



電流と磁場の公式 (1)

教科書では、電流と磁場に関する公式が次々と天下り式に出てきますが、覚えきれましたか？ まあ、さほど複雑な式でもないので暗記もできるかとは思いますが、さすがに理屈抜きでの法則の押し付けに終始するのでは、お互いあまり気持ちよくありませんね。

力学の法則のあれこれが、結局運動の法則に帰着したように、電気と磁気に関する法則のすべては「マクスウェルの方程式」と呼ばれる4つの方程式に帰着します。それらの方程式の内容は高校のレベルをこえるので、ここでは触れませんが、そのうちの1つは「アンペール（アンペア）の法則」と呼ばれるもので、内容としては直線電流がつくる磁場の公式

$$H = \frac{I}{2\pi r}$$

に相当するものです。また、これは

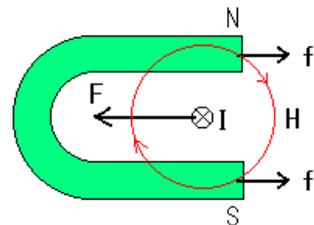
$$H \times 2\pi r = I$$

と書けば「磁場の強さに磁場がめぐる道のりをかければ、そのもとになった電流の大きさを得る」という単純でわかりやすい法則ですから、これを出発点にして他のいくつかの公式を「作用・反作用の法則」をよりどころにしながら証明してみようと思います。

もとになる法則はただひとつであり、その応用としていくつもの公式が得られるのだということを理解してほしいと思います。もちろん実際の電磁気学発展の歴史は概ねその逆であり、実験によっていくつもの法則が発見されながら、しだいにより基本的な法則に集約（統一）されていったとみるべきでしょう。

電流が磁場から受ける力 $H = \frac{I}{2\pi r}$ から $F = BIl$ へ

電流が磁石のつくる磁場によって力 F を受けるとき、右図のように磁石は電流のつくる磁場によって力 $2f$ を受けます。結局、磁石と導線が力を及ぼしあうことになり、これらはもちろん作用反作用の法則を満たしますから、 $F = 2f$ のはずです。

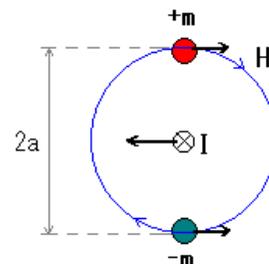


磁石のN極およびS極には、1mあたり $\pm m$ [Wb] の磁極が長さ l にわたってならんでいると考え、両極の間隔を $2a$ として計算します。

まず、電流 I が距離 a の位置につくる磁場は、

$$H = \frac{I}{2\pi a}$$

であることを認めましょう（アンペールの法則）。



この磁場によって磁極が受ける力は

$$f = mlH = \frac{mIl}{2\pi a}$$

となります。磁石全体が受ける力は $2f$ ですが、作用反作用の法則によって、これは電流が受ける力に等しくなります。

$$F = 2f = \left(\frac{m}{\pi a}\right) Il \quad . \quad (1)$$

次に、磁石がつくる磁場について考えます。 m [Wb] の磁極からは m 本の磁束線が出ると考えるわけですが、今 N 極には 1m あたり m [Wb] の磁極が直線状に分布しているとしていますから、磁束線はそのまわりに放射状に出て、半径 a [m] 長さ 1 [m] の円筒面を m 本の磁束線が垂直につらぬくこととなります。したがって、距離 a における磁束密度を B_N とすると

$$B_N \times 2\pi a \times 1 = m$$

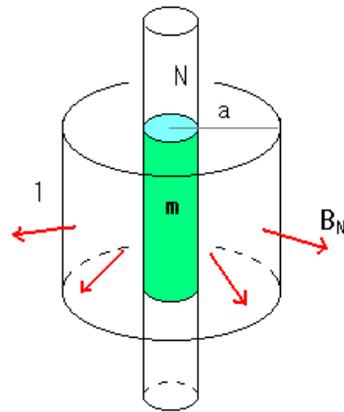
が成り立ち、S 極の分とあわせると電流の位置における磁束密度 B は次のようになります。

$$B = B_N + B_S = \frac{m}{\pi a} \quad . \quad (2)$$

これを式 (1) に入れれば、目的に達します。

$$F = BIl \quad .$$

この公式を活用すれば、作用反作用の考え方でさらに円形電流やソレノイドがつくる磁場の公式を導くことができますが、これは次回の課題としましょう。



参考文献

「川勝先生の物理授業（下巻）」川勝 博，海鳴社