

## 1.1 フレミングの右手則

ファラデーの実験において、磁場  $\vec{B}$  と運動する導体内部に生じた電界  $\vec{E}$  の関係を整理しておく。繰り返しになるが、磁場  $\vec{B}$  の中で速度  $\vec{v}$  で導体が運動するとき、導体内部の自由電子に働く磁気力は  $\vec{F}_m = -e\vec{v} \times \vec{B}$  であった。この力を同じ速度  $\vec{v}$  で運動している原子核の立場から見ると  $\vec{F}_e = -e\vec{E}$  なる電気力に見える [25, p.171]。導体が運動するのを外から眺めている観察者から見ても、導体内部の原子核から見ても、自由電子に働く力  $\vec{F}$  には変わらないので  $\vec{F}_m = \vec{F}_e$  である。即ち、

$$\vec{E} = \vec{v} \times \vec{B} \quad (1.1)$$

が成り立つ。導体を磁場の中で移動させると式 (1.1) を満たす電界が導体内部に発生する。これをフレミングの右手則と呼ぶ\*1。

一方、電磁誘導現象ではないが、図 1.1 のように磁場  $\vec{B}$  の中で静止した導線に電流  $\vec{I}$  を流したとき、導線に働く力  $\vec{F}$  の関係も整理しておく。導線の断面積を  $S[\text{m}^2]$ 、導線内の

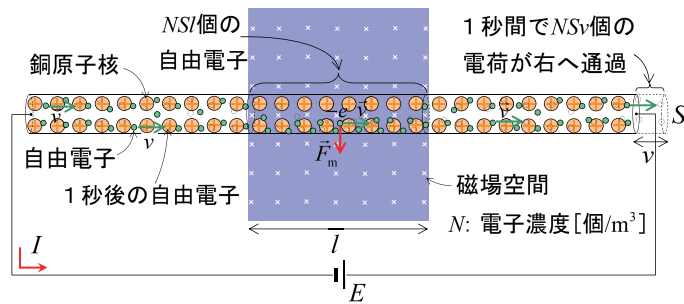


図 1.1 磁場の中で静止した導線を流れる電流  $I$  に働く力。導線の断面積を  $S[\text{m}^2]$ 、導線内の自由電子の濃度を  $N[\text{個}/\text{m}^3]$ 、電子の移動速度を  $\vec{v}[\text{m}/\text{s}]$  とすると、流れる電流は  $I = eNSv[\text{A}]$  で与えられる。

自由電子濃度を  $N[\text{個}/\text{m}^3]$ 、電子の速度を  $\vec{v}[\text{m}/\text{s}]$  とすると、1 秒間あたりに押し出される (図 1.1 導線右端の点線で囲まれた領域の) 自由電子の数は  $NSv$  個であるから、電流\*2の大きさはこれに電子の電荷量  $e$  を掛けて  $I = eNSv[\text{A}]$  で与えられる。電流の流れる方向は電子の移動方向と逆\*3であるから、ベクトルで書くと次式 (1.2) になる。

$$\vec{I} = -eNS\vec{v} \quad (1.2)$$

ここで、図 1.1 中央にある自由電子 1 つに働く磁気力  $\vec{F}_m$  を求める。ローレンツ力の式に式 (1.2) を代入すると、次式のように電流  $\vec{I}$  を使って磁気力  $\vec{F}_m$  を表現できる。

$$\vec{F}_m = q\vec{v} \times \vec{B} = -e\vec{v} \times \vec{B} = \frac{\vec{I}}{NS} \times \vec{B} \quad (1.3)$$

所で、図 1.1 で考えている磁場空間の大きさは  $l[\text{m}]$  であるから、全く同じように磁場の影響を受ける自由電子の数は全部で  $NSl$  個ある。即ち、自由電子 1 つあたりの磁気力の式

\*1 フレミングが式 (1.1) を右手の 3 本指に対応させたため。  $\vec{E}$ : 中指、 $\vec{B}$ : 人差し指、 $\vec{v}$ : 親指。

\*2 電流の定義は、単位時間あたりに通過した電荷量である。単位は  $[\text{C}/\text{s}] \equiv [\text{A}]$ 。

\*3 ??節の電子の電荷が定義された経緯を参照。

(1.3) を  $NSl$  倍したものが導線  $l$ [m] 全体に働く力である。これを  $\vec{F}$  とすれば、

$$\vec{F} = \vec{I} \times \vec{B}l \quad (1.4)$$

これをフレミングの左手則と呼ぶ\*4。実際に細くて曲がりやすい導線なら下向きに変形する。

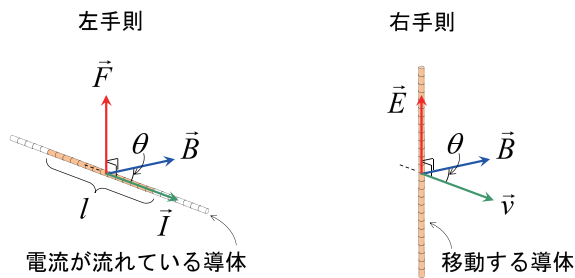


図 1.2 フレミングの右手則（左）と左手則（右）。右手と左手合わせて計 6 つの対応関係を指にあてはめても、かえって混乱するだけである。実際は磁気力（ローレンツ力）の式だけをしっかり覚えていればよい。

結局、式 (1.1) のフレミングの右手則と式 (1.4) の左手則は、もと磁気力（ローレンツ力）であったものを電気として利用するか（図 1.2 右）、物理的な力として利用するか（図 1.2 左）の違いである。前者の利用方法は発電の原理であり、後者の利用方法はモーターの原理として使われている。

\*4 フレミングが左手の 3 本指に対応させたため。 $\vec{I}$ ：中指、 $\vec{B}$ ：人差し指、 $\vec{F}$ ：親指。