

メートル法の長さの基本単位

単位&量の記号

m

読み メートル

意味 1秒の1/299792458の時間
に光が真空中を伝わる長さ

意味・定義

1メートル(m)を基本単位とする「メートル法」は科学全般に使われている長さの単位であり、最も厳密に定義されています。それだけに最も信頼できる単位です。メートル法においては、長さは光速によって定義されています。これは1983年の国際度量衡総会で決定されたものです。それによると、次のようになります。

1m = 1秒の299792458分の1の時間に光が真空中を伝わる長さ

これは光速が秒速で約30万km (29万9792.458km) であるという、一般によく知られた事実を基にして、その逆数「約3億分の1秒」をもとに、厳密に定義したものです。

記号・単位の由来

メートルという名前は「物^{もの}指」あるいは「計測」を意味する古代ギリシア語の「メτροン」からの造語です。英語でのスペルはmetreであり、その読みはメートルです。“メーター”という言葉は俗語で、正式の名称ではありません。漢字で“米”と書くのも正しくはありません。

◎ 関連する記号、知識

昔は国や民族によって異なる単位の長さを使用していました。この単位を統一し、普遍的な長さの単位を決めようとの試みは17世紀の頃からありました。主なものを見てみましょう。

a 振り子に基づく定義

1668年頃、イギリスの天文学者クリストファー・レンは2秒の間隔を刻む振り子の長さを標準長とすることを提案しました。この振り子の長さは現在の997mmであり、このことから、後の1m=1000mmとする現在の基本長が芽生えたものと思われます。

b 子午線に基づく定義

その後、大航海時代になると「万国共通の標準長をつくろう」との要望が現実的なものとなりました。その時、基本単位の候補として考えられたものは、

- ① 上のaで見た振り子の長さ
- ② 地球の赤道全周長の4000万分の1
- ③ 地球の子午線全周長の4000万分の1

の三種でした。「4000万分の1」としたのは、その長さが先の振り子の長さで規定した「1m」にほぼ一致するからでしょう。

①は重力の影響によって、2秒の間隔を刻む振り子の長さは地域によって異なること、②は赤道域での距離実測は気温や伝染病で実質的に困難なことなどから、③の子午線の全周長を計測することが採用されました。

フランス科学アカデミーは1792年から三角測量によって実測を始めました。しかし、時はフランス革命(1789～)の真最中であり、測量隊は持っていた測量器具のおかげで反革命分子のスパイ活動と疑われたり、スペインで足止めされるなど、多数の困難に遭遇したと伝えら

れます。しかしようやく1798年に北極からパリを通り、赤道に達する子午線の全周の1/4を実測することに成功しました。

1799年、フランスはこの「**子午線の長さの1000万分の1を1m**」と決めました。そしてこの長さを基に、白金Ptからなる「長さの原器」を作成し、副原器としてフランス国立中央文書館に保管しました。この原器は**アルシーヴ原器**と呼ばれます。

c) 標準器に基づく定義

しかし、その後の地球科学の発展に伴って地球が完全球でないことがわかり、子午線の長さを標準長に採用することの意義が不明確になってきました。そのため、それまで副原器とされていたアルシーヴ原器の長さそのものを標準長とすることが決定されました。

その後、アルシーヴ原器を基に、白金Pt90%、イリジウムIr10%からなる合金の原器をつくり、これを国際**メートル原器**と決めました。この原器の示す長さを0°Cの下で測った長さを1mと定義したのです。この原器は貴金属の合金であり、腐食には強いものの、膨張係数が特別に小さいというものではありません。しかし、測定温度を厳密に定めたため、膨張による測定誤差は考える必要がなかったのです。

d) スペクトルに基づく定義

メートル原器には製作当初からの誤差が指摘されており、そうでなくても破損や焼損の恐れがあります。そこで**自然界に普遍的に存在するもので長さを規定しよう**という考えが持ち上がりました。その結果採用されたのが、原子の発する光の波長による定義でした。

1960年、国際度量衡委員会でクリプトンKrの同位体の一種であるクリプトン86 (^{86}Kr) が発するオレンジ～赤色の発光スペクトルが示す波長の1650763.73倍を1mとすることが決定されました。小数点以下に“0.73”という半端な数字がつくのは、標準長をできるだけメートル原

器の1mに近づけようとの配慮が働いたものです。

e) 光に基づく定義

しかし、クリプトンのスペクトルの波長測定には安定性の問題があり、再現性に欠けるところがありました。そこで、本項冒頭の光に基づく定義(1m=1秒の299792458分の1の時間に光が真空中を伝わる長さ)に変更され、現在に至っています。

o) メートル法の普及

メートル標準長が定まっても、これまで使っていた各国の伝統的な長さが残り、メートル法の普及は困難でした。フランスでは1840年以降、メートル法以外の使用を禁ずるとの法律が施行されました。また、1875年にはメートル条約が成立し、メートル法の普及に各国が協力して努力することが謳われました。しかし米国は積極的ではなく、現在に至ってもフィート、マイル等の伝統的尺度(**ヤード・ポンド法**)が生きています。

日本は1885年にメートル条約に加盟し、1891年にはそれまでの伝統的な尺貫法と併用する形でメートル法を導入。そして1951年に計量法を定め、メートル法以外の使用を禁じました。しかしメートル法が完全実施されたのは1959年に至ってからのことでした。

こんな分野で使われている

現代科学産業の一分野として使われる「ナノテク」はナノメートル(nm = 10^{-9})スケールの微小物質を扱う技術のことを指します。原子の直径は $0.1\text{nm} = 10^{-10}\text{m}$ スケールであることから、この技術は原子直径の10倍程度、すなわち、大きめの分子を直接取り扱う技術と考えることができます。

ところで、「地球の子午線を計測していくとき、地球の凹凸でかなり

誤差が出るのではないかと考えられます。それがどの程度になるのか、直感的にわかる例題を出してみましょう。

例題 地球を真球と仮定し、子午線に沿って針金でしっかりと縛ったとします。次にこの針金全体を1mだけ伸ばした結果、地球表面と針金の間に空いた隙間を子午線全体に渡って均等にしたら、この隙間を潜り抜けることのできる生物はいるのでしょうか？

答え これは物理の例題というよりも、アタマの体操、クイズだと思って考えてください。地球を一周する針金の長さは膨大なはずで(約4万km)、その全体をたった1mのばしたところで、誤差の範囲にもならないはず。当然、1mのばしたことでつくられる隙間だって、誤差の範囲内ほど小さいはずだろう……と考えると、「こんな狭い隙間を通り抜けられる生物は大腸菌ぐらい」と考えてしまいます。

ところが答えは16cmです。16cmもあれば、ハムスターが逆立ちをして通れるかもしれません。なぜそうなるのか、解答を見てみましょう。

地球の半径を R 、針金を1mだけ伸ばした結果できる隙間を r とすると、隙間を加えた地球の半径は $(R+r)$ です。円周は $(2\pi \times \text{半径})$ だから、隙間の空いた地球の円周、すなわち、伸ばした針金の長さは、

$$2\pi \times (R+r) \text{ m} = 2\pi R \text{ m} + 2\pi r \text{ m}$$

となります。そして、この長さが元々の円周の長さ $(2\pi R)$ に1mを足したものになるのですから(以下、mは略す)、

$$2\pi R + 2\pi r = 2\pi R + 1$$

つまり、

$$2\pi r = 1$$

$$r = 1 \div 2\pi = 0.160\cdots \quad (\text{答え 約}16\text{cm})$$

16cmの高さですと、猫が尻尾を立てれば引っかかるかもしれませんが、いろいろな小動物が通り抜けられます。

例題で見たように、円周をたった1m伸ばしただけで、直径としては30cmも変わってしまうのです。反対に考えれば、直径が少々変化しても、円周の長さに大差はない、ということになります。

つまり、子午線の長さを測量している時に、「地表に多少の凸凹や潮位の干満があつたとしても、子午線の測量値に大差はない」ということを意味するものとも考えることもできます。

派生する単位

長い距離を測るにはキロメートル(km)、短い距離を測るにはセンチメートル(cm)、ミリメートル(mm) マイクロメートル(μm)などが用いられます。その換算は以下の通りです

- **1km**(キロメートル) = 1000m = 10^3 m
- **1cm**(センチメートル) = $(1/100)$ m = 10^{-2} m
- **1mm**(ミリメートル) = $(1/1000)$ m = 10^{-3} m
- **1 μm** (マイクロメートル) = $(1/1000)$ mm = 10^{-6} m

かつては μ はミクロンと呼ばれた時期もありましたが、現在では μm (マイクロメートル)に統一されています。金箔の厚さは数 μm です。

- **1nm**(ナノメートル) = $(1/1000)$ μm = 10^{-9} m
- 原子直径は約0.1nmのオーダーになります。
- **1 \AA** = 10^{-8} cm = 10^{-10} m

\AA は「**オングストローム**」と読みます。水素原子の直径が約1 \AA であることから、かつては原子直径や光の波長を表わす単位としてよく用いられていましたが、現在は用いられません。

- **1pm**(ピコメートル) = $(1/1000)$ nm = 10^{-12} m
- 原子直径は100pmのオーダーになります。