

電気工学2第7回

藤田 一寿

■ 磁石

- 鉄を引き寄せる。
- N極とS極がある。
 - 正の磁荷と負の磁荷があるのか？
- 同極同士は反発する。
- 異極同士は引き合う
- 周囲に磁場を形成する。
- 磁極の強さ（磁荷）を m_1, m_2 とするとクーロンの法則が成り立つ。
 - $F = \frac{1}{4\pi\mu_0} \frac{m_1 m_2}{r^2}$
- 磁石は小さく切り刻んでも磁石になる。
 - 正磁荷と負磁荷を切り離せない？

■ 磁荷とクーロンの法則

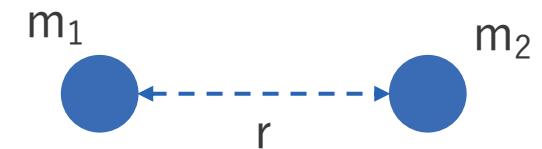
- 磁石の性質をこれまで学んだ電荷から類推する。
- 磁石では、電荷の代わりに磁荷という仮想の粒子を考えることにする。
- N極には正の磁荷が、S極には負の磁荷があるとする。



- 距離r離れた2つの磁荷m₁, m₂の間に働く力は

$$\bullet F = \frac{1}{4\pi\mu_0} \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

- と表せる。これは磁気に関するクーロンの法則である。磁荷の単位はWb(ウェーバー)である。また、 μ_0 は真空の透磁率である

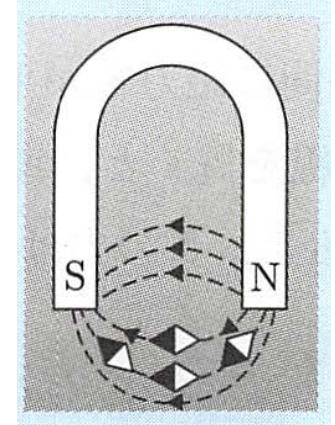


■ 磁場

- 電荷と電場の関係から、磁石により生じた何らかの空間への影響、磁場、を考える。
- 磁荷のクーロン、 $F = \frac{1}{4\pi\mu_0} \frac{m_1 m_2}{r^2}$ から単位磁荷あたりの力をHとする
- $F = mH$
- このHを磁場という。
- 単位はN/Wbである。

■ 磁力線

- ・磁場の向きと平行になるような曲線を磁力線という。
- ・磁力線はN極からS極に向かう。
- ・単位面積を貫く磁力線の本数を磁束密度という。
- ・磁場が強ければ磁束密度も増える。
- ・磁束密度の単位はT(テスラ)=Wb/m²である。
- ・磁束密度と磁場の関係は
- ・ $B = \mu H$



■ 磁場の源

- ・磁石は磁場を作る。
- ・磁石には磁荷が分布しているから、その磁荷が磁場を作っているのか？
- ・エルステッドにより電流が磁場を生成することが分かる（1820年）。
- ・電流が磁場の源である。
- ・電流の流れに対し右ねじ方向に磁場ができる。右ねじの法則



磁石は難しいから深入りできない…

■ 磁場の図の書き方

図の書き方

磁場

は磁気力線で
表す。電流や

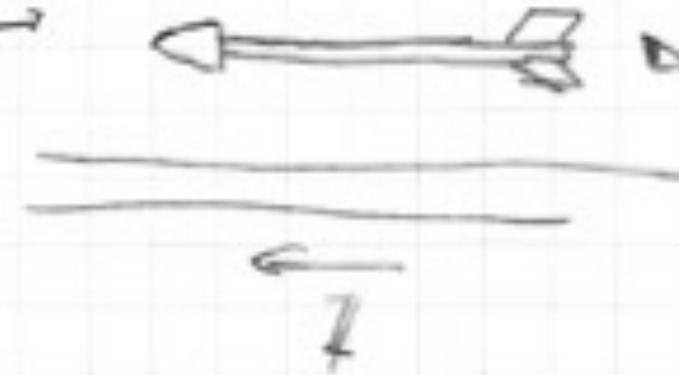


磁場の線

上下の向きは

①(上向) ②(下向)

で表す。

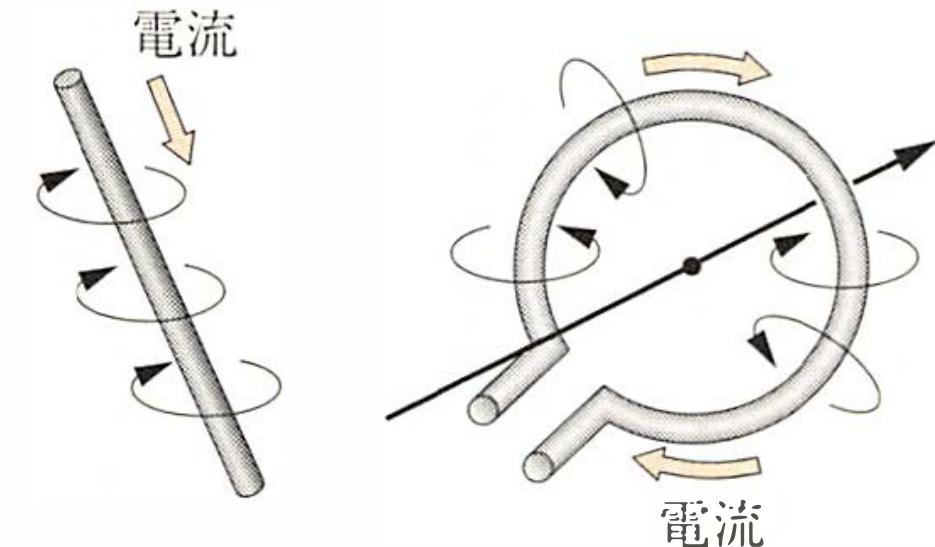


■ まとめ

- ・磁石の周りには磁場というものができる。
- ・電流が磁場を作る。
- ・磁場の強さは磁束密度でも表せる。

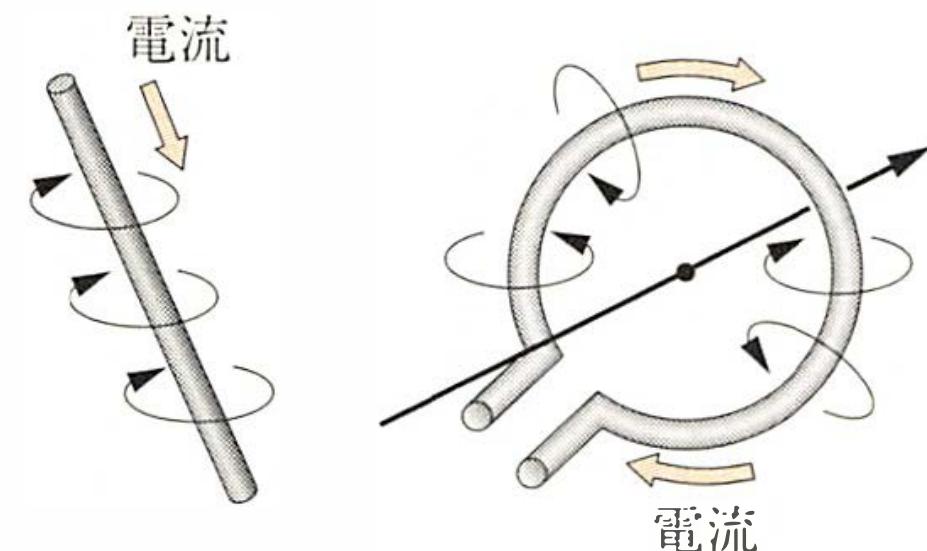
■ 円形コイルが作る磁場

- ・導線を円形にしたものをコイルという。
- ・コイルに電流を流すと、図のような磁場が発生する。
- ・右ねじの法則を適用することで、磁場の様子は想像できる。



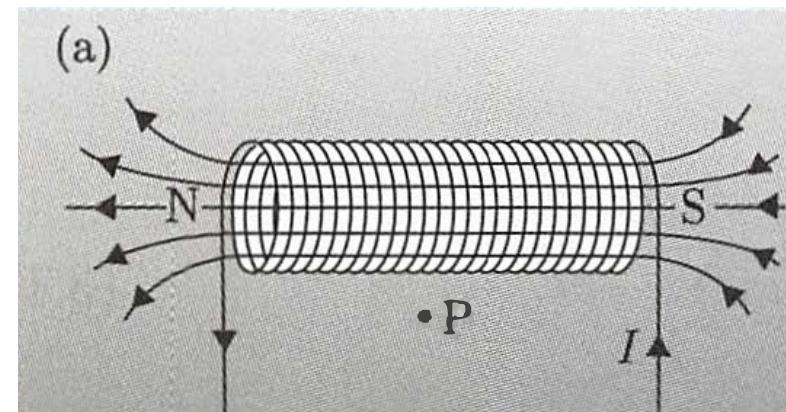
■ 円形コイルが作る磁場

- 半径 r の円形コイルに電流を流したとき、その中心の磁場の磁束密度は
- $$B = \frac{\mu_0 I}{2r}$$
- ビオ・サバールの法則を用いると求まるが、範囲外なので説明しない。



■ ソレノイドが作る磁場

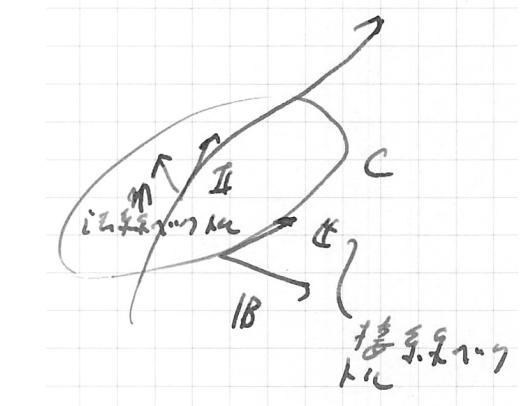
- ・筒状に巻いた細長いコイルをソレノイドという。
- ・ソレノイドが作る磁場は図のようになる。
- ・これも、右ねじの法則を適用することで、用意に想像できる。
- ・巻数を増やすほど、流す電流を大きくするほどソレノイドが作る磁場は強くなる。
- ・ソレノイドの作る磁場は後ほど説明するアンペールの法則から求まる、



アンペールの法則

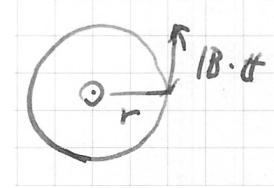
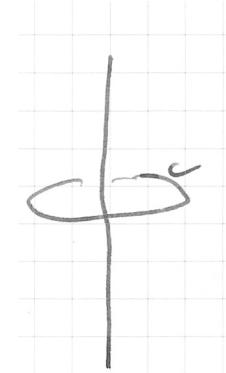
■ アンペールの法則

- ・電流Iを閉経路Cで囲んだとする。
- ・Cに沿って、磁束密度Bと経路の接線ベクトルtの内積を積分すると次のような等式が成り立つ。
- ・ $\int_C \mathbf{B} \cdot \mathbf{t} ds = \mu_0 I \cdot n$
- ・これをアンペールの法則という。
- ・Nは経路Cの法線ベクトルである。



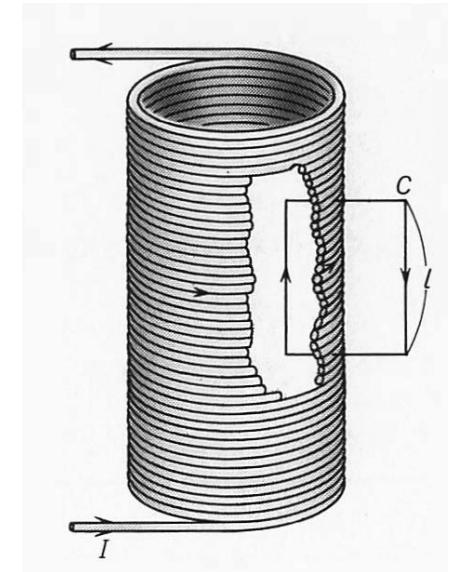
■ 無限に長い直線導線に流れる電流が作る磁場の磁束密度

- 無限に長い直線導線に流れる電流が作る磁場を求める。
- 図のように直線に対し垂直な半径 r の円を考える。
- アンペールの法則から次の等式が成り立つ。
- $\int_C B ds = 2\pi r B = \mu_0 I$
- よって、直線導線に流れる電流が作る磁場の磁束密度は
- $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$



■ 無限に長いソレノイドが作る磁場

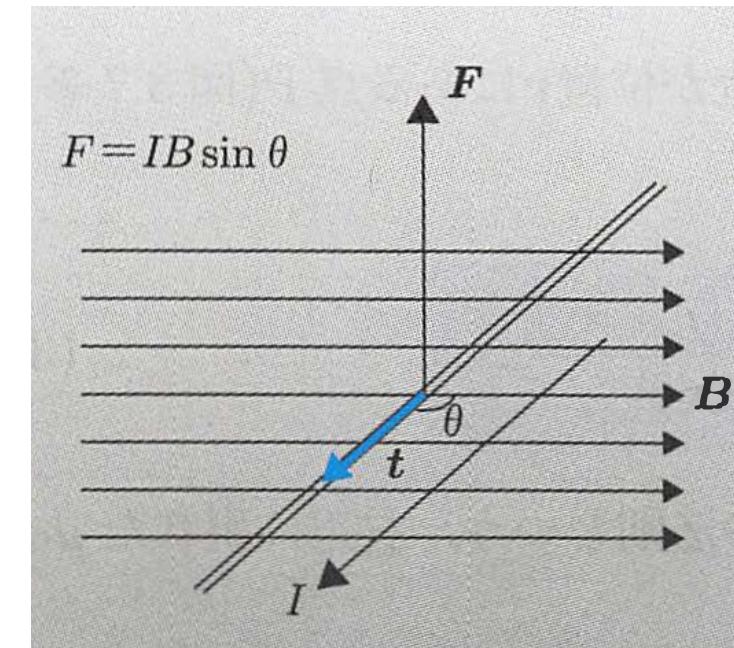
- 単位長さあたりの巻数nの無限に長いソレノイドに電流Iを流したときに作られるソレノイド内部の磁場の磁束密度を求める.
- 無限に長いため、磁場はコイル内で一様であると考える.
- 図のように閉経路Cを考える。アンペールの法則から次の式が成り立つ.
- $\int_C \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s} = Bl = \mu_0 n l I$
- よって磁束密度は
- $B = \mu_0 n I$



電流が磁場から受ける力

■ 磁場中の電流が受ける力

- 磁束密度 B の磁場の中に、 t 向きに置かれた導線があるとする。
- 導線に電流 I を流すと、導線に力が働く。このときの単位長さあたりの力は
- $F = I(t \times B)$
- と表せる。この力の大きさは
- $F = IB \sin \theta$
- である。



■ 問題

- 長さ l の直線導線が、一様な磁束密度 B の磁場に対し、 45° の角度で置かれている。この導線に電流 I を流した時、この導線に働く力を求めよ。

■ 問題

- 長さ l の直線導線が、一様な磁束密度 B の磁場に対し、 45° の角度で置かれている。この導線に電流 I を流した時、この導線に働く力を求めよ。

$$F = lBI \sin \theta = lBI \sin 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2} lBI$$