



現代のバルマー先生求む！

谷村省吾

数学者や物理学者の中には数字に強い人とそうではない人がいる。数字に弱いというよりは、具体的な数に興味がないのかもしれない。でもそれはもったいない気がする。

数字に対する強さという点で、この人はすごい、と私が思うのはバルマー (Balmer) という人だ。バルマーは 1885 年に水素原子のスペクトルの公式を考案した。当時、観測事実として、物質を原子単位まで細かくすると、原子は特定の波長の光だけを吸収または放出することが知られていた (原子の実在性は疑われていたが、光が見えることは事実だ)。原子の種類に応じて決まる光の波長 λ をスペクトルという。水素原子については 4 つのスペクトル値 (6562.10, 4860.74, 4340.10, 4101.20×10^{-10} メートル) が精密に測られていた。さて、この数列に何らかの規則性があるか？ というのが問題であった。バルマーは

$$\lambda = H \frac{m^2}{m^2 - 2^2}$$

という規則性を見出した。 $H = 3645.6 \times 10^{-10}$ メートルは定数。 m に整数 3, 4, 5, 6 を代入して得られる値は実測値に非常に近い。バルマーは $m = 7$ に対する観測データを知らずにその存在を予測した。結局、当時知られていた 12 個のスペクトル全部について計算値は実測値に的中した。

バルマーの公式の両辺の逆数は

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{4}{H} \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right) = R \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)$$

と書ける。これはリュードベリの公式と呼ばれている。 $n = 2$ の場合がバルマーの公式である。この式は「原子の状態に番号を付けることができて、その番号ごとに原子は何か決まった量を持っており、原子が番号 m の状態から番号 n の状態に移るとき、その状態量の差に応じて決まった波長の光を出す」と解釈できる。その後、「番号 n の状態」は原子のエネルギー単位と同定された。量子論の幕開けである。

バルマーはスイスの数学教師だった (ヤンマー『量子力学史 1』を参照)。数が大好きで、ピラミッドの階段の数や動物の数などに興味があったらしい。バルマーが「数字研究のねたが尽きた」と言ったとき、友人の物理学者が「だったらこの数字を調べてみないか」と水素のスペクトルを教えたことが研究のきっかけだった。そしてバルマーが出した答えは、20 世紀に量子力学として開花した。バルマーが量子力学を見越していたわけではないだろうが、バルマーは最初の重要な一歩を踏み出したのである。

ここで問題。現代物理の謎は、素粒子の質量である。ヨーロッパの LHC 加速器は素粒子の質量の起源となるヒッグス粒子を探している。しかし、ヒッグスが見つかったとしても、素粒子の質量がなぜその値になっているのかはわからない。まだ誰も素粒子の正しい質量公式を知らない。21 世紀のバルマー先生が登場することを期待する。

分類名	素粒子(質量; 単位 eV はエレクトロンボルト)			
クォーク	u アップ(1.7〜3.1MeV)	c チャーム(1,180〜1,340MeV)	t トップ(173,000MeV)	
	d ダウン(4.1〜5.7MeV)	s ストレンジ(80〜130MeV)	b ボトム(4,200MeV)	
レプトン	e 電子(0.510999MeV)	μ ミュー粒子(105.6584MeV)	τ タウ粒子(1776.8MeV)	
	ν_e 電子ニュートリノ(?)	ν_μ ミューニュートリノ(?)	ν_τ タウニュートリノ(?)	
ゲージボソン	γ 光子(0)	$W^\pm$ (80,400MeV), Z^0 (91,190MeV)		g グルオン(0)
未発見	グラヴィトン(0のはず), ヒッグス粒子(115〜130GeVの範囲にありそう／2011年12月)			

現在知られている素粒子の質量。Particle Data Group による。クォークは単離できないため、質量は間接的にしか測れない。ニュートリノは非常に軽く、質量の実測値は確定していない。

(たにむら しょうご / 名古屋大学)