

# 電気磁気学 II 演習 1

学籍番号:

氏名:

評価:

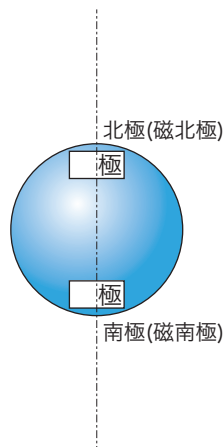
## 1-1

以下の文中の【】内の選択肢 (a)~(e) から適切なものを選び、また、 内には適切な語句を入れよ。

- 電界 (電場) は正電荷または負電荷の【(a) 存在 (b) 動き】<sup>1)</sup> が発生源であるのに対し、磁界 (磁場) は電荷の【(a) 存在 (b) 動き】<sup>2)</sup>、すなわち  が発生源である。
- 電流によって生じる磁界の向きは、【(a) 左 (b) 右 (c) 上 (d) 下】<sup>3)</sup> ネジの法則に従い、紙面下向き (⊗) の場合には、【(a) 時計 (b) 反時計】<sup>4)</sup> 回りの方向となる。
- 磁場を定量的に表現する方法の一つに磁束密度ベクトルがある。磁束密度ベクトルの大きさは単位面積当たりの磁束の本数であり、単位は【(a) A/m (b) V/m (c) Wb (d) T】<sup>5)</sup> である。また、真空中における磁束密度ベクトルの方向は、磁界の方向と【(a) 平行 (b) 反平行 (c) 垂直】<sup>6)</sup> である。

## 1-2

地球は大きな棒磁石と考えることができる。図の□中に N 極か S 極かを記入し、地球の外側の部分に磁力線を描け (方向もわかるように描くこと)。なお、磁北極は自転軸から定る北極から  $7^\circ$  程度ずれており、現在もその位置は変動している。



## 1-3

磁束密度に関するガウスの法則を表す式を書き、式中の記号の意味とともに、式が意味するところを説明せよ。

## 電気磁気学 II 演習 2

学籍番号：

氏名：

評価：

### 2-1

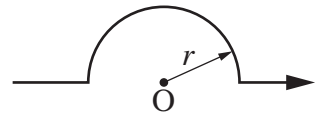
電流素片  $I\Delta s$  [A·m] から角度  $\theta$  の方向で距離  $r$  [m] 離れた点における磁束密度  $\Delta B$  を表す式をかけ。また、この式で表される法則をなんというか。

### 2-2

一片が  $a$  [m] で  $N$  回巻きの正方形コイルに電流  $I$  [A] を流したときのコイル中心における磁束密度  $B$  を求めよ。

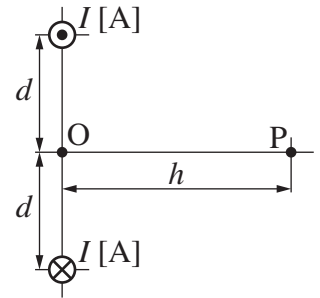
### 2-3

下図のような、半径  $r$  [m] の半円と直線からなる導線に電流  $I$  [A] を流したとき、O 点における磁束密度  $B$  を求め、その方向を図中に描け。



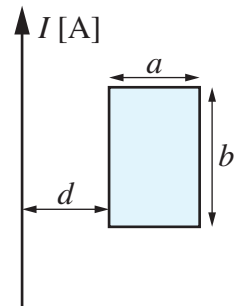
## 2-4

下図のように、間隔  $2d$  [m] で配置された無限に長い平行電線に往復電流  $I$  [A] を流したとき、(1) O 点における磁束密度  $B_O$  及び、(2) O 点から  $h$  [m] 離れた P 点における磁束密度  $B_P$  を求め、それぞれの方向を図中に描け。



## 2-5

図のように、無限長の直線電流 ( $I$  [A]) から  $d$  [m] 離れた  $a \times b$  [m<sup>2</sup>] の長方形領域を貫く磁束を求めよ。



## 電気磁気学 II 演習 3

学籍番号：

氏名：

評価：

### 3-1

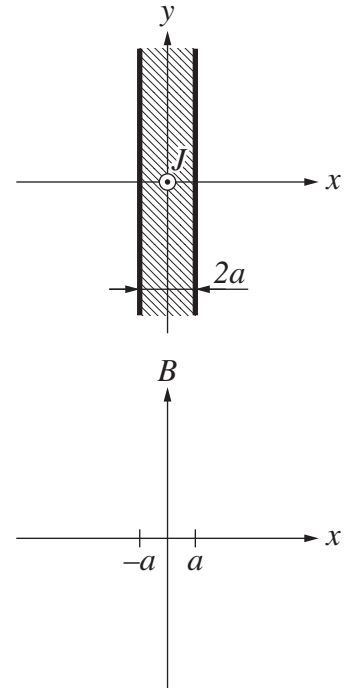
電流密度  $J$  [A/m<sup>2</sup>] の電流が存在しているとして、アンペアの周回積分の式を書け。なお、周回積分の経路は  $c$  とし、 $c$  が作る面を  $S$  とする。

### 3-2

外径が  $b$  [m]、内径が  $a$  [m] の中空直線導体に電流  $I$  [A] が一様に流れている。(1) 中空部 ( $r < a$ )、(2) 導体部 ( $a \leq r \leq b$ )、(3) 導体外部 ( $r > b$ ) の位置 ( $r$ ) における磁束密度 ( $B$ ) の大きさをそれぞれ求め、 $r-B$  グラフの概形を描け。なお、中空部は真空として扱って良い。

### 3-3

下図のように、 $x$  軸方向の厚さが  $2a$  で  $y$  軸方向と  $z$  軸方向には無限に広い平板導体に、電流密度  $J$  [ $\text{A}/\text{m}^2$ ] の電流が  $z$  軸正方向に流れている。板の中心を座標原点としたときの磁束密度を求め、 $x-B$  グラフに描け。ただし、 $B$  は  $y$  方向を正とする。



## 電気磁気学 II 演習 4

学籍番号：

氏名：

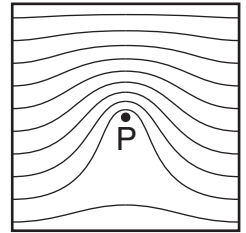
評価：

### 4-1

以下の文中の  内に適切な語句あるいは式を記入せよ。

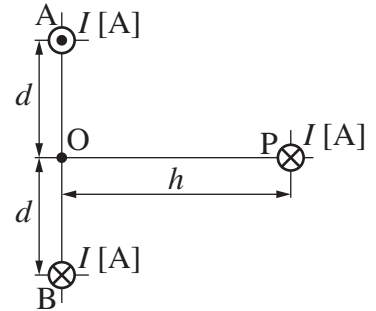
(1) 磁束密度  $B$  [T] の中で角度  $\theta$  をなす直線導体に電流  $I$  [A] が流れるとき、導体の単位長さあたりに働く力は  $f =$   [N/m] であり、その方向は  の  手の法則で定まる。この法則において親指、人差し指、中指はそれぞれ 、、 の方向を表す。

(2) 電磁力は磁場 (磁力線) の歪みを元に戻そうとする力として考えることもできる。このような作用を  の応力という。この考え方をを用いると、右図のような磁場 (磁力線) ができているときに P 点の電線に働く力の方向は  向きとなる。



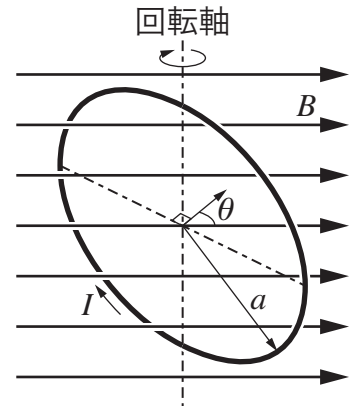
### 4-2

下図のように 1 対の往復直線電流  $I$  [A] が  $2d$  [m] の距離だけ離れた A 点と B 点に流れている。往復電流の中心 O から  $h$  [m] 離れた P 点に紙面下向き ( $\otimes$ ) で  $I$  [A] の直線電流を流したとき、P 点の電流の単位長さあたりに働く力の大きさ  $f$  を求め、その向きを図に描け。



### 4-3

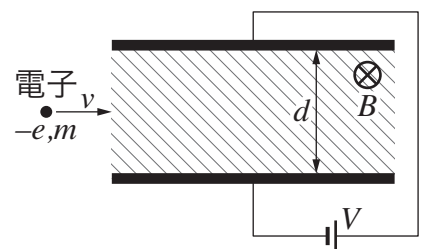
図のように、半径  $a$  [m] で  $N$  回巻きの円形コイルが磁束密度  $B$  [T] の空間に置かれており、コイルは磁界に垂直な回転軸に対して自由に回転できるようになっている。コイルに  $I$  [A] の電流が流れているとし、コイル面の法線方向と  $B$  のなす角が  $\theta$  のときに、コイルが受けるトルクの大きさ  $T$  を求めよ。



### 4-4

図のように、 $d$  [m] 離れた二枚の平行平板に電圧  $V$  [V] を印可し、また、紙面垂直下向き ( $\otimes$ ) に磁束密度  $B$  [T] を加える。さらに、電子 (電荷  $-e$  [C]、質量  $m$  [kg]) を図のように右向きに速度  $v$  [m/s] で入射させる。電界および磁界は斜線の領域にのみ均一に存在するとして、以下の問いに答えよ。

- (1) 電子が右向きに進行しているとき、斜線の領域で、電子が電界から受ける力  $F_e$  および磁界から受ける力  $F_m$  の大きさおよび向きを答えよ。
- (2) 電子が斜線の領域で右向きに等速直線運動するときの電子の速度  $v$  を求めよ。
- (3) 電圧  $V = 0$  のとき斜線の領域で電子は円運動を行う。このときの軌道半径  $r$  を求めよ。



## 電気磁気学 II 演習 5

学籍番号：

氏名：

評価：

### 5-1

以下の文中の  内に適切な語句あるいは式を記入せよ。

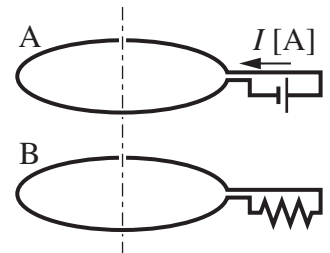
(1) 磁界は電流によって作られるが、その反対に  から  を作ることも可能である。これはファラデーの  の法則として知られている。この法則によると、閉回路に誘起される起電力  $e$  [V] は磁束鎖交数  $\phi$  [Wb] を用いて  と書くことができる。

(2) (1) の式は、閉回路と鎖交する磁束が  ときだけ閉回路に起電力を生じ、その向きは磁束変化を  方向に発生する、という意味である。これは  の法則として知られる。

### 5-2

図のように、二つのコイル A と B が向かい合わせに配置されており、コイル A には定常電流  $I$  [A] が流れている。以下の問いに答えよ。

- (1) コイル A の電流を切った時、コイル B に流れる誘導電流の向きを図に描け。
- (2) コイル A に定常電流を流したままコイル B を移動したところ、(1) と同方向に誘導電流が流れた。コイル B を移動した方向は A に近づく方向か、離れる方向か、どちらか答えよ。

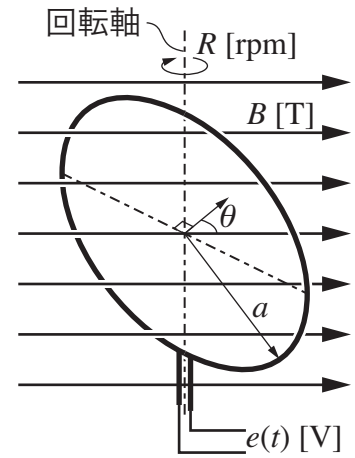


### 5-3

巻き数が 10 回のコイルに 0.5 Wb の磁束が鎖交している。この磁束を 0.1 s でゼロに減少させた時 (変化は直線的とする)、コイルに誘起される起電力の大きさを求めよ。

## 5-4

図のように、半径  $a$  [m] で  $N$  回巻きの円形コイルが磁束密度  $B$  [T] の空間に置かれており、コイルは磁界に垂直な回転軸に対して  $R$  [回転/分] で回転している。このときコイルには交流電圧  $e(t)$  が誘起されるが、この交流電圧の振幅と周波数を求めよ。



## 電気磁気学 II 演習 6

学籍番号：

氏名：

評価：

### 6-1

以下の文中の  内に適切な語句あるいは式を記入せよ。

(1) 導体を貫く磁束が変化すると、コイルと同様に磁束変化を  方向の電流が導体に流れる。この電流を  という。また、この電流によるエネルギー損失を  という。

(2) 導体線に交流電流が流れる時、導体内部に生じる誘導起電力は中心部のほうが  ため、中心部では電流が 。このような現象を  といい、高い周波数になればなるほどこの効果は 。

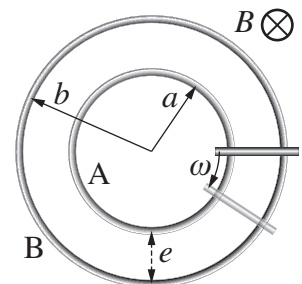
(3) 電線を磁界中で移動させると、電線内部の  が  力によって移動し、起電力が発生する。また、この起電力は電線の長さ  $\ell$  [m]、磁束密度  $B$  [T]、移動速度  $v$  [m/s]、 $B$  と  $v$  のなす角  $\theta$  とすると、 $e =$   [V] と書くことができる。起電力の方向はフレミングの  手の法則に従い、 $v$  は  指、 $B$  は  指、 $e$  は  指に対応する。

### 6-2

1.0 [T] の磁場中を、20 [cm] の金属棒が磁場に対して  $45^\circ$  の方向に速度 2.0 [m/s] で移動している時、棒の両端に生じる誘導起電力の大きさを求めよ (小数点以下第 2 位まで計算すること)。

### 6-3

下図のように一様な磁束密度  $B$  [T] 中に同軸で置かれた半径  $a$  [m] と半径  $b$  [m] の 2 つのリング電極 (それぞれリング A、リング B とする) があり、リングの半径方向に導体棒が渡してある。導体棒をリング中心を軸に角速度  $\omega$  [rad/s] で時計回りに回転させるとリング A/B 間に誘導起電力  $e$  [V] を生じる。(1) 生じる起電力は、リング A とリング B のいずれが正極側になるか? (2) 生じる起電力の大きさを求めよ。

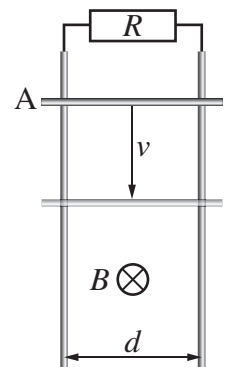


裏面へ続く

## 6-4

図のように、一様な磁束密度  $B$  [T] 中に置かれた 2 本の平行導体 (間隔  $d$  [m]) があり、平行導体の端には抵抗  $R$  [ $\Omega$ ] が接続されている。また、平行導体に直行して別の直線導体 A が置かれている。導体棒の抵抗は無視するとして、以下の問いに答えよ。

- (1) 直線導体 A を速度  $v$  [m/s] で下向きに移動させる時、抵抗  $R$  を流れる電流の大きさと向きを答えよ。
- (2) 直線導体 A を速度  $v$  [m/s] で下向きに移動させるために必要な力の大きさを求めよ。
- (3) 直線導体 A を移動させるための仕事と、抵抗  $R$  で消費する仕事が等しいことを示せ。
- (4) 直線導体 A と平行にもう一本の直線導体 B を置き、A と B を共に下向きに速度  $v$  [m/s] で移動させた。このとき抵抗  $R$  に流れる電流の大きさを求めよ。
- (5) 直線導体 A と平行にもう一本の直線導体 B を置き、A は下向き、B は上向きに速度  $v$  [m/s] で移動させた。このとき抵抗  $R$  に流れる電流の大きさを求めよ。



## 電気磁気学 II 演習 7

学籍番号：

氏名：

評価：

### 7-1

以下の文中の  内に適切な語句あるいは式を記入せよ。

(1) コイルに流れる電流が変化すると、その変化を妨げる起電力を生じる。これを  という。

この起電力は電流の変化速度に比例し、その比例定数を  という。この作用によって、コイルには  周波数の交流が流れにくくなる。

(2) 2つの隣接するコイルの一方に流れる電流が変化すると、他方のコイルにその変化を妨げる起電力を生じる。これを  という。この起電力は電流の変化速度に比例し、その比例定数を  という。

(3) コイルに電流を流すためには、上記の起電力に抗して電圧を外部から加える必要があるため、外部電圧はコイルに対して仕事をし、結果としてコイルに  エネルギーを蓄えることができる。また、このエネルギーの大きさは (1) の比例定数  $L$ 、コイルに流れる電流  $I$  を用いて、  と書ける。

### 7-2

以下の3つのソレノイドの自己インダクタンスを求めよ。計算にあたっては  $\mu_0 = 1.26 \times 10^{-6}$  を用い、有効数字2桁で答えよ。

(1) 巻き数 1000 回、コイル部の断面直径 4 mm で平均直径 5.0 cm の空芯環状ソレノイド

(2) 巻き数 20 回/cm、コイル部が比透磁率 800 の鉄心で断面が1辺 1 cm の正方形である無限長ソレノイド

(3) 巻き数 500 回、コイル部が断面直径 10 mm で長さが 20 mm のパーマロイ (比透磁率  $10^4$ ) であるソレノイド

### 7-3

1 次回路に 3.0 A の電流を流したとき、巻き数 1000 回の 2 次回路に  $1.5 \times 10^{-4}$  Wb の磁束が鎖交した。(1) 相互インダクタンスを求めよ。(2) 2 次回路の巻き数を 2 倍にすると、相互インダクタンスは何倍になるか。

### 7-4

2 つのコイル A、B がある。コイル A に流れる電流が 10 ms で 10 A 変化したときコイル A、B にそれぞれ 100 V、20 V の誘導起電力を生じた。(1) コイル A の自己インダクタンス  $L_A$  を求めよ。(2) 相互インダクタンス  $M$  を求めよ。(3) 結合係数が 0.1 として、コイル B の自己インダクタンス  $L_B$  を求めよ。