

Title	SI 単位とその表記法について
Author(s)	池上, 健司
Journal	歯科学報, 115(2): 93-97
URL	http://hdl.handle.net/10130/3591
Right	

教育ノート

SI 単位とその表記法について

SI units and the method of writing unit symbols



池上 健司
Kenji Ikegami

東京歯科大学物理学研究室 准教授

略歴 1989年千葉大学理学部物理学科卒業, 1994年千葉大学自然科学研究科物質基礎科学専攻修了(博士(理学)), 1996年より東京歯科大学物理学研究室講師, 2007年より現職。研究テーマ: S プレイン解と宇宙密度揺らぎの発展 趣味: 星を見ること

キーワード: SI 基本単位, SI 組立単位, SI 接頭語, 非 SI 単位

Key words: SI base unit, SI derived unit, SI prefix, non SI unit

(2014年12月17日受付, 2015年1月21日受理, 歯科学報 115: 93-97, 2015.)

1. はじめに

「単位なんて簡単だ」と思われる方も多いと思う。特に最近では身の回りの単位はほとんどSI単位になっており, SI単位を意識することも少なくなっている。しかし, SI単位のシステムや表記法を詳しく学んだ方は少ないのではないだろうか。そのためか, 力の単位にkgを使うなどテレビや新聞などでも誤った単位が使われることが少なくない。単位のシステムや表記法を誤って理解していると, 単位換算を行うときに混乱を来すことになるし, 公文書を提出する際に問題が生じるかもしれない。もちろん, 学術論文などでSI準拠の表記法でデータを書かないと掲載誌から修正を要求されるだろう。

単位は計量の基礎であり, 計量法という国内法で厳密に規定されている。計量法第8条第1項において「法定計量単位以外の計量単位(非法定計量単位)は, 第2条第1項第1号に掲げる物象の状態の量について, 取引又は証明に用いてはならない。」と定めており, 72の物象の状態の量について使用できる単位を指定している^{1,2)}。法定計量単位とは, 一部の例外を除き, 基本的にSI単位と思って良い。また,

この72の物象の状態の量には力・圧力・粘度・濃度・放射能など歯科でもよく使われる量も含まれる。このように, 取引や証明における文書では基本的にSI単位を用いなければならず, 上述の計量法第8条第1項に違反した場合は, 五十万円以下の罰金という罰則規定もある(計量法第173条)。

取引や証明だけでなく, 様々な場面で計量は欠かすことが出来ず, よって単位の正しい理解も必要である。さらに, 医療と理学・工学の協力がますます活発になると予想される現代では, 本誌にて単位のシステムと表記法を詳しく解説することが役立つこともあるだろう。このような理由から, 本稿ではSI単位とその表記法を詳しく解説したいと思う。

2. SI 単位の歴史

SIとは, 国際単位系(Le Système international d'unités)の略称である。SI単位が制定される背景となったのは, 各国が勝手な単位を用いて計量を行っていたことによる国際的な取引での混乱であり, 制定にはフランスが中心的な役割を果たした。フランス政府は全世界で受け入れられるような統一的な単位系としてメートル法を作成し, 1799年に公

布した。1875年にはメートル条約とよばれる国際条約が締結され、その後もモルの追加など変更があり、1960年にメートル法を基として第11回国際度量衡総会は国際単位系(SI)を採択した³⁻⁶⁾。日本の計量法もこれを基礎としている。

メートル法の創設時、メートルは単位全体の基本とされ、「子午線(地球を北極点と南極点を通るように平面で切ったとき切り口に現れる円)の4000万分の1」という定義だった。しかし、これでは正確な定義は難しいので、1799年にはアルシーブ原器とよばれる人工物が作成され、これの長さがメートル法でのメートルの定義となった。メートルはその後も幾度か定義が変更され、1983年に現在の定義「メートルは、1秒の299 792 458分の1の時間に光が真空を進む行程の長さ」に変わった^{3,4)}。今や、真空中を伝わる光の速さ299 792 458 m/sは測定値でなく、定義値なのである。一方、質量の単位も、メートル法の創設時はアルシーブ原器の質量により定義され、1889年より国際キログラム原器という人工物の質量で定義され、現在に至る。また、時間の単位である秒は1967年までは地球の自転から定義されていたが、現在の秒は「セシウム133の原子の基底状態の2つの超微細構造準位の間の遷移に対応する放射の9 192 631 770周期の継続時間」と定義されている^{3,4)}。さらに、この定義は、2019年以降に変更が予定されている。SIの基本量(長さ・質量・時間・電流・熱力学温度(絶対温度)・物質質量・光度)の単位はすべて厳密に定義されているが、ここではこれ以上触れないでおく。

3. SI 単位とは何か

量(物理量)を表すとき重要なのは、「量は、数値×単位の形をしている」ということである。例えば1.7 mとは1.7×mのことである。次に重要なのは、SIでは、長さ・質量・時間・電流・温度・物質質量・光度の7つを基本量とするということである。そして、基本量以外のすべての量(物理量)も、いくつかの基本(物理)量の積と商で記述できる。いくつかの基本量の積と商で表される量を組立量と呼ぶ。以下で、基本量と組立量の単位を別々に説明する。

1) SI 基本単位(SI base unit)

上記の基本量(SI基本量)に対する単位として、SIでは7つのSI基本単位(表1)を定義する。

cd以外はどれも良く聞く単位である。SIに含まれる単位はほぼすべて、この7つのSI基本単位を基とするのである。

2) SI 組立単位

組立量は基本量の乗除で得られるものであるから、組立量の単位もSI基本単位の乗除で得られる。数字がかけ算されず、SI基本単位もしくはその乗除だけで得られる単位のことを「一貫性のあるSI単位」という。よって、cmのように接頭語がついている単位は、SI基本単位に数字($c=10^{-2}$)が掛けられているので一貫性のあるSI単位ではない。ただしkgは例外で、kgはSI基本単位なので一貫性のあるSI単位であり、一方gは一貫性のあるSI単位ではない。SIの重要な特徴は、1つの量に1つだけの「一貫性のあるSI単位」が与えられていることである。その利点は、一貫性のあるSI単位だけを使うならば、計算に単位換算が全く出てこないことであり、「一貫性」という言葉はこの性質を表している。よって、数字がかけ算されず、SI基本単位の乗除だけで得られる単位は「一貫性のあるSI組立単位」というのであるが、本稿では以下で、紛らわしい時を除き、この「一貫性のあるSI組立単位」のことをただ「SI組立単位」と書くことにする。

SI組立単位には様々なものがあり、いくつかには固有の名称と記号が認められている。SI組立単位の例を表2、3に示す。

表1 SI基本量とSI基本単位

基本量	SI基本単位	記号
長さ	メートル	m
質量	キログラム	kg
時間	秒	s
電流	アンペア	A
熱力学温度	ケルビン	K
物質質量	モル	mol
光度	カンデラ	cd

表2 SI組立単位の例(固有の名称があるもの)

組立量	SI組立単位の固有の名称	固有の単位記号	SI基本単位による表し方
力	ニュートン	N	$\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$
圧力	パスカル	Pa	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$
放射能	ベクレル	Bq	s^{-1}
セルシウス温度	セルシウス度	°C	K ^(注1)

前述のように、1つの量に1つだけ一貫性のあるSI単位が与えられている。SIに含まれない単位の例としては、力の単位 kgf や長さの単位 ft(フィート)などがある。この2つのように、SI基本単位を基に作られていない単位、つまりSI基本単位の乗除に10の整数乗を掛けても得られない単位はSIに含めない。このことから、10の整数乗の数字はcなどのSI接頭語で表せることを考慮すると、結局、SIには「SI基本単位」「SI組立単位」と「これらにcなどの接頭語が付いた単位」の3種類が含まれることになる。国際度量衡委員会の2001年での承認^(注2)とは食い違いが、これらのうち「SI基本単位」と「SI組立単位」を合わせた単位を「SI単位」と考えると分かりやすい。よって、以下ではこの意味でSI単位という言葉を使う。よって、L(リットル)は 10^{-3}m^3 であるから、「SI単位」でない³⁾。また前述のように、この「SI単位」だけを使えば、単位換算もいらず、計算が簡単である。

4. SI単位の表記法

SI単位の表記には厳密なルールがある³⁾。主なものを以下に書く。

- (1) 単位の記号はローマン体(立体)で書く。
- (2) 文末以外で終止符(ピリオド)を付けないし、複数を表すsも付けない。
- (3) $L=2.5 \text{m}$ のように、量の記号は斜体(イタリック体)で書く。
- (4) いかなる量もただ1つのSI単位をもつ。(ただし固有の単位記号をもつ組立単位を用いると、何通りかの表現にはなりうる)
- (5) 単位記号の積(かけ算)は空白や中点(·)で表す。
例： $\text{N} \cdot \text{m}$ または Nm
- (6) 商(割り算)は斜線(/)や負の指数($^{-2}$ など)で表

表3 SI組立単位の例(固有の名称がないもの)

組立量	単位記号	SI基本単位による表し方
面積	m^2	m^2
粘度	$\text{Pa} \cdot \text{s}$	$\text{m}^{-1} \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$
モル濃度	mol/m^3	$\text{m}^{-3} \cdot \text{mol}$

す。斜線(/)は原則1回のみ使用可とする。
例： m/s , $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ または $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, $\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ または $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ($\text{m}/\text{s}/\text{s}$ または $\text{J}/\text{kg}/\text{K}$ は不適)

数字についても、以下に主な表記のルールを書く。

- (7) 数字の桁数が大きい場合は、1.602 176 53のように小数点を基準に3桁ずつグループにして、その間にスペースを入れても良い。ただし、数字の間にピリオドやカンマを入れてはいけない。
- (8) 数値に不確かさがある場合は、数字列の最後に括弧をつけて、その中に最後の桁の不確かさを挿入する。例えば、 $e=1.602\ 176\ 53(14) \times 10^{-19} \text{C}$ のように与えられる。

上記(7)で数字の桁数が多い場合にカンマを使わないのは、カンマを小数点として使う表記法(フランス式)があるからだと思われる。

5. SI接頭語(SI prefix)

大きい量や小さい量を表す際に、k(キロ)やm(ミリ)のようなSI接頭語を用いて良い。例えば、 $0.000\ 001 \text{m}$ を $1 \mu\text{m}$ と書くことはSIで認められている。接頭語はあらゆるSI単位に1つだけつけて良い。しかしkgは例外である。歴史的な経緯から、基本単位のkgははじめから接頭語のkがついている。大きな質量や小さな質量を表す場合は、

kg に接頭語を付けるのではなく、g に1つだけ接頭語をつける。例えば、 μkg とは書かずに、mg と書く。また、接頭語がついた単位は、他の SI 単位との換算で数値が出るので、もはや SI 単位でないことに注意が必要である。ここでも kg は例外である。kg は接頭語 k がついているが、SI 基本単位であり、SI 単位でもある。kg 以外の、接頭語が付いた単位を「SI 単位の倍量および分量」という³⁾。

接頭語がついた単位を用いると、SI の大切な性質である一貫性(組立単位をつくるときに1以外の数が出ないこと)が失われ、単位換算が必要になる。計算の間違いを避けるためには、接頭語の使用は避け、10 の整数乗を用いるべきである。しかし、間違いの心配がない場合、接頭語は便利である。なお、日本では万・億・兆というように4桁ごとに数の言い方が変わるが、西洋では3桁ごとというところが多いようである。そのためか、以下の SI 接頭語も k, M, G のように、多くが3桁ごとになっている。

SI 接頭語でよく使うものを表4に示す。

SI 接頭語を使う際の主な注意点を以下にまとめる。

- ① 接頭語と単位を合わせて1語を形成し、間に空白を入れない。例えば、ms はメートルと秒の積であるが、ms はミリ秒を表す。
- ② 1つの単位には1つだけ接頭語をつけられる。
- ③ cm^3 のように、接頭語付きの単位に指数が付されているときは、その指数は $1\text{ cm}^3 = (10^{-2}\text{ m})^3 = 10^{-6}\text{ m}^3$ 、あるいは、 $1\ \mu\text{s}^{-1} = (10^{-6}\text{ s})^{-1} = 10^6\text{ s}^{-1}$ のように、母体となる単位と接頭語の両方が累乗される。
- ④ 2つ以上の単位を組み合わせて表現する単位には、接頭語を1つだけ用いる。ただし、kg は SI

表4 特によく使う SI 接頭語

乗数	名称	記号	乗数	名称	記号
10^2	ヘクト	h	10^{-2}	センチ	c
10^3	キロ	k	10^{-3}	ミリ	m
10^6	メガ	M	10^{-6}	マイクロ	μ
10^9	ギガ	G	10^{-9}	ナノ	n
10^{12}	テラ	T	10^{-12}	ピコ	p

基本単位であるから、接頭語付きの単位と見なさない。例： $\text{km} \cdot \text{s}$ ($\text{Mm} \cdot \text{ms}$ とは表さない)

6. 非 SI 単位(non SI unit)

医療や化学で体積を L (リットル) で表す場合が多くある。L は非 SI 単位だが、SI や計量法にて SI 単位と併用が認められている。ただし、記号 ℓ の使用は認められない。また、SI で使うことが推奨されないものでも、計量法で使用が認められているものもある。非 SI 単位の例を表5, 6に示す。

表にあるように分、時、日は非 SI 単位だが計量法で使用可となっているが、年は非 SI 単位であり計量法でも使用不可となっている。閏年の関係で正確に時間を指定できないからであろうか。熱量の cal は SI に属さず、推奨もされない単位であり、 $1\text{ cal} = 4.184\text{ J}$ (定義値) を用いて書き直すべきである。表にはないが、モル体積濃度は現在 $M = \text{mol/L}$ がよく使われるが、SI の考え方からいけば、 mol/m^3 を使うべきである。

7. 最後に

歯科では、力に関連する教育・研究が多くある。力の SI 単位はニュートン(N)である。テレビなどのメディアで未だに「咬合力の大きさは約 60 kg」のような言葉が出てくるが、これは誤りである。kg は質量の SI 単位であり、力を kg で表すことはできない。

表5 非 SI 単位の例(SI 単位との併用が認められているもの)

量	非 SI 単位	単位記号	計量法での扱い
時間	分、時、日	min, h, d	使用可(法定計量単位)
体積	リットル	L, l	使用可(法定計量単位)
質量	トン	t	使用可(法定計量単位)
圧力	水銀柱ミリメートル	mmHg	血圧に限り使用可

表6 非 SI 単位の例(SI で使うことが推奨されないもの)

量	非 SI 単位	単位記号	計量法での扱い
長さ	ミクロン	μ	使用不可
面積	アール	a	土地面積に限り使用可
熱量	カロリー	cal	栄養、代謝に限り使用可
圧力	気圧	atm	使用可(法定計量単位)

SI 単位について説明してきたが、明快に説明できたであろうか。もし読者の方々のお役に立てたなら幸甚である。独立行政法人 産業技術総合研究所から簡単な SI 単位のパンフレット⁷⁾も出ており、参考にしてもらいたい。

注 1) 組立単位 $^{\circ}\text{C}$ は SI 基本単位の乗除で得られていないように見えるかもしれない。セルシウス温度 t と熱力学温度(絶対温度) T との関係は、 $t = T - T_0$ ($T_0 = 273.15 \text{ K}$ (定義値)) である。よって、温度差を表す場合は $^{\circ}\text{C}$ と K のどちらによる表記でも同じ(温度差 $1^{\circ}\text{C} =$ 温度差 1 K) になる。つまり $^{\circ}\text{C}$ はセルシウス温度の表示のために使われるが、単位 K と同じものである。そのため、前述の通り、組立単位 $^{\circ}\text{C}$ は基本単位の乗除(K の 1 乗)で与えられている。

注 2) 国際度量衡委員会の 2001 年での承認によると、「SI 単位(SI units 及び units of the SI)は、基本単位、一貫性のある組立単位、及び接頭語と結合することによって得られるすべての単位の名称と見なされるべきである」とある。また「基本単位と一貫性のある組立単位のみ制限されるとき、「一貫性のある SI 単位」(coherent SI units)という名称が使われるべきである。」とある³⁾。

文 献

- 1) 計量法, 総務省法令データ提供システム(計量法)
<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/H04/H04HO051.html>,
(accessed 2014-12-01)
- 2) 計量法における単位規制の概要, 経済産業省
http://www.meti.go.jp/policy/economy/hyojun/techno_infra/11_gaiyou_tani.html, (accessed 2014-12-01)
- 3) 国際単位系(SI)第 8 版 日本語版(産業技術総合研究所計量標準総合センター 訳・監修)
<https://www.nmij.jp/library/units/si/R8/SI8J.pdf>, (accessed 2014-12-01)
国際単位系(SI)第 8 版の要約 日本語版(産業技術総合研究所計量標準総合センター 訳・監修)
<https://www.nmij.jp/library/units/si/R8/SI8JC.pdf>,
(accessed 2014-12-01)
- 4) 理科年表 平成 27 年第 88 冊, (国立天文台編), 丸善, 東京, 2014.
- 5) 海老原 寛: 単位の小辞典: SI 換算早わかり, 講談社サイエンティフィック, 東京, 1990.
- 6) 中井多喜雄: 早わかり SI 単位辞典, 技報堂出版, 東京, 2003.
- 7) SI パンフレット「国際単位系(SI)は世界共通のルールです」, (産業技術総合研究所 計量標準総合センター 制作)
<https://www.nmij.jp/public/pamphlet/si/SI1002.pdf>,
(accessed 2014-12-08)

別刷請求先: 〒101-0062 東京都千代田区神田駿河台 2-9-7
東京歯科大学物理学研究室 池上健司