

物理学を本格的に学ぶ「ファインマン物理学」

徐 丙鉄 (情報学科)

電磁気学は、クーロン、アンペール、なかんずくファラデーの実験によって現象が解明され、その基本法則は、マクスウェルによって集大成された4つの方程式と電荷に働く力を表す式で構成される。

マクスウェル方程

$$\nabla \cdot \mathbf{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0} \qquad \nabla \times \mathbf{E} + \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} = 0$$

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0 \qquad \nabla \times \mathbf{B} = \frac{1}{c^2} \left(\mathbf{J} + \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \right)$$

ローレンツ力

$$\mathbf{F} = q(\mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{B})$$

ボルツマンは「電気と光のマクスウェル理論講義」第2巻冒頭でゲーテの小説「ファウスト」から引用してマクスウェル方程式を次のようにたたえた。

この符を書いたのは神ではあるまいか。己の内生活の騒擾を鎮めて、歓喜を己の不便な胸のうちに充たし、己の身を取り巻いている自然の、一切の力を、微妙に促して暴露させて見せるのはこの符だ
ゲーテ「ファウスト」森鷗外訳 (青空文庫)

古典物理学の一分野と見なされ、上記方程式により完成された体系と考えられている電磁気学は、「本当にすべて解明できているのか」、物理学者にとって不審な点はないか。

偉大な実験家ファラデーによって発見された電磁誘導現象の「磁束の規則」は不思議だと指摘する物理学者がいる。磁束の規則とは、「コイルと磁石があり、コイルまたは磁石が動いてコイルを貫く磁束が変化すると、その磁束の変化率に比例してコイルに起電力が発生する」という規則である。このとき起電力の発生を説明するのに、①コイルが動く場合はローレンツ力 $\mathbf{v} \times \mathbf{B}$ で説明し、②磁石が動く場合は誘導電場 \mathbf{E} で説明する。このことを指して、ファインマンは次のように言った。

われわれは物理学のほかの所ではどこにも、このように単純で正確な一般法則（磁束の規則）がほんとうの理解のために二つのちがった現象（ローレンツ力と誘導電場）による分析を必要とする場合を知らない。普通にはこのような美しい一般化は唯一の深い、基礎原理から導かれることがわかる。しかるに、今の場合にはこのような深い意味はみられない。われわれは“規則”を二つの全く別の現象を結び合わせた効果と理解するより仕方がない。

ファインマン「ファインマン物理学 III 電磁気学」(岩波書店 1986年) p.213~214
上記引用文中の(・・・): 著者追加



砂川重信「理論電磁気学」(紀伊国屋書店 1973年)にも同様な指摘がある。

この法則は、磁束密度の変化による誘導法則と、Lorentzの力による起電力の発生の法則というまったく異なる2種の法則を一つの形式にまとめたものであって、なぜこのように本質的に異なる法則がただ一つの形式にまとめられるのか、その理由を知っている人はいない。(p.25)

ファインマン物理学は、物理的直観と洞察に秀でた理論物理学者が、「物理学をどのように理解しているか、何を疑問に思うか、そして物理学をどのように実行しているか、」その舞台裏と手の内が明かされており、さらに通常では耳にすることのない物理学者の内心の「つぶやき」も書かれている。

最後に一言。電磁波の存在を実証したヘルツは「数式はそれを発見した人より頭がいい」と言った。そのようなことは物理学では普通に起きている。