

日常生活で、ほぼ同じ意味で使用される言葉

- 君は『**力**』持ちだ。
- 君の『**圧(力)**』がすごい。
- 君は『**エネルギーギツシユ**』だ。
- 君は『**パワフル**』だ。

しかし、物理学では異なる意味を持つ。

『**力**』・・・運動状態を変えるもの

単位：ニュートン [N]

『**圧(力)**』・・・1m<sup>2</sup>あたりの力

単位：ニュートン毎平方メートル [N/m<sup>2</sup>]

『**エネルギー**』・・・仕事をする能力

単位：ジュール [J]

『**パワー**』・・・1秒当たりの仕事

単位：ジュール毎秒 [J/s]

# □ 重力と質量 (重さと質量の違いについて)

**【注】物理学では、『重さ』と『質量』は別のものとして区別しなければならい!!**

重さ：物体にかかる **重力の大きさ**<sup>18</sup>  
(地球 [天体] が引く力) [単位:N]

**（重力）質量**：重力の大きさの **大小を決める量**<sup>19</sup>  
[単位:kg]

なものに...

数学の教科書でさえ次のように表現をしている。

(例) 重さ50 [g]の容器に水を  $a$  [g] 入れる。

物理学では不適切な表現。

勉強するときは、

「**生活言語**」と「**学習言語**」

を明確に区別しないとイケない。

## 1. 生活言語 (日常会話の言葉)

- 特徴: 家族や友人との日常会話、SNSなどで使われる言葉。
- 文脈への依存(大): その場の状況、空気、表情、相手との関係性などの「文脈」で意味を補って理解する。
- 習得: 生活の中で自然に身につく。

主語が抜けていたり、文法が多少間違っているでも「なんとなく」でコミュニケーションが成立。

## 2. 学習言語 (教科書や論理の言葉)

- 特徴: 教科書、新聞、契約書、試験の問題文などで使われる、事実や論理を正確に伝えるための言葉。
- 文脈からの独立(小): その場の空気に頼らず、「語彙の意味」と「文法のルール(係り受けなど)」のみに則って、厳密に意味を読み取る必要がある。
- 習得: 自然には身につかず、意識的な学習と訓練が必要。

※万有引力の法則より、重力の大きさ  $F$  は、  
物体の重力質量  $m$ 、重力加速度  $g$  を用いて  
 $F=mg$  で計算できることが示されている。

20

地球上での重力加速度は、約  $9.8\text{m/s}^2$

月面上での重力加速度は、約  $1.6\text{m/s}^2$

質量  $5.0\text{kg}$  の物体にはたらく重さ(重力の大きさ)は、

地球上  $F = 5.0 \times 9.8 = 49\text{N}$

月面上  $F = 5.0 \times 1.6 = 8.0\text{N}$

重力  $F$  [N] は、質量  $m$  [kg] と重力加速度  $g$  [m/s<sup>2</sup>] の積

$$F = mg$$

で表現できるなら、

力  $F$  [N] は、質量  $m$  [kg] と加速度  $a$  [m/s<sup>2</sup>] の積

$$F = ma$$

で表現できる ??

# 【物理基礎 No.7】力を表現する数式（第2章：運動の法則）

□ **力** の定義（復習） ※ベクトル量（大きさと向きを持つ）

## ① 物体の運動状態を変える

原因 となるもの

※ニュートンは自著において、8つの定義を  
土台として運動の法則を定式化した。

(定義1～4) 力学の基礎となる4つの基本量

→ 「物理基礎」 でこれから学習

(定義5～8) 天体運動を解き明かすための「向心力」

→ 上位科目「物理」 で学習

# □ 力学の基礎となる4つの基本量

**定義1: 物質の量** ( **[慣性] 質量** / *Quantitas materiae* )

物質の量とは、その密度と大きさ(体積)に比例して生じる、物質の測度である。

→ (慣性)質量 は、密度と体積の積で表現すると定めた。

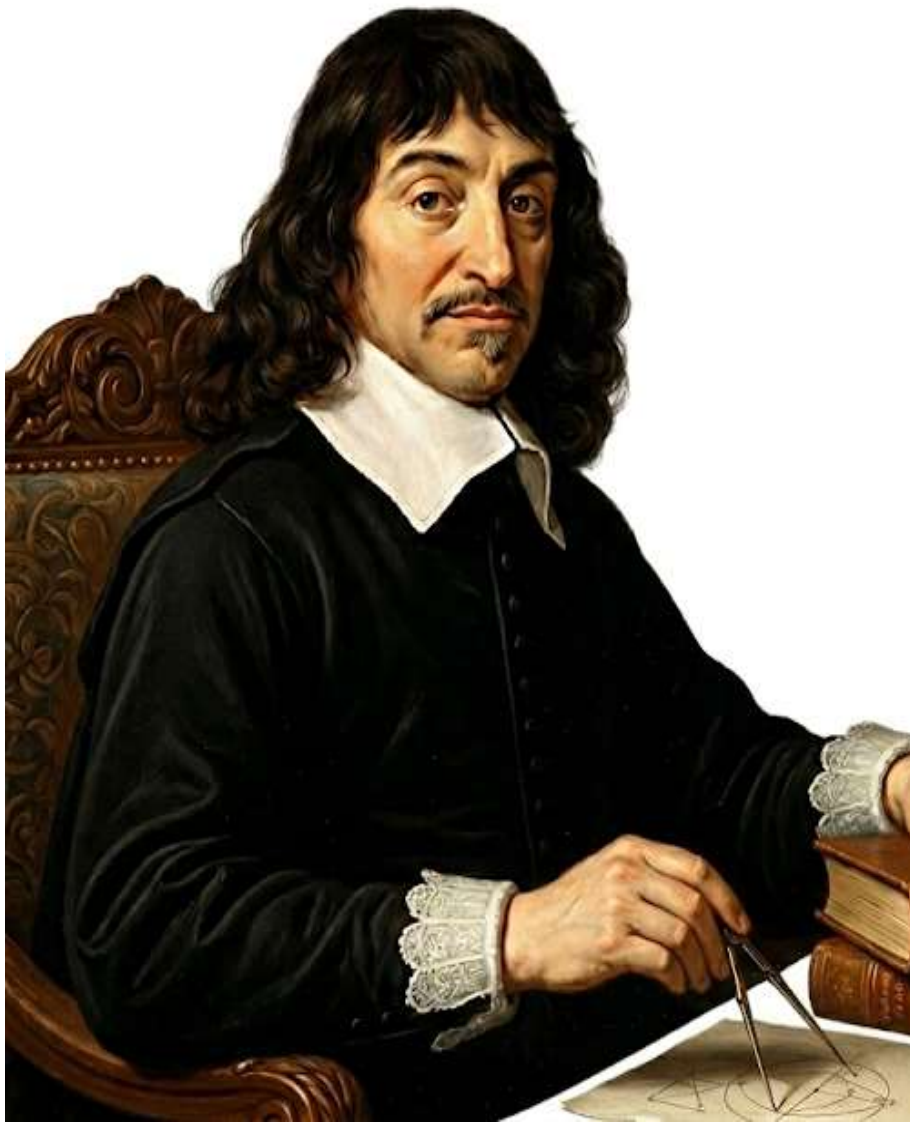
【質量】

$$m = \rho V$$

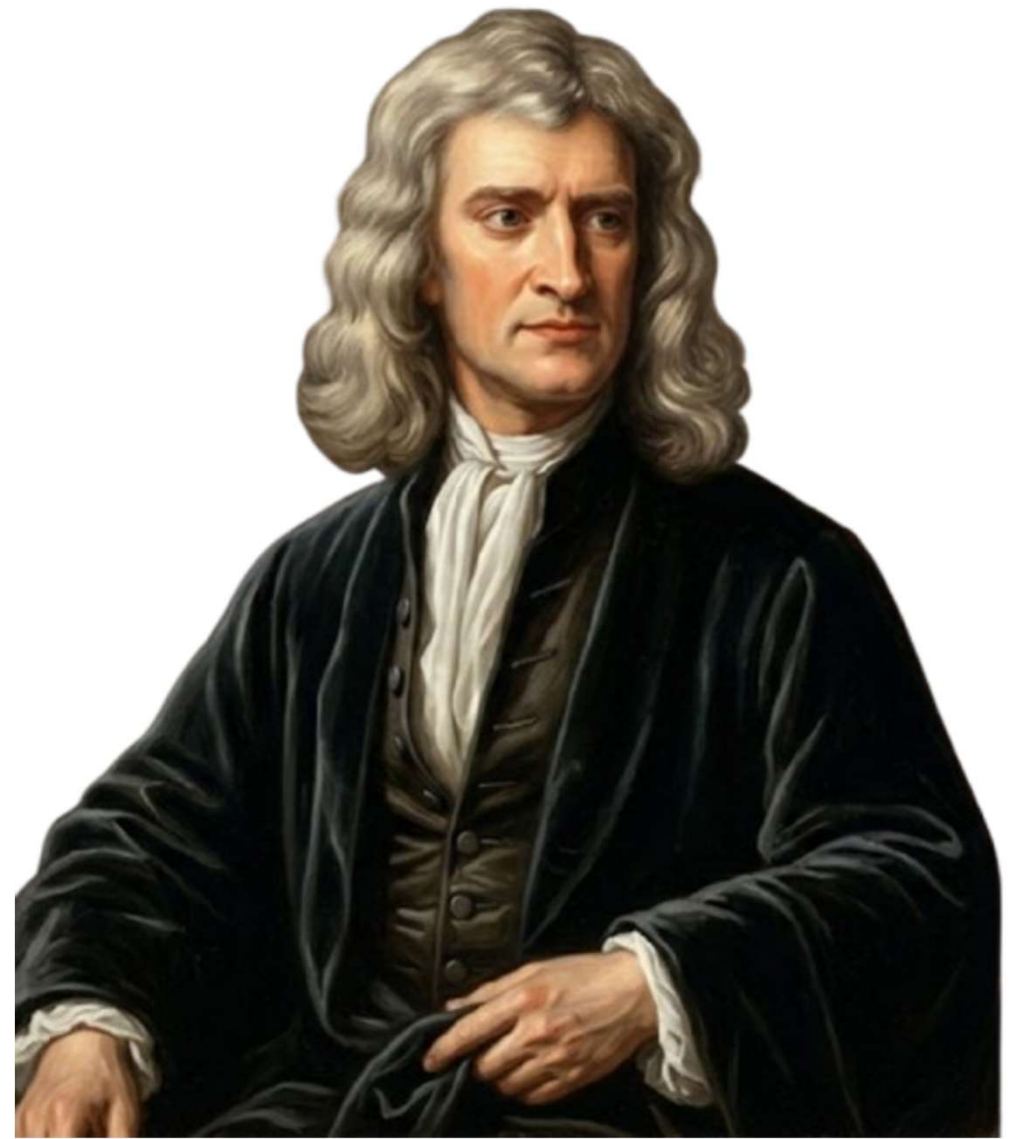
□—  
 $m$  [kg]: 質量     $\rho$  [kg/m<sup>3</sup>]: 密度  
 $V$  [m<sup>3</sup>]: 体積

注1: **デカルト物理学への挑戦と「物質」の再定義**

注2: アインシュタインにより、重力質量と慣性質量は数学的に等しいものであることが証明されたため、今後、重力質量と慣性質量を区別せずに用いる。



ルネ デカルト  
**René Descartes**  
(1596-1650)



アイザック ニュートン  
**Isaac Newton**  
(1643-1727)

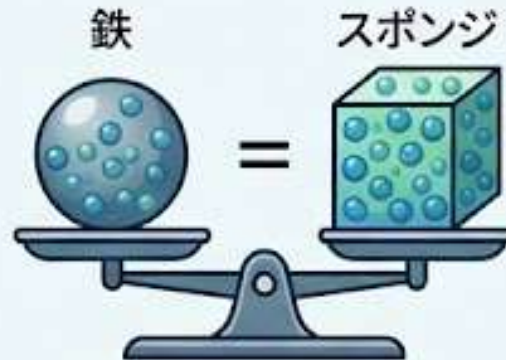
# René Descartes' "Fluid Theory" デカルト「流体論」

Essence of Matter  
物質の本質



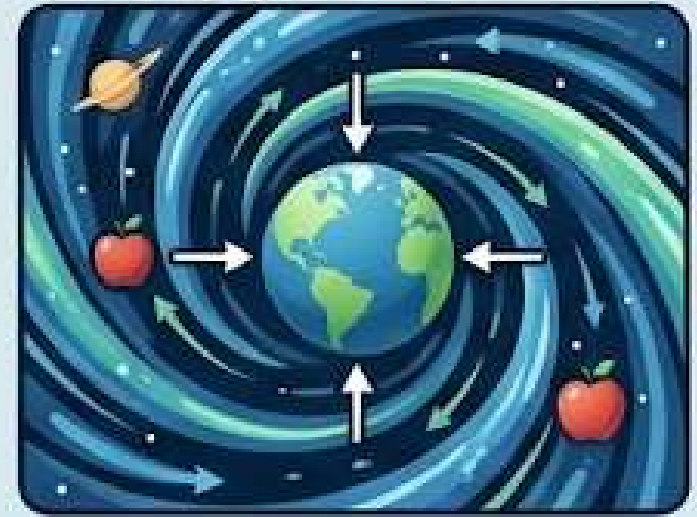
延長 (広がり)

Definition of Mass  
質量の定義



体積=物質量 (同じ空間占有=同じ量)

### 重さの原因



外部の流体 (エーテル) からの圧力・渦動

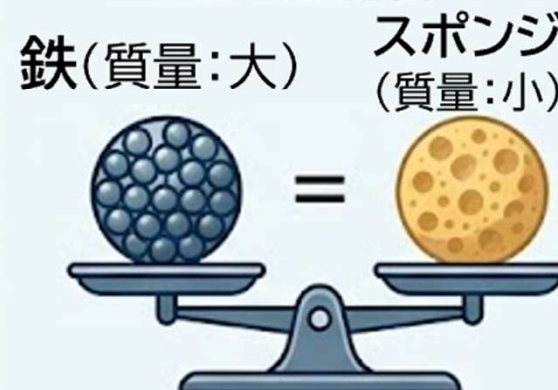
# Isaac Newton's "Particle Mechanics" ニュートン「力学 (粒子論)」

Essence of Matter  
物質の本質



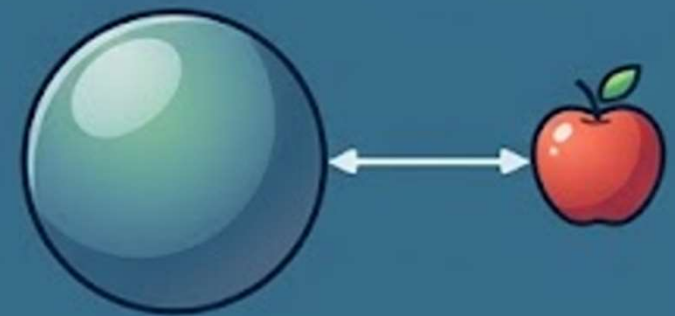
質量 (不可入的な粒子)

Definition of Mass  
質量の定義



慣性や重力を生む固有の性質

### 重さの原因



万有引力 (遠隔力)

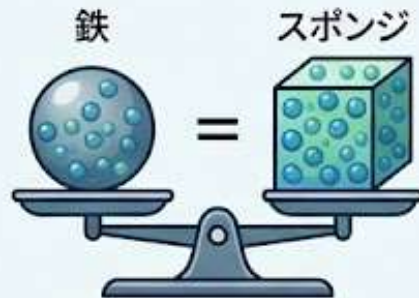
# René Descartes' "Fluid Theory" デカルト「流体論」

Essence of Matter  
物質の本質



延長 (広がり)

Definition of Mass  
質量の定義



体積=物質質量 (同じ空間占有=同じ量)

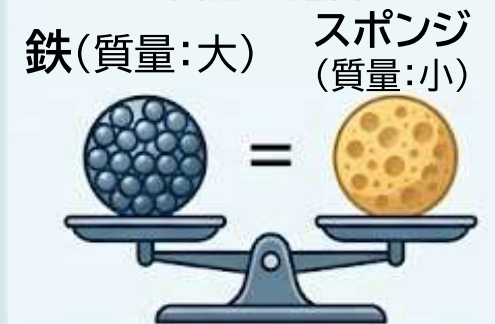
# Isaac Newton's "Particle Mechanics" ニュートン「力学 (粒子論)」

Essence of Matter  
物質の本質



質量 (不可入的な粒子)

Definition of Mass  
質量の定義



慣性や重力を生む固有の性質

重さの原因

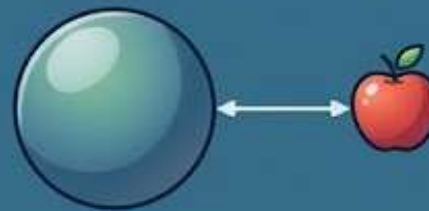


外部の流体 (エーテル) からの圧力・渦動

真空 Cause of Weight 重さの原因

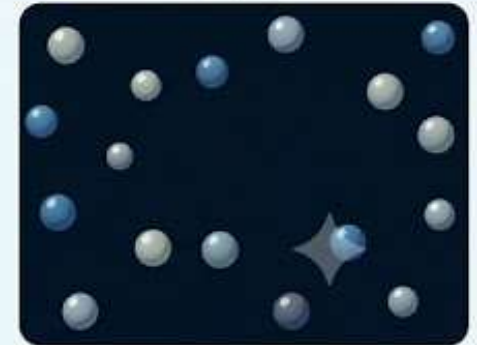


存在しない (すべては流体)



万有引力 (遠隔力)

真空



存在する (粒子の間は空虚)

## 定義2:運動の量 ( **運動量** / Quantitas motus)

運動の量とは、その速度と物質の量に比例して生じる、運動の測度である。

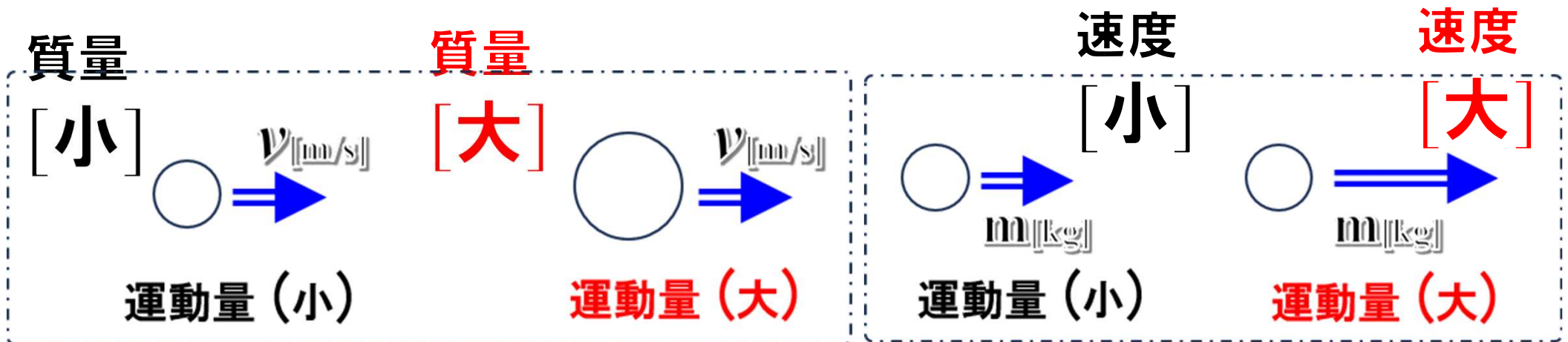
【運動量】

$$P = mv$$

→ 物体の運動の激しさや規模(運動状態)を「運動の量(Quantitas motus)」と名付け、それを「質量と速度の掛け算」として厳密に定義。

$P[\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s}]$ :運動量、 $m[\text{kg}]$ :質量、 $v[\text{m}/\text{s}]$ :速度

注3:運動量は、上位科目「物理」の範囲



### 定義3: 物質に内在する力( **慣性** / *Vis insita* )

「物質に内在する力(抵抗力)とは、すべての物体が静止、あるいは直線上を一様に運動する現在の状態を、自らの能力の及ぶ限り維持しようとする力である。」

→ 慣性とは、物体が外部から作用を受けない限り、自発的に運動状態を変えることはないという性質である。

→ **慣性の法則**(運動の第1法則)へとつながる。

### 定義4: 加えられた力( **外力** / *Vis impressa* )

「加えられた力とは、物体の静止している状態、あるいは直線上を一様に運動している状態を変化させるために、その物体に対して行われる作用である。」

→ **力の定義**(運動の第2法則)へとつながる。

※ニュートンは、定義1~4を基に力を次のような手順で数式化した。

"Mutationem motus proportionalem esse vi motrici impressae,  
et fieri secundum lineam rectam qua vis illa imprimitur."  
(運動の変化は加えられた力に比例し、その力が加えられた直線方向に生じる)

力：物体の『運動状態』を変える原因となるもの

↓  
物体の運動状態を『質量 $m$ ×速度 $v$ 』と表現  
→ 運動量 を新たな物理量として定義

$mv$

※ニュートンは 慣性質量 $m$  を使って  
『運動の起こり難さ』を数値化した。

運動状態(運動量)が  
変化するのは・・・??

↓  
物体に力を加えた時に、質量が変化することはない。  
→ 運動状態が変化した時に変わるのは『速度』。

$ma$

↓  
(力を加えたとき) その時間の経過とともに速度が  
変化・・・→ 『加速度  $a$ 』で表現できる。

↑これが力

(= 単位時間あたりの速度変化)

↓  
これより、運動状態を変化させるものとして  
力 $F$  を質量 $m$ ×加速度 $a$ で表現できる とした。

# 《 運動方程式 》

$$ma = F$$

👉 後年、 $1[\text{kg}]$  の物体に  $1[\text{m/s}^2]$  の加速度を生じさせる力の大きさを  $1[\text{N}]$  と定められた。

【和訳】質量  $m$  の物体に、加速度  $a$  を生じさせるのは、力の合力は  $F$  である。

## □ 運動方程式の使用上の注意

(例1) 上向きに加速しながら上昇する物体

①: 座標軸(正の向き)を指定する。

(基本的には、物体の運動方向を正の向きとする。)

②:  $F[\text{N}]$  は力の合力を表している。

③: 運動方程式は『因果関係』

(原因と結果)を表す式である。

※ 運動方程式は、 $ma = T - W$  となる。

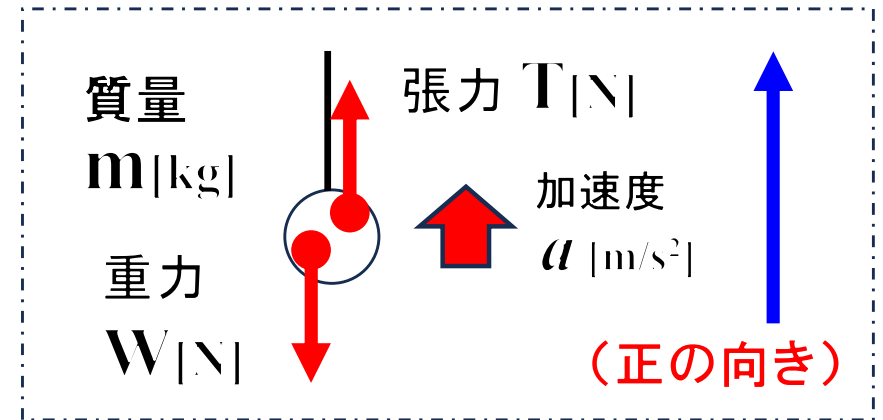
右辺は力の合力

※ 例1は、質量  $m$  の物体に、加速度  $a$  が生じたのは【結果】、力の合力  $T - W$  が作用したから【原因】 という式になる。

→  $ma + W = T$  は数量的には正しい式だが、  
運動方程式としては不適切な表現である。

④:  $a = 0[\text{m/s}^2]$  の時は力のつり合いの式を表す。

※ 例2の運動方程式は、 $m \times 0 = N - W$  となるが、これは力がつり合いの式に一致する。



(例2) 床上の物体

