問題８　電磁気学　（100 点）

以下の問い（問１～問３）に答えよ。

問１　次の文を読み，設問(1)～(4)に答えよ。

電場を $\boldsymbol{E}$，磁束密度を $\boldsymbol{B}$，電荷密度をρ，伝導電流密度ベクトルを$\boldsymbol{j}$で表現する。また電束密度を$\boldsymbol{D}$, 磁場を$\boldsymbol{H}$としたとき，マクスウェル方程式の微分形は以下の形式で与えられる。

$$\nabla \cdot \boldsymbol{D} = \rho \qquad (1.1)$$

$$\nabla \times \boldsymbol{E} = (\text{ア}) \qquad (1.2)$$

$$\nabla \cdot \boldsymbol{B} = 0 \qquad (1.3)$$

$$\nabla \times \boldsymbol{H} = (\text{イ}) \qquad (1.4)$$

(1)　(1.2)式, (1.4)式の右辺(ア), (イ)に入る式を記せ。ただし，ここにあげた物理量は全て時間と空間の関数とする。

(2)　(1.1)式にガウスの発散定理を適用して，閉曲面 S で囲まれた体積領域 V を貫く全電束が，曲面内部に蓄えられた全電荷量Qによってのみ決定されることを示せ。

(3)　(1.1)式から(1.4)式のいくつかを適当に組み合わせて，電流保存則を導出せよ。

(4)　(1.2)式にストークスの定理を適用して，任意の曲面 S を貫く磁束Ψと，その S の外周 C にそって働く誘導起電力εの関係式を導出し，その物理的意味を述べよ。

問２　次の文を読み，設問(1)～(3)に答えよ。

$\nabla \times \boldsymbol{E} = 0$を満たす渦なしの電場を静電場といい，$\boldsymbol{E} = -\nabla\varphi$のように，ポテンシャル$\varphi$の勾配で記述することができる。

導体とは電場がかかると電流が自由に流れることが出来る物質である。したがって，電流が流れていない静的平衡状態では, 電場$\boldsymbol{E}$は導体内部の至るところで 0 である。すなわち，導体において電荷が存在できる領域は，その表面のみであり，孤立した導体の表面は等電位となっていなければならない。

（次ページに続く）