

生徒さんは時々こんな質問をします

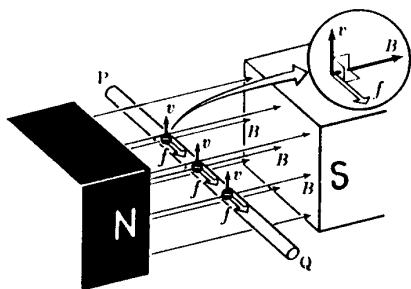
## ローレンツ力と誘導電場

村田憲治 (加納高校)

近刊の『のらねこの挑戦』に載る石川論文を読んで、「あー、そういえば生徒さんが、こんな質問をすることがあるなあ」と思ってたら、今年も質問されました。まずは下の教科書 (数研出版) の記述を見てください。(下線 村田)

E  
誘導起電力と  
ローレンツ力

(19)式は、電子にはたらくローレンツ力によっても理解することができる。  
 $\downarrow \sqrt{v=VBQ}$



●図 24 ローレンツ力と誘導起電力との関係

図 24 のように、導線 PQ を磁場の中で動かすと、導線内の電子も導線とともに動くから、電子は磁場からローレンツ力を受ける。この力の向きは P→Q で、大きさは  $f = evB$  (N) である

(→ p.65 図 15 (b)).

磁場の中で、導線内に強さ  $E$  (V/m) の電場が生じたために、この力を受けると考えてみよう。 そうすると、電子は電場と反対の向きに

$$f = eE \text{ (N)}$$

の力を受けることになるから、導線にそって Q→P の向きに強さ

$$E = vB \quad (22)$$

の電場が生じたのと同じである。 この電場によって、磁場の中の導線内には、Q→P の向きに  $V = El = vBl$  の起電力が生じる。

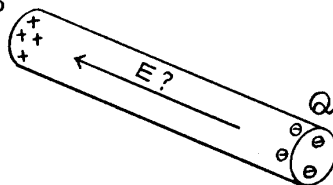
これが、磁場を横切る針金に生じる誘導起電力にほかならない。

### ■ 「電場は Q→P ではなくて、P→Q の向きにできるのではないのですか？」

というのが、よく出る生徒の質問です。つまり、P  
「ローレンツ力を受けて、Q 側に電子が集まって負に帯電し、P 側は正に帯電するのだから、電場は P→Q の向きではないのか」というのです。

まあ、注意深く読めば 22 行めの〈電場〉は、〈誘導電場〉であることが読み取れるのですが、初学者である高校生 (国語力もあまり期待できないし) には、これは難しいですよ。問題点をあげると、

- ① 16 行めまでは磁石に固定された座標系 (動いているのは導線の方) で話を進めてきて、17 行めからは導線に固定された座標系 (動いているのは磁場の方) での話が変わって



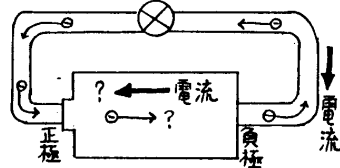
いるのに、座標系を変えたことについての説明がない。これは重大な問題。

②22行めの〈電場〉は、〈誘導電場〉のことなのに、そう呼ばないでただ〈電場〉と呼ぶせいで、①のこととあいまって生徒さんはこれを電荷分離による〈クーロン電場〉のことだと勘違いする。ひよっとすると学習指導要領の縛りがあって、〈誘導電場〉という言葉は使えないのかしら？でも、「クーロン電場は保存場である（電位が定義できる）が、誘導電場は保存場ではない（電位が定義できない）」という決定的な相違点はどこかで指摘しておくべきだとは思うのですが。

③この箇所での問題ではないが、教科書中で〈起電力〉についての説明が不十分で、「抵抗による電圧降下→抵抗内部の電場は電位の高い方から低い方を向く」と「起電力→内部の電場は電位の低い方から高い方を向く」とが、きちんとつかめていないので、この電磁誘導のところで混乱が深まるのだ。

右のような図を書いて、

「電池の中では、電子は正極→負極へ（電流は負極→正極へ）流れているね。」と言うと、生徒さんは皆「ええっ？」という顔をします。



### ■ 他の教科書はどうか？

興味がわいてきて、他の教科書も調べてみました。そしたら、三省堂の教科書が数研みたいに〈誘導電場〉で起電力を説明していますが、やはりどの座標系から見ているのかという説明が抜けていますし、〈誘導電場〉という用語は使っていません。

啓林館と第一学習社のは、〈誘導電場〉を使わないで起電力を説明しようとしていますが、これもちょっとあぶなっかしいところがあります。数研の教科書を読んだうちの生徒さんが、参考書なんかでこういう説明を見たら、ますます混乱するだろうなあ。

図23で、磁束密度  $B$  [Wb/m<sup>2</sup>] の磁界に垂直においた導体棒 PQ を、

磁界と導体棒の両方に垂直な向きに速さ  $v$  [m/s] で動かす。このとき、導体棒中の個々の自由電子も、磁界中を速さ  $v$  [m/s] で運動するので、図23のようにローレンツ力  $f = evB$  [N] を P から Q の向きに受ける。したがって、導体棒中で自由電子は P から Q に向かってずれるので、端 P が正に、端 Q が負に帯電し、P から Q に向かう電界  $E$

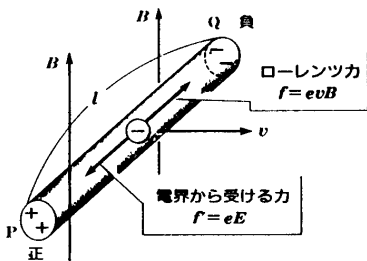


図23 磁界中を動く導体棒 PQ 間に誘導起電力が生じて、電位差が  $V$  になっているとき、自由電子が  $E = -\frac{V}{l}$  の電界から受ける力  $f = eE$  と磁界から受けるローレンツ力  $f = evB$  はつりあっている。

が導体棒中に生じる。自由電子は、この電界から  $f = eE$  [N] の力を受け、ローレンツ力とつりあった状態になれば移動が止まる。この場合、 $evB = eE$  より、 $E = vB$  であるから、P、Q 間の電位差  $V$  [V] は、導体棒の長さを  $l$  [m] とすれば、 $V = vBl$  である。このように、導体棒 PQ には Q から P の向きの起電力

$vBl$  (V) が生じ、P の電位が Q より高くなっている。

→これは誘導電場ではなく、クーロン電場ですね。

第一学習社の教科書