

アンペールの法則の基本

1 導入

この講義で最も重要なのは、アンペールの法則を「電流のまわりで磁場がどれだけ巡っているか」を測る法則として理解し、対称性がある磁場の計算の起点にすることです。

電場にガウスの法則があるように、磁場にも「強い対称性があるときに場を取り出す」ための基本法則があります。それがアンペールの法則です。

2 用語と定義

アンペールの法則は、
Ampere's law

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I_{\text{enc}}$$

です。

3 方針

まず線積分 $\oint \vec{B} \cdot d\vec{l}$ がなぜ「磁場の巡り」を表すかを見ます。そのあと長い直線電流とソレノイドを例にして、どのような対称性があれば B を簡単に取り出せるかを説明します。

→ 講義 電流と回路 [lecture](#) [physics](#) [electromagnetism](#)
<https://study.bem130.com/lecture/physics/electromagnetism/電流と回路-講義/>

4 直感的な説明

電流のまわりでは、磁場は電流を囲むように回ります。だから磁場を調べるには、面積を貫く量より、閉曲線に沿ってどれだけ回っているかを見るのが自然です。

5 厳密な説明

5.1 1. なぜ $\oint \vec{B} \cdot d\vec{l}$ を見るのか

$$\vec{B} \cdot d\vec{l}$$

は、曲線に接する向きの磁場の成分だけを数えています。電流のまわりの磁場は円周方向を向くので、閉曲線に沿って積分すると、その「巡り」の総量が見えます。

5.2 2. アンペールの法則の意味

アンペールの法則

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I_{\text{enc}}$$

は、閉曲線の内側を貫く電流 I_{enc} が、磁場の巡りの強さを決めるという式です。

5.3 3. 長い直線電流

長い直線電流では、磁場は電流を中心とする円に接し、半径 r の円周上で大きさが一定です。したがって半径 r の円をアンペア回路にとると

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = B \oint dl = B(2\pi r)$$

です。これが $\mu_0 I$ に等しいので

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

を得ます。

5.4 4. ソレノイド

巻数密度を n とする十分長いソレノイドでは、内部の磁場はほぼ一様で、外部はほぼ 0 とみなせます。このとき長方形のアンペア回路を取ると、

$$Bl = \mu_0 (nl)I$$

だから

$$B = \mu_0 nI$$

です。

6 見分け方

- 長い直線電流、ソレノイド、トロイドのように円筒対称や強い対称性があるなら、まずアンペールの法則を考えます。
- 磁場の向きと大きさが、閉曲線の上で揃うかどうかを先に確認します。
- 対称性が弱いなら、ビオ・サバルの法則のほうが起点として自然なことがあります。

7 どこまで成り立つか

ここで使った単純な形のアンペールの法則は、定常電流を考える範囲での使い方です。また、 B を簡単に求められるのは対称性が強い場合です。

8 別の見方

8.1 対称性から磁場を出す見方

長い直線電流やソレノイドのように対称性が強い場面で B を短く求める道具です。

8.2 全体像の中で見る見方

よく使う

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I_{\text{enc}}$$

は、アンペール・マクスウェルの法則

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I_{\text{enc}} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d}{dt} \int \vec{E} \cdot d\vec{S}$$

で、電場の時間変化を無視できる定常状態の特殊場合です。

→ 講義 マクスウェル方程式の入口 [lecture](#) [physics](#) [electromagnetism](#)
<https://study.bem130.com/lecture/physics/electromagnetism/マクスウェル方程式の入口-講義/>

9 最終形

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I_{\text{enc}}$$

10 一言でいうと

- アンペールの法則は、電流が作る磁場の巡りを結ぶ法則で、強い対称性があるときに磁場を求める起点になります。

11 関連リンク

→ 講義 ビオ・サバールの法則の基本 [lecture](#) [physics](#) [electromagnetism](#)
<https://study.bem130.com/lecture/physics/electromagnetism/ビオ・サバールの法則の基本-講義/>

→ 講義 磁場と電磁誘導 [lecture](#) [physics](#) [electromagnetism](#)
<https://study.bem130.com/lecture/physics/electromagnetism/磁場と電磁誘導-講義/>

→ 講義 マクスウェル方程式の入口 [lecture](#) [physics](#) [electromagnetism](#)
<https://study.bem130.com/lecture/physics/electromagnetism/マクスウェル方程式の入口-講義/>