



## 今日の重要事項

電磁誘導 回路を貫く磁束  $\Phi$  の時間変化  $\longrightarrow$  回路に起電力  $V_e$ 。

・磁束  $\Phi$  の定義

$$\Phi = \int_S \mathbf{B} \cdot \mathbf{n} dS \quad (4.2) \quad (S \text{ は回路が囲む面、} \mathbf{B}_n \text{ は磁束密度の } S \text{ に垂直な成分})$$

$$= BS \quad (\text{但し、} S \text{ 上で磁束密度が一定値 } B \text{ で垂直の場合})$$

電磁誘導の公式 
$$V_e = -\frac{d\Phi}{dt} \quad (4.1)$$

ファラデーの電磁誘導の法則

$$\oint_C \mathbf{E} \cdot \mathbf{t} dl = -\frac{d}{dt} \int_S \mathbf{B} \cdot \mathbf{n} dS \quad (4.3)$$



## 小テストと解答例

半径  $a$  の無限に長い円筒状のものがあるとき、以下の問に答えよ。

1) 円筒内部に様な電荷が密度  $\rho$  であるとき、円筒外部の電場の様子を図に描け。  
(図は略)円筒表面から外に向かって放射状の電場が存在。

2) 円筒の外部の電場を求めるために、ガウスの法則を適用する閉曲面を図に描け。  
(図は略)円筒の中心と同じ中心を持つ半径  $r$  高さ  $h$  の円柱の表面。

3) 閉曲面の内部に存在する電荷を求めよ。  
閉曲面(円柱)の半径  $r$  が円筒の半径  $a$  より小さい時( $r < a$ )は、 $\pi r^2 \times h \times \rho$ 。  
円柱の半径  $r$  が電線の半径  $a$  より大きい時( $r > a$ )は、 $\pi a^2 \times h \times \rho$

4) 円筒の内と外の電場の大きさを求めよ。  
電場は閉曲面の円柱の側面から垂直に出るので、ガウスの法則の左辺は、

$$\epsilon_0 \int_S E_n dS = 2\pi \epsilon_0 r h E(r)$$

従って、
$$E(r) = \begin{cases} \frac{\rho r}{2\epsilon_0} & (r < a) \\ \frac{a^2 \rho}{2\epsilon_0 r} & (r > a) \end{cases}$$

次に円筒に電流が様に電流密度  $i$  で流れているときを考える。

5) 円筒の外部での磁束密度の様子を図に描け。  
(図は略)円筒の外側に渦巻状の磁場が存在。  
6) 磁束密度を求めるために、アンペールの法則を適用する閉曲線を図に描け。  
(図は略)円筒の中心と同じ中心を持つ半径  $r$  の円周  
7) 円筒の中と外の磁束密度の大きさを求めよ。

( $r < a$ ) のとき、閉曲線を縁にする面(半径  $r$  の円)を貫く電流は、 $\pi r^2 \times i$ 。

( $r > a$ ) のとき、電流は、 $\pi a^2 \times i$ 。

一方、磁束密度は閉曲線(半径  $r$  の円周)上で一定で接する方向にあるので、アンペールの法則の左辺は、 $\int_C \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s} = 2\pi r B(r)$ 。

従って、
$$B(r) = \begin{cases} \frac{\mu_0 i r}{2\epsilon_0} & (r < a) \\ \frac{\mu_0 a^2 i}{2r} & (r > a) \end{cases}$$



## 練習問題

右図のようにコの字型の導線 ABCD に、導体棒を点 P、点 Q で接触させて閉じた回路を作る。この回路を回路面に垂直な様な磁場(磁束密度  $B$ )の中に置き、点 P を固定して、点 Q を図中矢印の方へ一定の速度  $v$  ですべらせる。BP の長さを  $a$ 、BC の長さを  $b$  とするとき、時刻  $t=0$  での CQ の長さが  $a$  である場合について

(1) 時刻  $t$  での BPQC の面積を求めよ。

(2) 回路に生じる起電力の向き、大きさを求めよ。

