

第4章

目に見えない磁気のふるまいを計算で捕らえる

磁気の分布と強さを求める方法

富澤 祐介 Yusuke Tomizawa

● 磁気は見えるか？

磁気を直接目で見ることはできません。目には見えませんが、私たちは方位磁針を使って微弱な地磁気を検出することで方角を調べるなど、日常的に磁気を活用しています。また、テレビやラジオ、携帯電話に使っている電波も電磁波と呼ばれる波の一種で、磁気がなくては成立しません。さらに身近なところでは、磁石を体に貼って血行を促進する健康グッズなどにも磁気が役立っているようです。

このように、私たちの生活に欠かせない磁気の様子を目で見るにはどのような方法があるのでしょうか？

図4-1のように磁石の上に紙を載せてその上に砂鉄をふりかけると、磁力線に沿って砂鉄が模様を描くことが古くから知られています。おそらく、磁気を目で見るための最も基本的でわかりやすい方法と思われるのですが、紙と砂鉄では定量的な評価が困難です。

そこで、ここではパソコンを使って磁界強度を計算して、可視化する方法を紹介します。

4-1 電流から任意の距離にある点の磁界の強さを手計算する

● 電流と磁界の関係を結び付ける「ビオ-サバルの法則」

電流が流れると周囲に磁界が発生します。いったい、どれくらいの強さの磁界が発生するのでしょうか？

電流からの距離が遠くなるほど磁界が弱くなることは感覚的に理解できると思いますが、具体的な数値を知るにはどうすればよいのでしょうか？ この疑問に対して数式で答えを出すための強い味方が、ビオ-サバル(Bio-Savart)の法則です。

ビオ-サバルの法則は、電流によって周囲に生じ

る磁界の強さを表す電磁気学の法則です。この法則にしたがって、磁界の強さを計算してみましょう。

図4-2のように、電線を流れる電流の一部(十分に短い部分、線素とも呼ばれる)がつくる磁界を考えます。電流からの距離 r [m] の点 P に発生する磁界は、

$$d\vec{H} = \frac{I d\vec{\ell} \times \vec{r}}{4\pi |\vec{r}|^3} \dots\dots\dots (4-1)$$

と表せます(これが、ビオ-サバルの式)。

したがって、電線を流れる電流全体が点 P に作り出す磁界の強さは、式(4-1)の微小区間電流が作る磁界を電流路全体の長さぶん足し合わせて、

$$\vec{H} = \sum_{i=1}^n d\vec{H}_i \dots\dots\dots (4-2)$$

(i は、電線を n 分割したときの番号)

と計算できます。式(4-1)を詳しく見てみましょう

式(4-1)の左辺 $d\vec{H}$ はベクトルで、微小区間に流れる電流ベクトル $I d\vec{\ell}$ が点 P に作る磁界 H の $[x y z]$ の3成分を表します。右辺の I は、電線を流れる電流の大きさを、 $I d\vec{\ell}$ は電線ベクトルを表しています。また \vec{r} は、電流ベクトルの始点から見た観測点 P の位置ベクトルです。 $|\vec{r}|$ は、電流ベクトルから観測点 P までの距離を表します。

すなわち、式(4-1)は、電流によって発生する磁界強度は、電流の大きさに比例し、電流からの距離の3乗に反比例することを表しています。

数式を理解するうえで理解しにくいのは \times の存在です。これは、電流ベクトルと電流から見た観測点 P の位置ベクトルとのベクトル積です。電流によって発生する磁界が、電流が進む方向と垂直で、しかも磁界と電流の方向が右ねじの関係になっているため、ベクトル積(コラム「ベクトル積のおさらい」参照)を使っ

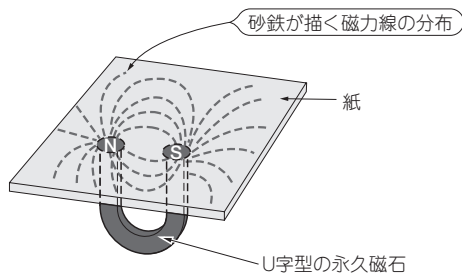


図4-1 砂鉄を使って磁力線の分布のようすを見る実験

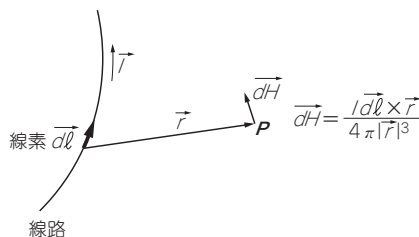


図4-2 電流線素が点 P に作る磁界 $d\vec{H}$ はビオ-サバルの式で求まる