

前報 (Vol.89) で示したとおり、「基本」単位と言っても、そのいくつかは他の基本単位に依存しています。これは例えば光と温度のように、まったく異なる現象と思われたものが本質的にはエネルギーの一形態であったように、さらには質量もエネルギーと等価であったように、無関係と思われた相互の関係が明らかになったからでもあります。無関係であったと目された現象にそれぞれ付与された単位も、現象が相互に関係するなら一方の単位を別の単位で肩代わりすることが出来ます。言い換えれば、「基本」単位と思っていたのが、実は「組立」単位だった、という訳です。同時にこのような相互作用、あるいは冗長性は、単位系をより堅固にするための検証手段にもなります。例えば質量とエネルギーが等価だからこそ、プランク定数(エネルギーの単位)とアボガドロ定数(原子等、粒子の個数に関わる単位)という二つの定数から相互に質量の再定義が妥当 (Vol.76) であるか検証できるのです。

これまで触れてきた定義改定後の基本 7 単位の定義に関わる物理定数をまとめると、表 1 のようになります。

表 1. 定義改定後の基本 7 単位の定義に関わる物理定数 (*は変更無し)

基本量	関係する基礎物理定数 または自然定数	シンボル	値	単位
時間*	セシウム 133 原子の超微細構造順位の間の遷移に対応する放射周期	$\Delta\nu_{Cs}$	9 192 631 770	Hz
長さ*	真空中の光速度	c	299 792 458	m s ⁻¹
質量	プランク定数	h	6.626 070 040 ×10 ⁻³⁴	J s 又は kg m ² s ⁻¹
電流	電気素量	e	1.602 176 620 8 ×10 ⁻¹⁹	C
熱力学温度	ボルツマン定数	k	1.380 648 52 ×10 ⁻²³	J K ⁻¹ 又は kg m ² s ⁻² K ⁻¹
物質数	アボガドロ定数	N_A	6.022 140 857 ×10 ²³	mol ⁻¹
照度*	視感効率	K_{cd}	683	lm W ⁻¹

定義の改定前後に値に変動が生じないように、基本量と結びつけられる定数は慎重に評価されます。表 1 に示した定数の膨大な桁数は、なにも暗記の能力を試すためではなく、先に決められたメートルやキログラムとつじつまを合わせるために精密計測に注がれた研究者の叡智と努力の表れなのです。

ところでメートルの起源は、「北極点から赤道までの子午線の距離を 1 千万分の 1 にした長さ」でした。つまり地球を球と見なした時、外周のピッタリ 4 千万分の 1 がメートル(但し扁平率や実際に測量可能な陸域を考慮して北極点から赤道までとした)ということです。それまで使われていた種々の長さ単位をきっぱり捨て去り、新たに決めたからこのようにキリのよい関係が成り立ったのです。その代わり、それまで使われていた長さは半端な数

文責: 臼田孝 本文章は個人の見解であり筆者が属する如何なる組織を代弁するものでもありません。引用明記のない写真・図版は筆者または産業技術総合研究所に帰属します。

で換算する必要が出たはずですが。メートル法が施行されても新しい物差しが普及するまでは古い物差しを換算して使わざるを得ず、当時の人も「なぜメートルはこんなキリの悪い長さなんだ」とぼやいたはずですが。

もしこれまで使った単位を捨てる事が許され、現在の科学的知見から改めて合理的な単位系を構築したとしたら、どんな単位と定義が考えられるでしょうか。

光速度もプランク定数もボルツマン定数も、人間の存在以前から成り立っていた関係です。その関係は地球だけでなく、この宇宙どこでも成り立っています。そこでいっそ、これら普遍定数を「1」にしてしまい、質量も長さもその組み合わせで表す、ということが考えられます。このような、普遍定数を「1」（正規化）とする考え方を、一般に「自然単位系」と呼びます。その際、どの定数を「1」とするかいくつか考え方があるのですが、そのうちのひとつ、プランク単位系を紹介します。プランク単位系ではつぎの5つの普遍定数を1とおきます。

表 2. プランク単位系に関わる基礎物理定数

基礎物理定数	シンボル	値	次元
真空中の光速度	c	1	$L T^{-1}$
換算プランク定数 (ディラック定数)	$\hbar = h/2\pi$ プランク定数を 2π で割ったもの プランク定数が周波数とエネルギーの 比例関係を示すのに対して、換算プランク 定数は角周波数との比例関係を示す	1	ML^2T^{-1}
万有引力定数	G	1	$M^{-1}L^3T^{-2}$
ボルツマン定数	k	1	$ML^2T^{-2}\Theta^{-1}$
クーロン力定数	$1/4\pi\epsilon_0$	1	$Q^{-2}ML^3T^{-2}$

表の次元は、長さ L、時間 T、質量 M、温度 Θ 、電荷 Q、としたときの関係を表しています。プランク定数はエネルギーの最小単位でした。同様に、長さや時間でも、理論上の最小単位をプランク長さ、プランク時間、などとします。例えば長さは質量を持つ物質同士が近づける最小の長さとして（無限に近づけると、万有引力が無限に大きくなるとい

う矛盾が生じる）。詳細は省きますが、その最小の長さは $\sqrt{\hbar G/c^3}$ となります。ちなみこれをメートルで表すとおよそ 1.62×10^{-35} メートルとなります。実感しがたいことですが、これ以上短い長さは意味を持たず、実体があるものはどんな微小な長さも、逆に長大な長さも、このプランク長さの倍数で表せる、ということです。

自然単位は「神の単位」、「究極の単位」とも言われます。宇宙のどこでも、どんなスケールでも成り立つので、例えば宇宙人と単位を共有するにはこれが合理的、とも言われます。もちろん、これが人間生活のリアルな世界で便利かということそうはいきません。こう考えると単位というのは科学的な合理性である一方、社会的合意事項でもある、ということが良くわかるのではないのでしょうか。

文責: 臼田孝 本文章は個人の見解であり筆者が属する如何なる組織を代弁するものでもありません。引用明記のない写真・図版は筆者または産業技術総合研究所に帰属します。