

物理学基礎 1 第 6 回

(1) 物理量の単位と単位系

時田恵一郎

名古屋大学情報学部

May 17, 2023

質量と力の次元と単位

1. 質量や力は、

(1) ものさし ($[L]$: Length: 長さの単位)

(2) 時計 ($[T]$: Time: 時間の単位)

だけでは測れない。

2. もうひとつ本質的に異なる基本量の次元が必要。

3. 運動量 mv を考えるなら、 v は $[L/T]$ で L や T で表されるので、質量 m の単位が必要。

4. 運動量の変化、つまり運動方程式 $ma = F$ を考えるなら、力 F の単位が必要。

5. 質量 m の単位 ($[M]$: Mass) と基準が定められた。

[理由] 質量の基準となるものを物体として保管できて便利だった (力は見えないし、保管できない)。

力の単位

1. 長さの単位 $[L]$, 時間の単位 $[T]$, 質量の単位 $[M]$ を組み合わせれば, 力の次元と単位を表せる.
2. 力の次元と単位

$$[\text{力}] = [MLT^{-2}] \quad (1)$$

$$1[N](\text{ニュートン}) = 1[\text{kg m/s}^2] \quad (2)$$

長さの基準量の歴史

長さ メートル [m].

国際単位系 (SI) および MKS 単位系における長さの基本単位

[1791 年] 大航海時代, 航海や交通網の発達により「長さ」の単位の統一の必要が生じた. $1[m] =$ 地球の子午線弧長 (赤道 \leftrightarrow 北極点) の 1 千万分の 1.

[1872 年] 第 2 回国際メートル委員会.

メートル原器 (白金 90%, イリジウム 10%)

[1889 年] 国際度量衡総会 (CGPM) 第 1 回大会.

No.6 を国際メートル原器と認定.

[1960 年] 第 11 回 CGPM. クリプトン-60 が真空中で発する光のスペクトル (オレンジ色-赤色) の波長の 1650763.73 倍

[1983 年] 第 17 回 CGPM. 真空中の光速 $299792458[m/s]$.

セシウム原子時計による [秒] にもとづく. 精度 $10^{-10}[m]$

時間の基準量の歴史

時間 秒 [s].

国際単位系 (SI) および MKS 単位系における時間の基本単位
[1951 年] 日本. 計量法. 平均太陽日の $1/86400$.

東京天文台が決定. 恒星観測, 標準時計 (リーフラー
振り子時計) で保持.

潮汐力や季節変動により $1[\text{ms}] \sim 2[\text{ms}]$ の変動

[1954 年] 第 10 回国際度量衡総会 (CGPM) 決議.

[1955 年] 英国立物理学研究所. セシウム原子時計実用化

[1956 年] 国際度量衡委員会 (CIPM) 地球公転.

[1967 年] セシウム 133 (自然界に同位体が存在しない).

放射の周期の 9192631770 倍 = 1 秒, 精度 $10^{-10}[\text{s}]$

[2026 年] 第 28 回 CIPM. 光格子時計他. 精度 $10^{-18}[\text{s}]$.

質量の基準量の歴史

質量 キログラム [kg].

- 国際単位系 (SI) および MKS 単位系における質量の基本単位.
- 基本単位に接頭辞 (k) がついているのはキログラムだけ.
- SI 基本単位において, キログラムが普遍的な物理量ではなく人工物にもとづいて値が定義される単位として最後まで残った.

[1795 年] 最大密度 (摂氏 4 度) 蒸留水 1 リットルの質量.

[1879 年] 国際キログラム原器 (3 個制作).

直径, 高さ 39mm の金属円筒

白金 89.69%, イリジウム 10.14%

[1889 年] 第 1 回国際度量衡総会. No.6 → 日本.

[2013 年] (提案) プランク定数 h を一定値に.

$$h = 6.62607015 \times 10^{-34} [\text{Js}] (= [m^2 \text{kg} / \text{s}]).$$

[2019.5.20] (発効) 精度 $4.4 \times 10^{-10} [\text{kg}]$

MKS 単位系

1. 厳密には力学の単位 (メートル (m), キログラム (kg), 秒 (s)) のみを含む。
2. 電磁気学では電流の単位アンペア (A) を加えた MKSA 単位系が使われる。
3. 工学では CGS 単位系 (cm, g, s) も使われる。ガウス (1832)。
4. しばらく CGS と併用されていたが, 20 世紀以降 MKSA 単位系が広まった。

Cf.) Wikipedia/MKS 単位系 ([https://ja.wikipedia.org/wiki/MKS 単位系](https://ja.wikipedia.org/wiki/MKS_単位系))

国際単位系

1. International System of Units (SI).
2. メートル法の後継として国際的に定められ、世界中で広く使用されている単位系。
3. MKS 単位系を拡張。
4. 1954 年の第 10 回国際度量衡総会 (CGPM) で採択された。
5. SI 基本単位：7つの定義定数（数値を固定）。

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

Cf.) Wikipedia/国際単位系 (<https://ja.wikipedia.org/wiki/国際単位系>)