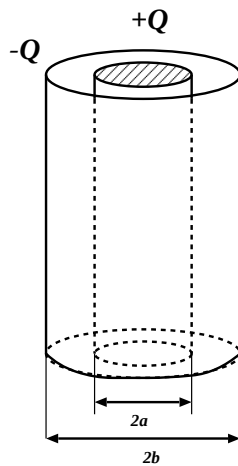


1.4-6 [円柱コンデンサーの電気容量]:



左図のように半径  $a$  の円柱と半径  $b(> a)$  の円筒の導体を中心が同じになるように置かれている．それぞれの線電荷密度 (単位長さあたりの電荷密度) を  $\pm\lambda$  としたときに、この導体の電気容量を求めよ．

1.4-7 [一様帯電球の静電エネルギー]:

電荷密度  $\rho$  で一様に帯電した半径  $a$  の電荷球の静電エネルギーを求めよ．

1.4-8 [平板コンデンサーの静電エネルギー]:

面積  $S$  の二枚の平板導体を距離  $d$  だけ離して、それぞれ電荷  $\pm Q$  を貯めたコンデンサーの静電エネルギーを求めよ．

1.4-9 [導体球の静電エネルギー]:

半径  $a$  の導体球に電荷  $Q$  を与えたときの静電エネルギーを求めよ．

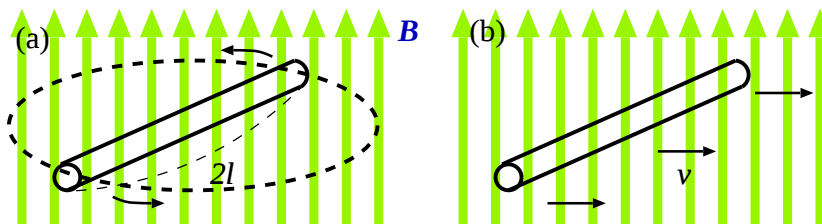
## 2 定常電流による磁場

### 2.1 ビオ・サバルの法則，アンペールの法則

2.1-1 [ローレンツ力]:

$z$  方向に一様な磁場 (大きさを  $B$  とする) があり、これに垂直に長さ  $2l$  の導線を置いた．

- (a) 下左図のように導線の中心を一様な角速度  $\omega$  で回転させる．このとき、導線内部にある電荷  $q$  に働く力を求めよ．
- (b) 下右図のように導線の磁場に垂直方向に速さ  $v$  で平行移動させたときに、導線内部にある電荷  $q$  に働く力を求めよ．

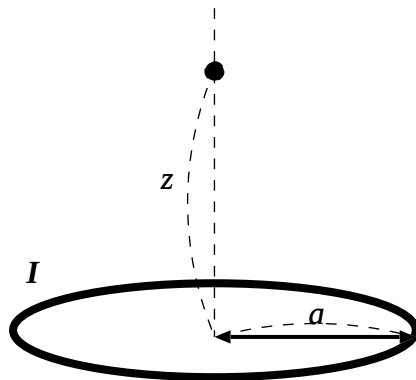


- (c) 動く導線の内部の電荷はこの力を受けて導線内部を移動することになる．その結果，導線内部に電場が生じる．電場による力と磁場による力がつりあうまで電荷の移動は起こる．このとき，(a)での導線と中心と両端との間の電位差，(b)での導線の両端の電位差を求めよ．

#### 2.1-2 [直線電流の作る磁場]:

- (a) 一本の直線電流 (大きさ  $I_1$ ) の作る磁場を求めよ．磁場の大きさと方向を明記し，磁力線を図示せよ．
- (b) その電流から距離  $l$  だけ離れた位置に平行にもう一本の直線電流 (大きさ  $I_2$ ) を置いた．この直線電流間に働く力を求めよ．力の大きさと方向を明記せよ．
- (c) 直線電流  $I_2$  を電流  $I_1$  に対して垂直になるように回転させた．このときに，直線電流間に働く力を求めよ．

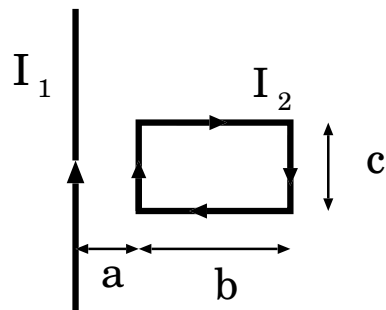
#### 2.1-3 [円電流による磁場]:



半径  $a$  のリング上を電流  $I$  が流れている．この円電流が中心軸上でリングの中心から距離  $z$  の位置に作る磁場を求めよ．

#### 2.1-4 [直線電流の間に働く力 (ビオ - サバールの法則 + ロ - レンツ力)]:

- (a) 一本の無限に長い導線に電流  $I$  が流れている．その回りに出来る磁場を求めよ．
- (b) 距離  $r$  だけ離れた 2 本の平行で無限に長い導線にそれぞれ電流  $I_1, I_2$  が流れている．この時の導線の受ける力を求めよ．どの場合に引力になるかを考えよ．
- (c) 無限に長い直線電流  $I_1$  から  $a$  だけ離れたところに，一辺の長さが  $b$  の正方形のル - プに電流  $I_2$  が流れている．ル - プが受ける力と直線電流が受ける力を求めよ．



#### 2.1-5 [アンペールの法則]:

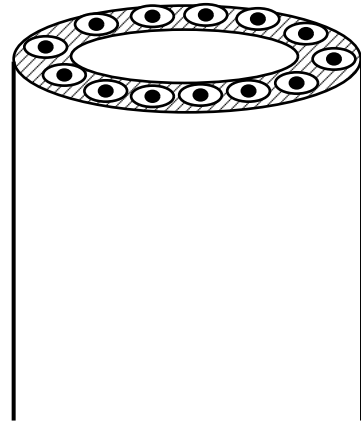
アンペールの法則を説明せよ．

### 2.1-6 [円柱電流の作る磁場]:

無限に長い半径  $a$  の直線の導線の中に一様な電流  $I$  が流れている．導線の内外での磁場をアンペールの法則を用いて求めよ．

### 2.1-7 [アンペールの法則の応用例]:

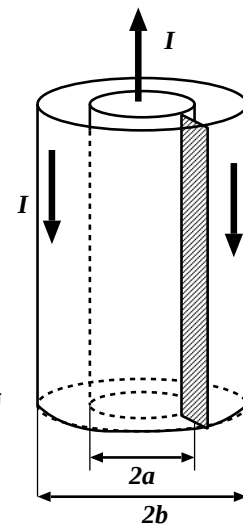
半径  $a$  の円筒面を軸方向に一様に流れる電流の作る磁場をアンペールの法則を用いて求めよ．特に，円筒の内側と外側の両方を求めよ．また，解答だけでなく，その考え方，思考過程も説明せよ．



### 2.1-8 [同軸ケーブル]:

右図に示すような半径が  $a$  および  $b$  で，長さが  $l$  の導線とそれを取りまく円筒形導体からなる同軸ケーブルがある．電流  $I$  は，内側の導体を上向きに流れていて，外側の円筒導体を下向きに帰って来る．この同軸ケーブルの長さ  $l$  は十分長く，端の効果は考えなくてよいとする．

- (a) 内側の導線に流れる電流は，導線の表面だけに流れると仮定する．その時に，同軸ケーブルに流れる電流が作る磁場の方向と大きさを求めよ．
- (b) 図中の斜線で囲まれた幅  $(b - a)$ ，長さ  $l$  の長方形を貫く磁場 (磁束) を求めよ．
- (c) この同軸ケーブルの自己インダクタンスを求めよ．
- (d) 内側の導線の内部に流れる電流についての上の仮定について考えてみる．導線内部を電流が一様に流れている場合，導線の内外に磁場が生じる．もし，電流が増加しようとしたら，電流の一様性は変化する．その様子を理由とともに説明せよ．図を用いて説明してもよい．



### 2.1-9 [ソレノイドコイル]:

半径  $a$ ，長さ  $l$  の単位長さあたりの巻数  $n$  の細長いソレノイドコイルに電流  $I$  を流した．端の効果は無視できるほど小さいとして，以下の問に答えよ．

- (a) ソレノイドの外部で磁場がゼロになることを説明せよ．

- (b) ソレノイドの内部での磁場の方向を示せ．
- (c) ソレノイドの内部での磁場の大きさが内部の位置に依存しないことを説明せよ．
- (d) また，その大きさを求めよ．
- (e) ソレノイドコイルに働く力は縮む方向か伸びる方向か，あるいは曲がる方向か，どちら向きか？理由とともに説明せよ．

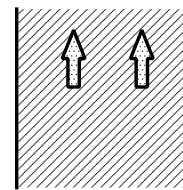
### 3 電磁誘導と Maxwell 方程式

#### 3.0-1 [交流誘導起電力]:

面積  $S$  の長方形の回路を一様な磁場 (大きさを  $B$  とする) の中で，磁場に垂直な軸の回りに一定の角速度で回転させる．このときの誘導起電力を求めよ．

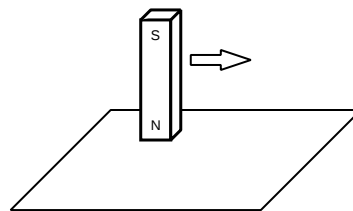
#### 3.0-2 [電磁誘導と表面電流]:

半径  $a$  の円柱に電流  $I$  が流れている．そこで，矢印方向に電流変化があるときに，中心部分と表面とどちらに多くの電流が流れるか議論せよ．



#### 3.0-3 [うず電流]:

導体板の近くで磁石の N 極を動かすときに，導体板にはどのような電流が流れるか説明せよ．また，その電流は磁石の運動を妨げるか促進するかどちらか？



#### 3.0-4 [変位電流]:

距離  $d$  だけ離れた面積  $S$  の二枚の平板導体からなるコンデンサーに電流  $I$  を流した．このとき，平板間の変位電流を求めよ．

#### 3.0-5 [アンペール・マクスウェルの法則]:

電荷密度を  $\rho(x, t)$ ，電場を  $E(x, t)$ ，電流密度を  $J(x, t)$ ，磁場を  $B(x, t)$  とする．また，真空の誘電率を  $\epsilon_0$ ，透磁率を  $\mu_0$  とする．静磁場でのアンペールの法則 ( $\nabla \times B = \mu_0 J$ ) と電荷の保存則 (連続方程式  $\partial \rho(x, t) / \partial t = -\nabla \cdot J$ ) から，時間変化のある場合のアンペール・マクスウェルの法則を導け．