

特集 / 物理定数のプロフィール

定数は本当に定数か？

藤井 保憲

物理の中でも最も基礎的な部分には、次のような「基本定数」と言うべきものがある。すなわち c, \hbar, e, m_e, G などがそれである。 c は光速、 \hbar は Planck 定数 h を 2π で割ったもの、 e は電子など荷電粒子の持つ「素電荷」、 m_e は電子質量、 G は重力定数、あるいは万有引力定数と呼ばれる量である。長い間、これらの「定数」は文字どおり不変で、一定の値を持つものと考えられてきた。このような「常識」に挑んだのが Dirac で、1937 年のことである。彼はとくに G が宇宙の進化とともに時間的な変化をしているはずだ、という考えを述べた。

これは人々を驚かせたようで、その後、定数が実は時間とともにわずかに変化しているのではないか、という考えがいろいろな理由で論じられるきっかけとなった。この Dirac の考えについては杉山氏の稿でも触れられているが、それを取り巻く事情、考え方についての話題もあるので、ここでも簡単に取り上げておこう。

Dirac が注目したのは、電気的な力と重力との強さの違いである。と言っても重力は、物体の質量に比例するので、どれくらいの質量のものを考えるかが重要である。しかし、基本的な物体としては、いわゆる素粒子を考えるべきだろう。たと

えば、2 個の電子の間に働く重力、クーロン力は、それぞれ

$$f_G = \frac{Gm_e^2}{r^2}, \quad f_e = \frac{e^2}{4\pi r^2}$$

と与えられる。どちらも距離 r に逆比例するので、これらの比をとると

$$R \equiv \frac{f_G}{f_e} = 4\pi \frac{Gm_e^2}{e^2} \quad (1)$$

という定数となる。右辺の値を求めるには、直接 G, m_e, e などの値を代入してもよいが、次のような方法もよく使われる。 G を $\hbar c$ で割ると質量の -2 乗の次元を持つことがわかる。そこで

$$\frac{G}{\hbar c} \equiv M_P^{-2}$$

によってプランク質量 M_P を定義する。これは $2.181 \times 10^{-8} \text{kg}$ となり、ミクロな値と比べて非常に「大きな」値である。これを使うと (1) の比は

$$R = \left(\frac{m_e}{M_P} \right)^2 \frac{1}{\alpha} \quad (2)$$

となる。ここで α は

$$\alpha = \frac{e^2}{4\pi\hbar c}$$

と定義される無次元の量で、原子の量子力学で「微