電磁気学　　ELECTROMAGNETICS

1. 時間変化しない直流電流が作る磁場に関して，次の問いに答えよ．
ただし導体の透磁率を μ_0 とする．必要であれば以下の公式を利用せよ．

$$\nabla\times \boldsymbol{A}=\left[\frac{1}{r}\frac{\partial A_z}{\partial\phi}-\frac{\partial A_\phi}{\partial z}\right]\vec{r}+\left[\frac{\partial A_r}{\partial z}-\frac{\partial A_z}{\partial r}\right]\vec{\phi}+\frac{1}{r}\left[\frac{\partial}{\partial r}\left(rA_\phi\right)-\frac{\partial A_r}{\partial\phi}\right]\vec{z}$$

(1) マクスウェル方程式のうち，磁束密度 $\boldsymbol{B}$ に関するガウスの法則の微分形と磁場の強さ $\boldsymbol{H}$ に関するアンペールの法則の微分形を記せ．

(2) 問(1)で示した微分形のアンペールの法則に対してストークスの定理を用いることにより，積分形のアンペールの法則を導出せよ．

(3) 図 1-1 に示す半径 a の無限長の円柱の導体を考える．電流 I が円柱の長さ方向に流れ，断面内では一様の密度をもつとする．円柱導体内($r<a$)と円柱の外($r>a$)での磁束密度 $\boldsymbol{B}$ の大きさと方向を求め，大きさを半径の関数として図示せよ．

(4) 図 1-2 のような外径 a 厚さ t の無限長中空円筒導体を考える．電流 I が円筒の長さ方向に流れ，断面内では一様の密度をもつとする．円筒の内側($r<a-t$)，円筒導体内($a-t<r<a$)，円筒の外($r>a$)での磁束密度 $\boldsymbol{B}$ の大きさと方向を求め，大きさを半径の関数として図示せよ．

(5) 空間の磁束密度 $\boldsymbol{B}$ がわかっているとき，空間に存在する電流密度を求める方法を説明せよ．問(3)で得られた磁束密度 $\boldsymbol{B}$ から円柱の内部と外部の電流密度を求めよ．

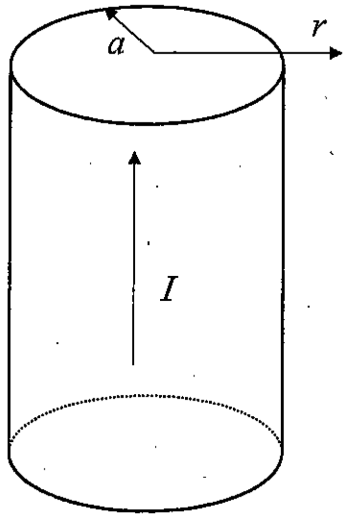


図 1-1

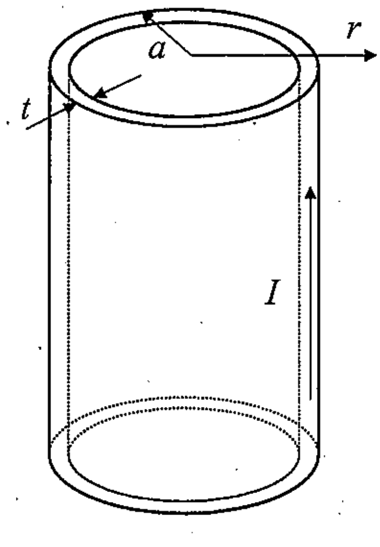


図 1-2

電磁気学　　ELECTROMAGNETICS

2. 図 2-1 に示すように，一辺の長さ a，抵抗 R の正方形回路 P'PQRSS'が，その中心を通る軸 O の周りに自由に回転できるように設置され，軸 O に垂直な磁束密度 $\boldsymbol{B}$ の一様な磁場中に置かれている．回路の P'側，S'側の終端は端子 T_1, T_2 にそれぞれ接続され，T_1 は接地されている．このとき以下の問いに答えよ．

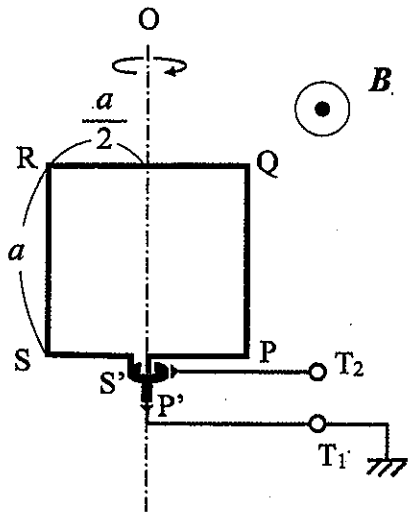
(1) 回路を一定の角速度 ω で回転させたとき，端子 T_1 に対する端子 T_2 の電位を時間 t の関数として表せ．

(2) 問(1)で端子 T_1-T_2 間を短絡させたとき，端子 T_2 から T_1 へ流れる電流を時間 t の関数として表せ．ただし，外部回路の抵抗および誘導電流のつくる磁場は無視できるものとする．

(3) 問(2)のときに，回路を回転させるために必要なトルクを時間 t の関数として表し，その概略を図示して，問(2)で求めた電流と比較せよ．

(4) 問(3)の状態で外部から加えられる力学的エネルギーを求め，この系におけるエネルギー保存則について説明せよ．

(5) 角速度 ω が大きい場合には回路の誘導電流のつくる磁場の影響が無視できない．回路のインダクタンスを L とおくとき，問(2)で端子 T_2 から T_1 へ流れる電流を求めよ．



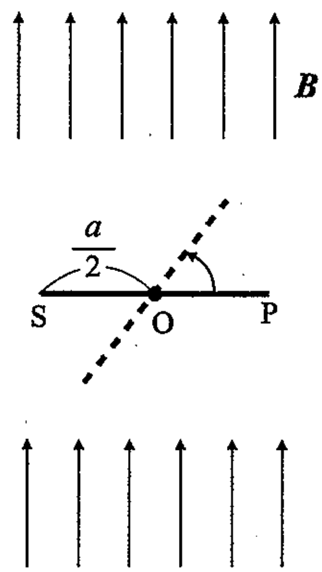


図 2-1