

仮定を立てながら数学的に実験結果（検証実験 § 1.4.1, § 1.4.1 を含む）を記述し外堀を埋めて得られた静磁場の根幹部がビオ・サバルの法則式なのです。

直線定常電流の電流と観測点と磁場の方向は、お互いに直交する関係で記述できるので、右手で右ネジを作った時に、直線電流の向きを親指にして、残りの4本の指先が作られる磁場の方向を表します（冊子“定常電流による磁場 No. 1”の § 4 の図4 で示していて、通常の右ネジの法則と呼ばれるものです。）。一方、ビオ・サバルの法則式の場合も同じ右手の右ネジで方向を確認できるのですが、“微少電流 \mathbf{I} と位置 \mathbf{r} とすると、磁場の向きは $\widetilde{\mathbf{I} \times \mathbf{r}}$ となり、 \mathbf{I} から \mathbf{r} に右ネジを回した時に、右ネジの先っぽが進む方向に磁場ができる”というものなのです。これは、外積演算の定義です。ですから、前者と後者では、全く適応が異なりますが、混同している人も少なくないと思いましたので確認しました。したがって、今後は、前者を“直線電流の右ネジの法則”、後者を“微少区間電流の右ネジの法則”と記述します。

1.4 法則式の検証

1.4.1 観測点に対称に折り曲げた定常電流の作る磁場

例題 1 ; V 字型導線の実験

図5のように、1つの平面上に観測点と導線を配置します。観測点での磁束密度ベクトルを、ビオ・サバルの法則式 (34) に沿って計算してください。計算は、図5で指定した座標軸を使ってください。

☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆

これは、ビオとサバルがラプラスの助言を受けて行った「V字型導線の実験」と呼ばれるものだと思います（FNの高校物理 http://fnorio.com/0094Biot-Savart_law1/Biot-Savart_law1.html より。）。

($y < 0$ の領域) ビオ・サバルの法則式 (34) で、 $\mathbf{I}dz$ にあたる部分を $d\mathbf{I}$ と表記します。

$$d\mathbf{I} = I(dx, dx \tan \alpha, 0), \quad (35)$$

微少領域から観測点までのベクトルを \mathbf{r} とすると、

$$\mathbf{r} = (r_0, 0, 0) - (x, x \tan \alpha, 0) = (r_0 - x, -x \tan \alpha, 0) \quad (36)$$

$$\begin{aligned} |\mathbf{r}| &= \sqrt{(r_0 - x)^2 + x^2 \tan^2 \alpha} \\ &= \frac{1}{\cos \alpha} \sqrt{x^2 - 2r_0 x \cos^2 \alpha + r_0^2 \cos^2 \alpha}, \quad (37) \end{aligned}$$

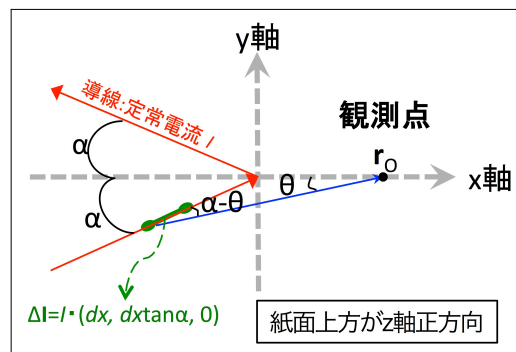


Figure 5: 例題 1 配置図

$y < 0$ の領域の導線が観測点に作る磁束密度ベクトル $\mathbf{B}_{(-)}$ は、領域 $x = [-\infty, 0]$ でビオ・サバルの法則を積分すれば得られます。すなわち、

$$\begin{aligned} \mathbf{B}_{(-)} &= \int_{x=-\infty}^0 \frac{\mu_0}{4\pi} \cos^3 \alpha (x^2 - 2r_0 x \cos^2 \alpha + r_0^2 \cos^2 \alpha)^{-\frac{3}{2}} I (dx, dx \tan \alpha, 0) \times (r_0 - x, -x \tan \alpha, 0) \\ &= \frac{\mu_0 I}{4\pi} \cos^3 \alpha \int_{x=-\infty}^0 (x^2 - 2r_0 x \cos^2 \alpha + r_0^2 \cos^2 \alpha)^{-\frac{3}{2}} \cdot (0, 0, -r_0 \tan \alpha) dx \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\mathbf{B}_{(-)} \text{ z 成分} &= -\frac{\mu_0 I r_0}{4\pi} \cos^2 \alpha \sin \alpha \int_{x=-\infty}^0 \{(x - r_0 \cos^2 \alpha)^2 + r_0^2 \cos^2 \alpha - r_0^2 \cos^4 \alpha\}^{-\frac{3}{2}} dx \\
&= -\frac{\mu_0 I r_0}{4\pi} \cos^2 \alpha \sin \alpha \int_{x=-\infty}^0 \{(x - r_0 \cos^2 \alpha)^2 + r_0^2 \cos^2 \alpha \sin^2 \alpha\}^{-\frac{3}{2}} dx,
\end{aligned}$$

置換： $X = x - r_0 \cos^2 \alpha$ をすると、 $dx = dX$,

$$x = [-\infty, 0] \Rightarrow X = [-\infty, -r_0 \cos^2 \alpha]$$

$$\mathbf{B}_{(-)} \text{ z 成分} = -\frac{\mu_0 I r_0}{4\pi} \cos^2 \alpha \sin \alpha \int_{x=-\infty}^{-r_0 \cos^2 \alpha} (X^2 + r_0 \cos^2 \alpha \sin^2 \alpha)^{-\frac{3}{2}} dX,$$

置換： $X = r_0 \cos \alpha \cos \alpha \tan \theta$ をすると、 $\frac{dX}{d\theta} = \frac{r_0 \cos \alpha \cos \alpha}{\cos^2 \theta}$,

$$X = [-\infty, -r_0 \cos^2 \alpha] \Rightarrow \theta = \left[-\frac{\pi}{2}, \alpha - \frac{\pi}{2}\right].$$

$$\begin{aligned}
\mathbf{B}_{(-)} \text{ z 成分} &= -\frac{\mu_0 I r_0}{4\pi} \cos^2 \alpha \sin \alpha \int_{\theta=-\frac{\pi}{2}}^{\alpha-\frac{\pi}{2}} (r_0 \cos \alpha \sin \alpha)^{-3} (\tan^2 \theta + 1)^{-\frac{3}{2}} \frac{r_0 \cos \alpha \sin \alpha}{\cos^2 \theta} d\theta \\
&= -\frac{\mu_0 I}{4\pi r_0} \frac{1}{\sin \alpha} \int_{\theta=-\frac{\pi}{2}}^{\alpha-\frac{\pi}{2}} (\cos^{-2} \theta)^{-\frac{3}{2}} \frac{d\theta}{\cos^2 \theta} = -\frac{\mu_0 I}{4\pi r_0} \frac{1}{\sin \alpha} \int_{\theta=-\frac{\pi}{2}}^{\alpha-\frac{\pi}{2}} \cos \theta d\theta \\
&= -\frac{\mu_0 I}{4\pi r_0} \frac{1}{\sin \alpha} \left[\sin\left(\alpha - \frac{\pi}{2}\right) + 1 \right] = -\frac{\mu_0 I}{4\pi r_0} \cdot \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} = -\frac{\mu_0 I}{4\pi r_0} \cdot \frac{2 \sin^2 \frac{\alpha}{2}}{\sin \frac{\alpha}{2} \cos \frac{\alpha}{2}} \quad (38)
\end{aligned}$$

$$= -\frac{\mu_0 I}{4\pi r_0} \tan \frac{\alpha}{2}. \quad (39)$$

ただし、式 (38) の第 2 式から第 3 式への式変形には三角関数の半角の公式を使いました。

よって、

$$\mathbf{B}_{(-)} = \left(0, 0, -\frac{\mu_0 I}{4\pi r_0} \tan \frac{\alpha}{2}\right). \quad (40)$$

($y > 0$ の領域)

$y < 0$ の領域と各変数を比較すると、

- 積分領域は反転； “無限遠から最近点” \Rightarrow “最近点から無限遠”，
- 電流の向き； x 成分が反転 ($dx, \tan \alpha dx, 0$) \Rightarrow ($-dx, \tan \alpha dx, 0$),

となるので、計算すれば、 $\mathbf{B}_{(+)} = \mathbf{B}_{(-)}$ となるのは明らかで、観測点での V 字型導線の作る \mathbf{B} は、

$$\mathbf{B} = \mathbf{B}_{(+)} + \mathbf{B}_{(-)} = 2\mathbf{B}_{(-)} = \left(0, 0, -\frac{\mu_0 I}{2\pi r_0} \tan \frac{\alpha}{2}\right) \leftarrow \text{答}, \quad (41)$$

となります。

この実験系で、 α を変化させ $|\mathbf{B}|$ が $\tan \frac{\alpha}{2}$ に依存することを示すことにより、関数を θ, r の変数分離型 (仮定 C) で表した上に、関数 $g(\theta) = \sin^3 \theta$ であると予測・検討をつけたことが、実験精度内で正しいということが検証されることになります。

この実験のもう一つ大切なことは、この V 字型導線電流は観測点に対して直線電流の場合と同じ対称性 (I_v と I_o が、それぞれ対称と反対称) を持つため、観測点と電流が作る平面上の \mathbf{B} の成分ベクトル \mathbf{B}_α が 0 に

(3)

$y < 0$ 領域からの磁束密度ベクトルは、例題2の式(40)より、

$$\mathbf{B}_{(-)} = \left(0, 0, -\frac{\mu_0 I}{4\pi r_0} \tan \frac{\alpha}{2}\right) \text{ となります。}$$

$y > 0$ 領域からの磁束密度ベクトルは、例題2の式(41)に $\alpha = 90$ 度を代入すれば得られるので、

$$\mathbf{B}_{(+)} = \left(0, 0, -\frac{\mu_0 I}{4\pi r_0}\right) \text{ となります。}$$

したがって、この電流系が観測点に作る磁場 $\mathbf{B}(r_0)$ は、

$$\mathbf{B}(r_0) = \mathbf{B}_{(-)} + \mathbf{B}_{(+)} = \left(0, 0, -\frac{\mu_0 I}{4\pi r_0} \left(1 + \tan \frac{\alpha}{2}\right)\right), \quad (50)$$

となります。

(4)

この電流系は、式(44)と(48)、式(45)と(49)の各組を見比べてもわかるように、観測点に対して対称性も反対称性もありません。

(5) I_0 のみが、 $\Delta \mathbf{B}(\alpha)$ に寄与し、その反対称性 Ω_- があり、積分操作によって数値の相殺が起こるために、平面 α 内の磁場が0になる”というのが、可能性(イ)でしたが、この問題では対称性が崩れており、反対称どころか対称もない非対称な電流系です。

しかし、この系の $x-y$ 平面内のどこにおいても、この面内成分の磁束密度ベクトルが観測されないという実験結果は、直線定常電流の作る α 面内磁束密度ベクトル \mathbf{B}_α は、反対称性によって面内の磁束密度ベクトルが0になるのではなく、可能性(ア)の“ $\Delta B_\alpha \equiv 0$ 、つまり、この面内磁束密度ベクトルは元から0”ということが正しいということを示唆していると考えられます。

2 考察

2.1 法則式から物理を読み解く時には

法則式(1)を見せられ、その式の読み取りで、

“直線電流によって作られる磁場は、その直線電流ベクトルと観測点からその導線へ下ろした垂線が作る位置ベクトルの外積ですから、磁場は電流とその位置ベクトルが作る平面に垂直で、右ネジの法則をあてはめてください。”

と教えられたと記憶しています。しかし、これは、法則式を導き出すために使った実験事実です。ビオ・サバルの法則を習いはじめた時も、直線定常電流の作る磁場との相違点、共通点について語られることもなかったと思います。また、微分 Δ に関してきちんとした概念を持たない高校でビオ・サバルの法則を習いはじめたのですから、微少区間電流が作る磁場という意味すらピンときませんでした。ですから、この法則式の意味や重要度が全く理解できなかったのも当然です。実際に、高校生の演習では使えない式ですから、この式の意味や物理的位置が理解できてなくても、二本の平行導線を通る電流間に働く力、またはローレンツ力(後述)が算出できれば、テストの点数は取れるのです。ですから、これらとビオ・サバルの法則との関連を教え理解させるのが、大学での電磁気学の勤めではないでしょうか。高校では、“定常電流による磁場 No. 1 - 直線電流の作る磁場 フレミング左手の法則と表式”の内容である二本の直線電流間に働く力とローレンツ力を徹底的に学ばせる電磁気学の授業が必要だと思います。

一般的に、いろいろな実験データを取り、さらに法則式を得るために物理的に考え抜き、実験結果をすり合わせて得られるのが、法則式なのです。そして、さらに

奥にある物理法則を予測し、検証実験を行い確かめていくことが物理の研究パターンです。

このテキストの実例で言えば、

二本の導線電流間に働く力の実験から、その力の大きさは電流の値に比例し、導線間距離に反比例し、向きは直線電流の右ネジの法則に従うという実験事実から式(1)を立て、この式から微少区間の電流の作る磁束密度ベクトルを仮定を立て可能な範囲で算出し、検証実験 §1.4.1、1.4.2 から微少区間電流の右ネジの法則までを検証し、外堀を埋めて、その根幹のビオ・サバルの法則式を突き止めたわけです。

ですから、実は、**法則式から、法則式を導き出すために使った実験事実を教えることは、全く逆の思考過程を教える事になるので嚴重な注意が必要です。**

このパターンは物理学の基礎分野の各部分で見られ、とても危険な落とし穴です。というのも、理科系の学生が“正しく科学的に順を追って論理的に思考する”という最も大切な過程を訓練できないばかりか、逆の過程を教えて、思考回路をあえてバラバラにさせてしまうのです。人類の科学能力を低く抑える典型的な誘導カリキュラムです。

また、このような魔の手から逃れている研究者はすでに70歳以上で、危機的な状況です。しかし、それ以外の大体の方々、学生や若い時に逆の思考パターンを詰め込まれて、自分の頭で正しく考え抜く手順を教わっていないため、一握りの悪質な知識人たちの言い成りにならざるおえなくなっているのが現状です。

偉そうに言う私も、学位を取るときには、そこを理論の恩師にとっても注意されたのですが、当時は何を注意されているのかピンとこなかったのです。ですから、先生がおっしゃられた通り、何も考えずに自分の記述を書き直していました。私は偶然、師に恵まれたから、この歳になって修正ができ、電磁気学を見直してみてもようやく恩師がおっしゃったことが正しかった、つまり「私も思考パターンが逆だった。」ということを実感した次第です。これが、思考パターンが逆であることを告げてくれない、告げられない師に入門していたなら、死ぬまで思考パターンは逆のまま、きっと物理にも現在のように復帰はできていないでしょう。

2.2 ビオ・サバルの法則の骨子

このビオ・サバルの法則式は、現在のところ実験結果を矛盾なく説明するとされています。

ビオ・サバルの法則式は、電流と磁場の間の対称性保存則(仮定A)や仮定B, Cや $g(\theta)$ の関数型の見当の元に導出(詳細は図7)したのですから、逆に言えば、ビオ・サバルの法則式が成り立つということは、電流と磁場の間には対称性が保存する物理現象、さらに、仮定B, Cや $g(\theta) = \sin^3 \theta$ が正しいと言えます。

もし、実験精度が上がり、この法則式が実際の実験と合わないとなれば、立てた仮定や予測見当を見直さなければなりません。しかし、そのような場合でも、現在まで矛盾する観測がなされていない以上、微細な部分での補正で済むと思います。

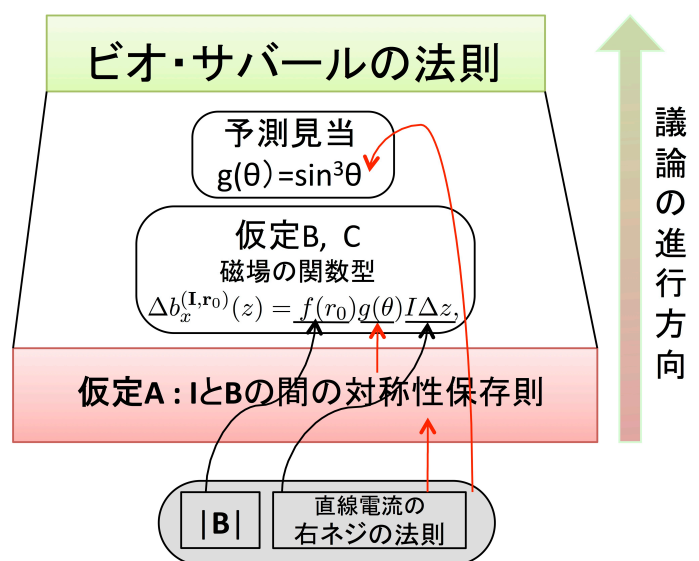


Figure 7: 実験結果(灰色)と対称性保存則仮定Aとビオ・サバルの法則の関係

ここで、もう一度、各仮定を個別に考えていきましょう。

直線定常電流によって作られる磁場は、“直線電流の右ネジの法則”で表現されますが、これは、まずは、仮定 A (対称性の保存則) の元で存在が設定されています。予測見当関数 $g(\theta) = \sin^3 \theta$ は、仮定 A が成り立つような関数型を選び、その方向が“直線電流の右ネジの法則”になるように符号が設定されています。

仮定 B と関数 $f(r_0)$ は磁束密度ベクトルの大きさを与えるように設定しています。

仮定 C は解析するために導入しましたが、実はとても重要で、対称性を担う $g(\theta)$ 関数と等方的距離関数 $f(r_0)$ を分離して現象が説明できるという前提のもとに仮定を立てています。

ただ実は、物理現象は、I-B 間で仮定した対称性保存の場合がほとんどで、対称性が保存しない場合は極めて稀です。

対称性の保存や破れ

対称性の破れといっても、 $\{\Omega_+\} \Rightarrow \{\Omega_-\}$, $\{\Omega_-\} \Rightarrow \{\Omega_+\}$ と言った反対称ぐらいしか、当方も知りません。

しかし、最近では、実験技術の向上のためか、この対称性の破れが報告されています。ヒッグス粒子などは、この領域での研究のようですが、結論ばかりがメディアで放送されます。でも、ビオ・サバールの法則と同様にその導出過程はあまりはっきりと説明されていません。素朴に考えていけば、ビオ・サバールの法則の導出過程の議論と同様だと思いますが、素粒子業界が莫大な研究予算の奪取を企て、急いで結論のみを発表したのかもしれませんが。莫大な予算を使う素粒子業界が、それに至る仮定の議論を正しく明確に発表していないのですから、物理業界全体が関わり監督するのが急務です。物理の業界で勤務している人たちは、現在は苦しい立場で呼吸困難を起こしているかもしれませんが、基本的に優秀で勤勉ですから、分野が違っても素朴に考えていけば、素粒子の話も必ず分かるはずです。

正しい法則は、きちんと説明されれば、かなり難しい数式を出されても直感的に概念をつかみやすいのですが、法則式を導く論理展開に間違いや逆転の論理展開があると、それを読む第三者は途端にその概念がつかみにくくなるのが、人のサガです。ビオ・サバールの法則式は複雑な上に、残念なことに後者の運命を辿っており、この式を導くまでの正しい議論の道筋を示す必要を感じました。私自身、この法則を初めて高校生で習った時に、あまりの複雑さに舌を巻いて不安にかられたのをよく覚えています。しかし、テストの経験を積み、「この式を理解しなくても点数は取れるんだ！」と居直りました。大学でもこれについて議論をする授業もなく、深い考察をしないまま、ここに至りました。ビオ・サバールの法則式は、私にとっては、そのままなあなあ物理議論を押し進めてしまうキッカケのトップバッターだという記憶がありましたので、紙面を割き、法則式導出に初挑戦しました。

2.3 ビオ・サバールの法則が語る電場と磁場と今後の展開

次に、§1.4.2 の例題 2 (5) から、

I_0 のみが、 $\Delta \mathbf{B}(\alpha)$ に寄与し、その反対称性 Ω_- があり、積分操作によって数値の相殺が起こるために、平面 α 内の磁場が 0 になる”というのが、可能性 (イ) でしたが、この問題では対称性が崩れており、反対称どころか対称もない非対称な電流系です。

しかし、この系の $x-y$ 平面内のどこにおいても、この面内成分の磁束密度ベクトルが観測されないという実験結果は、直線定常電流の作る α 面内磁束密度ベクトル \mathbf{B}_α は、反対称性によって面内の磁束密度ベクトルが 0 になるのではなく、可能性 (ア) の “ $\Delta B_\alpha \equiv 0$ 、つまり、この面内磁束密度ベクトルは元から 0 ”ということが正しいということを示唆していると考えられます。

という事実を得ました。これについて、もう少し詳細な議論をしましょう。そのため、直線定常電流、例題 1、例題 2 の電流系により形成される磁場 (磁束密度ベクトル) と複数の仮定を立て導出したビオ・サバールの法則式 (29) の結果を表 1 に整理したので参照してください。

この表から、観測点が電流に対して対称な位置にある場合と非対称な位置にある場合の双方で、 $\mathbf{B}_\alpha = \mathbf{0}$ に

Table 1: 定常電流の形状と形成される磁場

定常電流の形		観測点と電流が作る平面 α 上	α 面に垂直成分
直線	電流	$[I_v, I_o] = [\text{対称(偶関数)}, \text{反対称(奇関数)}]$	0
	磁場	$\mathbf{B}_\alpha = \mathbf{0}$	$\mathbf{B}_\perp = -\frac{\mu_0 I}{2\pi r_0}$
V字(例題1) 観測点=対称位置	電流	対称(偶関数) 反対称(奇関数)	0
	磁場	$\mathbf{B}_\alpha = \mathbf{0}$	$\mathbf{B}_\perp = -\frac{\mu_0 I}{2\pi r_0} \tan \frac{\alpha}{2}$
V字(例題2) 観測点=非対称位置	電流	非対称 非対称	0
	磁場	$\mathbf{B}_\alpha = \mathbf{0}$	$\mathbf{B}_\perp = -\frac{\mu_0 I}{4\pi r_0} (1 + \tan \frac{\alpha}{2})$
微少区間:z ビオ・サバルの法則	電流	$[I_v, I_o] = [I \sin \theta, I \cos \theta]$	0
	磁場	不明	$\Delta \mathbf{B}_\perp = -\frac{\mu_0 I_v}{4\pi r^2} dz$

なっています。このことから、 I_o の反対称性が崩れ $\int_{-\pi}^{\pi} I_o d\theta \equiv 0$ とはならない時でも、 $\mathbf{B}_\alpha = \mathbf{0}$ になることが判明しました。これにより、 $\Delta \mathbf{B}_\alpha \equiv 0$ とはならなければ $\mathbf{B}_\alpha = \mathbf{0}$ にならないという結論にいたり、可能性 (イ) は消えます。つまり、可能性 (ア) が残ります。換言すれば、検証実験 §1.4.2 から

$\Delta \mathbf{B}_\alpha$ への寄与は、 I_o (Ω_-) も I_v (Ω_+) もなく、 $\Delta \mathbf{B}_\alpha \equiv 0$ となり、 $\mathbf{B}_\alpha \equiv 0$ になる。

が正しい事が明らかになり、最終的なビオ・サバルの法則式 (34) や (37) が得られるのです。

$\mathbf{I} \Rightarrow \mathbf{B}$ への対称性の変化を、それぞれの対称性を Ω_I, Ω_B と置くと、 $\Omega_I = \{\emptyset, \Omega_+, \Omega_-, \Omega_+ \oplus \Omega_-\} \Rightarrow \Omega_B = \{\emptyset, \Omega_+\}$ と書き表せます。

他方、仮定を立てて得たビオ・サバルの法則式 (34) は、 $I_v = I \sin \theta$ であることに留意すると、

$$\Delta \mathbf{B} = (\Delta \mathbf{B}_\alpha \quad \Delta \mathbf{B}_\perp) = \left(\mathbf{0} \quad -\frac{\mu_0 I \sin \theta}{4\pi r^2} dz \right) = \left(\mathbf{0} \quad -\frac{\mu_0 I_v}{4\pi r^2} dz \right) \quad (51)$$

と書き換えられます。この法則式も、「磁束密度ベクトル \mathbf{B} の大きさを決定するのは I_v のみで、 I_o が不必要なことを示しています。」と、よく説明されます。しかし、何度も繰り返しますが、これは、 $g(\theta) = \sin^3 \theta$ と仮定した時点で実現されるのであって、ここだけを見せられて、 I_o, I_v の寄与を読み取るのは間違えです。正確に言えば、動く電荷は磁場を作るという発見から、いくつかの実験でその理論の体系化を図り、微少区間の電流が観測点に作る磁場の大きさは、 $I_v = I \sin \theta$ に比例することを示すことができたということです。

I_v は、観測点と電流位置を結ぶ方向に対して垂直な方向の電流成分で、電流を観測点から“等位置に保つ”成分です、これが観測点の磁場を作っているとも言えます。

他方、電流が観測点から“近づいたり遠のいたり”する成分である $I_o = I \cos \theta$ は磁場 (の強さ) を決定していません。

さて、このことは、物理的に何を意味するのでしょうか? という問いに踏み込んでみます。

ここでもし観測点に静止した固定電荷があった場合、この電荷が作る電場と相互作用する成分は、 I_o か I_v かと考えてみましょう。 I_o は、この静電荷に“近づいたり遠のいたり”する成分なので、この静電荷が作る磁場に対して位置エネルギーを変化させる成分ですから、物理的に相互作用を生じさせます。一方、 I_v はこの静電場と垂直な関係なので、この動く電荷に対し、静電場との仕事のやり取りを生じさせず、位置エネルギーの変化を生じさせません。つまり、 I_v は物理的にこの静電場と相互作用がありません。

“二本の直線電流間の力” (冊子 定常電流による磁場 No. 1, §2-2) で示した通り、一方の導線に電流を流しても、もう片方の導線に電流を流さなければ、両導線間に力が生じないという結果から、電荷は動かない

と磁場から力を受けないので、この仮に置いた固定静電荷は、 I_v の作る磁場を感じることはありませんが、静電荷は I_o と電氣的相互作用を持ちます。これは、実は、電場と相互作用するのは電場であるという立場（詳細は後の冊子）に立てば、 I_o は電場を作る成分とも捉えることができます。

また、動く電荷は磁場を作るだけでなく、別の回路に電流を誘導するのではないかと考えた人物がファラデーだったのです。しかし、有名な“2つの回路の実験”から、彼は「定常運動する電荷（定常電流）は他の回路に電流を誘導しない。」ことを発見しました。

この実験を皮切りに、ファラデーは電荷の運動と電場と磁場の関係を示した電磁誘導の法則を見出しますが、これはマックスウェルの方程式にまとめられていきます。詳細の記述は後の冊子に譲ります。お楽しみにしてください。

(つづく)