の点における電場の大きさを $E$ とする。 $r$ の関数として $E(r)$ を求めよ。ただし真空中の誘電率を $\epsilon_0$ とする。計算過程も示すこと。
- (3) 静電ポテンシャル $\phi$ を、 $r$ の関数として求めよ。ただし $r=a(>0)$ で $\phi=0$ とする。計算過程も示すこと。

問2 直交座標系 $(x, y, z)$ において、 $\mathbf{B} = B_z(x)\mathbf{e}_z$ 、 $B_z(x) = B_0 + kx$  ( $B_0, k$ は定数)で表される静磁場がある。 $\mathbf{e}_z$ は $z$ 軸方向の単位ベクトルである。図1のように、 $x$ 軸、 $y$ 軸に沿う辺の長さがともに $a$ である正方形のコイルがある。このコイルを $xy$ 面内で一定の速度で動かす。以下の設問(1)～(3)に答えよ。

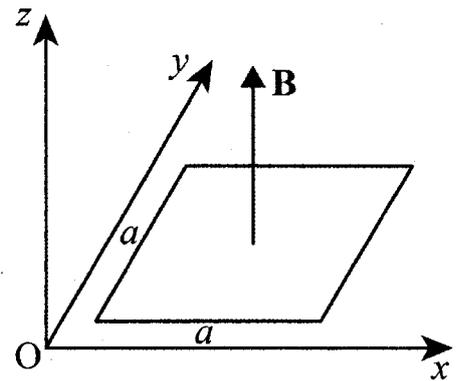


図1

- (1) コイルを $y$ 方向に一定の速度 $u\mathbf{e}_y$  ( $u > 0$ ,  $\mathbf{e}_y$ は $y$ 方向の単位ベクトル)で動かすとき、コイルに発生する誘導起電力はいくらか。理由とともに答えよ。
- (2) コイルの頂点の位置が $(x, y, 0)$ ,  $(x+a, y, 0)$ ,  $(x, y+a, 0)$ ,  $(x+a, y+a, 0)$ のとき、コイルを貫く磁束 $\Phi$ を計算せよ。計算過程も示すこと。
- (3) コイルを $x$ 方向に一定の速度 $v\mathbf{e}_x$  ( $v > 0$ ,  $\mathbf{e}_x$ は $x$ 方向の単位ベクトル)で動かすときコイルに発生する誘導起電力を計算せよ。計算過程も示すこと。

(次ページに続く)